

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-020 改 17
提出年月日	2022年6月30日

工事計画に係る補足説明資料
(安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の
下における健全性に関する説明書)

2022年6月

中国電力株式会社

1. 工事計画添付書類に係る補足説明資料
 添付書類の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

資料 No.	添付説明資料名	補足説明資料（内容）	備考
1	安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書		
2	可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルート	1. 送電鉄塔他の影響評価について 2. 保管場所及び屋外のアクセスルートの周辺斜面及び敷地下斜面すべり安定性評価について 2.1 概要 2.2 評価フロー 2.3 保管場所及びアクセスルートに影響するおそれのある斜面の網羅的な抽出 2.3.1 離隔距離の考え方 2.4 液状化範囲の検討 2.4.1 液状化範囲の検討フロー 2.4.2 液状化範囲の検討方法及び検討結果 2.5 保管場所及びアクセスルートに影響するおそれのある斜面のグループ分け 2.6 評価対象斜面の選定及び評価 2.6.1 評価フロー（詳細） 2.6.2 選定方針及び評価方法 2.6.3 評価対象斜面の選定及び評価結果 2.7 対策工（抑止杭）に関する詳細検討 2.7.1 基本方針 2.7.2 抑止杭の設計 2.7.3 抑止杭の耐震評価 2.7.4 抑止杭を設置した斜面の安定性評価 2.7.5 構造等に関する先行炉との比較 2.7.6 対策工（抑止杭）を設置した斜面の抑止杭間の岩盤の健全性 2.8 その他の検討 2.8.1 鉄塔が設置されている斜面の安定性評価 2.8.2 岩盤斜面と盛土斜面の同時崩壊検討 2.8.3 応力状態を考慮した検討 （参考資料 1）各断面の比較検討結果及び評価対象斜面の選定根拠 （参考資料 2）すべり安定性評価の基準値の設定について （参考資料 3）斜面のすべり安定性評価に用いた解析コードの適用性について （参考資料 4）D級岩盤等の間隙率の設定について	今回提出範囲

資料 No.	添付説明資料名	補足説明資料（内容）	備考
2	可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルート	<p>3. 液状化及び揺すり込みによる沈下量及び傾斜の算定方法について</p> <p>4. 保管場所における液状化及び揺すり込みによる不等沈下・傾斜，液状化に伴う浮き上がりによる影響評価について</p> <p>5. 保管場所における地盤支持力評価について</p> <p>6. 保管場所及び屋外のアクセスルート近傍の障害となり得る構造物と影響評価について</p> <p>7. 保管場所及び屋外のアクセスルート周辺構造物の耐震性評価について</p> <p>7.1 他資料において耐震性を確認している周辺構造物</p> <p>7.2 建物・構築物の耐震性評価</p> <p>7.2.1 免震重要棟の耐震性評価</p> <p>7.2.2 1号機原子炉建物の外装材の耐震性評価</p> <p>7.2.3 建物の外装材以外の部材の耐震性評価</p> <p>7.2.4 2号機開閉所防護壁の耐震性評価</p> <p>7.2.5 補助消火水槽の耐震性評価</p> <p>7.2.6 第二輪谷トンネルの耐震性評価</p> <p>7.2.7 連絡通路の耐震性評価</p> <p>7.2.8 防火壁の耐震性評価</p> <p>7.2.9 重油タンク（No. 1, 2, 3）の溢水防止壁の耐震性評価</p> <p>7.3 機器・配管の耐震性評価</p> <p>7.3.1 第2予備変圧器の耐震性評価</p> <p>7.3.2 重油移送配管（防波壁乗り越え箇所）の耐震性評価</p> <p>7.3.3 送電鉄塔他の耐震性評価</p> <p>8. 屋外のアクセスルートの段差緩和対策等について</p> <p>9. 屋外のアクセスルートの側方流動評価について</p> <p>10. 屋内のアクセスルートの設定について</p> <p>11. 屋内のアクセスルート確保のための対策について</p> <p>12. 可搬型重大事故等対処設備の保管場所について</p> <p>13. 森林火災時における屋外のアクセスルートへの影響について</p> <p>14. 土石流による影響評価について</p> <p>15. 主要変圧器の火災発生防止対策について</p> <p>16. 屋外タンク等からの溢水影響評価について</p>	今回提出範囲

資料 No.	添付説明資料名	補足説明資料（内容）	備考
2	可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルート	17. 第4保管エリアの変更に伴う影響について 18. 重油移送配管の経路変更に伴う影響について	今回提出 範囲
3	発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止について		
4	ブローアウトパネル関連設備の設計方針		

可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルートに
係る補足説明資料

目 次

1. 送電鉄塔他の影響評価について	
2. 保管場所及び屋外のアクセスルートの周辺斜面及び敷地下斜面すべり安定 性評価について	
3. 液状化及び揺すり込みによる沈下量及び傾斜の算定方法について	1
4. 保管場所における液状化及び揺すり込みによる不等沈下・傾斜，液状化に 伴う浮き上がりによる影響評価について	8
5. 保管場所における地盤支持力評価について	20
6. 保管場所及び屋外のアクセスルート近傍の障害となり得る構造物と影響評 価について	
7. 保管場所及び屋外のアクセスルート周辺構造物の耐震性評価について	
8. 屋外のアクセスルートの段差緩和対策等について	24
9. 屋外のアクセスルートの側方流動評価について	78
10. 屋内のアクセスルートの設定について	
11. 屋内のアクセスルート確保のための対策について	
12. 可搬型重大事故等対処設備の保管場所について	
13. 森林火災時における屋外のアクセスルートへの影響について	
14. 土石流による影響評価について	
15. 主要変圧器の火災発生防止対策について	
16. 屋外タンク等からの溢水影響評価について	
17. 第4保管エリアの変更に伴う影響について	
18. 重油移送配管の経路変更に伴う影響について	

3. 液状化及び揺すり込みによる沈下量及び傾斜の算定方法について

3.1 概要

ここでは、保管場所及びアクセスルートにおける液状化及び揺すり込みによる沈下量の算定方法と、不等沈下量及び傾斜量の算定方法について説明する。

3.2 沈下量の算定方針

沈下量の算定方法を図 3-1 に示す。

液状化による沈下量については、Ishihara ほか(1992)の地盤の相対密度に応じた最大せん断ひずみ及び体積ひずみ（沈下率）の関係*¹に基づき設定した液状化による沈下率（A）を、対象地点の地下水位以深における液状化の検討対象層の層厚に乗じて算定する。

また、揺すり込みによる沈下量については、海野ら(2006)の知見*²を採用し、安全側に飽和地盤が完全に液状化した後の再圧密による体積収縮量と等しいと仮定した揺すり込みによる沈下率（B）を、対象地点の地下水位以浅における不飽和地盤の層厚に乗じて算定する。

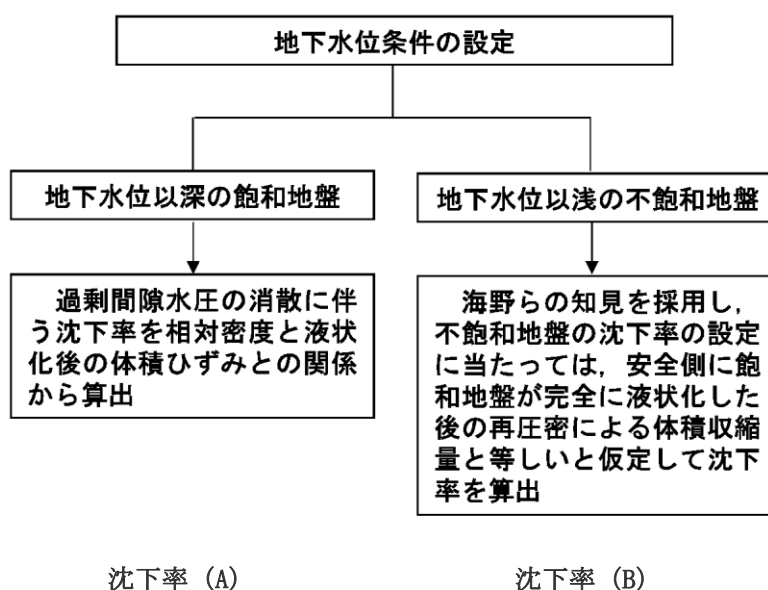


図 3-1 沈下量の算定方法

注記*1: Kenji Ishihara, Mitsutoshi Yoshimine: Evaluation of settlements in sand deposits following liquefaction during earthquakes, Soils and Foundations, 1992

*2: 海野 寿康, 風間 基樹, 渦岡 良介, 仙頭 紀明: 同一繰返しせん断履歴における乾燥砂と飽和砂の体積収縮の関係, 土木学会論文集 C, 2006

3.3 液状化による沈下量の算定方法

(1) 液状化による沈下量の検討対象層

液状化による沈下量の検討対象層については、地下水位以深の飽和地盤全て（埋戻土（掘削ズリ）、埋戻土（粘性土）、砂礫層及び旧表土）とする。なお、埋戻土（粘性土）及び旧表土は、粘性土を含むため液状化しないが、保守的に埋戻土（掘削ズリ）として沈下量を算出する。また、砂礫層は、図3-2に示す粒径加積曲線が埋戻土（掘削ズリ）と同様な傾向を示すことから、埋戻土（掘削ズリ）として液状化対象層とする。

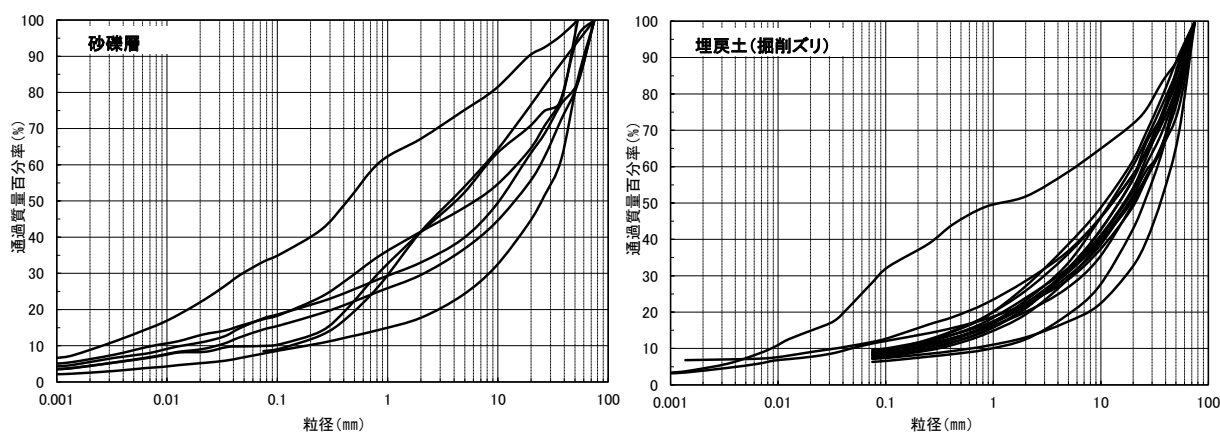


図3-2 粒径加積曲線

(2) 液状化による沈下率

液状化による沈下率は、液状化検討対象層の相対密度の調査結果と、最大せん断ひずみ及び体積ひずみ（沈下率）の関係に基づき設定する。

a. 相対密度の設定

液状化検討対象層の相対密度の調査位置と調査結果を図3-3及び図3-4に示す。液状化による沈下量の設定に用いる相対密度については、埋戻土（掘削ズリ）の調査結果から、平均で71.3%となるが、ばらつきを考慮すると54.1%となる。

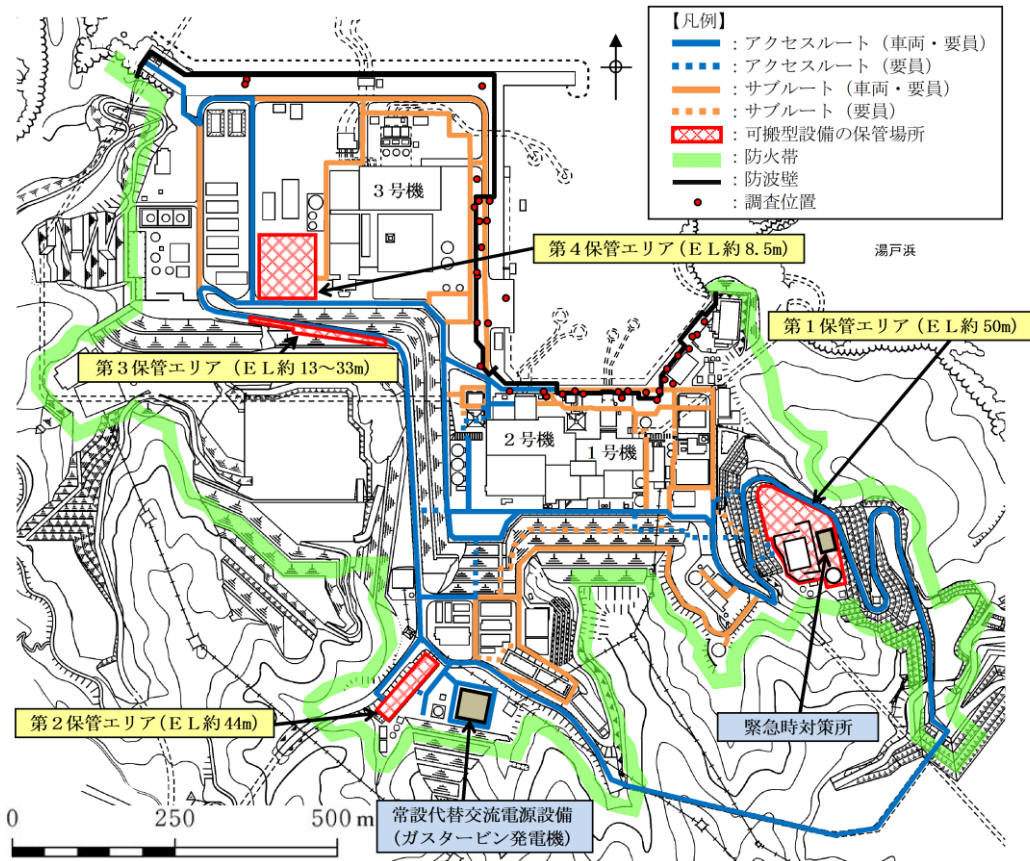


図 3-3 埋戻土（掘削ズリ）の相対密度の調査位置

地層	相対密度 [%]		備考 (調査位置)
	平均	平均- σ	
埋戻土（掘削ズリ）	71.3	54.1	防波壁周辺

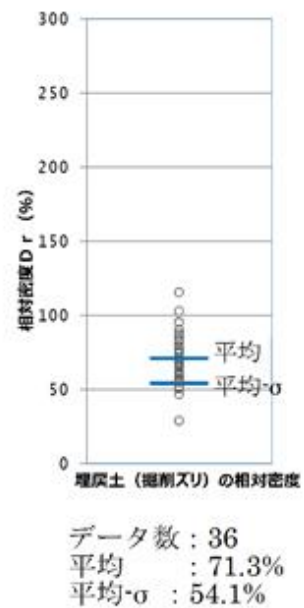


図 3-4 液状化対象層の相対密度の調査結果

b. 液状化による沈下率の設定

Ishihara ほか(1992)の地盤の相対密度に応じた最大せん断ひずみ及び体積ひずみ(沈下率)の関係を図3-5に示す。

Ishihara ほか(1992)の地盤の相対密度に応じた最大せん断ひずみ及び体積ひずみ(沈下率)の関係は砂を対象としているが、保守的に沈下率を設定するため、砂礫についても本関係を用いて評価する。

液状化による沈下率(A)は、液状化後の体積ひずみとし、相対密度の平均値71.3%から沈下率(A)は2.5%となるが、ばらつきを考慮して算出した相対密度54.1%から保守的に沈下率(A)を3.5%とする。

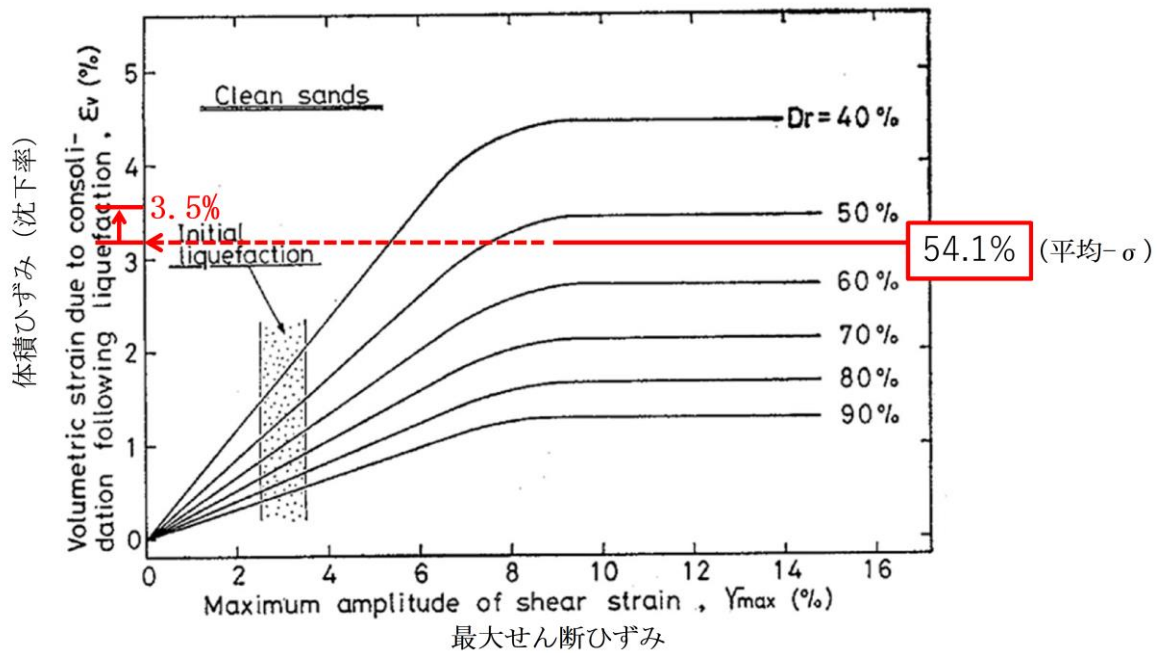


図3-5 Ishihara ほか(1992)の地盤の相対密度に応じた最大せん断ひずみ及び体積ひずみ(沈下率)の関係

3.4 揺すり込みによる沈下量の算定方法

(1) 揺すり込みによる沈下量の検討対象層

揺すり込みによる沈下量の検討対象層は、地下水位以浅の不飽和地盤全て（埋戻土（掘削ズリ）、埋戻土（粘性土）、砂礫層及び旧表土）とする。なお、埋戻土（粘性土）及び旧表土は、粘性土を含むため液状化しないが、保守的に埋戻土（掘削ズリ）として沈下量を算出する。また、砂礫層は、埋戻土（掘削ズリ）として評価する。

(2) 揺すり込みによる沈下率

揺すり込み沈下量は、海野ら(2006)の知見を採用し、保守的に飽和地盤が完全に液状化した後の再圧密による体積収縮量と等しいと仮定して沈下率を設定し、これに揺すり込みによる沈下量の検討対象層の厚さを乗じて算出する。揺すり込みによる沈下量の算定方法を図3-6に示す。

したがって、揺すり込みによる沈下率（B）は液状化による沈下率の設定と同様に3.5%とする。

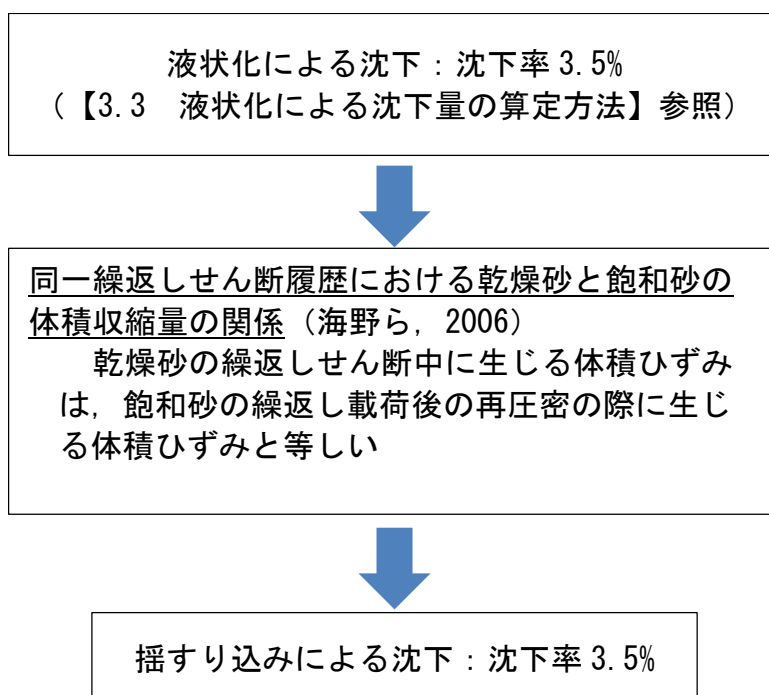


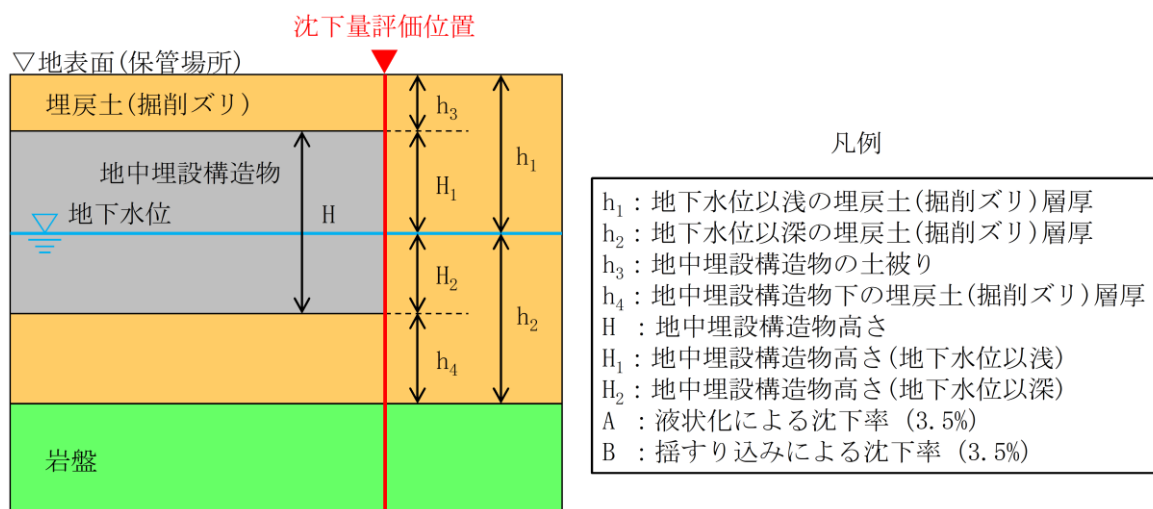
図3-6 埋戻土（掘削ズリ）の揺すり込みによる沈下量の算定方法

3.5 不等沈下量及び傾斜量の算定方法

(1) 不等沈下量の算定方法

不等沈下量については、地中埋設構造物と埋戻土との境界部に生ずる段差量を評価する。不等沈下量の算定方法を図3-7に示す。

沈下量評価位置においては、図3-7に示すとおり、地中埋設構造物と埋戻土との境界部に生ずる不等沈下量は、地下水位の高低によらず、地中埋設構造物高さ×3.5%で表される。



$$\text{地盤の沈下量 } \delta_1 : \delta_1 = h_1 \cdot B + h_2 \cdot A = h_1 \cdot 3.5\% + h_2 \cdot 3.5\% = (h_1 + h_2) \cdot 3.5\%$$

$$\text{地中埋設構造物上部の沈下量 } \delta_2 : \delta_2 = h_3 \cdot B = h_3 \cdot 3.5\% = (h_1 - H_1) \cdot 3.5\%$$

$$\text{地中埋設構造物下部の沈下量 } \delta_3 : \delta_3 = h_4 \cdot A = h_4 \cdot 3.5\% = (h_2 - H_2) \cdot 3.5\%$$

地中埋設構造物位置での相対沈下量 δ :

$$\delta = \delta_1 - \delta_2 - \delta_3 = (h_1 + h_2) \cdot 3.5\% - (h_1 - H_1) \cdot 3.5\% - (h_2 - H_2) \cdot 3.5\%$$

$$= (H_1 + H_2) \cdot 3.5\%$$

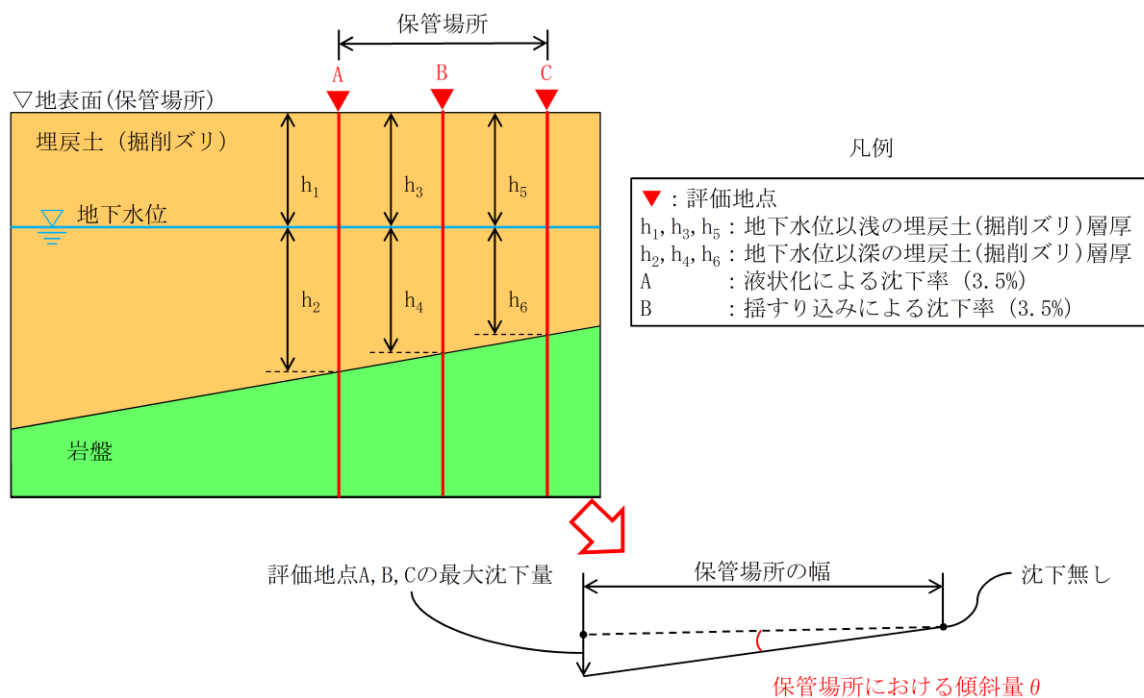
$$= H \cdot 3.5\%$$

図3-7 地中埋設構造物位置における不等沈下量の算定方法

(2) 傾斜量の算定方法

傾斜量の算定については、各評価地点（中央部及び両端部）における沈下量に基づき算定する。保管場所における傾斜量の算定方法を図3-8に示す。

傾斜量の算定にあたっては、地層の分布及び傾きの不確かさを考慮するため、各評価地点で算定した沈下量の最大値を保管場所の幅で除することで、保守的な傾斜量を算定する。



評価地点 A の沈下量 δ_A : $\delta_A = h_1 \cdot B + h_2 \cdot A = h_1 \cdot 3.5\% + h_2 \cdot 3.5\% = (h_1 + h_2) \cdot 3.5\%$

評価地点 B の沈下量 δ_B : $\delta_B = h_3 \cdot B + h_4 \cdot A = h_3 \cdot 3.5\% + h_4 \cdot 3.5\% = (h_3 + h_4) \cdot 3.5\%$

評価地点 C の沈下量 δ_C : $\delta_C = h_5 \cdot B + h_6 \cdot A = h_5 \cdot 3.5\% + h_6 \cdot 3.5\% = (h_5 + h_6) \cdot 3.5\%$

↓

保管場所の傾斜量 θ :

