

原子力発電所本館基礎掘削工事における土留め工の設計と施工

—— 島根原子力発電所本館基礎掘削工事（その1） ——

中国電力(株) 正会員 河原 和文
 中国電力(株) 正会員 杉原 聡
 鹿島建設(株) 正会員 田中 耕一
 鹿島建設(株) 正会員 ○谷澤 史剛

1. はじめに

中国電力島根原子力発電所3号機建設における本館基礎掘削工事は掘削土量が68万 m^3 におよび、掘削エリアの南面及び東面は深度12～26mの垂直掘削となる大規模・大深度掘削である。当工事は、施工の急速化を図るため、施工サイトの岩盤特性と主要工種（発破工・掘削工・法面工）の施工能力を考慮した工法を採用した。土留め工では、グラウンドアンカー及びロックボルトを支保工部材とした合理的な工法を採用した。

本稿では土留め工の設計とその施工実績について報告する。

2. 掘削規模と地盤概要

建設サイトの掘削規模は、東西方向 160m 及び南北方向 175m である。地質構造は走向 $\text{N}70^\circ \text{W} \sim \text{EW}$ 、傾斜 $10^\circ \sim 20^\circ \text{N}$ の同斜構造を示しており、この地層の層理に平行な走向・傾斜を持つシーム（厚さ1～2cmの粘土薄層）が断続的に分布している。掘削部分の岩種は、上半部分が主として火山礫凝灰岩及び凝灰岩（ C_H 級・ $q_u=55 \sim 90 \text{N/mm}^2$ ）、下半部分は黒色頁岩及び凝灰質頁岩（ C_H 級・ $q_u=110 \sim 170 \text{N/mm}^2$ ）である。

3. 土留め工の設計

本工事における土留支保工部材は、発破掘削による地盤の緩みを、他サイトの工事実績¹⁾より壁面から2mの範囲と想定した。また、地盤安定解析から得られる地盤の緩み領域（最小主応力 $\sigma_{\min} < 0.0$ 、局所安全率 < 1.5 の範囲）を算定し、その領域内での岩盤物性値を残留強度で設定し、すべり計算結果から必要な抑止力を決定した。また、層理中に挟在するシームの一部が連続的に分布している南面に関しては、調査ボーリング結果により想定されるシーム層分布に沿った直線すべりの安定を検討した。

表-1 岩盤安定解析用物性値

地質区分	単位体積重量 γ (kN/m^3)	せん断強度 τ_0 (N/mm^2)	内部摩擦角 ϕ ($^\circ$)	静弾性係数 E (N/mm^2)	静ポアソン比 ν
火山礫凝灰岩 (C_H 級岩盤)	24.5	1.60	55	8.5×10^5	0.16
凝灰質頁岩 (C_H 級岩盤)	24.5	1.00	55	6.5×10^5	0.18

