



大洗研究所（常陽）

耐震重要施設の基礎地盤の 安定性に関する補強について

令和元年12月 4日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構



目次

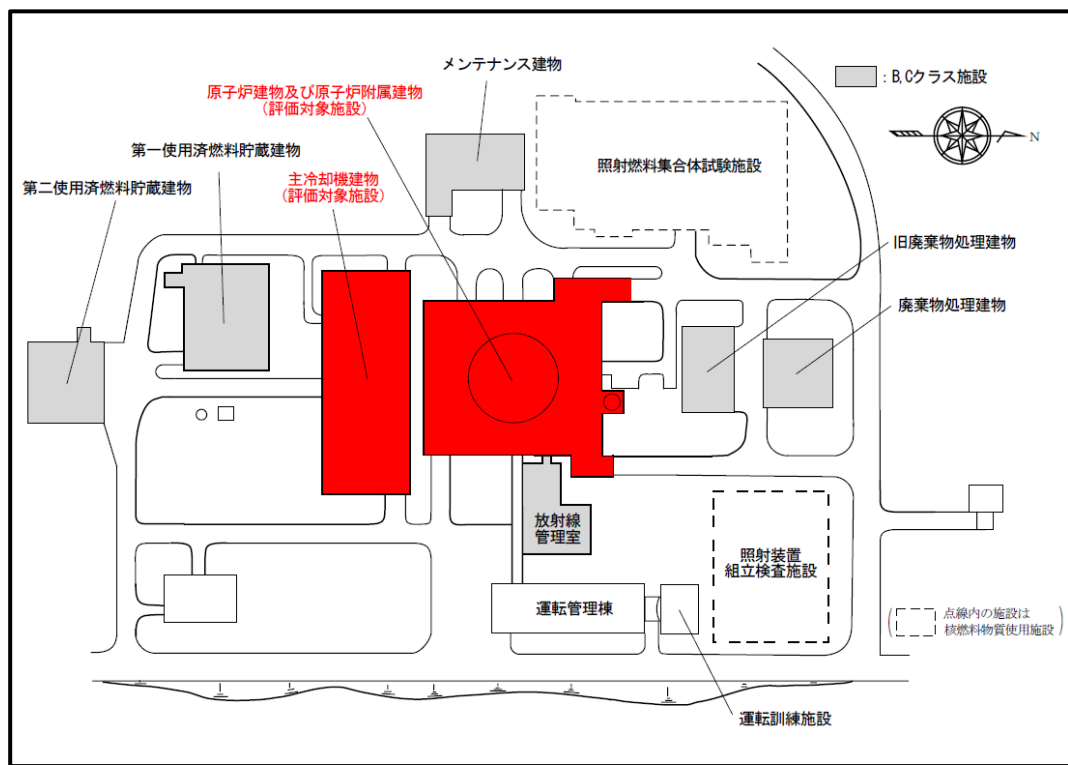
1. 評価対象施設配置図	・ ・ ・ ・ 3
2. 補強方針	・ ・ ・ ・ 5
3. 評価方法・結果	・ ・ ・ ・ 10
4. まとめ	・ ・ ・ ・ 13



1. 評価対象施設配置図
2. 補強方針
3. 評価方法・結果
4. まとめ

1. 評価対象施設配置図

- 高速実験炉原子炉施設は、原子炉建物及び原子炉附属建物、主冷却機建物、第一使用済燃料貯蔵建物、第二使用済燃料貯蔵建物、メンテナンス建物、廃棄物処理建物、旧廃棄物処理建物、放射線管理室で構成されている。



