

屋外のアクセスルート 除雪時間評価

1. ホイールローダ仕様

- 最大けん引力 : 16 t
- バケット全幅 : 292cm
- 走行速度 (1速) : 前進 0~6.6 km/h, 後進 0~7.1km/h

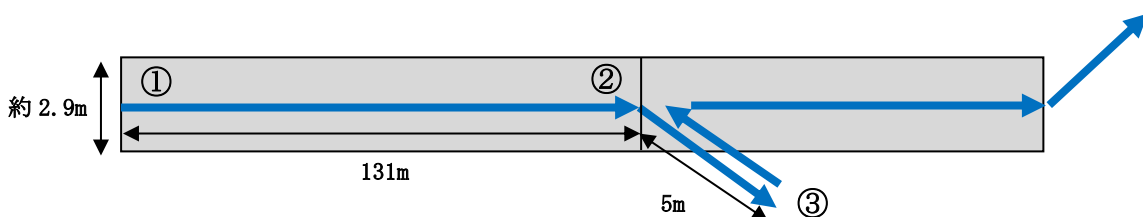
2. 除雪速度の算出

<降雪条件>

- 積雪量 : 20cm
(アクセスルート (車両) は 10cm で除雪作業開始としていることから, 保守的に 20cm として設定)
- 単位体積重量 : 積雪量 1cm あたり 20N/m^2 (2.1kg/m^2)
積雪密度 : $2.1\text{kg/m}^2 \div 0.01\text{m} = 210\text{kg/m}^3$ (0.21t/m^3)
(松江市建築基準法施行細則)

<除雪方法>

- ・アクセスルート上に降り積もった雪を, ホイールローダで道路脇へ 5m 押し出し除去する。
- ・1回の押し出し可能量を 16t とし, 16t の雪を集積し, 道路脇へ押し出す作業を 1 サイクルとして繰り返す。
- ・1回の集積で進める距離 $X = 16\text{t} \div (\text{積雪厚さ } 0.2\text{m} \times \text{幅 } 2.9\text{m} \times 0.21\text{t/m}^3)$
 $= 131.3\text{m} \div 131\text{m}$
- ・1 サイクル当りの作業時間は, 1速の走行速度 (前進 0~6.6, 後進 0~7.1km/h) の平均 3.3 km/h (前進), 3.5km/h (後進) で作業を実施すると仮定して
A : 押し出し (①→②→③) : $(131\text{m} + 5\text{m}) \div 3.3\text{km/h} = 148.3 \text{秒} \div 149 \text{秒}$
B : ギア切替え : 3 秒
C : 後進 (③→②) : $5\text{m} \div 3.5\text{km/h} = 5.1 \text{秒} \div 6 \text{秒}$
D : ギア切替え : 3 秒
1 サイクル当りの作業時間 (A + B + C + D)
 $= 149 \text{秒} + 3 \text{秒} + 6 \text{秒} + 3 \text{秒} = 161 \text{秒}$



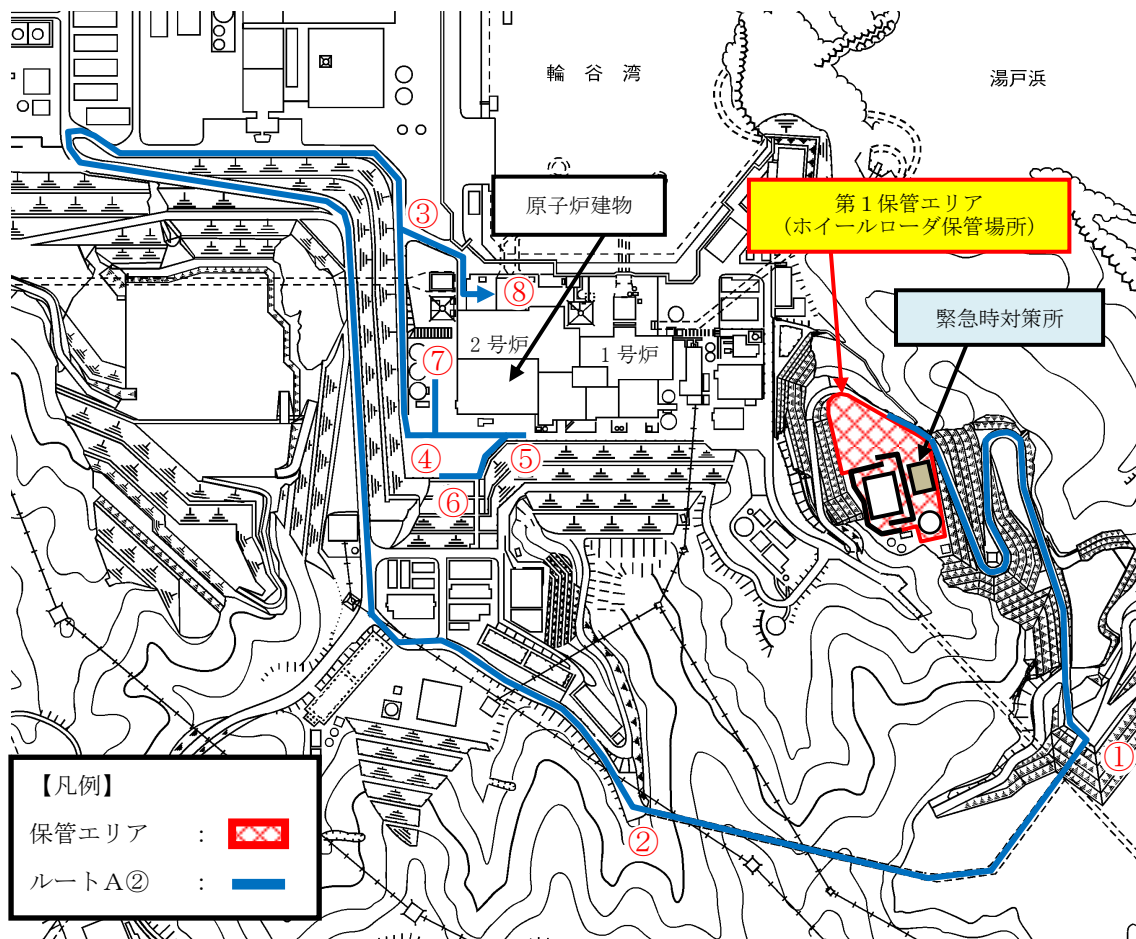
<除雪速度>

$$\begin{aligned} & 1 \text{ サイクル当りの除雪延長} \div 1 \text{ サイクル当りの除雪時間} \\ & = 131\text{m} \div 161 \text{ 秒} = 2.92\text{km/h} \approx 2.9\text{km/h} \end{aligned}$$

3. まとめ

降雪の除雪速度について、2.9km/hとする。緊急時対策所及び保管場所から可搬型設備が通行する水源（輪谷貯水槽（西1／西2）、非常用取水設備）、接続先、送水先までのルートを除雪に要する時間評価を第1図～第3図及び第1表～第3表に示す。

(1) 第1保管エリアからのルート



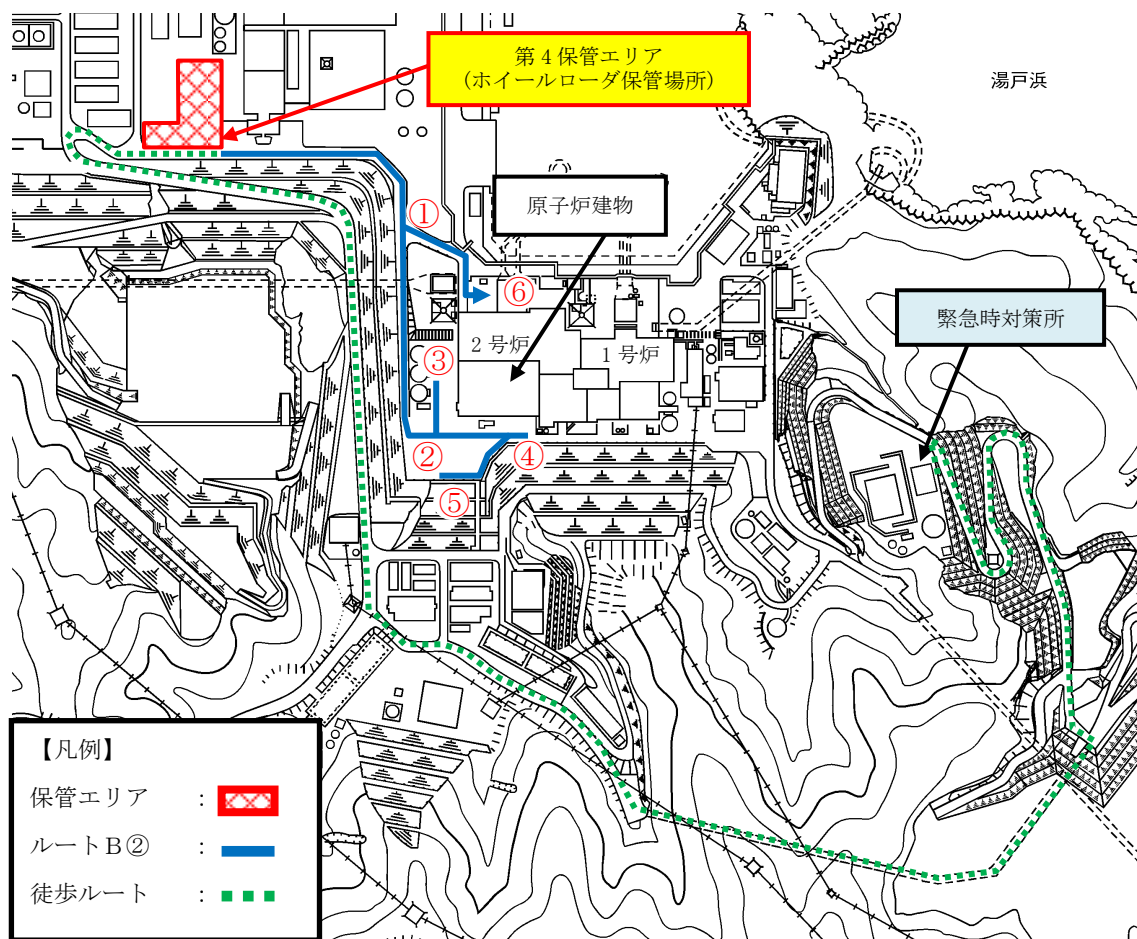
※：図に記載のある除雪ルートは、仮復旧時間が最も長いルートを記載している。

第1図 第1保管エリアからの除雪ルート（ルートA②）

第1表 第1保管エリアからの仮復旧時間（ルートA②）

区間	距離（約 m）	時間評価項目	速度（km/h）	所要時間（分）	累積（分）
緊急時対策所 →①	750	除雪	2.9	16	16
①→②	600	移動	10	4	20
②→③	1610	除雪	2.9	34	54
③→④	240	除雪	2.9	5	59
④→⑤	130	除雪	2.9	3	62
⑤→⑥	120	除雪	2.9	3	65
⑥→⑤	120	移動	10	1	66
⑤→④	130	移動	10	1	67
④→⑦	110	除雪	2.9	3	70
⑦→④	110	移動	10	1	71
④→③	240	移動	10	2	73
③→⑧	150	除雪	2.9	4	77

(2) 第4保管エリアからのルート



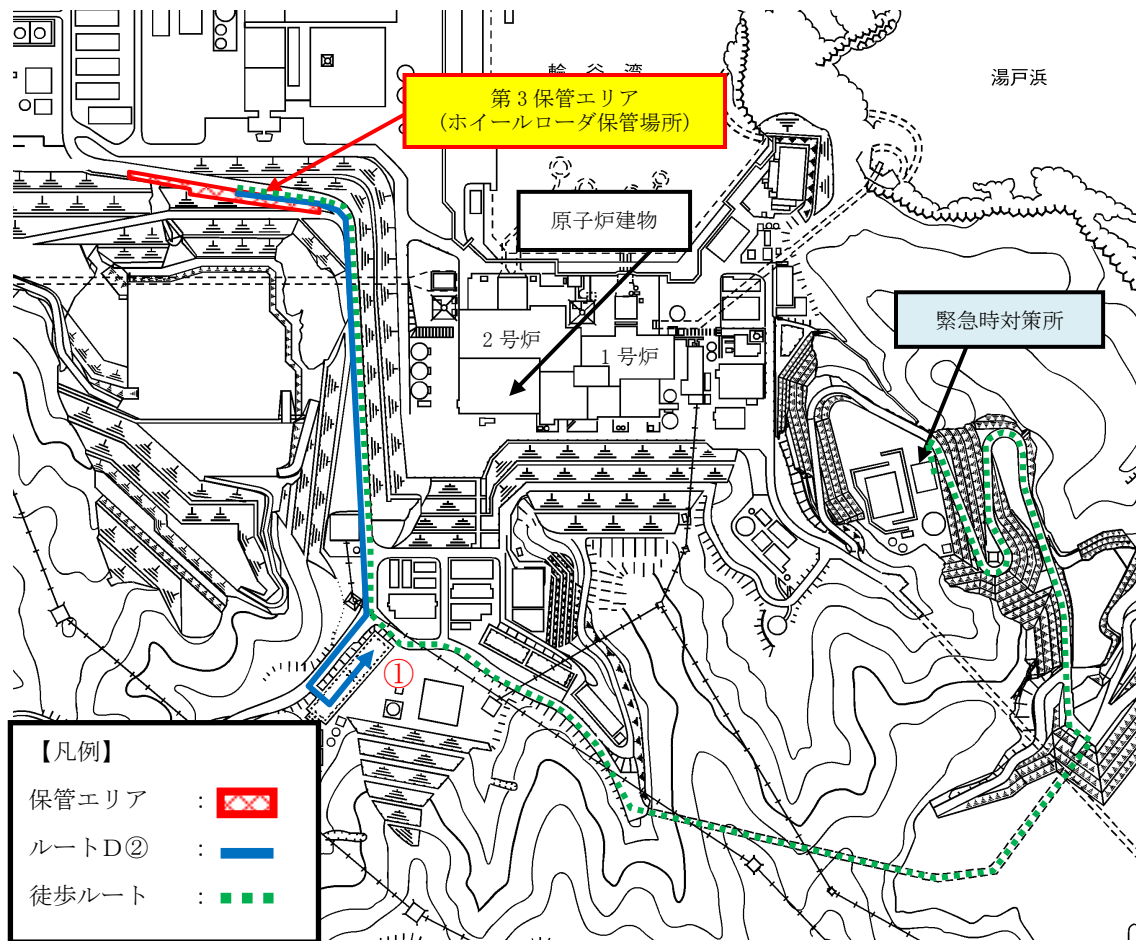
※：図に記載のある除雪ルートは、仮復旧時間が最も長いルートを記載している。

第2図 第4保管エリアからの除雪ルート (ルートB②)

第2表 第4保管エリアからの仮復旧時間 (ルートB②)

区間	距離 (約 m)	時間評価項目	速度 (km/h)	所要時間 (分)	累積 (分)
緊急時対策所 → 第4保管エリア	2,710	要員移動	4.0	41	41
第4保管エリア →①	250	除雪	2.9	6	47
①→②	240	除雪	2.9	5	52
②→③	110	除雪	2.9	3	55
③→②	110	移動	10	1	56
②→④	130	除雪	2.9	3	59
④→⑤	120	除雪	2.9	3	62
⑤→④	120	移動	10	1	63
④→②	130	移動	10	1	64
②→①	240	移動	10	2	66
①→⑥	150	除雪	2.9	4	70

(3) 第3保管エリアからのルート



※：図に記載のある除雪ルートは、仮復旧時間が最も長いルートを記載している。

第3図 第3保管エリアからの除雪ルート (ルートD②)

第3表 第3保管エリアからの仮復旧時間 (ルートD②)

区間	距離 (約 m)	時間評価項目	速度 (km/h)	所要時間 (分)	累積 (分)
緊急時対策所→ 第3保管エリア	2,310	要員移動	4.0	35	35
第3保管エリア → ①	820	除雪	2.9	17	52

屋外のアクセスルート 除灰時間評価

1. ホイールローダ仕様

- 最大けん引力 : 16 t
- バケット全幅 : 292cm
- 走行速度 (1速) : 前進 0~6.6 km/h, 後進 0~7.1km/h

2. 除灰速度の算出

<降灰条件>

- 厚さ : 56cm (設計基準)
- 単位体積重量 : 1.5t/m³ (宇井忠秀編「火山噴火と災害」東京大学出版)

<除灰方法>

- ・アクセスルート上に降り積もった火山灰を、ホイールローダで道路脇へ5m押し出し除去する。
- ・1回の押し出し可能量を16tとし、16tの火山灰を集積し、道路脇へ押し出す作業を1サイクルとして繰り返す。
- ・1回の集積で進める距離 $X = 16t \div (\text{火山灰厚さ } 0.56\text{m} \times \text{幅 } 2.9\text{m} \times 1.5\text{t/m}^3) = 6.56\text{m} \div 6\text{m}$
- ・1サイクル当りの作業時間は、1速の走行速度(前進 0~6.6, 後進 0~7.1km/h)の平均 3.3 km/h (前進), 3.5km/h (後進) で作業を実施すると仮定して

A : 押し出し (①→②→③) : $(6\text{m} + 5\text{m}) \div 3.3\text{km/h} = 12\text{秒}$

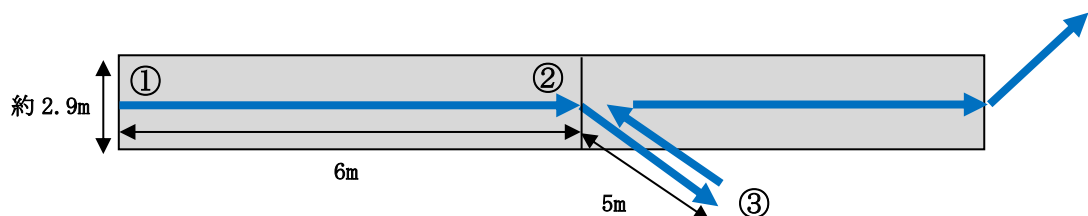
B : ギア切替え : 3秒

C : 後進 (③→②) : $5\text{m} \div 3.5\text{km/h} = 5.1\text{秒} \div 6\text{秒}$

D : ギア切替え : 3秒

1サイクル当りの作業時間 (A + B + C + D)

= 12秒 + 3秒 + 6秒 + 3秒 = 24秒



<除灰速度>

1サイクル当りの除灰延長 ÷ 1サイクル当りの除灰時間

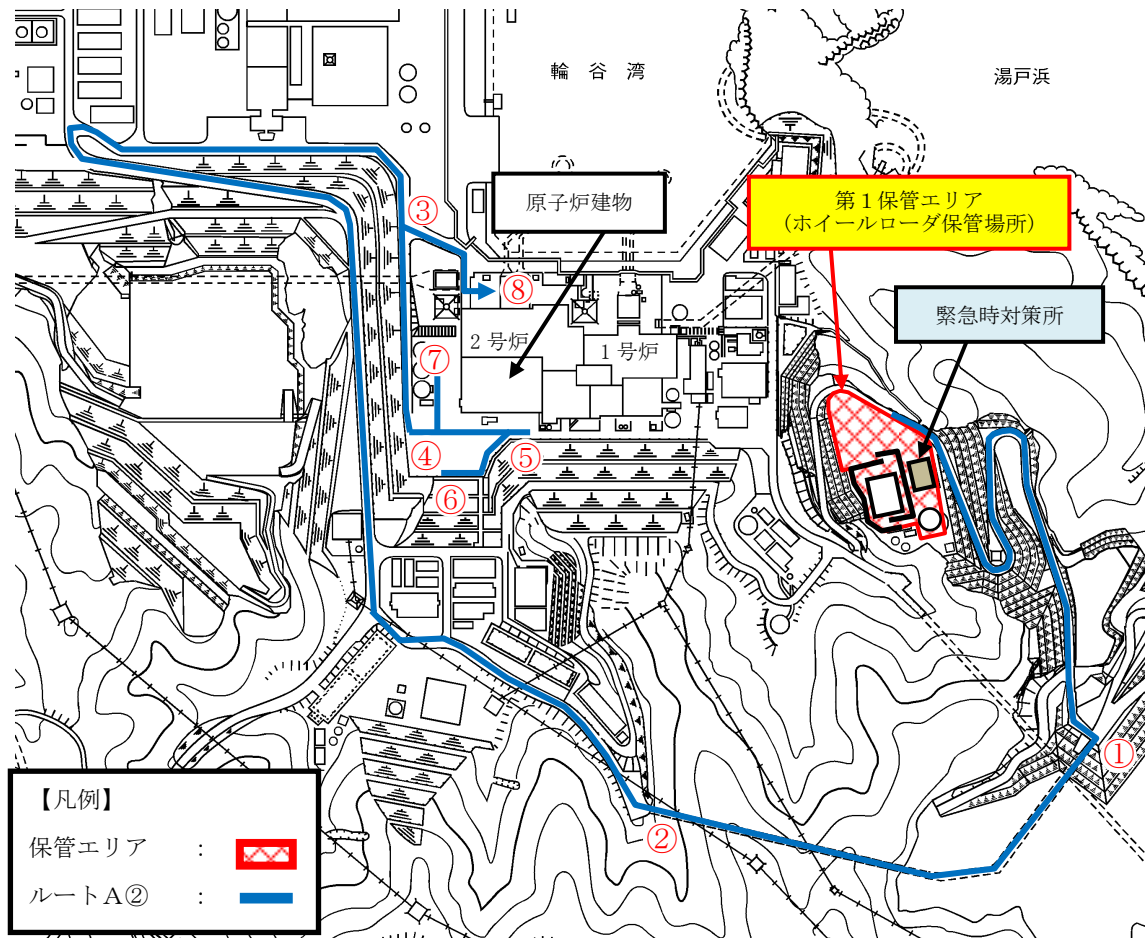
= $6\text{m} \div 24\text{秒} = 0.9\text{km/h}$

3. まとめ

火山灰の除灰速度について、0.9km/hとする。緊急時対策所及び保管場所か

ら可搬型設備が通行する水源（輪谷貯水槽（西 1 / 西 2）, 非常用取水設備）, 接続先, 送水先までのルートを除灰に要する時間評価を第 1 図～第 3 図及び第 1 表～第 3 表に示す。

(1) 第1保管エリアからのルート



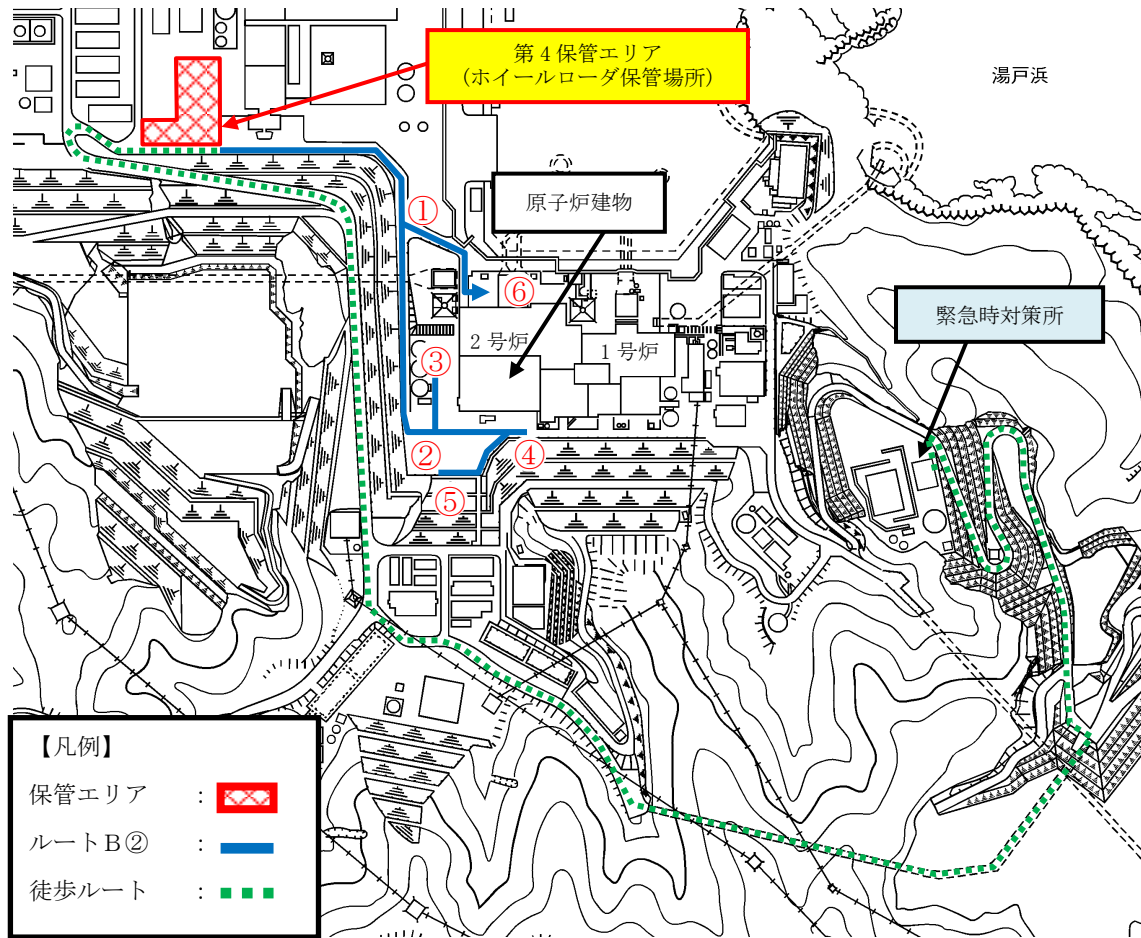
※：図に記載のある除灰ルートは、仮復旧時間が最も長いルートを記載している。

第1図 第1保管エリアからの除灰ルート（ルートA②）

第1表 第1保管エリアからの仮復旧時間（ルートA②）

区間	距離（約 m）	時間評価項目	速度（km/h）	所要時間（分）	累積（分）
緊急時対策所 →①	750	除灰	0.9	50	50
①→②	600	移動	10	4	54
②→③	1610	除灰	0.9	108	162
③→④	240	除灰	0.9	16	178
④→⑤	130	除灰	0.9	9	187
⑤→⑥	120	除灰	0.9	8	195
⑥→⑤	120	移動	10	1	196
⑤→④	130	移動	10	1	197
④→⑦	110	除灰	0.9	8	205
⑦→④	110	移動	10	1	206
④→③	240	移動	10	2	208
③→⑧	150	除灰	0.9	10	218

(2) 第4保管エリアからのルート



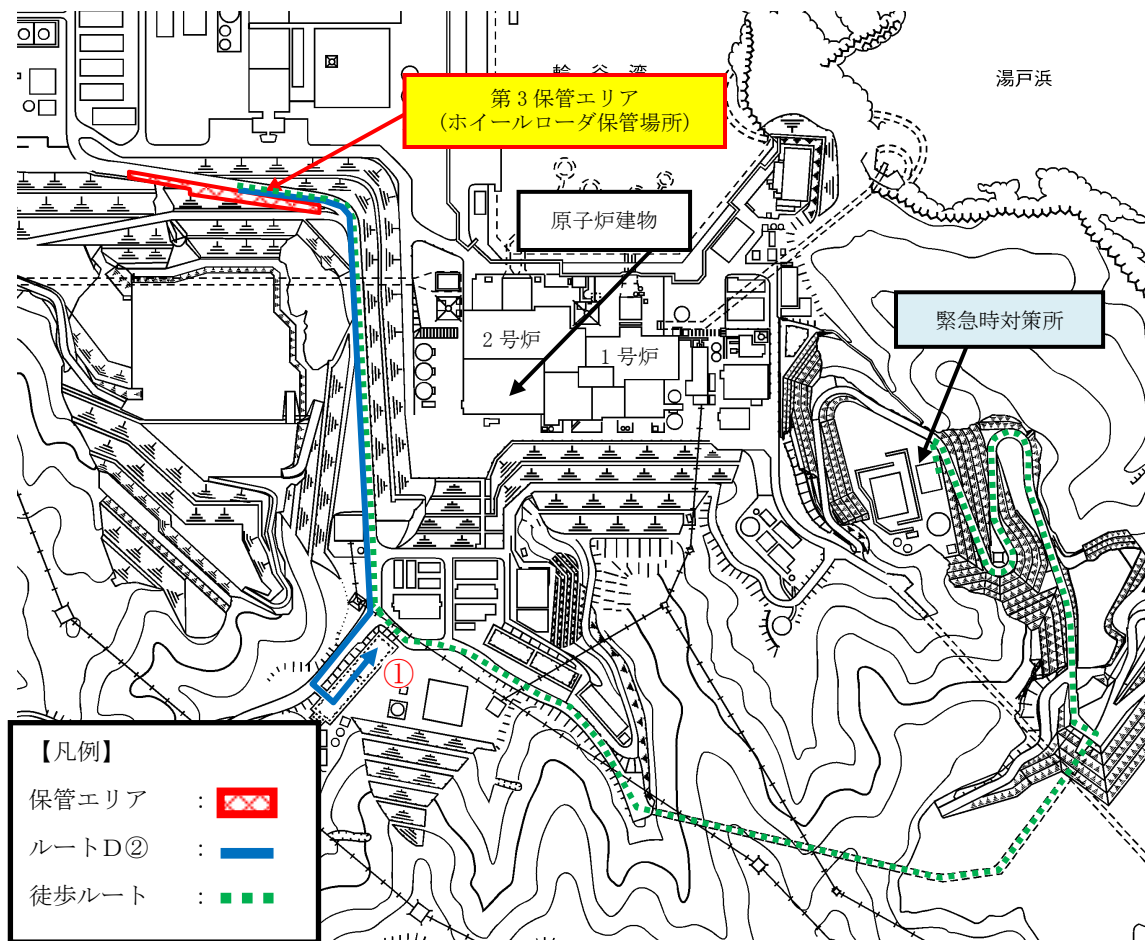
※：図に記載のある除灰ルートは、仮復旧時間が最も長いルートを記載している。

第2図 第4保管エリアからの除灰ルート (ルートB②)

第2表 第4保管エリアからの仮復旧時間 (ルートB②)

区間	距離 (約 m)	時間評価項目	速度 (km/h)	所要時間 (分)	累積 (分)
緊急時対策所 → 第4保管エリア	2,710	要員移動	4.0	41	41
第4保管エリア→ ①	250	除灰	0.9	17	58
①→②	240	除灰	0.9	16	74
②→③	110	除灰	0.9	8	82
③→②	110	移動	10	1	83
②→④	130	除灰	0.9	9	92
④→⑤	120	除灰	0.9	8	100
⑤→④	120	移動	10	1	101
④→②	130	移動	10	1	102
②→①	240	移動	10	2	104
①→⑥	150	除灰	0.9	10	114

(3) 第3保管エリアからのルート



※：図に記載のある除灰ルートは、仮復旧時間が最も長いルートに記載している。

第3図 第3保管エリアからの除灰ルート（ルートD②）

第3表 第3保管エリアからの仮復旧時間（ルートD②）

区間	距離（約 m）	時間評価項目	速度（km/h）	所要時間（分）	累積（分）
緊急時対策所 → 第3保管エリア	2,310	要員移動	4.0	35	35
第3保管エリア → ①	820	除灰	0.9	55	90

森林火災発生時における屋外のアクセスルートの影響

森林火災が発生し発電所構内へ延焼するおそれがある場合は、構内道路の一部を防火帯として機能させる。その際には、防火帯内の車両を規制し、防火帯内から車両がない状態を確立する。

森林火災発生時のアクセスルートは第1図のとおりである。アクセスルートが防火帯に近接している箇所についても、空地を確保しているため、森林火災時の輻射影響を評価したところ、最大でも $1.6\text{kW}/\text{m}^{2*1}$ 程度であり、車両等の通行に影響を及ぼすことはないことを確認している。

よって、森林火災が発生した場合においても、アクセスルートは通行が可能である。

保管場所及びアクセスルートの位置関係を第1図に示す。

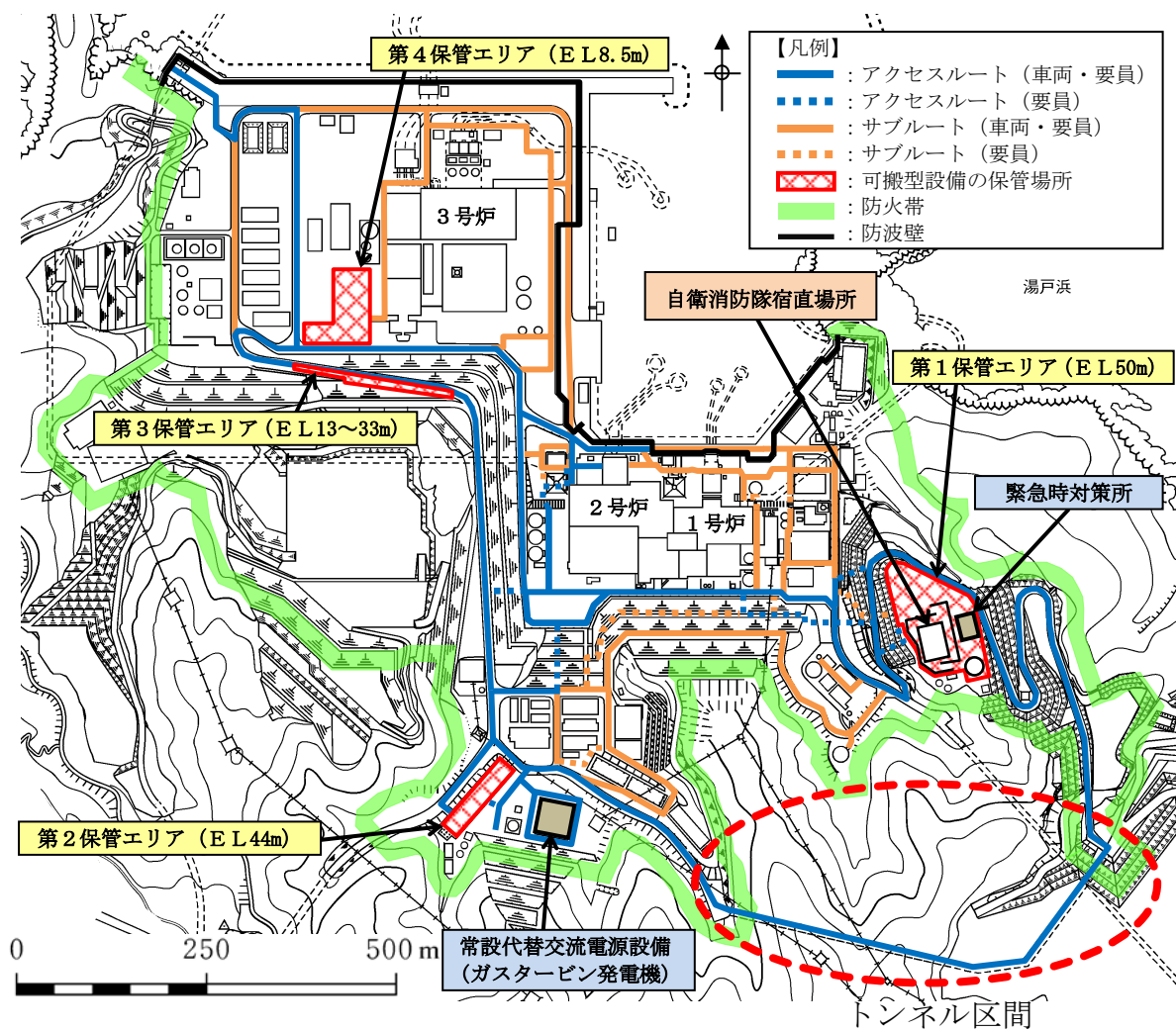
アクセスルートとして設定している第二輪谷トンネル内は、防火帯の外側に位置するが、地上部ではなくトンネル区間となっている。火災による熱の影響は、地中深くなるにしたがって温度は低下するため、トンネル区間が位置するところでは、森林火災による熱的影響を受けるおそれはない。なお、トンネル区間の出入口部^{※2}は、防火帯の内側に設置しており、森林火災による熱的影響を受けるおそれはない。トンネル区間の概要図を第2図に示す。

また、飛び火の影響については、防火帯を設置することで森林火災による飛び火が保管場所へ延焼するおそれはないが、森林火災の状況に応じて防火帯付近に予防散水を行い、万一の飛び火による影響を防止する。予防散水は、消火栓、防火水槽等から化学消防自動車等を用いて実施する。

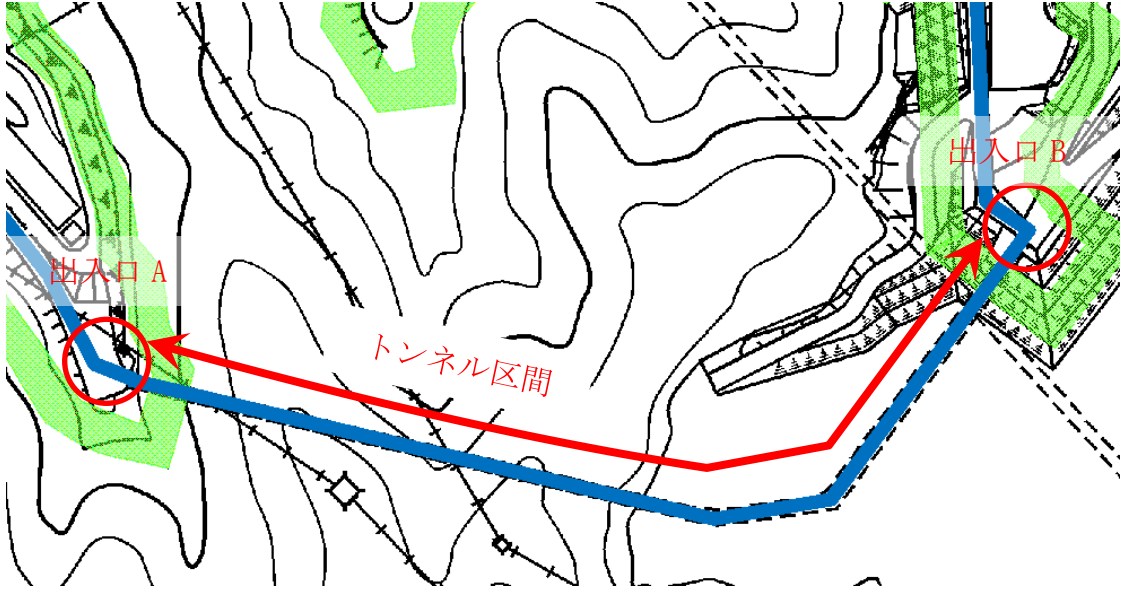
第3図に敷地内の屋外消火栓及び防火水槽の配置を示す。

※1：「石油コンビナートの防災アセスメント指針」（別紙(6)参照）

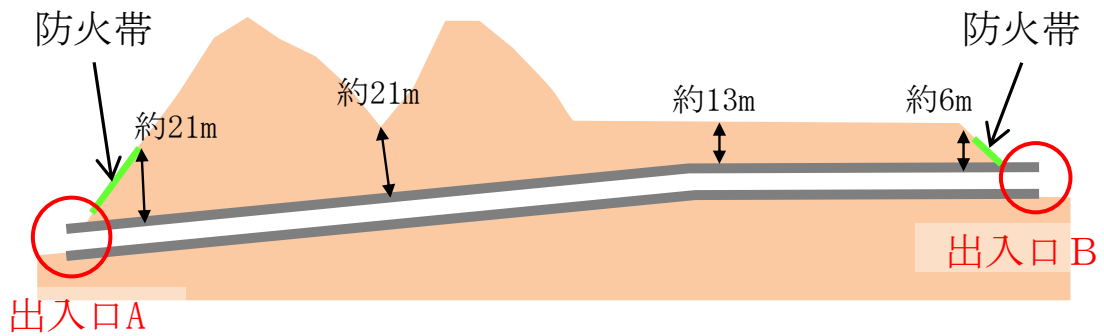
※2：第二輪谷トンネルの出入口における斜面の安定性評価については、アクセスルート周辺斜面の安定性評価において説明する。



第1図 防火帯と保管場所及びアクセスルートの位置



トンネル区間拡大図



トンネル区間^{※1}断面図



出入口A^{※3} (写真)



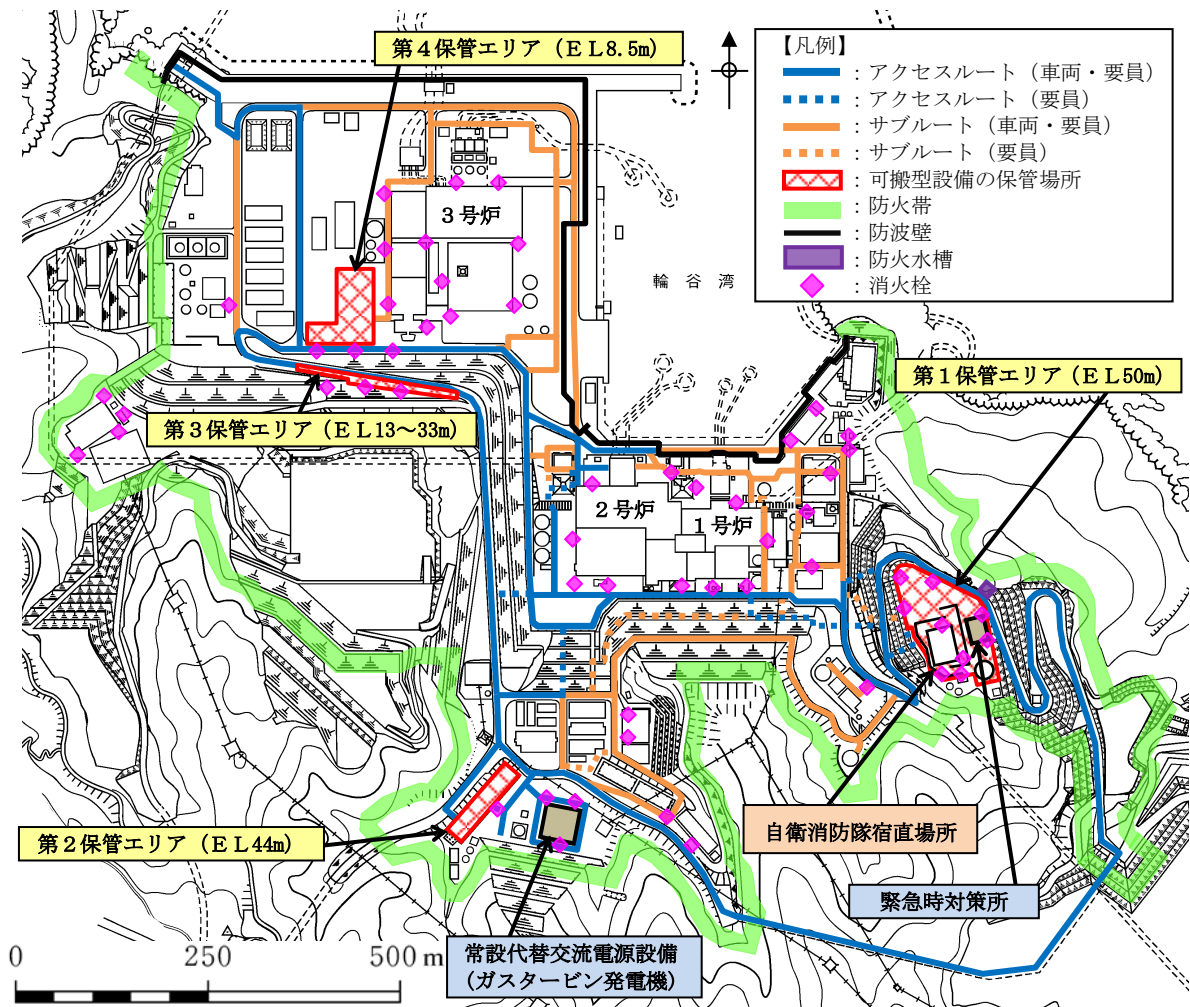
出入口B^{※3} (写真)

※1: 火災による熱の影響は、地中深くになるにしたがって温度は低下する。※2 トンネル区間は、地中に埋設されており、火災による熱的影響を受けない。

※2: (参考文献) 一般社団法人 日本森林学会 「山火事と地域環境」 (森林科学 24 1998.10)

※3: トンネルの出入口部は、防火帯(約21m)の内側に設置。

第2図 防火帯外側のトンネル区間



※：屋外消火栓等の設置場所については、今後の検討結果等により変更となる可能性がある。

第3図 屋外消火栓及び防火水槽の配置図

降水に対する影響評価結果について

1. はじめに

島根原子力発電所において、降雨が継続した場合の屋外のアクセスルートへの影響について評価する。

2. 評価概要

島根原子力発電所における雨水流出量と排水量を比較し、降雨の影響を評価する。

(1) 降雨強度

外部事象の考慮において、松江市の観測記録の極値に基づき設計基準を設定していることから、松江地方気象台の観測記録（1941年～2018年）における既往最大時間降雨量（77.9mm/h）を用いて評価する。

(2) 雨水流出量

島根原子力発電所の雨水は、集水範囲ごとに設置される排水路を通じて海域に排水する。

雨水流出量の評価にあたっては、集水範囲ごとに集水面積を積算した上で、77.9mm/h降雨時の第1図及び第2図に示す排水路流末への雨水流出量を算出する。

雨水流出量Qの算出には、「林地開発許可申請の手引き」（平成12年4月 島根県農林水産部森林整備課）を参照して、以下の合理式を用いる。

$$Q = 1/360 \times f \times I \times A$$

ここで、Q：雨水流出量（m³/s）

f：流出係数

I：降雨強度（mm/h）

A：流域面積（ha）

(3) 排水量

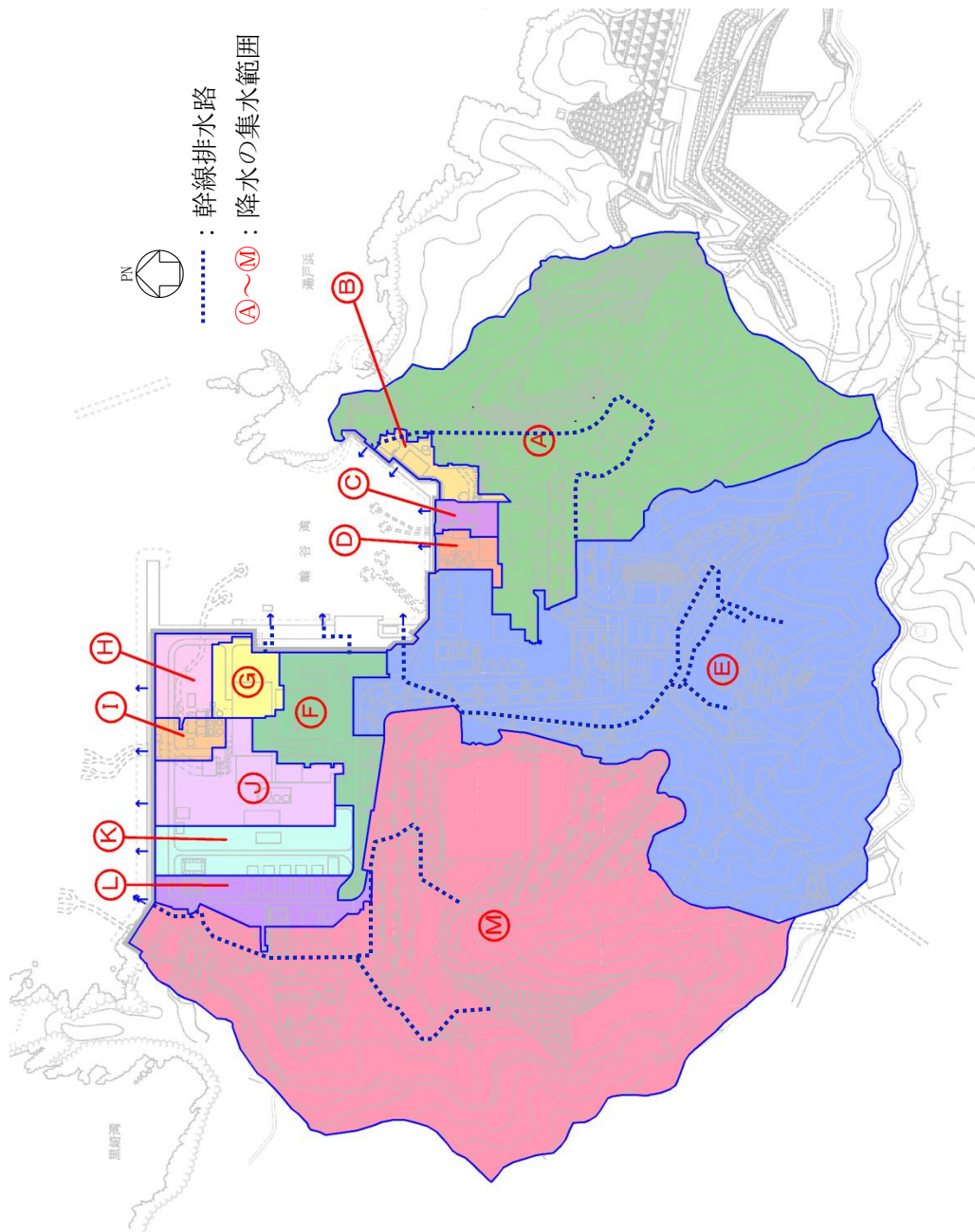
排水路流末における排水量Q'は「林地開発許可申請の手引き」（平成12年4月 島根県農林水産部森林整備課）を参照して、以下の Manning式に基づき評価する。

$$V = 1/n \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

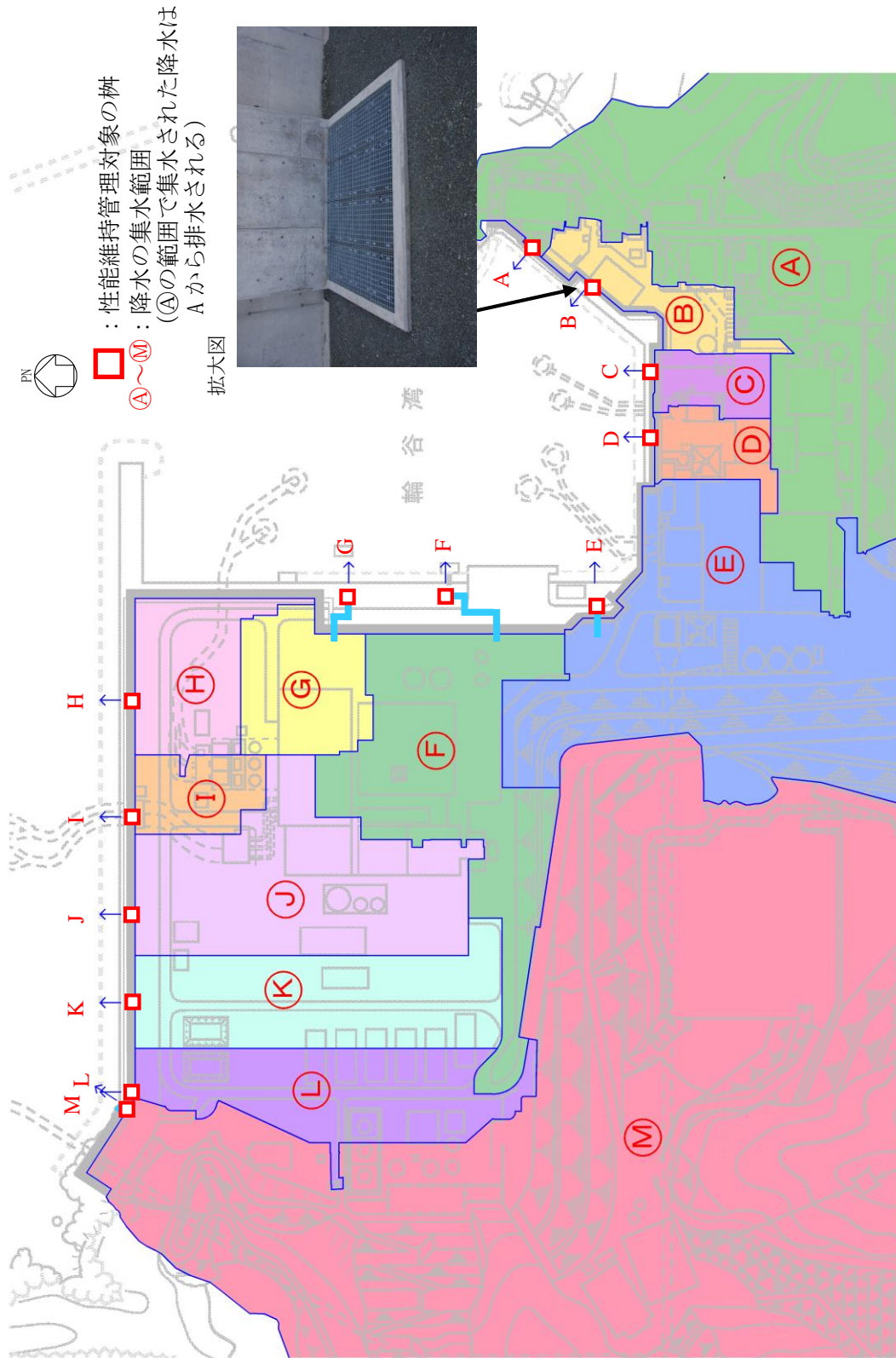
$$Q' = A \cdot V$$

ここで、V：流速（m/s）

n : 粗度係数
R : 径深 (m) = A/P
A : 通水断面積 (m²)
P : 潤辺 (m)
i : 水路勾配
Q' : 排水量 (m³/s)



第1図 降水の集水範囲



第2図 性能維持管理対象の樹の設置場所

3. 評価結果

雨水流出量と排水路流末の排水量の比較結果を第1表に示す。

すべての排水路流末の排水量が雨水流出量を上回り、既存の排水路から雨水を海域に排水することが可能であることから、屋外のアクセスルートへのアクセス性に支障はない。

第1表 雨水流出量と排水路流末の排水量の比較結果

流域	雨水流出量 Q (m ³ /s)	排水設備	排水路流末 排水量 Q' (m ³ /s)	安全率 (Q' / Q)
Ⓐ	5.40	ヒューム管 φ 1500 VS 側溝 B=1000, H=700	8.07	1.49
Ⓑ	0.22	ヒューム管 φ 800	2.41	10.95
Ⓒ	0.12	ヒューム管 φ 800	2.41	20.08
Ⓓ	0.15	ヒューム管 φ 800	2.41	16.07
Ⓔ	7.55	BOX2000×2000	16.44	2.18
Ⓕ	0.90	ヒューム管 φ 800	1.87	2.08
Ⓖ	0.32	ヒューム管 φ 800	2.29	7.16
Ⓗ	0.34	ヒューム管 φ 1500	8.51	25.03
Ⓘ	0.17	ヒューム管 φ 1500	8.51	50.06
Ⓙ	0.82	ヒューム管 φ 1500	8.51	10.38
Ⓚ	0.64	ヒューム管 φ 1500	8.51	13.30
Ⓛ	0.54	ヒューム管 φ 1500	8.51	15.76
Ⓜ	8.36	ヒューム管 φ 2000	15.22	1.82

4. 排水設備の性能維持に係る運用管理について

(1) 性能維持管理対象について

排水設備の手前、複数の管路が合流する箇所等には柵が設けられている。排水設備の排水能力を維持する上では、排水設備の手前にある柵の性能が直接的に寄与することから、当該柵を性能維持管理の対象とする。性能維持管理対象とする柵の設置場所は第2図のとおり。

なお、排水設備は敷地内の低所に設けられており、仮に当該柵に至るまでの排水路の性能が低下している場合においても道路等を伝っての流下が期待できることから、これらの排水路は維持管理対象外とする。

(2) 運用管理について

性能維持管理の対象である柵及び当該柵からの排水路は、外観点検を1回／年実施し、フラップゲートは、外観点検及び動作確認を実施することにより、排水能力を維持する。

また、上記点検に併せて、柵及び当該柵からの排水路の清掃を実施する。

可搬型設備の小動物対策について

屋外保管場所に保管している可搬型設備については、小動物が開口部から設備内部に侵入し、設備の機能に影響を及ぼす可能性があることから、可搬型設備に開口部がある場合には、侵入防止対策を実施する。

以下に現状の可搬型設備の開口部有無と対策内容を示す。

1. 可搬型設備の開口部確認結果例

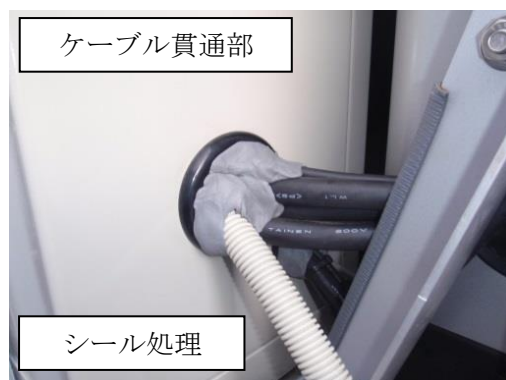
可搬型設備名	開口部有無	対策内容
高圧発電機車	有	貫通部パッキン処理 貫通部シール処理
大量送水車	有	貫通部シール処理
移動式代替熱交換設備	有	閉止板設置
可搬式窒素供給装置	有	貫通部シール処理
大型送水ポンプ車	有	金網設置
第1ベントフィルタ 出口水素濃度	有	貫通部キャップ取付 貫通部シール処理
タンクローリ	無	—
ホイールローダ	無	—

2. 可搬型設備の対策実施例

(1) 大量送水車



(2) 可搬式窒素供給装置



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要因と
影響評価について

保管場所及びアクセスルート近傍の障害となり得る構造物を抽出し、抽出した構造物に対し保管場所及びアクセスルートへの影響評価を実施した。また、影響評価における建物の損壊による影響範囲については、過去の地震時の建物被害事例から損傷モードを想定し、影響範囲を設定した。

1. 保管場所における影響評価手順

保管場所に影響する構造物の抽出及び影響評価は以下の手順で行った。

手順①：発電所構内の構造物を抽出

発電所構内の構造物を全て抽出する。

手順②：構造物の損壊による保管場所への影響範囲の評価

各保管場所の敷地が設定した周辺構造物の影響範囲に含まれるか否かを評価する。

2. アクセスルートにおける影響評価手順

アクセスルートに影響する構造物の抽出及び影響評価は以下の手順で行った。

手順①：発電所構内の構造物を抽出（3項）

発電所構内の構造物を全て抽出する。

手順②：構造物の損壊によるアクセスルートへの影響範囲の評価（4項）

構造物が損壊した場合の影響範囲をもとに、アクセスルートへの干渉の有無を確認の上、以下の点を評価する。

- ・アクセスルートに干渉する全ての構造物について、単独で損壊した場合に必要な幅員が確保可能か
- ・損壊時にアクセスルートに干渉する全ての構造物について、アクセスルートを挟んだ向かい側にアクセスルートに干渉する構造物の有無、ある場合は必要な幅員が確保可能か

なお、手順②の評価結果からアクセスルートに影響がある構造物が抽出された場合は重大事故時等対応の成立性について詳細確認を行う。

3. アクセスルート近傍の構造物の抽出

図面確認並びに現場調査により、アクセスルート近傍の障害となり得る構造物を抽出した。抽出した構造物を第1表及び第2表に示す。また、構造物の配置を第1図～第5図に示す。

第1表 アクセスルートの周辺構造物（建物）（1／2）

管理番号	構造物名称	参照図面	
1	緊急時対策所	第2図	
2	1号水ろ過装置室	第2図, 第3図	
3	技術訓練棟2号館		
4	管理事務所1号館	第2図, 第4図	
5	管理事務所2号館		
6	ガスタービン発電機建物	第3図	
7	協力企業A社事務所1		
8	協力企業A社事務所2		
9	協力企業A社事務所3		
10	協力企業A社事務所4		
11	協力企業B社事務所1		
12	協力企業B社事務所2		
13	協力企業B社事務所3		
14	協力企業C社事務所1		
15	協力企業D社売店		
16	合併処理施設機械室		
17	固体廃棄物貯蔵所B棟		
18	1号炉原子炉建物		第4図
19	1号炉廃棄物処理建物		
20	2号炉原子炉建物		
21	2号炉廃棄物処理建物		
22	2号炉タービン建物		
23	屋内開閉所		
24	44m盤事務所		
25	プラスチック固化設備建物		
26	西側事務所		
27	北口警備所		
28	2号炉取水コントロール建物		
29	2号炉鉄イオン貯蔵建物		
30	2号炉排気筒モニタ室		
31	地下湧水浄化設備		

第1表 アクセスルートの周辺構造物（建物）（2/2）

管理番号	構造物名称	参照図面
32	3号炉原子炉建物	第5図
33	3号炉サービス建物	
34	3号炉出入管理棟	
35	放水路モニタ建物	
36	給水設備建物	
37	野外放射線モニタ関係資材倉庫	
38	第1危険物倉庫	
39	3号炉補機海水系ポンプメンテナンス建物	
40	7号倉庫	
41	8号倉庫	
42	9号倉庫	
43	10号倉庫	
44	資材倉庫	
45	新2号倉庫	
46	恒常物品保管倉庫	
47	協力企業A社倉庫1	
48	協力企業A社倉庫2	
49	協力企業A社倉庫3	
50	協力企業C社事務所2	

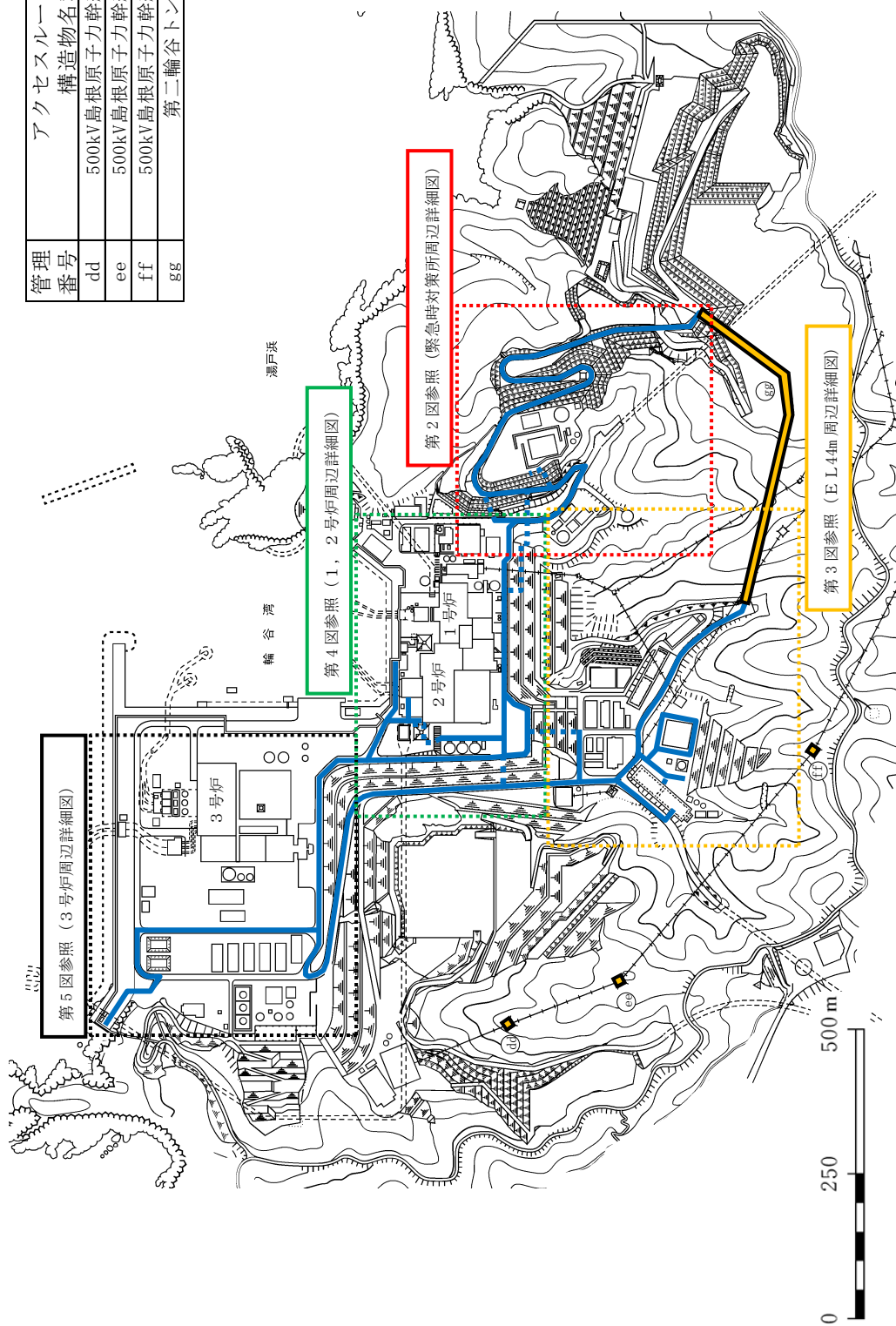
第2表 アクセスルートの周辺構造物（建物以外）（1 / 2）

管理番号	構造物名称	参照図面
A	通信用無線鉄塔	第2図
B	統合原子力防災NW用屋外アンテナ	
C	除だく槽設備	
D	1号ろ過水タンク	第2図, 第3図
E	2号開閉所遮風壁	第3図
F	2号開閉所防護壁	
G	輪谷貯水槽（西1）	
H	輪谷貯水槽（西2）	
I	輪谷貯水槽（東1）	
J	輪谷貯水槽（東2）	
K	66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔	
L	66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔	
M	220kV 第二島根原子力幹線 No. 1 鉄塔	
N	220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔	
O	第2 - 66kV 開閉所屋外鉄構	
P	ガスタービン発電機用軽油タンク	
Q	ガスタービン発電機用軽油タンク用消火タンク	
R	碍子水洗タンク	
S	協力企業 B 社設備 1	
T	協力企業 B 社設備 2	
U	協力企業 B 社設備 3	
V	協力企業 B 社倉庫 1	
W	協力企業 B 社倉庫 2	
X	宇中系統中継水槽（西山水槽）	
Y	雑用水タンク	
Z	2号炉 NGC 液体窒素貯蔵タンク	
a	2号炉 NGC 液体窒素蒸発装置	
b	1号炉復水貯蔵タンク	
c	固化材タンク	
d	防火壁	
e	原子炉建物空気冷却系冷凍機	
f	原子炉建物空気冷却系冷凍機制御盤	
g	1, 2号炉開閉所間電路接続用洞道	
h	低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽	
i	第1 ベントフィルタ格納槽	

第2表 アクセスルートの周辺構造物（建物以外）（2/2）

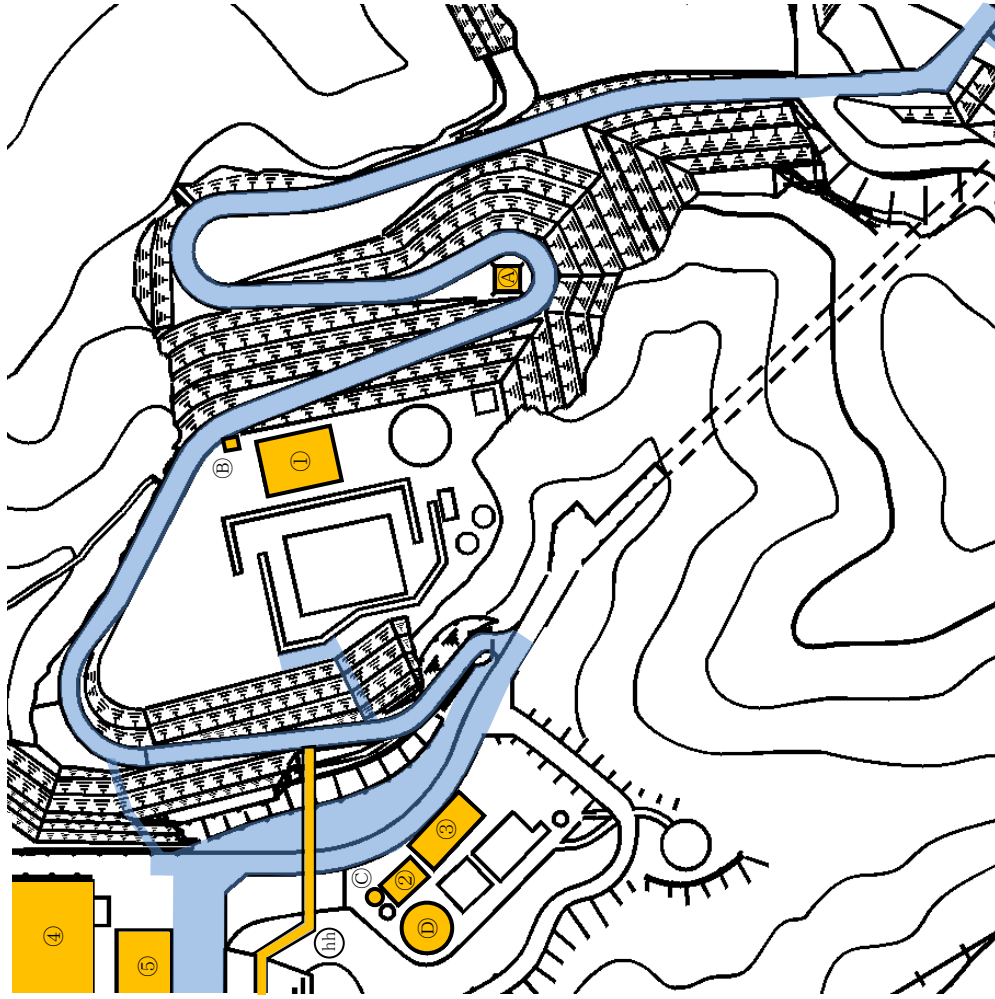
管理番号	構造物名称	参照図面
j	補助消火水槽	第4図
k	B-ディーゼル燃料貯蔵タンク	
l	2号炉復水貯蔵タンク	
m	2号炉補助復水貯蔵タンク	
n	2号炉トラス水受入タンク	
o	2号炉排気筒	
p	燃料移送ポンプエリア竜巻防護対策設備	
q	2号炉鉄イオン溶解タンク	
r	取水槽除じん機エリア防水壁	
s	取水槽海水ポンプエリア防水壁	
t	2号炉起動変圧器	
u	2号炉所内変圧器	
v	2号炉主変圧器	
w	取水槽ガントリクレーン	
x	1号炉排気筒	
y	防波壁	
z	配管ダクト出入口建物	第5図
aa	配管・ケーブル架台	
bb	訓練用模擬水槽	
cc	非常用ディーゼル発電設備軽油タンク(B)	第1図
dd	500kV 島根原子力幹線 No.1 鉄塔	
ee	500kV 島根原子力幹線 No.2 鉄塔	
ff	500kV 島根原子力幹線 No.3 鉄塔	第1図, 第3図
gg	第二輪谷トンネル	
hh	連絡通路	第2図, 第4図

管理番号	アクセスルート周辺
dd	構造物名称
ee	500kV島根原子力幹線No.1鉄塔
ff	500kV島根原子力幹線No.2鉄塔
gg	500kV島根原子力幹線No.3鉄塔
	第二輪谷トンネル

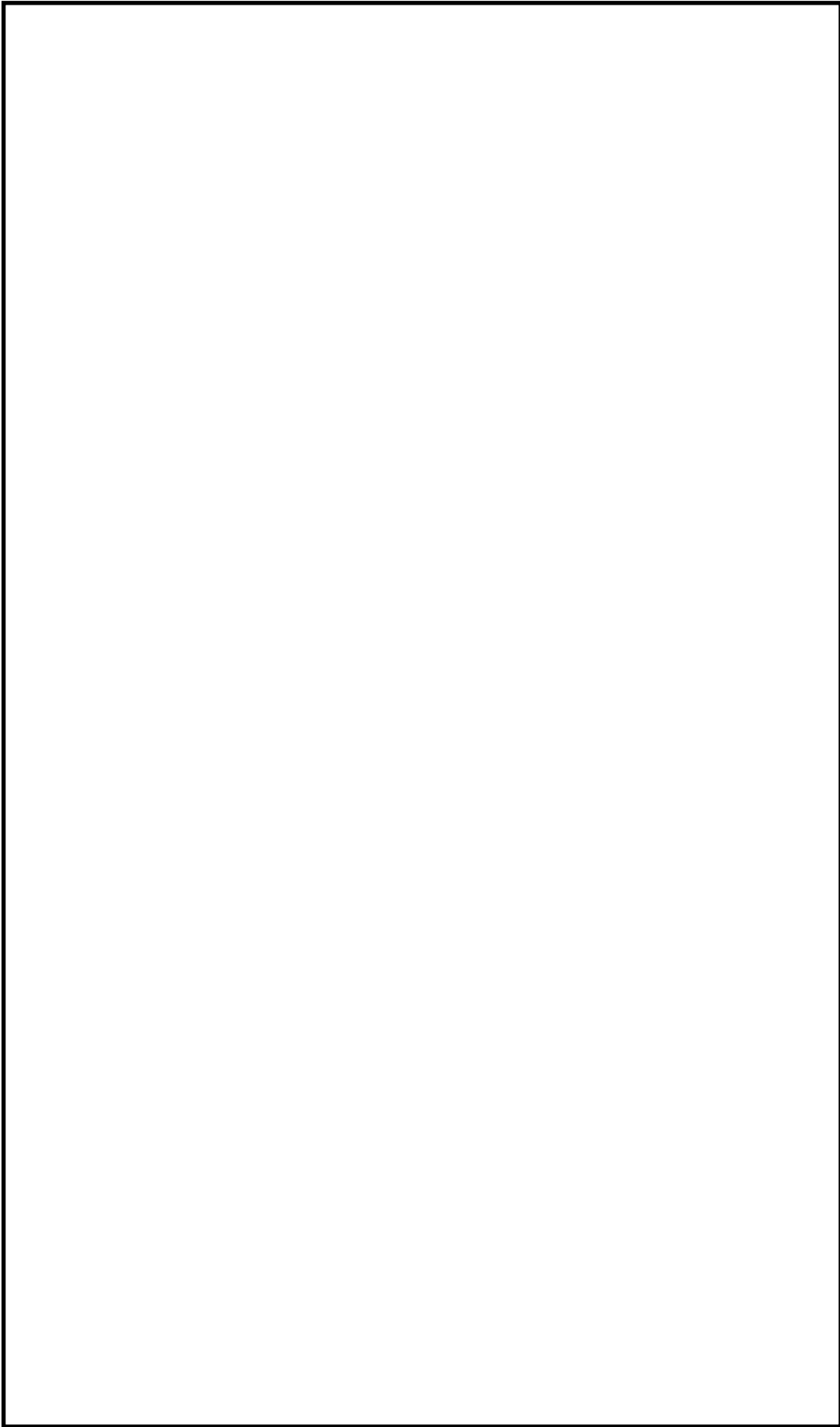


第1図 アクセスルートの周辺構造物（発電所全体）

管理番号	アクセスルート周辺 構造物名称
1	緊急時対策所
2	1号水ろ過装置室
3	技術訓練棟2号館
4	管理事務所1号館
5	管理事務所2号館
A	通信用無線鉄塔
B	統合原子力防災NW用屋外アンテナ
C	除だく槽設備
D	1号ろ過水タンク
hh	連絡通路

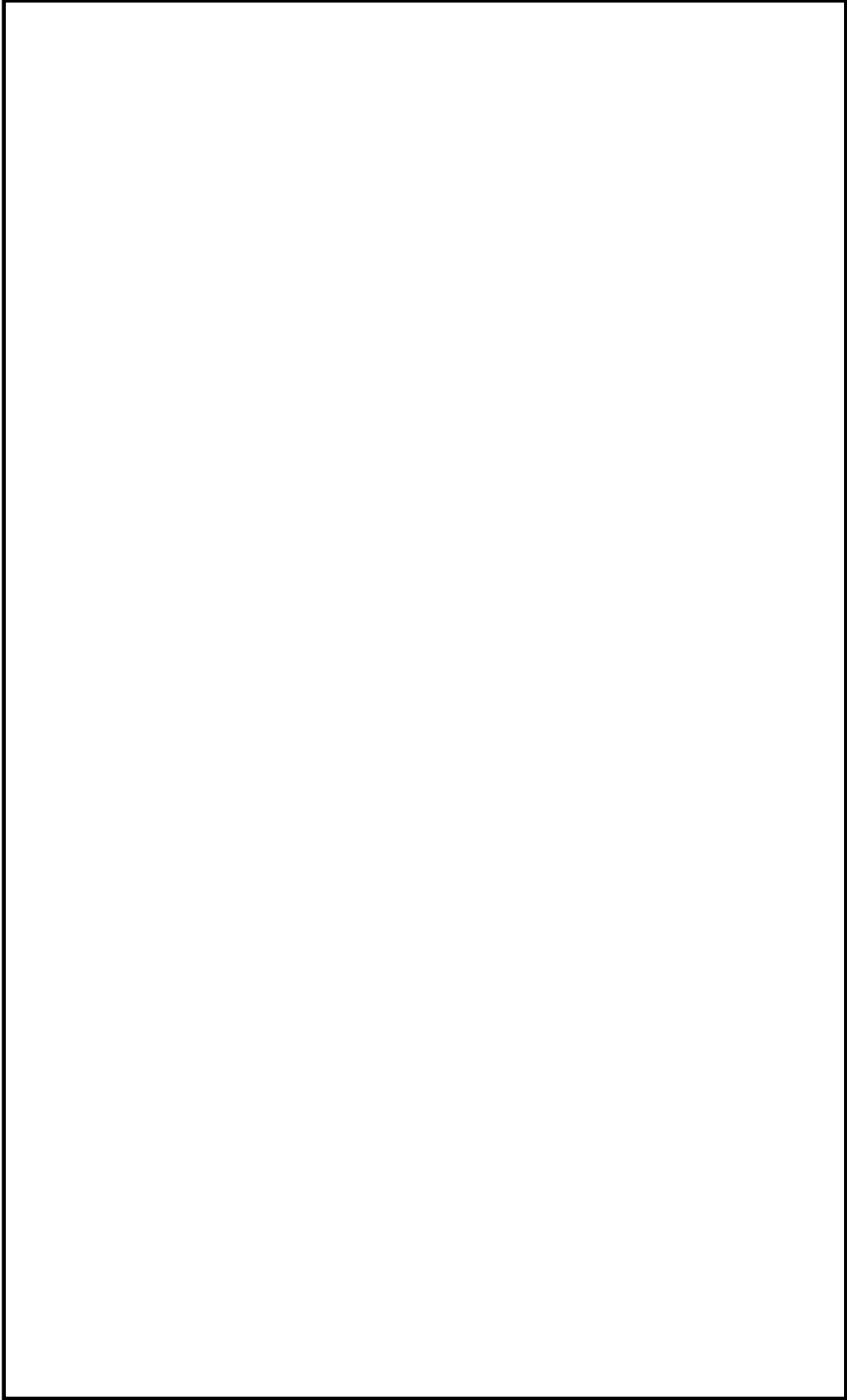


第2図 アクセスルートの周辺構造物（緊急時対策所周辺詳細図）



第3図 アクセスルートの周辺構造物（E L44m 周辺詳細図）

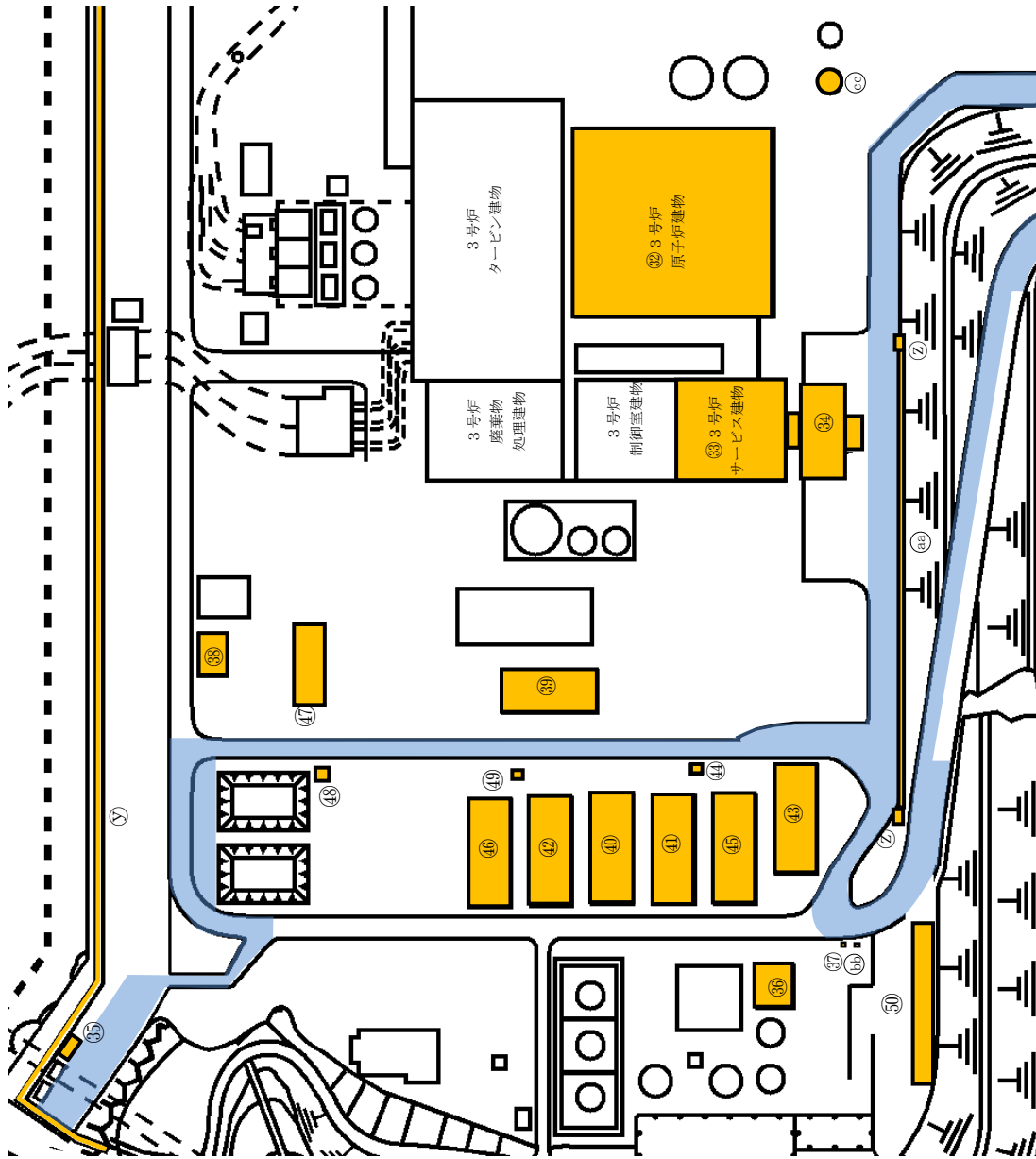
本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



第4図 アクセスルートの周辺構造物（1，2号炉周辺詳細図）

本資料のうち，枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

管理番号	アクセスルート周辺 構造物名称
32	3号炉原子炉建物
33	3号炉サービス建物
34	3号炉出入管理棟
35	放水路モニタ建物
36	給水設備建物
37	野外放射線モニタ関係資材倉庫
38	第1危険物倉庫
39	3号炉補機海水系ポンプメンテナンス建物
40	7号倉庫
41	8号倉庫
42	9号倉庫
43	10号倉庫
44	資材倉庫
45	新2号倉庫
46	恒常物品保管倉庫
47	協力企業A社倉庫1
48	協力企業A社倉庫2
49	協力企業A社倉庫3
50	協力企業C社事務所2
y	防波壁
z	配管ダクト出入口建物
aa	配管・ケープル架台
bb	訓練用模擬水槽
cc	非常用ディーゼル発電設備軽油タンク(B)



第5図 アクセスルート周辺の周辺構造物（3号炉周辺詳細図）

4. 建造物の損壊によるアクセスルートへの影響範囲の評価

アクセスルート近傍の障害となり得るとして抽出した建造物のうち、耐震Sクラス（S s機能維持含む。）以外の建造物については、基準地震動S sによりがれきが発生するものとしてアクセスルートへの影響評価を実施した。

建造物のうち建物の損壊による影響範囲は、過去の被害事例から建物の損傷モードを想定し評価した。第3表に示すとおり、建物の損傷モードを層崩壊、転倒崩壊とし、影響範囲は全層崩壊、又は建物の根元から転倒するものとして建物高さ分を設定した。

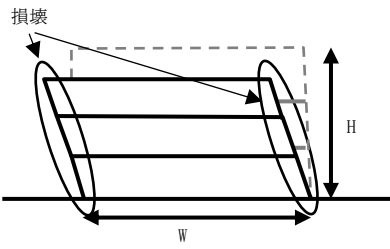
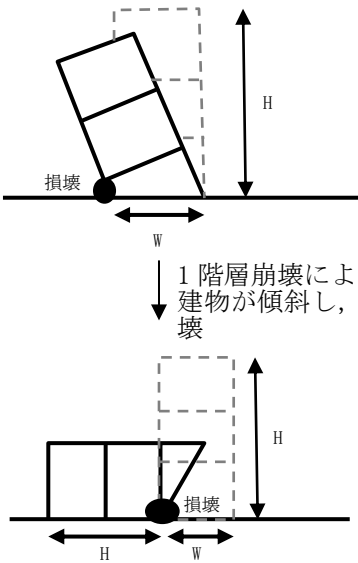
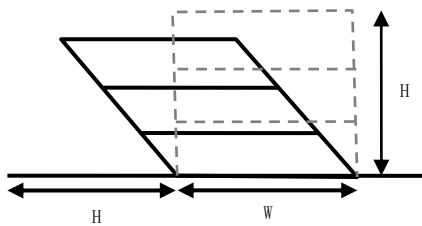
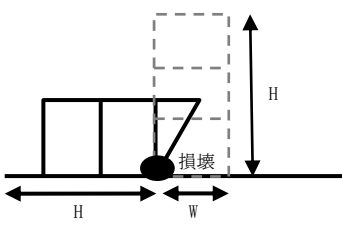
建物以外の建造物の損壊による影響範囲は、建造物が根元からアクセスルート側に影響するものとして設定し評価した。

建造物の損壊によるアクセスルートへの影響評価方法を第4表、影響評価結果を第5表～第6表に示す。損壊時にアクセスルートに干渉する全ての建造物のうち、必要な幅員（3.0m^{*}）を確保できないと想定される場合は損壊の影響を受けると評価した。

また、損壊時にアクセスルートに干渉する全ての建造物について、アクセスルートを挟んだ向かい側にアクセスルートに干渉する建造物の有無、ある場合は必要な幅員が確保可能か確認し、確保できないと想定される場合は損壊の影響を受けると評価した。

※：可搬型設備のうち最大幅の大型送水ポンプ車の車両幅（約2.5m）及び使用ホース中最大サイズの300Aホース1本敷設の幅（約0.4m）を考慮し設定。なお、その他のサイズのホース使用時も1本敷設で使用する。

第3表 建物の損傷モード及び損壊による影響範囲

損傷モード	層崩壊	転倒崩壊
<p>阪神・淡路大震災時の被害の特徴*</p>	<p>○崩壊形状としては、1階層崩壊・中間層崩壊・全層崩壊。 ○柱の耐力不足・剛性の偏在や層間での急な剛性・耐力の違い・重量偏在が崩壊の主な原因に挙げられる。 ○1階層崩壊の被害事例はピロティ構造物の被害率が著しく高い。 ○中間層崩壊は、6～12階建ての建築物に確認されている。</p>	<p>○1階層崩壊後に建築物が大きく傾き転倒に至ったケースが確認されている。</p>
<p>想定される損傷モード</p>	<p>隣接するアクセスルートへの影響範囲が大きくなると想定される全層崩壊を損傷モードに選定した。</p> 	<p>1階層崩壊後に転倒に至る崩壊を想定。</p> 
<p>想定する建物の損壊範囲</p>	<p>全層崩壊は地震時に構造物が受けるエネルギーを各層で配分することから、各層の損傷は小さいため、建物全体の傾斜は過去の被害事例からも小さいが、各層が各層高さ分、アクセスルート側へ大きく傾斜するものとして設定。</p> 	<p>上述の損傷モードに基づき、建物高さH分には到達しないもののHとして設定。</p> 
<p>建物の損壊による影響範囲</p>	<p style="text-align: center;">H (建物高さ分を設定)</p>	

※：「阪神・淡路大震災調査報告 共通編-1 総集編, 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会」参照

第4表 構造物（建物，機器類）損壊時の影響評価方法

構造物とアクセスルートの位置関係	
$L - H$ が正の値の場合	$L - H$ が負の値の場合
<p>構造物が損壊してもがれきがアクセスルートに届かないため、通行性に影響なし →判定「A」</p>	<p>構造物が損壊するとがれきがアクセスルートに干渉するため、詳細評価が必要となる</p>
$L + W - H$ が3m 以上の場合	$L + W - H$ が3m 未満の場合
<p>がれきがアクセスルートに干渉するが、道幅3mを確保可能なため、通行性に影響なし →判定「A」</p>	<p>道幅3mが確保困難なため、がれき撤去、人力によるホース等の敷設、迂回路の通行のいずれかの対応が必要 →判定「B」, 「C」</p>
【判定】	
<p>「A」：通行性に影響がない構造物 (耐震性があるため損壊しない、がれきがルートに干渉しない、がれきがルートに干渉するがルートの必要幅が確保可能、設備の移設等の対策を実施)</p> <p>「B」：がれき撤去によりアクセスルートを確保する構造物 (車両通行のみの場合はがれき撤去不要な構造物も含む。)</p> <p>「C」：がれき発生時は迂回路を通行する構造物</p>	

アクセスルート対象距離：Lの設定にあたり、全ての構造物の影響範囲を確認（参考資料-1）した上で、アクセスルートに干渉する可能性のある面との距離を算出する。

第5表 アクセスルートへの影響評価結果 (建物) (1 / 3)

参照 図面	管理 番号	アクセスルート周辺構造物	構造物諸元						アクセスルート 幅 (m) W	評価方法	影響評価		判定
			耐震 クラス	建物 構造	階数 n	高さ (m) H	アクセスルート 対象距離 (m) L	耐震評価に基づき影響がないことを確認			判定値： L-H 正の数： 干渉なし	判定値： L+W-H 3m以上： 影響なし	
第2図 第2図 第3図 第2図 第4図	1	緊急時対策所	— (Ss)	RC造	—	—	—	—	耐震評価に基づき影響がないことを確認	—	—	A	
	2	1号水ろ過装置室	—	S造	1	4.80	13.80	18.80	損壊による影響範囲をHとして評価	9.00	27.80	A	
	3	技術訓練棟2号館	—	S造	2	8.00	5.20	18.80	損壊による影響範囲をHとして評価	-2.80	16.00	A	
	4	管理事務所1号館	—	SRC造	6	24.90	29.41	12.25	損壊による影響範囲をHとして評価	4.51	16.76	A	
	5	管理事務所2号館	—	RC造 S造	5	18.80	6.90	15.90	損壊による影響範囲をHとして評価	-11.90	4.00	A	
第3図	6	カスタービン発電機建物	— (Ss)	RC造 SRC造 S造	—	—	—	—	耐震評価に基づき影響がないことを確認	—	—	A	
	7	協力企業A社事務所1	—	S造	1	4.21	3.00 (北側) 13.00 (西側)	7.40 (北側) 9.80 (西側)	損壊による影響範囲をHとして評価	-1.21 (北側) 8.79 (西側)	6.19 (北側) 18.59 (西側)	A	
	8	協力企業A社事務所2	—	S造	1	6.88	5.40	7.40	損壊による影響範囲をHとして評価	-1.48	5.92	A	
	9	協力企業A社事務所3	—	S造	3	8.78	18.00	9.80	損壊による影響範囲をHとして評価	9.22	19.02	A	
	10	協力企業A社事務所4	—	S造	3	11.65	27.70	9.80	損壊による影響範囲をHとして評価	16.05	25.85	A	
	11	協力企業B社事務所1	—	S造	1	3.70	2.40	9.80	損壊による影響範囲をHとして評価	-1.30	8.50	A	
	12	協力企業B社事務所2	—	RC造 S造	3	12.16	8.00	10.00	損壊による影響範囲をHとして評価	-4.16	5.84	A	
	13	協力企業B社事務所3	—	S造	2	8.55	35.00	8.08	損壊による影響範囲をHとして評価	26.45	34.53	A	
	14	協力企業C社事務所1	—	S造	3	12.49	15.92	15.38	損壊による影響範囲をHとして評価	3.43	18.81	A	
	15	協力企業D社売店	—	S造	1	4.00	2.00	9.80	損壊による影響範囲をHとして評価	-2.00	7.80	A	
	16	合併処理施設機械室	—	RC造	1	3.40	12.00	9.80	損壊による影響範囲をHとして評価	8.60	18.40	A	
	17	固体廃棄物貯蔵所B棟	B	RC造	2	10.00	13.90	9.80	損壊による影響範囲をHとして評価	3.90	13.70	A	

【判定】 : 「A」通行性に影響がない構造物 (耐震性があるため損壊しない、がれきがアクセスルートに干渉しない、

: 「B」がれき撤去によりアクセスルートを確認する構造物 (車両通行のみの場合はがれき撤去不要な構造物も含む。)

: 「C」がれき発生時は迂回路を通行する構造物

がれきがアクセスルートに干渉するがルートの必要幅が確保可能、設備の移設等の対策を実施)

第5表 アクセスルートへの影響評価結果 (建物) (2/3)

参照 図面	管理 番号	アクセスルート周辺構造物	構造物諸元						アクセスルート 幅 (m) W	評価方法	影響評価		判定
			耐震 クラス	建物 構造	階数 n	高さ (m) H	アクセスルート 対象距離 (m) L	耐震評価に 基づき影響がないことを確認			判定値： L-H 正の数： 干渉なし	判定値： L+W-H 3m以上： 影響なし	
第4図	18	1号炉原子炉建物	-	RC造 S造	-	-	-	-	-	耐震評価に基づき影響がないことを確認	-	-	A
	19	1号炉廃棄物処理建物	-	RC造	-	-	-	-	-	耐震評価に基づき影響がないことを確認	-	-	A
	20	2号炉原子炉建物	S	RC造 S造	-	-	-	-	-	耐震評価に基づき影響がないことを確認	-	-	A
	21	2号炉廃棄物処理建物	B	RC造	-	-	-	-	-	耐震評価に基づき影響がないことを確認	-	-	A
	22	2号炉タービン建物	B	RC造 S造	-	-	-	-	-	耐震評価に基づき影響がないことを確認	-	-	A
	23	屋内開閉所	-	S造	1	13.50	44.50	8.30	損壊による影響範囲をHとして評価	31.00	39.30	A	
	24	4m盤事務所	-	RC造	3	13.05	11.80	9.80	損壊による影響範囲をHとして評価	-1.25	8.55	A	
	25	プラスチック固化設備建物	B	RC造	1	3.23	3.00	7.90	損壊による影響範囲をHとして評価	-0.23	7.67	A	
	26	西側事務所	-	RC造	2	8.00	3.30 (北側) 3.50 (西側)	8.00 (北側) 9.20 (西側)	損壊による影響範囲をHとして評価	-4.70 (北側) -4.50 (西側)	3.30 (北側) 4.70 (西側)	A	
	27	北口警備所	-	S造	2	7.15	14.00	8.00	損壊による影響範囲をHとして評価	6.85	14.85	A	
	28	2号炉取水コントロール建物	C	RC造	1	4.23	3.90	8.00	損壊による影響範囲をHとして評価	-0.33	7.67	A	
	29	2号炉鉄イオン貯蔵建物	C	S造	1	4.06	1.00 (南側) 4.90 (北側)	9.00 (南側) 8.00 (北側)	損壊による影響範囲をHとして評価	-3.06 (南側) 0.84 (北側)	5.94 (南側) 8.84 (北側)	A	
	30	2号炉排気筒モニタ室	C	RC造	-	-	-	-	耐震評価に基づき影響がないことを確認	-	-	A	
	31	地下湧水浄化設備	-	S造	1	2.40	2.00	8.00	損壊による影響範囲をHとして評価	-0.40	7.60	A	

【判定】 : 「A」 通行性に影響がない構造物 (耐震性があるため損壊しない、がれきがルートに干渉しない、
がれきがルートに干渉するがルートの必要幅が確保可能、設備の移設等の対策を実施)

: 「B」 がれき撤去によりアクセスルートを確保する構造物 (車両通行のみの場合はがれき撤去不要な構造物も含む。)

: 「C」 がれき発生時は迂回路を通行する構造物

第5表 アクセスルートへの影響評価結果 (建物) (3 / 3)

参照 図面	管理 番号	アクセスルート周辺構造物	構造物諸元					アクセスルート 幅 (m) W	評価方法	影響評価		判定
			耐震 クラス	建物 構造	階数 n	高さ (m) H	アクセスルート 対象距離 (m) L			判定値： L-H 正の数： 干渉なし	判定値： L+W-H 3m以上： 影響なし	
	32	3号炉原子炉建物	-	RC造 RC造 S造	6	46.96	42.40	9.80	損壊による影響範囲をHとして評価	-4.56	5.24	A
	33	3号炉サービス建物	-	RC造 S造	4	19.52	31.20	12.40	損壊による影響範囲をHとして評価	11.68	24.08	A
	34	3号炉出入管理棟	-	RC造 S造	1	5.83	2.30	9.80	損壊による影響範囲をHとして評価	-3.53	6.27	A
	35	放水路モニタ建物	-	RC造	1	3.70	0.00	18.00	損壊による影響範囲をHとして評価	-3.70	14.30	A
	36	給水設備建物	-	S造	1	6.55	18.90	9.00	損壊による影響範囲をHとして評価	12.35	21.35	A
	37	野外放射線モニタ関係資材倉庫	-	S造	1	2.70	3.00	9.00	損壊による影響範囲をHとして評価	0.30	9.30	A
	38	第1危険物倉庫	-	RC造	1	4.36	26.30	7.90	損壊による影響範囲をHとして評価	21.94	29.84	A
	39	3号炉補機海水系ポンプメンテナンス建物	-	S造	1	16.87	16.00	7.90	損壊による影響範囲をHとして評価	-0.87	7.03	A
	40	7号倉庫	-	S造	2	11.99	24.00	7.90	損壊による影響範囲をHとして評価	12.01	19.91	A
	41	8号倉庫	-	S造	2	11.99	24.00	7.90	損壊による影響範囲をHとして評価	12.01	19.91	A
	42	9号倉庫	-	S造	1	11.99	24.00	7.90	損壊による影響範囲をHとして評価	12.01	19.91	A
	43	10号倉庫	-	S造	1	11.99 (東側) 9.44 (南西 側)	5.50 (東側) 5.70 (南西 側)	10.49 (東側) 9.90 (南西側)	損壊による影響範囲をHとして評価	-6.49 (東側) -3.74 (南西側)	4.00 (東側) 6.16 (南西側)	A
	44	資材倉庫	-	S造	1	2.50	9.30	7.90	損壊による影響範囲をHとして評価	6.80	14.70	A
	45	新2号倉庫	-	S造	1	11.99	24.00	7.90	損壊による影響範囲をHとして評価	12.01	19.91	A
	46	恒常物品保管倉庫	-	S造	2	11.99	25.00	7.90	損壊による影響範囲をHとして評価	13.01	20.91	A
	47	協力企業A社倉庫1	-	S造	1	7.14	14.70	7.90	損壊による影響範囲をHとして評価	7.56	15.46	A
	48	協力企業A社倉庫2	-	S造	1	4.50	6.30	7.90	損壊による影響範囲をHとして評価	1.80	9.70	A
	49	協力企業A社倉庫3	-	S造	1	3.40	9.10	7.90	損壊による影響範囲をHとして評価	5.70	13.60	A
	50	協力企業C社事務所2	-	S造	2	6.70	10.30	9.00	損壊による影響範囲をHとして評価	3.60	12.60	A

第5図

【判定】 : 「A」 通行性に影響がない構造物 (耐震性があるため損壊しない、 がれきがルートに干渉しない、

: 「B」 がれき撤去によりアクセスルートを確保する構造物 (車両通行のみの場合はがれき撤去不要な構造物も含む。)

: 「C」 がれき発生時は迂回路を通行する構造物

がれきがルートに干渉するがルートの必要幅が確保可能、 設備の移設等の対策を実施)

第6表 アクセスルートへの影響評価結果（建物以外）（1 / 3）

参照 図面	管理 番号	アクセスルート周辺構造物	構造物諸元				7メートル 幅 (m) W	評価方法	影響評価	
			耐震 クラス	高さ (m) H	7メートル 対象距離 (m) L	7メートル 幅 (m) W			判定値： L-H 正の数； 干渉なし	判定値： L+W-H 3m以上； 影響なし
第2図	A	通信用無線鉄塔	-	-	-	-	耐震評価を実施のうえ必要な対策を実施	-	-	A
	B	統合原子力防災NW用屋外アンテナ	-(Ss)	-	-	-	耐震評価に基づき影響がないことを確認	-	-	A
第2図 第3図	C	除だく槽設備	-	6.90	15.00	18.80	損壊による影響範囲をHとして評価	8.10	26.90	A
	D	1号ろ過水タンク	-	11.60	33.30	18.80	損壊による影響範囲をHとして評価	21.70	40.50	A
第3図	E	2号開閉所遮風壁	-	12.00	0.00	9.80	構造的にアクセスルート側に損壊しない	-	-	A
	F	2号開閉所防護壁	-	-	-	-	耐震評価に基づき影響がないことを確認	-	-	A
	G	輪谷貯水槽（西1）	-	-	-	-	耐震評価に基づき影響がないことを確認	-	-	A
	H	輪谷貯水槽（西2）	-	-	-	-	耐震評価に基づき影響がないことを確認	-	-	A
	I	輪谷貯水槽（東1）	-	-	-	-	耐震評価に基づき影響がないことを確認	-	-	A
	J	輪谷貯水槽（東2）	-	-	-	-	耐震評価に基づき影響がないことを確認	-	-	A
	K	66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔	-	-	-	-	耐震評価を実施のうえ必要な対策を実施	-	-	A
	L	66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔	-	29.4	111.10	9.80	損壊による影響範囲をHとして評価	81.70	91.50	A
	M	220kV 第二島根原子力幹線 No. 1 鉄塔	-	-	-	-	耐震評価を実施のうえ必要な対策を実施	-	-	A
	N	220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔	-	-	-	-	耐震評価を実施のうえ必要な対策を実施	-	-	A
	O	第2-66kV 開閉所屋外鉄構	-	-	-	-	耐震評価を実施のうえ必要な対策を実施	-	-	A
	P	ガスタービン発電機用軽油タンク	-(Ss)	-	-	-	耐震評価に基づき影響がないことを確認	-	-	A
	Q	ガスタービン発電機用軽油タンク用消火タンク	-	3.60	10.61	18.03	損壊による影響範囲をHとして評価	7.01	25.04	A
	R	碑子水洗タンク	-	6.10	6.00	9.80	損壊による影響範囲をHとして評価	-0.10	9.70	A
S	協力企業B社設備1	-	2.40	3.10	9.80	損壊による影響範囲をHとして評価	0.70	10.50	A	
T	協力企業B社設備2	-	1.90	8.50	9.80	損壊による影響範囲をHとして評価	6.60	16.40	A	
U	協力企業B社設備3	-	1.00	1.00	9.80	損壊による影響範囲をHとして評価	0.00	9.80	A	
V	協力企業B社倉庫1	-	2.70	2.10	9.80	損壊による影響範囲をHとして評価	-0.60	9.20	A	
W	協力企業B社倉庫2	-	2.45	5.10	9.80	損壊による影響範囲をHとして評価	2.65	7.95	A	

【判定】 : 「A」 通行性に影響がない構造物（耐震性があるため損壊しない、がれきガレージがルートに干渉しない、

: 「B」 がれき撤去によりアクセスルートを確保するガレージの必要幅が確保可能、設備の移設等の対策を実施）

: 「C」 がれき発生時は迂回路を通行する構造物（車両通行のみの場合はがれき撤去不要な構造物も含む。）

: 「A」 通行性に影響がない構造物（耐震性があるため損壊しない、がれきガレージがルートに干渉しない、

: 「B」 がれき撤去によりアクセスルートを確保するガレージの必要幅が確保可能、設備の移設等の対策を実施）

: 「C」 がれき発生時は迂回路を通行する構造物（車両通行のみの場合はがれき撤去不要な構造物も含む。）

第6表 アクセスルートへの影響評価結果（建物以外）（2 / 3）

参照 図面	管理 番号	アクセスルート周辺構造物	構造物諸元				7メートル 幅 (m) W	評価方法	影響評価	
			耐震 クラス	高さ (m) H	7メートル 対象距離 (m) L	7メートル 幅 (m) W			判定値： L-H 正の数； 干渉なし	判定値： L+W-H 3m以上； 影響なし
	X	宇中系統中継水槽（西山水槽）	—	2.00	6.80	9.80	損壊による影響範囲をHとして評価	4.80	14.60	A
	Y	雑用水タンク	—	2.50	6.80	9.80	損壊による影響範囲をHとして評価	4.30	14.10	A
	Z	2号炉 NGC 液体窒素貯蔵タンク	C	6.01	3.80	8.30	損壊による影響範囲をHとして評価	-2.21	6.09	A
	a	2号炉 NGC 液体窒素蒸発装置	C	4.41	2.90	8.30	損壊による影響範囲をHとして評価	-1.51	6.79	A
	b	1号炉復水貯蔵タンク	—	—	—	—	耐震評価に基づき影響がないことを確認	—	—	A
	c	固化材タンク	B	5.71	3.40	7.90	損壊による影響範囲をHとして評価	-2.31	5.59	A
	d	防火壁	—	—	—	—	耐震評価に基づき影響がないことを確認	—	—	A
	e	原子炉建物空気冷却系冷凍機	—	4.84	6.30	8.30	損壊による影響範囲をHとして評価	1.46	9.76	A
	f	原子炉建物空気冷却系冷凍機制御盤	—	2.10	2.20	8.30	損壊による影響範囲をHとして評価	0.10	8.40	A
	g	1,2号炉開閉所間電路接続用洞道	C	2.30	0.00	8.30	損壊による影響範囲をHとして評価	-2.30	6.00	A
	h	低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽**	—	—	—	—	耐震評価に基づき影響がないことを確認	—	—	A
	i	第1ベントフイルタ格納槽**	—	—	—	—	耐震評価に基づき影響がないことを確認	—	—	A
	j	補助消火水槽**	—	—	—	—	耐震評価に基づき影響がないことを確認	—	—	A
	k	B-デ イーゼル燃料貯蔵タンク**	—	—	—	—	耐震評価に基づき影響がないことを確認	—	—	A
	l	2号炉復水貯蔵タンク	B	—	—	—	耐震評価に基づき影響がないことを確認	—	—	A
	m	2号炉補助復水貯蔵タンク	B	—	—	—	耐震評価に基づき影響がないことを確認	—	—	A
	n	2号炉トーラス水受入タンク	B	—	—	—	耐震評価に基づき影響がないことを確認	—	—	A
	o	2号炉排気筒	C	—	—	—	耐震評価に基づき影響がないことを確認	—	—	A
	p	燃料移送ポンプエリア竜巻防護対策設備	—	—	—	—	耐震評価に基づき影響がないことを確認	—	—	A
	q	2号炉鉄イオン溶解タンク	C	4.80	1.50	9.00	損壊による影響範囲をHとして評価	-3.30	5.70	A
	r	取水槽除じん機エリア防水壁	S	—	—	—	耐震評価に基づき影響がないことを確認	—	—	A
	s	取水槽海水ポンプエリア防水壁	C	—	—	—	耐震評価に基づき影響がないことを確認	—	—	A
	t	2号炉起動変圧器	C	6.80	37.20	8.00	損壊による影響範囲をHとして評価	30.40	38.40	A

第4図

【判定】 : 「A」 通行性に影響がない構造物（耐震性があるため損壊しない、 がれきがルートに干渉しない、

 : 「B」 がれきがルートに干渉するがルートの必要幅が確保可能、 設備の移設等の対策を実施）

 : 「C」 がれき発生時は迂回路を通行する構造物（車両通行のみの場合はがれき撤去不要な構造物も含む。）

※：地上入口部を示す。

第6表 アクセスルートへの影響評価結果（建物以外）（3 / 3）

参照 図面	管理 番号	アクセスルート周辺構造物	構造物諸元				7メートル 幅 (m) W	評価方法	影響評価	
			耐震 クラス	高さ (m) H	7メートル 対象距離 (m) L	判定値： L-H 正の数； 干渉なし			判定値： L+W-H 3m以上； 影響なし	判定
第4図	u	2号炉所内変圧器	C	5.39	37.20	8.00	損壊による影響範囲をHとして評価	31.81	39.81	A
	v	2号炉主変圧器	C	8.45	37.20	8.00	損壊による影響範囲をHとして評価	28.75	36.75	A
	w	取水槽ガトリクレーン※1	C	20.79	20.20	8.00	損壊による影響範囲をHとして評価	-0.59	7.41	A
	x	1号炉排気筒	-	-	-	-	耐震評価に基づき影響がないことを確認	-	-	A
第4図 第5図	y	防波壁	S	-	-	-	耐震評価に基づき影響がないことを確認	-	-	A
第5図	z	配管ダクト出入口建物	-	3.75	1.20	9.80	損壊による影響範囲をHとして評価	-2.55	7.25	A
	aa	配管・ケーブル架台	-	2.85	2.90	9.80	損壊による影響範囲をHとして評価	0.05	9.85	A
	bb	訓練用模擬水槽	-	1.93	3.50	9.00	損壊による影響範囲をHとして評価	1.57	10.57	A
	cc	非常用ディーゼル発電設備軽油タンク(B)	-	11.51	46.00	8.00	損壊による影響範囲をHとして評価	34.49	42.49	A
	dd	500kV 島根原子力幹線 No.1 鉄塔	-	70.3	310.21	13.00	損壊による影響範囲をHとして評価	239.91	252.91	A
第1図	ee	500kV 島根原子力幹線 No.2 鉄塔	-	70.7	266.26	13.10	損壊による影響範囲をHとして評価	195.56	208.66	A
	ff	500kV 島根原子力幹線 No.3 鉄塔	-	70.7	225.64	15.30	損壊による影響範囲をHとして評価	154.94	170.24	A
第1図 第3図	gg	第二輪谷トンネル	-	-	-	-	耐震評価に基づき影響がないことを確認	-	-	A
第2図 第4図	hht ^{※2}	連絡通路	-	-	-	-	耐震評価に基づき影響がないことを確認	-	-	A

【判定】 : 「A」 通行性に影響がない構造物（耐震性があるため損壊しない、がれきがルートに干渉しない、

: 「B」 がれき撤去によりアクセスルートを確保する構造物（車両通行のみの場合はがれき撤去不要な構造物も含む。）

: 「C」 がれき発生時は迂回路を通行する構造物

: 「D」 がれき発生時は迂回路を通行する構造物

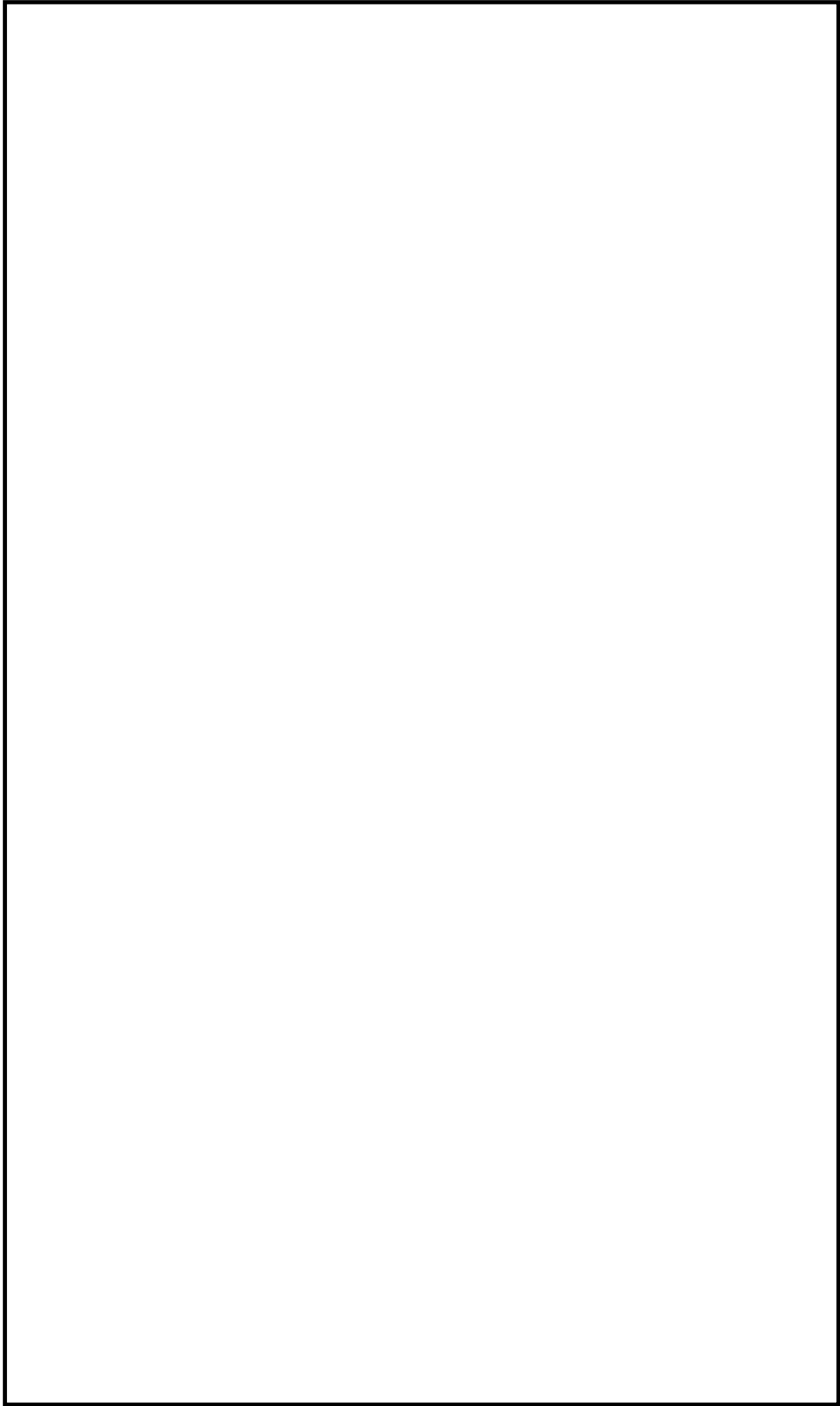
※1：2号炉取水槽東側に位置する係留場所における影響評価結果を示す。なお、2号炉取水槽上においては、耐震評価に基づき影響がないことを確認している。

