

急勾配法面による東通原子力発電所本館基礎掘削工事（その１）

—— 急勾配法面の設計・施工 ——

東北電力(株) 正会員 ○羽鳥明満

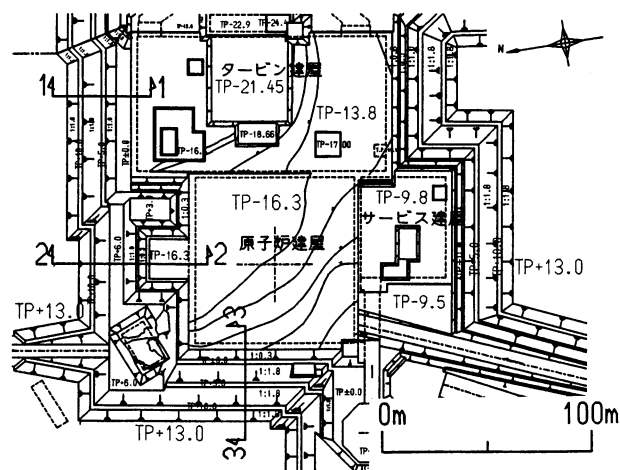
東北電力(株) 嶋田祥一

鹿島建設(株) 正会員 田中耕一

１．はじめに

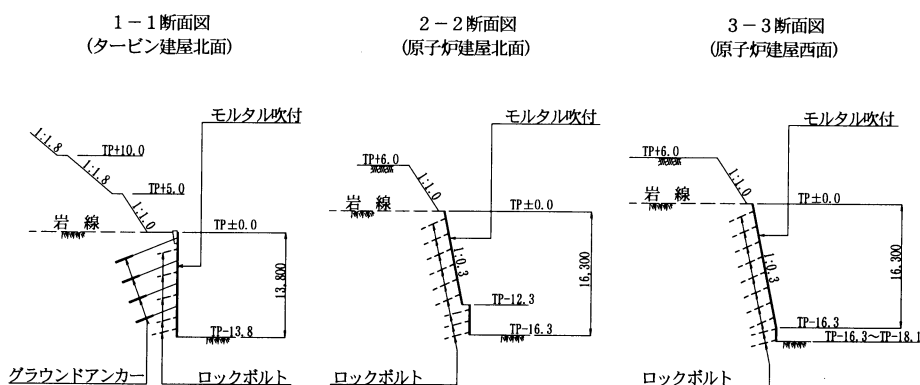
東北電力(株)東通原子力発電所第１号機は青森県下北半島に位置し出力 110 万 kW の BWR 型発電所であり，原子炉建屋，タービン建屋等の発電所本館部の掘削工事は平成 11 年 2 月より開始し平成 12 年 8 月の岩盤検査をもって完了した。

基礎地盤は凝灰岩，凝灰角礫岩等を主体とした中硬岩から構成され，掘削範囲が図－１，２に示すとおり平面形状約 150 m×150 m，最大深さ約 35 m，掘削土量約 50 万 m³ の大規模岩盤掘削であり，同規模としては前例のない土留工（親杭など）を用いない急勾配法面（1:0.3 あるいは直掘）で工事を実施した。



図－１ 本館基礎掘削平面図

掘削法面の設計は，地盤中に分布する変質鉱物脈などの弱層によるすべり，発破掘削に伴う緩みによるすべりなどの対策として，ロックボルトを積極的にすべり抵抗に期待する設計とし，必要箇所については部分的にアンカーによる補強を実施した。また，各種の法面の動態観測を実施しながら施工管理を進めた。本稿では，この急勾配法面掘削の設計と法面動態観測について報告する。



図－２ 掘削断面図（補強工含む）

２．法面補強工の設計

(１)地盤条件 掘削部分の大半を占める岩盤は凝灰角礫岩(ガラス質)であり，一軸圧縮強度 q_u は 7 N/mm² (凝灰岩(石質)) ～ 25 N/mm² (凝灰角礫岩(ガラス質)) である。岩盤中の節理は少ないが，弱層として，２本の小規模な断層が存在するほか，厚さがフィルム状～数 cm 程度で，傾斜角 80° 程度の「高角度の変質鉱物脈」（略称「V系」）および傾斜角 5° 程度の「低角度の変質鉱物脈」（略称「L層」）が分布している。V系は，掘削底盤の TP－16 m 付近

表－１ 地盤物性値

地 盤	単位重量 γ [KN/m ³]	粘着力 C [×10 ³ KN/m ²]	内部摩擦角 ϕ [°]
凝灰角礫岩 (ガラス質)	23.1	3.38	56
凝灰岩(石質)	20.2	0.81	38
風化岩	20.7	0.43	27
表土，盛土	15.3～19.3	0.06～0.16	3～16
断層，V系，L層	15.2～19.3	0.14～0.30	21～33

