

# 2号機燃料取扱設備及び燃料取り出し用構台 の設置について

2021年7月14日（第19回）

The logo for TEPCO (Tokyo Electric Power Company) is displayed in red, bold, uppercase letters.

---

東京電力ホールディングス株式会社

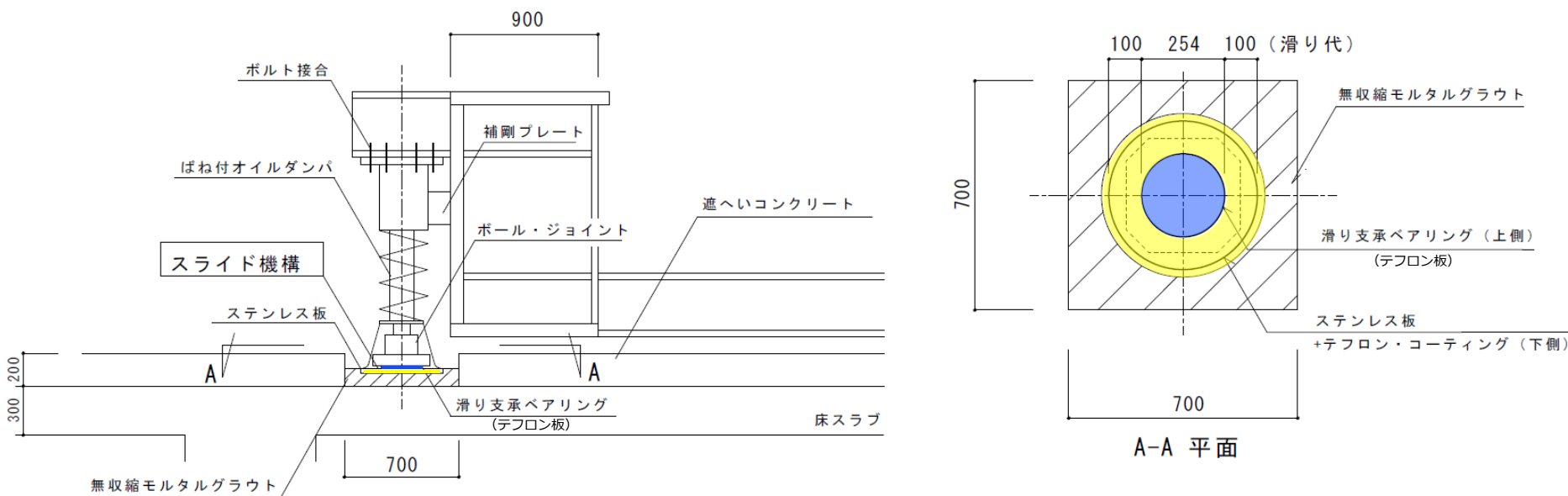
# 説明スケジュール

2号機燃料取扱設備及び燃料取り出し用構台 実施計画変更申請の説明スケジュール(案)

※説明進捗に合わせて適宜変更

No.	説明内容 (実施計画の構成に基づいて説明)	2021年度												2022年度								
		4月		5月		6月		7月		8月		9月		10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月		
全体スケジュール		コメント	回答期限														修正申請予定 ▽	認可希望 ▽				
1	申請、申請範囲と措置を講ずべき事項への適合性に関する説明																					
2	燃料取扱設備概要と燃料取扱に関する説明 【記載箇所】																					
	2.11.1 基本設計 2.11.2 基本仕様 2.11 添付資料 - 1 ~ 1 燃料の落下防止、幽界防止に関する説明書 2.11 添付資料 - 5 使用済燃料プールからの燃料取り出し工程表	第12回(4/14) ▽				第16回(6/4) ▽	第18回(6/23) ▽															
3	燃料取り出し用構台の構造強度及び耐震性に関する説明 【記載箇所】																					
	2.11.1 基本設計 2.11 添付資料 - 4 ~ 2 燃料取り出し用カバーの構造強度及び耐震性に関する説明書				第13回(5/11) ▽		第17回(6/10) ▽		第19回(7/14) ▽		第20回(7/26週) ▽											
4	燃料取扱設備の構造強度及び耐震性に関する説明 【記載箇所】																					
	2.11.1 基本設計 2.11.2 基本仕様 2.11 添付資料 - 4 ~ 1 燃料取扱設備の構造強度及び耐震性に関する説明書				第13回(5/11) ▽	第14回(5/18) ▽																
5	換気設備の設備概要、構造強度と耐震性に関する説明 【記載箇所】																					
	2.11.1 基本設計 2.11.2 基本仕様 2.11 添付資料 - 3 ~ 1 放射性物質の飛散・拡散を防止するための機能に関する説明書 2.11 添付資料 - 4 ~ 3 燃料取り出し用カバー換気設備の構造強度及び耐震性に関する説明書	第12回(4/14) ▽				第15回(5/28) ▽																
6	原子炉建屋オペレーティングフロアに設置する遮蔽体に関する説明 【記載箇所】																					
	2.11 添付資料 - 4 ~ 2 別添B 2号機原子炉建屋 オペレーティングフロア床面に設置する遮蔽体の落下防止について	第12回(4/14) ▽				第15回(5/28) ▽																
7	放射線管理関係設備、保安措置に関する説明 【記載箇所】																					
	2.11 添付資料 - 1 ~ 2 放射線モニタリングに関する説明書 2.15.1 基本設計 2.15.2 基本仕様 2.15 添付資料 - 1 ダスト放射線モニタ系統概略図 Ⅱ 第1編 第42条 気体廃棄物の管理 Ⅲ 第1編 第60条 外部放射線に係る線量当量率等の測定 Ⅳ 第1編 第61条 放射線計測器等の管理 Ⅴ 第3編 2.1.3 放射性気体廃棄物等の管理 Ⅵ 第3編 3.1.2 放射線管理	第11回(4/1) ▽				第15回(5/28) ▽																
8	燃料の健全性及び移送操作中の燃料集合体の落下に係る説明 【記載箇所】																					
	2.11 添付資料 - 1 ~ 3 燃料の健全性確認及び取り戻しに関する説明書 2.11 添付資料 - 3 ~ 3 移送操作中の燃料集合体の落下						第15回(5/28) ▽															
9	確認事項に関する説明 【記載箇所】																					
	2.11 添付資料 - 1 ~ 1 燃料の落下防止、幽界防止に関する説明書 2.11 添付資料 - 1 ~ 2 放射線モニタリングに関する説明書 2.11 添付資料 - 3 ~ 1 放射性物質の飛散・拡散を防止するための機能に関する説明書 2.11 添付資料 - 4 ~ 1 燃料取扱設備の構造強度及び耐震性に関する説明書 2.11 添付資料 - 4 ~ 2 燃料取り出し用カバーの構造強度及び耐震性に関する説明書				第14回(5/18) ▽		第17回(6/10) ▽		第19回(7/14) ▽													

- 次頁に示すように、ばね付きオイルダンパの下面にはすべり材（テフロン板）を取付け、原子炉建屋床面上に設置したすべり板（ステンレス板）との間で接触させ、水平方向に滑動できる計画としている
  - Ss時の水平方向の最大応答相対変位は、NS方向で45mm、EW方向で76mmであり、滑り代100mm以下となっている
  - ステンレス板（テフロンコーティング）とテフロン板との基準摩擦係数は0.013であり、非常に小さい
  - オイルダンパにすべり材（テフロン板）を備えた構造は一般的ではないものの、剛すべり支承\*の機構を参考に水平力を負担しない条件とした
- \* すべり材（テフロン板）を備え、すべり板（ステンレス板）上を滑らせる構造とした、「剛すべり支承」は、一般建物の渡り廊下や免震建物の付属施設（エレベータ、階段、周辺低層部）の下部に用いられている



ばね付きオイルダンパ設置概要図 (単位 : mm)