※2：土石流及び送電線の垂れ下がりによる影響を受けないアクセスルート。

第5表及び第6表において、損壊時にアクセスルートに干渉する構造物（L（アクセスルート対象距離）－H（構造物高さ）の値が負の数の構造物）について、構造物の影響範囲を確認（参考資料-1）した上で、確保可能なアクセスルートの幅員が構造物の単独損壊評価よりも狭くなるおそれがある構造物について、損壊時に確保可能なアクセスルートの幅員を確認した。評価結果を第7表、詳細確認結果を第6、7図に示す。

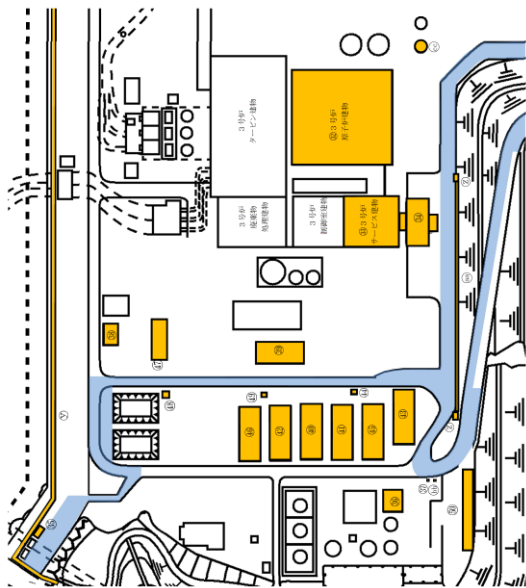
第7表 損壊時にアクセスルートに干渉する構造物の評価結果

管理番号	損壊時に単独損壊評価よりも幅員が狭くなるおそれのある構造物の組合せ	損壊時に確保可能な道幅	対応方針	参照図面
Z	2号炉 NGC 液体窒素貯蔵タンク	3.79m	車両の通行に影響がないことを確認した	第6図
a	2号炉 NGC 液体窒素蒸発装置			
g	1, 2号炉開閉所間電路接続用洞道			
z	配管ダクト出入口建物	6.27m	車両の通行に影響がないことを確認した	第7図
aa	配管・ケーブル架台			
34	3号炉出入管理棟			



第6図 2号炉 NGC 液体窒素貯蔵タンク等の構造物とアクセスルートの位置関係及び外観

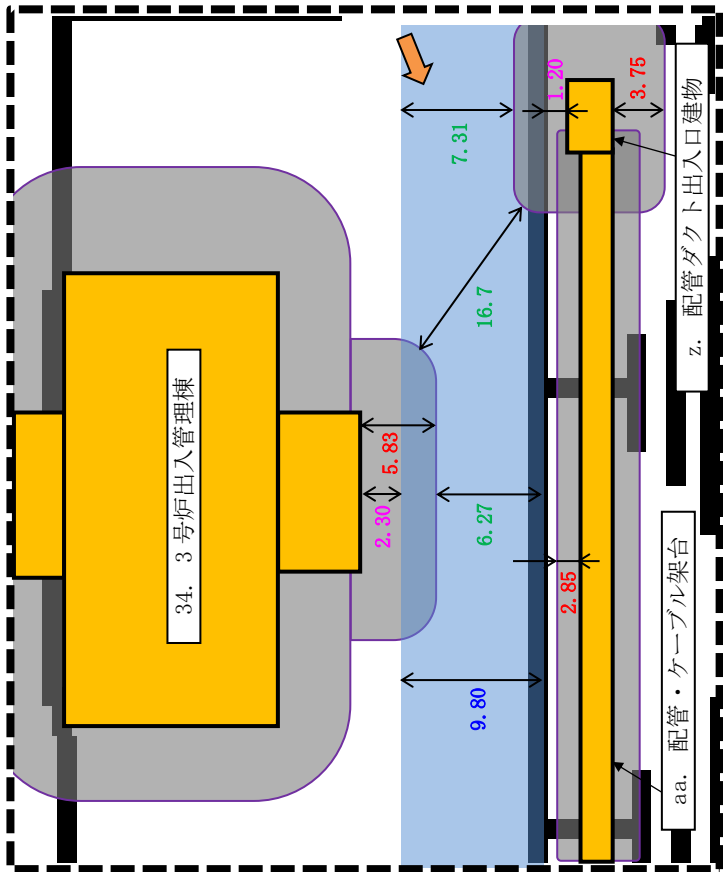
本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



全体図



外観



拡大図

【凡例】

- : アクセスルート (車両・要員) ■ 赤字 : 建物及び構造物高さ
- : 建物, 構造物 ■ 青字 : アクセスルート幅
- : 構造物損壊範囲 ■ 桃字 : アクセスルートまでの距離
- ➔ : 撮影方向 ■ 緑字 : 通行可能幅

第7図 3号炉出入管理棟等の建物及び構造物の位置関係及び外観

5. 保管場所及びアクセスルート周辺構造物の耐震評価

保管場所及びアクセスルート周辺の構造物のうち①周辺構造物の損壊(建物、鉄塔等)及び②周辺タンク等の損壊について、基準地震動S_sによる影響確認が必要な構造物を第8、9表のとおり抽出した。

第8表 保管場所及びアクセスルート周辺構造物の耐震評価の一覧表
(1/2)

No. ※1	名称	耐震設計・評価 方針分類	条文 要求	評価 区分	外装材 被害の 有無	外装材 以外の 被害の 有無
1※2	緊急時対策所	S _s 機能維持	○	工事認可	無	無
6	ガスタービン発電機建物	S _s 機能維持	○	工事認可	無	無
18	1号炉原子炉建物	波及的影響評価	○	工事認可	無	—
19	1号炉廃棄物処理建物	波及的影響評価	○	工事認可	無	—
20	2号炉原子炉建物	Sクラス	○	工事認可	無	無
21	2号炉廃棄物処理建物	S _s 機能維持	○	工事認可	無	—
22	2号炉タービン建物	S _s 機能維持	○	工事認可	無	—
30	2号炉排気筒モニタ室	波及的影響評価	○	工事認可	無	—
A※2	通信用無線鉄塔	耐震評価	—	工事認可	—	—
B※2	統合原子力防災NW用屋外アンテナ	S _s 機能維持	○	工事認可	—	—
F	2号炉開閉所防護壁	耐震評価	—	工事認可	—	—
G※2,3	輪谷貯水槽(西1)	耐震評価	—	工事認可※6	—	—
H※2,3	輪谷貯水槽(西2)	耐震評価	—	工事認可※6	—	—
I※3	輪谷貯水槽(東1)	耐震評価	—	工事認可※6	—	—
J※3	輪谷貯水槽(東2)	耐震評価	—	工事認可※6	—	—
K	66kV鹿島支線No.2-1鉄塔	耐震評価	—	工事認可	—	—
M※2	220kV第二島根原子力幹線No.1鉄塔	耐震評価	—	工事認可	—	—
N※2	220kV第二島根原子力幹線No.2鉄塔	耐震評価	—	工事認可	—	—
O	第2-66kV開閉所屋外鉄構	耐震評価	—	工事認可	—	—
P※3,4,5	ガスタービン発電機用軽油タンク	S _s 機能維持	○	工事認可	—	—
b※3	1号炉復水貯蔵タンク	耐震評価	—	工事認可※6	—	—
d	防火壁	耐震評価	—	工事認可	—	—
h	低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽※8	S _s 機能維持	○	工事認可	—	—
i	第1ベントフィルタ格納槽※8	S _s 機能維持	○	工事認可	—	—
j	補助消火水槽※8	耐震評価	—	工事認可	—	—
k	B-ディーゼル燃料貯蔵タンク※8	S _s 機能維持	○	工事認可	—	—
l※3	2号炉復水貯蔵タンク	耐震評価	—	工事認可※6	—	—
m※3	2号炉補助復水貯蔵タンク	耐震評価	—	工事認可※6	—	—
n※3	2号炉トラス水受入タンク	耐震評価	—	工事認可※6	—	—
o	2号炉排気筒	S _s 機能維持	○	工事認可	—	—
p	燃料移送ポンプエリア竜巻防護対策設備	波及的影響評価	○	工事認可	—	—

第8表 保管場所及びアクセスルート周辺構造物の耐震評価の一覧表
(2/2)

No. ※1	名称	耐震設計・評価 方針分類	条文 要求	評価 区分	外装材 被害の 有無	外装材 以外の 被害の 有無
r	取水槽除じん機エリア防水壁	Sクラス	○	工事認可	—	—
s	取水槽海水ポンプエリア防水壁	波及的影響評価	○	工事認可	—	—
w	取水槽ガントリクレーン※9	波及的影響評価	○	工事認可	—	—
x	1号炉排気筒	波及的影響評価	○	工事認可	—	—
y	防波壁	Sクラス	○	工事認可	—	—
gg	第二輪谷トンネル	耐震評価	—	工事認可	—	—
hh※12	連絡通路	耐震評価	—	工事認可	—	—
—※2	免震重要棟	耐震評価	—※10	工事認可※7	無	無
—※2	免震重要棟遮蔽壁	波及的影響評価	○	工事認可	—	—
—※2,3	非常用ろ過水タンク	耐震評価	—	工事認可※6	—	—
—※4	第2予備変圧器	耐震評価	—	工事認可	—	—
—※4	重油移送配管	耐震評価	—	工事認可	—	—
—※3,4	重油タンク (No. 1, 2, 3) ※11	耐震評価	—	工事認可	—	—
—※3	3号炉復水貯蔵タンク	耐震評価	—	工事認可※6	—	—
—※3	3号炉補助復水貯蔵タンク	耐震評価	—	工事認可※6	—	—

注：対象は地震による保管場所及びアクセスルートへの影響評価のうち①周辺構造物の損壊（建物、鉄塔等）及び②周辺タンク等の損壊において、耐震Sクラス及び基準地震動Ssにより倒壊に至らない事を確認する必要があるものを抽出。

耐震設計・評価方針分類ごとの耐震設計方針、耐震評価方針については第9表に示す。

条文要求の「○」は「設置許可基準規則」第四条及び第三十九条並びに「技術基準規則」第五条及び第五十条で適合性を説明するもの。「—」は「工事計画—添付資料—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補足説明資料」若しくは「設置許可基準規則」第九条及び「技術基準規則」第十二条に評価結果を記載する。外装材及び外装材以外の被害想定の詳細は別紙(37)に示す。

※1：第1表、第2表による管理番号を示す。

※2：3. (3)a. ①周辺構造物の損壊（建物、鉄塔等）において、耐震Sクラス及び基準地震動Ssにより倒壊に至らない事を確認する必要があるものを示す。

※3：4. (4)②e. タンクからの溢水及び別紙(33)に示す溢水伝播挙動評価において、耐震Sクラス及び基準地震動Ssにより倒壊に至らない事を確認する必要があるものを示す。

※4：4. (4)②b. 可燃物施設の損壊において、耐震Sクラス及び基準地震動Ssにより倒壊に至らない事を確認する必要があるものを示す。

※5：3. (3)a. ②(a)可燃物施設の損壊において、耐震Sクラス及び基準地震動Ssにより倒壊に至らない事を確認する必要があるものを示す。

※6：「設置許可基準規則」第九条及び「技術基準規則」第十二条において基準地震動Ssによる地震力に対し、耐震性を説明するもの。

※7：別紙(37)にて耐震性を確認する。

※8：地上入口部を示す。

※9：2号炉取水槽上における影響評価結果を示す。

※10：免震重要棟は、「設置許可基準規則」に基づく発電用原子炉施設（設計基準対象施設又は重大事故等対処設備）には該当しない。免震重要棟は、夜間及び休日（平日の勤務時間帯以外）における初動対応要員の待機場所として、並びに重大事故等発生時においては、緊急時対策要員のうち交替・待機要員の待機場所として使用する。

※11：溢水防止壁を示す。

※12：土石流及び送電線の垂れ下がりによる影響を受けないアクセスルート。

第9表 耐震設計・評価方針

分類	設計方針	評価方針
Sクラス	耐震Sクラスとして設計する。	「設置許可基準規則」第四条及び第三十九条並びに「技術基準規則」第五条及び第五十条の適合性説明資料に基づき評価を実施する。
S s機能維持	基準地震動 S s による地震力に対して、安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。	
波及的影響評価	耐震重要度分類の上位のクラスに属する施設に波及的影響によって、安全機能を損なわせることのないように設計する。	
耐震評価	基準地震動 S s による地震力によって、倒壊しない設計とする。	<p>【建物^{※1}，鉄塔^{※2}，構造物^{※3}】 第10表に示す。</p> <p>【構造物^{※4}】 「設置許可基準規則」第九条及び「技術基準規則」第十二条において説明する。</p>

※1：免震重要棟

※2：通信用無線鉄塔，66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔，220kV 第二島根原子力幹線 No. 1 鉄塔，220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔，第2-66kV 開閉所屋外鉄構

※3：2号炉開閉所防護壁，防火壁，補助消火水槽，第二輪谷トンネル，第2予備変圧器，重油移送配管，重油タンク（No. 1, 2, 3），連絡通路

※4：輪谷貯水槽（西1），輪谷貯水槽（西2），輪谷貯水槽（東1），輪谷貯水槽（東2），1号炉復水貯蔵タンク，2号炉復水貯蔵タンク，2号炉補助復水貯蔵タンク，2号炉トラス水受入タンク，非常用ろ過水タンク，3号炉復水貯蔵タンク，3号炉補助復水貯蔵タンク

第8,9表で抽出した構造物のうち，耐震設計・評価方針分類が「耐震評価」の構造物（「設置許可基準規則」第九条及び「技術基準規則」第十二条において耐震性を説明するものを除く。）の耐震評価方針を第10表に示す。

このうち，免震重要棟の評価方針，評価結果を別紙（37）で示す。その他の構造物の評価結果については詳細設計段階で示す。

第10表 保管場所及びアクセスルート周辺構造物の耐震評価方針（1／2）

名称	評価方法	評価基準
通用無線鉄塔	基準地震動S _s を用いた地震応答解析に基づき、上部構造及び基礎の応力評価を実施する。	上部構造及び基礎の発生応力が、許容応力以下であることを確認する。 ※ ²
66kV 鹿島支線 No.2-1 鉄塔		
220kV 第二島根原子力幹線 No.1 鉄塔		
220kV 第二島根原子力幹線 No.2 鉄塔		
第2 - 66kV 開閉所屋外鉄構		
2号炉開閉所防護壁	基準地震動S _s を用いた地震応答解析に基づき、防護壁（鋼構造）の照査を実施する。	曲げ及びせん断照査において、許容応力以下であることを確認する。 ※ ³
防火壁	基準地震動S _s を用いた地震応答解析に基づき、防護壁（鋼構造）の照査を実施する。	曲げ及びせん断照査において、許容応力以下であることを確認する。 ※ ³
補助消火水槽※ ¹	基準地震動S _s を用いた地震応答解析に基づき、入口部（RC構造）の照査を実施する。	曲げ照査においては曲げ耐力、限界層間変形角又は圧縮縁コンクリート限界ひずみに対して、せん断照査においてはせん断耐力に対して許容値以下であることを確認する。 ※ ⁴
第二輪谷トンネル	基準地震動S _s を用いた地震応答解析に基づき、RC構造の照査を実施する。	曲げ照査においては曲げ耐力、限界層間変形角又は圧縮縁コンクリート限界ひずみに対して、せん断照査においてはせん断耐力に対して許容値以下であることを確認する。 ※ ⁴
連絡通路※ ⁵	基準地震動S _s を用いた地震応答解析に基づき、RC構造の照査を実施する。	曲げ照査においては曲げ耐力、限界層間変形角又は圧縮縁コンクリート限界ひずみに対して、せん断照査においてはせん断耐力に対して許容値以下であることを確認する。 ※ ⁴

※¹：地上入口部を示す。

※²：JSME S NC1-2005/2007, 「電気設備の技術基準」(1997), JEAG4601-1987 他に準拠して評価する。

※³：「鋼構造設計規程 - 許容応力度設計法 -」(日本建築学会, 2005) に準拠して評価する。

※⁴：「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル」(土木学会, 2005) に準拠して評価する。

※⁵：土石流及び送電線の垂れ下がりによる影響を受けないアクセスルート。

第10表 保管場所及びアークセスルート周辺建造物の耐震評価方針（2/2）

名称	評価方法	評価基準
免震重要棟	基準地震動S _s を用いた地震応答解析に基づき、上部構造及び免震装置の応答について評価を実施する。	上部構造の層間変形角及び免震装置のせん断ひずみ ^{※1, 2} が評価基準値以下であることを確認する。
第2予備変圧器	基準地震動S _s を用いた地震応答解析に基づき、基礎金具について応力評価を実施する。	基礎金具の発生応力が、基礎金具の許容応力以下であることを確認する。 ^{※4}
重油移送配管	基準地震動S _s を用いた地震応答解析に基づき、配管及び支持建造物の応力評価を実施する。	配管及び支持建造物の発生応力が、許容応力以下であることを確認する。 ^{※5}
重油タンク (No. 1, 2, 3) ^{※3}	基準地震動S _s を用いた地震応答解析に基づき、溢水防止壁 (RC 構造) に対する照査を実施する。	曲げ及びせん断照査において、許容応力以下であることを確認する。 ^{※6}

※1：「鉄筋コンクリート建造物の耐震性能評価指針（案）・同解説」（社）日本建築学会）において、壁フレーム構造の安全限界状態とされる層間変形角の値。

※2：「免震構造の試評価例及び試設計例」（独）JNES, 2014）における設計目標値。

※3：溢水防止壁を示す。

※4：JEAC 4601-2008, JEAG 5003-2010, JSME S NJI-2011 に準拠して評価する。

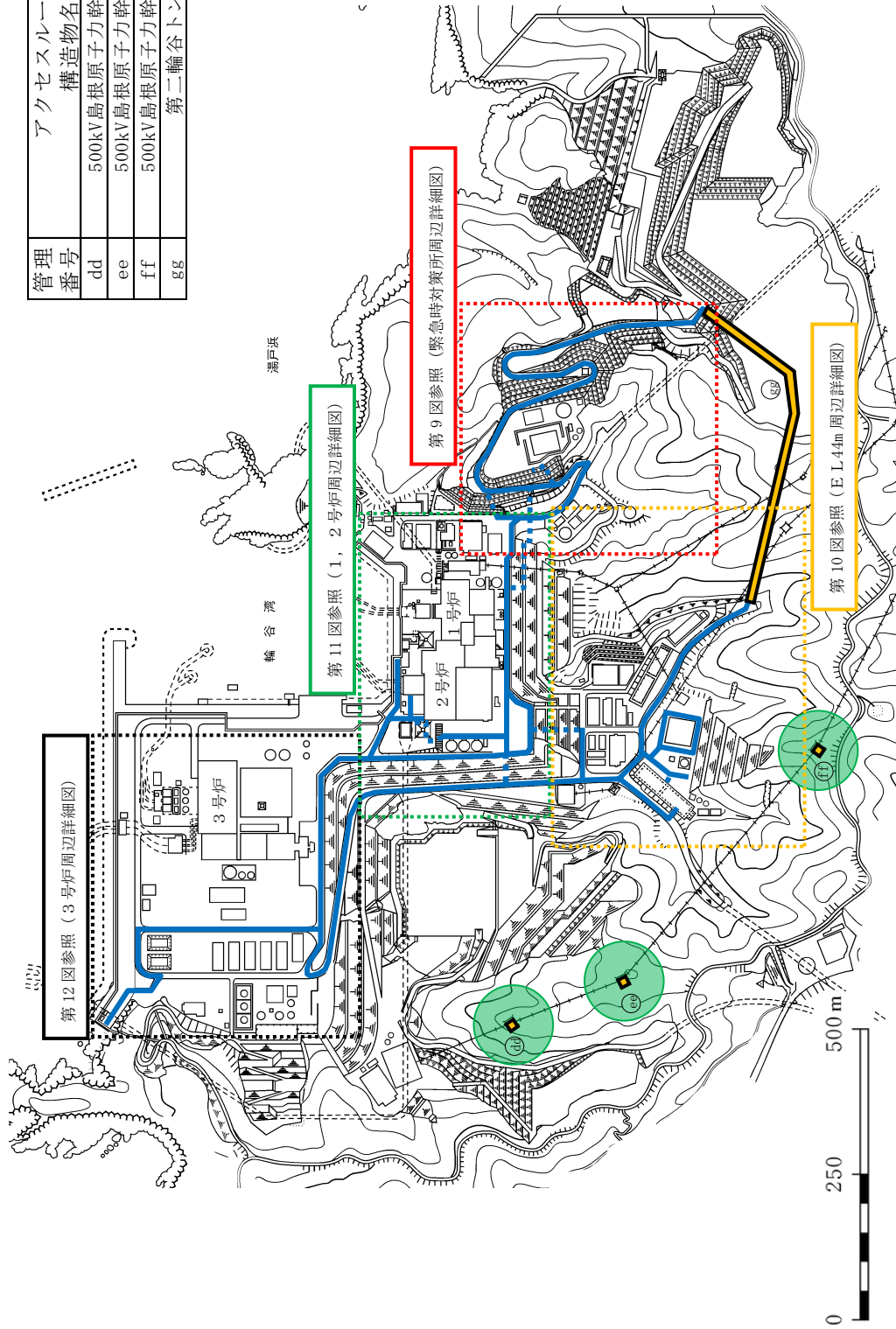
※5：JEAG4601-1987, JEAG4601・補-1984, JEAG4601-1991 追補版, JSME S NC1-2005/2007 に準拠して評価する。

※6：「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」（土木学会, 2002）に準拠して評価する。

敷地内構造物等の損壊時の影響範囲

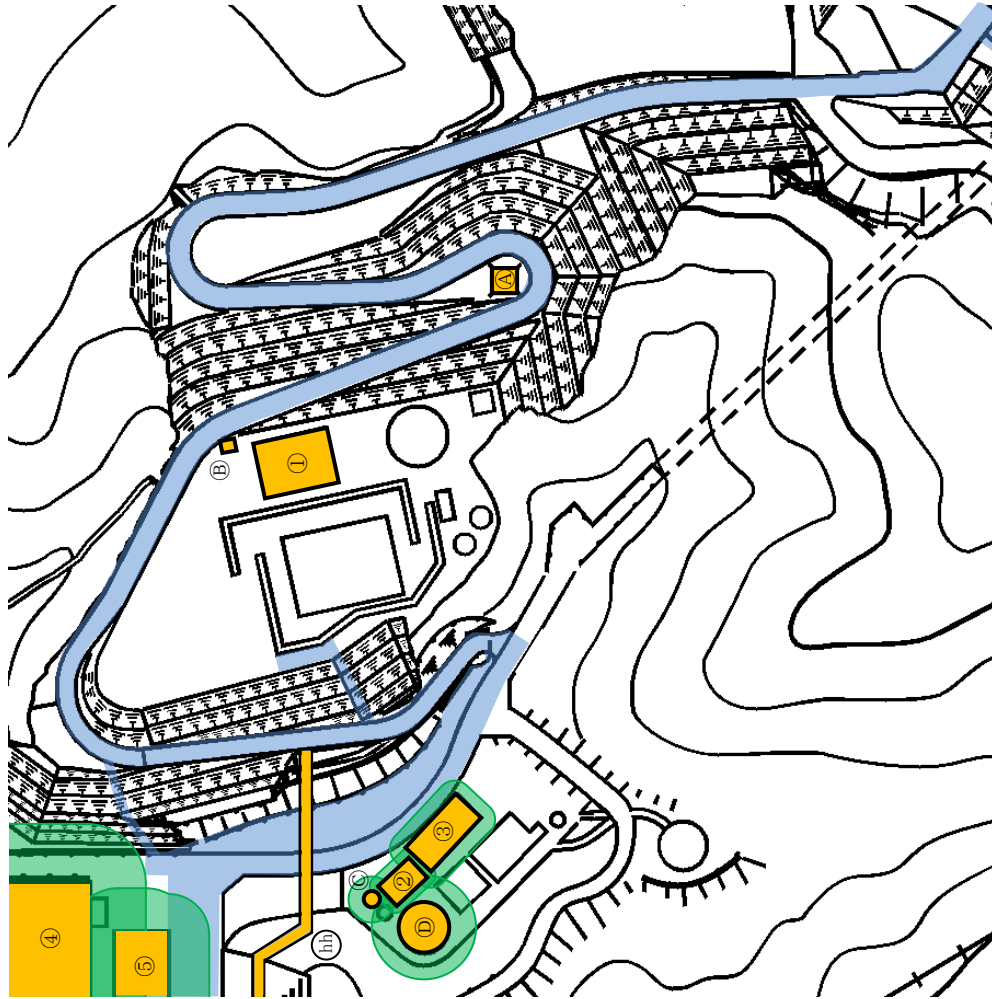
敷地内構造物等の損壊時の影響範囲を第 8 図～第 12 図に示す。

管理番号	アクセスルート周辺
dd	構造物名称
ee	500kV島根原子力幹線No.1鉄塔
ff	500kV島根原子力幹線No.2鉄塔
gg	500kV島根原子力幹線No.3鉄塔
	第二輪谷トンネル

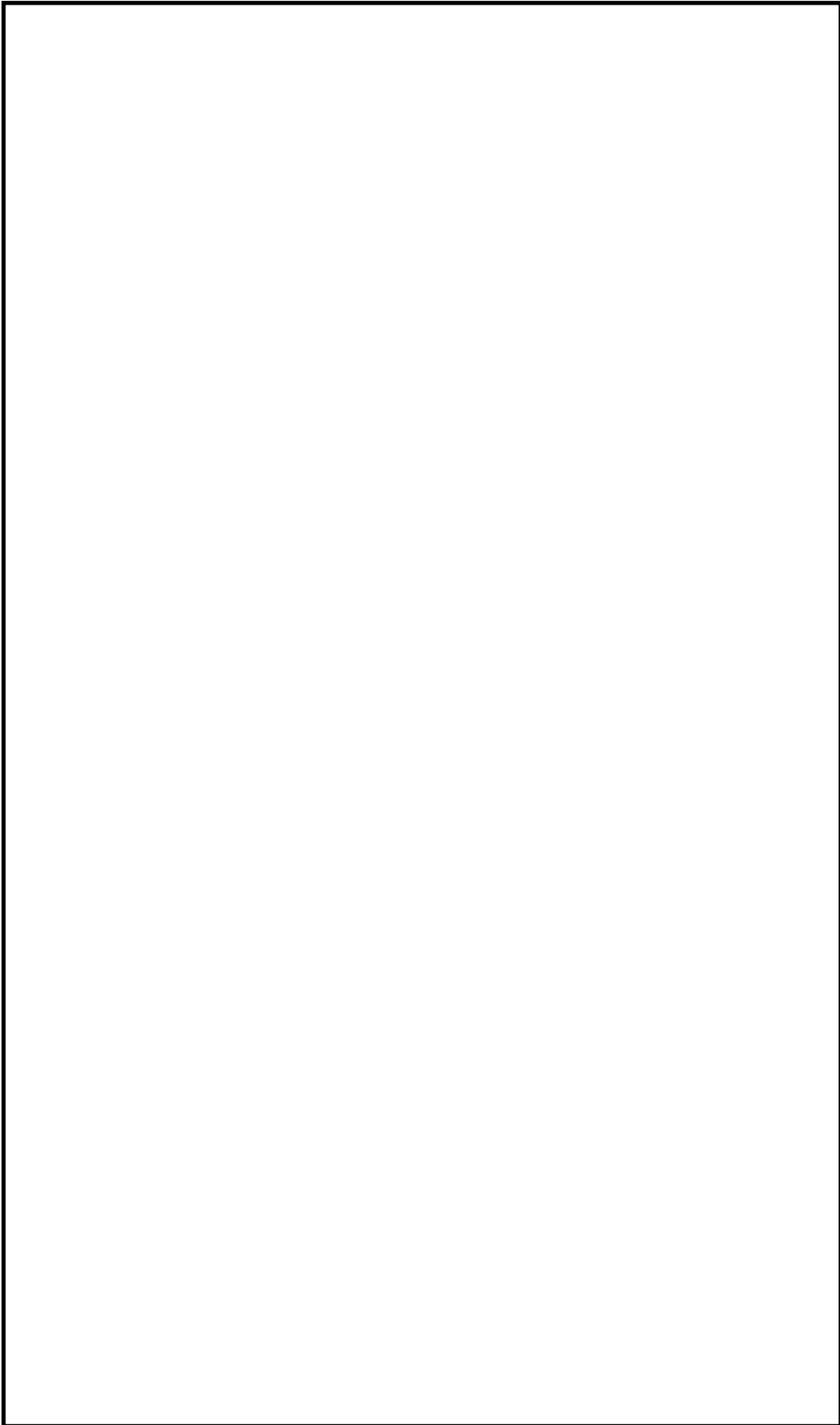


第8図 構造物等の損壊時の影響範囲（発電所全体）

管理番号	アクセスルート周辺 構造物名称
1	緊急時対策所
2	1号水ろ過装置室
3	技術訓練棟2号館
4	管理事務所1号館
5	管理事務所2号館
A	通信用無線鉄塔
B	統合原子力防災NW用屋外アンテナ
C	除だく槽設備
D	1号ろ過水タンク
hh	連絡通路

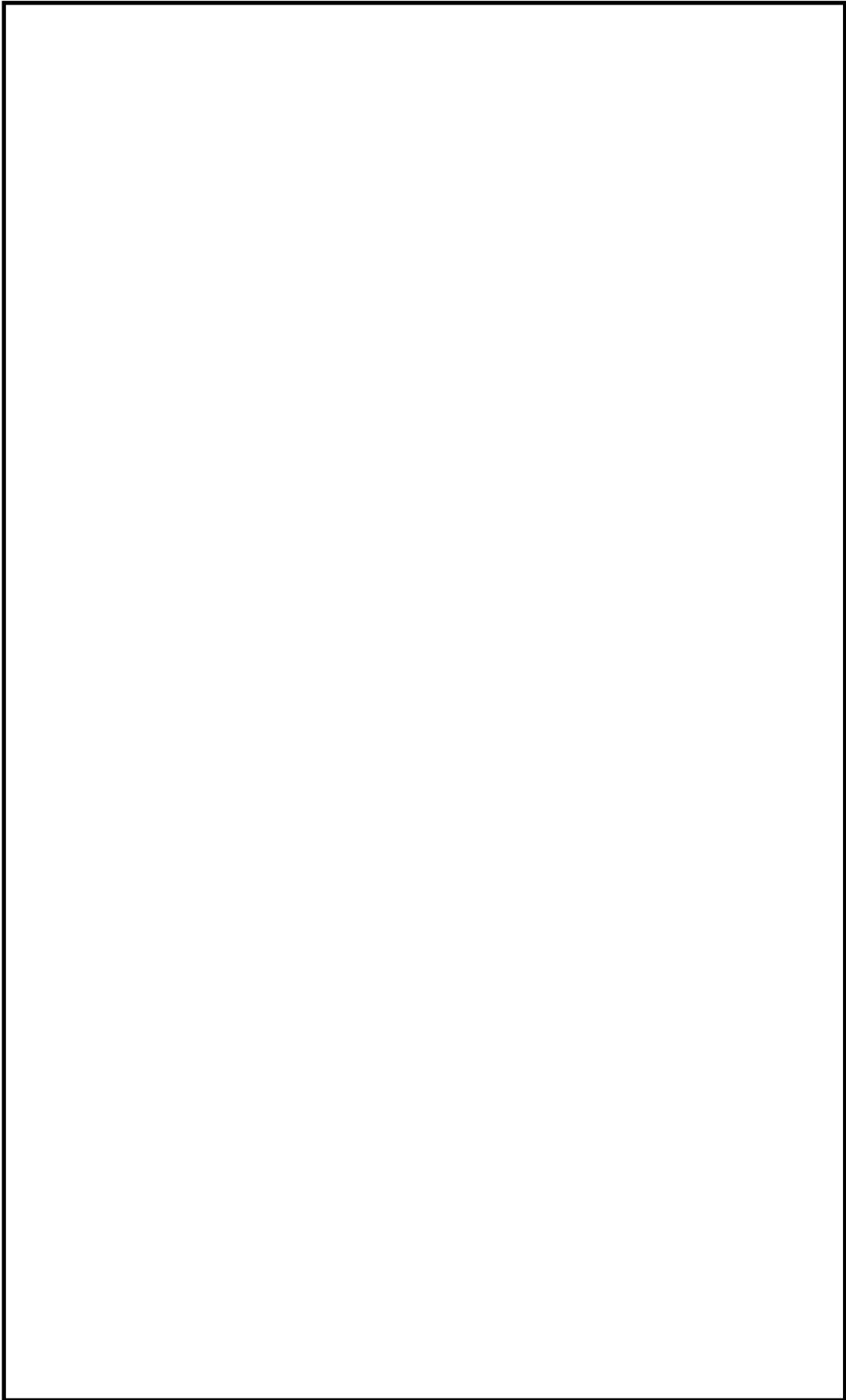


第9図 構造物等の損壊時の影響範囲（緊急時対策所周辺詳細図）



第10図 構造物等の損壊時の影響範囲 (E.L.44m.周辺詳細図)

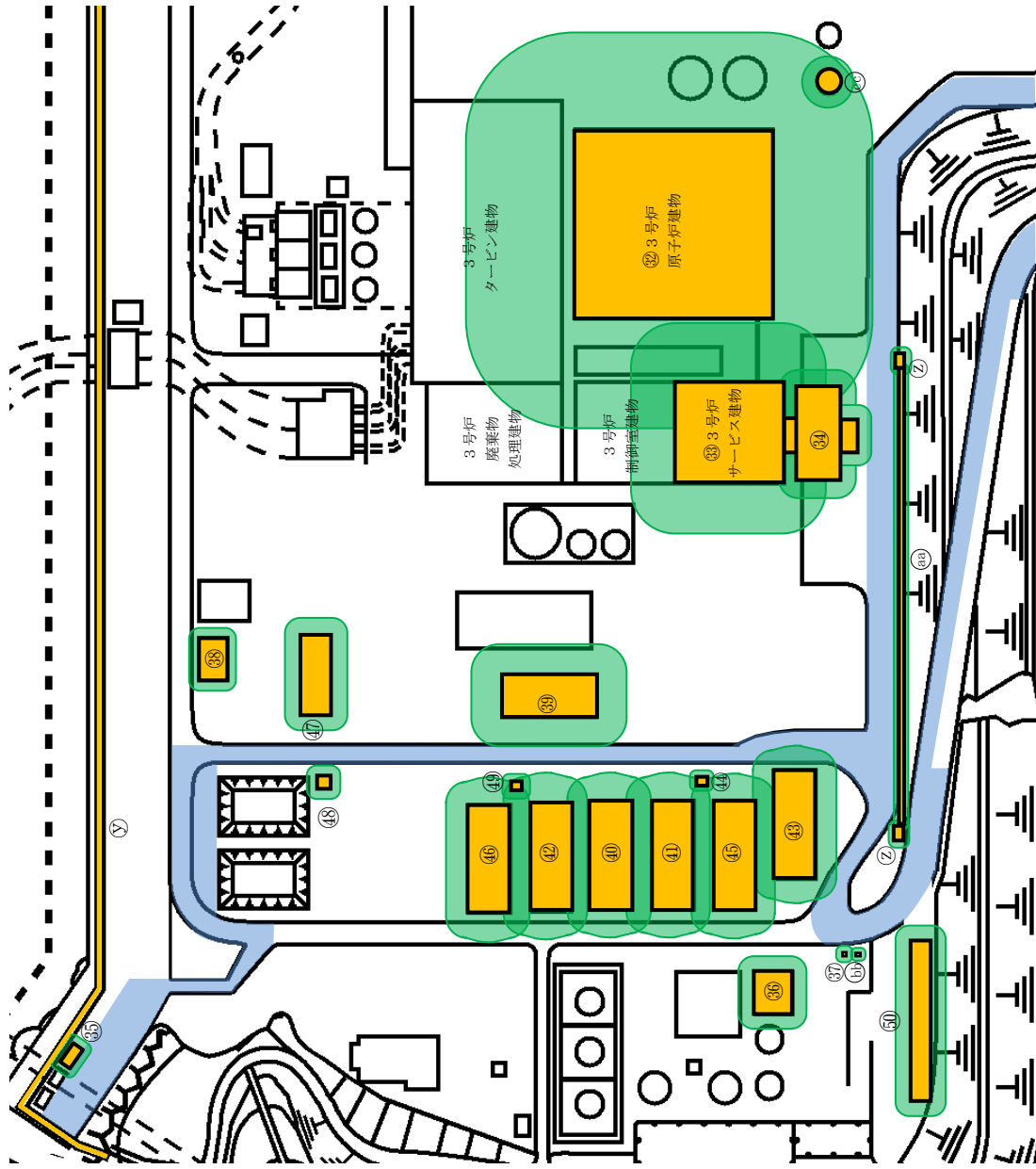
本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



第11図 構造物等の損壊時の影響範囲（1，2号炉周辺詳細図）

本資料のうち，枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

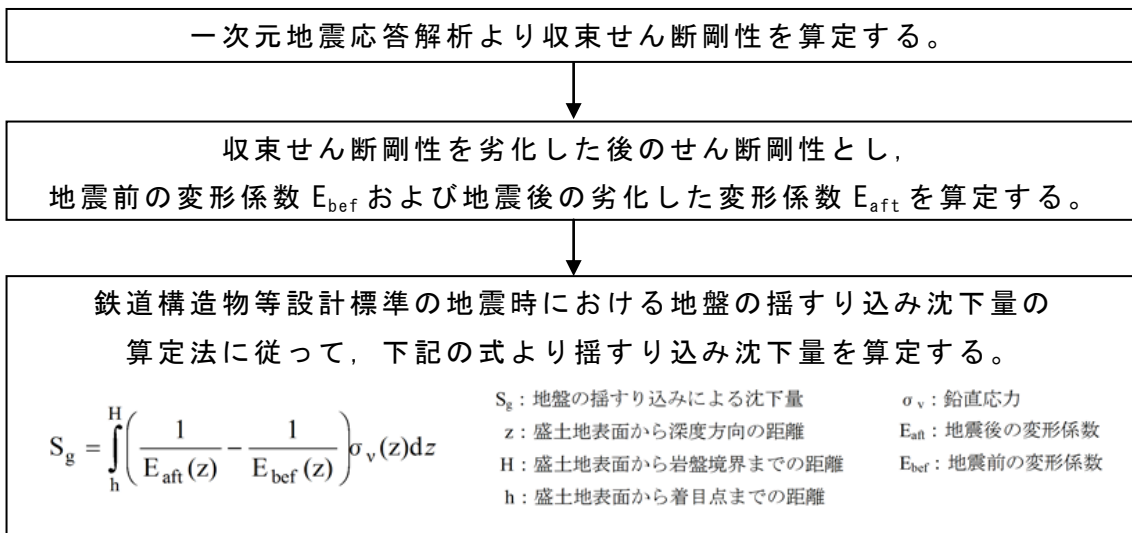
管理番号	アクセスルート周辺 構造物名称
32	3号炉原子炉建物
33	3号炉サービス建物
34	3号炉出入管理棟
35	放水路モニタ建物
36	給水設備建物
37	野外放射線モニタ関係資材倉庫
38	第1危険物倉庫
39	3号炉補機海水系ポンプメンテナンス建物
40	7号倉庫
41	8号倉庫
42	9号倉庫
43	10号倉庫
44	資材倉庫
45	新2号倉庫
46	恒常物品保管倉庫
47	協力企業A社倉庫1
48	協力企業A社倉庫2
49	協力企業A社倉庫3
50	協力企業C社事務所2
y	防波壁
z	配管ダクト出入口建物
aa	配管・ケープル架台
bb	訓練用模擬水槽
cc	非常用ディーゼル発電設備軽油タンク(B)



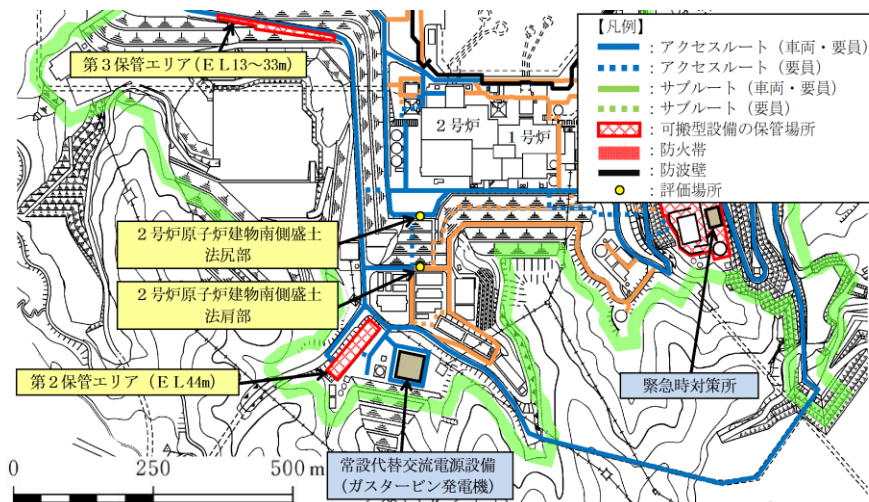
第12図 構造物等の損壊時の影響範囲（3号炉周辺詳細図）

揺すり込み沈下の影響評価

1. 揺すり込み沈下率について：（参考）鉄道構造物等設計標準による評価
 - ・不飽和地盤の揺すり込みによる沈下量を，「鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物，2007」に示されている方法に基づき算定した。
 - ・結果，沈下率は最大 1.72%であり，海野ら（2006）の方法により算定した沈下率より小さいことから，3. (4)c. ⑤ (a)にて設定した沈下率 3.5%は十分に保守的であるといえる。



第 1 図 鉄道構造物等設計標準・同解説による評価フロー



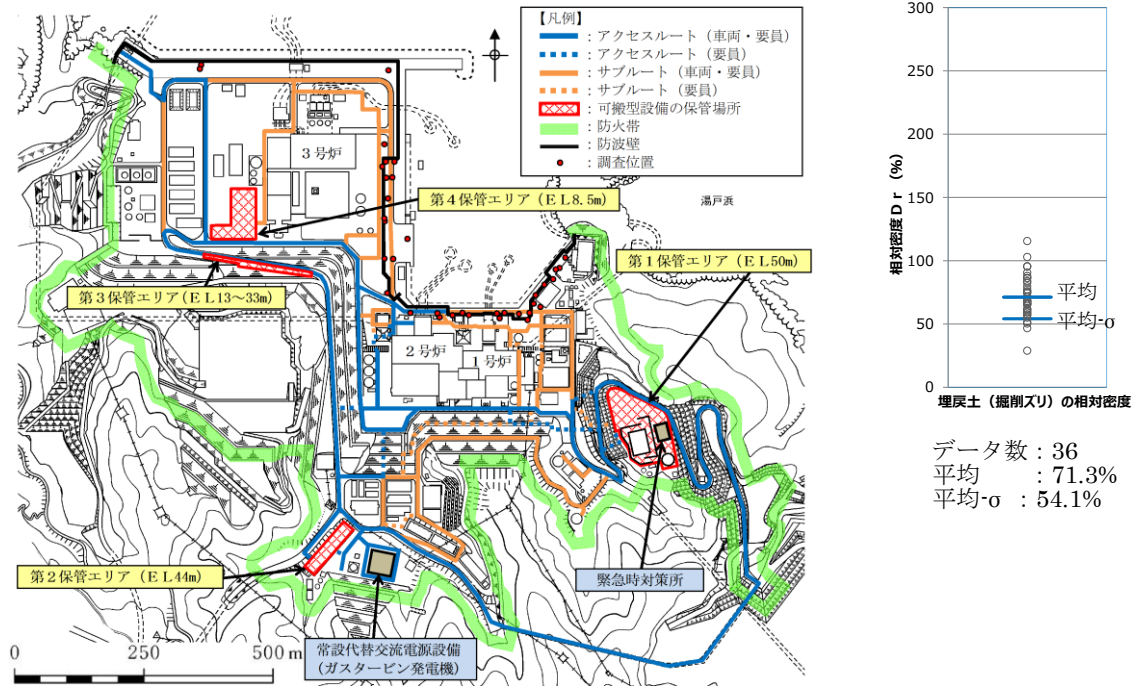
第 2 図 評価場所位置図

第 1 表 揺すり込み沈下による体積ひずみ算定結果

評価場所		算定結果	
2号炉原子炉 建物南側盛土	法尻部	揺すり込み沈下量 (cm)	25.8
		地盤の層厚 (m)	15.0
		揺すり込み沈下による 体積ひずみ (%)	1.72
	法肩部	揺すり込み沈下量 (cm)	45.4
		地盤の層厚 (m)	31.0
		揺すり込み沈下による 体積ひずみ (%)	1.47

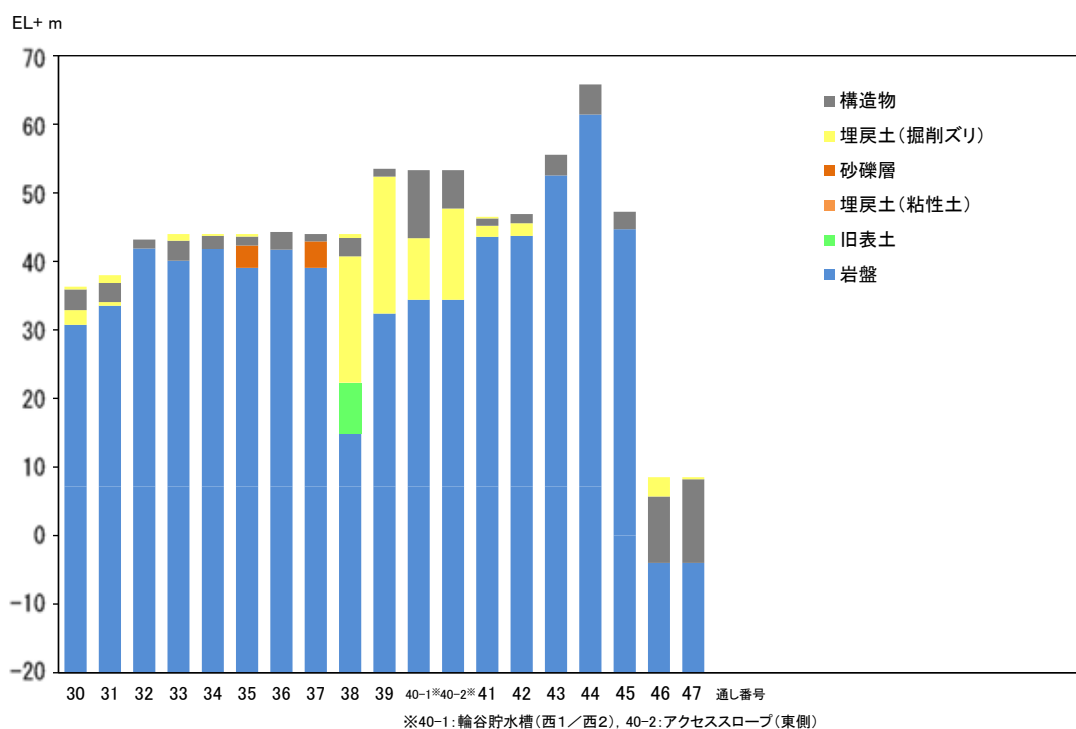
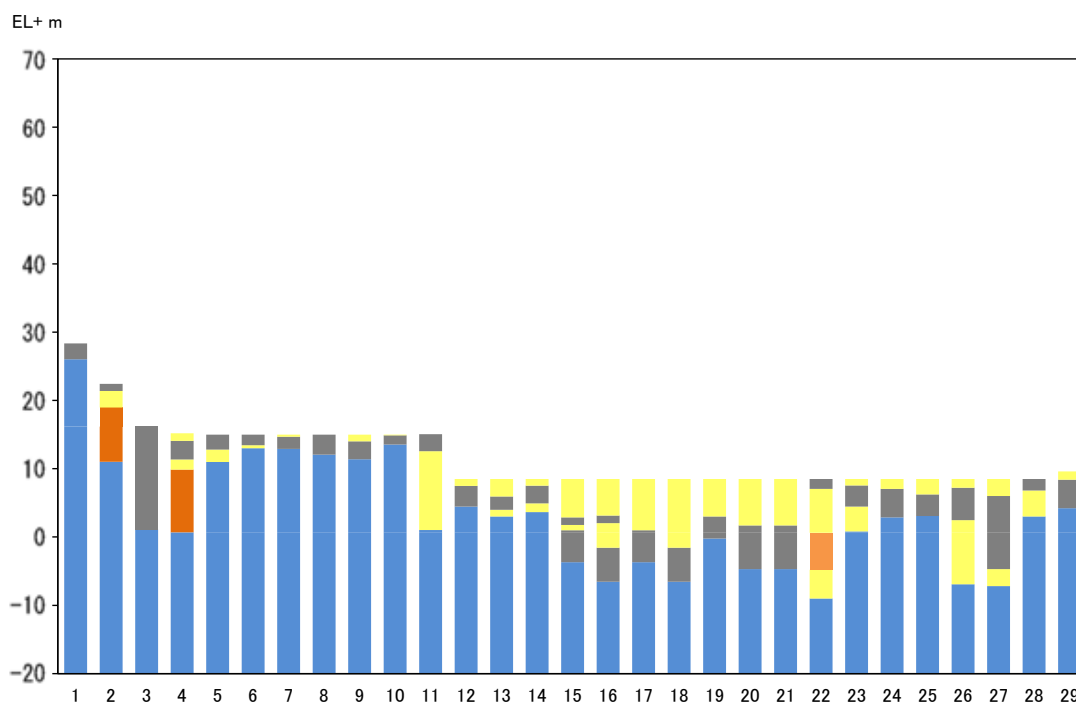
2. 埋戻土（掘削ズリ）の相対密度

- ・埋戻土（掘削ズリ）の相対密度の調査位置及び調査結果を第3図に示す。
- ・埋戻土（掘削ズリ）の相対密度は、平均で71.3%となり、ばらつきを考慮すると54.1%となる。



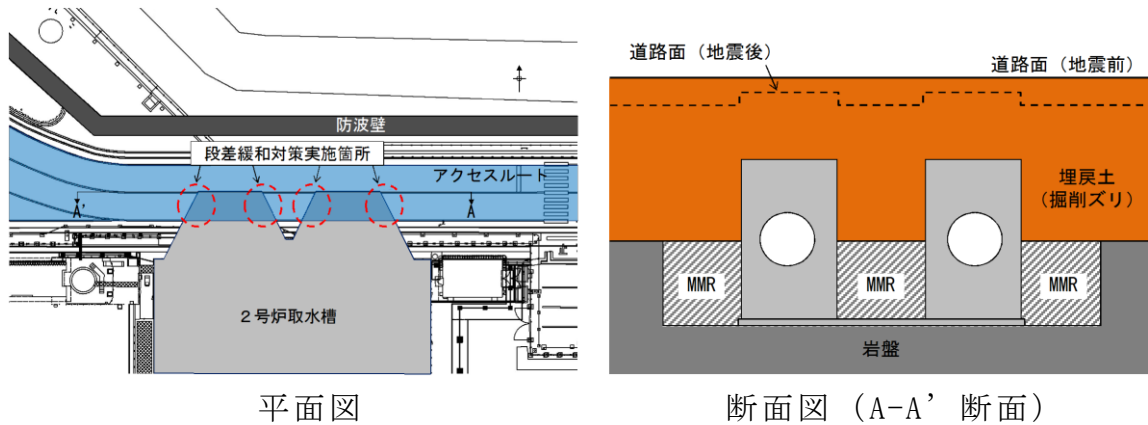
第3図 埋戻土（掘削ズリ）の相対密度の調査位置及び調査結果

3. 段差評価位置の地質構成



第 4 図 段差評価位置の地質構成

4. 2号炉取水槽（取水管取合部）に発生する段差への対応
- ・ 段差評価の結果，段差が比較的大きく復旧箇所が複数ある2号炉取水槽（取水管取合部）への対応について検討した。
 - ・ 2号炉取水槽（取水管取合部）は，事前に段差緩和対策を行うことでアクセスルートを確認する。（別紙(30)参照）

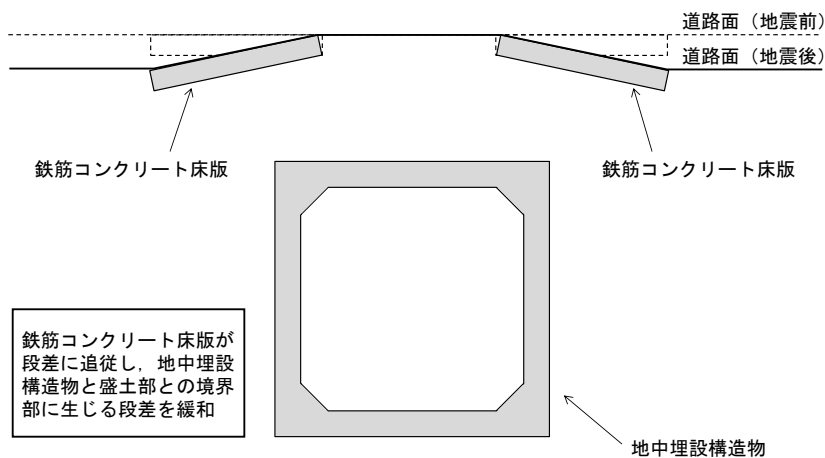
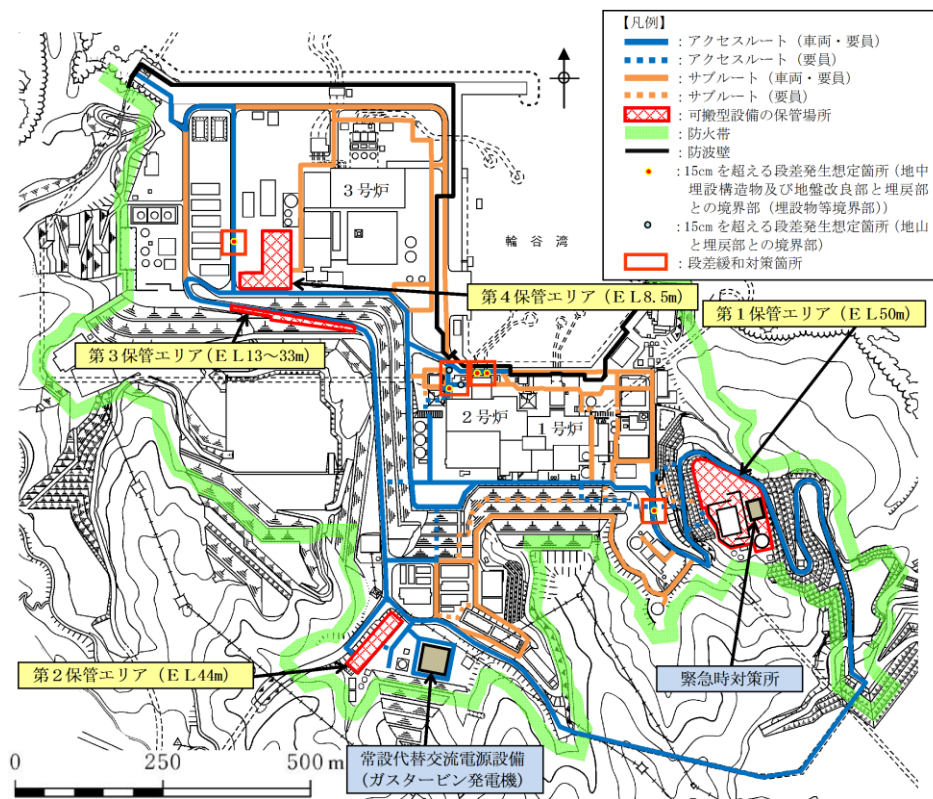


第5図 2号炉取水槽（取水管取合部）周辺状況

路盤補強 (段差緩和対策) について

アクセスルートにおいて、第1図に示す15cmを超える段差発生が想定される箇所がある。これらの箇所に対し、仮復旧を行わずに可搬型設備が2号炉まで寄りつくことが可能となるよう、あらかじめ段差緩和対策を行う。なお、段差緩和対策の評価結果は詳細設計段階で示す。

第2図に段差緩和対策例を示す。



第2図 段差緩和対策例 (沈下後)

路盤補強（段差緩和対策）の例として，鉄筋コンクリート床版による路盤補強を代表として以下に示す。

1. 評価方針

地中埋設構造物及び地盤改良部と埋戻部との境界部（埋設物等境界部）及び地山と埋戻部との境界部に段差が発生した状態を想定し，可搬型設備の通行時に鉄筋コンクリート床版に作用する曲げ応力，せん断力及びその合力が評価基準値を下回ることを確認する。

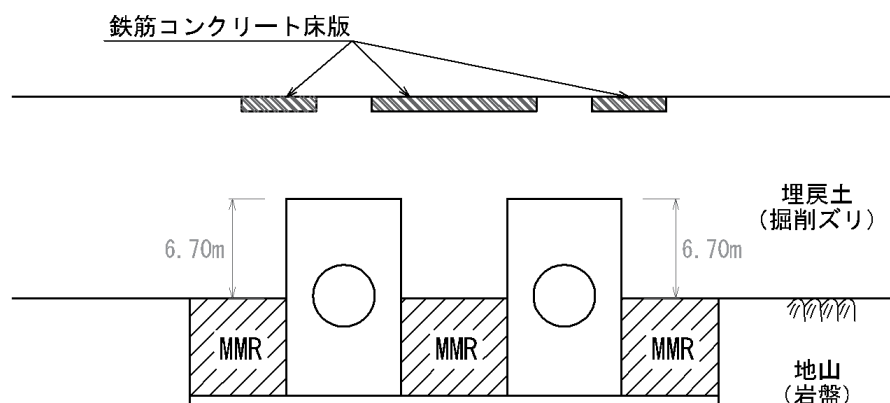
2. 評価箇所の抽出

路盤補強（段差緩和対策）を実施する地点のうち，復旧箇所が複数ある2号炉取水槽（取水管取合部）を代表箇所として選択する。

3. 評価方法

a. 構造

評価箇所（2号炉取水槽（取水管取合部））の断面図を第3図に示す。



第3図 評価箇所断面図

b. 評価条件

- ・鉄筋 SD345
- ・コンクリート 設計基準強度 24N/mm²

c. 荷重の設定

① 死荷重

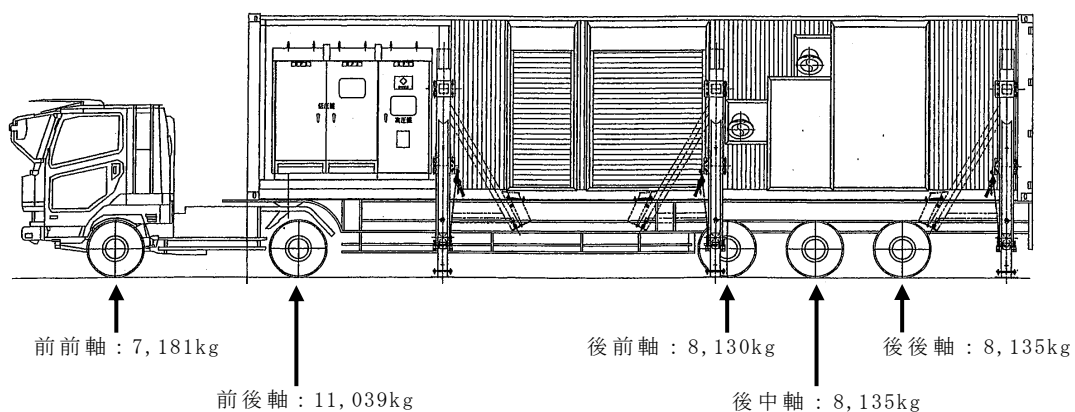
- アスファルト舗装
- 鉄筋コンクリート床版

今後の設計等により変更となる可能性がある

②活荷重

移動式代替熱交換設備

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



第4図 移動式代替熱交換設備

前前軸荷重 = 7,181kg

前後軸荷重 = 11,039kg

後前軸荷重 = 8,130kg

後中軸荷重 = 8,135kg

後後軸荷重 = 8,135kg

衝撃荷重は、「道路橋示方書・同解説 I 共通編（平成 14 年 3 月）」に基づき設定する。

d. 評価基準値

鉄筋コンクリート床版に関する評価基準値は、「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編（平成 14 年 3 月）」に基づき設定する。

保管場所及び屋外のアクセスルートが斜面の地震時の安定性評価について

<目 次>

1. 評価概要
2. 評価フロー
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
 - 3.1 離隔距離の考え方
 - 3.2 他の条文で評価を行う斜面との関連性
4. 液状化範囲の検討
 - 4.1 液状化範囲の検討フロー
 - 4.2 2号炉南側盛土斜面
 - 4.3 33m盤盛土斜面
 - 4.4 才津谷土捨場盛土斜面
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
6. 評価対象断面の選定及びすべり安定性評価
 - 6.1 評価フロー（詳細）
 - 6.2 選定方法
 - 6.3 グループA（岩盤斜面，法尻標高 T. P. +15m 以下）
 - 6.4 グループB（盛土斜面，法尻標高 T. P. +15m 以下）
 - 6.5 グループC（岩盤斜面，法尻標高 T. P. +33～50m）
 - 6.6 グループD（盛土斜面，法尻標高 T. P. +88m）
 - 6.7 対策工（切取）を実施した斜面
 - 6.8 対策工（抑止杭）を実施した斜面
7. その他の検討
 - 7.1 鉄塔が設置されている斜面の安定性評価
 - 7.2 岩盤斜面と盛土斜面の同時崩壊検討
 - 7.3 応力状態を考慮した検討
 - 7.4 対策工（抑止杭）に関する詳細検討

（参考-1） 評価対象斜面の選定理由（詳細）

（参考-2） すべり安定性評価の基準値の設定について

1. 評価概要

可搬型重大事故等対処設備（以下、「可搬型設備」という。）の保管場所及び同設備の運搬道路（以下、「アクセスルート」という。）に関する要求事項と、その適合状況を第1-1表に示す。

第1-1表 保管場所及びアクセスルートに関する要求事項とその適合状況

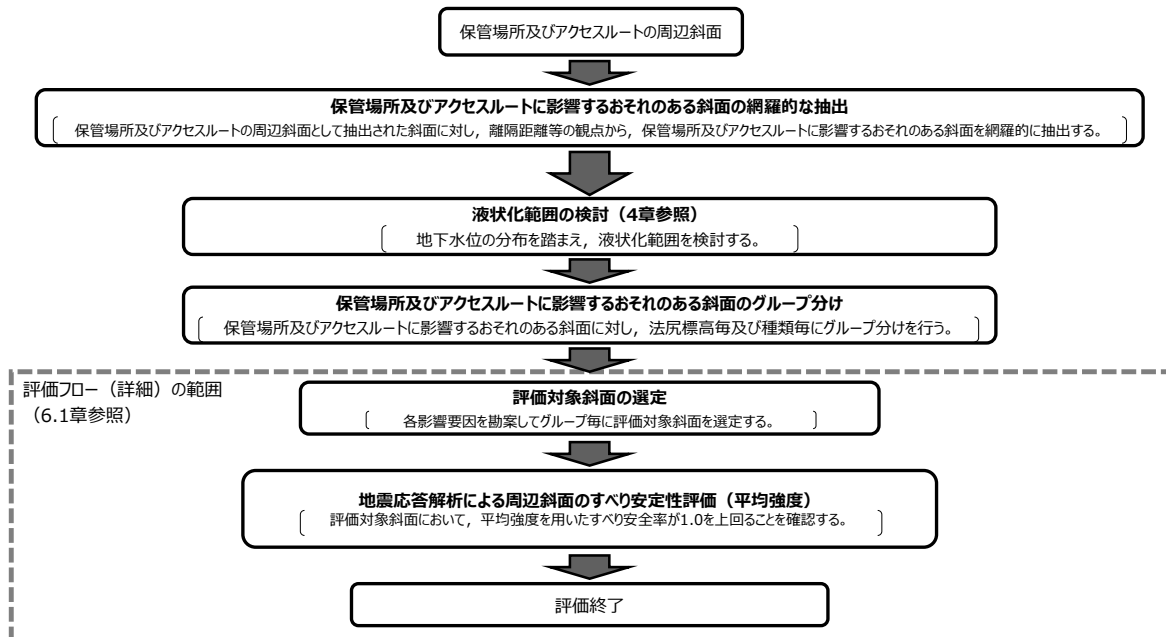
設置許可基準規則第四十三条（重大事故等対処設備）

	新規制基準の項目	適合状況概要
第3項	五 地震、津波その他の自然現象又は故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムによる影響、設計基準事故対処設備及び重大事故等対処設備の配置その他の条件を考慮した上で常設重大事故等対処設備と異なる保管場所に保管すること。	可搬型設備は、地震、津波その他の自然現象、設計基準事故対処設備及び常設重大事故等対処設備の配置その他の条件を考慮した上で、設計基準事故対処設備及び常設重大事故等対処設備に対して、同時に必要な機能が失われないよう、100m以上の離隔をとるとともに、防波壁及び防火帯の内側に保管し、かつ2セットのうち少なくとも1セットは高台に保管する。また、分散配置が可能な可搬型設備については、分散配置して保管する。
	六 想定される重大事故等が発生した場合において可搬型重大事故等対処設備を運搬し、又は他の設備の被害状況を把握するため、工場等内の道路及び通路が確保できるよう、適切な措置を講じたものであること。	地震、津波その他の自然現象を想定し、迂回路も考慮して複数のアクセスルートを確保する。また、がれき等によってアクセスルートの確保が困難となった場合に備え、ホイールローダを配備し、がれき等の撤去を行えるようにしている。
	七 重大事故防止設備のうち可搬型の場合は、共通要因によって、設計基準事故対処設備の安全機能、使用済燃料貯蔵槽の冷却機能若しくは注水機能又は常設重大事故防止設備の重大事故に至るおそれがある事故に対処するために必要な機能と同時にその機能が損なわれるおそれがないよう、適切な措置を講じたものであること。	可搬型設備は、設計基準事故対処設備及び常設重大事故等対処設備と同時に必要な機能が失われないよう、100m以上の離隔をとるとともに、分散配置が可能な可搬型設備については、分散配置して保管する。また、基準地震動 S_s で必要な機能が失われず、防波壁及び防火帯の内側かつ2セットのうち1セットは高台に保管することにより、共通要因によって必要な機能が失われないことを確認している。

⇒ 保管場所・アクセスルートの周辺斜面については、基準地震動 S_s による動的解析の結果に基づく時刻歴のすべり安全率が1.0を上回ることを示し、地震による被害の影響を受けないことを確認する。
保管場所及びアクセスルートの周辺斜面のうち、液状化評価対象層である埋戻土（掘削ズリ）で構成される盛土斜面については、地下水分布の状況を踏まえ、液状化影響を考慮する。

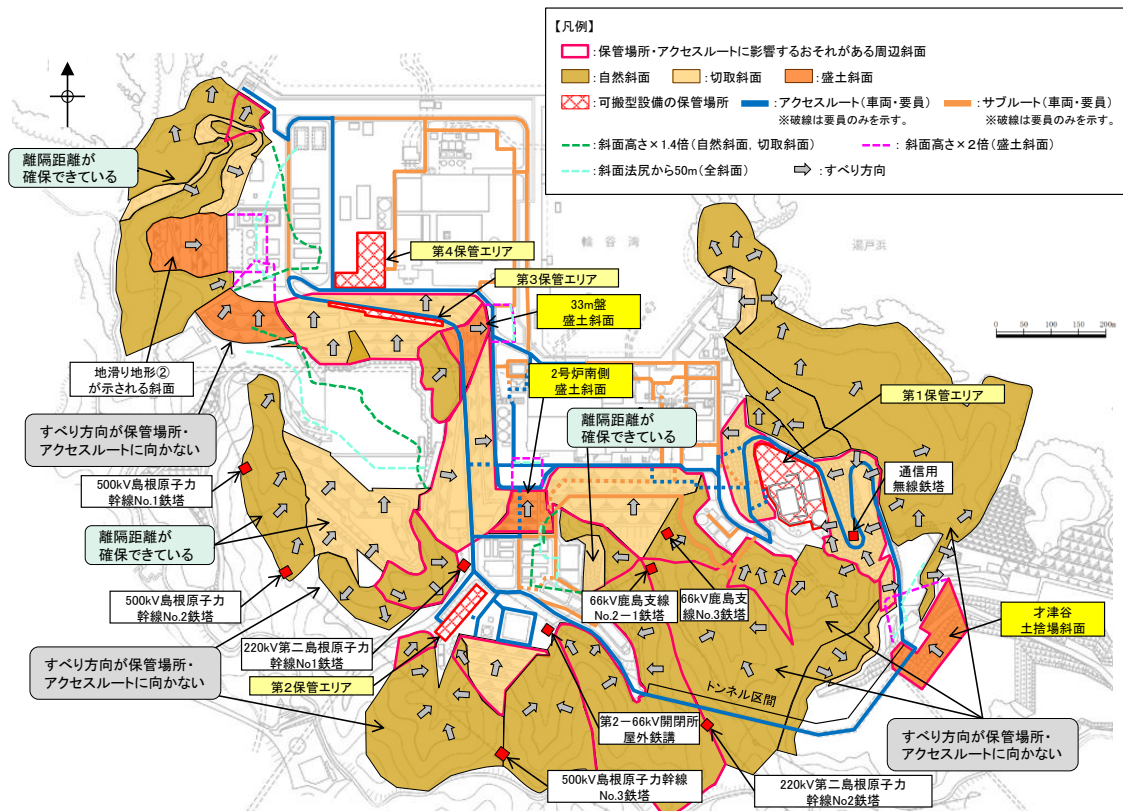
2. 評価フロー

保管場所及びアクセスルート斜面の地震時の安定性評価のフローを第2-1図に示す。



第2-1図 評価フロー（全体概要）

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
 保管場所及びアクセスルートの周辺斜面の中で、すべり方向が保管場所及びアクセスルート等に向いており、保管場所及びアクセスルートからの離隔距離がない斜面を尾根線・谷線で区切り、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として抽出した。なお、斜面の抽出にあたっては、鉄塔が設置されている斜面を含め、網羅的な抽出を行っている。



第 3.1-1 図 保管場所等に影響を及ぼすおそれのある斜面の平面位置図

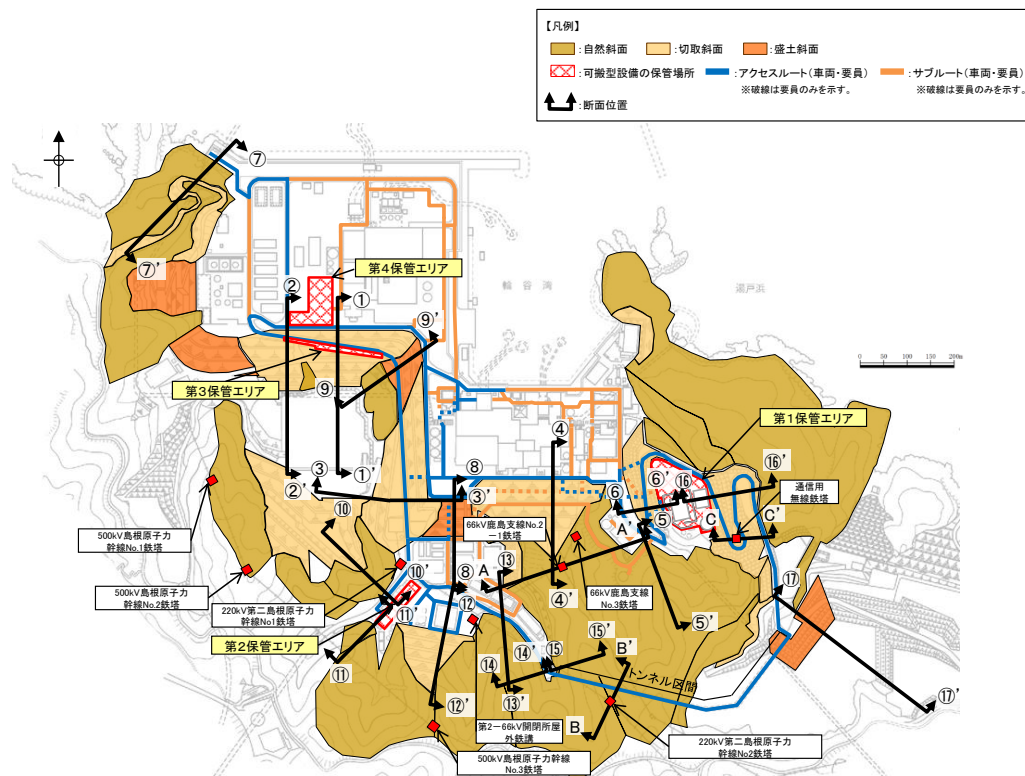
3.1 離隔距離の考え方

離隔距離については、『土木学会（2009）： 原子力発電所の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価技術<技術資料>，土木学会原子力土木委員会，2009』，JEAG4601-2015，及び『宅地防災マニュアルの解説： 宅地防災マニュアルの解説[第二次改訂版][Ⅱ]，[編集]宅地防災研究会，2007』に基づき，岩盤斜面（自然斜面，切取斜面）は，法尻から「斜面高さ×1.4 倍以内」若しくは「50m」，盛土斜面は，法尻から「斜面高さ×2.0 倍以内」若しくは「50m」とした。

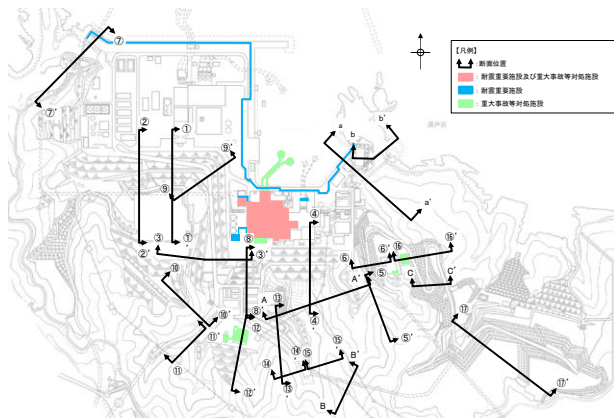
抽出結果を第 3.1-1 図に示す。なお，地滑り地形②が示される盛土斜面に関しては，離隔距離が確保できており，保管場所及びアクセスルートへ影響がない。

3.2 他の条文で評価を行う斜面との関連性

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を第3.2-1図に示す。また、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について、他の条文の斜面との関連、及び設置許可基準規則の該当項目を第3.2-2図に示す。



第3.2-1図 斜面位置図（保管場所及びアクセスルート）



斜面位置図（耐震重要施設及び重大事故等対処施設(上位クラス施設含む)）

<【参考】設置許可基準規則 第4条第4項, 第39条第2項 >

第4条
 4 耐震重要施設は、前項の地震※の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。
 第39条
 2 重大事故等対処施設は、第4条第3項の地震※の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊に対して重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。

※ 地震の発生によって生ずるおそれがある設計基準対象施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定する地震力

斜面番号	設置許可基準規則の該当項目			影響するおそれのある施設
	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	耐震重要施設等の周辺斜面※1	上位クラス施設(耐震重要施設等)の周辺斜面※2	
	第43条第3項	第4条第4項, 第39条第2項	第4条第4項, 第39条第2項	
①-①'	○	—	—	—
②-②'	○	—	—	—
③-③'	○	○	○	2号炉原子炉建物等
④-④'	○	○	○	2号炉原子炉建物等
⑤-⑤'	○	—	—	—
⑥-⑥'	○	—	—	—
⑦-⑦'	○	○	○	防波壁
⑧-⑧'	○	○	○	第1ベントリルタ格納構
⑨-⑨'	○	—	—	—
⑩-⑩'	○	—	—	—
⑪-⑪'	○	—	—	—
⑫-⑫'	○	○	○	ガスタービン発電機建物等
⑬-⑬'	○	—	—	—
⑭-⑭'	○	—	—	—
⑮-⑮'	○	—	—	—
⑯-⑯'	○	○	○	緊急時対策所等
⑰-⑰'	○	—	—	—
A-A'	鉄塔斜面	—	—	—
B-B'	鉄塔斜面	—	—	—
C-C'	鉄塔斜面	—	—	—
a-a'	—	—	○	防波壁
b-b'	—	○	○	防波壁

※1 「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について」

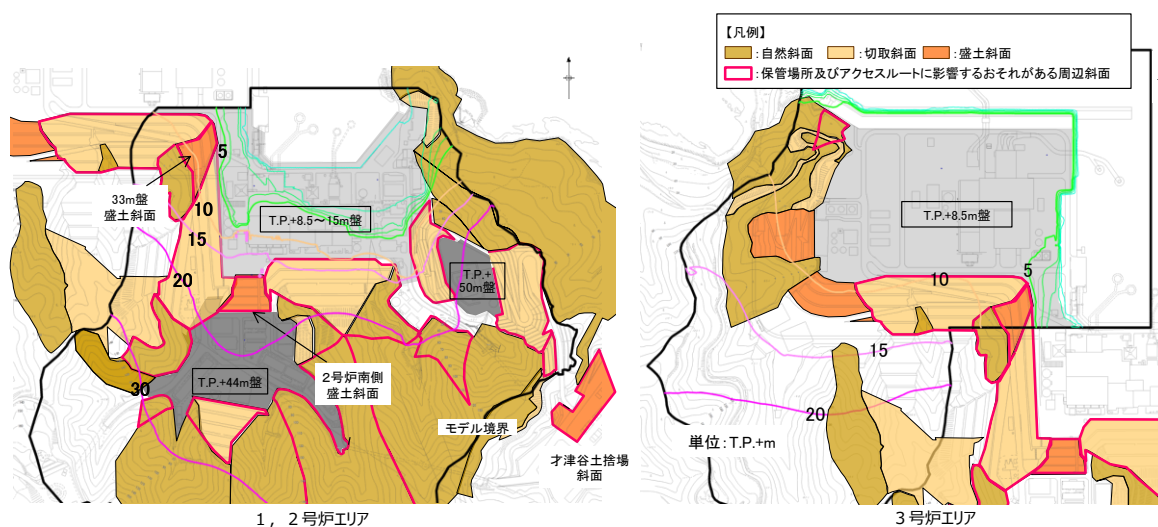
※2 「島根原子力発電所2号炉 地震による損傷の防止（耐震設計の論点）[上位クラス施設への下位クラス施設の波及的影響]」

第3.2-2 図 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と他の条文の斜面との関連

4. 液状化範囲の検討

液状化範囲の検討に当たっては、3次元浸透流解析結果（第4-1図）の大局的な地下水位分布の傾向を参照し、保守的に地下水位を設定する。

2号炉南側盛土斜面及び33m盤盛土斜面の地下水位は法尻付近までの上昇に留まっているが、2次元浸透流解析により地下水位の分布をより詳細に検討し、液状化範囲を設定する。才津谷土捨場斜面は、近傍のモデル境界の地下水位が T.P. +28m 程度であり、法尻標高 (T.P. +88m) より十分低いが、念のため2次元浸透流解析により地下水位の分布をより詳細に検討し、液状化範囲を設定する。



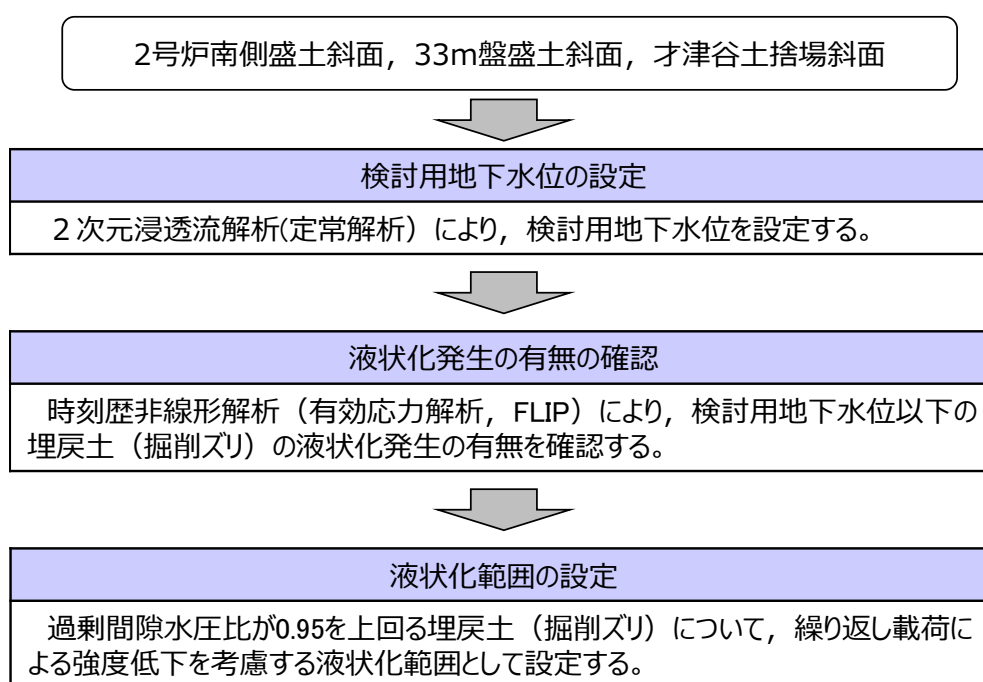
第4-1図 3次元浸透流解析結果（定常解析）の等水位線図

4.1 液状化範囲の検討フロー

液状化範囲の検討フローを第 4.1-1 図に示す。

盛土斜面の液状化範囲の設定方法は、「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」において 2 号炉南側盛土斜面を対象に実施した方法と同様に設定した。

なお、時刻歴非線形解析（有効応力解析，FLIP）による液状化発生の有無の確認を行わない場合は、保守的に検討用地下水位以深の埋戻土を全て液状化範囲として設定する。



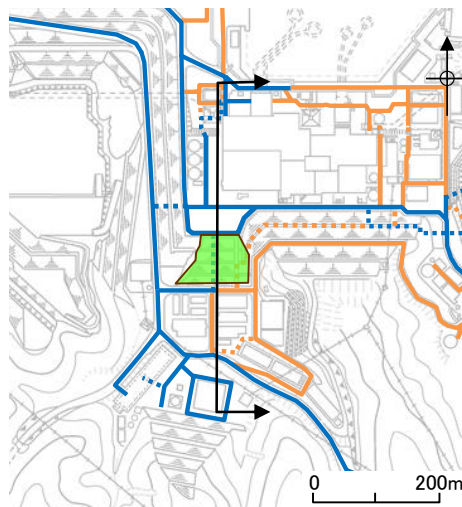
第 4.1-1 図 液状化範囲の検討フロー

4.2 2号南側盛土斜面

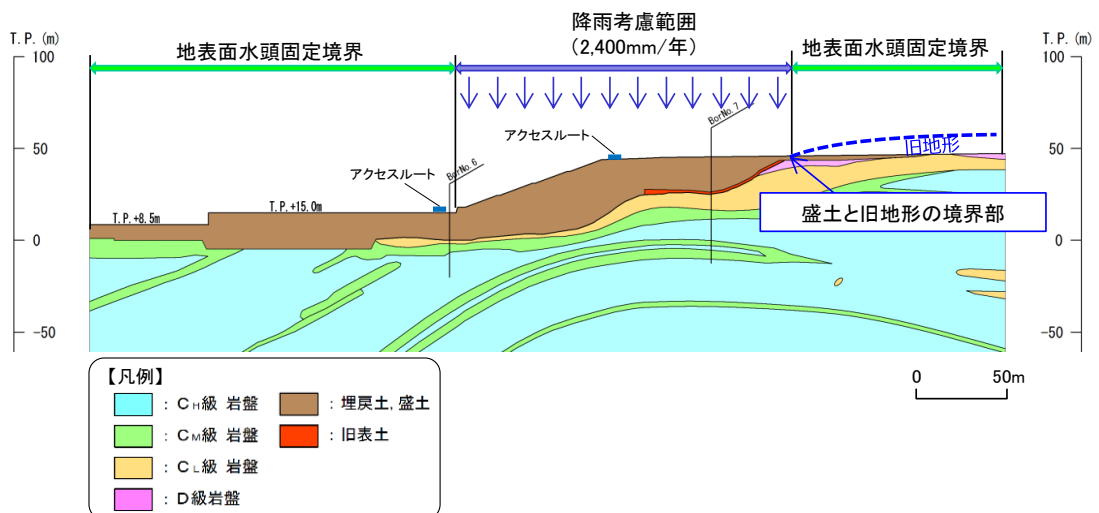
2号炉南側盛土斜面の液状化影響検討用地下水位を設定するため、2次元浸透流解析（定常解析）を実施する。

解析モデル及び解析条件は、第4.2-1図、第4.2-2図のとおりとし、地下水位低下設備の機能に期待しない場合の地下水位（3次元浸透流解析結果）等を踏まえ、より保守的な条件となるよう、T.P. +8.5m 盤、T.P. +15m 盤及びT.P. +44m 盤の盛土と旧地形の境界部において、地表面に水頭固定境界を設定する。

地表面水頭固定境界に挟まれた検討用地下水位の計算領域は、降雨考慮範囲として、松江地方気象台における年間降水量にばらつきを考慮した値に、今後の気候変動予測による降水量の変化を加味した降雨条件 2,400mm/年を考慮する。

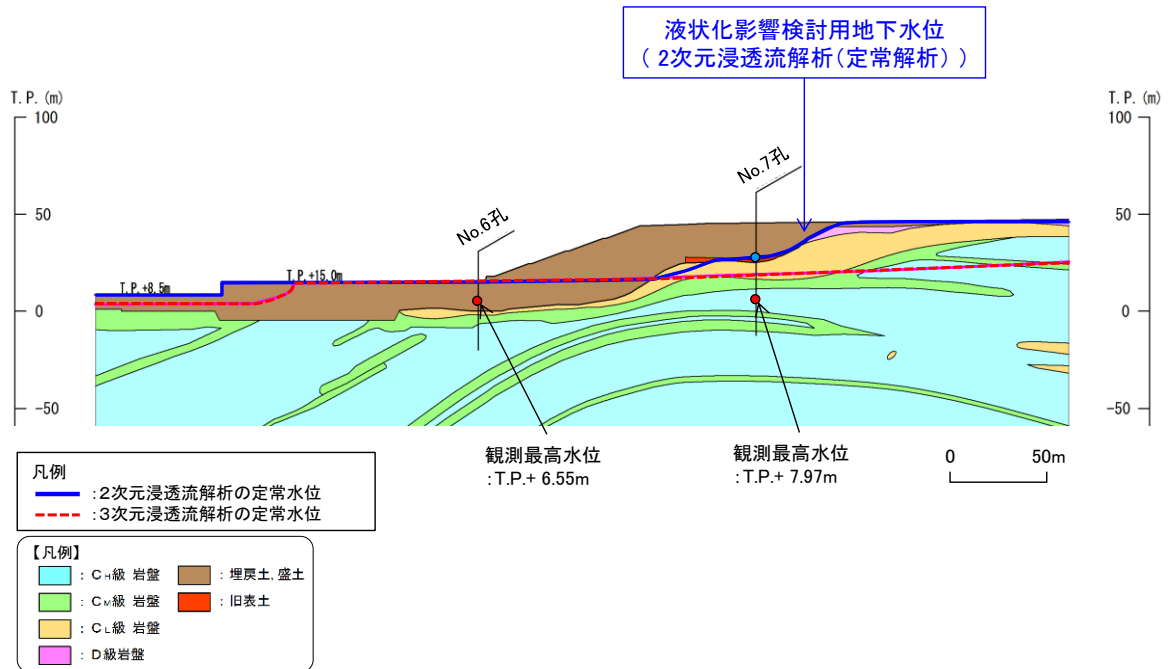


第 4.2-1 図 2号南側盛土斜面の断面位置図



第 4.2-2 図 2次元浸透流解析（定常解析）の解析条件

2次元浸透流解析による検討用地下水位を第4.2-3図に示す。2次元浸透流解析の結果を踏まえ、液状化発生の有無を確認するために実施する有効応力解析における検討用地下水位を設定した。



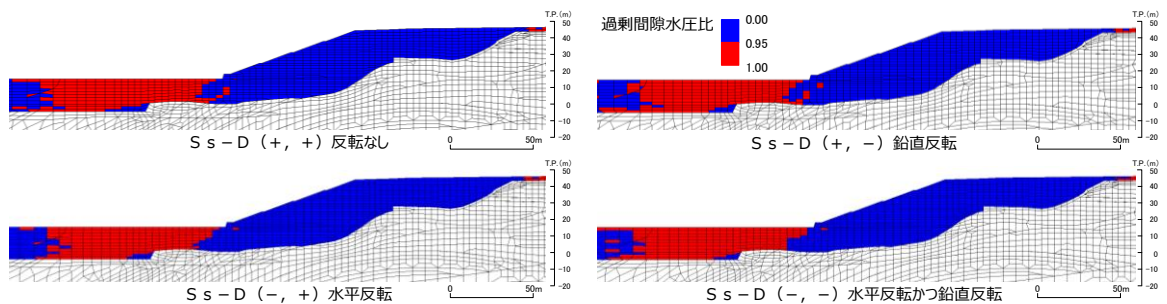
第4.2-3図 2次元浸透流解析による検討用地下水位

2号炉南側盛土斜面は、常設重大事故等対処施設の周辺斜面であることを踏まえ、有効応力解析による液状化発生の有無の確認を行っている。

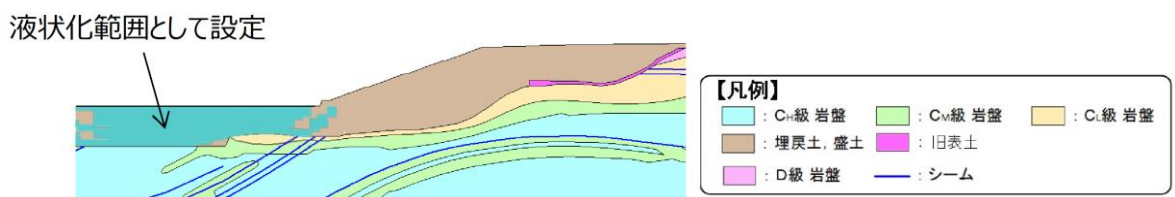
検討用地下水位を用いた有効応力解析結果を踏まえ、過剰間隙水圧比が0.95以上となる地盤要素を、繰り返し载荷による強度低下を考慮する液状化範囲として設定する。

検討条件として、有効応力解析の結果、一度でも過剰間隙水圧比が0.95を超えた要素については、繰り返し载荷により強度低下が生じたものとみなし、2次元動的FEM解析においてすべり面上のせん断力及び抵抗力をゼロとする。なお、液状化影響を考慮する範囲については、基準地震動の反転を考慮して実施した有効応力解析結果それぞれにおいて、過剰間隙水圧が0.95を超えた全要素を包絡するように設定する。

各地震動方向における最大過剰間隙水圧分布図を第4.2-4図、包絡するように設定した液状化範囲の分布図を第4.2-5図に示す。



第4.2-4図 各地震動方向における最大過剰間隙水圧分布図

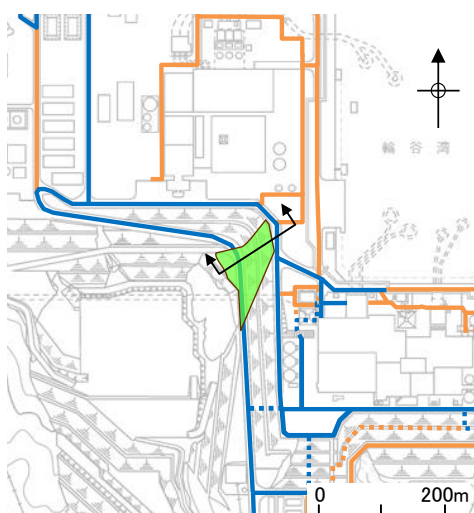


第4.2-5図 液状化範囲の分布図

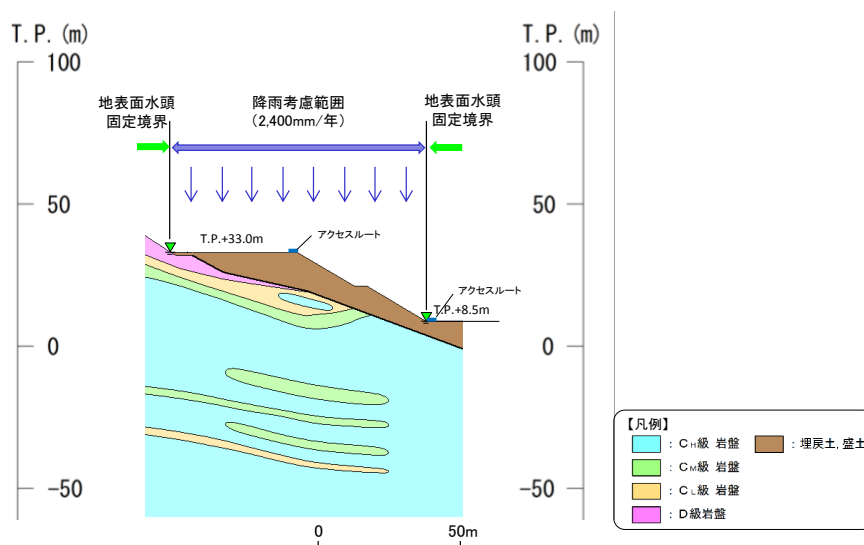
4.3 33m盤盛土斜面

33m盤盛土斜面の液状化影響検討用地下水位を設定するため、2次元浸透流解析（定常解析）を実施する。

解析モデル及び解析条件は、第4.3-1図、第4.3-2図のとおりとし、保守的な条件となるよう、T.P. +8.5m盤及び上流側の盛土と地山の境界部において、地表面に水頭固定境界を設定する。地表面水頭固定境界に挟まれた検討用地下水位の計算領域は、降雨考慮範囲として降雨条件2,400mm/年を考慮する。

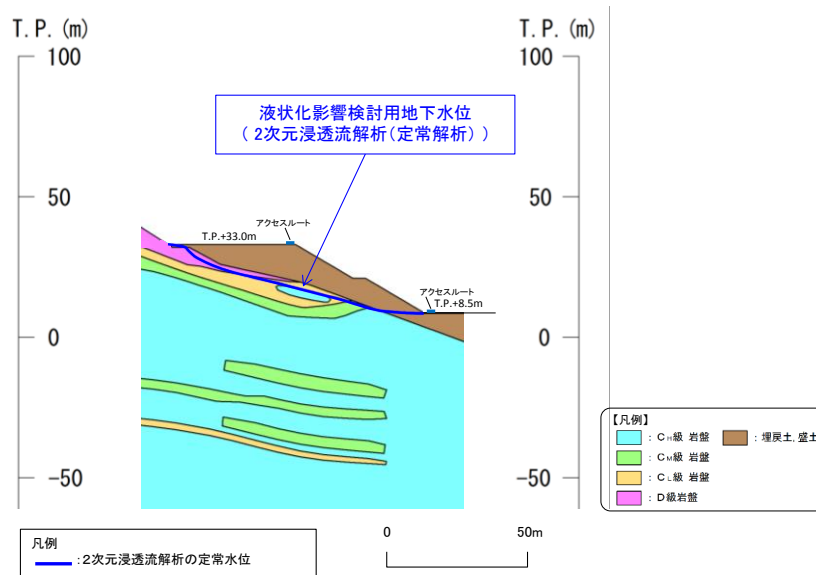


第4.3-1図 33m盤盛土斜面の断面位置図



第4.3-2図 2次元浸透流解析（定常解析）の解析条件

2次元浸透流解析による検討用地下水位を第4.3-3図に示す。2次元浸透流解析の結果、盛土斜面内に地下水位が認められない。液状化範囲の設定に当たっては、地下水位以深の埋戻土を全て液状化範囲として設定する。

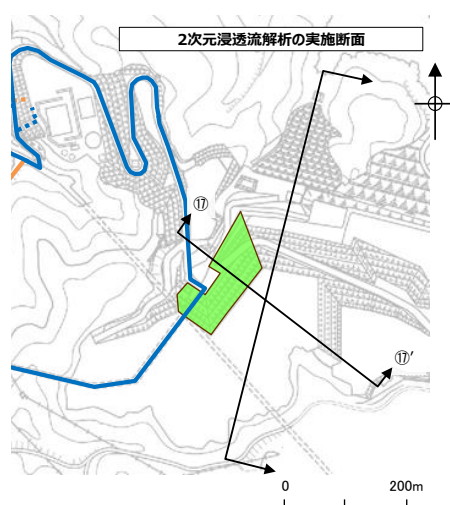


第4.3-3図 2次元浸透流解析による検討用地下水位

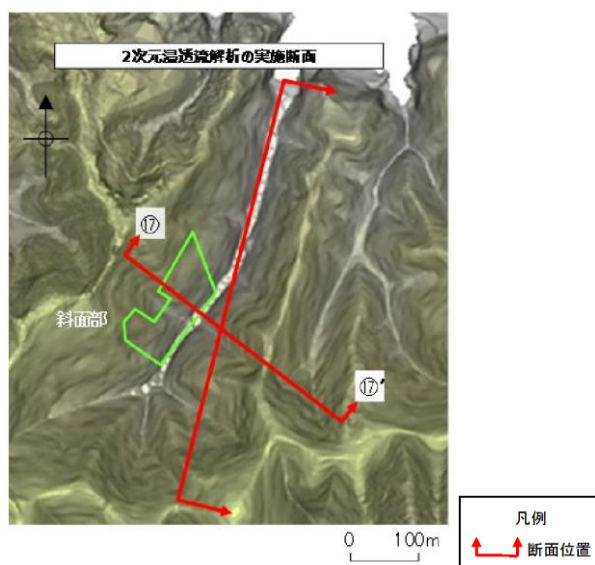
4.4 才津谷土捨場盛土斜面

才津谷土捨場については、防波壁や地盤改良等、地下水位の流れを遮断する設備がないことから、地下水位が上昇する恐れはないと考えられるが、念のため、土捨場造成前の旧地形より地下水の流下方向を踏まえ、谷方向の断面を対象に2次元浸透流解析（定常解析）を実施し、⑩-⑩'断面における検討用地下水位を設定する。

解析モデルは第4.4-1図～第4.4-3図に示すとおり、保守的な条件となるよう、下流側の法尻部及び上流側の盛土と地山の境界部において、地表面に水頭固定境界を設定する。地表面水頭固定境界に挟まれた検討用地下水位の計算領域は、降雨考慮範囲として降雨条件2,400mm/年を考慮する。

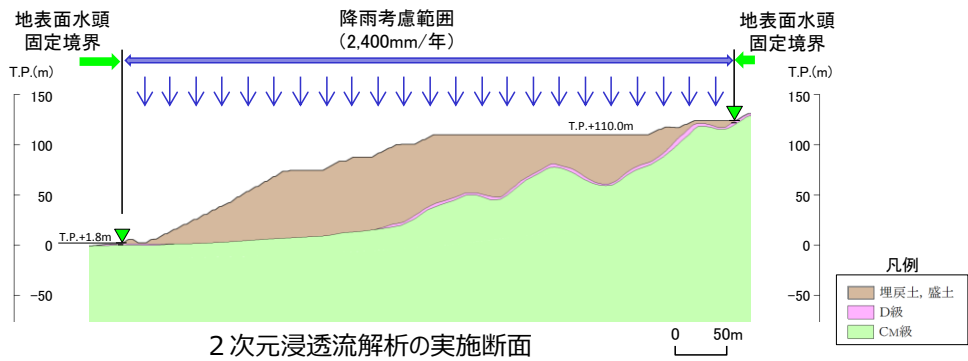


第4.4-1図 才津谷土捨場断面位置図



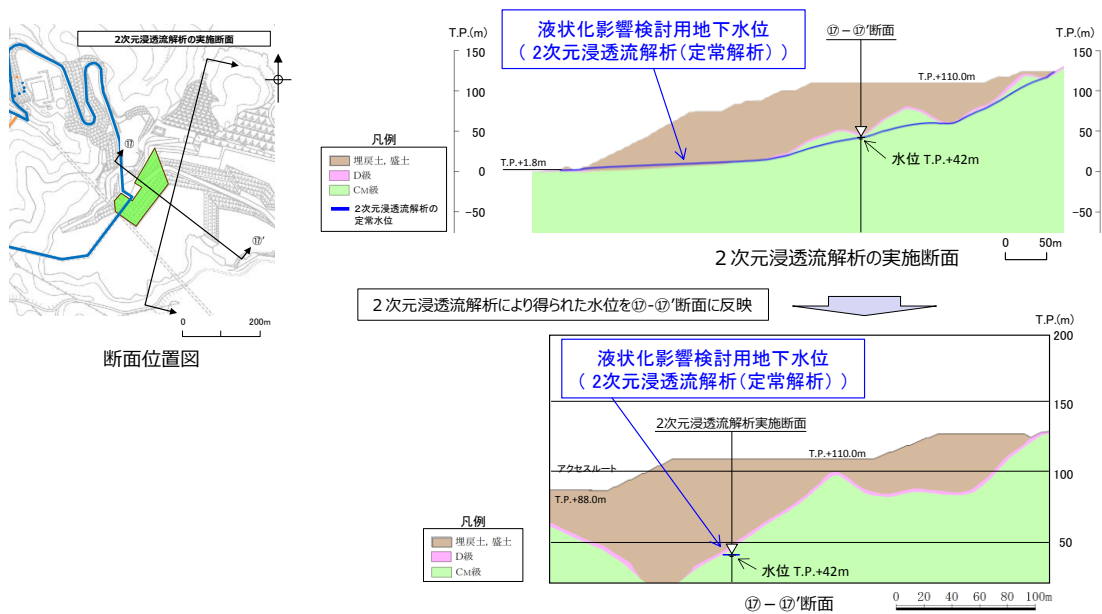
第4.4-2図 土捨場造成前の地形立体図※

※航空レーザー測量で取得した2mメッシュのDEMデータに、空中写真により取得した旧地形のDEMデータを合成して作成したもの。



第 4.4-3 図 2次元浸透流解析（定常解析）の解析条件

2次元浸透流解析による検討用地下水位を第 4.4-4 図に示す。2次元浸透流解析の結果、すべり安定性評価対象断面位置における地下水位は、T.P. +42m となり、法尻部の標高 (T.P. +88m) よりも十分低いことを確認した。当該斜面の安定性評価においては、液状化によるせん断強度の低下は考慮しない。

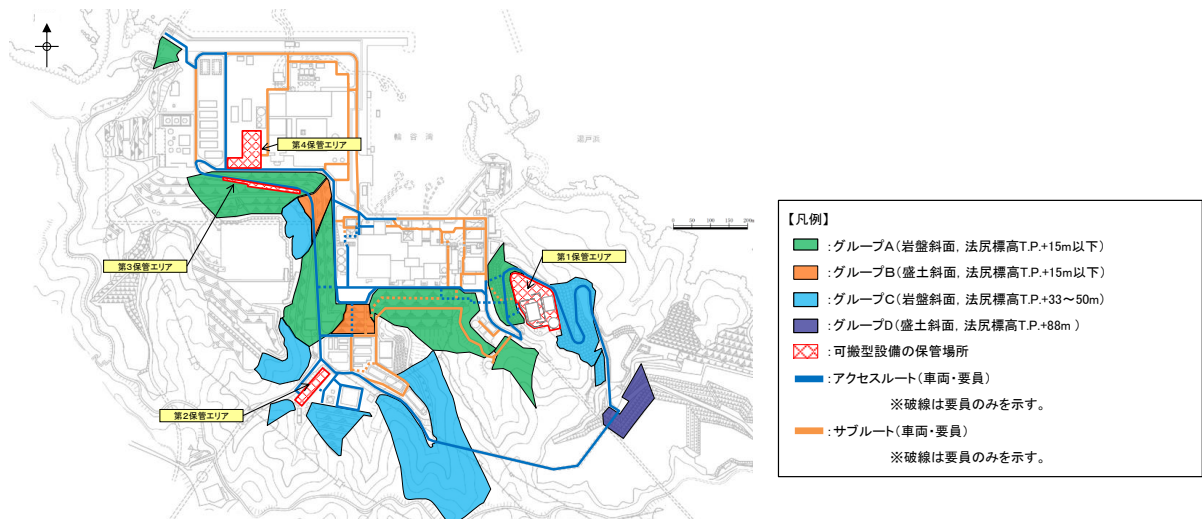


第 4.4-4 図 2次元浸透流解析による検討用地下水位
(上図：2次元浸透流解析の実施断面，下図：⑰-⑰'断面)

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
 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は、以下の観点から分類する。

- ①地盤の種類が異なることから、岩盤斜面と盛土斜面に区分する。
- ②地質や地震増幅特性が異なることから、法尻標高 T. P. +15m 以下, T. P. +33 ~50m, T. P. +88m の 3 つに区分する。

上記に従いグループ分けを行った結果、斜面の法尻標高毎及び種類毎にグループ A（岩盤斜面，法尻標高 T. P. +15m 以下），グループ B（盛土斜面，法尻標高 T. P. +15m 以下），グループ C（岩盤斜面，法尻標高 T. P. +33~50m）及びグループ D（盛土斜面，法尻標高 T. P. +88m ）の 4 のグループに分類した。分類結果を第 5-1 図に示す。

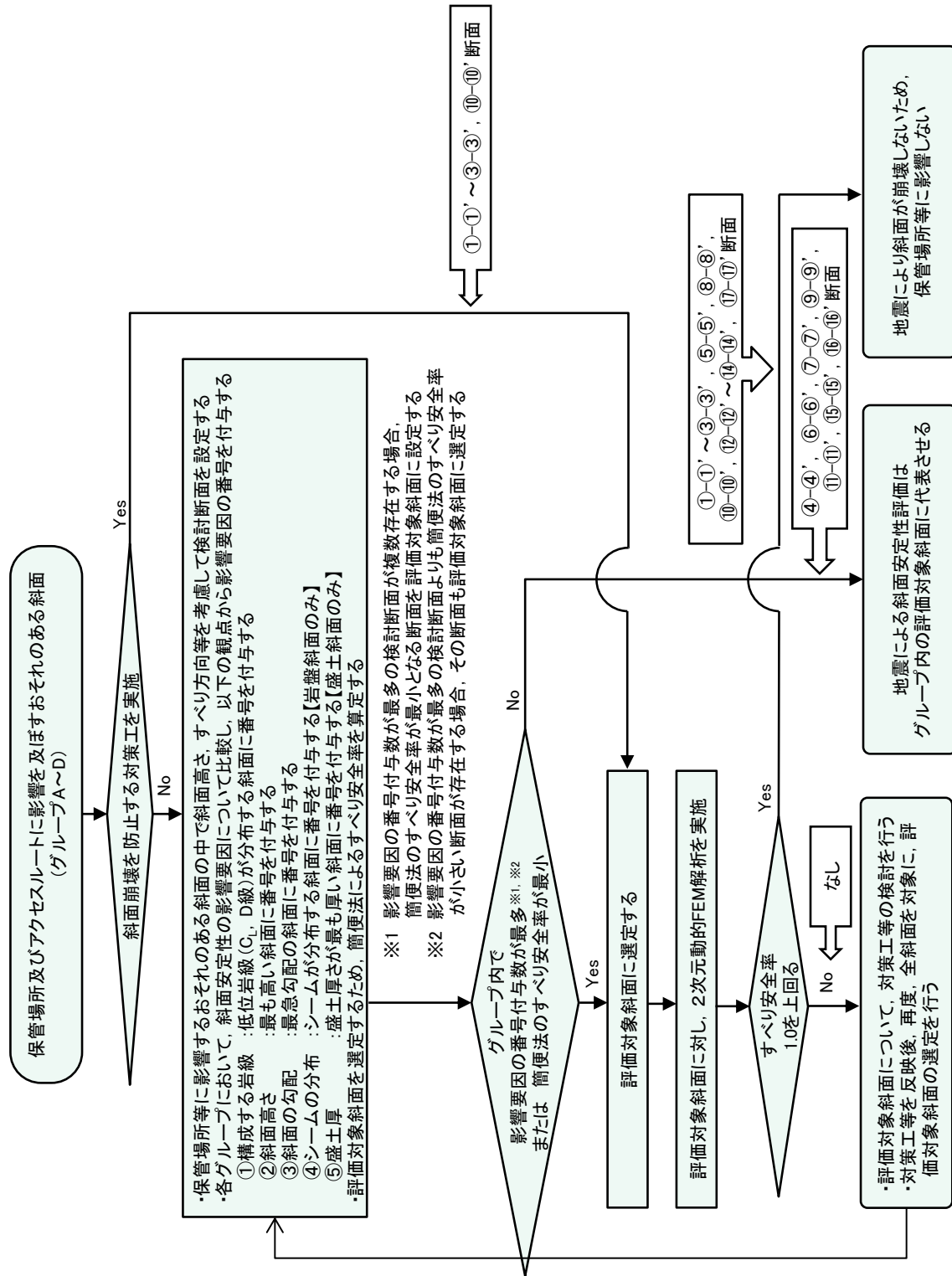


第 5-1 図 グループ A～D の平面位置図

6. 評価対象斜面の選定

6.1 評価フロー（詳細）

保管場所・アクセスルート周辺斜面の地震時安定性評価は、「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」と同様に、第6.1-1図に示すフローに基づき行う。（断面位置は、第6.3-1図、第6.4-1図、第6.5-1図、第6.6-1図、第6.7-1図、第6.8-1図を参照）



第 6.1-1 図 保管場所等の評価対象斜面のすべりに対する安定性評価のフロー

6.2 選定方針

評価対象斜面については、5章で分類したグループ毎に、すべり安全率が厳しくなると考えられる「影響要因」（①構成する岩級、②斜面高さ、③斜面の勾配、④シームの分布の有無、⑤盛土厚）の観点から比較を行い、影響要因の番号を付与した。影響要因の番号付与数及び簡便法のすべり安全率により定量的に比較検討し、評価対象斜面を選定した。簡便法は、JEAG4601-2015に基づき、静的震度 $K_H=0.3$ 、 $K_V=0.15$ を用いた。

選定結果を6.3～6.8章に示す。

影響要因の検討においては、第6.2-1図に示す位置における既往の地質調査結果（『島根原子力発電所2号炉 敷地の地質・地質構造』の審査で説明済）を踏まえて実施した。

6.2.1 基準地震動 S_s による2次元動的FEM解析

評価対象斜面に選定された保管場所・アクセスルートの周辺斜面及び敷地下斜面について、基準地震動 S_s によるすべり安定性評価を実施する。

6.2.2 地震応答解析手法

評価対象斜面の解析断面について、基準地震動 S_s に対する地震応答解析を二次元動的有限要素法により行う。地震応答解析は周波数応答解析手法を用い、等価線形化法により土質材料のせん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性を考慮する。

地震時の応力は、静的解析による常時応力と地震応答解析による地震時増分応力を重ね合わせるにより算出する。常時応力は地盤の自重計算により求まる初期応力を考慮し、動的応力は水平地震動及び鉛直地震動による応答の同時性を考慮して求める。

地震応答解析に用いたコードを第6.2-1表に示す。

第6.2-1表 斜面の解析に用いたコード

静的解析	地震応答解析
s-stan	ADVANF/Win
Ver. 20_SI	Ver. 4.0

6.2.3 解析用物性値

解析用物性値は、「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について」の物性値を用いる。

6.2.4 解析モデルの設定

解析モデルは「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」と同様、以下のとおり設定した。

a. 地盤のモデル化

地盤は平面ひずみ要素でモデル化する。シームはジョイント要素でモデル化する。

b. 地下水位

解析用地下水位は、保守的に地表面に設定する。

c. 減衰特性

JEAG4601-2015 に基づき、岩盤の減衰を 3% に設定する。

6.2.5 評価基準値の設定

すべり安定性評価では、水平動・鉛直動を同時に考慮した基準地震動 S_s に対する動的解析により、評価対象斜面の最小すべり安全率が評価基準値 1.0 を上回ることを確認する。（評価基準値を 1.0 とした根拠は、本資料末尾の参考 - 2 を参照）

すべり安全率は、想定したすべり面上の応力状態をもとに、すべり面上のせん断抵抗力の和をすべり面上のせん断力の和で除して求める。

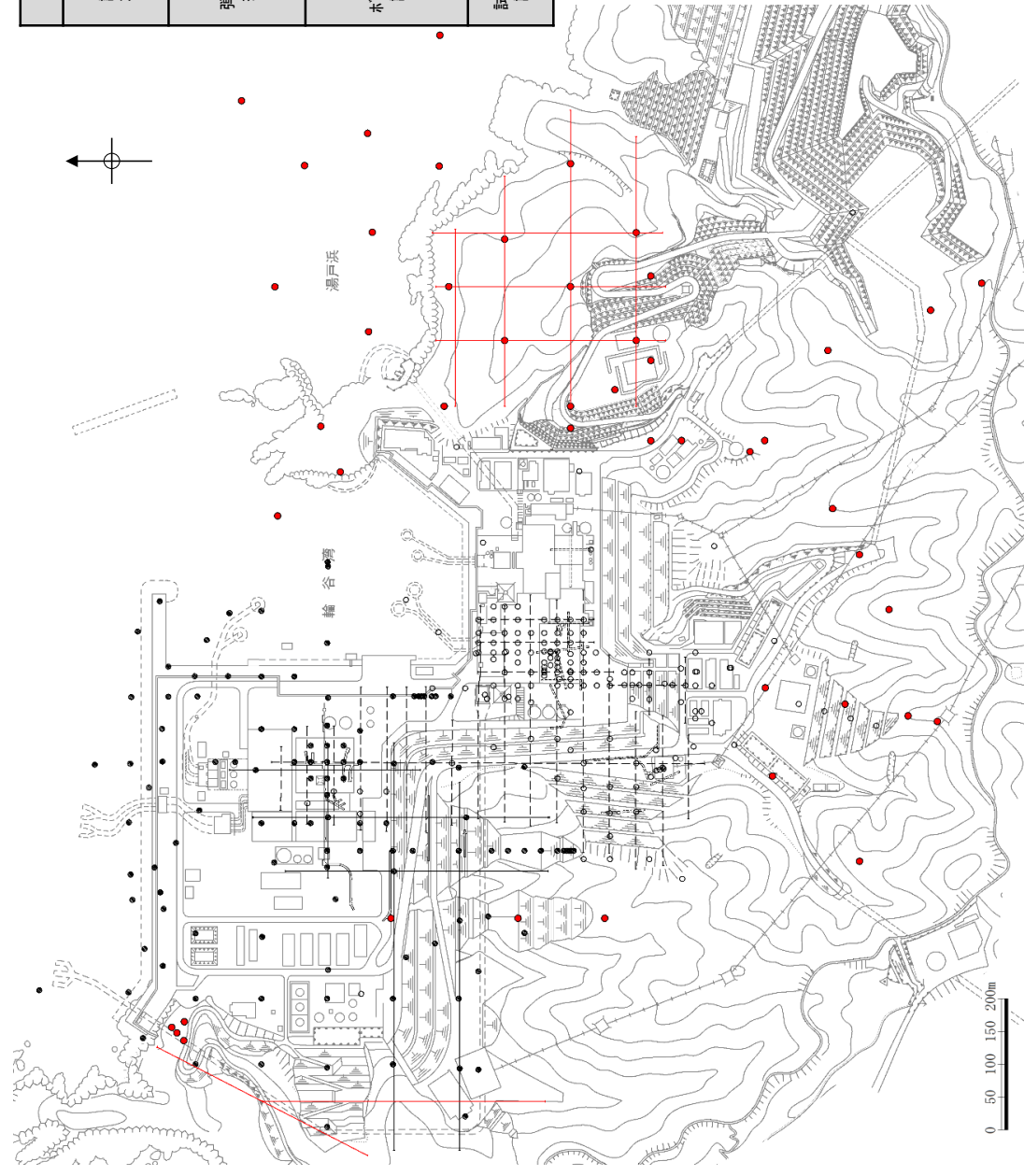
引張応力が発生した要素については、すべり面に対して直応力が引張応力の場合には強度を 0 とし、圧縮応力の場合は残留強度を用いる。また、せん断強度に達した要素では残留強度を用いる。