$\theta = (\delta_A, \delta_B, \delta_C \text{ の最大値}) \div \text{保管場所の幅}$

図3-8 保管場所における傾斜量の算定方法

4. 保管場所における液状化及び揺すり込みによる不等沈下・傾斜、液状化に伴う浮き上がりによる影響評価について

4.1 概要

可搬型設備の保管場所においては、液状化及び揺すり込みによる不等沈下・傾斜、液状化に伴う浮き上がりに対する保管場所への影響結果を説明する。

4.2 液状化及び揺すり込みによる不等沈下・傾斜

(1) 評価方法

保管場所への影響評価では、液状化及び揺すり込みによる沈下量及び傾斜量を算定し、評価基準内に収まることを確認する。

保管エリアの位置図を図4-1に、保管エリア内の可搬型設備の配置図を図4-2に示す。

なお、可搬型設備（一部の α 及び予備）については、重大事故等対応において作業成立性上期待していないため、保管エリア内の埋戻土上に保管し、作業成立性上期待している可搬型設備やアクセスルートに対して十分な離隔距離を確保する。

第1保管エリアの可搬型設備は、切土地盤（岩盤）上に配置するが、保管エリアから屋外のアクセスルート（車両・要員）の動線の一部に埋戻土が存在することから、影響評価を実施する。

第2保管エリアの可搬型設備は、盛土地盤に支持された輪谷貯水槽（西1/西2）の上に配置することから、影響評価を実施する。

第3保管エリアの可搬型設備は、すべて切土地盤（岩盤）上に保管することから、評価対象から除く。

第4保管エリアの可搬型設備は、切土地盤（岩盤）上に配置する。なお、可搬型設備は埋戻土上を避けて岩盤及びコンクリート置換部を走行することから、評価対象から除く。

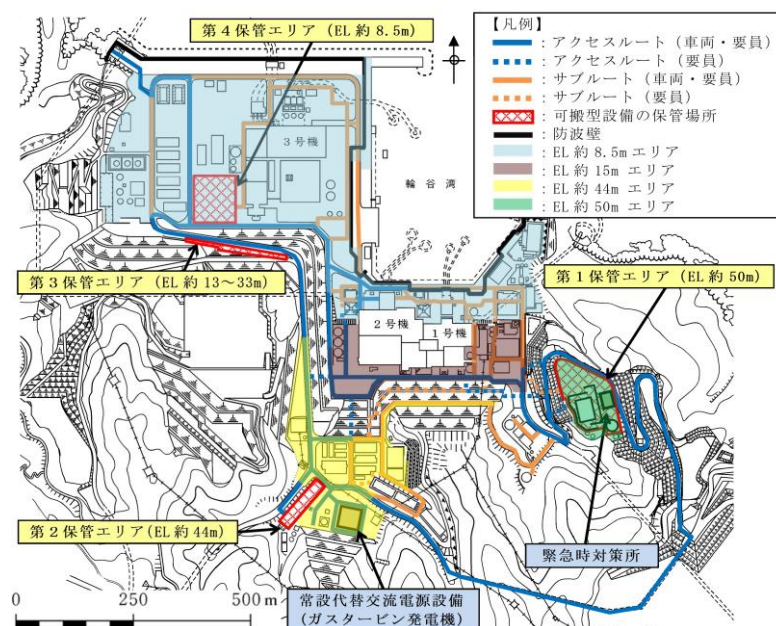
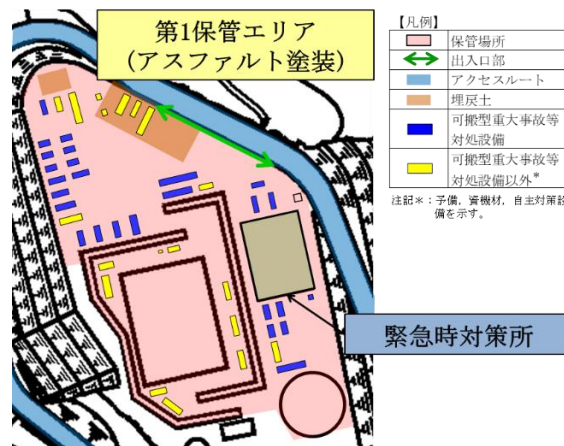


図4-1 保管エリア位置図



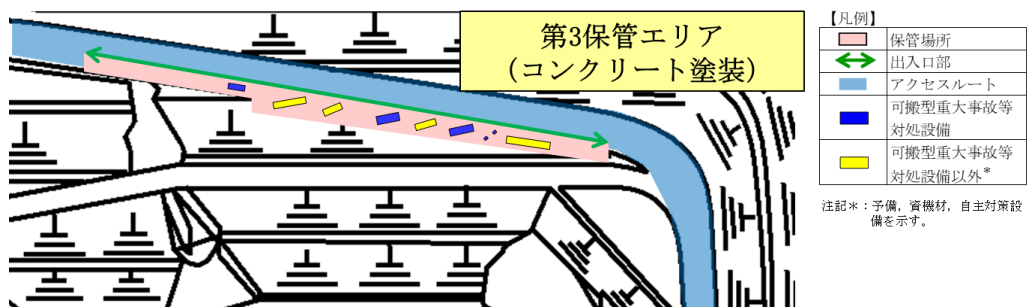
第1保管エリア

図 4-2(1) 各保管エリア内の可搬型設備の配置図



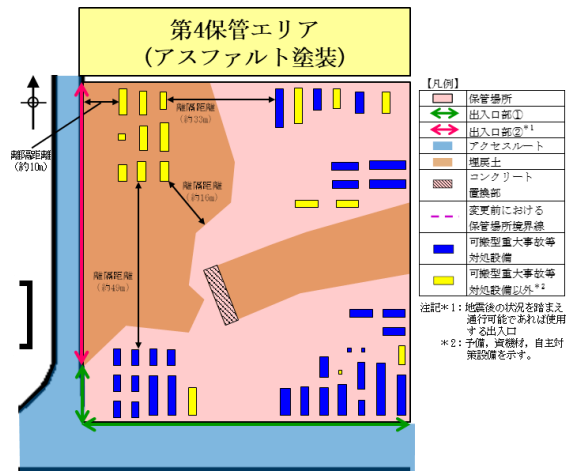
第2保管エリア

図 4-2(2) 各保管エリア内の可搬型設備の配置図



第3保管エリア

図 4-2(3) 各保管エリア内の可搬型設備の配置図



第4保管エリア

図 4-2 (4) 各保管エリア内の可搬型設備の配置図

a. 不等沈下に対する影響評価方法

不等沈下に対する影響評価では、「3. 液状化及び揺すり込みによる沈下量及び傾斜の算定方法について」に示すとおり、第1保管エリアの切土地盤（岩盤）及び第2保管エリアの構造物（輪谷貯水槽（西1/西2））と埋戻土の境界部に生ずる相対沈下量を算定する。

b. 傾斜に対する影響評価方法

傾斜に対する影響評価では、「3. 液状化及び揺すり込みによる沈下量及び傾斜の算定方法について」に示すとおり、第1保管エリアは、最大沈下量を断面図の岩盤傾斜面の幅で除した傾斜量、第2保管エリアは保管場所の端部及び中央部の評価地点での総沈下量から最大沈下量を保管場所の幅で除した傾斜量により評価する。

c. 液状化による沈下量

液状化による沈下量については、地下水位以深の飽和砂質地盤全て（埋戻土（掘削ズリ）、埋戻土（粘性土）、砂礫層及び旧表土）を対象層とし、「3. 液状化及び揺すり込みによる沈下量の算定方法について」に示すとおり、対象層厚の3.5%を沈下量として算定する。

d. 揺すり込みによる沈下量

揺すり込みによる沈下量については、地下水位以浅の不飽和地盤全てを対象層とし、「3. 液状化及び揺すり込みによる沈下量の算定方法について」に示すとおり、対象層厚の3.5%を沈下量として算定する。

e. 地下水位の設定

地下水位については、3次元浸透流解析結果に基づいて設定する。ただし、液状化による沈下量及び揺すり込みによる沈下量の算出においては、ともに層厚の3.5%として算定されるため、地下水位の設定による沈下量への影響はない。

f. 評価基準

評価基準については、可搬型設備が徐行により走行可能な段差量15cm及び登坂可能な勾配15%とする。

段差量は、「地震時の段差被害に対する補修と交通開放の管理・運用方法について」（依藤ら 2007年）によると、段差走行実験より、走行速度5km/hの場合、15cmの段差を通行が可能とされている。また、「8. 屋外アクセスルートの段差緩和対策について」に示すとおり、可搬型設備の段差量15cmの通行性及び段差通行後の健全性の検証結果を踏まえ、段差量は15cmを設定する。

勾配は、「小規模道路の平面線形及び縦断勾配の必要水準に関する基礎的検討」（濱本ら 2012年）によると、車両の登坂能力から検討した縦断勾配の限界値として、積雪時において最も小さく、15%とされている。このことから、登坂可能な勾

配は、15%を設定する。

(2) 評価結果

a. 不等沈下の評価結果

液状化及び揺すり込みによる不等沈下に対する影響評価結果について、保管場所への影響評価結果を表 4-1 に示す。

第 1 保管エリアは、敷地造成による切土地盤（岩盤）からなるが、一部に埋戻土が存在する。岩盤と埋戻土の境界では、図 4-3 のように擦り付ける工夫がなされていることから、許容段差量 15cm を超える局所的な段差は発生せず、通行への影響はない。

第 2 保管エリアは、輪谷貯水槽（西 1/西 2）の上であることから、車両通行の許容段差量 15cm を超える局所的な段差は発生せず、通行への影響はない。

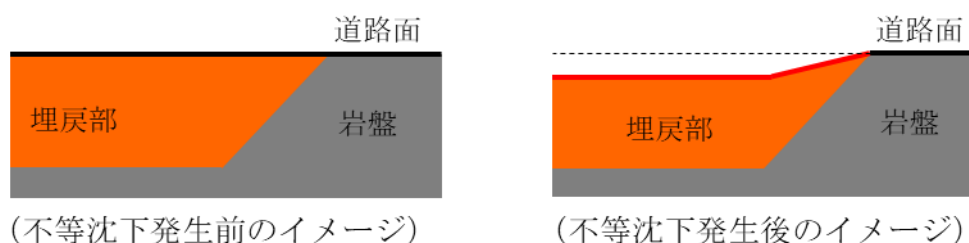


図 4-3 岩盤と埋戻土との境界部の状況（第 1 保管エリア）

表 4-1 沈下に対する影響評価結果

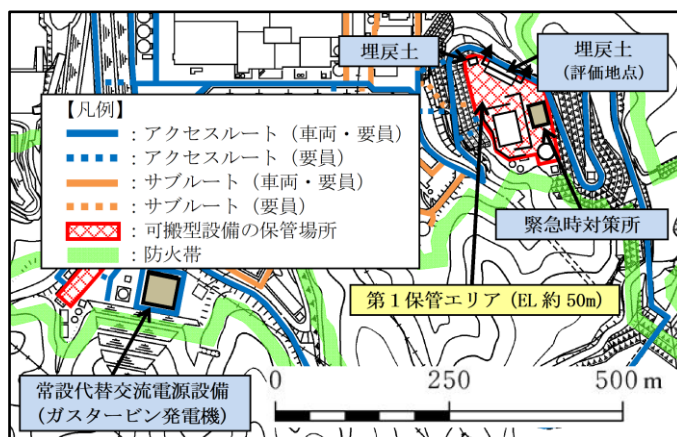
被害要因	評価結果			
	第 1 保管エリア	第 2 保管エリア	第 3 保管エリア	第 4 保管エリア
液状化及び揺すり込みによる不等沈下	問題なし	問題なし	該当なし	該当なし

b. 傾斜の評価結果

液状化及び揺すり込みによる傾斜に対する影響評価結果について、各保管場所の評価を図 4-4 及び図 4-5 に、傾斜量の算定結果を表 4-2 及び表 4-3 に、評価結果を表 4-4 に示す。

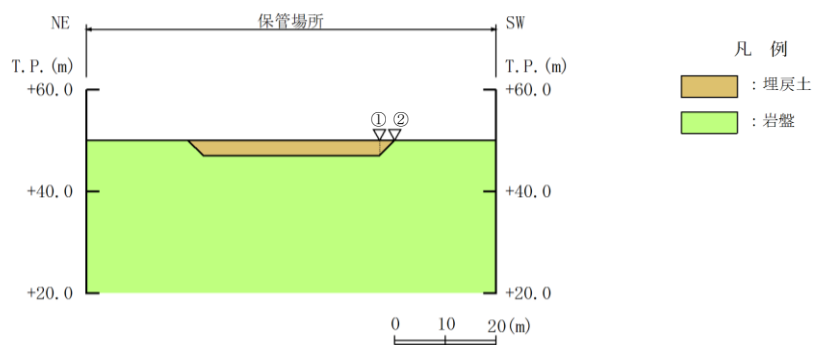
第 1 保管エリアにおける傾斜が発生する箇所として埋戻土が存在することから、広範囲に傾斜が生じる埋戻土を評価地点とする。評価地点のうち、想定される最大の傾斜（最大沈下量/岩盤傾斜面の幅）は 3.5%であることから通行への影響はない。

第 2 保管エリアにおける液状化及び揺すり込みによる傾斜についても、評価地点のうち、想定される最大の傾斜（最大沈下量/保管場所の幅）は 4.1%であることから通行への影響はない。



平面図

▽: 沈下量評価地点

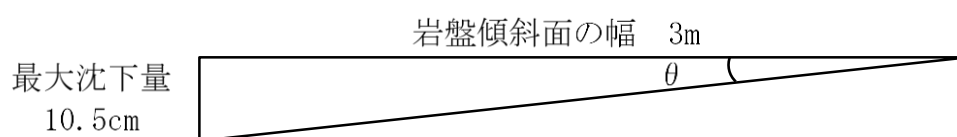


断面図

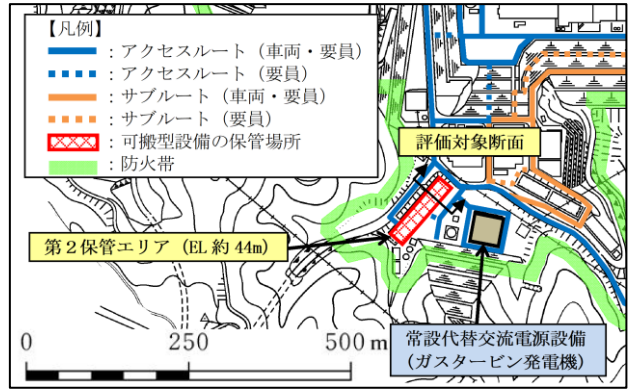
図 4-4 第 1 保管エリアの傾斜評価地点

表 4-2 第 1 保管エリアの傾斜評価結果

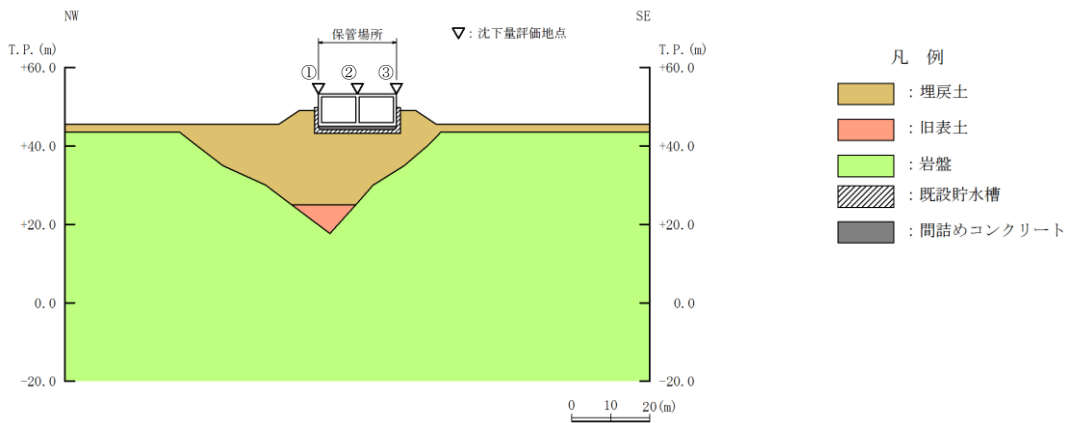
沈下対象層	① 北東側		② 南西側	
	対象厚さ (m)	沈下量 (cm)	対象厚さ (m)	沈下量 (cm)
埋戻土	3.0	10.5	0.0	0.0
最大沈下量	10.5cm		0.0cm	
岩盤傾斜面の幅	3.0m			
保管場所の傾斜 (θ) (最大沈下量/岩盤傾斜面の幅)	3.5%			



傾斜の考え方



平面図

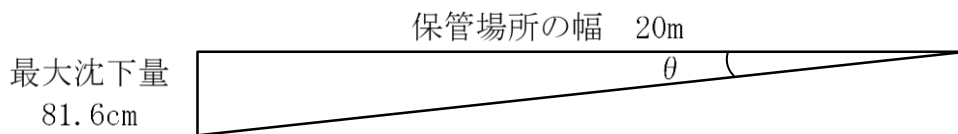


断面図（短辺方向）

図 4-5 第2保管エリアの傾斜評価地点

表 4-3 第2保管エリアの傾斜評価結果

沈下対象層	①北西側		②中央部		③南東側	
	対象厚さ (m)	沈下量 (cm)	対象厚さ (m)	沈下量 (cm)	対象厚さ (m)	沈下量 (cm)
埋戻土	17.7	62.0	17.7	62.0	9.5	33.3
旧表土	5.6	19.6	-	-	-	-
総沈下量	81.6cm		62.0cm		33.3cm	
最大沈下量	81.6cm					
保管場所の幅	20m					
保管場所の傾斜 (θ) (最大沈下量/保管場所の幅)	4.1%					



傾斜の考え方

表 4-4 傾斜に対する影響評価結果

被害要因	評価結果			
	第1保管エリア	第2保管エリア	第3保管エリア	第4保管エリア
液状化及び揺すり込みによる傾斜	問題なし	問題なし	該当なし	該当なし

4.3 液状化に伴う浮き上がり

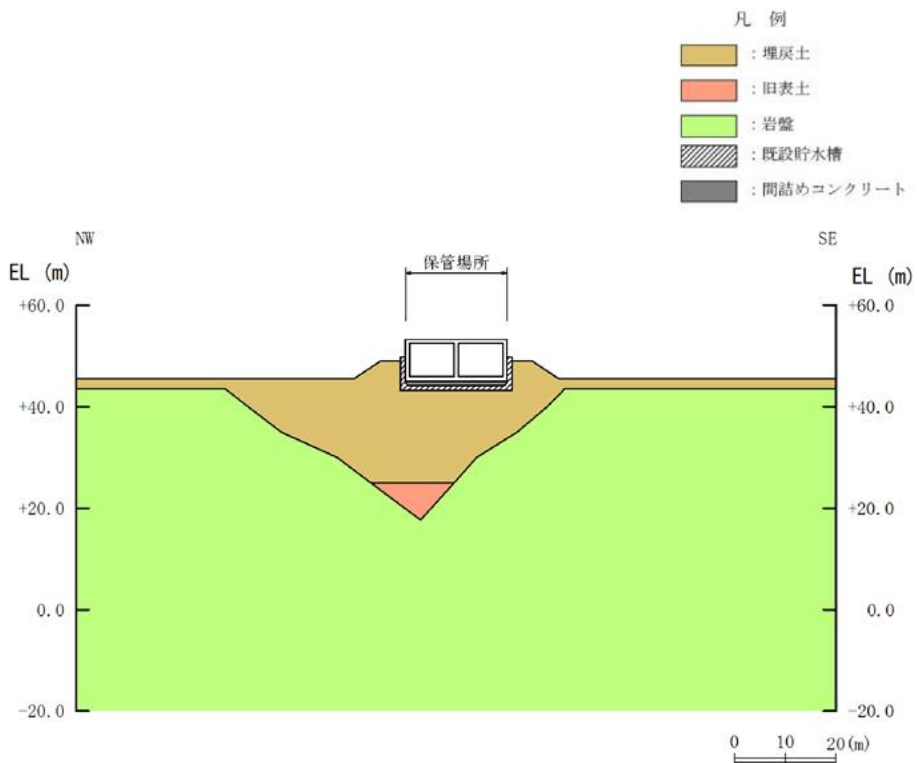
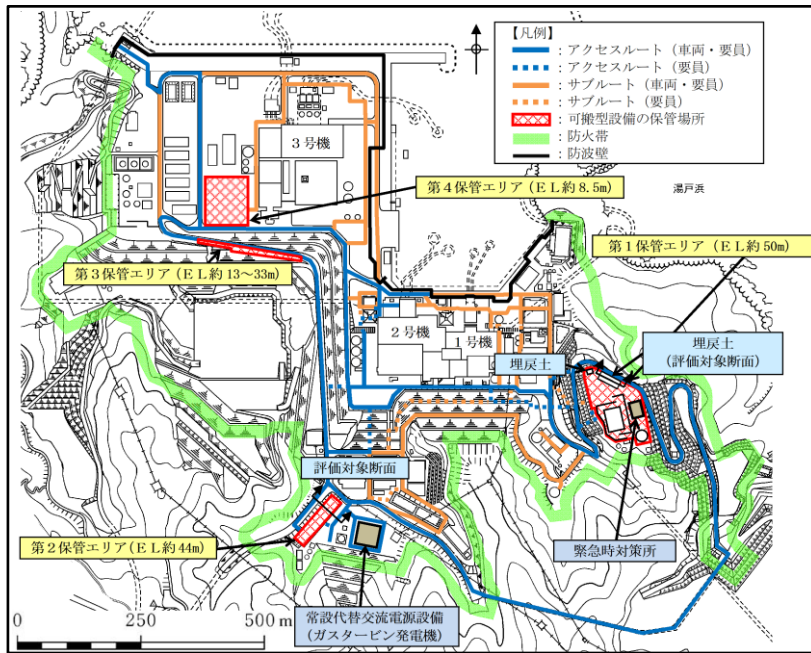
(1) 評価方法

液状化に伴う浮き上がりに対する保管場所への影響を評価する。

図 4-6 に第 2 保管エリアの位置図及び断面図を示す。浮き上がりの評価の対象については、地中埋設構造物である輪谷貯水槽（西 1/西 2）を対象とする。なお、第 1 保管エリア、第 3 保管エリア及び第 4 保管エリアについては、対象となる地中埋設構造物が存在しないことから、液状化に伴う地中埋設構造物の浮き上がりによる影響はない。

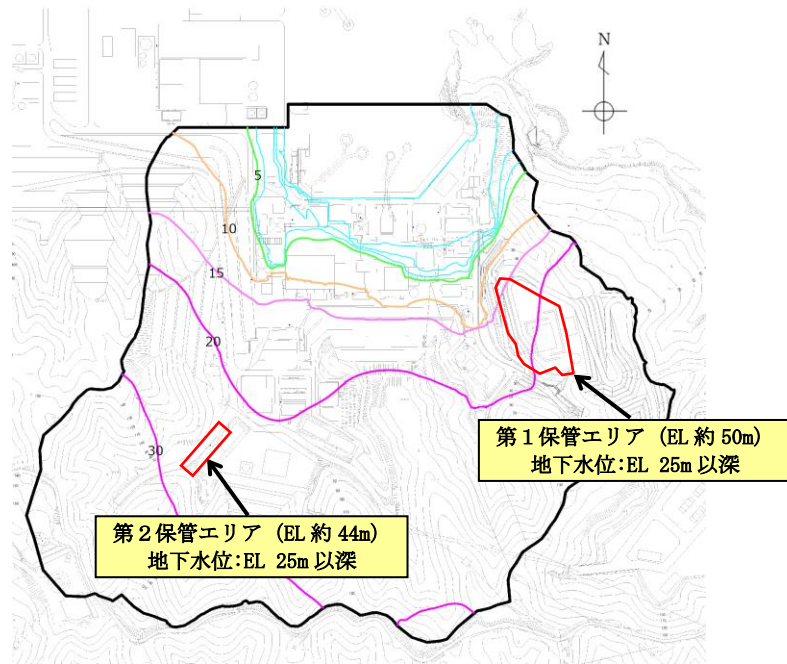
保管場所への影響評価では、「トンネル標準示方書（土木学会 2006）」に基づき、地下水位以深の地中埋設構造物の揚圧力と抵抗力から浮き上がりに対する安全率を算定し、算定した浮き上がり安全率が評価基準以上となることを評価する。評価基準は、浮き上がりに対する安全率が 1.0 とする。

また、影響評価に用いる地下水位については、地下水位低下設備の機能に期待しない条件により実施した 3 次元浸透流解析結果に基づいて設定する。図 4-7 に地下水位分布図を示す。

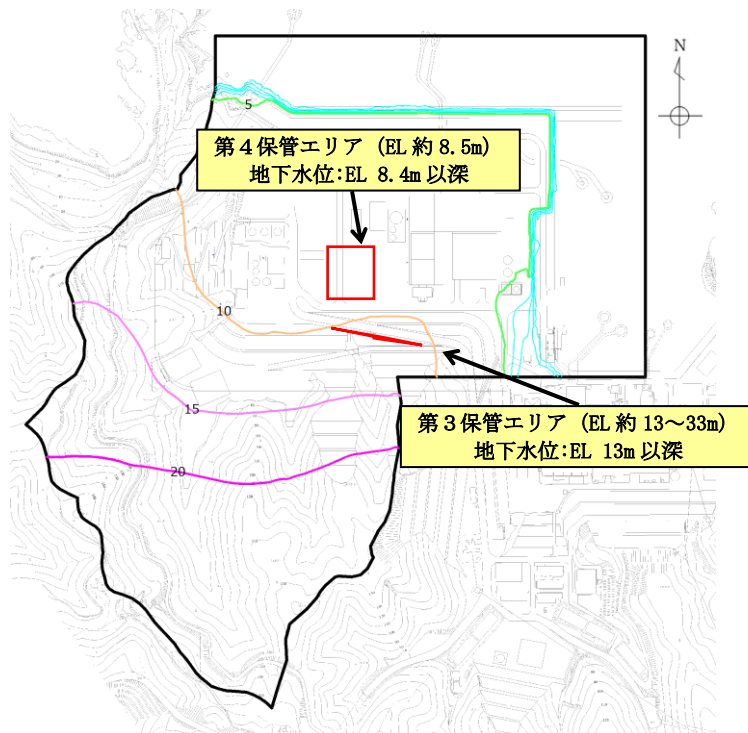


※ 地下水位は輪谷貯水槽（西1／西2）の下端（EL 43.6m）より十分に低い

図4-6 保管場所（第2保管エリア）の地中埋設構造物
（輪谷貯水槽（西1／西2））



1, 2号機エリア



3号機エリア

図 4-7 保管場所の影響評価において参照する地下水位分布

(2) 評価結果

第2保管エリアの液状化に伴う浮き上がりに対する影響評価結果について、保管場所への影響評価結果を表4-5に示す。

評価対象とした地中埋設構造物（輪谷貯水槽（西1/西2））の地下水位が構造物の下端（EL 43.6m）より十分低く、構造物に揚圧力は発生しないことから「問題なし」と評価し、液状化に伴う浮き上がりが保管場所に影響を及ぼさないことを確認した。

表4-5 液状化に伴う浮き上がりに対する影響評価結果

被害要因	評価結果			
	第1保管エリア	第2保管エリア	第3保管エリア	第4保管エリア
液状化に伴う浮き上がり	該当なし	問題なし	該当なし	該当なし

5. 保管場所における地盤支持力評価について

5.1 概要

可搬型設備の保管場所における地盤支持力評価は、地盤支持力の不足による保管場所への影響を評価する。

ここでは、上記評価方法及び評価結果について説明する。

5.2 評価方法

保管される可搬型設備の地震時接地圧に対する安全率を算定し、評価基準を上回ることを確認する。

(1) 地震時接地圧の算定

地震時接地圧については、VI-2「耐震性に関する説明書」のうちVI-2-別添3-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」に基づき、各保管場所の地表面での鉛直最大応答加速度から鉛直震度係数を算定し、常時接地圧に鉛直震度係数を乗じて算定する。