## 【テフロンの耐放射線性】

- テフロンは、耐薬品性、耐熱性、電気特性などに極めて優れている反面、放射線照射特性が劣ることが知られている
- テフロンの放射線に対する耐久性は以下によると、約 $2 \times 10^3$  Gyと評価されている
- 設置環境を仮定し、どの程度の照射量となるか試算した

$$2\text{年} \times 365\text{日} \times 24\text{時間} \times 2.3\text{mSv/h} = 40.3\text{Sv} \rightarrow 40.3\text{Gy} < 2000\text{Gy}$$

使用限界線量に対し十分小さいことを確認した

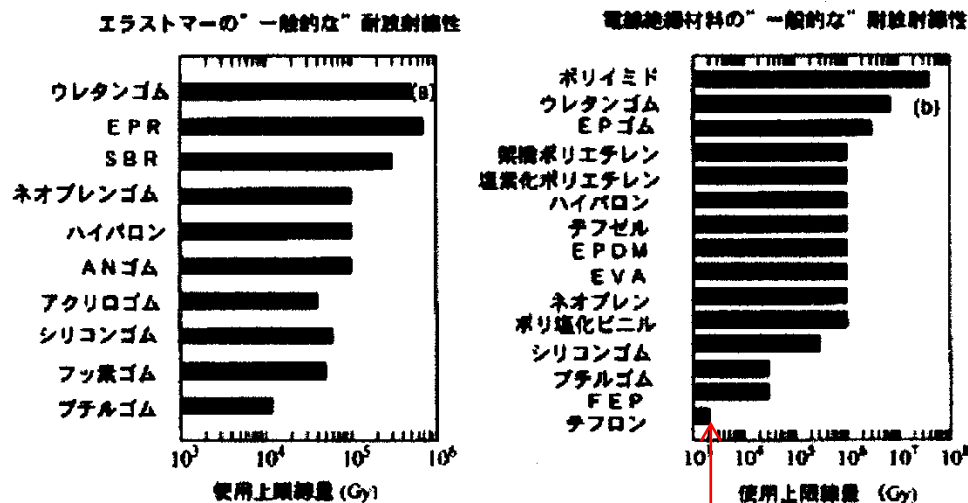


図5-1. CERNでまとめられた“一般的な耐放射線性”

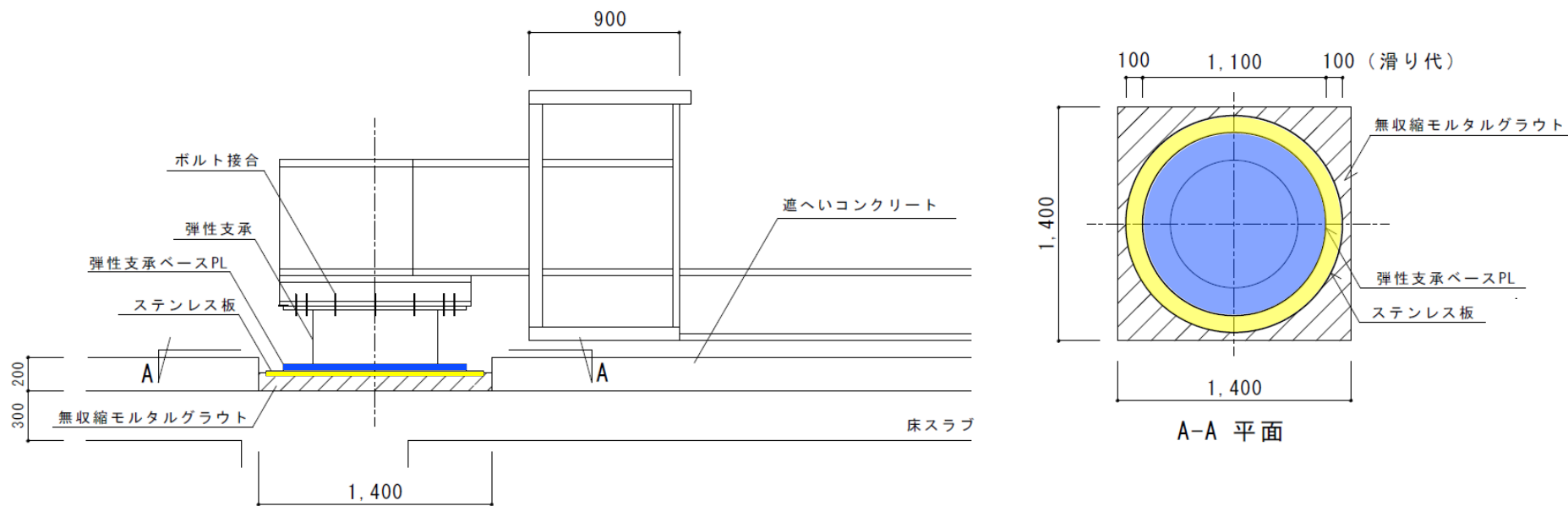
(a) エラストマー (ゴム)

(b) 電気絶縁材料

約 $2 \times 10^3$  Gy

出典：日本原子力研究所 高分子系材料の耐放射線特性とデータ集 (2003年9月)

- 次頁に示すように、弾性支承もばね付きオイルダンパと同様に原子炉建屋床面上にステンレス板を設置し、その上に直接設置する計画としているが、施工性の向上のためフロン板の設置や床面への固定は行わない
- Ss時の水平方向の最大応答相対変位は、NS方向で45mm、EW方向で71mmであり、滑り代100mm以下であるため、弾性支承がステンレス板上を滑動しても問題無い
- Ss時の水平方向の最大応答相対変位は、弾性支承のせん断変形に対する許容値400 mm（せん断歪み $\gamma = 200\%$ に相当）と比較し十分小さいことから、ベースプレートとステンレス板の摩擦により弾性支承が滑動しなかったとしても、地震により発生するせん断歪みで損傷することは無い
- 水平方向の摩擦力は地震時にランウェイガードの応答を抑制する側に作用するため、地震応答解析では摩擦力を考慮せず、フリーの条件とすることは、ランウェイガードの応答を保守的に評価することとなる
- 以上から、現状の摩擦力を考慮しない境界条件は、妥当だと判断している