想定すべり面は、「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について」と同様の方法により設定する。

6.2.6 入力地震動の策定

入力地震動の策定は、「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について」と同様に行う。なお、敷地毎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 -F1 及び S_s -F2 については、応答スペクトル手法による基準地震動 S_s -D に包絡されるため、検討対象外とする。

調査数量一覧表				
調査項目	1・2号炉調査他 1988～1992年度 2006～2008年度	3号炉調査 1995～2002年度	その他調査 1995年度 2007～2008年度 2011～2015年度 2019年度	合計
弾性波 探査	5,600m (24測線)	2,520m (6測線)	3,320m (9測線)	11,440m (39測線)
	8,120m (30測線)			
ボーリング 調査	156孔 (延9,230m)	113孔 (延12,298m)	47孔 (延4,907m)	315孔 (延26,430m)
	268孔 (延21,523m)			
試験坑 調査	840m	930m	—	1,770m
	1,770m			



凡例

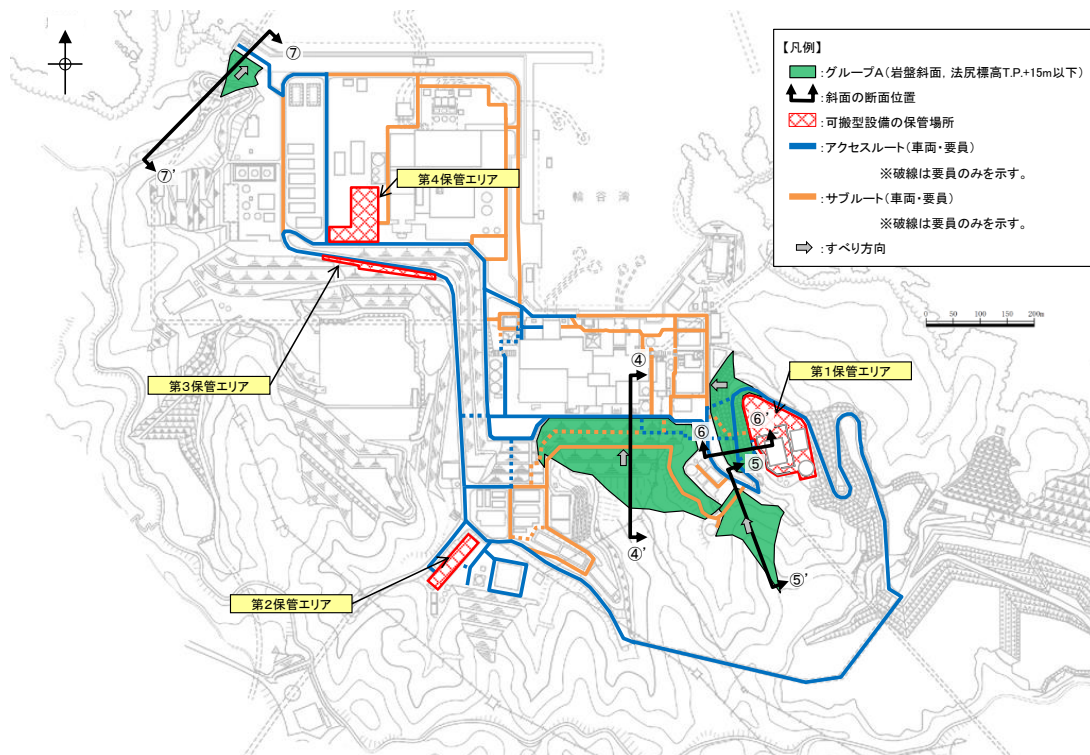
- 1・2号炉調査他ボーリング位置
- 3号炉調査ボーリング位置
- その他調査ボーリング位置
- 1・2号炉調査他弾性波探査測線
- 3号炉調査弾性波探査測線
- その他調査弾性波探査測線
- 1・2号炉調査試験坑・試験坑
- 3号炉調査試験坑・試験坑

第6.2-1 図 既往の地質調査位置図

6.3 グループA（岩盤斜面，法尻標高 T.P. +15m 以下）

第 6.3-1 図に示すとおり，各斜面の代表断面として④-④' 断面～⑦-⑦' 断面の 4 断面を作成し，この中から評価対象斜面を選定した。

④-④' 断面～⑦-⑦' 断面は，各斜面において，最も斜面高さが高くなり，最急勾配方向となるように断面位置を設定した。なお，自然斜面の断面位置は，風化層が厚くなる尾根部を通るようにした。



第 6.3-1 図 グループ A（岩盤斜面，法尻標高 T.P. +15m 以下）の斜面の断面位置図

第6.3-1表に示すとおり、第6.3-2図に示す岩盤で構成される斜面の④-④'断面～⑦-⑦'断面について比較検討した結果、⑤-⑤'断面の影響要因の番号付与数が多いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が小さいことから、当該斜面を評価対象斜面に選定した（各断面の比較検討結果及び評価対象斜面の選定根拠の詳細は参考-1を参照）。

対策工を実施した①-①'断面～③-③'断面は、評価フローに基づき、安定解析により対策後のすべり安定性を確認する。

また、④-④'断面は、評価対象斜面と比較し、該当する影響要因の付与数が同数であること、及び簡便法の最小すべり安全率が同程度であることから、耐震重要施設等の周辺斜面における評価結果を示す。

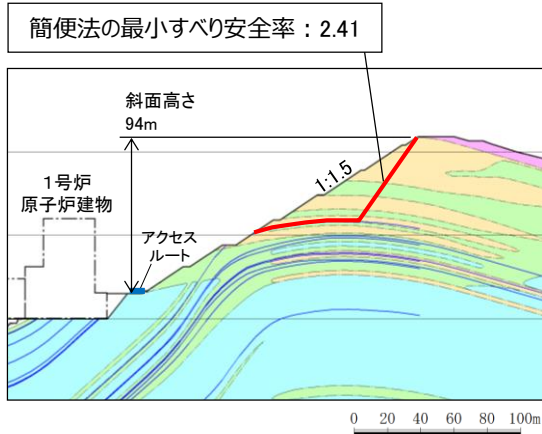
基準地震動 S_s による2次元動的FEM解析結果を第6.3-3図に示す。全ての評価対象斜面において、最小すべり安全率（平均強度）が評価基準値1.0を上回っており、安定性を有することを確認した。

第6.3-1表 グループA（岩盤斜面、法尻標高T.P.+15m以下）の評価対象斜面の選定結果

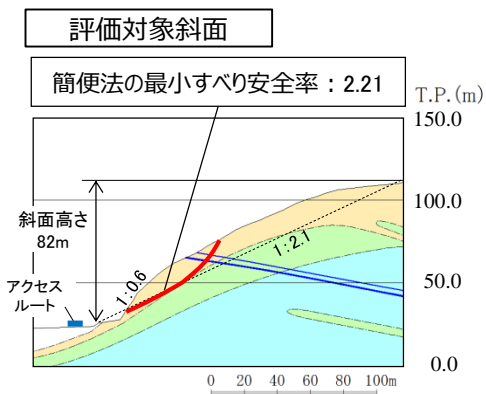
保管場所・アクセスルートに影響するおそれのある斜面	影響要因				該当する影響要因	簡便法の最小すべり安全率	選定理由	耐震重要施設等の周辺斜面における検討断面*
	【影響要因①】構成する岩級	【影響要因②】斜面高さ	【影響要因③】斜面の勾配	【影響要因④】シームの分布の有無				
④-④'	C_H, C_M, C_L 級	94m	1:1.5	あり:7条	①, ②, ④	2.41	⑤-⑤'断面に比べ、斜面高さが高いが、勾配が緩いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、⑤-⑤'断面の評価に代表させる。	○
評価対象斜面に選定	C_H, C_M, C_L 級	82m	1:2.1 (一部、 C_L 級で1:0.6の急勾配部あり)	あり:3条	①, ③, ④	2.21	C_L 級岩盤が分布すること、一部1:0.6の急勾配部があること、シームが分布すること、及び簡便法の最小すべり安全率が小さいことから、評価対象斜面に選定する。	-
⑥-⑥'	C_H, C_M, C_L 級	32m	1:1.1, 1:1.5	あり:4条	①, ③, ④	4.98	⑤-⑤'断面に比べ、斜面高さが低いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、⑤-⑤'断面の評価に代表させる。	-
⑦-⑦'	C_H, C_M, C_L, D 級	76m	1:2.9	なし	①	2.43	⑤-⑤'断面に比べ、 D 級岩盤が分布するが、斜面高さが低いこと、平均勾配が緩いこと、シームが分布しないこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、⑤-⑤'断面の評価に代表させる。	○

□ : 番号を付与する影響要因 □ : 影響要因の番号付与数が多い（簡便法のすべり安全率が小さい） □ : 選定した評価対象斜面

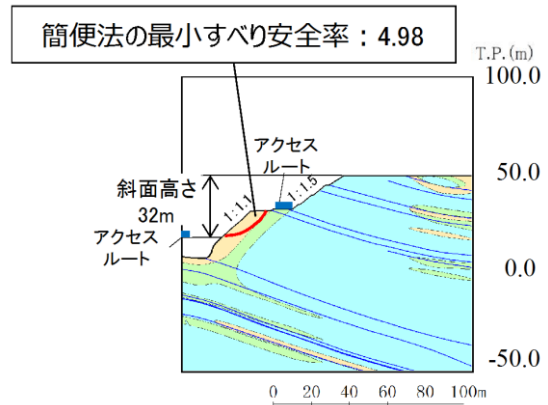
※「島根原子力発電所2号炉 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価について」



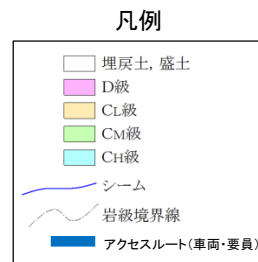
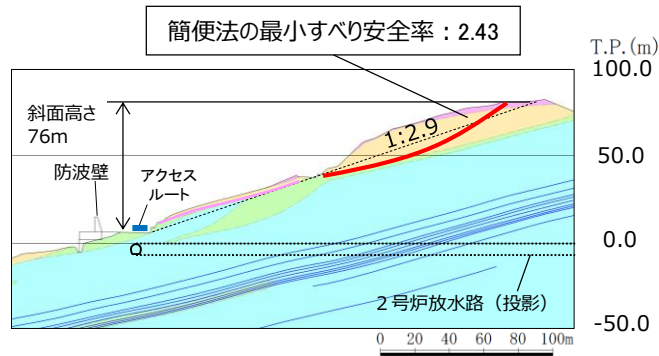
④—④' 断面



⑤—⑤' 断面



⑥—⑥' 断面

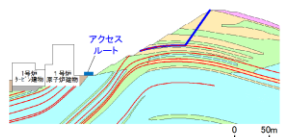
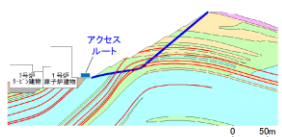
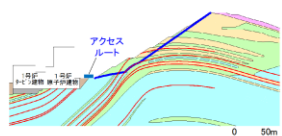
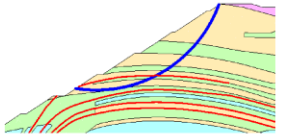


※「防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面の安定性評価」
 (令和2年2月28日審査会合)で説明した礫質土・粘性土の切取を反映済

⑦—⑦' 断面

第 6.3-2 図 グループ A (岩盤斜面, 法尻標高 T.P.+15m 以下) の斜面の地質断面図

・④-④' 断面 平均強度でのすべり安全率

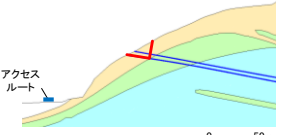
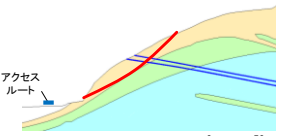
	すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}		すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}
1	 シーム沿いのすべり面 (法尻からシームを通して斜面中腹に抜けるすべり面)	Ss-D (+,-)	1.62 [14.63]	3	 シーム沿いのすべり面 (法尻からシームを通して、法尻のCw級とCc級の岩級境界付近のCw級岩盤内を通過して法尻に抜けるすべり面)	Ss-N1 (-,+)	1.56 [7.45]
2	 シーム沿いのすべり面 (法尻からシームを通して、法尻のCw級とCc級の岩級境界付近のCw級岩盤内を通過して法尻に抜けるすべり面)	Ss-N1 (-,+)	1.66 [7.45]	4	 簡便法により設定したすべり面	Ss-D (-,+)	1.57 [19.15]

※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
 ※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

【凡例】

- : Cw級岩盤
- : Cw級岩盤
- : C級岩盤
- : D級岩盤
- : 埋戻土、盛土
- : シーム
- : すべり面
- : 最小すべり安全率

・⑤-⑤' 断面 平均強度でのすべり安全率

	すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}		すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}
1	 シーム沿いのすべり面 (Cw級岩盤内及びシームを通過して斜面中腹に抜けるすべり面)	Ss-N1 (+,+)	3.37 [7.46]	2	 簡便法で設定したすべり面	Ss-D (+,+)	2.48 [8.55]

※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
 ※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

【凡例】

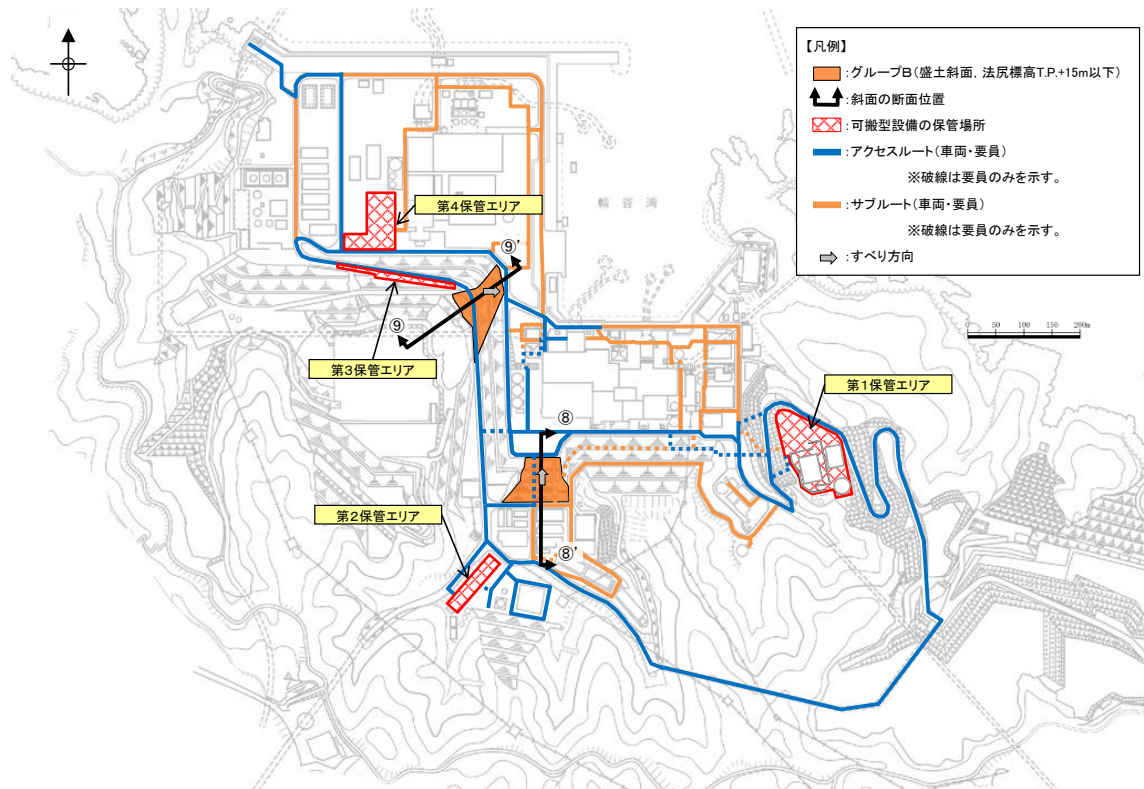
- : Cw級岩盤
- : Cw級岩盤
- : C級岩盤
- : 埋戻土、盛土
- : シーム
- : すべり面
- : 最小すべり安全率

第 6.3-3 図 グループ A (岩盤斜面, 法尻標高 T.P.+15m 以下) のすべり安定性評価結果

6.4 グループB（盛土斜面，法尻標高 T.P.+15m 以下）

第 6.4-1 図に示すとおり，各斜面の代表断面として⑧-⑧' 断面，⑨-⑨' 断面の 2 断面を作成し，この中から評価対象斜面を選定した。

⑧-⑧' 断面，⑨-⑨' 断面は，各斜面において，最も斜面高さが高くなり，最急勾配方向となるように断面位置を設定した。



第 6.4-1 図 グループ B（盛土斜面，法尻標高 T.P.+15m 以下）の斜面の断面位置図

第6.4-1表に示すとおり、第6.4-2図に示す盛土で構成される斜面の⑧-⑧'断面及び⑨-⑨'断面について比較検討した結果、⑧-⑧'断面の影響要因の番号付与数が多いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が小さいことから、当該斜面を評価対象斜面に選定した。（各断面の比較検討結果及び評価対象斜面の選定根拠の詳細は参考-1を参照）。

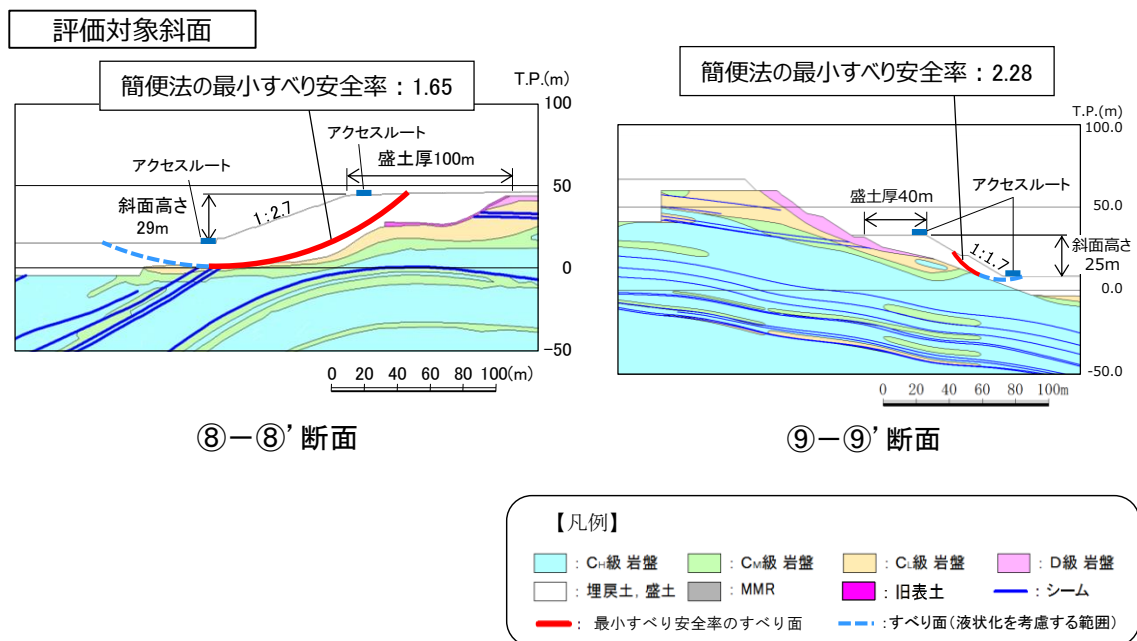
基準地震動 S_s による2次元動的FEM解析結果を第6.4-3図に示す。全ての評価対象斜面において、最小すべり安全率（平均強度）が評価基準値1.0を上回っており、安定性を有することを確認した。

第6.4-1表 グループB（盛土斜面，法尻標高 T.P.+15m 以下）の評価対象斜面の選定結果

保管場所・アクセスルートに影響するおそれのある斜面	影響要因			該当する影響要因	簡便法の最小すべり安全率	選定理由	耐震重要施設等の周辺斜面における検討断面※
	【影響要因②】斜面高さ	【影響要因③】斜面の勾配	【影響要因⑤】盛土厚				
評価対象斜面に選定 ⑧-⑧'	29m	1:2.7	100m	②, ⑤	1.65	⑨-⑧'断面に比べ、盛土厚が厚いこと、斜面高さが高いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が小さいことから、評価対象斜面に選定する。	○
⑨-⑨'	25m	1:1.7	40m	③	2.28	⑧-⑧'断面に比べ、勾配が急であるが、盛土厚が薄いこと、斜面高さが低いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、⑧-⑧'断面の評価に代表させる。	-

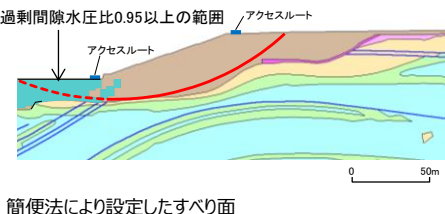
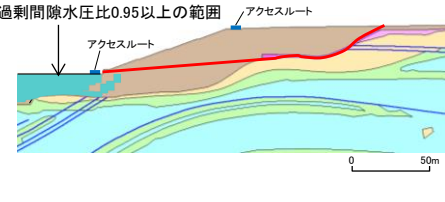
□ : 番号を付与する影響要因 □ : 影響要因の番号付与数が多い（簡便法のすべり安全率が小さい） □ : 選定した評価対象斜面

※「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について」










第6.4-2図 グループB（盛土斜面，法尻標高 T.P.+15m 以下）の斜面の地質断面図

・⑧-⑧' 断面 平均強度でのすべり安全率

	すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	すべり安全率【平均強度】 ^{※2}
1	 <p>簡便法により設定したすべり面</p>	Ss-D (-,+)	1.61 [13.15]
2	 <p>弱層（旧表土）を通るすべり面</p>	Ss-N2 (NS) (+,+)	1.94 [24.43]

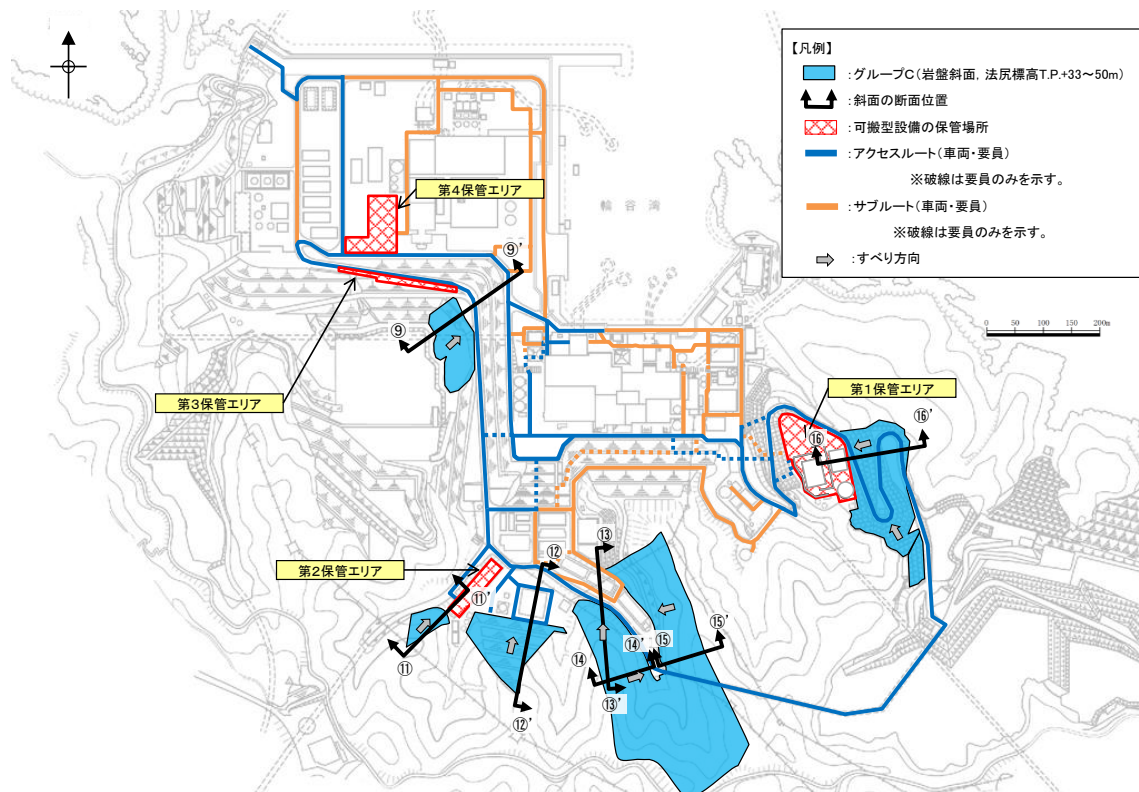
※1 基準地震動(-,+)^{※1}は水平反転を示す。
 ※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

【凡例】					
	C ₁ 級岩盤		C _v 級岩盤		C ₂ 級岩盤
	埋戻土、盛土		旧表土		シーム
					すべり面

第 6.4-3 図 グループ B（盛土斜面，法尻標高 T.P.+15m 以下）のすべり安定性評価結果

6.5 グループC（岩盤斜面，法尻標高 T. P. +33～50m）

第 6.5-1 図に示すとおり，各斜面の代表断面として⑨-⑨' 断面，⑪-⑪' 断面～⑬-⑬' 断面の 7 断面を作成し，この中から評価対象斜面を選定した。⑨-⑨' 断面，⑪-⑪' 断面～⑬-⑬' 断面は，各斜面において，最も斜面高さが高くなり，最急勾配方向となるように断面位置を設定した。なお，自然斜面の断面位置は，風化層が厚くなる尾根部を通るようにした。



第 6.5-1 図 グループC（岩盤斜面，法尻標高 T. P. +33～50m）の斜面の断面位置図

第 6.5-1 表に示すとおり、第 6.5-2 図に示す⑨-⑨' 断面、⑪-⑪' 断面～⑬-⑬' 断面について比較検討した結果、⑫-⑫' 断面～⑭-⑭' 断面の影響要因の番号付与数が多いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が小さいことから、当該斜面を評価対象斜面に選定した（各断面の比較検討結果及び評価対象斜面の選定根拠の詳細は参考-1 を参照）。

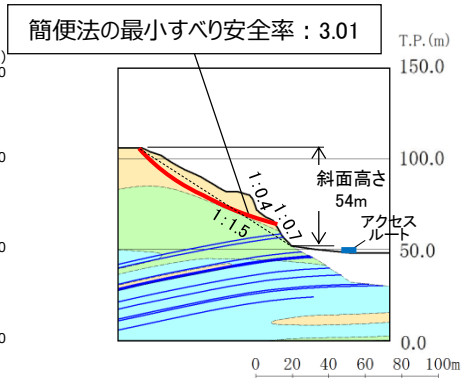
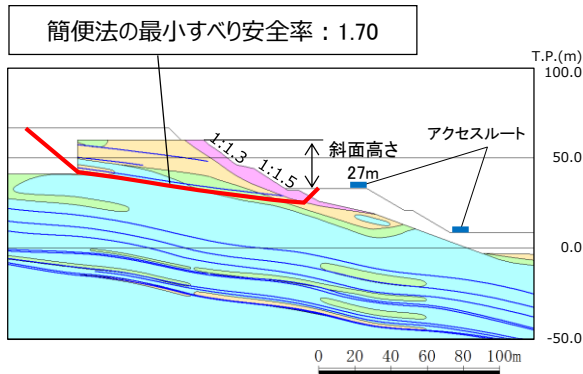
対策工を実施した⑩-⑩' 断面は、評価フローに基づき、安定解析により対策後のすべり安定性を確認する。

基準地震動 S_s による 2 次元動的 FEM 解析結果を第 6.5-3 図に示す。全ての評価対象斜面において、最小すべり安全率（平均強度）が評価基準値 1.0 を上回っており、安定性を有することを確認した。

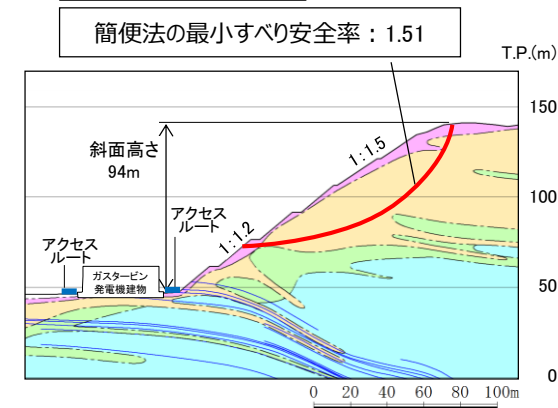
第 6.5-1 表 グループ C（岩盤斜面、法尻標高 T.P. +33～50m）の評価対象斜面の選定結果

保管場所・アクセスルートに影響するおそれのある斜面	影響要因				該当する影響要因	簡便法の最小すべり安全率	選定理由	耐震重要施設等の周辺斜面における検討断面※
	【影響要因①】構成する岩級	【影響要因②】斜面高さ	【影響要因③】斜面の勾配	【影響要因④】シームの分布の有無				
⑨-⑨'	C_{Hr}, C_{Mr}, C_{Lr} D級	27m	1 : 1.3, 1 : 1.5	あり : 4条	①, ④	1.70	⑫-⑬' 断面に比べ、斜面高さが低いこと、斜面の勾配が緩いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、⑫-⑬' 断面の評価に代表させる。	-
⑪-⑪'	C_{Mr}, C_{Lr} 級	54m	1 : 1.5 (一部、 C_i 級で 1 : 0.4及び1 : 0.7 の急勾配部あり)	あり : 2条	①, ③, ④	3.01	⑫-⑬' 断面に比べ、斜面高さが低いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、⑫-⑬' 断面の評価に代表させる。	-
評価対象斜面に選定 ⑫-⑫'	C_{Hr}, C_{Mr}, C_{Lr} D級	94m	1 : 1.2, 1 : 1.5	あり : 3条	①, ②, ③, ④	1.51	D級岩盤及びC _i 級岩盤が分布すること、斜面高さが最も高いこと、1 : 1.2の急勾配部があること、シームが分布すること、及び簡便法の最小すべり安全率が小さいことから、評価対象斜面に選定する。	○
⑬-⑬'	C_{Hr}, C_{Mr}, C_{Lr} D級	78m	1 : 2.0 (一部、 C_i 級で 1 : 0.7の急勾配部 あり)	あり : 4条	①, ③, ④	1.45	D級岩盤及びC _i 級岩盤が分布すること、一部 1 : 0.7の急勾配部があること、シームが分布すること、及び⑫-⑬' 断面に比べ簡便法の最小すべり安全率が小さいことから、評価対象斜面に選定する。	-
⑭-⑭'	C_{Mr}, C_{Lr}, D 級	66m	1 : 1.3	あり : 4条	①, ④	1.32	D級岩盤及びC _i 級岩盤が分布すること、シームが分布すること、及び⑫-⑬' 断面に比べ簡便法の最小すべり安全率が小さいことから、評価対象斜面に選定する。	-
⑮-⑮'	C_{Mr}, C_{Lr}, D 級	48m	1 : 1.5	あり : 2条	①, ④	2.40	⑫-⑬' 断面に比べ、斜面高さが低いこと、平均勾配が緩いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、⑫-⑬' 断面の評価に代表させる。	-
⑯-⑯'	C_{Mr}, C_{Lr} 級	25m	1 : 1.5	なし	①	2.90	⑫-⑬' 断面に比べ、斜面高さが低いこと、平均勾配が緩いこと、シームが分布しないこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、⑫-⑬' 断面の評価に代表させる。	○

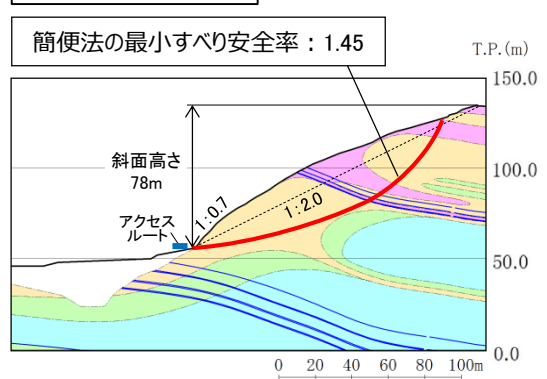
□ : 番号を付与する影響要因 □ : 影響要因の番号付与数が多い（簡便法のすべり安全率が小さい） □ : 選定した評価対象斜面
 ※「島根原子力発電所 2 号炉 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価について」



評価対象斜面



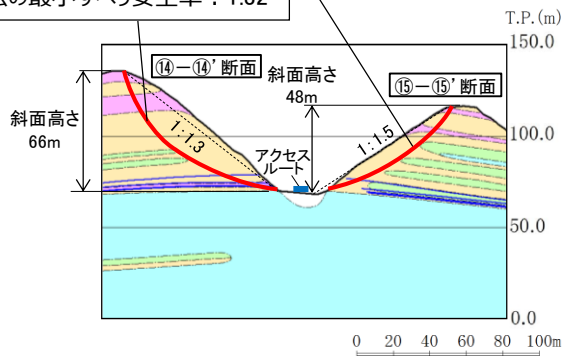
評価対象斜面



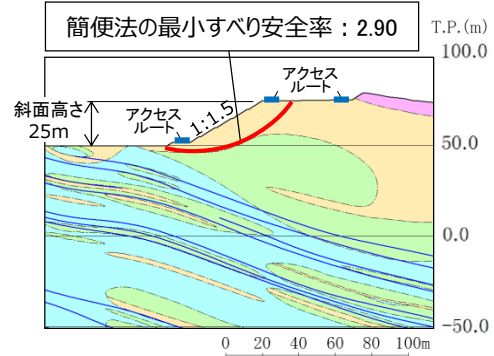
評価対象斜面 (⑭-⑭'断面のみ)

簡便法の最小すべり安全率：2.40

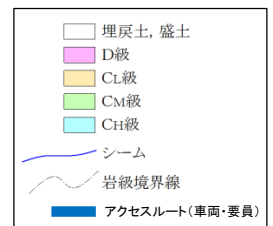
簡便法の最小すべり安全率：1.32



簡便法の最小すべり安全率：2.90

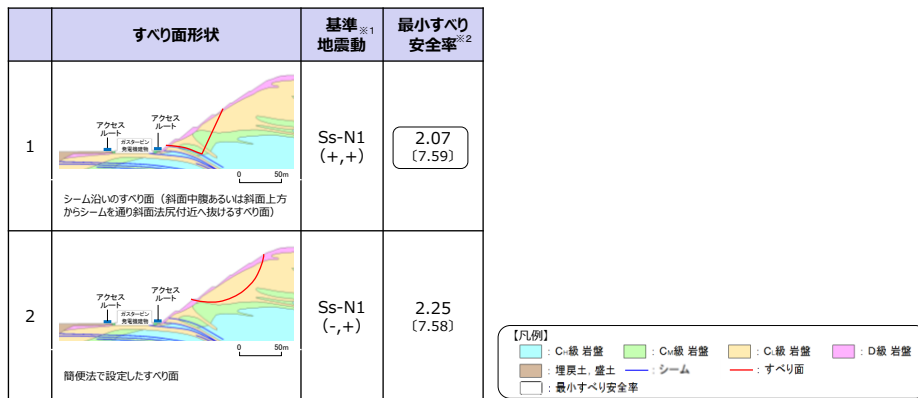


凡例



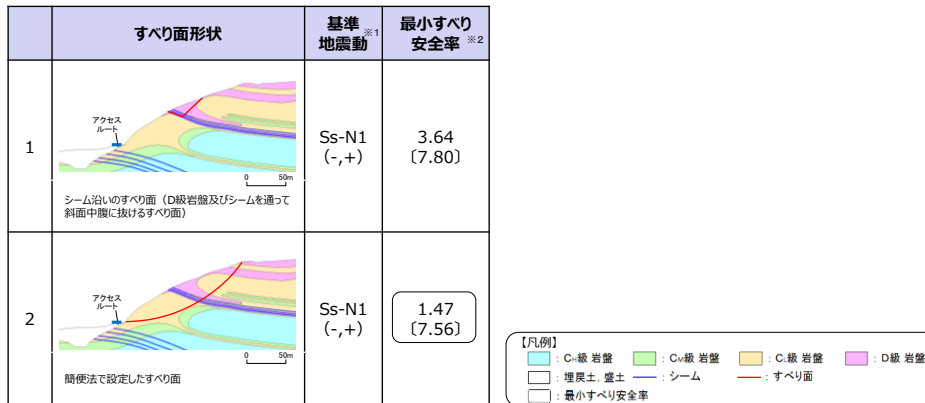
第 6.5-2 図 グループ C (岩盤斜面, 法尻標高 T. P. +33~50m) の斜面の地質断面図

・ ⑫-⑫' 断面 平均強度でのすべり安全率



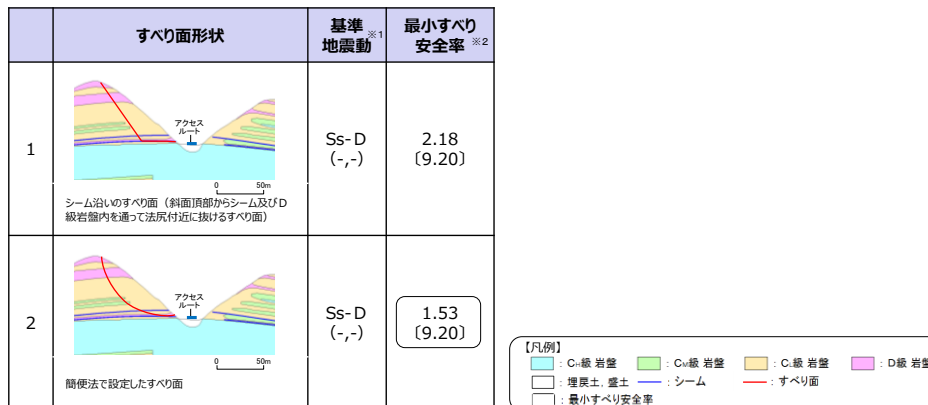
※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
 ※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

・ ⑬-⑬' 断面 平均強度でのすべり安全率



※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
 ※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

・ ⑭-⑭' 断面 平均強度でのすべり安全率



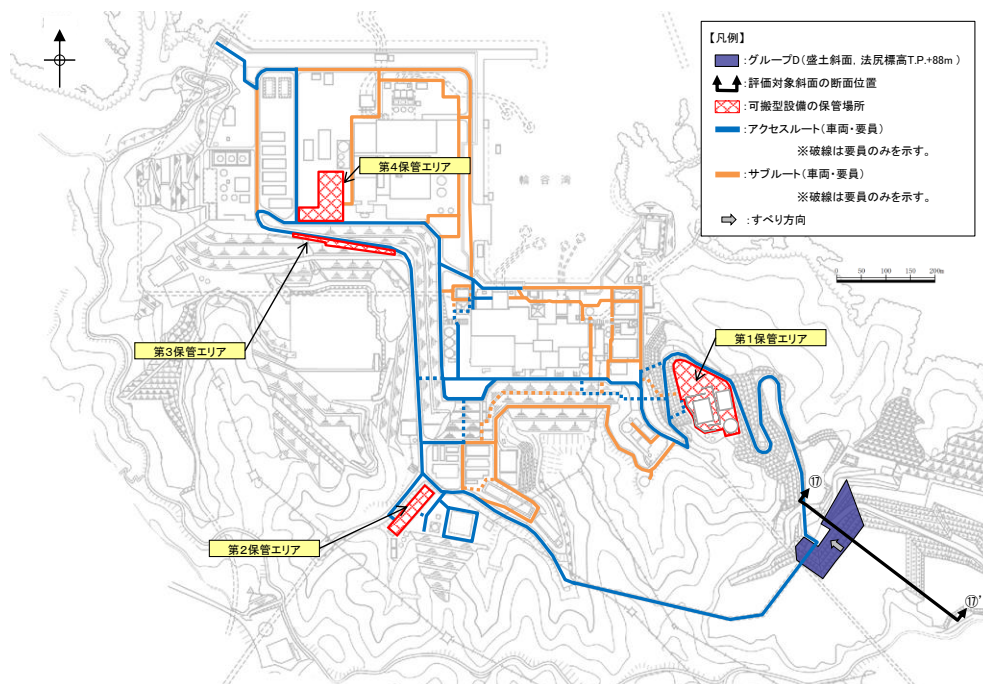
※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
 ※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

第 6.5-3 図 グループC (岩盤斜面, 法尻標高 T.P. +33~50m) のすべり安定性評価結果

6.6 グループD（盛土斜面，法尻標高 T. P. +88m）

グループDの斜面は，法尻標高 T. P. +88m 付近の盛土斜面が 1箇所のみであるため，第 6.6-1 図に示すとおり，斜面高さが最も高く，最急勾配方向となるすべり方向に⑩-⑩' 断面を作成し，評価対象斜面に選定した。地質断面図を第 6.6-2 図に示す。

基準地震動 S_s による 2次元動的 FEM解析結果を第 6.6-3 図に示す。全ての評価対象斜面において，最小すべり安全率（平均強度）が評価基準値 1.0 を上回っており，安定性を有することを確認した。

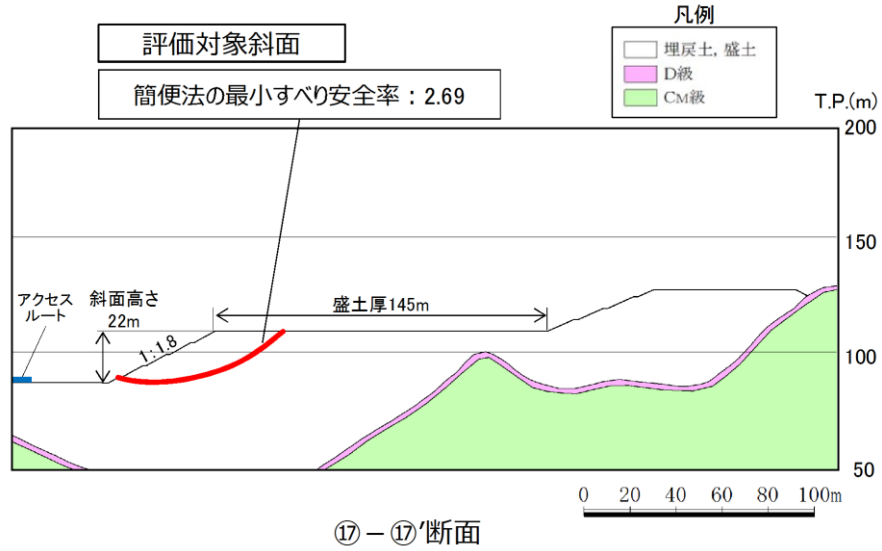


第 6.6-1 図 グループD（盛土斜面，法尻標高 T. P. +88m）の斜面の断面位置図

第 6.6-1 表 グループD（盛土斜面，法尻標高 T. P. +88m）の評価対象斜面の選定結果

保管場所・アクセスルートに影響するおそれのある斜面	影響要因			該当する影響要因	簡便法の最小すべり安全率	選定理由	耐震重要施設等の周辺斜面※における検討断面
	【影響要因②】斜面高さ	【影響要因③】斜面の勾配	【影響要因⑤】盛土厚				
⑩-⑩'	22m	1 : 1.8	145m	-	2.69	グループDの斜面については，斜面が⑩-⑩'断面のみのため，当該斜面を評価対象斜面に選定する。	-

※「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について」



第 6.6-2 図 グループD（盛土斜面，法尻標高 T.P. +88m）の評価対象斜面の地質断面図

・ ⑰-⑰' 断面 平均強度でのすべり安全率

	すべり面形状	基準 ^{※1} 地震動	最小すべり安全率 ^{※2}
1		Ss-N2 (EW) (+,+)	2.17 [26.87]

【凡例】

- : CⅢ級 岩盤
- : D級 岩盤
- : すべり面
- : 埋戻土, 盛土
- : 最小すべり安全率

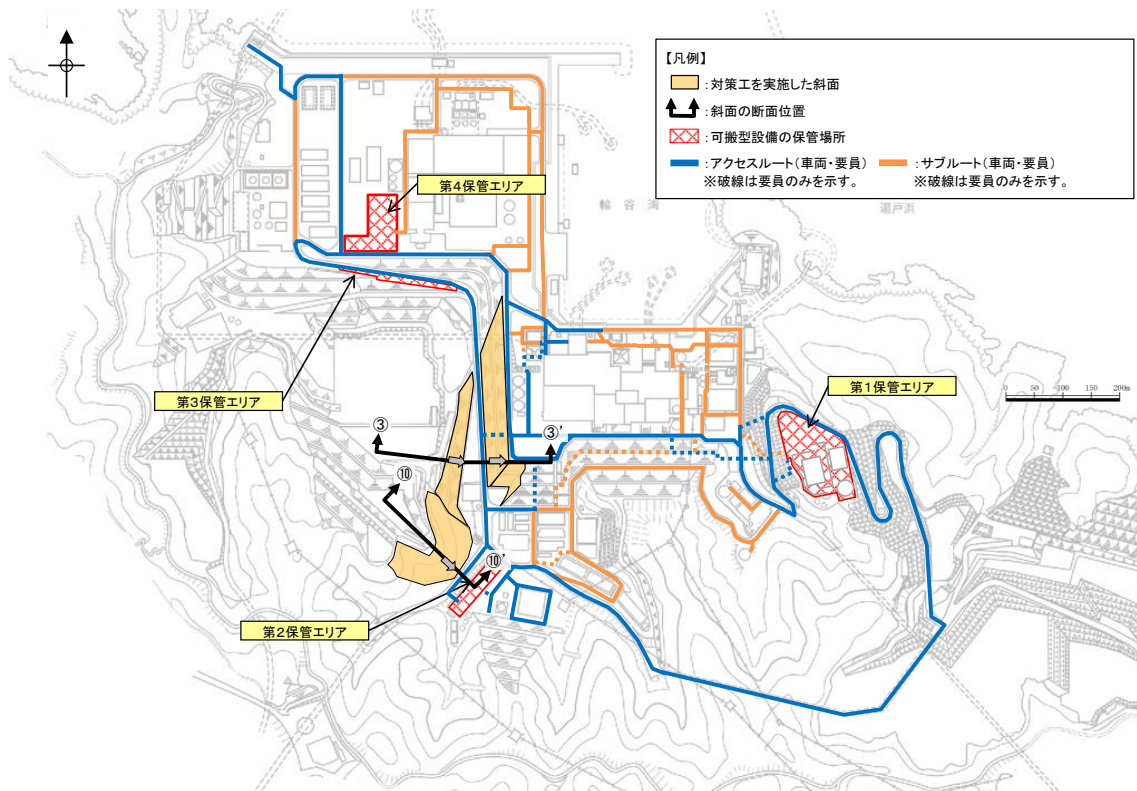
※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
 ※2 []は, 発生時刻(秒)を示す。

第 6.6-3 図 グループD（盛土斜面，法尻標高 T.P. +88m）のすべり安定性評価結果

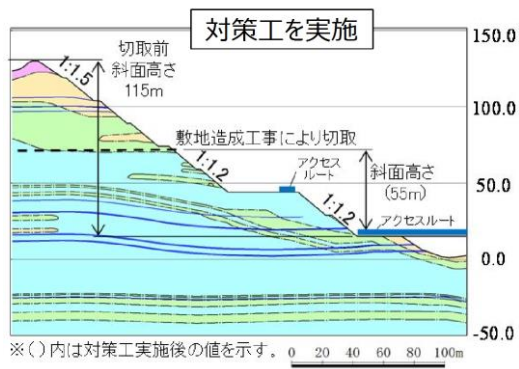
6.7 対策工（切取）を実施した斜面

敷地造成工事に伴って頂部の切取を行った斜面について、切取後の斜面で安定性評価を実施した。対策工（切取）を実施した斜面の断面位置及び地質断面図を第 6.7-1 図及び第 6.7-2 図に示す。

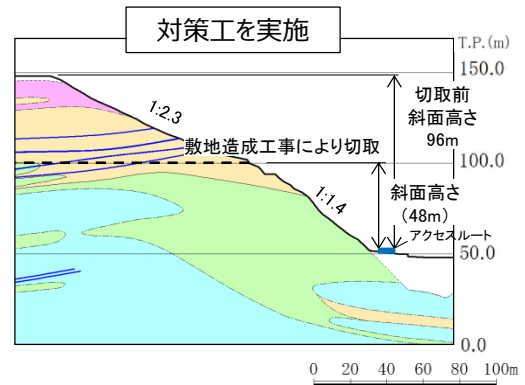
基準地震動 S_s による 2 次元動的 FEM 解析結果を第 6.7-3 図に示す。全ての評価対象斜面において、最小すべり安全率（平均強度）が評価基準値 1.0 を上回っており、安定性を有することを確認した。



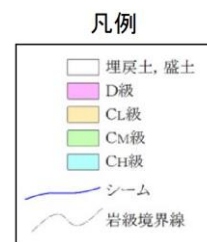
第 6.7-1 図 対策工（切取）を実施した斜面の断面位置図



③ - ③'断面

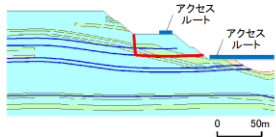
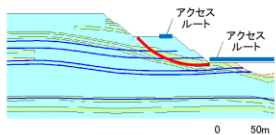


⑩ - ⑩'断面



第 6.7-2 図 対策工（切取）を実施した斜面の地質断面図

・③-③' 断面 平均強度でのすべり安全率

	すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}
1	 <p>シーム沿いのすべり面 (44m盤背後の斜面法尻からシームを通り斜面へ抜けるすべり面)</p>	Ss-N1 (-,+)	2.53 [7.41]
2	 <p>簡便法で設定したすべり面</p>	Ss-D (-,+)	5.89 [8.55]

【凡例】

- : C-級岩盤
- : Cw級岩盤
- : C-級岩盤
- : 埋戻土、盛土
- : シーム
- : すべり面
- : 最小すべり安全率

※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
 ※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

・⑩-⑩' 断面 平均強度でのすべり安全率

	すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}
1	 <p>簡便法により設定したすべり面</p>	Ss-D (-,+)	3.83 [8.94]

【凡例】

- : C-級岩盤
- : Cw級岩盤
- : C-級岩盤
- : 埋戻土、盛土
- : シーム
- : すべり面
- : 最小すべり安全率

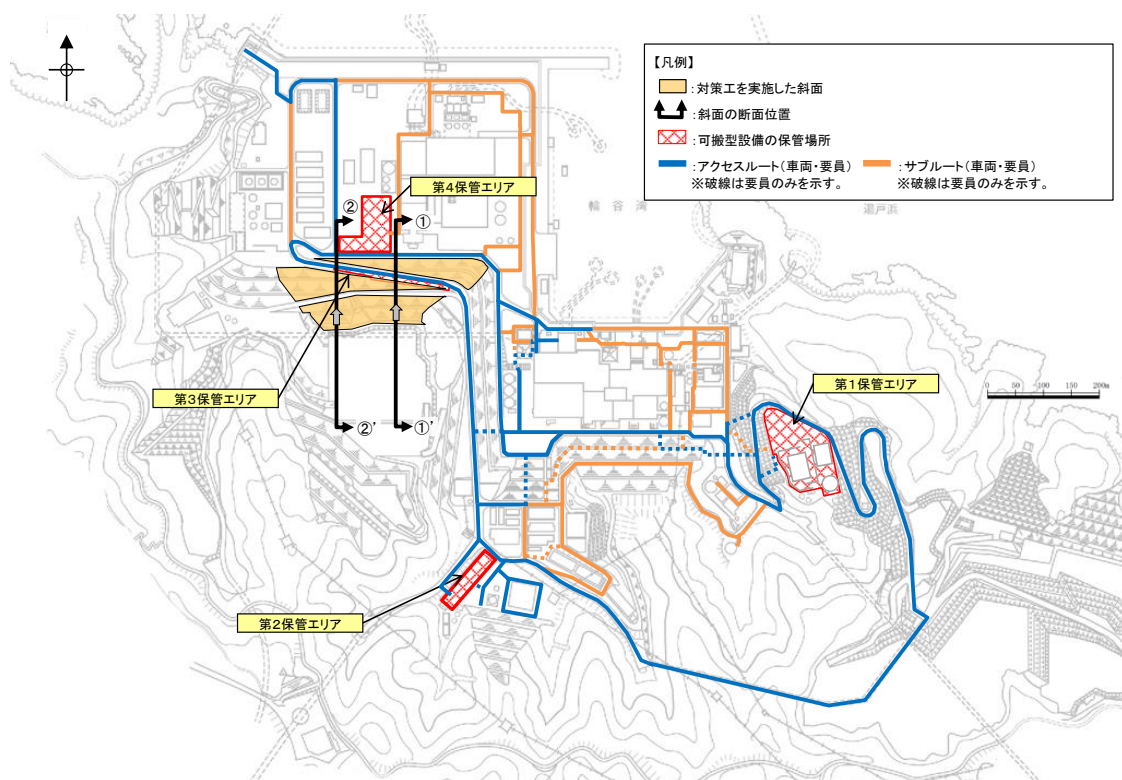
※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
 ※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

第 6.7-3 図 対策工 (切取) を実施した斜面のすべり安定性評価結果

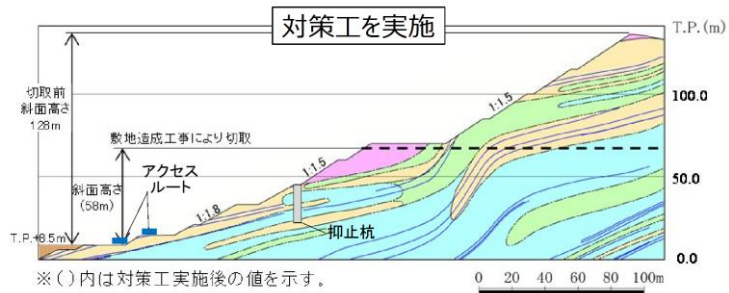
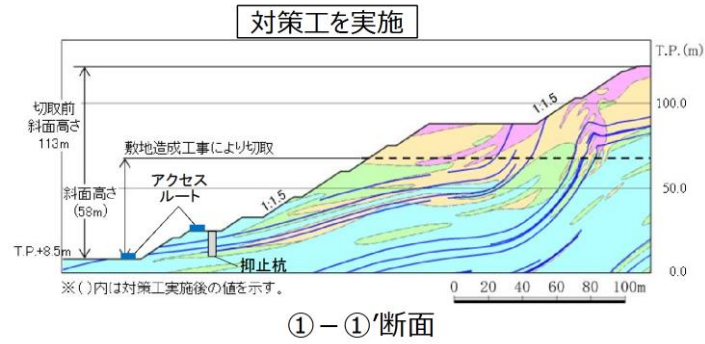
6.8 対策工（抑止杭）を実施した斜面

対策工（抑止杭）を実施した斜面の断面位置及び地質断面図を第 6.8-1 図及び第 6.8-2 図に示す。敷地造成工事に伴って頂部の切取を行ったこと及び抑止杭設置を行ったことから、対策工後の斜面で安定性評価を実施した。

基準地震動 S_s による 2 次元動的 FEM 解析結果を第 6.8-3 図に示す。全ての評価対象斜面において、最小すべり安全率（平均強度）が評価基準値 1.0 を上回っており、安定性を有することを確認した。

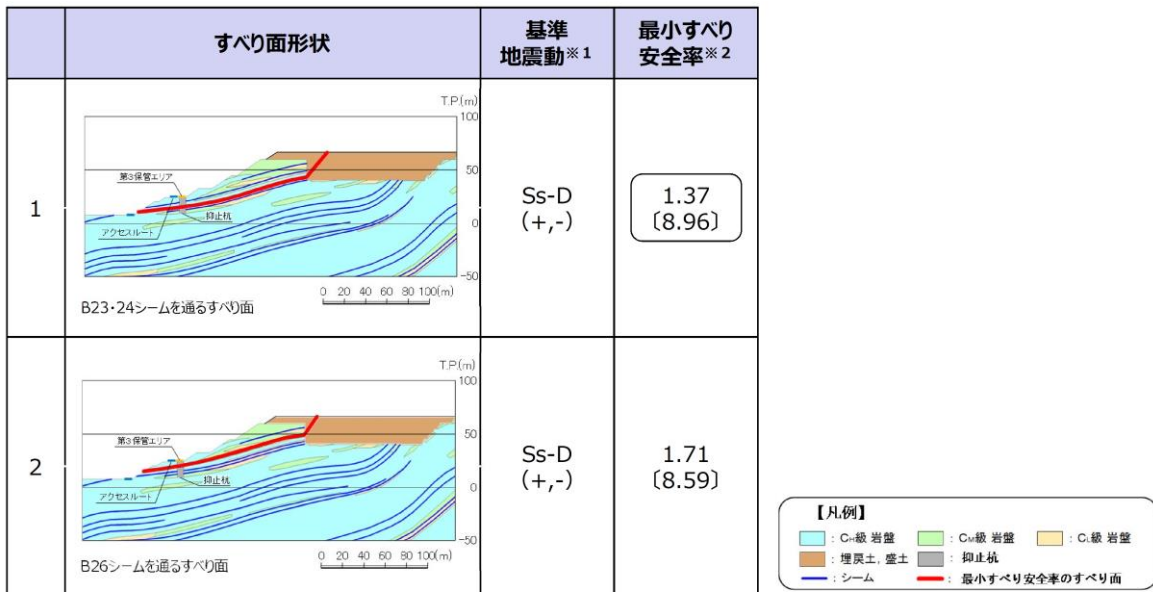


第 6.8-1 図 対策工（抑止杭）を実施した斜面の断面位置図



第 6.8-2 図 対策工（抑止杭）を実施した斜面の地質断面図

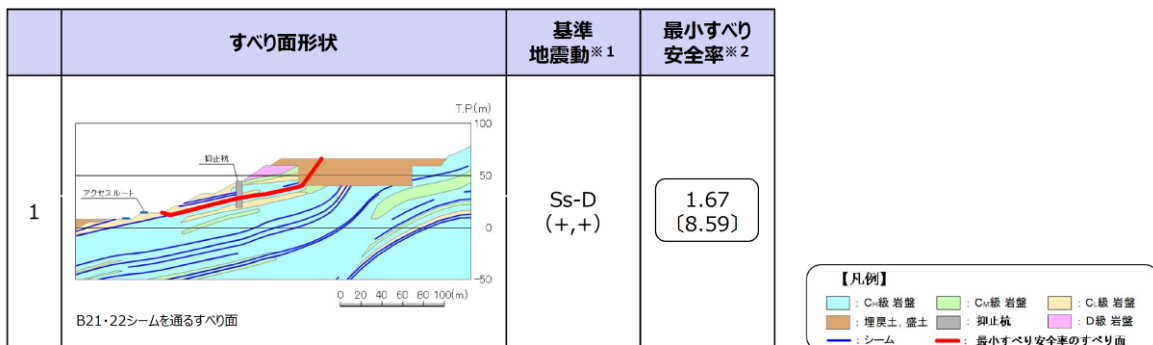
・①-①' 断面 平均強度でのすべり安全率



※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

・②-②' 断面 平均強度でのすべり安全率



※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

第 6.8-3 図 対策工（抑止杭）を実施した斜面のすべり安定性評価結果

7. その他の検討

7.1 鉄塔が設置されている斜面の安定性評価

7.1.1 鉄塔の設置位置及び検討断面の選定

(1) 概要

「別紙(40) 鉄塔の影響評価方針について」で選定した、島根原子力発電所構内の送電鉄塔、開閉所屋外鉄構及び通信用無線鉄塔（以下「鉄塔」という。）が設置されている斜面について、基準地震動 S_s による安定性評価を実施する。

(2) 影響評価鉄塔

「別紙(40) 鉄塔の影響評価方針について」で選定した、斜面の安定性評価を行う鉄塔は以下のとおり。

- ・ 66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔
- ・ 220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔
- ・ 通信用無線鉄塔

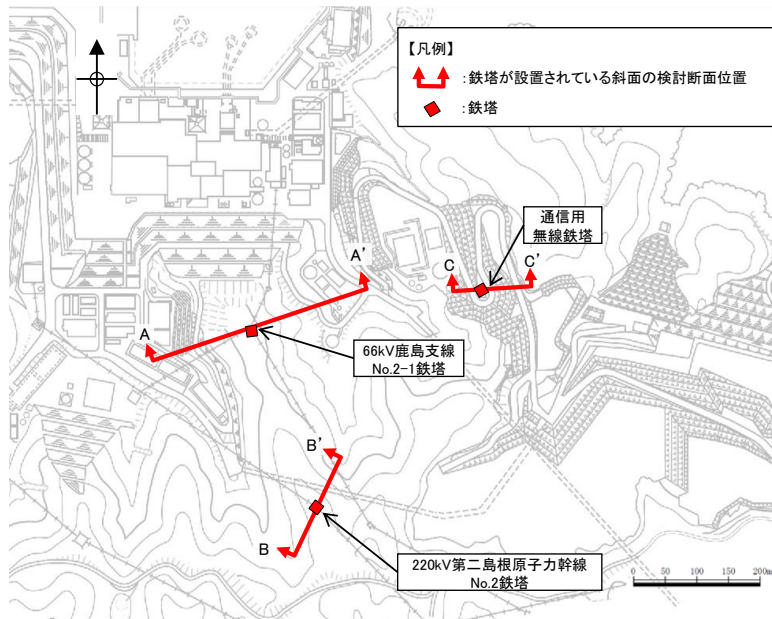
(3) 検討断面の選定

鉄塔が設置されている斜面の検討断面として、以下のとおり 3 断面を設定した。各鉄塔の検討断面位置図を第 7.1-1 図に示す。

A-A' 断面は自然斜面であり、鉄塔付近を通る断面のうち、斜面高さが高くなり、風化帯が最も厚くなる尾根部を通るすべり方向に断面を設定した。

B-B' 断面は自然斜面であるが、風化帯の厚い尾根部は概ね同等の標高で傾斜が緩いため、鉄塔付近を通る断面のうち、斜面高さが高くなり、最急勾配となるすべり方向に断面を設定した。

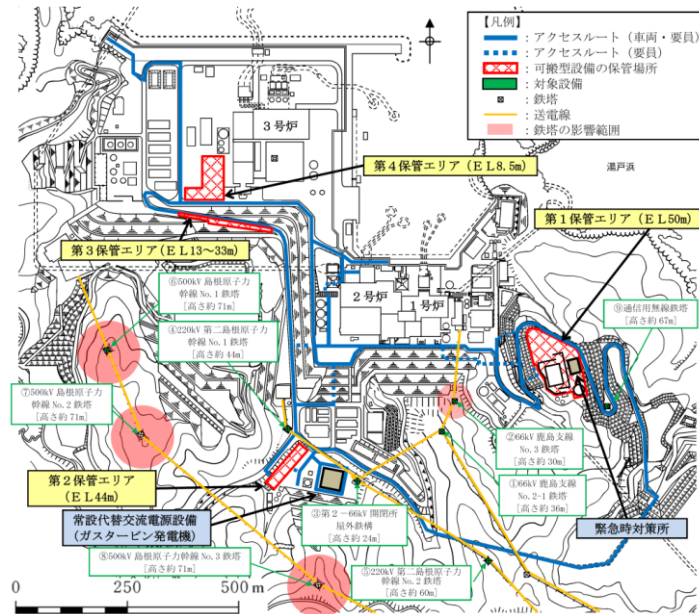
C-C' 断面は切取斜面であり、鉄塔付近を通る断面のうち、斜面高さが高くなり、勾配が急となるすべり方向に断面を設定した。



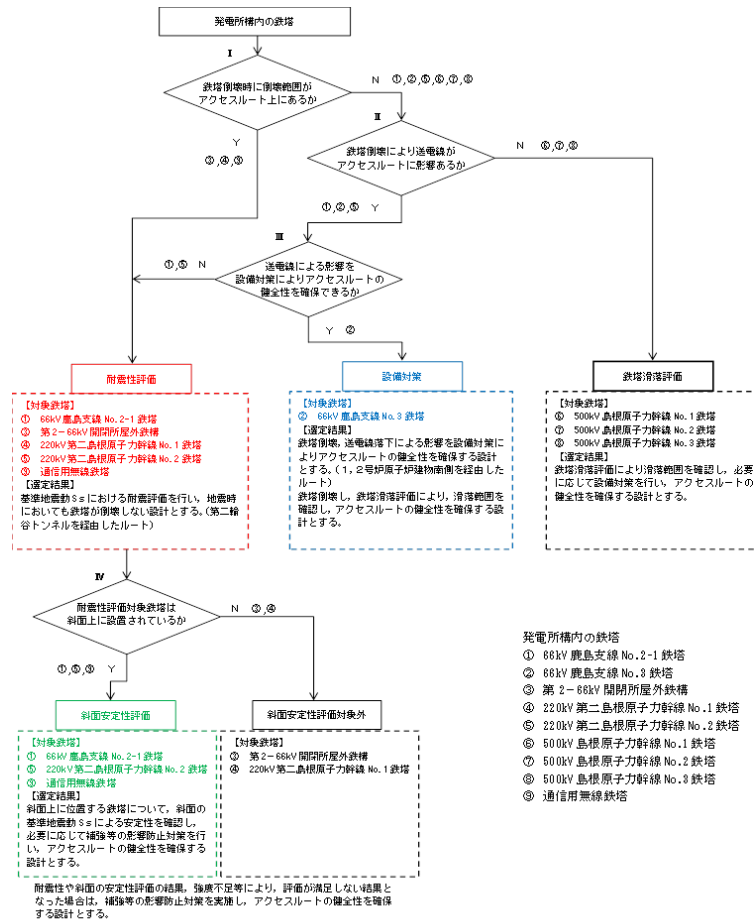
第 7.1-1 図 各鉄塔の検討断面位置図

【参考：影響評価方法選定フロー】

「別紙(40) 鉄塔の影響評価方針について」で実施した選定フロー及び鉄塔の配置図を第 7.1-2 図及び第 7.1-3 図に示す。なお、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に関しては網羅的な抽出を行い、安定性評価を実施している。(3章参照)



第 7.1-2 図 鉄塔配置図



第 7.1-3 図 影響評価方法選定フロー

7.1.2 評価対象斜面の選定結果

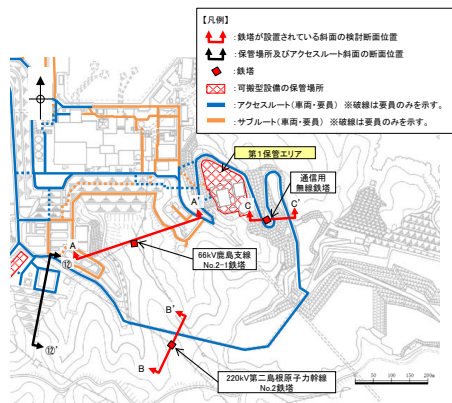
鉄塔が設置されている斜面である A-A' 断面～C-C' 断面について、影響要因の番号付与数及び簡便法の安全率により比較を行った。

比較検討の結果、第 7.1-1 表及び第 7.1-4 図に示す通り、A-A' 断面及び B-B' 断面を 2 次元動的 FEM 解析の評価対象斜面に選定した。

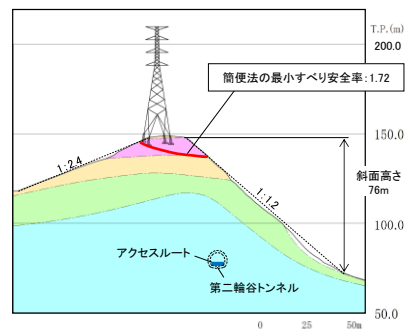
第 7.1-1 表 評価対象断面の選定結果

斜面	影響要因				該当する影響要因	簡便法の最小すべり安全率	選定理由
	【影響要因①】 構成する岩級	【影響要因②】 斜面高さ	【影響要因③】 斜面の勾配	【影響要因④】 シームの分布の有無			
評価対象斜面に選定 66kV 鹿島支線 No.2-1 鉄塔斜面 (A-A' 断面)	C _M , C _L , D 級	86m	1:1.6 (一部、C _L 級で 1:0.7 の急勾配部あり)	あり:3条	①, ②, ③, ④	1.82	D 級岩盤及び C _L 級岩盤が存在すること、斜面高さが最も高いこと、一部 1:0.7 の急勾配部があること、シームが分布すること及び簡便法の最小すべり安全率が小さいことから、評価対象斜面に選定する。
220kV 第二島根原子力幹線 No.2 鉄塔斜面 (B-B' 断面)	C _H , C _M , C _L , D 級	76m	1:1.2	なし	①, ③	1.72	D 級岩盤及び C _L 級岩盤が存在すること、1:1.2 の急勾配であること、及び A-A' 断面に比べ簡便法の最小すべり安全率が小さいことから、評価対象斜面に選定する。
通信用無線鉄塔斜面 (C-C' 断面)	C _M , C _L , D 級	32m	1:1.5	なし	①	10.04	A-A' 断面に比べ、斜面高さが低いこと、平均勾配が緩いこと、シームが分布しないこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、A-A' 断面の評価に代表させる。

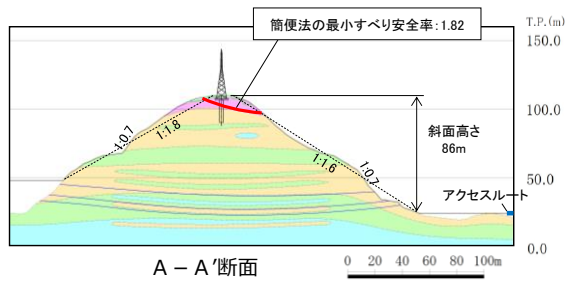
■ : 番号を付与する影響要因 ■ : 影響要因の番号付与数が多い(簡便法のすべり安全率が小さい) ■ : 選定した評価対象斜面



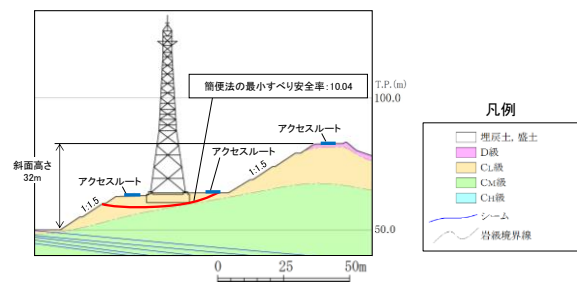
検討断面位置図



B - B'断面



A - A'断面



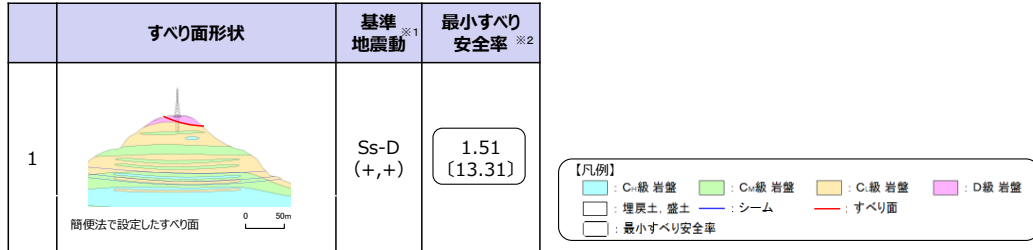
C - C'断面

第 7.1-4 図 評価対象断面の選定結果

7.1.3 評価結果

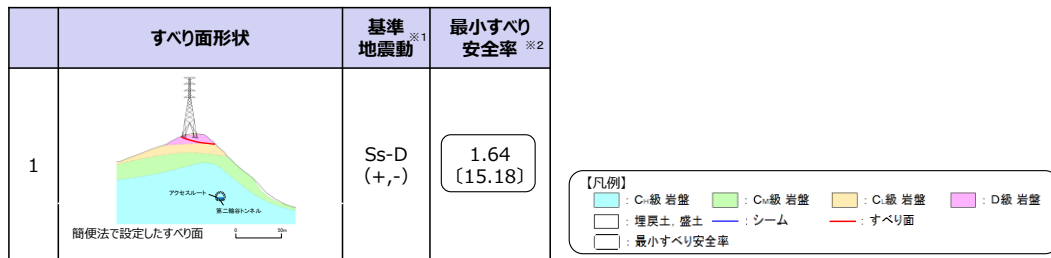
鉄塔斜面の評価対象斜面について、基準地震動 S_s による2次元動的FEM解析を実施した結果、第7.1-5図のとおり、最小すべり安全率（平均強度）が評価基準値1.0を上回っており、安定性を有することを確認した。

・ A-A' 断面 平均強度でのすべり安全率



※1 基準地震動(+,+)は反転なし、(-,+)は水平反転、(+,-)は鉛直反転、(-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
 ※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

・ B-B' 断面 平均強度でのすべり安全率



※1 基準地震動(+,+)は反転なし、(-,+)は水平反転、(+,-)は鉛直反転、(-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
 ※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

第7.1-5図 すべり安定性評価結果

7.2 岩盤斜面と盛土斜面の同時崩壊検討

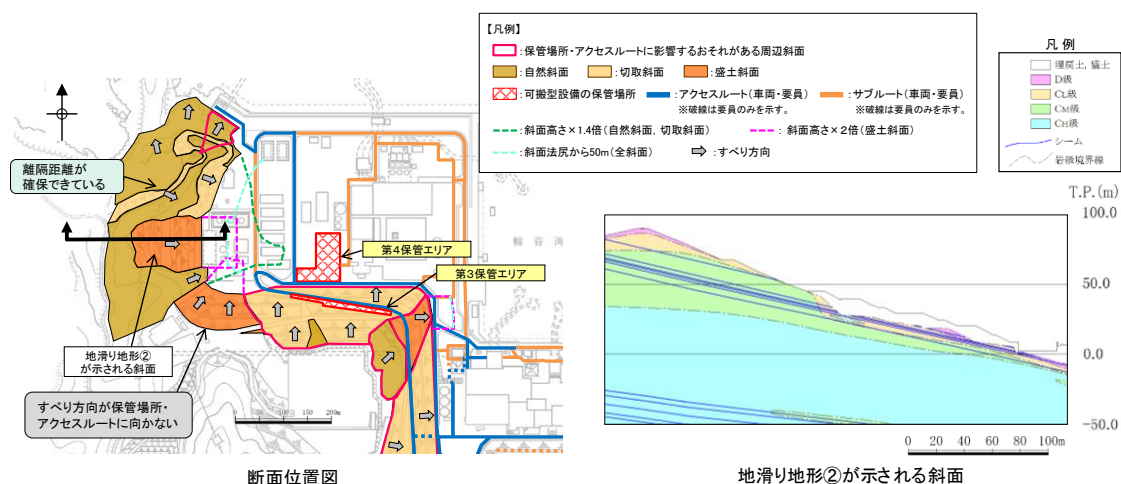
7.2.1 地滑り地形②が示される斜面

(1) 評価概要

地滑り地形②が示される斜面に関しては、「島根原子力発電所2号炉 外部事象の考慮について 地滑り・土石流影響評価」（第863回審査会合 資料2-2-1, 2020年5月26日）（次頁参照）において、アクセスルートへの影響を別途説明するとしていた。

地滑り地形②が示される斜面は、土地造成工事時に地滑り土塊に相当する土砂は撤去したうえで、盛土を施工している。検討方針として、第7.2-1図に示す断面図を対象に、岩盤部を通るすべり面のすべり安定性が確保されていることを確認することで、岩盤斜面と盛土斜面の同時崩壊が生じないことを確認する。

なお、盛土斜面部のみの斜面崩壊を想定した場合、保管場所及びアクセスルートまでの離隔距離は、確保できている。



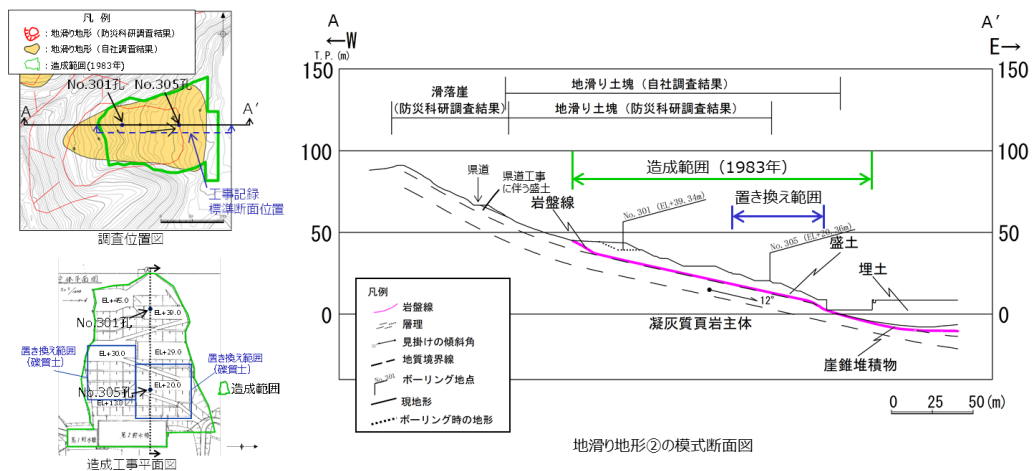
第7.2-1図 評価対象断面図

【参考：地滑り調査結果】

地滑り地形②について、第7.2-2図に模式断面図を示す。

EL45mより上方では、堅硬な岩盤が露出しており、地滑り土塊は認められない。EL45mより下方では、土地造成工事時に地滑り土塊に相当する土砂は撤去したうえで、盛土を施している。造成工事後に実施したボーリング（No. 301孔及びNo. 305孔）によると、盛土と岩盤の境界は造成工事の掘削面に概ね一致することから、地滑り土塊は全て撤去されていると考えられる。

以上のことから、発電所建設前の旧地形から判読されたような地滑り地形②に相当する地滑りは想定されない。



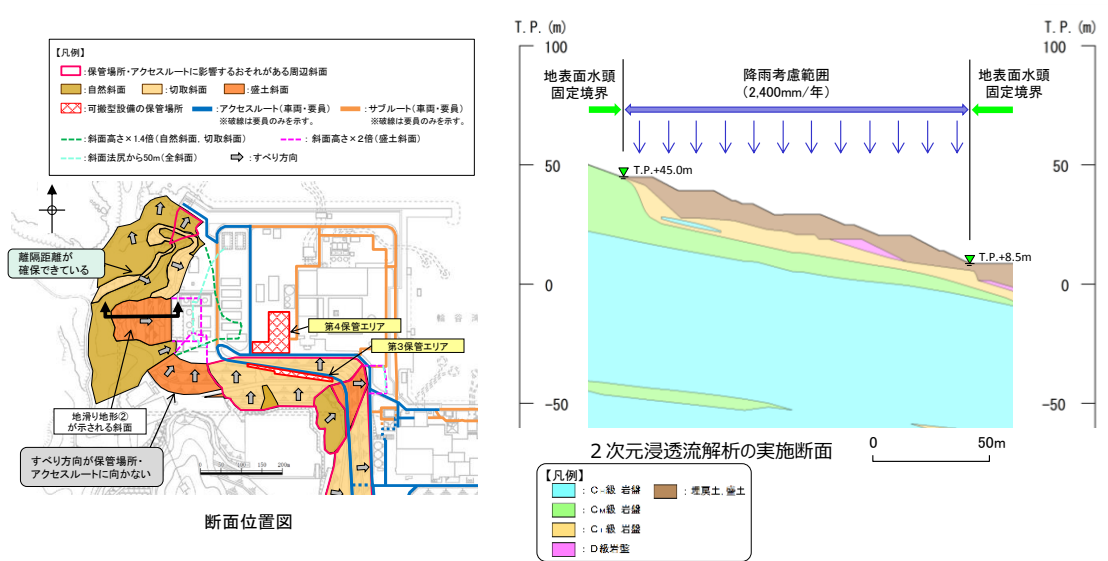
第7.2-2図 地滑り地形②の模式断面図

(2) 2次元浸透流解析モデルの解析条件

液状化影響検討用地下水位を設定するため、2次元浸透流解析（定常解析）を実施する。

解析モデルは第7.2-3図のとおりとし、保守的な条件となるよう、T.P.+8.5m盤及び上流側の盛土と地山の境界部において、地表面に水頭固定境界を設定する。

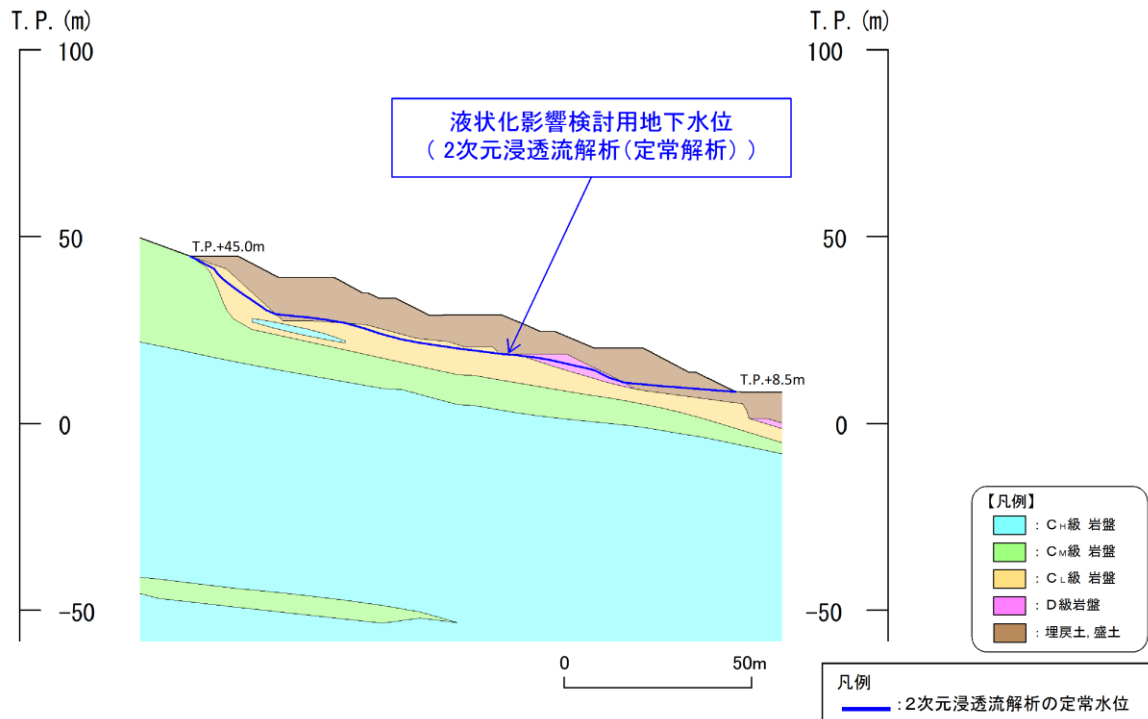
地表面水頭固定境界に挟まれた検討用地下水位の計算領域は、降雨考慮範囲として降雨条件2,400mm/年を考慮する。



第7.2-3図 2次元浸透流解析の解析条件

(3) 検討用地下水位の条件

2次元浸透流解析の結果を第7.2-4図に示す。2次元浸透流解析の結果、盛土斜面内に地下水位が認められない。液状化範囲の設定に当たっては、地下水位以深の埋戻土を全て液状化範囲として設定する。



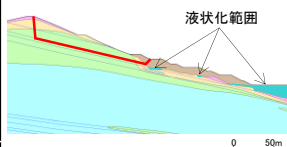
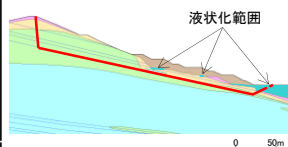
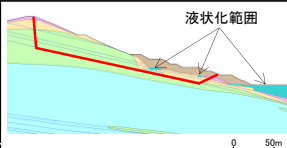
第7.2-4図 2次元浸透流解析結果

(4) すべり安定性評価結果

地滑り地形②の評価対象斜面について、基準地震動 S_s による2次元動的FEM解析により岩盤部を通るすべり面のすべり安定性評価を実施した結果、第7.2-5図に示す通り、最小すべり安全率（平均強度）が評価基準値1.0を上回っており、安定性を有することを確認した。

以上のことから、岩盤斜面と盛土斜面の同時崩壊は生じないと評価する。

・地滑り地形②が示される斜面 平均強度でのすべり安全率

	すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}		すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}
1	 <p>液状化範囲</p> <p>シーム沿いのすべり面（法肩からB23・24シームを通り盛土内に抜けるすべり面）</p> <p>50m</p>	Ss-D (-, -)	1.63 (8.98)	3	 <p>液状化範囲</p> <p>シーム沿いのすべり面（法肩からB19シームを通り法尻付近に抜けるすべり面）</p> <p>50m</p>	Ss-D (-, -)	1.57 (9.01)
2	 <p>液状化範囲</p> <p>シーム沿いのすべり面（法肩からB19シーム及びD級岩盤を通り盛土内に抜けるすべり面）</p> <p>50m</p>	Ss-D (-, -)	1.65 (9.02)	<p>【凡例】</p> <p> : C-級 岩盤 : C_v級 岩盤 : C₂級 岩盤 : D級 岩盤 : 埋戻土・盛土 : シーム : すべり面^{※3} : 最小すべり安全率 </p>			

※1 基準地震動 (+,+) は反転なし, (-,+) は水平反転, (+,-) は鉛直反転, (-,-) は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※2 () は、発生時刻 (秒) を示す。

※3 破線は液状化影響を考慮する範囲 (「4. 液状化範囲の検討」を参照)

第7.2-5図 すべり安定性評価結果

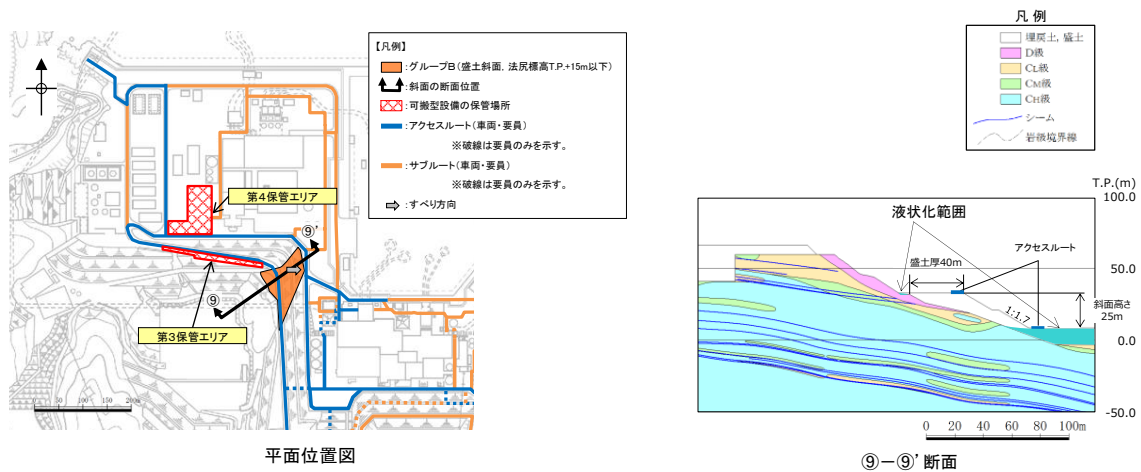
7.2.2 33m盤盛土斜面上部の岩盤斜面

(1) 評価概要

33m盤盛土斜面部については、地震時のすべり安定性は確保されているが、地滑り地形②と同様に、岩盤斜面上に盛土が構築されていることから、岩盤斜面と盛土斜面の同時崩壊の可能性の有無について検討を行った。

検討方針として、岩盤部を通るすべり面のすべり安定性が確保されていることを確認することで、岩盤斜面と盛土斜面の同時崩壊が生じないことを確認する。

なお、液状化範囲の設定にあたっては、2次元浸透流解析により求めた地下水位以深の埋戻土を全て液状化範囲として設定する。(4.3章参照)



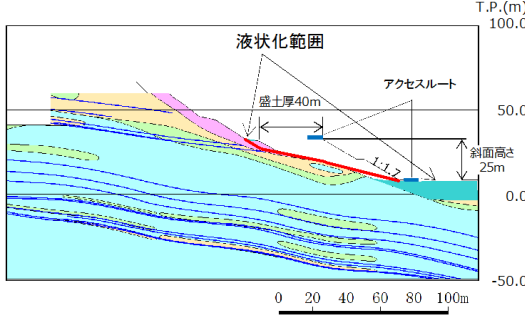
第 7.2-6 図 評価対象断面図

(2) すべり安定性評価結果

3 3 m盤の盛土斜面上部の岩盤斜面について、基準地震動 S s による 2 次元動的 F E M 解析により岩盤部を通るすべり面のすべり安定性評価を実施した結果、最小すべり安全率（平均強度）が評価基準値 1.0 を上回っており、安定性を有することを確認した。

以上のことから、岩盤斜面と盛土斜面の同時崩壊は生じないと評価する。

・ 3 3 m 盤盛土斜面上部の岩盤斜面 平均強度でのすべり安全率

	すべり面形状	基準地震動 ^{※1}	最小すべり安全率 ^{※2}
1		Ss-D (+,-)	4.15 [14.65]

【凡例】

- : C-級岩盤 ■ : C_M級岩盤 ■ : C-級岩盤 ■ : D級岩盤
- : 埋戻土、盛土 ■ : シーム ■ : すべり面^{※3}
- : 最小すべり安全率

※1 基準地震動 (+,+) は反転なし, (-,+) は水平反転, (+,-) は鉛直反転, (-,-) は水平反転かつ鉛直反転を示す。
 ※2 [] は、発生時刻 (秒) を示す。
 ※3 破線は液状化影響を考慮する範囲 (「4. 液状化範囲の検討」を参照)

第 7.2-7 図 すべり安定性評価結果

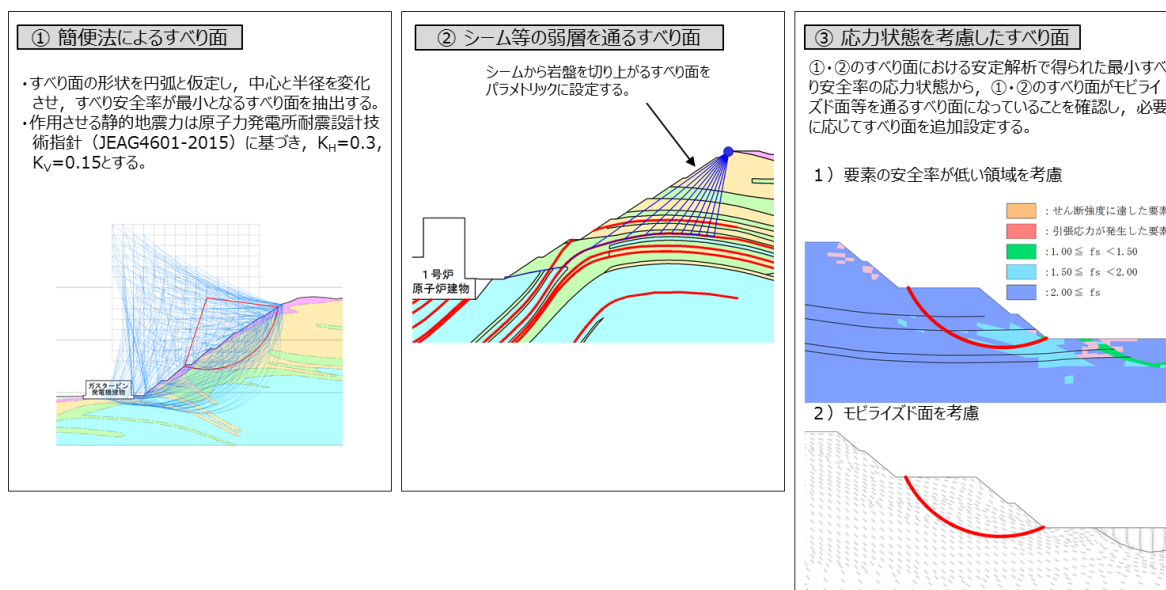
7.3 応力状態を考慮した検討

7.3.1 すべり面の設定の考え方 (第 7.3-1 図)

すべり安全率を算定するすべり面については、簡便法によるすべり面及びシーム等の弱層を通るすべり面を設定し、応力状態を踏まえて必要に応じてすべり面を追加設定する。

シーム等の弱層を通るすべり面は、基礎地盤で設定したものと同様に角度をパラメトリックに設定する。

⑫-⑫' 断面、⑬-⑬' 断面、⑭-⑭' 断面に関しては、斜面上部にD級岩盤が分布することから、応力状態を踏まえ、①・②のすべり面がモビライズド面等を通るすべり面になっていることを確認し、すべり面が妥当であることを示す。

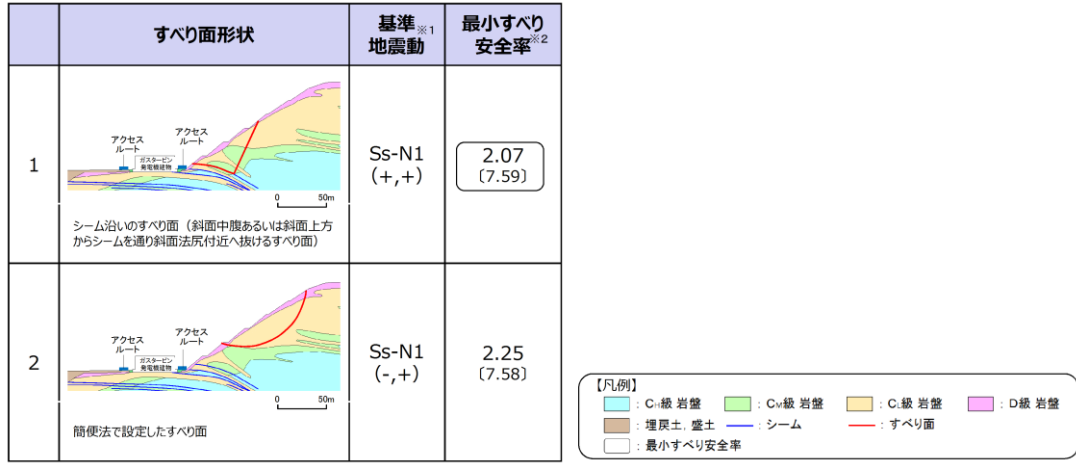


第 7.3-1 図 すべり面の設定の考え方

7.3.2 ⑫-⑫ ‘断面

動的解析の結果、第7.3-2図に示すとおり、平均強度を用いたすべり安全率は1.0を上回ることを確認した。

・⑫-⑫’ 断面 平均強度でのすべり安全率



※1 基準地震動(+,+)は反転なし、(-,+)は水平反転、(+,-)は鉛直反転、(-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
 ※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

第7.3-2図 すべり安定性評価結果

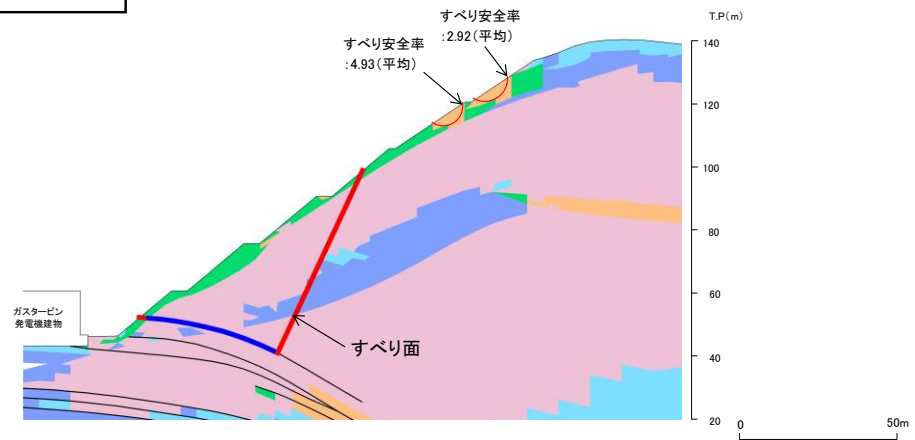
第7.3-3図に示す要素毎の局所安全係数を確認した結果、引張応力が発生した要素が斜面に連続しており、これを通るすべり面になっている。また、せん断強度に達した要素が斜面浅部に分布するが、局所的である。なお、斜面浅部のせん断強度に達した要素を通るすべり面については、当該応力状態における最小すべり安全率が2.92(平均強度)であり、強度の低い破壊領域を通るすべり面の最小すべり安全率2.07(平均強度)に包含される。

第7.3-4図に示す主応力分布図を確認した結果、法尻付近では、直応力が引張となる範囲は概ね65~110°になり、これに沿うすべりになっている。また、第7.3-5図に示すモビライズド面を確認した結果、モビライズド面を通過していないが、強度の低いシームや破壊領域を通るすべりになっている。

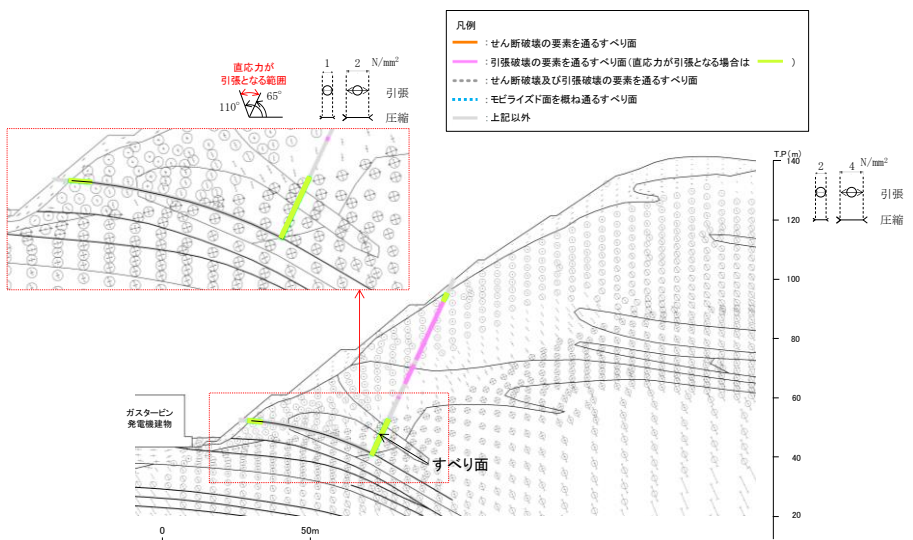
以上のことから、設定したすべり面は、既にすべり安全率の厳しいすべり面になっているため、追加のすべり面は設定していない。

・基準地震動 : Ss-N1(+,+)
 ・時刻 : 7.59秒
 ・すべり安全率 : 2.07

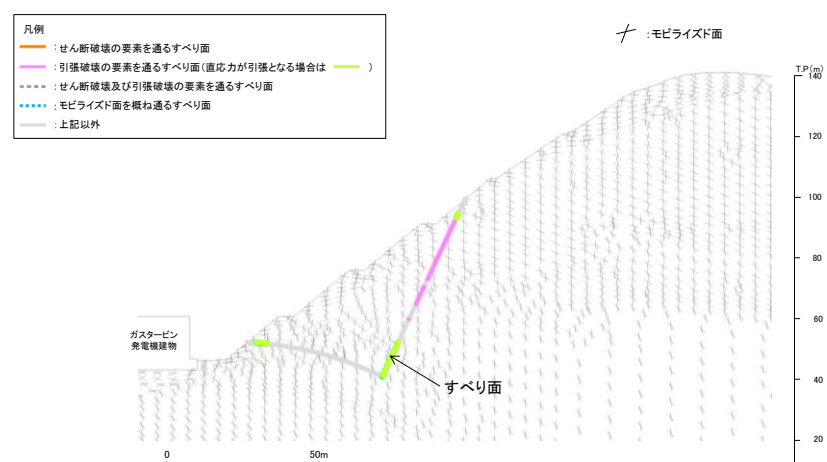
- : せん断強度に達した要素
- : 引張応力が発生した要素
- : $1.00 \leq f_s < 1.50$
- : $1.50 \leq f_s < 2.00$
- : $2.00 \leq f_s$
- : シームを通るすべり面
- : シーム以外



第 7.3-3 図 局所安全係数分布図



第 7.3-4 図 主応力分布図

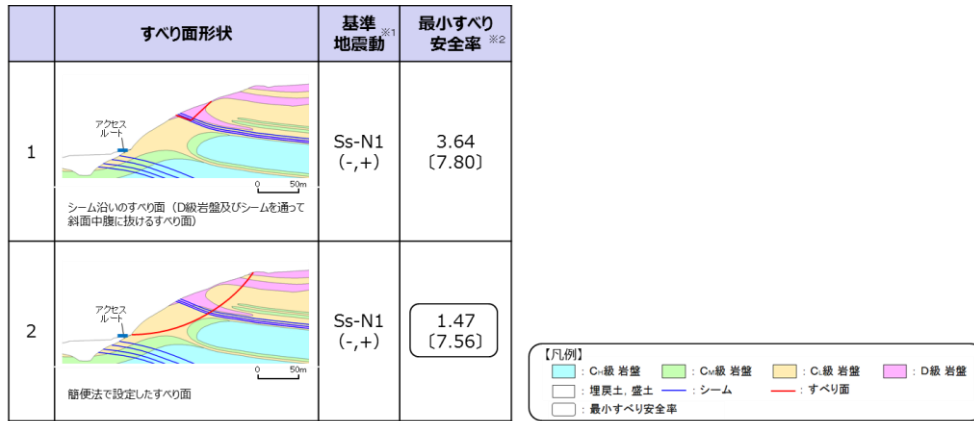


第 7.3-5 図 モビライズド面

7.3.3 ⑬-⑬ ‘断面

動的解析の結果、第7.3-6図に示すとおり、平均強度を用いたすべり安全率は1.0を上回ることを確認した。

・⑬-⑬’ 断面 平均強度でのすべり安全率



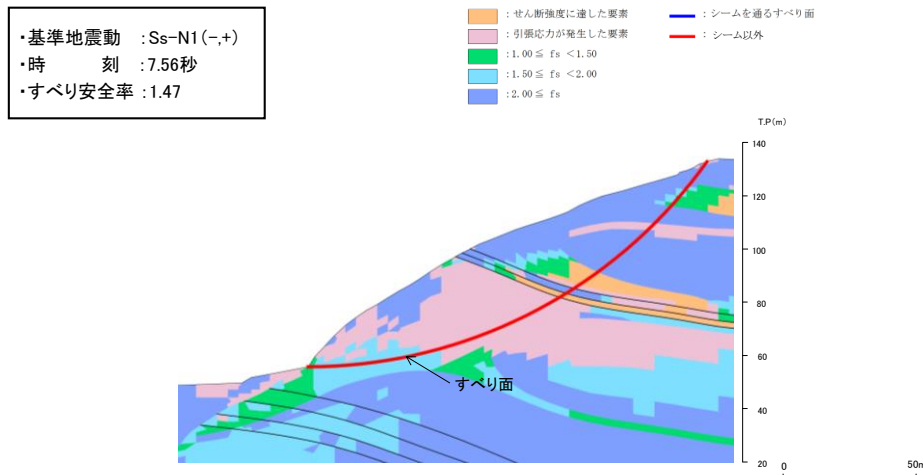
※1 基準地震動(+,+)は反転なし、(-,+)は水平反転、(+,-)は鉛直反転、(-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。
 ※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

第7.3-6図 すべり安定性評価結果

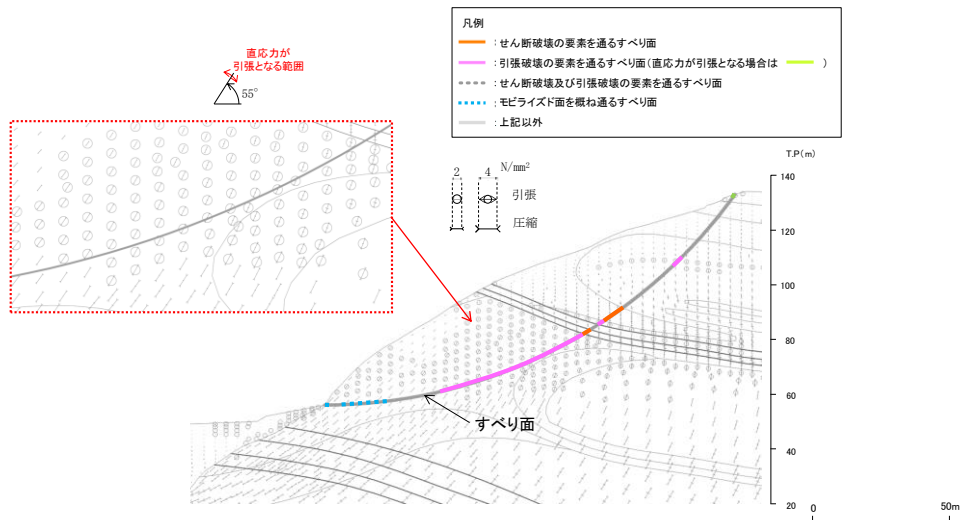
第7.3-7図に示す要素毎の局所安全係数を確認した結果、引張応力が発生した要素が斜面に連続しており、これを通るすべり面になっている。また、せん断強度に達した要素が斜面内部に分布するが、局所的である。

第7.3-8図に示す主応力分布図を確認した結果、法尻付近では、直応力が引張となる範囲は概ね55°になり、これに沿うすべりになっている。また、第7.3-9図に示すモビライズド面を確認した結果、すべり面はモビライズド面を概ね通るすべりになっている。

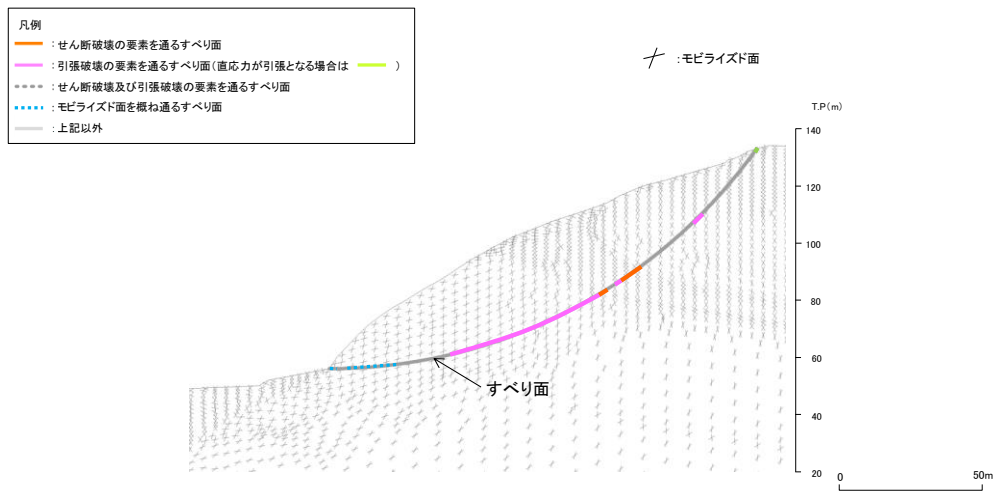
以上のことから、設定したすべり面は、既にすべり安全率の厳しいすべり面になっているため、追加のすべり面は設定していない。



第7.3-7図 局所安全係数分布図



第 7.3-8 図 主応力分布図

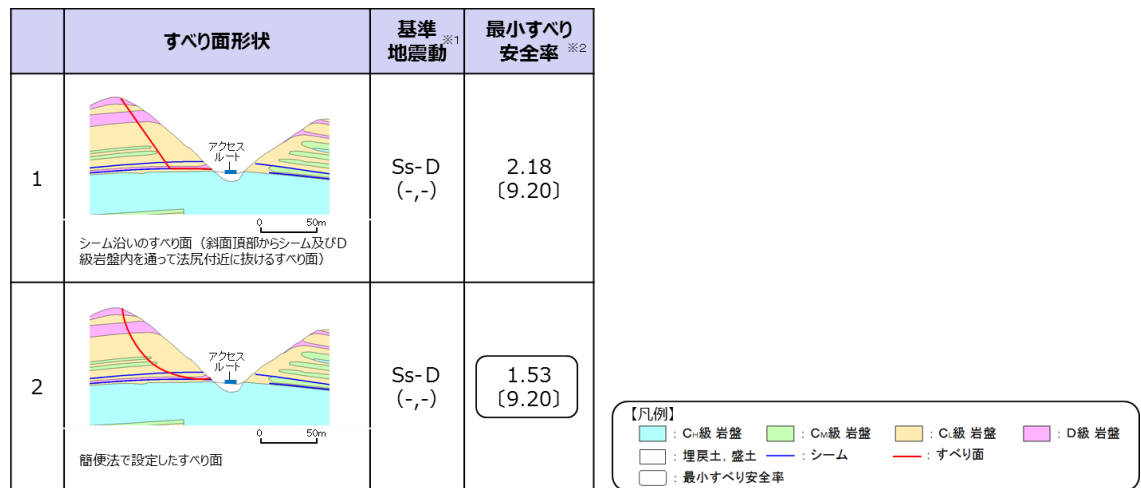


第 7.3-9 図 モビライズド面

7.3.4 ⑭-⑭ ‘断面

動的解析の結果、第7.3-10図に示すとおり、平均強度を用いたすべり安全率は1.0を上回ることを確認した。

・⑭-⑭’ 断面 平均強度でのすべり安全率



※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

第7.3-10図 すべり安定性評価結果

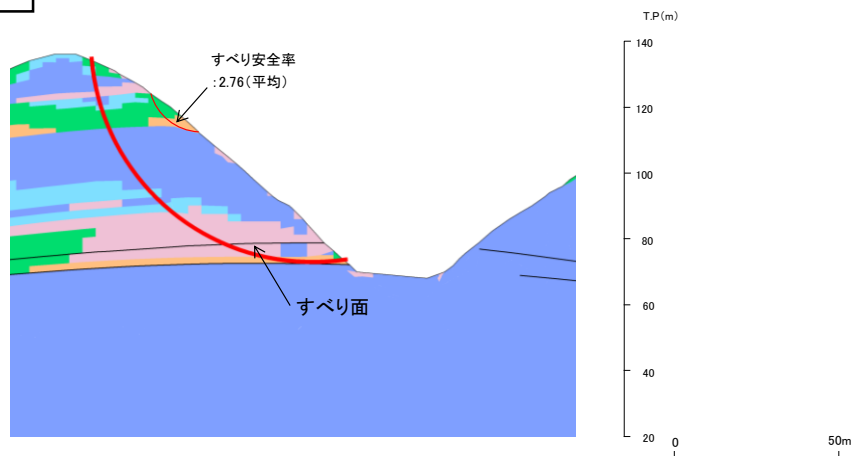
第7.3-11図に示す要素毎の局所安全係数を確認した結果、法尻付近に引張応力が発生した要素が連続しており、これを通るすべり面になっている。また、せん断強度に達した要素は局所的である。なお、斜面浅部のせん断強度に達した要素を通るすべり面については、当該応力状態における最小すべり安全率が2.76（平均強度）であり、法尻付近の破壊領域を通るすべり面の最小すべり安全率1.53（平均強度）に包含される。

第7.3-12図に示す主応力分布図を確認した結果、法尻付近では、直応力が引張となる範囲は概ね110°になり、これに沿うすべりになっている。また、第7.3-13図に示すモビライズド面を確認した結果、すべり面はモビライズド面を概ね通るすべりになっている。

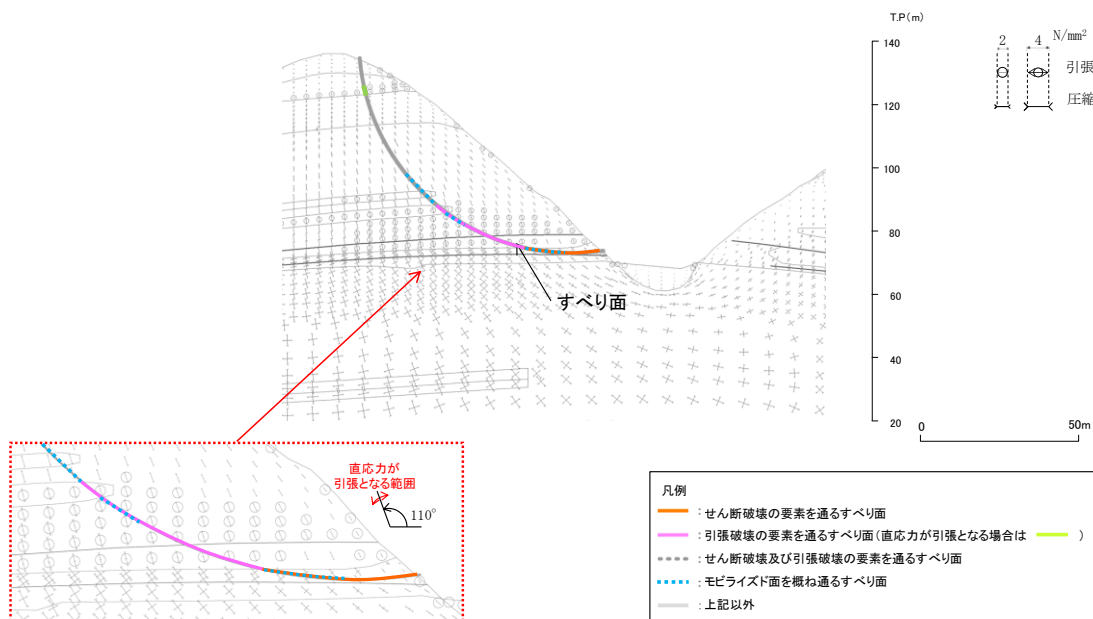
以上のことから、設定したすべり面は、既にすべり安全率の厳しいすべり面になっているため、追加のすべり面は設定していない。