表5-1に基準地震動 S_s による各保管場所の鉛直震度係数を示す。

表5-1 基準地震動 S_s による各保管場所の鉛直震度係数

保管場所	地表面での鉛直最大応答加速度	鉛直震度係数 (G)
第1保管エリア	707Gal	1.73
第2保管エリア	1055Gal	2.08
第3保管エリア	452Gal	1.47
第4保管エリア	465Gal	1.48

鉛直震度係数 (G) = 1 + (地表面での鉛直最大応答加速度 / 重力加速度)

(2) 常時接地圧の算定

常時接地圧は、総重量が最大となる可搬型設備を選定し、当該可搬型設備の軸重量を用いて、保管場所の舗装及び地盤改良による荷重分散を考慮して地山上の接地圧を算定する。

第1, 3, 4保管エリアについては、図5-1に示す可搬型設備のうち接地圧が最も大きい移動式代替熱交換設備(42620kg)を代表として、前前軸重量(7181kg)から舗装による荷重分散を考慮して算定する。

第2保管エリアについては、盛土上の輪谷貯水槽(西1/西2)の上であることから、大量送水車、中型ホース展張車(150A)、可搬型ストレナーの合計重量(21194kg)に輪谷貯水槽(西1/西2)1槽分の重量を加え、輪谷貯水槽(西1/西2)1槽分の面積による荷重分散を考慮して算定する。

代表とした移動式代替熱交換設備の接地圧Pは、下式に基づき算定する。なお、地山上における輪荷重の載荷面が隣り合う車輪の輪荷重の載荷面と重複する場合は、その重複を考慮する。

$$P = W / 2 / A$$

ここで、

W : 対象車両の軸重量(kN) (70.4kN)

A : 地山上における輪荷重の載荷面の面積(m²) (0.058m²)

$$A = (W_1 \cdot W_b)$$

ここで、

W₁ : 地山上における輪荷重の載荷面延長(m) (0.20m)

W_b : 地山上における輪荷重の載荷面幅(m) (0.29m)

$$P = 70.4 / 2 / 0.058$$

$$= 606.9 \text{ kN/m}^2$$

$$= 0.61 \text{ N/mm}^2$$

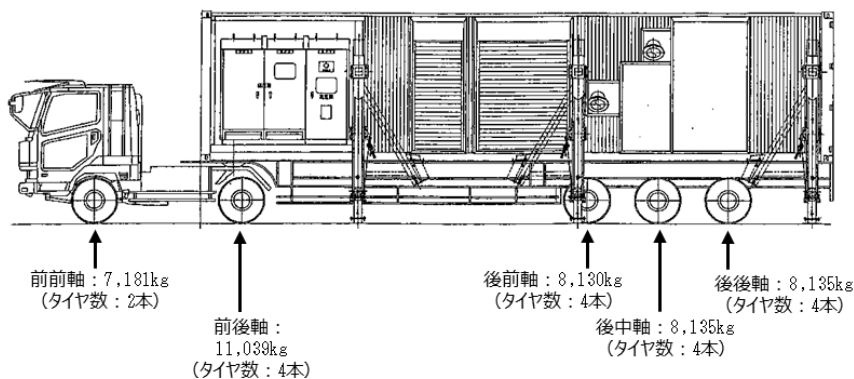
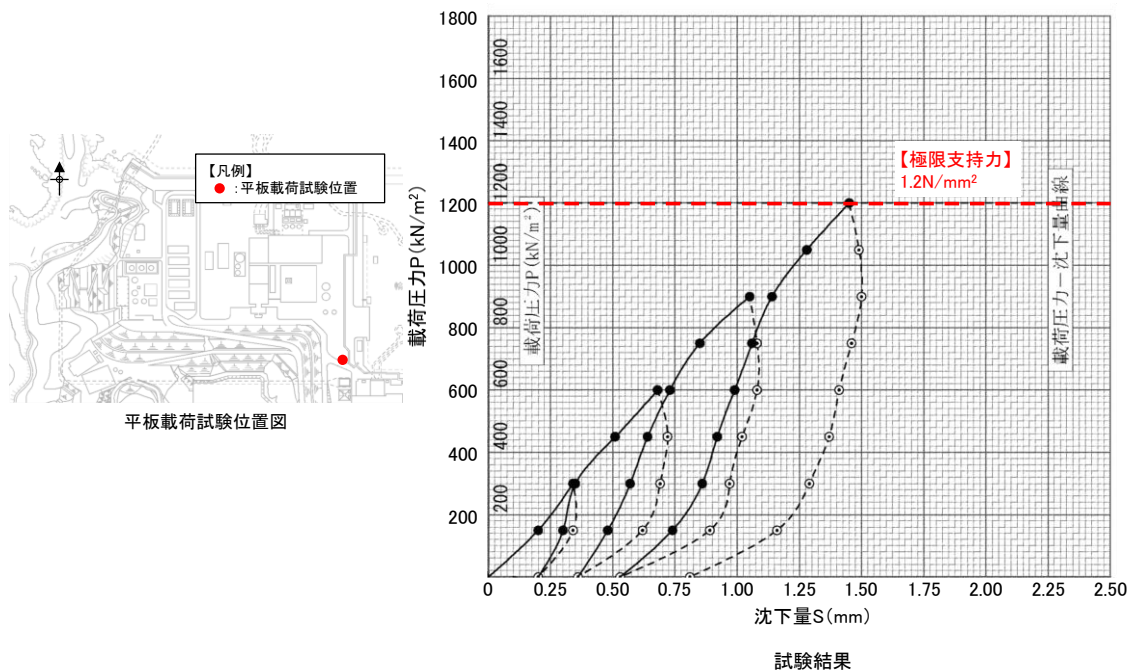


図5-1 移動式代替熱交換設備の仕様

(3) 地震時接地圧に対する安全率の算定

地震時接地圧に対する安全率は、保管場所の地山部における地盤の種類による地盤支持力を、地震時接地圧で除すことで算出する。地盤支持力は以下のとおり設定する。

- ・第1保管エリアはC_L級～C_H級の岩盤に設置されていることから、岩盤部を対象に評価する。岩盤部については、安全側の評価の観点から、「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づきC_L級岩盤の地盤支持力(3.9N/mm²)を評価基準値に設定する。
- ・第2保管エリアは、盛土上の輪谷貯水槽(西1/西2)の上に設置されることから、埋戻土の地盤支持力(1.2N/mm²)を評価基準値に設定する。
- ・第3保管エリアはC_L級～C_H級の岩盤に設置されているが、安全側の評価の観点から、平板載荷試験結果に基づくC_L級岩盤の地盤支持力(3.9N/mm²)を評価基準値に設定する。
- ・第4保管エリアはC_L級～C_H級の岩盤に設置されているが、安全側の評価の観点から、平板載荷試験結果に基づくC_L級岩盤の地盤支持力(3.9N/mm²)を評価基準値に設定する。



2021年4月30日 第972回審査会合「島根原子力発電所2号炉 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価(補足説明資料)」抜粋

図5-2 平板載荷試験結果(埋戻土)

(4) 評価基準

評価基準は、地震時接地圧による安全率が1.0以上とする。

5.3 評価結果

評価結果を表 5-2 に示す。

いずれも地震時接地圧に対する安全率が評価基準を上回っており、地盤支持力の不足による保管場所への影響はないことを確認した。

表 5-2 地盤支持力に対する影響評価結果

被害要因	保管場所	地震時 接地圧 (G・P) (N/mm ²)	地盤 支持力 (N/mm ²)	地震時接地 圧に対する 安全率	評価基準
地盤支持力不足	第 1 保管エリア	1.1	3.9	3.5	1.0
	第 2 保管エリア	0.4	1.2	3.0	
	第 3 保管エリア	0.9	3.9	4.3	
	第 4 保管エリア	0.9	3.9	4.3	

8. 屋外のアクセスルートの段差緩和対策等について

アクセスルート下に設置されている地中埋設構造物の位置を図8-1に示す。

アクセスルート下に設置されている地中埋設構造物を評価対象として、不等沈下、浮き上がり及び地中埋設構造物の損壊による影響評価を行い、通行性に影響を及ぼすものと評価された箇所には、段差緩和対策等を実施する。ここでは、地中埋設構造物を対象とした不等沈下、浮き上がり、損壊による影響評価及び対策の設計内容について説明する。

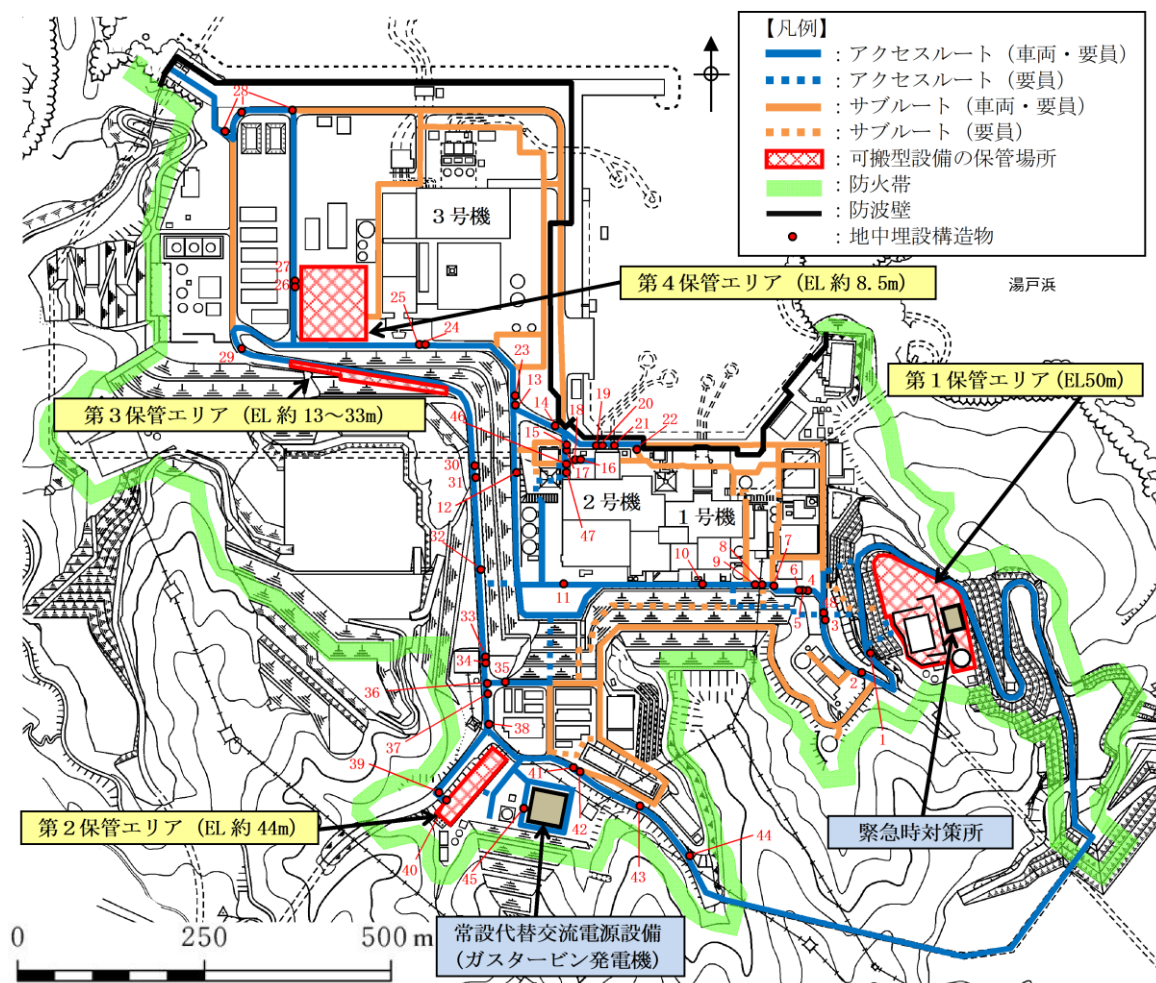


図8-1 アクセスルート下の地中埋設構造物の位置

8.1 液状化及び揺すり込みによる不等沈下，液状化に伴う浮き上がり

(1) 不等沈下（地中埋設構造物等と埋戻土との境界部）

a. 評価方法

地中埋設構造物及び地盤改良部と埋戻土との境界部における不等沈下による影響評価については、保管場所における影響評価と同様に、液状化及び揺すり込みによる不等沈下によるアクセスルートの通行性への影響を評価する。

評価の対象とする位置については、図 8-1 に示すアクセスルート下の地中埋設構造物及び地盤改良部と埋戻土との境界位置を網羅的に選定する。

通行性への影響評価では、保管場所と同様に、液状化による沈下量及び揺すり込みによる沈下量の合計値を算定し、地中埋設構造物及び地盤改良部と埋戻土との境界部で生じる相対沈下量が評価基準以下となることを評価する。なお、浮き上がり対策（カウンターウエイト）実施箇所については、それらを考慮して沈下量を算定する。評価基準については、保管場所と同様に、可搬型設備が徐行により走行可能な段差量 15cm とする。

通行性への影響評価に用いる地下水位については、3次元浸透流解析結果に基づいて設定する。ただし、液状化による沈下量及び揺すり込みによる沈下量の算出においては、ともに地層厚さの 3.5% として算定されるため、地下水位の設定による沈下量への影響はない。

評価基準を満足しない箇所については、図 8-2 に示すような段差緩和対策をあらかじめ実施することにより、液状化及び揺すり込みによる不等沈下が通行性に対して影響を及ぼさない設計とする。

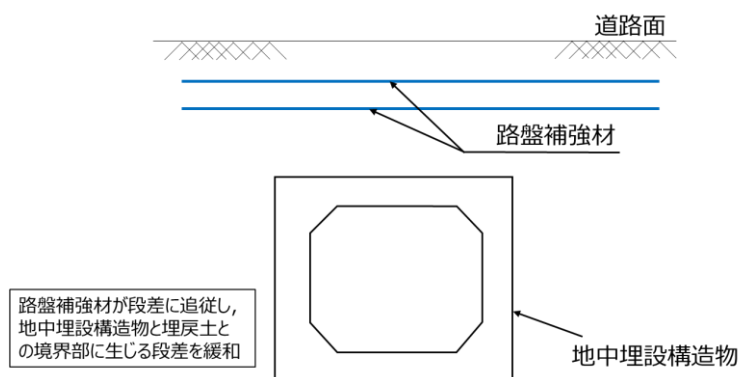


図 8-2 段差緩和対策の概念図

b. 評価結果

地中埋設構造物及び地盤改良部と埋戻土との境界部における不等沈下による影響評価結果を表 8-1 に、影響評価概念図を表 8-2 に示す。

評価の結果、算定した相対沈下量が評価基準を満足しない箇所を抽出し、あらかじめ段差緩和対策を実施することにより、全ての箇所において「問題ない」と評価し、不等沈下が当該箇所の通行性に対して影響を及ぼさないことを確認した。段差緩和対策実施箇所を図 8-3 に示す。

表 8-1 地中埋設構造物及び地盤改良部と埋戻土との境界部における
不等沈下による影響評価結果

■ : 段差緩和対策を実施する箇所

通し番号	名称	路面高	構造物 上端	基礎 下端	基礎、MMR含 む構造物高 (構造物上端 -基礎下端)	相対沈下量 (基礎、MMR含 む構造物高 ×0.035)	車両通行可否 0.15m以下:○	評価判定
		EL(m)	EL(m)	EL(m)	(m)	(m)		
1	ケーブルダクト (D5ダクト)	28.33	28.33	26.01	2.32	0.09	○	問題なし
2	ケーブルダクト (D7ダクト)	22.43	22.43	21.38	1.05	0.04	○	問題なし
3	1号機南側盛土部地盤改良部 ^{*1}	16.30	16.30	0.80	15.50	0.55	○	問題なし
4	東側ケーブル等迂回ダクト	15.20	14.07	11.35	2.72	0.10	○	問題なし
5	消火配管ダクト	15.00	15.00	12.80	2.20	0.08	○	問題なし
6	ケーブルダクト	15.00	15.00	13.45	1.55	0.06	○	問題なし
7	ケーブルダクト	15.00	14.70	12.90	1.80	0.07	○	問題なし
8	西側配管等迂回ダクト	15.00	15.00	12.05	2.95	0.11	○	問題なし
9	ケーブルダクト	15.00	14.00	11.40	2.60	0.10	○	問題なし
10	復水配管	15.00	14.90	13.55	1.35	0.05	○	問題なし
11	2号機開閉所連絡制御ケーブル配管ダクト	15.05	15.05	12.55	2.50	0.09	○	問題なし
12	OFケーブルダクト	8.50	7.50	4.45	3.05	0.11	○	問題なし
13	排水路	8.50	5.95	3.98	1.97	0.07	○	問題なし
14	光ケーブルダクト (No.20ダクト)	8.50	7.53	4.92	2.61	0.10	○	問題なし
15	除じん機洗浄水排水管 (北側)	8.50	2.88	1.78	1.10	0.04	○	問題なし
16	除じん機洗浄水排水管 (南側)	8.50	3.14	2.04	1.10	0.04	○	問題なし
17	2号機循環水排水路 (放水槽側) ^{*1}	8.50	1.00	-4.00	5.00	0.18	○	問題なし
18	2号機循環水排水路 (取水槽側) ^{*1}	8.50	-1.85	-6.85	5.00	0.18	○	問題なし
19	2号機北側護岸	8.50	3.00	-0.52	3.52	0.13	○	問題なし
20	2号機取水槽 (取水管取合部) (西側) ^{*1}	8.50	1.70	-5.00	6.70	0.24	○	問題なし
21	2号機取水槽 (取水管取合部) (東側) ^{*1}	8.50	1.70	-5.00	6.70	0.24	○	問題なし
22	海水電解, 消火配管ダクト	8.50	8.50	7.05	1.45	0.06	○	問題なし
23	光ケーブルダクト (No.24ダクト)	8.50	7.54	4.45	3.09	0.11	○	問題なし
24	SB連絡ユーティリティ配管ダクト	8.50	7.05	2.88	4.17	0.15	○	問題なし
25	500kVケーブルダクト	8.50	6.25	3.08	3.17	0.12	○	問題なし
26	宇中中連絡ダクト ^{*1}	8.50	7.20	2.48	4.72	0.17	○	問題なし
27	旧2号機放水口 ^{*1}	8.50	6.00	-5.00	11.00	0.39	○	問題なし
28	重油移送配管ダクト	8.50	8.50	6.80	1.70	0.06	○	問題なし
29	光ケーブルダクト (No.21ダクト)	9.60	8.40	4.23	4.17	0.15	○	問題なし
30	上水配管横断ダクト	36.31	35.89	32.89	3.00	0.11	○	問題なし
31	排水路	38.00	36.85	34.05	2.80	0.10	○	問題なし
32	44m盤消火配管トレンチ (Ⅲ)	43.18	43.18	41.88	1.30	0.05	○	問題なし
33	OFケーブルダクト	44.00	43.00	40.10	2.90	0.11	○	問題なし
34	制御ケーブルダクト	44.00	43.73	41.80	1.93	0.07	○	問題なし
35	排水路	44.00	43.60	42.30	1.30	0.05	○	問題なし
36	GTG電路MMR部	44.30	44.30	41.70	2.60	0.10	○	問題なし
37	U-600横断側溝	44.00	44.00	42.90	1.10	0.04	○	問題なし
38	排水路	44.00	43.40	40.75	2.65	0.10	○	問題なし
39	輪谷貯水槽 (西1/西2) アクセススロープ (西側)	53.50	53.50	52.37	1.13	0.04	○	問題なし
40	輪谷貯水槽 (西1/西2) アクセススロープ (東側) ^{*2}	53.30	47.70	34.40	13.30	(0.47)	○	問題なし
		53.30	43.39	34.40	8.99	(0.32)		
41	重圧管	46.51	46.26	45.19	1.07	0.04	○	問題なし
42	44m盤消火配管トレンチ (Ⅳ)	46.90	46.90	45.55	1.35	0.05	○	問題なし
43	アクセス道路耐震補強部 (西側)	55.55	55.55	52.55	3.00	0.11	○	問題なし
44	アクセス道路耐震補強部 (東側)	65.80	65.80	63.70	2.10	0.08	○	問題なし
45	屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)	47.25	47.25	44.70	2.55	0.09	○	問題なし
46	屋外配管ダクト (タービン建物~放水槽) ^{*1}	8.50	5.70	-4.00	9.70	0.34	○	問題なし
47	屋外配管ダクト (タービン建物~排気筒)	8.50	8.20	5.70	2.50	0.09	○	問題なし
48	連絡通路 (地下部) ^{*1}	15.68	13.50	1.74	11.76	0.42	○	問題なし

*1: 段差 (相対沈下量) が15cmを超えるため, あらかじめ不等沈下対策を実施することにより, 不等沈下が通行性に対して影響を及ぼさない設計とする。
*2: アクセススロープの沈下量 (上段) と輪谷貯水槽 (西1/西2) の沈下量 (下段) の相対沈下量を示す。

表 8-2 地中埋設構造物及び地盤改良部と埋戻土との境界における
不等沈下による影響評価概念図(1/3)

通し番号	地中埋設構造物及び地盤改良部と埋戻土との境界部	
<p>3. 1号機南側盛土 部地盤改良部</p>		<p>評価結果</p> <ul style="list-style-type: none"> 埋戻土の沈下により、約 55cm の段差発生が想定されるため、段差緩和対策の対象として抽出する。
<p>17. 2号機循環水排水 水路（放水槽 側）</p>		<p>評価結果</p> <ul style="list-style-type: none"> 埋戻土の沈下により、約 18cm の段差発生が想定されるため、段差緩和対策の対象として抽出する。
<p>18. 2号機循環水排水 水路（取水槽 側）</p>		<p>評価結果</p> <ul style="list-style-type: none"> 埋戻土の沈下により、約 18cm の段差発生が想定されるため、段差緩和対策の対象として抽出する。

表 8-2 地中埋設構造物及び地盤改良部と埋戻土との境界における
 不等沈下による影響評価概念図(2/3)

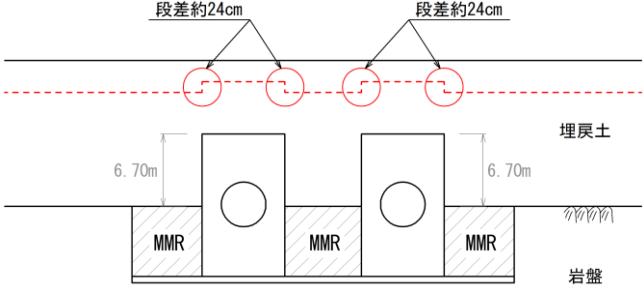
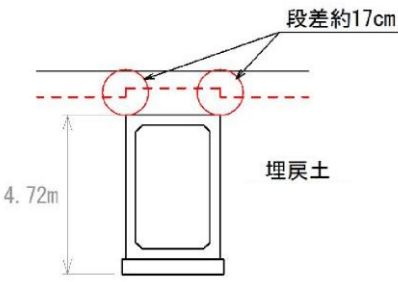
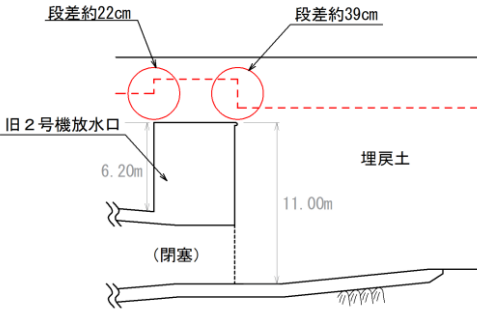
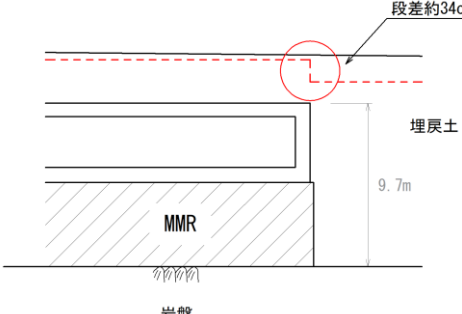
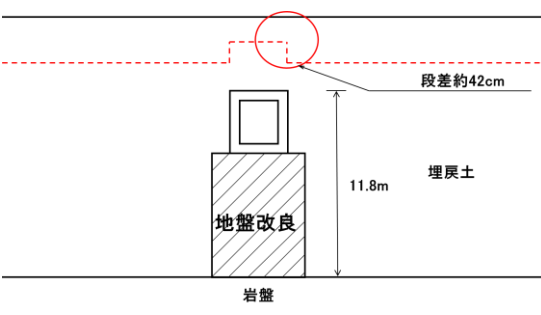
通し番号	地中埋設構造物及び地盤改良部と埋戻土との境界部	
20. 2号機取水槽 (取水管取合部) (西側) 21. 2号機取水槽 (取水管取合部) (東側)		評価結果 ・埋戻土の沈下により、約 24cm の段差発生が想定されるため、段差緩和対策の対象として抽出する。
26. 宇中中連絡ダクト		評価結果 ・埋戻土の沈下により、約 17cm の段差発生が想定されるため、段差緩和対策の対象として抽出する。
27. 旧 2 号機放水口		評価結果 ・埋戻土の沈下により、約 39cm 及び約 22cm の段差発生が想定されるため、段差緩和対策の対象として抽出する。

表 8-2 地中埋設構造物及び地盤改良部と埋戻土との境界における
不等沈下による影響評価概念図(3/3)

通し番号	地中埋設構造物及び地盤改良部と埋戻土との境界部	
<p>46. 屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）</p>		<p>評価結果</p> <ul style="list-style-type: none"> ・埋戻土の沈下により，約 34cm の段差発生が想定されるため，段差緩和対策の対象として抽出する。
<p>48. 連絡通路（地下部）</p>		<p>評価結果</p> <ul style="list-style-type: none"> ・埋戻土の沈下により，約 42cm の段差発生が想定されるため，段差緩和対策の対象として抽出する。

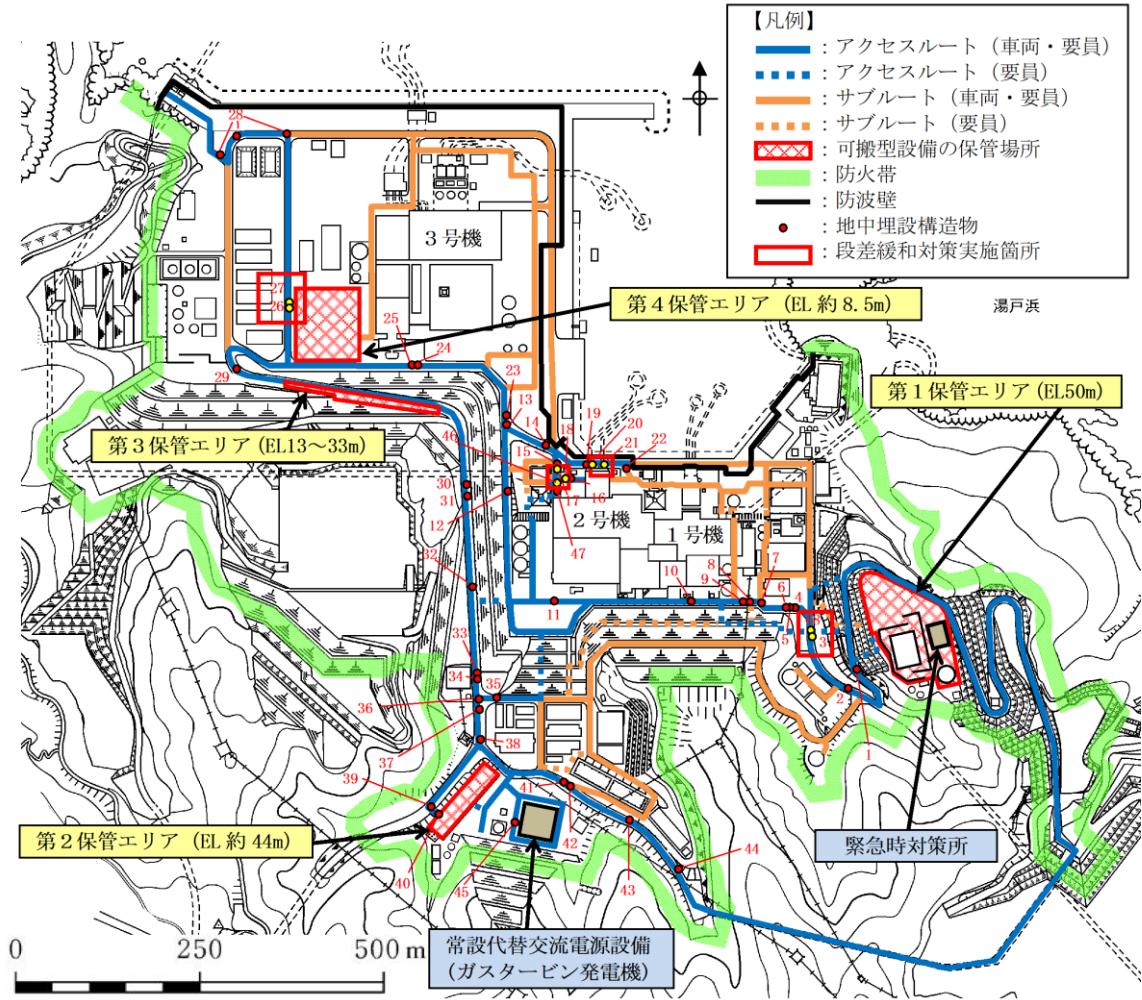


図8-3 段差緩和対策実施箇所 (地中埋設構造物及び地盤改良部と埋戻土との境界)

