

III-567

掘削に伴う非定常的な間隙水圧挙動に関する検討

大成建設(株) 正会員 ○大津 宏康, 安達 哲也, 亀村 勝美

1. はじめに

筆者ら¹⁾は、有効応力に基づく掘削解析では二次元モデルと三次元的なモデルを適用した場合には、その解析結果での間隙水圧経路および有効応力経路に有意な相違があることを示してきた。また、この相違は、逐次掘削に伴う構造系の変化と、この変化に伴う作用荷重である掘削解放力自体が異なることに起因すること示してきた。

本来、有効応力解析を適用する意義は、掘削に伴う間隙水圧および有効応力の逐次的な変動を追跡することにより、これにより掘削直後あるいは定常状態に限定せず、その非定常過程の中で最も応力的に厳しい状態を評価できる。これに対して、掘削問題の二次元平面ひずみ場での有効応力解析は、応力的に厳しい状態を掘削直後に限定することになり、本来の有効応力解析を適用する目的からは逸脱したものとなる。したがって、空洞掘削に伴う地下水挙動を合理的に評価するためには、切羽面の存在およびその進行についての三次元的な逐次掘削過程を考慮したモデル化手法を適用するべきである。

このような観点から、本報告では堆積軟岩中に建設された立坑掘削時の原位置計測結果に基づき、逐次的な掘削に伴う非定常的な地下水挙動について検討を加える。

2. 施工概要および計測結果²⁾

立坑建設サイトの地質は、一部に砂層を介しているが全般的には卓越した亀裂のない新第三紀鮮新世の泥岩からなる。岩盤の物性値に関して、原位置試験結果の透水係数は 1.2×10^{-6} cm/sであり、室内試験結果で $1.6 \sim 4.8 \times 10^{-7}$ cm/sであった。また、平板載荷試験結果および室内三軸圧縮試験結果での変形係数は $3,000 \sim 10,000$ kgf/m²であった。

図-1に示すように、立坑は地表面下約80m(地下水位下約35m)の深度に事前に掘削された上部の横坑から、平均で1.1m/dayの掘削速度で手掘りされた。原位置計測結果での立坑掘削に伴う間隙水圧変動は、切羽面の接近に伴い低下する傾向を示したが、その低下傾向は2ヶ所の計測断面(EL-33.0m付近およびEL-38.0m付近)で顕著な相違を示した。この間隙水圧変動の相違を検討するために、均質な場を仮定した理論解に基づく三次元鏡像法による解析が実施された³⁾。この結果、図-2に示すように、EL-33.0m付近に顕著な間隙水圧低下が認められ、この付近の地盤は、透水性の高い砂層を挟んでいるものと推定された。

3. 解析結果および考察

解析条件は、立坑掘削での切羽の進行に伴う三次元的構造系の変化を考慮するため、図-3に示す軸対称逐次掘削解析モデルを適用した。また、解析は

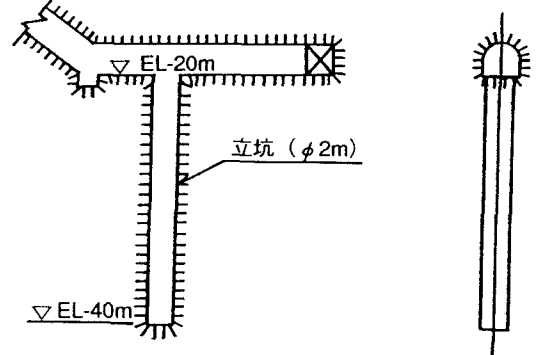


図-1 立坑の形状

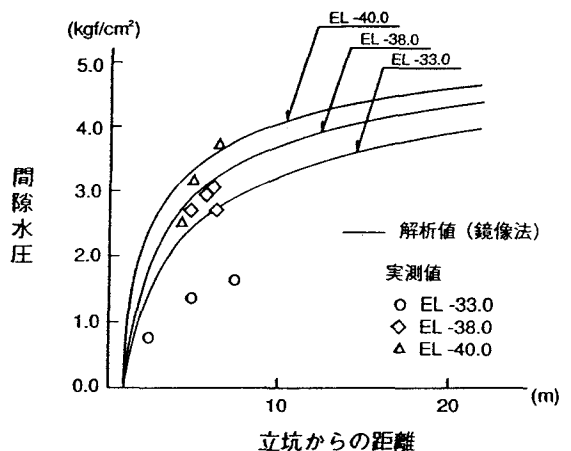


図-2 立坑掘削後の周辺間隙水圧分布

切羽の進行に伴う地圧解放の影響を考慮するための応力・浸透連成解析と、切羽の進行に伴う水理境界の変化のみの影響を評価するための浸透流解析の2つについて行った。

原位置試験および室内試験結果に基づき設定した解析用物性値は、図-3の解析モデルに併記した。なお、EL-33.0m付近の砂層を挟む領域の透水係数は他の領域に比べて2オーダー高い値を設定した。

