

本資料のうち、枠囲みの内容は
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

| | |
|------------------|------------|
| 東海第二発電所 工事計画審査資料 | |
| 資料番号 | 工認-919 改1 |
| 提出年月日 | 平成30年8月17日 |

V-2-11-2-3 使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーンの
耐震性についての計算書

目次

| | |
|----------------------|----|
| 1. 概要 | 1 |
| 2. 一般事項 | 1 |
| 2.1 配置概要 | 1 |
| 2.2 構造計画 | 2 |
| 2.3 評価方針 | 3 |
| 2.4 適用基準 | 3 |
| 2.5 記号の説明 | 4 |
| 2.6 計算精度と数値の丸め方 | 6 |
| 3. 評価部位 | 6 |
| 4. 地震応答解析及び構造強度評価 | 7 |
| 4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法 | 7 |
| 4.2 荷重の組合せ及び許容応力 | 8 |
| 4.3 解析モデル及び諸元 | 11 |
| 4.4 設計用地震力 | 12 |
| 4.5 計算方法 | 22 |
| 4.6 計算条件 | 26 |
| 4.7 応力の評価 | 26 |
| 5. 評価結果 | 27 |
| 5.1 設計基準対策施設としての評価結果 | 27 |

1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」にて設定している耐震評価方針に基づき、下位クラス設備である使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン（以下「DC建屋クレーン」という。）が設計用地震動に対して十分な構造強度を有していることを確認することで、下部に設置された上位クラス施設である使用済燃料乾式貯蔵容器に対して、波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

2. 一般事項

2.1 配置概要

DC建屋クレーンは、図 2-1 の位置関係図に示すように、上位クラス施設である使用済燃料乾式貯蔵容器の上部に設置されており、落下時に使用済燃料乾式貯蔵容器に対して波及的影響を及ぼすおそれがある。

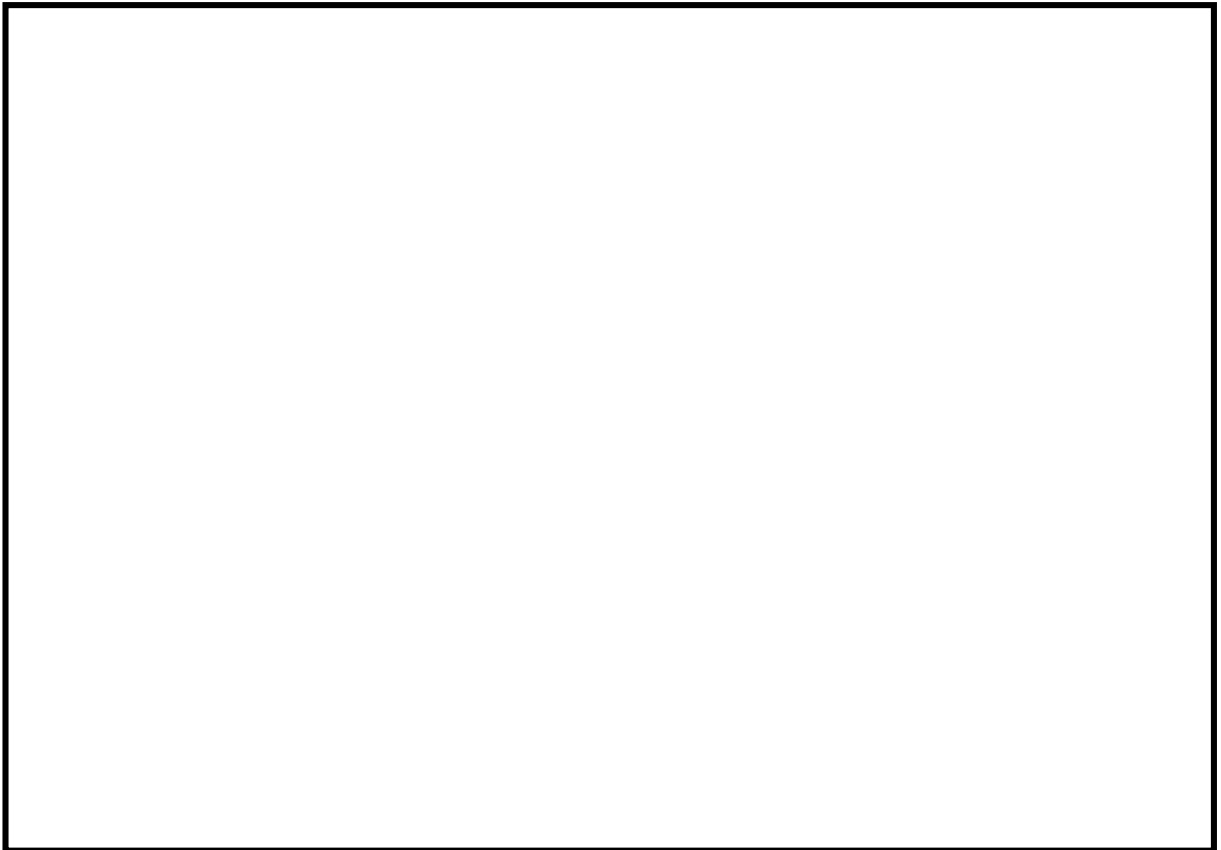


図 2-1 DC建屋クレーンと使用済燃料乾式貯蔵容器の位置関係図

2.2 構造計画

DC建屋クレーンの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 DC建屋クレーンの構造計画

| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|-------------------------------|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| <p>DC建屋クレーンは使用済燃料貯蔵建屋クレーンウォールに設置された走行レールにより支持される。トロリは、ガーダに設置された横行レールにより支持される。</p> | <p>クレーン本体 ガーダ トロリ</p> | <p>The diagram illustrates the crane's structure. At the top, a dimension line indicates a length of approximately 20.4m. The crane body is shown with a trolley (トロリ) and a gantry (ガーダ). Below the crane body, two detailed views of anti-floating devices are shown: a longitudinal anti-floating device (走行浮上り防止装置) and a transverse anti-floating device (横行浮上り防止装置). Labels include: 取付ボルト (Mounting Bolt), レール取付ボルト (Rail Mounting Bolt), レール金具 (Rail Fitting), 浮上り防止装置つめ (Anti-floating Device Lock), レールクリップ (Rail Clip), and 浮上り防止装置つめ (Anti-floating Device Lock).</p> |

2.3 評価方針

DC建屋クレーンの応力評価は、添付書類V-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」の「3. 耐震評価方針」に従い実施する。

評価については、「2.2 構造計画」にて示すDC建屋クレーンの部位を踏まえ、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」に示す方法にて設計用地震動に基づく応力等が許容限界内に収まることを「5. 評価結果」に示す。

DC建屋クレーンの耐震評価フローを図 2-2 に示す。

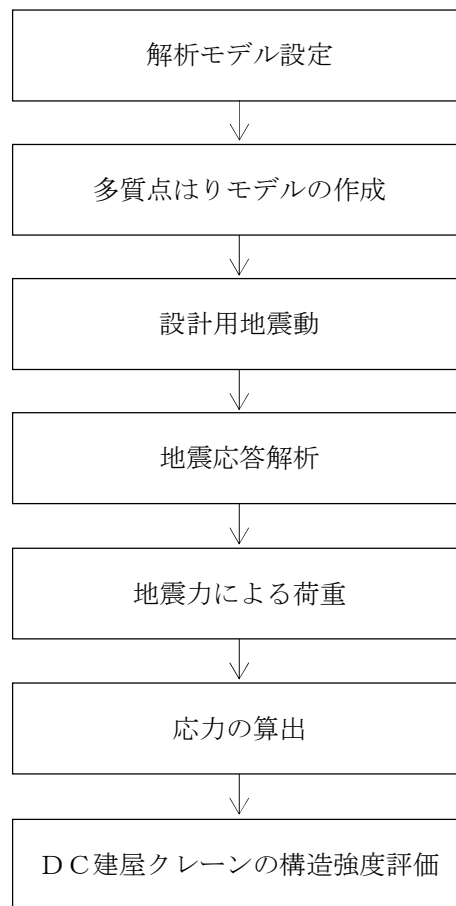


図 2-2 DC建屋クレーンの耐震評価フロー

2.4 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補－1984， J E A G 4 6 0 1 －1987及び J E A G 4 6 0 1 －1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和59年9月，昭和62年8月及び平成3年6月）
- (2) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。）） J S M E S N C 1 －2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）

2.5 記号の説明

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|----------|---------------------------------|----------------------------|
| A_1 | 浮上り防止装置つめのせん断面積 | mm^2 |
| A_{b1} | 浮上り防止装置取付ボルトの断面積 | mm^2 |
| A_{b2} | 走行レール取付ボルトの断面積 | mm^2 |
| A_{b3} | 横行レール取付ボルトの断面積 | mm^2 |
| A_S | 横行レールレールストップ溶接部のせん断面積 | mm^2 |
| B_1 | ガーダ断面寸法 | mm |
| B_2 | ガーダ断面寸法 | mm |
| B_3 | ガーダ断面寸法 | mm |
| D | 死荷重 | N |
| F_1 | ガーダに作用する鉛直方向せん断力 | N |
| F_2 | ガーダに作用する水平方向せん断力 | N |
| H_1 | ガーダ断面寸法 | mm |
| H_2 | ガーダ断面寸法 | mm |
| l_1 | 危険断面から P_2 作用点までの距離 | mm |
| M_1 | ガーダの水平軸まわり曲げモーメント | $\text{N} \cdot \text{mm}$ |
| M_2 | ガーダの鉛直軸まわり曲げモーメント | $\text{N} \cdot \text{mm}$ |
| M_3 | 浮上り防止装置つめに作用する P_2 による曲げモーメント | $\text{N} \cdot \text{mm}$ |
| M_d | 機械的荷重 (DB) | N |
| n_1 | 走行レール取付ボルトのうち引張荷重を受けるボルトの本数 | — |
| n_2 | 走行レール取付ボルトのうちせん断荷重を受けるボルトの本数 | — |
| n_3 | 横行レール取付ボルトの本数 | — |
| n_S | 横行レールストップ个数 | — |
| P_1 | クレーンの浮上り力 (補正係数Aを含む) | N |
| P_2 | 浮上り防止装置つめ 1 個当たりの荷重 | N |
| P_{H1} | 走行車輪 1 車輪当たりの水平方向荷重 | N |
| P_{H2} | 横行車輪 1 車輪当たりの水平方向荷重 | N |
| P_{V1} | 走行車輪 1 車輪当たりの鉛直方向荷重 (補正係数Aを含む) | N |
| P_{V2} | 横行車輪 1 車輪当たりの鉛直方向荷重 (補正係数Aを含む) | N |
| P_d | 最高使用圧力による荷重 (DB) | N |
| S_s | 基準地震動 S_s により定まる地震力 | N |
| S_u | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値 | MPa |
| S_y | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値 | MPa |
| T | ガーダのねじりモーメント | $\text{N} \cdot \text{mm}$ |
| t_{f1} | ガーダ断面寸法 | mm |
| t_{f2} | ガーダ断面寸法 | mm |
| t_{w1} | ガーダ断面寸法 | mm |
| t_{w2} | ガーダ断面寸法 | mm |

