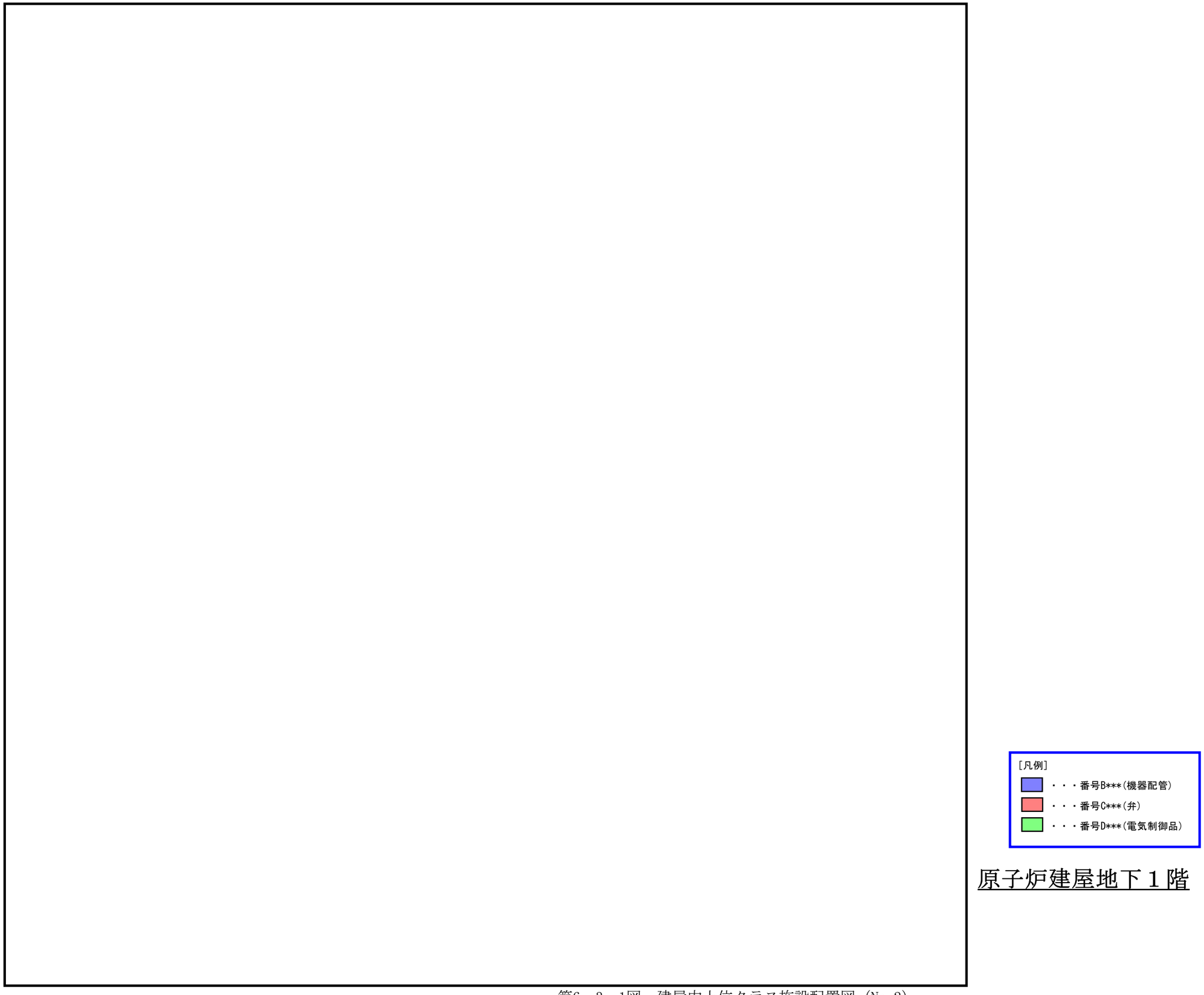
第6－3－1図　建屋内上位クラス施設配置図（No.1）




原子炉建屋地下１階

第6－3－1図　建屋内上位クラス施設配置図（No.2）

［凡例］
・・・番号B***（機器配管）
・・・番号C***（弁）
・・・番号D***（電気制御品）

原子炉建屋１階

第6－3－1図　建屋内上位クラス施設配置図（No.3）

［凡例］
・・・番号B***（機器配管）
・・・番号C***（弁）
・・・番号D***（電気制御品）

原子炉建屋２階

第6－3－1図　建屋内上位クラス施設配置図（No.4）

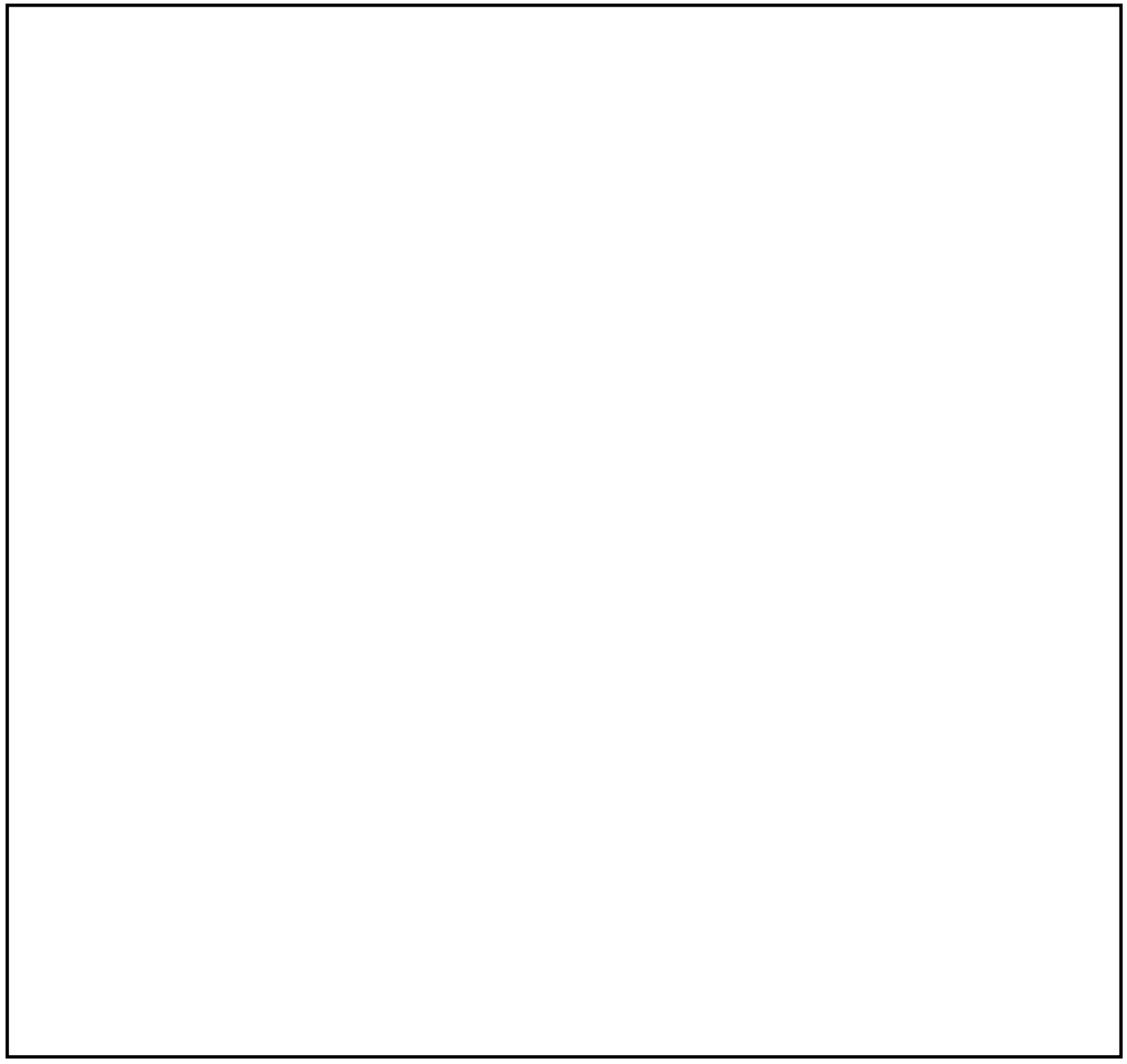
第6－3－1図　建屋内上位クラス施設配置図（No.5）

原子炉建屋４階

原子炉建屋５階

［凡例］
・・・番号B***（機器配管）
・・・番号C***（弁）
・・・番号D***（電気制御品）

第6－3－1図　建屋内上位クラス施設配置図（No.6）



［凡例］
・・・番号B***（機器配管）
・・・番号C***（弁）
・・・番号D***（電気制御品）

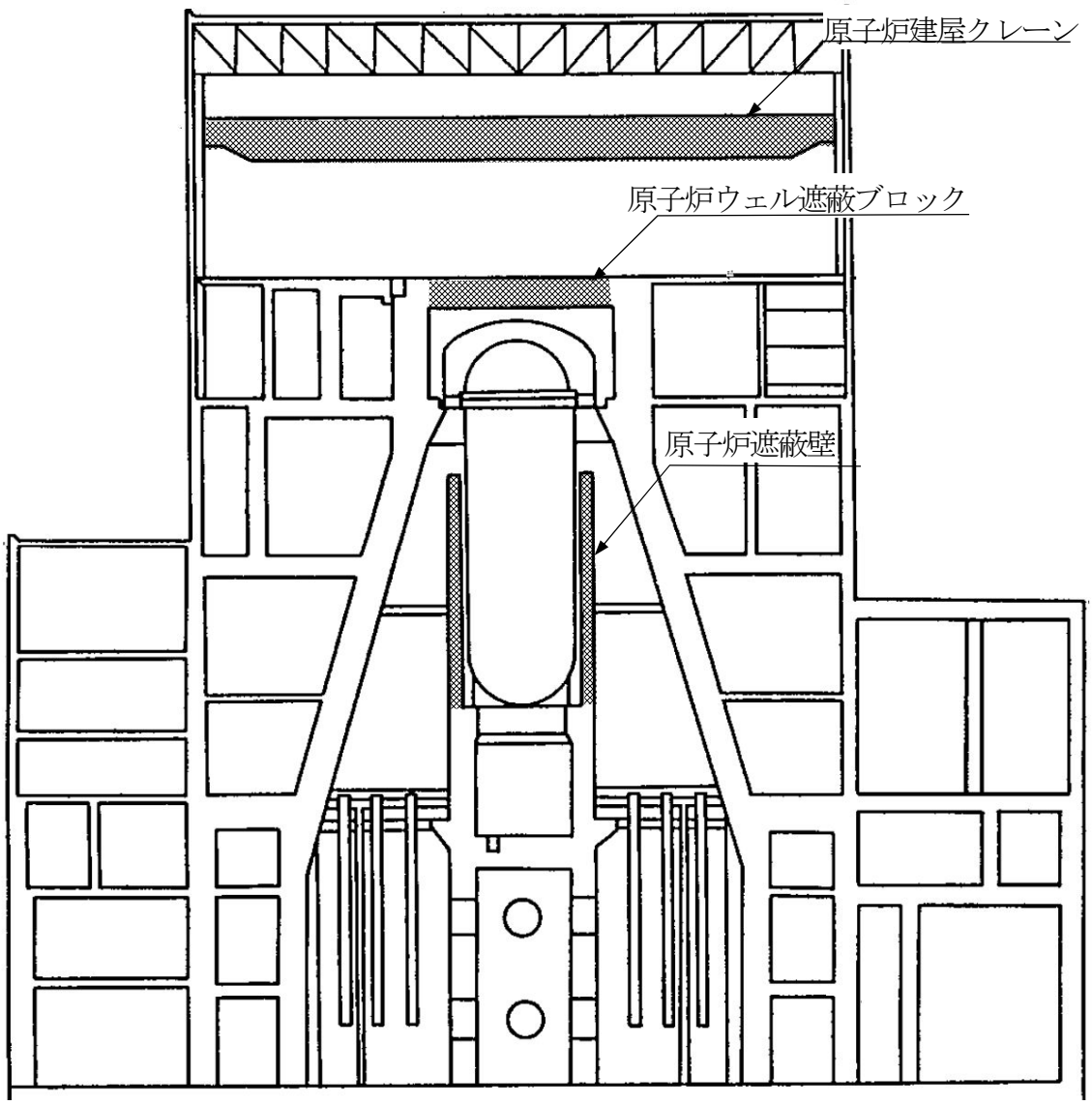
原子炉建屋６階

第6－3－1図　建屋内上位クラス施設配置図（No.7）

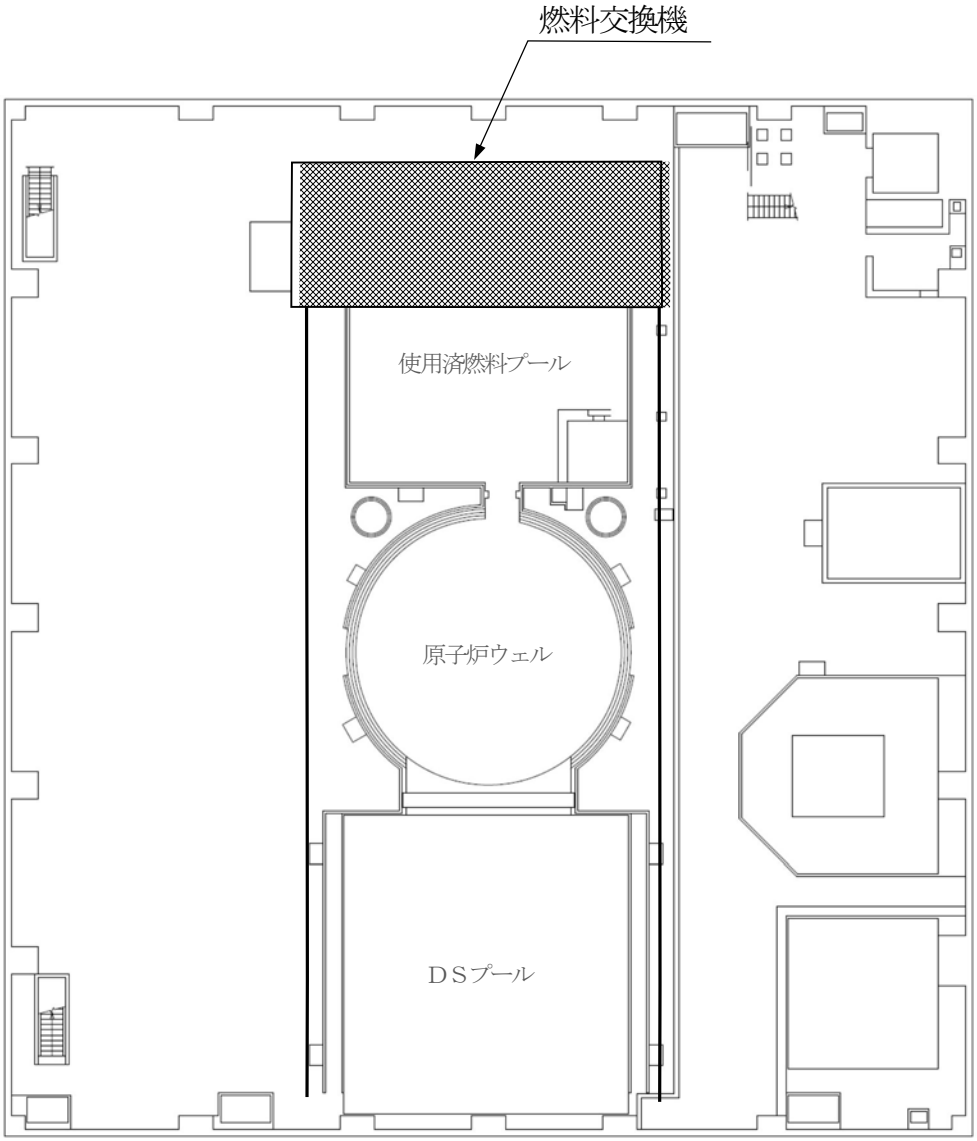
使用済燃料乾式貯蔵建屋　１階

［凡例］
・・・番号B***（機器配管）
・・・番号C***（弁）
・・・番号D***（電気制御品）

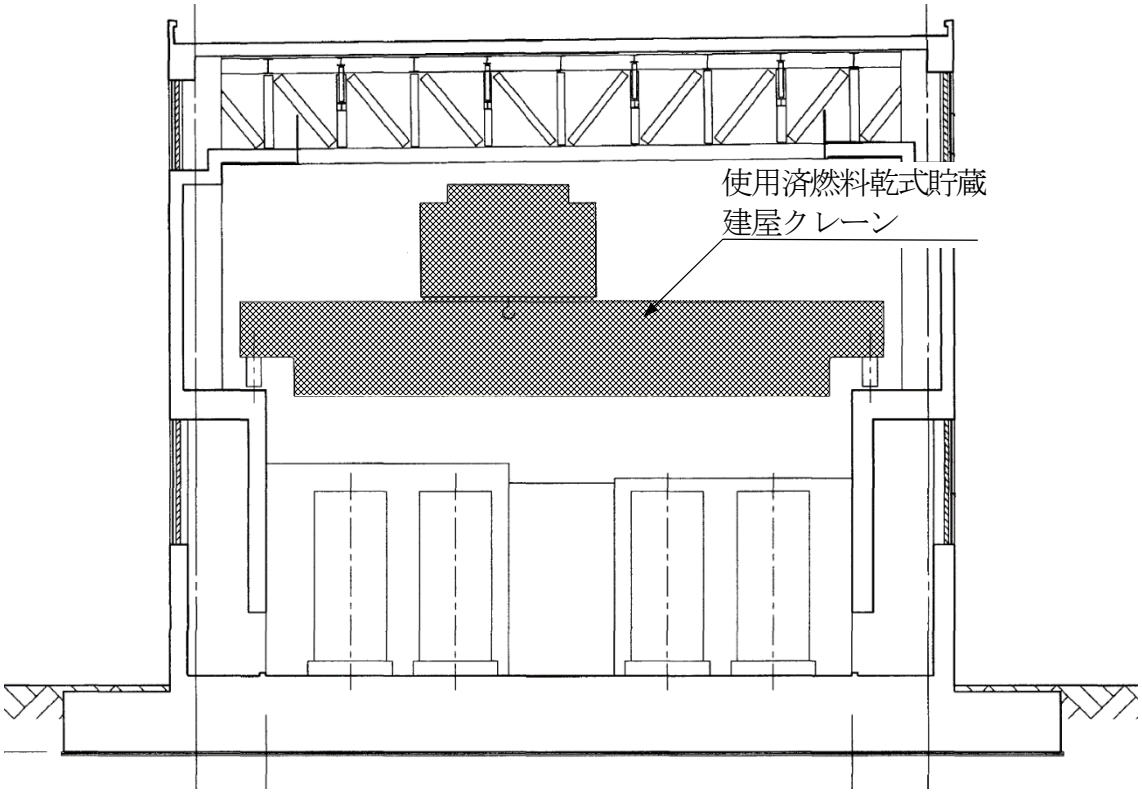
第6－3－1図　建屋内上位クラス施設配置図（No.8）




第６－３－２図　原子炉建屋内設備の位置関係概要図（1／2）




第６－３－２図　原子炉建屋内設備の位置関係概要図（2／2）




第６－３－３図　使用済燃料乾式貯蔵建屋の位置関係概要図

# 第6－3－1表　建屋内上位クラス施設に波及的影響（損傷，転倒及び落下等）を及ぼすおそれのある下位クラス施設（1／14）

| 番号 | 建屋内上位クラス施設 | 区分 | 設置場所 | 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設 | 波及的影響のおそれ（○：あり，×：なし） | 備　考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 損傷・転倒・落下 | |
| B001 | 原子炉圧力容器 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | 原子炉遮蔽壁 | ○ | |
| B002 | 炉心支持構造物 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| B003 | 原子炉圧力容器内部構造物 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| B004 | 原子炉圧力容器支持構造物 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B005 | 主蒸気系配管 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B006 | 主蒸気隔離弁制御用アキュムレータ | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B007 | 逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B008 | 給水系配管 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B009 | 主蒸気隔離弁漏えい抑制系配管 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| B010 | 低圧マニュホールド<br>（主蒸気隔離弁漏えい抑制系） | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| B011 | ブロワ<br>（主蒸気隔離弁漏えい抑制系） | Sｸﾗｽ | R/B | 揚重設備（チェーンブロック）<br>照明器具（カバー無し） | ○ | |
| B012 | 再循環系配管 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B013 | 再循環ポンプ | Sｸﾗｽ | R/B | 揚重設備（ホイスト） | ○ | |
| B014 | 原子炉冷却材浄化系配管 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B015 | 残留熱除去系配管 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B016 | 残留熱除去系熱交換器 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B017 | 残留熱除去系ポンプ | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | 照明器具（カバー無し） | ○ | |
| B018 | 残留熱除去海水系配管 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B019 | 原子炉隔離時冷却系配管 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B020 | 原子炉隔離時冷却系ポンプ | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | 揚重設備（ホイスト） | ○ | |
| B021 | 高圧炉心スプレイ系配管 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B022 | 高圧炉心スプレイ系ポンプ | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B023 | 低圧炉心スプレイ系配管 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B024 | 低圧炉心スプレイ系ポンプ | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | 照明器具（カバー無し） | ○ | |
| B025 | 液体廃棄物処理系配管（ＰＣＶバウンダリ） | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B026 | 制御棒駆動機構 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B027 | 制御棒駆動水圧系配管 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B028 | 制御棒駆動水圧系制御ユニット | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| B029 | ほう酸水注入系配管 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B030 | ほう酸水注入系ポンプ | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | 揚重設備（チェーンブロック）<br>照明器具（カバー無し） | ○ | |
| B031 | ほう酸水貯蔵タンク | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B032 | 使用済燃料貯蔵ラック | Sｸﾗｽ | R/B | 原子炉建屋クレーン<br>燃料取替機<br>制御棒貯蔵ラック，ハンガ | ○ | |
| B033 | 使用済燃料プール | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | 原子炉建屋クレーン<br>燃料取替機 | ○ | |
| B034 | 使用済燃料乾式貯蔵容器 | Sｸﾗｽ | D/C | 使用済燃料乾式貯蔵建屋クレーン | ○ | |
| B035 | 原子炉建屋換気系放射線モニタ | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| B036 | 原子炉建屋排気モニタ | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| B037 | 中央制御室換気系送風機 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |

# 第6－3－1表　建屋内上位クラス施設に波及的影響（損傷，転倒及び落下等）を及ぼすおそれのある下位クラス施設（2／14）

| 番号 | 建屋内上位クラス施設 | 区分 | 設置場所 | 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設 | 波及的影響のおそれ（○：あり，×：なし） | 備　考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 損傷・転倒・落下 | |
| B038 | 中央制御室換気系排風機 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B039 | 中央制御室換気系フィルターユニット | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B040 | 中央制御室換気系　制御室内ダクト | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B041 | 非常用ガス処理系／再循環系配管 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B042 | 非常用ガス処理系排風機 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | 照明器具（カバー無し） | ○ | |
| B043 | 非常用ガス処理系フィルタートレイン | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B044 | 非常用ガス再循環系排風機 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B045 | 非常用ガス再循環系フィルタートレイン | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B046 | ダクト（原子炉建屋換気系） | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| B047 | ダクト（ＤＧ換気系） | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| B048 | 鋼板ダクト本体及びダクト（空調ユニット系） | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| B049 | 原子炉建屋換気系給気隔離弁用アキュムレータ | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| B050 | 原子炉建屋換気系排気隔離弁用アキュムレータ | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| B051 | HPCSポンプ室空調ユニット | Sｸﾗｽ | R/B | 照明器具（カバー無し） | ○ | |
| B052 | LPCSポンプ室空調ユニット | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| B053 | RCICポンプ室空調ユニット | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| B054 | RHRポンプ室空調ユニット | Sｸﾗｽ | R/B | 照明器具（カバー無し） | ○ | |
| B055 | 非常用DG室排気ファン | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| B056 | HPCS用DG室排気ファン | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| B057 | バッテリー室給排気ファン | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| B058 | 中央制御室空調用冷水ポンプ | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| B059 | 中央制御室空調ユニット | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| B060 | 格納容器（ドライウエル部） | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B061 | 格納容器（サプレッションチェンバ部） | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B062 | ペデスタル（原子炉本体の基礎） | Sｸﾗｽ及びSA施設<br>間接支持構造 | R/B | － | × | |
| B063 | 格納容器配管貫通部 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B064 | 格納容器電気配線貫通部 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B065 | 可燃性ガス濃度制御系再結合装置 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| B066 | 可燃性ガス濃度制御系配管 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| B067 | 不活性ガス系配管 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B068 | 内燃機関<br>（非常用ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | 揚重設備（ホイスト，チェーンブロック） | ○ | |
| B069 | 発電機<br>（非常用ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | 揚重設備（ホイスト） | ○ | |
| B070 | 関連配管<br>（非常用ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B071 | 始動空気圧縮機<br>（非常用ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B072 | 始動空気だめ<br>（非常用ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B073 | 潤滑油プライミングポンプ<br>（非常用ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B074 | 温水循環ポンプ<br>（非常用ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | 照明器具（カバー無し） | ○ | |

# 第6－3－1表　建屋内上位クラス施設に波及的影響（損傷，転倒及び落下等）を及ぼすおそれのある下位クラス施設（3／14）

| 番号 | 建屋内上位クラス施設 | 区分 | 設置場所 | 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設 | 波及的影響のおそれ（○：あり，×：なし） | 備　考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 損傷・転倒・落下 | |
| B075 | 潤滑油冷却器（非常用ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| B076 | 清水冷却器（非常用ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| B077 | 燃料弁冷却油冷却器（非常用ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| B078 | 潤滑油ヒータ（非常用ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| B079 | 清水ヒータ（非常用ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| B080 | 潤滑油フィルタ（非常用ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| B081 | 燃料油フィルタ（非常用ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| B082 | 清水膨張タンク（非常用ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| B083 | シリンダ注油タンク（非常用ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| B084 | 潤滑油サンプタンク（非常用ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| B085 | 燃料油デイタンク（非常用ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| B086 | 内燃機関（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | 揚重設備（ホイスト，チェーンブロック） | ○ | |
| B087 | 発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | 揚重設備（ホイスト） | ○ | |
| B088 | 関連配管（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| B089 | 始動空気圧縮機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| B090 | 始動空気だめ（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| B091 | 潤滑油プライミングポンプ（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| B092 | 温水循環ポンプ（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | 照明器具（カバー無し） | ○ | |
| B093 | 潤滑油冷却器（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| B094 | 清水冷却器（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| B095 | 燃料弁冷却油冷却器（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| B096 | 潤滑油ヒータ（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| B097 | 清水ヒータ（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| B098 | 潤滑油フィルタ（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| B099 | 燃料油フィルタ（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| B100 | 清水膨張タンク（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| B101 | シリンダ注油タンク（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| B102 | 潤滑油サンプタンク（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| B103 | 燃料油デイタンク（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電装置用） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| B104 | 250V系　蓄電池 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| B105 | 250V系　充電器 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| B106 | 125V系　蓄電池 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| B107 | 125V系　充電器 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| B108 | 125V HPCS蓄電池 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| B109 | 125V HPCS充電器 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| B110 | 緊急用125V蓄電池 | SA施設 | R/B | － | × | |
| B111 | 直流±24V蓄電池 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |

# 第6－3－1表　建屋内上位クラス施設に波及的影響（損傷，転倒及び落下等）を及ぼすおそれのある下位クラス施設（4／14）

| 番号 | 建屋内上位クラス施設 | 区分 | 設置場所 | 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設 | 波及的影響のおそれ（○：あり，×：なし） | 備　考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 損傷・転倒・落下 | |
| B112 | 直流±24V充電器 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | － | × | |
| B113 | バイタル交流電源装置 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| B114 | 常設スプレイヘッダ | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B115 | 低圧代替注水系配管 | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B116 | 代替燃料プール注水系配管 | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B117 | 常設低圧代替注水系ポンプ | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B118 | 代替燃料プール冷却系ポンプ | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B119 | 緊急用海水ポンプ | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B120 | 代替燃料プール冷却系熱交換器 | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B121 | 緊急用海水系配管 | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B122 | 常設高圧代替注水系ポンプ | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B123 | 高圧代替注水系配管 | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B124 | 衛星電話設備（固定型） | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B125 | フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ・低レンジ） | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B126 | フィルタ装置出口放射線モニタ（高レンジ・低レンジ） | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B127 | 耐圧強化ベント系放射線モニタ | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B128 | 使用済燃料プールエリア放射線モニタ（高レンジ・低レンジ） | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B129 | 中央制御室待避室遮蔽 | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B130 | 中央制御室待避室空気ボンベユニット（配管・弁） | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B131 | 耐圧強化ベント系配管 | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B132 | 遠隔人力操作機構 | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B133 | フィルタ装置（格納容器圧力逃がし装置） | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B134 | 移送ポンプ（格納容器圧力逃がし装置） | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B135 | 遠隔人力操作機構（格納容器圧力逃がし装置） | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B136 | 圧力開放板（格納容器圧力逃がし装置） | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B137 | フィルタ装置遮蔽（格納容器圧力逃がし装置） | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B138 | 配管遮蔽（格納容器圧力逃がし装置） | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B139 | 二次隔離弁操作室遮蔽（格納容器圧力逃がし装置） | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B140 | 二次隔離弁操作室　空気ボンベユニット（配管・弁） | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B141 | （格納容器圧力逃がし装置） | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B142 | 代替循環冷却系ポンプ | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B143 | 代替循環冷却系配管 | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B144 | 静的触媒式水素再結合器 | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B145 | 静的触媒式水素再結合器　動作監視装置 | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B146 | 常設代替高圧電源装置 | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B147 | 常設代替高圧電源装置用燃料移送ポンプ | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B148 | 常設代替交流電源装置用燃料移送系配管 | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |

※1　当該施設を設置する段階で、5.3項に示す影響検討を実施する（添付資料3）。

# 第6－3－1表　建屋内上位クラス施設に波及的影響（損傷，転倒及び落下等）を及ぼすおそれのある下位クラス施設（5／14）

| 番号 | 建屋内上位クラス施設 | 区分 | 設置場所 | 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設 | 波及的影響のおそれ（○：あり，×：なし） | 備　考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 損傷・転倒・落下 | |
| B149 | 緊急時対策所用発電機 | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B150 | 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B151 | 緊急時対策所用発電機給油ポンプ | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B152 | 緊急時対策所遮蔽 | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B153 | 緊急時対策所非常用給気ファン | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B154 | 緊急時対策所排気ファン | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |
| B155 | 緊急時対策所非常用空気浄化フィルタユニット | SA施設 | － | － | － | 設置予定施設※1 |

※1　当該施設を設置する段階で、5.3項に示す影響検討を実施する（添付資料3）。

# 第6－3－1表　建屋内上位クラス施設に波及的影響（損傷，転倒及び落下等）を及ぼすおそれのある下位クラス施設（6／14）

| 番 号 | 建屋内上位クラス施設 | | 区分 | 設置場所 | 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設 | 波及的影響のおそれ（○：あり，×：なし） | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 損傷，転倒，落下 | |
| C001 | B22-F022A | 主蒸気隔離弁第１弁Ａ | Sｸﾗｽ | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C002 | B22-F022B | 主蒸気隔離弁第１弁Ｂ | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C003 | B22-F022C | 主蒸気隔離弁第１弁Ｃ | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C004 | B22-F022D | 主蒸気隔離弁第１弁Ｄ | Sｸﾗｽ | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C005 | B22-F028A | 主蒸気隔離弁第２弁Ａ | Sｸﾗｽ | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C006 | B22-F028B | 主蒸気隔離弁第２弁Ｂ | Sｸﾗｽ | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C007 | B22-F028C | 主蒸気隔離弁第２弁Ｃ | Sｸﾗｽ | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C008 | B22-F028D | 主蒸気隔離弁第２弁Ｄ | Sｸﾗｽ | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C009 | B22-F098A | 主蒸気隔離弁第３弁Ａ | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C010 | B22-F098B | 主蒸気隔離弁第３弁Ｂ | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C011 | B22-F098C | 主蒸気隔離弁第３弁Ｃ | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C012 | B22-F098D | 主蒸気隔離弁第３弁Ｄ | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C013 | B22-F013A | 主蒸気逃がし安全弁Ａ | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C014 | B22-F013B | 主蒸気逃がし安全弁Ｂ | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C015 | B22-F013C | 主蒸気逃がし安全弁Ｃ | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C016 | B22-F013D | 主蒸気逃がし安全弁Ｄ | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C017 | B22-F013E | 主蒸気逃がし安全弁Ｅ | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C018 | B22-F013F | 主蒸気逃がし安全弁Ｆ | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C019 | B22-F013G | 主蒸気逃がし安全弁Ｇ | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C020 | B22-F013H | 主蒸気逃がし安全弁Ｈ | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C021 | B22-F013J | 主蒸気逃がし安全弁Ｊ | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C022 | B22-F013K | 主蒸気逃がし安全弁Ｋ | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C023 | B22-F013L | 主蒸気逃がし安全弁Ｌ | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C024 | B22-F013M | 主蒸気逃がし安全弁Ｍ | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C025 | B22-F013N | 主蒸気逃がし安全弁Ｎ | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C026 | B22-F013P | 主蒸気逃がし安全弁Ｐ | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C027 | B22-F013R | 主蒸気逃がし安全弁Ｒ | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C028 | B22-F013S | 主蒸気逃がし安全弁Ｓ | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C029 | B22-F013U | 主蒸気逃がし安全弁Ｕ | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C030 | B22-F013V | 主蒸気逃がし安全弁Ｖ | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C031 | B22-F016 | 主蒸気ドレン弁（内側隔離弁） | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C032 | B22-F019 | 主蒸気ドレン弁（外側隔離弁） | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C033 | B22-F037 | 主蒸気逃がし安全弁排気管真空破壊弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C034 | B22-F078 | 主蒸気逃がし安全弁排気管真空破壊弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C035 | B22-F010A | 原子炉給水逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C036 | B22-F010B | 原子炉給水逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C037 | B22-F032A | 原子炉給水逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C038 | B22-F032B | 原子炉給水逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C039 | B22-F065A | 原子炉給水元弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C040 | B22-F065B | 原子炉給水元弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C041 | E32-F002A | 主蒸気隔離弁ブリードライン（Ａ）入口弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C042 | E32-F002B | 主蒸気隔離弁ブリードライン（Ｂ）入口弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C043 | E32-F002C | 主蒸気隔離弁ブリードライン（Ｃ）入口弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C044 | E32-F002D | 主蒸気隔離弁ブリードライン（Ｄ）入口弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |

# 第6－3－1表　建屋内上位クラス施設に波及的影響（損傷，転倒及び落下等）を及ぼすおそれのある下位クラス施設（7／14）

| 番 号 | 建屋内上位クラス施設 | | 区分 | 設置場所 | 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設 | 波及的影響のおそれ（○：あり，×：なし） | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 損傷，転倒，落下 | |
| C045 | E32-F002E | 主蒸気隔離弁ブリードライン（E）入口弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C046 | E32-F002F | 主蒸気隔離弁ブリードライン（F）入口弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C047 | E32-F002G | 主蒸気隔離弁ブリードライン（G）入口弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C048 | E32-F002H | 主蒸気隔離弁ブリードライン（H）入口弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C049 | E32-F004A | 主蒸気隔離弁ブリードライン（A）ベント元弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C050 | E32-F004B | 主蒸気隔離弁ブリードライン（B）ベント元弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C051 | E32-F004C | 主蒸気隔離弁ブリードライン（C）ベント元弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C052 | E32-F004D | 主蒸気隔離弁ブリードライン（D）ベント元弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C053 | E32-F004E | 主蒸気隔離弁ブリードライン（E）ベント元弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C054 | E32-F004F | 主蒸気隔離弁ブリードライン（F）ベント元弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C055 | E32-F004G | 主蒸気隔離弁ブリードライン（G）ベント元弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C056 | E32-F004H | 主蒸気隔離弁ブリードライン（H）ベント元弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C057 | G33-F001 | 原子炉冷却材浄化系内側隔離弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C058 | G33-F004 | 原子炉冷却材浄化系外側隔離弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C059 | E12-F003B | 残留熱除去系熱交換器Ｂ出口弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C060 | E12-F004B | 残留熱除去系ポンプＢ入口弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C061 | E12-F004C | 残留熱除去系ポンプＣ入口弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C062 | E12-F006B | 残留熱除去系ポンプＢ停止時冷却ライン入口弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C063 | E12-F016B | 残留熱除去系Ｂ系格納容器スプレイ弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C064 | E12-F017B | 残留熱除去系Ｂ系格納容器スプレイ弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C065 | E12-F024B | 残留熱除去系Ｂ系テストライン弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C066 | E12-F027B | 残留熱除去系Ｂ系サプレッションプールスプレイ弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C067 | E12-F031B | 残留熱除去系ポンプＢ出口逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C068 | E12-F031C | 残留熱除去系ポンプＣ出口逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C069 | E12-F041B | 残留熱除去系Ｂ系注入ラインテスト逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C070 | E12-F041C | 残留熱除去系Ｃ系注入ラインテスト逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C071 | E12-F042B | 残留熱除去系Ｂ系注入弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C072 | E12-F042C | 残留熱除去系Ｃ系注入弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C073 | E12-F046B | 残留熱除去系Ｂ系ミニフローライン逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C074 | E12-F046C | 残留熱除去系Ｃ系ミニフローライン逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C075 | E12-F047B | 残留熱除去系熱交換器Ｂ入口弁 | Sｸﾗｽ | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C076 | E12-F048B | 残留熱除去系熱交換器Ｂバイパス弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C077 | E12-F050B | 残留熱除去系Ｂ系停止時冷却ラインテスト逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C078 | E12-F053B | 残留熱除去系Ｂ系シャットダウン注入弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C079 | E12-F064B | 残留熱除去系Ｂ系ミニフロー弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C080 | E12-F064C | 残留熱除去系Ｃ系ミニフロー弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C081 | E12-F003A | 残留熱除去系熱交換器Ａ出口弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C082 | E12-F004A | 残留熱除去系ポンプＡ入口弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C083 | E12-F006A | 残留熱除去系ポンプＡ停止時冷却ライン入口弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C084 | E12-F008 | 残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側） | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C085 | E12-F009 | 残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側） | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C086 | E12-F016A | 残留熱除去系Ａ系格納容器スプレイ弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C087 | E12-F017A | 残留熱除去系Ａ系格納容器スプレイ弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C088 | E12-F024A | 残留熱除去系Ａ系テストライン弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |

# 第6－3－1表　建屋内上位クラス施設に波及的影響（損傷，転倒及び落下等）を及ぼすおそれのある下位クラス施設（8／14）

| 番 号 | 建屋内上位クラス施設 | | 区分 | 設置場所 | 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設 | 波及的影響のおそれ（○：あり，×：なし） | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 損傷，転倒，落下 | |
| C089 | E12-F027A | 残留熱除去系Ａ系サプレッションプールスプレイ弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C090 | E12-F031A | 残留熱除去系ポンプＡ出口逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C091 | E12-F041A | 残留熱除去系Ａ系注入ラインテスト逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C092 | E12-F042A | 残留熱除去系Ａ系注入弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C093 | E12-F046A | 残留熱除去系Ａ系ミニフローライン逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C094 | E12-F047A | 残留熱除去系熱交換器Ａ入口弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C095 | E12-F048A | 残留熱除去系熱交換器Ａバイパス弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C096 | E12-F050A | 残留熱除去系Ａ系停止時冷却ラインテスト逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C097 | E12-F053A | 残留熱除去系Ａ系シャットダウン注入弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C098 | E12-F064A | 残留熱除去系Ａ系ミニフロー弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C099 | 2-16V12A | ドライウェルＮ２供給弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C100 | 2-16V12B | ドライウェルＮ２供給弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C101 | 2-16V13A | ドライウェルＮ２ボトルガス供給弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C102 | 2-16V13B | ドライウェルＮ２ボトルガス供給弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C103 | E12-F068A | 残留熱除去系熱交換器Ａ海水出口流量調整弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C104 | E12-F068B | 残留熱除去系熱交換器Ｂ海水出口流量調整弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C105 | E51-F010 | 原子炉隔離時冷却系復水貯蔵タンク水供給弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C106 | E51-F011 | 原子炉隔離時冷却系ポンプ復水貯蔵タンク水供給逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C107 | E51-F012 | 原子炉隔離時冷却系ポンプ出口弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C108 | E51-F013 | 原子炉隔離時冷却系注入弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C109 | E51-F015 | 原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁 | Sｸﾗｽ | R/B | 揚重設備（ホイスト） | ○ | |
| C110 | E51-F019 | 原子炉隔離時冷却系ミニフロー弁 | Sｸﾗｽ | R/B | 揚重設備（ホイスト） | ○ | |
| C111 | E51-F028 | 原子炉隔離時冷却系真空ポンプ出口逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C112 | E51-F030 | 原子炉隔離時冷却系サプレッションプール水供給ライン逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C113 | E51-F031 | 原子炉隔離時冷却系ポンプサプレッションプール水供給弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C114 | E51-F040 | 原子炉隔離時冷却系タービン排気逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C115 | E51-F044 | 原子炉隔離時冷却系真空タンク復水ポンプ出口逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | 揚重設備（ホイスト） | ○ | |
| C116 | E51-F045 | 原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C117 | E51-F046 | 原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水供給弁 | Sｸﾗｽ | R/B | 揚重設備（ホイスト） | ○ | |
| C118 | E51-F047 | 原子炉隔離時冷却系真空タンク復水戻り逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | 揚重設備（ホイスト） | ○ | |
| C119 | E51-F063 | 原子炉隔離時冷却系内側隔離弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C120 | E51-F064 | 原子炉隔離時冷却系外側隔離弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C121 | E51-F065 | 原子炉隔離時冷却系外側テスト逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C122 | E51-F066 | 原子炉隔離時冷却系内側テスト逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C123 | E51-F068 | 原子炉隔離時冷却系タービン排気弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C124 | E51-F069 | 原子炉隔離時冷却系真空ポンプ出口弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C125 | E51-FF006-201 | 原子炉隔離時冷却系タービン排気ライン真空破壊弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C126 | E51-FF006-202 | 原子炉隔離時冷却系タービン排気ライン真空破壊弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C127 | E22-F001 | 高圧炉心スプレイ系ポンプ入口弁（ＣＳＴ側） | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C128 | E22-F002 | 高圧炉心スプレイ系入口逆止弁（ＣＳＴ側） | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C129 | E22-F004 | 高圧炉心スプレイ系注入弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C130 | E22-F005 | 高圧炉心スプレイ系テスタブル逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C131 | E22-F012 | 高圧炉心スプレイ系ミニフロー弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C132 | E22-F015 | 高圧炉心スプレイ系ポンプ入口弁（Ｓ／Ｐ側） | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |

# 第6－3－1表　建屋内上位クラス施設に波及的影響（損傷，転倒及び落下等）を及ぼすおそれのある下位クラス施設（9／14）

| 番 号 | 建屋内上位クラス施設 | | 区分 | 設置場所 | 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設 | 波及的影響のおそれ（○：あり，×：なし） | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 損傷，転倒，落下 | |
| C133 | E22-F016 | 高圧炉心スプレイ系入口逆止弁（S／P側） | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C134 | E22-F024 | 高圧炉心スプレイ系入口逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C135 | E21-F001 | 低圧炉心スプレイ系ポンプ入口弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C136 | E21-F003 | 低圧炉心スプレイ系出口逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C137 | E21-F005 | 低圧炉心スプレイ系注入弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C138 | E21-F006 | 低圧炉心スプレイ系テスト逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C139 | E21-F011 | 低圧炉心スプレイ系ミニフロー弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C140-1 | C12-117 | スクラム弁用空気三方電磁弁 | Sｸﾗｽ | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C140-2 | | | Sｸﾗｽ | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C141-1 | C12-118 | スクラム弁用空気三方電磁弁 | Sｸﾗｽ | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C141-2 | | | Sｸﾗｽ | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C142-1 | C12-126 | スクラム弁（加圧・流入側） | Sｸﾗｽ | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C142-2 | | | Sｸﾗｽ | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C143-1 | C12-127 | スクラム弁（排出側） | Sｸﾗｽ | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C143-2 | | | Sｸﾗｽ | R/B | 揚重設備（チェーンブロック） | ○ | |
| C144 | SB2-4A | ＦＲＶＳ　ＳＧＴＳ　系入口ダンパ | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C145 | SB2-4B | ＦＲＶＳ　ＳＧＴＳ　系入口ダンパ | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C146 | SB2-5A | 非常用ガス再循環系トレインＡ入口ダンパ | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C147 | SB2-5B | 非常用ガス再循環系トレインＢ入口ダンパ | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C148 | SB2-6 | ＦＲＶＳトレイン連結弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C149 | SB2-7A | 非常用ガス再循環系トレインＡ出口ダンパ | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C150 | SB2-7B | 非常用ガス再循環系トレインＢ出口ダンパ | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C151 | SB2-13A | 非常用ガス再循環系循環ダンパ | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C152 | SB2-13B | 非常用ガス再循環系循環ダンパ | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C153 | SB2-9A | 非常用ガス処理系トレインＡ入口ダンパ | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C154 | SB2-9B | 非常用ガス処理系トレインＢ入口ダンパ | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C155 | SB2-10 | ＳＧＴＳトレイン連結弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C156 | SB2-11A | 非常用ガス処理系トレインＡ出口ダンパ | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C157 | SB2-11B | 非常用ガス処理系トレインＢ出口ダンパ | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C158 | 2-43V1A | 可燃性ガス濃度制御系Ａ系入口管隔離弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C159 | 2-43V1B | 可燃性ガス濃度制御系Ｂ系入口管隔離弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C160 | FV-1A | 可燃性ガス濃度制御系入口制御弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C161 | FV-1B | 可燃性ガス濃度制御系入口制御弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C162 | 2-43V2A | 可燃性ガス濃度制御系Ａ系出口弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C163 | 2-43V2B | 可燃性ガス濃度制御系Ｂ系出口弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C164 | 2-43V3A | 可燃性ガス濃度制御系Ａ系出口管隔離弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C165 | 2-43V3B | 可燃性ガス濃度制御系Ｂ系出口管隔離弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C166 | FV-2A | 可燃性ガス濃度制御系再循環制御弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C167 | FV-2B | 可燃性ガス濃度制御系再循環制御弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C168 | MV-10A | 可燃性ガス濃度制御系冷却器冷却水入口弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C169 | MV-10B | 可燃性ガス濃度制御系冷却器冷却水入口弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C170 | 2-26V-40 | ドライウェル真空破壊弁 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| C171 | 2-26V-41 | ドライウェル真空破壊弁 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| C172 | 2-26V-42 | ドライウェル真空破壊弁 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |

# 第6－3－1表　建屋内上位クラス施設に波及的影響（損傷，転倒及び落下等）を及ぼすおそれのある下位クラス施設（10／14）

| 番 号 | 建屋内上位クラス施設 | | 区分 | 設置場所 | 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設 | 波及的影響のおそれ（○：あり，×：なし） | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 損傷，転倒，落下 | |
| C173 | 2-26V-43 | ドライウェル真空破壊弁 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| C174 | 2-26V-44 | ドライウェル真空破壊弁 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| C175 | 2-26V-45 | ドライウェル真空破壊弁 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| C176 | 2-26V-46 | ドライウェル真空破壊弁 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| C177 | 2-26V-47 | ドライウェル真空破壊弁 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| C178 | 2-26V-48 | ドライウェル真空破壊弁 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| C179 | 2-26V-49 | ドライウェル真空破壊弁 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| C180 | 2-26V-56 | ドライウェル真空破壊弁 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| C181 | 2-26B-10 | サプレッション・チェンバベント弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C182 | 2-26B-12 | 格納容器ベント弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C183 | 2-26B-90 | ＰＣＶ　ＳＧＴＳ　排気弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C184 | 2-26V1 | サプレッションチェンバ真空破壊弁 | Sｸﾗｽ | R/B | 照明器具（カバー無し） | ○ | |
| C185 | 2-26V2 | サプレッションチェンバ真空破壊弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C186 | 2-26B3 | ＡＣ系・真空破壊逆止弁止め弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C187 | 2-26B4 | ＡＣ系・真空破壊逆止弁止め弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C188 | SB2-1A/1B/1C/1D | Ｃ／Ｓ給気隔離ダンパ | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C189 | SB2-2A/2B/2C/D | 原子炉建屋換気系給気隔離弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C190 | 3-13V24 | 非常用ディーゼル発電機２Ｄ海水系出口逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C191 | 3-13V26 | 非常用ディーゼル発電機２Ｃ海水系出口逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C192 | 2-16V11 | ドライウェル制御用空気供給元 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C193 | 3-13V25 | 高圧炉心スプレイディーゼル冷却系海水系出口逆止弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C194 | 2-9V33 | ドライウェル内機器原子炉補機冷却水戻り弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C195 | 2-9V30 | ドライウェル内機器原子炉補機冷却水隔離弁 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| C196 | SB2-18A | 中央制御室給気隔離弁 | SA施設 | R/B | － | × | |
| C197 | SB2-18B | 中央制御室給気隔離弁 | SA施設 | R/B | － | × | |
| C198 | SB2-19A | 中央制御室給気隔離弁 | SA施設 | R/B | － | × | |
| C199 | SB2-19B | 中央制御室給気隔離弁 | SA施設 | R/B | － | × | |
| C200 | SB2-20A | 中央制御室排気隔離弁 | SA施設 | R/B | － | × | |
| C201 | SB2-20B | 中央制御室排気隔離弁 | SA施設 | R/B | － | × | |

# 第6－3－1表　建屋内上位クラス施設に波及的影響（損傷，転倒及び落下等）を及ぼすおそれのある下位クラス施設（11／14）

| 番号 | 建屋内上位クラス施設 | 区分 | 設置場所 | 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設 | 波及的影響のおそれ（○：あり，×：なし） | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 損傷，転倒，落下 | |
| D001 | 緊急時炉心冷却系操作盤 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | 天井照明 | ○ | |
| D002 | 原子炉補機操作盤 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | 天井照明 | ○ | |
| D003 | 原子炉制御操作盤 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | 天井照明 | ○ | |
| D004 | プロセス放射線モニタ計装盤 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D005 | 原子炉保護系（A）継電器盤 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D006 | 原子炉保護系（B）継電器盤 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D007 | プロセス計装盤(H13-P613) | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D008 | プロセス計装盤(H13-P617) | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D009 | 残留熱除去系(B),(C)補助継電器盤 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D010 | 原子炉隔離時冷却系継電器盤 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D011 | 原子炉格納容器内側隔離系継電器盤 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D012 | 原子炉格納容器外側隔離系継電器盤 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D013 | 高圧炉心スプレイ系継電器盤 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D014 | 自動減圧系（A）継電器盤 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D015 | 低圧炉心スプレイ系，残留熱除去系（A）補助継電器盤 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D016 | 自動減圧系（B）継電器盤 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D017 | 漏えい検出系操作盤(H13-P632) | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D018 | プロセス放射線モニタ，起動時領域モニタ（A）操作盤 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D019 | プロセス放射線モニタ，起動時領域モニタ（B）操作盤 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D020 | 漏えい検出系操作盤(H13-P642) | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D021 | アクシデントマネージメント盤 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D022 | サプレッションプール温度記録計盤（A） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D023 | サプレッションプール温度記録計盤（B） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D024 | 原子炉保護系（1A）トリップユニット盤 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D025 | 原子炉保護系（1B）トリップユニット盤 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D026 | 原子炉保護系（2A）トリップユニット盤 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D027 | 原子炉保護系（2B）トリップユニット盤 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D028 | 緊急時炉心冷却系(DIV-Ⅰ-1)トリップユニット盤 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D029 | 緊急時炉心冷却系(DIV-Ⅱ-1)トリップユニット盤 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D030 | 緊急時炉心冷却系(DIV-Ⅰ-2)トリップユニット盤 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D031 | 高圧炉心スプレイ系トリップユニット盤 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D032 | 所内電気操作盤 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | 天井照明 | ○ | |
| D033 | タービン補機盤（CP-4） | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D034 | 窒素置換－空調換気制御盤 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D035 | 非常用ガス処理系，非常用ガス循環系（A）操作盤 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D036 | 非常用ガス処理系，非常用ガス循環系（B）操作盤 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D037 | タービン補機盤（CP-9） | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D038 | タービン補機盤（CP-11） | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D039 | RCICタービン制御盤 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D040 | 非常用メタクラ 2C | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D041 | 非常用メタクラ 2D | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D042 | 非常用メタクラ HPCS | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D043 | 非常用パワーセンタ 2C | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |

# 第6－3－1表　建屋内上位クラス施設に波及的影響（損傷，転倒及び落下等）を及ぼすおそれのある下位クラス施設（12／14）

| 番号 | 建屋内上位クラス施設 | 区分 | 設置場所 | 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設 | 波及的影響のおそれ（○：あり，×：なし） | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 損傷，転倒，落下 | |
| D044 | 非常用パワーセンタ 2D | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D045 | MCC 2C-3 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D046 | MCC 2C-4 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D047 | MCC 2C-5 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D048 | MCC 2C-6 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D049 | MCC 2C-8 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D050 | MCC 2C-9 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D051 | MCC 2D-3 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D052 | MCC 2D-4 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D053 | MCC 2D-5 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D054 | MCC 2D-6 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D055 | MCC 2D-8 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D056 | MCC 2D-9 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D057 | MCC HPCS | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D058 | 直流125V分電盤2A-1 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D059 | 直流125V分電盤2A-2-1 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D060 | 直流125V分電盤2A-2 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D061 | 直流125V分電盤2B-1 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D062 | 直流125V分電盤2B-2-1 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D063 | 直流125V分電盤2B-2 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D064 | 直流125V分電盤HPCS | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D065 | 直流125V配電盤2A | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D066 | 直流125V配電盤2B | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D067 | 直流125V配電盤HPCS | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D068 | 中央制御室120V交流計装用分電盤2A-1 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D069 | 中央制御室120V交流計装用分電盤2A-2 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D070 | 中央制御室120V交流計装用分電盤2B-1 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D071 | 中央制御室120V交流計装用分電盤2B-2 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D072 | 120V交流計装用分電盤HPCS | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D073 | 直流125V MCC 2A-1 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D074 | 直流125V MCC 2A-2 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D075 | 直流±24V分電盤2A | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D076 | 直流±24V分電盤2B | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D077 | 可搬型整流器用変圧器 | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D078 | 可搬型代替直流電源設備用電源切替盤 | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D079 | 緊急用断路器 | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D080 | 緊急用Ｍ／Ｃ | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D081 | 緊急用動力変圧器 | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D082 | 緊急用Ｐ／Ｃ | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D083 | 緊急用ＭＣＣ | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D084 | 緊急用電源切替盤 | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D085 | 可搬型代替低圧電源車接続盤 | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D086 | 緊急用直流125V配電盤 | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |

※1　当該施設を設置する段階で、5.3項に示す影響検討を実施する（添付資料3）。

# 第6－3－1表　建屋内上位クラス施設に波及的影響（損傷，転倒及び落下等）を及ぼすおそれのある下位クラス施設（13／14）

| 番号 | 建屋内上位クラス施設 | 区分 | 設置場所 | 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設 | 波及的影響のおそれ（○：あり，×：なし） | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 損傷，転倒，落下 | |
| D087 | 緊急時対策所用M／C | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D101 | 原子炉圧力 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D102 | 原子炉水位 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D103 | 原子炉隔離時冷却系系統流量 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D104 | 高圧炉心スプレイ系系統流量 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D105 | 残留熱除去系系統流量 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D106 | 低圧炉心スプレイ系系統流量 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D107 | 残留熱除去系熱交換器入口温度 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D108 | 残留熱除去系熱交換器出口温度 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D109 | 残留熱除去系海水系系統流量 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D110 | 原子炉隔離時冷却系ポンプ吐出圧力 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D111 | 高圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D112 | 残留熱除去系ポンプ吐出圧力 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D113 | 低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D114 | 原子炉圧力（SA） | SA施設 | R/B | － | × | |
| D115 | サプレッション・プール水温度 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D116 | ドライウェル圧力 | SA施設 | R/B | － | × | |
| D117 | サプレッション・チェンバ圧力 | SA施設 | R/B | － | × | |
| D118 | サプレッション・プール水位 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D119 | 格納容器内水素濃度 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | 揚重設備（ホイスト） | ○ | |
| D120 | 格納容器内酸素濃度 | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | 揚重設備（ホイスト） | ○ | |
| D121 | 主蒸気系流量 | Sｸﾗｽ | R/B | － | × | |
| D122 | 原子炉圧力容器温度 | SA施設 | R/B | － | × | |
| D123 | 格納容器雰囲気放射線モニタ | Sｸﾗｽ SA施設 | R/B | － | × | |
| D124 | 原子炉水位（SA広帯域・SA燃料域） | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D125 | 高圧代替注水系系統流量 | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D126 | 低圧代替注水系原子炉注水流量 | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D127 | 代替循環冷却系原子炉注水流量 | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D128 | 低圧代替注水系格納容器スプレイ流量 | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D129 | 低圧代替注水系格納容器下部注水流量 | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D130 | ドライウェル雰囲気温度 | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D131 | サプレッション・チェンバ雰囲気温度 | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D132 | 格納容器下部水位 | Sｸﾗｽ SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D133 | フィルタ装置水位 | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D134 | フィルタ装置圧力 | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D135 | フィルタ装置スクラビング水温度 | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D136 | フィルタ装置入口水素濃度 | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D137 | 代替循環冷却系ポンプ入口温度 | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D138 | 代替循環冷却系格納容器スプレイ流量 | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D139 | 緊急用海水系流量（残留熱除去系熱交換器） | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D140 | 緊急用海水系流量（残留熱除去系補機） | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D141 | 代替淡水貯槽水位 | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D142 | 常設高圧代替注水系ポンプ吐出圧力 | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |

※1　当該施設を設置する段階で、5.3項に示す影響検討を実施する（添付資料3）。

# 第6－3－1表　建屋内上位クラス施設に波及的影響（損傷，転倒及び落下等）を及ぼすおそれのある下位クラス施設（14／14）

| 番号 | 建屋内上位クラス施設 | 区分 | 設置場所 | 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設 | 波及的影響のおそれ（○：あり，×：なし） | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 損傷，転倒，落下 | |
| D143 | 常設低圧代替注水系ポンプ吐出圧力 | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D144 | 代替循環冷却系ポンプ吐出圧力 | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |
| D145 | 原子炉建屋水素濃度 | SA施設 | | － | － | 設置予定施設※1 |

※1　当該施設を設置する段階で、5.3項に示す影響検討を実施する（添付資料3）。

第6－3－2表　建屋内施設の評価方針（損傷，転倒及び落下等による影響）（1／2）

| 上位クラス施設<br>（建屋内施設） | 波及的影響を及ぼすおそれのある<br>下位クラス施設 | 評価方針 | 備　考 |
|---|---|---|---|
| 原子炉圧力容器 | 原子炉遮蔽壁 | 基準地震動Ｓｓに対する構造健全性評価により，原子炉遮蔽壁が上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。 | 工認耐震計算書<br>添付予定 |
| 使用済燃料プール<br>使用済燃料ラック<br>原子炉建屋換気系放射線モニタ | 原子炉建屋クレーン | 基準地震動Ｓｓに対する構造健全性評価により，原子炉建屋クレーンが上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。 | 工認耐震計算書<br>添付予定 |
| 使用済燃料プール<br>使用済燃料ラック<br>原子炉建屋換気系放射線モニタ | 燃料取替機 | 基準地震動Ｓｓに対する構造健全性評価により，燃料取替機が上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。 | 工認耐震計算書<br>添付予定 |
| 使用済燃料プール<br>使用済燃料ラック | 制御棒貯蔵ラック<br>制御棒貯蔵ハンガ | 基準地震動Ｓｓに対する構造健全性評価により，制御棒貯蔵ラック及び制御棒貯蔵ハンガが上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。 | 工認耐震計算書<br>添付予定 |
| 使用済燃料乾式貯蔵容器 | 使用済燃料乾式貯蔵建屋クレーン | 基準地震動Ｓｓに対する構造健全性評価により，使用済燃料乾式貯蔵建屋クレーンが上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。 | 工認耐震計算書<br>添付予定 |
| 格納容器 | 原子炉ウェル遮蔽ブロック | 基準地震動Ｓｓに対する構造健全性評価により，原子炉ウェル遮蔽ブロックが上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。 | 工認耐震計算書<br>添付予定 |

第６－３－２表　建屋内施設の評価方針（損傷，転倒及び落下等による影響）（2／2）

| 上位クラス施設<br>（建屋内施設） | 波及的影響を及ぼすおそれのある<br>下位クラス施設 | 評価方針 | 備　考 |
|---|---|---|---|
| 緊急時炉心冷却系操作盤<br>原子炉補機操作盤<br>原子炉制御操作盤<br>所内電源操作盤 | 中央制御室用天井照明 | 基準地震動Ｓｓに対する構造健全性評価により，中央制御室用天井照明が上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。 | 工認耐震計算書<br>添付予定 |
| 上位クラス施設 | 揚重設備（ホイスト，チェーンブロック） | 通常運転開始までに落下防止等の措置を講じる。 | |
| 上位クラス施設 | 照明器具（カバー無し） | 通常運転開始までに落下防止等の措置を講じる。 | |

## 6.4　建屋外における損傷，転倒及び落下等による影響検討結果

### 6.4.1　抽出作業

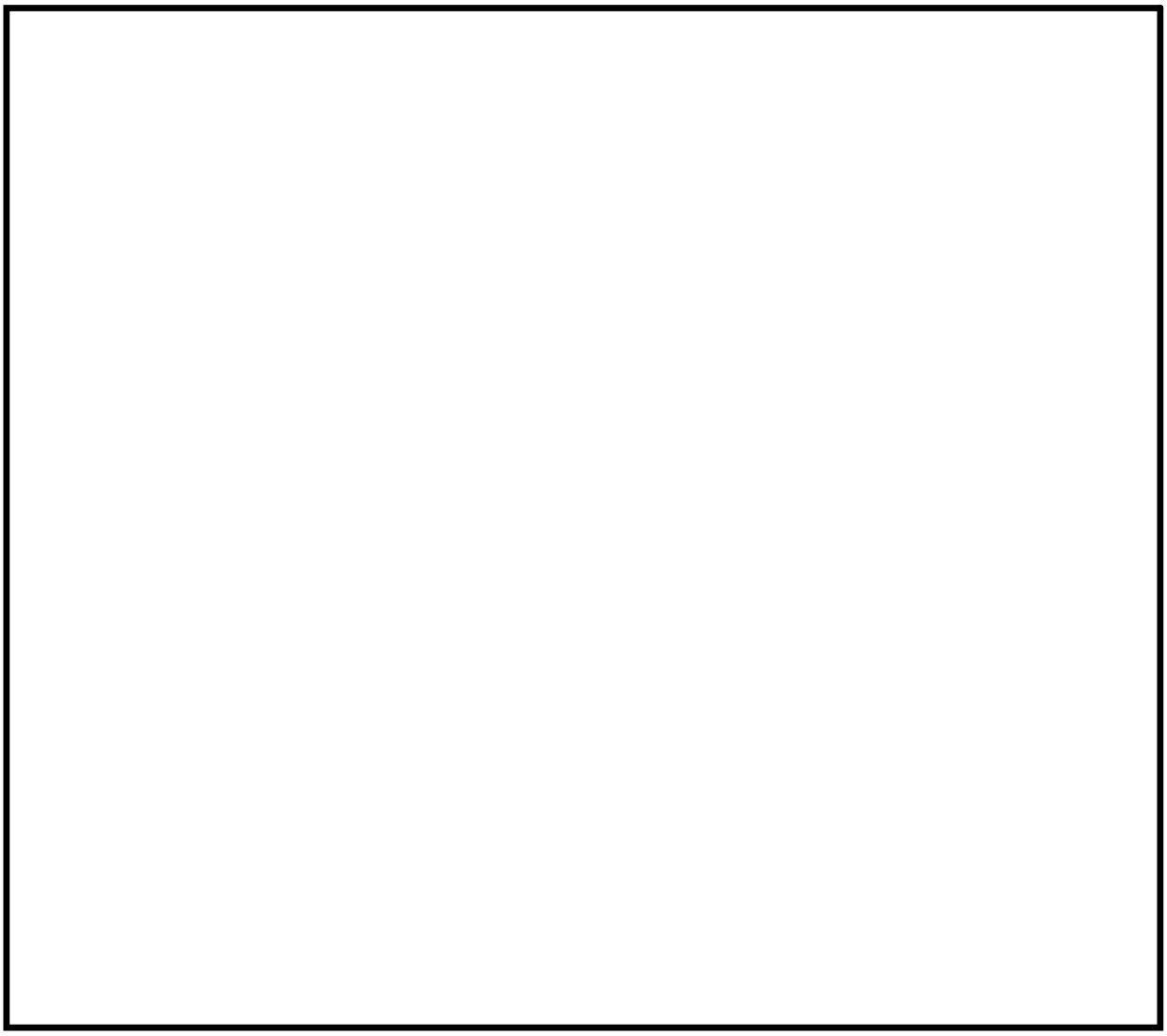
机上検討及び現場調査をもとに，建屋外上位クラス施設及び建屋外上位クラス施設の間接支持構造物である建物・構築物に対して，損傷，転倒及び落下等により影響を及ぼす可能性のある下位クラス施設を抽出した。

### 6.4.2　下位クラス施設の抽出結果

第 5－4 図のフローの a に基づいて抽出された下位クラス施設について抽出したものを第 6－4－1 図及び第 6－4－1 表に示す。

### 6.4.3　耐震評価を実施する施設

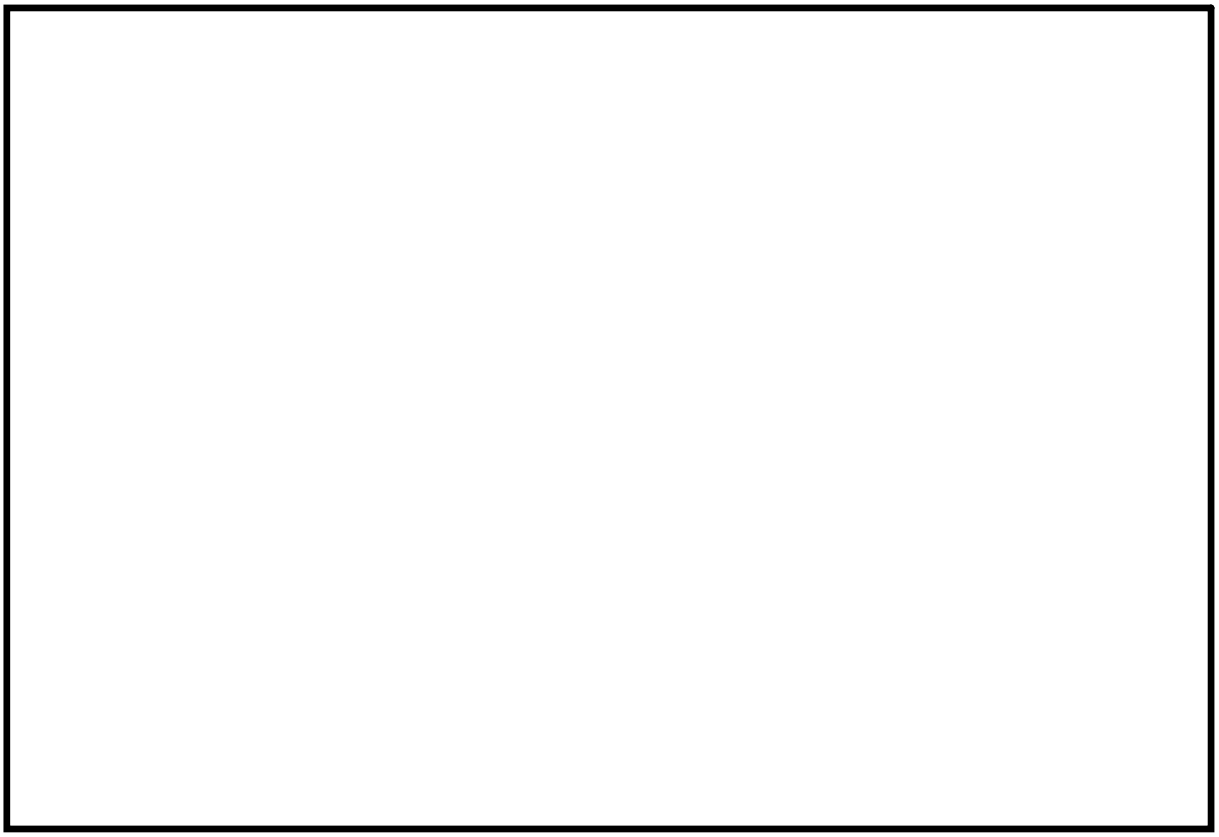
6.4.2 で抽出した建屋外下位クラス施設の評価方針について，第 6－4－2 表に示す。



：上位クラス施設

：波及的影響を及ぼす可能性のある
下位クラス施設

第６－４－１図　建屋外上位クラス配置図（1／3）



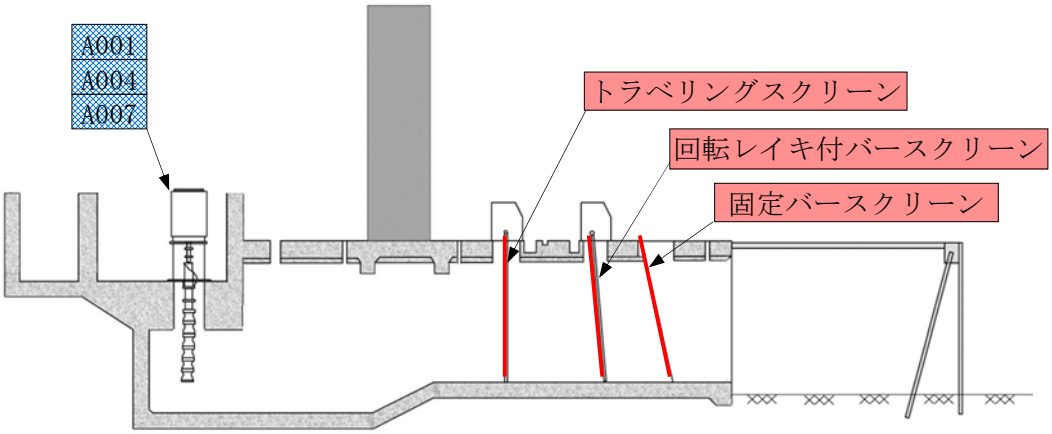
原子炉建屋周辺詳細

：上位クラス施設

：波及的影響を及ぼす可能性のある
下位クラス施設

第６－４－１図　建屋外上位クラス配置図（2／3）

取水構造物平面図




取水構造物断面図

：上位クラス施設

：波及的影響を及ぼす可能性のある
下位クラス施設

第６－４－１図　建屋外上位クラス配置図（2／3）

# 第6－4－1表　建屋外上位クラス施設に波及的影響（損傷，転倒及び落下等）を及ぼすおそれのある下位クラス施設（1／2）

| 番号 | 屋外上位クラス施設 | 設置場所 | 区分 | 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設 | 波及的影響のおそれ（○：あり，×：なし） | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 損傷・転倒・落下 | |
| A001 | 残留熱除去系海水ポンプ | 屋外 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | 海水ポンプ室防護壁<br>循環水ポンプクレーン<br>固定バースクリーン<br>回転レイキ付きバースクリーン<br>トラベリングスクリーン | ○ | |
| A002 | 残留熱除去系海水ストレーナ | 屋外 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | 海水ポンプ室防護壁<br>循環水ポンプクレーン | ○ | |
| A003 | 残留熱除去系海水配管 | 屋外 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | 海水ポンプ室防護壁<br>循環水ポンプクレーン | ○ | |
| A004 | 非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ | 屋外 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | 海水ポンプ室防護壁<br>循環水ポンプクレーン<br>固定バースクリーン<br>回転レイキ付きバースクリーン<br>トラベリングスクリーン | ○ | |
| A005 | 非常用ディーゼル発電機用海水ストレーナ | 屋外 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | 海水ポンプ室防護壁<br>循環水ポンプクレーン | ○ | |
| A006 | 非常用ディーゼル発電機用海水配管 | 屋外 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | 海水ポンプ室防護壁<br>循環水ポンプクレーン | ○ | |
| A007 | 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ | 屋外 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | 海水ポンプ室防護壁<br>循環水ポンプクレーン<br>固定バースクリーン<br>回転レイキ付きバースクリーン<br>トラベリングスクリーン | ○ | |
| A008 | 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナ | 屋外 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | 海水ポンプ室防護壁<br>循環水ポンプクレーン | ○ | |
| A009 | 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水配管 | 屋外 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | 海水ポンプ室防護壁<br>循環水ポンプクレーン | ○ | |
| A010 | 非常用ガス処理系配管 | 屋外 | Sｸﾗｽ<br>SA施設 | 廃棄物処理建屋 | ○ | |
| A011 | 原子炉建屋 | 屋外 | Sｸﾗｽ及びSA施設<br>間接支持構造物 | タービン建屋<br>サービス建屋<br>ベーラ建屋<br>サンプルタンク室<br>ヘパフィルター室<br>連絡通路<br>大物搬入口<br>廃棄物処理建屋 | ○ | |
| A012 | 使用済燃料乾式貯蔵建屋 | 屋外 | Sｸﾗｽ<br>間接支持構造物 | － | × | |
| A013 | 取水構造物 | 屋外 | 屋外重要度土木構造物<br>SA施設 | 海水ポンプ室防護壁<br>循環水ポンプクレーン | ○ | |
| A014 | 屋外二重管 | 屋外 | Sｸﾗｽ及びSA施設<br>間接支持構造物 | － | × | |
| A015 | 非常用ガス処理系配管支持構造（排気筒、支持架構） | 屋外 | Sｸﾗｽ及びSA施設<br>間接支持構造物 | 廃棄物処理建屋 | ○ | |
| A016 | 常設代替高圧電源装置置場 | 屋外 | Sｸﾗｽ及びSA施設<br>間接支持構造物 | － | － | 設置予定施設※1 |
| A017 | 常設代替高圧電源装置用カルバート | 屋外 | Sｸﾗｽ及びSA施設<br>間接支持構造物 | － | － | 設置予定施設※1 |
| A018 | 緊急時対策所 | 屋外 | SA施設<br>間接支持構造物 | － | － | 設置予定施設※1 |
| A019 | 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎 | 屋外 | SA施設<br>間接支持構造物 | － | － | 設置予定施設※1 |
| A020 | 代替淡水貯槽 | 屋外 | SA施設 | － | － | 設置予定施設※1 |
| A021 | 常設低圧代替注水系ポンプ室 | 屋外 | SA施設<br>間接支持構造物 | － | － | 設置予定施設※1 |
| A022 | 常設低圧代替注水系配管カルバート | 屋外 | SA施設<br>間接支持構造物 | － | － | 設置予定施設※1 |
| A023 | 格納容器圧力逃がし装置格納槽 | 屋外 | SA施設<br>間接支持構造物 | － | － | 設置予定施設※1 |
| A024 | 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート | 屋外 | SA施設<br>間接支持構造物 | － | － | 設置予定施設※1 |
| A025 | ＳＡ用海水ピット | 屋外 | SA施設 | － | － | 設置予定施設※1 |
| A026 | ＳＡ用海水ピット取水塔 | 屋外 | SA施設 | － | － | 設置予定施設※1 |
| A027 | 海水引込み管 | 屋外 | SA施設 | － | － | 設置予定施設※1 |
| A028 | 緊急用海水ポンプピット | 屋外 | SA施設 | － | － | 設置予定施設※1 |
| A029 | 緊急用海水配管カルバート | 屋外 | SA施設<br>間接支持構造物 | － | － | 設置予定施設※1 |
| A030 | 緊急用海水取水管 | 屋外 | SA施設 | － | － | 設置予定施設※1 |
| A031 | 可搬型設備用軽油タンク基礎 | 屋外 | SA施設 | － | － | 設置予定施設※1 |
| A032 | 防潮堤及び防潮扉（防潮堤道路横断部に設置） | 屋外 | Sｸﾗｽ | － | － | 設置予定施設※1 |
| A033 | 放水路ゲート | 屋外 | Sｸﾗｽ | － | － | 設置予定施設※1 |
| A034 | 構内排水路逆流防止設備 | 屋外 | Sｸﾗｽ | － | － | 設置予定施設※1 |
| A035 | 貯留堰 | 屋外 | Sｸﾗｽ及びSA施設 | － | － | 設置予定施設※1 |

※1　当該施設を設置する段階で、5.4項に示す影響評価を実施する（添付資料3）。

第6－4－1表　建屋外上位クラス施設に波及的影響（損傷，転倒及び落下等）を及ぼすおそれのある下位クラス施設（2／2）

| 番号 | 屋外上位クラス施設 | 設置場所 | 区分 | 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設 | 波及的影響のおそれ（○：あり，×：なし） | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 損傷・転倒・落下 | |
| A036 | 取水路点検用開口部浸水防止蓋 | 屋外 | Sｸﾗｽ | － | － | 設置予定施設※1 |
| A037 | 海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁 | 屋外 | Sｸﾗｽ | － | － | 設置予定施設※1 |
| A038 | 取水ピット空気抜き配管逆止弁 | 屋外 | Sｸﾗｽ | － | － | 設置予定施設※1 |
| A039 | 海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋 | 屋外 | Sｸﾗｽ | － | － | 設置予定施設※1 |
| A040 | 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋 | 屋外 | Sｸﾗｽ | － | － | 設置予定施設※1 |
| A041 | ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋 | 屋外 | Sｸﾗｽ | － | － | 設置予定施設※1 |
| A042 | 緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋 | 屋外 | Sｸﾗｽ | － | － | 設置予定施設※1 |
| A043 | 緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁 | 屋外 | Sｸﾗｽ | － | － | 設置予定施設※1 |
| A044 | 緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁 | 屋外 | Sｸﾗｽ | － | － | 設置予定施設※1 |
| A045 | 貫通部止水処置 | 屋外 | Sｸﾗｽ | － | － | 設置予定施設※1 |
| A046 | 津波監視カメラ | 屋外 | Sｸﾗｽ | － | － | 設置予定施設※1 |
| A047 | 取水ピット水位計 | 屋外 | Sｸﾗｽ | － | － | 設置予定施設※1 |
| A048 | 潮位計 | 屋外 | Sｸﾗｽ | － | － | 設置予定施設※1 |
| A049 | 残留熱除去海水系ポンプＤ逆止弁 | 屋外 | Sｸﾗｽ | 海水ポンプ室防護壁<br>循環水ポンプクレーン | ○ | |
| A050 | 残留熱除去海水系ポンプＢ逆止弁 | 屋外 | Sｸﾗｽ | 海水ポンプ室防護壁<br>循環水ポンプクレーン | ○ | |
| A051 | 残留熱除去海水系ポンプＡ逆止弁 | 屋外 | Sｸﾗｽ | 海水ポンプ室防護壁<br>循環水ポンプクレーン | ○ | |
| A052 | 残留熱除去海水系ポンプＣ逆止弁 | 屋外 | Sｸﾗｽ | 海水ポンプ室防護壁<br>循環水ポンプクレーン | ○ | |
| A053 | 非常用ディーゼル発電機２Ｃ海水ポンプ出口逆止弁 | 屋外 | Sｸﾗｽ | 海水ポンプ室防護壁<br>循環水ポンプクレーン | ○ | |
| A054 | 非常用ディーゼル発電機２Ｄ海水ポンプ出口逆止弁 | 屋外 | Sｸﾗｽ | 海水ポンプ室防護壁<br>循環水ポンプクレーン | ○ | |
| A055 | 高圧炉心スプレイディーゼル冷却系海水系ポンプ出口逆止弁 | 屋外 | Sｸﾗｽ | 海水ポンプ室防護壁<br>循環水ポンプクレーン | ○ | |

※1　当該施設を設置する段階で，5.4項に示す影響評価を実施する（添付資料3）。

第6－4－2表　建屋外施設の評価方針（損傷，転倒及び落下等による影響）（1／2）

| 上位クラス施設<br>（建屋外施設） | 波及的影響を及ぼすおそれのある<br>下位クラス施設 | 評価方針 | 備　考 |
|---|---|---|---|
| 残留熱除去系海水ポンプ<br>残留熱除去系海水ストレーナ<br>残留熱除去系海水配管<br>非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ<br>非常用ディーゼル発電機用海水ストレーナ<br>非常用ディーゼル発電機用海水配管<br>高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ<br>高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナ<br>高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水配管　他 | 海水ポンプ室防護壁<br>循環水ポンプクレーン | 基準地震動Ｓｓに対する構造健全性評価により，海水ポンプピット室防護壁が上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。<br>なお，循環水ポンプクレーンについては撤去する方針としている。 | 工認耐震計算書<br>添付予定 |

第6－4－2表　建屋外施設の評価方針（損傷，転倒及び落下等による影響）（2／2）

| 上位クラス施設<br>（建屋外施設） | 波及的影響を及ぼすおそれのある<br>下位クラス施設 | 評価方針 | 備　考 |
|---|---|---|---|
| 残留熱除去系海水ポンプ<br>非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ<br>高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ | 固定バースクリーン<br>回転レイキ付バースクリーン<br>トラベリングスクリーン | 基準地震動Ｓｓに対する構造健全性評価により，固定バースクリーン，回転レイキ付バースクリーン及びトラベリングスクリーンが上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。 | 工認耐震計算書又は工事計画に係る補足説明資料に記載予定 |
| 原子炉建屋 | タービン建屋<br>サービス建屋 | 基準地震動Ｓｓに対する構造健全性評価により，タービン建屋及びサービス建屋が上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。 | 工認耐震計算書添付予定 |
| | ベーラ建屋<br>サンプルタンク室<br>ヘパフィルター室<br>連絡通路<br>大物搬入口 | 原子炉建屋に対して各建屋の規模が小さく軽量であることから，建屋同士が接触したとしても影響は軽微であり建屋の耐震性を損なうことがないことを確認する。 | 工事計画に係る補足説明資料に記載予定 |
| 原子炉建屋<br>非常用ガス処理系配管<br>非常用ガス処理系配管支持構造物（排気筒，支持架構） | 廃棄物処理建屋 | 基準地震動Ｓｓに対する構造健全性評価により，廃棄物処理建屋が上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。 | 工認耐震計算書添付予定 |

# 波及的影響評価に係る現場調査の実施要領

## 1. 目的

建屋内外の上位クラス施設への下位クラス施設の波及的影響評価のため，現場調査を実施し，上位クラス施設周辺の下位クラス施設の位置，構造及び影響防止措置等の状況を確認し，下位クラス施設による波及的影響のおそれの有無等を調査する。

## 2. 調査対象

### 2.1 調査対象施設

以下に示す上位クラス施設を現場調査の対象とする。

(1) 設計基準対象施設のうち，耐震Ｓクラス施設（津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備を含む。）

(2) 重大事故等対処施設のうち，常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備

なお，狭暗部，内部構造物等機器の内部，コンクリート埋設，地下，高所，高線量区域及び水中については，現場調査が困難であるが，狭暗部（原子炉圧力容器支持構造物等）については，外部から閉ざされた区域にあり，元々耐震Ｓクラス施設しかないこと，内部構造物等機器の内部（原子炉圧力容器内部構造物等）はその物全体が上位クラス施設であること，コンクリート埋設，地下については，周囲に波及的影響を与えるものはないと推定されることから，これらの箇所に設置されている上位クラス施設に対する波及的影響はないと判断する。

高所については，施設下方から周辺機器の位置関係を俯瞰的に見ることで波及的影響の有無を確認する。

水中については，対象上位クラス施設として使用済燃料プール，使用済燃料貯蔵ラックが該当するが，使用済燃料プール内に設置されている下位

クラス施設は設計図書類で網羅的に確認できることから，現場調査では使用済燃料貯蔵プール等の上部を俯瞰的に見ることで波及的影響の有無を確認する。

2.2　現場調査にて確認する検討事象

別記2に記載された事項に基づく検討事象に対する現場調査による確認項目を第１表に示す。

第1表 別記2に記載された事項に基づく検討事象に対する現場調査による確認項目

| 調査対象施設 | 建屋外施設 | | 接続部<br>（建屋内外） | 建屋内施設 |
|---|---|---|---|---|
| 検討事象 | 別記 2① | 別記 2④ | 別記 2② | 別記 2③ |
| 現場調査による確認項目 | ×※1 | ○ | ×※2 | ○ |

※1 不等沈下又は相対変位の観点として，上位クラス施設の建物・構築物と下位クラス施設の位置関係が机上検討で確認した通りであることを現地で確認。

※2 接続部については，系統図等により網羅的に確認が可能であり，プラント建設時及び改造工事の際は，施工に伴う確認，系統図作成時における現場確認，使用前検査，試運転等から接続部が設計図書どおりであることを確認していることから，接続部の波及的影響については，机上検討により評価対象の抽出が可能である。

3.　調査要員

調査要員の要件は，以下のとおりとする。下記(1)または(2)の要件に該当する者の複数名でチームを編成し，現場調査を実施する。

(1) 耐震設計，構造設計又は機械・電気計装設計等に関する専門的な知識・技能及び経験を有する者。

(2) 施設の構造，機能及び特性等に関する専門的な知識・技能及び経験を有する者。

4. 現場調査実施日

平成 27 年 12 月 7 日～平成 28 年 3 月 25 日

平成 29 年 5 月 18 日

5. 調査方法

5.1 調査手順

調査対象施設について，別紙の「東海第二発電所上位クラス施設への波及的影響調査記録シート」に従い，周辺の下位クラス施設の位置，構造及び影響防止措置（落下防止措置，固縛措置等）等の状況から，波及的影響のおそれの有無を確認する。

5.2 確認項目及び判断基準

各確認項目に対する波及的影響のおそれの有無の判断基準を第 2 表に示す。

なお，対象となる上位クラス施設に対して，下位クラス施設が明らかに影響を及ぼさない程度の大きさ，重量等である場合（小口径配管，照明器具等）は影響無しと判断する。

第２表　確認項目及び判断基準

| 確認項目 | 判断基準 |
|---|---|
| ○下位クラス施設との十分な離隔距離をとる等により，当該設備に与える影響はない。 | ・周辺の下位クラス施設の転倒・落下を想定した場合にも上位クラス施設に衝突しないだけの離隔距離をとって配置・保管されていること。 |
| ○周辺に作業用ホイスト・レール，グレーチング，手すり等がある場合，落下防止措置等により，当該設備に与える影響はない。 | ・作業用ホイスト・レール，グレーチング，手すり等について，離隔距離が十分でない場合は，適切な落下防止措置等が講じられていること。<br>・離隔距離をとっていても地震により移動する可能性があるもの（チェーンブロック等）は移動防止措置が講じられていること。 |
| ○周辺に仮置き機器がある場合，固縛措置等により，当該設備に与える影響はない。 | ・仮置き機器について，離隔距離が十分でない場合は，固縛措置等により落下防止または移動防止措置が講じられていること。 |
| ○上部に照明器具がある場合，落下防止措置等により，当該設備に与える影響はない。 | ・照明器具について，離隔距離が十分ではない場合は，適切な落下防止措置等が講じられていること。 |

東海第二発電所　上位クラス施設への波及的影響調査　記録シート（１／２）

| 施設(機器)名称 | | 施設(機器)番号 | |
|---|---|---|---|
| 設置建屋 | | 設置場所 | |

Y:YES N:NO U:調査不可 N/A:該当なし

| No. | 調 査 項 目 | Y | N | U | N/A |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 調査対象施設の上部または近傍に下位クラス施設の有無 | | | | |
| 2 | 下位クラス施設等との十分な離隔距離が有り、当該施設に影響を与えない。 | | | | |
| 3 | 周辺に影響を及ぼしうる揚重設備、レール、グレーチング手摺等がある場合、転倒及び落下により当該設備に影響を与えない。 | | | | |
| 4 | 周辺に点検用機材等の物置場がある場合、固縛措置等により当該設備に影響を与えない。 | | | | |
| 5 | 上部に照明器具、天井・壁の簡易建築材がある場合、落下防止措置等により当該設備に影響を与えない。 | | | | |
| 6 | 対象設備と支持構造物との接合部に外観上の異常（ボルトの緩み、腐食・き裂等）の有無 | | | | |
| 7 | その他<br>（　　） | | | | |

| 所見（施設周辺の状況について記載） |
|---|
| |

調査実施日　平成　　年　　月　　日
調　査　者

東海第二発電所　上位クラス施設への波及的影響調査　記録シート（２／２）

| | | | |
|---|---|---|---|
| 施設(機器)名称 | | 施設(機器)番号 | |
| 設置建屋 | | 設置場所 | |

**現場調査記録（写真等）**

# 波及的影響評価に係る現地調査記録

東海第二発電所　上位クラス施設への波及的影響調査　記録シート（１／２）

| 施設(機器)名称 | 原子炉隔離時冷却系ポンプ | 施設(機器)番号 | B020 |
|---|---|---|---|
| 設置建屋 | R/B | 設置場所<br>(エリア) | B2F RCIC ポンプ室<br>(B2-B) |

Y:YES N:NO U:調査不可 N/A:該当なし

| No. | 調 査 項 目 | Y | N | U | N/A |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 調査対象施設の上部または近傍に影響を及ぼしうる下位クラス施設はない。 | | ○ | | |
| 2 | 下位クラス施設等との十分な離隔距離が有り、当該施設に影響を与えない。 | ○ | | | |
| 3 | 周辺に影響を及ぼしうる揚重設備、レール、グレーチング手摺等がある場合、転倒及び落下により当該設備に影響を与えない。 | | ○ | | |
| 4 | 周辺に点検用機材等の物置場がある場合、固縛措置等により当該設備に影響を与えない。 | ○ | | | |
| 5 | 上部に天井・壁の簡易建築材がある場合、落下防止措置等により当該設備に影響を与えない。 | ○ | | | |
| 6 | 対象設備と支持構造物との接合部に外観上の異常（ボルトの緩み、腐食・き裂等）はない。 | ○ | | | |
| 7 | その他<br>（下記所見参照） | | | | |

| 所見（施設周辺の状況について記載） |
|---|
| 原子炉隔離時冷却系ポンプの上部にある揚重設備（ホイスト）の落下により当該施設を破損させる恐れがある。 |

調査実施日　平成２８年０２月０１日
調　査　者 [redacted]

東海第二発電所　上位クラス施設への波及的影響調査　記録シート（２／２）

| | | | |
|---|---|---|---|
| 施設(機器)名称 | 原子炉隔離時冷却系ポンプ | 施設(機器)番号 | B020 |
| 設置建屋 | R/B | 設置場所<br>(エリア) | B2F RCIC ポンプ室<br>(B2-B) |

東海第二発電所　上位クラス施設への波及的影響調査　記録シート（１／２）

| 施設(機器)名称 | エリア（B2-B） | 施設(機器)番号 | ー |
|---|---|---|---|
| 設置建屋 | R/B | 設置場所<br>(エリア) | B2F RCIC ポンプ室<br>(B2-B) |

Y:YES N:NO U:調査不可 N/A:該当なし

| No. | 調 査 項 目 | Y | N | U | N/A |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 調査対象施設の上部または近傍に影響を及ぼしうる下位クラス施設はない。 | | ○ | | |
| 2 | 下位クラス施設等との十分な離隔距離が有り、当該施設に影響を与えない。 | ○ | | | |
| 3 | 周辺に影響を及ぼしうる揚重設備、レール、グレーチング手摺等がある場合、転倒及び落下により当該設備に影響を与えない。 | | ○ | | |
| 4 | 周辺に点検用機材等の物置場がある場合、固縛措置等により当該設備に影響を与えない。 | ○ | | | |
| 5 | 上部に天井・壁の簡易建築材がある場合、落下防止措置等により当該設備に影響を与えない。 | ○ | | | |
| 6 | 対象設備と支持構造物との接合部に外観上の異常（ボルトの緩み、腐食・き裂等）はない。 | ○ | | | |
| 7 | その他<br>（　　） | | | | |

所見（施設周辺の状況について記載）

①上部にある揚重設備（ホイスト）の落下により配管系、弁を破損させる恐れがある。（RCIC系／RHR系）

②当該エリアにおけるその他全ての施設（Ｓクラス施設を含む）への波及的影響は無いことを確認した。

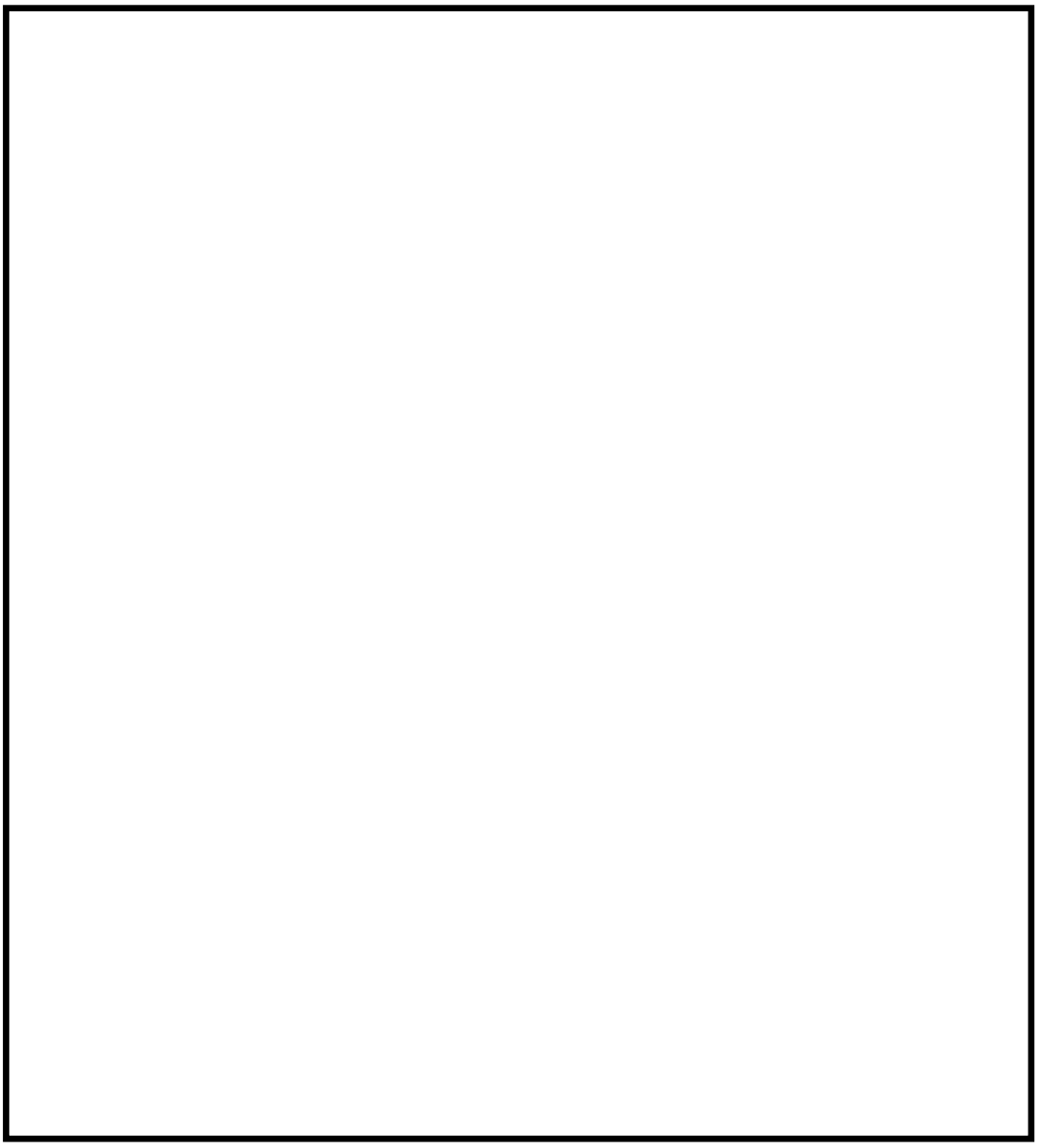
・配管系、弁、貫通部
・ダクト
・ケーブルトレイ

調査実施日　平成２８年０２月０１日

調　査　者 [redacted]

東海第二発電所　上位クラス施設への波及的影響調査　記録シート（２／２）

| 施設(機器)名称 | エリア（B2-B） | 施設(機器)番号 | ー |
|---|---|---|---|
| 設置建屋 | R/B | 設置場所<br>（エリア） | B2F RCIC ポンプ室<br>(B2-B) |



# 原子力発電所における地震被害事例の要因整理

| 地震被害に関するＮＵＣＩＡ情報の検討内容 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| No. | 対象地震（発電所） | 件　名 | 号機 | 地震被害事象および発生要因の概要 | 地震被害発生要因 |
| 地震被害発生要因Ⅰ | | | | | ※下線は要因Ⅰ相当箇所 |
| 1 | 宮城県沖（女川） | ８・１６宮城地震による女川原子力発電所全プラント停止について | 1号機<br>2号機<br>3号機 | 地震による安全上重要となる被害なし。以下の軽微な被害が発生。<br>○女川１号機<br>・主変圧器，起動用変圧器の避圧弁動作<br>・サイトバンカ建屋プールに水銀灯落下<br>○女川２号機<br>・主変圧器，起動用変圧器，補助ボイラー変圧器（Ａ）（Ｂ）の避圧弁動作<br>○女川３号機<br>・原子炉建屋内見学者用ギャラリー室のガラスのひび<br>・主変圧器の避圧弁動作<br>○その他構内<br>・環境放射能測定センターの希硫酸（５％濃度）貯蔵施設が漏えいおよび苛性ソーダの一部滴下<br>・建屋エレベータ停止<br>・排気筒航空障害灯レンズカバー破損<br>・構内道路アスファルト亀裂・波うち・段差発生 | Ⅰ，Ⅲ，Ⅵ |
| 2 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】ＨＴｒ３Ｂ火災発生 | 3号機 | ・変圧器と周期の基礎沈下により，沈下量に差が発生し，二次側接続部ダクトが変圧器側接続部より落下して変圧器二次ブッシング端子部に接触。<br>・この際の衝撃及び二次側接続母線側導体の変位により変圧器ブッシング碍管が損傷し漏油が発生。<br>・二次側接続母線部ダクトが落下し，ブッシング端子部と接触し三相地絡・短絡を引き起こし，大電力のアーク放電により変圧器火災が発生。<br>・変圧器二次側と二次側接続母線部ダクトの接続部が損傷開口し，着火した絶縁油が基礎面上に流出し，延焼。 | Ⅰ |
| 3 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】スタックへのダクト配管ズレ | 1号機 | 周辺地盤及びダクト基礎部の沈下による主排気ダクトのズレ（ベローズの変形）。 | Ⅰ |
| 4 | | 【中越沖地震】スタックへのダクト配管ズレ | 2号機 | | |
| 5 | | 【中越沖地震】スタックへのダクト配管ズレ | 3号機 | | |
| 6 | | 【中越沖地震】スタックへのダクト配管ズレ | 4号機 | | |
| 7 | | 【中越沖地震】スタックと主排気ダクトカバーのゆがみ確認 | 5号機 | | |
| 8 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】Ｋ３励磁用変圧器基礎ボルト切断・相非分割母線沈下有り | 3号機 | 地震の揺れによる変圧器及び励磁電源用変圧器の基礎ボルトの切断，相非分割母線基礎の沈下。 | Ⅰ，Ⅲ |
| 9 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】Ｃ／Ｓ　Ｂ５Ｆ浸水及びＭＵＷＣ全停 | 1号機 | ・建屋周辺の地盤沈下等の要因による地中埋設の消火配管の損傷，それに伴う深さ約40cmの浸水。<br>・浸水によるMUWCの全停 | Ⅰ |
| 10 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】軽油タンクＢ前の消火配管破断し水漏れ | 1号機 | 不等沈下により消火配管が破断したことによる漏水。なお，当該不等沈下は液状化による影響を否定できない。 | Ⅰ |
| 11 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】１Ｓ／Ｂ北側屋外消火配管が破断し漏水 | その他 | | |
| 12 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】消火設備４箇所配管損傷・漏水 | その他 | | |
| 13 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】軽油タンク前他屋外消火配管が破断し漏水 | その他 | | |
| 14 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】500kV新新潟線２Ｌしゃ断器付近のエアリーク | その他 | 地盤沈下により当該回線の現場操作盤の基礎が傾斜したことによるしゃ断器操作用の配管からの空気漏れ。 | Ⅰ |
| 15 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】取水設備スクリーン洗浄ポンプA吐出フランジ連続滴下・配管サポート変形 | 5号機 | 地震の影響により地盤が変形したことによる配管及びサポートの変形。 | Ⅰ |
| 16 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】ＲＷ／Ｂ　Ｒ／Ｗ制御室制御盤各系制御電源喪失 | RW設備 | ・建屋周辺の地盤沈下等の要因による地中埋設の消火配管の損傷，それに伴う深さ約40cmの浸水。<br>・浸水による低電導度廃液系等の制御電源喪失 | Ⅰ |
| 17 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】１号機 変圧器防油堤の沈下・傾き，コンクリートのひび割れ・はく離，目地部の開き | 1号機 | 地震による変圧器防油堤の被害は以下のとおり。<br>・１号機<br>沈下・傾き，コンクリートのひび割れ・はく離，目地部の開き<br>・２号機<br>沈下，横ずれ<br>・３号機<br>ひび割れ，段差発生<br>・４号機<br>沈下，大きな傾斜（一部目地部の開き）<br>・５号機<br>底版部のひび割れ，目地部の開き，陥没<br>・７号機<br>沈下，外側への開き，目地部のズレ，目地部の開き，目地部の段差 | Ⅰ |
| 18 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】２号機 変圧器防油堤の沈下，横ズレ | 2号機 | | Ⅰ |
| 19 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】３号機 変圧器防油堤のひび割れ，段差 | 3号機 | | Ⅰ |
| 20 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】４号機 変圧器防油堤の沈下，大きな傾斜（一部目地部の開き） | 4号機 | | Ⅰ |
| 21 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】５号機 変圧器防油堤のひび割れ | 5号機 | | Ⅰ |
| 22 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】７号機 変圧器防油堤の沈下，外側への開き，目地部のズレ，目地部の開き，目地部の段差 | 7号機 | | Ⅰ |
| 23 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】取水槽まわりの地盤沈下等 | 1号機 | 地震により，取水槽まわりに地盤沈下（30m×20m，最大15cm程度），隆起（35m×15m，最大20cm程度）および法面波打ち（30m×5m，最大10cm程度）が発生。 | Ⅰ，Ⅳ |
| 24 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】道路および法面のひび割れ | その他 | 地震により以下の被害が発生。<br>①５号見晴台道路き裂<br>②片平山周辺よう壁目開き，道路き裂<br>③平場ヤード舗装他き裂<br>④５号放水口モニタ室東側よう壁（ブロック積み）き裂<br>⑤固体廃棄物貯蔵庫（第２棟）周辺よう壁（ブロック積み）および道路のき裂<br>⑥発電所東側点検ヤード舗装き裂<br>⑦発電所東側海岸道路き裂 | Ⅰ，Ⅳ |

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷　Ⅱ：建物間の相対変位による損傷　Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等　Ⅳ：周辺斜面の崩落
Ⅴ：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水　Ⅵ：その他（地震の揺れによる警報発信等，施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等）

# 原子力発電所における地震被害事例の要因整理

| 地震被害に関するＮＵＣＩＡ情報の検討内容 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| No. | 対象地震<br>（発電所） | 件　　名 | 号機 | 地震被害事象および発生要因の概要 | 地震被害<br>発生要因 |
| 25 | 駿河湾<br>（浜岡） | 【駿河湾の地震】御前崎漁港の当社専用岸壁に段差（40cm×2cm，最大3cm程度の段差） | その他 | 地震による岸壁の段差。 | Ⅰ |
| 26 | 駿河湾<br>（浜岡） | 【駿河湾の地震】タービン建屋の東側屋外エリアの地盤沈下 | 5号機 | 地震によるタービン建屋の東側屋外エリアに地盤沈下（15m×15m，10cm程度）。 | Ⅰ |
| 27 | 東北地方<br>太平洋沖地震<br>（東海第二） | 【東日本大震災関連】ランドリーボイラ重油タンク油漏れ | — | 地震によりランドリーボイラ用重油タンクの基礎が沈下したことによる接続配管ユニオン部からの油漏れ。 | Ⅰ |

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷　Ⅱ：建物間の相対変位による損傷　Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等　Ⅳ：周辺斜面の崩落
Ⅴ：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水　Ⅵ：その他（地震の揺れによる警報発信等，施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等）

# 原子力発電所における地震被害事例の要因整理

| 地震被害に関するＮＵＣＩＡ情報の検討内容 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| No. | 対象地震<br>（発電所） | 件　　名 | 号機 | 地震被害事象および発生要因の概要 | 地震被害<br>発生要因 |
| 地震被害発生要因Ⅱ | | | | | 下線は要因Ⅱ相当箇所 |
| 28 | 中越沖<br>（柏崎） | 【中越沖地震】固体廃棄物貯蔵庫地下１階管理棟－第１棟接続部通路部付近漏水 | その他 | 地震により接続部エキスパンションとドレンピットが破損し，建屋内に湧水が発生。 | Ⅱ，Ⅲ |
| 29 | 中越沖<br>（柏崎） | 【中越沖地震】柏崎刈羽原子力発電所１，３号機における排気筒モニタサンプリングラインの損傷について | 1号機<br>3号機 | ・地震の揺れによる主排気筒放射線モニタサンプリング配管の破損。<br>・地震の影響でモニタ建屋と配管（屋外）の位置がずれたことによる当該配管接続部のズレ。 | Ⅱ，Ⅲ |
| 30 | 駿河湾<br>（浜岡） | 【駿河湾の地震】補助建屋東側雨樋の亀裂 | 5号機 | 補助建屋と風除室屋上の地震による揺れの違いによる，補助建屋と風除室屋上で固定された雨樋の亀裂。 | Ⅱ |

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷　Ⅱ：建物間の相対変位による損傷　Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等　Ⅳ：周辺斜面の崩落
Ⅴ：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水　Ⅵ：その他（地震の揺れによる警報発信等，施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等）

# 原子力発電所における地震被害事例の要因整理

| 地震被害に関するＮＵＣＩＡ情報の検討内容 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| No. | 対象地震（発電所） | 件　名 | 号機 | 地震被害事象および発生要因の概要 | 地震被害発生要因 |
| 地震被害発生要因Ⅲ | | | | | ※下線は要因Ⅲ相当箇所 |
| 31 | 宮城県沖（女川） | ８・１６宮城地震による女川原子力発電所全プラント停止について | 1号機<br>2号機<br>3号機 | 地震による安全上重要となる被害なし。以下の軽微な被害が発生。<br>○女川１号機<br>・主変圧器，起動用変圧器の避圧弁動作<br>・サイトバンカ建屋プールに水銀灯落下<br>○女川２号機<br>・主変圧器，起動用変圧器，補助ボイラー変圧器（Ａ）（Ｂ）の避圧弁動作<br>○女川３号機<br>・原子炉建屋内見学者用ギャラリー室のガラスのひび<br>・主変圧器の避圧弁動作<br>○その他構内<br>・環境放射能測定センターの希硫酸（５％濃度）貯蔵施設が漏えいおよび苛性ソーダの一部滴下<br>・建屋エレベータ停止<br>・排気筒航空障害灯レンズカバー破損<br>・構内道路アスファルト亀裂・波うち・段差発生 | Ⅰ，Ⅲ，Ⅵ |
| 32 | 能登半島沖（志賀） | 能登半島地震に伴う低圧タービン組み立て中のタービンロータの位置ずれ | 2号機 | 地震による低圧タービンの被害は以下のとおり<br>・組み立て中の低圧タービンロータを仮止めしていた治具の変形によるロータのわずかな位置ずれ。<br>・動翼の微小な接触痕 | Ⅲ |
| 33 | 能登半島沖（志賀） | 能登半島地震に伴う水銀灯の落下 | 1号機<br>2号機 | 地震時の振動による水銀灯の損傷・落下 | Ⅲ |
| 34 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】Ｒ／Ｂオペフロ　Ｒ／Ｂ天井クレーンユニバーサルジョイントに破損確認 | 6号機 | 走行車輪にブレーキが掛かった状態で，地震により強制的にクレーンの走行方向（東西方向）の力が発生したため，走行車輪と電動機の間に位置するユニバーサルジョイントに過大なトルクが発生し，クロスピンが破損する事象が発生した。 | Ⅲ |
| 35 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】所内変圧器１Ａと相分離母線のずれによる基礎ボルトの切断 | 1号機 | 地震による振動により，所内変圧器と相分離母線接続部がずれたことによる基礎ボルトの切断。 | Ⅲ |
| 36 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】励磁変圧器からの油漏れ及び基礎ベースからのズレ | 1号機 | 地震の振動により，一次ブッシング碍子が損傷したこによる漏油。<br>地震の振動による変圧器本体の基礎ベースからのズレ。 | Ⅲ |
| 37 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】主変圧器基礎ボルト折損及びクーラー母管と本体間からの油リーク | 2号機 | 地震による振動により主変圧器基礎ボルトが折損し，クーラー母管と本体間が破損したことによる油流出。 | Ⅲ |
| 38 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】励磁用変圧器基礎部・バスダクト横ずれ | 2号機 | 地震による振動による励磁用変圧器の基礎部およびバスダクトの横ずれ。 | Ⅲ |
| 39 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】Ｋ３励磁用変圧器基礎ボルト切断・相非分割母線沈下有り | 3号機 | 地震の揺れによる主変圧器及び励磁電源用変圧器の基礎ボルトの切断，相非分割母線基礎の沈下。 | Ⅰ，Ⅲ |
| 40 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】No.4ろ過水タンク配管破断 | 5号機 | 地震の振動によりタンク配管の伸縮継手部の損傷。 | Ⅲ |
| 41 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】Ｒ／Ｂ使用済燃料プール内ワーキングテーブル燃料上に落下 | 4号機 | 地震による使用済燃料プールの被害は以下のとおり。<br>・4号炉，7号炉<br>使用済燃料貯蔵プール内に取り付けられている水中作業台が外れ，使用済燃料上に落下。<br>・6号炉<br>水中作業台の固定位置からの外れ。 | Ⅲ |
| 42 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】Ｒ／Ｂ　使用済燃料プール内ワーキングテーブルがラック上（燃料あり）に落下 | 7号機 | | |
| 43 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】６号機 使用済み燃料プール内の水中作業台の固定位置からのはずれ | 6号機 | | |
| 44 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】Ｃ／Ｓ　B1FL D/G-A 北側付近「RW固化エリア」扉S1-15Dから漏水 | 1号機 | 地震による屋外消火配管の損傷により発生した水が，原子炉複合建屋の電線管貫通口を経て流入したことによる漏水 | Ⅲ |
| 45 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】Ｔ／Ｂ復水器水室Ｂ１－Ｂ２連絡弁フランジ部漏えい・エキスパンション亀裂 | 4号機 | 地震による復水器水室間の過大な変位による伸縮継手の損傷・漏えい。 | Ⅲ |
| 46 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】500kV南新潟線２L黒相ブッシング油漏れによる南新潟線２L停止 | その他 | 地震により送電線引込架線が上下に振れ，ブッシング端子部のフランジ面が変形したことによる漏油。 | Ⅲ |
| 47 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】Hx/B Ｂ１Ｆ　ＦＰ－４０ラインから漏水 | 2号機 | 地震の振動により，熱交換器建屋の消火配管引き込み部ラバーブーツが損傷したことによる漏水。 | Ⅲ |
| 48 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】荒浜側避雷鉄塔の斜材が５本破断 | その他 | 地震の振動による斜材の破断。 | Ⅲ |
| 49 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】固体廃棄物貯蔵庫内のドラム缶数百本が転倒し，内数十本のドラム缶の蓋が開いてることを確認 | その他 | 地震の影響によりドラム缶が転倒したことによる蓋の解放。 | Ⅲ |
| 50 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】事務本館常用電源断，緊急時対策室電源等は非常用電源より供給 | その他 | 地震の影響により，常用系の高圧受変電盤とチャンネルベースをとめているボルトが切断し，高圧受変電盤が移動したため常用系電源が断となったことによる非常用電源への切替。 | Ⅲ |
| 51 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】ヤード Ｔ／ＢサブドレンＮｏ．８流入水油混入およびＫ１～４ 放水庭に微量の油膜確認について | 1号機 | 地震の振動で変圧器防油提が損傷したことによる，変圧器から絶縁油の流出。 | Ⅲ |
| 52 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】７号原子炉ウェルライナーからの漏洩について | 7号機 | 建設時に原子炉ウェルライナーの溶接余盛り部を平滑化するためにグラインダで除去していたため，残存板厚が薄くなっており，地震により残存板厚が薄くなっていた部分に過大な荷重がかかり貫通したことによる漏えい。 | Ⅲ，Ⅵ |
| 53 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】Ｔ／Ｂブローアウトパネル破損 | 2号機 | 地震によるブローアウトパネルを固定する止め板の変形・外れ。 | Ⅲ |
| 54 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】Ｒ／Ｂブローアウトパネル破損 | 3号機 | | |
| 55 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】Ｔ／Ｂ海側・山側ブローアウトパネル外れ・脱落 | 3号機 | | |
| 56 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】スクリーン起動不可 | 2号機 | 地震によりケーブルトレイが脱落し，ケーブルが損傷して地絡したことによる起動不可。 | Ⅲ |
| 57 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】K1 S/B環境ミニコン県テレメータ等伝送不能 | その他 | 地震時の振動により中央処理装置とディスクアレイを繋ぐケーブルコネクタに接触不良が発生したことによる中央処理装置の停止。 | Ⅲ |
| 58 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】重油タンク防油堤での目地の開き（貫通） | その他 | 地震による目地部の開き。 | Ⅲ |
| 59 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】重油タンク用泡消火設備の現場盤損傷 | その他 | 地震による現場盤の支柱と盤BOXの接合部分の破断。 | Ⅲ |

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷 Ⅱ：建物間の相対変位による損傷 Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 Ⅳ：周辺斜面の崩落
Ⅴ：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水 Ⅵ：その他（地震の揺れによる警報発信等，施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等）

# 原子力発電所における地震被害事例の要因整理

| 地震被害に関するＮＵＣＩＡ情報の検討内容 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| No. | 対象地震（発電所） | 件　名 | 号機 | 地震被害事象および発生要因の概要 | 地震被害発生要因 |
| 60 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】Ａｘ／Ｂ　Ｂ１Ｆ　北西側壁面亀裂部より雨水漏えい | その他 | 地震の影響により，連絡通路が建屋と衝突し，建屋の壁面に亀裂が生じたことによる雨水の流入。 | Ⅲ |
| 61 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】固体廃棄物貯蔵庫 地下１階管理棟−第１棟接続部通路部付近漏水 | その他 | 地震による接続部エキスパンションとドレンピットが破損し，建屋内に湧水が発生したことによる漏水。 | Ⅱ，Ⅲ |
| 62 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】Ｃ／Ｂ　２Ｆ　中操天井の地震による脱落・ひび割れ・非常灯ずれ・点検口開放を確認について | 7号機 | 地震の振動による飾り照明の落下，天井化粧板の脱落・ひび，非常灯ズレ，点検口開放。 | Ⅲ |
| 63 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】R/B オペフロ スタッドテンショナー除染パン内油漏れ・油圧制御ホース切断について | 4号機 | 地震の揺れにより，スタッドテンショナーと構造フレームとの間に油圧ホースが挟まれ切断されことによる油漏れ。 | Ⅲ |
| 64 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】Ｒ／Ｂ２Ｆ南東壁（ＳＦＰ側）よりの水漏れ | 7号機 | 地震による原子炉建屋管理区域内２階のエレベータ付近の壁面の鉄筋コンクリート継ぎ目部に生じた微細なひびからの水のにじみ。 | ⅢまたはⅤ |
| 65 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】Ｒ／Ｂ３ＦＩＳＩ試験片室前壁からの水漏れ | 7号機 | 地震による原子炉建屋管理区域内３階北側の床面コンクリート継ぎ目部からのわずかな水のしみ出し | ⅢまたはⅤ |
| 66 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】平均出力領域モニタ制御盤の電源装置の位置ずれについて | 4号機 | 地震水平力による当該電源装置の位置ずれ | Ⅲ |
| 67 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】原子炉建屋 原子炉ウェルライニング面(ウェルカバー着座面)のすり傷について | 7号機 | 地震によりウェルカバーが動いたことによる着座面のすり傷 | Ⅲ |
| 68 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】柏崎刈羽原子力発電所１，３号機における排気筒モニタサンプリングラインの損傷について | 1号機<br>3号機 | ・地震の揺れによる主排気筒放射線モニタサンプリング配管の破損。<br>・地震の影響でモニタ建屋と配管（屋外）の位置がずれたことによる当該配管接続部のズレ。 | Ⅰ，Ⅲ |
| 69 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】各サービス建屋退域モニタ故障について | 全号機 | 地震の振動による各サービス建屋の退域モニタ検出器のズレ，および駆動部の故障 | Ⅲ |
| 70 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】３号機原子炉建屋地下２階ＳＬＣ系注入ライン配管（格納容器外側貫通部）板金保温へこみについて | 3号機 | 地震により点検機材（ISI用RPV模擬ノズル）が移動し，当該配管の板金保温材に接触したことによるへこみ | Ⅲ |
| 71 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】３号機原子炉圧力容器遮へい体の地震による移動について | 3号機 | ・スライド式遮へい体が正規位置に取り付けられておらず，地震により移動して接触したことによるRPV水位計装配管の保温材の変形。<br>・スライド式遮へい体のストッパーが取り付けられておらず，地震によりスライド式遮へい体が移動して遮へいブロックが崩れたことによるRPV水位計配管への接触。 | Ⅲ，Ⅵ |
| 72 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】原子炉建屋１階（放射線管理区域外）の扉の閉不能 | 1号機 | 地震の揺れにより扉枠が干渉したことによる閉止不能 | Ⅲ |
| 73 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】タービン建屋１階（放射線管理区域内）の扉金具の落下（１箇所） | 1号機 | 地震の揺れによるドアクローザー付属の温度ヒューズの破損・落下。 | Ⅲ |
| 74 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】タービン建屋2階（放射線管理区域内）コンクリート片（親指大）確認 | 2号機 | 地震の揺れによるタービン建屋側躯体とタービン建屋ペデスタル躯体間の境界部のコンクリートの表面破損。 | Ⅲ |
| 75 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】非常用ディーゼル発電機(A)排気消音器の吸音材カバー固定金具の外れ | 2号機 | 地震の揺れによる非常用ディーゼル発電機(A)排気消音器の吸音材カバー固定金具の一部外れ。 | Ⅲ |
| 76 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】源水タンクまわりの構内配電線電柱の支線外れ（1箇所） | その他 | 地震により支線と支線アンカーを接続するターンバックルが破損したころによる支線の外れ。 | Ⅲ |
| 77 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】275kV開閉所壁面の鉄骨耐火被覆材のひび割れ | その他 | 地震の揺れによる275kV開閉所壁面の鉄骨耐火被覆材のひび割れ。 | Ⅲ |
| 78 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】275kV開閉所内の構内放送用スピーカーの脱落 | その他 | 地震の揺れにより留め具が破損したことによる構内放送用スピーカの脱落。 | Ⅲ |
| 79 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】非常用ディーゼル発電機の排気消音器の吸音材カバー固定金具の外れおよび台座シール材の劣化 | 3号機 | 屋外の塩害環境による固定金具の腐食と地震の揺れによる影響により，非常用ディーゼル発電機(A)排気消音器の吸音材カバ固定金具の一部外れ，及び非常用ディーゼル発電機(B)の排気消音器台座シール材の劣化 | Ⅲ，Ⅵ |
| 80 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】タービン系配管の保温材のずれ | 4号機 | 地震の揺れによるタービン系配管の保温材のずれ。 | Ⅲ |
| 81 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】低圧タービン軸の接触痕 | 4号機 | 地震の揺れによる低圧タービン(A)～c軸の軸受油切り部との接触痕。 | Ⅲ |
| 82 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】組合せ中間弁(C)室内の間仕切板の脱落 | 4号機 | 地震の揺れによるタービン建屋３階（放射線管理区域内）の組合せ中間弁（C）室内の間仕切板の一部脱落。 | Ⅲ |
| 83 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】発電機励磁電源用バスダクト支持部材の接続板の亀裂 | 4号機 | 地震の揺れによるタービン建屋屋外（放射線管理区域外）の発電機励磁電源用バスダクトの支持部材とバスダクトをつなぐ接続板の亀裂。 | Ⅲ |
| 84 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】空調ダクトからの空気の微小な漏れ | 4号機 | 地震の揺れによる空調ダクト（フランジ部）からの空気の微小な漏れ。 | Ⅲ |
| 85 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】発電機ブラシホルダの接触痕について | 4号機 | 地震の揺れによる，発電機ブラシホルダの一部とコレクタリング（集電環）との軽微な接触痕，及びコレクタリング表面に茶色の変色。 | Ⅲ |
| 86 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】非常用ディーゼル発電機(A)排気消音器の吸音材カバー固定金具等の外れ | 4号機 | 屋外の塩害環境による固定金具の腐食と地震の揺れによる影響により，非常用ディーゼル発電機(A)排気消音器の吸音材カバー固定金具の一部外れ，及び一部カバーの外れ。 | Ⅲ，Ⅵ |
| 87 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】主タービンスラスト軸受摩耗トリップ警報点灯 | 5号機 | 地震の揺れによる主タービンの被害は以下のとおり。<br>・タービン基礎の揺れに伴う中間軸受箱取付ボルトの損傷。<br>・中間軸受箱取付ボルトの損傷による，中間軸受箱の軸方向固定キーの傾き及びキー溝の変形。<br>・中間軸受箱の振動により，スラスト軸受の振動タービンロータの軸方向移動，及び低圧内部車室のスラストキー部の変形による動翼(回転体)とダイヤフラム(静止体)の接触，及びロータと油切り等の接<br>触。<br>・中間軸受箱の揺動，及びタービンロータの軸受方向移動によるスラスト保護装置の動作(「主タービンスラスト軸受摩耗トリップ」信号発信) | Ⅲ |
| 88 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】タービン建屋3階タービンスラスト装置まわりのデッキプレート取り付け用ネジ折損 | 5号機 | 地震の揺れによる，タービンスラスト保護装置まわりの作業床用デッキプレートの取り付け用ネジの折損。 | Ⅲ |
| 89 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】発電機回転数検出装置の摺動痕 | 5号機 | 地震の揺れによる，発電機回転数検出装置歯車と検出器の接触による摺動痕。 | Ⅲ |

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷 Ⅱ：建物間の相対変位による損傷 Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 Ⅳ：周辺斜面の崩落
Ⅴ：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水 Ⅵ：その他（地震の揺れによる警報発信等，施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等）

# 原子力発電所における地震被害事例の要因整理

地震被害に関するＮＵＣＩＡ情報の検討内容

| No. | 対象地震（発電所） | 件　名 | 号機 | 地震被害事象および発生要因の概要 | 地震被害発生要因 |
|---|---|---|---|---|---|
| 90 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】原子炉格納容器の機器搬入口遮へい扉の固定金具破損 | 5号機 | 地震の揺れによる，原子炉格納容器の機器搬入口に設置されている金属製遮へい扉の固定用金具アンカー部(床面)の破損。 | Ⅲ |
| 91 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】No.3脱塩水タンク基礎部の防食テープの剥れ | 5号機 | 地震によりタンク端部が一時的に浮き上がったことによる，タンク基礎部の防食テープの一部剥離。 | Ⅲ |
| 92 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】タービン振動位相角計の損傷 | 5号機 | 地震の揺れの影響により，ロータが接触したことによる振動位相角計の先端の欠損。 | Ⅲ |
| 93 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】原子炉建屋2階（放射線管理区域内）東側壁面の仕上げモルタルの剥がれと浮き（30cm×5cm程度） | 5号機 | 地震の揺れによる仕上げモルタルの剥がれと浮き。 | Ⅲ |
| 94 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】タービン建屋2階（放射線管理区域内）高圧第2ヒータまわり床面に，配管貫通部に詰められていた仕上げモルタルの一部の剥がれ（5cm×5cm程度） | 5号機 | 地震の揺れによる仕上げモルタル表面の剥がれ。 | Ⅲ |
| 95 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】化学分析室内の放射能測定装置の固定ボルトの浮き上がり | 5号機 | 地震の揺れによる，化学分析室内に設置している放射能測定装置(波高分析装置)の固定用アンカーボルトの浮き上がり。 | Ⅲ |
| 96 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】発電機ブラシホルダ等の接触痕について | 5号機 | 地震の揺れによる，発電機ブラシホルダの一部とコレクタリングとの軽微な接触痕，コレクタリング表面の茶色の変色，及び回転子とコレクタハウジングとの軽微な接触痕。 | Ⅲ |
| 97 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】タービン建屋内の蛍光灯不点について | 5号機 | 地震による蛍光管とソケット部の接触不良。 | Ⅲ |
| 98 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】非常用ディーゼル発電機(B)排気消音器の吸音材カバー固定金具等の外れ | 5号機 | 屋外の塩害環境による固定金具の腐食と地震の揺れによる影響による，非常用ディーゼル発電機(B)排気消音器の吸音材カバー固定金具の一部外れ，及び一部カバーのずれ。 | Ⅲ，Ⅵ |
| 99 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】タービン建屋内でのビス（5個）の発見 | 5号機 | 地震の揺れによる，照明器具用電線管つなぎ部固定用及び配管保温材の外装板用のビスの落下。 | Ⅲ |
| 100 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】変圧器消火配管建屋貫通部のシール材の一部損傷 | 5号機 | 地震の揺れによる，屋外(放射線管理区域外)連絡ダクト貫通部付近の変圧器消火配管貫通部シール材の一部損傷，及びフランジ部からの微少なリーク。 | Ⅲ |
| 101 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】原子炉格納容器内の点検結果 | 5号機 | 地震の揺れによる原子炉格納容器内(放射線管理区域内)の被害は以下のとおり。<br>・主蒸気逃し安全弁排気管のバネ式支持構造物の動作(摺動痕)。<br>・作業用ターンテーブルの車軸位置ずれ。<br>・空調ダクト接合部の位置ずれ。 | Ⅲ |
| 102 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】発電機固定子固定キーの隙間の拡大 | 5号機 | 地震による発電機の被害は以下のとおり。<br>・発電機固定子固定キーの両サイドの隙間の拡大。<br>・ベースボルトの一部塗装剥がれ。<br>・発電機固定子固定キーの軽微な傷。<br>・発電機固定子固定キーとの接触による発電機本体脚部及びベースのへこみ・段差。 | Ⅲ |
| 103 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】タービン開放点検の結果 | 5号機 | 地震の揺れによる主タービンの被害は以下のとおり。<br>・タービン基礎の揺れに伴う中間軸受箱取付ボルトの損傷。<br>・中間軸受箱取付ボルトの損傷による，中間軸受箱の軸方向固定キーの傾き及びキー溝の変形。<br>・中間軸受箱の振動により，スラスト軸受の振動タービンロータの軸方向移動，及び低圧内部車室のスラストキー部の変形による動翼(回転体)とダイヤフラム(静止体)の接触，及びロータと油切り等の接触。 | Ⅲ |
| 104 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】主要変圧器上部グレーチングと相分離母線箱との接触痕 | 5号機 | 地震の揺れによる，屋外(放射線管理区域外)主要変圧器用の相分離母線箱と点検用のグレーチングの手すりボルト部分との接触痕。 | Ⅲ |
| 105 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】原子炉格納容器内作業用ターンテーブルの点検結果 | 5号機 | 地震の揺れによる，作業用ターンテーブルの車軸位置ずれ，車軸カバーの一部割れ，及び回転角検出装置歯車のレールからの外れ。 | Ⅲ |
| 106 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】原子炉機器冷却水系の配管支持構造物の摺動痕 | 5号機 | 地震の揺れによる，原子炉機器冷却水系配管(海水熱交換器建屋から原子炉機器冷却水系連絡ダクト間)の支持構造物の摺動痕（塗装の剥離）。 | Ⅲ |
| 107 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】タービン駆動給水ポンプデータベース部のライナーシム変形 | 5号機 | 地震の揺れによる，タービン駆動給水ポンプ(A)(B)ポンプのベース部に取り付けられているライナーシムの変形。 | Ⅲ |
| 108 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】原子炉建屋内の主蒸気系配管，給水系配管および配管支持構造物の点検結果 | 5号機 | 地震の揺れによる原子炉建屋内の主蒸気配管及び給水配管の被害は以下のとおり。<br>・配管支持構造物の配管自重受け部のわずかな隙間。<br>・給水配管の壁貫通部の養生用のラバーブーツと保温外装板の一部ずれ。<br>・主蒸気配管の配管ラグの摺動痕。 | Ⅲ |
| 109 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】発電機シールリング油切りの摺動痕 | 5号機 | 地震の揺れによる第9，10 軸受のシールリング油切りと発電機ロータの軽微な摺動痕。 | Ⅲ |
| 110 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】タービン建屋地下１階高圧電源盤火災 | 1号機 | 地震による振動により，タービン建屋地下1 階の高圧電源盤内のしゃ断器(吊り下げ設置型)が大きく揺れ，当該しゃ断器の断路部が破損し，高圧電源盤内で周知の構造物と接触して短絡等が生じ，ケーブルの絶縁被覆が溶けたことによる発煙。 | Ⅲ |
| 111 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】牡鹿幹線２号線避雷器の一部損傷 | その他 | 地震による大きな揺れにより，避雷器内部に部分放電が発生したことによる牡鹿幹線2 号線避雷器の一部損傷。 | Ⅲ |
| 112 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】牡鹿１号線避雷器の損傷 | その他 | 地震による大きな揺れにより，避雷器内部に部分放電が発生したことによる牡鹿幹線1 号線避雷器の一部損傷。 | Ⅲ |
| 113 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】蒸気タービン中間軸受箱の浮き上がり | 3号機 | 地震の揺れにより，タービン主軸が移動して中間軸受箱に力が加わったことによる，蒸気タービン中間軸受箱の浮き上がり，及び締付けボルトの変形。 | Ⅲ |
| 114 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】蒸気タービン中間軸受基礎部の損傷 | 2号機 | 地震の揺れにより，タービン主軸が移動して中間軸受箱及びソールプレート（中間軸受箱を設置する平板）に力が加わり，ソールプレートが動いたことによる，蒸気タービン中間軸受箱の基礎部の損傷。 | Ⅲ |
| 115 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】制御棒駆動系ハウジング支持金具サポートバーのずれ | 1号機<br>2号機<br>3号機 | 地震の影響による，制御棒駆動機構ハウジングのハウジング支持金具(グリッド)のずれ。 | Ⅲ |
| 116 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】使用済燃料プールにおけるゲート押さえの脱落 | 3号機 | 地震の揺れによる，使用済燃料プールのゲート押さえ金具のスイングボルトの外れ。 | Ⅲ |
| 117 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】使用済燃料キャスクピットにおけるゲート押さえの一部脱落 | 3号機 | 地震の揺れによる，使用済燃料キャスクピットのゲート押さえ金具のスイングボルトの外れ。 | Ⅲ |
| 118 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】当社モニタリングステーション（４局）の停電および伝送回線停止に伴う欠測 | その他 | 地震・津波の影響により，牡鹿半島周辺の配電設備および伝送回線が損傷したことによる，モニタリングステーション(4 局)の欠測。 | Ⅲ，Ⅵ |

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷 Ⅱ：建物間の相対変位による損傷 Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 Ⅳ：周辺斜面の崩落
Ⅴ：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水 Ⅵ：その他（地震の揺れによる警報発信等，施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等）

# 原子力発電所における地震被害事例の要因整理

| 地震被害に関するＮＵＣＩＡ情報の検討内容 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| No. | 対象地震（発電所） | 件　　名 | 号機 | 地震被害事象および発生要因の概要 | 地震被害発生要因 |
| 119 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】高圧電源盤しゃ断器の投入不可 | 1号機 | 地震の振動により，高圧電源盤内のしゃ断器が傾いたことによる，インターロックローラーの正常位置からの外れ。 | Ⅲ |
| 120 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】燃料交換機制御室内の地上操作装置落下 | 3号機 | 地震の影響による，燃料交換機制御室内の地上操作装置の机上から床面に落下したことによる，端子部の破損。 | Ⅲ |
| 121 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】燃料交換機の配線ケーブルの脱線 | 3号機 | 地震の揺れによる，燃料交換機ブリッジ給電装置のケーブル支持具のガードレールからの外れ。 | Ⅲ |
| 122 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】地下１階電動ステップバック遮へい扉の施錠装置の破損 | 2号機 | 地震の影響による，電動ステップバック遮へい扉の施錠装置の破損。 | Ⅲ |
| 123 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】モニタリングポスト（チャンネル６）信号変換器の故障に伴う指示不良 | その他 | 地震により，ケーブルコネクタのロック部分が破損してケーブルコネクタが緩んだことによる，モニタリングポストのチャンネル6 指示値の一時的変動。 | Ⅲ |
| 124 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】燃料交換機入出力装置の破損 | 1号機 | 地震により，燃料交換機入出力装置盤内の表示装置及びキーボード(各運転状態表示，手順データの入力および編集作業)がラックから落下したことによる，燃料交換機入出力装置の故障。 | Ⅲ |
| 125 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】主蒸気逃し安全弁（Ｃ）リミットスイッチの接点不良 | 1号機 | 地震の揺れによる，主蒸気逃がし安全弁(C)の位置検出スイッチの位置ズレによる接点不良。 | Ⅲ |
| 126 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】原子炉格納容器内遮へい扉 留め具の外れ | 1号機 | 地震の揺れにより，原子炉格納容器内原子炉遮へい開口部扉と遮へいカーテンの押さえ板が接触したことによる，遮へい材カーテンの押さえ板の変形。 | Ⅲ |
| 127 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】原子炉格納容器内遮へい扉 留め具の変形 | 2号機<br>3号機 | 地震の揺れにより，原子炉格納容器内原子炉遮へい壁の開口部扉の留め具のバーとステーが接触したことによる，開口部扉の留め具の変形。 | Ⅲ |
| 128 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】補助ボイラー（Ａ）蒸気だめ基礎部の損傷 | 2号機 | 地震による荷重により，補助ボイラー(A)蒸気だめがわずかに移動したことによる，蒸気だめ基礎部の損傷。 | Ⅲ |
| 129 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】蒸気タービン中間軸受箱の基礎ボルト曲がり | 2号機 | 地震の揺れにより，タービン主軸が移動して中間軸受箱及びソールプレート（中間軸受箱に設置する平板）に力が加わったことによる，ソールプレートの基礎ボルトの曲がり。 | Ⅲ |
| 130 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】起動用変圧器放熱器油漏れ | 2号機 | 地震による，起動用変圧器放熱器の数ミリ程度のき裂による絶縁油の漏れ。 | Ⅲ |
| 131 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】天井クレーン運転席鋼材等の損傷 | 2号機 | 地震の影響により，原子炉建屋天井クレーンの運転席の鋼材溶接部の一部損傷。 | Ⅲ |
| 132 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】天井クレーン走行部等のすり傷 | 3号機 | 地震の影響により，原子炉建屋天井クレーンの走行レール上の車輪が揺れたことによる，走行レールと走行車輪の接触面の局部的なすり傷。 | Ⅲ |
| 133 | 東北地方太平洋沖地震（東海第二） | 【東日本大震災関連】原子炉格納容器機器ハッチ遮へい扉止め金具破損 | — | 地震による原子炉格納容器機器ハッチ遮へい扉の止め金具（スライド固定）の破損。 | Ⅲ |
| 134 | 東北地方太平洋沖地震（東海第二） | 【東日本大震災関連】格納容器雰囲気計測系サンプル 昇圧ﾎﾟﾝﾌﾟ Ｂ異音 | — | 地震による，格納容器雰囲気計測系(CAMS)のサンプル昇圧ポンプのモータとポンプの芯ずれ。 | Ⅲ |
| 135 | 東北地方太平洋沖地震（東海第二） | 【東日本大震災関連】使用済燃料プール小ゲート取付けボルトの位置ズレ | — | 地震の揺れによる，使用済燃料プール小ゲートの取付けボルトの位置ズレ。 | Ⅲ |
| 136 | 東北地方太平洋沖地震（東海第二） | 【東日本大震災関連】地震による水処理建屋構造材の損傷 | — | 地震の影響による，水処理建屋のブレース（筋交い）の切断。 | Ⅲ |
| 137 | 東北地方太平洋沖地震（東海第二） | 【東日本大震災関連】津波による取水口電気室建屋の損傷 | — | 地震・津波による，取水口電気室の建具（窓，シャッター）の割れ・歪み。 | Ⅲ，Ⅵ |

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷　Ⅱ：建物間の相対変位による損傷　Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等　Ⅳ：周辺斜面の崩落
Ⅴ：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水　Ⅵ：その他（地震の揺れによる警報発信等，施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等）

# 原子力発電所における地震被害事例の要因整理

| 地震被害に関するＮＵＣＩＡ情報の検討内容 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| No. | 対象地震<br>（発電所） | 件　　名 | 号機 | 地震被害事象および発生要因の概要 | 地震被害<br>発生要因 |
| 地震被害発生要因Ⅳ | | | | | ※下線は要因Ⅳ相当箇所 |
| 138 | 中越沖<br>（柏崎） | 【中越沖地震】土捨て場一部崩落（北側斜面）等 | その他 | 地震の振動よる土捨て場北側斜面の一部崩落。 | Ⅳ |
| 139 | 中越沖<br>（柏崎） | 【中越沖地震】開閉所東側法面一部滑り出し | その他 | 地震の振動のよる開閉所東側法面の一部滑り出し，及び約10cm のひび割れ。 | Ⅳ |
| 140 | 駿河湾<br>（浜岡） | 【中越沖地震】取水槽まわりの地盤沈下等 | 1号機 | 地震により，取水槽まわりに地盤沈下(30m×20m，最大15cm 程度)，隆起(35m×15m，最大20cm 程度)及び法面波打ち(30m×5m，最大10cm 程度)が発生。 | Ⅰ，Ⅳ |
| 141 | 駿河湾<br>（浜岡） | 【駿河湾の地震】道路および法面のひび割れ | その他 | 地震により以下の被害が発生。<br>①5 号見晴台道路き裂<br>②片平山周辺よう壁目開き，道路き裂<br>③平場ヤード舗装他き裂<br>④5 号放水口モニタ室東側よう壁(ブロック積み)き裂<br>⑤固体廃棄物貯蔵庫(第2 棟)周辺よう壁(ブロック積み)および道路のき裂<br>⑥発電所東側点検ヤード舗装き裂<br>⑦発電所東側海岸道路き裂 | Ⅰ，Ⅳ |

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷 Ⅱ：建物間の相対変位による損傷 Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 Ⅳ：周辺斜面の崩落
Ⅴ：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水 Ⅵ：その他（地震の揺れによる警報発信等，施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等）

# 原子力発電所における地震被害事例の要因整理

| 地震被害に関するＮＵＣＩＡ情報の検討内容 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| No. | 対象地震（発電所） | 件　　名 | 号機 | 地震被害事象および発生要因の概要 | 地震被害発生要因 |
| 地震被害発生要因Ｖ | | | | | ※下線は要因Ｖ相当箇所 |
| 142 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】Ｒ／Ｂ　３Ｆオペフロ全域水浸し | 1号機 | 地震による使用済燃料プールのスロッシングによる溢水。 | Ｖ |
| 143 | | 【中越沖地震】Ｒ／Ｂ使用済燃料プール水飛散 | 2号機 | | |
| 144 | | 【中越沖地震】Ｒ／Ｂオペフロ床への使用済燃料プール水飛散 | 3号機 | | |
| 145 | | 【中越沖地震】Ｒ／Ｂ使用済燃料プール水散逸によるＲ／Ｂオペフロ水浸し・ＳＦＰ混濁不可視 | 4号機 | | |
| 146 | | 【中越沖地震】R/Bオペフロほぼ全域への使用済み燃料プール水飛散 | 5号機 | | |
| 147 | | 【中越沖地震】R/B（管理）オペフロほぼ全域への使用済燃料プール水飛散 | 6号機 | | |
| 148 | | 【中越沖地震】Ｒ／Ｂ４Ｆオペフロ全域水たまり有り | 7号機 | | |
| 149 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】R/B３階，中３階の非管理区域への放射能含む水の漏えい・海への放射能放出 | 6号機 | 地震による使用済燃料プールのスロッシングによる被害は以下のとおり。<br>・原子炉建屋4 階オペレーティングフロア(管理区域)への溢水。<br>・上記溢水が燃料交換機給電ボックスへ流入し，設計上の考慮不足あるいは施工不良による当該給電ボックス内電線貫通部のシール材の隙間を通り電線管へ流入。<br>・当該電線管へ流入した水が原子炉建屋3 階(非管理区域)への滴下。<br>・滴下した水が床面の排水口を通じて原子炉建屋地下1 階(非管理区域)の非放射性排水収集タンクに流入し排水ポンプにより海に放出。 | Ｖ，VI |
| 150 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】１号機 使用済燃料プールの水位低による運転上制限の逸脱及び復帰 | 1号機 | 地震によるスロッシングにより溢水したことによる使用済燃料プールの水位低下。 | Ｖ |
| 151 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】２号機 使用済燃料プールの水位低による運転上制限の逸脱及び復帰 | 2号機 | | |
| 152 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】３号機 使用済燃料プールの水位低による運転上制限の逸脱及び復帰 | 3号機 | | |
| 153 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】Ｒ／Ｂ２Ｆ南東壁（ＳＦＰ側）よりの水漏れ | 7号機 | 地震による，原子炉建屋管理区域内2 階のエレベータ付近の壁面の鉄筋コンクリートの継ぎ目部に生じた微細なひびからの水のにじみ。 | ⅢまたはＶ |
| 154 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】Ｒ／Ｂ３ＦＩＳＩ試験片室前壁からの水漏れ | 7号機 | 地震による，原子炉建屋管理区域内3 階北側の床面コンクリート継ぎ目部からのわずかな水のしみ出し。 | ⅢまたはＶ |
| 155 | 東北地方太平洋沖地震（東海第二） | 【東日本大震災関連】東海第二発電所　使用済燃料プール水飛散 | — | 地震による使用済燃料プールのスロッシングにより，プール水が侵入して制御棒位置指示系信号コネクタ部が絶縁低下したことによる，制御棒位置指示表示の不良。 | Ｖ |

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷　Ⅱ：建物間の相対変位による損傷　Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等　Ⅳ：周辺斜面の崩落
Ⅴ：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水　Ⅵ：その他（地震の揺れによる警報発信等，施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等）

# 原子力発電所における地震被害事例の要因整理

| 地震被害に関するＮＵＣＩＡ情報の検討内容 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| No. | 対象地震（発電所） | 件　名 | 号機 | 地震被害事象および発生要因の概要 | 地震被害発生要因 |
| 地震被害発生要因Ⅵ | | | | | ※下線は要因Ⅵ相当箇所 |
| 156 | 宮城県沖（女川） | ８・１６宮城地震による女川原子力発電所全プラント停止について | 1号機<br>2号機<br>3号機 | 地震による安全上需要となる被害なし。以下の軽微な被害が発生。<br>○女川1 号炉<br>・主変圧器，起動用変圧器の避圧弁動作<br>・サイトバンカ建屋プールに水銀灯落下<br>○女川2 号炉<br>・主変圧器，起動用変圧器，補助ボイラー変圧器(A)(B)の避圧弁動作<br>○女川3 号炉<br>・原子炉建屋内見学者用ギャラリー室のガラスひび<br>・主変圧器の避圧弁動作<br>○その他構内<br>・環境放射能測定センターの希硫酸(5%濃度)貯蔵施設が漏えい及び苛性ソーダの一部滴下<br>・建屋エレベータ停止<br>・排気筒航空障害等レンズカバー破損<br>・構内道路アスファルトき裂・波打ち・段差発生 | Ⅰ，Ⅲ，Ⅵ |
| 157 | 能登半島沖（志賀） | 能登半島地震観測データ波形記録の一部消失について | 1号機 | 短時間に多くの余震を連続して収録したこと，及び地震観測用強度計の収録装置の容量が少なかったことから，一旦保存した本震記録等をサーバーに転送する前に，新たな余震記録により上書きされたもの。 | Ⅵ |
| 158 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】R/B３階，中３階の非管理区域への放射能含む水の漏えい・海への放射能放出 | 6号機 | 地震による使用済燃料プールのスロッシングによる被害は以下のとおり。<br>・原子炉建屋4 階オペレーティングフロア(管理区域)への溢水。<br>・上記溢水が燃料交換機給電ボックスへ流入し，設計上の考慮不足あるいは施工不良による当該給電ボックス内電線貫通部のシール部の隙間を通り電線管へ流入。<br>・当該電線管へ流入した水が原子炉建屋3 階(非管理区域)へ滴下。<br>・滴下した水が床面の排水口を通じて原子炉建屋地下1 階(非管理区域)の非放射性排水取集タンクに流入し，排水ポンプにより海へ放出。 | Ⅴ，Ⅵ |
| 159 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】低起動変圧器３ＳＢ「放圧装置動作」及び放圧装置油リーク | 3号機 | 地震の揺れにより放圧装置が動作したことによる噴油。 | Ⅵ |
| 160 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】低起動変圧器６ＳＢ放圧装置油リークによる低起動変圧器６ＳＢ停止 | 6号機 | 地震の揺れにより放圧装置が動作したことによる噴油。 | Ⅵ |
| 161 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】Ｔ／Ｂ　ＲＦＰ－Ｔ主油タンク（Ｂ）タンク室床に油たまり | 2号機 | 地震の影響によりRFP-T(B)油ブースターポンプの電源が喪失したことによる，RFP-T(B)油タンクのオーバーフロー。 | Ⅵ |
| 162 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】地震記録装置データ上書き | その他 | 短時間に多くの余震が連続して発生したこと等により，観測装置内に記録・保存されていた本震の記録等を転送する前に，新たな余震記録により本震記録が上書きされたもの。 | Ⅵ |
| 163 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】主排気筒の定期測定（１回／週）においてヨウ素及び粒子状放射性物質（クロム51，コバルト60）の検出について | 7号機 | 地震スクラム後の原子炉の冷温停止操作が輻輳し，タービンランド蒸気排風機の手動停止操作が遅れたことによる，復水器内の放射性ヨウ素及び粒子状放射性物質の放出。 | Ⅵ |
| 164 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】６号機Ｒ／Ｂより海に放出された放射線量の評価・通報連絡の遅延 | 6号機 | 管理区域に隣接する非管理区域における放射性物質を含む水の漏えいのリスクを考慮した放射線管理プロセスが構築されておらず，原子炉建屋非放射性ストームドレンサンプの起動阻止が遅れたことによる，サンプに流入した放射能を含む水の放出等。 | Ⅵ |
| 165 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】７号原子炉ウェルライナーからの漏洩について | 7号機 | 建設時に原子炉ウェルライナーの溶接余盛り部を平滑化するためにグラインダで除去していたため，残存板厚が薄くなっており，地震により残存板厚が薄くなっていた部分に過大な荷重がかかり貫通したことによる漏えい。 | Ⅲ，Ⅵ |
| 166 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】Ｒ／Ｂ　１Ｆ北西側二重扉電源喪失のため内外開放中 | 1号機 | 二重扉の電源である「MCC1SA-1-1」に漏えいした水がかかっていたため，当直員がMCC を停止させた等による，二重扉動作不能。 | Ⅵ |
| 167 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】R/Bオペフロ 原子炉ウェル内バルクヘッド上に赤靴を確認 | 1号機 | 使用済燃料プール及び原子炉ウェルから溢れた水による，ウェル開口部付近にあったC 靴の移動。 | Ⅵ |
| 168 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】「６号機の放射性物質の漏えいについて」における海に放出された放射能量の訂正について | 6号機 | 放射能の測定結果を記録した帳票において記載された合計値がすべての放射性核種の湿度の合計値と誤解したことによる，海に放出された水の放射線量の計算の誤り。 | Ⅵ |
| 169 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】T/B Ｂ２Ｆ T/BHCWﾎﾟﾝﾌﾟ(B)・LPCP(A)～(C) 室雨水流入 | 1号機 | タービン建屋～海水熱交換器建屋・補助ボイラ建屋・ランドリー建屋・ランドリー建屋ダクトで発生した漏水が近傍のファンネルへ大量に流入し，目詰まりを起こして高電導度廃液サンプに流入したことによるサンプからの溢水。 | Ⅵ |
| 170 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】Ｔ／ＢＴ／ＢＢ１Ｆ（管）南側壁上部５ｍ（ヤードＨＴｒ奥ノンセグ室）より雨水流入 | 3号機 | タービン建屋に隣接したピットに水がたまり，電線管貫通部を通ってタービン建屋内に流入。 | Ⅵ |
| 171 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】５号機 燃料取替機荷重異常発生に伴う自動除外 | 5号機 | 燃料交換機の不適切な設定座標により，燃料集合体の下部先端が燃料支持金具の外側に乗り上げた状態であったため，地震により燃料集合体が燃料支持金具からさらに外れたことによるもの。 | Ⅵ |
| 172 | 中越沖（柏崎） | 【中越沖地震】３号機原子炉圧力容器遮へい体の地震による移動について | 3号機 | ・スライド式遮へい体が正規位置に取り付けられておらず，地震により移動して接触したことによる，RPV 水位計装配管の保温材の変形。<br>・スライド式遮へい体のストッパーが取り付けられておらず，地震によりスライド式遮へい体が移動して遮へいブロックが崩れたことによる，遮へいブロックのRPV 水位計装配管への接触。 | Ⅲ，Ⅵ |
| 173 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】廃棄物減容処理建屋「復水バッチタンク水位高高」警報点灯 | 2号機 | 地震により復水バッチタンク水位が変動し，補給水系統からタンクへの自動補給が行われたことにより水位が上昇したことによる水位高高警報の発信。 | Ⅵ |
| 174 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】原子炉建屋３階（放射線管理区域内）燃料プール冷却浄化系ポンプ室の放射線モニタ指示の上昇 | 2号機 | 地震の揺れにより，燃料集合体表面の放射性物質を含んだ鉄錆び等が燃料プールに遊離したことによる，燃料プール水の放射能の上昇。 | Ⅵ |
| 175 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】非常用ディーゼル発電機の排気消音器の吸音材カバー固定金具の外れおよび台座シール材の劣化 | 3号機 | 屋外の塩害環境による固定金具の腐食と地震の揺れによる影響による，非常用ディーゼル発電機(A)排気消音器の吸音材カバー固定金具の一部外れ，及び非常用ディーゼル発電機(B)の排気消音器台座シール材の劣化。 | Ⅲ，Ⅵ |
| 176 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】非常用ディーゼル発電機(A)排気消音器の吸音材カバー固定金具等の外れ | 4号機 | 屋外の塩害環境による固定金具の腐食と地震の揺れによる影響による，非常用ディーゼル発電機(A)排気消音器の吸音材カバー固定金具の一部外れ，及び一部カバーずれ。 | Ⅲ，Ⅵ |
| 177 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】補助変圧器過電流トリップ | 5号機 | 地震の振動でトリップ接点が接触したことによる保護継電器の誤作動。 | Ⅵ |
| 178 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】制御棒駆動機構モータ制御ユニットの故障警報点灯について | 5号機 | 上記，補助変圧器過電流トリップ事象により，制御棒駆動機構モータ制御装置が一時停止したことによる警報発信。 | Ⅵ |
| 179 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】原子炉建屋管理区域区分の変更 | 5号機 | 地震の揺れで原子炉建屋5 階オペフロ高所に蓄積していた放射性物質が落下し，原子炉建屋全体に拡散したことによる，燃料交換エリア床面の放射性物質密度上昇に伴う放射線管理区分の変更。 | Ⅵ |

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷 Ⅱ：建物間の相対変位による損傷 Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 Ⅳ：周辺斜面の崩落
Ⅴ：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水 Ⅵ：その他（地震の揺れによる警報発信等，施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等）

# 原子力発電所における地震被害事例の要因整理

| 地震被害に関するＮＵＣＩＡ情報の検討内容 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| No. | 対象地震（発電所） | 件　名 | 号機 | 地震被害事象および発生要因の概要 | 地震被害発生要因 |
| 180 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】計測制御系定電圧定周波数電源装置のインバーター過電流による電源切替（通常→予備） | 5号機 | 地震により4，5 号炉が原子炉スクラムした瞬間の発電機出力低下を5 号炉の系統安定化装置が検知し，発電機電圧を上昇させた際の過渡的な電圧上昇及び過電流による，計測制御系定電圧定周波数電源装置の電源切替。 | Ⅵ |
| 181 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】原子炉建屋5階（放射線管理区域内）燃料交換エリア換気放射線モニタ指示の一時的な上昇 | 5号機 | 地震の揺れにより，燃料集合体表面の放射性物質を含んだ鉄錆び等が燃料プール水に遊離したことによる，プール表面からの放射線線量率の上昇。 | Ⅵ |
| 182 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】燃料プール水の放射能の上昇 | 5号機 | | Ⅵ |
| 183 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】原子炉建屋3階（放射線管理区域内）燃料プール冷却浄化系ポンプ室の放射線モニタ指示の上昇 | 5号機 | | Ⅵ |
| 184 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】非常用ガス処理系(B)放射線モニタ下限点灯 | 5号機 | 地震の振動による補助変圧器トリップに伴う，電圧の一時的な低下によるモニタ指示値の一時的な低下。 | Ⅵ |
| 185 | 駿河湾（浜岡） | 【駿河湾の地震】非常用ディーゼル発電機(B)排気消音器の吸音材カバー固定金具等の外れ | 5号機 | 屋外の塩害環境による固定金具の腐食と地震の揺れによる影響による，非常用ディーゼル発電機(B)排気消音器の吸音材カバー固定金具の一部外れ，及び一部カバーのずれ。 | Ⅲ，Ⅵ |
| 186 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】屋外重油タンクの倒壊 | 1号機 | 津波の影響による，補助ボイラー用重油タンクの倒壊，重油移送ポンプの浸水及び油輸送管の損傷。 | Ⅵ |
| 187 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】原子炉補機冷却水系熱交換器（Ｂ）室，高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器室および海水ポンプ室への浸水 | 2号機 | 津波の影響による，原子炉建屋地下3 階の非管理区域のRCW 熱交換器(A)(B)室，HPCW 熱交換器室，エレベータエリアにアクセスする階段室及び海水ポンプ室への海水の流入，RCW ポンプ(B)，(D)及びHPCW ポンプの浸水。 | Ⅵ |
| 188 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】１，2，3号機放水口モニターの津波による浸水および破損 | 1号機<br>2号機<br>3号機 | 津波による，放水口モニターの測定・データ伝送設備の水没・破損。 | Ⅵ |
| 189 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】当社モニタリングステーション（４局）の停電および伝送回線停止に伴う欠測 | その他 | 地震・津波の影響により，牡鹿半島周辺の配電設備および伝送回線が損壊したことによる全局欠測。 | Ⅲ，Ⅵ |
| 190 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】海水温度モニタリング装置の津波による破損に伴う全局欠測 | その他 | 津波により，海水温度モニタリング装置のデータ伝送設備が冠水し破損したことによる全局欠測。 | Ⅵ |
| 191 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】母連しゃ断器の制御電源喪失 | 1号機 | 地震により火災が発生した高圧電源盤の制御電源回路の溶損による地絡及び短絡の影響により，母連しゃ断器用制御電源回路の電圧が変動したことによる，リレーの動作及び「制御電源喪失」警報発信。 | Ⅵ |
| 192 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】変圧器避圧弁の油面変動に伴う動作 | 1号機 | 地震の揺れにより，主変圧器，起動用変圧器及び所内用変圧器内の絶縁油の油面が変動して内部圧力が上昇したことによる，避圧弁の動作。 | Ⅵ |
| 193 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】燃料取替エリア放射線モニタ（Ａ）記録計の指示不良 | 3号機 | 指示不良による，燃料取替エリア放射線モニタ(A)記録計の指示値の一時的な変動。 | Ⅵ |
| 194 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】変圧器避圧弁の油面変動に伴う動作 | 3号機 | 地震の揺れにより，主変圧器及び所内変圧器内の絶縁油の油面が変動して内部圧力が上昇したことによる，避圧弁の動作。 | Ⅵ |
| 195 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】１２５Ｖ直流主母線盤の地絡（計２件発見） | 1号機 | 火災により配線が地絡したことによる，125V 直流分電盤の地絡警報発信。 | Ⅵ |
| 196 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】１２５Ｖ直流主母線盤の地絡（計４件発見） | 3号機 | 津波により，除塵装置制御盤が水没して地絡したことによる，125V 直流電源設備の地絡警報発信。 | Ⅵ |
| 197 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】ほう酸水貯蔵タンク水位指示回路不良 | 1号機 | 火災による高圧電源盤の地絡電流により，電源フューズが断線して電源がなくなったことによる，ほう酸水貯蔵タンク水位指示計のスケールダウン。 | Ⅵ |
| 198 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】変圧器避圧弁の油面変動に伴う動作（計７件発見） | 2号機 | 地震の揺れにより，主変圧器，起動変圧器，所内変圧器及び補助ボイラー用変圧器内の絶縁油の油面が変動して内部圧力が上昇したことによる，避圧弁の動作。 | Ⅵ |
| 199 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】１２５Ｖ直流主母線盤の地絡 | 2号機 | 津波により，原子炉補機冷却系/原子炉補機冷却海水系(B)制御回路の電動弁，非放射性ドレン移送系のサンプポンプ操作箱，及び除塵装置制御盤が水没して地絡したことによる，125V 直流電源設備の地絡警報発信。 | Ⅵ |
| 200 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】非常用ディーゼル発電機（Ａ）界磁回路の損傷 | 1号機 | 火災により，同期検出継電器と接続している制御ケーブルが溶損して地絡し，地絡に伴いDG(A)しゃ断器が自動投入されたため界磁過電圧が生じたことによる，バリスタの損傷，断線及びダイオードの短絡。 | Ⅵ |
| 201 | 東北地方太平洋沖地震（女川） | 【東日本大震災関連】高圧炉心スプレイ系圧力抑制室吸込弁 自動での全開動作不能 | 3号機 | 地震により，高圧炉心スプレイ系圧力抑制室吸込弁の開閉指示を行うスイッチ等が誤作動したことによる自動での全開動作不能。 | Ⅵ |
| 202 | 東北地方太平洋沖地震（東海第二） | 【東日本大震災関連】非常用ディーゼル発電機２Ｃ用海水ポンプの自動停止について | — | 波により，非常用ディーゼル発電機2C 用海水ポンプ電動機が水没したことによる，当該海水ポンプの自動停止。 | Ⅵ |
| 203 | 東北地方太平洋沖地震（東海第二） | 【東日本大震災関連】１２５Ｖ蓄電池２Ｂ室における溢水について | — | 実験室サンプ(管理区域内)と125V 蓄電池2B 室(非管理区域内)のドレンファンネルを接続する配管が存在していたこと，及び当該ファンネルに高低差がなく逆流防止処置が講じられていなかったことにより，当該サンプ水が当該ファンネルへ流入したことによる，125V 蓄電池2B 室における溢水。 | Ⅵ |
| 204 | 東北地方太平洋沖地震（東海第二） | 【東日本大震災関連】東海第二発電所 固体廃棄物貯蔵用サイトバンカプール水飛散 | — | 地震による，廃棄物処理建屋固体廃棄物貯蔵用サイトバンカプールの溢水。 | Ⅵ |
| 205 | 東北地方太平洋沖地震（東海第二） | 【東日本大震災関連】D/W床及び機器ドレンサンプレベルスイッチの地絡 | — | 流入水による，床ドレン及び機器ドレンサンプレベルスイッチが被水したことによる，当該サンプレベルスイッチ回路の地絡。 | Ⅵ |
| 206 | 東北地方太平洋沖地震（東海第二） | 【東日本大震災関連】T/B機器ドレンサンプBからの水漏れ | — | サンプ電源喪失中における，電動機駆動原子炉給水ポンプシール水の流入による，タービン建屋機器ドレンサンプ(B)からの水漏れ。 | Ⅵ |
| 207 | 東北地方太平洋沖地震（東海第二） | 【東日本大震災関連】主変圧器，起動変圧器（２A，２B)放圧管からの絶縁油漏えい | — | 地震動により，主変圧器及び起動変圧器(2A，2B)内の絶縁油の油面が変動して放圧板に漏れが生じたことによる，放圧管からの絶縁油の漏えい。 | Ⅵ |
| 208 | 東北地方太平洋沖地震（東海第二） | 【東日本大震災関連】津波による屋外機器の被水（安重設備以外） | — | 津波による，CWP 潤滑水ポンプ等の屋外機器の被水。 | Ⅵ |
| 209 | 東北地方太平洋沖地震（東海第二） | 【東日本大震災関連】津波による取水口電気室建屋の損傷 | — | 地震・津波による，取水口電気室の建具(窓，シャッター)の割れ・歪み。 | Ⅲ，Ⅵ |

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷 Ⅱ：建物間の相対変位による損傷 Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 Ⅳ：周辺斜面の崩落
Ⅴ：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水 Ⅵ：その他（地震の揺れによる警報発信等，施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等）

# 東海第二発電所における地震被害事例の要因整理

| No. | 件　　名 | 地震被害事象および発生要因の概要 | 地震被害発生要因 |
|---|---|---|---|
| 地震被害発生要因Ⅰ | | | |
| 1 | 154kV開閉所 消火系配管架台ずれ | 154kV開閉所 消火系配管架台ずれ<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅰ |
| 2 | R/Wセメントドラム搬出入口建屋沈下 | 廃棄物処理施設セメントドラム搬出入口建屋沈下<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅰ |
| 3 | H2メーキャップ室建屋沈下 | 窒素供給建屋沈下<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅰ |
| 4 | 主変圧器廻り通路地盤沈下 | 主変圧器廻り通路地盤沈下<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅰ |
| 5 | 検潮小屋沈下 | 検潮小屋沈下<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅰ |
| 6 | ASWカルバート沈下 | 補助海水系カルバート沈下<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅰ |
| 7 | 周辺防護区域内地盤沈下による建屋廻り段差、陥没 | 周辺防護区域内地盤沈下による建屋廻り段差、陥没<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅰ |
| 8 | CWP基礎及び仕切り壁基礎下部の地盤沈下 | CWP基礎及び仕切り壁基礎下部の地盤沈下<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅰ |
| 9 | 水処理　混合用空気貯槽　基礎部ずれ | 水処理　混合用空気貯槽　基礎部ずれ<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅰ |
| 10 | 残留熱除去海水系放出配管(Ａ系)芯ズレについて | 残留熱除去海水系放出配管(Ａ系)芯ズレについて<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅰ |
| 11 | 循環水配管下地盤沈下 | 循環水配管下地盤沈下<br>エリア：屋外 | Ⅰ |

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷 Ⅱ：建物間の相対変位による損傷 Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 Ⅳ：周辺斜面の崩落
Ⅴ：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水 Ⅵ：その他（地震の揺れによる警報発信等，施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等）

| No. | 件　　名 | 地震被害事象および発生要因の概要 | 地震被害発生要因 |
|---|---|---|---|
| 地震被害発生要因Ⅱ | | | |
| 12 | R/W・増強R/W連絡通路（１Ｆ、２Ｆ）接続部亀裂 | R/W・増強R/W連絡通路（１Ｆ、２Ｆ）接続部亀裂<br>エリア：廃棄物処理増強建屋 | Ⅱ |

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷 Ⅱ：建物間の相対変位による損傷 Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 Ⅳ：周辺斜面の崩落
Ⅴ：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水 Ⅵ：その他（地震の揺れによる警報発信等，施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等）

| No. | 件　名 | 地震被害事象および発生要因の概要 | 地震被害発生要因 |
|---|---|---|---|
| 地震被害発生要因Ⅲ | | | |
| 13 | ほう酸水貯蔵タンク水位計オーバースケール | ほう酸水貯蔵タンク水位計オーバースケール<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 14 | H13-P601 ポストアクシデントレコーダB 指示不良 | H13-P601 ポストアクシデントレコーダB 指示不良<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 15 | 制御棒54-43及び58-43位置指示不良 | 制御棒54-43及び58-43位置指示不良<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 16 | R/B 6F 燃交台車制御室 窓ガラス一部破損 | R/B 6F 燃交台車制御室 窓ガラス一部破損<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 17 | R/B 2F 格納容器機器ハッチ留め金具破損 | R/B 2F 格納容器機器ハッチ留め金具破損<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 18 | 現場照明器具かさ落下 | 現場照明器具かさ落下<br>エリア：原子炉建屋，タービン建屋 | Ⅲ |
| 19 | R/B B1F計装用空気入口配管RASH007フランジ部微少リーク | R/B B1F計装用空気入口配管RASH007フランジ部微少リーク<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 20 | CAMS(B)昇圧ポンプ異音 | CAMS(B)昇圧ポンプ異音<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 21 | T/B 3F OPERATING FLOOR壁面亀裂及び鉄板部歪み | T/B 3F OPERATING FLOOR壁面亀裂及び鉄板部歪み<br>エリア：タービン建屋 | Ⅲ |
| 22 | 増強R/W雑固体減容処理設備　苛性ソーダポンプA　苛性ソーダ微少リーク(結晶) | 増強R/W雑固体減容処理設備　苛性ソーダポンプA　苛性ソーダ微少リーク(結晶)<br>エリア：廃棄物処理増強建屋 | Ⅲ |
| 23 | T/B 3F C/S送風機室内壁面ブロック落下 | T/B 3F C/S送風機室内壁面ブロック落下<br>エリア：タービン建屋 | Ⅲ |
| 24 | 制御棒50-47位置指示不良 | 制御棒50-47位置指示不良<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 25 | MCRバイパスフィルタファン E2-14B起動不調 | MCRバイパスフィルタファン E2-14B起動不調<br>エリア：タービン建屋 | Ⅲ |
| 26 | ASWストレーナA差圧計指示不良 | ASWストレーナA差圧計指示不良<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 27 | MCR H13-P602「D/W FD SUMP LEVEL HIGH」警報回路地絡 | MCR H13-P602「D/W FD SUMP LEVEL HIGH」警報回路地絡<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 28 | 原子炉建屋大物搬入口扉(外側)ゆがみ | 原子炉建屋大物搬入口扉(外側)ゆがみ<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 29 | R/W　FDSaT・DISTSaT室東側壁雨水浸入 | R/W　FDSaT・DISTSaT室東側壁雨水浸入<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 30 | T/B 1F MD RFP(B)付近 東側壁面からの雨漏れ | T/B 1F MD RFP(B)付近 東側壁面からの雨漏れ<br>エリア：タービン建屋 | Ⅲ |
| 31 | オフガスプレヒータ(A)入口弁６－２３Ｖ５電磁弁連続排気 | オフガスプレヒータ(A)入口弁６－２３Ｖ５電磁弁連続排気<br>エリア：タービン建屋 | Ⅲ |
| 32 | MCR H13-P601 ドライウェル真空破壊弁２－２６Ｖ－４１表示灯両点 | MCR H13-P601 ドライウェル真空破壊弁２－２６Ｖ－４１表示灯両点<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 33 | MCR H13-P602「FUEL　POOL　LEVEL　HI／LO」警報用レベルスイッチ不良 | MCR H13-P602「FUEL　POOL　LEVEL　HI／LO」警報用レベルスイッチ不良<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 34 | R/B 3F RPV SKIN TEMP記録計(B22-R006) 打点4 指示不良 | R/B 3F RPV SKIN TEMP記録計(B22-R006) 打点4 指示不良<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 35 | CRD ドライブフィルタＡベント・ドレンラインユニオン継ぎ手部リーク | CRD ドライブフィルタＡベント・ドレンラインユニオン継ぎ手部リーク<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 36 | Ｌ／Ｂ NO.3オイルサービスタンク出口配管ユニオン部リーク | Ｌ／Ｂ NO.3オイルサービスタンク出口配管ユニオン部リーク<br>エリア：タービン建屋 | Ⅲ |
| 37 | DG 2C SEA WATER PUMPトリップ | DG 2C SEA WATER PUMPトリップ<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 38 | プロセス計算機　タービンＮｏ．10軸受温度指示不調 | プロセス計算機　タービンＮｏ．10軸受温度指示不調<br>エリア：タービン建屋 | Ⅲ |
| 39 | 水処理 NO.2活性炭ろ過器洗浄水出口配管リーク | 水処理 NO.2活性炭ろ過器洗浄水出口配管リーク<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 40 | 構内消火設備（屋外）からの漏えい | 構内消火設備（屋外）からの漏えい<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 41 | 東北関東大震災による保管鉄箱の転倒、落下 | 東北関東大震災による保管鉄箱の転倒、落下<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 42 | ＳＦＰ小ゲート取付けボルト不良 | ＳＦＰ小ゲート取付けボルト不良<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 43 | MCR CP-3「IA PRESS LOW」警報発報 | MCR CP-3「IA PRESS LOW」警報発報<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 44 | MCR CP-31「O/G CONDENSER A DISCH TEMP HIGH」警報発報 | MCR CP-31「O/G CONDENSER A DISCH TEMP HIGH」警報発報<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 45 | 主復水器(B)エキスパンションジョイントシール漏洩 | 主復水器(B)エキスパンションジョイントシール漏洩<br>エリア：タービン建屋 | Ⅲ |
| 46 | 屋外発電機機内ガス系配管曲がり | 屋外発電機機内ガス系配管曲がり<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷 Ⅱ：建物間の相対変位による損傷 Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 Ⅳ：周辺斜面の崩落
Ⅴ：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水 Ⅵ：その他（地震の揺れによる警報発信等，施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等）

| No. | 件　名 | 地震被害事象および発生要因の概要 | 地震被害発生要因 |
|---|---|---|---|
| 47 | 増強R/W減容固化系循環ポンプＢ起動不可 | 増強R/W減容固化系循環ポンプＢ起動不可<br>エリア：廃棄物処理増強建屋 | Ⅲ |
| 48 | T/B 北側壁面雨水配管接続部不良 | T/B 北側壁面雨水配管接続部不良<br>エリア：タービン建屋 | Ⅲ |
| 49 | 主変圧器及び起動用変圧器放圧管からの漏油について | 主変圧器及び起動用変圧器放圧管からの漏油について<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 50 | 主変圧器消火系ノズル破損 | 主変圧器消火系ノズル破損<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 51 | 主変圧器作業用電源電線管外れ | 主変圧器作業用電源電線管外れ<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 52 | 構内一般焼却炉用電源の停止 | 構内一般焼却炉用電源の停止<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 53 | チェックポイント建屋1階天井からの水滴落下 | チェックポイント建屋1階天井からの水滴落下<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 54 | 東日本大震災によるランドリーボイラー不具合 | 東日本大震災によるランドリーボイラー不具合<br>エリア：サービス建屋 | Ⅲ |
| 55 | Ｌ／Ｂオイルサービスタンク　ベント管からの漏えい | Ｌ／Ｂオイルサービスタンク　ベント管からの漏えい<br>エリア：サービス建屋 | Ⅲ |
| 56 | T/B機器ドレンサンプＢ漏洩 | T/B機器ドレンサンプＢ漏洩<br>エリア：タービン建屋 | Ⅲ |
| 57 | T/B 1F 電動駆動原子炉給水ポンプ(A)及び(B)シール部蒸気漏洩 | T/B 1F 電動駆動原子炉給水ポンプ(A)及び(B)シール部蒸気漏洩<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 58 | HCU 50-47　スクラム弁（126）グランド部微少漏えい | HCU 50-47　スクラム弁（126）グランド部微少漏えい<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 59 | オフガスリコンバイナA出口弁(A0-4-23V30)表示不良 | オフガスリコンバイナA出口弁(A0-4-23V30)表示不良<br>エリア：タービン建屋 | Ⅲ |
| 60 | 増強R/W雑固体減容処理設備アンモニア噴霧ノズル供給弁からの滴下 | 増強R/W雑固体減容処理設備アンモニア噴霧ノズル供給弁からの滴下<br>エリア：廃棄物処理増強建屋 | Ⅲ |
| 61 | R/B3F HCUスクラム弁１２６（加圧、流入側）グランド微少リーク | R/B3F HCUスクラム弁１２６（加圧、流入側）グランド微少リーク<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 62 | Ｔ／Ｂ ＳＤ ＳＵＭＰ Ａ ＬＥＶＥＬ ＨＩ－ＨＩ警報発報 | Ｔ／Ｂ ＳＤ ＳＵＭＰ Ａ ＬＥＶＥＬ ＨＩ－ＨＩ警報発報<br>エリア：タービン建屋 | Ⅲ |
| 63 | 屋外モルタル建屋 モルタル混和剤ポット吊ワイヤー切損 | 屋外モルタル建屋 モルタル混和剤ポット吊ワイヤー切損<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 64 | R/W　2F　SRVアクチュエータ転倒 | R/W　2F　SRVアクチュエータ転倒<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 65 | 増強R/W　B2F　減容固化体移送装置室入口遮蔽扉倒れ | 増強R/W　B2F　減容固化体移送装置室入口遮蔽扉倒れ<br>エリア：廃棄物処理増強建屋 | Ⅲ |
| 66 | 増強R/W　建屋排気系フィルタユニットＱ上部換気ロルーバー脱落 | 増強R/W　建屋排気系フィルタユニットＱ上部換気ロルーバー脱落<br>エリア：廃棄物処理増強建屋 | Ⅲ |
| 67 | SGTS HI-RANGE MON RAD HI（A系）警報発報 | SGTS HI-RANGE MON RAD HI（A系）警報発報<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 68 | R/B 3F HCU 50-43 ｽｸﾗﾑ弁126（加圧、流入側）ｸﾞﾗﾝﾄﾞ部ﾘｰｸ | R/B 3F HCU 50-43 ｽｸﾗﾑ弁126（加圧、流入側）ｸﾞﾗﾝﾄﾞ部ﾘｰｸ<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 69 | T/B 1F 及び B1F床面・壁面亀裂 | T/B 1F 及び B1F床面・壁面亀裂<br>エリア：タービン建屋 | Ⅲ |
| 70 | 水処理前処理装置配管及びモノスコアフィルター底部からの漏えい | 水処理前処理装置配管及びモノスコアフィルター底部からの漏えい<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 71 | プロセスコンピュータ ANNタイバ印字不良 | プロセスコンピュータ ANNタイバ印字不良<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 72 | 水処理　ポンプ及びタンク等の基礎コンクリートひび割れ | 水処理　ポンプ及びタンク等の基礎コンクリートひび割れ<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 73 | 水処理純水貯蔵タンク基礎防水加工部剥離 | 水処理純水貯蔵タンク基礎防水加工部剥離<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 74 | 水処理排水処理系第一PH調整槽PAC注入ライン配管サポート部損傷 | 水処理排水処理系第一PH調整槽PAC注入ライン配管サポート部損傷<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 75 | 水処理排水処理装置第一及び第二PH調整槽入口配管等破損 | 水処理排水処理装置第一及び第二PH調整槽入口配管等破損<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 76 | 屋外 発電機ガスボンベ庫前エリア配管サポート部等損傷 | 屋外 発電機ガスボンベ庫前エリア配管サポート部等損傷<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 77 | O2注入系ボンベ室壁面破損 | O2注入系ボンベ室壁面破損<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 78 | 水処理原水タンク基礎防水加工部ひび | 水処理原水タンク基礎防水加工部ひび<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 79 | 取水口潮位計カメラ動作不良 | 取水口潮位計カメラ動作不良<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 80 | 使用済燃料乾式貯蔵建屋 電気室カメラ動作不良 | 使用済燃料乾式貯蔵建屋 電気室カメラ動作不良<br>エリア：使用済燃料乾式貯蔵建屋 | Ⅲ |

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷 Ⅱ：建物間の相対変位による損傷 Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 Ⅳ：周辺斜面の崩落
Ⅴ：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水 Ⅵ：その他（地震の揺れによる警報発信等，施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等）

| No. | 件　　名 | 地震被害事象および発生要因の概要 | 地震被害発生要因 |
|---|---|---|---|
| 81 | CP-33 取水、放水温度記録計指示不良 | CP-33 取水、放水温度記録計指示不良<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 82 | 水素酸素発生装置電気品室　壁面剥離 | 水素酸素発生装置電気品室　壁面剥離<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 83 | 屋外第二電気室 壁面亀裂・破損 | 屋外第二電気室 壁面亀裂・破損<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 84 | 増強R/W　雑固体減容処理設備投入容器自動倉庫内容器位置不良 | 増強R/W　雑固体減容処理設備投入容器自動倉庫内容器位置不良<br>エリア：廃棄物処理増強建屋 | Ⅲ |
| 85 | プロセス計算機　RHRポンプA吐出圧力確立指示不良 | プロセス計算機　RHRポンプA吐出圧力確立指示不良<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 86 | 154kV開閉所入口フェンスずれ | 154kV開閉所入口フェンスずれ<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 87 | 放水ロモニタ室入口扉キーシリンダ不調 | 放水ロモニタ室入口扉キーシリンダ不調<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 88 | SRNM ch.D指示変動 | SRNM ch.D指示変動<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 89 | 東海第二発電所　排気筒弾塑性ダンパの変形について | 東海第二発電所　排気筒弾塑性ダンパの変形について<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 90 | CRD46-15フランジ部より滴下 | CRD46-15フランジ部より滴下<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 91 | サービス建屋3階 A階段室床面亀裂 | サービス建屋3階 A階段室床面亀裂<br>エリア：サービス建屋 | Ⅲ |
| 92 | サービス給湯系統　W-V10上流側配管ピンホール | サービス給湯系統　W-V10上流側配管ピンホール<br>エリア：サービス建屋 | Ⅲ |
| 93 | 放水ロモニタ室行き飲料水配管微少リーク | 放水ロモニタ室行き飲料水配管微少リーク<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 94 | 水処理ＮＯ．１ＭＢ－Ｐ塔空気抜き配管破断 | 水処理ＮＯ．１ＭＢ－Ｐ塔空気抜き配管破断<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 95 | 原子炉隔離時冷却系テストバイパス弁開動作不良 | 原子炉隔離時冷却系テストバイパス弁開動作不良<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 96 | S/B 3F MCR控室流し台排水配管接続部微少リーク | S/B 3F MCR控室流し台排水配管接続部微少リーク<br>エリア：サービス建屋 | Ⅲ |
| 97 | T/B B1F ヒータールーム照明器具かさ落下 | T/B B1F ヒータールーム照明器具かさ落下<br>エリア：タービン建屋 | Ⅲ |
| 98 | R/W 1F O/Gヘパフィルター出口配管貫通部微少リーク | R/W 1F O/Gヘパフィルター出口配管貫通部微少リーク<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 99 | 東北地方太平洋沖地震の影響に伴うＰＣＶ内機器保温材外れの件 | 東北地方太平洋沖地震の影響に伴うＰＣＶ内機器保温材外れの件<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 100 | 増強R/W 4F 主排気系排風機室内　蛍光灯架台ｼｬﾌﾄ外れ | 増強R/W 4F 主排気系排風機室内　蛍光灯架台ｼｬﾌﾄ外れ<br>エリア：廃棄物処理増強建屋 | Ⅲ |
| 101 | MCR視聴覚室間口床面破損 | MCR視聴覚室間口床面破損<br>エリア：サービス建屋 | Ⅲ |
| 102 | NR/W主排気系ダンパNR31-ID010シート不良 | NR/W主排気系ダンパNR31-ID010シート不良<br>エリア：廃棄物処理増強建屋 | Ⅲ |
| 103 | T/B １F ヒータールーム 湿分分離器（B）サポート折損 | T/B １F ヒータールーム 湿分分離器（B）サポート折損<br>エリア：タービン建屋 | Ⅲ |
| 104 | MCR CP-3「ASW PUMP DISCH HDR PRESS LOW」警報発報 | MCR CP-3「ASW PUMP DISCH HDR PRESS LOW」警報発報<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 105 | D/G HPCSｽﾄｰﾑﾄﾞﾚﾝｻﾝﾌﾟﾋﾟｯﾄ堰境界部からの水漏れについて | D/G HPCSｽﾄｰﾑﾄﾞﾚﾝｻﾝﾌﾟﾋﾟｯﾄ堰境界部からの水漏れについて<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 106 | メインスタック南側外灯ガラス部破損 | メインスタック南側外灯ガラス部破損<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 107 | ICOS WALL建屋（西側）北東外壁基礎部コンクリート剥離 | ICOS WALL建屋（西側）北東外壁基礎部コンクリート剥離<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 108 | 屋内開閉所遮風壁ひび割れ | 屋内開閉所遮風壁ひび割れ<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 109 | 取水口構造物損傷 | 取水口構造物損傷<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 110 | 取水口電気室建屋損傷 | 取水口電気室建屋損傷<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 111 | ドラムヤードＢ棟２階アクセススロープ段差 | ドラムヤードＢ棟２階アクセススロープ段差<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 112 | 増強R/W雑固体減容処理設備　苛性ソーダポンプＡ　苛性ソーダ微少リーク | 増強R/W雑固体減容処理設備　苛性ソーダポンプＡ　苛性ソーダ微少リーク<br>エリア：廃棄物処理増強建屋 | Ⅲ |
| 113 | T/B オペフロ天井照明かさ破損 | T/B オペフロ天井照明かさ破損<br>エリア：タービン建屋 | Ⅲ |
| 114 | Ex,HFG油切り損傷の件 | Ex,HFG油切り損傷の件<br>エリア：タービン建屋 | Ⅲ |

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷 Ⅱ：建物間の相対変位による損傷 Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 Ⅳ：周辺斜面の崩落
Ⅴ：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水 Ⅵ：その他（地震の揺れによる警報発信等，施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等）

| No. | 件　　名 | 地震被害事象および発生要因の概要 | 地震被害発生要因 |
|---|---|---|---|
| 115 | 給水処理建屋鉄骨筋交い破断 | 給水処理建屋鉄骨筋交い破断<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 116 | 監視計器（位相角検出器）損傷の件 | 監視計器（位相角検出器）損傷の件<br>エリア：タービン建屋 | Ⅲ |
| 117 | 制御棒42-47動作不良 | 制御棒42-47動作不良<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 118 | 制御棒26-47引抜き動作不可 | 制御棒26-47引抜き動作不可<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 119 | 低圧A・Cロータ　動翼損傷の件 | 低圧A・Cロータ　動翼損傷の件<br>エリア：タービン建屋 | Ⅲ |
| 120 | タービン電気室入口扉前ページング・構内電話収納ボックス歪み | タービン電気室入口扉前ページング・構内電話収納ボックス歪み<br>エリア：タービン建屋 | Ⅲ |
| 121 | 監視計器（スラスト摩耗検出器）摺動痕の件 | 監視計器（スラスト摩耗検出器）摺動痕の件<br>エリア：タービン建屋 | Ⅲ |
| 122 | 油切り（＃２　ＧＥＮ・＃Ｔ－Ｇ間　ＴＢ・ＧＥＮ側） | 油切り（＃２　ＧＥＮ・＃Ｔ－Ｇ間　ＴＢ・ＧＥＮ側）<br>エリア：タービン建屋 | Ⅲ |
| 123 | 非常用変電所２号配電盤変圧器　巻線支持材ズレ | 非常用変電所２号配電盤変圧器　巻線支持材ズレ<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 124 | 防波堤埋設ケーブルの断線 | 防波堤埋設ケーブルの断線<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 125 | R/B建屋周りの湧水上昇 | R/B建屋周りの湧水上昇<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 126 | PLRポンプ用（B)電動機上部ブラケット機内側油切り寸法外れ | PLRポンプ用（B)電動機上部ブラケット機内側油切り寸法外れ<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 127 | H/B プロパンボンベ室歪み | H/B プロパンボンベ室歪み<br>エリア：屋外，海回り他 | Ⅲ |
| 128 | 原子炉建屋 1F大物搬入口内西側壁雨水侵入 | 原子炉建屋 1F大物搬入口内西側壁雨水侵入<br>エリア：原子炉建屋 | Ⅲ |
| 129 | 増強R/W建屋屋上外灯取付部劣化 | 増強R/W建屋屋上外灯取付部劣化<br>エリア：廃棄物処理増強建屋 | Ⅲ |
| 130 | 主タービンISV廻りLVDT鉄芯曲がりの件 | 主タービンISV廻りLVDT鉄芯曲がりの件<br>エリア：タービン建屋 | Ⅲ |

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷 Ⅱ：建物間の相対変位による損傷 Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 Ⅳ：周辺斜面の崩落
Ⅴ：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水 Ⅵ：その他（地震の揺れによる警報発信等，施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等）

| No. | 件　　名 | 地震被害事象および発生要因の概要 | 地震被害発生要因 |
|---|---|---|---|
| 地震被害発生要因Ⅳ | | | |
| － | 該当なし | | |

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷 Ⅱ：建物間の相対変位による損傷 Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等 Ⅳ：周辺斜面の崩落
Ⅴ：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水 Ⅵ：その他（地震の揺れによる警報発信等，施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等）

| No. | 件　　名 | 地震被害事象および発生要因の概要 | 地震被害<br>発生要因 |
|---|---|---|---|
| 地震被害発生要因Ⅴ | | | |
| 131 | R／B　6F　使用済燃料プールスロッシングによる溢水 | R／B　6F　使用済燃料プールスロッシングによる溢水<br>エリア：原子炉建屋 | V |
| 132 | 増強R/W 2F ｻｲﾄﾊﾞﾝｶﾌﾟｰﾙｽﾛｯｼﾝｸﾞによる溢水 | 増強R/W 2F ｻｲﾄﾊﾞﾝｶﾌﾟｰﾙｽﾛｯｼﾝｸﾞによる溢水<br>エリア：廃棄物処理増強建屋 | V |
| 133 | 電気ﾍﾟﾈﾄﾚｰｼｮﾝX-104A他被水 | 電気ﾍﾟﾈﾄﾚｰｼｮﾝX-104A他被水<br>エリア：原子炉建屋 | V |