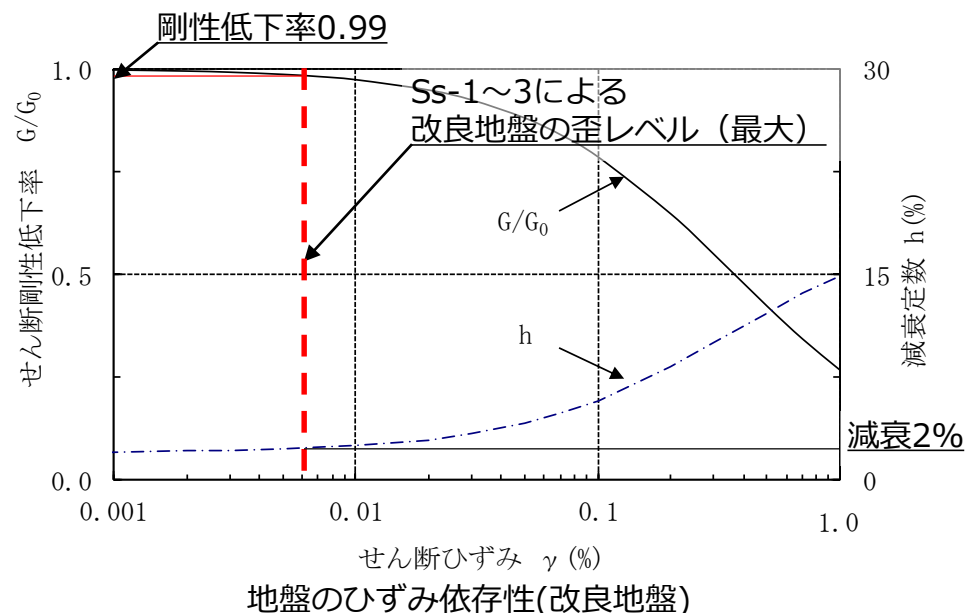
弾性支承設置概要図（単位：mm）

# 改良地盤物性の設定について

- 燃料取り出し用構台基礎直下は支持層（泥岩）に到達していないため、高圧噴射攪拌工法により地盤改良を行う
- 物性値のうち圧縮強度とせん断波速度は、2号機燃料取り出し用構台と同一条件の4号機燃料取り出し用カバーでの実績値に基づき設定している
- ひずみ依存特性は、本件と同様に、原地盤が砂質埋め戻し土及び砂岩であり、改良方法が高圧噴射攪拌工法を用いた類似条件下での物性を参照する
- ひずみ依存性は、福島サイトでの実績値はないが、上記理由のほか、今回の入力地震動では剛性低下をほぼ起こさない応答レベルであり、減衰についても下限値の2%としている
- 施工例が少なく、同工法、同設計値（剛性、強度）でのひずみ依存特性の実績値は上記を除き確認できなかったため、パラメトリックスタディを実施し、改良地盤のひずみ依存特性が応答に与える影響を**確認した（次頁以降記載）**

	2号燃料取り出し用構台	(参考) 4号機燃料取り出し用カバー	
	設計仕様	設計仕様	実施工後の試験結果
せん断波速度 Vs(m/s)	800	800	836
圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	5	5	4.498*
設計基準強度 (N/mm <sup>2</sup> )	3	3	2.300*

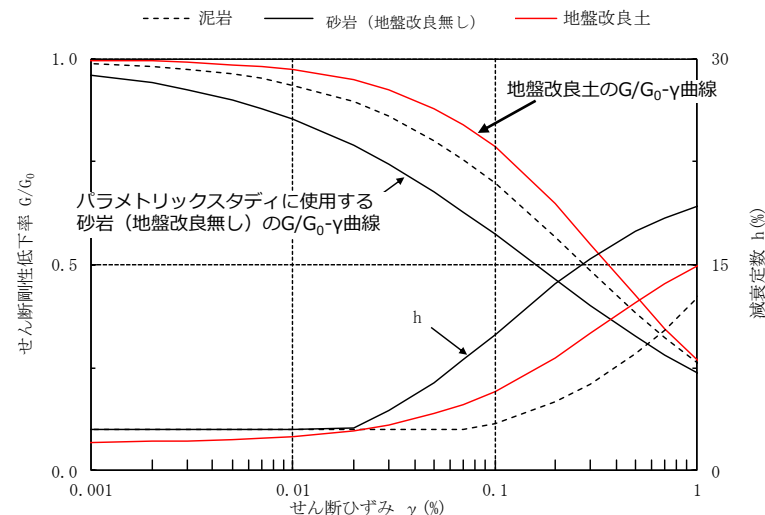
\* 設計バックフィットを実施し、設計成立性を確認している





# 改良地盤物性の設定について

- 地盤改良を実施すると、改良前よりせん断剛性低下率のひずみ依存性が改善される
- ここでは仮に、地盤改良を実施しない砂岩のせん断剛性低下率のひずみ依存性を用いて基礎下入力動に及ぼす影響を確認する
- 一方、初期せん断剛性や減衰定数は、地盤改良土の物性をそのまま用いる
- 上記条件の場合、剛性低下しやすくなり、応答が大きくなる傾向となる
- 入力波基準地震動Ss-1とする



**地盤改良土の物性をそのまま使用**

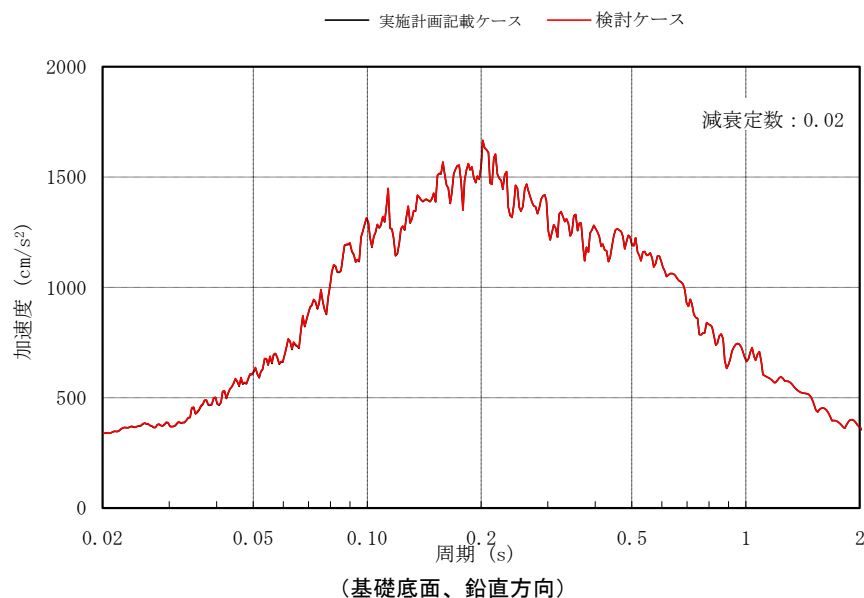
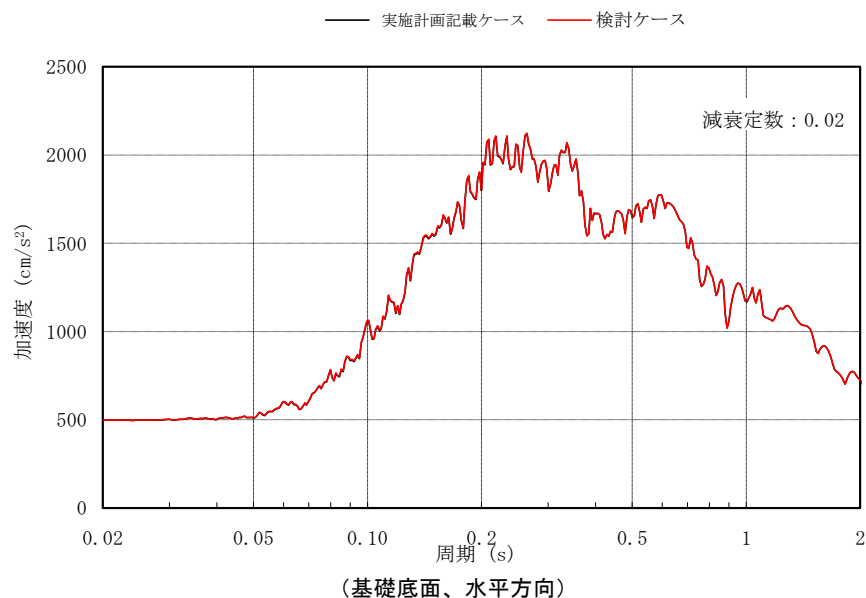
**ひずみ依存特性を変更したことにより変更**

標高	地質	初期せん断波速度 $V_{s0}$ (m/s)	単位体積重量 $\gamma t$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$	初期せん断弾性係数 $G_0$ ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	剛性低下率 $G/G_0$	せん断弾性係数 $G$ ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	剛性低下後せん断波速度 $V_s$ (m/s)	剛性低下後縦波速度 $V_p$ (m/s)	減衰定数 $h$ (%)	層厚 $h$ (m)
0.0											
-8.1	(地盤改良土)	800	17.7	0.310	11.52	0.93	10.71	770	1470	2	8.1
-20.0	泥岩	450	16.5	0.464	3.41	0.78	2.66	398	1530	3	11.9
-90.0		500	17.1	0.455	4.36	0.78	3.40	442	1540	3	70.0
-118.0		560	17.6	0.446	5.63	0.78	4.39	495	1580	3	28.0
-206.0		600	17.8	0.442	6.53	0.78	5.09	530	1640	3	88.0
	(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	-	9.24	700	1890	-	-
0.0											
-8.1	砂岩	380	17.8	0.473	2.62	0.85	2.23	351	1550	3	8.1