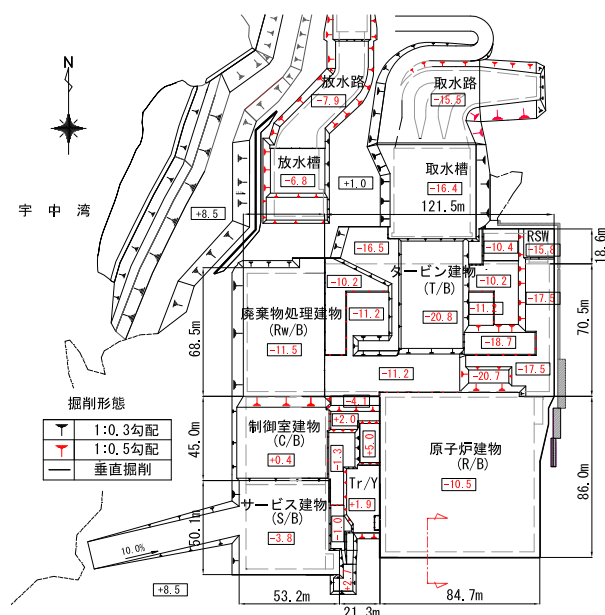


図-1 掘削平面形状図

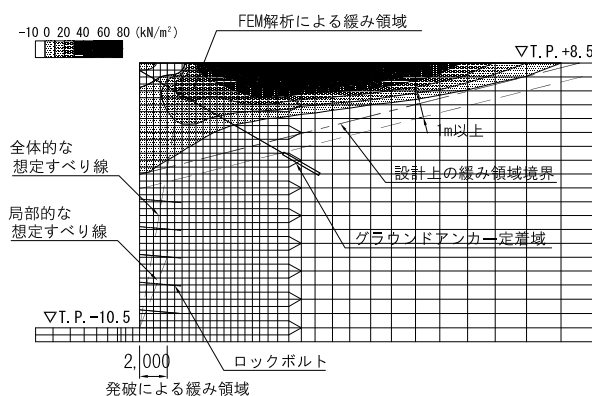


図-2 岩盤安定解析による引張応力分布（原子炉建物 R/B南側）

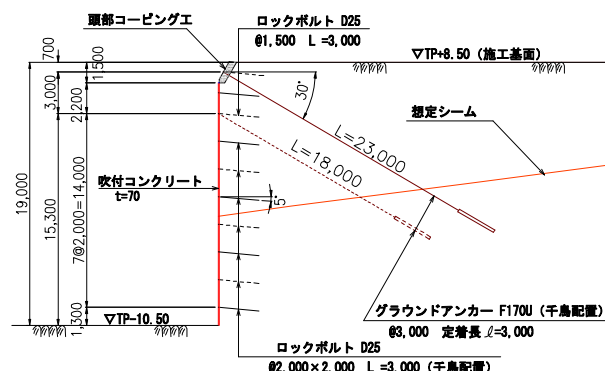


図-3 土留め工概要図（R/B南側）

キーワード 岩盤、垂直掘削、グラウンドアンカー、ロックボルト

連絡先 〒690-0324 松江市鹿島町片句 654-1 島根原子力3号機本館土木JV工事事務所 TEL 0852-82-1540

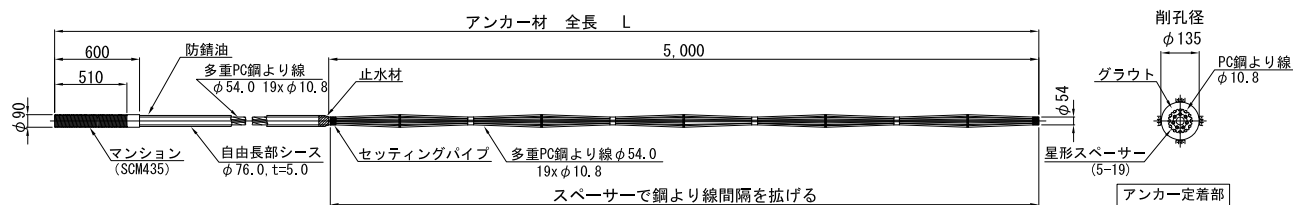


図-4 グラウンドアンカー定着部詳細図 (F230U)

支保工設計においては、グラウンドアンカー及びロックボルトは緩み領域を超えて定着させ、土留め工上部の全体的なすべりに対しては、「グラウンドアンカー+ロックボルト」、下部の局部的な抜け出しに対しては「ロックボルト」による支保工形態とした。

グラウンドアンカーの定着域の殆どは C_H 級岩盤であり、アンカー定着域が設計段階で確定することや、ネジ定着方式でセットロスが少なく防錆処理も確実なことから、SEEE 工法を採用した。なお地山内に確実に均一に緊張力を導入するため、土留め工頂部にコーピング工（帯工）を施工している。土留め工の仕様を表-2 に示す。

表-2 土留め工施工諸元

支保工部材 等	仕 様	備 考
グラウンドアンカー	SEEE F130U~230U	@3m 千鳥配置 1~3 段施工
ロックボルト	D25 L=3.0m	@2m×3m 千鳥配置
吹付コンクリート	ラス網入 t=70mm	トンネル覆工用混和剤添加