(2) 不等沈下（岩盤と埋戻土との境界部）

a. 評価方法

岩盤と埋戻土との境界部における不等沈下による影響評価については、岩盤と埋戻土との境界部における不等沈下によるアクセスルートの通行性への影響を評価する。通行性への影響評価では、アクセスルートの直下における岩盤と埋戻土の断面形状から不等沈下による相対沈下量及び傾斜を確認することで、通行性に与える影響を評価する。評価基準については、可搬型設備が徐行により走行可能な段差量 15cm 及び登坂可能な勾配 15%とする。

岩盤と埋戻土との境界部の断面形状は、表 8-3 又は表 8-4 に大別される。表 8-3 は、岩盤を法面整形して掘削した際の断面形状であり、岩盤の勾配は 1:0.3～1:0.7 程度である。また、表 8-4 は、土留め壁を設置して掘削した際の断面形状であり、岩盤の勾配は 90° である。

表 8-3 岩盤と埋戻土との境界部の断面（岩盤を法面に整形して掘削した際の断面形状）

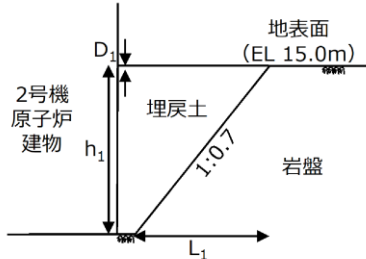
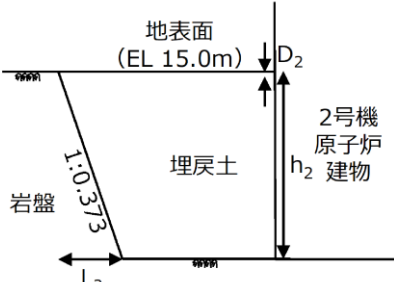
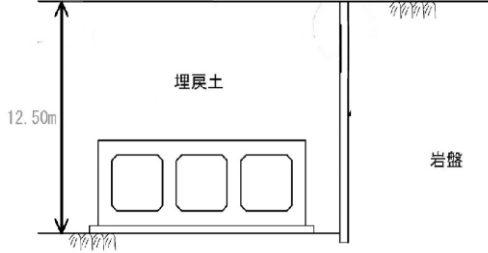
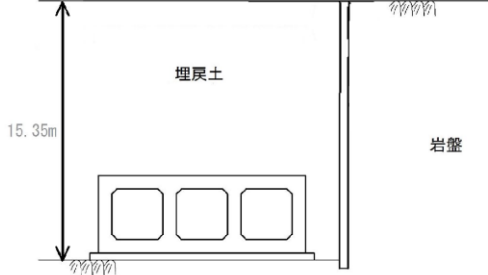
通し番号	岩盤と埋戻土との境界部（岩盤に勾配を設けて掘削した箇所）
1. 2号機原子炉建物 南側	
2. 2号機原子炉建物 西側	

表 8-4 岩盤と埋戻土との境界部の断面（土留め壁を設置して掘削した際の断面形状）

通し番号	岩盤と埋戻土との境界部
<p>3. 2号機循環水 排水路建設時 土留め部（放水 槽側）</p>	
<p>4. 2号機循環水 排水路建設時 土留め部（取水 槽側）</p>	

b. 評価結果

岩盤と埋戻土との境界部における不等沈下による影響評価結果を表 8-5(1/2)に示す。評価の結果、表 8-5(1/2)については、断面形状から局所的な段差は発生せず、傾斜が評価基準値 15%以下となることから、「問題なし」と評価した。表 8-5(2/2)については、算定した相対沈下量が評価基準値 15cm を上回るが、あらかじめ段差緩和対策を実施することにより、通行性に対して影響を及ぼさない設計とすることで「問題なし」と評価し、不等沈下が通行性に対して影響を及ぼさないことを確認した。段差緩和対策実施箇所を図 8-4 に示す。

表8-5 岩盤と埋戻土との境界部における不等沈下による影響評価結果(1/2)

通し番号	名称	掘削勾配	h	L	D	傾斜	評価判定
			(m)	(m)	($h \times 0.035$) (m)	($D \div L$) (%)	
1	2号炉原子炉建物南側	1:0.7	19.7	13.8	0.69	5.0	問題なし
2	2号炉原子炉建物西側	1:0.373	19.7	7.3	0.69	9.5	問題なし

通し番号	岩盤と埋戻土との境界部 (岩盤に勾配を設けて掘削した箇所)	
1. 2号機原子炉建物南側		
評価結果	<ul style="list-style-type: none"> 埋戻土の沈下により、約 5.0%の傾斜発生が想定されるが、可搬型設備の通行に及ぼす影響はない。 	
2. 2号機原子炉建物西側		
評価結果	<ul style="list-style-type: none"> 埋戻土の沈下により、約 9.5%の傾斜発生が想定されるが、可搬型設備の通行に及ぼす影響はない。 	

表8-5 岩盤と埋戻土との境界部における不等沈下による影響評価結果(2/2)

 : 段差緩和対策の実施により通行性に影響を及ぼさない箇所

通し番号	名称	路面高	埋戻土 下端	埋戻土 層厚	相対沈下量 (埋戻土層厚 ×0.035)	評価判定
		EL (m)	EL (m)	(m)	(m)	
3	2号機循環水排水路建設時土留め部 (放水槽側)	8.50	-4.00	12.50	0.44	問題なし
4	2号機循環水排水路建設時土留め部 (取水槽側)	8.50	-6.85	15.35	0.54	問題なし

通し番号	岩盤と埋戻土との境界部	
3. 2号機循環水 排水路建設時 土留め部(放水槽 側)		
評価結果	<ul style="list-style-type: none"> 埋戻土の沈下により、約44cmの段差発生が想定されるため、段差緩和対策の対象として抽出する。 	
4. 2号機循環水 排水路建設時 土留め部(取水槽 側)		
評価結果	<ul style="list-style-type: none"> 埋戻土の沈下により、約54cmの段差発生が想定されるため、段差緩和対策の対象として抽出する。 	

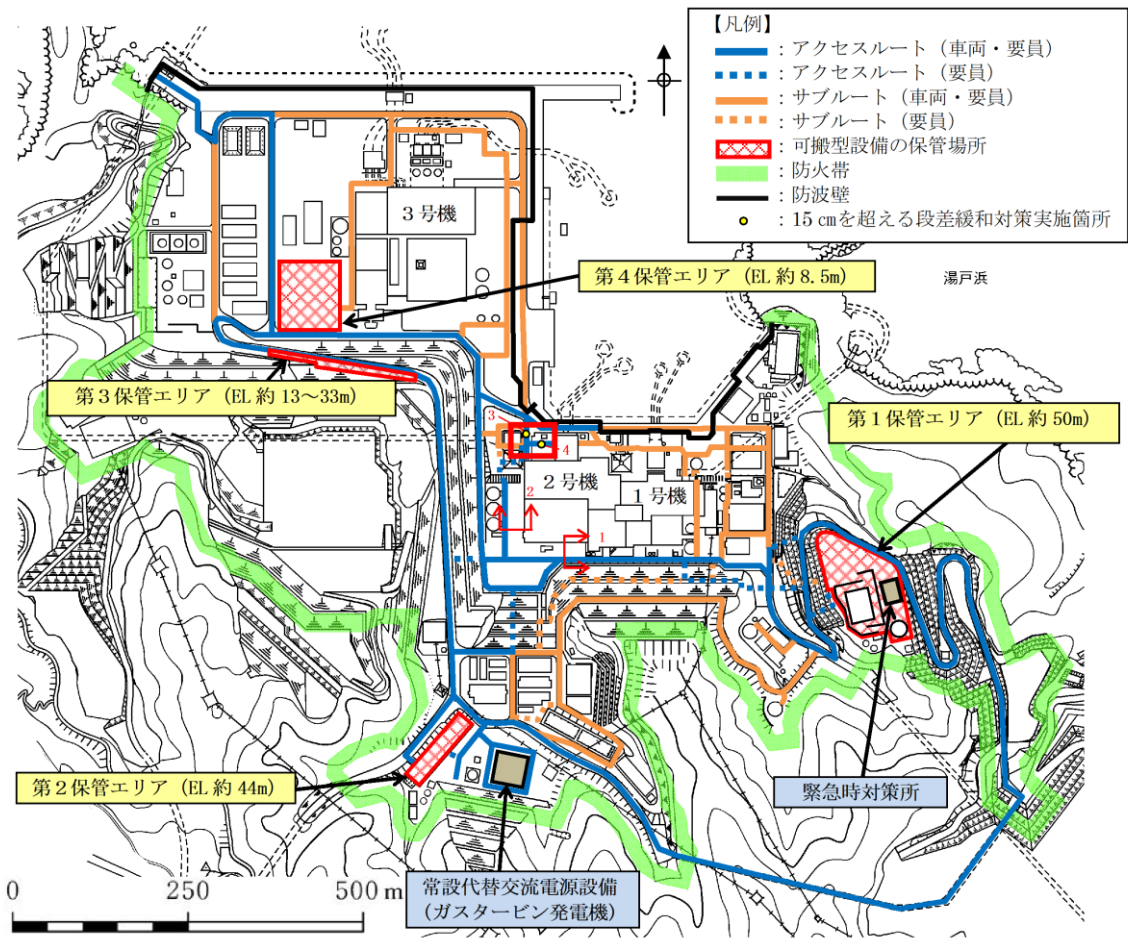


図 8-4 段差緩和対策実施箇所 (岩盤と埋戻土との境界部)

(3) 液状化に伴う浮き上がり

a. 評価方法

液状化に伴う浮き上がりによる影響評価については、保管場所と同様に、アクセスルート下に設置されている地中埋設構造物を対象とした液状化に伴う浮き上がりによるアクセスルートの通行性への影響を評価する。

浮き上がり評価対象構造物の抽出は、地中埋設構造物下端よりも地下水位が高い箇所（条件①）に該当しない地中埋設構造物は揚圧力が発生しないため評価対象外とする。また、内空を有する構造物（条件②）に該当しない地中埋設構造物については浮き上がり抵抗力が大きいいため評価対象外とする。

抽出された評価対象とする地中埋設構造物は揚圧力と抵抗力から浮き上がりに対する安全率を算定し、算定した浮き上がりに対する安全率が評価基準以上となることを評価する。評価基準は、保管場所と同様に、浮き上がりに対する安全率が 1.0 とする。

地下水位については、保管場所と同様に、3次元浸透流解析結果に基づいて設定する。また、浮き上がりが想定される地中埋設構造物については、揚圧力に対する浮き上がり抵抗力の不足分を補うため、図 8-5 に示すような浮き上がり対策を実施する。

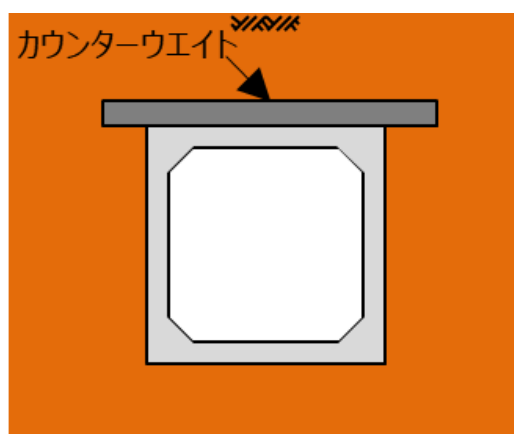


図 8-5 浮き上がり対策の概念図

b. 評価結果

液状化に伴う浮き上がりによる影響評価結果について、評価対象とする地中埋設構造物を抽出した結果を表 8-6 に、通行性への影響評価結果を表 8-7 に示す。

評価の結果、浮き上がりに対する安全率が評価基準を満足しない箇所を抽出し、あらかじめ浮き上がり対策を実施することにより、全ての箇所において「問題ない」と評価し、浮き上がりが通行性に対して影響を及ぼさないことを確認した。浮き上がり対策実施箇所を図 8-6 に示す。

なお、浮き上がり対策を実施した箇所については、「8.1(1) 不等沈下（地中埋設構造物と埋戻土等との境界部）」において、対策を考慮して相対沈下量を算定している。

表 8-6 浮き上がり評価対象構造物の抽出結果

条件① 地中埋設構造物下端よりも地下水位が高い構造物

条件② 内空を有する構造物

通し番号	名称	条件①	条件②	基礎凹端	地下水位
				EL (m)	EL (m)
1	ケーブルダクト (D5ダクト)	—	○	26.01	20m以深
2	ケーブルダクト (D7ダクト)	—	○	21.38	20m以深
3	1号機南側盛土地盤改良部	○	—	0.80	—
4	東側ケーブル等迂回ダクト	—	○	11.35	10m以深
5	消火配管ダクト	—	○	12.80	10m以深
6	ケーブルダクト	—	○	13.45	10m以深
7	ケーブルダクト	—	○	12.90	12m以深
8	西側配管等迂回ダクト	—	○	12.05	11m以深
9	ケーブルダクト	—	○	11.40	11m以深
10	復水配管	—	○	13.55	10m以深
11	2号機開閉所連絡制御ケーブル配管ダクト	○	○	12.55	15.11
12	0Fケーブルダクト	○	○	4.45	5.35
13	排水路	○	○	3.98	5.88
14	光ケーブルダクト (No.20ダクト)	—	○	4.92	4m以深
15	除じん機洗浄水排水管 (北側)	○	○	1.78	3.42
16	除じん機洗浄水排水管 (南側)	○	○	2.04	3.40
17	2号機循環水排水路 (放水槽側)	○	○	-4.00	3.42
18	2号機循環水排水路 (取水槽側)	○	○	-6.85	3.41
19	2号機北側護岸	○	—	-0.52	—
20	2号機取水槽 (取水管取合部) (西側)	○	○	-5.00	4.50
21	2号機取水槽 (取水管取合部) (東側)	○	○	-5.00	4.50
22	海水電解, 消火配管ダクト	—	○	7.05	2m以深
23	光ケーブルダクト (No.24ダクト)	○	○	4.45	5.84
24	SB連絡ユーティリティ配管ダクト	○	○	2.88	7.34
25	500kVケーブルダクト	○	○	3.08	7.47
26	宇中中連絡ダクト	○	○	2.48	7.09
27	旧2号機放水口	○	—	-5.00	—
28	重油移送配管ダクト	—	○	6.80	6.8m以深
29	光ケーブルダクト (No.21ダクト)	○	○	4.23	7.68
30	上水配管横断ダクト	—	○	32.89	15m以深
31	排水路	—	○	34.05	15m以深
32	44m盤消火配管トレンチ (Ⅲ)	—	○	41.88	20m以深
33	0Fケーブルダクト	—	○	40.10	20m以深
34	制御ケーブルダクト	—	○	41.80	20m以深
35	排水路	—	○	42.30	20m以深
36	GTG電路MMR部	○	—	41.70	—
37	U-600横断側溝	—	○	42.90	30m以深
38	排水路	—	○	40.75	30m以深
39	輪谷貯水槽 (西1/西2) アクセススロープ (西側)	○	—	52.37	—
40	輪谷貯水槽 (西1/西2) アクセススロープ (東側)	○	—	34.40	—
41	重圧管	—	○	45.19	30m以深
42	44m盤消火配管トレンチ (Ⅳ)	—	○	45.55	30m以深
43	アクセス道路耐震補強部 (西側)	○	—	52.55	—
44	アクセス道路耐震補強部 (東側)	○	—	63.70	—
45	屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機)	—	○	44.70	30m以深
46	屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽)	○	○	-4.00	5.20
47	屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒)	—	○	5.70	5m以深
48	連絡通路 (地下部)	○	○	1.74	9.20

表 8-7 液状化に伴う浮き上がりによる影響評価結果

通し番号	名称	揚圧力 (kN/m)	浮き上がり抵抗 (kN/m)	安全率	評価基準	評価結果
11	2号機開閉所連絡制御ケーブル配管ダクト	23	37	1.60	1.0	問題なし
12	0Fケーブルダクト	23	163	7.08		問題なし
13	排水路	64	114	1.78		問題なし
15	除じん機洗浄水排水管 (北側)	15	109	7.26		問題なし
16	除じん機洗浄水排水管 (南側)	15	104	6.93		問題なし
17	2号機循環水排水路 (放水槽側)	818	3,555	4.34		問題なし
18	2号機循環水排水路 (取水槽側)	567	3,129	5.51		問題なし
20	2号機取水槽 (取水管取合部) (西側)	5,423	7,419	1.36		問題なし
21	2号機取水槽 (取水管取合部) (東側)	5,423	7,419	1.36		問題なし
23	光ケーブルダクト (No.24ダクト)	61	94	1.54		問題なし
24	SB連絡ユーティリティ配管ダクト	147	211	1.43		問題なし
25	500kVケーブルダクト	86	196	2.27		問題なし
26	宇中中連絡ダクト*1	212	157	0.74		問題なし
29	光ケーブルダクト (No.21ダクト)	148	217	1.46		問題なし
46	屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽)	276	700	2.53		問題なし
48	連絡通路(地下部)	271	355	1.30		問題なし

*1: 安全率が評価基準値の1.0を下回るため、あらかじめ浮き上がり対策を実施することにより浮き上がりが通行性に対して影響を及ぼさない設計とする。

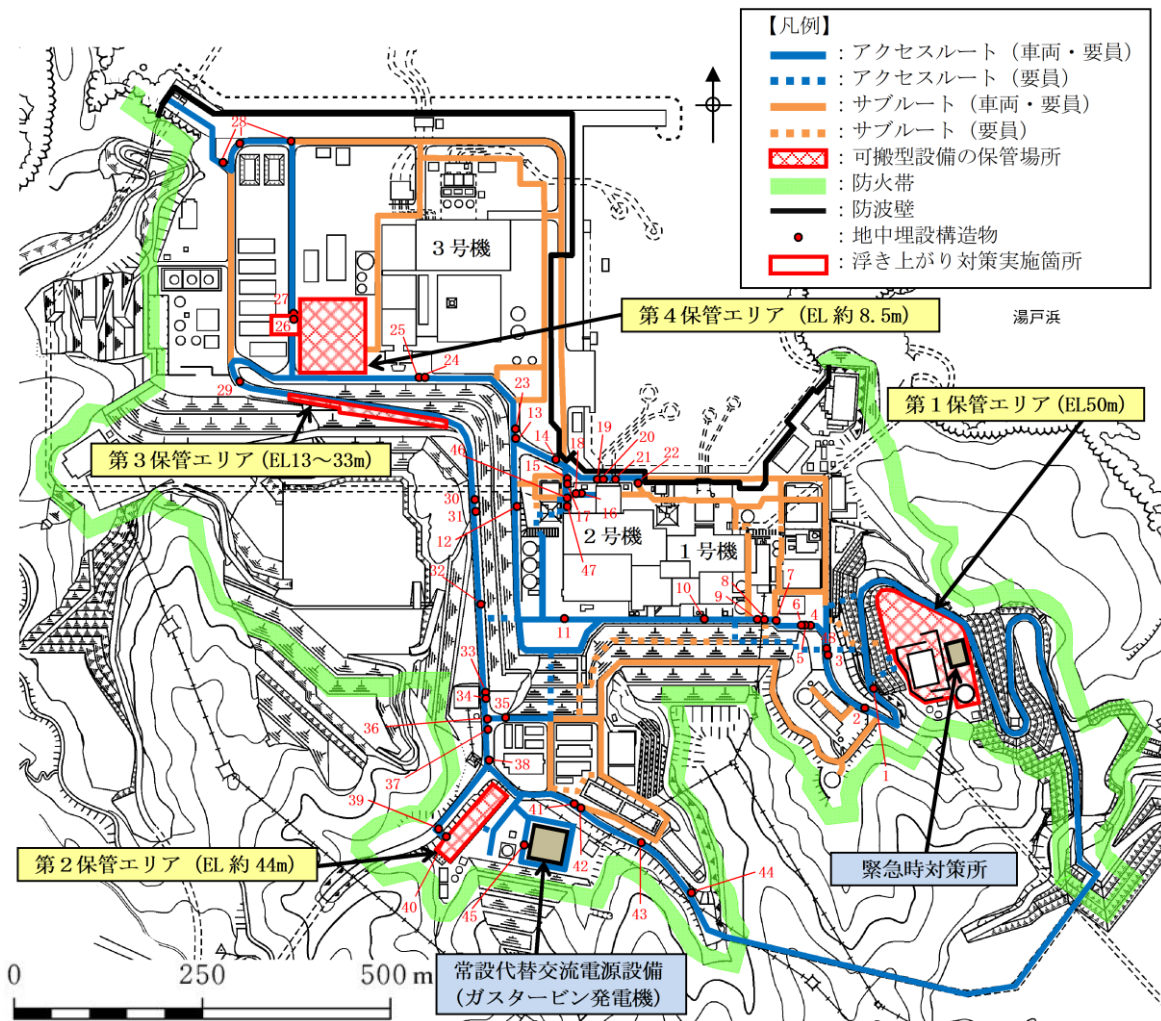


図 8-6 浮き上がり対策実施箇所

8.2 地中埋設構造物の損壊

(1) 評価方法

地中埋設構造物の損壊による影響評価については、地中埋設構造物の損壊によるアクセスルートの通行性への影響を評価する。

アクセスルート下に設置されている地中埋設構造物の位置を図 8-1 に示す。

地中埋設構造物のうち、以下の条件①、②に該当する構造物については、損壊は発生しないため評価対象外とする。また、条件③、④に該当する構造物については、損壊を想定した場合においても地表面への影響が小さく、可搬型設備が通行不可となる 15cm 以上の段差が発生しないと考えられるため評価対象外とする。抽出した地中埋設構造物に対しては、損壊を仮定し、車両の通行性を確保するため損壊対策を実施する。

条件① 基準地震動 S_s の地震力に対して機能維持する設計がされた構造物

条件② 地盤改良体等の内空のない構造物

条件③ 外周をコンクリートで巻き立てられ補強された構造物

条件④ 内空 D に対し十分な土被り厚さ ($6D$ 以上) を有している管路


(2) 評価結果

図8-1に示す地中埋設構造物の損壊による影響評価結果を表8-8に示す。

地中埋設構造物の損壊による影響評価箇所として抽出した箇所のうち、条件①～④に該当しない箇所について地中埋設構造物の損壊を仮定し、図8-7に示すとおり敷鉄板及びH形鋼敷設による事前の対策により車両通行性を確保する。H形鋼及び敷鉄板の詳細については「8.4(3) 損壊対策(敷鉄板)の設計及び(4) 損壊対策(H形鋼)の設計」に示す。

表8-8 地中埋設構造物の損壊による影響評価結果

条件①：基準地震動Ssに対して機能維持する設計がされた構造物
 条件②：地盤改良体等の内空のない構造物
 条件③：外周をコンクリートで巻き立てられ補強された構造物
 条件④：内空に対し十分な土被り厚さ(60)を有している管路

(凡例)
 ○：条件に該当する場合
 —：条件に該当しない場合
：損壊の評価対象

通し番号	名称	条件①	条件②	条件③	条件④
1	ケーブルダクト (D5ダクト)	—	—	—	—
2	ケーブルダクト (D7ダクト)	—	—	—	—
3	1号機南側盛土部地盤改良部	—	○	—	—
4	東側ケーブル等迂回ダクト	—	—	—	—
5	消火配管ダクト	—	—	—	—
6	ケーブルダクト	—	—	—	—
7	ケーブルダクト	—	—	—	—
8	西側配管等迂回ダクト	—	—	—	—
9	ケーブルダクト	—	—	—	—
10	復水配管	—	—	—	—
11	2号機閉閉所連絡制御ケーブル配管ダクト	—	—	—	—
12	OFケーブルダクト	—	—	—	—
13	排水路	—	—	—	—
14	光ケーブルダクト (No.20ダクト)	—	—	—	—
15	除じん機洗浄水排水管 (北側)	—	—	—	○
16	除じん機洗浄水排水管 (南側)	—	—	—	○
17	2号機循環水排水路 (放水槽側)	—	—	—	—
18	2号機循環水排水路 (取水槽側)	—	—	—	—
19	2号機北側護岸	—	○	—	—
20	2号機取水槽 (取水管取合部) (西側)	○	—	—	—
21	2号機取水槽 (取水管取合部) (東側)	○	—	—	—
22	海水電解、消火配管ダクト	—	—	—	—
23	光ケーブルダクト (No.24ダクト)	—	—	—	—
24	SB連絡ユーティリティ配管ダクト	—	—	—	—
25	500kVケーブルダクト	—	—	—	—
26	宇中連絡ダクト	—	—	—	—
27	旧2号機放水口	—	○	—	—
28	重油移送配管ダクト	—	—	—	—
29	光ケーブルダクト (No.21ダクト)	—	—	—	—
30	上水配管横断ダクト	—	—	—	—
31	排水路	—	—	—	—
32	44m盤消火配管トレンチ (III)	—	—	—	—
33	OFケーブルダクト	—	—	—	—
34	制御ケーブルダクト	—	—	○	—
35	排水路	—	—	○	—
36	GTG電路MMR部	—	○	—	—
37	U-600横断側溝	—	—	—	—
38	排水路	—	—	—	—
39	輪谷貯水槽 (西1/西2) アクセススロープ (西側)	—	○	—	—
40	輪谷貯水槽 (西1/西2) アクセススロープ (東側)	—	○	—	—
41	重圧管	—	—	○	—
42	44m盤消火配管トレンチ (IV)	—	—	—	—
43	アクセス道路耐震補強部 (西側)	—	○	—	—
44	アクセス道路耐震補強部 (東側)	—	○	—	—
45	屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機)	○	—	—	—
46	屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽)	○	—	—	—
47	屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒)	○	—	—	—
48	連絡通路 (地下部)	○	—	—	—

