

水の影響を考慮したトンネル周辺の力学挙動に関する一考察

京都大学大学院 学生員 坂田 知也
 京都大学工学研究科 正会員 岸田 潔，細田 尚

1. はじめに

本研究は、トンネル掘削における空洞周辺の水理挙動が、トンネル周辺の力学的挙動にどのような影響を及ぼすのかを検討するため、2次元有限要素法による浸透流解析と掘削解析を行った。浸透流解析による空洞周辺の間隙水圧分布を考慮しながら、掘削解析結果を検討することで、空洞掘削における水の影響について考察を行った。

2. 解析条件

本研究での浸透流解析では、地盤内が飽和していること、浸透流が定常であること、透水係数に等方性があること、土粒子及び水が非圧縮性であることを仮定して解析を行った¹⁾。水理境界条件は、水位が地表面であると仮定し、底面は不透水とした。また、空洞での水理境界条件は、水頭をゼロとした。

2次元線形弾性体解析により、空洞掘削のシミュレーションを図-1に示すモデル地盤で行った。空洞の直径は20mで、土被りが100mである。境界条件として、側面及び底面に対し鉛直方向を固定し、水平方向は自由とした。

解析に用いたパラメータを表-1に示す。透水係数は、解析領域内の地盤において一定とし、空洞周辺には0.2mの厚さで覆工を模擬する要素を設け、表-1に示すように4ケースの覆工の透水係数について検討を行った。掘削解析では、覆工の弾性係数およびポアソン比は導入せず、地盤と同じとした。

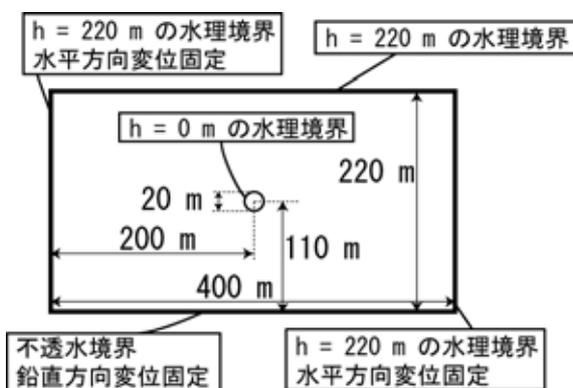


図-1 モデル地盤のスケールと境界条件

表-1 解析ケースと入力定数

検討ケース	1	2	3	4
単位体積重量 [kN/m ³]	20.0			
ヤング率 [MPa]	7.80×10^2			
ポアソン比	0.47			
水の単位体積重量 [kN/m ³]	9.8			
地盤の透水係数 [cm/sec]	3.0×10^{-6}			
覆工の透水係数 [cm/sec]	3.0×10^{-6}	3.0×10^{-7}	3.0×10^{-8}	3.0×10^{-9}

3. 解析結果と考察

3.1 浸透流解析

覆工部分の透水係数を変化させ（4 ケース）の浸透流解析を行った。結果は空洞壁面の要素（図-2）について図-3,4に示す。ケース1（素掘りの状態）に比べ、ケース4（透水係数の低い覆工を施した状態）では全体的に流量が減少しているのに加え、天端部と下部の流速の差が少なくなっている。一方、間隙水圧は逆に覆工を施した場合、間隙水圧が大幅に増加している。覆工の透水係数の差異が空洞周辺の間隙水圧に大きな変化を与えていることがわかる。



図-2 空洞周辺の要素番号配置

キーワード 空洞安定 浸透解析 有限要素法

連絡先 〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学工学研究科 都市社会工学専攻 TEL 075-753-5075