評価対象施設配置図

高速実験炉原子炉施設のうち、原子炉建物及び原子炉附属建物、主冷却機建物は、耐震設計上の重要度分類Sクラスの機器・配管系を支持する建物に該当する。



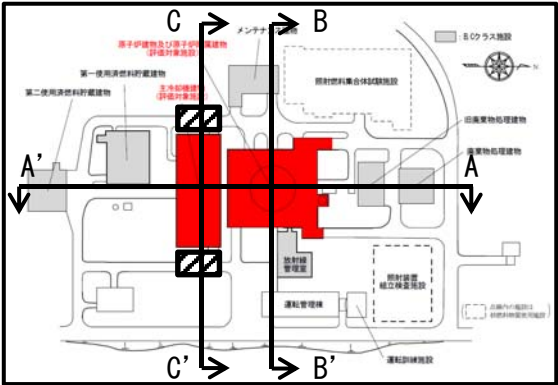
1. 評価対象施設配置図
2. 補強方針
3. 評価方法・結果
4. まとめ

2.1 補強前の評価結果

原子炉建物及び原子炉附属建物ならびに主冷却機建物について、基準地震動Ssに対して基礎地盤の安定性評価を実施した
 主冷却機建物（C-C' 断面）において地盤強度のばらつき（ -1σ ）や地下水位の変動を考慮した場合の最小すべり安全率が、評価基準値1.5を下回った。そのため、抑止杭による補強を行い、基礎地盤のすべりに対する安定性を確保する。

すべり安全率の評価結果※1

評価対象断面	想定すべり線形状	地震動※2	すべり安全率		
			基本モデル	地盤強度ばらつき考慮	地下水位変動考慮(地表面)
A-A'		Ss-D (+, -)	2.4	1.9	2.3
B-B'		Ss-D (+, -)	2.2	1.8	2.1
C-C'		Ss-D (+, -)	1.5	1.3	1.4