ここで、解析結果については、立坑掘削に伴う周辺間隙水圧挙動の定性的比較を目的とし、掘削に伴う間隙水圧変動量を全変動量で正規化した値 $\Delta P / P_t$ （以下圧力変動比と称する）と、切羽と計器の相対位置との関係で整理した。

EL-38.0m付近およびEL-33.0m付近での圧力変動比を図-4～図-5に示す。EL-38.0m付近での解析で、浸透流解析結果では、圧力変動は実測値に比べて切羽到達前の早い段階から現れる。一方、応力・浸透連成解析結果では、圧力変動は実測値に比較的近いモードで、切羽到達後での圧力変動が顕著である傾向を示す。

EL-33.0m付近の観測点での解析結果では、掘削に伴う間隙水圧変動は、切羽到達前にその変動の大部分が終了し、浸透流解析結果、応力・浸透連成解析結果ともに実測値とはほぼ同様な結果となる。この原因は、挟み砂層がサンドドレーンのような働きをしてこの領域での間隙水圧低下を促進するため逐次的な地圧解放に伴う間隙水圧への影響が明確に現れないことによる。

4. まとめ

ここでは、掘削に伴う水圧挙動が切羽面の進行に伴う三次元的な逐次掘削過程の影響を受けることを数値解析により示した。ただし、この影響の大きさについては地盤条件により異なり、掘削に伴う水圧挙動の検討に常に連成解析を用いる必要のないことが示された。如何なる条件の時に連成解析を適用すべきかなどについて、今後とも原位置計測結果の分析に基づき検討を加えていく所存である。

- （参考文献）1）大津宏康・瀧治雄・亀村勝美：堆積軟岩における空洞掘削に伴う地下水流動特性評価に関する検討，第26回岩盤力学に関するシンポジウム，1992。
2）下茂道人・立石章・亀村勝美・大津宏康：泥岩内小空洞における注水加圧実験（その2 岩盤内の地下水挙動について），第38回土木学会年次講演会，1983。
3）木村洋行・下茂道人・立石章：鏡像法を用いた三次元浸透流解析，第16回土質工学研究発表会，1982。

透水係数 $k = 3.0 \times 10^{-9} \text{ m/s}$
変形係数 $E = 50,000 \text{ tf/m}^2$
比貯留係数 $S_s = 2.0 \times 10^{-5} / \text{m}$
ポアソン比 $\nu = 0.35$

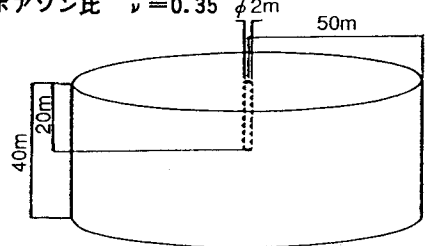


図-3 軸対称逐次掘削モデル

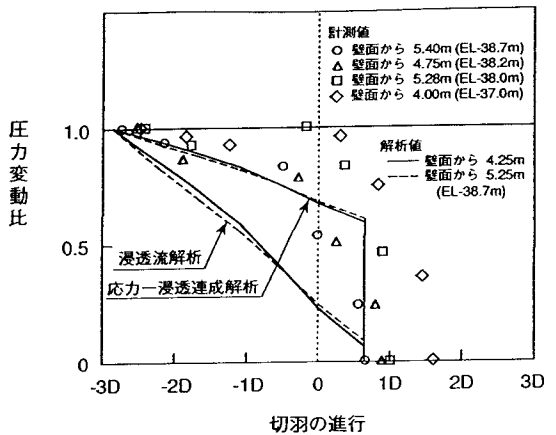


図-4 圧力変動比と切羽の関係（EL-38.0m付近）

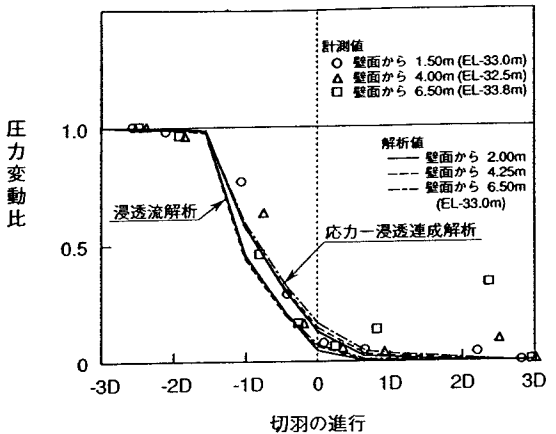


図-5 圧力変動比と切羽の関係（EL-33.0m付近）