・基準地震動 : Ss-D(-,-)
 ・時刻 : 9.20秒
 ・すべり安全率 : 1.53

- : せん断強度に達した要素
- : 引張応力が発生した要素
- : $1.00 \leq f_s < 1.50$
- : $1.50 \leq f_s < 2.00$
- : $2.00 \leq f_s$
- : シームを通るすべり面
- : シーム以外



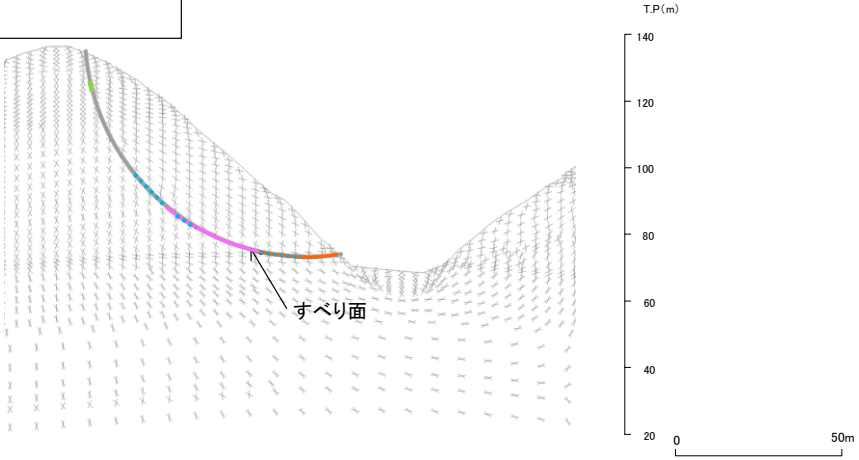
第 7.3-11 図 局所安全係数分布図



第 7.3-12 図 主応力分布図

- 凡例
- : せん断破壊の要素を通るすべり面
 - : 引張破壊の要素を通るすべり面(直応力が引張となる場合は)
 - - - : せん断破壊及び引張破壊の要素を通るすべり面
 - ⋯ : モビライズド面を概ね通るすべり面
 - : 上記以外

✦ : モビライズド面



第 7.3-13 図 モビライズド面

7.4 対策工（抑止杭）に関する詳細検討

7.4.1 基本方針

対象斜面は、基準地震動 S_s による地震力に対して、敷地内土木構造物である抑止杭を設置することで、斜面の崩壊を防止できる設計とする。

敷地内土木構造物である抑止杭について、設置許可段階においては、先行炉及び一般産業施設における適用事例を調査するとともに、代表断面における抑止杭の耐震評価及び斜面の安定性評価を実施することで、構造が成立する見通しを確認する。

詳細設計段階においては、以下のとおり設計の妥当性に係る検討を行い、評価基準値を下回る場合には、抑止杭を追加配置する。

- ・抑止杭の平面配置の妥当性確認
- ・基準地震動 S_s による杭間が岩盤の場合の中抜け現象を想定した解析的検討
- ・杭前面における岩盤の肌分かれを想定したすべり安定性評価

抑止杭を施工する対象斜面（第 7.4.1-2 図参照）は、敷地造成工事に伴って頂部の切り取りを行っており、第 7.4.1-1 表に示すとおり、平均強度によりすべり安全率 1.0 を上回ることを確認している。①-①' 断面において、地盤物性のばらつき（平均強度 $-1.0 \times$ 標準偏差 (σ) ）を考慮したすべり安全率が 0.90 と評価基準値を下回ること、及び②-②' 断面において、地盤物性のばらつきを考慮したすべり安全率が 1.06 と裕度が小さいことから、地震による斜面崩壊の防止措置を講ずるための敷地内土木構造物として、抑止杭を設置することとした。

第 7.4.1-1 表 抑止杭を施工する対象斜面のすべり安全率（抑止杭なし）

基準地震動 S_s	すべり安全率（平均強度）	
	（ ）内はばらつきを考慮した強度のすべり安全率	
	①-①' 断面	②-②' 断面
S_s-D	1.08 (0.90)	1.24 (1.06)
S_s-N_1	1.25	1.57
S_s-N_2	1.32	1.58

抑止杭の設計については 7.4.2 章で説明する。

また、抑止杭の耐震評価については 7.4.3 章で説明し、抑止杭を反映した地震時の斜面の安定性評価については 7.4.4 章で説明する。

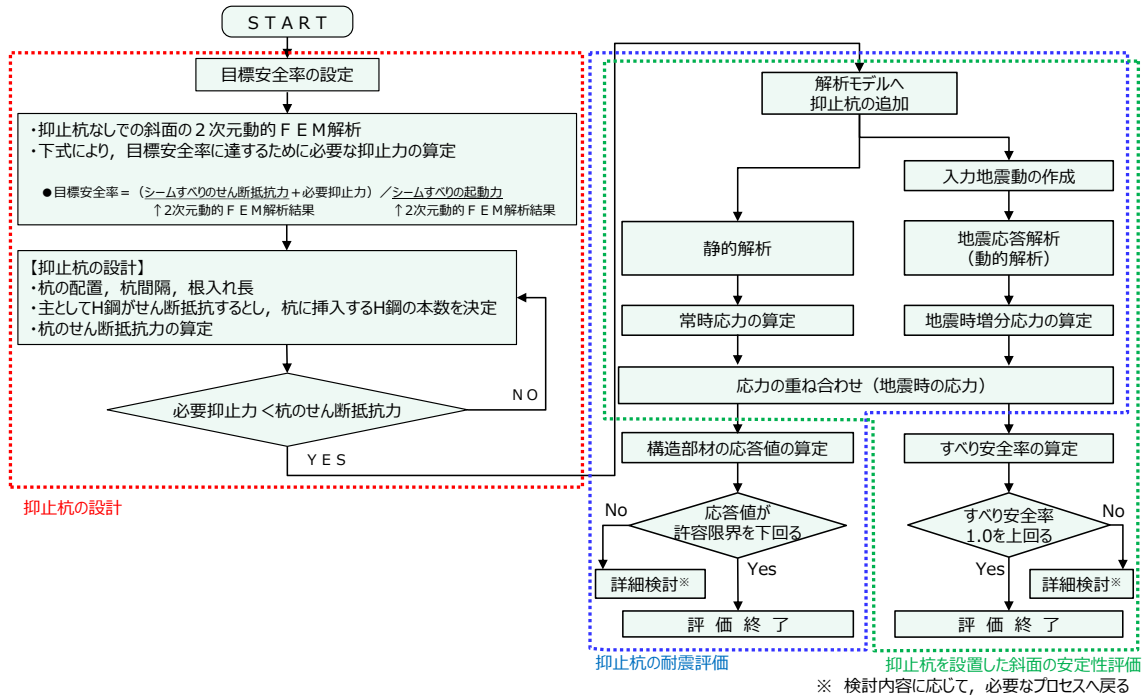
対策工（抑止杭）を実施した斜面の安定性評価フローを第 7.4.1-1 図に示す。

抑止杭を設置した斜面の位置図を第 7.4.1-2 図に示す。

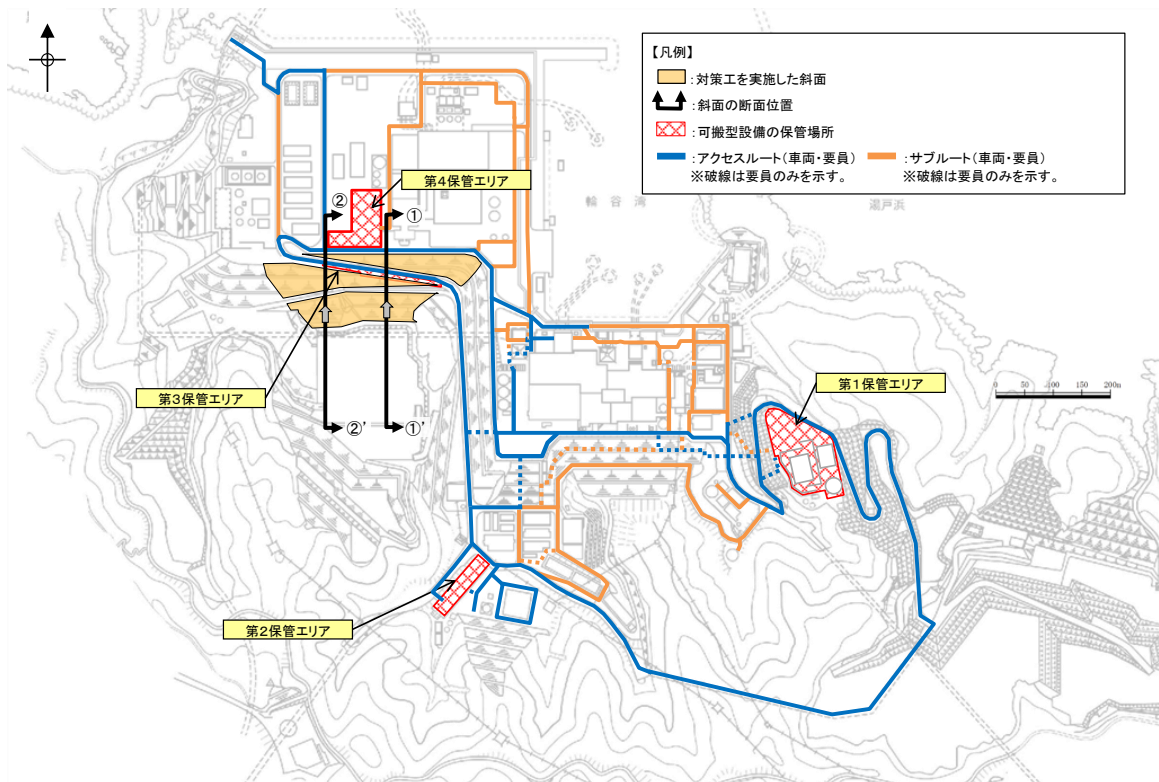
抑止杭は、深礎杭の中に H 鋼を建込んでおり、シームのすべりを抑止する

ため、シームのすべり方向（シームの最急勾配方向は北傾斜のため北方向となる）に対して直交するように縦列に配置している。（シームの分布は第7.4.2-2 図参照）

抑止杭の構造概要図を第7.4.1-3 図に示す。

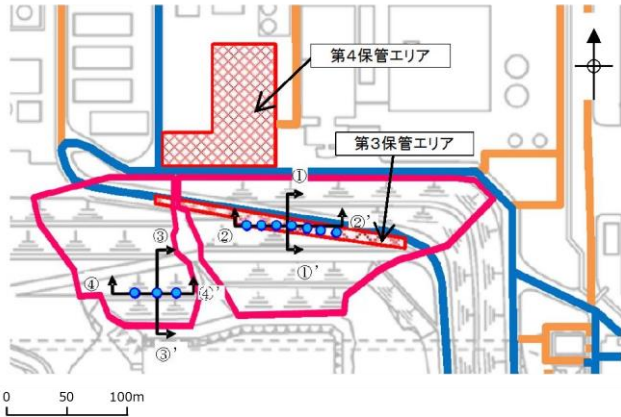


第7.4.1-1 図 対策工（抑止杭）を実施した斜面の安定性評価フロー

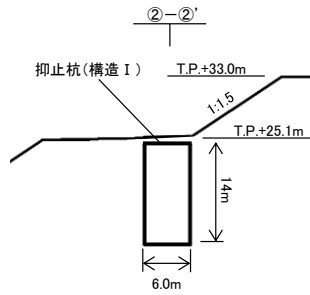


第7.4.1-2 図 対策工（抑止杭）を実施した対象斜面位置図

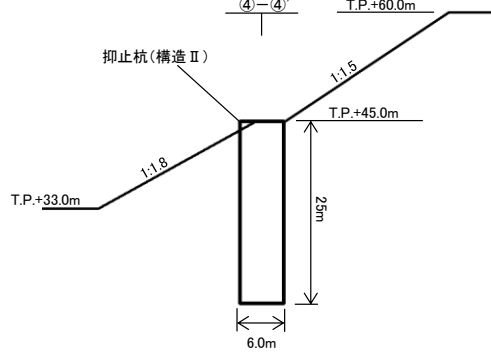
- 【凡例】
- 対策工(抑止杭+斜面切取)を実施した斜面
 - 可搬型設備の保管場所
 - アクセスルート(車両・要員) ※破線は要員のみ
 - サブルート(車両・要員) ※破線は要員のみ
 - 抑止杭
 - 断面位置



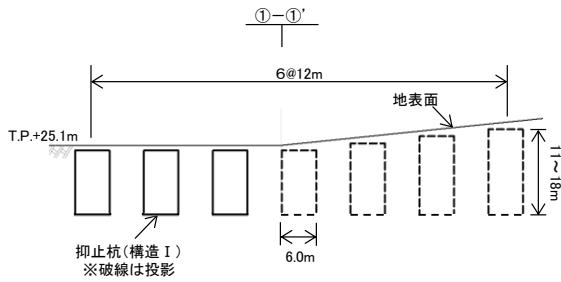
抑止杭配置平面図



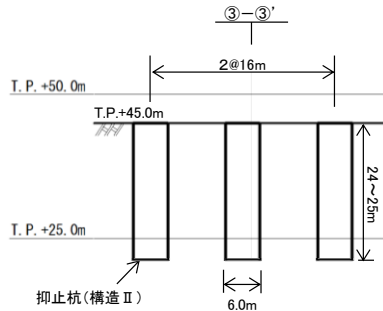
①-①' 断面図



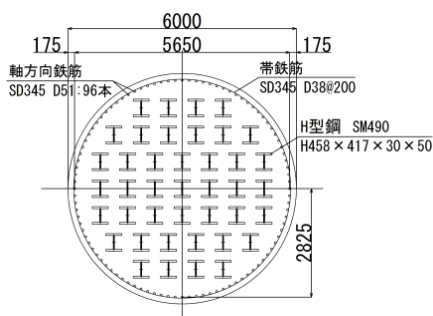
③-③' 断面図



②-②' 断面図

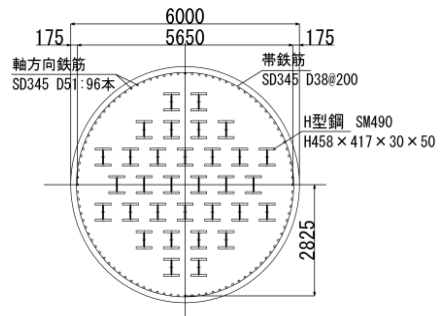


④-④' 断面図



構造 I

抑止杭構造図



構造 II

第 7. 4. 1-3 図 抑止杭概要図

7.4.2 抑止杭の設計

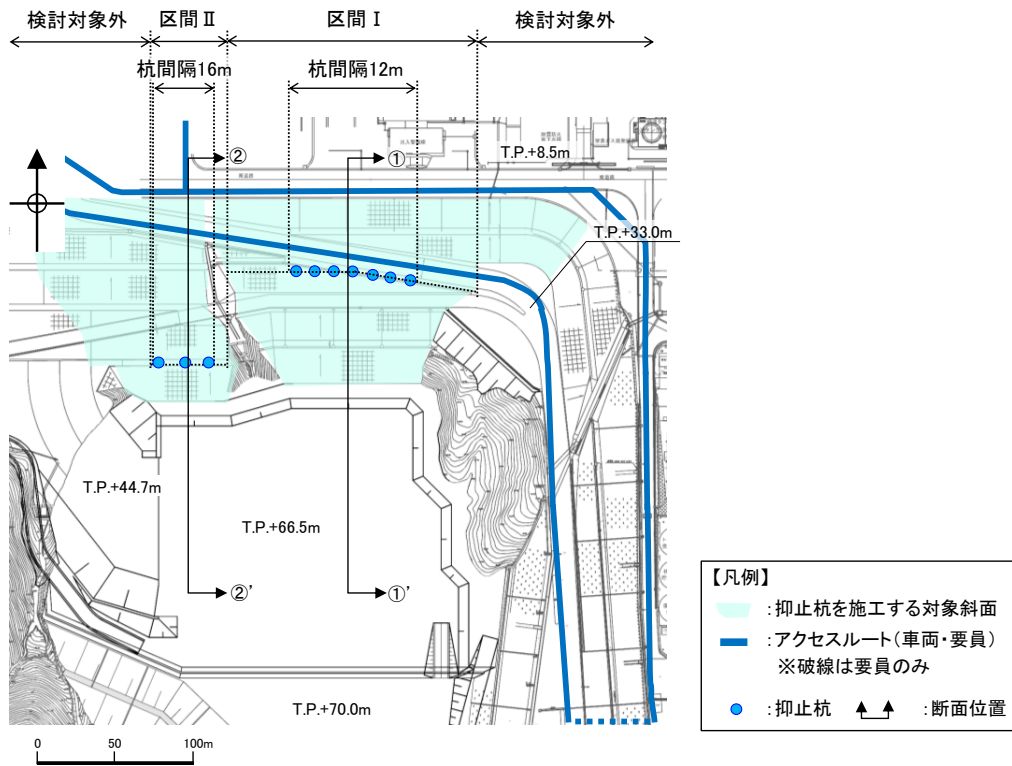
(1) 評価対象斜面の選定

【評価対象斜面の選定】

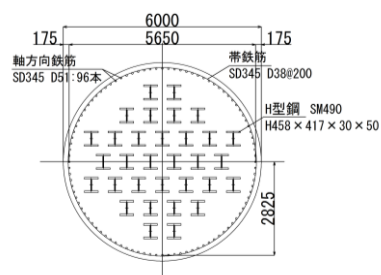
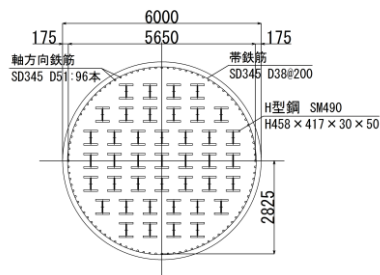
評価対象斜面について、構造物の配置、地形及び地質・地質構造を考慮し、構造物の耐震評価上、最も厳しくなると考えられる位置を選定する。

まず、構造物の配置の観点から、第7.4.2-1図に示すとおり、対象斜面は以下の2つの区間に分けられる。それぞれの区間は、抑止杭の効果을期待する範囲とし、それ以外は斜面高さが低いことから除外している。

- ・ 区間Ⅰ：抑止杭の構造Ⅰが12m間隔で7本配置されている山体
- ・ 区間Ⅱ：抑止杭の構造Ⅱが16m間隔で3本配置されている山体



平面図



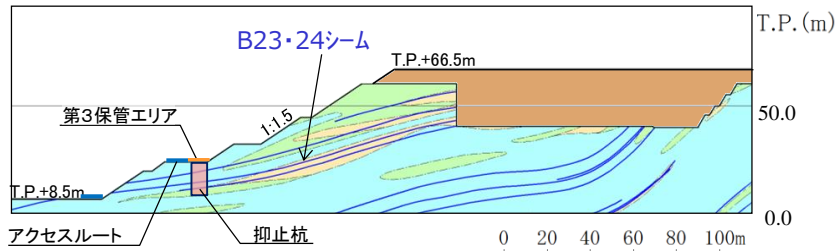
抑止杭構造図 (構造Ⅰ)

抑止杭構造図 (構造Ⅱ)

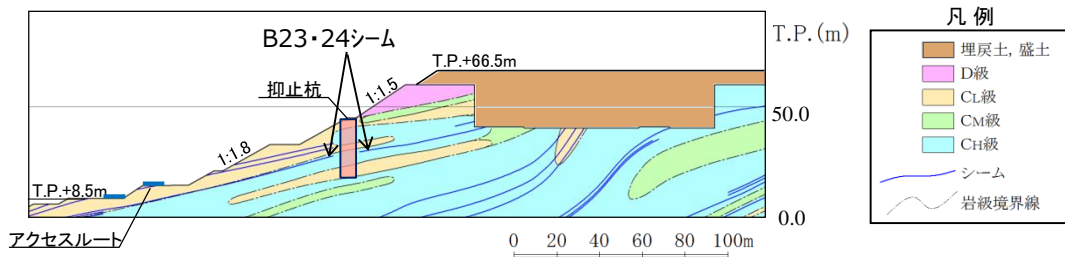
第7.4.2-1図 抑止杭の配置パターン図

次に、地形及び地質・地質構造の観点から、区間Ⅰ及び区間Ⅱにおける岩級・シーム鉛直断面図を第7.4.2-2図に、当該断面図を用いてそれぞれの地形及び地質・地質構造を比較した結果を第7.4.2-1表に示す。

比較検討の結果、各区間において地形及び地質・地質構造が異なるため、両者を評価対象斜面に選定した。



①-①' 断面



②-②' 断面

第7.4.2-2図 区間Ⅰ及び区間Ⅱにおける岩級・シーム鉛直断面図

第7.4.2-1表 各区間における地形及び地質・地質構造の比較結果

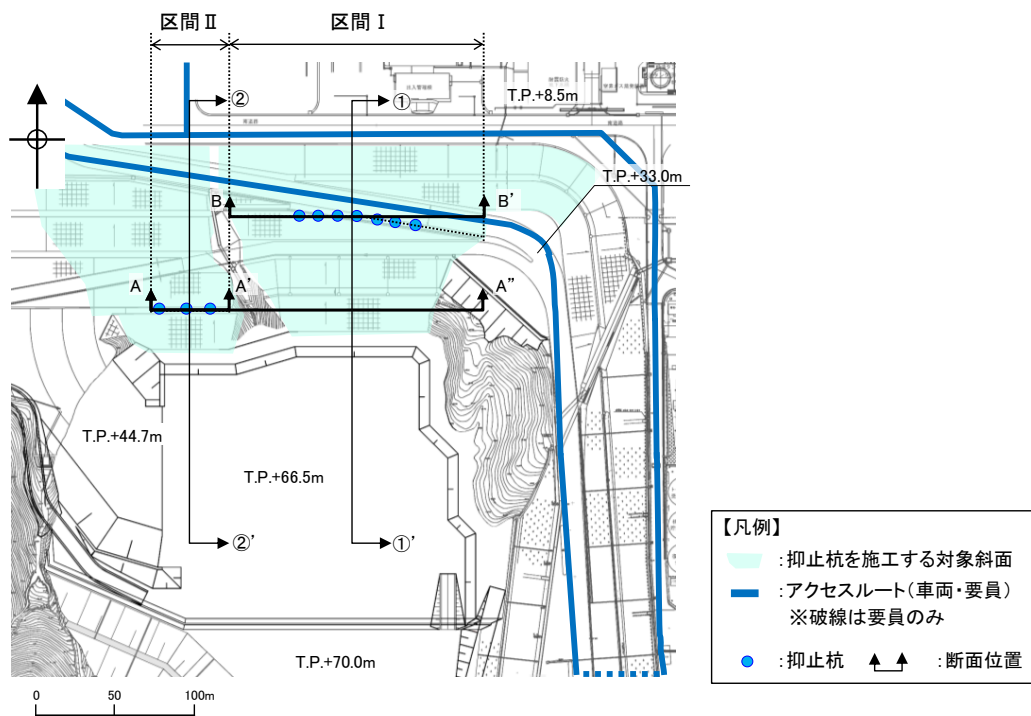
区間	地形		地質・地質構造	
	斜面高さ (m)	切取勾配	岩級	シームの分布
区間Ⅰ (①-①' 断面)	58	1:1.5	C _M ~C _H 級主体	B23・24シーム等が連続して分布。
区間Ⅱ (②-②' 断面)	58	1:1.5 下部は 1:1.8	C _M ~C _H 級主体, 頂部に D 級が分布	B21・22シーム等が連続して分布。

【評価断面の設定】

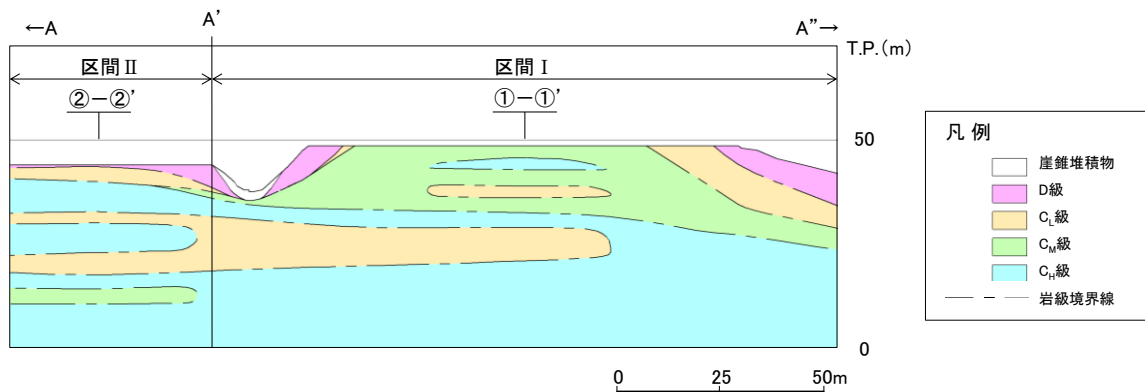
評価対象斜面に選定した区間Ⅰ及び区間Ⅱにおいて、地形及び地質・地質構造を考慮し、構造物の耐震評価上、最も厳しくなると考えられる断面位置を評価断面に設定する。

区間Ⅰ及び区間Ⅱの断面位置平面図を第7.4.2-3図に、地質鉛直断面図を第7.4.2-4図に、シーム分布図を第7.4.2-5図に示す。

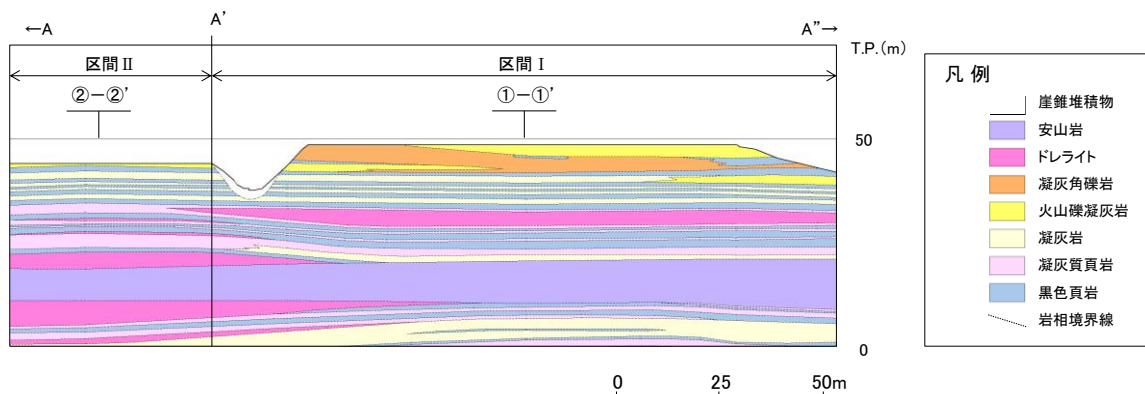
抑止杭の評価断面については、各区間において地質が東西方向に概ね一様であることを踏まえ、斜面高さが高くなる各区間の中央位置において、最急勾配となる方向に①-①'断面及び②-②'断面を設定した。



第7.4.2-3図 区間Ⅰ及び区間Ⅱの断面位置平面図

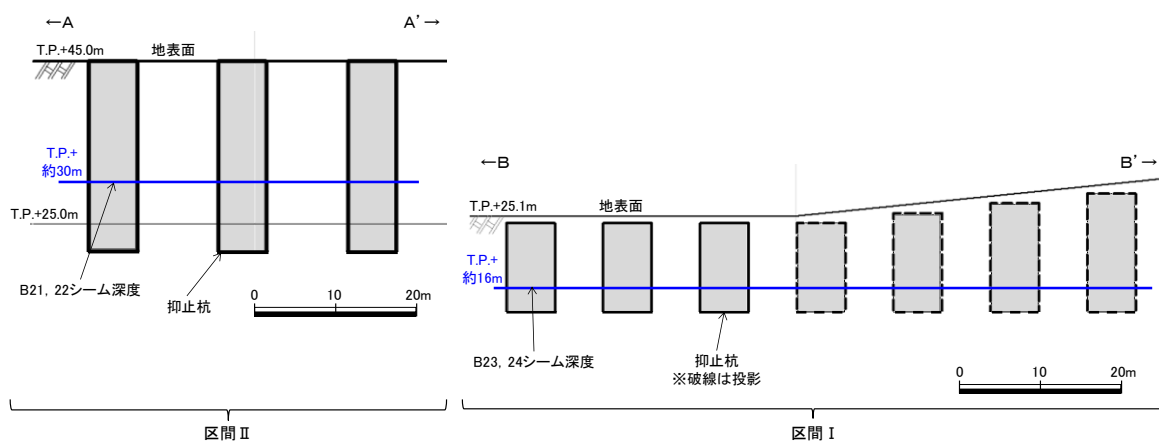


岩級鉛直断面図



岩相鉛直断面図

第 7. 4. 2-4 図 区間 I 及び区間 II の地質鉛直断面図



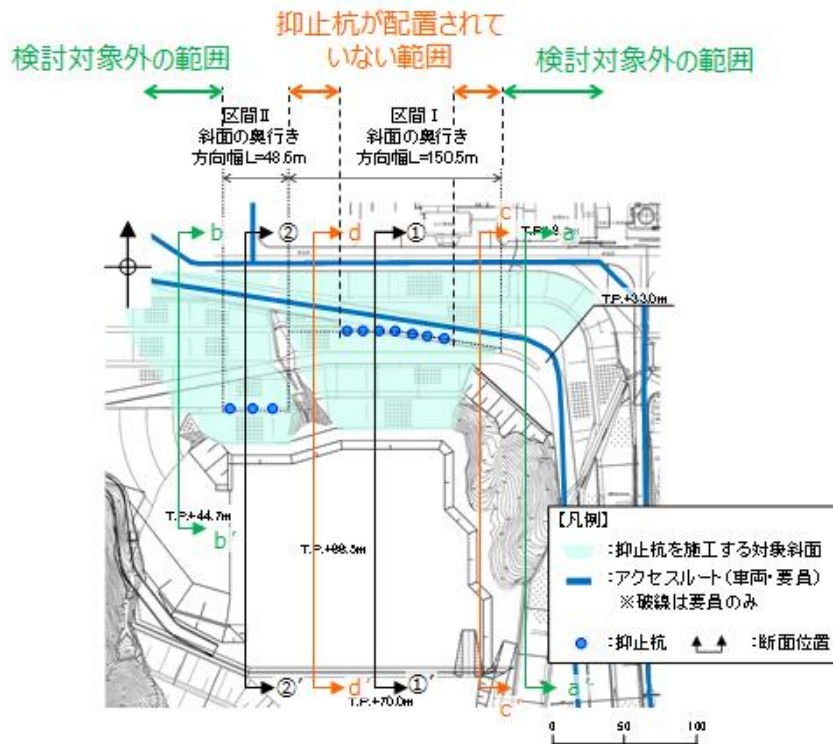
第 7. 4. 2-5 図 区間 I 及び区間 II のシーム分布図

(2) 抑止杭の平面配置の考え方

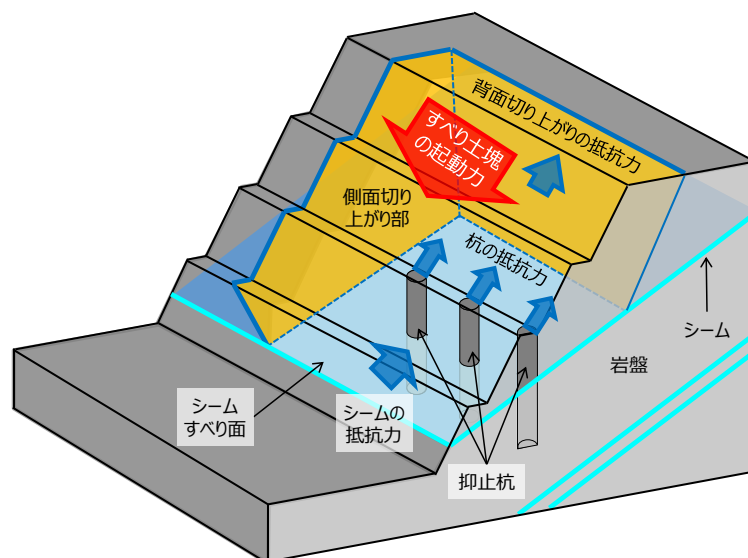
抑止杭の平面配置の考え方は、移動層が $C_M \sim C_H$ 級の堅硬な岩盤であることから、シームすべりを3次元的な剛体のすべり土塊の移動と捉え、安定性が確保されない範囲を検討対象のすべり土塊に設定し、すべり土塊全体を必要本数の杭で抑止するというものであり、すべり方向に対し直交方向に単列配置する。

区間Ⅰ及び区間Ⅱは、対象シームが異なることから、それぞれすべり土塊として設定している。

区間Ⅰは、すべり安定性に影響する斜面高さが東西方向に変化するため、斜面高さが相対的に高い（安定性が低い）範囲に集中的に抑止杭を配置する。



第 7. 4. 2-6 図 抑止杭配置平面図



第 7. 4. 2-7 図 シームすべり土塊全体を杭で抑止するイメージ図

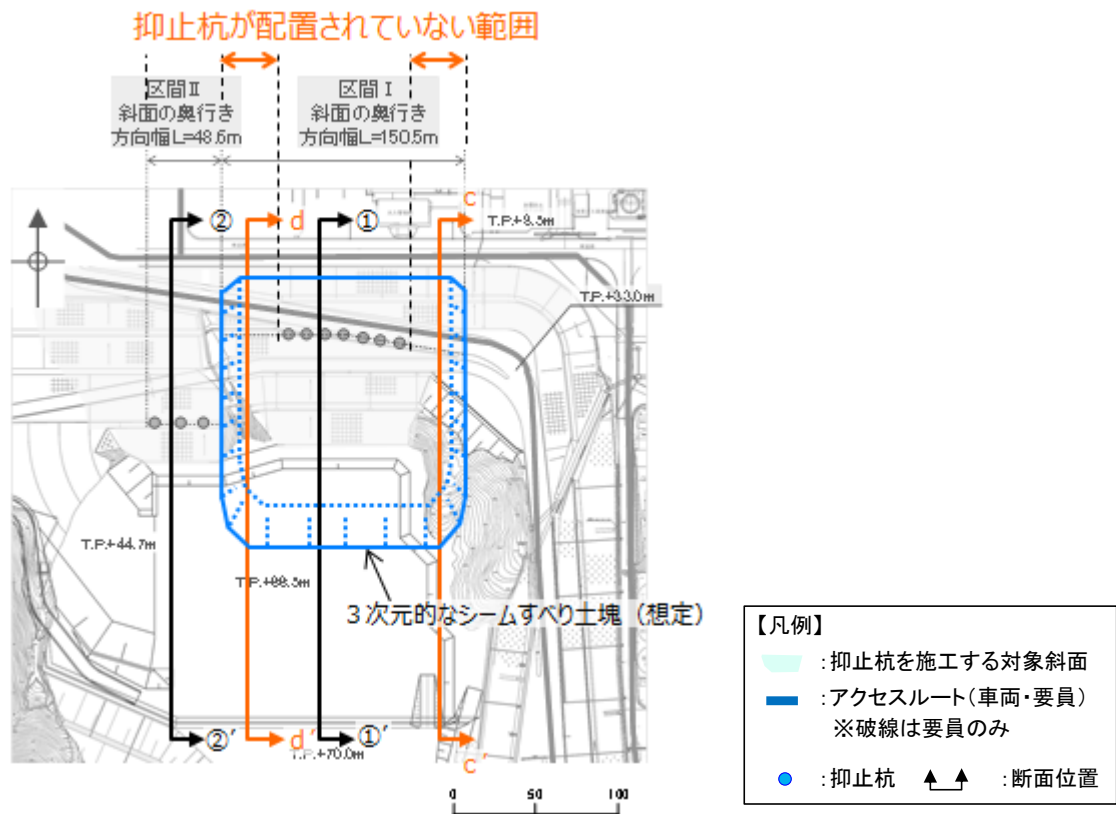
「抑止杭が配置されていない範囲」は、区間Ⅰの中でも斜面高さが相対的に低く、シームすべりの土塊量が小さい。（第7.4.2-8図及び第7.4.2-9図参照）

そのため、確実にシームすべりを抑止するために斜面高さが相対的に高い範囲において抑止杭を集中的に配置し、区間Ⅰの3次元的なシームすべり土塊全体を7本の杭で抑止している。

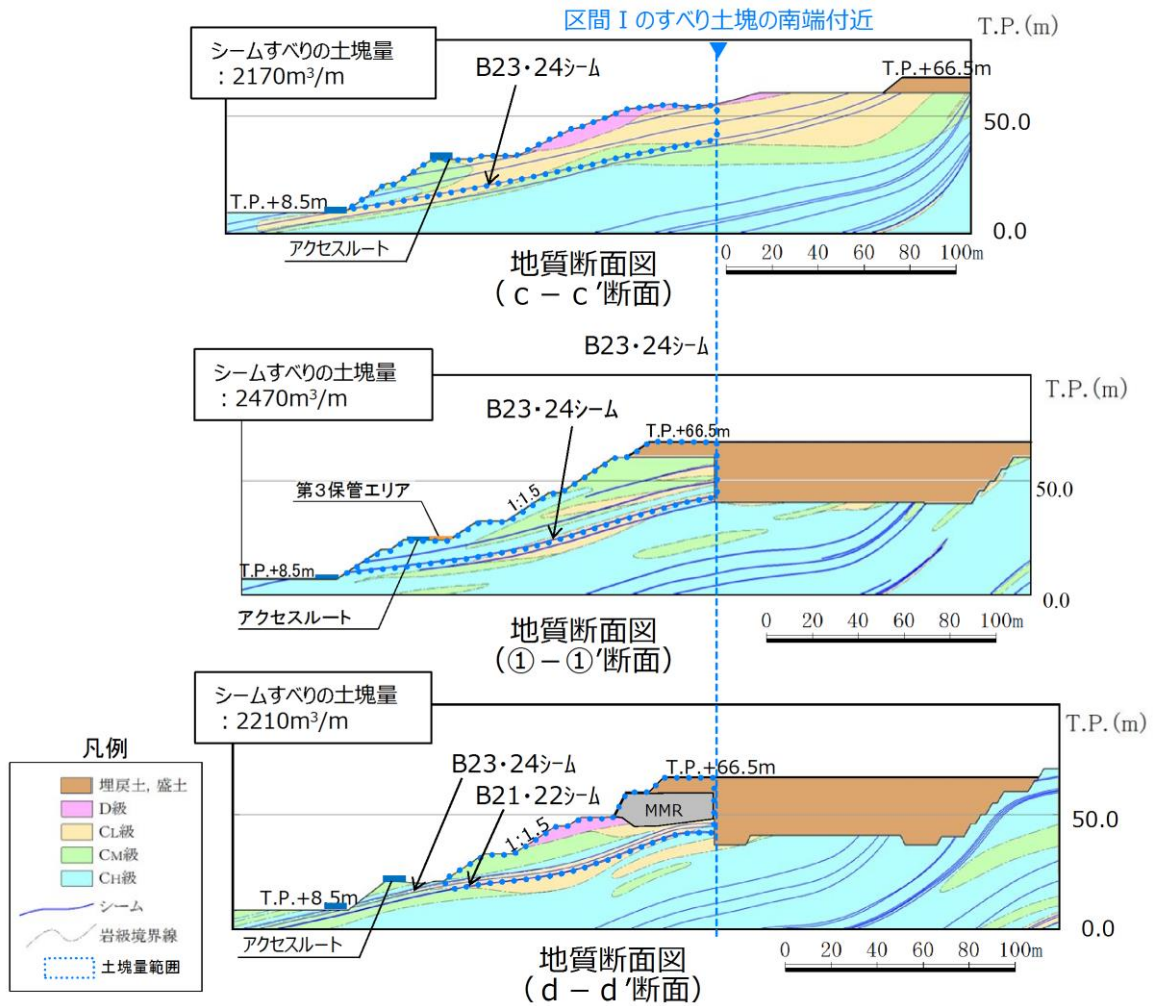
詳細設計段階では、当該範囲において安定性評価を行い、評価基準値を下回る場合は抑止杭を追加配置する。

「検討対象外の範囲」は、斜面高さが区間Ⅰ及びⅡに比べて相対的に低く、シームすべりの土塊量が有意に小さいことから、安定性が高いことから、抑止杭は不要とした。（第7.4.2-10図及び第7.4.2-11図参照）

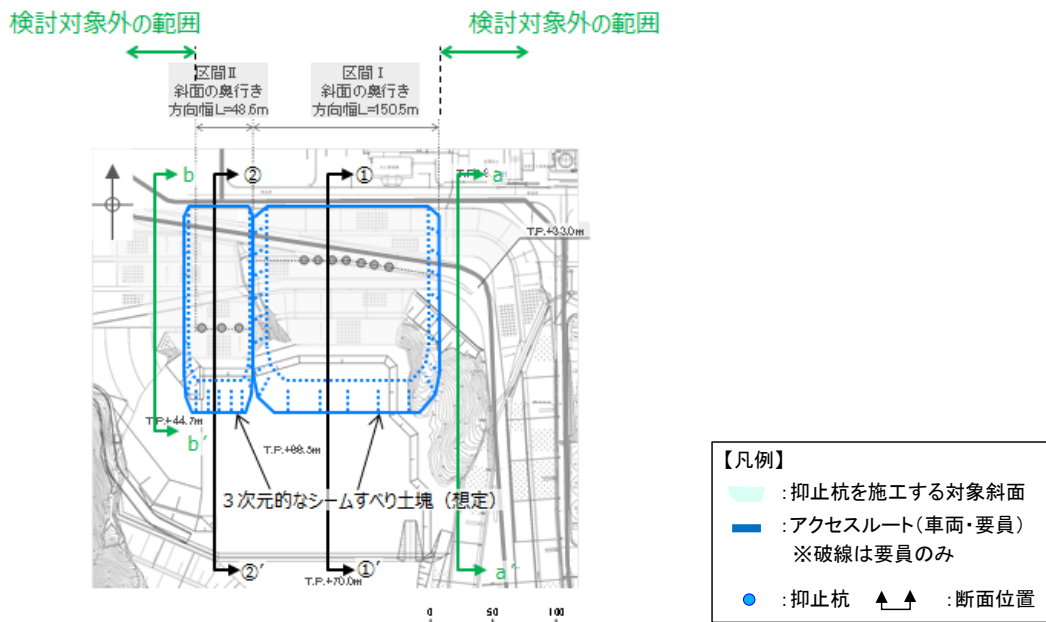
詳細設計段階では、当該範囲において安定性評価を行い、評価基準値を下回る場合は抑止杭を追加配置する。



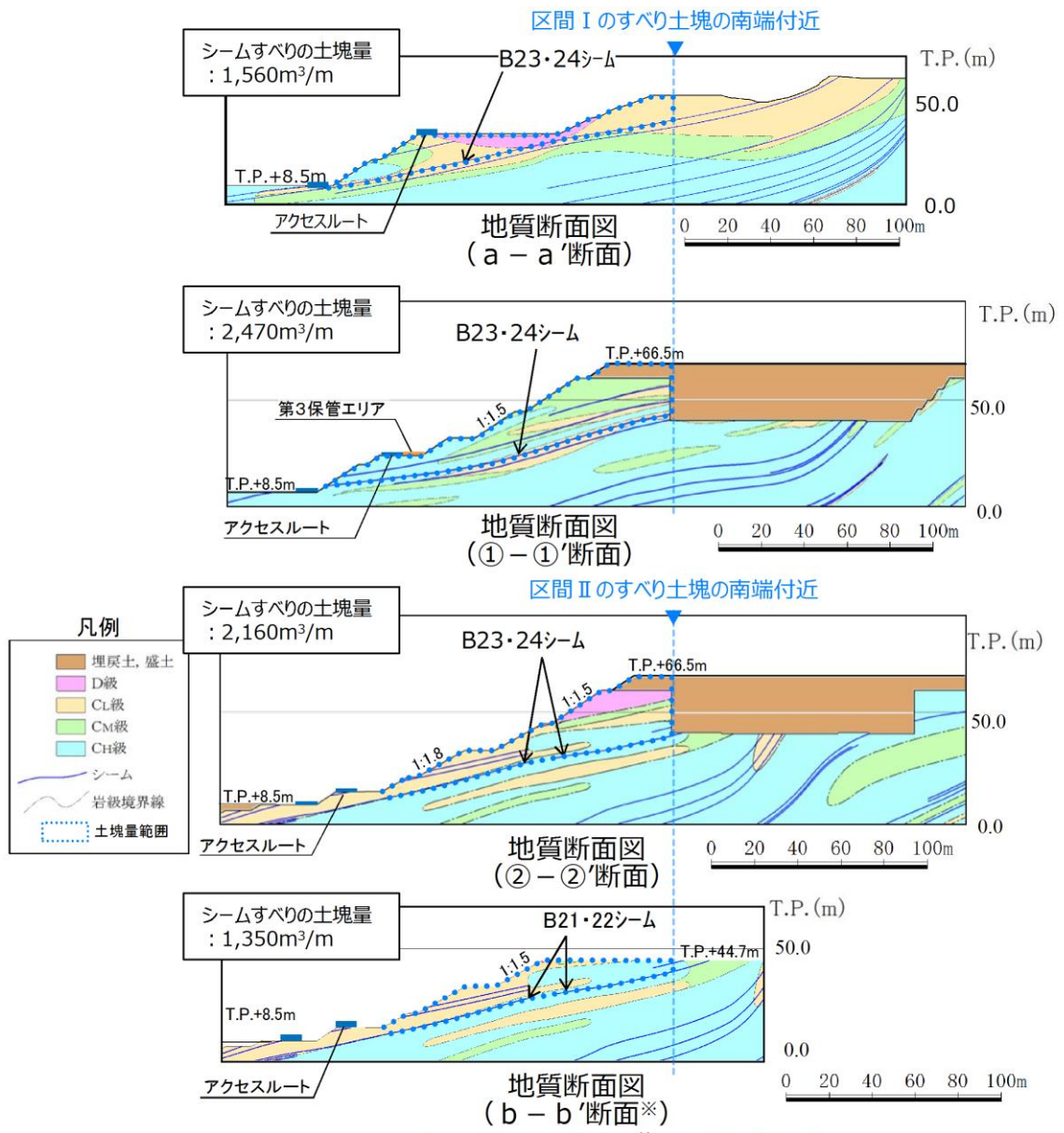
第7.4.2-8図 断面位置図



第 7. 4. 2-9 図 「抑止杭が配置されていない範囲」の地質断面図



第 7. 4. 2-10 図 断面位置図



※ ②-②'断面を用い、b-b'断面位置の地形形状を反映

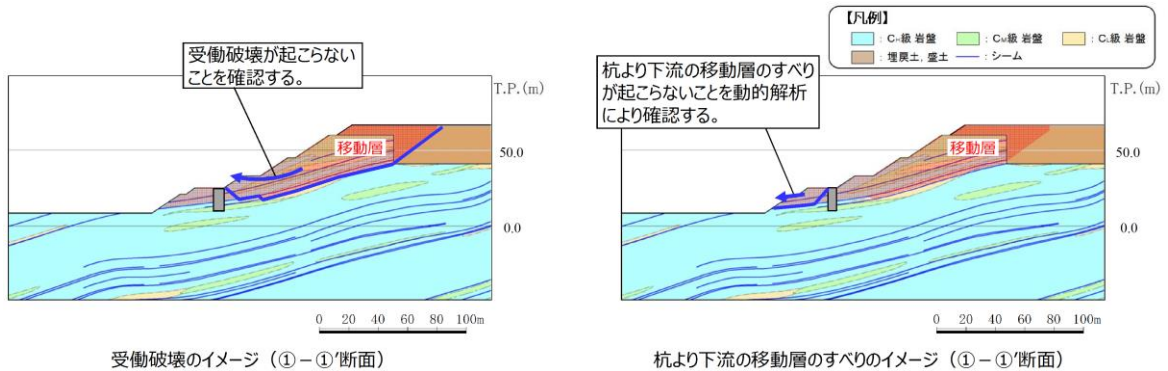
第 7.4.2-11 図 「検討対象外の範囲」の地質断面図

(3) 抑止杭の断面配置の考え方

杭の断面配置は、第 7.4.2-2 表に示す文献を参考に設定した。第 7.4.4(10) 章に、杭の断面配置の妥当性確認結果を示す。

第 7.4.2-2 表 抑止杭の断面配置の考え方に係る文献調査結果

設計項目	参考文献		参考文献の記載内容を踏まえた抑止杭の配置の考え方
	記載内容	文献	
杭の断面配置	杭の設置位置は、原則として、すべり面の勾配が緩やかなところで、杭より下流の移動層の有効抵抗力が十分期待できる位置とし、かつ移動層の厚さの比較的厚く、受働破壊が起こらないところとする。	最新斜面・土留め技術総覧 (最新斜面・土留め技術総覧編集委員会, 1991年)	<ul style="list-style-type: none"> ・杭の断面配置は、以下を満足する位置とする。 ①すべり面の勾配が緩やかな位置 ②杭より下流の移動層のすべりが発生しない位置 ⇒動的解析により確認する。 ③移動層の厚さの比較的厚く、受働破壊が発生しない位置 ⇒動的解析により確認する。



第 7.4.2-12 図 受働破壊及び杭より下流の移動層のすべりのイメージ

(4) 根入れ深さの考え方

杭の根入れを検討するにあたり、抑止杭設置前の斜面において、すべり安定性評価を実施し、移動層・不動層を特定する。

すべり安定性評価の結果を踏まえ、評価基準値であるすべり安全率 1.0 を下回るすべり面が形成するすべり土塊のうち、最大となる土塊を移動層とし、それより下層を不動層とする。

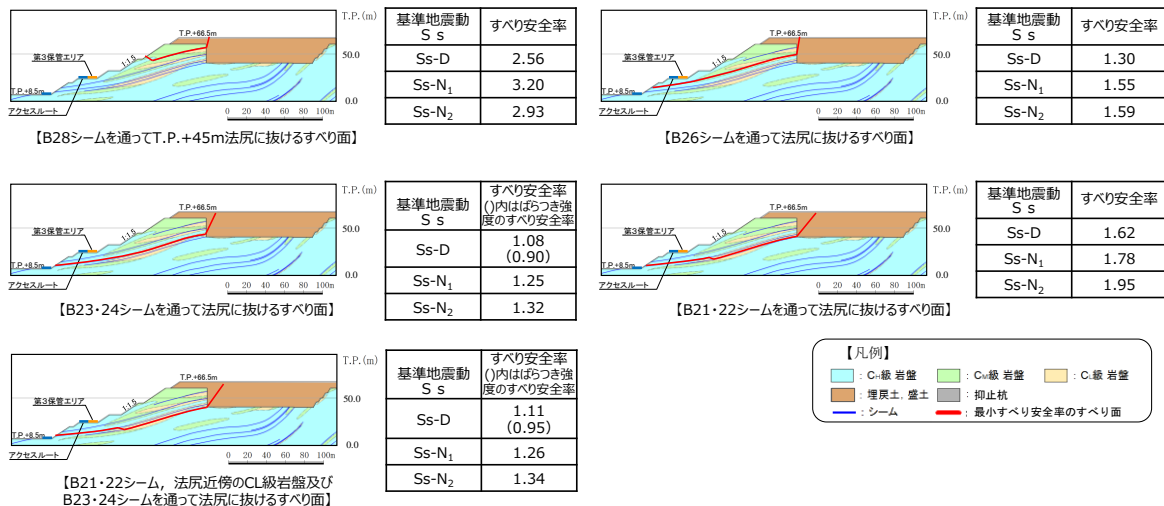
①-①' 断面における各すべり面のすべり安全率を第 7.4.2-13 図に示す。

抑止杭設置前の斜面において、①-①' 断面のすべり安定性評価を実施した結果、すべり安全率 1.0 を下回るすべり面は以下のとおり。

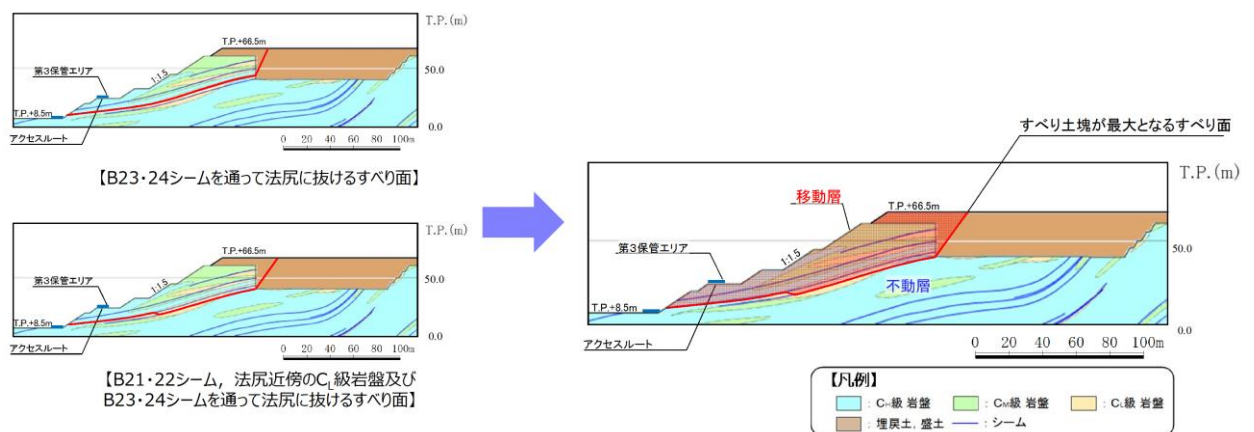
(a) B23・24 シームを通過して法尻に抜けるすべり面

(b) B21・22 シームを通過して法尻近傍の CL 級岩盤内で B23・B24 シームに飛び移り法尻に抜けるすべり面

上記の (a) 及び (b) のすべり面のうち、すべり土塊が最大となる土塊を移動層、それより下層を不動層とした。(第 7.4.2-14 図参照)



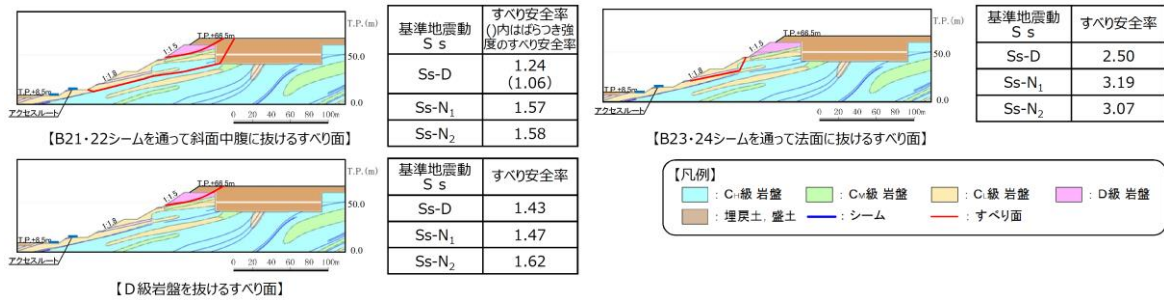
第 7.4.2-13 図 ①-①' 断面の評価結果



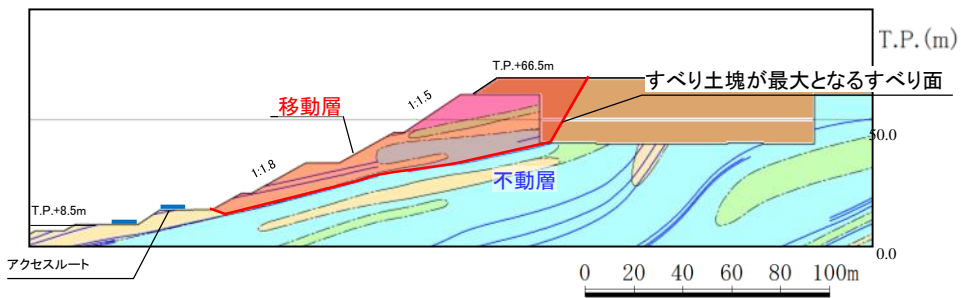
第 7.4.2-14 図 ①-①' 断面の移動層・不動層

②-②' 断面における各すべり面のすべり安全率を第 7.4.2-15 図に示す。

抑止杭設置前の斜面において、②-②' 断面のすべり安定性評価を実施した結果、いずれのすべり面も評価基準値であるすべり安全率 1.0 を上回ることを確認したものの、「B21・22 シームを通過して斜面中腹に抜けるすべり面」は裕度が小さいことから、当該すべり面が形成するすべり土塊を移動層、それより下層を不動層とした。（第 7.4.2-16 図参照）



第 7.4.2-15 図 ②-②' 断面の評価結果

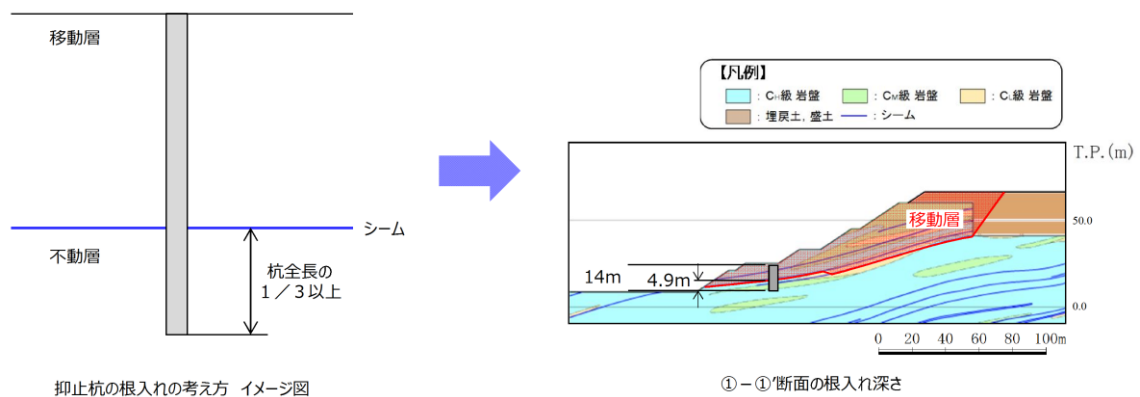


第 7.4.2-16 図 ②-②' 断面の移動層・不動層

杭の根入れ深さは、特定された不動層に十分根入れされるように、第 7.4.2-3 表に示す文献を参考に設定した。

第 7.4.2-3 表 杭の根入れ深さの考え方に係る文献調査結果

設計項目	参考文献		参考文献の記載内容を踏まえた抑止杭の配置の考え方
	記載内容	文献	
杭の根入れ深さ	<ul style="list-style-type: none"> 根入れ部が結晶片岩、砂岩、花崗岩、安山岩等で堅硬な岩盤の場合には杭の全長の 1/4 程度、第三紀の泥岩や凝灰岩の場合には杭の全長の 1/3 程度、根入れ部の不動層のN値が50以上のときは杭の全長の 1/3 以上とする。 	最新斜面・土留め技術総覧 (最新斜面・土留め技術総覧編集委員会, 1991年)	根入れ部が新第三紀中新世の頁岩・凝灰岩主体の岩盤であるため、全長の 1/3 以上、根入れを行う。 ⇒動的解析の応力状態により、不動層における杭周辺の岩盤が健全であることを確認する。(P113, 114参照)



抑止杭の根入れの考え方 イメージ図

①-①'断面の根入れ深さ

第 7.4.2-17 図 根入れ深さの考え方

(5) 杭間隔の考え方

杭の間隔については、第7.4.2-4表に示す文献調査を踏まえ、杭間が岩盤であることから、文献①及び岩盤中の深礎杭に係る一般産業施設の施工事例を参考に、必要抑止力を満足するよう設定した。

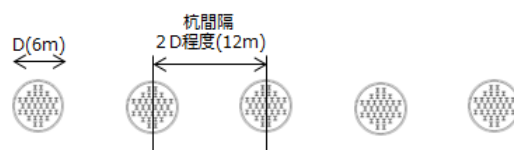
抑止杭周辺地盤は $C_M \sim C_H$ 級主体の堅硬な岩盤であるため、シームすべりの側面抵抗が十分に期待できることから、杭間を抜けるすべりは発生しないと考えられるが、掘削による緩みに起因する杭間を抜けるすべりを防止するため、杭間の岩盤を緩ませないよう対策を行っている。(次頁参照)

詳細設計段階では、以下の検討を行い、必要に応じて抑止杭を追加配置する。

- ・一般産業施設の施工事例について、杭間隔及び S_s 規模の地震による被災事例に着目して整理し、杭間隔の妥当性を確認する。
- ・文献①～③を踏まえ、杭間の岩盤の中抜けを想定した3次元FEM解析を行い、中抜け現象が起こらないことを説明する。

第7.4.2-4表 杭間隔の考え方に係る文献調査結果

設計項目	参考文献			参考文献の記載内容を踏まえた杭間隔の考え方
	記載内容	対象	文献	
杭の間隔 (1/3)	・杭間隔が基礎径の2倍程度未満となると、支持地盤が掘削時の影響により隣接基礎の周面を緩め、地盤抵抗の減少や斜面の不安定化のおそれがあるため、最小中心間隔は基礎径の2倍程度とするのがよいとしている。	岩盤(支持層)の深礎基礎	文献①：斜面上の深礎基礎設計施工便覧(公益社団法人日本道路協会, 2012年)	杭間隔を杭直径の2D程度とする。
杭の間隔 (2/3)	・標準杭間隔として、移動層の厚さ20m以上では杭の間隔は4m以下を目安とする。 ・上記の数値の他に杭の直径の8倍以内を杭間隔の一応の目安とすることができる。	土質もしくは岩石で構成される移動層中の杭工	文献②：最新斜面・土留め技術総覧(最新斜面・土留め技術総覧編集委員会, 1991年)	
杭の間隔 (3/3)	・風化まさ土地帯の抑止杭を対象とし、大型一面せん断機による模型実験により、杭間隔と中抜け現象及び杭の負担荷重の相関性について考察した。 ・杭間隔を変えて実験を行った結果、8D以上になると中抜けしやすくなることが分かったため、適切な杭間隔として8D以下が一つの目安になることが分かった。 ・中抜け現象は、移動層と不動層の層境の移動層底部の土塊が杭間をトコロン状にすべり抜け、地表面付近の土塊も一体にすべり抜けようとし、手前にせり出す際の亀裂の発生により、崩壊している現象と考えられる。	土質で構成される移動層中の杭	文献③：斜面崩壊抑止杭に関する模型実験(技術研究所報 No.19, 佐藤工業(株), 1993年)	



第7.4.2-18図 ①-①'断面の杭間隔等(イメージ図)

6.2.17 標準杭間隔³³⁾

標準杭間隔として次の数値を目安とする。

移動層の厚さ (m)	杭の間隔 (m)
～ 10	2.0以下
10 ～ 20	3.0以下
20以上	4.0以下

杭の間隔は単列、千鳥配列共に地すべりの上流又は下流から見た投影間隔を意味し、その距離は杭の芯間距離とする(図34参照)。

上記の数値の他に杭の直径の8倍以内を杭間隔の一応の目安とすることができる。

これらの数値は経験や実験結果にもとづいて定められたものであり、削孔による地盤のゆるみや乱れの影響が重複せず、したがって土塊の中抜けを起こさず、杭に所定の地すべり力が作用するための条件の目安として用いることができる。

なお、杭の施工上孔壁間の距離は約1m以上を確保する必要があるので杭間隔の決定にあたってはこの点を考慮する必要がある。設計計算上孔壁間の距離が約1m未満となる場合には杭配列を千鳥配列とする。

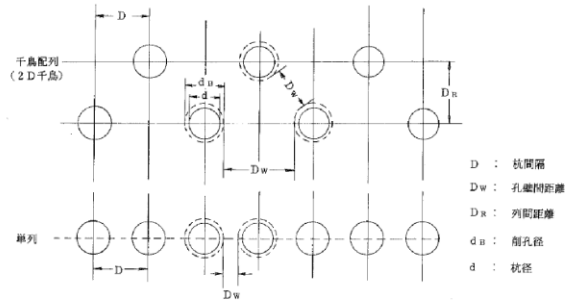
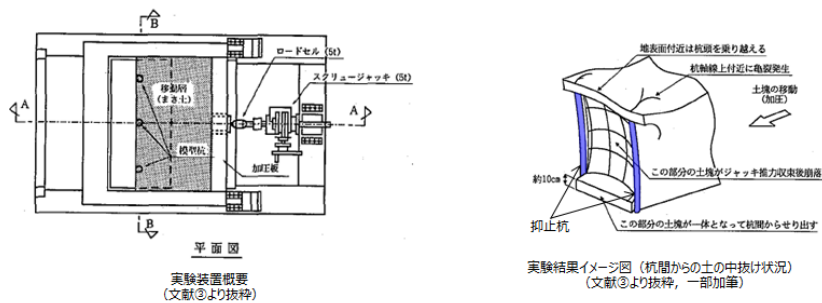


図34 杭間隔および杭の配列³³⁾

文献②を抜粋、加筆

第7.4.2-19 図 文献③の概要



第7.4.2-20 図 文献③の概要

【杭間の岩盤の緩みに対する施工時の配慮】

「道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編) ((社)日本道路協会, 2002年3月)」及び「斜面上の深礎基礎設計施工便覧 ((社)日本道路協会, 2012年3月)」によると、深礎基礎の施工時には、発破作業を原則として避けることとされている。

また、「斜面上の深礎基礎設計施工便覧 ((社)日本道路協会, 2012年3月)」によると、発破掘削は岩盤を効率よく掘削することができる反面、地山を緩めやすく、機械掘削は地山の緩みが小さいとされている。

これらを踏まえ、島根サイトの深礎杭の掘削では、 $C_M \sim C_H$ 級の堅硬な岩盤に対し、地山を緩めやすい発破掘削を避け、緩みの小さい『機械掘削』を採用している。



第 7. 4. 2-21 図 島根サイトの深礎杭 掘削面の写真（南側）



第 7. 4. 2-22 図 掘削状況写真



第 7. 4. 2-23 図 掘削面の近接写真

7.4.3 敷地内土木構造物（抑止杭）の耐震評価

(1) 評価方針

敷地内土木構造物である抑止杭について、基準地震動 S_s が作用した場合に、敷地内土木構造物の機能が維持されていることを確認するため、耐震評価を実施する。耐震評価においては、地震応答解析結果における照査用応答値が許容限界値を下回ることを確認する。

(2) 適用規格

適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・最新斜面・土留め技術総覧(最新斜面・土留め技術総覧編集委員会, 1991年)
- ・斜面上の深礎基礎設計施工便覧((社)日本道路協会, 2012年3月)
- ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕((社)土木学会, 2002年3月)
- ・道路橋示方書・同解説(I 共通編・II 鋼橋編)((社)日本道路協会, 2002年3月)
- ・道路橋示方書・同解説(I 共通編・IV 下部構造編)((社)日本道路協会, 2002年3月)

(3) 解析用物性値（地盤）

地盤の解析用物性値については、「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について」の物性値を用いる。

(4) 解析用物性値（抑止杭，物理特性・変形特性）

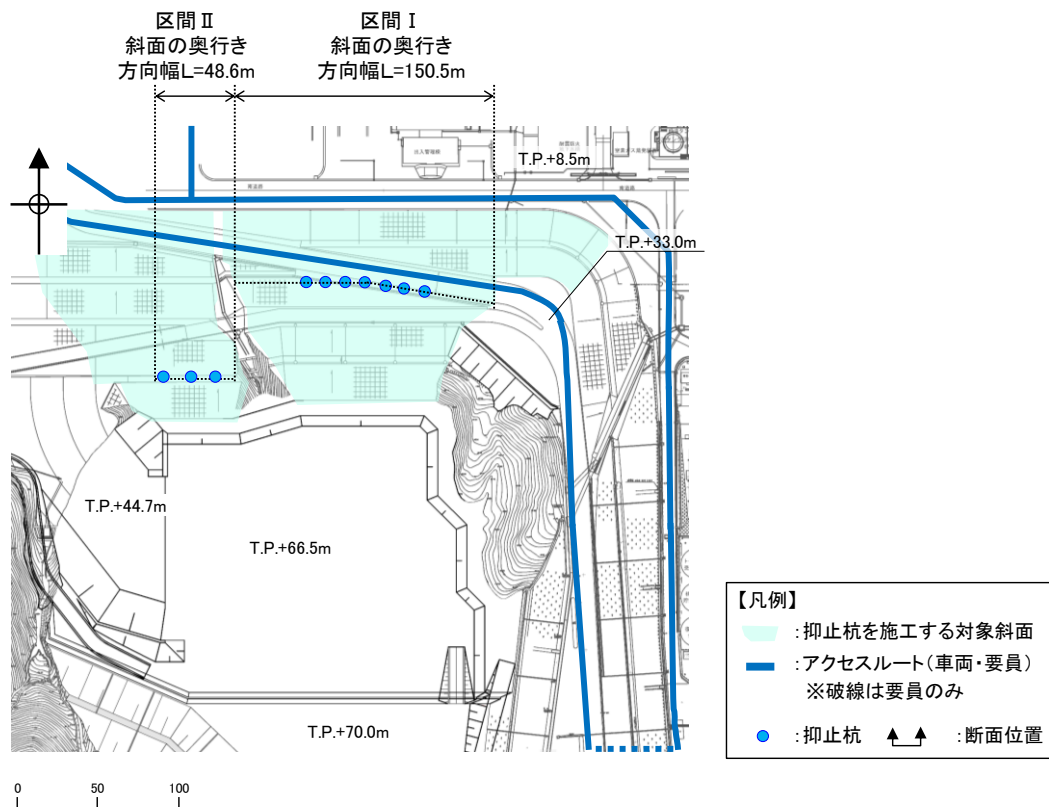
耐震評価に用いる材料定数は、設計図書及び文献等を基に設定する。抑止杭の使用材料を第7.4.3-1表に示す。

第7.4.3-1表 抑止杭の使用材料

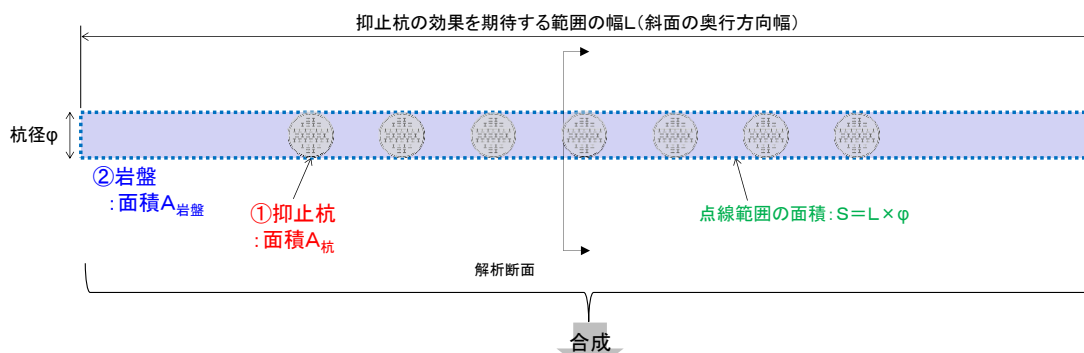
材 料		諸 元
抑止杭	コンクリート	設計基準強度 $F_c=24\text{N/mm}^2$
	鉄筋	SD345 D38, D51
	H鋼	SM490 H458×417×30×50

抑止杭の解析用物性値の設定概要図を第 7. 4. 3-1 図に示す。

抑止杭の杭間には岩盤が存在することから、抑止杭の単位奥行当たりの解析用物性値については、抑止杭と岩盤を合成した物性値を設定する。合成する物性値は、単位体積重量、静弾性係数及び動せん断弾性係数とし、ポアソン比及び減衰定数については、抑止杭の構造主体である鉄筋コンクリートの一般値を用いる。合成方法は、各区間において抑止杭及び岩盤の断面積を算定して両者の断面積比に物性値を乗じて足し合わせる。



平面図



$$\text{合成した抑止杭の単位奥行当たりの物性値} = \text{物性値(杭)} \times \frac{\text{面積}A_{\text{杭}}}{\text{面積}S} + \text{物性値(岩盤)} \times \frac{\text{面積}A_{\text{岩盤}}}{\text{面積}S}$$

設定概要図 (例：区間 I)

第 7. 4. 3-1 図 抑止杭の解析用物性値の設定概要図

抑止杭及び岩盤の物性値を第 7.4.3-2 表に、算定に用いた抑止杭及び岩盤の断面積比を第 7.4.3-3 表に、合成した抑止杭の単位奥行当たりの解析用物性値を第 7.4.3-4 表に示す。

第 7.4.3-2 表 抑止杭及び岩盤の物性値

材料		単位体積重量 (kN/m ³)	静弾性係数 E (×10 ³ N/mm ²)	動せん断弾性係数 G (×10 ³ N/mm ²)	ポアソン比	減衰定数 (%)
抑止杭	鉄筋コンクリート	24.5 ^{※1}	25.00 ^{※1}	10.42 ^{※2}	0.20 ^{※1}	5 ^{※1}
	H鋼	77.0 ^{※1}	200.00 ^{※4}	77.00 ^{※4}	0.30 ^{※4}	2 ^{※3}
岩盤	①-①'	25.1 ^{※5}	3.74 ^{※5}	6.55 ^{※5}	0.19 ^{※5}	3 ^{※3}
	②-②'			2.07 ^{※5}		

※1：コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（(社)土木学会，2002年）に基づき設定。

断面奥行方向の杭間に岩盤が存在することから、岩盤の減衰定数である3%とした場合の影響検討を7.4.4(12)章に示す。

※2： $G = E/2(1 + \nu)$ により算定。

※3：JEAG4601-1987に基づき設定。

※4：道路橋示方書・同解説 I 共通編（(社)日本道路協会，2002年）に基づき設定。

※5：斜面の抑止杭近傍岩盤の物性値として、以下の物性値を用いる。

①-①'：C_H級頁岩・凝灰岩の互層，第③速度層

②-②'：C_H級頁岩・凝灰岩の互層，第②速度層

第 7.4.3-3 表 算定に用いた抑止杭及び岩盤の断面積比

材料		断面積 (m ²)		断面積比	
		①-①'	②-②'	①-①'	②-②'
抑止杭	鉄筋コンクリート	26.11	26.58	0.20	0.27
	H鋼	2.17	1.69	0.02	0.02
岩盤		100.75	68.96	0.78	0.71
合計		129.02	97.24	1.00	1.00

第 7.4.3-4 表 合成した抑止杭の単位奥行当たりの解析用物性値

対象斜面	断面積比により合成して設定			鉄筋コンクリートの物性値を設定	
	単位体積重量 (kN/m ³)	静弾性係数 (×10 ³ N/mm ²)	動せん断弾性係数 (×10 ³ N/mm ²)	ポアソン比	減衰 (%)
①-①'	25.9	11.34	8.52	0.20	5
②-②'	25.8	12.97	5.66	0.20	5

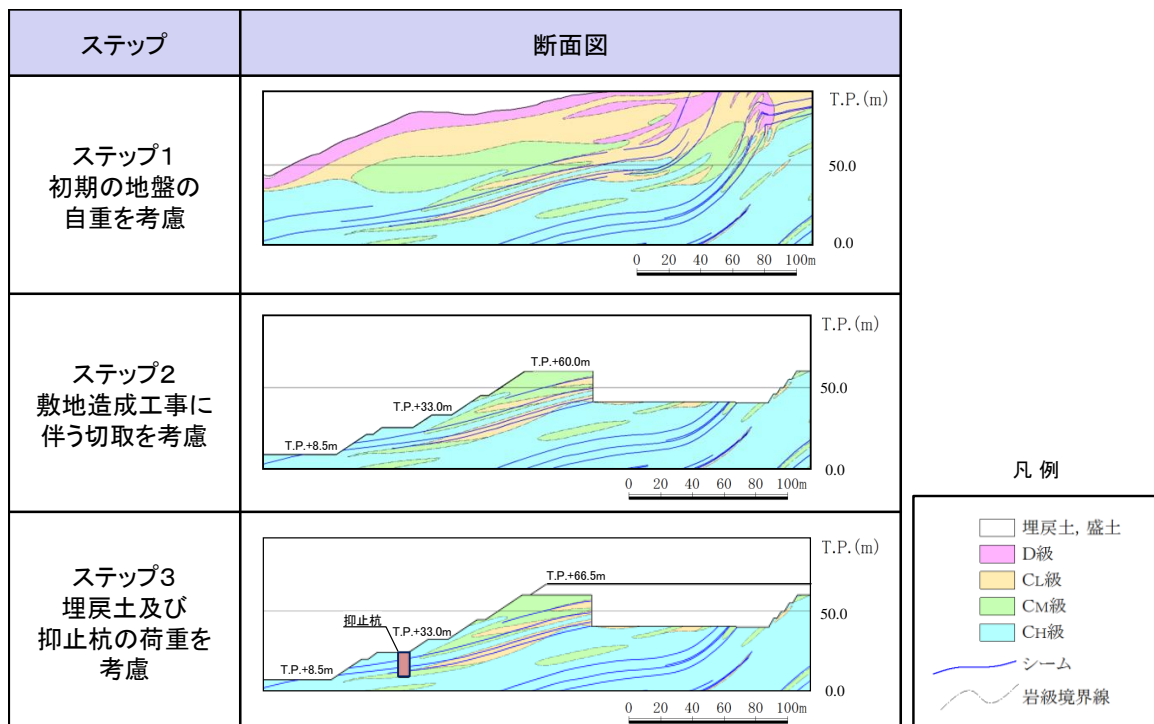
(5) 地震応答解析手法

解析手法は 6.2.2 章と同じものを用いる。

地震時の応力は，静的解析による常時応力と，地震応答解析による地震時増分応力を重ね合わせるにより求める。

常時応力は，建設過程を考慮し，第 7.4.3-2 図に示すとおり，3 ステップに分けて解析を実施する。

- ・ステップ 1：地盤の自重計算により初期応力を求める。
- ・ステップ 2：敷地造成工事による切取に伴う開放力を反映する。
- ・ステップ 3：抑止杭の掘削に伴う開放力及び建込みに伴う荷重を反映する。敷地造成工事による埋戻土の荷重を反映する。



第 7.4.3-2 図 常時応力解析ステップ図 (例：①-①' 断面)

(6) 解析モデルの設定

①-①' 断面及び②-②' 断面の解析モデル図を第 7. 4. 3-3 図及び第 7. 4. 3-4 図に示す。解析モデルには、地盤及び敷地内土木構造物として設定されている抑止杭をモデル化した。

【解析領域】

側面境界及び底面境界は、斜面頂部や法尻からの距離が十分確保できる位置に設定した。

【境界条件】

エネルギーの逸散効果を評価するため、側面はエネルギー伝達境界、底面は粘性境界とした。

【地盤のモデル化】

平面ひずみ要素でモデル化する。シームはジョイント要素でモデル化する。

【抑止杭のモデル化】

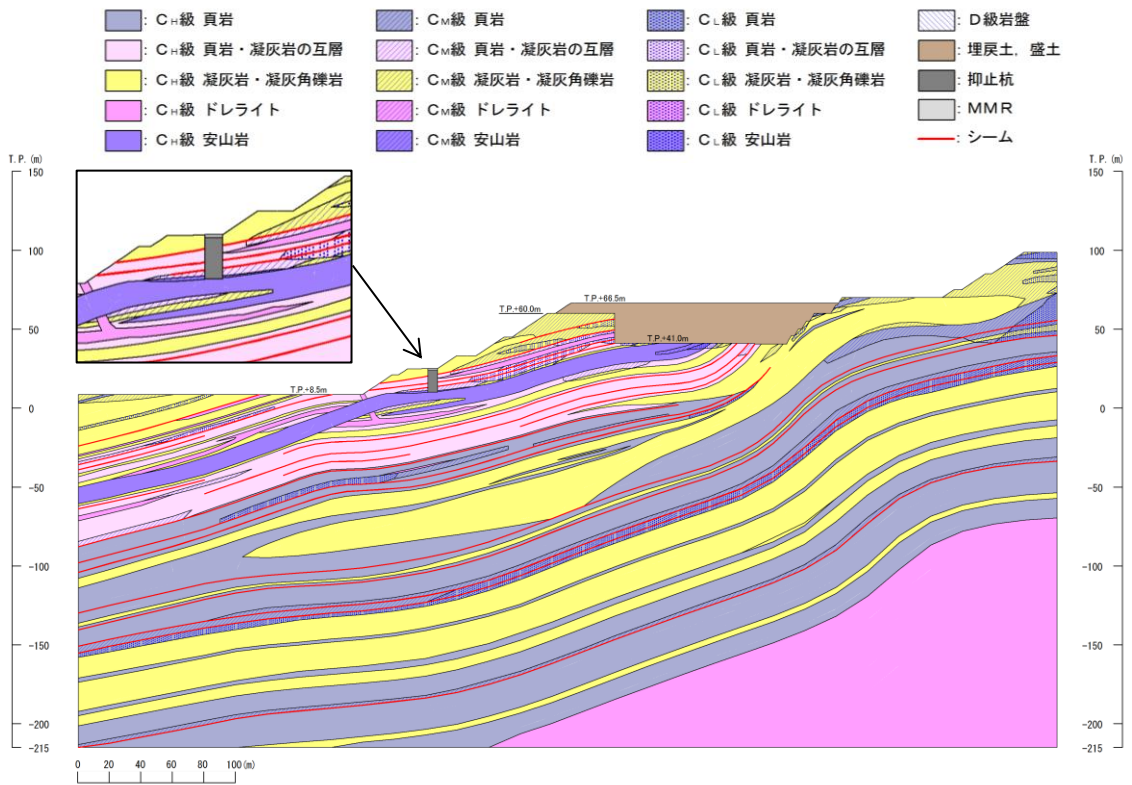
平面ひずみ要素でモデル化する。

【地下水位の設定】

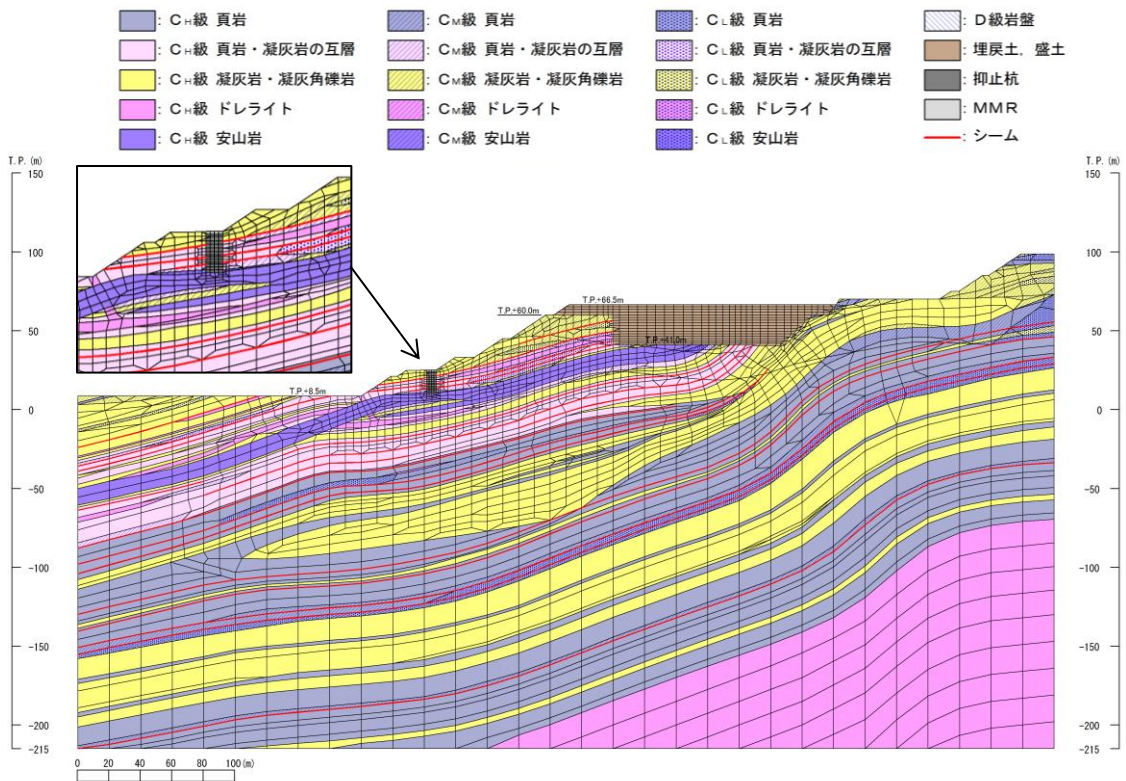
保守的に地表面に設定する。

【減衰特性】

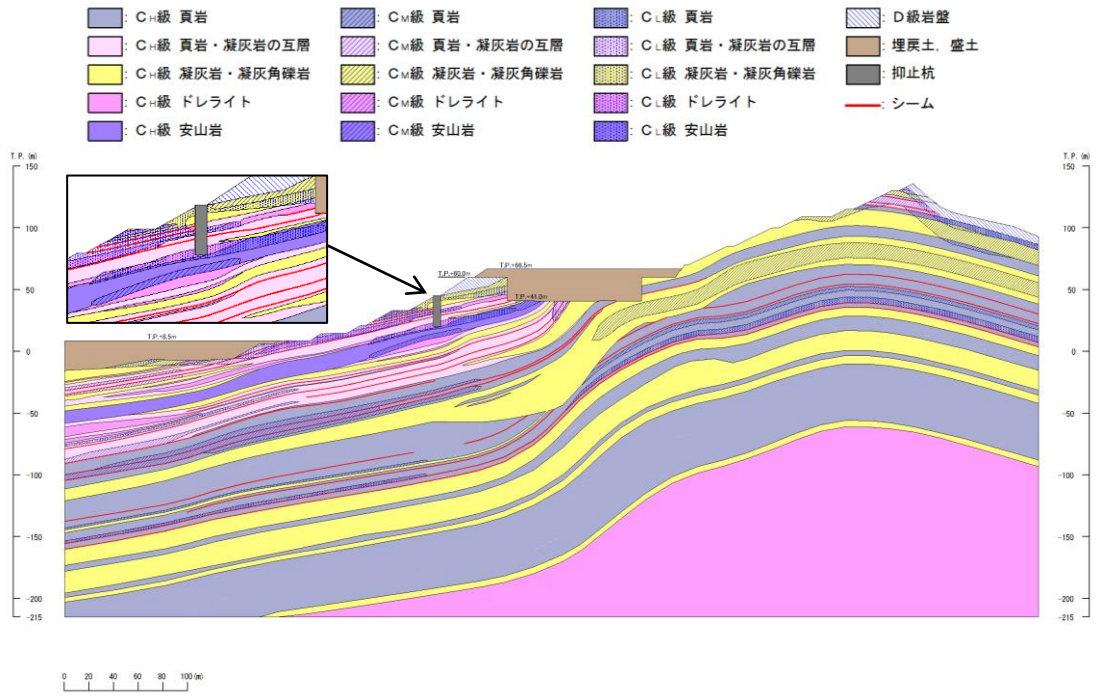
JEAG4601-2015 に基づき、岩盤の減衰を 3% に設定する。抑止杭の減衰は、コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002 年）に基づき、5% に設定する。



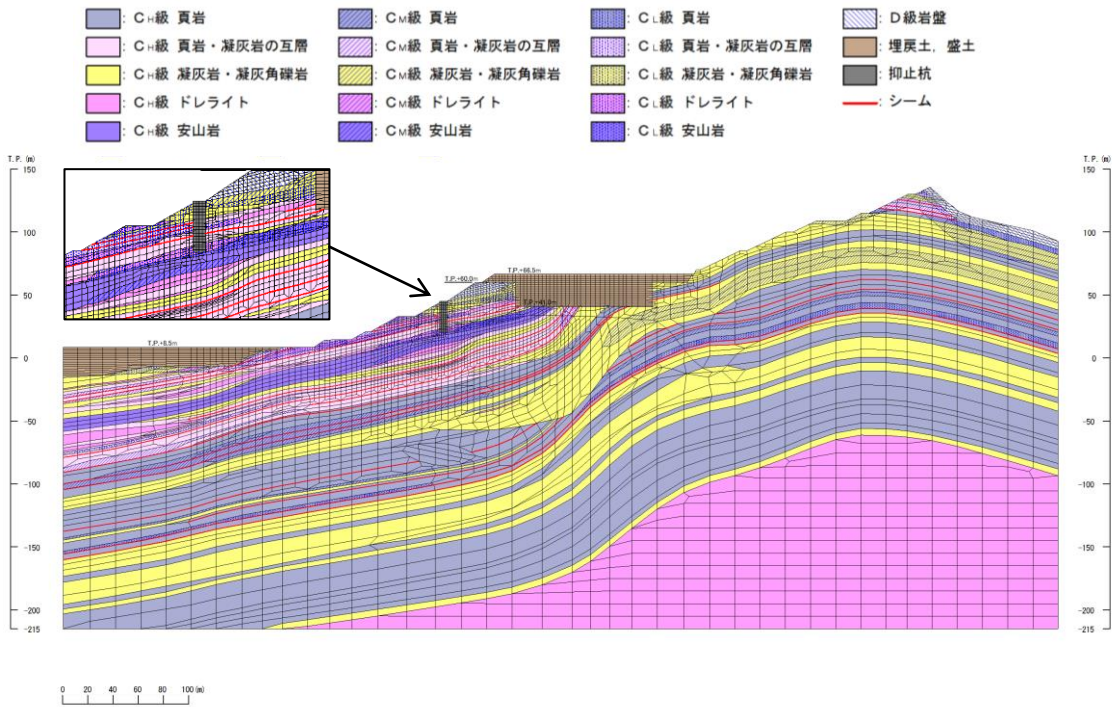
第 7.4.3-3(1) 図 ①-①' 断面 解析用岩盤分類図



第 7.4.3-3(2) 図 ①-①' 断面 解析用要素分割図



第 7.4.3-4(1) 図 ②-②' 断面 解析用岩盤分類図



第 7.4.3-4(2) 図 ②-②' 断面 解析用要素分割図

(7) 荷重の組合せ

【考慮する荷重について】

・常時荷重

常時作用している荷重として、自重及び積載荷重を考慮する。

・地震荷重 (S s)

基準地震動 S s による地震力を考慮する。

・風荷重

「第6条 外部からの衝撃による損傷の防止」において規定する設計基準風速に伴う荷重を考慮する。

・積雪荷重

「第6条 外部からの衝撃による損傷の防止」において規定する松江市建築基準法施行細則に基づく垂直積雪量に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮した荷重と組合せる。

【荷重の組合せ】

荷重の組合せの設定に当っては、抑止杭の設置状況等を考慮し、各荷重の組合せの要否を整理した。

「積雪荷重」については、常時荷重に対して極めて小さいため、考慮しないこととする。

「風荷重」については、大部分が地中に埋設された構造物であり、地上部分が少なく風の影響をほとんど受けないため、考慮しない。

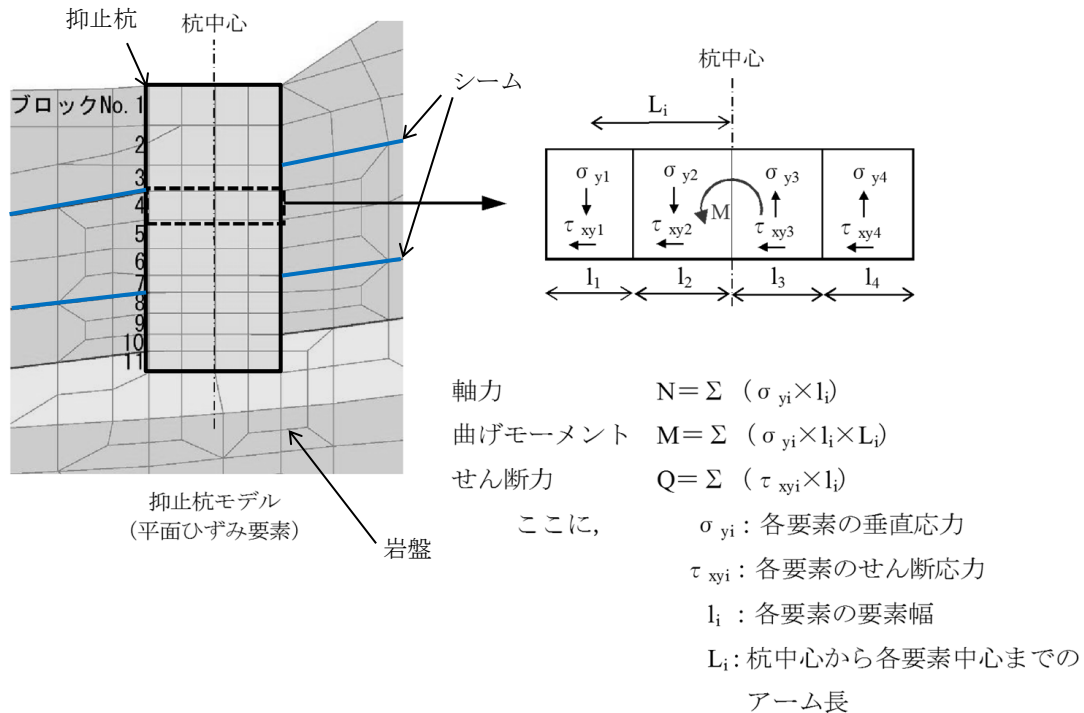
以上のことから、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

・常時荷重＋地震荷重

(8) 許容限界

【断面力の算定】

抑止杭に発生する断面力は、地震時応答解析から求まる抑止杭の各要素に生じる応力から、抑止杭に作用する断面力（軸力、曲げモーメント及びせん断力）を算定する。断面力算定の概念図を第 7. 4. 3-5 図に示す。



第 7. 4. 3-5 図 断面力算定の概念図

【照査方法】

斜面上の深礎基礎設計施工便覧((社)日本道路協会, 2012年3月)に基づき、せん断破壊に対する照査及び曲げ破壊に対する照査を実施する。

せん断破壊に対する照査は、発生する最大せん断力が抑止杭の許容せん断抵抗力（短期）を下回ることを確認する。

曲げ破壊に対する照査は、最大曲げモーメント発生時の軸力及び曲げモーメントから算定されるコンクリートの曲げ圧縮応力度及び鉄筋の引張応力度が、コンクリート及び鉄筋の許容応力度（短期）を下回ることを確認する。

【抑止杭に作用するせん断力の算定】

抑止杭に作用するせん断力は第 7. 4. 3-5 図により算定する。

【曲げ応力度の算定】

曲げ応力度の算定式は以下のとおり。

$$\sigma_c = \frac{M + N \times r}{r^3} C$$

$$C = \frac{1 - \cos\phi}{\frac{2\sin\phi}{3} \times \phi \times \cos\phi + \sin\phi \times \cos^2\phi + \frac{\phi}{4} - \frac{\sin\phi \cos\phi}{4} - \frac{\sin^3\phi \cos\phi}{6} + \pi np \left[\frac{\alpha^2}{2} - \cos\phi \right]}$$

$$np = n \times \frac{As}{\pi r^3}$$

σ_c : コンクリートの曲げ圧縮応力度

M : 曲げモーメント

N : 軸力

r : 抑止杭半径

ϕ : 中立軸の位置を示す中心角

α : 軸方向鉄筋中心までの半径 r_s /抑止杭半径r

n : 鉄筋とコンクリートのヤング係数比

As : 軸方向鉄筋の断面積

$$\sigma_s = \frac{M + N \times r}{r^3} Sn$$

$$S = C \times \frac{\alpha + \cos\phi}{1 - \cos\phi}$$

σ_s : 鉄筋の引張応力度

【抑止杭に期待する効果等】

島根原子力発電所の抑止杭に期待する効果及び効果を発揮するためのメカニズムを第 7. 4. 3-5 表に示す。

第 7. 4. 3-5 表 抑止杭に期待する効果等

期待する効果	効果を発揮するためのメカニズム	部位 (材質)	イメージ図
シームを通るすべりによる発生せん断力に抵抗する。	<ul style="list-style-type: none"> シームを通るすべりが発生した際に生じるせん断力に対して、主に H 鋼が負担する。 	H 鋼, コンクリート, 帯鉄筋	
シームを通るすべりによる発生曲げモーメントに抵抗する。	<ul style="list-style-type: none"> シームを通るすべりが発生した際に生じる曲げモーメントに対して、コンクリートが圧縮力を負担する。 シームを通るすべりが発生した際に生じる曲げモーメントに対して、軸方向鉄筋が引張力を負担する。 	コンクリート (圧縮) 軸方向鉄筋 (引張)	

【許容値の設定】

・抑止杭の許容せん断抵抗力

杭の1本当たりの許容せん断抵抗力は、最新斜面・土留め技術総覧(最新斜面・土留め技術総覧編集委員会, 1991年)に基づき、下式により算定した。

$$S_a = \gamma_p \cdot A_p / \alpha + \gamma_H \cdot A_H$$

S_a : 杭材の許容せん断力 (N/mm²)

γ_p : 杭材の許容せん断応力度 (N/mm²) , A_p : 杭材の断面積 (mm²)

γ_H : せん断補強材の許容せん断応力度 (N/mm²) , A_H : せん断補強材の断面積 (mm²)

α : 最大応力度/平均応力度

抑止杭(鉄筋コンクリート+H鋼)の許容せん断抵抗力のうち、鉄筋コンクリート部については、コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕(土木学会, 2002年)の許容応力度法に基づいて設定する。

また、H鋼部については、道路橋示方書・同解説(I 共通編・II 鋼橋編)(日本道路協会, 2002年)に基づいて設定する。

なお、杭のせん断抵抗力の算定では、H鋼がコンクリートに拘束されていることを考慮し、H鋼の全断面を考慮して算定を行う。

抑止杭の許容せん断抵抗力 R_K は、第7.4.3-6表の杭の1本当たりの許容せん断抵抗力を各区間の杭本数(区間Iなら7本)で乗じ、各区間の抑止杭の効果を期待する範囲の幅(斜面の奥行方向幅)で除して単位奥行当たりのせん断抵抗力として算出する。

算出した抑止杭の単位奥行当たりの許容せん断抵抗力について、第7.4.3-7表に示す。

$$R_K = \frac{n \times S_K + S_G}{\cos \theta} \times \frac{1}{L}$$

ここで、

R_K : 抑止杭の単位奥行き当たりの許容せん断抵抗力

n : 杭本数(区間I : 7本, 区間II : 3本)

S_K : 杭1本の許容せん断抵抗力

S_G : 杭間及び周辺岩盤のせん断抵抗力

(照査位置に関わらず、シームであるとして保守的にゼロとする)

θ : すべり面角度(保守的に $\cos 0^\circ = 1$ とする)

L : 各区間の抑止杭の効果を期待する範囲の幅

(斜面の奥行方向幅。区間I : 150.5m, 区間II : 48.6m)

第 7.4.3-6 表 抑止杭 1 本当たりの許容せん断抵抗力 S_k

材料	許容せん断応力度 (N/mm ²)	断面積 A (mm ²)		許容せん断抵抗力 (kN)	
		①-①' 断面	②-②' 断面	①-①' 断面	②-②' 断面
コンクリート	0.90 ^{※1}	2.51 × 10 ⁷	2.56 × 10 ⁷	14,256 ^{※4}	14,526 ^{※4}
帯鉄筋	323 ^{※2}	1.14 × 10 ³		16,585 ^{※5}	16,585 ^{※5}
H鋼	150 ^{※3}	2.167 × 10 ⁶ (41 本)	1.692 × 10 ⁶ (32 本)	325,089	253,728
抑止杭 (合計)				355,930	284,839

抑止杭 1 本当たりの許容せん断抵抗力 S_k

※1：コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（(社)土木学会，2002 年）に基づき，コンクリート ($f_c = 24\text{N/mm}^2$) の許容せん断応力度：0.45 N/mm² の 2 倍の強度割増し（一時的な荷重又は極めてまれな荷重）を行う。

※2：コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（(社)土木学会，2002 年）に基づき，鉄筋 (SD345) の許容引張応力度：196 N/mm² の 1.65 倍の強度割増し（一時的な荷重又は極めてまれな荷重）を行う。

※3：道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編（(社)日本道路協会，2002 年）に基づき，H 鋼の許容せん断応力度：100 N/mm² の 1.5 倍の強度割増し（地震荷重）を行う。

※4：道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編（(社)日本道路協会，2002 年）に基づき下式により設定。

$$S_c = \tau_{ca} \times 0.6 \times 1.06 \times A$$

ここで， S_c ：コンクリートの許容せん断抵抗力， τ_{ca} ：コンクリートの許容せん断応力度，

A ：コンクリートの断面積

※5：道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編（(社)日本道路協会，2002 年）に基づき下式により設定。

$$S_s = A_s \times \sigma_{sa} \times d (\sin 90^\circ + \cos 90^\circ) / (1.15 \times s)$$

ここで， S_s ：帯鉄筋の許容せん断抵抗力， σ_{sa} ：帯鉄筋の許容引張応力度，

A_s ：鉄筋の断面積， d ：部材断面の有効高 (=5,180mm)， s ：帯鉄筋の部材軸方向の間隔 (=200mm)

第 7.4.3-7 表 抑止杭の単位奥行当たりの許容せん断抵抗力 R_k

断面	1 本当たりの許容せん断抵抗力 S_k (kN)	杭本数 n (本)	斜面の奥行方向幅 L (m)	単位奥行当たりの許容せん断抵抗力 (kN/m)
①-①' 断面	355,930	7	150.52	16,553
②-②' 断面	284,839	3	48.62	17,576

・コンクリートの許容曲げ圧縮応力度及び鉄筋の許容引張応力度

コンクリートの許容曲げ圧縮応力度及び鉄筋の許容引張応力度は、コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002年）の許容応力度法に基づいて設定する。

コンクリートの許容曲げ圧縮応力度及び鉄筋の許容引張応力度について、第7.4.3-8表のとおり設定する。

第7.4.3-8表 コンクリートの許容曲げ圧縮応力度・鉄筋の許容引張応力度

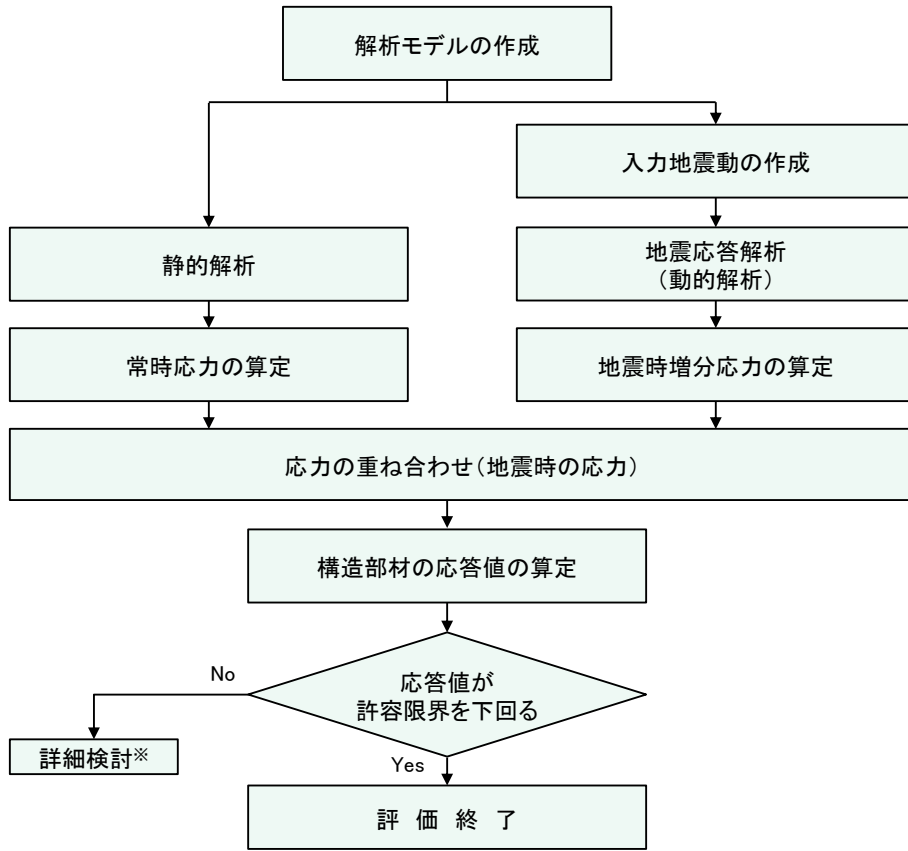
項目	許容値 (N/mm ²)
コンクリートの許容曲げ圧縮応力度 ^{※1}	18
軸方向鉄筋の許容引張応力度 ^{※2}	323

※1 コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002年）に基づき，コンクリート（ $f_c=24\text{N/mm}^2$ ）の許容曲げ圧縮応力度： 9 N/mm^2 の2倍の強度割増し（一時的な荷重又は極めてまれな荷重）を行う。

※2 コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002年）に基づき，鉄筋(SD345)の許容引張応力度： 196 N/mm^2 の1.65倍の強度割増し（一時的な荷重又は極めてまれな荷重）を行う。

(9) 評価手順

抑止杭の耐震評価フローを第 7. 4. 3-6 図に示す。



※ 検討内容に応じて、必要なプロセスへ戻る

第 7. 4. 3-6 図 抑止杭の耐震評価フロー

(10) 入力地震動の策定

入力地震動は、解放基盤面で定義される基準地震動 S_s を一次元波動論によって、地震応答解析モデルの入力位置で評価したものをを用いる。入力地震動は水平地震動及び鉛直地震動を同時に作用させるものとする。

応答スペクトル手法による基準地震動については、水平地震動及び鉛直地震動の位相反転を考慮する。また、震源を特定せず策定する地震動による基準地震動については、水平地震動の位相反転を考慮する。

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 -F1 及び S_s -F2 については、応答スペクトル手法による基準地震動 S_s -D に包絡されるため、検討対象外とする。

第 7.4.3-9 表に入力地震動の一覧を示す。

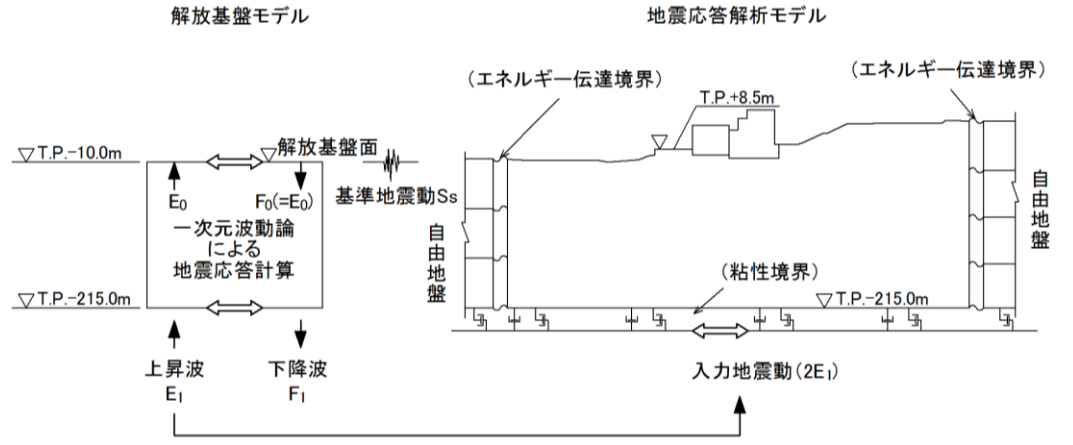
入力地震動策定の概念図を第 7.4.3-7 図に、基準地震動 S_s の加速度応答スペクトルと時刻歴波形を第 7.4.3-8 図～第 7.4.3-11 図に示す。

なお、入力地震動の策定には、解析コード「SHAKE Ver.2」を使用する。

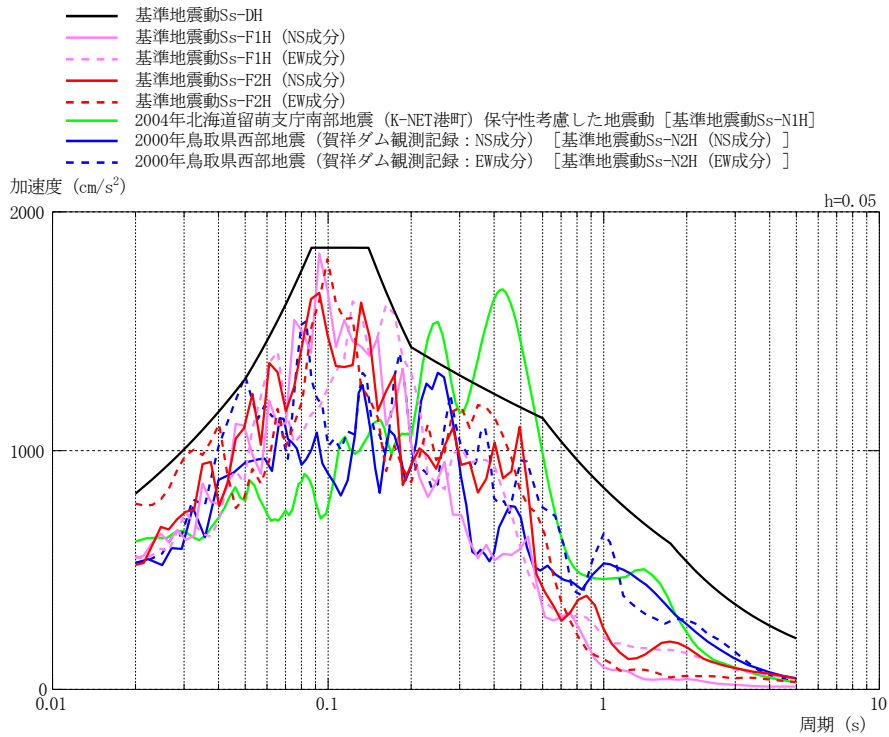
第 7.4.3-9 表 入力地震動の一覧

基準地震動	地震動の策定方法	検討ケース※	備考
S_s -D	応答スペクトル手法による地震動	(+, +), (-, +) (+, -), (-, -)	水平地震動及び鉛直地震動の位相反転を考慮する。
S_s -N1	震源を特定せず策定する地震動 (2004年 北海道留萌支庁南部地震)	(+, +), (-, +)	水平地震動の位相反転を考慮する。
S_s -N2	震源を特定せず策定する地震動 (2000年 鳥取県西部地震)	(+, +), (-, +)	水平地震動の位相反転を考慮する。
S_s -F1	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (宍道断層)	—	応答スペクトル手法による基準地震動 S_s -D に包絡されるため、検討対象外とする。
S_s -F2	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (宍道断層)	—	応答スペクトル手法による基準地震動 S_s -D に包絡されるため、検討対象外とする。

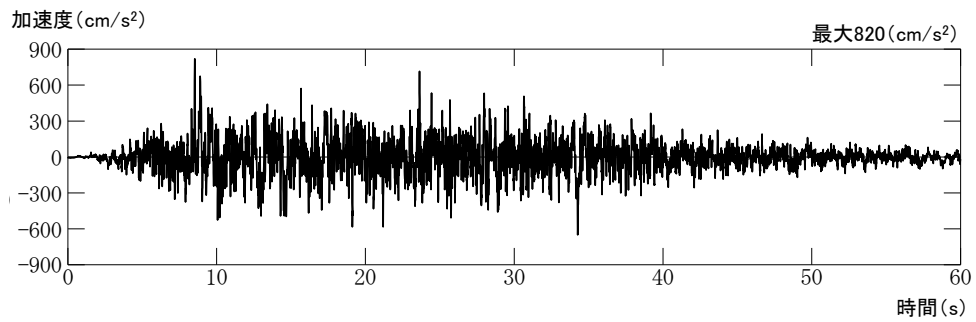
※ 基準地震動の(+, +)は位相反転なし、(-, +)は水平反転、(+, -)は鉛直反転、(-, -)は水平反転かつ鉛直反転を示す。



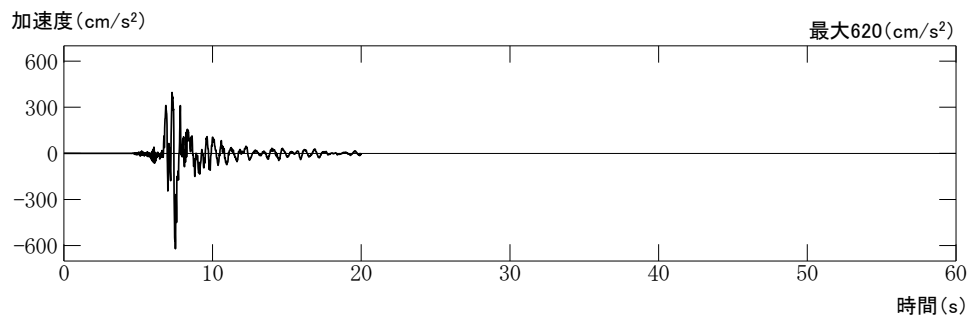
第 7. 4. 3-7 図 入力地震動策定の概念図



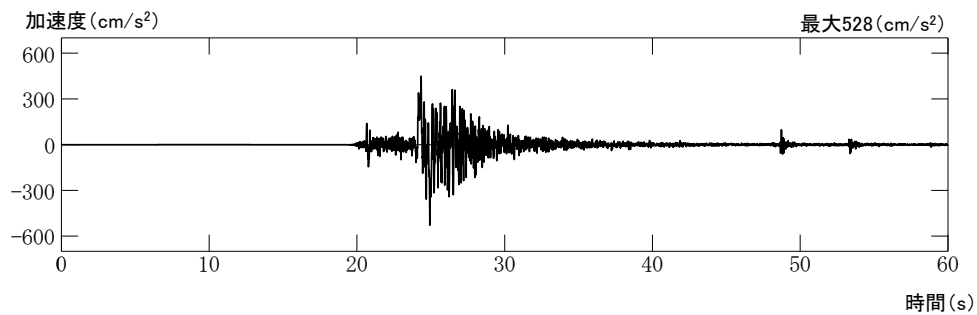
第 7. 4. 3-8 図 基準地震動 S_s の加速度応答スペクトル (水平方向)