【参考】

砂岩の物性値

- 基礎下入力動の比較を以下に示す
- 地盤改良を実施しない砂岩のひずみ依存特性を適用した場合においても、基礎下入力動は地盤改良を実施した類似条件下のひずみ依存特性を用いた場合とほぼ同等であり、改良地盤のひずみ依存特性が応答に与える影響は十分小さいことを確認した



基礎下入力動の加速度応答スペクトルの比較 (基準地震動Ss-1)

## 【一般あと施工アンカー（M30）】

- 設計は、「各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会）」「4.5接着系アンカーボルトの設計」、及び「あと施工アンカー工法・製品評価認証書 セメフォースアンカー150、セメフォースアンカー500」\*1（日本建築あと施工アンカー協会 認証番号：第17-0005号）による
- ただし、製品の付着強度は、\*1の製品評価認証書で定められたものを用いる
- さらに、D22を超える太径アンカーボルトについては、「太径アンカー筋に対する無機系注入式あと施工アンカーの付着強度特性（土木学会第71回年次学術講演会）」より本工事への適用性を確認している

## 【FMボルト（M60）】

- 設計は、「評定書（工法等） FMボルト工法」\*2（日本建築センター BCJ評定-SS0031-01）による
- \*2の評定書において、構造設計方法及び工法が示されており、今回の工法が適用できることを確認している
  
- 両アンカーとも、接着剤には無機系材料（セメント系）を使用しており、耐久性や耐放射線性はコンクリート躯体同等であり、福島第一原子力発電所構内で用いても問題無い

(本内容を添付資料－ 4 － 2 別添－ 7 に反映する。)

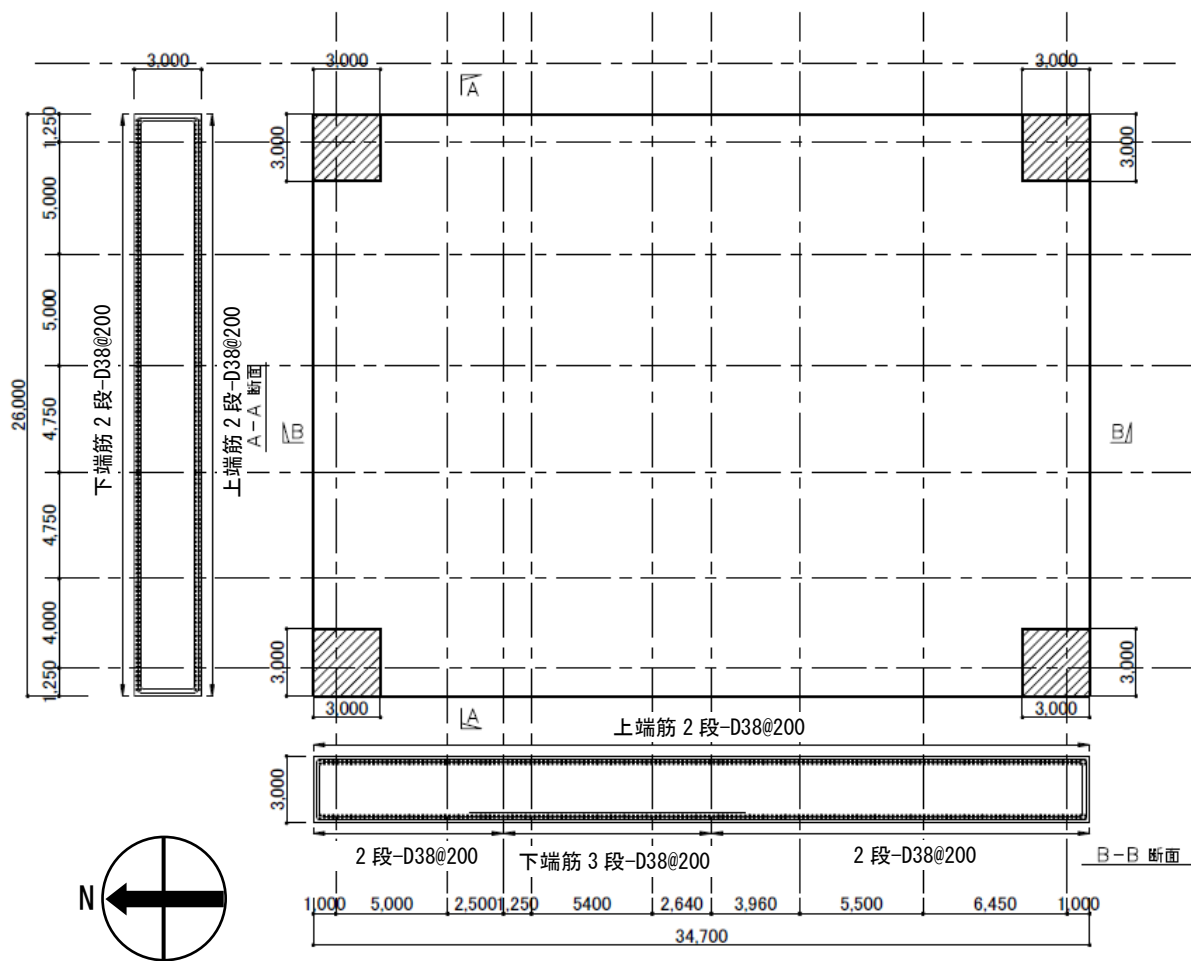
### 2号機燃料取り出し用構台に係る確認事項

2号機燃料取り出し用構台の工事に係る主要な確認項目を表－ 1 に示す。

表－ 1 2号機燃料取り出し用構台に係る確認項目

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 および 耐震性	材料確認	地盤改良土の一軸圧縮強さを確認する。	地盤改良土の一軸圧縮強さが、実施計画に記載されている設計基準強度を満足すること。
		構造体コンクリートの圧縮強度を確認する。	構造体コンクリート強度が、実施計画に記載されている設計基準強度対して、JASS5Nの基準を満足すること。
		鉄筋の材質、強度、化学成分を確認する。	JIS G 3112 に適合すること。
		鋼材の材質、強度、化学成分を確認する。	JIS G 3101, JIS G 3136, JIS G 3106, JIS G 3475, 又は JIS G 3444 に適合すること。
		特殊ボルト（ワンサイドボルト）の締め付け張力を確認する。	導入張力試験を JASS 6 に準じて実施し、所定の張力が得られること。
		トルシア型超高力ボルト（SHTB）、トルシア型高力ボルト（S10T）の仕様を確認する。	建築基準法第 37 条第二号の規定に適合すること。
		アンカーボルトの材質、強度、化学成分を確認する。	JIS G 3138 に適合すること。
		弾性支承の鉛直剛性を確認する。	弾性支承の鉛直剛性が、II 章 2.11 添付資料－ 4 － 2 に記載した値の±20%以内であること。
		オイルダンパの減衰係数を確認する。	オイルダンパの減衰係数が、II 章 2.11 添付資料－ 4 － 2 に記載した値の±10%以内であること。
オイルダンパのリリーフ荷重を確認する。	オイルダンパのリリーフ荷重が、II 章 2.11 添付資料－ 4 － 2 に記載した値の±10%以内であること。		