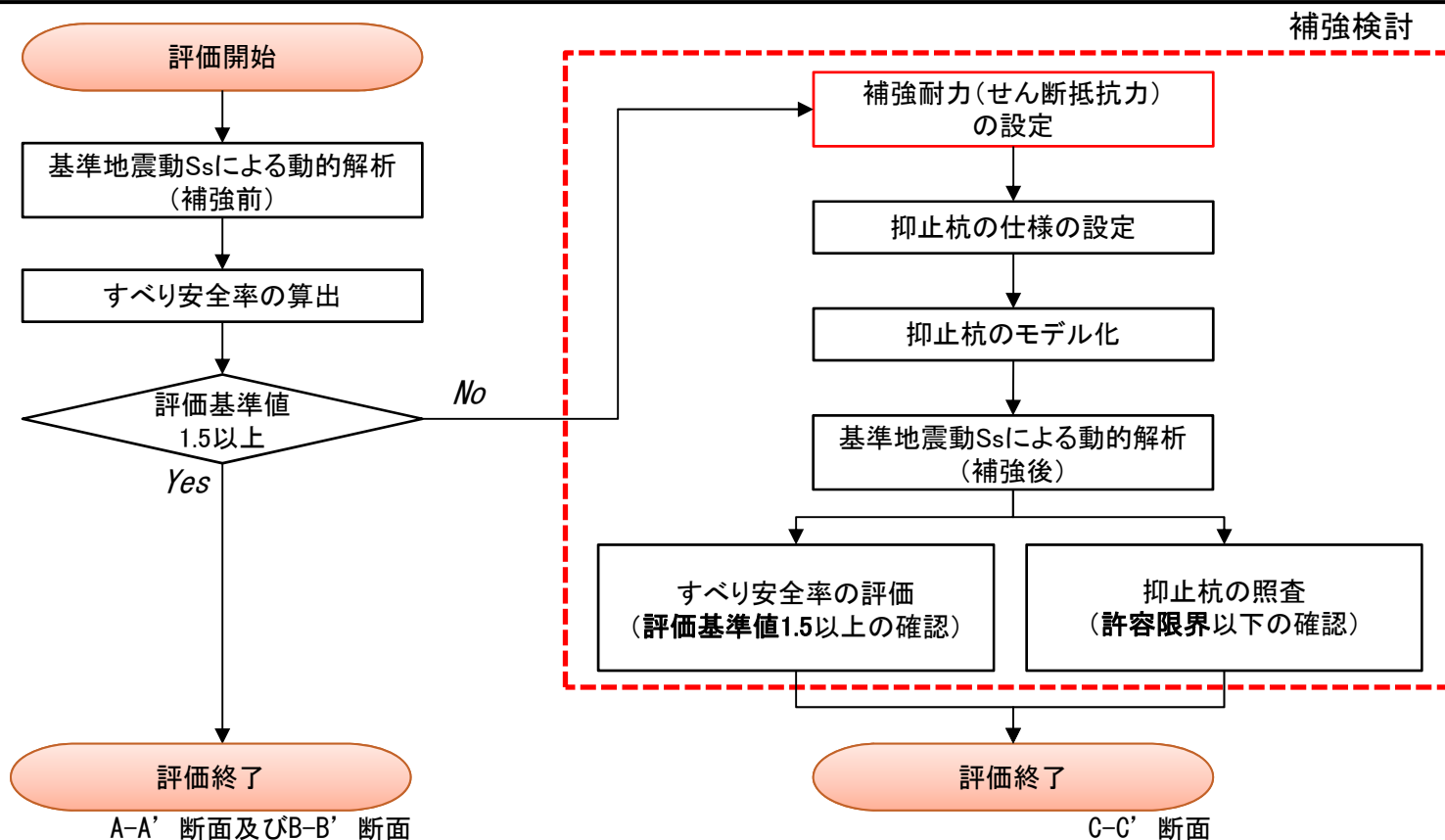


主冷却機建物（支持層Mu-S2）は、原子炉建物及び原子炉附属建物（支持層Is-S1）に比べて、基礎底面が浅くせん断強度が小さい地盤に設置されている。そのため、Mu-S2層を通り地表面に抜けるすべり線のすべり安全率は小さくなる。

※1 最小すべり安全率となるすべり線・地震動の結果を示す。
 ※2 (+, +) 位相反転なし、(+, -) 鉛直位相反転、(-, +) 水平位相反転、(-, -) 水平・鉛直位相反転

2.2 基礎地盤のすべりに対する安定性評価の考え方

- 「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」等に基づき、基準地震動 S_s に対して、基礎地盤のすべり安全率が評価基準値1.5を上回ることを確認する。
- すべり安全率が評価基準値1.5を下回る場合、目標とする補強耐力を設定し、それを満足するように抑止杭の仕様を設定する。
- 設定した仕様をもとに抑止杭をモデル化し、抑止杭を考慮したすべり安全率が評価基準値1.5を上回ることを確認する。また、基準地震動 S_s に対して抑止杭の照査を行い、すべりに対する安定性が確保できることを確認する。



基礎地盤のすべりに対する安定性評価のフロー(補強検討含む)

