

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機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	補足-60 改 14
提出年月日	平成 30 年 3 月 6 日

東海第二発電所

工事計画に係る説明資料

(V-1-1-2-2 津波への配慮に関する説明書)

平成 30 年 3 月

日本原子力発電株式会社

改定履歴

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改0	H30.2.5	<ul style="list-style-type: none"> ・新規制定 ・「6.1.3 止水機構に関する補足説明」を新規作成し、追加
改1	H30.2.7	<ul style="list-style-type: none"> ・「1.1 潮位観測記録の考え方について」及び「1.3 港湾内の局所的な海面の励起について」を新規作成し、追加
改2	H30.2.8	<ul style="list-style-type: none"> ・改0の「6.1.3 止水機構に関する補足説明」を改定
改3	H30.2.9	<ul style="list-style-type: none"> ・改1に、「1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討」を新規作成し、追加（「1.1 潮位観測記録の考え方について」及び「1.3 港湾内の局所的な海面の励起について」は、変更なし）
改4	H30.2.13	<ul style="list-style-type: none"> ・改3の内、「1.1 潮位観測記録の考え方について」及び「1.3 港湾内の局所的な海面の励起について」を改定（「1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討」は、変更なし）
改5	H30.2.13	<ul style="list-style-type: none"> ・「5.11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」及び「5.17 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況について」を新規作成し、追加
改6	H30.2.15	<ul style="list-style-type: none"> ・「5.7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について」及び「5.19 津波荷重の算出における高潮の考慮について」を新規作成し、追加
改7	H30.2.19	<ul style="list-style-type: none"> ・改6に、「5.1 地震と津波の組合せで考慮する荷重について」を新規作成し、追加（「5.7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について」及び「5.19 津波荷重の算出における高潮の考慮について」は、変更なし）
改8	H30.2.19	<ul style="list-style-type: none"> ・「5.9 浸水防護施設の評価に係る地盤物性値及び地質構造について」及び「5.14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁止水シールについて」を新規作成し、追加
改9	H30.2.22	<ul style="list-style-type: none"> ・改8の「5.9 浸水防護施設の評価に係る地盤物性値及び地質構造について」を改定（「5.14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁止水シールについて」は、変更なし）
改10	H30.2.23	<ul style="list-style-type: none"> ・改2の「6.1.3 止水機構に関する補足説明」を改定
改11	H30.2.27	<ul style="list-style-type: none"> ・「4.1 設計に用いる遡上波の流速について」及び「5.4 津波波力の選定に用いた規格・基準類の適用性について」を新規作成し、追加
改12	H30.3.1	<ul style="list-style-type: none"> ・「1.2 遡上・浸水域の評価の考え方について」、「1.4 津波シミュレーションにおける解析モデルについて」、「4.2 漂流物による影響確認について」、「5.2 耐津波設計における現場確認プロセスについて」及び「5.6 浸水量評価について」を新規作成し、追加 ・改4の内、「1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討」を改定
改13	H30.3.6	<ul style="list-style-type: none"> ・改12の内、「1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討」を改定
改14	H30.3.6	<ul style="list-style-type: none"> ・「5.11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」のうち、「5.11.5 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁」を新規作成 ・「5.14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁止水シールについて」を改定

下線は、今回提出資料を示す。

目 次

1. 入力津波の評価
 - 1.1 潮位観測記録の考え方について[改 4 H30. 2. 13]
 - 1.2 遡上・浸水域の評価の考え方について[改 12 H30. 3. 1]
 - 1.3 港湾内の局所的な海面の励起について[改 4 H30. 2. 13]
 - 1.4 津波シミュレーションにおける解析モデルについて[改 12 H30. 3. 1]
 - 1.5 入力津波のパラメータスタディの考慮について
 - 1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討[改 13 H30. 3. 6]
2. 津波防護対象設備
 - 2.1 津波防護対象設備の選定及び配置について
3. 取水性に関する考慮事項
 - 3.1 砂移動による影響確認について
 - 3.2 海水ポンプの波力に対する強度評価について
 - 3.3 電源喪失による除塵装置の機能喪失に伴う取水性の影響について
4. 漂流物に関する考慮事項
 - 4.1 設計に用いる遡上波の流速について[改 11 H30. 2. 27]
 - 4.2 漂流物による影響確認について[改 12 H30. 3. 1]
 - 4.3 漂流物衝突力について
5. 設計における考慮事項
 - 5.1 地震と津波の組合せで考慮する荷重について[改 7 H30. 2. 19]
 - 5.2 耐津波設計における現場確認プロセスについて[改 12 H30. 3. 1]
 - 5.3 強度計算に用いた規格・基準について
 - 5.4 津波波力の選定に用いた規格・基準類の適用性について[改 11 H30. 2. 27]
 - 5.5 津波防護施設のアンカーの設計に用いる規格・基準類の適用性について
 - 5.6 浸水量評価について[改 12 H30. 3. 1]
 - 5.7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について[改 7 H30. 2. 19]
 - 5.8 浸水防護に関する施設の機能設計・構造設計に係る許容限界について
 - 5.9 浸水防護施設の評価に係る地盤物性値及び地質構造について[改 9 H30. 2. 22]
 - 5.10 浸水防護施設の強度計算における津波荷重、余震荷重及び衝突荷重の組合せについて[改 5 H30. 2. 13]
 - 5.11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について[改 14 H30. 3. 6]
 - 5.12 浸水防護施設の評価における衝突荷重、風荷重及び積雪荷重について
 - 5.13 スロッシングによる貯留堰貯水量に対する影響評価について
 - 5.14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁シール材について[改 14 H30. 3. 6]
 - 5.15 東海発電所の取放水路の埋戻の施工管理要領について
 - 5.16 地殻変動後の基準津波襲来時における海水ポンプの取水性への影響について
 - 5.17 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況について[改 5 H30. 2. 13]
 - 5.18 津波に対する止水性能を有する施設の評価について

[]内は、当該箇所を提出
(最新)したときの改訂を示
す。

5.19 津波荷重の算出における高潮の考慮について[改 7 H30. 2. 19]

6. 浸水防護施設に関する補足資料

6.1 鋼製防護壁に関する補足説明

6.1.1 鋼製防護壁の設計に関する補足説明

6.1.2 鋼製防護壁アンカーに関する補足説明

6.1.3 止水機構に関する補足説明[改 10 H30. 2. 23]

6.2 鉄筋コンクリート防潮壁に関する補足説明

6.2.1 鉄筋コンクリート防潮壁の設計に関する補足説明

6.2.2 フラップゲートに関する補足説明

6.3 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）に関する補足説明

6.3.1 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の設計に関する補足説明

6.4 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁に関する補足説明

6.4.1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の設計に関する補足説明

6.5 防潮扉に関する補足説明

6.5.1 防潮扉の設計に関する補足説明

6.6 放水路ゲートに関する補足説明

6.6.1 放水路ゲートの設計に関する補足説明

6.7 構内排水路逆流防止設備に関する補足説明

6.7.1 構内排水路逆流防止設備の設計に関する補足説明

6.8 貯留堰に関する補足説明

6.8.1 貯留堰の設計に関する補足説明

6.8.2 貯留堰取付護岸に関する補足説明

6.9 浸水防護設備に関する補足説明

6.9.1 浸水防止蓋，水密ハッチ，水密扉，逆止弁の設計に関する補足説明

6.9.2 逆止弁の漏えい試験について

6.9.3 逆止弁を構成する各部材の評価について

6.9.4 津波荷重（突き上げ）の強度評価における鉛直方向荷重の考え方について

6.10 津波監視設備に関する補足説明

6.10.1 津波監視カメラの設計に関する補足説明

6.10.2 取水ピット水位計及び潮位計の設計に関する補足説明

6.10.3 加振試験の条件について

6.10.4 津波監視設備の設備構成及び電源構成について

6.11 耐震計算における材料物性値のばらつきの影響に関する補足説明

6.12 止水ジョイント部の相対変位量に関する補足説明

6.13 止水ジョイント部の漂流物対策に関する補足説明

[]内は、当該箇所を提出
(最新)したときの改訂を示
す。

5.11.5 防潮堤（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配置図を図 5.11.5-1 に、正面図及び断面図を図 5.11.5-2 及び図 5.11.5-3 に示す。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、延長約 1.5 km、直径 2.0 m 及び 2.5 m 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する。また、岩盤は南側から北側に傾斜しており、北東部で深くなっている。鋼管杭径は津波波力に応じて、海に面する東側で直径 2.5 m とし、それ以外の北側と南側で直径 2.0 m とする。

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断面方向となる。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、弱軸断面方向となる。

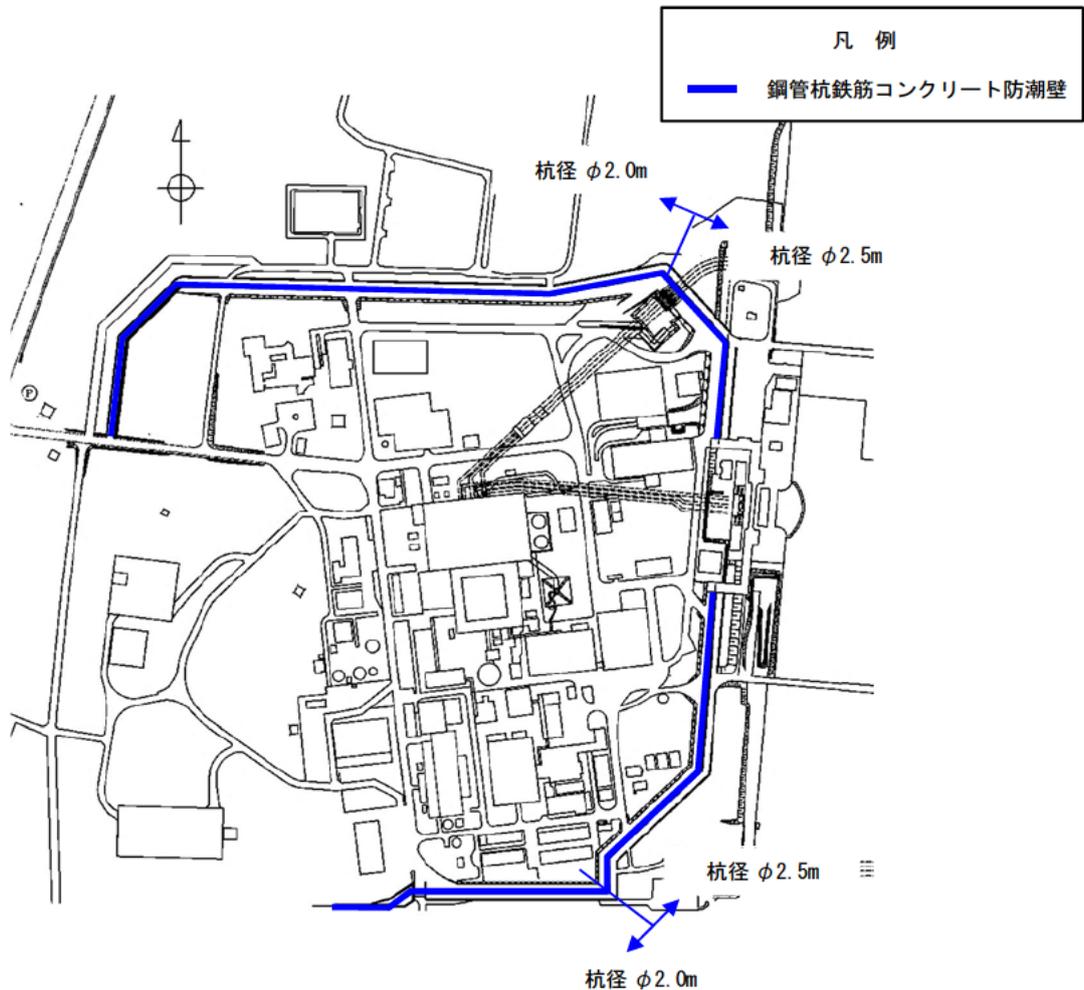


図 5.11.5-1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の平面配置図

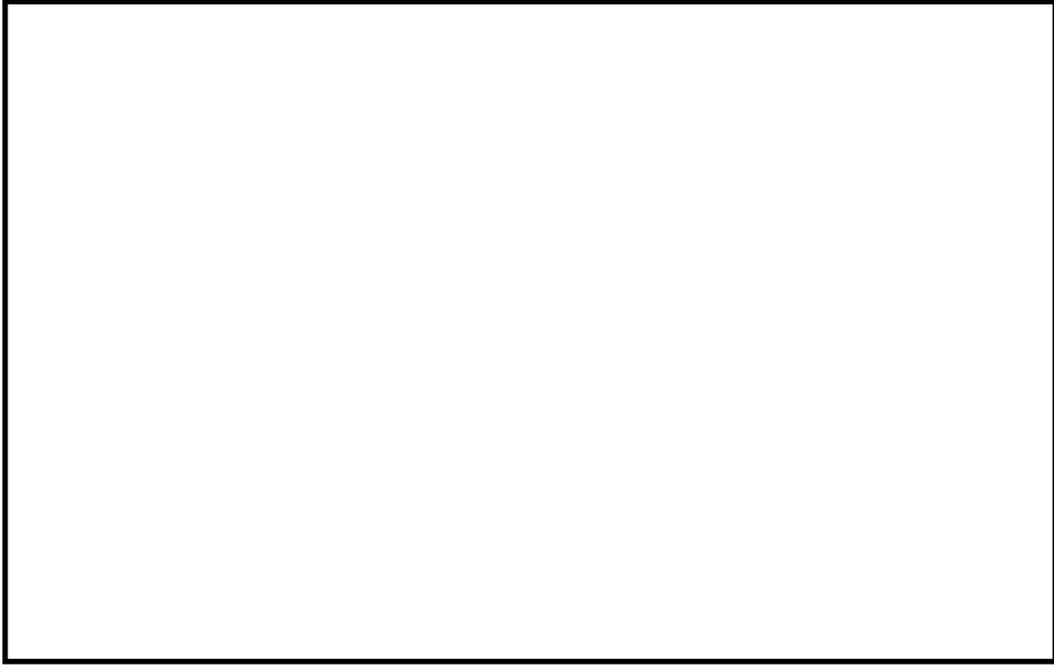


図 5.11.5-2 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁 正面図及び断面図
(鋼管杭 ϕ 2500 標準断面)

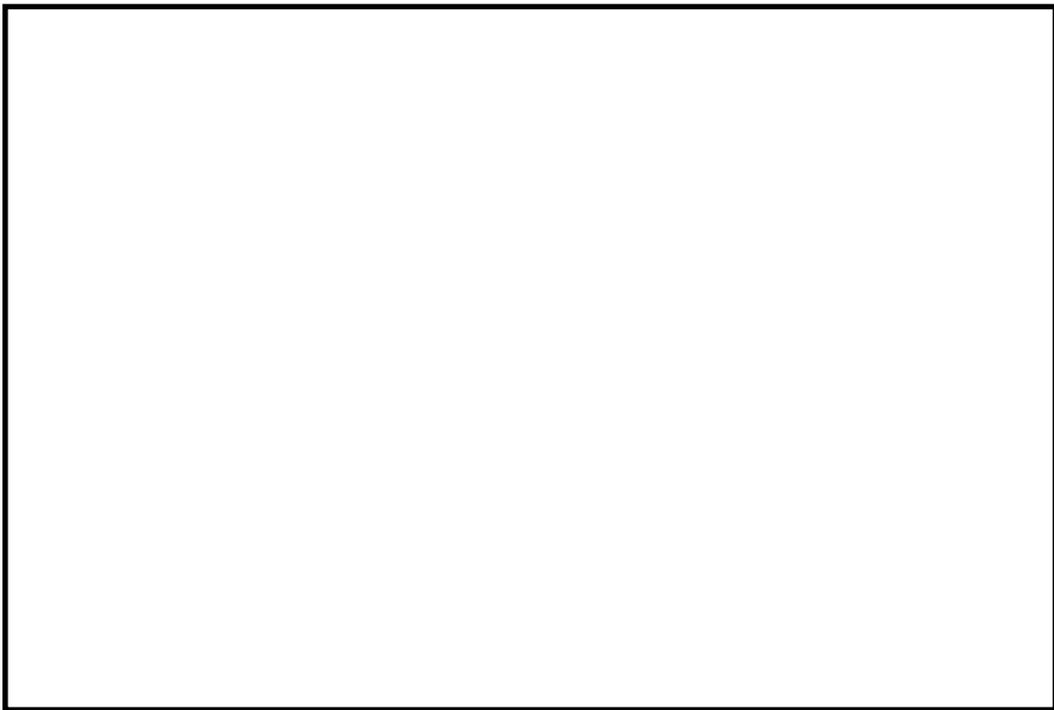


図 5.11.5-3 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁 正面図及び断面図
(鋼管杭 ϕ 2000 標準断面)

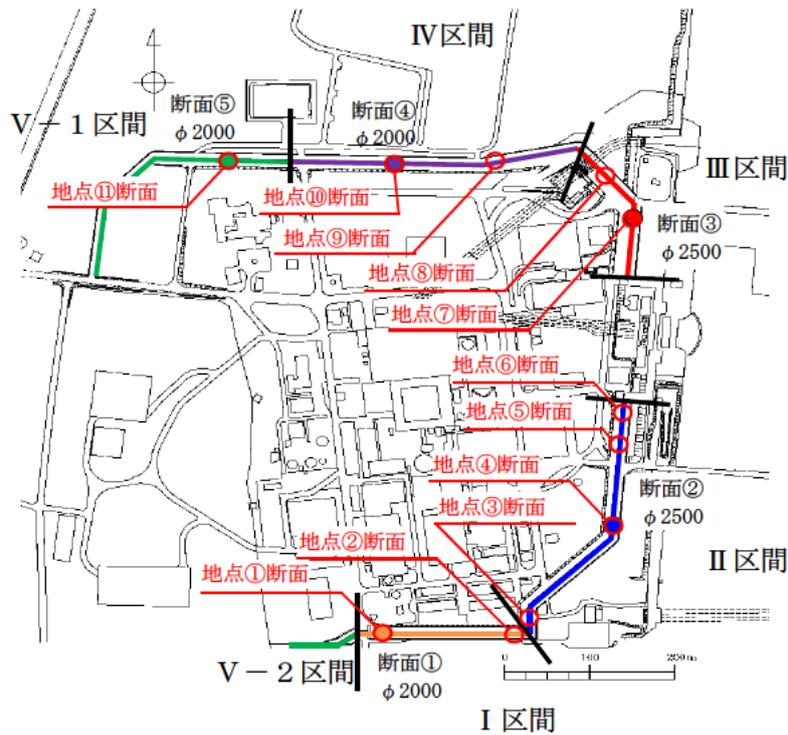
(1) 区間の特徴

防潮堤設置区間は、第四紀層の厚さと津波高さに応じて、大きく 5 区間に分類することができる。第四紀層が比較的薄く、津波高さの低い I 区間、第四紀層が比較的薄く、津波高さが高い II 区間、第四紀層が厚く、津波高さの高い III 区間、第四紀層が厚く、津波高さが比較的低い IV 区間及び岩盤上面が傾斜する V 区間に分類できる。鋼管杭径は津波高さに応じて、津波高さが低いところは $\phi 2000$ 、津波高さが高いところは $\phi 2500$ とした。

区間の特徴を表 5.11.5-1 に、評価候補断面の平面配置図を図 5.11.5-4 に、評価候補断面の地質縦断図を図 5.11.5-5 に示す。各区間での地盤条件や津波の影響を考慮し、図 5.11.5-4 図や図 5.11.5-5 のように評価候補断面を選定し、評価対象断面の検討を実施する。

表 5.11.5-1 区間の特徴

区間	鋼管杭径 (mm)	津波高さ	周辺地質
I 区間	$\phi 2000$	比較的津波高さが低い。	第四紀層が薄く堆積し、岩盤上面標高が高い。
II 区間	$\phi 2500$	比較的津波高さが高い。	第四紀層が薄く堆積し、岩盤上面標高が高い。
III 区間	$\phi 2500$	比較的津波高さが高い。	第四紀層が厚く堆積し、岩盤上面標高が低い。
IV 区間	$\phi 2000$	比較的津波高さが低い。	第四紀層が厚く堆積し、岩盤上面標高が低い。
V 区間	$\phi 2000$	比較的津波高さが低い。	岩盤上面が傾斜しており、40 m 程度の標高差が存在する。