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷　Ⅱ：建物間の相対変位による損傷　Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等　Ⅳ：周辺斜面の崩落
Ⅴ：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水　Ⅵ：その他（地震の揺れによる警報発信等，施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等）

| No. | 件　　名 | 地震被害事象および発生要因の概要 | 地震被害発生要因 |
|---|---|---|---|
| 地震被害発生要因VI | | | |
| 134 | MCR　H13-P603　「LPRM　UPSCALE」警報発報 | MCR　H13-P603　「LPRM　UPSCALE」警報発報<br>エリア：原子炉建屋 | VI |
| 135 | １２５Ｖ蓄電池２Ｂ室ドレンファンネル逆流 | １２５Ｖ蓄電池２Ｂ室ドレンファンネル逆流<br>エリア：原子炉建屋 | VI |
| 136 | 取水口除塵装置海水被水 | 取水口除塵装置海水被水<br>エリア：屋外，海回り他 | VI |
| 137 | 海水電解装置海水被水 | 海水電解装置海水被水<br>エリア：屋外，海回り他 | VI |
| 138 | ＣＷＰ潤滑水ポンプＡ，Ｂ海水被水 | ＣＷＰ潤滑水ポンプＡ，Ｂ海水被水<br>エリア：屋外，海回り他 | VI |
| 139 | 取水口薬液注入装置海水被水 | 取水口薬液注入装置海水被水<br>エリア：屋外，海回り他 | VI |
| 140 | 取水口潮位計設備海水被水 | 取水口潮位計設備海水被水<br>エリア：屋外，海回り他 | VI |
| 141 | 取水口電気室　P/C 2B-4被水 | 取水口電気室　P/C 2B-4被水<br>エリア：屋外，海回り他 | VI |
| 142 | 取水口エリア　海水系電動機　水没 | 取水口エリア　海水系電動機　水没<br>エリア：屋外，海回り他 | VI |
| 143 | T/B B1F給水加熱器ドレンポンプ室床面水溜り | T/B B1F給水加熱器ドレンポンプ室床面水溜り<br>エリア：タービン建屋 | VI |
| 144 | T/B B1F低圧復水ポンプ室バレル内水溜り | T/B B1F低圧復水ポンプ室バレル内水溜り<br>エリア：タービン建屋 | VI |
| 145 | MCR H13-P602「D/W ED SUMP LEVEL HIGH」警報回路地絡 | MCR H13-P602「D/W ED SUMP LEVEL HIGH」警報回路地絡<br>エリア：原子炉建屋 | VI |
| 146 | 放水口モニタ室被水 | 放水口モニタ室被水<br>エリア：屋外，海回り他 | VI |
| 147 | 取水口設備被水 | 取水口設備被水<br>エリア：屋外，海回り他 | VI |
| 148 | 増強R/W床ドレンサンプ溢水 | 増強R/W床ドレンサンプ溢水<br>エリア：廃棄物処理増強建屋 | VI |
| 149 | PCV内サンプ設備浸水事象について | PCV内サンプ設備浸水事象について<br>エリア：原子炉建屋 | VI |
| 150 | 増強R/W 減容固化容器移送装置制御盤 シーケンスコントローラ異常警報発報 | 増強R/W 減容固化容器移送装置制御盤 シーケンスコントローラ異常警報発報<br>エリア：廃棄物処理増強建屋 | VI |
| 151 | スクリーン設備不具合について | スクリーン設備不具合について<br>エリア：屋外，海回り他 | VI |
| 152 | R/B大物搬入口庇歪み | R/B大物搬入口庇歪み<br>エリア：原子炉建屋 | VI |
| 153 | ASWストレーナＢ詰まり | ASWストレーナＢ詰まり<br>エリア：屋外，海回り他 | VI |
| 154 | ASWポンプ(A)性能低下 | ASWポンプ(A)性能低下<br>エリア：屋外，海回り他 | VI |
| 155 | RHRS(C)電動機浸水の件 | RHRS(C)電動機浸水の件<br>エリア：屋外，海回り他 | VI |

地震被害発生要因：Ⅰ：地震の不等沈下による損傷　Ⅱ：建物間の相対変位による損傷　Ⅲ：地震の揺れによる施設の損傷・転倒・落下等　Ⅳ：周辺斜面の崩落
Ⅴ：使用済燃料ピットスロッシングによる溢水　VI：その他（地震の揺れによる警報発信等，施設の損傷を伴わないⅠ～Ⅴ以外の要因等）

添付資料 3

# 設置予定施設に対する波及的影響評価手法について

設置予定施設における既設下位クラス施設から受ける波及的影響，及び既設上位クラス施設に与える波及的評価の手法については，以下のとおり実施するものとする。

1. 設置予定施設が上位クラス施設の場合

設置予定施設が上位クラス施設の場合には，当該施設に対して波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設を抽出した上で，影響評価を実施する。抽出された下位クラス施設については，「５．下位クラス施設の抽出及び影響評価方法」に基づき，相対変位又は不等沈下による影響，接続部による影響，建屋内及び建屋外における損傷，転倒及び落下等による影響の観点から，設置予定施設が機能を損なうおそれの有無を確認する。

その結果，設置予定施設が波及的影響により機能を損なうおそれがある場合には，設置予定施設に対して配置の見直し，構造変更等の設計の見直しを行う。設置予定施設の設計にて波及的影響を回避できない場合には，波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設に対して耐震強化や移設等の対策を実施する。

2. 設置予定施設が下位クラス施設の場合

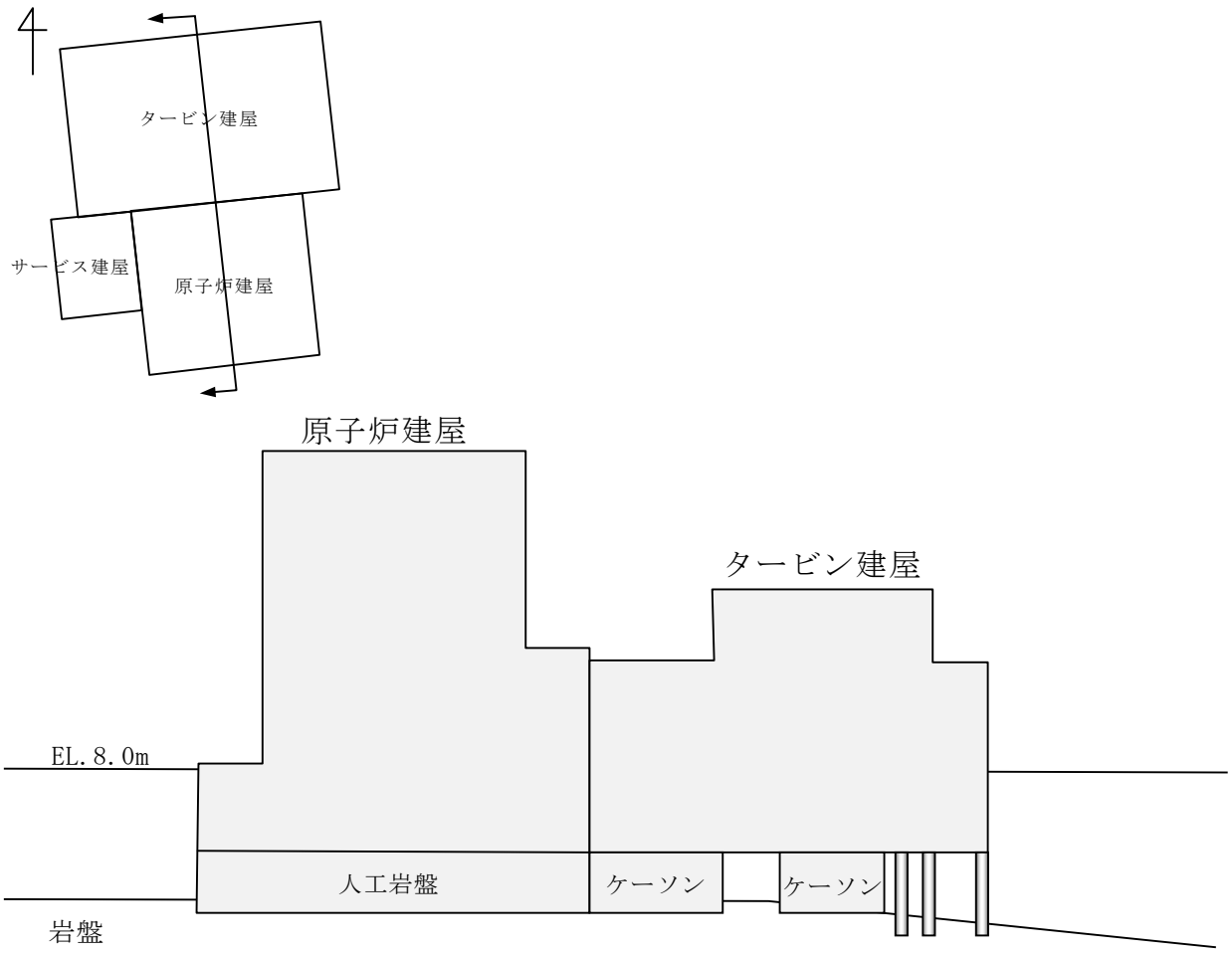
設置予定施設が下位クラス施設の場合には，１．同様の観点から当該施設が既設上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼすおそれの有無を確認する。

その結果，設置予定施設による波及的影響によって既設上位クラス施設の機能を損なうおそれがある場合には，設置予定施設に対して配置の見直し，耐震性の確保等の設計の見直しを行う。

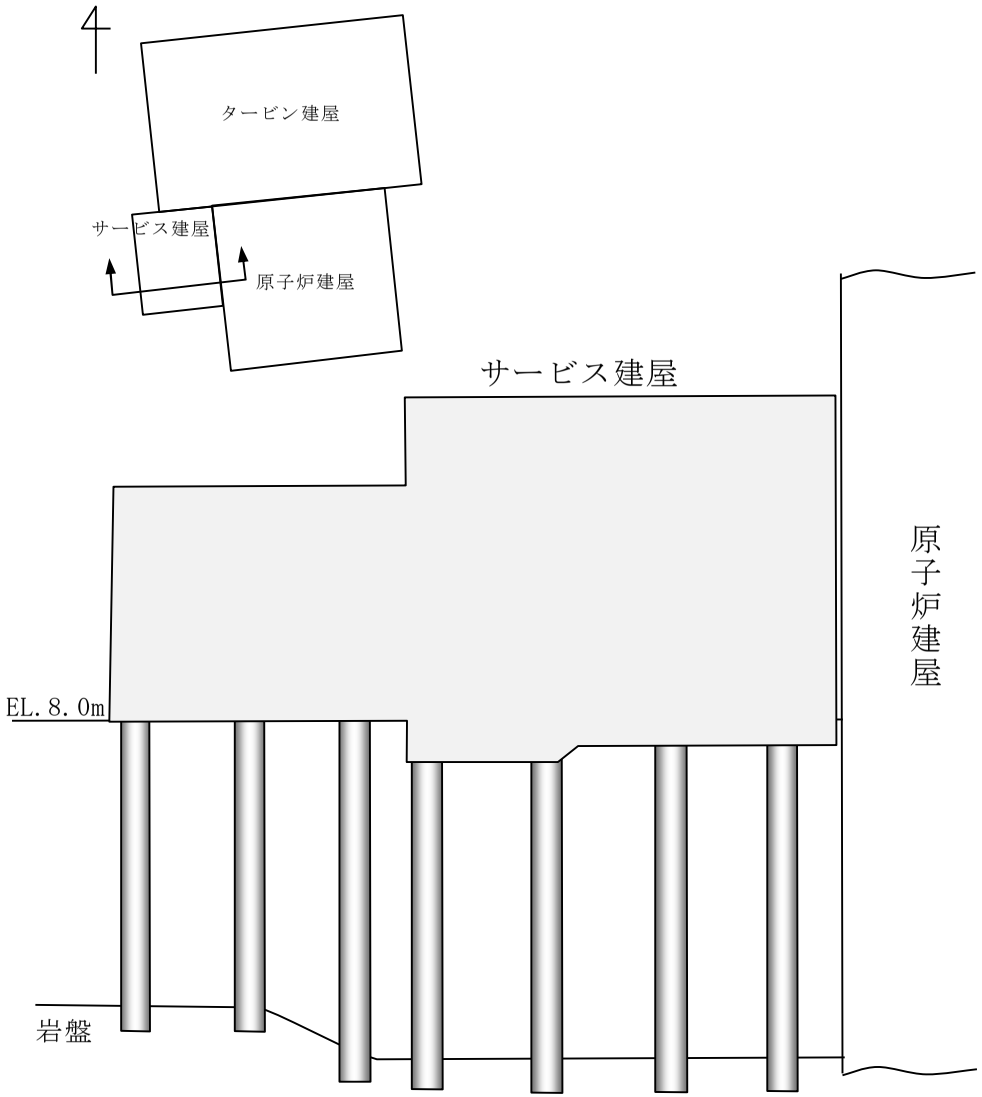
添付資料4

上位クラス施設に隣接する下位クラス施設の接地状況について

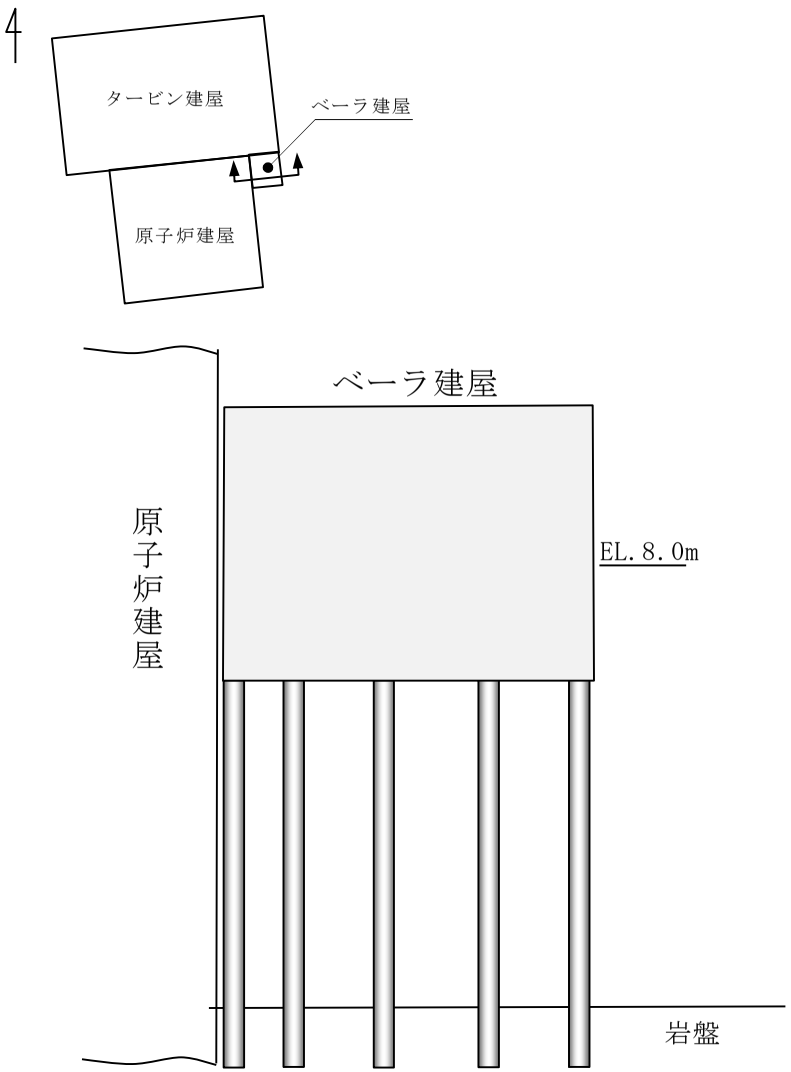
本資料では，上位クラス施設に隣接する下位クラス施設の接地状況の概念図第4－1図～第4－6図について示す。



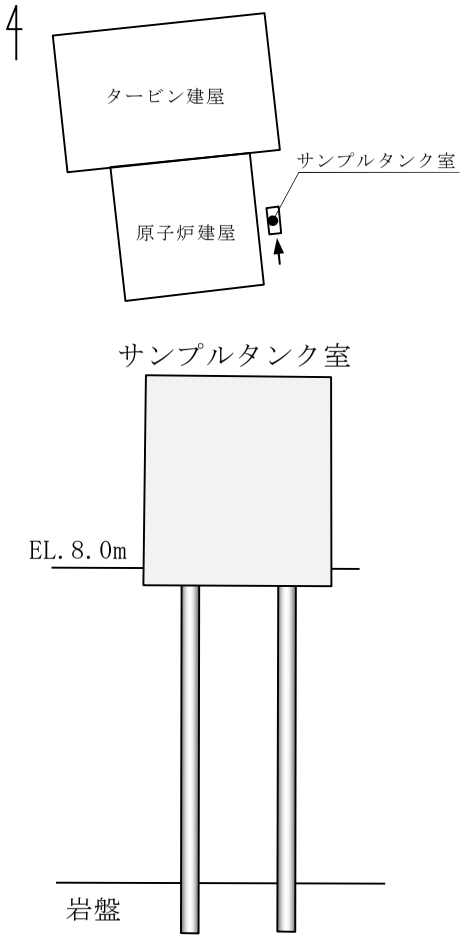

第 4－1 図　原子炉建屋及びタービン建屋接地状況概念図



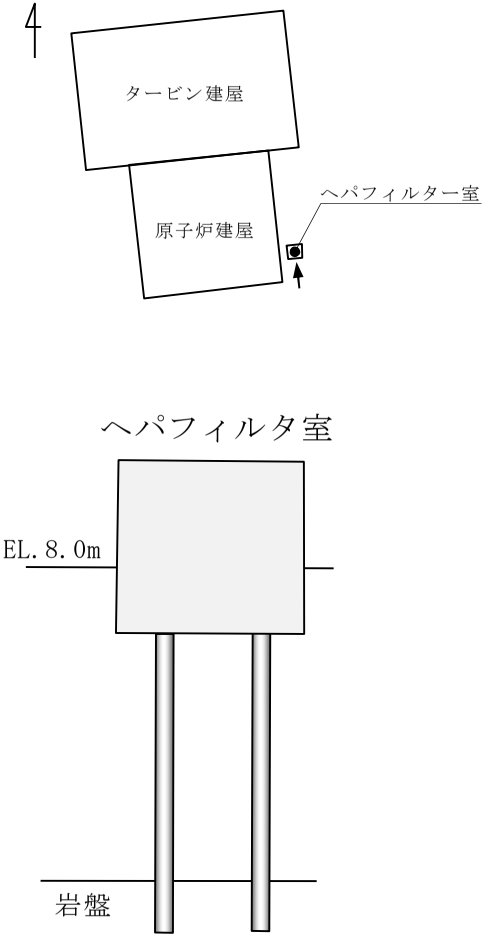

第4－2図　サービス建屋接地状況概念図



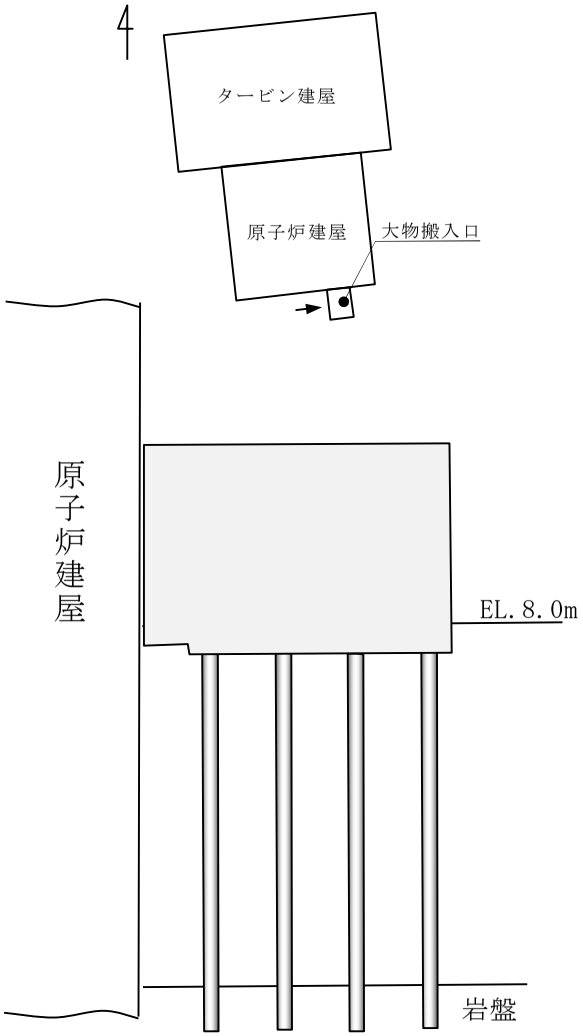

第4－3図　ベーラ建屋接地状況概念図




第4－4図　サンプルタンク室接地状況概念図




第4－5図　ヘパフィルタ室接地状況概念図




第4－6図　機器搬入口接地状況概念図

別紙－７

東海第二発電所

# 水平２方向及び鉛直方向の適切な組合せに関する検討について
# （耐震）

目　次

1.　はじめに

2.　水平２方向及び鉛直方向地震力による影響評価に用いる地震動

2.1　東海第二発電所の基準地震動Ｓs

2.2　水平２方向及び鉛直方向地震力による影響評価に用いる地震動

3.　各施設における水平２方向及び鉛直方向地震力の影響評価

3.1　建物・構築物

3.1.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計手法の考え方

3.1.2 水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法

3.1.3 水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価部位の抽出方針

3.1.4 水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針

3.2　機器・配管系

3.2.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計の考え方

3.2.2 水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価方針

3.2.3 水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法

3.2.4 水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出

3.2.5 水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの抽出結果及び今後の評価方針

3.3　屋外重要土木構造物

3.3.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計の考え方

3.3.2 水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針

3.3.3 水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法

3.3.4 水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出

3.3.5 水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

3.4　津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備

3.4.1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備における評価対象構造物の抽出及び整理

3.4.2 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計の考え方

3.4.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法

3.4.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出

別紙－1　機器・配管系に関する説明資料

参考資料－1　方向性を考慮していない水平方向地震動における模擬地震波の作成方針

1.　はじめに

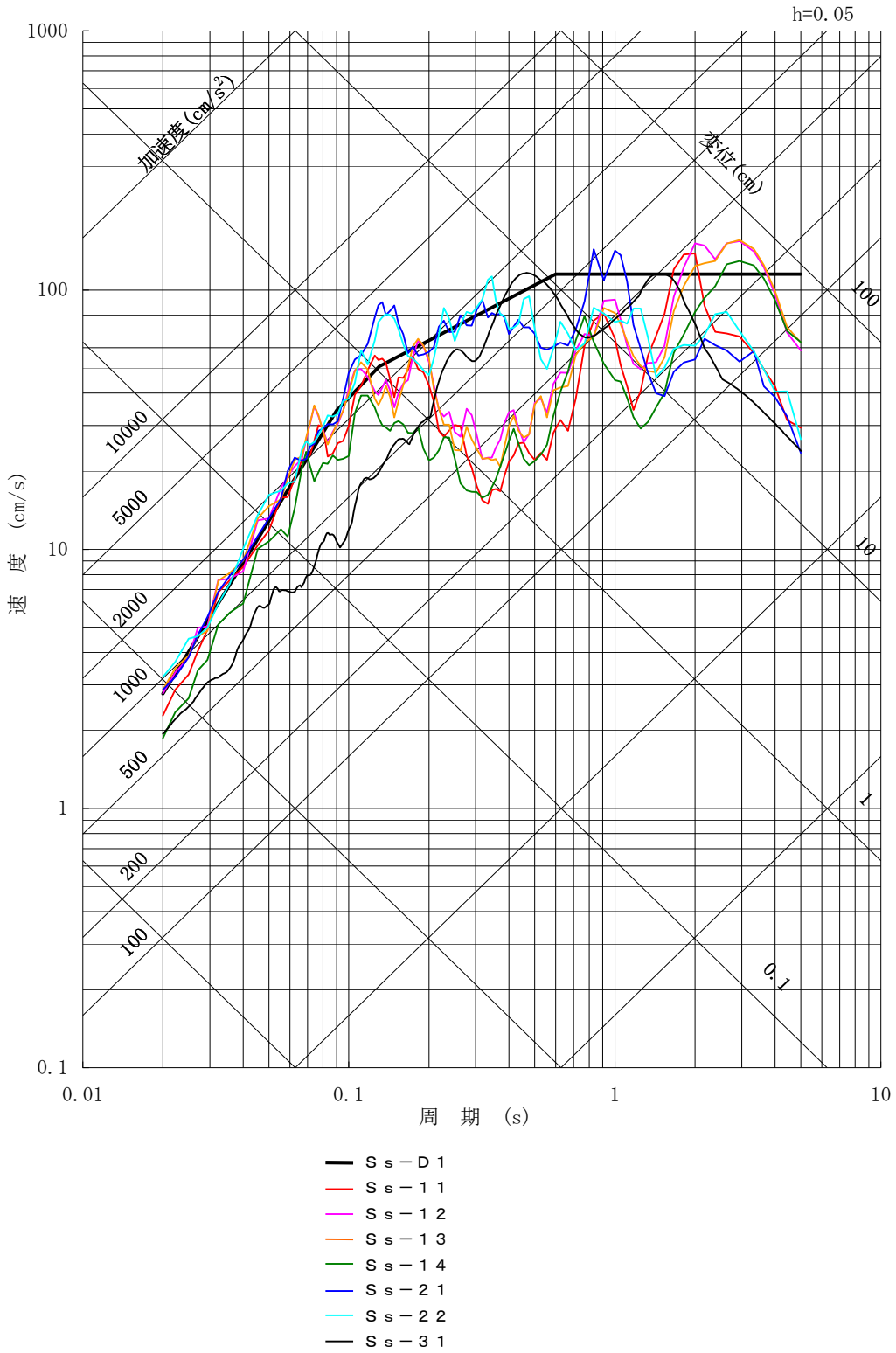
今回，新たに水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組み合わせによる耐震設計に係る技術基準が制定されたことから，従来の設計手法における水平 1 方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた耐震設計に対して，施設の構造特性から水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性があるものを抽出し，施設が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。本資料は，検討対象施設における評価対象部位の抽出方法と抽出結果，並びに影響評価の方針について記すものである。

2.　水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価に用いる地震動

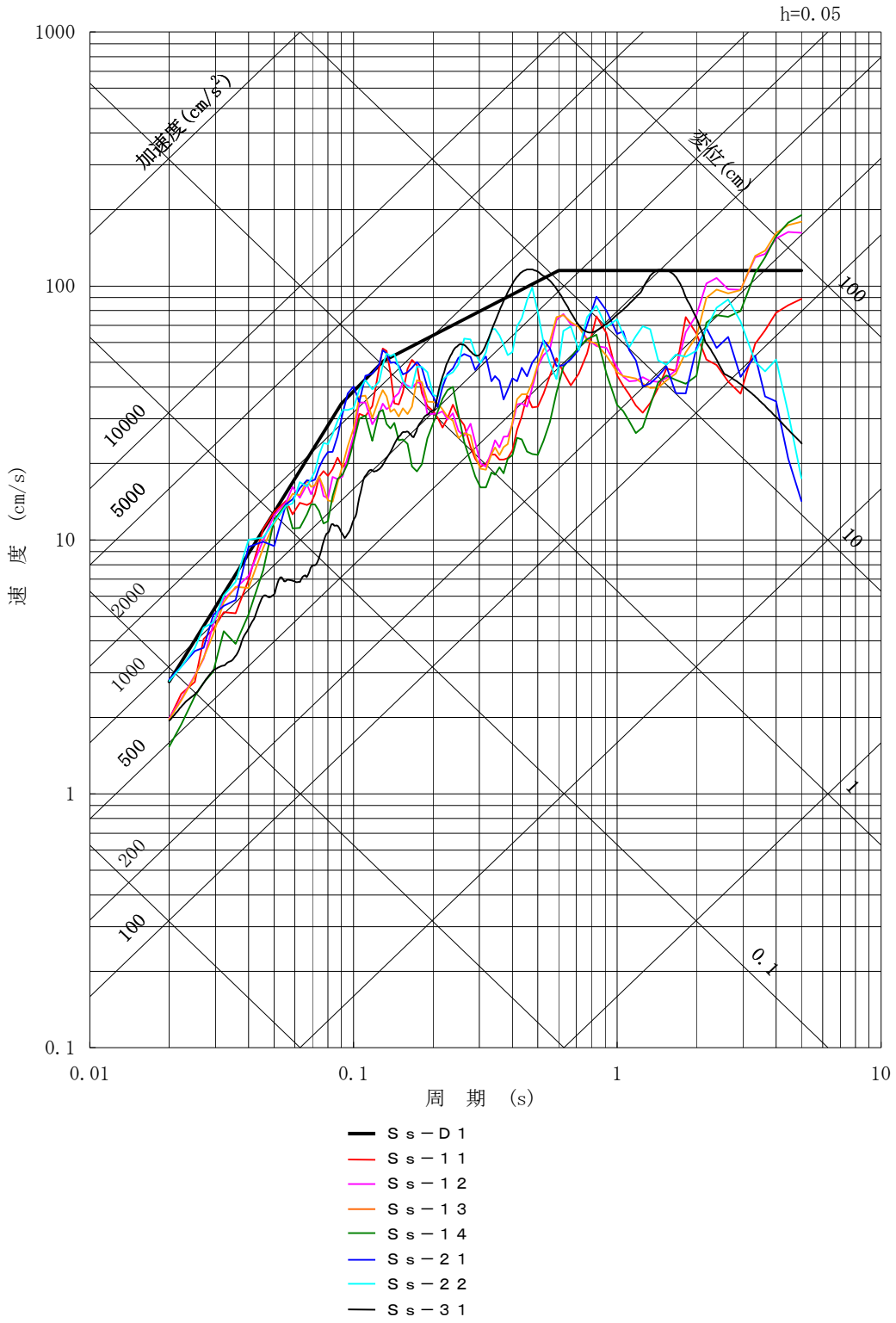
2.1　東海第二発電所の基準地震動Ｓ$_S$

東海第二発電所の基準地震動Ｓ$_S$は，「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」を評価して，これらの評価結果に基づき策定している。「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」としては，応答スペクトルに基づく地震動評価及び断層モデルを用いた手法による地震動評価を実施し，その結果を踏まえ，応答スペクトルに基づく地震動として基準地震動Ｓ$_S$－Ｄ１，断層モデルを用いた地震動としてＳ$_S$－１１～Ｓ$_S$－１４，Ｓ$_S$－２１，Ｓ$_S$－２２を策定している。また，「震源を特定せず策定する地震動」として基準地震動Ｓ$_S$－３１を策定している。

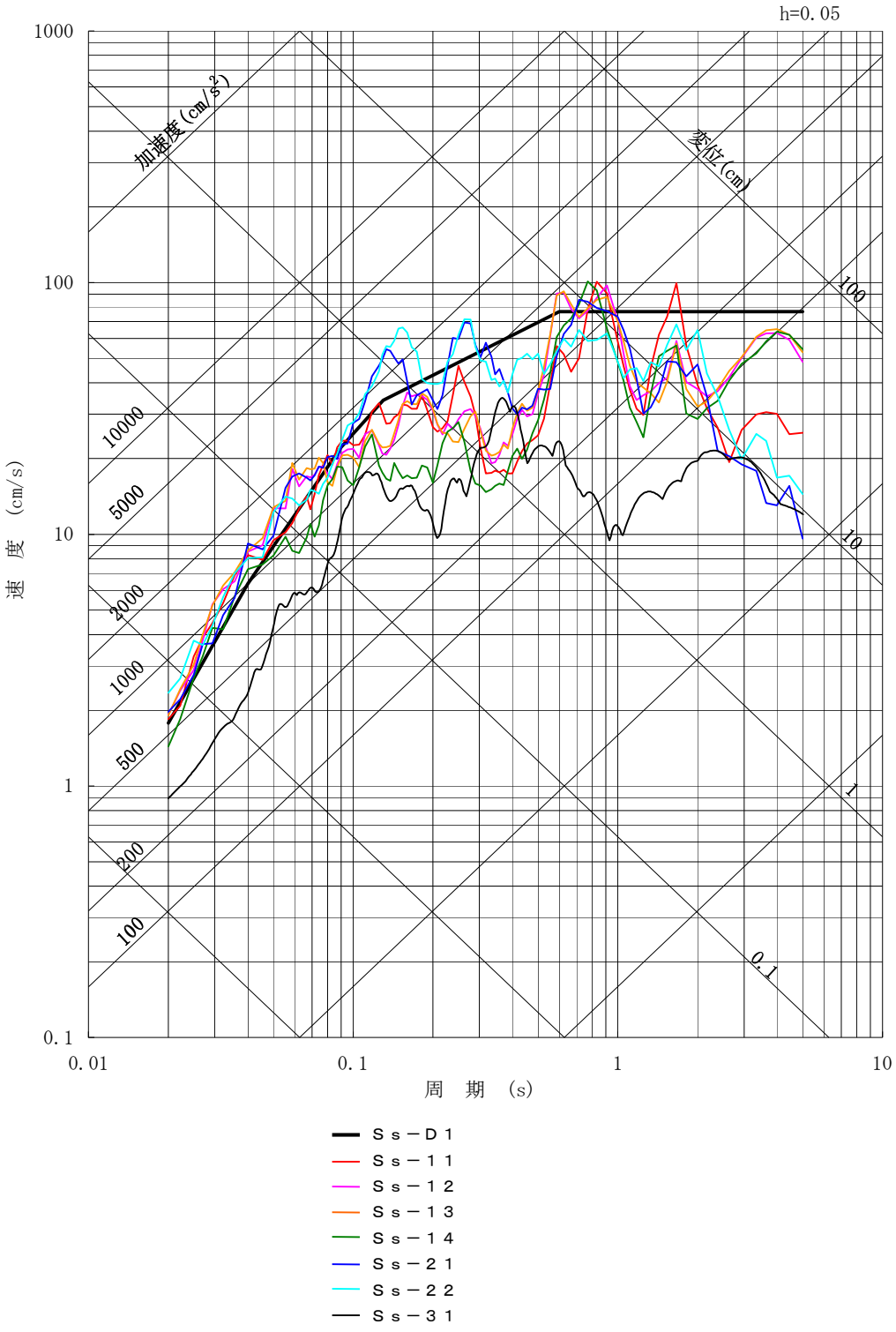
基準地震動Ｓ$_S$の水平方向のスペクトル図を第 2－1 図に，鉛直方向のスペクトル図を第 2－2 図に示す。




第２－１図（1／2）　基準地震動Ｓ$_S$の応答スペクトル（ＮＳ方向）




第２－１図（2／2）　基準地震動Ｓ$_S$の応答スペクトル（ＥＷ方向）




第２－２図　基準地震動Ｓｓの応答スペクトル（鉛直方向）

## 2.2　水平2方向及び鉛直方向地震力による影響評価に用いる地震動

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる基準地震動は，複数の基準地震動$S_s$における地震動の特性及び包絡関係と施設の特性による影響も考慮した上で選定し，本影響評価に用いる。

3.　各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価

3.1　建物・構築物

3.1.1　水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計手法の考え方

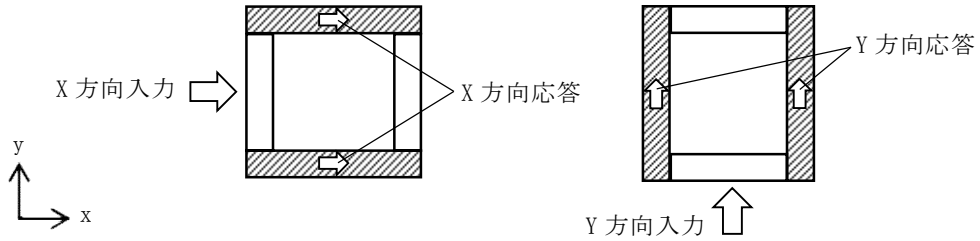
従来の設計手法では，建物・構築物の地震応答解析において，水平方向及び鉛直方向の地震動を質点系モデルに方向ごとに入力し,解析を行っている。また，原子炉施設における建物・構築物は，全体形状及び平面レイアウトから,地震力を主に耐震壁で負担する構造であり,剛性の高い設計としている。

水平方向の地震力に対しては,せん断力について評価することを基本とし,建物・構築物に生じるせん断力に対して，地震時の力の流れが明解となるように，直交する2方向に釣合いよく配置された鉄筋コンクリート造耐震壁を主な耐震要素として構造計画を行う。地震応答解析は，水平2方向の耐震壁に対して,それぞれ剛性を評価し,各水平方向に対して解析を実施している。したがって，建物・構築物に対し，水平2方向の入力がある場合，各方向から作用するせん断力を負担する部位が異なるため，水平2方向の入力がある場合の評価は，水平1方向にのみ入力がある場合と同等な評価となる。

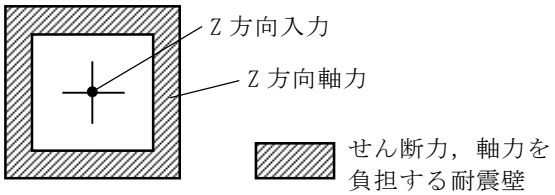
鉛直方向の地震力に対しては，軸力について評価することを基本としている。建物・構築物に生じる軸力に対して，鉄筋コンクリート造耐震壁を主な耐震要素として構造計画を行う。

入力方向ごとの耐震要素について，第3－1－1図及び第3－1－2図に示す。

従来設計手法における建物・構築物の応力解析による評価は，上記の考え方を踏まえた地震応答解析により算出された応答を，水平1方向及び鉛直方向に組み合わせて行っている。

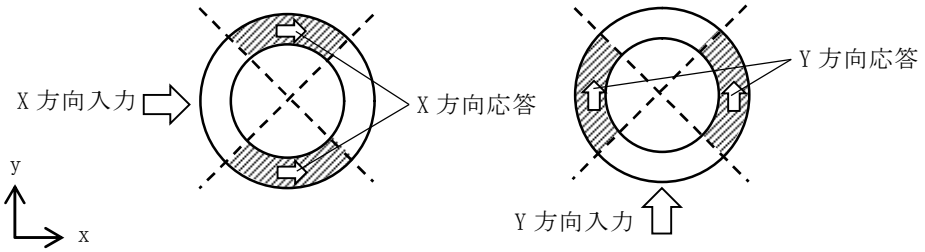



(a) 水平方向

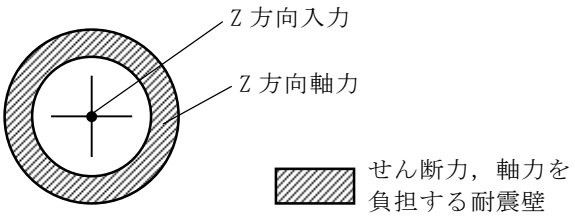



(b) 鉛直方向

第 3－1－1 図　入力方向ごとの耐震要素（矩形）




(a) 水平方向




(b) 鉛直方向

第 3－1－2 図　入力方向ごとの耐震要素（円筒形）

3.1.2　水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法

建物・構築物において，従来設計手法に対して水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した場合に影響を受ける可能性がある部位の評価を行う。

評価対象は，耐震重要施設及びその間接支持構造物，常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設並びにこれらの施設への波及的影響防止のために耐震評価を実施する部位とする。

対象とする部位について，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性から，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性のある部位を抽出する。

応答特性から抽出された水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性のある部位は，既往の評価結果の荷重又は応力の算出結果を水平 2 方向及び鉛直方向に組み合わせ，各部位に発生する荷重や応力を算出し，各部位が有する耐震性への影響を確認する。

各部位が有する耐震性への影響があると確認された場合は，詳細な手法を用いた検討等，新たに設計上の対応策を講じる。

影響評価のフローを第 3－1－3 図に示す。

(1)　耐震評価上の構成部位の整理

建物・構築物における耐震評価上の構成部位を整理し，該当する耐震評価上の構成部位を網羅的に確認する。

(2)　応答特性の整理

建物・構築物における耐震評価上の構成部位について，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性を整理する。応答特性は，荷重の組合せによる影響が想定されるもの及び 3 次元的な挙動から影響が想定されるものに分けて整理する。

(3)　荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出

整理した耐震評価上の構成部位について，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性のうち，荷重の組合せによる応答特性により，耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

(4) 3次元的な応答特性が想定される部位の抽出

従来設計手法における応答特性が想定される部位として抽出されなかった部位について，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し，3次元的な応答特性により，耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

(5) 3次元モデルによる精査

3次元的な応答特性が想定される部位として抽出された部位について，3次元モデルを用いた精査を実施し，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより，耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

また，3次元的な応答特性が想定される部位として抽出されなかった部位についても，局所応答の観点から，3次元モデルによる精査を実施し，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより，耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

局所応答に対する3次元モデルによる精査を行う建物・構築物は，その重要性，規模，構造特性及び機器評価確認への適用性を考慮し，代表施設を選定する。原子炉建屋は，耐震Ｓクラスの原子炉棟を含み，建屋規模も大きいため多くの重要機器を内包している。そのため，3次元モデルによる精査は，原子炉建屋を代表として行うこととする。

(6) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価においては，従来設計手法の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる局部評価の荷重又は応力の算出結果を用いて評価を行う。水平2方向及び鉛直方向地震力を組合せる方法として,米国 REGULATORY GUIDE 1.92(注)の「2. Combining

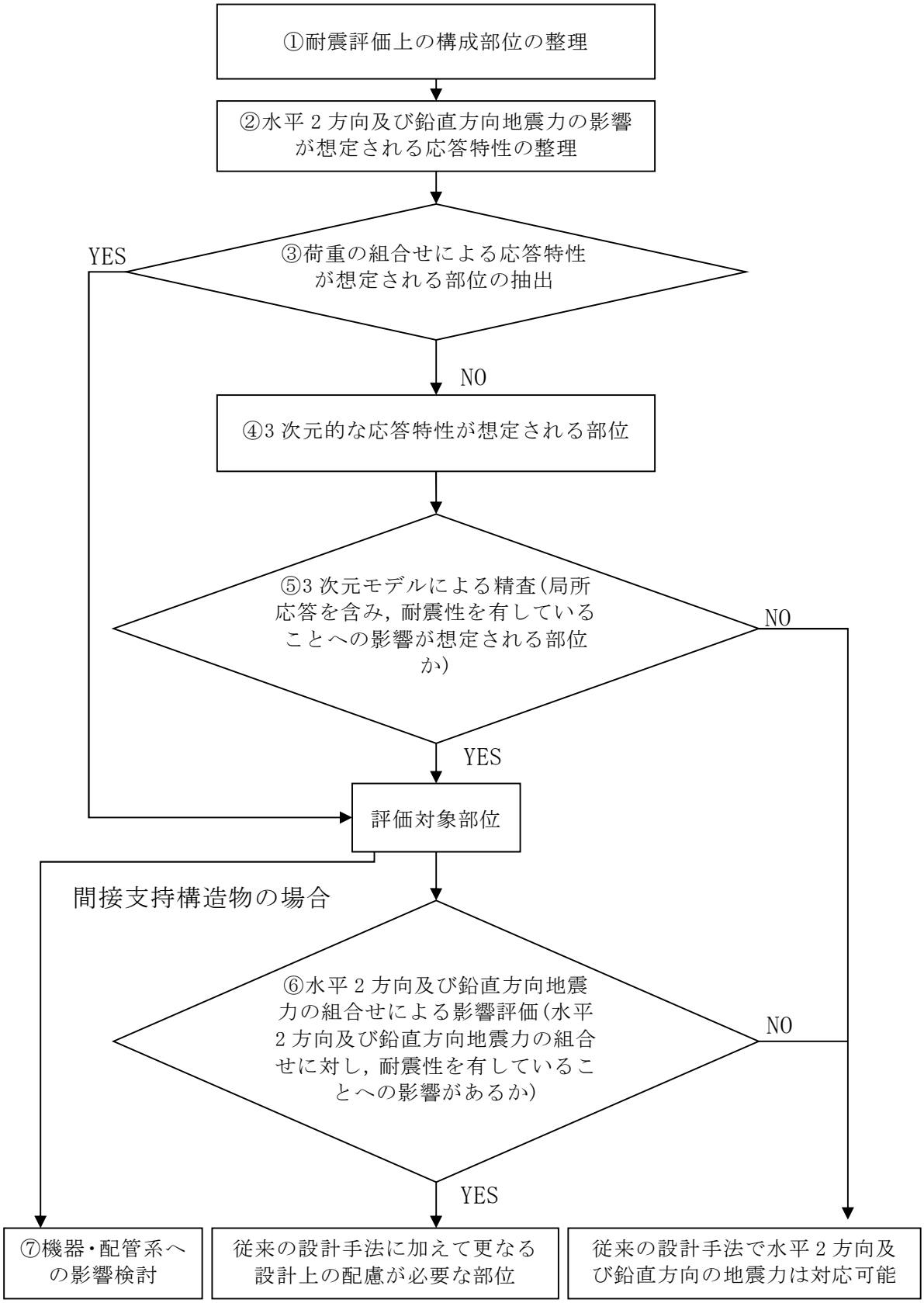
Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として，組合せ係数法（1.0：0.4：0.4）に基づいて地震力を設定する。

評価対象として抽出した耐震評価上の構成部位について，構造部材の発生応力を適切に組み合わせることで，各部位の設計上の許容値に対する評価を実施し，各部位の耐震性への影響を評価する。

（注）REGULATORY GUIDE（RG）1.92“COMBINING MODAL RESPONSES AND SPATIAL COMPONENTS IN SEISMIC RESPONSE ANALYSIS”

(7) 機器・配管系への影響検討

評価対象として抽出された部位が，耐震重要施設，常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系の間接支持機能を有する場合，原子炉建屋の3次元モデルによる精査結果から，水平2方向及び鉛直方向入力時と水平1方向入力時の加速度応答スペクトルを比較し，その傾向から機器・配管系に対する応答値への影響を確認する。




第3－1－3図　水平2方向及び鉛直方向地震力による影響評価のフロー

### 3.1.3　水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価部位の抽出方針

(1)　耐震評価上の構成部位の整理

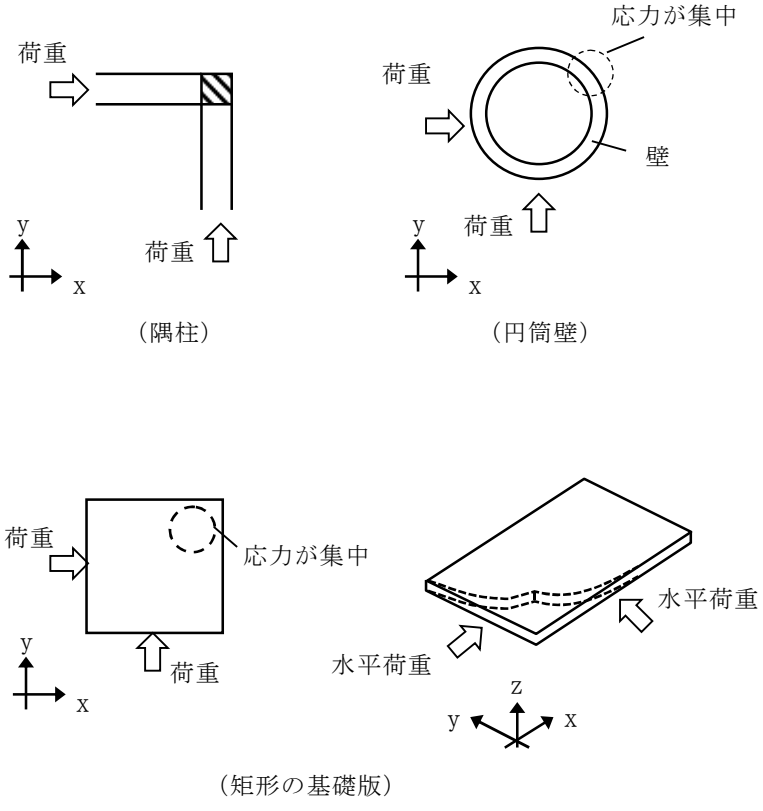
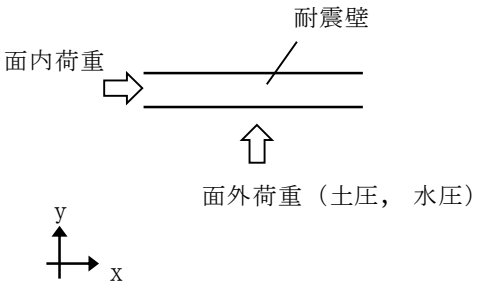
建物・構築物の耐震評価上の構成部位を整理し，該当する耐震評価上の構成部位を網羅的に確認する。

(2)　応答特性の整理

建物・構築物における耐震性評価部位について，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性を整理した。応答特性は，荷重の組合せによる影響が想定されるもの及び 3 次元的な挙動から影響が想定されるものに分けて整理した。整理した結果を第 3－1－1 表及び第 3－1－2 表に示す。また，応答特性を踏まえ，耐震評価上の構成部位に対する水平 2 方向入力による影響の考え方を第 3－1－3 表に示す。

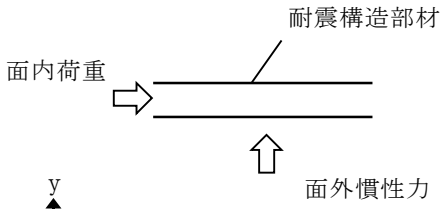
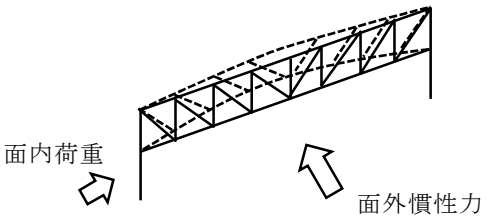
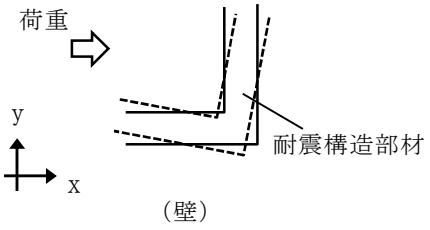
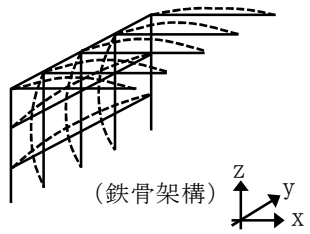
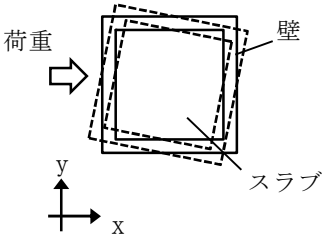
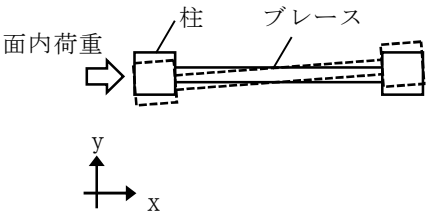
第 3－1－1 表　水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性

（荷重の組合せによる応答特性）

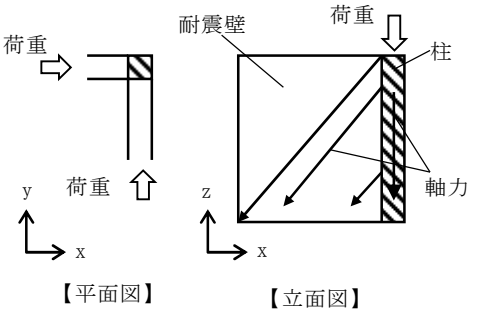
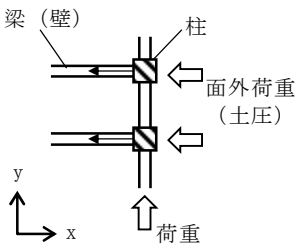
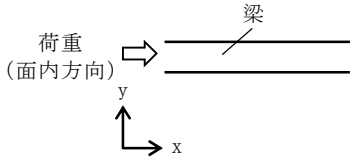
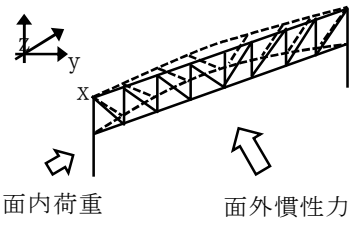
<table>
<tr><th colspan="2">荷重の組合せによる応答特性</th><th>影響想定部位</th></tr>
<tr><td>①－1</td><td>直交する水平 2 方向の荷重が，応力として集中</td><td>応力の集中する隅柱等<br>（例）<br> 
</td></tr>
<tr><td>①－2</td><td>面内方向の荷重を負担しつつ，面外方向の荷重が作用</td><td>土圧を負担する地下耐震壁等<br>水圧を負担するプール壁等<br>（例）<br> 
</td></tr>
</table>

第 3－1－2 表　水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される応答特性

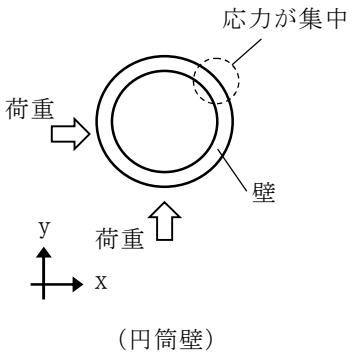
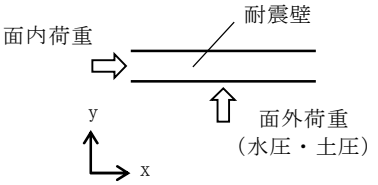
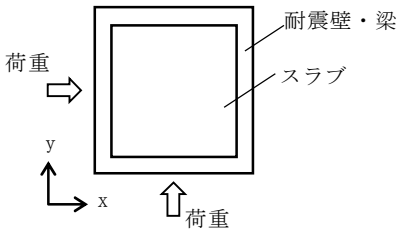
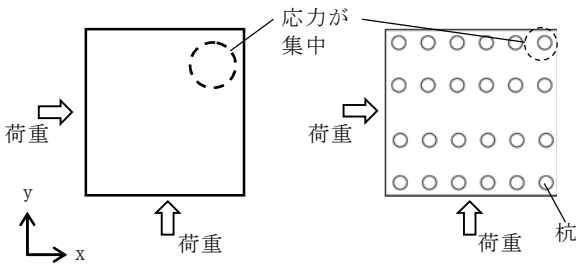
（3 次元的な応答特性）

| 3 次元的な応答特性 | | 影響想定部位 |
|---|---|---|
| ②－1 | 面内方向の荷重に加え，面外慣性力の影響が大きい | 大スパン又は吹き抜け部に設置された部位<br>（例）<br>  <br>（耐震構造部材）<br>  <br>（鉄骨トラス） |
| ②－2 | 加振方向以外の方向に励起される振動 | 塔状構造物を含む，ねじれ挙動が想定される建物・構築物<br>（例）<br>  <br>（壁）<br>  <br>（鉄骨架構）<br>  <br>（床・屋根）<br>  <br>（ブレース） |

第 3－1－3 表　耐震評価上の構成部位に対する水平 2 方向入力による影響の考え方（1／2）

| 耐震評価上の構成部位 | | 水平 2 方向入力の影響 |
|---|---|---|
| 柱 | 一般部 | 耐震壁付構造の場合，水平入力による影響は小さい。 |
| | 隅部（端部を含む） | 独立した隅柱は，直交する地震荷重が同時に作用する。ただし，耐震壁付きの隅柱は，軸力が耐震壁に分散されることで影響は小さい。<br>  <br> |
| | 地下部 | 地下外周柱は面内方向の荷重を負担しつつ面外方向（土圧）の荷重が作用する。ただし，外周部耐震壁付のため，水平入力による影響は小さい。また，土圧が作用する方向にある梁及び壁が応力を負担することで，水平面外入力による影響は小さい。<br>  <br> |
| 梁 | 一般部 | 大スパン又は吹抜け部では面内方向の荷重に加え，面外慣性力が作用する。ただし，1 方向のみ地震荷重を負担することが基本であり，また，床及び壁の拘束により面外地震荷重負担による影響は小さい。<br>  <br> |
| | 地下部 | 地下外周梁は面内方向の荷重を負担しつつ面外方向（土圧）の荷重が作用する。ただし，1 方向のみ地震荷重を負担することが基本であり，また，床及び壁の拘束により面外地震荷重負担による影響は小さい。 |
| | 鉄骨トラス | 大スパン又は吹抜け部では面内方向の荷重に加え，面外慣性力が作用する。ただし，1 方向のみ地震荷重を負担することが基本であり，また，床による拘束があるため，面外地震荷重負担による影響は小さい。<br>  <br> |

第 3－1－3 表　耐震評価上の構成部位に対する水平 2 方向入力による影響の考え方（2／2）

<table>
<tr><th colspan="2">耐震評価上の構成部位</th><th>水平 2 方向入力の影響</th></tr>
<tr><td rowspan="3">壁</td><td>一般部</td><td>1 方向のみ地震荷重を負担することが基本である。<br>円筒壁は直交する水平 2 方向の地震力により，集中応力が作用する。<br>  <br><br>（円筒壁）</td></tr>
<tr><td>地下部プール壁</td><td>地下部分の耐震壁は，直交する方向からの地震時面外土圧荷重も受ける。同様にプール部の壁については水圧を面外方向から受ける。<br>  <br></td></tr>
<tr><td>鉄骨ブレース</td><td>1 方向のみ地震荷重を負担することが基本であり，ねじれによる荷重増分は軽微と考えられ影響は小さい。</td></tr>
<tr><td>床・屋根</td><td>一般部</td><td>スラブは四辺が壁及び梁で拘束されており，水平方向に変形しにくい構造となっており，水平地震力の影響は小さい。<br>  <br></td></tr>
<tr><td>基礎</td><td>矩形杭基礎</td><td>直交する水平 2 方向の地震力により，集中応力が作用する。<br>  <br><br>（矩形基礎）　（杭基礎）</td></tr>
</table>

(3)　荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出方針

耐震評価上の構成部位のうち，第3－1－1表に示す荷重の組合せによる応答特性により，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される部位か否かの考えを纏め，影響が想定される部位の抽出方針を示す。

ａ．柱

建物・構築物の隅柱は，①－1「直交する水平2方向の荷重が，応力として集中」の部位として抽出した。ただし，耐震壁付隅柱の場合，軸力が耐震壁に分散されることから該当しない。

①－2「面内方向の荷重を負担しつつ，面外方向の荷重が作用」の部位としては，土圧が作用する地下外周柱が考えられるが，通常は耐震壁に囲まれており，耐震壁が面内の荷重を負担するため，地下外周柱は面内の荷重を負担しないため，該当しない。

ｂ．梁

梁の一般部及び鉄骨トラス部については，地震力の負担について方向性を持っており,①－1「直交する水平2方向の荷重が,応力として集中」の部位に該当しない。

①－2「面内方向の荷重を負担しつつ，面外方向の荷重が作用」の部位としては，土圧が作用する地下外周梁が考えられるが，通常は直交する床及び壁が存在し，これらによる面外方向の拘束があるため，該当しない。

ｃ．壁

矩形の壁は，地震力の負担について方向性を持っており，①－1「直交する水平2方向の荷重が，応力として集中」の部位は存在しない。独立した円筒壁は応力の集中が考えられる。ただし，原子炉建屋の一次格納

容器を囲む円型遮蔽壁の様に，建屋の中央付近に位置し，その外側にあるボックス型の壁とスラブで一体化されている場合は，①－1「直交する水平２方向の荷重が，応力として集中」の部位に該当しない。

①－2「面内方向の荷重を負担しつつ，面外方向の荷重が作用」の部位としては，土圧や水圧が作用するプール部や地下部が考えられ，建物・構築物の地下外壁及びプール側壁を，①－2 に該当するものとして抽出する。

なお，隣接する上位クラス建物・構築物への波及的影響防止のための建物・構築物の評価は，上位クラスの建物・構築物との相対変位による衝突可否判断が基本となる。

そのため，せん断及び曲げ変形評価を行うこととなり，壁式構造では耐震壁（ラーメン構造では柱，梁）を主たる評価対象部位とし，その他の構成部位については抽出対象に該当しない。

ｄ．床及び屋根

床及び屋根については，通常，四辺が壁又は梁で拘束されているために地震力の負担について方向性を持っており，①－1「直交する水平 2 方向の荷重が，応力として集中」及び①－2「面内方向の荷重を負担しつつ，面外方向の荷重が作用」の部位に該当しない。

ｅ．基礎

①－1「直交する水平２方向の荷重が，応力として集中」の部位としては，矩形の基礎板及び杭基礎が考えられる。

矩形の基礎板については，隅部への応力集中が考えられるため，①－1 に該当するものとして抽出する。また，杭基礎についても，①－1 に該当するものとして抽出する。

また，①－2「面内方向の荷重を負担しつつ，面外方向の荷重が作用」

の部位としては，基礎は該当しない。

(4)　3 次元的な応答特性が想定される部位の抽出

耐震評価上の構成部位のうち，荷重の組合せによる応答特性が想定される部位として抽出されない部位についても，第 3－1－3 表に示す 3 次元的な応答特性により水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される部位か否かの考えを纏め，影響が想定される部位の抽出方針を示す。

ａ．柱

(3)で抽出されている以外の柱は当然両方向に対して断面算定が実施されている。そのため，面外慣性力の影響も考慮されており，②－1「面内方向の荷重に加え，面外慣性力の影響が大きい」の部位には該当しない。

建物・構築物は，鉄筋コンクリート造耐震壁又は鉄骨造ブレースを主な耐震要素として扱っており，地震力のほとんどを耐震壁又はブレースが負担する。ねじれ振動の影響が想定される部位が存在したとしても，その場合には，通常，ねじれを加味した構造計画を行っており，②－2「加振方向以外の方向に励起される振動」の部位にも該当しない。

ｂ．梁

梁一般部及び地下部は，通常，剛性の高い床や耐震壁が付帯し，面外方向の変形を抑制することから，②－1「面内方向の荷重に加え，面外慣性力の影響が大きい」及び②－2「加振方向以外の方向に励起される振動」の部位には該当しない。

鉄骨トラス部は，１方向トラスの場合には，面内方向の荷重に加え，面外慣性力の影響が大きいと考えられるが，通常，直交方向にトラスや繋ぎ梁が存在し，面外慣性力を負担する。１方向にしかトラスが存在し

ない場合，②－1「面内方向の荷重に加え，面外慣性力の影響が大きい」の部位に該当するものとして抽出する。また，塔状構造物の水平材については，ねじれ挙動が想定されることから，②－2「加振方向以外の方向に励起される振動」の部位に該当するものとして抽出する。

c．壁

(3)で抽出されている以外の壁については，通常，直交方向に壁又は大梁を配置した設計がなされ，また，ねじれのない構造設計がなされるため，②－1「面内方向の荷重に加え，面外慣性力の影響が大きい」及び②－2「加振方向以外の方向に励起される振動」の部位に該当しない。

塔状構造物の斜材については，ねじれ挙動が想定されるため，②－2「加振方向以外の方向に励起される振動」の部位に該当するものとして抽出する。

なお，隣接する上位クラス建物・構築物への波及的影響防止のための建物・構築物の評価は，上位クラスの建物・構築物との相対変位による衝突可否判断が基本となる。

そのため，せん断及び曲げ変形評価を行うこととなり，壁式構造では耐震壁（ラーメン構造では柱，梁）を主たる評価対象部位とし，その他の構成部位については抽出対象に該当しない。

d．床及び屋根

床及び屋根については，通常，釣合いよく壁を配置した設計がなされるため，②－1「面内方向の荷重に加え，面外慣性力の影響が大きい」及び②－2「加振方向以外の方向に励起される振動」の部位に該当しない。

e．基礎

矩形の基礎及び杭基礎は，(3)の荷重の組合せによる応答特性を踏まえたスクリーニングで既に抽出されている。

(5)　3 次元モデルによる精査の方針

3 次元的な応答特性が想定される部位として抽出された評価部位については,代表評価部位にて 3 次元モデルによる精査を行う。

3次元モデルを用いた精査は,水平2方向及び鉛直方向を同時入力時の応答の水平 1 方向入力時の応答に対する増分を確認することとする。

局所応答に対する 3 次元モデルによる精査を行う建物・構築物は，その重要性，規模，構造特性及び機器評価確認への適用性を考慮し，原子炉建屋とする。原子炉建屋は，耐震Ｓクラスの原子炉棟を含み，建屋規模も大きいため多くの重要機器を内包しているため代表施設として選定した。評価に用いる地震動については,「2.2　水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価に用いる地震動」に基づき,複数の基準地震動Ｓ$_s$における地震動の特性及び包絡関係と施設の特性による影響も考慮した上で選定し，本影響評価に用いる。

3.1.4　水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価部位として抽出された部位で，水平2方向及び鉛直方向の同時入力による評価を行わない部位については，建物・構築物の重要性，規模及び構造特性の観点から代表評価部位を選定し，基準地震動$S_s$を用い，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を評価する。評価にあたっては，従来設計手法による各部位の解析モデル及び鉛直方向地震力の組合せによる評価結果を用いることとする。

また，影響評価は水平2方向及び鉛直方向を同時に入力する時刻歴応答解析による評価又は基準地震動$S_s$の各方向地震成分により，個別に計算した最大応答値を用い，水平2方向及び鉛直方向地震力を組合せる方法として，米国 REGURATORY GUIDE1.92 の「2.　Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考に，組合せ係数法（1.0：0.4：0.4）に基づいた評価により実施する。

組合せ係数法の妥当性については，念のため代表施設において水平2方向及び鉛直方向同時入力との応力比較を実施する。

## 3.2　機器・配管系

### 3.2.1　水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計の考え方

機器・配管系における従来の水平方向及び鉛直方向の組合せによる設計手法では，建物・構築物の振動特性を考慮し，変形するモードが支配的となり応答が大きくなる方向（応答軸方向）に基準地震動$S_s$を入力して得られる各方向の地震力（床応答）を用いている。

応答軸（強軸・弱軸）が明確となっている設備の耐震評価においては，水平各方向の地震力を包絡し，変形モードが支配的となる応答軸方向に入力するなど，従来評価において保守的な取り扱いを基本としている。

一方，応答軸が明確となっていない設備で３次元的な広がりを持つ設備の耐震評価においては，基本的に３次元のモデル化を行っており，建物・構築物の応答軸方向の地震力をそれぞれ入力し，この入力により算定される荷重や応力のうち大きい方を用いて評価を実施している。

さらに，応答軸以外の振動モードが生じ難い構造の採用，応答軸以外の振動モードが生じ難いサポート設計の採用といった構造上の配慮など，水平方向の入力に対して配慮した設計としている。

### 3.2.2　水平方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価方針

機器・配管系において，水平２方向及び鉛直方向地震力を考慮した場合に影響を受ける可能性がある設備（部位）の評価を行う。

評価対象は，耐震重要施設，常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故対処施設の機器・配管系並びにこれらの施設への波及的影響防止のために耐震評価を実施する設備とする。また，耐震Ｂクラス設備については共振のおそれのあるものを評価対象とする。

対象とする設備を機種ごとに分類し，それぞれの構造上の特徴により荷重の伝達方向，その荷重を受ける構造部材の配置及び構成等により水平２方向の地震力による影響を受ける可能性のある設備（部位）を抽出する。

構造上の特徴により影響の可能性がある設備（部位）は，水平２方向及び鉛直方向地震力による影響の検討を実施する。水平各方向の地震力が１：１で入力された場合の発生値を従来の評価結果の荷重又は算出応力等を水平２方向及び鉛直方向に整理して組み合わせる又は新たな解析等により高度化した手法を用いる等により，水平２方向の地震力による設備（部位）に発生する荷重や応力を算出する。

これらの検討により，水平２方向及び鉛直方向地震力を組み合せた荷重や応力の結果が従来の発生値と同等である場合は影響がある設備として抽出せず，従来の発生値を超えて耐震性への影響が懸念される場合は，設備が有する耐震性への影響を確認する。

設備が有する耐震性への影響が確認された場合は，詳細な手法を用いた検討等，新たに設計上の対応策を講じる。

水平２方向及び鉛直方向地震力による影響評価は，基準地震動$S_s$を対象とするが，複数の基準地震動$S_s$における地震動の特性及び包絡関係，地震力の包絡関係を確認し，代表可能である場合は代表の基準地震動$S_s$にて評価する。また，水平各方向の地震動は，それぞれの位相を変えた地震動を用いることを基本とするが，保守的な手法を用いる場合もある。

### 3.2.3　水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法

機器・配管系において，水平２方向及び鉛直方向地震力の影響を受ける可能性があり，水平１方向及び鉛直方向の従来評価に加え，更なる設計上の配

慮が必要な設備について，構造及び発生値の増分の観点から抽出し，影響を評価する。影響評価は従来設計で用いている質点系モデルによる評価結果を用いて行うことを基本とする。影響評価のフローを第3－2－1図に示す。

なお，耐震評価は基本的におおむね弾性範囲でとどまる体系であることに加え，国内と海外の機器の耐震解析は，基本的に線形モデルにて実施している等類似であり，水平2方向及び鉛直方向の位相差は機器の応答にも現れることから，米国Regulatory Guide 1.92の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を検討する際は，地震時に水平2方向及び鉛直方向それぞれの最大応答が同時に発生する可能性は極めて低いとした考え方であるSquare-Root-of-the-Sum-of-the-Squares法（以下「最大応答の非同時性を考慮したSRSS法」という。）又は組合せ係数法（1.0：0.4：0.4）を適用し，各方向からの地震入力による各方向の応答を組み合わせる。

① 評価対象となる設備の整理

耐震重要施設，常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系並びにこれらの施設への波及的影響防止のために耐震評価を実施する設備，共振のおそれのある耐震Ｂクラス施設を評価対象とし，代表的な機種ごとに分類し整理する（第3－2－1図①）。

② 構造上の特徴による抽出

機種ごとに構造上の特徴から水平2方向の地震力が重複する観点，もしくは応答軸方向以外の振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点にて検討を行い，水平2方向の地震力による影響の可能性がある設備を抽出する（第3－2－1図②）。

③　発生値の増分による抽出

水平2方向の地震力による影響の可能性がある設備に対して，水平2方向の地震力が各方向1:1で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め，従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して，水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した発生値の増分を用いて影響を検討し，耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。

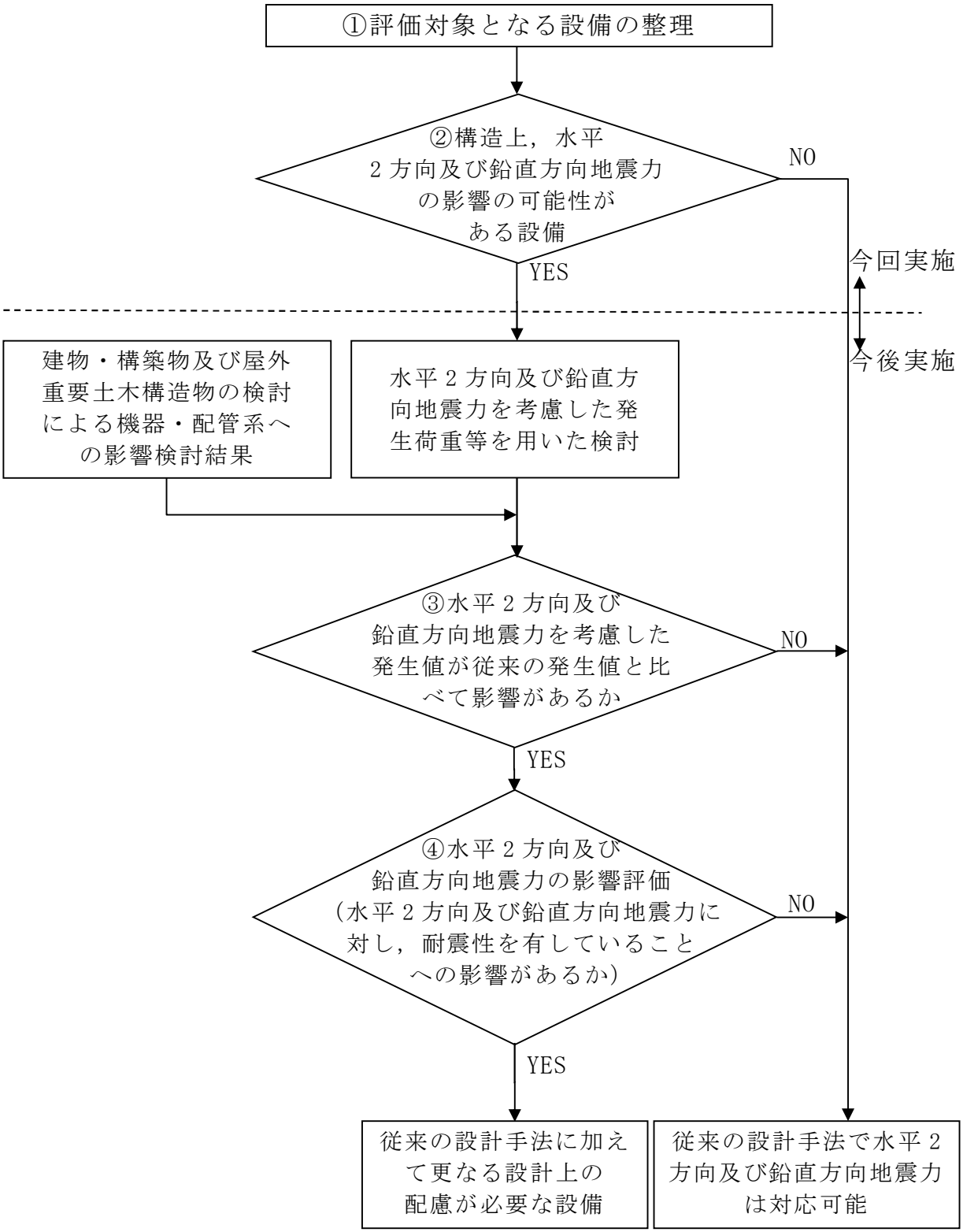
また，建物・構築物及び屋外重要土木構築物の検討により，機器・配管系への影響の可能性がある部位が抽出された場合は，機器・配管系への影響を評価し，耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。

影響の検討は，機種ごとの分類に対して地震力の寄与度に配慮し耐震裕度が小さい設備（部位）を対象とする（第3－2－1図③）。

④　水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価

③の検討において算出された荷重や応力を用いて，設備の耐震性への影響を確認する（第3－2－1図④）。

なお，現時点においては，各機器の耐震性に関する詳細検討が完了していないことから，上記①及び②を実施し，今後，詳細検討の進捗に伴い③及び④を実施することとする。




第3－2－1図　水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した影響評価フロー

3.2.4　水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出

評価対象設備を機種ごとに分類した結果を，第３－２－１表に示す。機種ごとに分類した設備の各評価部位，応力分類に対し構造上の特徴から水平２方向の地震力による影響を水平２方向の地震力が重複する観点より検討し，影響の可能性がある設備を抽出した。

（１）水平２方向の地震力が重複する観点

水平１方向の地震力に加えて，さらに水平直交方向に地震力が重複した場合，水平２方向の地震力による影響を検討し，影響が軽微な設備以外の影響検討が必要となる可能性があるものを抽出する。以下の場合は，水平２方向の地震力により影響が軽微な設備であると整理した。なお，ここでの影響が軽微な設備とは，構造上の観点から発生応力への影響に着目し，その増分が１割程度以下となる機器を分類しているが，今後詳細検討においては水平１方向地震力による裕度（許容応力／発生応力）が 1.1 未満の機器については個別に検討を行うこととする。

ａ．水平２方向の地震力を受けた場合でも，その構造により水平１方向の地震力しか負担しないもの

横置きの容器等は，水平２方向の地震力を想定した場合，水平１方向を拘束する構造であることや水平各方向で振動特性及び荷重の負担断面が異なる構造であることにより，特定の方向の地震力の影響を受ける部位であるため，水平１方向の地震力しか負担しないものとして分類した（別紙１参照）。

ｂ．水平２方向の地震力を受けた場合，その構造により最大応力の発生箇

所が異なるもの

一様断面を有する容器類の胴板等は，水平2方向の地震力を想定した場合，それぞれの水平方向地震力に応じて応力が最大となる箇所があることから，最大応力の発生箇所が異なり，水平2方向の地震力を組み合わせても影響が軽微であるものとして分類した。その他の設備についても同様の理由から最大応力の発生箇所が異なり，水平2方向の地震力を組み合わせても影響が軽微であるものとして分類した(別紙1参照)。

c．水平2方向の地震力を組み合わせても水平1方向の地震による応力と同等と言えるもの

原子炉圧力容器スタビライザ及び格納容器スタビライザは，周方向8箇所を支持する構造で配置されており，水平1方向の地震力を6体で支持する設計としており，水平2方向の地震力を想定した場合，地震力を負担する部位が増え，また，最大反力を受けもつ部位が異なることで，水平1方向の地震力による荷重と水平2方向の地震力を想定した場合における荷重が同等になるものであり，水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等のものと分類した。

スタビライザと同様の支持方式を有するその他の設備についても，同様の理由から水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同様のものと分類した（別紙1参照）。

d．従来評価において，水平2方向の考慮をした評価を行っているもの

蒸気乾燥器支持ブラケット等は，従来評価において，水平2方向地震を考慮した評価を行っているため，水平2方向の影響を考慮しても影

響がないものとして分類した。

（2）水平方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点

水平方向とその直交方向が相関する振動モードが生じることで優位な影響が生じる可能性のある設備を抽出する。

機器・配管系設備のうち，水平方向の各軸方向に対して均等な構造となっている機器は，評価上有意なねじれ振動は生じない。

一方，３次元的な広がりを持つ配管系等は，系全体として考えた場合，有意なねじれ振動が発生する可能性がある。しかし，水平方向とその直交方向が相関する振動が想定される設備は，従来設計より３次元のモデル化を行っており，その振動モードは適切に考慮した評価としているため，この観点から抽出される機器は無かった。

3.2.5　水平２方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果及び今後の評価方針

3.2.4 で抽出した結果を別紙１に示す。これらの設備に関して，今後 3.2.3 ③「発生値の増分等による抽出」に記載の方法に従い発生値の増分から評価対象部位の抽出を行った上で，水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。また，建物・構築物及び屋外重要土木構造物の検討結果より機器・配管系の耐震性への影響を与えると判断された設備についても同様に発生値の増分の観点から評価対象部位の抽出を行った上で，水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。

第3－2－1表　水平２方向入力の影響検討対象設備

| 設　備 | | 部　位 | 応力分類 |
|---|---|---|---|
| 炉心支持構造物 | 炉心シュラウド | 下部胴 | 一次一般膜応力 |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | | | 支圧応力 |
| | シュラウドサポート | レグ | 一次一般膜応力 |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | | | 軸圧縮応力 |
| | | シリンダプレート<br>下部胴 | 一次一般膜応力 |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | 上部格子板 | グリッドプレート | 一次一般膜応力 |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | 炉心支持板 | 補強ビーム<br>支持板 | 一次一般膜応力 |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | 燃料支持金具 | 中央燃料支持金具<br>周辺燃料支持金具 | 一次一般膜応力 |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | 制御棒案内管 | 下部溶接部 | 一次一般膜応力 |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| 原子炉圧力容器 | 円筒胴<br>下鏡 | 炉心回り円筒胴<br>下鏡<br>下鏡と胴板の接合部<br>下鏡とスカートの接合部 | 一次一般膜応力 |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | | | 一次＋二次応力 |
| | | | 一次＋二次＋ピーク応力 |
| | 制御棒駆動機構ハウジング貫通部 | スタブチューブ<br>ハウジング | 一次一般膜応力 |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | | | 一次＋二次応力 |
| | | | 一次＋二次＋ピーク応力 |
| | | | 座屈（軸圧縮） |
| | 中性子計測ハウジング貫通部 | ハウジング | 一次一般膜応力 |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | | | 一次＋二次応力 |
| | | | 一次＋二次＋ピーク応力 |
| | ノズル | 各部位 | 一次一般膜応力 |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | | | 一次＋二次応力 |
| | | | 一次＋二次＋ピーク応力 |
| | ブラケット類 | 原子炉圧力容器スタビライザブラケット | 一次一般膜応力 |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | | 蒸気乾燥器支持ブラケット | 一次一般膜応力 |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | | 炉心スプレイブラケット | 一次一般膜応力 |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | | 給水スパージャブラケット | 一次一般膜応力 |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | | | 純せん断応力 |
| 原子炉圧力容器支持構造物 | 支持スカート | スカート | 一次一般膜応力 |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | | | 一次＋二次応力 |
| | | | 一次＋二次＋ピーク応力 |
| | | | 座屈（軸圧縮） |
| | 原子炉圧力容器基礎ボルト | 基礎ボルト | 引張応力 |
| | | | せん断応力 |
| | | | 組合せ応力 |

※1　本表は，詳細設計時等の進捗に応じて見直しを行う。

| 設　備 | | 部　位 | 応力分類 |
|---|---|---|---|
| 原子炉圧力容器<br>付属構造物 | 格納容器スタビライザ<br>原子炉圧力容器スタビライザ | トラス<br>ロッド<br>ディスクスプリング支持板 | 引張応力 |
| | | | せん断応力 |
| | | | 圧縮応力 |
| | | | 曲げ応力 |
| | | | 組合せ応力 |
| | 制御棒駆動機構ハウジングレストレイントビーム | レストレイントビーム | せん断応力 |
| | | | 圧縮応力 |
| | | | 曲げ応力 |
| 原子炉圧力容器<br>内部構造物 | 蒸気乾燥器ユニット | ユニット | 一次一般膜応力 |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | | 耐震用ブロック | せん断応力 |
| | 気水分離器及びスタンドパイプ<br>シュラウドヘッド | 各部位 | 一次一般膜応力 |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | スパージャ<br>炉内配管 | 各部位 | 一次一般膜応力 |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| 使用済燃料貯蔵ラック<br>(共通ベース含む) | | ラック部材 | 引張応力 |
| | | | せん断応力 |
| | | | 組合せ応力 |
| | | 基礎ボルト<br>ラック取付ボルト | 引張応力 |
| | | | せん断応力 |
| | | | 組合せ応力 |
| 四脚たて置き円筒形容器 | | 胴板 | 一次一般膜応力 |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | | | 一次＋二次応力 |
| | | 脚 | 組合せ応力 |
| | | 基礎ボルト | 引張応力 |
| | | | せん断応力 |
| | | | 組合せ応力 |
| 横置円筒形容器 | | 胴板 | 一次一般膜応力 |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | | | 一次＋二次応力 |
| | | 脚 | 組合せ応力 |
| | | 基礎ボルト | 引張応力 |
| | | | せん断応力 |
| | | | 組合せ応力 |
| 立形ポンプ | | コラムパイプ<br>バレルケーシング | 一次一般膜応力 |
| | | 基礎ボルト<br>取付ボルト | 引張応力 |
| | | | せん断応力 |
| | | | 組合せ応力 |
| ECCSストレーナ | | 各部位（ボルト以外） | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | | ボルト | 引張応力 |
| 横形ポンプ<br>ポンプ駆動用タービン<br>海水ストレーナ<br>空調ファン<br>空調ユニット<br>空気圧縮機 | | 基礎ボルト<br>取付ボルト | 引張応力 |
| | | | せん断応力 |
| | | | 組合せ応力 |

| 設　備 | | 部　位 | 応力分類 |
|---|---|---|---|
| 水圧制御ユニット | | フレーム | 引張応力 |
| | | | せん断応力 |
| | | | 圧縮応力 |
| | | | 曲げ応力 |
| | | | 組合せ応力 |
| | | 取付ボルト | 引張応力 |
| | | | せん断応力 |
| | | | 組合せ応力 |
| 平底たて置円筒容器 | | 胴板 | 一次一般膜応力 |
| | | | 一次＋二次応力 |
| | | 基礎ボルト | 引張応力 |
| | | | せん断応力 |
| | | | 組合せ応力 |
| 核計装設備 | | 各部位 | 一次一般膜応力 |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| 伝送器（壁掛） | | 取付ボルト | 引張応力 |
| | | | せん断応力 |
| | | | 組合せ応力 |
| 伝送器（円形壁掛） | | 取付ボルト | 引張応力 |
| 伝送器（円形吊下） | | 取付ボルト | 引張応力 |
| 制御盤 | | 取付ボルト | 引張応力 |
| | | | せん断応力 |
| | | | 組合せ応力 |
| 原子炉格納容器 | サプレッションチェンバ底部ライナ | ライナプレート<br>リングガータ部 | 圧縮ひずみ |
| | | | 引張ひずみ |
| | ドライウェルトップヘッド | 頂部<br>不連続部<br>フランジ付根部 | 一次一般膜応力 |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | | | 一次＋二次応力 |
| | ドライウエル円錐部及びサプレッションチェンバ円筒部シェル部及びサンドクッション部 | 各部位 | 一次一般膜応力 |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | | | 一次＋二次応力 |
| | ドライウエルビームシート | 各部位 | 引張応力 |
| | | | せん断応力 |
| | | | 圧縮応力 |
| | | | 曲げ応力 |
| | | | 組合せ応力 |
| | | ビームシート | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | | | 一次＋二次応力 |
| | ドライウエル上部シアラグ及びスタビライザ<br>ドライウエル下部シアラグ及びスタビライザ | 各部位 | 引張応力 |
| | | | せん断応力 |
| | | | 曲げ応力 |
| | | | 組合せ応力 |
| | | 上部シアラグと格納容器胴との接合部<br>下部シアラグと格納容器胴との接合部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | | | 一次＋二次応力 |
| | ドライウエルスプレイヘッダ | 案内管直管部<br>案内管エルボ部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | | | 一次＋二次応力 |
| | パーソナルエアロック<br>イクイプメントハッチ<br>サプレッションチェンバ・アクセスハッチ | パーソナルエアロック（イクイプメントハッチ，サプレッションチェンバアクセスハッチ）本体と補強板との接合部<br>補強板と格納容器胴一般部との接合部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | | | 一次＋二次応力 |

| 設　備 | | 部　位 | 応力分類 |
|---|---|---|---|
| 原子炉格納容器 | 原子炉格納容器胴アンカー部 | 各部位 | 引張応力 |
| | | | 曲げ応力 |
| | | | 圧縮応力 |
| | | | 組合せ応力 |
| | | コンクリート | せん断応力度 |
| | 原子炉格納容器配管貫通部 | 原子炉格納容器胴とスリーブ接合部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | | | 一次＋二次応力 |
| | 原子炉格納容器電気配線貫通部 | スリーブ付根部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | | 補強板付根部 | 一次＋二次応力 |
| ダイヤフラムフロア | | 構造用スラブ | 引張応力度 |
| | | | せん断応力度 |
| | | | 圧縮応力度 |
| | | 大ばり<br>小ばり | 曲げ応力 |
| | | | せん断応力 |
| | | 柱 | 圧縮応力 |
| | | シヤーコネクタ | せん断応力 |
| ベント管 | | 上部<br>ブレージング部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | | | 一次＋二次応力 |
| 格納容器スプレイヘッダ | | スプレイ管部<br>ティー部<br>案内管部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | | | 一次＋二次応力 |
| 可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ | | ブレース | 圧縮応力 |
| | | ベース取付溶接部 | 引張応力 |
| | | | せん断応力 |
| | | 基礎ボルト<br>取付ボルト | 引張応力 |
| | | | せん断応力 |
| | | | 組合せ応力 |
| 非常用ディーゼル発電機 | | 基礎ボルト<br>取付ボルト | 引張応力 |
| | | | せん断応力 |
| | | | 組合せ応力 |
| スカート支持たて置円筒形容器 | | 胴板 | 一次一般膜応力 |
| | | | 一次＋二次応力 |
| | | スカート | 組合せ応力 |
| | | | 座屈 |
| | | 基礎ボルト | 引張応力 |
| | | | せん断応力 |
| | | | 組合せ応力 |
| プレート式熱交換器 | | 側板 | 一次一般膜応力 |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | | | 一次＋二次応力 |
| | | 脚 | 組合せ応力 |
| | | 基礎ボルト | 引張応力 |
| | | | せん断応力 |
| | | | 組合せ応力 |
| ラグ支持たて置き円筒形容器 | | 胴板 | 一次一般膜応力 |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 |
| | | | 一次＋二次応力 |
| | | ラグ | 組合せ応力 |
| | | 基礎ボルト | 引張応力 |
| | | | せん断応力 |
| | | | 組合せ応力 |

| 設　備 | 部　位 | 応力分類 |
|---|---|---|
| その他電源設備 | 取付ボルト | 引張応力 |
| | | せん断応力 |
| | | 組合せ応力 |
| 配管本体，サポート（多質点梁モデル解析） | 配管，サポート | 一次応力 |
| | | 一次＋二次応力 |
| 矩形構造の架構設備（静的触媒式水素再結合装置，架台を含む） | 各部位 | 各応力分類 |
| 通信連絡設備（アンテナ） | ボルト | 引張応力 |
| | | せん断応力 |
| | | 組合せ応力 |
| 水位計 | 取付ボルト | 引張応力 |
| | | せん断応力 |
| | | 組合せ応力 |
| 監視カメラ | 取付ボルト | 引張応力 |
| | | せん断応力 |
| | | 組合せ応力 |
| | 据付部材 | 組合せ応力 |
| 貫通部止水処置 | シール材 | シールに生じる変位 |
| 浸水防止蓋 | 蓋 | 曲げ応力 |
| | | せん断応力 |
| | | 組合せ応力 |
| | 基礎ボルト | せん断応力 |
| 逆流防止逆止弁 | 各部位 | 各応力分類 |
| 原子炉ウェル遮へいプラグ | 本体 | せん断応力度 |
| 原子炉本体の基礎 | 円筒部<br>中間スラブ | 引張応力度 |
| | | 圧縮応力度 |
| | | せん断応力度 |
| | 下層円筒基部 | 引張応力度 |
| | | せん断応力度 |
| | | 曲げ応力度 |
| 燃料取替機 | 燃料取替機構造物フレーム<br>ブリッジ脱線防止ラグ(本体)<br>トロリ脱線防止ラグ(本体)<br>走行レール<br>横行レール | 引張応力 |
| | | せん断応力 |
| | | 組合せ応力 |
| | ブリッジ脱線防止ラグ(取付ボルト)<br>トロリ脱線防止ラグ(取付ボルト) | せん断応力 |
| | 吊具 | 吊具荷重 |
| 建屋クレーン | クレーン本体ガーダ | せん断応力 |
| | | 曲げ応力 |
| | | 浮上り量 |
| | 落下防止金具 | 圧縮応力 |
| | トロリストッパ | 圧縮応力 |
| | | 曲げ応力 |
| | | 組合せ応力 |
| | トロリ | 浮上り量 |
| | 吊具 | 吊具荷重 |
| 原子炉遮へい壁 | 一般胴部<br>開口集中部 | せん断応力 |
| | | 圧縮応力 |
| | | 曲げ応力 |
| | | 組合せ応力 |

## 3.3　屋外重要土木構造物

### 3.3.1　水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計手法の考え方

従来設計手法の考え方について，RC構造物である取水構造物を例に第3－3－1表に示す。

一般的な地上構造物では，躯体の慣性力が主たる荷重であるのに対し，屋外重要土木構造物は，概ね地中に埋設されているため，動土圧や動水圧等の外力が主たる荷重となる。また，屋外重要土木構造物は，比較的単純な構造部材の配置で構成され，ほぼ同一の断面が奥行き方向に連続する構造的特徴を有することから，３次元的な応答の影響は小さいため，2次元断面での耐震評価を行っている。

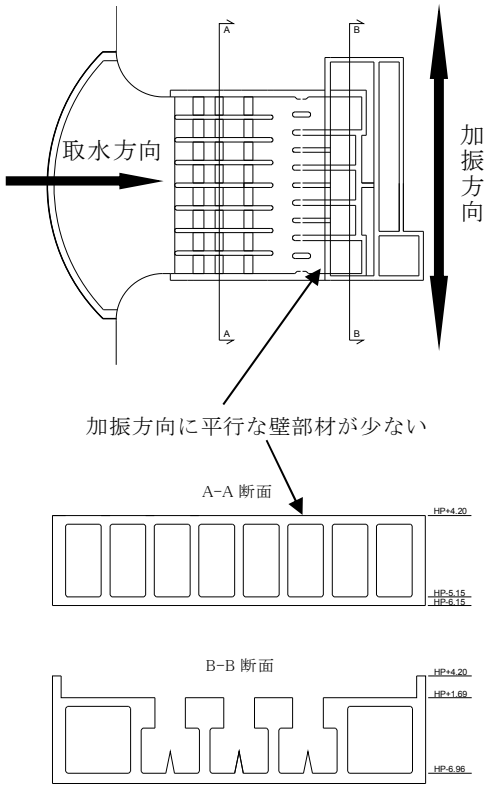
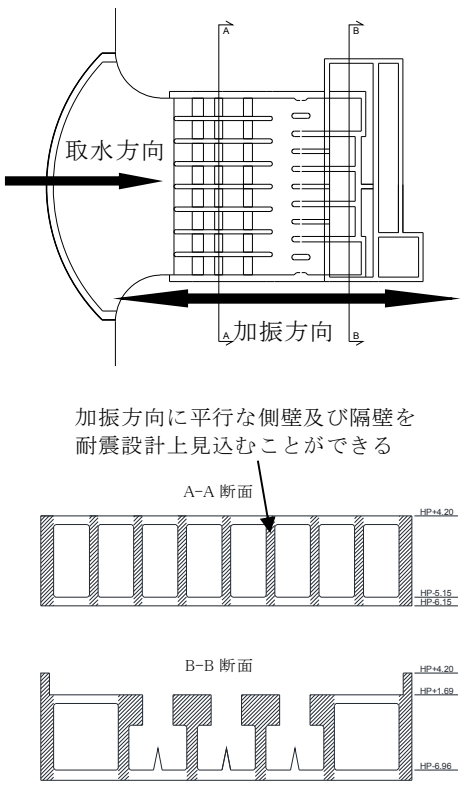
屋外重要土木構造物は，主に海水の通水機能や配管等の間接支持機能を維持するため，通水方向や管軸方向に対して空間を保持できるように構造部材が配置されることから，構造上の特徴として，明確な弱軸，強軸を有する。

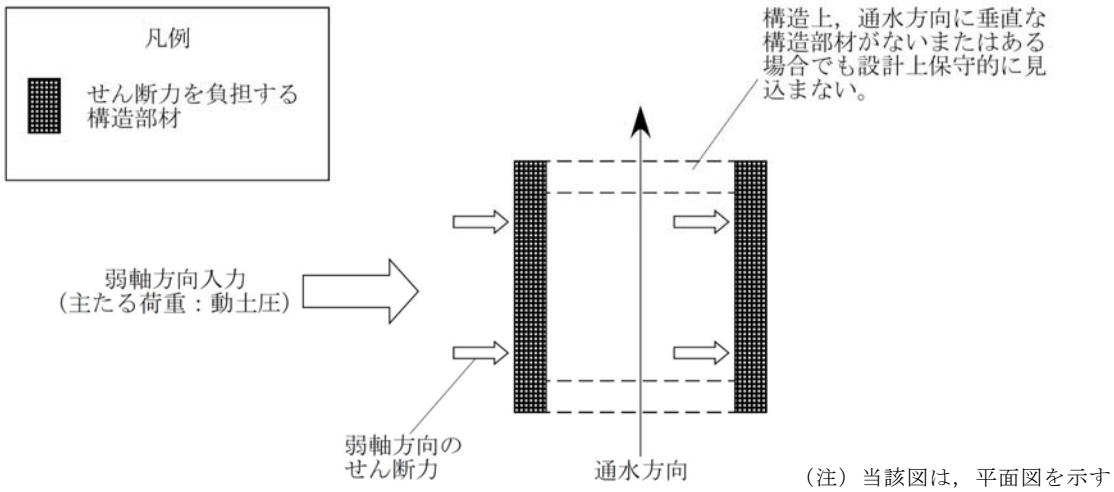
強軸方向の地震時挙動は，弱軸方向に対して顕著な影響を及ぼさないことから，従来設計手法では，弱軸方向を評価対象断面として，耐震設計上求められる水平１方向及び鉛直方向地震力による耐震評価を実施している。

第3－3－1図に示すとおり，従来設計手法では，屋外重要土木構造物の構造上の特徴から，弱軸方向の地震荷重に対して保守的に加振方向に平行な壁部材を見込まず，垂直に配置された構造部材のみで受けもつよう設計している。

なお，屋外重要土木構造物のうち，既設構造物は取水構造物と屋外二重管（基礎部除く）であり，それ以外の構造物は新設構造物である。ここでは，既設構造物，新設構造物の両方について検討を行う。

第 3－3－1 表　従来設計における評価対象断面の考え方（取水構造物の例）

| | 横断方向の加振 | 縦断方向の加振 |
|---|---|---|
| 従来設計の評価対象断面の考え方 |  |  |




第 3－3－1 図　従来設計手法の考え方

3.3.2　水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針

屋外重要土木構造物において，水平２方向及び鉛直方向地震力を考慮した場合に影響を受ける可能性がある構造物の評価を行う。

評価対象は，屋外重要土木構造物である，取水構造物及び屋外二重管並びに波及影響防止のために耐震評価する土木構造物とする。また，常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の間接支持構造物のうち常設代替高圧電源装置置場，常設代替高圧電源装置用カルバート，代替淡水貯槽，常設低圧代替注水系ポンプ室，常設低圧代替注水系配管カルバート，緊急用海水ポンプピット，格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート，緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク基礎並びに重大事故時における海水の通水構造物のうちＳＡ用海水ピット取水塔，海水引込み管，ＳＡ用海水ピット及び緊急用海水取水管も本評価では屋外重要土木構造物として扱うこととし，評価対象に含める。

屋外重要土木構造物を構造形式ごとに分類し，構造形式ごとに作用すると考えられる荷重を整理し，荷重が作用する構造部材の配置等から水平２方向及び鉛直方向地震力による影響を受ける可能性のある構造物を抽出する。

抽出された構造物については，従来設計手法での評価対象断面（弱軸方向）の地震応答解析に基づく構造部材の照査において，評価対象断面（弱軸方向）に直交する断面（強軸方向）の地震応答解析に基づく構造部材の発生応力等を適切に組み合わせることで，水平２方向及び鉛直方向地震力による構造部材の発生応力を算出し，構造物が有する耐震性への影響を確認する。

構造物が有する耐震性への影響が確認された場合は，詳細な手法を用いた検討等，新たに設計上の対応策を講じる。

3.3.3　水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法

屋外重要土木構造物において，水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を受ける可能性があり，水平1方向及び鉛直方向の従来評価に加え，更なる設計上の配慮が必要な構造物について，構造形式及び作用荷重の観点から影響評価の対象とする構造物を抽出し，構造物が有する耐震性への影響を評価する。影響評価のフローを第3－3－2図に示す。

(1)　影響評価対象構造物の抽出

①　構造形式の分類

評価対象構築物について，各構造物の構造上の特徴や従来設計手法の考え方を踏まえ，構造形式ごとに大別する。

②　従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の整理

従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重を抽出する。

③　荷重の組合せによる応答特性が想定される構造物形式の抽出

②で整理した荷重に対して，構造形式ごとにどのように作用するかを整理し，耐震性に与える影響程度を検討した上で，水平２方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される構造形式を抽出する。

④　従来設計手法における評価対象断面以外の３次元的な応答特性が想定される箇所の抽出

③で抽出されなかった構造形式について，従来設計手法における評価対象断面以外の箇所で，水平２方向及び鉛直方向地震力の影響により３次元的な応答が想定される箇所を抽出する。

⑤　従来設計手法の妥当性の確認

④で抽出された箇所が，水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せに対して，従来設計手法における評価対象断面の耐震評価で満足できるか検討を行う。

(2)　影響評価手法

⑥　水平２方向及び鉛直方向地震力の影響評価

評価対象として抽出された構造物について，従来設計手法での評価対象断面（弱軸方向）の地震応答解析に基づく構造部材の照査において，評価対象断面（弱軸方向）に直交する断面（強軸方向）の地震応答解析に基づく構造部材の発生応力等を適切に組合せることで，水平２方向及び鉛直方向地震力による構造部材の発生応力を算出し，構造物が有する耐震性への影響を確認する。

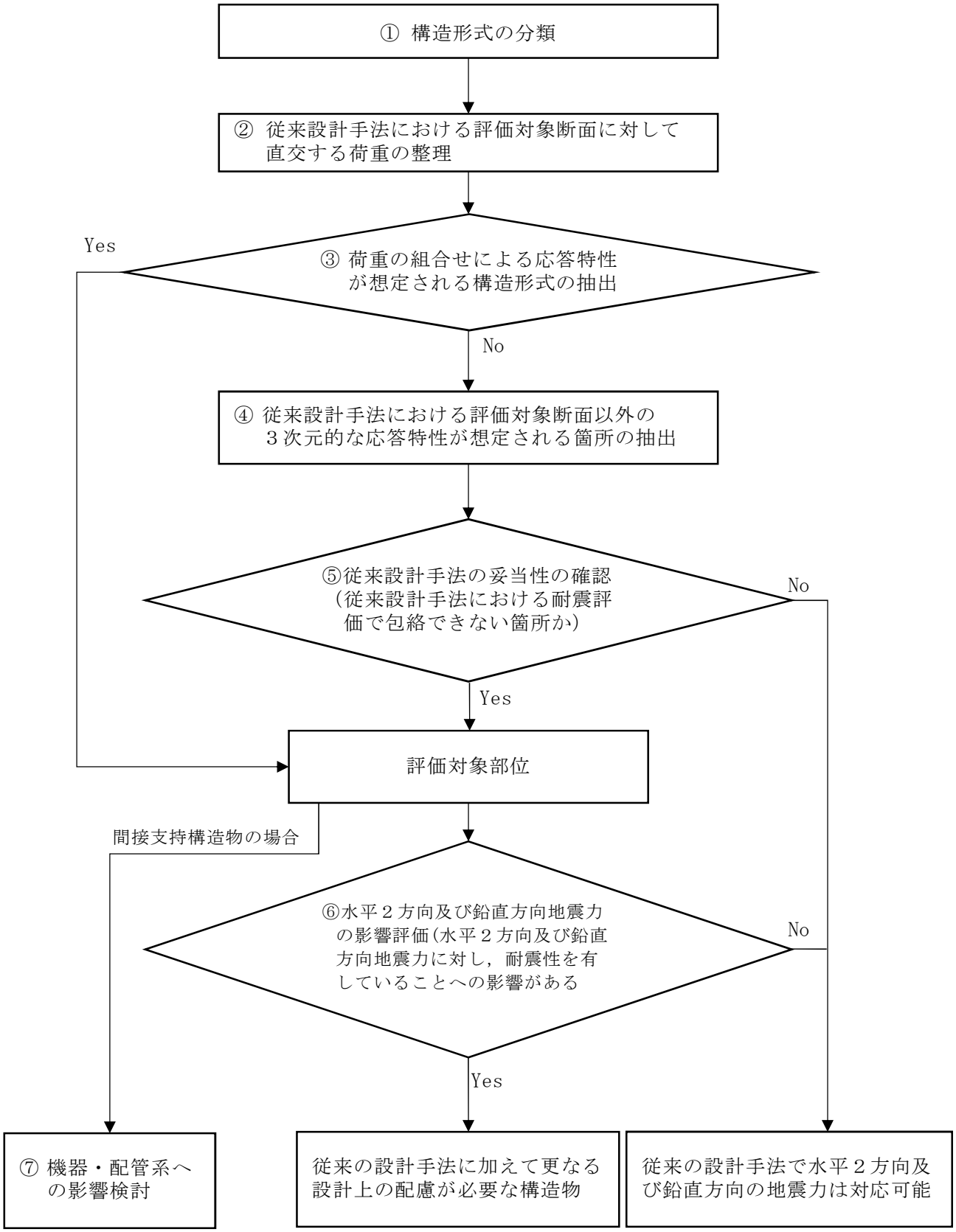
評価対象部位については，屋外重要土木構造物が明確な弱軸・強軸を示し，地震時における構造物のせん断変形方向が明確であることを考慮し，従来設計手法における評価対象断面（弱軸方向）における構造部材の耐震評価結果及び水平２方向の影響の程度を踏まえて選定する。

⑦　機器・配管系への影響検討

評価対象として抽出された構造物が，耐震重要施設，常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大緩和設備が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系の間接支持構造物である場合，水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響を確認する。

水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響が確認された場合，機器・配管系の影響評価に反映する。

なお，④及び⑤の精査にて，屋外重要土木構造物の影響の観点から抽出されなかった部位であっても，地震応答解析結果から機器・配管系への影響の可能性が想定される部位については検討対象として抽出する。



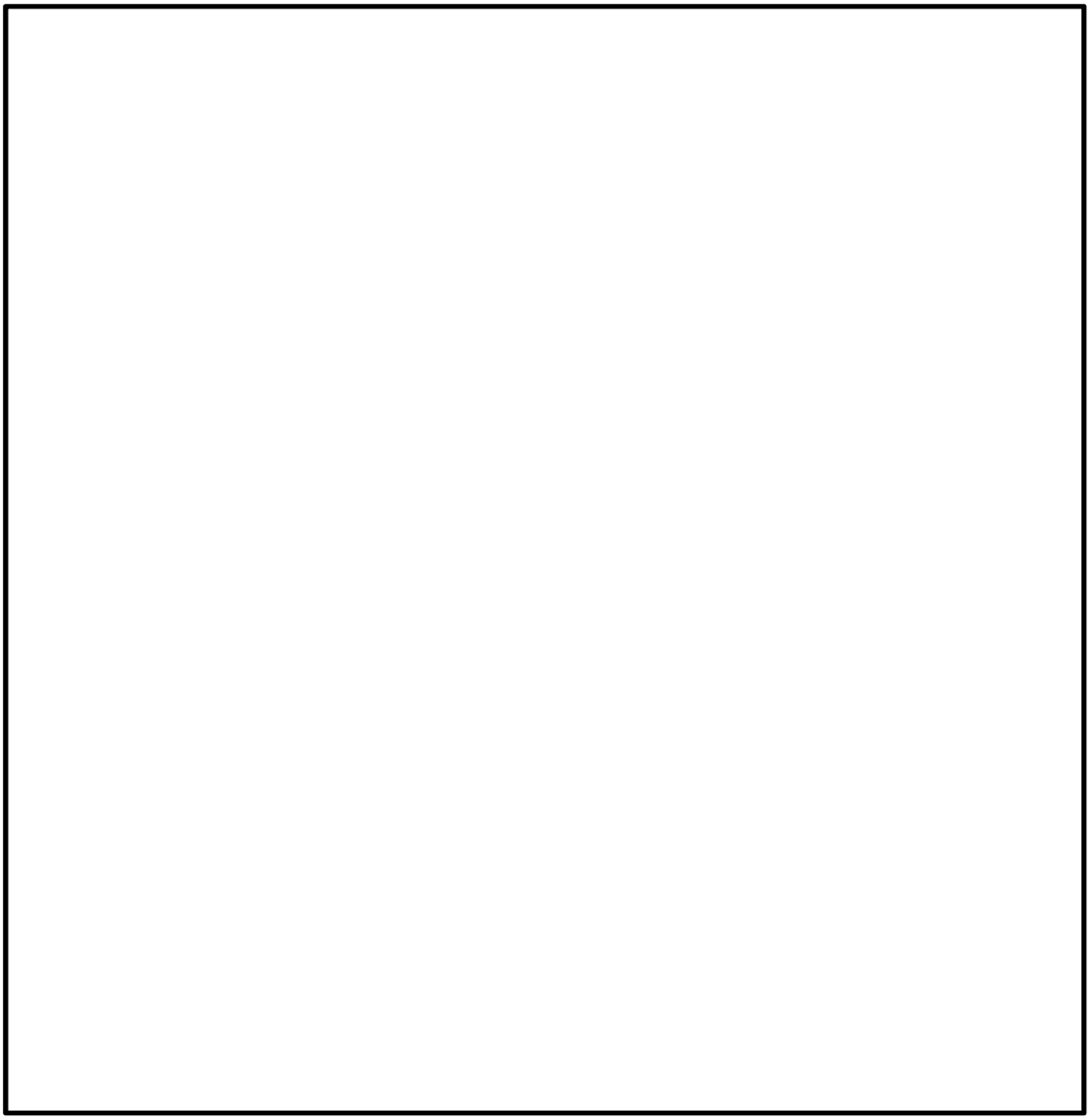

第 3－3－2 図　水平２方向及び鉛直方向地震力による影響評価のフロー

3.3.4　水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出

(1)　構造形式の分類

第 3－3－3 図に屋外重要土木構造物の配置図を示す。

屋外重要土木構造物は，その構造形式より 1)取水構造物，常設代替高圧電源装置置場，常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部），常設低圧代替注水系ポンプ室，緊急用海水ポンプピット，緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク基礎のような箱型構造物，2)常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部，カルバート部），常設低圧代替注水系配管カルバート及び格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートのような線状構造物，3)代替淡水貯槽，ＳＡ用海水ピット取水塔及びＳＡ用海水ピットのような円筒状構造物，4）屋外二重管基礎コンクリートのような梁状構造物，5)取水構造物，屋外二重管，緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク基礎の鋼管杭基礎，並びに 6)屋外二重管，海水引込み管及び緊急用海水取水管のような管路構造物の６つに大別される。

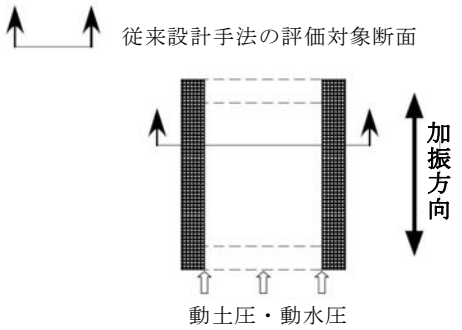
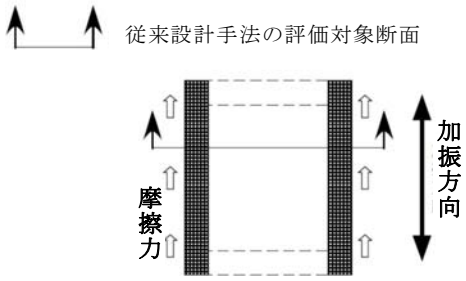
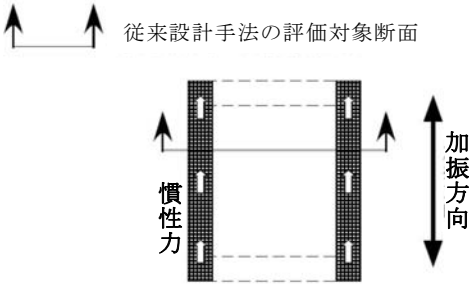


(2)　従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の整理

第 3－3－2 表に，従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重を示す。

従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重として，動土圧及び動水圧，摩擦力，慣性力が挙げられる。

第 3－3－2 表　従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重

| 作用荷重 | | 作用荷重のイメージ（注） |
|---|---|---|
| ㋐動土圧及び動水圧 | 従来設計手法における評価対象断面に対して，平行に配置される構造部材に作用する動土圧及び動水圧 |  |
| ㋑摩擦力 | 周辺の埋戻土と躯体間で生じる相対変位に伴い発生する摩擦力 |  |
| ㋒慣性力 | 躯体に作用する慣性力 |  |

（注）作用荷重のイメージ図は平面図を示す。

(3)　荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式の抽出

第 3－3－3 表に，3.3.4(1)で整理した構造形式毎に，3.3.4(2)で整理した荷重作用による影響程度を示す。

評価対象構造物の地震時の挙動は，躯体が主に地中に埋設されることから，周辺地盤の挙動に大きく影響される。3.3.4(2)で整理した荷重のうち㋑摩擦力や㋒慣性力は，㋐動土圧及び動水圧と比較するとその影響は小さいことから，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響検討の対象とする構造物の抽出では，㋐動土圧及び動水圧による影響を考慮する。

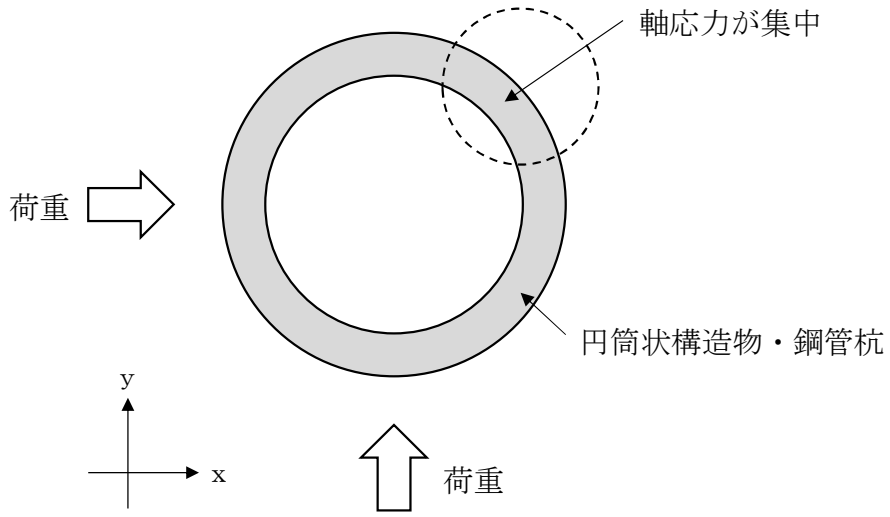
線状構造物については，その構造上の特徴として，妻壁（評価対象断面に対して平行に配置される壁部材）等を有さない若しくは妻側（小口）の面積が小さいことから，従来設計手法における評価対象断面に対して直交する㋐動土圧及び動水圧は作用しない。

箱型構造物は，妻壁等を有することから，従来設計手法における評価対象断面に対して直交する㋐動土圧及び動水圧が作用する。

同様に，梁状構造物は，従来設計手法における評価対象断面に対して直交する㋐動土圧及び動水圧が構造物側面に作用する。

円筒状構造物及び鋼管杭基礎は，第 3－3－4 図に示すように水平 2 方向入力による応力の集中が考えられる。

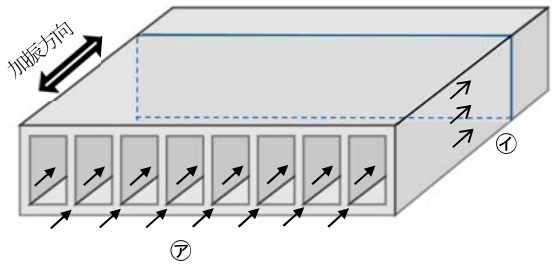
管路構造物については，従来設計手法において管軸方向と管軸直角方向の応力を合成した応力評価を実施しており，水平 2 方向及び鉛直方向の地震力を同時に作用させて評価を行っている。

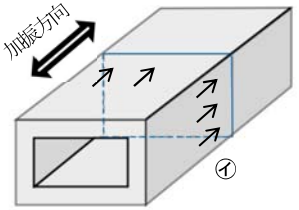



第 3－3－4 図　円筒状構造物・鋼管杭基礎に係る応答特性

以上のことから，荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式として，従来評価手法における評価対象断面に対して直交する㋐動土圧及び動水圧が作用する箱型構造物及び梁状構造物ならびに水平 2 方向入力による応力の集中が考えられる円筒状構造物，鋼管杭基礎及び管路構造物を抽出する。

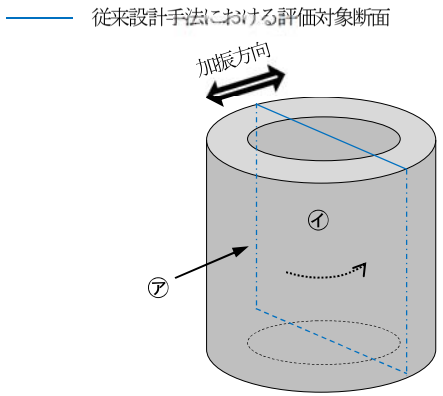
第3－3－3表　水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出（1／3）

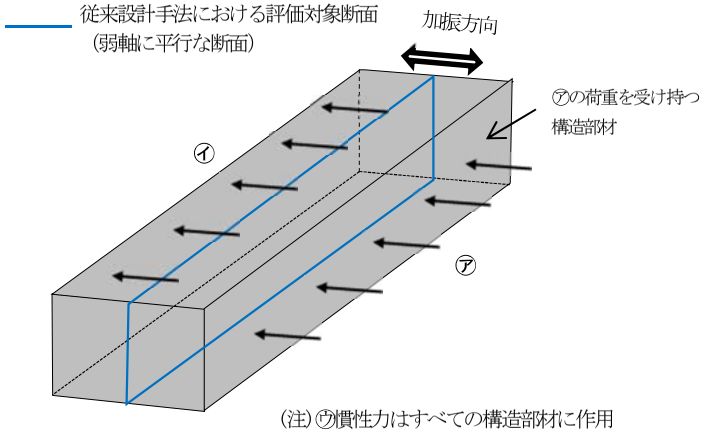
<table>
<tr><td>3.3.4（1）で整理した構造形式の分類</td><td colspan="2">1)箱型構造物<br>(取水構造物等)</td><td colspan="2">2)線状構造物<br>(常設低圧代替注水系配管カルバート等)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">3.3.4(2)で整理した荷重の作用状況</td><td colspan="2">従来設計手法における評価対象断面（弱軸に平行な断面）<br> 

(注)㋒慣性力はすべての構造部材に作用</td><td colspan="2">従来設計手法における評価対象断面（弱軸に平行な断面）<br> 

(注)㋒慣性力はすべての構造部材に作用</td></tr>
<tr><td>㋐動土圧及び動水圧</td><td>主に妻壁に作用</td><td>㋐動土圧及び動水圧</td><td>作用しない</td></tr>
<tr><td>㋑摩擦力</td><td>側壁に作用</td><td>㋑摩擦力</td><td>側壁，頂版に作用</td></tr>
<tr><td>㋒慣性力</td><td>全ての部材に作用</td><td>㋒慣性力</td><td>全ての部材に作用</td></tr>
<tr><td>従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の影響程度</td><td colspan="2">従来設計手法における評価対象断面に対して平行に配置される構造部材（妻壁）を有し，㋐動土圧及び動水圧による荷重が作用するため影響大</td><td colspan="2">従来設計手法における評価対象断面に対して平行に配置される構造部材を有さず㋐動土圧及び動水圧による荷重が作用しないため影響小</td></tr>
<tr><td>抽出結果<br>(○：影響検討実施)</td><td colspan="2">○</td><td colspan="2">×</td></tr>
</table>

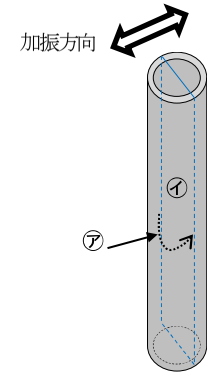
第3－3－3表　水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出（2／3）

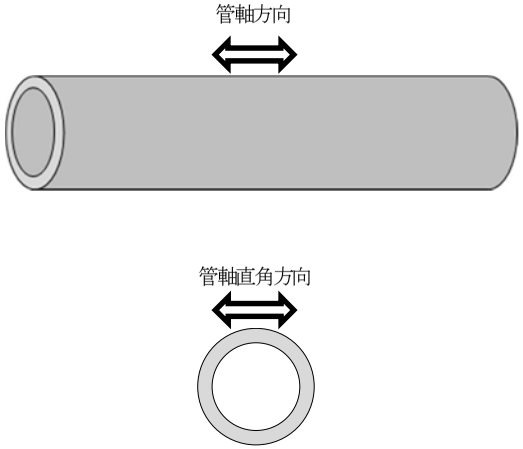
<table>
<tr><td>3.3.4（1）で整理した<br>構造形式の分類</td><td colspan="2">3）円筒状構造物<br>（代替淡水貯槽等）</td><td colspan="2">4）梁状構造物<br>（屋外二重管基礎コンクリート）</td></tr>
<tr><td rowspan="5">3.3.4（2）で整理した<br>荷重の作用状況</td><td colspan="2"> 

（注）㋒慣性力はすべての構造部材に作用</td><td colspan="2"> 

（注）㋒慣性力はすべての構造部材に作用</td></tr>
<tr><td>㋐動土圧及び動水圧</td><td>㋐動土圧及び動水圧</td><td>㋐動土圧及び動水圧</td><td>主に胴体部に作用</td></tr>
<tr><td>㋑摩擦力</td><td>㋑摩擦力</td><td>㋑摩擦力</td><td>主に胴体部に作用</td></tr>
<tr><td>㋒慣性力</td><td>㋒慣性力</td><td>㋒慣性力</td><td>全ての部材に作用</td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td>従来設計手法における<br>評価対象断面に対して<br>直交する荷重の影響度</td><td colspan="2">胴体部において，㋐動土圧及び動水圧による荷重が作用するため影響大</td><td colspan="2">従来設計手法における評価対象断面に対して平行な側面に，<br>㋐動土圧及び動水圧による荷重が作用するため影響大</td></tr>
<tr><td>抽出結果<br>（○：影響検討実施）</td><td colspan="2">○</td><td colspan="2">○</td></tr>
</table>

第3－3－3表　水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出（3／3）

<table>
<tr><td>3.3.4（1）で整理した<br>構造形式の分類</td><td>5）鋼管杭基礎<br>（取水構造物等の杭基礎）</td><td>6）管路構造物<br>（屋外二重管等）</td></tr>
<tr><td rowspan="5">3.3.4（2）で整理した<br>荷重の作用状況</td><td colspan="2">従来設計手法における評価対象断面<br> 

（注）ウ慣性力はすべての構造部材に作用</td><td rowspan="5">管軸方向と管軸直角方向の応力を合成した応力評価を実施しており，従来設計手法において水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せが考慮されている<br> 
</td></tr>
<tr><td>ア動土圧及び動水圧</td><td>主に胴体部に作用</td></tr>
<tr><td>イ摩擦力</td><td>主に胴体部に作用</td></tr>
<tr><td>ウ慣性力</td><td>全ての部材に作用</td></tr>
<tr><td>従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の影響度</td><td colspan="2">胴体部において，ア動土圧及び動水圧による荷重，及び上部工からの荷重が作用するため影響大。</td></tr>
<tr><td>抽出結果<br>（○：影響検討実施）</td><td colspan="2">○</td><td>○</td></tr>
</table>

(4)　従来設計手法における評価対象断面以外の３次元的な応答特性が想定される箇所の抽出

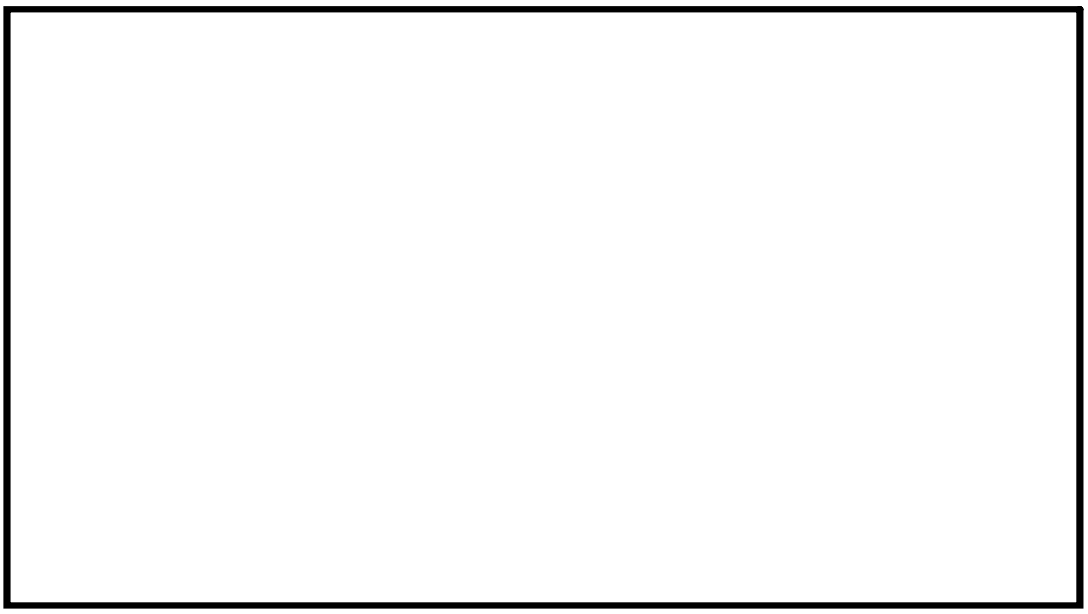
(3)で抽出しなかった構造形式である線状構造物について，構造物ごとの平面・断面図を以下に示す。各構造物の構造，地盤条件等を考慮した上で，従来設計手法における評価対象断面以外の３次元的な応答特性が想定される箇所を抽出する。

a)常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）

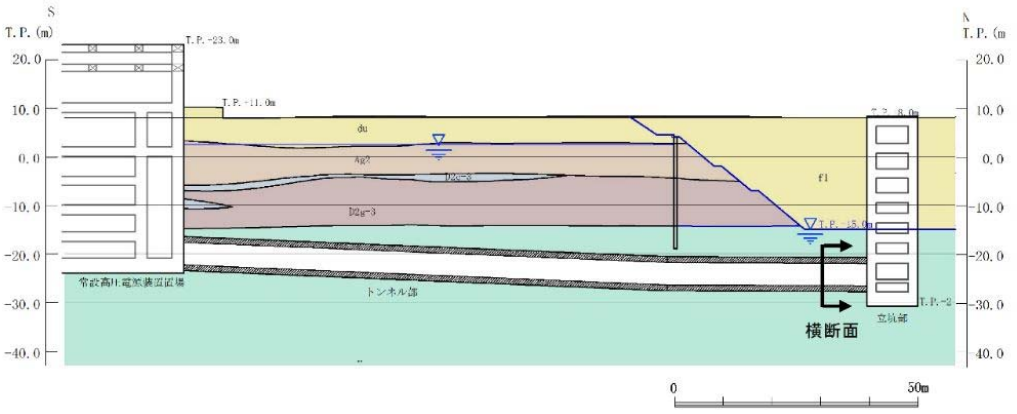
【線状構造物】

第 3－3－5 図に常設代替高圧電源装置用カルバートの配置図，第 3－3－6 図及び第 3－3－7 図に常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）の断面図を示す。

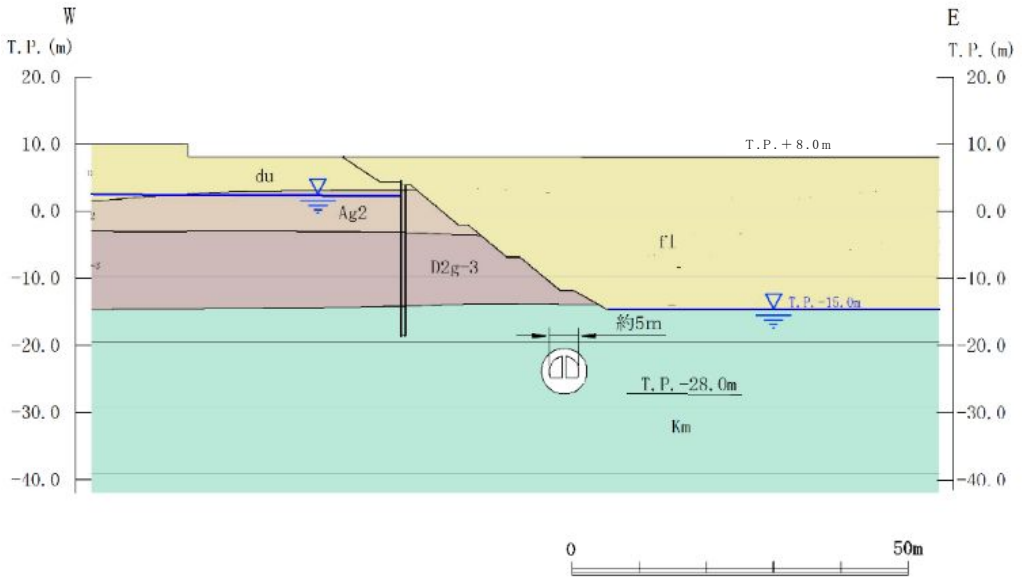
当該トンネルは，断面変化がほとんどないが，緩やかな曲線部が計画されている。第 3－3－8 図（施工目地の割り付け概念図）に示すように，適切な間隔で施工目地を設けることにより，構造物に応力集中が発生しないような設計方針とする。なお，施工目地の間隔は，トンネルの適用事例が多い「トンネル標準示方書：土木学会」に基づき決定する。



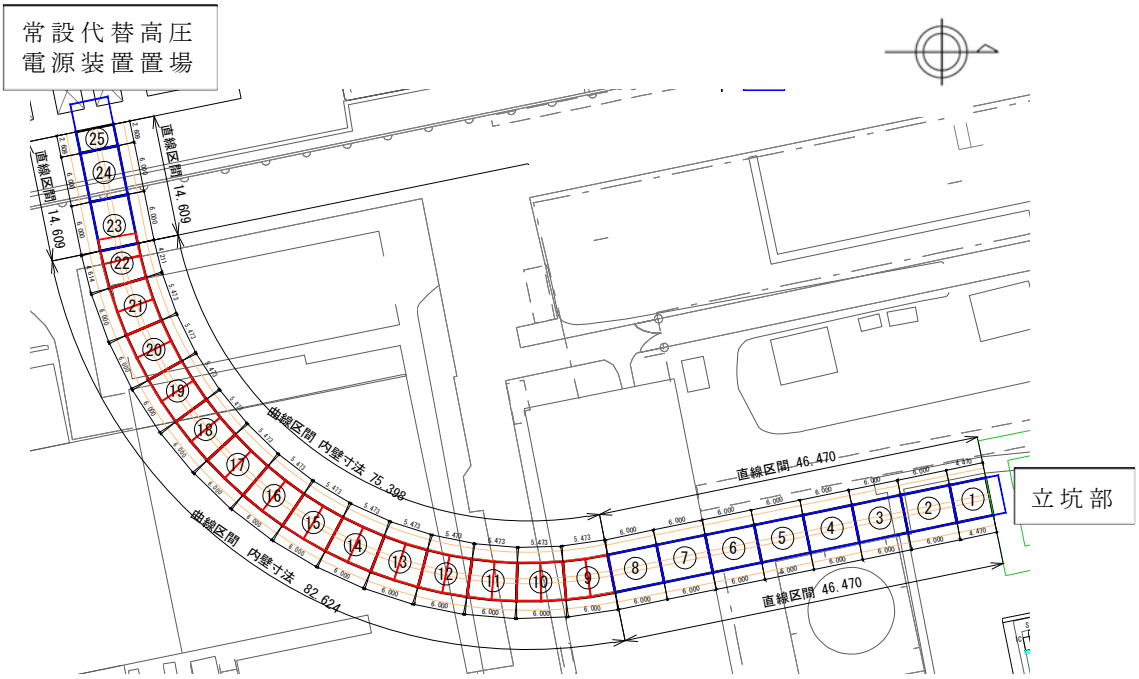
第 3－3－5 図　常設代替高圧電源装置用カルバート配置図




第 3－3－6 図　常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）
縦断面図




第 3－3－7 図　常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）
横断面図



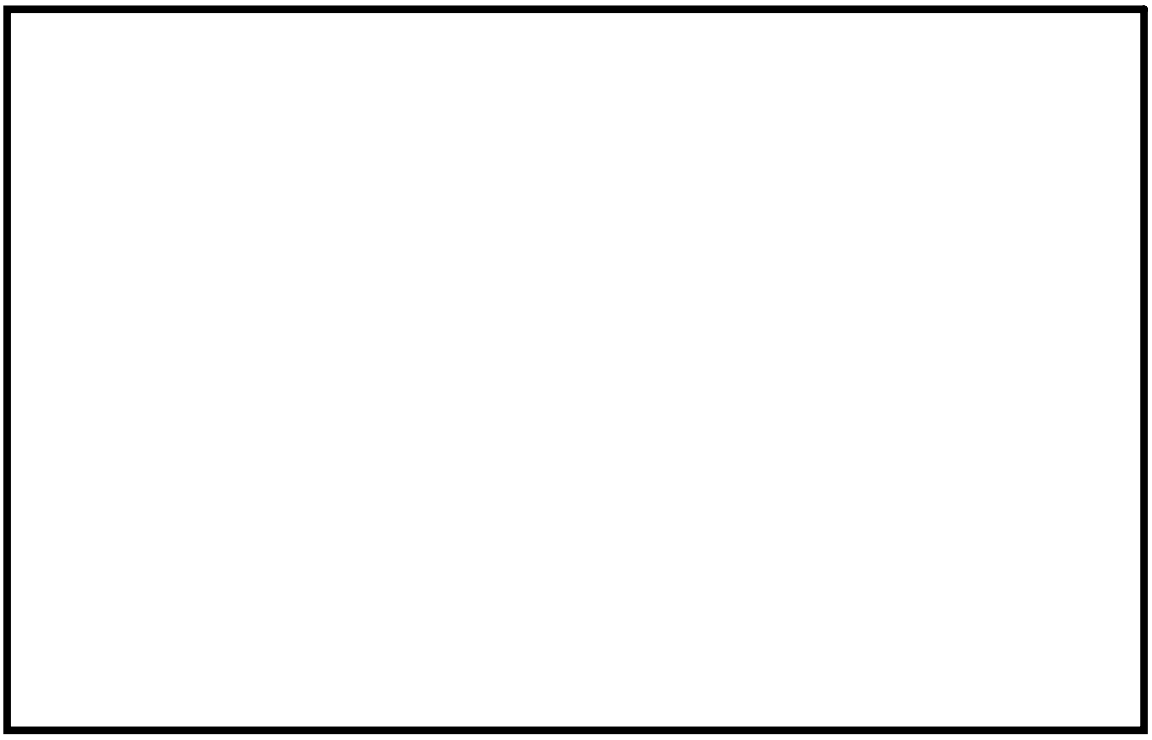

第３－３－８図　常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）
施工目地の割り付け概念図

b)常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）

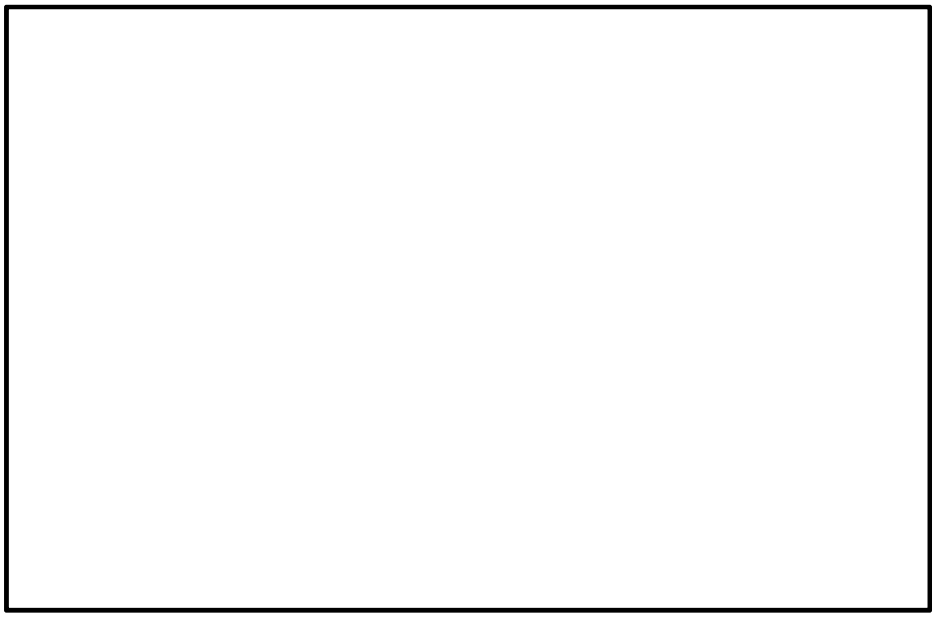
【線状構造物】

第 3－3－9 図に常設代替高圧電源装置用カルバートの配置図，第 3－3－10 図及び第 3－3－11 図に常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）の平面図及び断面図を示す。

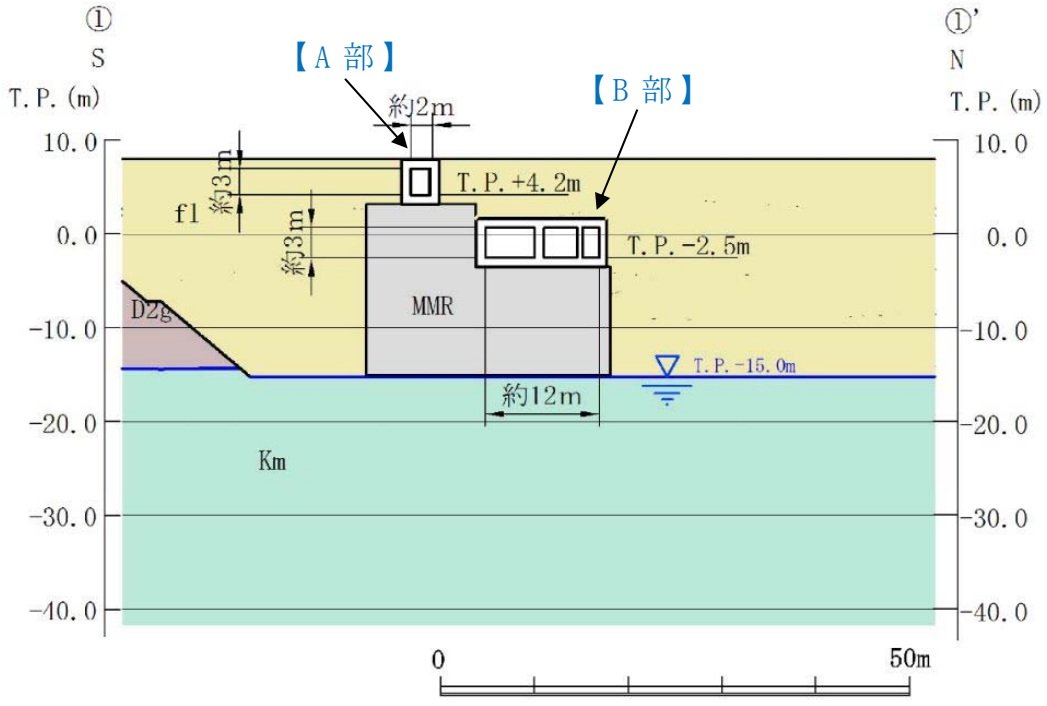
内空幅約 2m，内空高さ約 3m のカルバート部【A 部】は，断面変化もほとんどなく直線である。また，マンメイドロックを介して十分な支持性能を有する岩盤に設置されるため，強軸方向の曲げの影響をほとんど受けない。一方，内空幅約 12m，内空高さ約 3m のカルバート部【B 部】は，内空寸法はほぼ一様であるが屈曲部（隅角部）を有するため，水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響として，弱軸方向のせん断変形や強軸方向の曲げ変形への影響が想定される。



第 3－3－9 図　常設代替高圧電源装置用カルバート配置図



第 3－3－10 図　常設代替高圧電源装置用カルバート
（カルバート部）平面図

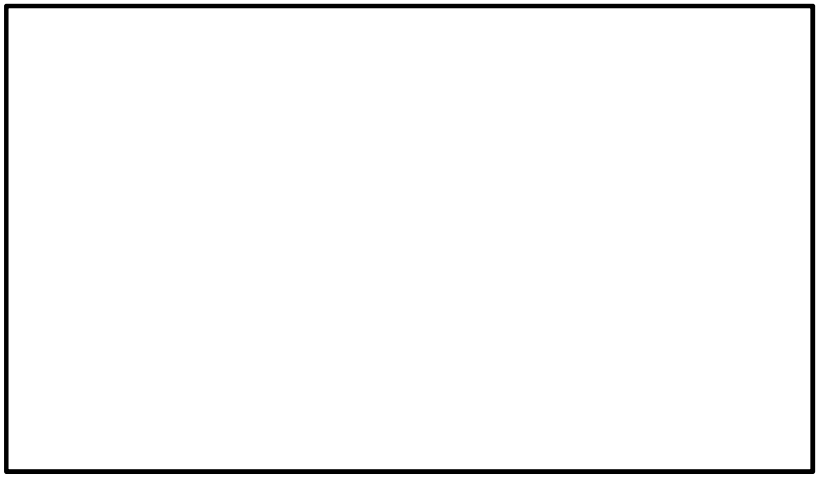



第 3－3－11 図　常設代替高圧電源装置用カルバート
（カルバート部）断面図（①－①’断面）

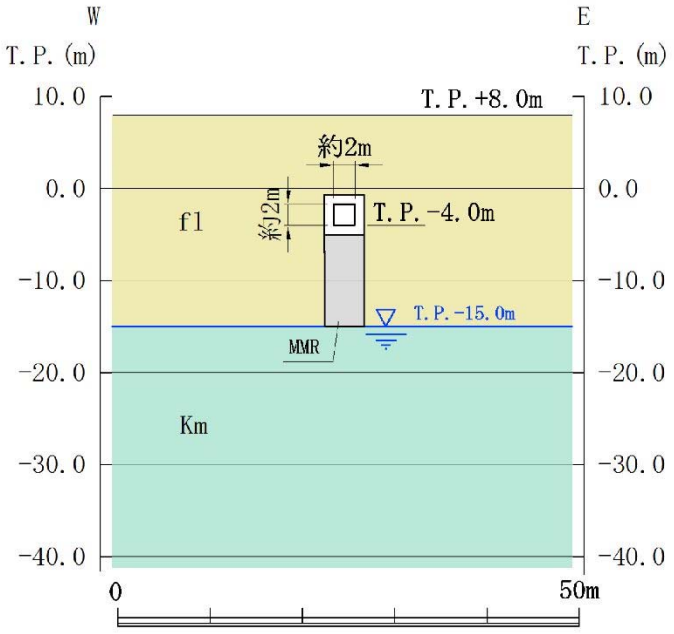
c）常設低圧代替注水系配管カルバート【線状構造物】

第 3－3－12 図及び第 3－3－13 図に常設低圧代替注水系配管カルバートの平面図及び断面図を示す。

当該構造物は，断面変化もほとんどなく直線である。また，マンメイドロックを介して十分な支持性能を有する岩盤に設置されるため，強軸方向の曲げの影響をほとんど受けない。



第 3－3－12 図　常設低圧代替注水系配管カルバート
平面図




第 3－3－13 図　常設低圧代替注水系配管カルバート
断面図（東西断面）

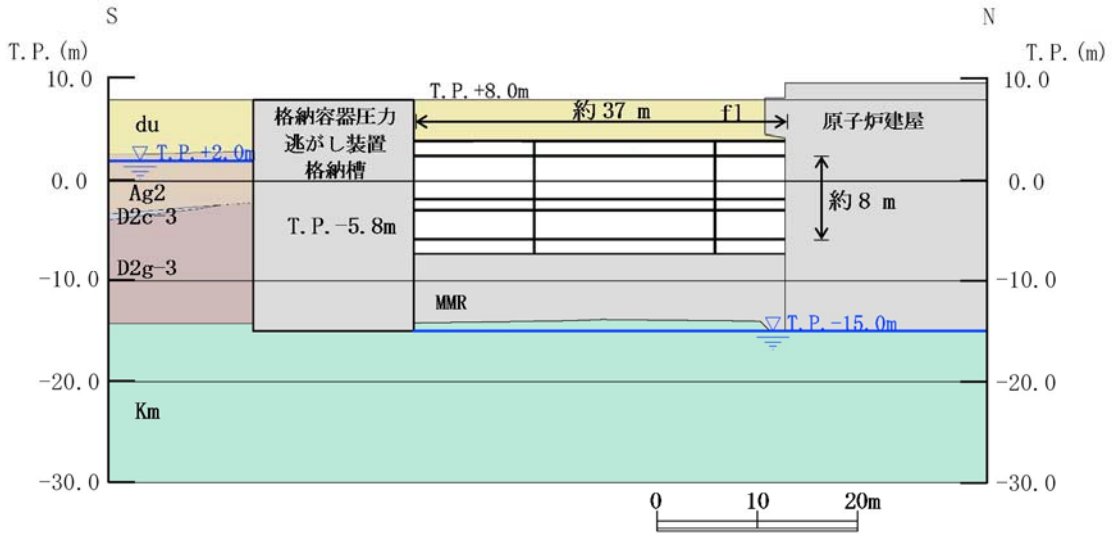
d）格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート（上部工）

【線状構造物】

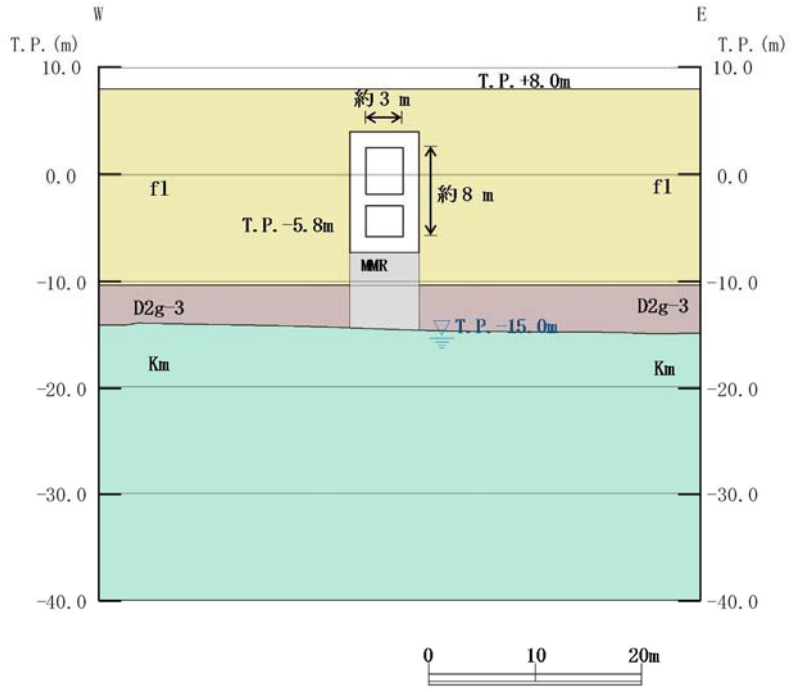
第 3－3－14 図，第 3－3－15 図及び第 3－3－16 図に格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの平面図及び断面図を示す。

当該構造物は，断面変化があり屈曲部を有するため，水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響として，弱軸方向のせん断変形や強軸方向の曲げ変形への影響が想定される。

第 3－3－14 図　格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート平面図




第 3－3－15 図　格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート
断面図（Ａ－Ａ断面）




第 3－3－16 図　格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート
断面図（Ｂ－Ｂ断面）

線状構造物として大別した常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）及び格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは，構造物の配置上，屈曲部を有する。線状構造物の屈曲部では，水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響として，弱軸方向のせん断変形や強軸方向の曲げ変形への影響が想定される。

以上のことから，常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）及び格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの屈曲部について水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を検討する。

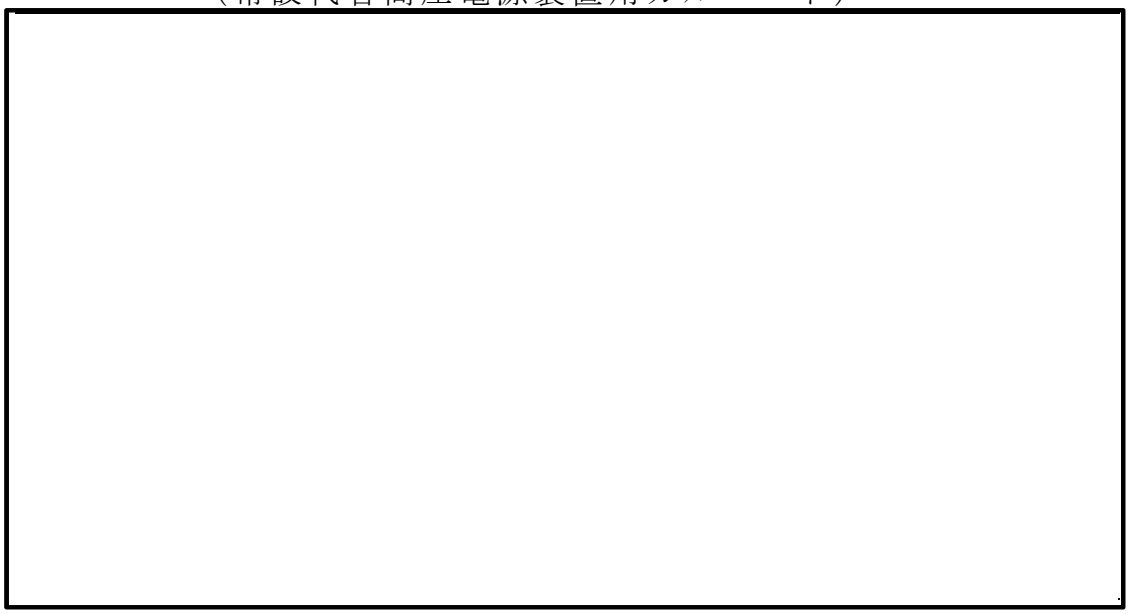
(5)　従来設計手法の妥当性の確認

i）常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）

常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）【B部】の従来設計では，第3－3－4表に示す通り，屈曲部における3次元的な拘束効果（評価対象断面のせん断変形を抑制する箇所や構造部材）を期待せず，保守的に評価対象断面に直交する部材のみで荷重を受け持たせる設計となっている。また，常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）は，マンメイドロックを介して十分な支持性能を有する岩盤に設置されるため，躯体が底面で拘束されていることから，屈曲部における強軸方向の曲げの影響もほとんど受けない。

以上のことから，常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）における屈曲部での水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は，従来設計手法における評価対象断面での耐震評価で担保される。

第3－3－4表　屈曲部における3次元的な拘束効果
（常設代替高圧電源装置用カルバート）



ii) 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの従来設計では，第3－3－5表に示す通り，屈曲部における3次元的な拘束効果（評価対象断面のせん断変形を抑制する箇所や構造部材）を期待せず，保守的に評価対象断面に直交する部材のみで荷重を受け持たせる設計となっている。また，格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは，マンメイドロックを介して十分な支持性能を有する岩盤に設置されるため，躯体が底面で拘束されていることから，屈曲部における強軸方向の曲げの影響もほとんど受けない。

以上のことから，格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートにおける屈曲部での水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は，従来設計手法における評価対象断面での耐震評価で担保される。

第3－3－5表　屈曲部における3次元的な拘束効果
（格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート）

3.3.5　水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

3.3.4の検討を踏まえ，水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を検討すべき構造物として，構造及び作用荷重の観点から，箱型構造物，梁状構造物，円筒状構造物及び鋼管杭基礎を抽出する。なお，管路構造物については，従来設計手法において水平２方向及び鉛直方向の地震力を同時に作用させて評価を行っているため対象外とする。

箱型構造物，円筒状構造及び鋼管杭基礎については，構造物の規模等を考慮し（第3－3－6表），箱型構造物の代表構造物（施設）として常設代替高圧電源装置置場，円筒状構造の代表構造物（施設）として代替淡水貯槽及びSA用海水ピット，鋼管杭基礎の代表構造物（施設）として取水構造物を選定し，影響評価を行う。第3－3－17図から第3－3－34図に各構造物の概要図を示す。

梁状構造物は屋外二重管基礎コンクリートのみであることから，当該構造物にて影響評価を行う。

## 第 3－3－6 表　代表構造物の選定検討表（1／2）

| 構造形式 | 構造物（施設）名 | 規模 | | | 選定理由 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 長辺 | 短辺 | 高さ | |
| 箱型 | 取水構造物 | 約56m | 約43m | 約12m | |
| | 常設代替高圧電源装置置場 | 約56m | 約46m | 約47m | 長辺・短辺・高さが最大 |
| | 常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部） | 約15m | 約11m | 約39m | |
| | 常設低圧代替注水系ポンプ室 | 約15m | 約11m | 約30m | |
| | 緊急用海水ポンプピット | 約12m | 約12m | 約36m | |
| | 緊急時対策所用発電機用燃料油タンク基礎 | 約12m | 約7m | 約7m | |
| | 可搬型設備用軽油タンク基礎（西側）・（南側） | 約17m | 約15m | 約7m | |
| 円筒状 | 代替淡水貯槽 | 直径φ約20m | | 約22m | 直径が最大 |
| | SA用海水ピット | 直径φ約14m | | 約34m | 高さが最大 |
| | SA用海水ピット取水塔 | 直径φ約8m | | 約21m | |

※緑色ハッチングが，代表構造物(施設)

## 第 3－3－6 表　代表構造物の選定検討表（2／2）

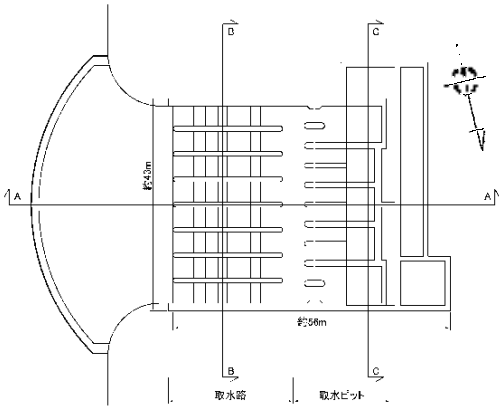
| 構造形式 | 構造物（施設）名 | 上部工規模 | | | 鋼管杭 | 選定理由 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 長辺 | 短辺 | 高さ | 長さ(最大) | |
| 鋼管杭基礎 | 取水構造物 | 約56m | 約43m | 約12m | 約43m | 上部工の長辺・短辺，杭長さが最大 |
| | 屋外二重管[注)] | 約10m | 約4m | 約3m | 約42m | |
| | 緊急時対策所用発電機用燃料油タンク基礎 | 約12m | 約7m | 約7m | 約33m | |
| | 可搬型設備用軽油タンク基礎（西側） | 約17m | 約15m | 約7m | 約33m | |
| | 可搬型設備用軽油タンク基礎（南側） | 約17m | 約15m | 約7m | 約15m | |

注）屋外二重管の上部工規模は基礎コンクリートの寸法

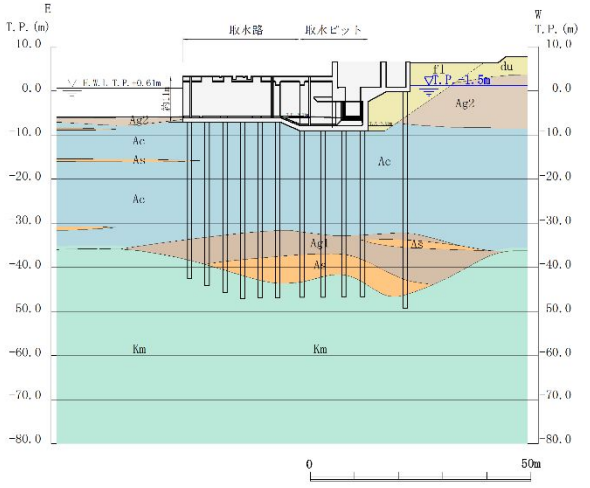
※緑色ハッチングが，代表構造物(施設)

a) 取水構造物　【箱型構造物】【鋼管杭基礎の代表】

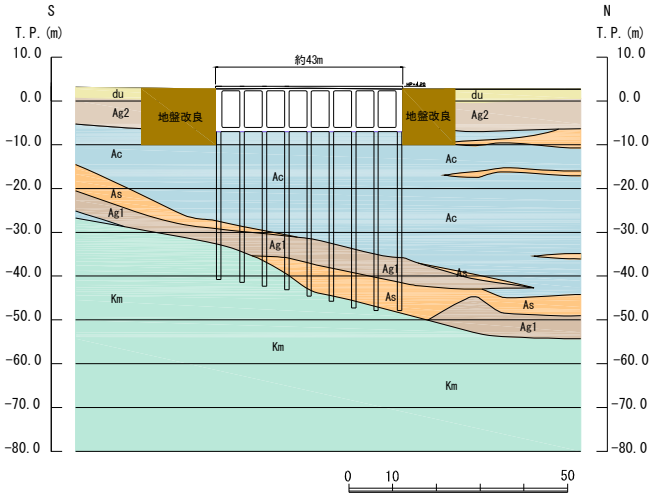
第 3－3－17 図から第 3－3－20 図に取水構造物の平面図及び断面図を示す。



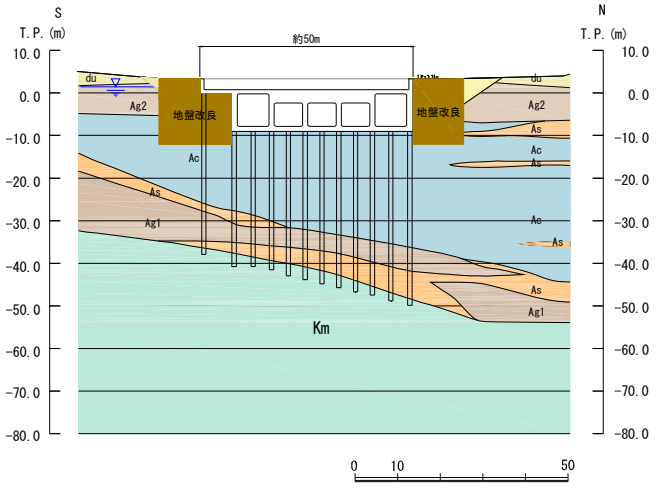

第 3－3－17 図　取水構造物
平面図




第 3－3－18 図　取水構造物
縦断面図（Ａ－Ａ断面）



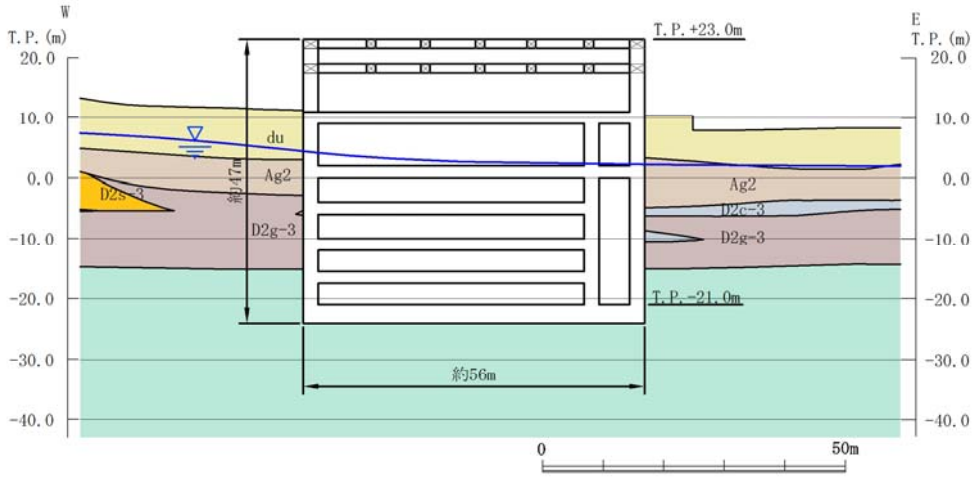

第 3－3－19 図　取水構造物
縦断面図（Ｂ－Ｂ断面）



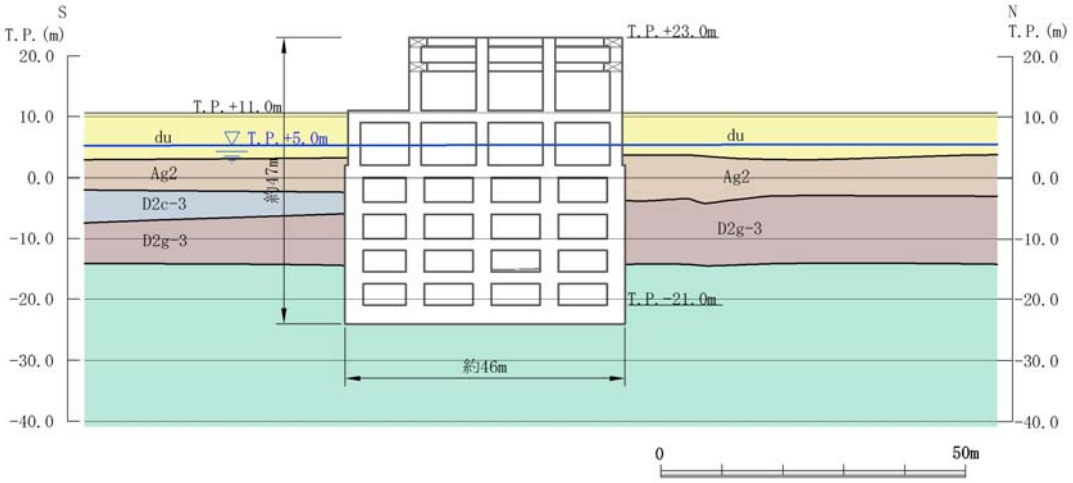

第 3－3－20 図　取水構造物
縦断面図（Ｃ－Ｃ断面）

b)常設代替高圧電源装置置場　【箱型構造物の代表】

第 3－3－21 図及び第 3－3－22 図に常設代替高圧電源装置置場の断面図を示す。



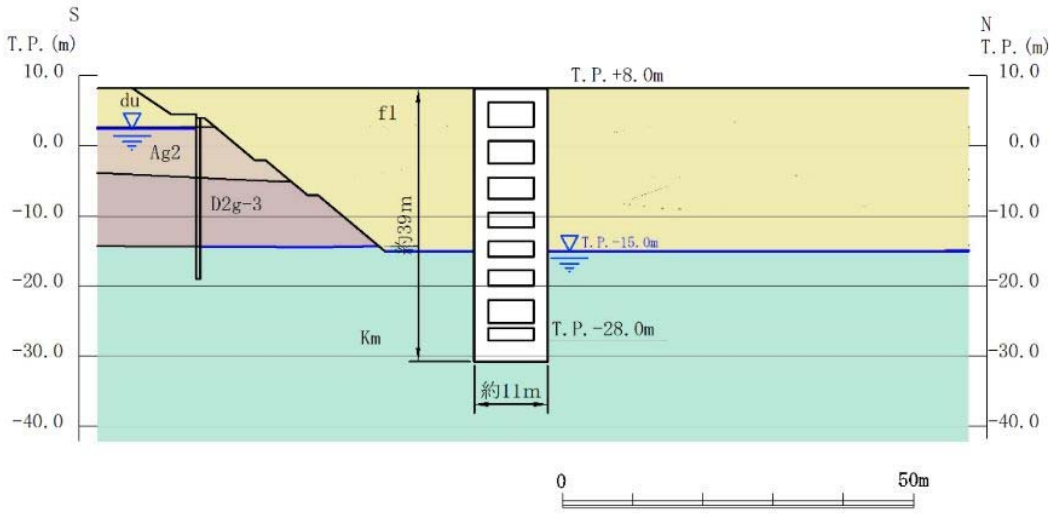

第 3－3－21 図　常設代替高圧電源装置置場　断面図（東西断面）




第 3－3－22 図　常設代替高圧電源装置置場　断面図（南北断面）

c）常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）【箱型構造物】

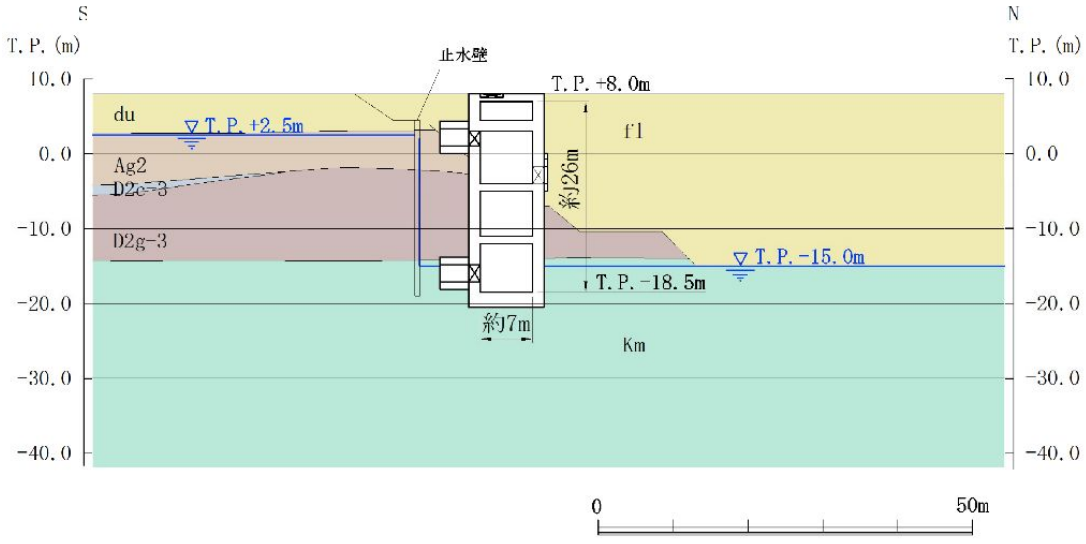
第 3－3－23 図に常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）の断面図を示す。




第 3－3－23 図　常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）断面図

d）常設低圧代替注水系ポンプ室　【箱型構造物】

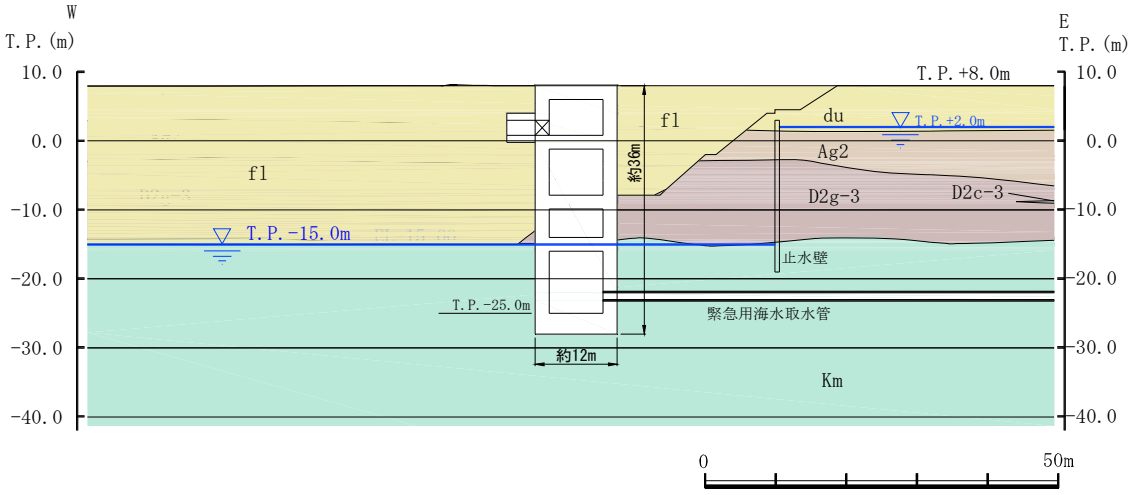
第 3－3－24 図に常設低圧代替注水系ポンプ室の断面図を示す。




第 3－3－24 図　常設低圧代替注水系ポンプ室
断面図（南北断面）

e)緊急用海水ポンプピット　【箱型構造物】

第 3－3－25 図に緊急用海水ポンプピットの断面図を示す。

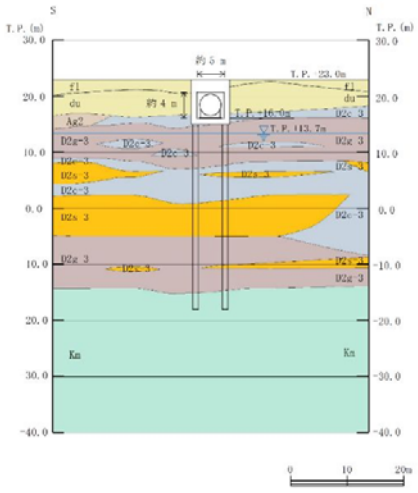



第 3－3－25 図　緊急用海水ポンプピット
断面図（東西断面）

f)緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎

【箱型構造物】【鋼管杭基礎】

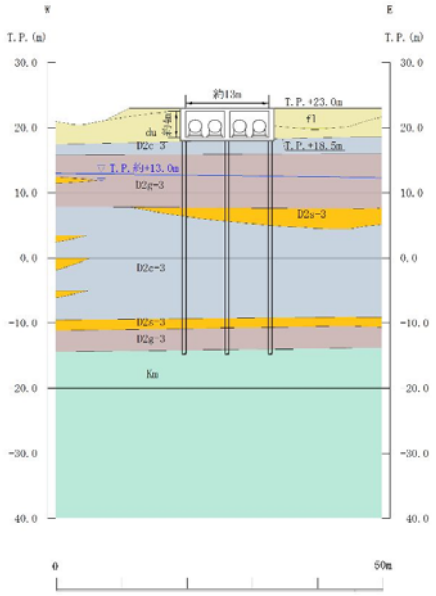
第 3－3－26 図に緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の断面図を示す。



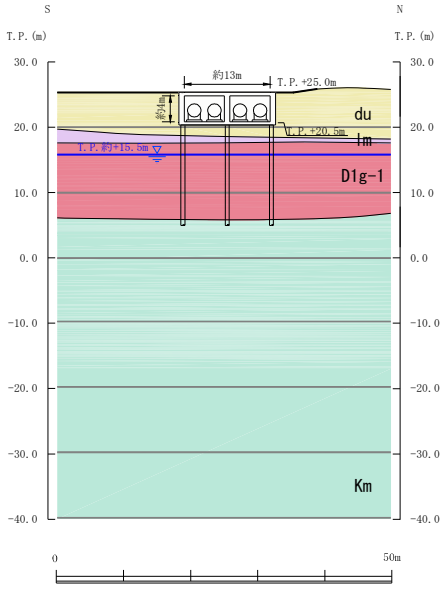

第 3－3－26 図　緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎　断面図

g)可搬型設備用軽油タンク基礎　【箱型構造物】【鋼管杭基礎】

第 3－3－27 図及び第 3－3－28 図に可搬型設備用軽油タンク基礎の断面図を示す。



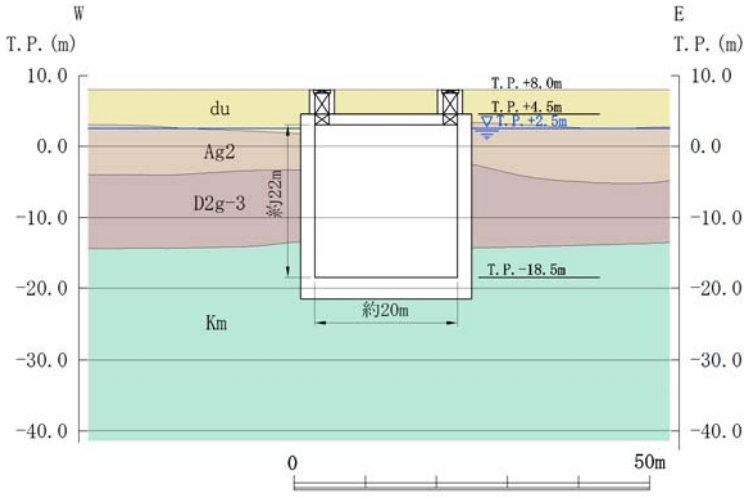

第 3－3－27 図　可搬型設備用軽油タンク基礎断面図【西側】




第 3－3－28 図　可搬型設備用軽油タンク基礎断面図【南側】

h)代替淡水貯槽　【円筒状構造物の代表】

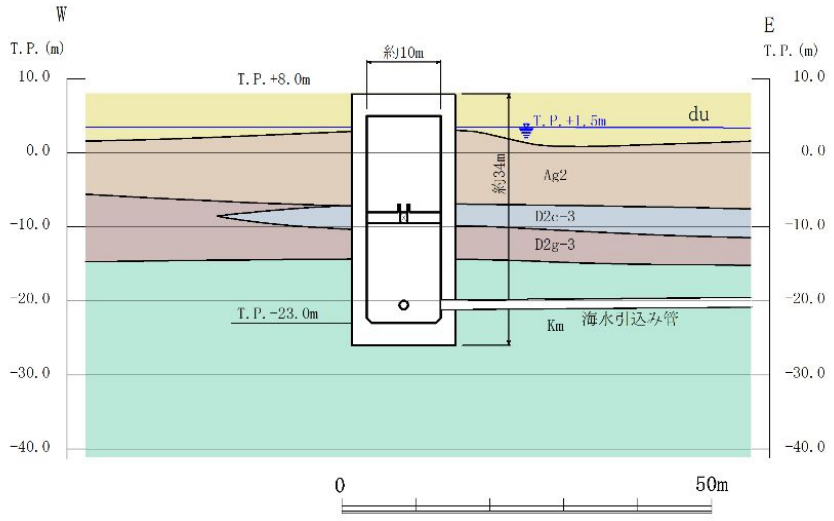
第 3－3－29 図に代替淡水貯槽の断面図を示す。




第 3－3－29 図　代替淡水貯槽　断面図（東西断面）

i)ＳＡ用海水ピット　【円筒状構造物の代表】

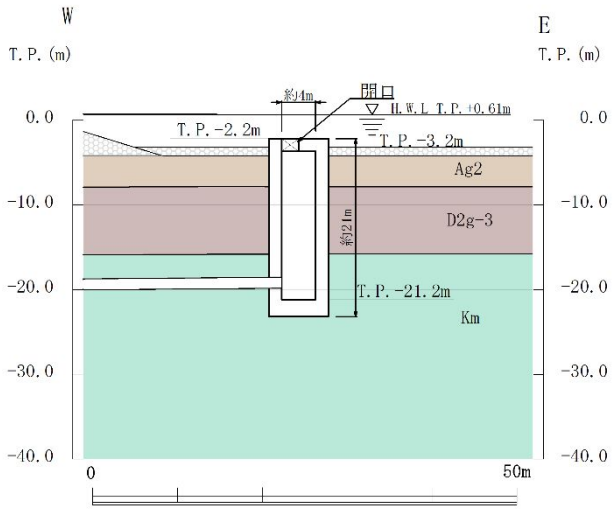
第 3－3－30 図にＳＡ用海水ピットの断面図を示す。




第 3－3－30 図　ＳＡ用海水ピット　断面図

j） ＳＡ用海水ピット取水塔　【円筒状構造物】

第 3－3－31 図にＳＡ用海水ピット取水塔の断面図を示す。

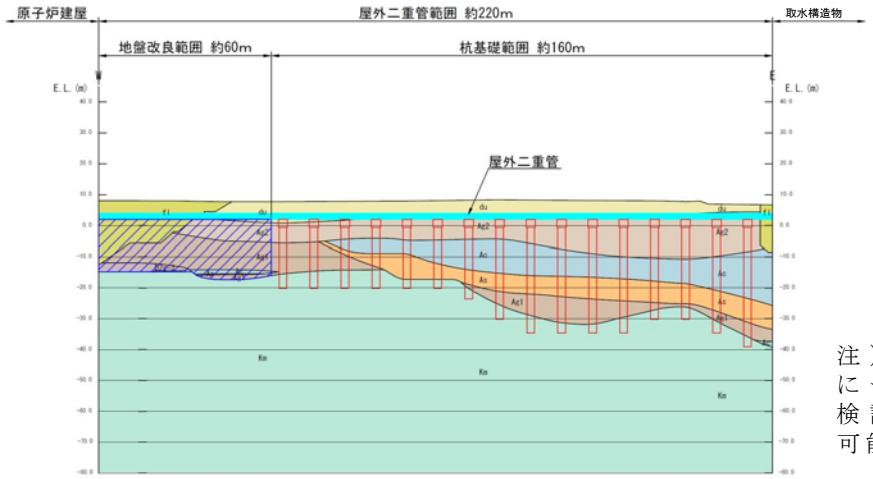



第 3－3－31 図　ＳＡ用海水ピット取水塔　断面図

k）屋外二重管　【鋼管杭基礎】

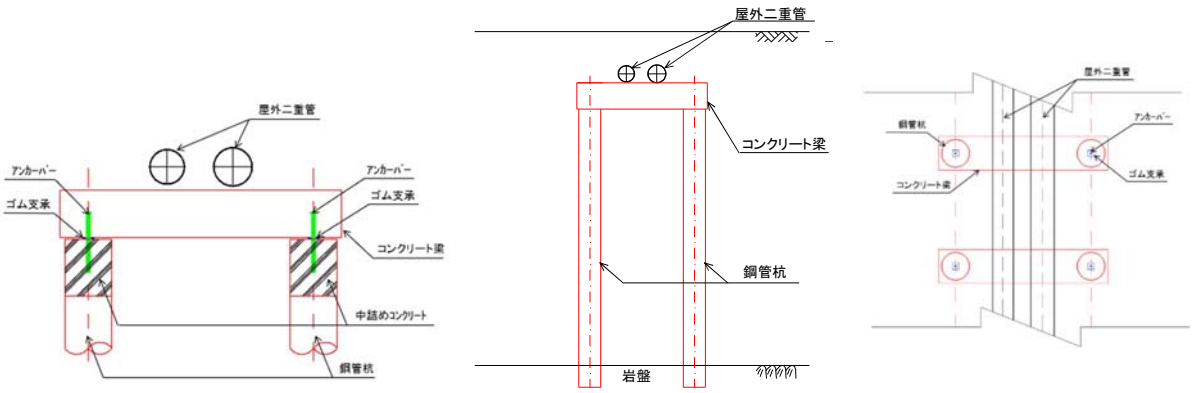
第 3－3－32 図及び第 3－3－33 図に屋外二重管の平面及び断面図を示す。第 3－3－34 図に概念図を示す。

第 3－3－32 図　屋外二重管　平面図




注）範囲，杭配置については今後の検討により変更の可能性がある。

第 3－3－33 図　屋外二重管　縦断面図（Ａ－Ａ断面）




杭頭部詳細図　　横断面図　　平面図

第 3－3－34 図　屋外二重管概念図

### 3.3.6　水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価

(1)箱型構造物

水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については，箱型構造物の弱軸方向（評価対象断面）と強軸方向（評価対象断面に直交する断面）におけるそれぞれの２次元の地震応答解析にて，互いに干渉し合う断面力や応力を選定し，弱軸方向加振における部材照査において，強軸方向加振の影響を考慮し評価する。

強軸方向加振については，箱型構造物の隔壁・側壁が，強軸方向加振にて耐震壁としての役割を担うことから，当該構造部材を耐震壁と見なし，「鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説－許容応力度設計法－（日本建築学会，1999）（以下「ＲＣ基準」という。）に準拠し耐震評価を実施する。

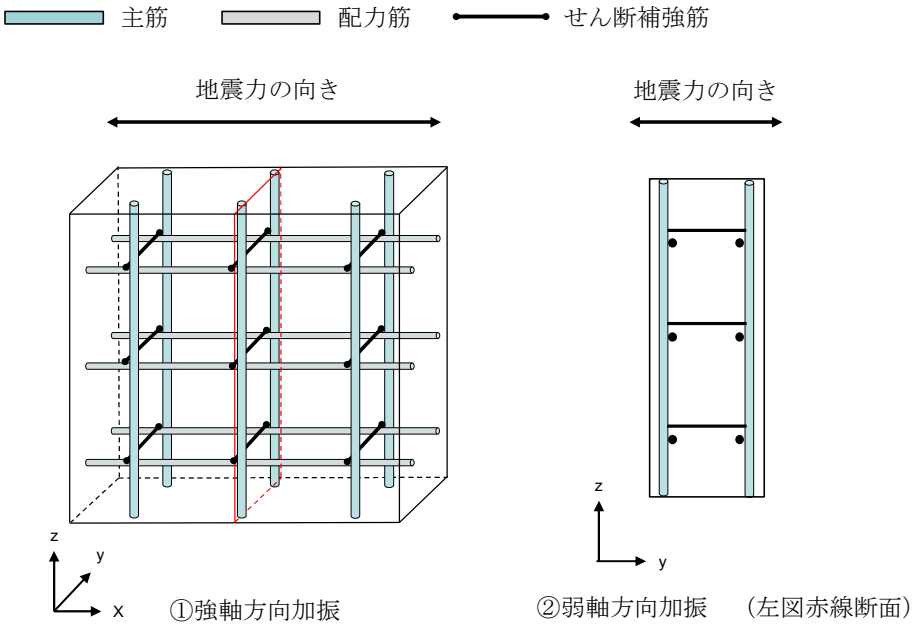
ＲＣ基準では，耐震壁に生じるせん断力（面内せん断）に対して，コンクリートのみで負担できるせん断耐力と，鉄筋のみで負担できるせん断耐力のいずれか大きい方を鉄筋コンクリートのせん断耐力として設定する。したがって，壁部材の生じるせん断力がコンクリートのみで負担できるせん断力以下であれば，鉄筋によるせん断負担は無く鉄筋には応力が発生しないものとして取り扱う。

一方，強軸方向加振にて生じるせん断力を，箱型構造物の隔壁・側壁のコンクリートのみで負担できず，鉄筋に負担させる場合，第3－3－35図に示すとおり，強軸方向加振にて発生する側壁・隔壁の主筋の発生応力が，弱軸方向における構造部材の照査に影響を及ぼす可能性がある。

したがって，水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価においては，強軸方向加振にて発生する応力を，弱軸方向における構造部材の照査に付加することで，その影響の有無を検討する。

なお，弱軸方向及び強軸方向の地震応答解析では，保守的に両方とも基準地震動Ｓ$_s$を用いる。

第 3－3－36 図に水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価フローを示す。




| | | ①強軸方向加振 | ②弱軸方向加振 | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| 断面力 | My（y軸まわりの曲げモーメント） | △ | × | |
| | Mx（x軸まわりの曲げモーメント） | × | ○ | |
| | Nz（鉛直方向軸力） | ○ | ○ | 互いに干渉する可能性あり |
| | Nzx（zx平面面内せん断） | ○ | × | |
| | Qz（z方向面外せん断） | × | ○ | |
| 応力 | 主筋 | ○ | ○ | 互いに干渉する可能性あり |
| | 配力筋 | ○ | × | |
| | せん断補強筋 | × | ○ | |

（○：発生する可能性あり，△：発生する可能性があるが極めて軽微，×：発生しない）

第 3－3－35 図　強軸方向加振及び弱軸方向加振において発生する断面力・応力

第 3－3－36 図　水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価フロー

(2)梁状構造物，円筒状構造物及び鋼管杭基礎

水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については，従来の設計手法である水平１方向及び鉛直方向地震力の組合せによる局部評価の荷重又は応力の評価結果等を用い，水平２方向及び鉛直方向地震力の組み合わせる方法として，米国 Regulatory Guide 1.92(注)の「2.Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として，組合せ係数法(1.0:0.4:0.4)に基づいて地震力を設定する。

評価対象として抽出した耐震評価上の部位について，構造部材の発生応力等を適切に組み合わせることで，各部位の設計上の許容値に対する評価を実施し，各部位が有する耐震性への影響を評価する。

(注)Regulatory Guide(RG) 1.92 “Combining modal responses and spatial components in seismic response analysis”

### 3.3.7　機器・配管系への影響評価

水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が確認された構造物が，耐震重要施設，常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系の間接支持構造物である場合，水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響を確認する。

水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響が確認された場合，機器・配管系の影響評価に反映する。

なお，屋外重要土木構造物の影響の観点から抽出されなかった部位であっても，地震応答解析結果から機器・配管系への影響の可能性が想定される部位については検討対象として抽出する。

3.4　津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備又は津波監視設備が設置された建物・構築物

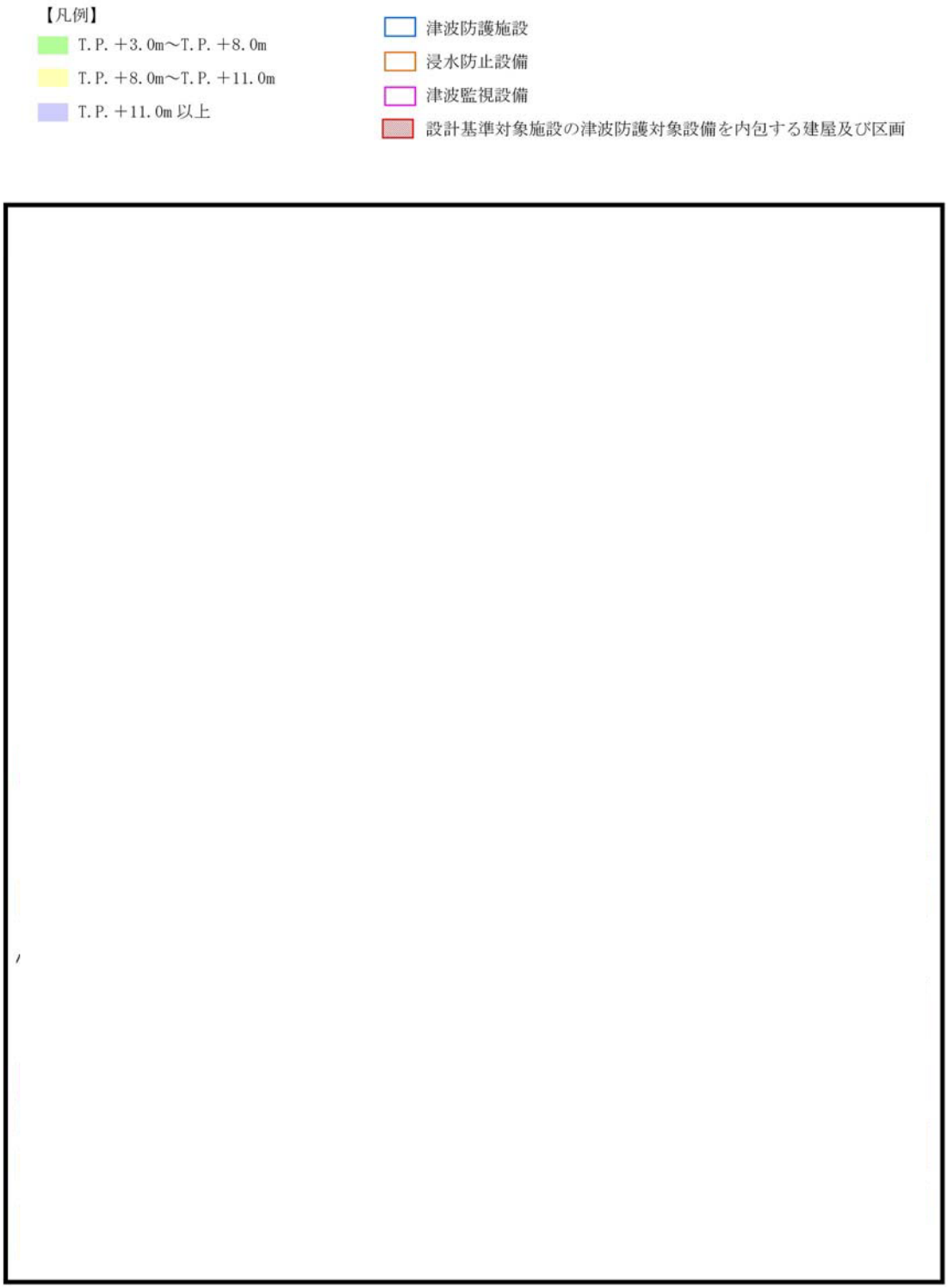
3.4.1　津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備又は津波監視設備が設置された建物・構築物における評価対象構造物の抽出及び整理

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価を実施する対象施設の設置位置図を第3－4－1図に示す。各対象施設において，「3.1 建物・構築物」，「3.2 機器・配管系」，「3.3 屋外重要土木構造物」の何れかの区分に基づき設計するものについて，その方針を第3－4－1表に示す。

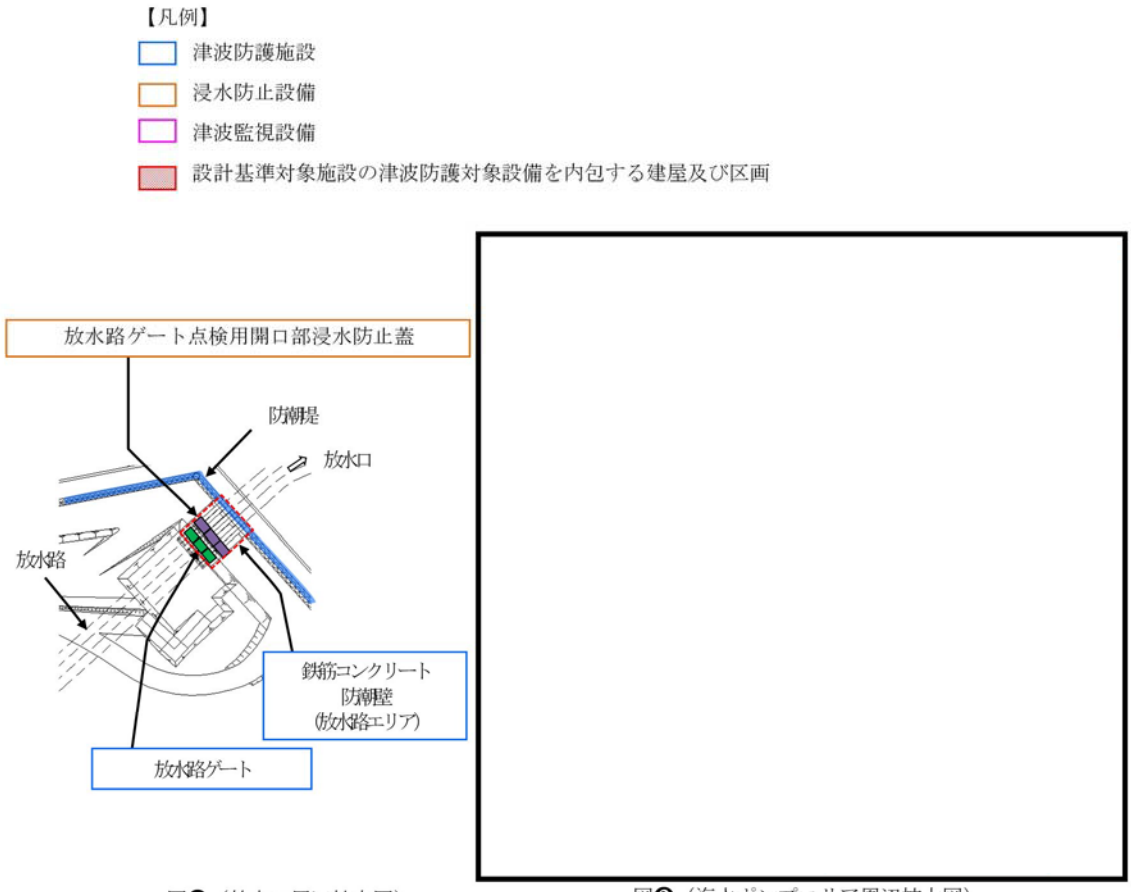
津波防護施設については，「3.3 屋外重要土木構造物」の水平2方向の設計方針に基づき影響評価を実施する。なお，評価対象施設の構造的な特徴を踏まえ，3.4.4項以降に水平2方向及び鉛直方向地震の組合せ影響を整理する。