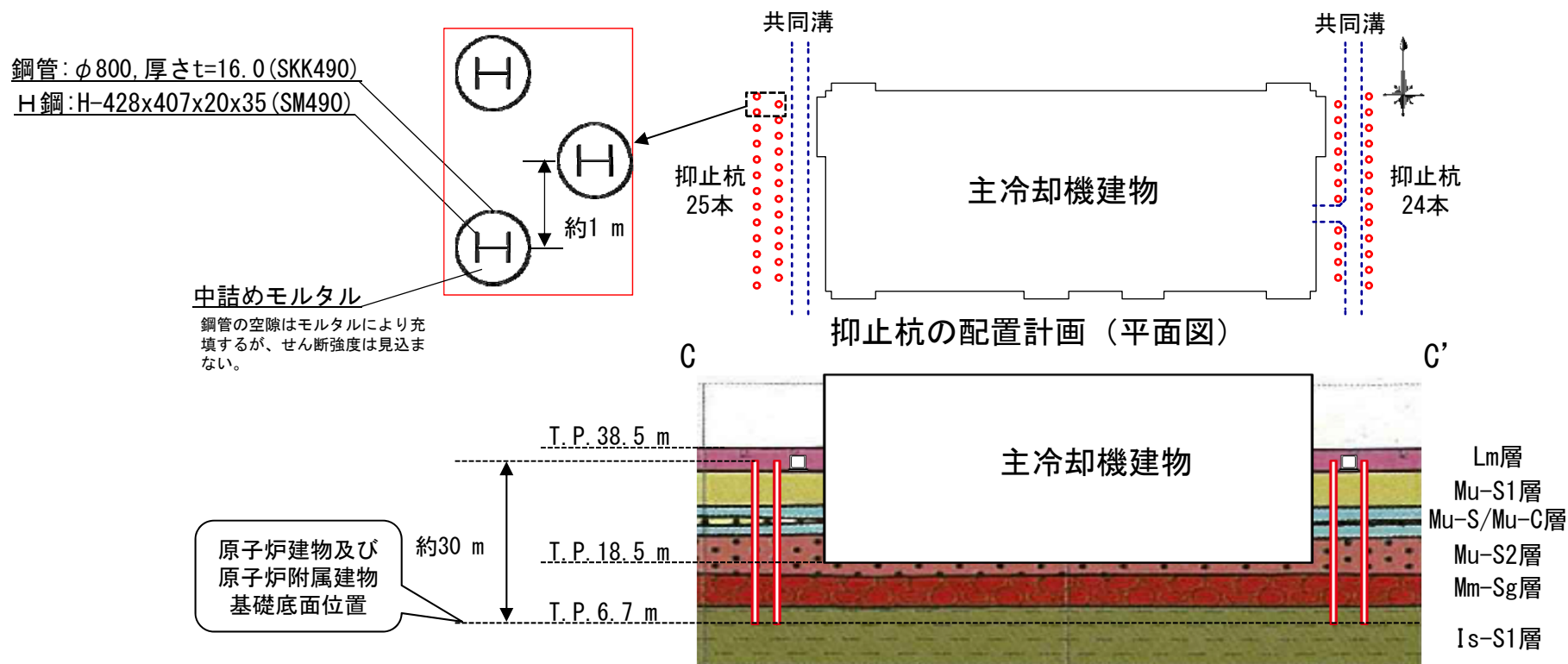
2.3 補強耐力及び抑止杭の仕様の設定

【補強耐力の設定】

- 基礎地盤のすべりに対するせん断抵抗力を補うため、抑止杭による補強を行う。
- すべり安全率が他断面と同程度まで向上することを目標に、抑止杭の補強耐力を412,000 kNと設定する。
(1本あたりの補強耐力が8,500 kNの抑止杭を合計49本配置することで、必要な補強耐力を確保できる。)

【抑止杭の仕様】

- 抑止杭の補強耐力を鋼管及びH鋼で確保できるように寸法、材質を設定する。設定においては、鋼管の外径1mmを腐食しろとして考慮する。
- 抑止杭の配置は、想定すべり線を抑止杭が通るように主冷却機建物の東側及び西側に千鳥配列で計画する。
- 抑止杭の下端は、原子炉建物及び原子炉附属建物の支持地盤（基礎底面T.P. 6.7 m）以深とする。