凡例	区間	鋼管杭径 (mm)	第四紀層の層厚(岩盤上面標高)
—	I 区間	φ 2000	一定の厚さで薄い(高い)。
—	II 区間	φ 2500	一定の厚さで薄い(高い)。
—	III 区間	φ 2500	一定の厚さで厚い(低い)。
—	IV 区間	φ 2000	一定の厚さで厚い(低い)。
—	V 区間	φ 2000	一定ではない(傾斜)。

図 5.11.5-4 評価候補断面の平面配置図

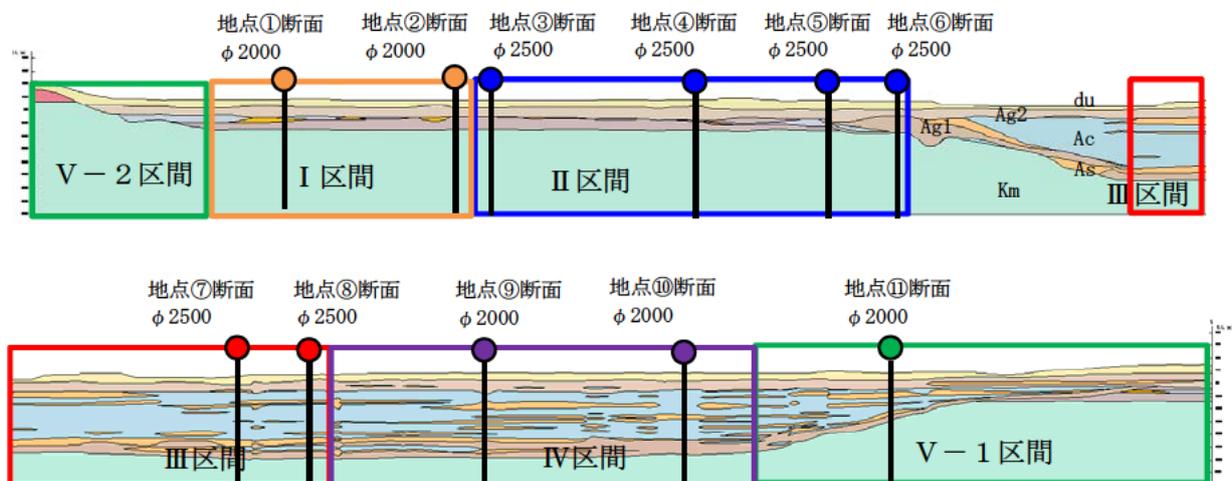


図 5.11.5-5 評価候補断面の地質縦断図

(2) 評価対象断面の選定

評価対象断面の選定は、下部工と上部工、それぞれに対して実施した。

a. 下部工に対する断面選定

下部工に対しては、下部工である鋼管杭に影響を与える杭先端を基準とした相対変位に着目し、各区間において評価対象断面を選定する。

(a) I 区間

I 区間は敷地南側に位置し、基準津波高さが T.P. +16.8 m と想定されている箇所である。この区間は、第四紀層が薄く、岩盤上面標高が比較的高く、T.P. -15.0 m 付近に分布する。第四紀層は概ね水平成層をなしているが、洪積粘性土である D2c-3 層が Ag2 層と D2g-3 層間に分布する。評価候補断面としては、D2c-3 層が最も厚くなる地点①断面と D2c-3 層が存在しない地点②断面を対象とし、1次元地震応答解析を実施した。

I 区間の評価対象断面選定結果を表 5.11.5-2 に、I 区間の評価候補断面における地表面最大変位発生時刻の変位分布を図 5.11.5-6 に示す。

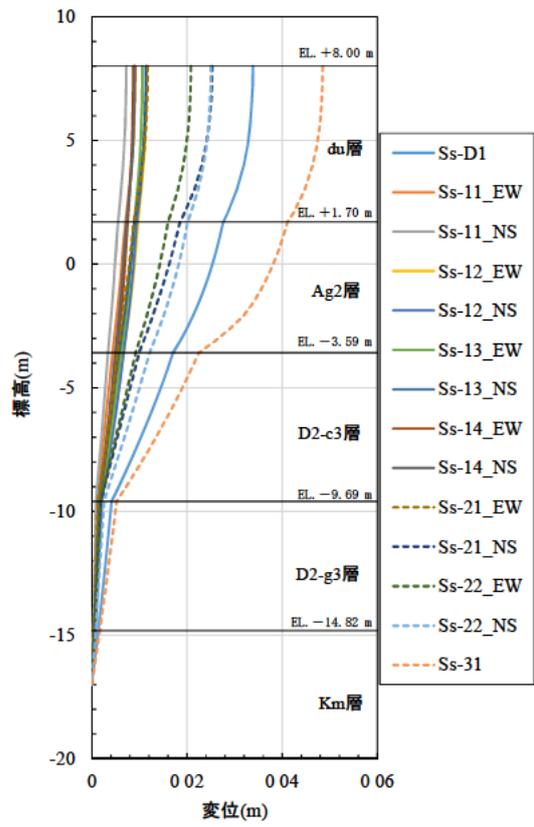
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、津波による防潮壁全面地盤の洗掘やボイリングを防止するため、du 層はセメント改良を行う設計としている。耐震評価における鋼管杭への影響を考えると、du 層は地盤改良対象層となり、原地盤よりも変位が抑えられることから、Ag2 層上部の変位に着目して断面選定を行った。

I 区間においては、地点①断面の Ag2 層上部の変位が地点②断面よりも大きいことから、地点①断面を評価対象断面に選定する。

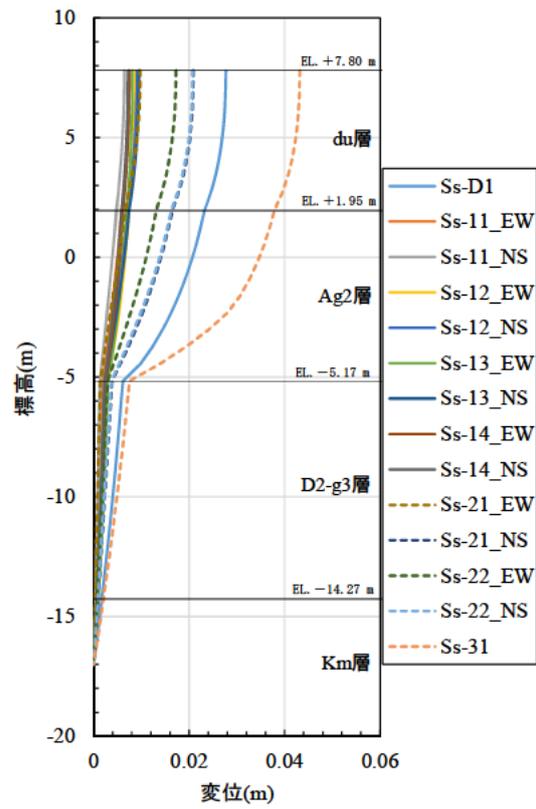
表 5.11.5-2 I 区間の評価対象断面選定結果

	Ag2 層上部の変位 (m)	評価断面	選定結果
地点①断面	0.041 (S _s -31)	○	Ag2 層上部の変位が大きい ため、評価対象断面に選定する。 [断面①]
地点②断面	0.037 (S _s -31)	—	地点①断面に比べて、 Ag2 層上部の変位が小さい ため、評価対象断面に選定しない。

注記 () 内は最大値が発生した地震動名を示す。



地点①断面



地点②断面

図 5. 11. 5-6 I 区間の評価候補断面における地表面最大変位発生時刻の変位分布

(b) II 区間

II 区間は汀線沿いの敷地南側に位置し、基準津波高さが T.P. +17.9 m と想定されている箇所である。この区間は I 区間と同様に第四紀層が薄く、岩盤上面標高が比較的高いが、ポンプ室南側では北側に向けて岩盤が傾斜している。評価候補断面としては、D2c-3 層が分布しない地点③断面、D2c-3 層が僅かに分布する地点④断面、D2c-3 層が区間内で最も厚く堆積する地点⑤断面、Ag1 層が最も厚く堆積する地点⑥断面を対象として、1次元地震応答解析を実施した。

II 区間の評価対象断面選定結果を表 5.11.5-3 に、II 区間の評価候補断面における地表面最大変位発生時刻の変位分布を図 5.11.5-7 に示す。

II 区間においては、Ag2 層上部の変位が最も大きい地点④断面を評価対象断面に選定する。

表 5.11.5-3 II 区間の評価対象断面選定結果

	Ag2 層上部の変位 (m)	評価断面	選定結果
地点③断面	0.036 (S _s -31)	—	Ag2 層上部の変位が地点④断面に比べて小さいため、評価対象断面としない。
地点④断面	0.056 (S _s -31)	○	Ag2 層上部の変位が最も大きいため、評価対象断面に選定する。 [断面②]
地点⑤断面	0.050 (S _s -31)	—	Ag2 層上部の変位が地点④断面に比べて小さいため、評価対象断面としない。
地点⑥断面	0.037 (S _s -31)	—	Ag2 層上部の変位が地点④断面に比べて小さいため、評価対象断面としない。

注記 () 内は最大値が発生した地震動名を示す。

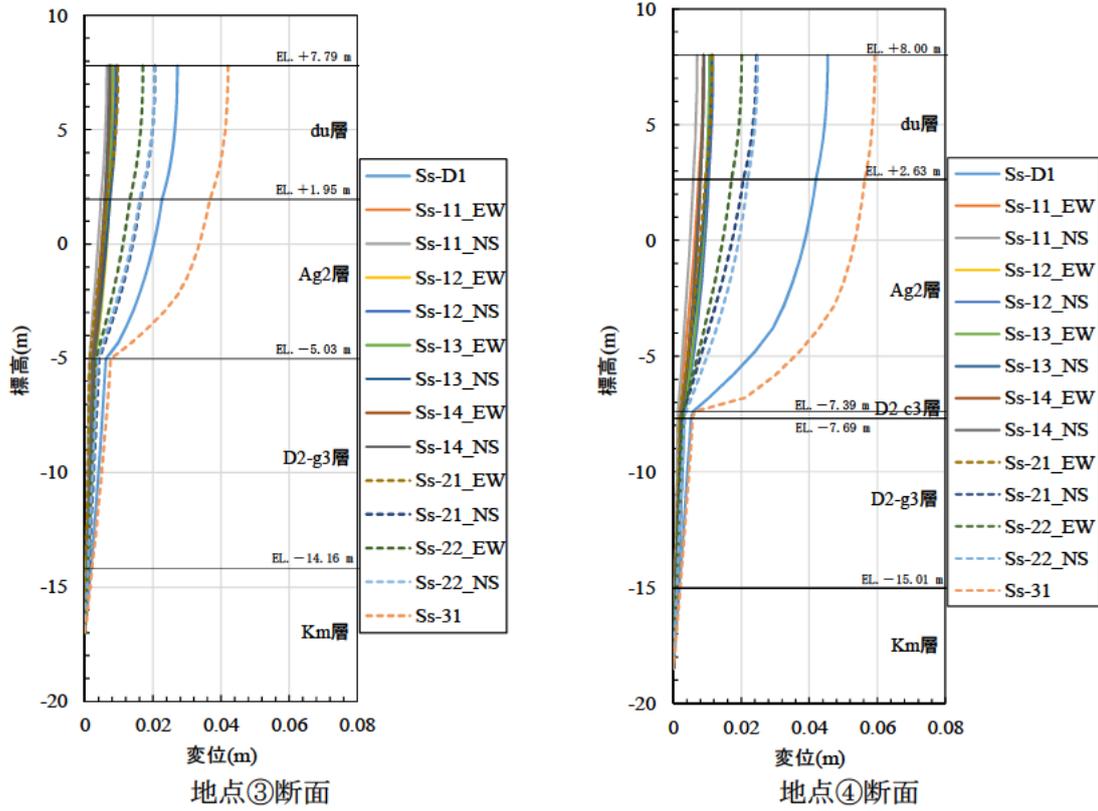


図 5.11.5-7 (1) II 区間の評価候補断面における地表面最大変位発生時刻の変位分布

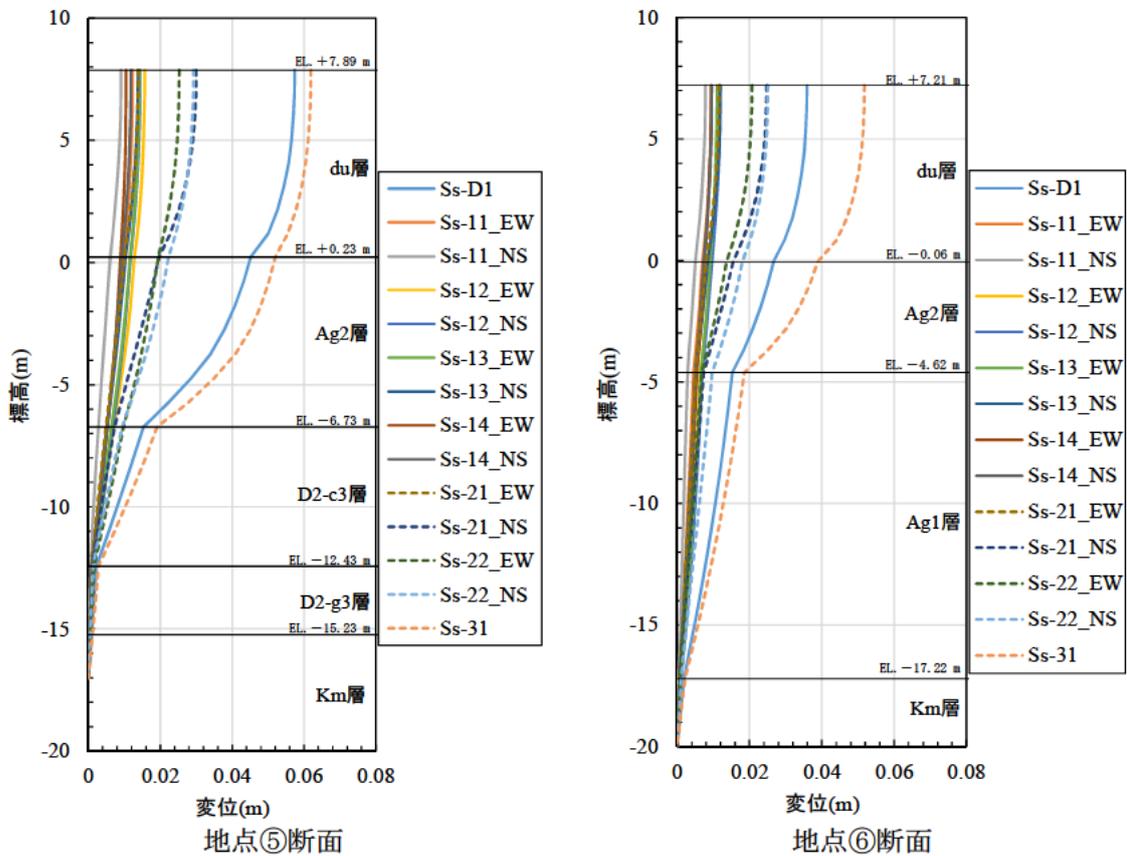


図 5.11.5-7 (2) II 区間の評価候補断面における地表面最大変位発生時刻の変位分布

(c) III区間

III区間は、汀線沿いの敷地北側に位置し、基準津波高さがT.P. +17.9 mと想定される箇所である。この区間は、第四紀層が厚く堆積する箇所であり、岩盤がT.P. -50.0 mからT.P. -60.0 m以深に分布する箇所である。評価候補断面としては、液状化検討対象層となるAs層及びAg1層が厚く堆積する地点⑦断面、過圧密粘土層であるAc層が最も厚く堆積する地点⑧断面を対象として、1次元地震応答解析を実施した。

III区間の評価対象断面選定結果を表5.11.5-4に、III区間の評価候補断面における地表面最大変位発生時刻の変位分布を図5.11.5-8に示す。

II区間およびIII区間はいずれも基準津波高さがT.P. +17.9 mの区間であるが、II区間の地盤高さがT.P. +8.0 mに対して、III区間はT.P. +4.0~6.7 mであり、最も津波高さが大きい区間である。鋼管杭の評価においては、地震荷重よりも津波荷重が支配的であることから、III区間においては津波波圧に着目して断面選定を行った。

表5.11.5-5に、構造成立性検討で実施した地点⑦断面の曲げ照査結果の安全率を示す。表5.11.5-5に示すように、地震時よりもT.P. +24.0 m津波時のほうが鋼管杭の曲げ照査における安全率が小さくなる。津波波圧は、地点⑧断面と地点⑦断面の地盤高さの違いにより、津波波圧が地点⑧断面よりも地点⑦断面のほうが大きくなる。よって、III区間においては、地点⑦断面を評価対象断面とする。地点⑦断面は、液状化検討対象層となるAs層及びAg1層が厚く堆積する断面でもある。

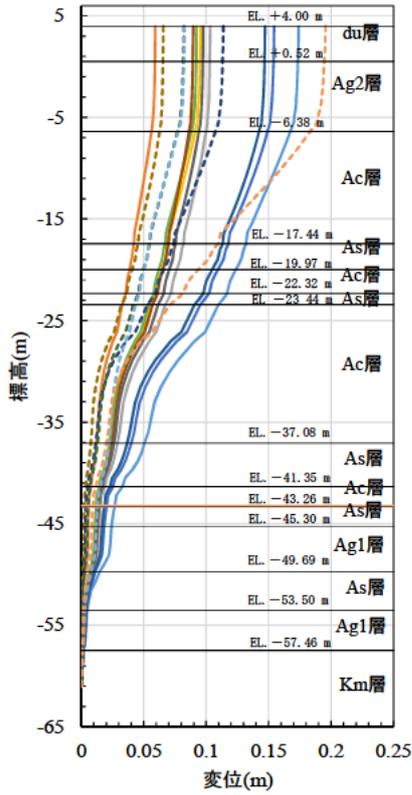
表5.11.5-4 III区間の評価対象断面選定結果

	Ag2層上部の変位 (m)	地盤高さ (津波波圧)	評価断面	選定結果
地点⑦断面	0.194 (S _s -31)	T.P. +4.0 m (303.03 kN/m ²)	○	地震の影響よりも、津波の影響が大きいため評価対象断面に選定する。 [断面③]
地点⑧断面	0.210 (S _s -D1)	T.P. +6.7 m (262.12 kN/m ²)	—	地点⑦断面と比較して、津波波圧が小さいため評価対象断面としない。

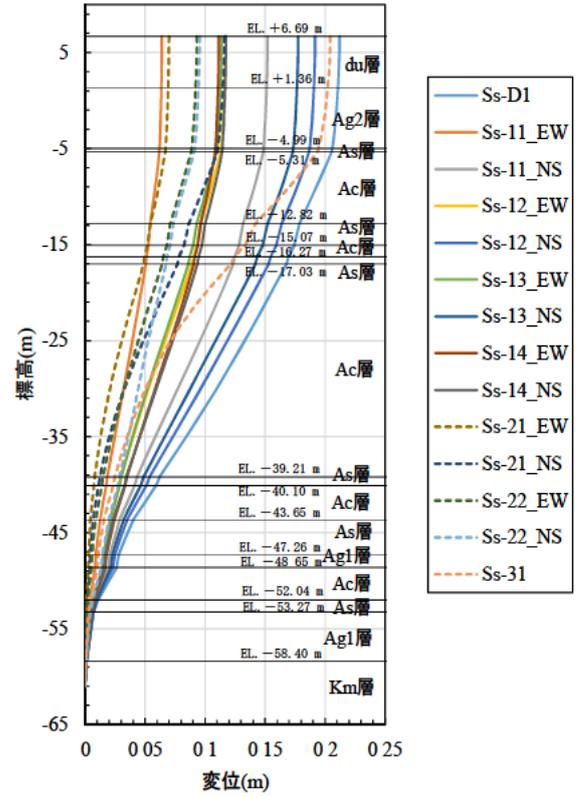
注記 () 内は最大値が発生した地震動名を示す。

表5.11.5-5 地点⑦断面の鋼管杭の曲げ照査結果の安全率 (構造成立性検討時)

