

大深度垂直掘削工事における岩盤安定性の評価

—— 島根原子力発電所本館基礎掘削工事（その3） ——

中国電力(株)	正会員	河原 和文
中国電力(株)	正会員	石森 慎一郎
鹿島建設(株)	正会員	○上田 幸夫
応用地質(株)		山下 善弘

1. はじめに

中国電力島根原子力発電所3号機建設工事における本館基礎掘削工事は、掘削エリアの南面及び東面が深度12～26mにおよぶ垂直掘削である。掘削工事の基本計画段階で、本館建築工事における揚重機の施工性向上と掘削コストの削減等の理由から、掘削形状を垂直掘削にて計画した。土留め工の設計においては施工サイトの岩盤特性を考慮し、グラウンドアンカー(F130U～F230U)及びロックボルト(D25 L=3.0m)を支保工部材とした仕様が採用されている。本稿では掘削工事における弾性波トモグラフィ試験等により、掘削前後における岩盤安定性の評価を試みたので、その試験概要と成果について報告する。

2. 弾性波トモグラフィ試験実施の目的と概要

本館基礎掘削工事においては、土留め工上部の仕様を「グラウンドアンカー+ロックボルト」とし、下部は他サイトでの事例¹⁾を踏まえ、発破掘削時の応力解放による壁面近傍の緩みを2mに設定し、「ロックボルト」のみの支保としている。岩盤の緩み領域では弾性波速度が低下することから、掘削初期時点と掘削完了後において、弾性波トモグラフィ試験を実施して各々の弾性波速度分布を求め、掘削前後の速度変化率を比較することで岩盤の緩み領域を把握するとともに、設計時点で設定したロックボルト長の妥当性を検証することとした。測定は図-2に示すとおり、原子炉建物(R/B)東面及び南面で実施した。

本調査においては、ボーリング孔間での弾性波トモグラフィ試験に加えて、表-1に示す試験・調査を実施した。なお試験精度向上のため、掘削完了後に水平ボーリング孔でも実施している。

表-1 調査項目と仕様

調査項目	仕様・数量	備考
ボーリング削孔	R/B南：オールコア鉛直φ86mm 22.5m×2孔 ノンコア水平φ116mm 12.0m×1孔 R/B東：ノンコア鉛直φ116mm 21.5m×1孔 ノンコア鉛直φ116mm 18.2m×1孔 ノンコア水平φ116mm 16.0m×1孔	R/B南はオールコアボーリング実施後に孔径をφ116mmに拡孔
弾性波トモグラフィ	R/B南・東：2断面×2回	掘削前後のV _p 測定
ダウンホールP S検層	R/B南・東：2孔×2回	掘削前後のV _p ・V _s 測定
地表面弾性波探査屈折法	R/B南：1断面(受信機@0.5m)×2回	掘削前後のV _p ・V _s 測定
室内岩石物理試験	R/B南：オールコアボーリング(4岩種採取)	有効間隙率とV _p 低下率を推定