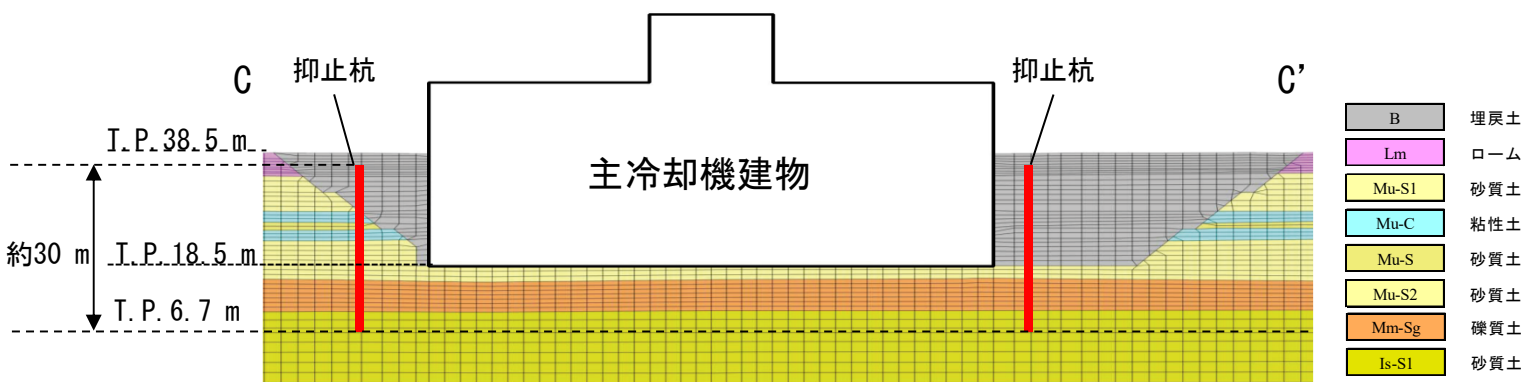
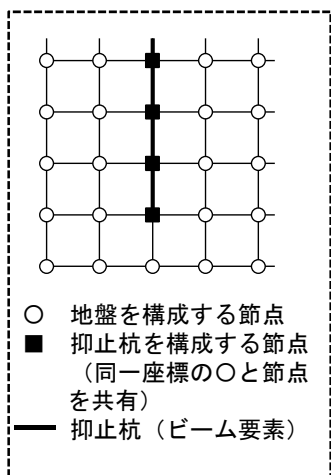
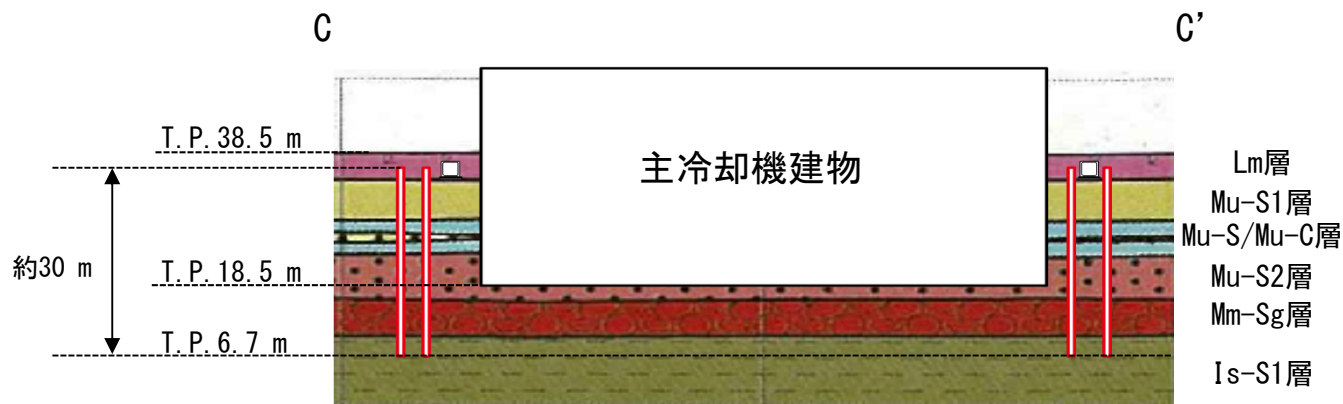


※抑止杭の仕様・配置計画は基本設計段階の情報に基づく

抑止杭の配置計画 (C-C' 断面)

2.4 抑止杭のモデル化

- 主冷却機建物の東西断面 (C-C' 断面) に抑止杭をモデル化する。
- 抑止杭は、千鳥配列で配置した杭の中心位置にビーム要素として設定する。





1. 評価対象施設配置図
2. 補強方針
- 3. 評価方法・結果**
4. まとめ

3.1 すべり安全率

- 抑止杭を考慮したすべり安全率は、基礎地盤のせん断抵抗力及び基礎地盤に生じるせん断力に抑止杭の許容せん断力（短期）及び抑止杭に生じるせん断力を考慮して算出する。
- 評価の結果、すべり安全率が評価基準値1.5以上であることを確認した。

