

堆積軟岩空洞掘削解析における初期地圧設定方法の検討

日本原燃株式会社 正会員 富田 敦紀
 鹿島建設株式会社 正会員 森川 誠司 正会員○田部井 和人
 京都大学 正会員 岸田 潔
 財団法人地域地盤環境研究所 フェロー会員 足立 紀尚

1. はじめに

地下大空洞の掘削解析を行う場合、まず初期地圧を設定する必要がある。最も確実な初期地圧の推定方法は空洞施工位置近傍で直接地圧を計測することと考えられるが、堆積軟岩では地圧計測結果に計測坑などの掘削に伴う間隙水圧低下の影響が含まれる。特に、間隙水圧が低下する前の岩盤の応力状態を初期地圧として解析を実施する場合には、計測地圧を補正する必要がある。本報告では、青森県六ヶ所村に建設した余裕深度処分試験空洞の土・水連成解析の際に検討した初期地圧の設定方法について述べ、堆積軟岩空洞掘削解析における初期地圧設定法の一例を示す。

2. 地圧計測の概要

試験空洞とそれにアクセスする調査坑の全体レイアウトを図-1に示す¹⁾。本サイトの主な地質は、新第三紀中新世の海成堆積岩からなる鷹架層で、試験空洞は軽石凝灰岩層内に位置している。この地層の平均的な透水係数は 3.0×10^{-8} m/s であり、試験空洞掘削前に実施したボーリング調査および計測坑掘削時の観察結果では、既存の割目はほとんど認められない。地圧計測は軽石凝灰岩層内で多軸ひずみ法と円錐孔底ひずみ法により実施した²⁾。計測位置は図-1に示す通りであり、調査坑の切羽（G.L. -110 m）から前方約 11～13 m の地点で計測を実施した。試験空洞横断面における計測地圧を図-1に示す。鉛直方向に比べて水平方向の地圧が大きく、側圧比（ σ_z/σ_y ）は 1.5 程度であった。周辺岩盤では地表からの間隙水圧計測も実施しており、調査坑掘削前はほぼ地表からの深度相当の間隙水圧が存在していたが、地圧計測時には調査坑掘削により間隙水圧が低下していたことが確認されている。

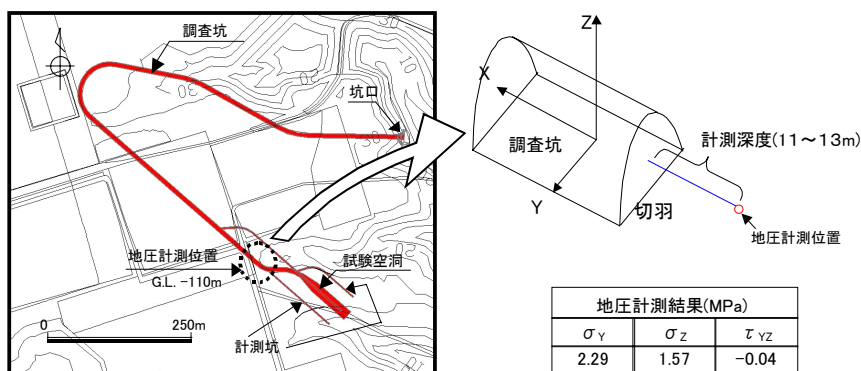


図-1 地圧計測の概要

3. 地圧計測結果に基づく土・水連成解析のための初期地圧の設定

上記の地圧計測結果は間隙水圧低下の影響を受けているため、調査坑掘削前、すなわち間隙水圧が低下していない状態での初期地圧とは必ずしも一致していないことが考えられる。本報告では調査坑掘削前の初期地圧を設定する方法として、以下に示す2種類の方法を検討した。

(1) 土被り圧に基づく設定

岩盤の単位体積重量 18 kN/m^3 に土被り 110 m を乗じて計算される土被り相当圧 1.98 MPa と計測された鉛直地圧 1.57 MPa の差分 0.41 MPa を間隙水圧低下に伴う地圧減少量と考え、計測地圧に対して鉛直方向と水平方向に同じ地圧減少量を加えて調査坑掘削前の初期地圧（ $\sigma_y=2.70 \text{ MPa}$, $\sigma_z=1.98 \text{ MPa}$, $\tau_{yz}=-0.04 \text{ MPa}$ ）とする。

(2) 調査坑掘削を模擬した解析に基づく設定

調査坑からの湧水に伴う間隙水圧の減少量と有効応力の増加量を定量的に求めるため、調査坑掘削を模擬し

キーワード 堆積軟岩、放射性廃棄物処分、土・水連成解析、地下空洞、初期地圧

連絡先 〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村尾駸野附 504-22 日本原燃（株）開発設計部 TEL 0175-72-3305

た土・水連成解析を実施し、得られた地圧計測位置における全応力変化量（間隙水圧低下量－有効応力増加量）を計測地圧に加えて調査坑掘削前の初期地圧とする。本解析における岩盤物性は弾性係数 2,000 MPa, ポアソン比 0.17 で解析領域一様とした。本解析による間隙水圧分布を図-2 に示す。本結果より、調査坑掘削による間隙水圧低下量 0.74 MPa に伴う有効応力増加量は水平方向で 0.30 MPa, 鉛直方向で 0.66 MPa となった。この結果から調査坑掘削前の初期地圧は $\sigma_y=2.73$ MPa, $\sigma_z=1.65$ MPa, $\tau_{yz}=-0.04$ MPa とした。