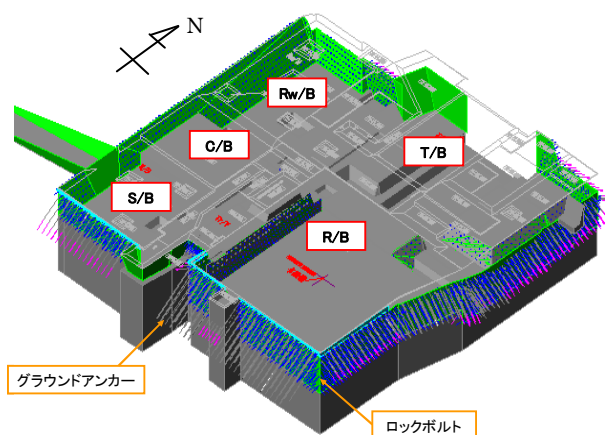


図-1 土留め工鳥瞰図（本館基礎掘削エリア）

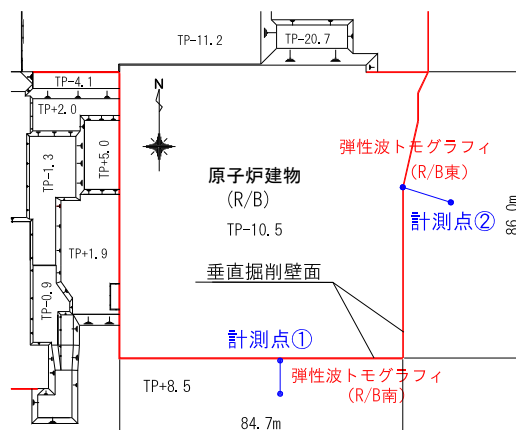


図-2 測定点位置図（R/Bエリア）

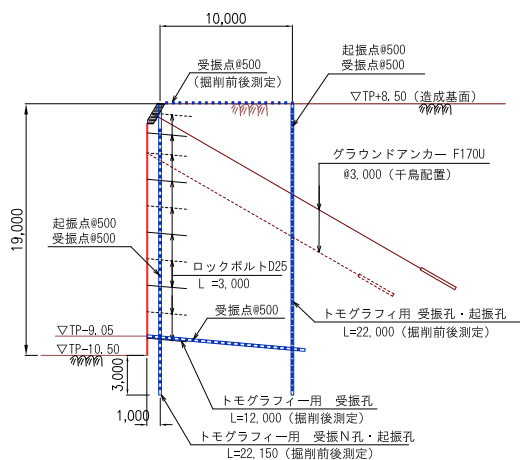


図-3 測定断面及び土留め工仕様

キーワード 岩盤、垂直掘削、緩み領域、弾性波トモグラフィ

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

3. 試験結果の考察

(1) P波速度の低下要因とその影響度

P波速度の低下は「応力解放による微小・開口亀裂の発生による岩盤ゆるみ」及び「岩盤開口亀裂内からの逸水や、気中に露出することによる岩盤基質部の飽和度変化」によって生じるものと考えられる。

原子炉建物掘削エリアにおいて、掘削壁面に露呈する岩盤は凝灰質頁岩が主体である。弾性波トモグラフィ試験の結果は飽和度変化と応力解放による岩盤緩み度合いを示すものである。南側断面では東側断面に比べて、飽和度変化の影響を、より大きく受けている可能性があるが、これは地山深部において、ダウンホールPS検層におけるP波速度が減少しているのに対して、飽和度変化の影響を受けないS波速度が低下しないことから判断される。室内岩石試験結果によれば、自然状態から絶乾状態までのP波速度の低下率は有効間隙率の最も大きい凝灰質頁岩で16%程度であった(図-5参照)。

(2) 岩盤緩み範囲とロックボルト長の評価

「飽和度変化による影響」と考えられる範囲を除き、掘削壁面付近での速度低下率が20～25%以上の範囲を、「岩盤緩みによる速度低下が優位」と見なした場合には、掘削壁面からの緩み範囲は、南側断面において約1.6m～2.1m程度、東側断面において約1.1m～1.7m程度と判断された。したがって、今回施工されたロックボルト長の設定は妥当であったものと評価される。

4. まとめ

掘削初期段階において、施工基面から削孔した鉛直ボーリング孔間のみの条件で実施した弾性波トモグラフィ試験と比較して、掘削完了後に床付け盤付近から実施した、水平ボーリング孔に受振点を設けて試験を実施したことで、壁面沿いのP波速度低下の状態を明瞭に捉えることができた。土留め工上部のグラウンドアンカーによる緊張力導入効果と、下部におけるロックボルト支保状態の機構が視覚的に評価できるものとなった。

また同時に、ボーリングコアの岩石物理試験によって、飽和度の変化による岩石自体の弾性波速度変化を把握したことで、掘削時の応力解放による緩み領域の評価を定性的ながらも行うことができた。

硬岩を主体とする岩盤掘削工事において、当サイトで適用した土留め支保工形態は、弾性波トモグラフィ試験等によってその合理性が評価された。本調査で得られた知見が以降の類似工事に参考となれば幸いである。