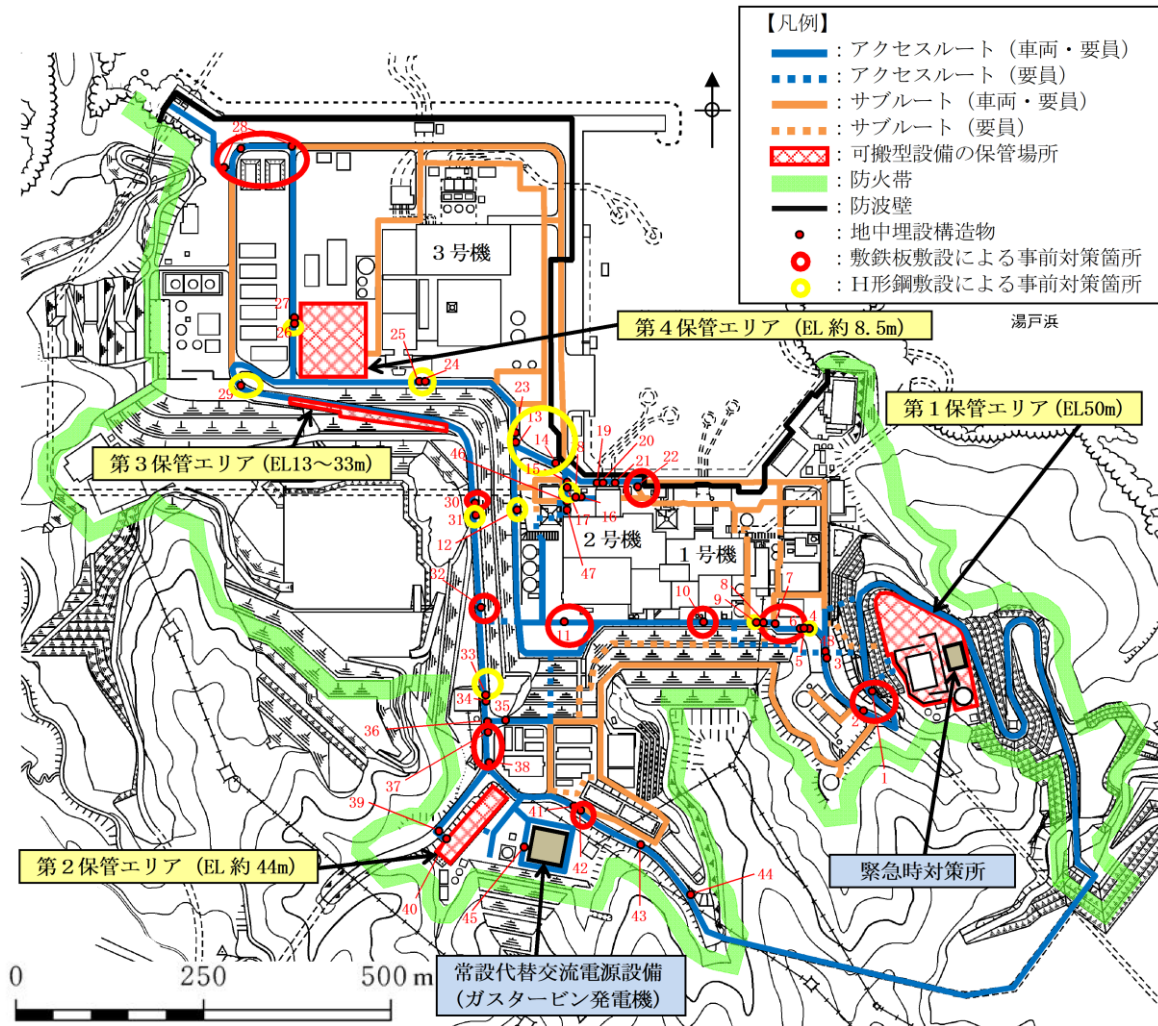


図 8-7 地中埋設構造物の損壊対策を実施する箇所

8.3 段差緩和対策等の整理

これまでの評価結果を踏まえ、段差緩和対策、浮き上がり対策及び損壊対策（敷鉄板もしくはH形鋼敷設）の実施箇所について整理した結果を表8-9に、対策の実施箇所を図8-8に、対策の概念図を図8-9に示す。

表8-9 段差緩和対策等を実施する箇所（地中埋設構造物等と埋戻土との境界部）

(1/2)

条件①：液状化及び掃り込みによる不等沈下により15cmを超える段差発生が想定される箇所
 条件②：液状化に伴う浮き上がりが想定される箇所
 条件③：地中埋設構造物の損壊による段差発生が想定される箇所

通し番号	名称	評価結果 ①	評価結果 ②	評価結果 ③	対策の種類 ^{*1}
1	ケーブルダクト (D5ダクト)	—	—	○	敷鉄板
2	ケーブルダクト (D7ダクト)	—	—	○	敷鉄板
3	1号機南側盛土部地盤改良部	○	—	—	路盤補強材
4	東側ケーブル等迂回ダクト	—	—	○	H形鋼
5	消火配管ダクト	—	—	○	敷鉄板
6	ケーブルダクト	—	—	○	敷鉄板
7	ケーブルダクト	—	—	○	敷鉄板
8	西側配管等迂回ダクト	—	—	○	敷鉄板
9	ケーブルダクト	—	—	○	H形鋼
10	復水配管	—	—	○	敷鉄板
11	2号機閉所連絡制御ケーブル配管ダクト	—	—	○	敷鉄板
12	OFケーブルダクト	—	—	○	H形鋼
13	排水路	—	—	○	H形鋼
14	光ケーブルダクト (No. 20ダクト)	—	—	○	H形鋼
15	除じん機洗浄水排水管 (北側)	—	—	—	
16	除じん機洗浄水排水管 (南側)	—	—	—	
17	2号機循環水排水路 (放水槽側)	○	—	○	路盤補強材, H形鋼
18	2号機循環水排水路 (取水槽側)	○	—	○	路盤補強材, H形鋼
19	2号機北側護岸	—	—	—	
20	2号機取水槽 (取水管取合部) (西側)	○	—	—	路盤補強材
21	2号機取水槽 (取水管取合部) (東側)	○	—	—	路盤補強材
22	海水電解, 消火配管ダクト	—	—	○	敷鉄板
23	光ケーブルダクト (No. 24ダクト)	—	—	○	H形鋼
24	SB連絡ユーティリティ配管ダクト	—	—	○	H形鋼
25	500kVケーブルダクト	—	—	○	H形鋼
26	宇中中連絡ダクト	○	○	○	路盤補強材, 浮き上がり対策工, H形鋼 ^{*2}
27	旧2号機放水口	○	—	—	路盤補強材
28	重油移送配管ダクト	—	—	○	敷鉄板
29	光ケーブルダクト (No. 21ダクト)	—	—	○	H形鋼
30	上水配管横断ダクト	—	—	○	敷鉄板
31	排水路	—	—	○	H形鋼
32	44m盤消火配管トレンチ (III)	—	—	○	敷鉄板
33	OFケーブルダクト	—	—	○	H形鋼
34	制御ケーブルダクト	—	—	—	
35	排水路	—	—	—	
36	GTG電路MMR部	—	—	—	
37	U-600横断側溝	—	—	○	敷鉄板
38	排水路	—	—	○	敷鉄板
39	輪谷貯水槽 (西1/西2) アクセススロープ (西側)	—	—	—	
40	輪谷貯水槽 (西1/西2) アクセススロープ (東側)	—	—	—	
41	重圧管	—	—	—	
42	44m盤消火配管トレンチ (IV)	—	—	○	敷鉄板
43	アクセス道路耐震補強部 (西側)	—	—	—	
44	アクセス道路耐震補強部 (東側)	—	—	—	
45	屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機)	—	—	—	
46	屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽)	○	—	—	路盤補強材
47	屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒)	—	—	—	
48	連絡通路 (地下部)	○	—	—	路盤補強材

注記*1：損壊対策（敷鉄板またはH形鋼）については変更の可能性有り
 注記*2：H形鋼は浮き上がり対策工を兼用する

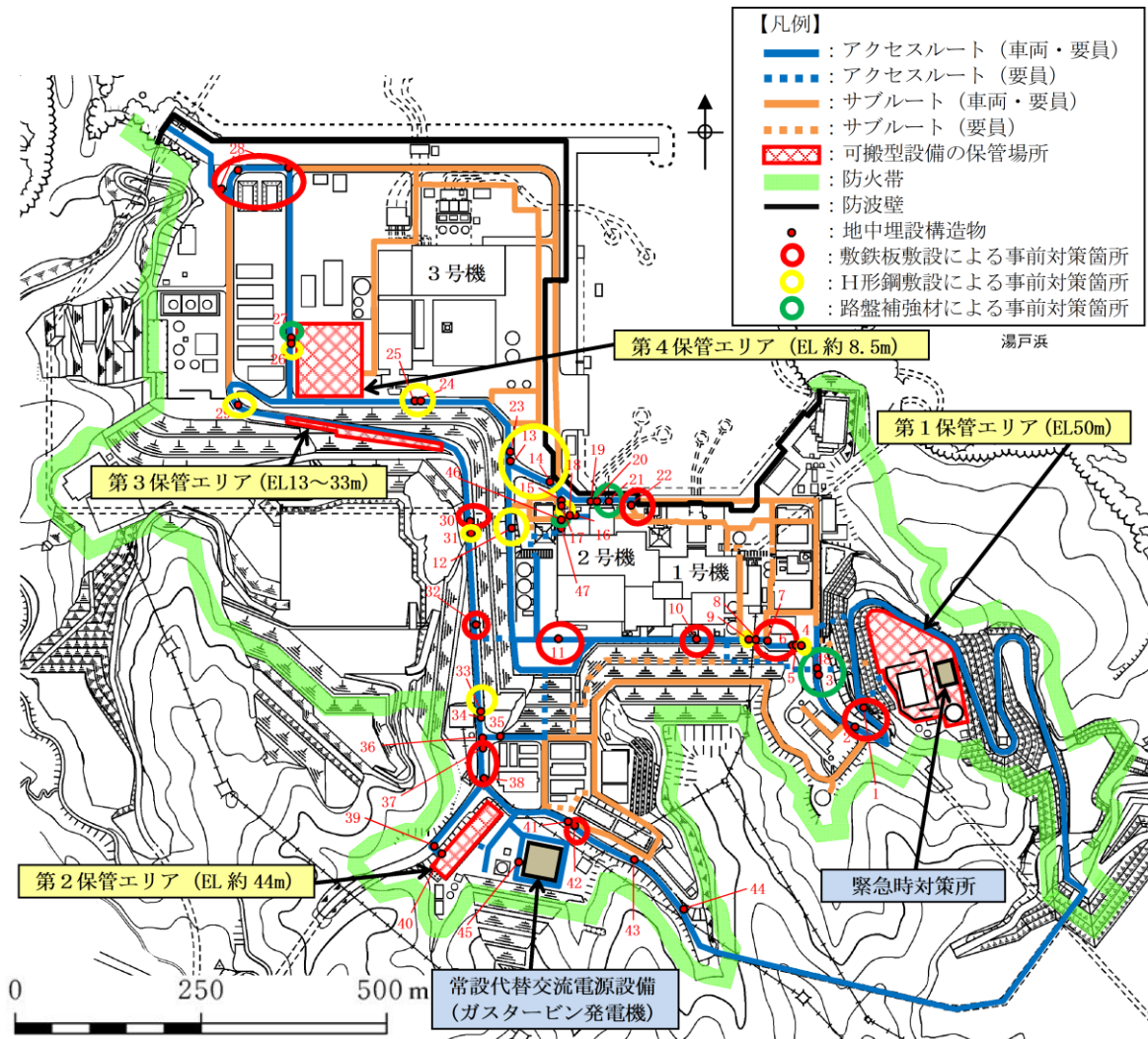


図8-8 段差緩和対策等の実施箇所 (地中埋設構造物等と埋戻土との境界部) (1/2)

表 8-9 段差緩和対策等を実施する箇所（岩盤と埋戻土との境界部）（2/2）

条件①：液状化及び揺すり込みによる不等沈下により15cmを超える段差発生が想定される箇所
 条件②：液状化に伴う浮き上がりが想定される箇所
 条件③：地中埋設構造物の損壊による段差発生が想定される箇所

通し番号	名称	評価結果 ①	評価結果 ②	評価結果 ③	対策の種類
1	2号機原子炉建物南側	—	—	—	
2	2号機原子炉建物西側	—	—	—	
3	2号機循環水排水路建設時土留め部(放水槽側)	○	—	—	路盤補強材
4	2号機循環水排水路建設時土留め部(取水槽側)	○	—	—	路盤補強材

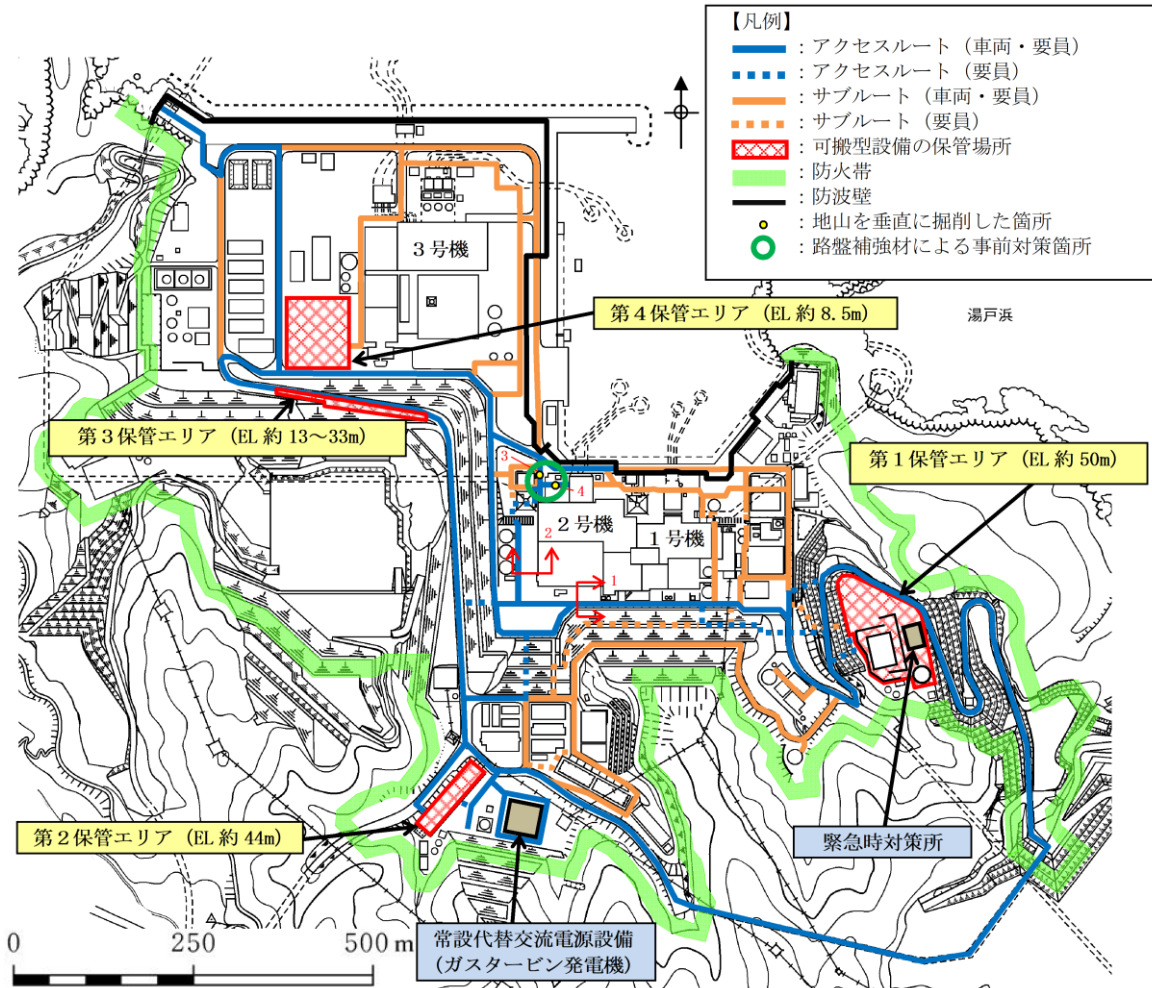


図 8-8 段差緩和対策等の実施箇所（岩盤と埋戻土との境界部）（2/2）

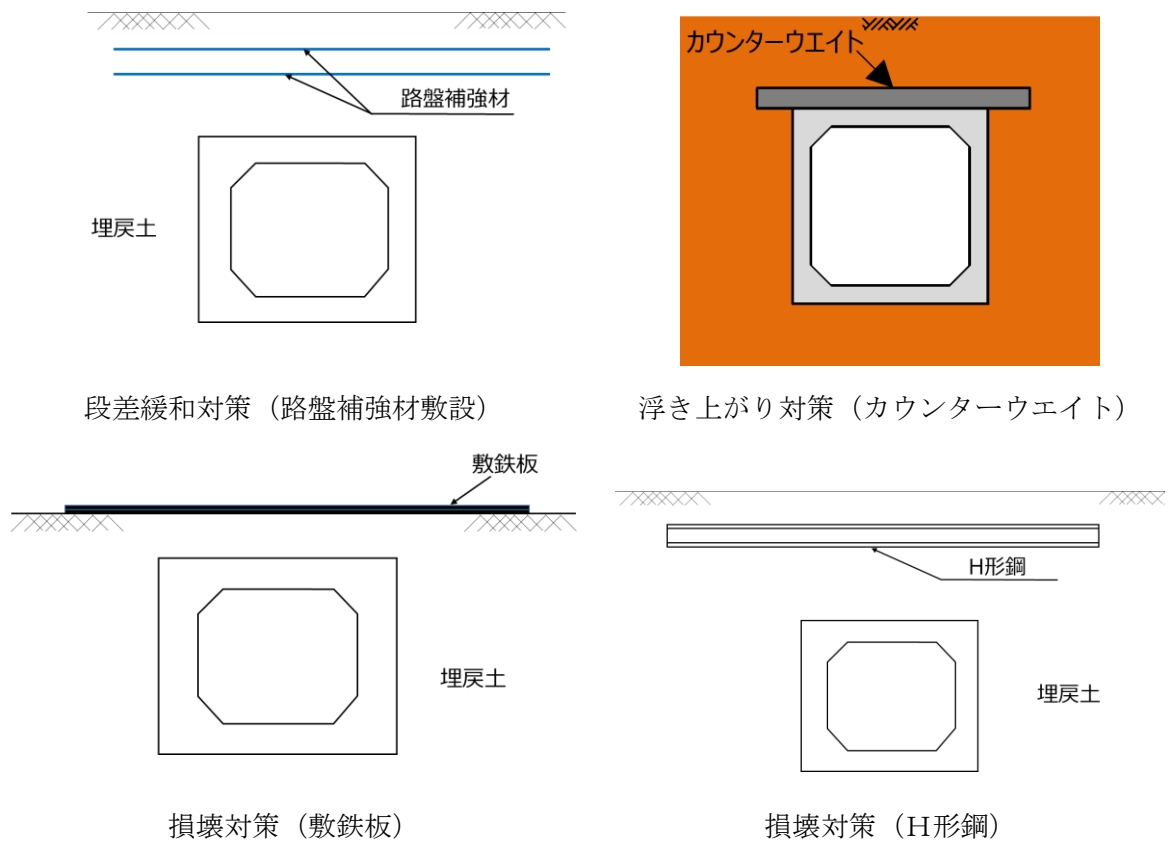


図 8-9 段差緩和対策等の概念図

8.4 段差緩和対策等の設計

(1) 段差緩和対策

路盤補強材敷設による事前の段差緩和対策は、地中埋設構造物及び地盤改良部と埋戻土との境界部及び岩盤と埋戻土との境界部において液状化及び揺すり込みによる不等沈下により局所的な段差が発生した場合に、路面下に敷設した路盤補強材が滑らかに変形することによって地表面の連続性を確保し、段差を緩和することで車両通行性を確保するものである。

段差緩和対策の設計は、段差発生後に車両が通行することを想定し、路盤補強材へ作用する引張力（ ΣT_0 ）が、路盤補強材の許容引張力（ T_{max} ）を下回ることを確認する。ここでは、段差量が最大の55cmとなる箇所（通し番号3 1号機南側盛土部地盤改良部）の設計例を代表に示し、他の段差緩和対策箇所についても同様の設計を行う。

a. 構造概念

補強材敷設による事前の段差緩和対策は、屋外のアクセスルートにおける段差発生状況と類似した条件で実施した実物大実験*（以下「実物大実験」という。）の実験結果をもとに、路盤工に路盤補強材（高強度ジオテキスタイル）2枚を挟み込む構造とする。実物大実験の走行状況及び段差緩和対策の概念図を図8-10に示す。



概念図（島根）
注記*石垣 勉，尾本 志展，太田 秀樹：アスファルト舗装の地震対策型段差抑制工法に関する実物大実験，第29回日本道路会議，2011
図8-10 路盤補強材（高強度ジオテキスタイル）の概念図

b. 評価条件

実物大現場実験の結果をもとに、路盤補強材に作用する引張力を算定し、路盤補強材の許容引張力と比較を行う。なお、路盤補強材の許容引張力は製品基準強度である185kN/mとする。

(a) 段差発生時に路盤補強材に発生する引張力 (T_G)

実物大実験によると、不等沈下に対する段差抑制工法の性能確認として、図8-10のような走行試験を実施し、段差量55cmの状態において車両通行性を確認している。また、構造安全性の確認として、段差発生時の路盤補強材に発生した引張力を測定し、段差量55cmの最大引張力が67kN/mであることが確認されている。

一方で、島根原子力発電所のアクセスルート周辺の地中埋設構造物のうち、最も大きい段差が発生する箇所は1号炉南側盛土部地盤改良部であり、実験条件と同規模の段差量55cmである。以上のことから実物大実験の最大引張力67kN/mを島根原子力発電所の段差緩和対策で適用できるものとする。なお、実物大実験では4枚の路盤補強材を敷設しているが、2枚にした場合、作用する引張力は2倍になると想定されることから、 $T_G=134\text{kN/m}$ を用いる。

(b) 車両走行により路盤補強材に発生する引張力 (ΔT_G)

実物大現場実験での不等沈下後における路面状況は、図 8-11 に示すように、滑らかな曲線上に変形している。ここで、路盤補強材の変曲点により路盤補強材に発生する引張力 ΔT_G は下式により算定する。

$$\Delta T_G = (W \cdot W_1 \cdot \sin \theta) / N \dots \dots \dots (8.6)$$

ここで、

ΔT_G : 車両走行により路盤補強材に発生する引張力(kN/m)

W : 路盤補強材上面位置の輪荷重(kN/m²)

W_1 : 路盤補強材上面位置における輪荷重の載荷面延長(m)

θ : 路盤補強材の変曲点における垂線と鉛直線のなす角
(図8-12 参照)

N : 路盤補強材の枚数(=2枚)

$$W = W_0 / (n \cdot (W_1 \cdot W_b)) \dots \dots \dots (8.7)$$

ここで、

W_0 : 車両の軸重量(kN)

n : 車軸数

W_b : 路盤補強材上面位置における輪荷重の載荷面幅(m)

$$W_1 = l_0 + 2 \cdot (h \cdot \tan \theta_b) \dots \dots \dots (8.8)$$

ここで、

l_0 : 「道路橋示方書・同解説 I 共通編(日本道路協会, 平成14年3月)」
における, T 荷重の載荷面延長(m)

h : 路面から路盤補強材上面までの厚さ(m)

θ_b : 「道路土工 擁壁工指針(日本道路協会 平成24年3月)」におけ
る荷重の分散角度(°)

$$W_b = b_0 + 2 \cdot (h \cdot \tan \theta_b) \dots \dots \dots (8.9)$$

ここで、

b_0 : 「道路橋示方書・同解説 I 共通編(日本道路協会, 平成14年3月)」
における, T 荷重の載荷面幅(m)

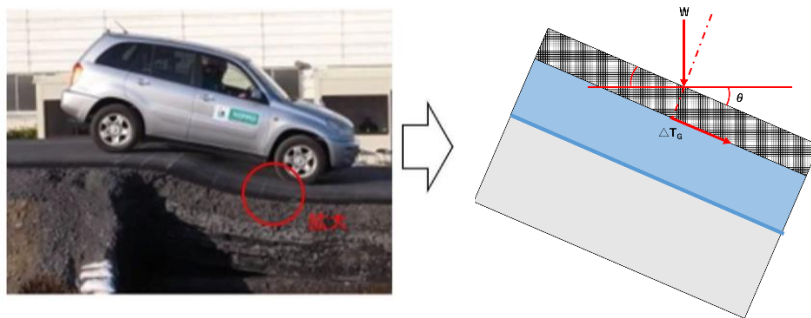
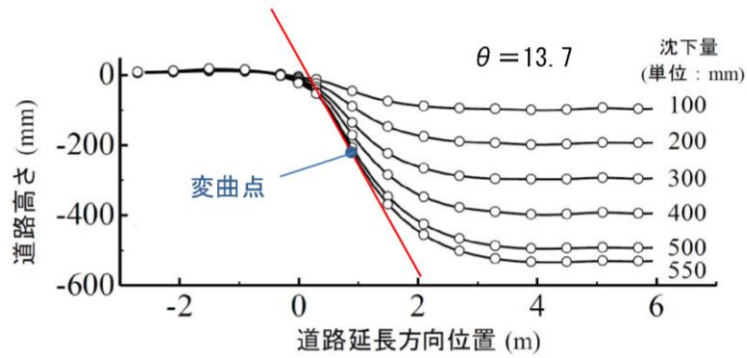


図 8-11 車両走行時に発生する引張力の考え方



アスファルト舗装の地震対策型段差抑制工法に関する実物大実験（石垣ら，2012年）に加筆

図8-12 路盤補強材の変曲点における垂線と鉛直線のなす角

走行車両は、走行時における車両総重量が最も大きい、移動式代替熱交換設備とし、後軸重量(3軸)から路盤補強材上面における載荷重を算出する。移動式代替熱交換設備の仕様を図8-13に、主要な可搬型設備の軸重量を表8-10に、輪荷重の算出イメージを図8-14に示す。

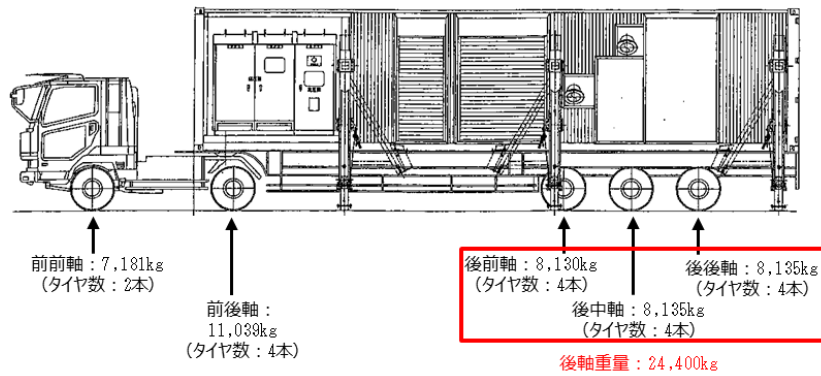
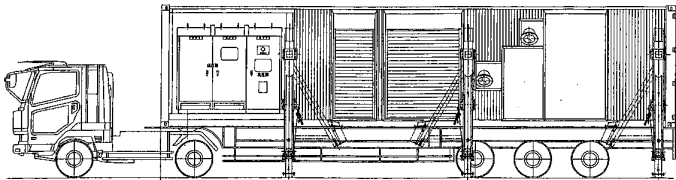
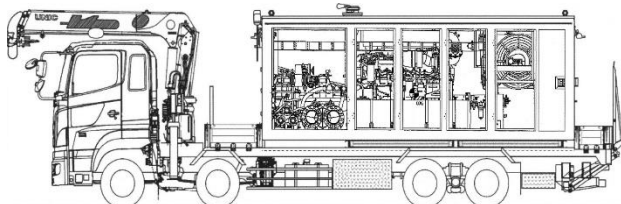
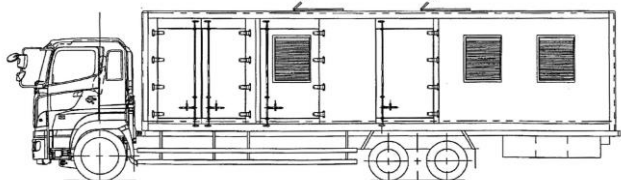
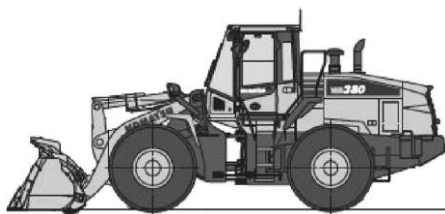
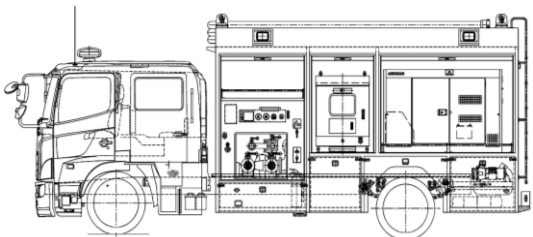


図8-13 移動式代替熱交換設備の仕様

表 8-10 主要な可搬型設備の軸重量

車両	総重量 (kg)	軸重量(kg)	
		前軸 合計	後軸 合計
移動式代替熱交換設備 	42,620	18,220	24,400
大型送水ポンプ車 	24,950	9,410	15,540
可搬式窒素供給装置 	21,330	6,145	15,185
ホイールローダ 	17,900	8,350	9,550
大量送水車 	12,735	5,370	7,365

