

大成建設㈱ 〇下茂道人, 立石 章
亀村勝美, 大津宏康

1. 序:

地下深部の岩盤内に設けられた空洞周辺の地下水挙動については、これまで、①ボーリング等により得られるデータをもとにした数値解析、②室内におけるモデル実験等による研究が主になされてきた。我々は、より実際の岩盤内における地下水挙動に関するデータを収集するために、我が国に広く分布する新第三紀泥岩を対象とした原位置試験を実施した。本論文では、地表面下100mの深さに掘削された小規模空洞を用いた種々の実験により得られた計測結果を報告するとともに、従来の解析手法の適用性についても検討した。

2. 実験施設:

実験施設の概要を、図-1に示す。実験空洞(2.5m×2.5m×10m)は、地表面下約100m(地下水位下約60m)の深度にあり、上部計測坑とは、立坑(φ2m×21.5m)で結ばれている。立坑下部にはプラグがとりつけてあり、実験時には、その上部が灌水される。計測坑からのチェックボーリングおよび掘削時の観察から、実験空洞周辺の岩盤は、卓越したキ裂のない、均質な泥岩(新第三紀,C 級)からなることが確認された。岩石の平均的な物性は、 $G_s=2.51$, $e=1.25$, $V_p=1.8 \sim 2.1$ km/sであり、透水試験の結果は 1.2×10^{-6} cm/s(計測坑,J.F.T), $1.6 \sim 4.8 \times 10^{-7}$ cm/s(実験空洞,室内試験)であった。地下水位は、実験期間を通じて、ほぼ一定しており、EL+15mと観測された。

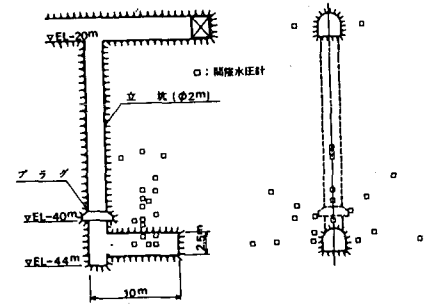


図-1. 実験施設

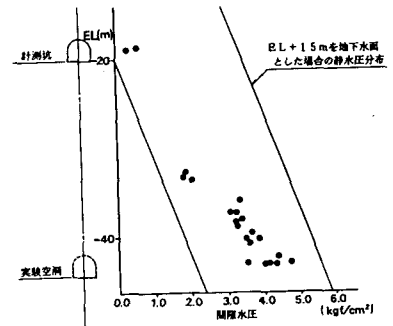


図-2. 初期間隙水圧分布

4. 実験結果と考察:

〔初期間隙水圧分布〕 図-2に、立坑掘削前の地山内間隙水圧分布を示す。同図より、初期の間隙水圧は、計測坑の影響を受けており、実験空洞位置においても、想定される静水圧よりも約2 kgf/cm²低下している。計測値は、深さ方向にほぼ一様な分布傾向を示しており、地下水場の均質性を裏付けている。

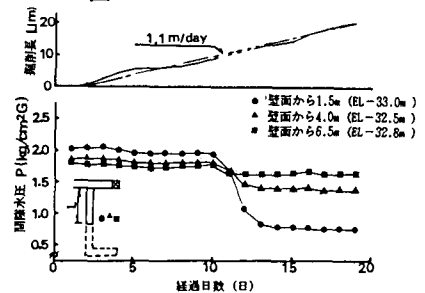


図-3. 立坑掘削時の間隙水圧変動

〔掘削時の経時的間隙水圧変動〕 立坑は、1.1m/dayのほぼ一定の速度で手掘りにより掘削された。この時の周辺岩盤内の間隙水圧の計測値を図-3に示す。図-4は、各時点の、間隙水圧変動量を全変動量で正規化した値($\Delta P/P_t$)を、切羽と計器の相対的位置関係で整理したものである。これより、周辺岩盤内の間隙水圧分布は、切羽が約1.5D前方にある時点から急激に変化し始め、計器埋設深度を切羽が通過する時点で、全変動の90%以上が終了する。しかも、この変動には、立坑からの距離の差による時間的ずれが少ない。上記の現象は、今後詳細な検討により解明されなければならないが、掘削時における周辺岩内の間隙水圧は、