		オイルダンパの最大速度を確認する。	II章 2.11 添付資料-4-2に記載した、オイルダンパの最大速度相当における減衰力が±10%以内であること。
		オイルダンパのストロークを確認する。	オイルダンパのストロークが、II章 2.11 添付資料-4-2に記載した値以上であること。
	据付確認	地盤改良範囲(深さ)を確認する。	支持レベルに着底していること。
		鉄筋の径, 間隔(図-1 参照)を確認する。	鉄筋の径が実施計画書に記載されている通りであること。鉄筋の間隔が実施計画に記載しているピッチにほぼ均等に分布していること。
		接合部(図-2~図-5 参照)の施工状況を確認する。	高力ボルトが所定の本数・種類であること。
		アンカーボルト埋め込み長さを確認する。	有効埋め込み長さが所定の値(M30: 300mm、M60: 265mm)であり、かつボルトの余長はナット面から突き出た長さが3山以上であること。
		外装材の施工状況を確認する。	外装材の設置範囲が、図-6~図-8の通りであること。
	外観確認	制震装置(オイルダンパ)の外観を確認する。	有害な欠陥がないこと。
		免震装置(弾性支承)の外観を確認する。	有害な欠陥がないこと。




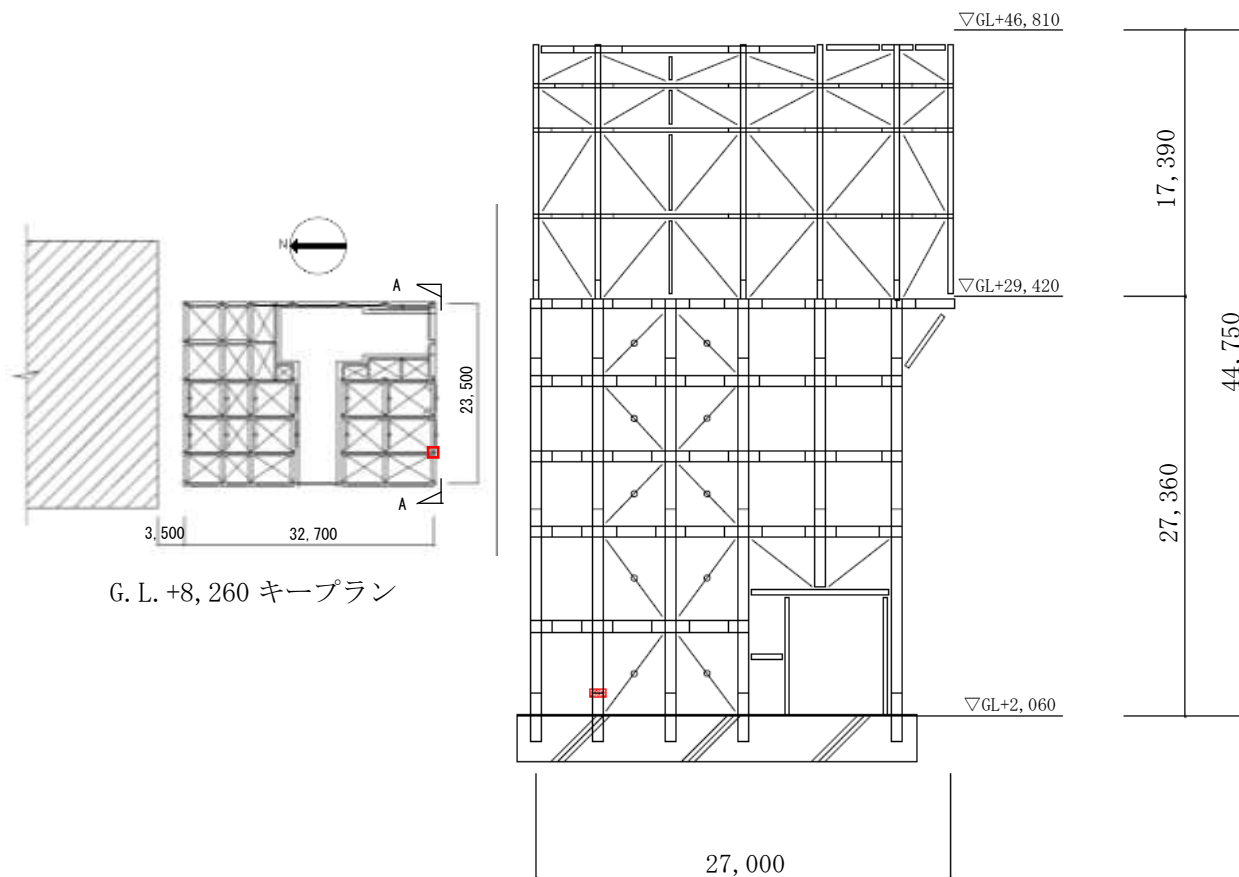
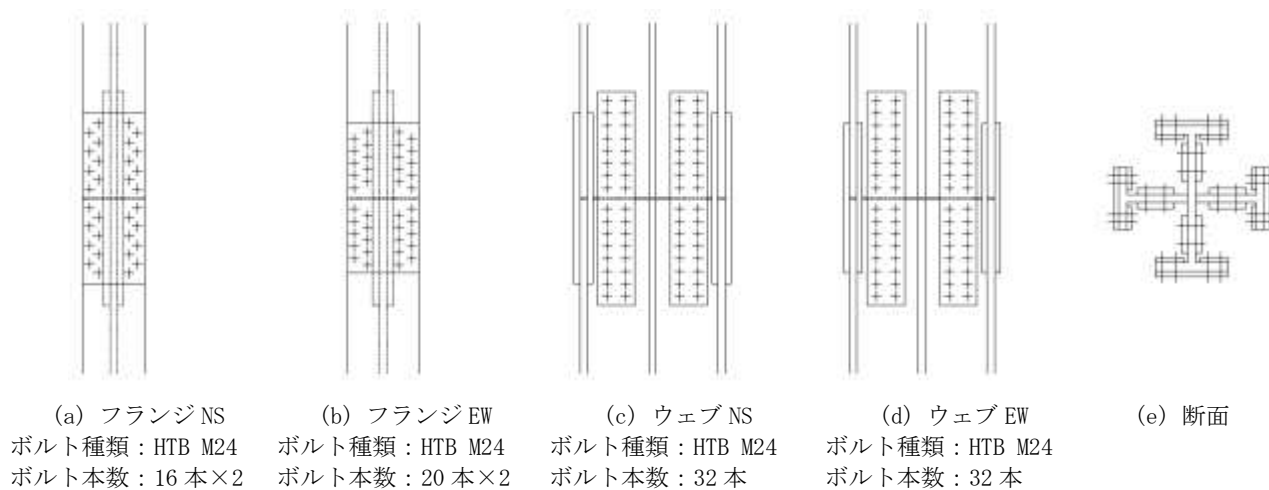
 部は面外せん断補強を実施  
 D19@400×200  
 鉄筋材質：SD345

図-1 基礎配筋図 (単位：mm)