□ : 損壊評価の代表車両

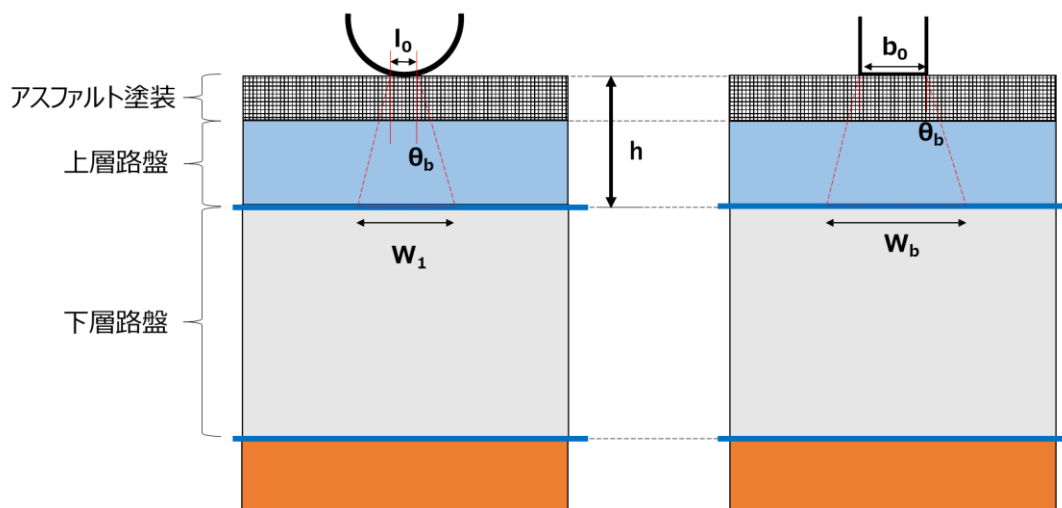


図 8-14 輪荷重のイメージ図

c. 評価結果

評価の結果、路盤補強材へ作用する引張力(ΣT_G)は、路盤補強材の製品基準強度である許容引張力(T_{max})を十分に下回っていることを確認した。

$$W_1 = l_0 + 2 \cdot (h \cdot \tan \theta_b) = 0.2 + 2 \cdot (0.30 \cdot \tan 30^\circ) = 0.5 \text{ m}$$

$$W_b = b_0 + 2 \cdot (h \cdot \tan \theta_b) = 0.5 + 2 \cdot (0.30 \cdot \tan 30^\circ) = 0.8 \text{ m}$$

$$W = W_0 / (n \cdot (W_1 \cdot W_b)) = ((24400 / 1000) \cdot 9.80665) / (3 \cdot 0.5 \cdot 0.8) = 199.4 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta T_G = (W \cdot W_1 \cdot \sin \theta) / N = 199.4 \cdot 0.5 \cdot 0.237 / 2 = 11.8 \text{ kN/m}$$

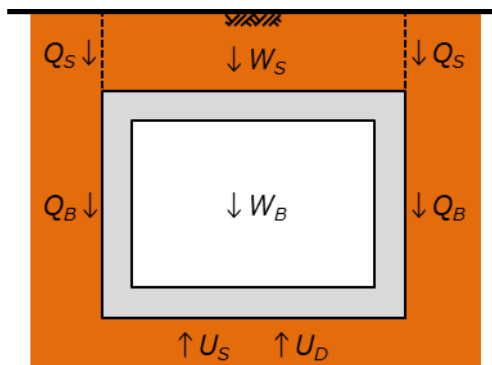
$$\begin{aligned} \therefore \Sigma T_G &= T_G + \Delta T_G = 134 + 11.8 \\ &= 145.8 \text{ kN/m} < T_{max} = 185 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

以上より、あらかじめ路盤補強材による段差緩和対策を実施することにより、液状化及び揺すり込みによる沈下が、当該箇所の通行性に対して影響がないことを確認した。

(2) 浮き上がり対策の設計

液状化に伴う浮き上がりが想定される地中埋設構造物（通し番号 26 宇中中連絡ダクト）に実施する浮き上がり対策の設計について示す。なお、対象箇所は段差緩和対策、損壊対策の実施箇所となっている。

液状化に伴う地中埋設構造物の浮き上がりについては、「土木学会：トンネル標準示方書、2006」の「液状化時の浮上りに関する力のつり合い」に関する照査式に基づき評価し、評価値が評価基準値の 1.0 を上回らないことを確認する。（図 8-15 参照）
なお、図 8-15 において、本評価では保守的に $Q_S = Q_B = 0$ とする。



浮き上がり照査式

$$\gamma_i(U_S + U_D) / (W_S + W_B + 2Q_S + 2Q_B) \leq 1.0$$

W_S : 鉛直荷重の設計用値

W_B : 構造物の自重の設計用値

Q_S : 上載土のせん断抵抗

Q_B : 構造物側面の摩擦抵抗

U_S : 構造物底面の静水圧による揚圧力の設計用値

U_D : 構造物底面の過剰間隙水圧による揚圧力

γ_i : 構造物係数 (= 1.0)

図 8-15 浮き上がり照査方法（土木学会：トンネル標準示方書、2016）

a. 構造概念

浮き上がり対策は、揚圧力と抵抗力から浮き上がりに対する安全率が1.0以上となるよう、揚圧力（U）と浮き上がり抵抗力（W）の差分である不足抵抗力（ ΔW ）を、損壊対策であるH形鋼による付加抵抗力により確保する。

浮き上がり対策の概念図を図8-16に示す。なお、H形鋼の平面図のイメージを図8-17に示す。

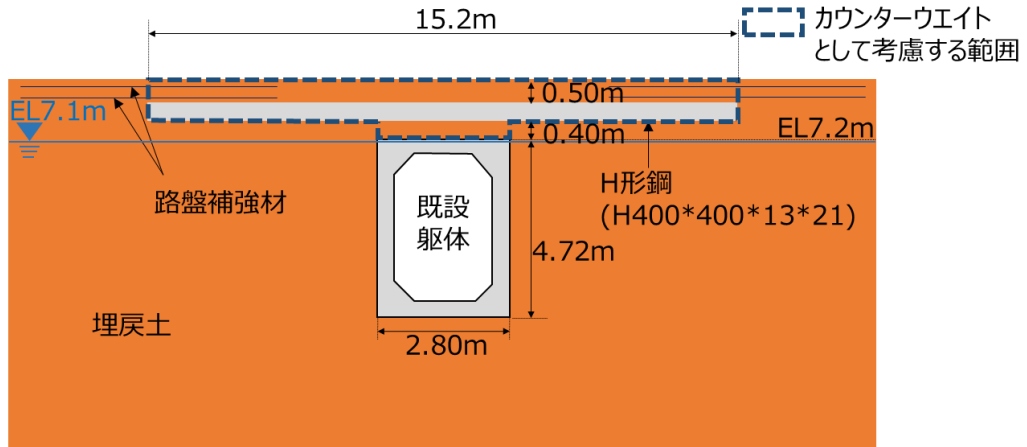
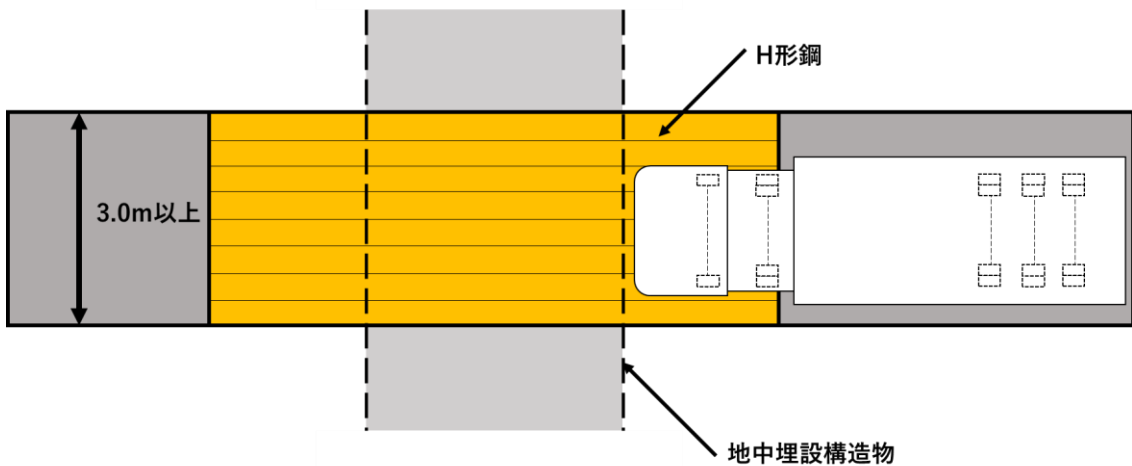


図8-16 浮き上がり対策の概念図



* 損壊対策のイメージ図であるが、浮き上がり対策のイメージ図として流用

図8-17 H形鋼の平面図のイメージ

b. 評価条件

浮き上がり評価の評価条件を以下に示す。

(a) 荷重・重量

表 8-11 に浮き上がり評価において考慮する荷重・重量を示す。

表 8-11 荷重・重量に関する評価条件

種別	単位体積重量	備考
地下水	10.1 (kN/m ³)	保守的に海水の値を用いる
埋戻土	19.6 (kN/m ³)	
飽和単位体積重量	20.7 (kN/m ³)	
H形鋼	78.6 (kN/m ³)	損壊対策 (H形鋼) の重量を考慮する

(b) 地下水位

EL 7.1m (3次元浸透流解析結果に基づいて設定)

c. 評価結果

不足抵抗力 (ΔW) 及び浮き上がり対策後の抵抗力の算出結果を表 8-12 に示す。評価の結果、浮き上がり対策後の抵抗力が揚圧力を上回り、安全率が 1.0 以上であることを確認した。揚圧力、抵抗力の概念図および計算プロセスに用いる各寸法等を図 8-18 に示す。

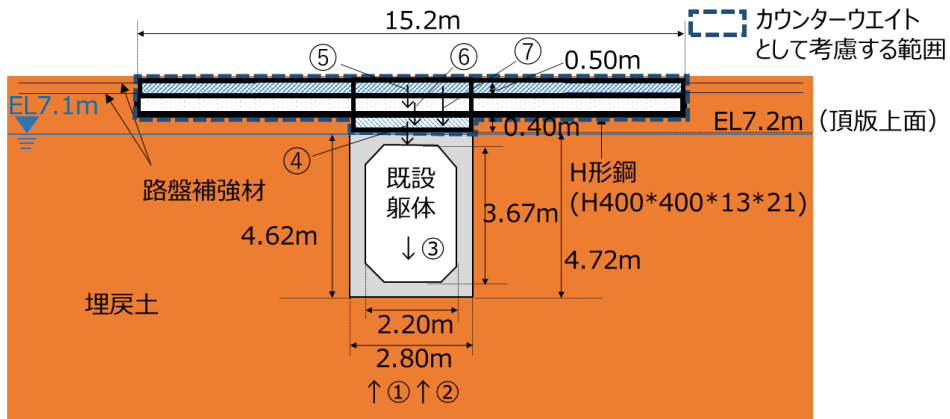


図 8-18 揚圧力、抵抗力の概念図および計算プロセスに用いる各寸法

【揚圧力の計算】

既設躯体に発生する静水圧と過剰間隙水圧による揚圧力を考慮する。

①既設躯体への静水圧による揚圧力

地下水を押しのける躯体面積

$$= \text{既設躯体の高さ} \cdot \text{既設躯体の幅}$$

$$= 4.62 \cdot 2.8$$

$$= 12.94 \text{ [m}^2\text{]}$$

既設躯体への静水圧による揚圧力

$$= \text{地下水を押しのける躯体面積} \cdot \text{水の単位体積重量}$$

$$= 12.94 \cdot 10.10$$

$$= 130.70 \text{ [kN/m]}$$

②既設躯体への過剰間隙水圧による揚圧力

$$= \text{地下水を押しのける躯体面積} \cdot (\text{水の単位体積重量} - \text{土の水位以深単位体積重量})$$

$$= 12.94 \cdot (20.7 - 10.10) = 137.17 \text{ [kN/m]}$$

・既設躯体に発生する揚圧力 (①+②)

$$130.70 \text{ [kN/m]} + 137.17 \text{ [kN/m]} = 267.87 \text{ [kN/m]}$$

【抵抗力の計算】

既設躯体の自重や埋戻土の鉛直荷重、損壊対策のH形鋼の自重による揚圧力に対する抵抗力を考慮する。

③既設躯体の自重

地下水を押しよける地中埋設構造物面積

= 既設躯体幅・既設躯体高さ - 内空幅・内空高さ

$$2.8 \cdot 4.72 - 2.2 \cdot 3.67 = 5.14 [\text{m}^2]$$

既設躯体の自重

= 地下水を押しよける地中埋設構造物面積・コンクリートの単位体積重量

$$= 5.14 \cdot 24.0 = 123.36 [\text{kN/m}]$$

④既設躯体とH形鋼までの埋戻土鉛直荷重

地中埋設構造物からH形鋼までの埋戻土面積

= 既設躯体幅・既設躯体からH形鋼までの距離

$$= 2.8 \cdot 0.4$$

$$= 1.12 [\text{m}^2]$$

既設躯体とH形鋼までの埋戻土鉛直荷重

= 地中埋設構造物からH形鋼までの埋戻土面積・埋戻土の単位体積重量

$$= 1.12 \cdot 19.6 = 21.95 [\text{kN/m}]$$

⑤H形鋼と地表の間の埋戻土鉛直荷重

H形鋼から地表までの埋戻土面積

= スパン長・H形鋼から地表までの距離

$$= 15.2 \cdot 0.5$$

$$= 7.6 [\text{m}^2]$$

H形鋼と地表の間の埋戻土鉛直荷重

= H形鋼から地表までの埋戻土面積・埋戻土の単位体積重量

$$= 7.6 \cdot 19.6$$

$$= 148.96 [\text{kN/m}]$$

⑥H形鋼の自重

H形鋼単位質量：172 [kg/m]

桁長の質量

= H形鋼単位質量・スパン長

$$= 172 [\text{kg/m}] \cdot 15.2 [\text{m}]$$

$$= 2614.4 [\text{kg}]$$

$$= 25.63 [\text{kN}]$$

単位長さあたりに設置できるH形鋼の本数

$$= \text{単位長さ} / \text{H形鋼の横幅の規格}$$

$$= 1 [\text{m}] \div 0.400 [\text{m}]$$

$$= 2.5 [\text{本}]$$

地中埋設構造物の上に設置できるH形鋼の単位長さあたりの荷重

$$= \text{桁長の質量} \cdot \text{単位長さあたりに設置できるH形鋼の本数}$$

$$25.63 [\text{kN}] \cdot 2.5 [\text{本}]$$

$$= 64.07 [\text{kN/m}]$$

・ 対策後の浮き上り抵抗力 (③+④+⑤+⑥)

$$123.36 [\text{kN/m}] + 21.95 [\text{kN/m}] + 148.96 [\text{kN/m}] + 64.07 [\text{kN/m}]$$

$$= 358.34 [\text{kN/m}]$$

表 8-12 不足抵抗力 (ΔW) 及び浮上り対策後の抵抗力の算出結果

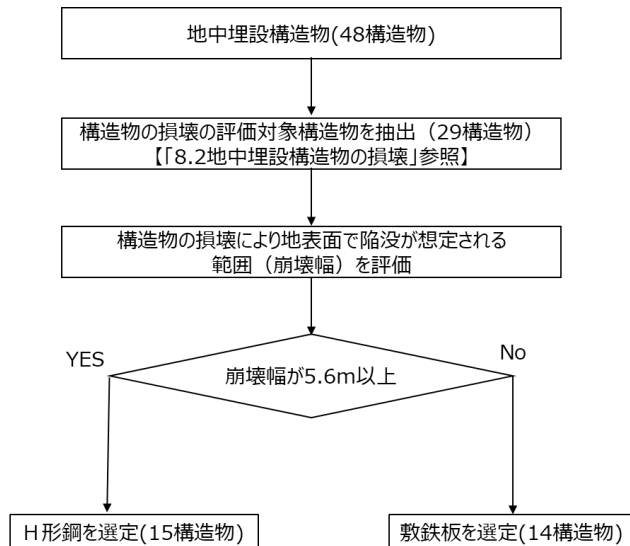
評価対象 構造物	揚圧力(U) (kN/m)	浮き上がり 抵抗力(W) (kN/m)	安全率 (W)/(U)
既設躯体 + H形鋼 + 埋戻土	268	358	1.33

以上より、あらかじめ浮き上がり対策を実施することにより、液状化に伴う浮き上がりが当該箇所の通行性に対して影響がないことを確認した。

(3) 損壊対策の設計

損壊を想定する地中埋設構造物に対しては、損壊対策として陥没が想定される範囲に事前に敷鉄板またはH形鋼を敷設することにより、車両通行性を確保する。

対策工（敷鉄板またはH形鋼）は、陥没が想定される範囲（崩壊幅）を算定して選定する。選定フローは以下の通りとする。



【崩壊幅 5.6m を敷鉄板採用の閾値とする考え方】

車両走行条件を踏まえ、陥没が生じた場合に必要な接地幅 L_0 を下記の通り算定する。なお、車両荷重等の詳細については後述する。

$$\text{地盤反力度} \quad R_G = \frac{R_{\max}}{B \times L_0} \quad (8.4(4)c. \text{ 地盤反力度評価式参照})$$

ここで、地盤の埋戻土の短期許容支持力として 0.8N/mm^2 を用いる。

$$\text{最大支点反力} \quad R_{\max} = P + \frac{W_{\text{sp}} \cdot L}{2} = P + \frac{W_{\text{sp}} \cdot (6-L_0)}{2}$$

(8.4(4)c. 最大支点反力評価式参照)

$$\text{車両荷重} \quad P = 162.96\text{kN}$$

$$\text{敷鉄板の死荷重} \quad W_{\text{sp}} = 20.4\text{kN}$$

$$\text{崩壊幅} \quad L = 6 - L_0 \quad (\text{敷鉄板の最大規格幅は } 6.0\text{m})$$

$$\text{敷鉄板幅 (腐食あり)} \quad B = 1498\text{mm}$$

$$\text{敷鉄板の接地延長} \quad L_0$$

よって

$$L_0 = \frac{2P + 6W_{\text{sp}}}{2R_G + W_{\text{sp}}} = \frac{2 \cdot 162.96 + 6 \cdot 20.4}{2 \cdot 0.8 \cdot 1498 + 20.4} = 0.186 \text{ (m)}$$

以上から、敷鉄板を採用できる最小の敷鉄板幅は約 20cm（片側 10cm ずつ）であるが余裕を考慮し、40cm（片側 20cm ずつ）とし、敷鉄板を採用する崩壊幅の閾値を 5.6m とする。

各地中埋設構造物の部材厚等の諸元および崩壊幅の算定結果を表8-13に示す。

表8-13 地中埋設構造物の内空寸法等一覧

通し番号	名称	内空幅 (mm)	内空高 (mm)	頂版厚 (mm)	側壁厚 (mm)	土被り厚 (mm)	敷設板：崩壊幅 H形鋼：スパン長 (mm) *2
1	ケーブルダクト (D5ダクト)	1,500	1,745	255	200	0	4.3
2	ケーブルダクト (D7ダクト)	1,080	604	130	200	0	2.4
3	1号機南側盛土部地盤改良部	—	—	—	—	0	—
4	東側ケーブル等迂回ダクト	1,500	2,000	200	200	1,150	5.8
5	消火配管ダクト	2,300 *1	1,800	0	180	0	4.8
6	ケーブルダクト	1,400	1,100	0	250	0	3.2
7	ケーブルダクト	1,500	1,200	200	200	300	3.9
8	西側配管等迂回ダクト	2,000	2,000	200	200	250	5.3
9	ケーブルダクト	1,500	2,000	200	200	1,000	5.6
10	復水配管	700	850	150	200	100	2.4
11	2号機開閉所連絡制御ケーブル配管ダクト	3,500 *1	1,800	200	300	0	3.1・3.6
12	0Fケーブルダクト	2,000	2,000	450	450	1,000	6.9
13	排水路	1,500	1,500	150	150	2,550	6.7
14	光ケーブルダクト (No.20ダクト)	2,100	2,010	200	200	973	6.2
15	除じん機洗浄水排水管 (北側)	800	800	66	66	5,615	—
16	除じん機洗浄水排水管 (南側)	800	800	66	66	5,362	—
17	2号機循環水排水路 (放水槽側)	3,000	3,000	800	1,700	7,500	26.2
18	2号機循環水排水路 (取水槽側)	3,000	3,000	800	800	10,350	28.6
19	2号機北側護岸	—	—	—	—	5,500	—
20	2号機取水槽 (取水管取合部) (西側)	4,300	4,300	4,700	1,700	7,100	—
21	2号機取水槽 (取水管取合部) (東側)	4,300	4,300	4,700	1,700	7,100	—
22	海水電解、消火配管ダクト	700	820	180	250	0	2.4
23	光ケーブルダクト (No.24ダクト)	2,100	2,415	200	200	980	6.7
24	SB連絡ユーティリティ配管ダクト	3,000	3,300	350	300	1,450	—
25	500kVケーブルダクト	2,300	2,400	300	250	2,250	25.2
26	宇中連絡ダクト	2,200	3,150	300	300	1,300	8.9
27	旧2号機放水口	—	—	—	—	2,500	—
28	重油移送配管ダクト	1,300	945	255	200	0	3.1
29	光ケーブルダクト (No.21ダクト)	3,800	3,450	300	300	1,600	10.6
30	上水配管横断ダクト	1,800	2,200	300	350	420	5.9
31	排水路	1,500	2,300	150	150	1,150	6.0
32	44m盤消火配管トレンチ (III)	800	569	131	200	0	3.4
33	0Fケーブルダクト	1,700	1,700	500	500	1,000	6.4
34	制御ケーブルダクト	2,600	800	600	300	600	—
35	排水路	700	700	200	200	400	—
36	GTG電路MMR部	—	—	—	—	0	—
37	U-600横断側溝	600	650	50	250	0	2.0
38	排水路	1,500	1,750	350	350	600	5.4
39	輪谷貯水槽 (西1/西2) アクセススロープ (西側)	6,200	13,320	0	0	0	—
40	輪谷貯水槽 (西1/西2) アクセススロープ (東側)	5,500	13,320	0	0	0	—
41	重圧管	600	600	100	100	250	—
42	44m盤消火配管トレンチ (IV)	800	569	131	250	0	2.2
43	アクセス道路耐震補強部 (西側)	0	12,500	0	0	0	—
44	アクセス道路耐震補強部 (東側)	0	8,000	0	0	0	—
45	屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機)	1,800	1,150	50	500	2,800	—
46	屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽)	5,800	3,000	800	900	0	—
47	屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒)	3,000	2,000	500	600	500	—
48	連絡通路 (地下部)	2,000	2,300	800	800	1,500	—

注記*1：2連内空の構造物。
注記*2：対策箇所の地盤状況により変更になる可能性がある。併せて対策工法を変更する可能性がある。

(4) 損壊対策（敷鉄板）の設計例

損壊を想定する地中埋設構造物のうち、損壊により地表面で陥没が想定される範囲（崩壊幅）が5.6mより小さくなる場合、損壊対策として事前に敷鉄板を敷設することにより、車両通行に影響を与えないよう対策を実施する。ここでは、内空幅が最大となる箇所（通し番号8 西側配管等迂回ダクト）の設計例を代表に示し、他の損壊対策箇所についても同様の設計を行う。

a. 構造概念

敷鉄板の断面図を図8-20に、平面図を図8-21に示す。

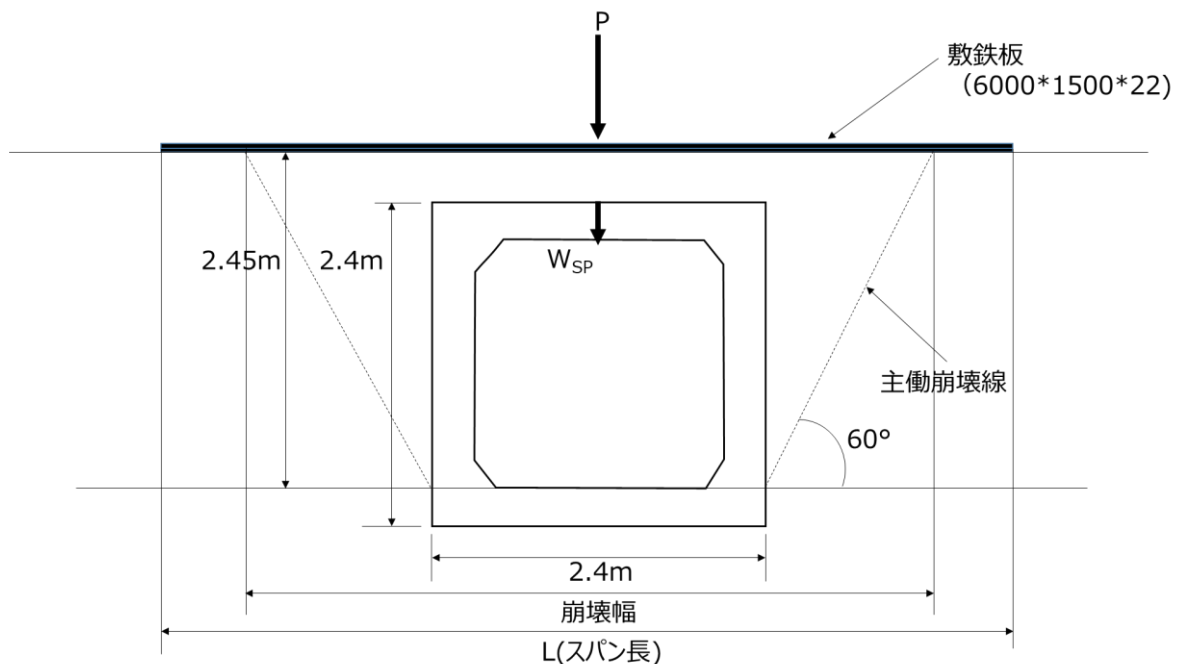


図8-20 敷鉄板断面図

主働崩壊角 $45^\circ + \phi/2 = 45^\circ + 30^\circ/2 = 60^\circ$ (石原 第2版 土質力学)

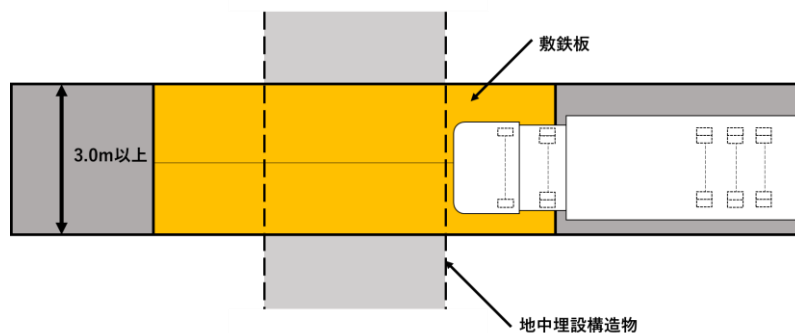


図8-21 敷鉄板平面図

b. 評価条件

- ・敷鉄板 SS400
- ・寸法 6,000 mm・1,500 mm・22 mm (2 枚敷設), 腐食 1 mm 考慮
- ・崩壊幅 $L=5.23$ m (側壁の損壊を想定したスパン: 図 8-20 参照)
- ・死荷重 (W_{SP})

敷鉄板重量

$$6.000 \text{ m} \cdot 1.500 \text{ m} \cdot 0.044 \text{ m} \cdot 77 \text{ kN/m}^3 = 30.485 \text{ kN}$$

1 m 当たり

$$30.485 \text{ kN} \div 6.000 \text{ m} = 5.1 \text{ kN/m}$$

・車両荷重 (P)

車両走行時に 6.0m の敷鉄板に作用する軸荷重の合計が最大であり、保管場所における評価と同様の移動式代替熱交換設備 (42620kg) を代表とする。なお、敷鉄板の横幅の寸法は図 8-22 の奥行き方向に約 1.5m、2 枚敷設するため、軸荷重は片輪のみの荷重を考慮する。本評価では前輪荷重より重い後輪荷重の片輪 (計 6 輪) から衝撃係数を考慮して算定する。