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---------------|------------------------|---------------|
| Z_X | ガードの X 軸まわり断面係数 | mm^3 |
| Z_Y | ガードの Y 軸まわり断面係数 | mm^3 |
| Z_1 | 浮上り防止装置つめの断面係数 | mm^3 |
| σ_H | ガードの水平軸まわり曲げ応力 | MPa |
| σ_V | ガードの鉛直軸まわり曲げ応力 | MPa |
| σ_1 | ガードの曲げ応力の組合せ | MPa |
| σ_2 | 浮上り防止装置つめに作用する曲げ応力 | MPa |
| σ_{c1} | ガードの組合せ応力 (補正係数 A を含む) | MPa |
| σ_{c2} | 浮上り防止装置つめに作用する組合せ応力 | MPa |
| σ_{t1} | 走行レール取付ボルトに作用する引張応力 | MPa |
| σ_{t2} | 横行レール取付ボルトに作用する引張応力 | MPa |
| τ_H | ガードの水平方向せん断応力 | MPa |
| τ_V | ガードの鉛直方向せん断応力 | MPa |
| τ_J | ガードのねじり応力 | MPa |
| τ_1 | ガードのせん断応力の組合せ | MPa |
| τ_2 | 浮上り防止装置つめに作用するせん断応力 | MPa |
| τ_{b1} | 浮上り防止装置取付ボルトに作用するせん断応力 | MPa |
| τ_{b2} | 走行レール取付ボルトに作用するせん断応力 | MPa |
| τ_S | 横行レールストップ溶接部に作用するせん断応力 | MPa |

注 : 「設計・建設規格」とは, 発電用原子力設備規格 (設計・建設規格 (2005 年版 (2007 年追補版含む。)) J S M E S N C 1 - 2005/2007) (日本機械学会 2007 年 9 月) をいう。

2.6 計算精度と数値の丸め方

精度は6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2-9に示すとおりである。

表2-9 表示する数値の丸め方

| 数値の種類 | 単位 | 処理桁 | 処理方法 | 表示桁 |
|---------------------|-----------------|----------|------|-----------------------|
| 温度 | ℃ | — | — | 整数位 |
| 質量 | kg | — | — | 整数位 |
| 長さ | mm | — | — | 整数位 * ¹ |
| 面積 | mm ² | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁 * ² |
| モーメント | N・mm | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁 * ² |
| 力 | N | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁 * ² |
| 算出応力 | MPa | 小数点以下第1位 | 切上げ | 整数位 |
| 許容応力 * ³ | MPa | 小数点以下第1位 | 切捨て | 整数位 |

注記 *1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

DC建屋クレーンの耐震評価は、クレーン本体の落下により、使用済燃料乾式貯蔵容器が損傷することを防止するため、クレーン本体、浮上り防止装置及びレールを選定して実施する。

4. 地震応答解析及び構造強度評価

DC建屋クレーンの応力評価に用いる地震荷重及び荷重評価に用いる加速度を算定するための地震応答解析について以下に示す。

4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) DC建屋クレーンの波及的影響を考慮する上位クラス設備の使用済燃料乾式貯蔵容器は、重大事故等対処設備に該当しないため、DC建屋クレーンは設計基準対象設備としての評価を実施する。
- (2) クレーンと建屋との接合部分である車輪部はレール上に載っており固定されておらず、すべりが発生する構造であることから、クレーンを構成する部材をはり要素にてモデル化した多質点はりモデルに、車輪・レール間のすべり条件を考慮した非線形時刻歴応答解析を適用する。
- (3) 解析コードは「CONDSLIP」を使用する。なお、評価に用いる解析コード「CONDSLIP」の検証及び妥当性確認等の概要については、「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。
- (4) 表 4-1 に示すケースにて評価を実施する。

表 4-1 評価ケース

| 評価対象 | | クレーン本体ガーダ， 浮上り量，吊具 | | | |
|-----------|----|-----------------------|----|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 評価ケース No. | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| トロリ位置 | 中央 | ●* | — | ○ | — |
| | 端部 | — | ●* | — | ○ |

●：吊荷有 ○：吊荷無

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

クレーン本体，浮上り防止装置及びレールの評価における荷重の組合せ及び許容応力状態について，表 4-2 に示す。

4.2.2 許容応力

クレーン本体，浮上り防止装置及びレールの許容応力を表 4-3 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

クレーン本体，浮上り防止装置及びレールの使用材料の許容応力評価条件を表 4-4 に示す。

表 4-2 荷重の組合せ（設計基準対象設備）

| 施設区分 | | 機器名称 | 耐震設計上の 重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|------------|--------|----------|-----------------|---------------|-----------------------|-------------------|
| 核燃料物質の取扱施設 | 燃料取扱設備 | DC建屋クレーン | B | その他の 支持構造物 | $D + P_D + M_d + S_s$ | IV _A S |

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界 (ボルト以外) | | | 許容限界 (ボルト等) |
|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | 1次応力 | | | 1次応力 |
| | せん断 | 曲げ | 組合せ | 引張 |
| IV _A S | 1.5f _s * | 1.5f _b * | 1.5f _t * | 1.5f _t * |

表 4-4 許容応力評価条件

| 部材名 | | 材 料 | 周囲環境温度 (°C) | Sy | Su |
|-------------------|--------|------------|----------------|-----|-----|
| クレーン本体 | ガーダ中央部 | [Redacted] | [Redacted] | 245 | 400 |
| | ガーダ端部 | | | 245 | 400 |
| ブリッジ浮き上がり 防止装置 | つめ | | | 315 | 490 |
| | 取付ボルト | | | 785 | 930 |
| トロリ浮き上がり 防止装置 | つめ | | | 315 | 490 |
| | 取付ボルト | | | 785 | 930 |
| 走行レール | 取付ボルト | | | 785 | 930 |
| 横行レール | 溶接部 | | | 245 | 400 |
| | 取付ボルト | | | 785 | 930 |

4.3 解析モデル及び諸元

(1) DC建屋クレーンの解析モデルは、クレーン本体をはり要素でモデル化した多質点はりモデルである。解析モデルを図 4-1 に、機器諸元を表 4-5 及び表 4-6 に示す。

表 4-5 機器諸元 (質量)

| | | 質量(t) |
|------|------|-------|
| クレーン | トロリ | 33.0 |
| | ブリッジ | 67.0 |

表 4-6 機器諸元 (断面性状)

| 部 材 | 縦弾性係数 (MPa) | 断面二次モーメント (cm ⁴) | | 断面積 (cm ²) |
|--------|----------------|------------------------------|------------|---------------------------|
| | | 水平軸廻り | 鉛直軸廻り | |
| ガーダ中央 | [Redacted] | [Redacted] | [Redacted] | [Redacted] |
| ガーダ端部 | | | | |
| サドル | | | | |
| 走行トラック | | | | |