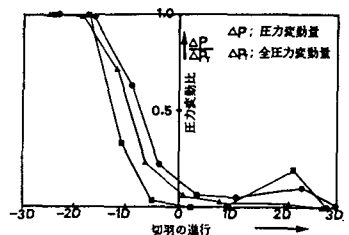


図-4. 切羽位置と圧力変動比の関係

水理境界の変化だけではなく、地圧の解放による応力変化の影響を大きく受ける事を明瞭に示している。

〔空洞内圧と安定間隙水圧の関係〕 注排水実験および、その後の圧気実験において、空洞内圧変化（0.5～1.0hr）後、周辺岩盤内の間隙水圧は、いずれのケースにおいても、約4日間で定常状態を示した。ただし、空洞からの距離の違いにより、各計器の圧力変動には、明らかな時間遅れがみられた。図-5に、注排水実験により得られた、空洞内圧と安定間隙水圧との関係を示す。これより、周辺岩盤内の間隙水圧は、空洞内圧とはほぼ直線的に比例して変動しており、当然ながら、変動量は、空洞近傍ほど大きい。本実験は、空洞長が短いこと、および近傍に灌水した立坑が存在することの理由により、実験結果のシミュレーションにあたっては、それらを考察した三次元的解析手法が必要である。そこで、鏡像法を用いた三次元浸透流解析手法による簡易計算を実施した。

（図-6）。空洞内圧が $P=0 \text{ kg/cm}^2$ および 2.0 kg/cm^2 （注水実験）における間隙水圧の計測値と計算値の比較を図-7に示す。同図より、三次元的な流れを考慮することにより計測結果と解析結果は、非常に良い対応を示した。

〔湧水量〕 湧水量は、空洞内の水位変動データと、予備実験で求められたタンクテーブル（水位-体積関係表）とから算出した。空洞内圧と湧水量の関係は、図-8に示すようであり、両者は、ほぼ直線反比例関係にある。このことより、周辺岩盤の地下水流に対して、従来のDarcy 則の適用が可能であると考えられる。同図には、透水係数を $2 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ とした場合の解析値を示したが定性的定量的に良い一致を見ている。また、空洞に最も近い間隙水圧計の値から求められる動水勾配の平均値と、湧水量とから、逆算的に求めた、岩盤の巨視的な透水係数は、各内圧条件に対して $(3.0 \sim 4.0) \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ と求められた（図-9）。この値は、試験空洞位置で採取したコアサンプルによる室内試験結果と良い対応を示した。以上の事より、湧水量に関しても室内試験データを用いて、かなり精度のよい解析を行なえる可能性があることが示された。

5. 結語：

本論文では、泥岩中に設けた小空洞による原位置実験の結果、次の事を明らかにした。

① 掘削の進行に伴い、周辺岩盤内の間隙水圧は、水理境界の変化のみならず、地圧解放による応力変化の影響を大きく受ける。

② 空洞内圧の変動に伴い、周辺岩盤内の間隙水圧および湧水量は、直線比例的に変化することが示され、三次元的な流れを考慮した解析結果と定性的かつ定量的な一致を見た。

以上より、キ裂の少ない均質な泥岩地山における地下水挙動は、従来の浸透理論により、かなりの精度で予測できることが示された。なお、掘削時の間隙水圧挙動については、今後、検討を進めて行きたい。

6. 参考文献：木村，下茂，立石：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

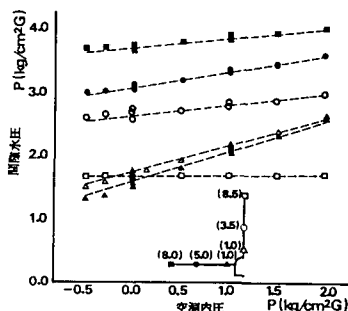


図-5. 空洞内圧と岩盤内間隙水圧の関係

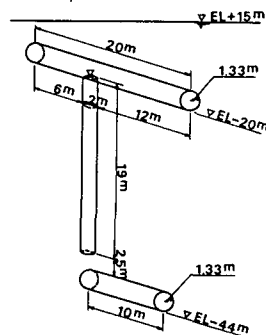


図-6. 解析モデル

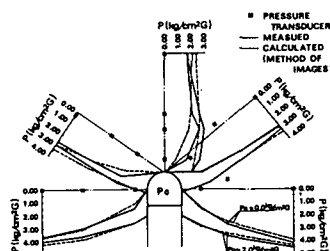


図-7. 間隙水圧分布

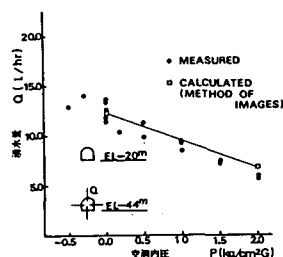


図-8. 空洞内圧と湧水量との関係

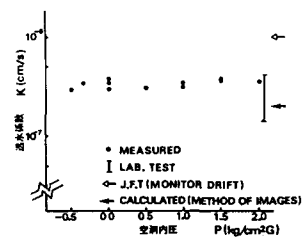


図-9. 岩盤の巨視的透水係数