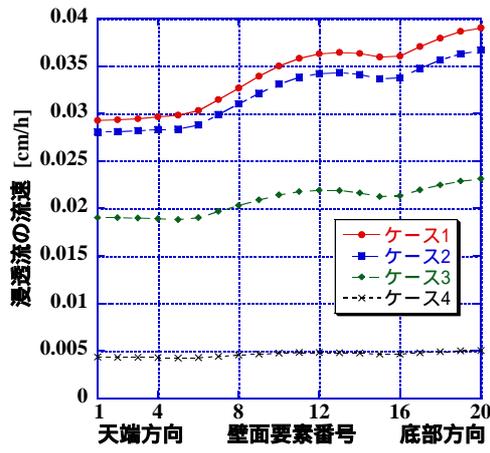


図-3 空洞周りの流速分布

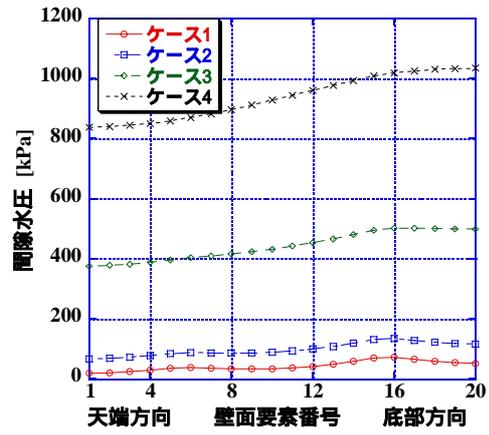


図-4 空洞周りの間隙水圧分布

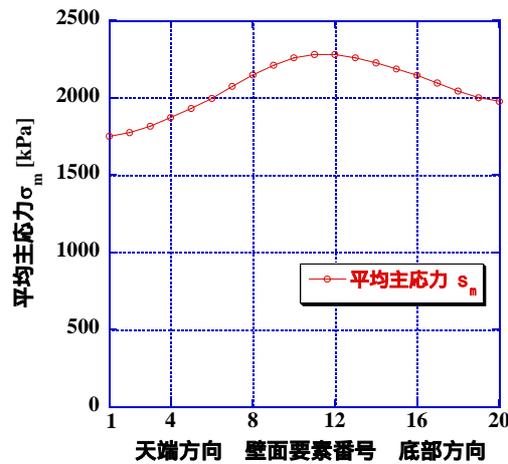


図-5 平均主応力の分布

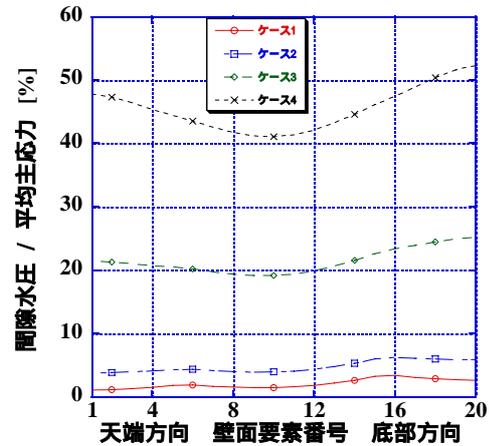


図-6 空洞周りの間隙水圧とその分布特性

3.2 空洞周辺の浸透流を考慮にいた掘削解析と評価

線形弾性体解析の結果，得られた壁面要素の平均主応力（全応力）を図-5 に示す．覆工の透水係数の差異が周辺地盤の応力状態にどの程度影響するか検討するために，間隙水圧を平均主応力で除した値の百分率を要素ごとに求め，図-6 に示す．ケース 4 の場合，間隙水圧が全応力の 45% 程度，と非常に大きな割合になっている．すなわち，有効応力が全応力の約半分しかない箇所がある可能性が考えられる．尚，図-7 は掘削相当外力解放にともなう空洞表面底部における有効応力経路であるが，これを見ても覆工の透水係数の差異が周辺地盤の応力状態に大きく影響することが確認できる．

4. まとめと今後の課題

覆工の透水係数が低いほど，浸透流による間隙水圧の影響が大きくなり，それは無視できないくらい大きいことがわかった．これより，空洞周りの力学挙動の解析には全応力解析だけでなく，水理学的特性を考慮した有効応力解析が必要であることが認められる．今後の課題として，浸透流の影響をより正確に評価するために不飽和の場合の浸透流解析と，水 - 土を連成させた解析を行っていく必要がある．

参考文献 1) 鵜飼恵三他：はじめて学ぶ有限要素法，地盤工学会，pp19-97, pp159-177, 2003

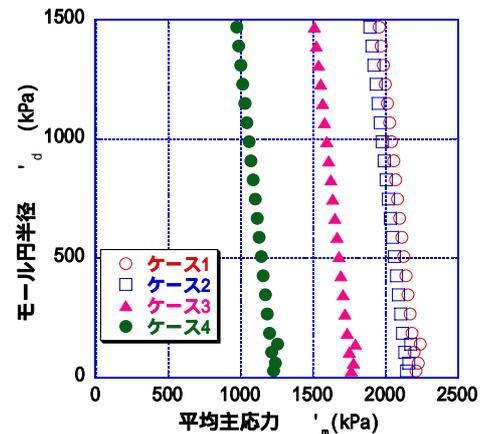


図-7 空洞付近の底部の有効応力経路