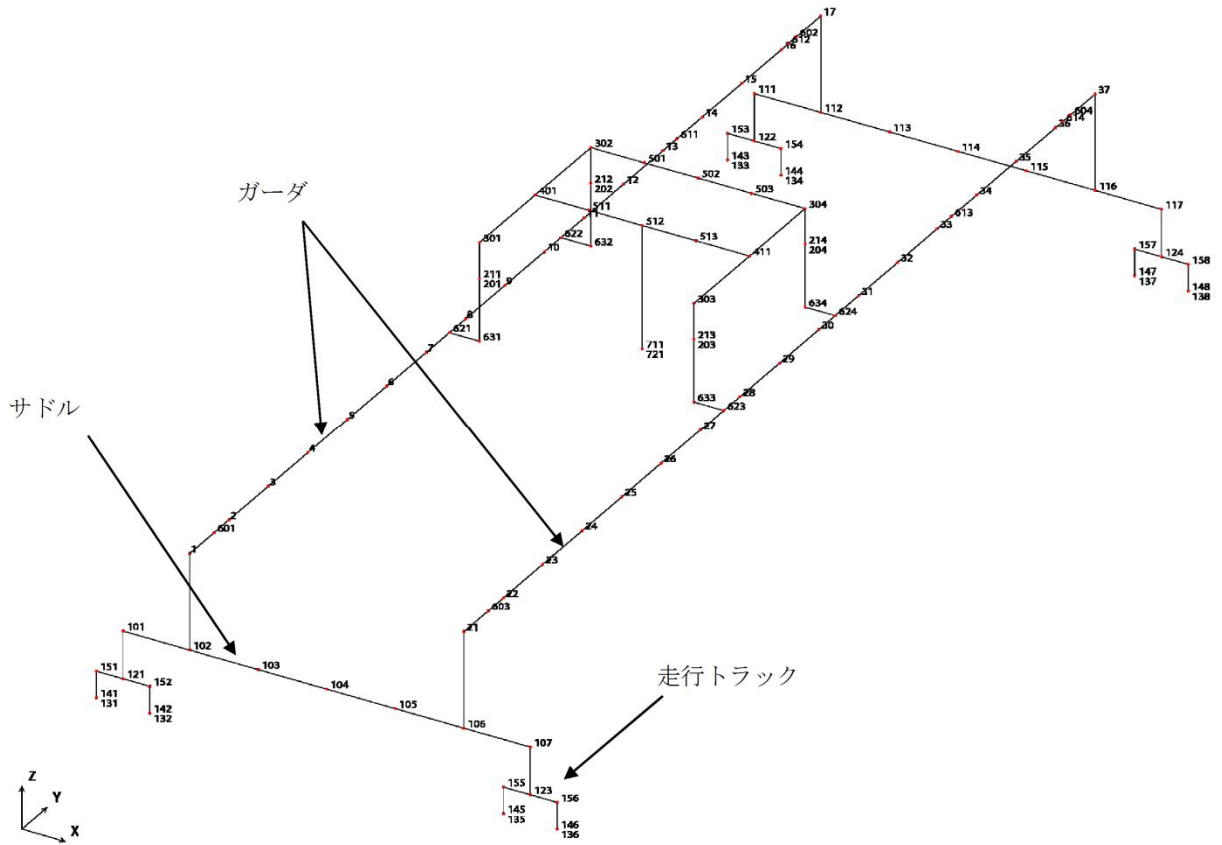
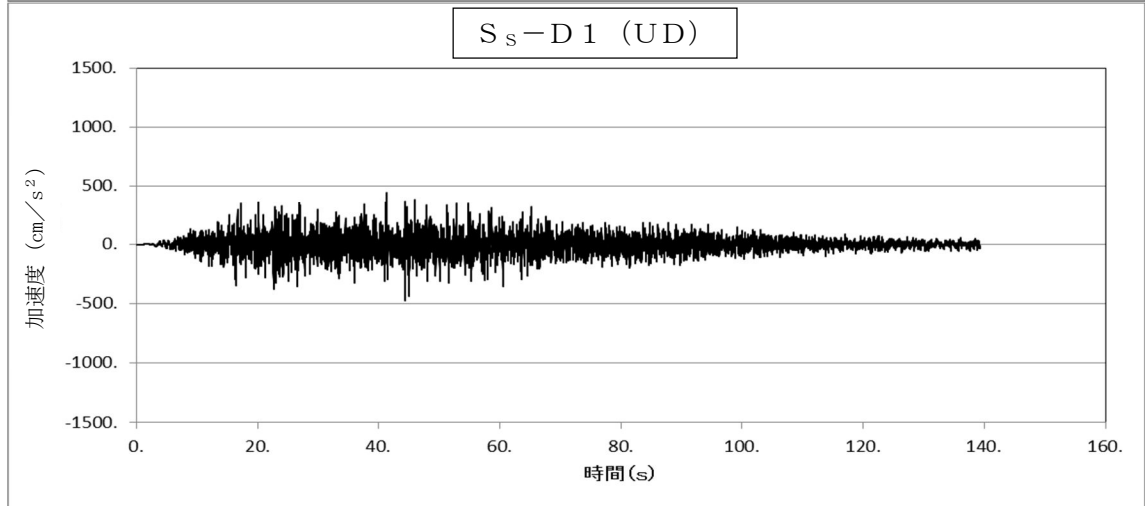
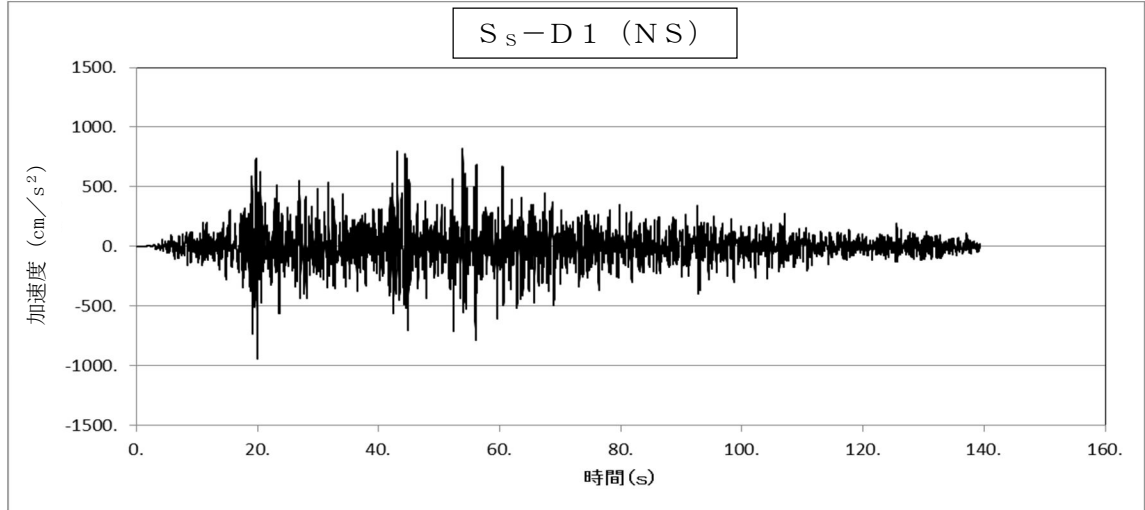
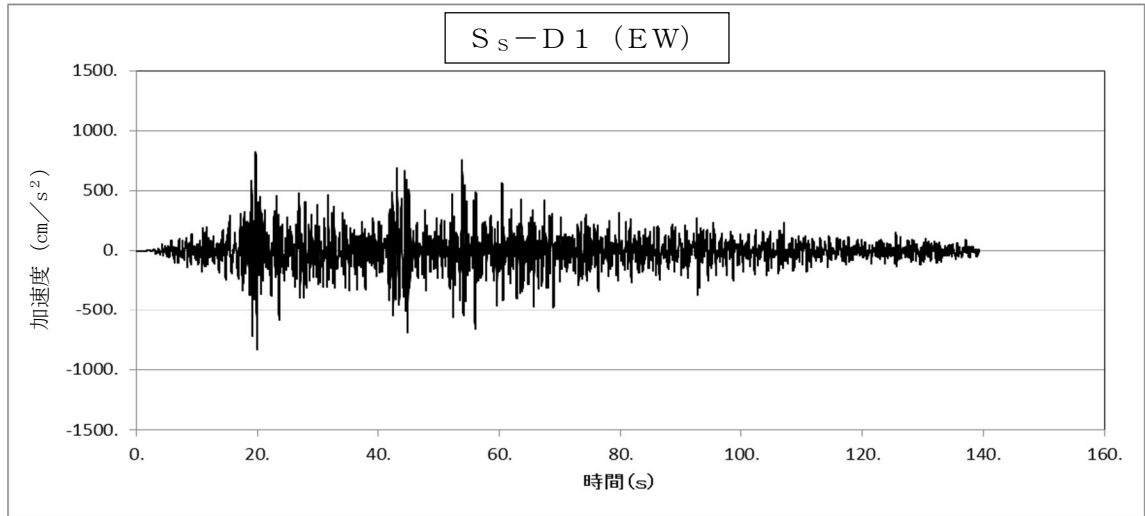


図 4-1 DC 建屋クレーン解析モデル図

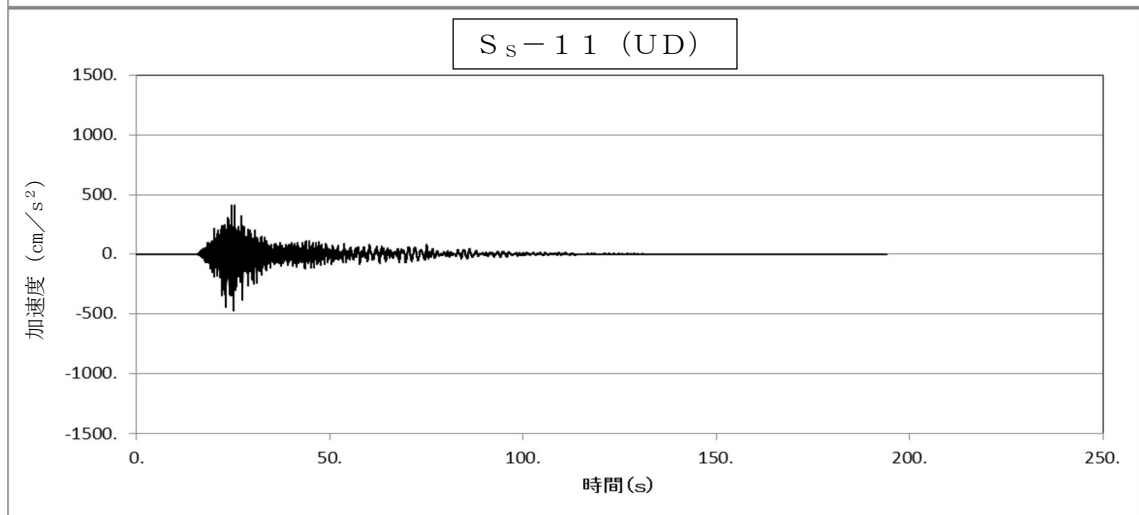
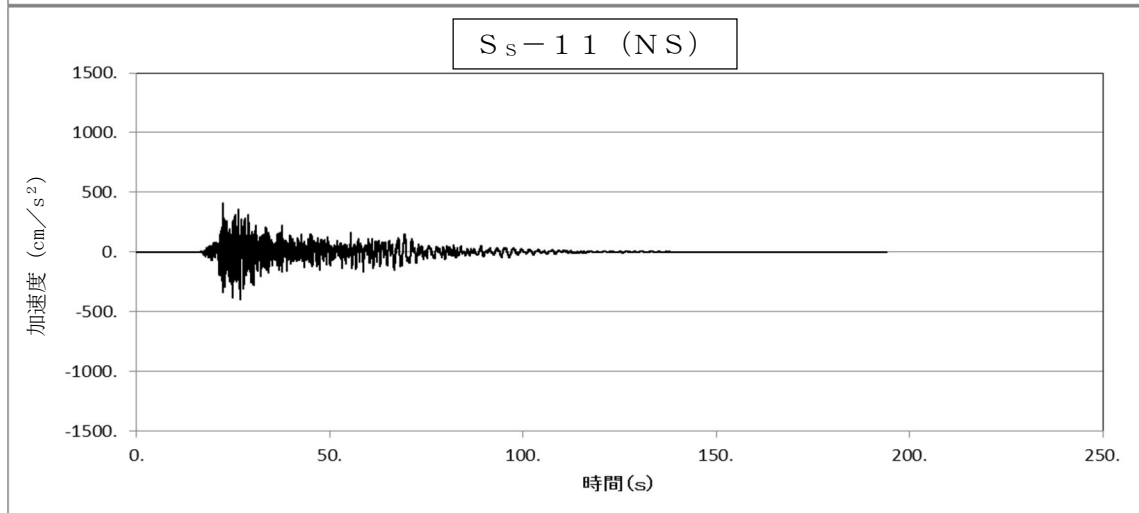
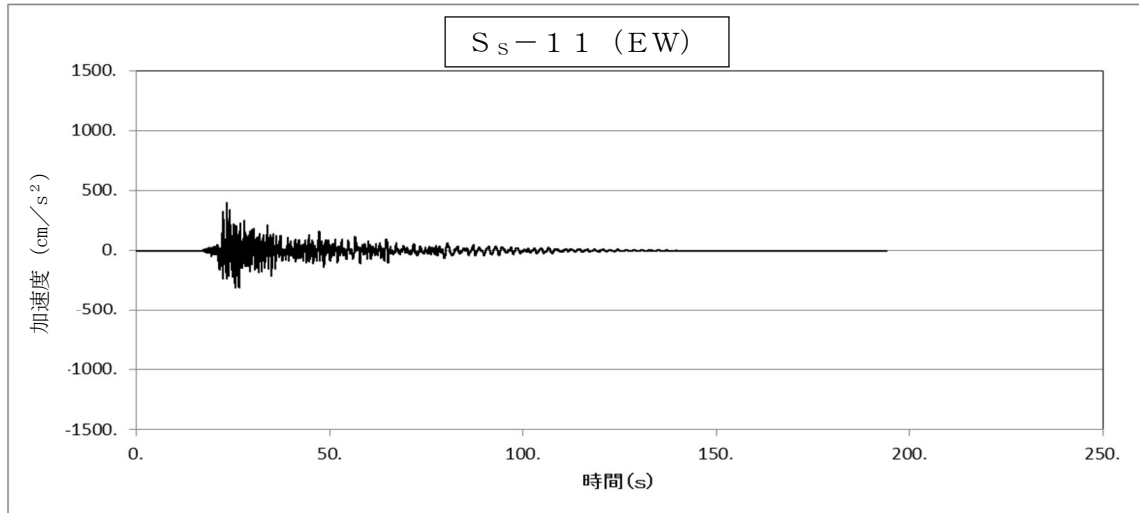
4.4 設計用地震力