検討ケース	安全率
地震時 (S _s -D1)	1.46
基準津波時	1.95
T.P. +24m 津波時	1.17
T.P. +24m 津波時+余震時	1.28



地点⑦断面



地点⑧断面

図 5. 11. 5-8 III区間の評価候補断面における地表面最大変位発生時刻の変位分布

(d) IV区間

IV区間は、敷地北側に位置し、基準津波高さがT.P. +15.4 mと想定される箇所である。この区間は、III区間と同様に第四紀層が厚く堆積する箇所であり、岩盤もT.P. -50.0 mからT.P. -60.0 m以深に分布する箇所である。評価候補断面としては、液状化検討対象層となるAs層が最も厚く堆積する地点⑨断面、過圧密粘土層であるAc層が最も厚く堆積する地点⑩断面を対象として、1次元地震応答解析を実施した。

IV区間におけるAs層及びAc層の層厚分布を図5.11.5-9に、評価対象断面選定結果を表5.11.5-6に、IV区間の評価候補断面における地表面最大変位発生時刻の変位分布を図5.11.5-10に示す。

IV区間においては、Ag2層上部の変位が最大となるのは地点⑩断面となるため、地点⑩断面を評価対象断面に選定する。

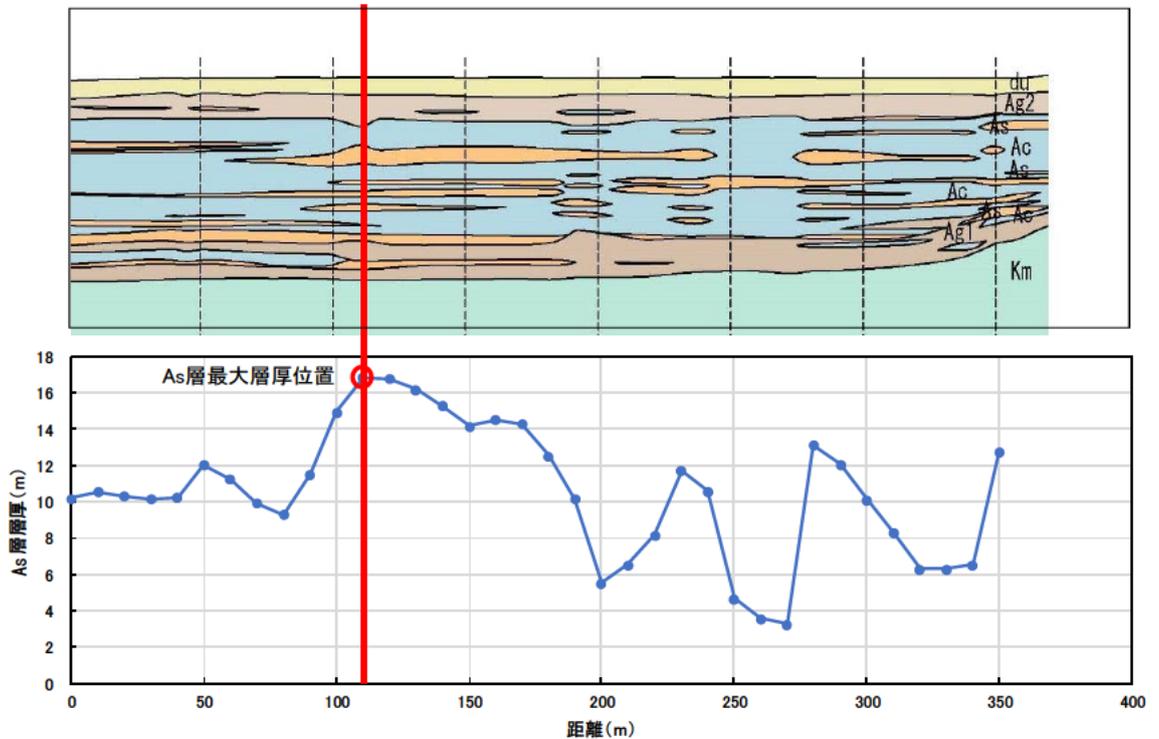


図 5.11.5-9 (1) IV区間におけるAs層の層厚分布

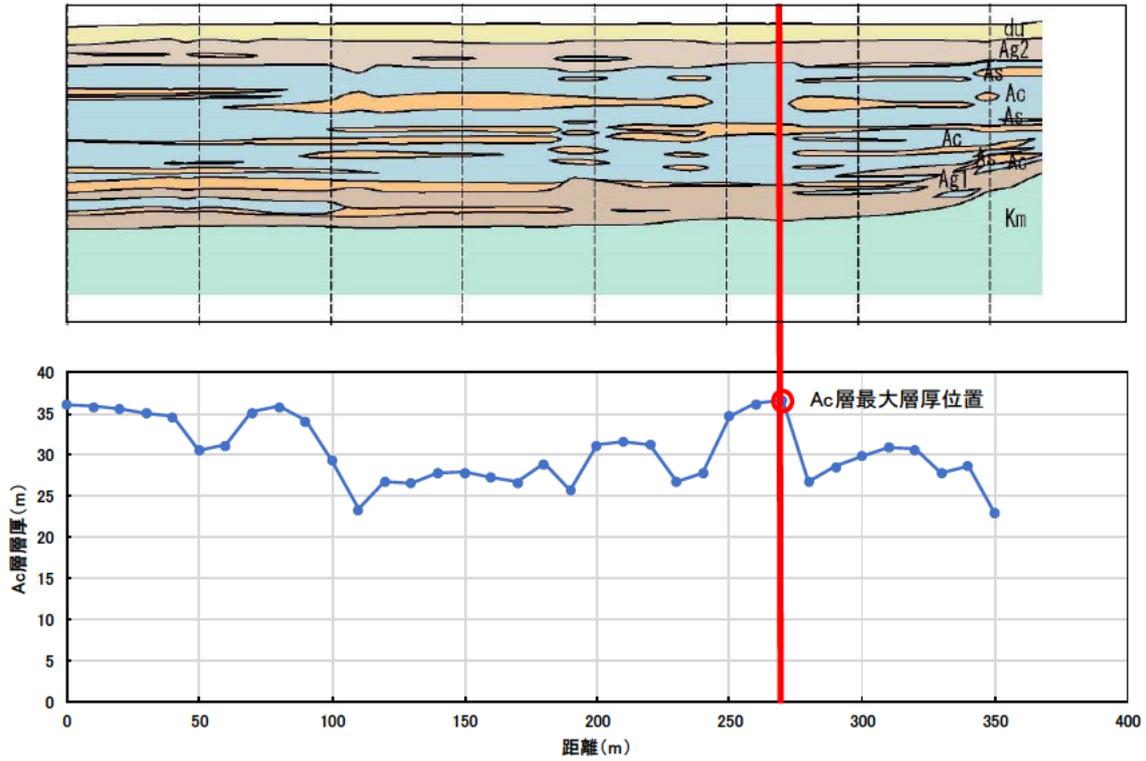


図 5.11.5-9 (2) IV区間におけるA c層の層厚分布

表 5.11.5-6 IV区間の評価対象断面選定結果

	A g 2 層上部の変位 (m)	評価断面	選定結果
地点⑨断面	0.196 (S _s -D 1)	—	A g 2 層上部の変位が 地点⑩断面と比べて小 さくなるため、評価対 象断面としない。
地点⑩断面	0.212 (S _s -D 1)	○	A g 2 層上部の変位が 大きくなるため評価対 象断面に選定する。 [断面④]

注記 () 内は最大値が発生した地震動名を示す。

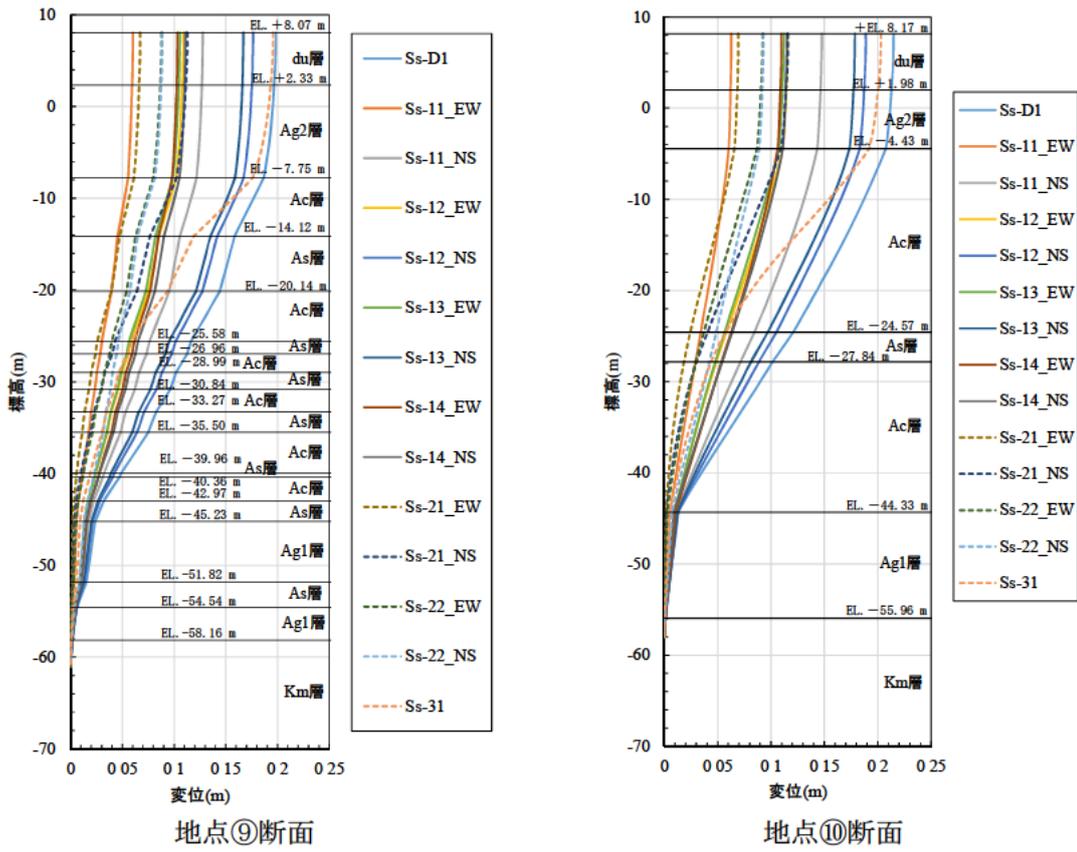


図 5. 11. 5-10 IV区間の評価候補断面における地表面最大変位発生時刻の変位分布

(e) V区間

V区間は、敷地北西側と南西側に位置し、津波高さが T.P. +16.8 m (敷地南西側) または 15.4 m (敷地北西側) と想定される箇所である。北西側のV-1区間は防潮壁が岩盤上面標高の等高線に対して斜めに横断しており、防潮壁の縦断方向断面及び横断方向断面に岩盤の傾斜が存在する。南西側のV-2区間は、防潮壁が岩盤上面標高の等高線に対して垂直に横断しており、縦断方向断面のみに岩盤の傾斜が現れる。

第四紀層の厚さは、V-1区間の方が厚く、防潮堤下部工である鋼管杭に発生する地震時の応力が大きくなることが予想されるため、V区間の検討はV-1区間を対象とする。

V区間においては、図 5.11.5-11 に示すように縦断方向及び横断方向とも岩盤上面標高の等高線が密になっており、岩盤の傾斜による影響が大きい地点①断面を評価対象断面として選定する。

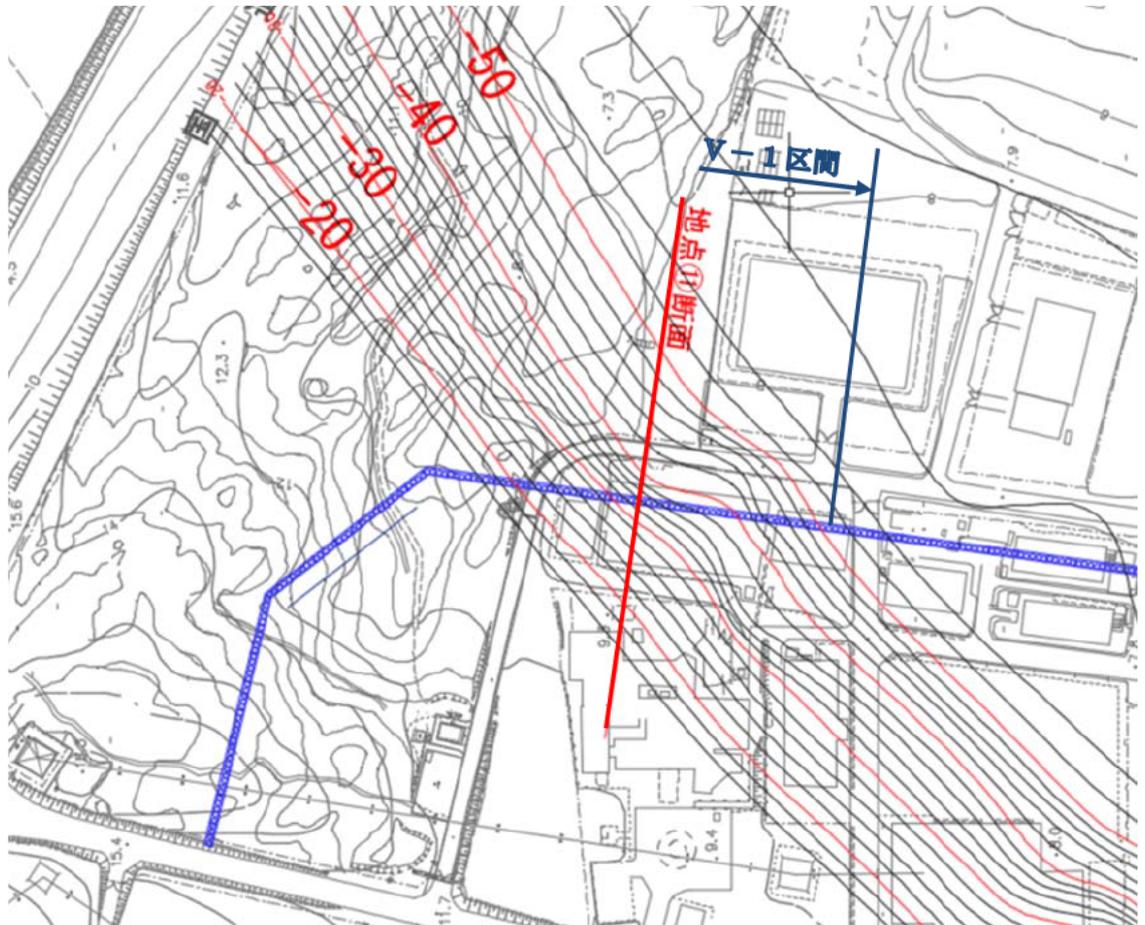


図 5.11.5-11 地点①断面における岩盤標高

b. 上部工に対する断面選定

上部工に関しては，上部工の構造別に鋼管杭径φ2000 区間（Ⅰ区間，Ⅳ区間，Ⅴ区間），鋼管杭径φ2500 区間（Ⅱ区間，Ⅲ区間）のそれぞれで評価対象断面を選定する。

上部工の設計においては，地震および津波の重畳時の評価が支配的である事から，各断面における慣性力と波圧の合計値を算定し，合計値が一番大きい断面を評価対象断面とする。慣性力の決定には各断面で実施した 1 次元地震応答解析結果における地表面最大加速度を用いた。表 5.11.5-7 および表 5.11.5-8 に各断面における慣性力を，表 5.11.5-9 および 5.11.5-10 に各断面における T.P. +24.0 m 津波時の津波波圧を，表 5.11.5-11 および表 5.11.5-12 に上部工の評価対象断面の選定結果を示す。鋼管杭径φ2000 区間では地点①断面を，鋼管杭径φ2500 区間では地点⑦断面を上部工の評価対象断面と選定する。

表 5.11.5-7 鋼管杭径φ2000 区間における慣性力

区間	地点	地表面最大加速度 (cm/s ²)	水平震度	躯体自重 (kN/m ²)	慣性力 (kN/m ²)
Ⅰ	①	823.9 (S _s -2 1 N S)	0.840	40.1	33.68
	②	746.8 (S _s -3 1)	0.762	40.1	30.56
Ⅳ	⑨	458.4 (S _s -3 1)	0.467	40.1	18.73
	⑩	457.3 (S _s -3 1)	0.466	40.1	18.69
Ⅴ	⑪	451.0 (S _s -3 1)	0.460	40.1	18.45

躯体自重 1 m²あたり：

(幅 3.0 m×長さ 11.5 m-直径 2.0 m×2.0 m×3.14/4×5 本)

×24.5 kN/m³ /長さ 11.5 m=40.1 kN/m²

注記 () 内は最大値が発生した地震動名を示す。

表 5.11.5-8 鋼管杭径 φ2500 区間における慣性力

区間	地点	地表面最大加速度 (cm/s^2)	水平震度	躯体自重 (kN/m^2)	慣性力 (kN/m^2)
II	③	755.2 (S_s-31)	0.770	42.8	32.96
	④	750.1 (S_s-21NS)	0.765	42.8	32.74
	⑤	771.6 (S_s-21NS)	0.787	42.8	33.68
	⑥	815.7 (S_s-31)	0.832	42.8	35.61
III	⑦	538.9 (S_s-31)	0.550	42.8	23.54
	⑧	488.5 (S_s-31)	0.498	42.8	21.31

躯体自重 1 m^2 あたり :

$$\begin{aligned} & (\text{幅 } 3.5 \text{ m} \times \text{長さ } 14.0 \text{ m} - \text{直径 } 2.5 \text{ m} \times 2.5 \text{ m} \times 3.14 / 4 \times 5 \text{ 本}) \times 24.5 \text{ kN/m}^3 \\ & \quad / \text{長さ } 14.0 \text{ m} = 42.8 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

注記 () 内は最大値が発生した地震動名を示す。

表 5.11.5-9 鋼管杭径 φ2000 区間における津波波圧の比較 (T.P. +24.0 m 津波時)

区間	地点	地盤高さ	津波高さ	浸水深 (m)	津波波圧 (kN/m^2)
I	①	T.P. +8.0 m	T.P. +24.0 m	8.00	242.42
	②	T.P. +8.0 m	T.P. +24.0 m	8.00	242.42
IV	⑨	T.P. +8.0 m	T.P. +24.0 m	8.00	242.42
	⑩	T.P. +8.0 m	T.P. +24.0 m	8.00	242.42
V	⑪	T.P. +8.0 m	T.P. +24.0 m	8.00	242.42

表 5.11.5-10 鋼管杭径 φ2500 区間における津波波圧の比較 (T.P. +24.0 m 津波時)

区間	地点	地盤高さ	津波高さ	浸水深 (m)	津波波圧 (kN/m^2)
II	③	T.P. +8.0 m	T.P. +24.0 m	8.00	242.42
	④	T.P. +8.0 m	T.P. +24.0 m	8.00	242.42
	⑤	T.P. +8.0 m	T.P. +24.0 m	8.00	242.42
	⑥	T.P. +8.0 m	T.P. +24.0 m	8.00	242.42
III	⑦	T.P. +4.0 m	T.P. +24.0 m	10.00	303.03
	⑧	T.P. +6.7 m	T.P. +24.0 m	8.65	262.12

表 5.11.5-11 鋼管杭径 φ2000 区間における評価対象断面選定結果

区間	地点	慣性力 (kN/m ²)	津波波圧 (kN/m ²)	慣性力+ 津波波圧 (kN/m ²)	評価断面	選定結果
I	①	33.68	242.42	276.10	○	重畳時における作用荷重が最も大きいため、評価対象断面に選定する。 [断面①]
	②	30.56	242.42	272.98		
IV	⑨	18.73	242.42	261.15		
	⑩	18.69	242.42	261.11		
V	⑪	18.45	242.42	260.87		