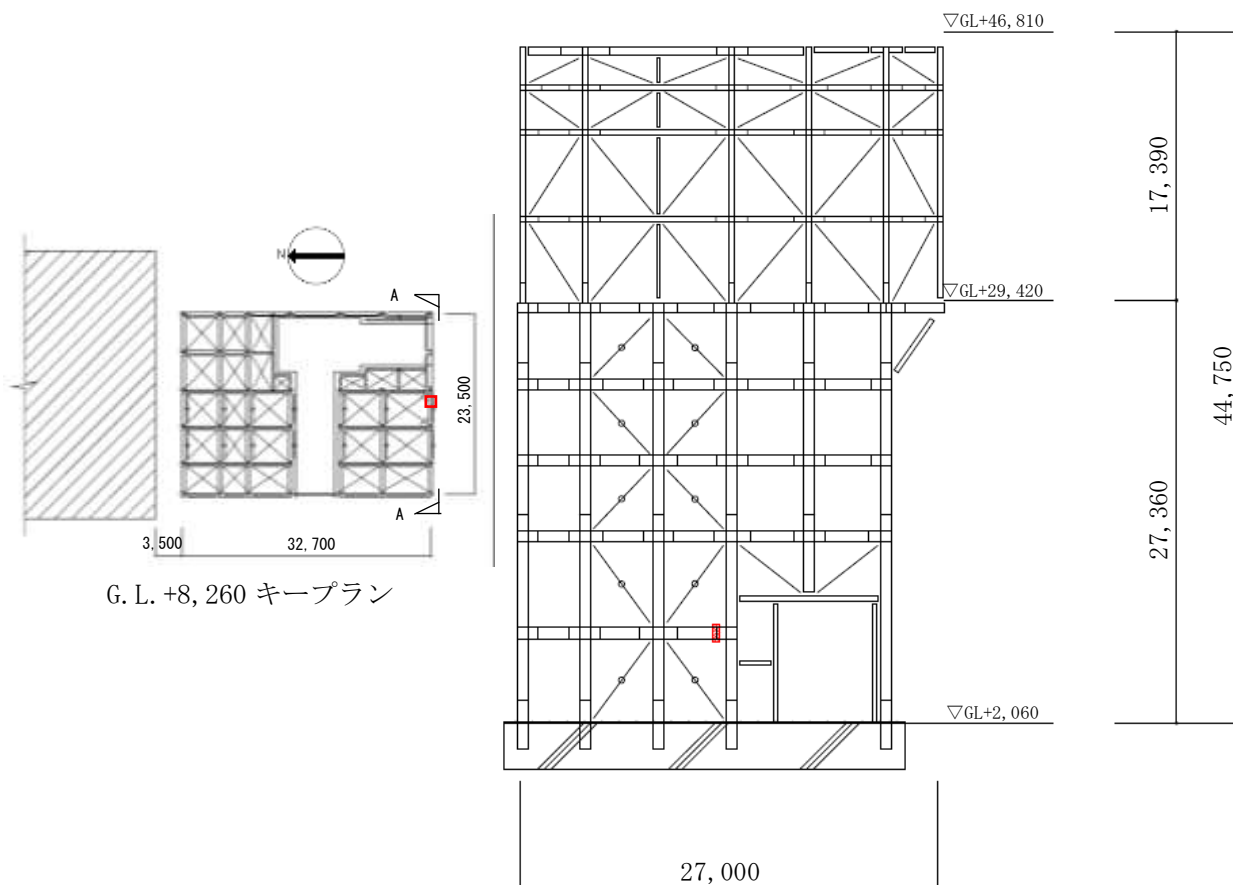
A-A 断面図

(1) 接合部位置



(2) 接合部詳細

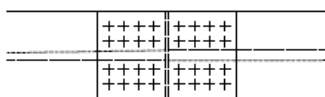
図-2 構台接合部①



G. L. +8, 260 キープラン

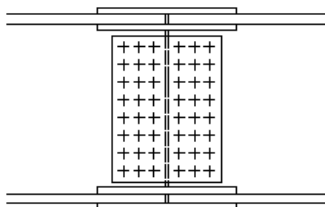
A-A 断面図

(1) 接合部位置



(a) 上下フランジ

ボルト種類 : SHTB M24  
ボルト本数 : 16 本×2



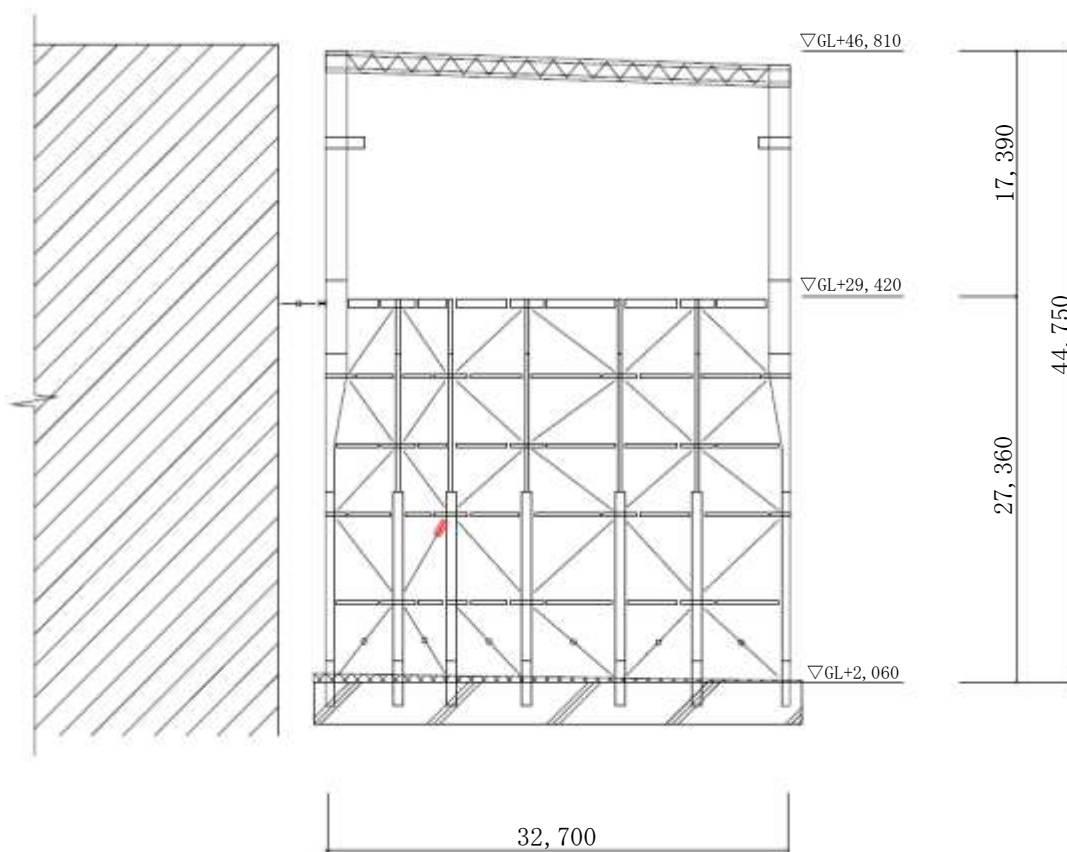
(b) ウェブ

ボルト種類 : SHTB M24  
ボルト本数 : 24 本

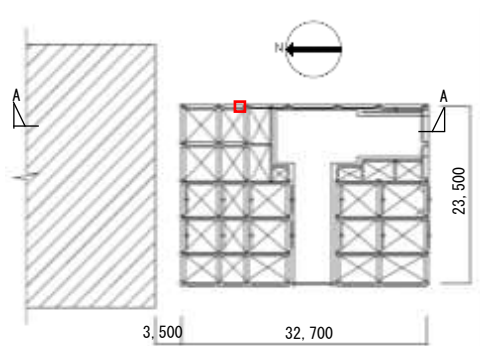
(2) 接合部詳細

図-3 構台接合部②



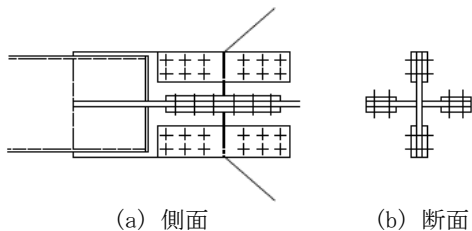


A-A 断面図



G. L. +8, 260 キープラン