- (1) 耐震計算に用いる設計用地震力は、添付書類「V-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」の「3.3 設計用地震動又は地震力」に従い、上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力のうち、基準地震動 S_s による応答加速度時刻歴を用いる。添付書類「V-2-2-4 使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答計算書」にて算出された DC 建屋クレーン設置位置 (EL. 17.75m) の応答加速度時刻歴波を用いる。

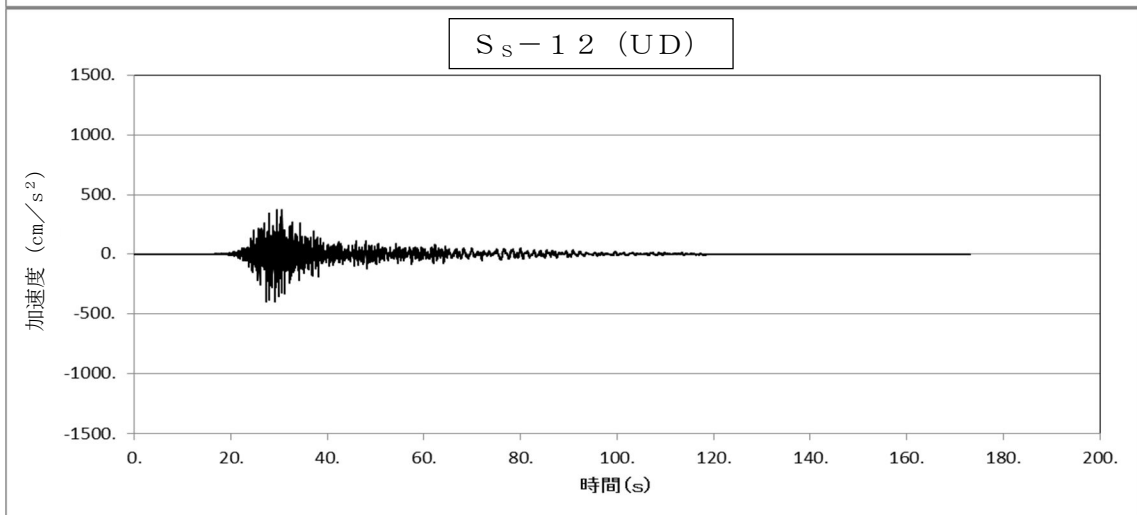
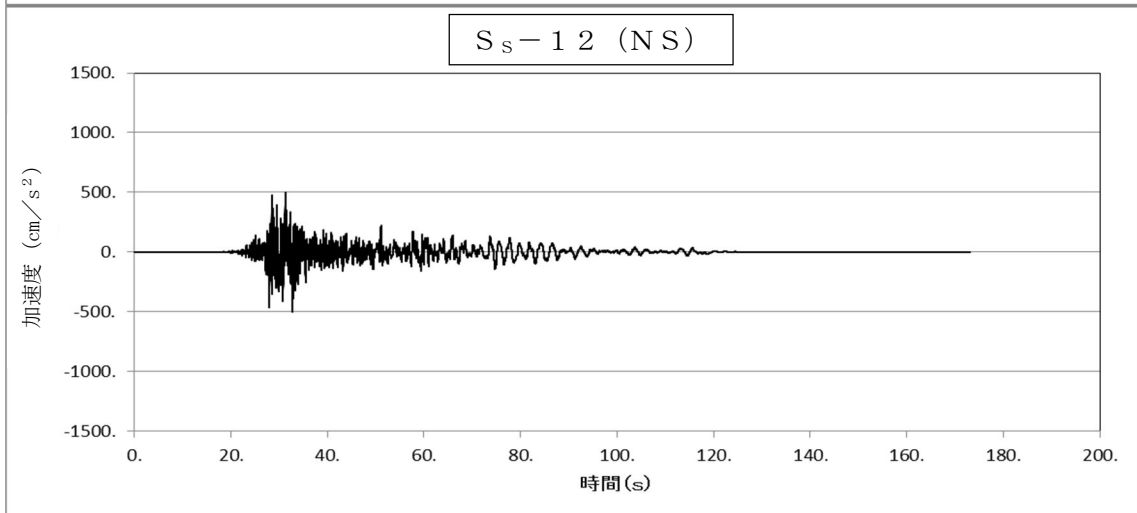
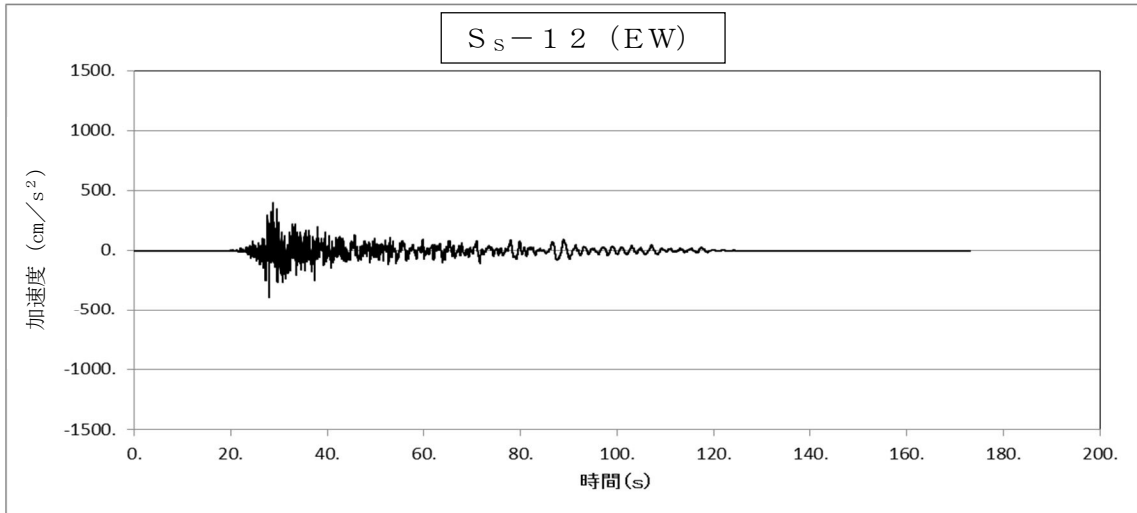
(1) S_s-D 1