表 5.11.5-12 鋼管杭径 φ2500 区間における評価対象断面選定結果

区間	地点	慣性力 (kN/m ²)	津波波圧 (kN/m ²)	慣性力+ 津波波圧 (kN/m ²)	評価断面	選定結果
II	③	32.96	242.42	275.38		
	④	32.74	242.42	275.16		
	⑤	33.68	242.42	276.10		
	⑥	35.61	242.42	278.03		
III	⑦	23.54	303.03	326.57	○	重畳時における作用荷重が最も大きいため、評価対象断面に選定する。 [断面③]
	⑧	21.31	262.12	283.43		

(3) 断面選定結果

評価対象断面の選定結果を表 5.11.5-11 表に、選定した評価対象断面図を図 5.11.5-14 図に示す。

なお、上部工の上部に設置される津波・構内監視カメラの設計のための加速度応答の観点としては、以下の理由により南側断面（断面①），東南断面（汀線沿い南側，断面②），東北断面（汀線沿い北側，断面③）を対象断面とする。

断面①：防潮壁高さが T.P. +18 m の個所で第四紀層が薄く堆積する個所。

断面②：防潮壁高さが T.P. +20 m の個所で第四紀層は薄い個所。

断面③：防潮壁高さが T.P. +20 m の個所で第四紀層が厚く堆積する個所。

北西側（斜面部）については、防潮壁高さ及び第四紀層の厚さが断面①と同様であるため、断面①を参照することで確認する。

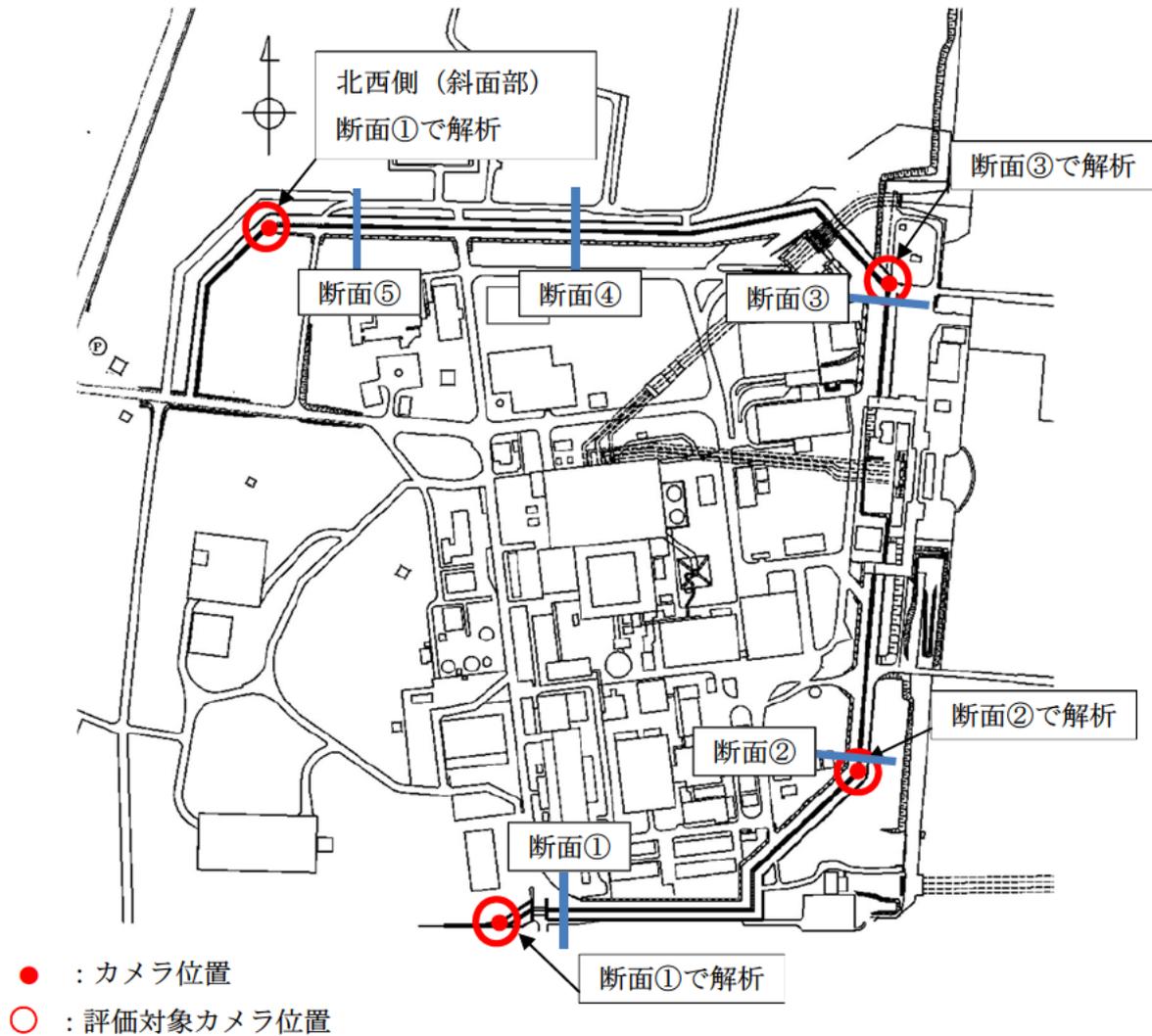


図 5.11.5-13 津波・構内監視カメラ位置図及び選定断面位置

表 5.11.5-11 評価対象断面の選定結果

断面	区間	鋼管杭径 (mm)	津波高さ	周辺地質	間接支持 する設備	評価断面	選定結果
断面①	I 区間	φ 2000	比較的津波高さが低い。	第四紀層が薄く堆積し、岩盤上面標高が高い。	津波・構内監視カメラ	○	下部工：I 区間は、A g 2 層上部の変位が大きい断面を選定する。 上部工：鋼管杭径 φ 2000 の区間で重畳時の作用荷重が最も大きい断面を選定する。
断面②	II 区間	φ 2500	比較的津波高さが高い。	第四紀層が薄く堆積し、岩盤上面標高が高い。	津波・構内監視カメラ	○	下部工：II 区間は、A g 2 層上部の変位が大きい断面を選定する。
断面③	III 区間	φ 2500	比較的津波高さが高い。	第四紀層が厚く堆積し、岩盤上面標高が低い。	津波・構内監視カメラ	○	下部工：III 区間は、地震の影響よりも、津波の影響が大きい断面を選定する。 上部工：鋼管杭径 φ 2500 の区間で重畳時の作用荷重が最も大きい断面を選定する。
断面④	IV 区間	φ 2000	比較的津波高さが低い。	第四紀層が厚く堆積し、岩盤上面標高が低い。	—	○	下部工：IV 区間は、A g 2 層上部の変位が大きい断面を選定する。
断面⑤	V 区間	φ 2000	比較的津波高さが低い。	岩盤上面が傾斜しており、40m 程度の標高差が存在する。	津波・構内監視カメラ	○	下部工：V 区間は、岩盤の傾斜が最も大きい断面を選定する。

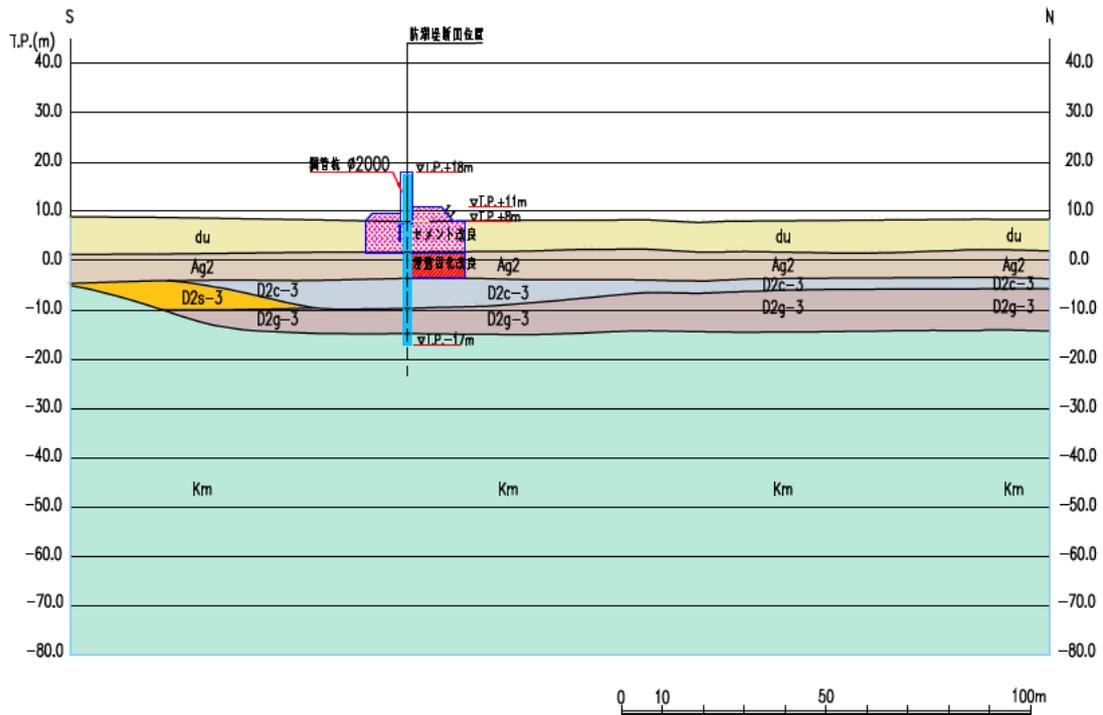


図 5. 11. 5-14 (1) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁 断面図 (断面①)

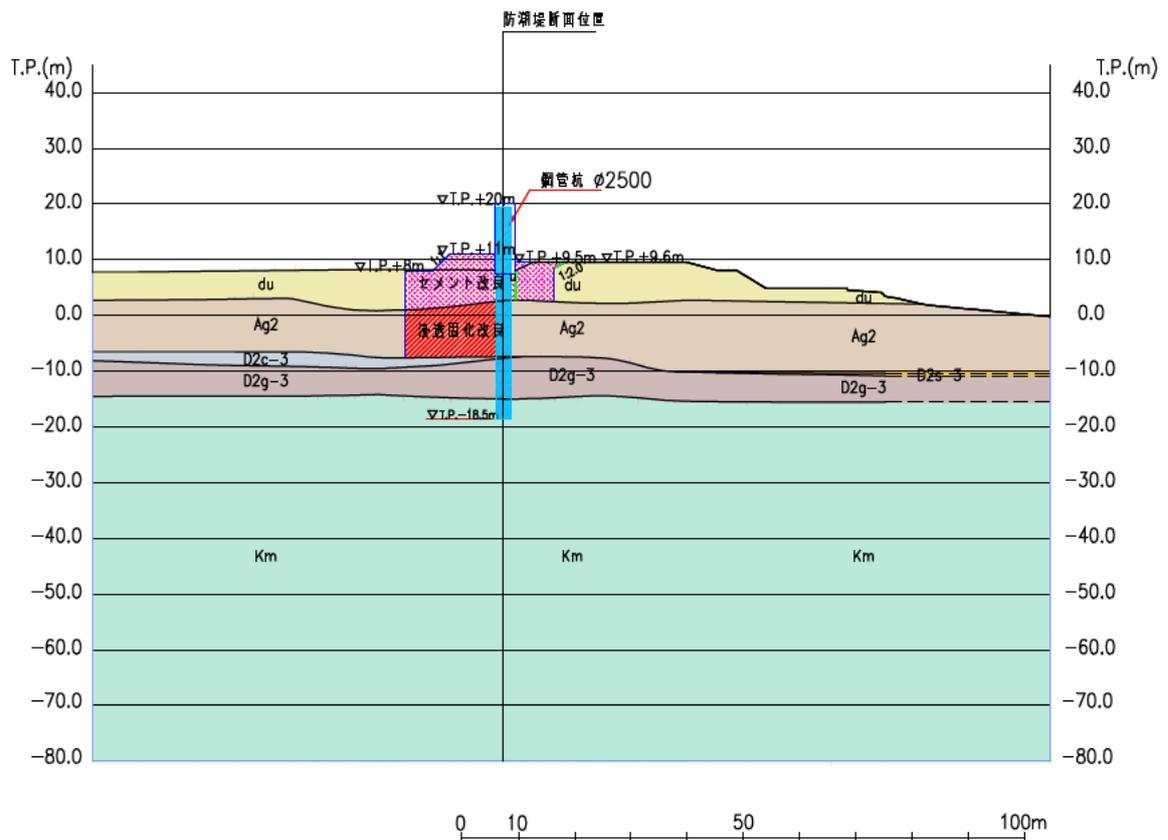


図 5. 11. 5-14 (2) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁 断面図 (断面②)

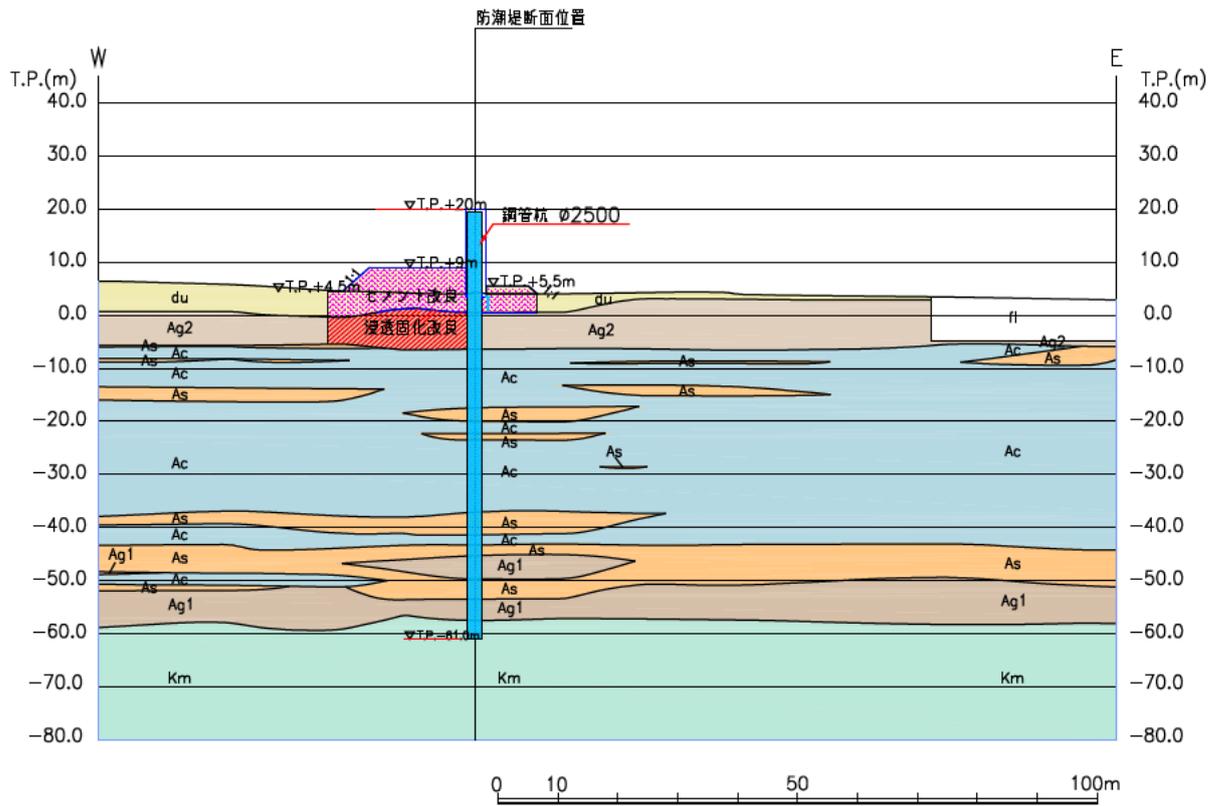


図 5.11.5-14 (3) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁 断面図 (断面③)

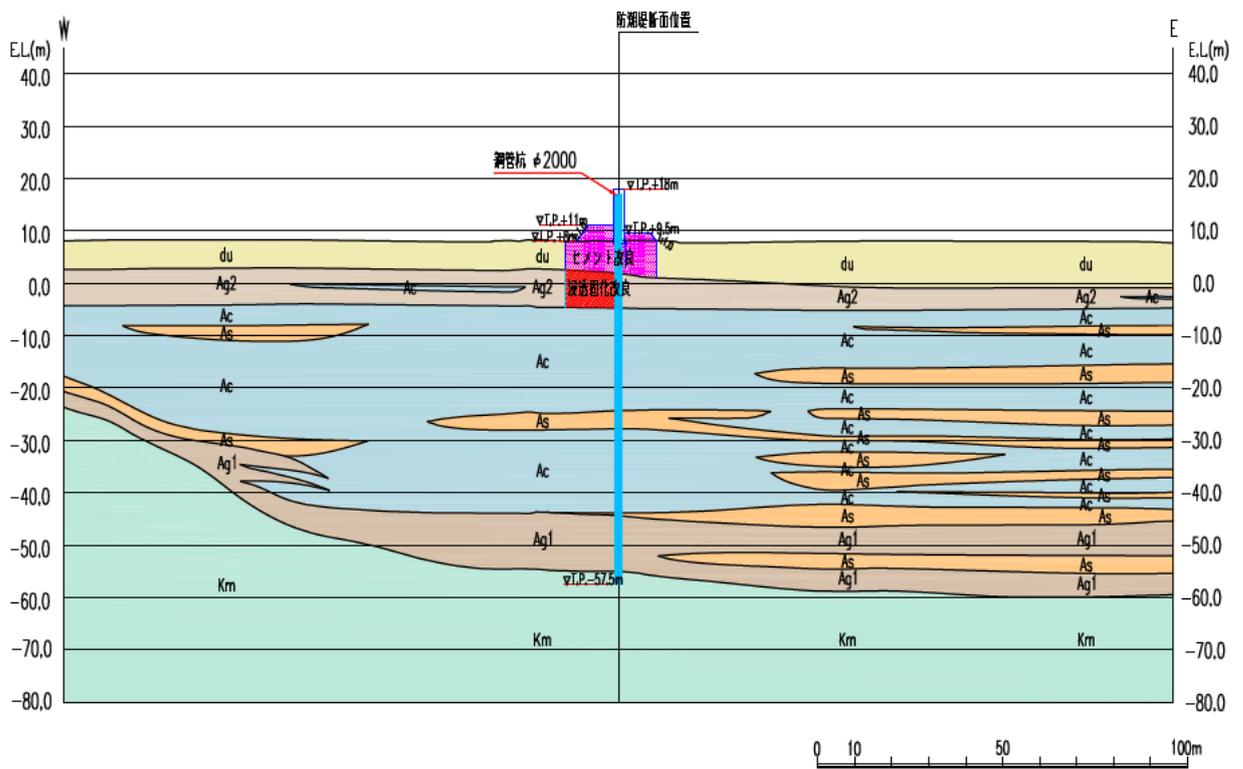


図 5.11.5-14 (4) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁 断面図 (断面④)