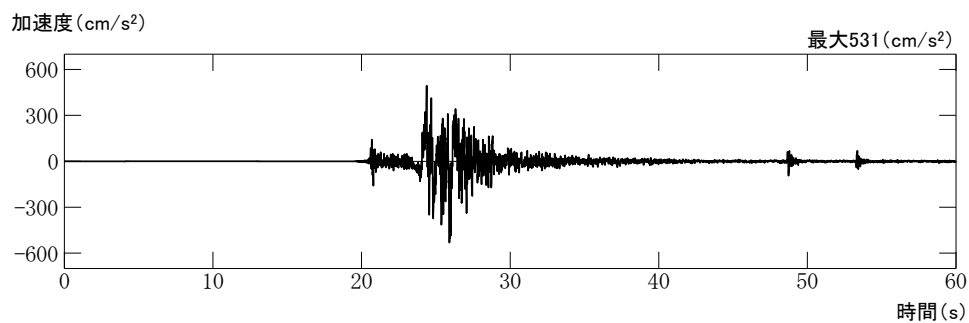
Ss-D



Ss-N1

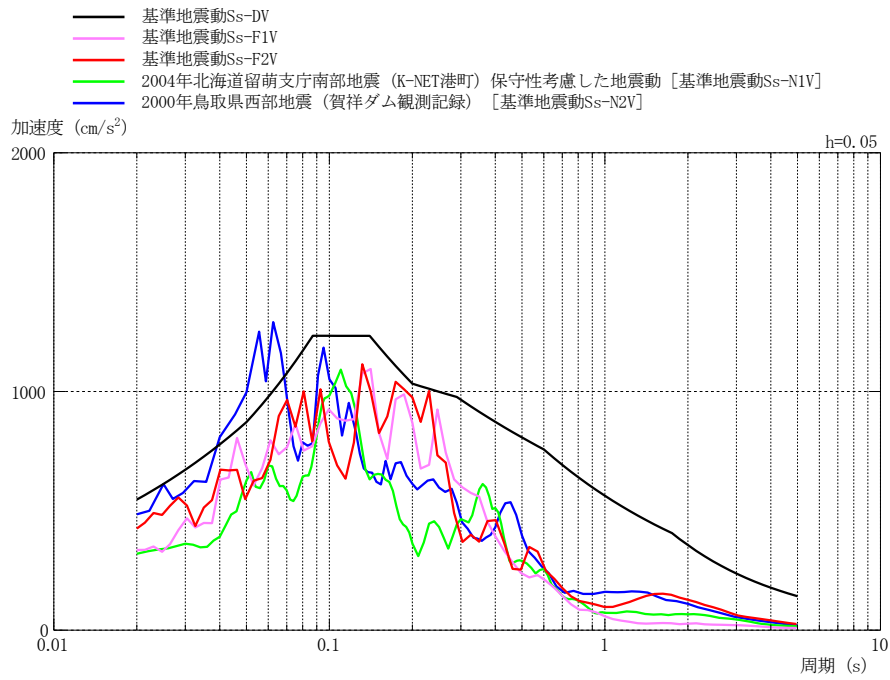


Ss-N2 (NS 成分)

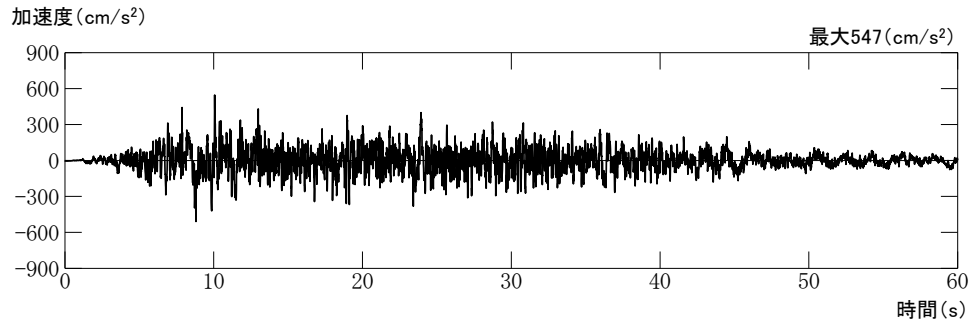


Ss-N2 (EW 成分)

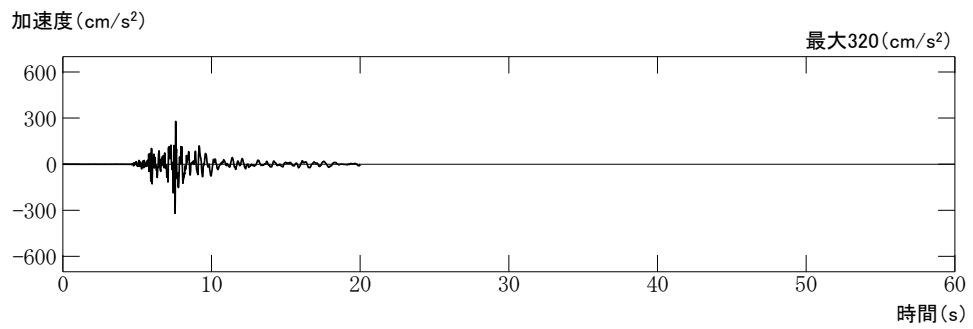
第 7. 4. 3-9 図 基準地震動 S_s の加速度時刻歴波形 (水平方向)



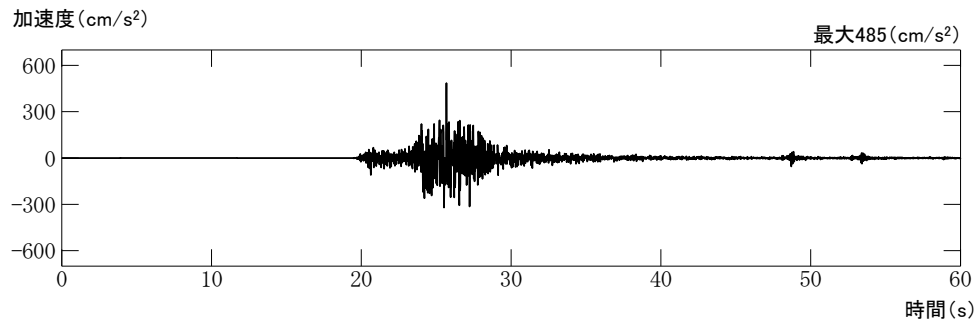
第 7.4.3-10 図 基準地震動 S_s の加速度応答スペクトル (鉛直方向)



Ss-D



Ss-N1



Ss-N2

第 7. 4. 3-11 図 基準地震動 S s の加速度時刻歴波形 (鉛直方向)

(11) 評価結果

第7.4.3-10表～第7.4.3-12表に、コンクリートの曲げ圧縮応力度、鉄筋の引張応力度及び抑止杭のせん断力に対する照査結果を示す。コンクリートの発生曲げ応力度、鉄筋の引張応力度、抑止杭のせん断力はいずれも許容値を下回っていることを確認した。

第7.4.3-10表 コンクリートの曲げ圧縮応力度の照査結果

対象斜面	基準地震動	最大曲げモーメント発生時の コンクリートの 曲げ圧縮応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	照査値	判定
①-①'	Ss-D (+, -)	1.7	18	0.096	OK
②-②'	Ss-D (-, +)	2.8	18	0.154	OK

第7.4.3-11表 鉄筋の引張応力度の照査結果

対象斜面	基準地震動	最大曲げモーメント発生時の 鉄筋の最大引張応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	照査値	判定
①-①'	Ss-D (+, -)	0.0 (全圧縮)	323	0.000	OK
②-②'	Ss-D (-, +)	77	323	0.238	OK

第7.4.3-12表 抑止杭のせん断力の照査結果

対象斜面	基準地震動	発生最大 せん断力 (kN/m)	許容値 (kN/m)	照査値	判定
①-①'	Ss-D (+, -)	2,794	16,553	0.169	OK
②-②'	Ss-D (+, -)	3,015	17,576	0.172	OK

7.4.4 抑止杭を設置した斜面の安定性評価

(1) 基本方針

抑止杭を設置した斜面について、基準地震動 S_s によるすべり安定性評価を実施する。

すべり安定性評価については、想定すべり面上の応力状態をもとに、すべり面上のせん断抵抗力の和をすべり面上のせん断力の和で除して求めたすべり安全率が評価基準値を上回ることを確認する。

なお、適用規格は 7.4.3 章と同じである。

(2) 評価対象斜面の選定

評価対象斜面は、7.4.3 章と同じ断面とする。

(3) 解析用物性値，地震応答解析手法等

7.4.3 章の地震応答解析結果の応力状態からすべり安全率を計算するため、地震応答解析手法，解析用物性値，解析モデル及び入力地震動は 7.4.3 章と同様である。

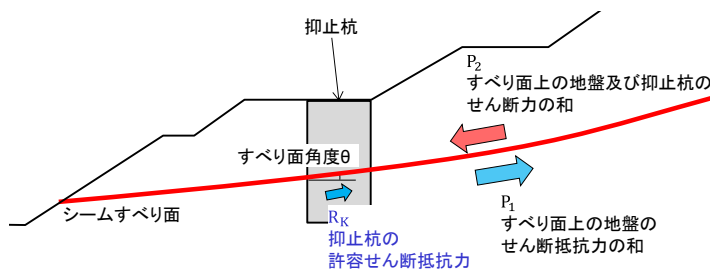
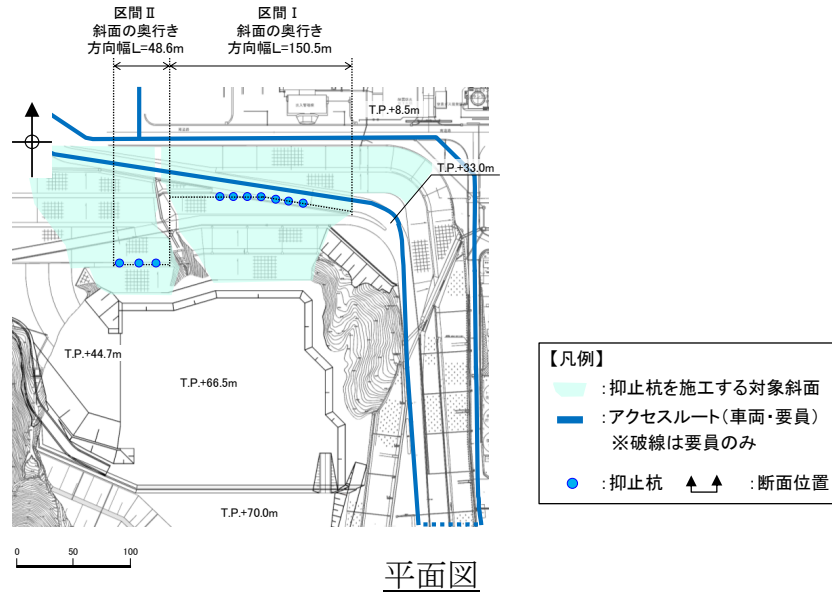
(4) 評価基準値の設定

すべり安定性評価では、評価対象斜面の最小すべり安全率が評価基準値 1.0 を上回ることを確認する。（設定根拠は末尾の参考－2 を参照）

(5) すべり安全率の算定方法

すべり安全率の算定は、6.2.5章と同様の手法によりすべり安全率を算定し、その際に抑止杭のせん断抵抗力も見込む。

抑止杭のせん断抵抗力も見込んだシームすべりに対するすべり安全率算定の概念図を第7.4.4-1図に示す。



$$R_K = \frac{n \times S_K + S_G}{\cos\theta} \times \frac{1}{L} \Rightarrow F_s = \frac{P_1 + R_K}{P_2}$$

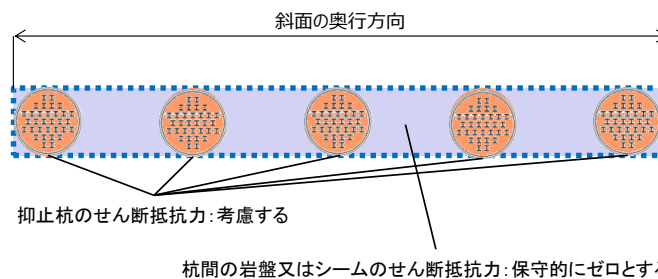
↑
すべり安全率

↑
抑止杭の効果を期待する範囲の幅

- R_K : 抑止杭の単位奥行き当たりの許容せん断抵抗力
- n : 杭本数 (区間 I : 7本, 区間 II : 3本)
- S_K : 杭 1 本の許容せん断抵抗力
- S_G : 杭間の岩盤又はシームのせん断抵抗力 (保守的にゼロとする)
- θ : すべり面角度 (保守的に $\cos 0^\circ = 1$ とする)
- L : 各区間の抑止杭の効果を期待する範囲の幅 (斜面の奥行方向幅。区間 I : 150.5m, 区間 II : 48.6m)

抑止杭のせん断抵抗力算出イメージ図

断面図 (概念図)



杭間及び周辺岩盤のせん断抵抗力

第 7. 4. 4-1 図 シームすべりに対する抑止杭のせん断抵抗力算出概要図

抑止杭による抵抗力を考慮したすべり安全率の算定式を以下に示す。すべり安全率算出時には、抑止杭（鉄筋コンクリート+H鋼）のせん断抵抗力を見込む。

$$F_S = \frac{P_1 + R_K}{P_2}$$

ここで、

- P_1 : すべり面上の地盤のせん断抵抗力の和
- P_2 : すべり面上（地盤，抑止杭）のせん断力の和
- R_K : 抑止杭の許容せん断抵抗力

抑止杭の単位奥行当たりの許容せん断抵抗力 R_K は、照査の際に用いた第7.4.3-6表の杭の1本当当たりの許容せん断抵抗力を各区間の杭本数（区間Ⅰなら7本）で乗じ、各区間の抑止杭の効果を期待する範囲の幅（斜面の奥行方向幅，詳細は第7.4.4-1図を参照）で除して単位奥行当たりのせん断抵抗力として算出する。

$$R_K = \frac{n \times S_K + S_G}{\cos \theta} \times \frac{1}{L}$$

ここで、

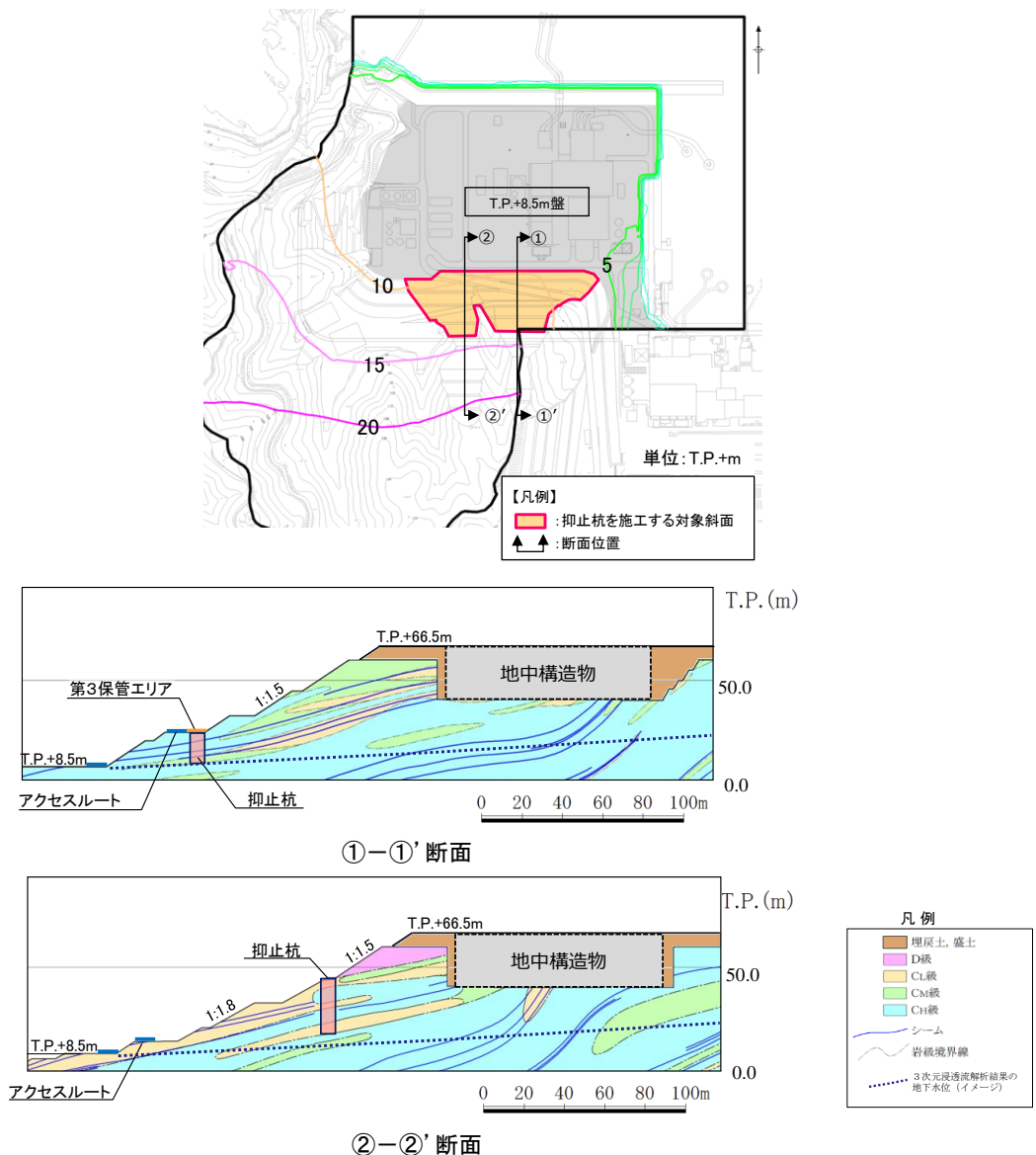
- R_K : 抑止杭の単位奥行き当たりの許容せん断抵抗力
- n : 杭本数（区間Ⅰ：7本，区間Ⅱ：3本）
- S_K : 杭1本の許容せん断抵抗力
- S_G : 杭間及び周辺岩盤のせん断抵抗力
(シームの場合は保守的に見込まない)
- θ : すべり面角度
- L : 抑止杭の効果を期待する範囲の幅
(斜面の奥行方向幅，区間Ⅰ：150.5m，区間Ⅱ：48.6m，詳細は第7.4.4-1図を参照)

(6) 液状化範囲の検討

抑止杭を設置する斜面上部に埋戻土が存在することから、3次元浸透流解析結果の大局的な地下水位分布の傾向を参照し、液状化の可能性を検討する。

3次元浸透流解析の結果、抑止杭を設置する斜面の①-①'断面及び②-②'断面の埋戻土部の地下水位は、T.P.+15~20mであり、埋戻土層下端（T.P.+44m盤）より十分に低いことから、液状化影響を考慮しない。

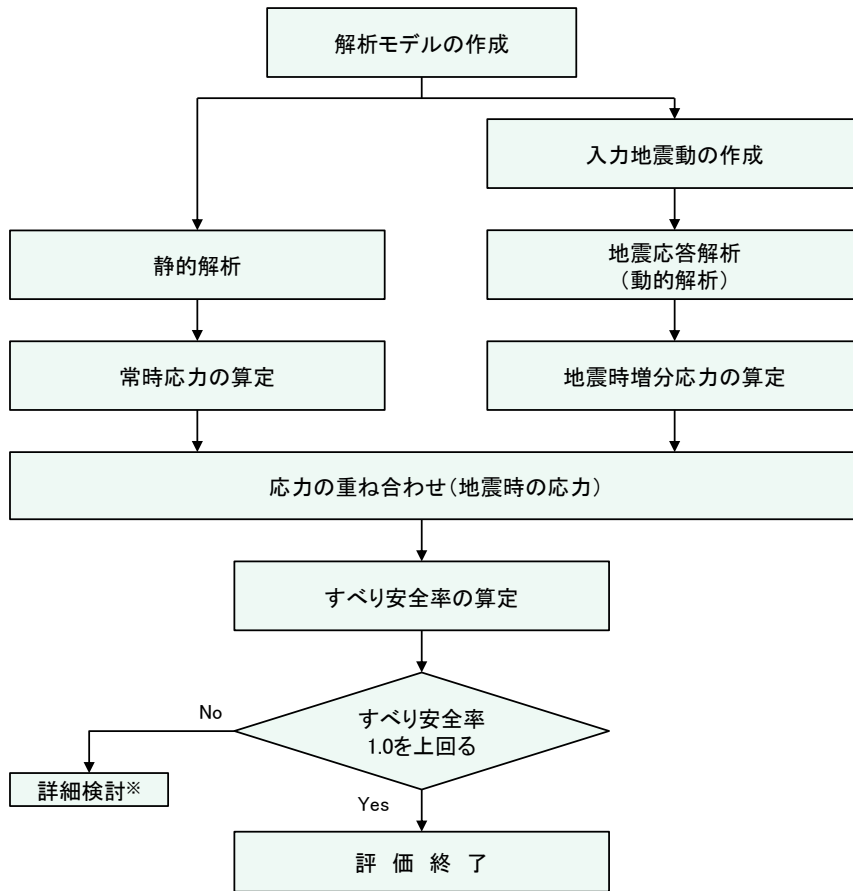
なお、T.P.+44m盤には構造物を設置して周辺を埋め戻す予定であるため、すべり安定性評価においては、構造物等がある場合とない場合をそれぞれ検討する。構造物がある場合の評価においては、当該構造物は地中構造物になることから、重量の観点から保守的になるように埋戻土としてモデル化する。



第 7.4.4-2 図 3次元浸透流解析結果（定常解析）の等水位線図※

※「島根原子力発電所2号炉 地震による損傷の防止（コメント回答）[地下水位の設定]」（第872回審査会合，2020年7月7日）において説明済

- (7) 評価内容
斜面安定性評価フローを第 7. 4. 4-3 図に示す。



※ 検討内容に応じて、必要なプロセスへ戻る

第 7. 4. 4-3 図 斜面安定性評価フロー

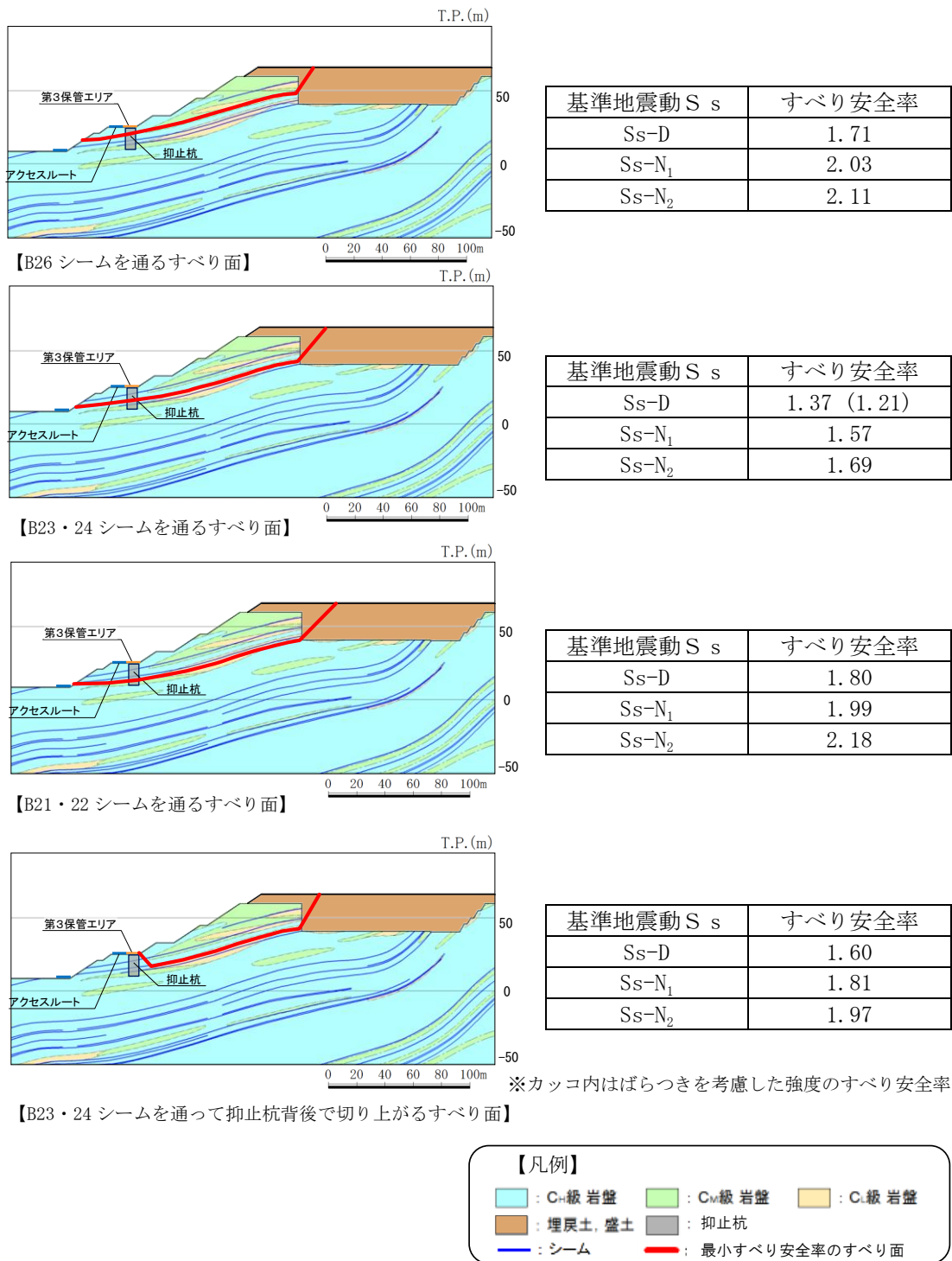
- (8) 入力地震動の策定
入力地震動は、7. 4. 3 章と同様。

(9) 評価結果

【①-①' 断面（構造物等がある場合）】

すべり安定性評価結果を第 7. 4. 4-4 図に示す。最小すべり安全率（平均強度）が評価基準値 1. 0 を上回っており，安定性を有することを確認した。

また，上記の結果が最小となったケースに対して，地盤物性のばらつき（平均強度 $-1.0 \times$ 標準偏差（ σ ））を考慮した場合でも，最小すべり安全率が評価基準値 1. 0 を上回っており，安定性を有することを確認した。

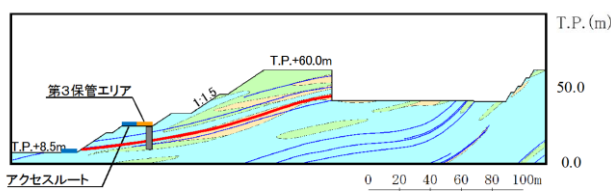


第 7. 4. 4-4 図 ①-①' 断面の評価結果（構造物等がある場合）

【①-①' 断面（構造物等がない場合）】

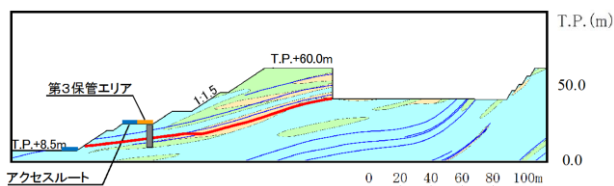
すべり安定性評価結果を第 7.4.4-5 図に示す。最小すべり安全率（平均強度）が評価基準値 1.0 を上回っており、安定性を有することを確認した。

また、上記の結果が最小となったケースに対して、地盤物性のばらつき（平均強度 $-1.0 \times$ 標準偏差 (σ) ）を考慮した場合でも、最小すべり安全率が評価基準値 1.0 を上回っており、安定性を有することを確認した。詳細設計段階においては、基本設計の妥当性に係る種々の検討を行うとともに、検討に際しては余裕を持った設計となるよう留意する。



【B23・24シームを通るすべり面】

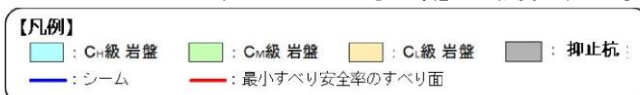
基準地震動 S _s	すべり安全率
S _s -D	1.28(1.11)
S _s -N ₁	1.54
S _s -N ₂	1.65



【B21・22シーム、法尻近傍のC₁級岩盤及びB23・24シームを通過して法尻に抜けるすべり面】

基準地震動 S _s	すべり安全率
S _s -D	1.31
S _s -N ₁	1.55
S _s -N ₂	1.64

※カッコ内はばらつきを考慮した強度のすべり安全率

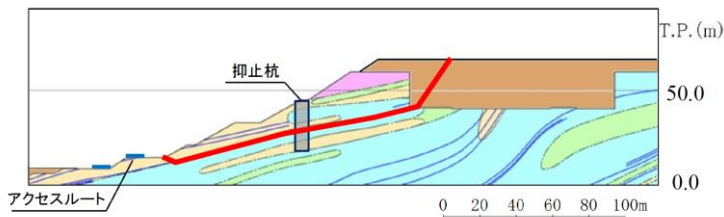


第 7.4.4-5 図 ①-①' 断面の評価結果（構造物等がない場合）

【②-②' 断面（構造物等がある場合）】

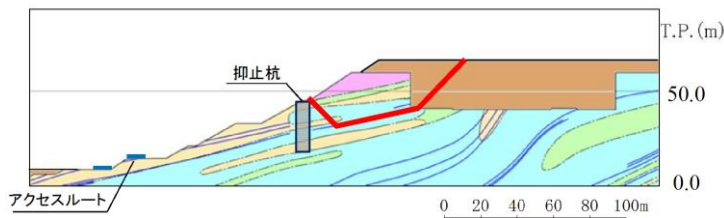
すべり安定性評価結果を第 7.4.4-6 図に示す。最小すべり安全率（平均強度）が評価基準値 1.0 を上回っており、安定性を有することを確認した。

また、上記の結果が最小となったケースに対して、地盤物性のばらつき（平均強度 $-1.0 \times$ 標準偏差 (σ) ）を考慮した場合でも、最小すべり安全率が評価基準値 1.0 を上回っており、安定性を有することを確認した。



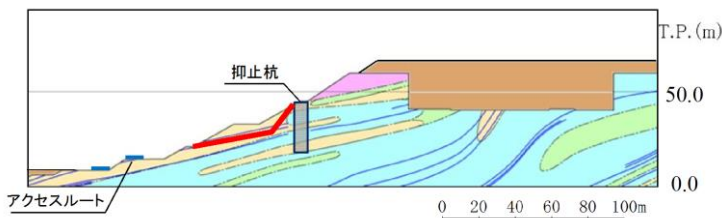
基準地震動 S_s	すべり安全率
S_s-D	1.67 (1.49)
S_s-N_1	2.10
S_s-N_2	2.10

【B21・22シームを通るすべり面】



基準地震動 S_s	すべり安全率
S_s-D	2.39
S_s-N_1	2.50
S_s-N_2	3.21

【B21・22シームを通過して抑止杭背後で切り上がるすべり面】



基準地震動 S_s	すべり安全率
S_s-D	2.25
S_s-N_1	2.58
S_s-N_2	2.95

※カッコ内はばらつきを考慮した強度のすべり安全率

【B21・22シームを通過して法面に抜けるすべり面】

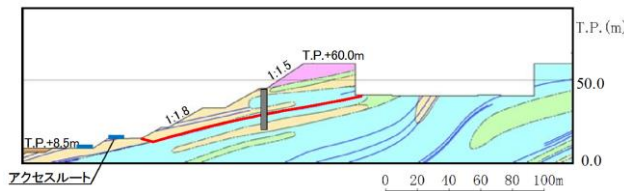


第 7.4.4-6 図 ②-②' 断面の評価結果（構造物等がある場合）

【②-②' 断面（構造物等がない場合）】

すべり安定性評価結果を第 7.4.4-7 図に示す。最小すべり安全率（平均強度）が評価基準値 1.0 を上回っており，安定性を有することを確認した。

また，上記の結果が最小となったケースに対して，地盤物性のばらつき（平均強度 $-1.0 \times$ 標準偏差（ σ ））を考慮した場合でも，最小すべり安全率が評価基準値 1.0 を上回っており，安定性を有することを確認した。



基準地震動 S s	すべり安全率
Ss-D	1.61(1.44)
Ss-N ₁	2.12
Ss-N ₂	2.21

【B21・22シームを通るすべり面】

※カッコ内はばらつきを考慮した強度のすべり安全率



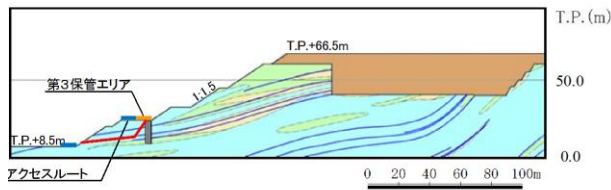
第 7.4.4-7 図 ②-②' 断面の評価結果（構造物等がない場合）

(10) 杭の断面配置の妥当性確認結果

①-①' 断面及び②-②' 断面において，抑止杭をモデル化し，杭より下流の移動層のすべり及び受働破壊を想定したすべりを設定して動的解析を実施した結果，すべり安全率 1.0 を上回ることを確認したことから，杭の断面配置が妥当であることを確認した。（第 7.4.4-8 図参照）

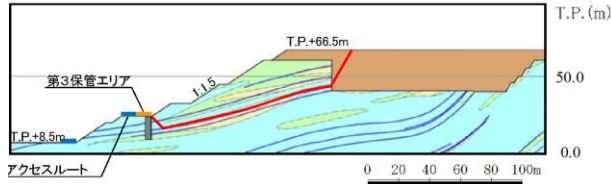
詳細設計段階において，杭より下流の移動層のすべりについて，以下の検討を行い，評価基準値を下回る場合は，杭を追加配置する。

- ・杭前面における岩盤の肌分かれを想定したすべり安定性評価を実施し，杭の断面配置の妥当性を説明する。
- ・その際には，杭間に堅硬かつ健全な岩盤が分布すること（第 7.4.4-9 図及び(11)参照），及び杭間の岩盤の中抜け現象が起こらないこと（7.4.2(5)章に方針を記載）を踏まえ，杭間の岩盤のせん断抵抗力のみを考慮した安定性評価を行う。



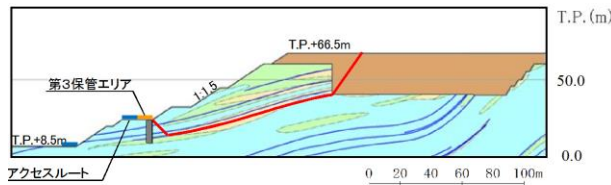
基準地震動 S _s	すべり安全率 (平均強度)
Ss-D	2.95
Ss-N ₁	4.47
Ss-N ₂	3.48

【B23・24シームを通る杭より下流の移動層のすべり面】



基準地震動 S _s	すべり安全率 (平均強度)
Ss-D	1.60
Ss-N ₁	1.81
Ss-N ₂	1.97

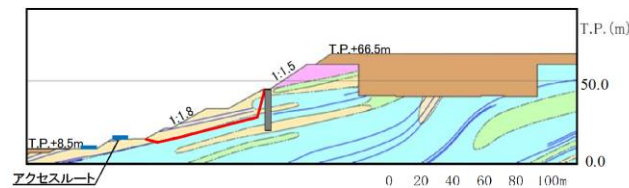
【B23・24シームを通る受働破壊を想定したすべり面】



基準地震動 S _s	すべり安全率 (平均強度)
Ss-D	1.73
Ss-N ₁	1.79
Ss-N ₂	1.97

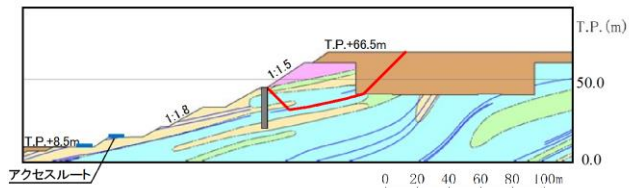
【B21・22シームを通る受働破壊を想定したすべり面】

①-①' 断面



基準地震動 S _s	すべり安全率 (平均強度)
Ss-D	2.31
Ss-N ₁	2.55
Ss-N ₂	3.03

【B21・22シームを通る杭より下流の移動層すべり面】



基準地震動 S _s	すべり安全率 (平均強度)
Ss-D	2.39
Ss-N ₁	2.50
Ss-N ₂	3.21

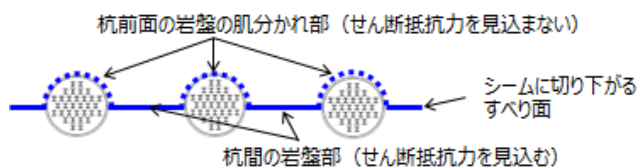
【B21・22シームを通る受働破壊を想定したすべり面】

【凡例】

- : C₁級岩盤
- : C₂級岩盤
- : C₃級岩盤
- : 埋戻土、盛土
- : 抑止杭
- : D級岩盤
- : シーム
- : 最小すべり安全率のすべり面

②-②' 断面

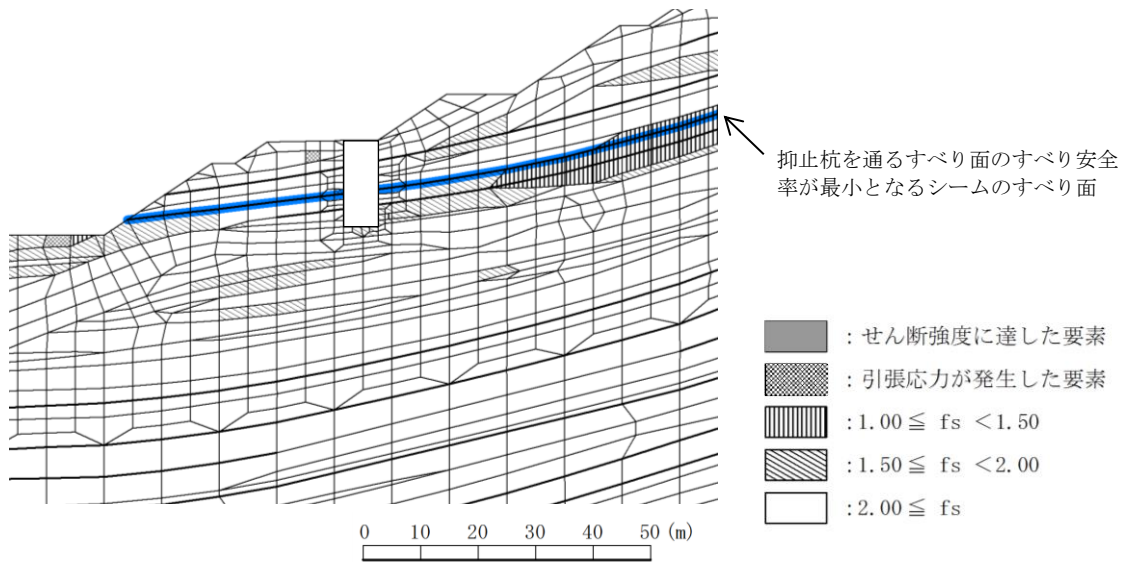
第 7. 4. 4-8 図 杭の断面配置の妥当性確認結果



第 7. 4. 4-9 図 ①-①' 断面の杭間隔等 (イメージ図)

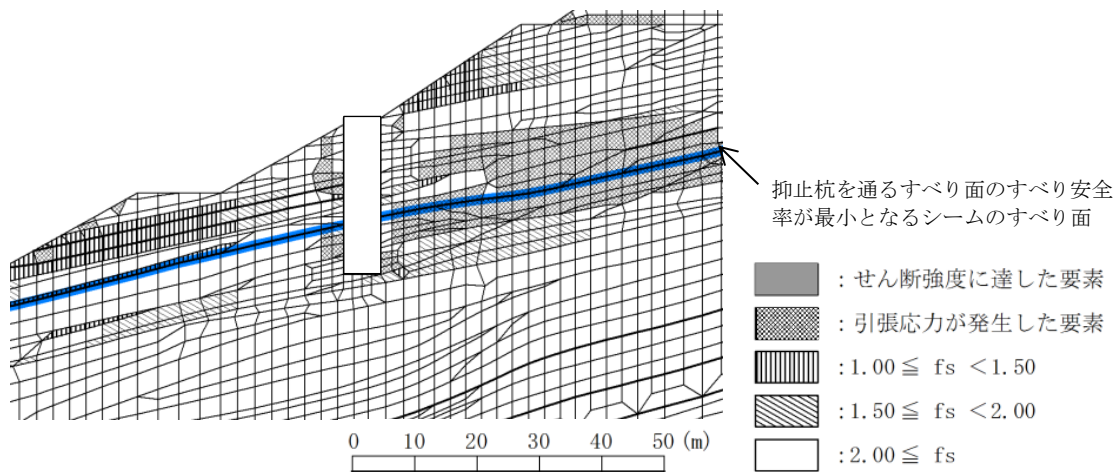
(11) 抑止杭周辺地盤の健全性照査結果

抑止杭周辺の地盤の局所安全係数分布図を第 7. 4. 4-10 図及び第 7. 4. 4-11 図に示す。不動層における抑止杭周辺の地盤には、せん断破壊が生じておらず、健全性を確保している。



第 7. 4. 4-10 図 抑止杭周辺地盤の健全性照査結果 (①-①' 断面)

(Ss-D・8.96 秒, 抑止杭を通るすべり面のすべり安全率が最小となる地震動及び時刻)



第 7. 4. 4-11 図 抑止杭周辺地盤の健全性照査結果 (②-②' 断面)

(Ss-D・8.59 秒, 抑止杭を通るすべり面のすべり安全率が最小となる地震動及び時刻)

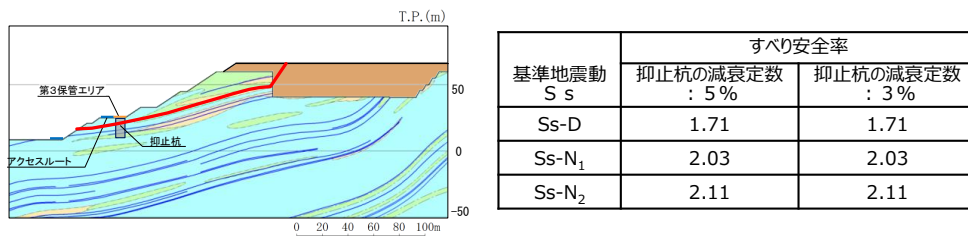
(12) 抑止杭の減衰定数の検討

減衰特性の設定に当たっては、岩盤の減衰定数を JEAG4601-2015 に基づき 3%，抑止杭の減衰定数をコンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002 年）に基づき 5%（鉄筋コンクリート）と設定している。

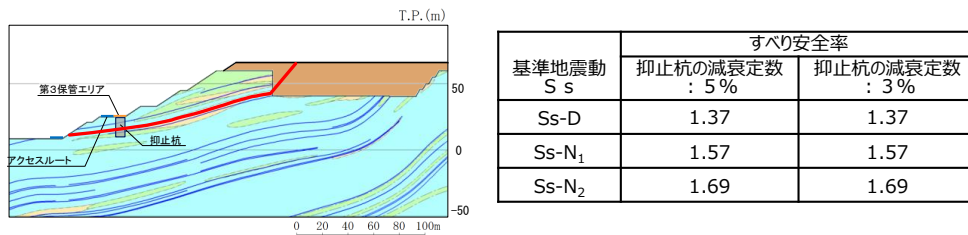
抑止杭については、断面奥行き方向の杭間に岩盤が存在することから、抑止杭の減衰定数を岩盤の減衰定数である 3%とした場合の①-①' 断面を対象に影響検討を実施する。

抑止杭の減衰定数を 3%とした場合の①-①' 断面における各すべり面の最小すべり安全率（平均強度）を下図に示す。

抑止杭の減衰定数を 3%とした場合のすべり安全率は、減衰定数 5%の結果と同値であり、抑止杭の減数特性がすべり安定性に与える影響は軽微であることを確認した。

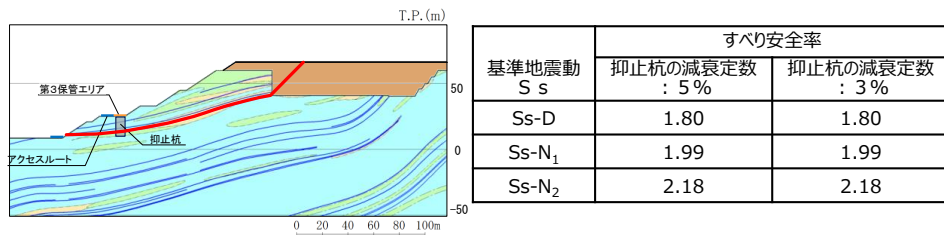


【B26シームを通るすべり面】

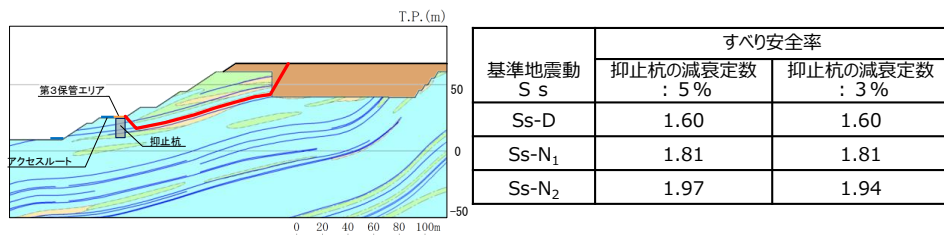


【B23・24シームを通るすべり面】

第 7. 4. 4-12 図 ①-①' 断面の評価結果



【B21・22シームを通るすべり面】



【B23・24シームを通過して抑止杭背後で切り上がるすべり面】

第 7. 4. 4-13 図 ②-②' 断面の評価結果

7.4.5 構造等に関する先行炉との比較

(1) 比較の観点

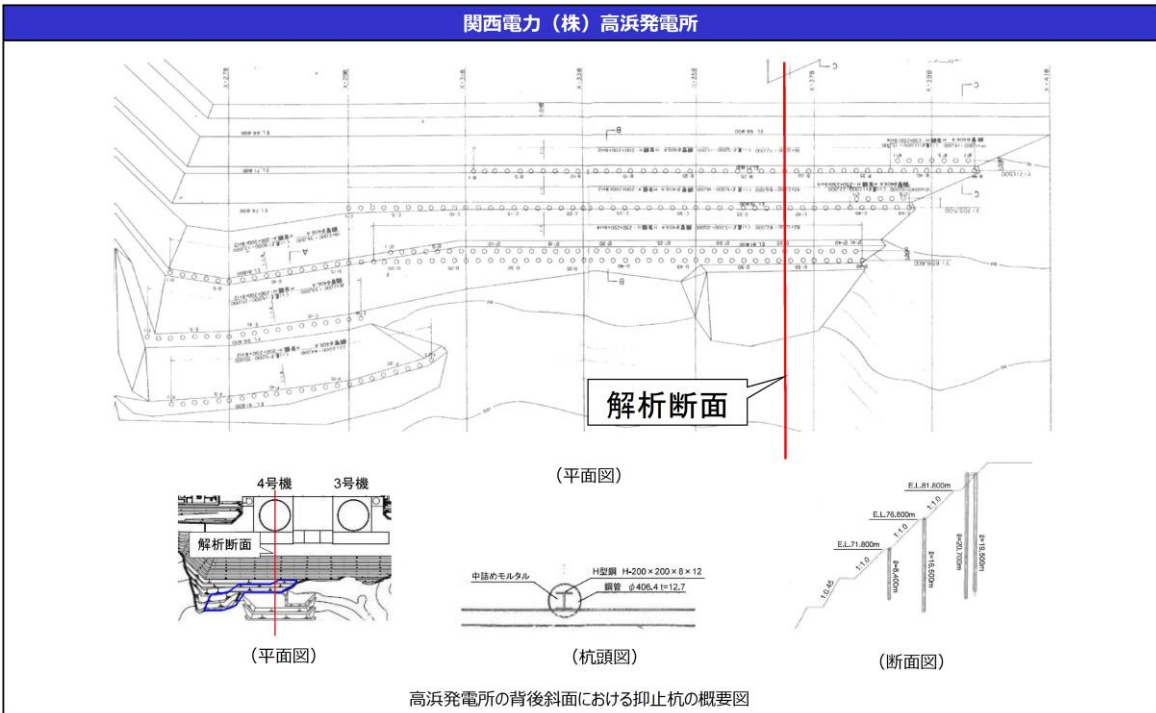
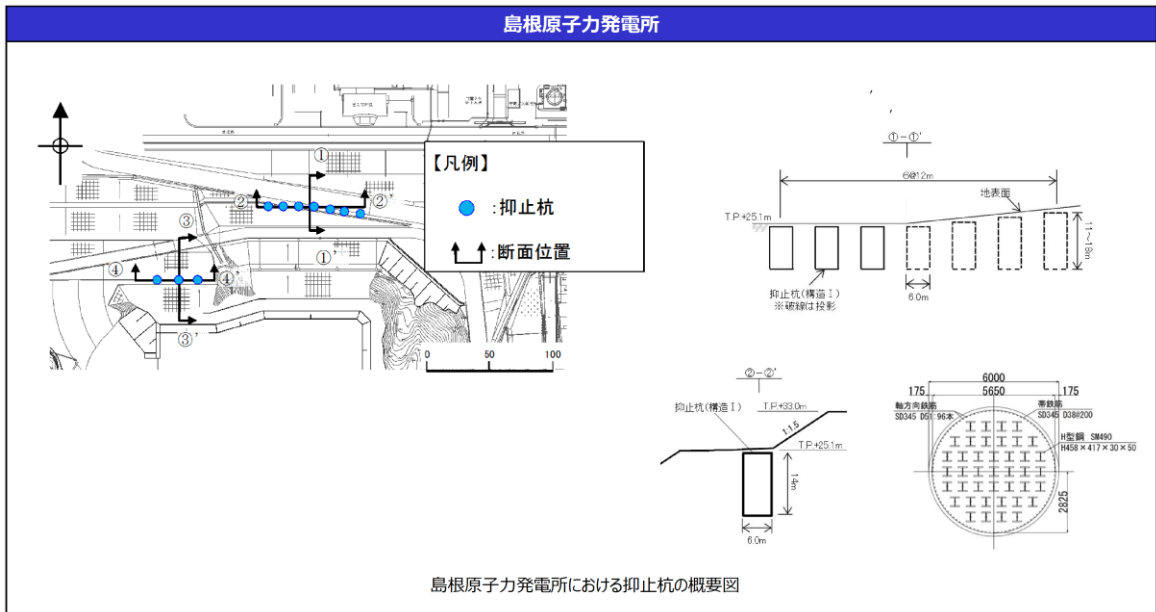
島根原子力発電所の抑止杭の設計において留意すべき事項を整理するため、島根原子力発電所と先行炉（関西電力(株)高浜発電所）の抑止杭との構造等を比較する。

また、先行炉との比較を踏まえ、先行炉実績との類似点を踏まえた設計方針の適用性及び先行炉実績との相違点を踏まえた設計への反映事項を示す。

(2) 先行炉との比較

島根原子力発電所の抑止杭は、深礎杭にH鋼でせん断補強を行っていることから、類似の先行炉における抑止杭として、関西電力(株)高浜発電所における鋼管杭を選定する。それぞれの構造概要を第7.4.5-1 図に示す。

島根原子力発電所の抑止杭の構造等に関する特徴及び参照している基準類を示すとともに、高浜発電所の抑止杭との比較を行い、類似点及び相違点を抽出した。類似点についてはその適用性を、相違点についてはそれを踏まえた設計への反映事項を整理した。構造等に関する比較結果を第7.4.5-1 表に、参照している基準類に関する比較結果を第7.4.5-2 表に示す。



第 7.4.5-1 図 構造図の比較

第 7.4.5-1 表 抑止杭の構造等に関する先行炉との比較

評価項目	島根原子力発電所 抑止杭の構造等	先行炉の構造等*		島根原子力発電所と先行炉との比較		先行炉実績との類似点を踏まえた設計方針の 適用性	先行炉実績との相違点を踏まえた設計への 反映事項
		関西電力㈱ 高浜発電所 抑止杭	類似点	相違点	類似点		
抑止杭の 構造	・岩盤内のシームすべりを抑止するため、岩盤に設置する。	・D級岩盤内のすべりを抑止するため、岩盤内に設置する。	・抑止杭を岩盤に設置。	-	-	・同様の設置状況である。	-
	・シームすべりに伴うせん断力に耐える構造とするため、深礎杭を採用する。	・銅管杭を採用する。	-	・抑止杭の構造の違い	-	-	・深礎杭について、最新斜面・土留め技術総覧（1991年8月）に基づいて設計する。 ・深礎杭の一般産業施設の施工事例等を確認する。
	・H鋼を複数本挿入し、せん断補強を行う。	・H鋼を単数挿入し、せん断補強を行う。	・H鋼でせん断補強。	・H鋼の挿入本数の違い。	・同様のせん断補強を行っているため、先行炉のH鋼によるせん断補強の設計方針が適用可能である。	・H鋼の挿入本数のみでの違いであるため、先行炉のH鋼によるせん断補強の設計方針が適用可能である。 ・H鋼を複数本挿入している一般産業施設の施工事例等を確認する。	
設計方法	・すべり安全率算定に用いる抑止杭のせん断抵抗力： （コンクリート）短期許容応力度（H鋼）短期許容応力度（帯鉄筋）短期許容応力度	・すべり安全率算定に用いる抑止杭のせん断抵抗力： （銅管）短期許容応力度（H鋼）短期許容応力度	・抑止杭のせん断抵抗力の設定は許容応力度法に基づく。	-	-	・同じ許容応力度法により、同様の基準類（コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002年）及び道路橋示方書・同解説（平成14年3月））に基づいてせん断抵抗力を設定している。	-

※ 先行炉の情報に係る記載内容については、会合資料等をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

第 7.4.5-2 表 抑止杭の参照している基準類に関する先行炉との比較

評価項目	参照している基準類 （〔〕内は適用範囲、工認ガイド等に記載されている基準類に下線）		先行炉との類似点を踏まえた適用性/ 相違点を踏まえた設計への反映事項
	島根原子力発電所	関西電力（株） 高浜発電所	
設計方法	最新斜面・土留め技術総覧（1991年）【杭工】	最新斜面・土留め技術総覧（1991年）【杭工】	・深礎杭は杭工であるため、適用可能。
抑止杭の せん断抵抗力	H鋼	道路橋示方書Ⅱ鋼橋編（2002年）【許容応力度】	・許容応力度法により設計しており、適用可能。
	コンクリート・鉄筋	コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002年）【許容応力度】	・工認ガイド等に記載の基準類を参照し、許容応力度法により設計する。
	鋼管	-	道路橋示方書Ⅱ鋼橋編（2002年）【許容応力度】

※ 先行炉の情報に係る記載内容については、会合資料等をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

(3) 施工実績（一般産業施設における類似構造の設計・施工事例）

島根原子力発電所の抑止杭の特徴は「岩盤内に設置された深礎杭」であることから、この特徴に類似する一般産業施設の設計・施行例を調査した。調査結果を第7.4.5-3表に示す。

また、各事例の概要を（a）～（d）に示す。

第7.4.5-3表 類似する一般産業施設の設計・施行例

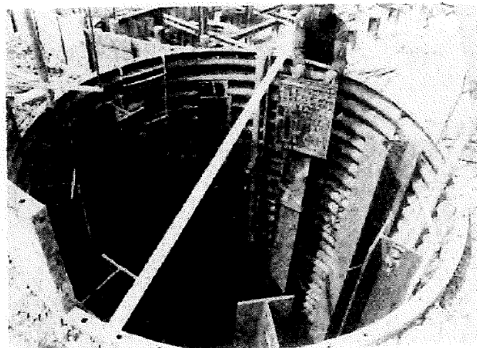
特徴	設計・施行例		
	施設・工事名称	施設の概要	概要頁
H鋼をせん断補強材として複数本挿入	北陸自動車道地蔵トンネル地すべり対策工事	<ul style="list-style-type: none"> ・北陸自動車道地蔵トンネル西坑口付近に広く分布する地すべりの安定性を確保するため、径2.5mの深礎杭を7.5mの間隔で24本、径2.0mの深礎を6.0mの間隔で5本施工している。 ・せん断抵抗材として深礎杭内にH鋼を環状に挿入している。 	事例①
	地附山地すべり対策工事	<ul style="list-style-type: none"> ・長野県地附山地すべりの安定性を確保するため、径5.1m、長さ33～61mの大口径鉄筋コンクリート杭を10m、15mの間隔で29本施工している。 ・効率的な配筋とするため、主筋に51mmの太鉄筋を用い、せん断補強としてH鋼を複数本挿入している。 	事例②
深礎杭	山際地区すべり対策工事	<ul style="list-style-type: none"> ・大分県山際地区地すべり（幅約45m、奥行き約300m、推定すべり面層厚70m前後の尾根型岩盤すべり）の安定性を確保するため、径5.5m、長さ30～97mの深礎杭を16本施工している。 ・軸方向鉄筋及び帯鉄筋を円周状に4重に配置し、最大曲げモーメント発生位置付近に、D51のせん断補強筋を複数本挿入している。 	事例③
	北神線建設工事及び有馬線地上駅移設工事のうち谷上第1工区土木工事	<ul style="list-style-type: none"> ・六甲山周辺地域にて地すべりの安定性を確保するため、径3.5m、長さ33～35mの深礎杭を17本施工している。 ・主筋はD51を2段配筋としている。 	事例④

※ 設計・施行例の情報に係る記載内容については、公開情報をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

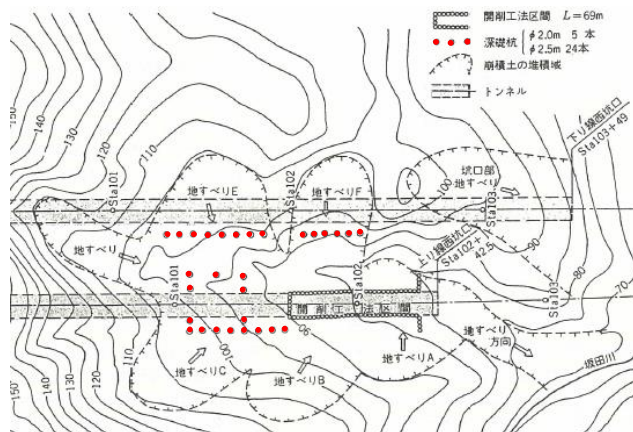
(a) 事例① 北陸自動車道地蔵トンネル地すべり対策工事

北陸自動車道地蔵トンネル西坑口付近に広く分布する地すべりの安定性を確保するため、径2.5mの深礎杭を7.5mの間隔で24本、径2.0mの深礎を6.0mの間隔で5本施工している。

せん断抵抗材として深礎杭内にH鋼を環状に挿入している。



高松眞・内橋初義・宮崎晃：地すべり地帯の坑口施工 北陸自動車道地蔵トンネル，1979年



竹村亜夫・上野将司：地すべり地におけるトンネル掘削時の諸問題に関する地質工学的考察，2004年（一部加筆）

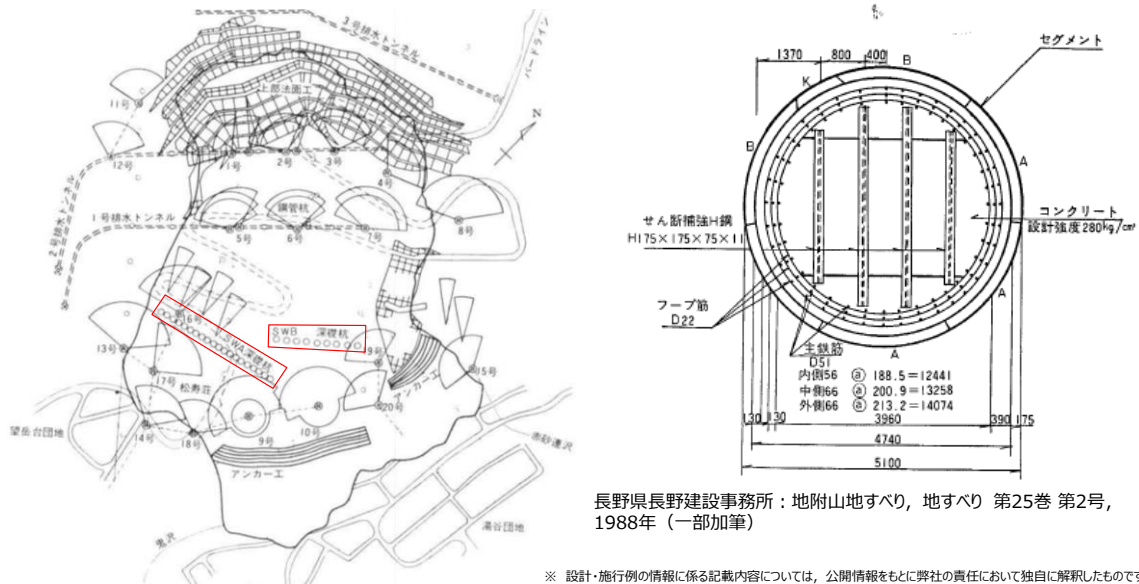
※ 設計・施行例の情報に係る記載内容については、公開情報をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

第7.4.5-2図 北陸自動車道地蔵トンネル地すべり対策工事の施工事例

(b) 事例② 地附山地すべり対策工事

長野県地附山地すべり（幅約 500m，奥行き約 700m，推定すべり面層厚 60m 前後）の安定性を確保するため，径 5.1m，長さ 33～61m の大口径鉄筋コンクリート杭を 10m，15m の間隔で 29 本施工している。

効率的な配筋とするため，主筋に 51mm の太鉄筋を用い，せん断補強として H 鋼を複数本挿入している。

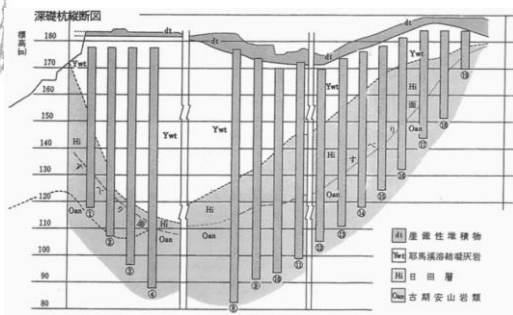
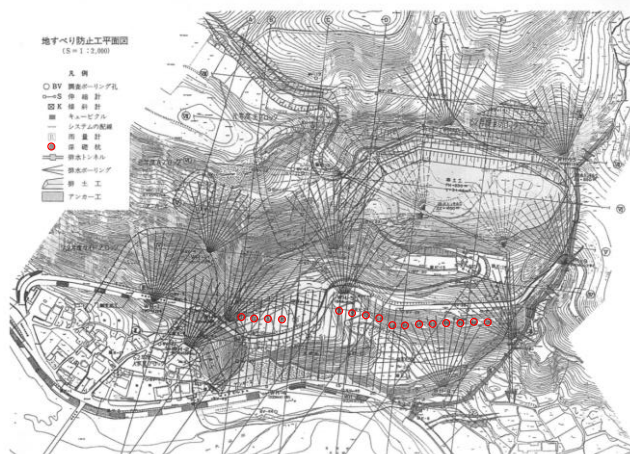


第 7. 4. 5-3 図 地附山地すべり対策工事の施工事例

(c) 事例③ 山際地区地すべり対策工事

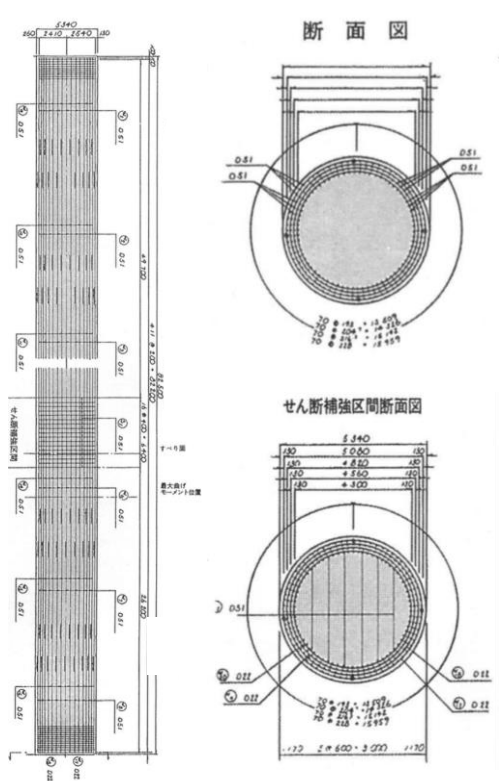
大分県山際地区地すべり（幅約 450m，奥行き約 300m，推定すべり面層厚 70m 前後の尾根型岩盤すべり）の安定性を確保するため，径 5.5m，長さ 30～97m の深礎杭を 16 本施工している。

軸方向鉄筋及び帯鉄筋を円周状に 4 重に配置し，最大曲げモーメント発生位置付近に，D51 のせん断補強筋を複数本挿入している。



大分県土木建築部砂防課 大分県日田土木事務所：山際地区すべり 大分県大山町 ～大規模な岩すべりとその対策～，地すべり 第34巻 第3号，1997年（一部加筆）

※ 設計・施行例の情報に係る記載内容については，公開情報をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。



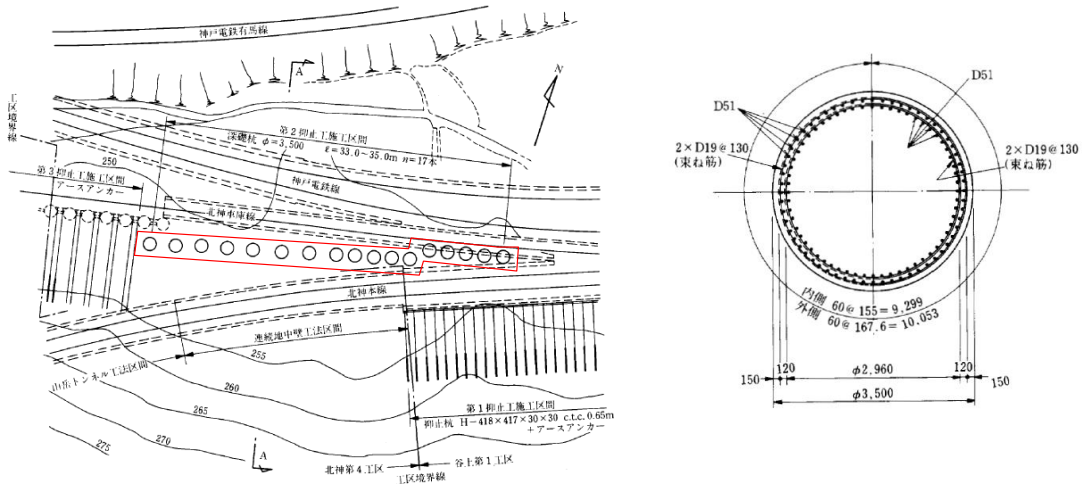
大分県土木建築部砂防課 大分県日田土木事務所：山際地区すべり 大分県大山町 ～大規模な岩すべりとその対策～，地すべり 第34巻 第3号，1997年
 (社) 斜面防災対策技術協会HP
https://www.jasdim.or.jp/gijutsu/jisuberi_joho/sekkei/syafktui/syftkui.html

※ 設計・施行例の情報に係る記載内容については，公開情報をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

第 7.4.5-4 図 山際地区地すべり対策工事の施工事例

(d) 事例④ 北神線建設工事及び有馬線谷上駅移設工事のうち谷上第1工区土木工事

六甲山周辺地域にて地すべりの安定性を確保するため、径3.5m、長さ33~35mの深礎杭を17本施工している。主筋はD51を2段配筋としている。



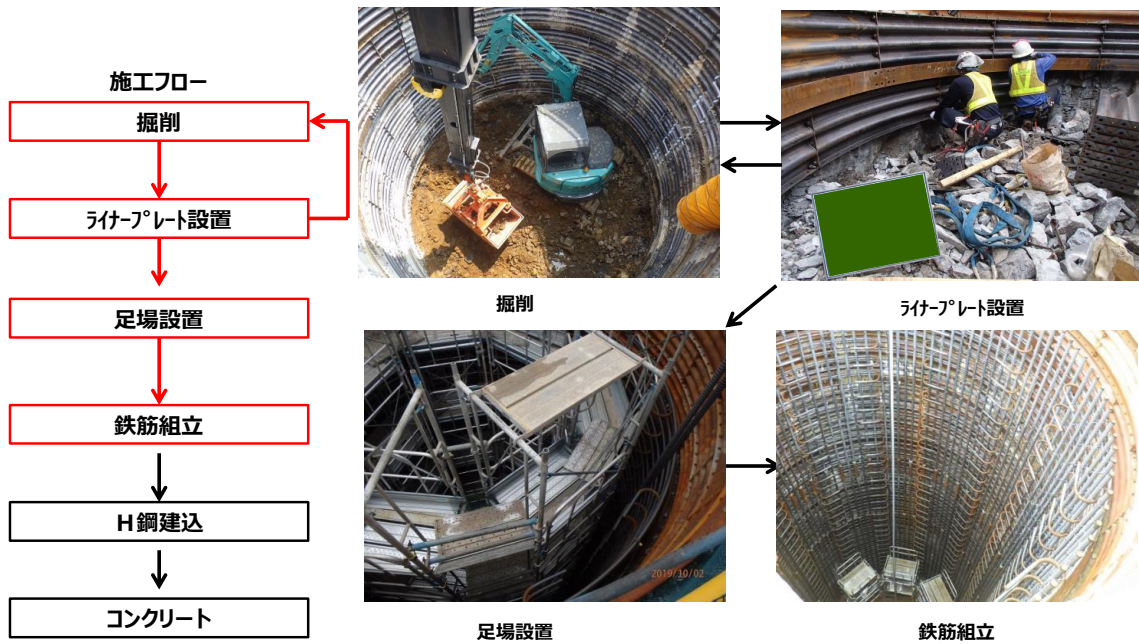
堺紘成・吉田利三・丹内正利・石橋貢；地すべり対策工としての深礎杭の計画と施工，1987年（一部加筆）

※ 設計・施行例の情報に係る記載内容については、公開情報をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

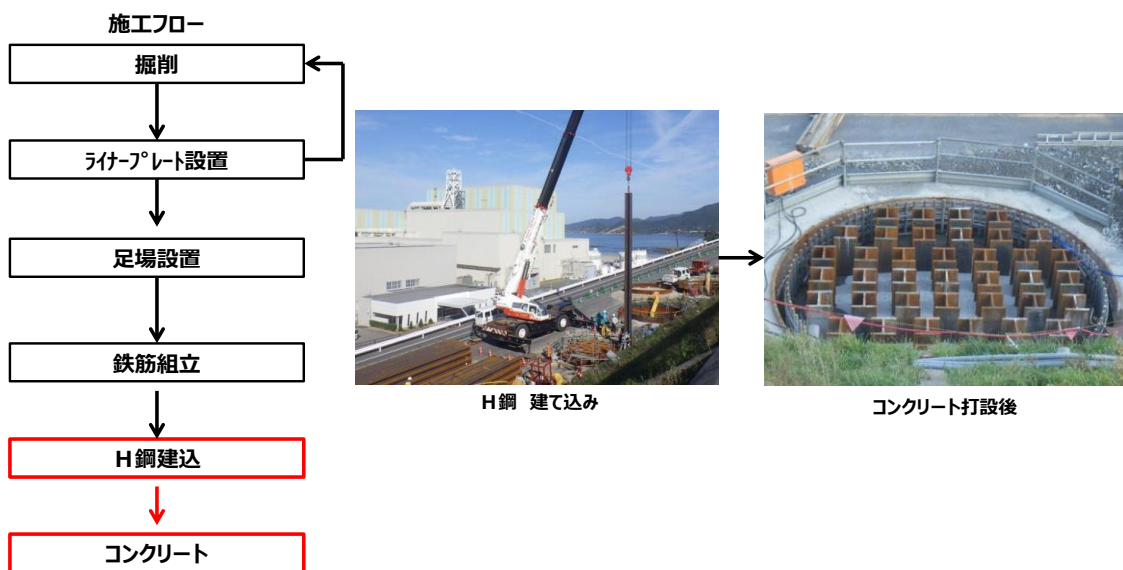
第7.4.5-5 図 北神線建設工事及び有馬線谷上駅移設工事のうち谷上第1工区土木工事の施工事例

(4) 島根サイトの深礎杭の工事概要

島根サイトの①-①'断面及び②-②'断面における深礎杭は、第7.4.5-6図及び第7.4.5-7図のフローで施工している。



第7.4.5-6図 施工フロー図 (1/2)



第7.4.5-7図 施工フロー図 (2/2)

(参考-1) 評価対象斜面の選定理由 (詳細)

1. グループAにおける評価対象斜面の選定理由 (詳細)

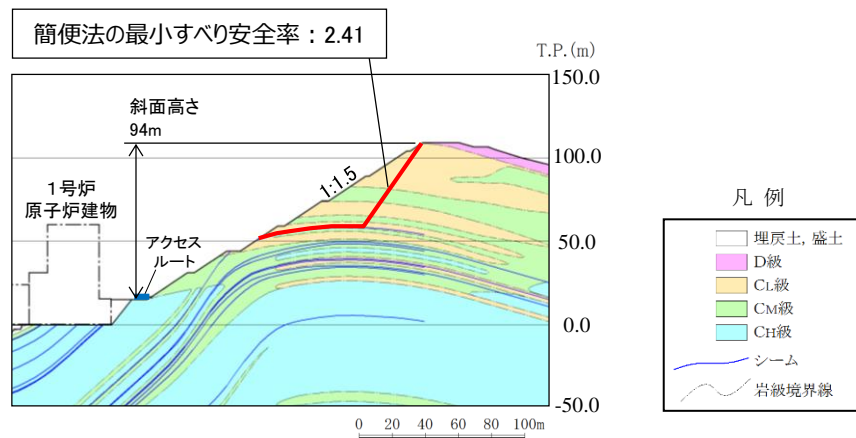
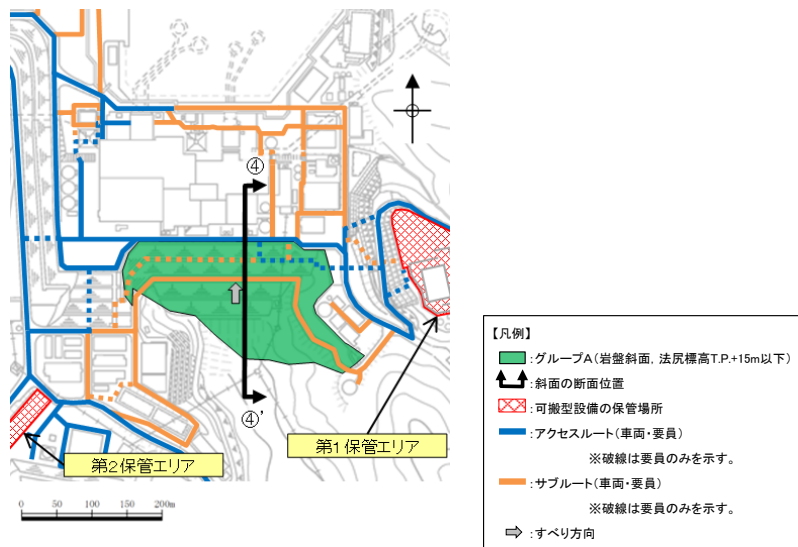
- ・岩盤で構成される斜面

グループAの岩盤斜面である④-④' 断面～⑦-⑦' 断面の比較検討結果及び評価対象斜面の選定根拠の詳細を断面毎に示す。

【④-④' 断面】

④-④' 断面の斜面は切取斜面であり、斜面高さが最も高く、最急勾配方向となるすべり方向に断面を設定した。

当該斜面は、⑤-⑤' 断面に比べ、斜面高さが高いが、勾配が緩いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、⑤-⑤' 断面の評価に代表させる。

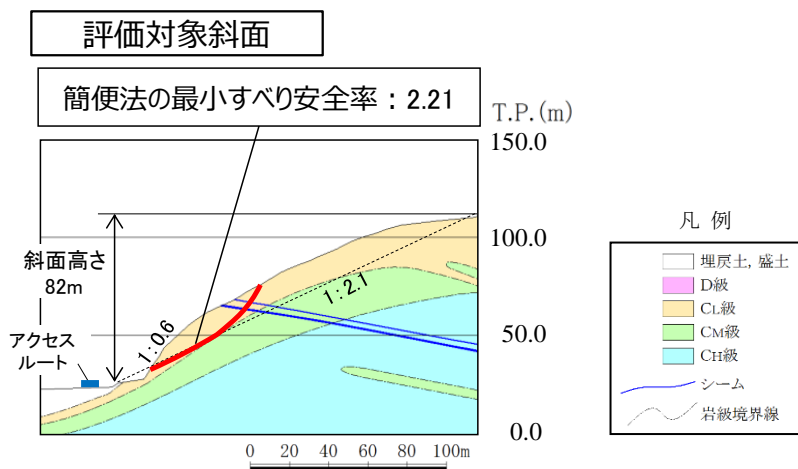
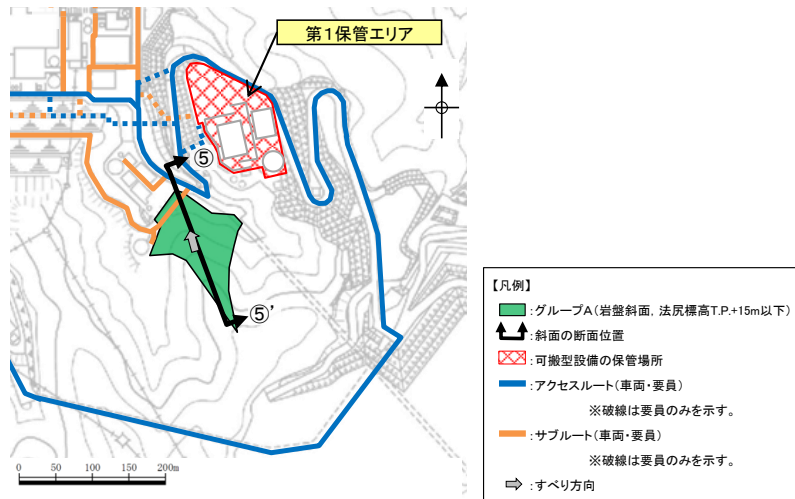


第1図 ④-④' 断面の比較結果

【⑤－⑤’ 断面（評価対象斜面）】

⑤－⑤’ 断面の斜面は自然斜面であり，斜面高さが最も高く，風化帯が最も厚くなる尾根部を通るすべり方向に断面を設定した。

当該斜面は，C_L級岩盤が分布すること，平均勾配が 1:2.1 と緩いが，局所的な急勾配部（1:0.6，C_L級岩盤）があること，シームが分布すること，及び簡便法の最小すべり安全率が小さいことから，評価対象斜面に選定する。

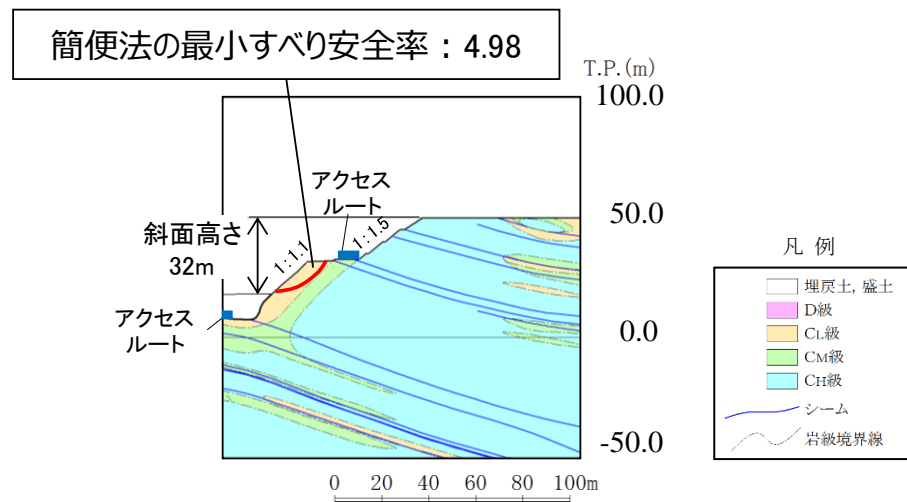
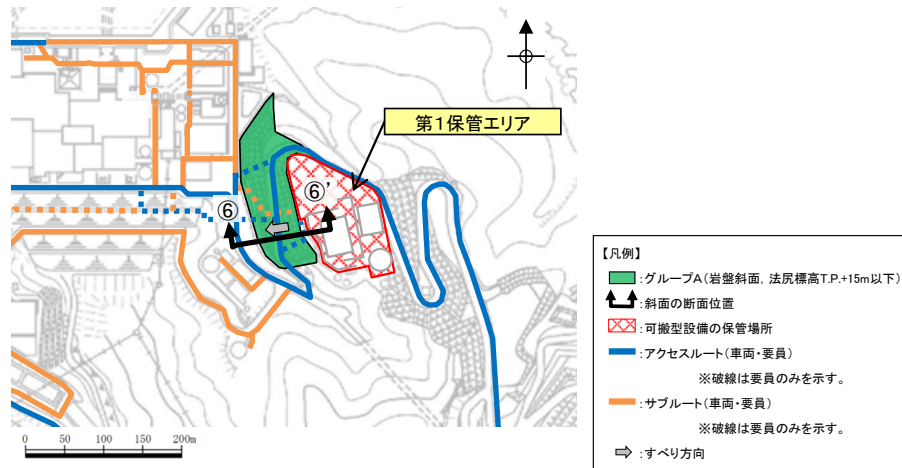


第2図 ⑤－⑤’ 断面の比較結果

【⑥-⑥' 断面】

⑥-⑥' 断面の斜面は切取斜面であり、斜面高さが最も高く、最急勾配方向となるすべり方向に断面を設定した。

当該斜面は、⑤-⑤' 断面に比べ、斜面高さが低いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、⑤-⑤' 断面の評価に代表させる。

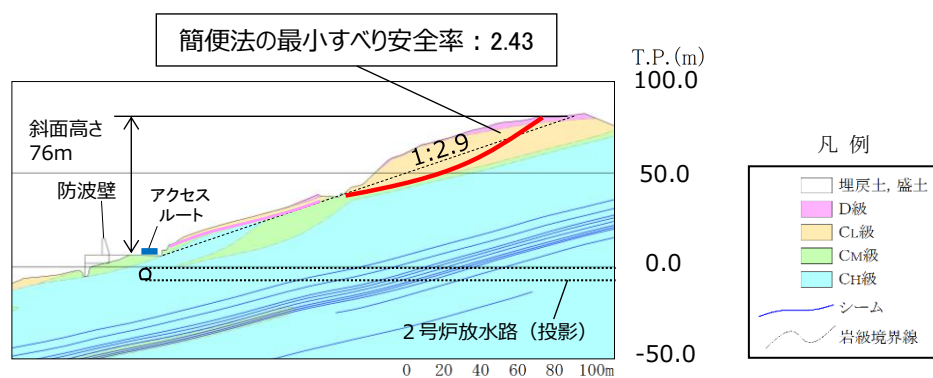
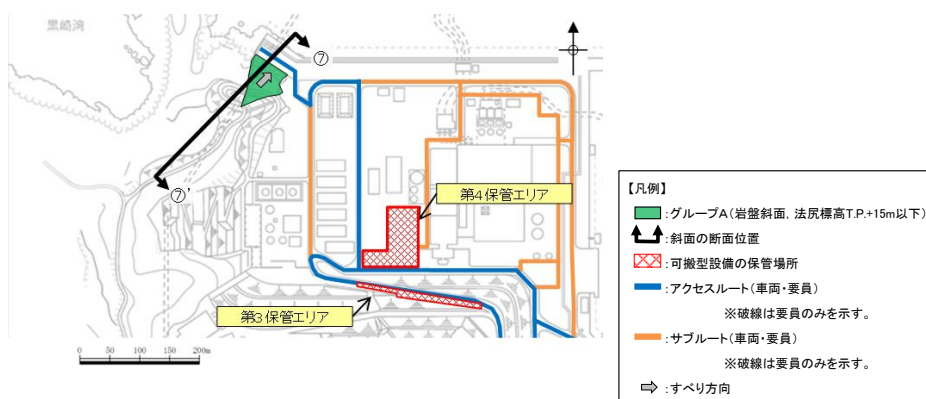


第3図 ⑥-⑥' 断面の比較結果

【⑦-⑦' 断面】

⑦-⑦' 断面の斜面は自然斜面であり、斜面高さが最も高く、風化帯が最も厚くなる尾根部を通るすべり方向に断面を設定した。

当該斜面は、⑤-⑤' 断面に比べ、D級岩盤が分布するが、斜面高さが低いこと、平均勾配が緩いこと、シームが分布しないこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、⑤-⑤' 断面の評価に代表させる。



※「防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面の安定性評価」(令和2年2月28日審査会合)で説明した礫質土・粘性土の切取を反映済

第4図 ⑦-⑦' 断面の比較結果

2. グループBにおける評価対象斜面の選定理由（詳細）

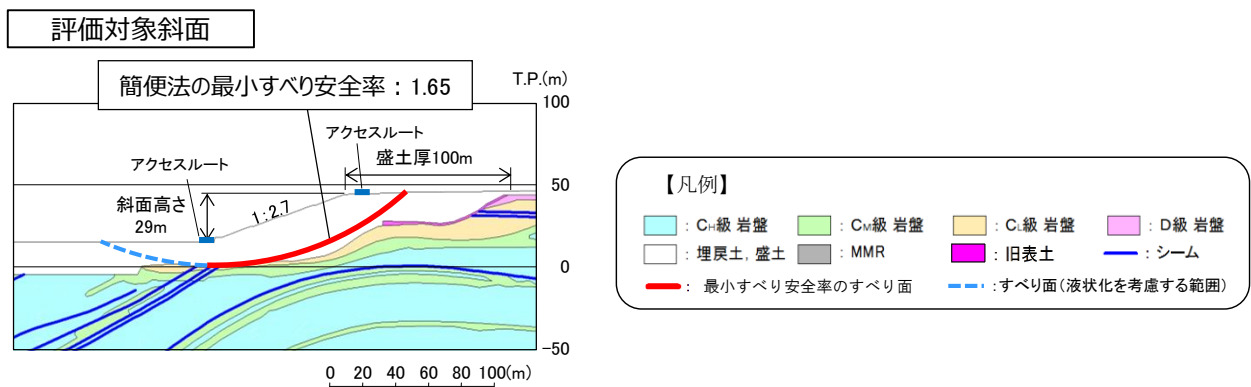
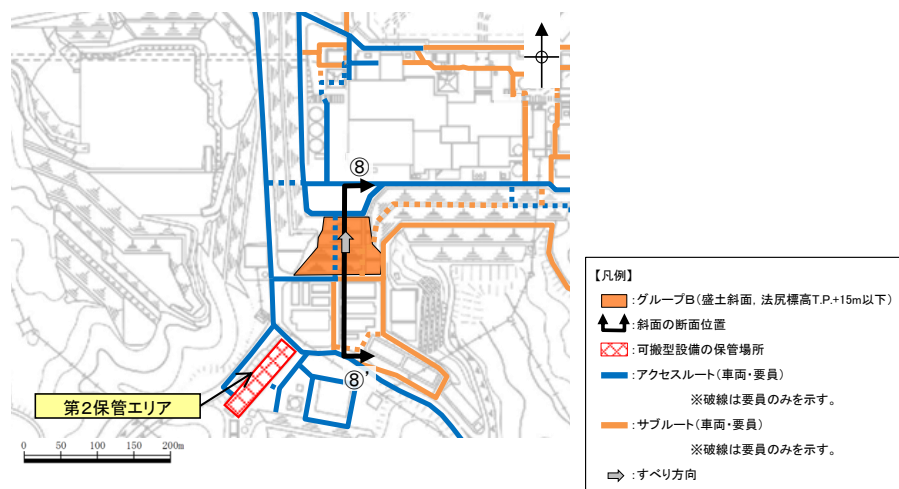
- ・盛土で構成される斜面

グループBの盛土斜面である⑧-⑧'断面及び⑨-⑨'断面の比較検討結果及び評価対象斜面の選定根拠の詳細を断面毎に示す。

【⑧-⑧'断面（評価対象斜面）】

⑧-⑧'断面の斜面は盛土斜面であり，斜面高さが最も高く，最急勾配方向となるすべり方向に断面を設定した。

当該斜面は，⑨-⑨'断面に比べて，盛土厚が100mと厚いこと，斜面高さが高いこと，及び簡便法の最小すべり安全率が小さいことから，評価対象斜面に選定する。

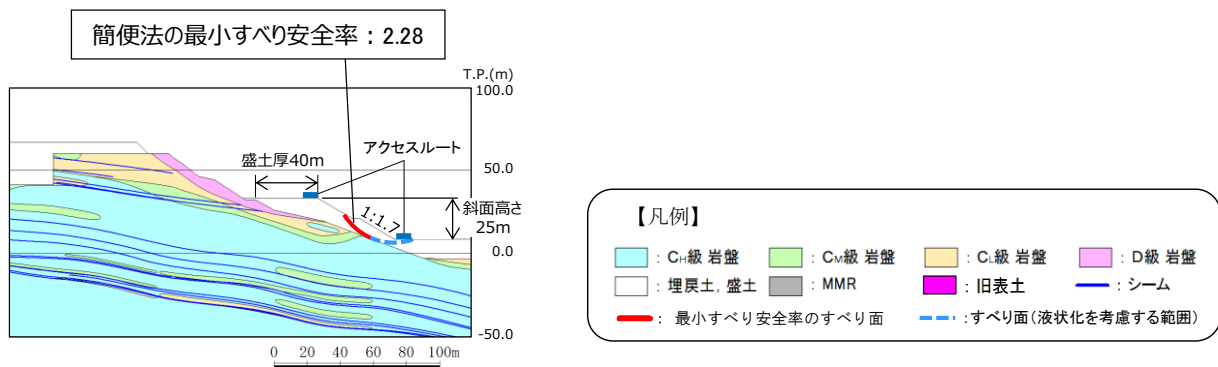
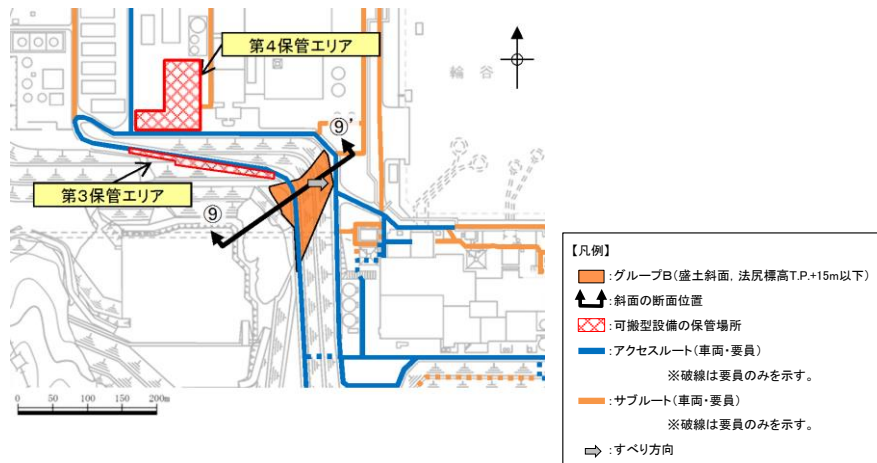


第5図 ⑧-⑧'断面の比較結果

【⑨－⑨’ 断面】

⑨－⑨’ 断面の斜面は盛土斜面であり，斜面高さが最も高く，最急勾配方向となるすべり方向に断面を設定した。

当該斜面は，⑧－⑧’ 断面に比べ，勾配が急ではあるが，盛土厚が40mと薄いこと，斜面高さが低いこと，及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから，⑧－⑧’ 断面の評価に代表させる。



第6図 ⑨－⑨’ 断面の比較結果

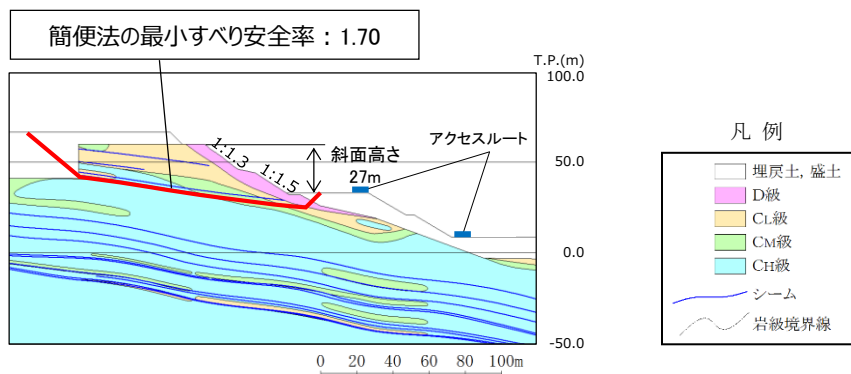
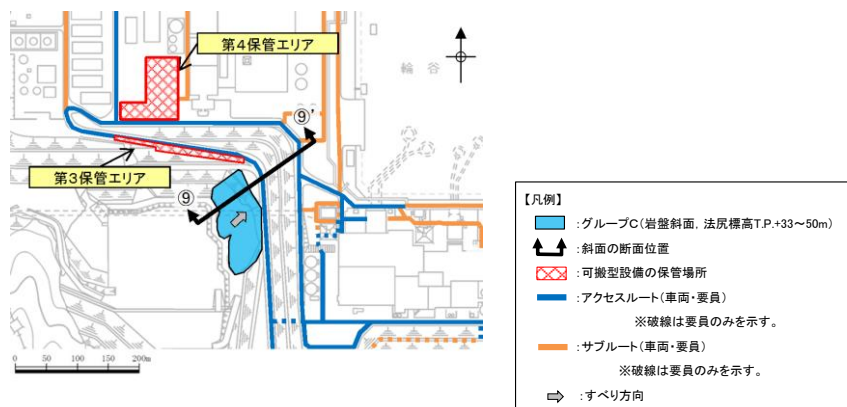
3. グループCにおける評価対象斜面の選定理由（詳細）

グループCの岩盤斜面である⑨-⑨'断面，⑪-⑪'断面～⑬-⑬'断面の比較検討結果及び評価対象斜面の選定根拠の詳細を断面毎に示す。

【⑨-⑨'断面】

⑨-⑨'断面の斜面は自然斜面であり，斜面高さが最も高く，風化帯が最も厚くなる尾根部を通るすべり方向に断面を設定した。

当該斜面は，⑬-⑬'断面に比べ，斜面高さが低いこと，斜面の勾配が緩いこと，及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから，⑬-⑬'断面の評価に代表させる。

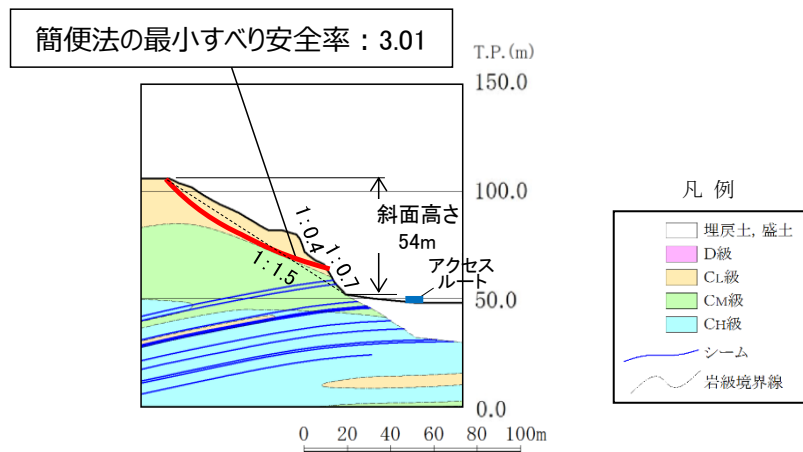
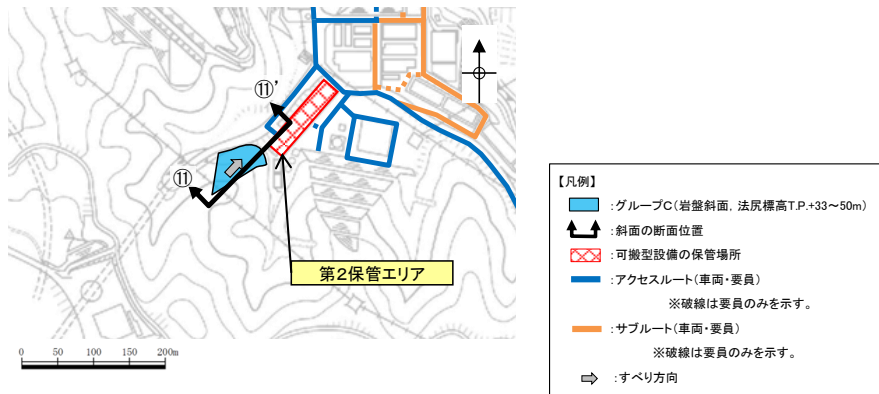


第7図 ⑨-⑨'断面の比較結果

【⑪-⑪' 断面】

⑪-⑪' 断面の斜面は自然斜面であり、斜面高さが最も高く、風化帯が最も厚くなる尾根部を通るすべり方向に断面を設定した。

当該斜面は、⑫-⑫' 断面に比べ、斜面高さが低いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、⑫-⑫' 断面の評価に代表させる。

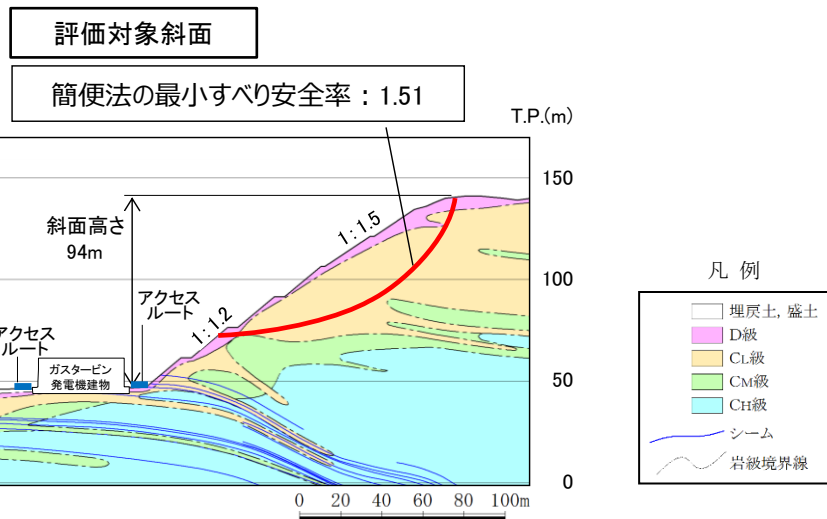
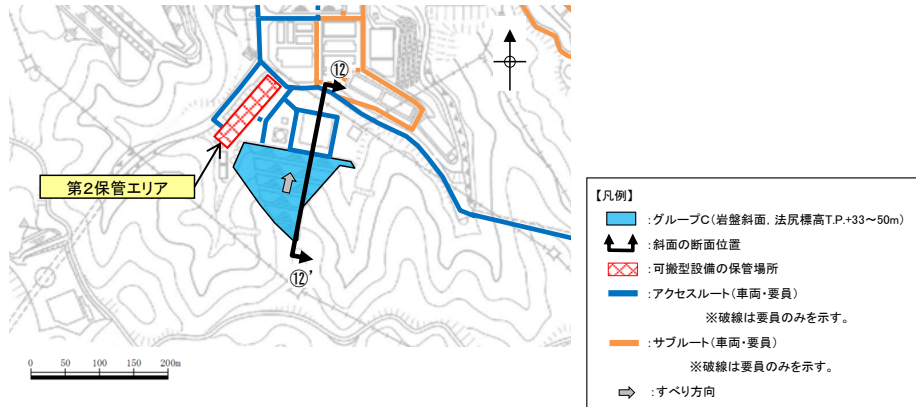


第8図 ⑪-⑪' 断面の比較結果

【⑫-⑫' 断面 (評価対象斜面)】

⑫-⑫' 断面の斜面は切取斜面であり、斜面高さが最も高く、最急勾配方向となるすべり方向に断面を設定した。

当該斜面は、D級岩盤及びC_L級岩盤が分布すること、斜面高さが94mとグループC (T.P. +33m~50m) の斜面で最も高いこと、1:1.2の急勾配部があること、シームが分布すること、及び簡便法の最小すべり安全率が小さいことから、評価対象斜面に選定する。

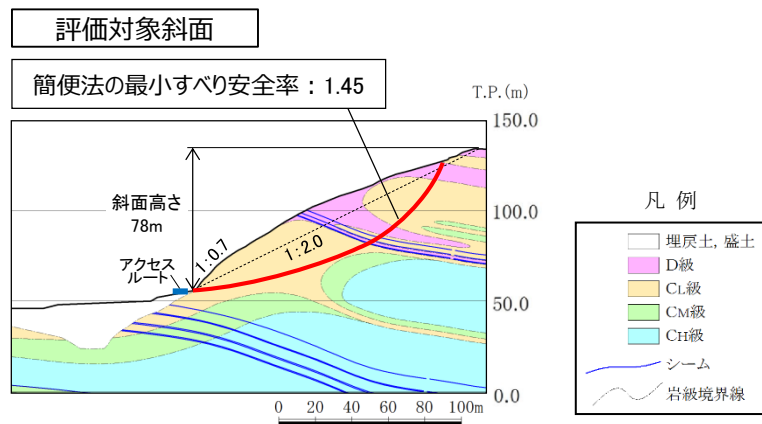
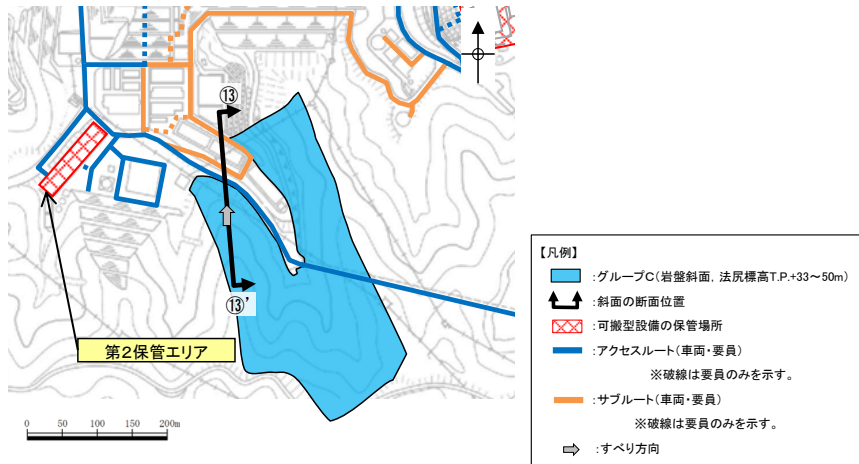


第9図 ⑫-⑫' 断面の比較結果

【⑬-⑬' 断面（評価対象斜面）】

⑬-⑬' 断面の斜面は自然斜面であり、斜面高さが最も高く、風化帯が最も厚くなる尾根部を通るすべり方向に断面を設定した。

当該斜面は、D 級岩盤及び C_L 級岩盤が分布すること、局所的な急勾配部（1:0.7, C_L 級岩盤）があること、シームが分布すること、及び⑫-⑫' 断面に比べ簡便法の最小すべり安全率が小さいことから、評価対象斜面に選定する。



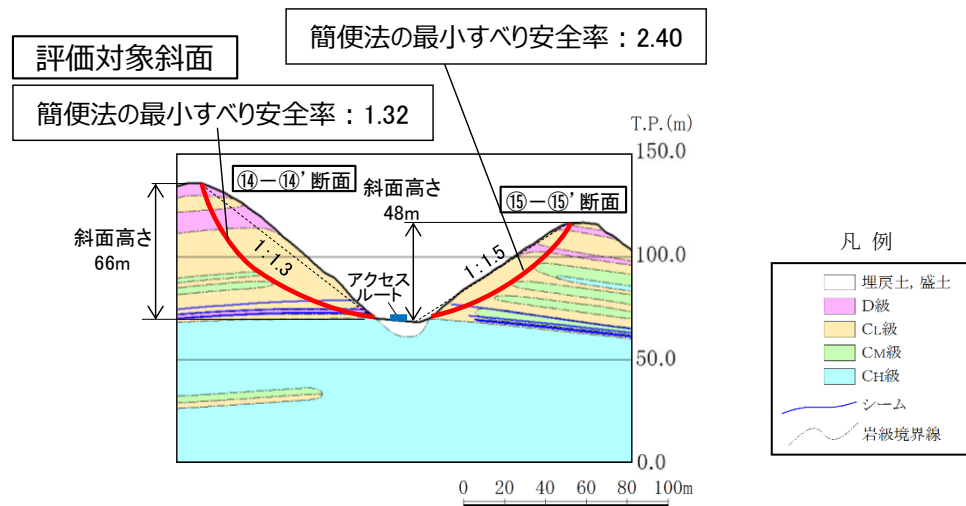
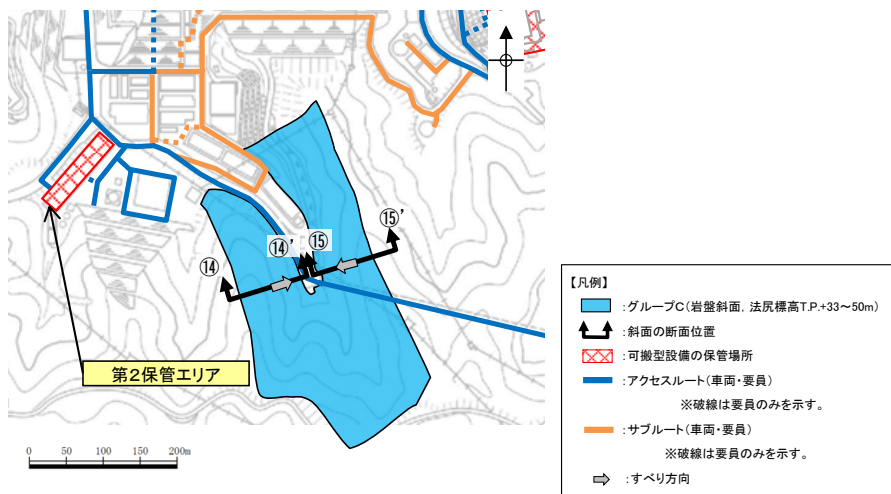
第 10 図 ⑬-⑬' 断面の比較結果

【⑭-⑭' 断面（評価対象斜面）及び⑮-⑮' 断面】

⑭-⑭' 断面及び⑮-⑮' 断面の斜面は自然斜面であり，斜面高さが最も高く，風化帯が最も厚くなる尾根部を通るすべり方向に断面を設定した。

⑭-⑭' 断面の斜面は，D 級岩盤及び C_L 級岩盤が分布すること，シームが分布すること，及び⑫-⑫' 断面に比べ簡便法の最小すべり安全率が小さいことから，評価対象斜面に選定する。

また，⑮-⑮' 断面の斜面は，⑫-⑫' 断面に比べ，斜面高さが低いこと，平均勾配が緩いこと，及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから，⑫-⑫' 断面の評価に代表させる。

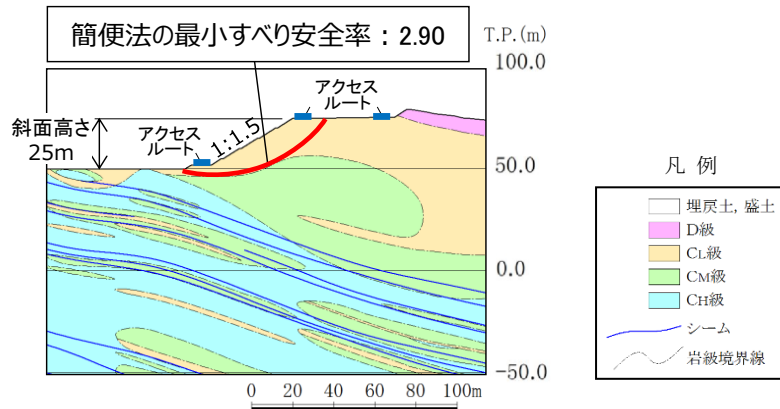
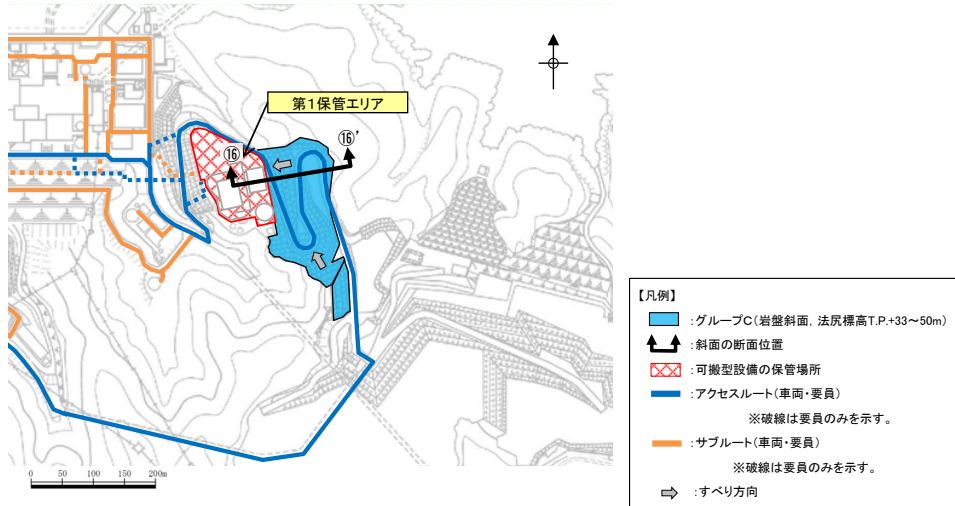


第 11 図 ⑭-⑭' 断面及び⑮-⑮' 断面の比較結果

【⑩-⑩' 断面】

⑩-⑩' 断面の斜面は切取斜面であり、斜面高さが最も高く、最急勾配方向となるすべり方向に断面を設定した。

当該斜面は、⑫-⑫' 断面に比べ、斜面高さが低いこと、平均勾配が1:1.5と緩いこと、シームが分布しないこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、⑫-⑫' 断面の評価に代表させる。



第12図 ⑩-⑩' 断面の比較結果

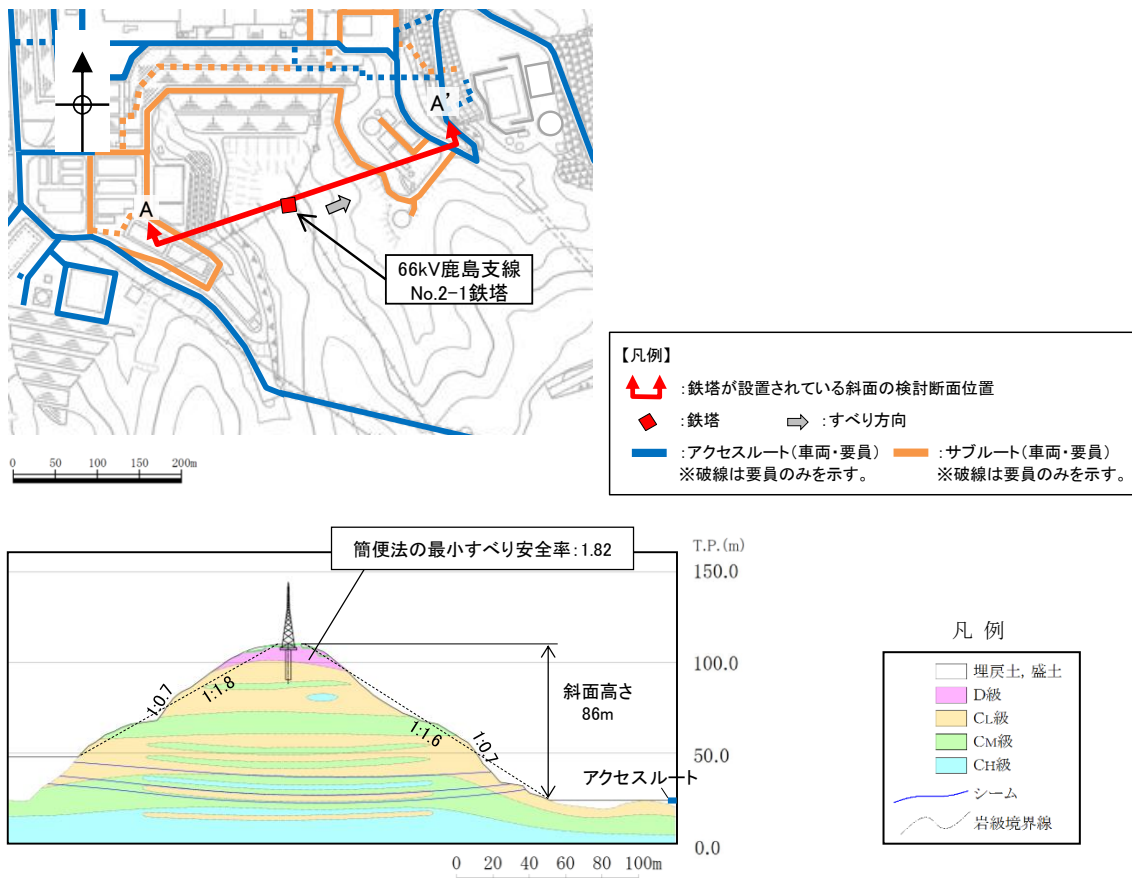
4. 鉄塔が設置されている斜面の断面比較結果（詳細）

鉄塔が設置されている斜面の検討断面であるA-A'断面～C-C'断面の比較検討結果の詳細を断面毎に示す。

【A-A'断面（評価対象斜面）】

A-A'断面の斜面は自然斜面であり、鉄塔付近を通る断面のうち、斜面高さが高くなり、風化帯が最も厚くなる尾根部を通るすべり方向に断面を設定した。

当該斜面は、D級岩盤及びC_L級岩盤が存在すること、斜面高さが最も高いこと、一部1:0.7の急勾配部があること、シームが分布すること、及び簡便法の最小すべり安全率が小さいことから、評価対象斜面に選定する。