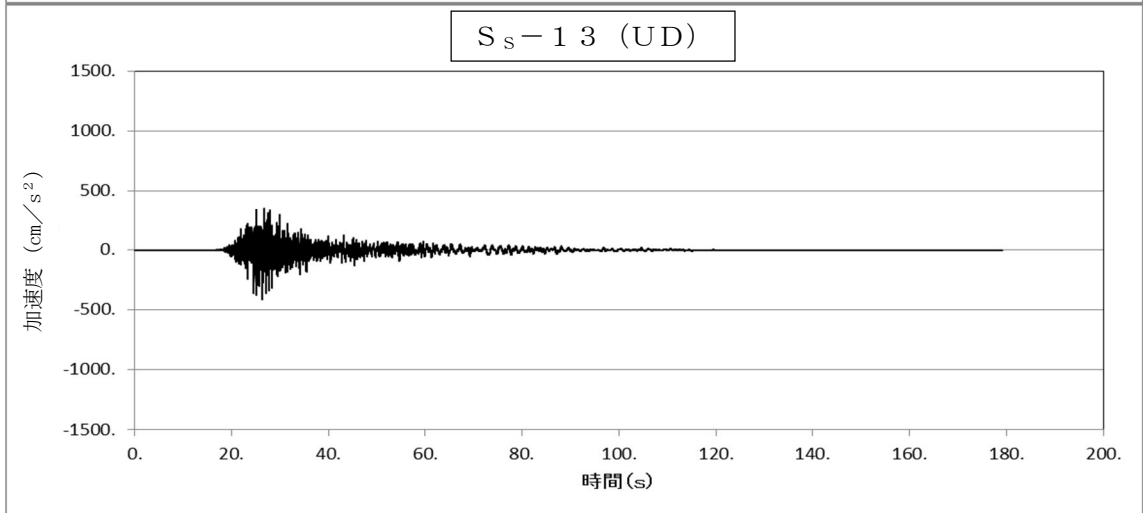
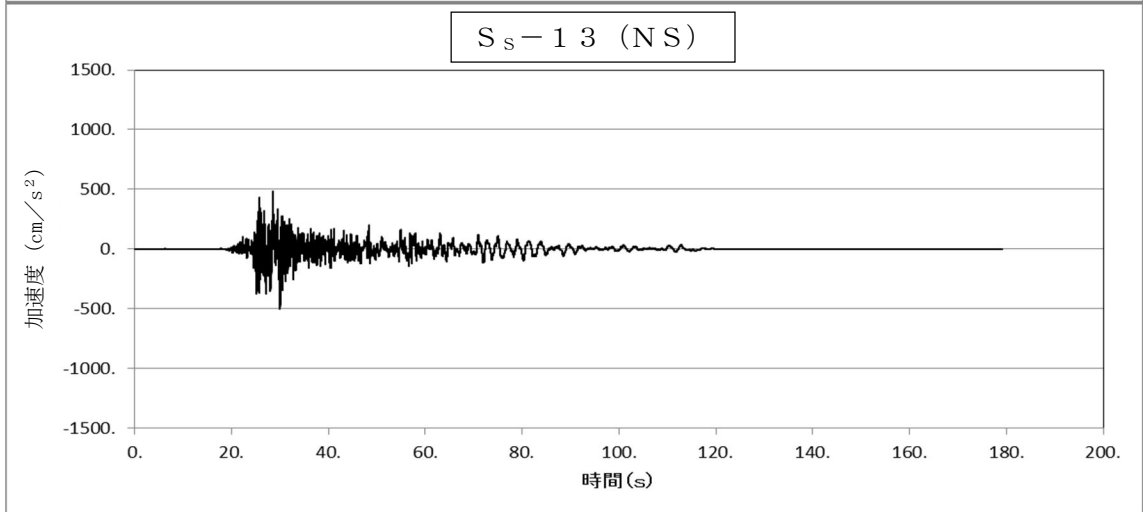
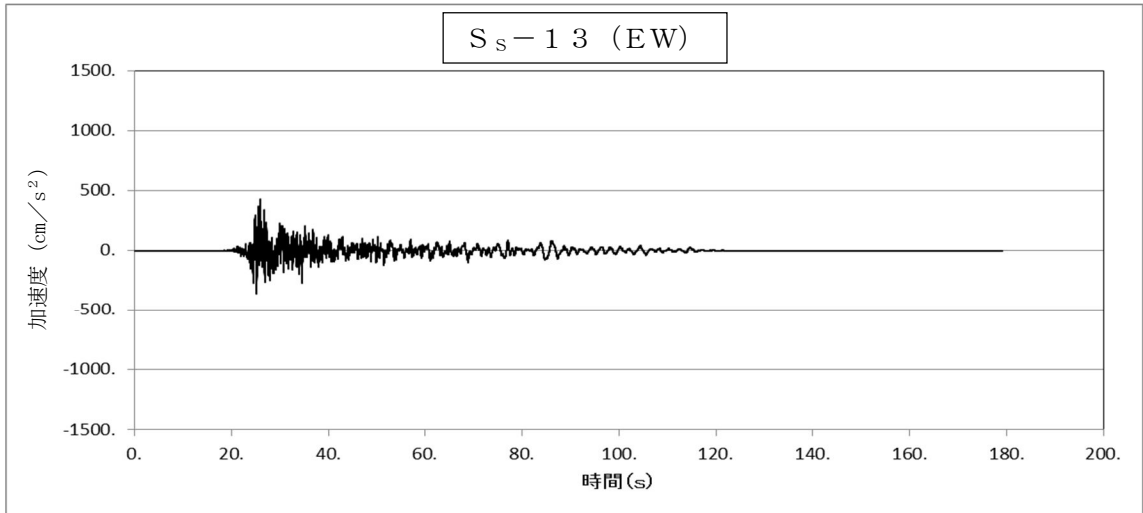
(2) S_s-11



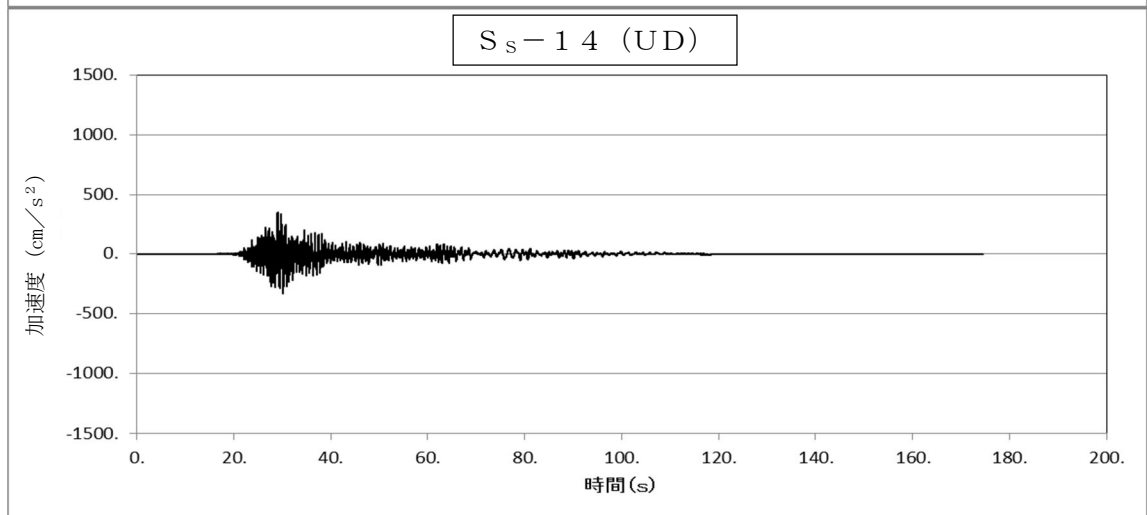
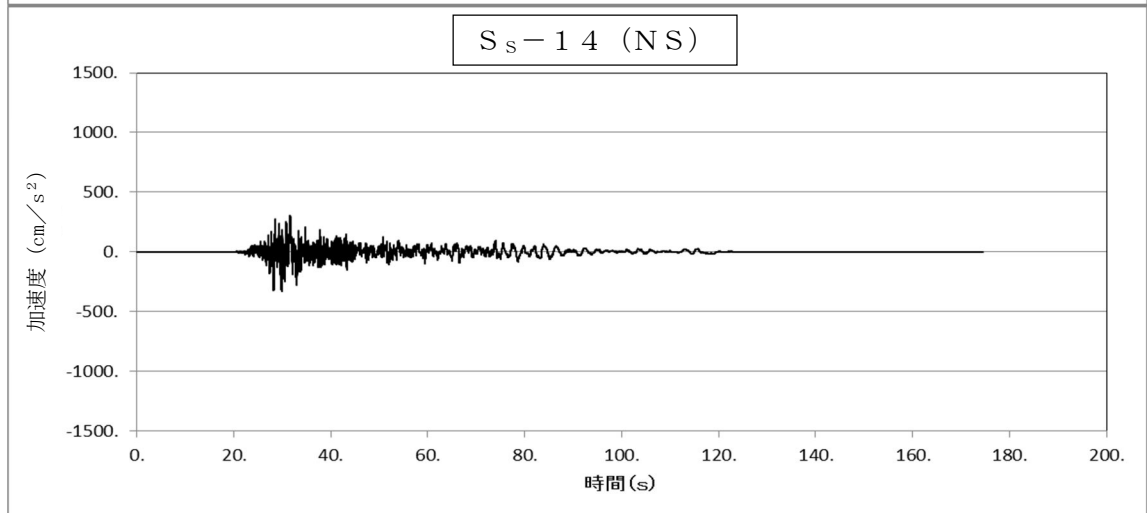
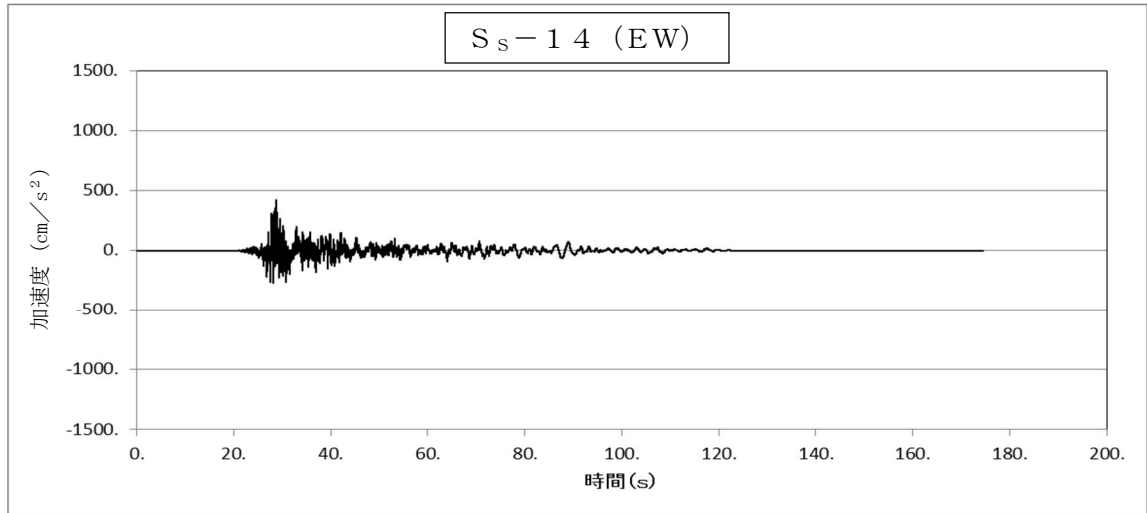
(3) S_s-12