(1) 接合部位置

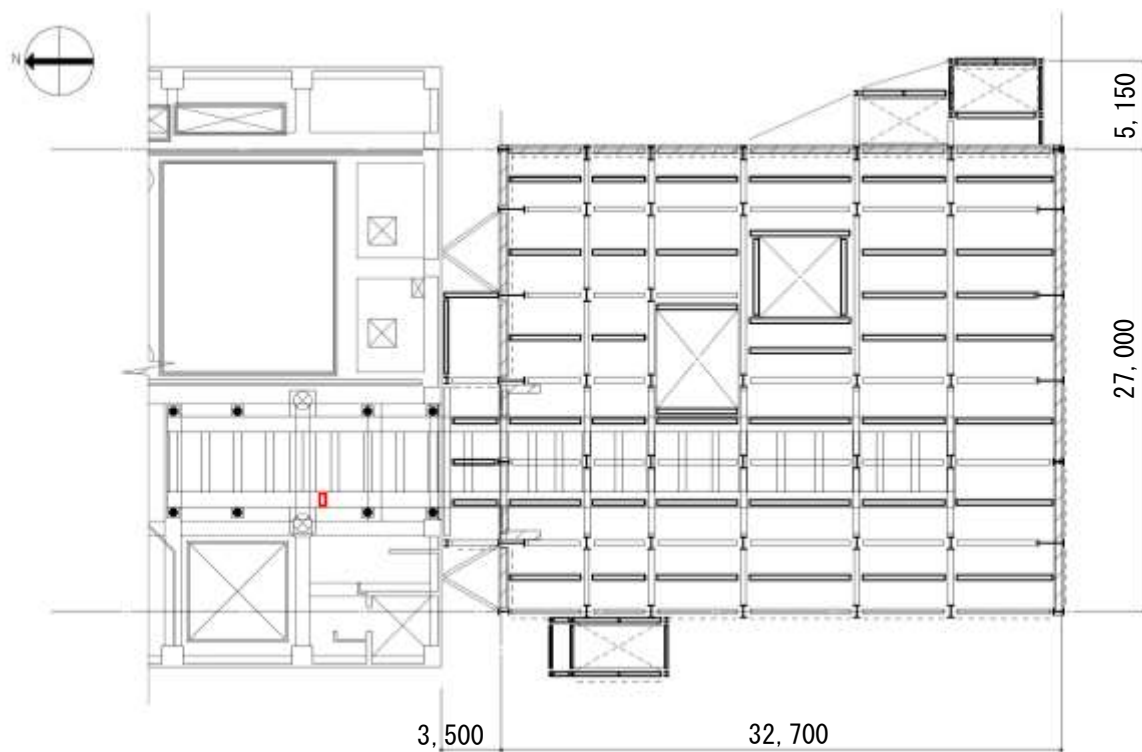


(a) 側面  
 ボルト種類 : SHTB M22  
 ボルト本数 : 12 本×2

(b) 断面

(2) 接合部詳細

図-4 構台接合部③



G. L. +29, 420 キープラン

(1) 接合部位置



(a) 上フランジ  
ボルト種類：SHTB M24  
ボルト本数：22 本

(c) ウェブ  
ボルト種類：SHTB M24  
ボルト本数：14 本×2



(b) 下フランジ  
ボルト種類：SHTB M24  
ボルト本数：22 本

(d) 断面

(2) 接合部詳細

図-5 ランウェイガード接合部

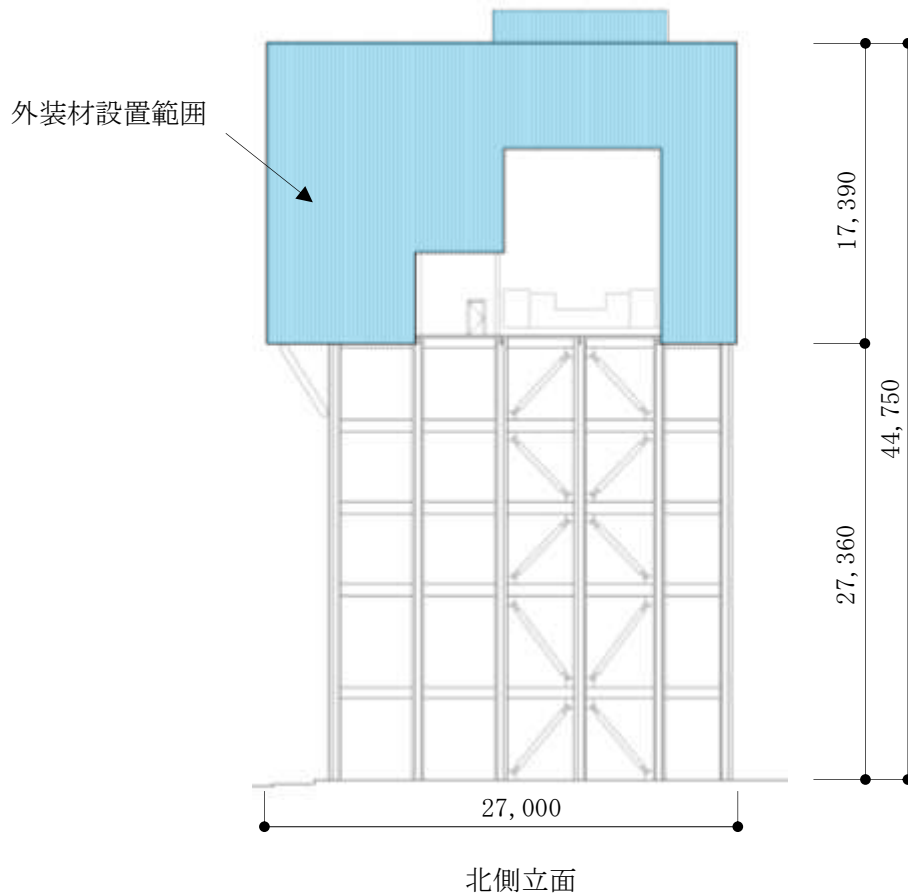
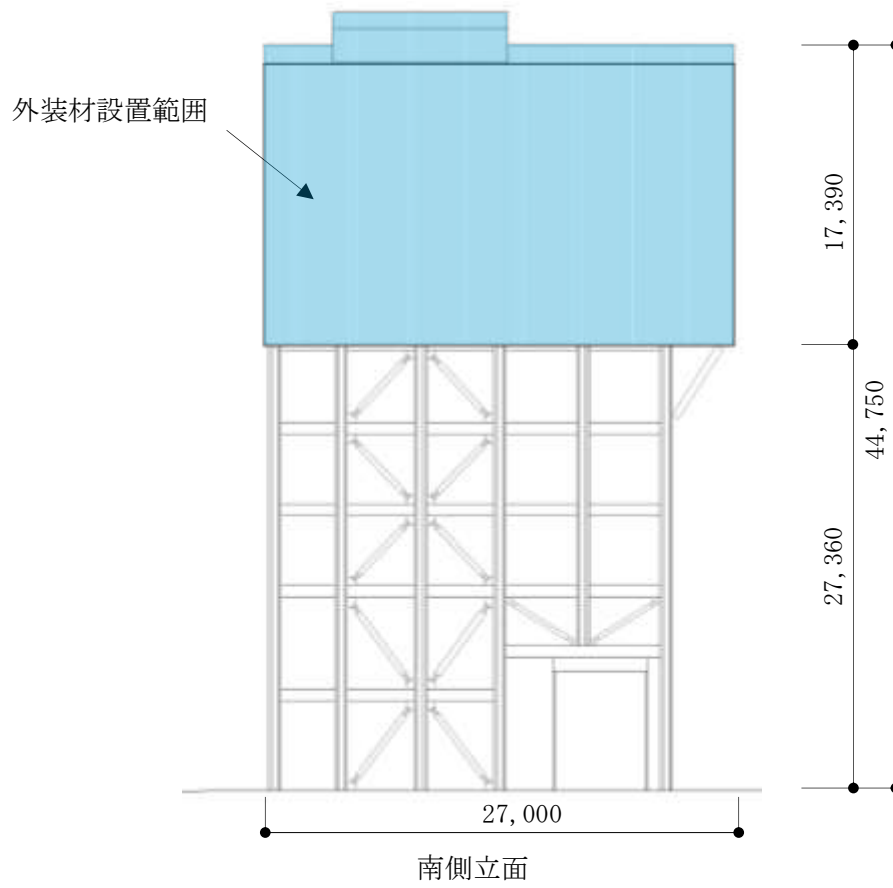
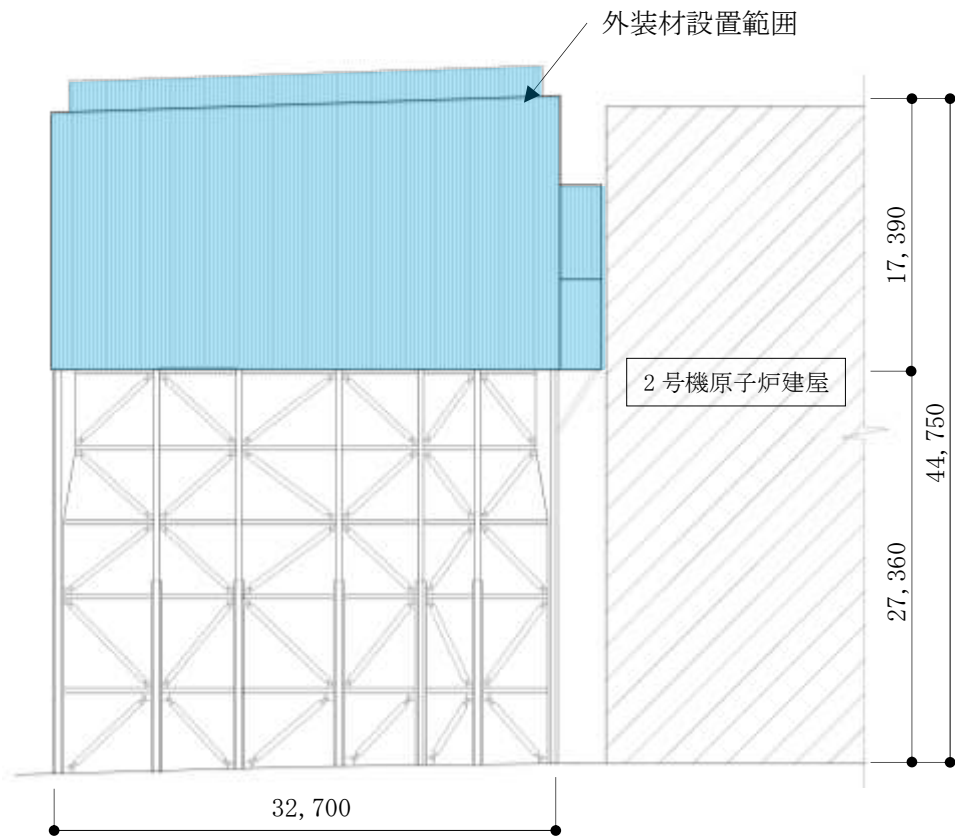
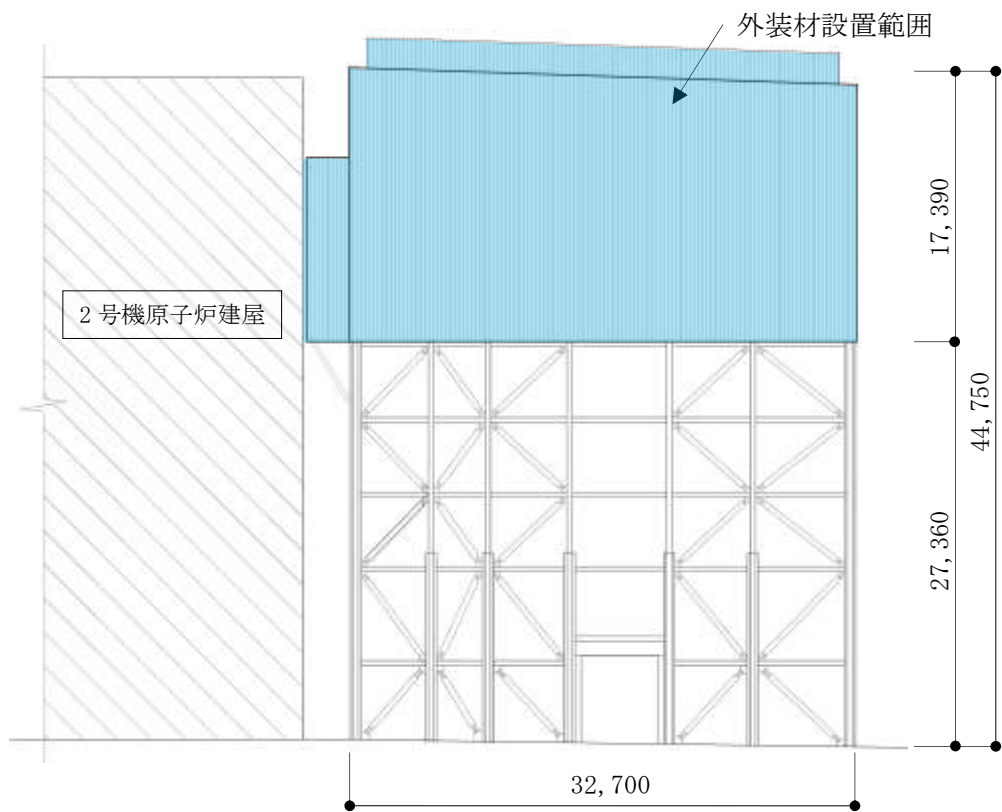