参考文献：1) 伊藤悟郎，佐藤道夫，玉村公児：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2），

土木学会第56回年次学術講演会，pp634～635，2001.10

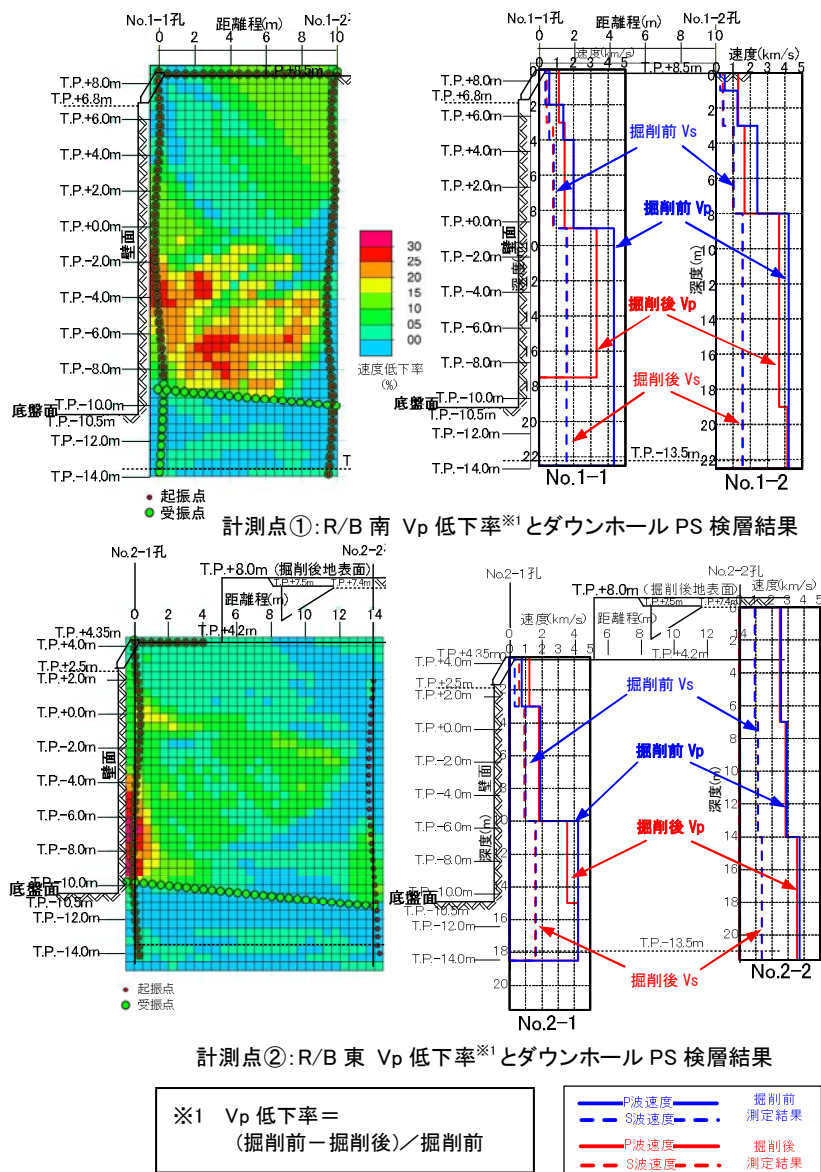


図-4 弾性波トモグラフィ及びダウンホールPS検層結果

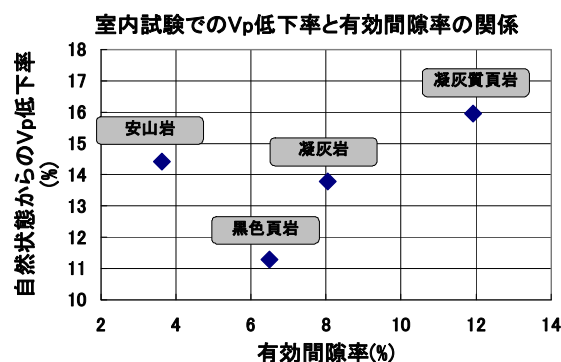


図-5 室内試験でのVp低下率と有効間隙率の関係