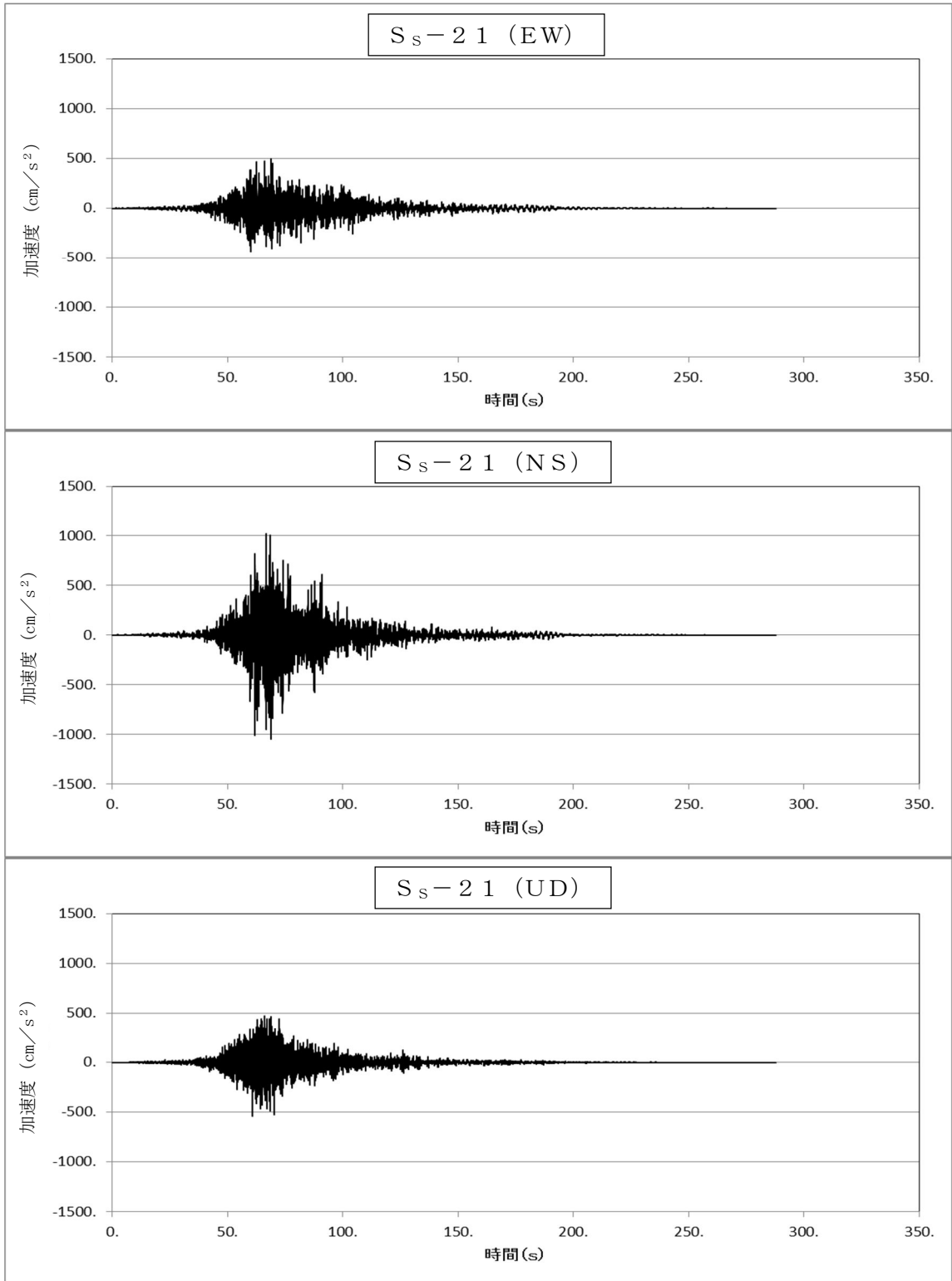
(4) S_s-13



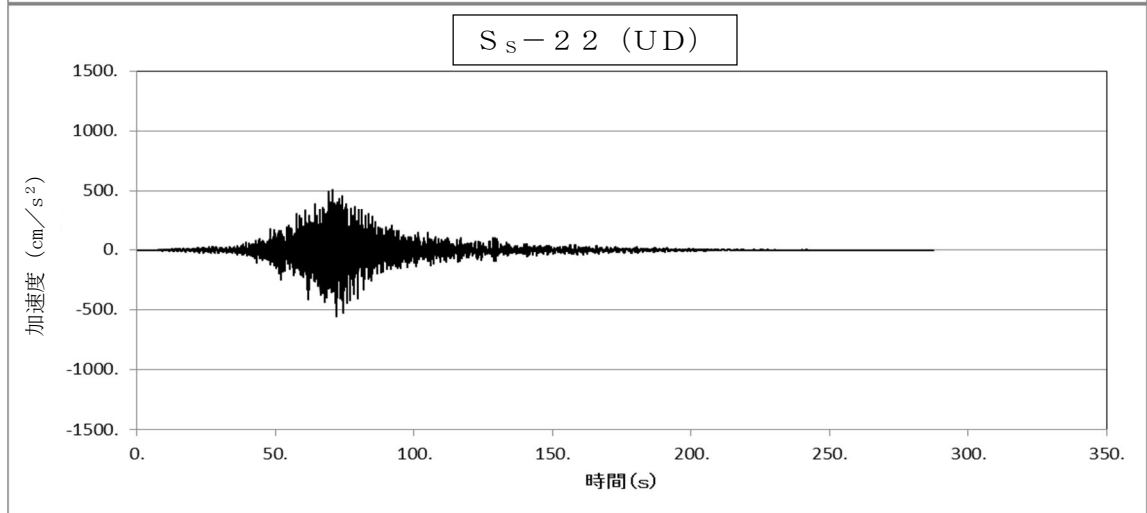
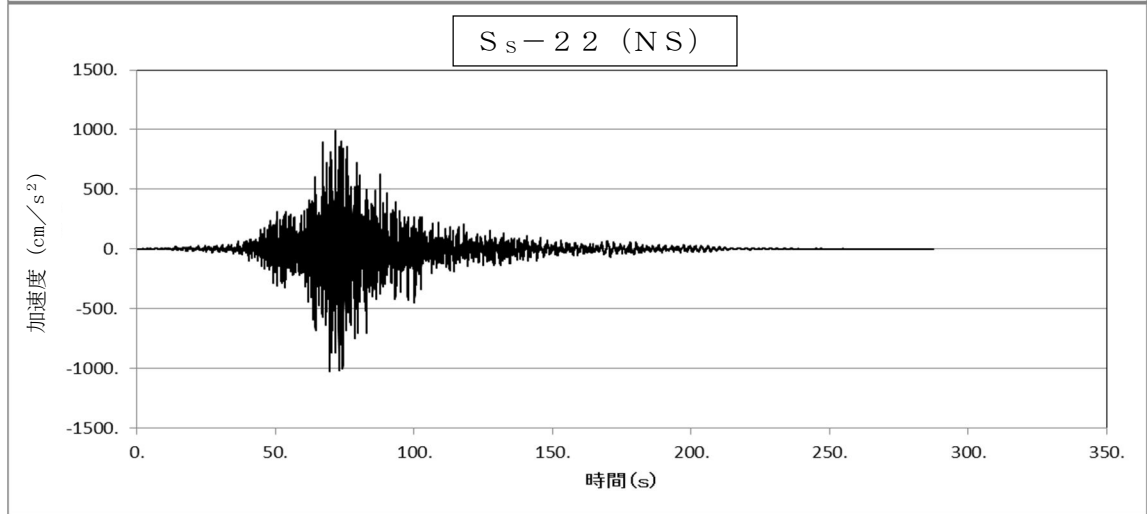
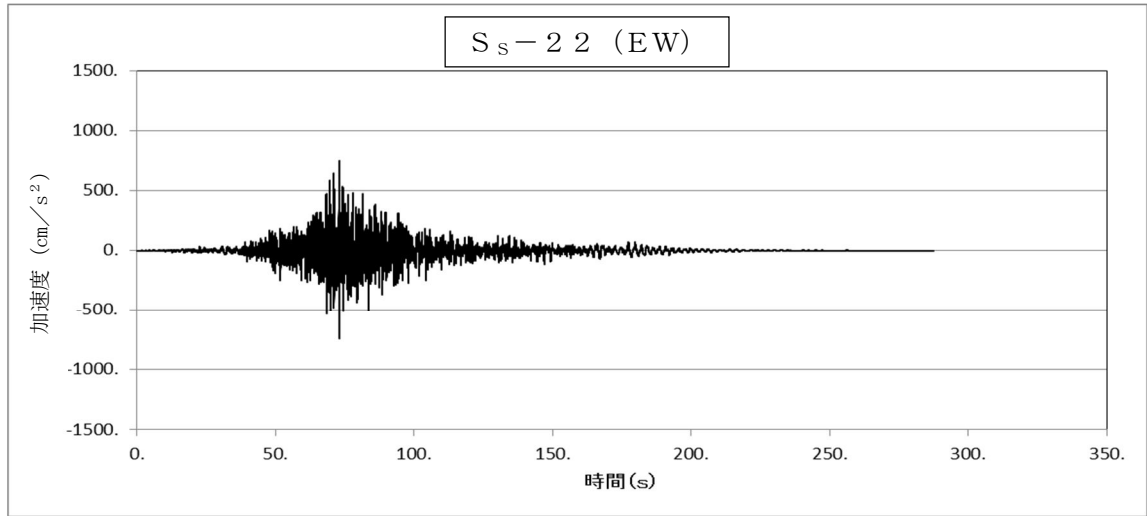
(5) S_s-14