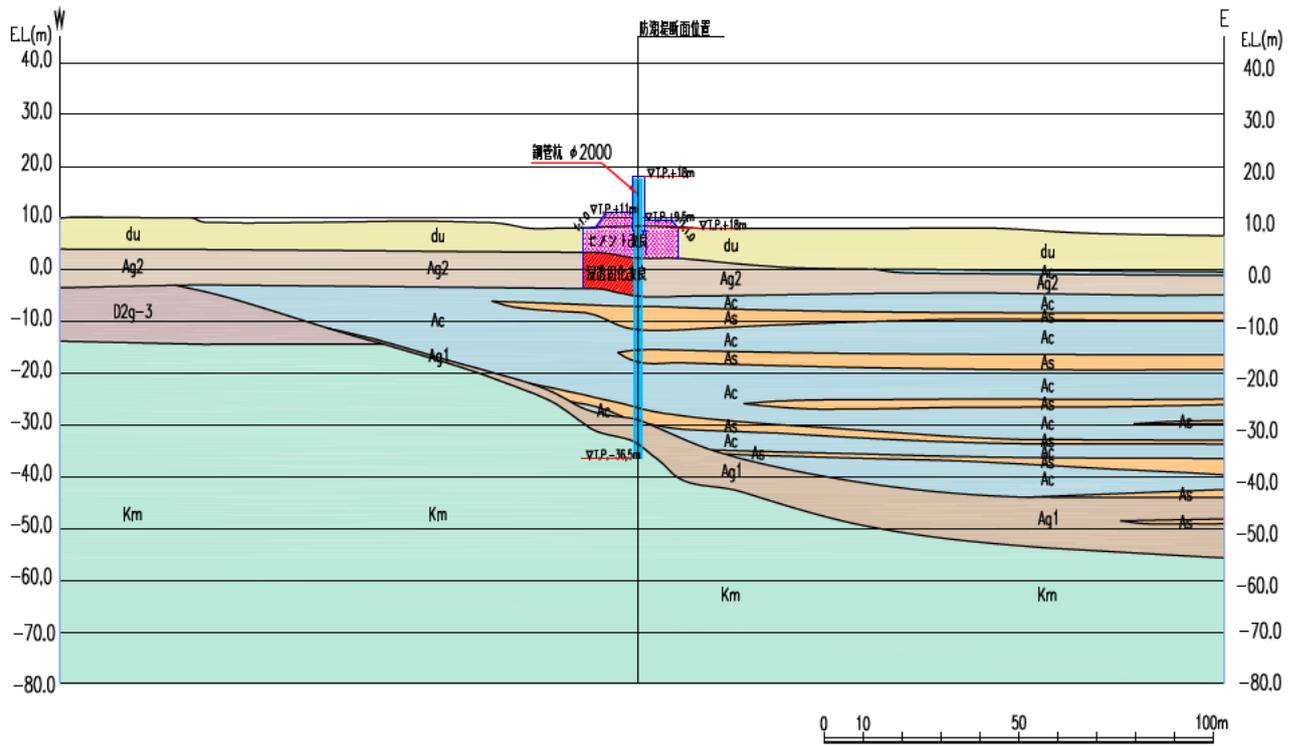


図 5.11.5-14 (5) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁 断面図 (断面⑤)

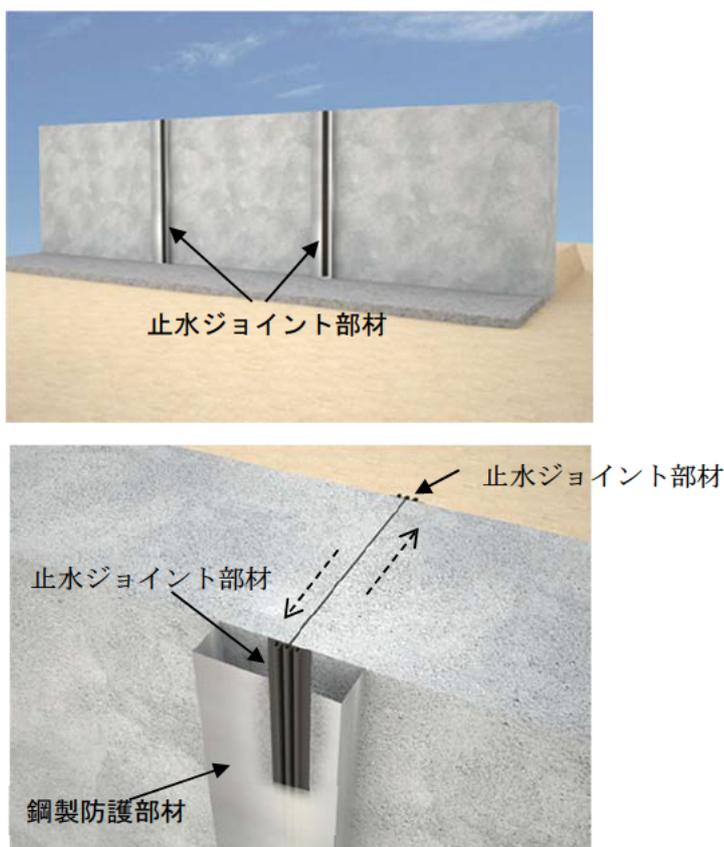
5.14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁シール材について

5.14.1 防潮堤止水ジョイント部材について

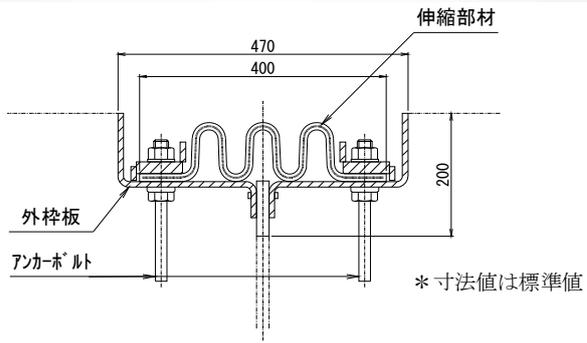
5.14.1.1 概要及び評価方針

(1) 概要

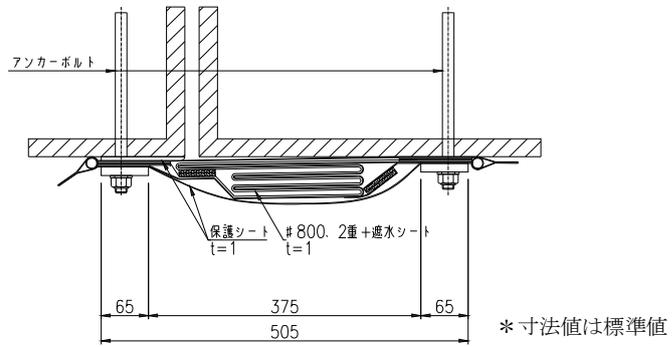
防潮堤は、構造上の境界部及び構造物間に生じる相対変位に対して有意な漏えいを生じない変形に留まる止水ジョイント部材を設置することにより、有意な漏えいを生じない性能を保持する設計としている。これを踏まえ、止水ジョイント部材を評価対象とし、止水ジョイント部材が地震時および津波時による変位に対し有意な漏えいを生じない変形に留まること、津波による波圧に対し有意な漏えいを生じない変形に留まること及び止水ジョイント部材から有意な漏えいが生じないことを性能確認試験により確認する。止水ジョイント部材は、構造上の境界部及び構造物間に生じる相対変位の大きさに応じて、ゴムジョイントとシートジョイントを使い分ける。長期的な耐候性に関して、ゴムジョイント及びシートジョイントの耐候性試験により確認する。止水ジョイント部材の拡大図を第5.14.1.1-1図に、止水ジョイント部の詳細図を第5.14.1.1-2図に示す。ゴムジョイントとシートジョイントの使用位置は解析結果に応じて決定する。



第5.14.1.1-1図 止水ジョイント部材 拡大図



止水ジョイント部材（ゴムジョイント）

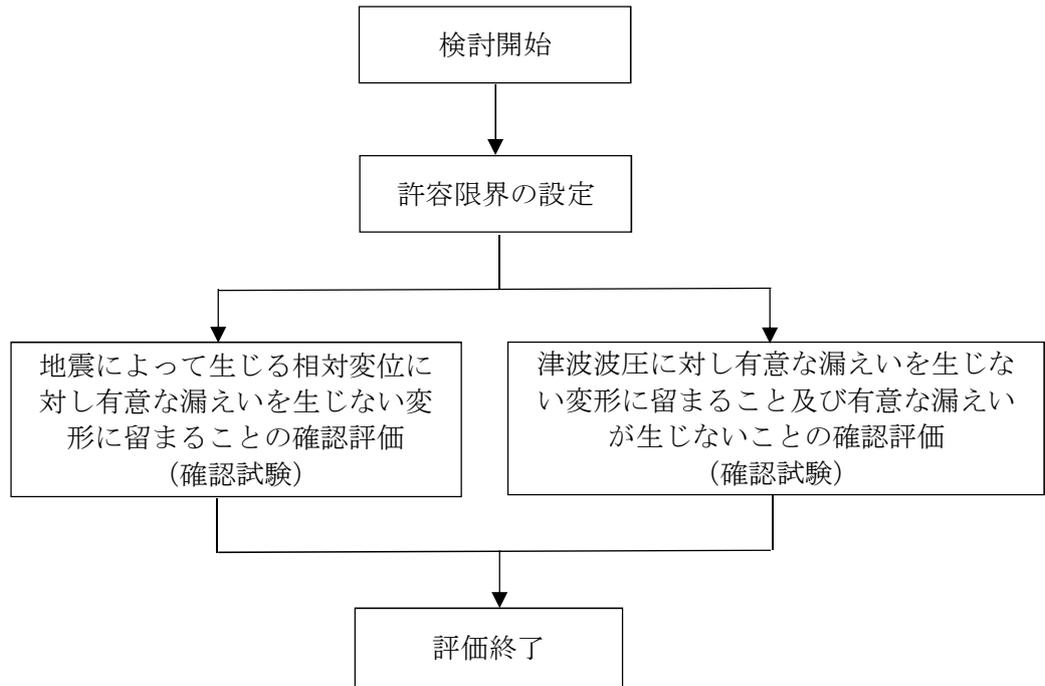


止水ジョイント部材（シートジョイント）

第 5.14.1.1-2 図 止水ジョイント部材詳細図

(2) 評価方針

止水ジョイント部材の評価方針として、地震時及び津波時による変位に対し有意な漏えいを生じない変形に留まること、津波による波圧に対して有意な漏えいを生じない変形に留まること及び止水ジョイント部材から有意な漏えいが生じないことを確認する。評価フローを第 5.14.1.1-3 図に示す。



第 5.14.1.1-3 図 止水ジョイント部材の評価フロー

(3) 許容限界の設定

止水ジョイント部材の変位量の許容限界は、ゴムジョイントとシートジョイントでは構造上の違いがあるため、それぞれについて許容限界を定める。第 5.14.1.1-1 表に止水ジョイント部材の変位量の許容限界を示す。

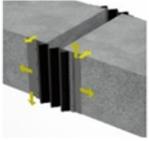
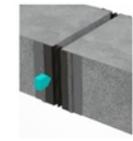
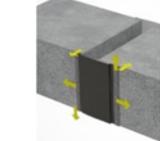
構造上の境界部及び構造物間に生じる変位としては、相対変位及び残留変位が考えられる。止水ジョイント部材は、そのどちらの変位に対しても有意な漏えいが生じない変形に留まる必要があるため、解析結果による相対変位及び残留変位を確認し、両方の変位が 200 mm 以内の場合はゴムジョイントを、いずれかの変位が 200 mm を超える場合はシートジョイントを使用する。

第 5.14.1.1-1 表 止水ジョイント部材の変位量の許容限界

評価項目		許容限界
止水ジョイント部材	ゴムジョイント	伸び：200 mm，せん断：200 mm
	シートジョイント	相対変位：2 m

(4) 確認試験

止水ジョイント部材の試験目的および機能要求と試験について、第 5.14.1.1-4 図に示す。ゴムジョイント及びシートジョイントについて、それぞれの構造特性及び機能要求を踏まえ、第 5.14.1.1-2 表に示す項目の試験を実施することとし、これにより許容限界を満足することを確認する。

試験目的	ゴムジョイント		シートジョイント	
	地震時	津波時+余震時	地震時	津波時+余震時
試験目的	 <p>地震によって生じる相対変位に対し、ゴムの変形によって有意な漏えいを生じない変形に留まることを確認。</p>	 <p>津波時の相対変位と波力に対して、ゴムの変形によって有意な漏えいを生じないことを確認。</p>	 <p>地震によって生じる相対変位に対し、シートが展開し、その余長によって有意な漏えいを生じない変形に留まることを確認。</p>	 <p>津波時の相対変位と波力に対して、シートが展開し、所定のシート強度を確保できるだけたわむことにより、有意な漏えいを生じないことを確認。</p>
確認	<p>有意な漏えいを生じない変形に留まること</p> <p>—</p> <p>〔地震時は津波時の試験で代表〕</p>	<p>引張試験</p> <p>〔津波水圧を負荷すると同時に地震時の変位量を模擬〕</p>	<p>引張試験 (繰返し載荷試験，継続載荷試験)</p>	<p>—</p> <p>〔津波時は地震時の試験で代表〕</p>
確認	<p>有意な漏えいを生じないこと</p> <p>—</p> <p>〔地震時は要求されないため対象外〕</p>	<p>耐圧試験</p>	<p>—</p> <p>〔地震時は要求されないため対象外〕</p>	<p>耐圧試験</p>

第 5.14.1.1-4 図 止水ジョイント部材の機能要求と試験

第 5.14.1.1-2 表 確認試験一覧

評価項目		試験項目
止水ジョイント部材	ゴムジョイント	引張・耐圧試験
	シートジョイント	引張試験 (繰返し载荷試験, 継続载荷試験) 耐圧試験 耐候性試験

a. 試験条件の設定

(a) 津波波圧に応じた試験水圧

津波波圧は、津波の最大遡上高さ¹⁾と設置地盤高さの差の 1/2 を浸水深とし朝倉式²⁾から算定する。

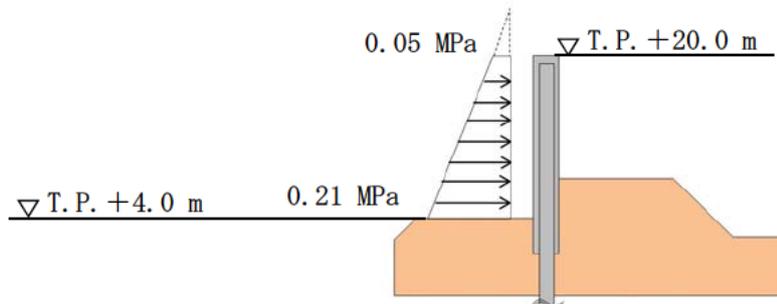
イ. 基準津波時

津波の最大遡上高さ : T.P. +17.9 m

設置地盤高さ : T.P. + 4.0 m

$$(17.9 - 4.0) \times \frac{1}{2} \times 3 \times 1.03 \times 9.80665 = 210.6 \text{ kPa} = 0.21 \text{ MPa}$$

保守的に 0.26 MPa とする。



第 5.14.1.1-5 図 基準津波時の最大波圧

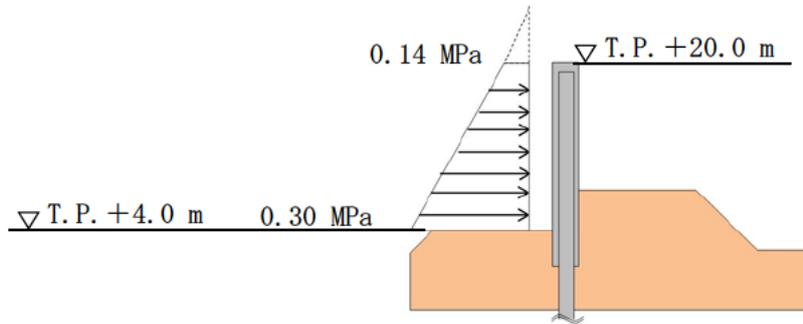
ロ. T.P. +24.0 m 津波時

津波の最大遡上高さ : T.P. +24.0 m

設置地盤高さ : T.P. + 4.0 m

$$(24.0 - 4.0) \times \frac{1}{2} \times 3 \times 1.03 \times 9.80665 = 303.0 \text{ kPa} = 0.30 \text{ MPa}$$

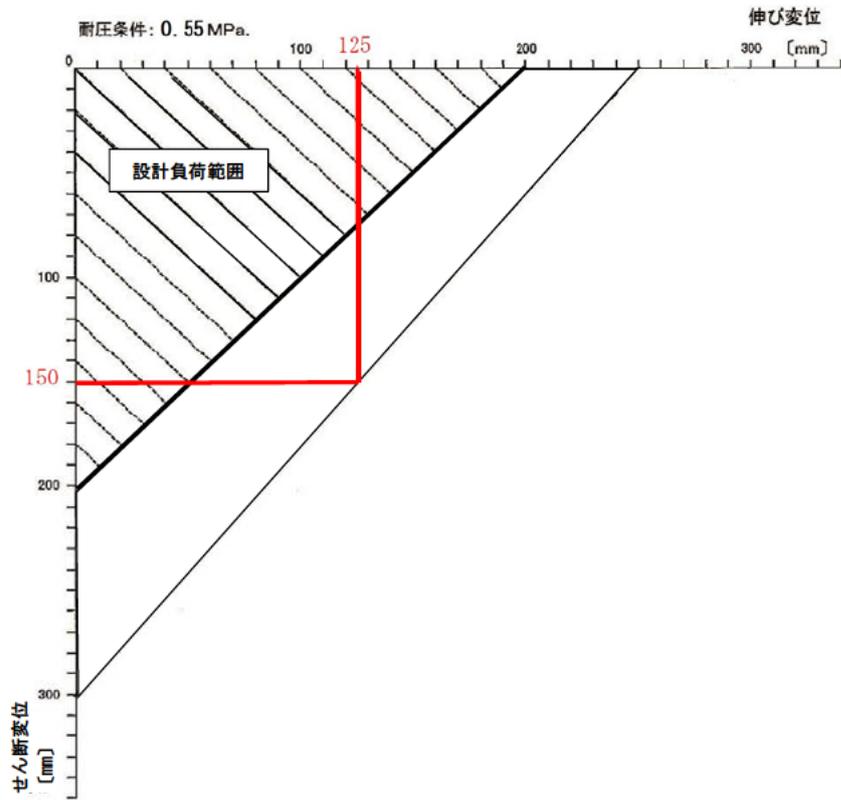
保守的に 0.55 MPa とする。



第 5.14.1.1-6 図 T.P. +24.0 m 津波時の最大波圧

(b) ゴムジョイントの試験時変位量

ゴムジョイントの試験時変位量は設計負荷範囲を超える値として、第 5.14.1.1-3 表に示す 3 ケースを考慮する。第 5.14.1.1-7 図に、伸びとせん断の複合変位の設計負荷範囲を示す。



第 5.14.1.1-7 図 ゴムジョイントの設計負荷範囲

第 5.14.1.1-3 表 ゴムジョイントの試験時変位量

	変位量
①	伸び 250mm
②	せん断 300mm
③	伸び 125mm, せん断 150mm

(c) シートジョイントの引張荷重

シートジョイントを取付けた際のたわみ形状を第 5.14.1.1-8 図のように考えて、その際に作用する張力を求める。シートジョイントに作用する張力(T)は、以下の式を用いて求められる。

$$T_s = \frac{W \cdot a}{2 \cdot \delta_{\max}} \cdot \sqrt{a^2 + 4 \cdot \delta_{\max}^2} \dots\dots\dots (1) \text{式}$$

T_s : シートに発生する張力 (N)

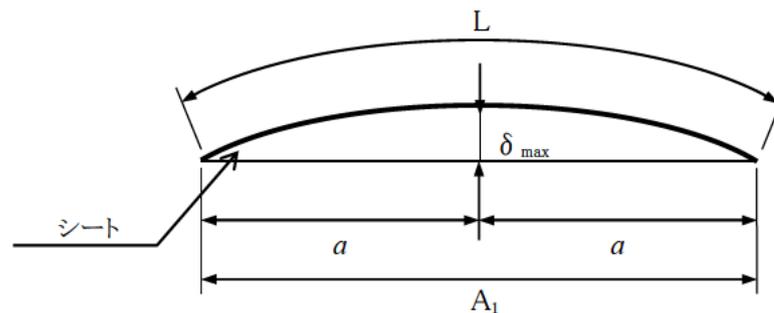
a : シート固定間隔 (A_1) の 1/2 (m)

$$a = 0.5 \times A_1$$

$$\delta_{\max} : \delta_{\max} = C \left(\cosh \frac{A_1}{2C} - 1 \right) \quad L = 2C \cdot \sinh \frac{A_1}{2C}$$

シート長 $L=2.5$ m とすると、 $C=0.845$, $\delta_{\max}=0.66$ m

W : シートに作用する荷重 (kN/m^2)