浸水防止設備及び津波監視設備については，「3.2 機器・配管系」の水平2方向の設計方針に基づき影響評価を実施する。

浸水防止設備又は津波監視設備が設置された建物・構築物については，各構造物の構造上の特徴を踏まえ「3.1 建物・構築物」又は「3.3 屋外重要土木構造物」の水平2方向の設計方針に基づき影響評価を実施する。

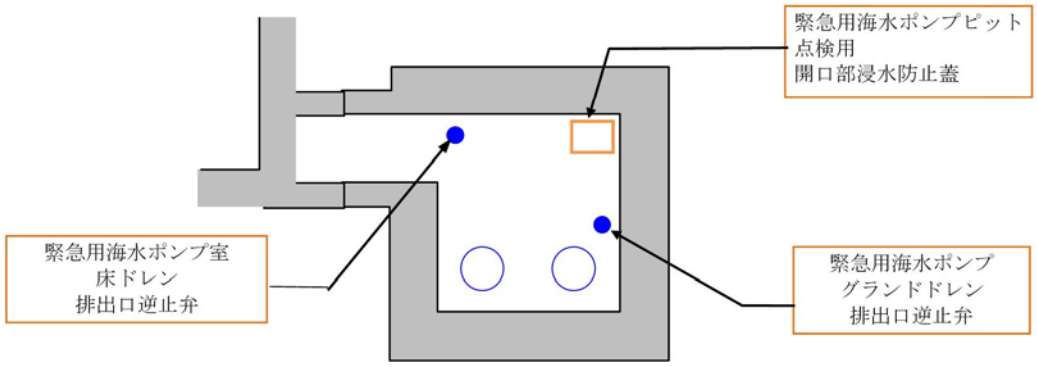



第 3－4－1 図（1／2）　津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備位置図




図❶（放水口周辺拡大図）

図❷（海水ポンプエリア周辺拡大図）




図❸（緊急用海水ポンプエリア周辺拡大図）

第３－４－１図（2／2）　津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備位置図

第 3－4－1 表　津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の分類

<table>
<tr><th>分 類</th><th colspan="3">施設，設備名称</th><th>区 分</th></tr>
<tr><td rowspan="6">津波防護施設</td><td rowspan="4">防潮堤<br>及び<br>ゲート類</td><td colspan="2">鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁</td><td rowspan="6">「3.3 屋外重要土木構造物」の設計方針に基づく。影響評価については 3.4.4 以降に整理する。<br>津波防護施設のうち放水路ゲート，防潮扉本体，構内排水路逆流防止装置は，「3.2 機器・配管系」の設計方針に基づく。</td></tr>
<tr><td colspan="2">鋼製防護壁</td></tr>
<tr><td colspan="2">鉄筋コンクリート防潮壁</td></tr>
<tr><td colspan="2">鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）</td></tr>
<tr><td rowspan="2">構内排水路<br>逆流防止設備</td><td>逆流防止装置</td></tr>
<tr><td>出口側集水桝※</td></tr>
<tr><td colspan="2">貯留堰</td></tr>
<tr><td rowspan="10">浸水防止設備</td><td colspan="3">取水路点検用開口部浸水防止蓋</td><td rowspan="10">「3.2 機器・配管系」の設計方針に基づく</td></tr>
<tr><td colspan="3">海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁</td></tr>
<tr><td colspan="3">取水ピット空気抜き配管逆止弁</td></tr>
<tr><td colspan="3">海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋</td></tr>
<tr><td colspan="3">放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋</td></tr>
<tr><td colspan="3">ＳＡ用海水ピット開口部浸水防止蓋</td></tr>
<tr><td colspan="3">緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋</td></tr>
<tr><td colspan="3">緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁</td></tr>
<tr><td colspan="3">緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁</td></tr>
<tr><td colspan="3">貫通部止水処置</td></tr>
<tr><td rowspan="3">津波監視設備</td><td colspan="3">津波監視カメラ</td><td rowspan="3">「3.2 機器・配管系」の設計方針に基づく</td></tr>
<tr><td colspan="3">取水ピット水位計</td></tr>
<tr><td colspan="3">潮位計</td></tr>
<tr><td rowspan="5">浸水防止設備及び津波監視設備が設置された建物・構築物</td><td colspan="3">取水構造物</td><td rowspan="4">「3.3 屋外重要土木構造物」の設計方針に基づく。鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の影響評価については 3.4.4 以降に整理する。</td></tr>
<tr><td colspan="3">鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁</td></tr>
<tr><td colspan="3">ＳＡ用海水ピット</td></tr>
<tr><td colspan="3">緊急用海水ポンプピット</td></tr>
<tr><td colspan="3">原子炉建屋</td><td>「3.1 建物・構築物」の設計方針に基づく</td></tr>
</table>

※：間接支持構造物

3.4.2　水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計の考え方

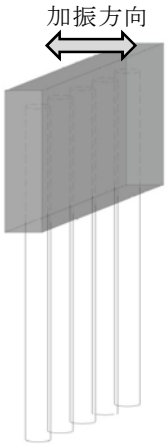
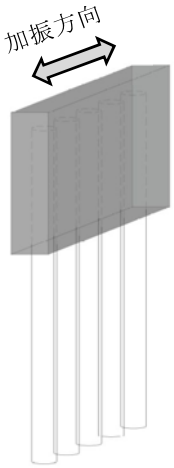
津波防護施設における従来設計手法の考え方について，防潮堤を例に第 3－4－2 表に示す。津波防護施設は，地中構造物と地上構造物に分けられる。地上構造物は，躯体の慣性力や基礎部分に係る動土圧等が主たる荷重となる。地中構造物については，屋外重要土木構造物同様，比較的単純な構造部材の配置で構成される。地中構造物，地上構造物共にほぼ同一の断面が奥行方向に連続する構造的特徴を有することから，3 次元的な応答の影響は小さいため，2 次元断面での耐震評価を行っている。

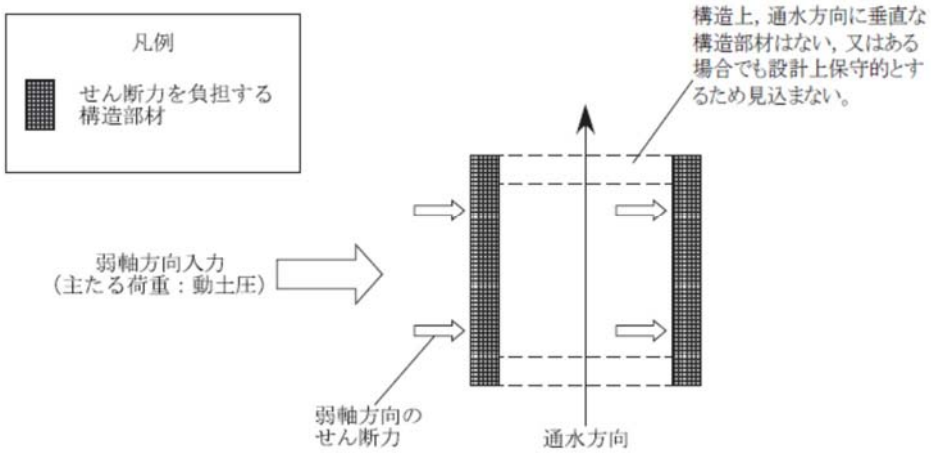
上述のとおり，地中構造物，地上構造物共にほぼ同一の断面が長手方向に連続する構造的な特徴を有していることから，構造上の特徴として明確な弱軸，強軸を有する。

強軸方向の地震時挙動は，弱軸方向に対して顕著な影響を及ぼさないことから，従来評価手法では弱軸方向を評価対象として，耐震設計上求められる水平 1 方向及び鉛直方向地震力による耐震評価を実施している。

第 3－4－2 図に示す通り，従来設計手法では，津波防護施設の構造上の特徴から，弱軸方向の地震荷重に対して，保守的に加振方向に平行な壁部材を見込まず，垂直に配置された構造部材のみで受け持つよう設計している。

第 3－4－2 表　従来設計における評価対象断面の考え方（防潮堤）

| | 横断方向の加振 | 縦断方向の加振 |
|---|---|---|
| 従来設計の評価対象断面の考え方 |  <br>加振方向に対する抵抗力が小さい |  <br>加振方向に同一構造が連続している |




（注）当該図は平面図を示す

第 3－4－2 図　従来設計手法の考え方

3.4.3　水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法

津波防護施設において，水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した場合に影響を受ける可能性がある構造物の評価を行う。

対象とする部位について，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定される応答特性から，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性のある部位を抽出する。

応答特性が抽出された，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性のある部位は，既往の評価結果の荷重又は応力の算出結果等を水平 2 方向及び鉛直方向に組合せ，対象部位に発生する荷重や応力を算出し，各部位が有する耐震性への影響を確認する。

各部位が有する耐震性への影響が確認された場合は，詳細な手法を用いた検討等，新たな設計上の対応策を講じる。

評価フローを第 3－4－3 図に示す。

(1)　影響評価対象構造物の抽出

①　構造形式の分類

評価対象構築物について，各構造物の構造上の特徴や従来設計手法の考え方を踏まえ，構造形式ごとに大別する。

②　従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の整理

従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重を抽出する。

③　荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式の抽出

②で整理した荷重に対して，構造形式ごとにどのように作用するかを整理し，耐震性に与える影響程度を検討した上で，水平２方向及び鉛直方向地震力の影響が想定される構造形式を抽出する。

④　従来設計手法における評価対象断面以外の３次元的な応答特性が想定される箇所の抽出

③で抽出されなかった構造形式について，従来設計手法における評価対象断面以外の箇所で，水平２方向及び鉛直方向地震力の影響により３次元的な応答が想定される箇所を抽出する。

⑤　従来設計手法の妥当性の確認

④で抽出された箇所が，水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せに対して，従来設計手法における評価対象断面の耐震評価で満足できるか検討を行う。

(2)　影響評価手法

⑥　水平２方向及び鉛直方向地震力の影響評価

評価対象として抽出された構造物について，従来設計手法での評価対象断面（弱軸方向）の地震応答解析に基づく構造部材の照査において，評価対象断面（弱軸方向）に直交する断面（強軸方向）の地震応答解析に基づく構造部材の発生応力等を適切に組合せることで，水平２方向及び鉛直方向地震力による構造部材の発生応力を算出し，構造物が有する耐震性への影響を確認する。

評価対象部位については，津波防護施設が明確な弱軸・強軸を示し，地震時における構造物のせん断変形方向が明確であることを考慮し，従来設計手法における評価対象断面（弱軸方向）における構造部材の耐震評価結果及び水平２方向の影響の程度を踏まえて選定する。

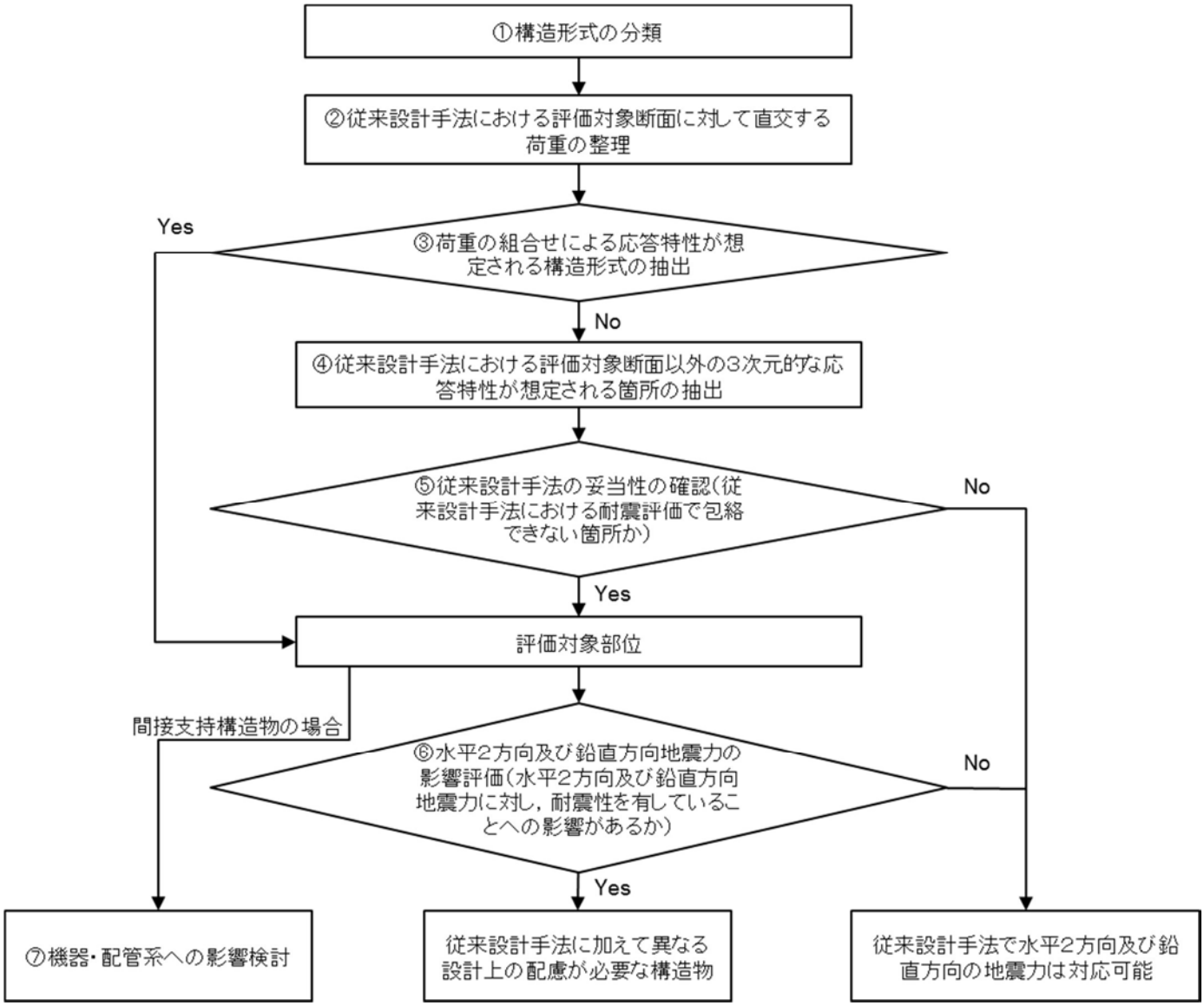
⑦　機器・配管系への影響評価

評価対象として抽出された構造物が，耐震重要施設，常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系の間接支持構造物である場合は，水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響を確認する。

水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響が確認さ

れた場合，機器・配管系の影響評価に反映する。

なお，④及び⑤の精査にて，津波防護施設の影響の観点から抽出されなかった部位であっても，地震応答解析結果から機器・配管系への影響の可能性が想定される部位については検討対象として抽出する。




第 3－4－3 図　水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価のフロー

### 3.4.4　水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出

(1)　構造形式の分類

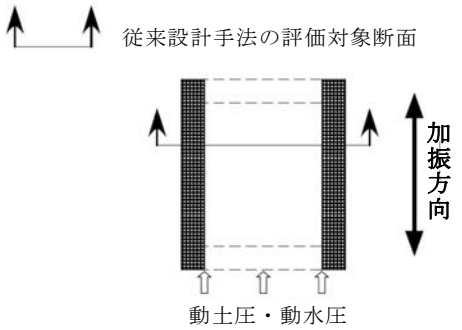
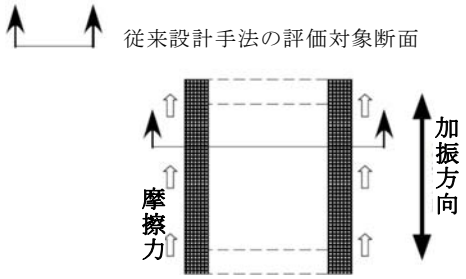
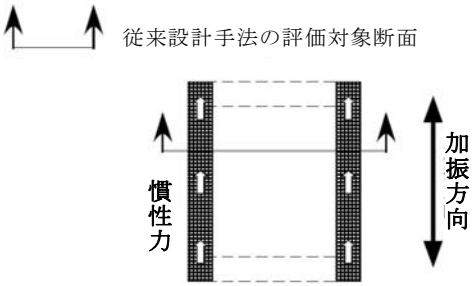
津波防護施設は，その構造形式より 1)鋼製防護壁の上部工のような鋼殻構造物，2）鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の上部工，鉄筋コンクリート防潮壁の上部工，鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の防潮壁，鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の放水路，貯留堰のような線状構造物，3)鋼製防護壁の下部工，鉄筋コンクリート防潮壁の下部工，鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の基礎のような地中連続壁基礎，4）鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の下部工，出口側集水桝の下部工のような鋼管杭基礎，並びに 5）出口側集水桝の上部工のような箱型構造物の５つに大別される。

(2)　従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の整理

第 3－4－3 表に，従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重を示す。

従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重として，動土圧及び動水圧，摩擦力，慣性力が挙げられる。

第 3－4－3 表　従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重

| 作用荷重 | | 作用荷重のイメージ（注） |
|---|---|---|
| ㋐動土圧及び動水圧 | 従来設計手法における評価対象断面に対して，平行に配置される構造部材に作用する動土圧及び動水圧 |  |
| ㋑摩擦力 | 周辺の埋戻土と躯体間で生じる相対変位に伴い発生する摩擦力 |  |
| ㋒慣性力 | 躯体に作用する慣性力 |  |

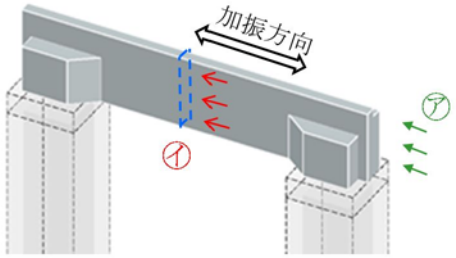
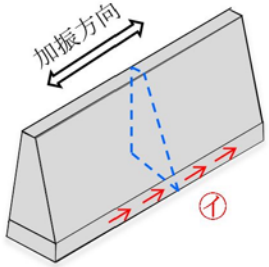
（注）作用荷重のイメージ図は平面図を示す。

(3)　荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式の抽出

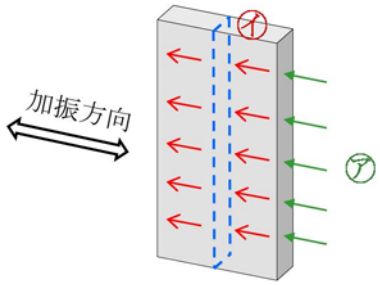
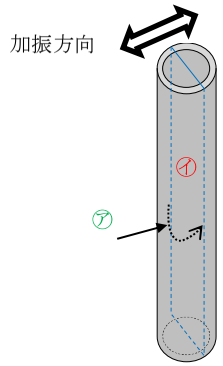
第3－4－4表に，3.4.4(1)で整理した構造形式毎に，3.4.4(2)で整理した荷重作用による影響程度を示す。

また，構造形式ごとに，各構造物の概略図と特徴について以下に示す。

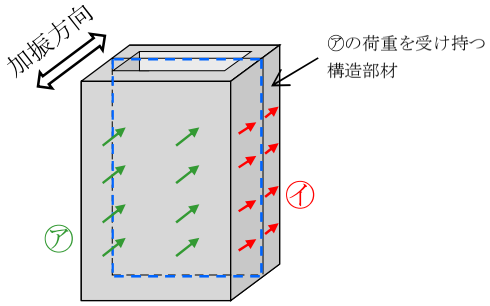
第 3－4－4 表　水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出（1／3）

<table>
<tr><td>3.4.4（1）で整理した構造形式の分類</td><td colspan="2">a）鋼殻構造物<br>（鋼製防護壁の上部工）</td><td colspan="2">b）線状構造物<br>（鉄筋コンクリート防潮壁の上部工等）</td></tr>
<tr><td rowspan="4">3.4.4(2)で整理した荷重の作用状況</td><td colspan="2">----：従来設計手法における評価対象断面（弱軸に平行な断面）<br>  <br><br>（注）㋒慣性力はすべての構造部材に作用</td><td colspan="2">----：従来設計手法における評価対象断面（弱軸に平行な断面）<br>  <br><br>（注）㋒慣性力はすべての構造部材に作用</td></tr>
<tr><td>㋐動土圧及び動水圧</td><td>㋐動土圧及び動水圧</td><td>㋐動土圧及び動水圧</td><td>従来設計手法における評価対象断面に対して平行する側面に作用</td></tr>
<tr><td>㋑摩擦力</td><td>㋑摩擦力</td><td>㋑摩擦力</td><td>従来設計手法における評価対象断面に対して直交する側面に作用</td></tr>
<tr><td>㋒慣性力</td><td>㋒慣性力</td><td>㋒慣性力</td><td>全ての部材に作用</td></tr>
<tr><td>従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の影響程度</td><td colspan="2">当該構造物の上部工は，基礎深さ及び地盤条件が異なる下部工を有し，また形状が複雑であるため，水平２方向及び鉛直地震力の組合せの影響の程度が大きい。</td><td colspan="2">従来設計手法における評価対象断面に対して直角方向（強軸方向）に㋐動土圧及び動水圧による荷重が作用しないため影響小</td></tr>
<tr><td>抽出結果<br>（○：影響検討実施）</td><td colspan="2">○</td><td colspan="2">×</td></tr>
</table>

第 3－4－4 表　水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出（2／3）

<table>
<tr><td>3.4.4（1）で整理した<br>構造形式の分類</td><td colspan="2">c）地中連続壁基礎<br>（鉄筋コンクリート防潮壁下部工等）</td><td colspan="2">d）鋼管杭基礎<br>（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁下部工等）</td></tr>
<tr><td rowspan="4">3.4.4（2）で整理した<br>荷重の作用状況</td><td colspan="2">：従来設計手法における評価対象断面（弱軸に平行な断面）<br>  <br>（注）㋒慣性力はすべての構造部材に作用</td><td colspan="2">従来設計手法における評価対象断面<br>  <br>（注）㋒慣性力はすべての構造部材に作用</td></tr>
<tr><td>㋐動土圧及び動水圧</td><td>従来設計手法における評価対象断面に対して平行する面に作用</td><td>㋐動土圧及び動水圧</td><td>主に胴体部に作用</td></tr>
<tr><td>㋑摩擦力</td><td>従来設計手法における評価対象断面に対して直交する面に作用</td><td>㋑摩擦力</td><td>主に胴体部に作用</td></tr>
<tr><td>㋒慣性力</td><td>全ての部材に作用</td><td>㋒慣性力</td><td>全ての部材に作用</td></tr>
<tr><td>従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の影響度</td><td colspan="2">従来設計手法における評価対象断面に対して，平行する面に㋐動土圧及び動水圧による荷重が，上部工との接合面に上部工から伝わる荷重が作用するため影響大</td><td colspan="2">胴体部において，㋐動土圧及び動水圧による荷重，及び上部工からの荷重が作用するため影響大</td></tr>
<tr><td>抽出結果<br>（○：影響検討実施）</td><td colspan="2">○</td><td colspan="2">○</td></tr>
</table>

第3－4－4表　水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出（3／3）

<table>
<tr><td>3.4.4（1）で整理した構造形式の分類</td><td colspan="2">e）箱型構造物<br>（出口側集水桝の上部工）</td></tr>
<tr><td rowspan="4">3.4.4（2）で整理した荷重の作用状況</td><td colspan="2">------：従来設計手法における評価対象断面（弱軸に平行な断面）<br> 

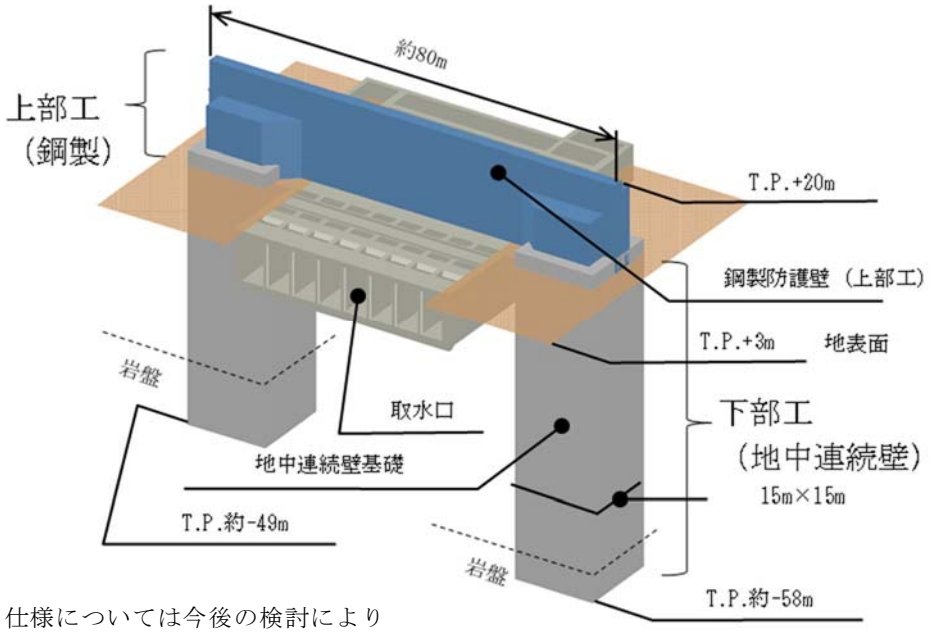
（注）㋒慣性力はすべての構造部材に作用</td></tr>
<tr><td>㋐動土圧及び動水圧</td><td>加振方向に対して直交して配置される構造部材に作用</td></tr>
<tr><td>㋑摩擦力</td><td>加振方向に対して平行に配置される構造部材に作用</td></tr>
<tr><td>㋒慣性力</td><td>全ての部材に作用</td></tr>
<tr><td>従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の影響度</td><td colspan="2">従来設計手法における評価対象断面に対して平行に配置される構造部材を有し，㋐動土圧及び動水圧による荷重が作用するため影響大</td></tr>
<tr><td>抽出結果<br>（○：影響検討実施）</td><td colspan="2">○</td></tr>
</table>

a)鋼殻構造物

・鋼製防護壁の上部工

第 3－4－4 図に鋼製防護壁の上部工の概要図を示す。

当該構造物の上部工は，基礎深さ及び地盤条件が異なる下部工を有し，また形状が複雑であるため，水平２方向及び鉛直地震力の組合せの影響がある可能性が大きい。したがって，三次元解析を実施する。




注）仕様については今後の検討により
変更の可能性がある。

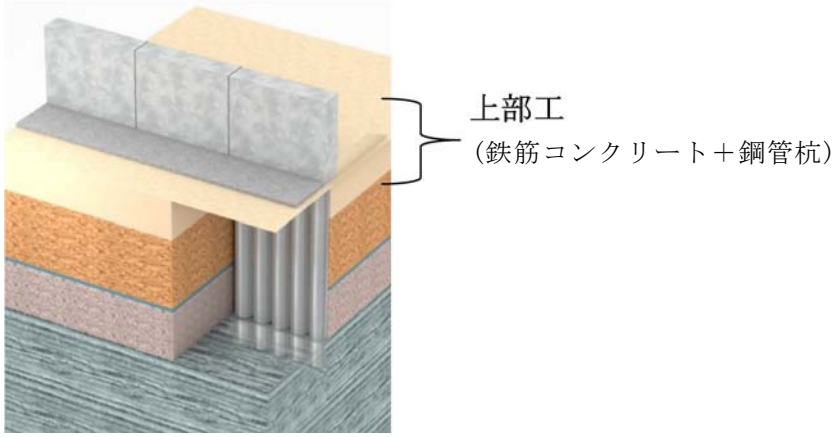
第 3－4－4 図　鋼製防護壁の上部工

b）線状構造物

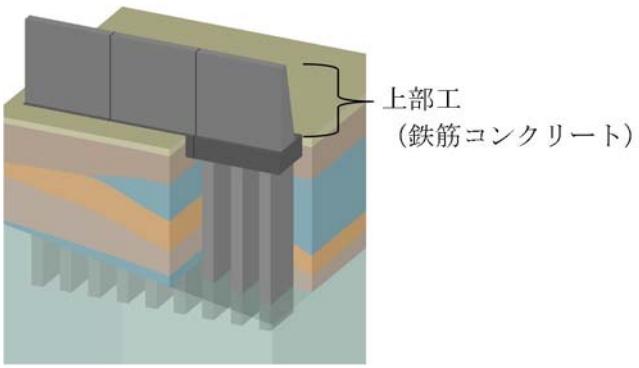
・鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の上部工，鉄筋コンクリート防潮壁の上部工，鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の防潮壁

第 3－4－5 図，第 3－4－6 図及び第 3－4－7 図に鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の上部工，鉄筋コンクリート防潮壁の上部工及び鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の防潮壁の概要図を示す。

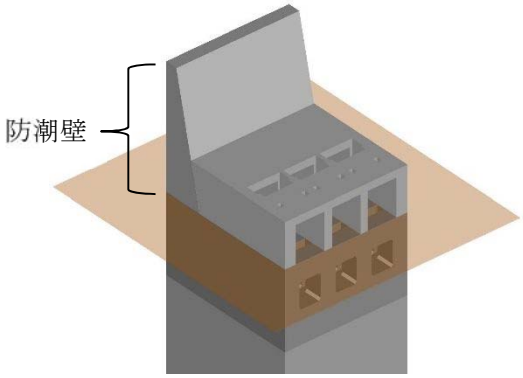
当該構造物は，擁壁タイプの線状構造物であり，その構造上の特徴として，妻壁（評価対象断面に対して平行に配置される壁部材）等を有さず，妻側（小口）の面積も小さいことから，従来設計手法における評価対象断面に対して直交する㋐動土圧及び動水圧はほとんど作用しない。




第 3－4－5 図　鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の上部工




第 3－4－6 図　鉄筋コンクリート防潮壁の上部工

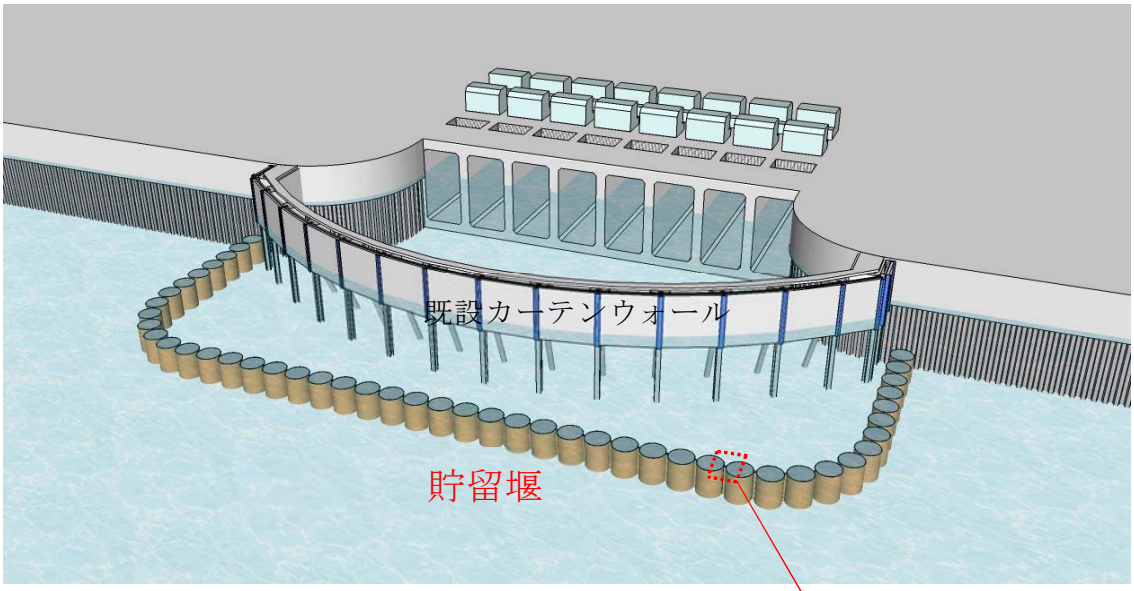



第 3－4－7 図　鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の防潮壁

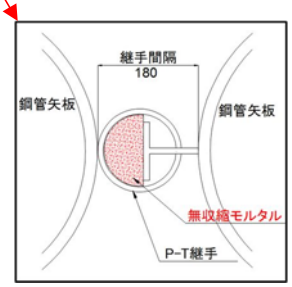
・貯留堰

第 3－4－8 図に貯留堰の概要図を示す。

貯留堰は鋼管矢板構造であり，線状構造物に分類される。各鋼管矢板は，継手部を介して隣接鋼管矢板により鋼管矢板の法線方向に拘束されており，法線方向の断面係数は，法線直角方向と比べて大きく，明確な強軸方向を示す。そのため，強軸方向の水平力により鋼管矢板に発生する曲げモーメントは比較的小さい。したがって，水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響は小さい。




第 3－4－8 図　貯留堰

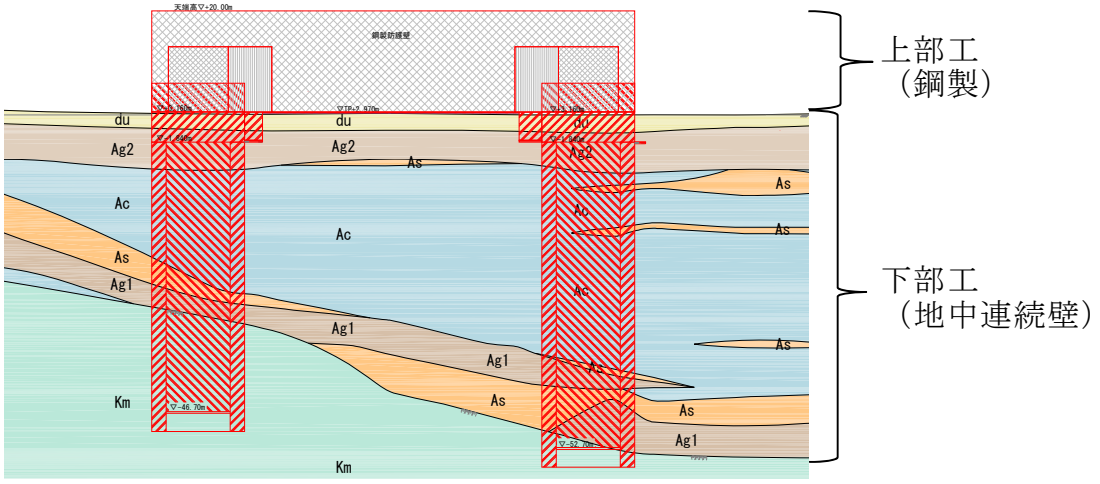


c) 地中連続壁基礎

・鋼製防護壁の下部工

第 3－4－9 図に鋼製防護壁の下部工の断面図を示す。

当該構造物の南北二つの下部工は，基礎深さ及び地盤条件が異なり３次元的に複雑な挙動をすることが考えられるため，水平２方向及び鉛直地震力の組合せの影響が想定される。

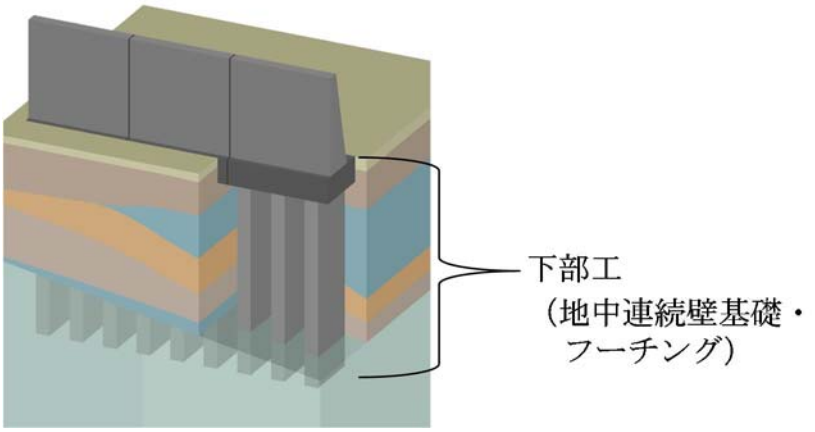



第 3－4－9 図　鋼製防護壁の下部工

・鉄筋コンクリート防潮壁の下部工

第 3－4－10 図に鉄筋コンクリート防潮壁の下部工の概要図を示す。

当該構造物の下部工は，上部工法線方向の水平地震力による動土圧及び動水圧と上部工からの荷重による発生応力，並びに上部工法線直角方向の水平地震力による動土圧及び動水圧による発生応力が足し合わされるため，水平２方向及び鉛直地震力の組合せの影響が想定される。

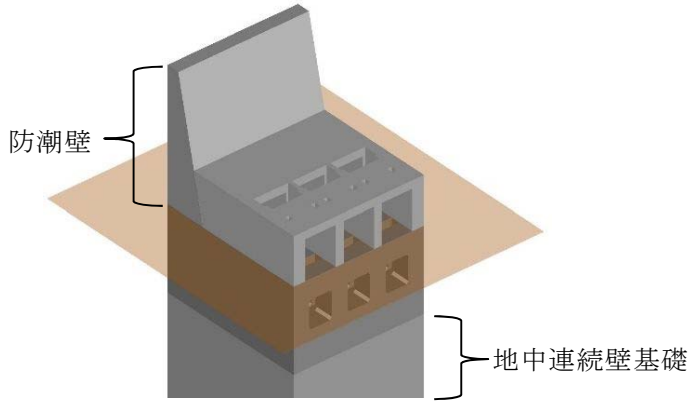



第 3－4－10 図　鉄筋コンクリート防潮壁の下部工

・鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の地中連続壁基礎

第 3－4－11 図に鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の地中連続壁基礎の概要図を示す。

当該構造物の地中連続壁基礎は，防潮壁法線方向の水平地震力による動土圧及び動水圧と防潮壁からの荷重による発生応力，並びに防潮壁法線直角方向の水平地震力による動土圧及び動水圧による発生応力が足し合わされるため，水平２方向及び鉛直地震力の組合せの影響が想定される。




第 3－4－11 図 鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)の地中連続壁基礎

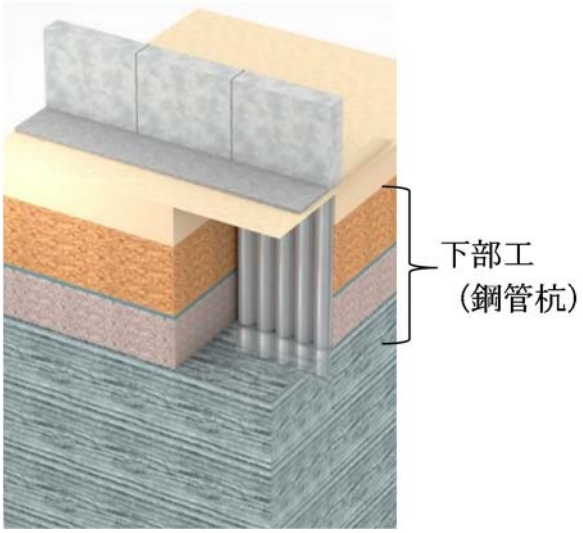
d)鋼管杭基礎

・鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の下部工

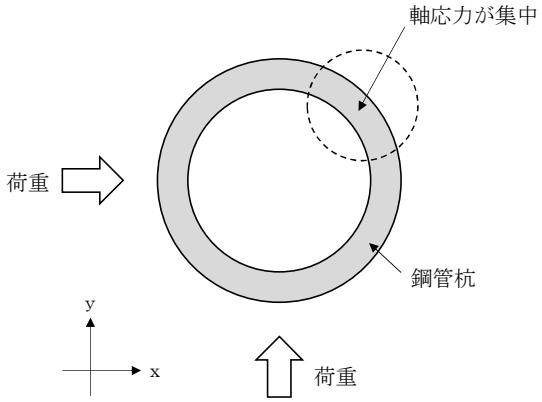
第 3－4－12 図に鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の下部工の概要図を示す。

鋼管杭基礎は，第 3－4－13 図に示すように水平 2 方向入力による応力の集中が考えられる。

当該構造物の鋼管杭は，上部工法線方向の水平地震力による動土圧及び動水圧と上部工からの荷重による発生応力，並びに上部工法線直角方向の水平地震力による動土圧及び動水圧による発生応力が足し合わされるため，水平２方向及び鉛直地震力の組合せの影響が想定される。




第 3－4－12 図　鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の下部工

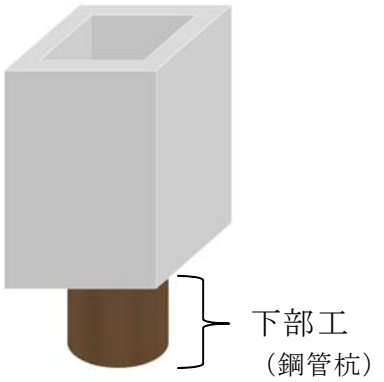



第 3－4－13 図　鋼管杭基礎に係る応答特性

・出口側集水桝の下部工

第 3－4－14 図に出口側集水桝の下部工の概要図を示す。

当該構造物の下部工（鋼管杭）も，互いに直交する方向の各水平地震力による動土圧及び動水圧と，上部工からの荷重による発生応力が足し合わされるため，第 3－4－13 図に示すように水平２方向及び鉛直地震力の組合せの影響が想定される。



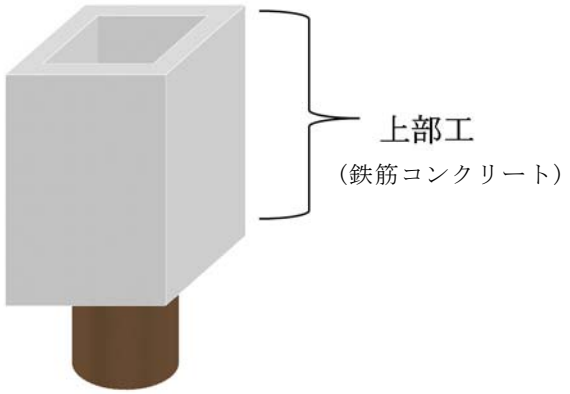

第 3－4－14 図　出口側集水桝の下部工

e)箱型構造物

・出口側集水桝の上部工

第 3－4－15 図に出口側集水桝の上部工の概要図を示す。

箱型構造物については，従来設計手法における評価対象断面に対して平行に配置される構造部材を有し，㋐動土圧及び動水圧による荷重が作用するため，水平２方向及び鉛直地震力の組合せの影響が想定される。




第 3－4－15 図　出口側集水桝の上部工

以上のことから，荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式として，鋼殻構造物，地中連続壁基礎，鋼管杭基礎及び箱型構造物を抽出する。

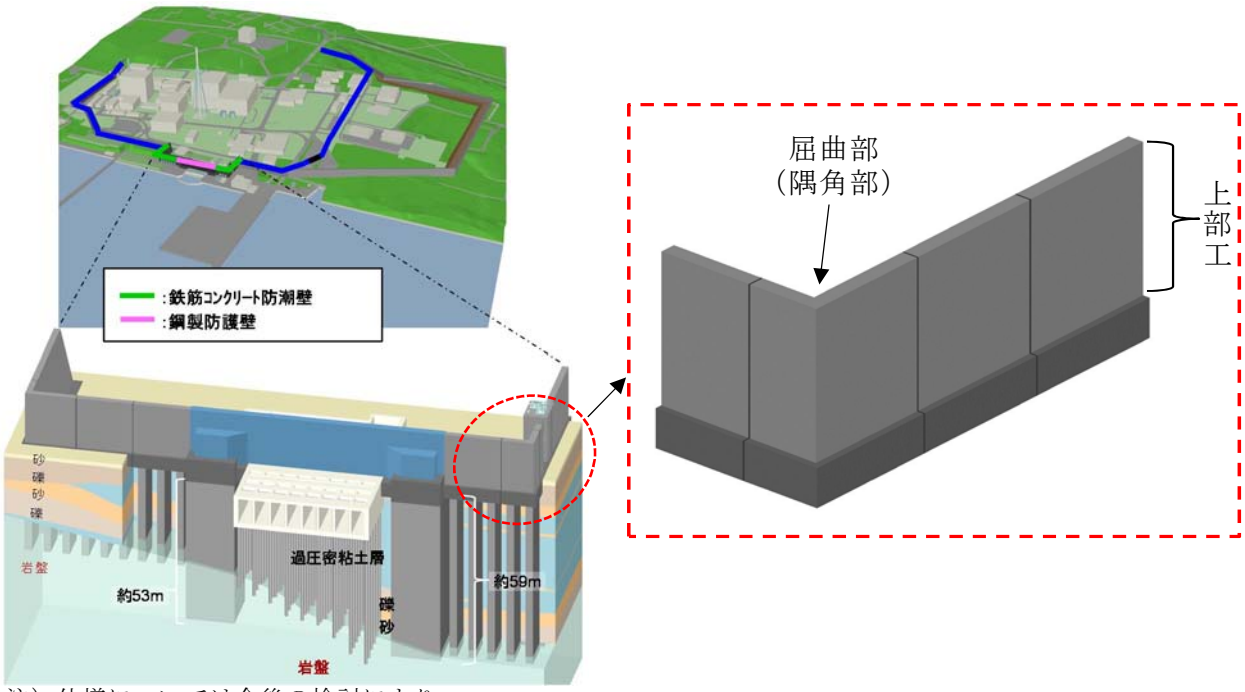
(4)　従来設計手法における評価対象断面以外の３次元的な応答特性が想定される箇所の抽出

(3)で抽出しなかった構造形式である線状構造物について，各構造物の構造等を考慮した上で，従来設計手法における評価対象断面以外の３次元的な応答特性が想定される箇所を抽出し，以下に示す。

a）鉄筋コンクリート防潮壁の上部工　【線状構造物】

第 3－4－16 図に鉄筋コンクリート防潮壁の上部工の概要図を示す。

当該構造物は，構造物の配置上，屈曲部（隅角部）を有する。線状構造物の屈曲部（隅角部）では，水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響として，弱軸方向のせん断変形や強軸方向の曲げ変形への影響が想定される。



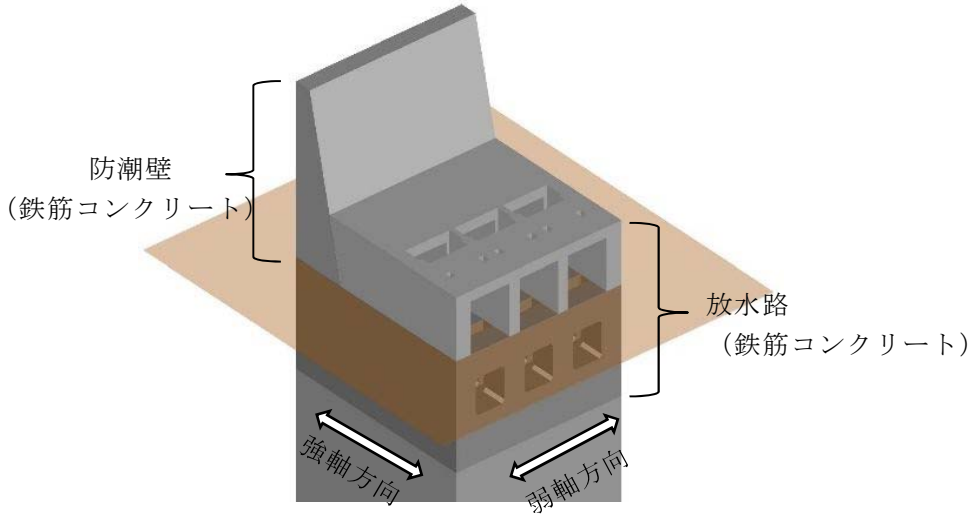

注）仕様については今後の検討により
変更の可能性がある。

第 3－4－16 図　鉄筋コンクリート防潮壁の上部工の屈曲部（隅角部）

b）鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の放水路　【線状構造物】

第 3－4－17 図に鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の放水路の概要図を示す。

当該構造物は，防潮壁から強軸方向の荷重を受ける。よって，水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響として，強軸方向の曲げ変形への影響が想定される。

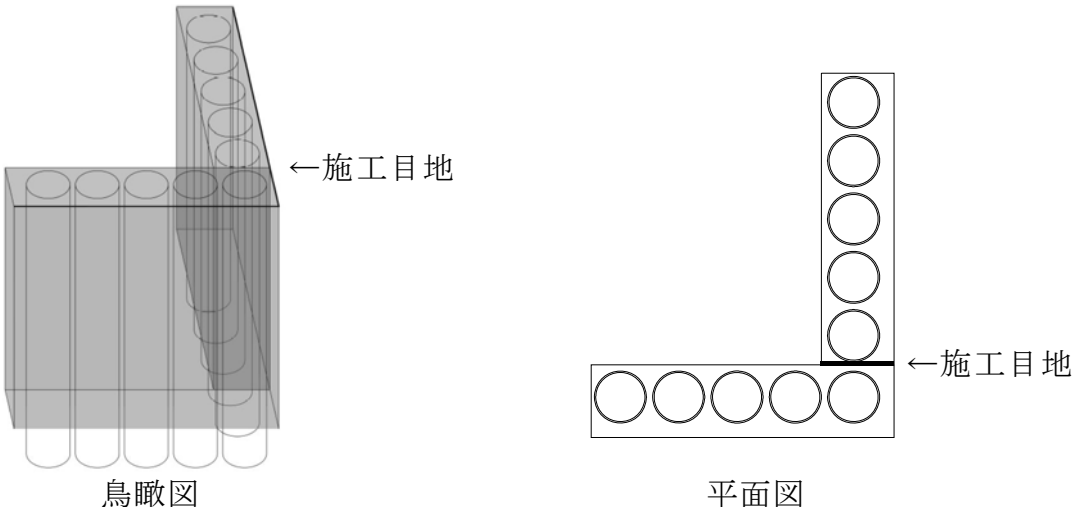



第 3－4－17 図　鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の放水路

c）鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の上部工　【線状構造物】

第 3－4－18 図に鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の上部工の概要図を示す。

当該構造物は，屈曲部（隅角部）に施工目地を設けるため，独立した線状構造物が接しているだけとなり，３次元的な応答特性は想定されない。よって，水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響はない。



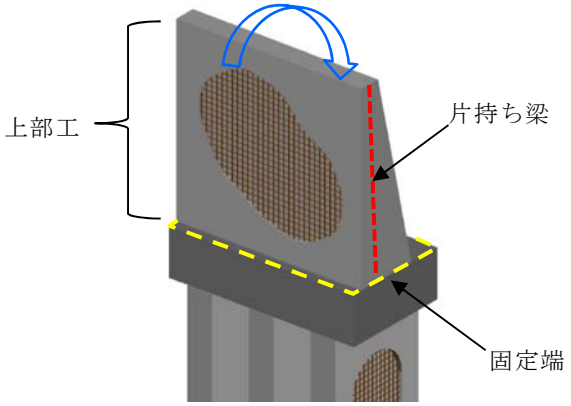

第 3－4－18 図　鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の上部工

以上のことから，鉄筋コンクリート防潮壁の上部工の屈曲部（隅角部）及び鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の放水路については，水平２方向地震力の組合せの影響を検討する。

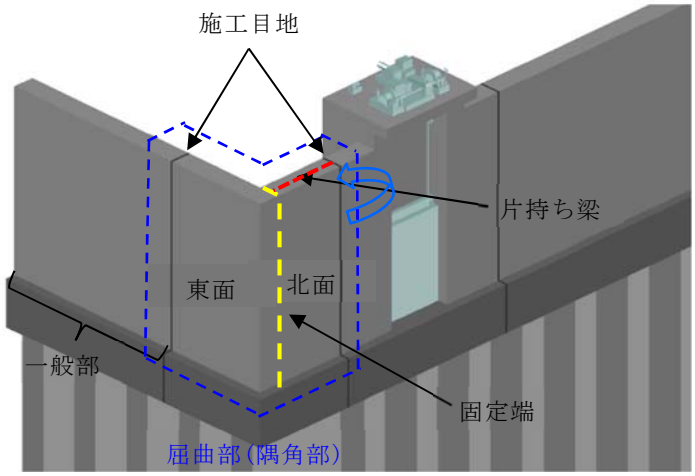
(5)　従来設計手法の妥当性の確認

i）鉄筋コンクリート防潮壁の上部工

鉄筋コンクリート防潮壁の上部工の設計において，一般部は第 3－4－19 図に示すように，フーチング側を固定端とする鉛直方向の片持ち梁として設計する。屈曲部（隅角部）の東面鉛直壁は一般部と同様に設計するが，屈曲部（隅角部）の北(南)面は第 3－4－20 図に示すように，東面鉛直壁を固定端とする水平方向の片持ち梁として設計する。したがって，屈曲部（隅角部）は水平 2 方向の荷重を組み合わせた設計となるため，水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価対象部位として抽出する。なお，片持ち梁モデルの妥当性については，静的三次元モデル解析を実施し確認する。




第 3－4－19 図　鉄筋コンクリート防潮壁の上部工［一般部］

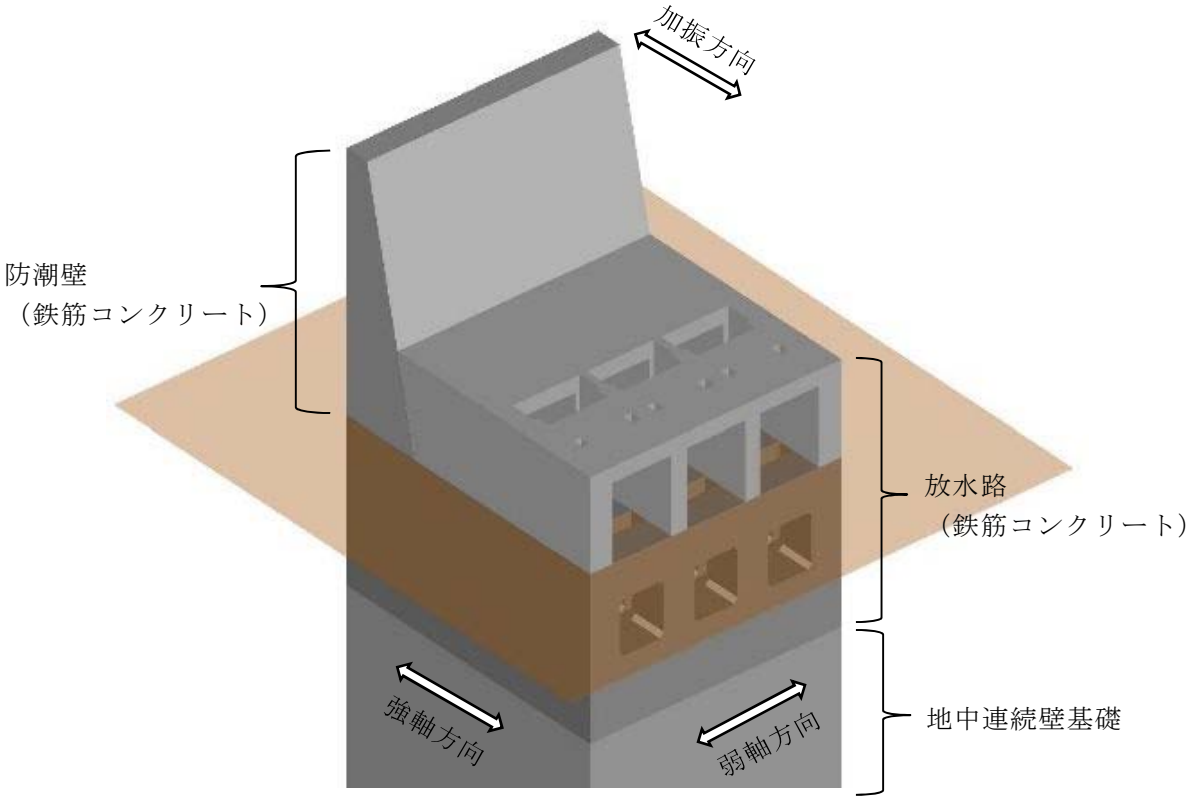



第 3－4－20 図　鉄筋コンクリート防潮壁の上部工［屈曲部（隅角部）］

ⅱ）鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の放水路

第 3－4－21 図に鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の放水路の概要図を示す。

鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の放水路の設計において，評価対象断面に直交する水平地震力については，カルバート構造物であるため，評価対象断面直交方向（強軸方向）には動土圧・動水圧はほとんど作用しない。しかしながら，放水路（カルバート）上に設置される防潮壁は，当該加振方向による水平地震力により慣性力を受けるため，下部の放水路（カルバート）に荷重が伝わり，強軸方向の曲げ変形への影響が想定される。したがって，水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価対象部位として抽出する。




第 3－4－21 図　鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の放水路

### 3.4.5　水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

3.4.4 の検討を踏まえ，水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を検討すべき構造物として，構造及び作用荷重の観点から，地中連続壁基礎，鋼管杭基礎，箱型構造物，線状構造物のうち鉄筋コンクリート防潮壁の上部工の屈曲部（隅角部）及び鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の放水路を抽出する。

なお，鋼殻構造物については，三次元解析を実施するため，ここでは対象外とする。

第 3－4－5 表に抽出した評価対象施設（構造物）を示す。

第 3－4－5 表　評価対象施設（構造物）の抽出結果

| 構造形式 | 施設（構造物）名称 | フロー※中の対応番号 |
|---|---|---|
| 地中連続壁基礎 | 鋼製防護壁の下部工 | ③ |
| | 鉄筋コンクリート防潮壁の下部工 | ③ |
| | 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の地中連続壁基礎 | ③ |
| 鋼管杭基礎 | 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の下部工 | ③ |
| | 出口側集水桝の下部工 | ③ |
| 箱型構造物 | 出口側集水桝の上部工 | ③ |
| 線状構造物 | 鉄筋コンクリート防潮壁の上部工の屈曲部(隅角部) | ⑤ |
| | 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の放水路 | ⑤ |

注）鋼殻構造物は三次元解析を実施するため対象外とする。　※第3－4－3図に示す影響評価フロー

3.4.6　水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価

(1)地中連続壁基礎，鋼管杭基礎，線状構造物のうち鉄筋コンクリート防潮壁の上部工の屈曲部（隅角部）

水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については，従来の設計手法である水平１方向及び鉛直方向地震力の組合せによる局部評価の荷重又は応力の評価結果等を用い，水平２方向及び鉛直方向地震力の組み合わせる方法として，米国 Regulatory Guide 1.92(注)の「2.Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として，組合せ係数法(1.0:0.4:0.4)に基づいて地震力を設定する。

評価対象として抽出した耐震評価上の部位について，構造部材の発生応力等を適切に組み合わせることで，各部位の設計上の許容値に対する評価を実施し，各部位が有する耐震性への影響を評価する。

(注)Regulatory Guide(RG) 1.92 “Combining modal responses and spatial components in seismic response analysis”

2)箱型構造物，鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の放水路

箱型構造物及び鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の放水路に対する水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については，箱型構造物及び放水路の弱軸方向（評価対象断面）と強軸方向（評価対象断面に直交する断面）におけるそれぞれの２次元の地震応答解析にて，互いに干渉し合う断面力や応力を選定し，弱軸方向加振における部材照査において，強軸方向加振の影響を考慮し評価する。

強軸方向加振については，構造物の隔壁・側壁が，強軸方向加振にて耐震壁としての役割を担うことから，当該構造部材を耐震壁と見なし，「鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説－許容応力度設計法－（日本建築学会，1999）（以下「ＲＣ基準」という。）に準拠し耐震評価を実施する。

ＲＣ基準では，耐震壁に生じるせん断力（面内せん断）に対して，コンクリートのみで負担できるせん断耐力と，鉄筋のみで負担できるせん断耐力のいずれか大きい方を鉄筋コンクリートのせん断耐力として設定する。したがって，壁部材の生じるせん断力がコンクリートのみで負担できるせん断力以下であれば，鉄筋によるせん断負担は無く鉄筋には応力が発生しないものとして取り扱う。

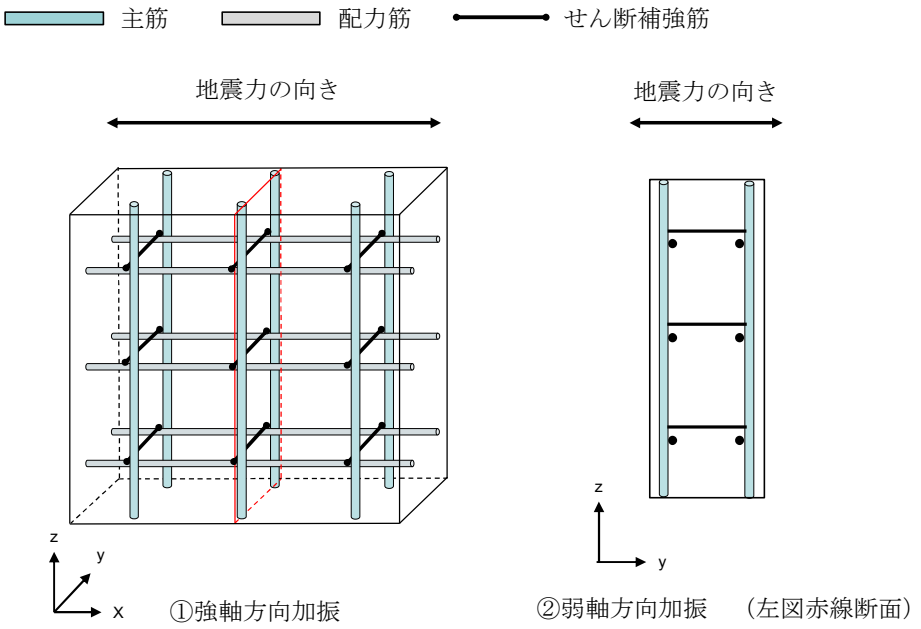
一方，強軸方向加振にて生じるせん断力を，構造物の隔壁・側壁のコンクリートのみで負担できず，鉄筋に負担させる場合，第 3－4－22 図に示すとおり，強軸方向加振にて発生する側壁・隔壁の主筋の発生応力が，弱軸方向における構造部材の照査に影響を及ぼす可能性がある。

したがって，水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価においては，強軸方向加振にて発生する応力を，弱軸方向における構造部材の照査に付加することで，その影響の有無を検討する。

なお，弱軸方向及び強軸方向の地震応答解析では，保守的に両方とも基

準地震動Ｓ$_s$を用いる。

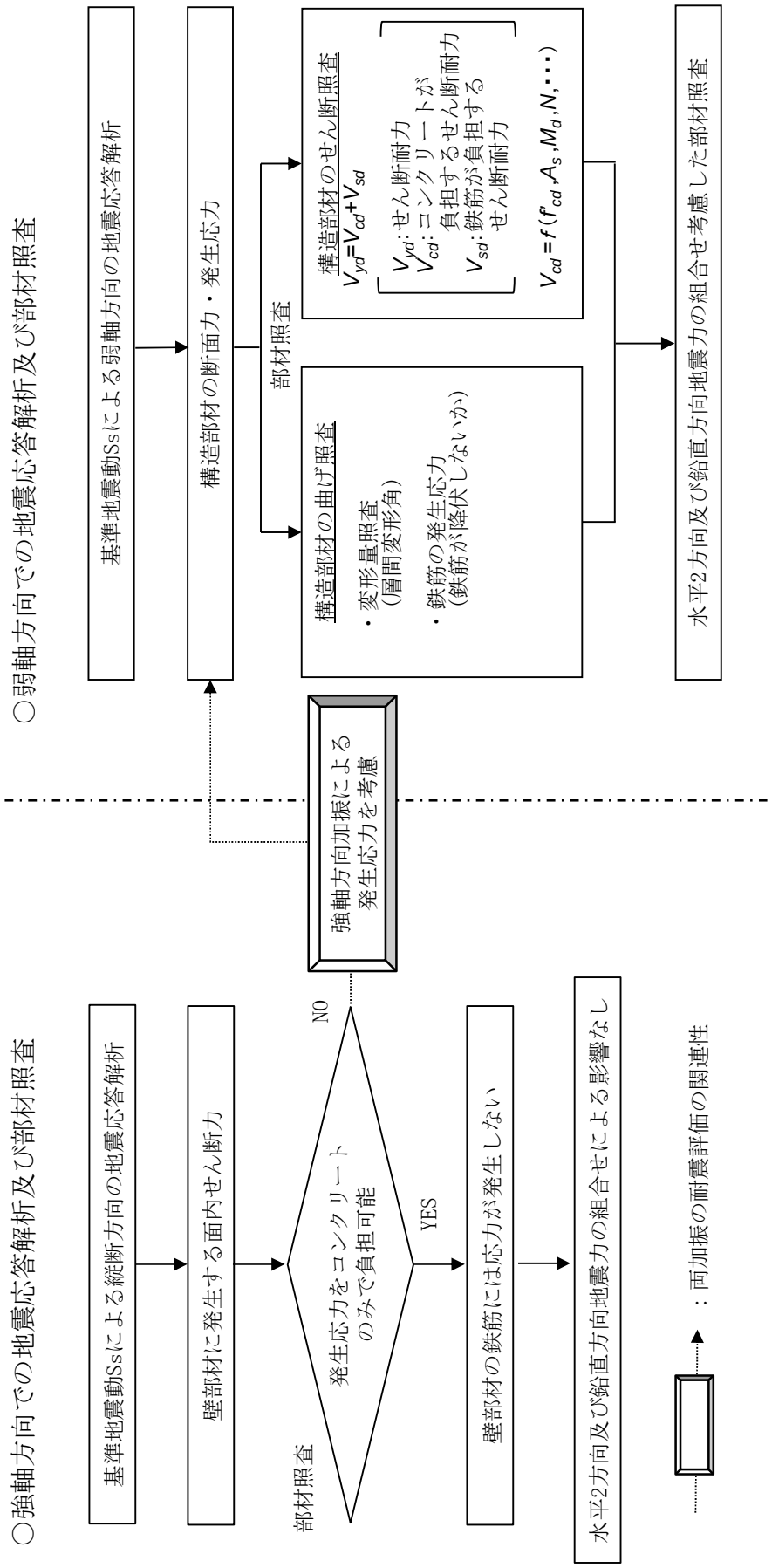
第3－4－23図に水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価フローを示す。




| | | ①強軸方向加振 | ②弱軸方向加振 | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| 断面力 | My（y軸まわりの曲げモーメント） | △ | × | |
| | Mx（x軸まわりの曲げモーメント） | × | ○ | |
| | Nz（鉛直方向軸力） | ○ | ○ | 互いに干渉する可能性あり |
| | Nzx（zx平面面内せん断） | ○ | × | |
| | Qz（z方向面外せん断） | × | ○ | |
| 応力 | 主筋 | ○ | ○ | 互いに干渉する可能性あり |
| | 配力筋 | ○ | × | |
| | せん断補強筋 | × | ○ | |

（○：発生する可能性あり，△：発生する可能性があるが極めて軽微，×：発生しない）

第3－4－22図　強軸方向加振及び弱軸方向加振において
発生する断面力・応力




第 3－4－23 図　水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価フロー

### 3.4.7　機器・配管系への影響評価

水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が確認された構造物が，耐震重要施設，常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系の間接支持構造物である場合，水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響を確認する。

水平２方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響が確認された場合，機器・配管系の影響評価に反映する。

なお，津波防護施設の影響の観点から抽出されなかった部位であっても，地震応答解析結果から機器・配管系への影響の可能性が想定される部位については検討対象として抽出する。

表１　構造強度評価

| 設備 | | 部位 | 応力分類 | ①-1　水平２方向の地震力の重複による影響の有無<br>（3.2.4項(1)に対応）<br>○：影響あり<br>△：影響軽微 | 影響軽微とした分類<br>A：水平２方向の地震力を受けた場合でも，構造により水平１方向の地震力しか負担しないもの<br>B：水平２方向の地震力を受けた場合，構造により最大応力の発生箇所が異なるもの<br>C：水平２方向の地震を組み合わせても１方向の地震による応力と同等といえるもの<br>D：従来評価にて，水平２方向の地震力を考慮しているもの | ①-1の影響有無の説明 | ①-2　水平２方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点（3.2.4項(2)に対応） | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | 振動モード及び新たな応力成分の発生有無<br>×：発生しない<br>○：発生する | 左記の振動モードの影響がないことの理由<br>新たな応力成分が発生しないことの理由 |
| 炉心支持構造物 | 炉心シュラウド | 下部胴 | 一次一般膜応力 | △ | B | 評価部位は円形の一様断面であることから，水平地震の方向毎に最大応力点が異なる。したがって，水平２方向の地震力を組み合わせた場合でも水平２方向の影響は軽微である。【補足説明資料３】 | × | － |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | △ | B | 同上 | | |
| | | | 支圧応力 | △ | C | 鉛直荷重のみ作用し，水平荷重が作用しないため，水平２方向入力の影響はない。 | × | － |
| | シュラウドサポート | レグ | 一次一般膜応力 | △ | B | 評価部位は円周配置であるため，水平地震の方向毎に最大応力点が異なる。したがって，水平２方向の地震力を組み合わせた場合でも水平２方向の影響は軽微である。【補足説明資料３】 | × | － |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | △ | B | 同上 | | |
| | | | 軸圧縮応力 | △ | B | 同上 | | |
| | | シリンダプレート<br>下部胴 | 一次一般膜応力 | △ | B | 評価部位は円形の一様断面であることから，水平地震の方向毎に最大応力点が異なる。したがって，水平２方向の地震力を組み合わせた場合でも水平２方向の影響は軽微である。【補足説明資料３】 | × | － |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | △ | B | 同上 | | |
| | 上部格子板 | グリッドプレート | 一次一般膜応力 | △ | B | 評価部位は格子構造であることから，水平地震の方向毎に最大応力点が異なる。したがって，水平２方向の地震力を組み合わせた場合でも水平２方向の影響は軽微である。 | × | － |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | △ | B | 同上 | | |
| | 炉心支持板 | 補強ビーム<br>支持板 | 一次一般膜応力 | △ | B | 水平地震の方向毎に最大応力点が異なる。したがって，水平２方向の地震力を組み合わせた場合でも水平２方向の影響は軽微である。 | × | － |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | △ | B | 同上 | | |
| | 燃料支持金具 | 中央燃料支持金具<br>周辺燃料支持金具 | 一次一般膜応力 | △ | B | 評価部位は円形の一様断面であることから，水平地震の方向毎に最大応力点が異なる。したがって，水平２方向の地震力を組み合わせた場合でも水平２方向の影響は軽微である。【補足説明資料３】 | × | － |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | △ | B | 同上 | | |
| | 制御棒案内管 | 下部溶接部 | 一次一般膜応力 | △ | B | 評価部位は円形の一様断面であることから，水平地震の方向毎に最大応力点が異なる。したがって，水平２方向の地震力を組み合わせた場合でも水平２方向の影響は軽微である。【補足説明資料３】 | × | － |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | △ | B | 同上 | | |
| 原子炉圧力容器 | 円筒胴<br>下鏡 | 炉心回り円筒胴<br>下鏡<br>下鏡と胴板の接合部<br>下鏡とスカートの接合部 | 一次一般膜応力 | △ | B | 評価部位は円形の一様断面であることから，水平地震の方向毎に最大応力点が異なる。したがって，水平２方向の地震力を組み合わせた場合でも水平２方向の影響は軽微である。【補足説明資料３】 | × | － |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | △ | B | 同上 | | |
| | | | 一次＋二次応力 | △ | B | 同上 | | |
| | | | 一次＋二次＋ピーク応力 | △ | B | 同上 | | |

※１　本表は，詳細設計時等の進捗に応じて見直しを行う。

| 設備 | | 部位 | 応力分類 | ①-1　水平２方向の地震力の重複による影響の有無<br>(3.2.4項(1)に対応)<br>○：影響あり<br>△：影響軽微 | 影響軽微とした分類<br>A：水平２方向の地震力を受けた場合でも，構造により水平１方向の地震力しか負担しないもの<br>B：水平２方向の地震力を受けた場合，構造により最大応力の発生箇所が異なるもの<br>C：水平２方向の地震を組み合わせても１方向の地震による応力と同等といえるもの<br>D：従来評価にて，水平２方向の地震力を考慮しているもの | ①-1の影響有無の説明 | ①-2　水平２方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点（3.2.4項(2)に対応） | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | 振動モード及び新たな応力成分の発生有無<br>×：発生しない<br>○：発生する | 左記の振動モードの影響がないことの理由<br>新たな応力成分が発生しないことの理由 |
| 原子炉圧力容器 | 制御棒駆動機構ハウジング貫通部 | スタブチューブハウジング | 一次一般膜応力 | △ | B | 評価部位は円形の一様断面であることから，水平地震の方向毎に最大応力点が異なる。したがって，水平２方向の地震力を組み合わせた場合でも水平２方向の影響は軽微である。【補足説明資料３】 | × | － |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | △ | B | 同上 | | |
| | | | 一次＋二次応力 | △ | B | 同上 | | |
| | | | 一次＋二次＋ピーク応力 | △ | B | 同上 | | |
| | | | 座屈（軸圧縮） | △ | B | 同上 | | |
| | 中性子計測ハウジング貫通部 | ハウジング | 一次一般膜応力 | △ | B | 評価部位は円形の一様断面であることから，水平地震の方向毎に最大応力点が異なる。したがって，水平２方向の地震力を組み合わせた場合でも水平２方向の影響は軽微である。【補足説明資料３】 | × | － |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | △ | B | 同上 | | |
| | | | 一次＋二次応力 | △ | B | 同上 | | |
| | | | 一次＋二次＋ピーク応力 | △ | B | 同上 | | |
| | ノズル | 各部位 | 一次一般膜応力 | ○ | － | 評価においては３次元的に配置されている接続配管の応答を使用しており，接続配管において地震入力方向に対する直角方向の応答が生じるため，水平２方向入力の影響がある。 | ○ | 3次元はりモデルの応答解析結果（配管反力）を用い，耐震評価を実施している。 |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | ○ | － | 同上 | | |
| | | | 一次＋二次応力 | ○ | － | 同上 | | |
| | | | 一次＋二次＋ピーク応力 | ○ | － | 同上 | | |
| | ブラケット類 | 原子炉圧力容器スタビライザブラケット | 一次一般膜応力 | △ | C | 水平方向の地震荷重を分散して負担する多角形配置の構造となっているため，水平２方向の地震荷重が同時に作用した場合においても方向毎にその地震荷重は分担される。したがって，水平２方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料１】 | × | － |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | △ | C | 同上 | | |
| | | 蒸気乾燥器支持ブラケット | 一次一般膜応力 | △ | D | 水平２方向入力時の地震力を4つのブラケットのうち2つで分担した荷重を方向毎に考慮した評価を行っている。【補足説明資料２】 | × | － |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | △ | D | 同上 | | |
| | | 炉心スプレイブラケット | 一次一般膜応力 | ○ | － | 評価においては３次元的に配置されている炉内配管の応答を使用しており，炉内配管において地震入力方向に対する直交方向の応答が生じるため，水平２方向入力の影響がある。 | × | － |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | ○ | － | 同上 | | |

| 設備 | | 部位 | 応力分類 | ①-1　水平２方向の地震力の重複による影響の有無<br>(3.2.4項(1)に対応)<br>○：影響あり<br>△：影響軽微 | 影響軽微とした分類<br>A：水平２方向の地震力を受けた場合でも，構造により水平１方向の地震力しか負担しないもの<br>B：水平２方向の地震力を受けた場合，構造により最大応力の発生箇所が異なるもの<br>C：水平２方向の地震を組み合わせても１方向の地震による応力と同等といえるもの<br>D：従来評価にて，水平２方向の地震力を考慮しているもの | ①-1の影響有無の説明 | ①-2　水平２方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点（3.2.4項(2)に対応） | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | 振動モード及び新たな応力成分の発生有無<br>×：発生しない<br>○：発生する | 左記の振動モードの影響がないことの理由<br>新たな応力成分が発生しないことの理由 |
| 原子炉圧力容器 | ブラケット類 | 給水スパージャブラケット | 一次一般膜応力 | ○ | － | 評価においては３次元的に配置されている炉内配管の応答を使用しており，炉内配管において地震入力方向に対する直交方向の応答が生じるため，水平２方向入力の影響がある。 | × | － |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | ○ | － | 同上 | | |
| | | | 純せん断応力 | ○ | － | 同上 | | |
| 原子炉圧力容器支持構造物 | 支持スカート | スカート | 一次一般膜応力 | △ | B | 評価部位は円形の一様断面であることから，水平地震の方向毎に最大応力点が異なる。したがって，水平２方向の地震力を組み合わせた場合でも水平２方向の影響は軽微である。【補足説明資料３】 | × | － |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | △ | B | 同上 | | |
| | | | 一次＋二次応力 | △ | B | 同上 | | |
| | | | 一次＋二次＋ピーク応力 | △ | B | 同上 | | |
| | | | 座屈（軸圧縮） | △ | B | 同上 | | |
| | 原子炉圧力容器基礎ボルト | 基礎ボルト | 引張応力 | △ | B | ボルトは円周状に配置され，水平地震の方向毎に最大応力の発生点が異なる。したがって水平２方向の影響は軽微である。 | × | － |
| | | | せん断応力 | △ | C | 水平２方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果，水平２方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより，影響は軽微である。 | | |
| | | | 組合せ応力 | △ | C | 上記の引張応力及びせん断応力は，水平２方向の影響が軽微のため，組合せ応力も水平２方向の影響は軽微である。 | | |
| 原子炉圧力容器付属構造物 | 格納容器スタビライザ<br>原子炉圧力容器スタビライザ | トラス<br>ロッド<br>ディスクスプリング<br>支持板 | 引張応力 | △ | C | 水平方向の地震荷重を分散して負担する多角形配置の構造となっているため，水平２方向の地震荷重が同時に作用した場合においても方向毎にその地震荷重は分担される。したがって，水平２方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料１】 | × | － |
| | | | せん断応力 | △ | C | 同上 | | |
| | | | 圧縮応力 | △ | C | 同上 | | |
| | | | 曲げ応力 | △ | C | 同上 | | |
| | | | 組合せ応力 | △ | C | 同上 | | |
| | 制御棒駆動機構ハウジングレストレイントビーム | レストレイントビーム | せん断応力 | △ | B | 水平方向地震が作用する際に，加振軸上に最大応力が発生する。水平２方向の地震力が同時に作用した場合においても，それぞれの方向の加振軸上に最大応力が発生する。したがって，水平２方向入力の影響は軽微である。 | × | － |
| | | | 圧縮応力 | △ | B | 同上 | | |
| | | | 曲げ応力 | △ | B | 同上 | | |

| 設備 | | 部位 | 応力分類 | ①-1　水平２方向の地震力の重複による影響の有無<br>(3.2.4項(1)に対応)<br>○：影響あり<br>△：影響軽微 | 影響軽微とした分類<br>A：水平２方向の地震力を受けた場合でも，構造により水平１方向の地震力しか負担しないもの<br>B：水平２方向の地震力を受けた場合，構造により最大応力の発生箇所が異なるもの<br>C：水平２方向の地震を組み合わせても１方向の地震による応力と同等といえるもの<br>D：従来評価にて，水平２方向の地震力を考慮しているもの | ①-1の影響有無の説明 | ①-2　水平２方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点（3.2.4項(2)に対応） | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | 振動モード及び新たな応力成分の発生有無<br>×：発生しない<br>○：発生する | 左記の振動モードの影響がないことの理由<br>新たな応力成分が発生しないことの理由 |
| 原子炉圧力容器内部構造物 | 蒸気乾燥器ユニット | ユニット | 一次一般膜応力 | △ | C | 従来評価で評価が厳しくなる方向に地震荷重を与えているため，水平２方向入力を考慮しても水平１方向の地震荷重と同等となる。したがって水平２方向の影響は軽微である。 | × | － |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | △ | C | 同上 | | |
| | | 耐震用ブロック | せん断応力 | △ | D | 地震の水平力は４箇所の耐震用ブロックのうち相対する２箇所で受けるものとして評価しているが，水平２方向入力では４箇所の耐震用ブロックに荷重が分担されるため，水平２方向入力の影響は軽微である。 | × | － |
| | 気水分離器及びスタンドパイプ<br>シュラウドヘッド<br>中性子束案内管 | 各部位 | 一次一般膜応力 | △ | B | 評価部位は円形の一様断面であることから，水平地震の方向毎に最大応力点が異なる。したがって，水平２方向の地震力を組み合わせた場合でも水平２方向の影響は軽微である。【補足説明資料３】 | × | － |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | △ | B | 同上 | | |
| | スパージャ<br>炉内配管 | 各部位 | 一次一般膜応力 | ○ | － | ３次元的に配置されているため，水平それぞれの方向の地震力に対し，各方向で応力が発生する。したがって，水平２方向入力の影響がある。 | ○ | 従来より，3次元はりモデルの応答解析結果を用い，耐震評価を実施しており，ねじれる状態についても耐震評価に用いる同種の荷重として算出される。 |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | ○ | － | 同上 | | |
| 使用済燃料貯蔵ラック<br>(共通ベース含む) | | ラック部材 | 引張応力 | ○ | － | 水平それぞれの方向における評価において，最大応力発生箇所は異なるものの，円形状の一様断面でないため，発生応力は積算される。したがって，水平２方向入力の影響がある。 | ○ | 3次元FEMモデルを作成し，耐震評価を実施している。 |
| | | | せん断応力 | ○ | － | 同上 | | |
| | | | 組合せ応力 | ○ | － | 同上 | | |
| | | 基礎ボルト<br>ラック取付ボルト | 引張応力 | △ | C | ボルトは矩形配置であり，水平２方向の入力によるで対角方向への転倒を想定し検討した結果，水平２方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより，影響は軽微である。【補足説明資料６】 | × | － |
| | | | せん断応力 | △ | C | 水平２方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果，水平２方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより，影響は軽微となる。【補足説明資料６】 | | |
| | | | 組合せ応力 | △ | C | 上記の引張応力及びせん断応力は，水平２方向の影響が軽微のため，組合せ応力も水平２方向の影響は軽微である。 | | |
| 四脚たて置き円筒形容器 | | 胴板 | 一次一般膜応力 | ○ | － | 評価点が脚付根部等の局所であり、1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じることから、2方向入力の影響がある。 | × | － |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | ○ | － | 同上 | | |
| | | | 一次＋二次応力 | ○ | － | 同上 | | |
| | | 脚 | 組合せ応力 | ○ | － | 評価点が脚付根部等の局所であり、1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じることから、2方向入力の影響がある。 | | |

| 設備 | 部位 | 応力分類 | ①-1　水平２方向の地震力の重複による影響の有無<br>(3.2.4項(1)に対応)<br>○：影響あり<br>△：影響軽微 | 影響軽微とした分類<br>A：水平２方向の地震力を受けた場合でも，構造により水平１方向の地震力しか負担しないもの<br>B：水平２方向の地震力を受けた場合，構造により最大応力の発生箇所が異なるもの<br>C：水平２方向の地震を組み合わせても１方向の地震による応力と同等といえるもの<br>D：従来評価にて，水平２方向の地震力を考慮しているもの | ①-1の影響有無の説明 | ①-2　水平２方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点（3.2.4項(2)に対応） | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 振動モード及び新たな応力成分の発生有無<br>×：発生しない<br>○：発生する | 左記の振動モードの影響がないことの理由<br>新たな応力成分が発生しないことの理由 |
| 四脚たて置き円筒形容器 | 基礎ボルト | 引張応力 | ○ | － | 1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じることから、2方向入力の影響がある。 | × | － |
| | | せん断応力 | △ | C | 水平２方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果，水平２方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより，影響は軽微である。【補足説明資料６】 | | |
| | | 組合せ応力 | ○ | — | 1方向の地震においても軸直角方向の評価点へも影響が生じることから、2方向入力の影響がある。 | | |
| 横置円筒形容器 | 胴板 | 一次一般膜応力 | △ | A | 水平２方向が同時に作用した場合においても，強軸と弱軸の関係が明確であり，斜め方向に変形するのではなく，支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため，最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。 | × | － |
| | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | △ | A | 同上 | | |
| | | 一次＋二次応力 | △ | A | 同上 | | |
| | 脚 | 組合せ応力 | △ | A | 水平２方向が同時に作用した場合においても，強軸と弱軸の関係が明確であり，斜め方向に変形するのではなく，支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため，最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。 | | |
| | 基礎ボルト | 引張応力 | △ | A | 水平２方向が同時に作用した場合においても，強軸と弱軸の関係が明確であり，斜め方向に変形するのではなく，支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため，最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。 | | |
| | | せん断応力 | △ | C | 水平２方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果，水平２方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより，影響は軽微である。【補足説明資料６】 | | |
| | | 組合せ応力 | △ | C | 上記の引張応力及びせん断応力は，水平２方向の影響が軽微のため，組合せ応力も水平２方向の影響は軽微である。 | | |
| 立形ポンプ | コラムパイプ<br>バレルケーシング | 一次一般膜応力 | △ | B | 評価部位は円形の一様断面であることから，水平地震の方向毎に最大応力点が異なる。したがって，水平２方向の地震力を組み合わせた場合でも水平２方向の影響は軽微である。【補足説明資料３】 | ○ | 現在考慮しているX，Y方向振動モードではねじれ振動は現れない。よって，ねじれ振動モードが高次にて現れる可能性はあるが，有意な応答ではないため，影響がないと考えられる。 |
| | 基礎ボルト<br>取付ボルト | 引張応力 | △ | B | ボルトは円周状に配置され，水平地震の方向毎に最大応力の発生点が異なる。したがって水平２方向の影響は軽微である。 | | |
| | | せん断応力 | △ | C | 水平２方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果，水平２方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより，影響は軽微である。 | | |
| | | 組合せ応力 | △ | C | 上記の引張応力及びせん断応力は，水平２方向の影響が軽微のため，組合せ応力も水平２方向の影響は軽微である。 | | |
| ECCSストレーナ | 各部位（ボルト以外） | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | △ | D | 水平２方向の組合せを考慮した評価を実施している。 | × | － |
| | ボルト | 引張応力 | △ | D | 同上 | | |
| 横形ポンプ<br>ポンプ駆動用タービン<br>海水ストレーナ<br>空調ファン<br>空調ユニット<br>空気圧縮機 | 基礎ボルト<br>取付ボルト | 引張応力 | △ | C | ボルトは矩形配置であり，水平２方向の入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果，水平２方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより，影響は軽微である。【補足説明資料６】 | × | － |
| | | せん断応力 | △ | C | 水平２方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果，水平２方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより，影響は軽微となる。【補足説明資料６】 | | |
| | | 組合せ応力 | △ | C | 上記の引張応力及びせん断応力は，水平２方向の影響が軽微のため，組合せ応力も水平２方向の影響は軽微である。 | | |

| 設備 | 部位 | 応力分類 | ①-1　水平２方向の地震力の重複による影響の有無<br>(3.2.4項(1)に対応)<br>○：影響あり<br>△：影響軽微 | 影響軽微とした分類<br>A：水平２方向の地震力を受けた場合でも，構造により水平１方向の地震力しか負担しないもの<br>B：水平２方向の地震力を受けた場合，構造により最大応力の発生箇所が異なるもの<br>C：水平２方向の地震を組み合わせても１方向の地震による応力と同等といえるもの<br>D：従来評価にて，水平２方向の地震力を考慮しているもの | ①-1の影響有無の説明 | ①-2　水平２方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点（3.2.4項(2)に対応） | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 振動モード及び新たな応力成分の発生有無<br>×：発生しない<br>○：発生する | 左記の振動モードの影響がないことの理由<br>新たな応力成分が発生しないことの理由 |
| 水圧制御ユニット | フレーム | 引張応力 | ○ | － | 非対象構造であるため３次元モデルを用いた解析を行っており，水平地震力に対する発生応力が入力方向毎に異なる。したがって，水平２方向入力の影響がある。 | ○ | 3次元のモデルを用いた解析により，従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。 |
| | | せん断応力 | ○ | － | 同上 | | |
| | | 圧縮応力 | ○ | － | 同上 | | |
| | | 曲げ応力 | ○ | － | 同上 | | |
| | | 組合せ応力 | ○ | － | 同上 | | |
| | 取付ボルト | 引張応力 | ○ | － | 非対象構造であるため３次元モデルを用いた解析を行っており，水平地震力に対する発生応力が入力方向毎に異なる。したがって，水平２方向入力の影響がある。 | | |
| | | せん断応力 | ○ | － | 同上 | | |
| | | 組合せ応力 | ○ | － | 同上 | | |
| 平底たて置円筒容器 | 胴板 | 一次一般膜応力 | △ | B | 評価部位は円形の一様断面であることから，水平地震の方向毎に最大応力点が異なる。したがって，水平２方向の地震力を組み合わせた場合でも水平２方向の影響は軽微である。【補足説明資料３】 | × | － |
| | | 一次＋二次応力 | △ | B | 同上 | | |
| | 基礎ボルト | 引張応力 | △ | B | ボルトは円周状に配置され，水平地震の方向毎に最大応力の発生点が異なる。したがって水平２方向の影響は軽微である。 | | |
| | | せん断応力 | △ | C | 水平２方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果，水平２方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより，影響は軽微である。 | | |
| | | 組合せ応力 | △ | C | 上記の引張応力及びせん断応力は，水平２方向の影響が軽微のため，組合せ応力も水平２方向の影響は軽微である。 | | |
| 核計装設備 | 各部位 | 一次一般膜応力 | △ | B | 評価部位は円形の一様断面であることから，水平地震の方向毎に最大応力点が異なる。したがって，水平２方向の地震力を組み合わせた場合でも水平２方向の影響は軽微である。【補足説明資料３】 | × | － |
| | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | △ | B | 同上 | | |
| 伝送器（壁掛） | 取付ボルト | 引張応力 | ○ | － | 水平２方向入力の影響がある。 | × | － |
| | | せん断応力 | △ | A | 水平1方向及び鉛直方向の地震力のみを負担し，他の水平方向の地震力は負担しないため，水平２方向入力の影響は軽微である。 | | |
| | | 組合せ応力 | ○ | － | 水平２方向入力の影響がある。 | | |
| 伝送器（円形壁掛） | 取付ボルト | 引張応力 | △ | A | 水平1方向及び鉛直方向の地震力のみを負担し，他の水平方向の地震力は負担しないため，水平２方向入力の影響は軽微である。 | × | － |

| 設備 | | 部位 | 応力分類 | ①-1　水平２方向の地震力の重複による影響の有無<br>(3.2.4項(1)に対応)<br>○：影響あり<br>△：影響軽微 | 影響軽微とした分類<br>A：水平２方向の地震力を受けた場合でも，構造により水平１方向の地震力しか負担しないもの<br>B：水平２方向の地震力を受けた場合，構造により最大応力の発生箇所が異なるもの<br>C：水平２方向の地震を組み合わせても１方向の地震による応力と同等といえるもの<br>D：従来評価にて，水平２方向の地震力を考慮しているもの | ①-1の影響有無の説明 | ①-2　水平２方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点（3.2.4項(2)に対応） | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | 振動モード及び新たな応力成分の発生有無<br>×：発生しない<br>○：発生する | 左記の振動モードの影響がないことの理由<br>新たな応力成分が発生しないことの理由 |
| 伝送器（円形吊下） | | 取付ボルト | 引張応力 | △ | C | 鉛直荷重のみ作用し，水平荷重が作用しないため，水平２方向の影響はない。 | × | － |
| 制御盤 | | 取付ボルト | 引張応力 | △ | C | ボルトは矩形配置であり，水平２方向の入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果，水平２方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより，影響は軽微である。【補足説明資料６】 | × | － |
| | | | せん断応力 | △ | C | 水平２方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果，水平２方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより，影響は軽微となる。【補足説明資料６】 | | |
| | | | 組合せ応力 | △ | C | 上記の引張応力及びせん断応力は，水平２方向の影響が軽微のため，組合せ応力も水平２方向の影響は軽微である。 | | |
| 原子炉格納容器 | サプレッションチェンバ底部ライナ | ライナプレート<br>リングガータ部 | 圧縮ひずみ | ○ | － | 水平２方向入力の影響がある。 | × | － |
| | | | 引張ひずみ | ○ | － | 同上 | | |
| | ドライウェルトップヘッド | 頂部<br>不連続部<br>フランジ付根部 | 一次一般膜応力 | △ | B | 評価部位は円形の一様断面であることから，水平地震の方向毎に最大応力点が異なる。したがって，水平２方向の地震力を組み合わせた場合でも水平２方向の影響は軽微である。【補足説明資料３】 | × | － |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | △ | B | 同上 | | |
| | | | 一次＋二次応力 | △ | B | 同上 | | |
| | ドライウエル円錐部及びサプレッションチェンバ円筒部シェル部及びサンドクッション部 | 各部位 | 一次一般膜応力 | △ | B | 評価部位は円形の一様断面であることから，水平地震の方向毎に最大応力点が異なる。したがって，水平２方向の地震力を組み合わせた場合でも水平２方向の影響は軽微である。【補足説明資料３】 | × | － |
| | | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | △ | B | 同上 | | |
| | | | 一次＋二次応力 | △ | B | 同上 | | |
| | ドライウエルビームシート | 各部位 | 引張応力 | △ | C | 多角形配置により水平地震力は分担されるため，水平２方向入力の影響は軽微である。 | × | － |
| | | | せん断応力 | △ | C | 同上 | | |
| | | | 圧縮応力 | △ | C | 同上 | | |
| | | | 曲げ応力 | △ | C | 同上 | | |
| | | | 組合せ応力 | △ | C | 同上 | | |
| | | ビームシート | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | △ | C | 多角形配置により水平地震力は分担されるため，水平２方向入力の影響は軽微である。 | | |
| | | | 一次＋二次応力 | △ | C | 同上 | | |

| 設備 | | 部位 | 応力分類 | ①-1　水平２方向の地震力の重複による影響の有無<br>（3.2.4項(1)に対応）<br>○：影響あり<br>△：影響軽微 | 影響軽微とした分類<br>A：水平２方向の地震力を受けた場合でも，構造により水平１方向の地震力しか負担しないもの<br>B：水平２方向の地震力を受けた場合，構造により最大応力の発生箇所が異なるもの<br>C：水平２方向の地震を組み合わせても１方向の地震による応力と同等といえるもの<br>D：従来評価にて，水平２方向の地震力を考慮しているもの | ①-1の影響有無の説明 | ①-2　水平２方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点（3.2.4項(2)に対応） | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | 振動モード及び新たな応力成分の発生有無<br>×：発生しない<br>○：発生する | 左記の振動モードの影響がないことの理由<br>新たな応力成分が発生しないことの理由 |
| 原子炉格納容器 | ドライウエル上部シアラグ及びスタビライザ<br>ドライウエル下部シアラグ及びスタビライザ | 各部位 | 引張応力 | △ | C | 水平方向の地震荷重を分散して負担する多角形配置の構造となっているため，水平２方向の地震荷重が同時に作用した場合においても方向毎にその地震荷重は分担される。したがって，水平２方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料１】 | × | － |
| | | | せん断応力 | △ | C | 同上 | | |
| | | | 曲げ応力 | △ | C | 同上 | | |
| | | | 組合せ応力 | △ | C | 同上 | | |
| | | 上部シアラグと格納容器胴との接合部<br>下部シアラグと格納容器胴との接合部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | △ | C | 水平方向の地震荷重を分散して負担する多角形配置の構造となっているため，水平２方向の地震荷重が同時に作用した場合においても方向毎にその地震荷重は分担される。したがって，水平２方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料１】 | | |
| | | | 一次＋二次応力 | △ | C | 同上 | | |
| | ドライウエルスプレイヘッダ | 案内管直管部<br>案内管エルボ部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | ○ | － | ３次元的に配置されているため，水平地震力に対する発生応力が入力方向毎に異なる。したがって，水平２方向入力の影響がある。 | × | － |
| | | | 一次＋二次応力 | ○ | － | 同上 | | |
| | パーソナルエアロック<br>イクイプメントハッチ<br>サプレッションチェンバ・アクセスハッチ | パーソナルエアロック（イクイプメントハッチ，サプレッションチェンバアクセスハッチ）本体と補強板との接合部<br>補強板と格納容器胴一般部との接合部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | ○ | － | 評価部位は水平地震力に対する発生応力が入力方向毎に異なる。したがって，水平２方向入力の影響がある。 | × | － |
| | | | 一次＋二次応力 | ○ | － | 同上 | | |
| | 原子炉格納容器胴アンカー部 | 各部位 | 引張応力 | △ | B | 評価部位は円周上に配置されていることから，水平地震の方向毎に最大応力点が異なる。従って，水平２方向入力の影響は軽微である。 | × | － |
| | | | 曲げ応力 | △ | B | 同上 | | |
| | | | 圧縮応力 | △ | B | 同上 | | |
| | | | 組合せ応力 | △ | B | 同上 | | |
| | | コンクリート | せん断応力度 | △ | B | 評価部位は円周上に配置されていることから，水平地震の方向毎に最大応力点が異なる。従って，水平２方向入力の影響は軽微である。 | | |
| | 原子炉格納容器配管貫通部 | 原子炉格納容器胴とスリーブ接合部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | ○ | － | 評価部位は水平地震力に対する発生応力が入力方向毎に異なる。したがって，水平２方向入力の影響がある。 | ○ | ３次元はりモデルの応答解析結果（配管反力）を用い，耐震評価を実施している。 |
| | | | 一次＋二次応力 | ○ | － | 同上 | | |
| | 原子炉格納容器電気配線貫通部 | スリーブ付根部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | △ | D | 水平２方向を考慮した評価を実施している。 | × | － |

| 設備 | 部位 | 応力分類 | ①-1　水平２方向の地震力の重複による影響の有無<br>(3.2.4項(1)に対応)<br>○：影響あり<br>△：影響軽微 | 影響軽微とした分類<br>A：水平２方向の地震力を受けた場合でも，構造により水平１方向の地震力しか負担しないもの<br>B：水平２方向の地震力を受けた場合，構造により最大応力の発生箇所が異なるもの<br>C：水平２方向の地震を組み合わせても１方向の地震による応力と同等といえるもの<br>D：従来評価にて，水平２方向の地震力を考慮しているもの | ①-1の影響有無の説明 | ①-2　水平２方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点（3.2.4項(2)に対応） | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 振動モード及び新たな応力成分の発生有無<br>×：発生しない<br>○：発生する | 左記の振動モードの影響がないことの理由<br>新たな応力成分が発生しないことの理由 |
| 気体廃棄物処理系 | 補強板付根部 | 一次＋二次応力 | △ | D | 同上 | | |
| ダイヤフラムフロア | 構造用スラブ | 引張応力度 | △ | C | 鉛直方向荷重が支配的であるため，水平２方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料４】 | × | － |
| | | せん断応力度 | △ | C | 同上 | | |
| | | 圧縮応力度 | △ | C | 同上 | | |
| | 大ばり<br>小ばり | 曲げ応力 | △ | C | 鉛直荷重のみ作用し，水平荷重が作用しないため，水平２方向の影響はない。【補足説明資料４】 | | |
| | | せん断応力 | △ | C | 同上 | | |
| | 柱 | 圧縮応力 | △ | C | 同上 | | |
| | シヤーコネクタ | せん断応力 | △ | C | 多角形配置により水平地震力は分担されるため，水平２方向入力の影響は軽微である。【補足説明資料４】 | | |
| ベント管 | 上部<br>ブレージング部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | △ | B | 評価部位は円形の一様断面であることから，水平地震の方向毎に最大応力点が異なる。したがって，水平２方向の地震力を組み合わせた場合でも水平２方向の影響は軽微である。【補足説明資料３】 | × | － |
| | | 一次＋二次応力 | △ | B | 同上 | | |
| 格納容器スプレイヘッダ | スプレイ管部<br>ティー部<br>案内管部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | ○ | － | 評価部位は、非対象構造であるため水平地震力に対する発生応力が入力方向毎に異なる。したがって，水平２方向入力の影響がある。 | ○ | ３次元のモデルを用いた解析により，従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。 |
| | | 一次＋二次応力 | ○ | － | 同上 | | |
| 可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ | ブレース | 圧縮応力 | △ | A | ブレースはブロワの重心とサポートプレート設置位置のずれによる軸方向転倒防止のため設置している。そのためブレースが受け持つ荷重は現在評価対象としている軸方向の転倒モーメント分のみと考えられ，軸直方向の水平地震荷重はベース溶接部のせん断で受け持つと考えられる。したがって，水平２方向入力の影響は受けない。 | × | － |
| | ベース取付溶接部 | 引張応力 | △ | A | 溶接部の配置は矩形であり，水平２方向の入力で対角方向に転倒することはなく，2方向入力の影響は軽微である。 | × | － |
| | | せん断応力 | ○ | － | ベース溶接部で水平方向のそれぞれの水平荷重を負担する。したがって，水平２方向入力の影響がある。 | | |
| | 基礎ボルト<br>取付ボルト | 引張応力 | △ | C | ボルトは矩形配置であり，水平２方向の入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果，水平２方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより，影響は軽微である。【補足説明資料６】 | × | － |
| | | せん断応力 | △ | C | 水平２方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果，水平２方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより，影響は軽微となる。【補足説明資料６】 | | |
| | | 組合せ応力 | △ | C | 上記の引張応力及びせん断応力は，水平２方向の影響が軽微のため，組合せ応力も水平２方向の影響は軽微である。 | | |

| 設備 | 部位 | 応力分類 | ①-1　水平２方向の地震力の重複による影響の有無<br>(3.2.4項(1)に対応)<br>○：影響あり<br>△：影響軽微 | 影響軽微とした分類<br>A：水平２方向の地震力を受けた場合でも，構造により水平１方向の地震力しか負担しないもの<br>B：水平２方向の地震力を受けた場合，構造により最大応力の発生箇所が異なるもの<br>C：水平２方向の地震を組み合わせても１方向の地震による応力と同等といえるもの<br>D：従来評価にて，水平２方向の地震力を考慮しているもの | ①-1の影響有無の説明 | ①-2　水平２方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点（3.2.4項(2)に対応） | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 振動モード及び新たな応力成分の発生有無<br>×：発生しない<br>○：発生する | 左記の振動モードの影響がないことの理由<br>新たな応力成分が発生しないことの理由 |
| 非常用ディーゼル発電機 | 基礎ボルト<br>取付ボルト | 引張応力 | △ | C | ボルトは矩形配置であり，水平２方向の入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果，水平２方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより，影響は軽微である。【補足説明資料６】 | × | － |
| | | せん断応力 | △ | C | 水平２方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果，水平２方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより，影響は軽微となる。【補足説明資料６】 | | |
| | | 組合せ応力 | △ | C | 上記の引張応力及びせん断応力は，水平２方向の影響が軽微のため，組合せ応力も水平２方向の影響は軽微である。 | | |
| スカート支持たて置円筒形容器 | 胴板 | 一次一般膜応力 | △ | B | 評価部位は円形の一様断面であることから，水平地震の方向毎に最大応力点が異なる。したがって，水平２方向の地震力を組み合わせた場合でも水平２方向の影響は軽微である。【補足説明資料３】 | × | － |
| | | 一次＋二次応力 | △ | B | 同上 | | |
| | スカート | 組合せ応力 | △ | B | 評価部位は円形の一様断面であることから，水平地震の方向毎に最大応力点が異なる。したがって，水平２方向の地震力を組み合わせた場合でも水平２方向の影響は軽微である。【補足説明資料３】 | | |
| | | 座屈 | △ | B | 支配的な応力は水平地震による曲げ応力であり，曲げ応力の最大点は地震方向で異なるため影響は軽微である。 | | |
| | 基礎ボルト | 引張応力 | △ | B | ボルトは円周状に配置され，水平地震の方向毎に最大応力の発生点が異なる。したがって水平２方向の影響は軽微である。 | | |
| | | せん断応力 | △ | C | 水平２方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果，水平２方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより，影響は軽微である。 | | |
| | | 組合せ応力 | △ | C | 上記の引張応力及びせん断応力は，水平２方向の影響が軽微のため，組合せ応力も水平２方向の影響は軽微である。 | | |
| プレート式熱交換器 | 側板 | 一次一般膜応力 | △ | A | 水平２方向が同時に作用した場合においても，強軸と弱軸の関係が明確であり，斜め方向に変形するのではなく，支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため，最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。 | × | － |
| | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | △ | A | 同上 | | |
| | | 一次＋二次応力 | △ | A | 同上 | | |
| | 脚 | 組合せ応力 | △ | A | 水平２方向が同時に作用した場合においても，強軸と弱軸の関係が明確であり，斜め方向に変形するのではなく，支持構造物の強軸側と弱軸側に変形するため，最大応力発生部位は変わらず影響は軽微である。 | | |
| | 基礎ボルト | 引張応力 | △ | C | ボルトは矩形配置であり，水平２方向の入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果，水平２方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより，影響は軽微である。【補足説明資料６】 | | |
| | | せん断応力 | △ | C | 水平２方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果，水平２方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより，影響は軽微となる。【補足説明資料６】 | | |
| | | 組合せ応力 | △ | C | 上記の引張応力及びせん断応力は，水平２方向の影響が軽微のため，組合せ応力も水平２方向の影響は軽微である。 | | |

| 設備 | 部位 | 応力分類 | ①-1　水平２方向の地震力の重複による影響の有無<br>(3.2.4項(1)に対応)<br>○：影響あり<br>△：影響軽微 | 影響軽微とした分類<br>A：水平２方向の地震力を受けた場合でも，構造により水平１方向の地震力しか負担しないもの<br>B：水平２方向の地震力を受けた場合，構造により最大応力の発生箇所が異なるもの<br>C：水平２方向の地震を組み合わせても１方向の地震による応力と同等といえるもの<br>D：従来評価にて，水平２方向の地震力を考慮しているもの | ①-1の影響有無の説明 | ①-2　水平２方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点（3.2.4項(2)に対応） | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 振動モード及び新たな応力成分の発生有無<br>×：発生しない<br>○：発生する | 左記の振動モードの影響がないことの理由<br>新たな応力成分が発生しないことの理由 |
| ラグ支持たて置き円筒形容器 | 胴板 | 一次一般膜応力 | △ | B | 評価部位は円形の一様断面であることから，水平地震の方向毎に最大応力点が異なる。したがって，水平２方向の地震力を組み合わせた場合でも水平２方向の影響は軽微である。【補足説明資料３】 | × | － |
| | | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | △ | B | 同上 | | |
| | | 一次＋二次応力 | △ | B | 同上 | | |
| | ラグ | 組合せ応力 | △ | B | 水平２方向が同時に作用した場合においても、応力評価点が区別されるため、2方向入力の影響は軽微である。 | | |
| | 基礎ボルト | 引張応力 | △ | B | ラグ構造は径方向にスライド可能であり、水平２方向が同時に作用した場合においても、応力評価点が区別されるため、2方向入力の影響は軽微である。 | | |
| | | せん断応力 | △ | B | ラグ構造は径方向にスライド可能であり、荷重を分担する部材が地震方向により異なるため、荷重の重ね合わせが発生せず、影響は軽微である。 | | |
| | | 組合せ応力 | △ | B | 上記引張応力及びせん断応力は、水平２方向の影響が軽微のため、組み合わせ応力も水平２方向の影響は軽微である。 | | |
| その他電源設備 | 取付ボルト | 引張応力 | △ | C | ボルトは矩形配置であり，水平２方向の入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果，水平２方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより，影響は軽微である。【補足説明資料６】 | × | － |
| | | せん断応力 | △ | C | 水平２方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果，水平２方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより，影響は軽微となる。【補足説明資料６】 | | |
| | | 組合せ応力 | △ | C | 上記の引張応力及びせん断応力は，水平２方向の影響が軽微のため，組合せ応力も水平２方向の影響は軽微である。 | | |
| 配管本体，サポート（多質点梁モデル解析） | 配管，サポート | 一次応力 | ○ | － | 水平２方向入力の影響がある。 | ○ | 3次元のモデルを用いた解析により，従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。 |
| | | 一次＋二次応力 | ○ | － | 同上 | | |
| 矩形構造の架構設備（静的触媒式水素再結合装置，架台を含む） | 各部位 | 各応力分類 | ○ | － | 水平２方向入力の影響がある。 | × | － |
| 通信連絡設備（アンテナ） | ボルト | 引張応力 | △ | A | 壁面に据付部材を介して支持される。<br>構造上、壁に垂直な方向の地震入力では据付ボルトの応力成分は引張応力のみであるのに対し、壁面と平行な方向はせん断応力及び曲げモーメントによる引張応力が発生する。壁面と平行な応力が支配的であるため、水平２方向の影響は軽微である。 | × | － |
| | | せん断応力 | △ | A | 同上 | | |
| | | 組合せ応力 | △ | A | 同上 | | |
| 水位計 | 取付ボルト | 引張応力 | △ | B | ボルトは円周状に配置され，水平地震の方向毎に最大応力の発生点が異なる。したがって水平２方向の影響は軽微である。 | × | － |
| | | せん断応力 | △ | C | 水平２方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果，水平２方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより，影響は軽微である。 | | |

| 設備 | 部位 | 応力分類 | ①-1　水平２方向の地震力の重複による影響の有無<br>(3.2.4項(1)に対応)<br>○：影響あり<br>△：影響軽微 | 影響軽微とした分類<br>A：水平２方向の地震力を受けた場合でも，構造により水平１方向の地震力しか負担しないもの<br>B：水平２方向の地震力を受けた場合，構造により最大応力の発生箇所が異なるもの<br>C：水平２方向の地震を組み合わせても１方向の地震による応力と同等といえるもの<br>D：従来評価にて，水平２方向の地震力を考慮しているもの | ①-1の影響有無の説明 | ①-2　水平２方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点（3.2.4項(2)に対応） | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 振動モード及び新たな応力成分の発生有無<br>×：発生しない<br>○：発生する | 左記の振動モードの影響がないことの理由<br>新たな応力成分が発生しないことの理由 |
| | | 組合せ応力 | △ | C | 上記の引張応力及びせん断応力は，水平２方向の影響が軽微のため，組合せ応力も水平２方向の影響は軽微である。 | | |
| 監視カメラ | 取付ボルト | 引張応力 | △ | B | ボルトは円周状に配置され，水平地震の方向毎に最大応力の発生点が異なる。したがって水平２方向の影響は軽微である。 | × | － |
| | | せん断応力 | △ | C | 水平２方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果，水平２方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより，影響は軽微である。 | | |
| | | 組合せ応力 | △ | C | 上記の引張応力及びせん断応力は，水平２方向の影響が軽微のため，組合せ応力も水平２方向の影響は軽微である。 | | |
| | 据付部材 | 組合せ応力 | ○ | － | 水平２方向入力の影響がある。 | | |
| 貫通部止水処置 | シール材 | シールに生じる変位 | △ | C | 対象となる貫通部は建屋軸に沿った配置となっていることから，シール材に加わるせん断方向及び圧縮方向の変位は，水平1方向の地震力の応答が支配的であり，他の水平方向の地震力による応答は小さいため，水平２方向入力の影響は軽微である。 | × | － |
| 浸水防止蓋 | 蓋 | 曲げ応力 | △ | C | 鉛直方向加速度のみを用いた評価であるため，水平２方向を考慮しても影響はない。 | × | － |
| | | せん断応力 | △ | C | 同上 | | |
| | | 組合せ応力 | △ | C | 同上 | | |
| | 基礎ボルト | せん断応力 | △ | C | 水平２方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果，水平２方向地震における最大応答の非同時性を考慮することにより，影響は軽微である。 | | |
| 逆流防止用逆止弁 | 各部位 | 各応力分類 | ○ | － | 水平２方向入力の影響がある。 | × | － |
| 原子炉ウェル遮へいプラグ | 本体 | せん断応力度 | △ | C | 鉛直方向荷重が支配的であるため，水平２方向入力の影響は軽微である。 | × | － |
| 原子炉本体の基礎 | 円筒部<br>中間スラブ | 引張応力度 | △ | B | 評価部位は円形の一様断面であることから，水平地震の方向毎に最大応力点が異なる。したがって，水平２方向の地震力を組み合わせた場合でも水平２方向の影響は軽微である。【補足説明資料３】 | × | － |
| | | 圧縮応力度 | △ | B | 同上 | | |
| | | せん断応力度 | △ | B | 同上 | | |
| | 下層円筒基部 | 引張応力度 | △ | B | 円周配置であり，水平地震の方向毎に最大応力の発生点が異なる。したがって水平２方向の影響は軽微である。 | | |
| | | せん断応力度 | △ | B | 同上 | | |
| | | 曲げ応力度 | △ | B | 同上 | | |

| 設備 | 部位 | 応力分類 | ①-1　水平２方向の地震力の重複による影響の有無<br>(3.2.4項(1)に対応)<br>○：影響あり<br>△：影響軽微 | 影響軽微とした分類<br>A：水平２方向の地震力を受けた場合でも，構造により水平１方向の地震力しか負担しないもの<br>B：水平２方向の地震力を受けた場合，構造により最大応力の発生箇所が異なるもの<br>C：水平２方向の地震を組み合わせても１方向の地震による応力と同等といえるもの<br>D：従来評価にて，水平２方向の地震力を考慮しているもの | ①-1の影響有無の説明 | ①-2　水平２方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点（3.2.4項(2)に対応） | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 振動モード及び新たな応力成分の発生有無<br>×：発生しない<br>○：発生する | 左記の振動モードの影響がないことの理由<br>新たな応力成分が発生しないことの理由 |
| 燃料取替機 | 燃料取替機構造物フレーム<br>ブリッジ脱線防止ラグ(本体)<br>トロリ脱線防止ラグ(本体)<br>走行レール<br>横行レール | 引張応力 | △ | A | すべり方向とすべり直交方向では、それぞれの水平方向地震を受けた場合の挙動が異なるため，方向毎に発生応力が異なる。したがって，水平２方向の影響は軽微である。【補足説明資料５】 | ○ | 3次元のモデルを用いた解析により，従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。 |
| | | せん断応力 | △ | A | 同上 | | |
| | | 組合せ応力 | △ | A | 同上 | | |
| | ブリッジ脱線防止ラグ(取付ボルト)<br>トロリ脱線防止ラグ(取付ボルト) | せん断応力 | △ | A | すべり方向とすべり直交方向では、それぞれの水平方向地震を受けた場合の挙動が異なるため，方向毎に発生応力が異なる。したがって，水平２方向の影響は軽微である。【補足説明資料５】 | | |
| | 吊具 | 吊具荷重 | △ | C | 鉛直荷重のみ作用し，水平荷重が作用しないため，水平２方向入力の影響はない。 | × | － |
| 建屋クレーン | クレーン本体ガーダ | せん断応力 | △ | D | 水平２方向及び鉛直方向の地震力を組み合わせた評価を実施している。 | ○ | 3次元のモデルを用いた解析により，従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。 |
| | | 曲げ応力 | △ | D | 同上 | | |
| | | 浮上り量 | △ | D | 同上 | | |
| | 落下防止金具 | 圧縮応力 | △ | A | すべり方向とすべり直交方向では、それぞれの水平方向地震を受けた場合の挙動が異なるため，方向毎に発生応力が異なる。したがって，水平２方向の影響は軽微である。 | × | － |
| | トロリストッパ | 圧縮応力 | △ | A | 同上 | | |
| | | 曲げ応力 | △ | D | 水平２方向及び鉛直方向の地震力を組み合わせた評価を実施している。 | ○ | 3次元のモデルを用いた解析により，従来よりねじれモードを考慮した耐震評価を実施している。 |
| | | 組合せ応力 | △ | D | 同上 | | |
| | トロリ | 浮上り量 | △ | D | 水平２方向及び鉛直方向の地震力を組み合わせた評価を実施している。 | | |
| | 吊具 | 吊具荷重 | △ | D | 水平２方向及び鉛直方向の地震力を組み合わせた評価を実施している。 | | |
| 原子炉遮へい壁 | 一般胴部<br>開口集中部 | せん断応力 | △ | B | 評価部位は円形の一様断面であることから，水平地震の方向毎に最大応力点が異なる。したがって，水平２方向の地震力を組み合わせた場合でも水平２方向の影響は軽微である。【補足説明資料３】 | × | － |
| | | 圧縮応力 | △ | C | 鉛直方向荷重のみ作用し，水平方向荷重が作用しない。したがって，水平２方向入力の影響は軽微である。 | | |
| | | 曲げ応力 | △ | B | 評価部位は円形の一様断面であることから，水平地震の方向毎に最大応力点が異なる。したがって，水平２方向の地震力を組み合わせた場合でも水平２方向の影響は軽微である。【補足説明資料３】 | | |
| | | 組合せ応力 | △ | B | 評価部位は円形の一様断面であることから，水平地震の方向毎に最大応力点が異なる。したがって，水平２方向の地震力を組み合わせた場合でも水平２方向の影響は軽微である。【補足説明資料３】 | | |

表２　動的／電気的機能維持評価

| 機　種 | ①-1　水平2方向の地震力の重複による影響の有無<br>(3.2.4項(1)に対応)<br>○：影響あり<br>△：影響軽微 | 影響軽微とした分類<br>A：水平2方向の地震力を受けた場合でも，構造により水平１方向の地震力しか負担しないもの<br>B：水平2方向の地震力を受けた場合，構造により最大応力の発生箇所が異なるもの<br>C：水平2方向の地震を組み合わせても１方向の地震による応力と同等といえるもの<br>D：従来評価にて，水平2方向の地震力を考慮しているもの | ①-1の影響有無の説明 | ①-2　水平2方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点（3.2.4項(2)に対応） | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 振動モード及び新たな応力成分の発生有無<br>×：発生しない<br>○：発生する | 左記の振動モードの影響がないことの理由<br>新たな応力成分が発生しないことの理由 |
| 立形ポンプ | ○ | － | 軸受は円周に均等に地震力を受け持つため，水平2方向入力の影響を受ける。 | × | － |
| 横形ポンプ | △ | A | 現行の機能維持確認済加速度における詳細評価※で最弱部である軸系に対して，曲げに対して軸直角方向の水平1方向の地震力のみを負担し，他の水平方向の地震力は負担しないため，水平2方向入力の影響は軽微である。 | × | － |
| ポンプ駆動用タービン | △ | B | 現行の機能維持確認済加速度における詳細評価※で最弱部である弁箱（主蒸気止め弁ヨーク部（立置き））に対して，水平2方向による最大応力の発生箇所が異なるため影響は軽微である。 | × | － |
| 立形機器用電動機 | △ | D | 最弱部である軸受に対して，現行の機能維持確認済加速度における詳細評価※において十分な裕度が確認されており，水平2方向入力による応答増加の影響は軽微である。 | × | － |
| 横形機器用電動機 | △ | D | 最弱部であるフレームに対して，現行の機能維持確認済加速度における詳細評価※において十分な裕度が確認されており，水平2方向入力による応答増加の影響は軽微である。 | × | － |
| 空調ファン | △ | A | 現行の機能維持確認済加速度における詳細評価※で最弱部である軸系に対して，曲げに対して軸直角方向の水平1方向の地震力のみを負担し，他の水平方向の地震力は負担しないため，水平2方向入力の影響は軽微である。 | × | － |
| 非常用ディーゼル発電機（機関本体） | △ | A | 現行の機能維持確認済加速度における詳細評価※で最弱部である軸系に対して，曲げに対して軸直角方向の水平1方向の地震力のみを負担し，他の水平方向の地震力は負担しないため，水平2方向入力の影響は軽微である。 | × | － |
| 非常用ディーゼル発電機（ガバナ） | ○ | － | ガバナについては水平2方向合成による応答増加の影響がある。ただし，JEAG4601に記載の機能維持確認済加速度は1.8Gであるが，旧JNES試験より4Gまで機能維持を確認しているため，2方向合成加速度が4G未満であれば問題ない。 | × | － |
| 弁 | ○ | － | 弁については水平2方向合成による応答増加の影響があるが，2方向合成加速度が試験にて確認した機能維持確認済加速度未満であれば問題ない。 | × | － |
| 制御棒挿入性 | ○ | － | 水平2方向入力の影響がある。 | × | － |
| 電気盤 | △ | A | 電気盤，制御盤等に取付けられているリレー，遮断器等の電気品は，基本的に1次元的な接点のON－OFFに関わる比較的単純な構造をしている。加えて，基本的には全て梁，扉等の強度部材に強固に固定されているため，器具の非線形応答はないと考えられる。したがって，電気品は水平1方向の地震力のみを負担し，他の水平方向の地震力は負担しないため，水平2方向入力の影響は軽微である。 | × | － |
| 伝送器・指示計 | △ | A | 伝送器・指示計の掃引試験結果において，X，Y各成分に共振点はなく，出力変動を生じないことを確認していることから，X，Y2方向成分にも共振点はないものと考えられる。<br>よって，X，Y2方向入力に対しても応答増加は生じないものと考えられることから，水平2方向入力の影響は軽微である。 | × | － |
| 常設代替高圧電源装置 | △ | A | 水平2方向の入力で対角方向に応答することはないため，水平２方向の入力の影響は軽微である。 | × | － |
| 水位計 | 加振試験時の掃引試験により水平２方向に対する影響有無を確認し、方針を決定する。 | | | | |
| 監視カメラ | 加振試験時の掃引試験により水平２方向に対する影響有無を確認し、方針を決定する。 | | | | |
| 通信連絡設備（アンテナ類） | ○ | － | 水平2方向入力の影響がある。 | × | － |

※：JEAG4601で定められた評価部位の裕度評価

別紙１　補足説明資料

目　　次

1. 水平2方向同時加振の影響評価について（原子炉圧力容器スタビライザ及び格納容器スタビライザ）
2. 水平2方向同時加振の影響評価について（蒸気乾燥器支持ブラケット）
3. 水平2方向同時加振の影響評価について（円筒形容器）
4. 水平2方向同時加振の影響評価について（ダイヤフラムフロア）
5. 水平2方向同時加振の影響評価について（燃料取替機）
6. 水平2方向同時加振の影響評価について（矩形配置されたボルト）
7. 水平2方向同時加振の影響評価について（電気盤）

1. 水平2方向同時加振の影響評価について（原子炉圧力容器スタビライザ及び格納容器スタビライザ）

1.1　はじめに

本項は，原子炉圧力容器スタビライザ（以下「RPVスタビライザ」という。）及び格納容器スタビライザ（以下「PCVスタビライザ」という。）に対する水平2方向同時加振の影響についてまとめたものである。

RPVスラビライザとPCVスタビライザは，地震時の水平方向荷重を周方向45°間隔で8体の構造部材にて支持する同様の設計であるため，以下水平2方向同時加振の影響については，RPVスタビライザを代表に記載する。

1.2　現行評価の手法

RPVスタビライザは，周方向45°間隔で8体配置されており，第1－1図に地震荷重と各RPVスタビライザが分担する荷重の関係を示す。

水平方向の地震荷重に関して現行評価では，RPVスタビライザ6体に各水平方向地震力（X方向，Y方向）の最大地震力が負荷されるものとしている。

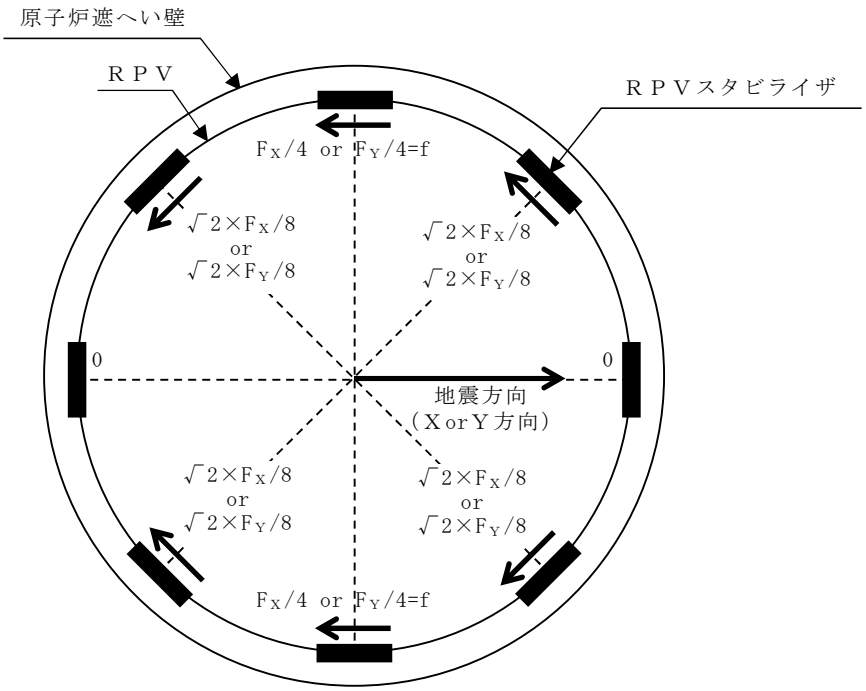
$$f = MAX\left(\frac{F_X}{4}, \frac{F_Y}{4}\right)$$

ここで，

f　:RPVスタビライザ１個が受けもつ最大地震荷重

$F_X$　：Ｘ方向地震によりスタビライザ全体に発生する荷重

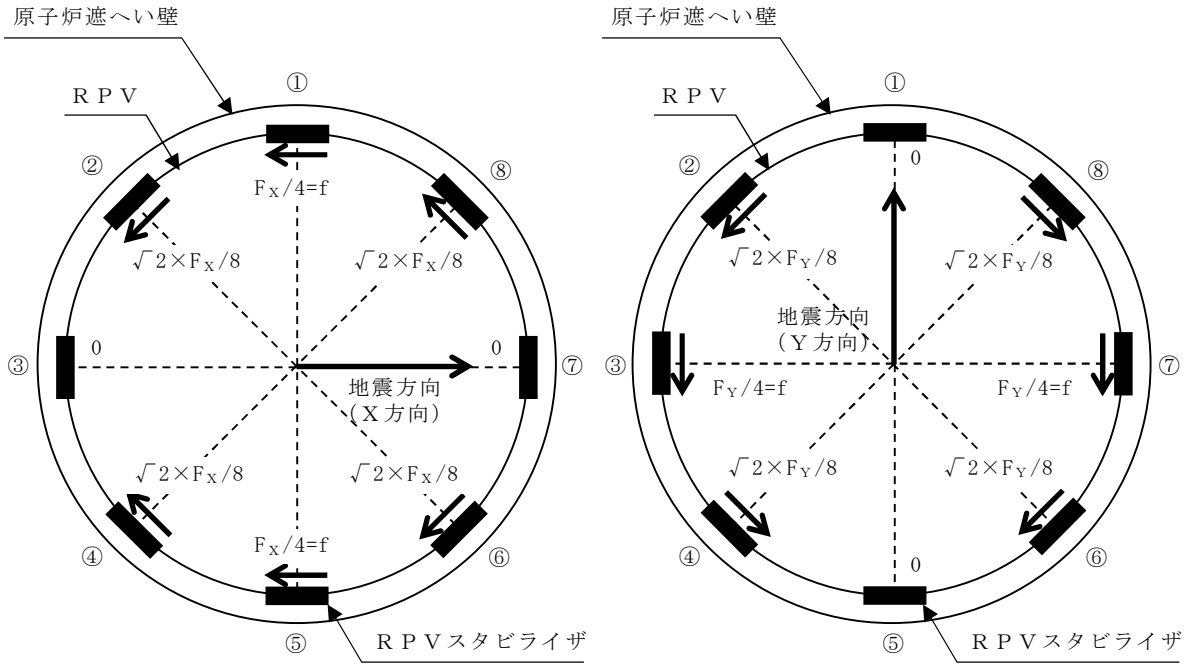
$F_Y$　：Ｙ方向地震によりスタビライザ全体に発生する荷重




第1－1図　原子炉圧力容器スタビライザの水平地震荷重の分担（水平１方向）

1.3　水平2方向同時加振の影響

RPVスタビライザは，水平2方向の地震力を受けた場合における荷重分担について，第1－2図及び第1－1表に示す。第1－2図及び第1－1表に示すとおり，方向別地震荷重Ｆ（$F_X$ または$F_y$）に対する最大反力を受け持つ部位が異なることが分かる。




【Ｘ方向加振時】　　【Ｙ方向加振時】

第 1－2 図　原子炉圧力容器スタビライザの水平地震荷重の分担（水平 2 方向）

第 1－1 表　原子炉圧力容器スタビライザ各点での分担荷重

| 位置 | | 方向別地震力Ｆに対する反力 | |
|---|---|---|---|
| | | Ｘ方向 | Ｙ方向 |
| ① | 0° | $F_X/4$ | 0 |
| ② | 45° | $\sqrt{2}\times F_X/8$ | $\sqrt{2}\times F_Y/8$ |
| ③ | 90° | 0 | $F_Y/4$ |
| ④ | 135° | $\sqrt{2}\times F_X/8$ | $\sqrt{2}\times F_Y/8$ |
| ⑤ | 180° | $F_X/4$ | 0 |
| ⑥ | 225° | $\sqrt{2}\times F_X/8$ | $\sqrt{2}\times F_Y/8$ |
| ⑦ | 270° | 0 | $F_Y/4$ |
| ⑧ | 315° | $\sqrt{2}\times F_X/8$ | $\sqrt{2}\times F_Y/8$ |
| 最大 | | $F_X/4$ | $F_Y/4$ |

水平2方向地震力の組合せの考慮については,第1－1表に示した水平方向反力を用いてX方向・Y方向同時には最大の地震力が発生しないと仮定し，以下の2つの方法にて検討を行った。

① 組合せ係数法：$F_Y = 0.4F_X$と仮定し，X方向・Y方向のそれぞれの水平1方向応答結果を単純和する。

② 最大応答の非同時性を考慮したＳＲＳＳ法：$F_Y = F_X$と仮定し，X方向・Y方向のそれぞれの水平1方向応答結果をＳＲＳＳ法にて合成する。

上記検討の結果を第1－2表に示す。いずれの検討方法を用いても，水平2方向反力の組合せ結果の最大値はfとなり，これは水平1方向反力の最大値と同値である。

したがって，RPVスタビライザに対して水平2方向の影響はない。

第 1－2 表　RPV スタビライザ各点における水平 2 方向の考慮

| | | ①組合せ係数法を用いた<br>水平 2 方向反力の組合せ<br>($F_Y=0.4\ F_X$) | ②ＳＲＳＳ法を用いた<br>水平 2 方向反力の組合せ<br>($F_Y=F_X$) |
|---|---|---|---|
| ① | 0° | $F_X/4 = f$ | $F_X/4 = f$ |
| ② | 45° | $\sqrt{2}\times F_X/8+\sqrt{2}\times F_X/8=\sqrt{2}\times 1.4\times F_X/8$<br>$=0.990\times F_X/4 < f$ | $\sqrt{((2\times F_X/8)^2+(2\times F_X/8)^2)}$<br>$= F_X/4 < f$ |
| ③ | 90° | $F_Y/4=0.4\times F_X/4 < f$ | $F_Y/4=F_X/4 < f$ |
| ④ | 135° | $\sqrt{2}\times F_X/8+\sqrt{2}\times F_X/8=\sqrt{2}\times 1.4\times F_X/8$<br>$=0.990\times F_X/4 < f$ | $\sqrt{((2\times F_X/8)^2+(2\times F_X/8)^2)}$<br>$= F_X/4 < f$ |
| ⑤ | 180° | $F_X/4 = f$ | $F_X/4 = f$ |
| ⑥ | 225° | $\sqrt{2}\times F_X/8+\sqrt{2}\times F_X/8=\sqrt{2}\times 1.4\times F_X/8$<br>$=0.990\times F_X/4 < f$ | $\sqrt{((2\times F_X/8)^2+(2\times F_X/8)^2)}$<br>$= F_X/4 < f$ |
| ⑦ | 270° | $F_Y/4=0.4\times F_X/4 < f$ | $F_Y/4=F_X/4 < f$ |
| ⑧ | 315° | $\sqrt{2}\times F_X/8+\sqrt{2}\times F_X/8=\sqrt{2}\times 1.4\times F_X/8$<br>$=0.990\times F_X/4 < f$ | $\sqrt{((2\times F_X/8)^2+(2\times F_X/8)^2)}$<br>$= F_X/4 < f$ |
| 最大 | | $F_X/4=f$ | $F_Y/4=f$ |

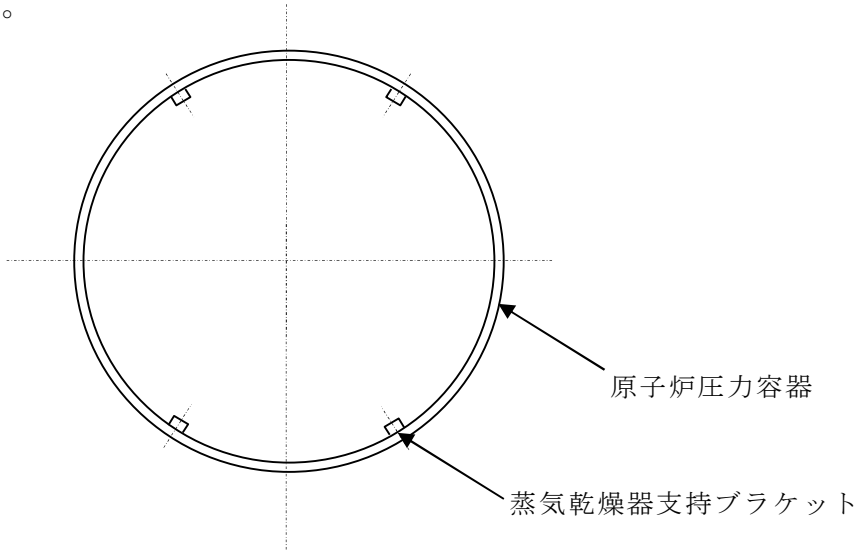
2. 水平2方向同時加振の影響評価について（蒸気乾燥器支持ブラケット）

2.1　はじめに

本項は，蒸気乾燥器支持ブラケットに対する水平2方向同時加振の影響についてまとめたものである。

2.2　現行評価の手法

蒸気乾燥器支持ブラケットは，4体配置されており，位置関係は第2－1図の通りとなる。




第2－1図　蒸気乾燥器支持ブラケット配置図

蒸気乾燥器支持ブラケットは,4体で耐震用ブロックを介し蒸気乾燥器ユニットを支持する設計である。しかし，耐震用ブロックと蒸気乾燥器支持ブラケットの間にはクリアランスが存在し，水平地震動の入力方向によっては，4体のうち対角のブラケット2体のみがその荷重を負担する可能性があるため,現行評価では対角のブラケット2体により，水平2方向の地震荷重を支持するものとして評価している。

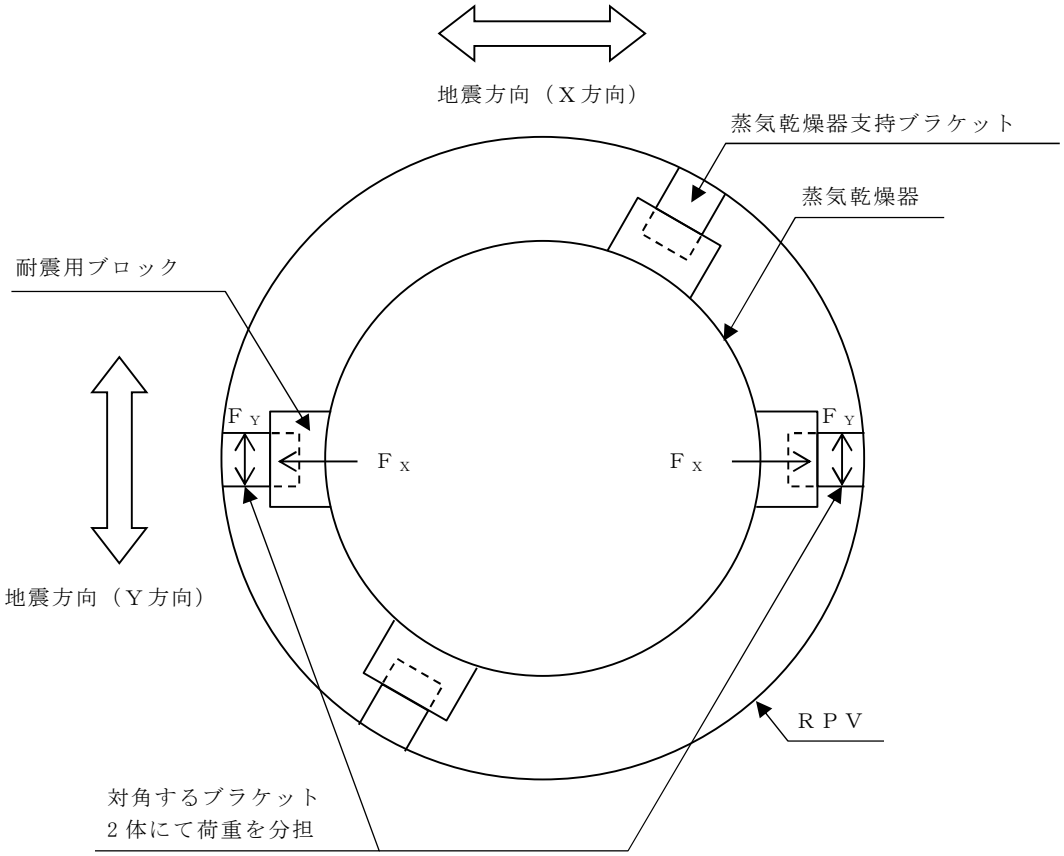
第2－2図に評価においてブラケットに負荷される水平方向の地震荷重を示す。

$$f = MAX\left(\frac{F_X}{2}, \frac{F_Y}{2}\right)$$

f：蒸気乾燥器ユニットから受ける地震荷重

$F_X$：Ｘ方向地震よりブラケット全体に発生する荷重

$F_Y$：Ｙ方向地震よりブラケット全体に発生する荷重




第2－2図　評価におけるブラケットの負荷状態

2.3　水平2方向同時加振の影響

蒸気乾燥器支持ブラケットは，現行評価において，水平2方向の地震荷重を同時に考慮し，ブラケットと耐震ブロックの接触状態として想定される最も厳しい状態として，4体のブラケットのうち2体で荷重を支持すると評価しており，水平2方向同時加振による現行の評価結果への影響はない。

3　水平2方向同時加振の影響評価について（円筒形容器）

3.1　はじめに

本項は,水平地震動が水平2方向に作用した場合の円筒形容器に対する影響検討をＦＥＭモデルを用いた解析で確認した結果をまとめたものである。

容器については,X方向地震とY方向地震とでは最大応力点が異なるため,それぞれの地震による応力を組み合わせても影響軽微としている。本項では解析にて影響確認することを目的として，円筒形容器のＦＥＭモデルを用いた解析を実施した結果を示す。ここで，本検討は軸方向応力，周方向応力及びせん断応力の組合せにより確認を行うため，胴の組合せ一次応力を対象としたものである。

具体的な確認項目として，以下2点を確認した。

① X方向地震とY方向地震とで最大応力点が異なることへの確認

② 最大応力点以外に，X方向地震とY方向地震による応力を組み合わせた場合に影響のあるような点があるかを確認

3.2　影響評価検討

評価検討モデルを第3－1図に示す。検討方法を以下に示す

・検討方法　：水平地震力1Gを，X方向（0°方向）へ入力し，周方向の0°方向から90°方向にかけて応力分布を確認する。また,水平1方向地震による応力を用いて水平2方向地震による応力を評価する。

・検討モデル：たて置き円筒形容器をシェル要素にてモデル化

・拘束点　　：容器基部を拘束

・荷重条件　：モデル座標のX方向に水平地震力1Gを負荷

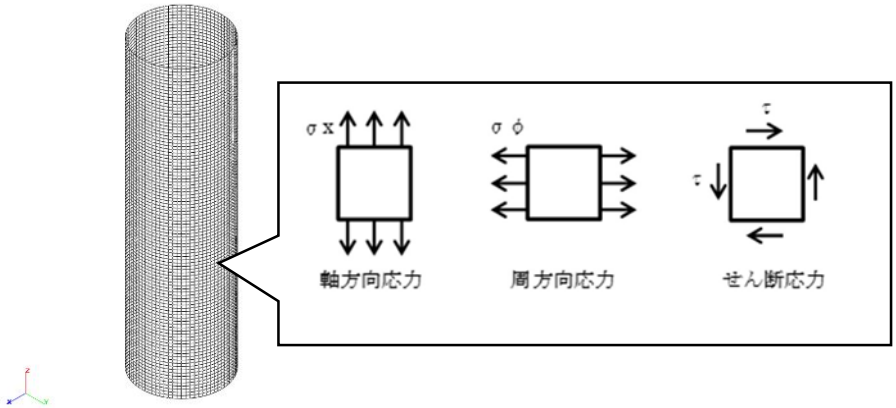
・解析方法　：静的解析

・対象部位及び応力　：容器基部における応力

・水平2方向同時加振時の組合せ方法

－ 組合せ係数法（最大応答の非同時性を考慮）

－ ＳＲＳＳ法（最大応答の非同時性を考慮）




第3－1図　評価検討モデル

3.3　検討結果

3.3.1　軸方向応力$\sigma_X$

容器基部における水平地震時の軸方向応力コンター図を第3－2図に示す。

この結果により，最大応力点は0°／180°位置に発生していることが分かる。円筒形容器のため評価部位が円形の一様断面であることから，Y方向から水平地震力を入力した場合においても，最大応力点は90°／270°位置に発生することは明白であるため，水平方向地震動の入力方向により最大応力点は異なる。

また，第3－1表にX方向，Y方向，2方向入力時の軸方向応力分布を示す。

中間部(0°／90°方向以外)において2方向入力時の影響が確認できる。なお，組合せ係数法及びＳＲＳＳ法のそれぞれを用いた水平2方向入力時の応力$\sigma_{x,c}(\theta)$及び$\sigma_{x,s}(\theta)$は，水平1方向入力時の軸方向応力解析結果（X

方向入力時応力$\sigma_{x,X}(\theta)$，Y方向入力時応力$\sigma_{x,Y}(\theta)$）により，以下のとおり算出する。

＜組合せ係数法＞

$$\sigma_{x,c}(\theta)=\max\left(\sigma_{x,c(X)}(\theta),\ \sigma_{x,c(Y)}(\theta)\right)$$

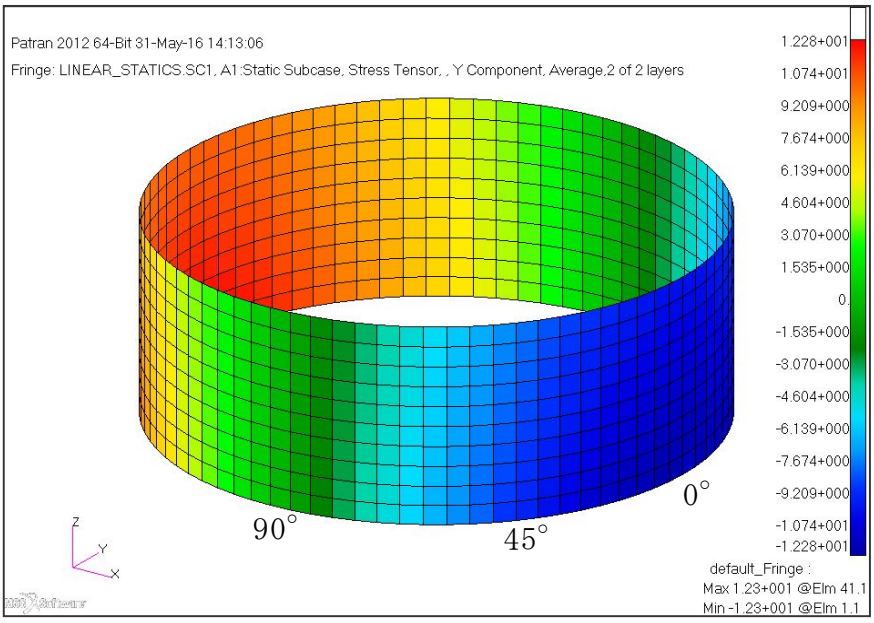
ただし，$\sigma_{x,c(X)}(\theta)$は$\sigma_{x,X}(\theta)$に１，$\sigma_{x,Y}(\theta)$に0.4の係数を乗じてX・Y方向入力時それぞれの軸応力を組み合わせた応力，$\sigma_{x,c(Y)}(\theta)$は$\sigma_{x,Y}(\theta)$に１，$\sigma_{x,X}(\theta)$に0.4の係数を乗じてX・Y方向入力時それぞれの応力を組み合わせた応力であり，以下のように表わされる。

$$\sigma_{x,c(X)}(\theta)=\sigma_{x,X}(\theta)+0.4\times\sigma_{x,Y}(\theta)$$

$$\sigma_{x,c(Y)}(\theta)=0.4\times\sigma_{x,X}(\theta)+\sigma_{x,Y}(\theta)$$

＜ＳＲＳＳ法＞

$$\sigma_{x,s}(\theta)=\sqrt{\sigma_{x,X}(\theta)^2+\sigma_{x,Y}(\theta)^2}$$




第3－2図　水平地震時軸方向応力コンター図

第3－1表　水平地震時の軸方向応力分布

| 角度 | X方向入力時応力(MPa) $\sigma_{x,X}(\theta)$ | Y方向入力時応力(MPa) $\sigma_{x,Y}(\theta)$ | 2方向入力時応力(MPa) | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 組合せ係数法 $\sigma_{x,c}(\theta)$ | ＳＲＳＳ法 $\sigma_{x,s}(\theta)$ |
| 0° 方向 | 12.28 | 0.00 | 12.28<br>$\sigma_{x,c(X)}(0°)=12.28$<br>$\sigma_{x,c(Y)}(0°)=4.91$ | 12.28 |
| 22.5° 方向 | 11.34 | 4.70 | 13.22<br>$\sigma_{x,c(X)}(22.5°)=13.22$<br>$\sigma_{x,c(Y)}(22.5°)=9.24$ | 12.28 |
| 45° 方向 | 8.68 | 8.68 | 12.15<br>$\sigma_{x,c(X)}(45°)=12.15$<br>$\sigma_{x,c(Y)}(45°)=12.15$ | 12.28 |
| 67.5° 方向 | 4.70 | 11.34 | 13.22<br>$\sigma_{x,c(X)}(67.5°)=9.24$<br>$\sigma_{x,c(Y)}(67.5°)=13.22$ | 12.28 |
| 90° 方向 | 0.00 | 12.28 | 12.28<br>$\sigma_{x,c(X)}(90°)=4.91$<br>$\sigma_{x,c(Y)}(90°)=12.28$ | 12.28 |

3.3.2　周方向応力$\sigma_{\phi}$

容器基部における水平地震時の周方向応力コンター図を第3－3図に,周方向応力分布を第3－2表に示す。軸方向応力同様に最大応力点は0°／180°位置に発生しており，最大応力点が異なることについて確認できる。

また，2方向入力時の影響についても軸方向応力と同様に中間部（0°／90°方向以外）において2方向入力時の影響が確認できる。なお，組合せ係数法及びＳＲＳＳ法のそれぞれを用いた水平2方向入力時の応力$\sigma_{\phi,c}(\theta)$及び$\sigma_{\phi,s}(\theta)$は，水平1方向入力時の周方向応力解析結果（X方向入力時応力$\sigma_{\phi,X}(\theta)$),Y方向入力時応力$\sigma_{\phi,Y}(\theta)$)により,以下のとおり算出する。

＜組合せ係数法＞

$\sigma_{\phi,c}(\theta)=\max(\sigma_{\phi,c(X)}(\theta),\ \sigma_{\phi,c(Y)}(\theta))$

ただし，$\sigma_{\phi,c(X)}(\theta)$は$\sigma_{\phi,X}(\theta)$に１，$\sigma_{\phi,Y}(\theta)$に0.4の係数を乗じてX・Y方向入力時それぞれの軸応力を組み合わせた応力，$\sigma_{\phi,c(Y)}(\theta)$は$\sigma$

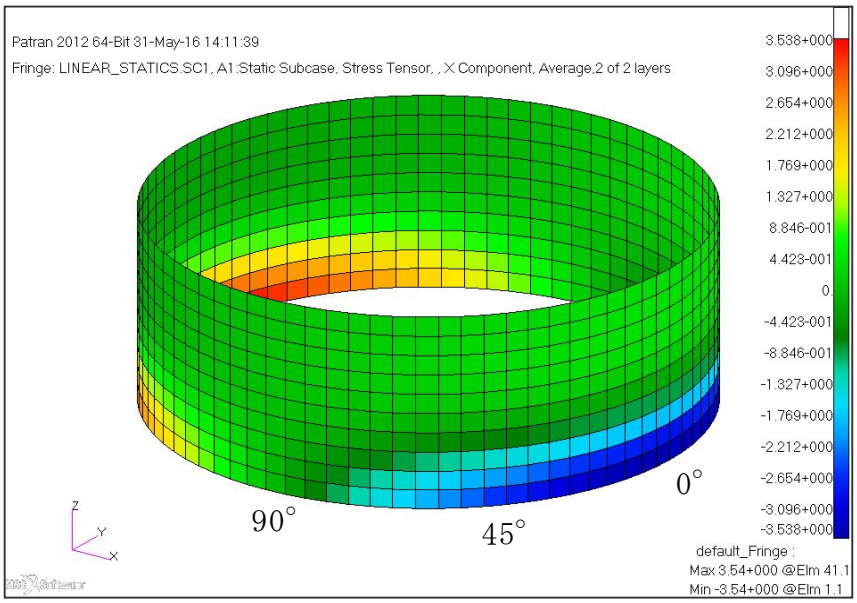
$\sigma_{\phi,Y}(\theta)$に0.4，$\sigma_{\phi,X}(\theta)$に1の係数を乗じてX・Y方向入力時それぞれの応力を組み合わせた応力であり，以下のように表わされる。

$$\sigma_{\phi,c(X)}(\theta)=\sigma_{\phi,X}(\theta)+0.4\times\sigma_{\phi,Y}(\theta)$$

$$\sigma_{\phi,c(Y)}(\theta)=0.4\times\sigma_{\phi,X}(\theta)+\sigma_{\phi,Y}(\theta)$$

＜ＳＲＳＳ法＞

$$\sigma_{\phi,s}(\theta)=\sqrt{\sigma_{\phi,X}(\theta)^2+\sigma_{\phi,Y}(\theta)^2}$$




第3－3図　水平地震時周方向応力コンター図

第3－2表　水平地震時の周方向応力分布

| 角度 | X方向入力時応力(MPa) $\sigma_{\phi,X}(\theta)$ | Y方向入力時応力(MPa) $\sigma_{\phi,Y}(\theta)$ | 2方向入力時応力(MPa) | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 組合せ係数法 $\sigma_{\phi,c}(\theta)$ | ＳＲＳＳ法 $\sigma_{\phi,s}(\theta)$ |
| 0° 方向 | 3.54 | 0.00 | 3.54<br>$\sigma_{\phi,c(X)}(0°)=3.54$<br>$\sigma_{\phi,c(Y)}(0°)=1.42$ | 3.54 |
| 22.5° 方向 | 3.27 | 1.35 | 3.81<br>$\sigma_{\phi,c(X)}(22.5°)=3.81$<br>$\sigma_{\phi,c(Y)}(22.5°)=2.66$ | 3.54 |
| 45° 方向 | 2.50 | 2.50 | 3.50<br>$\sigma_{\phi,c(X)}(45°)=3.50$<br>$\sigma_{\phi,c(Y)}(45°)=3.50$ | 3.54 |
| 67.5° 方向 | 1.35 | 3.27 | 3.81<br>$\sigma_{\phi,c(X)}(67.5°)=2.66$<br>$\sigma_{\phi,c(Y)}(67.5°)=3.81$ | 3.54 |
| 90° 方向 | 0.00 | 3.54 | 3.54<br>$\sigma_{\phi,c(X)}(90°)=1.42$<br>$\sigma_{\phi,c(Y)}(90°)=3.54$ | 3.54 |

3.3.3　せん断応力 $\tau$

容器基部における水平地震時のせん断応力コンター図を第3－4図に,周方向応力分布を第3－3表に示す。せん断応力は軸方向及び周方向応力とは異なり，最大応力は90° ／270° 位置に生じているが，最大応力最小応力の生じる点が回転しているのみで応力の傾向として最大応力点が異なることについて確認できる。

また,2方向入力時の影響についても同様に中間部(0° ／90° 方向以外)において2方向入力時の影響が確認できる。なお，組合せ係数法及びＳＲＳＳ法のそれぞれを用いた水平2方向入力時の応力 $\tau_c(\theta)$ 及び $\tau_s(\theta)$ は，水平1方向入力時の周方向応力解析結果（X方向入力時応力 $\tau_X(\theta)$），Y方向入力時応力 $\tau_Y(\theta)$）により，以下のとおり算出する。

＜組合せ係数法＞

$\tau_c(\theta) = \max\left(\tau_{c(X)}(\theta),\ \tau_{c(Y)}(\theta)\right)$

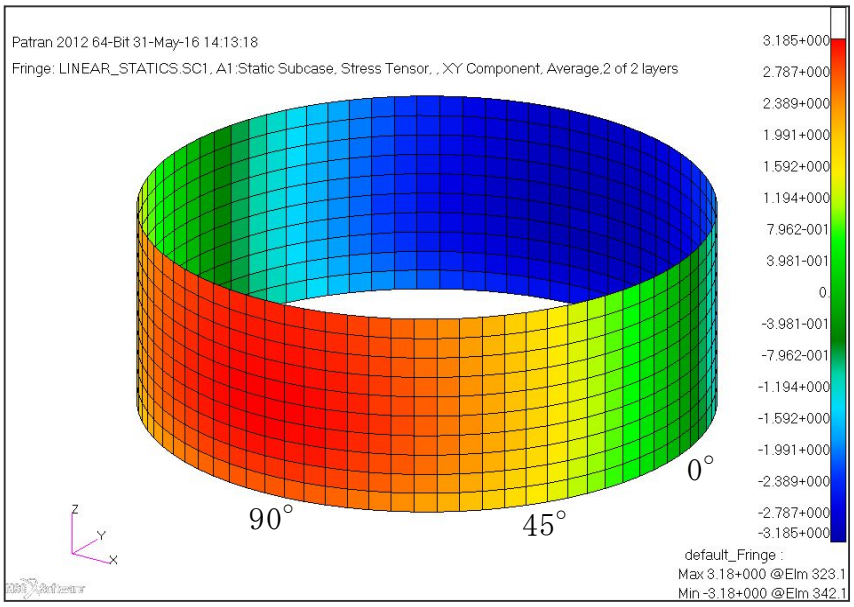
ただし，$\tau_{c(X)}(\theta)$は$\tau_X(\theta)$に１，$\tau_Y(\theta)$に0.4の係数を乗じてX・Y方向入力時それぞれの軸応力を組み合わせた応力，$\tau_{c(Y)}(\theta)$は$\tau_Y(\theta)$に１，$\tau_Y(\theta)$に0.4の係数を乗じてX・Y方向入力時それぞれの応力を組み合わせた応力であり，以下のように表わされる。

$\tau_{c(X)}(\theta) = \tau_X(\theta) + 0.4 \times \tau_Y(\theta)$

$\tau_{c(Y)}(\theta) = 0.4 \times \tau_X(\theta) + \tau_Y(\theta)$

＜ＳＲＳＳ法＞

$\tau_s(\theta) = \sqrt{\tau_X(\theta)^2 + \tau_Y(\theta)^2}$




第3－4図　水平地震時せん断応力コンタ図

第3－3表　水平地震時のせん断応力分布

| 角度 | X方向入力時応力(MPa) $\tau_X(\theta)$ | Y方向入力時応力(MPa) $\tau_Y(\theta)$ | 2方向入力時応力(MPa) | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 組合せ係数法 $\tau_c(\theta)$ | ＳＲＳＳ法 $\tau_s(\theta)$ |
| 0° 方向 | 0.00 | 2.70 | 2.70<br>$\tau_{c(X)}(0°)=1.08$<br>$\tau_{c(Y)}(0°)=2.70$ | 2.70 |
| 22.5° 方向 | 1.03 | 2.49 | 2.91<br>$\tau_{c(X)}(22.5°)=2.03$<br>$\tau_{c(Y)}(22.5°)=2.91$ | 2.70 |
| 45° 方向 | 1.91 | 1.91 | 2.67<br>$\tau_{c(X)}(45°)=2.67$<br>$\tau_{c(Y)}(45°)=2.67$ | 2.70 |
| 67.5° 方向 | 2.49 | 1.03 | 2.91<br>$\tau_{c(X)}(67.5°)=2.91$<br>$\tau_{c(Y)}(67.5°)=2.03$ | 2.70 |
| 90° 方向 | 2.70 | 0.00 | 2.70<br>$\tau_{c(X)}(90°)=2.70$<br>$\tau_{c(Y)}(90°)=1.08$ | 2.70 |

3.3.4　組合せ応力強さσ

胴の組合せ応力強さσは,第3－1表から第3－3表に示したX方向,Y方向,2方向入力時それぞれの軸方向応力$\sigma_x$,周方向応力$\sigma_\phi$及びせん断応力$\tau$を用いて算出する。

＜水平1方向のうち，X方向入力時の組合せ応力強さ$\sigma_X(\theta)$＞

主応力$\sigma_{1,X}(\theta)$，$\sigma_{2,X}(\theta)$，$\sigma_{3,X}(\theta)$は以下のとおり表わされる。

$$\sigma_{1,X}(\theta)=\frac{1}{2}\left\{\sigma_{x,X}(\theta)+\sigma_{\phi,X}(\theta)+\sqrt{(\sigma_{x,X}(\theta)-\sigma_{\phi,X}(\theta))^2+4\tau_X(\theta)^2}\right\}$$

$$\sigma_{2,X}(\theta)=\frac{1}{2}\left\{\sigma_{x,X}(\theta)+\sigma_{\phi,X}(\theta)-\sqrt{(\sigma_{x,X}(\theta)-\sigma_{\phi,X}(\theta))^2+4\tau_X(\theta)^2}\right\}$$

$$\sigma_{3,X}(\theta)=0$$

各主応力により，応力強さ$\sigma_X(\theta)$は以下のとおりとなる。

$$\sigma_X(\theta)=\max(|\sigma_{1,X}(\theta)-\sigma_{2,X}(\theta)|,\ |\sigma_{2,X}(\theta)-\sigma_{3,X}(\theta)|,\ |\sigma_{3,X}(\theta)-\sigma_{1,X}(\theta)|)$$

なお，Y方向入力時の組合せ応力強さ$\sigma_Y(\theta)$は，上記の式におけるXをY

に置き換えた式により算出する。

ここで，$\theta$ ＝0° の場合，第3－1表より $\sigma_{x,X}(0°)$=12.28，第3－2表より $\sigma_{\phi,X}(0°)$=3.54，第3－3表より $\tau_{X}(0°)$=0であるため，

$$\sigma_{1,X}(0°)=\frac{1}{2}\left\{12.28+3.54+\sqrt{(12.28-3.54)^2+4(0)^2}\right\}=12.28$$

$$\sigma_{2,X}(0°)=\frac{1}{2}\left\{12.28+3.54-\sqrt{(12.28-3.54)^2+4(0)^2}\right\}=3.54$$

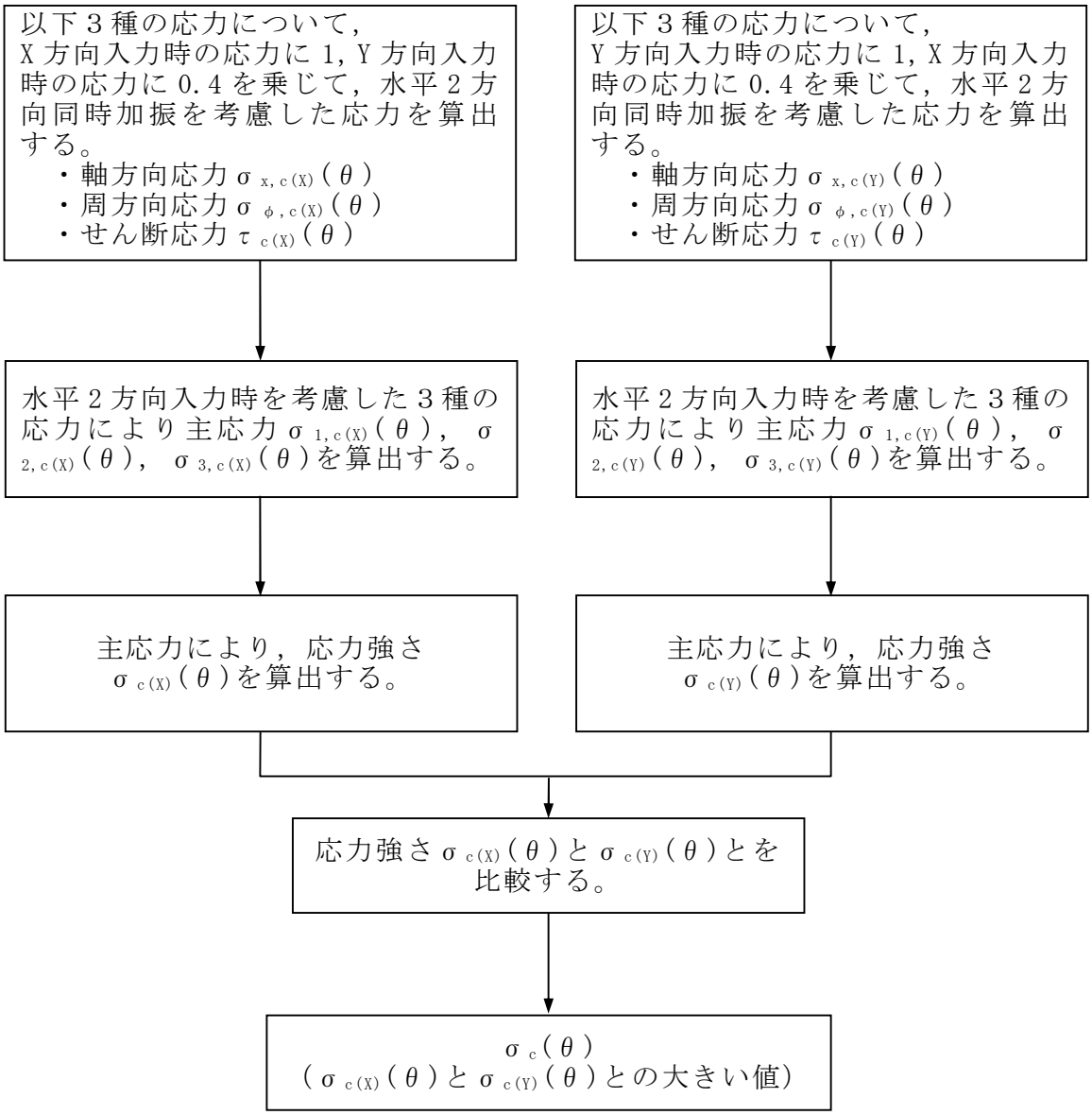
$$\sigma_{3,X}(0°)=0$$

となる。したがって，

$$\sigma_{X}(0°)=\max(|12.28-3.54|,\ |3.54-0|,\ |0-12.28|)=12.28$$

＜組合せ係数法による水平2方向入力時の組合せ応力強さ $\sigma_c(\theta)$＞

$\sigma_c(\theta)$の算出フローを第3－5図に示す。




第3－5図　組合せ係数法による組合せ応力算出フロー

X方向入力時の応力に1，X方向入力時の応力に0.4を乗じて組み合わせた水平2方向入力時を考慮した応力は以下の通りとする。

$$\sigma_{x,c(X)}(\theta)=\sigma_{x,X}(\theta)+0.4\times\sigma_{x,Y}(\theta)$$

$$\sigma_{\phi,c(X)}(\theta)=\sigma_{\phi,X}(\theta)+0.4\times\sigma_{\phi,Y}(\theta)$$

$\tau_{c(X)}(\theta) = \tau_{X}(\theta) + 0.4 \times \tau_{Y}(\theta)$

水平2方向入力時を考慮した各応力により主応力$\sigma_{1,c(X)}(\theta)$，$\sigma_{2,c(X)}(\theta)$，$\sigma_{3,c(X)}(\theta)$は以下のとおり表わされる。

$$\sigma_{1,c(X)}(\theta) = \frac{1}{2}\{\sigma_{x,c(X)}(\theta) + \sigma_{\phi,c(X)}(\theta) + \sqrt{(\sigma_{x,c(X)}(\theta) - \sigma_{\phi,c(X)}(\theta))^2 + 4\tau_{c(X)}(\theta)^2}\}$$

$$\sigma_{2,c(X)}(\theta) = \frac{1}{2}\{\sigma_{x,c(X)}(\theta) + \sigma_{\phi,c(X)}(\theta) - \sqrt{(\sigma_{x,c(X)}(\theta) - \sigma_{\phi,c(X)}(\theta))^2 + 4\tau_{c(X)}(\theta)^2}\}$$

$$\sigma_{3,c(X)}(\theta) = 0$$

各主応力により，応力強さ$\sigma_{c(X)}(\theta)$は以下の通りとなる。

$$\sigma_{c(X)}(\theta) = \max(|\sigma_{1,c(X)}(\theta) - \sigma_{2,c(X)}(\theta)|, |\sigma_{2,c(X)}(\theta) - \sigma_{3,c(X)}(\theta)|, |\sigma_{3,c(X)}(\theta) - \sigma_{1,c(X)}(\theta)|)$$

同様に，Y方向入力時の応力に1，X方向入力時の応力に0.4を乗じて組み合わせた水平2方向入力時を考慮した応力により，応力強さ$\sigma_{c(Y)}(\theta)$を算出する。

この応力強さ$\sigma_{c(X)}(\theta)$と$\sigma_{c(Y)}(\theta)$とを比較し，大きいほうの値を$\sigma_{c}(\theta)$とする。

$\sigma_{c}(\theta) = \max(\sigma_{c(X)}(\theta), \sigma_{c(Y)}(\theta))$

ここで，$\theta = 0°$の場合，第3－1表より$\sigma_{x,c(X)}(0°)$=12.28，第3－2表より$\sigma_{\phi,c(X)}(0°)$=3.54，第3－3表より$\tau_{c(X)}(0°)$=1.08であるため，

$$\sigma_{1,c(X)}(0°) = \frac{1}{2}\{12.28 + 3.54 + \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4(1.08)^2}\} = 12.41$$

$$\sigma_{2,c(X)}(0°) = \frac{1}{2}\{12.28 + 3.54 - \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4(1.08)^2}\} = 3.41$$

$$\sigma_{3,c(X)}(0°) = 0$$

となる。したがって，応力強さ$\sigma_{c(X)}(0°)$は以下のとおり算出される。

$$\sigma_{c(X)}(0°) = \max(|12.41 - 3.41|, |3.41 - 0|, |0 - 12.41|) = 12.41$$

同様に，第3－1表より$\sigma_{x,c(Y)}(0°)$=4.91，第3－2表より$\sigma_{\phi,c(Y)}(0°)$=1.42，第3－3表より$\tau_{c(Y)}(0°)$=2.70であるため，

$$\sigma_{1,c(Y)}(0^\circ)=\frac{1}{2}\left\{4.91+1.42+\sqrt{(4.91-1.42)^2+4(2.70)^2}\right\}=6.38$$

$$\sigma_{2,c(Y)}(0^\circ)=\frac{1}{2}\left\{4.91+1.42-\sqrt{(4.91-1.42)^2+4(2.70)^2}\right\}=-0.05$$

$$\sigma_{3,c(Y)}(0^\circ)=0$$

となる。したがって，応力強さ$\sigma_{c(Y)}(0^\circ)$は以下のとおり算出される。

$$\sigma_{c(Y)}(0^\circ)=\max(|6.38-(-0.05)|,\ |-0.05-0|,\ |0-6.38|)=6.43$$

応力強さ$\sigma_{c(X)}(0^\circ)$と$\sigma_{c(Y)}(0^\circ)$により，組合せ係数法による水平2方向入力時を考慮した応力強さ$\sigma_c(0^\circ)$は，

$$\sigma_c(\theta)=\max(12.41,\ 6.43)=12.41$$

となる。

＜ＳＲＳＳ法による水平2方向入力時を考慮した組合せ応力強さ$\sigma_s(\theta)$＞

主応力$\sigma_{1,s}(\theta)$，$\sigma_{2,s}(\theta)$，$\sigma_{3,s}(\theta)$は以下のとおり表わされる。

$$\sigma_{1,s}(\theta)=\frac{1}{2}\left\{\sigma_{x,s}(\theta)+\sigma_{\phi,s}(\theta)+\sqrt{(\sigma_{x,s}(\theta)-\sigma_{\phi,s}(\theta))^2+4\tau_s(\theta)^2}\right\}$$

$$\sigma_{2,s}(\theta)=\frac{1}{2}\left\{\sigma_{x,s}(\theta)+\sigma_{\phi,s}(\theta)-\sqrt{(\sigma_{x,s}(\theta)-\sigma_{\phi,s}(\theta))^2+4\tau_s(\theta)^2}\right\}$$

$$\sigma_{3,s}(\theta)=0$$

各主応力により，応力強さ$\sigma_s(\theta)$は以下の通りとなる。

$$\sigma_s(\theta)=\max(|\sigma_{1,s}(\theta)-\sigma_{2,s}(\theta)|,\ |\sigma_{2,s}(\theta)-\sigma_{3,s}(\theta)|,\ |\sigma_{3,s}(\theta)-\sigma_{1,s}(\theta)|)$$

ここで，$\theta=0^\circ$の場合，第3－1表より$\sigma_{x,s}(0^\circ)$=12.28，第3－2表より$\sigma_{\phi,s}(0^\circ)$=3.54，第3－3表より$\tau_s(0^\circ)$=2.70であるため，

$$\sigma_{1,s}(0^\circ)=\frac{1}{2}\left\{12.28+3.54+\sqrt{(12.28-3.54)^2+4(2.70)^2}\right\}=13.05$$

$$\sigma_{2,s}(0^\circ)=\frac{1}{2}\left\{12.28+3.54-\sqrt{(12.28-3.54)^2+4(2.70)^2}\right\}=2.77$$

$$\sigma_{3,s}(0^\circ)=0$$

となる。したがって，

$$\sigma_s(0^\circ)=\max(|13.05-2.77|,\ |2.77-0|,\ |0-13.05|)=13.05$$

$\theta$ ＝0° の場合に，ＳＲＳＳ法，組合せ係数法を用いて算出した応力強さを第3－4表に示す。

第3－4表　ＳＲＳＳ法，組合せ係数法を用いて算出した応力強さ（$\theta$＝0°）

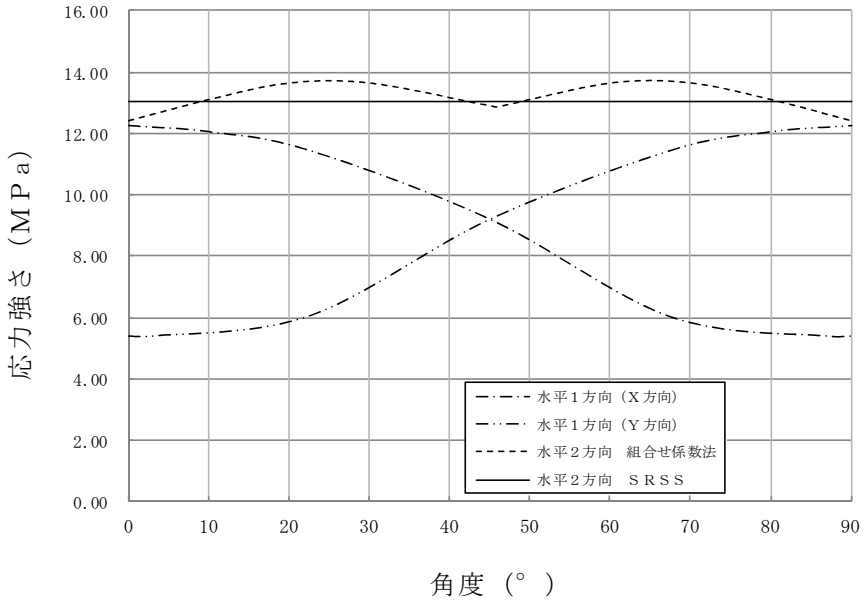
| | X | Y | ＳＲＳＳ法 | 組合せ係数法 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1.0×X＋0.4×Y | 0.4×X＋1.0×Y |
| $\sigma_x(\theta)$ | 12.28 | 0.00 | $\sqrt{(12.28^2+0.00^2)}$＝<br>12.28 | 12.28×1.0＋0.00×0.4＝<br>12.28 | 12.28×0.4＋0.00×1.0＝<br>4.91 |
| $\sigma_\phi(\theta)$ | 3.54 | 0.00 | $\sqrt{(3.54^2+0.00^2)}$＝<br>3.54 | 3.54×1.0＋0.00×0.4＝<br>3.54 | 3.54×0.4＋0.00×1.0＝<br>1.42 |
| $\sigma_\tau(\theta)$ | 0.00 | 2.70 | $\sqrt{(0.00^2+2.70^2)}$＝<br>2.70 | 0.00×1.0＋2.70×0.4＝<br>1.08 | 0.00×0.4＋2.70×1.0＝<br>2.70 |
| $\sigma_1(\theta)$ | — | — | $1/2\times[12.28+3.54+\sqrt{\{(12.28-3.54)^2+4\times2.70^2\}}]$＝<br>13.05 | $1/2\times[12.28+3.54+\sqrt{\{(12.28-3.54)^2+4\times1.08^2\}}]$＝<br>3.41 | $1/2\times[4.91+1.42+\sqrt{\{(4.91-1.42)^2+4\times2.70^2\}}]$＝<br>6.38 |
| $\sigma_2(\theta)$ | — | — | $1/2\times[12.28+3.54-\sqrt{\{(12.28-3.54)^2+4\times2.70^2\}}]$＝<br>2.77 | $1/2\times[12.28+3.54-\sqrt{\{(12.28-3.54)^2+4\times1.08^2\}}]$＝<br>12.41 | $1/2\times[4.91+1.42-\sqrt{\{(4.91-1.42)^2+4\times2.70^2\}}]$＝<br>-0.05 |
| $\sigma_3(\theta)$ | — | — | 0 | 0 | 0 |
| $\sigma(\theta)$ | — | — | MAX<br>(\|13.05-2.77\|,\|2.77-0\|,\|0-13.05\|＝<br>13.05 | MAX<br>(\|3.41-12.41\|,\|12.41-0\|,\|0-3.41\|＝<br>12.41 | MAX<br>(\|6.38-(-0.05)\|,\|-0.05-0\|,\|0-6.38)\|＝<br>6.43 |
| | | | | MAX（12.41,6.43）=12.41 | |

（注）本表記載の数値は計算例を示すものであり，桁処理の関係上，他表の数値と一致しないことがある。

算出した応力強さの分布及び分布図を第3－5表及び第3－6図に示す。

第3－5表　水平地震時の組合せ応力強さ

| 角度 | X方向入力時<br>応力強さ<br>(MPa)<br>$\sigma_X(\theta)$ | Y方向入力時<br>応力強さ<br>(MPa)<br>$\sigma_Y(\theta)$ | 2方向入力時応力強さ(MPa) | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 組合せ係数法<br>$\sigma_c(\theta)$ | ＳＲＳＳ法<br>$\sigma_s(\theta)$ |
| 0° 方向 | 12.28 | 5.40 | 12.41 | 13.04 |
| 22.5° 方向 | 11.47 | 6.03 | 13.64 | 13.04 |
| 45° 方向 | 9.22 | 9.22 | 12.91 | 13.04 |
| 67.5° 方向 | 6.03 | 11.47 | 13.64 | 13.04 |
| 90° 方向 | 5.40 | 12.28 | 12.41 | 13.04 |




第3－6図 水平地震時組合せ応力強さ分布図

組合せ応力強さは,ＳＲＳＳ法では全方向において一定であるのに対して,組合せ係数法では24.75°及び65.25°にピークを持つ分布となった。組合せ応力強さは0°,45°及び90°付近ではＳＲＳＳ法のほうが組合せ係数法に比べ大きな値となるのに対して，組合せ係数法がピークを持つ24.75°及び65.25°付近ではＳＲＳＳ法を約5%上回る結果となった。

水平2方向入力時のＳＲＳＳ法による組合せ最大応力強さは,第3－6表に示すとおり水平1方向入力時の最大応力強さに対して６％上回る程度であり,水平2方向による影響は軽微といえる。

一方,水平2方向入力時の組合せ係数法による組合せ最大応力強さについては，水平1方向入力時の最大応力強さに対して11%上回る結果となった。これは水平2方向入力時の影響軽微と判断する基準（応力の増分が１割）を超えているが，本検討においては水平地震力のみを考慮しており，実際の耐震評価においては水平地震力以外に自重，内圧及び鉛直地震力等を考慮して評価を実施することから，水平2方向を考慮した際の応力強さの増分は小さくなる。このため，水平2方向による影響は軽微であると考えられる。

第3－6表　水平地震時の最大組合せ応力強さ及び水平2方向による影響

| | | 最大組合せ応力強さ (MPa) | 水平2方向／水平1方向 最大応力強さ比 |
|---|---|---|---|
| 水平1方向入力 | | 12.28 | 1.00 |
| 水平2方向入力 | ＳＲＳＳ法 | 13.05 | 1.06 |
| | 組合せ係数法 | 13.67 | 1.11 |

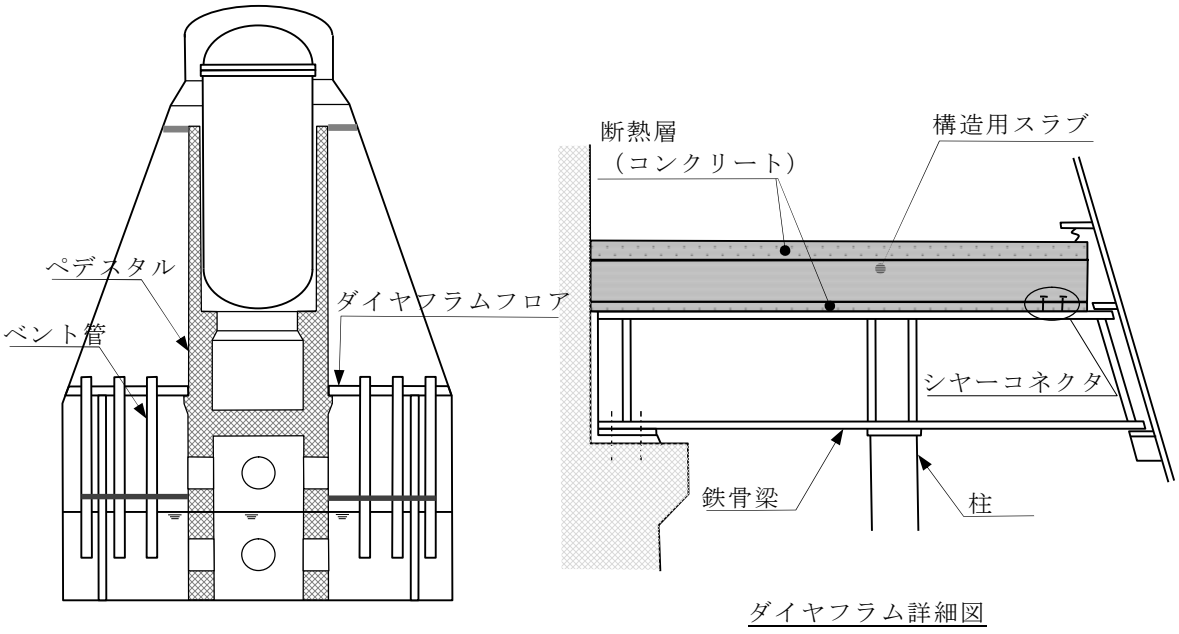
4.　水平2方向同時加振の影響評価について（ダイヤフラムフロア）

4.1　はじめに

本項は，ダイヤフラムフロアに対する水平2方向同時加振の影響についてまとめたものである。

4.2　ダイヤフラムフロアの構造

ダイヤフラムフロアは，格納容器をドライウェルとサプレッションチェンバとを隔離する構造物であり，上部及び下部に断熱層を持った鉄筋コンクリート製の構造用スラブで構成されている。垂直方向の荷重は，鉄筋コンクリート製スラブから鉄骨梁に伝えられ，その下部にあるペデスタルび鉄骨の柱で支持されている。水平方向の荷重も同様に鉄骨梁から原子炉本体基礎及び格納容器周囲に設置されたシアラグを介して原子炉建屋に伝達される（第4－1図）。



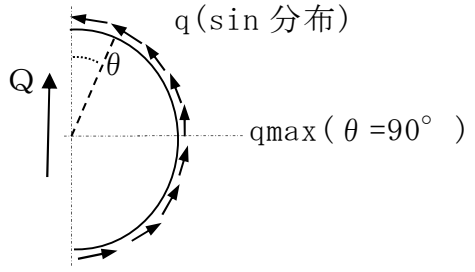

第4－1図　ダイヤフラムフロアの構造

4.3　水平 2 方向同時加振の影響

構造用スラブ及び鉄骨梁は，水平方向に広がりを有することから，作用する荷重は鉛直方向の荷重が支配的であり，水平 2 方向の地震に対して影響は軽微である。また，同様に構造用スラブ及び鉄骨梁を支持する柱についても，各構造物からの鉛直方向の荷重を受ける構造であるため，水平 2 方向の地震に対する影響はない。

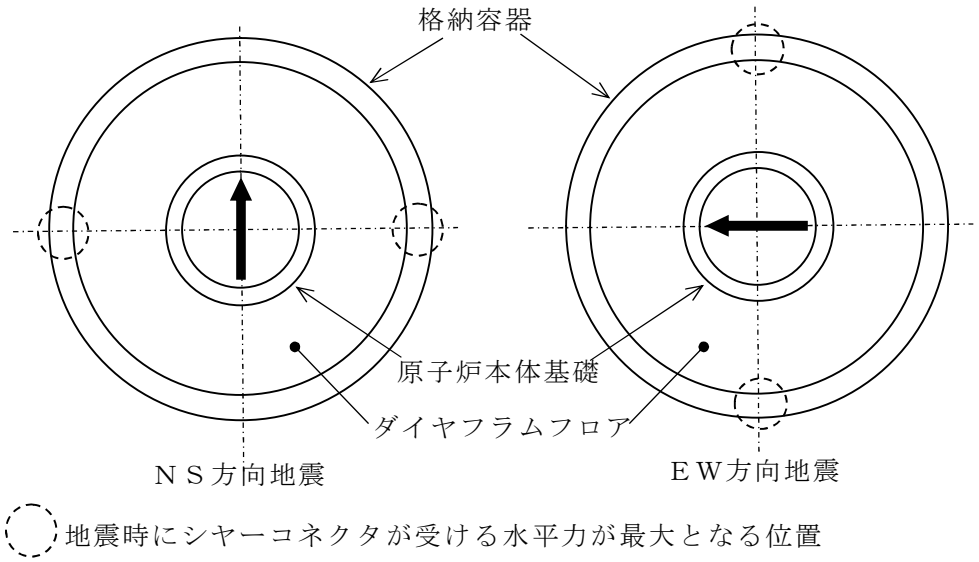
水平地震力を構造用スラブから鉄骨梁に伝達するシヤーコネクタに対する水平 2 方向の地震の影響について整理する。地震時にダイヤフラムフロア全体に加わる水平力 Q とした場合，シヤーコネクタが設置されているダイヤフラムフロア端部に加わる水平力 q は，第 4－2 図に示すとおり sin 分布として与えられるため，地震方向との角度 θ が 90° の位置で最大となることから，NS，EW 方向 で最大となる地震力の位置は異なる(第 4－3 図)。

さらに，水平 2 方向同時加振時の水平力は，第 4－4 図に示すとおり水平 1 方向加振時の最大の水平力と比較しＳＲＳＳ法を用いた場合は同値，組合せ係数法を用いた場合は最大で約 1.08 倍の値となるため，水平 2 方向同時加振の影響は軽微である。

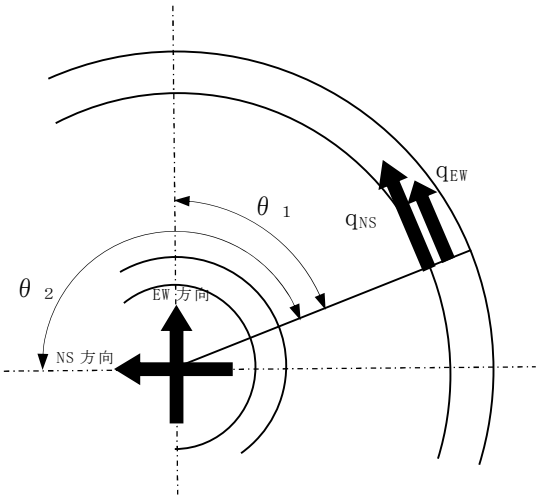



Q：地震時にダイヤフラムフロア全体が受ける水平力
q：ダイヤフラム端部に作用する水平力

第4－2図　ダイヤフラムフロア端部における水平力の分布




第 4－3 図　シヤーコネクタに与える水平 2 方向地震組合せの影響




NS 加振時水平力：$q_{NS}=Q/\pi r\times\sin\theta_1$

EW 加振時水平力：$q_{EW}=Q/\pi r\times\sin\theta_2$

$=Q/\pi r\times\sin(\pi/2+\theta_1)$

$=Q/\pi r\times\cos\theta_1$

＜組合せ係数法を用いた2方向入力時水平力＞

$$q = \max(q_{NS}+0.4\times q_{EW},\ 0.4\times q_{NS}+q_{EW})$$

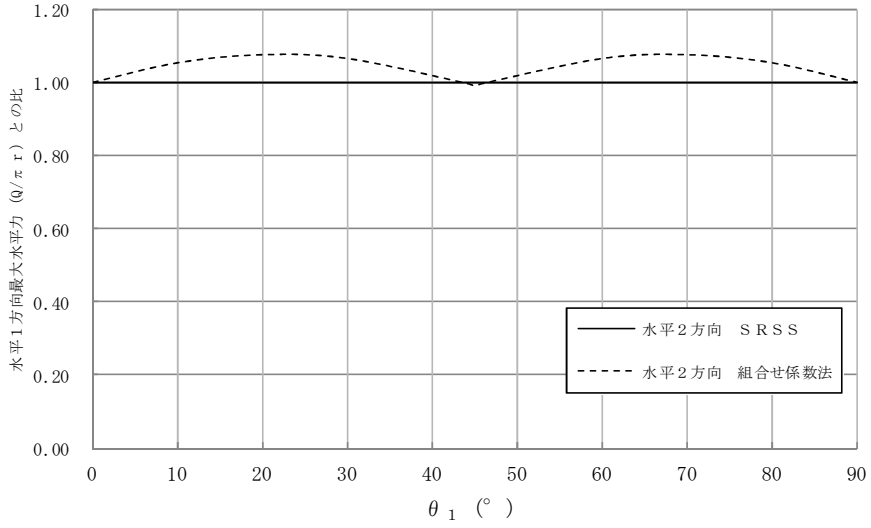
$$= Q/\pi r\times\max(\sin\theta_1+0.4\times\cos\theta_1,\ 0.4\times\sin\theta_1+\cos\theta_1)$$