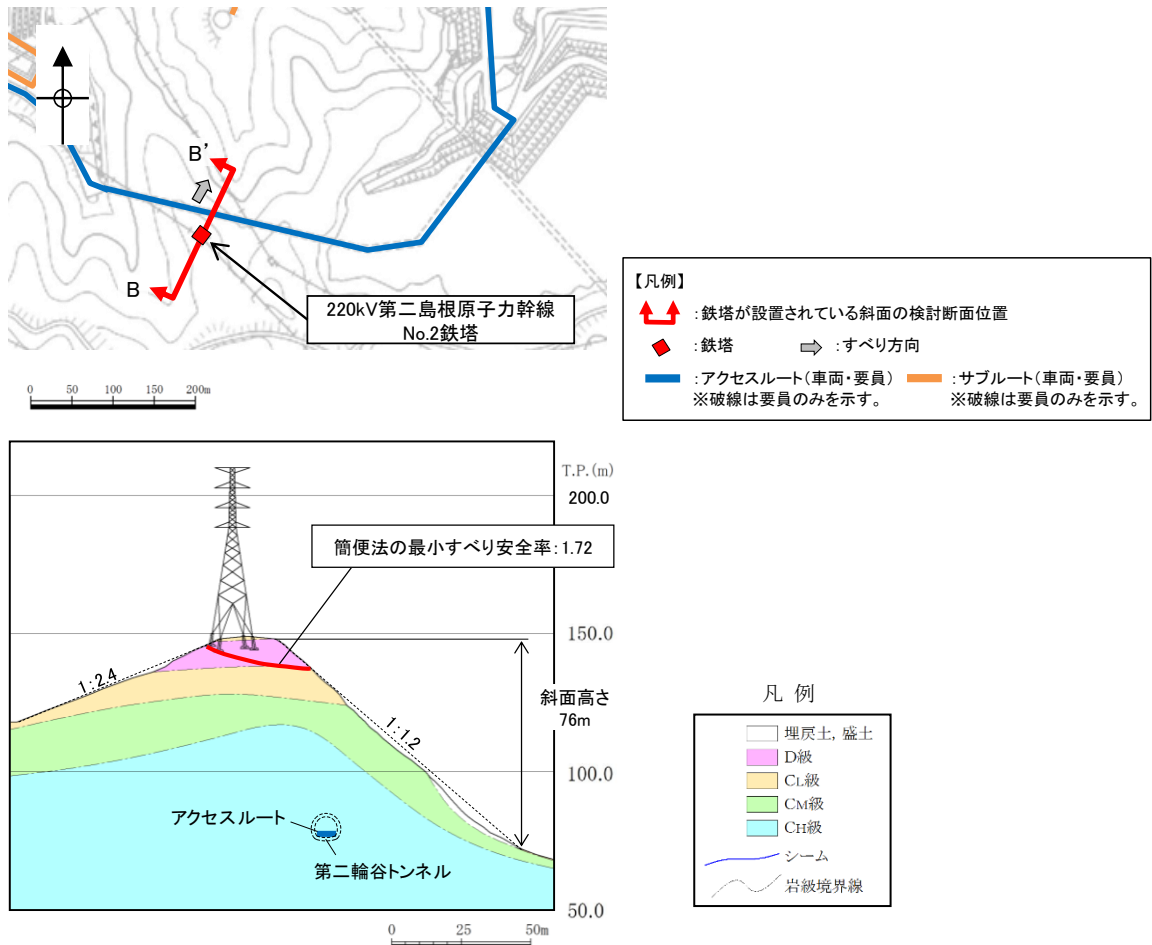


第13図 A-A'断面の比較結果

【B-B' 断面（評価対象斜面）】

B-B' 断面の斜面は自然斜面であり、通常であれば尾根部を通すが、尾根部が概ね同等の標高になっており、傾斜が緩いため、鉄塔付近を通る断面のうち、斜面高さが高くなり、最急勾配となるすべり方向に断面を設定した。

当該斜面は、D級岩盤及びC_L級岩盤が存在すること、1:1.2の急勾配であること、及びA-A'断面に比べ簡便法の最小すべり安全率が小さいことから、評価対象斜面に選定する。

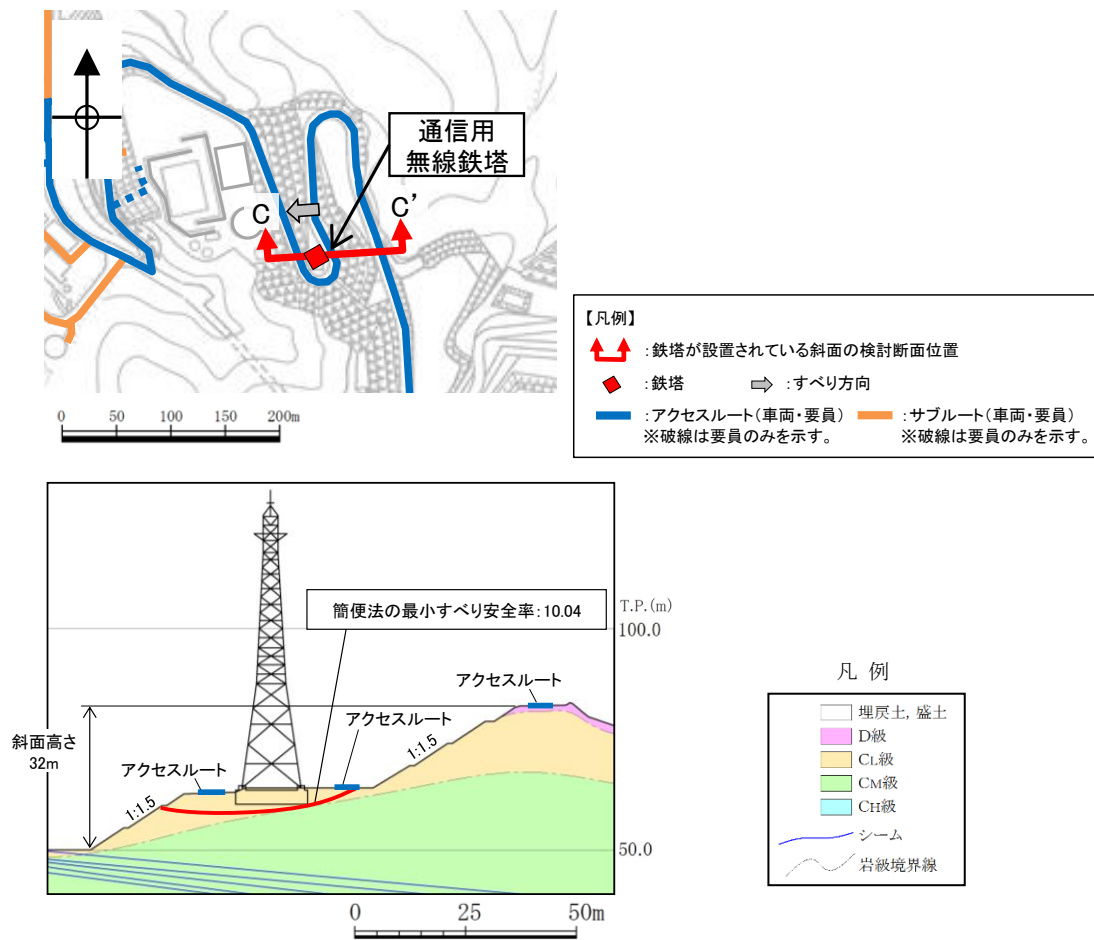


第14図 B-B' 断面の比較結果

【C-C' 断面】

C-C' 断面の斜面は切取斜面であり、鉄塔付近を通る断面のうち、斜面高さが高くなり、勾配が急となるすべり方向に断面を設定した。

当該斜面は、A-A' 断面に比べて斜面高さが低いこと、平均勾配が緩いこと、シームが分布しないこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、A-A' 断面の評価に代表させる。



第 15 図 C-C' 断面の比較結果

(参考-2) すべり安定性評価の基準値の設定について

斜面のすべり安定性評価における評価基準値を 1.0 としたことについて、以下の理由から、二次元動的有限要素法解析におけるすべり安全率が 1.0 を上回れば、斜面の安定性は確保できると考えている。

- ・「斜面安定解析入門（社団法人地盤工学会）」^{※1}において、「有限要素法を用いた動的解析ですべり安全率が 1 以上であれば、局所安全率が 1 を下回る所があっても、全体的なすべり破壊は生じないものと考えられる。さらに、このすべり安全率が 1 を下回っても、それが時間的に短い区間であれば、やはり必ずしも全体的すべりに至らないであろう。」と示されている。
- ・「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針（案）・同解説（国土交通省河川局）に係る参考資料」^{※2}において、等価線形化法による動的解析を用いたすべり安定性の検討において、すべり安全率が 1 を下回る場合にはすべり破壊が発生する可能性があるとして示されている。
- ・「道路土工盛土工指針（社団法人日本道路協会）」^{※3}において、「レベル 2 地震動に対する設計水平震度に対して、円弧すべり面を仮定した安定解析法によって算出した地震時安全率の値が 1.0 以上であれば、盛土の変形量は限定的なものにとどまると考えられるため、レベル 2 地震動の作用に対して性能 2 を満足するとみなしてよい。」と示されている。

注) レベル 2 地震動：供用期間中に発生する確率は低いが大きな強度を持つ地震動。

注) 性能 2：想定する作用による損傷が限定的なものにとどまり、盛土としての機能の回復がすみやかに実行可能な性能。

また、解析に当たっては、以下に示す保守的な評価を行っているため、すべり安全率 1.0 は評価基準値として妥当であると考えている。

- ・ 2次元断面による評価であり、現実のすべりブロック（3次元形状）が持つ側方抵抗を考慮していないため、保守的な評価となっている。
- ・ 各要素の応力状態より、「引張応力が発生した要素」、「せん断強度に達した要素」については、せん断抵抗力の算定に用いる強度に残留強度を採用し、健全強度より低下させることで安全側の評価を実施している。

※1：社団法人地盤工学会，P81

※2：国土交通省 国土技術政策総合研究所，平成 17 年 3 月，P132

※3：社団法人日本道路協会，平成 22 年 4 月，P123

敷地の地質・地質構造の特徴及び想定されるリスクについて

1. 敷地の地質・地質構造の特徴

第 1 表に敷地の地質層序表を示す。敷地の地質は，新第三紀中新世の堆積岩類からなる成相寺層及び貫入岩類，並びにそれらを覆う被覆層から構成される。成相寺層は海成層で，下位より下部頁岩部層，火砕岩部層及び上部頁岩部層に区分される。

被覆層は，崖錐・海底堆積物及び盛土からなる。崖錐・海底堆積物は主に礫混じり砂質土及び礫混じり粘性土からなり，約 2m～5m の厚さで，斜面中腹や裾部，あるいは谷部等の傾斜面に分布する。また，盛土は 1 号炉， 2 号炉， 3 号炉建設時の埋立地等に分布する。

敷地の被覆層である盛土は，埋戻土（掘削ズリ）と埋戻土（粘性土）に分類している。

埋戻土（掘削ズリ）は，発電所建設時の敷地造成において発生した新第三紀中新世の成相寺層の岩砕が主体となっており，広く分布する。

埋戻土（粘性土）は，護岸建設時に，背面の止水性を担保するために幅 20m 程度にわたり裏込めしたものである。第 1 図に被覆層のボーリング柱状図を示す。

敷地の被覆層である崖錐・海底堆積物は，砂礫層として分類している。

対象設備周辺の地層の分布状況について第 2 図及び第 3 図に整理した。

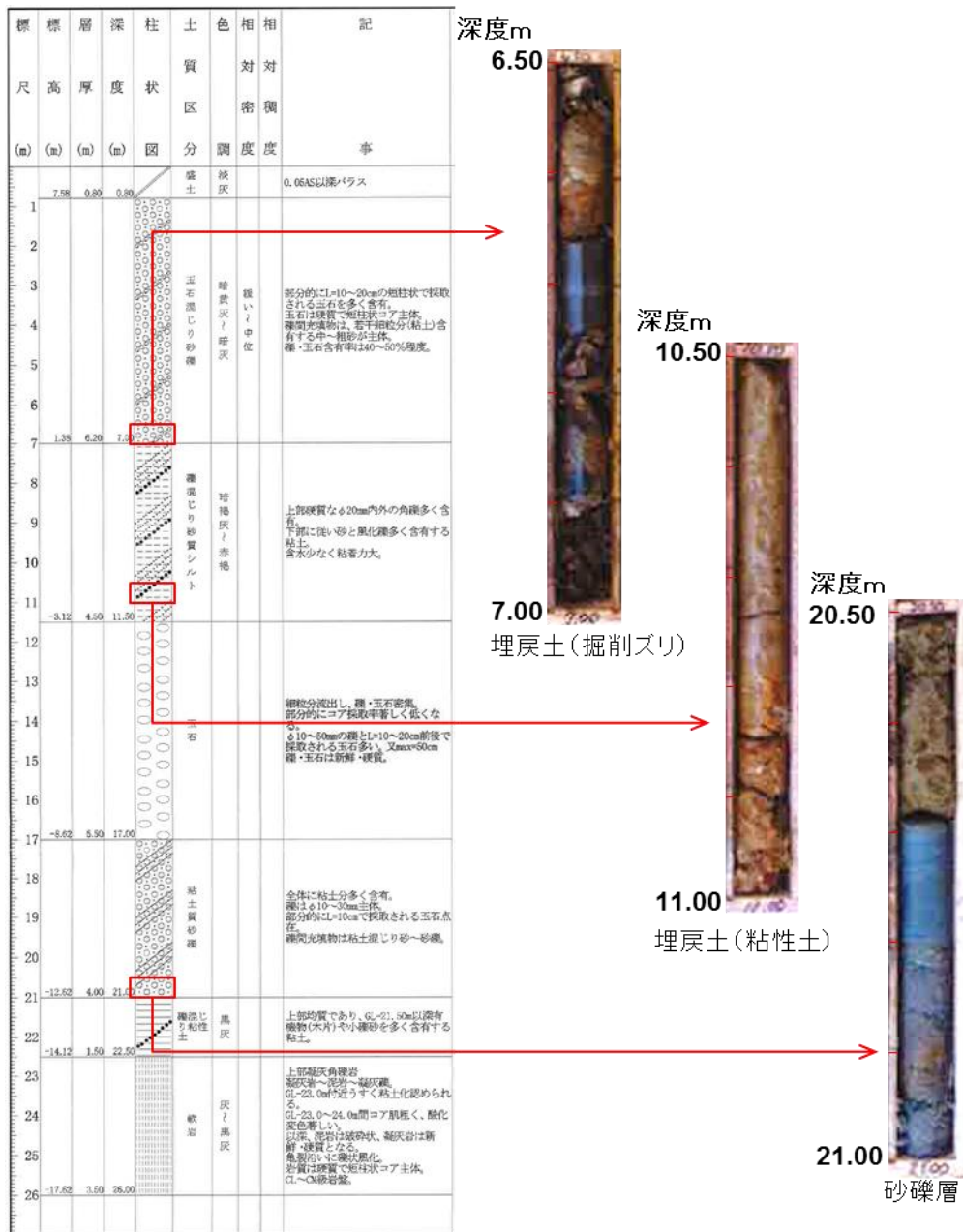
埋戻土（掘削ズリ）は，E L+15m 以下の敷地において概ね全域にわたって広範囲に分布する。

埋戻土（粘性土）は， 1， 2 号炉北側護岸背面にのみ分布する。

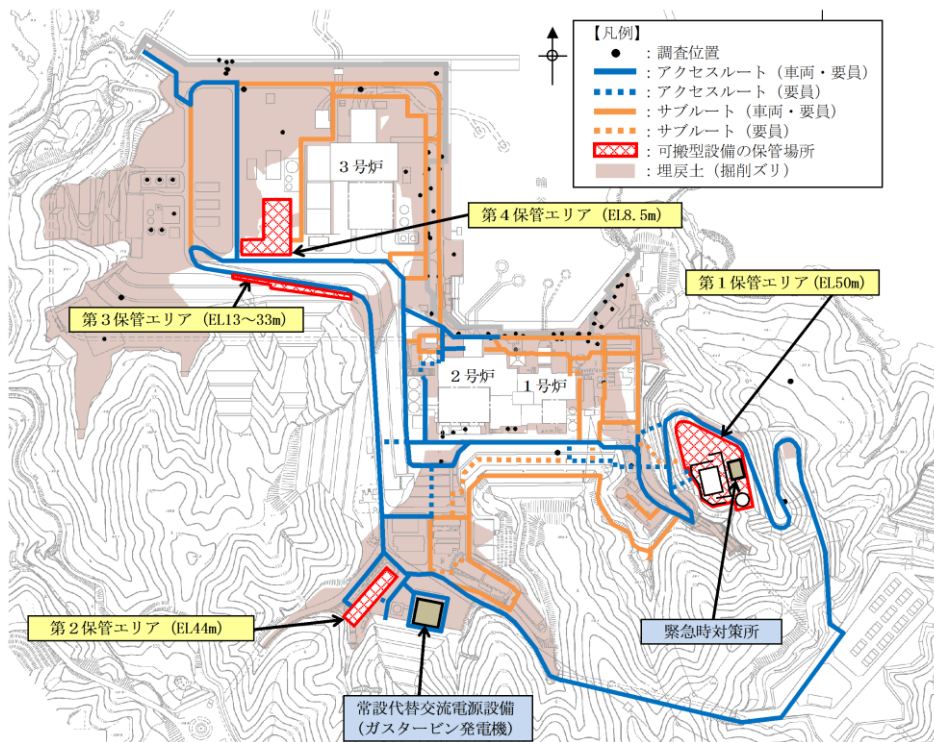
砂礫層は， 1 号炉東側の E L+15m 以下の敷地， 3 号炉北側の E L+8.5m 以下の敷地及び輪谷湾周辺において局所的に分布する。

第 1 表 敷地の地質層序表

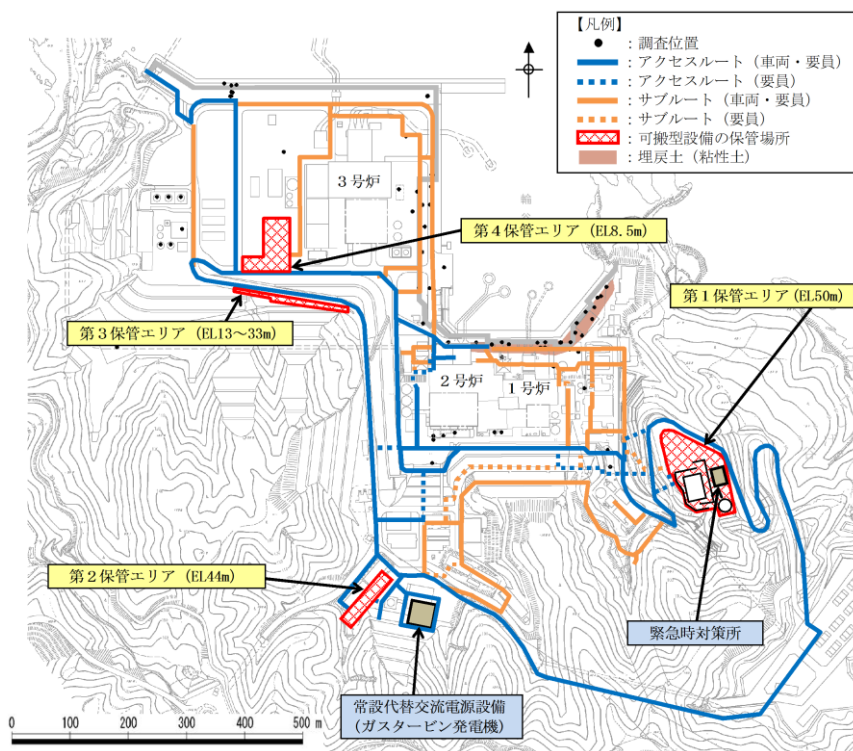
地質時代		地層名		主要構成地質	
新生代	第四紀	完新世	被覆層	盛土	埋戻土(掘削ズリ)・埋戻土(粘性土)
				崖錐・海底堆積物	礫混じり砂質土・礫混じり粘性土
	新第三紀	中新世	成相寺層	貫入岩類	ドレライト・安山岩
				上部頁岩部層	黒色頁岩
				火砕岩部層	凝灰岩・凝灰角礫岩
				下部頁岩部層	黒色頁岩・凝灰質頁岩



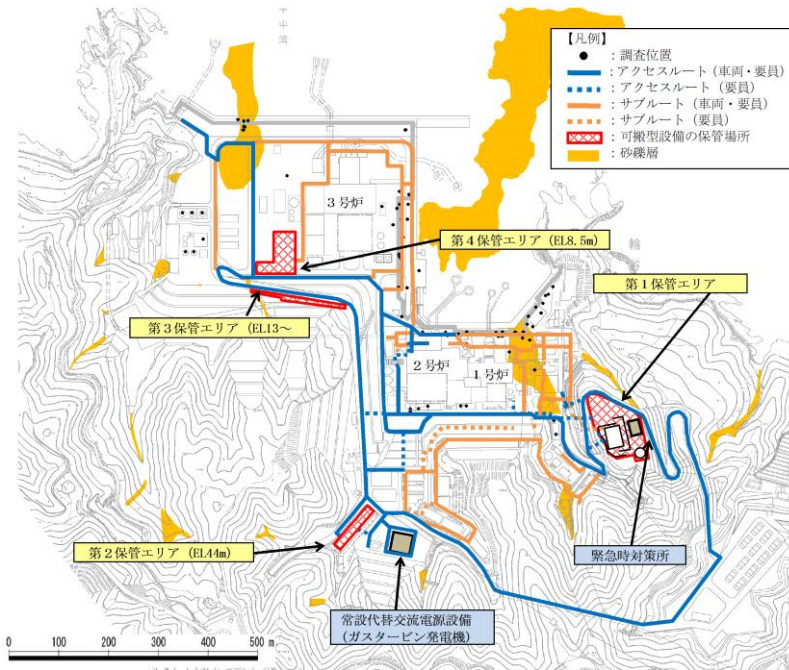
第1図 敷地内の被覆層について



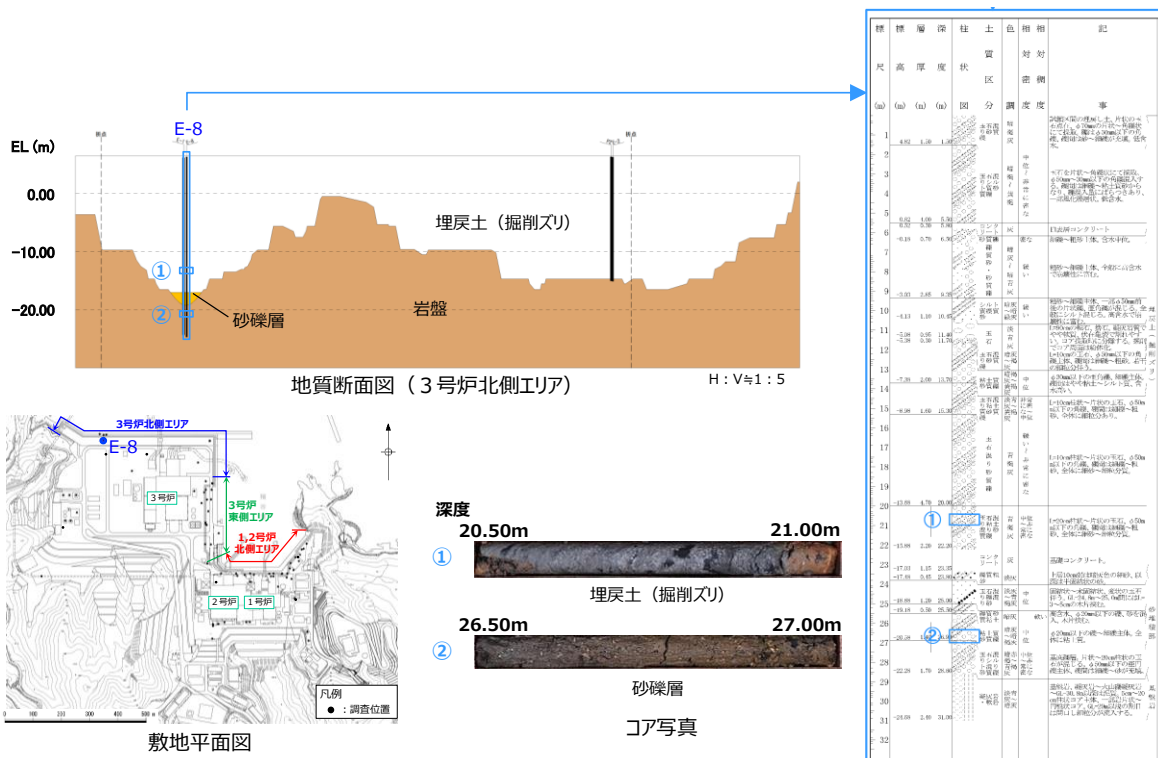
第2図 敷地の地層分布状況（平面図）
 (a) 埋戻土（掘削ズリ）分布図



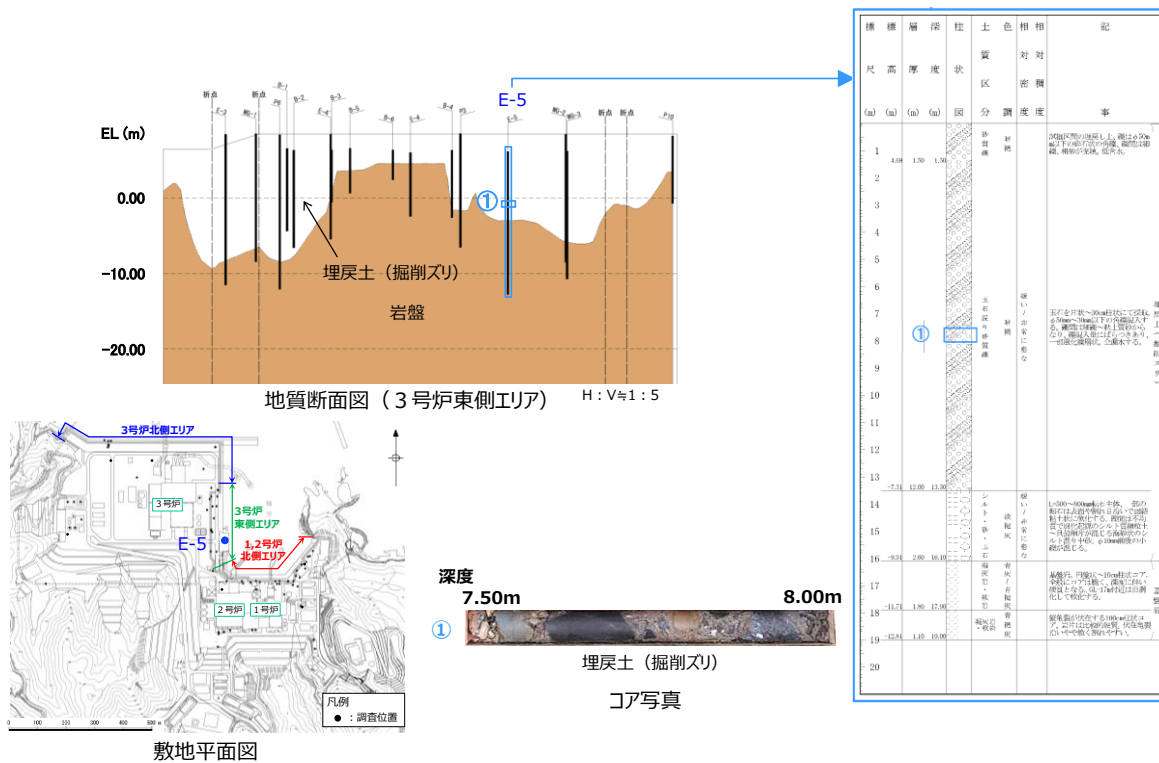
第2図 敷地の地層分布状況（平面図）
 (b) 埋戻土（粘性土）分布図



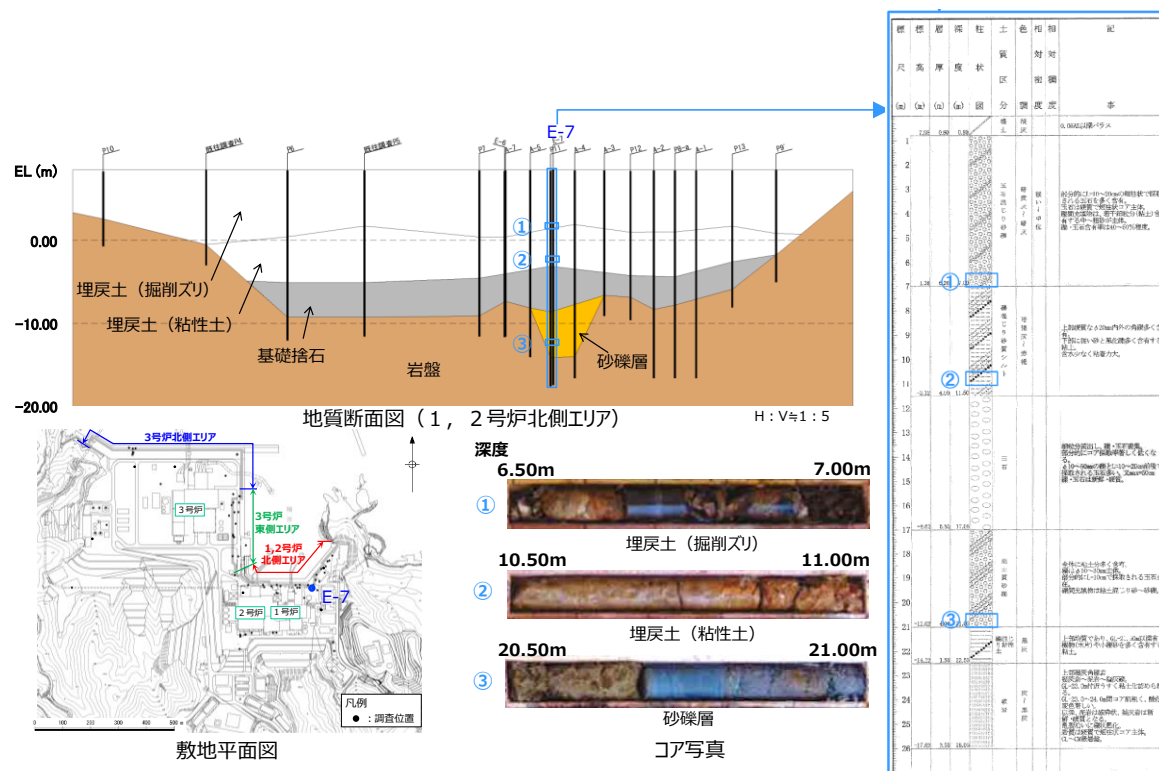
第2図 敷地の地層分布状況（平面図）
(c) 砂礫層分布図



第3図 敷地の地層分布状況（断面図）
(a) 3号炉北側エリア分布図



第3図 敷地の地層分布状況 (断面図)
(b) 3号炉東側エリア分布図



第3図 敷地の地層分布状況 (断面図)
(c) 1, 2号炉北側エリア分布図

2. 敷地の地質・地質構造の特徴から保管場所・アクセスルートに想定されるリスク

敷地の地質・地質構造の特徴に対し、保管場所・アクセスルートにて想定されるリスクを抽出する。

①敷地の被覆層は、埋戻土（掘削ズリ）、埋戻土（粘性土）、砂礫層からなり、埋戻土（掘削ズリ）が主体的に分布している。

a. 発電所建設時において大規模な掘削・埋戻が行われたため、地山と埋戻部の不等沈下が想定される。

b. 液状化を仮定すると噴砂による不陸が想定される。

②敷地の南側から北側に向けて岩盤の深度が徐々に深くなり、これに伴う被覆層厚及び地層構成の変化が認められる。

c. 岩盤の傾斜に伴う被覆層厚の変化により、沈下量が場所的に変化することが想定される。

保管場所については、b 項及び c 項が該当することから、その影響を評価する。

アクセスルートについては、全ての項目が該当することから、その影響を評価する。

3. 岩盤の傾斜に伴う被覆層厚の変化の程度の確認

岩盤の傾斜に伴う被覆層厚の変化について確認する。第 4 図に岩盤と被覆層との境界部の状況を示す。

岩盤と被覆層の境界部では、一般的に第 4 図のように擦り付ける工夫がなされている。



第 4 図 岩盤と被覆層との境界部の状況

屋外タンク溢水時の影響等について

1. 溢水伝播挙動評価

地震によりタンクに大開口が生じ、短時間で大量の水が流出するようなことはないと考えられるが、溢水防護対象設備への影響を評価するため、タンクの損傷形態及び流出水の伝播に係る評価条件を保守的に設定した上で、溢水伝播挙動評価を実施している。

(評価概要は、第九条「溢水による損傷の防止等」において説明)

1.1 評価の条件

- ・ 溢水源となるタンクを表現し、地震による損傷をタンク側板が瞬時に消失するとして模擬する。
- ・ 構内排水路による排水機能及び敷地外への排出は期待しない。
- ・ 輪谷貯水槽(東1/東2)は基準地震動 S_s によって生じるスロッシングによる溢水量(時刻歴)を模擬する。
- ・ 3号ろ過水タンク、3号純水タンク及び消火用水タンクから第4保管エリアまでの伝播経路上の2m程度の壁は評価モデルに考慮しない。

1.2 評価結果

溢水伝播挙動評価による評価の結果として得られた溢水伝播挙動を第1図に示す。また、浸水深の時系列データの抽出地点を第2図に、抽出地点毎の浸水深の時系列データを第3～12図に示す。

(1) 2号炉への影響について

評価の結果、2号炉原子炉建物南側の可搬型設備接続口付近(第3図地点①)では、タンクからの溢水後、最大で約18cmの浸水深となること、また、同建物西側の可搬型設備接続口付近(第4図地点②)はほとんど浸水深がないことが確認されている。

(2) 保管場所への影響について

第1～3保管エリアについては、最大浸水深が約0cmであり、可搬設備の機関吸排気口高さより低く、可搬設備に影響はない。

第4保管エリアについては、可搬設備の機関吸排気口高さの最低値22cmに対し、最大浸水深が約21cmであり、可搬設備の機関吸排気口高さより低く、可搬設備に影響はない。機関吸排気口高さは、最大浸水深に対し裕度が小さいが、最大浸水深となる溢水は、第4保管エリア近傍にある大型タンク(3号ろ過水タンク、3号純水タンク及び消火用水タンク)からの溢水の影響が

支配的であるため、「1.1 評価の条件」に示す条件を踏まえると以下のとおり溢水影響軽減効果を考慮していないことから実現象における溢水水位は、溢水伝播挙動評価の最大浸水深よりも低くなると考えられる。第4保管エリア近傍の溢水の伝播挙動を第13図に示す。

- ・大型タンク（3号ろ過水タンク，3号純水タンク及び消火用水タンク）から第4保管エリアまでの伝播経路上には溢水伝播挙動評価では評価モデルに考慮していない2m程度の壁がある。実現象においてこの壁は、溢水の伝播を阻害する。なお、当該壁が損壊することを想定した場合においても、がれきにより溢水の伝播を阻害する。
- ・大型タンク（3号ろ過水タンク，3号純水タンク及び消火用水タンク）から第4保管エリアまでの伝播経路上には溢水伝播挙動評価では評価モデルに考慮していない敷地内に設けられた排水路がある。実現象においてタンクからの溢水は、この排水路を通じて北側の排水設備へ向けて流下する。

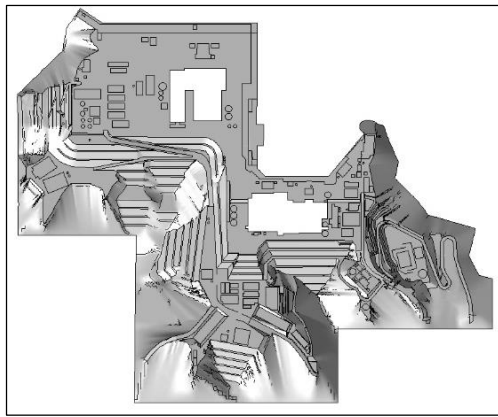
屋外タンクからの溢水による保管場所に対する影響評価結果を第1表に示す。

2. 作業の成立性

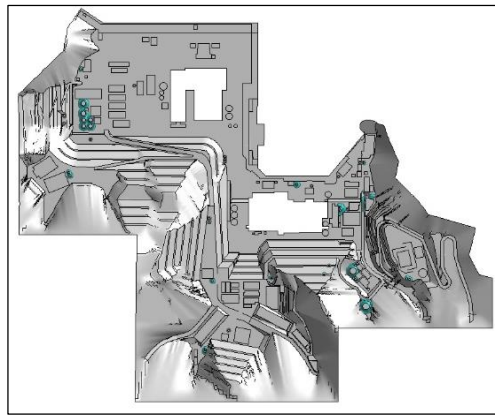
屋外タンクから溢水が発生した場合には、タンク周辺の空地が平坦かつ広大であり周辺道路等を自然流下し拡散するものと考えられるが、最大約100cmの浸水深となるルート上（第9図地点⑦）であっても敷地形状により管理事務所東側道路からE L8.5mエリアへ向けて流下するため、10分後には可搬型設備がアクセス可能な浸水深となること、可搬型設備接続口付近を含むその他の抽出地点においては常に可搬型設備がアクセス可能な浸水深であることから、事故対応のためのアクセスルート確保及び作業実施に影響はない。

また、溢水流路上の設備等が損壊し、がれきの発生が想定されるが、迂回又は重機にて撤去することにより、アクセスルート確保への影響はない。

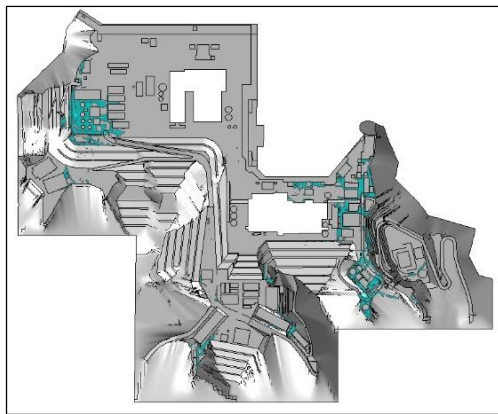
なお、溢水流路に人員がいる場合も想定されるが、安全を最優先し、溢水流路から待避することにより、人身への影響はない。



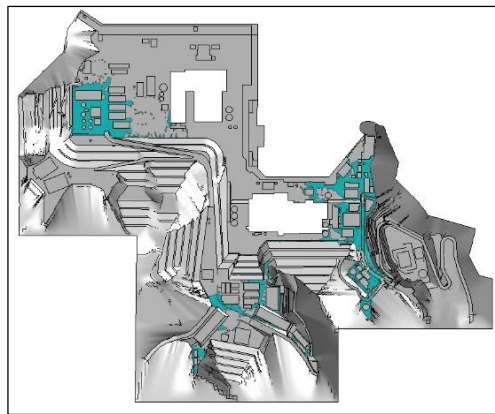
5.0 [s]



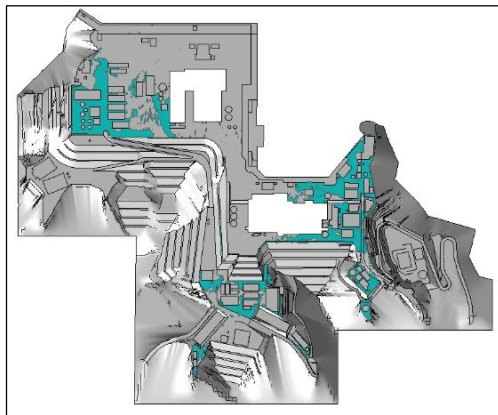
10.0 [s]



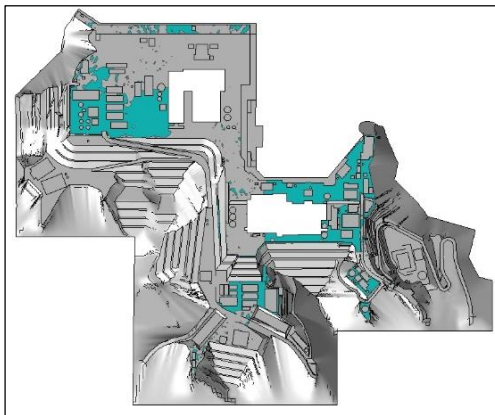
20.0 [s]



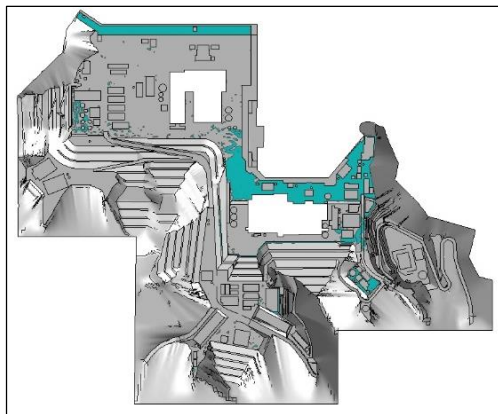
60.0 [s]



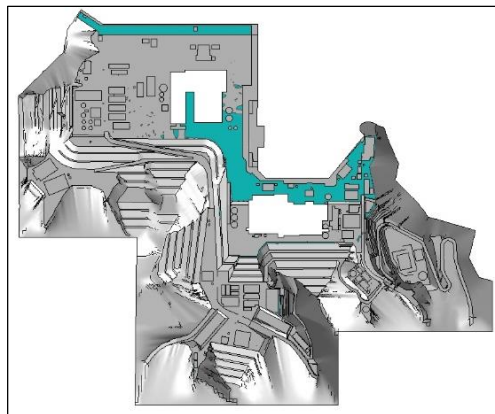
120.0 [s]



300.0 [s]

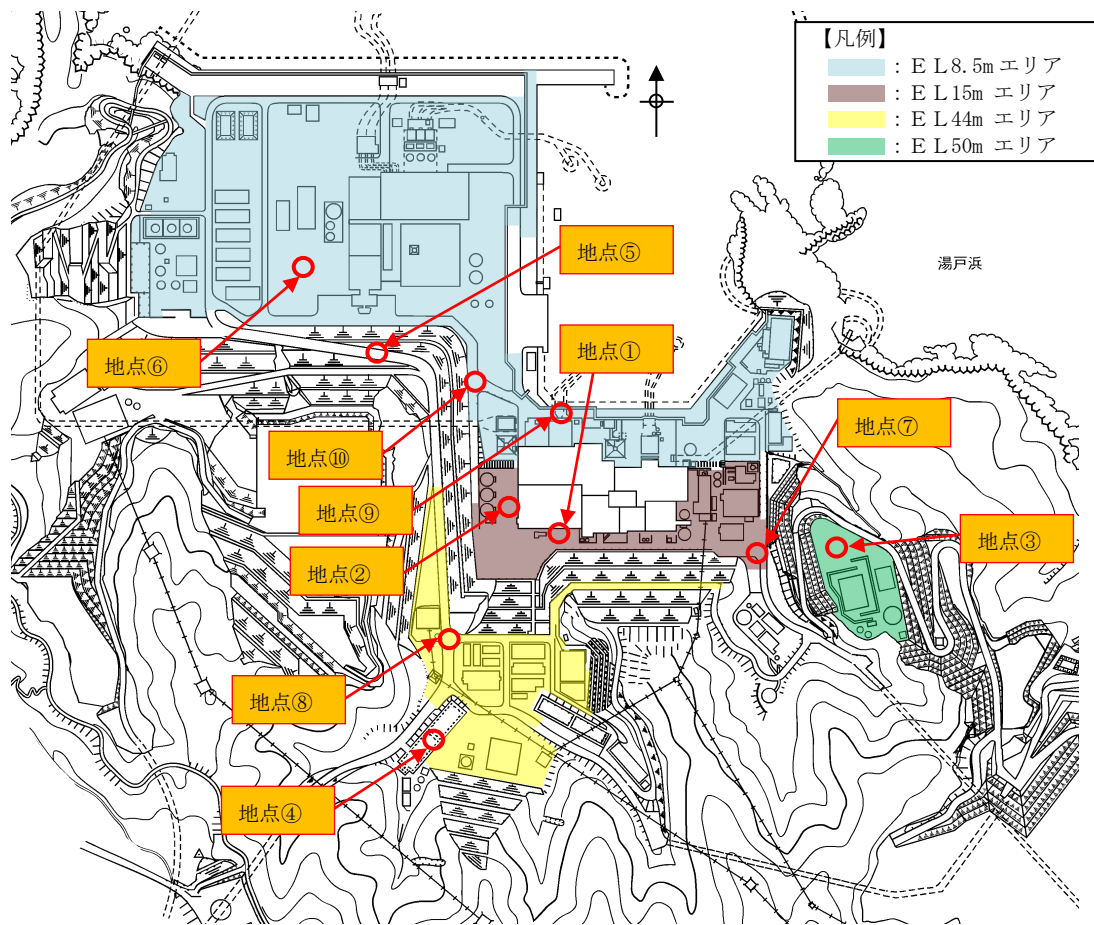


600.0 [s]



1200.0 [s]

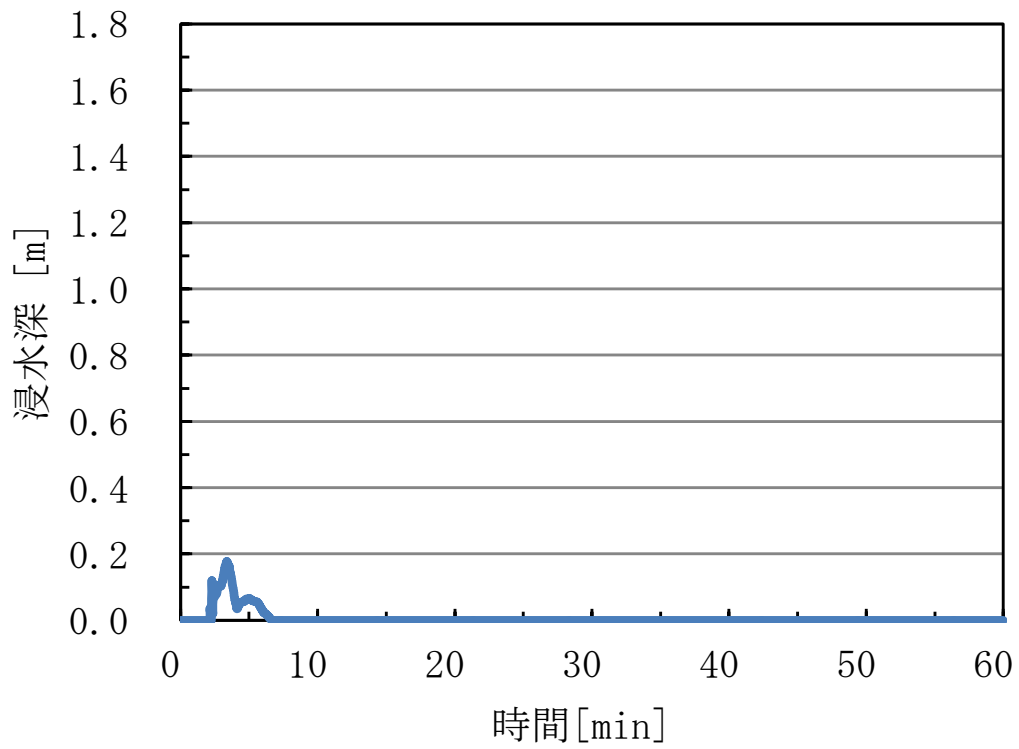
第1図 屋外タンクの溢水伝播挙動



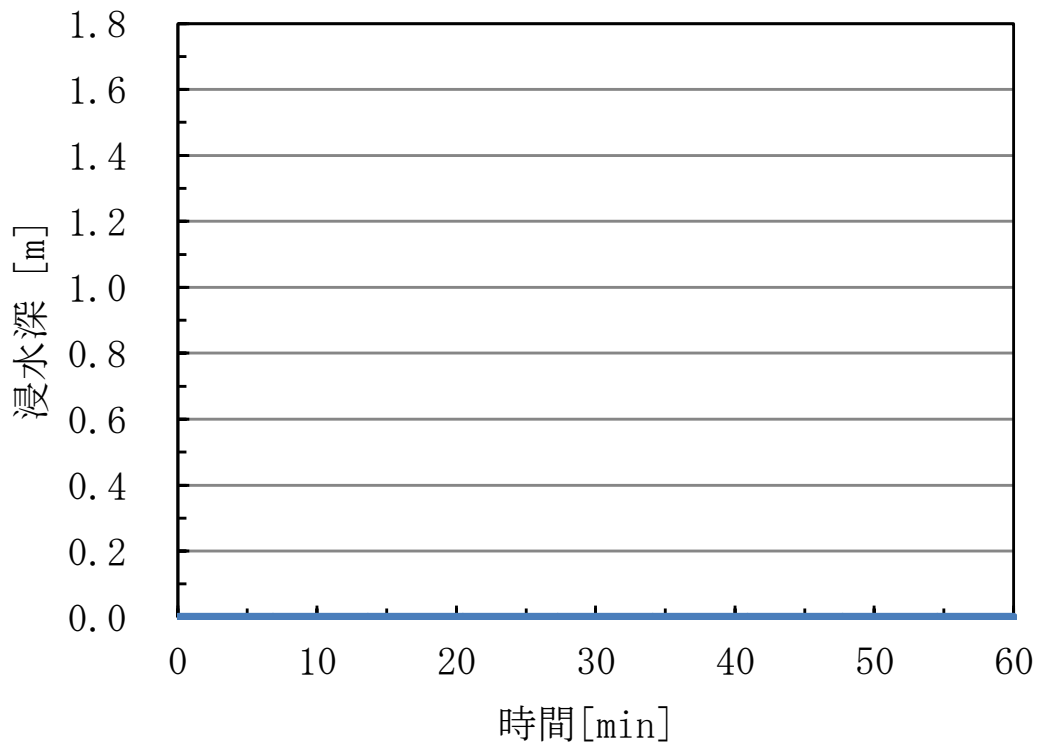
(抽出地点の標高)

地点	標高
地点①	E L 15m
地点②	E L 15m
地点③	E L 50m
地点④	E L 53.3m
地点⑤	E L 31m
地点⑥	E L 8.5m
地点⑦	E L 15m
地点⑧	E L 44m
地点⑨	E L 8.5m
地点⑩	E L 8.5m

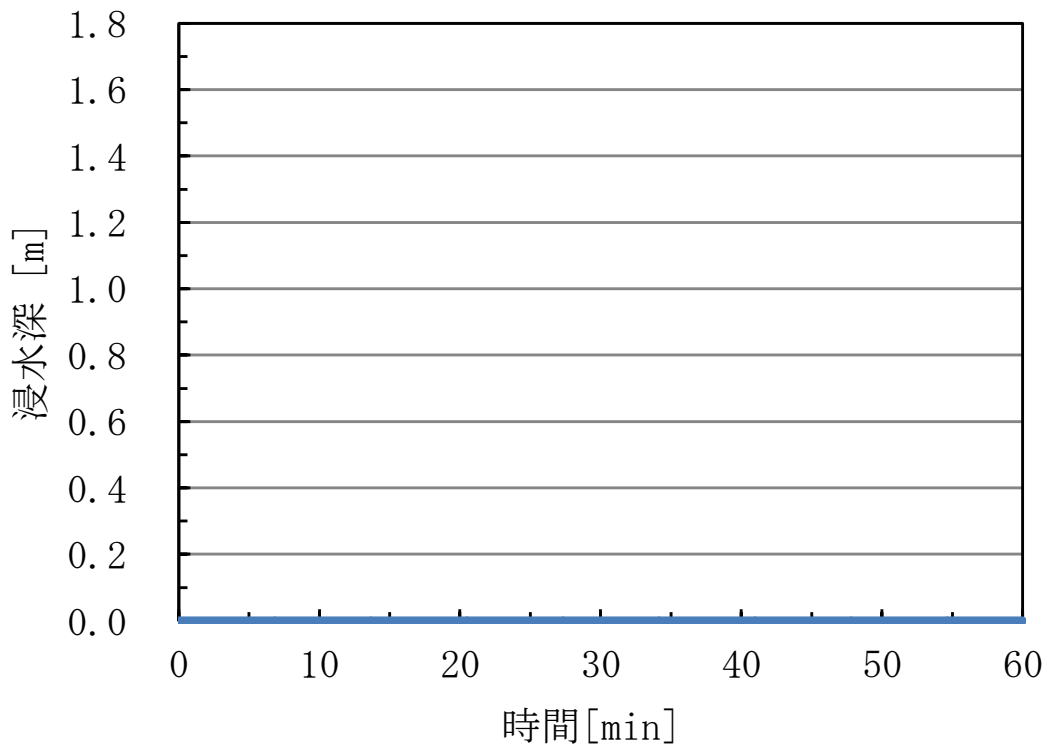
第2図 浸水深の時系列データの抽出地点



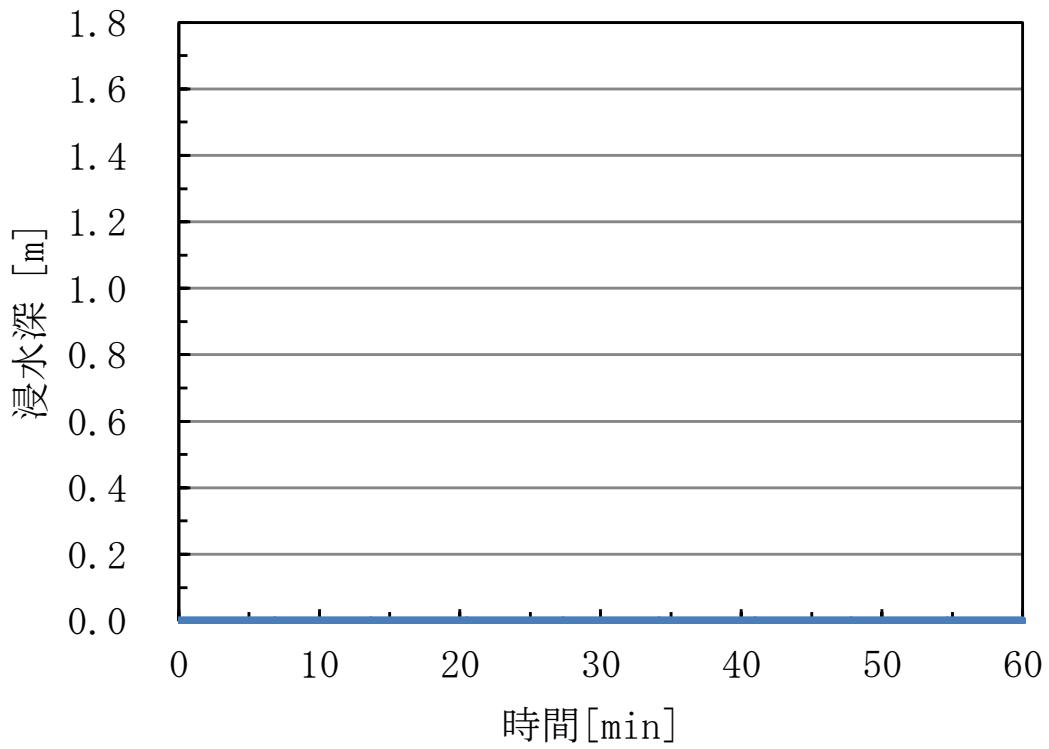
第 3 図 浸水深の時系列データ (地点①)



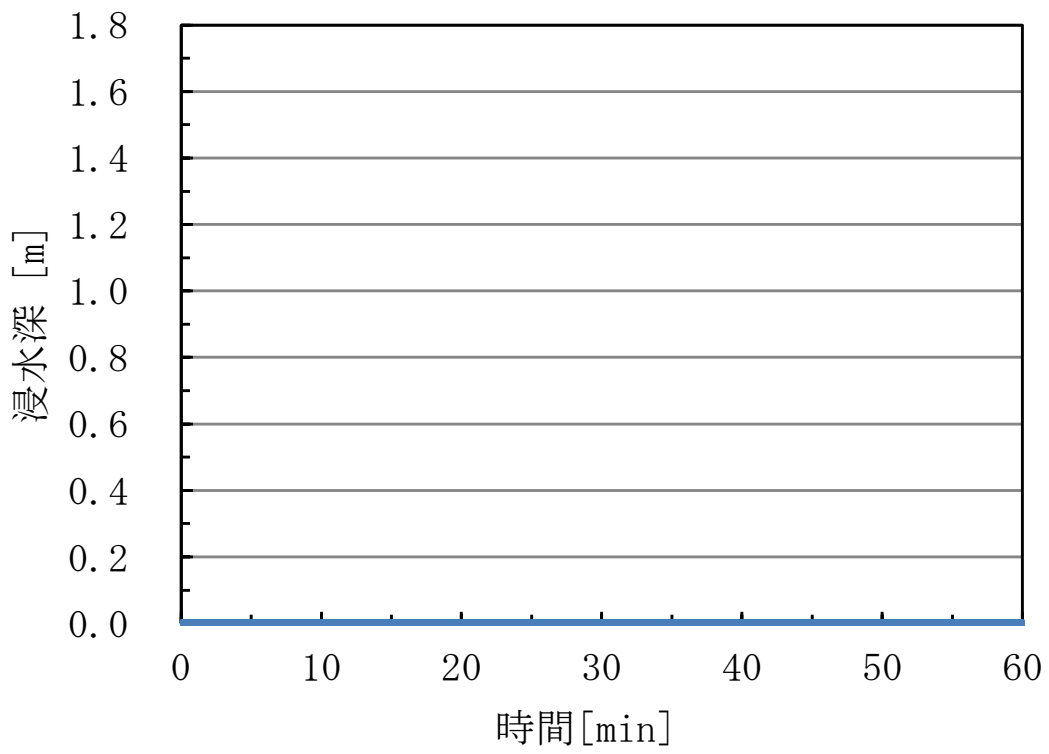
第 4 図 浸水深の時系列データ (地点②)



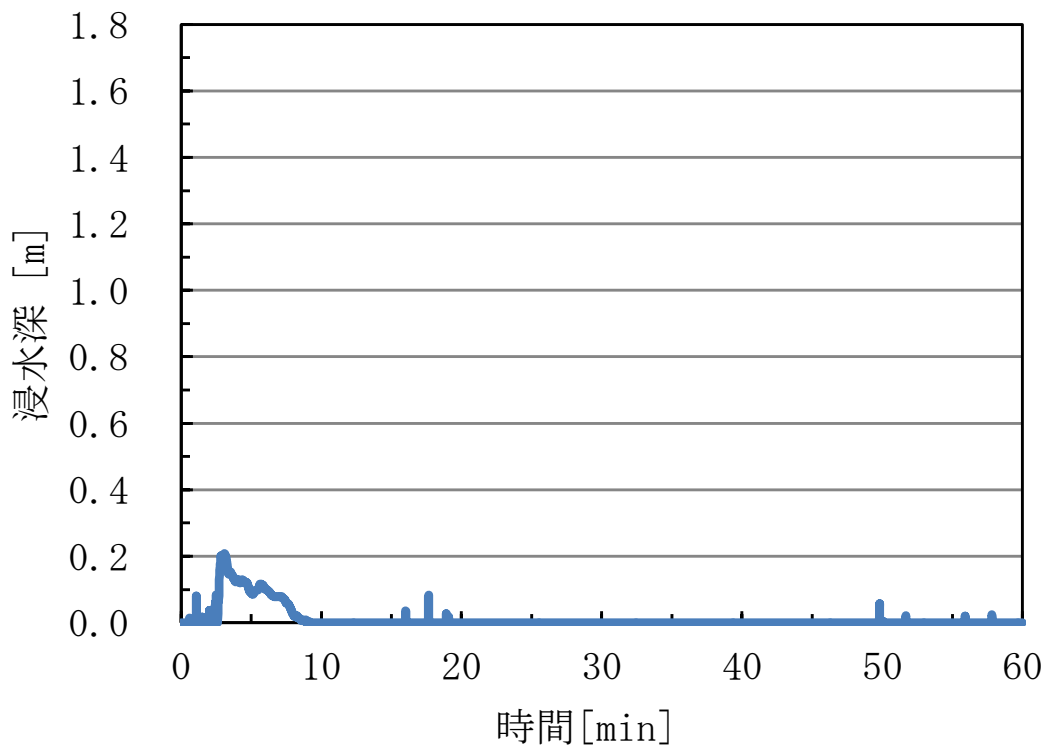
第5図 浸水深の時系列データ(地点③)



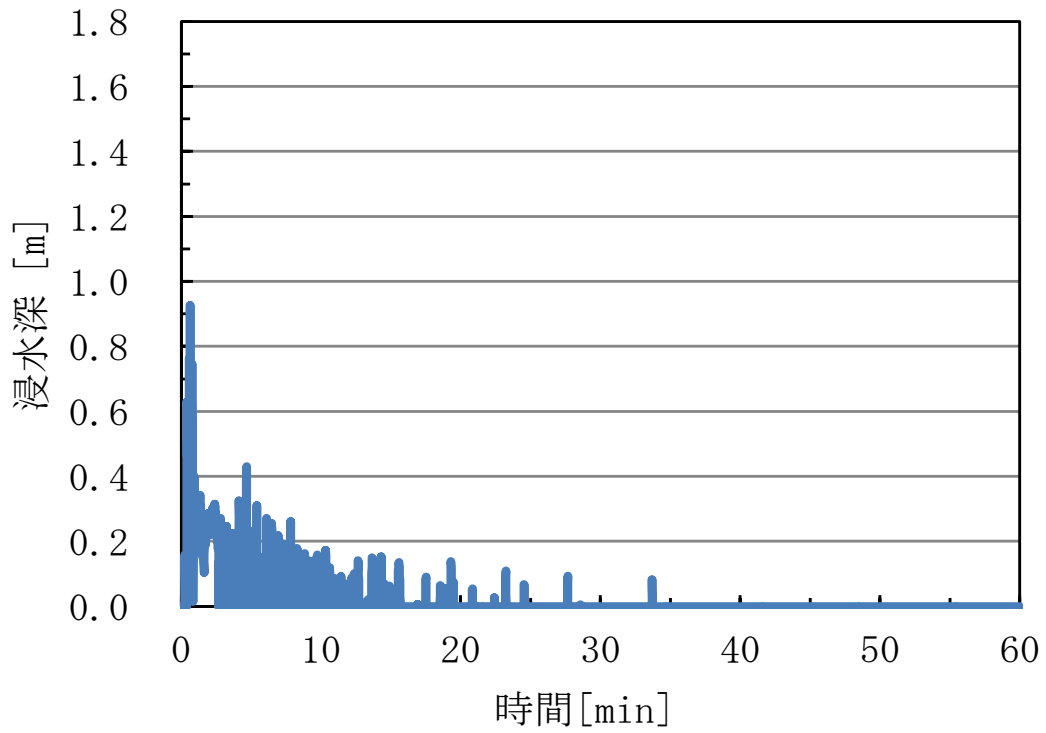
第6図 浸水深の時系列データ(地点④)



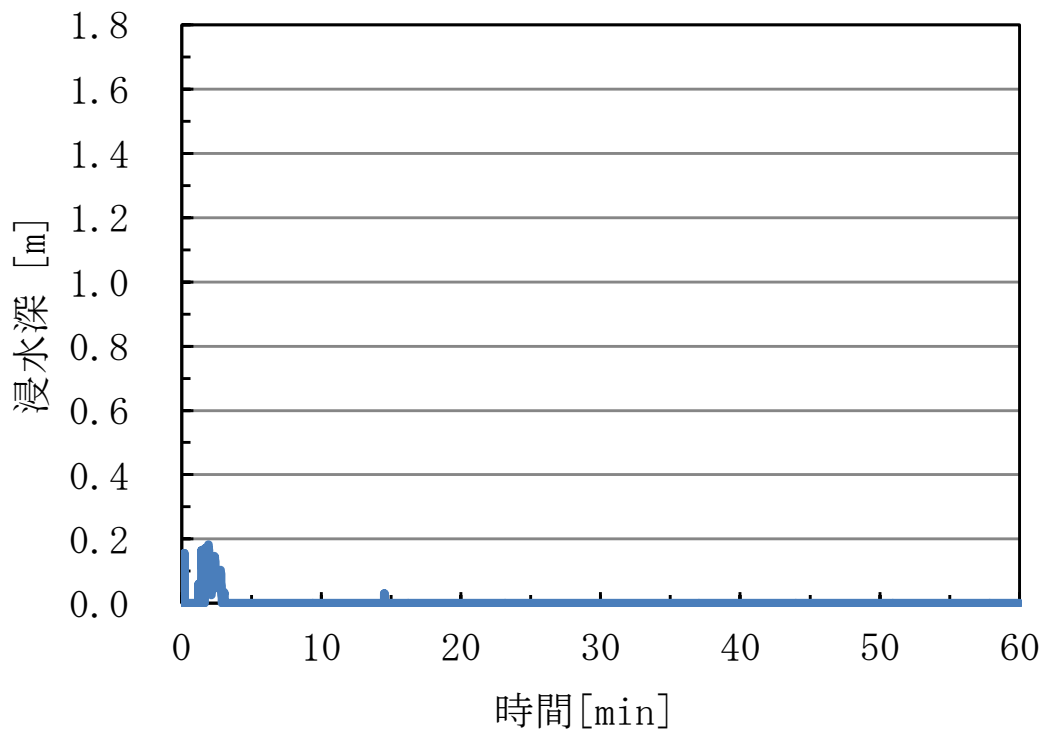
第7図 浸水深の時系列データ(地点⑤)



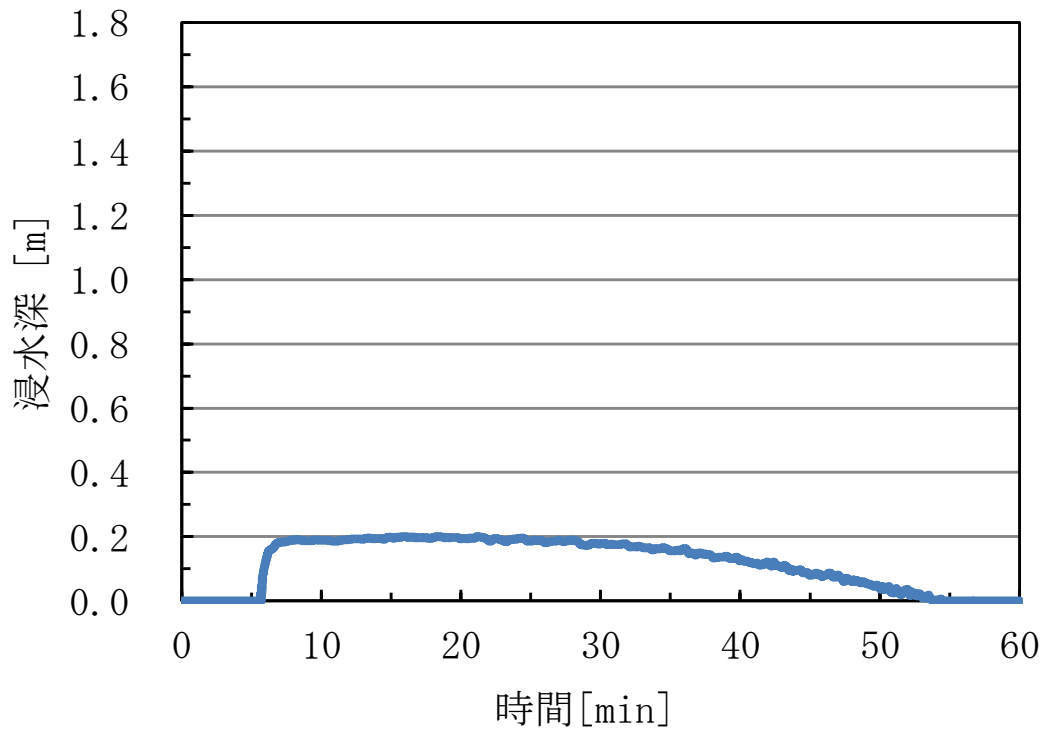
第8図 浸水深の時系列データ(地点⑥)



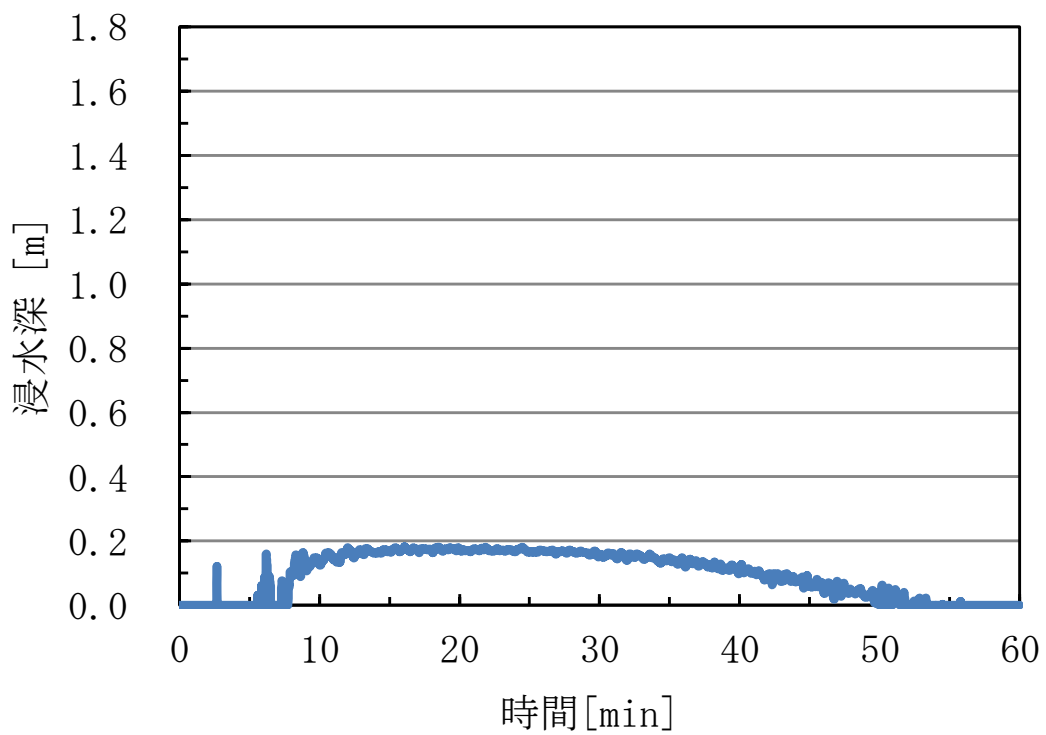
第 9 図 浸水深の時系列データ (地点⑦)



第 10 図 浸水深の時系列データ (地点⑧)



第 11 図 浸水深の時系列データ (地点⑨)



第 12 図 浸水深の時系列データ (地点⑩)



第13図 第4保管エリア近傍の溢水の伝播挙動

第1表 保管場所に対する影響評価結果

保管場所	影響評価結果
第1保管エリア	エリア内の最大浸水深は約0cmとなる。 (第5図地点③)
第2保管エリア	密閉式貯水槽上部であり、周囲に溢水源が存在せず、エリア内の最大浸水深は約0cmとなる。 (第6図地点④)
第3保管エリア	周囲に溢水源が存在せず、エリア内の最大浸水深は約0cmとなる。 (第7図地点⑤)
第4保管エリア	エリア内の最大浸水深は約21cmとなり、可搬型設備等の機関吸気口及び排気口高さ以下である。 (第8図地点⑥)

外部事象の抽出について

1. 設計上考慮する外部事象の選定

島根原子力発電所の安全を確保する上で設計上考慮すべき外部事象の抽出に当たっては、国内で一般に発生し得る事象に加え、欧米の基準等で示されている事象を用い網羅的に収集し、自然現象55事象、人為事象23事象を抽出した。

その上で、地震、津波を除く各事象に対し、海外文献を参考に策定した評価基準に基づき評価を実施し、設計上考慮する外部事象を選定した。

(1) 外部事象の収集

発電用原子炉施設に対して外部から作用する衝撃による損傷を防止するため、自然現象や人為事象に関して、事象を収集する。設計上考慮する外部事象について網羅的に抽出するために国内外の基準等を収集した。

次に挙げる資料から、国内における規制（資料①，②）で取り上げている事象や、国外の規制として、米国原子力規制委員会が定めたPRA についてのガイド（資料③）やIAEAが定めたガイド（資料④）に取り上げている事象を抽出した。

- ① 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」（制定 平成25年6月19日 原規技発第1306193号 原子力規制委員会決定）
- ② 「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（制定 平成25年6月19日 原規技発第1306194号 原子力規制委員会決定）
- ③ NUREG/CR-2300 “PRA Procedures Guide”, NRC, January 1983
- ④ Specific Safety Guide (SSG-3) “Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants”, IAEA, April 2010

さらに、日本の自然現象における実例（資料⑤）や、米国の原子力発電設備の維持基準に引用されている米国機械学会の規格（資料⑥），また、関連して、地震や洪水を含む様々な過酷な自然現象への対応に適用できるように考案されたF L E X（多様かつ柔軟な対応方策）や大規模損壊事象を取り上げている米国N E Iのガイド等（資料⑦，⑧，⑨）で取り上げられている事象を収集することによって、網羅性を確保した。

- ⑤ 「日本の自然災害」国会資料編纂会 1998年
- ⑥ ASME/ANS RA-S-2009 “Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/Large Early Release Frequency probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications”
- ⑦ DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES (FLEX) IMPLEMENTATION

GUIDE (NEI-12-06 August2012)

⑧ B.5.b Phase2&3 Submittal Guideline (NEI-06-12 December 2006)-
2011.5 NRC公表

⑨ 「外部ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準：
2014」一般社団法人 日本原子力学会 2014年12月

以上の①～⑨の資料より、外部事象78事象（自然現象55事象，人為事象23事象）が収集された（第1-1表，第1-2表）。

第1-1表 外部ハザードの抽出（自然現象）

No	外部事象	外部ハザードを抽出した文献等※								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
1-1	風（台風）	○	○	○	○	○	○	○		○
1-2	竜巻	○	○	○	○	○	○	○		○
1-3	高温			○	○	○	○	○		○
1-4	低温（凍結）	○	○	○	○	○	○	○		○
1-5	極限的な気圧				○					○
1-6	降雨（豪雨）	○	○	○	○	○	○	○		○
1-7	積雪（豪雪）	○	○	○	○	○	○	○		○
1-8	ひょう			○	○	○	○	○		○
1-9	もや				○					
1-10	霜			○	○	○	○	○		○
1-11	干ばつ			○	○	○	○	○		○
1-12	塩害，塩雲				○					○
1-13	砂嵐			○	○		○	○		○
1-14	落雷	○	○	○	○	○	○	○		○
1-15	隕石			○	○		○	○		○
1-16	地面の隆起				○	○				○
1-17	動物				○					○
1-18	火山（火山活動・降灰）	○	○	○	○	○	○	○		○
1-19	雪崩			○	○	○	○	○		○
1-20	地滑り	○		○	○	○	○	○		○
1-21	地震	○	○	○	○	○	○	○		○
1-22	カルスト				○					○
1-23	地下水による浸食				○					
1-24	海岸浸食（水面下の浸食）			○	○		○	○		○
1-25	湖又は河川の水位低下			○	○		○	○		○
1-26	湖又は河川の水位上昇			○	○	○				
1-27	海水面低				○					○
1-28	海水面高				○	○				○
1-29	高水温（海水温高）				○					○
1-30	低水温（海水温低）				○	○				○
1-31	海底地滑り				○					
1-32	氷結（水面の凍結）			○	○		○	○		○
1-33	氷晶				○					○
1-34	氷壁				○					○
1-35	水中の有機物質				○					

No	外部事象	外部ハザードを抽出した文献等※								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
1-36	生物学的事象	○	○				○	○		○
1-37	津波	○	○	○	○	○	○	○		○
1-38	太陽フレア, 磁気嵐							○		○
1-39	洪水	○		○		○	○	○		○
1-40	濃霧			○			○	○		○
1-41	森林火災	○	○	○	○	○	○	○		○
1-42	草原火災							○		○
1-43	満潮			○			○	○		○
1-44	ハリケーン			○			○	○		
1-45	河川の迂回			○			○	○		○
1-46	静振			○		○	○	○		○
1-47	陥没					○		○		○
1-48	高潮			○		○	○	○		○
1-49	波浪			○		○	○	○		○
1-50	土石流					○				○
1-51	土砂崩れ (山崩れ, 崖崩れ)					○				
1-52	泥湧出					○				
1-53	水蒸気, 熱湯噴出					○				○
1-54	土壌の収縮又は膨張			○		○	○	○		○
1-55	毒性ガス			○		○	○	○		○

※ 外部ハザードを抽出した文献等の番号は「1. (1) 外部事象の収集」における資料番号と同じ

第1-2表 外部ハザードの抽出（人為事象）

No	外部事象	外部ハザードを抽出した文献等※								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
2-1	船舶から放出される固体液体不純物				○					○
2-2	水中への化学物質の流出				○					
2-3	船舶の衝突（船舶事故）	○	○		○			○		○
2-4	交通機関（航空機を除く）の事故による爆発			○	○		○	○		○
2-5	交通機関（航空機を除く）の事故による化学物質流出				○			○		○
2-6	爆発（発電所外）	○	○		○					○
2-7	化学物質流出（発電所外）				○					○
2-8	発電所内貯蔵の化学物質流出			○	○		○	○		
2-9	パイプライン事故 （爆発，化学物質流出）			○	○		○	○		
2-10	軍事施設からのミサイル				○					
2-11	掘削工事				○					
2-12	他ユニットからの火災				○					
2-13	他ユニットからのタービン・ミサイル				○					
2-14	他ユニットからの内部溢水				○					
2-15	人工衛星の落下				○		○	○		○
2-16	飛来物（航空機落下）	○	○	○	○		○	○	○	○
2-17	電磁的障害	○	○		○					○
2-18	ダムの崩壊	○	○		○					○
2-19	工業施設又は軍事施設事故 （爆発，化学物質放出）			○			○	○		○
2-20	タービン・ミサイル	○	○	○			○	○		
2-21	有毒ガス	○	○	○			○	○		
2-22	内部溢水	○	○	○			○			
2-23	外部火災（近隣工場等の火災）	○	○	○						○

※ 外部ハザードを抽出した文献等の番号は「1. (1) 外部事象の収集」における資料番号と同じ

(2) 設計上考慮する外部事象の選定

外部事象に係る海外での評価手法[※]を参考に、設計上考慮する外部事象を選定するに当たり、影響を評価する基準を以下のように設定した。評価に当たっては、サイトに外部事象が有意な影響を与えるかという観点の評価（基準A、基準B、基準E）に加え、サイトに到達した外部事象が設備にどの程度影響を与えるかという観点の評価（基準C）を実施する、又は、外部事象の影響規模がほかの外部事象に包含される（基準D）ことを確認している。評価基準を第1-3表に示す。

第1-3表 評価基準

評価基準	内 容
基準A	当該原子炉施設に影響を及ぼすほど接近した場所に発生しない。 (例：砂嵐)
基準B	ハザード進展・襲来が遅く、事前にそのリスクを予知・検知することでハザードを排除できる。(例：海岸浸食)
基準C	当該原子炉施設の設計上考慮された事象と比較して、設備等への影響度が同等若しくはそれ以下であり、プラントの安全性が損なわれることはない。(例：濃霧)
基準D	影響が他の事象に包含される。(例：満潮)
基準E	発生頻度が他の事象と比較して非常に低い。(例：隕石)

※ ASME/ANS RA-Sa-2009 “Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Application”, ASME/ANS, February 2009

薬品類の漏えい時に使用する防護具について

1. 防護具について

島根原子力発電所 2 号炉の屋内には苛性ソーダや硫酸等，屋外には液体窒素，硫酸第一鉄水溶液，ポリ塩化アルミニウム，硫酸の各種の薬品タンクが設置されている。

第 1 表に示す防護具の選定表に基づき，必要な防護具を着用する。

第 1 表 地震時の防護具の選定表

	炉心損傷のおそれあり	炉心損傷のおそれなし
薬品の影響あり	放射線防護具及び薬品防護具	薬品防護具
薬品の影響なし	放射線防護具	通常の装備

1.1 屋内作業

廃棄物処理建物に設定しているアクセスルート近傍には薬品タンクは設置されていないため，地震による薬品漏えいの影響は想定されない。

そのため，廃棄物処理建物内の作業時は，炉心損傷のおそれがある場合は放射線防護具，炉心損傷のおそれがない場合は通常の装備を着用する。

原子炉建物原子炉棟にはほう酸水貯蔵タンクが設置されているが，耐震性を有しているため地震による薬品の漏えいは想定されず，万一，薬品が漏えいしたとしてもアクセスルートからの離隔距離が確保されているため，地震による薬品の影響は想定されない。

そのため，原子炉建物原子炉棟内の作業時は，炉心損傷のおそれがある場合は放射線防護具，炉心損傷のおそれがない場合は通常の装備を着用する。

上記のとおり，薬品防護具の着用は不要であるが，万一，薬品が滞留している箇所周辺へのアクセスや作業を行う場合を想定し，中央制御室及び緊急時対策所に，現場で作業に当たる要員の人数を踏まえた数量の薬品防護具を配備する。

1.2 屋外作業

アクセスルート近傍に設置している薬品タンクのうち，2 号炉 N G C 液体窒素貯蔵タンクは，漏えいした場合であっても液体窒素が外気に拡散することから，漏えいによる影響はない。

アクセスルート近傍に設置している薬品タンクのうち、2号炉鉄イオン溶解タンクは漏えいした場合であっても側溝に流れることから、漏えいによる影響はない。

アクセスルート近傍の建物内に設置されている薬品タンクは漏えいした場合であっても側溝に流れることから、漏えいによる影響はない。

そのため、屋外の作業時は、炉心損傷のおそれがある場合は、放射線防護具、炉心損傷のおそれがない場合は通常の装備を着用する。

上記のとおり、漏えいによる影響は限定的と考えられるが、万一、薬品が滞留している箇所周辺へのアクセスや作業を行う場合を想定し、中央制御室及び緊急時対策所に、現場で作業に当たる要員の人数を踏まえた数量の薬品防護具を配備する。

薬品防護具の一覧を第2表、薬品防護具を第1図に示す。

第2表 薬品防護具一覧

装備品	耐薬品性	保管場所 ^{※1}
化学防護服 ^{※3}	薬品全般	中央制御室： (10セット) ^{※2,4}
化学防護手袋		
化学防護長靴		緊急時対策所： (40セット) ^{※2,5}
全面マスク ^{※3}	飛沫からの防護，揮発性の薬品に対応	
チャコール・フィルタ ^{※3}		

- ※1：上記の表の薬品防護具及び放射性防護具一式をセットとして保管場所に保管する。
 ※2：装備品（チャコール・フィルタを除く。）はウェットティッシュでの拭き取りにより除染等を行い再使用する。拭き取り用のウェットティッシュを中央制御室に1個，緊急時対策所に2個配備する。
 ※3：放射線防護具と兼用する。
 ※4：（運転員9名＋余裕）＝10セット
 ※5：（現場復旧班要員24名＋放射線管理班要員4名＋余裕）＝40セット



第1図 薬品防護具

敷地内の地下水位の設定について

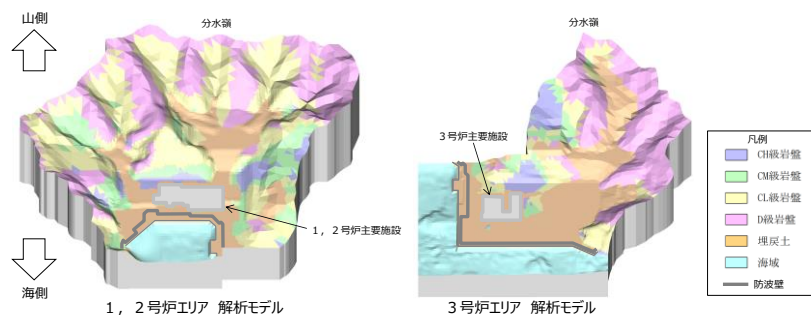
保管場所及びアクセスルートの評価のうち、地中埋設構造物の浮き上がり評価等に用いる地下水位を設定するに当たっては、地形等を適切にモデル化した浸透流解析を実施することとし、保守性を確保する方針とする。(浸透流解析の詳細については、四条別紙 17「地下水位低下設備について」参照)

なお、周辺斜面の崩壊及び敷地斜面のすべりに対する影響評価に係る地下水位については、別紙(31)に示す。

以下に地下水位設定の方針を示す。

①解析モデル作成・再現解析による検証

- ・島根原子力発電所の敷地は堅硬な地山の尾根（分水嶺）に囲まれている。また、1, 2号炉及び3号炉エリアの境界部にも同様の分水嶺が存在する。この島根サイトの地形的特徴を踏まえ、それぞれの領域で適切に地下水位を評価する観点から、両エリアで解析モデルを作成する。
- ・解析モデル・解析条件について建設時工認を参照し設定した上で、観測記録との比較等によりモデルの妥当性の確認を行う。



第1図 解析モデル鳥瞰図

②地下水位の設定（予測解析）

- ・詳細設計段階で予測解析を実施し、地中埋設構造物の浮き上がり評価等に用いる地下水位を設定する。

以上を踏まえ、地中埋設構造物の浮き上がり評価等に用いる地下水位については詳細設計段階で決定するため、設置許可段階においては地下水位を地表面に設定する。

建物関係の耐震評価について

1. 評価概要

島根原子力発電所 2 号炉における保管場所及びアクセスルートに影響を与える可能性のある建物（外装材等含む。）について耐震評価を実施し、保管場所及びアクセスルートに影響がないことを確認する。

2. 免震重要棟の耐震評価について

2.1 建物諸元

免震重要棟の諸元を第 1 表に示す。

第 1 表 免震重要棟の諸元

建物名称	構造	階数	基礎構造	平面形状		地上 高さ (m)	竣工日
				X (m)	Y (m)		
免震重要棟 ^{※1}	鉄骨鉄筋コンクリート造 (一部鉄骨造) (免震構造)	地上 3 階	直接基礎	35.30	46.90	15.0	平成 26 年 10 月 31 日

※ 1 : 3. (3) a. ①周辺建造物の損壊（建物、鉄塔等）における第 1 保管エリア周辺の建物。

2.2 建物の耐震評価方法等

免震重要棟の耐震評価方法等を第 2 表に示し、耐震性能評価検討については別添 1 に示す。

第 2 表 免震重要棟の耐震評価方法等

評価方法	検討用地震動
地震応答解析による 層間変形角（上部構造） せん断ひずみ（免震装置）	基準地震動 S_s ^{※1}

※ 1 : 基準地震動 $S_s - D$, 基準地震動 $S_s - F 1$, 基準地震動 $S_s - F 2$, 基準地震動 $S_s - N 1$ 及び基準地震動 $S_s - N 2$ のうち、建物の水平方向 1 次固有周期における加速度応答スペクトルが最も大きい基準地震動 $S_s - D$ を用いる。

2.3 建物の耐震評価結果

免震重要棟の耐震評価結果を第3表に示し、耐震性能評価検討については別添1に示す。なお、本評価結果は暫定条件を用いた評価結果であることから、正式条件を用いた評価結果は詳細設計段階で示す。

第3表 免震重要棟の耐震評価結果

評価方法			評価結果		影響
			評価基準値	最大応答値	
地震応答解析	上部構造	層間変形角	1/75 以下 ^{※1}	1/15459	無
	免震装置	せん断ひずみ	166%以下 ^{※2} (標準特性時)	132%	無
			250%以下 ^{※2} (特性変動時)	169%	無

※1：「鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針（案）・同解説」（（社）日本建築学会）において、壁フレーム構造の安全限界状態とされる層間変形角の値。安全限界状態とは、地震応答時の応力及び地震終了時の鉛直荷重による応力を安定して維持することができる状態であり、建物の被災度は大破が概ねこれに対応する。

※2：「免震構造の試評価例及び試設計例」（（独）JNES, 2014）における設計目標値である。

3. 各建物の外装材の被害想定について

各建物のうち、倒壊しないと判断している建物について、保管場所及びアクセスルートに対する外装材の被害想定を実施した。

3.1 評価方針

各建物の地上部の外装材を支持する構造及び外装材を第4表に示す。

鉄筋コンクリート造部分の外装材は、基本的に鉄筋コンクリートの躯体に吹付塗装のため、保管場所及びアクセスルートへの影響がないと評価する。ただし、吹付塗装以外の外装材を使用している場合は保管場所及びアクセスルートへの影響を評価する。なお、吹付塗装以外の外装材を使用している部分はないことを確認している。

鉄骨造部分については、外装材の被害想定及び保管場所とアクセスルートへの影響を評価する。

第4表 耐震評価の一覧表

No. ※1	名称	地上部の外装材を支持する構造	外装材	影響評価 要否
1	緊急時対策所	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否
6	ガスタービン発電機建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否
18	1号炉原子炉建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否
		鉄骨造	複合板（鉄板＋断熱材＋鉄板）	要
		鉄骨造	鉄板	否※2
19	1号炉廃棄物処理建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否
20	2号炉原子炉建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否
21	2号炉廃棄物処理建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否
		鉄骨造	ALCパネル	否※2
22	2号炉タービン建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否
		鉄骨造	鉄板	否※2
30	2号炉排気筒モニタ室	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否
—	免震重要棟	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否

※1：別紙(28)の第8表による管理番号を示す。

※2：アクセスルート側に位置しておらず、外装材の脱落を想定しても影響はない。

3.2 評価結果

(1) 1号炉原子炉建物の外装材被害による影響評価

1号炉原子炉建物の外装材（複合板）について、基準地震動 S_s により生じる地震荷重に対する耐震性能を確認した結果、外装材（複合板）は脱落しないことから、アクセスルートへの影響はない。耐震性能評価検討については別添2に示す。なお、本評価結果は暫定条件を用いた評価結果であること

から、正式条件を用いた評価結果は詳細設計段階で示す。

4. 各建物の外装材以外の部材等による影響評価について

倒壊しないと判断している各建物の外部に設置された外装材以外の部材等による保管場所及びアクセスルートに対する影響評価を実施する。

4.1 評価方針

外装材以外の部材等のうち、落下した場合に保管場所及びアクセスルートに影響を及ぼす可能性のあるもので、人力又はホイールローダにより撤去が困難なものについては、第5表のとおり抽出し、耐震評価を実施する。また、それらの耐震設計・評価方針については第6表に示し、その評価結果については、工事認可の詳細設計段階で示す。

なお、上記以外のものについては、万一落下したとしても、人力又はホイールローダによる撤去が可能であることから、落下による影響は考慮していない。

第5表 外装材以外の部材等による影響評価の一覧表

No. ※1	建物	外装材以外の部材等	耐震設計・評価方針分類	条文要求	評価区分
1	緊急時対策所	屋外階段	耐震評価	—	工事認可
6	ガスタービン発電機建物	屋外階段	耐震評価	—	工事認可
20	2号炉原子炉建物	防護扉※2	耐震評価	—	工事認可
		大物搬入口扉	Sクラス	○	工事認可
		竜巻防護対策設備	波及的影響評価	○	工事認可
—	免震重要棟	鋼製バルコニー	耐震評価	—	工事認可

注：条文要求の「○」は「設置許可基準規則」第四条及び三十九条並びに「技術基準規則」第五条及び五十条で適合性を説明するもの。

※1：別紙(28)の第8表による管理番号を示す。

※2：機器搬出入用の大型のもの。

第6表 耐震設計・評価方針

分類	設計方針	評価方針
Sクラス	耐震Sクラスとして設計する。	「設置許可基準規則」第四条及び三十九条並びに「技術基準規則」第五条及び五十条の適合性説明資料に基づき評価を実施する。
波及的影響評価	耐震重要度分類の上位のクラスに属する施設に波及的影響によって、安全機能を損なわせることのないように設計する。	
耐震評価	基準地震動S _s による地震力によって、転倒・落下しない設計とする。	支持部に生じる力が、終局強度以下であることを確認する。

免震重要棟 基準地震動 S_s に対する耐震性能評価検討

1. 目的

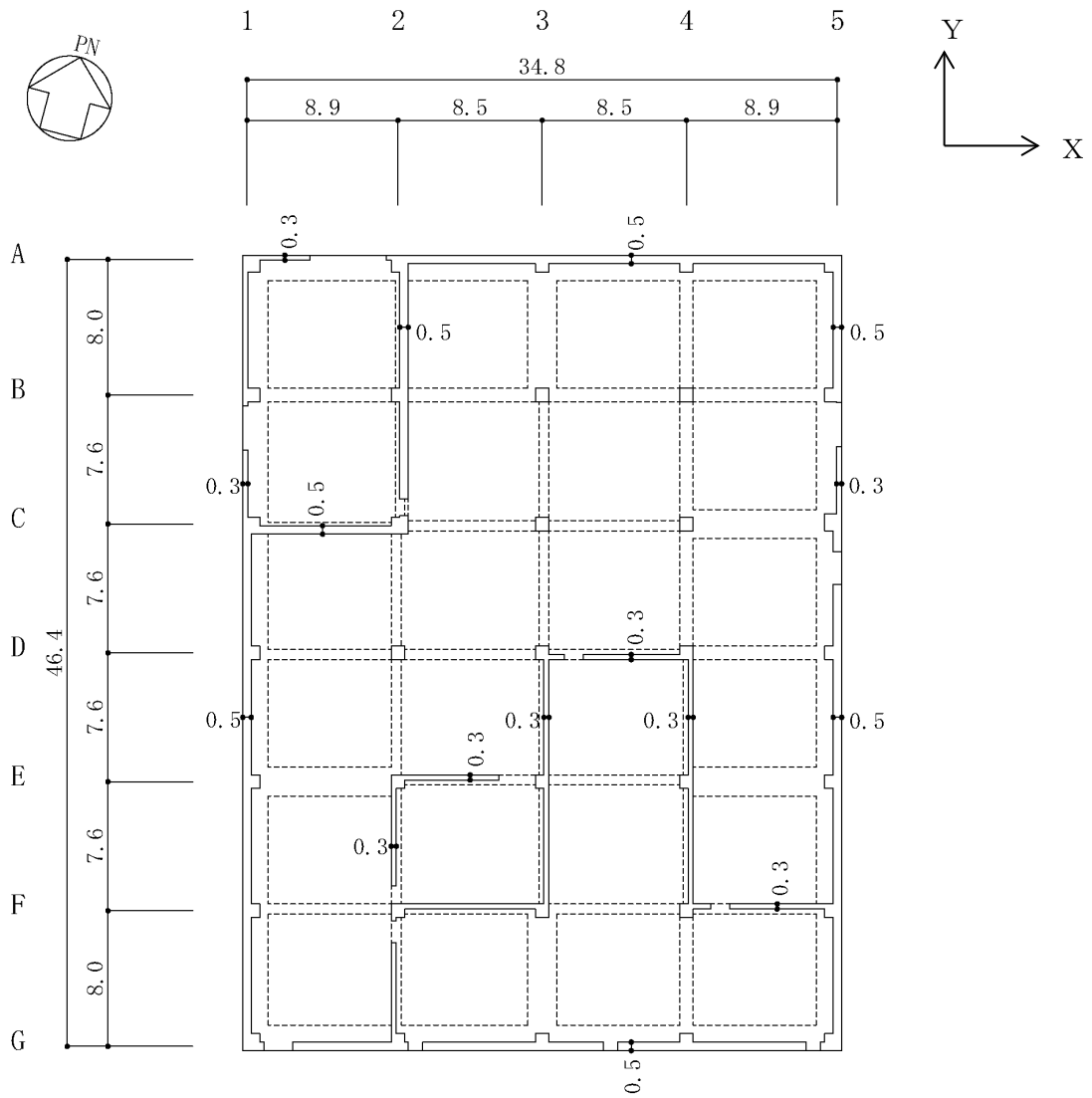
島根原子力発電所免震重要棟に対し、基準地震動 S_s に対する地震応答解析により建物及び免震装置の耐震性能について検討を行い、建物の保管場所への影響を確認する。

2. 建物概要

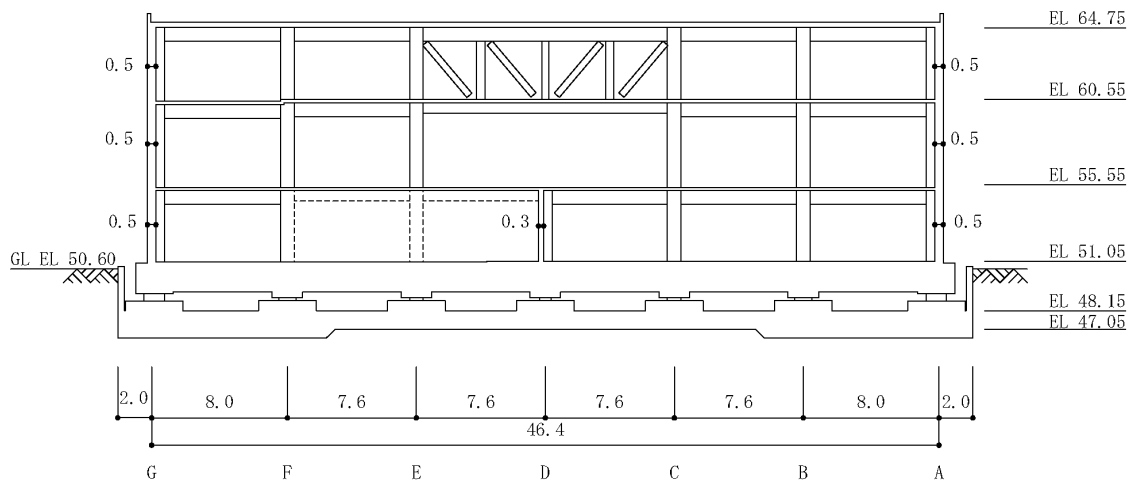
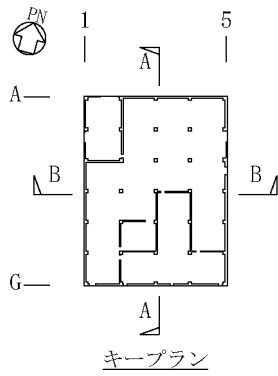
建物概要を第 1 表に、梁伏図を第 1 図に、断面図を第 2 図に示す。検討建物は、上部構造が鉄骨鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造）の耐震壁付きラーメン構造で、1 階床下の免震層に免震装置（天然ゴム系積層ゴム、鉛プラグ入り積層ゴム、低摩擦弾性すべり支承、オイルダンパ）を配置した免震構造である。

第 1 表 建物概要

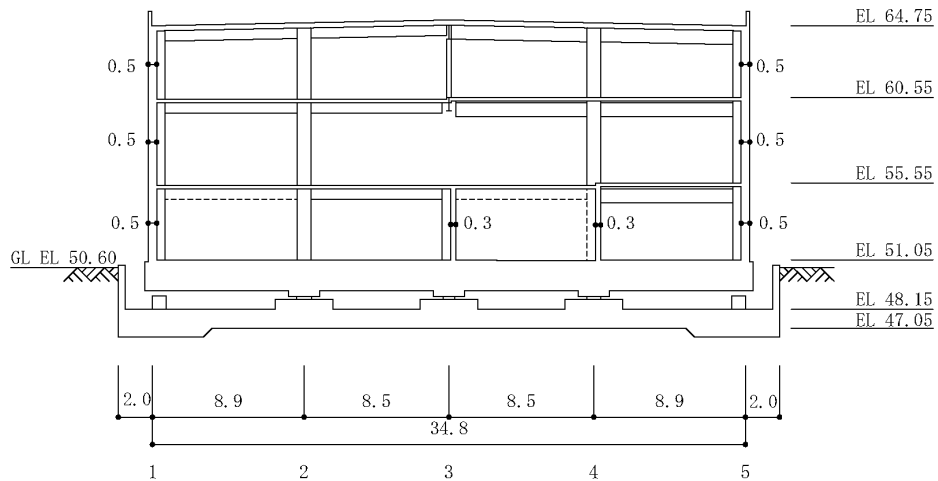
構造	鉄骨鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造） （免震構造）
階数	地上 3 階
基礎構造	直接基礎（岩盤に免震ピットが直接設置）
平面形状	35.3m（X 方向）×46.9m（Y 方向）
高さ	地上高さ 15.0m
竣工日	平成 26 年 10 月 31 日



第1図 1階梁伏図 (单位 : m)



A-A断面（3通り）断面図（Y方向）



B-B断面（D通り）断面図（X方向）
第2図 断面図（単位：m）

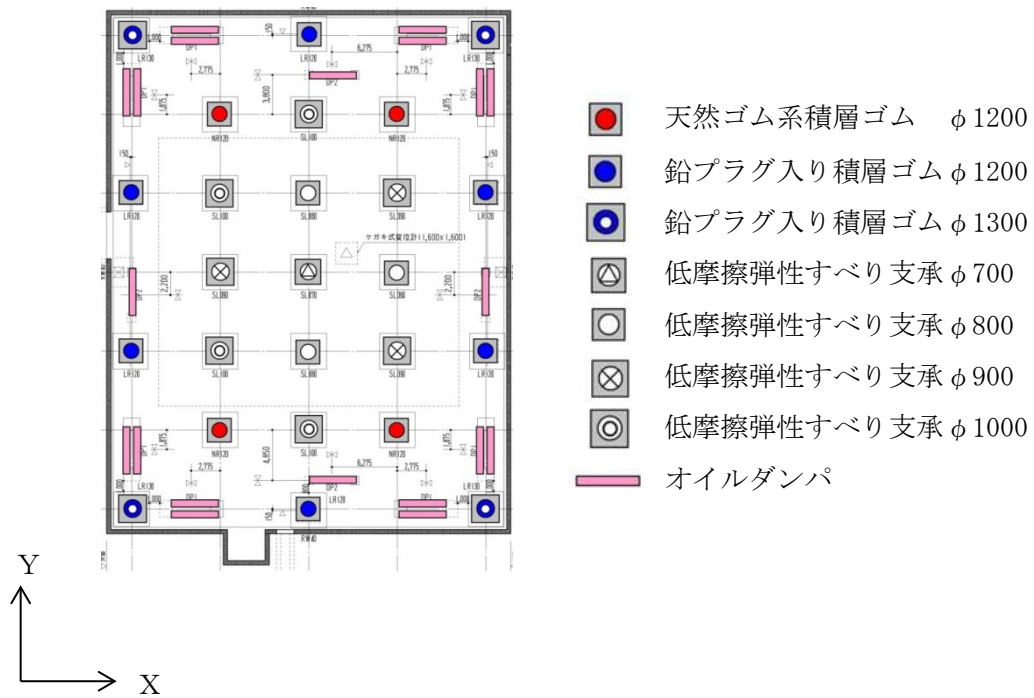
3. 免震装置概要

本建物に使用している免震装置は、天然ゴム系積層ゴム 4 台、鉛プラグ入り積層ゴム 10 台及び低摩擦弾性すべり支承 11 台の合計 25 台に加え、オイルダンパを X 方向、Y 方向にそれぞれ 10 台、合計 20 台である。免震装置の概要を第 2 表に、免震装置の配置図を第 3 図に示す。

第 2 表 免震装置の概要

免震装置	ゴム材料 せん断 弾性率 (N/mm ²)	形状	積層ゴム サイズ	ゴム総厚	鉛径 (mm)	基数	品番	メーカー
天然ゴム系 積層ゴム	0.392 ※ ¹	丸形	φ 1200mm	240.0mm (8.0×30)	—	4	NS120G4	ブリヂストン
鉛プラグ入り 積層ゴム	0.385 ※ ¹	丸形	φ 1200mm	240.0mm (8.0×30)	260	6	LS120G4H	ブリヂストン
	0.385 ※ ¹	丸形	φ 1300mm	252.3mm (8.7×29)	280	4	LT130G4H	ブリヂストン
低摩擦弾性 すべり支承	0.392 ※ ¹	丸形	φ 700mm	39.9mm (5.7×7)	—	1	SP070G4	ブリヂストン
	0.392 ※ ¹	丸形	φ 800mm	39.0mm (6.5×6)	—	3	SP080G4	ブリヂストン
	0.392 ※ ¹	丸形	φ 900mm	41.4mm (6.9×6)	—	3	SP090G4	ブリヂストン
	0.392 ※ ¹	丸形	φ 1000mm	40.0mm (8.0×5)	—	4	SP100G4	ブリヂストン
オイルダンパ	—	—	—	—	—	20	BM250-4C	日立 オートモティブ システムズ

※ 1 : 20°Cでの値



第3図 免震装置配置図

4. 検討内容

(1) 検討方針

免震構造の本建物の倒壊は、免震装置が破壊するモードを想定し地震応答解析を実施し、上部構造及び免震装置に対する応答について検討を実施する。

本建物の評価基準値を第3表に示す。

評価基準値は上部構造については、「鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針（案）・同解説」（（社）日本建築学会）において、安全限界状態とされる層間変形角値である1/75とする。

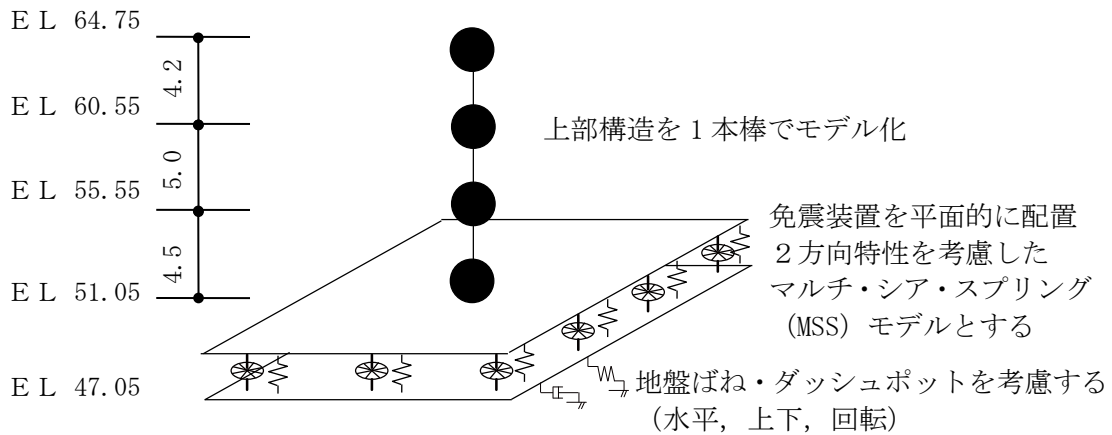
免震装置は「免震構造の試評価例及び試設計例」（（独）JNES, 2014）における設計目標値のせん断ひずみである166%（免震装置標準特性時）及び250%（免震装置の特性変動時）とする。

第3表 評価基準値

部位	項目	評価基準値
上部構造	層間変形角	1/75 以下
免震装置	せん断ひずみ	166%以下 (標準特性時)
		250%以下 (特性変動時)

(2) 解析モデル

解析モデルを第4図に示す。



第4図 解析モデル (単位 : m)

a. 上部構造のモデルの諸元

上部構造の水平方向は弾性の等価せん断型モデルに、鉛直方向は弾性の軸ばねモデルとしてモデル化する。減衰特性は剛性比例の内部粘性減衰とし、水平方向の減衰定数は免震層直上の1階床位置固定時の1次固有周期に対して5%とする。鉛直方向の減衰定数は地盤ばね、免震装置、上部構造の連成系鉛直方向1次固有周期に対して5%とする。

解析モデルの諸元を第4表に示す。

第4表 各階, 階高, 重量, 弾性剛性

階数	階高 (m)	重量 (kN)	弾性剛性 (kN/m)		
			X方向	Y方向	Z方向
屋上階		23904			
3階	4.2	27058	5.333×10^7	7.466×10^7	5.703×10^8
2階	5.0	29751	5.158×10^7	6.981×10^7	4.770×10^8
1階	4.5	57765	6.608×10^7	8.904×10^7	6.210×10^8

b. 免震層のモデルの諸元

(a) 水平ばね要素

免震層の水平ばねは、天然ゴム系積層ゴム、鉛プラグ入り積層ゴム及び低摩擦弾性すべり支承をそれぞれモデル化し、その特性を線形ばね、非線形ばねで評価する。免震装置の特性は、基準温度 20℃に対して 15℃の特性として定めたものとする。

なお、水平方向の減衰特性は履歴減衰のみを考慮し、材料減衰は考慮しない。

i. 天然ゴム系積層ゴムの特性を表す水平ばね

天然ゴム系積層ゴムの特性を表す水平ばねは線形ばねにモデル化する。

$$\text{天然ゴム剛性} : K_r = A_r \cdot G_r / h_r$$

$$\text{天然ゴムせん断弾性率} : G_r = 0.392 \text{N/mm}^2 \text{ (20}^\circ\text{C)}$$

ここで、 A_r : 積層ゴムの断面積、 h_r : ゴム層の総厚さ

天然ゴム系積層ゴムの特性を表す水平ばねに考慮する諸元を第 5 表及び第 6 表に示す。

第 5 表 天然ゴム系積層ゴムによる免震層水平ばねの諸元 (1 基あたり)

ゴムのせん断剛性率 G_r (N/mm ²)	積層ゴムの断面積 A_r (cm ²)	ゴム層総厚さ d (cm)
0.392 (20℃)	11305	24.0

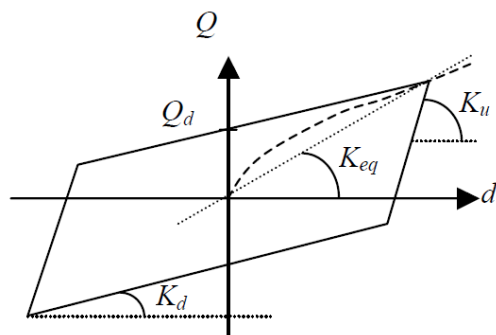
第 6 表 天然ゴム系積層ゴムの水平剛性 (1 基あたり)

種類	基数	使用ゴム	水平剛性 ^{※1} K_r (kN/m)
φ 1200	4	G4	1.87×10^3

※1 : 基準温度 20℃に対して、15℃の特性として定めた値。

ii. 鉛プラグ入り積層ゴムの特性を表す水平ばね

鉛プラグ入り積層ゴムの特性を表す水平ばねは第 5 図に示す修正バイリニア型にモデル化する。



第 5 図 修正バイリニア型履歴

鉛プラグ入り積層ゴムの特性を表す水平ばねに考慮する諸元を第 7 表に示す。

また, 第 8 表に各免震装置の種々の振幅レベルでの等価水平剛性を示す。

第 7 表 鉛プラグ入り積層ゴムによる免震層水平ばねの諸元
(1 基あたり)

種類	ゴムのせん断剛性率 G_r (N/mm ²)	積層ゴムの断面積 A_r (cm ²)	鉛プラグの断面積 A_p (cm ²)	ゴム層総厚さ d (cm)
φ 1200	0.385 (20°C)	10779	531	24.0
φ 1300		12657	616	25.2

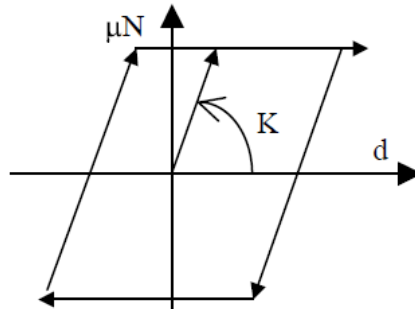
第 8 表 鉛プラグ入り積層ゴムの等価剛性 (1 基あたり)

種類	鉛径 (cm)	基数	使用 ゴム	水平剛性 ^{※1} (kN/m)		
				$d=2.4\text{cm}$ ($\gamma=10\%$)	$d=24\text{cm}$ ($\gamma=100\%$)	$d=48\text{cm}$ ($\gamma=200\%$)
φ 1200	26	6	G4	1.860×10^4	3.730×10^3	2.650×10^3
φ 1300	28	4		2.140×10^4	4.250×10^3	3.010×10^3

※1 : 基準温度 20°C に対して, 15°C の特性として定めた値。

iii. 低摩擦弾性すべり支承の特性を表す水平ばね

地震応答解析では、計 11 基の低摩擦弾性すべり支承をそれぞれ第 6 図に示すように、弾性剛性及び折点荷重を摩擦力とした非線形水平ばねにモデル化する。これにはバイリニア型の履歴特性を考慮し、履歴による減衰のみを考慮する。設定諸元を第 9 表に示す。



第 6 図 低摩擦弾性すべり支承に与える非線形特性

第 9 表 低摩擦弾性すべり支承による免震層水平ばねの諸元
(1 基あたり)

種類	基数	鉛直力 N (kN)	摩擦係数 μ	摩擦力 μN (kN)	弾性剛性 ^{※1} K (kN/m)
φ 700	1	2146	0.015	32.2	5.06×10^3
φ 800	3	3286~3405	0.015	49.3~51.1	6.77×10^3
φ 900	3	3879~5241	0.015	58.2~78.6	8.07×10^3
φ 1000	4	4045~6980	0.015	60.7~104.7	1.03×10^4

※1：基準温度 20℃に対して、15℃の特性として定めた値。

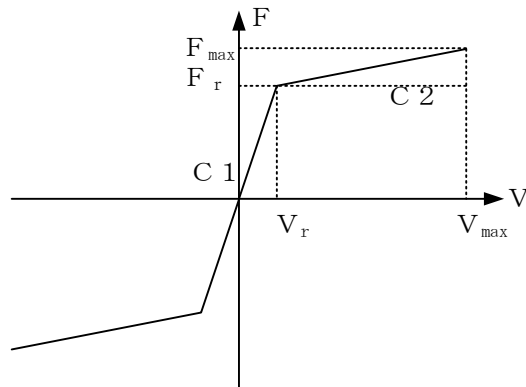
(b) 減衰要素

減衰要素はオイルダンパをダッシュポット要素にモデル化する。ダッシュポット要素の諸元を第10表に示す。

第10表 オイルダンパによる免震層ダッシュポットモデルの諸元
(1基あたり)

減衰係数 C_1 (kN/(cm/s))	減衰係数 C_2 (kN/(cm/s))	リリース 荷重 F_r (kN)	リリース 速度 V_r (m/s)	最大 荷重 F_{max} (kN)	最大 速度 V_{max} (m/s)
25.0	1.695	800	0.32	1000	1.50