以浅に多数分布し，L層は TP－16 m 付近に発電所本館を含み連続的に広く分布している。岩石・岩盤試験に基づく地盤物性値は表－１のとおりである。

(２)法面補強工の設計 法面補強工の設計は，①弱層（断層，V系，L層）によるすべり検討，②掘削お

キーワード：急勾配法面，岩盤，法面補強，ロックボルト，法面計測

連絡先：〒039-4293 青森県下北郡東通村大字白糠字前坂下 34-4 TEL 0175-46-3623 FAX0175-46-2503

よび発破による緩み領域内のすべり検討、について実施した。①については弱層沿いの複合すべり解析による検討を実施し補強工を設計した。②については、掘削および発破による緩み領域を設定し、緩み領域内における直線すべり解析を実施し補強工を設計した。掘削による地山応力の解放による緩み領域については、2次元FEM解析による局所安全率 $F_s < 1.5$ または引張り応力の発生域を設定し、発破による緩み領域については、発破事例に基づき地山表面から3mと仮定し、両者を包絡した領域を設計上の緩み領域として設定した。検討の結果、FEM解析に基づく緩み領域はごくわずかであり、発破による緩み領域が支配的であった。発破による緩み領域内の物性値の低下の算定は、弾性波速度の低下比率から亀裂係数 C_r を算定し、 C_r と粘着力 C の低減係数 K_c および内部摩擦角 ϕ の低減係数 K_ϕ の関係よりこれらの低減係数を求め($K_c=0.09$, $K_\phi=0.6$)、法面地山の C 、 ϕ を低減させることとした。なお、掘削法面上には建設工事のための仮設構台が設置され、構台上での大型重機による作業荷重を考慮している。以上の設計検討の結果、法面補強工は図-2のとおりとした。

3. 法面の動態観測

表-2 測定項目と目的

(1) 法面計測 掘削法面については、掘削中はもちろんのこと埋戻しが完了するまでの約4年間健全な状態を保持する必要があることから、法面の高さが大きい箇所および弱層が分布しすべり破壊が懸念される8箇所(8断面)について法面計測により動態観測を実施している。法面計測の内容を表-2に、計測断面図を図-3に示す。

測定項目	測定器機	測点数	目的(把握内容)
法面水平変位 地中水平変位 不連続面の挙動	自動傾斜計	10点	掘削面の水平変位分布、断層面に起因する変位
	水平変位	3点	岩盤緩み領域、水平変位分布、V系に起因する変位
ロックボルト応力	ひずみ計	3側線(16点)	ロックボルトの発生応力
アンカー荷重	アンカー荷重計	5側線(18点)	アンカー荷重の把握

(2) 計測結果と追加補強

これまでの計測結果では、掘削による盤下げ途中にタービン建屋北側の直掘法面において、弱層沿いのすべりによると想定される不連続な変位が観測された(図-4)。このすべりは、既往の地質調査データの分析、ならびに不連続な変位が発破時の動的な振動が作用した場合のみに発生し常時は掘削による拘束圧の除去に伴う弾性的な変位を示していることなどから、断層、V系、L層の3面の弱層に囲まれたくさび状の岩塊のすべりによるものと想定され、対策としてグラウンドアンカーによる法面補強工の追加を実施している。

4. おわりに

今回の掘削工事は、親杭等による土留工を用いない急勾配掘削(1:03, 直掘)により大規模な岩盤掘削を実施し、掘削工事の大幅なコストダウンを達成できた。また、動態観測を併用することにより、工事中的法面崩壊を未然に防止・対策することができ、あらためて情報化施工の重要性を確認できた。今後、今回の掘削工事の設計の検証を実施し、増設号機あるいは他サイト開発等の際にはさらなるコストダウンをめざしていくものである。

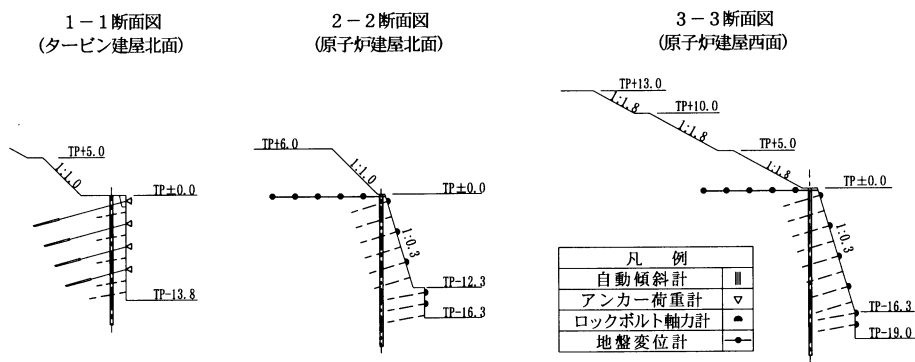


図-3 法面計測断面図

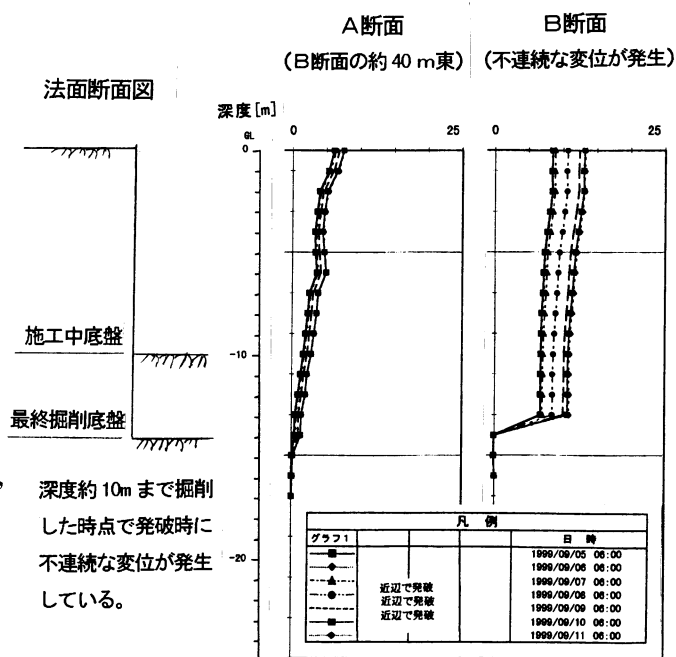


図-4 タービン北側直掘法面の変位測定記録