図-6 外装材設置範囲図①

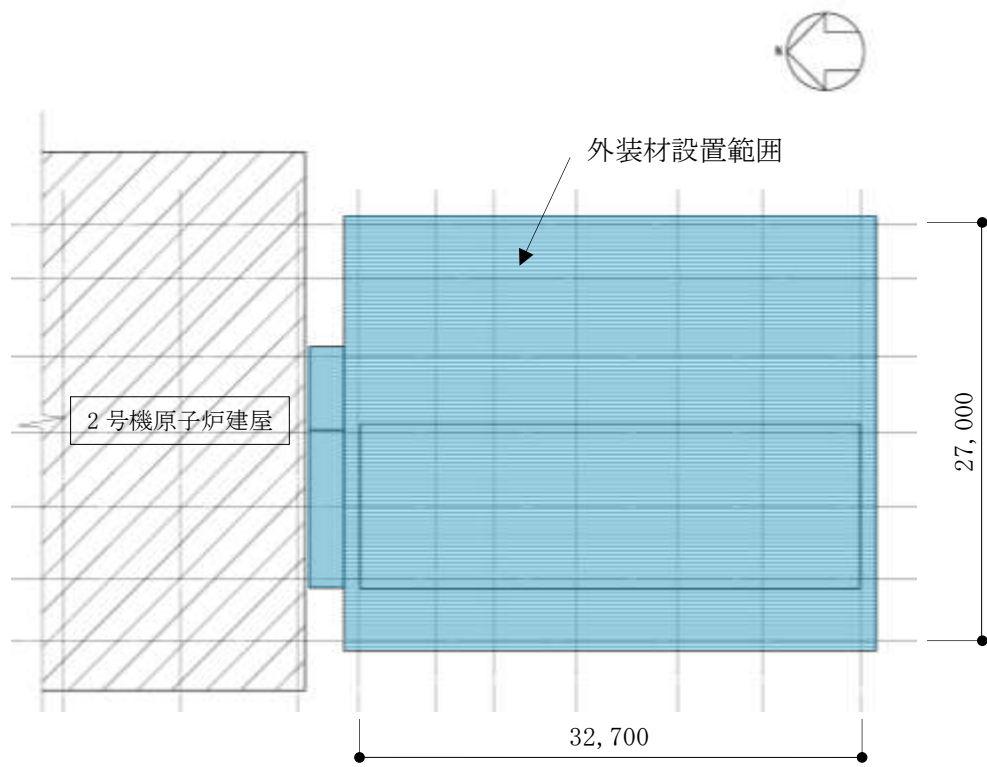


東側立面



西側立面

図-7 外装材設置範囲図②



屋根伏図

図-8 外装材設置範囲図