第 5.14.1.1-8 図 たわみ形状図

シートジョイントに作用する引張力が最大となるのは、防潮壁天端部のシートジョイントの開きが許容限界変位量の 2 m になった時である。その時のシートジョイントに作用する荷重は第 5.14.1.1-6 図より 0.14 MPa となるが、保守的に 0.15 MPa (150kN/m^2) としてシートジョイントの引張力を計算すると以下ようになる。

(1)式に $a=0.5 \times 2.0$ m, $W=150\text{kN/m}^2$, を代入し、計算を行う。

$$\begin{aligned} T_s &= \frac{150.00 \times 1.00}{2 \times 0.66} \times \sqrt{1.00^2 + 4 \times 0.66^2} \\ &= 188.18 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

よって、シートジョイントの引張試験時の引張荷重は、188.18 kN/m (56.45 kN/30cm) とする。

5.14.1.2 性能確認試験

(1) ゴムジョイント

a. ゴムジョイントの引張・耐圧試験

(a) 目的

ゴムジョイントの取付け状態を模擬した試験機によって、ゴムに伸び・せん断変形を加えることにより、津波+余震時の相対変位に対して、ゴム本体及び取付け部が有意な漏えいを生じない変形に留まることを確認する。さらに、試験機によって津波の波圧を上回る荷重を作用させることにより、ゴム本体及び取付け部が有意な漏えいを生じない性能を保持することを確認する。

(b) 試験条件

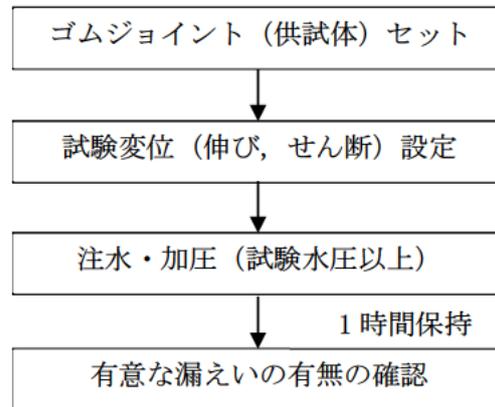
試験条件として第 5.14.1.2-1 表に示す変位置量、水圧を作用させる。加圧時間は津波の作用時間を考慮して 10 分以上を基本とし、試験では保守的に 1 時間とした。ボルト径や設置間隔 (M24@100mm) は、実際に設置する状態を模擬している。加圧時間中及び加圧時間経過後、ゴムジョイントからの有意な漏えいが生じないことを確認する。

第 5.14.1.2-1 表 ゴムジョイントの試験条件

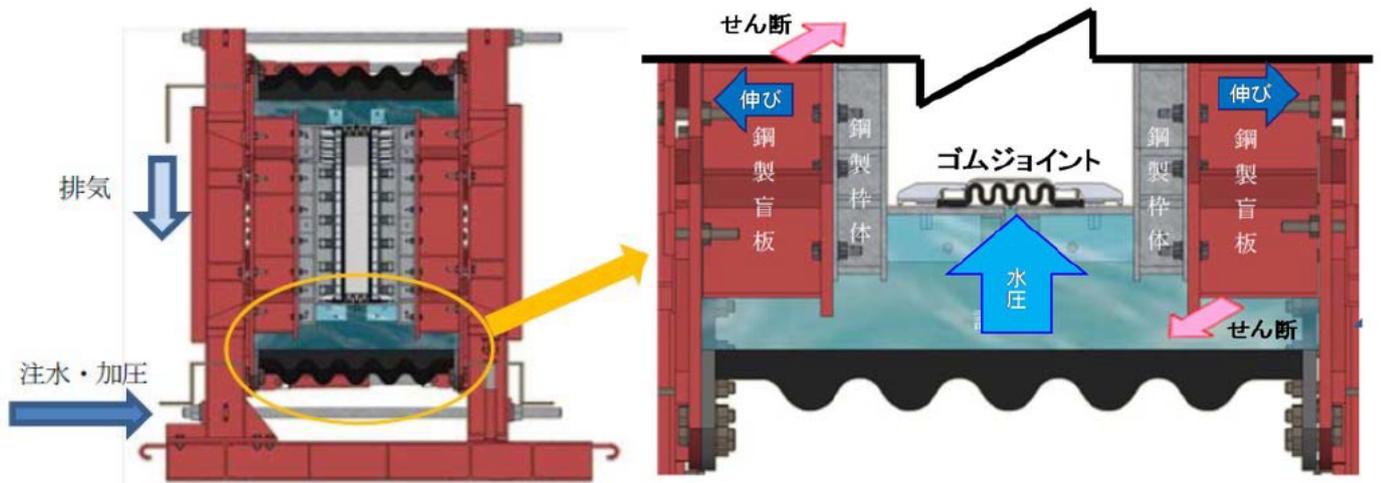
試験 No,	変位置量	水圧	必要耐圧保持時間
①	伸び 250mm	0.26Mpa	10 分以上
②	せん断 300mm	0.26Mpa	10 分以上
③	伸び 125mm せん断 150mm	0.26Mpa	10 分以上
④	伸び 250mm	0.55Mpa	10 分以上
⑤	せん断 300mm	0.55Mpa	10 分以上
⑥	伸び 125mm せん断 150mm	0.55Mpa	10 分以上

参考：基準津波時波圧 0.21 MPa, T.P. +24.0 m 津波時波圧 0.30 MPa

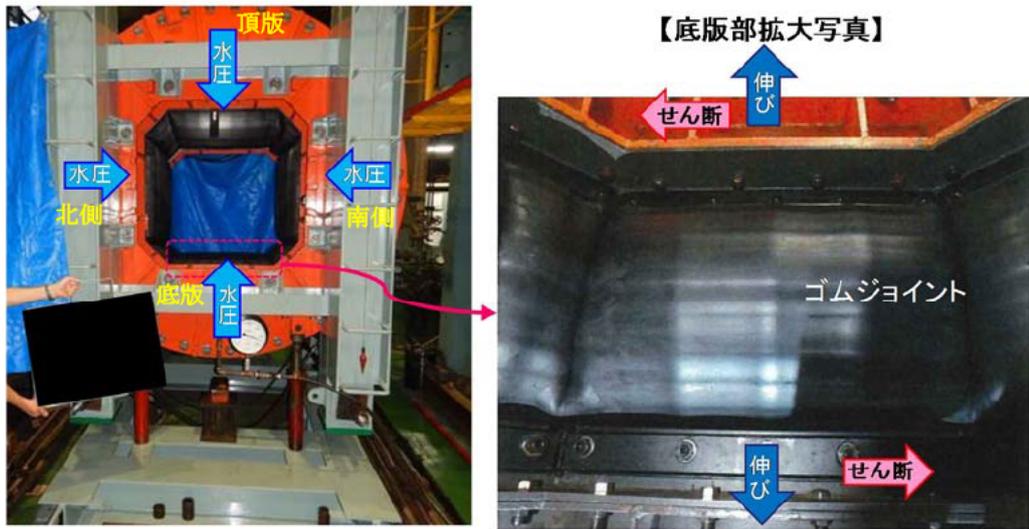
* 加圧時間は必要耐圧保持時間に対し、十分な余裕をもって 1 時間とした。



第 5.14.1.2-1 図 性能確認試験フロー



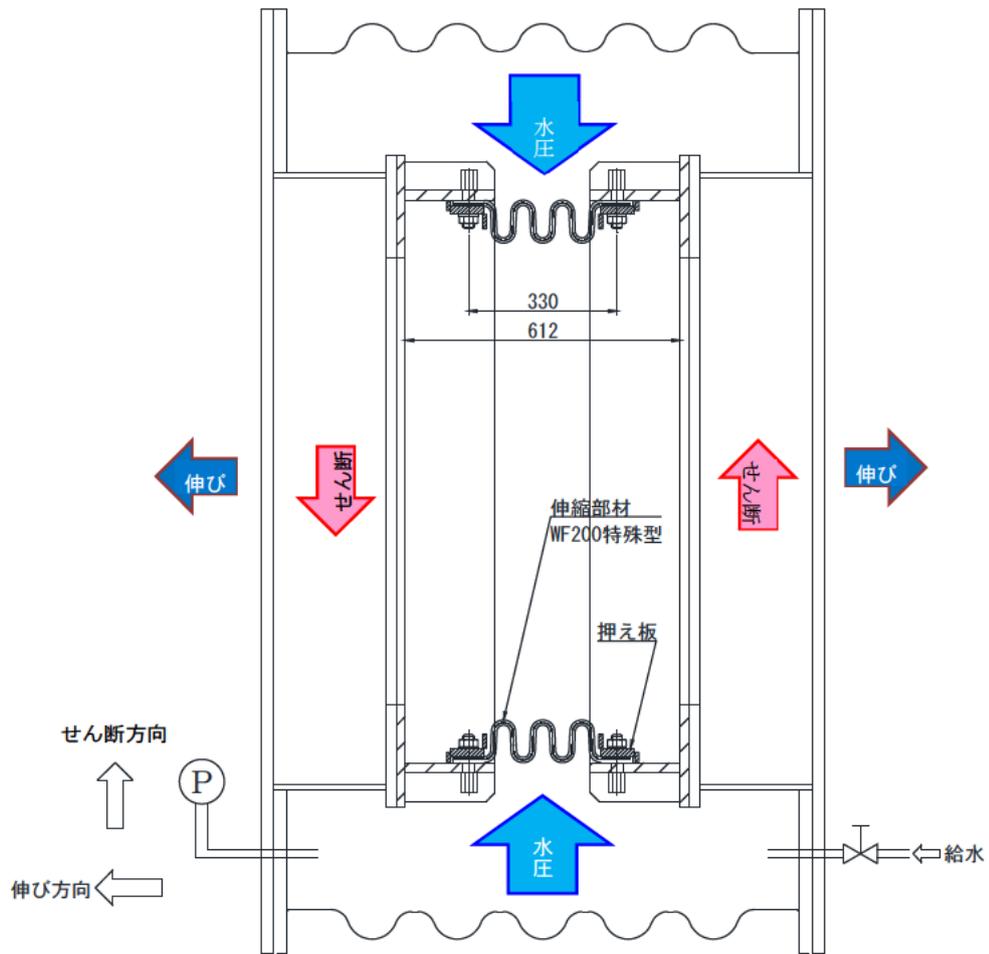
第 5.14.1.2-2 図 耐圧試験概念図



試験状況(全景)

試験状況(伸び250mm加圧時)

第 5.14.1.2-3 図 耐圧試験状況



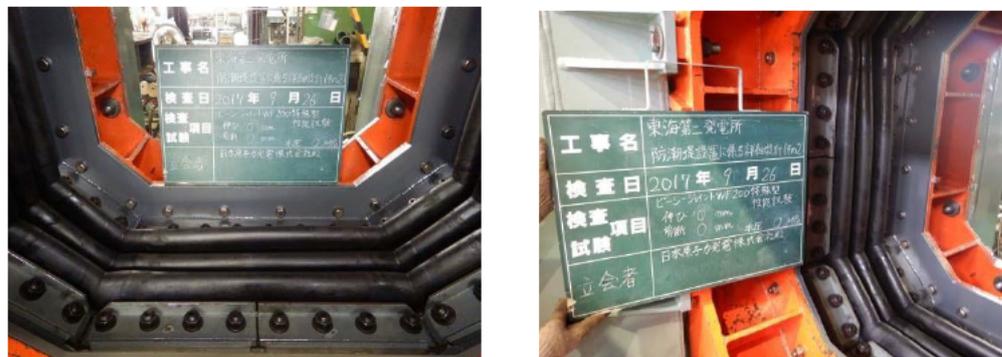
第 5.14.1.2-4 図 外水圧試験機概要図

(c) 試験状況写真

イ. 設置状況確認 (水圧 0 MPa, 伸び 0 mm, せん断 0 mm)



第 5. 14. 1. 2-5 図 全体状況



底版

側壁：北側

第 5. 14. 1. 2-6 図 ゴムジョイント設置状況 (ボルト M24@100mm にて固定)



枠間距離計測状況

枠間距離 (初期値) : 612 mm

第 5. 14. 1. 2-7 図 ゴムジョイント設置時 枠間距離計測 (底版：北側)



ボルトピッチ計測状況

第 5.14.1.2-8 図 ゴムジョイント設置時



ボルトピッチ (初期値) : 330 mm

ボルトピッチ計測 (底版: 南側)



枠間距離計測状況

第 5.14.1.2-9 図 ゴムジョイント設置時



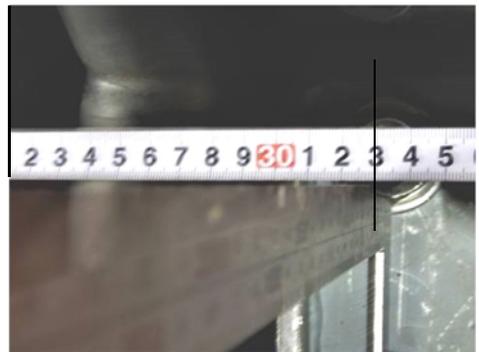
枠間距離 (初期値) : 612 mm

枠間距離計測 (底版: 北側)



ボルトピッチ計測状況

第 5.14.1.2-10 図 ゴムジョイント設置時



ボルトピッチ (初期値) : 330 mm

ボルトピッチ計測 (底版: 北側)



枠-ボルト間距離計測状況



枠-ボルト間距離（初期値）：141 mm

第 5.14.1.2-11 図 ゴムジョイント設置時 枠-ボルト間計測

ロ. 試験 No. ④（水圧 0.55 MPa, 伸び 250 mm, せん断 0 mm, 保持時間:1 時間）

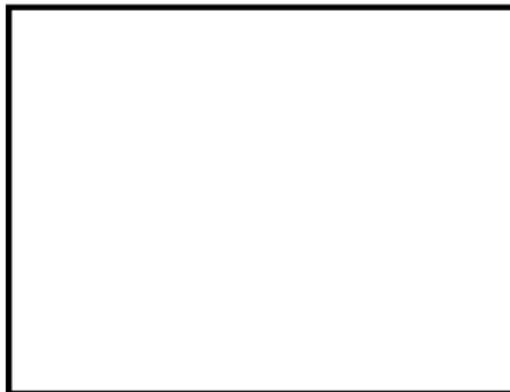


枠間距離計測状況



枠間距離：初期値 612 mm + 伸び 250 mm = 862 mm

第 5.14.1.2-12 図 試験 No. ④ 枠間距離計測（底版：南側）

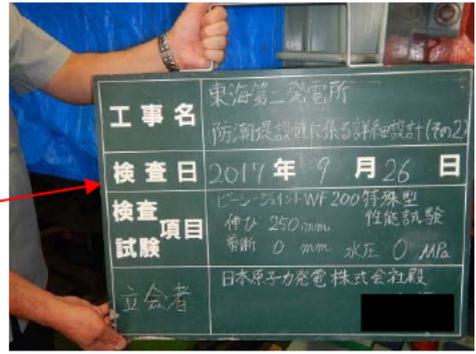


枠間距離計測状況



枠間距離：初期値 612 mm + 伸び 252 mm = 864 mm

第 5.14.1.2-13 図 試験 No. ④ 枠間距離計測（底版：北側）



第 5.14.1.2-14 図 試験 No. ④ 全体状況 (加圧前)



第 5.14.1.2-15 図 試験 No. ④ 加圧状況 (0.55 MPa 加圧開始)



底版



側壁：南側

第 5.14.1.2-16 図 試験 No. ④ 加圧状況 (0.55 MPa)



第 5.14.1.2-17 図 試験 No. ④ 全体状況 (0.55 MPa, 1 時間保持後)



底版 (漏えいなし)



側壁 (漏えいなし)

第 5.14.1.2-18 図 試験 No. ④ 漏えい確認 (0.55 MPa, 1 時間保持後)

ハ. 試験 No. ⑤ (水圧 0.55 MPa, 伸び 0 mm, せん断 300 mm, 保持時間:1 時間)



枠間距離計測 (底版)



枠間距離 : 639 mm

第 5.14.1.2-19 図 試験 No. ⑤ 枠間距離計測 (加圧前)



せん断変位計測状況 (底版)



せん断変位 : 301mm

第 5.14.1.2-20 図 試験 No. ⑤ せん断変位計測 (加圧前)



第 5.14.1.2-21 図 試験 No. ⑤ 全体状況 (加圧前)



第 5.14.1.2-22 図 試験 No. ⑤ 全体状況 (0.55 MPa)



第 5.14.1.2-23 図 試験 No. ⑤ 加圧状況 (0.55 MPa)



第 5.14.1.2-24 図 試験 No. ⑤ 加圧完了 (0.55 MPa, 1 時間保持)



底版・側壁（漏えいなし）

第 5.14.1.2-25 図 試験 No. ⑤ 漏えい確認 (0.55 MPa, 1 時間保持)

二. 試験 No. ⑥ (水圧 0.55 MPa, 伸び 125 mm, せん断 150 mm, 保持時間:1 時間)



枠間距離計測状況

枠間距離：初期値 612 mm + 伸び 138 mm = 750 mm

第 5.14.1.2-26 図 試験 No. ⑥ 枠間距離計測（底版：南側）



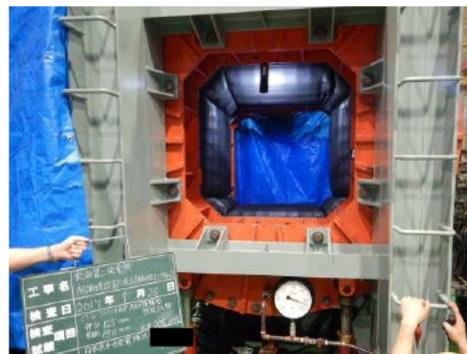
せん断変位計測状況

せん断変位：154 mm

第 5.14.1.2-27 図 試験 No. ⑥ せん断変位計測（底版：南側）



第 5.14.1.2-28 図 試験 No. ⑥ 全体状況 (加圧前)



第 5.14.1.2-29 図 試験 No. ⑥ 全体状況 (0.55MPa 加圧開始)



側壁：北側

底版

第 5.14.1.2-30 図 試験 No. ⑥ 加圧状況



第 5.14.1.2-31 図 試験 No. ⑥ 加圧状況 (0.55MPa)



第 5.14.1.2-32 図 試験 No. ⑥ 加圧完了 (0.55MPa, 1 時間保持)



頂版 (漏えいなし)

第 5.14.1.2-33 図 試験 No. ⑥ 漏えい確認 (0.55MPa, 1 時間保持)



底版・側壁（漏えいなし）

第 5.14.1.2-34 図 試験 No.⑥ 漏えい確認 (0.55MPa, 1 時間保持)

(d) 試験結果

所定の変位を与えた上で、津波荷重を上回る水圧 (0.26 MPa, 0.55 MPa) を 10 分以上 (加圧時間 1 時間) 加圧後、漏えいの有無を確認した結果、全てのケースにおいて、漏えいがないことを確認した。

第 5.14.1.2-2 表 ゴムジョイントの試験結果

試験 No,	変位量	水圧	耐圧保持時間	漏えい	判定
①	伸び 250mm	0.26 MPa	10 分以上	無	OK
②	せん断 300mm	0.26 MPa	10 分以上	無	OK
③	伸び 125mm, せん断 150mm	0.26 MPa	10 分以上	無	OK
④	伸び 250mm	0.55 MPa	10 分以上	無	OK
⑤	せん断 300mm	0.55 MPa	10 分以上	無	OK
⑥	伸び 125mm, せん断 150mm	0.55 MPa	10 分以上	無	OK