車 両 寸 法	全長	15,500 mm
	全幅	2,490 mm
	全高	4,090 mm
	車両総重量	42,620 kg

車輪位置	輪重量	輪重量(片側)
前前輪重量 (t)	7.181	3.591
前後輪重量 (t)	11.039	5.520
後前輪重量 (t)	8.130	4.065
後後輪重量① (t)	8.135	4.068
後後輪重量② (t)	8.135	4.068
車両総重量 (t)	42.62	21.31

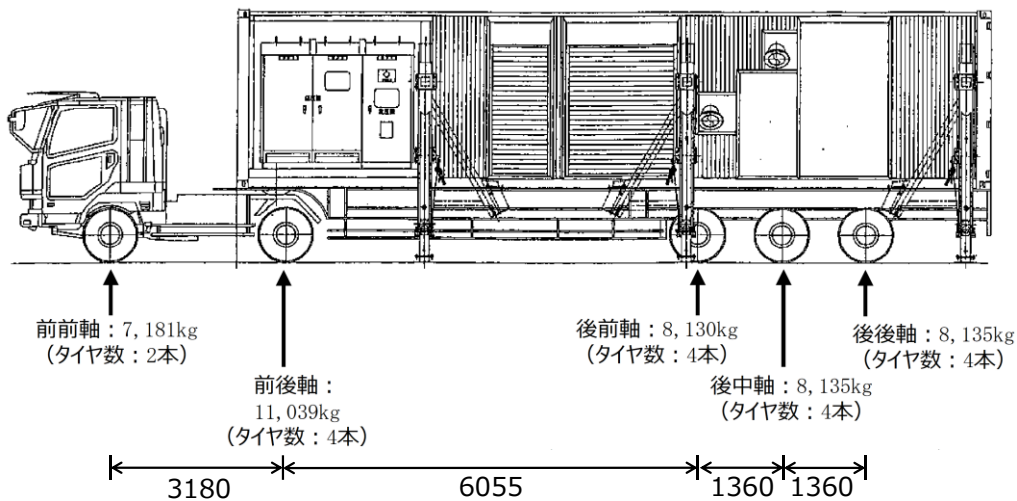


図 8-22 移動式代替熱交換設備

$$\text{前輪荷重} = (7.181 + 11.039) / 2 \text{ t} \cdot 9.80665 \text{ m/s}^2 = 89.339 \text{ kN/片輪}$$

$$\text{後輪荷重} = (8.130 + 8.135 + 8.135) / 2 \cdot 9.80665 \text{ m/s}^2 = 119.641 \text{ kN/片輪}$$

$$\text{衝撃係数 } i = 20 / (50 + \text{径間}) = 20 / (50 + 5.23)$$

$$= 0.362 \text{ (道路橋示方書 I 共通編)}$$

$$\text{スパン中央の荷重 } P = p \times (1 + i) = 119.641 \times (1 + 0.362) = 162.96 \text{ kN}$$

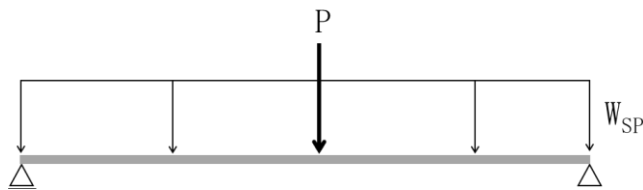
c. 評価結果

曲げ引張応力度，せん断力度，地盤反力度それぞれが最大となる荷重作用位置において，評価を実施し，評価基準を下回っていることを確認する。

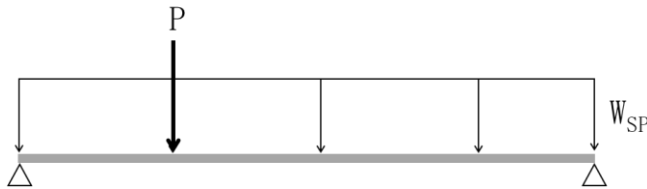
・ 曲げ引張応力度

以下の荷重作用位置 3 ケースにおいて評価を実施する。車両荷重による最大曲げモーメントが最大であり，引張応力度が最大となるケース 1 について設計例を示す。

ケース 1 後輪荷重 3 軸の集中荷重が中央に作用する場合



ケース 2 後輪荷重 3 軸の集中荷重がスパン長の端部から 1/4 の点に作用する場合



ケース 3 後輪荷重 3 軸の連行荷重がスパン長の中央に作用する場合

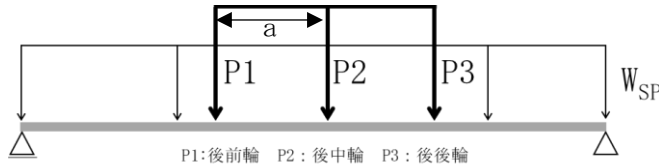


図 8-23 荷重図(1/2)

車両荷重による最大曲げモーメント

$$M_{\max}^1 = \frac{P \cdot L}{4} = \frac{162.96 \cdot 5.23}{4} = 213.07 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{ケース 1})$$

$$M_{\max}^1 = \frac{3 \cdot P \cdot L}{16} = \frac{3 \cdot 162.96 \cdot 5.23}{16} = 159.81 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{ケース 2})$$

$$M_{\max}^1 = \frac{(P1+P2+P3) \cdot Z^2}{L} - Pa \quad (\text{ケース 3})$$

$$= \frac{162.96 \cdot 2.615^2}{5.23} - 54.33 \cdot 1.36$$

$$= 139.18 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

敷鉄板自重による最大曲げモーメント

$$M_{\max^2} = \frac{W_{SP} \cdot L^2}{8} = \frac{20.4 \cdot 5.23^2}{8} = 69.75 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

最大曲げモーメント合計 (ケース 1)

$$M_{\max} = M_{\max^1} + M_{\max^2} = 213.07 + 69.75 = 282.82 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

最大曲げ引張応力度 (ケース 1)

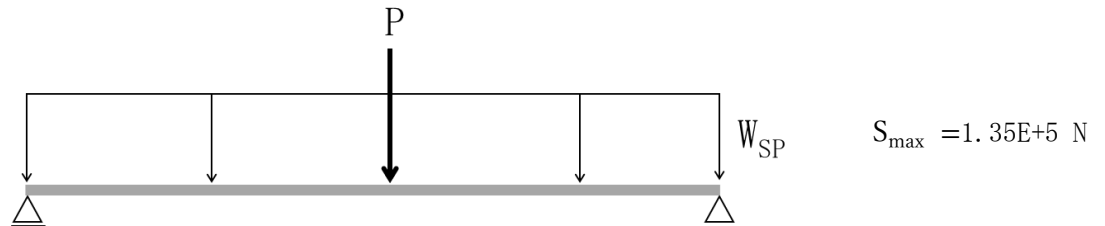
$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{Z \cdot 1000} = \frac{282.82}{1.76341 \cdot 10^{-3} \cdot 1000} = 160.38 \text{ N/mm}^2$$

・せん断力度

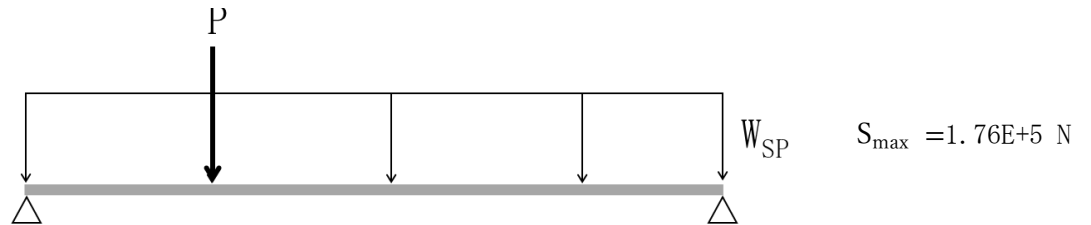
以下の荷重作用位置 4 ケースにおいて評価を実施する。車両荷重による最大せん断力が最大であり、引張応力度が最大となるケース 3 について設計例を示す。

$$\text{最大せん断力 } S_{\max} = P + \frac{W_{\text{SP}} \cdot L}{2} = \left(162.96 + \frac{20.4 \cdot 5.23}{2} \right) \cdot 1000 = 216306 \text{ N}$$

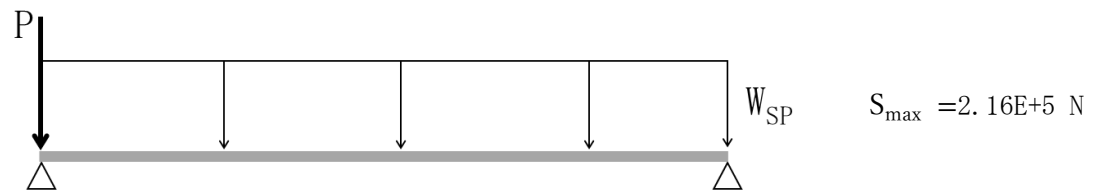
ケース 1 後輪荷重 3 軸の集中荷重が中央に作用する場合



ケース 2 後輪荷重 3 軸の集中荷重がスパン長の端部から 1/4 の点に作用す



ケース 3 後輪荷重 3 軸の集中荷重がスパン長の端部に作用する場合



ケース 4 後輪荷重 3 軸の連行荷重がスパン長の中央に作用する場合

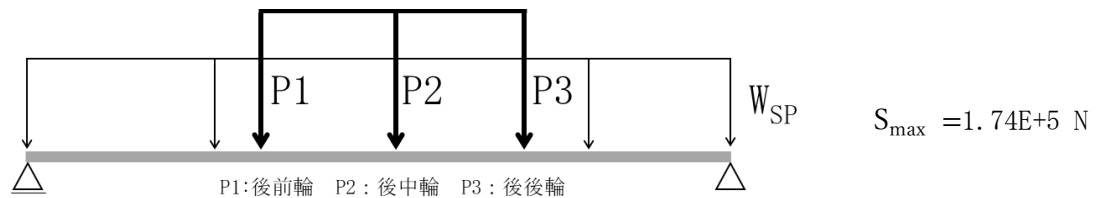


図 8-23 荷重図 (2/2)

断面一次モーメント $G=1452000 \text{ mm}^3$
断面二次モーメント $I=37031652 \text{ mm}^4$
敷鉄板幅 $W=1500 \text{ mm}$
腐食代 $C_s=1.0 \text{ mm}$
せん断応力度

$$\tau_{\max} = S_{\max} \cdot \frac{G}{I \cdot (W_s - 2 \times C_s)} = 216306 \times \frac{1452000}{37031652 \times (1500 - 2 \times 1)}$$

$$= 5.66 \text{ N/mm}^2$$

・地盤反力度

地盤反力度が最大となるケースはせん断力が最大となるケースであることから上記せん断力のケース3において評価を実施する。

最大支点反力

$$R_{\max} = P + \frac{W_{sp} \cdot L}{2} = (162.96 + \frac{20.4 \times 5.23}{2}) \times 1000 = 216306 \text{ N}$$

敷鉄板幅（腐食あり）

$$B = 1498 \text{ mm}$$

敷鉄板の接地延長

$$L_0 = 6000 - 5230 - 1 \cdot 2 = 768 \text{ mm}$$

地盤反力度

$$R_G = \frac{R_{\max}}{t \times L_0} = \frac{216306}{1498 \times 768} = 0.188 \text{ N/mm}^2$$

以上より表8-14のとおりあらかじめ敷鉄板による損壊対策を実施することにより、損壊が当該箇所の通行性に対して影響がないことを確認した。

表8-14 敷鉄板の評価結果

検討項目	評価値	評価基準値	判定
敷鉄板の曲げ応力度	160.4 N/mm ²	215.0 N/mm ² *1	OK
敷鉄板のせん断応力度	5.7 N/mm ²	124.1 N/mm ² *1	OK
地盤の最大接地圧	0.19 N/mm ²	0.80 N/mm ² *2	OK

*1 敷鉄板 (SS400) に関する評価基準値は、「鋼構造設計規準 日本建築学会 平成17年9月」に基づき設定する短期許容応力度とする。

*2 埋戻土の極限支持力 1.2N/mm²に基づき、短期許容応力度を算定。

(5) 損壊対策（H形鋼）の設計例

a. 構造概念

損壊を想定する地中埋設構造物のうち、損壊により地表面で陥没が想定される範囲（崩壊幅）が5.6m以上となる場合、損壊対策として事前にH形鋼を敷設することにより、車両通行に影響を与えないよう対策を実施する。ここでは、内空幅が最大となる箇所（通し番号29 光ケーブルダクト（No.21ダクト））の設計例を代表に示し、他の損壊対策箇所についても同様の設計を行う。

図8-24に損壊対策（H形鋼）のイメージを示す。

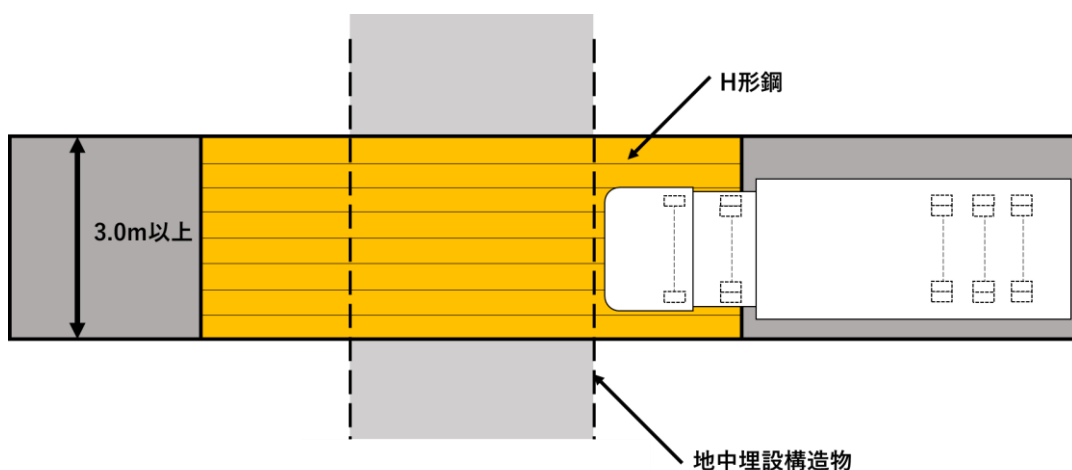


図8-24 H形鋼の敷設イメージ

b. 評価条件

損壊対策は、地中埋設構造物が損壊した状態を想定してスパン長を設定し、可搬型設備の通行時にH形鋼に作用する曲げ応力度、せん断応力度が評価基準値を下回ることを確認する。

各評価値は、単純はりモデルにて算定し、解析コード「Engineer' s Studio 面内 ver. 3. 5. 2」を使用する。

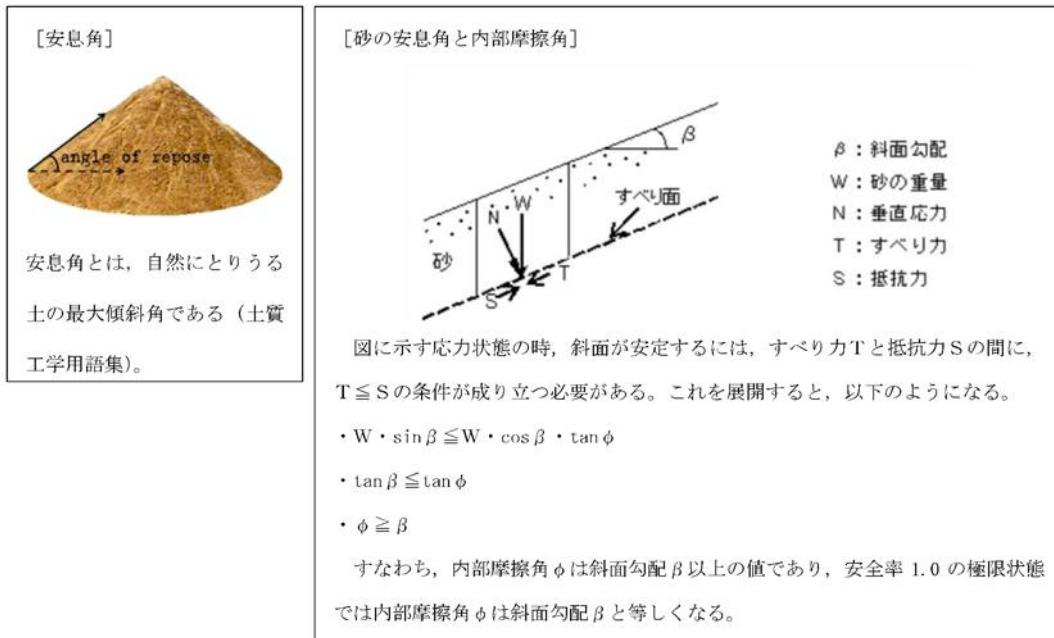
(a) スパン長の設定

地中埋設構造物の損壊により段差が発生すると考えられる範囲は、地中埋設構造物底版より主働崩壊角 60° で想定し、さらに地表面付近の地震時の緩みを考慮してH形鋼のスパン長を設定する。スパン長設定の概念図を図8-25に示す。

H形鋼のスパン長を設定する手順は以下のとおりである。

- ①地中埋設構造物底版より主働崩壊角 60° で沈下範囲を想定
- ②地中埋設構造物の損壊による沈下量を算定（地中埋設構造物が損壊した場合、地中埋設構造物上の土砂が損壊構造物内に流入し、流入した土砂の体積分だけ沈下するものと想定）
- ③地中埋設構造物の損壊により沈下した場合、損壊構造物の左右に法面が発生するが、法尻から 30° （盛土の安息角*）の範囲は支持地盤への影響がある範囲と想定
- ④上記③により想定した影響範囲の端部より、1mの余裕を考慮した位置をH形鋼の支持点としスパン長を設定

注記*：下図に示す安息角と内部摩擦角の関係より、安全率1.0の状態では、内部摩擦角は斜面勾配と等しくなることから、盛土の内部摩擦角 30° を安息角として設定している。



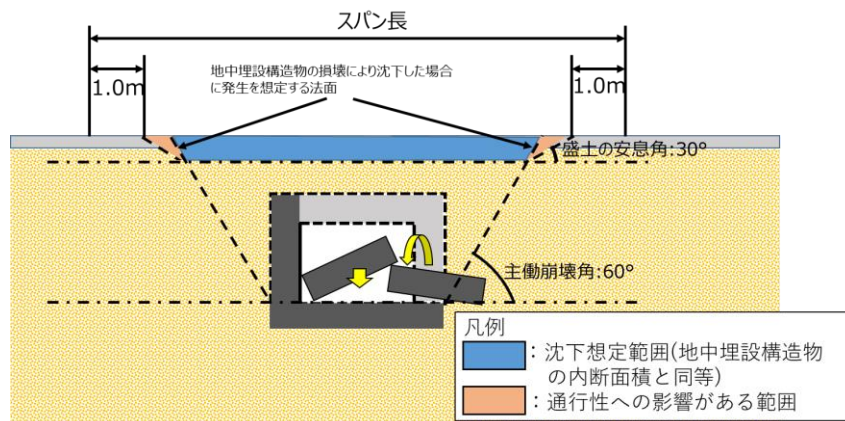


図8-25 スパン長設定の概念図

(b) 構造

光ケーブルダクト (No. 21ダクト) における損壊対策の構造を図8-26に示す。

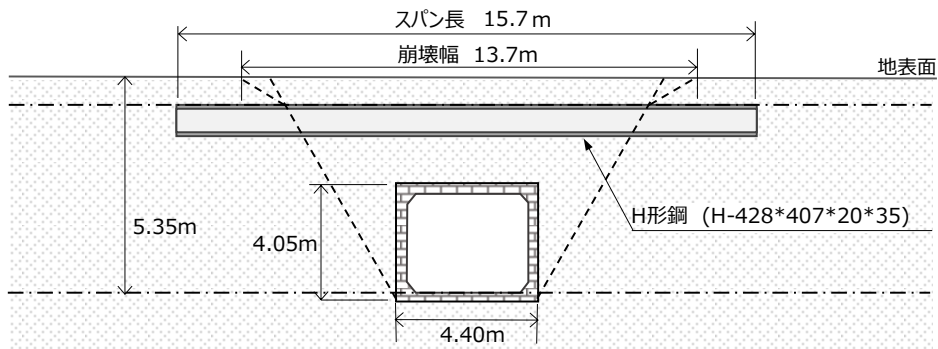


図8-26 光ケーブルダクト (No. 21ダクト) におけるH形鋼敷設の構造図

(c) 評価条件

- ・ H形鋼 SM490
- ・ 仕様 H-428・407・20・35, 腐食代 1mm 考慮
- ・ スパン長 $L = 15.7 \text{ m}$

(d) 荷重条件 (構造物奥行き 1m あたり)

イ. 死荷重 (w)

・ H形鋼重量

$$w_1 = 2.775 \text{ kN/m} \cdot \text{本} \cdot 2.5 \text{ 本} = 6.938 \text{ kN/m}$$

$$(\text{H形鋼 1 本あたり} : 0.283 \text{ t/m} \cdot 9.80665 \text{ m/s}^2 = 2.775 \text{ kN/m} \cdot \text{本})$$

・ 路盤荷重 (砕石 t = 0.1 m)

$$w_2 = 19.61 \text{ kN/m}^3 \cdot 0.1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 1.961 \text{ kN/m}$$

・ 舗装荷重 (鉄筋コンクリート t = 0.2 m)

$$w_3 = 2.35 \text{ kgf/m}^3 \cdot 9.80665 \text{ m/s}^2 \cdot 0.2 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 4.609 \text{ kN/m}$$

・ 死荷重

$$w = w_1 + w_2 + w_3$$

$$= 6.938 \text{ kN/m} + 1.961 \text{ kN/m} + 4.609 \text{ kN/m} = 13.508 \text{ kN/m}$$

ロ. 車両荷重 (P)

車両荷重は、車両総重量が最も大きい移動式代替熱交換設備を対象車両とする。

構造物奥行き 1m あたりで評価することから、輪重量 (片側) を車両荷重として評価を行う。

車両荷重の設定については、道路橋示方書・同解説 I 共通編 (日本道路協会, 平成 14 年 3 月) に基づき衝撃係数を考慮する。

$$i = 20 / (50 + L)$$

ここで,

i : 衝撃係数

L : スパン長 (m)

$$\text{衝撃係数 } i = 20 / (50 + 15.7 \text{ m}) = 0.3044$$

$$\text{前前輪荷重 } P_1 = 3.5905 \text{ t} \cdot 9.80665 \text{ m/s}^2 \cdot (1 + 0.3044) = 45.929 \text{ kN}$$

$$\text{前後輪荷重 } P_2 = 5.5195 \text{ t} \cdot 9.80665 \text{ m/s}^2 \cdot (1 + 0.3044) = 70.605 \text{ kN}$$

$$\text{後前輪重量 } P_3 = 4.0650 \text{ t} \cdot 9.80665 \text{ m/s}^2 \cdot (1 + 0.3044) = 51.999 \text{ kN}$$

$$\text{後中輪重量 } P_4 = 4.0675 \text{ t} \cdot 9.80665 \text{ m/s}^2 \cdot (1 + 0.3044) = 52.031 \text{ kN}$$

$$\text{後後輪重量 } P_5 = 4.0675 \text{ t} \cdot 9.80665 \text{ m/s}^2 \cdot (1 + 0.3044) = 52.031 \text{ kN}$$

ハ. 荷重図

H形鋼に発生する曲げモーメントが最大となる場合の荷重図を図8-27に、せん断力が最大となる場合の荷重図を図8-28に示す。

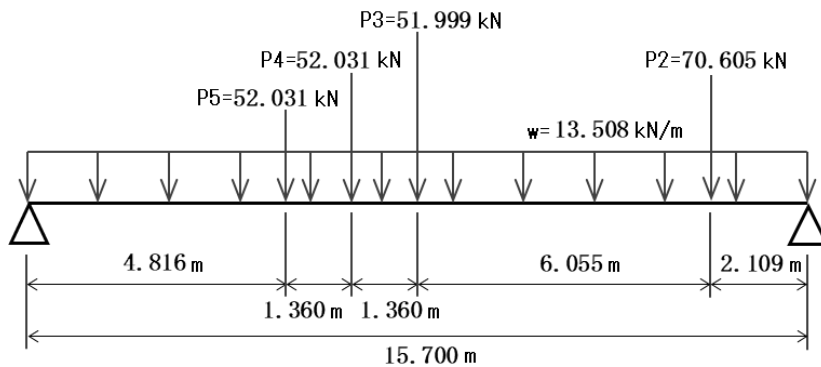


図8-27 H形鋼に発生する曲げモーメントが最大となる場合の荷重図

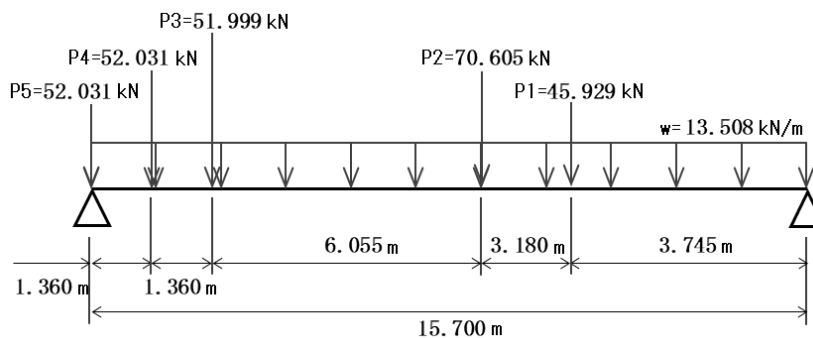


図8-28 H形鋼に発生するせん断力が最大となる場合の荷重図

c. 評価結果

損壊対策の評価結果を表8-15に示す。

(a) 曲げ応力度

$$\begin{aligned}
 \text{最大発生曲げモーメント} & M_{\max} = 9.882 \cdot 10^8 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 \text{H形鋼の断面係数} & Z = 1.2964 \cdot 10^7 \text{ mm}^3 \\
 \text{最大曲げ応力度} & \sigma_{\max} = M_{\max} / Z = 76.2 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

(b) せん断応力度

$$\begin{aligned}
 \text{最大発生せん断力} & S_{\max} = 2.91 \cdot 10^5 \text{ N} \\
 \text{H形鋼の断面一次モーメント} & G = 7.7989 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \\
 \text{H形鋼の断面二次モーメント} & I = 2.761 \cdot 10^9 \text{ mm}^4 \\
 \text{H形鋼のウェブ幅} & t = 18 \text{ mm} \\
 \text{最大せん断応力度} & \tau_{\max} = S_{\max} \cdot G / (I \cdot t) = 45.7 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

(c) 地盤反力度

$$\begin{aligned}
 \text{最大支点反力} & Q_{\max} = 2.91\text{E}+05 \text{ N} \\
 \text{H形鋼のフランジ幅 (単位奥行き幅)} & t = 1000 \text{ mm} \\
 \text{H形鋼の接地延長} & L = 1000 \text{ mm} \\
 \text{地盤反力度} & R = Q_{\max} / (t \cdot L) = 0.29100\text{N/mm}^2 \\
 & 0.29\text{N/mm}^2
 \end{aligned}$$

以上より、あらかじめH形鋼による損壊対策を実施することにより、損壊が当該箇所の通行性に対して影響がないことを確認した。

表8-15 評価結果

検討項目	評価値	評価基準値	判定
H形鋼の曲げ応力度	76.2 N/mm ²	171.6 N/mm ² *1	OK
H形鋼のせん断応力度	45.7 N/mm ²	98.1 N/mm ² *1	OK
地盤の最大接地圧	0.29 N/mm ²	0.80 N/mm ²	OK

*1 H形鋼に関する評価基準値は、道路橋示方書・同解説 II 鉄橋編（日本道路協会，平成14年3月）に基づき設定する。

8.5 車両通行性能の検証

(1) 概要

表 8-16 に示す可搬型設備を対象として、15cm 段差の通行性及び段差通行後の健全性について検証を行った。

表 8-16 可搬型設備

通し番号	設備名称
1	移動式代替熱交換設備
2	高圧発電機車
3	大量送水車
4	大型送水ポンプ車
5	可搬式窒素供給装置
6	第 1 ベントフィルタ出口水素濃度
7	タンクローリ
8	ホイールローダ
9	放水砲