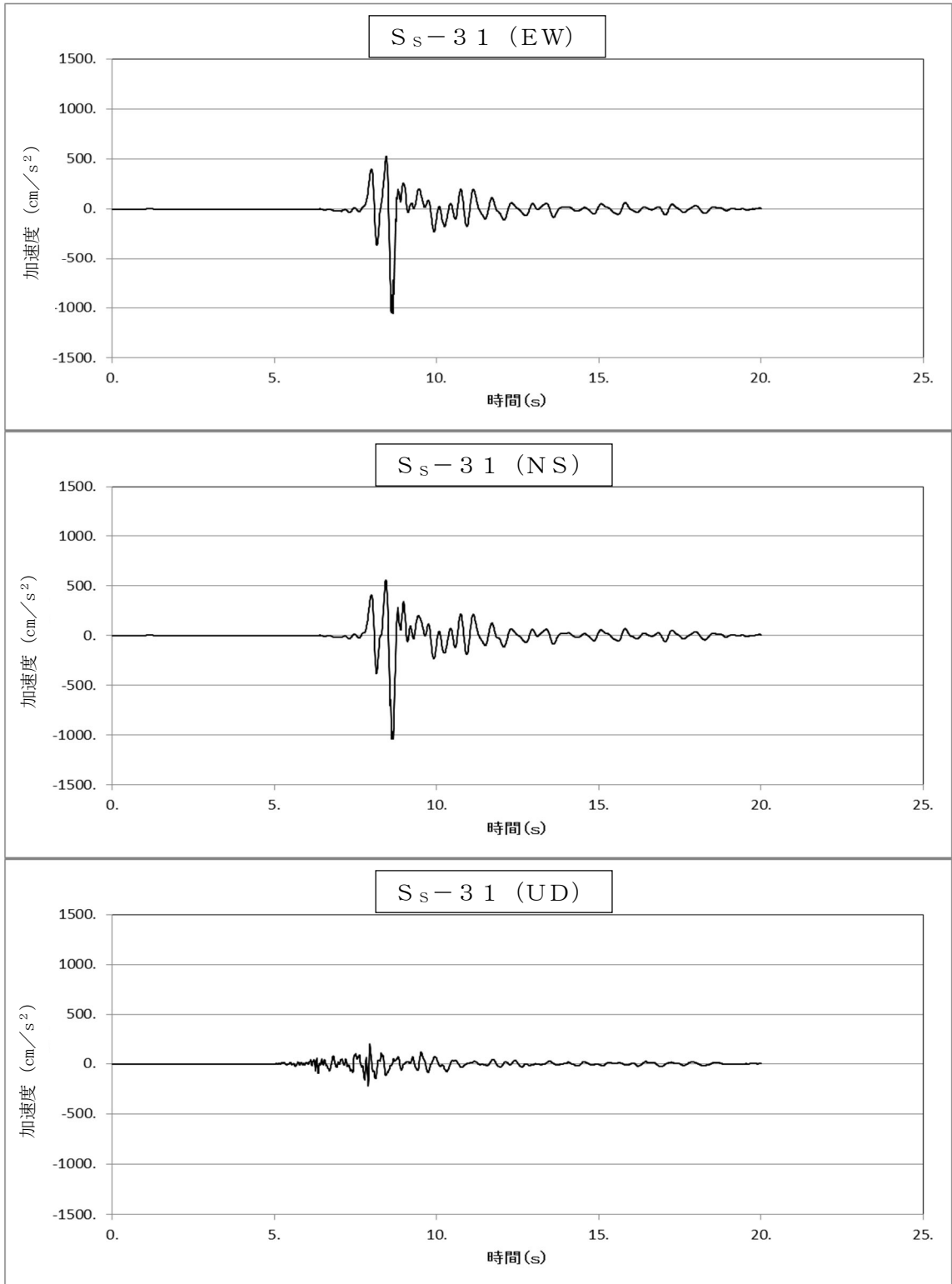
(6) $S_s - 21$



(7) S_s-2 2



(8) S_s-31



- (2) 時刻歴波の入力位置は、DC建屋クレーン設置高さ EL. 17.75m とする。
- (3) 水平方向の地震波の入力は、使用済燃料貯蔵建屋に設置された建屋方向を踏まえて、DC建屋クレーンの走行方向にはNS方向、横行方向にEW方向を入力することにより評価を実施する。
- (4) 水平方向地震動と鉛直方向地震動の同時入力により解析を実施する。
- (5) 時刻歴解析手法の保守性については、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示すように、床応答加速度は建屋の固有周期のシフトを考慮して周期方向に±10%拡幅したものをを用いている。

本評価では、設計用床応答曲線を用いない時刻歴解析手法を採用していることから、建屋の固有周期のシフトに対する保守性を考慮することとする。

クレーンの評価においては、クレーンはレール上をすべることから、水平方向の応答加速度の影響は小さいが、鉛直方向の挙動は線形特性であるため鉛直方向の加速度のばらつきの影響を受ける可能性がある。

そのため、鉛直方向地震動については、床応答加速度の拡幅の考え方を準用して設定することとし、使用済燃料乾式貯蔵建屋 EL. 17.75m の鉛直方向の設計用床応答曲線 S_s (±10%拡幅) と、拡幅していない鉛直方向の設計用床応答曲線 S_s に対して、クレーン本体のスペクトルモーダル解析を行い、ガーダに発生する応力を算出し、その比率の最大値を補正係数Aとして、クレーンの解析結果に係る以下に示す数値に乗じるものとする。補正係数Aを表4-7に示す。

- ・クレーン本体評価に用いる発生応力
- ・浮上り防止装置評価に用いるブリッジ又はトロリの浮上り力
- ・レール評価に用いる車輪荷重

表 4-7 補正係数A

| 状態 | | Ss-D1 | Ss-11 | Ss-12 | Ss-13 | Ss-14 | Ss-21 | Ss-22 | Ss-31 |
|-----|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| トロリ | 吊荷 | | | | | | | | |
| 端部 | なし | 1.03 | 1.32 | 1.24 | 1.32 | 1.34 | 1.41 | 1.13 | 1.06 |
| 中央 | | 1.04 | 1.27 | 1.17 | 1.17 | 1.23 | 1.10 | 1.25 | 1.25 |
| 端部 | 定格 | 1.03 | 1.11 | 1.06 | 1.05 | 1.07 | 1.04 | 1.26 | 1.03 |
| 中央 | | 1.00 | 1.35 | 1.33 | 1.29 | 1.09 | 1.20 | 1.22 | 1.13 |

4.5 計算方法

地震応答解析の結果として、クレーン本体の評価に必要な曲げモーメント、ねじりモーメント及びせん断力の最大値、浮上り防止装置の評価に必要なつめ1個あたりに作用する浮上り力の最大値、レールの評価に必要な1車輪あたりの鉛直上向き荷重及び走行直角方向荷重の最大値を表4-8に示す。

浮上り防止装置の評価については、クレーンの浮上りを拘束するため、ブリッジトラック及びトロリ下面に、図4-2に示すような浮上り防止装置が取付けられ、クレーンが浮き上がった場合にはつめが引っ掛かり、浮上りを防止する構造となっている。

このつめとレールの隙間が12mmであり、これを浮上り量の境界条件として非線形要素の浮上り方向の拘束条件としている。12mm以上の浮上りが発生すれば、つめ及び取付ボルトに荷重が作用するため、応力評価を実施する。本評価においては、地震応答解析の結果、ブリッジ側の浮上りは最大で10.1mmであり、浮上り量が12mm未満であることから、つめ及び取付ボルトに作用する荷重はない。

表 4-8 応答解析結果

| 評価対象 | | 種 類 | 解析結果 |
|----------------|---------------------------------|-------------------------------|---|
| クレーン本体 の評価 | ガーダ 中央 | 水平軸まわり曲げモーメント | $8.892 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{mm}$ |
| | | 鉛直軸まわり曲げモーメント | $7.656 \times 10^8 \text{ N} \cdot \text{mm}$ |
| | | ねじりモーメント | $4.116 \times 10^8 \text{ N} \cdot \text{mm}$ |
| | | 水平方向せん断力 | $1.270 \times 10^5 \text{ N}$ |
| | | 鉛直方向せん断力 | $1.084 \times 10^6 \text{ N}$ |
| | ガーダ 端部 | 水平軸まわり曲げモーメント | $2.081 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{mm}$ |
| | | 鉛直軸まわり曲げモーメント | $3.412 \times 10^8 \text{ N} \cdot \text{mm}$ |
| | | ねじりモーメント | $4.210 \times 10^8 \text{ N} \cdot \text{mm}$ |
| | | 水平方向せん断力 | $4.840 \times 10^5 \text{ N}$ |
| | | 鉛直方向せん断力 | $2.437 \times 10^6 \text{ N}$ |
| 浮上り防止装置 の評価 | ブリッジ浮上り防止装置つめ1 個あたりに作用する浮上り力 | 0.0 N | |
| | トロリ浮上り防止装置つめ1個 あたりに作用する浮上り力 | $69.0 \times 10^3 \text{ N}$ | |
| レールの評価 | 走行車輪1車輪当たりの水平方 向荷重 | $399.5 \times 10^3 \text{ N}$ | |
| | 走行車輪1車輪当たりの鉛直方 向荷重 | 0.0 N | |
| | 横行車輪1車輪当たりの水平方 向荷重 | $675.2 \times 10^3 \text{ N}$ | |
| | 横行車輪1車輪当たりの鉛直方 向荷重 | $275.9 \times 10^3 \text{ N}$ | |