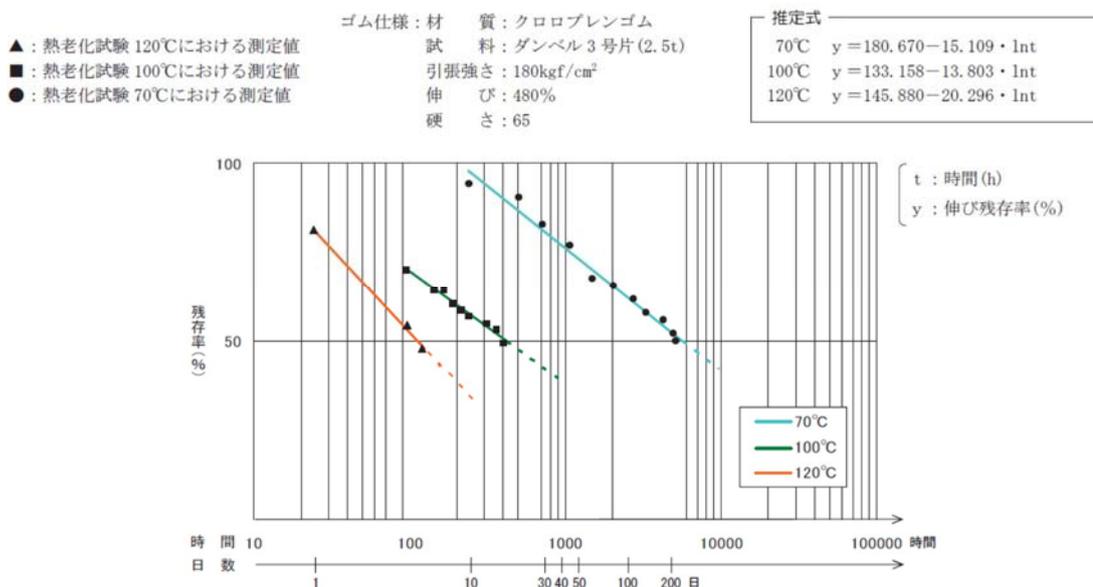
参考：基準津波時波圧 0.21 MPa, T.P. +24.0 m 津波時波圧 0.30 MPa

* 加圧時間は必要耐圧保持時間に対し、十分な余裕をもって 1 時間とした。

b. ゴムジョイントの耐候性試験

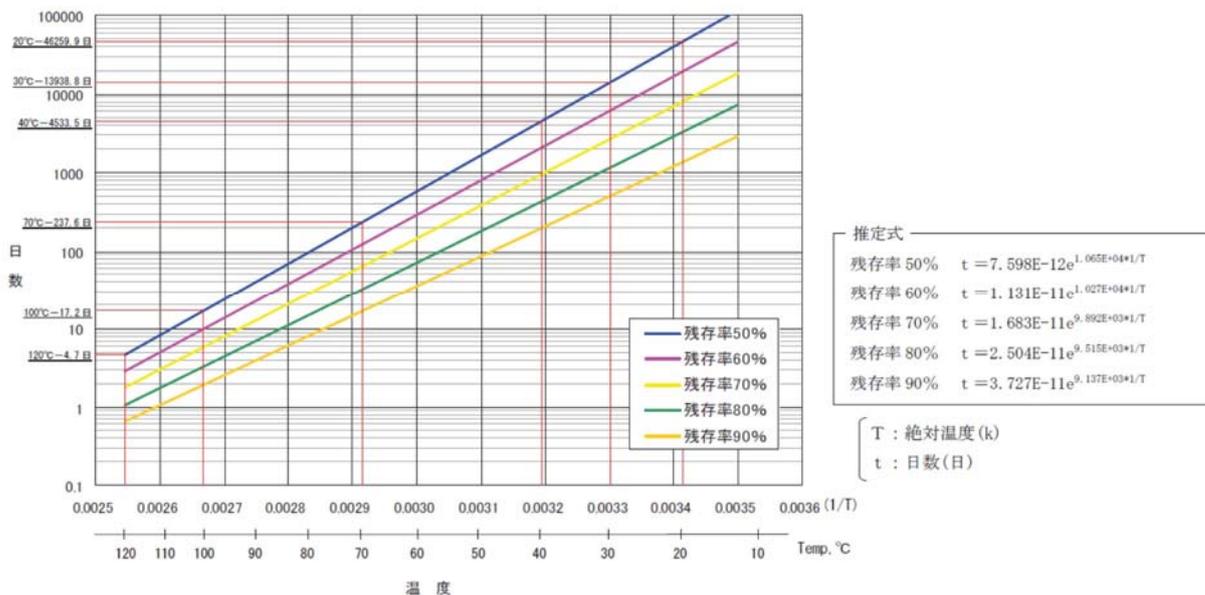
ゴムジョイントの材料であるクロロプレンゴムは、その劣化過程において、伸び性能の低下率に比べて、引張強度の低下率はわずかとなる。よって耐候性の指標として伸び性能の初期値からの残存率を試験にて確認することで、耐候性能を確認する。

加熱温度 70℃、100℃、120℃の3種類でゴムの伸び残存率と加熱時間の関係を測定した熱老化試験の結果を第 5.14.1.2-35 図に示す。



第 5.14.1.2-35 図 ゴム材料の熱老化試験結果

熱老化試験結果をもとに、残存率が 90%、80%、70%、60%、50%となる日数と温度の関係をグラフ化したものを第 5.14.1.2-36 図に示す。

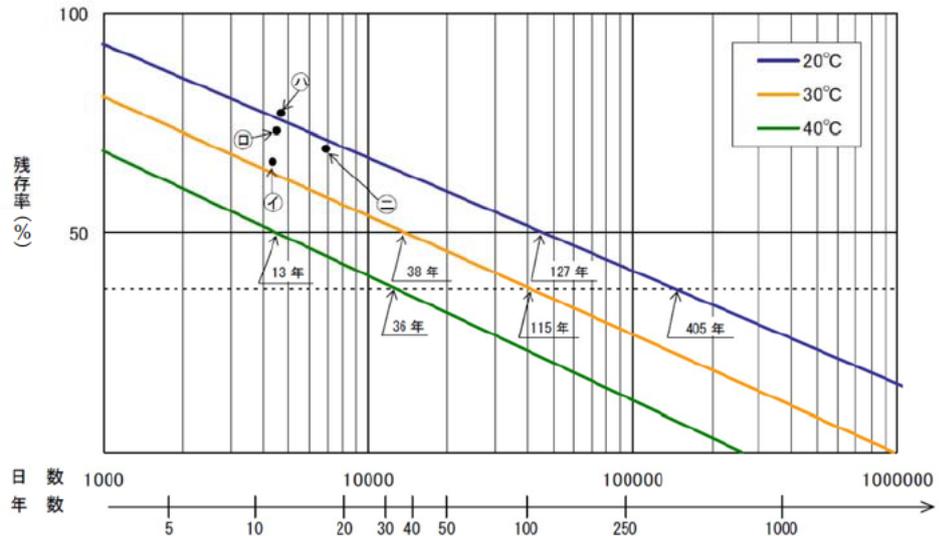


第 5.14.1.2-36 図 ゴム材料の残存率に応じた温度と日数の関係

第 5.14.1.2-36 図から、20℃、30℃、40℃における残存率と日数の関係を読み取り、第 5.14.1.2-37 図に示す。第 5.14.1.2-37 図にプロットしてあるイ、ロ、ハ、ニのデータは実際に設置されていたゴムジョイントの伸び残存率の試験結果で、下記にその製品の使用条件及び経過年数を示す。

イ：屋外使用（秋田県）12 年経過、ロ：屋外使用（北海道）12.5 年経過

ハ：埋設使用（岐阜県）13 年経過、ニ：埋設使用（埼玉県）19 年経過



第 5.14.1.2-37 図 ゴムジョイントの耐候年数推定結果

露出部使用環境の平均気温を 30℃としても、初期伸び率の残存率 50 %を確保できる耐用年数は 38 年と推定できる。

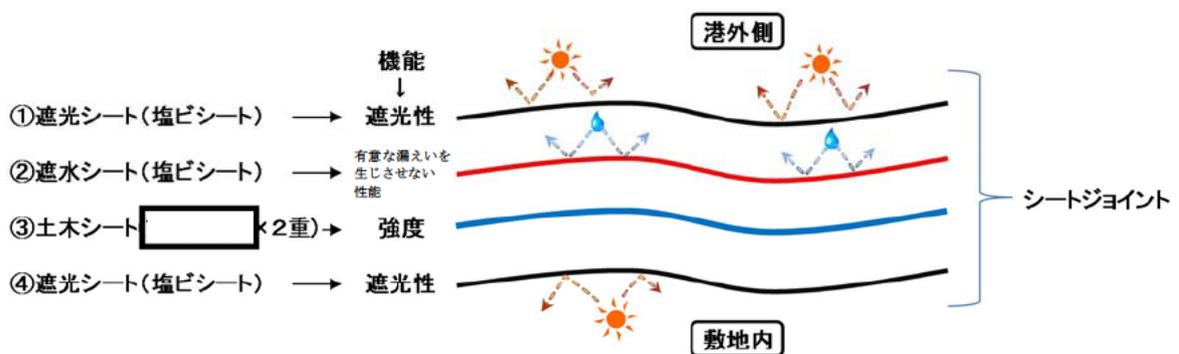
(2) シートジョイント

a. シートジョイントの引張試験

(a) シートジョイントの構造概要

シートジョイントは、下図のとおり多重構造となっており、それぞれの部材により求められる機能が異なっている。

下図①④の遮光シート（塩ビシート）は、内部にある遮水シート（塩ビシート）と土木シート（ ×2重）を紫外線による劣化から保護する部材である。②の遮水シート（塩ビシート）は有意な漏えいを生じさせない性能を保持し、③の土木シートは、津波波力に対抗する強度を担保する部材である。



第 5. 14. 1. 2-38 図 シートジョイント模式図

(b) 目的

シートジョイントの取付け部について、現地の取付け状況を模した試験体を作成し、津波時に想定されるシートの最大張力を、繰返しまたは継続的に作用させることで津波によって繰返し荷重を受ける状態を模擬し、シートジョイント本体及び取付け部が有意な漏えいを生じない変形に留まることを確認する。

(c) 試験条件

シートジョイントの引張試験は繰返し载荷試験及び継続载荷試験を実施する。引張荷重は津波時に想定される最大張力 188.18 kN/m より、試験時の試験体寸法 30 cm を考慮し、56.45 kN/30cm とする。

繰返し载荷試験は、シートジョイントに発生する最大張力を繰り返し（10 回）载荷した時に有意な漏えいを生じない変形に留まることを 3 試験体について確認する。続いて、繰返し载荷試験を行った試験体を用いて継続载荷試験を実施する。継続载荷試験は、シートに発生する最大張力を 10 分間継続して载荷した時に有意な漏えいを生じない変形に留まることを 3 試験体について確認する。

ボルト径や設置間隔（M16@100 mm）は実際に設置する状態を模擬している。シートジョイントの引張試験条件を第 5.14.1.2-3 表に、試験体図を第 5.14.1.2-39 図に示す。

第 5.14.1.2-3 表 シートジョイントの引張試験条件

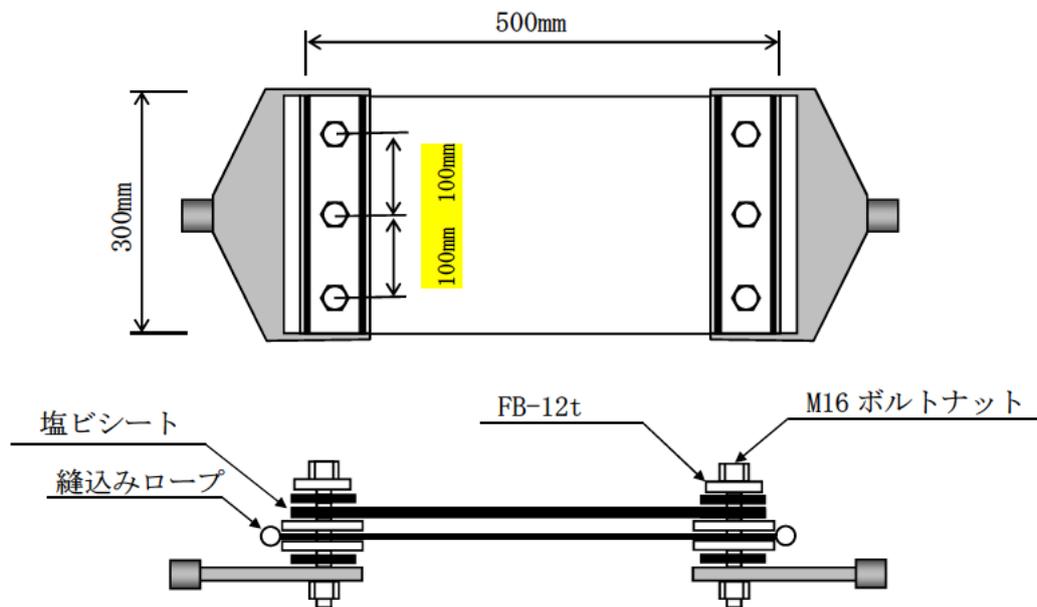
試験 No,	引張荷重	载荷条件
①	56.45 kN/30cm	10 回
②	56.45 kN/30cm	10 回後、10 分継続

試験体 : シートジョイント

つかみ幅 : 30 cm

つかみ間隔 : 30 cm

引張速度（破断強度試験） : 200 mm/min

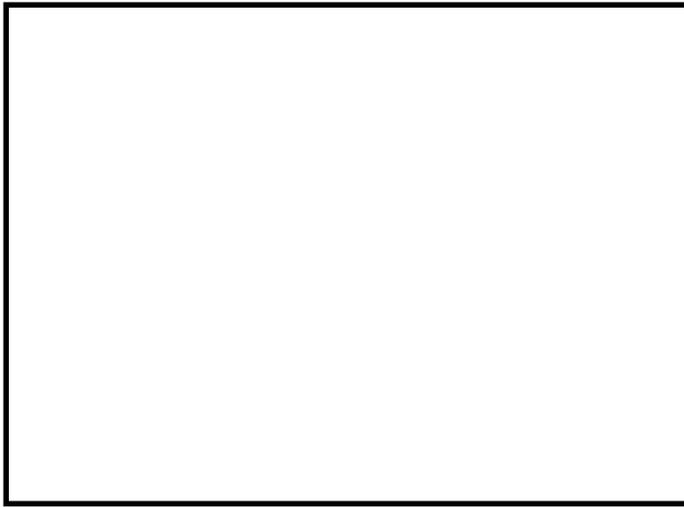


第 5.14.1.2-39 図 シートジョイント試験体図

(c) 試験状況写真



第 5.14.1.2-40 図 試験状況



第 5.14.1.2-41 図 試験後供試体



変形なし

第 5.14.1.2-42 図 試験後供試体

(d) 試験結果

シートに発生する最大張力を繰り返し（10回）載荷した後，さらにシートに発生する最大張力を10分間継続載荷し，有意な漏えいを生じない変形に留まることを確認した。

第5.14.1.2-4表 シートジョイント強度試験結果

試験 No.	引張荷重	載荷条件	変形	判定
①	56.45kN/30cm	10回	無	OK
②	56.45kN/30cm	10回後，10分継続	無	OK

b. シートジョイントの耐圧試験

(a) 目的

試験機を用いて、シートジョイントに対して津波時に想定される水圧を負荷することにより、津波時におけるシートジョイントの状況を模擬し、シートジョイントに有意な漏えいが生じないことを確認する。

(b) 試験条件

水圧 0.26 MPa 及び 0.55 MPa を負荷し、加圧中及び 10 分以上加圧した後、有意な漏えいが生じないことを確認する。加圧時間は保守的に 1 時間とした。

直径 300mm の筒状に縫製したシート（遮水シートを内側、土木シートを外側）を円筒状鋼管に取り付け、両端部を固定した状態で、鋼管と遮水シートの間に水圧を与える。試験体の概要を第 5.14.1.2-40 図に示す。

実験では水圧を 2 つのステップに分けて与える。各ステップで 10 分以上（加圧時間 1 時間）水圧を保持して有意な漏えいが生じないことを確認する。

【圧カステップ】

・ステップ① 水圧 0.26 MPa

水圧 0.26 MPa を負荷し、10 分以上（加圧時間 1 時間）保持し有意な漏えいが生じないことを確認する。

・ステップ② 水圧 0.55 MPa

水圧 0.55 MPa を負荷し、10 分以上（加圧時間 1 時間）保持し有意な漏えいが生じないことを確認する。

第 5.14.1.2-5 表 シートジョイントの耐圧試験条件

試験 No,	水圧	必要耐圧保持時間
①	0.26 MPa	10 分以上
②	0.55 MPa	10 分以上

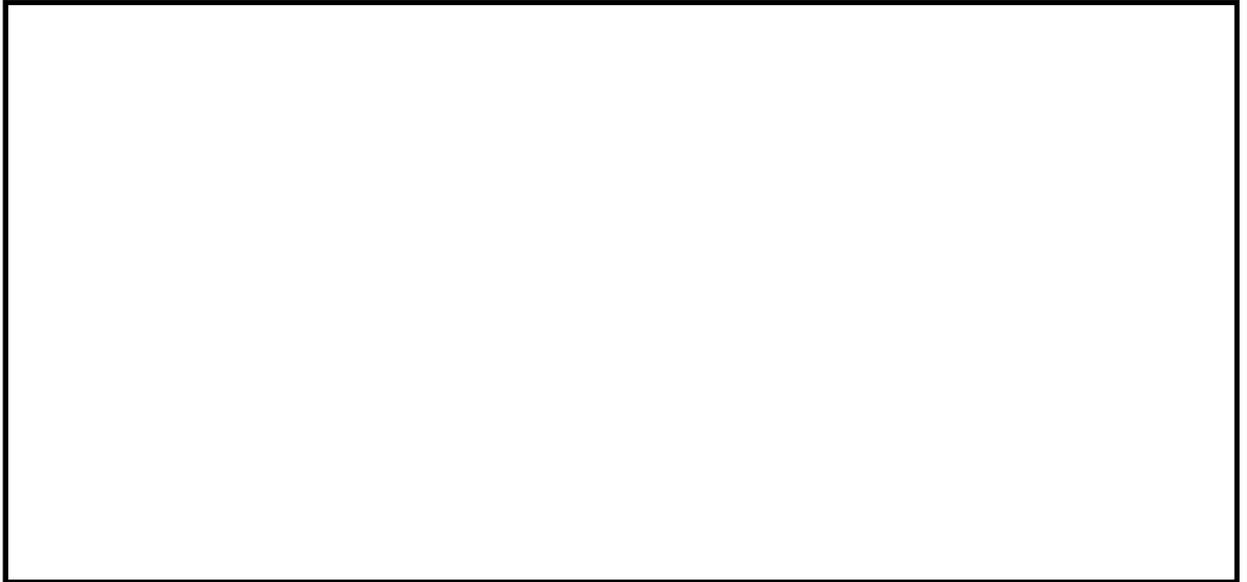
* 加圧時間は必要耐圧保持時間に対し、十分な余裕をもって 1 時間とした。



第 5.14.1.2-43 図 シートジョイントの耐圧試験概念図（側面）



第 5.14.1.2-44 図 耐圧試験機及び供試体（側面）



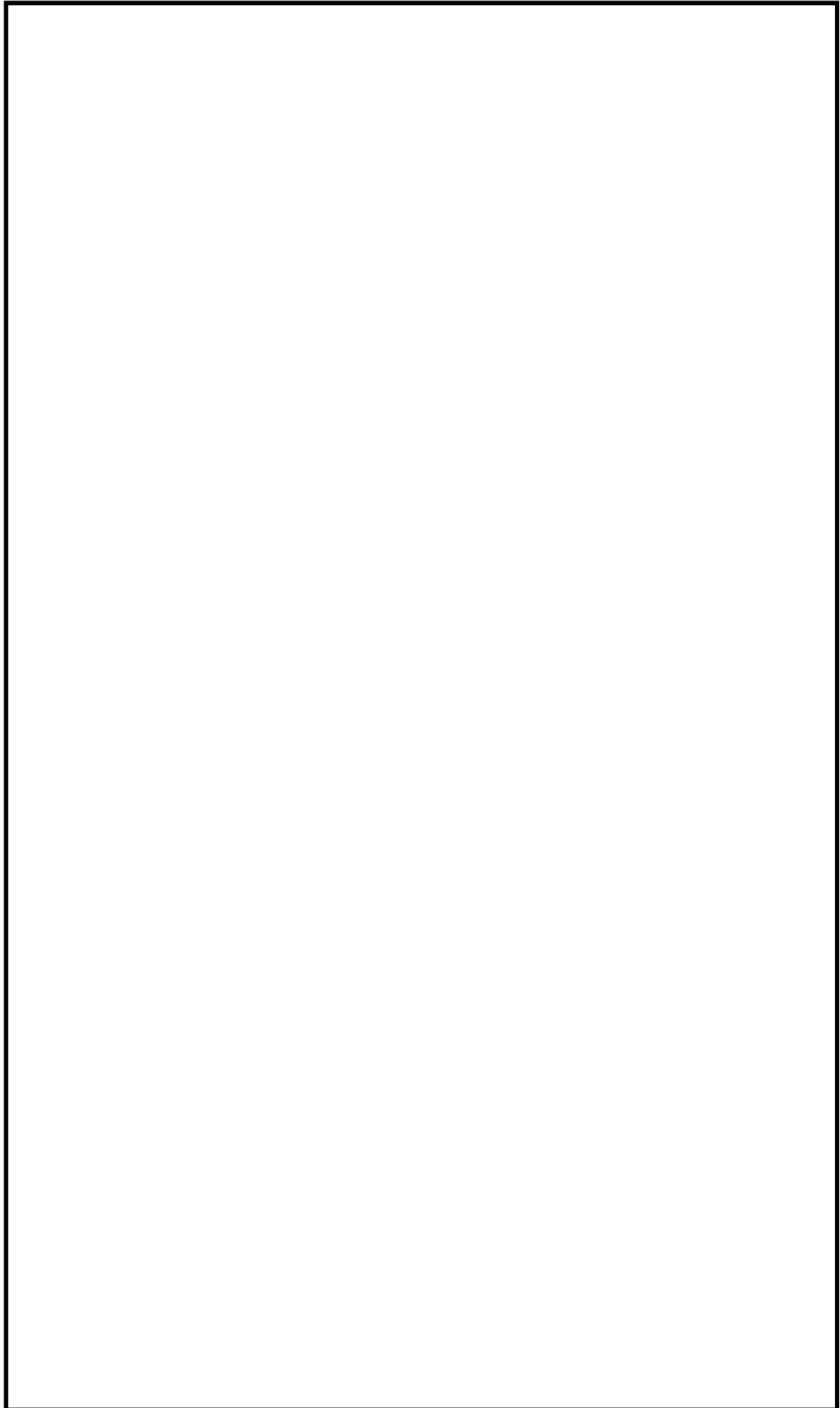
第 5.14.1.2-45 図 シートジョイントの耐圧試験概念図及び供試体（断面）