オイルダンパはX, Y各方向10基ずつ、計20基配置する。オイルダンパの特性を第7図に示す。

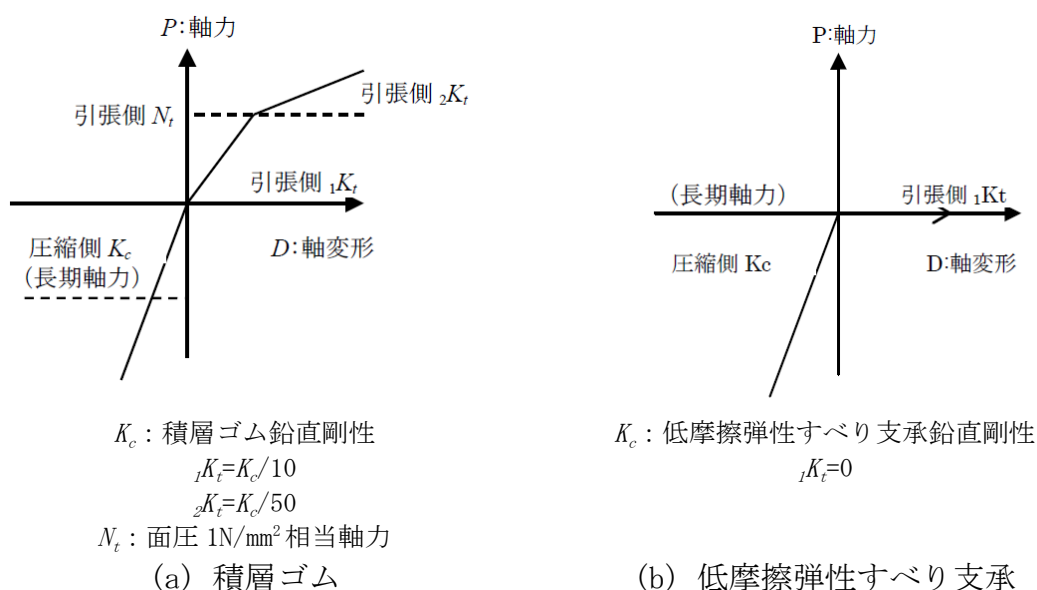


第7図 オイルダンパに与える特性

(c) 鉛直ばね要素

免震層の鉛直ばねは、天然ゴム系積層ゴム、鉛プラグ入り積層ゴム、低摩擦弾性すべり支承をそれぞれ圧縮領域と引張領域が非対称となる非線形ばねでモデル化する。積層ゴムの引張方向の特性は、第 8 図に示すようにバイリニアとし、圧縮剛性に係数を乗じて設定した。各装置の特性を第 11～13 表に示す。

なお、鉛直方向の減衰特性は剛性比例の内部粘性減衰とし、減衰定数は地盤ばね、免震装置、上部構造の連成系鉛直方向 1 次固有周期に対して、2%とする。



第 8 図 免震装置鉛直特性設定概要

第 11 表 天然ゴム系積層ゴムの鉛直特性 (1 基あたり)

種類	鉛直剛性 (kN/m)			N_t (kN)
	圧縮側 K_c	引張側 ${}_1K_t$	引張側 ${}_2K_t$	
$\phi 1200$	4.57×10^6	4.57×10^5	9.14×10^4	1130.5

第 12 表 鉛プラグ入り積層ゴムの鉛直特性 (1 基あたり)

種類	鉛直剛性 (kN/m)			N_t (kN)
	圧縮側 K_c	引張側 ${}_1K_t$	引張側 ${}_2K_t$	
$\phi 1200$	5.57×10^6	5.57×10^5	1.11×10^5	1077.9
$\phi 1300$	6.21×10^6	6.21×10^5	1.24×10^5	1265.7

第 13 表 低摩擦弾性すべり支承の鉛直特性（1 基あたり）

種類	鉛直剛性 (kN/m)	
	圧縮側 K_c	引張側 ${}_jK_t$
$\phi 700$	0.85×10^7	0
$\phi 800$	1.14×10^7	
$\phi 900$	1.40×10^7	
$\phi 1000$	1.75×10^7	

c. 地盤ばね

建物と地盤の動的相互作用は、建物下部の地盤を等価な水平ばね、回転ばね及び鉛直ばねとして評価する。

d. 免震装置の特性変動

(a) 天然ゴム系積層ゴム

免震装置のうち、天然ゴム系積層ゴムの剛性（水平及び鉛直）のばらつきに対して第 14 表に示す 3 要因を設定した。

第 14 表 天然ゴム系積層ゴムのばらつき

ばらつきの要因	水平剛性 K_r	鉛直剛性 K_v
製品誤差 (設計値に対して)	-5%~+5%	0%~+15%
経年変化 (初期値に対して)	0%~+10%	0%~+10%
環境温度 (設計値に対して)	-4%~+4%	変化なし

(b) 鉛プラグ入り積層ゴム

免震装置のうち、鉛プラグ入り積層ゴムの降伏後剛性、降伏荷重特性値及び鉛直剛性のばらつきに対して第 15 表に示す 3 要因を設定した。

第 15 表 鉛プラグ入り積層ゴムのばらつき

ばらつきの要因	降伏後剛性 K_d	降伏荷重特性値 Q_d	鉛直剛性 K_v
製品誤差 (設計値に対して)	-5%~+5%	-10%~0%	-5%~+10%
経年変化 (初期値に対して)	0%~+10%	0%	0%~+10%
環境温度 (設計値に対して)	-4%~+4%	-15%~+14%	変化なし

(c) 低摩擦弾性すべり支承

免震装置のうち、低摩擦弾性すべり支承の1次剛性、摩擦係数及び鉛直剛性のばらつきに対して第16表に示す3要因を設定した。

第16表 低摩擦弾性すべり支承のばらつき

ばらつきの要因	1次剛性 K_t	摩擦係数 μ	鉛直剛性 K_v
製品誤差 (設計値に対して)	-30%~+30%	-50%~0%	-30%~0%
経年変化 (初期値に対して)	0%~+10%	変化なし	0%~+10%
環境温度 (設計値に対して)	-4%~+4%	変化なし	変化なし

(d) オイルダンパ

免震装置のうち、オイルダンパの減衰係数及びリリース荷重のばらつきに対して第17表に示す3要因を設定した。

第17表 オイルダンパのばらつき

ばらつきの要因	減衰係数 C	リリース荷重 F_r
製品誤差 (設計値に対して)	-5%~+10%	-5%~+10%
経年変化 (初期値に対して)	-3%~+3%	-3%~+3%
環境温度 (設計値に対して)	-5%~+5%	-5%~+5%

(e) 解析条件

天然ゴム系積層ゴム，鉛プラグ入り積層ゴム，低摩擦弾性すべり支承及びオイルダンパについては，標準特性とした場合に加え，ばらつきとして免震層全体での等価剛性が最大あるいは最小となる組合せについて検討を実施する。すなわち，剛性が最大となるケースとして，天然ゴム系積層ゴムの剛性が最大，かつ鉛プラグ入り積層ゴムの降伏後剛性，降伏荷重特性値及び鉛直剛性が最大，かつ低摩擦弾性すべり支承の摩擦係数及び鉛直剛性が最大，かつオイルダンパの減衰係数，リリース荷重が最大となる組合せ及びその逆の2ケースを考慮する。解析ケースを第18表に示す。

第18表 解析ケース一覧

解析 ケース	天然ゴム系 積層ゴム	鉛プラグ入り 積層ゴム	低摩擦弾性 すべり支承	オイルダンパ
剛性 最大	水平剛性 K_r : 1.19 鉛直剛性 K_v : 1.25	降伏後剛性 K_d : 1.19 降伏荷重特性値 Q_d : 1.14 鉛直剛性 K_v : 1.20	1次剛性 K_j : 1.44 摩擦係数 μ : 1.00 鉛直剛性 K_v : 1.10	減衰係数 C : 1.18 リリース荷重 F_r : 1.18
標準 特性時	水平剛性 K_r : 1.00 鉛直剛性 K_v : 1.00	降伏後剛性 K_d : 1.00 降伏荷重特性値 Q_d : 1.00 鉛直剛性 K_v : 1.00	1次剛性 K_j : 1.00 摩擦係数 μ : 1.00 鉛直剛性 K_v : 1.00	減衰係数 C : 1.00 リリース荷重 F_r : 1.00
剛性 最小	水平剛性 K_r : 0.91 鉛直剛性 K_v : 1.00	降伏後剛性 K_d : 0.91 降伏荷重特性値 Q_d : 0.75 鉛直剛性 K_v : 0.95	1次剛性 K_j : 0.66 摩擦係数 μ : 0.50 鉛直剛性 K_v : 0.70	減衰係数 C : 0.87 リリース荷重 F_r : 0.87

(3) 固有値解析結果

水平方向の固有値解析は、上部構造は線形とし、免震層の水平ばねを各振幅レベルの等価線形値を取る場合について実施した。鉛直方向の固有値解析は水平方向固定条件として解析を行った。

a. 水平方向の固有周期

免震層が水平変形 $d=24\text{cm}$ ($\gamma=100\%$) 及び $d=48\text{cm}$ ($\gamma=200\%$) における等価剛性をもつ場合の水平方向の固有値解析結果を第 19 表及び第 20 表に示す。

第 19 表 水平変形 $d=24\text{cm}$ ($\gamma=100\%$) における固有周期

方向	次数	固有周期 (秒)	刺激係数 [※]
X 方向	1	3.345	1.001
	2	0.078	0.007
	3	0.047	0.014
Y 方向	1	3.344	1.001
	2	0.069	0.008
	3	0.047	0.015

※最大値を 1 で基準化した各次固有モードに対する刺激係数として求め絶対値を示す。

第 20 表 水平変形 $d=48\text{cm}$ ($\gamma=200\%$) における固有周期

方向	次数	固有周期 (秒)	刺激係数 [※]
X 方向	1	3.886	1.001
	2	0.078	0.007
	3	0.047	0.014
Y 方向	1	3.886	1.000
	2	0.069	0.009
	3	0.047	0.015

※最大値を 1 で基準化した各次固有モードに対する刺激係数として求め絶対値を示す。

b. 鉛直方向の固有周期

水平方向固定条件とした場合の鉛直方向の固有値解析結果を第21表に示す。

第21表 鉛直方向の固有周期

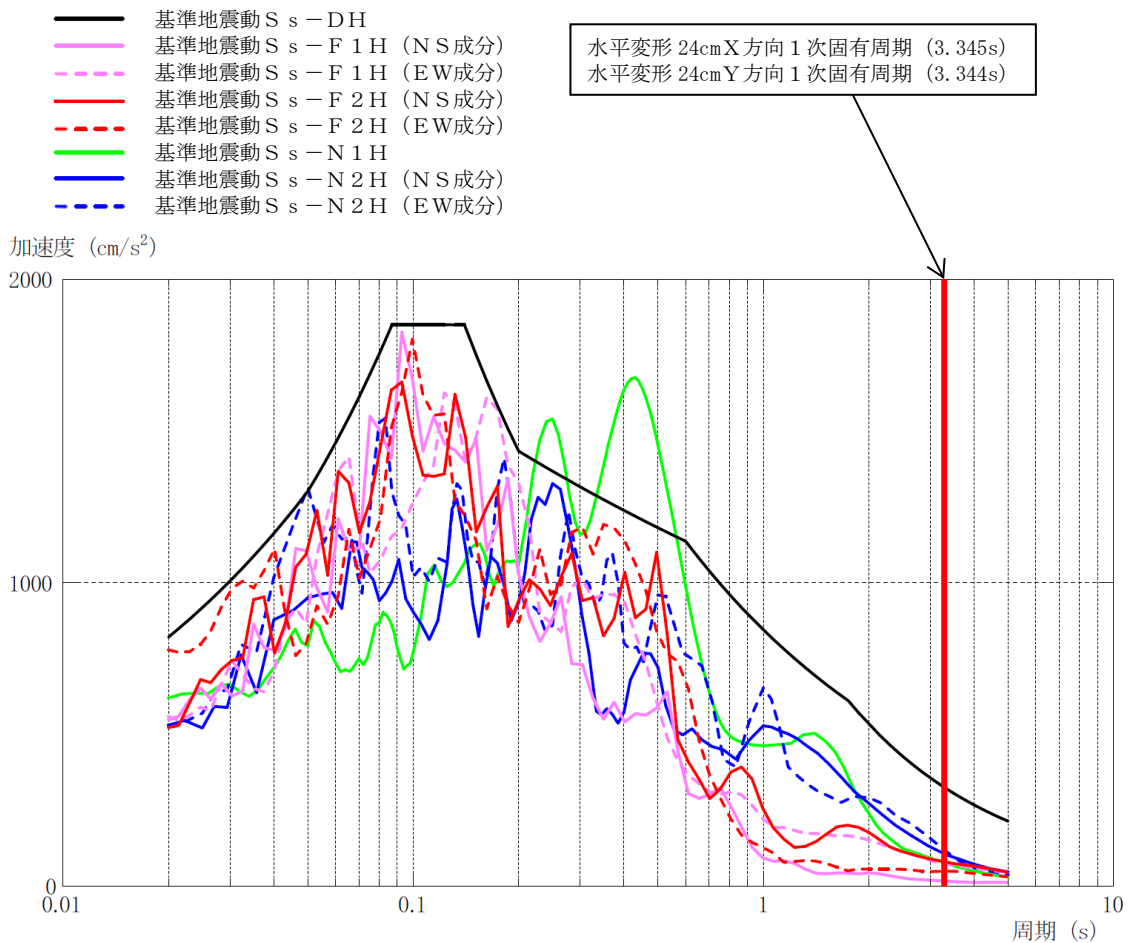
方向	次数	固有周期 (秒)	刺激係数 [※]
Z 方向	1	0.065	1.277
	2	0.023	0.503
	3	0.018	0.233

※最大値を1で基準化した各次固有モードに対する刺激係数として求め絶対値を示す。

(4) 検討用地震動

検討用の地震動は、基準地震動 $S_s - D$ 、基準地震動 $S_s - F 1$ 、基準地震動 $S_s - F 2$ 、基準地震動 $S_s - N 1$ 及び基準地震動 $S_s - N 2$ のうち、免震重要棟の地盤ばね、免震装置、上部構造の連成系水平方向1次固有周期（免震層の水平変形 $d=24\text{cm}$ ($\gamma=100\%$)) における加速度応答スペクトルが最も大きい基準地震動 $S_s - D$ とする。基準地震動 S_s の解放基盤表面における加速度応答スペクトル（水平方向）を第9図に示す。

免震重要棟の地震応答解析モデルへの入力地震動は、成層地盤モデルを用いた一次元波動論による解析によって求める。



第9図 基準地震動 S_s の加速度応答スペクトル（水平方向， $h=0.05$ ）

(5) 解析ケース

免震装置の特性のばらつきを考慮した全解析ケースを第 22 表に示す。

第 22 表 解析ケース

ケース	基準地震動	入力方向			免震装置の特性 のばらつき
		X	Y	Z	
S _s -D (X)	S _s -D	H ^{※1}	-	V ^{※2}	標準特性時
					剛性最大
					剛性最小
S _s -D (Y)		-	H ^{※1}	V ^{※2}	標準特性時
					剛性最大
					剛性最小

※1：基準地震動 S_s-D による水平方向の入力地震動

※2：基準地震動 S_s-D による鉛直方向の入力地震動

(6) 地震応答解析結果

各解析ケースにおける上部構造層間変形角を第 23 表及び第 24 表に、免震装置せん断ひずみを第 25 表に示す。

第 23 表 上部構造層間変形角 (X 方向)

ケース	階数	標準特性時	剛性最大	剛性最小
S s - D (X)	3 階	1/22838	1/25830	1/23904
	2 階	1/15969	1/17391	1/17194
	1 階	<u>1/15459</u>	1/16031	1/17000

(注) : 下線は X 方向の最大層間変形角

第 24 表 上部構造層間変形角 (Y 方向)

ケース	階数	標準特性時	剛性最大	剛性最小
S s - D (Y)	3 階	1/35235	1/37400	1/39326
	2 階	1/23969	1/24366	1/27203
	1 階	1/21898	<u>1/21729</u>	1/24496

(注) : 下線は Y 方向の最大層間変形角

第 25 表 免震装置せん断ひずみ

ケース	標準特性時	特性変動時	
		剛性最大	剛性最小
S s - D (X)	<u>131.67%</u>	109.59%	<u>168.34%</u>
S s - D (Y)	131.67%	109.59%	168.34%

(注) : 下線は標準特性時, 特性変動時それぞれの最大せん断ひずみ

5. まとめ

地震応答解析により評価された結果の最大応答値を第 26 表に示す。

保管場所への影響の観点からは、以下のように評価する。

「鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針（案）・同解説」（（社）日本建築学会）において、安全限界状態とされる層間変形角は 1/75 である。今回の解析結果による最大層間変形角は、この 1/75 を大幅に下回っている。

また、「免震構造の試評価例及び試設計例」（（独）JNES, 2014）において免震装置の設計目標値であるせん断ひずみは 166%（免震装置標準特性時）及び 250%（免震装置の特性変動時）である。今回の解析結果による免震装置の最大せん断ひずみはこの値を下回っている。

以上のことから、建物は倒壊せず、保管場所への影響はないことを確認した。

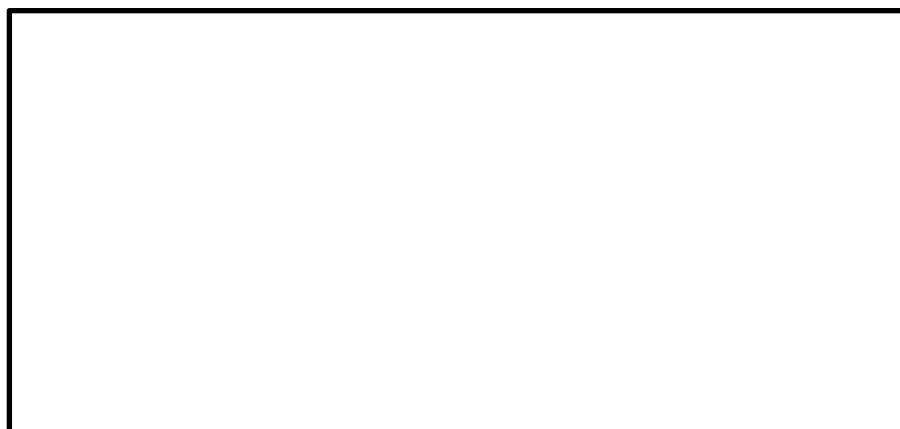
第 26 表 最大応答値一覧

部位	項目	最大応答値	評価基準値
上部構造	最大層間変形角 (X方向)	1/15459 ($S_s - D(X)$, 1階, 標準特性時)	1/75
	最大層間変形角 (Y方向)	1/21729 ($S_s - D(Y)$, 1階, 剛性最大)	
免震装置	せん断ひずみ (標準特性時)	132% ($S_s - D(X)$)	166%
	せん断ひずみ (特性変動時)	169% ($S_s - D(X)$, 剛性最小)	250%

1号炉原子炉建物 外装材 基準地震動 S_s に対する耐震性能評価検討

1. 目的

1号炉原子炉建物の鉄骨造部分に設置している外装材（複合板）について、基準地震動 S_s により生じる地震荷重に対する耐震性能を確認し、外装材（複合板）のアクセスルートへの影響を確認する。外装材（複合板）の取付位置を第1図に示す。



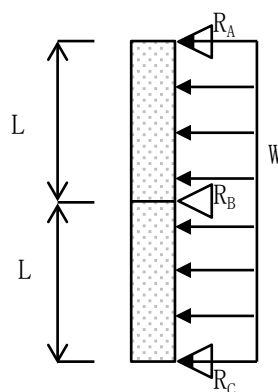
第1図 1号炉原子炉建物 南側 外装材（複合板）取付位置図

2. 外装材（複合板）の耐震性について

外装材（複合板）について、以下のとおり強度を確保していることを確認した。

2.1 検討方針

基準地震動 S_s により外装材（複合板）に発生する応力について、第2図に示す簡易モデルにより評価し、許容値以下であることを確認する。



第2図 2スパン連続梁モデル図

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

2.2 検討諸元

外装材（複合板）の1枚あたりの幅に対して、ボルト取付部を支点（R）と見なした2スパン連続梁モデルとし、基準地震動S_sにより生じる地震荷重を分布荷重（W）とした場合に、取付ボルトに発生する引張荷重（Q）、外装材（複合板）の連続部に発生する最大曲げモーメント（M）を第1表に示す。

- ・取付ボルトに発生する最大引張荷重：

$$Q_{\max} = R_B = 5/4 \times W \times L$$

- ・外装材（複合板）に発生する最大曲げモーメント：

$$M_{\max} = M_B = 1/8 \times W \times L^2$$

第1表 基準地震動S_sによる発生応力

	分布荷重 W (kN/m)	支点ピッチ L (m)	引張荷重 Q _{max} (kN)	最大曲げ モーメントM _{max} (kN・m)
地震荷重 (水平)	1.5 ^{※1} (@6.0G)	0.9	1.69	0.152

※1：外装材（複合板）の1枚あたりの単位重量（0.25kN/m）に暫定条件を元に設定した検討用震度（6.0G）を乗じて算定した値

2.3 評価結果

基準地震動S_sにより外装材（複合板）に発生する応力に対して、許容値以下であることを第2表に示す。

- ・外装材（外側波形鉄板）^{※1}：

冷間圧延鋼板，厚さ mm

- ・取付ボルト：

ステンレスボルト，φ7.5，2本（1支点あたり）

- ・取付ボルトに発生する引張応力度：

$$\sigma_t = Q_{\max} / A$$

A：取付ボルトの有効断面積^{※2}

- ・外装材（外側波形鉄板）^{※1}に発生する曲げ応力度：

$$\sigma_b = M_{\max} / Z$$

Z：外装材（外側波形鉄板）^{※1}の断面係数

第2表 断面検討結果

	取付ボルト		外装材（外側波形鉄板）	
	引張応力度 σ_t (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	曲げ応力度 σ_b (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)
地震荷重 (水平)	42.1	210	36.5	180

※1：複合板は外側波形鉄板，断熱材及び内側鉄板により構成しているため，強度部材を外側波形鉄板として検討

※2：取付ボルトの径は $\phi 7.5$ であるが，よりボルト径が小さいM6として設定

地滑り又は土石流による影響評価について

1. はじめに

保管場所及びアクセスルートに対する地滑り又は土石流の影響について、以下のとおり評価し、重大事故等対応に影響がないことを確認した。

2. 地滑りの影響評価について

独立行政法人防災科学技術研究所（以下、「防災科研」）が作成した地すべり地形分布図（平成 17 年、清水ほか「恵曇」(2005a)※¹、「境港」(2005b)※²)の記載に基づくと、第 1 図のとおり島根原子力発電所構内に地滑り地形は 5 箇所記載されている。

保管場所については、各地滑り地形の範囲外に設置されており、影響はない。

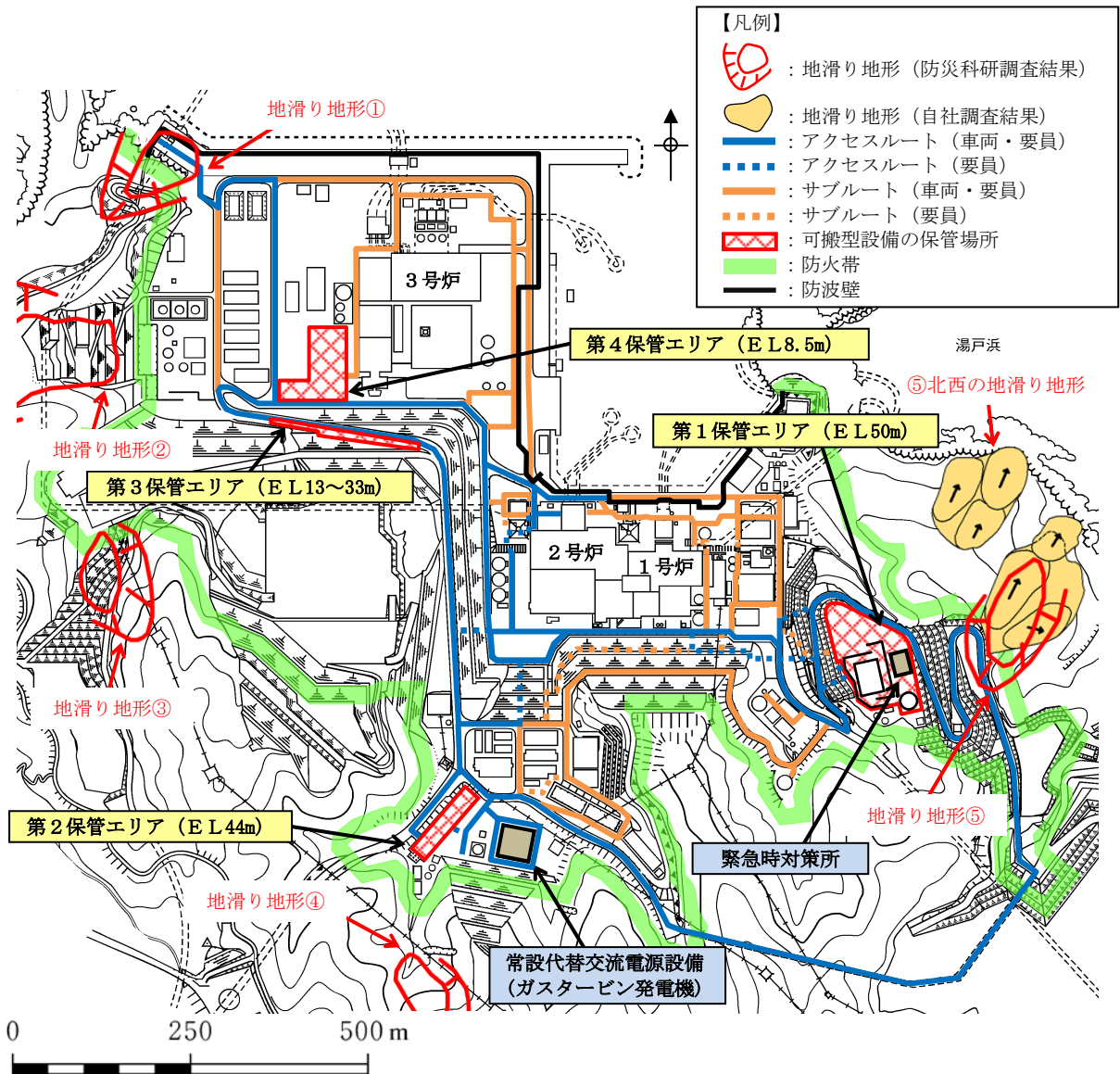
アクセスルートについては、防災科研調査結果の地滑り地形①及び地滑り地形⑤の範囲にあるが、自社調査（机上調査による地形判読及び現地踏査による地滑り地形の詳細検討）の結果、地滑り地形①については深層崩壊を伴うような地滑り地形ではないことを確認している。また、防災科研調査結果の地滑り地形①付近において確認された表層土（礫質土及び粘性土）については、過去の表層すべりの可能性が否定できないことから、周辺斜面の安定性確保のため、撤去を行うこととしている。

地滑り地形⑤については、自社調査の結果、地滑り土塊が認められるが、アクセスルートは自社調査結果の地滑り土塊の範囲外に位置する。また、地滑り頭部付近においては、尾根筋を切り取っているが、斜面にすべり面が認められないことから、アクセスルートは地滑り地形の範囲外に位置する。

（第六条 外部からの衝撃による損傷の防止 参照）

※1 清水文健・井口 隆・大八木規夫(2005a)：5 万分の 1 地すべり地形分布図，第 26 集「浜田・大社」図集，地すべり地形分布図 恵曇，防災科学技術研究所研究資料 第 285 号，防災科学技術研究所

※2 清水文健・井口 隆・大八木規夫(2005b)：5 万分の 1 地すべり地形分布図，第 25 集「松江・高梁」図集，地すべり地形分布図 境港，防災科学技術研究所研究資料 第 278 号，防災科学技術研究所



第1図 地滑り地形分布図 (保管場所及びアクセスルート)

3. 土石流の影響評価について

国土交通省国土政策局が公開する「国土数値情報 土砂災害危険箇所データ」の記載に基づくと、第2図のとおり島根原子力発電所構内の土石流危険区域は7箇所である。

第2保管エリア及び一部のアクセスルートが土石流危険区域の範囲内に含まれているが、屋外に配置している可搬型設備は複数箇所にそれぞれ離隔して分散配置しているため、影響を受けない。アクセスルートは、複数確保しているアクセスルートが使用可能であるためアクセス性に影響はない。なお、屋内のアクセスルートについては、原子炉建物等が影響を受ける範囲にないため、影響はない。詳細は以下のとおり。

(1) 対応方針

a. 土石流が発生した場合の対応方針

土石流が発生し第2保管エリア及び一部のアクセスルート^{※1}に影響が及んだ場合は、土石流の影響を受けるおそれのないアクセスルート（要員）を使用し、サブルート^{※2}は使用しない。緊急時対策要員は、緊急時対策所からアクセスルート（要員）を用いて、徒歩で土石流の影響を受けるおそれのない第3及び第4保管エリアに移動したうえで、保管されている可搬型重大事故等対処設備を用いて、重大事故等の対応を実施する。

土石流が発生した際の土砂撤去作業は、要員の安全確保の観点から、発生後すぐに行うことは困難であると想定されるため、重大事故等の対応上、土砂撤去作業によるアクセスルート^{※1}の復旧には期待しない。

土砂撤去作業は、二次災害の発生を防止するため、天候や現場状況の確認を行ったうえで実施する。

※1：第2図の土石流危険区域①～⑥が掛かる範囲のアクセスルート

※2：地震及び津波時に期待しないルートであり、地震及び津波その他の自然現象の影響評価対象外

b. 設置許可基準規則への適合性

「設置許可基準規則」第四十三条第3項第五号^{※1}に基づき、可搬型重大事故等対処設備は、常設重大事故等対処設備と異なる場所に、2セットを分散配置して保管することとしている。

土石流の影響を考慮し、可搬型重大事故等対処設備は、2セットを分散配置し、いずれか1セットは土石流の影響を受けない保管場所に配置し、基準に適合させる。

「設置許可基準規則」第四十三条第3項第六号^{※2}に基づき、アクセスルートは、想定される自然現象、原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）、溢水及び火災を想定しても、速やかに運搬、移動に支障をきたすことのないよう、複数のアクセスルートを確保することとしている。

想定される自然現象のうち土石流に対しては、複数のアクセスルートのうち土石流の影響を受けないアクセスルートを少なくとも1ルート確保し、基準に適合させる。

※1：第四十三条第3項第五号：地震、津波その他の自然現象又は故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムによる影響，設計基準事故対処設備及び重大事故等対処設備の配置その他の条件を考慮した上で常設重大事故等対処設備と異なる保管場所に保管すること

※2：第四十三条第3項第六号：想定される重大事故等が発生した場合において、可搬型重大事故等対処設備を運搬し、又は他の設備の被害状況を把握するため、工場等内の道路及び通路が確保できるよう、適切な措置を講じたものであること

c. 土石流が発生した場合の対策内容

土石流の影響を考慮し、全ての土石流危険区域で、同時に土石流が発生した場合においても、重大事故等の対応が可能となるよう、以下の対策を講ずる。また、対策の全体像を第3図に示す。

① アクセスルートの確保

- ・土石流が発生した場合でも、緊急時対策所から第3及び第4保管エリアに要員が移動できるよう、土石流の影響を受けないアクセスルート（要員）を管理事務所2号館南東の位置に設置する。なお、移動に際して、サブルートの使用は期待しない。
- ・万一の送電線垂れ下がり時においても要員が移動できるよう、アクセスルート（要員）を管理事務所2号館南西の位置に設置する。

② 可搬型設備の確保

- ・土石流が発生した場合でも、土石流の影響を受けない第3及び第4保管エリアに保管する可搬型設備を用いて、重大事故等の対応ができるよう、第1保管エリアに保管していたn設備と第4保管エリアに保管していた予備を入れ替える。また、資機材についても保管場所を第1保管エリアから第4保管エリアに変更する。これに伴い、保管場所を確保するため、第4保管エリアの範囲を拡充する。^{※1}

※1：2n設備は、2セットのうち1セットを第3又は第4保管エリアに配置（変更なし）

③ 原子炉注水等に使用する水源の確保

- ・代替淡水源である輪谷貯水槽（西1）及び輪谷貯水槽（西2）並びにその周辺が土石流に覆われ、輪谷貯水槽（西1）及び輪谷貯水槽（西2）を水源とした注水ができなくなることから、海を水源（海水取水箇所：非常用取水設備（2号炉取水槽））とした注水を実施する^{※2}。

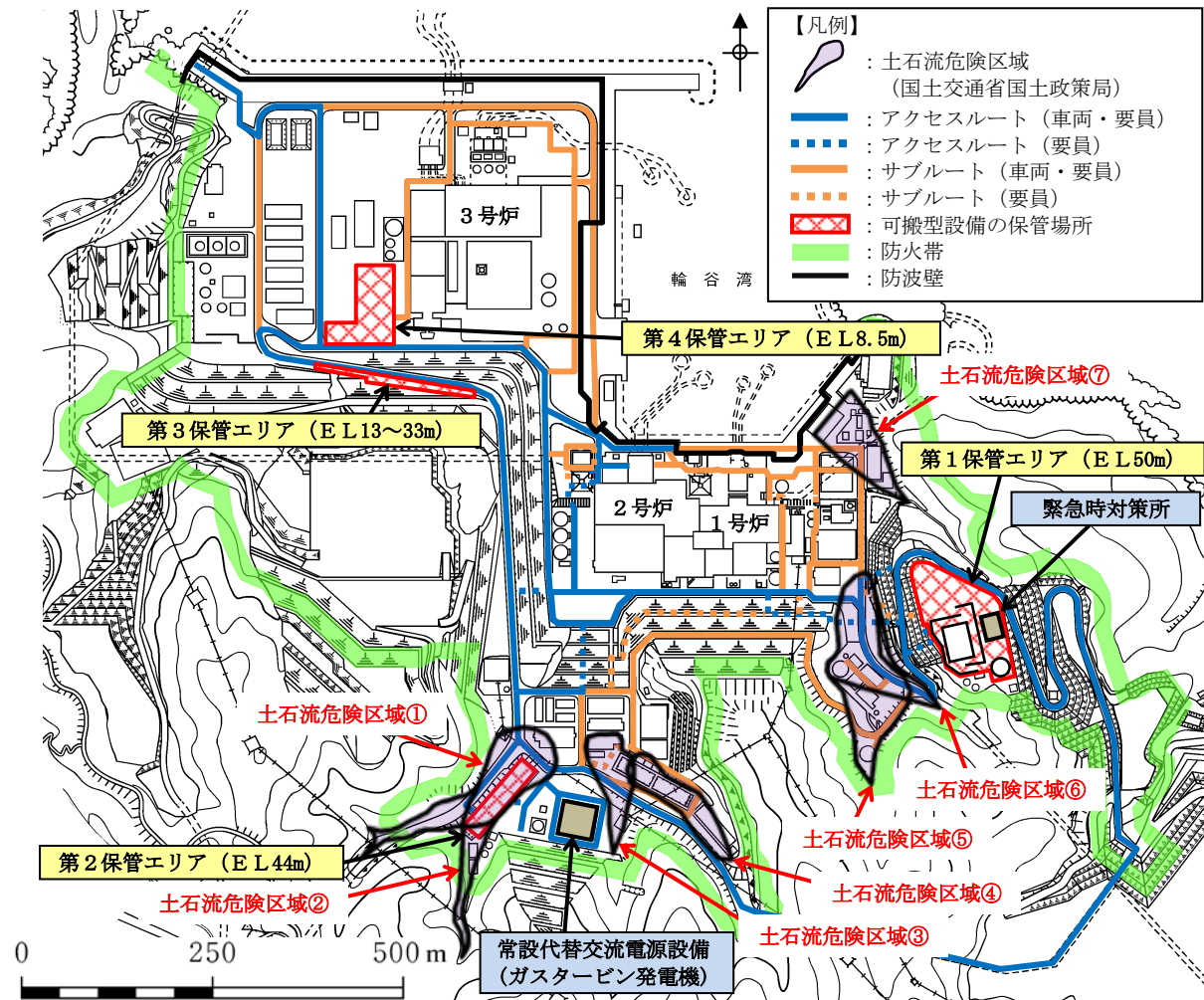
※2：海を水源とする注水手順は，SA手順として整備済（変更なし）

④ 可搬型設備への燃料補給手段の確保

- ・ガスタービン発電機用軽油タンクの周辺が土石流に覆われ，タンクローリーが寄り付けず，ガスタービン発電機用軽油タンクを使用した燃料補給ができなくなることから，非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等を使用した可搬型設備への燃料補給を実施する※3。

※3：非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等を使用した燃料補給手順を，自主対策手順からSA手順に変更

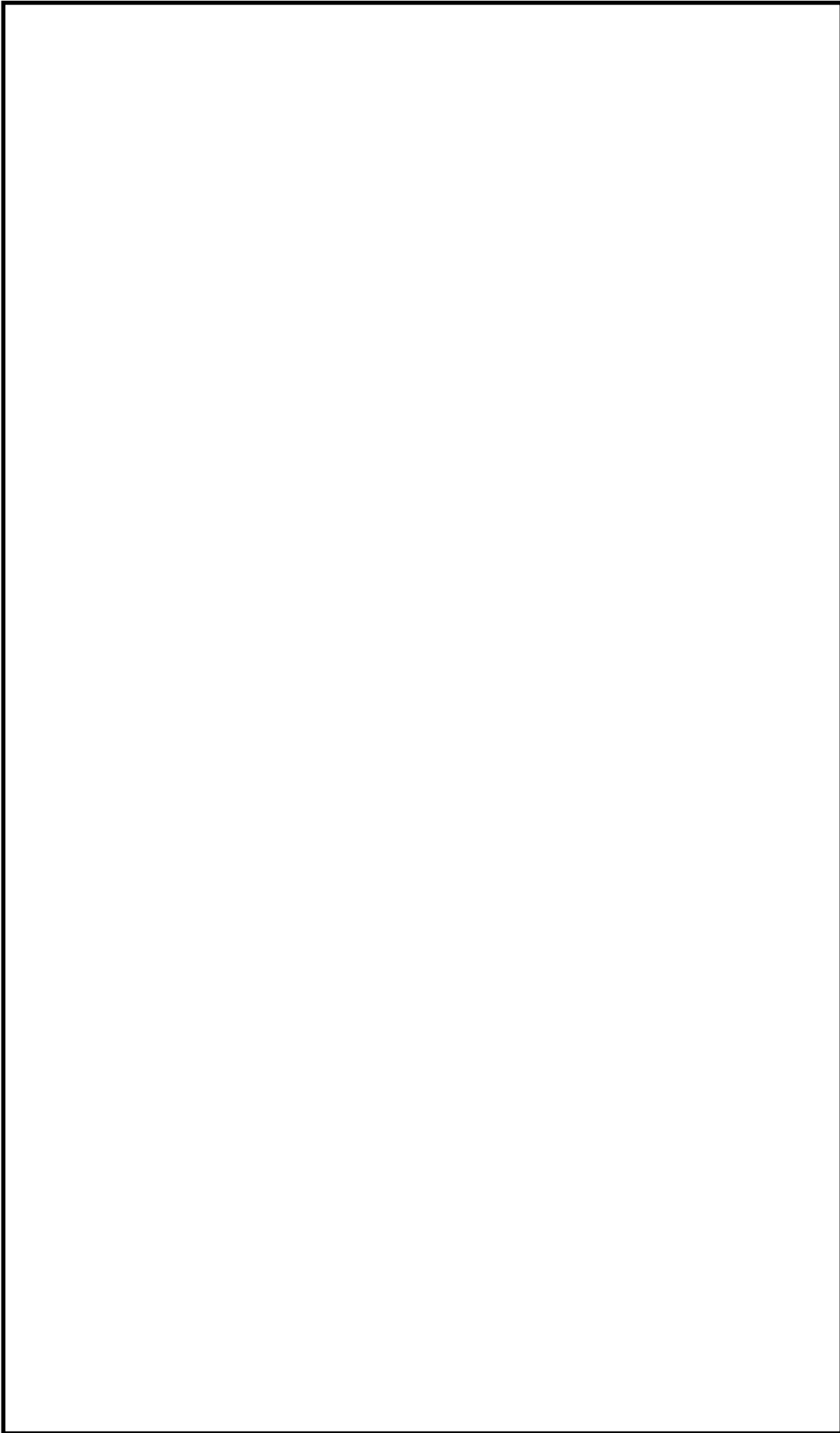
第4 保管エリア【E L8.5m】	第1 保管エリア【E L50m】
<ul style="list-style-type: none"> ・高圧発電機車：3台 ・大量送水車：2台 ・移動式代替熱交換設備：1台 ・大型送水ポンプ車：2台 ・可搬式窒素供給装置：1台 ・第1ペントフィルタ出口水素濃度：1台 ・シルトフェンス（2号炉放水接続槽用）：約20m ・シルトフェンス（輪谷湾用）：約320m ・小型船舶：1隻 ・放射性物質吸着材：3組 ・放水砲：1台 ・泡消火薬剤容器：5個 ・タンクローリ：1台 ・可搬式モニタリング・ポスト：6台 ・可搬式気象観測装置：1台 ・緊急時対策所用発電機：2台 ・緊急時対策所正圧化装置（空気ポンプ）：30本 ・緊急時対策所空気浄化送風機：1台 ・緊急時対策所空気浄化フィルタユニット：1台 ・ホイールローダ：1台 	<ul style="list-style-type: none"> ・高圧発電機車：3台 ・大量送水車：1台 ・移動式代替熱交換設備：1台 ・大型送水ポンプ車：1台 ・可搬式窒素供給装置：1台 ・第1ペントフィルタ出口水素濃度：1台 ・シルトフェンス（2号炉放水接続槽用）：約20m ・シルトフェンス（輪谷湾用）：約360m ・小型船舶：1隻 ・放射性物質吸着材：1組 ・放水砲：1台 ・泡消火薬剤容器：1個 ・タンクローリ：1台 ・可搬式モニタリング・ポスト：6台 ・可搬式気象観測装置：1台 ・緊急時対策所用発電機：2台 ・緊急時対策所正圧化装置（空気ポンプ）：510本 ・緊急時対策所空気浄化送風機：2台 ・緊急時対策所空気浄化フィルタユニット：2台 ・ホイールローダ：1台



第3 保管エリア【E L13~33m】	第2 保管エリア【E L44m】
<ul style="list-style-type: none"> ・高圧発電機車：1台 ・大量送水車：1台 ・移動式代替熱交換設備：1台 ・大型送水ポンプ車：1台 ・タンクローリ：1台 ・ホイールローダ：1台 	<ul style="list-style-type: none"> ・大量送水車：1台

※：サブルートは、地震及び津波時には期待しない。
 ※：各設備の保管場所・数量については、今後の検討結果等により変更となる可能性がある。
 ※：各保管エリアには、可搬型重大事故等対処設備を記載。

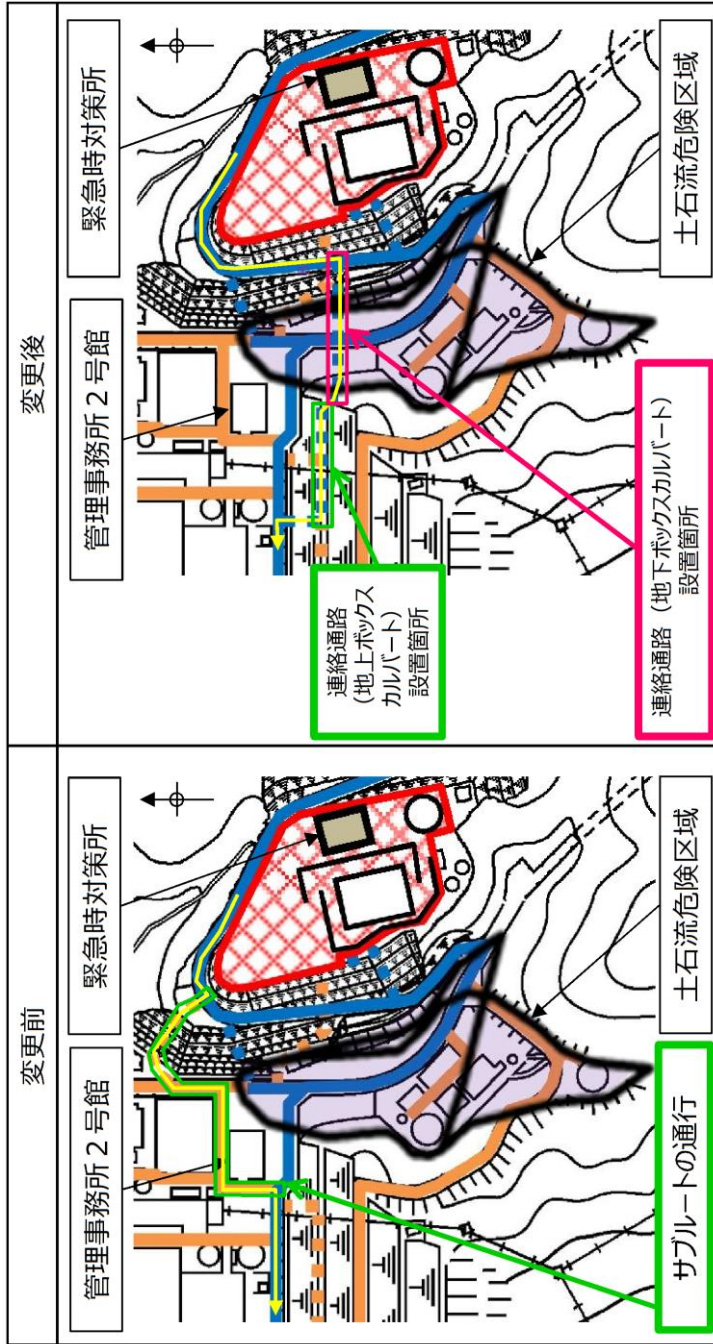
第2 図 土石流危険区域図及び各保管場所に
 配備する可搬型重大事故等対処設備



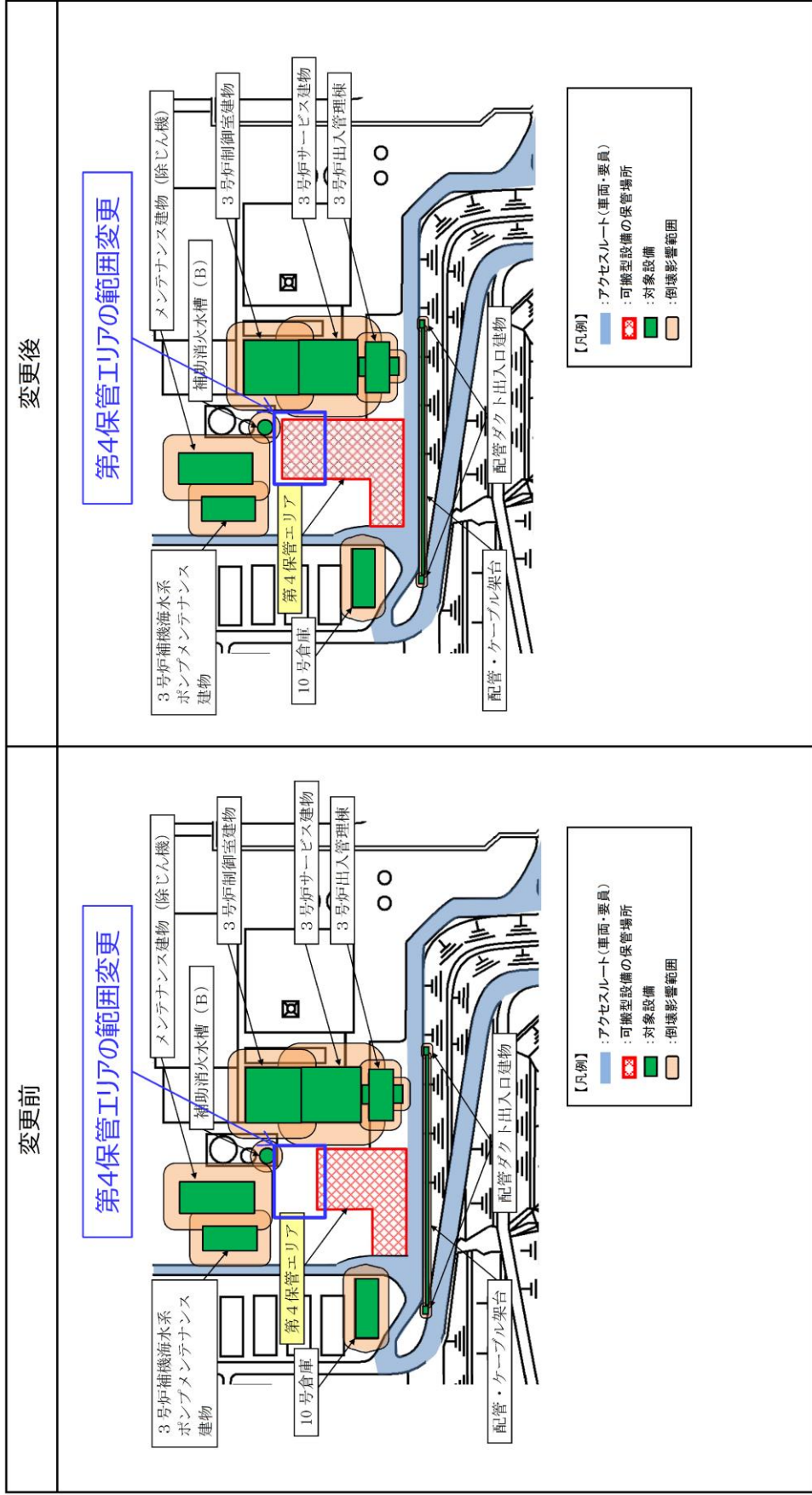
第3図 土石流が発生した場合の重大事故等の対応

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

- 【凡例】
- アクセスルート (車両・要員)
 - アクセスルート (要員)
 - サブルート (車両・要員)
 - サブルート (要員)
 - 可搬型設備の保管場所
 - 土石流危険区域
 - 土石流発生時における
徒歩ルート



第4図 アクセスルート (要員) の一例



第5図 第4保管エリアの範囲変更

d. 土石流が発生した場合の対応内容

- ・緊急時対策要員は、緊急時対策所から土石流の影響を受けるおそれのないアクセスルート（要員）及び1，2号炉原子炉建物南側を經由したルートを用いて、第3及び第4保管エリアに移動する。
- ・第3及び第4保管エリアに保管する大量送水車及びホース展張車を用いて、海（海水取水箇所：非常用取水設備（2号炉取水槽））を水源として、原子炉、燃料プールに海水を注水する。なお、重大事故等の発生時においては海水による注水を実施するが、重大事故等の一連の対策を講じたところで、淡水水源（自主対策設備である非常用ろ過水タンク等）への注水に切り替える。（①）
- ・第3及び第4保管エリアに保管するタンクローリを用いて、E L15m及びE L8.5mの非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等からの燃料抜き取りを実施し、大量送水車等の可搬型設備に定期的に燃料補給を実施する。（②）

【①：海を水源とした注水手順の成立性】

- ・海を水源とするタイムチャートを第6図に、輪谷貯水槽（西1）及び輪谷貯水槽（西2）を水源とするタイムチャートを第7図に、使用するルートを第8図に示す。
- ・有効性評価における輪谷貯水槽（西1）及び輪谷貯水槽（西2）を水源とした注水等の想定時間は2時間10分以内であり、海を水源とした注水等も、この想定時間内（所要時間目安：1時間40分）で対応可能である。（第1表及び参考資料-1参照）

【②：非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等を使用した燃料抜き取り手順の成立性】

- ・非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等を使用した燃料抜き取り手順のタイムチャートを第9図に、ガスタービン発電機用軽油タンクを使用した燃料抜き取り手順のタイムチャートを第10図に、使用するルートを第11図に示す。
- ・有効性評価におけるガスタービン発電機用軽油タンクからの燃料抜き取り作業の想定時間は約1時間50分となっているが、非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等を使用した燃料抜き取り作業の想定時間は約2時間30分となる。（第2表）

事象初期に使用する大量送水車の起動後（事象発生約2時間20分後）から、燃料枯渇までの約3.5時間以内に準備及び燃料補給を完了させる必要があるが、時間内に完了することを確認している。（第12図）

第1表 水源の違いによる注水作業時間

	作業時間	
	所要時間目安※1	想定時間※2
輪谷貯水槽（西1／西2）を水源とした注水等	1時間41分	2時間10分
海を水源とした注水等	1時間40分	2時間10分

※1：実機による検証及び模擬により算定した時間

※2：移動時間＋操作時間に余裕を見て設定

第2表 給油箇所の違いによる補給準備作業時間

	作業時間	
	所要時間目安※1	想定時間※2
ガスタービン発電機用軽油タンクを使用した 燃料抜き取り手順	1時間34分	1時間50分
非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等を 使用した燃料抜き取り手順	2時間12分	2時間30分

※1：実機による検証及び模擬により算定した時間

※2：移動時間＋操作時間に余裕を見て設定

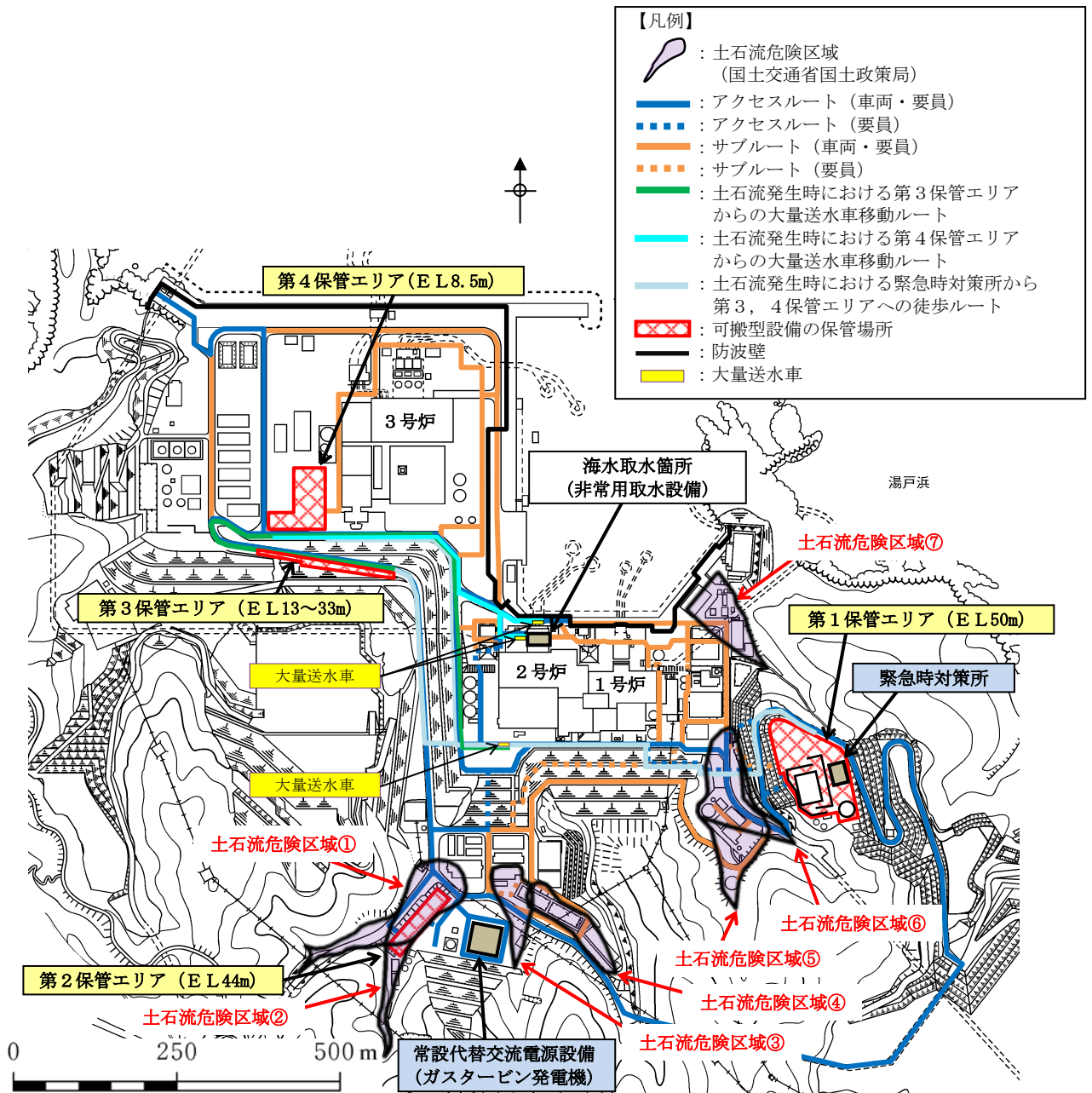
手順の項目	必要な要員と作業項目	経過時間 (分)													備考
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
大量送水車による大量送水車への送水	要員(数) 緊急時対策要員 6	海を水源とした大量送水車(2台)による送水 2時間10分													【取水箇所周辺作業】 大量送水車配置、ホース運搬・敷設、送水機 作等
海を水源とした大量送水車による送水	緊急時対策要員 6	緊急時対策所～第4保管エリア移動※1 車両健全性確認 (大量送水車、ホース展開車) 大量送水車配置 大量送水車起動 (水張り・系統確認) 送水準備 (ホース敷設) 大量送水車起動 (水張り・系統確認) 送水準備 (ホース敷設) 大量送水車配置 送水準備 (ホース敷設及び送水ヘッダ接続) 大量送水車起動 (水張り・系統確認) 送水準備 (ホース敷設) 大量送水車起動 (水張り・系統確認)													

※：緊急時対策所からの移動時間は、土石流が発生した場合、第二輪谷トンネルを通行できないが、作業の成立性の観点でより早いルートを使用した場合の時間を算出

第6図 海を水源とした注水手段 タイムチャート

手順の項目	必要な要員と作業項目	経過時間 (分)													備考
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
低圧原子炉代替注水系 (可搬型) による原子炉圧力容器への注水 (淡水/海水) 【低圧原子炉代替注水系 (可搬型) 接続口 (前) 又は低圧原子炉代替注水系 (可搬型) 接続口 (西) を使用する場合】	要員(数) 緊急時対策要員 6	低圧原子炉代替注水系 (可搬型) による原子炉圧力容器への注水 (淡水/海水) 2時間10分 【低圧原子炉代替注水系 (可搬型) 接続口 (前) 又は低圧原子炉代替注水系 (可搬型) 接続口 (西) を使用する場合】 緊急時対策所～第4保管エリア移動 車両健全性確認 (ホース展開車) 送水準備 (送水ヘッダ～接続口) 送水準備 (送水ヘッダ～接続口) 緊急時対策所～第3保管エリア移動 車両健全性確認 (大量送水車、ホース展開車) 大量送水車配置 送水準備 (ホース敷設) 大量送水車起動 (水張り・系統確認)													【接続口周辺作業】 ホース運搬・敷設、送水 ヘッダ接続、接続等 【取水箇所周辺作業】 大量送水車配置、ホース運 搬・敷設、注水機作等
低圧原子炉代替注水系 (可搬型) による原子炉圧力容器への注水 (淡水/海水) 【低圧原子炉代替注水系 (可搬型) 接続口 (前) 又は低圧原子炉代替注水系 (可搬型) 接続口 (西) を使用する場合】	緊急時対策要員 6	緊急時対策所～第3保管エリア移動 車両健全性確認 (大量送水車、ホース展開車) 大量送水車配置 送水準備 (ホース敷設) 大量送水車起動 (水張り・系統確認)													

第7図 輪谷貯水槽 (西1/西2) を水源とした注水手段 タイムチャート



第8図 海を水源とした対応手段のルート

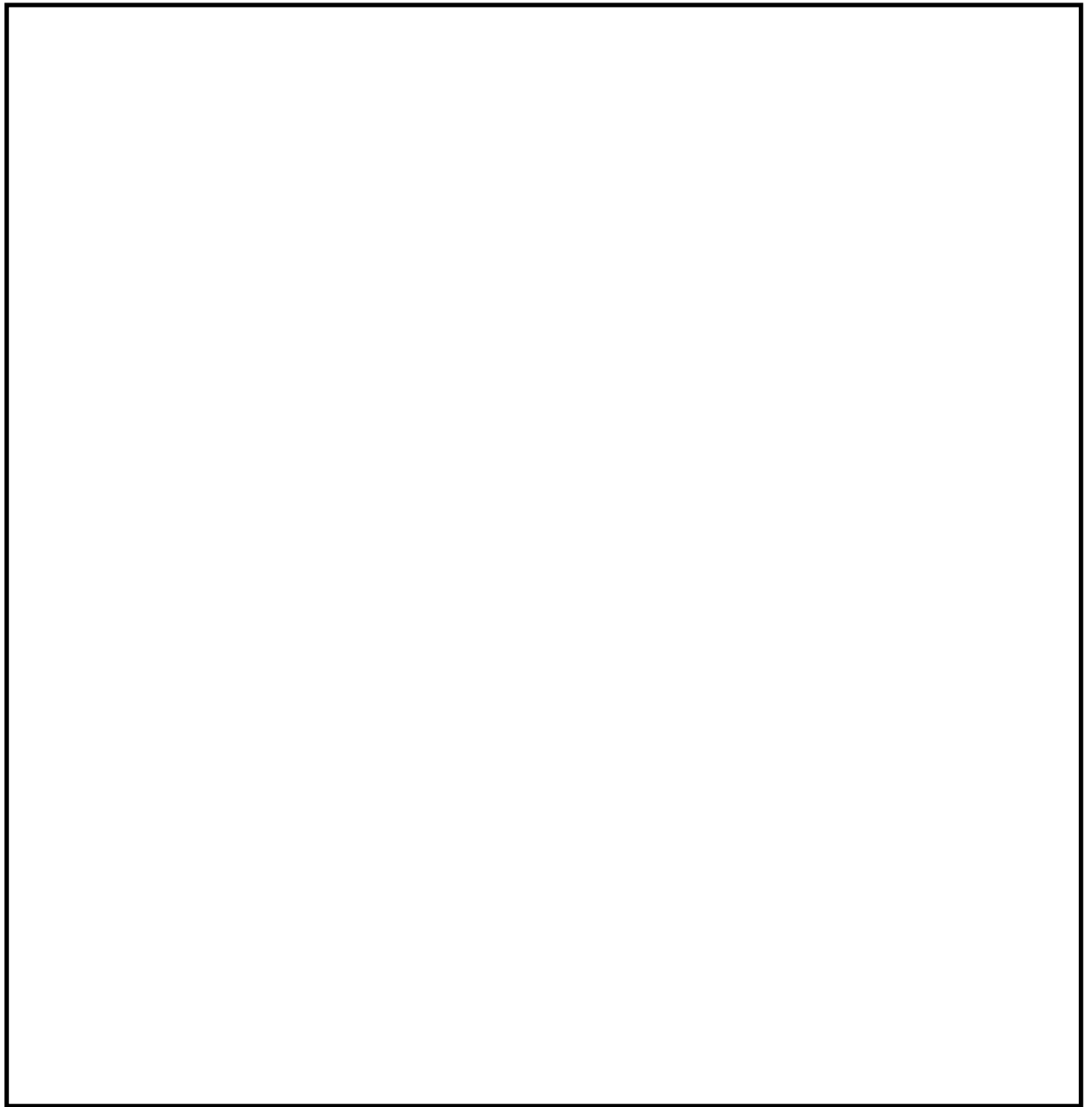
必要な要員と作業項目	経過時間 (分)															備考
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	
手順の項目	以降、タンクローリーから各機器等への給油を実施し、 タンクローリーの軽油残量に応じて繰り返す 2時間30分															
非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等 からタンクローリーへの補給	要員(数)															
	緊急時対策要員															
	移動															
	車両健全性確認 (タンクローリー)															
	タンクローリー配置															
	抜き取り準備															
	補給															補給片付け

※：緊急時対策所からの移動時間は、土石流が発生した場合、第二輪谷トンネルを通行できないが、作業の成立性の観点でより遠いルートを使用した場合の時間を算出

第9図 非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等を使用した燃料抜き取り手順 タイムチャート

必要な要員と作業項目	経過時間 (分)															備考
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120				
手順の項目	以降、タンクローリーから各機器等への給油を実施し、 タンクローリーの軽油残量に応じて繰り返す 1時間50分															
ガスタービン発電機用軽油タンクから タンクローリーへの補給	要員(数)															
	緊急時対策要員															
	移動															
	車両健全性確認 (タンクローリー)															
	タンクローリー配置															
	バルブ付アタッチメント接続															
	補給準備															補給
補給															補給片付け	

第10図 ガスタービン発電機用軽油タンクを使用した燃料抜き取り手順 タイムチャート



第 11 図 非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等を使用した
燃料抜取り手順のルート

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

必要な要員と作業項目		経過時間(分)										経過時間(時間)										備考
		10	20	30	40	50	60	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
操作項目	実施箇所・必要人員数	操作の内容																				
	運転員 (中央制御室)																					
状況判断	1人 A	<ul style="list-style-type: none"> 外部電源喪失確認等 																				▽ 事象発生20分後 タンクローリ準備開始 ▽ タンクローリの準備完了が 必要となる時間 (大量送水車起動から、約3.1時間)
低圧原子炉代替注水系 (可搬型) 準備操作	14人 a~n	<ul style="list-style-type: none"> 放射線防護具準備 低圧原子炉代替注水系(可搬型)による原子炉注水準備 (大量送水車配置、ホース展張、接続) 																				
低圧原子炉代替注水系 (可搬型) 注水操作	(2人) a, b	<ul style="list-style-type: none"> 低圧原子炉代替注水系(可搬型)注水操作 																				大量送水車起動後、 約3.5時間後までに 燃料補給を実施 原子炉水位をレベル3～レベル8で維持
燃料補給準備	2人 r, s	<ul style="list-style-type: none"> 放射線防護具準備/装備 非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等から タンクローリへの補給 																				
燃料補給作業	—	<ul style="list-style-type: none"> 大量送水車への補給 																				10分 2時間30分 余裕時間 適宜実施
																						補給作業に約20分必要となる ため余裕20分前までに準備完 了が必要

第12図 有効性評価における非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等を使用した成立性確認
(全交流動力電源喪失(TBP))

e. 土石流対応のうち海水注水切替え等を決定・実施するための判断基準と対応内容

(a) 海水注水切替え等における土石流対応にあたっての流れ

土石流対応にあたっての流れを以下に示す。なお、土石流対応のうち海水注水切替え等を決定・実施するための判断基準と対応内容を第3表に示す。

- ① 発電所構内雨量計により、1時間雨量が60mm以上を確認した場合には、警戒体制を構築し、発電所施設への監視を強化する。なお、発電所構内の雨量に加え、気象庁から発表される防災気象情報を参考にする。
- ② 構内監視カメラによる確認や現場作業員による目視確認により、作業場所周辺（代替淡水源である輪谷貯水槽（西1／西2）周辺）の土石流危険区域①、②において土石流発生を確認した場合には、土石流危険区域内のアクセスルート等への立入制限及び代替淡水源（輪谷貯水槽（西1／西2））から海を水源とする原子炉等への注水への切替え等の手順を講じることを決定・実施する。

第3表 土石流対応のうち海水注水切替え等を決定・実施するための判断基準と対応内容

	警戒体制の構築（監視強化）	海水注水切替え等の決定・実施
判断基準	<ul style="list-style-type: none"> ■ 発電所構内の雨量に加え、気象庁から発表される防災気象情報を参考に、発電所構内雨量計による1時間雨量が60mm以上を確認した場合 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 構内監視カメラによる確認や現場作業員による目視確認により、作業場所周辺（代替淡水源である輪谷貯水槽（西1／西2）周辺）の土石流危険区域①、②において土石流発生を確認した場合※
通常時	<ul style="list-style-type: none"> ■ 警戒体制を構築し、発電所施設（土石流危険区域の状況を含む。）への監視を強化する。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 土石流危険区域①、②内のアクセスルート等への立入を制限する。 ■ 重大事故等発生時において、以下の手順を講じることを決定する。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 海を水源とした原子炉等への注水とすること。 ・ 非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等を用いた燃料補給とすること。
重大事故等発生時	<ul style="list-style-type: none"> ■ 警戒体制を構築し、発電所施設（土石流危険区域の状況を含む。）への監視を強化する。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 土石流危険区域①、②内のアクセスルート等への立入を制限する。 ■ 以下の手順を講じることを決定する。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 代替淡水源から海を水源とする原子炉等への注水に切り替えること。 ・ ガスタービン発電機用軽油タンクから非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等を用いた燃料補給に切り替えること。

※：作業場所周辺（代替淡水源である輪谷貯水槽（西1／西2）周辺）の土石流発生が確認されていない状況においても、発電所構内の状況、防災気象情報（警戒レベル相当情報）及び発電所構内雨量計による計測値を参考に、あらかじめ海水注水切替え等の事前準備を実施する、並びに人的被害の予防の観点で、海水注水切替え等を決定・実施する場合があります。

- (b) 海水注水切替えの決定・実施を判断するための土石流発生の確認方法
- 作業場所周辺（代替淡水源である輪谷貯水槽（西1／西2）周辺）の土石流危険区域①，②に対しての土石流発生の確認は，構内監視カメラによる確認や現場作業員による目視確認により実施する。具体的な確認方法を以下に示す。
- i. 構内監視カメラによる確認
重大事故等発生時においても土石流発生の確認ができるよう，構内監視カメラ（DB設備）に加えて，構内監視カメラ（DB／SA設備）をガスタービン発電機建物屋上に，1台新規に設置する。
 - ii. 現場による目視確認（構内監視カメラ以外の確認）
発電所構内の降雨状況により警戒体制を構築し，発電所施設（土石流危険区域の状況を含む。）への監視を強化するが，通常時及び重大事故等発生時共に，定期的な現場パトロールを行い，土石流発生状況を確認する。
可搬型設備の運転状況確認や，可搬型設備への定期的な燃料補給作業を実施するため，現場作業員による目視確認により，土石流発生状況を確認する。
 - iii. 事象発生確認後の連絡体制
土石流が発生するおそれがある状況においては，既に警戒体制を構築し監視強化を行っており，発電所構内の施設状況を適宜連絡することとしていることから，土石流発生を確認した後，遅滞なく，緊急時対策本部において，海水注水切替えの決定・実施を判断可能である。
- (c) 土石流発生を確認するために新規設置する構内監視カメラ（ガスタービン発電機建物屋上）の概要
- i. 設置目的
重大事故等発生時においても，海水注水切替え等の決定・判断を遅滞なく行えるよう，構内監視カメラ（DB設備）に加えて，作業場所周辺（代替淡水源である輪谷貯水槽（西1／西2）周辺）の土石流危険区域①，②における土石流発生状況を確認できる，耐震性を有する構内監視カメラを，ガスタービン発電機建物屋上に1台新規設置する。
 - ii. 位置付け
構内監視カメラ（ガスタービン発電機建物屋上）は，「DB設備（第二十六条 原子炉制御室等）／SA設備（第五十六条 重大事故等の収束に必要な水の供給設備）」として設置する。
 - iii. 耐震設計及び供給電源
構内監視カメラ（ガスタービン発電機建物屋上）の耐震設計は，C（S s 機能維持）とし，非常用電源（無停電交流電源）及び代替交流電源設備から給電可能とする。

iv. 監視方法

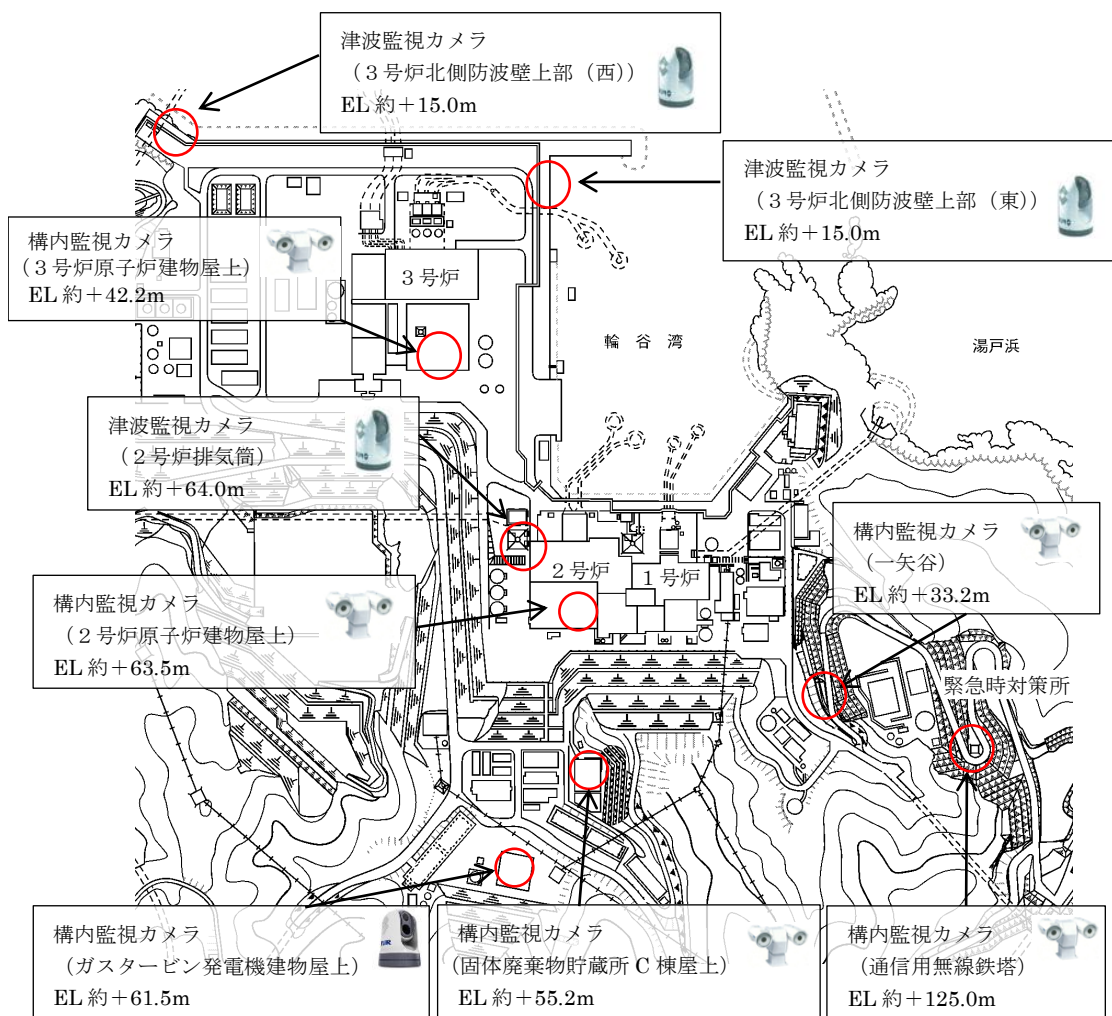
構内監視カメラ（ガスタービン発電機建物屋上）は、重大事故等発生時に中央制御室において運転員により、また、緊急時対策所において緊急時対策要員により監視可能とする。

構内監視カメラ（ガスタービン発電機建物屋上）の概要を第 4 表に示す。また、構内監視カメラの設置場所及び監視範囲を第 13, 14 図に、土石流危険区域方向の状況把握イメージを第 15 図に示す。

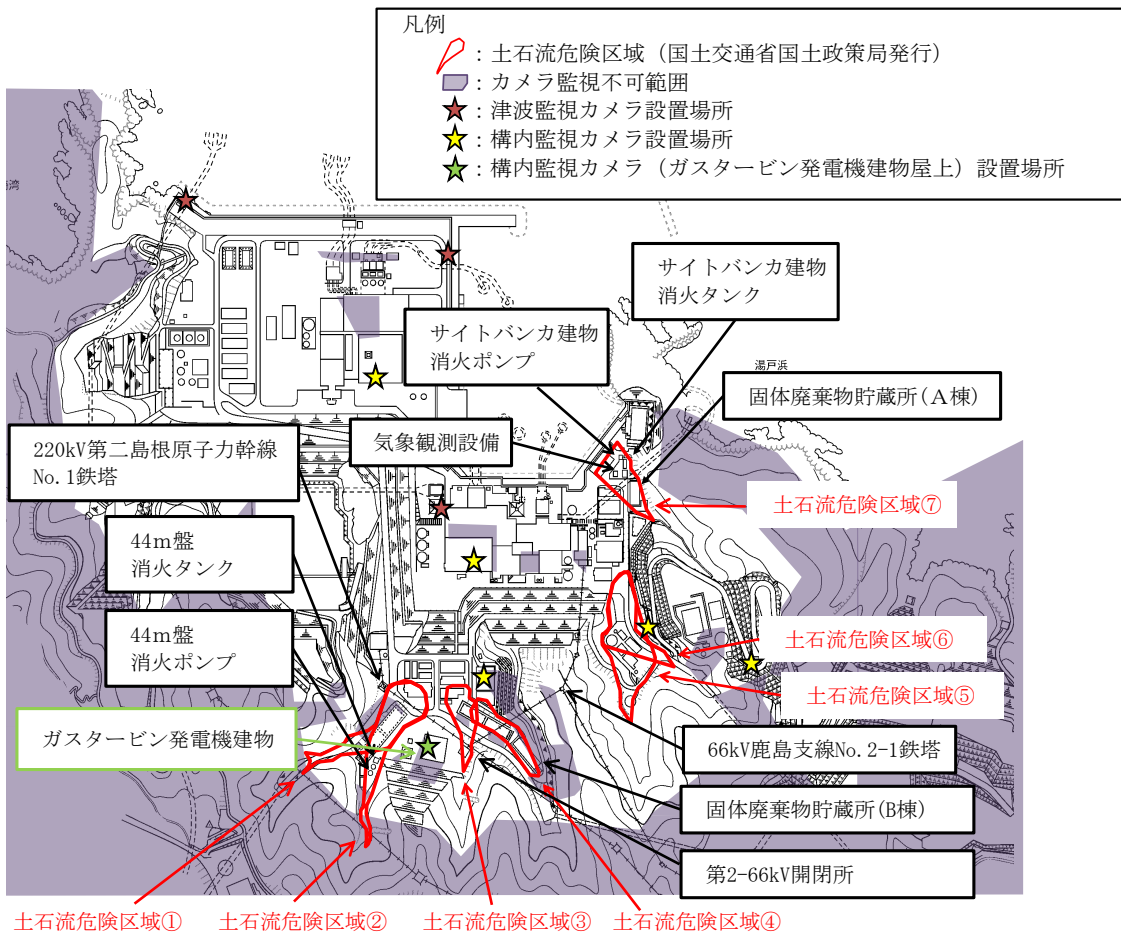
第 4 表 構内監視カメラ（ガスタービン発電機建物屋上）の概要

	構内監視カメラ（ガスタービン発電機建物屋上）
外観	
カメラ構成	可視光と赤外線デュアルカメラ
ズーム	可視光カメラ：光学ズーム 30 倍 デジタルズーム 12 倍 赤外線カメラ：デジタルズーム 1～4 倍
遠隔可動	水平可動：360° 上下可動：±90°
暗視機能	可能（赤外線カメラ）
耐震設計	C（S s 機能維持）
供給電源	非常用電源（無停電交流電源） 代替交流電源設備
風荷重	風速（30m/s）による荷重を考慮
積雪荷重	積雪（100cm）による荷重を考慮
台数	ガスタービン発電機建物屋上 1 台

※：詳細設計中であり変更の可能性がある。



第13図 構内及び津波監視カメラの設置場所



第 14 図 構内及び津波監視カメラの監視範囲



(例) 構内監視カメラ (ガスタービン発電機建物屋上) にて
輪谷貯水槽 (西 1 / 西 2) の南側方向



(例) 構内監視カメラ (ガスタービン発電機建物屋上) にて
輪谷貯水槽 (西 1 / 西 2) の北側方向

第 15 図 ガスタービン発電機建物屋上からの土石流危険区域①, ②
方向の状況把握イメージ

(d) 土石流発生後に海水注水切替えを決定・実施するとした場合の成立性
海水注水切替え等の決定・実施の判断基準を「作業場所周辺（代替淡水源である輪谷貯水槽（西1／西2）周辺）の土石流危険区域①，②において土石流発生を確認した場合」とし，ホース展張等の事前準備を行わず，土石流発生を確認後から決定・実施をしても，重大事故等の対応上，成立することを確認した。

- ・ 重大事故等発生後，可搬型設備を用いて原子炉等への注水を実施する際の作業想定時間は，以下のとおり。
 - 輪谷貯水槽（西1／西2）を水源とした場合の想定時間：
約2時間10分（実績1時間41分）
 - 海を水源とした場合の想定時間：
約2時間10分（実績1時間40分）
- ・ 重大事故等発生後，原子炉への注水は，高圧注水系（原子炉隔離時冷却系，高圧原子炉代替注水系），低圧原子炉代替注水系（常設）を用いて，優先的に実施する。
- ・ 可搬型設備による原子炉等への注水は，代替淡水源である輪谷貯水槽（西1／西2）を用いて準備を実施するが，注水準備には約2時間10分が想定される。注水準備完了後，土石流発生を確認し海を水源とした注水への切替えを決定・実施することを想定しても，高圧注水系，低圧原子炉代替注水系（常設）による原子炉等への注水に係るそれぞれの制約時間*までに，海を水源とした注水に切替えることが可能かどうか確認した。
- ・ 第16図のとおり，海を水源とした注水準備作業には約2時間10分が想定されるが，土石流発生の確認及び海水注水切替え等の決定・判断に10分を想定しても，高圧注水系及び低圧原子炉代替注水系（常設）による原子炉注水を実施している間に，海を水源とした原子炉等への注水準備は完了可能なため，注水は途切れることなく継続可能である。

※：高圧注水系：機能維持可能なサプレッション・プール水温度100℃到達までの時間（約8時間）
低圧原子炉代替注水系（常設）：炉心冠水，崩壊熱に応じた注水量を考慮した低圧原子炉代替注水槽枯渇までの時間（約21時間）

事象発生後の経過時間		備考
操作項目	操作の内容	
事象確認	事象確認 10分	
輪谷貯水槽（西1/西2）を水源とした原子炉等への注水準備	放射線防護具準備 10分 大量送水車の配備・ホース敷設等 2時間10分	
海を水源とした原子炉等への注水準備	土石流発生の確認・海を水源とした注水等の準備指示 10分 大量送水車の配備・ホース敷設等 2時間10分	
海を水源とした原子炉等への注水開始	大量送水車の起動・注水	
		原子炉等への注水

▽ 8時間：カプレン・プール水温度100℃到達
高圧注水系（原子炉隔離時冷却系，高圧原子炉代替注水系）停止

▽ 21時間：低圧原子炉代替注水系枯竭

▽ 土石流発生確認
海を水源とした注水への切替指示
▽ 海を水源とした注水準備完了

第16図 土石流が発生した場合の作業の成り立ち

(2) 土石流の影響を受けない参集ルート

発電所敷地外から発電所構内への参集ルートは、通常の一矢入口及び本谷入口を通過するルートに加え迂回ルートを確認している。

一矢入口及び本谷入口を通過するルートは、発電所構内の土石流危険区域の範囲内に含まれているため、土石流の影響を受けて通行できないおそれがあるが、土石流の影響を受けるおそれのない迂回ルート（宇中入口，宇中谷入口，内カネ谷入口）により，発電所構内に参集する。

発電所敷地外から発電所構内への参集ルートを，第 17 図に示す。



第 17 図 発電所敷地外から発電所構内への参集ルート及び緊急時対策所へのアクセスルート

海を水源とした場合の注水における所要時間を短縮する取り組みについて

海を水源とした場合の原子炉等への注水作業時間を短縮する取り組みとして、第 1 図のとおり海水取水用の可搬型設備を、大型送水ポンプ車から大量送水車に変更することとした。

1. 海を水源とした所要時間を短縮する取り組み

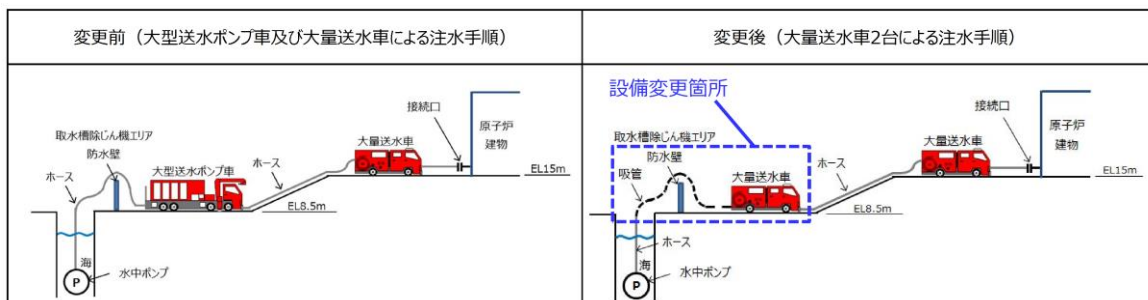
時間短縮取り組み前後の訓練結果（タイムチャート）の比較を第 2 図に、時間短縮が可能な作業内容を第 1 表に示す。

訓練の結果、従来の大型送水ポンプ車及び大量送水車を使用した作業時間「2 時間 8 分」に対して、大量送水車 2 台を使用した作業時間を「1 時間 40 分」に短縮できることを確認した。

なお、大量送水車による海水取水は水中ポンプ及び車載している送水ポンプによる真空引き^{※1}にて揚程を確保する。これに伴い、流路を「平型ホース」から「平型ホース+吸管」に変更^{※2}する。

※1：基準津波による引き波時において海水面が低下すると、水中ポンプだけでは揚程が不足し海水取水できなくなるおそれがあるため。

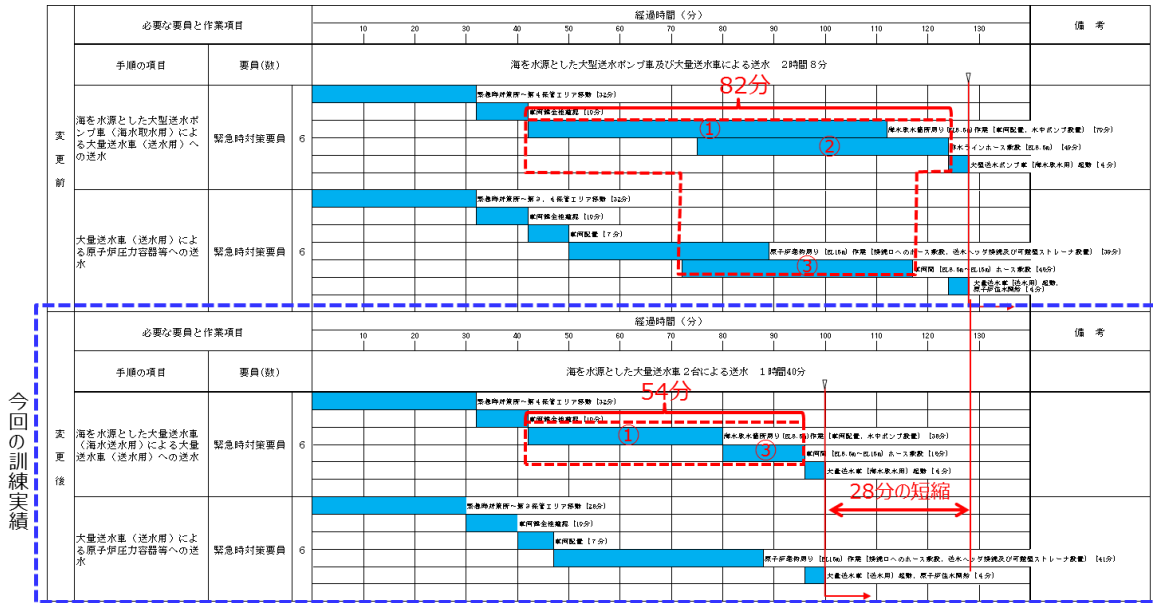
※2：平型ホースでは、送水ポンプの真空引きによりホースが潰れて流路が確保できないことから、真空引き区間を耐負圧力のある吸管にて流路を確保する。また、吸管敷設区間は短く（10m×2 本）、訓練実績により平型ホースと同等の時間で敷設作業が可能であることを確認している。なお、吸管は「消防用吸管的技術上の規格を定める省令」に適合しており、耐負圧力（-94kPa で 10 分保持でも変形しないこと）があり、送水ポンプは-82kPa 程度で海水を吸い込むことから変形することなく、流路が確保可能である。なお、吸管は大量送水車の付属品（資機材）として車載し、保管する。



第 1 図 海を水源とした対応手順 概略図

【訓練実施日】 令和2年5月24日（天候：晴れ，気温27℃）

【訓練結果】 海水取水用の可搬型設備を大型送水ポンプ車から大量送水車に変更することで，水中ポンプの設置作業時間及びホース敷設時間を短縮することができ，全体作業時間を28分短縮し，1時間40分で終わることができていることを確認した。



今回の訓練実績

今回の訓練実績

※：タイムチャート内の番号は第1表の番号を示す

第2図 海を水源とした注水手順 実績時間タイムチャート

第1表 主な時間短縮が可能な作業

No. ※1	主な作業項目	作業時間		時間短縮可能な作業内容
		変更前	変更後	
①	海水取水箇所周り (E L 8.5m) 作業 (車両配置, 水中ポンプ設置)	70分	38分	<ul style="list-style-type: none"> 大型送水ポンプ車の水中ポンプは約 130kg の重量があり車載のユニットで運搬・設置作業を実施するのに対し, 大量送水車の水中ポンプは約 20kg と軽量であり人力での運搬が可能であることから, 運搬・設置が容易であり, 時間を要しない。 大量送水車は, 大型送水ポンプ車に比べて小型で, 車両の取り回し及び配置に時間を要しない。
②	排水ラインホース敷設 (E L 8.5m)	49分	該当作業なし	<ul style="list-style-type: none"> ②の作業において, 大型送水ポンプ車は, ポンプの流量調整範囲内に入るよう排水ラインを設置し流量を確保していたが, 大量送水車は, ポンプの出口圧力に応じた流量調整が可能であることから, 排水ラインの設置を要しない。 上記②の作業を要しないことから, 海水取水箇所周り (E L 8.5m) の緊急時対策要員が③のホース敷設作業を実施することで, 作業時間の短縮が可能である。 なお, ①と③の作業は一部並行作業から, 作業負荷軽減のため, シリーズで作業を実施することに変更した。
③	車両間 (E L 8.5m～E L 15m) ホース敷設	46分	16分	<ul style="list-style-type: none"> ③の作業において, 大型送水ポンプ車を使用する場合には, 海水取水箇所周りでは 300A ホースを敷設し, 300A ホースから媒介金具により, 150A ホースにサイズダウンし 150A ホースを敷設する。一方, 大量送水車を使用する場合には, 媒介金具を使用することなく, 150A ホースのみを敷設する。なお, いずれのホースもアクセスルータ上にホース展張車を用いて敷設する。 大量送水車に変更することで, 150A ホース (約 3kg/m) に比べて重い 300A ホース (約 5kg/m) を使用しなくなること, 媒介金具が不要となることから, ホース敷設・接続に時間を要しない。

※1: 番号は第2図のタイムチャート内の番号を示す

【訓練時の考慮事項】

- 緊急時対策所から第3及び第4保管エリアに、時間を要する第二輪谷トンネルを通行し、徒歩にて移動する。その後、第3及び第4保管エリアに配置する大量送水車にて各作業場所へ移動する。(アクセスルートは第4図参照)
- 緊急時対策要員の装備は、炉心損傷防止時の作業も考慮し、防護具(全面マスク、綿手袋、ゴム手袋、汚染防護服)を着用する。
- 現場の工事状況等により一部作業ができない工程は、同等の作業等を模擬することで作業時間を算出する。

具体的な作業は以下のとおり。(第3図参照)

- ・大量送水車～海の流路確保作業(吸管、ホース敷設作業は、必要な長さ分を考慮し、ポンプ運搬・投入作業は、ポンプ運搬距離及び投入距離を考慮して模擬作業を実施)
- ・流路の確保における防水壁乗り越え作業(防水壁の高さ分を想定した作業を模擬して実施)



緊急時対策所からの徒歩移動
(E L 33m 付近)



吸管・ホース設置状況 (模擬)
(E L 8.5m 2号炉取水槽付近)



防水壁ホース乗り越え作業 (模擬)
(E L 8.5m 2号炉取水槽付近)



吸管・ホース・水中ポンプ設置完了後
(模擬) (E L 8.5m 2号炉取水槽付近)

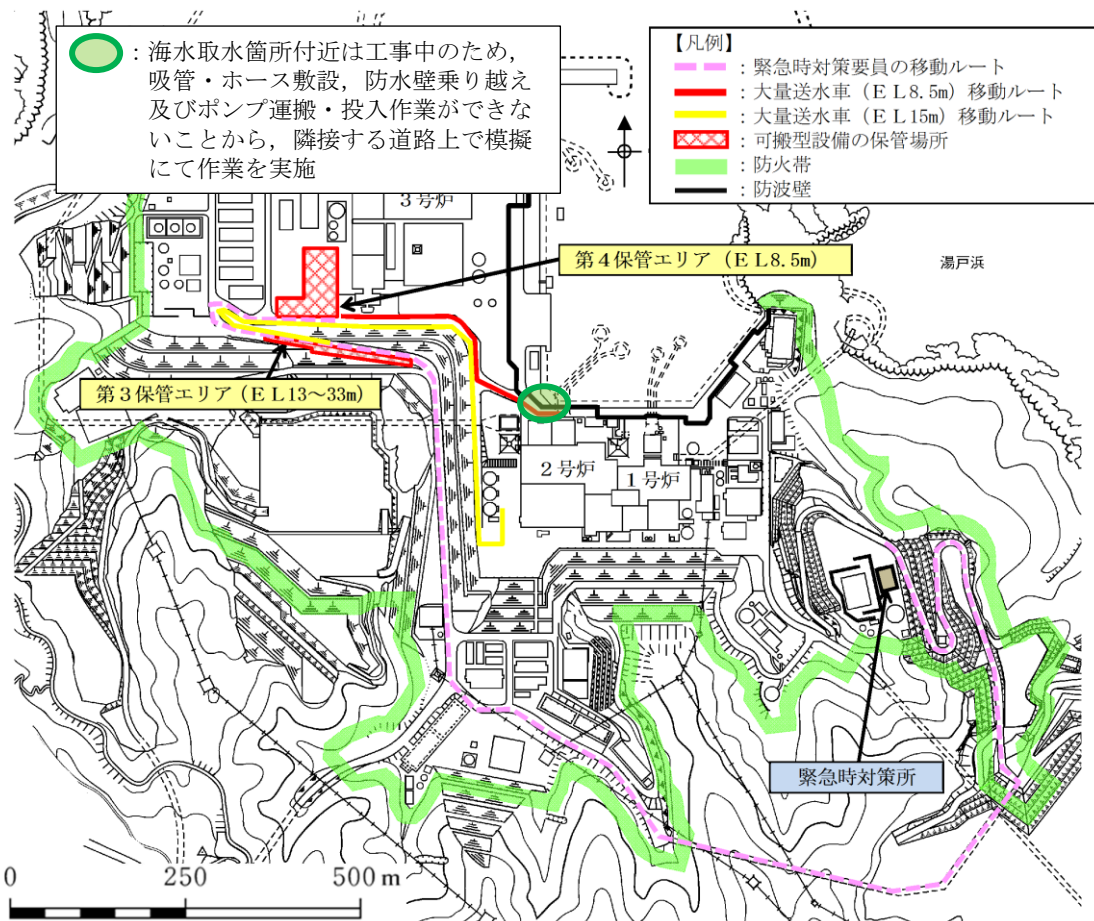


ホース敷設作業
(E L 8.5m~15m 西側道路付近)



大量送水車へのホース接続
(E L 15m 原子炉建物西側)

第3図 訓練風景写真



第4図 訓練及び想定時間の算出に用いたアクセスルート

2. 海を水源とした対応手順 (S A手順) の変更

海水取水に使用する可搬型設備を、大型送水ポンプ車から大量送水車に変更することで、大量送水車を使用する手順を自主手順からS A手順に、大型送水ポンプ車を使用する手順をS A手順から自主手順に変更する。

上記を含む、海を水源としたS A手順で使用する可搬型設備を、第2表に示す。

第2表 海を水源としたS A手順で使用する可搬型設備の状況

S A手順	使用する可搬型設備 ^{※1}	
	変更前	変更後
<ul style="list-style-type: none"> 原子炉圧力容器への注水 原子炉格納容器内へのスプレー 原子炉格納容器下部への注水 燃料プールへの注水/スプレー 低圧原子炉代替注水槽への補給 輪谷貯水槽（西1）又は輪谷貯水槽（西2）への補給 	<ul style="list-style-type: none"> 大型送水ポンプ車（原子炉補機代替冷却系用）^{※2} 大量送水車（送水用） 	<ul style="list-style-type: none"> 大量送水車（海水取水用）^{※5} 大量送水車（送水用）
<ul style="list-style-type: none"> 原子炉補機代替冷却系による除熱 	<ul style="list-style-type: none"> 大型送水ポンプ車（原子炉補機代替冷却系用）^{※2, 3} 	<ul style="list-style-type: none"> 大量送水車（海水取水用）^{※3, 5}
<ul style="list-style-type: none"> 大気への放射性物質の拡散抑制 航空機燃料火災への対応 	<ul style="list-style-type: none"> 大型送水ポンプ車（原子炉補機代替冷却系用）^{※2} 移動式代替熱交換設備（原子炉補機代替冷却系用） 	<p>変更なし</p>
	<ul style="list-style-type: none"> 大型送水ポンプ車（原子炉補機代替冷却系用）^{※4} 	<p>変更なし</p>

※1：（ ）内は可搬型設備の用途を示す。

※2：大型送水ポンプ車は2ライン同時に送水が可能であり、「大量送水車（送水用）への送水」又は「輪谷貯水槽（西1）又は輪谷貯水槽（西2）への補給」と「移動式代替熱交換設備への送水」で使用する大型送水ポンプ車（1台）は、同一のものを使用する。

※3：海水取水及び送水を1台で実施する。

※4：海水取水及び放水を1台で実施する。

※5：海を水源とした原子炉圧力容器等への注水手順は、「輪谷貯水槽（西1）又は輪谷貯水槽（西2）から原子炉圧力容器等への注水」ができない場合に実施することから、「輪谷貯水槽（西1）又は輪谷貯水槽（西2）への補給」と同時に実施することはないため、大量送水車（海水取水用）は同一のものを使用する。

3. 海を水源とした原子炉等への注水手順の成立性

海水取水に使用する可搬型設備を、大型送水ポンプ車から大量送水車に変更した場合においても、以下の手順が成立することを確認した。

- ・引き波時を考慮した海水取水の揚程（16.2m）を確保でき、原子炉等へ送水する大量送水車への海水送水が可能であること。
- ・原子炉圧力容器への注水に必要な流量（30m³/h）及び原子炉格納容器内へのスプレイに必要な流量（120m³/h）が同時に確保可能であること。

4. 可搬型設備の台数及び保管場所の変更

大量送水車は、「設置許可基準規則」第四十三条第3項第一号に基づき、2n + α 設備として、3台確保する計画としていたが、大量送水車による海水取水手順をSA手順化することに伴い、5台確保することに変更する。

なお、これに伴い、大量送水車の保管場所を第3表のとおり変更する。

第3表 大量送水車の保有台数及び保管場所の変更

設備名称	用途	使用場所	変更前				変更後				
			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	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	
大量送水車	送水用	E L 44m 周辺 E L 15m 周辺	0台	1台	1台	予備1台	0台	1台	1台	0台	予備1台 (兼用) ※
	海水取水用	E L 8.5m 周辺	0台	0台	0台	0台	1台	0台	0台	1台	予備1台 (兼用) ※

※：送水用及び海水取水用の設置許可基準規則解釈第43条第5項に基づく、故障時のバックアップ及び保守点検による待機除外時のバックアップ（α）は、発電所全体で確保する。なお、要求されるいずれの機能も満足するため、兼用で1台確保する。

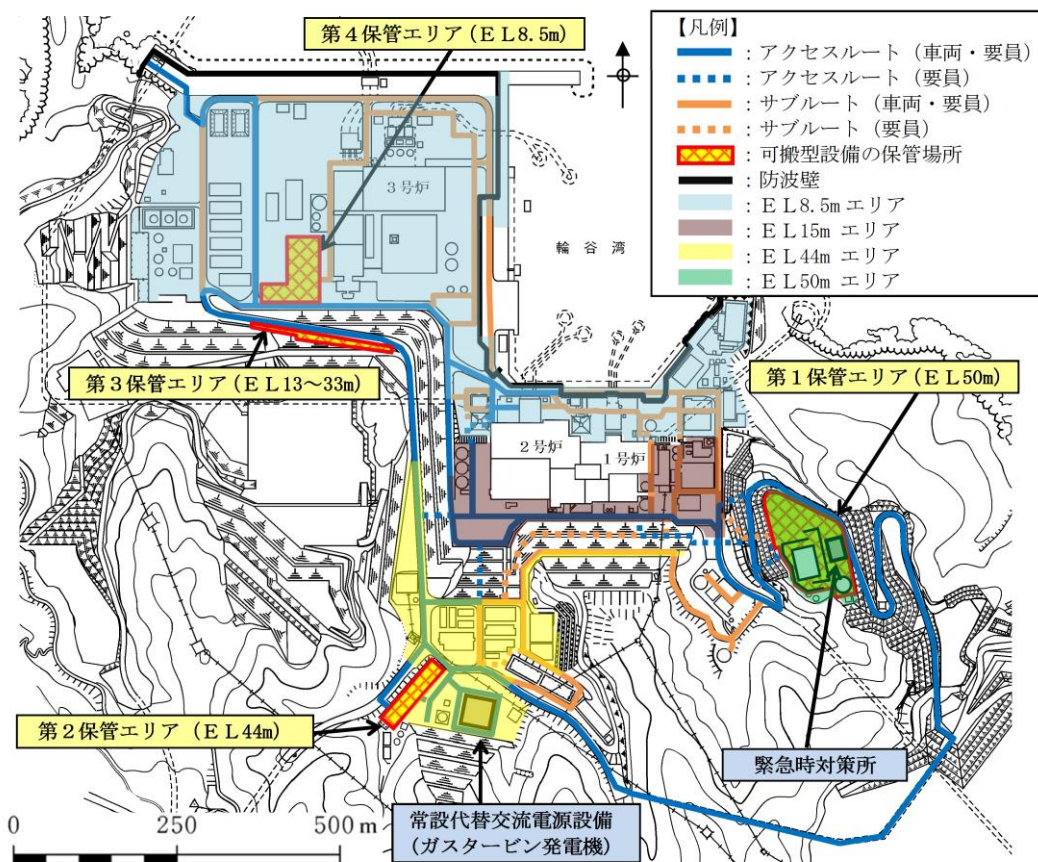
島根原子力発電所における敷地の特徴について

島根原子力発電所の特徴は以下のとおりであり、これらの特徴を踏まえ、屋外のアクセスルート及び保管場所を設定した。

- ①標高差があること
- ②敷地が狭隘であること
- ③周辺斜面が近接していること

1. 「①標高差があること」

- ・図1に示すように、敷地高さは、主に、E L 8.5m, E L 15m, E L 44m, E L 50mに分かれており、この敷地高さを考慮し、第1保管エリアをE L 50m, 第2保管エリアをE L 44m, 第3保管エリアをE L 13~33m, 第4保管エリアをE L 8.5mに設定する。
- ・施設護岸にE L 15mの防波壁等を設置することにより、基準津波は敷地（保管場所含む。）に到達しないが、2セットある可搬型設備のうち少なくとも1セットは、自主的に第4保管エリア（E L 8.5m）以外の高台に保管場所を確保する。
- ・淡水取水場所（E L 44m）及び海水取水場所（E L 8.5m）と接続口（E L 15m）で標高差があることを踏まえ、可搬型設備を速やかに配置するために、淡水取水場所周辺で使用する可搬型設備は、淡水取水場所直上に位置する第2保管エリア（E L 44m）又は淡水取水場所へのアクセス性と第2保管エリアとの位置的分散を考慮した第3保管エリア（E L 13~33m）に配置する。
- ・接続口及び海水取水場所（E L 8.5m）周辺で使用する可搬型設備は、緊急時対策所からのアクセス性を考慮し第1保管エリア（E L 50m）又は海水取水場所へのアクセス性と第1保管エリアとの位置的分散を考慮した第4保管エリア（E L 8.5m）に配置する。

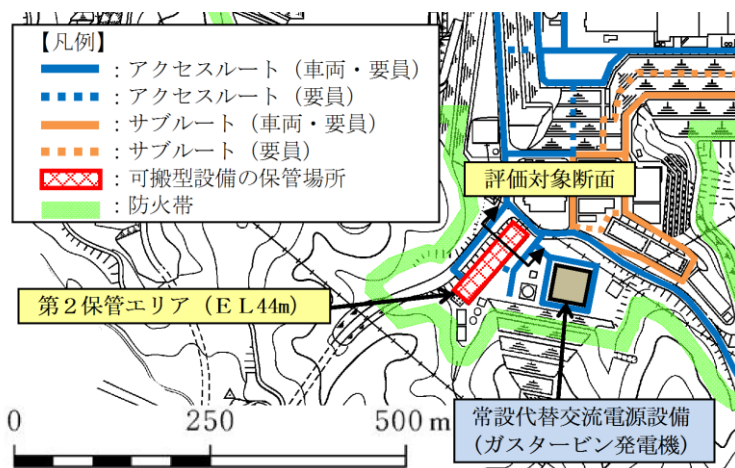


第1図 保管場所及び屋外アクセスルートと敷地高さ関係

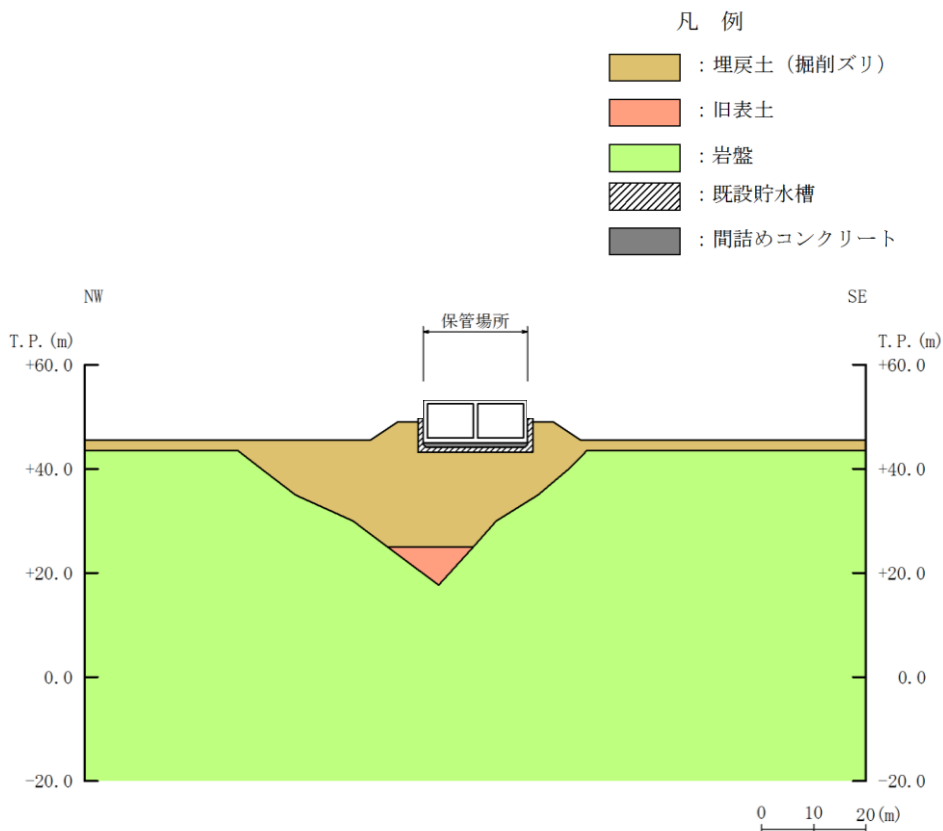
2. 「②敷地が狭隘であること」

(1) 保管場所

- 敷地が狭隘であり、敷地内の平地部に切土地盤（岩盤）が少ないことから、平地を有効に利用することを目的として、基準地震動 S_s に対して損壊しない設計とする代替淡水源（密閉式貯水槽）である輪谷貯水槽（西1／西2）の上部を第2保管エリアとして設定する。（第2，3図）



第2図 第2保管エリア平面図



第3図 第2保管エリア 断面図（短辺方向）

(2) 屋外のアクセスルート

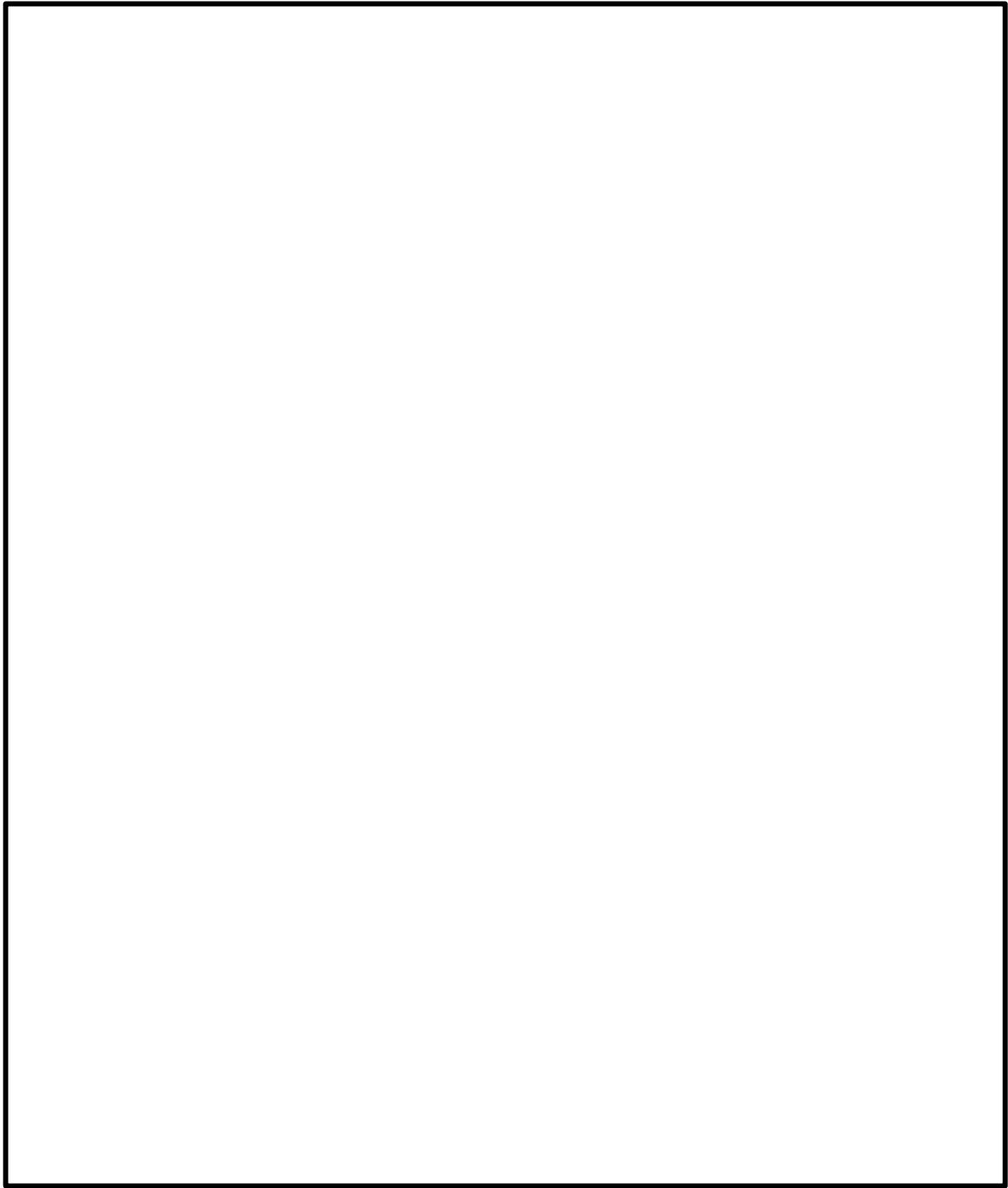
敷地が狭隘であることに対して、屋外のアクセスルートに影響を及ぼすと考えられる構造物が近接しており、近傍に迂回が可能なアクセスルートが少ないことから、対策が必要と考えられる。

このため、地震時に屋外のアクセスルートの通行に影響を及ぼすことが考えられる構造物については、以下の対策を実施し、アクセスルートを確保する。

- ・周辺構造物^{※1}については、損壊・倒壊により可搬型設備の運搬等に必要な幅員確保が困難と想定されることから、耐震評価を実施し、基準地震動 S_s に対して損壊・倒壊しない設計とする。(第4図)
- ・可搬型設備の通行に支障のある段差(15cm以上)の発生が想定される箇所について、迂回せずに通行できるよう、あらかじめ鉄筋コンクリート床版等による段差緩和対策を行う設計とする。(第5図)