＜ＳＲＳＳ法を用いた2方向入力時水平力＞

$$q = \sqrt{(q_{NS}{}^2+q_{EW}{}^2)}$$

$$= \sqrt{((Q/\pi r\times\sin\theta_1)^2+(Q/\pi r\times\cos\theta_1)^2)}$$

$$= Q/\pi r$$




第4－4図　水平2方向同時加振時の水平力分布について

## 5　水平2方向同時加振の影響評価について（燃料取替機）

### 5.1　はじめに

本項は，燃料取替機（以下「ＦＨＭ」という。）に対する水平2方向同時加振の影響についてまとめたものである。

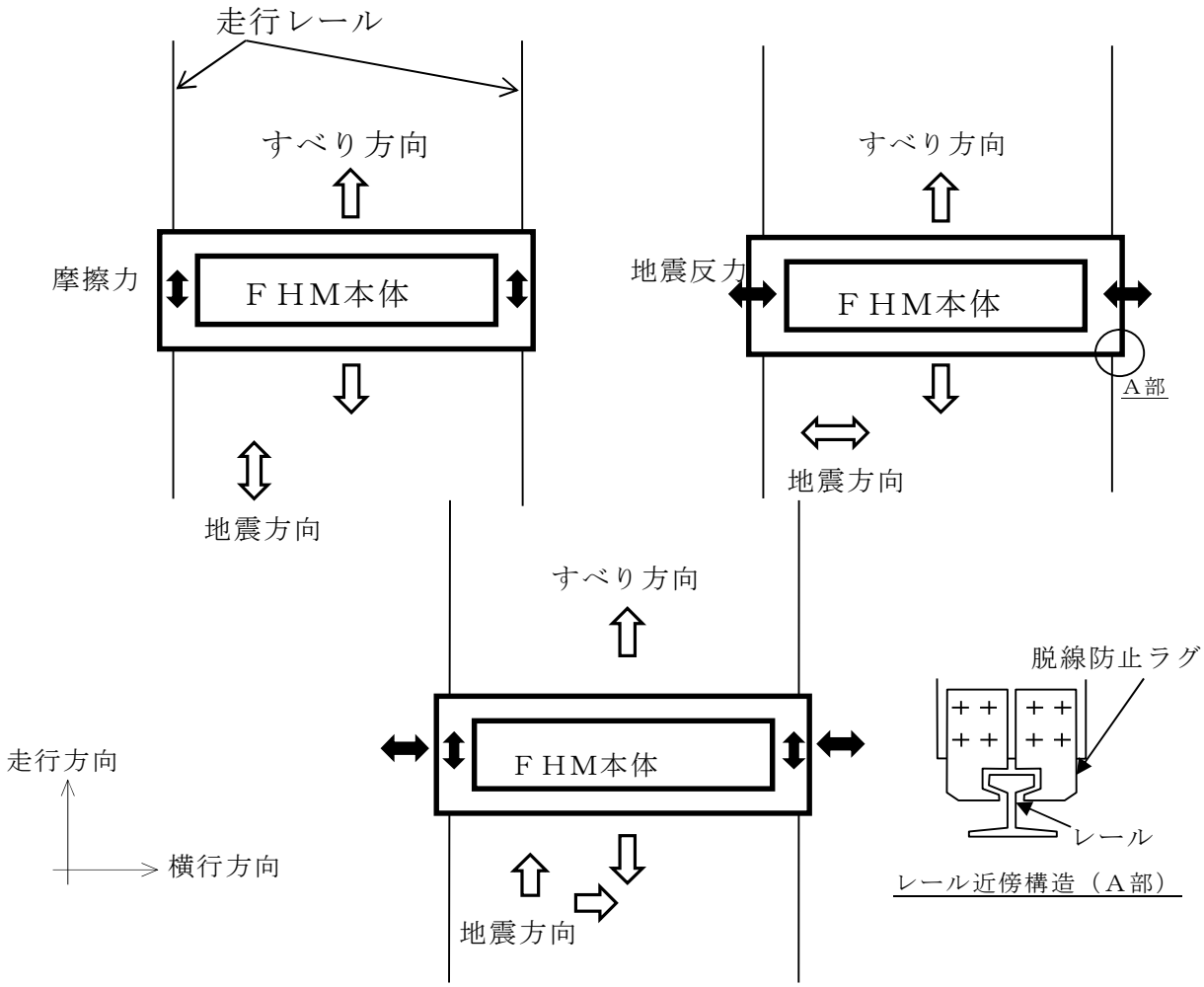
### 5.2　現行評価の手法

燃料取替機の負担する水平地震荷重の概念図を第5－1図に示す。

ＦＨＭはレール上を車輪で移動する構造であるため，基本的には建屋との固定はないが，地震時に横行方向（走行レールに対し直角方向）にすべりが生じた場合は，レールに沿って取り付けられている脱線防止ラグがレールの側面と接触し，ＦＨＭのすべりを制限する構造となっている。つまり，ラグとレールが接触し，ＦＨＭが横行方向に建屋と固定された体系では，地震入力がＦＨＭ本体へそのまま伝達されることが想定される。

一方，走行方向（走行レールの長手方向）については，ＦＨＭの車輪とレールの接触面(踏面)を介してＦＨＭ本体へと荷重が伝達される構造であり，その荷重は摩擦力により制限されるため，地震入力により生じる荷重は軽微（ＦＨＭ本体への影響は軽微）と考えられる。

上記により，ＦＨＭ本体の耐震評価では横行方向に対する地震応答が支配的であり，走行方向に対しては比較的軽微であると考えられるため，水平2方向同時加振の考慮として，耐震性評価で走行方向の地震応答を追加で組み合わせたとしても，従来評価の応答結果への影響は小さいと考えられる。




第 5－1 図　燃料取替機の負担する水平地震荷重

6.　水平2方向入力時の影響評価について（矩形配置されたボルト）

6.1　はじめに

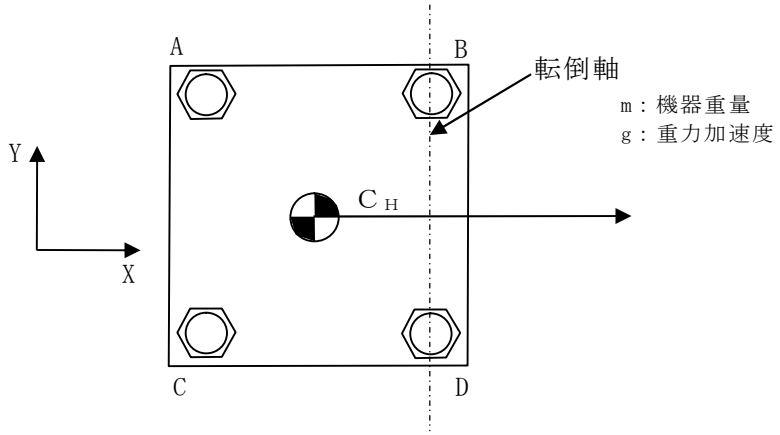
本項は，水平2方向に地震力が作用した場合の矩形配置されたボルトに対する影響検討結果をまとめたものである。強軸・弱軸が明確なものについては，弱軸方向に応答し水平2方向地震力による影響が軽微であるため，機器の形状を正方形として検討を行った。

6.2　引張応力への影響

水平1方向に地震力が作用する場合と水平2方向に地震力が作用する場合のボルトへの引張力の違いを考察する。なお，簡単のため機器の振動による影響は考えないこととする。

(1)　水平1方向に地震力が作用する場合

第6－1図のようにX方向に震度$C_H$が与えられる場合を考慮する。




第6－1図　水平1方向の地震力による応答（概要）

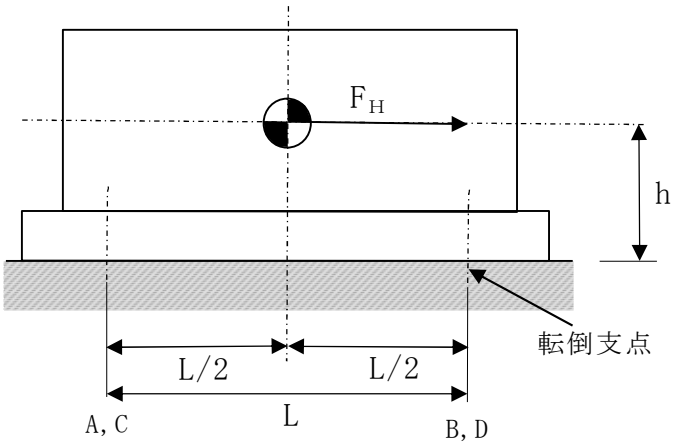
この場合，対象としている系の重心に作用する水平方向の力$F_H$は，

$$F_H = mgC_H$$

と表せ，$F_H$によるボルトBとボルトDの中心を結んだ軸を中心に転倒

モーメントを生じる。この転倒モーメントはボルトＡ，Ｃにより負担される。

このとき，系の重心に生じる力は，第6－2図に示すとおりである。




第6－2図　水平1方向の地震力による力

第6－2図より，水平方向地震動による引張力は

$$F_b = \frac{1}{L}(mgC_Hh)$$

である。

ボルトに発生する引張応力$\sigma_b$は全引張力を断面積$A_b$のボルト$n_f$本で受けると考え，

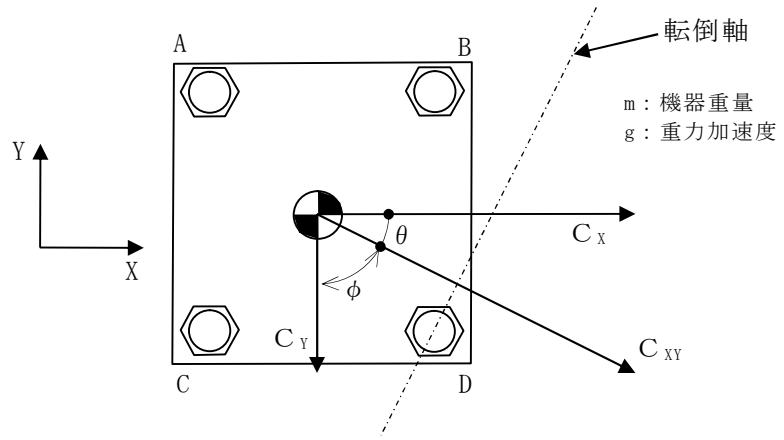
$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

となる。

(2)　水平2方向に地震力が作用する場合

第6－3図のようにX方向とY方向にそれぞれ震度$C_X$，$C_Y$が作用する場合を考慮する。なお，本検討においては，X方向とY方向に同時に最大

震度が発生する可能性は低いと考え,X 方向の震度と Y 方向の震度を 1:0.4（$0.4C_X = C_Y$）と仮定する。




第 6－3 図　水平 2 方向の地震力による応答（概要）

この時 $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{4}{10}\right)$ であることから，水平方向の震度 $C_{XY}$ は

$$C_{XY} = C_X \cos\theta + C_Y \cos\phi$$

$$= \frac{5}{\sqrt{29}} C_X + 0.4 \times \frac{2}{\sqrt{29}} C_Y$$

$$= \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X$$

と表される。この時，対象としている系の重心に作用する水平方向の力 $F_H$ は，

$$F_H = mgC_{XY} = mg\frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X$$

となる。この $F_H$ により，転倒軸を中心に転倒モーメントが生じ，ボルト A,B,C により負担される。

水平 2 方向の地震力を受け対角方向に応答する場合，各ボルトにかかる引

張力を$F_A$，$F_B$，$F_C$とし，第6－4図に示すようにボルトDの中心を通る直線を転倒軸とすると，

転倒軸からの距離により，

$$F_A : F_B : F_C = 7 : 2 : 5$$

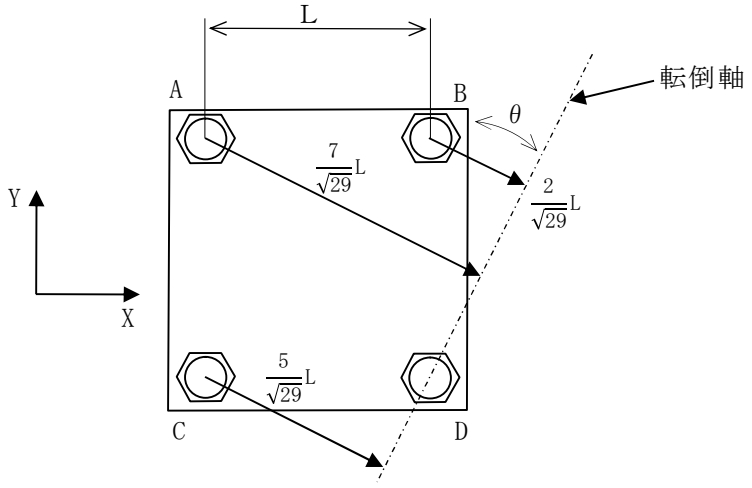
であり，転倒軸周りのボルトの軸力により発生するモーメントMは，

$$M = \frac{7}{\sqrt{29}}LF_A + \frac{2}{\sqrt{29}}LF_B + \frac{5}{\sqrt{29}}LF_C$$

$$= \frac{7}{\sqrt{29}}L \times F_A + \frac{2}{\sqrt{29}}L \times \frac{2}{7}F_A + \frac{5}{\sqrt{29}}L \times \frac{5}{7}F_A$$

$$= \frac{78}{7\sqrt{29}}LF_A$$

である。




第6－4図　対角方向に応答する場合の転倒軸から距離

転倒しない場合，転倒軸周りのボルトの軸力により発生するモーメントMと水平方向地震力モーメントが釣り合っているので，

$$mgC_{XY}h=\frac{78}{7\sqrt{29}}LF_A$$

であり，引張力$F_A$は以下のとおりとなる。

$$F_A=\frac{7\sqrt{29}}{78L}\left(mgC_{XY}h\right)$$

以上より，最も発生応力の大きいボルトＡに発生する応力$\sigma_b'$は

$$\sigma_b'=\frac{F_A}{A_b}=\frac{7\sqrt{29}}{78A_bL}\left(mgC_{XY}h\right)$$

であり，水平１方向地震動を考慮した場合のボルトにかかる応力$\sigma_b$

$$\sigma_b=\frac{F_b}{2A_b}=\frac{1}{2A_bL}\left(mgC_HL\right)$$

に対して，震度$C_{XY}=\frac{5.8}{\sqrt{29}}C_H$であることから

$$\sigma_b'=\frac{7\sqrt{29}}{39\times2A_bL}\left(mgC_{XY}h\right)$$

$$=\frac{7\sqrt{29}}{39\times2A_bL}\times\frac{5.8}{\sqrt{29}}\left(mgC_Hh\right)$$

$$=\frac{40.6}{39}\sigma_b$$

$$=1.04\sigma_b$$

となる。したがって，水平２方向入力時を考慮した場合，ボルトに発生する引張応力は増加するが，その影響は軽微である。

6.3　せん断応力への影響

せん断力は全基礎ボルト断面で負担するため，全ボルトに対するせん断力$T_b$は，

$$T_b=F_H$$

であり，せん断応力$\tau_b$は断面積$A_b$のボルト本数nでせん断力$T_b$を受けるため，

$$\tau_b = \frac{T_b}{nA_b}$$

となる。

水平1方向の地震力を考慮した場合のせん断力$T_b$及び水平2方向の地震力を考慮した場合のせん断力$T_b'$はそれぞれ，

$$T_b = mgC_X$$

$$T_b' = mg\frac{5.8}{\sqrt{29}}C_X = 1.08mgC_X$$

$$= 1.08T_b$$

となる。水平1方向及び水平2方向地震時に断面積$A_b$及びボルト全本数nは変わらないため，水平2方向地震を考慮した場合，ボルトに発生するせん断応力は増加するが，その影響は軽微である。

# 7.　水平2方向同時加振の影響について（電気盤）

## 7.1　はじめに

本資料は，電気盤に取り付けられている器具に対する水平2方向入力の影響をまとめたものである。

## 7.2　水平2方向加振の影響について

電気盤に取り付けられている器具については，1次元的な接点のON－OFFに関わる比較的単純な構造をしている。加えて，基本的にはすべて梁，扉等の強度部材に強固に固定されているため，器具の非線形応答もなく，水平2方向の加振に対しては独立に扱うことで問題ないものと考える。さらに器具の誤動作モードは，水平1方向を起因としたモードであるため，水平2方向加振による影響は軽微であると考える。

なお，念のために既往研究等において，電気盤の器具取付位置の応答加速度に対し，器具の確認済加速度が十分に高いことも確認している。

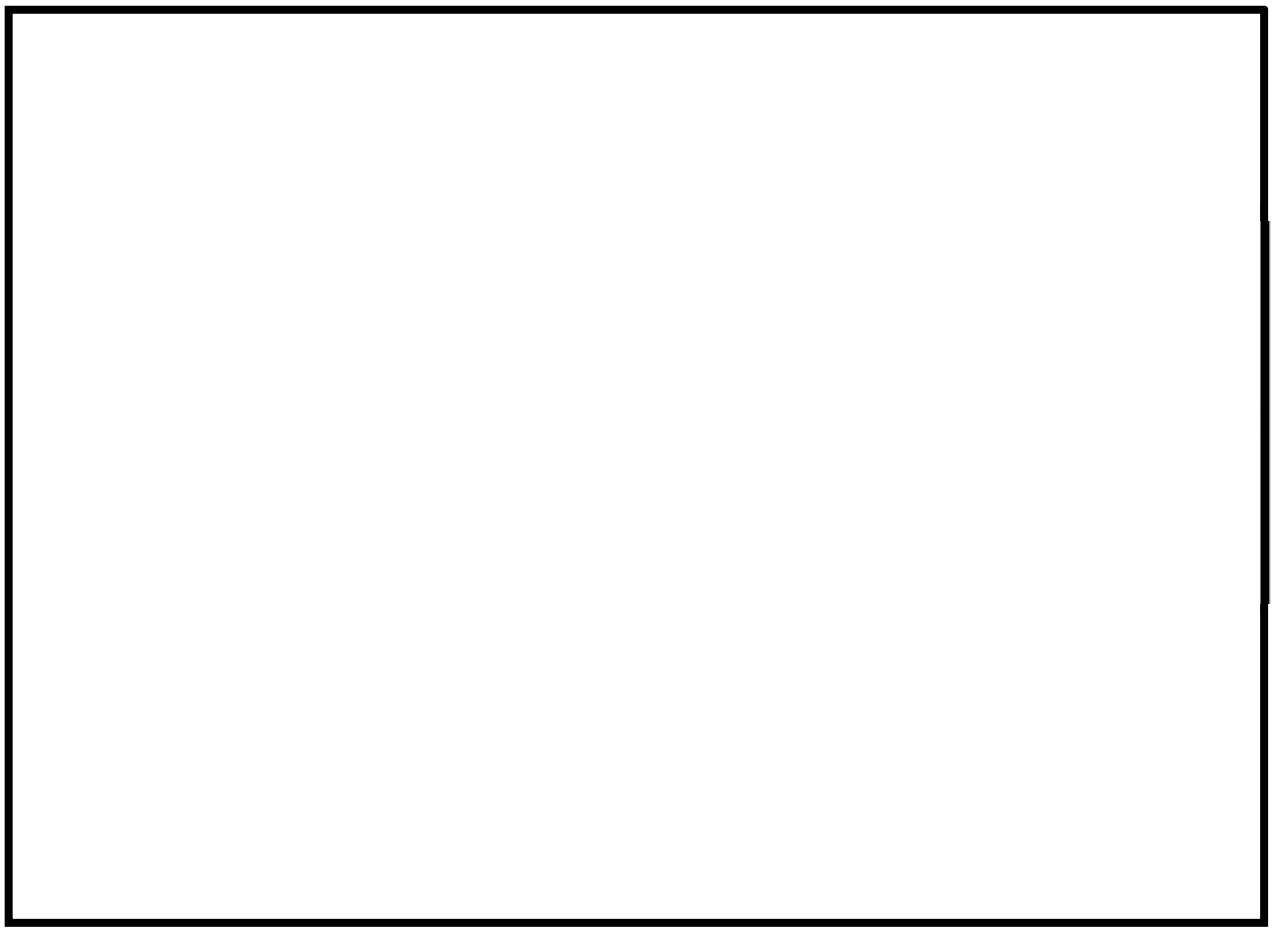
次頁より，メタクラ取付器具を代表とし，器具の構造から検討した結果をまとめる。

### 7.2.1　補助リレー

(1)　構造，作動機構の概要

第7－1図に補助リレーの構造及び作動機構を示す。補助リレーはコイルに通電されることにより生じる電磁力でアマチュア部を動作させ，接点の開閉を行うものである。

補助リレーのうち，固定鉄心，固定接点（A，B接点）はいずれも強固に固定されており，可動鉄心は左右方向にのみ動くことのできる構造となっている。



第 7－1 図　補助リレー構造図

(2)　水平 2 方向地震力に対する影響検討

補助リレーの誤動作モードとして以下が考えられる。

・地震力で可動鉄心が振動することにより，接点が誤接触，又は誤開放（左右方向）

ただし，補助リレーは取付部をボルト固定していること，また，器具の可動部は左右方向にのみ振動することから，誤動作にいたる事象に多次元的な影響はないと考えられる。

(3)　機能確認済加速度

参考として，発生加速度と補助リレーの既往試験における確認済加速度及び試験結果を第7－1表に示す。

第7－1表　補助リレーの発生加速度及び機能確認済加速度

| 方　向 | 前　後 | 左　右 | 上　下 |
|---|---|---|---|
| 発生加速度(G) | 0.97 | 0.97 | 0.84 |
| 確認済加速度(G) | | | |

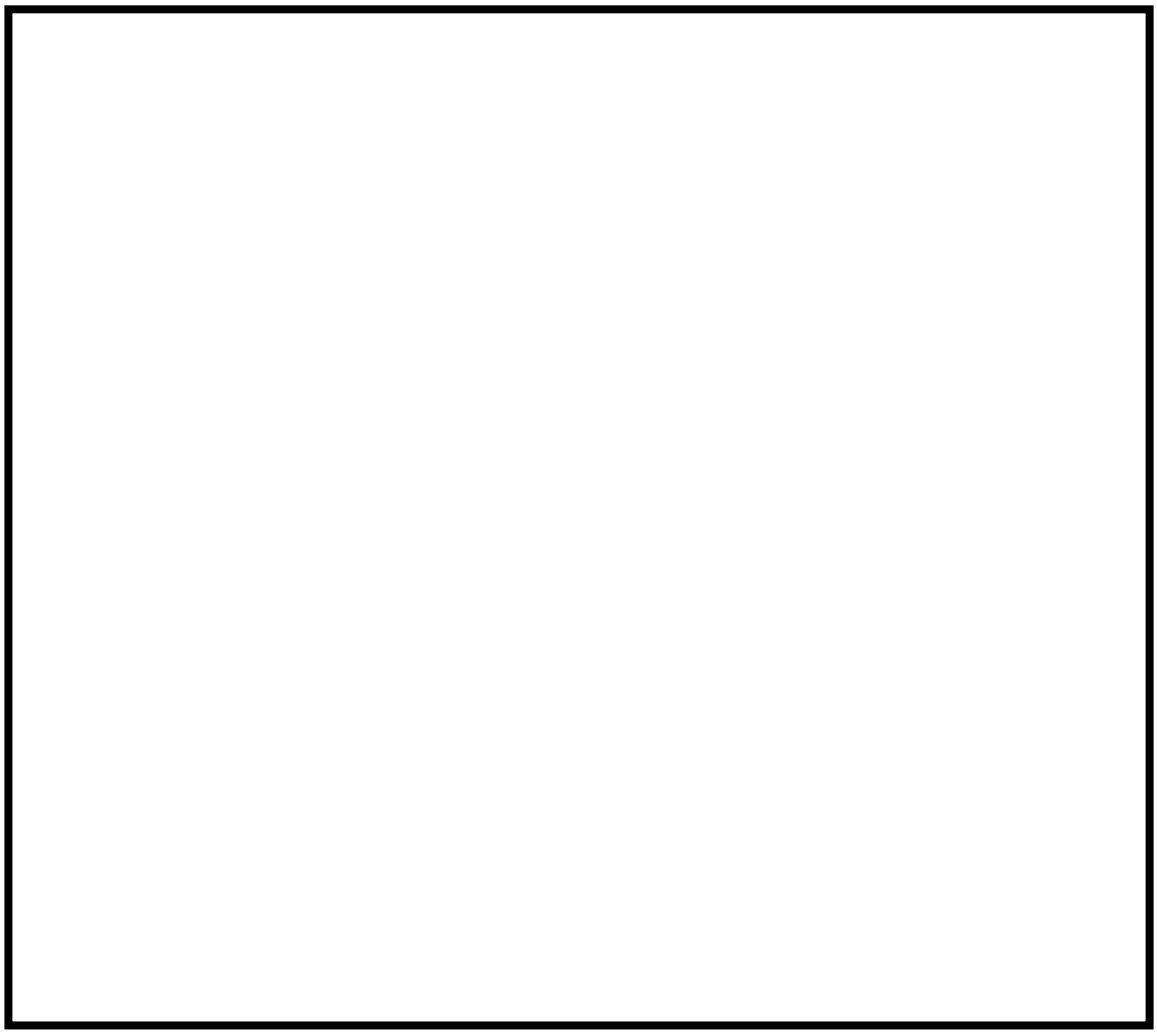
7.2.2　ノーヒューズブレーカ（ＭＣＣＢ）

(1)　構造，作動機構

第7－2図にＭＣＣＢの構造及び作動機構を示す。配線用遮断器には熱動電磁式と完全電磁式がある。下記に代表して熱動電磁式の動作原理と内部構造を示す。

熱動電磁式は，過電流が流れるとバイメタルが湾曲し，トリップ桿によりラッチの掛け合いが外れ，キャッチがバネにより回転し，リンクに連結された可動接点が作動し回路を遮断する。

また，短絡電流等の大電流が流れた場合は，固定鉄心の電磁力で可動鉄心が吸引されトリップ桿が作動し，以降は上述と同じ動作により回路を遮断する。



第 7－2 図　ＭＣＣＢ構造図

(2)　水平 2 方向地震力に対する影響検討

ＭＣＣＢの誤動作モードとして以下が考えられる。

・ハンドルが逆方向へ動作する（上下方向）

・接点が乖離する（前後方向，左右方向）

・ラッチが外れてトリップする（前後方向，上下方向）

上記より，ＭＣＣＢの誤動作として 2 方向の振動の影響が考えられる。ただし，ハンドルは 1 方向にしか振動できないこと，前後－左右の接点乖

離は各々独立であること（前後方向は接触－非接触，左右方向はずれによる）から，これらについては誤動作に至る事象に多次元的な影響はないものと考えられる。

ラッチ外れについては2軸の影響は無視できないと考えられるが，左右方向はラッチ外れに影響を与える誤動作モードではないため，水平2方向の影響はないものと考えられる。

(3) 機能確認済加速度

参考として，発生加速度とＭＣＣＢの既往試験における確認済加速度及び試験結果を第7－2表に示す。

第7－2表　ＭＣＣＢの発生加速度及び機能確認済加速度

| 方　向 | 前　後 | 左　右 | 上　下 |
|---|---|---|---|
| 発生加速度(G) | 0.97 | 0.97 | 0.84 |
| 確認済加速度(G) | | | |

7.2.3 過電流リレー（保護リレー）

(1) 構造，作動機構の概要

第7－3図に過電流リレー(保護リレー)の構造を示す。過電流リレーは，電流コイル１個を持つ電磁石が動作トルクを発生し，永久磁石の制動により限時特性を得る円板形リレーであり，タップ値以上の過電流が流れると接点が動作し，警報や遮断器引き外しを行う。なお，過電流リレーはボルトにて盤の扉面に強固に取り付けられている。

第 7－3 図　過電流リレー

(2)　水平 2 方向地震力に対する影響検討

過電流リレーの誤動作モードとして以下が考えられる。

・誘導円板が接触し，固渋する（上下方向）

・可動接点が振動し，接点の誤接触が生じる（前後，左右方向）

誘導円板の固渋については，昭和 56 年の日本機械学会講演論文集「誘導円板型リレーの地震時誤動作に関する研究」において，誘導円板が水平 2 方向入力により，回転し接点接触により，誤動作が生じることが報告されている。しかし，平成 13 年度に行われた電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究」において，水平 2 方向加振時に鉛直方向加振を加えた試験を実施しており，正弦波加振試験では誘導円板の回

転挙動が発生したが，地震波加振試験では誘導円板の回転挙動が発生しないことを確認している。したがって，地震波による水平2方向の影響はないものと考えられる。

(3)　機能確認済加速度

参考として，発生加速度と過電流リレーの既往試験における確認済加速度及び試験結果を第7－3表に示す。

第7－3表　過電流リレーの発生加速度及び機能確認済加速度

| 方　向 | 前　後 | 左　右 | 上　下 |
|---|---|---|---|
| 発生加速度(G) | 0.97 | 0.97 | 0.84 |
| 確認済加速度(G) | | | |

# 方向性を考慮していない水平方向地震動における模擬地震波の作成方針

## 1. はじめに

応答スペクトルに基づく地震動として策定された基準地震動Ｓs－Ｄ１（以下「Ｓs－Ｄ１」という。）及び震源を特定せず策定する地震動として策定された基準地震動Ｓs－３１（以下「Ｓs－３１」という。）については，水平方向の地震動に方向性を考慮していないことから，水平2方向及び鉛直方向地震力の同時入力による影響検討を行う場合，水平2方向のうち新たにもう1方向の模擬地震波を作成し入力する等の方法が考えられる。本資料では，水平2方向のうち新たにもう1方向の模擬地震波の作成方針を示すものである。

## 2. 模擬地震波の作成方針

応答スペクトルに基づく地震動及び震源を特定せず策定する地震動における模擬地震波の作成方針を示す。

### (1) 応答スペクトルに基づく地震動における模擬地震波

応答スペクトルに基づく地震動として策定された基準地震動の模擬地震波については，全く同じ地震動が同時に水平2方向に入力されることは現実的に考えにくいことから，Ｓs－Ｄ１を作成した方法と同一の方法で，目標とする応答スペクトルに適合する位相の異なる模擬地震波を作成する。

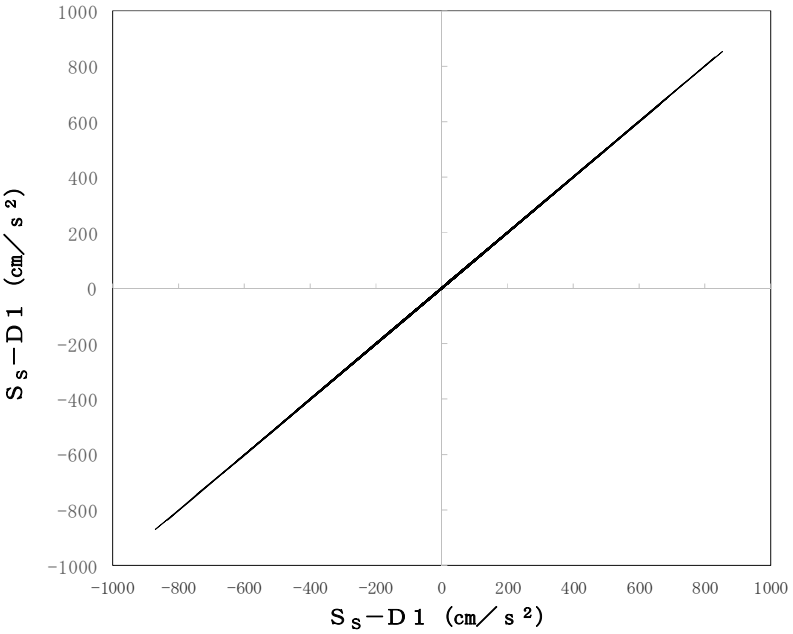
### (2) 震源を特定せず策定する地震動における模擬地震波

Ｓs－３１については，2004年北海道留萌支庁南部地震（以下「留萌地震」という。）の観測記録より策定された地震動である。水平方向の地震動は，ＥＷ方向の観測記録から推定される基盤相当位置の地震動に基づき敷地地盤の物性等を踏まえて作成されている。水平2方向の影響評価に用いる模擬地震波については，Ｓs－３１を作成した方法と同一の方法により，

ＮＳ方向の観測記録を用いて地震波を作成する。

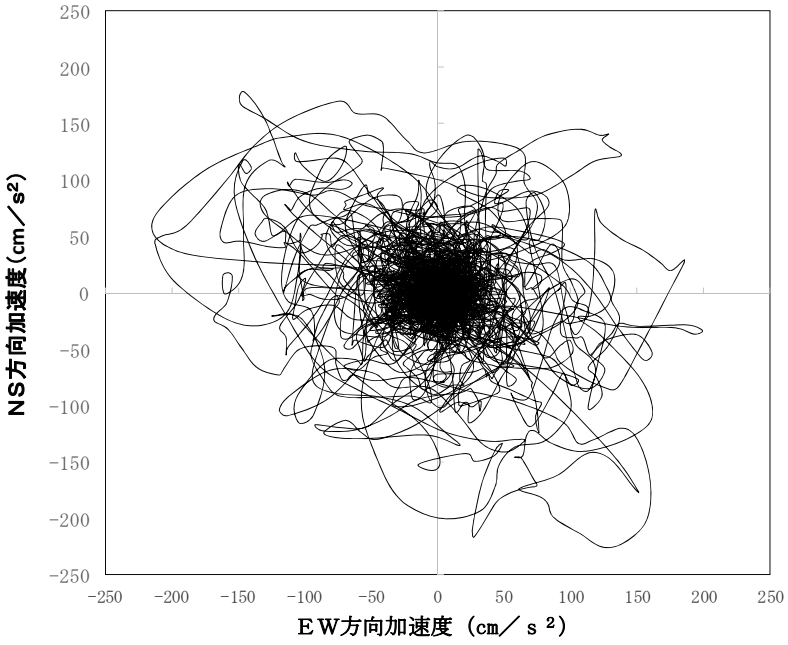
同位相の模擬地震波を2方向に入力した場合の例として，$S_s$－Ｄ１を2方向に入力した場合のオービットを第1図に，位相の異なる地震波を2方向に入力した例として，東北地方太平洋沖地震における原子炉建屋での観測記録のオービットを第2図に示す。

第1図に示すように同位相の模擬地震波を入力した場合は,45°方向に直線的な軌跡を示すが，観測記録として得られた東北地方太平洋沖地震によるオービットは第2図に示すようにランダムな軌跡となる。模擬地震波の作成においては,第2図に示すような位相差によって生じるランダムな軌跡を示す模擬地震波を作成する。




第1図　Ｓｓ－Ｄ１を水平2方向に入力した場合のオービット

（同位相の模擬地震波を2方向入力した場合の傾向）




第2図　東北地方太平洋沖地震における原子炉建屋(EL.-4.0m)のオービット

（位相が異なる地震波を2方向入力した場合の傾向）

別紙－８

東海第二発電所

# 屋外重要土木構造物の耐震評価における断面選定について（耐震）

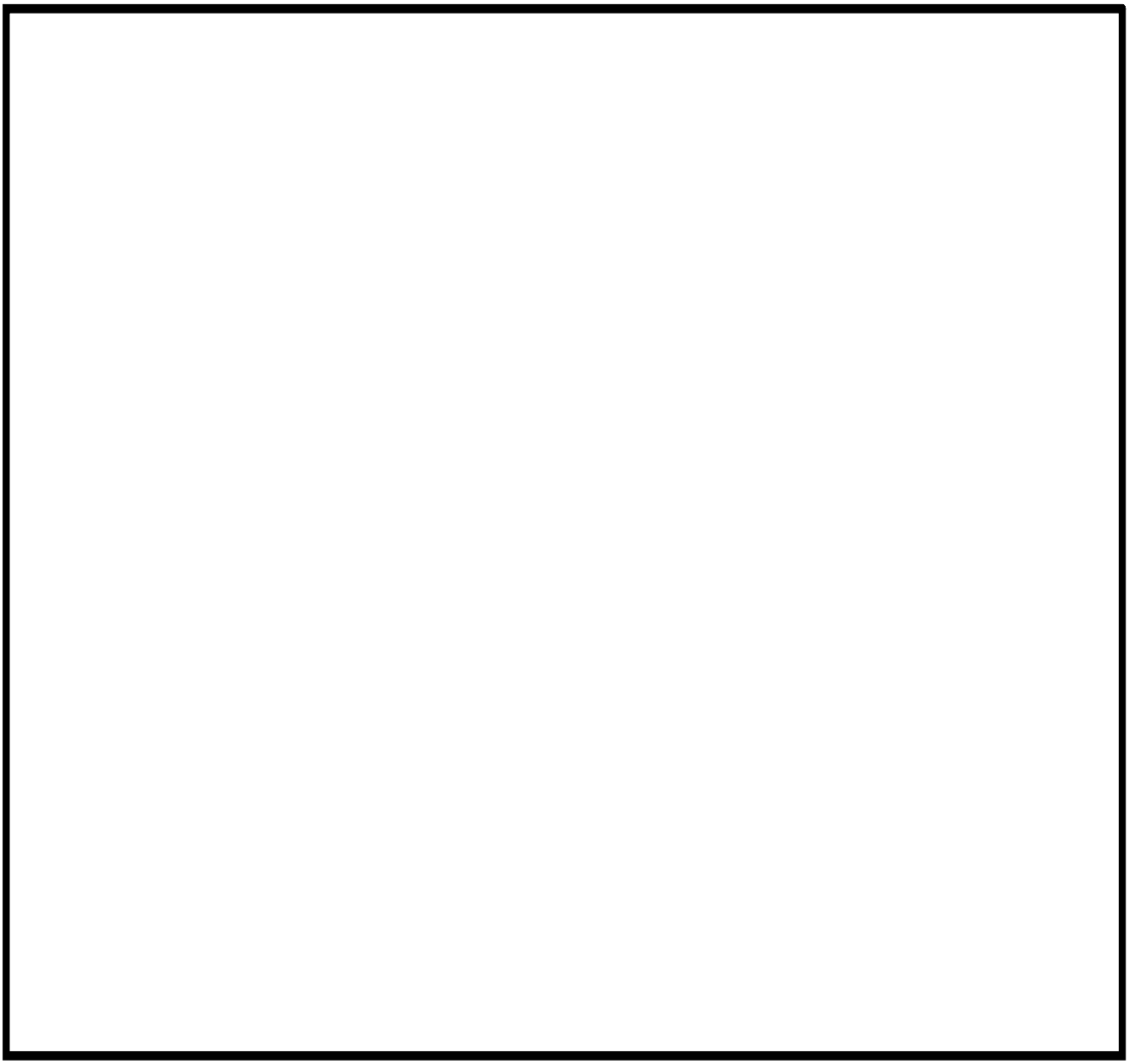
# 1. 屋外重要土木構造物の耐震評価における断面選定の考え方

## 1.1　方針

屋外重要土木構造物の評価対象断面については，構造物の配置，荷重条件及び地盤条件を考慮し，耐震評価上最も厳しくなると考えられる位置を評価対象断面とする。

東海第二発電所での対象構造物は，屋外重要土木構造物である，取水構造物及び屋外二重管,津波防護施設である防潮堤（放水路ゲート基礎を含む）及び貯留堰である。各施設の平面配置図を第 1.1－1 図に示す。

なお，設計基準対応施設である軽油貯蔵タンク及び軽油移送配管等の間接支持構造物である常設代替高圧電源装置置場及び常設代替高圧電源装置用カルバートについては，「2. 重大事故等対処施設の土木構造物の耐震評価における断面選定の考え方」に示す。



第 1.1－1 図　屋外重要土木構造物　平面配置図

## 1.2　取水構造物の断面選定の考え方

取水構造物の平面図を第 1.2－1 図に，縦断面図を第 1.2－2 図に，横断面図を第 1.2－3 図に示す。

取水構造物は，延長約 56m，幅約 43m，高さ約 12m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，取水方向に対して複数の断面形状を示すが，基本的には取水路は 8 連のラーメン構造にて，取水ピットは 5 連のラーメン構造にて構成され，杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

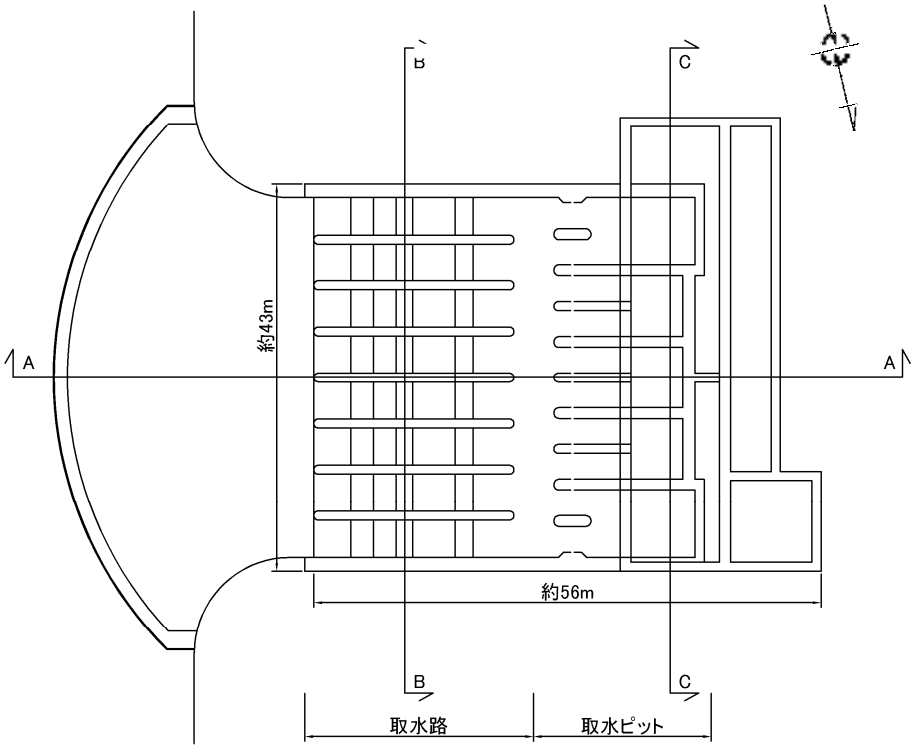
取水構造物の縦断方向（通水方向）は，加振方向と平行に配置される側壁又は隔壁を耐震設計上見込むことができるため，強軸方向となる。一方，横断方向（通水方向に対し直交する方向）は，通水機能を確保するため，加振方向と平行に配置される構造部材が少ないことから，弱軸方向となる。

耐震評価では，構造の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向を評価対象の断面の方向とする。

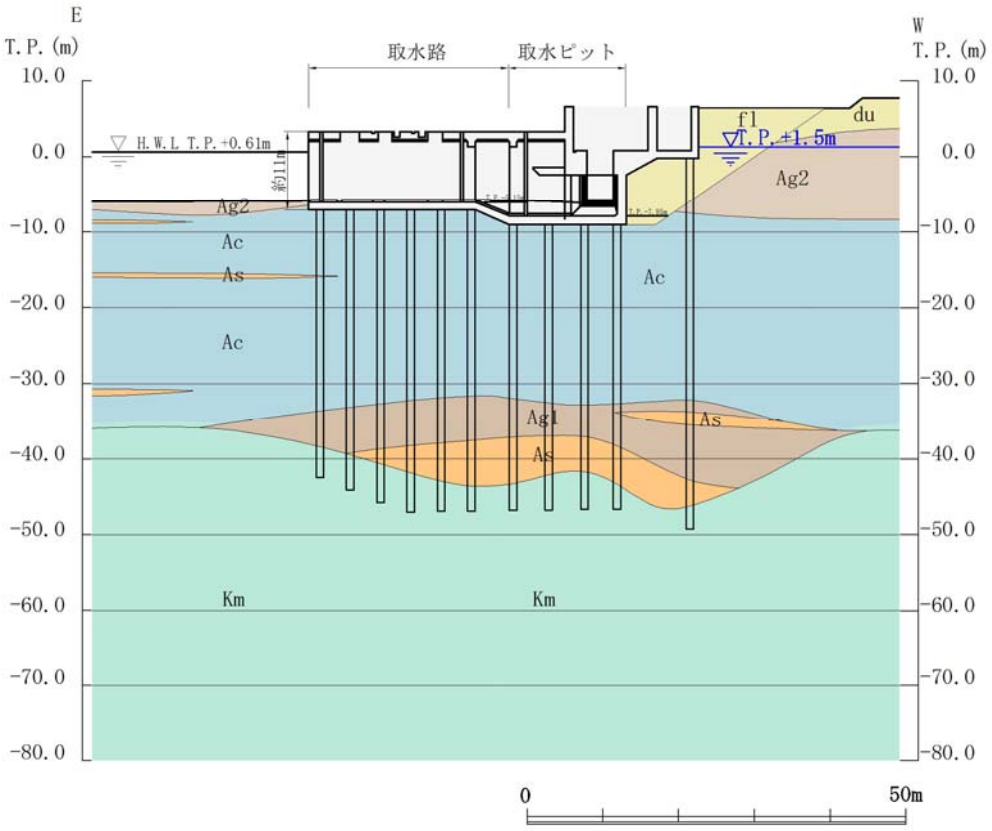
取水路である 8 連のボックスカルバート構造の区間においては，頂版には取水方向に概ね規則的に開口が存在する。このため，耐震評価は，同区間の取水方向全長で開口を含めた平均的な剛性及び上載荷重を考慮し，基準地震動$S_s$による耐震評価を実施する。

また，取水ピットである 5 連のボックスカルバート形状の区間においては，循環水ポンプ，残留熱除去系海水ポンプ等の非常用ポンプなどの重量物が設置される。このため，耐震評価は，これらのポンプ等が設置される取水方向の区間長で開口を含めた平均的な剛性及び上載荷重を考慮し，基準地震動$S_s$による耐震評価を実施する。

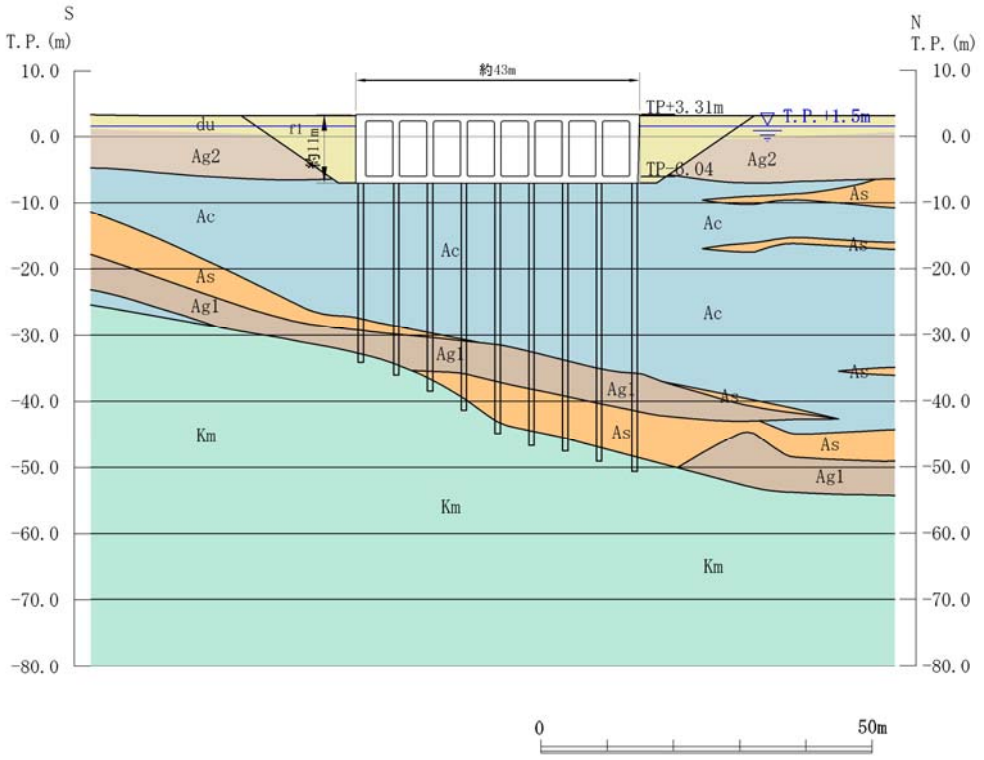
取水構造物の検討断面では，地下水位以深に液状化検討対象層が分布することから，有効応力解析により液状化の可能性を評価し，構造物の耐震評価を実施する。



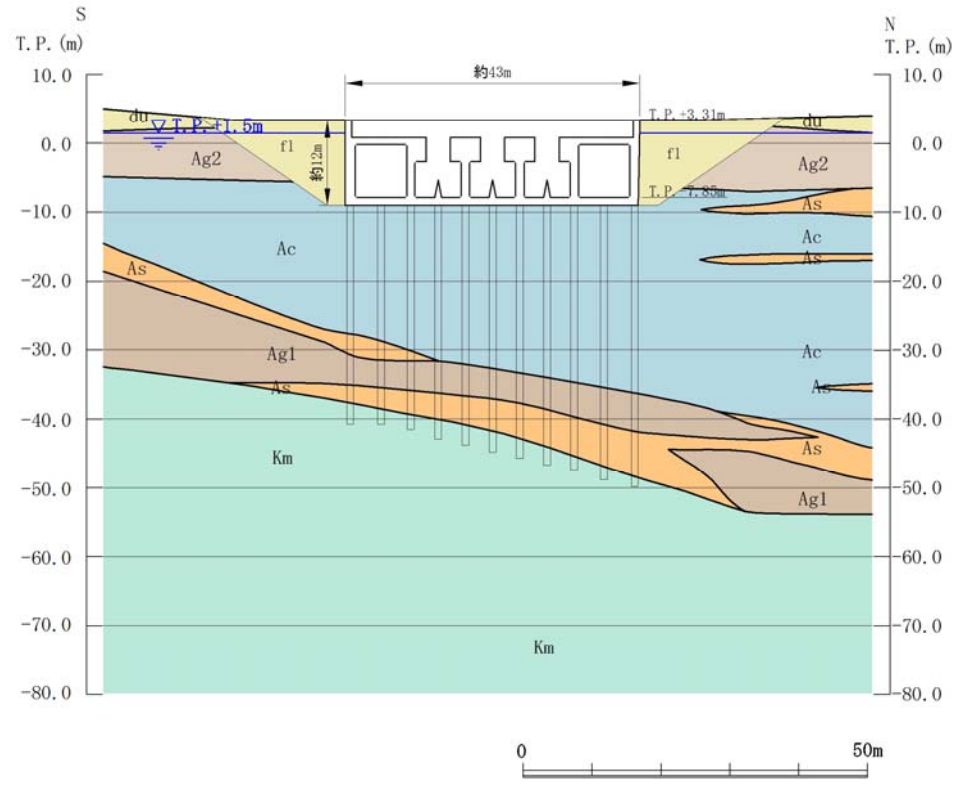

第 1.2－1 図　取水構造物　平面図




第 1.2－2 図　取水構造物　縦断面図（Ａ－Ａ断面）




第 1.2－3（1）図　取水構造物　横断面図（Ｂ－Ｂ断面：取水路）




第 1.2－3（2）図　取水構造物　横断面図（Ｃ－Ｃ断面：取水ピット）

1.3　屋外二重管の断面選定の考え方（基礎構造変更に伴い記載変更予定）

屋外二重管の平面図を第 1.3－1 図に，縦断面図を第 1.3－2 図に，横断面図を第 1.3－3 図に示す。

屋外二重管は，延長約 215m の鋼管の地中構造物であり，内径 2.0m 及び 1.8m の２本があり，取水構造物から原子炉建屋まで平行に，十分な支持性能を有する地盤に直接設置される。屋外二重管は，原地盤を掘削し設置されており，下方地盤は広範囲において改良されている。

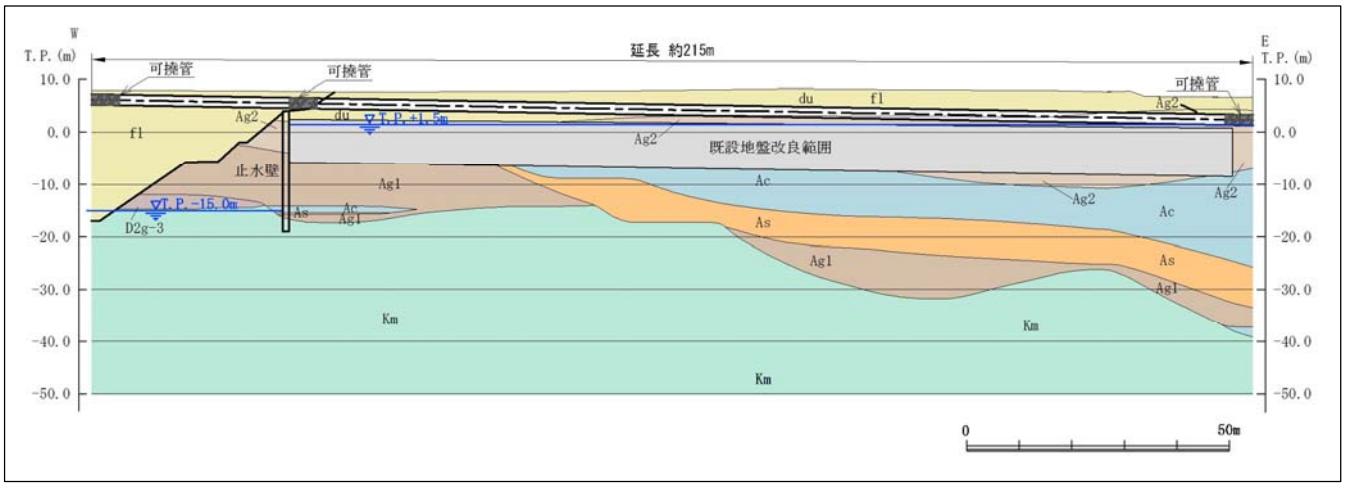
屋外二重管は，可撓管の設置スパンが長い線状構造物であるため，管路全ての範囲を評価対象とする。また，カルバート構造物と同様に配管方向に対して一様の断面形状を示すことから，横断方向（管周方向）が弱軸方向と判断されるが，一般的な埋設管路（一様な埋戻土内に埋設された鋼製管路）の設計では管軸方向を弱軸として設計されることを考慮し，可撓管の設置スパンが長い区間について，管軸方向の発生応力を考慮した評価を行う。また，その他の区間については，管軸方向の延長が短く，管軸方向の発生応力はほとんど無視できることから，管周方向の発生応力を用いて評価を行う。

耐震評価では，構造物の構造的特徴や地盤条件等を考慮した上で断面を選定し，基準地震動Ｓ$_S$による耐震評価を実施する。

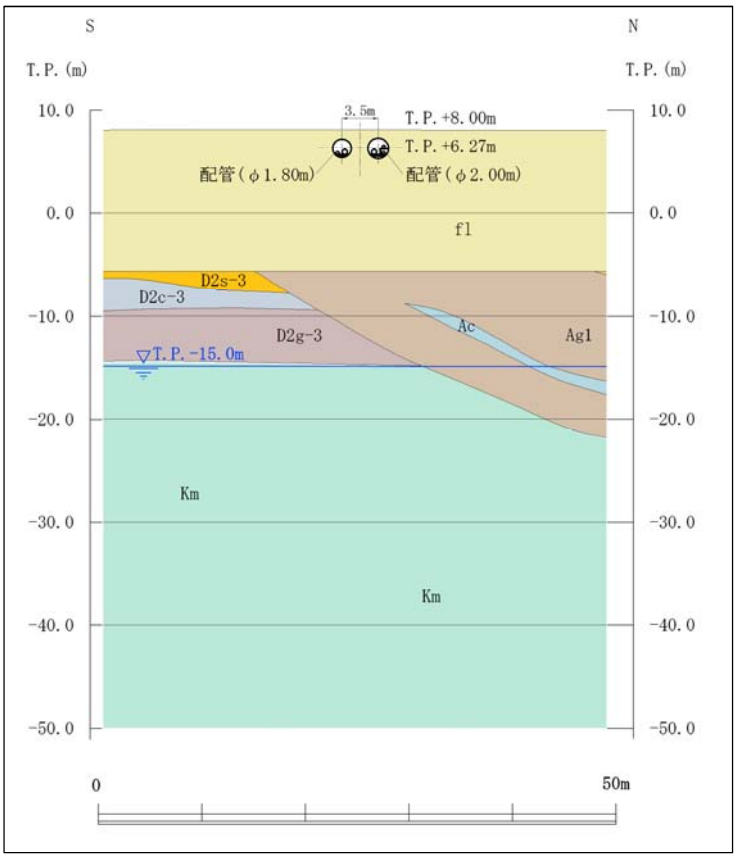
屋外二重管の設置場所の地質分布等に基づき，管軸方向に直交する代表的な断面を複数選定し，管軸直交方向の断面に対する基準地震動Ｓ$_S$による応答を求めると共に，管軸方向の基準地震動Ｓ$_S$による応答を求め，両者を考慮して，屋外二重管に発生する応力から耐震評価を実施する。

屋外二重管の検討断面では，地下水位以深に液状化検討対象層が分布することから，有効応力解析により液状化の可能性を評価し，構造物の耐震評価を実施する。

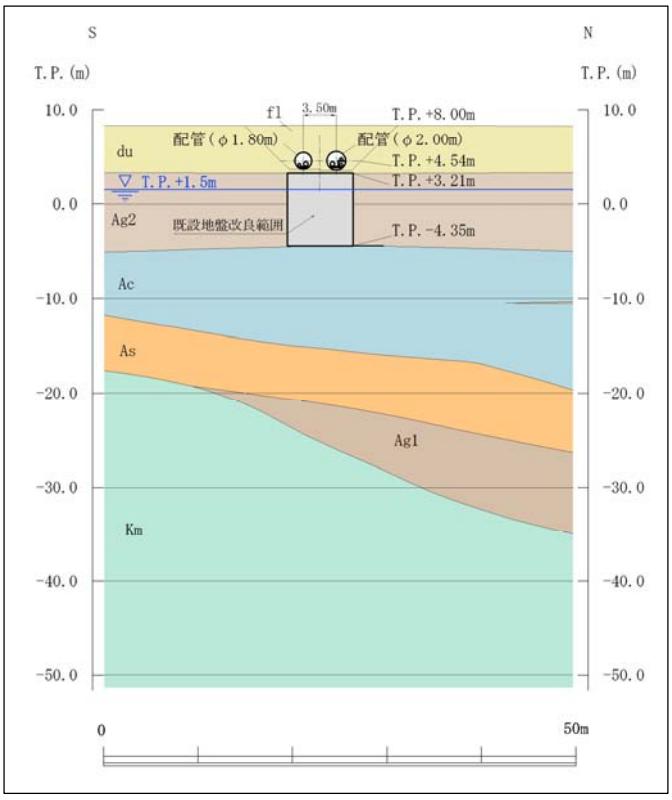
第 1.3－1 図　屋外二重管　平面図




第 1.3－2 図　屋外二重管　縦断面図（Ａ－Ａ断面）




第 1.3－3 図（1）　屋外二重管　横断面図（Ｂ－Ｂ断面）




第 1.3－3 図（2）　屋外二重管　横断面図（Ｃ－Ｃ断面）

1.4　貯留堰の断面選定の考え方

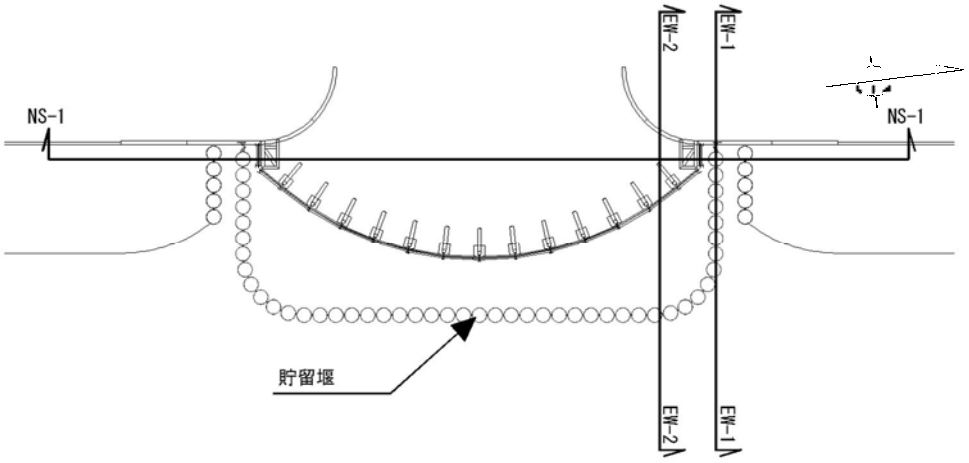
貯留堰の平面図を第 1.4－1 図に，断面図を第 1.4－2 図に示す。

貯留堰は，延長約 110m の海底面から約 2m 突出した鋼管矢板を連結した構造物であり，取水口護岸に接続する。鋼管矢板は十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。

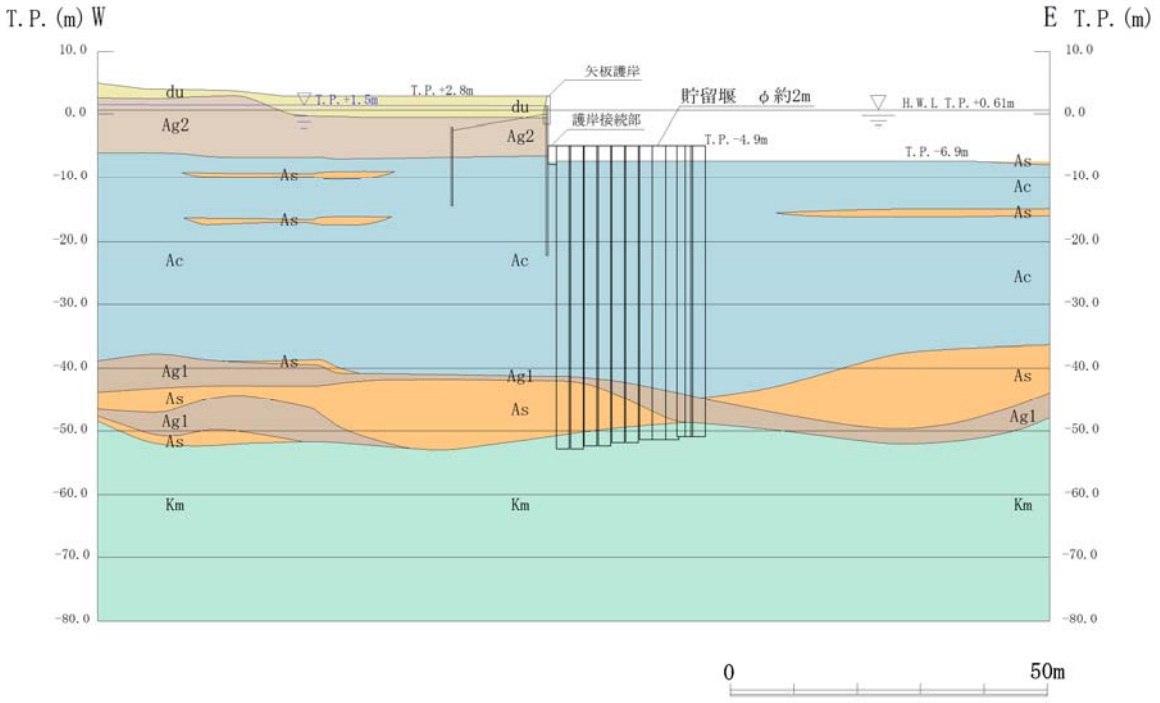
貯留堰の縦断方向（軸方向）は，加振方向に隣接する鋼管矢板を耐震設計上見込むことができるため，強軸方向となる。一方，横断方向（軸方向に対して直交する方向）は，加振方向に隣接する鋼管矢板がないことから，弱軸方向となる。

耐震評価では，構造物の構造的特徴や周辺の地盤条件も考慮して，構造の安全性に支配的な弱軸方向の断面について，耐震安全上厳しくなる断面を選定し，基準地震動$S_s$による耐震評価を実施する。

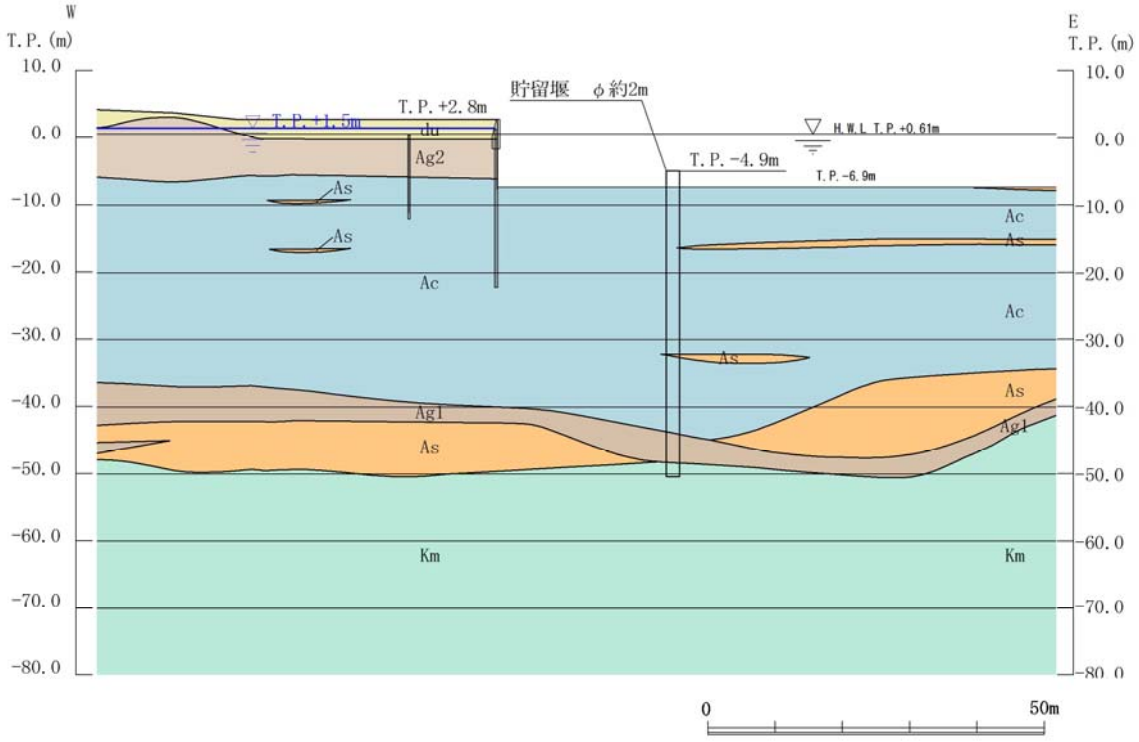
貯留堰の検討断面では，地下水位以深に液状化検討対象層が分布することから，有効応力解析により液状化の可能性を評価し，構造物の耐震評価を実施する。



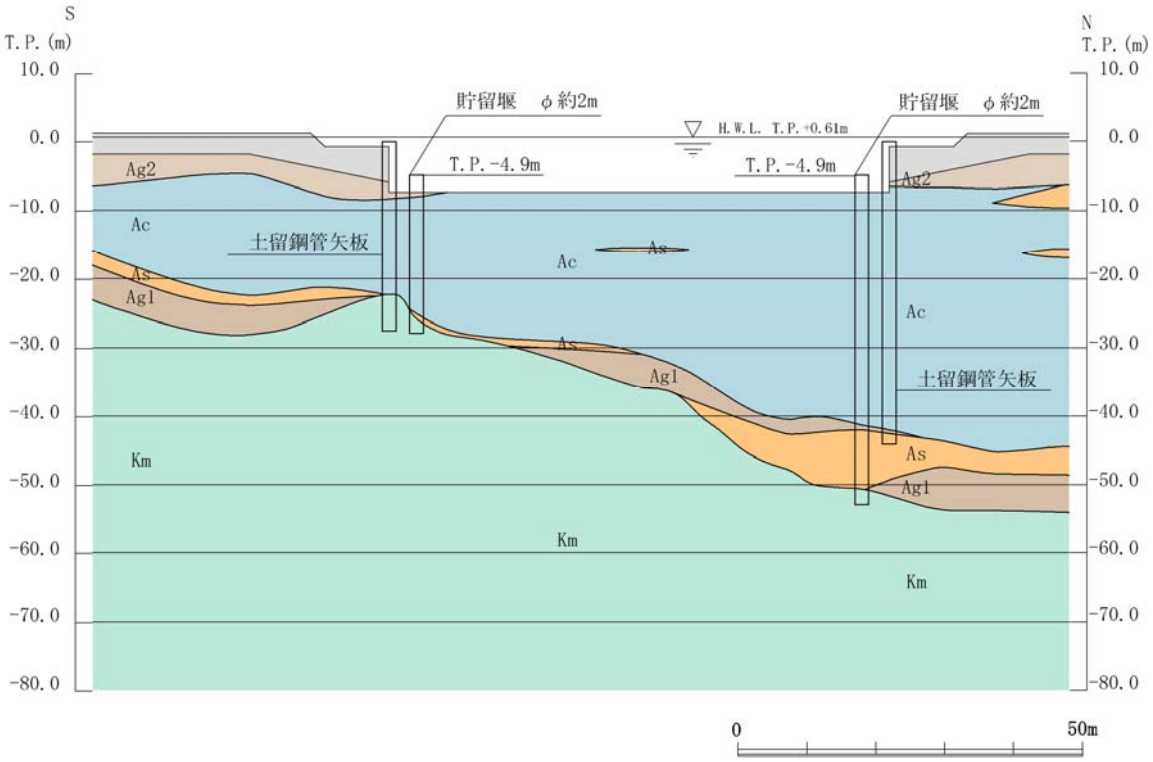

第 1.4－1 図　貯留堰　平面図




第 1.4－2（1）図　貯留堰　断面図（EW－1 断面）



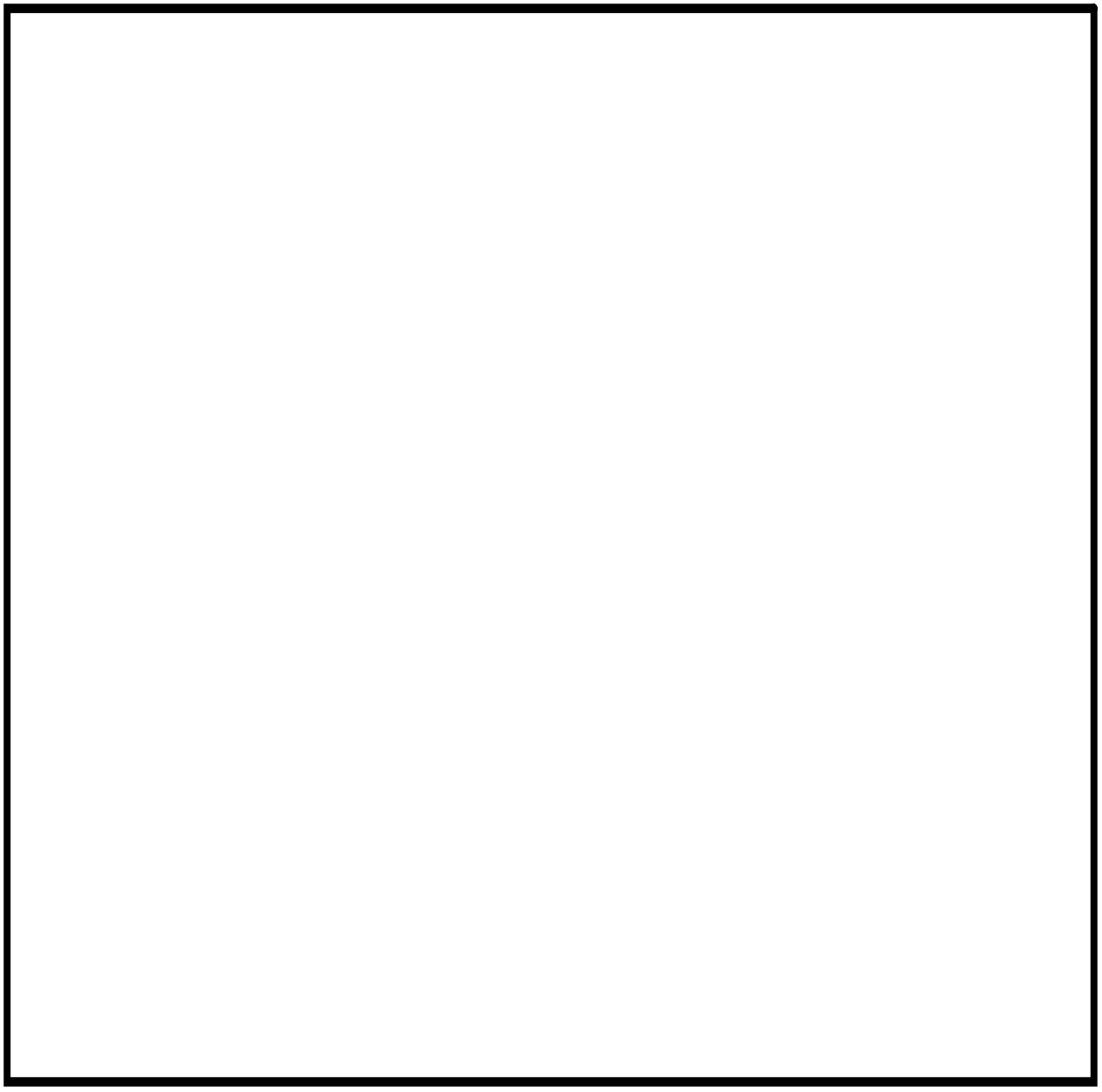

第 1.4－2（2）図　貯留堰　断面図（EW－2 断面）




第 1.4－2（3）図　貯留堰　断面図（NS－1 断面）

## 1.5　防潮堤の断面選定の考え方

防潮堤の平面図を第 1.5－1 図に示す。防潮堤は，鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁，鋼製防護壁及び鉄筋コンクリート防潮壁に区分され，総延長は約 2.3km，天端高さは T.P.＋20m（敷地東側）又は T.P＋18m（敷地北側及び南側）からなる。以下に，それぞれの断面選定の考え方を示す。



第 1.5－1 図　防潮堤　平面図

### 1.5.1　鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の平面図を第1.5－2図に，正面図及び断面図を第1.5－3図に，縦断面図を第1.5－4図に，横断面図を第1.5－5図に示す。

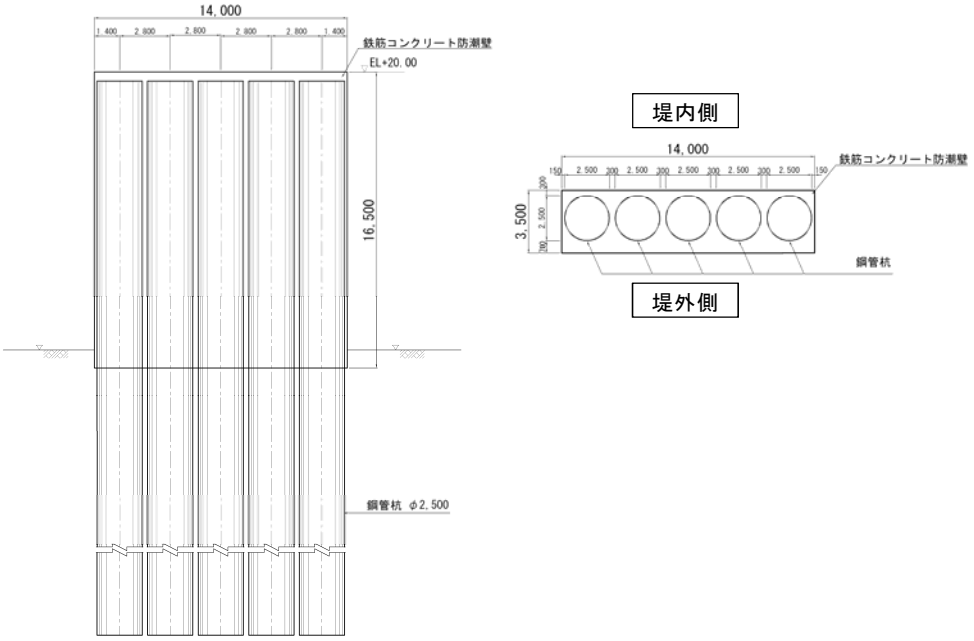
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は，延長約 2km，直径 2～2.5m の複数の鋼管杭を鉄筋コンクリートで巻き立てた鉄筋コンクリート造の防潮壁を１つのブロックとした構造物であり，鋼管杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の縦断方向は，加振方向と平行に配置される躯体及び杭基礎を耐震設計上見込むことができるため強軸方向となる。一方，横断方向は，加振方向と平行に躯体及び杭基礎が配置されないことから，弱軸方向となる。

耐震評価では，構造物の構造的特徴や周辺の地盤条件も考慮して，構造の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向の断面について，基準地震動$S_s$による耐震評価を実施する。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の検討断面では，地下水位以深に液状化検討対象層が分布することから，有効応力解析により液状化の可能性を評価し，構造物の耐震評価を実施する。

第 1.5－2 図　鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁　平面図




第 1.5－3 図　鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁　正面図及び断面図

追而

第 1.5－4（1）図　鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁　縦断面図（A－B 断面）

追而

第 1.5－4（2）図　鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁　縦断面図（B－C 断面）

追而

第 1.5－4（3）図　鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁　縦断面図（D－E 断面）

追而

第 1.5－4（4）図　鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁　縦断面図（E－F 断面）

追而

第 1.5－4（5）図　鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁　縦断面図（F－G 断面）

追而

第 1.5－5（1）　図　鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁　横断面図（①断面）

追而

第 1.5－5（2）　図　鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁　横断面図（②断面）

追而

第 1.5－5（3）　図　鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁　横断面図（③断面）

### 1.5.2　鋼製防護壁

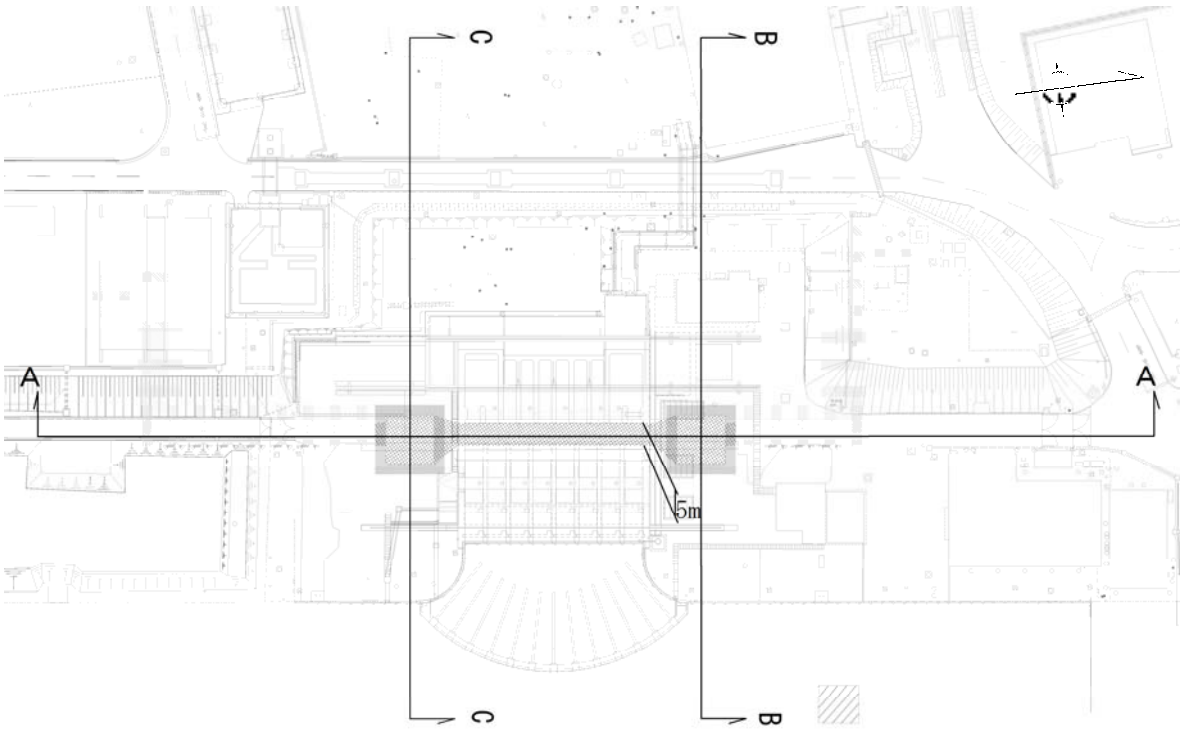
鋼製防護壁の平面図を第 1.5－6 図に，正面図を第 1.5－7 図に，断面図を第 1.5－8 図に示す。

鋼製防護壁は，幅約 81m，高さ約 17m，奥行約 5m の鋼製の構造物であり，幅約 50m の取水構造物を横断し，取水構造物の側方の地中連続壁基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

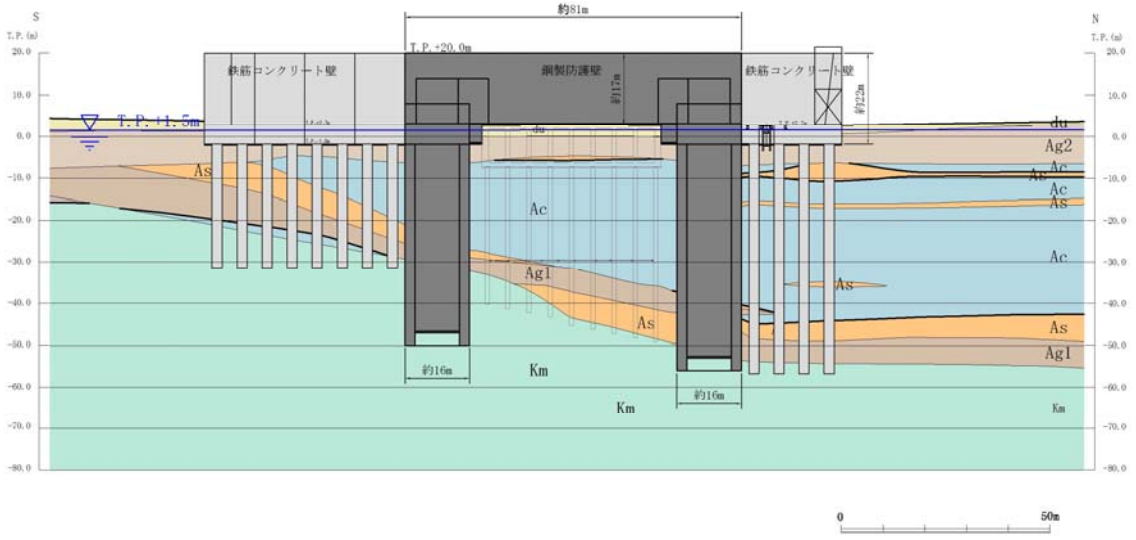
鋼製防護壁は，上部工では，縦断方向は，加振方向と平行に配置される部材を耐震設計上見込むことができるため強軸方向となる。一方，断面方向は，加振方向と平行に躯体が配置されないことから，弱軸方向になる。また，鋼製防護壁の基礎は取水構造物を挟んで南北に分離されていることから，構造全体としての挙動を考慮すると縦断方向を強軸方向とは見なせない。

耐震評価では，構造物の構造的特徴や周辺の地盤条件も考慮して，縦断方向及び横断方向の断面について，基準地震動$S_s$による耐震評価を実施する。

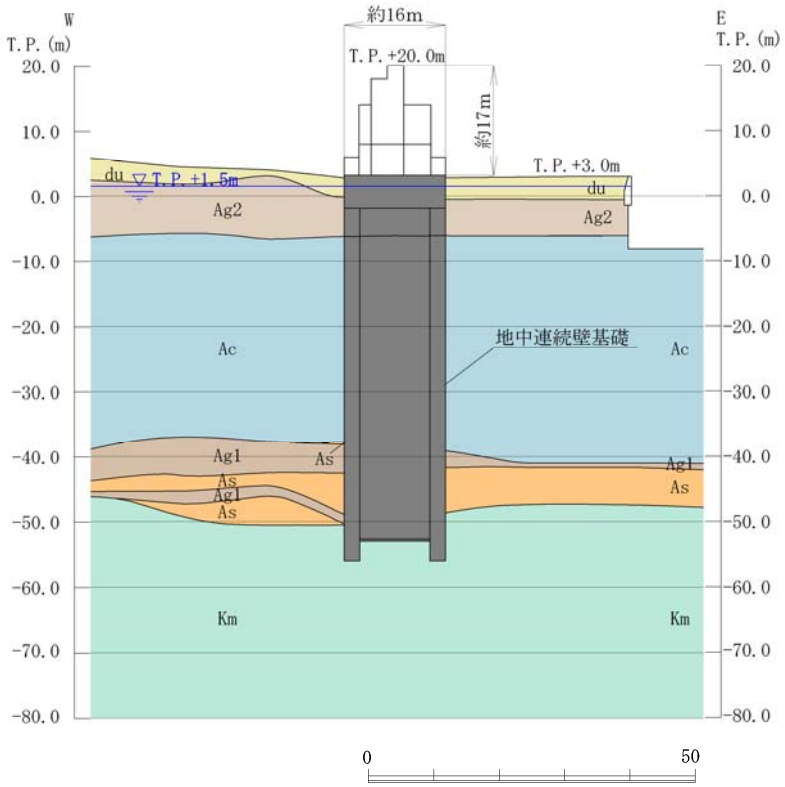
鋼製防護壁の検討断面では，地下水位以深に液状化検討対象層が分布することから，有効応力解析により液状化の可能性を評価し，構造物の耐震評価を実施する。



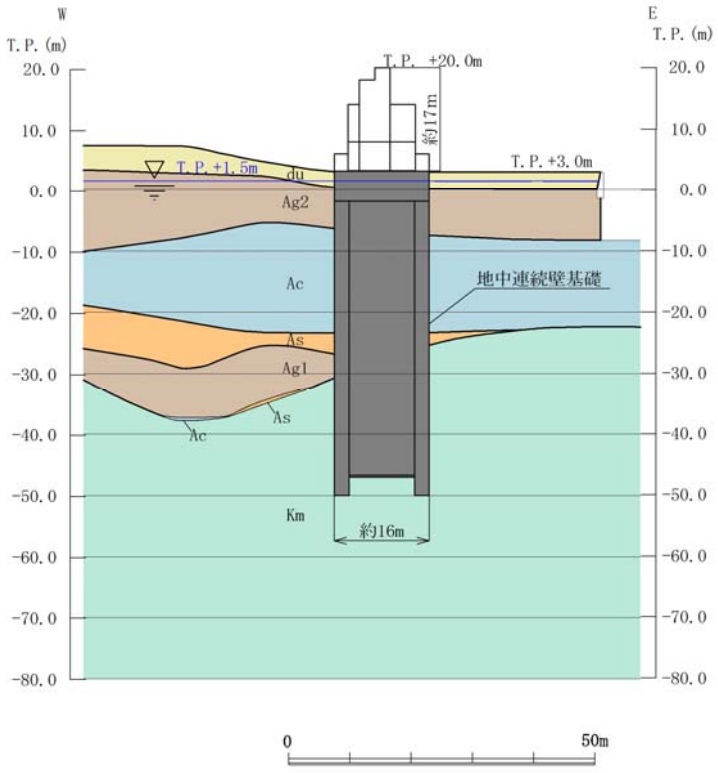

第 1.5－6 図　鋼製防護壁　平面図




第 1.5－7 図　鋼製防護壁　正面図（A－A 断面）




第 1.5－8（2）図　鋼製防護壁　断面図（B－B 断面）




第 1.5－8（2）図　鋼製防護壁　断面図（C－C 断面）

### 1.5.3　鉄筋コンクリート防潮壁（放水路横断部を除く）

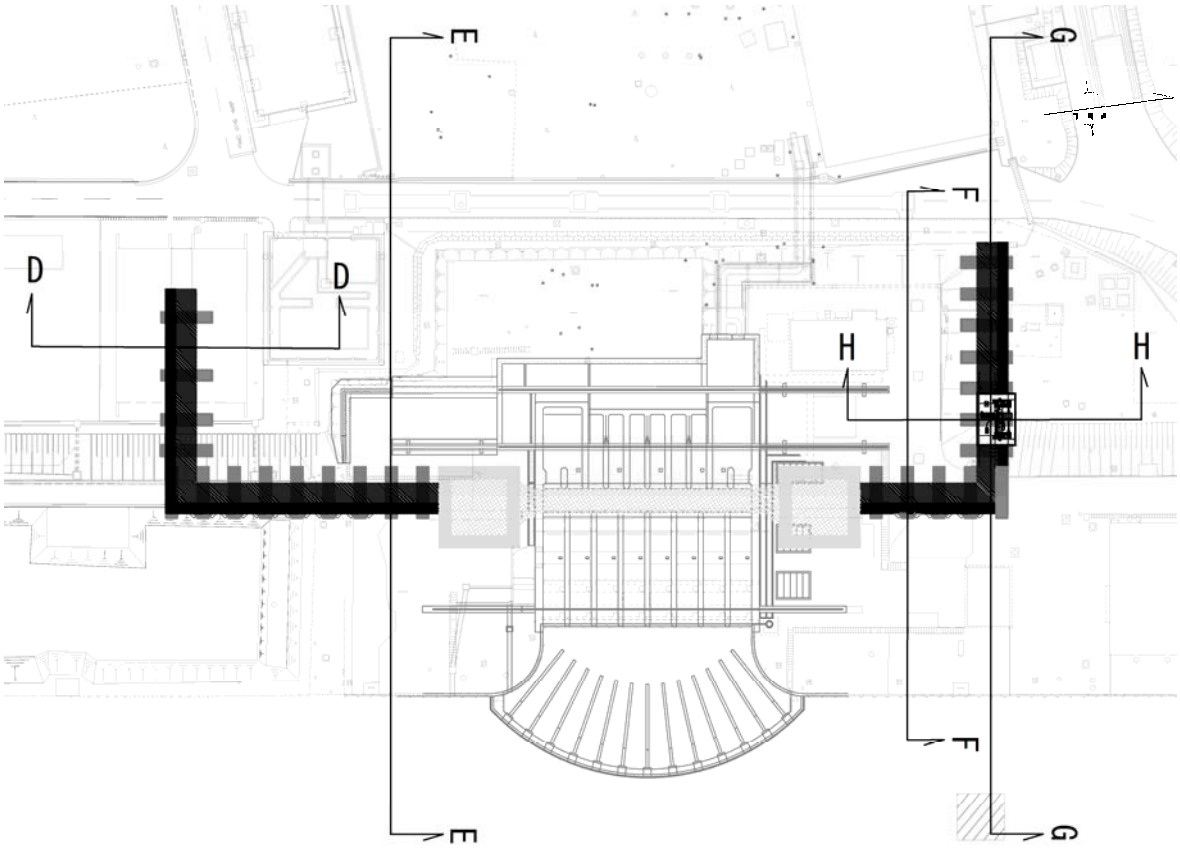
鉄筋コンクリート防潮壁（放水路横断部を除く）の平面図を第 1.5－9 図に，断面図を第 1.5－10 図に示す。

鉄筋コンクリート防潮壁は，幅約 12m，高さ約 22m，奥行約 10m の鉄筋コンクリート造の構造物であり，ブロック間は止水ジョイントを施した構造である。鉄筋コンクリート防潮壁は，地中連続壁基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

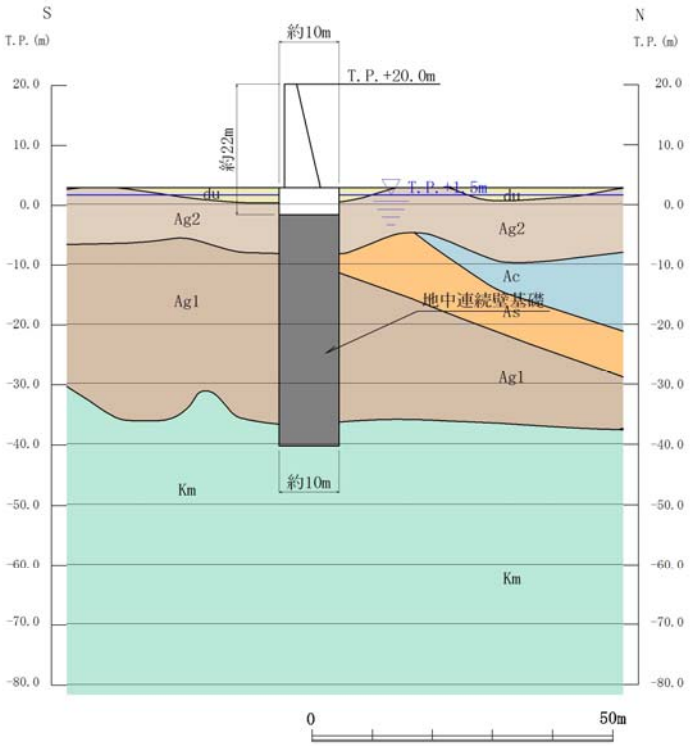
鉄筋コンクリート防潮壁の縦断方向は，加振方向と平行に配置される躯体を耐震設計上見込むことができるため強軸方向となる。一方，横断方向（軸に対して直交する方向）は，加振方向と平行に躯体が配置されないことから，弱軸方向となる。また，基礎部に着目すると防潮堤の縦断方向は加振方向と平行に配置される部材が少ないことから弱軸方向となる。

耐震評価では，構造物の構造的特徴や周辺の地盤条件も考慮して，上部工については構造の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向の断面，基礎部については構造の安全性に支配的な弱軸方向である縦断方向の断面について，基準地震動$S_s$による耐震評価を実施する。

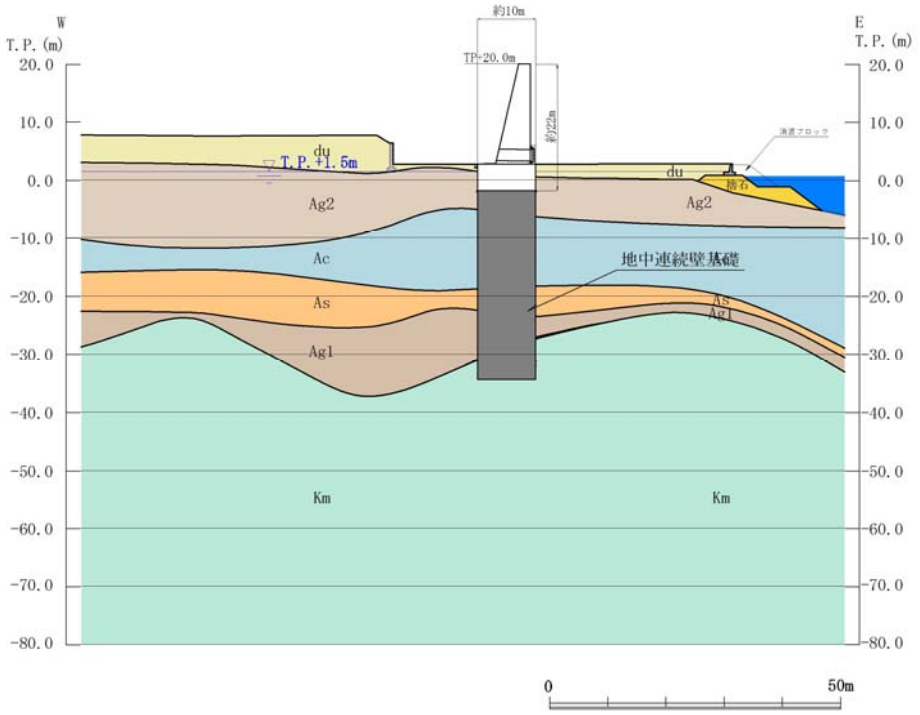
鉄筋コンクリート防潮壁の検討断面では，地下水位以深に液状化検討対象層が分布することから，有効応力解析により液状化の可能性を評価し，構造物の耐震評価を実施する。



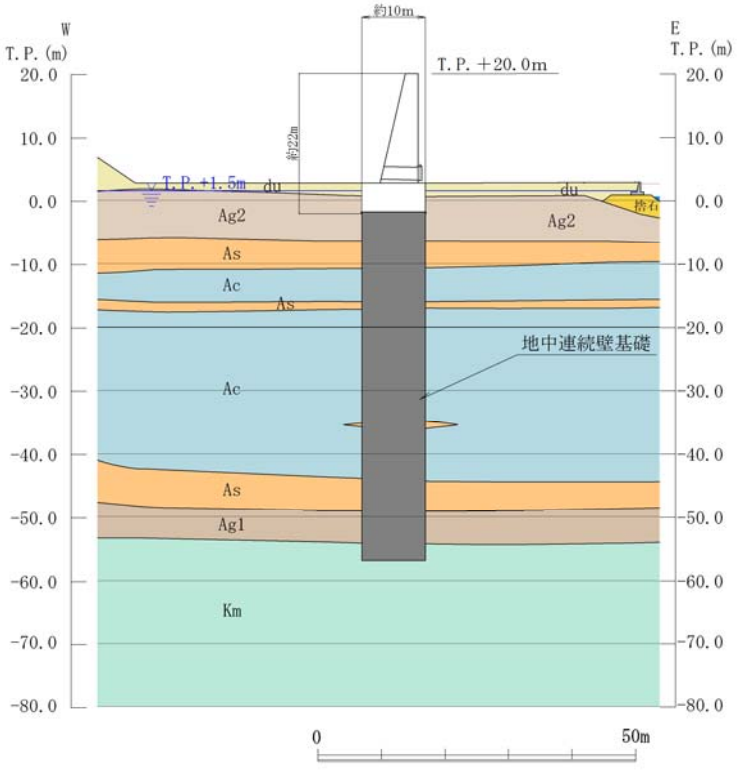

第 1.5－9 図　鉄筋コンクリート防潮壁　平面図



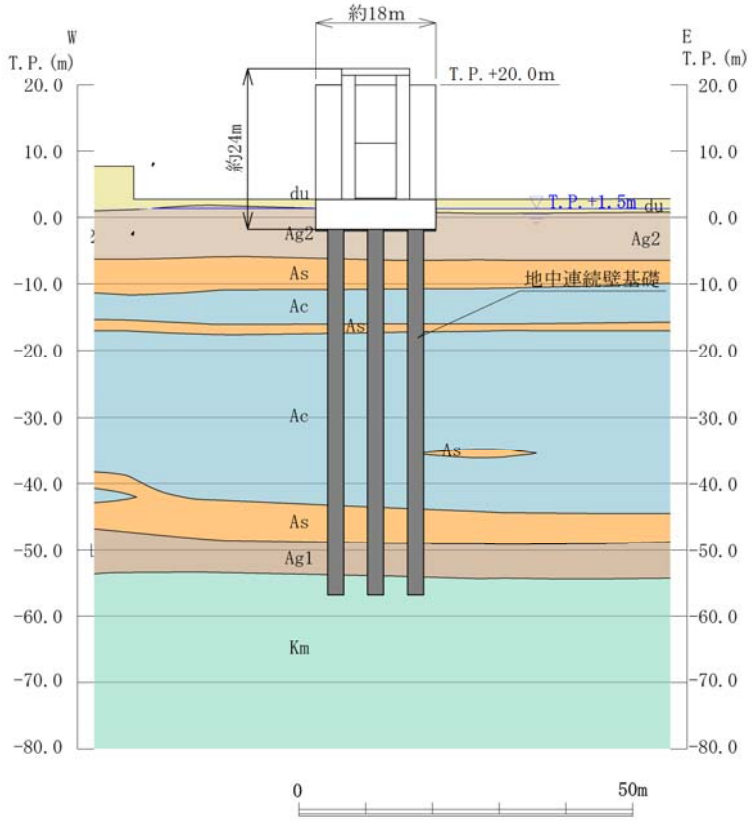

第 1.5－10（1）図　鉄筋コンクリート防潮壁　断面図(D－D 断面)



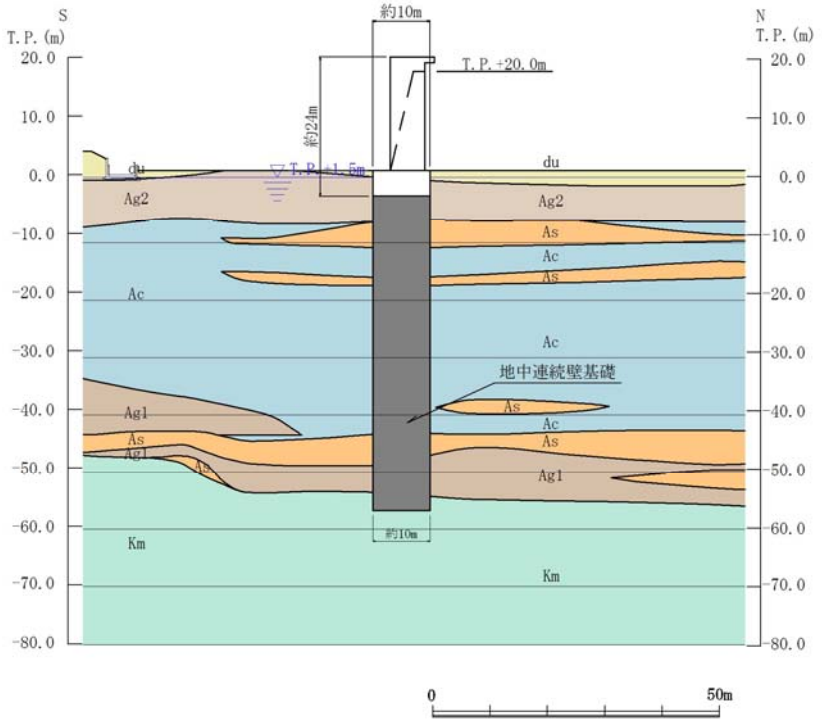

第 1.5－10（2）図　鉄筋コンクリート防潮壁　断面図(E－E 断面)




第 1.5－10（3）図　鉄筋コンクリート防潮壁　断面図(F－F 断面)




第 1.5－10（4）図　鉄筋コンクリート防潮壁　断面図(G－G 断面)




第 1.5－10（5）図　鉄筋コンクリート防潮壁　断面図(H－H 断面)

### 1.5.4　鉄筋コンクリート防潮壁（放水路横断部）

鉄筋コンクリート防潮壁のうち放水路横断部の平面図を第 1.5－11 図に，縦断面図を第 1.5－12 図に，横断面図を第 1.5－13 図に示す。

追而

追而

第 1.5－11 図　鉄筋コンクリート防潮壁（放水路横断部）　平面図

追而

第 1.5－12 図　鉄筋コンクリート防潮壁（放水路横断部）縦断面図

追而

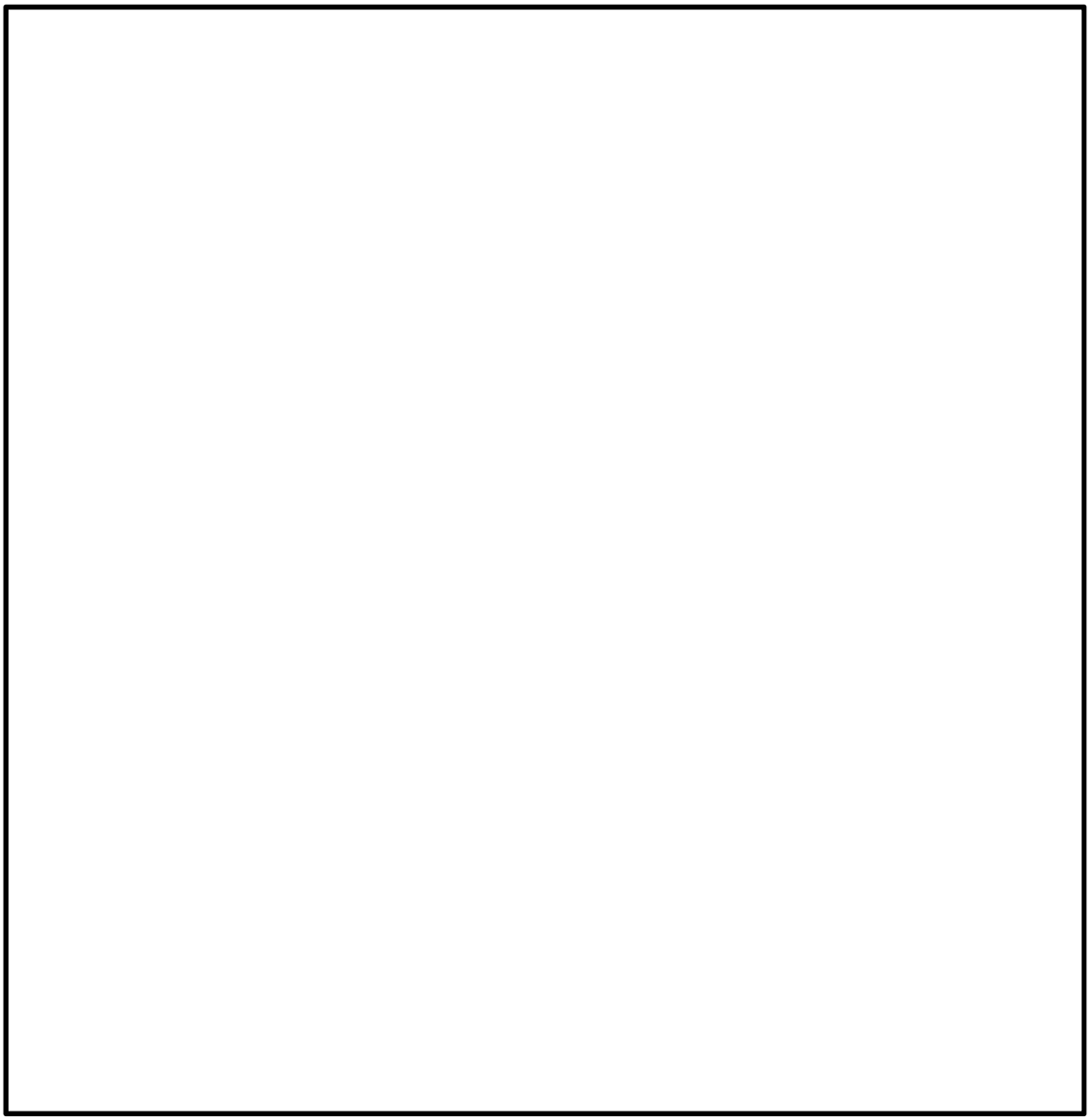
第 1.5－13 図　鉄筋コンクリート防潮壁（放水路横断部）　横断面図

## 2. 重大事故等対処施設の土木構造物の耐震評価における断面選定の考え方

### 2.1　方針

耐震重要重大事故防止設備又は重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の間接支持構造物並びに重大事故時における海水の通水構造物の土木構造物の評価対象断面については，構造物の配置や荷重条件及び地盤条件を考慮し，耐震評価上最も厳しくなると考えられる位置を評価対象断面とする。

東海第二発電所での対象構造物は，常設代替高圧電源装置置場，常設代替高圧電源装置用カルバート，代替淡水貯槽，常設低圧代替注水系ポンプ室，常設低圧代替注水系配管カルバート，緊急用海水ポンプピット，格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート，緊急用海水取水管，ＳＡ用海水ピット，海水引込み管，ＳＡ用海水ピット取水塔，緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク基礎がある。各施設の平面配置図を第2.1－1図に示す。



第 2.1－1 図　重大事故等対処施設の土木構造物　平面配置図

## 2.2　常設代替高圧電源装置置場の断面選定の考え方

常設代替高圧電源装置置場の平面図を第 2.2－1 図に，断面図を第 2.2－2 図に示す。

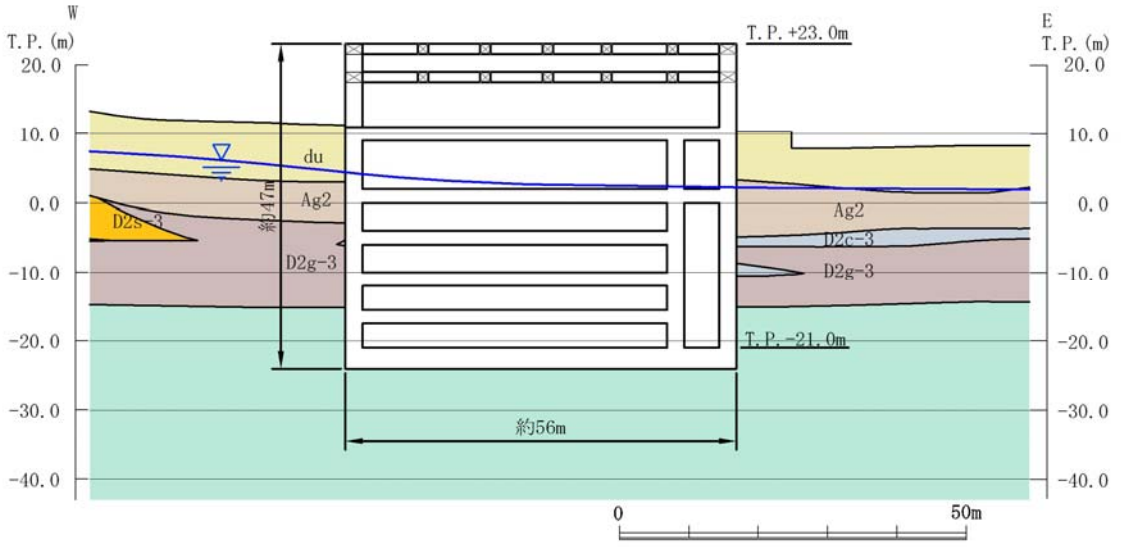
常設代替高圧電源装置置場は，幅約 46m（南北方向）×約 56m（東西方向），高さ約 47m の多層ラーメン構造の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。

常設代替高圧電源装置置場の東西方向は加振と平行に配置される側壁又は隔壁を耐震設計上見込むことが出来るため，強軸方向となる。一方，南北方向は，設備の配置などから加振方向と平行に配置される構造部材が少ないことから弱軸方向となる。

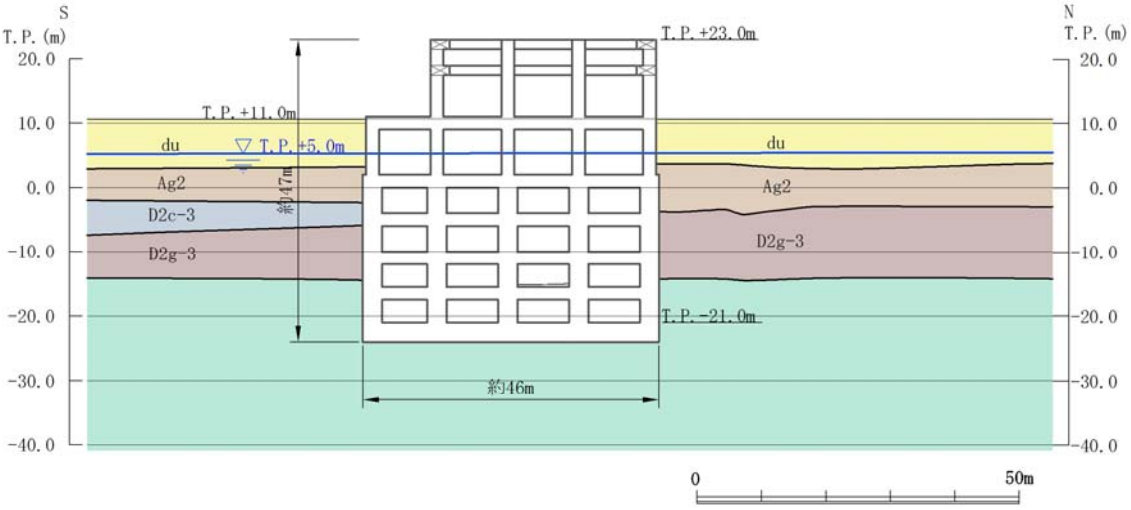
耐震評価では，構造の安全性に支配的な弱軸方向である南北方向の断面を選定し，基準地震動$S_s$による耐震評価を実施する。

常設代替高圧電源装置置場の検討断面では，地下水位以深に液状化検討対象層が分布することから，液状化の可能性を評価し，構造物の耐震評価を実施する。

第 2.2－1 図　常設代替高圧電源装置置場　平面図




第 2.2－2（1）図　常設代替高圧電源装置置場　断面図（東西断面）

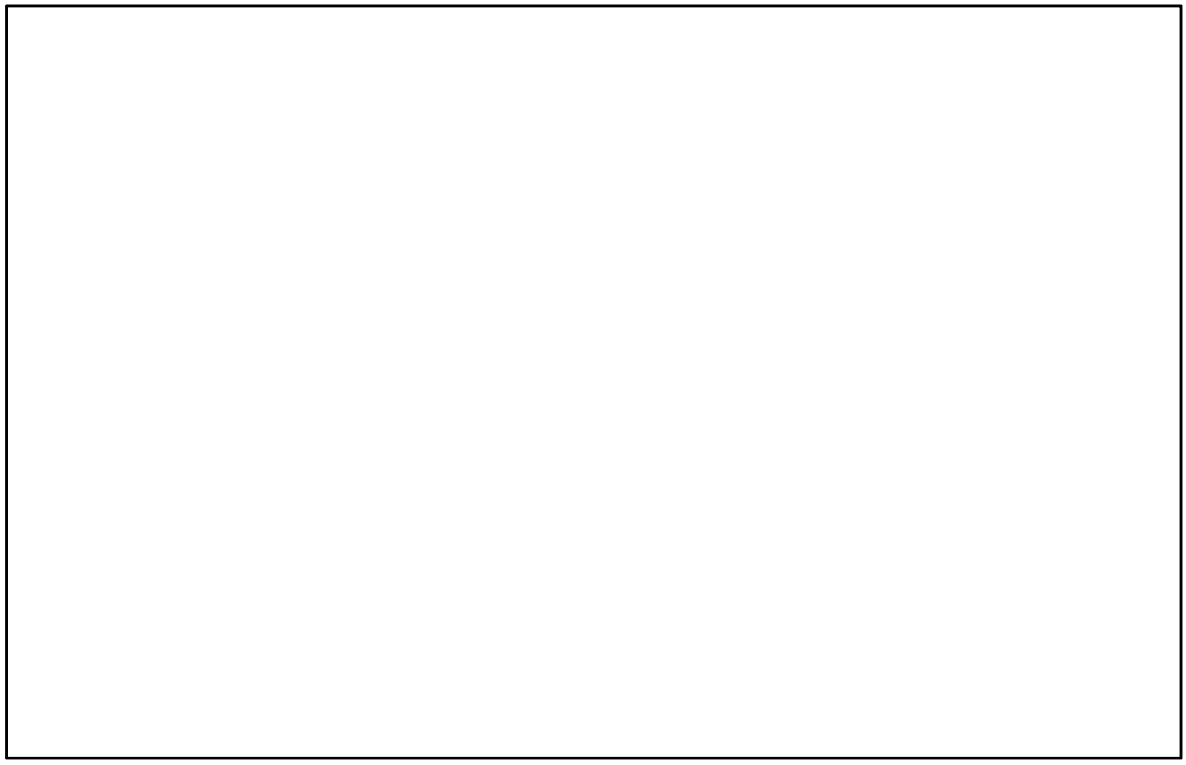



第 2.2－2（2）図　常設代替高圧電源装置置場　断面図（南北断面）

## 2.3　常設代替高圧電源装置用カルバートの断面選定の考え方

常設代替高圧電源装置用カルバートの平面図を第 2.3－1 図に示す。

常設代替高圧電源装置用カルバートは，鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，トンネル部，立坑部及びカルバート部に区分される。以下にそれぞれの断面選定の考え方を示す。



第 2.3－1 図　常設代替高圧電源装置用カルバート　平面図

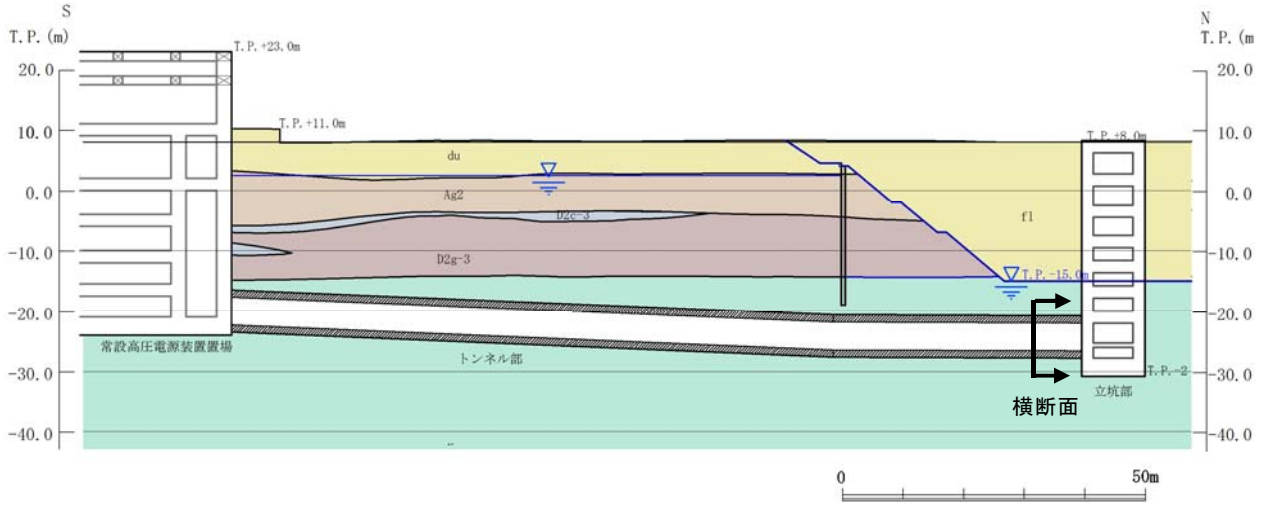
2.3.1　トンネル部

常設代替高圧電源装置用カルバートのうちトンネル部の縦断面図を第 2.3－2 図に，横断面図を第 2.3－3 図に示す。

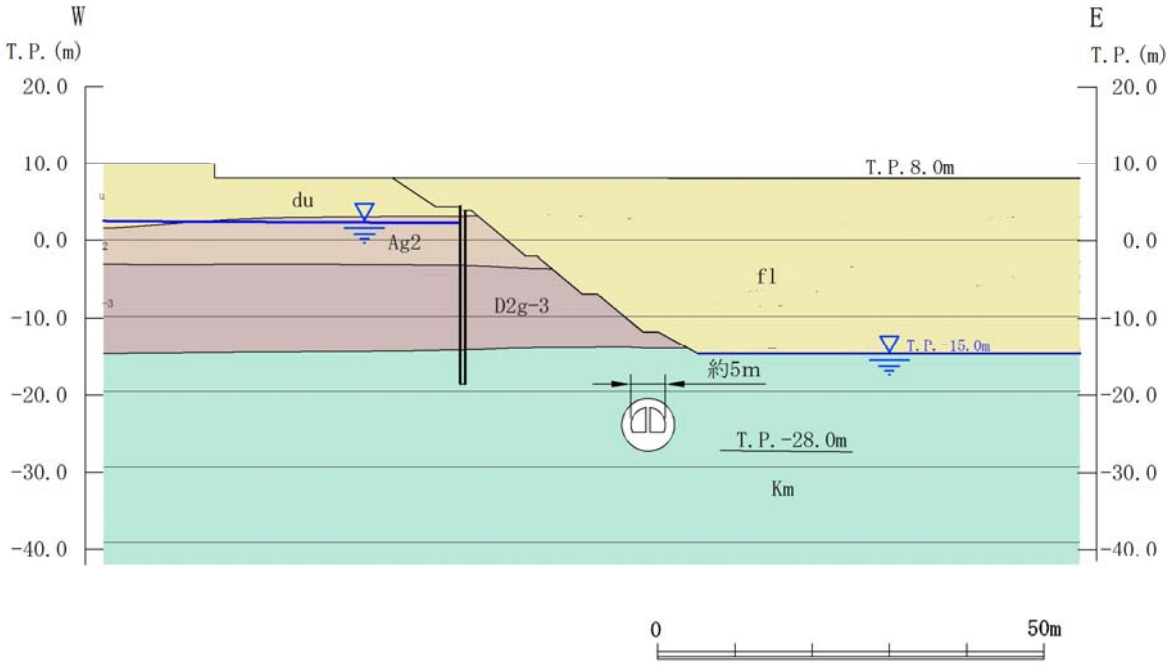
トンネル部は，延長約 150m，内径約 5m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，トンネルの軸方向（配管方向）に対して内空寸法が一様で，十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

トンネルの縦断方向（軸方向）は，加振方向と平行に配置される側壁を耐震設計上見込むことができるため，強軸方向となる。一方，横断方向（軸方向に対し直交する方向）は，配管が一様に配置されるため，加振方向と平行に配置される構造部材がないことから，弱軸方向となる。

耐震評価では，構造の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向（配管方向と直交する断面）を評価対象の断面方向とし，上載荷重に着目し，土被りが最も大きくなる位置を選定し，基準地震動$S_s$による耐震評価を実施する。




第 2.3－2 図　常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）縦断面図




第 2.3－3 図　常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部）

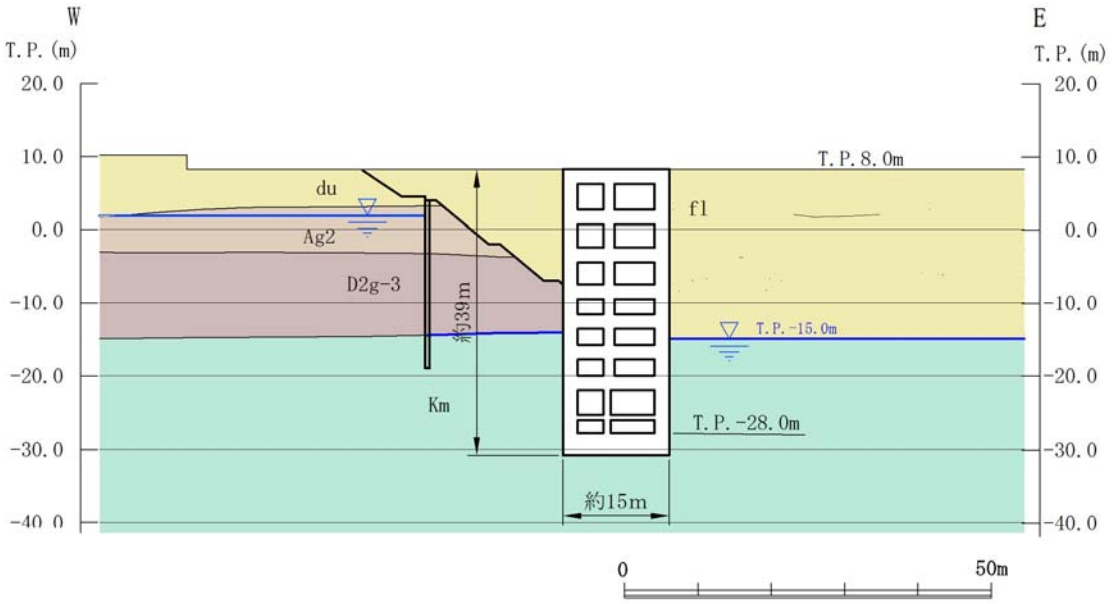
横断面図

### 2.3.2　立坑部

常設代替高圧電源装置用カルバートのうち立坑部の断面図を第 2.3－4 図に示す。

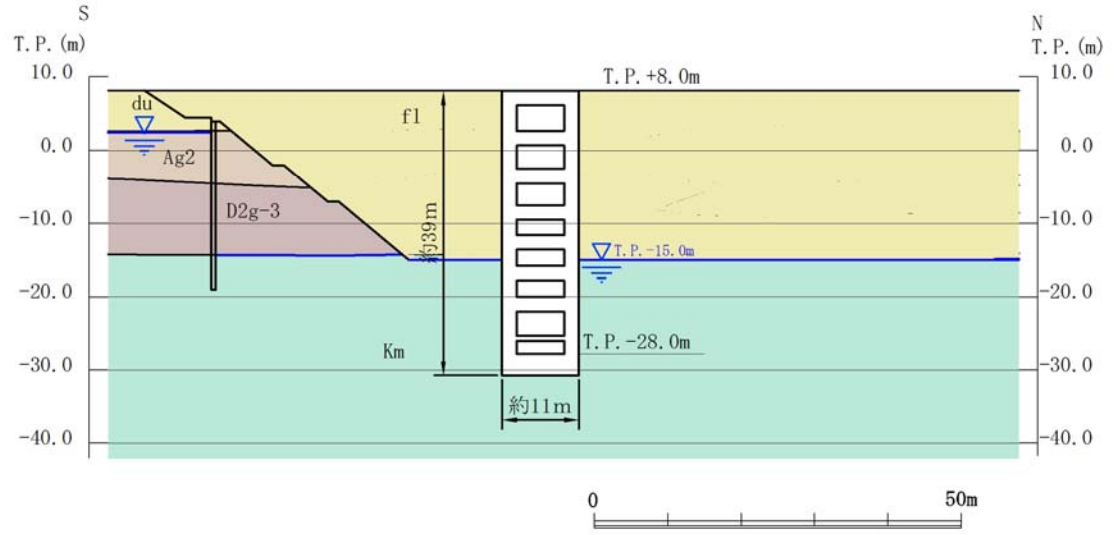
立坑部は，幅約 15m（東西方向）×約 11m（南北方向），高さ約 39m の多層ラーメン構造の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。

立坑部は，角筒形の鉄筋コンクリート構造物であり，互いに直交する荷重はそれぞれ異なる構造部材で受け持つ設計とすることから，耐震評価では，立坑部の南北方向及び東西方向の 2 断面を選定し，基準地震動$S_s$による耐震評価を実施する。




第 2.3－4（1）図　常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）断面図

（東西断面）




第 2.3－4（2）図　常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）断面図

（南北断面）

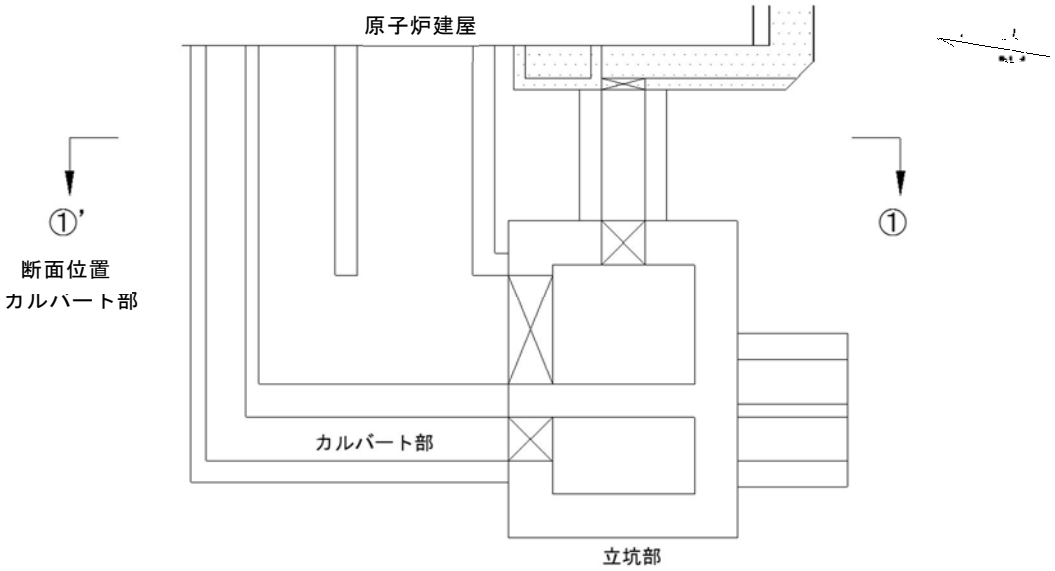
### 2.3.3　カルバート部

常設代替高圧電源装置用カルバートのうちカルバート部の平面図を第 2.3－5 図に，断面図を第 2.3－6 図に示す。

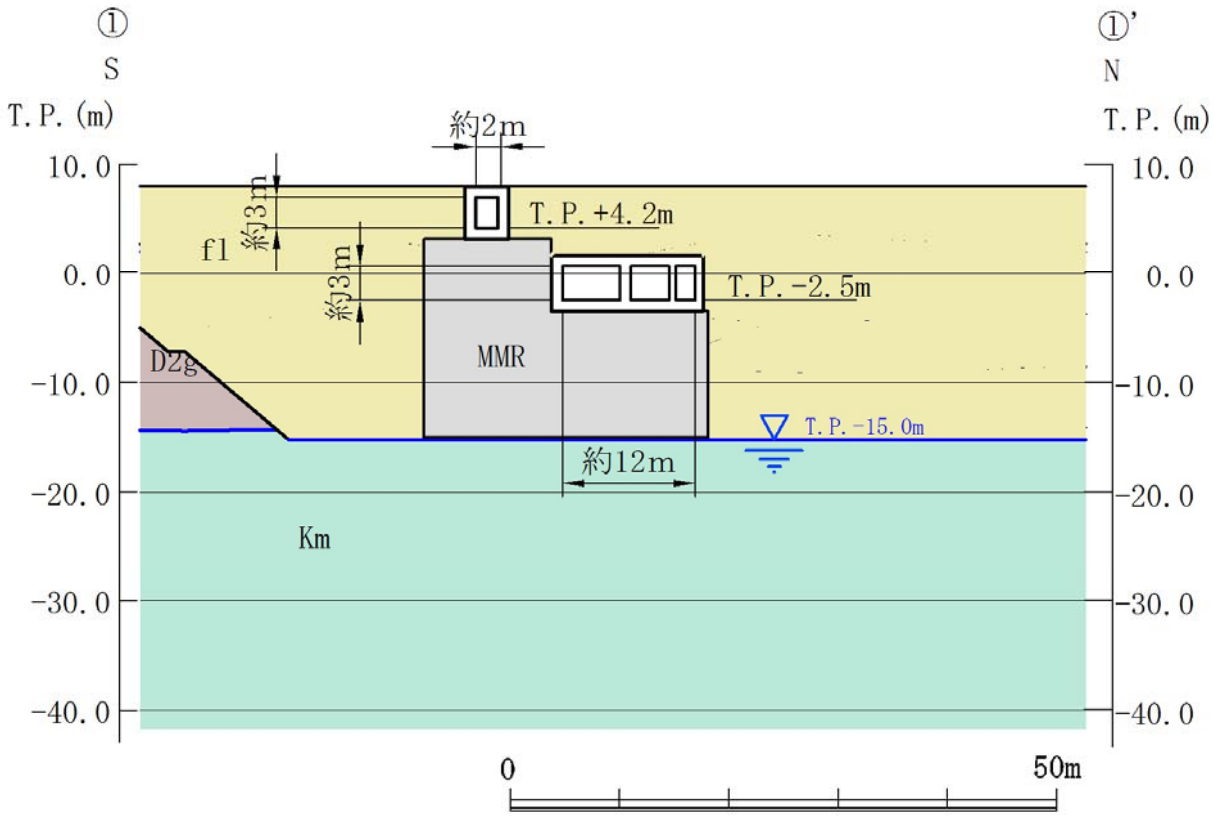
カルバート部は，延長約 29m，内空幅約 12m，内空高さ約 3m 及び延長約 6m，内空幅約 2m，内空高さ約 3m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，カルバートの軸方向（配管方向）に対して内空寸法がほぼ一様で，マンメイドロックを介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

カルバートの縦断方向（軸方向）は，加振方向と平行に配置される側壁を耐震設計上見込むことができるため，強軸方向となる。一方，横断方向（軸方向に対し直交する方向）は，配管が一様に配置されるため，加振方向と平行に配置される構造部材がないことから，弱軸方向となる。

耐震評価では，構造の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向の断面（配管方向と直交する断面）を選定し，基準地震動$S_s$による耐震評価を実施する。




第 2.3－5 図　常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）平面図




第 2.3－6 図　常設代替高圧電源装置用カルバート（カルバート部）

断面図（①－①'断面）

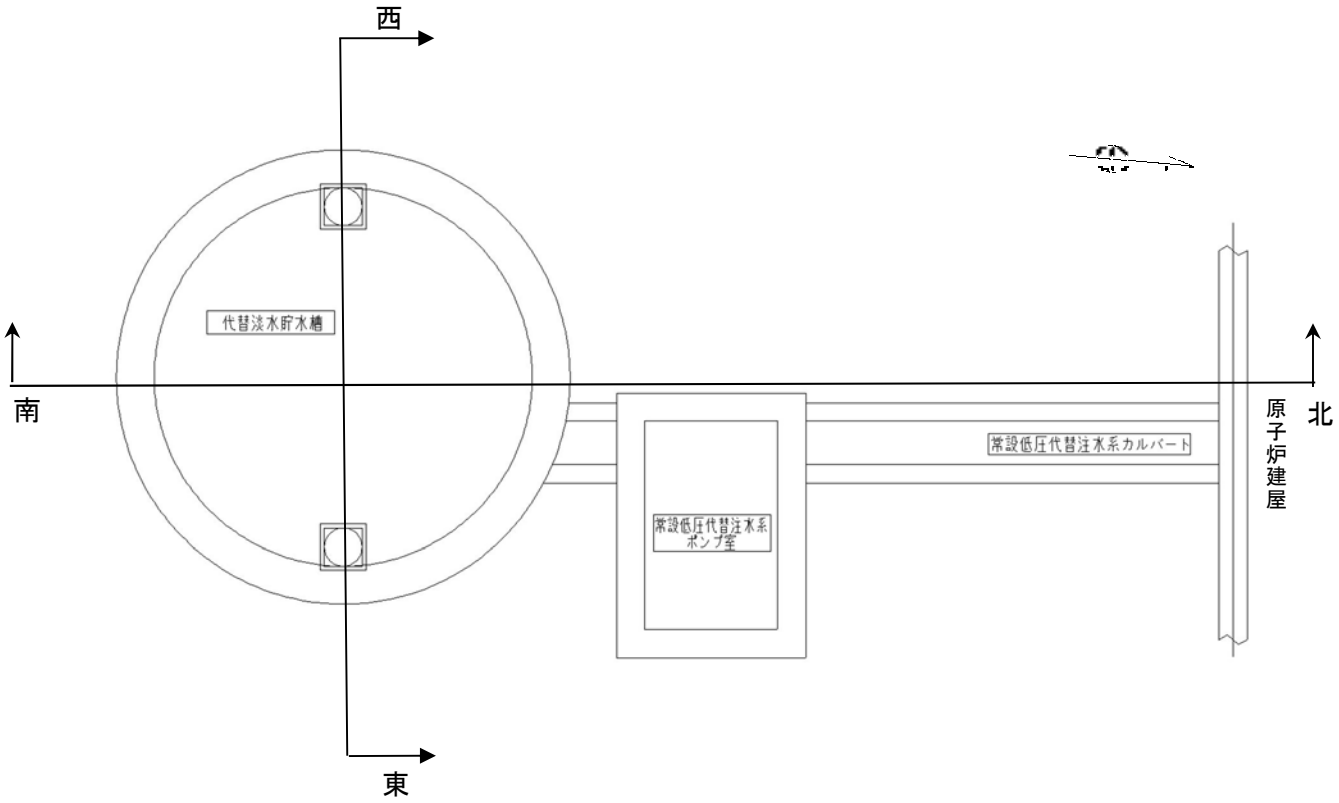
2.4　代替淡水貯槽の断面選定の考え方

代替淡水貯槽の平面図を第 2.4－1 図に，断面図を第 2.4－2 図に示す。

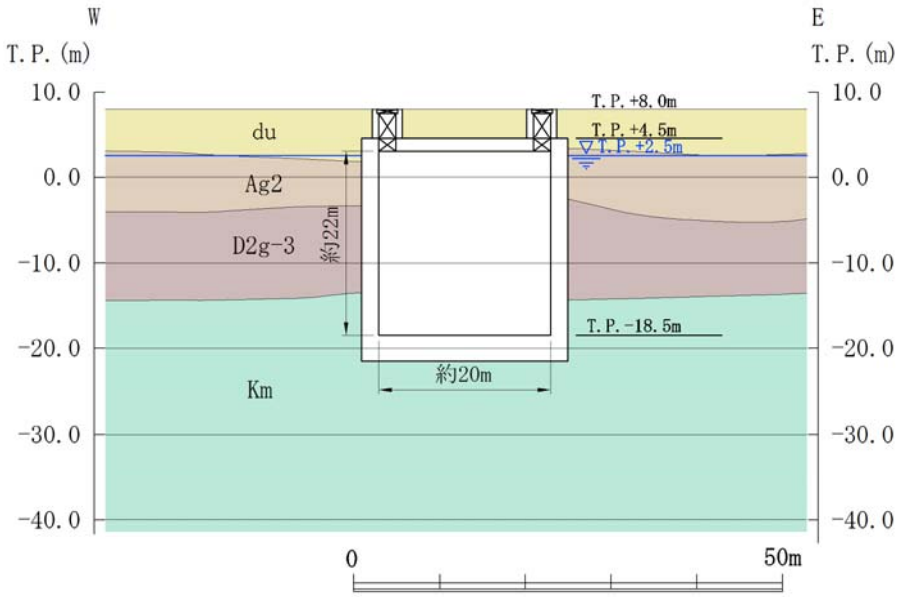
代替淡水貯槽は，内径約 20m，内空高さ約 22m の鉄筋コンクリート造の円筒形の地中構造物であり，十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。

代替淡水貯槽は，円筒形の鉄筋コンクリート構造物であり，明確な弱軸方向がないことから，東西及び南北方向の２断面を選定し，両者から得られた地震力による断面力を組み合わせ，基準地震動Ｓ$_s$による耐震評価を実施する。

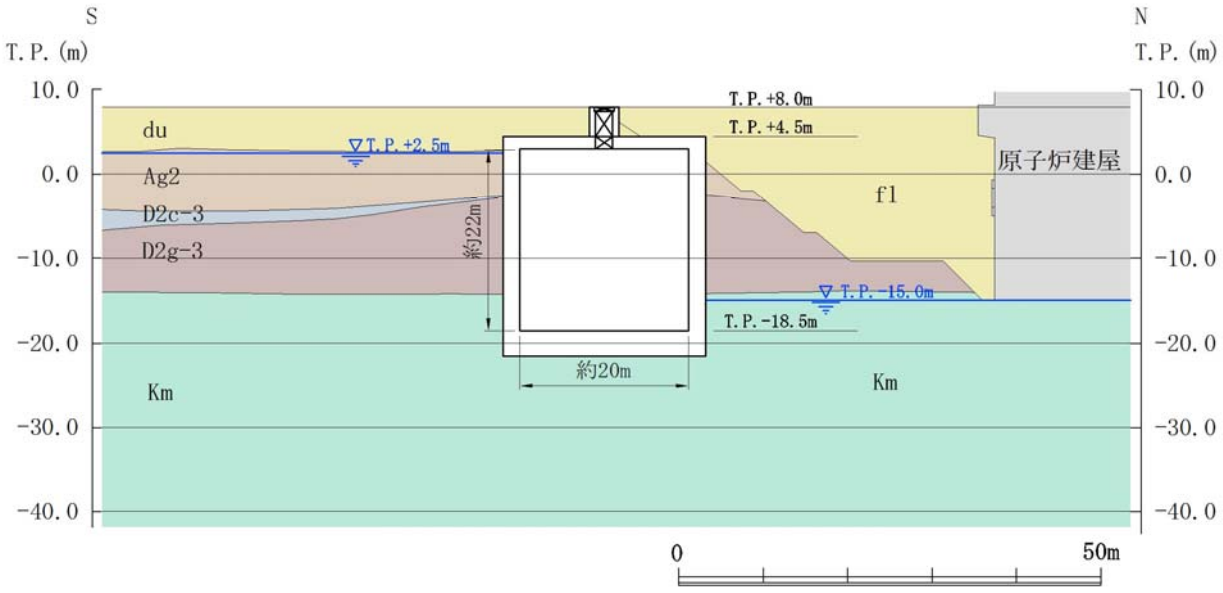
代替淡水貯槽の検討断面では，地下水位以深に液状化検討対象層が分布することから，有効応力解析により液状化の可能性を評価し，構造物の耐震評価を実施する。




第 2.4－1 図　代替淡水貯槽　平面図




第 2.4－2（1）図　代替淡水貯槽　断面図（東西断面）



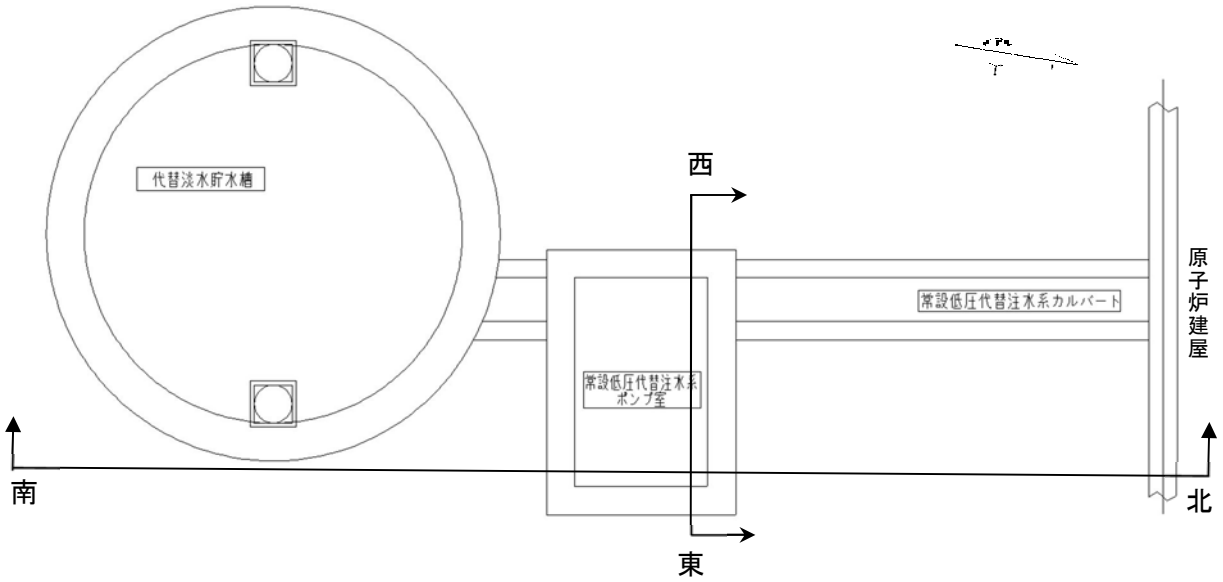

第 2.4－2（2）図　代替淡水貯槽　断面図（南北断面）

## 2.5　常設低圧代替注水系ポンプ室の断面選定の考え方

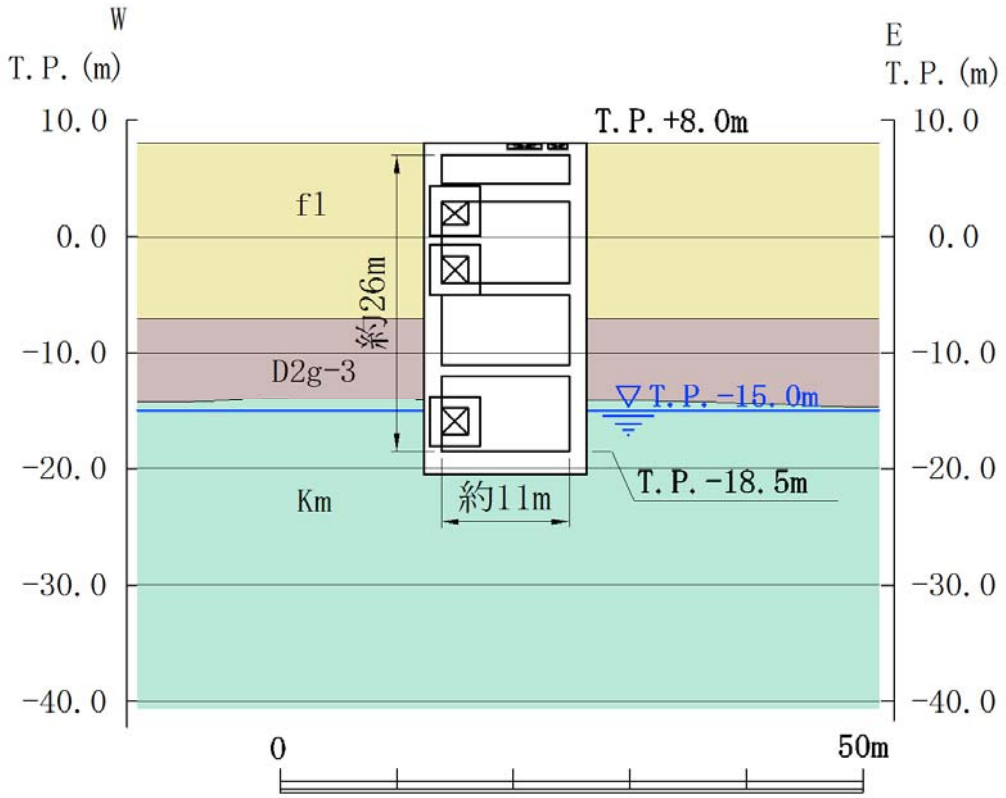
常設低圧代替注水系ポンプ室の平面図を第 2.5－1 図に，断面図を第 2.5－2 図に示す。

常設低圧代替注水ポンプ室は，内空幅約 11m（東西方向）×約 7m（南北方向），内空高さ約 26m の多層ラーメン構造の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。また，代替淡水貯槽と接続する配管を支持する内空幅約 2m，内空高さ約 2m の張出し部を２箇所有する。

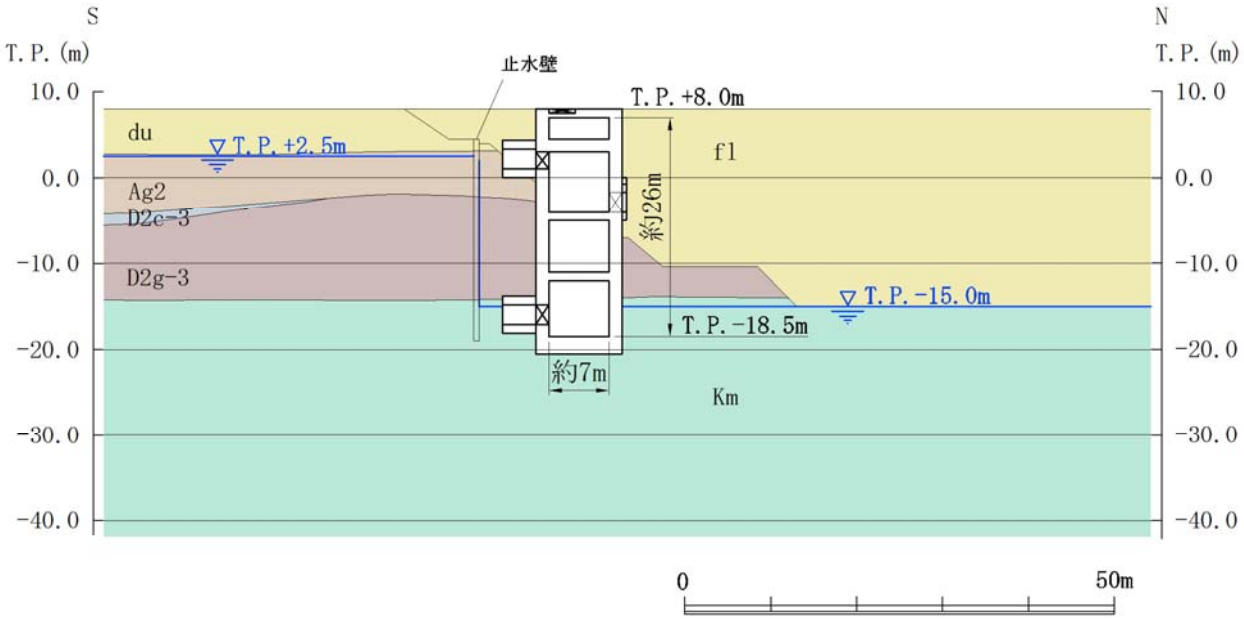
常設低圧代替注水系ポンプ室は，角筒形の鉄筋コンクリート構造物であり，互いに直交する荷重はそれぞれ異なる構造部材で受け持つ設計とすることから，耐震評価では，常設低圧代替注水系ポンプ室の東西方向及び南北方向の 2 断面を選定し，基準地震動$S_s$による耐震評価を実施する。また，南北断面においては，東西方向の幅で張出し部を含めた平均的な剛性及び上載荷重を考慮する。




第 2.5－1 図　常設低圧代替注水系ポンプ室　平面図




第 2.5－2（1）図　常設低圧代替注水系ポンプ室　断面図（東西断面）




第 2.5－2（2）図　常設低圧代替注水系ポンプ室　断面図（南北断面）

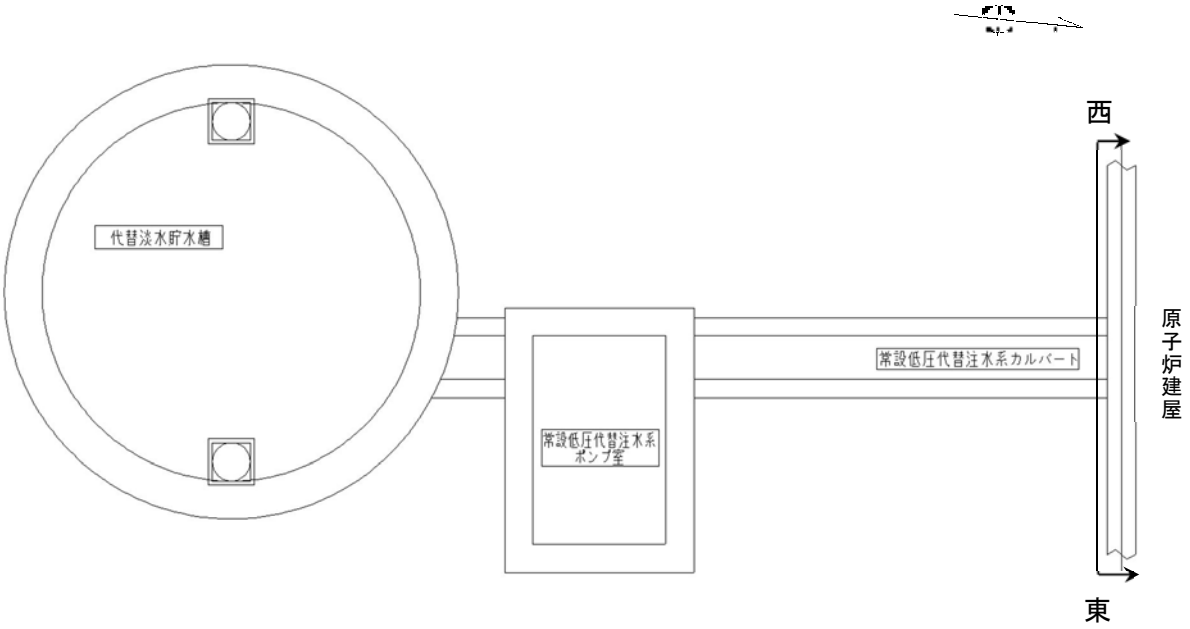
## 2.6　常設低圧代替注水系配管カルバートの断面選定の考え方

常設低圧代替注水系配管カルバートの平面図を第 2.6－1 図に，断面図を第 2.6－2 図に示す。

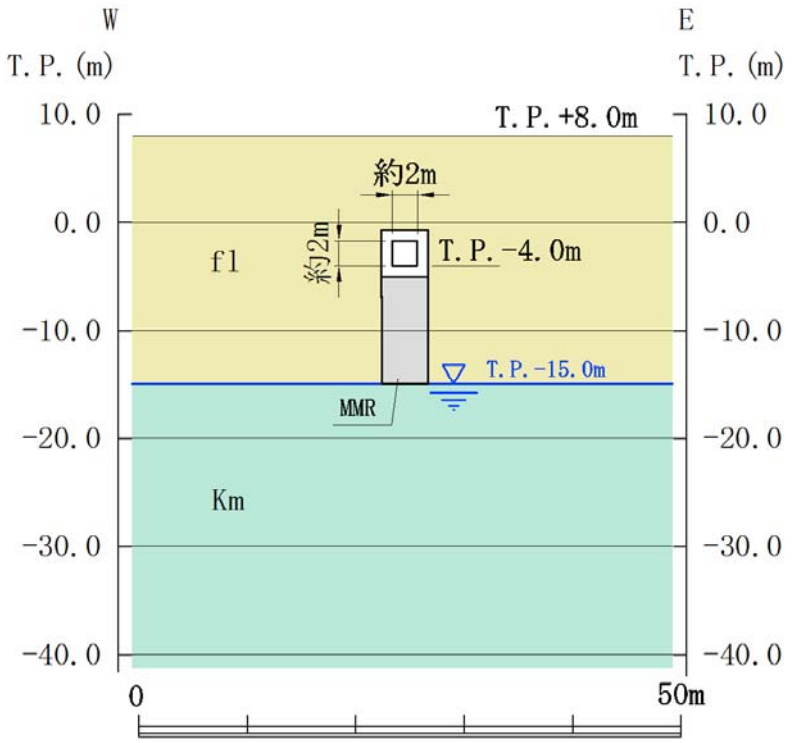
常設低圧代替注水系配管カルバートは，延長約 22m，内空幅約 2m，内空高さ約 2m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，軸方向（配管方向）に対して内空寸法が一様で，マンメイドロックを介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

常設低圧代替注水系配管カルバートの縦断方向（軸方向）は，加振方向と平行に配置される側壁を耐震設計上見込むことができるため，強軸方向となる。一方，横断方向（軸方向に対し直交する方向）は，配管が配置されるため，加振方向と平行に配置される構造部材がないことから，弱軸方向となる。

耐震評価では，構造の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向の断面（配管方向と直交する断面）を選定し，基準地震動$S_s$による耐震評価を実施する。




第 2.6－1 図　常設低圧代替注水系配管カルバート 平面図



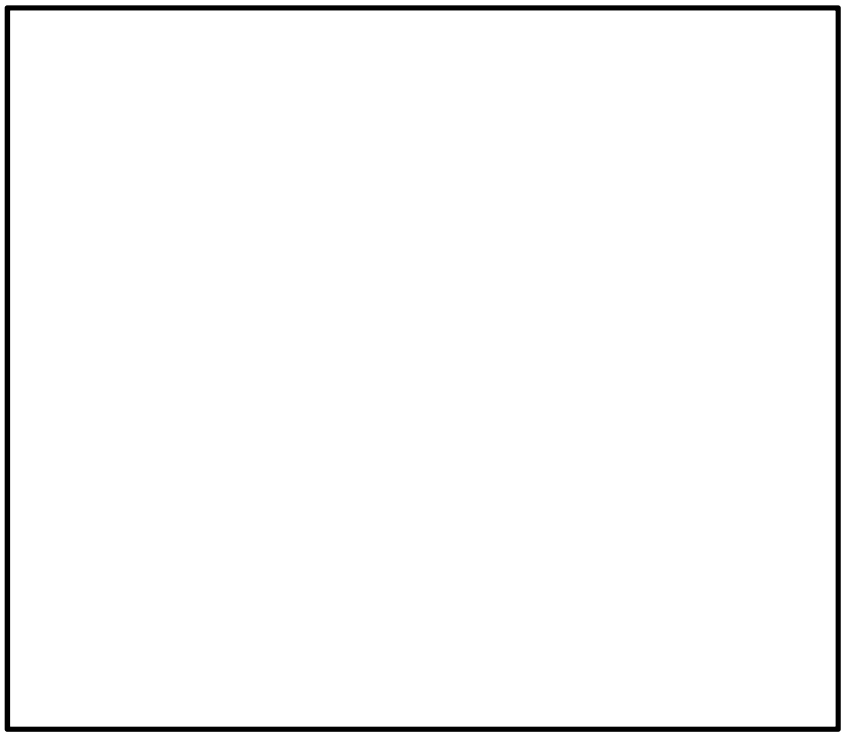

第 2.6－2 図　常設低圧代替注水系配管カルバート 断面図（東西断面）

## 2.7　緊急用海水ポンプピットの断面選定の考え方

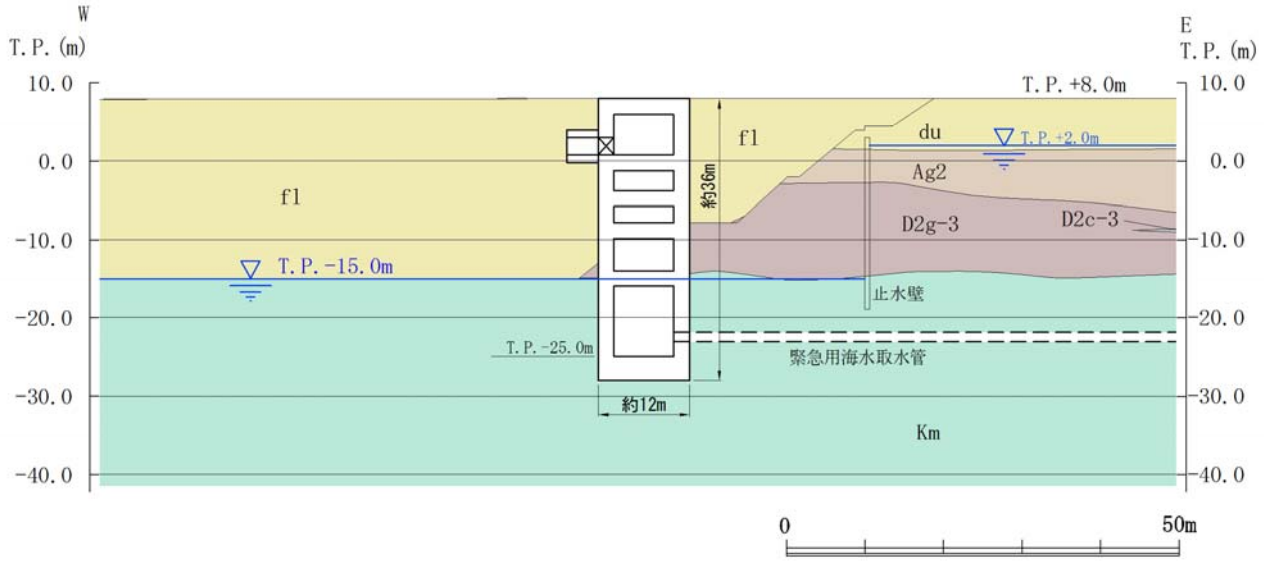
緊急用海水ポンプピットの平面図を第 2.7－1 図に，断面図を第 2.7－2 図に示す。

緊急用海水ポンプピットは，幅約 12m（東西方向）×約 12m（南北方向），高さ約 36m の多層ラーメン構造の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。また，原子炉建屋内へ接続する配管を間接支持する内空幅約 3m，内空高さ約 2m の張出し部を有する。

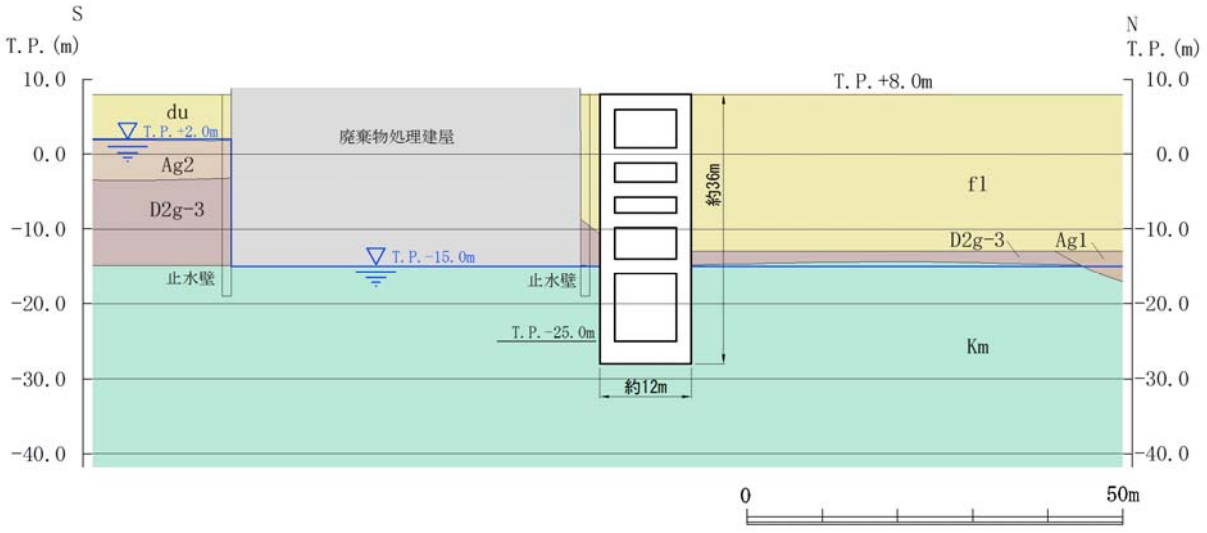
緊急用海水ポンプピットは，角筒形の鉄筋コンクリート構造物であり，互いに直交する荷重はそれぞれ異なる構造部材で受け持つ設計することから，耐震評価では，緊急用海水ポンプピットの東西方向及び南北方向の 2 断面を選定し，基準地震動$S_s$による耐震評価を実施する。また，東西断面においては，南北方向の幅で張出し部を含めた平均的な剛性及び上載荷重を考慮する。



第 2.7－1 図　緊急用海水ポンプピット　平面図




第 2.7－2（1）図　緊急用海水ポンプピット　断面図（東西断面）




第 2.7－2（2）図　緊急用海水ポンプピット　断面図（南北断面）

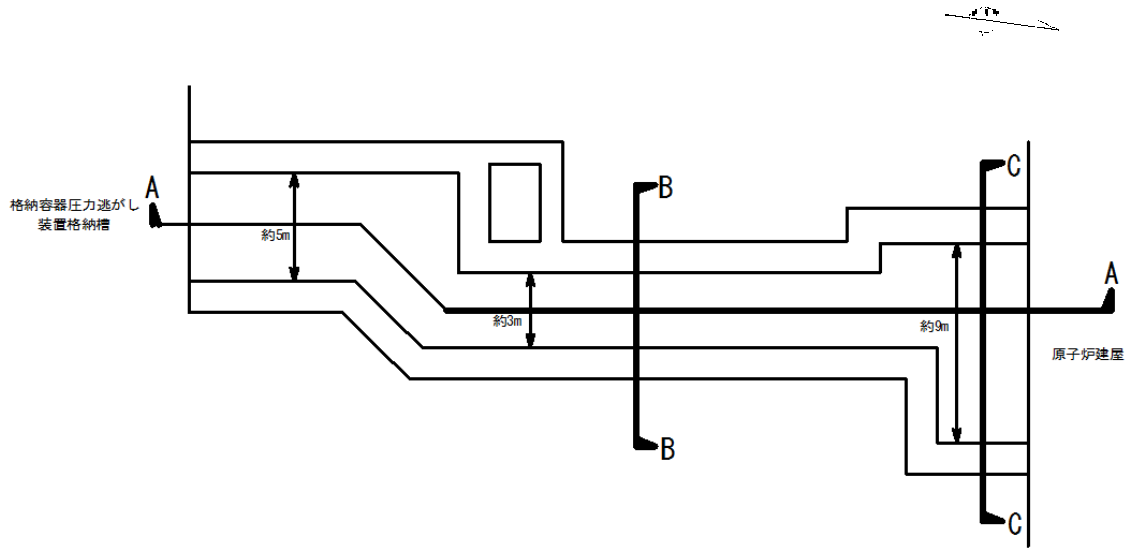
## 2.8　格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの断面選定の考え方

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの平面図を第 2.8－1 図に，縦断面図を第 2.8－2 図に，横断面図を第 2.8－3 図に示す。

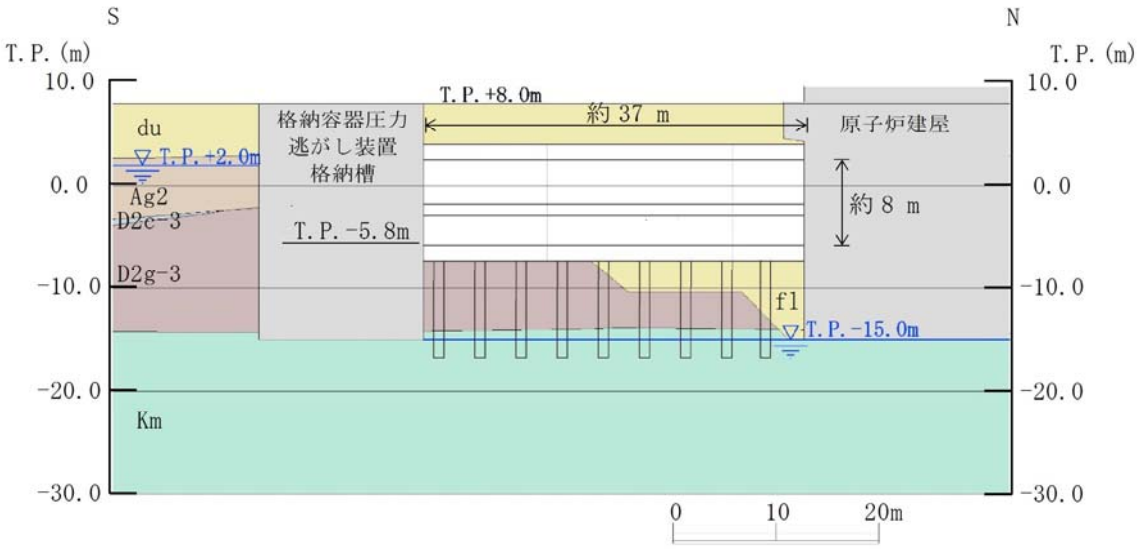
格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは，延長約 37m，内空幅約 3m（一部約 5m 及び約 9m），内空高さ約 8m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの縦断方向（軸方向）は，加振方向と平行に配置される側壁を耐震設計上見込むことができるため，強軸方向となる。一方，横断方向（軸方向に対し直交する方向）は，配管が一様に配置されるため，加振方向と平行に配置される構造部材が少ないことから，弱軸方向となる。

耐震評価では，構造の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向の断面（配管方向と直交する断面）を選定し，基準地震動Ｓ$_s$による耐震評価を実施する。

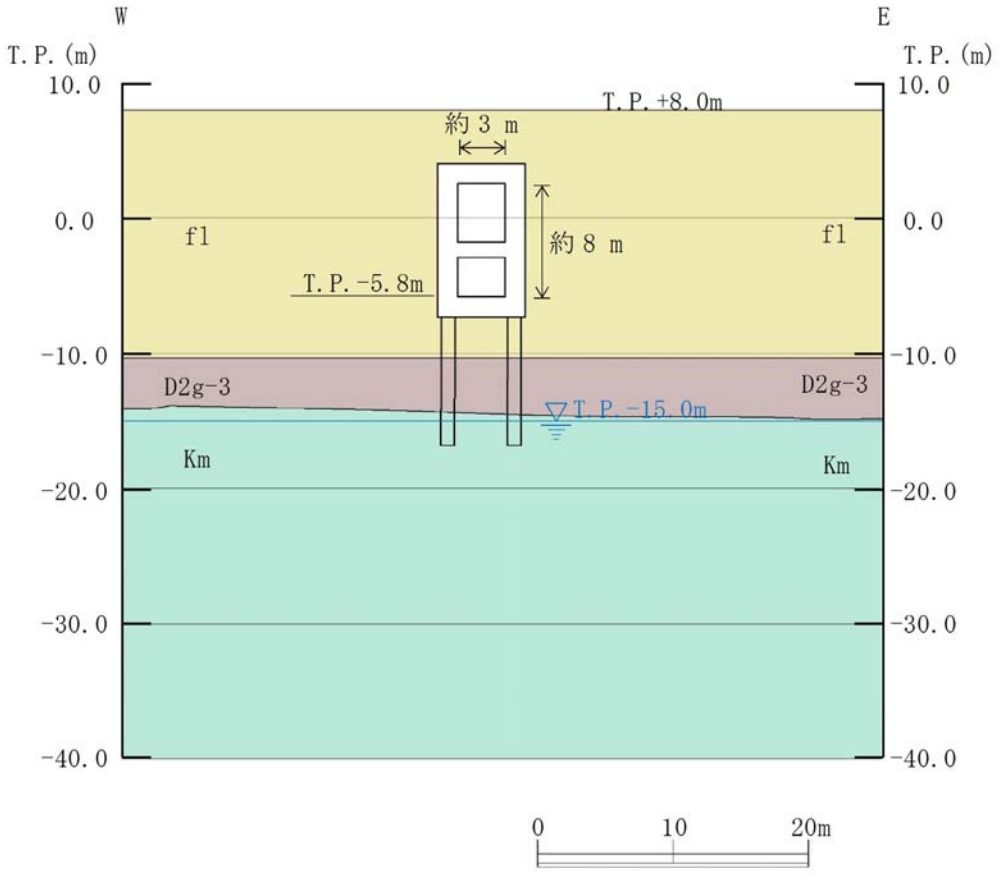



第 2.8－1 図　格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート　平面図



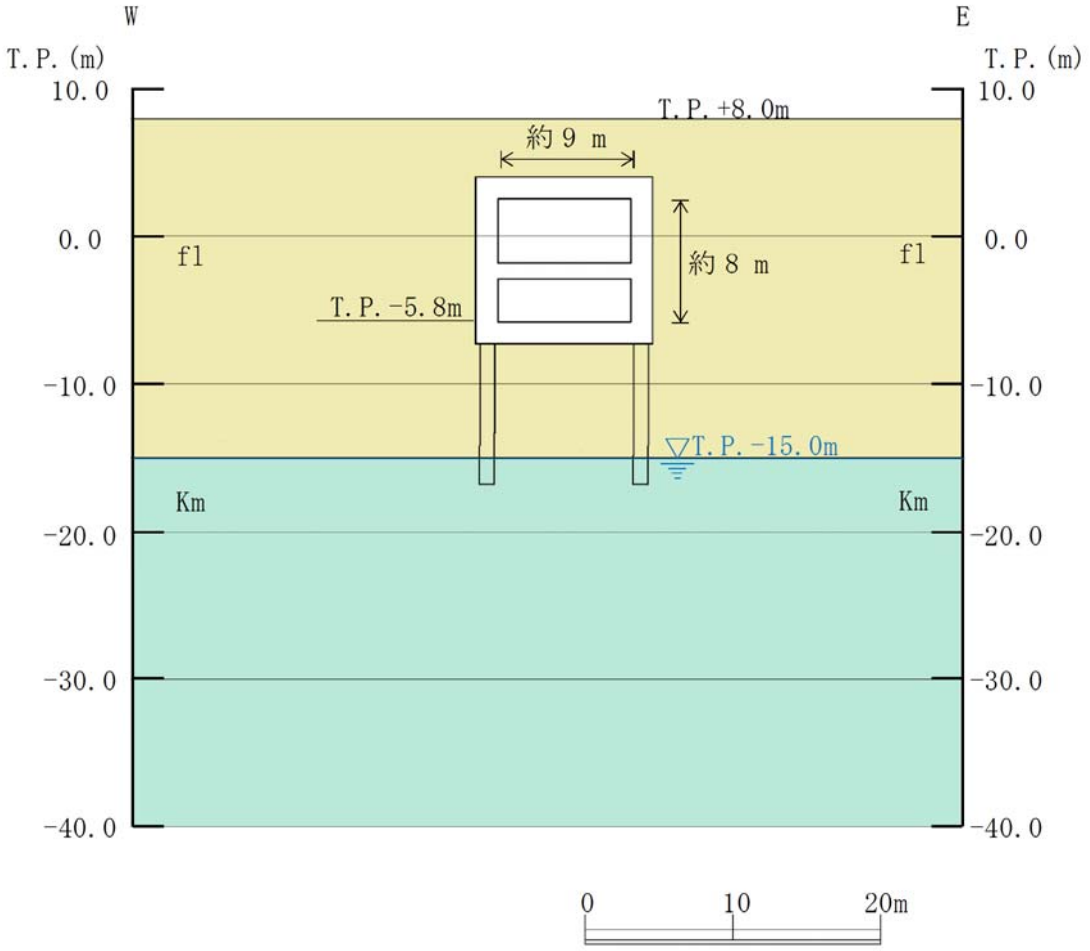

第 2.8－2 図　格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート　縦断面図

（Ａ－Ａ断面）




第 2.8－3（1）図　格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート　断面図

（Ｂ－Ｂ断面）




第 2.8－3（2）図　格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート　断面図

（Ｃ－Ｃ断面）

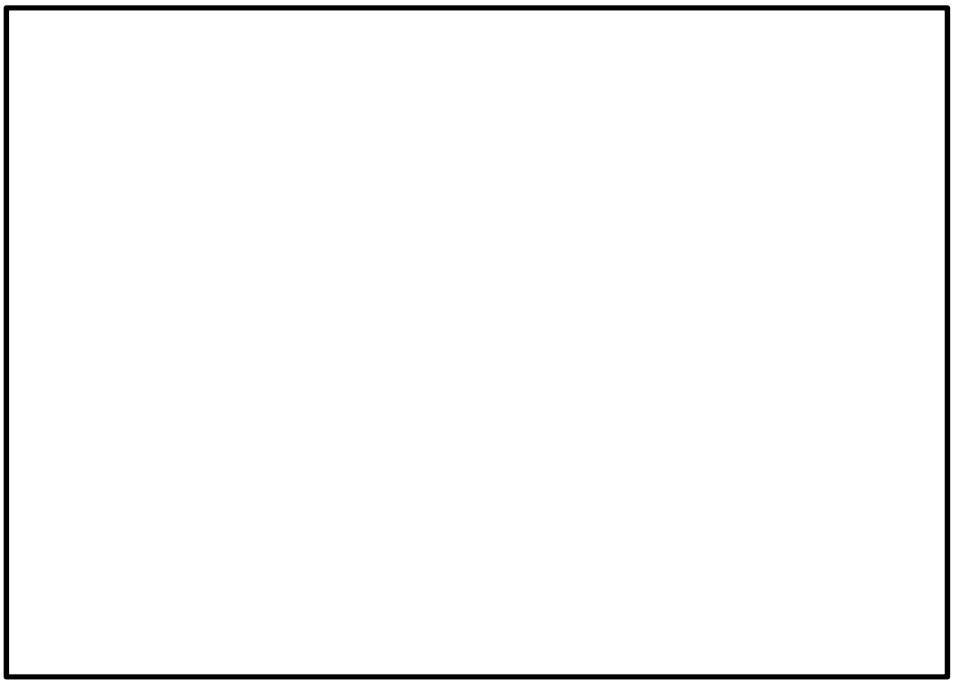
## 2.9　緊急用海水取水管の断面選定の考え方

緊急用海水取水管の平面図を第 2.9－1 図に，縦断面図を第 2.9－2 図に，横断面図を第 2.9－3 図に示す。

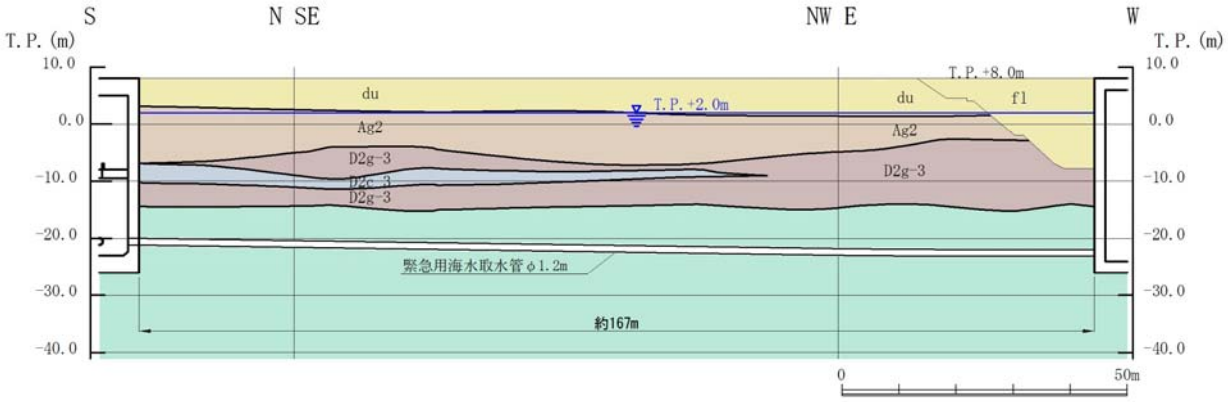
緊急用海水取水管は，ＳＡ用海水ピットと緊急用海水ポンプピットを接続する延長約 167m で内径 1.2m の鋼管の地中構造物であり，十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

緊急用海水取水管は可撓管の設置スパンが長い線状構造物であるため，管路全ての範囲を評価対象とする。また，カルバート構造物と同様に管軸方向に対して一様の断面形状を示すことから，横断方向（管周方向）が弱軸方向と判断されるが，一般的な地中埋設管路の設計では管軸方向を弱軸として設計されることを考慮し，管軸方向の発生応力を考慮した評価を行う。

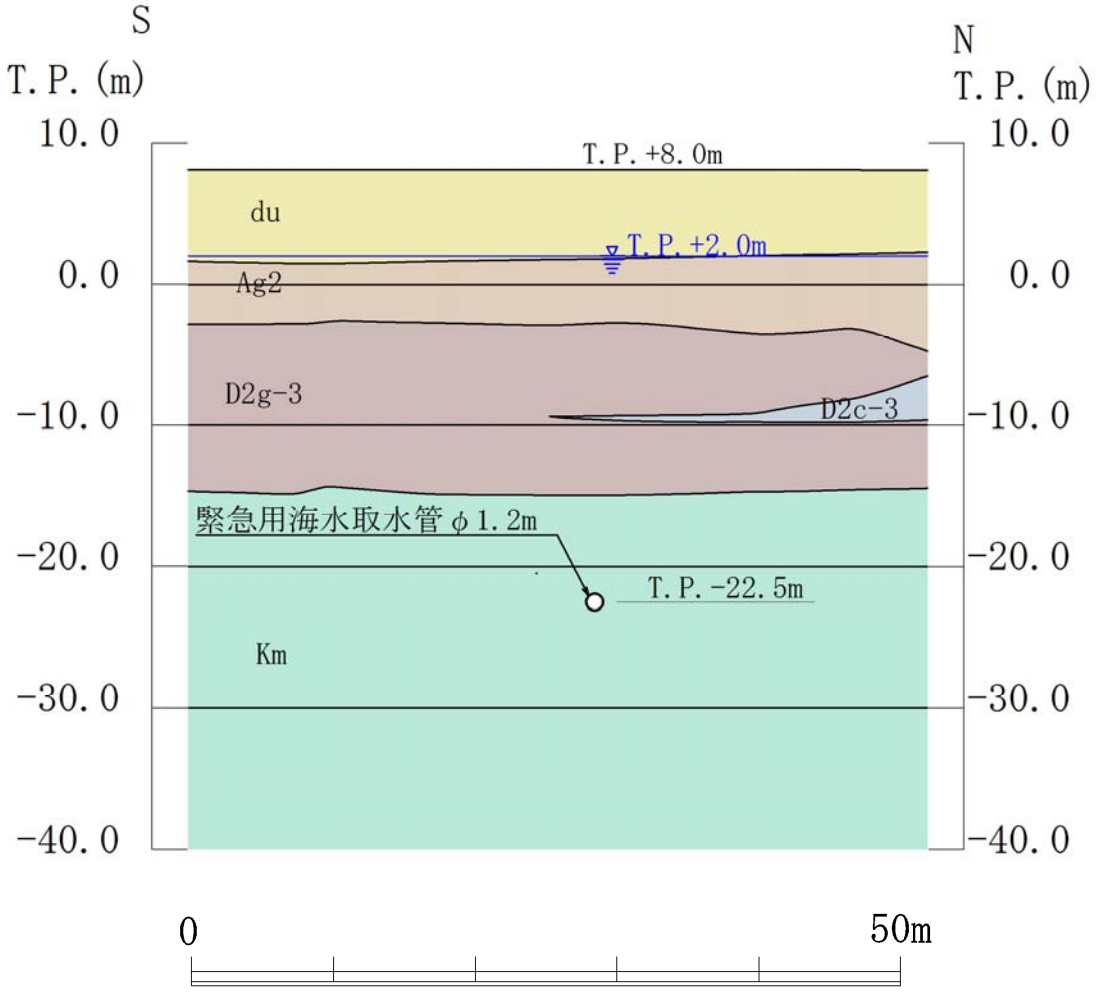
耐震評価では，上載荷重に着目し，土被りが最も大きくなるＡ－Ａ断面を選定し，基準地震動$S_s$による耐震評価を実施する。



第 2.9－1 図　緊急用海水取水管　平面図




第 2.9－2 図　緊急用海水取水管　縦断面図




第 2.9－3 図　緊急用海水取水管　横断面図（Ａ－Ａ断面）

## 2.10　ＳＡ用海水ピットの断面選定の考え方

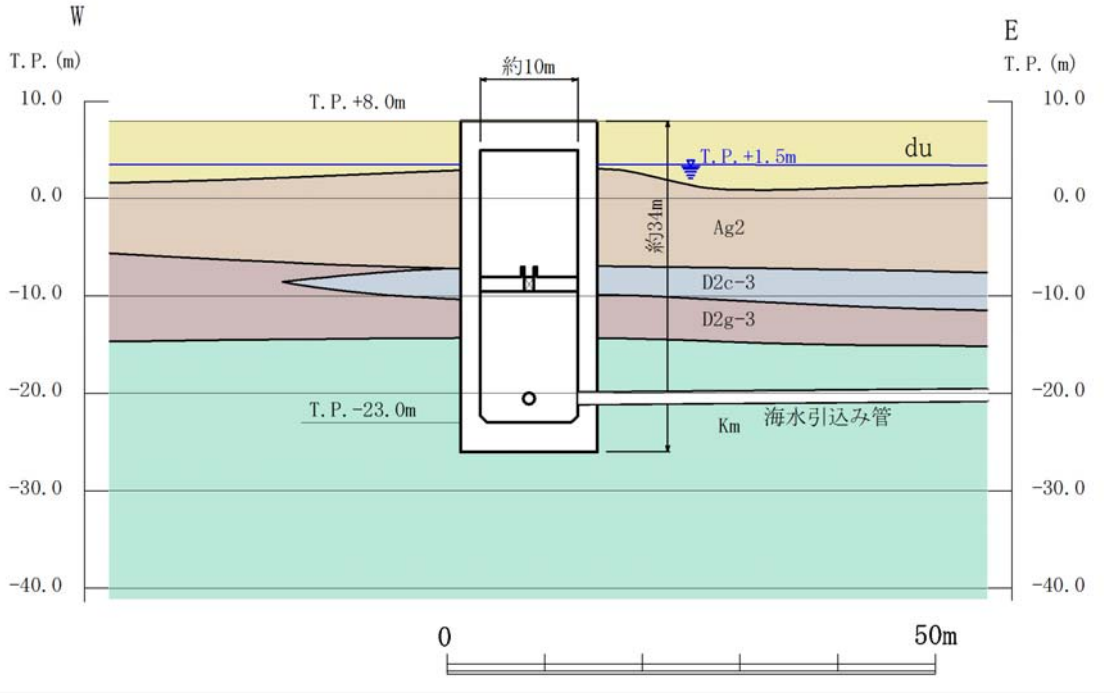
ＳＡ用海水ピットの平面図を第 2.10－1 図に，断面図を第 2.10－2 図に示す。

ＳＡ用海水ピットは，内径約 10m，高さ約 34m の円筒形の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。また，ＳＡ用海水ピットは，十分な支持性能を有する地盤内で海水引込み管及び緊急用海水取水管が接続する構造で，双方の管路はＳＡ用海水ピットへ直交して接続される。

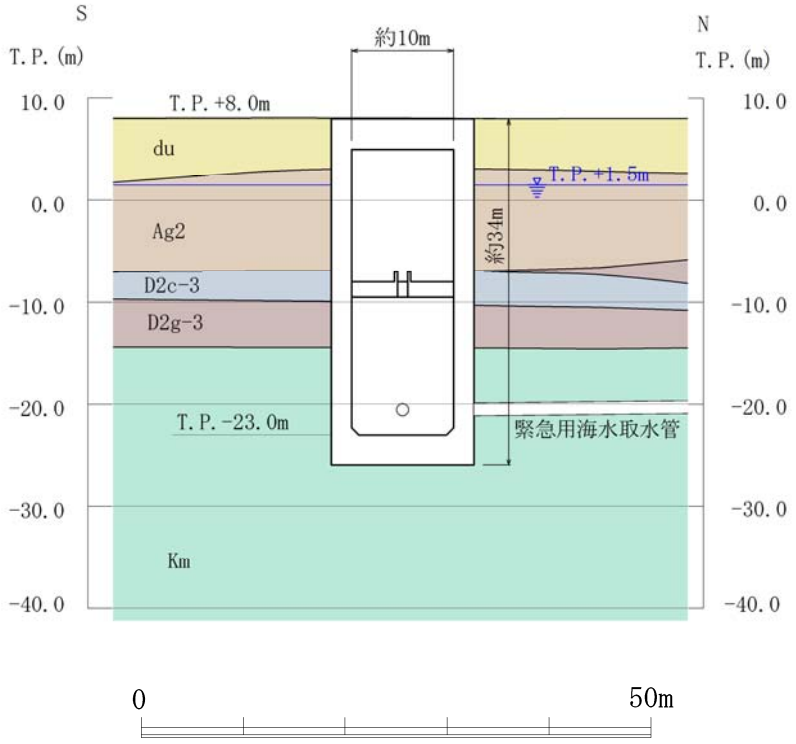
ＳＡ用海水ピットは，円筒形の鉄筋コンクリート構造物であり，明確な弱軸方向がないことから，ＳＡ用海水ピットに接続する海水引込み管及び緊急用海水取水管に着目し，直交する両管路の縦断方向の 2 断面を選定し，両者から得られた地震力による断面力を組み合わせ，基準地震動$S_s$による耐震評価を実施する。