(2) 検証結果

a. 15cm 段差の通行性

表 8-16 に示す各設備について、15cm 段差の通行が可能であることを確認した。

b. 段差通行後の健全性

表 8-16 に示す各設備について、15cm 段差通行後の健全性確認として、各設備の機能に応じた確認を実施し、設備が問題なく動作することを確認した。

15cm 段差通行後の健全性確認方法と確認結果を、表 8-17 に示す。

表 8-17 15 cm段差通行後の健全性確認方法及び結果

設備名称	確認事項
移動式代替熱交換設備	<ul style="list-style-type: none"> ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷、燃料漏えい等の異常が無いことを確認した。 ・起動実験を行い、除熱機能に問題がないことを確認した。 ・走行試験により、自走機能に問題がないことを確認した。
高圧発電機車	<ul style="list-style-type: none"> ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷、燃料漏えい等の異常が無いことを確認した。 ・起動実験を行い、発電機能に問題がないことを確認した。 ・走行試験により、自走機能に問題がないことを確認した。
大量送水車	<ul style="list-style-type: none"> ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷、燃料漏えい等の異常が無いことを確認した。 ・起動実験を行い、送水機能に問題がないことを確認した。 ・走行試験により、自走機能に問題がないことを確認した。
大型送水ポンプ車	<ul style="list-style-type: none"> ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷、燃料漏えい等の異常が無いことを確認した。 ・起動実験を行い、送水機能に問題がないことを確認した。 ・走行試験により、自走機能に問題がないことを確認した。
可搬式窒素供給装置	<ul style="list-style-type: none"> ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷、燃料漏えい等の異常が無いことを確認した。 ・起動実験を行い、窒素供給機能に問題がないことを確認した。 ・走行試験により、自走機能に問題がないことを確認した。
第1ベントフィルタ出口 水素濃度	<ul style="list-style-type: none"> ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷、燃料漏えい等の異常が無いことを確認した。 ・起動実験を行い、水素濃度測定機能に問題がないことを確認した。 ・走行試験により、自走機能に問題がないことを確認した。
タンクローリ	<ul style="list-style-type: none"> ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷、燃料漏えい等の異常が無いことを確認した。 ・起動実験を行い、給油機能に問題がないことを確認した。 ・走行試験により、自走機能に問題がないことを確認した。
ホイールローダ	<ul style="list-style-type: none"> ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷、燃料漏えい等の異常が無いことを確認した。 ・起動実験を行い、がれき撤去等アクセスルート確保に問題がないことを確認した。 ・走行試験により、自走機能に問題がないことを確認した。
放水砲	<ul style="list-style-type: none"> ・外観点検により、設備に要求される機能に影響を及ぼす損傷、燃料漏えい等の異常が無いことを確認した。 ・放水試験を行い、放水機能に問題がないことを確認した。 ・走行試験により、けん引等による自走機能に問題がないことを確認した。

9. 屋外のアクセスルートの側方流動評価について

9.1 概要

液状化に伴う側方流動による影響評価については、アクセスルートを対象とした有効応力解析を行い、アクセスルートの通行性への影響を評価する。ここでは、側方流動評価の評価条件の詳細を説明する。

9.2 評価方法

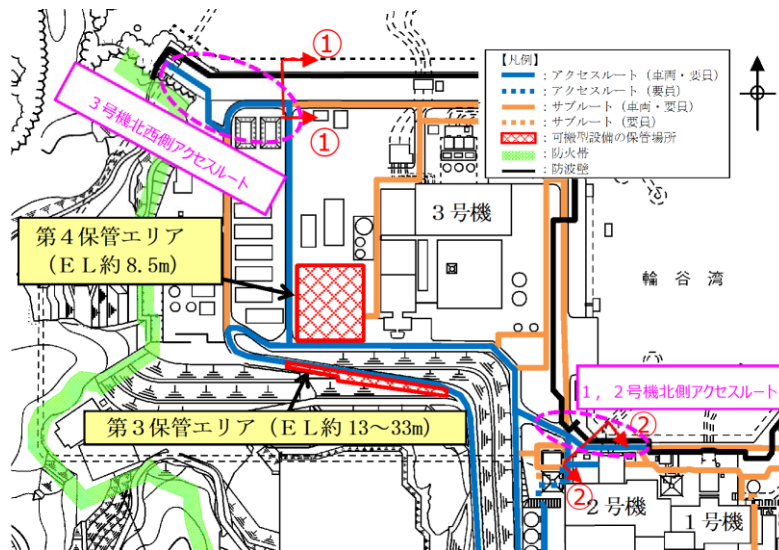
液状化に伴う側方流動による影響評価については、水際線よりおおむね100mの範囲に位置し、埋戻土の層厚、範囲等を考慮して選定したアクセスルートを対象とした有効応力解析を行い、アクセスルートの通行性への影響を評価する。

海岸付近のアクセスルート横断図を図9-1に示す。3号機北西側アクセスルート(①-①断面)は、1, 2号機北側アクセスルート(②-②断面)と比較して埋戻土層厚が厚いことから、液状化に伴う側方流動の影響が大きい。また、1, 2号機北側アクセスルートは防波壁(多重鋼管杭式擁壁)に近接しており、液状化に伴う側方流動が抑制される。さらに、図9-2の3号機北西側におけるアクセスルート(縦断図)と図9-3の3号機北西側における防波壁(波返重力擁壁)(縦断図)に示す(③-③断面)は、岩盤面の傾斜に伴い埋戻土の層厚が変化する区間1(埋戻層厚:約0.9~23.5m)と、岩盤面がおおむね水平で埋戻土の層厚が同等に最も厚い、区間2(埋戻層厚:約22.0~24.7m)に分類されるが、区間2は、a-a断面に示すように、アクセスルート北側における岩盤面が深く、防波壁背面の埋戻土及び砂礫層が厚く堆積しており、側方流動の影響が大きいと想定される。なお、(③-③断面)全区間の岩盤面の傾斜は最大1:0.7程度であり、地下水位を地表面とした場合の液状化及び揺すり込みによる傾斜は最大5%程度のため、許容値15%を下回る。

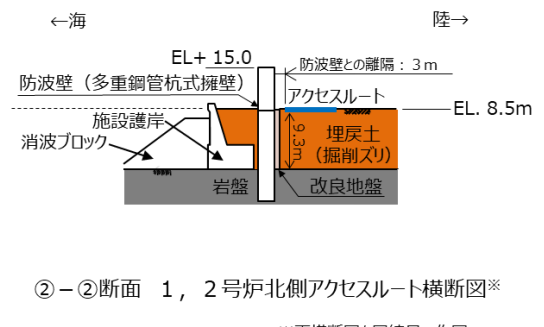
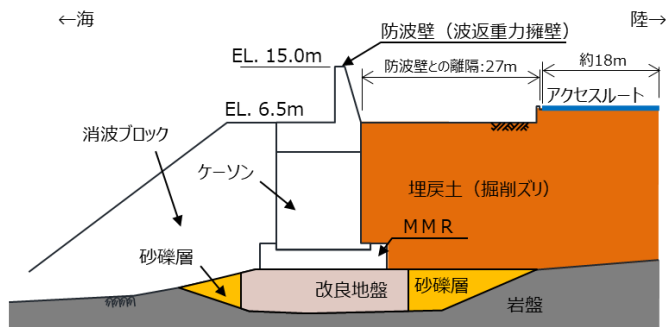
以上を踏まえ、評価対象として水際線から約40m離れた3号機北西側アクセスルート(①-①断面)を選定する。

通行性への影響評価については、評価対象に対して2次元有効応力解析に基づく検討を実施する。2次元有効応力解析には、解析コード「FLIP」を使用する。

なお、解析コードの検証、妥当性確認等の概要については、VI-5-40「計算機プログラム(解析コード)の概要「FLIP」に示す。



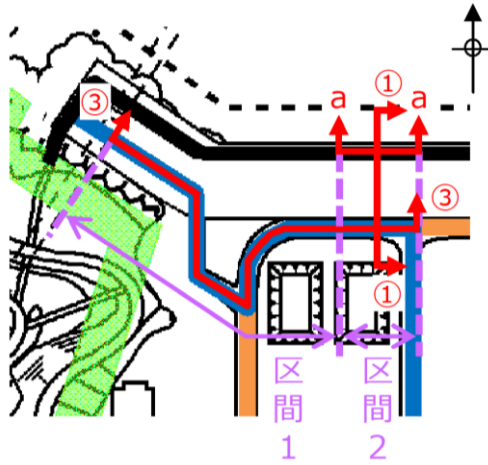
全体平面図



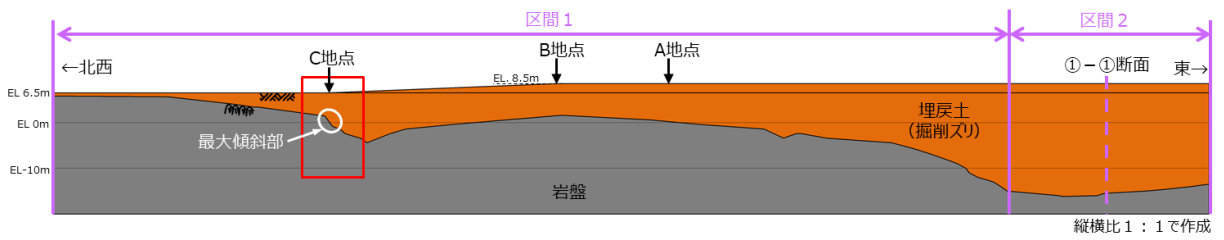
※両横断面図を同縮尺で作図

図2 海岸付近のアクセスルート横断面図

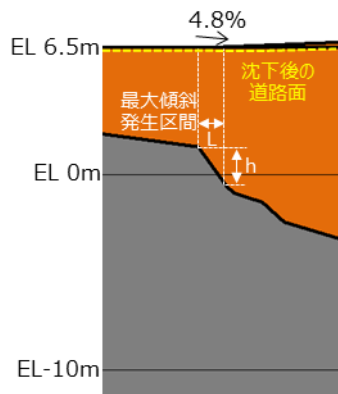
図9-1 海岸付近のアクセスルート横断面図



3号機北西側アクセスルート拡大図



③-③断面



最大傾斜発生区間における最大傾斜量

$$\text{相対沈下量} : D = h \cdot \text{沈下率} = (7.09 - 5.09) \cdot 0.035 = 0.07(\text{m})$$

$$\text{不等沈下による傾斜} : S = D \div L \cdot 100 = 0.07 \div 1.47 \cdot 100 \approx 4.8(\%)$$

図 9-2 3号機北西側におけるアクセスルート (縦断図)

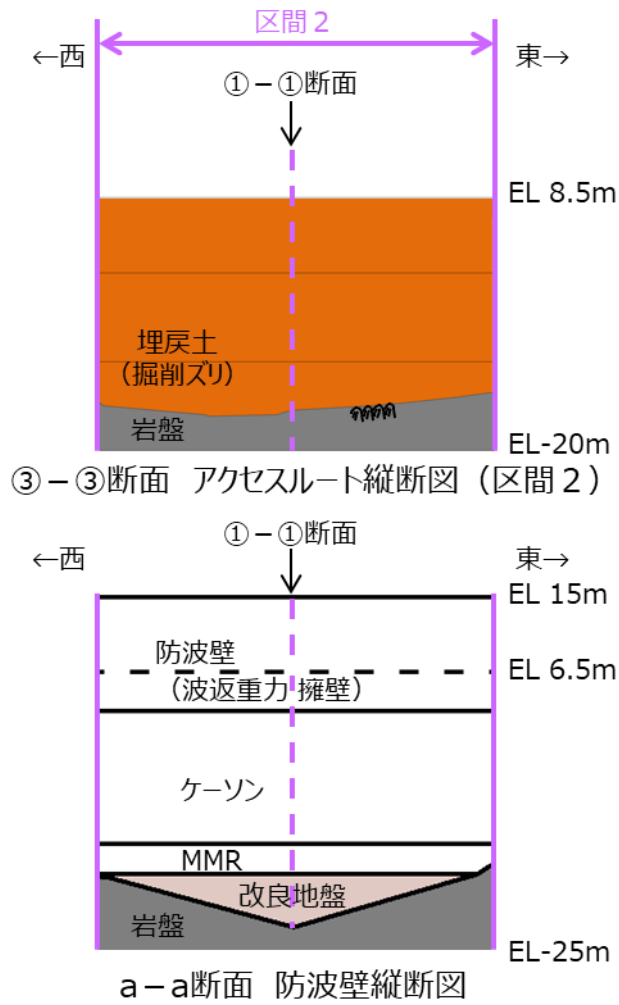


図 9-3 3号機北西側における防波壁 (波返重力擁壁) (縦断図)

9.3 解析方法

9.3.1 入力地震動

入力地震動は、基準地震動 S_s を解析モデル下端 (EL -50m) まで引き上げた波形を用いる。

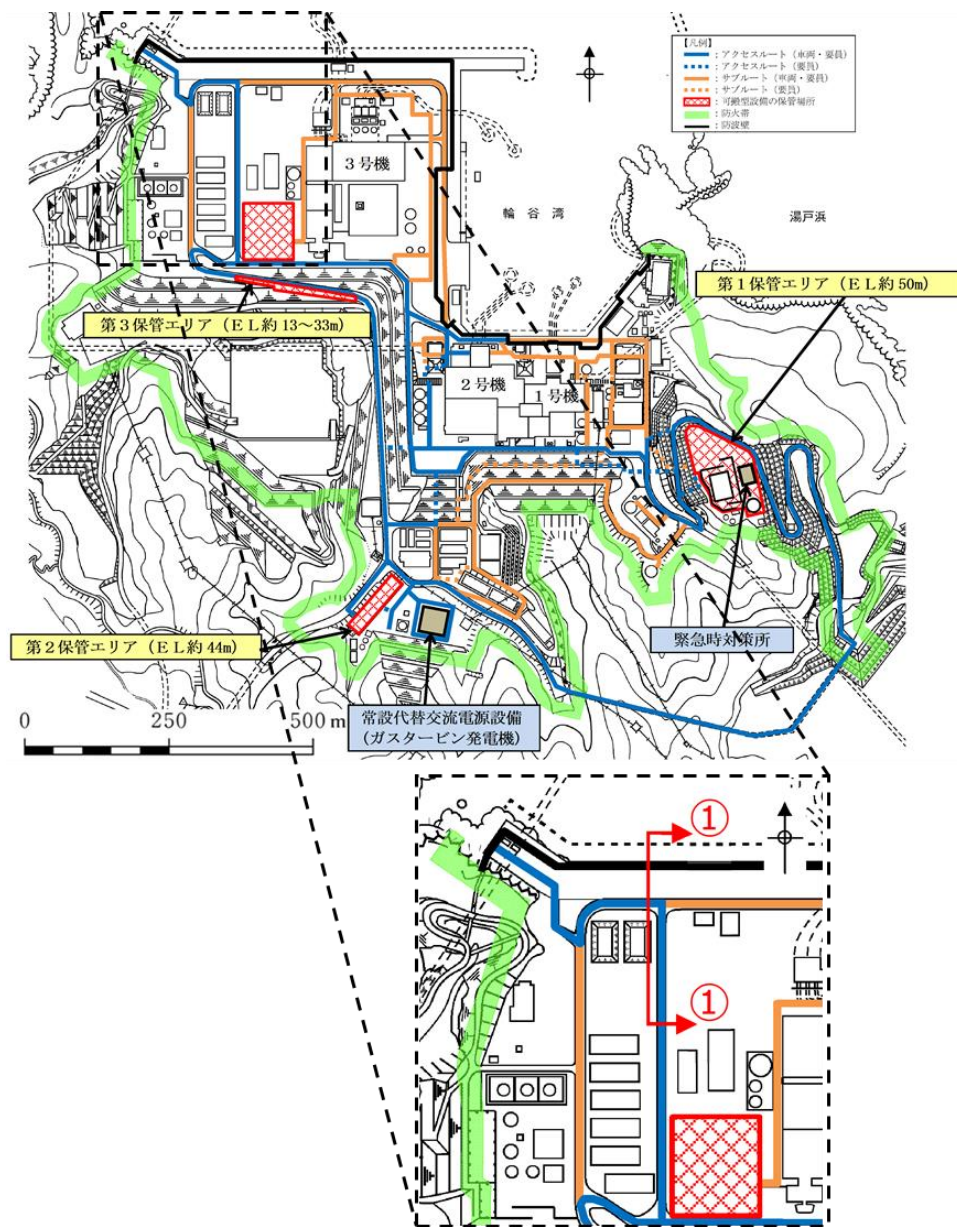
なお、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動 (S_s-D , S_s-F1 , S_s-F2) においては、繰返し応力及び繰返し回数に着目し、水平最大加速度が大きく、継続時間が長い地震動が液状化評価において最も厳しいと考えられることから、検討用地震動は S_s-D を基本とする。

また、地下水位を海水面とした検討ケースについては、念のため震源を特定せず策定する地震動である S_s-N1 , S_s-N2 (NS) 及び S_s-N2 (EW) に対しても評価を実施し、側方流動に支配的な地震動を確認した上で、地下水位を地表面とした検討ケースで評価を実施する。

9.3.2 解析モデル及び諸元

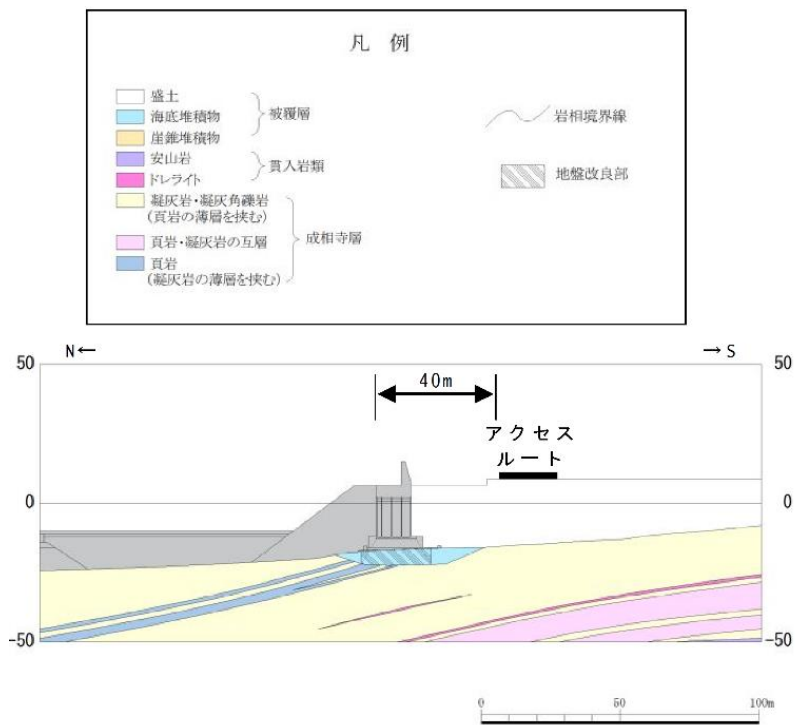
(1) 解析モデル

側方流動検討位置を図9-4、地質断面図を図9-5、及び解析モデルを図9-6に示す。



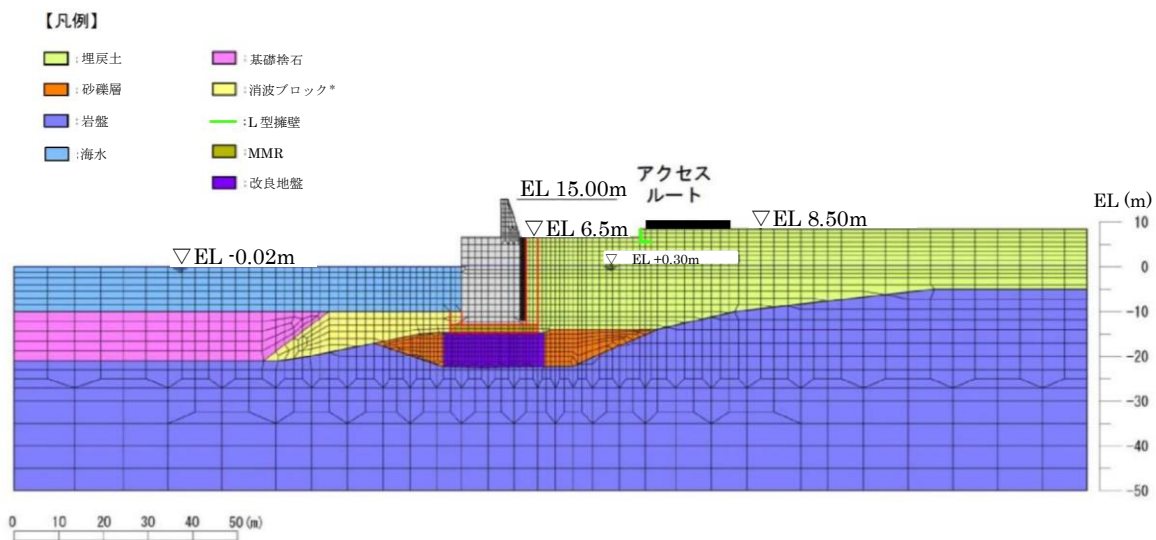
側方流動検討位置図

図9-4 側方流動検討箇所的位置図



地質断面図

図 9-5 側方流動検討箇所地質断面図



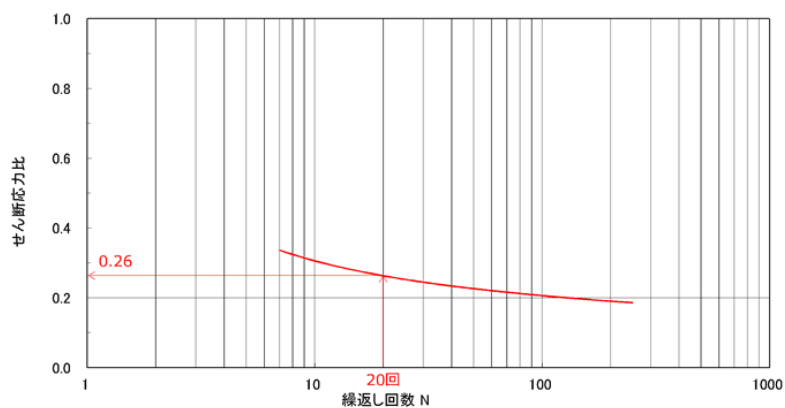
注記*：消波ブロックは通常モデル化しないが、基礎捨石の連続性のため一部をモデル化する。

図 9-6 解析モデル図

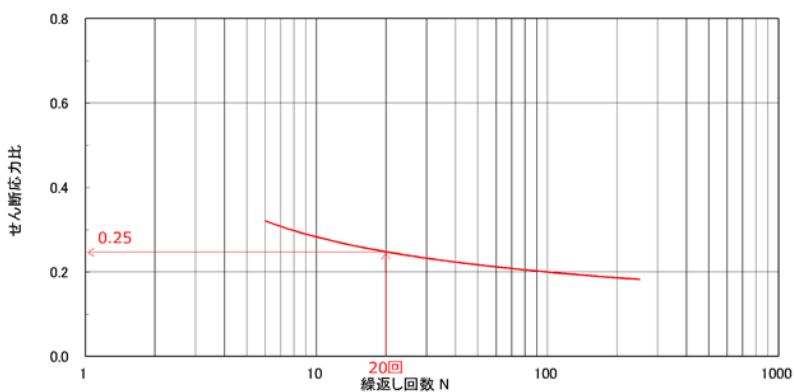
- a. 解析モデル領域
解析モデル領域は，境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう，十分広い領域とする。
- b. 境界条件
解析モデル領域の側面及び底面には，エネルギーの逸散効果を評価するため，粘性境界を設ける。
- c. 構造物のモデル化
構造物は，線形はり要素又は線形平面要素でモデル化する。
- d. 地盤のモデル化
地盤はマルチスプリング要素及び間隙水要素にてモデル化し，地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。
- e. 潮位条件
潮位は朔望平均干潮位 (EL -0.02m) とする。

(2) 地盤物性値

解析用地盤物性値はVI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき設定し、当該箇所には液状化対象層として分布する埋戻土、砂礫層については液状化に伴う側方流動を考慮できるよう図9-7に示すとおり液状化パラメータを設定する。



埋戻土（掘削）



砂礫層

図9-7 液状化パラメータ

(3) 地下水位

側方流動の評価における地下水位については、海水面（朔望平均干潮位：EL - 0.02m）に敷地側の残留水位を考慮したEL +0.30m）として設定するが、3次元浸透流解析結果を踏まえ、保守的に地表面とした場合の検討についても実施する。

9.4 評価結果

液状化に伴う側方流動による影響評価結果を図9-8に示す。

評価の結果、アクセスルート（約18m）のうち南側の4mは一様に沈下しており、北側へ向けて緩やかに傾斜しているが、南側における鉛直方向の相対変形量は8cmと小さく、側方流動による段差評価への影響はない。

以上のことから、3号機北西側アクセスルート位置において、側方流動による残留鉛直変位量は小さく段差等も生じていないことから、側方流動が通行性に対して影響を及ぼさないことを確認した。

また、海岸付近のアクセスルートは、第4保管エリアから2号機放水接合槽へのシルトフェンスの車両運搬時に使用するが、万一、想定を上回る沈下が発生し、通行に支障が生じた場合は、段差復旧用の砕石等を用いて重機により仮復旧を行う。仮復旧できない場合には、緊急時対策要員7名にて人力により運搬*する。

注記*：2号機放水接合槽と輪谷湾へのシルトフェンス設置作業の想定時間は、13時間であり、シルトフェンスの設置完了目安である手順着手後24時間に対して、時間的に余裕がある。また、2号機放水接合槽までのシルトフェンスの運搬は、車両を用いて行うが、通行に支障が生じた場合でも、上記時間余裕内で緊急時対策要員7名の人力による運搬も可能である。

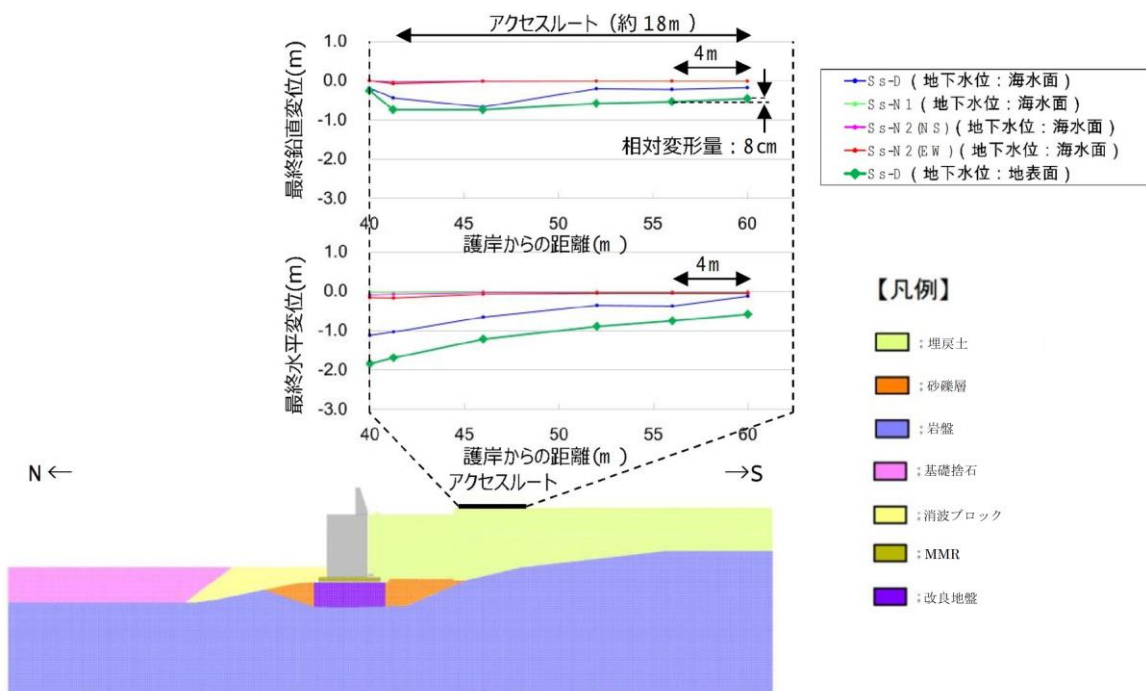


図9-8 液状化に伴う側方流動による影響評価結果