	想定すべり面形状	地震動※	すべり安全率		
			基本モデル	地盤強度ばらつき考慮	地下水位変動考慮(地表面)
補強前		Ss-D (+, -)	1.5	1.3	1.4
補強後		Ss-D (+, -)	2.3	2.1	2.2

※ (+, +) 位相反転なし、(+, -) 鉛直位相反転、(-, +) 水平位相反転、(-, -) 水平・鉛直位相反転

○抑止杭を考慮したすべり安全率の算出

抑止杭を考慮したすべり安全率が評価基準値を上回ることを確認する。

抑止杭を考慮したすべり安全率

$$F_{S'} = \frac{S + S_k}{Q + Q_k}$$

抑止杭のせん断抵抗力 S_k を考慮することにより、すべり安全率が向上する

$F_{S'}$: 抑止杭を考慮したすべり安全率

S : 想定すべり線上の地盤のせん断抵抗力

S_k : 抑止杭のせん断抵抗力（許容せん断力（短期））

Q : 想定すべり線上の地盤に生じるせん断力

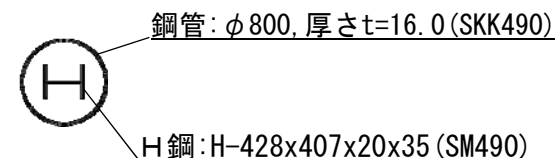
Q_k : 抑止杭に発生するせん断力

3.2 抑止杭の照査

- 地震力によって抑止杭に作用する応力に対しせん断・曲げの照査を行う。
- 動的解析結果より抑止杭に作用する応力の最大値が許容限界を下回ることから、抑止杭が破断せずに対する安定性が確保できることを確認した。

照査項目	許容限界	動的解析結果	判定
せん断	8,500 kN/本 (許容せん断力 (短期) ※)	269 kN/本	OK
曲げ	277 N/mm ² (許容曲げ応力度 (短期) ※)	55.8 N/mm ²	OK

※道路橋示方書・同解説 (I共通編・IV下部構造編) (日本道路協会、2002)



<参考>

○抑止杭のせん断に関する照査

抑止杭に発生する最大せん断力が許容せん断力 (短期) を下回ることを確認する。

抑止杭の許容せん断力 (短期)

$$S_k = \frac{\tau_p A_p}{\alpha} + \tau_H A_H$$

S_k : 抑止杭の許容せん断力

τ_p : 鋼管の許容せん断応力 (短期) (157.5 N/mm²)

A_p : 鋼管のせん断断面積 (腐食しろ: 外径1 mm考慮)

α : 鋼管の形状係数 (=2.0)

τ_H : H鋼の許容せん断応力 (短期) (157.5 N/mm²)

A_H : H鋼の断面積

○抑止杭の曲げに関する照査

抑止杭に発生する曲げ応力度が許容曲げ応力度 (短期) を下回ることを確認する。

抑止杭に発生する曲げ応力度

$$\sigma_{\max} = \frac{N_{\max}}{A_p + A_H} + \frac{M_{\max}}{Z_p + Z_H}$$

σ_{\max} : 抑止杭に発生する曲げ応力度

N_{\max} : 抑止杭に発生する軸力の最大値

M_{\max} : 抑止杭に発生する曲げモーメントの最大値

Z_p : 鋼管の断面係数

Z_H : H鋼の断面係数



1. 評価対象施設配置図
2. 補強方針
3. 評価方法・結果
4. **まとめ**



4. まとめ

- 主冷却機建物（C-C' 断面）の最小すべり安全率が評価基準値を下回るため、抑止杭による補強計画を検討し、抑止杭の照査及び基礎地盤のすべりに対する安定性について評価を行った。
- C-C' 断面のすべり安全率の評価では、抑止杭のせん断抵抗力を考慮することにより、評価基準値1.5を上回ることを確認した。また、抑止杭の照査では、地震力によって抑止杭に作用する最大応力（せん断、曲げ）が、許容限界を下回ることを確認した。
- 基本設計段階として設定した補強耐力を満足するように、詳細設計段階において抑止杭の詳細仕様及び配置計画を定める。