ＳＡ用海水ピットの検討断面では，地下水位以深に液状化検討対象層が分布することから，有効応力解析により液状化の可能性を評価し，構造物の耐震評価を実施する。

第 2.10－1 図　ＳＡ用海水ピット　平面図




第 2.10－2（1）図　ＳＡ用海水ピット　断面図（①－①断面）




第 2.10－2（2）図　ＳＡ用海水ピット　断面図（②－②断面）

## 2.11　海水引込み管の断面選定の考え方

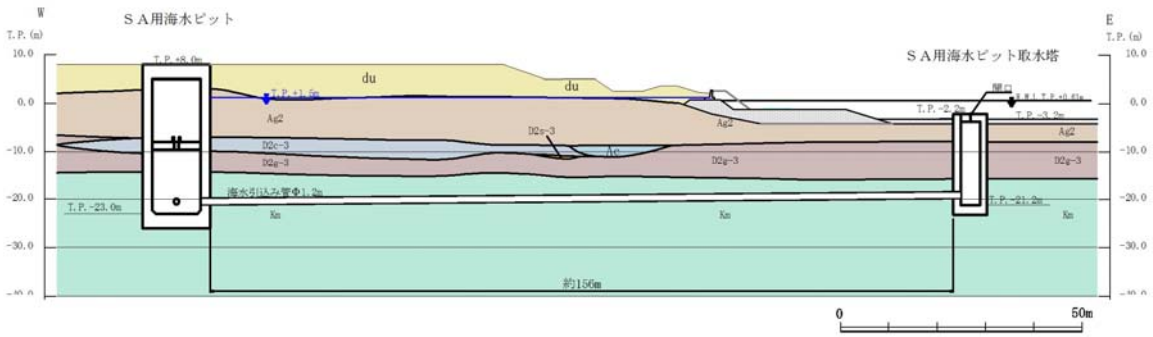
海水引込み管の平面図を第 2.11－1 図に，縦断面図を第 2.11－2 図に，横断面図を第 2.11－3 図に示す。

海水引込み管は，ＳＡ用海水ピット取水塔とＳＡ用海水ピットを接続する延長約 156m,内径 1.2m の鋼管の地中構造物であり，十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

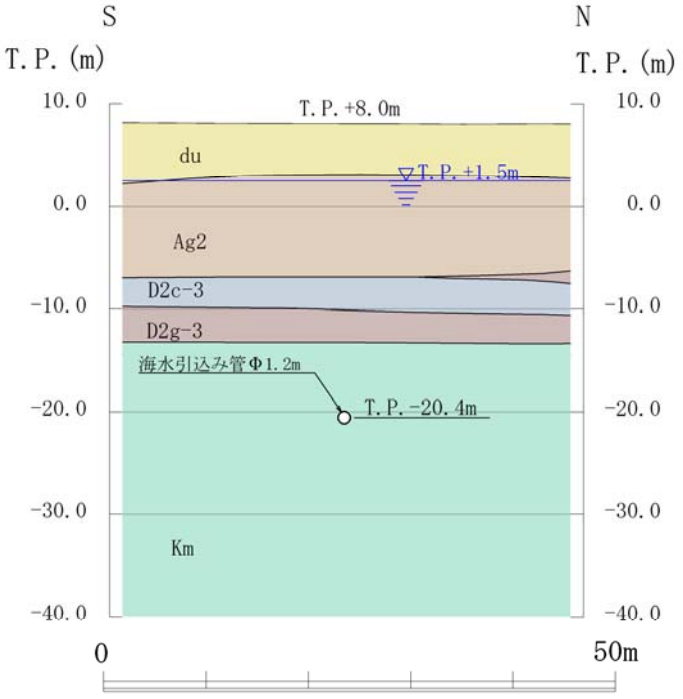
海水引込み管は可撓管の設置スパンが長い線状構造物であるため，管路全ての範囲を評価対象とする。また，カルバート構造物と同様に管軸方向に対して一様の断面形状を示すことから，横断方向（管周方向）が弱軸方向と判断されるが，一般的な地中埋設管路の設計では管軸方向を弱軸として設計されることを考慮し，管軸方向の発生応力を考慮した評価を行う。

耐震評価では，上載荷重に着目し，土被りが最も大きくなるＡ－Ａ断面を選定し，基準地震動$S_s$による耐震評価を実施する。

第 2.11－1 図　海水引込み管　平面図




第 2.11－2 図　海水引込み管　縦断面図




第 2.11－3 図　海水引込み管　横断面図（Ａ－Ａ断面）

## 2.12　ＳＡ用海水ピット取水塔の断面選定の考え方

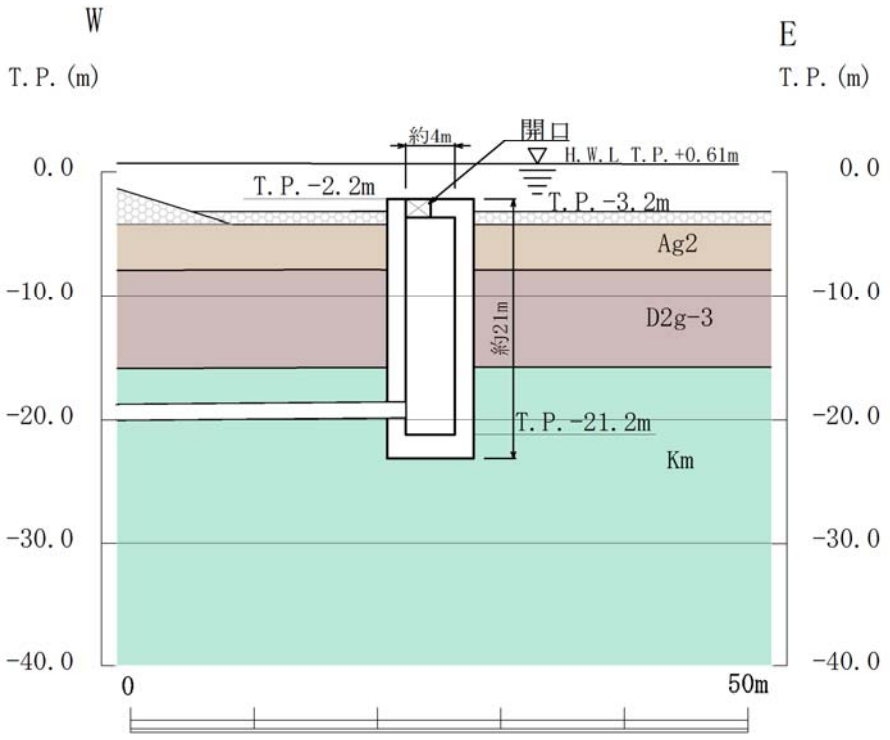
ＳＡ用海水ピット取水塔の平面図を第 2.12－1 図に，断面図を第 2.12－2 図に示す。

ＳＡ用海水ピット取水塔は，内径約 4m，高さ約 21m の円筒形の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。また，ＳＡ用海水ピット取水塔は海水引込み管が接続する構造である。

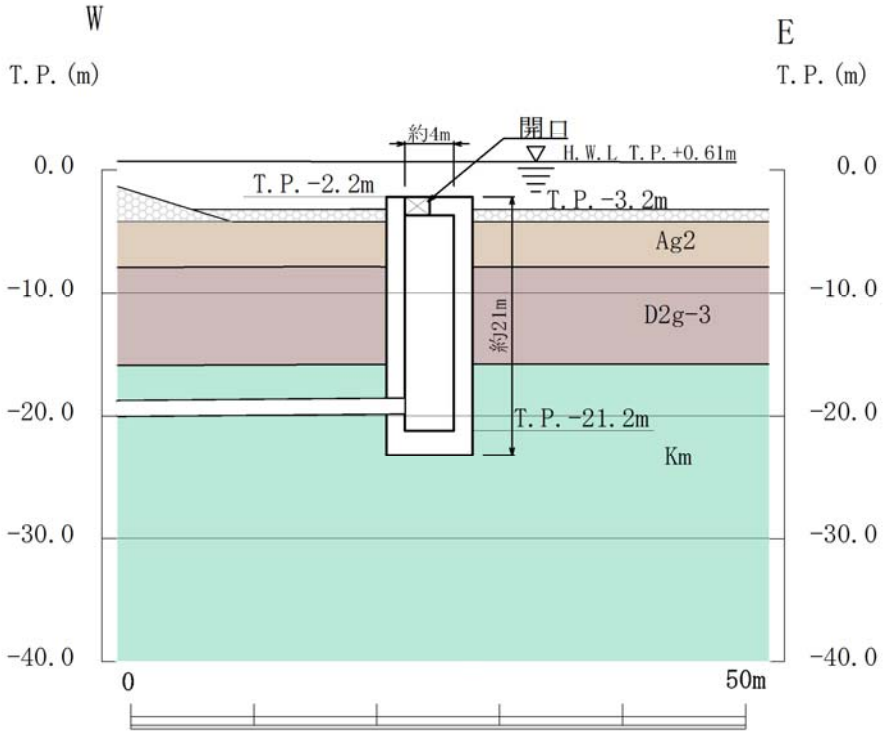
ＳＡ用海水ピット取水塔は，円筒形の鉄筋コンクリート構造物であり明確な弱軸方向がないことから，ＳＡ用海水取水塔に接続される海水引込み管に着目し，海水引込み管を縦断する断面とこれに直交する断面の 2 断面を選定し，両者から得られた地震力による断面力を組み合わせ，基準地震動$S_s$による耐震評価を実施する。

ＳＡ用海水ピット取水塔の検討断面では，海底下に液状化検討対象層が分布することから，有効応力解析により液状化の可能性を評価し，構造物の耐震評価を実施する。

第 2.12－1 図　ＳＡ用海水ピット取水塔　平面図




第 2.12－2（1）図　ＳＡ用海水ピット取水塔　断面図（①－①断面）




第 2.12－2（2）図　ＳＡ用海水ピット取水塔　断面図（②－②断面）

## 2.13　緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク基礎

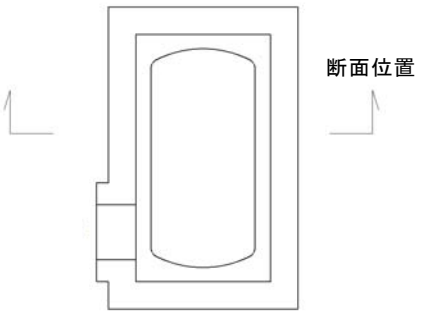
緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の平面図を第 2.13－1 図に，断面図を第 2.13－2 図に示す。また，可搬型設備用軽油タンク基礎の平面図を第 2.13－3 図に，断面図を第 2.13－4 図に示す。

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎は内空幅約 9m（タンク軸方向）×約 5m（タンク横断方向），内空高さ約 4m，可搬型設備用軽油タンク基礎は内空幅約 11m（タンク軸方向）×約 13m（タンク横断方向），内空高さ約 4m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

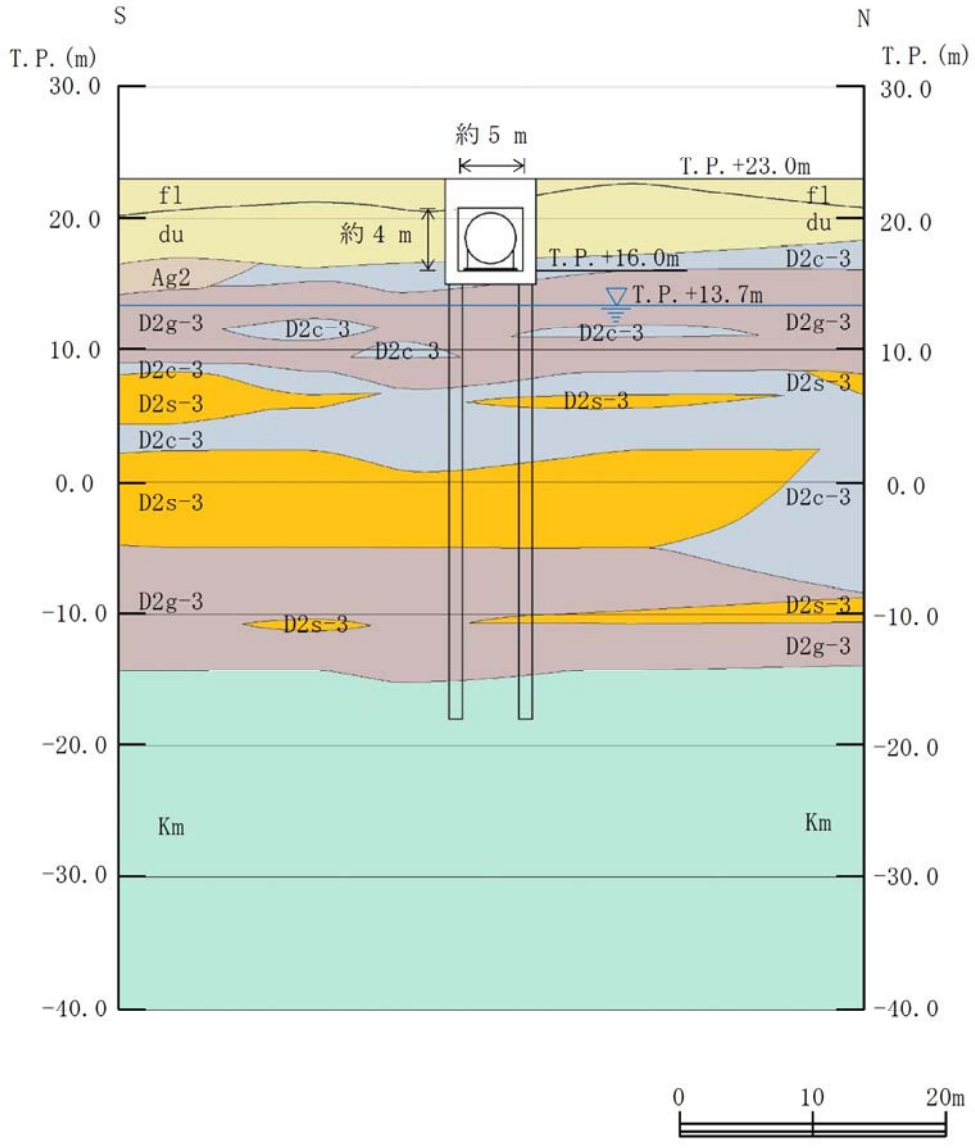
緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク基礎の縦断方向（タンクの軸方向）は，加振方向と平行に配置される側壁又は隔壁を耐震設計上見込むことができるため，強軸方向となる。一方，横断方向（タンクの軸方向に対し直交する方向）は，タンクを格納するため，加振方向と平行に配置される構造部材がないことから，弱軸方向となる。

耐震評価では，構造の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向（タンクの軸方向に対し直交する方向）の断面を選定し，基準地震動$S_s$による耐震評価を実施する。

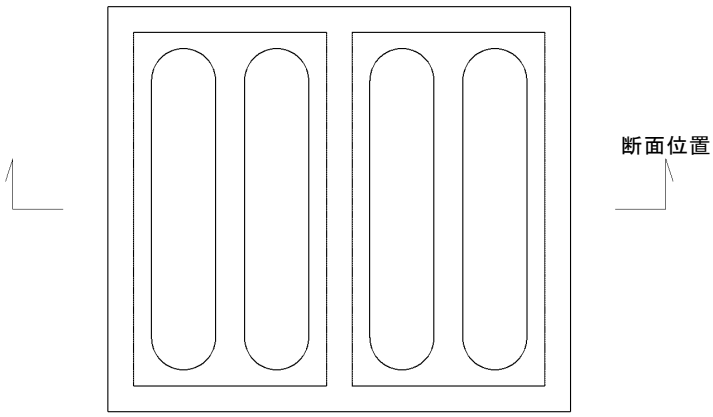
緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク基礎の検討断面では，地下水位以深に液状化検討対象層が分布することから，有効応力解析により液状化の可能性を評価し，構造物の耐震評価を実施する。



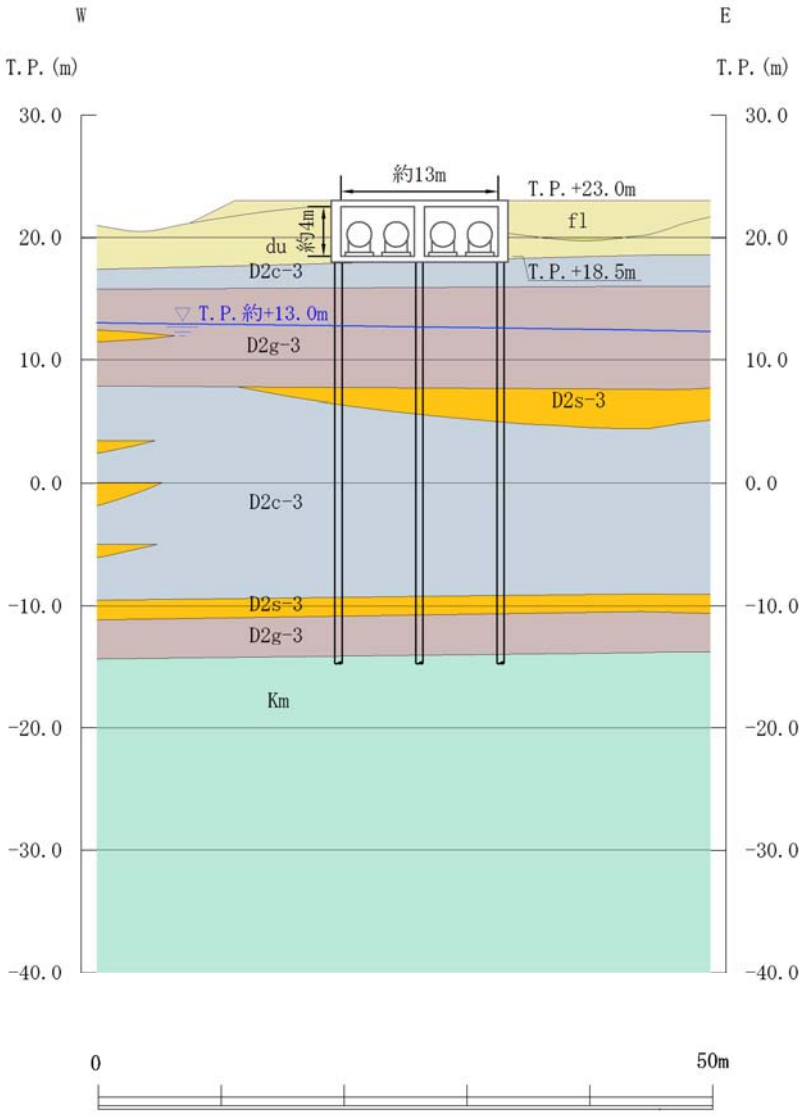

第 2.13－1 図　緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎　平面図



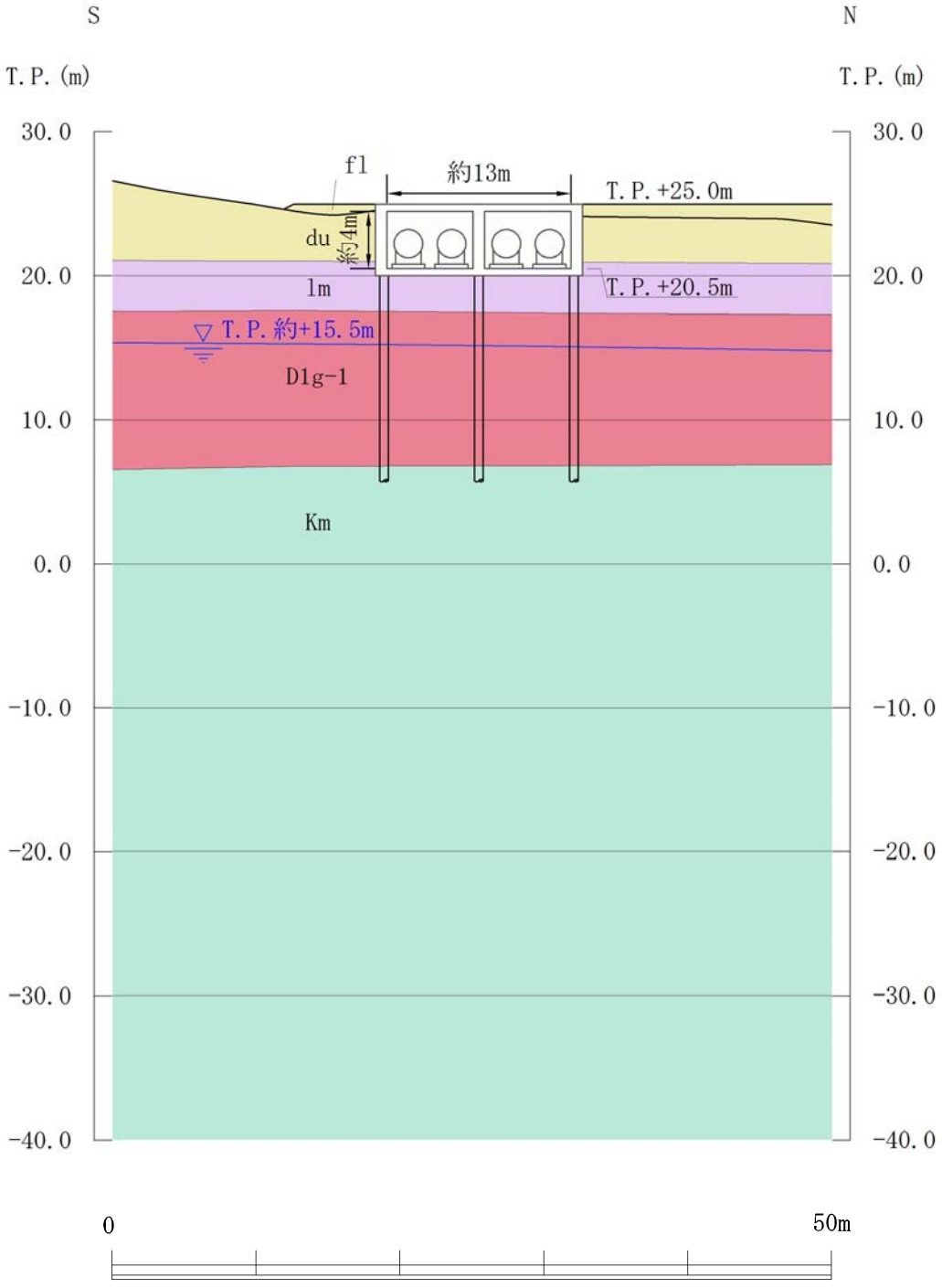

第 2.13－2 図　緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎　断面図




第 2.13－3 図　可搬型設備用軽油タンク基礎　平面図




第 2.13－4（1）図　可搬型設備用軽油タンク基礎（西側）　断面図




第 2.13－4 図（2）　可搬型設備用軽油タンク基礎（南側）　断面図

別紙－９

# 東海第二発電所

# 使用済燃料乾式貯蔵建屋の評価方針について

1. はじめに

本資料の構成は，以下の 3 項目から成る。

Ⅰ 使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答解析

Ⅱ 使用済燃料乾式貯蔵建屋の耐震計算書

Ⅲ 使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答解析モデルの既工認からの変更について

# Ⅰ　使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答解析

目　　次

1.　概要

2.　基本方針

2.1　位置

2.2　構造概要

2.3　解析方針

2.4　適用規格・基準等

3.　解析方法

3.1　地震応答解析モデル

3.2　入力地震動

3.3　解析方法

3.4　解析条件

4.　解析結果

4.1　動的解析

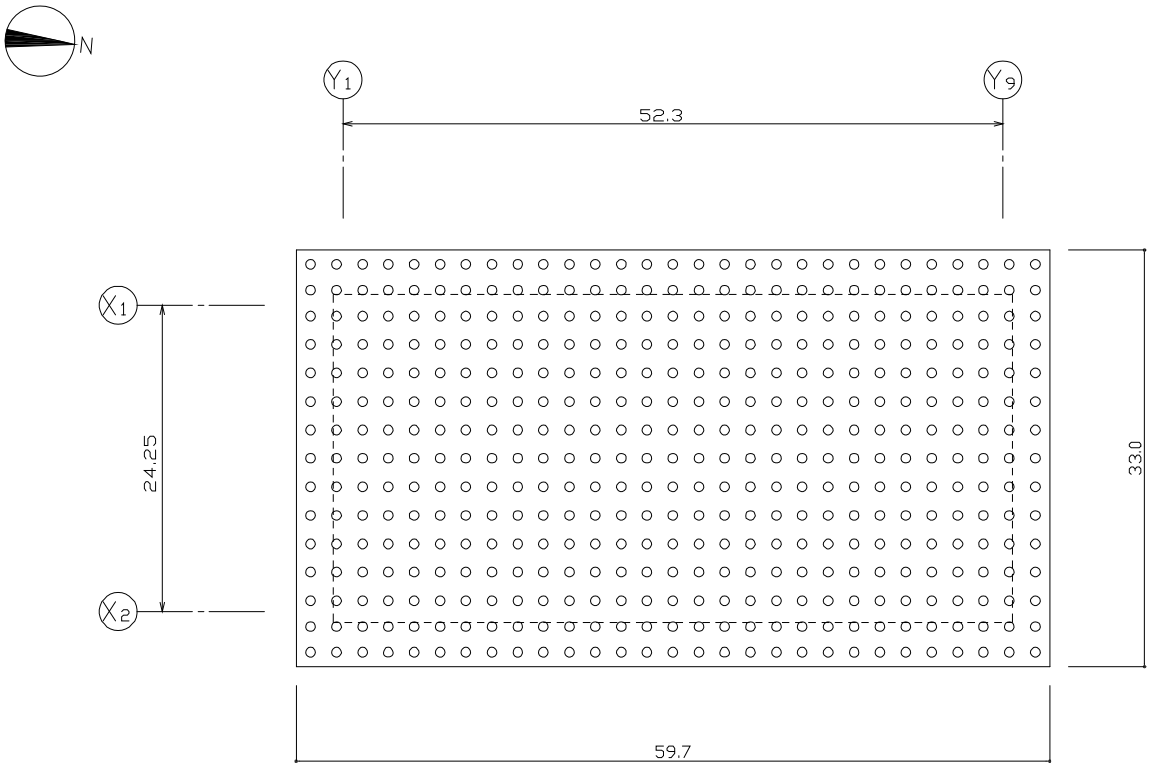
1. 概要

使用済燃料乾式貯蔵建屋は，使用済燃料乾式貯蔵容器を 24 基収納する地上 1 階建，平面が約 52 m（南北方向）×約 24 m（東西方向），地上高さ約 21 m の鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）の建物である。使用済燃料乾式貯蔵建屋の平面図を図 1－1 に示す。

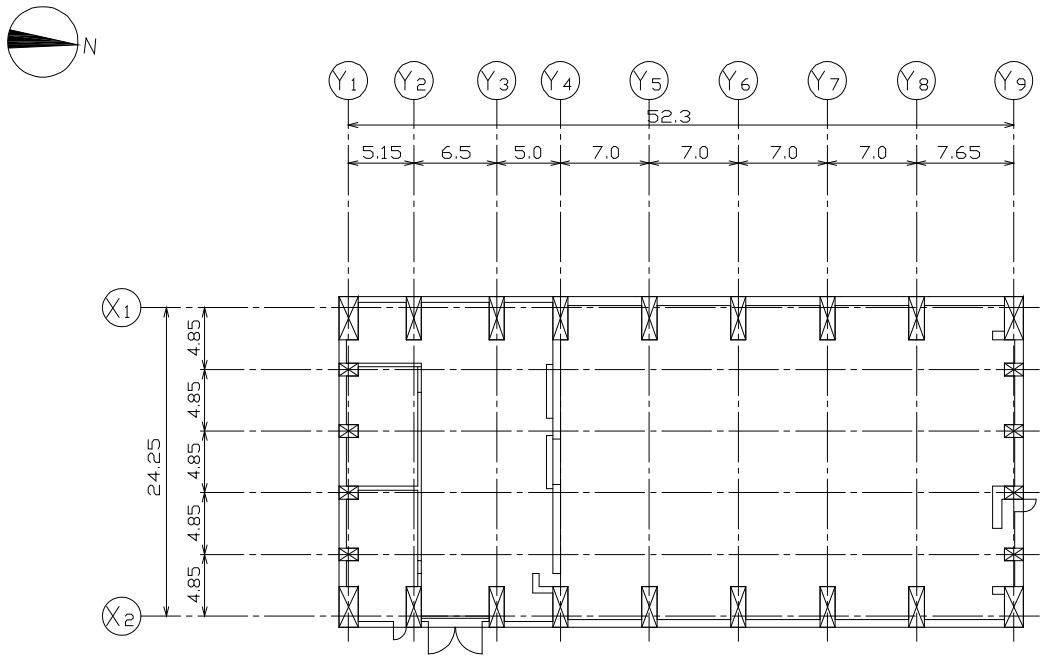
使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎版は厚さ約 2.5 m（一部約 2.0 m）で，鋼管杭を介して，砂質泥岩である久米層に岩着している。使用済燃料乾式貯蔵建屋に加わる地震時の水平力は，外周部に配置された耐震壁と柱及び梁（屋根トラス）からなるフレーム構造で負担する。耐震壁には，冷却空気取り入れのための開口がある。

本資料は，使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答解析について説明するものである。

地震応答解析結果により算出した各種応答値は，検討用地震力として用いる。




（杭伏図：EL.－5.8 m）




（1 階平面図：EL.8.3 m）

図 1－1　使用済燃料貯蔵建屋の概要（平面図）

2.　基本方針

2.1　位置

使用済燃料乾式貯蔵建屋の設置位置を図2－1に示す。

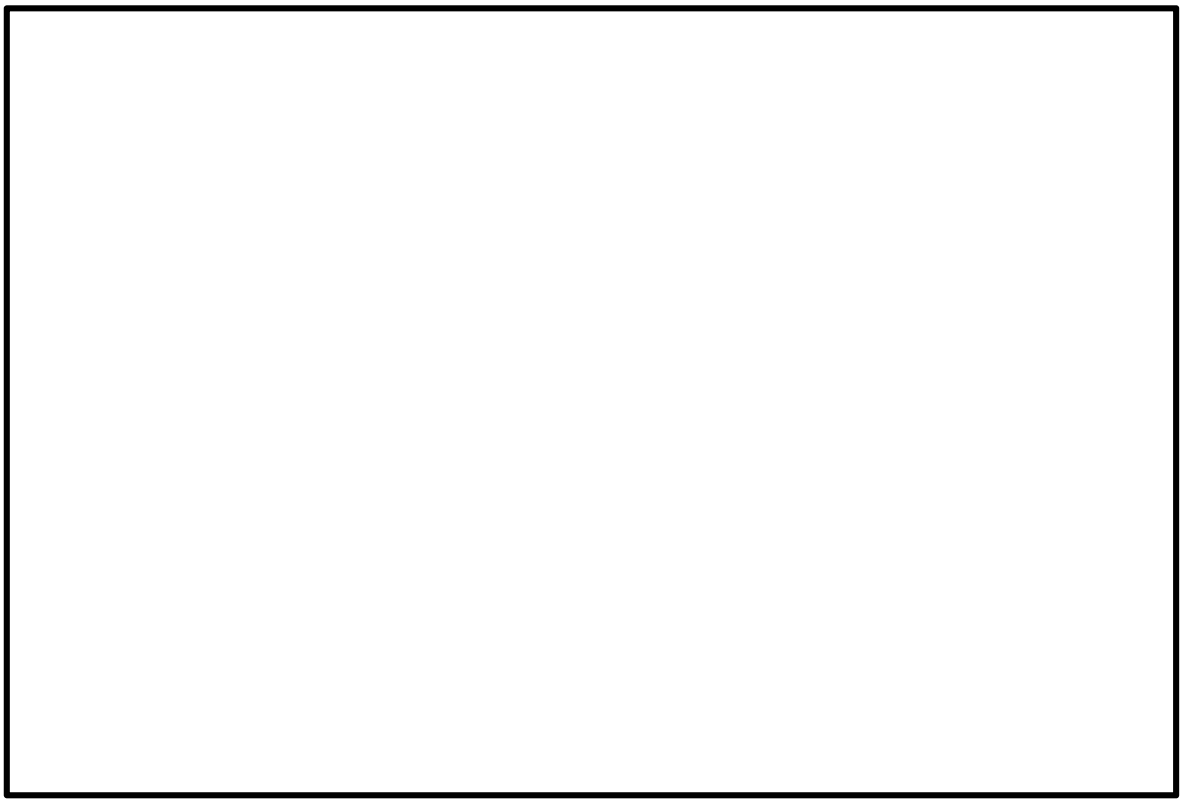


図2-1　使用済燃料乾式貯蔵建屋の設置位置

## 2.2　構造概要

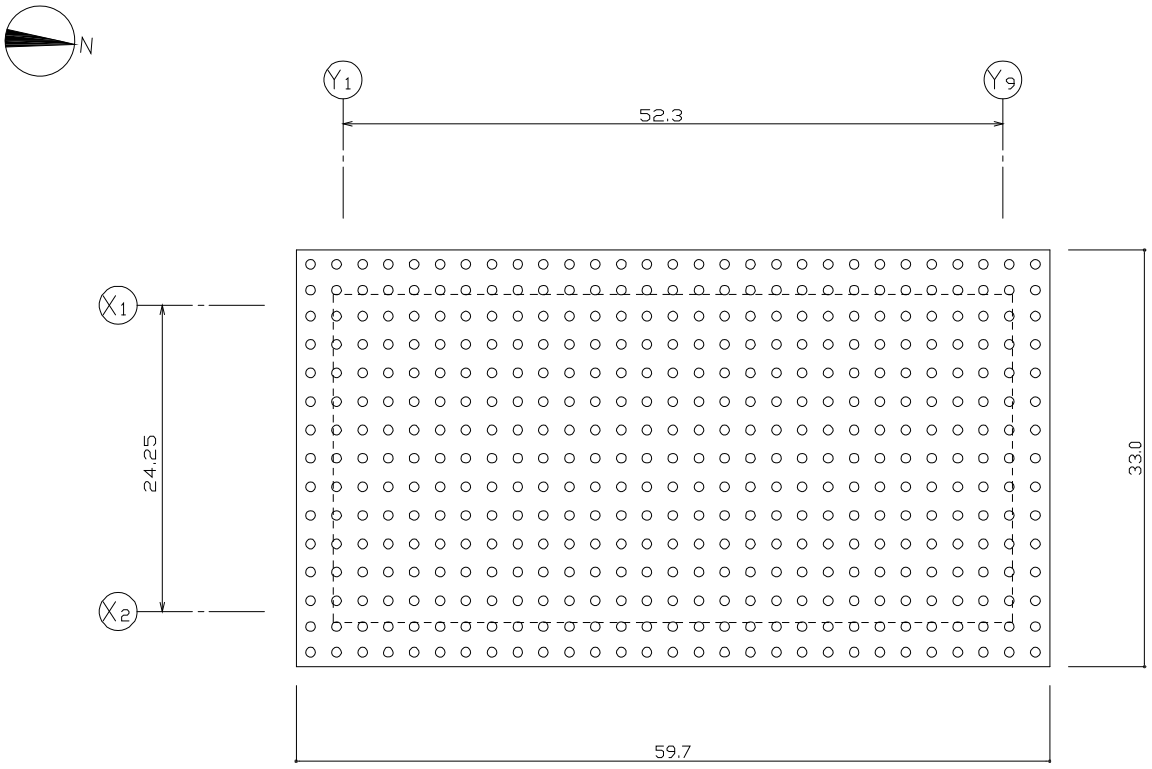
使用済燃料乾式貯蔵建屋は，使用済燃料乾式貯蔵容器を24基収納する地上1階建の鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート及び鉄骨造）の建物である。

使用済燃料乾式貯蔵建屋に加わる地震時の水平力は，外周部に配置された耐震壁と柱及び梁（屋根トラス）からなるフレーム構造で負担する。耐震壁には，冷却空気取り入れのための開口がある。

使用済燃料乾式貯蔵建屋の概要を図2－2及び図2－3に示す。

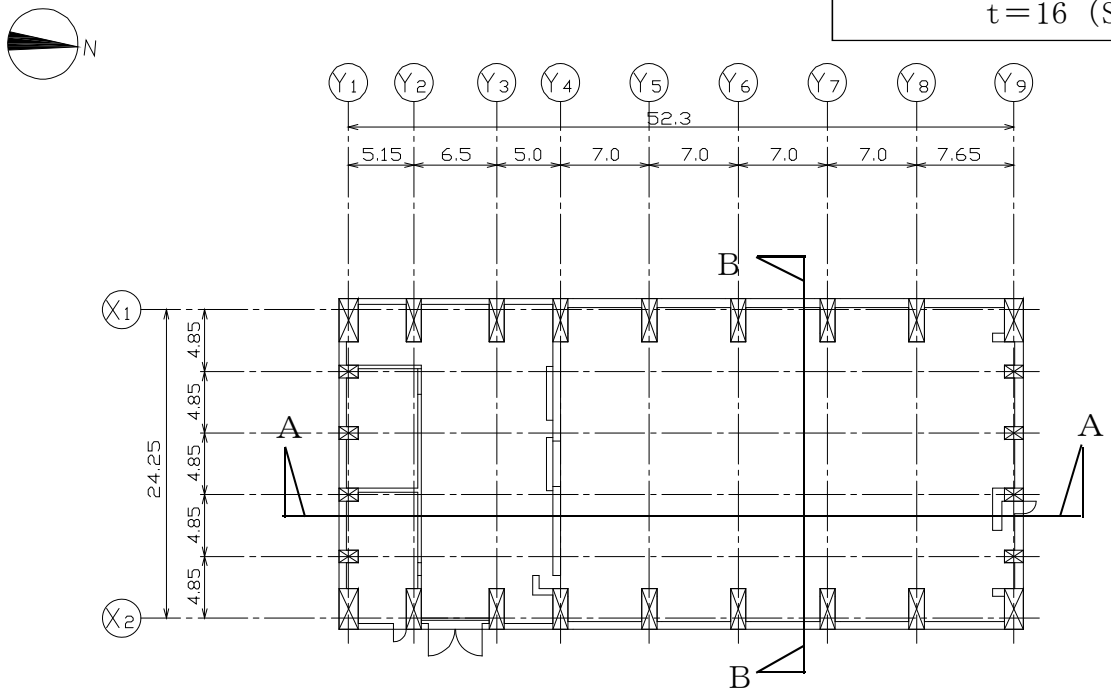
使用済燃料乾式貯蔵建屋は,地上1階建で平面が約52 m（南北方向）×約24 m（東西方向）の鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）の建物であり，適切に配置された耐震壁で構成された剛な構造としている。

使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎は，平面が約60 m（南北方向）×約33 m（東西方向），厚さ約2.5 m（一部約2.0 m）で，鋼管杭を介して，砂質泥岩である久米層に岩着している。



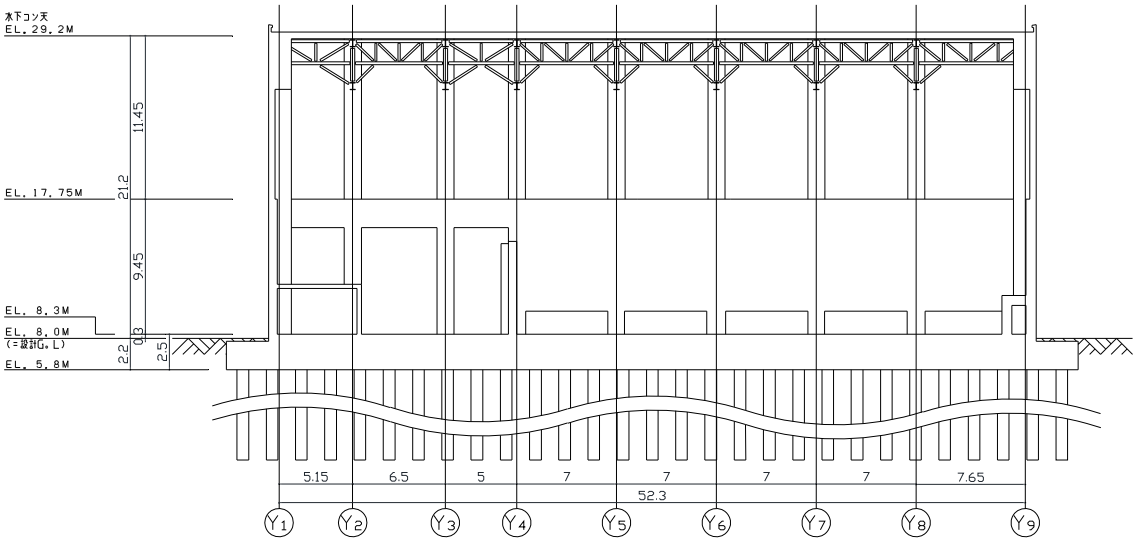

（杭伏図：EL.－5.8 m）

杭仕様：鋼管杭 φ812.8，
t＝16（SKK400）

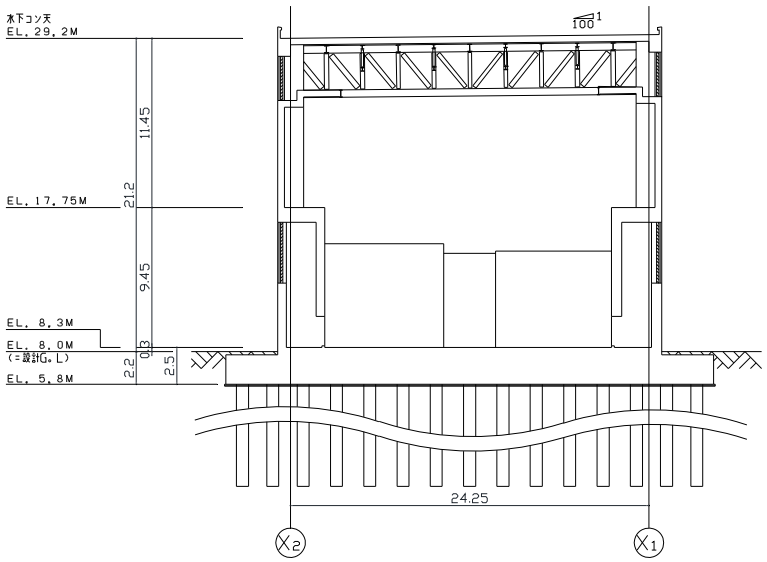



（１階平面図：EL. 8.3 m）

図2-2　使用済燃料乾式貯蔵建屋の概要（平面図）




（ＮＳ方向，Ａ－Ａ断面）




（ＥＷ方向，Ｂ－Ｂ断面）

図2－3　使用済燃料乾式貯蔵建屋の概要（断面図）

## 2.3　解析方針

使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答解析フローを図2－4に示す。

地震応答解析は，「3.1　地震応答解析モデル」において設定した地震応答解析モデル及び「3.2　入力地震動」において設定した入力地震動を用いて実施することとし，「3.3　解析方法」及び「3.4　解析条件」に基づき，「4.1　動的解析」においては，せん断ひずみ等を含む各種応答値を算出する。

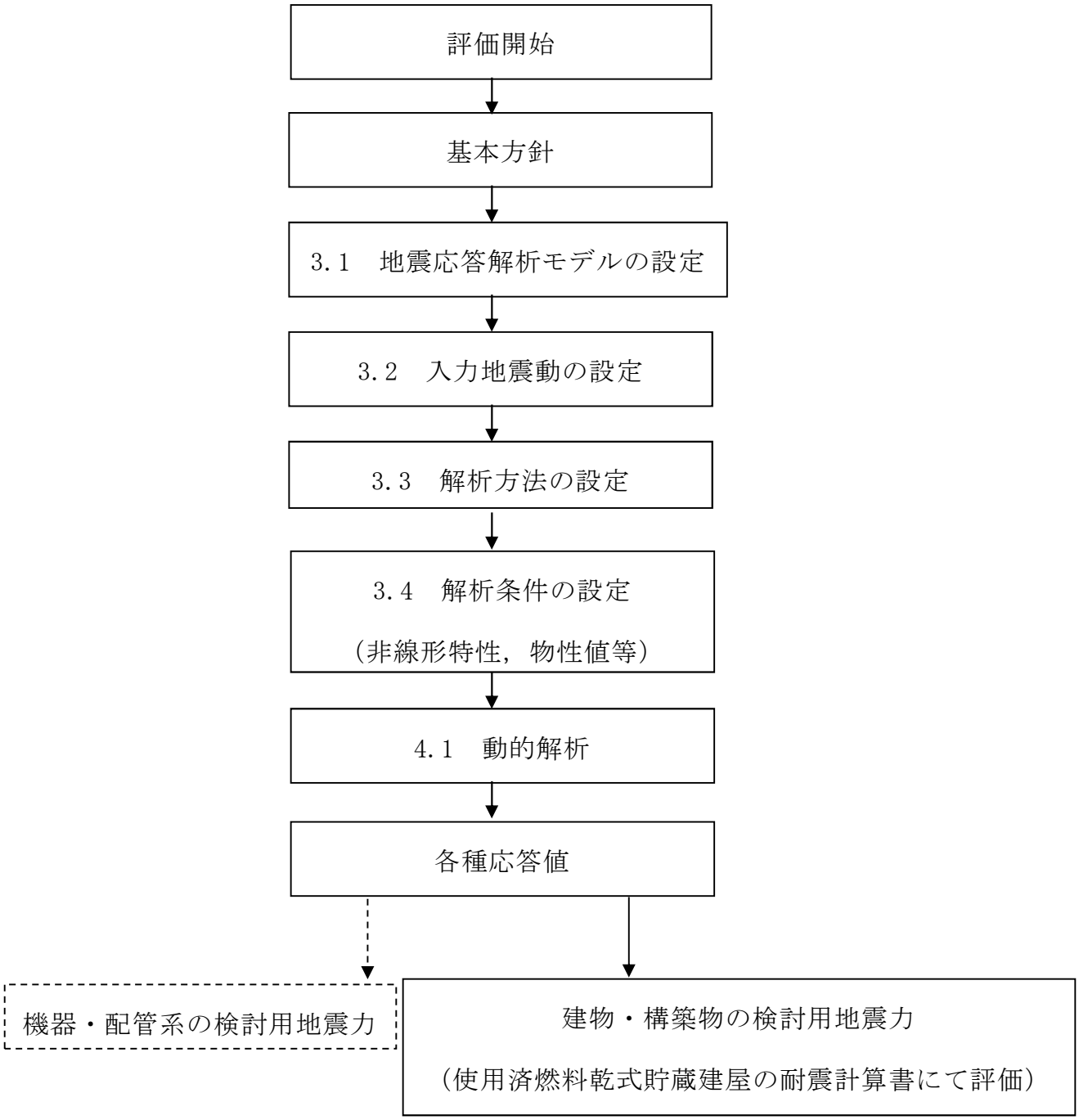



図 2－4　使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答解析フロー

## 2.4　適用規格・基準等

地震応答解析において適用する規格・基準等を以下に示す。

・建築基準法・同施行令

・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社)日本建築学会，2010)

・建築基礎構造設計指針((社)日本建築学会，2001)

・鋼構造塑性設計指針((社)日本建築学会，2017)

・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力度編 ＪＥＡＧ4601・補-1984((社)日本電気協会)

・原子力発電所耐震設計技術指針 ＪＥＡＧ4601-1987((社)日本電気協会)

・原子力発電所耐震設計技術指針 ＪＥＡＧ4601-1991 追補版((社)日本電気協会)（以下「ＪＥＡＧ4601-1991 追補版」という。）

3.　解析方法

3.1　地震応答解析モデル

地震応答解析モデルの設定に用いた使用済燃料乾式貯蔵建屋の物性値を表3－1に示す。

建屋の減衰定数は，鉄筋コンクリート部を5%，鉄骨部を2%とし，モード減衰として与えている。各次のモード減衰定数は，建屋各部のひずみエネルギに比例した値として算定している。

水平方向の地震応答解析モデルは，耐震壁の非線形性を考慮した質点系モデルとし，建屋－杭－地盤の相互作用を考慮するため，基礎下端に薄層要素法により算定した水平及び回転ばねを設けている。

鉛直方向の地震応答解析モデルは，耐震壁の軸剛性を軸ばねで表現した質点系モデルとし，建屋－杭－地盤の相互作用を考慮するため，基礎下端に薄層要素法により算定した鉛直ばねを設けている。屋根トラスモデルは，曲げ変形とせん断変形を生じる質点系の曲げせん断ばりとしている。

地震応答解析モデル及び振動諸元を図 3－1～図 3－3，表 3－2～表 3－4 に示す。

基礎下端の底面地盤ばねは，薄層要素法により算定している。

この振動数依存の複素ばねをＪＥＡＧ4601-1991 追補版に基づき近似したものを解析に用いており，底面地盤ばねの剛性は，静的解を用いて振動数に対して一定値とし，底面地盤ばねの減衰は，$\omega$ の１次式の形で示し，地盤－建屋連成系の１次固有円振動数で虚部の値と一致するように設定している。地盤ばねの近似法を図 3－4 に，地盤ばね定数（入力地震動$S_s$－Ｄ１の場合）を表 3－5 に示す。

表 3－1　建物・構築物の物性値

| 建物<br>・構築物 | 使用材料 | ヤング<br>係数<br>E<br>(N／mm$^2$) | せん断<br>弾性係数<br>G<br>(N／mm$^2$) | 減衰<br>定数<br>h<br>(%) |
|---|---|---|---|---|
| 使用済燃料<br>乾式貯蔵<br>建屋 | ｺﾝｸﾘｰﾄ：Fc＝23.5 (N／mm$^2$)<br>(Fc ＝ 240　kgf ／ cm$^2$)<br>鉄　筋：SD345<br>SD390 | 2.25×10$^4$ | 9.38×10$^3$ | 5 |
| | 鉄　骨：SS400<br>SM400A | 2.05×10$^5$ | 7.9×10$^4$ | 2 |
| | 鋼管杭：SKK400<br>φ812.8× t 16 | 2.05×10$^5$ | 7.9×10$^4$ | 2 |

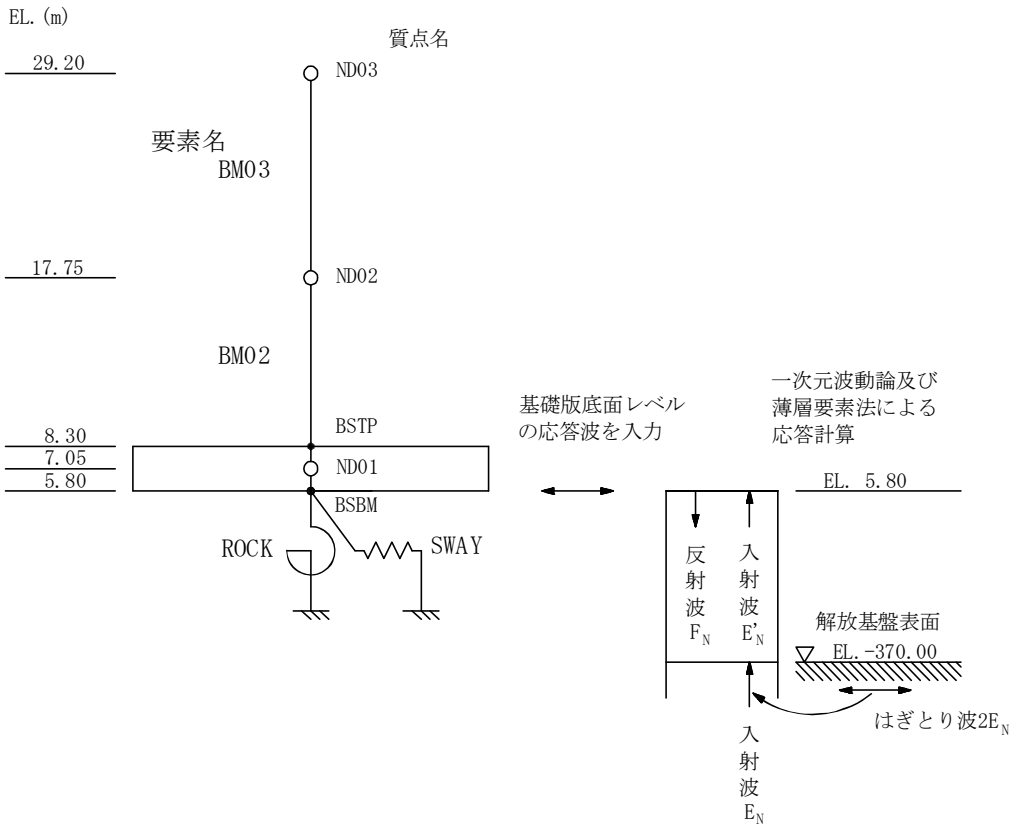



図 3－1　地震応答解析モデル（ＮＳ方向）

表 3－2　地震応答解析モデル及び振動諸元（ＮＳ方向）

| 質点名 | 質点重量 (kN) | 回転慣性重量 ($\times 10^6$kN･m$^2$) | せん断断面積 (m$^2$) | 断面2次モーメント (m$^4$) | 要素名 |
|---|---|---|---|---|---|
| ND03 | 40,700 | 9.81 | 24.17 | 5,997 | BM03 |
| ND02 | 40,900 | 16.5 | | | |
| ND01 | 163,000 | 48.6 | 30.09 | 8,000 | BM02 |

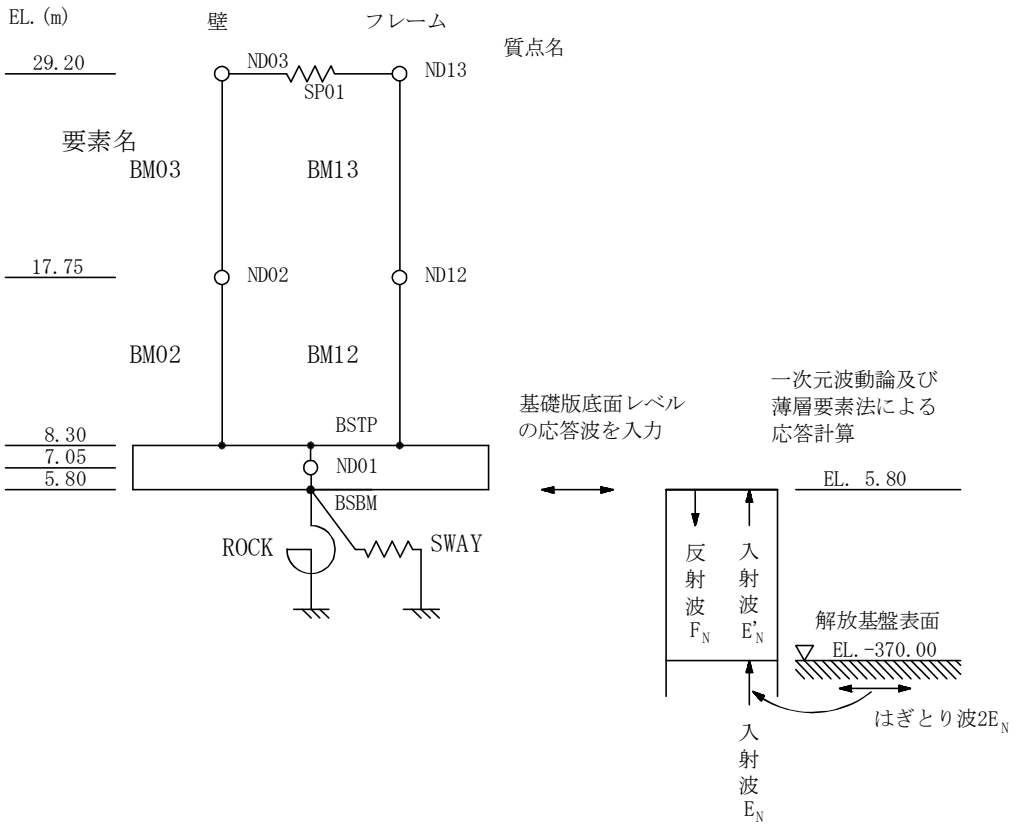



図3－2　地震応答解析モデル（ＥＷ方向）

表3－3　地震応答解析モデル及び振動諸元（ＥＷ方向）

| 質点名 (ND) | | 質点重量(kN) | | 回転慣性重量 ($\times 10^6$kN･m$^2$) | | せん断断面積 (m$^2$) | | 断面2次モーメント (m$^4$) | | 要素名 (BM) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 壁 | フレーム | 壁 | フレーム | 壁 | フレーム | 壁 | フレーム | | |
| 03 | 13 | 12,300 | 28,400 | 0.701 | － | 23.40 | 29.40 | 3,495 | 7.503 | 03 | 13 |
| 02 | 12 | 13,600 | 27,300 | 0.774 | － | 33.63 | 55.44 | 4,429 | 50.45 | 02 | 12 |
| 01 | | 163,000 | | 15.27 | | | | | | | |

| 屋根スラブせん断ばね | 剛性 |
|---|---|
| SP01 | $8.38\times10^6$ kN／m |

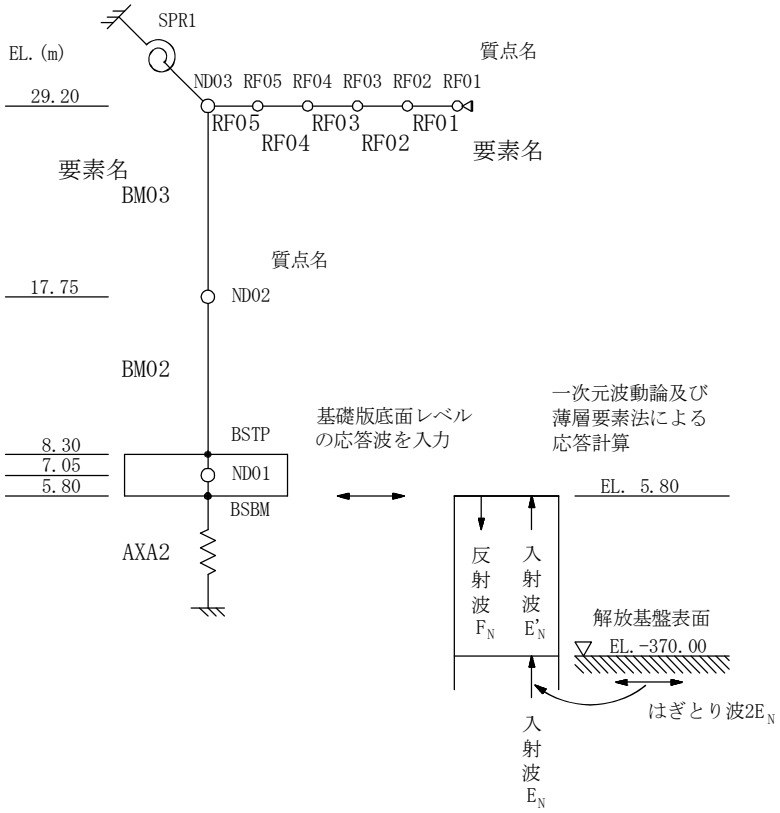



図3－3　地震応答解析モデル（鉛直方向）

表3－4　地震応答解析モデル及び振動諸元（鉛直方向）

| 質点名 | 重量 (kN) | 軸断面積 ($m^2$) | せん断断面積 ($m^2$) | 断面2次モーメント ($m^4$) | 要素名 |
|---|---|---|---|---|---|
| RF01 | 235 | － | 0.0182 | 0.1898 | RF01 |
| RF02 | 481 | － | 0.02584 | 0.1898 | RF02 |
| RF03 | 481 | － | 0.02584 | 0.1898 | RF03 |
| RF04 | 481 | － | 0.03432 | 0.1898 | RF04 |
| RF05 | 481 | － | 0.03432 | 0.1898 | RF05 |
| ND03 | 3,140 | 9.42 | － | － | BM03 |
| ND02 | 5,320 | 15.46 | － | － | BM02 |
| ND01 | 21,200 | | | | |

| 回転拘束ばね | 剛性 |
|---|---|
| SPR1 | $1.69\times10^7$ kN･m／rad |

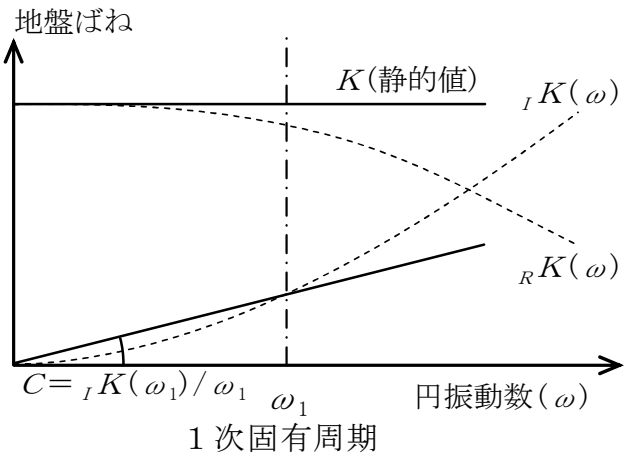



図3－4　底面地盤ばねの近似法

表3－5　地盤ばね算定結果（基準地震動Ｓ$_S$－Ｄ１の場合）

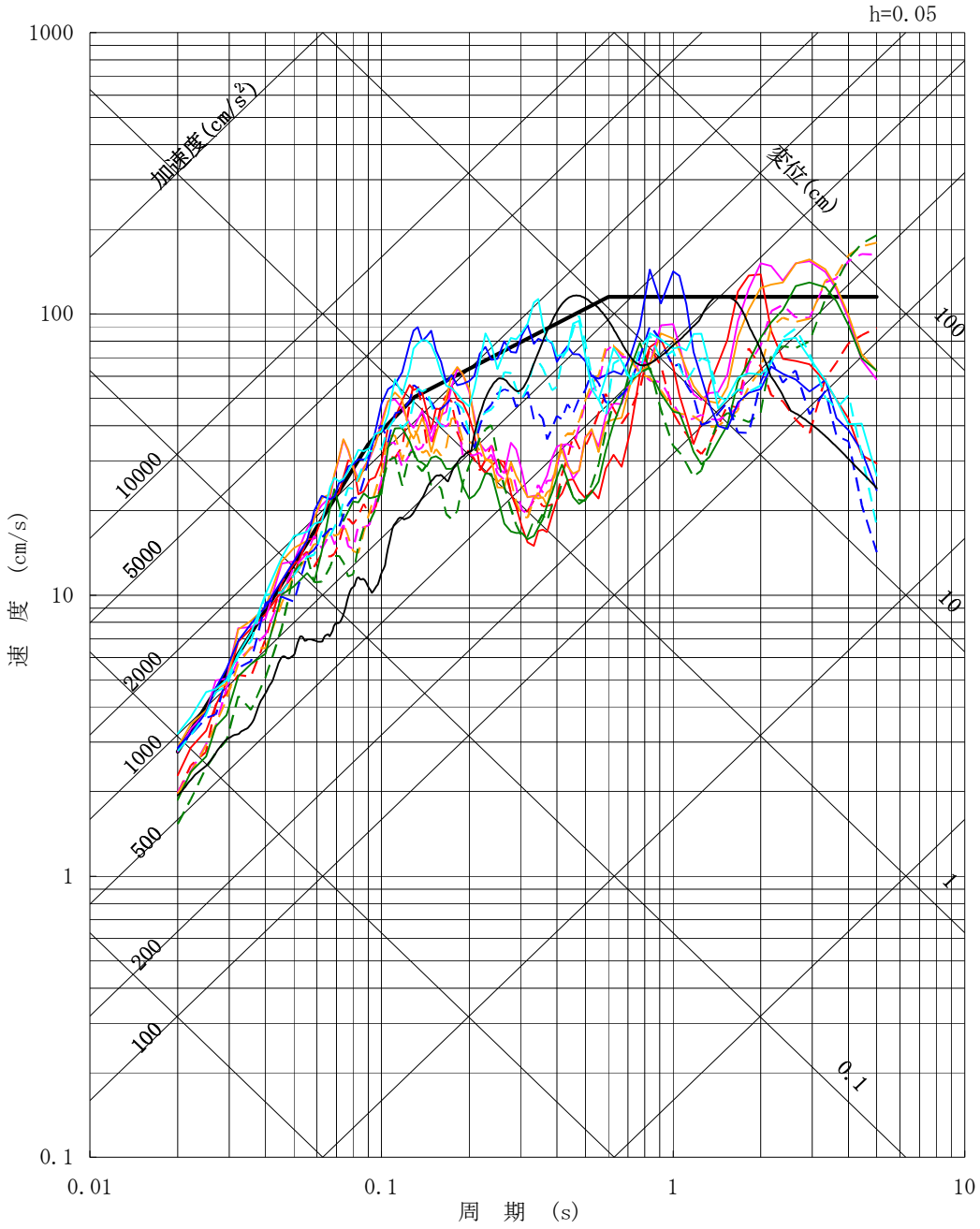
| 加振方向 | 固有振動数 Hz | ばね種別 | | 標高 EL. m | 算定結果 K：ばね定数 | | 算定結果 C：減衰係数 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ＮＳ | 3.76 | 底面 | 水平 | 5.8 | $1.63\times10^{7}$ | kN／m | $7.18\times10^{5}$ | kN･s／m |
| | | | 回転 | 5.8 | $2.99\times10^{10}$ | kN･m／rad | $5.62\times10^{8}$ | kN･m･s／rad |
| ＥＷ | 3.67 | | 水平 | 5.8 | $1.79\times10^{7}$ | kN／m | $8.32\times10^{5}$ | kN･s／m |
| | | | 回転 | 5.8 | $1.17\times10^{10}$ | kN･m／rad | $1.36\times10^{8}$ | kN･m･s／rad |
| ＵＤ | 7.92 | | 上下 | 5.8 | $7.45\times10^{6}$ | kN／m | $5.25\times10^{5}$ | kN･s／m |

3.2　入力地震動

地震応答解析に用いる入力地震動は，基準地震動Ｓ$_S$を用いた地盤応答解析に基づき算定する。

3.2.1　基準地震動Ｓ$_S$

基準地震動Ｓ$_S$の設計用応答スペクトルを図3－5に，一覧を表3－6に，加速度波形を図3－6に示す。




実線はＮＳ成分，破線はＥＷ成分を示す。

図3－5（1／2）　基準地震動Ｓ$_S$の応答スペクトル（水平方向）

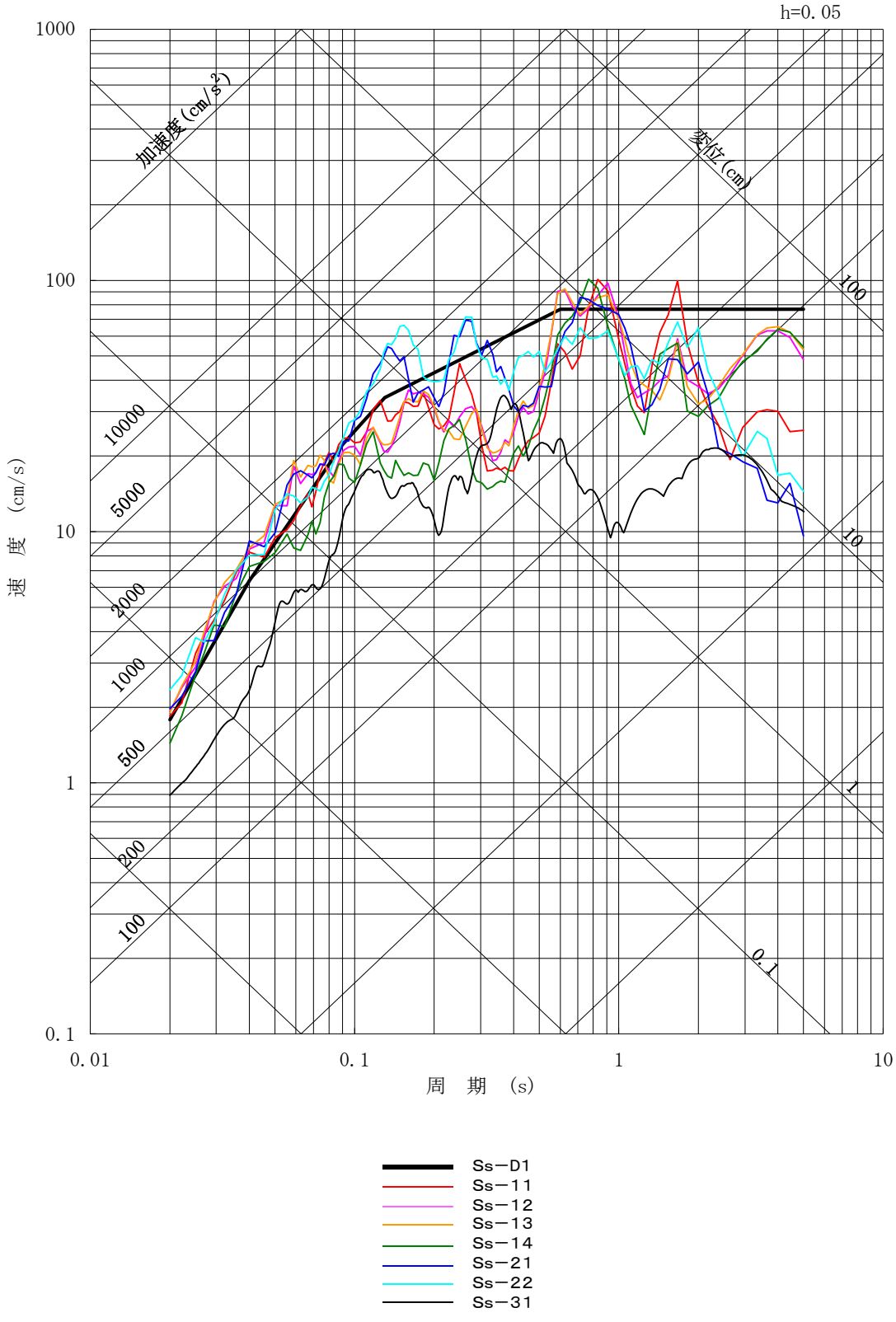
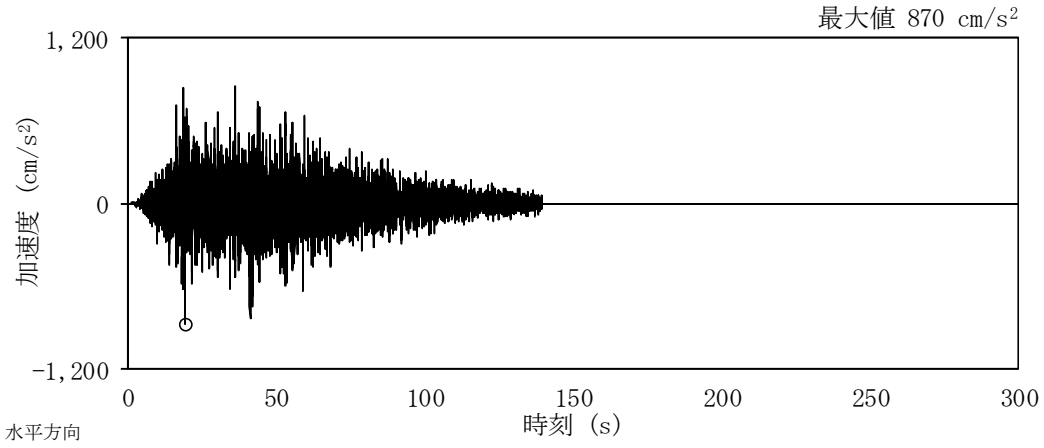



図3－5（2／2）　基準地震動Ｓ$_S$の応答スペクトル（鉛直方向）

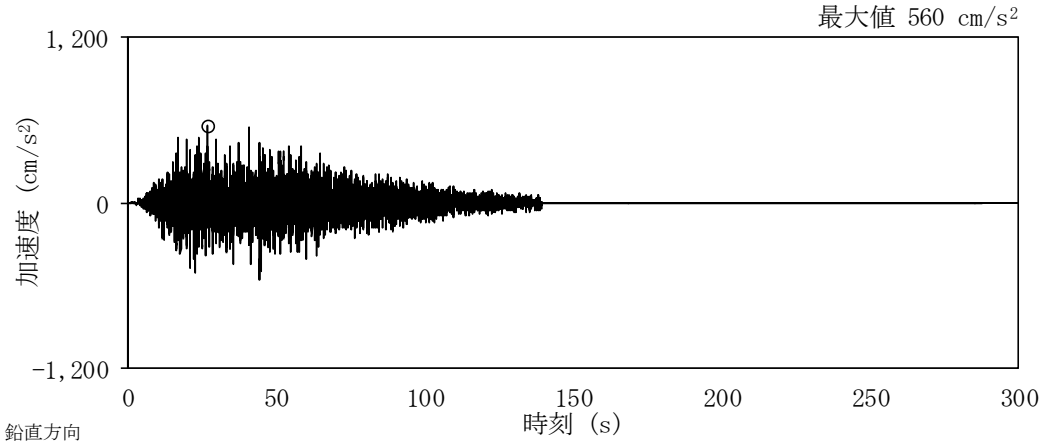
表３－６　基準地震動Ｓ$_S$の一覧

| No. | 名称 | 継続時間<br>(s) | 方向 | 加速度最大値<br>(cm／s$^2$) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Ｓ$_S$－Ｄ１ | 139.28 | 水平 | 870 |
| | | | 鉛直 | 560 |
| 2 | Ｓ$_S$－１１ | 194.03 | ＮＳ | 717 |
| | | | ＥＷ | 619 |
| | | | ＵＤ | 579 |
| 3 | Ｓ$_S$－１２ | 173.18 | ＮＳ | 871 |
| | | | ＥＷ | 626 |
| | | | ＵＤ | 602 |
| 4 | Ｓ$_S$－１３ | 179.22 | ＮＳ | 903 |
| | | | ＥＷ | 617 |
| | | | ＵＤ | 599 |
| 5 | Ｓ$_S$－１４ | 174.46 | ＮＳ | 586 |
| | | | ＥＷ | 482 |
| | | | ＵＤ | 451 |
| 6 | Ｓ$_S$－２１ | 287.83 | ＮＳ | 901 |
| | | | ＥＷ | 887 |
| | | | ＵＤ | 620 |
| 7 | Ｓ$_S$－２２ | 287.59 | ＮＳ | 1,009 |
| | | | ＥＷ | 874 |
| | | | ＵＤ | 736 |
| 8 | Ｓ$_S$－３１ | 20.00 | 水平 | 610 |
| | | | 鉛直 | 280 |

注：いずれも時間刻みは 0.01 s

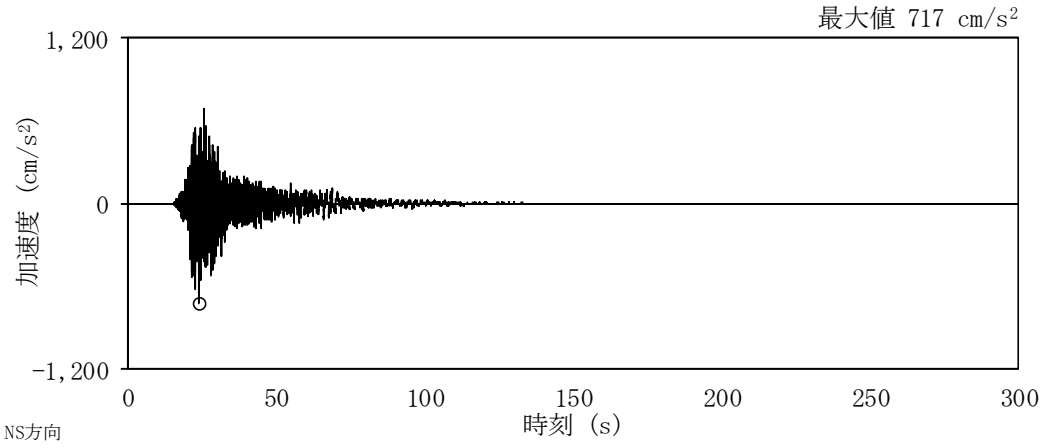



（a） 水平方向

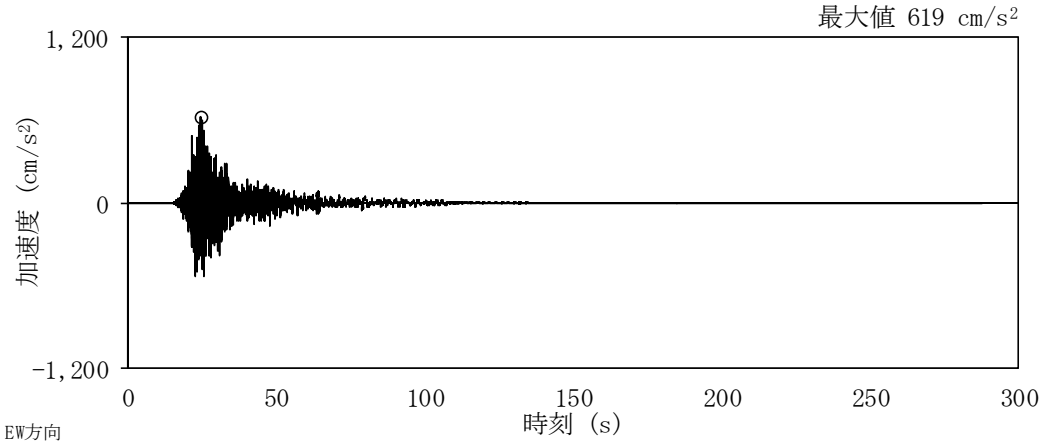



（b） 鉛直方向

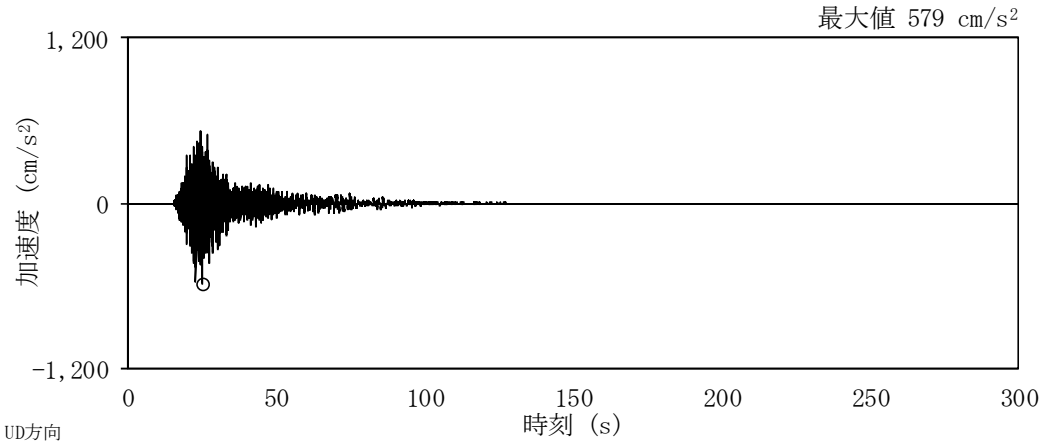
図3－6（1／8） 基準地震動Ｓ$_S$の加速度波形（Ｓ$_S$－Ｄ１）




(a)　ＮＳ方向

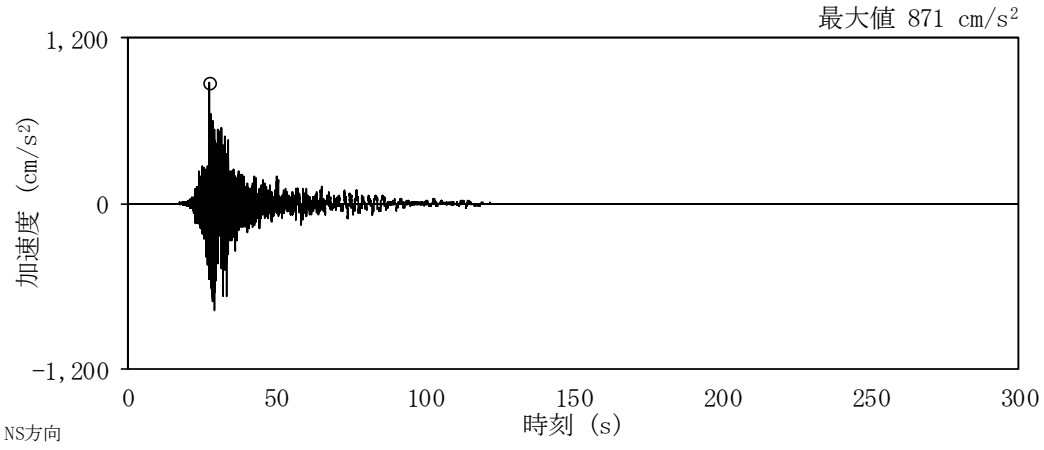



(b)　ＥＷ方向

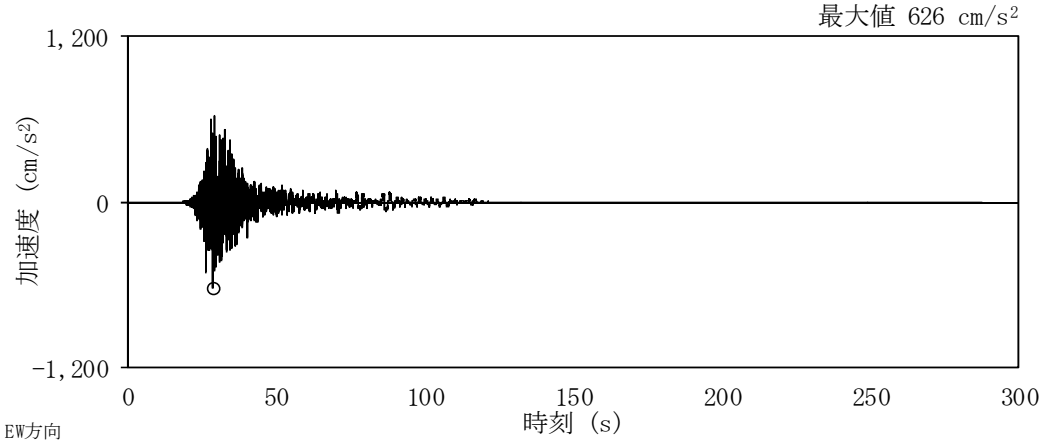



(c)　ＵＤ方向

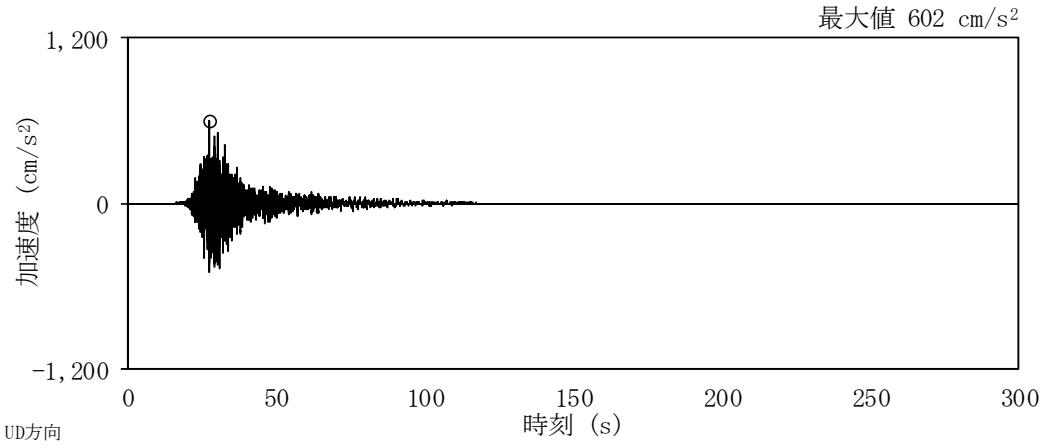
図 3－6（2／8）　基準地震動Ｓ$_S$の加速度波形（Ｓ$_S$－１１）




（a）　ＮＳ方向

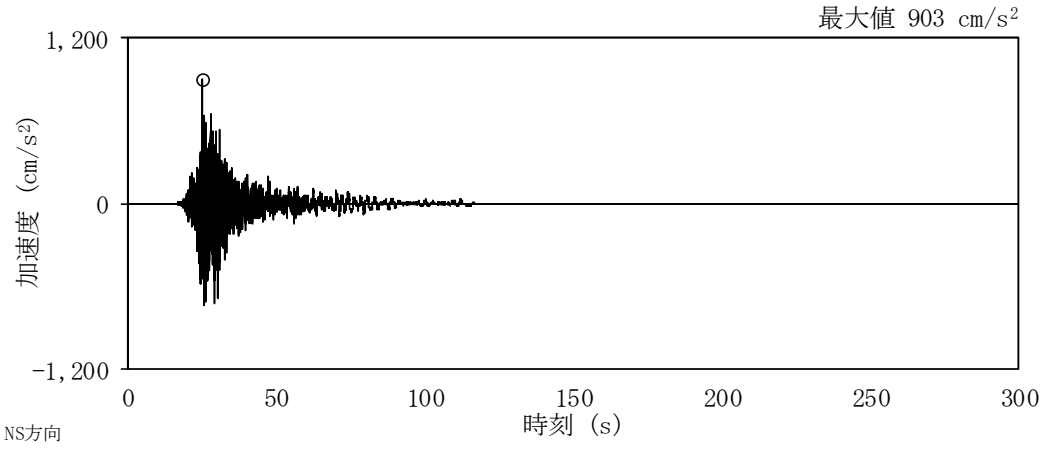



（b）　ＥＷ方向

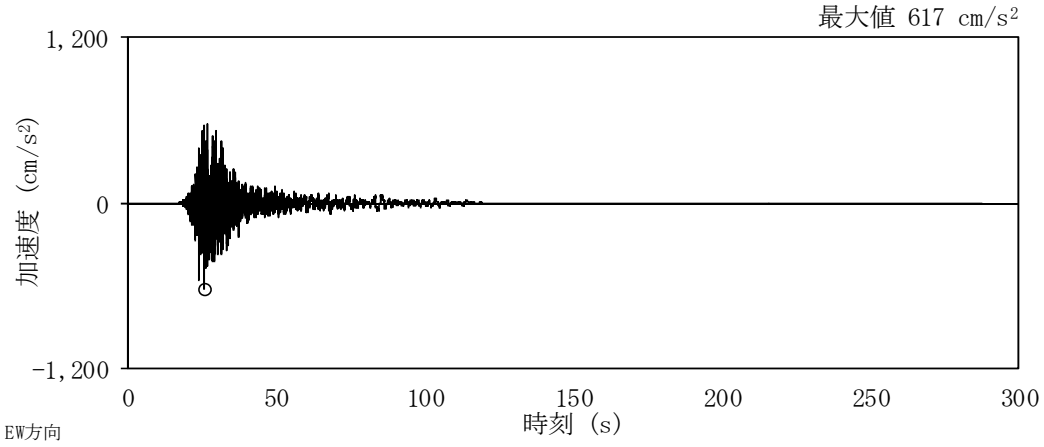



（c）　ＵＤ方向

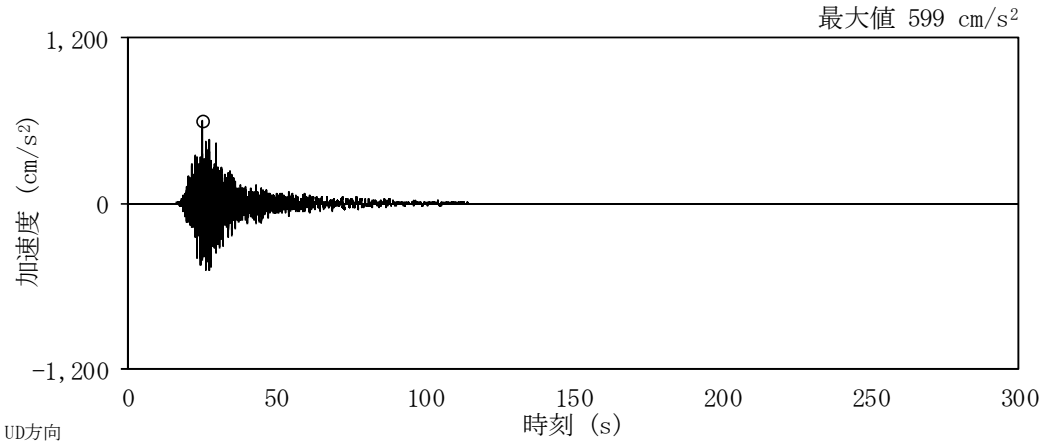
図３－６（3／8）　基準地震動Ｓ$_S$の加速度波形（Ｓ$_S$－１２）




（a）　ＮＳ方向

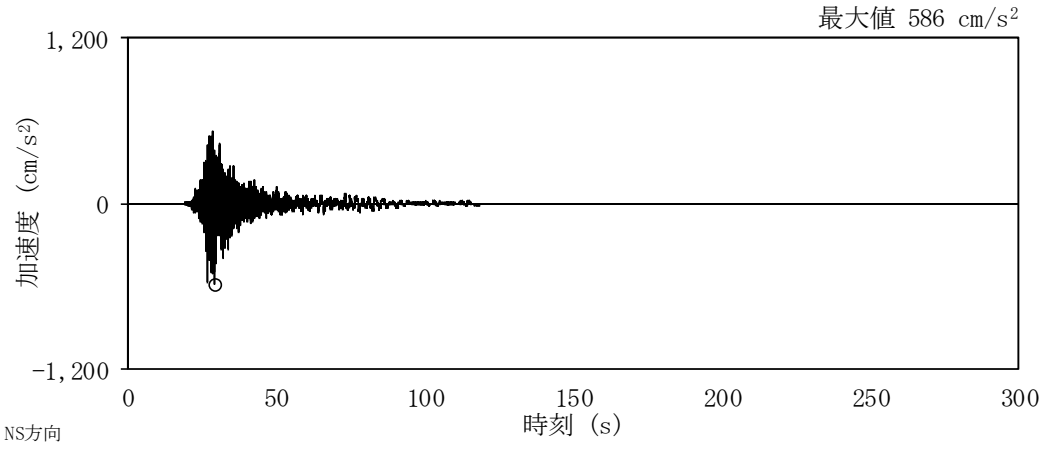



（b）　ＥＷ方向

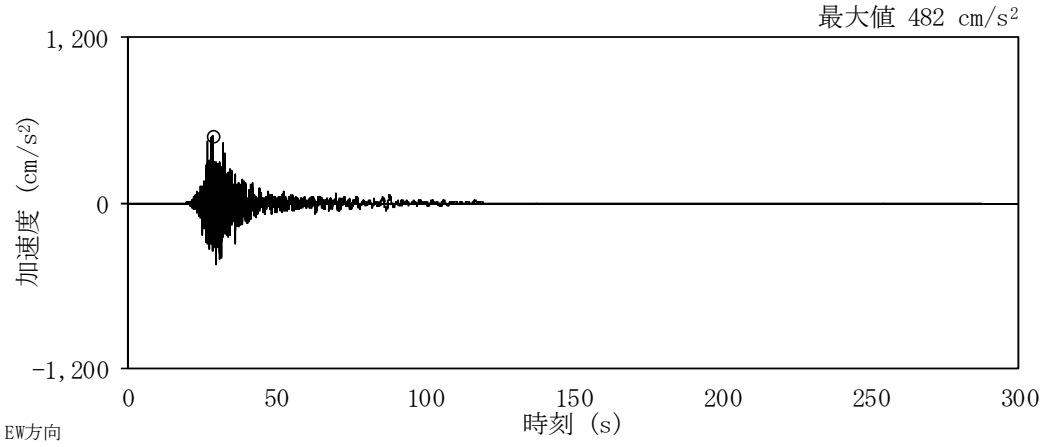



（c）　ＵＤ方向

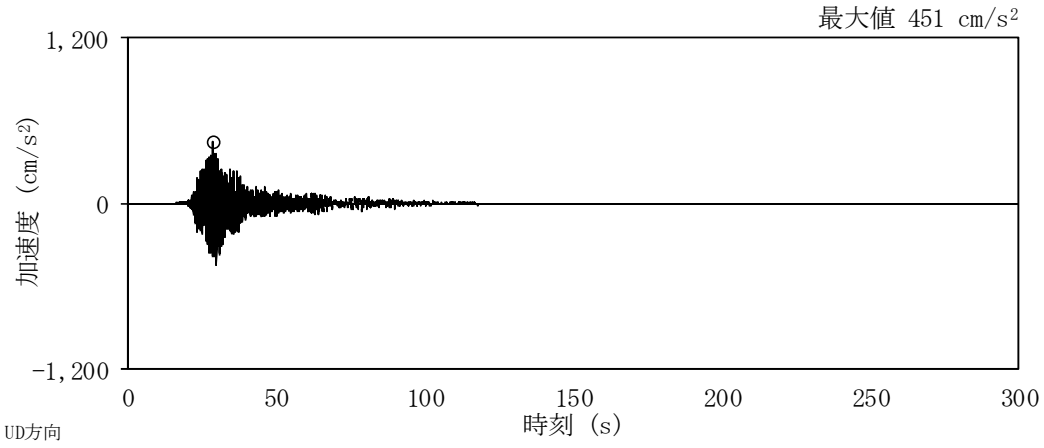
図３－６（4／8）　基準地震動Ｓ$_S$の加速度波形（Ｓ$_S$－１３）




(a)　ＮＳ方向

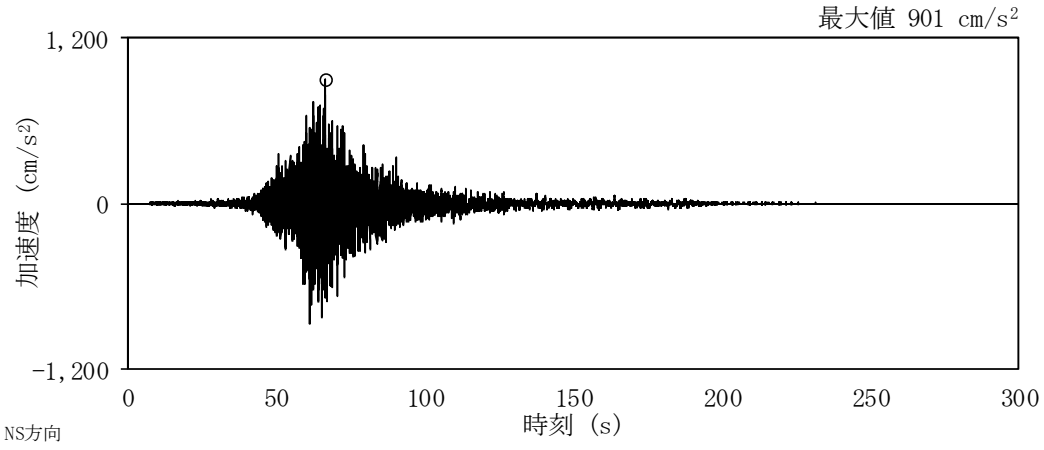



(b)　ＥＷ方向

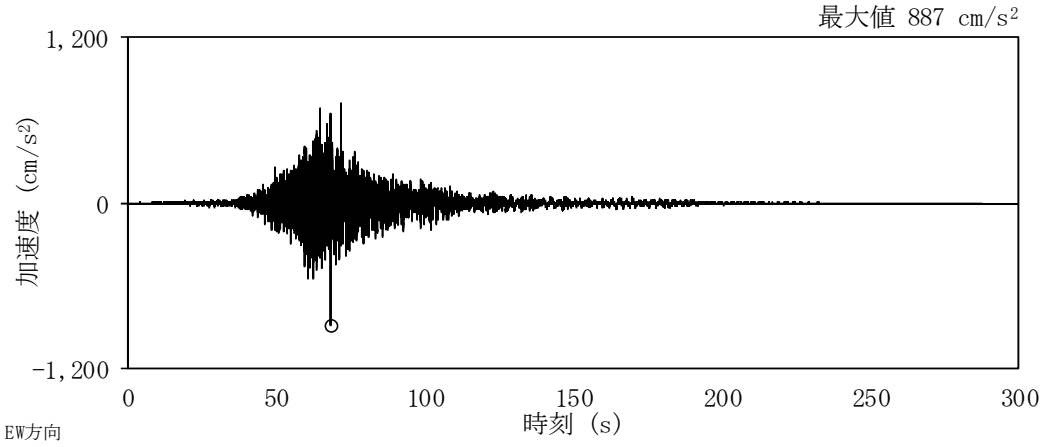



(c)　ＵＤ方向

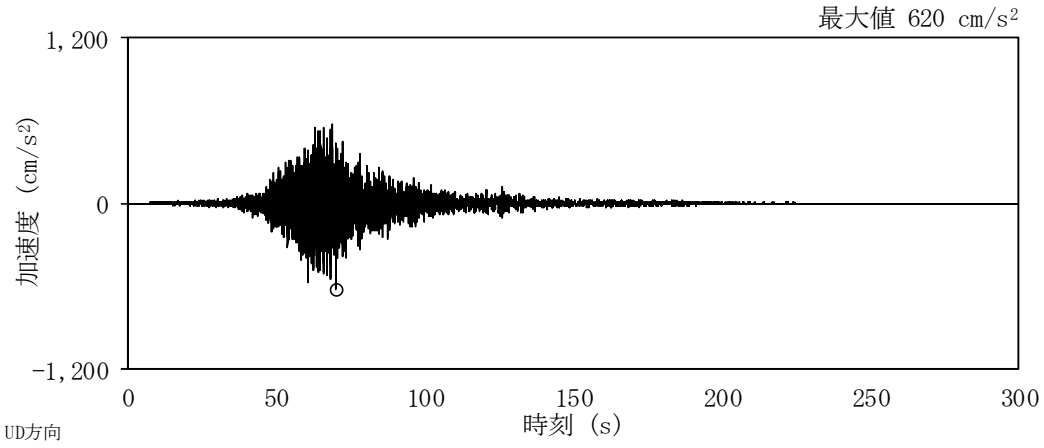
図３－６（5／8）　基準地震動Ｓ$_S$の加速度波形（Ｓ$_S$－１４）




(a)　ＮＳ方向

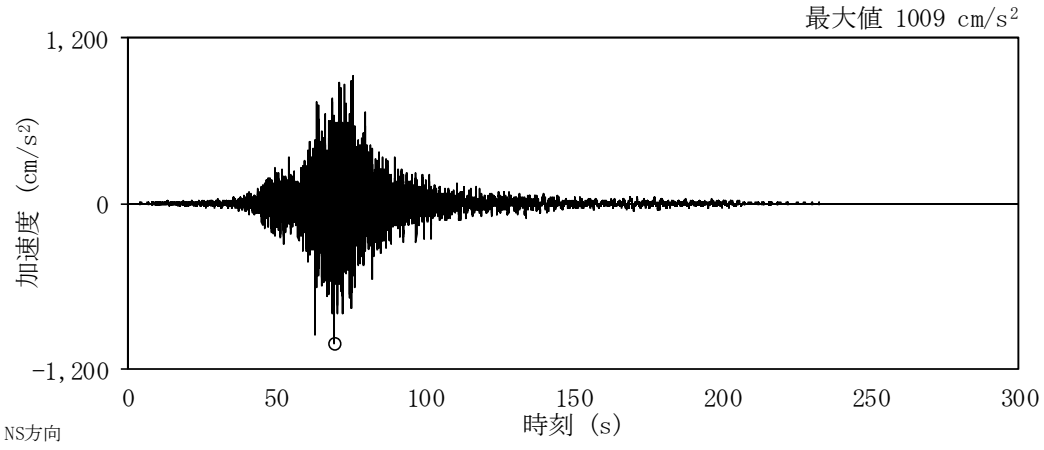



(b)　ＥＷ方向

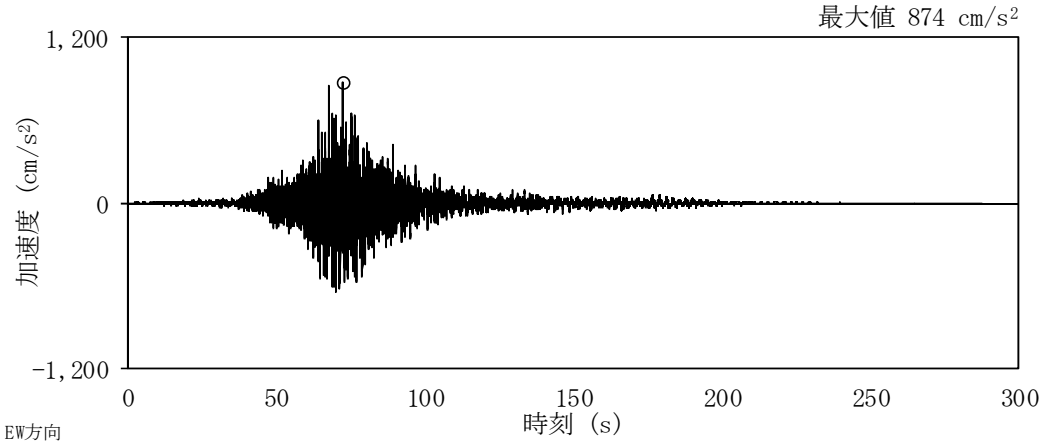



(c)　ＵＤ方向

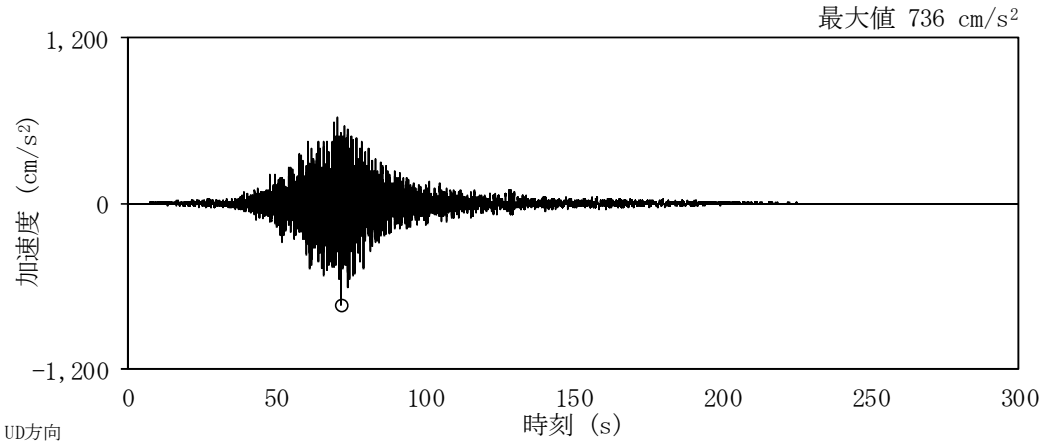
図３－６（6／8）　基準地震動Ｓ$_S$の加速度波形（Ｓ$_S$－２１）




(a)　ＮＳ方向

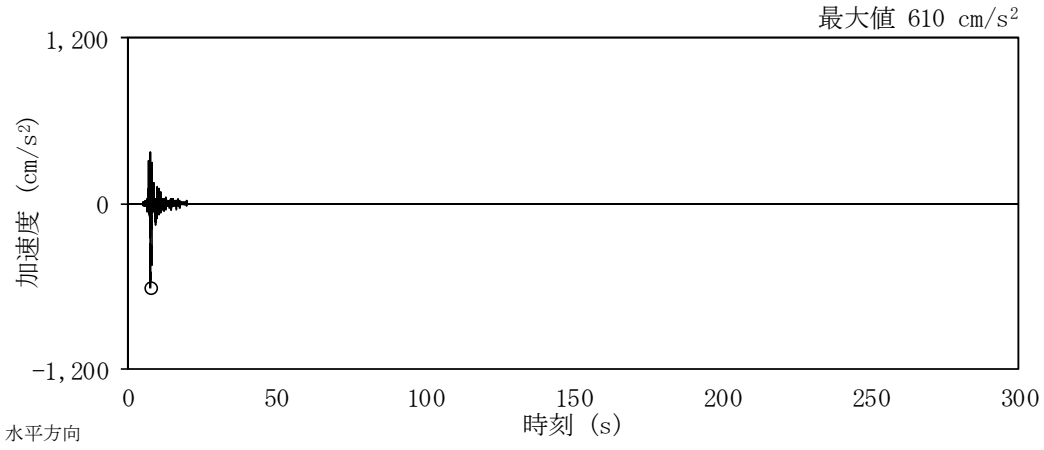



(b)　ＥＷ方向

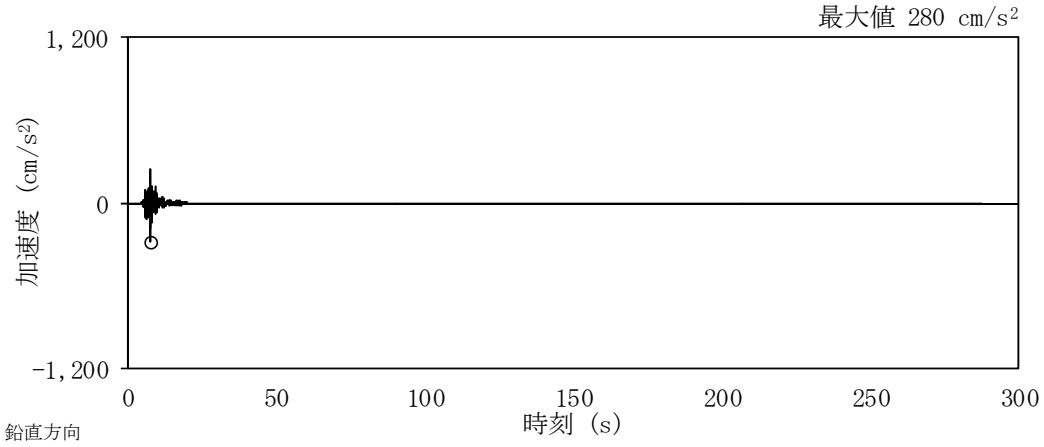



(c)　ＵＤ方向

図３－６（7／8）　基準地震動Ｓ$_S$の加速度波形（Ｓ$_S$－２２）




（a） 水平方向




（b） 鉛直方向

図３－６（8／8） 基準地震動Ｓ$_S$の加速度波形（Ｓ$_S$－３１）

3.2.2　地震応答解析による入力地震動の評価

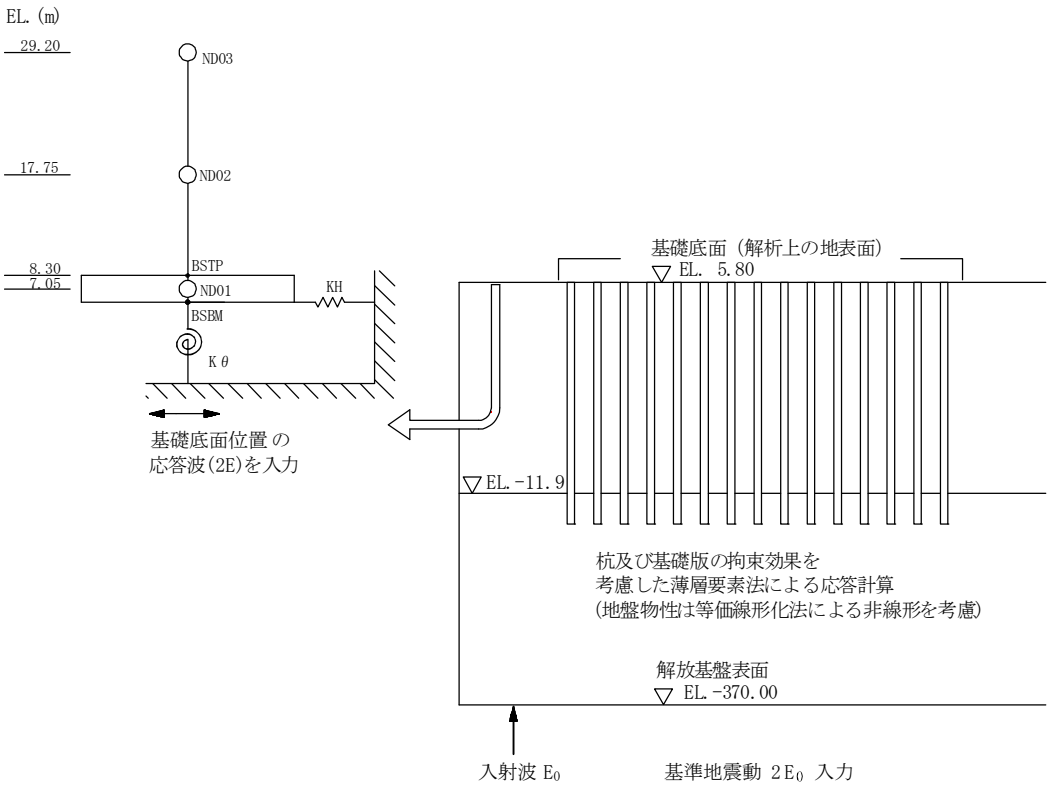
地盤応答解析による入力地震動の評価の概要を図3－7に示す。

水平方向の入力地震動は，解放基盤表面で定義される基準地震動$S_s$（$2E_0$）を用いて，薄層要素法により算定した杭の拘束効果を考慮した基礎下端位置での応答波（2E）とする。

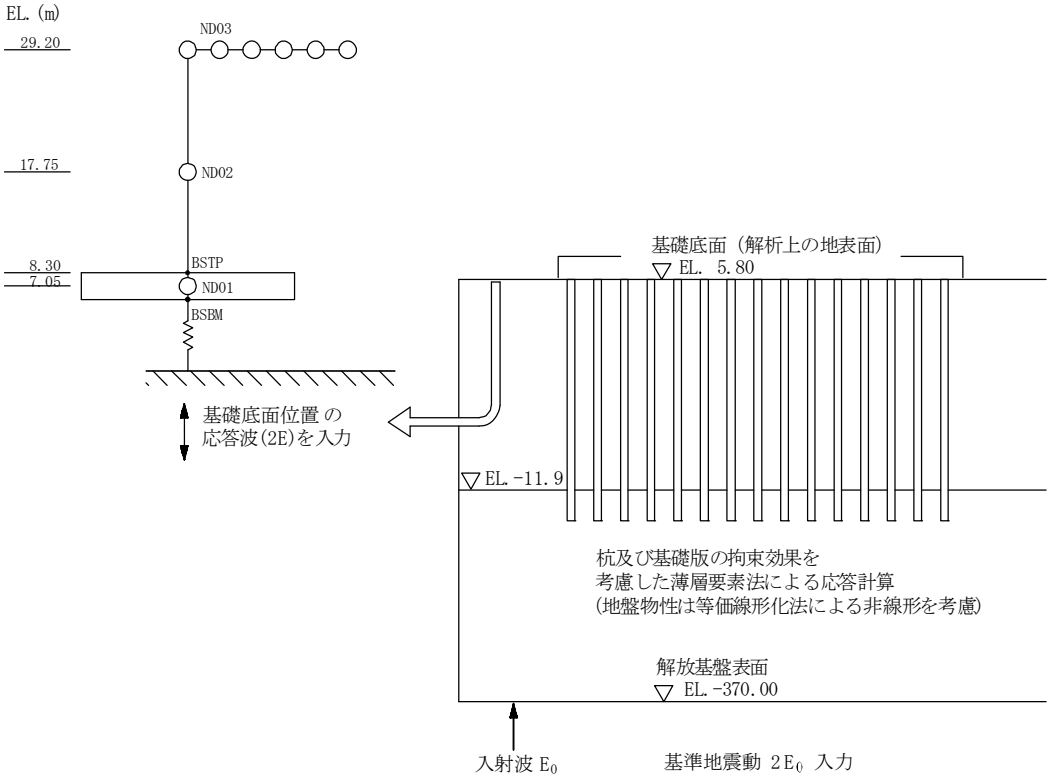
水平方向の入力地震動算定に用いる地盤モデルは，当該敷地の地層等を考慮して設定した水平成層地盤とし，等価線形化法により地盤の非線形を考慮した等価地盤物性値を用いている。

鉛直方向の入力地震動算定に用いる地盤モデルは，水平方向の入力地震動算定に用いた地盤モデルの等価せん断波速度に基づき，地下水位（EL.3.0m）以深は，体積弾性率一定として求めた疎密波速度を，地下水位以浅は，ポアソン比より求めた疎密波速度を用いる。

使用済燃料乾式貯蔵建屋の地盤モデル(初期物性値)を表 3－7 に，地盤の非線形特性を表 3－8 及び図 3－8 に示す。また，地盤応答解析による等価地盤物性値（基準地震動$S_s$－Ｄ１の場合）を表 3－9 に，地盤の最大応答値を図 3－9 に示す。




（水平方向　※代表としてＮＳ方向断面を記載）




（鉛直方向）

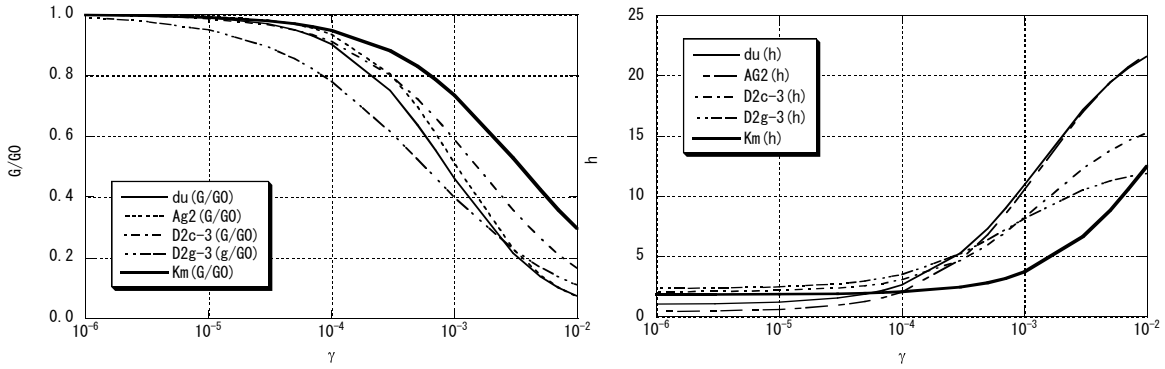
図 3－7　水平方向及び鉛直方向の解析概要

表 3－7　使用済燃料乾式貯蔵建屋の地盤モデル(初期物性値)

| 標高<br>EL.<br>m | 地層<br>区分 | 層厚<br>m | 密度<br>$\rho$<br>$t/m^3$ | S波速度<br>Vs<br>m/s | ﾎﾟｱｿﾝ比<br>$\nu$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 5.8 | du* | 2.8 | 1.82 | 210 | 0.385 |
| 3.0 | du | 0.2 | 1.98 | 210 | 0.493 |
| 2.8 | Ag2 | 5.1 | 2.01 | 240 | 0.491 |
| -2.3 | D2c-3 | 7.4 | 1.77 | 270 | 0.488 |
| -9.7 | D2g-3 | 2.2 | 2.15 | 500 | 0.462 |
| -11.9 | 1 | 8.1 | 1.72 | 445 | 0.461 |
| -20.0 | 2 | 20.0 | 1.72 | 456 | 0.460 |
| -40.0 | 3 | 20.0 | 1.73 | 472 | 0.458 |
| -60.0 | 4 | 30.0 | 1.73 | 491 | 0.455 |
| -90.0 | 5 | 30.0 | 1.73 | 514 | 0.452 |
| -120.0 | Km 6 | 30.0 | 1.73 | 537 | 0.449 |
| -150.0 | 7 | 40.0 | 1.74 | 564 | 0.445 |
| -190.0 | 8 | 40.0 | 1.74 | 595 | 0.441 |
| -230.0 | 9 | 40.0 | 1.75 | 626 | 0.437 |
| -270.0 | 10 | 50.0 | 1.75 | 660 | 0.433 |
| -320.0 | 11 | 50.0 | 1.76 | 699 | 0.427 |
| -370.0 | 解放基盤 | — | 1.76 | 718 | 0.425 |

表 3－8　使用済燃料乾式貯蔵建屋　地盤の非線形特性

| 地層区分 | 剛性低下率<br>G／$G_0$－γ | 減衰定数<br>H－γ |
|---|---|---|
| 砂丘砂層<br>(du) | $G/G_0 = \dfrac{1}{1+1540\gamma^{1.04}}$ | $h = \dfrac{\gamma}{4.27\gamma + 0.00580} + 0.0102$ |
| 沖積層<br>(Ag2) | $G/G_0 = \dfrac{1}{1+2520\gamma^{1.14}}$ | $h = \dfrac{\gamma}{4.10\gamma + 0.00577} + 0.00413$ |
| 段丘堆積物<br>(D2c-3) | $G/G_0 = \dfrac{1}{1+269\gamma^{0.862}}$ | $h = \dfrac{\gamma}{6.62\gamma + 0.00949} + 0.0205$ |
| 段丘堆積物<br>(D2g-3) | $G/G_0 = \dfrac{1}{1+237\gamma^{0.732}}$ | $h = \dfrac{\gamma}{9.70\gamma + 0.00754} + 0.0233$ |
| 久米層(Km) | $G/G_0 = \dfrac{1}{1+107\gamma^{0.824}}$ | $h = \dfrac{\gamma}{4.41\gamma + 0.0494} + 0.0184$ |




G／$G_0$－γ 関係　　h－γ 関係

図 3－8　使用済燃料乾式貯蔵建屋　地盤の非線形特性

表 3－9　等価地盤物性値（基準地震動Ｓ$_S$－Ｄ１の場合）

| 標高 EL. m | 地層区分 | 層厚 m | 密度 ρ t/m$^3$ | S波速度 Vs m/s | P波速度 Vp m/s | ﾎﾟｱｿﾝ比 ν | 減衰定数 h |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5.8 | du* | 2.8 | 1.82 | 192 | 445 | 0.385 | 0.037 |
| 3.0 | du | 0.2 | 1.98 | 175 | 1782 | 0.493 | 0.063 |
| 2.8 | Ag2 | 5.1 | 2.01 | 194 | 1798 | 0.491 | 0.077 |
| -2.3 | D2c-3 | 7.4 | 1.77 | 203 | 1752 | 0.488 | 0.087 |
| -9.7 | D2g-3 | 2.2 | 2.15 | 389 | 1846 | 0.462 | 0.053 |
| -11.9 | 1 | 8.1 | 1.72 | 410 | 1642 | 0.461 | 0.027 |
| -20.0 | 2 | 20.0 | 1.72 | 413 | 1660 | 0.460 | 0.029 |
| -40.0 | 3 | 20.0 | 1.73 | 425 | 1679 | 0.458 | 0.030 |
| -60.0 | 4 | 30.0 | 1.73 | 442 | 1691 | 0.455 | 0.030 |
| -90.0 | 5 | 30.0 | 1.73 | 467 | 1719 | 0.452 | 0.029 |
| -120.0 | Km 6 | 30.0 | 1.73 | 488 | 1746 | 0.449 | 0.028 |
| -150.0 | 7 | 40.0 | 1.74 | 510 | 1770 | 0.445 | 0.029 |
| -190.0 | 8 | 40.0 | 1.74 | 541 | 1809 | 0.441 | 0.029 |
| -230.0 | 9 | 40.0 | 1.75 | 577 | 1850 | 0.437 | 0.027 |
| -270.0 | 10 | 50.0 | 1.75 | 612 | 1899 | 0.433 | 0.026 |
| -320.0 | 11 | 50.0 | 1.76 | 651 | 1936 | 0.427 | 0.025 |
| -370.0 | 解放基盤 | — | 1.76 | 718 | 1988 | 0.425 | 0.000 |

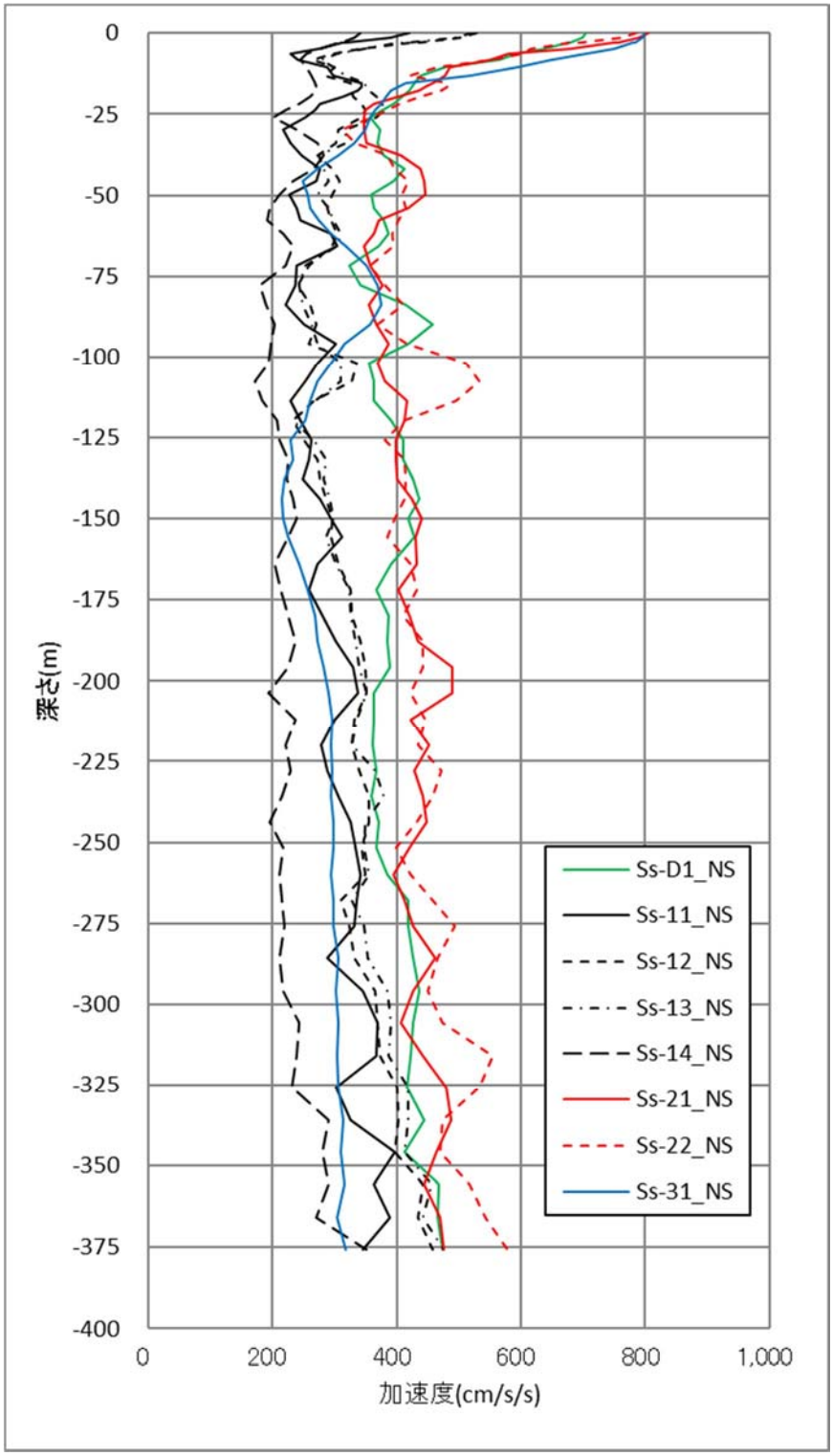



図 3－9（1／3）　地盤応答解析結果（ＮＳ方向）

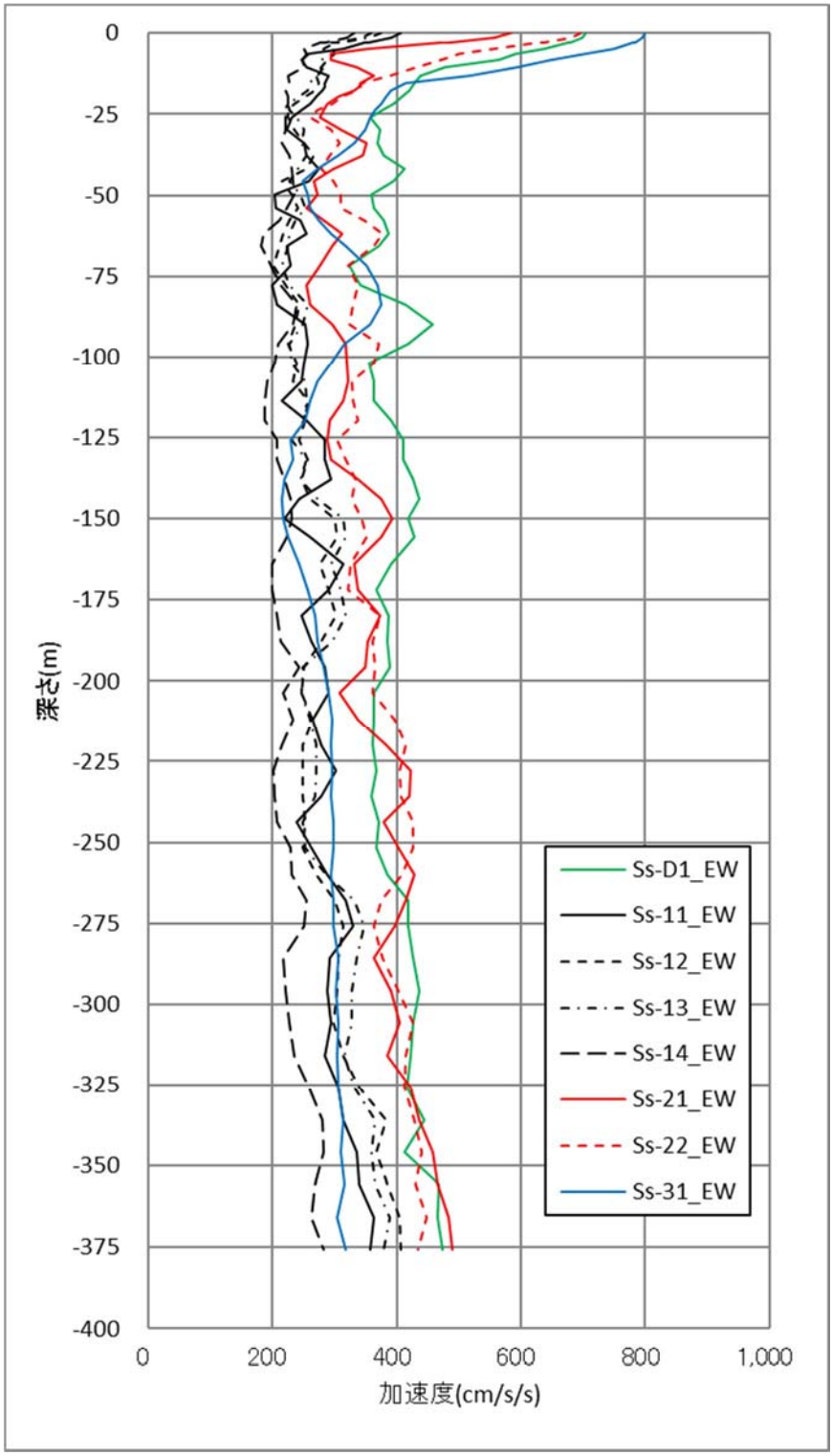



図 3－9（2／3）　地盤応答解析結果（ＥＷ方向）

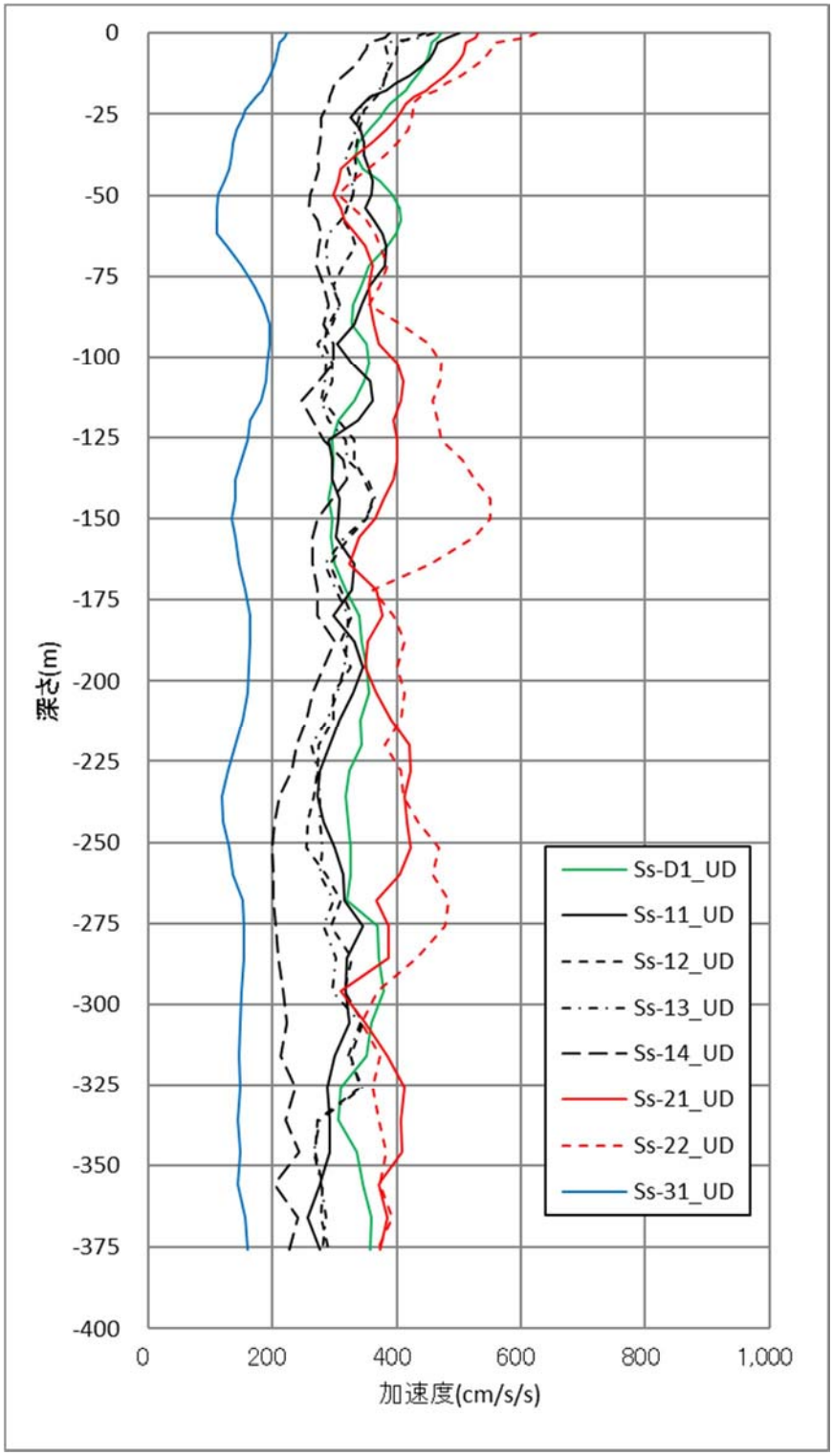



図 3－9（3／3）　地盤応答解析結果（ＵＤ方向）

3.3　解析方法

使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答解析には，解析コード「NORA2D Ver.01.03.00」を用いる。

3.3.1　動的解析

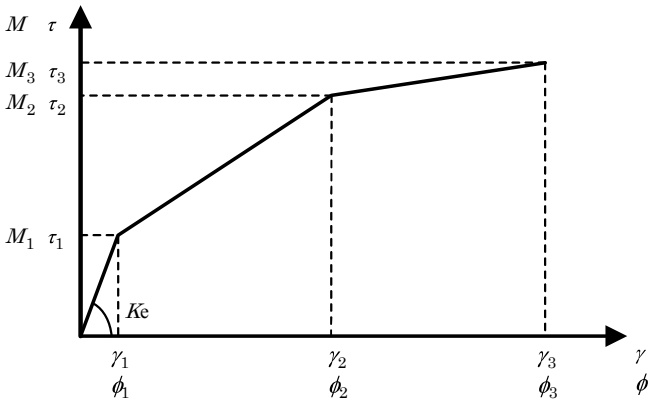
建物・構築物の動的解析は，時刻歴応答解析により実施する。

3.4　解析条件

3.4.1　建物・構築物の復元力特性

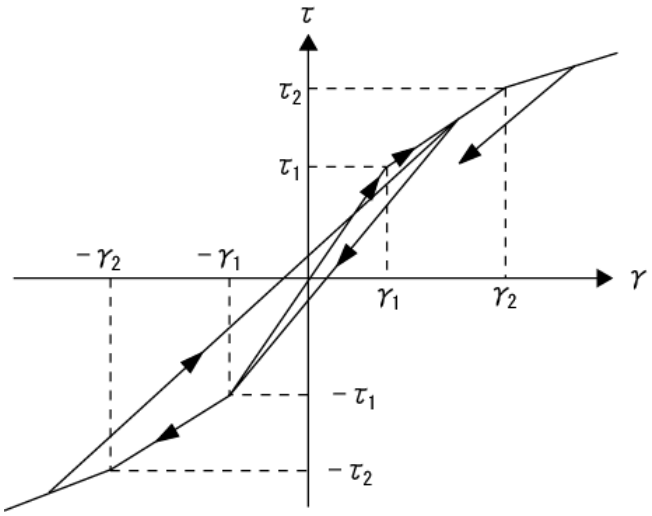
耐震壁の非線形特性については，ＪＥＡＧ4601-1991 追補版に基づき，トリリニア形スケルトン曲線とし，せん断力の履歴特性は，最大点指向型を考慮している。また，曲げモーメントの復元力特性は，第2折点までは最大点指向型を，それ以上ではディグレイディングトリリニア型を考慮している。復元力特性のスケルトン曲線を図3－10に，復元力特性の履歴特性を図3－11に，設定したスケルトン曲線数値表を表3－10及び表3－11に示す。

なお，耐震壁のせん断力Ｑは，耐震壁のせん断応力度τに耐震壁のせん断断面積を乗じて算出する。

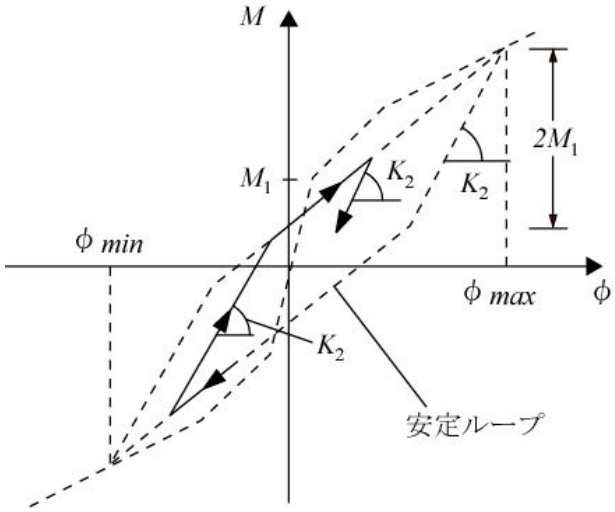



τ 1：第 1 折れ点のせん断応力度
τ 2：第 2 折れ点のせん断応力度
τ 3：終局点のせん断応力度
γ 1：第 1 折れ点のせん断ひずみ
γ 2：第 2 折れ点のせん断ひずみ
γ 3：終局点のせん断ひずみ
M1：第 1 折れ点の曲げモーメント
M2：第 2 折れ点の曲げモーメント
M3：終局点の曲げモーメント
ϕ 1：第 1 折れ点の曲率
ϕ 2：第 2 折れ点の曲率
ϕ 3：終局点の曲率

図3－10　耐震壁の復元力特性のスケルトン曲線




(a)　最大点指向型




(b)　ディグレイディングトリリニア型

図3－11　復元力特性の履歴特性

表3－10　せん断応力度のスケルトン曲線（τ－γ関係）

| 方向 | 要素名 | $\tau_1$ (N／mm$^2$) | $\gamma_1$ ($\times10^{-3}$) | $\tau_2$ (N／mm$^2$) | $\gamma_2$ ($\times10^{-3}$) | $\tau_3$ (N／mm$^2$) | $\gamma_3$ ($\times10^{-3}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ＮＳ | BM03 | 1.86 | 0.198 | 2.51 | 0.594 | 5.61 | 4.00 |
| | BM02 | 2.01 | 0.214 | 2.71 | 0.642 | 5.20 | 4.00 |
| ＥＷ | BM03 | 1.79 | 0.191 | 2.42 | 0.573 | 4.88 | 4.00 |
| | BM02 | 1.84 | 0.197 | 2.49 | 0.590 | 4.82 | 4.00 |

表3－11　曲げモーメントのスケルトン曲線（Ｍ－φ関係）

| 方向 | 要素名 | $M_1$ ($\times10^6$kN･m) | $\phi_1$ ($\times10^{-6}$／m) | $M_2$ ($\times10^6$kN･m) | $\phi_2$ ($\times10^{-6}$／m) | $M_3$ ($\times10^6$kN･m) | $\phi_3$ ($\times10^{-6}$／m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ＮＳ | BM03 | 0.619 | 4.26 | 1.59 | 47.7 | 2.59 | 444 |
| | BM02 | 1.00 | 5.17 | 2.33 | 49.0 | 3.55 | 415 |
| ＥＷ | BM03 | 0.575 | 8.82 | 1.17 | 90.8 | 1.64 | 1,820 |
| | BM02 | 0.843 | 10.7 | 1.77 | 96.3 | 2.50 | 1,640 |

4.　解析結果

4.1　動的解析

4.1.1　固有値解析結果

地震応答解析モデルの固有値解析結果（固有振動数及び刺激関数）を表4－1に，刺激関数図をＳ$_{S}$－Ｄ１を代表に図4－1に示す。

4.1.2　応答解析結果

作成中

表4－1（1／3）　固有値解析結果（ＮＳ方向）

| CASE | 1次 | | 2次 | |
|---|---|---|---|---|
| | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数 $\beta$ | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数 $\beta$ |
| Ss-D1 | 3.76 | 1.339 | 7.07 | -0.286 |
| Ss-11 | 4.03 | 1.384 | 7.30 | -0.325 |
| Ss-12 | 4.00 | 1.378 | 7.26 | -0.319 |
| Ss-13 | 4.00 | 1.379 | 7.26 | -0.319 |
| Ss-14 | 4.05 | 1.387 | 7.31 | -0.326 |
| Ss-21 | 3.86 | 1.356 | 7.17 | -0.301 |
| Ss-22 | 3.82 | 1.348 | 7.14 | -0.295 |
| Ss-31 | 3.69 | 1.329 | 7.01 | -0.277 |

表4－1（2／3）　固有値解析結果（ＥＷ方向）

| CASE | 1次 | | 2次 | |
|---|---|---|---|---|
| | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数 $\beta$ | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数 $\beta$ |
| Ss-D1 | 3.67 | 1.574 | 6.82 | -0.652 |
| Ss-11 | 3.88 | 1.619 | 7.08 | -0.714 |
| Ss-12 | 3.85 | 1.613 | 7.05 | -0.706 |
| Ss-13 | 3.85 | 1.614 | 7.05 | -0.706 |
| Ss-14 | 3.89 | 1.621 | 7.10 | -0.717 |
| Ss-21 | 3.75 | 1.592 | 6.93 | -0.676 |
| Ss-22 | 3.72 | 1.584 | 6.89 | -0.665 |
| Ss-31 | 3.61 | 1.563 | 6.76 | -0.636 |

表4－1（3／3）　固有値解析結果（ＵＤ方向）

| CASE | 1次 | | 2次 | |
|---|---|---|---|---|
| | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数 $\beta$ | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数 $\beta$ |
| Ss-D1 | 4.73 | 2.068 | 7.92 | -1.210 |
| Ss-11 | 4.74 | 1.992 | 8.23 | -1.150 |
| Ss-12 | 4.73 | 2.016 | 8.13 | -1.168 |
| Ss-13 | 4.73 | 2.014 | 8.13 | -1.167 |
| Ss-14 | 4.73 | 2.003 | 8.18 | -1.158 |
| Ss-21 | 4.73 | 2.022 | 8.10 | -1.173 |
| Ss-22 | 4.73 | 2.027 | 8.08 | -1.177 |
| Ss-31 | 4.72 | 2.088 | 7.84 | -1.226 |

（※）刺激係数は，各次の固有ベクトル $\{u_s\}$ の最大値が１となるように規準化した値である。

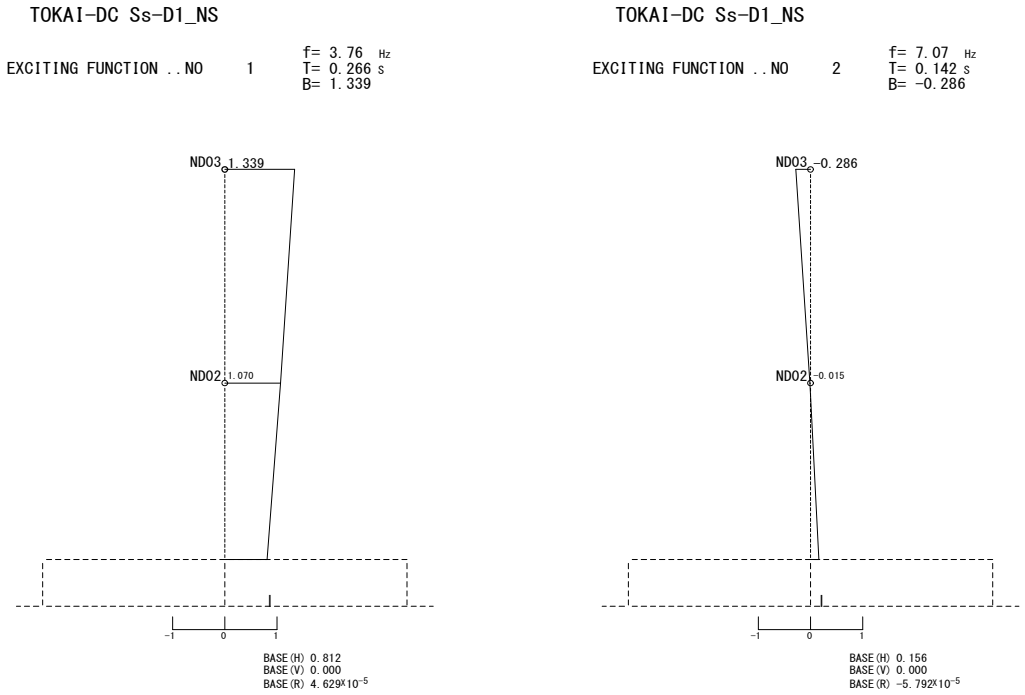



図4－1（1／3）　刺激関数（$S_S$－Ｄ１，ＮＳ方向）

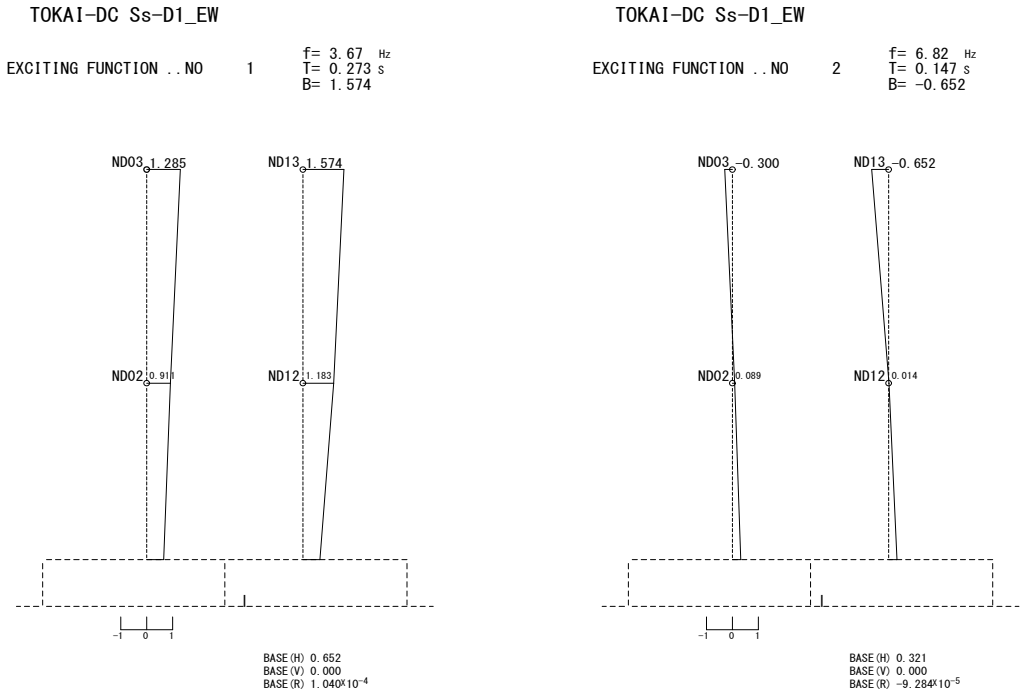



図4－1（2／3）　刺激関数（$S_S$－Ｄ１，ＥＷ方向）

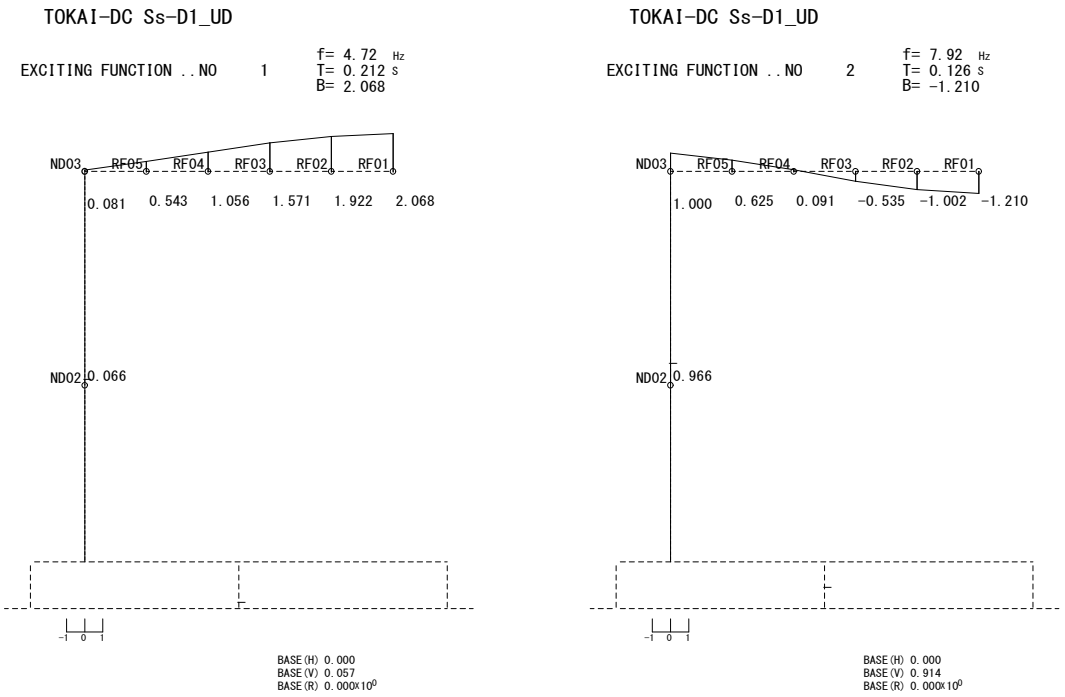



図4－1（3／3）　刺激関数（$S_S$－Ｄ１，ＵＤ方向）

# Ⅱ　使用済燃料乾式貯蔵建屋の耐震計算書

目　　次

1.　概要

2.　基本方針

2.1　位置

2.2　構造概要

2.3　評価方針

2.4　準拠規格・基準等

3.　地震応答解析による評価方法

4.　応力解析による評価方法

4.1　評価対象部位及び評価方針

4.2　荷重及び荷重の組合せ

4.3　許容限界

4.4　解析モデル及び諸元

4.5　評価方法

5.　評価結果

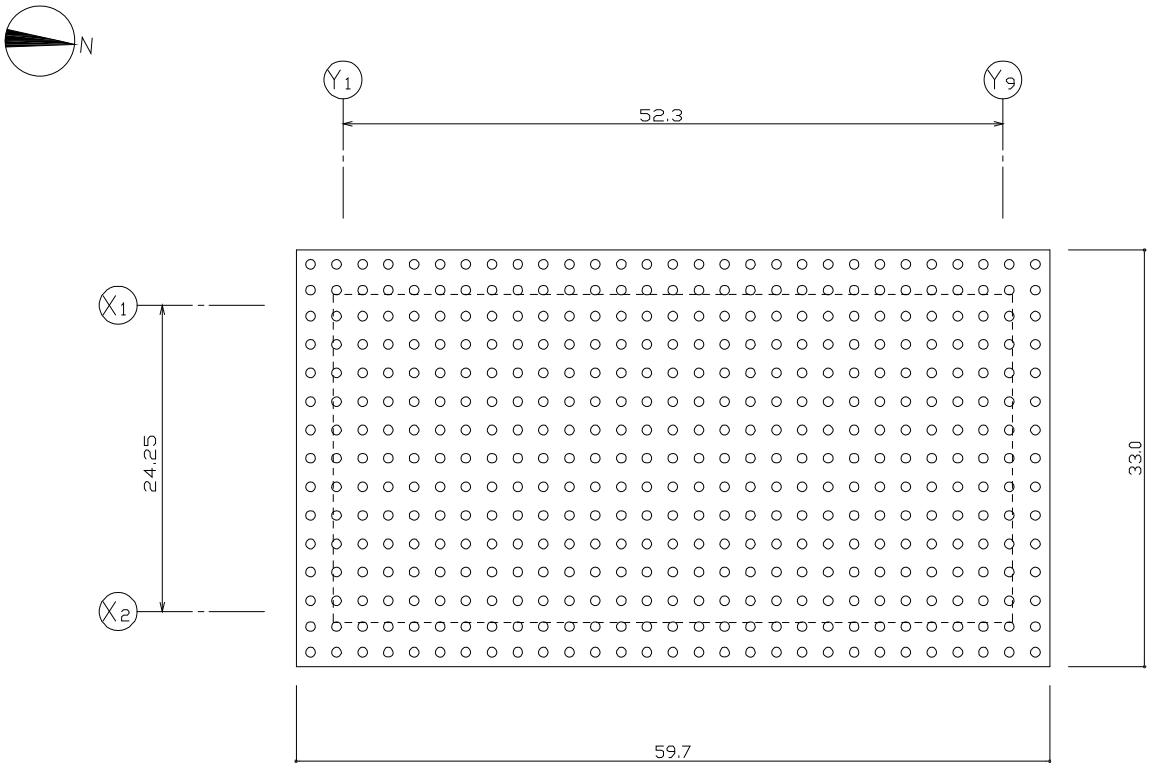
1. 概要

使用済燃料乾式貯蔵建屋は，使用済燃料乾式貯蔵容器を 24 基収納する地上 1 階建，平面が約 52 m（南北方向）×約 24 m（東西方向），地上高さ約 21 m の鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）の建物である。使用済燃料乾式貯蔵建屋の平面図を図 1－1 に示す。

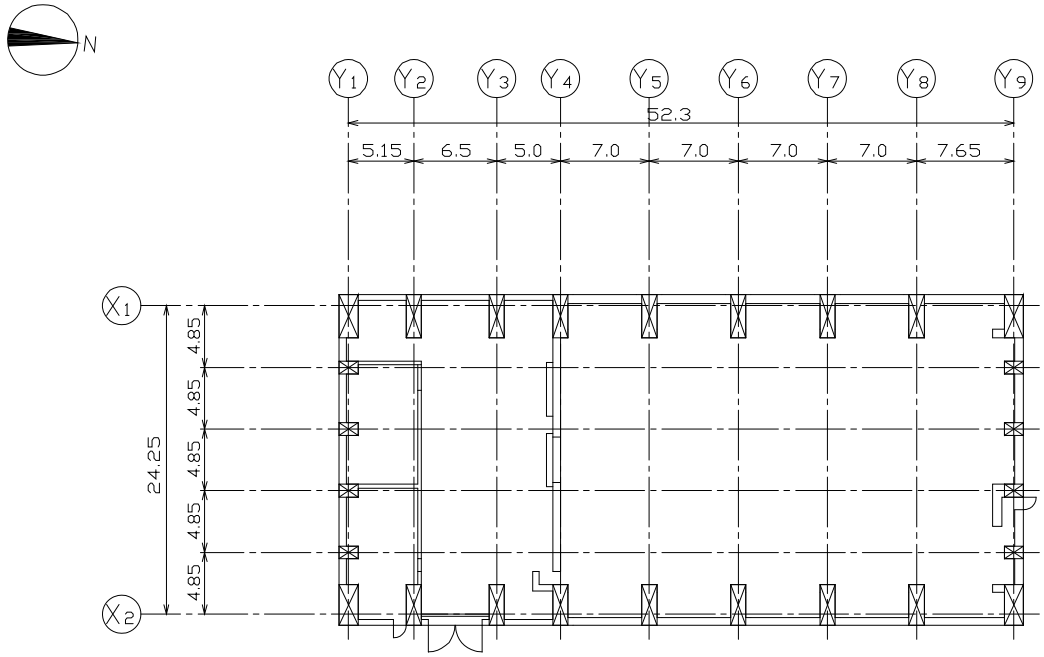
使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎版は，厚さ約 2.5 m（一部約 2.0 m）で，鋼管杭を介して，砂質泥岩である久米層に岩着している。使用済燃料乾式貯蔵建屋に加わる地震時の水平力は，外周部に配置された耐震壁と柱及び梁（屋根トラス）からなるフレーム構造で負担する。耐震壁には，冷却空気取り入れのための開口がある。

本資料は，使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり，その評価は，地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎部は，設計基準対象施設において「Ｓクラス施設の間接支持構造物」に分類されるため，分類に応じた耐震評価を示す。また，使用済燃料乾式貯蔵建屋の上屋については，上位クラスである使用済燃料乾式貯蔵容器に対する波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。その波及的影響評価は，使用済燃料乾式貯蔵容器の有する機能が保持されることを確認するため，下位クラス施設である使用済燃料乾式貯蔵建屋上屋の構造物全体としての変形性能の評価及び使用済燃料乾式貯蔵容器への影響評価を行う。




（杭伏図：EL.－5.8 m）




（１階平面図：EL. 8.3 m）

図１－１　使用済燃料貯蔵建屋の概要（平面図）

2.　基本方針

2.1　位置

使用済燃料乾式貯蔵建屋の設置位置を図2－1に示す。

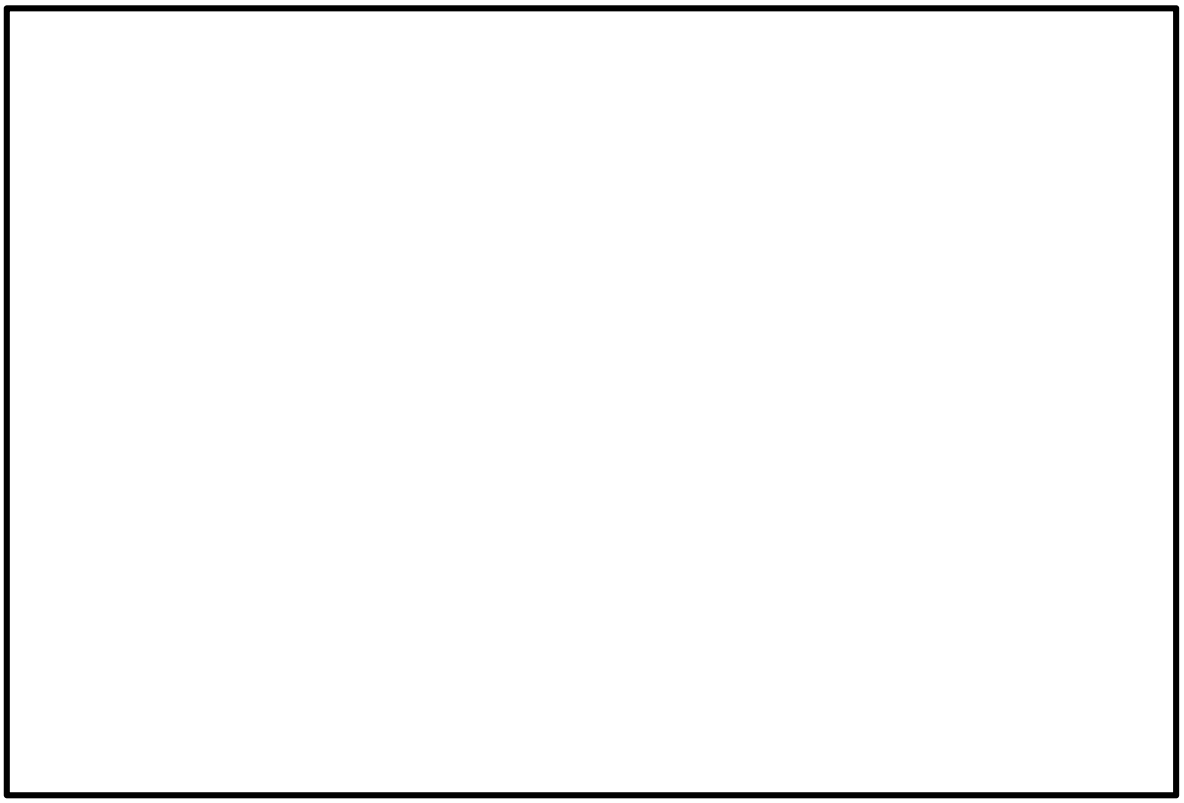


図2－1　使用済燃料乾式貯蔵建屋の設置位置

## 2.2　構造概要

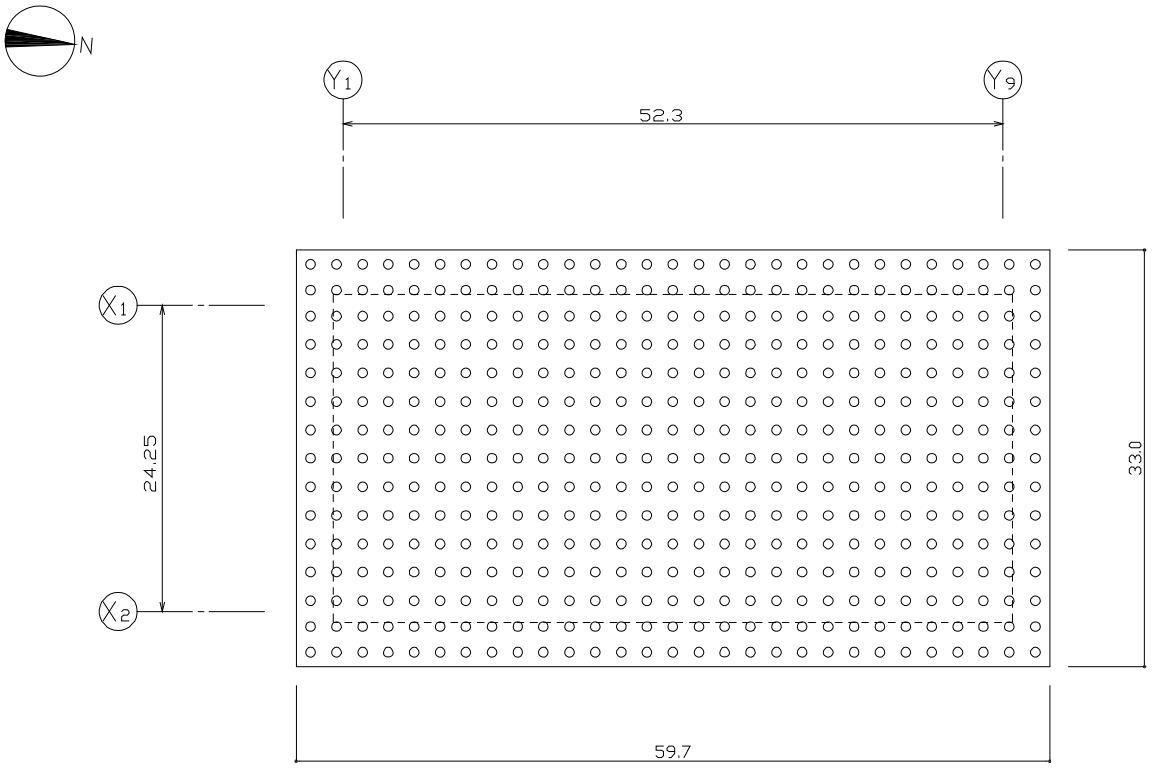
使用済燃料乾式貯蔵建屋は，使用済燃料乾式貯蔵容器を24基収納する地上1階建の鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート及び鉄骨造）の建物である。

使用済燃料乾式貯蔵建屋に加わる地震時の水平力は，外周部に配置された耐震壁と柱及び梁（屋根トラス）からなるフレーム構造で負担する。耐震壁には，冷却空気取り入れのための開口がある。

使用済燃料乾式貯蔵建屋の概要を図2－2及び図2－3に示す。

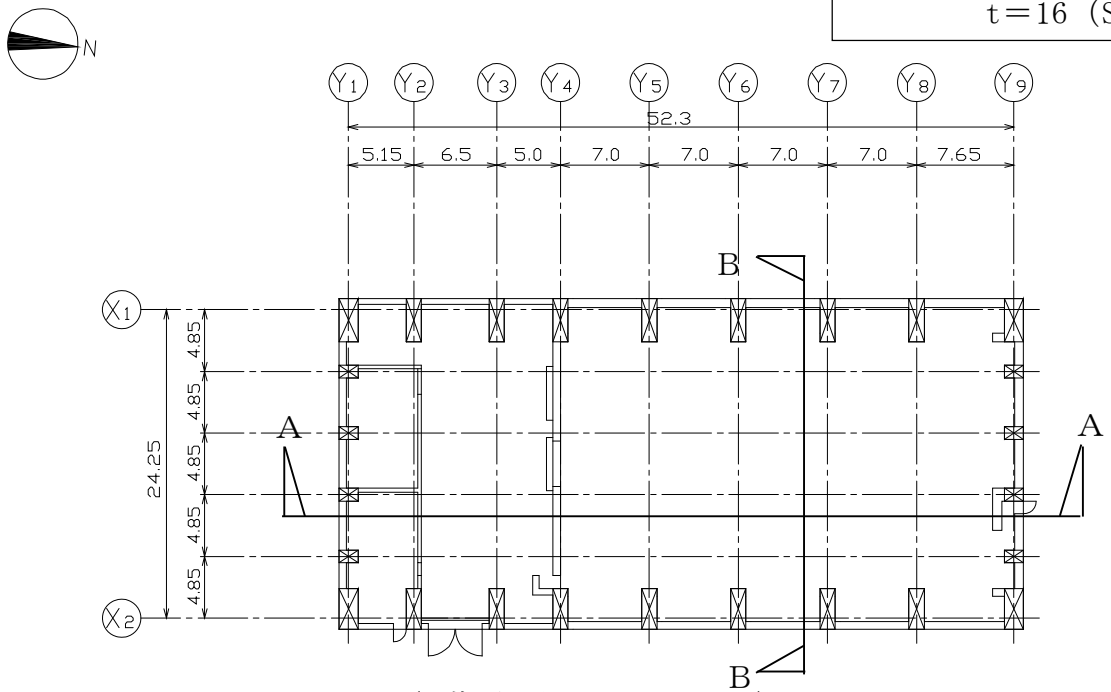
使用済燃料乾式建屋は,地上1階建で平面が約52 m（南北方向）×約24 m（東西方向）の鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）の建物であり，適切に配置された耐震壁で構成された剛な構造としている。

使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎は，平面が約60 m（南北方向）×約33 m（東西方向），厚さ約2.5 m（一部約2.0 m）で，鋼管杭を介して，砂質泥岩である久米層に岩着している。



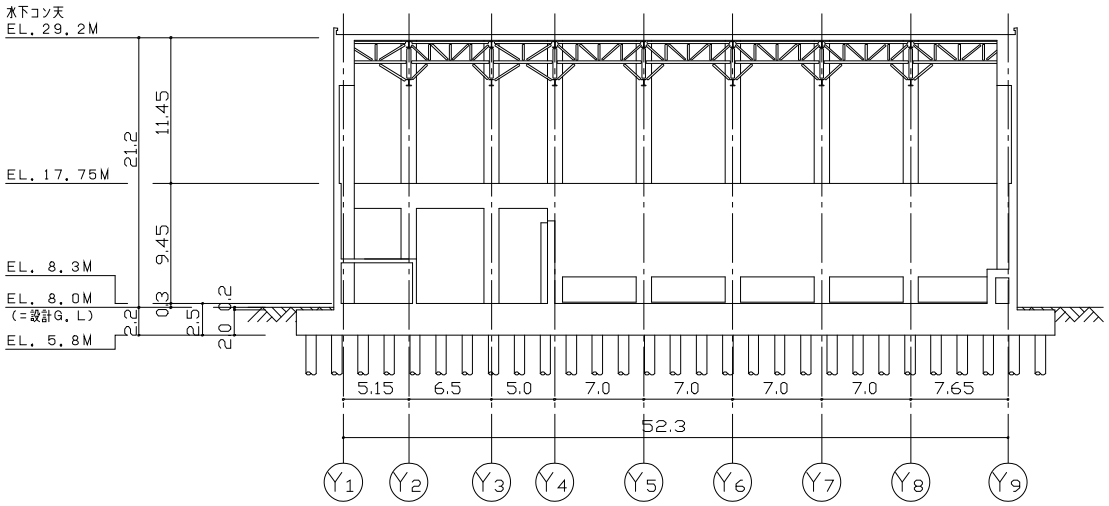

（杭伏図：EL.－5.8 m）

杭仕様：鋼管杭 φ812.8，
t＝16（SKK400）

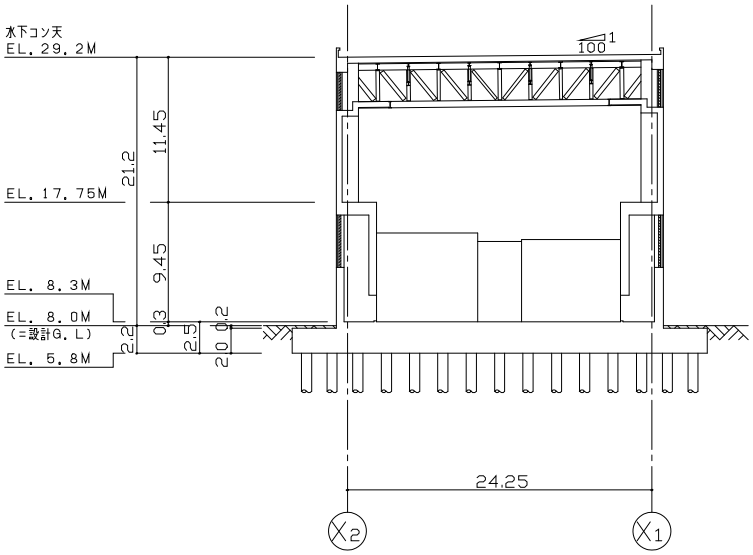



（1階平面図：EL. 8.3 m）

図2-2　使用済燃料乾式貯蔵建屋の概要（平面図）




（ＮＳ方向，Ａ－Ａ断面）




（ＥＷ方向，Ｂ－Ｂ断面）

図2－3　使用済燃料乾式貯蔵建屋の概要（断面図）

## 2.3　評価方針

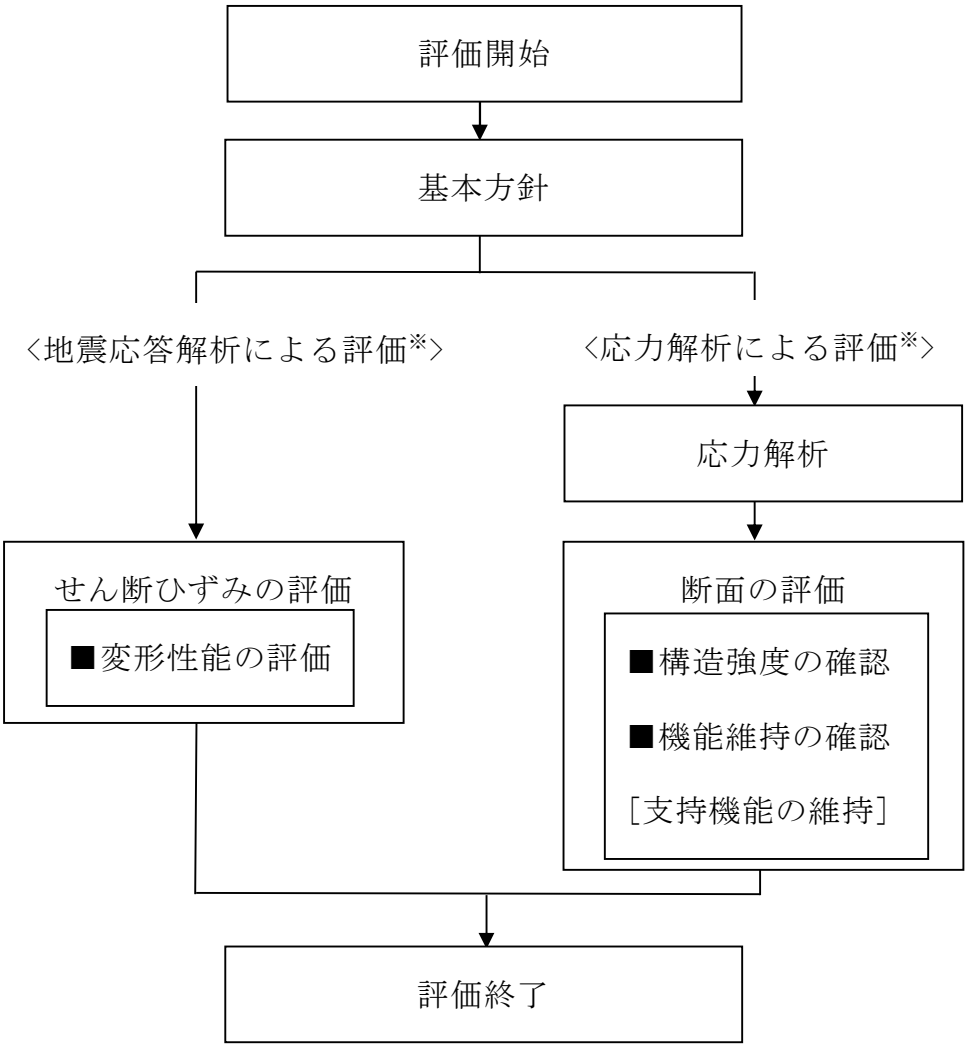
使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎部は，設計基準対象施設において「Ｓクラス施設の間接支持構造物」に分類される。

使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎部の設計基準対象施設としての評価においては，基準地震動Ｓ$_{S}$による地震力に対する評価（以下「Ｓ$_{S}$地震時に対する評価」という。）を行うこととし，その評価は「使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答解析」の結果を踏まえたものとする。

使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎部の評価は，応力解析による評価を行う。

応力解析による評価では，応力解析を行い，基礎版，杭及び屋根トラスの断面検討を実施し，構造強度の確認及び機能維持の確認を行う。

使用済燃料乾式貯蔵建屋の評価フローを図2－4に示す。




※「使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答解析」の結果を踏まえた評価を行う

図 2－4　使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答解析フロー

## 2.4　適用規格・基準等

地震応答解析において適用する規格・基準等を以下に示す。

・建築基準法・同施行令

・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社)日本建築学会，2010)

・原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説((社)日本建築学会，2005)（以下「RC-N規準」という。）

・建築基礎構造設計指針((社)日本建築学会，2001)

・鋼構造塑性設計指針((社)日本建築学会，2017)

・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力度編 ＪＥＡＧ4601・補-1984((社)日本電気協会)

・原子力発電所耐震設計技術指針 ＪＥＡＧ4601-1987((社)日本電気協会)

・原子力発電所耐震設計技術指針 ＪＥＡＧ4601-1991 追補版((社)日本電気協会)（以下「ＪＥＡＧ4601-1991 追補版」という。）

・2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書(国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所)（以下「技術基準解説書」という。）

3.　地震応答解析による評価方法

地震応答解析による評価において，使用済燃料乾式貯蔵建屋の構造強度及び支持機能の維持については，「使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答解析」に基づき，最大せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

表3－1　地震応答解析による評価における許容限界

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標 | 地震力 | 部位 | 機能維持のための考え方 | 許容限界（評価基準値） |
|---|---|---|---|---|---|
| － | 上位クラス施設に波及的影響を及ぼさないこと | 基準地震動 $S_s$ | 耐震壁 | 最大せん断ひずみが波及的影響を及ぼさないための許容限界を超えないことを確認 | 最大せん断ひずみ $4.0\times10^{-3}$ |

## 4.　応力解析による評価方法

### 4.1　評価対象部位及び評価方針

使用済燃料乾式貯蔵建屋の応力解析による評価対象部位は，基礎版，杭及び屋根トラスとし，$S_s$地震時に対して以下の方針に基づき評価を行う。

$S_s$地震時に対する評価は，３次元ＦＥＭモデルを用いた弾性応力解析によることとし，地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果，発生する応力が，準拠規格・基準等を参考に設定した許容限界を超えないことを確認する。

３次元ＦＥＭモデルを用いた弾性応力解析に当たっては，「使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答解析」より得られた結果を用いて，荷重の組合せを行う。応力解析による評価フローを図4－1に示す。

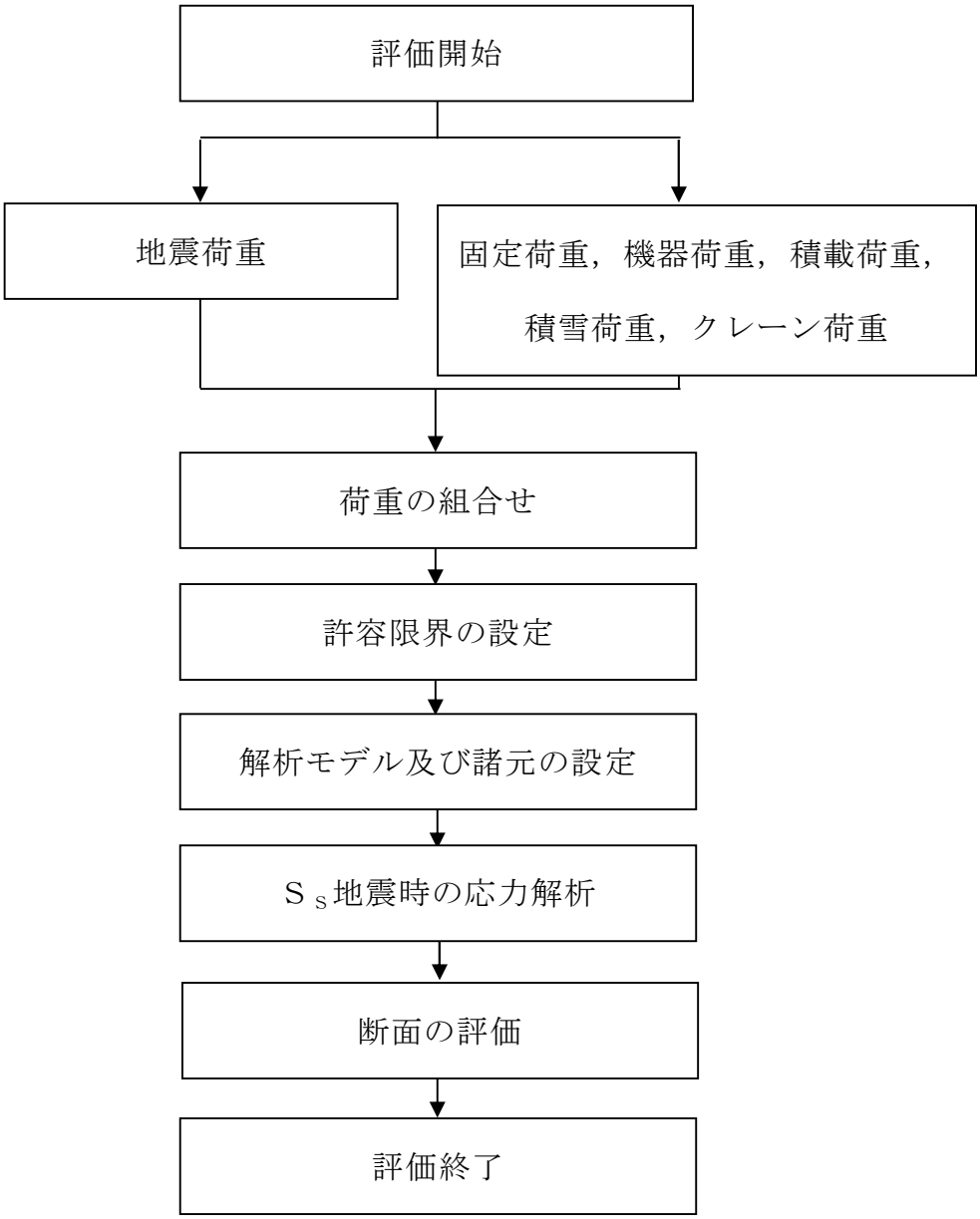



図4－1　応力解析による評価フロー（基礎）

4.2　荷重及び荷重の組合せ

4.2.1　荷重

(1)　固定荷重(G)，機器荷重(E)，積載荷重(P)，積雪荷重(S)，クレーン荷重(CL)

作成中

(2)　地震荷重(Ks)

水平地震力及び鉛直地震力は，基準地震動Ｓ$_s$に対する地震応答解析より算定される動的地震力より設定する。

Ｓ$_s$地震荷重を表に示す。

作成中

4.2.2　荷重の組合せ

荷重の組合せを表4－1に示す。

表4－1　荷重の組合せ

| 外力の状態 | 荷重の組合せ |
|---|---|
| Ｓ$_s$地震時 | G＋E＋P＋S＋CL＋Ks |

G ：固定荷重

E ：機器荷重

P ：積載荷重

S ：積雪荷重

CL　：クレーン荷重，ただし吊荷荷重を除く。

Ks　　：地震荷重

4.3　許容限界

応力解析による評価における使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎版，杭及び屋根トラスの許容限界は，表4－2のとおり設定する。

また，コンクリート，鉄筋及び鋼材の許容応力度を表4－3～表4－7に示す。杭の許容応力度及び杭のＳｓ地震時の許容支持力と許容引抜き抵抗力を表4－11及び表4－12に示す。

表4－2　応力解析による評価における許容限界

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標 | 地震力 | 部位 | 機能維持のための考え方 | 許容限界（評価基準値） |
|---|---|---|---|---|---|
| － | 構造強度を有すること | 基準地震動Ｓｓ | 基礎版<br>杭<br>屋根トラス | 部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | 準拠規格・基準等に基づく終局耐力 |
| 支持機能※1 | 機器・配管系などの設備を支持する機能を損なわないこと | 基準地震動Ｓｓ | 基礎版<br>杭 | 部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認 | 準拠規格・基準等に基づく終局耐力 |

※１：「支持機能」の確認には，「内包する設備に対する波及的影響」の確認が含まれる。

表4－3　コンクリートの許容応力度

| 設計基準強度Ｆｃ (N／mm$^2$) | 短期 | |
|---|---|---|
| | 圧縮 (N／mm$^2$) | せん断 (N／mm$^2$) |
| 23.5 | 15.6 | 1.08 |

表4－4　鉄筋の許容応力度

| 外力の状態 | SD390（D22以上） | | SD345（D19以下） | |
|---|---|---|---|---|
| | 引張及び圧縮 (N／mm$^2$) | せん断補強 (N／mm$^2$) | 引張及び圧縮 (N／mm$^2$) | せん断補強 (N／mm$^2$) |
| Ｓ$_s$地震時 | 390 | 390 | 345 | 345 |

・材料強度は，許容応力度（引張及び圧縮）を1.1倍して算出する。

表4－5　鉄骨の許容応力度

| 外力の状態 | 鋼材種類 | 板厚(mm) | 基準強度Ｆ (N／mm$^2$) |
|---|---|---|---|
| Ｓ$_s$地震時 | SS400，SM400A | ≦40 | 235 |

・材料強度は，基準強度を1.1倍して算出する。

表4－6　杭の許容応力度

| 外力の状態 | 鋼材種類 | 杭径(mm)<br>板厚(mm) | 基準強度F<br>(N／mm$^2$) |
|---|---|---|---|
| $S_s$地震時 | SKK400 | φ812.8<br>t＝16 | 235 |

・材料強度は，基準強度を1.1倍して算出する。

・杭外周は，腐食代2 mmを考慮する。

表4－7　杭の$S_s$地震時の許容支持力及び許容引抜き抵抗力

| 杭径 | $S_s$地震時 | |
|---|---|---|
| | 許容支持力<br>(kN) | 許容引抜き抵抗力<br>(kN) |
| φ812.8 | 2,740 | 1,000 |

4.4　解析モデル及び諸元

4.4.1　建屋（基礎版及び屋根トラス）

作成中

4.4.2　杭

4.4.2.1　モデル化の基本方針

杭のＳ$_s$地震時軸力は，使用済燃料乾式貯蔵建屋基礎底面に作用する自重，水平方向地震応答解析で得られる地盤回転ばね反力及び上下方向地震応答解析で得られる地盤鉛直ばね反力を用いて算定する。杭の軸力算定概念を図4－2に示す。

杭のＳ$_s$地震時のせん断力と曲げモーメントを評価するための応力解析は，弾性支承ばりモデルを用いた弾性応力解析とする。解析には，解析コード「MSC NASTRAN 2008R1」を用いる。弾性支承ばりモデルによる杭応力評価概念を図4－3に示す。建屋慣性力による杭応力と地盤震動による杭応力の絶対値の和より算出する。弾性支承ばりモデルの地盤ばねは，杭の水平載荷試験結果から評価した水平地盤反力係数を用いて算定する。

4.4.2.2　境界条件

弾性支承ばりモデルの境界条件は，杭頭は固定条件，杭先端はピン条件とする。

4.4.2.3　解析諸元

杭の断面性能を表4－8に示す。

$$P_i = \frac{N'}{n} + \frac{M}{\sum_j X_j^{\,2}} \cdot X_i$$

ここに，　$P_i$　：i 番目の杭の軸力

$N$’　：建屋基礎版底面における軸力 $N'=N\pm\Delta N$

$N$　：建屋総重量

$\Delta N$ ：上下方向応答解析で得られる地盤鉛直ばね反力

$M$　：建屋基礎版底面における転倒モーメント

（地盤回転ばね反力）

$n$　：杭本数

$X_i$　：i 番目の杭の杭群図心線からの距離

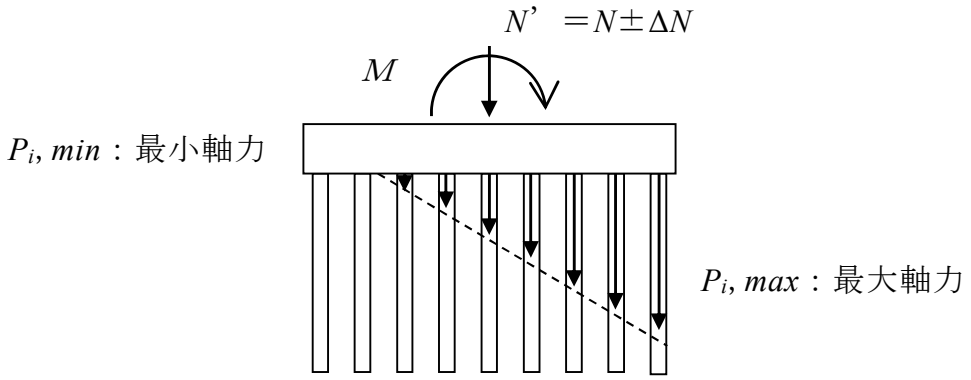
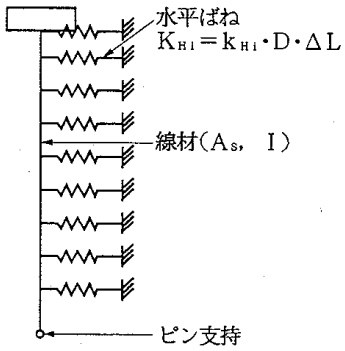



図4－2　杭の軸力算定概念

$K_H = k_H \cdot D \cdot \Delta L$、　　ここに、　$K_H$ ：水平ばね（kgf/cm）

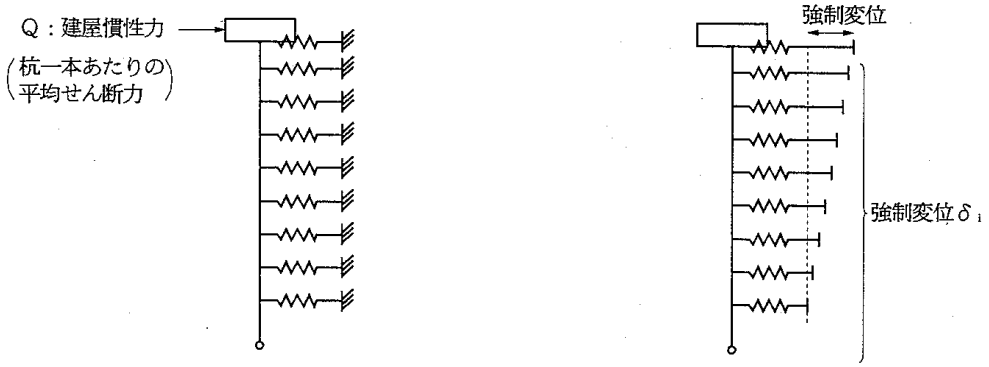
$k_H$ ：水平方向地盤反力係数（kgf/cm³）




| 地層名 | $K_H$ |
|---|---|
| du | 1.7 |
| $A_{s2}$ | 5.1 |
| $D_{c3}$ | 3.0 |
| $D_{s3}$ | 5.1 |
| Kc | 7.1 |

D　：杭径（cm）

ΔL：ばね間隔




(a) 建屋慣性力による　　(b) 地盤震動による場

図4－3　弾性支承ばりモデルによる杭応力評価概念

表4－8　杭の断面性能（腐食代考慮）

| 外径 D(mm) | 板厚 t(mm) | 内径 d(mm) | 断面積 A($cm^2$) | せん断断面積 As($cm^2$) | 断面二次モーメント I($cm^4$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 808.8 | 14 | 780.8 | 349.6 | 174.8 | 276,000 |

4.5　評価方法

4.5.1　建屋（基礎版及び屋根トラス）

作成中

4.5.2　杭

(1)　応力解析方法

使用済燃料乾式貯蔵建屋の杭について，弾性支承ばりモデルを用いた弾性応力解析を実施する。

a．荷重ケース

$S_s$地震時の応力は，次の荷重ケースによる応力を組み合わせて求める。

G　：固定荷重

E　：機器荷重

P　：積載荷重

S　：積雪荷重

$Ks_{NS}$：ＮＳ方向$S_s$地震荷重

$Ks_{EW}$：ＥＷ方向$S_s$地震荷重

$Ks_{UD}$：鉛直方向$S_s$地震荷重

b．荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 4－14 に示す。

c．荷重の入力方法

杭の$S_s$地震時のせん断力と曲げモーメントは，建屋慣性力による杭応力と地盤震動による杭応力の絶対値和より算出する。

(a)　建屋慣性力

建屋慣性力による杭応力を求める際に杭頭に入力する建屋慣性力は，水平方向の地震応答解析で得られる地盤水平ばね反力を杭本数（435

本）で除した，杭１本当たりのせん断力とする。

(b)　地盤振動による強制変位

地盤震動による杭応力を求める際に地盤ばねに入力する杭の強制変位は，地盤応答解析から得られる杭先端に対する相対変位とする。

表 4－14　杭の評価における荷重の組合せケース

| | ケース No. | 荷重の組合せ |
|---|---|---|
| $S_s$地震時 | 1 | $G+E+P+S+1.0Ks_{NS}-0.4Ks_{UD}$ |
| | 2 | $G+E+P+S+1.0Ks_{NS}+0.4Ks_{UD}$ |
| | 3 | $G+E+P+S+0.4Ks_{NS}-1.0Ks_{UD}$ |
| | 4 | $G+E+P+S+0.4Ks_{NS}+1.0Ks_{UD}$ |
| | 5 | $G+E+P+S+1.0Ks_{EW}-0.4Ks_{UD}$ |
| | 6 | $G+E+P+S+1.0Ks_{EW}+0.4Ks_{UD}$ |
| | 7 | $G+E+P+S+0.4Ks_{EW}-1.0Ks_{UD}$ |
| | 8 | $G+E+P+S+0.4Ks_{EW}+1.0Ks_{UD}$ |