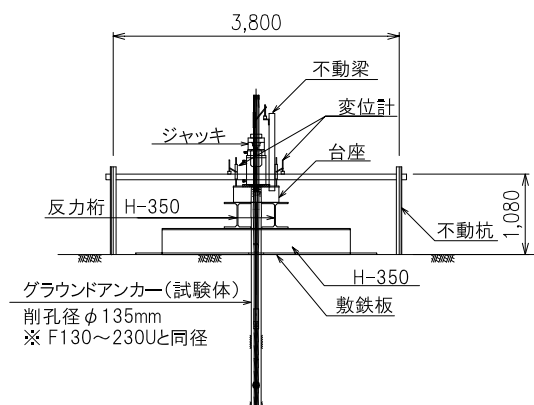


図-5 基本調査試験における引抜試験実施概要図

4. グラウンドアンカーの施工（品質確認）

SEEE 工法は複合鋼より線であるため、アンカー定着部の地盤が硬岩クラスの場合、アンカー体と岩盤の付着で決まる必要定着長に対して、グラウトとテンドンの付着で決まる必要定着長が大きく上回る結果となる。その条件を緩和するため、アンカー定着部の鋼線間にスペーサーを配置することで付着面積を確保した。

【基本調査試験（アンカー体と岩盤の付着力確認）】

地盤とアンカー体との間で終局破壊が生じるように計画した試験体の極限引拔力を測定し、設計図書で規定されたアンカー体の仕様（定着長・削孔径）の妥当性を確認した（図-5 参照）。

【品質確認試験（グラウトとテンドン付着力確認）】

鋼より線間にスペーサーを配置したアンカー定着部を実施工と同条件で施工し、全クラス（F130U~F230U）において、設計アンカー力以上の引抜耐力を確認した。

確認事項は①耐力（試験荷重はテンドンの降伏点荷重の90%に設定）、②荷重～弾性変位挙動（設計上の理論伸び量に対して±10%内）、③クリープ係数の適性（荷重保持時間1～10分でクリープ係数が $\Delta C < 1\text{mm}$ ）の3点である。品質確認試験結果の一例（F230U）を図-6 に示す。

5. まとめ

岩盤掘削工事中においてクリティカルパス工程である法面工に対し、当サイトではその省力化と急速施工が課題となっていた。今回採用した土留め支保工によって、掘削工事を予定工期内で安全に終了した。今後の同種工事において本工事の事例が参考となれば幸いである。

参考文献：1）笹川稔郎，羽鳥明満，嶋田洋一：東通原子力発電所本館基礎掘削工事の設計・施工，電力土木，No. 293

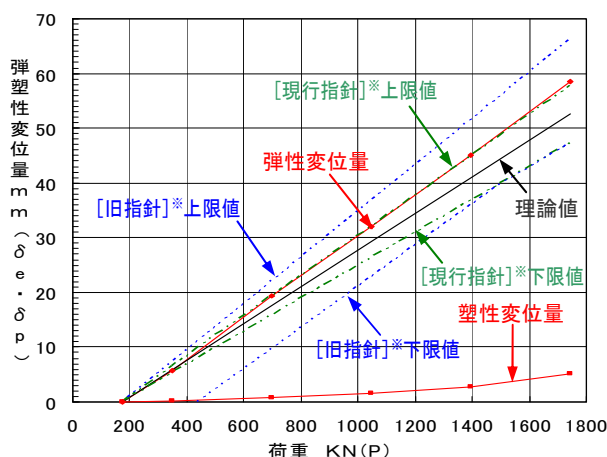


図-6 荷重～弾塑性変位量曲線 (F230U)

※注）現行指針：グラウンドアンカー設計・施工基準解説 2000 年改訂（地盤工学会）
旧指針：グラウンドアンカー設計・施工基準解説 1990 年改訂（地盤工学会）