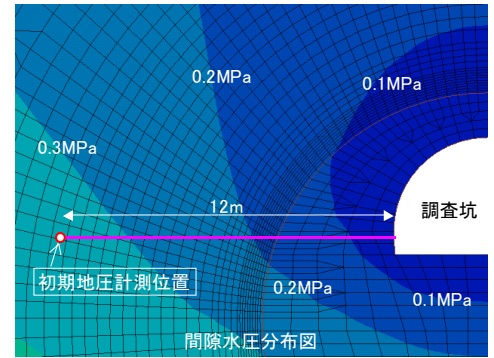


図-2 調査坑掘削を模擬した解析結果

4. 初期地圧設定方法の検証

図-3 は上記 2 種類の初期地圧推定方法による試験空洞の土・水連成弾性解析結果と二次応力計測結果の比較である。最小主応力 (σ_3) 分布は両解析結果と計測結果で壁面近傍を除きよく一致している。最大主応力 (σ_1) 分布については、計測地圧から当サイトの地圧特性は水平方向地圧の方が大きいいため、解析においては側壁部より天端の応力値が大きくなる事が予想されたが、土被り圧に基づく初期地圧では、天端と側壁部の応力は同程度となっている。一方、調査坑掘削を模擬した解析に基づく初期地圧では側壁部よりも天端の方が応力が大きく、かつ側壁部の応力もやや計測値に近くなった。図-4 に右側壁付近の全応力 (=有効応力+間隙水圧) および間隙水圧の経時変化を示す。試験空洞掘削直前 (図-4 の解析 Step5) の応力を見ると、どちらの解析とも水平応力は計測地圧とほぼ等しいが、鉛直応力に関しては、土被り圧に基づく初期地圧設定よりも調査坑掘削を模擬した解析に基づく初期地圧設定の方が計測地圧に近い。すなわち、初期地圧設定における地下水挙動の考慮の違いが、試験空洞掘削後の側壁部における二次応力分布の違いを生んでいるものと考えられる。

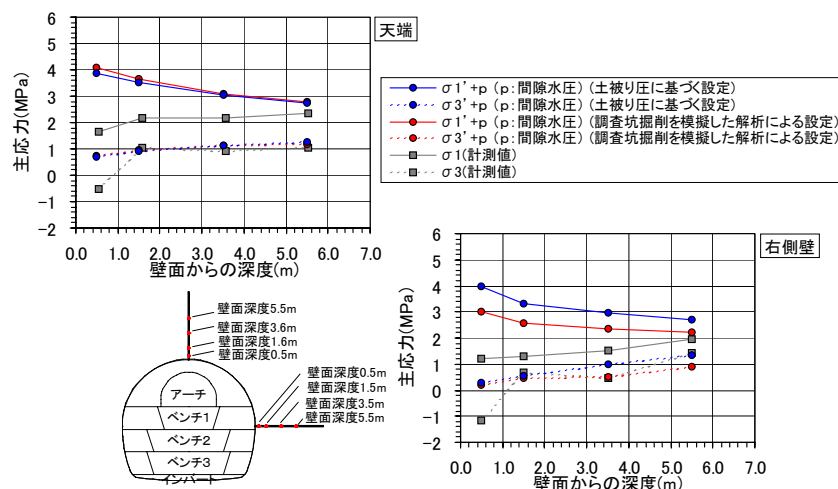


図-3 2種類の初期地圧設定方法による解析結果と二次応力計測結果の比較

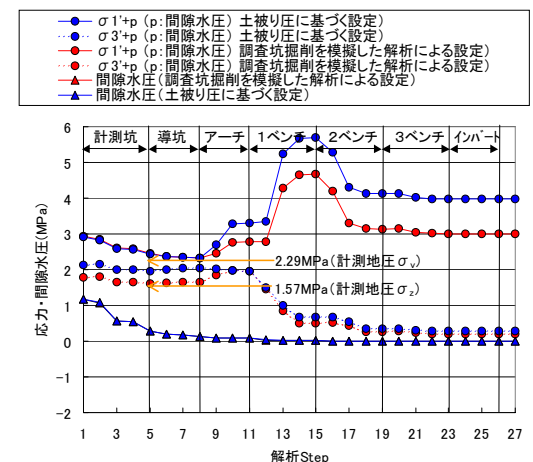


図-4 右側壁における応力および間隙水圧の経時変化

5. おわりに

2種類の地圧設定方法を比較すると、調査坑掘削を模擬した解析による初期地圧設定の方が空洞掘削前後の地圧計測結果に近く、調査坑掘削前における初期地圧推定方法の選択肢の一つになる事が分かった。ただし、掘削による間隙水圧の変化は本来三次元的であり、また調査坑掘削前地圧には種々の不確実性が内在することから、調査坑掘削前の初期地圧の設定にはより慎重な対応が必要であろう。なお今回の解析では岩盤を線形弾性体としたが、岩盤の弾塑性の性質を考慮した解析を実施すれば二次応力計測結果により近づくと考えられる。

参考文献

- 1) 富田敦紀, 蝦名孝仁, 森川誠司, 田部井和人, 岸田潔, 足立紀尚: 堆積軟岩空洞掘削に伴う空洞周辺岩盤間隙水圧挙動に関する解析的検討, 第35回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp.225-230, 2005.
- 2) 富田敦紀, 高橋一憲, 小川浩司, 横山幸也: 軟岩地盤における円錐孔底ひずみ法の現場適用性に関する一考察, 第34回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp.267-272, 2004.