※$Ks_{UD}$は，下向きを正とする

(2)　断面の評価方法

使用済燃料乾式貯蔵建屋の杭の軸力の評価は，$S_s$地震時に発生する杭軸力が許容支持力及び許容引抜き抵抗力以内であることを確認する。

また，杭の断面の評価は，弾性支承ばりモデルを用いた応力解析により得られた各断面力（軸力，曲げモーメント及びせん断力）を用いることとし，$S_s$地震時に対して以下のとおり行う。

軸力及び曲げモーメントに対する検討では，杭に生じる曲げモーメントが杭断面の軸方向力を考慮した全塑性モーメントを超えないことを確認する。

せん断力に対する検討では，杭に生じるせん断力が，杭体の終局せん断強度以内であることを確認する。

5. 評価結果

作成中

# Ⅲ　使用済燃料乾式貯蔵建屋の
# 地震応答解析モデルの既工認からの変更について

1.　使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答解析モデルの既工認からの変更

1.1　目的

今回工認に用いる使用済燃料乾式貯蔵建屋のＳＲモデルについて検討する。使用済燃料乾式貯蔵建屋はＮＳ方向に細長い形状をしている。このような形状であるとＥＷ方向振動に対して，中央部の振動を含め，１本棒モデルに集約するのは難しい。設計当時は１本棒モデルであるが，３次元ＦＥＭの１次固有周期（中央部振動の固有周期）に整合するように剛性を設定していた。これは，耐震壁の剛性を小さく見積もることであり，クライテリアをせん断ひずみとした場合には保守的な設定と言える。また，設計当時の基準地震動$Ｓ_2$に対しては，この保守的なモデルを用いても弾性範囲に収まっていたため，耐震壁の復元力特性を作成していない。

今回工認では基準地震動$Ｓ_s$入力に対し，非線形領域に入ることが予想されるため，耐震壁の復元力特性を設定する必要がある。

上記を背景に，ＮＳ方向も含め，より実情に近い建屋の振動性状を評価できる耐震壁の復元力特性を考慮した解析モデルを設定することを目的とする。

1.2　今回工認モデルの設定方針

地震応答解析モデルは，以下の方針に基づいて，建設当時の工認（以下「既工認」という。）のモデルから変更する。ＮＳ方向の耐震壁には，金属キャスク冷却のために大開口が設けられている。既工認モデルでは，開口の影響を考慮したはり理論による等価剛性を設定しており，既工認モデルでは，３次元全体ＦＥＭと１次固有周期は整合していたものの，上階の方が下階よりも剛性が大きく評価されていた。今回は，より詳細に開口の影響を考慮するために，３次元全体ＦＥＭモデルによる剛性評価を採用することに修正する。復元力特性は，原子力発電所耐震設計技術指針ＪＥＡＧ4601-1991

追補版［社団法人日本電気協会］（以下「ＪＥＡＧ4601-1991 追補版」という。）に基づいて設定する。

ＥＷ方向の既工認モデルは，「1.1　目的」に記載したように，保守的に１本棒のモデルを構築していた。基準地震動Ｓ$_s$に対する今回工認では，非線形挙動を精度良く表現するために，妻側耐震壁と耐震壁間のフレーム部をそれぞれ１本棒でモデル化し，屋根スラブレベルで屋根スラブ剛性を模擬したせん断ばねで連結する２本棒多質点系モデルに変更する。

1.3　既工認との比較

地震応答解析モデルの変更点を第1－1表に示す。

既工認では，質点系モデルの基礎底面位置に杭と地盤との動的相互作用を考慮して評価したばね（水平ばね，回転ばね及び鉛直ばね）を取り付けてモデル化している。基礎底面ばねは，地盤の成層性と半無限性を考慮した三次元薄層要素法による加振解に基づく方法により算定している。

今回工認では，既工認から地盤ばね算出に用いていた三次元薄層要素法を入力動評価にも用いることにより，杭の拘束効果を考慮した。この入力動のことを以下「有効入力動」という。

第1－1表（1／3）　地震応答解析モデルの変更点（解析条件）

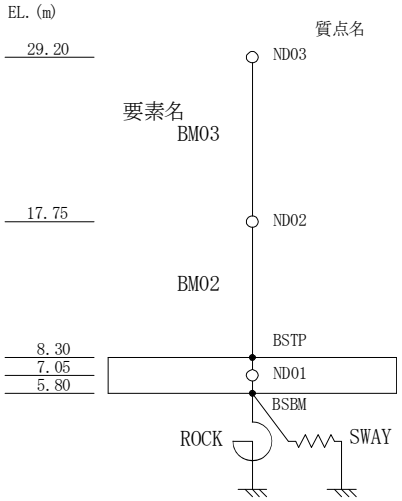
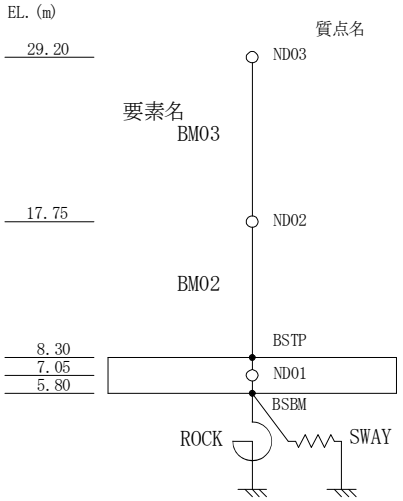
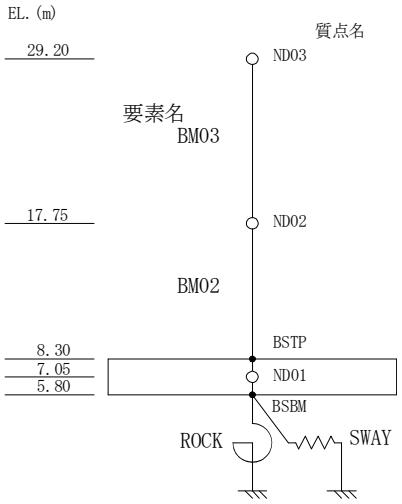
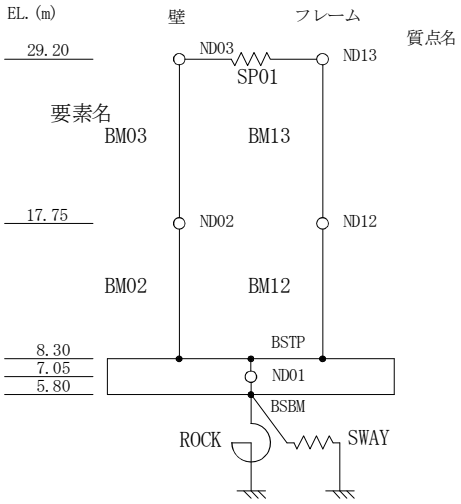
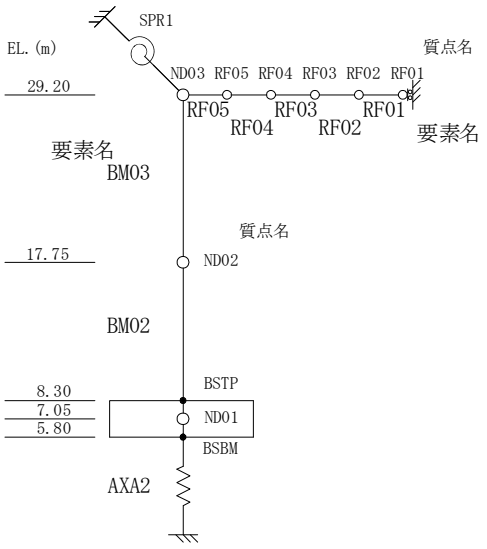
| 項目 | 既工認 | 今回工認 |
|---|---|---|
| 材料諸元 | ＲＣ部：ヤング係数Ｅ・せん断弾性係数Ｇ（従来単位） | ＲＣ部：ＲＣ－Ｎ規準に基づくヤング係数Ｅ・せん断弾性係数Ｇ |
| モデル形状※1 | ＮＳ方向，ＥＷ方向ともに１軸多質点系モデル | ＮＳ方向：１軸多質点系モデル<br>ＥＷ方向：建屋振動特性を考慮した２軸多質点系モデル<br>鉛直方向：モデルを新設 |
| 耐震剛性※1 | ＮＳ方向：剛床仮定に基づいた従来ベースの弾性剛性を設定<br>ＥＷ方向：３次元ＦＥＭモデルにより屋根スラブ剛性を考慮した等価剛性を設定<br>鉛直方向：モデル未設定 | ＮＳ方向：３次元ＦＥＭモデルにより大開口の影響をより詳細に考慮した等価剛性を設定<br>ＥＷ方向：耐震壁と中間フレーム部を独立させ，それぞれ従来ベースの弾性剛性を設定<br>鉛直方向：耐震壁配置に応じ従来ベースで剛性を設定（単スパン集約モデル） |
| 耐震重量 | 積雪荷重を未考慮 | 積雪荷重30 cm×0.35考慮<br>（30 tf増） |

第1－1表（2／3）　地震応答解析モデルの変更点（解析条件）

| 項目 | 既工認 | 今回工認 |
|---|---|---|
| 解析手法 | 建屋剛性は線形としてモデル化<br>（線形応答解析） | せん断及び曲げの非線形性を考慮<br>（復元力特性の設定による非線形応答解析）<br>※鉛直方向は線形応答解析 |
| 入力地震動 | 地盤応答解析による基礎版底面レベルの応答波 | 三次元薄層要素法による杭の拘束効果を考慮した有効入力動 |

※1：解析モデルの妥当性は，観測記録シミュレーションより確認した。

第１－１表（3／3）　地震応答解析モデルの変更点（解析モデル形状）

| | 既工認 | 今回工認 |
|---|---|---|
| ＮＳ方向 |  |  |
| ＥＷ方向 |  |  |
| 鉛直方向 | |  |

【補足資料１】三次元薄層要素法とは

三次元薄層要素法とは，弾性地盤における正弦的な波動伝播を求めるのに際し，地盤を水平な薄層に分割して水平方向には均質な連続体とするが，深さ方向には分割面で離散的に扱う方法である。即ち，水平方向には弾性波動論，深さ方向には有限要素法で定式化したのが三次元薄層要素法である。三次元薄層要素法では，波動伝播の解が解析的に求められるため積分する必要がなく，計算効率の点で極めて有利となるため，地盤内部に多数の加振源を有する埋込み基礎や群杭の動的相互作用解析に広く適用されている。

【補足資料２】観測記録を用いた応答解析モデルの妥当性検討

建屋のモデル化における振動特性評価の妥当性確認として，2011年3月11日東北地方太平洋沖地震（以下「東北地方太平洋沖地震」という。）時の観測記録を用いたシミュレーション解析を実施した。

1. 地震計設置位置

使用済燃料乾式貯蔵建屋には，地震時の基本的な振動性状を把握する目的で基礎上端と屋根トラス上部に各1台の地震計を設置している。

使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震計設置位置を第1－1図に示す。

2. シミュレーション解析結果

既工認での地震応答解析の概要図を第2－1図に，今回の工認での評価の概要図を第2－2図に示す。観測記録を用いたシミュレーション解析は，既工認モデルと今回の工認モデルの両方を用い，第2－2図の方法で実施した。

東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析結果として，両者の最大応答加速度分布の比較を第2－3図に示す。今回工認モデルは既工認モデルとほぼ同等の応答となっており，観測記録に対しては両モデルともに観測記録よりも大きい結果となっている。

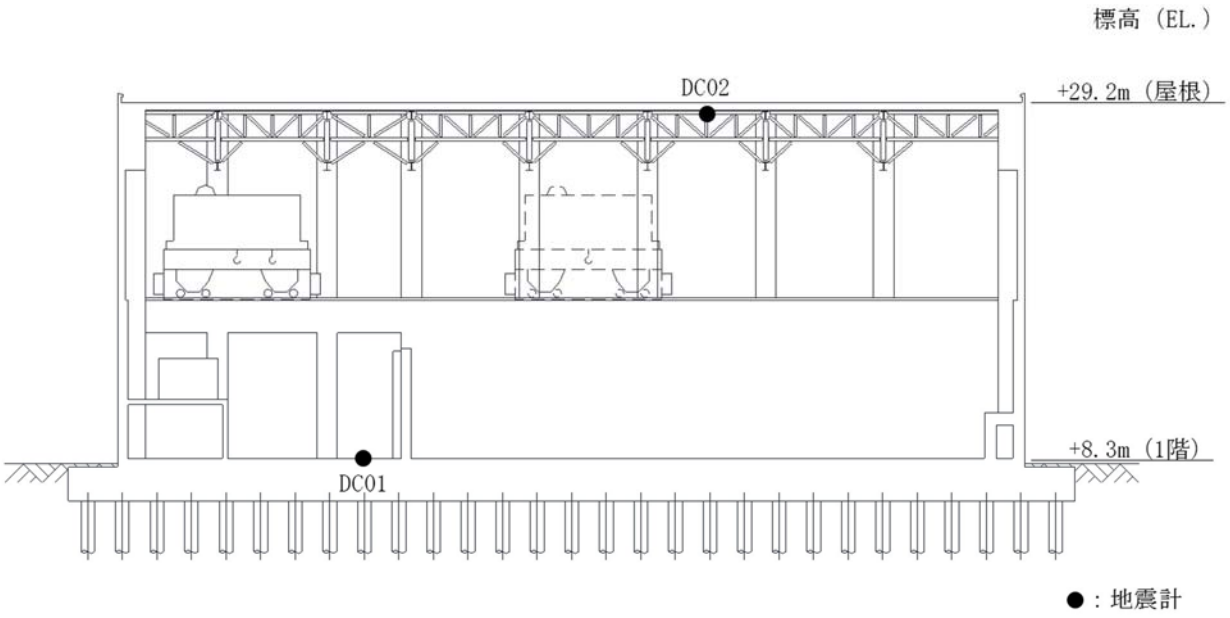
床応答スペクトルの比較を第2－4図に示す。観測記録，既工認モデル及び今回工認モデルのピークは，ほぼ同じ周期で生じていることから，建屋の剛性は適切に模擬できているものと考える。

3. 工認に用いる地震応答解析モデルの妥当性について

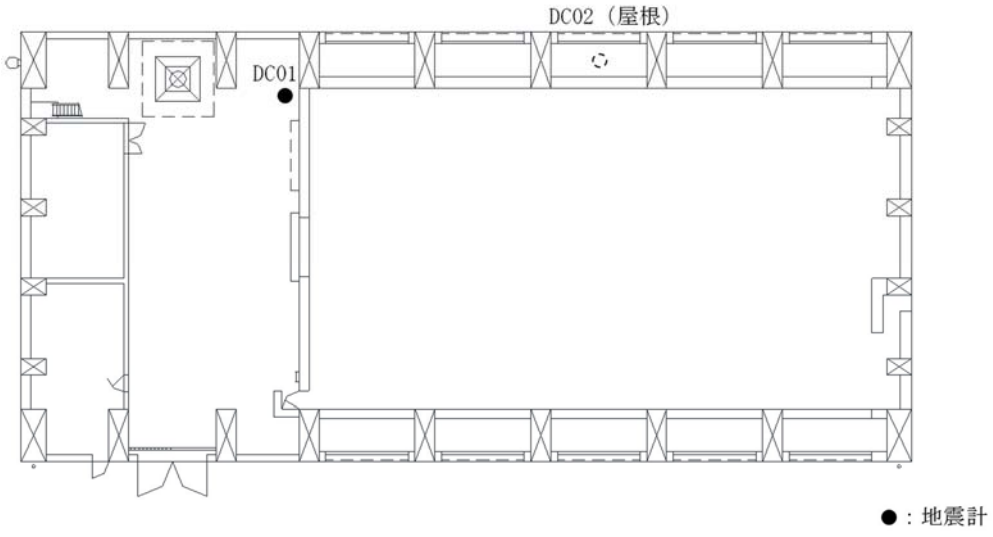
使用済燃料乾式貯蔵建屋が細長い形状をしていること等を考慮し，地震応答解析モデルを既工認から変更をしたが，東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析結果より，既工認モデルと今回工認モデルの観測記録の説明性は同程度であることを確認した。

以上の結果を踏まえ，使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答計算及び耐震計

算書に用いる応答解析モデルには，今回工認モデルを用いることとした。

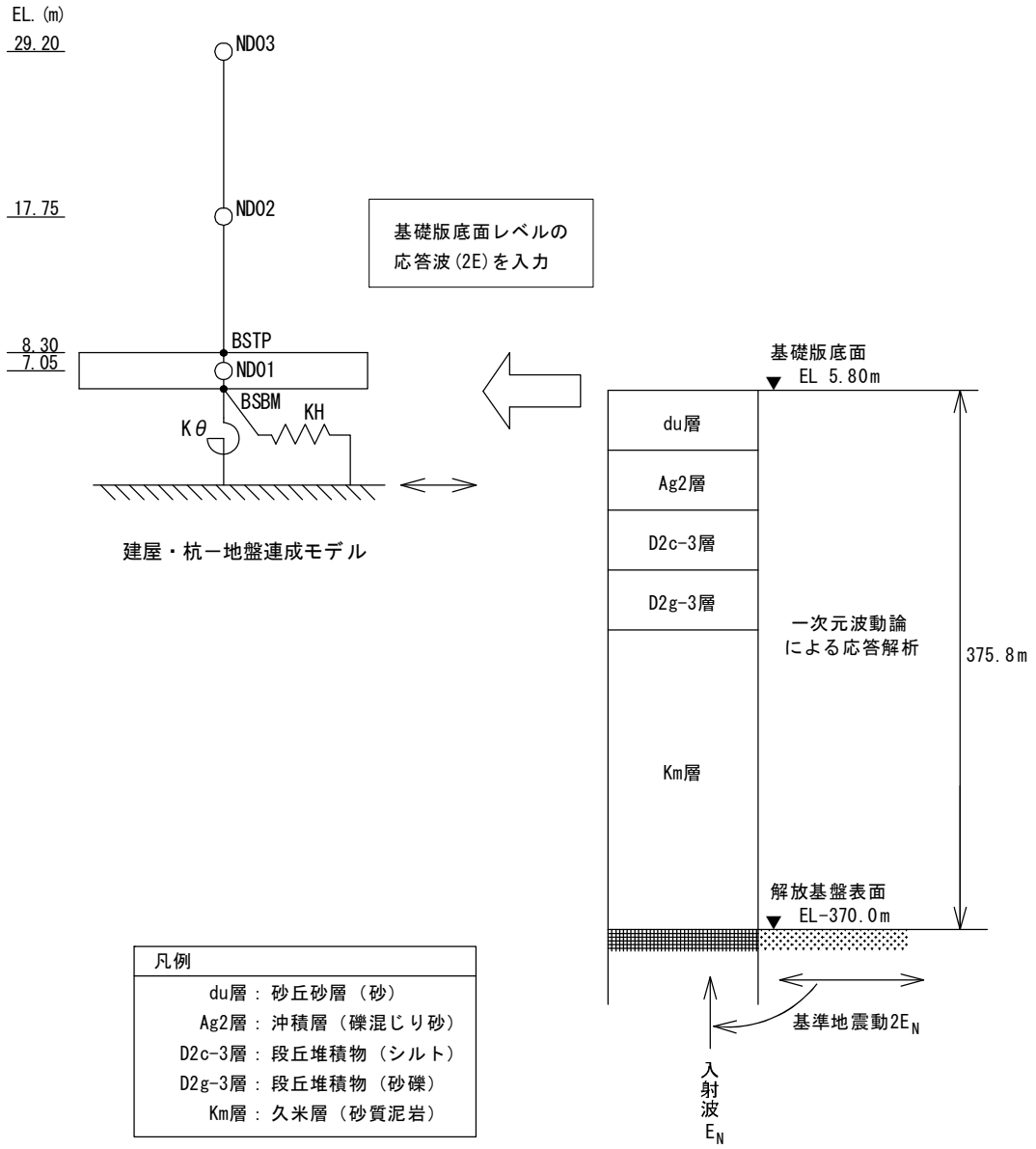



(a)　断面図

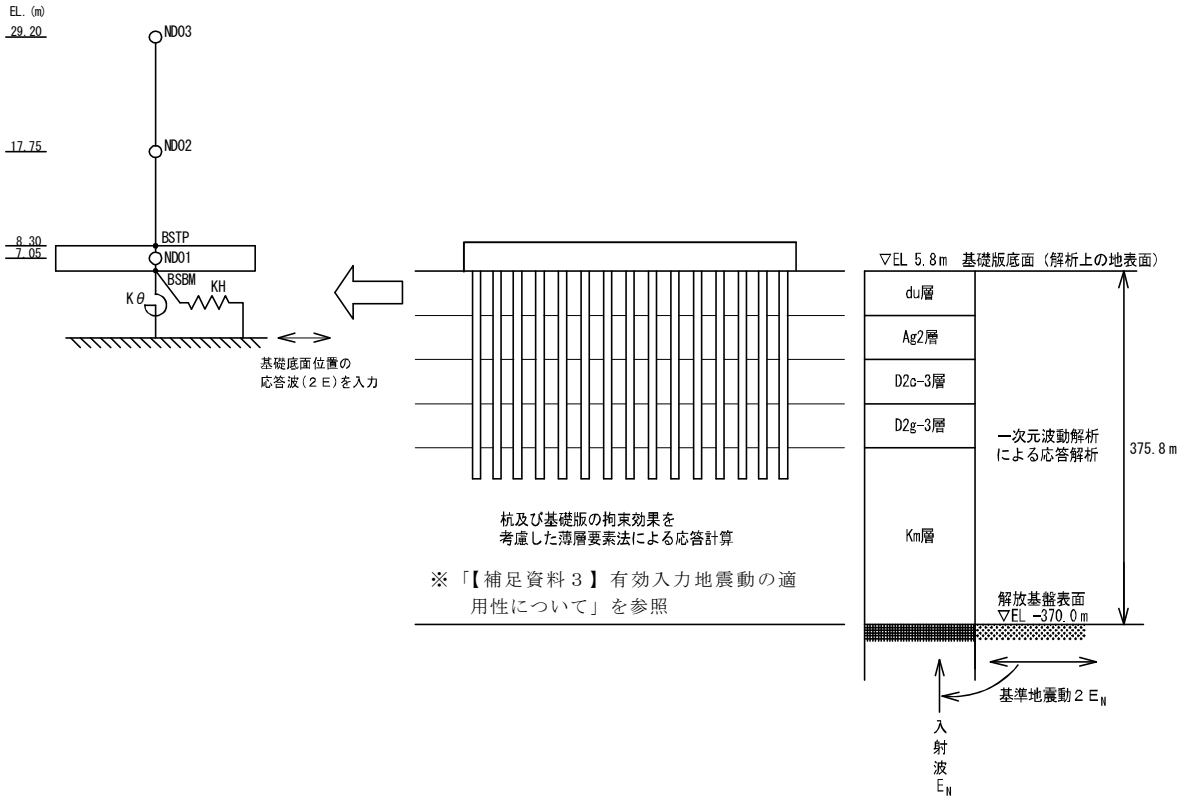



(b)　1階（EL. 8.3 m）平面図

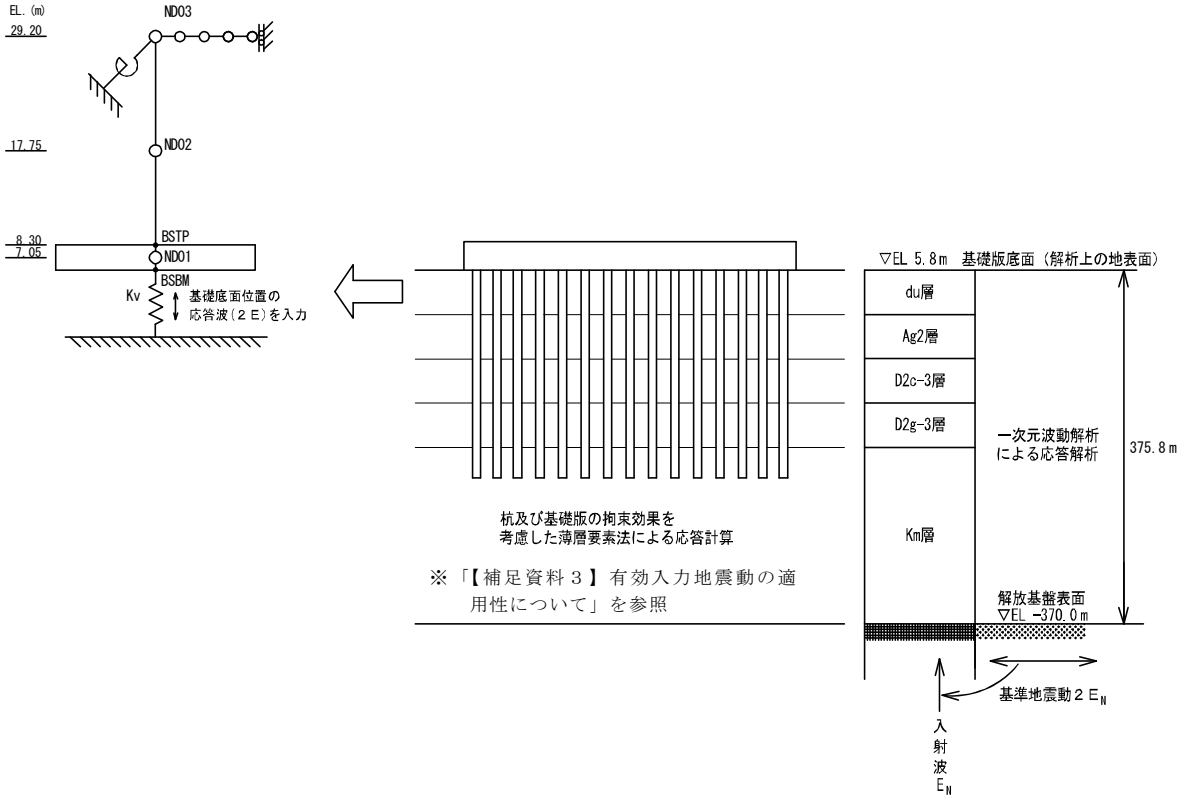
第1－1図　使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震計設置位置




第2－1図　地震応答解析の概要図（既工認）

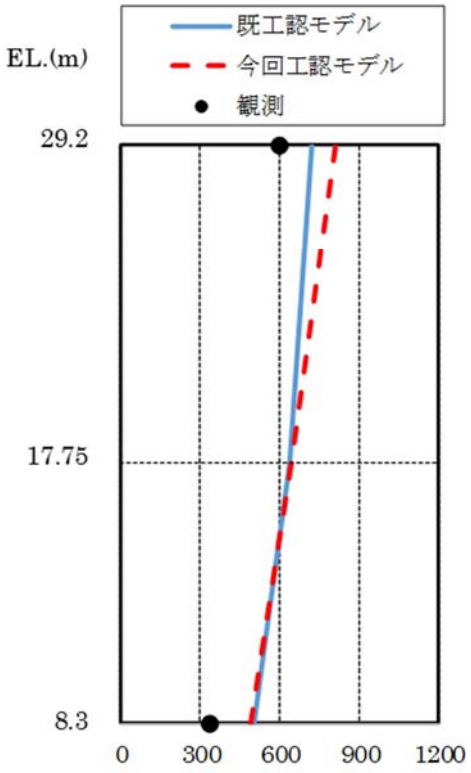



（水平方向）



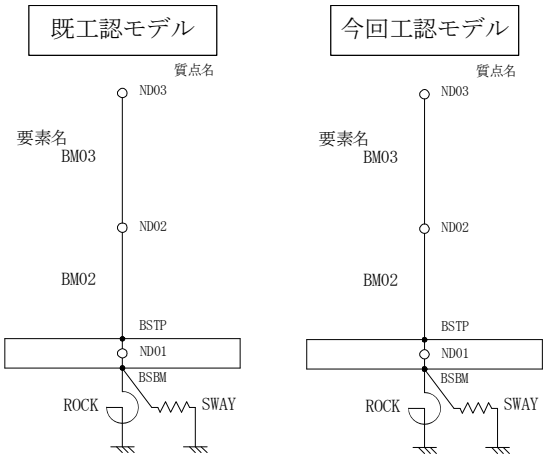

（鉛直方向）

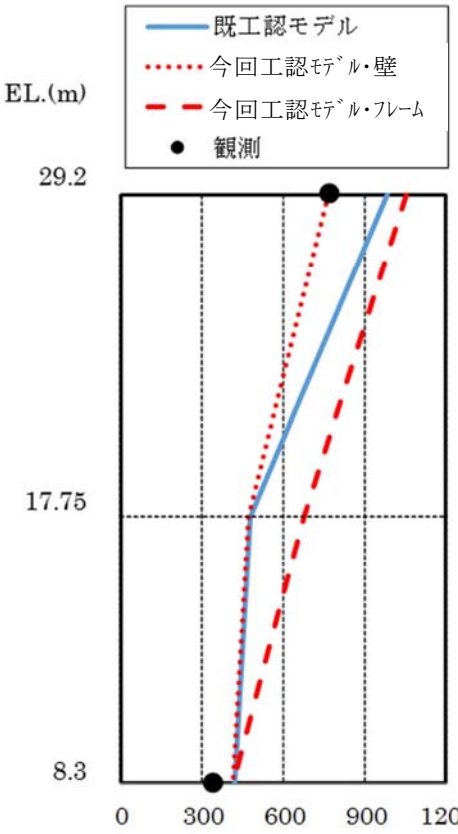
第2－2図　地震応答解析の概要図（今回工認での評価）




| NS方向 | | |
|---|---|---|
| 既工認モデル | 今回工認モデル | 観測 |
| cm/s$^2$ | cm/s$^2$ | cm/s$^2$ |
| 720 | 813 | 599 |
| 635 | 642 | - |
| 506 | 489 | 334 |

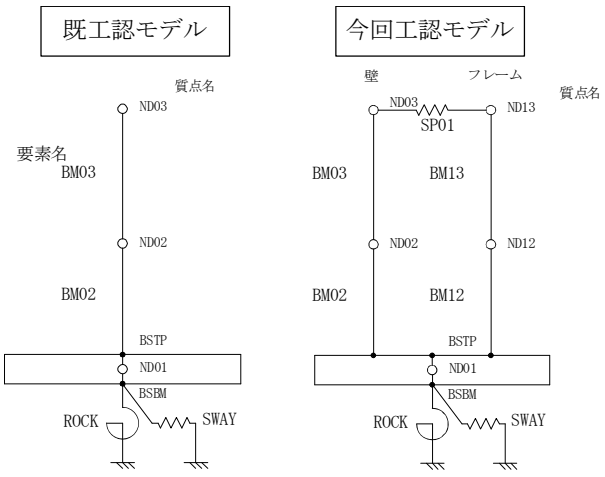
第2－3図（1／3）　最大応答加速度分布の比較（ＮＳ方向）

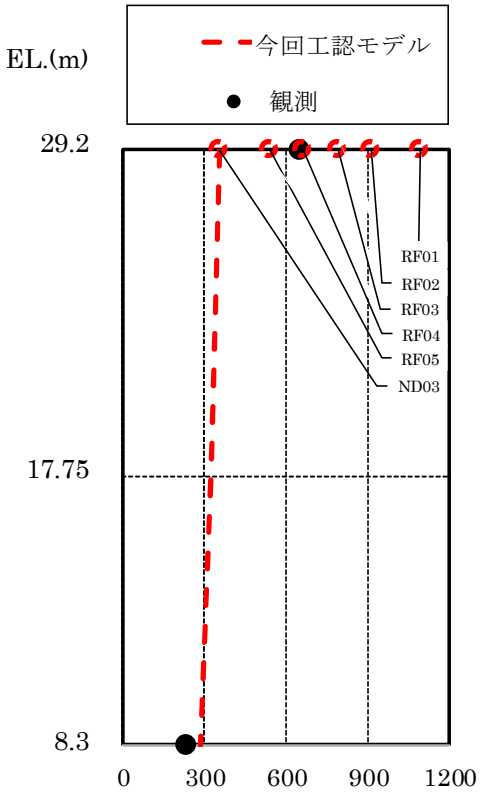





| EW方向 | | | |
|---|---|---|---|
| 既工認モデル | 今回工認モデル | | 観測 |
| | 壁 | フレーム | |
| cm/s$^2$ | cm/s$^2$ | cm/s$^2$ | cm/s$^2$ |
| 986 | 763 | 1052 | 772 |
| 480 | 469 | 674 | - |
| 417 | 416 | 416 | 342 |

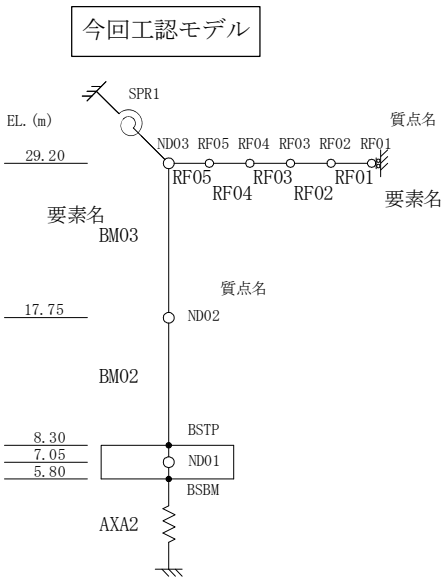
第2－3図（2／3）　最大応答加速度分布の比較（ＥＷ方向）

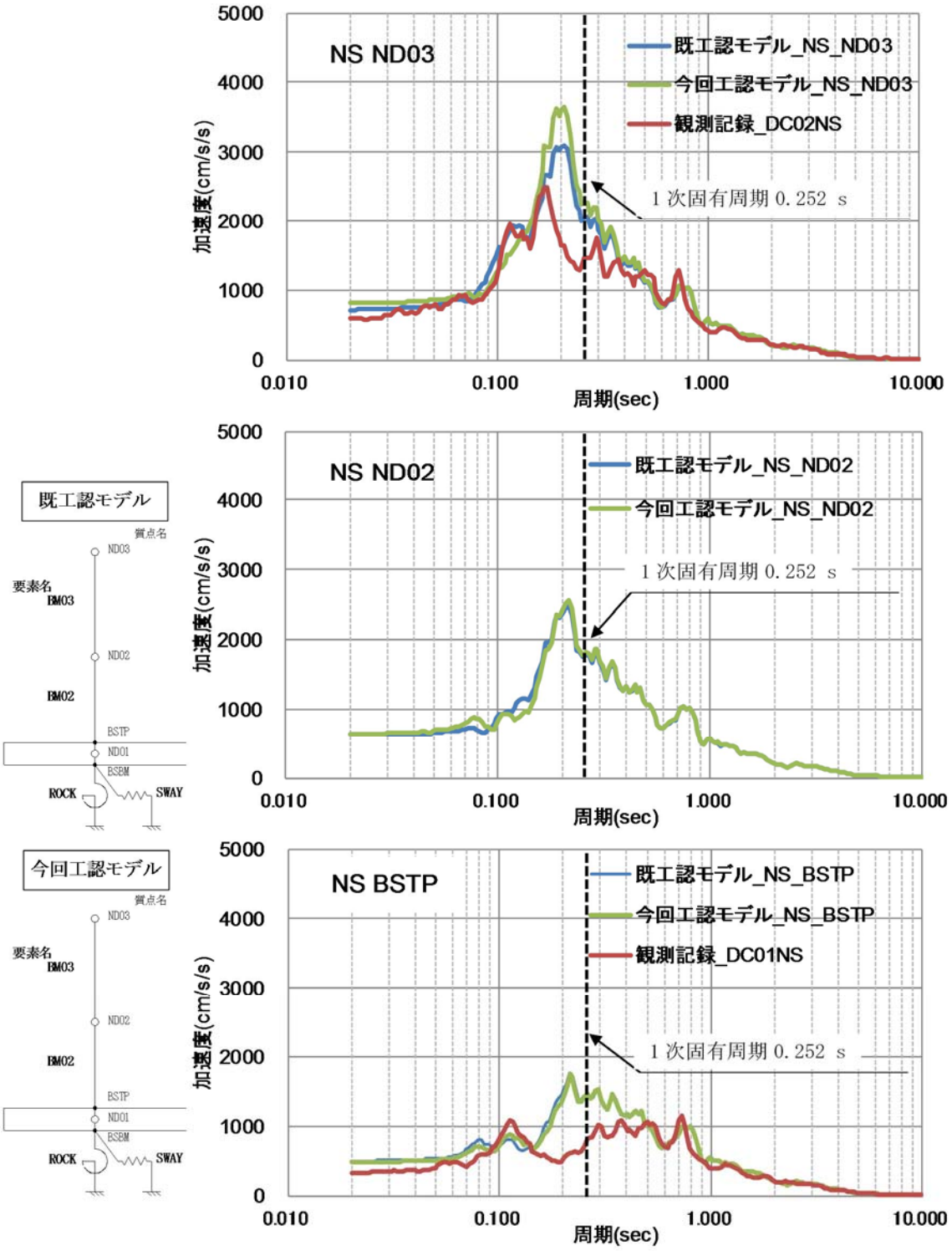




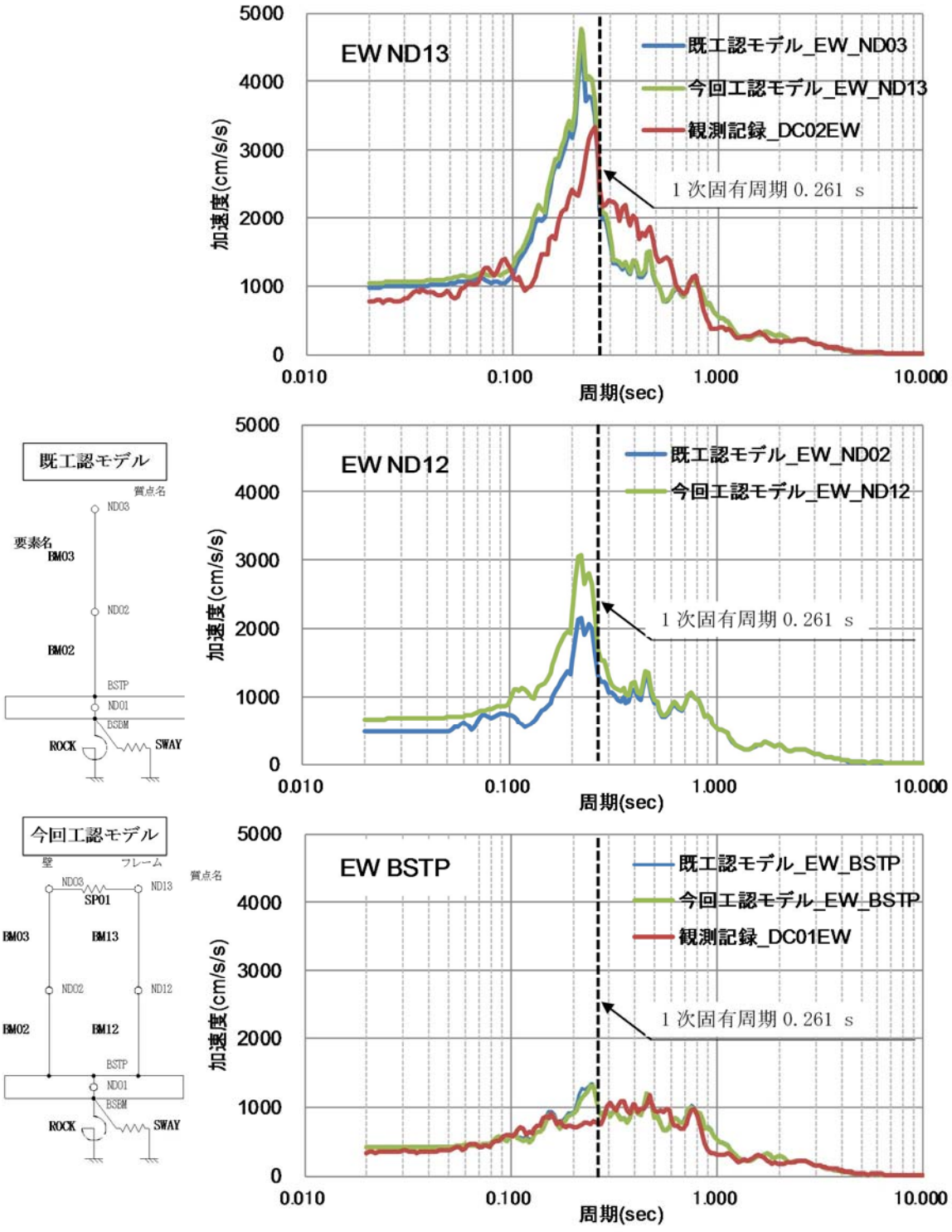

| 上下方向 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 今回工認モデル | | | | | | 観測 |
| cm/s$^2$ | cm/s$^2$ | cm/s$^2$ | cm/s$^2$ | cm/s$^2$ | cm/s$^2$ | cm/s$^2$ |
| 358 | 539 | 662 | 793 | 915 | 1094 | 653 |
| 321 | - | - | - | - | - | - |
| 283 | - | - | - | - | - | 236 |

第2－3図（3／3）　最大応答加速度分布の比較（上下方向）

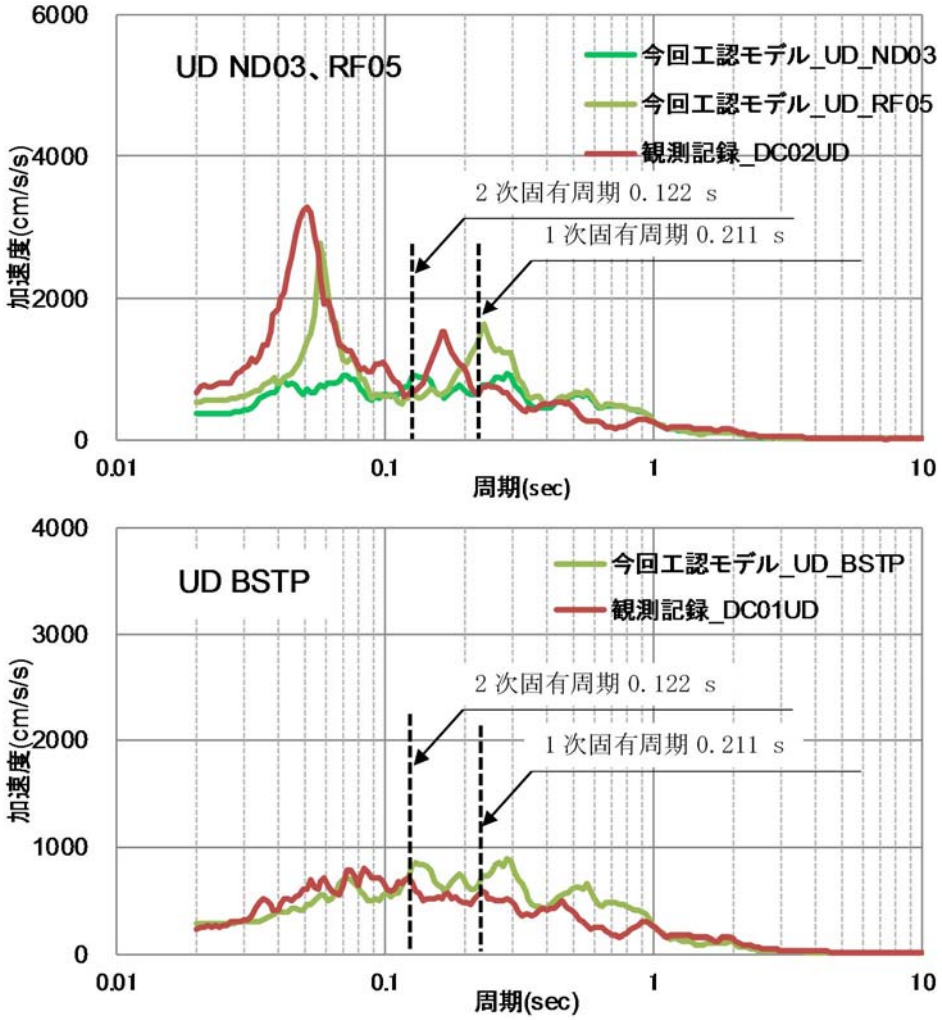




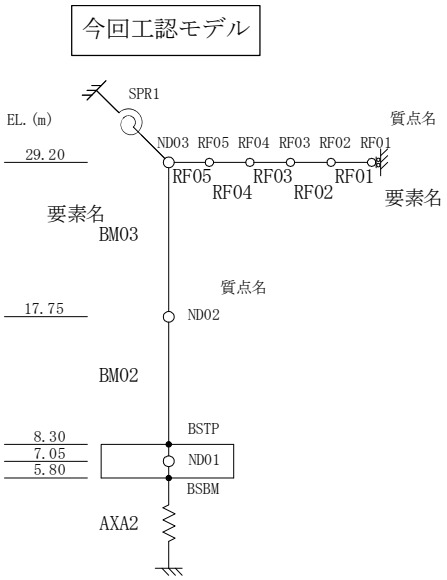

第2－4図（1／3）　床応答スペクトルの比較（ＮＳ方向，ｈ＝5%）




第2－4図（2／3）　床応答スペクトルの比較（ＥＷ方向，ｈ＝5%）




第2－4図（3／3）　床応答スペクトルの比較（上下方向，ｈ＝5%）

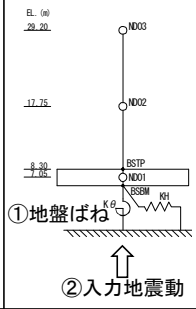
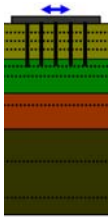
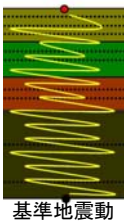
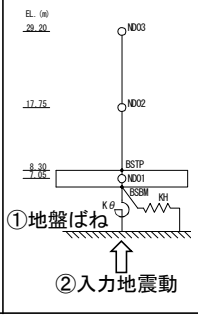
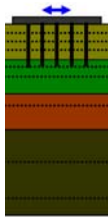
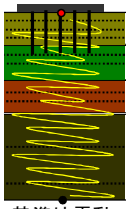


【補足資料３】有効入力動の適用性について

1.　既工認と今回工認における地盤ばね及び入力地震動算出方法の比較

既工認では，杭を考慮した地盤ばね算出に三次元薄層要素法を用いていたが，建屋地震応答解析モデルへの入力動には基礎版底面レベルにおける露頭波を用いていた。三次元薄層要素法とは，水平方向には弾性波動論，深さ方向には有限要素法で定式化した解析手法である。

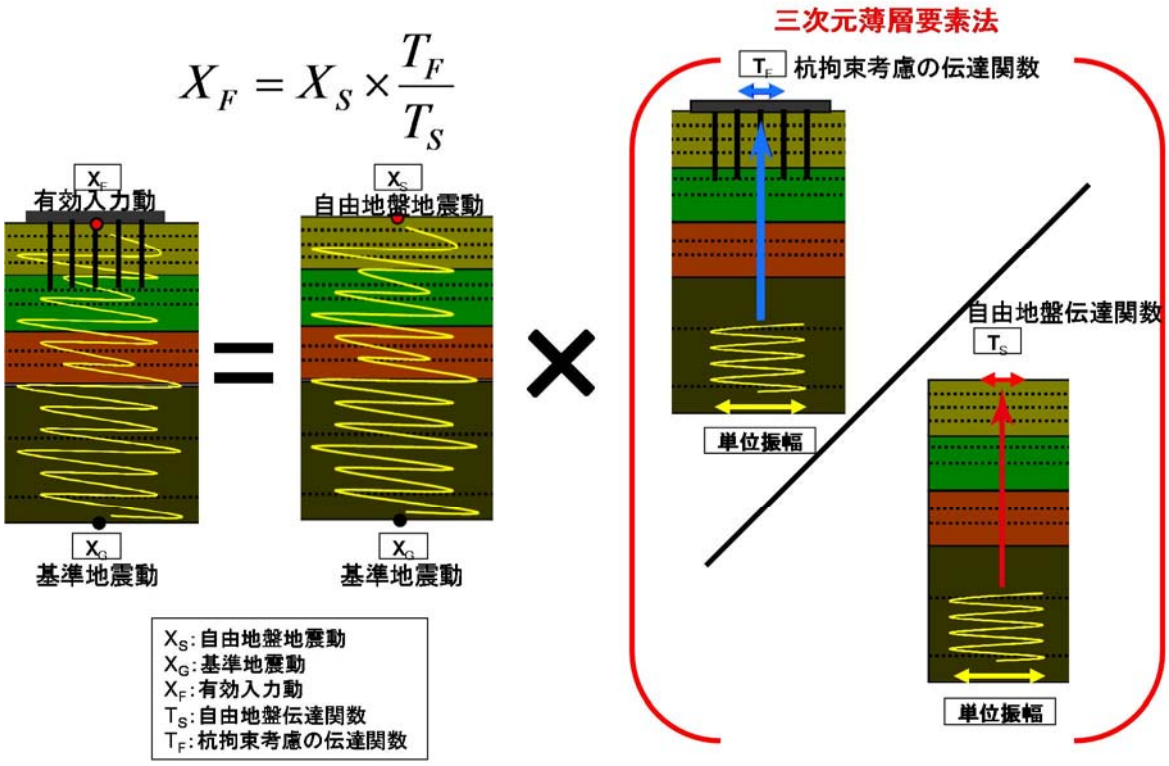
今回工認では，入力地震動評価にも同手法により杭の拘束効果を考慮した基礎版底面レベルにおける有効入力動を用いることにより，地盤ばねの設定との整合を図り，より実状に近い評価とする。第1－1図に既工認と今回工認における地盤ばね及び入力地震動算出方法の比較を示す。

| | 建屋モデル | ①地盤ばね | ②入力地震動 |
|---|---|---|---|
| 既工認 |  | 三次元薄層要素法により杭を考慮した地盤ばねを算出<br>  <br>杭の存在を考慮している範囲 | 一次元波動論により入力地震動を算出<br>自由地盤地震動<br>  <br>基準地震動 |
| 今回工認 |  | 三次元薄層要素法により杭を考慮した地盤ばねを算出<br>  | 三次元薄層要素法により杭の拘束効果を考慮した入力地震動を算出<br>有効入力動<br>  <br>基準地震動 |

第1－1図　既工認と今回工認における地盤ばね及び入力地震動算出方法の比較

2.　三次元薄層要素法による杭の拘束効果を考慮した有効入力動の算出方法

一次元波動論から算出される自由地盤地震動に三次元薄層要素法により算出した伝達関数比率を乗じて杭の拘束効果を考慮した有効入力動を算出する。算出方法を第2－1図に示す。

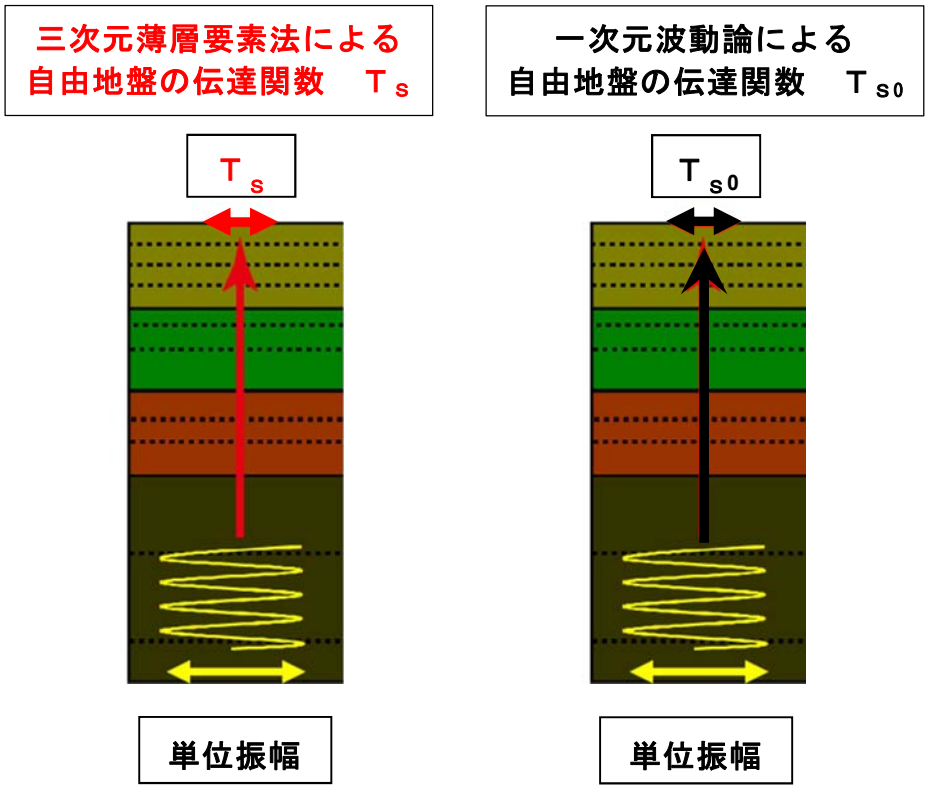



第2－1図　三次元薄層要素法による有効入力動の算出方法

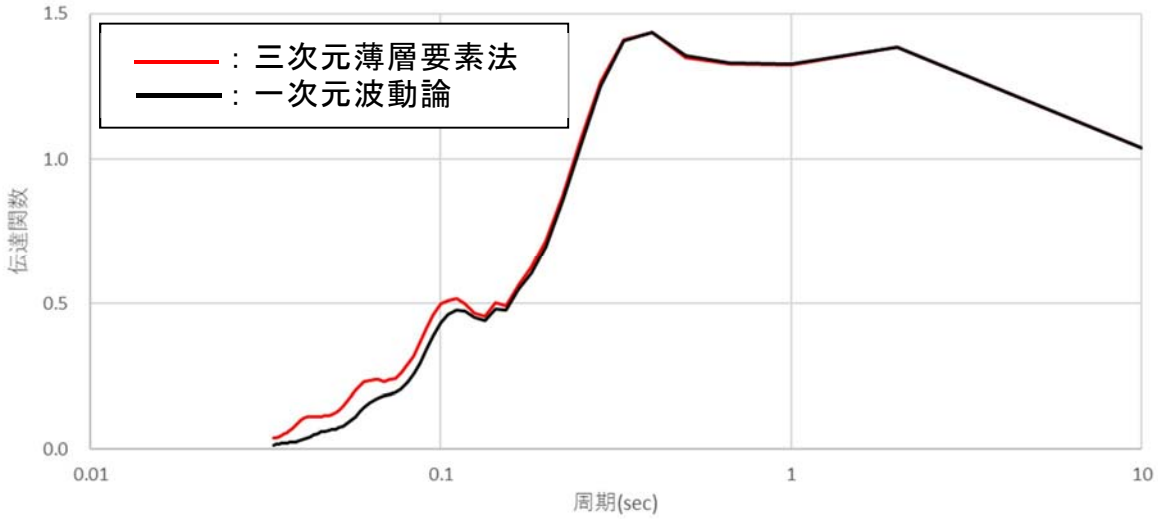
3.　三次元薄層要素法の妥当性確認

三次元薄層要素法による有効入力動の妥当性を規格基準等の記載より確認した。規格基準等には，杭基礎の拘束効果を考慮した有効入力動を設定すること及びその評価に三次元薄層要素法が用いられることが示されている。確認した規格基準等の抜粋を「補足資料４　規格基準等での有効入力動に関する記載」に示す。

また，三次元薄層要素法の妥当性を確認するため，三次元薄層要素法及び一次元波動論より算定した自由地盤の伝達関数を比較した。地盤物性はＳｓ－Ｄ１Ｈによる等価物性を代表として用いた。第3－1図に比較対象概要図，第3－2図に一次元波動論及び三次元薄層要素法による自由地盤の伝達関数を比較して示す。両者同様な結果が得られていることから三次元薄層要素法の妥当性を確認した。




第3－1図　比較対象概要図

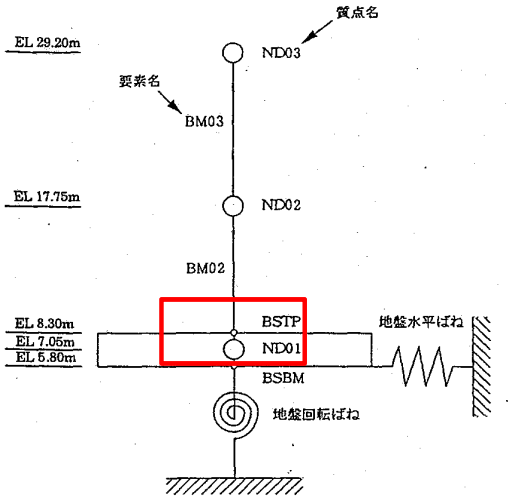


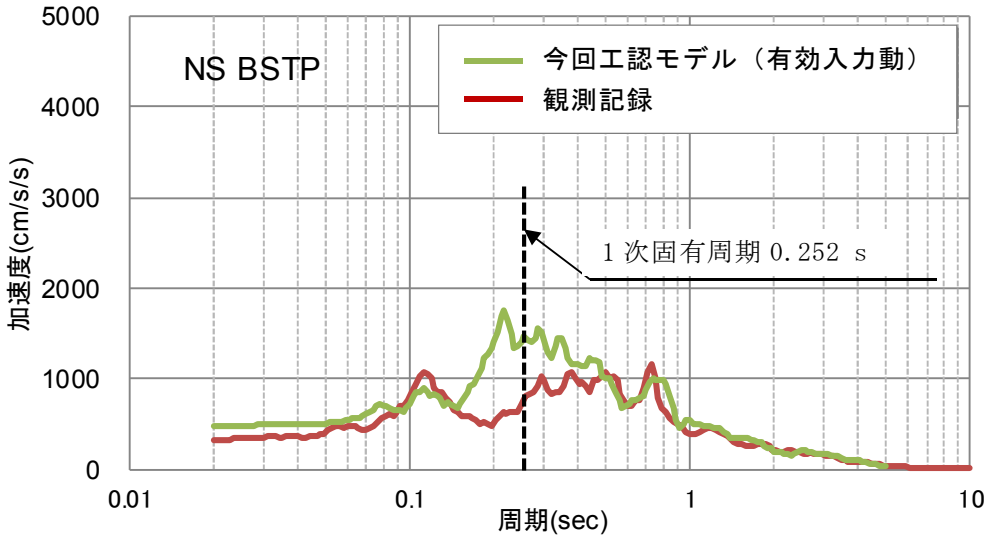

第3－2図　自由地盤伝達関数の比較

4.　杭の拘束効果を考慮した有効入力動の適用性の検討

使用済燃料乾式貯蔵建屋への杭の拘束効果を考慮した有効入力動の適用性を確認するため，東北地方太平洋沖地震の観測記録を用いたシミュレーション解析を行った。地震観測記録と有効入力動を用いた解析結果の基礎上の床応答スペクトルの比較を第4－1図に示す。

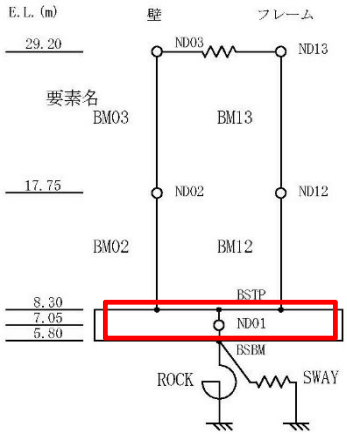
有効入力動を用いた解析結果は，建屋の１次固有周期近傍で観測記録より大きいことより，使用済燃料乾式貯蔵建屋への杭の拘束効果を考慮した有効入力動の適用性を確認した。

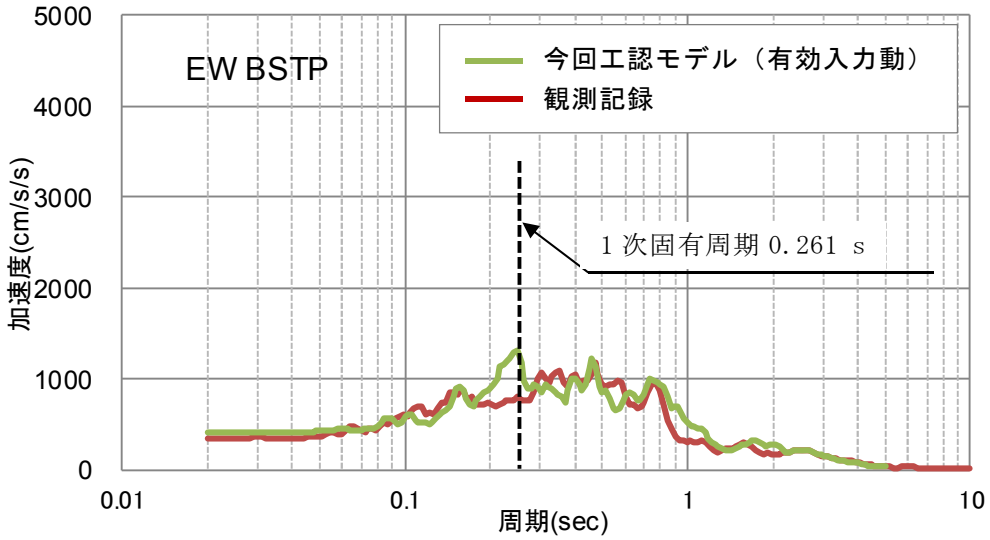



第4－1図（1／3）　床応答スペクトルの比較

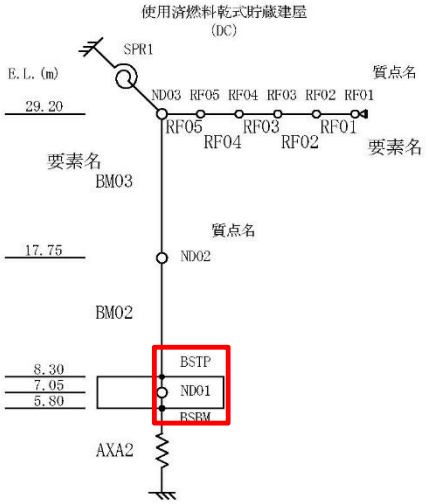
（ＮＳ方向，ｈ＝5%）

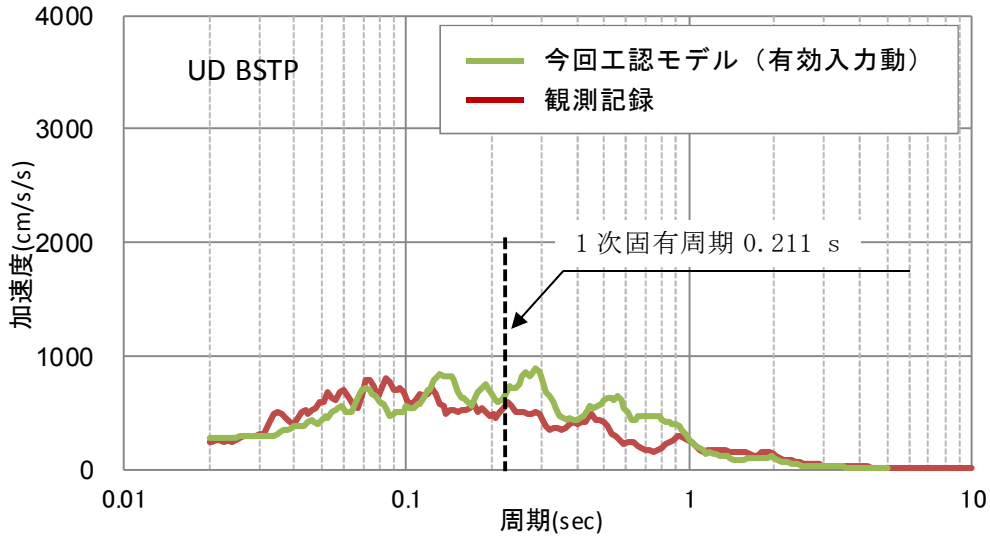



第4－1図（2／3）　床応答スペクトルの比較

（ＥＷ方向，ｈ＝5%）



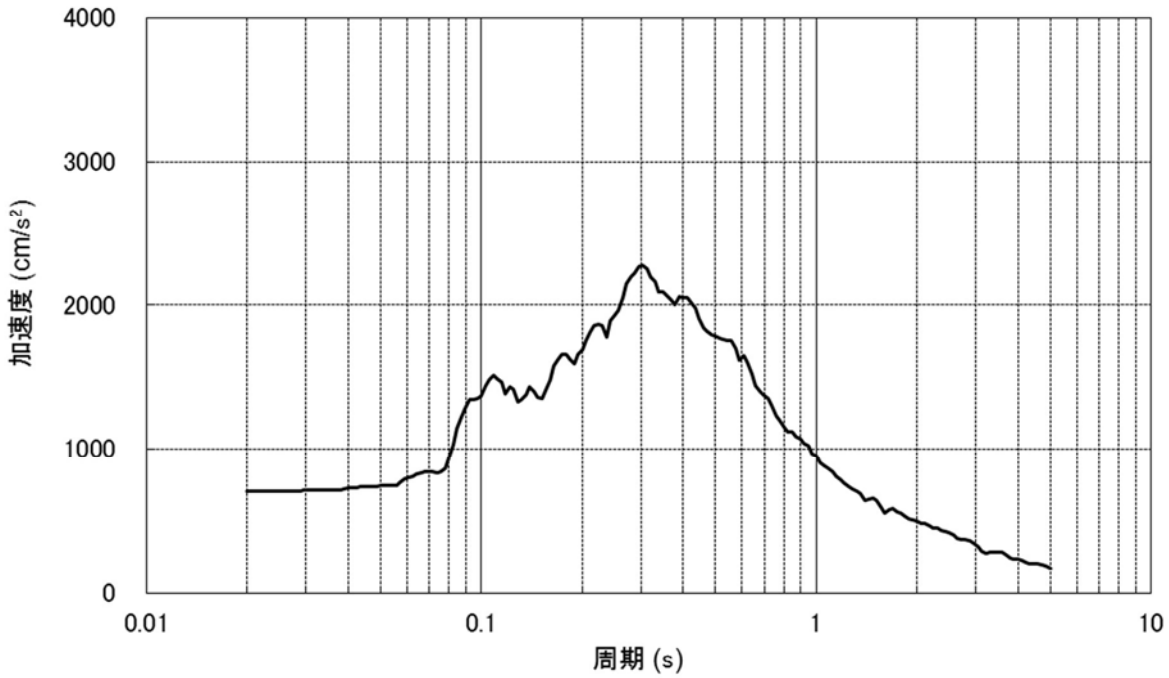

第 4－1 図（3／3）　床応答スペクトルの比較（上下方向，ｈ＝5%）

5.　基準地震動Ｓ$_S$に対する有効入力動と自由地盤地震動の比較

基準地震動Ｓ$_S$に対する杭の拘束効果を考慮した有効入力動を既工認手法による自由地盤地震動と比較を行った。比較は代表として基準地震動Ｓ$_S$－Ｄ１Ｈに対して行った。

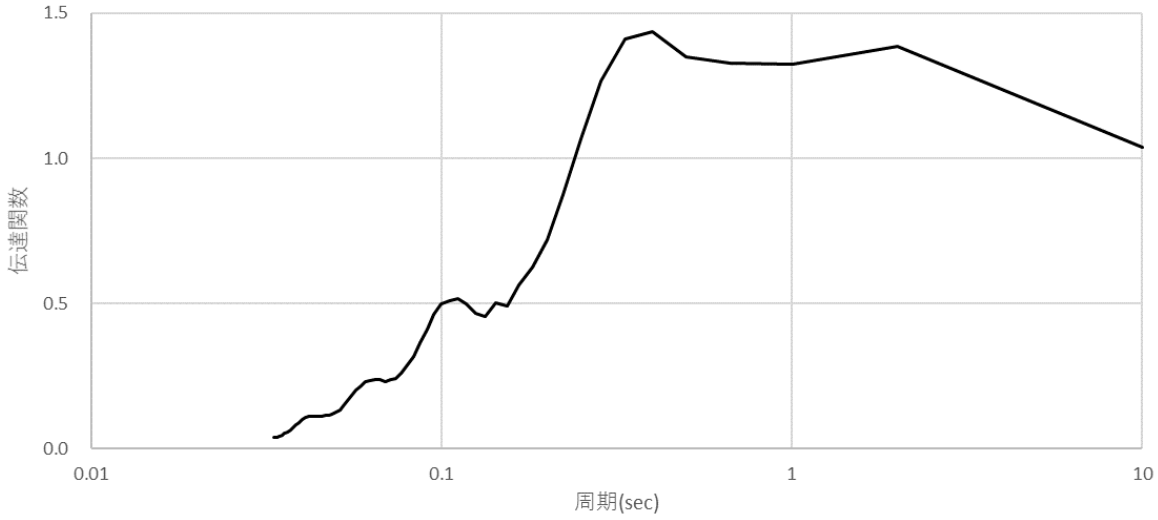
第5－1図に一次元波動論により算定した自由地盤地震動Ｘ$_S$の加速度応答スペクトルを示す。三次元薄層要素法により算定した自由地盤の伝達関数Ｔ$_S$，杭拘束考慮の伝達関数Ｔ$_F$を第5－2図，第5－3図にそれぞれ示す。また，Ｔ$_S$に対するＴ$_F$の比を第5－4図に示す。最終的に算定された，ＮＳ方向及びＥＷ方向の有効入力動の加速度応答スペクトルを自由地盤地震動の加速度応答スペクトルと比較して第5－5図に示す。

杭の拘束効果を考慮した有効入力動は自由地盤地震動よりやや小さいことを確認した。

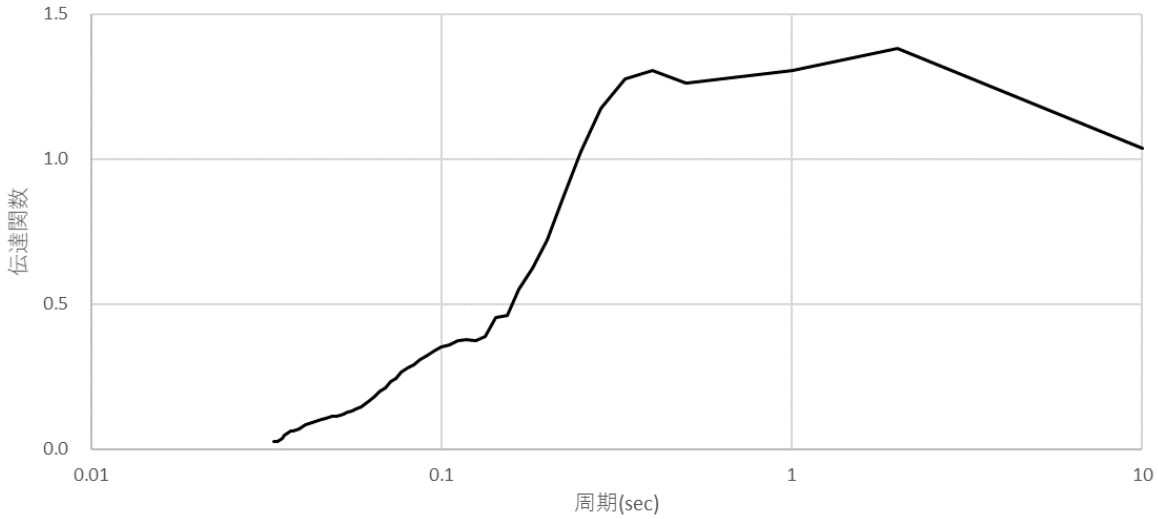



第5－1図　自由地盤地震動（$X_S$）の加速度応答スペクトル

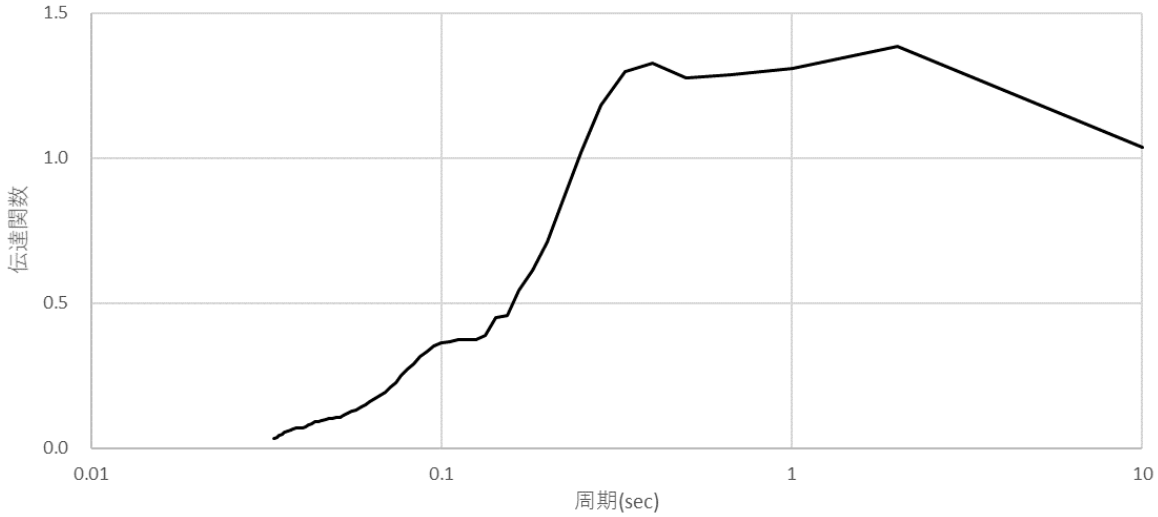
（$S_S$－Ｄ１Ｈ，ｈ＝5%）




第5－2図　自由地盤伝達関数（$T_S$）

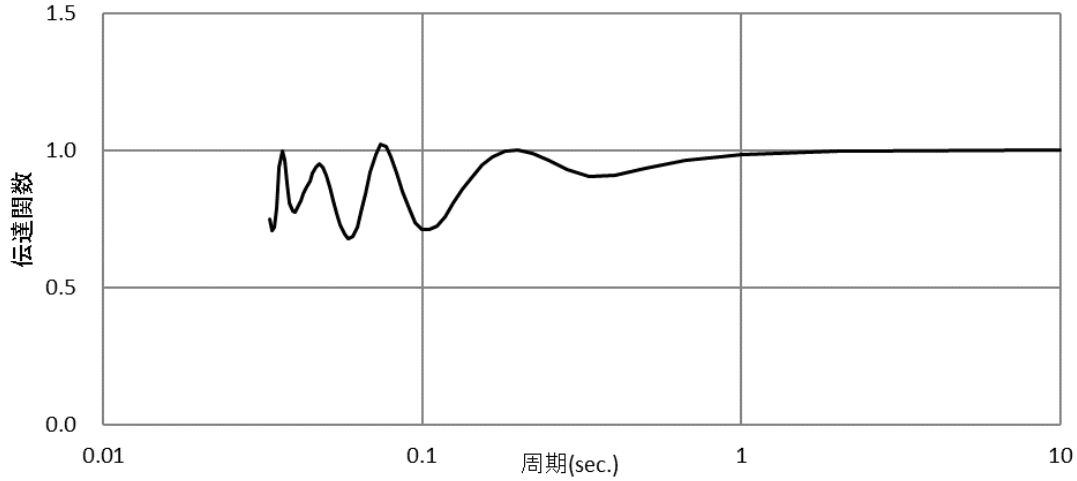



(a)　ＮＳ方向

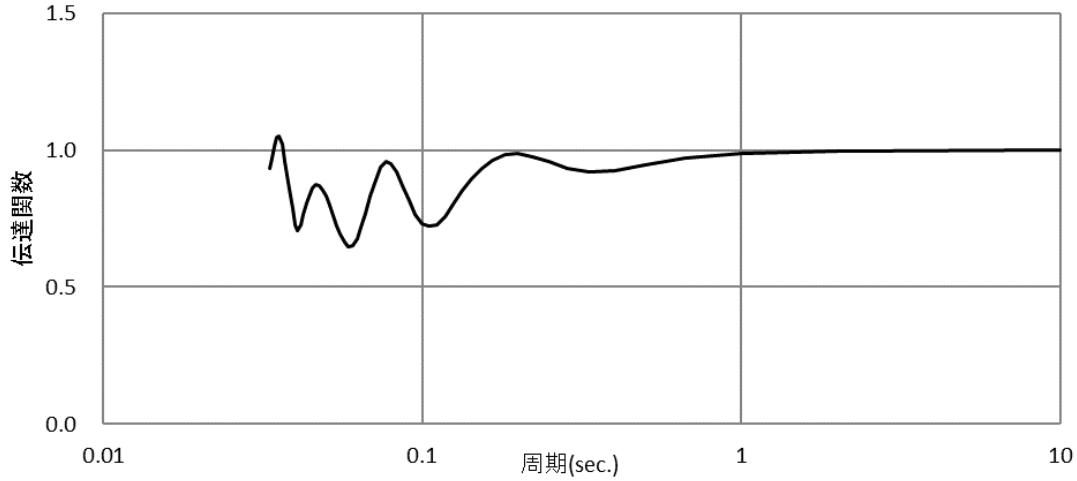



(b)　ＥＷ方向

第5－3図　杭拘束考慮の伝達関数（$T_F$）

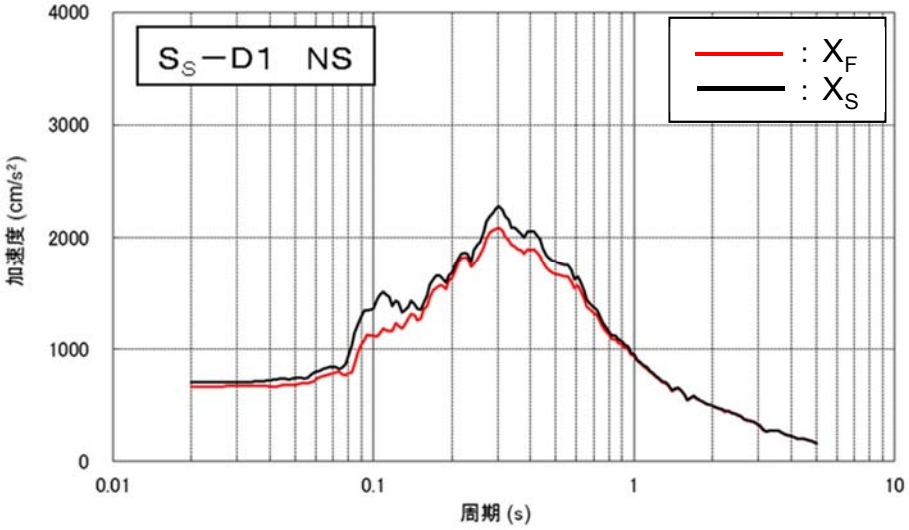



(a)　ＮＳ方向

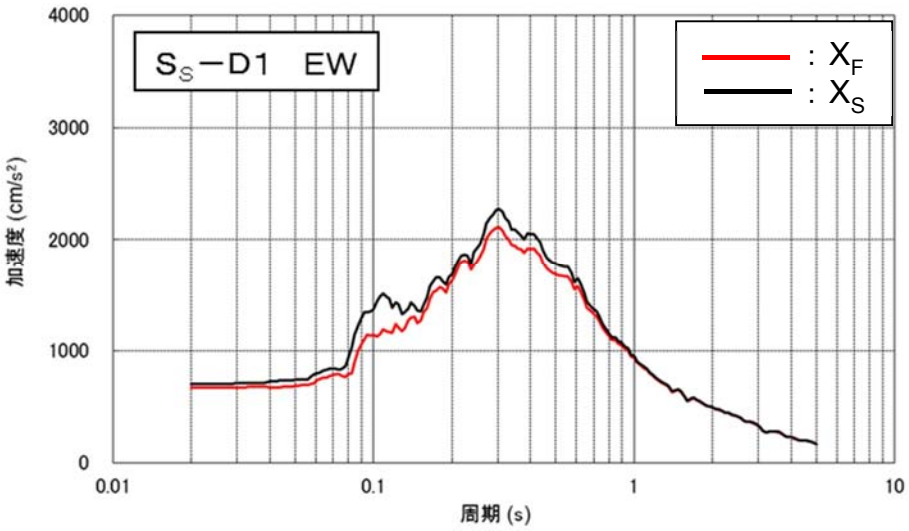



(b)　ＥＷ方向

第5－4図　$T_S$に対する$T_F$の比




(a)　ＮＳ方向




(b)　ＥＷ方向

第 5－5 図　加速度応答スペクトルの比較（ｈ＝5%）

【補足資料４】規格基準等での有効入力動に関する記載

1. ＪＥＡＧ4616-2003 乾式キャスク貯蔵建屋基礎構造の設計に関する技術指針（日本電気協会，2003）

b) FEM モデル

FEM モデルは，一般に地盤及び杭基礎を二次元にモデル化し，杭基礎全体モデルとして応答解析を行う。FEM モデルでは，地盤を平面ひずみ要素，杭を梁要素，建屋を質点系あるいは平面ひずみ要素にモデル化する。また，地盤を軸対称要素，群杭をリング杭要素にモデル化した軸対称 FEM モデル(7.3.2-8)による応答解析も可能である。地盤モデルの側面と底面の境界には，波動エネルギーの逸散を考慮するため，エネルギー伝達境界あるいは粘性境界などを設けて地盤の半無限性を考慮する。FEM モデルでは，群杭と地盤を直接モデル化することが可能であり，群杭効果や埋込み効果を考慮できる。また，液状化対策などの目的で実施する地盤改良の効果を直接取り込むことができる。

杭体や地盤の非線形性は，それぞれの要素に非線形特性を組み込んだモデルによる時刻歴応答解析により考慮する。

なお，二次元 FEM モデルや軸対称 FEM モデルによる解析では，三次元的に配置されている群杭を適切に二次元又は軸対称にモデル化する必要がある。

c) SR モデル

SR モデルでは，建屋を質点系にモデル化し，基礎底面位置に群杭と地盤との動的相互作用を考慮して評価した群杭ばね（水平ばねと回転ばね）を取り付けてモデル化する。基礎底面の群杭ばねは，地盤の成層性と半無限性を考慮した三次元薄層法による加振解などを用いて，群杭効果を考慮して評価することができる。また，杭本数が多本数となる場合には，２本杭の柔性を重ね合わせる方法(7.3.2-9), (7.3.2-10)や群杭係数を用いる方法などの近似解法(7.3.2-11), (7.3.2-12), (7.3.2-13)により求めることができる。貯蔵建屋に埋込みが有る場合の側面地盤ばねは，質点系モデルと同様に Novak の方法などにより評価する。群杭ばねは，基礎スラブを剛体として評価した場合，水平ばね，回転ばね，水平・回転連成ばねの３成分が算定されるが，水平・回転連成ばねの影響は小さいため，通常考慮しなくてもよい。

群杭ばねは，複素数として振動数に依存した形で求められるが，時刻歴応答解析に用いる場合は「原子力発電所耐震設計技術指針 追補版（JEAG 4601）」（日本電気協会）による近似法と同様に，地盤ばねの剛性に相当する実数部は振動数 $\omega=0$ における値，すなわち，振動数に依存しない一定値として取扱うこととする。減衰に相当する虚数部は，建屋連成系の１次振動数 $\omega_1$ における減衰定数 $h_1$ を通る $\omega$ の１次式とする。

SR モデルへの入力動は，原則として，第５章「表層地盤の応答評価」に述べた自由地盤の地震応答解析結果に基づき，基礎底面深さにおける応答波形とする。ただし，群杭による拘束効果や地盤改良の影響などにより建屋への入力動が自由地盤の応答と差を生じる場合には，必要に応じて別途有効入力動を評価することとする。

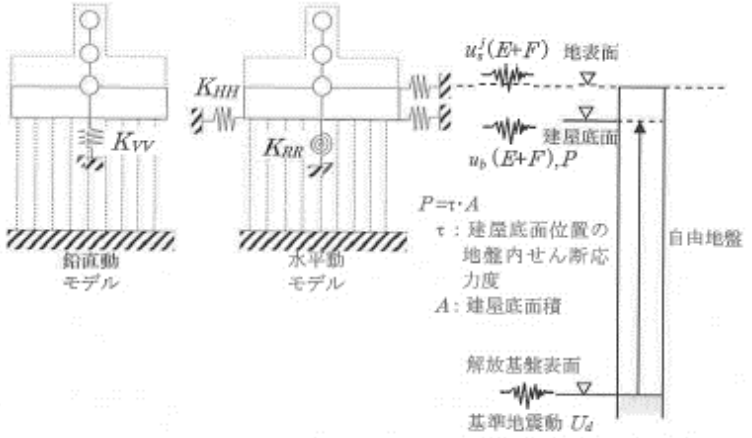
なお，SR モデルによって地震応答解析を行う場合には，杭体の応力と変形は

7－25

2.　ＪＥＡＣ4616-2009 乾式キャスクを用いる使用済燃料中間貯蔵建屋の基礎構造の設計に関する技術規程（日本電気協会，2010）

る。このとき，補正水平力$P$は建屋底面位置における地盤のせん断応力度と建屋底面積との積として求める。

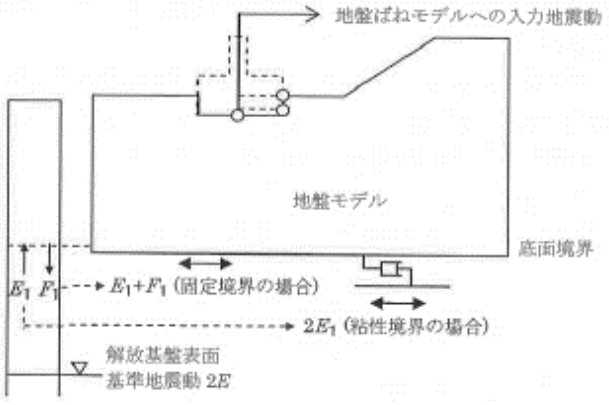
杭応答は，応答変位法により評価する。杭に作用する変動軸力は地震応答解析から得られる建屋の最大応答転倒モーメントを適切な方法により杭位置に配分して求める。杭の最大・最小軸力は，変動軸力に長期荷重による軸力及び鉛直方向の地震応答解析による軸力を組み合わせて評価する。




附図2.6-5　地盤ばねモデルへの入力地震動（一次元波動論による場合）

b）離散系モデルによる場合

FEMモデルに代表される離散系モデルにより地盤ばねモデルへの入力地震動を評価する場合，附図2.6-6に示すように地盤のみの離散化モデルの地震応答解析を行い入力地震動を評価する。地盤ばねモデルへの入力地震動の算定においては水平動，鉛直動の二方向同時入力を原則とする。



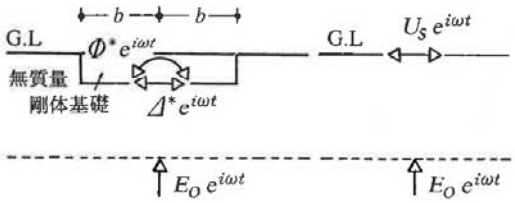

附図2.6-6　地盤ばねモデルへの入力地震動（離散系モデルによる場合）

3.　入門・建物と地盤との動的相互作用（日本建築学会，1996）



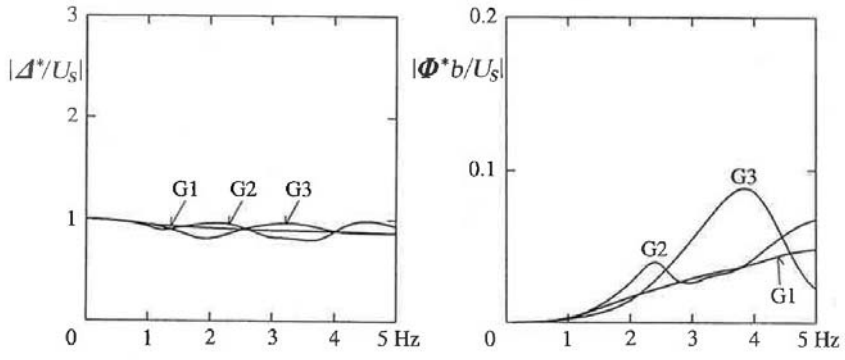
### 3.3.3　基礎入力動

基礎入力動は基礎の剛性が地盤震動を拘束する効果を考慮した建物-基礎系への入力地震動であり，解析的には図3.13に示すごとく入力地震動を受けたときの無質量・剛体基礎の応答として求めることができる．鉛直入射S波 $E_0\exp(i\omega t)$ に対するR1基礎の基礎入力動を図3.14に示す．縦軸は基礎入力動の水平成分 $\Delta^*$ および回転成分 $\Phi^*$ に基礎の半幅 $b$ を掛けた基礎端での上下変位 $\Phi^* b$ を地表面の応答振幅 $U_S$ で基準化した値である．R1基礎は地中梁程度の埋め込みを有する直接基礎であるが，埋め込みのない地表面基礎では水平の基礎入力動は振幅比 $\Delta^*/U_S$ が1で回転成分 $\Phi^*$ はゼロとなる．すなわち，基礎入力動は地表面の応答そのものになる．基礎が若干埋め込まれたことにより，上記の地表面基礎での基礎入力動の特性とは異なり，特に回転成分は振動数が高くなるにつれて大きくなる．水平成分の基礎入力動の振幅比は均質地盤G1においては振動数とともに減少するが，成層地盤G2とG3においては地盤の固有振動数の影響を受けて波打ち，固有振動数付近では谷になる．これは地盤の固有振動数で共振する地盤の応答を基礎が拘束していることに起因する．




(a) 基礎-地盤系　　(b) 地盤系

図3.13　基礎入力動




(a) 水平 $\Delta^*$　　(b) 回転 $\Phi^*$

図3.14　基礎入力動：R1基礎

### 6.3.4 プログラムの流れ

図 6.3.6 に，直接境界要素法による動的相互作用解析プログラムの流れを示し，前 3 項の数式および留意点の参照箇所を位置付けた．まず，問題の定義において地盤物性，基礎形状，ならびに擾乱の種類が定義される．次に，境界要素法の要素積分とマトリックス解の評価が行われ，目的とする動的相互作用基本物理量が求められる．

境界要素積分の評価においては，対象振動数範囲に相応しい要素分割，使用するグリーン関数の選択と評価，ならびに境界要素特異積分および非特異積分の手法の選択が行われる．評価された影響関数（境界積分結果）にマトリックス演算を行う際には，外部問題において発生する内部固有値の取り扱いに注意が必要となる．

## 6.4 薄層要素法

薄層要素法または薄層法とは，弾性地盤における正弦的な波動伝播を求めるのに際し，地盤を水平な薄層に分割して水平方向には均質な連続体とするが，深さ方向には分割面で離散的に扱う方法に対して名付けられたものである[177]．当初，この方法は有限要素法の普及とも関係して，地盤を規則領域と不規則領域とに分けたとき，規則領域の無限の広がりに代わるエネルギー伝達境界の設定に応用されてきた[178)~181)など]．その後，同じ薄層モデルを用いて，任意節面上に正弦的な点加振を与えたときの波動伝播の解が解析的に導きだされた[35),182),183)]．その結果，これを成層地盤のグリーン関数として用いることにより，サブストラクチャー法に基づいた三次元の動的相互作用解析が著しく簡易化されることになった．

一般に，弾性地盤における波動伝播の解は波数に関する無限積分で表され，その数値計算は極めて煩雑となる．しかしながら，薄層法ではこの無限積分が解析的に求められ，解がいわゆる Closed form で与えられる．したがって，計算効率の点で極めて有利となるため，地盤内部に多数の加振源を有する埋込み基礎や群杭の動的相互作用解析に広く適用され，最近では理論地震動の計算にも応用されている[184)~190)など]．本節では，この薄層法について，その基礎方程式と導出される解の最終表現を示し，解の精度を検討して薄層モデル設定の際の注意点を述べる．また，薄層法の適用例として，ここでは群杭の動的相互作用問題をとりあげ，若干の数値解析例を紹介する．

### 6.4.1 薄層モデルにおける加振解

まず，図 6.4.1 のような半無限成層地盤に対し，薄層モデルを以下のように設定する．

1) 地盤の深さ方向にモデル化領域を定め，その成層状況および解析精度を考慮して多数の水平な薄層に分割する．ここに，各薄層は均質とし，層内では深さ方向の変位分布を直線に仮定する．

2) 各薄層節面に対し，その節面番号を地表面より順次 1, 2, …, $N$ と付す．この番号は節面下の層要素についても共用する．

3) 地盤の半無限性を考慮するため，最下層（第 $N$ 層）をダッシュポットまたは半無限要素でモデル化する〔図 6.4.2 参照〕．

（2） 薄層領域の精度

10層モデルを用いて，最下層がダッシュポットの場合と半無限境界の場合について薄層領域による解の精度を検討する．ただし，前述の薄層分割による精度を考え，ここでは$r/H \geqq 3$および$n \geqq 5$をほぼ満足するようにモデルを設定してある．$r/L=1/2$，1の場合について，$\omega L/V_S$を変数として求めた変位関数の比較を図6.4.7に示す．ここでも同様に，せん断波の1波長：$\lambda$とモデル深さ：$L$の関係を考えると，

$$m=\frac{\lambda}{L} \rightarrow \frac{\omega L}{V_S}=\frac{2\pi}{m} \tag{6.4.21}$$

一般の離散化手法では，対象振動数に対してモデル深さを$m=1$程度に選ぶ．そこで，ここでも式（6.4.21）から$0<\omega L/V_S \leqq 6.0$の範囲を対象とし，図の横軸には上記の$m=\lambda/L$も示した．

まず，$r/L$に着目してモデルの設定深さを考えると，図からはダッシュポットモデルの場合に$r/L \leqq 1/2$，半無限境界モデルでは$r/L \leqq 1$となるように薄層領域を設けるのが望ましいといえる．さらにこのとき，ダッシュポットモデルおよび半無限境界モデルとも，水平加振に対しては$m \leqq 4$（$\omega L/V_S \geqq 1.5$），上下加振に対しては少なくとも$m \leqq 2$（$\omega L/V_S \geqq 3.0$）となるように設定することも必要である．結局，ここでも加振点—受振点間距離：$r$とせん断波の1波長：$\lambda$の両者に対するバランスが問題となる．

（3） 薄層モデルの設定方法

以上の精度検討をまとめると，薄層モデルを設定する際の指標として，薄層分割については表6.4.1が，薄層領域については表6.4.2が提唱できよう．もちろん，現実の地盤は層序が複雑なこともあって，このように単純には設定できない場合もある．しかしながら，同表は薄層モデル設定の際のめやすになろう．

表6.4.1 薄層分割（分割層厚）の設定指標

| $r/H$ | | $\lambda/H$ ($\omega H/V_S$) | |
|---|---|---|---|
| 少なくとも | できれば | 少なくとも | できれば |
| >3 | ≧4 | >5 (≦1.25) | ≧6 (≦1.0) |

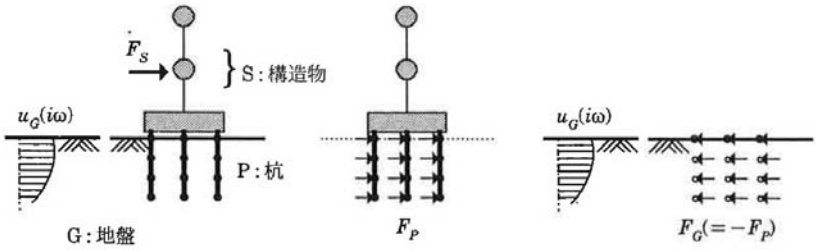
表6.4.2 薄層領域（モデル深さ）の設定指標

| $r/L$ | | $\lambda/L$ ($\omega L/V_S$) | |
|---|---|---|---|
| ダッシュポット | 半無限境界 | 水平加振 | 上下加振 |
| ≦1/2 | ≦1 | ≦4 (≧1.5) | ≦2 (≧3.0) |

### 6.4.4 薄層モデルによる群杭の動的相互作用解析

計算効率や成層地盤への適用性などにより，薄層モデルは埋込み基礎や杭基礎の三次元動的相互作用解析に広く用いられている．ここでは，最近注目されている群杭の動的相互作用解析について数値計算例を紹介する．

いま，図6.4.8（a）のような構造物—杭—地盤系を考え，サブストラクチャー法を適用して同




(a) 構造物—杭—地盤系　(b) 構造物—杭系　(c) 地盤系

図6.4.8 サブストラクチャー法による構造物—杭系と地盤系の分離

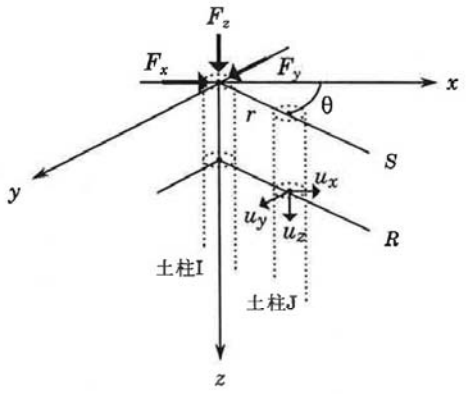



図6.4.9 地盤系における加振力と変位の関係

図（b），（c）のように構造物—杭系と地盤系に分離する．分離にあたっては，容積法を採用するのがこの場合には便利である．まず，同図（c）の地盤系に着目して薄層モデルを設定し，杭と地盤とが連続する節点を薄層節面上に設ける．このように空間的に分布された節点群に対し，先の薄層解を適用して変位と加振力の関係式を求める．このとき，図6.4.9を参照して，杭と置き換わるすべての土柱に対し $I \neq J$ の場合には式(6.4.8)を，$I=J$ の場合には式(6.4.11)または式(6.4.13)を適用すると，変位と加振力の関係は次式で表す．

$$\begin{Bmatrix} \{u_x\} \\ \{u_y\} \\ \{u_z\} \end{Bmatrix} = [A(i\omega)] \begin{Bmatrix} \{F_x\} \\ \{F_y\} \\ \{F_z\} \end{Bmatrix} \tag{6.4.22}$$

または，これを簡単に $\{u\}=[A]\{F\}$ と表す．この関係式が求められていれば，以後はサブストラクチャー法に従い定式化すればよい．すなわち，図6.4.8を参照して相互作用力：$F_P$，$F_G$ の釣合い条件と変位の連続条件を考慮すると，最終的な運動方程式は以下のように導かれる．

$$\left( \begin{bmatrix} [K_{SS}] & [K_{SP}] \\ [K_{PS}] & [K_{PP}]-[K_{PP}^G]+[A]^{-1} \end{bmatrix} - \omega^2 \begin{bmatrix} [M_S] & \\ & [M_P]-[M_P^G] \end{bmatrix} \right) \begin{Bmatrix} \{u_S\} \\ \{u_P\} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \{F_S\} \\ \{F^*\} \end{Bmatrix} \tag{6.4.23}$$

ここに，

$$\{F^*\}=[A]^{-1}\{u_G\}$$

ただし，$[K_{SS}]$，$[K_{PP}]$,...および $[M_S]$，$[M_P]$,...は，それぞれ構造物：$S$ と杭：$P$ の離散化表示による剛性マトリックスと質量マトリックスを意味する．とくに，$[K_{PP}^G]$ と $[M_P^G]$ は杭と同体積の土柱の剛性マトリックスと質量マトリックスを表す．また，$\{F_S\}$ は構造物に外部から作用する加振力ベクトルで，$\{F^*\}$ は地震時に杭に作用するドライビングフォースベクトルである．構造物—杭—地盤系の解析では，式（6.4.23）の運動方程式が基本となる．例えば，群杭の動特性を論じるうえで重要な杭基礎のインピーダンスは，式（6.4.23）で構造物を無質量剛体とし，その上で加振問題（$\{F^*\}=\{0\}$）を解けばよい．また，同様に杭基礎の入力動は，同式で入射問題（$\{F_S\}=\{0\}$）を解けばよい．

数値例[195]として，杭径：$B$ に対する杭中心間隔：$S$ の比が $S/B=2.5$ の場合について，杭本数：$N$ をパラメーターに求めた群杭の水平インピーダンスを図 6.4.10 に示す．同図には参考のため単

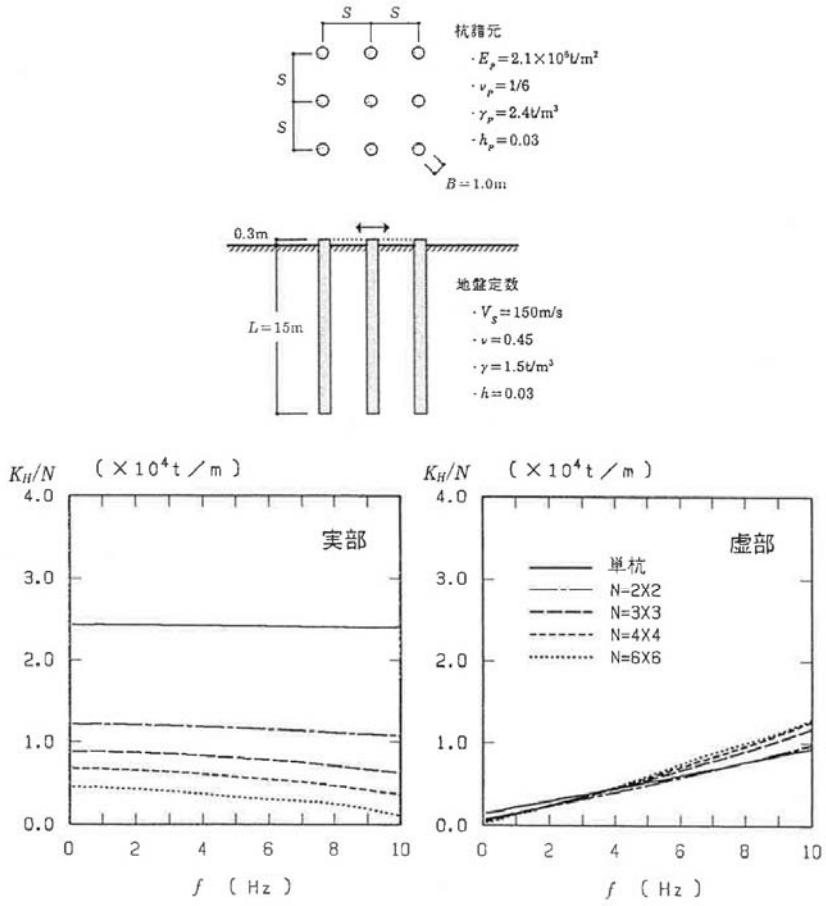



図 6.4.10 群杭の水平インピーダンス（杭間隔比：$S/B=2.5$）

4. 建物と地盤の動的相互作用を考慮した応答解析と耐震設計（日本建築学会，2006）

**1.2.3 慣性の相互作用と入力の相互作用**

相互作用を理解するには，図1.2.4に示すように，建物と地盤とを分離して考えると分かりやすい．この考え方は，後に，動的サブストラクチャー法として解説されているが，ここでは導入部としてその概要を示しておく．

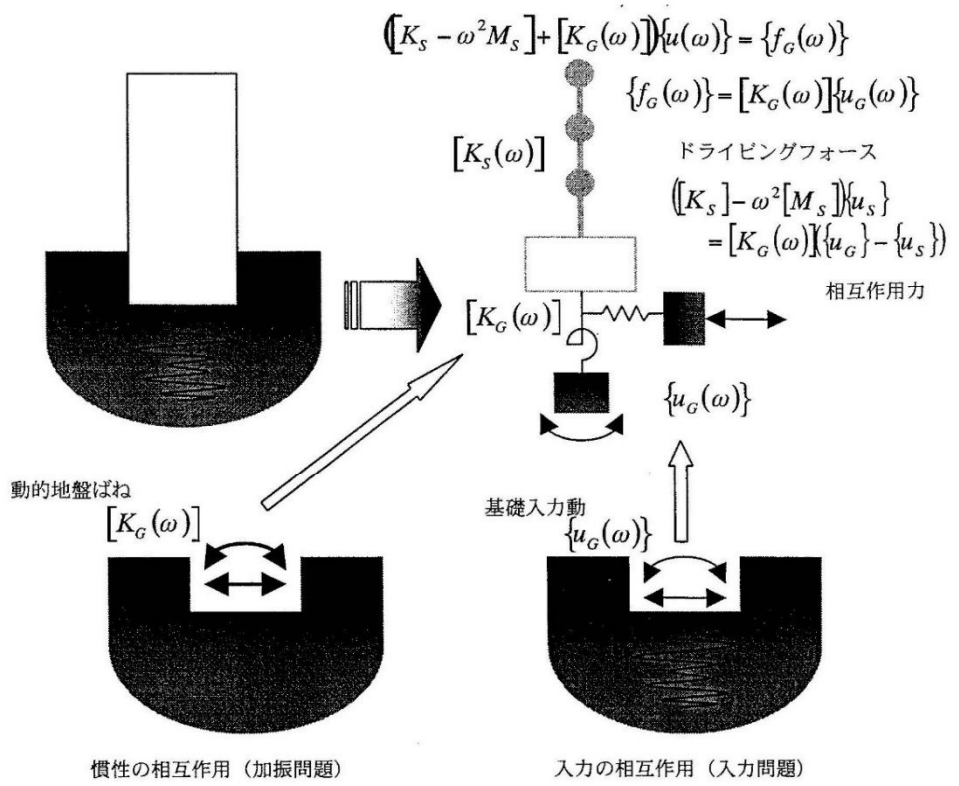



**図 1.2.4 建物と地盤とを分離した解析**

まず，建物が存在しない状態（建物部を切り欠いた地盤）を想定する．このときの建物と地盤との境界部での力－変位関係を，「動的地盤ばね」と呼んでいる（相互作用ばね，インピーダンスなどとも呼ぶ）．また，地震動が入射したときの建物－地盤境界部での動きを，「基礎入力動」と呼んでいる．基礎入力動は，地盤ばねを介して建物に作用する入力地震動に相当する．動的地盤ばねと基礎入力動を求める問題を，それぞれ，「加振問題」，「入力問題」と呼び，それぞれの相互作用効果を「慣性の相互作用」，「入力の相互作用」と呼ぶ．上に示した地盤ばねや地下逸散減衰は慣性の相互作用効果の一つ，入力損失は入力の相互作用効果の一つである．

動的地盤ばねと基礎入力動の積は「ドライビングフォース」と呼ばれる．ドライビングフォースは，地震動が入射したことによって生じた建物－地盤境界部の変位を，元に戻すために必要となる力である．この力が，作用・反作用の関係で上部構造に作用することになる．

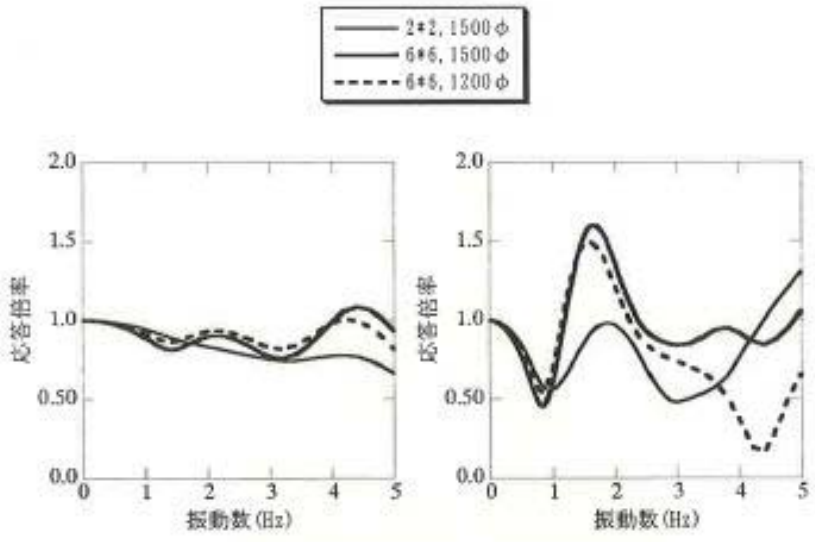
したがって，上部構造物の運動方程式には，剛性行列に動的地盤ばねが加わり，外力ベクトルにドライビングフォースが与えられることになる．動的地盤ばねは，建物の存在の有無による変位差（基礎の応答変位と基礎入力動との相対変位）に比例した抵抗力を生み出す．これが建物と地盤との間でやりとりされる「相互作用力」である．

## 6.4　基礎入力動の評価

### 6.4.1　杭基礎の基礎入力動の特徴

杭基礎建物の入力動は，直接基礎のように表層地盤の地表面応答波がそのまま上部構造に入力されるのではなく，地盤内に存在する群杭が表層地盤の挙動を拘束するため，自由地盤の応答波とは異なる．図 6.4.1 は薄層法を用いて求めた杭基礎の基礎入力動を，自由地表面の応答に対する比（応答倍率）として示している．地盤モデルは 3 章の図 3.3.3 に示した地盤-2 の地盤モデル（支持層 GL-25m）であり，液状化層がない場合と考慮した場合である．杭径は 1200mm と 1500mm，杭間距離は 6m とし，杭本数は 2×2=4 本と 6×6=36 本としている．

地盤の 1 次固有振動数に相当する 1Hz 以下の低振動数では，基礎入力動の振幅は自由地表面を下回り，いわゆる「入力損失効果」が見られる．その低減効果は，群杭が表層地盤の挙動を拘束する効果に応じて杭本数が多く，杭径が大きくなるほど大きくなる．また液状化層を考慮した地盤では入力損失効果が顕著に見られるが，杭本数が多い杭基礎では 2Hz 付近の高振動数域で自由地盤に比べ大きくなる場合がある．これは，液状化層をもつ自由地盤では地盤の非線形化による減衰効果により増幅が抑えられるのに対し，杭基礎では杭の支持層地盤から直接杭体を伝わり上部構造に入力する地震動成分があるためである．このような杭基礎への基礎入力動の性状は，群杭効果と同様に杭径，杭長，杭間距離，地盤剛性によって異なる．杭基礎と上部構造をモデル化した一体型モデルを用いた応答解析ではこのような基礎入力動の影響は自動的に考慮されるが，分離型モデルでは別途基礎入力動を評価して SR モデルに入力する必要がある．




(a)　液状化層が無い場合　　(b)　液状化層を考慮した場合

図 6.4.1　自由地表面の応答に対する杭基礎の基礎入力動の比

別紙－１０

# 東海第二発電所

# 液状化影響の検討方針について

目次

1. 液状化影響評価の検討方針の概要 ・・・3
2. 敷地の地質について ・・・6
3. 液状化検討対象層の抽出 ・・・20
3.1 液状化検討対象層の抽出
3.2 Ac 層の液状化強度試験結果
4. 液状化強度試験箇所とその代表性 ・・・35
4.1 液状化強度試験箇所の選定
4.2 液状化強度試験箇所の代表性
4.3 室内液状化強度試験結果の $R_{L20}$ と道路橋示方書式による $R_L$ との比較検討
4.4 基準地震動Ｓ$_S$に対する液状化強度試験の有効性
5. 施設毎の液状化影響検討の組合せ ・・・63
6. 有効応力解析の検討方針 ・・・69
7. 液状化強度特性（豊浦標準砂）の仮定 ・・・82
8. 設置許可基準規則第三条第 1 項，第 2 項に対する条文適合方針について ・・・86
9. 参考資料
9.1 地下水位観測データについて ・・・88
9.2 土槽振動実験の再現シミュレーションについて ・・・94

1.　液状化影響評価の検討方針の概要

第 1.1.1 図に液状化影響評価のフローを示す。

東海第二発電所の液状化影響評価については道路橋示方書を基本とし，道路橋示方書では液状化検討対象外とされている G.L.－20m 以深及び更新統についても液状化検討対象層として扱う。

原地盤の各液状化検討対象層に対する試験結果に基づき，液状化強度特性を設定し，有効応力解析によって構造物への影響評価を実施する。設定する原地盤の各液状化検討対象層の液状化強度特性は試験データのバラツキを考慮し，液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と，その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差を用いて適切に設定する。

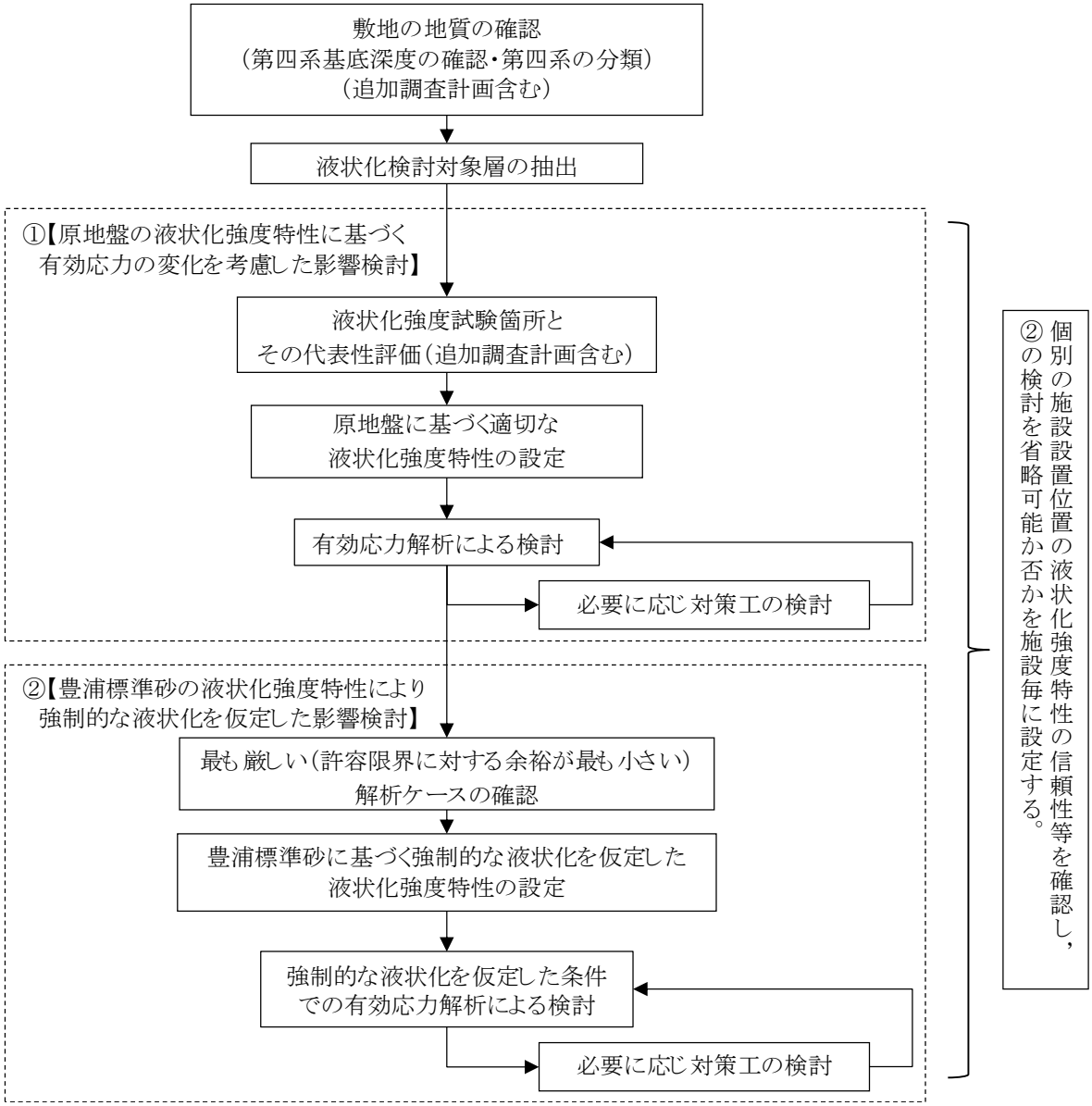
耐震重要施設等※1 の耐震設計において液状化影響の検討を行う場合は，原地盤に基づく液状化強度特性を用いて基準地震動Ｓｓに対する有効応力解析による検討（①）を行うことを基本とし，更に，当該検討において最も厳しい（許容限界に対する余裕が最も小さい）解析ケースに対して，豊浦標準砂※2 の液状化強度特性により強制的な液状化を仮定した有効応力解析による検討（②）を追加で行う。上記の検討の組合せは，個別の施設設置位置の液状化強度特性の信頼性等を検討し，施設毎に設定する。

第 1.1.2 図に原地盤に基づく液状化強度特性と豊浦標準砂を仮定した液状化強度特性の比較を示す。豊浦標準砂の液状化強度特性は原地盤に基づく液状化強度特性の全てを包含している。豊浦標準砂は，敷地に存在しないものであるが，極めて液状化しやすい液状化強度特性を有していることから，豊浦標準砂の液状化強度特性を仮定した有効応力解析は，強制的に液状化させることを仮定した影響

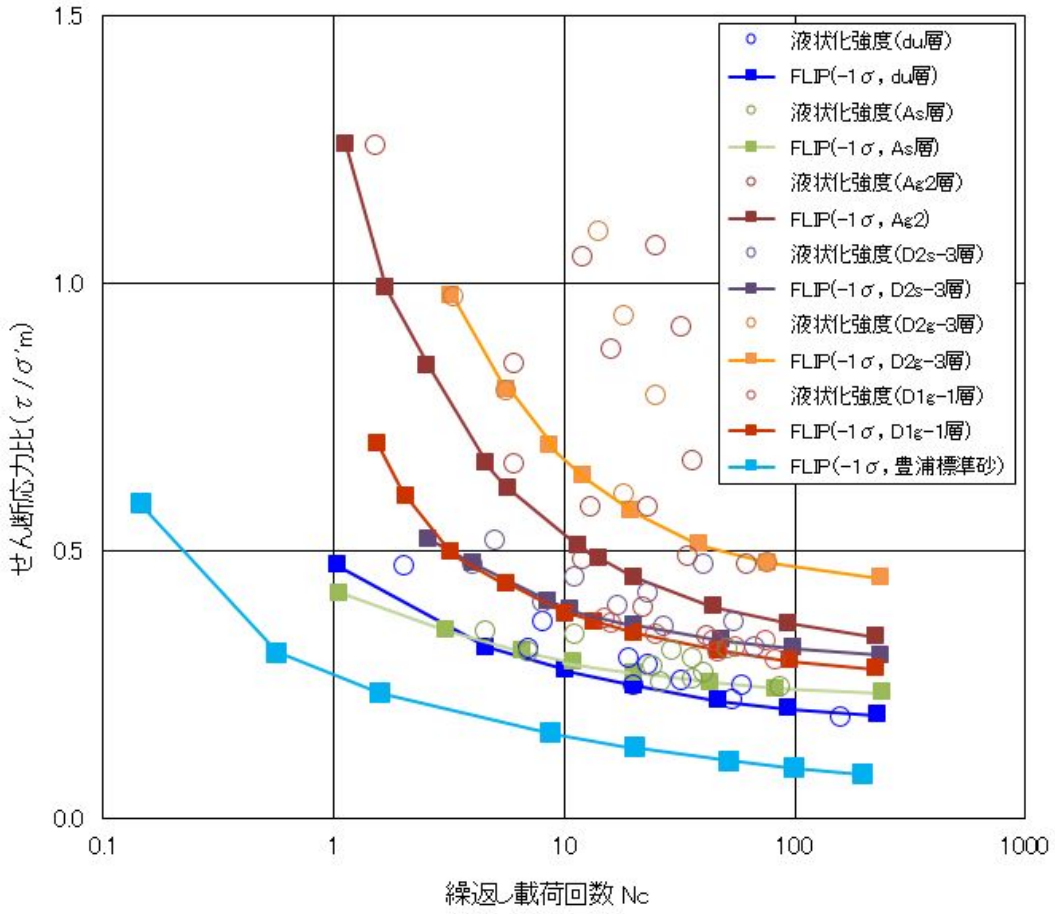
評価となる。

※1：常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設を除く）

※2：豊浦標準砂は，山口県豊浦で産出される天然の珪砂であり，敷地には存在しないものである。豊浦標準砂は，淡黄色の丸みのある粒から成り，粒度が揃い均質で非常に液状化しやすい特性を有していることから，液状化強度特性に関する研究等における実験などで多く用いられている。




第 1.1.1 図　液状化影響評価のフロー




第 1.1.2 図　原地盤に基づく液状化強度特性と豊浦標準砂を仮定した液状化強度特性の比較

2. 敷地の地質について

敷地の地質層序を第 2.1.1 表に示す。敷地の地質は，下位から先白亜系の日立古生層(日立変成岩類)，白亜系の那珂湊層群，新第三系の離山層，新第三系鮮新統～第四系下部更新統の久米層，第四系更新統の東茨城層群及び段丘堆積物，第四系完新統の沖積層及び砂丘砂層からなる。

敷地の地質・地質構評価に係る地質調査のうち，ボーリング調査位置図を第 2.1.1 図に，敷地の地質平面図を第 2.1.2 図に示す。敷地に分布する地層のうち，最下位の日立古生層(日立変成岩類)は硬質な泥岩，砂岩及び礫岩からなる。那珂湊層群は硬質な泥岩，砂岩及び礫岩からなる。離山層は泥岩，凝灰岩からなる。久米層は砂質泥岩を主としている。東茨城層群と段丘堆積物は砂礫，砂及びシルトからなり，沖積層は粘土を主として砂及び礫混じり砂を挟む。各層は不整合関係で接している。砂丘砂層は均質な細～中粒砂からなり，敷地全体に広く分布する。

敷地の第四系の主な層相及び代表的なコア写真の拡大を第 2.1.2 表に示す。以降，敷地の第四系をこの層相に基づき区分する。

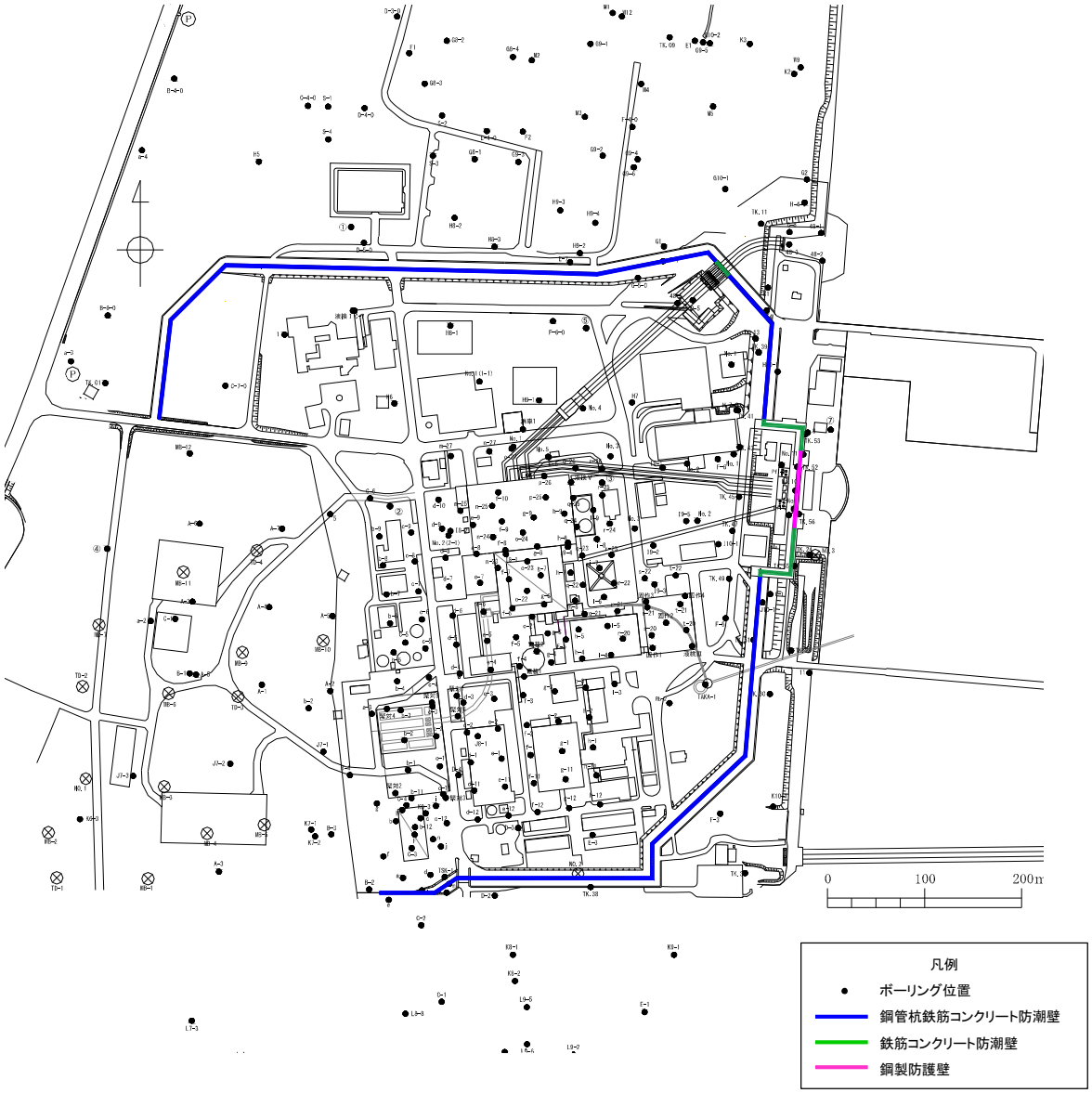
敷地の地質断面図を第 2.1.3 図に示す。敷地には，敷地全域にわたって新第三系鮮新統～第四系下部更新統の久米層が分布し，その上位に第四系更新統の段丘堆積物，第四系完新統の沖積層及び砂丘砂層が分布する。

防潮堤設置位置の地質断面図を第 2.1.4 図～第 2.1.6 図に示す。地質断面図は，断面線から最も近いボーリング調査の結果を重視するとともに，周辺のボーリング調査で確認された地層の走向・傾斜や分布の連続性を加味して作成した。

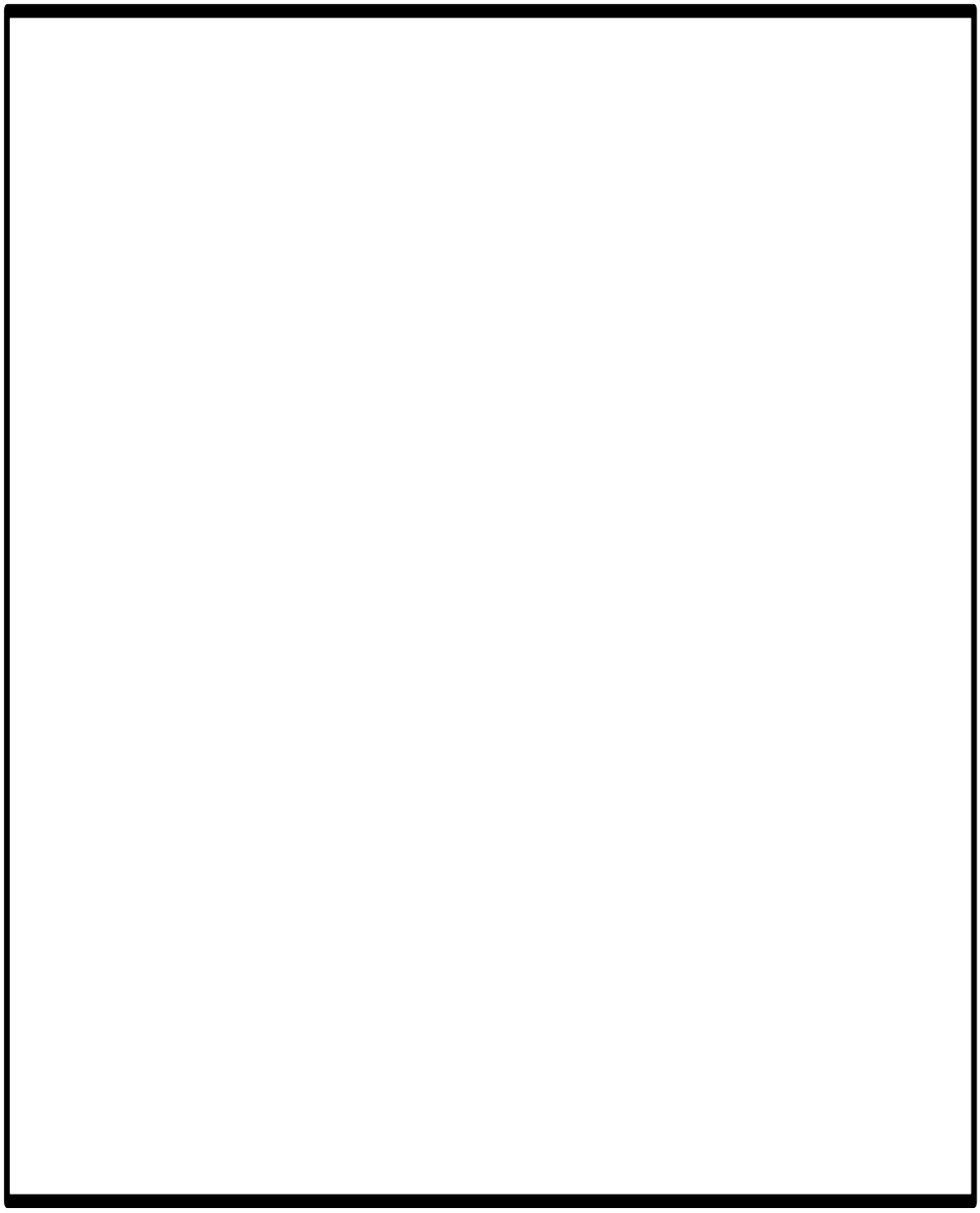
今後，追加ボーリング調査等を行い，第四系の地質構造，岩盤上面深度等について詳細に確認を行い，詳細設計にて用いられる地盤条件の精査をしていく。追加ボーリング調査計画を第 2.1.7～2.1.10 図に示す。

# 第 2.1.1 表　地質層序

| 年代層序区分 | | | 地層区分 | 地質記号 | | 主な層相 | | 備　考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 新生界 | 第四系 | 完新統 | 砂丘砂層 | du | | 灰褐色～黄灰色の砂～中粒砂 | | 敷地全体に広く分布する。 |
| | | | 沖積層 | al | Ag2 | 砂礫 | 暗青灰色～灰褐色の粘土・砂<br>灰褐色～黄褐色の礫混じり砂 | 最上位の砂層は敷地全体に広く分布する。<br>久慈川が侵食した凹状の谷を埋めて分布する。 |
| | | | | | Ac | 粘土 | | |
| | | | | | As | 砂 | | |
| | | | | | Ag1 | 砂礫 | | |
| | | 更新統 | 段丘堆積物 | D2 | D2c-3 | シルト | 黄褐色～青灰色の砂礫・砂・シルト | 敷地南部に分布する。<br>敷地周辺のL1段丘堆積物に対比される。<br>シルト層中の炭物質の年代：<br>40,830±2,670年BP～48,330±年BPオーバー<br>（14C年代測定法） |
| | | | | | D2s-3 | 砂 | | |
| | | | | | D2g-3 | 砂礫 | | |
| | | | | | D2c-2 | シルト | | |
| | | | | | D2g-2 | 砂礫 | | |
| | | | | D1 | lm | ローム | | 敷地南西部に分布する。<br>敷地周辺のM2段丘堆積物に対比される。<br>本層上部に分布する風化火山灰層に含まれる<br>テフラの年代：<br>・赤城鹿沼テフラ　＞45,000年BP<br>・赤城水沼1テフラ　55,000年BP～60,000BP |
| | | | | | D1c-1 | シルト | | |
| | | | | | D1g-1 | 砂礫 | | |
| | | | 東茨城層群 | Hi | | 暗灰色～褐色の砂及びシルト<br>灰褐色～青灰色の砂礫 | | 敷地西部のごく一部に分布する。 |
| | 新第三系 | 鮮新統 | 久米層 | Km | | 暗オリーブ灰色の砂質泥岩 | | 敷地全体に広く分布する。<br>原子炉建屋等の基礎岩盤である。 |
| | | | 離山層 | Hn | | 泥岩・凝灰岩 | | 敷地では北部を中心に久米層の下位に認められる。 |
| 白亜系 | | | 那珂湊層群 | Nk | | 泥岩・砂岩 | | 敷地全体で久米層，離山層の下位に認められる。 |
| 先白亜系 | | | 日立古生層<br>（日立変成岩類） | Hp | | 泥岩・砂岩・礫岩 | | 1孔のボーリングで那珂湊層群の下位に認められる。 |




第 2.1.1 図　ボーリング調査位置図

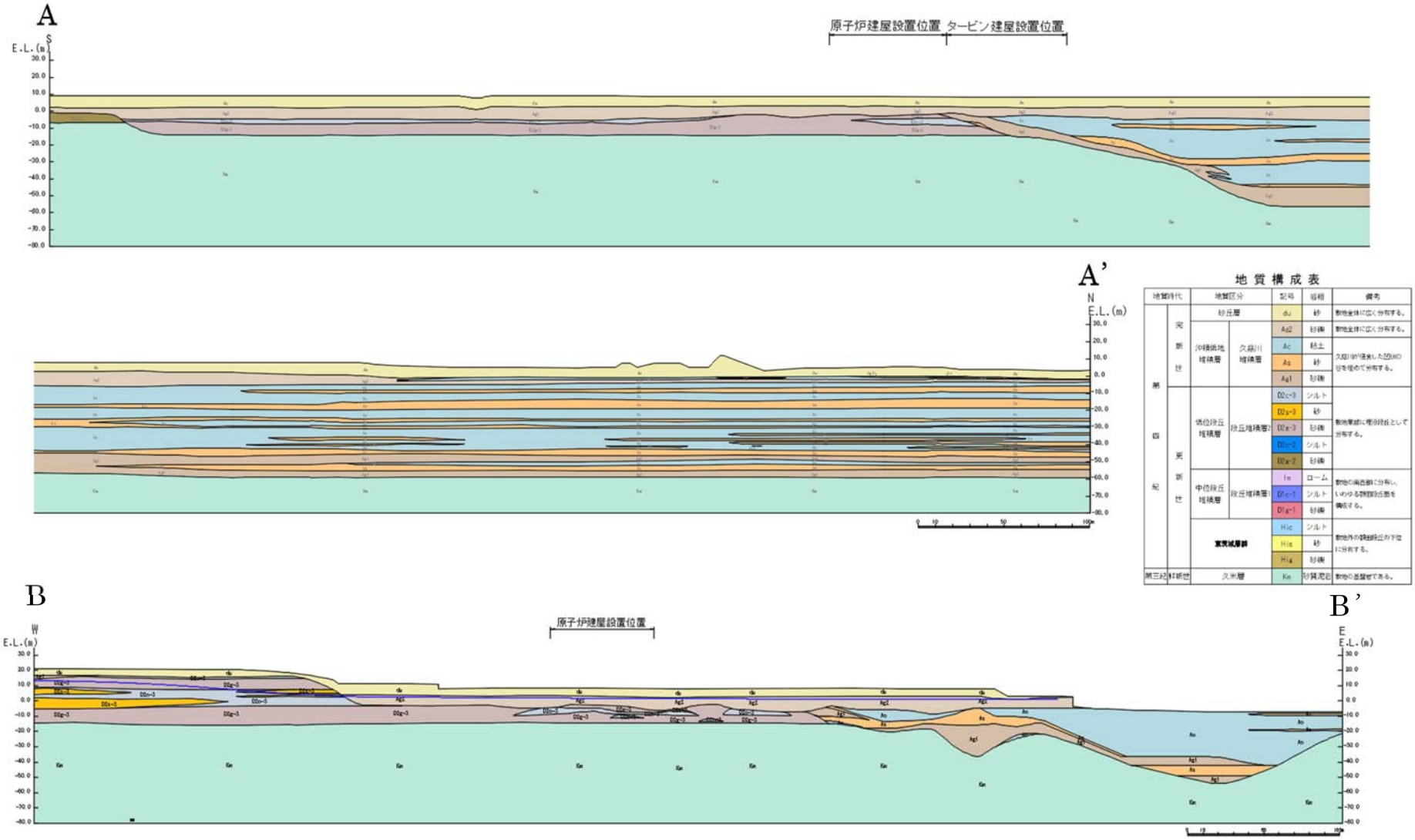


第 2.1.2 図　敷地の地質平面図

第 2.1.2 表　第四系の主な層相及び代表的なコア写真の拡大

| 年代層序区分 | | | 地層区分 | 地質記号 | | 主な層相 | | 代表的なコア写真 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 新生界 | 第四系 | 完新統 | 砂丘砂層 | du | | 灰褐色～黄灰色の砂～中粒砂 | | |
| | | | 沖積層 | al | Ag2 | 砂礫 | 暗青灰色～灰褐色の粘土・砂<br>灰褐色～黄褐色の礫混じり砂 | |
| | | | | | Ac | 粘土 | | |
| | | | | | As | 砂 | | |
| | | | | | Ag1 | 砂礫 | | |
| | | 更新統 | 段丘堆積物 | D2 | D2c-3 | シルト | 黄褐色～青灰色の砂礫・砂・シルト | |
| | | | | | D2s-3 | 砂 | | |
| | | | | | D2g-3 | 砂礫 | | |
| | | | | | D2c-2 | シルト | | |
| | | | | | D2g-2 | 砂礫 | | |
| | | | | D1 | lm | ローム | | |
| | | | | | D1c-1 | シルト | | |
| | | | | | D1g-1 | 砂礫 | | |

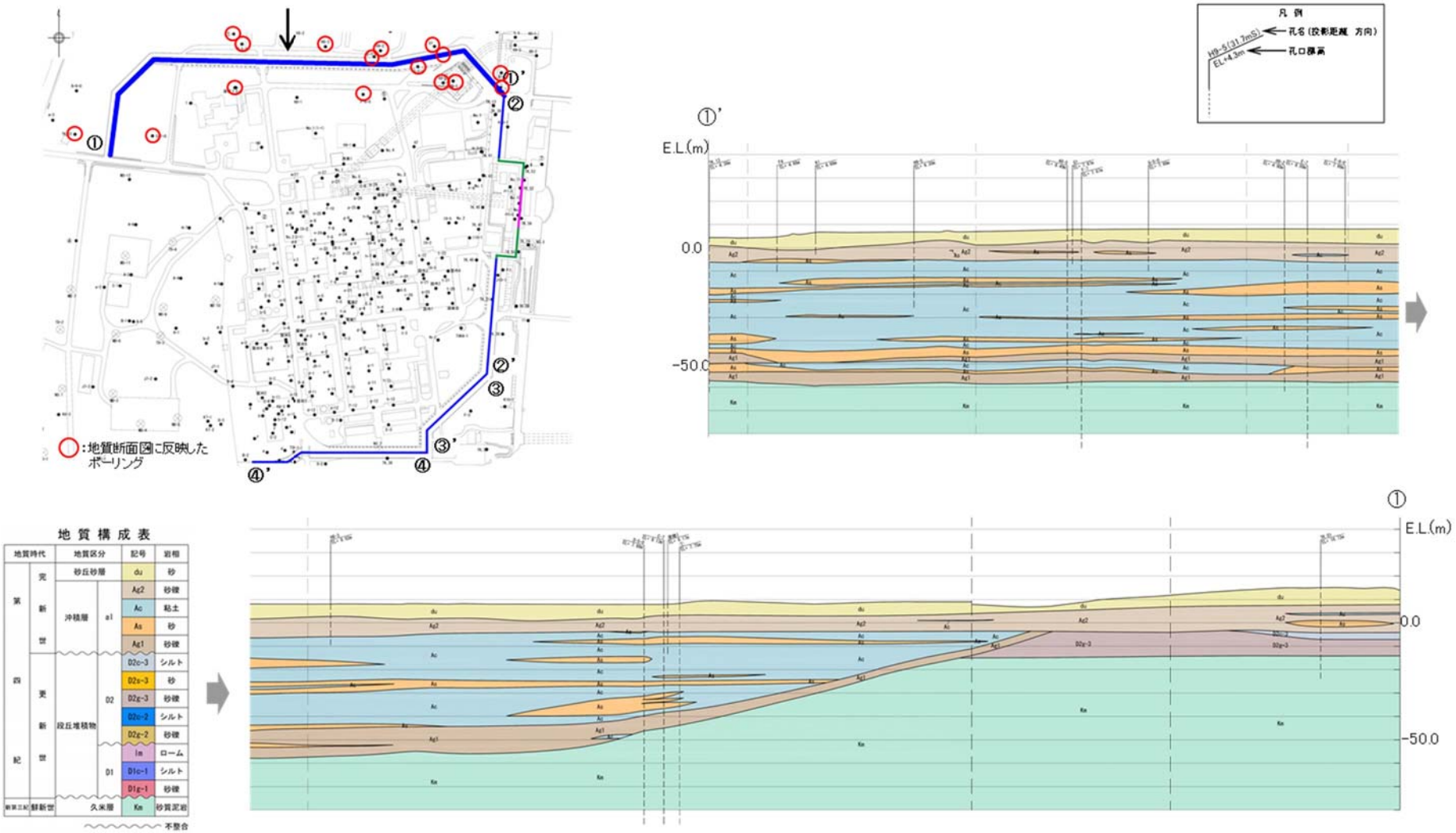
：不整合



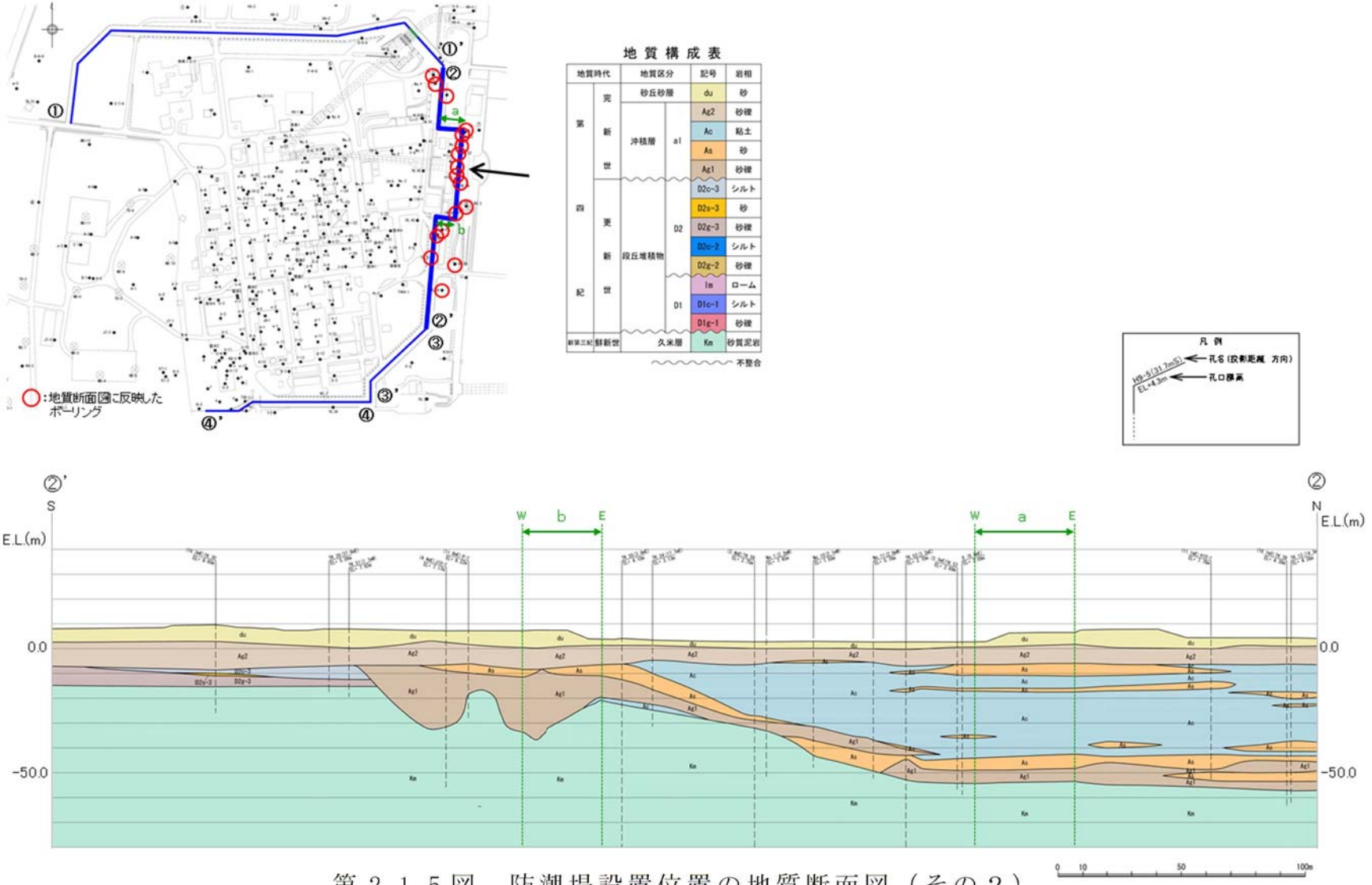

地質構成表

| 地質時代 | | 地質区分 | | 記号 | 岩相 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 第四紀 | 完新世 | 砂丘層 | | du | 砂 | 敷地全体に広く分布する。 |
| | | 沖積低地堆積層 | 久慈川堆積層 | Ag2 | 砂礫 | 敷地全体に広く分布する。 |
| | | | | Ac | 粘土 | 久慈川が埋没した凹地の谷を埋めて分布する。 |
| | | | | As | 砂 | |
| | | | | Ag1 | 砂礫 | |
| | 更新世 | 低位段丘堆積層 | 段丘堆積層2 | D2c-3 | シルト | 敷地東部に低位段丘として分布する。 |
| | | | | D2s-3 | 砂 | |
| | | | | D2g-3 | 砂礫 | |
| | | | | D2c-2 | シルト | |
| | | | | D2g-2 | 砂礫 | |
| | | 中位段丘堆積層 | 段丘堆積層1 | lm | ローム | 敷地の南西部に分布し、いわゆる関東ローム層を構成する。 |
| | | | | D1c-1 | シルト | |
| | | | | D1g-1 | 砂礫 | |
| | | 高萩地層群 | | Hlc | シルト | 敷地外の低位段丘の下位に分布する。 |
| | | | | Hls | 砂 | |
| | | | | Hlg | 砂礫 | |
| 新第三紀鮮新世 | | 久米層 | | Km | 砂質泥岩 | 敷地の基盤岩である。 |

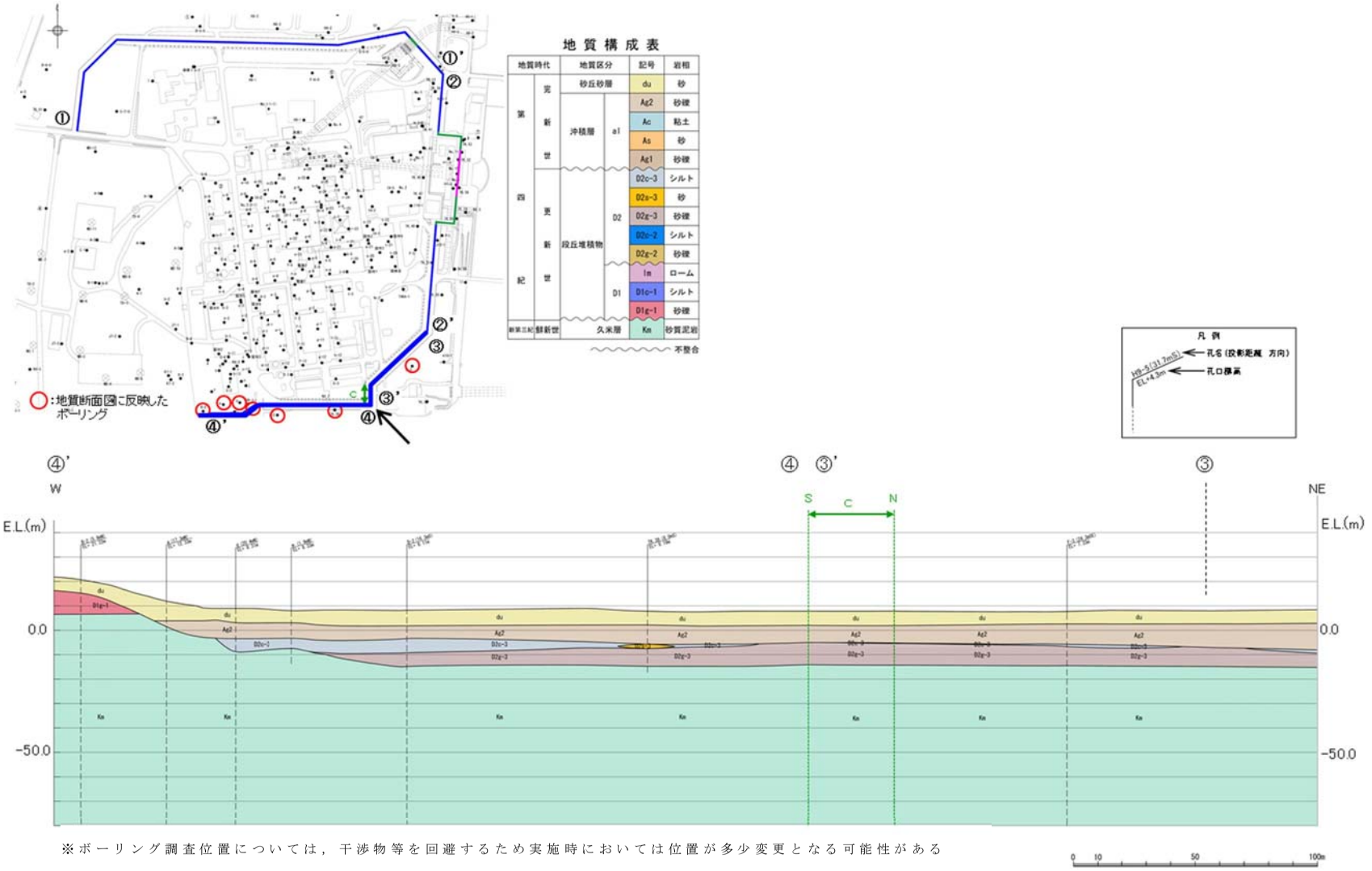
第 2.1.3 図　地質断面図




第 2.1.4 図　防潮堤設置位置の地質断面図（その１）

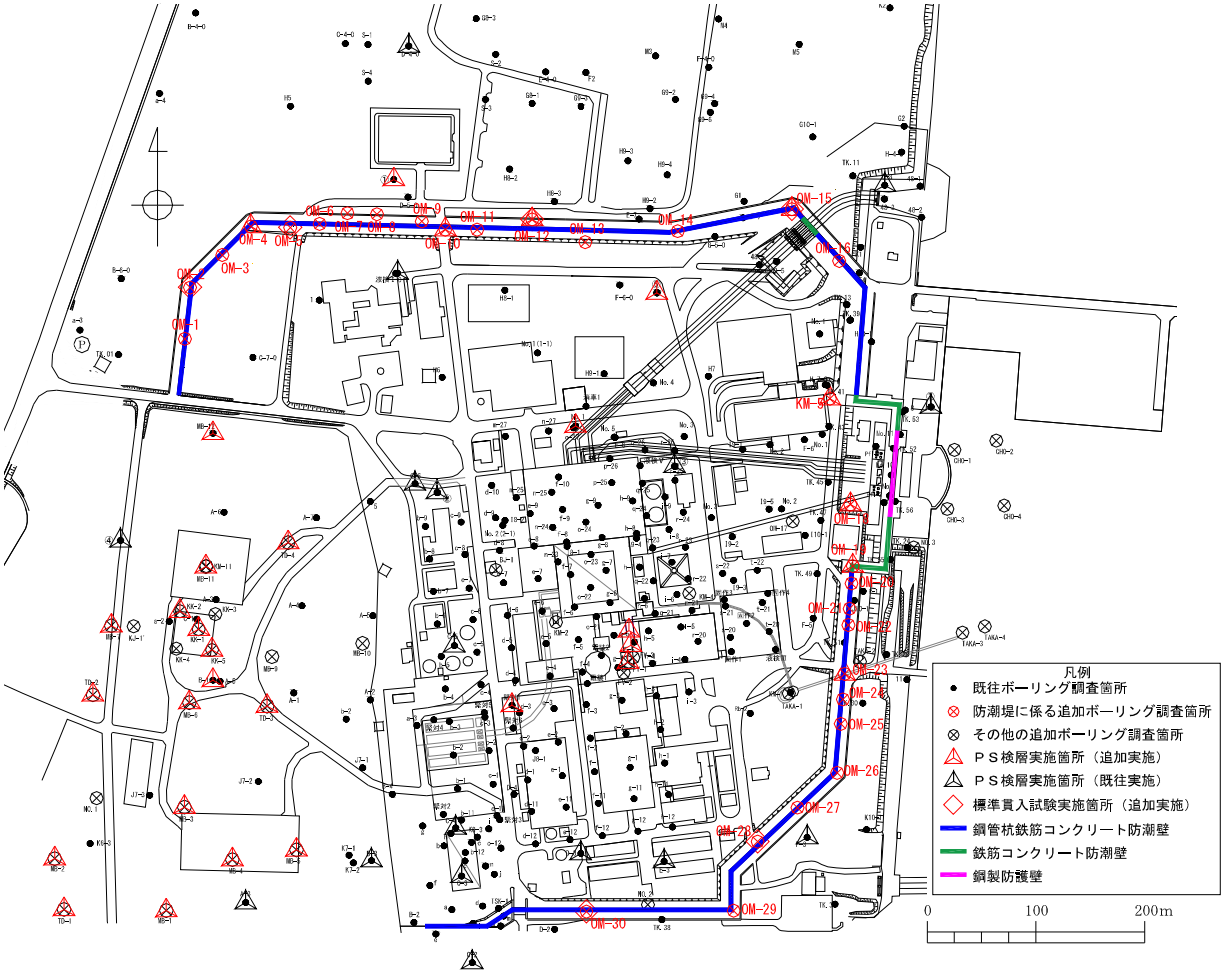



第 2.1.5 図　防潮堤設置位置の地質断面図（その２）



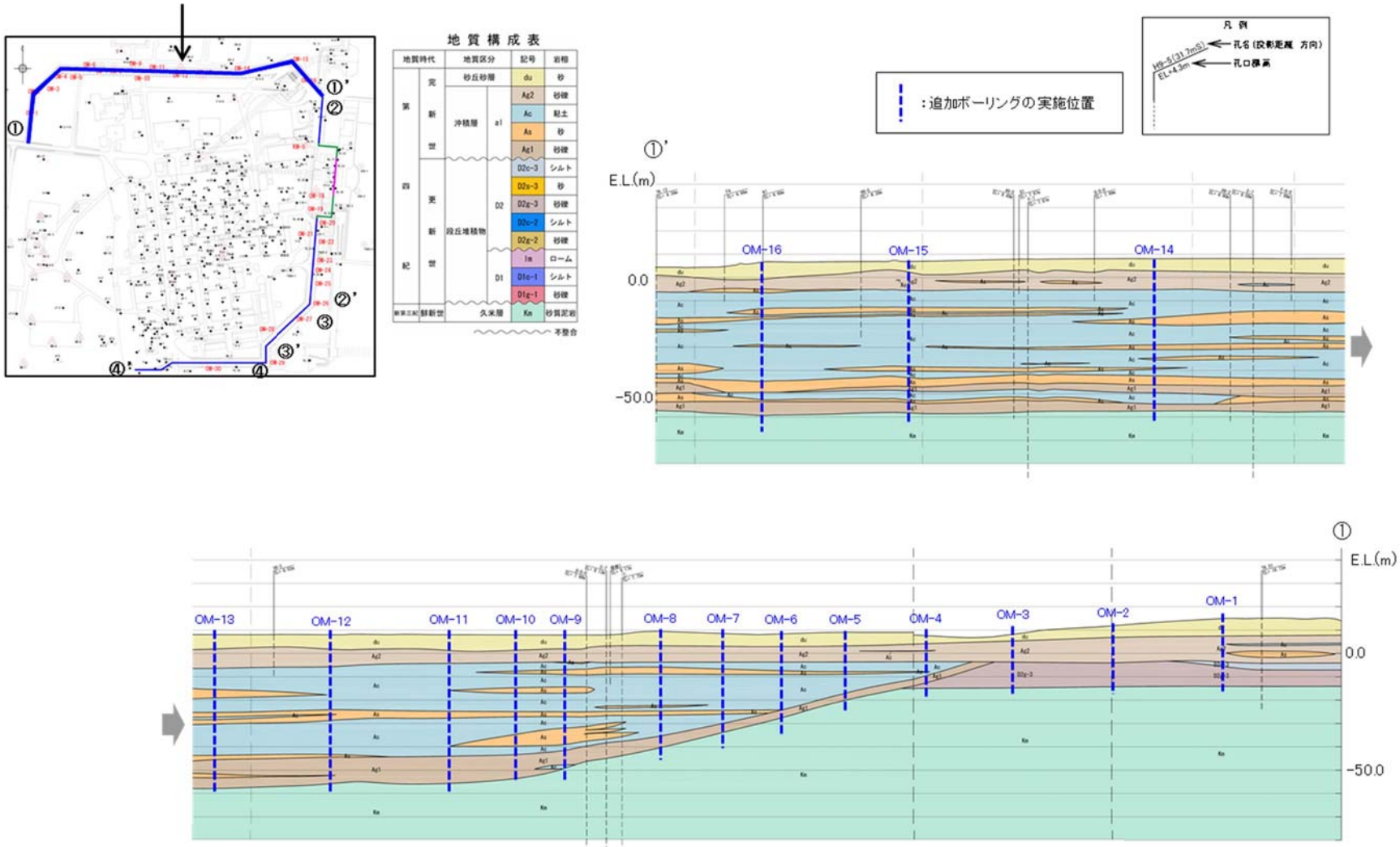

※ボーリング調査位置については，干渉物等を回避するため実施時においては位置が多少変更となる可能性がある

第 2.1.6 図　防潮堤設置位置の地質断面図（その３）



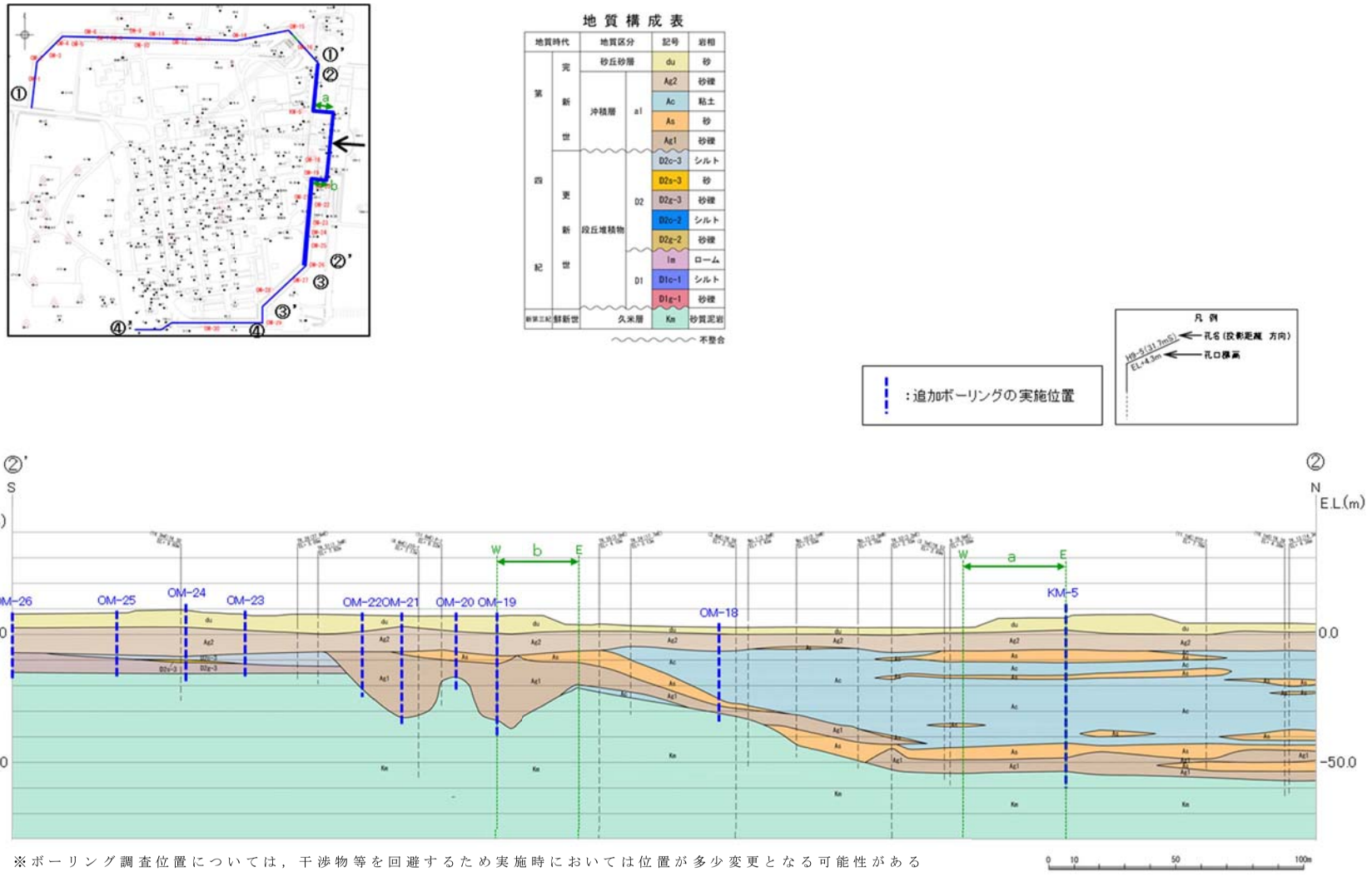

※ボーリング調査位置については，干渉物等を回避するため実施時においては位置が多少変更となる可能性がある

第 2.1.7 図　追加ボーリング調査計画（平面図）



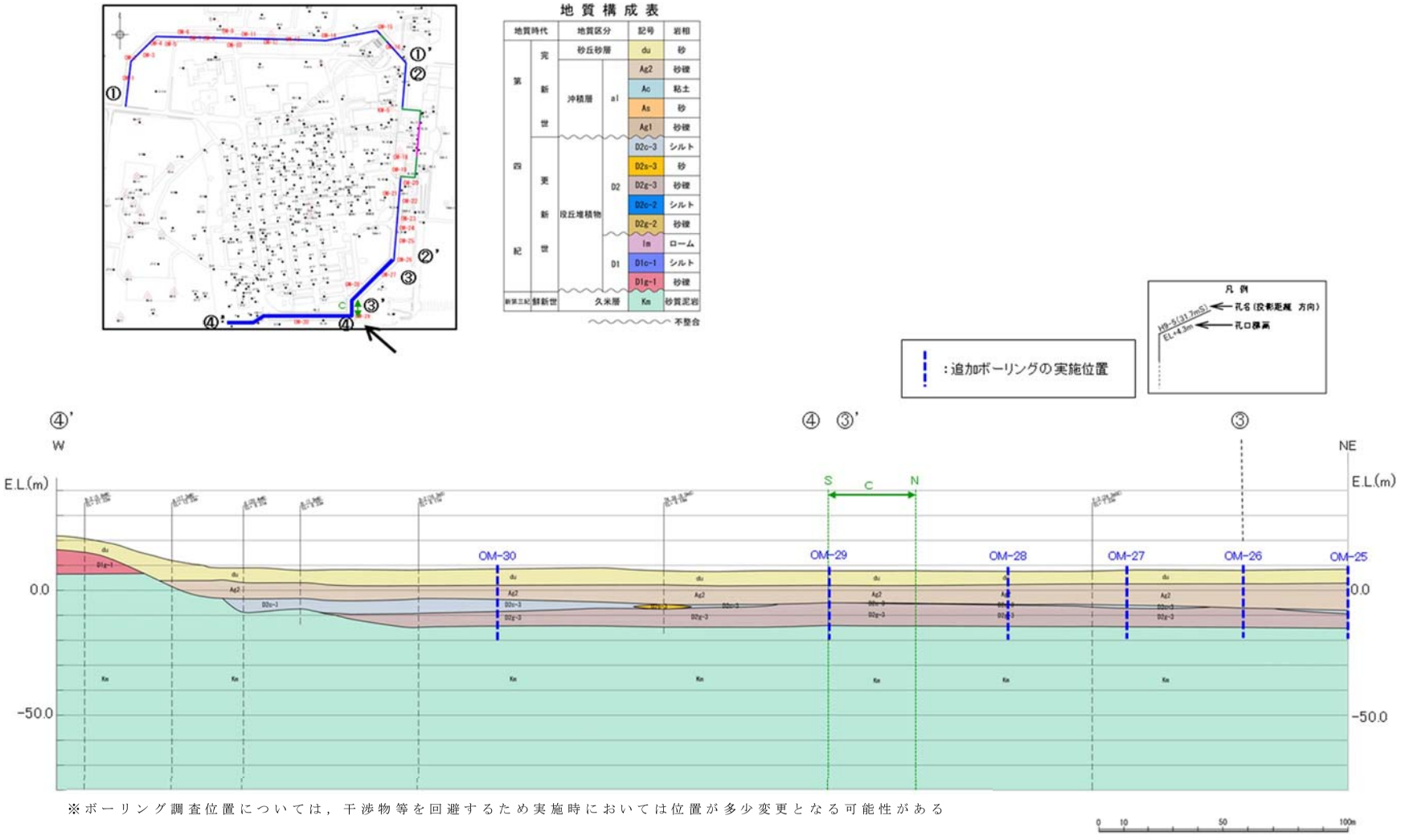

※ボーリング調査位置については，干渉物等を回避するため実施時においては位置が多少変更となる可能性がある

第 2.1.8 図　追加ボーリング調査計画（防潮堤地質断面図　その１）




※ボーリング調査位置については，干渉物等を回避するため実施時においては位置が多少変更となる可能性がある

第 2.1.9 図　　追加ボーリング調査計画（防潮堤地質断面図　その２）




第 2.1.10 図　追加ボーリング調査計画（防潮堤地質断面図　その３）

3.　液状化検討対象層の抽出

3.1　液状化検討対象層の抽出

道路橋示方書（道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編，平成 24 年 3 月）では液状化検討対象層を完新統の以下の条件全てに該当する土層と定めている。

①地下水位が G.L.－10m 以内であり，かつ G.L.－20m 以内の飽和土層

②細粒分含有率が 35%以下，又は細粒分含有率が 35%以上でも塑性指数が 15 以下の土層

③平均粒径が 10mm 以下で，かつ 10%粒径が 1mm 以下である土層

上記の条件は指針類(鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計編(平成 24 年 9 月)，港湾の施設の技術上の基準・同解説（平成 19 年)) でほぼ共通している。

当該地での液状化検討対象層の抽出では，道路橋示方書で対象としている地層を基本とし，さらに，道路橋示方書では検討対象外としている更新統及び G.L.－20m 以深の土層も抽出対象とする。

第 3.1.1 図には敷地の液状化検討対象層抽出方針，第 3.1.1 表には液状化検討対象層の抽出結果を示す。

敷地における液状化検討対象層は，du 層，Ag2 層，As 層，Ag1 層，D2s-3 層，D2g-3 層及び D1g-1 層となった。

■道路橋示方書に基づく液状化検討対象層の抽出（Step①）

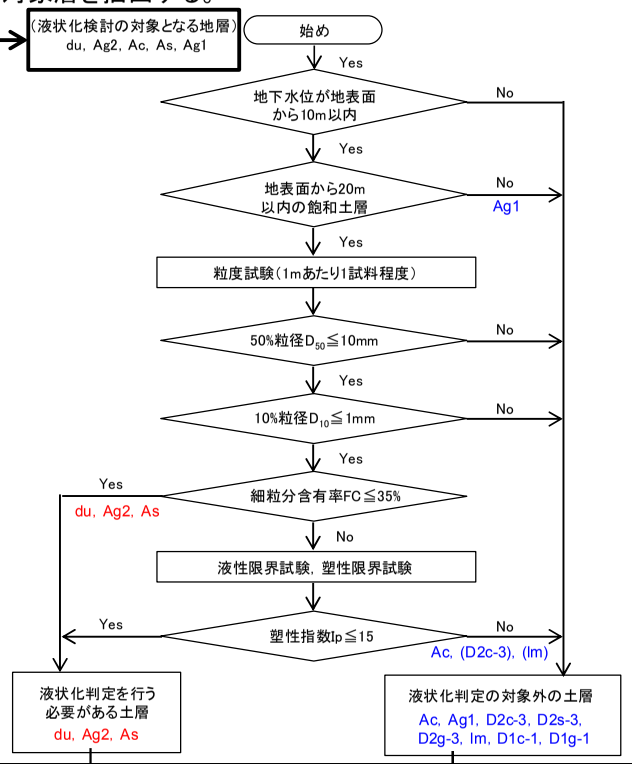
✓「道路橋示方書・同解説（Ⅴ耐震設計編）平成24年3月」のフローに基づき液状化検討対象層を抽出する。

液状化検討対象層の抽出根拠となる物理特性等

| 地層名 | 時代 | 地表面から20m以浅の分布の有無 | 細粒分含有率（%） | | | 塑性指数 Ip | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 平均 | 標準偏差 | データ数 | 平均 | 標準偏差 | データ数 |
| du | 完新統 | 有 | 5.2 | 2.5 | 48 | — | — | — |
| Ag2 | 完新統 | 有 | 5.2 | 4.8 | 121 | — | — | — |
| Ac | 完新統 | 有 | 90.3 | 12.2 | 222 | 38.5 | 12.8 | 81 |
| As | 完新統 | 有 | 27.2 | 15.0 | 73 | — | — | — |
| Ag1 | 完新統 | 無 | 12.3 | 9.2 | 27 | — | — | — |
| D2c-3 | 更新統 | 有 | 79 | 16.0 | 63 | 24.5 | 5.8 | 38 |
| D2s-3 | 更新統 | 有 | 26.5 | 17.4 | 39 | — | — | — |
| D2g-3 | 更新統 | 有 | 8.1 | 5.8 | 45 | — | — | — |
| lm | 更新統 | 有 | 88.8 | 4.6 | 4 | 72.8 | 20.1 | 4 |
| D1c-1 | 更新統 | 有 | — | — | — | — | — | — |
| D1g-1 | 更新統 | 有 | 12.7 | 6.5 | 6 | — | — | — |

道路橋示方書における液状化検討対象層

道路橋に基づき液状化検討対象外とした根拠となるデータ




■保守的な液状化検討対象層の設定（Step②）

✓ 道路橋示方書においては，液状化検討対象層を地表面から20m以内の完新統としているが，当社では以下のものも液状化検討対象層として考慮する。

⇒地表面から20m以深も考慮

⇒更新統（D1層 ～D2層）についても考慮

※道路橋の抽出フローにて，「更新統」と「20m以深」の項目で対象外と判定されているAg1，D2s-3，D2g-3，D1g-1を加える。

当社の液状化検討対象層

du，Ag2，As，Ag1，D2s-3，D2g-3，D1g-1

第 3.1.1 図　液状化検討対象層抽出方針

第 3.1.1 表　液状化検討対象層の抽出結果

| 地質記号 | | 層相 | 道路橋示方書における液状化検討対象層 | 当社における液状化検討対象層 | 備　考 |
|---|---|---|---|---|---|
| du | | 砂 | ○ | ○ | |
| al | Ag2 | 砂礫 | ○ | ○ | |
| | Ac | 粘土 | — | — | |
| | As | 砂 | ○ | ○ | G.L.-20m 以深に分布する範囲についても検討対象とする。 |
| | Ag1 | 砂礫 | — | □ | G.L.-20m 以深に分布するが検討対象とする。 |
| D2 | D2c-3 | シルト | — | — | |
| | D2s-3 | 砂 | — | □ | 更新統であるが検討対象とする。 |
| | D2g-3 | 砂礫 | — | □ | 更新統であるが検討対象とする。<br>G.L.-20m 以深に分布する範囲についても検討対象とする。 |
| D1 | 1m | ローム | — | — | |
| | D1c-1 | シルト | — | — | |
| | D1g-1 | 砂礫 | — | □ | 更新統であるが検討対象とする。 |

○:検討対象　　－:検討対象外
□:道路橋示方書では検討対象外だが検討対象とするもの　　□:液状化検討対象とするもの

3.2　Ac 層の液状化強度試験結果

敷地の北部には砂層を間に挟在している過圧密粘土層（Ac 層）が厚く堆積している。Ac 層は細粒分含有率が 90%以上，塑性指数 $I_P$ は 30～60 を示す高塑性粘土である。前節の液状化検討対象層の抽出では Ac 層は液状化検討対象層外と分類されるが，敷地における分布範囲が広く，液状化影響検討における重要度が高いことから液状化の可能性の有無を定量的に検討することを目的として室内液状化強度試験を実施した。

室内液状化強度試験は，砂・礫質土で実施した中空繰返しねじりせん断試験により実施した。以下に試験条件を示す。

【室内液状化強度試験の試験条件】

試験方法：中空繰返しねじりせん断試験

地盤材料試験の方法と解説（公益社団法人地盤工学会，2009）に基づき，繰返し回数 200 回を上限とし，両振幅せん断ひずみ 7.5%に達するまで試験を実施した。

せん断応力比は（繰返し回数 5～50 回を目安）0.36～0.80 の間で設定した。

供試体寸法：外形 70mm×内径 30mm×高さ 100mm

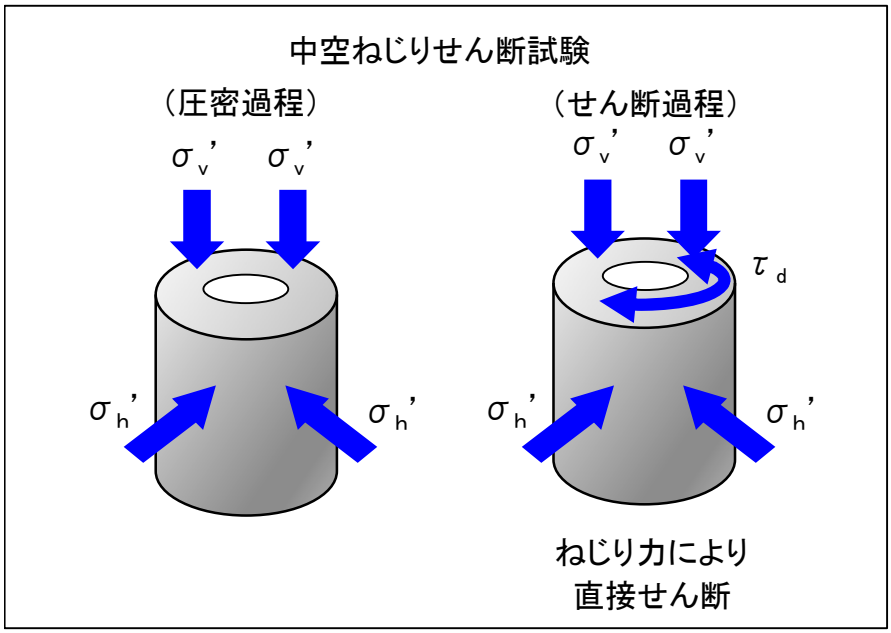
載荷波形：正弦波（0.02Hz）

圧密圧力：供試体採取深度の有効上載圧を考慮して設定

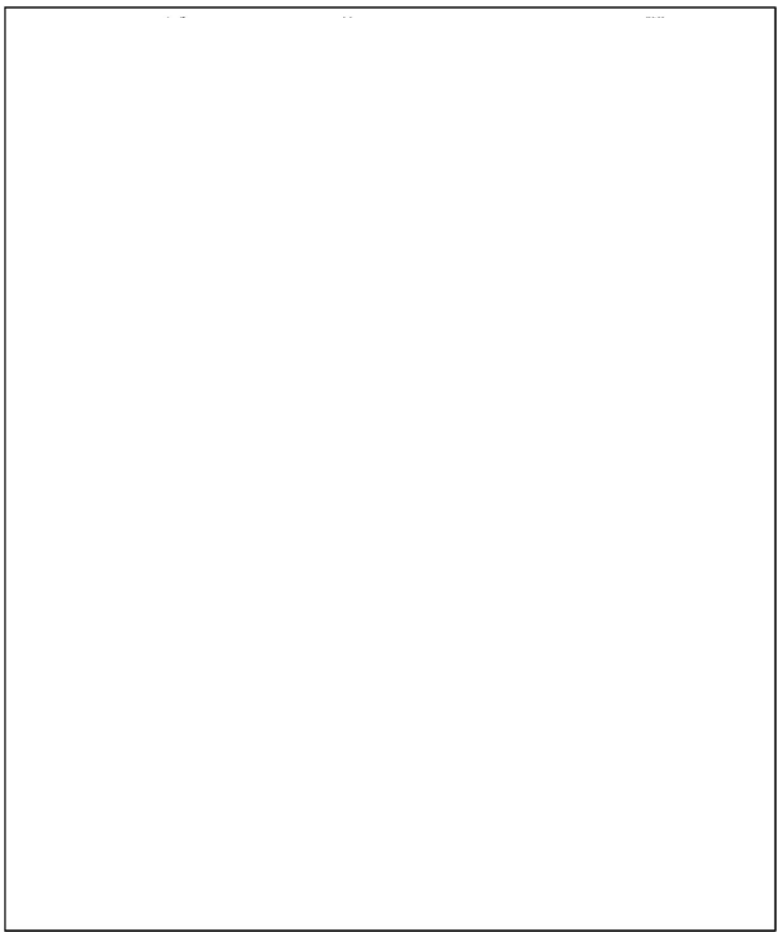
第 3.2.1 図に中空繰返しねじりせん断試験の概要及び第 3.2.2 図に液状化強度試験試料採取箇所（Ac 層）を示す。

第 3.2.3 図～第 3.2.11 図に中空繰返しねじりせん断試験結果を示す。

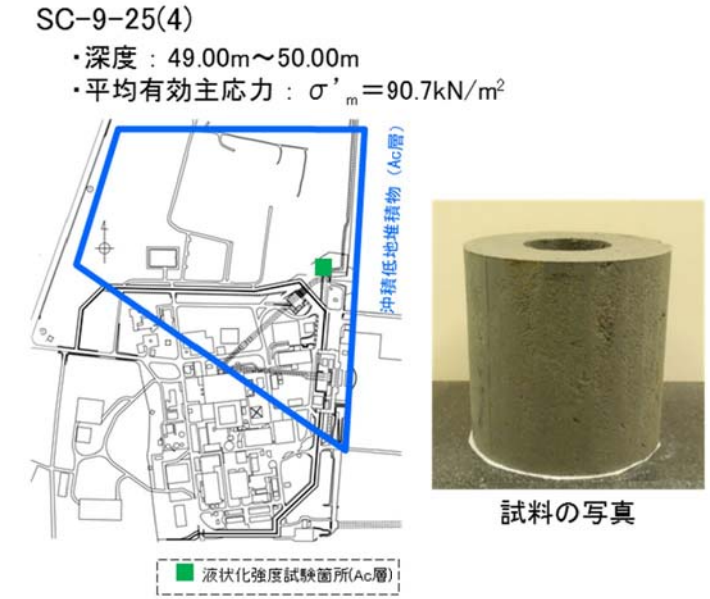
試験を行った全ての供試体において，過剰間隙水圧比は 0.95 に達せず，Ac 層は液状化しないものであることが確認された。




第 3.2.1 図　中空繰返しねじりせん断試験の概要



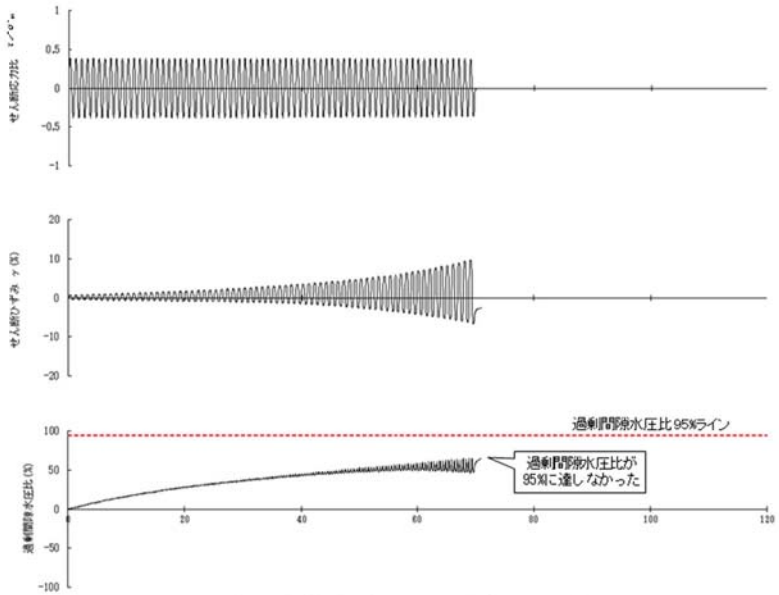
第 3.2.2 図　液状化強度試験試料採取箇所（Ac 層）



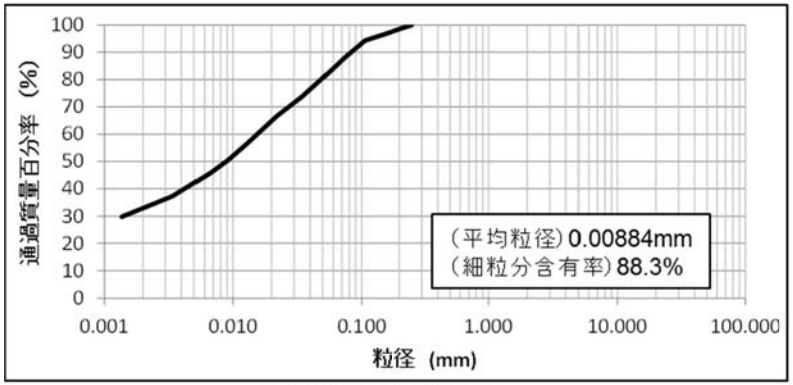

液状化強度試験実施位置図



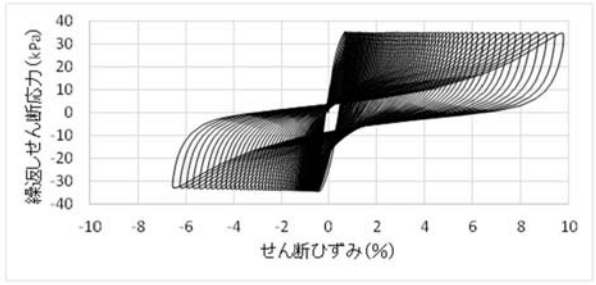
試料の写真




液状化強度試験における各計測値



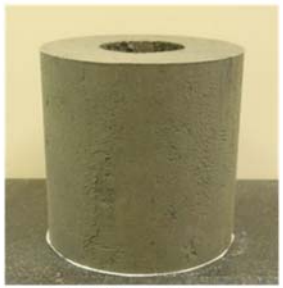

試料の粒径加積曲線



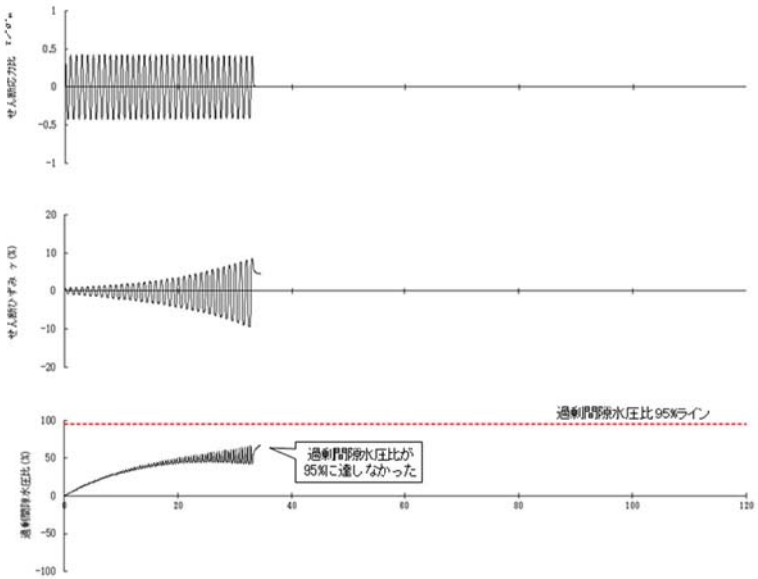

繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係

第 3.2.3 図　中空繰返しねじりせん断試験結果（Ac 層，SC－9－25(4)）

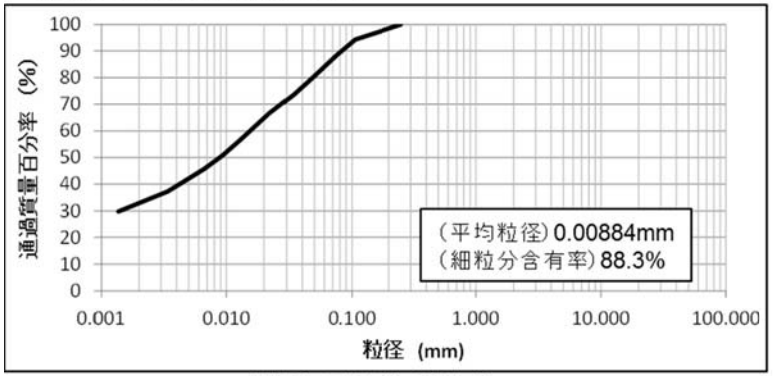
液状化強度試験実施位置図



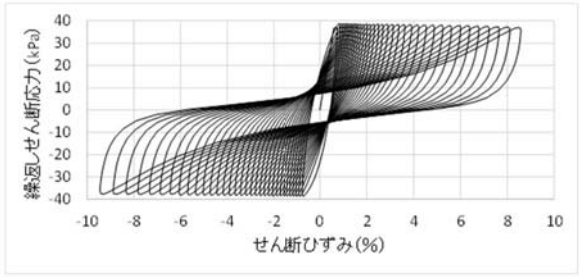
試料の写真




液状化強度試験における各計測値




試料の粒径加積曲線

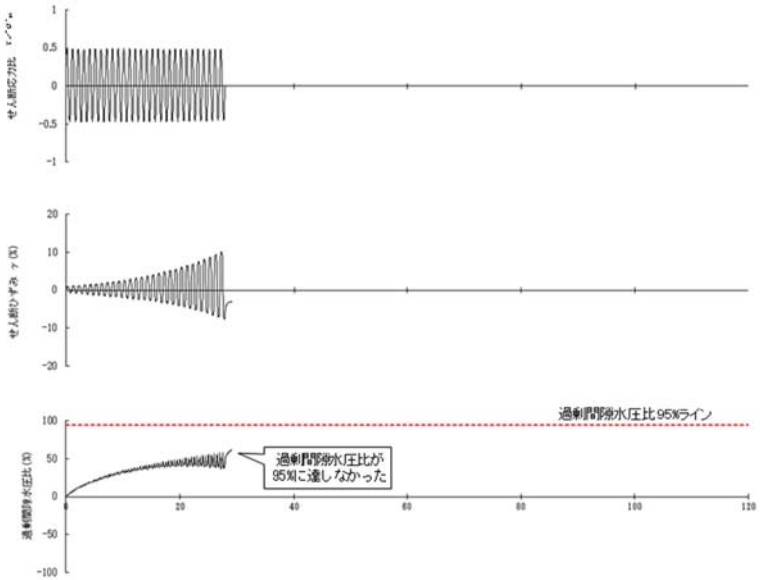



繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係

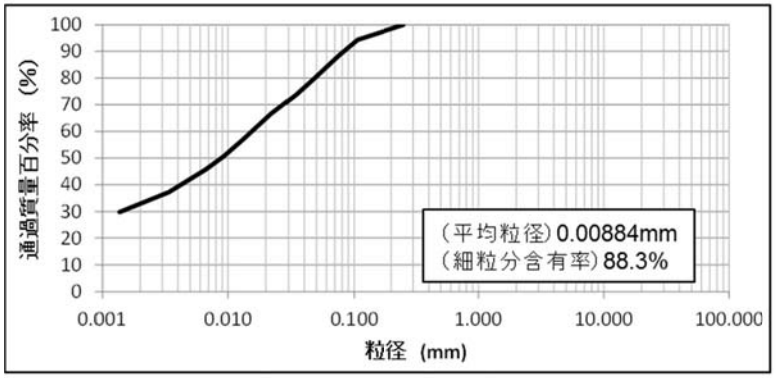
第 3.2.4 図　中空繰返しねじりせん断試験結果（Ac 層，SC－9－25(3)）