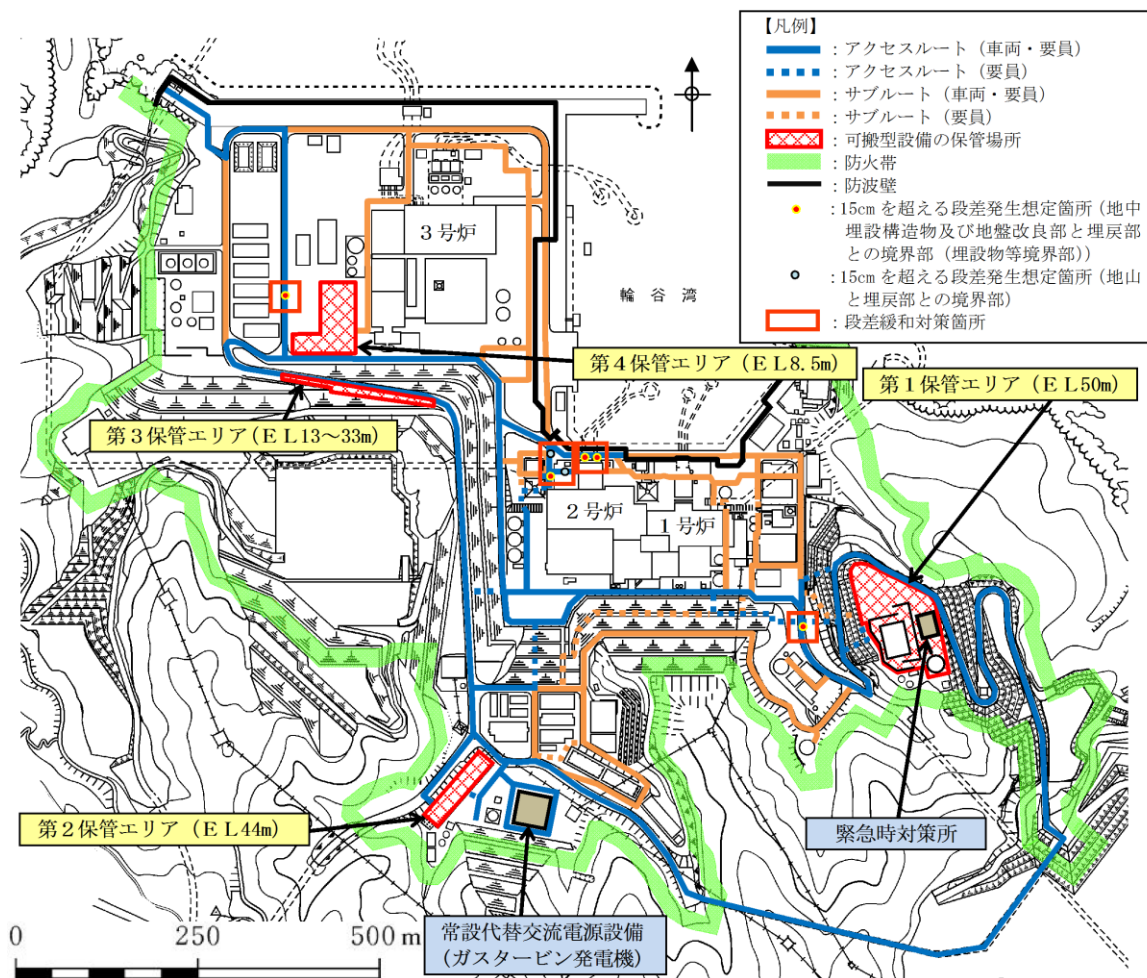
※1：耐震評価対象の周辺構造物

通信用無線鉄塔，66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔，220kV 第二島根原子力幹線 No. 1 鉄塔，220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔，第2 - 66kV 開閉所屋外鉄構，2号炉開閉所防護壁，防火壁，補助消火水槽，第2予備変圧器，重油移送配管，重油タンク (No. 1, 2, 3) の溢水防止壁，第二輪谷トンネル，連絡通路



第4図 耐震評価対象の周辺構造物の配置

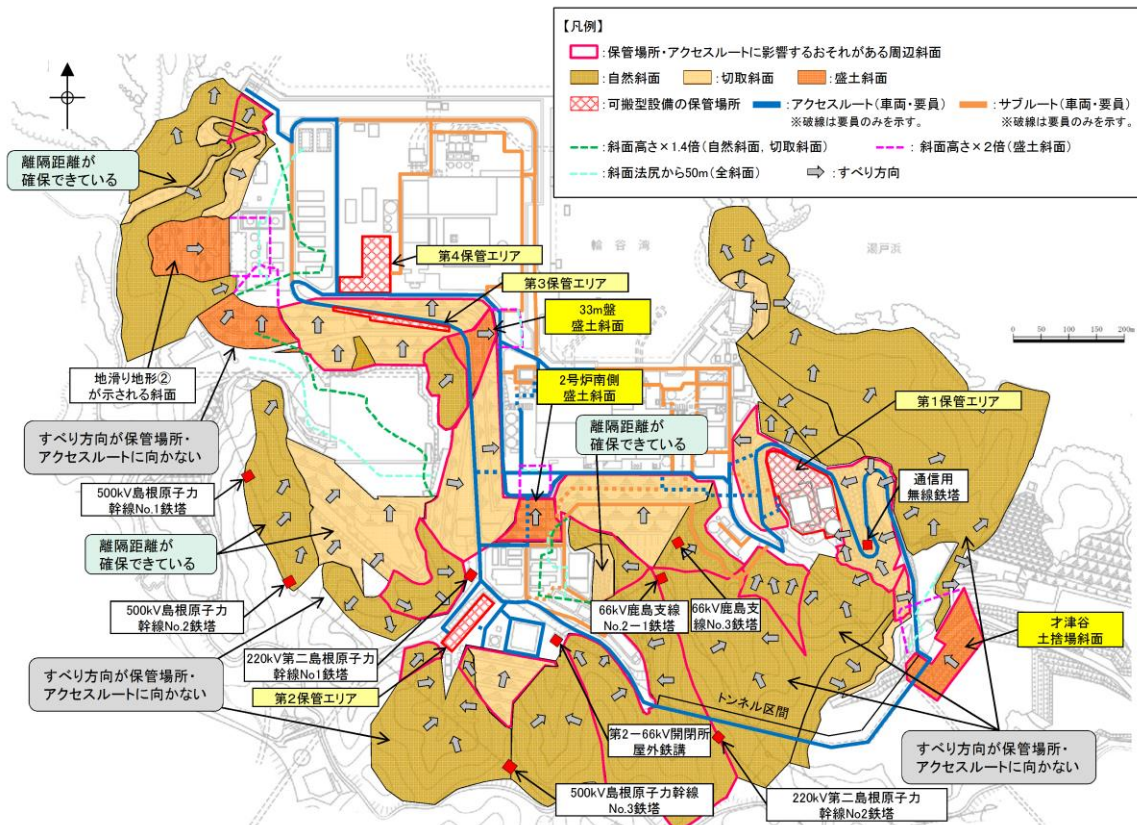
本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



第5図 段差緩和対策箇所 (沈下量評価結果)

3. 「③周辺斜面が近接していること」

- ・ 保管場所及び屋外のアクセスルートに対して周辺斜面が近接しているが、設定した保管場所の周辺斜面の崩壊及び敷地下斜面のすべり並びに、屋外のアクセスルートの周辺斜面の崩壊及び道路面のすべりについて、保管場所及び屋外のアクセスルートが法尻からの離隔距離があること（斜面が崩壊しても影響しない。）、若しくは基準地震動 S_s によるすべり安定性評価を実施し問題ないことを確認する。（第6図）



鉄塔の影響評価方針について

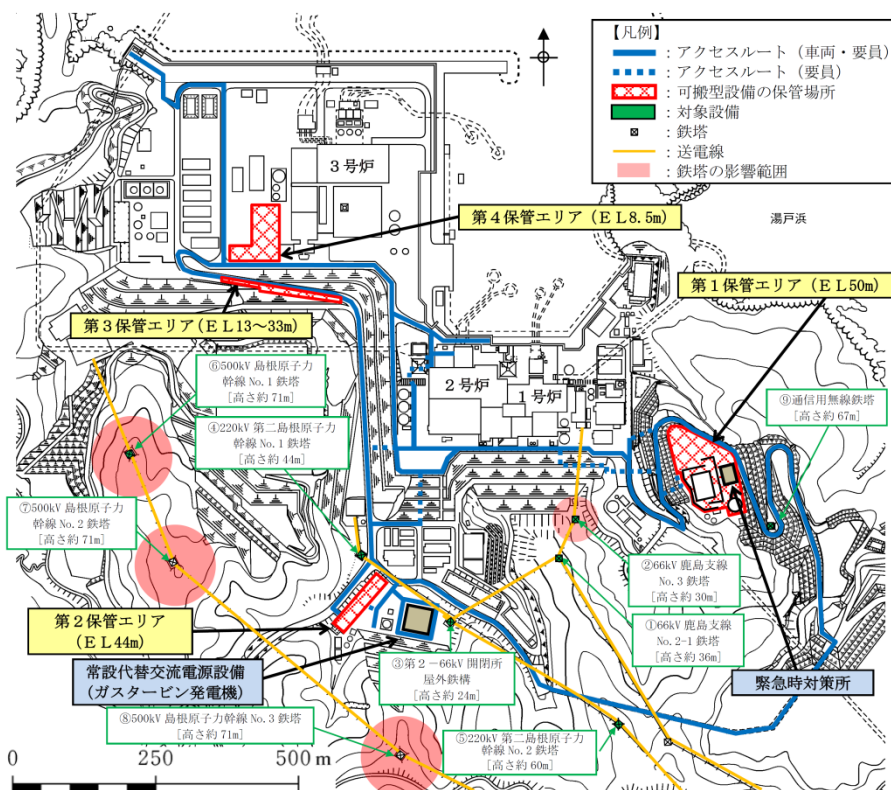
島根原子力発電所構内の送電鉄塔，開閉所屋外鉄構及び通信用無線鉄塔（以下「鉄塔」という。）について，アクセスルートの周辺構造物として，倒壊時の影響評価方針を以下に示す。

1. 影響評価

(1) 影響評価鉄塔

発電所構内のアクセスルート近傍に設置されている鉄塔を抽出する。設置位置を第1図に，設置状況を第1表に示す。

- ① 66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔
- ② 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔
- ③ 第2-66kV 開閉所屋外鉄構
- ④ 220kV 第二島根原子力幹線 No. 1 鉄塔
- ⑤ 220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔
- ⑥ 500kV 島根原子力幹線 No. 1 鉄塔
- ⑦ 500kV 島根原子力幹線 No. 2 鉄塔
- ⑧ 500kV 島根原子力幹線 No. 3 鉄塔
- ⑨ 通信用無線鉄塔



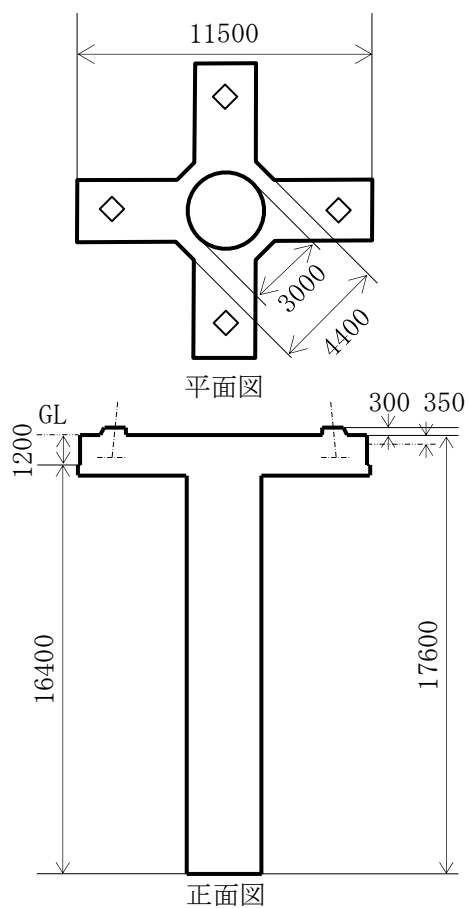
第1図 鉄塔配置図

第1表 鉄塔設置状況一覧表

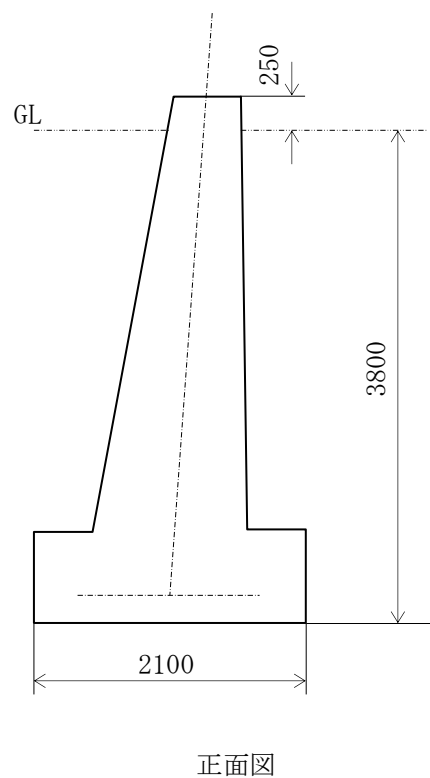
鉄塔名称	送電電圧	鉄塔種別	基礎構造※	支持地盤	設置場所
① 66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔	66kV	山形鋼鉄塔	深礎基礎	岩盤 (N 値 50 以上)	標高 108.1m
② 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔	66kV	山形鋼鉄塔	逆T字型基礎	岩盤 (CM 級岩盤)	標高 71.8m
③ 第2-66kV 開閉所屋外鉄構	66kV	山形鋼鉄塔	マト型基礎	岩盤 (CL 級岩盤)	標高 47.2m
④ 220kV 第二島根原子力幹線 No. 1 鉄塔	220kV	山形鋼鉄塔	逆T字型基礎+杭	岩盤 (N 値 44)	標高 45.2m
⑤ 220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔	220kV	山形鋼鉄塔	逆T字型基礎	岩盤 (N 値 30)	標高 148.4m
⑥ 500kV 島根原子力幹線 No. 1 鉄塔	500kV	鋼管鉄塔	深礎基礎	岩盤 (N 値 50 以上)	標高 123.9m
⑦ 500kV 島根原子力幹線 No. 2 鉄塔	500kV	鋼管鉄塔	深礎基礎	岩盤 (N 値 50 以上)	標高 159.7m
⑧ 500kV 島根原子力幹線 No. 3 鉄塔	500kV	鋼管鉄塔	逆T字型基礎	岩盤 (N 値 30 以上)	標高 154.8m
⑨ 通信用無線鉄塔	—	鋼管鉄塔	マト型基礎	岩盤 (CL 級岩盤)	標高 64.0m

※ 鉄塔基礎構造図を第2図に示す。

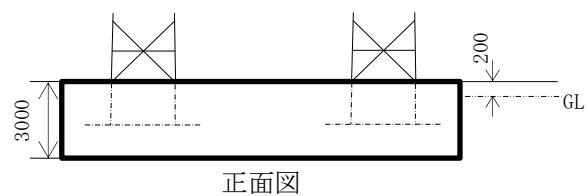
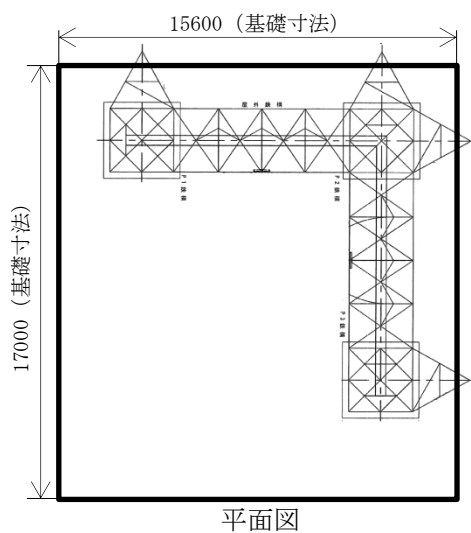
单位：mm



① 66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔



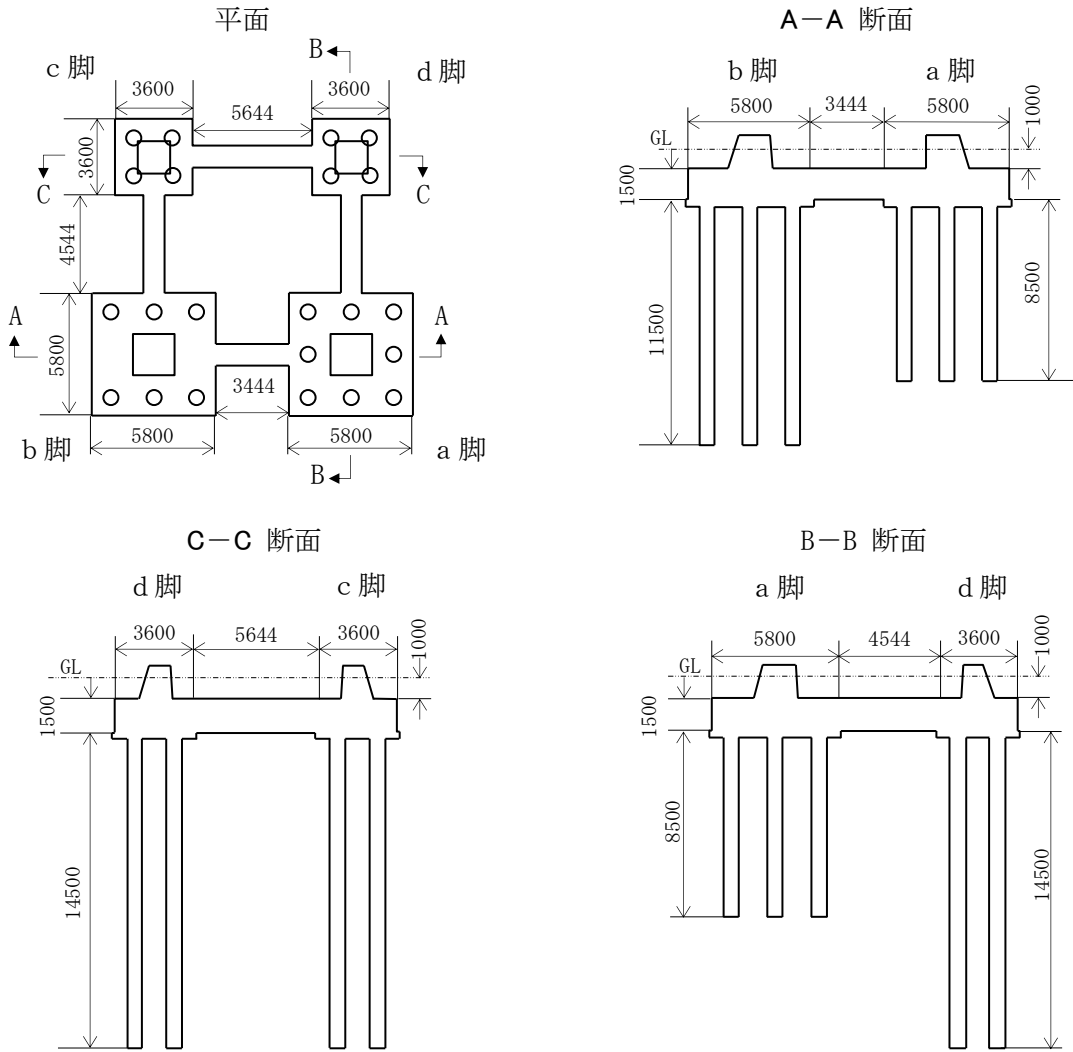
② 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔



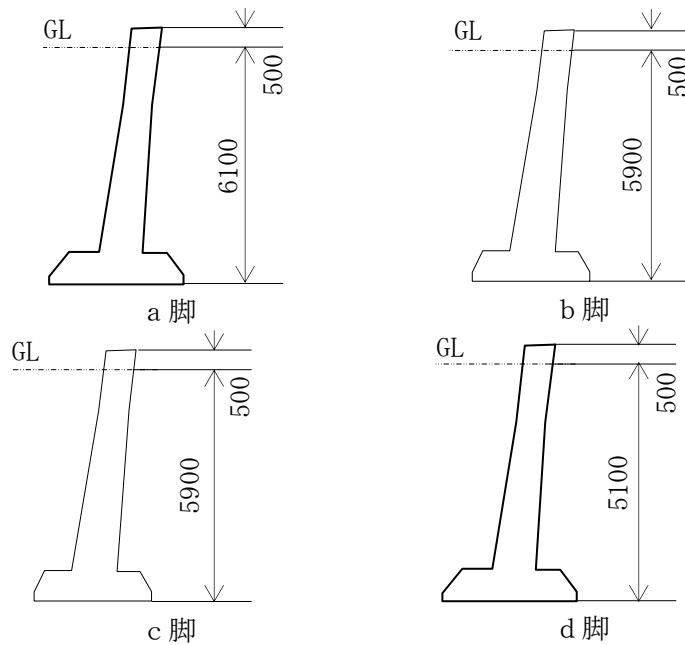
③ 第2-66kV 開閉所屋外鉄構

第2図 鉄塔基礎構造図(1/3)

単位：mm



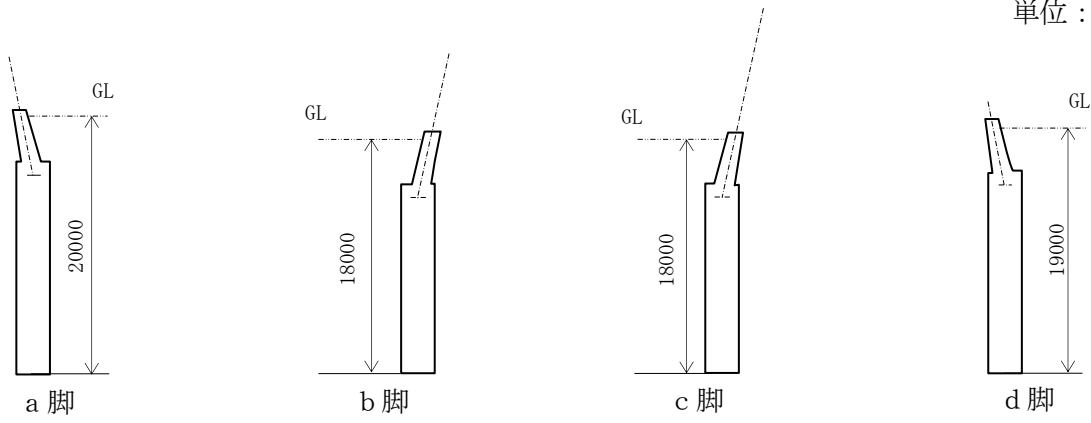
④ 220kV 第二島根原子力幹線 No. 1 鉄塔



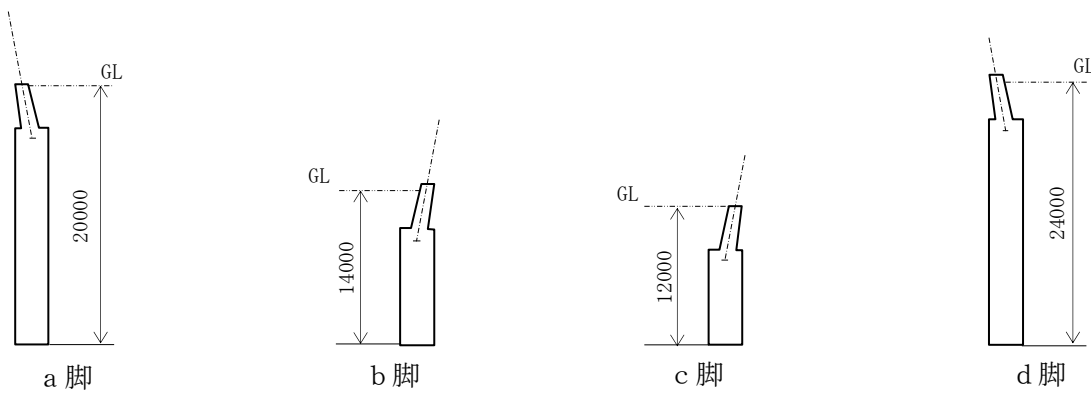
⑤ 220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔

第 2 図 鉄塔基礎構造図 (2/3)

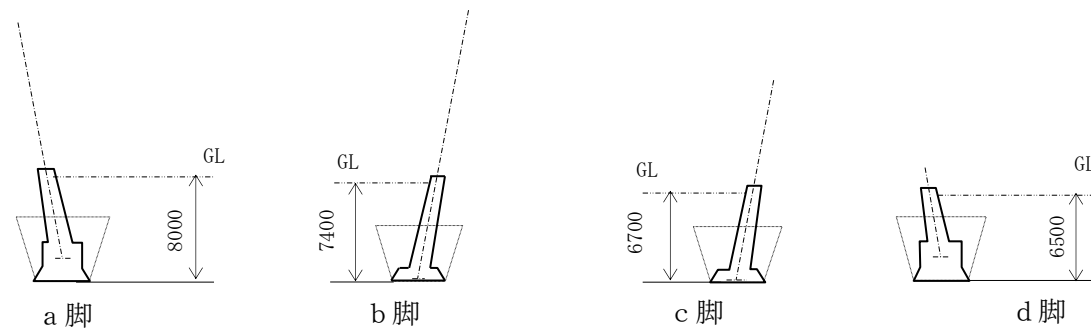
単位：mm



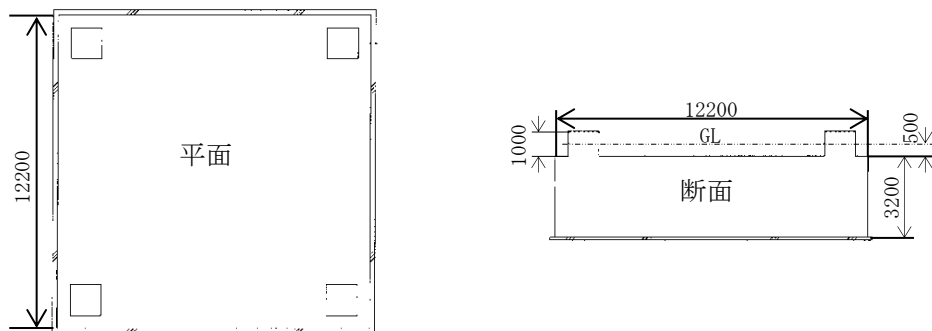
⑥ 500kV 島根原子力幹線 No. 1 鉄塔



⑦ 500kV 島根原子力幹線 No. 2 鉄塔



⑧ 500kV 島根原子力幹線 No. 3 鉄塔



⑨ 通信用無線鉄塔

第 2 図 鉄塔基礎構造図 (3/3)

(2) 影響評価手順

a. 影響評価方法選定

発電所構内の鉄塔を対象として、倒壊等による影響を想定する。

アクセスルートへの影響想定としては、地震により、鉄塔が最下部から全姿倒壊したケース及び鉄塔自体が斜面を滑落したケースとして評価する。

鉄塔の影響評価方法選定フロー(以下「フロー」という。)を第3図に示す。

まずは、鉄塔を中心とした鉄塔高さを鉄塔倒壊時の倒壊範囲とし、鉄塔倒壊時の倒壊範囲がアクセスルート上にあるかを確認する。(フロー: I)

(a) 鉄塔倒壊時の倒壊範囲がアクセスルート上にある場合

基準地震動 S_s における耐震性評価を行い、必要に応じて補強等の影響防止対策を実施することで地震時においても鉄塔が倒壊しない設計とする。(フロー: 耐震性評価)

次に、鉄塔倒壊時に倒壊範囲がアクセスルート上にない場合であっても、鉄塔に架線している送電線が落下し、アクセスルートに影響することが考えられるため、鉄塔倒壊により送電線がアクセスルートに影響があるかを確認する。(フロー: II)

また、鉄塔倒壊により送電線がアクセスルートに影響がある場合、設備対策によりアクセスルートの健全性が確保できるかを確認する。(フロー: III)

(b) 鉄塔倒壊により送電線がアクセスルートに影響がある場合 (設備対策可)

設備対策によりアクセスルートの健全性が確保できる場合は、設備対策を実施する設計とする。

更に、鉄塔倒壊し、鉄塔自体が斜面を滑落した評価(以下「鉄塔滑落評価」という。)により滑落範囲を確認し、アクセスルートの健全性を確保する設計とする。(フロー: 設備対策)

(c) 鉄塔倒壊により送電線がアクセスルートに影響がある場合 (設備対策不可)

設備対策によりアクセスルートの健全性が確保できない場合は、基準地震動 S_s における耐震性評価を行い、必要に応じて補強等の影響防止対策を実施することで地震時においても鉄塔が倒壊しない設計とする。(フロー: 耐震性評価)

(d) 鉄塔倒壊により送電線がアクセスルートに影響がない場合

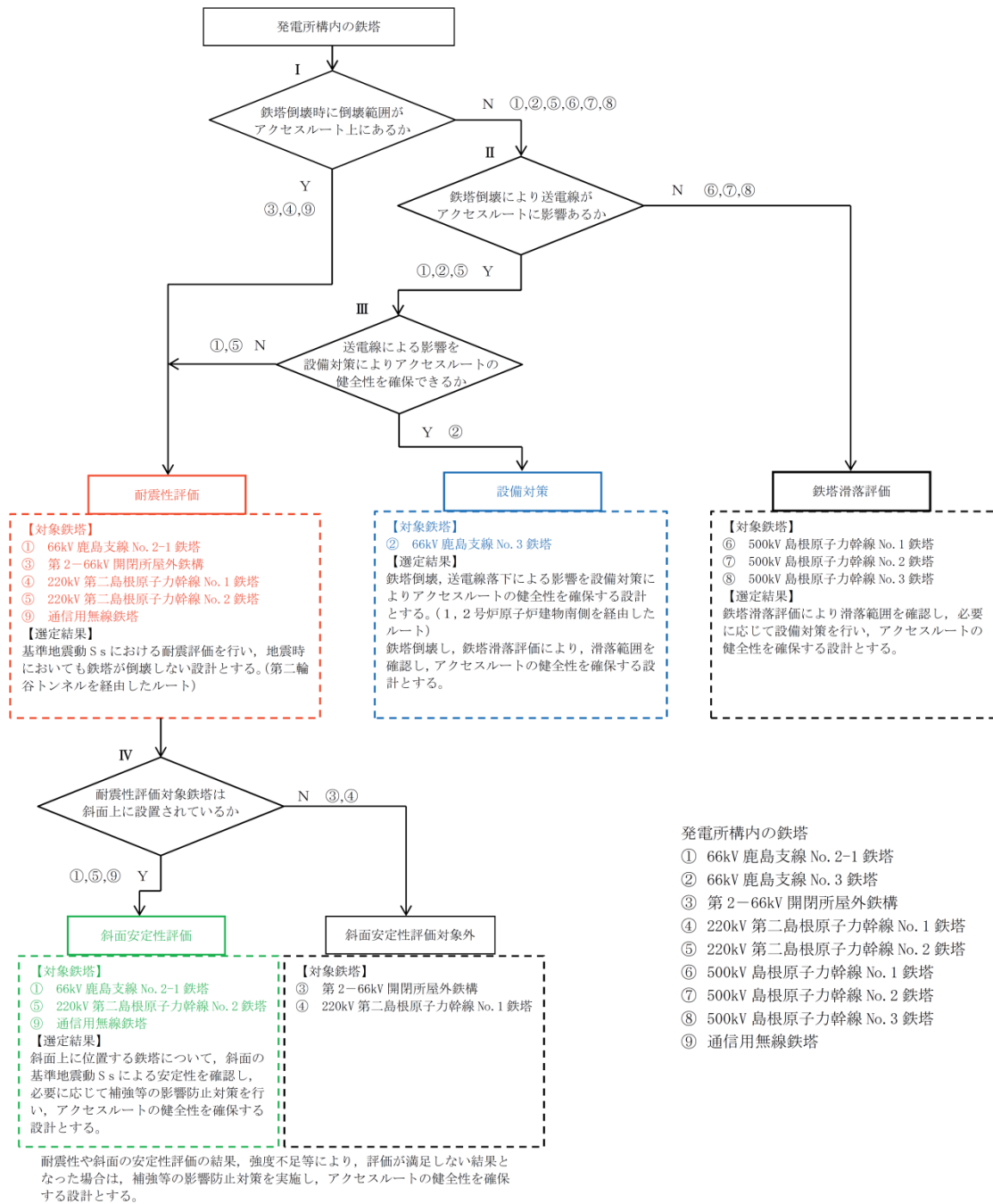
鉄塔倒壊時の倒壊範囲及び送電線がアクセスルートに影響がない鉄塔についても、鉄塔滑落評価により滑落範囲を確認し、必要に応じて設備対策を行い、アクセスルートの健全性を確保する設計とする。(フロー: 鉄塔滑落評価)

(e) 斜面上に設置されている耐震性評価対象鉄塔

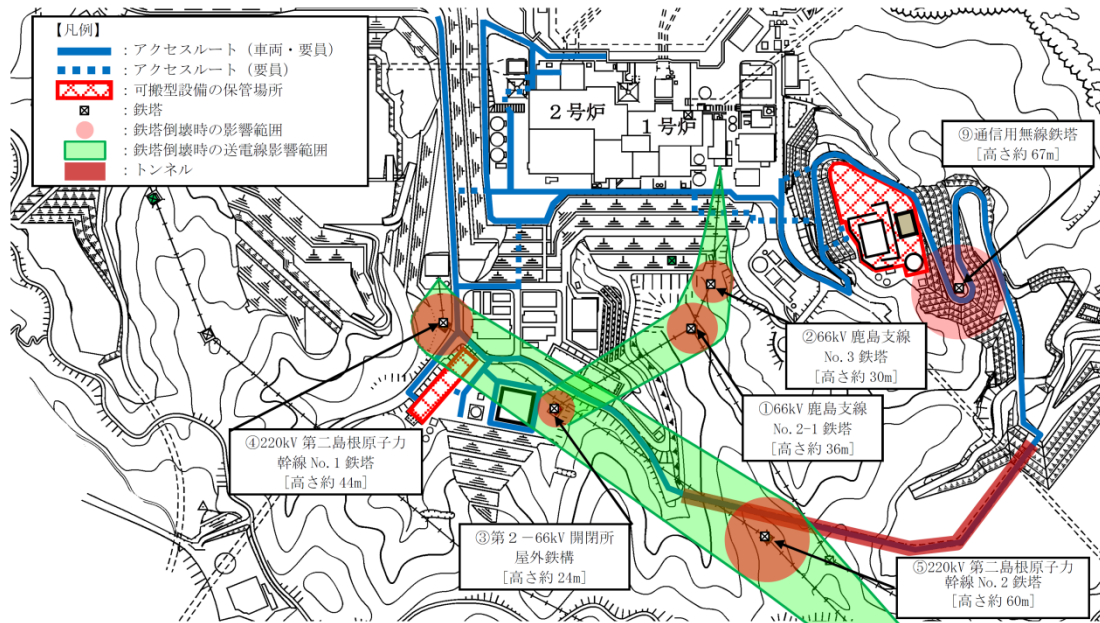
耐震性評価対象鉄塔のうち斜面上に設置されている鉄塔については、斜面の基準地震動 S_s による安定性を確認し、必要に応じて補強等の影響防

止対策を行い、アクセスルートへの健全性を確保する設計とする。(フロー：斜面安定性評価)

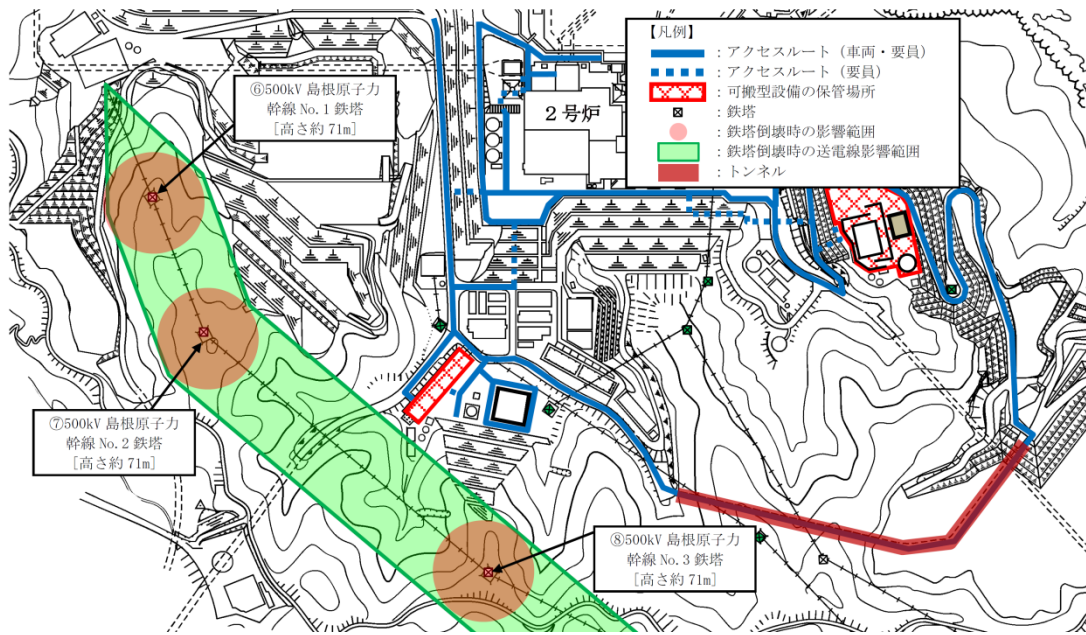
第4図に66kV鹿島支線, 220kV第二島根原子力幹線及び通信用無線鉄塔, 第5図に500kV島根原子力幹線の鉄塔損壊によるアクセスルートへの影響を示す。



第3図 影響評価方法選定フロー



第4図 鉄塔倒壊によるアクセスルートへの影響想定
(66kV 鹿島支線, 220kV 第二島根原子力幹線, 通信用無線鉄塔)



第5図 鉄塔倒壊によるアクセスルートへの影響想定
(500kV 島根原子力幹線)

b. 影響評価方法選定結果

- (a) 耐震性評価により鉄塔の耐震性を確認し、アクセスルート（車両・要員）の健全性を確保する設計とする。（第二輪谷トンネルを経由したルート）

第二輪谷トンネルを経由したルートに影響を及ぼす可能性のある、66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔，第 2-66kV 開閉所屋外鉄構，220kV 第二島根原子力幹線 No. 1 鉄塔，No. 2 鉄塔，通信用無線鉄塔の 5 基については、耐震性評価を行い、耐震性を確保する設計とする。そのうち斜面に設置している 66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔，220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔，通信用無線鉄塔については、斜面の安定性評価を行い、斜面がすべらないことを確認する。

耐震性や斜面の安定性評価の結果、強度不足等により、評価が満足しない結果となった場合は、補強等の影響防止対策を行い、アクセスルートの健全性を確保する設計とする。

- (b) 設備対策を行い、アクセスルート（要員）の健全性を確保する設計とする。（1，2号炉原子炉建物南側を経由したルート）

1，2号炉原子炉建物南側を経由したルートに影響を及ぼす可能性のある、66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔については、鉄塔滑落評価を行い送電線の落下範囲を想定したうえで、送電線下部に連絡通路（例：ボックスカルバート）を設置して、アクセスルートの健全性を確保する設計とする。

- (c) 鉄塔滑落評価を行い、アクセスルート（車両・要員）の健全性を確保する設計とする。

鉄塔倒壊、送電線落下によりアクセスルートまで距離がある 500kV 島根原子力幹線 No. 1 鉄塔，No. 2 鉄塔，No. 3 鉄塔の 3 基については、鉄塔滑落評価を行いアクセスルートの健全性を確認する。

なお、評価が満足しない結果となった場合は、必要に応じて設備対策を行い、アクセスルートの健全性を確保する設計とする。

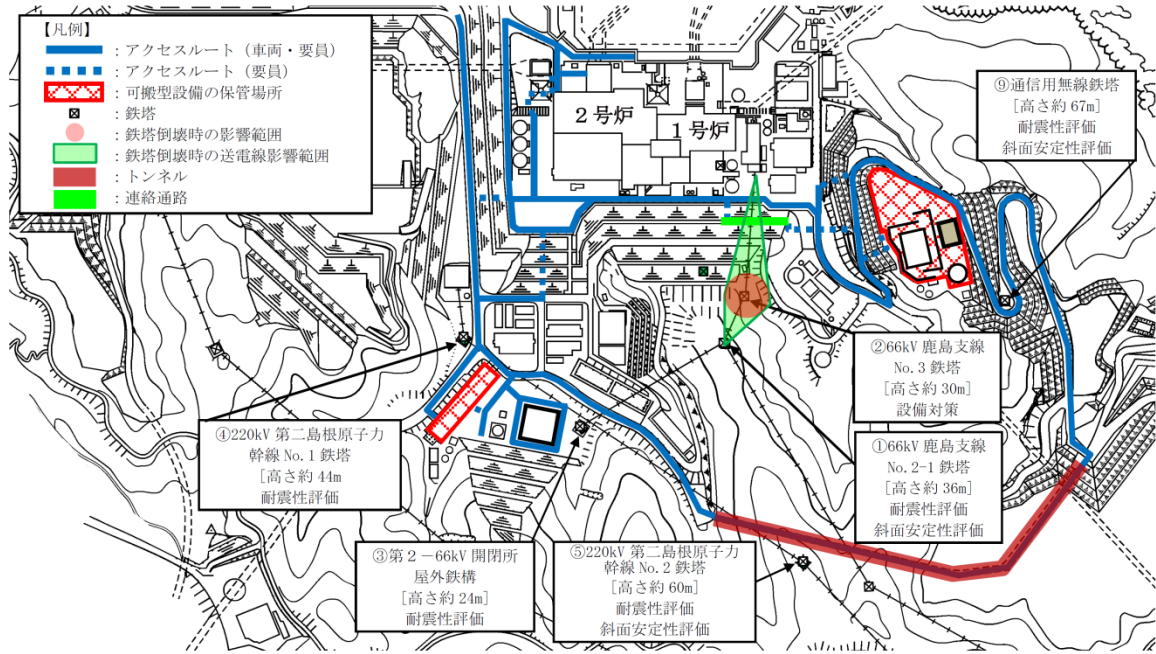
上記の鉄塔評価選定結果を第 2 表に示す。また、各鉄塔について耐震性評価、設備対策又は鉄塔滑落評価を行うことによる、アクセスルートの健全性を確保した状態について、第二輪谷トンネルを経由したアクセスルート及び 1，2号炉原子炉建物南側を経由したアクセスルートを第 6 図及び第 7 図に示す。

なお、参考に、鉄塔配置とアクセスルートまでの距離を第 8 図に示す。

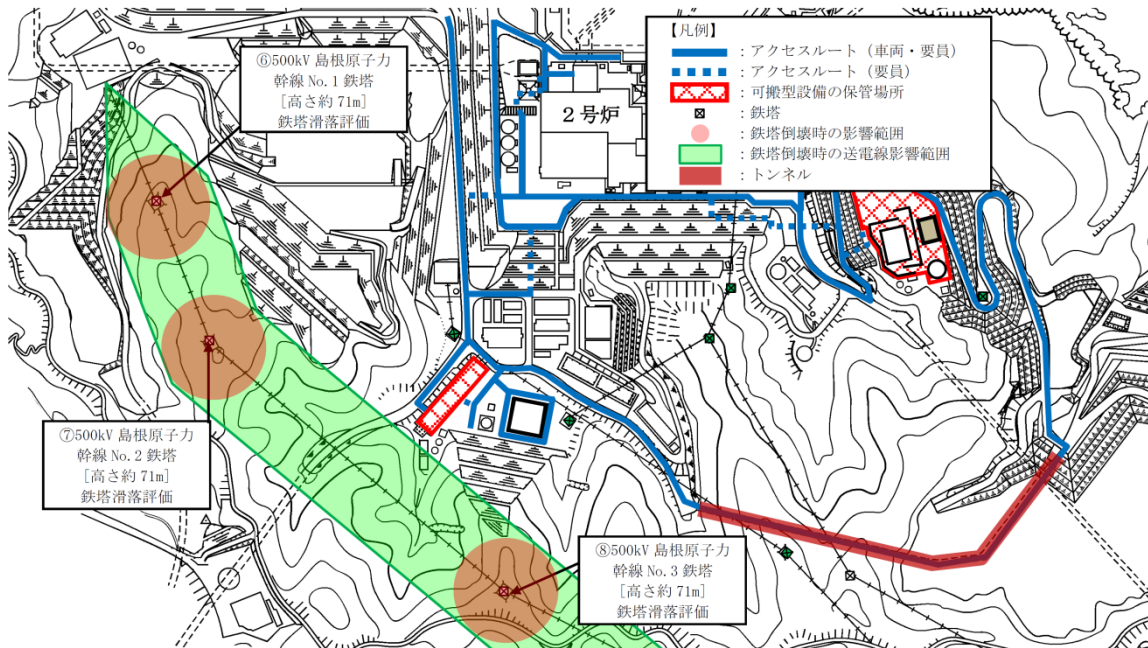
第2表 鉄塔評価選定結果一覧表

(○：実施，—：対象外)

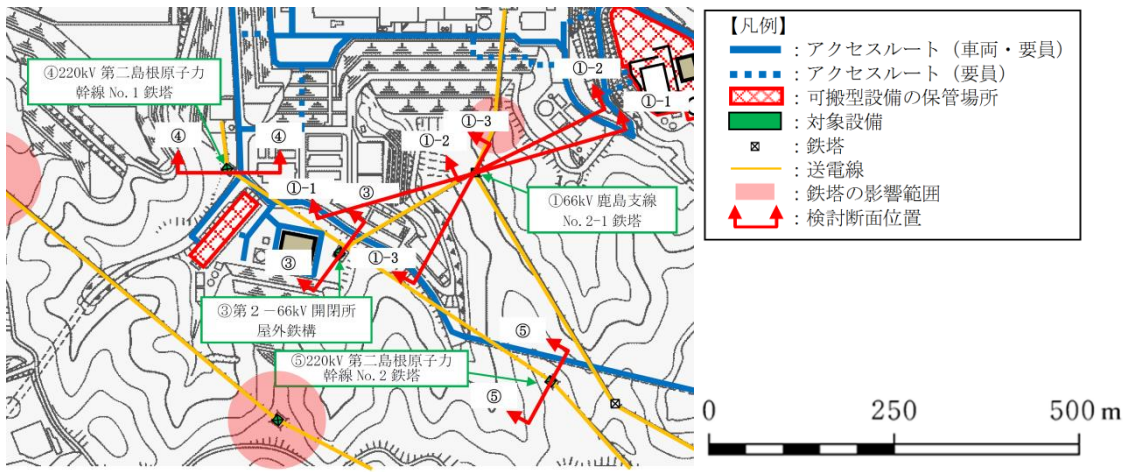
送電鉄塔名称	アクセスルート (車両・要員) 確保 (第二輪谷トンネルを 経由したルート)		耐震性評 価を行う 鉄塔の斜 面上設置 有無	斜面 安定性 評価	アクセスルート (要員) 確保 (1, 2号炉原子炉建物 南側を經由したルート)	設備 対策	備考
	倒壊範囲 影響有無	送電線 影響有無					
① 66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔	無	有	有	○	—	—	
② 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔	—	—	—	—	有	○*	※鉄塔 滑落評価により 滑落範囲を確 認し、設備対策を行い、アクセスル ートの健全性を確保する
③ 第2-66kV 開閉所 屋外鉄構	有	—	無	—	—	—	
④ 220kV 第二島根原子力 幹線 No. 1 鉄塔	有	—	無	—	—	—	
⑤ 220kV 第二島根原子力 幹線 No. 2 鉄塔	無	有	有	○	—	—	
⑥ 500kV 島根原子力幹線 No. 1 鉄塔	無	無	—	—	—	—	※鉄塔 滑落評価により 滑落範囲を確 認し、必要に応じて設備対策を行い、 アクセスルートの健全性を確保する
⑦ 500kV 島根原子力幹線 No. 2 鉄塔	無	無	—	—	—	—	※鉄塔 滑落評価により 滑落範囲を確 認し、必要に応じて設備対策を行い、 アクセスルートの健全性を確保する
⑧ 500kV 島根原子力幹線 No. 3 鉄塔	無	無	—	—	—	—	※鉄塔 滑落評価により 滑落範囲を確 認し、必要に応じて設備対策を行い、 アクセスルートの健全性を確保する
⑨ 通信用無線鉄塔	有	—	有	○	—	—	



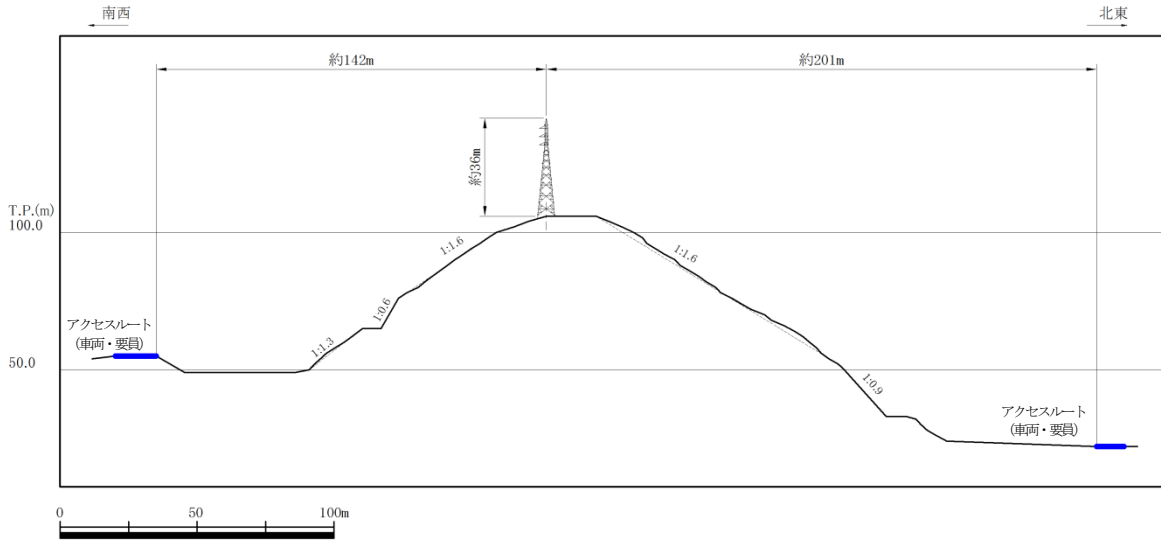
第 6 図 影響評価方法選定結果によるアクセスルート確保
(66kV 鹿島支線, 220kV 第二島根原子力幹線, 通信用無線鉄塔)



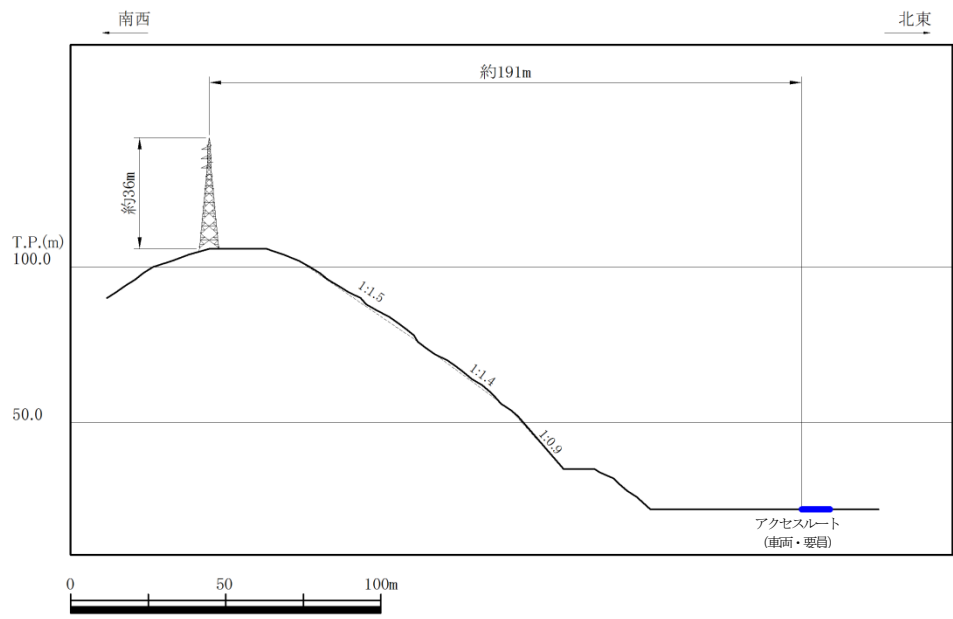
第 7 図 影響評価方法選定結果によるアクセスルート確保
(500kV 島根原子力幹線)



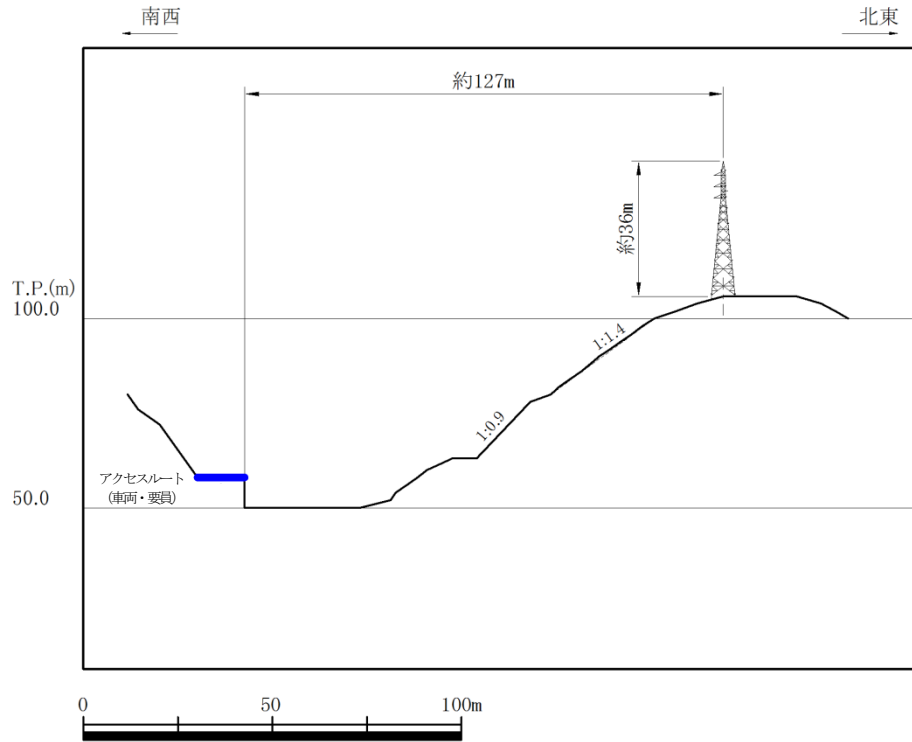
第 8-1 図 鉄塔配置断面位置図 (①, ③, ④, ⑤)



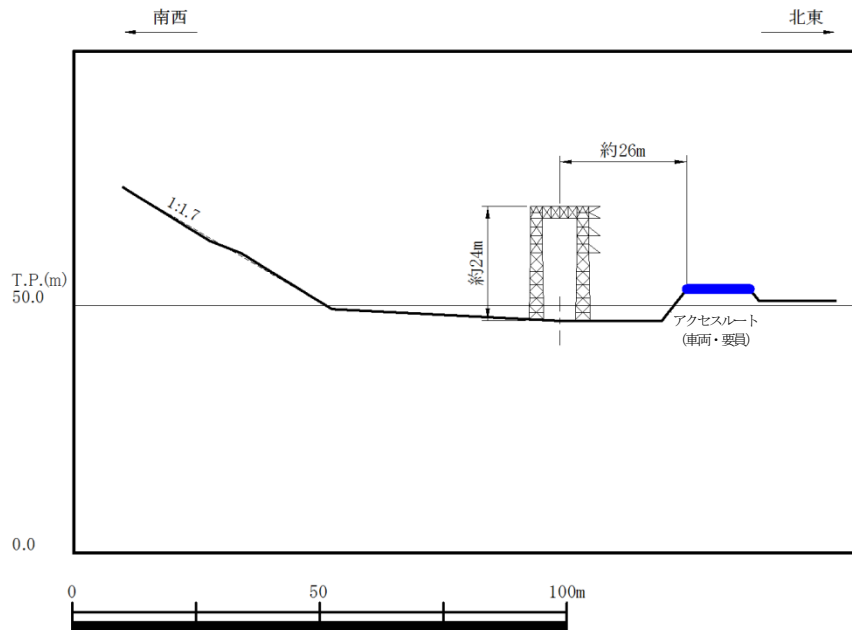
① -1 66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔 (急傾斜方向)



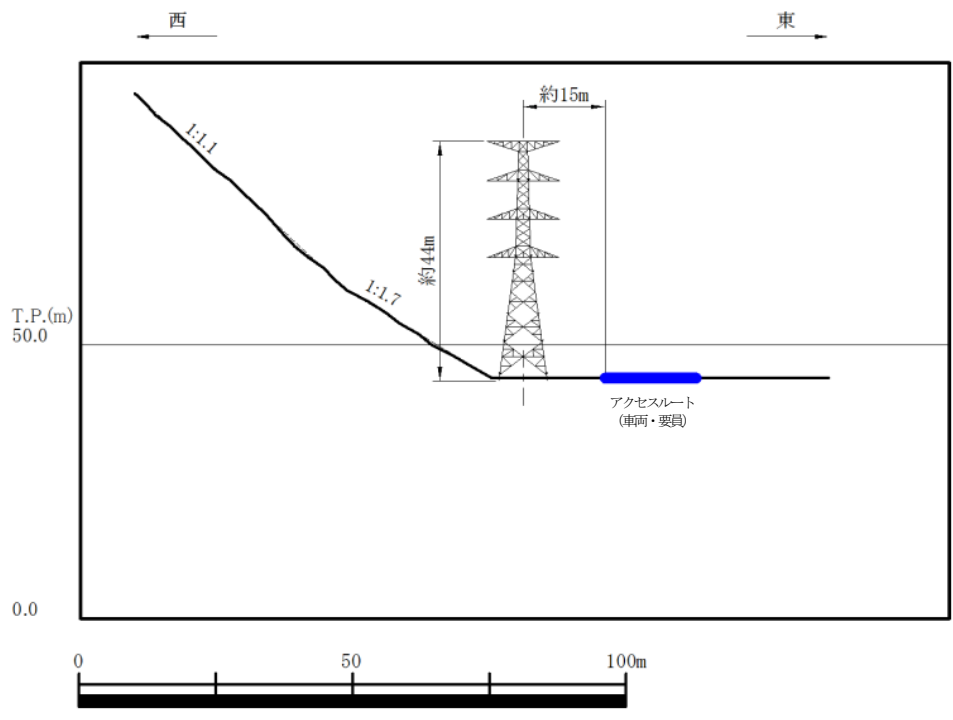
①-2 66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔 (アクセスルート最短 (北東側))



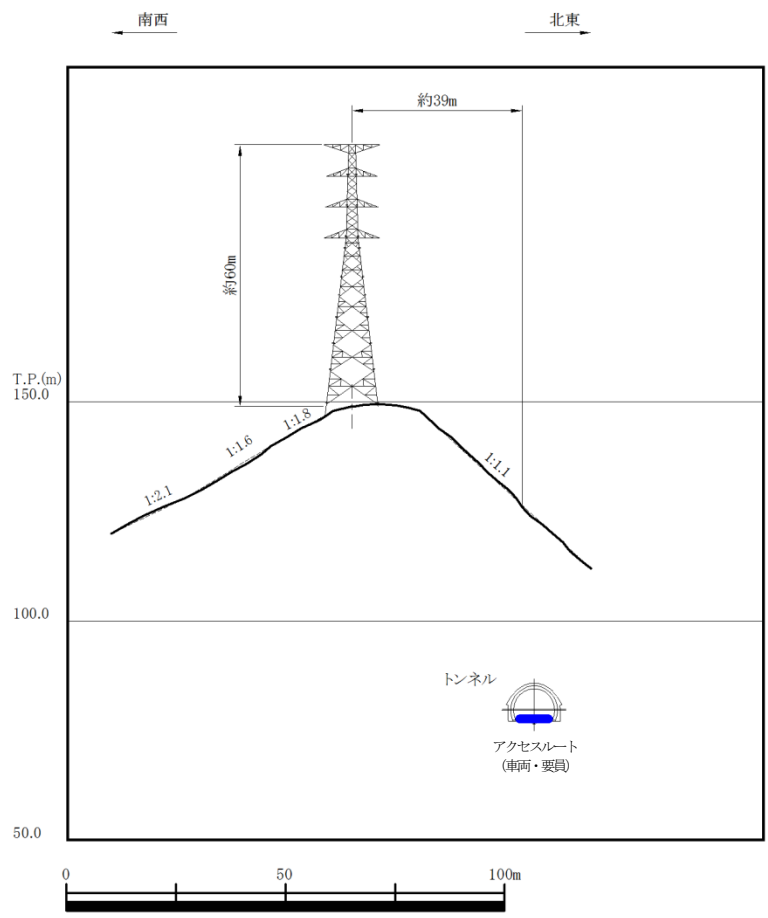
①-3 66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔(アクセスルート最短(南西側))



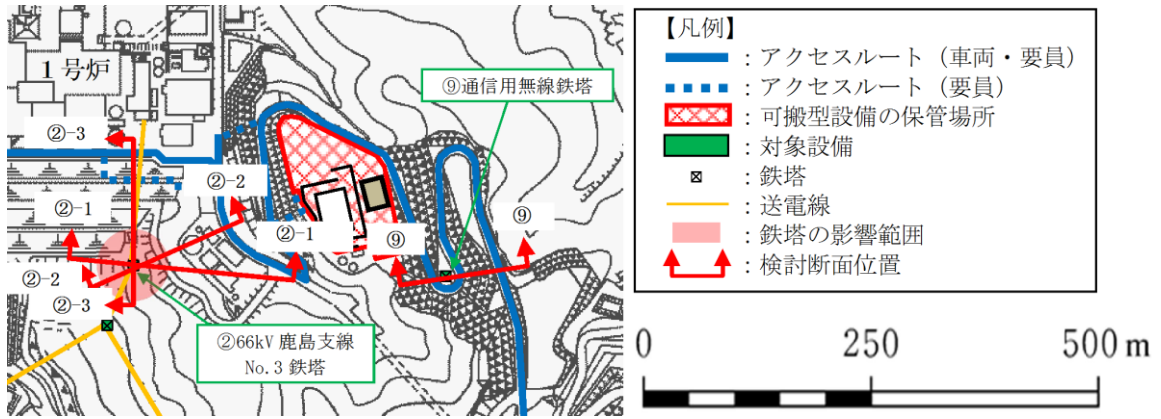
③ 第2-66kV 開閉所屋外鉄構



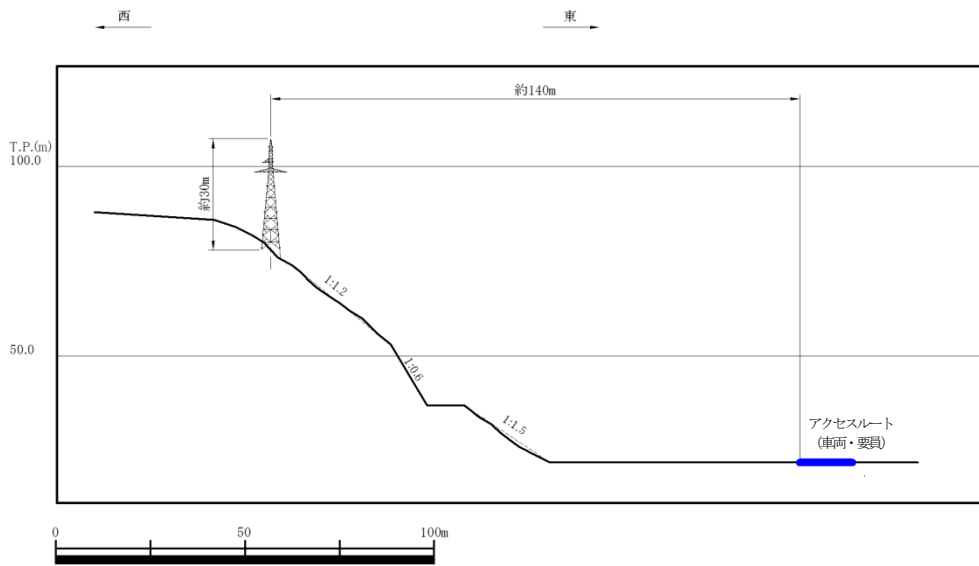
④ 220kV 第二島根原子力幹線 No. 1 鉄塔



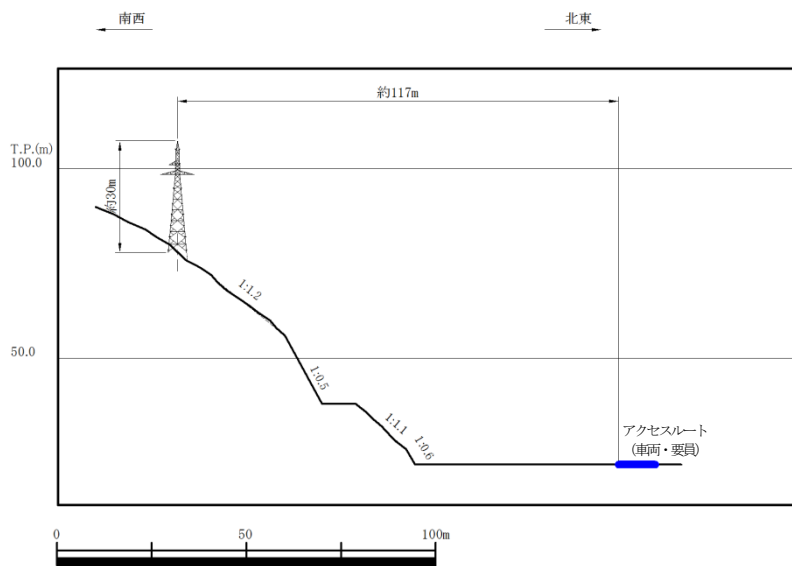
⑤ 220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔



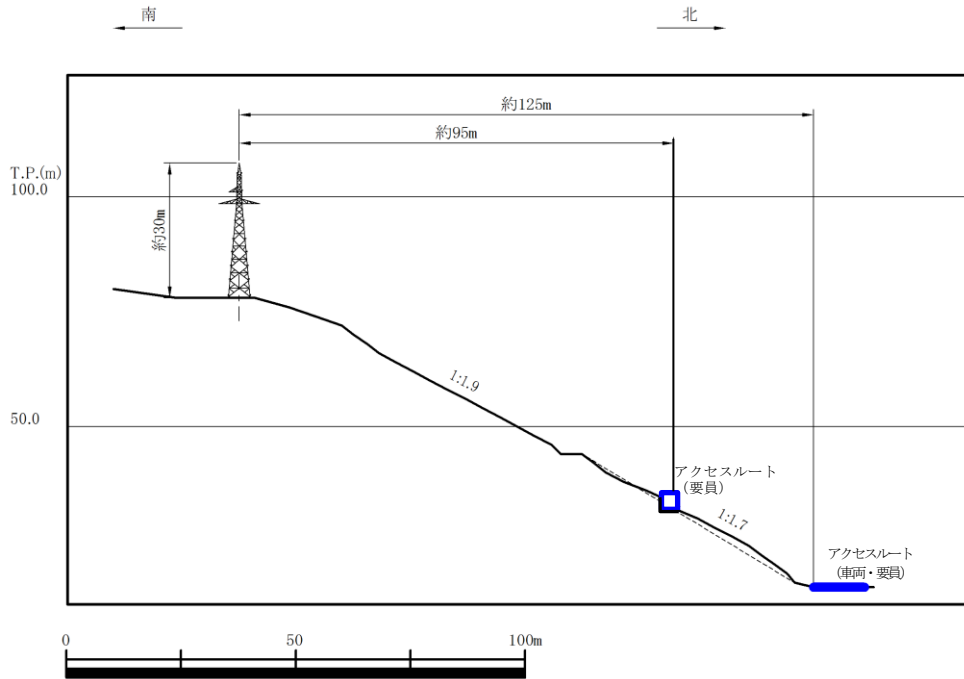
第 8-2 図 鉄塔配置断面位置図 (②, ⑨)



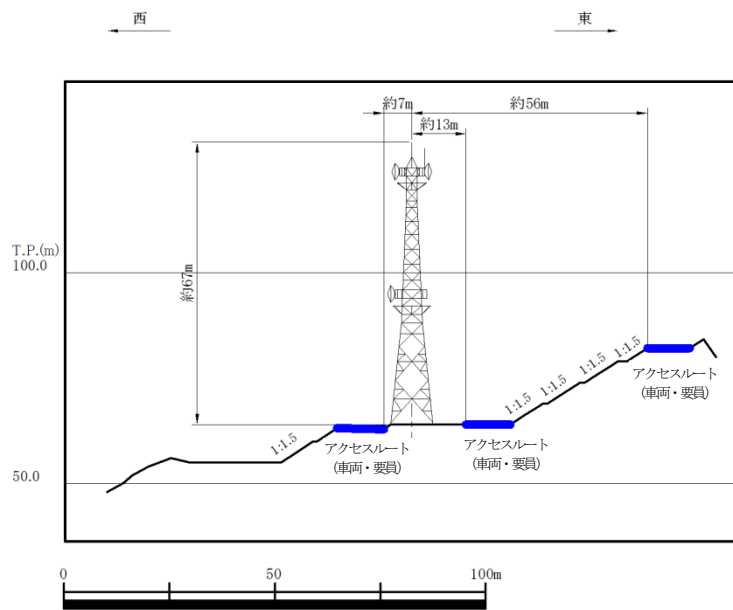
②-1 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔(急傾斜方向)



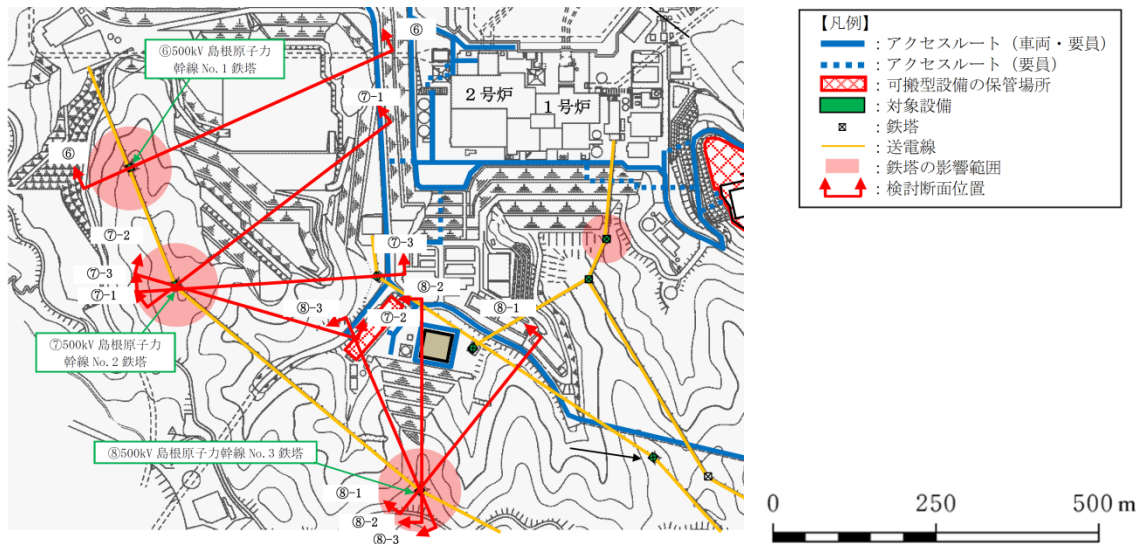
②-2 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔(アクセスルート最短(北東側))



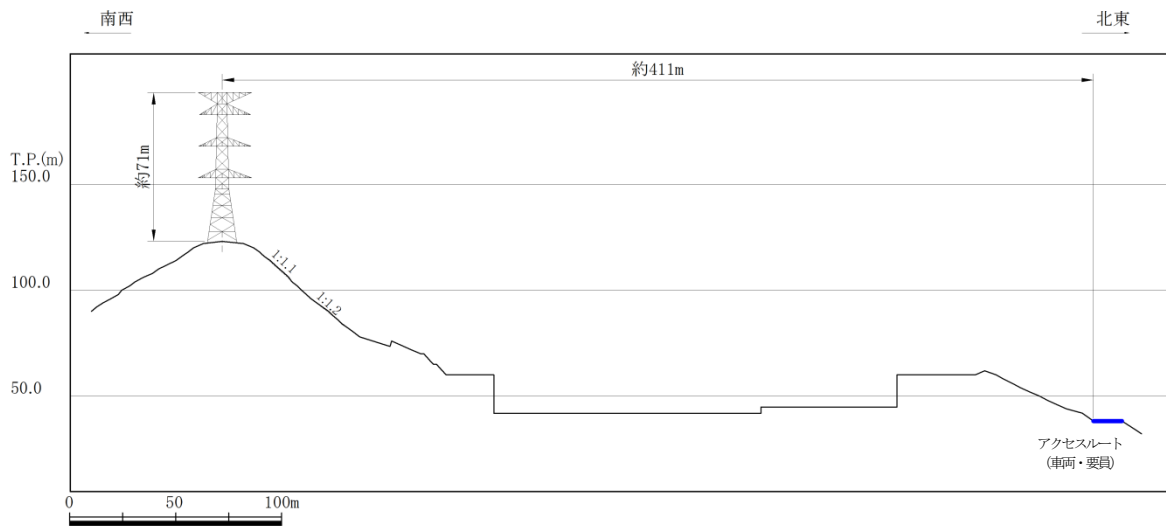
②-3 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔(アクセスルート最短(北側))



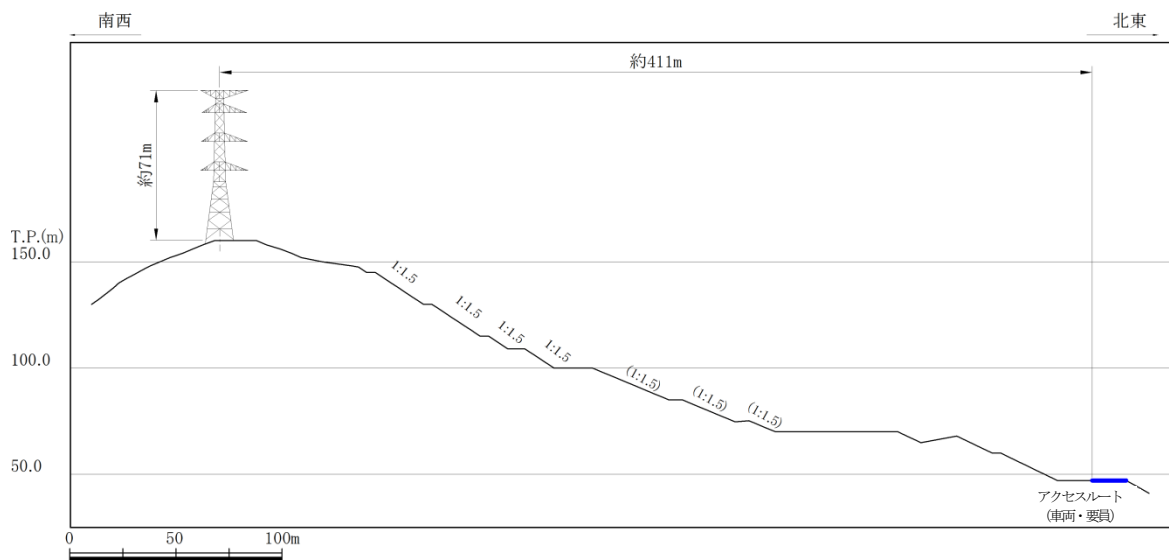
⑨ 通信用無線鉄塔



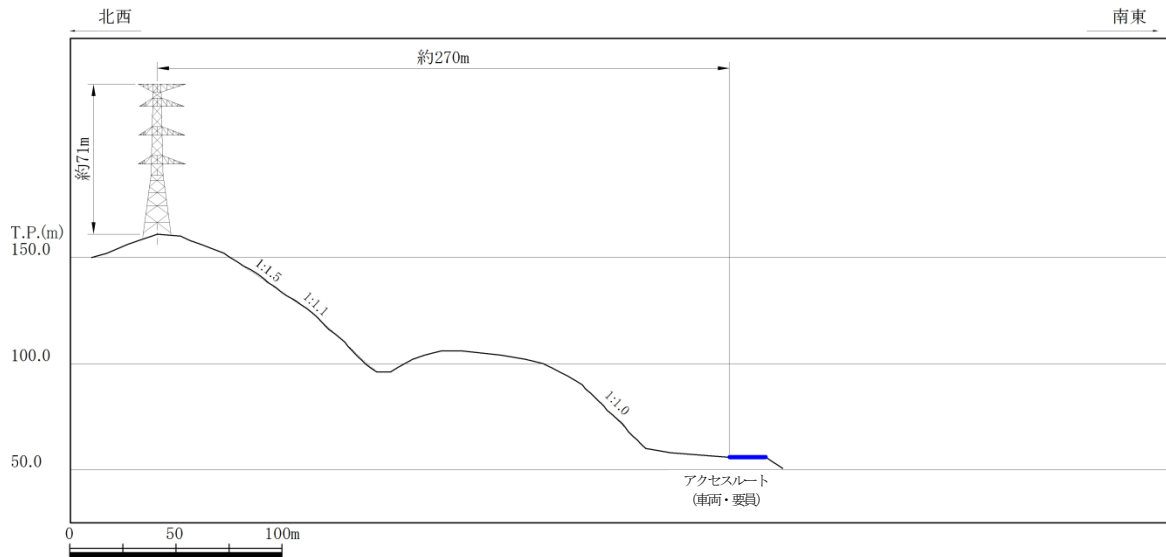
第 8-3 図 鉄塔配置断面位置図 (⑥, ⑦, ⑧)



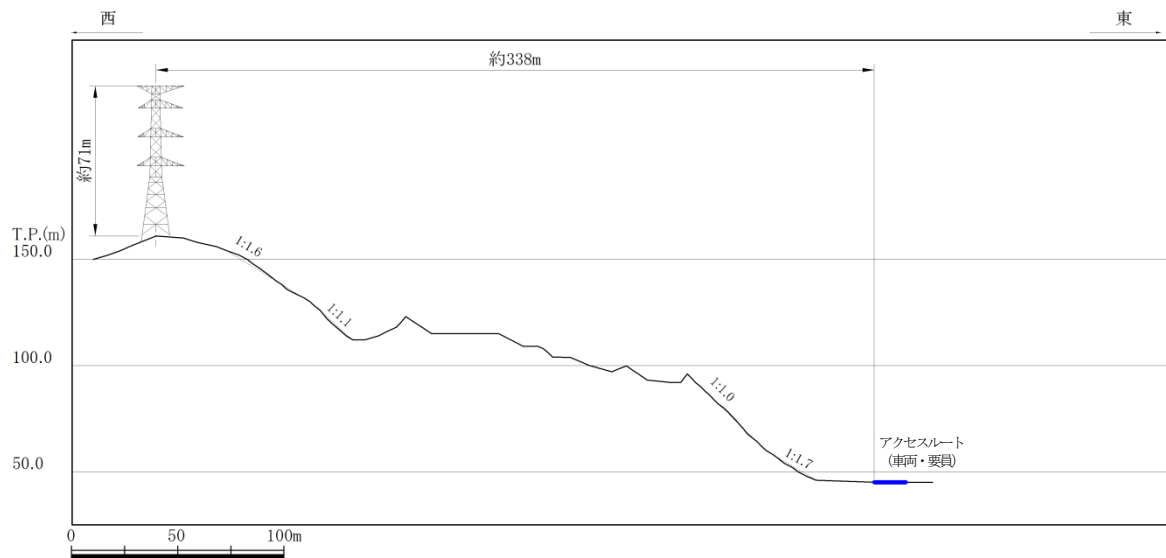
⑥ 500kV 島根原子力幹線 No. 1 鉄塔 (急傾斜方向)



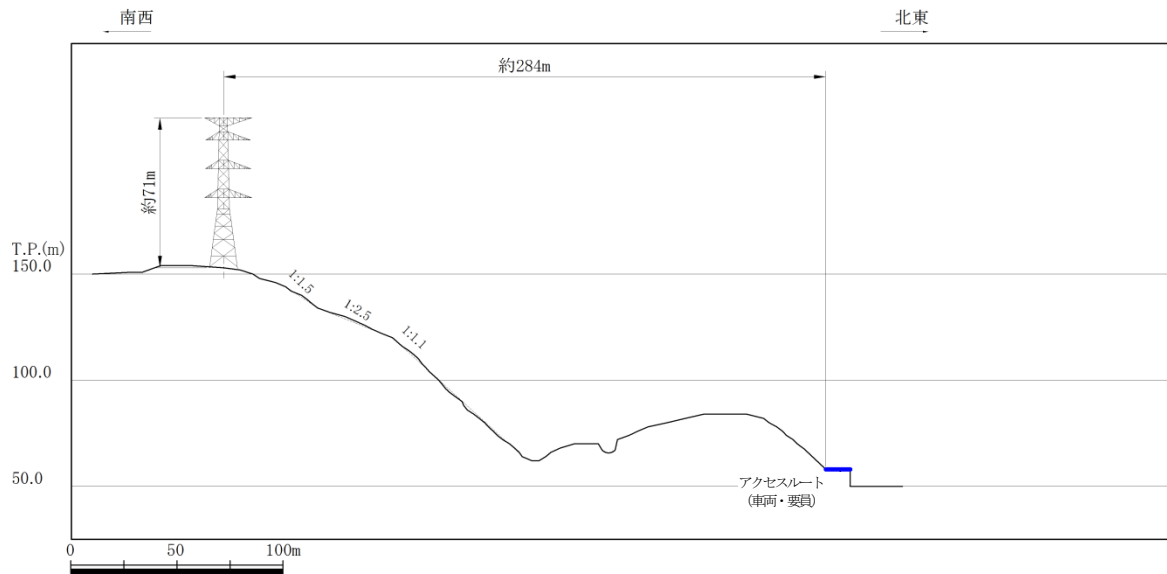
⑦-1 500kV 島根原子力幹線 No. 2 鉄塔 (急傾斜方向)



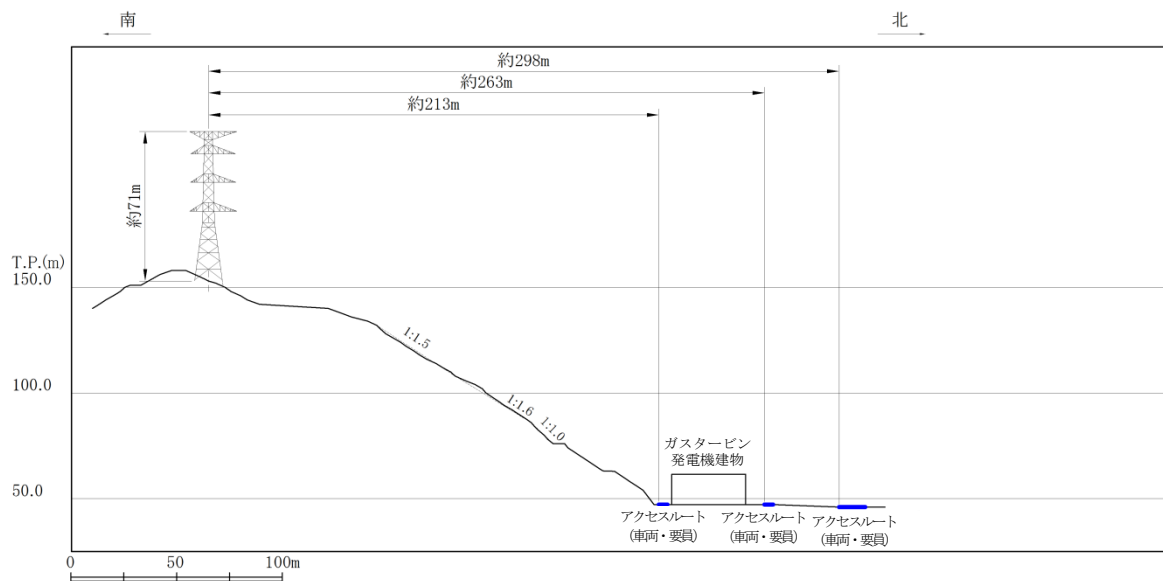
⑦-2 500kV 島根原子力幹線 No. 2 鉄塔(アクセスルート最短(南東側))



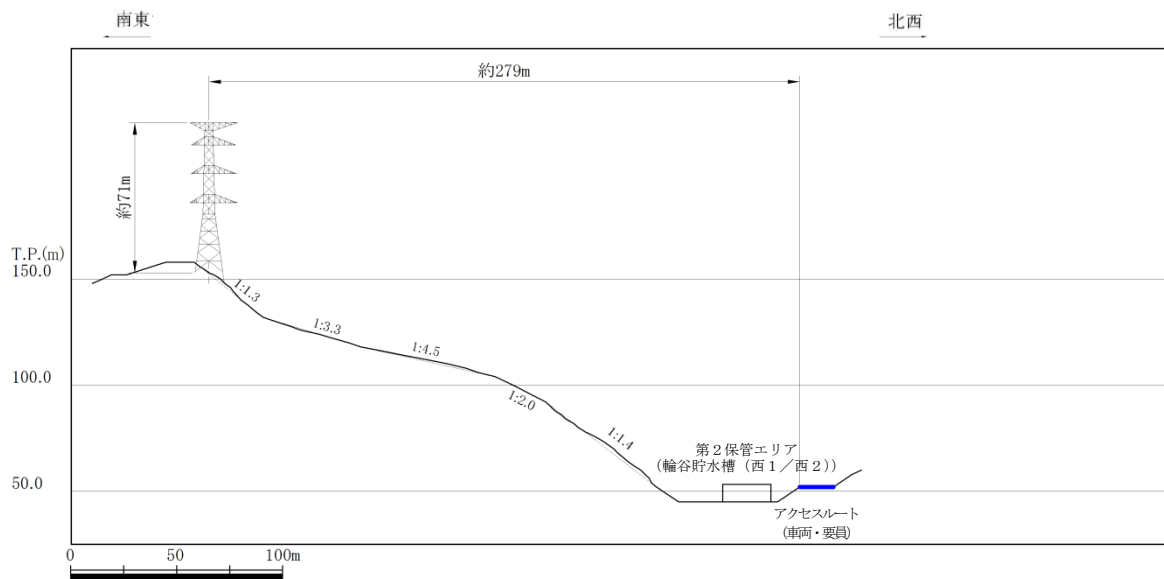
⑦-3 500kV 島根原子力幹線 No. 2 鉄塔(アクセスルート最短(東側))



⑧-1 500kV 島根原子力幹線 No. 3 鉄塔 (急傾斜方向)



⑧-2 500kV 島根原子力幹線 No. 3 鉄塔 (アクセスルート最短(北側))



⑧-3 500kV 島根原子力幹線 No. 3 鉄塔 (アクセスルート最短(北西側))

(3) 影響評価方法

220kV 第二島根原子力幹線 No.1 鉄塔及び No.2 鉄塔を例に説明する。

a. 耐震性評価

鉄塔本体及び鉄塔基礎について、基準地震動 S_s による評価を行い、評価の結果、強度不足等により、評価が満足しない結果になった場合は、補強等の影響防止対策を実施することで、地震時においても鉄塔が倒壊しない設計とする。

基準地震動 S_s 5波のうち一次固有周波数における加速度応答スペクトルが大きいものを用いる。具体的には $S_s - D$ 及び $S_s - N1$ を用いる。

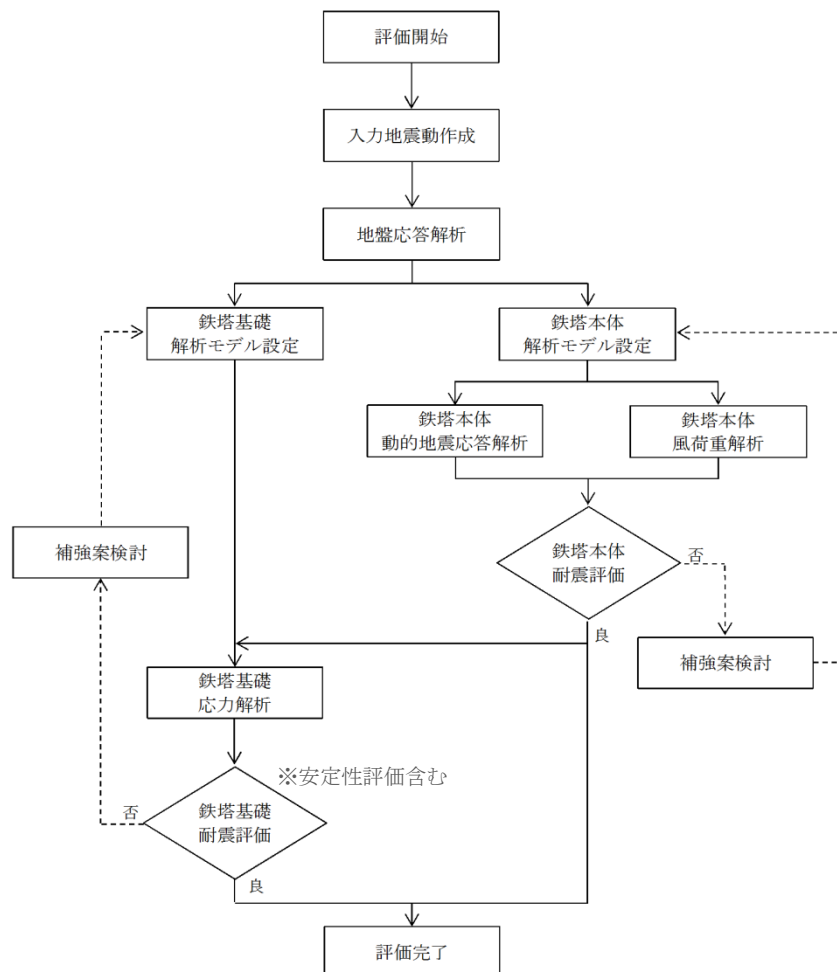
(a) 鉄塔本体

鉄塔部材と送電線をモデル化し、応答解析を行い、部材に発生する応力が許容応力以下であることを確認する。

(b) 鉄塔基礎

鉄塔本体の地盤応答解析結果を基礎の応力解析に用い、鉄塔基礎の強度及び地盤支持力を確認する。

第9図の耐震性評価フローに基づき確認を行う。



第9図 220kV 第二島根原子力幹線鉄塔耐震性評価フロー

[入力地震動作成]

解放基盤面で定義された基準地震動 S_s を解放基盤モデルの逆応答解析により解析モデル底面 (T.P. -215m) まで引き戻した後、この引き戻し波を用いて鉄塔位置の実地盤モデルにより順応答解析を行い、解析モデル底面境界まで引き上げた地震波を作成する。(1次元波動論に基づく地震応答解析を行う。)

地震波にて2次元動的FEM時刻歴非線形解析を行い、鉄塔本体の解析に用いる入力地震動を作成する。

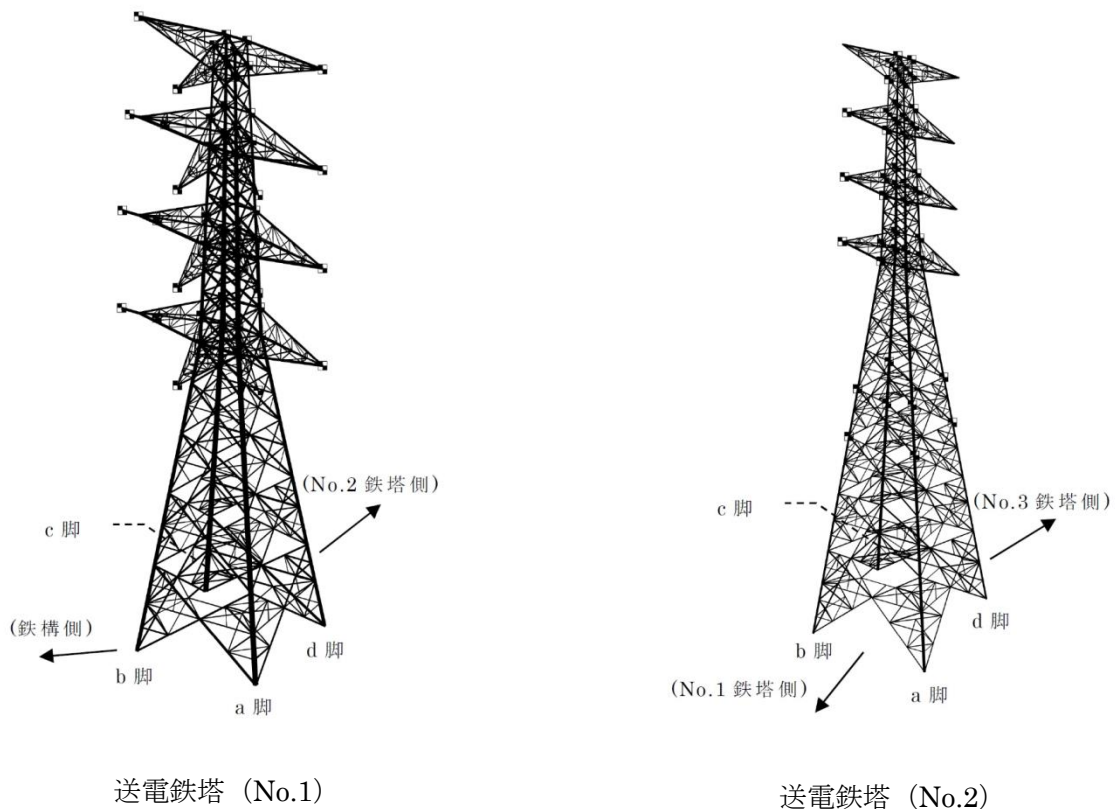
[地盤応答解析]

地震波を用いて2次元動的FEM時刻歴非線形解析を行い鉄塔基礎の応力解析に用いる地盤変位の算出を行う。

[鉄塔本体解析モデル設定]

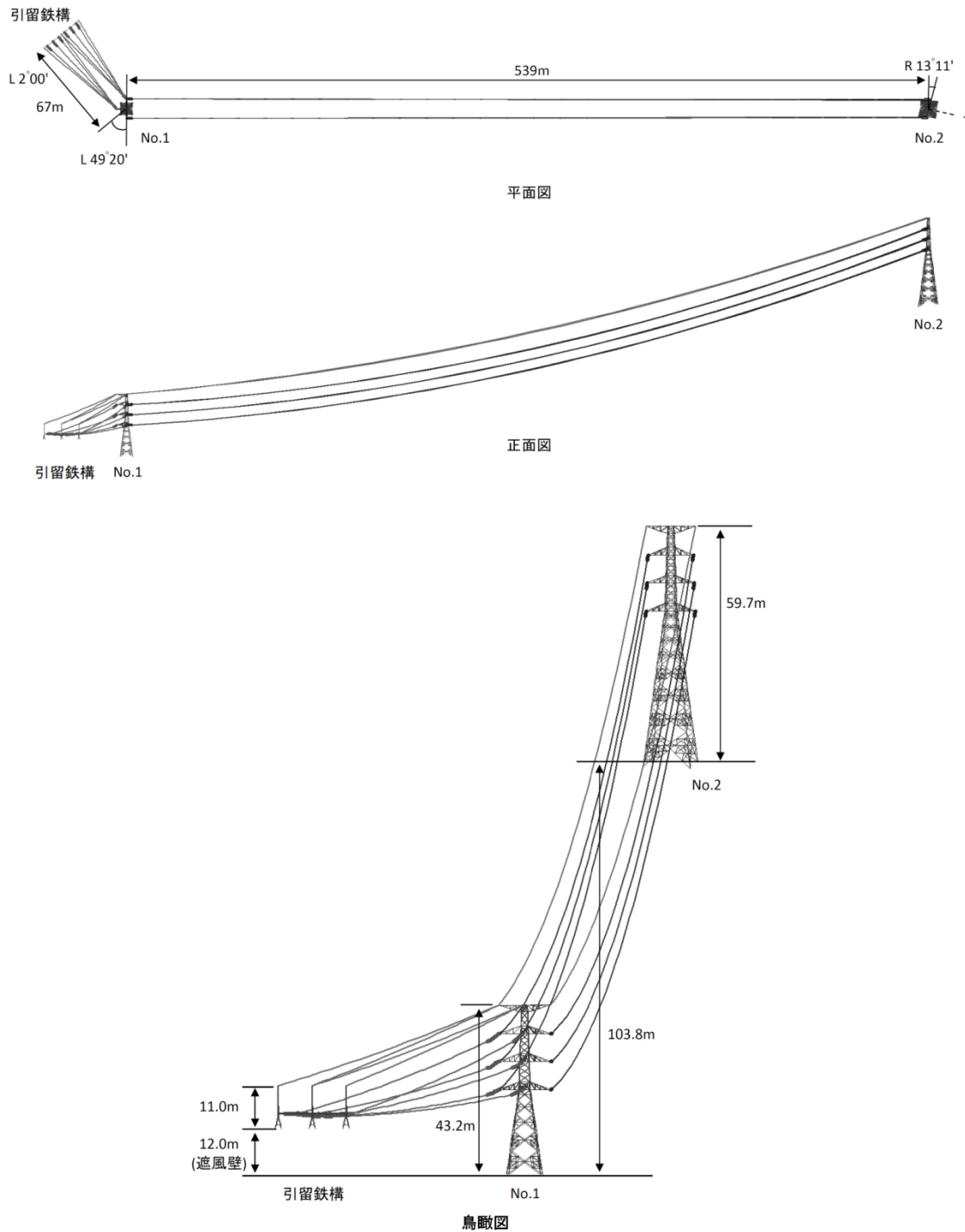
・鉄塔モデル

耐震性評価に用いる220kV第二島根原子力幹線No.1鉄塔及びNo.2鉄塔の鉄塔モデルを第10図に示す。対象鉄塔はすべて梁要素でモデル化する。

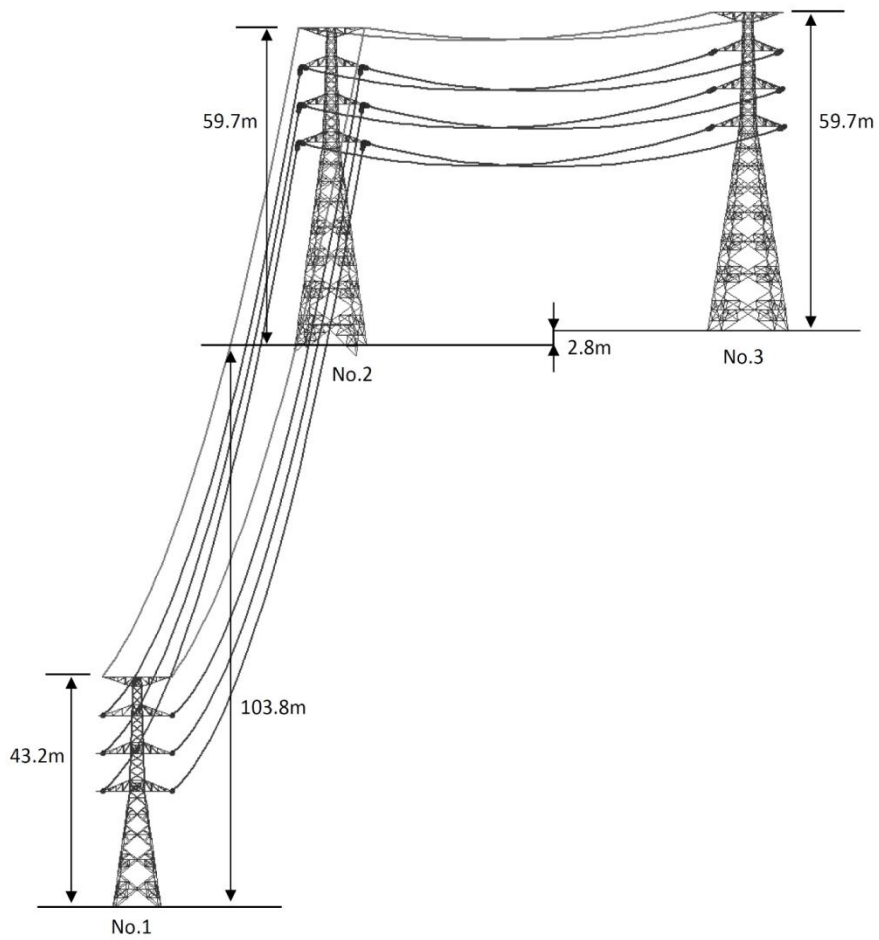
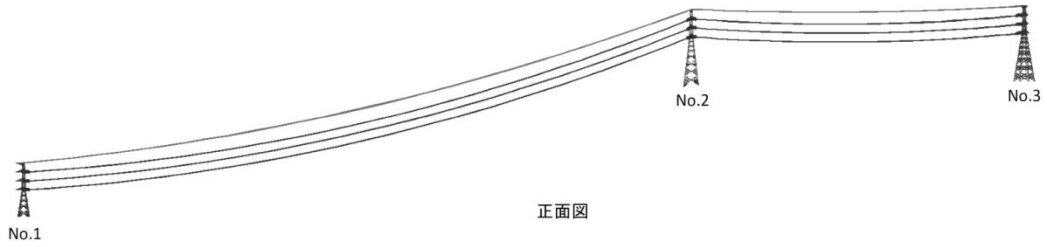
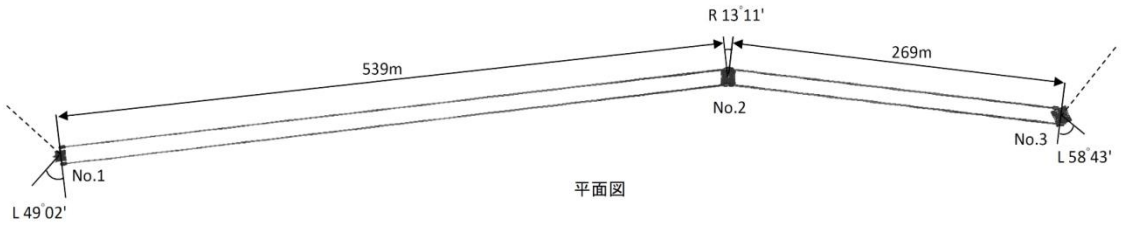


第10図 220kV第二島根原子力幹線No.1鉄塔及びNo.2鉄塔のモデル

- ・架渉線モデル
架空地線と電力線の架渉線はそれぞれの径間及び碍子装置を分割し、棒要素（トラス要素）でモデル化する。
- ・連成系モデル
鉄塔と架渉線の連成系モデルを第 11 図及び第 12 図に示す。隣接鉄塔まで含めた連成系モデルとする。



第 11 図 220kV 第二島根原子力幹線 No. 1 鉄塔を主とした連成系モデル

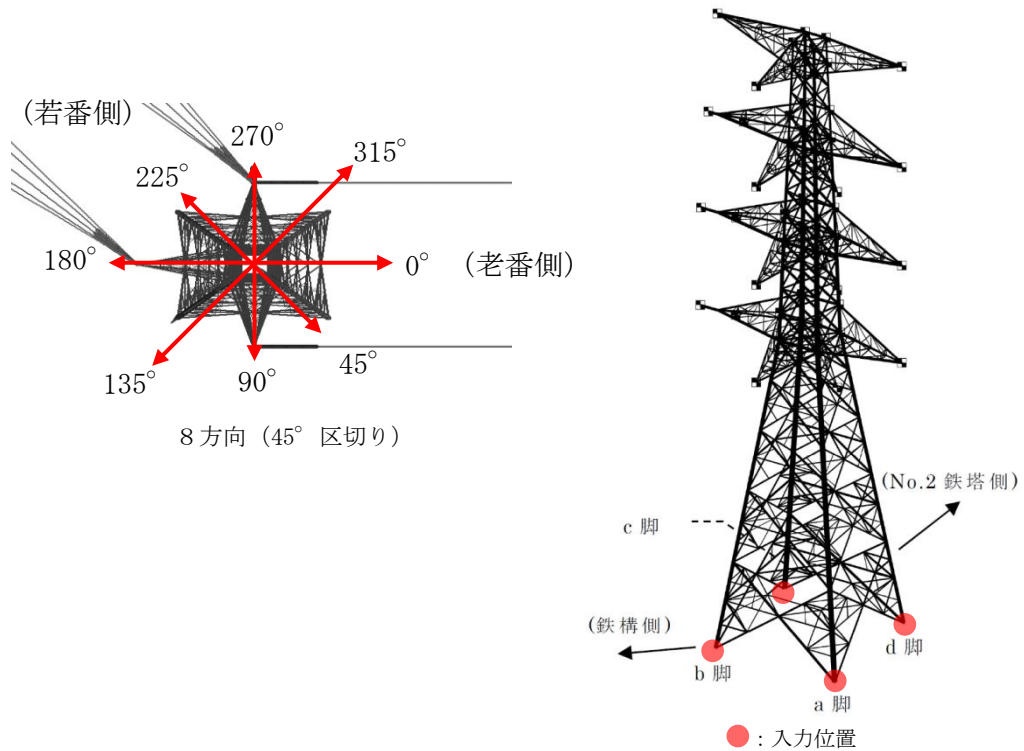


第 12 図 220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔を主とした連成系モデル

[地震動の入力位置及び方向]

地震動は水平1方向と鉛直方向の同時入力とする。水平方向の入力方向は、第13図に示すとおり、架渉線の影響が強くなりやすい線路方向、腹材の分担応力が大きくなりやすい線路方向と線路直角方向及び支柱材の分担応力が大きくなりやすい対角方向の計8方向とする。

地震動の入力方向及び位置を第13図に示す。



第13図 地震動の入力方向及び位置

[減衰定数の設定]

減衰定数の設定として鋼管鉄塔の減衰定数を2%、山形鋼鉄塔の減衰定数を5%、架渉線の減衰定数を0.4%として用いる。(第3表参照)

第3表 減衰の設定

対象		振動数 f (Hz)	減衰定数 h [*]
鉄塔本体	鋼管鉄塔	鉄塔ごとに固有1次振動数を設定	2%
	山形鉄塔		5%
架渉線		径間ごとに地線と電力線で固有1次振動数を設定	0.4%

※今回適用する基準地震動は兵庫県南部地震相当の大振幅応答になることから、「平成7年兵庫県南部地震を踏まえた送配電設備の耐震性評価」(電力中央研究所)の報告を参考とし、鋼管鉄塔を2%、山形鉄塔を5%とした。また、昭和57年に送電鉄塔の動的安定性の検討(UHV送電特別委員会の線路部会)の報告を参考とし、架渉線を0.4%とした。

[風の影響]

地震発生時に作用する風速として「建築基準法」を適用し、平成12年5月31日建設省告示第1454号に定められた島根県松江市に該当する基準風速30m/sを考慮する。

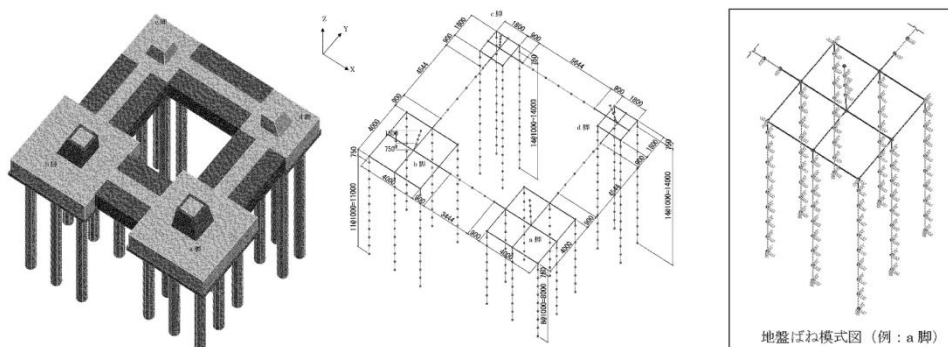
[鉄塔基礎解析モデル設定]

- ・220kV第二島根原子力幹線 No.1 鉄塔基礎モデル

220kV第二島根原子力幹線 No.1 鉄塔基礎は、各床板に接続された鋼管杭(φ700mm, L=8.5m~14.5m)で構成されており、鋼管杭を介して表層から最大約17m以深の岩盤で支持する構造形式である。

なお、各脚間は不同変位の抑制を目的としたつなぎ梁が設けられている。

220kV第二島根原子力幹線 No.1 鉄塔基礎の解析モデルを第14図に示す。鋼管杭、基礎床板及びつなぎ梁は、鋼材及びコンクリートの線形モデルとし、地盤はばね要素でモデル化する。

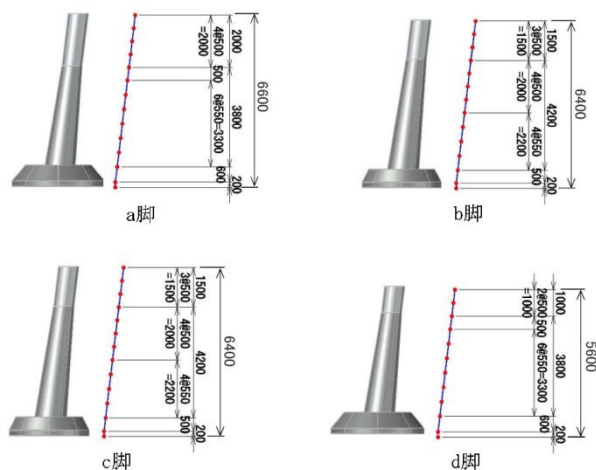


第14図 220kV第二島根原子力幹線 No.1 鉄塔基礎の解析モデル

・ 220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔基礎モデル

220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔基礎は、a, d 脚及び b, c 脚のそれぞれで基礎型が異なり、基礎高さも異なる（ポスト継高さが異なる）構造である。

220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔基礎の解析モデルを第 15 図に示す。基礎体はコンクリートの線形モデルとし、地盤はばね要素でモデル化する。



第 15 図 220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔基礎の解析モデル

[鉄塔本体評価]

鉄塔・架渉線連成系の有限要素モデルにて鉄塔本体地震応答解析を実施する。得られた解析結果に風速 30m/s の風荷重を考慮し、部材発生応力の最大値を抽出した後、部材・ボルト強度に対する安全率にて耐震性評価を実施する。

[鉄塔基礎評価]

算出する発生応力が、鋼管杭(220kV 第二島根原子力幹線 No. 1 鉄塔基礎)及び鉄筋コンクリート基礎部(220kV 第二島根原子力幹線 No. 1 鉄塔基礎及び No. 2 基礎)の許容限界値を下回ることを確認する。

[支持地盤の評価]

No. 1 鉄塔：鋼管杭打設時の地盤が設計支持力以上の強度を有していることを確認する。

No. 2 鉄塔：地層断面図より、基礎床板下面が岩盤に着底していることを確認する。また、岩盤の物性値が、設計に使用している地盤物性値以上であることを確認する。

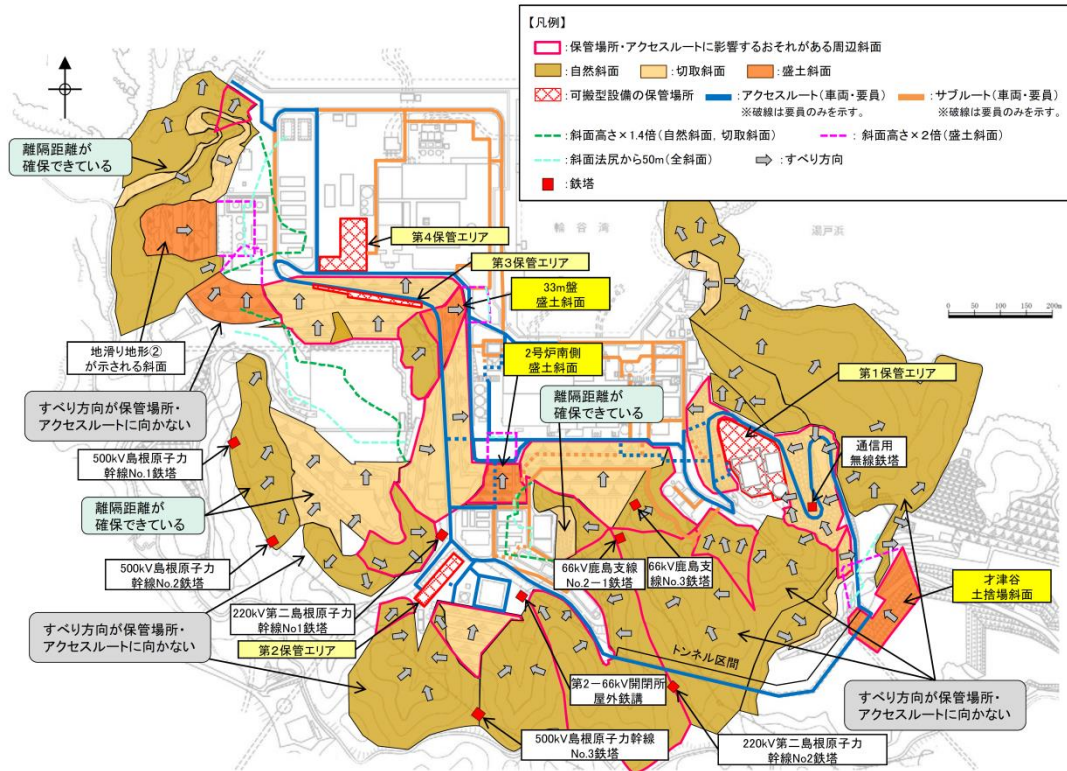
[補強案の検討]

強度不足により、評価が満足しない結果となった場合は、補強等の影響防止対策を実施する。

b. 斜面の安定性評価

耐震性評価を行う鉄塔のうち斜面上に位置する鉄塔について、設置されている斜面の基準地震動 S_s による安定性を確認する。

対象斜面の安定性評価は「別紙 (31) 保管場所及び屋外のアクセスルート」の斜面の地震時の安定性評価について」において説明する。(第 16 図参照)



第 16 図 鉄塔及び保管場所・アクセスルート周辺

c. 鉄塔滑落評価

(a) 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔

66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔の前後径間における送電線の実長，並びに送電線の張力を考慮し，鉄塔滑落時における送電線の落下によるアクセスルートへの影響範囲を確認する。

アクセスルートの影響範囲については，送電線下部に連絡通路（例：ボックスカルバート）を設置する設計とする。

[評価前提条件]

- ・鉄塔倒壊前には送電線は断線しない。
- ・鉄塔倒壊時に周辺の他物との接触の影響により，1相の送電線が断線する。
- ・鉄塔最下部から全姿倒壊することとする。
- ・地滑りとの重畳は考えない。（地震による倒壊）

[評価方法]

- ・66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔の前後径間の送電線張力を確認する。
- ・送電線張力及びがいし・架線金具引張荷重が，鉄塔滑落時の許容応力を満足していることを確認する。
- ・送電線張力差，鉄塔設置場所勾配及び送電線実長を考慮し，滑落距離及び滑落方向から影響範囲を確認する。

第 17 図に 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔の設置状況を示す。



第 17 図 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔設置状況

(b) 500kV 島根原子力幹線 No. 1 鉄塔, No. 2 鉄塔, No. 3 鉄塔

500kV 島根原子力幹線 No. 1 鉄塔, No. 2 鉄塔, No. 3 鉄塔の 3 基については, 鉄塔滑落評価を行いアクセスルートの健全性を確認する。

評価前提条件及び評価方法については, 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔と同様である。

なお, 評価が満足しない結果となった場合は, 必要に応じて設備対策を実施し, アクセスルートの健全性を確保する設計とする。