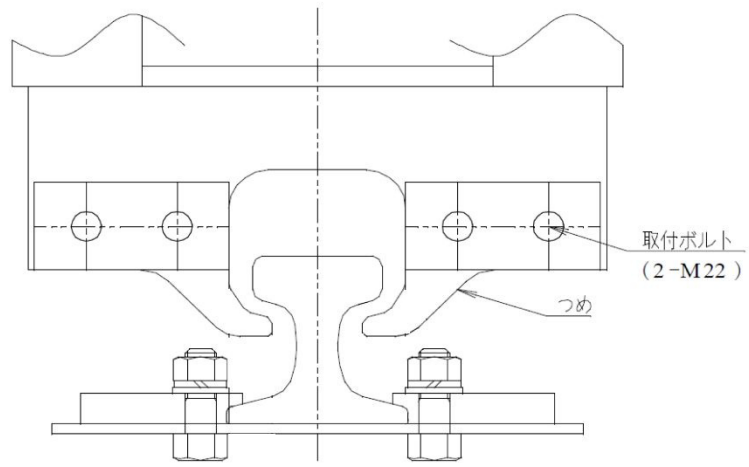


図 4-2 浮上り防止装置

4.5.1 応力の計算方法

4.5.1.1 クレーン本体（ガーダ）の応力

(1) 曲げ応力

$$\sigma_V = \frac{M_1}{Z_x}$$

$$\sigma_H = \frac{M_2}{Z_y}$$

(2) せん断応力

$$\tau_V = \frac{F_1}{H_1 \times (t_{w1} + t_{w2})}$$

$$\tau_H = \frac{F_2}{B_1 \times t_{f1} + B_2 \times t_{f2}}$$

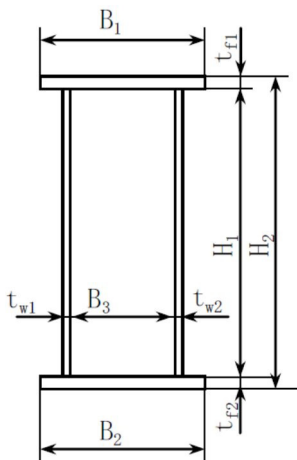
$$\tau_J = \frac{T}{2 \left(B_3 + \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} \right) \left(H_1 + \frac{t_{f1} + t_{f2}}{2} \right) t_{w1}}$$

(3) 組合せ応力

$$\sigma_1 = \sqrt{\sigma_V^2 + \sigma_H^2}$$

$$\tau_1 = \sqrt{\tau_V^2 + \tau_H^2 + \tau_J^2}$$

$$\sigma_{c1} = (\text{補正係数A}) \times \sqrt{\sigma_1^2 + 3 \times \tau_1^2}$$



4.5.1.2 浮上り防止装置の応力

(1) 浮上り防止装置つめ 1 個当たりの荷重

$$P_2 = \frac{P_1}{4}$$

(2) 浮上り防止装置つめに生じる応力

① つめにかかる P_2 による曲げモーメント

$$M_3 = P_2 \times \ell_1$$

② 曲げ応力

$$\sigma_2 = \frac{M_3}{Z_1}$$

③ せん断応力

$$\tau_2 = \frac{P_2}{A_1}$$

④ 組合せ応力

$$\sigma_{c2} = \sqrt{\sigma_2^2 + 3 \times \tau_2^2}$$

(3) 浮上り防止装置取付ボルトに生じる応力

$$\tau_{b1} = \frac{P_2}{A_{b1}}$$

4.5.1.3 走行レールの応力

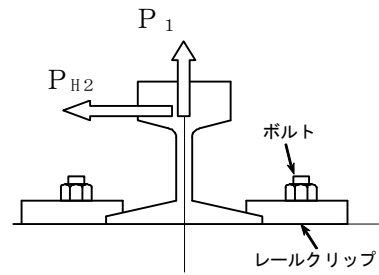
(1) 取付ボルトに生じる応力

①引張応力

$$\sigma_{t1} = \frac{P_1}{A_{b2} \times n_1}$$

②せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{P_{H1}}{A_{b2} \times n_2}$$

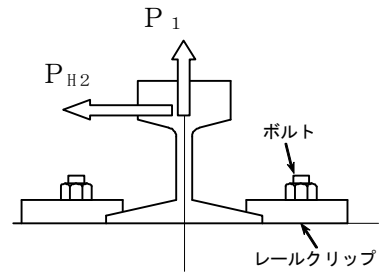


4.5.1.4 横行レールの応力

(1) 取付ボルトに生じる応力

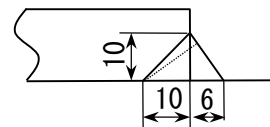
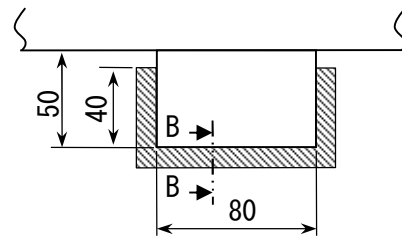
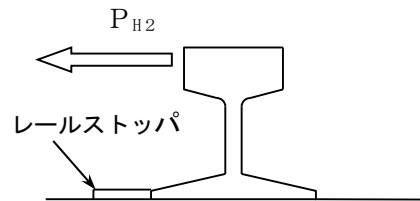
①引張応力

$$\sigma_{t2} = \frac{P_1}{A_{b3} \times n_3}$$



(2) レールストップ溶接部に生じる応力

$$\tau_s = \frac{P_{H2}}{A_s \times n_s}$$



断面 BB

4.6 計算条件

応力解析に用いる自重及び荷重は、本計算書の【DCクレーンの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4.7 応力の評価

4.7.1 クレーン本体（ガーダ）の応力評価

4.5.1.1(3)項で求めたガーダの組合せ応力 σ_{comb} は下記許容引張応力 f_t 以下であること。

| | 許容組合せ応力 f_t |
|-----|-----------------------------|
| 計算式 | $\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$ |

4.7.2 浮上り防止装置の応力評価

4.5.1.2(2)項で求めた浮上り防止装置つめに生じる組合せ応力 σ は下記許容引張応力 f_t 以下であること。

4.5.1.2(3)項で求めた浮上り防止装置取付ボルトに生じるせん断応力 τ_2 は下記許容せん断応力 f_s 以下であること。

| | 許容組合せ応力 f_t | 許容せん断応力 f_s |
|-----|-----------------------------|--|
| 計算式 | $\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$ | $\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ |

4.7.3 走行レールの応力評価

4.5.1.3(1)項で求めた走行レール取付ボルトに生じるせん断応力 τ_b は下記許容せん断応力 f_s 以下であること。

| | 許容せん断応力 f_s |
|-----|--|
| 計算式 | $\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ |

4.7.4 横行レールの応力評価

4.5.1.4(1)項で求めた横行レール取付ボルトに生じる引張応力 σ_t は下記許容引張応力 f_t 以下であること。

4.5.1.4(2)項で求めた横行レールレールストップ溶接部に生じるせん断応力 τ_s は下記許容せん断応力 f_s 以下であること。

| | 許容引張応力 f_t | 許容せん断応力 f_s |
|-----|-----------------------------|--|
| 計算式 | $\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$ | $\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ |

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

DC建屋クレーンの設計基準対象施設としての耐震評価結果を次項以降【DC建屋クレーンの耐震性についての計算結果】に示す。発生値は、許容応力を満足しており、耐震性を有することを確認した。

【DC建屋クレーンの耐震性についての計算結果】

機器要目

クレーン本体

| | B_1 (mm) | B_2 (mm) | B_3 (mm) | H_1 (mm) | H_2 (mm) | t_{f1} (mm) | t_{f2} (mm) | t_{w1} (mm) | t_{w2} (mm) |
|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| ガーダ中央部 | | | | | | | | | |
| ガーダ端部 | | | | | | | | | |

| | Z_x (mm ³) | Z_y (mm ³) | M_1 (N・mm) | M_2 (N・mm) | T (N・mm) | F_1 (N) | F_2 (N) |
|--------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|---------------|--------------|--------------|
| ガーダ中央部 | | | | | | | |
| ガーダ端部 | | | | | | | |

27

トロリ浮上り防止装置

| A_1 (mm ²) | A_{b1} (mm ²) | ℓ_1 (mm) | P_1 (N) | P_2 (N) | Z_1 (mm ³) |
|-----------------------------|--------------------------------|------------------|--------------|--------------|-----------------------------|
| | | | | | |

レール

| A_{b2} (mm ²) | A_{b3} (mm ²) | A_s (mm ²) | n_1 | n_2 | n_3 | n_s | P_{H1} (N) | P_{V1} (N) | P_{H2} (N) | P_{V2} (N) |
|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | | | | | | | | | |

許容応力

| クレーン本体 | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ガーダ中央部 | | ガーダ端部 | |
| Sy (MPa) | Su (MPa) | Sy (MPa) | Su (MPa) |
| 245 | 400 | 245 | 400 |

| ブリッジ浮き上がり防止装置 | | | | トロリ浮き上がり防止装置 | | | |
|---------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| つめ | | 取付ボルト | | つめ | | 取付ボルト | |
| Sy (MPa) | Su (MPa) | Sy (MPa) | Su (MPa) | Sy (MPa) | Su (MPa) | Sy (MPa) | Su (MPa) |
| 315 | 490 | 785 | 930 | 315 | 490 | 785 | 930 |

| 走行レール | | 横行レール | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 取付ボルト | | 溶接部 | | 取付ボルト | |
| Sy (MPa) | Su (MPa) | Sy (MPa) | Su (MPa) | Sy (MPa) | Su (MPa) |
| 785 | 930 | 245 | 400 | 785 | 930 |

結論

| 評価部位 | | 材料 | 応力 | 算出応力 | 許容応力 |
|------------|-------|----|-------------------|------|------|
| ガーダ | 中央 | | 組合せ σ_{c1} | 242 | 279 |
| | 端部 | | 組合せ σ_{c1} | 278 | 279 |
| ブリッジ浮上防止装置 | つめ | | 組合せ σ_{c2} | —*1 | 342 |
| | 取付ボルト | | せん断 τ_{b1} | —*1 | 375 |
| トロリ浮上防止装置 | つめ | | 組合せ σ_{c2} | 185 | 342 |
| | 取付ボルト | | せん断 τ_{b1} | 182 | 375 |
| 走行レール | 取付ボルト | | せん断 τ_{b2} | 295 | 375 |
| 横行レール | 溶接部 | | せん断 τ_s | 154 | 160 |
| | 取付ボルト | | 引張 σ_{t2} | 440 | 487 |

すべて許容応力以下です。

注記 *1: ブリッジ側のつめとレールの隙間が 12mm であり, 地震応答解析の結果, ブリッジ側の浮上りは最大で 10.1mm であり, 浮上り量が 12mm 未満であることから, つめ及び取付ボルトに作用する荷重はない。