(c) 試験状況写真



漏えいなし

第 5.14.1.2-46 図 シートジョイントの耐圧試験状況 (0.26 MPa, 1 時間保持後)



漏えいなし

第 5.14.1.2-47 図 シートジョイントの耐圧試験状況 (0.55 MPa, 1 時間保持後)

(d) 試験結果

0.26 MPa 及び 0.55 MPa の水圧を負荷し、10 分以上（加圧時間 1 時間）加圧した結果、全てのケースにおいて、シートジョイントから漏えいが生じないことを確認した。

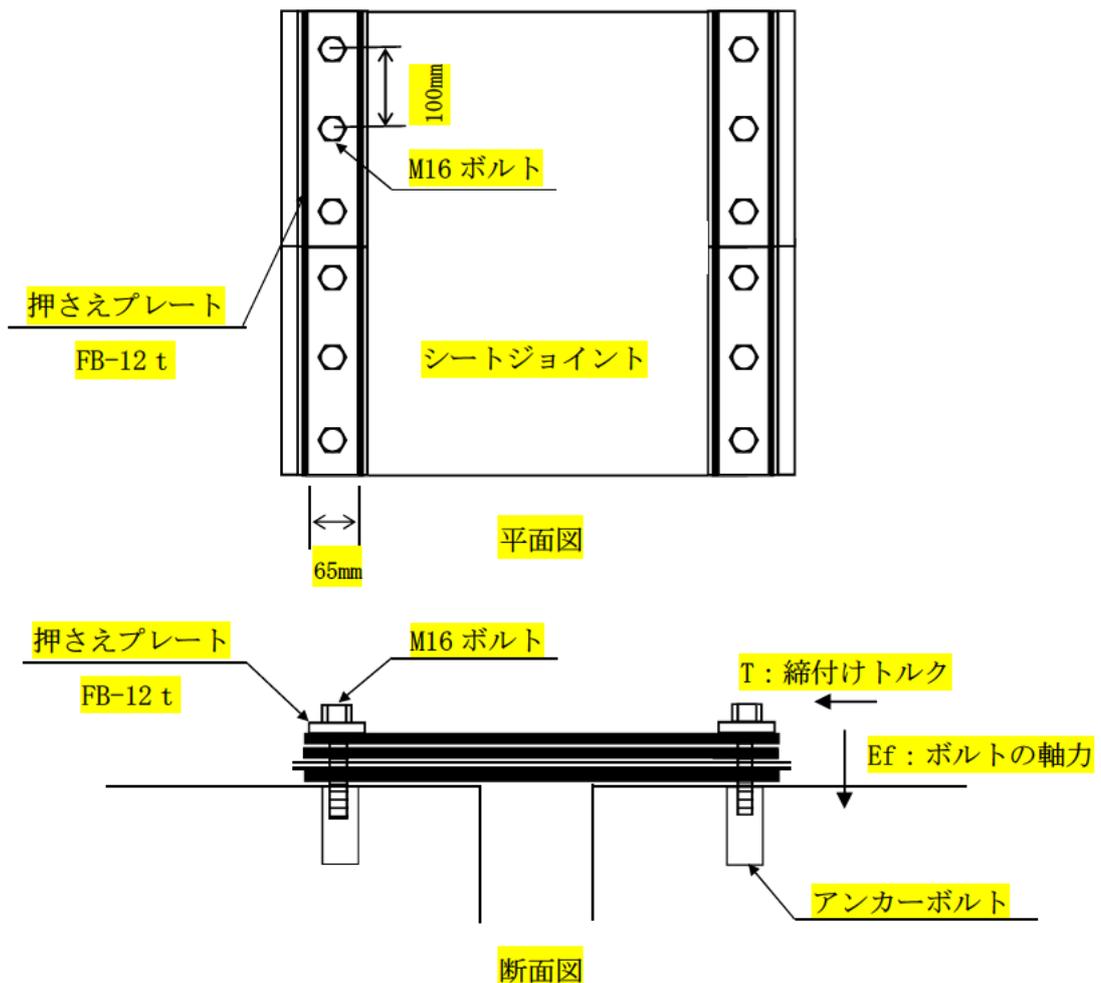
第 5.14.1.2-6 表 シートジョイントの耐圧試験結果

試験 No,	水圧	耐圧保持時間	漏えい	判定
①	0.26MPa	10 分以上	無	OK
②	0.55MPa	10 分以上	無	OK

* 加圧時間は必要耐圧保持時間に対し、十分な余裕をもって 1 時間とした。

(e) シートジョイントの取付け部の耐圧性

シートジョイントの取付け部から有意な漏えいを生じさせないためには、押さえプレートの締め付け面圧が外水圧よりも大きいことが必要である。耐圧性の確認は、押さえプレートの締め付け面圧が外水圧 0.55MPa 以上であることを確認する。



第 5.14.1.2-48 図 シートジョイント設置イメージ図

イ. ボルトの軸力

トルクと締付け力との関係式は、

$$F_f = T / (K \cdot d)$$

F_f : ボルトの軸力 (N)

T : 締付けトルク 107.9 (N・m)

K : トルク係数 0.3

d : ボルトの呼び径 16 mm = 0.016 m

$$F_f = 107.9 / (0.3 \times 0.016)$$

$$= 22479 \text{ N}$$

ロ. 応力緩和後のボルトの軸力

経時により応力が 23%低下するとする。

$$F = F_f \cdot \alpha$$

$$= 22479 \times 0.77$$

$$= 17309$$

F : 応力緩和後のボルトの軸力 (N)

F_f : ボルトに生じる軸力 22479 (N)

α : 応力緩和係数 0.77 (試験値)

ハ. 締付け面圧

締付け面圧は、

$$P_0 = F / (w \cdot L)$$

P_0 : 締付け面圧

F : 応力緩和後のボルトの軸力 (N)

w : 押さえ板の接触幅 65mm

L : ボルトピッチ 100mm

$$P_0 = 17309 / (65 \times 100)$$

$$= 2.66 \text{ N/mm}^2 \text{ (MPa)} > 0.55 \text{ MPa}$$

シートジョイントの耐圧試験結果で漏えいが確認されなかったこと、押さえプレートの締め付け面圧が設計水圧以上の圧力で押さえられていること、引張試験により取付け部のシートジョイントが変形しなかったことが確認されたことから、シートジョイントに耐圧性があることを確認した。

c. シートジョイントの耐候性試験

(a) 目的

土木シート (×2 重) は遮光シートにより保護されており，直射日光等の影響を受けることはないが，土木シートの耐候性の確認のため，促進耐候性試験を行う。試験期間は，シートジョイントの交換頻度を考慮して 15 年相当とする。土木シートを遮水シートで包んだ状態で促進耐候性試験機に入れ，15 年相当の試験時間 (540 時間) を置き，時間経過後の土木シートの引張強度を確認する。

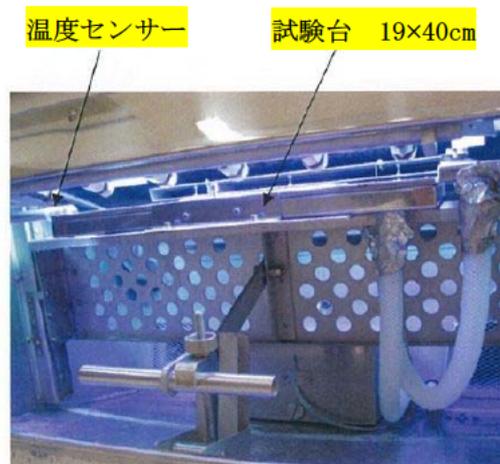
(b) 試験条件

土木シートは，遮水シートで包んで促進耐候性試験機に入れる。試験条件を第 5.14.1.2-7 表に，試験機の写真を第 5.14.1.2-46 図に示す。試験は JIS A 1415 「高分子系建築材料の実験室光源による暴露試験方法」による。540 時間後，土木シートの引張試験を実施する。

第 5.14.1.2-7 表 シートジョイントの耐候性試験条件

使用機種	スーパーUVテスター (UV照射)
放射照度	1500 W/m ²
槽内温度	63±3℃
槽内湿度	50±5%
試験時間	540 時間 (15 年相当)

*102 分経過毎に 18 分間，水を噴霧

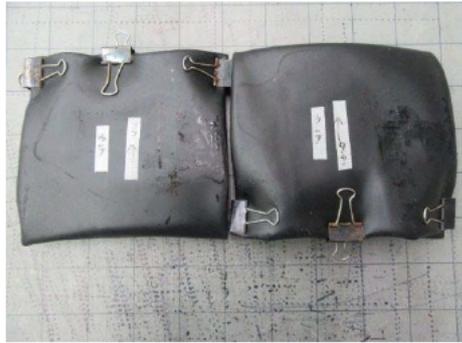


第 5.14.1.2-46 図 スーパーUV テスター試験機 (左：外観，右：内部)

引張試験は JIS L 1096（織物及び編物の生地試験方法）に準拠し、ラベルドストリップ法にて行う。

試験片幅 : 30mm
試験片の数 : 3
つかみ間隔 : 200mm
引張方向 : 縦方向及び横方向
引張速度 : 200mm/min

(c) 試験状況写真



促進耐候性試験（540 時間）終了後



引張試験体作成前

第 5. 14. 1. 2-49 図 シートジョイントの耐候性試験（15 年相当）

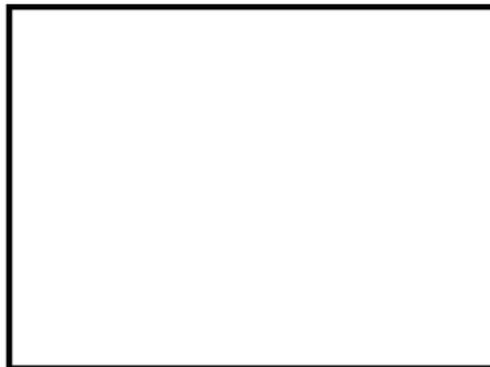


引張試験体



試験体幅確認状況

第 5. 14. 1. 2-50 図 シートジョイントの耐候性試験（15 年相当 引張試験）



試験体標線間距離確認状況

第 5. 14. 1. 2-51 図 シートジョイントの耐候性試験（15 年相当 引張試験）



縦方向 1 体目 試験前



縦方向 1 体目 試験後

第 5.14.1.2-52 図 シートジョイントの耐候性試験 (15 年相当 引張試験)



縦方向 2 体目 試験前



縦方向 2 体目 試験後

第 5.14.1.2-53 図 シートジョイントの耐候性試験 (15 年相当 引張試験)



縦方向3体目 試験前



縦方向3体目 試験後

第 5. 14. 1. 2-54 図 シートジョイントの耐候性試験 (15 年相当 引張試験)



横方向1体目 試験前

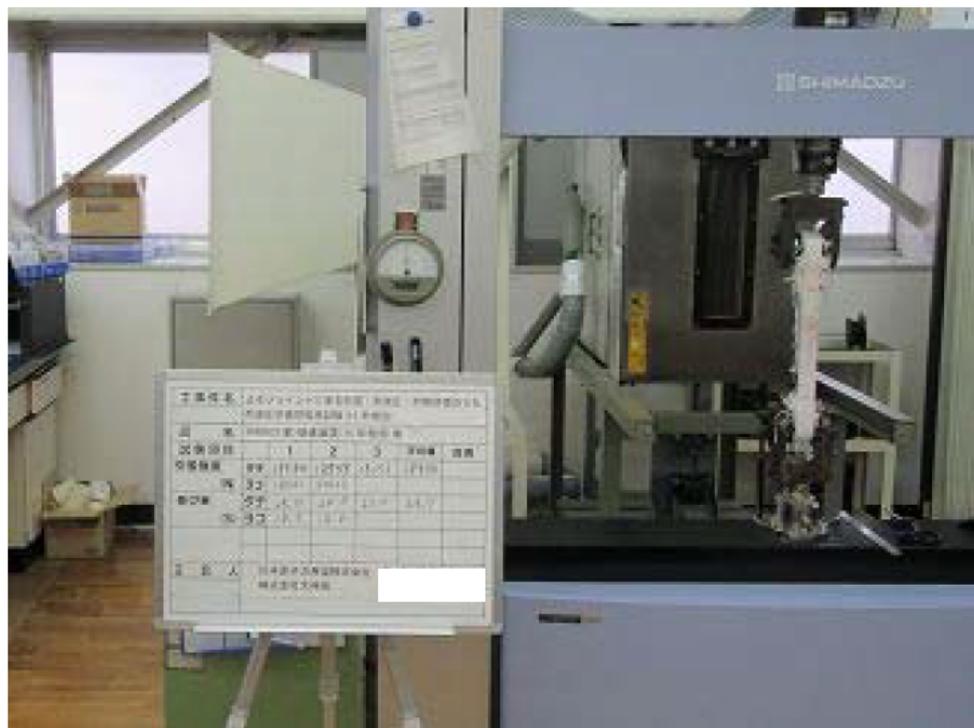


横方向1体目 試験後

第 5. 14. 1. 2-55 図 シートジョイントの耐候性試験 (15 年相当 引張試験)

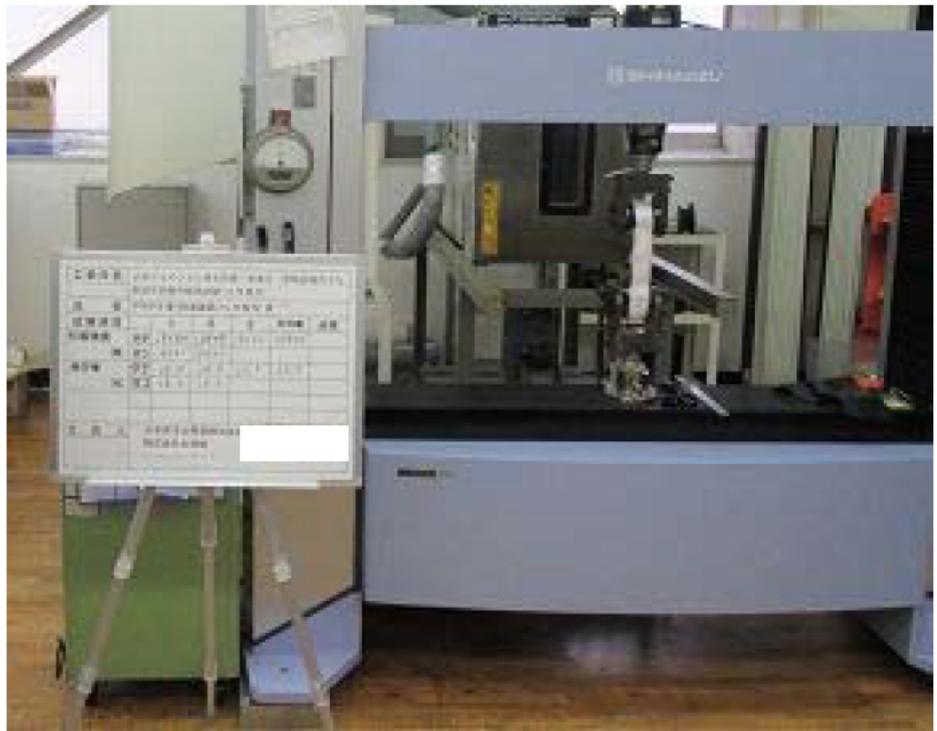


横方向2体目 試験前



横方向2体目 試験後

第 5. 14. 1. 2-56 図 シートジョイントの耐候性試験 (15 年相当 引張試験)



横方向3体目 試験前



横方向3体目 試験後

第 5. 14. 1. 2-57 図 シートジョイントの耐候性試験 (15 年相当 引張試験)



試験後の試験体

工 事 件 名	止水ジョイントに係る耐震・耐波圧・耐熱評価のうち耐波圧評価耐震性試験(15年相当)					
品 名	#800(2重)促進暴露(15年相当)後					
試 験 項 目		1	2	3	平均値	合否
引張強度	タテ	19580	18999	18152	18904	
	ヨコ	18561	20323	19292	19392	
伸び率	タテ	25.0	24.0	22.0	23.7	
	ヨコ	18.0	18.0	17.0	17.7	
立 会 人	日本原子力発電株式会社 株式会社大林組					

全試験体の試験結果

第 5.14.1.2-58 図 シートジョイントの耐候性試験 (15年相当 引張試験)

(d) 試験結果

引張試験結果より、15年相当の促進耐候性試験後の土木シート [] × 2重) の引張強度は、同じロットで耐候性試験を実施しなかった試験片の引張強度試験結果に対して、引張強さの低下は見られなかった。耐候性試験を実施しなかった試験片と15年相当の耐候性試験を実施した試験片の引張強さは、ほぼ同等であり、遮水シーターの保護により耐候性試験での劣化が生じなかったといえる。その差については、素材のばらつきの範囲であると考えられる。以上より、シートジョイントの耐候性に問題がないことを確認した。

第 5.14.1.2-7 表 シートジョイントの耐候性試験結果

試料名	促進時間	試験項目	試験法	平均値	1	2	3	
[] (2重)	耐候性 試験なし	引張強さ (N/3cm)	縦	JIS L 1096 (ラベルストリップ法)	18652	18884	17284	19788
			横	引張速度: 200mm/min 標線間:200mm	17307	16557	17251	18112
	15年相当 (540時間)	引張強さ (N/3cm)	縦	JIS L 1096 (ラベルストリップ法)	18904 (101%)	19580	18979	18152
			横	引張速度: 200mm/min 標線間:200mm	19392 (112%)	18561	20323	19292

* 平均値 () 内は耐候性試験を実施しなかった試験片に対する強度保持率

5.14.2 鋼製防護壁シール材について

5.14.2.1 概要及び評価方針

追而

5.14.2.2 性能確認試験

追而