液状化強度試験実施位置図

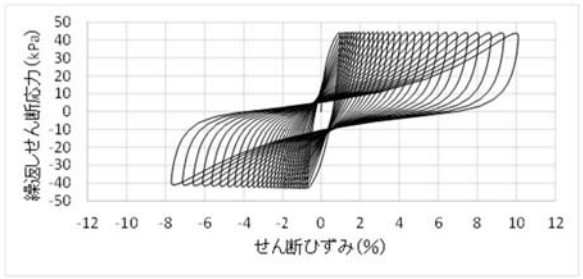
試料の写真




液状化強度試験における各計測値




試料の粒径加積曲線

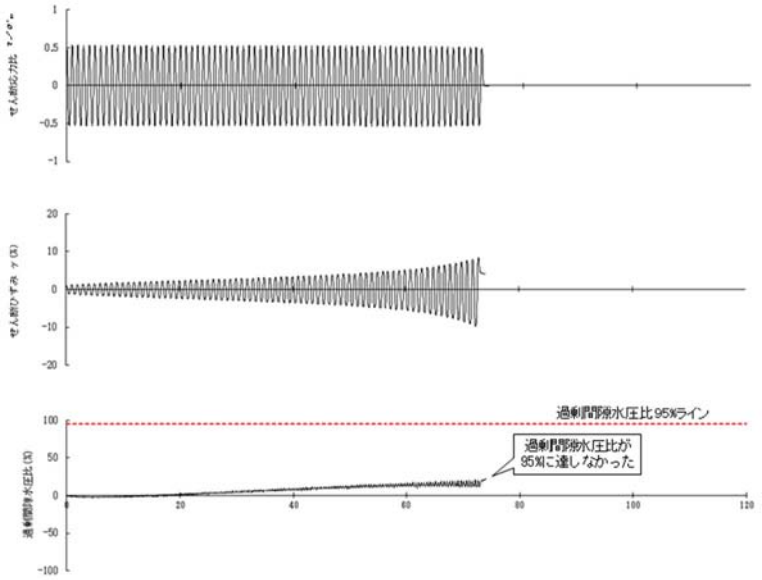



繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係

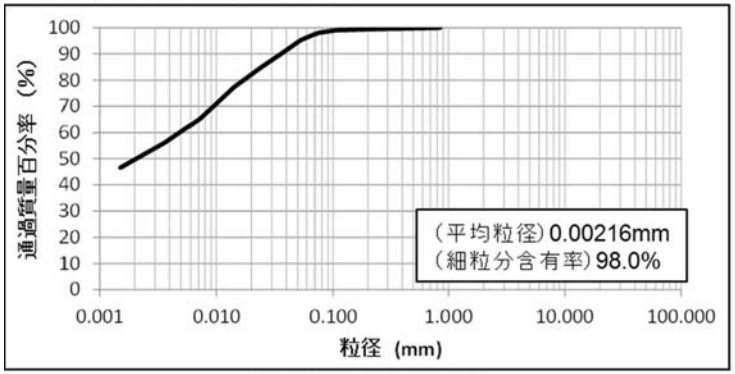
第 3.2.5 図　中空繰返しねじりせん断試験結果（Ac 層，SC－9－25(2)）

液状化強度試験実施位置図

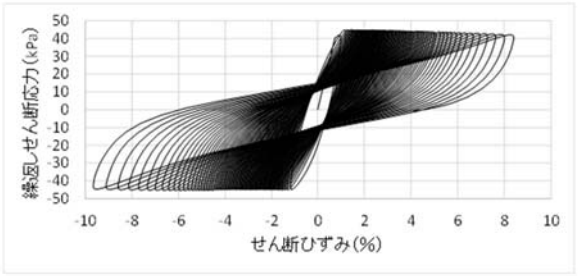
試料の写真




液状化強度試験における各計測値

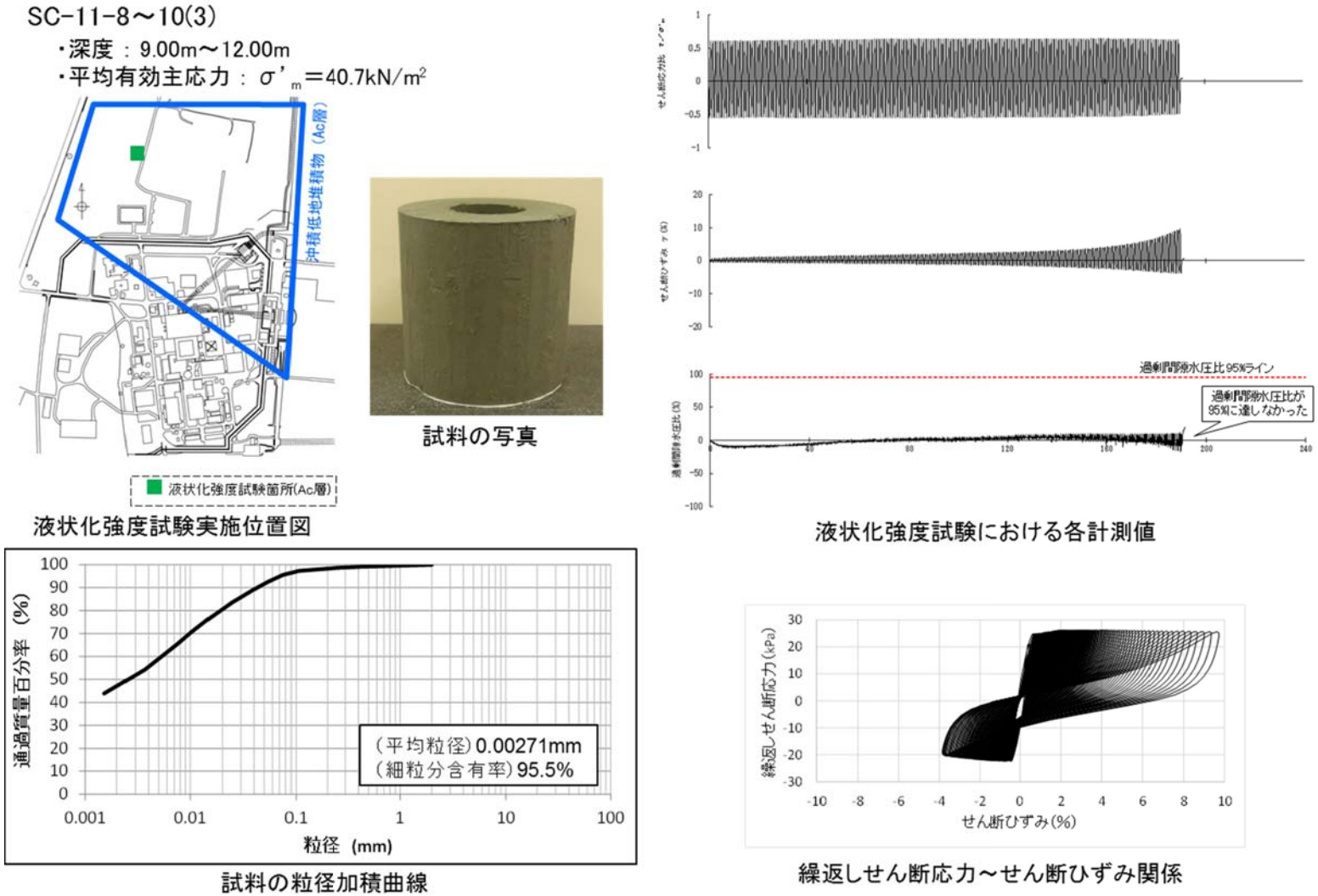



試料の粒径加積曲線

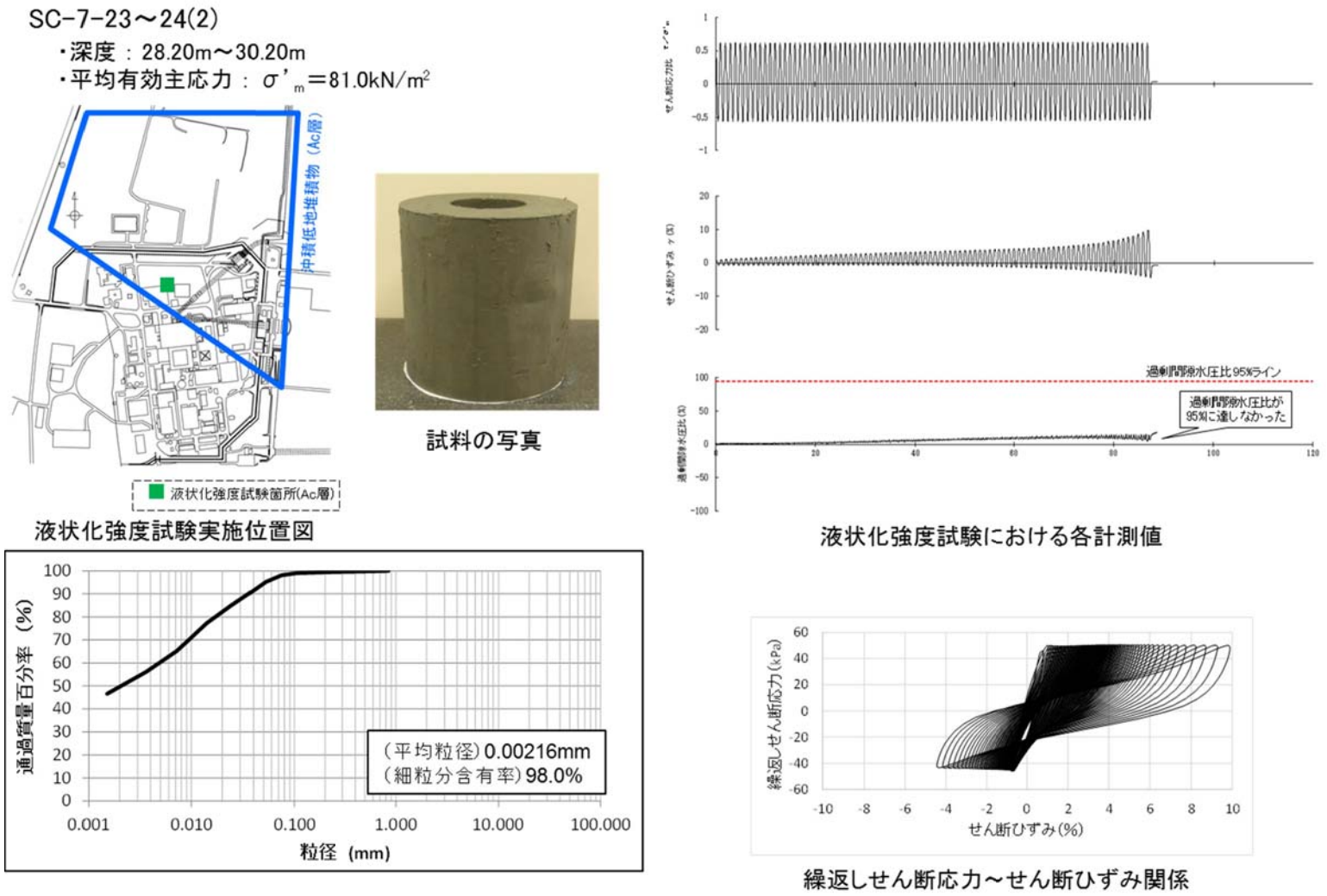



繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係

第 3.2.6 図　中空繰返しねじりせん断試験結果（Ac 層，SC－7－23～24(1)）



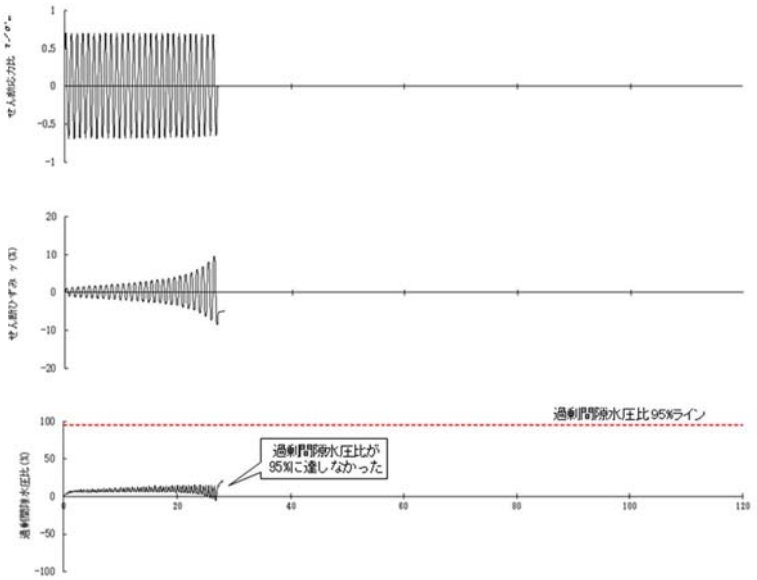

第 3.2.7 図　中空繰返しねじりせん断試験結果（Ac 層，SC－11－8～10(3)）



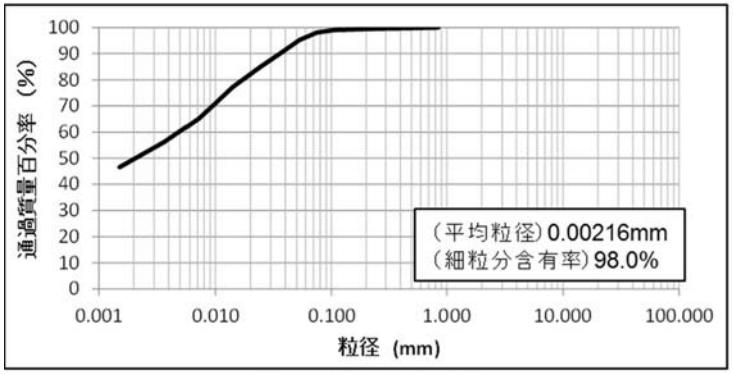

第 3.2.8 図　中空繰返しねじりせん断試験結果（Ac 層，SC－7－23～24(2)）

液状化強度試験実施位置図

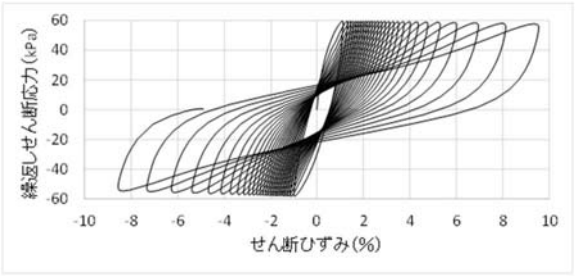
試料の写真




液状化強度試験における各計測値

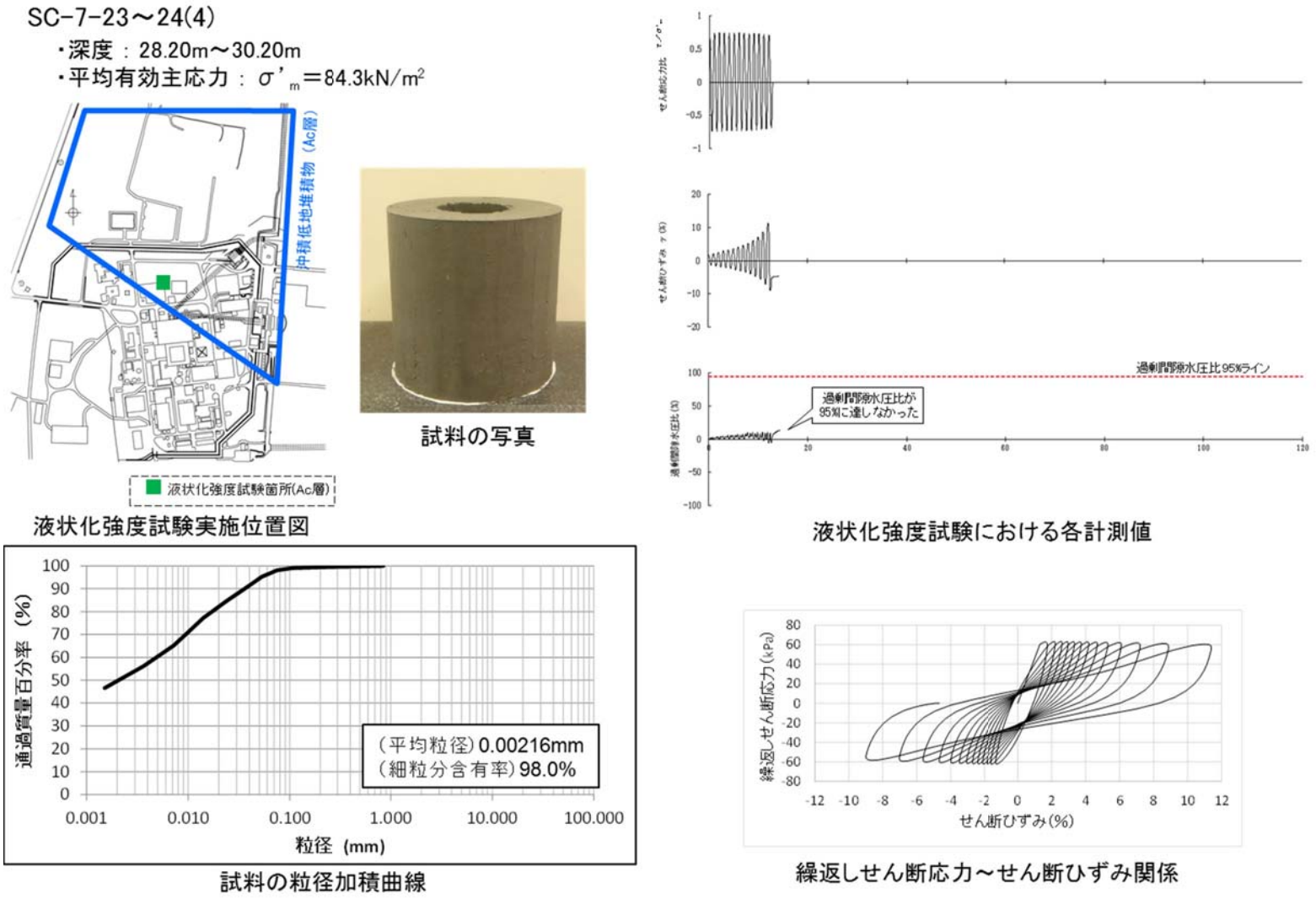



試料の粒径加積曲線

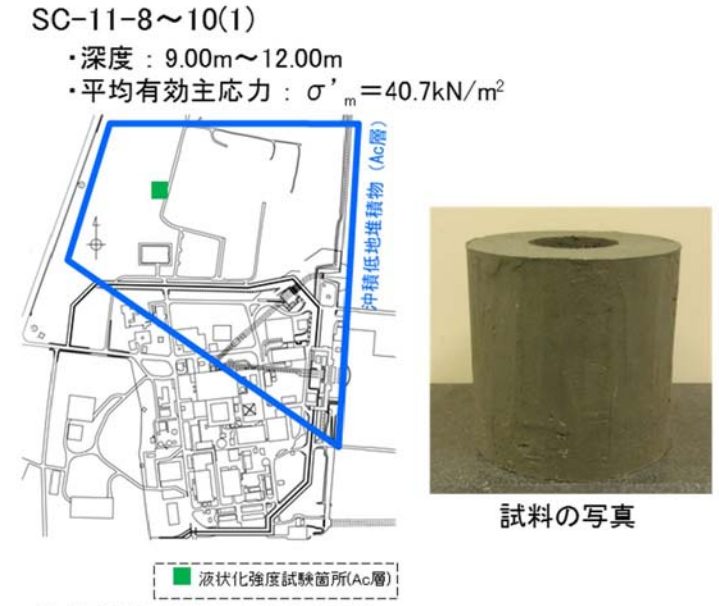



繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係

第 3.2.9 図　中空繰返しねじりせん断試験結果（Ac 層，SC－7－23～24(3)）



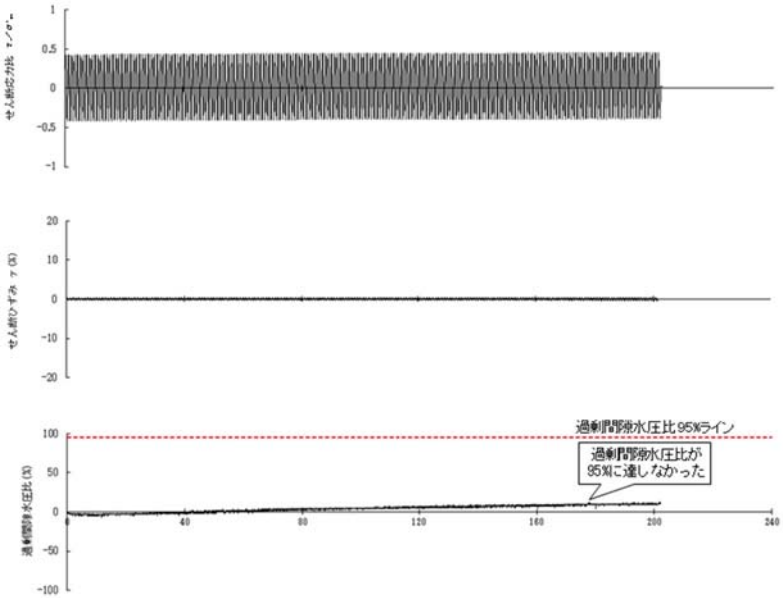

第 3.2.10 図　中空繰返しねじりせん断試験結果（Ac 層，SC－7－23～24(4)）



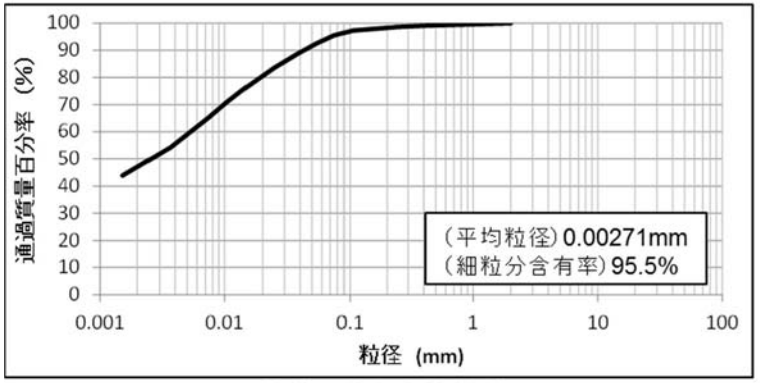

液状化強度試験実施位置図



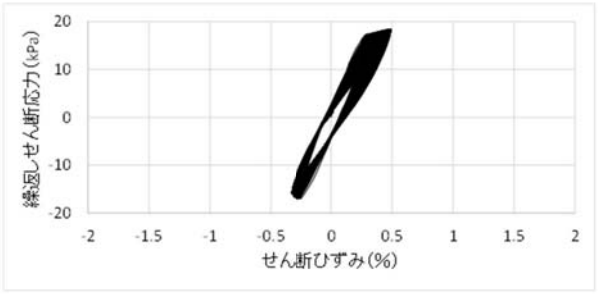
試料の写真




液状化強度試験における各計測値




試料の粒径加積曲線




繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係

第 3.2.11 図　中空繰返しねじりせん断試験結果（Ac 層，SC－11－8～10(1)）

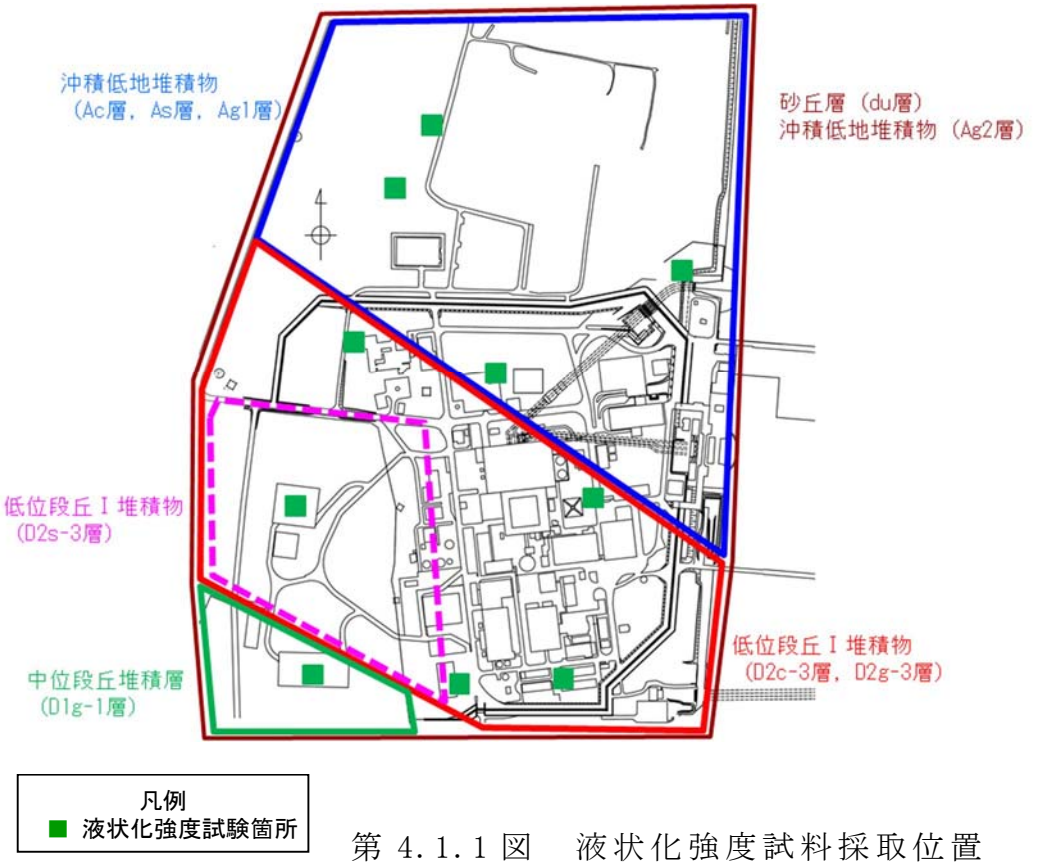
## 4.　液状化強度試験箇所とその代表性

### 4.1　液状化強度試験箇所の選定

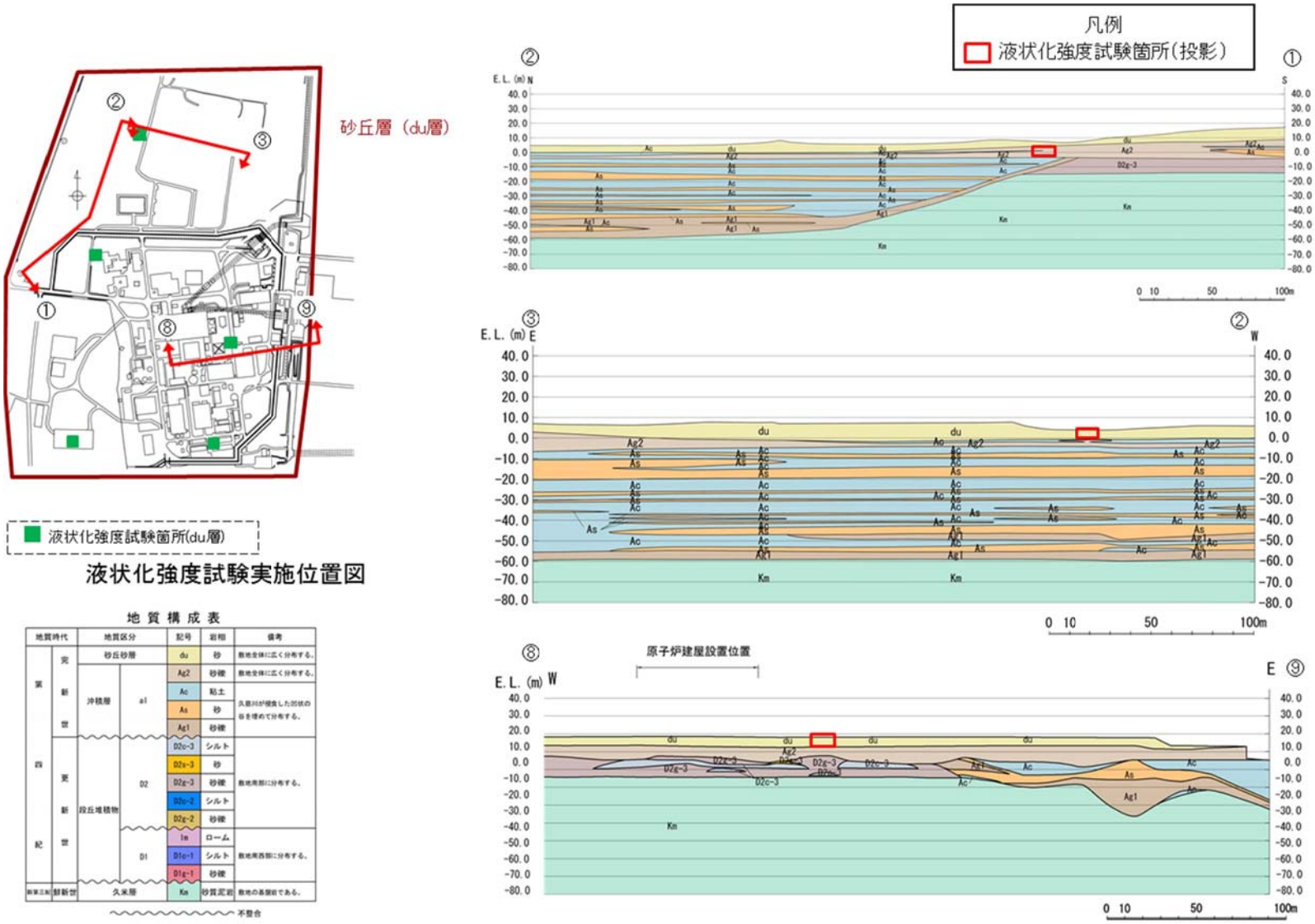
敷地の地層分布と液状化検討対象層の抽出結果を踏まえて，室内液状化強度試験用試料採取箇所の選定を行った。

液状化強度試験の試料採取箇所の選定には，液状化強度試験試料採取箇所のＮ値及び細粒分含有率 Fc から算定される道路橋示方書の液状化強度比 $R_L$ と，敷地全体における同層の道路橋示方書に基づく平均液状化強度比 $R_L$ と比較して保守的な値であること及び試料採取が可能な層厚を有していることを考慮した。

第 4.1.1 図に液状化強度試験試料を採取した平面位置を，第 4.1.2 図～第 4.1.8 図に各土層の液状化強度試験試料を採取した縦断位置を示す。




第 4.1.1 図　液状化強度試料採取位置




第 4.1.2 図　du 層の液状化強度試験試料採取位置①

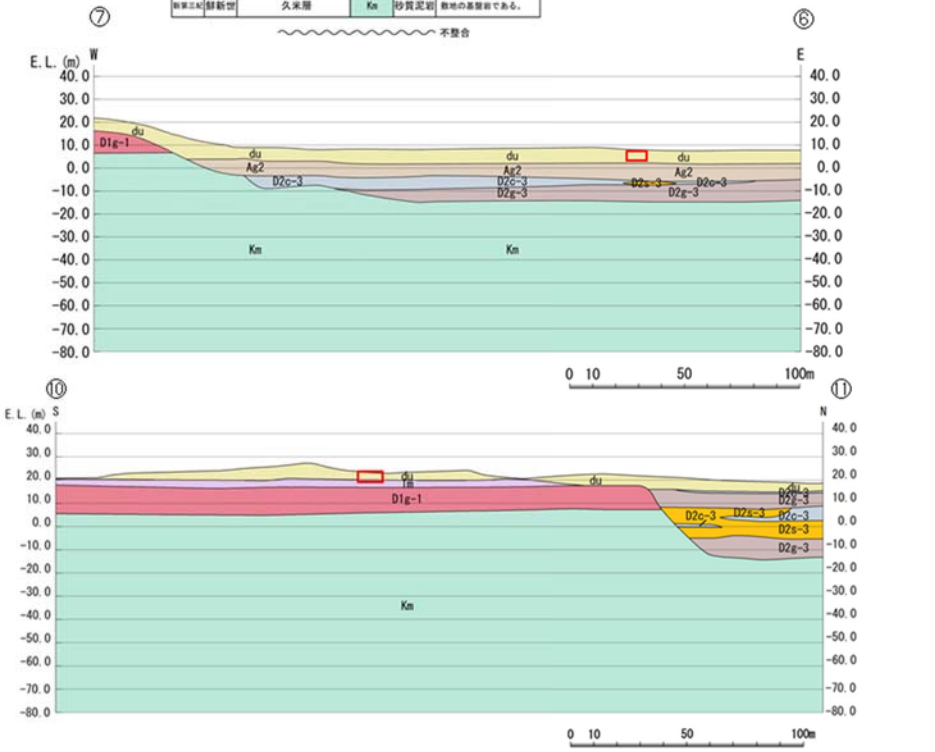
液状化強度試験実施位置図

地 質 構 成 表

| 地質時代 | | 地質区分 | | 記号 | 岩相 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 第四紀 | 完新世 | 砂丘砂層 | | du | 砂 | 敷地全体に広く分布する。 |
| | | 沖積層 | a2 | Ag2 | 砂礫 | 敷地全体に広く分布する。 |
| | | | a1 | Ac | 粘土 | 久慈川が侵食した凹状の谷を埋めて分布する。 |
| | | | | As | 砂 | |
| | | | | Ag1 | 砂礫 | |
| | 更新世 | 段丘堆積物 | D2 | D2c-3 | シルト | 敷地南部に分布する。 |
| | | | | D2s-3 | 砂 | |
| | | | | D2g-3 | 砂礫 | |
| | | | | D2c-2 | シルト | |
| | | | | D2g-2 | 砂礫 | |
| | | | D1 | lm | ローム | 敷地南西部に分布する。 |
| | | | | D1c-1 | シルト | |
| | | | | D1g-1 | 砂礫 | |
| 新第三紀 | 鮮新世 | 久米層 | | Km | 砂質泥岩 | 敷地の基盤岩である。 |

不整合

凡例
液状化強度試験箇所(投影)



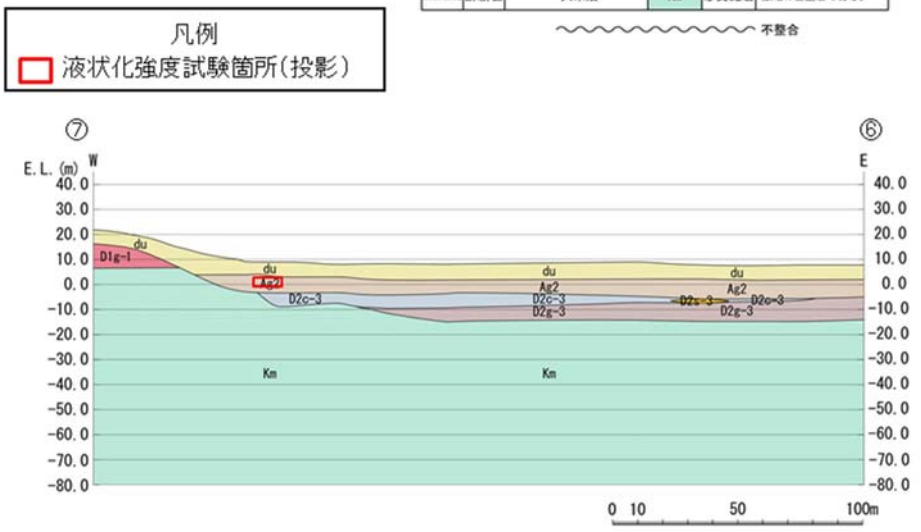

第 4.1.3 図　du 層の液状化強度試験試料採取位置②

液状化強度試験実施位置図

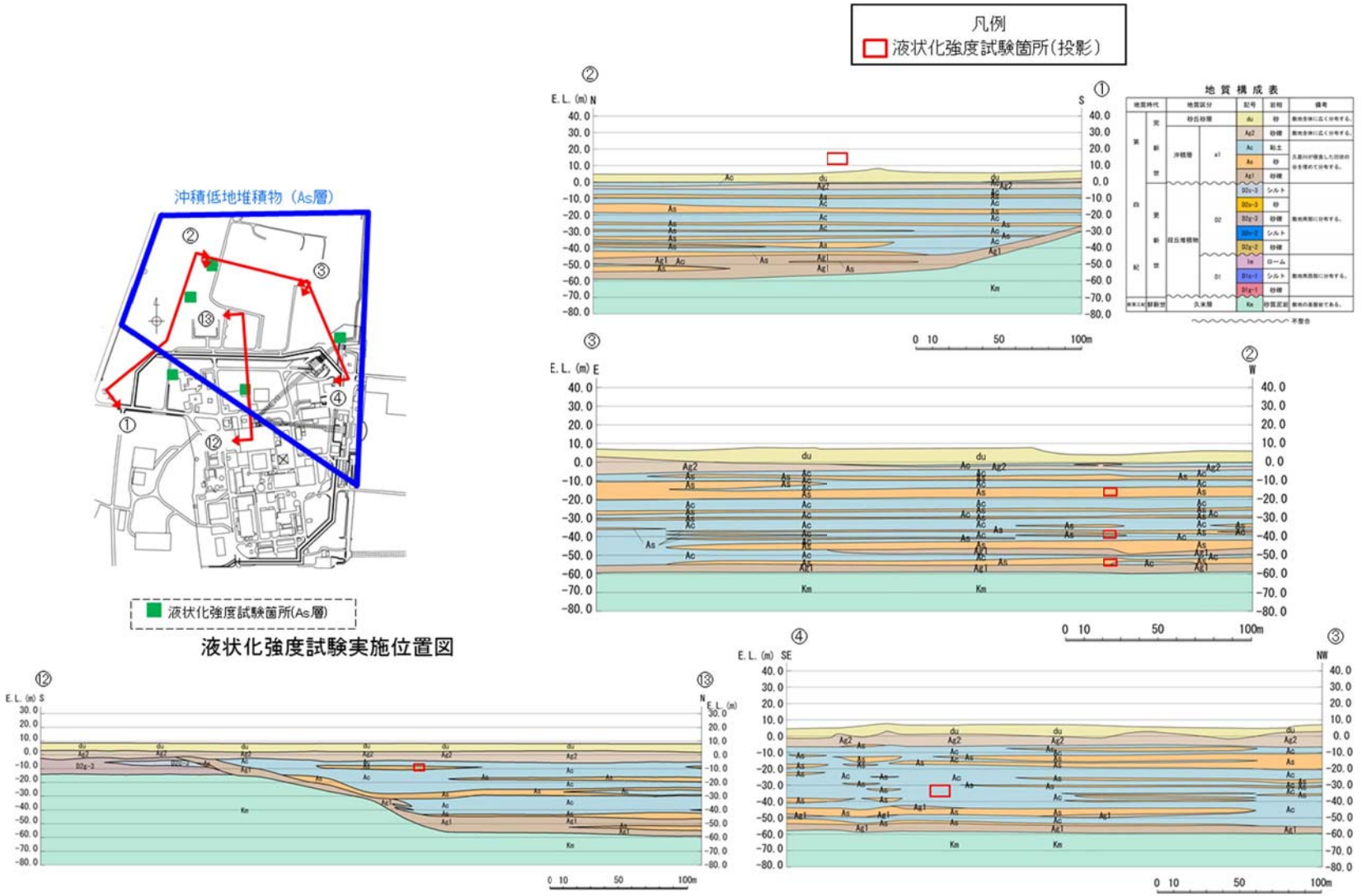
地質構成表

| 地質時代 | | 地質区分 | | 記号 | 岩相 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 第四紀 | 完新世 | 砂丘砂層 | | du | 砂 | 敷地全体に広く分布する。 |
| | | 沖積層 | al | Ag2 | 砂礫 | 敷地全体に広く分布する。 |
| | | | | Ac | 粘土 | 久慈川が侵食した凹状の谷を埋めて分布する。 |
| | | | | As | 砂 | |
| | | | | Ag1 | 砂礫 | |
| | 更新世 | 段丘堆積物 | D2 | D2c-3 | シルト | 敷地南部に分布する。 |
| | | | | D2s-3 | 砂 | |
| | | | | D2g-3 | 砂礫 | |
| | | | | D2c-2 | シルト | |
| | | | | D2g-2 | 砂礫 | |
| | | | D1 | lm | ローム | 敷地南西部に分布する。 |
| | | | | D1c-1 | シルト | |
| | | | | D1g-1 | 砂礫 | |
| 新第三紀 | 鮮新世 | 久米層 | | Km | 砂質泥岩 | 敷地の基盤岩である。 |

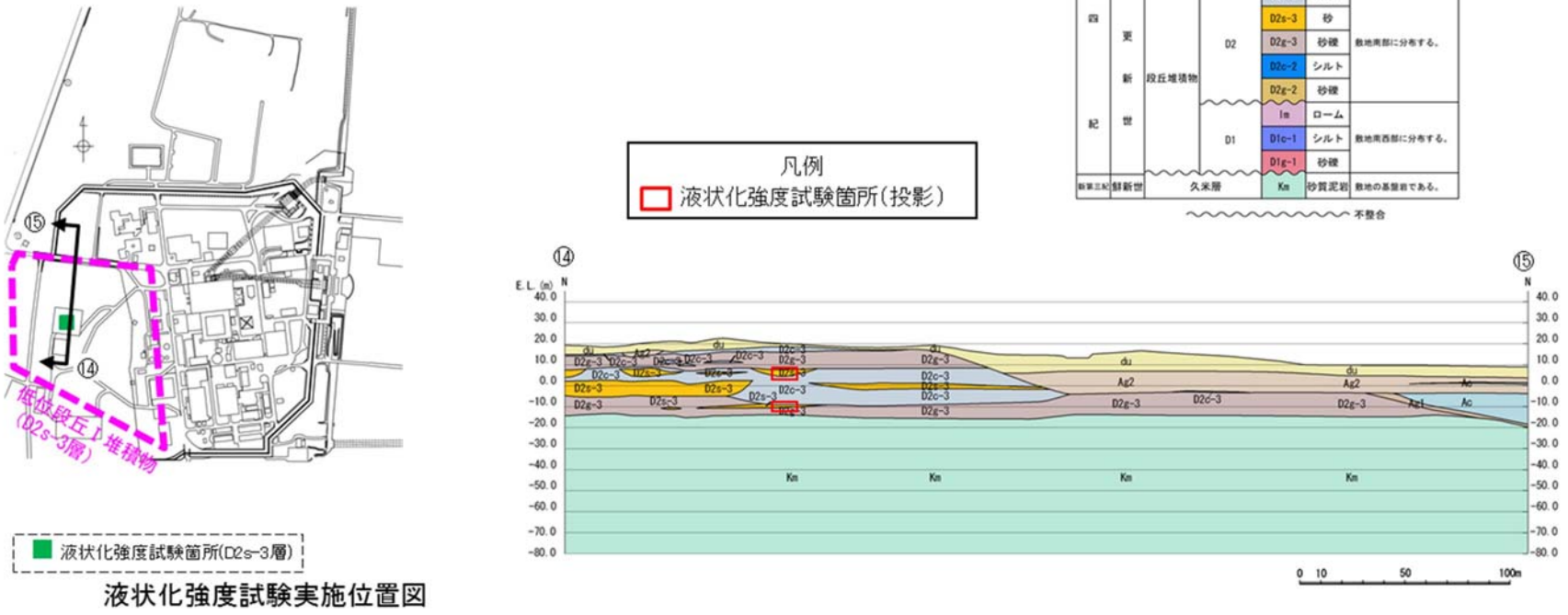
不整合



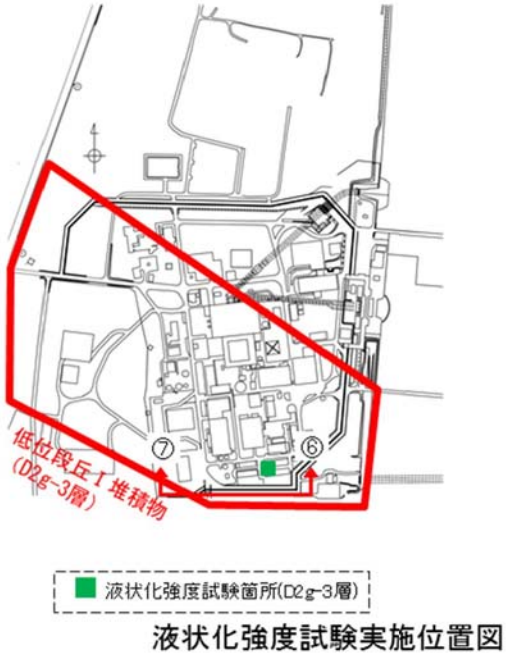

第 4.1.4 図　Ag2 層の液状化強度試験試料採取位置




第 4.1.5 図　As 層の液状化強度試験試料採取位置




第 4.1.6 図　D2s-3 層の液状化強度試験試料採取位置

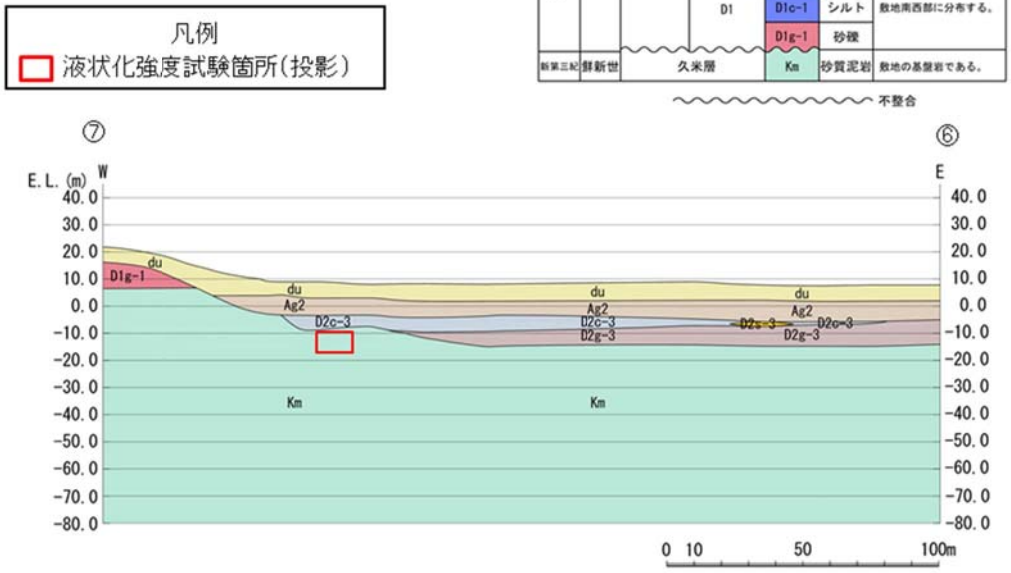



液状化強度試験実施位置図

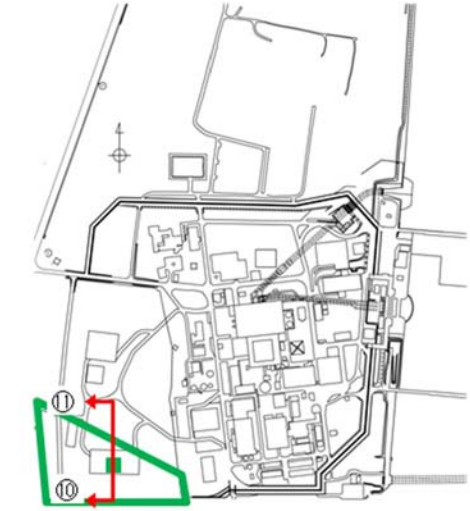
地質構成表

| 地質時代 | | 地質区分 | | 記号 | 岩相 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 第四紀 | 完新世 | 砂丘砂層 | | du | 砂 | 敷地全体に広く分布する。 |
| | | 沖積層 | al | Ag2 | 砂礫 | 敷地全体に広く分布する。 |
| | | | | Ac | 粘土 | 久慈川が侵食した凹状の谷を埋めて分布する。 |
| | | | | As | 砂 | |
| | | | | Ag1 | 砂礫 | |
| | 更新世 | 段丘堆積物 | D2 | D2c-3 | シルト | 敷地南部に分布する。 |
| | | | | D2s-3 | 砂 | |
| | | | | D2g-3 | 砂礫 | |
| | | | | D2c-2 | シルト | |
| | | | | D2g-2 | 砂礫 | |
| | | | D1 | lm | ローム | 敷地南西部に分布する。 |
| | | | | D1c-1 | シルト | |
| | | | | D1g-1 | 砂礫 | |
| 新第三紀 | 鮮新世 | 久米層 | | Km | 砂質泥岩 | 敷地の基盤岩である。 |

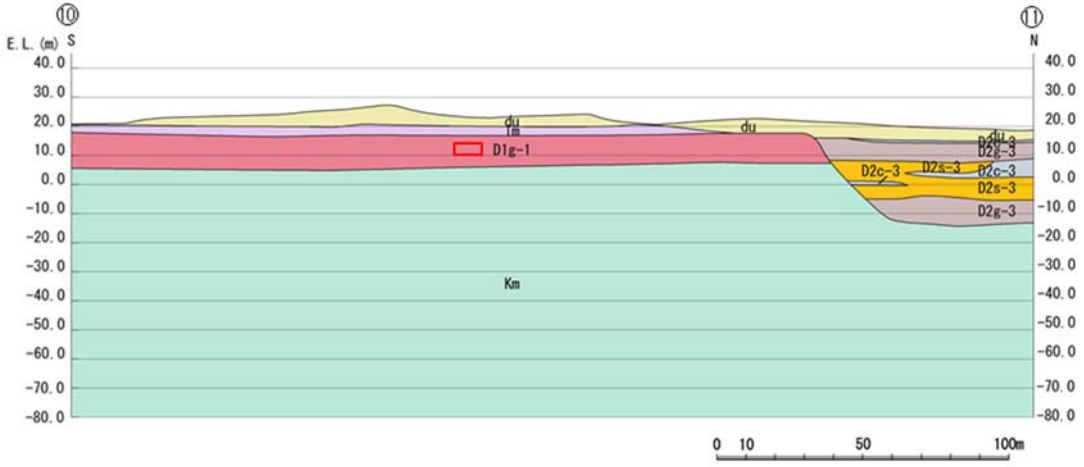
不整合




第 4.1.7 図　D2g-3 層の液状化強度試験試料採取位置




液状化強度試験実施位置図




地 質 構 成 表

| 地質時代 | | 地質区分 | | 記号 | 岩相 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 第四紀 | 完新世 | 砂丘砂層 | | du | 砂 | 敷地全体に広く分布する。 |
| | | 沖積層 | a1 | Ag2 | 砂礫 | 敷地全体に広く分布する。 |
| | | | | Ac | 粘土 | 久慈川が侵食した凹状の谷を埋めて分布する。 |
| | | | | As | 砂 | |
| | | | | Ag1 | 砂礫 | |
| | 更新世 | 段丘堆積物 | D2 | D2c-3 | シルト | 敷地南部に分布する。 |
| | | | | D2s-3 | 砂 | |
| | | | | D2g-3 | 砂礫 | |
| | | | | D2c-2 | シルト | |
| | | | | D2g-2 | 砂礫 | |
| | | | D1 | Im | ローム | 敷地南西部に分布する。 |
| | | | | D1c-1 | シルト | |
| | | | | D1g-1 | 砂礫 | |
| 新第三紀 | 鮮新世 | 久米層 | | Km | 砂質泥岩 | 敷地の基盤岩である。 |

不整合

凡例
液状化強度試験箇所（投影）

第 4.1.8 図　D1g-1 層の液状化強度試験試料採取位置

4.2　液状化強度試験選定箇所の代表性

指針類の液状化抵抗率 $F_L$ の簡易算定式は，地表面から深さ 20m までに分布する完新統を対象に，次式で示される。

$$F_L = \frac{R}{L}$$

ここに，$F_L$ は液状化抵抗率，R は液状化強度比，L は地震時最大せん断応力比である。第 4.2.1 表は指針類での液状化強度比 R の算定時に用いられる物性値を示しているが，基本は完新統のＮ値と細粒分含有率 Fc を用いた算定式であり，平均粒径 $D_{50}$ を用いて補正している。

以上のように液状化強度比 R は完新統のＮ値，細粒分含有率 Fc，平均粒径 $D_{50}$ と相関があり，室内液状化強度試験試料採取箇所と敷地内全調査孔の簡易式によるそれぞれの R の算定値を比較することに基づいて代表性を示す。

本検討においては，道路橋示方書の液状化強度比 $R_L$ の算定式を用いるとともに，原地盤の試料を用いた室内液状化強度試験で求められた繰返し回数 20 回に相当するせん断応力比を $R_{L20}$ と表記するものとする。

また，液状化強度比の比較においては，指針類の物性値のバラツキに対する考え方を参考とし，液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と，その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差を用いた「平均－1σ」（以下「－1σ値」と称す）について整理した。

第 4.2.1 表　指針類における液状化強度比 R と基本物性の関係

| 指針類名 | 液状化強度比 R の算定に用いる主な物性 | 液状化強度比 R の補正に用いる物性 |
|---|---|---|
| 道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編，日本道路協会，平成 24 年<br>(下水道施設の耐震対策指針と解説，日本下水道協会，2014)<br>(河川砂防技術基準(案)同解説，日本河川協会編，1997)<br>(高圧ガス設備等耐震設計指針，高圧ガス保安協会，平成 24 年) | N 値 | 細粒分含有率 Fc<br>平均粒径 $D_{50}$ |
| 港湾の施設の耐震設計に係る当面の借置(その 2)，日本港湾協会，平成 19 年(部分改正平成 24 年) | | 細粒分含有率 Fc |
| 建築基礎構造設計指針，日本建築学会，2001<br>(水道施設耐震工法指針・解説，日本水道協会，2009) | | 細粒分含有率 Fc |
| 鉄道構造物等設計標準・同解説　耐震設計，(財)鉄道総合技術研究所，平成 24 年 | | 細粒分含有率 Fc<br>平均粒径 $D_{50}$ |

## 4.3　室内液状化強度試験結果の $R_{L20}$ と道路橋示方書式による $R_L$ との比較検討

1）概要

各土質について，敷地全体の調査孔のＮ値及び細粒分含有率 Fc から道路橋示方書式で算定される $R_L$ と，室内液状化強度試験試料採取箇所の近傍調査孔のＮ値及び細粒分含有率 Fc から道路橋示方書式で算定される $R_L$ とを比較し，室内液状化強度試験試料採取箇所の代表性を確認する。

各土質について代表性を確認した液状化強度試験試料採取箇所の不攪乱試料を用いた室内液状化強度試験を実施する。

各土質について，液状化強度試験試料採取箇所の近傍調査孔のＮ値及び細粒分含有率 Fc から道路橋示方書式で算定される $R_L$ と，室内液状化強度試験データに基づき－１σで設定する原地盤のＦＬＩＰの液状化強度特性とを比較し，有効応力解析に用いる液状化強度特性の保守性を確認する。

さらに，地盤を強制的に液状化させる解析条件を仮定した影響評価検討のため，敷地の原地盤には存在しない均質さで極めて液状化しやすい豊浦標準砂の液状化強度試験データを全て包含するＦＬＩＰの液状化強度特性も設定する。

各土質について，液状化強度試験試料採取箇所の近傍調査孔のＮ値及び細粒分含有率 Fc から道路橋示方書式で算定される $R_L$ と，豊浦標準砂を対象に設定したＦＬＩＰの液状化強度特性は最も保守的に液状化の影響検討を行える仮定となっていることを確認する。

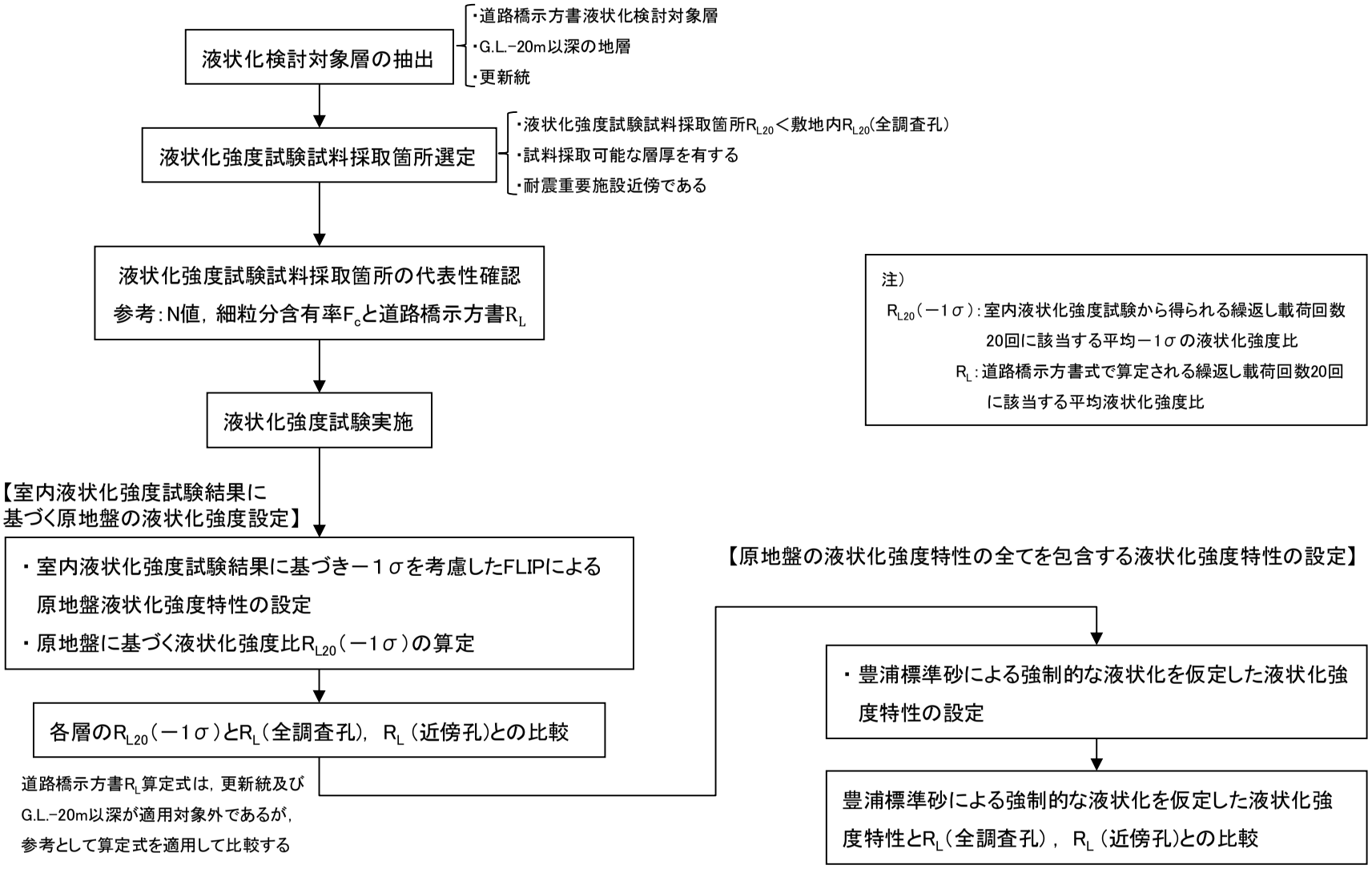
道路橋示方書の $R_L$ の算定式は，更新統及び G.L.－20m 以深が適

用対象外であるものの，本資料では更新統及び G.L.－20m 以深についても道路橋示方書の $R_L$ の算定式を用い，原地盤の室内液状化強度試験データから－１σで設定したＦＬＩＰの液状化強度特性及び強制的に液状化させる仮定となる豊浦標準砂の液状化強度試験データとその全てを包含するＦＬＩＰの液状化強度特性とを比較することで，保守的な液状化の影響検討が可能なＦＬＩＰの液状化強度特性の設定となっていることを確認する。

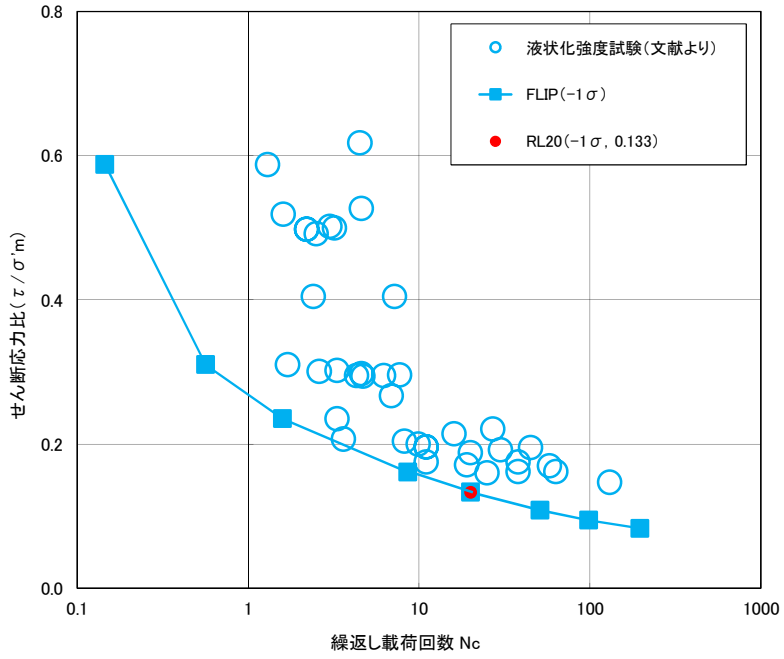
第 4.3.1 表に液状化強度特性の設定について示す。第 4.3.1 図に液状化強度比較検討フローを示す。また，第 4.3.2 図にＦＬＩＰによる豊浦標準砂の液状化強度特性（－1σ）を示す。さらに，第 4.3.3 図に東海第二発電所の原地盤の液状化強度試験データとその全てを包含するＦＬＩＰの液状化強度特性（－1σ，豊浦標準砂）との比較を示す。

# 第 4.3.1 表　液状化強度特性の設定

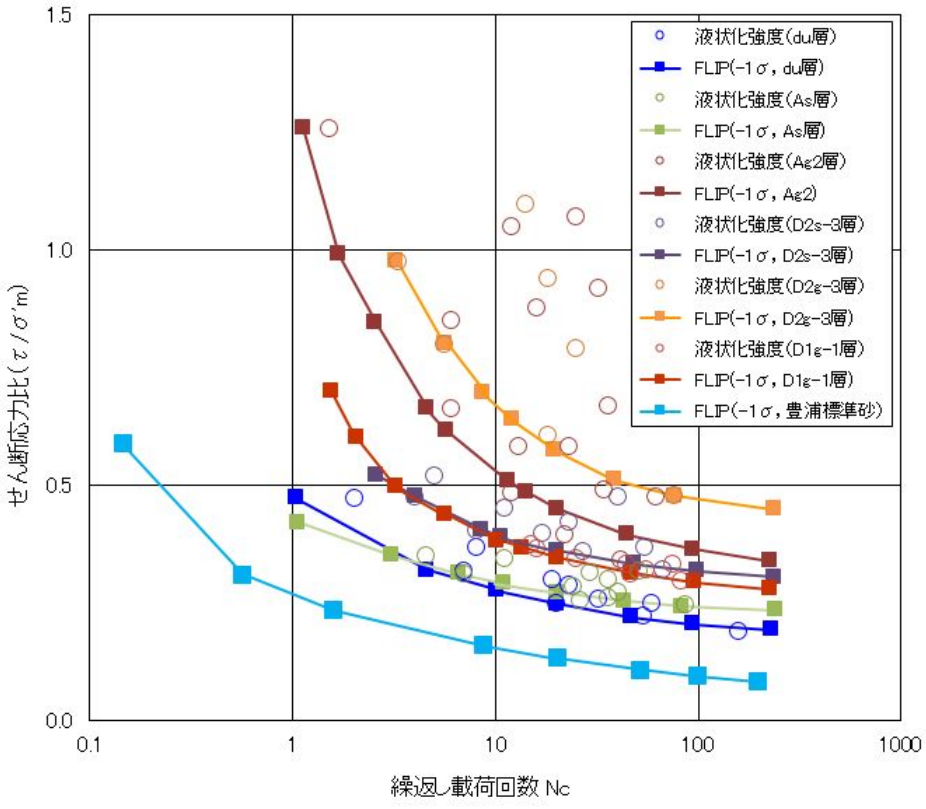
| 液状化強度特性の比較対象土層 | | | 道路橋示方書における液状化検討対象か否かの区分 | 有効応力解析に適用する-1σの液状化強度特性及びそれら全てを包含する液状化強度特性の仮定 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 堆積年代 | 土層名 | 層相 | | 原地盤の液状化強度特性の設定 | 原地盤の液状化強度特性の全てを包含する液状化強度特性の仮定 |
| 完新統 | du | 砂 | 対象 | 原地盤試料の液状化強度試験結果に基づき-1σの液状化強度特性を設定 | 敷地には存在しない均質で液状化しやすい豊浦標準砂の液状化強度試験データを包含する液状化強度特性を仮定 |
| | Ag2 | 砂礫 | 対象 | | |
| | As | 砂 | G.L.-20mまで対象 | | |
| 更新統 | D2g-3 | 砂礫 | 対象外 | | |
| | D2s-3 | 砂 | 対象外 | | |




第 4.3.1 図　液状化強度比較検討フロー



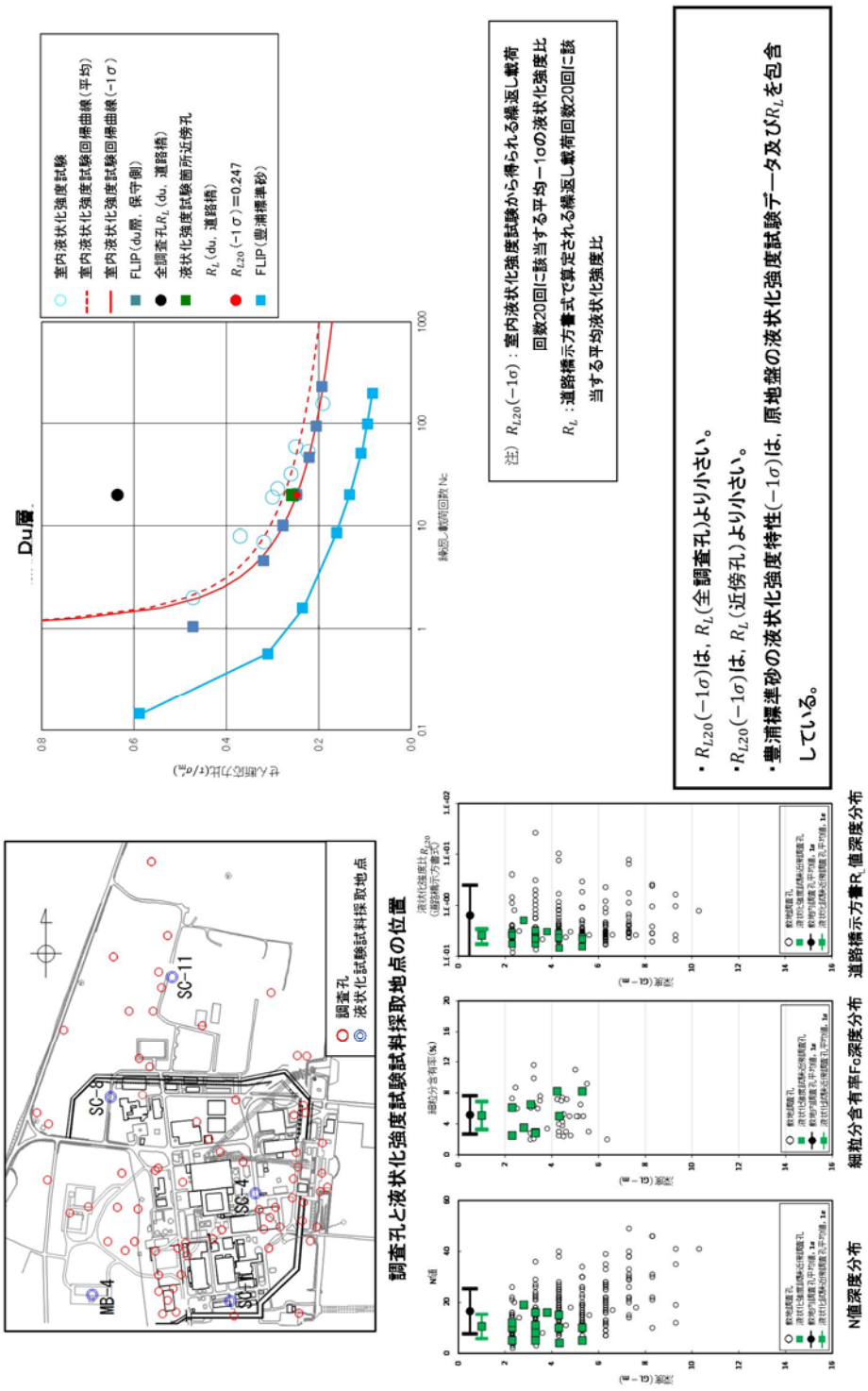

第 4.3.2 図　ＦＬＩＰによる豊浦標準砂の液状化強度特性（－1σ）



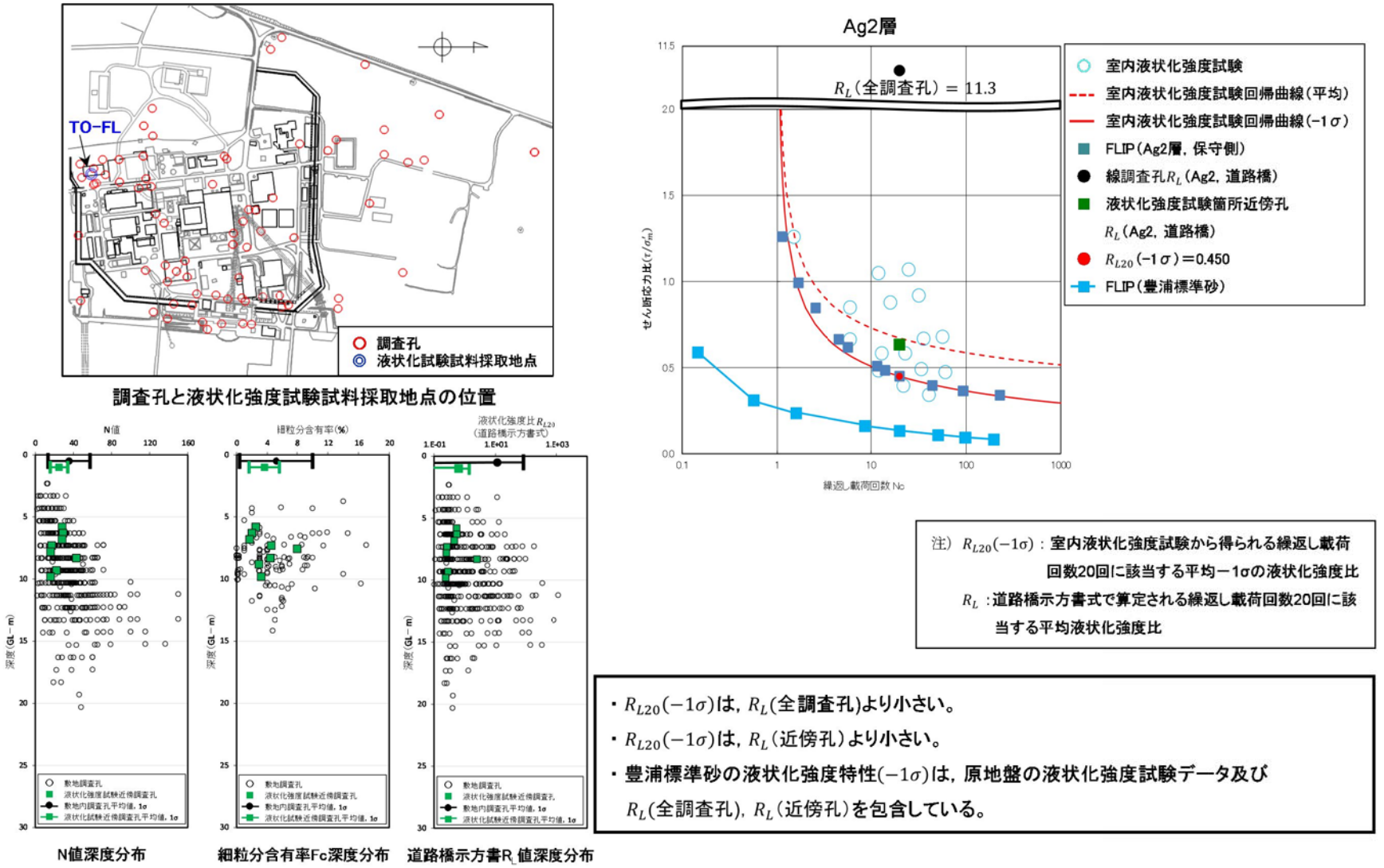

第 4.3.3 図　東海第二発電所の原地盤に基づく液状化強度試験データとその全てを包含するＦＬＩＰの液状化強度特性（－1σ，豊浦標準砂）

2）室内液状化強度試験結果と道路橋示方書式による $R_L$ との比較

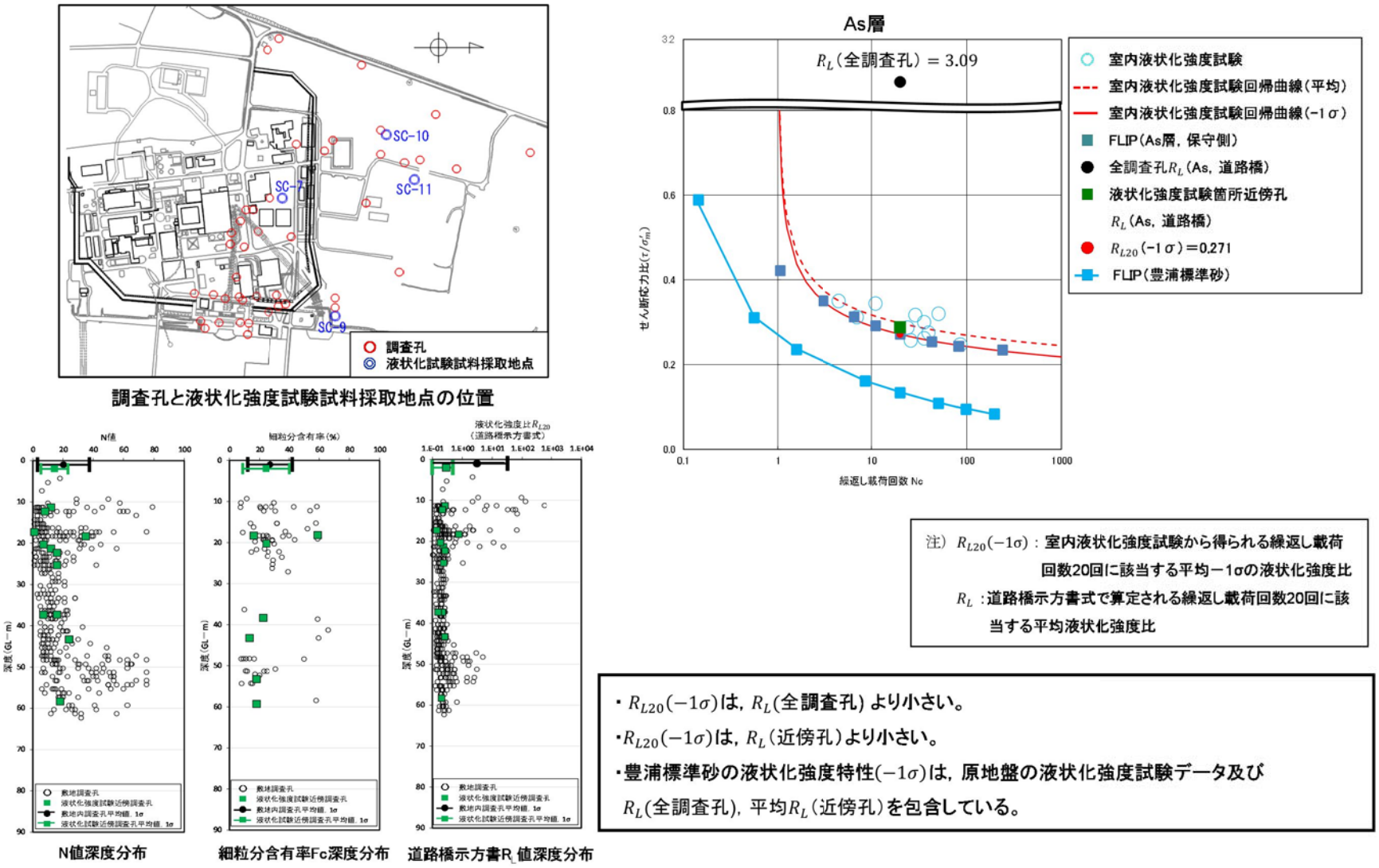
第 4.3.4 図～第 4.3.8 図に液状化検討対象層の室内液状化強度試験結果と敷地内調査孔の道路橋示方書式による $R_{L20}$ との比較結果を示す。




第 4.3.4 図　室内液状化強度試験結果と道路橋示方書式による $R_{L20}$ と比較検討（du 層）



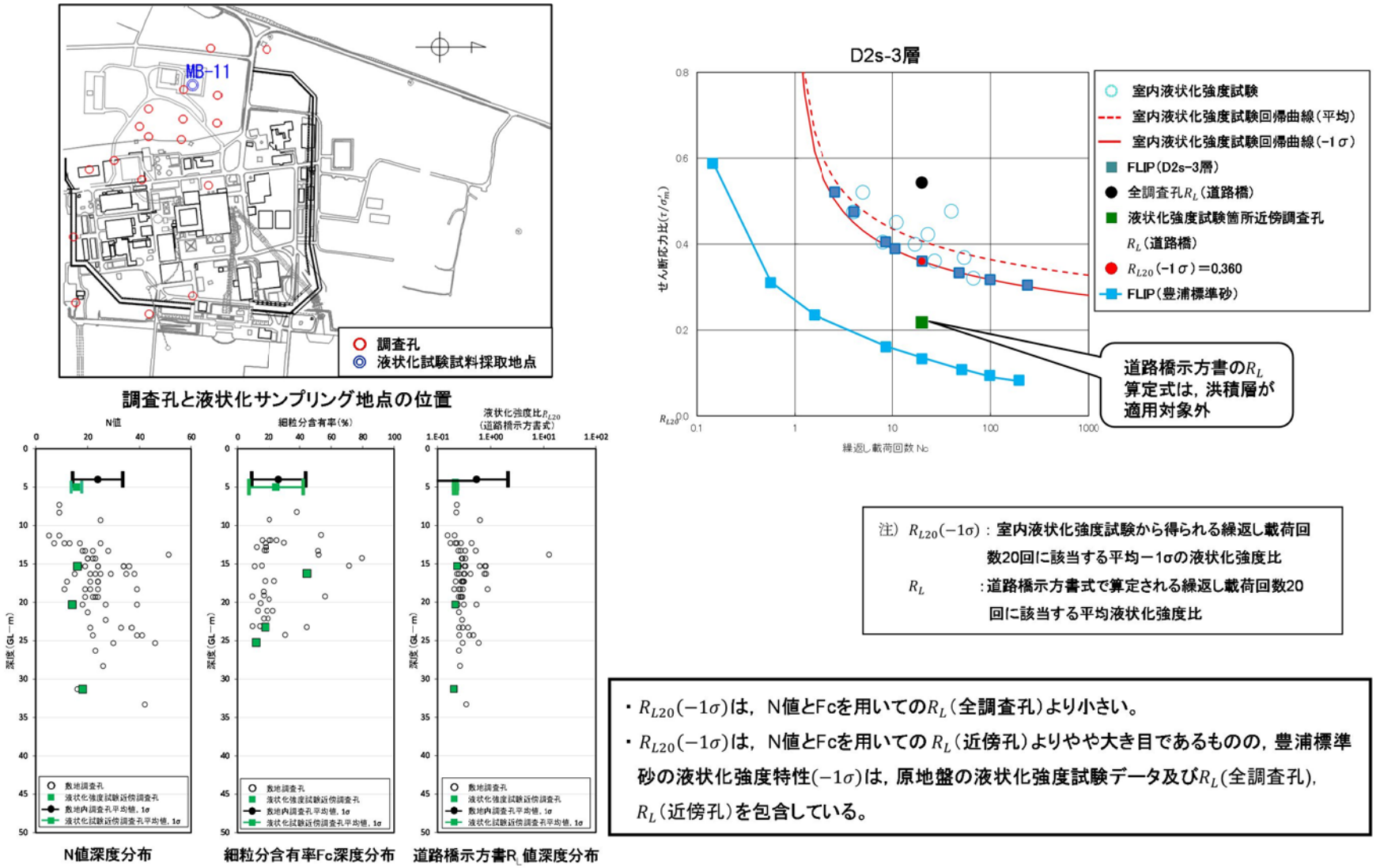

第 4.3.5 図　室内液状化強度試験結果と道路橋示方書式による $R_{L20}$ との比較検討（Ag2 層）



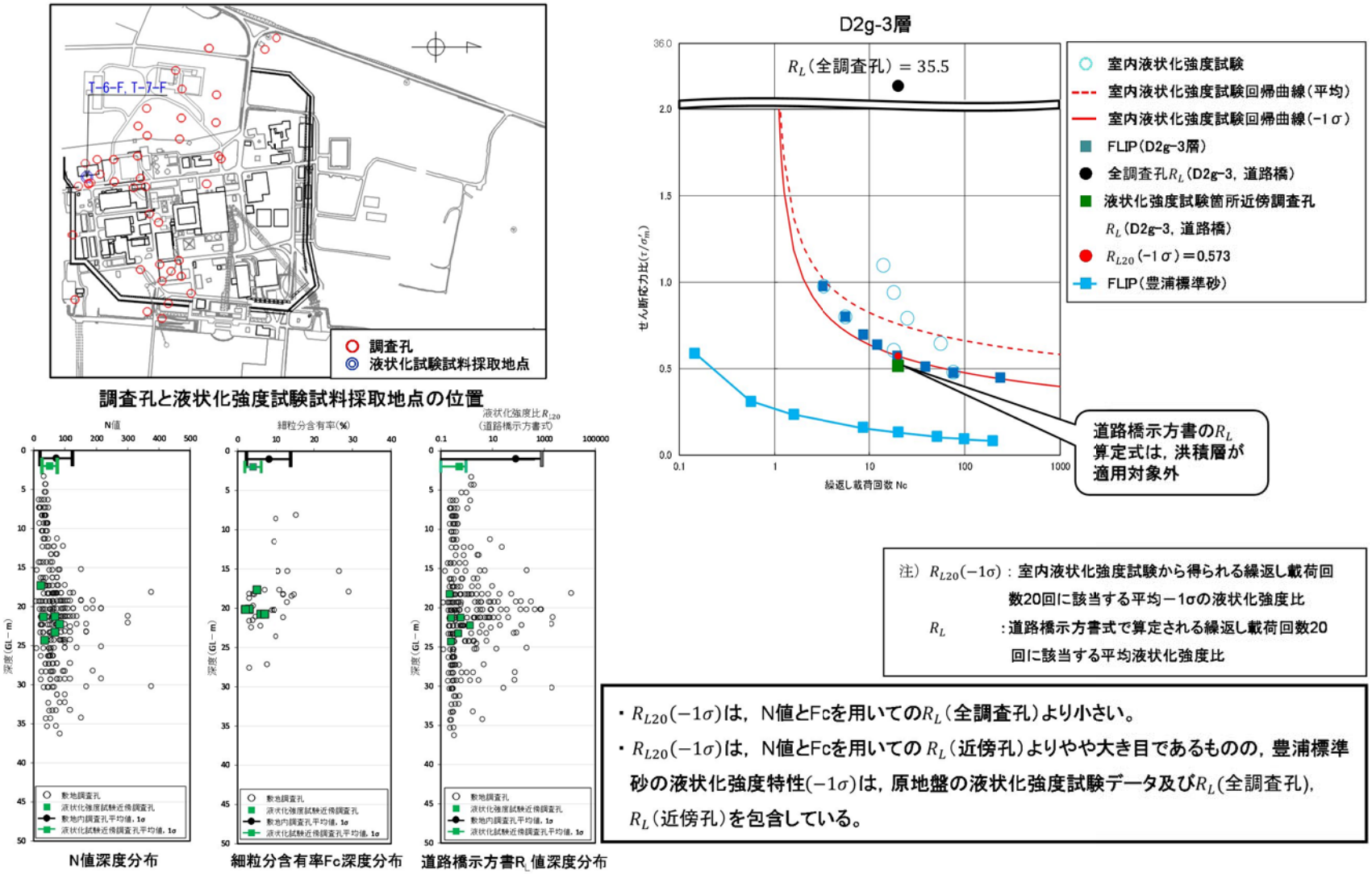

注）$R_{L20}(-1\sigma)$：室内液状化強度試験から得られる繰返し載荷回数20回に該当する平均－1σの液状化強度比
$R_L$：道路橋示方書式で算定される繰返し載荷回数20回に該当する平均液状化強度比

・$R_{L20}(-1\sigma)$は，$R_L$(全調査孔) より小さい。
・$R_{L20}(-1\sigma)$は，$R_L$(近傍孔)より小さい。
・豊浦標準砂の液状化強度特性$(-1\sigma)$は，原地盤の液状化強度試験データ及び$R_L$(全調査孔)，平均$R_L$(近傍孔)を包含している。

第 4.3.6 図　液状化強度設定（As 層）室内液状化強度試験結果と道路橋示方書式のよる $R_{L20}$ との比較検討（As 層）




第 4.3.7 図　液状化強度設定（D2s-3 層）室内液状化強度試験結果と道路橋示方書式による $R_{L20}$ との比較検討（D2s-3 層）




注）$R_{L20}(-1\sigma)$：室内液状化強度試験から得られる繰返し載荷回数20回に該当する平均－1σの液状化強度比

$R_L$　：道路橋示方書式で算定される繰返し載荷回数20回に該当する平均液状化強度比

・$R_{L20}(-1\sigma)$は，N値とFcを用いての$R_L$（全調査孔）より小さい。

・$R_{L20}(-1\sigma)$は，N値とFcを用いての$R_L$（近傍孔）よりやや大き目であるものの，豊浦標準砂の液状化強度特性$(-1\sigma)$は，原地盤の液状化強度試験データ及び$R_L$（全調査孔），$R_L$（近傍孔）を包含している。

第 4.3.8 図　室内液状化強度試験結果と道路橋示方書式による $R_{L20}$ との比較検討（D2g-3 層）

3）まとめ

敷地内の液状化検討対象層に対して，原地盤採取試料の室内液状化強度試験結果（－1σ）及び豊浦標準砂の液状化強度特性（－1σ）と敷地内全調査孔，及び液状化強度試験箇所近傍調査孔の道路橋示方書による $R_L$ との比較検討を行った。

・ 各土層の室内液状化強度試験結果 $R_{L20}$（－1σ）は，何れの土層においても，道路橋示方書による敷地内全調査孔の平均 $R_L$（全調査孔）より小さい。

・ 完新統（du 層，As 層，Ag2 層）の液状化強度試験結果 $R_{L20}$（－1σ）は，道路橋示方書による液状化強度試験箇所近傍調査孔の平均 $R_L$（近傍孔）より小さい。

・ 更新統（D2g-3 層，D2s-3 層）の液状化強度試験結果 $R_{L20}$（－1σ）は，道路橋示方書による液状化強度試験箇所近傍調査孔の平均 $R_L$（近傍孔）よりやや大きめの値を示している。しかし，道路橋示方書の $R_L$ 算定式は，完新統のＮ値及び細粒分含有率 Fc と完新統の液状化強度比との関係から定められた式であり，更新統の液状化強度が一般的に高めの傾向となる要因である年代効果の続成作用等の影響を考慮できる評価式になっておらず，更新統は本来適用対象外である。

・ よって，完新統のＮ値及び細粒分含有率 Fc に基づく道路橋示方書の $R_L$ 算定式をあえて更新統に適用した場合には，室内の液状化強度試験結果よりやや小さ目に $R_L$ を評価する結果となっている。

・ 豊浦標準砂の液状化強度特性（－1σ）は，原地盤の液状化強

度試験データ及び道路橋示方書式による液状化強度試験箇所近傍調査孔の平均 $R_L$（近傍孔）を包含している。

・ 現在実施中の追加調査を踏まえ，各液状化検討対象層の液状化強度特性について，今後も引き続き検討を進める。当該施設設置位置近傍の調査孔で得られるＮ値と室内液状化強度試験結果との関係を踏まえ，解析に用いる液状化強度特性が適切であるか再確認していく。

## 4.4　基準地震動Ｓ$_s$に対する液状化強度試験の有効性

敷地で採取された試料を用いて実施した液状化強度試験が基準地震動Ｓ$_s$相当の地盤の状態（繰返し応力および繰返し回数）を模擬していることを確認するため，累積損傷度理論を適用し，評価検討を行った。

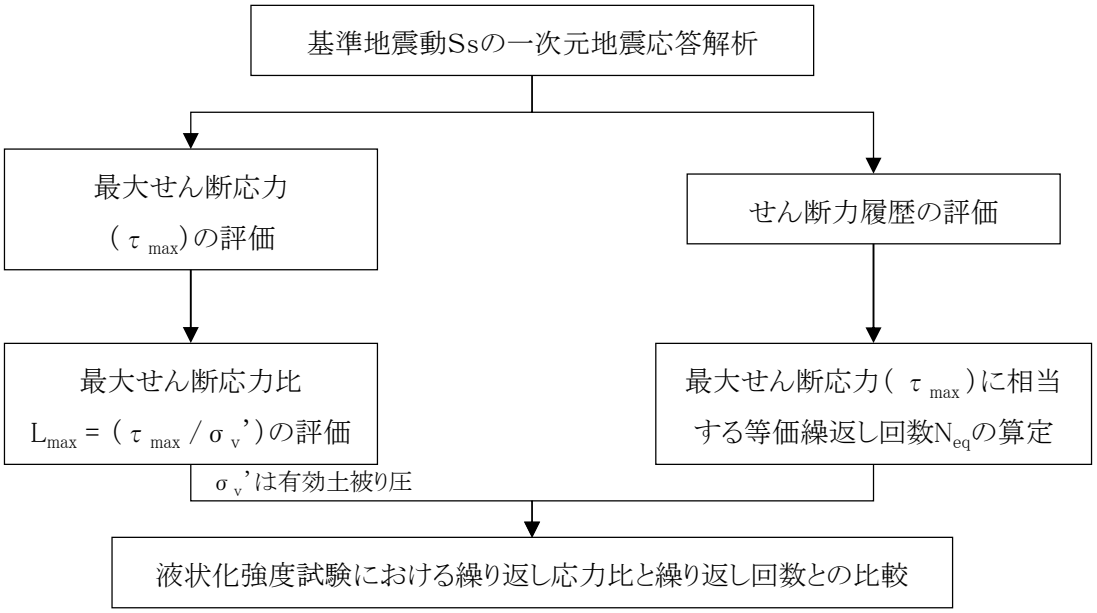
第 4.4.1 図に累積損傷度理論に基づく等価繰返し回数の評価フローを，第 4.4.2 図に累積損傷度理論による等価繰返し回数の評価方法を示す。

液状化強度試験結果から各せん断応力比（L）に対して所定のせん断ひずみとなる繰返し回数を整理し，取水口南側・北側，海水ポンプ室南側・北側の地盤モデルを用いて実施した一次元有効応力解析結果を累積損傷度理論に基づいて整理した最大せん断応力比（$L_{max}$）及び等価繰返し回数（$N_{eq}$）と比較検討を行った。

第 4.4.3 図～第 4.4.6 図には各土層の累積損傷度理論に基づく評価結果を示す。

du 層，Ag2 層及び Ag1 層の評価結果より，解析結果による最大せん断応力比（$L_{max}$）と等価繰返し回数（$N_{eq}$）は，試験で実施したせん断応力比と繰返し回数と同程度であり，概ね基準地震動Ｓ$_s$-D1 相当の試験が実施出来ている。

As 層の評価結果より，液状化強度試験はせん断応力比が小さい（繰返し回数 100 回以上）のデータを包含していないことから，すべてのデータを十分に包含する豊浦標準砂のＦＬＩＰの液状化強度特性を用いた有効応力解析を実施し，耐震評価を行うこととする。




第 4.4.1 図　累積損傷度理論に基づく等価繰返し回数の評価フロー

## ◆累積損傷度理論に基づく等価繰返し回数の評価

・累積損傷度理論は，金属の疲労破壊の分野で提案されたものである。

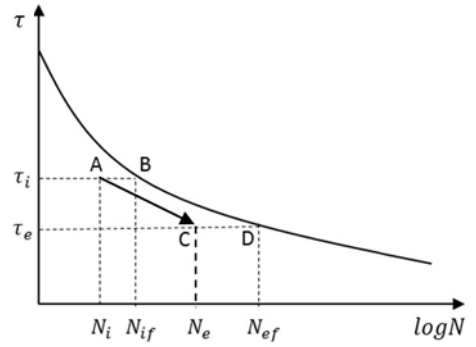
1回の荷重$\tau_i$により，損傷度$\{1/N_f(\tau_i)\}$が生じ，$N_i$回の繰返し荷重により損傷度が累積して

$$D = \frac{N_i}{N_{if}(\tau_i)} \geqq 1.0$$

で疲労破壊に達する。

・繰返し荷重$\tau_i$が$N_i$回作用したことによるのと同等の効果を，別の応力レベル$\tau_e$によって得るために必要な繰返し回数（**等価繰返し回数**）$N_e$は以下のように定義される。

$$N_e = \frac{N_i}{N_{if}} N_{ef}$$




ここに，

$N_i$ ：せん断応力$\tau_i$の繰返し回数

$N_{if}$：せん断強度$\tau_i$での繰返し回数

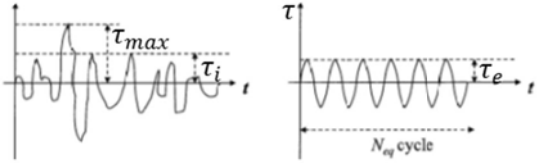
$N_e$ ：せん断応力$\tau_e$の繰返し回数

$N_{ef}$：$\tau_e$なる等価振幅応力を加えた場合の破壊までの繰返し回数

・複数の$\tau_i$を有する不規則波全体を等価一定せん断応力$\tau_e$なる単一応力レベルでの当振幅繰返しせん断波で置き換えるための等価繰返し回数$N_{eq}$

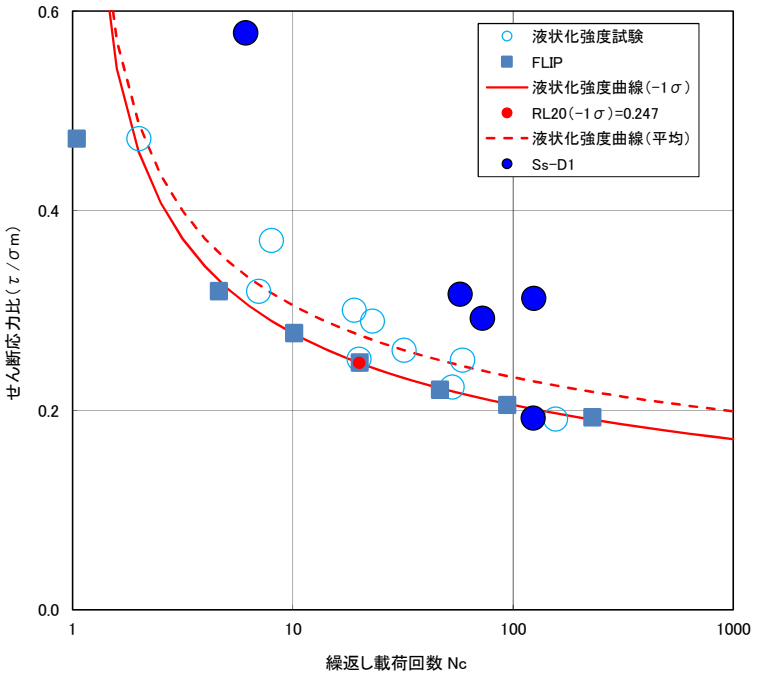
$$\tau_e = 0.65 \times \tau_{max}$$

$$N_{eq} = \sum N_e = N_{ef} \sum \left(\frac{N_i}{N_{if}}\right)$$



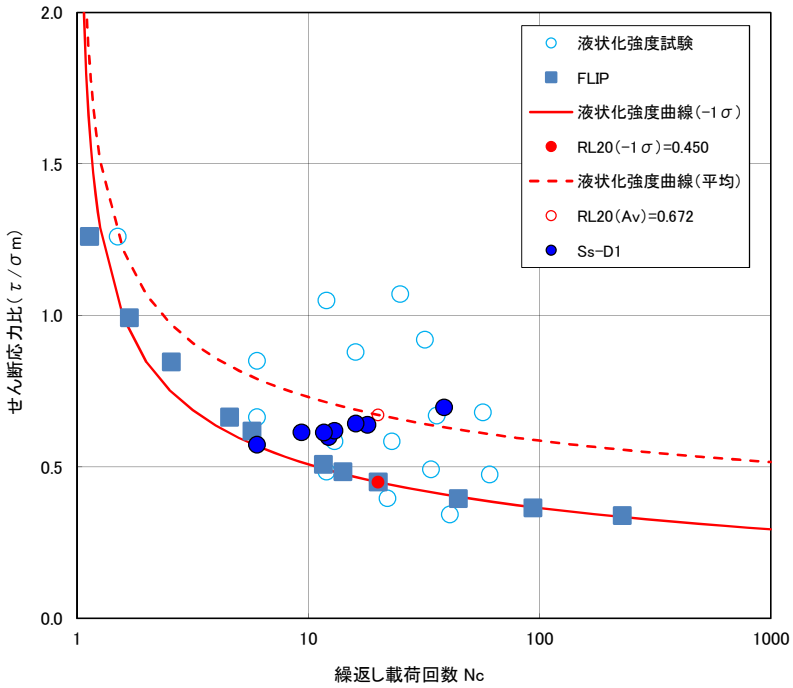

・あるレベル未満のせん断応力は，$N_{if}$が大きいため$(N_i/N_{if}) \fallingdotseq 0$となり，ほとんど破壊に寄与しない。今回の検討では，液状化強度試験の最大繰返し回数200回に相当するせん断応力を設定し，そのせん断力以下は対象外とした。

第 4.4.2 図 累積損傷度理論に基づく等価繰返し回数の評価方法



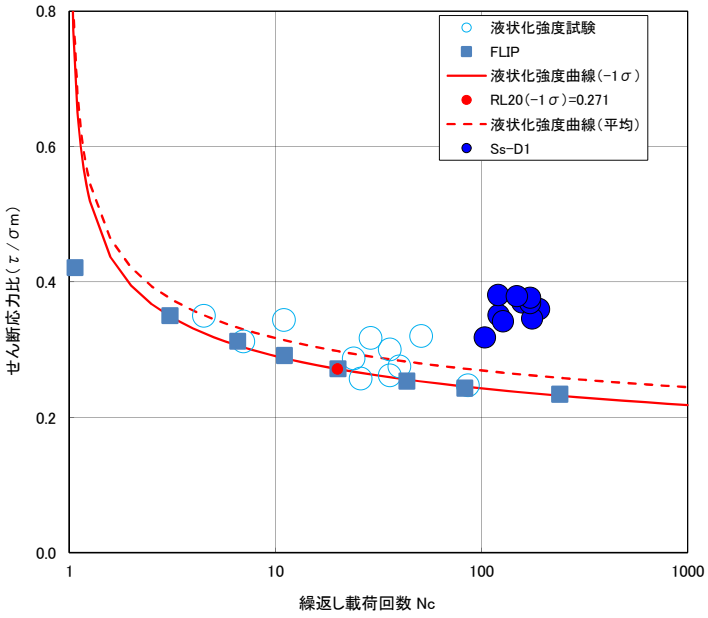

第 4.4.3 図　累積損傷度理論に基づく評価結果

（取水口・海水ポンプ室，du 層）



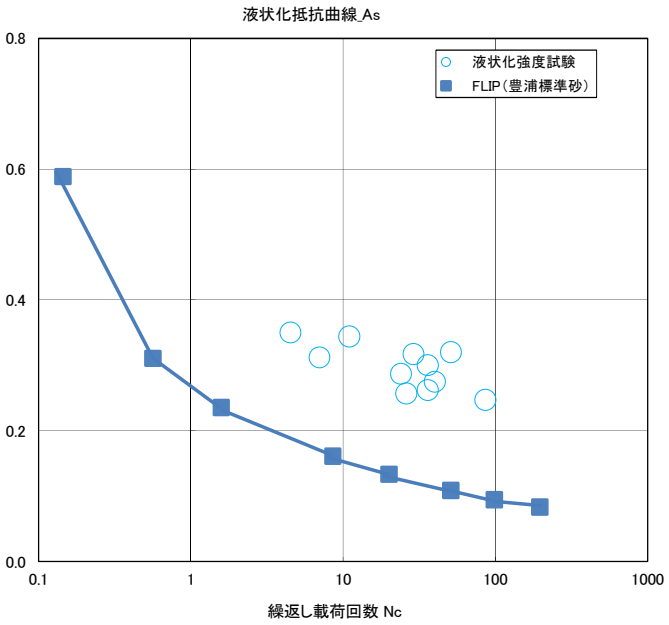

第 4.4.4 図　累積損傷度理論に基づく評価結果

（取水口・海水ポンプ室，Ag2 層）




(a)試験データの－1σ保守側の回帰曲線を再現対象とした

ＦＬＩＰの液状化強度特性

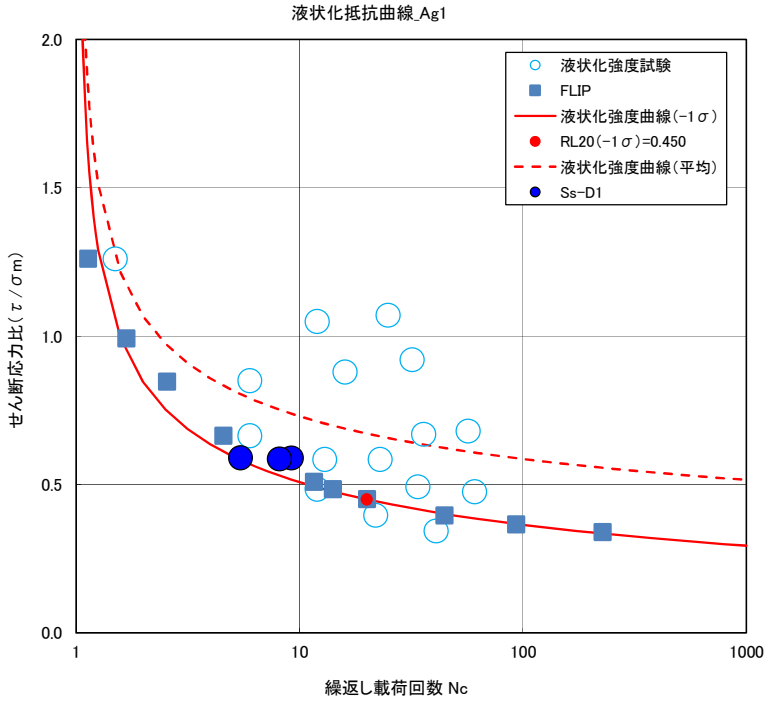



(b)全ての試験データを包含する

豊浦標準砂のＦＬＩＰの液状化強度特性

第 4.4.5 図　累積損傷度理論に基づく評価結果

（取水口・海水ポンプ室，As 層）




第 4.4.6 図　累積損傷度理論に基づく評価結果

（取水口・海水ポンプ室，Ag1 層）

## 5. 施設毎の液状化影響検討の組合せ

### 1）液状化影響検討の組合せの設定方針

液状化影響検討の組合せの設定フローを第 5.1.1 図に示す。

施設の詳細設計において，その周辺地盤に液状化検討対象層が存在しない場合は，液状化の影響検討は不要とする。

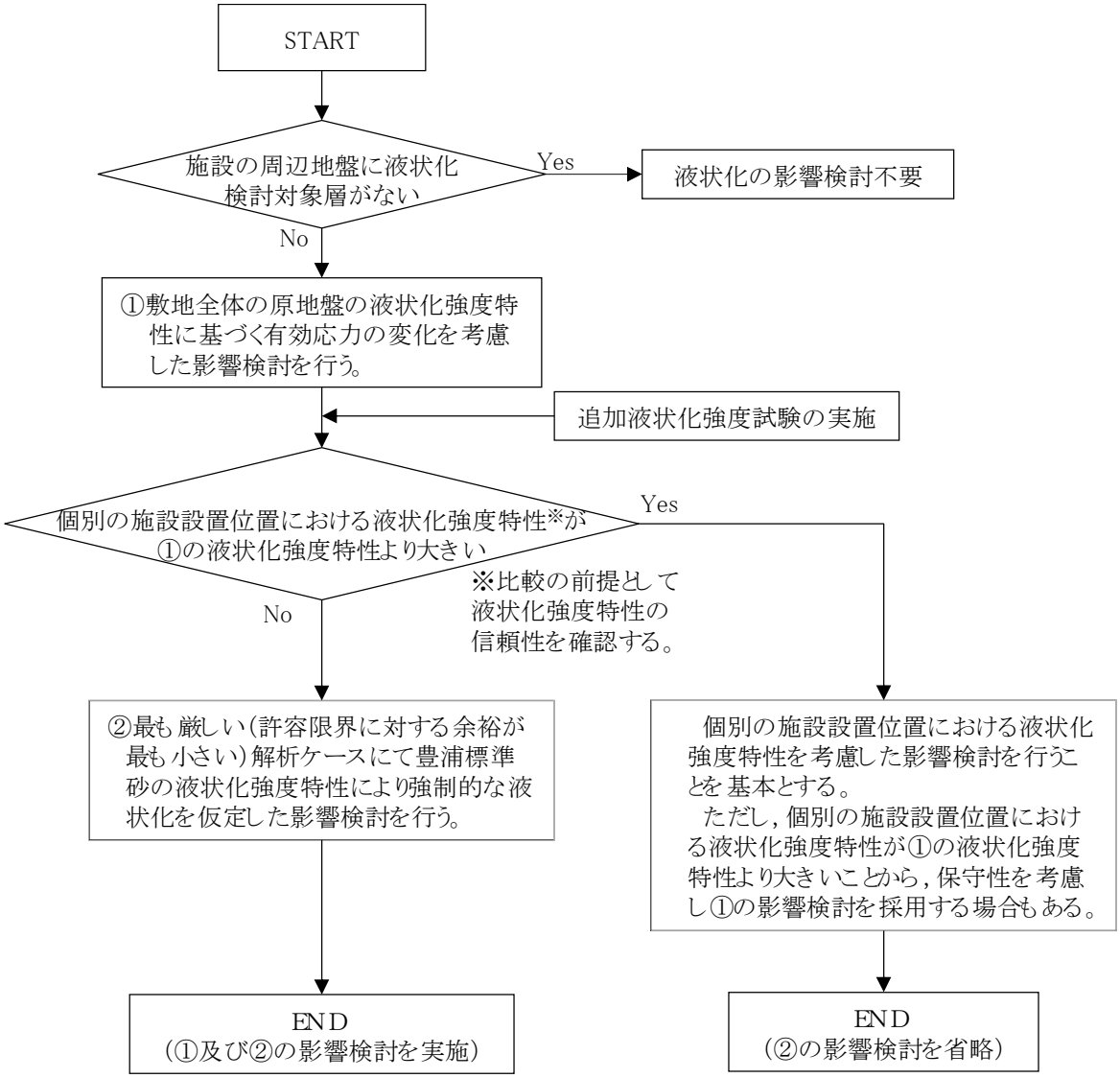
上記に該当しない施設について，基準地震動Ｓ$_s$に対して，敷地全体の原地盤に基づく液状化強度特性を用いた有効応力解析による影響検討を行う（①）

個別の施設設置位置の液状化強度特性について，信頼性を確認した上で，①の液状化強度特性より大きいかの確認を行う。

個別の施設設置位置の液状化強度特性が①の液状化強度特性より大きいことの確認ができない場合は，①の検討において最も厳しい（許容限界に対する余裕が最も小さい）解析ケースに対して，豊浦標準砂に基づく液状化強度特性により強制的な液状化を仮定した影響検討を追加で行う（②）。

個別の施設設置位置の液状化強度が①の液状化強度特性より大きいことの確認ができた場合は，個別の施設設置位置における液状化強度特性を考慮した影響検討を行うことを基本とする。

ただし，個別の施設設置位置の液状化強度が①の液状化強度特性より大きいことから，保守性を考慮し①の影響検討を採用する場合もある。

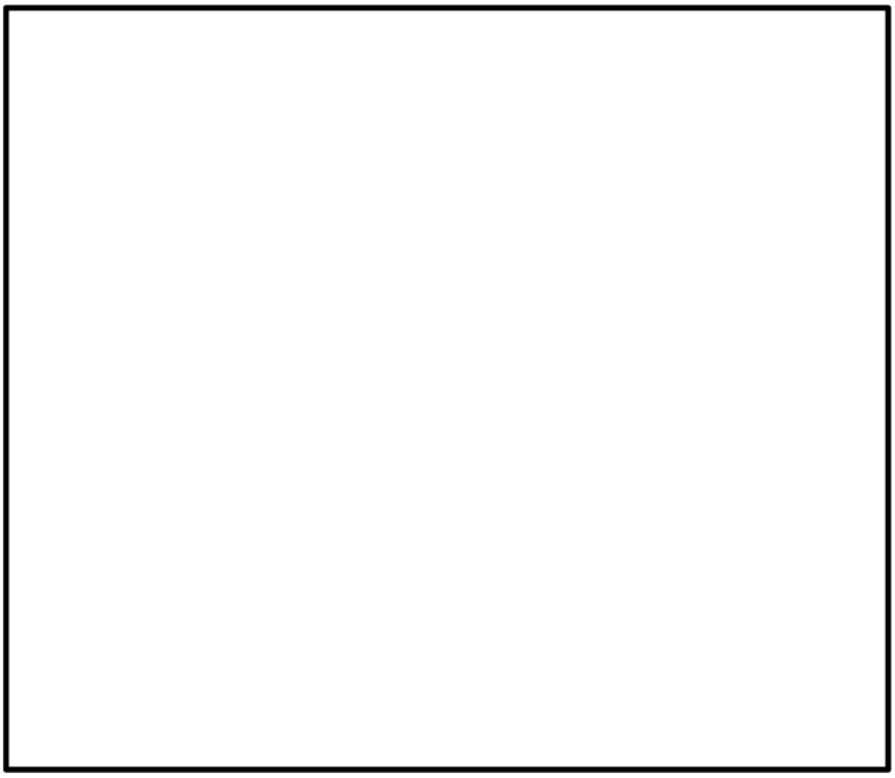


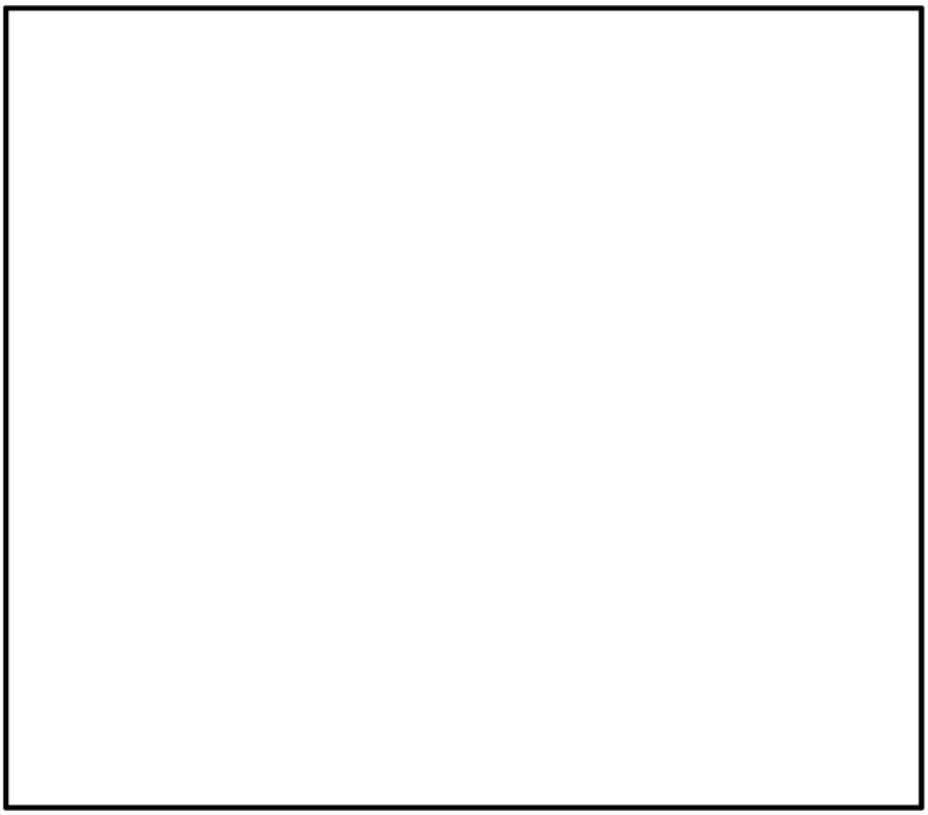

第 5.1.1 図　液状化影響検討の組合せの設定フロー

2）施設毎の液状化影響検討の組合せ

対象施設の設置位置，液状化強度試験用試料採取箇所及び対象層を第 5.1.2 図に示す。また，検討フローに基づいた施設毎の液状化影響検討の組合せを第 5.1.1 表に示す。

また，第 5.1.3 図に追加液状化強度試験計画を示す。今後，当該試験結果を踏まえ，詳細設計にて用いられる液状化強度特性を精査していく。





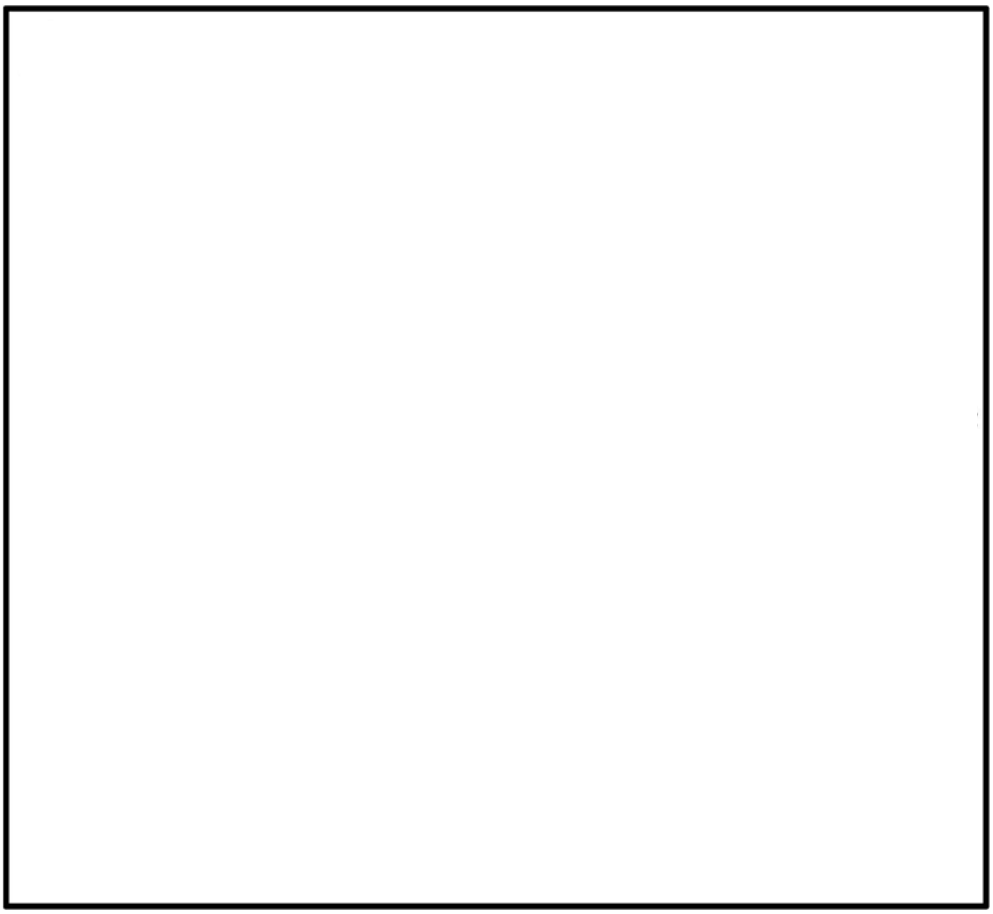
第 5.1.2 図　対象施設の設置位置，液状化強度試験用試料採取箇所及び対象層

# 第 5.1.1 表　施設毎の液状化影響検討の組合せ

| 設備分類 | 設備名称<br>【間接支持している設備名称】 | 下部工の構造 | 支持層 | 周辺地盤の地層のうち，<br>液状化検討対象層 | 液状化の影響検討不要 | 原地盤に基づく液状化強度特性を用いた評価を実施(①) | 豊浦標準砂に基づく液状化強度特性を用いた検討を実施(②) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 設計基準対処施設 | 使用済燃料乾式貯蔵建屋 | 杭支持構造 | 久米層 | du層，Ag2層，D2g-3層 | | ● | ● |
| | 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁 | 杭支持構造 | 久米層 | du層，Ag2層，As層，Ag1層，<br>D2s-3層，D2g-3層，D1-g1層 | | ● | ● |
| | 鋼製防護壁 | 地中連続壁 | 久米層 | du層，Ag2層，As層，Ag1層 | | ● | ● |
| | 鉄筋コンクリート防潮壁 | 地中連続壁 | 久米層 | du層，Ag2層，As層，Ag1層 | | ● | ● |
| | 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路放水路エリア） | 地中連続壁 | 久米層 | du層，Ag2層，As層，Ag1層 | | ● | ● |
| 設計基準対処施設及び重大事故等対処施設 | 原子炉建屋 | MMRを介して<br>岩盤に直接支持 | 久米層 | 無し※1 | ● | — | — |
| | 取水構造物<br>【非常用海水取水ポンプ及び非常用海水系配管】 | 杭支持構造 | 久米層 | du層，Ag2層，As層，Ag1層 | | ● | ● |
| | 排気筒<br>【非常用ガス処理系排気筒】 | 杭支持構造<br>(第四系全てを地盤改良) | 久米層 | 無し(第四系全てを地盤改良) | ● | — | — |
| | 屋外二重管<br>【非常用海水系配管】 | 杭支持構造 | 久米層 | du層，Ag2層，As層，Ag1層 | | ● | ● |
| | 貯留堰 | 岩盤に直接支持 | 久米層 | du層，Ag2層，As層，Ag1層 | | ● | ● |
| | 常設代替高圧電源装置置場<br>【常設代替高圧電源装置，西側淡水貯水設備及び軽油タンク】 | 岩盤に直接支持 | 久米層 | du層，Ag2層，D2g-3層 | | ● | ● |
| | 常設代替高圧電源装置用カルバート(トンネル部)<br>【常設代替高圧電源装置電路，燃料移送配管】 | 岩盤内に設置(トンネル) | 久米層 | 無し(岩盤中に直接設置) | ● | — | — |
| | 常設代替高圧電源装置用カルバート(立坑部)<br>【常設代替高圧電源装置電路，燃料移送配管】 | 岩盤に直接支持 | 久米層 | 無し※1 | ● | — | — |
| | 常設代替高圧電源装置用カルバート(カルバート部)<br>【常設代替高圧電源装置電路，燃料移送配管】 | MMRを介して<br>岩盤に直接支持 | 久米層 | 無し※1 | ● | — | — |
| 重大事故等対処施設 | 緊急時対策所 | 鋼管コンクリート杭 | 久米層 | du層，D2s-3層，D2g-3層 | | ● | ● |
| | 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎<br>【緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク】 | 杭支持構造 | 久米層 | du層，D2s-3層，D2g-3層 | | ● | ● |
| | 緊急用海水ポンプピット<br>【緊急用海水ポンプ】 | 岩盤に直接支持 | 久米層 | 無し※1 | ● | — | — |
| | 緊急用海水取水管 | 岩盤内に設置(埋設管) | 久米層 | 無し(岩盤中に直接設置) | ● | — | — |
| | SA用海水ピット | 岩盤に直接支持 | 久米層 | du層，Ag2層，D2g-3層 | | ● | ● |
| | 海水引込み管 | 岩盤内に設置(埋設管) | 久米層 | 無し(岩盤中に直接設置) | ● | — | — |
| | SA用海水ピット取水塔 | 岩盤に直接支持 | 久米層 | du層，Ag2層，D2g-3層 | | ● | ● |
| | 格納容器圧力逃がし装置格納槽 | 岩盤に直接支持 | 久米層 | du層，Ag2層，D2g-3層 | | ● | ● |
| | 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート<br>【格納容器圧力逃がし装置用配管】 | MMRを介して<br>岩盤に直接支持 | 久米層 | 無し※1 | ● | — | — |
| | 代替淡水貯槽 | 岩盤に直接支持 | 久米層 | du層，du層，Ag2層，D2g-3層 | | ● | ● |
| | 常設低圧代替注水系ポンプ室<br>【常設低圧代替注水系ポンプ】 | 岩盤に直接支持 | 久米層 | 無し※1 | ● | — | — |
| | 常設低圧代替注水系配管カルバート<br>【常設低圧代替注水系配管】 | MMRを介して<br>岩盤に直接支持 | 久米層 | 無し※1 | ● | — | — |
| | 可搬型設備用軽油タンク基礎(西側)<br>【可搬型設備用軽油タンク】 | 杭支持構造 | 久米層 | du層，D2s-3層，D2g-3層 | | ● | ● |
| | 可搬型設備用軽油タンク基礎(南側)<br>【可搬型設備用軽油タンク】 | 杭支持構造 | 久米層 | du層，D1g-1層 | | ● | ● |

※1：　排水設備により，地下水位を久米層分布深度以深としていることから，地下水位以深に液状化検討対象層はない。

※2：　詳細設計検討において①あるいは②の検討とすることが可能 である場合は，その旨を説明した上で①あるいは②の対応とする場合がある。



第 5.1.3 図　追加液状化強度試験計画

6. 有効応力解析の検討方針

1）有効応力解析コード「ＦＬＩＰ」について

有効応力解析コード「ＦＬＩＰ（Finite element analysis of Liquefaction Program)」は,1988 年に運輸省港湾技術研究所(現,（独）港湾空港技術研究所）において開発された平面ひずみ状態を対象とする有効応力解析法に基づく，2 次元地震応答解析プログラムである。ＦＬＩＰの主な特徴として，以下の 5 点が挙げられる。

① 有限要素法に基づくプログラムである。

② 平面ひずみ状態を解析対象とする。

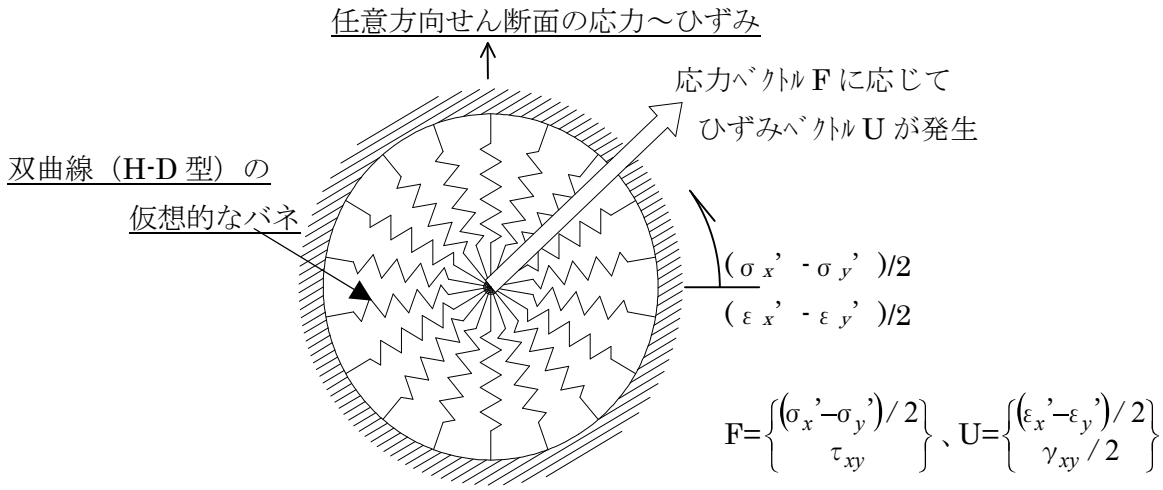
③ 地盤の液状化を考慮した地震応答解析を行い,部材断面力や残留変形等を計算する。

④ 土の応力－ひずみモデルとしてマルチスプリングモデルを採用している。

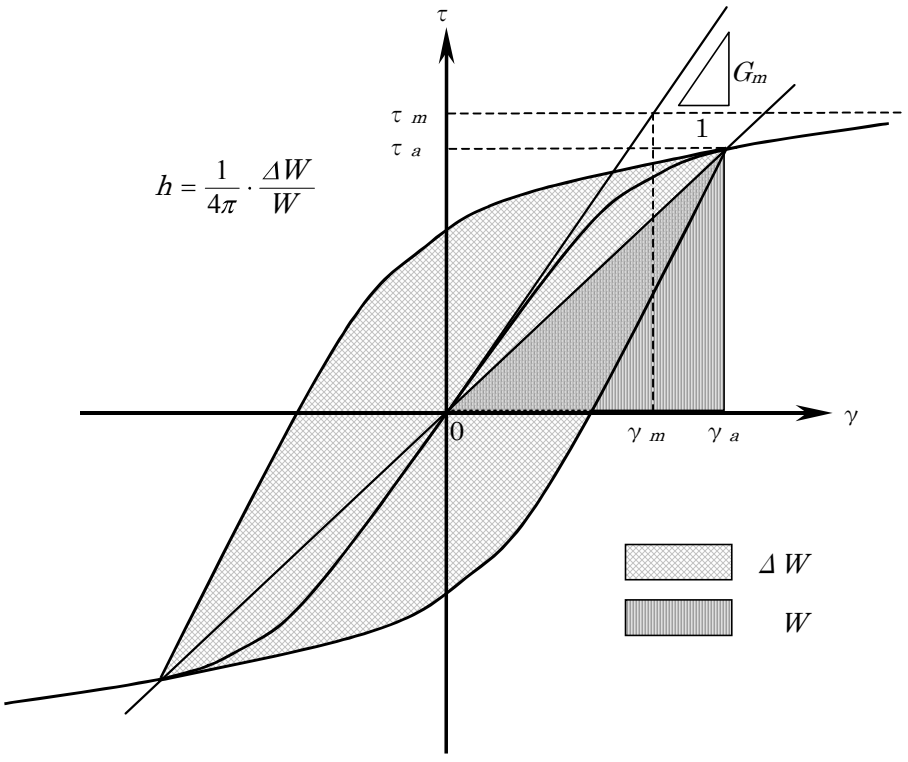
⑤ 液状化現象は有効応力法により考慮する。そのため，必要な過剰間隙水圧発生モデルとして井合モデルを用いている。

砂の変形特性を規定するマルチスプリングモデルは，任意方向のせん断面において仮想的な単純せん断バネの作用があるものとし，これらのせん断バネの作用により，土全体のせん断抵抗が発揮されるものである。土の応力－ひずみ関係は，このせん断バネの特性によって種々の表現が可能であるが,「ＦＬＩＰ」では双曲線（Hardin-Drnevich）型モデルを適用している。また，履歴ループについては，その大きさを任意に調整可能なように拡張した Masing 則を用いている。第 6.1.1 図にマルチスプリングモデルの概念図を，第 6.1.2 図に非排水条件での土の応力－ひずみ関係の

概念図を示す。




第 6.1.1 図　マルチスプリングモデルの概念図



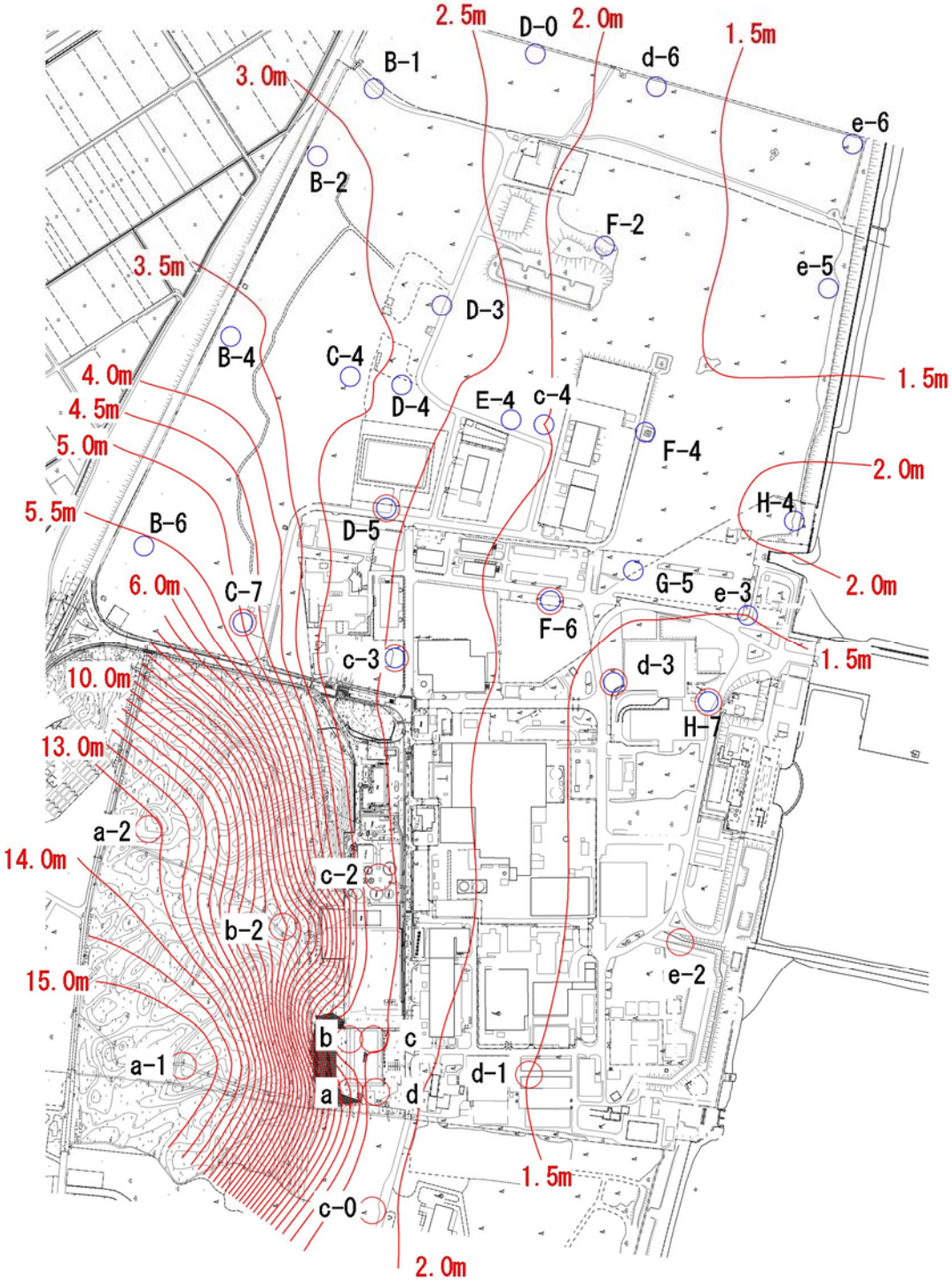

第 6.1.2 図　非排水条件での土の応力－ひずみ関係の概念図

2）有効応力解析における地下水位分布について

敷地においては水位観測に基づき，水位コンターを設定している。地下水位については，平成 29 年 6 月時点でのデータを用いて取り纏めを行い，地下水位コンター図を作成した。

第 6.1.3 図に観測最高地下水位コンター図，第 6.1.1 表に観測最高地下水位一覧表を示す。

今後，防潮堤の設置に伴う敷地内の地下水位の変化を想定し，有効応力解析は地下水位を地表面に設定して行うものとする。




第 6.1.3 図　観測最高地下水位コンター図

第 6.1.1 表　観測最高地下水位一覧表

| 観測孔名 | 計測期間 | 観測最高地下水位<br>(T.P.＋m) | 観測最高地下水位<br>計測時期 |
|---|---|---|---|
| a | 1995～1999 | 3.49 | 1998 年 10 月 8 日 |
| b | 1995～1999 | 2.52 | 1998 年 9 月 25 日 |
| c | 1995～1999 | 2.53 | 1998 年 9 月 22 日 |
| d | 1995～1999 | 2.28 | 1998 年 9 月 22 日 |
| a-1 | 1995～1999, 2004～2009 | 15.42 | 2006 年 8 月 7 日 |
| a-2 | 2004～2009 | 13.60 | 2006 年 7 月 28 日 |
| b-2 | 2004～2009 | 9.06 | 2006 年 7 月 30 日 |
| c-0 | 1995～1999, 2004～2009 | 2.05 | 1998 年 9 月 19 日 |
| c-2 | 1995～1999, 2004～2017 | 2.58 | 2012 年 7 月 7 日 |
| c-3 | 2004～2017 | 2.49 | 2012 年 7 月 7 日 |
| c-4 | 2004～2017 | 2.00 | 2012 年 6 月 25 日 |
| d-1 | 1995～1999, 2004～2009 | 1.50 | 1998 年 9 月 18 日 |
| d-3 | 2004～2017 | 1.44 | 2013 年 10 月 27 日 |
| d-6 | 2004～2017 | 1.58 | 2013 年 10 月 28 日 |
| e-2 | 2004～2017 | 1.38 | 2006 年 10 月 8 日 |
| e-3 | 2004～2017 | 1.50 | 2013 年 10 月 16 日 |
| e-5 | 2004～2017 | 1.30 | 2013 年 10 月 21 日 |
| e-6 | 2004～2017 | 1.26 | 2013 年 10 月 21 日 |
| B-1 | 2005～2017 | 2.90 | 2006 年 7 月 30 日 |
| B-2 | 2005～2017 | 3.09 | 2006 年 7 月 30 日 |
| B-4 | 2005～2017 | 3.56 | 2006 年 7 月 31 日 |
| B-6 | 2005～2017 | 5.51 | 2006 年 8 月 17 日 |
| C-4 | 2005～2017 | 3.17 | 2012 年 6 月 27 日 |
| C-7 | 2005～2017 | 4.99 | 2006 年 8 月 18 日 |
| D-0 | 2006～2017 | 2.37 | 2012 年 6 月 22 日 |
| D-3 | 2005～2017 | 2.88 | 2006 年 10 月 7 日 |
| D-4 | 2006～2017 | 2.76 | 2012 年 6 月 25 日 |
| D-5 | 2006～2017 | 2.54 | 2012 年 7 月 16 日 |
| E-4 | 2006～2017 | 2.26 | 2012 年 6 月 25 日 |
| F-2 | 2005～2015 | 1.74 | 2013 年 10 月 30 日 |
| F-4 | 2005～2017 | 1.55 | 2013 年 10 月 27 日 |
| F-6 | 2005～2017 | 1.77 | 2012 年 6 月 24 日 |
| G-5 | 2005～2017 | 1.53 | 2013 年 10 月 27 日 |
| H-4 | 2006～2017 | 2.13 | 2013 年 10 月 16 日 |
| H-7 | 2005～2017 | 1.33 | 2013 年 10 月 27 日 |

3）液状化判定に係る評価基準値について

有効応力解析コード「ＦＬＩＰ」での地震応答解析結果により算出される各地盤要素の間隙水圧に対し，液状化の定義を明確にした上で，評価基準値を以下のように設定し，液状化判定を行う。

レベル 2 地震動による液状化研究小委員会活動成果報告（土木学会，2003）では，地盤の液状化の事象の定義として，以下のように記載されている。

・地震の繰り返しせん断力などによって，飽和した砂や砂礫などの緩い非粘性土からなる地盤内での間隙水圧が上昇・蓄積し，有効応力がゼロまで低下し液体状となり，その後地盤の流動を伴う現象。

液状化判定の評価基準値を設定するにあたり，規格・基準における液状化と過剰間隙水圧に関する記載事例を調査した。地盤材料試験の方法と解説（公益社団法人地盤工学会，2009）では，液状化と関連する過剰間隙水圧について，以下のように記載されている。

・各繰り返しサイクルにおける過剰間隙水圧Δu の最大値が有効拘束圧$\sigma_0$’の 95%になった時の繰り返し載荷回数$Nu_{95}$を求める。（土の液状化強度特性を求めるための繰返し非排水三軸試験（p.703～749））

これらの知見を踏まえて，過剰間隙水圧を指標とした液状化の評価基準値について，“液状化の定義”及び“規格・基準における記載事例”に基づき，以下のように設定する。

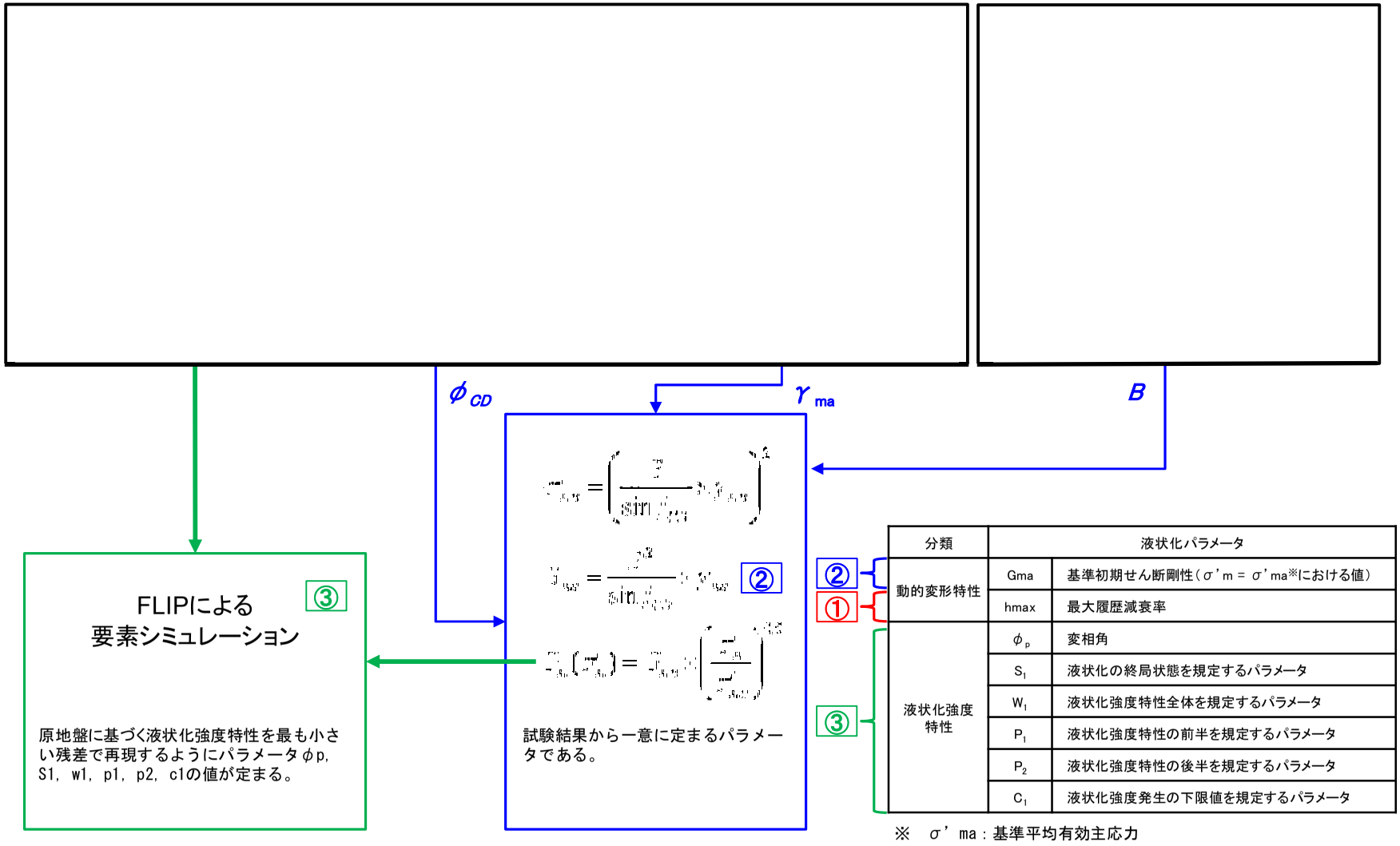
・過剰間隙水圧Δu の最大値が有効拘束圧$\sigma_0$’の 95%に達した状

態を液状化と判定する。

第 6.1.4 図に液状化パラメータ設定の流れ，第 6.1.2 表に各層の液状化パラメータを示す。

液状化パラメータの設定は，室内試験（液状化強度試験，三軸圧縮試験（CD 条件），動的変形試験）および原位置試験（PS 検層）により動的変形特性を求め，その後「ＦＬＩＰ」による要素シミュレーションにより液状化強度特性を求めている。

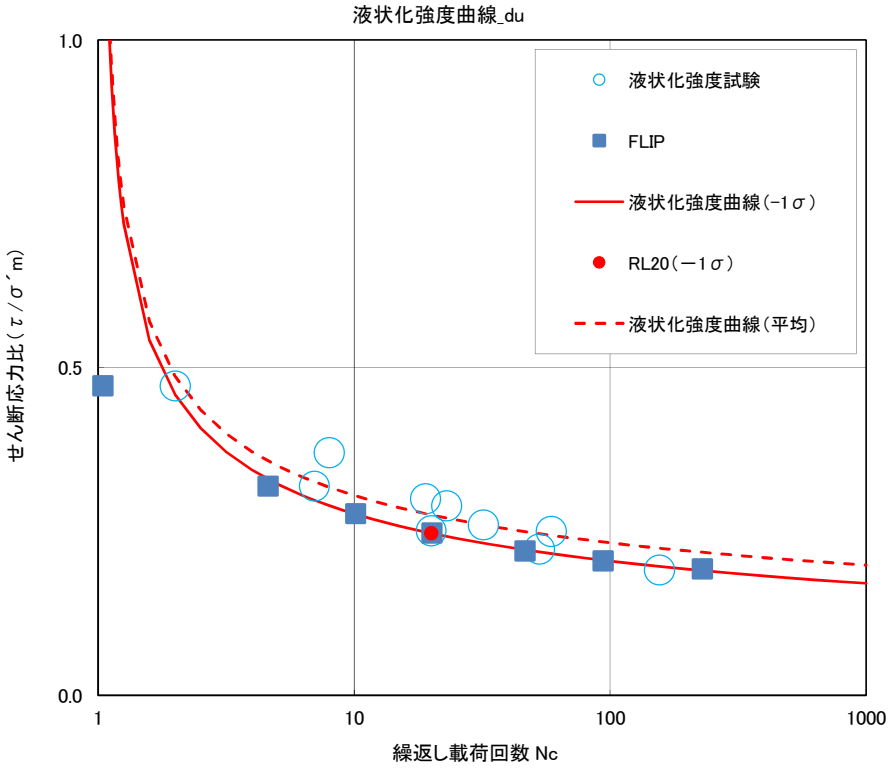
第 6.1.5 図～第 6.1.11 図に液状化強度試験結果に基づき，保守側に設定した各層の「ＦＬＩＰ」の液状化強度特性を示す。



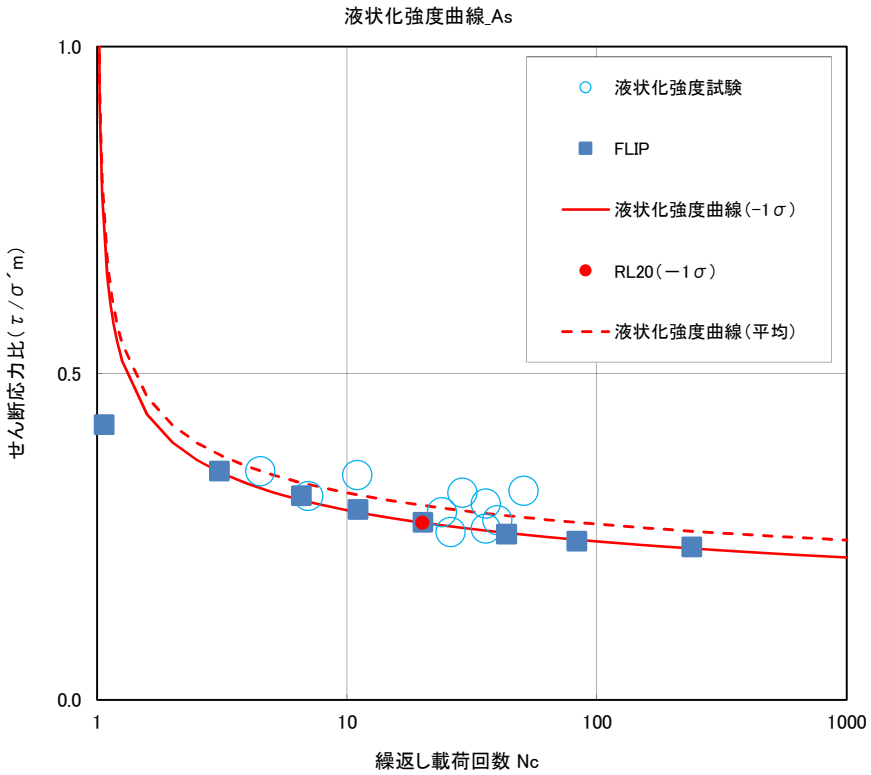

第 6.1.4 図　液状化パラメータ設定の流れ

第 6.1.2 表　各層の液状化パラメータ

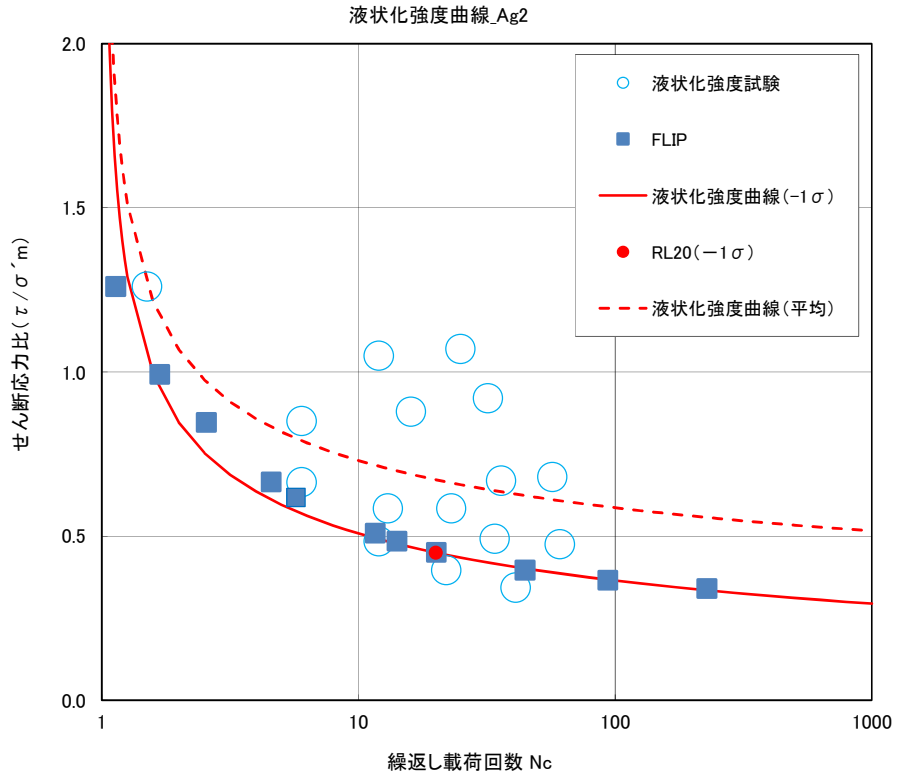
| | | 液状化パラメータ | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 間隙比<br>e | 基準平均有効<br>主応力σ'ma<br>[ kN/m$^2$ ] | 基準初期<br>せん断剛性Gma<br>[ kN/m$^2$ ] | 最大履歴減衰率<br>hmax | $\phi_p$<br>[ 度 ] | $S_1$ | $W_1$ | $P_1$ | $P_2$ | $C_1$ |
| 埋戻土 | | 0.75 | 358<br>(312)<br>※( )は地下水位以浅 | 253,529<br>(220,739)<br>※( )は地下水位以浅 | 0.220 | 34.8 | 0.047 | 6.5 | 1.26 | 0.80 | 2.00 |
| 第四系 | du | 0.75 | 358<br>(312)<br>※( )は地下水位以浅 | 253,529<br>(220,739)<br>※( )は地下水位以浅 | 0.220 | 34.8 | 0.047 | 6.5 | 1.26 | 0.80 | 2.00 |
| | Ag2 | 0.67 | 497<br>(299)<br>※( )は地下水位以浅 | 278,087<br>(167,137)<br>※( )は地下水位以浅 | 0.233 | 34.9 | 0.028 | 56.5 | 9.00 | 0.60 | 3.40 |
| | Ac | 1.59 | 480 | 121,829 | 0.200 | 非液状化層 | | | | | |
| | As | 1.20 | 378 | 143,284 | 0.216 | 38.3 | 0.046 | 6.9 | 1.00 | 0.75 | 2.27 |
| | Ag1 | 0.67 | 814<br>(814)<br>※( )は地下水位以浅 | 392,073<br>(392,073)<br>※( )は地下水位以浅 | 0.221 | 34.9 | 0.029 | 51.6 | 12.00 | 0.60 | 3.35 |
| | D2c-3 | 1.09 | 696 | 285,223 | 0.186 | 非液状化層 | | | | | |
| | D2s-3 | 0.79 | 966 | 650,611 | 0.192 | 33.4 | 0.048 | 17.6 | 4.80 | 0.96 | 3.15 |
| | D2g-3 | 0.43 | 1,167<br>(1,167)<br>※( )は地下水位以浅 | 1,362,035<br>(1,362,035)<br>※( )は地下水位以浅 | 0.130 | 41.4 | 0.030 | 45.2 | 8.00 | 0.60 | 3.82 |
| | lm | 2.80 | 223 | 35,783 | 0.151 | 非液状化層 | | | | | |
| | D1c-1 | 1.09 | 696 | 285,223 | 0.186 | 非液状化層 | | | | | |
| | D1g-1 | 0.67 | 1,695<br>(1,710)<br>※( )は地下水位以浅 | 947,946<br>(956,776)<br>※( )は地下水位以浅 | 0.233 | 34.9 | 0.020 | 10.5 | 7.00 | 0.50 | 2.83 |



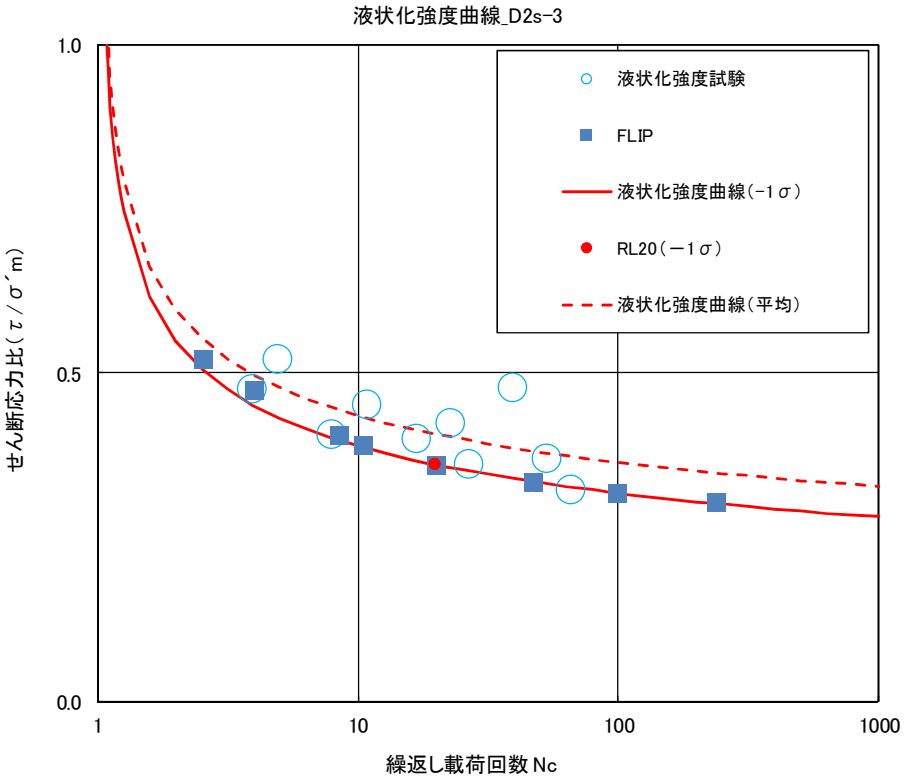

第 6.1.5 図　液状化強度特性（du 層）



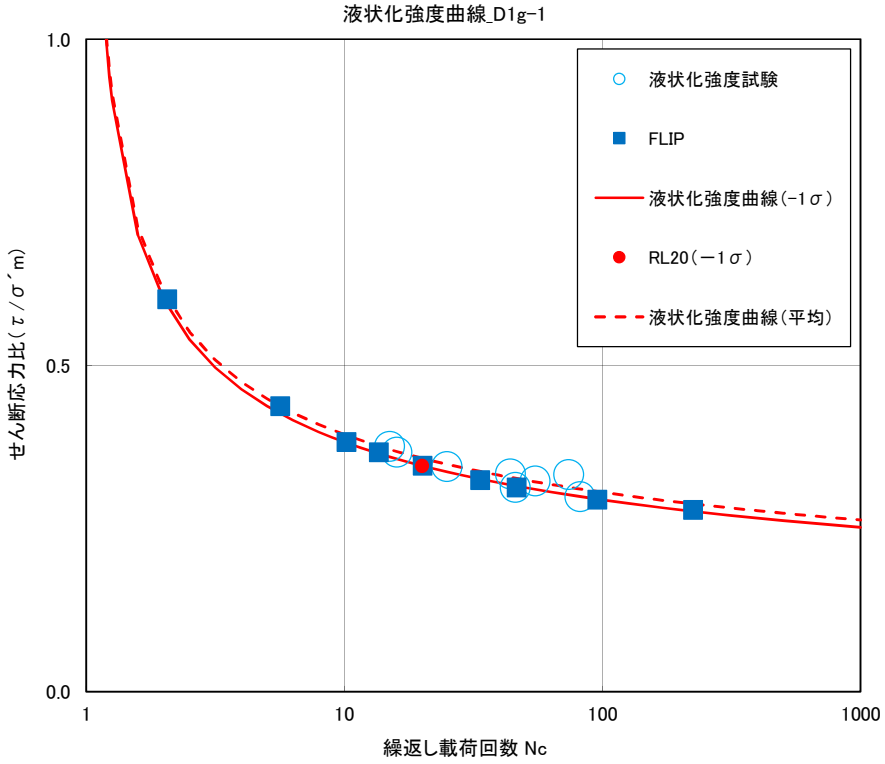

第 6.1.6 図　液状化強度特性（As 層）



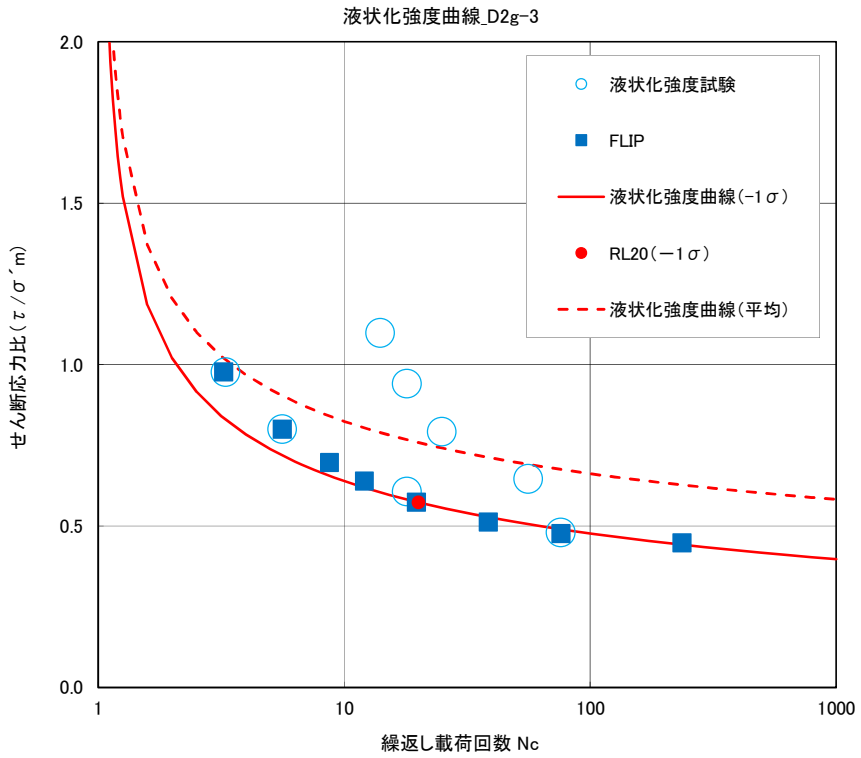

第 6.1.7 図　液状化強度特性（Ag2 層）



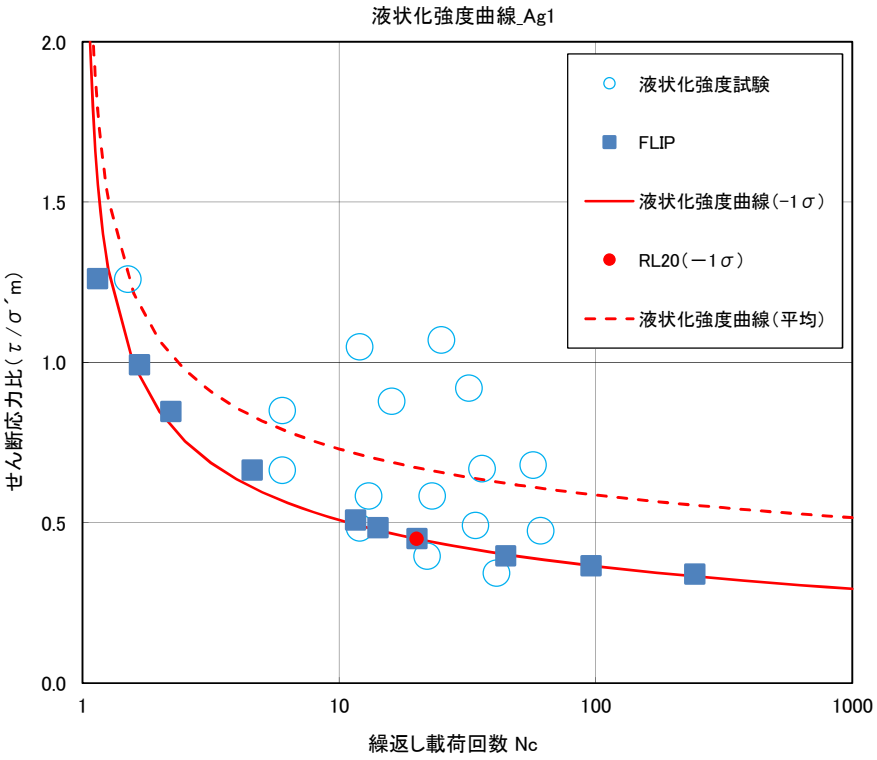

第 6.1.8 図　液状化強度特性（D2s-3 層）




第 6.1.9 図　液状化強度特性（D1g-1 層）




第 6.1.10 図　液状化強度特性（D2g-3 層）




第 6.1.11 図　液状化強度特性（Ag1 層）

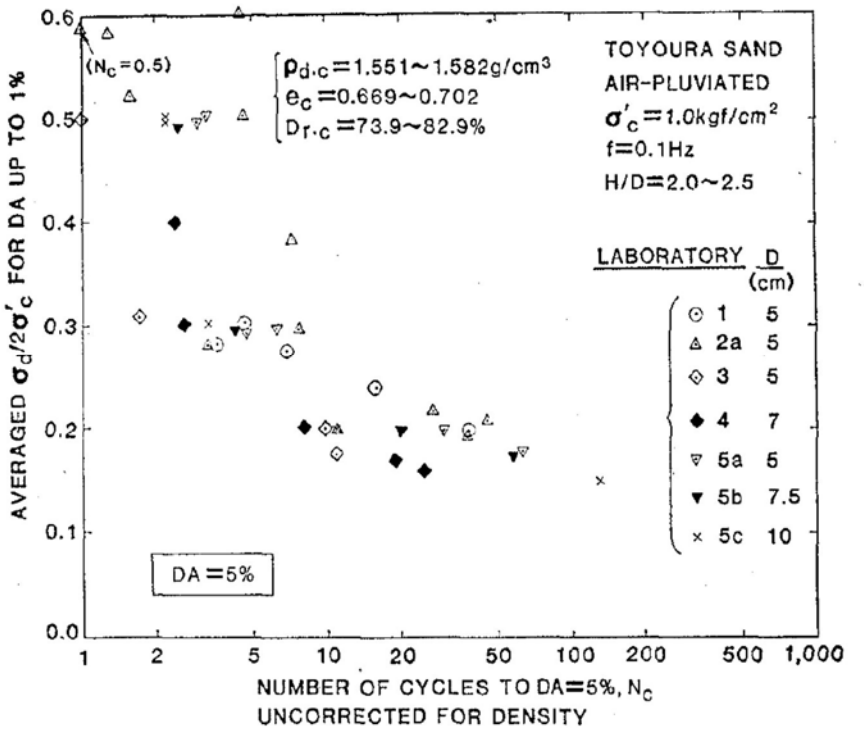
7.　液状化強度特性（豊浦標準砂）の仮定

液状化評価に用いる豊浦標準砂の強度特性は，文献（CYCLIC UNDRAINED TRIAXIAL STRENGTH OF SAND BY A COOPERATIVE TEST PROGRAM[Soils and Foundations,JSSMFE.26-3.(1986)]）から引用した相対密度 73.9～82.9%の豊浦標準砂の液状化強度試験データに対し，それらを全て包含する「ＦＬＩＰ」の液状化特性を設定する。

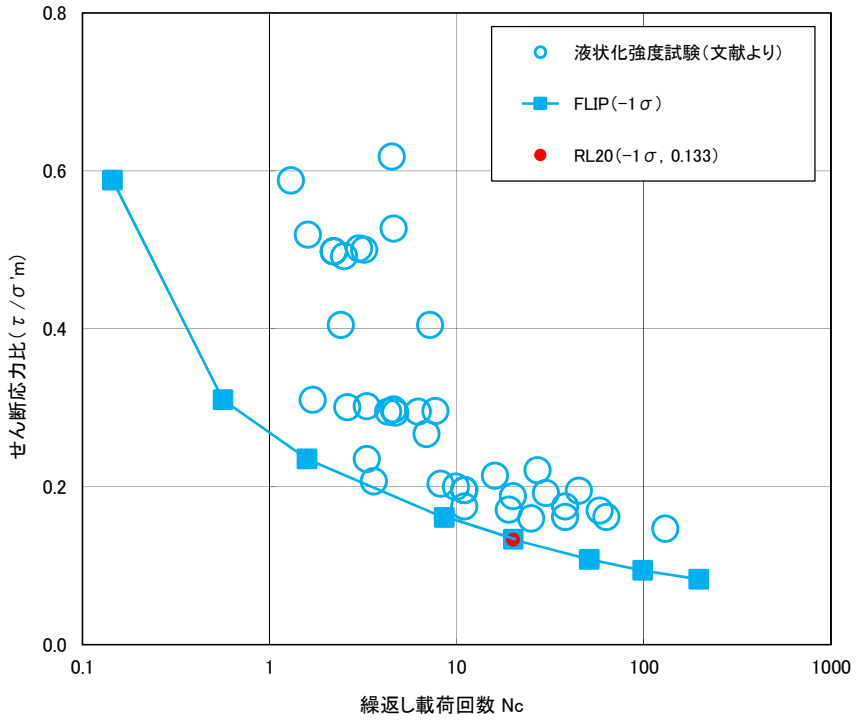
第 7.1.1 図に豊浦標準砂の液状化強度試験データ，第 7.1.2 図にＦＬＩＰによる豊浦標準砂の液状化強度特性を示す。

ＦＬＩＰを用いて，強制的に液状化を仮定した液状化影響評価を行うため，東海第二発電所の全地層の液状化強度試験データを包含する液状化強度特性（豊浦標準砂）をＦＬＩＰに仮定した有効応力解析を行い，耐震評価を実施する。第 7.1.3 図に豊浦標準砂の液状化強度特性と原地盤の液状化強度特性の比較を示す。

豊浦標準砂と液状化評価対象層である du 層及び As 層の比較を実施した。第 7.1.1 表に平均粒径と細粒分含有率の比較，第 7.1.4 図～第 7.1.5 図に粒径加積曲線による比較を示す。豊浦標準砂と du 層及び As 層の粒度分布について比較した結果，豊浦標準砂は細粒分含有率が低く，均質な粒径であることから，より液状化し易い砂であるといえる。

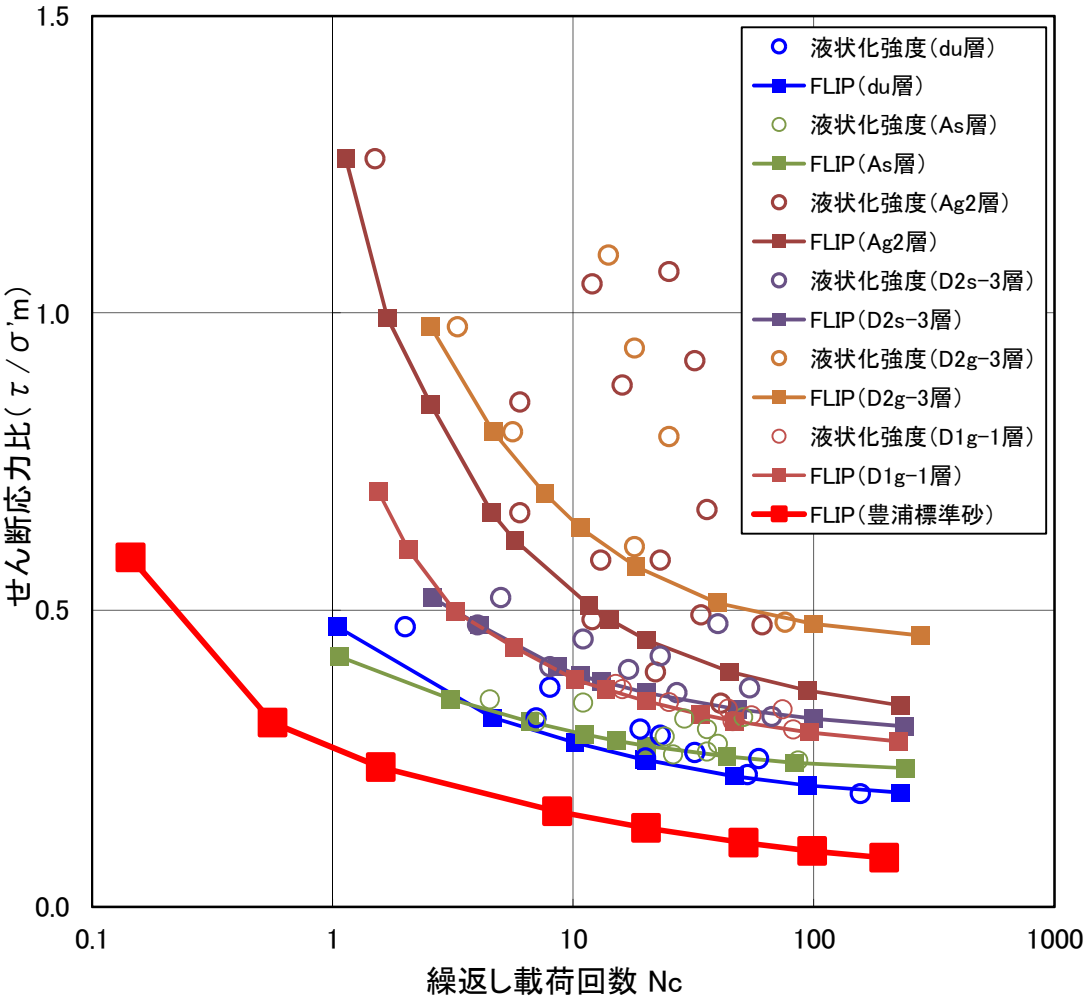



第 7.1.1 図　豊浦標準砂の液状化強度試験データ




第 7.1.2 図　ＦＬＩＰによる豊浦標準砂の

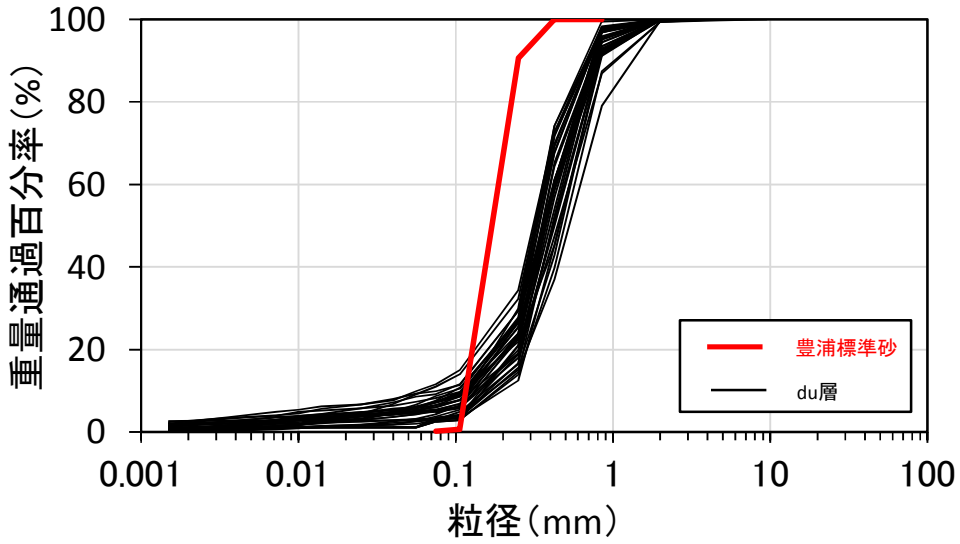
液状化強度特性（－1σ）




第 7.1.3 図　豊浦標準砂と原地盤の液状化強度特性の比較

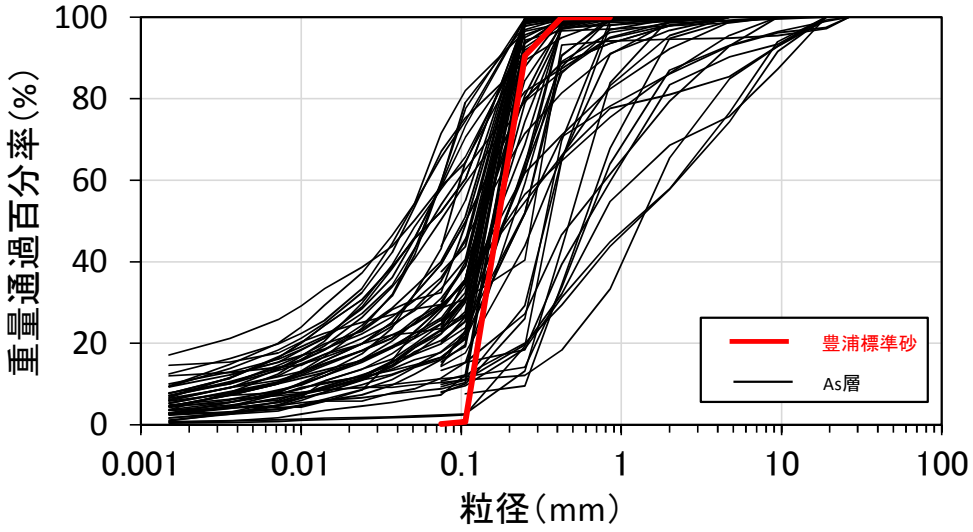
第 7.1.1 表　平均粒径と細粒分含有率の比較

| | 平均粒径（mm） | 細粒分含有率（%） |
|---|---|---|
| 豊浦標準砂 | 0.202 | 0.24 |
| du 層 | 0.384 | 5.2 |
| As 層 | 0.201 | 2.1～71.5 |




※豊浦標準砂の粒度については，文献（豊浦砂の粒度分布（土木学会第 64 回年次学術講演会，平成 21 年 9 月））より引用

第 7.1.4 図　粒径加積曲線による比較（du 層）




※豊浦標準砂の粒度については，文献（豊浦砂の粒度分布（土木学会第 64 回年次学術講演会，平成 21 年 9 月））より引用

第 7.1.5 図　粒径加積曲線による比較（As 層）

8.　設置許可基準規則第三条第１項，第２項に対する条文適合方針について

8.1　第三条第１項，第２項の条文適合に係る耐震重要施設等※の設計方針

当社における耐震重要施設等※は，直接または杭を介して十分な支持性能を有する岩盤（久米層）で支持する。（第１項適合）

杭基礎構造部物においては，豊浦標準砂の液状化強度特性により強制的に液状化を仮定した場合においても，支持機能及び杭本体の構造が成立するよう設計する。また，液状化を仮定した際の地盤変状を考慮した場合においても，その安全機能が損なわれないよう，適切な対策を講ずる設計とする。（第１項及び第２項適合）

8.2　上記の設計方針を踏まえた基礎地盤安定性評価方針

(1) 基礎地盤のすべり

耐震重要施設※の杭基礎については，豊浦標準砂の液状化強度特性により強制的に液状化させることを仮定した場合においても，杭本体の構造が成立するように設計することから，基礎地盤安定性評価においては，杭体を貫通横断するような仮想すべり面は想定しない。

したがって，杭基礎構造を有する耐震重要施設※については，杭基礎の先端以深の基礎岩盤を通る仮想すべり面を対象とした安定性評価を実施する。

(2) 基礎地盤の支持力

基礎地盤の基礎地盤安定性評価及び耐震設計においては，第四紀層の杭周面摩擦力を支持力として考慮せず，杭先端の支持岩盤へ

の最大鉛直力度（接地圧）に対する支持力評価を行う。

※：常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設を除く）

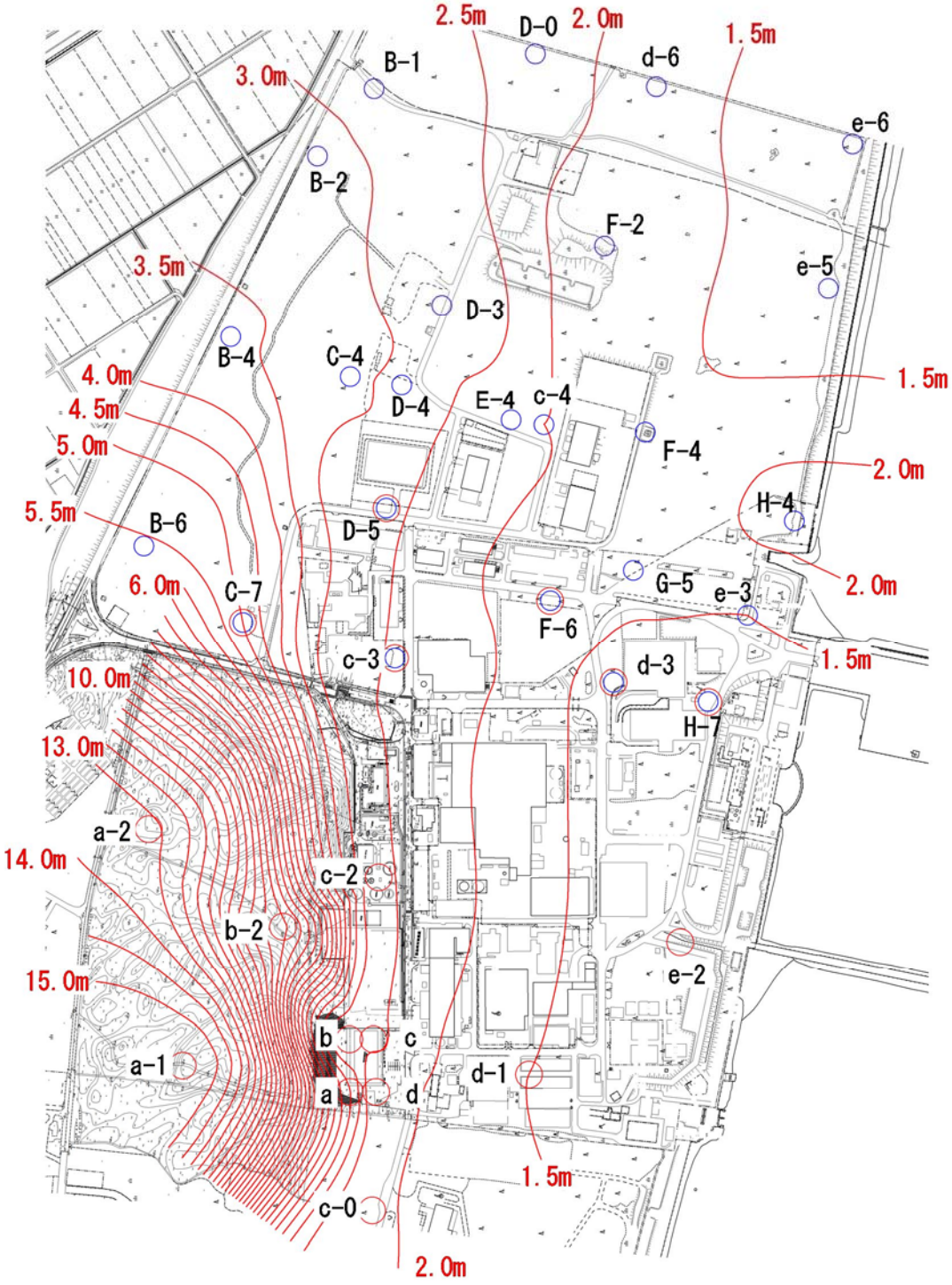
# 9. 参考資料

## 9.1 地下水位観測データについて

敷地内の観測最高水位に基づき地下水位を設定する。地下水位については，平成 29 年 6 月時点でのデータを用いて取り纏めを行い，地下水位コンター図を作成した。

第 9.1.1 図に観測最高地下水位コンター図，第 9.1.1 表に観測最高地下水位一覧表を示す。

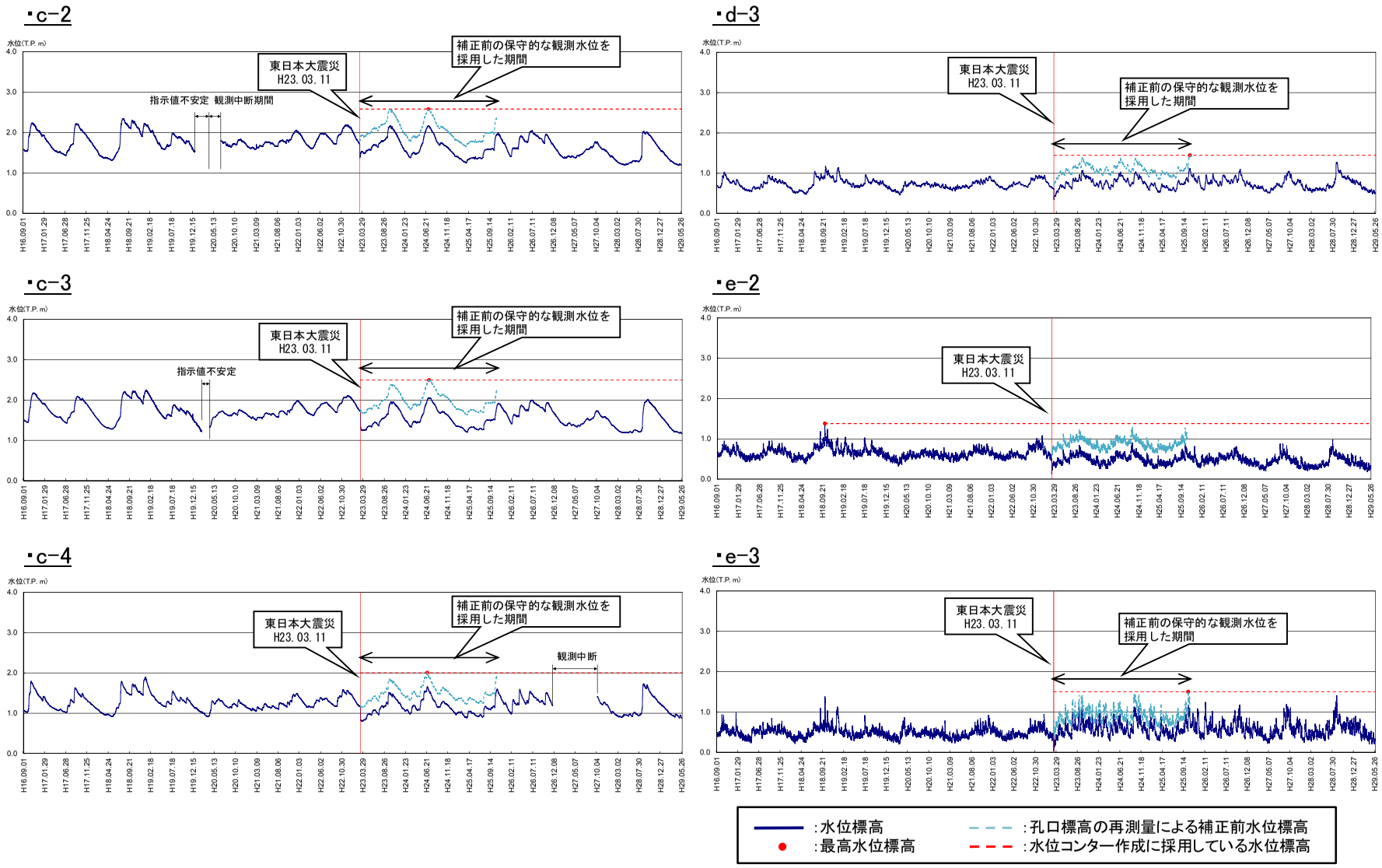
このうち，堆積層が厚く分布している敷地北側の地点の地下水位観測記録を第 9.1.2 図～第 9.1.4 図に示す。



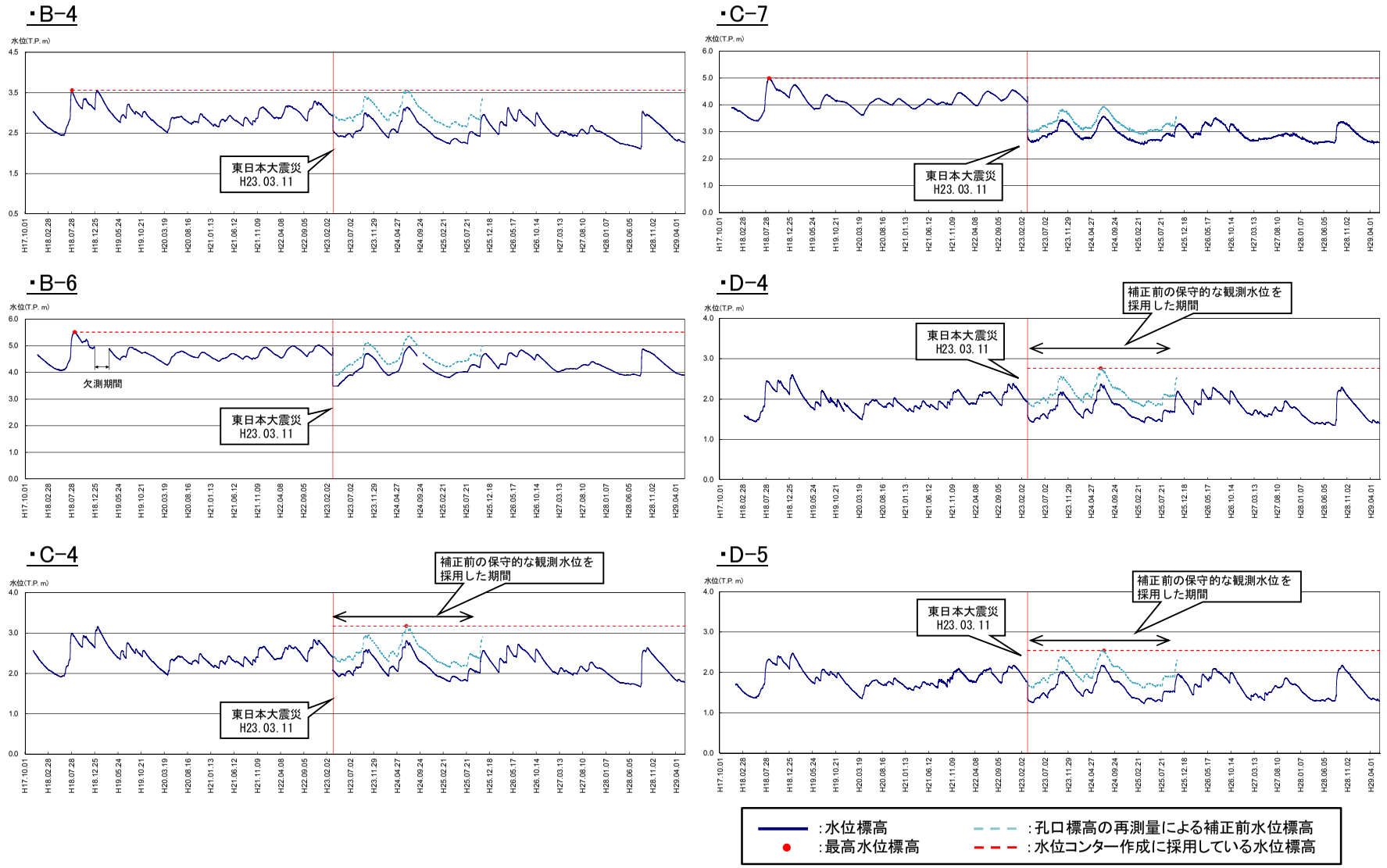

第 9.1.1 図　観測最高地下水位コンター図

第 9.1.1 表　観測最高地下水位一覧表

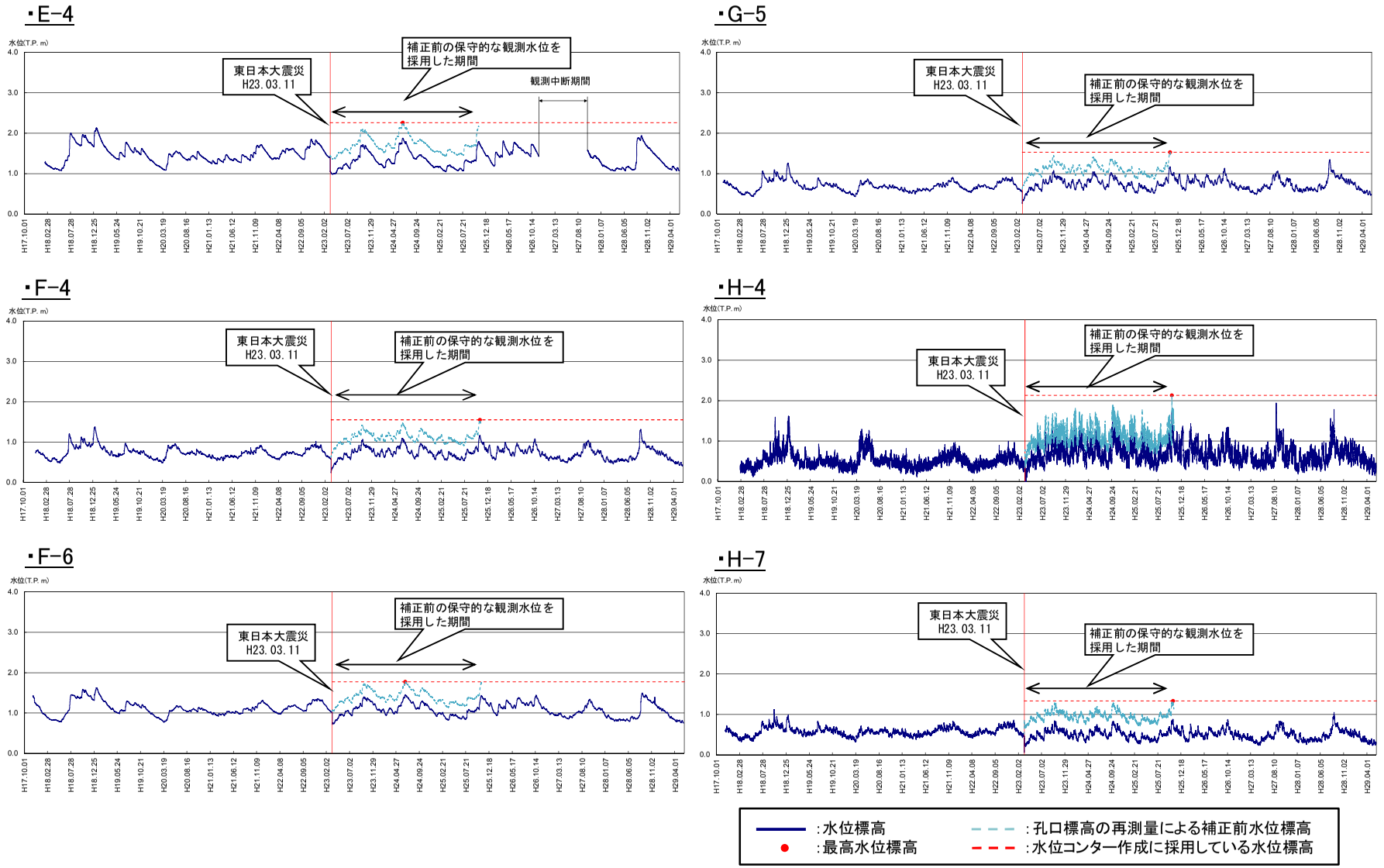
| 観測孔名 | 計測期間 | 観測最高地下水位<br>(T.P.＋m) | 観測最高地下水位<br>計測時期 |
|---|---|---|---|
| a | 1995～1999 | 3.49 | 1998 年 10 月 8 日 |
| b | 1995～1999 | 2.52 | 1998 年 9 月 25 日 |
| c | 1995～1999 | 2.53 | 1998 年 9 月 22 日 |
| d | 1995～1999 | 2.28 | 1998 年 9 月 22 日 |
| a-1 | 1995～1999, 2004～2009 | 15.42 | 2006 年 8 月 7 日 |
| a-2 | 2004～2009 | 13.60 | 2006 年 7 月 28 日 |
| b-2 | 2004～2009 | 9.06 | 2006 年 7 月 30 日 |
| c-0 | 1995～1999, 2004～2009 | 2.05 | 1998 年 9 月 19 日 |
| c-2 | 1995～1999, 2004～2017 | 2.58 | 2012 年 7 月 7 日 |
| c-3 | 2004～2017 | 2.49 | 2012 年 7 月 7 日 |
| c-4 | 2004～2017 | 2.00 | 2012 年 6 月 25 日 |
| d-1 | 1995～1999, 2004～2009 | 1.50 | 1998 年 9 月 18 日 |
| d-3 | 2004～2017 | 1.44 | 2013 年 10 月 27 日 |
| d-6 | 2004～2017 | 1.58 | 2013 年 10 月 28 日 |
| e-2 | 2004～2017 | 1.38 | 2006 年 10 月 8 日 |
| e-3 | 2004～2017 | 1.50 | 2013 年 10 月 16 日 |
| e-5 | 2004～2017 | 1.30 | 2013 年 10 月 21 日 |
| e-6 | 2004～2017 | 1.26 | 2013 年 10 月 21 日 |
| B-1 | 2005～2017 | 2.90 | 2006 年 7 月 30 日 |
| B-2 | 2005～2017 | 3.09 | 2006 年 7 月 30 日 |
| B-4 | 2005～2017 | 3.56 | 2006 年 7 月 31 日 |
| B-6 | 2005～2017 | 5.51 | 2006 年 8 月 17 日 |
| C-4 | 2005～2017 | 3.17 | 2012 年 6 月 27 日 |
| C-7 | 2005～2017 | 4.99 | 2006 年 8 月 18 日 |
| D-0 | 2006～2017 | 2.37 | 2012 年 6 月 22 日 |
| D-3 | 2005～2017 | 2.88 | 2006 年 10 月 7 日 |
| D-4 | 2006～2017 | 2.76 | 2012 年 6 月 25 日 |
| D-5 | 2006～2017 | 2.54 | 2012 年 7 月 16 日 |
| E-4 | 2006～2017 | 2.26 | 2012 年 6 月 25 日 |
| F-2 | 2005～2015 | 1.74 | 2013 年 10 月 30 日 |
| F-4 | 2005～2017 | 1.55 | 2013 年 10 月 27 日 |
| F-6 | 2005～2017 | 1.77 | 2012 年 6 月 24 日 |
| G-5 | 2005～2017 | 1.53 | 2013 年 10 月 27 日 |
| H-4 | 2006～2017 | 2.13 | 2013 年 10 月 16 日 |
| H-7 | 2005～2017 | 1.33 | 2013 年 10 月 27 日 |




第 9.1.2 図　地下水位観測記録




第 9.1.3 図　地下水位観測記録



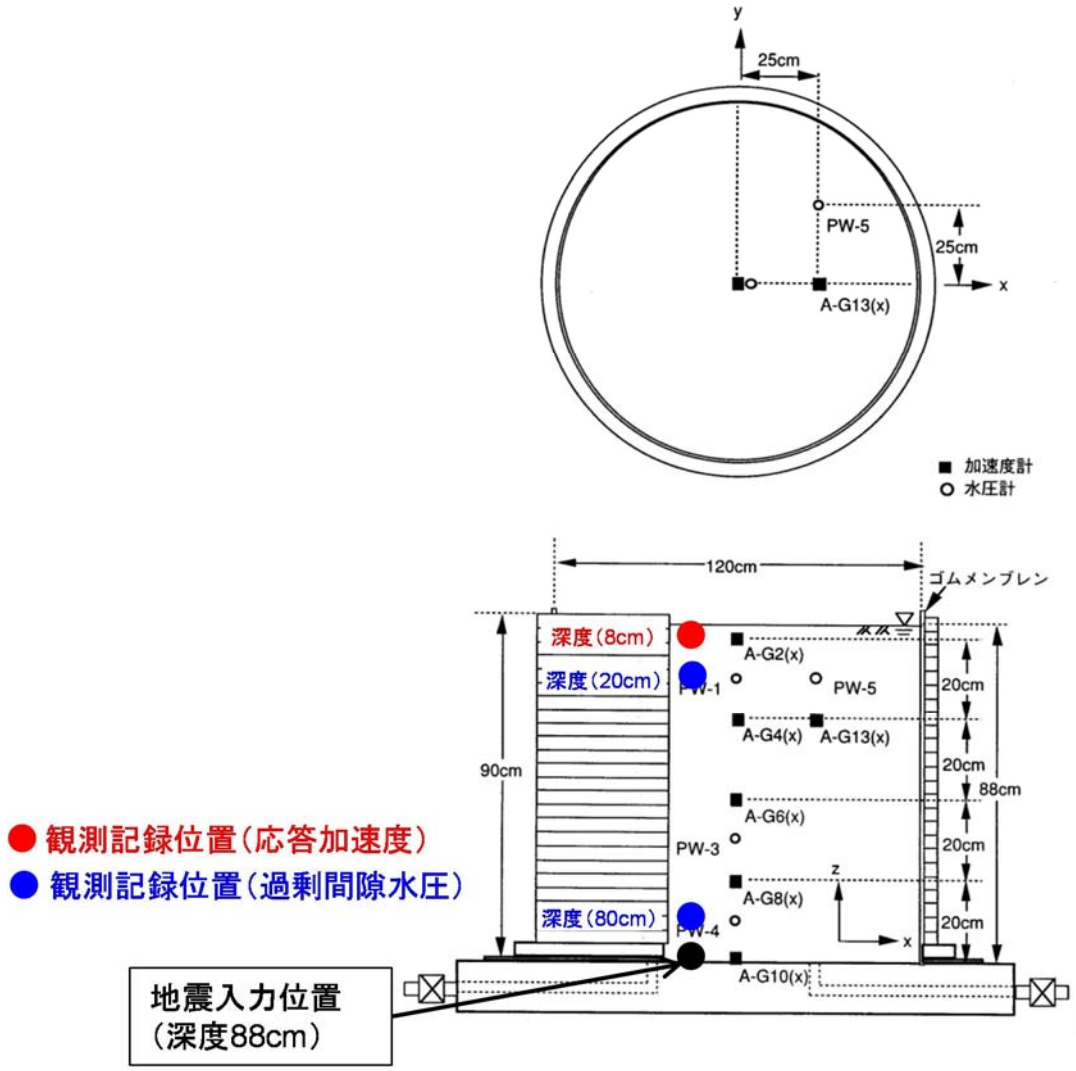

第 9.1.4 図　地下水位観測記録

## 9.2　土槽振動実験の再現シミュレーションについて

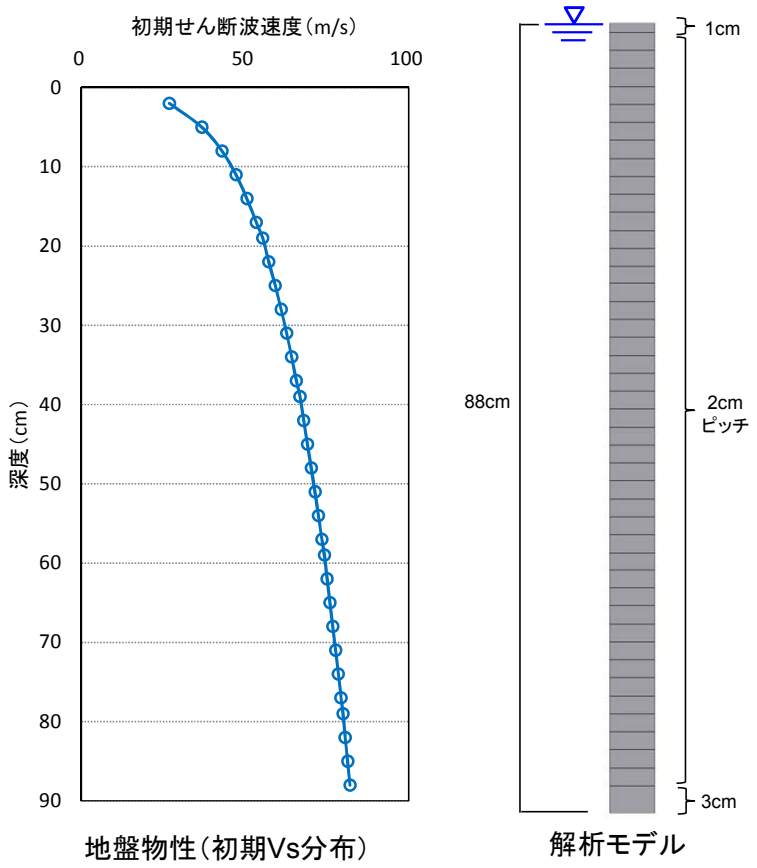
有効応力解析による豊浦標準砂の液状化判定結果の妥当性を確認するために，豊浦標準砂を用いた土槽振動実験（藤川等（1993 年））及びＦＬＩＰによる再現シミュレーションを実施した。土槽振動実験及びＦＬＩＰによる再現シミュレーションは，日本海中部地震（1983 年）の加速度時刻歴を用いて実施した。

実験に用いた土槽は，内のりで高さ 90cm，直径 120cm の円柱形のせん断土槽である。模型地盤は乾燥状態の豊浦標準砂を空中落下法で作成し，地盤中の空気を二酸化炭素に置換えた後に水を注入して地盤を飽和させている。深度 88 ㎝位置に日本海中部地震（1983 年）の加速度時刻歴を入力している。入力レベルの大きさにより複数の加振レベルを設定しているが，本実験では 78gal 及び 153gal の 2 レベルを再現対象とした。測定計器は，ひずみゲージ式加速度計及び間隙水圧計を，土槽底面より定ピッチにて設置している。第 9.2.1 図に土槽振動実験装置の概要を示す。

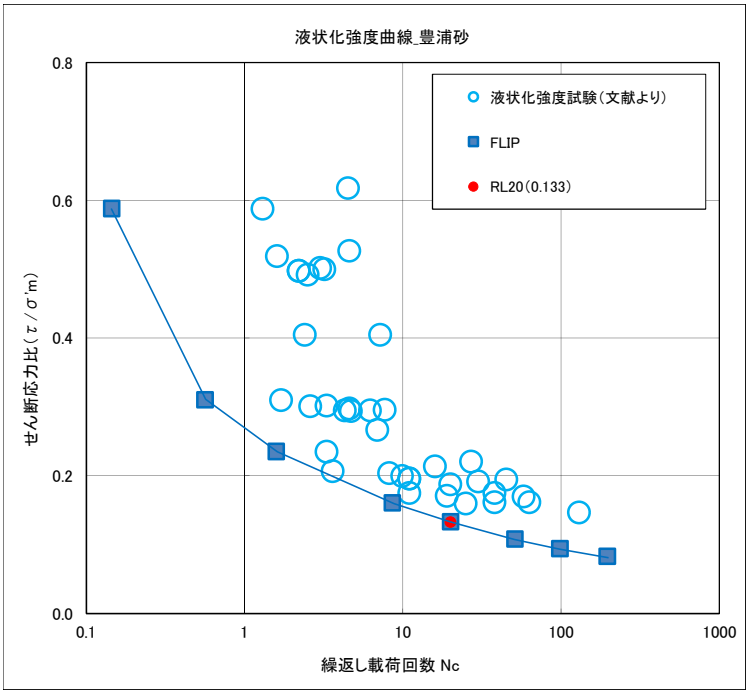
ＦＬＩＰによる 1 次元地盤モデルを用いて地震応答解析を実施した。解析においては，豊浦標準砂の液状化パラメータについては，文献（CYCLIC UNDRAINED TRIAXIAL STRENGTH OF SAND BY A COOPERATIVE TEST PROGRAM[Soils and Foundations,JSSMFE.26-3.(1986)]）の試験データを包含する設定とした。第 9.2.2 図に解析モデルを，第 9.2.3 図に豊浦標準砂の液状化パラメータを示す。




第 9.2.1 図　土槽振動実験装置の概要




第 9.2.2 図　解析モデル



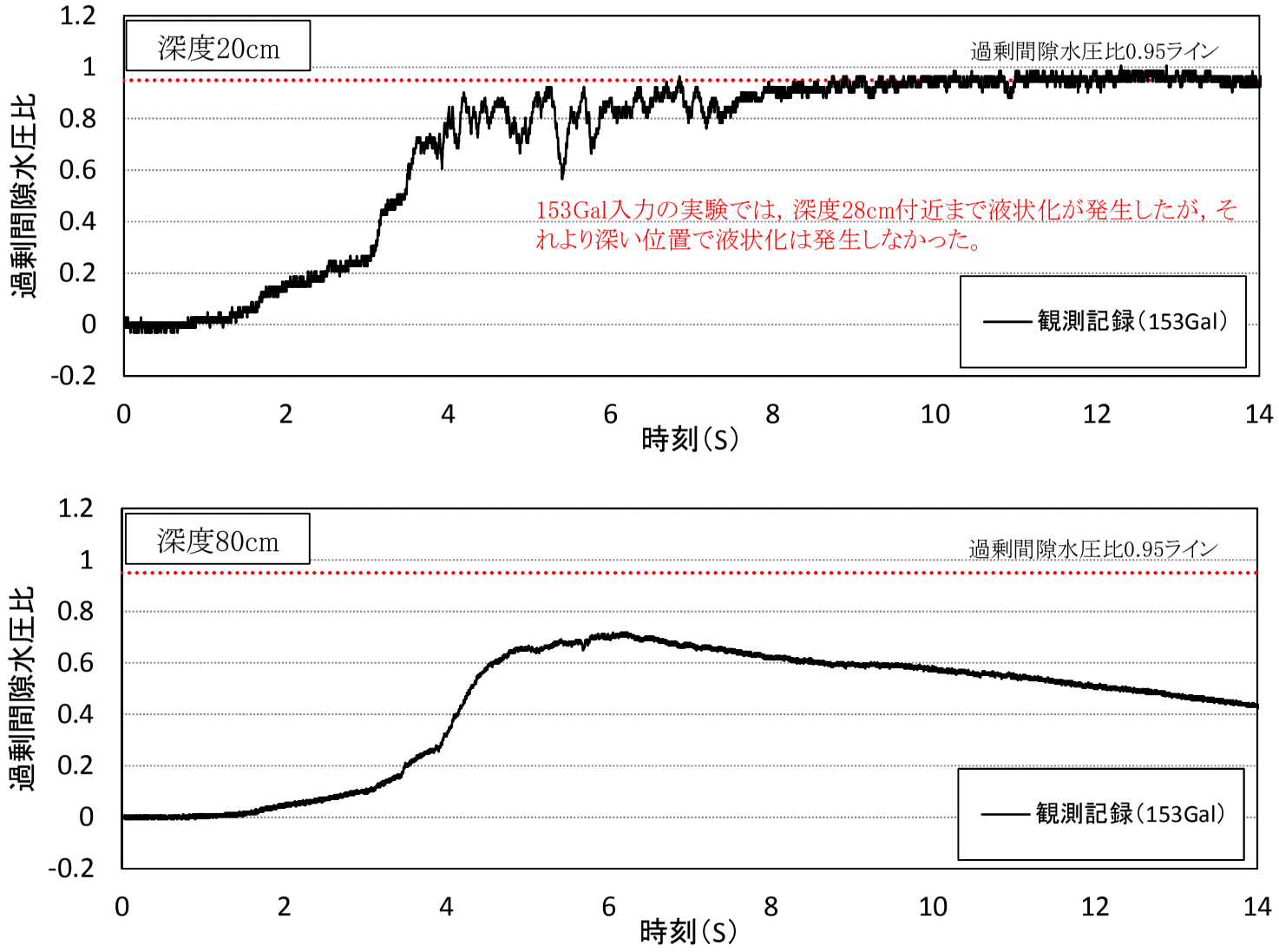

第 9.2.3 図　豊浦標準砂の液状化パラメータ

第 9.2.4 図に土槽振動実験結果を示す。入力レベル 78gal においては,全深度において液状化は発生しなかったが,入力レベル 153gal においては，深度 28 ㎝付近まで液状化が発生したが，それより深い位置で液状化は発生しなかった。

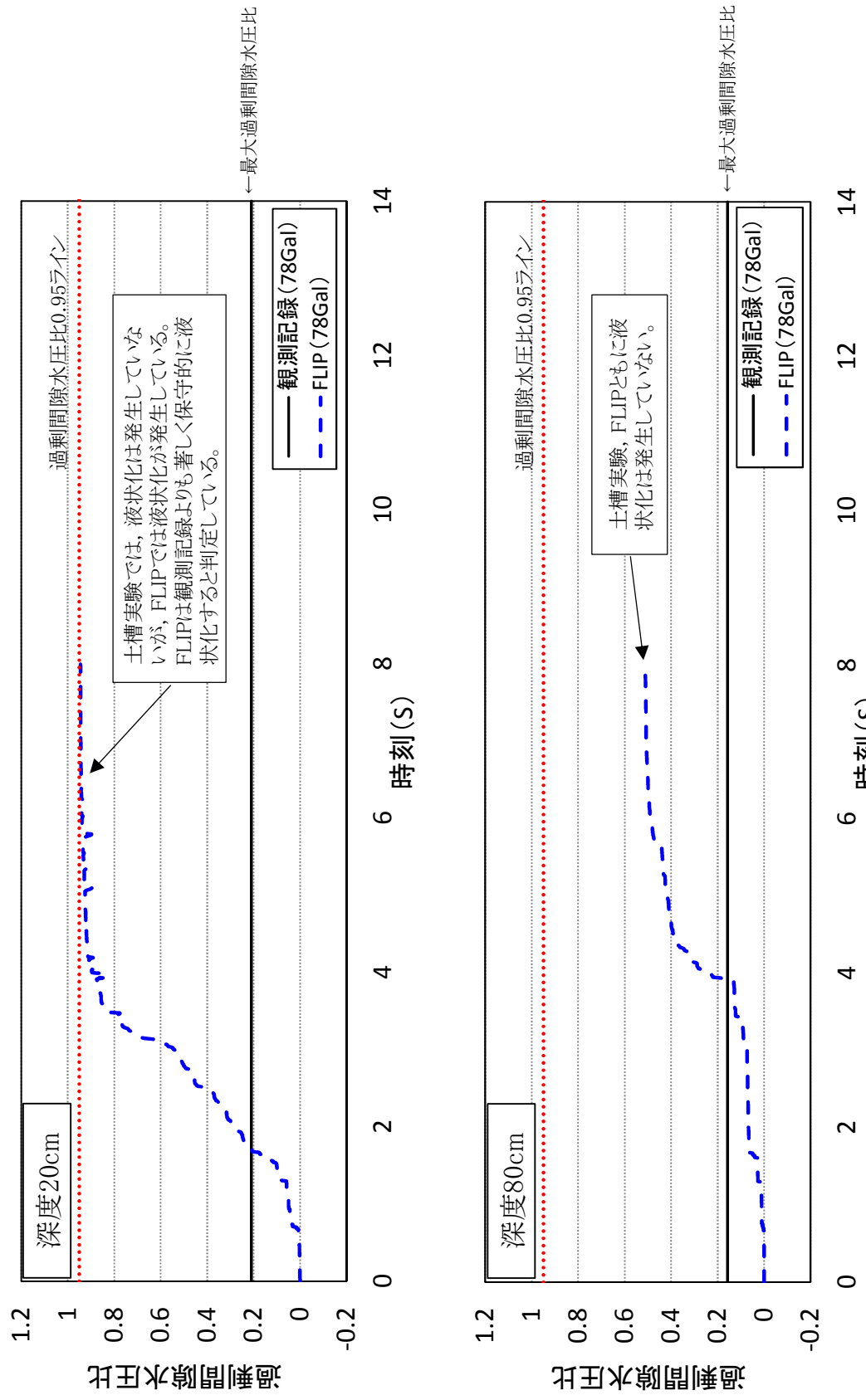
豊浦標準砂の全液状化強度試験データを十分に包含する液状化パラメータを用いて，ＦＬＩＰによる土槽振動実験記録の再現シミュレーションを実施した結果，実験事実として豊浦標準砂の液状化を確認した入力レベル 153gal のみでなく，実験で液状化が発生しなった入力レベル 78gal についても，ＦＬＩＰは液状化が発生するものと判定する結果となった。これにより，ＦＬＩＰによる液状化判定の保守性を確認した。第 9.2.5 図に土槽振動実験結果とシミュレーション結果との比較を示す。

第 9.2.6 図に土槽振動実験における入力地震動と観測記録波形の比較，第 9.2.7 図に入力レベルにおける加速度応答等の比較結果，第 9.2.8 図に入力レベルにおける最大値深度分布図を示す。

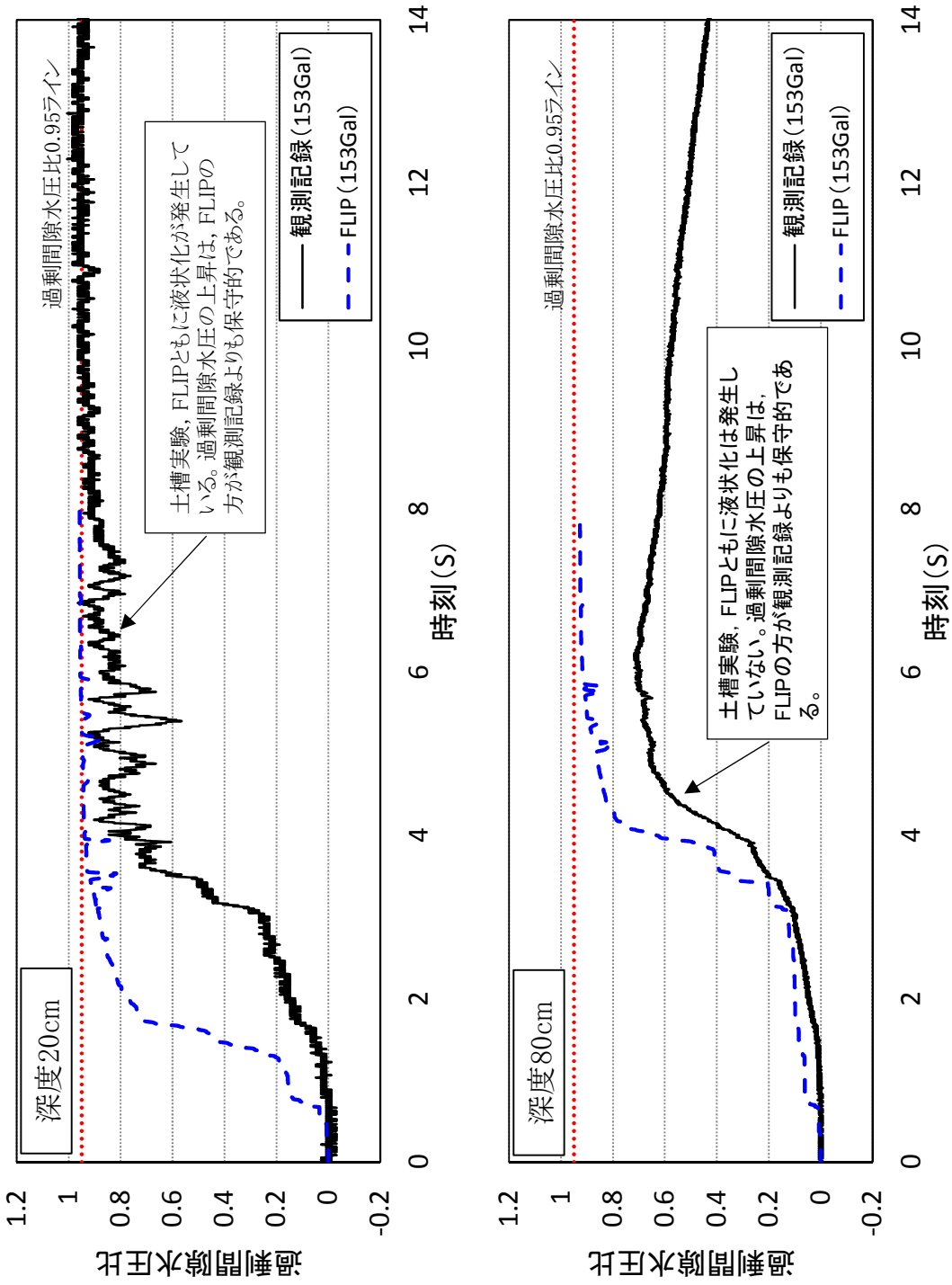
ＦＬＩＰにおいて，平均的な液状化強度特性よりもかなり保守側の液状化強度特性を用いた場合は，観測記録にみられるサイクリックモビリティ現象に起因するパルス的な応答加速度波形は再現されない結果となり，ＦＬＩＰは観測記録よりも液状化しやすい側の傾向を示し，これに伴って，地盤の変形やせん断ひずみは大きめに評価され，加速度応答は小さめに評価されることが確認された。




第 9.2.4 図　土槽振動実験結果

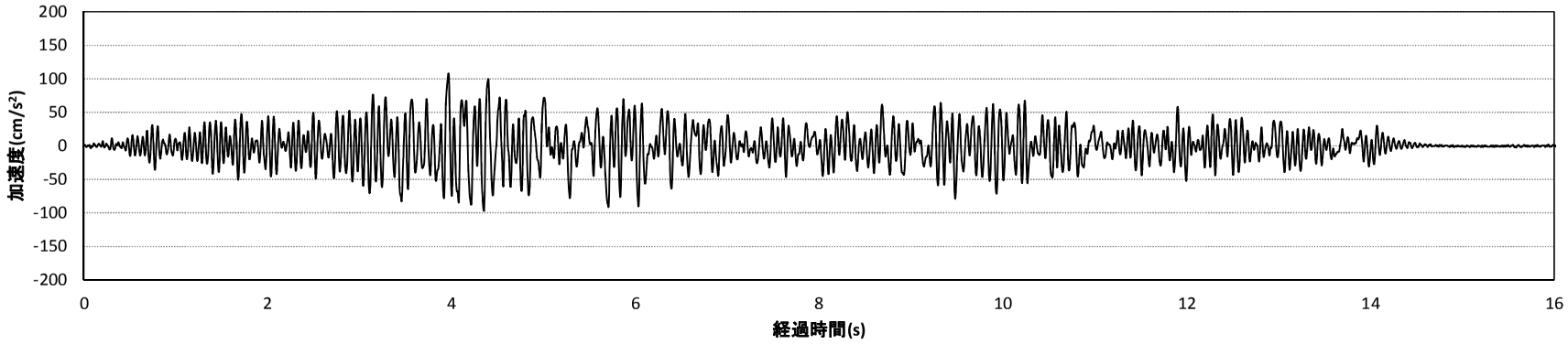



第 9.2.5.1 図　土槽振動実験結果とシミュレーション結果との比較

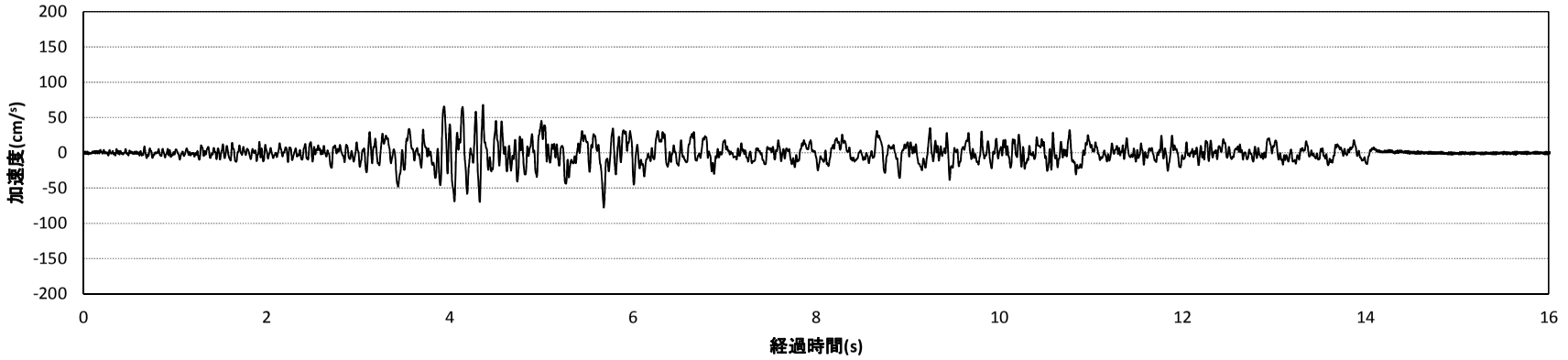



第 9.2.5.2 図　土槽振動実験結果とシミュレーション結果との比較

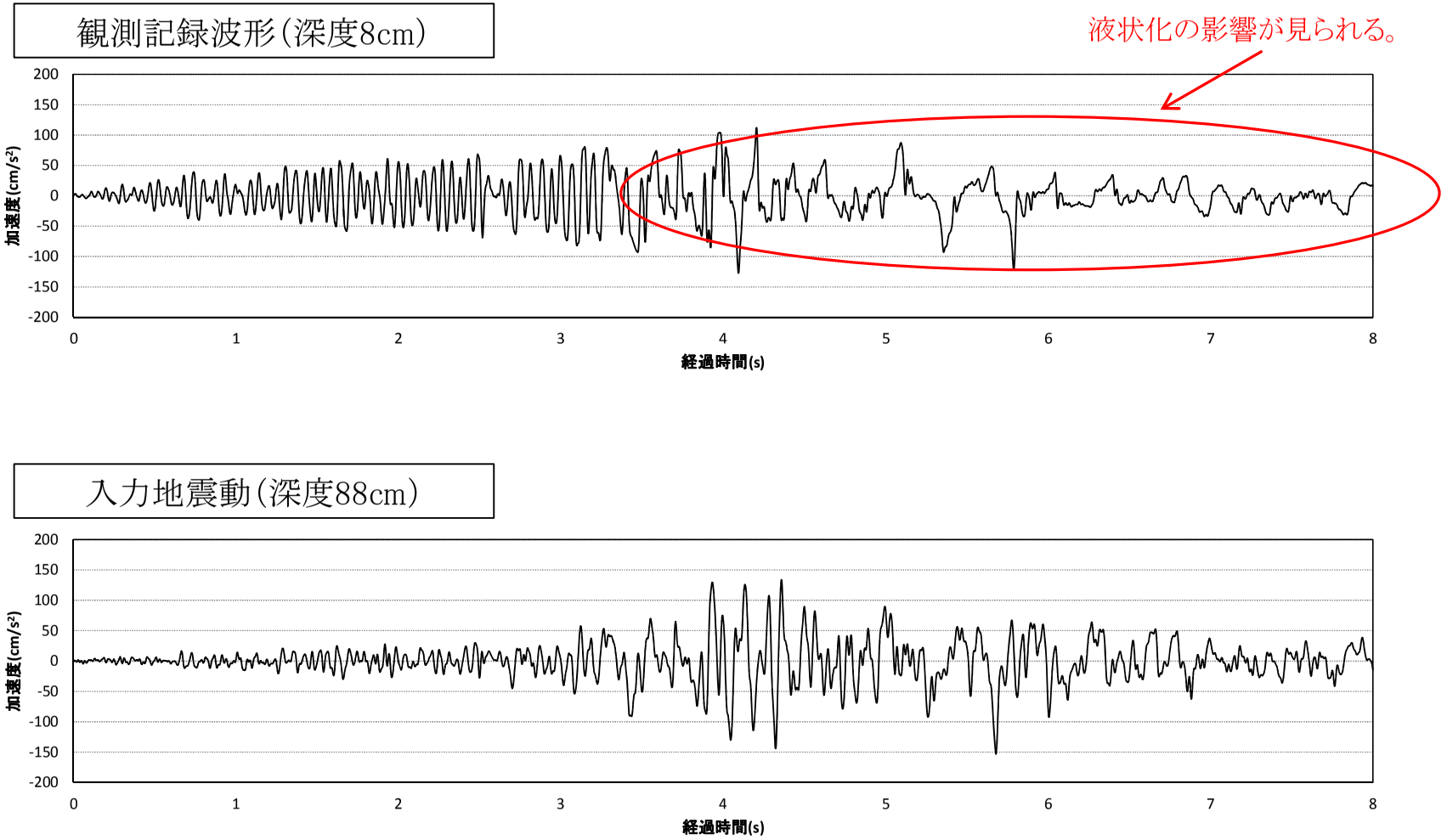
観測記録波形(深度8cm)



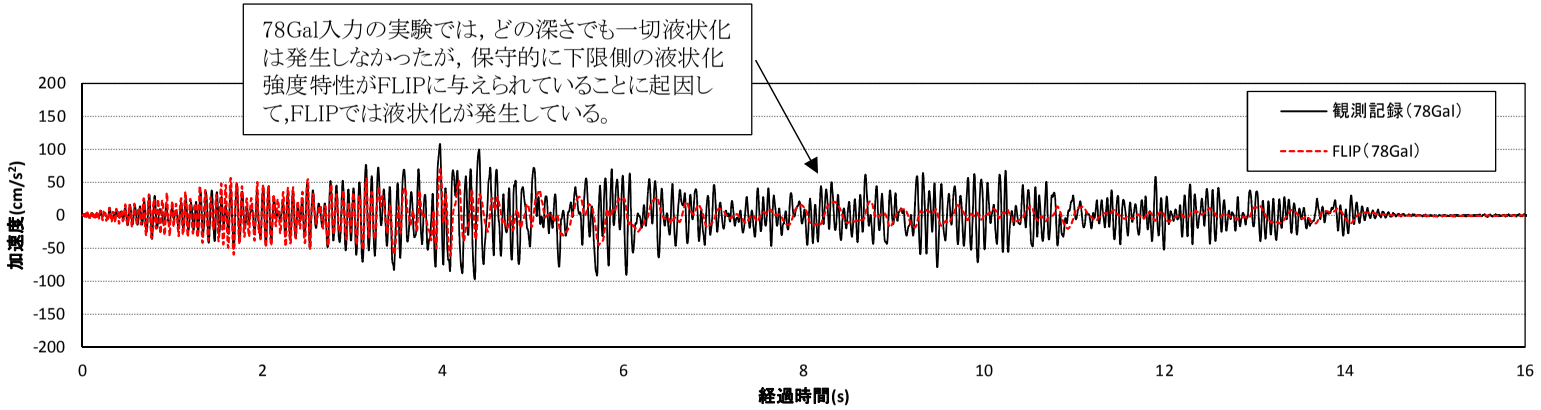

入力地震動(深度88cm)



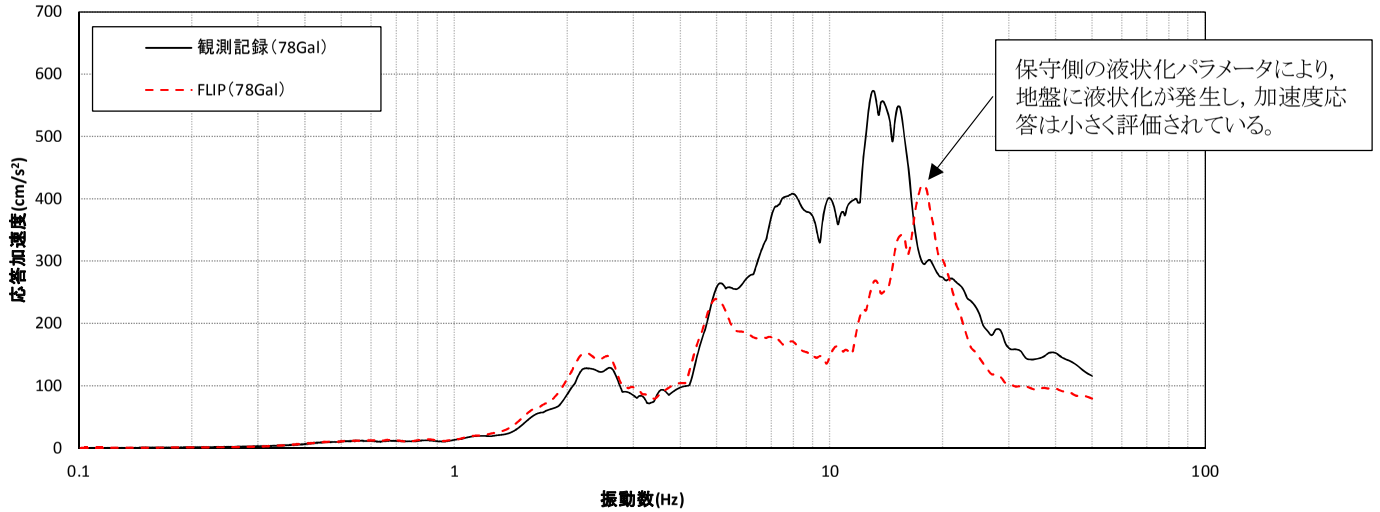

第 9.2.6.1 図　土槽振動実験における入力地震動と観測記録波形との比較




第 9.2.6.2 図　土槽振動実験における入力地震動と観測記録波形との比較

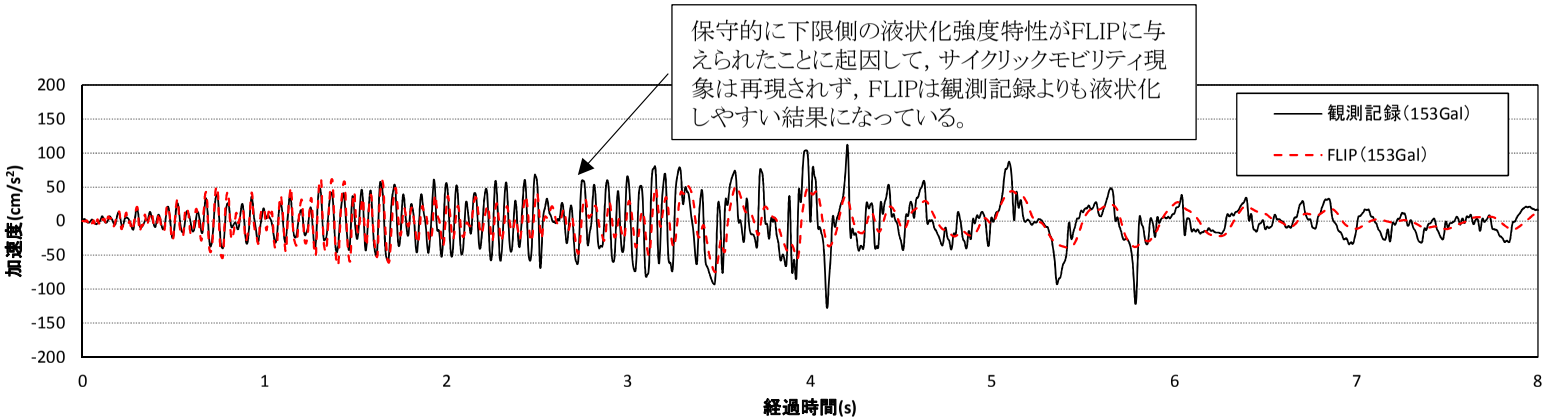



深度8cmの加速度応答の比較

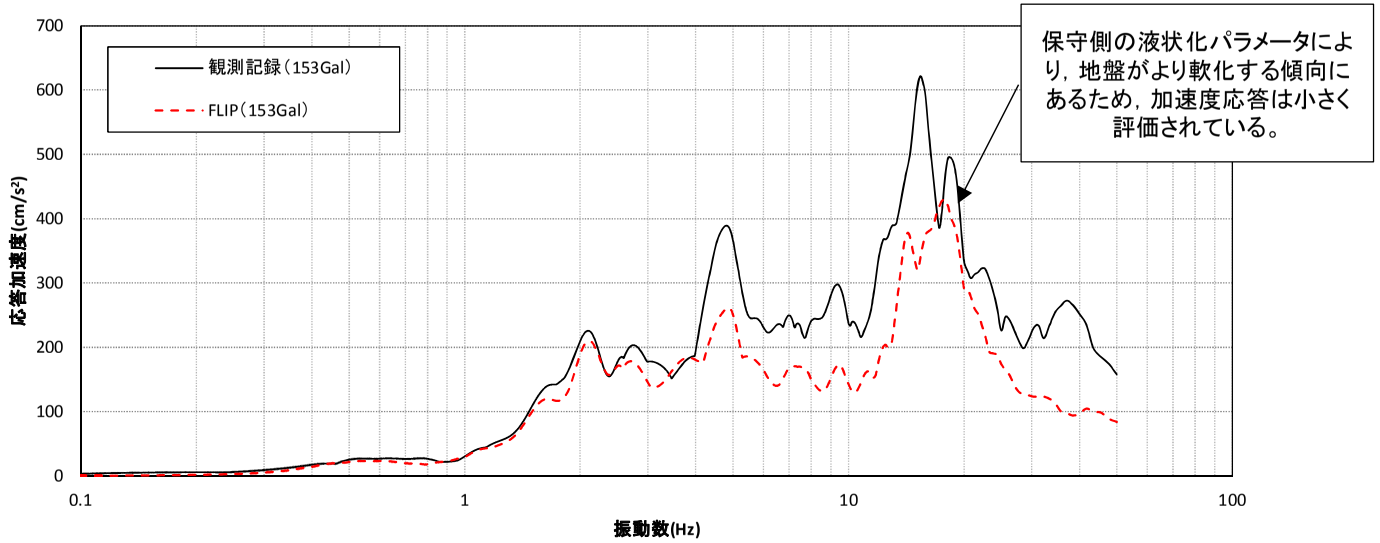



深度8cmの加速度応答スペクトルの比較（5%減衰）

第 9.2.7.1 図　入力レベルにおける加速度応答等の比較結果

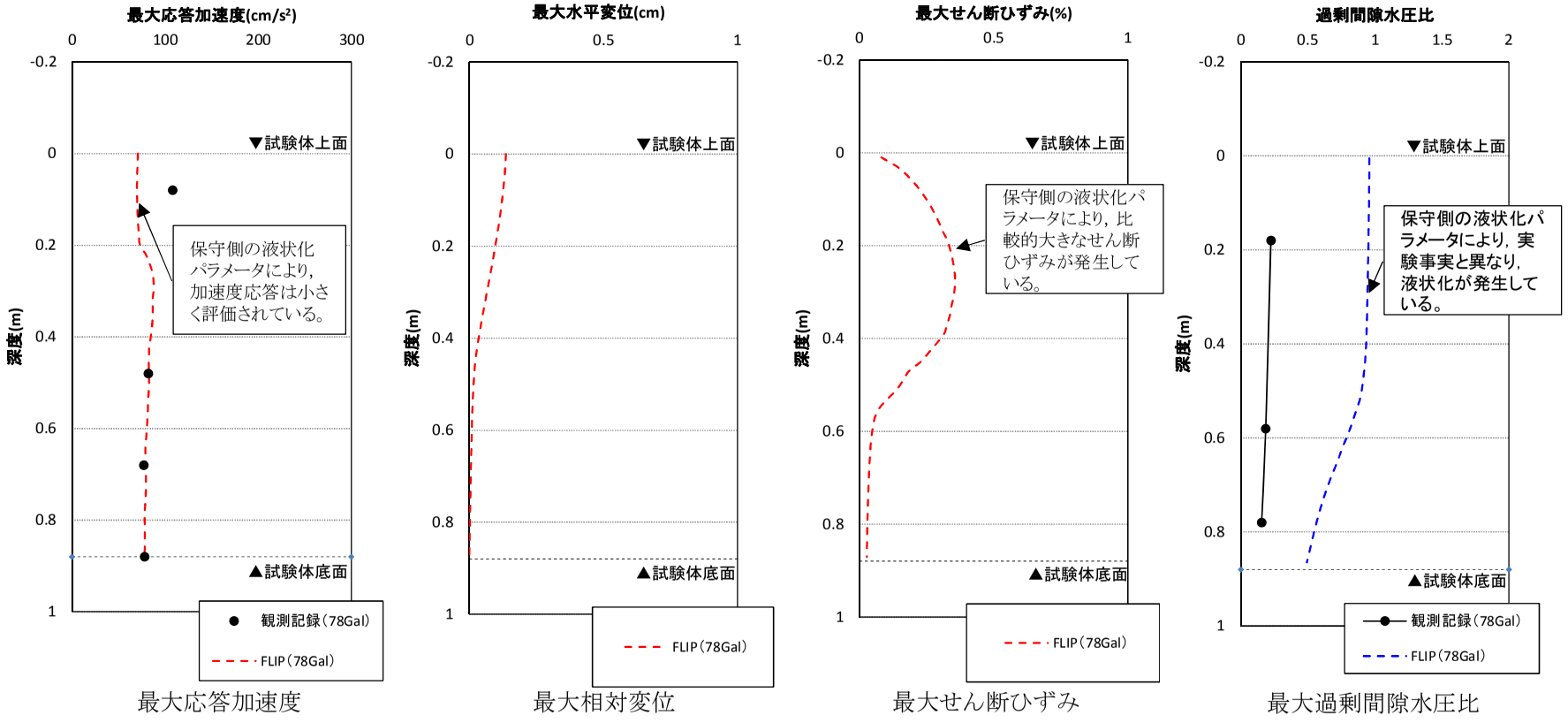



深度8cmの加速度応答の比較



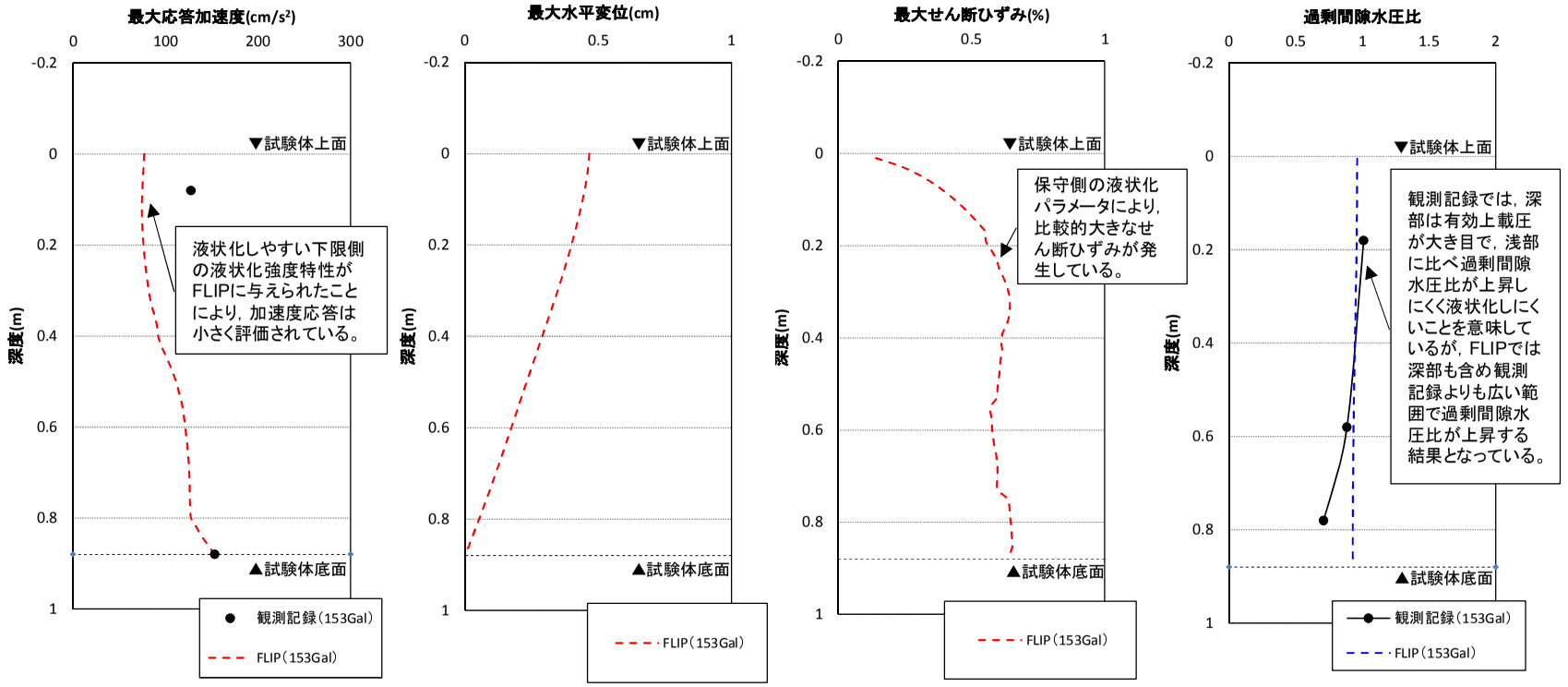

深度8cmの加速度応答スペクトルの比較（5%減衰）

第 9.2.7.2 図　入力レベルにおける加速度応答等の比較結果




最大応答加速度　最大相対変位　最大せん断ひずみ　最大過剰間隙水圧比

第 9.2.8.1 図　入力レベルにおける最大値深度分布図




最大応答加速度　　最大相対変位　　最大せん断ひずみ　　最大過剰間隙水圧比

第 9.2.8.2 図　入力レベルにおける最大値深度分布図

別紙－１１

# 東海第二発電所

# 屋外二重管の基礎構造の設計方針について

目次

1.　屋外二重管の概要

2.　基礎構造形式について

3.　基礎構造の設計方針

4.　鋼管杭の仕様設定

5.　コンクリート梁の仕様設定

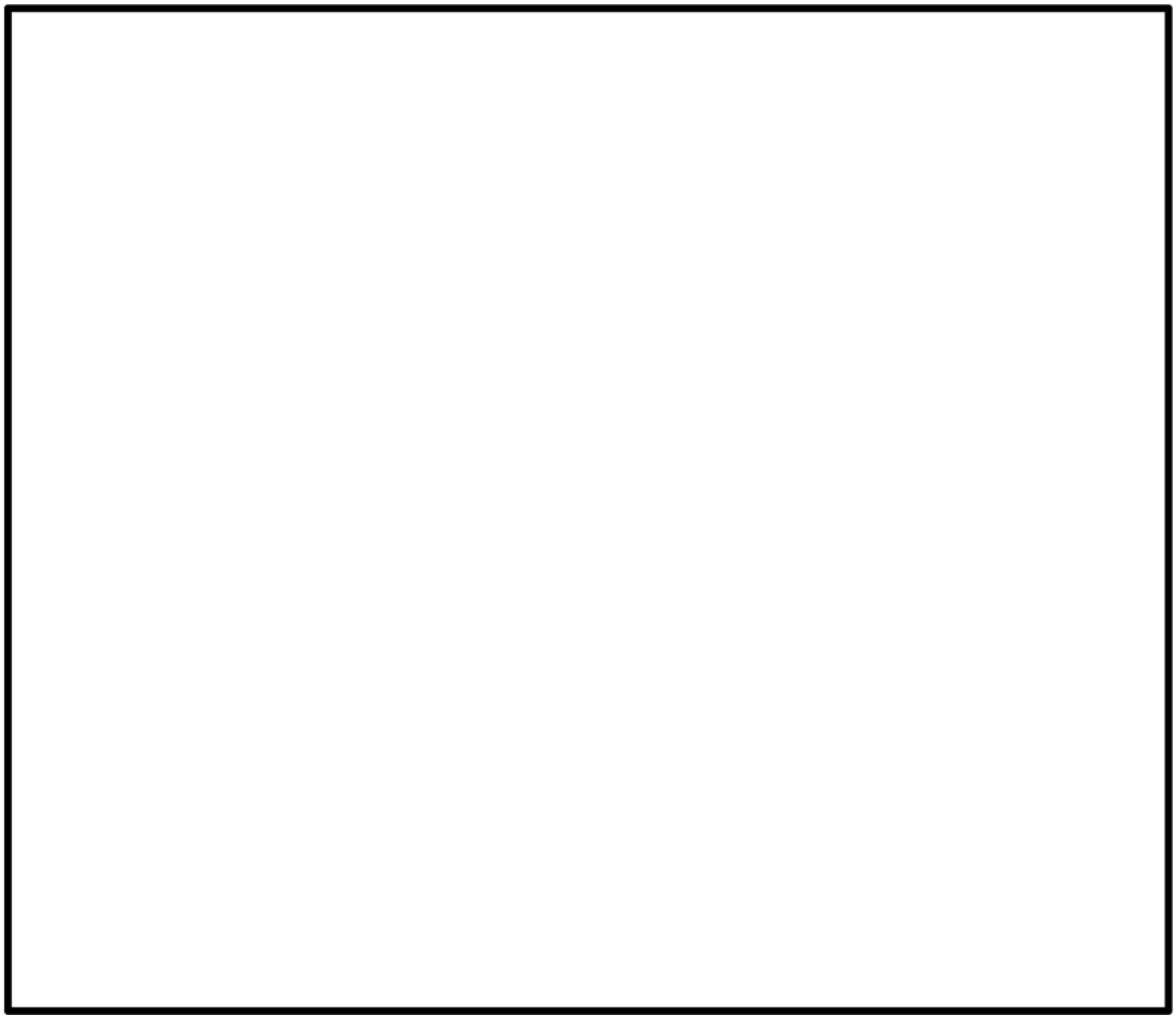
6.　基礎構造の耐震設計方針（有効応力解析）

1．屋外二重管の概要

残留熱除去海水系配管及びディーゼル発電機海水系配管をポンプ室から原子炉建屋まで配置するため，屋外海水配管二重管（以下「屋外二重管」という。）を設置している。

屋外二重管は，設置許可基準規則第 3 条及び第 4 条の対象となる「耐震重要施設を支持する建物・構築物」及び設置許可基準規則第 38 条及び第 39 条の対象となる「常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設を除く）」（以下「常設重大事故等対処施設」という。）に該当する。

「耐震重要施設」及び「常設重大事故等対処施設」の平面配置図を第 1 図に示す。



| 耐震重要施設 |
| --- |
| 【使用済燃料乾式貯蔵建屋】 |
| 防潮堤 |
| 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路部） |
| **耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設** |
| 【原子炉建屋】 |
| 常設代替高圧電源装置電路，燃料移送配管 |
| 軽油貯蔵タンク |
| 非常用海水系配管【屋外二重管】 |
| 【取水構造物（取水路，海水ポンプ室）】 |
| 貯留堰 |
| 非常用ガス処理系排気筒【排気筒】 |

| 常設重大事故等対処施設 |
| --- |
| 緊急時対策所 |
| 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク |
| 常設代替高圧電源装置 |
| 緊急用海水ポンプピット |
| 緊急用海水取水管 |
| SA用海水ピット取水塔 |
| 海水引込み管 |
| SA用海水ピット |
| 格納容器圧力逃がし装置格納槽 |
| 常設低圧代替注水系格納槽 |
| 可搬型設備用軽油タンク |

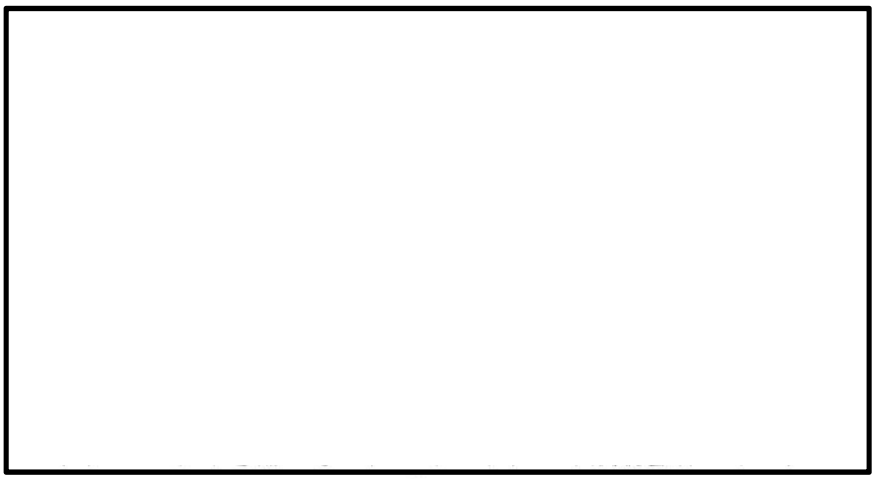
【　　】は，耐震重要施設を支持する建物・構築物を示す。

第１図　「耐震重要施設」及び「常設重大事故等対処施設」の平面配置図

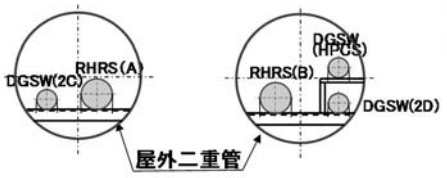
屋外二重管は，第四系地盤に直接支持している施設であり，施設直下には液状化検討対象層である As 層，Ag1 層及び Ag2 層が分布している。なお，指針改訂に伴う耐震裕度向上工事として，平成 21 年に Ag2 層を対象とした地盤改良を実施している。

設置許可基準規則第 3 条第 1 項への適合性の観点から，当該施設については杭等を介して岩盤（久米層）で支持する構造とする。

第 2 図に屋外二重管の平面図及び断面図，第 3 図に既施工の地盤改良範囲の説明図，第 4 図に地質縦断図及び横断図を示す。



屋外二重管配置図




A－A断面

| 項 目 | 諸 元 |
|---|---|
| 材 質 | SM41B |
| 内 径(mm) | 2000/1800 |
| 肉 厚(mm) | 20 |

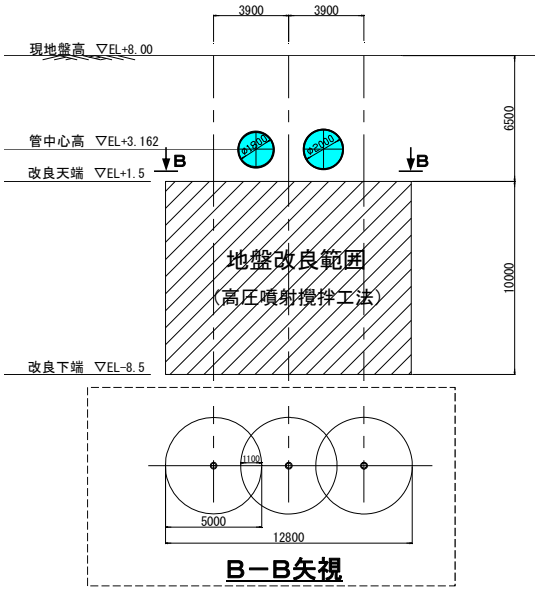
第 2 図　屋外二重管の平面位置図及び断面図

**地盤改良範囲説明図**

地震時に液状化の可能性がある地層を対象として，高圧噴射撹拌工法により地盤改良を実施した。

・改良体数：120本（約18,800m3）

・改良体径：Φ4.5m～5.0m



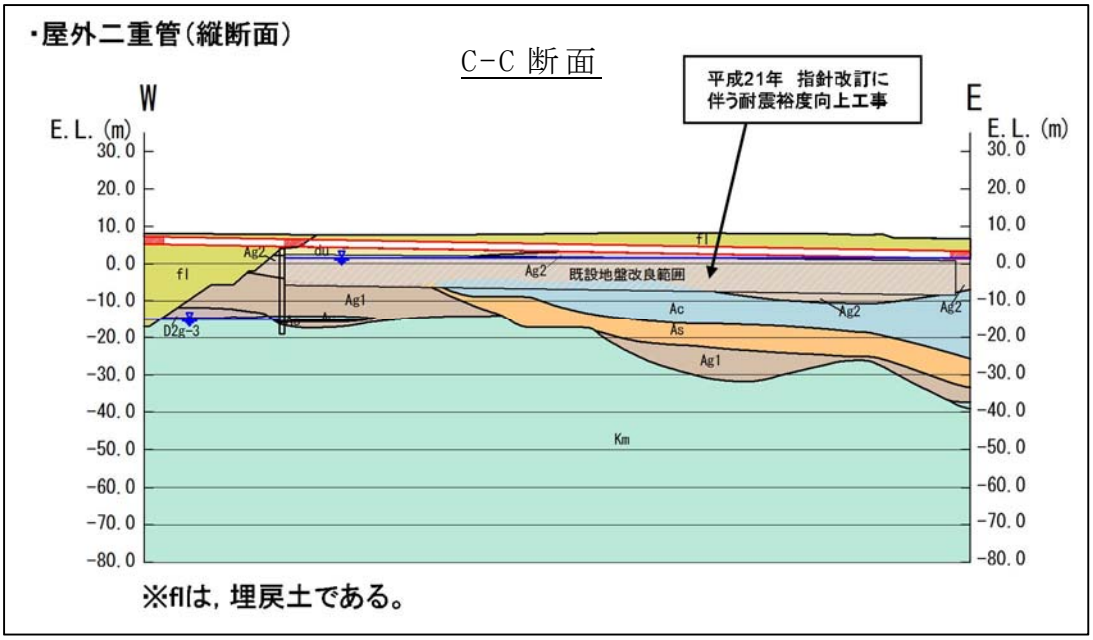

第３図　地盤改良範囲（既施工）説明図

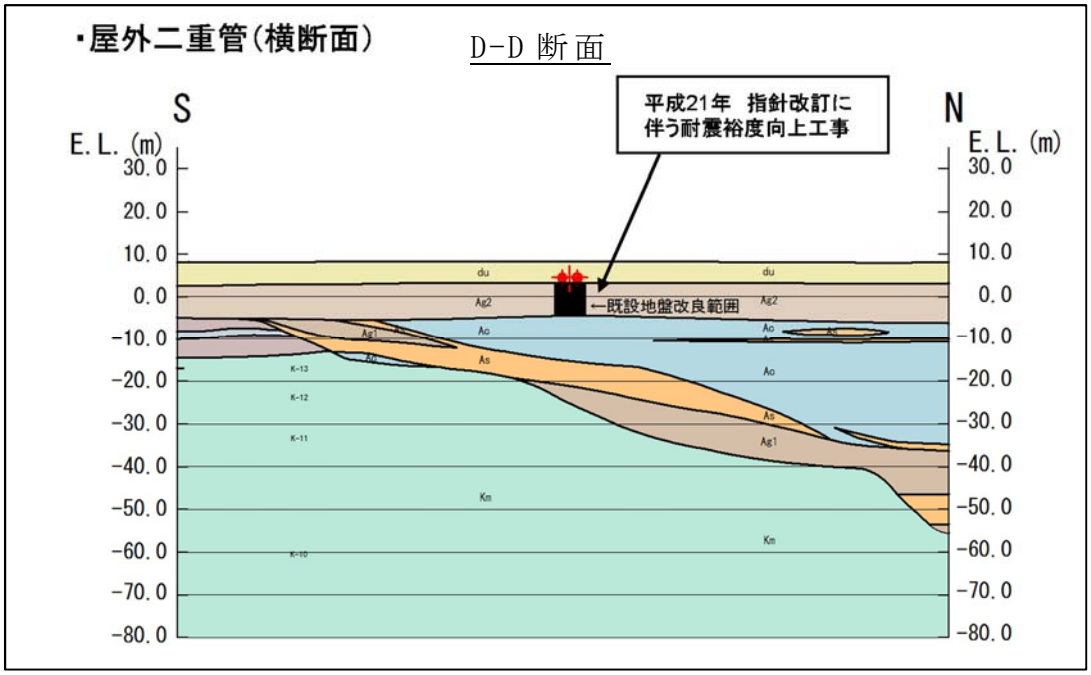
（断面位置図）

地 質 構 成 表

| 地質時代 | | 地質区分 | | 記号 | 岩相 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 第四紀 | 完新世 | 砂丘層 | | du | 砂 | 敷地全体に広く分布する。 |
| | | | | Ag2 | 砂礫 | 敷地全体に広く分布する。 |
| | | 沖積低地堆積層 | 久慈川堆積層 | Ac | 粘土 | 久慈川が侵食した凹状の谷を埋めて分布する。 |
| | | | | As | 砂 | |
| | | | | Ag1 | 砂礫 | |
| | 更新世 | 低位段丘Ⅰ堆積層 | 段丘堆積層2 | D2c-3 | シルト | 敷地南部に埋没段丘として分布する。 |
| | | | | D2s-3 | 砂 | |
| | | | | D2g-3 | 砂礫 | |
| | | | | D2c-2 | シルト | |
| | | | | D2g-2 | 砂礫 | |
| | | 中位段丘堆積層 | 段丘堆積層1 | lm | ローム | 敷地の南西部に分布し、いわゆる鏡面段丘面を構成する。 |
| | | | | D1c-1 | シルト | |
| | | | | D1g-1 | 砂礫 | |
| 第三紀 | 鮮新世 | 久米層 | | Km | 砂質泥岩 | 敷地の基盤岩である。 |

～～～～～～～～～～ 不整合



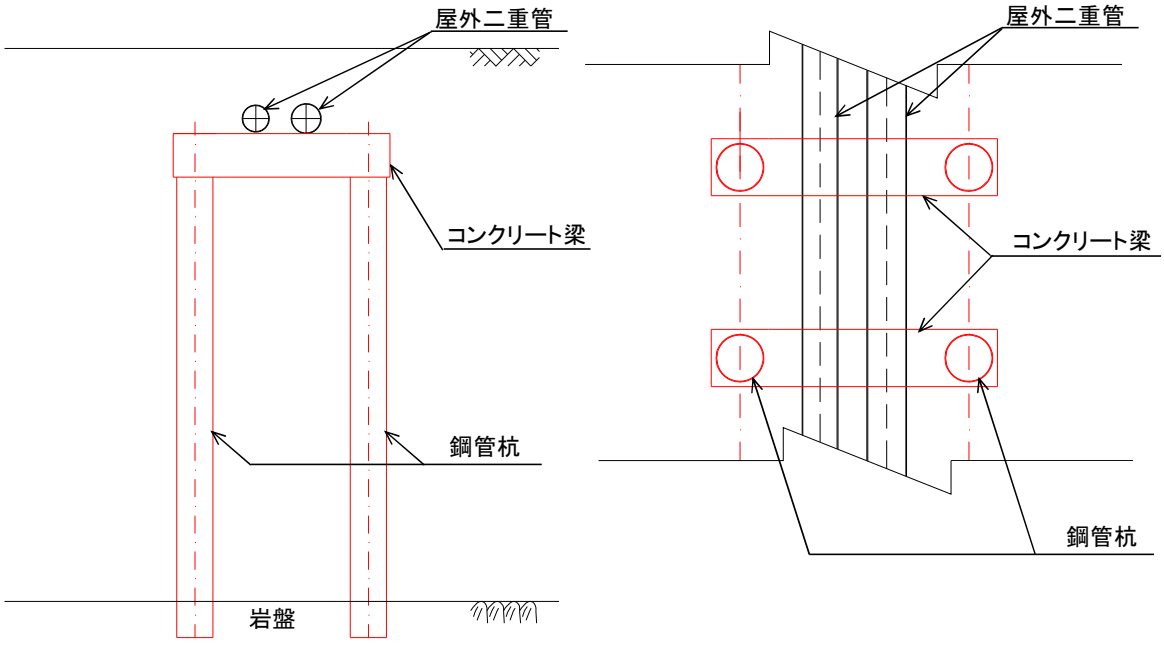

第 4 図　地質縦断図及び横断図

2．基礎構造形式について

地震に伴う周辺地盤の沈下に伴って屋外二重管が沈下することを防止するため，屋外二重管の直下に沈下防止を目的としたコンクリート梁を設置して，鋼管杭を介して岩盤で支持する構造とする。

原子炉建屋近傍等，既設構造物や埋設物との干渉によって鋼管杭の打設が困難な箇所については，屋外二重管直下を地盤改良（セメント固化工法等）することにより補強する地盤に支持させる検討を行う。

屋外二重管の基礎構造概要図を第5図に示す。




基礎構造（管軸直角方向イメージ）　　基礎構造（平面イメージ）

第5図　屋外二重管の基礎構造概要図

3．基礎構造の設計方針

屋外二重管の基礎構造の耐震評価は，第 1 表に示す屋外二重管の基礎構造の評価項目に基づき，各構造部材の構造健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

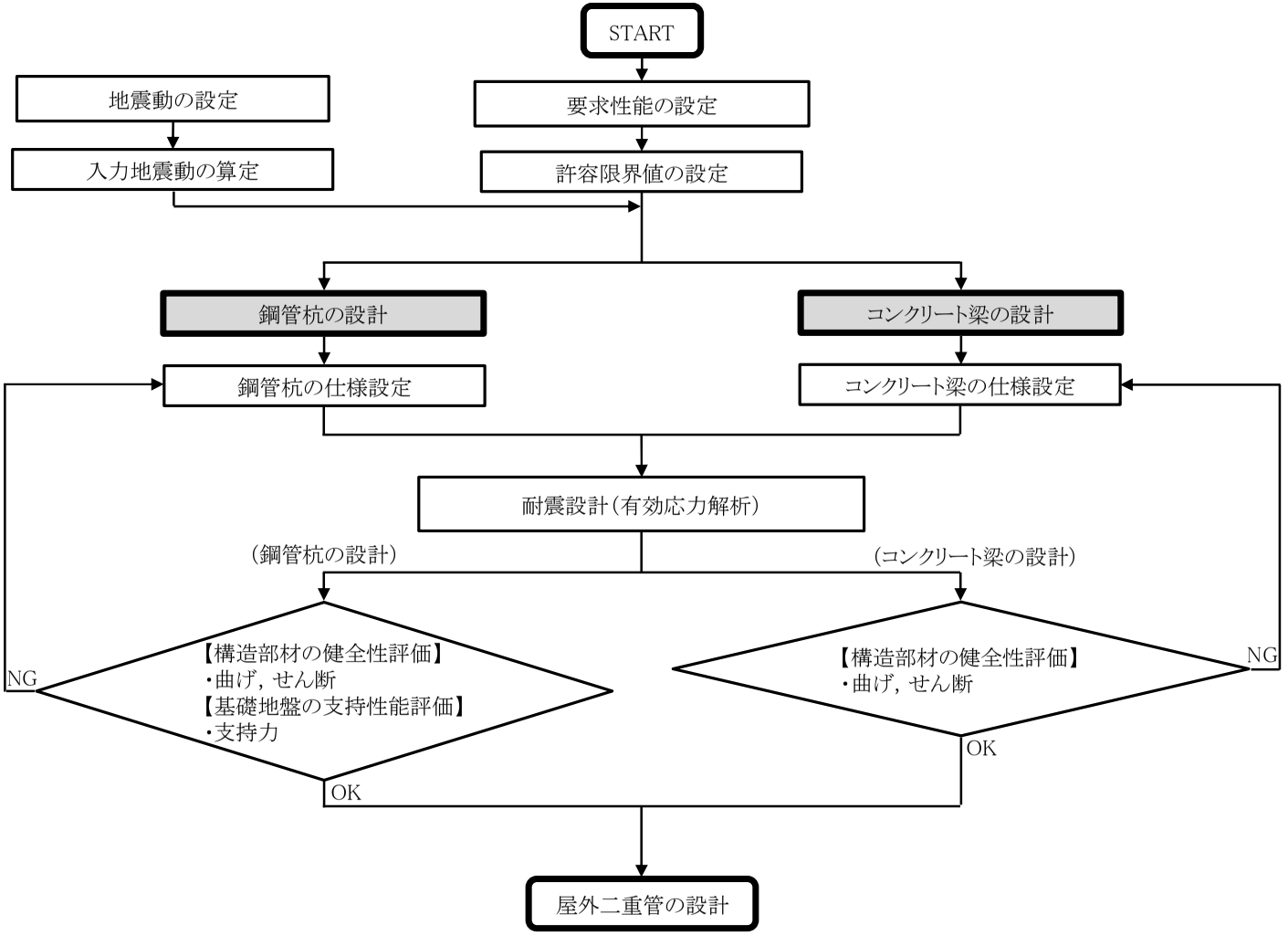
地震動は，Ss-D1（水平動及び上下動の位相反転考慮），Ss-11，Ss-12，Ss-13，Ss-14，Ss-21，Ss-22，Ss-31（水平動の位相反転考慮）を対象とする。

また，上記の地震波のうち，屋外二重管に対して最も厳しい地震波を用いて，液状化検討対象層を強制的に液状化させるケースとして，豊浦標準砂の剛性及び液状化強度特性を仮定し，その影響を確認する。

屋外二重管の基礎構造の構造健全性及び支持性能評価の検討フローを第 6 図に示す。

第 1 表　屋外二重管の基礎構造の評価項目

| 評価方針 | 評価項目 | 部位 | 評価方法 | 許容限界 |
|---|---|---|---|---|
| 構造強度を有すること | 構造部材の健全性 | 鋼管杭 | 発生応力が許容限界を超えないことを確認 | 短期許容応力度 |
| | | コンクリート梁 | 発生応力が許容限界を超えないことを確認 | 短期許容応力度 |
| | 基礎地盤の支持性能 | 基礎地盤 | 支持力が許容限界を超えないことを確認 | 極限支持力以下 |




（注記）鋼管杭の打設が不可能な箇所については，別途地盤改良等の検討を行う。

第6図　屋外二重管の基礎構造の構造健全性及び支持性能評価の検討フロー

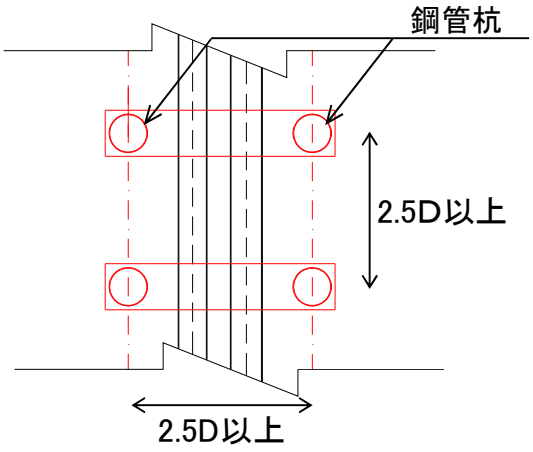
4．鋼管杭の仕様設定

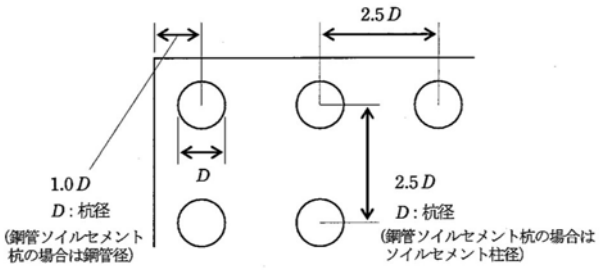
屋外二重管の基礎構造の鋼管杭は，岩盤で支持する構造（支持杭）とし，その支持力を確保するために杭径程度以上を岩盤に根入れする。

屋外二重管直角方向に岩盤の深さが異なる場合は，深い方に合わせて杭長を決定する。

杭の配列については，屋外二重管の形状や寸法，杭の寸法や本数，群杭の影響，施工条件等を考慮し決定する。

杭の最小中心間隔が杭径の 2.5 倍未満である場合においては，道路橋示方書に準拠して群杭効果を考慮する。第 7 図に杭の最小中心間隔の考え方を示す。




※「道路橋示方書・同解説　Ⅳ下部構造編」より

第 7 図　杭の最小中心間隔

屋外二重管の基礎構造の設計においては，基準地震動 $S_s$ 等による荷重及びこれらに耐え得る大口径，高強度の鋼管杭の仕様を考慮した上で，適切な杭配置を検討する。

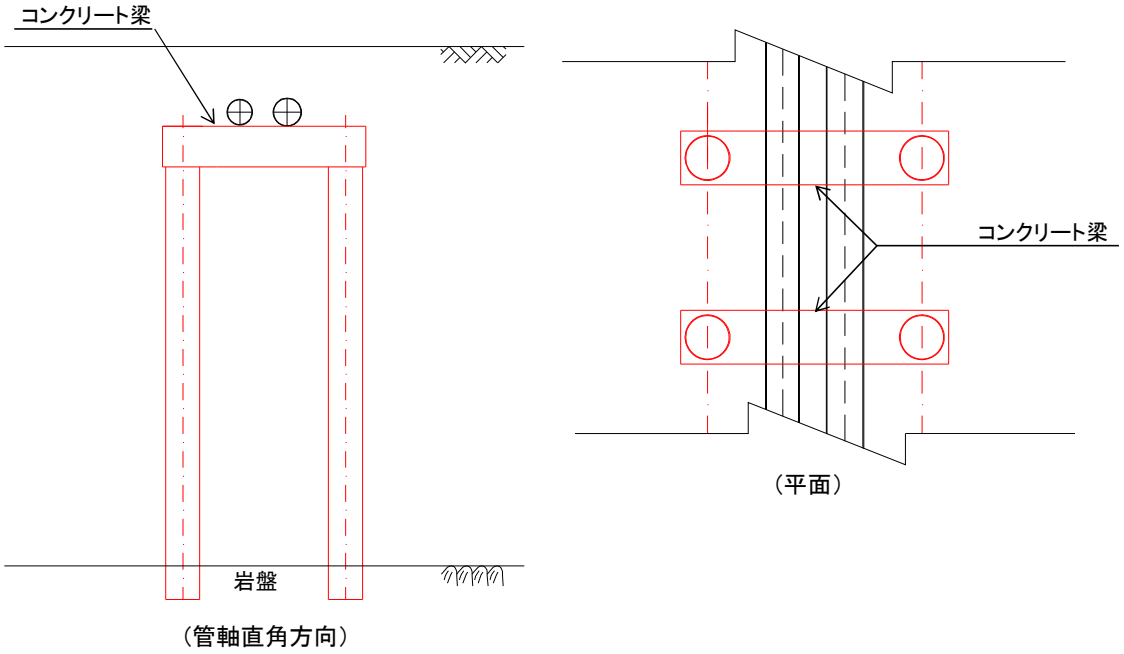
荷重ケースは地震時を想定し，長期荷重として死荷重を，短期荷重として基準地震動 $S_s$ による地震荷重を考慮する。

5．コンクリート梁の仕様設定

屋外二重管の基礎構造のコンクリート梁は，屋外二重管を受け，その荷重を鋼管杭で支持する構造とする。

荷重ケースは地震時を想定し，長期荷重として死荷重を，短期荷重として基準地震動Ｓ$_s$による地震荷重を考慮する。

また，コンクリート梁には発生応力度が短期許容応力度に十分収まる鉄筋を配置する。




第８図　コンクリート梁イメージ図

6．基礎構造の耐震設計方針（有効応力解析）

屋外二重管の基礎構造（鋼管杭，コンクリート梁，基礎地盤）の耐震設計は，二次元地震応答解析を行い，地震時の鋼管杭及びコンクリート梁の構造部材の健全性及び基礎地盤の支持性能について検討する。

地震時応答解析は，有効応力の変化に伴う地盤の挙動の変化を考慮することができる有効応力解析を用いる。

鋼管杭及びコンクリート梁については，地震応答解析により算定された断面力を用いて，曲げモーメント，軸力及びせん断力に対する照査を行い，許容限界以下であることを確認することで健全性評価とする。

基礎地盤については，地震応答解析より算定された支持力が許容限界以下であることを確認することで支持性能評価とする。

別紙－１２

# 東海第二発電所

# 既設設備に対する耐震補強等について
# （耐震）

1. はじめに

本資料では，今回工認の申請において耐震性を向上させる観点から今後実施する計画である既設設備に対する耐震補強等について整理する。

なお，今後の設計評価により補強対象の施設，設備の変更及び補強内容の変更の可能性がある。

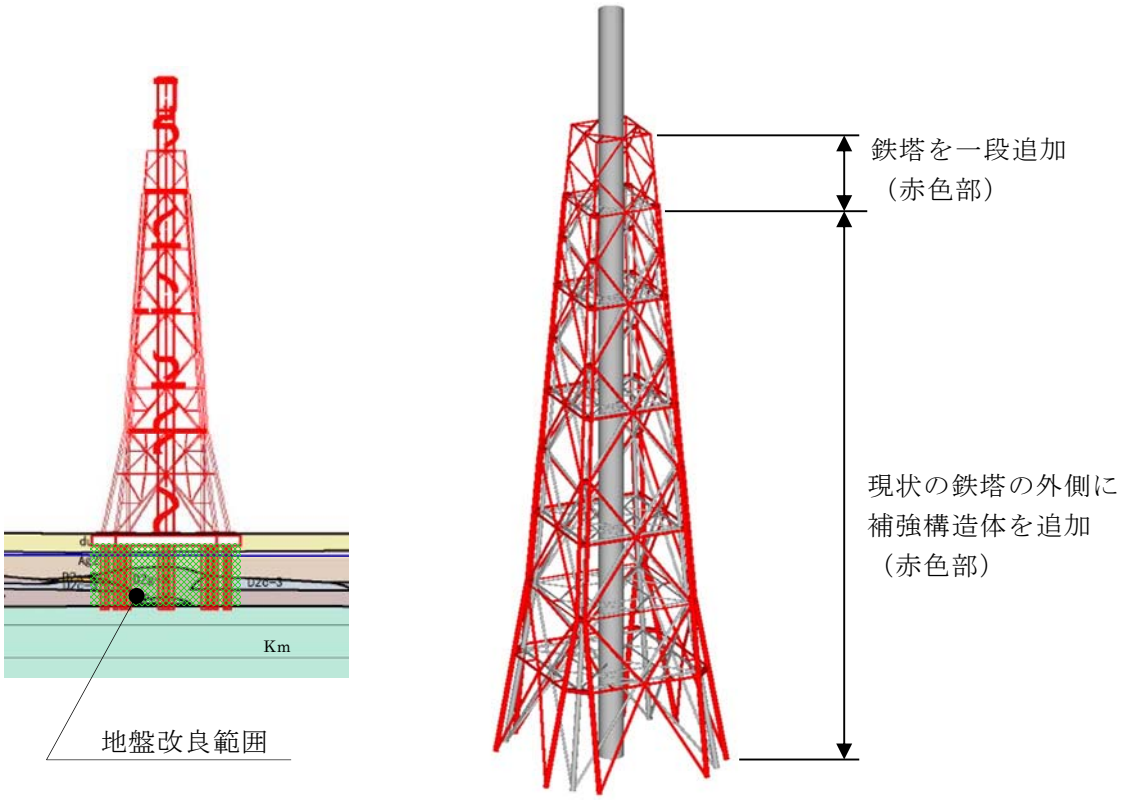
2. 既設設備に対する耐震補強等について

建物・構築物，機器・配管系，屋外重要土木構造物における耐震補強等の一覧を第1表に，耐震補強の概要を第1図～第11図に示す。

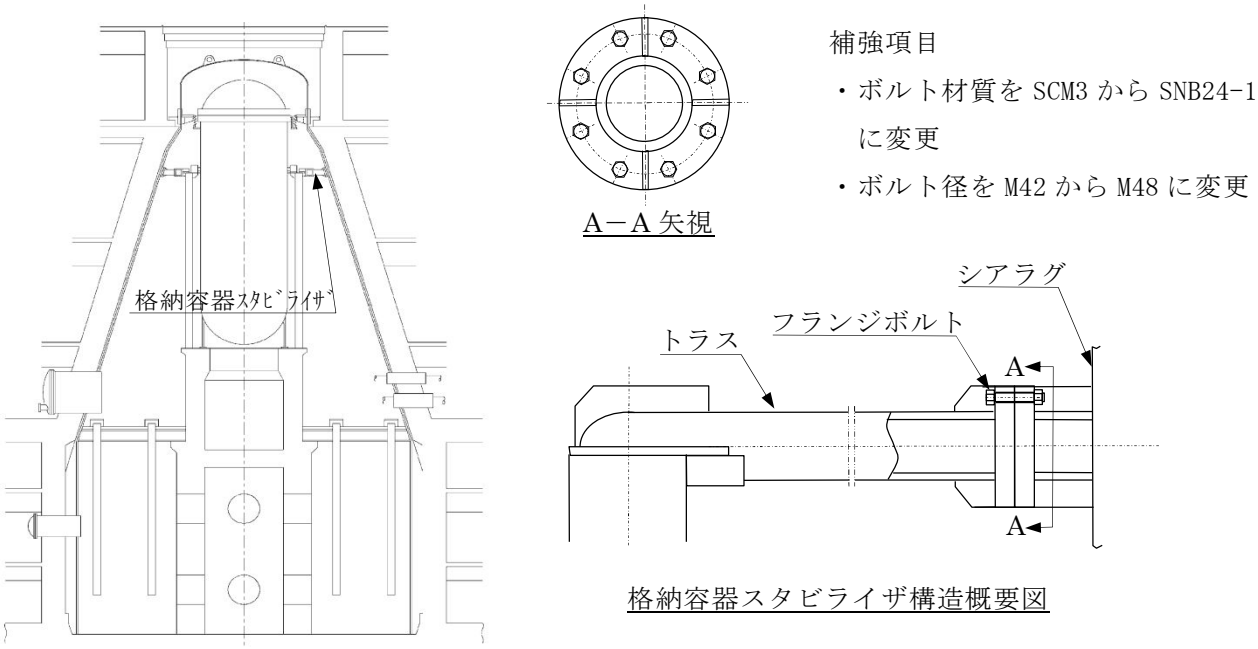
第1表　既設設備の耐震補強等一覧

| | 施設・設備名称 | 目　的 | 内　容 | 添付図番号 |
|---|---|---|---|---|
| 建物・構築物 | 排気筒 | 排気筒の支持機能強化 | 鉄塔部への支持部材の追加及び地盤改良 | 1 |
| 機器・配管系 | 格納容器スタビライザ | フランジボルトの応力低減対策及び許容限界値の向上 | フランジボルトの口径変更及び高強度材料適用 | 2 |
| | 原子炉建屋クレーン | 地震時落下防止による波及的影響防止 | 落下防止対策の追設*1 | 3 |
| | 燃料取替機 | 同上 | ガーダ等の部材強化 | 4 |
| | 配管系 | 配管系の支持機能強化 | サポートの追加及び補強 | 5 |
| | 残留熱除去系熱交換器 | 残留熱除去系熱交換器の支持機能強化 | 架台部への耐震補強サポート追設 | 6 |
| | 水圧制御ユニット | 水圧制御ユニットの支持機能強化 | 架構部への補強梁追加 | 7 |
| | 格納容器シアラグ部 | 格納容器とシアラグ取付け部の応力低減対策 | シアラグ部への補強材追加 | 8 |
| 屋外重要土木構造物 | 貯留堰取付護岸 | 地震時の護岸構造の健全性維持による貯留堰への波及的影響防止 | 地盤改良 | 9 |
| | 屋外二重管基礎構造 | 屋外二重管の支持機能強化 | 屋外二重管を支持する基礎構造の追設 | 10 |
| | 取水構造物 | 地震時の取水構造物の健全性維持 | 地盤改良 | 11 |

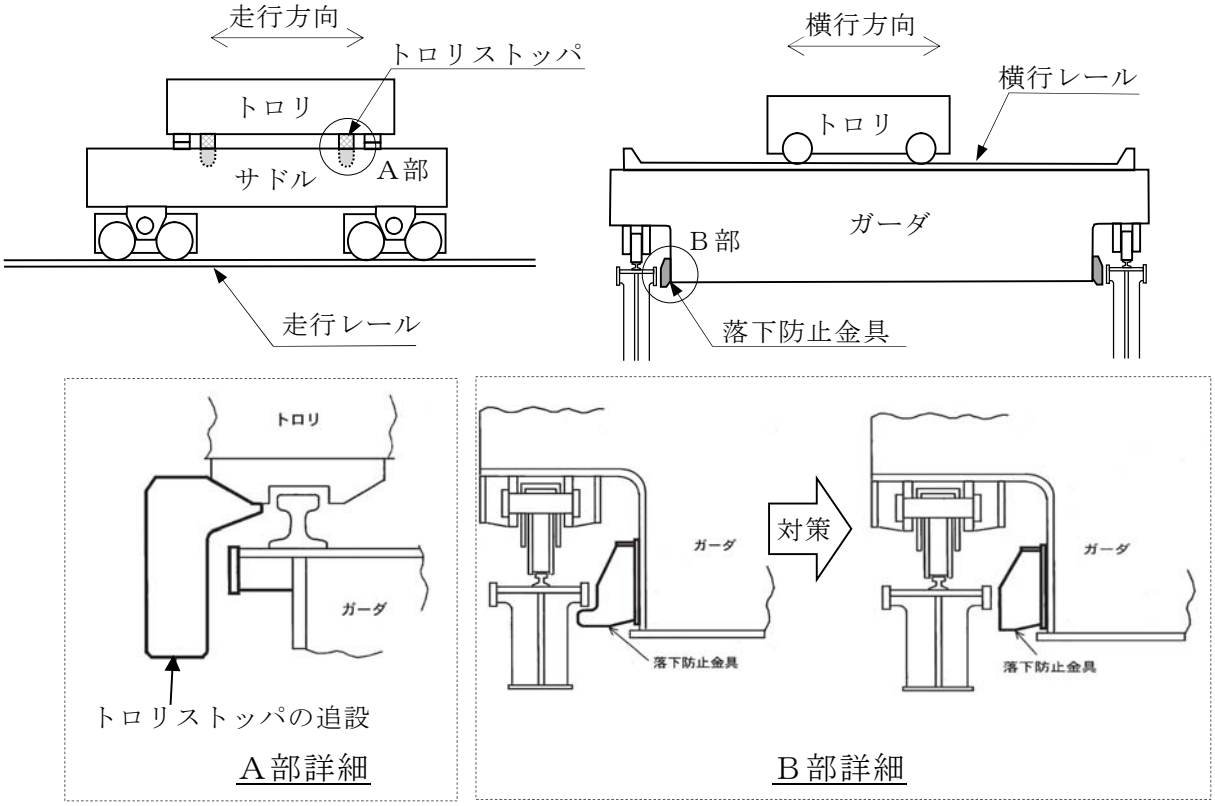
＊1　落下防止対策を添付1に示す。



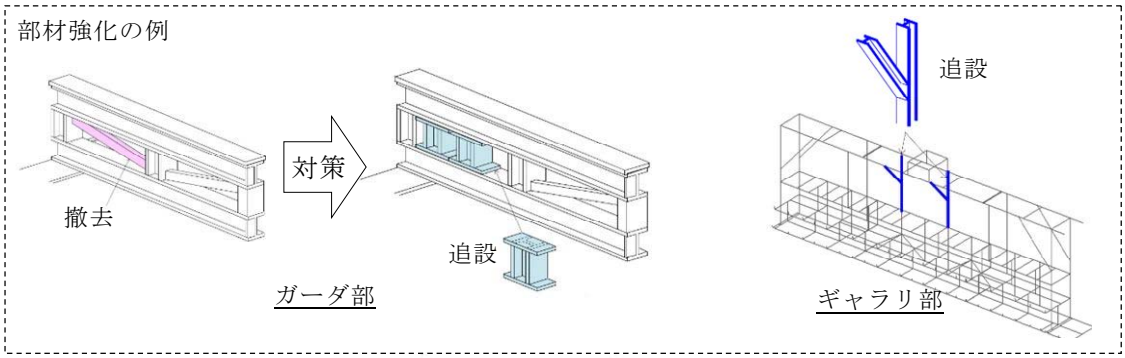

第１図　排気筒の耐震補強概要図

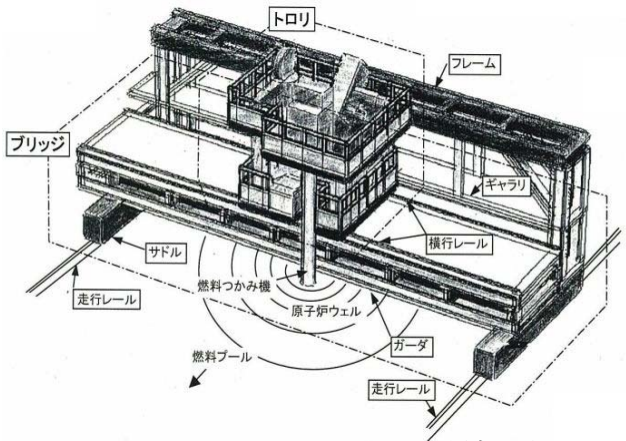



第２図　格納容器スタビライザの耐震補強概要図

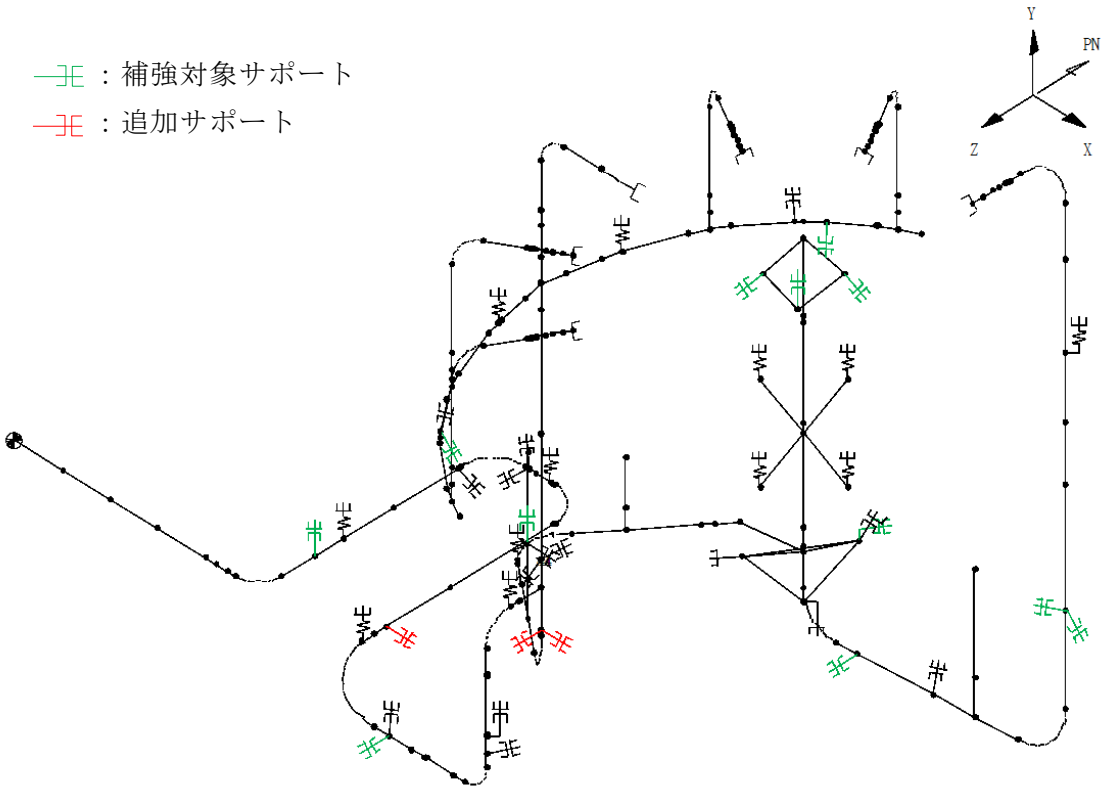



第３図　原子炉建屋クレーンの落下防止対策概要図



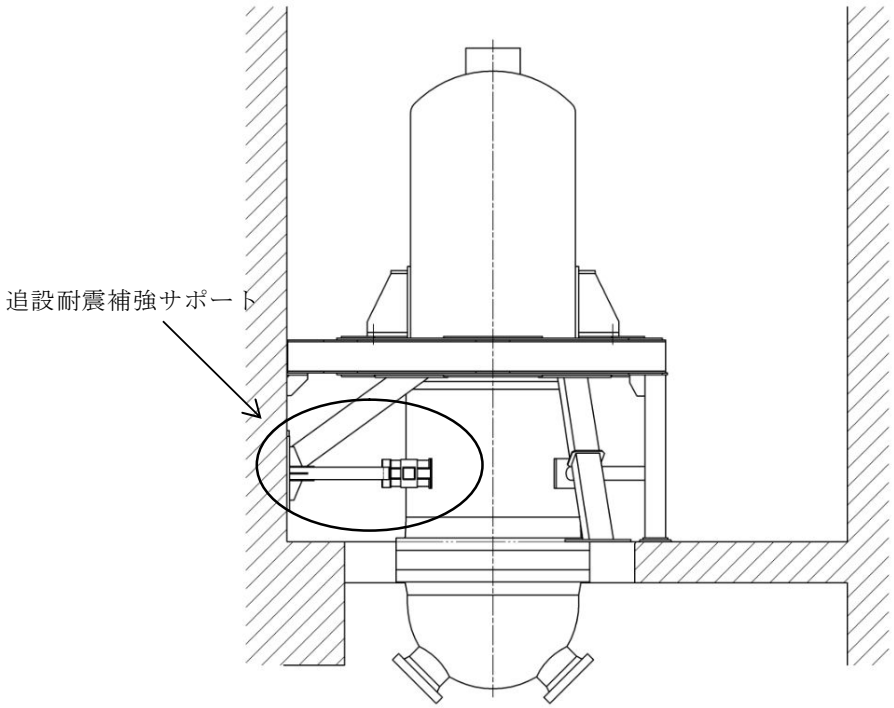




第４図　燃料取替機の耐震補強概要図

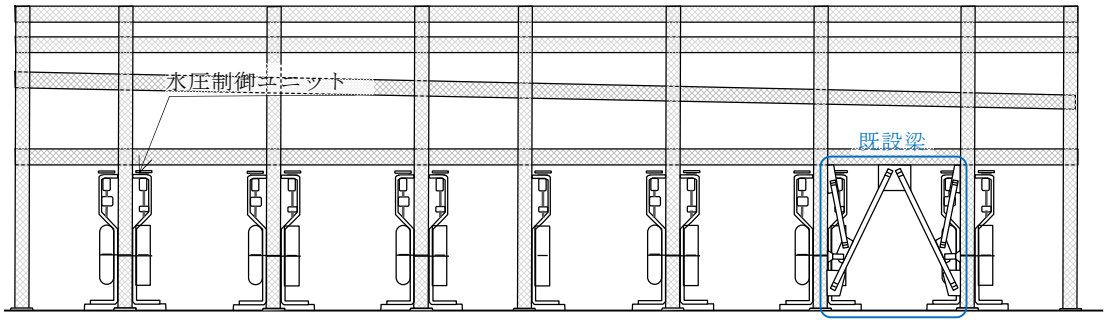



原子炉再循環系配管の耐震補強の例

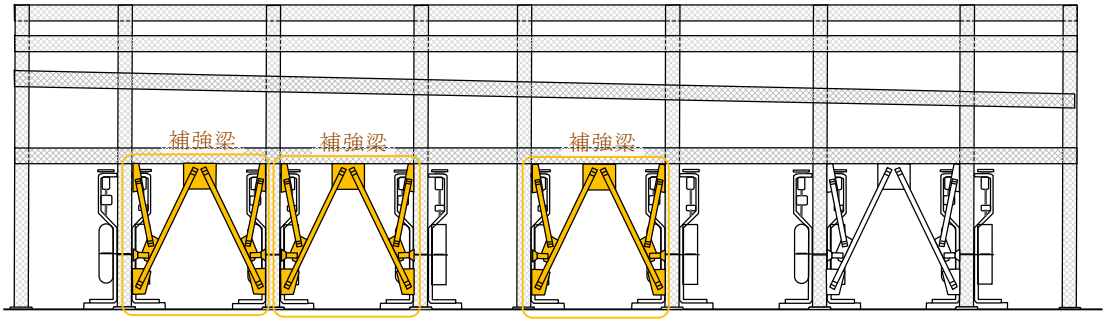
第５図　配管系の耐震補強概要図




第６図　残留熱除去系熱交換器の耐震補強概要図

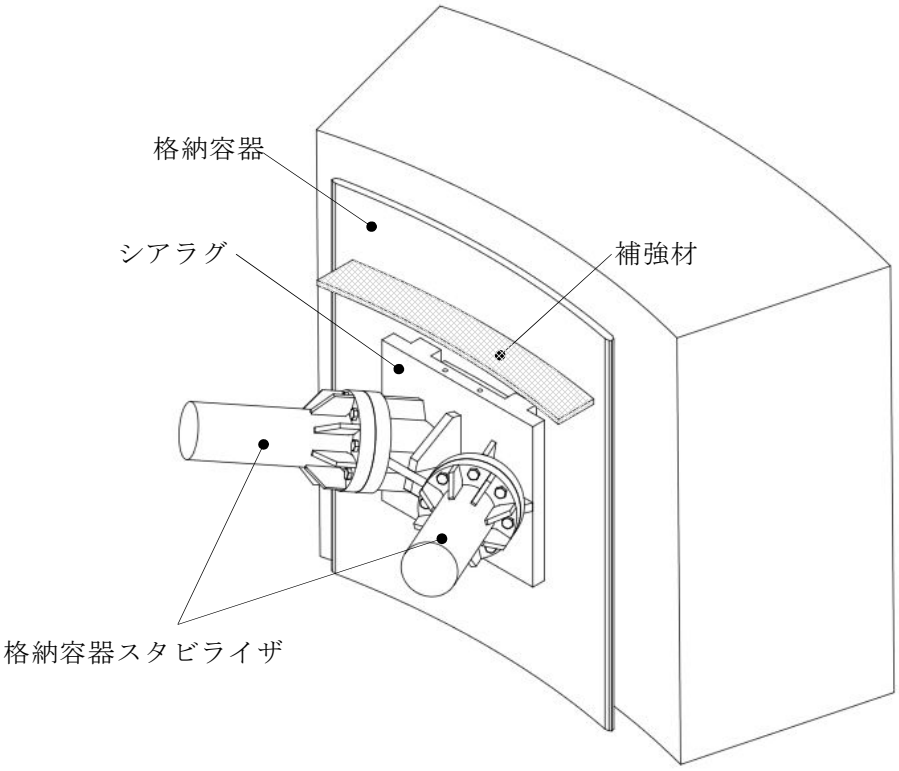



現 行 構 造

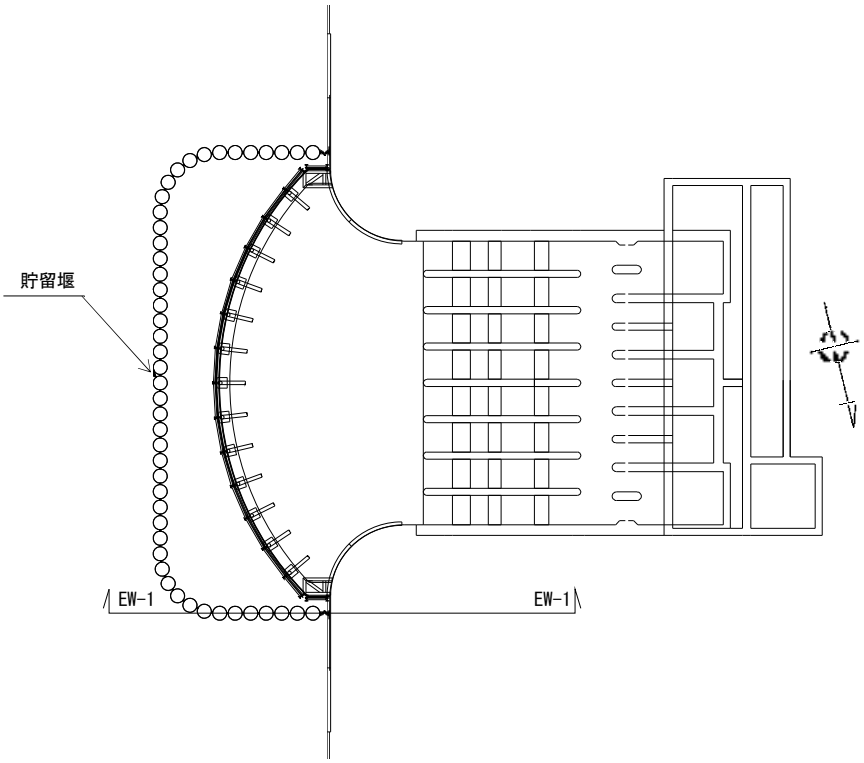



補 強 構 造

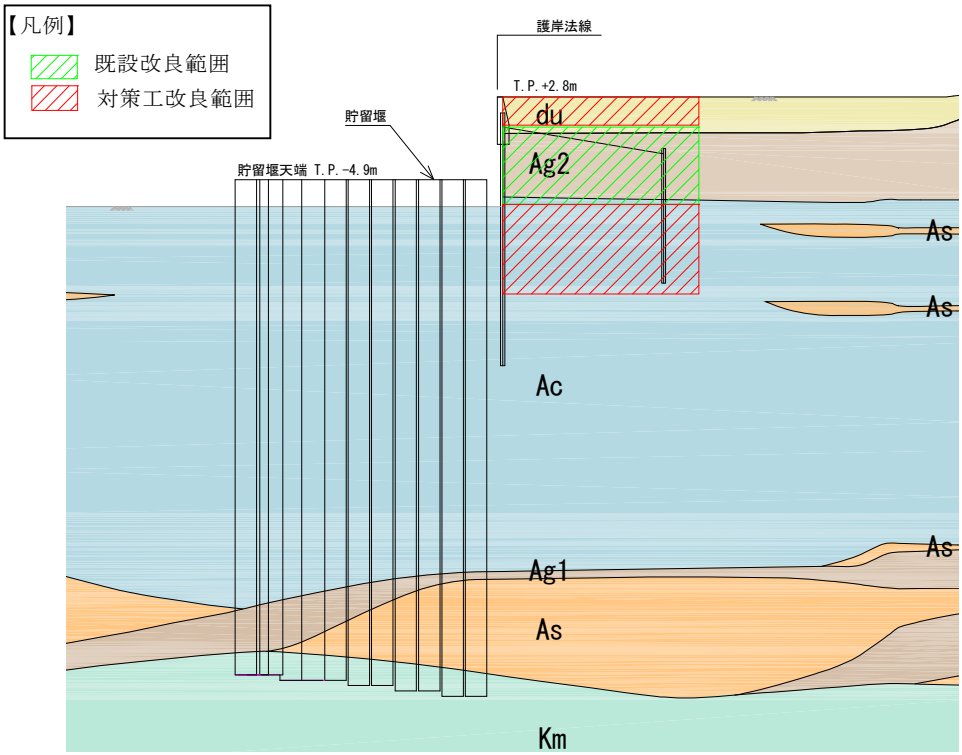
第７図　水圧制御ユニット架構の耐震補強概要図




第８図　格納容器シアラグ部の耐震補強概要図




平面図

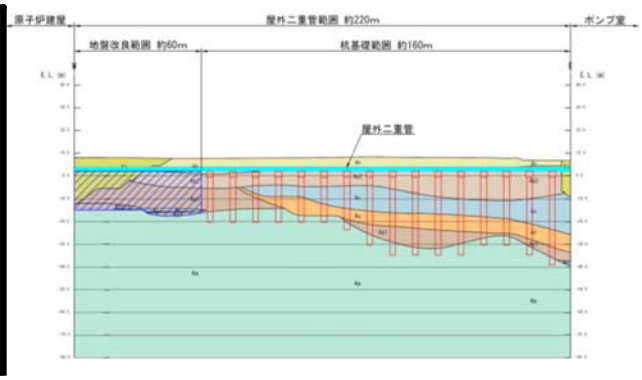



（注記）南側の貯留堰取付護岸についても同様に耐震補強を実施する予定

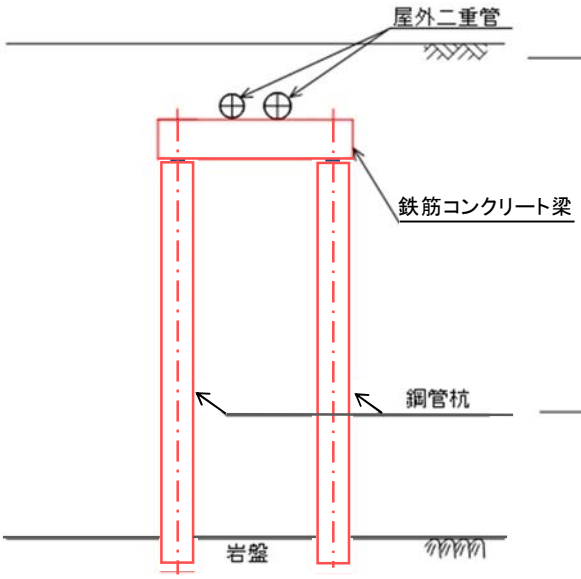
横断面図（EW1－EW1 断面）

第 9 図　貯留堰取付護岸の耐震補強概要図

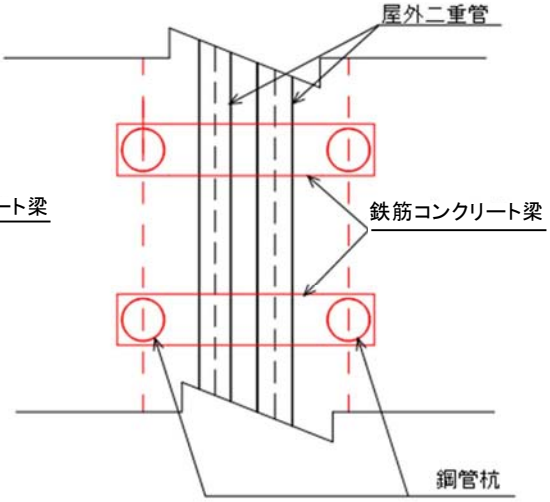
基礎平面配置図




基礎縦断配置図



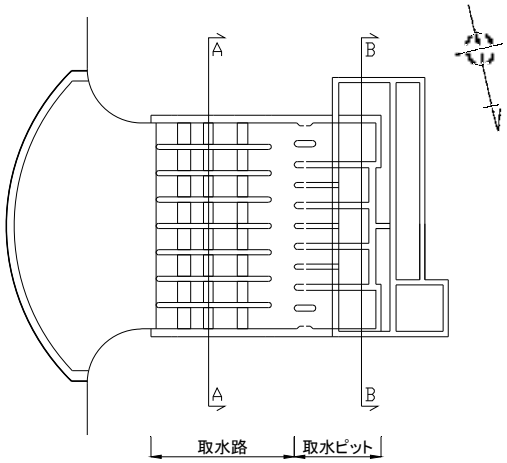

基礎構造図（管軸直交方向断面イメージ）



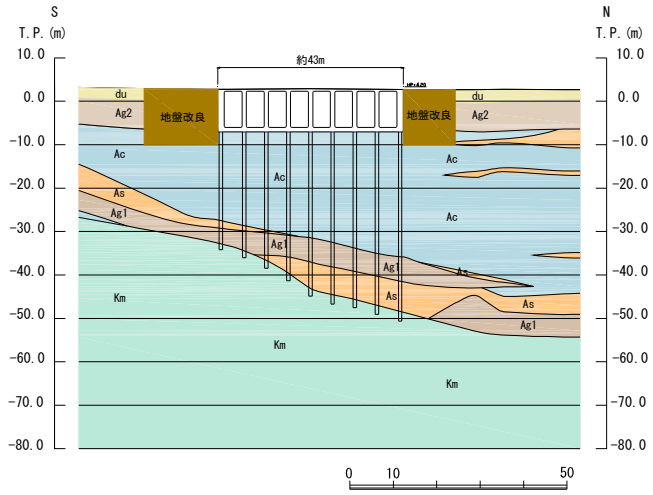

基礎構造図（平面イメージ）

（注記）赤色表示部は追設する基礎構造部を示す。

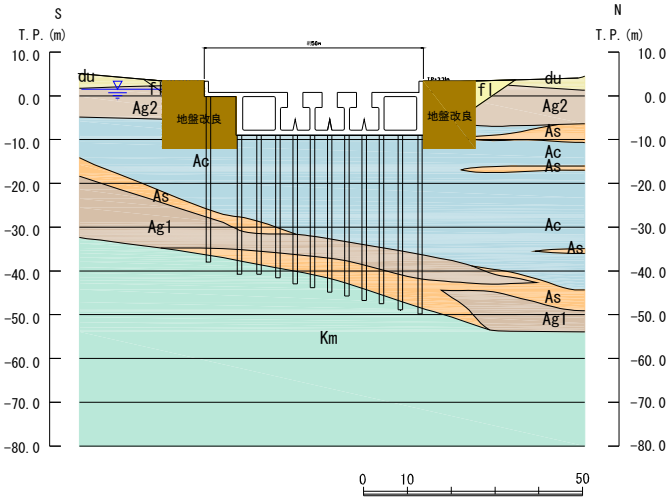
第 10 図　屋外二重管の耐震補強概要図




平面図




横断面図（Ａ－Ａ断面：取水路）




横断面図（Ｂ－Ｂ断面：取水ピット）

第 11 図　取水構造物の耐震補強概要図

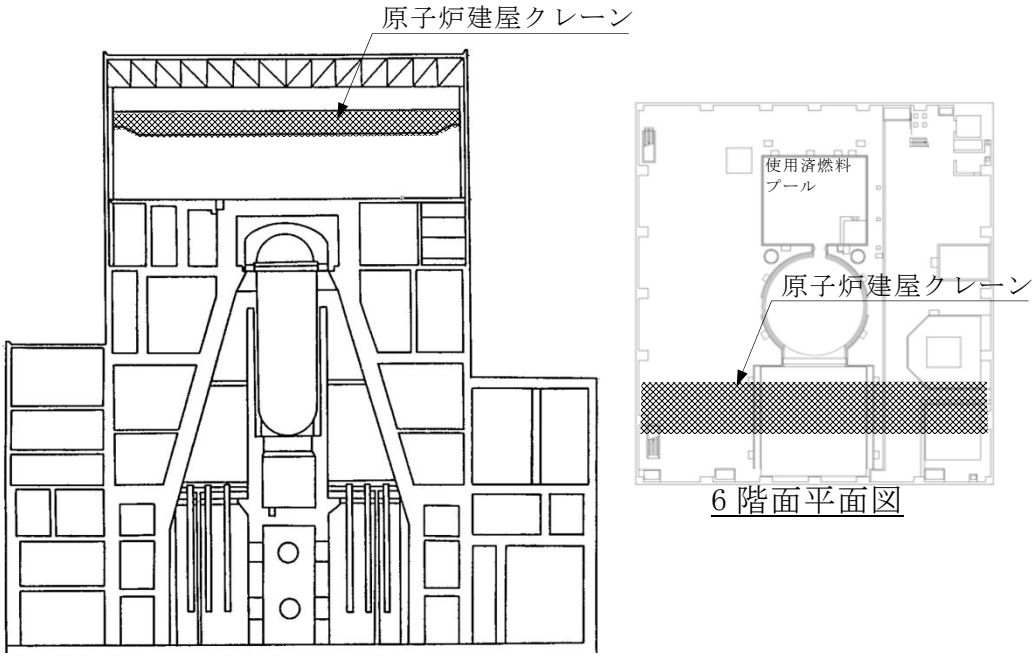
４条－別紙１２－9

原子炉建屋クレーンの落下防止対策について

1.　原子炉建屋クレーンの地震時の要求事項

原子炉建屋クレーンは，耐震Ｂクラスであるが，第１図に示すとおり原子炉建屋６階面に位置し，地震時により損傷し落下することにより，使用済燃料プール等の耐震Ｓクラス設備に波及的影響を及ぼす恐れがある。

このため，耐震Ｓクラス設備への波及的影響防止の観点から基準地震動Ｓ$_S$に対して落下防止を図る必要がある。

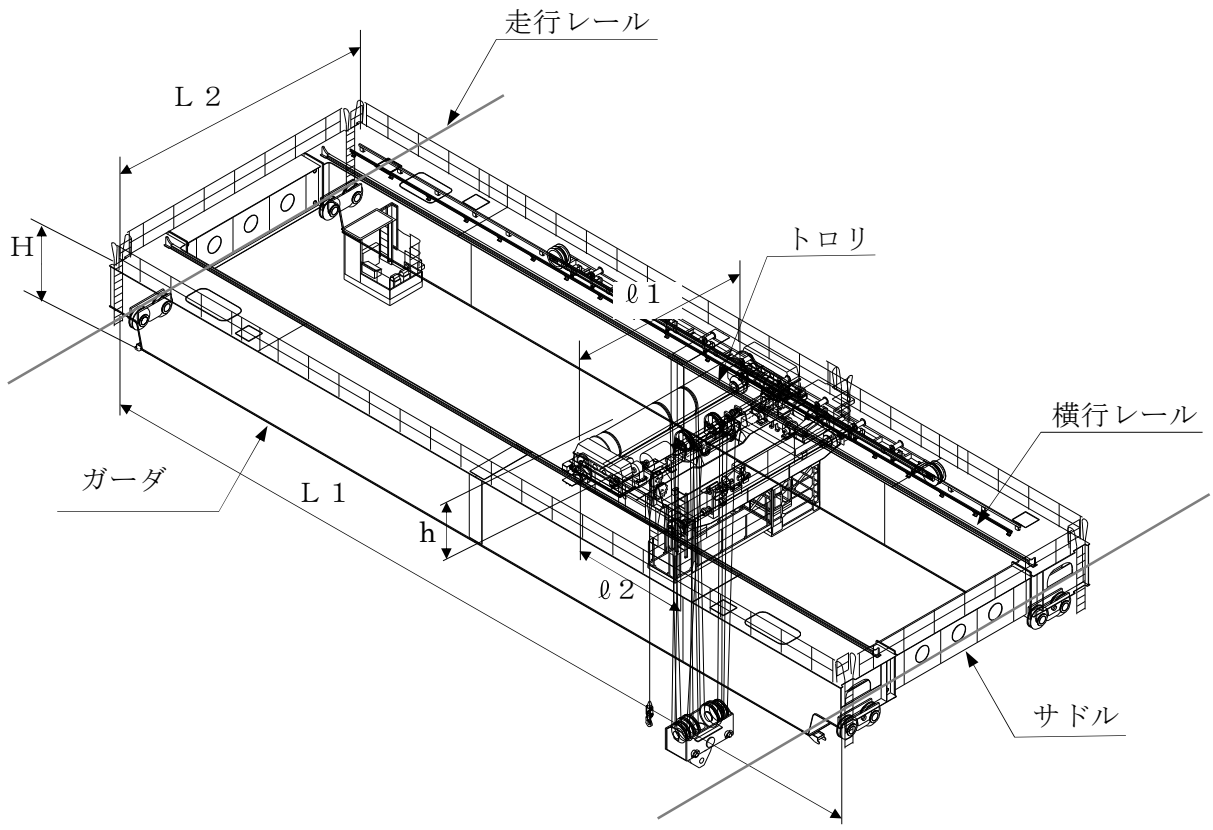



第１図　原子炉建屋クレーン配置図

2.　落下防止対策の計画概要

原子炉建屋クレーンの主要諸元及び構造概要図を第２図に示す。原子炉建屋クレーンは,原子炉建屋に設置された走行レール上をガーダ及びサドル(以下「クレーン本体」という。）が走行し，またクレーン本体上に設置された横行レールをトロリが横行する構造である。原子炉建屋クレーンの各構造として，クレーン本体及びトロリの落下防止対策について以下に述べる。

| 項　目 | | 諸　元 |
|---|---|---|
| トロリ | 質量（ton） | 48.0 |
| | 高さ　h（m） | 2.280 |
| | スパン　ℓ１（m） | 5.6 |
| | スパン　ℓ２（m） | 4.1 |
| クレーン本体 | 質量（ton） | 118.0 |
| | 高さ　H（m） | 1.915 |
| | スパン　Ｌ１（m） | 39.5 |
| | スパン　Ｌ２（m） | 6.2 |
| 定格荷重 | 主巻（ton） | 125.0 |
| | 補巻（ton） | 5.0 |




第２図　原子炉建屋クレーンの主要諸元及び構造概要図

(1)　クレーン本体の落下防止対策

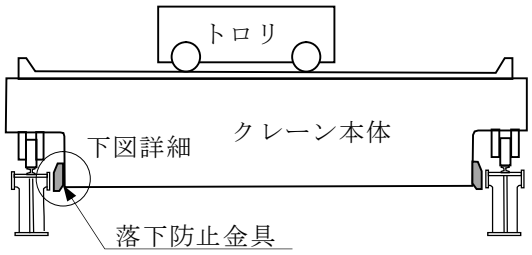
クレーン本体の落下防止対策については，ガーダに取り付けられた落下防止金具の構造を変更することにより行う。クレーン本体の落下防止対策概要を第3図に示す。

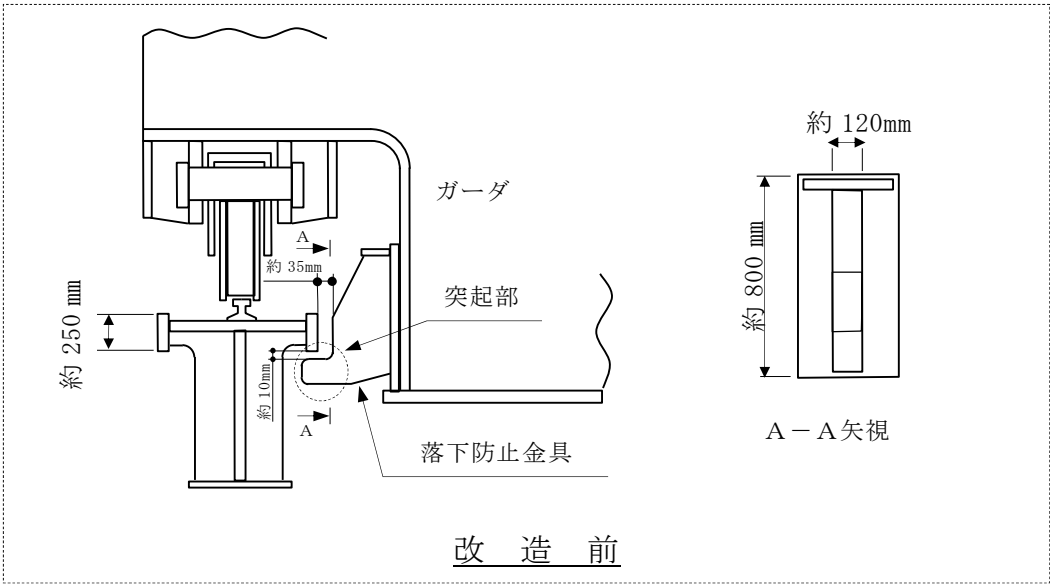
旧構造は，落下防止金具の突起部をランウェイガーダの下部まで突き出すことによりクレーン本体の浮き上がりを防止する設計としていた。本設計においては，クレーン本体の浮き上がり時に，落下防止金具の突起部とランウェイガーダとの衝突により，衝突箇所に過大な荷重が生じ，突起部が落下する可能性，原子炉建屋側への荷重伝達により波及的影響を及ぼす可能性が否定できない。参考として，設置変更許可申請時における基準地震動$S_s$（以下「申請時$S_s$」という。）を用いた場合の旧構造の落下防止金具の評価結果を第1表に，評価断面を第4図に示す。

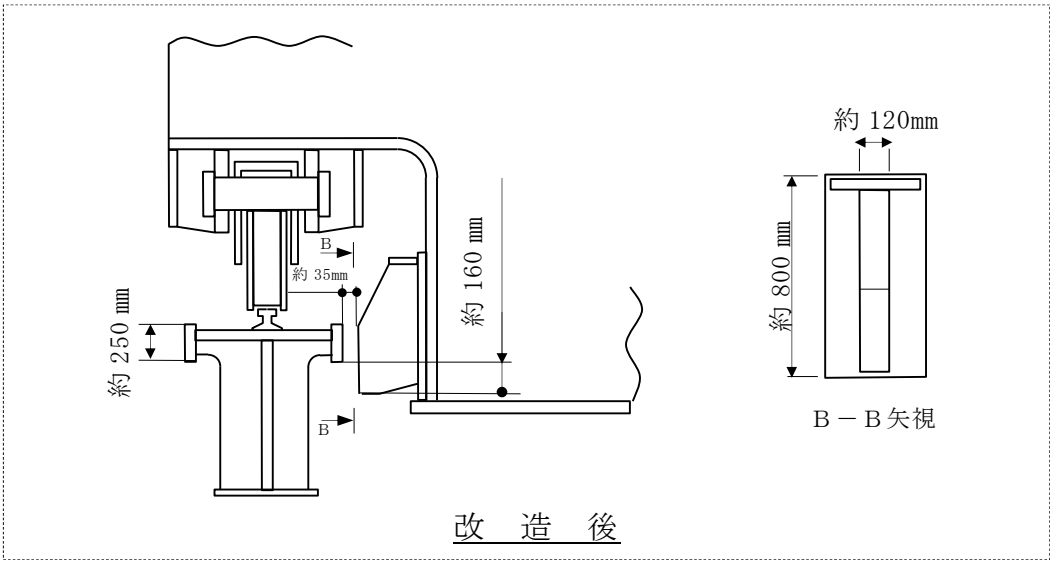
このため，落下防止金具とランウェイガーダとの関係から落下防止機能を有する長さが，クレーン本体の浮き上がり量に対して，余裕を有していることを確認することでクレーン本体の落下防止を図る設計とした。なお，審査を経て変更した基準地震動$S_s$におけるクレーン本体の浮き上がり量は，約10mm*であり，落下防止金具がクレーン本体の落下防止機能を有する長さ約160mmよりも余裕を有することを現時点で確認している。

また，改造後寸法において落下防止金具とランウェイガーダとの通常使用時の間隙は,約35mmとしている。地震時においてクレーン本体が移動し，落下防止金具とランウェイガーダとが接触した場合のクレーン配置を第5図に示す。第5図に示すとおり，地震時においてもクレーン本体の車輪はレール上から落下しない設計としている。

＊：現状の評価結果であり，今後変更の可能性がある。



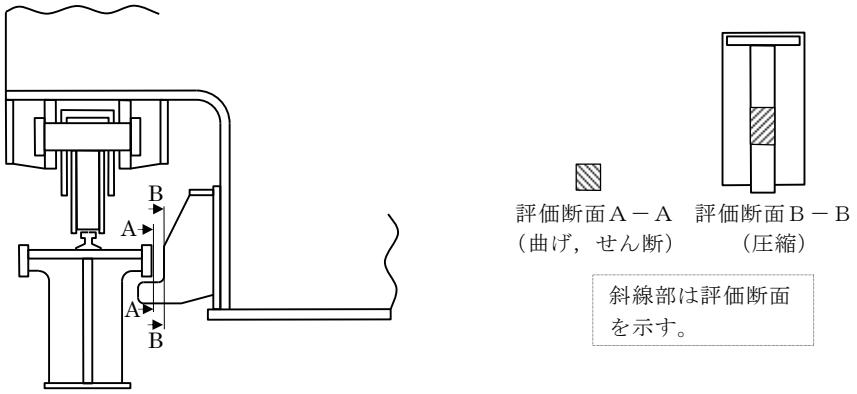




注記　本説明に用いる図は，落下防止対策の概要を模式的に示すものであり，構造物の寸法，間隙等の縮尺は実物と異なる（第 4 図～第 7 図も同様）。

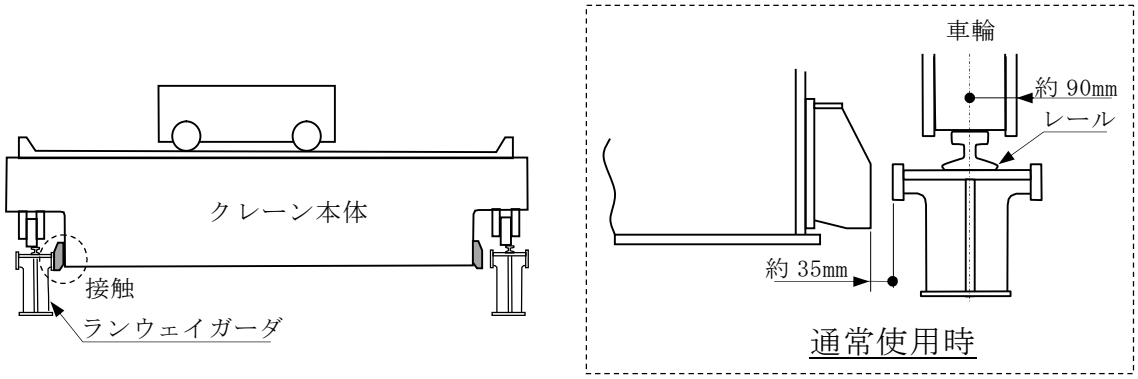
第 3 図　クレーン本体の落下防止対策概要図

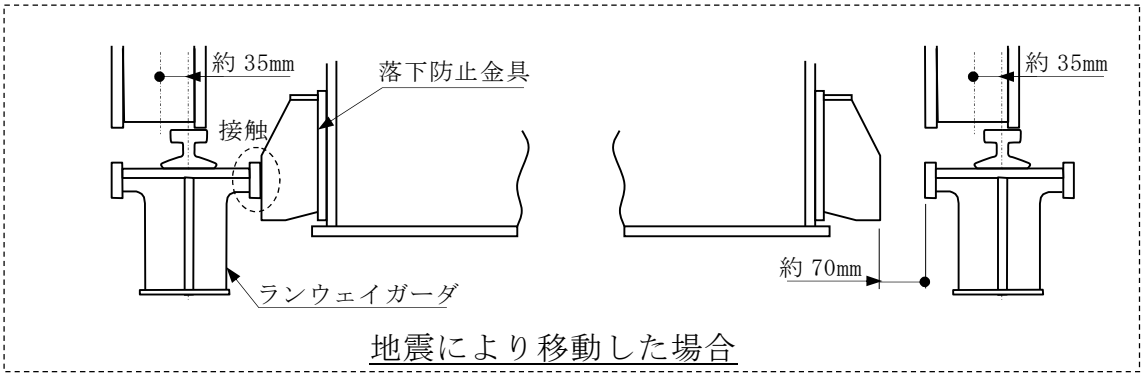
第１表　申請時Ｓ$_s$を用いた旧構造の落下防止金具の評価結果

| 応力分類 | 応力値(ＭＰａ) | 許容値（ＭＰa） |
|---|---|---|
| 圧縮 | 37 | 253 |
| 曲げ | 368 | 253 |
| せん断 | 115 | 146 |




第４図　旧構造の評価に用いた評価断面図




第５図　地震により移動した場合のクレーン配置の概略図

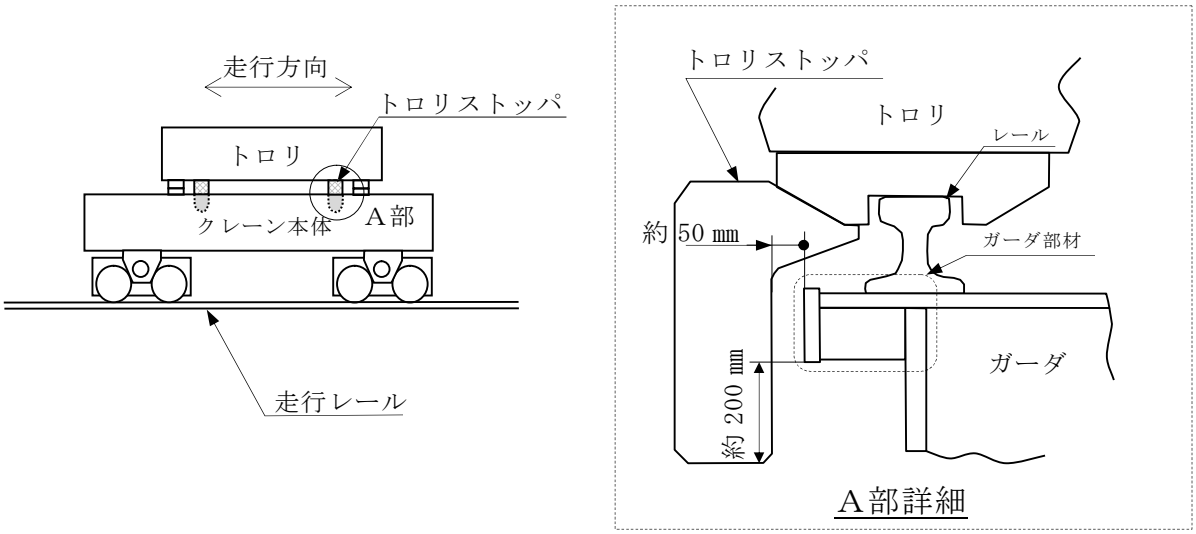
(2)　トロリの落下防止対策

トロリの落下防止対策概要を第6図に示す。旧構造は，落下防止のための構造物が設置されていないため，トロリに新たにトロリストッパを追設する。トロリストッパを追設に当たり，トロリストッパとガーダ部材との関係から落下防止機能を有する長さがトロリの浮き上がり量に対して，余裕を有していることを確認することでトロリの落下防止を図る設計とした。

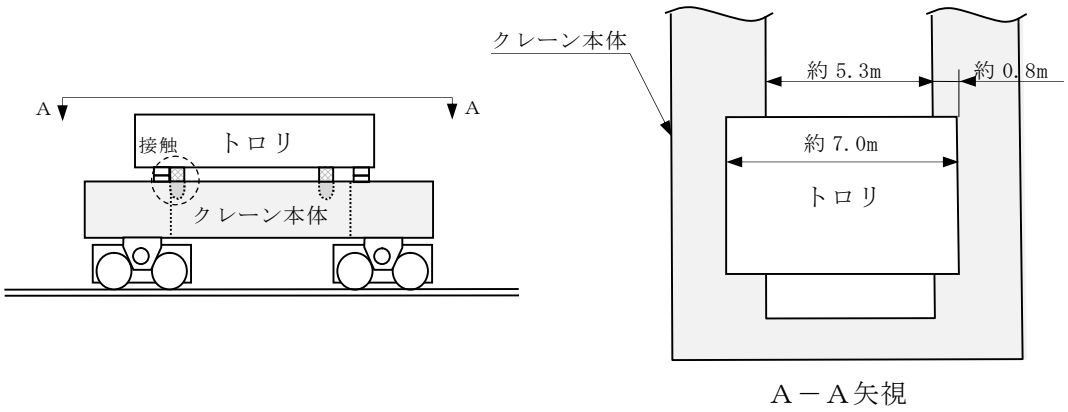
なお，審査を経て変更した基準地震動Ｓ$_s$におけるトロリの浮き上がり量は，約40㎜*であり，トロリストッパがトロリの落下防止機能を有する長さ約200㎜よりも余裕を有することを現時点で確認している。

また，改造後寸法においてトロリストッパとガーダ部材との通常使用時の間隙は，約50㎜である。地震時においてクレーン本体が移動し，トロリストッパとガーダ部材が接触した場合の配置を第7図に示す。第7図に示すとおり,クレーン本体の車輪はレール上から落下しない設計としている。

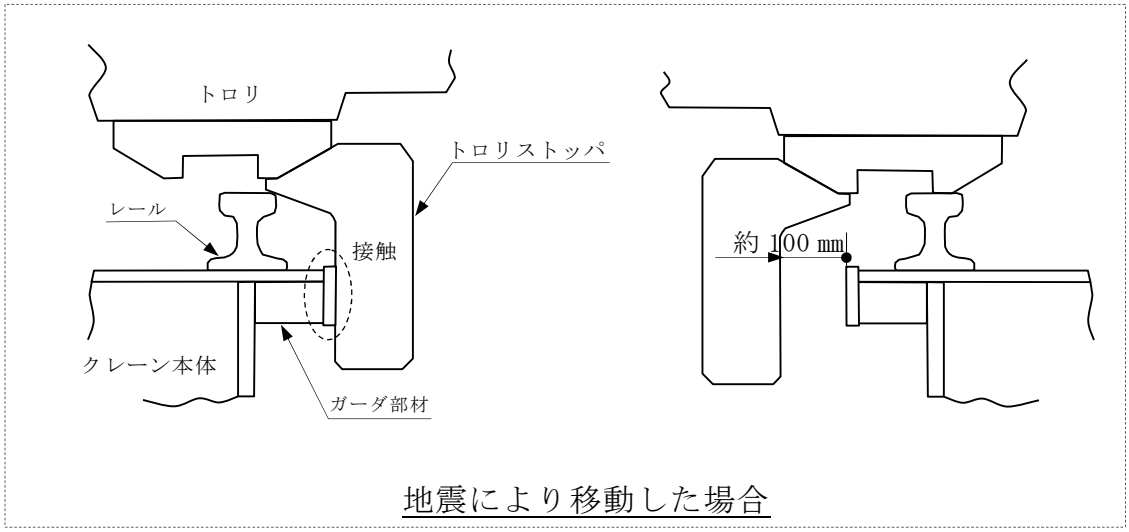
＊：現状の評価結果であり，今後変更の可能性がある。




第6図　トロリの落下防止対策概要図




Ａ－Ａ矢視



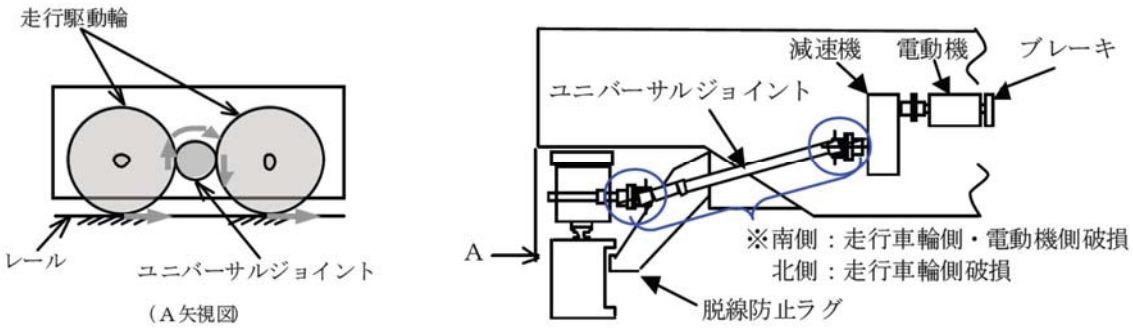

地震により移動した場合

第７図　地震により移動した場合のトロリ配置の概略図

3．原子炉建屋クレーンの他サイト不具合事例の確認

東海第二発電所の原子炉建屋クレーン落下防止対策に対する影響の観点から他サイトの原子炉建屋クレーンの不具合事例の確認を行った。

新潟県中越沖地震において，柏崎刈羽発電所６号機の原子炉建屋天井クレーンに不具合が発生している。当不具合事例は，原子炉建屋天井クレーンの走行電動用継手部（以下「ユニバーサルジョイント」という。）の車輪側のクロスピンが，地震により損傷していた事例である。第８図に示すとおりユニバーサルジョイントは，電動機からの動力を車輪部に伝達する装置であり，東海第二発電所の原子炉建屋クレーン落下防止対策とは関係しないものと考えられる。




第８図　ユニバーサルジョイント構造概要図

別紙－１３

# 東海第二発電所

# 動的機能維持評価の検討方針
# （耐震）

1.　はじめに

本資料では，動的機能維持要求が必要な設備において，ＪＥＡＧ4601 に定められた適用範囲から外れ新たな検討が必要な設備又は評価用加速度が機能維持確認済加速度を超えるため詳細検討が必要な設備を抽出するとともに，抽出された設備における動的機能維持のための検討方針を示す。

2.　動的機能維持のための新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出

(1) 検討対象設備

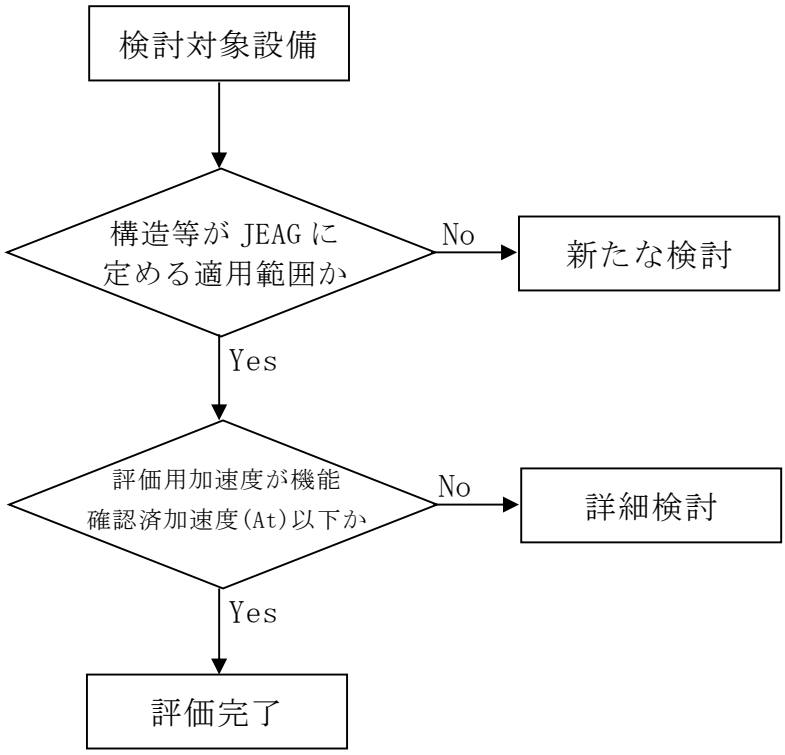
検討対象設備は，動的機能が必要な設備として耐震Ｓクラス並びに常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備とし，ＪＥＡＧ4601 で適用範囲が定められている機種（立形ポンプ，横形ポンプ，電動機　等）とする。なお，加振試験により機能維持を確認する設備ＪＥＡＧ4601 にて評価用加速度が機能維持確認済み加速度を超えた場合の詳細検討の具体的手順が定められている設備については検討から除外する。検討対象設備の抽出結果については別表１に示すとともに，ＪＥＡＧ4601 に該当する機種名を併記する。

(2) 新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出

第１図に抽出フローを示す。検討対象設備について，ＪＥＡＧ4601 に定める適用機種に対して構造，作動原理等が同じであることを確認する。同じであることが確認できない場合は，新たな検討が必要な設備として抽出する。

さらに評価用加速度がＪＥＡＧ4601 及び既往の研究等※により妥当性が確認されている値に定める機能確認済加速度以内であることの確認を行い，機能確認済加速度を超える設備については詳細検討が必要な設備として抽出する。

※　電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究（平成 10 年度～平成 13 年度）」




第 1 図　検討が必要な設備の抽出フロー

(3) 抽出結果

第 1 表に新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出結果を示す。

新たな検討が必要となる設備として，Ｖベルトの方式のファンとなる中央制御室換気系空気調和機ファン，中央制御室換気系フィルタ系ファン及び非常用ガス処理系排風機並びにスクリュー式，ギヤ式の横形ポンプとして非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ，常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプ及び緊急時対策所用発電機給油ポンプが該当する。

また，評価用加速度が機能確認済加速度を超える設備として残留熱除去

系海水系ポンプ，非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ並びにこれらポンプ用の電動機が該当する。

第１表(1) 新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出結果

| 機種名 | 設備名称 | ＪＥＡＧ4601<br>適用範囲<br>○：可<br>×：否（新たな検討が必要） | At 確認<br>○：OK<br>×：NG（詳細検討が必要） |
|---|---|---|---|
| 立形ポンプ | 残留熱除去系ポンプ | ○ | ○ |
| | 高圧炉心スプレイ系ポンプ | ○ | ○ |
| | 低圧炉心スプレイ系ポンプ | ○ | ○ |
| | 残留熱除去系海水系ポンプ | ○ | × |
| | 非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ | ○ | × |
| | 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ | ○ | × |
| | 緊急用海水ポンプ | ○ | ○注１ |
| 横形ポンプ | 原子炉隔離時冷却系ポンプ | ○ | ○ |
| | 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ | × | － |
| | 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ | × | － |
| | 常設低圧代替注水系ポンプ | ○ | ○注１ |
| | 代替燃料プール冷却系ポンプ | ○ | ○ |
| | 格納容器圧力逃がし装置移送ポンプ | ○ | ○注１ |
| | 代替循環冷却系ポンプ | ○ | ○ |
| | 常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプ | × | － |
| | 緊急時対策所用発電機給油ポンプ | × | － |
| ポンプ駆動用タービン | 原子炉隔離時冷却系ポンプ用駆動タービン | ○ | ○ |
| 電動機 | 残留熱除去系ポンプ用電動機 | ○ | ○ |
| | 高圧炉心スプレイ系ポンプ用電動機 | ○ | ○ |
| | 低圧炉心スプレイ系ポンプ用電動機 | ○ | ○ |
| | 残留熱除去系海水系ポンプ用電動機 | ○ | × |
| | ほう酸水注入ポンプ用電動機 | ○ | ○ |
| | 中央制御室換気系空気調和機ファン用電動機 | ○ | ○ |

注１）今後の設計進捗によって，評価用加速度の変更により At 確認結果が変更する可能性が有る。

第１表(2) 新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出結果

| 機種名 | 設備名称 | ＪＥＡＧ4601<br>適用範囲<br>○：可<br>×：否（新たな検討が必要） | At 確認<br>○：OK<br>×：NG（詳細検討が必要） |
|---|---|---|---|
| 電動機 | 中央制御室換気系フィルタ系ファン用電動機 | ○ | ○ |
| | 非常用ガス処理系排風機用電動機 | ○ | ○ |
| | 非常用ガス再循環系排風機用電動機 | ○ | ○ |
| | 可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ用電動機 | ○ | ○ |
| | 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ用電動機 | ○ | ○注1 |
| | 非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ用電動機 | ○ | × |
| | 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ用電動機 | ○ | ○注1 |
| | 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ用電動機 | ○ | × |
| | 常設低圧代替注水系ポンプ用電動機 | ○ | ○注1 |
| | 代替燃料プール冷却系ポンプ用電動機 | ○ | ○ |
| | 格納容器圧力逃がし装置移送ポンプ用電動機 | ○ | ○注1 |
| | 代替循環冷却系ポンプ用電動機 | ○ | ○ |
| | 緊急用海水ポンプ用電動機 | ○ | ○注1 |
| | 緊急時対策所非常用送風機用電動機 | ○ | ○注1 |
| | 常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプ用電動機 | ○ | ○注1 |
| | 緊急時対策所用発電機給油ポンプ用電動機 | ○ | ○注1 |
| ファン | 中央制御室換気系空気調和機ファン | × | － |
| | 中央制御室換気系フィルタ系ファン | × | － |
| | 非常用ガス処理系排風機 | × | － |
| | 非常用ガス再循環系排風機 | ○ | ○ |
| | 可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ | ○ | ○ |
| | 緊急時対策所非常用送風機 | ○ | ○注1 |

注１）今後の設計進捗によって，評価用加速度の変更により At 確認結果が変更する可能性が有る。

第１表(3) 新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出結果

| 機種名 | 設備名称 | ＪＥＡＧ4601<br>適用範囲<br>○：可<br>×：否（新たな検討が必要） | At 確認<br>○：OK<br>×：NG（詳細検討が必要） |
|---|---|---|---|
| 非常用ディーゼル発電機 | 非常用ディーゼル発電機 | ○ | ○ |
| | 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機 | ○ | ○ |
| | 非常用ディーゼル発電機調速装置及び非常用ディーゼル発電機非常調速装置 | ○ | ○ |
| | 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機調速装置及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機非常調速装置 | ○ | ○ |
| 往復動式ポンプ | ほう酸水注入ポンプ | ○ | ○ |
| 制御棒 | 制御棒挿入性 | ○ | ○注２ |

注２）地震応答解析結果から求めた燃料集合体変位が加振試験により確認された制御棒挿入機能に支障を与えない変位に対して下回ることを確認

3.　動的機能維持の検討方針

(1) 新たな検討が必要な設備における動的機能維持の検討方針

新たな検討が必要な設備における動的機能維持の検討方針としては，実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈等における動的機能保持に関する評価に係る一部改正案（以下「技術基準規則解釈等の改正案」という）及び先行電力の審査状況を踏まえて，公知化された検討として（社）日本電気協会　電気技術基準調査委員会の下に設置された原子力発電耐震設計特別調査委員会（以下「耐特委」という。）により取り纏められた類似機器における検討をもとに実施する。

具体的には，耐特委では動的機能の評価においては，対象機種ごとに現実的な地震応答レベルでの異常のみならず，破壊に至るような過剰な状態を念頭に地震時に考え得る異常状態を抽出し，その分析により動的機能上の評価点を検討し，機能維持を評価する際に確認すべき事項として，基本評価項目を選定している。

今回新たな検討が必要な設備については，基本的な構造は類似している機種／型式に対する耐特委での検討を参考に，型式による構造の違いを踏まえた上で地震時異常要因分析を実施し，基本評価項目を選定し機能維持評価を実施する。

新たな検討が必要設備において，参考とする機種／型式を第 2 表に示すとともに，第 2 図～第 5 図に今回工認にて新たな検討が必要な設備及び耐特委で検討され新たな検討において参考とする設備の構造概要図を示す。

遠心Ｖベルト方式ファンは，電動機からインペラへの伝達がＶベルト構造を有しているところが遠心直結式ファンと構造上異なるが，電動機によりケーシング内に配置されているインペラを回転させる基本構造は同じである。このため，遠心Ｖベルト式ファンについては，遠心直結式ファンを参考とし，地震時異常要因分析を実施する。

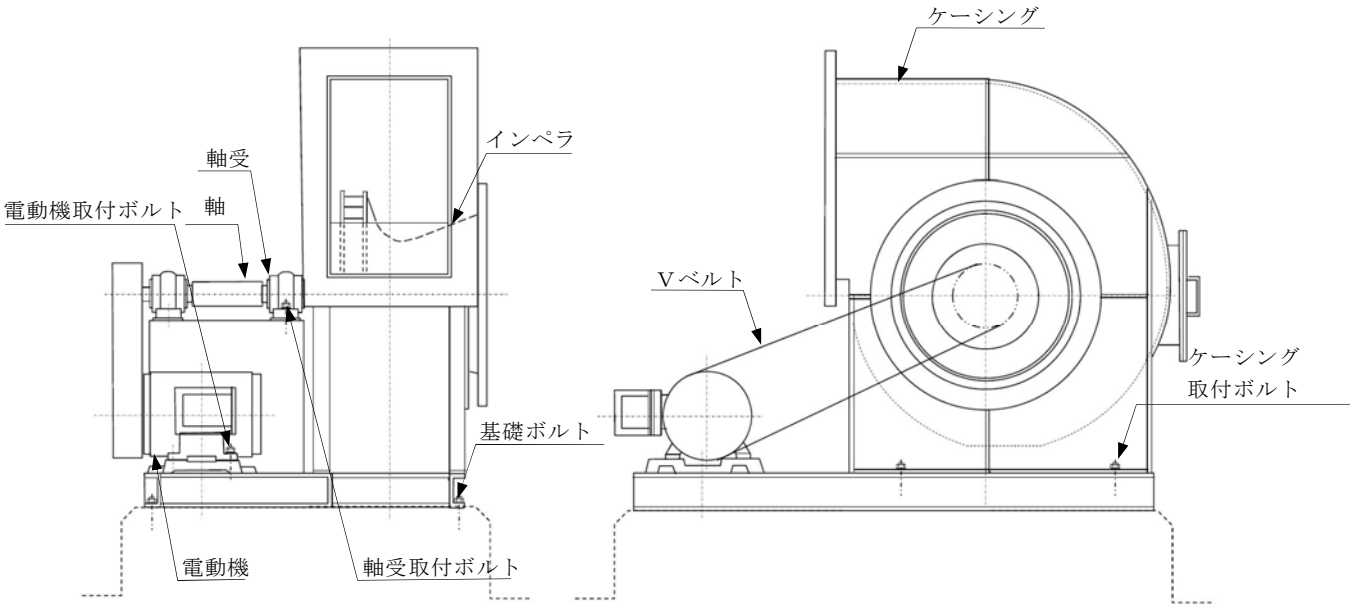
スクリュー式及びギヤ式横形ポンプは，遠心式横形ポンプと内部流体の吐出構造が異なるが，電動機からの動力を軸継手を介してポンプ側に伝達する方式であること及びケーシング内にて軸系が回転し内部流体を吐出する機構を有しており基本構造が同じといえる。このため，スクリュー式及びギヤ式ポンプについては，遠心式横形ポンプを参考とし，地震時異常要因分析を実施する。

第2表　新たな検討が必要な設備において参考とする機種／型式

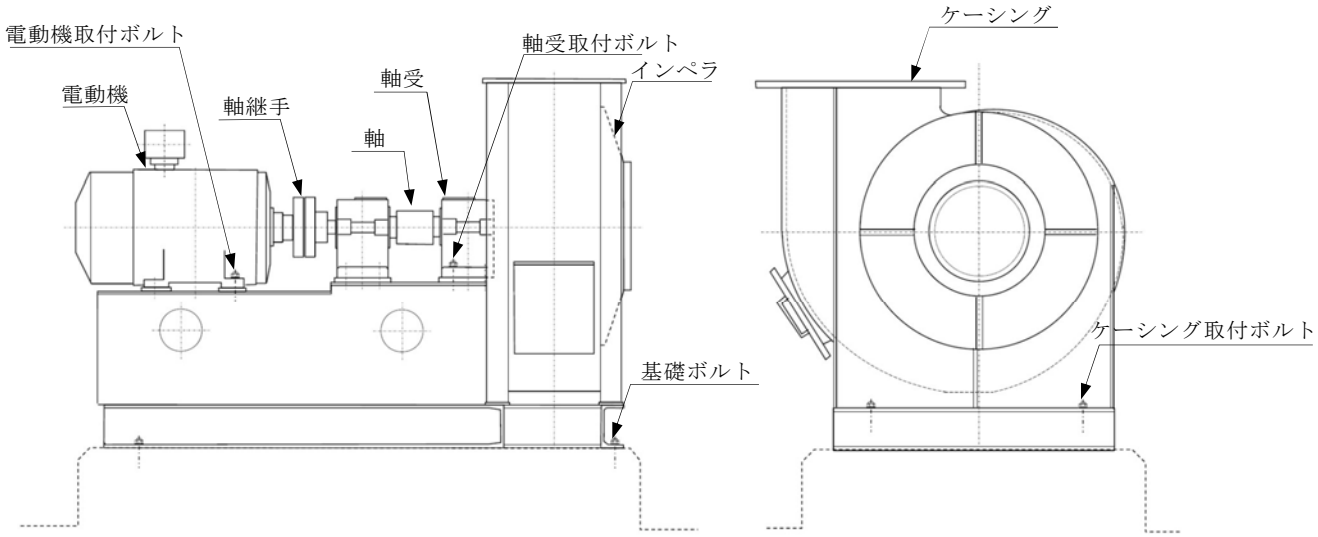
| 新たな検討が必要な設備 | 機種／型式 | 参考とする機種／型式 |
|---|---|---|
| ・中央制御室換気系空気調和機ファン<br>・中央制御室換気系フィルタ系ファン<br>・非常用ガス処理系排風機 | ファン／遠心Ｖベルト方式 | ファン／遠心直結式 |
| ・非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ<br>・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ<br>・常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプ<br>・緊急時対策所用発電機給油ポンプ | 横形ポンプ／スクリュー式又はギヤ式 | 横形ポンプ／単段遠心式 |

なお，新たな検討が必要な設備として抽出した中央制御室換気系空気調和機ファン，中央制御室換気系フィルタ系ファン及び非常用ガス処理系排風機における従来評価の検討としては，ＪＥＡＧ4601に定める適用機種でないが，遠心直結型ファンと軸継手部が異なるだけの類似構造であることから，遠心直結型ファンを参考に機能維持の評価を実施していた。

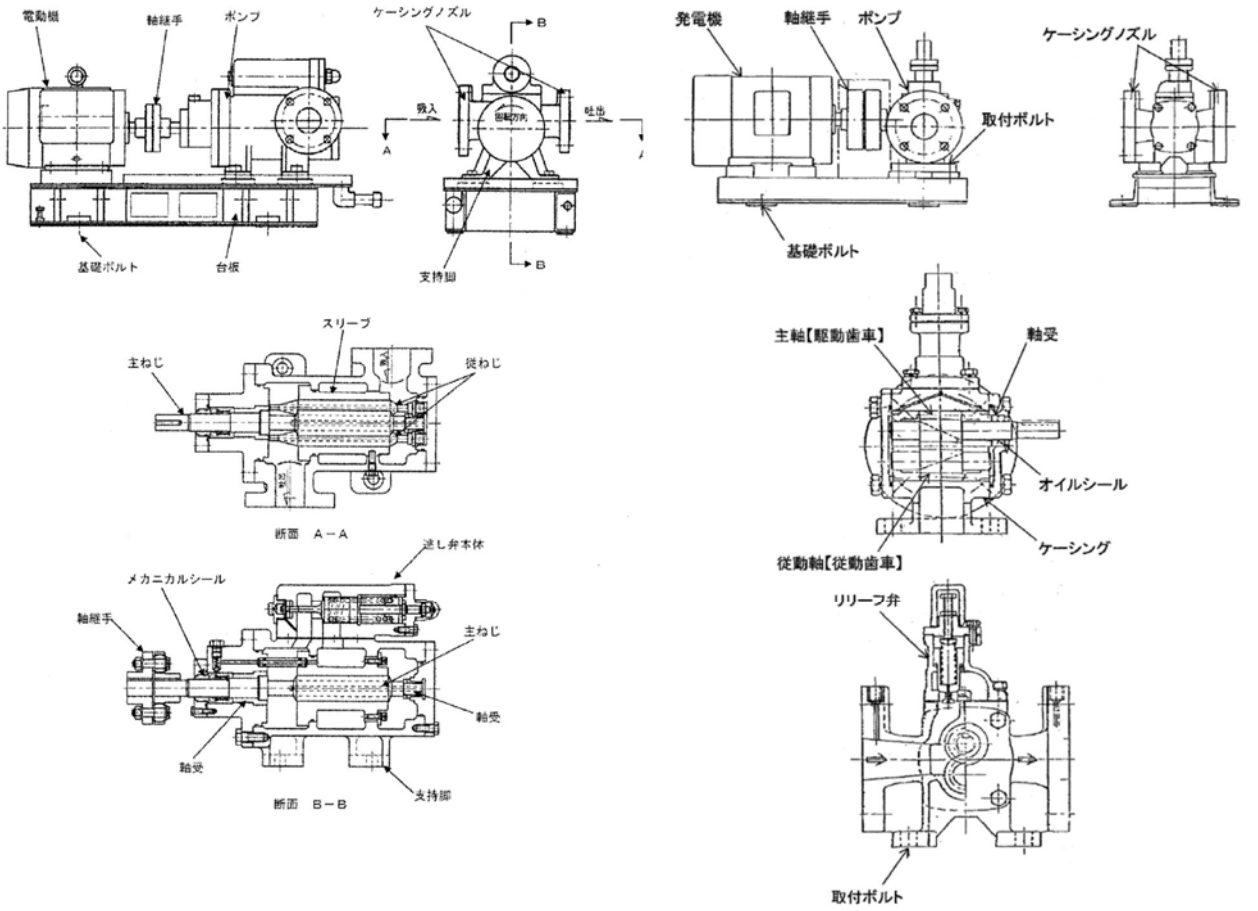
また，非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ，常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプ及び緊急時対策所用発電機給油ポンプについては，新規制基準により新たに動的機能要求が必要となり，評価する設備となる。




第２図　遠心Ｖベルト方式ファン構造概要図

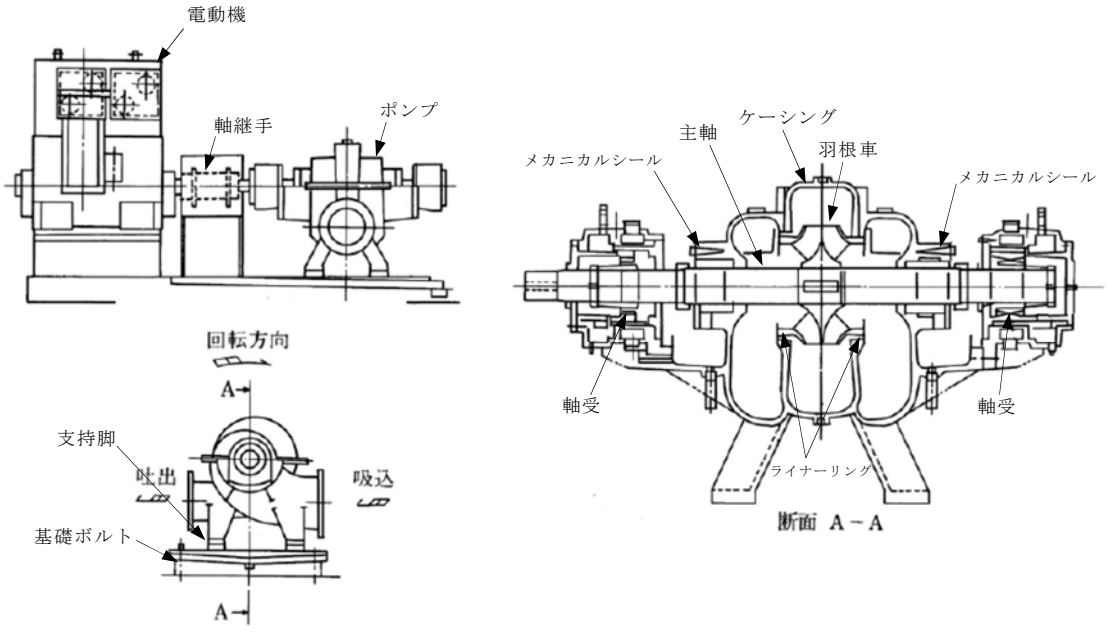



第３図　遠心直結式ファン構造概要図




横形スクリュー式　　横形ギヤ式

第４図　スクリュー式，ギヤ式横形ポンプ構造概要図




第５図　横形遠心式横形ポンプ構造概要図

(2) 詳細検討が必要な設備における動的機能維持の検討方針

評価用加速度が機能確認済加速度を超えた場合の検討については，JEAG4601－1991 追補版及び耐特委報告書にて，動的機能維持評価上必要な基本評価項目が地震時異常要因分析に基づき選定されている（第 3 表）。機能維持評価に当たっては，技術基準規則解釈等の改正案及び先行電力の審査状況を踏まえて，基本評価項目に対して，必要な評価項目を選定し，その妥当性を示した上で検討を実施する。

第 3 表　各設備における基本評価項目

| 詳細検討が必要な設備 | 機種／型式 | 基本評価項目 |
|---|---|---|
| ・残留熱除去系海水系ポンプ<br>・非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ<br>・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ | 立形ポンプ／立形斜流ポンプ | 基礎ボルト<br>取付ボルト<br>ディスチャージケーシング<br>コラム<br>コラムサポート<br>軸受<br>軸<br>冷却水配管<br>メカニカルシール熱交換器<br>電動機 |
| ・残留熱除去系海水系ポンプ用電動機<br>・非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ用電動機<br>・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ用電動機 | 電動機／立形ころがり軸受電動機 | 端子箱<br>フレーム<br>基礎ボルト<br>取付ボルト<br>固定子<br>軸（回転子）<br>軸受<br>固定子と回転子とのクリアランス<br>軸継手 |

4.　弁機能維持評価に用いる配管系の応答値について

技術基準規則解釈等の改正案を踏まえて，東海第二発電所の配管系に設置される弁の機能維持評価に適用する加速度値の算定方針について，規格基準に基づく設計手順を整理し，比較することにより示す。

(1)　規格基準に基づく設計手順の整理

ＪＥＡＧ4601-1991 において，弁の動的機能維持評価に用いる弁駆動部の応答加速度の算定方針が示されている。

配管系の固有値が剛と判断される場合は最大加速度(ZPA)を用いること，また，柔の場合は設計用床応答スペクトルを入力とした配管系のスペクトルモーダル解析を行い算出された弁駆動部での応答加速度を用いることにより，弁の動的機能維持評価を実施することとされている。

(2)　今回工認における東海第二発電所の設計手順

今回工認における東海第二発電所の弁駆動での応答加速度値の設定は，上記のＪＥＡＧ4601-1991 の規定に加えて一定の余裕を見込み評価を実施する方針とする。

ａ．剛の場合

配管系が剛な場合は，最大加速度に一定の余裕を考慮し 1.2 倍した値(1.2ZPA)を用いて弁駆動部の応答加速度を算出し，機能維持評価を実施する。

ｂ．柔の場合

配管系の固有値が柔の場合は，ＪＥＡＧ4601-1991 の手順と同様にスペクトルモーダル解析を行い弁駆動部の応答加速度を算出した値に加えて，剛領域の振動モードの影響を考慮する観点から 1.2 倍した最大加速度（1.2ZPA）による弁駆動部の応答加速度を算定し，何れか大きい加速度を用いて機能維持評価を行う方針とする。

また，弁駆動部の応答加速度の算定に用いる配管系のスペクトルモー

ダル解析において，剛領域の振動モードの影響により応答加速度の増加が考えられる場合には，剛領域の振動モードの影響を考慮するため，高周波数域の振動モードまで考慮した地震応答解析を行う。スペクトルモーダル解析において考慮する高周波数域の範囲については，応答解析結果を用いた検討を踏まえて決定する。

弁の機能維持評価における規格基準に基づく耐震設計手順及び東海第二発電所の耐震設計手順の比較を第4表に示す。

第4表に示すとおり，東海第二発電所における弁の機能維持評価に用いる加速度値としては，規格基準に基づく設定方法に比べて一定の裕度を見込んだ値としている。

第4表　弁の機能維持評価の耐震設計手順の比較

| 配管系の固有値 | ＪＥＡＧ4601 | 東海第二発電所 |
|---|---|---|
| 剛の場合 | 最大加速度(1.0ZPA)を適用する。 | 最大加速度の 1.2 倍した値(1.2ZPA)を適用する。 |
| 柔の場合 | スペクトルモーダル解析により算出した弁駆動部の応答を適用する。 | スペクトルモーダル解析により算出した弁駆動部の応答*1又は最大加速度の 1.2 倍した値(1.2ZPA)の何れか大きい方を適用する。 |

＊1　高周波数域の振動モードまで考慮した地震応答解析を行う。

(5) 地震応答解析

弁の地震応答を算出するに当たり，(4)項で作成した弁モデルを配管系モデルに組み込み，地震応答解析を実施する。この場合の解析方法は，配管系の固有値に応じて静的応答解析法あるいはスペクトルモーダル応答解析法を用いる。

配管系の固有値が剛と判断される場合は，静的応答解析を行うが，この場合弁に加わる加速度は設計用床応答スペクトルのＺＰＡ（ゼロ周期加速度）であり，これを弁駆動部応答加速度と見なして評価を行う。また，剛の範囲にない場合には，原則として(3)項で定めた設計用床応答スペクトルを入力とする配管系のスペクトルモーダル解析を行い，算出された弁駆動部応答加速度を用いて弁の評価を実施する。更に，弁の詳細評価が必要となる場合には，弁各部の強度評価に必要な応答荷重を算出する。

なお，減衰定数については現在配管系の解析に使用されている0.5～2.5%の値を用いるものとする。

第６図　ＪＥＡＧ4601-1991 抜粋

# 別表１　検討対象設備の抽出結果

| 施設区分／設備名称 | 動的機能維持要求の有無 | 動的機能維持の確認方法 | At超え時の評価方法がJEAGに規定されている設備<br>○：規定されて　いる<br>×：規定されて　いない<br>－：対象外 | 検討対象設備としての抽出結果<br>○：検討対象とする設備<br>－：検討対象でない設備 | ＪＥＡＧ4601<br>機種／型式 | | Ａｔ確認 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 機種 | 型式 | 方向 | 評価用＊1<br>加速度 | 機能確認済<br>加速度 |
| 原子炉本体 | | | | | | | | | |
| 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設 | | | | | | | | | |
| 使用済燃料貯蔵槽冷却浄化設備 | | | | | | | | | |
| 代替燃料プール注水系 | | | | | | | | | |
| 常設低圧代替注水系ポンプ | 有 | JEAG4601<br>による確認 | × | ○ | 横形ポンプ | 遠心式 | 水平 | 0.61 | 3.2(軸直角方向)<br>1.4(軸方向) |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.53 | 1.0 |
| | | | | | 電動機 | 横形ころがり軸受 | 水平 | 0.61 | 4.7 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.53 | 1.0 |
| 可搬型代替注水大型ポンプ | 有 | 加振試験<br>による確認 | － | － | － | － | － | － | － |
| 代替燃料プール冷却系 | | | | | | | | | |
| 代替燃料プール冷却系ポンプ | 有 | JEAG4601<br>による確認 | × | ○ | 横形ポンプ | 遠心式 | 水平 | 0.86 | 3.2(軸直角方向)<br>1.4(軸方向) |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.65 | 1.0 |
| | | | | | 電動機 | 横形ころがり軸受 | 水平 | 0.86 | 4.7 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.65 | 1.0 |
| 原子炉冷却系統施設 | | | | | | | | | |
| 原子炉冷却材再循環設備 | | | | | | | | | |
| 原子炉冷却材再循環系 | | | | | | | | | |
| 原子炉冷却材再循環ポンプ | 無 | － | － | － | － | － | － | － | － |
| 原子炉冷却材の循環設備 | | | | | | | | | |
| 残留熱除去設備 | | | | | | | | | |
| 残留熱除去系 | | | | | | | | | |
| 残留熱除去系ポンプ | 有 | JEAG4601<br>による確認 | × | ○ | 立形ポンプ | ピットバレル形 | 水平 | 0.48 | 10.0 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.50 | 1.0 |
| | | | | | 電動機 | 立形ころがり軸受 | 水平 | 0.48 | 2.5 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.50 | 1.0 |
| 格納容器圧力逃がし装置 | | | | | | | | | |
| 格納容器圧力逃がし装置<br>移送ポンプ | 有 | JEAG4601<br>による確認 | × | ○ | 横形ポンプ | 遠心式 | 水平 | 0.61 | 3.2(軸直角方向)<br>1.4(軸方向) |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.53 | 1.0 |
| | | | | | 電動機 | 横形ころがり軸受 | 水平 | 0.61 | 4.7 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.53 | 1.0 |
| 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備 | | | | | | | | | |
| 高圧炉心スプレイ系 | | | | | | | | | |
| 高圧炉心スプレイ系ポンプ | 有 | JEAG4601<br>による確認 | × | ○ | 立形ポンプ | ピットバレル形 | 水平 | 0.48 | 10.0 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.50 | 1.0 |
| | | | | | 電動機 | 立形すべり軸受 | 水平 | 0.48 | 2.5 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.50 | 1.0 |
| 低圧炉心スプレイ系 | | | | | | | | | |
| 低圧炉心スプレイ系ポンプ | 有 | JEAG4601<br>による確認 | × | ○ | 立形ポンプ | ピットバレル形 | 水平 | 0.48 | 10.0 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.50 | 1.0 |
| | | | | | 電動機 | 立形ころがり軸受 | 水平 | 0.48 | 2.5 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.50 | 1.0 |
| 原子炉隔離時冷却系 | | | | | | | | | |
| 原子炉隔離時冷却系ポンプ | 有 | JEAG4601<br>による確認 | × | ○ | 横形ポンプ | 遠心式 | 水平 | 0.48 | 3.2(軸直角方向)<br>1.4(軸方向) |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.50 | 1.0 |
| | | | | | ポンプ駆動用タービン | ＲＣＩＣポンプ用 | 水平 | 0.48 | 2.4 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.50 | 1.0 |
| 高圧代替注水系 | | | | | | | | | |
| 常設高圧代替注水系ポンプ | 有 | 加振試験<br>による確認 | － | － | － | － | － | － | － |

＊1　評価用加速度は，暫定値であり今後設計進捗により変更の可能性がある。

| 施設区分／設備名称 | 動的機能維持要求の有無 | 動的機能維持の確認方法 | At超え時の評価方法がJEAGに規定されている設備<br>○：規定されている<br>×：規定されていない<br>－：対象外 | 検討対象設備としての抽出結果<br>○：検討対象とする設備<br>－：検討対象でない設備 | ＪＥＡＧ4601<br>機種／型式 | | Ａｔ確認 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 機種 | 型式 | 方向 | 評価用[*1]加速度 | 機能確認済加速度 |
| 低圧代替注水系 | | | | | | | | | |
| 常設低圧代替注水系ポンプ | －（前段で整理済） | | | | | | | | |
| 可搬型代替注水大型ポンプ | －（前段で整理済） | | | | | | | | |
| 代替循環冷却系 | | | | | | | | | |
| 代替循環冷却系ポンプ | 有 | JEAG4601による確認 | × | ○ | 横形ポンプ | 遠心式 | 水平 | 0.48 | 3.2(軸直角方向)<br>1.4(軸方向) |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.50 | 1.0 |
| | | | | | 電動機 | 横形ころがり軸受 | 水平 | 0.48 | 4.7 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.50 | 1.0 |
| 原子炉冷却材補給設備 | | | | | | | | | |
| 原子炉隔離時冷却系 | | | | | | | | | |
| 原子炉隔離時冷却系ポンプ | －（前段で整理済） | | | | | | | | |
| 原子炉補機冷却設備 | | | | | | | | | |
| 残留熱除去系海水系 | | | | | | | | | |
| 残留熱除去系海水系ポンプ | 有 | JEAG4601による確認 | × | ○ | 立形ポンプ | 立形斜流式 | 水平 | 0.38 | 10.0 |
| | | | | | | | 鉛直 | 1.48 | 1.0 |
| | | | | | 電動機 | 立形ころがり軸受 | 水平 | 0.38 | 2.5 |
| | | | | | | | 鉛直 | 1.48 | 1.0 |
| 代替残留熱除去系海水系 | | | | | | | | | |
| 可搬型代替注水大型ポンプ | －（前段で整理済） | | | | | | | | |
| 緊急用海水系 | | | | | | | | | |
| 緊急用海水ポンプ | 有 | JEAG4601による確認 | × | ○ | 立形ポンプ | 立形斜流式 | 水平 | 0.61 | 10.0 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.53 | 1.0 |
| | | | | | 電動機 | 立形ころがり軸受 | 水平 | 0.61 | 2.5 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.53 | 1.0 |
| 計測制御系統施設 | | | | | | | | | |
| 制御材 | | | | | | | | | |
| 制御棒 | 有 | 加振試験による確認 | － | － | － | － | － | 11.2㎜ | 40㎜ |
| ほう酸水注入設備 | | | | | | | | | |
| ほう酸水注入系 | | | | | | | | | |
| ほう酸水注入ポンプ | 有 | JEAG4601による確認 | × | ○ | 往復動式ポンプ | 横形 | 水平 | 0.93 | 1.6 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.80 | 1.0 |
| | | | | | 電動機 | 横形ころがり軸受 | 水平 | 0.93 | 4.7 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.80 | 1.0 |
| 放射性廃棄物の廃棄施設 | | | | | | | | | |
| 放射線管理施設 | | | | | | | | | |
| 放射線管理用計測装置 | | | | | | | | | |
| 換気設備 | | | | | | | | | |
| 中央制御室換気系 | | | | | | | | | |
| 機 中央制御室換気系空気調和ファン | 有 | JEAG4601による確認 | × | ○ | ファン | Vベルト駆動方式 | 水平 | － | － |
| | | | | | | | 鉛直 | － | － |
| | | | | | 電動機 | 横形ころがり軸受 | 水平 | 0.86 | 4.7 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.65 | 1.0 |
| 系 中央制御室換気系フィルタファン | 有 | JEAG4601による確認 | × | ○ | ファン | Vベルト駆動方式 | 水平 | － | － |
| | | | | | | | 鉛直 | － | － |
| | | | | | 電動機 | 横形ころがり軸受 | 水平 | 0.86 | 4.7 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.65 | 1.0 |
| 緊急時対策所換気系 | | | | | | | | | |
| 緊急時対策所非常用送風機 | 有 | JEAG4601による確認 | × | ○ | ファン | 遠心直動式 | 水平 | 0.90 | 2.6 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.78 | 1.0 |
| | | | | | 電動機 | 横形ころがり軸受 | 水平 | 0.90 | 4.7 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.78 | 1.0 |

＊1　評価用加速度は，暫定値であり今後設計進捗により変更の可能性がある。

| 施設区分／設備名称 | 動的機能維持要求の有無 | 動的機能維持の確認方法 | At超え時の評価方法がJEAGに規定されている設備<br>○：規定されている<br>×：規定されていない<br>－：対象外 | 検討対象設備としての抽出結果<br>○：検討対象とする設備<br>－：検討対象でない設備 | ＪＥＡＧ4601<br>機種／型式 | | Ａｔ確認 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 機種 | 型式 | 方向 | 評価用[*1]加速度 | 機能確認済加速度 |
| 原子炉格納施設 | | | | | | | | | |
| 圧力低減設備その他の安全設備 | | | | | | | | | |
| 原子炉格納容器安全設備 | | | | | | | | | |
| 格納容器スプレイ冷却系 | | | | | | | | | |
| 残留熱除去系ポンプ | －（前段で整理済） | | | | | | | | |
| 代替格納容器スプレイ冷却系 | | | | | | | | | |
| 常設低圧代替注水系ポンプ | －（前段で整理済） | | | | | | | | |
| 可搬型代替注水大型ポンプ | －（前段で整理済） | | | | | | | | |
| 代替循環冷却系ポンプ | －（前段で整理済） | | | | | | | | |
| 緊急用海水ポンプ | －（前段で整理済） | | | | | | | | |
| 格納容器下部注水系 | | | | | | | | | |
| 常設低圧代替注水系ポンプ | －（前段で整理済） | | | | | | | | |
| 可搬型代替注水大型ポンプ | －（前段で整理済） | | | | | | | | |
| 原子炉建屋放水設備 | | | | | | | | | |
| 可搬型代替注水大型ポンプ | －（前段で整理済） | | | | | | | | |
| 放射性物質濃度制御設備及び可燃性ガス濃度制御設備並びに格納容器再循環設備 | | | | | | | | | |
| 非常用ガス処理系 | | | | | | | | | |
| 非常用ガス処理系排風機 | 有 | JEAG4601による確認 | × | ○ | ファン | Vベルト駆動方式 | 水平 | 1.4 | － |
| | | | | | | | 鉛直 | 1.0 | － |
| | | | | | 電動機 | 横形ころがり軸受 | 水平 | 1.4 | 4.7 |
| | | | | | | | 鉛直 | 1.0 | 1.0 |
| 非常用ガス再循環系 | | | | | | | | | |
| 非常用ガス再循環系排風機 | 有 | JEAG4601による確認 | × | ○ | ファン | 遠心直動式 | 水平 | 1.4 | 2.6 |
| | | | | | | | 鉛直 | 1.0 | 1.0 |
| | | | | | 電動機 | 横形ころがり軸受 | 水平 | 1.4 | 4.7 |
| | | | | | | | 鉛直 | 1.0 | 1.0 |
| 可燃性ガス濃度制御系 | | | | | | | | | |
| 可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ | 有 | JEAG4601による確認 | × | ○ | ファン | 遠心直動式 | 水平 | 1.11 | 2.6 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.84 | 1.0 |
| | | | | | 電動機 | 横形ころがり軸受 | 水平 | 1.11 | 4.7 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.84 | 1.0 |
| その他発電用原子炉の附属設備 | | | | | | | | | |
| 非常用電源設備 | | | | | | | | | |
| 非常用発電装置 | | | | | | | | | |
| 非常用ディーゼル発電機 | | | | | | | | | |
| 非常用ディーゼル発電機 | 有 | JEAG4601による確認 | × | ○ | 非常用ディーゼル発電機 | 機関本体 | 水平 | 0.72 | 1.1 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.75 | 1.0 |
| | | | | | 調速装置 | ＵＧ型 | 水平 | 0.72 | 1.8 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.75 | 1.0 |
| 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ | 有 | JEAG4601による確認 | × | ○ | 横形ポンプ | スクリュー式 | 水平 | － | － |
| | | | | | | | 鉛直 | － | － |
| | | | | | 電動機 | 横形ころがり軸受 | 水平 | 0.44 | 4.7 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.59 | 1.0 |
| 非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ | 有 | JEAG4601による確認 | × | ○ | 立形ポンプ | 立形斜流式 | 水平 | 0.72 | 10.0 |
| | | | | | | | 鉛直 | 1.48 | 1.0 |
| | | | | | 電動機 | 立形ころがり軸受 | 水平 | 0.38 | 2.5 |
| | | | | | | | 鉛直 | 1.48 | 1.0 |

＊1　評価用加速度は，暫定値であり今後設計進捗により変更の可能性がある。

| 施設区分／設備名称 | 動的機能維持要求の有無 | 動的機能維持の確認方法 | At超え時の評価方法がJEAGに規定されている設備<br>○：規定されている<br>×：規定されていない<br>－：対象外 | 検討対象設備としての抽出結果<br>○：検討対象とする設備<br>－：検討対象でない設備 | ＪＥＡＧ4601<br>機種／型式 | | Ａｔ確認 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 機種 | 型式 | 方向 | 評価用＊1<br>加速度 | 機能確認済<br>加速度 |
| 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機 | | | | | | | | | |
| ゼ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機 | 有 | JEAG4601による確認 | × | ○ | 非常用ディーゼル発電機 | 機関本体 | 水平 | 0.72 | 1.1 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.75 | 1.0 |
| | | | | | 調速装置 | ＵＧ型 | 水平 | 0.72 | 1.8 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.75 | 1.0 |
| ゼ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ | 有 | JEAG4601による確認 | × | ○ | 横形ポンプ | スクリュー式 | 水平 | － | － |
| | | | | | | | 鉛直 | － | － |
| | | | | | 電動機 | 横形ころがり軸受 | 水平 | 0.44 | 4.7 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.59 | 1.0 |
| ゼ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ | 有 | JEAG4601による確認 | × | ○ | 立形ポンプ | 立形斜流式 | 水平 | 0.72 | 10.0 |
| | | | | | | | 鉛直 | 1.48 | 1.0 |
| | | | | | 電動機 | 立形ころがり軸受 | 水平 | 0.38 | 2.5 |
| | | | | | | | 鉛直 | 1.48 | 1.0 |
| 常設代替高圧電源装置 | | | | | | | | | |
| 常設代替高圧電源装置 | 有 | 加振試験による確認 | － | － | － | － | － | － | － |
| 常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプ | 有 | JEAG4601による確認 | × | ○ | 横形ポンプ | スクリュー式 | 水平 | － | － |
| | | | | | | | 鉛直 | － | － |
| | | | | | 電動機 | 横形ころがり軸受 | 水平 | 0.44 | 4.7 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.59 | 1.0 |
| 緊急時対策所用発電機 | | | | | | | | | |
| 緊急時対策所用発電機 | 有 | 加振試験による確認 | － | － | － | － | － | － | － |
| 緊急時対策所用発電機給油ポンプ | 有 | JEAG4601による確認 | × | ○ | 横形ポンプ | ギア式 | 水平 | － | － |
| | | | | | | | 鉛直 | － | － |
| | | | | | 電動機 | 横形ころがり軸受 | 水平 | 0.80 | 4.7 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.71 | 1.0 |
| 可搬型代替低圧電源車 | | | | | | | | | |
| 可搬型代替低圧電源車 | 有 | 加振試験による確認 | － | － | － | － | － | － | － |
| タンクローリー | 有 | 加振試験による確認 | － | － | － | － | － | － | － |
| 可搬型窒素供給装置用電源車 | | | | | | | | | |
| 可搬型窒素供給装置用電源車 | 有 | 加振試験による確認 | － | － | － | － | － | － | － |
| タンクローリー | －（前段で整理済） | | | | | | | | |
| 補機駆動用燃料設備 | | | | | | | | | |
| 可搬型 | | | | | | | | | |
| タンクローリー | －（前段で整理済） | | | | | | | | |
| 弁 | | | | | | | | | |
| 一般弁 | | | | | | | | | |
| グローブ弁 | 有 | JEAG4601による確認 | ○ | － | － | － | － | － | － |
| ゲート弁 | 有 | JEAG4601による確認 | ○ | － | － | － | － | － | － |
| バタフライ弁 | 有 | JEAG4601による確認 | ○ | － | － | － | － | － | － |
| 逆止弁 | 有 | JEAG4601による確認 | ○ | － | － | － | － | － | － |
| 特殊弁 | | | | | | | | | |
| 主蒸気隔離弁 | 有 | JEAG4601による確認 | ○ | － | － | － | － | － | － |
| 安全弁 | 有 | JEAG4601による確認 | ○ | － | － | － | － | － | － |
| 制御棒駆動系スクラム弁 | 有 | JEAG4601による確認 | ○ | － | － | － | － | － | － |

＊1　評価用加速度は，暫定値であり今後設計進捗により変更の可能性がある。