

III-B 93

トンネル掘削問題の3次元土・水連成解析

基礎地盤コンサルタンツ（元・名工大大学院） 正会員 徐 連民
名古屋工業大学 正会員 中井 照夫

排水条件下の砂地盤、粘土地盤のトンネル掘削をシミュレートした降下床問題のモデル実験と有限要素解析を行い、トンネル掘削時の地盤内の応力・変形を妥当に予測するためには土のダイレイタンス特性と施工過程を考慮した3次元効果の評価が大切であることを示してきた¹⁾。実際の粘土地盤では部分排水条件下での挙動となるので、ここでは前報¹⁾の排水条件下の降下床問題の解析と同じ初期条件で透水係数を変化させた3次元土・水連成解析を行ない、間隙水圧の発生・消散過程がトンネル掘削地盤におよぼす影響について検討する。

1. 解析方法と解析条件

図-1は解析に用いた有限要素メッシュ（YZ面に対して対称となる半地盤）であり、トンネル掘削をシミュレートするため、半幅（ $B/2$ ）=5mの降下床に $z=0$ mから z 軸方向に順次強制変位（ $x=0$ m～4mまで $d=20$ cmの一様変位、 $x=4$ m～5mはスロープ状変位）を与えた。図-2は図-1のYZ面で表した水理境界条件であり間隙水圧の消散は地表面および切羽に相当する seepage face だけで許している。また、自由水面は常に地表面に一致するとしている。地盤材料としては飽和した藤の森粘土を想定しており、用いた構成モデル（ t_{ij} -clay model²⁾）の土質パラメータを表-1に示す。なお、トンネルの掘削速度は8m/dayとし透水係数 k を変化させることにより、排水条件の差が地盤の挙動におよぼす影響を検討する。解析は完全非排水条件(case 1)から完全排水条件(case 6)までの6ケースであり case 2から case 5までは透水係数 k を以下の図中に示すようにパラメトリックに変えている。また、今回のモデルでは80mの掘進長を対象とするため11日目は降下床変位はない。

2. 解析結果と考察

図-3は図-1のC4点の地表面沈下量を経過日数に対してプロットしたものである。(a)図は普通目盛りで表した日数、(b)図は対数目盛りで表した日数である。(a)図より、 $k=1 \times 10^{-9}$ m/sec. (case 2)では非排水条件(case 1)とほとんど差がなくても透水係数が大きくなるにしたがい、沈下量が大きくなっていくことが分かる。また、 $k=1 \times 10^{-6}$ m/sec.では下向きの透水力のため完全排水条件よりも沈下量が大きくなる。したがって、100日ぐらいまでを対象とした(a)図では透水係数が小さいcase 2では沈下量も小さく切羽通過後の沈下もほとんどないように見える。しかし、さらに長時間を対象とした(b)図ではcase 2でもその後かなりの後続沈下が続くことがわかる。つまり、地盤の沈下量を予測する場合、トンネル掘削後の地盤内に発生した間隙水圧がトンネル掘削中にどれだけ消散したかを十分に吟味しておく必要がある。図-4はcase 2のC断面（図-1参照）地表面沈下のプロファイルの変化を示している。同図より、沈下量の大きさだけでなくその影響範囲も日数の経過とともに広がっていくことも分かる。また、図-5は11日目（掘削終了時）および地盤の間隙水圧がほぼ消散した75年目の地盤内の沈下のコンター図である。11日目の非排水条件に近いところでは沈下する領域は降下床の近くに限定されているが、75年目の間隙水圧の消散後は広く分布した、降下床直上の沈下量も地表面に近づくにつれて大きくなっていく。図-6はcase 2のB断面（図-1参照）の降下床深さでの鉛直土圧および水圧分布である（7日目、11日目および75年目）。 $x=0$ m～5mが降下床部分に相当する。切羽通過時（7日目）以降の土圧、水圧を含めたトンネル土圧の変化がわかる。文献 1) Nakai・Xu・Yamazaki (1995): Proc. NUMOG V, 1, 495-500.

2) Nakai・Matsuoka (1986): S & F, 29(1), 119-137.

表-1 土質パラメータ

$\lambda/(1+e_0)$	5.08×10^{-2}
$\kappa/(1+e_0)$	1.12×10^{-2}
$\phi'_{(comp.)}$	33.7°
α	0.7

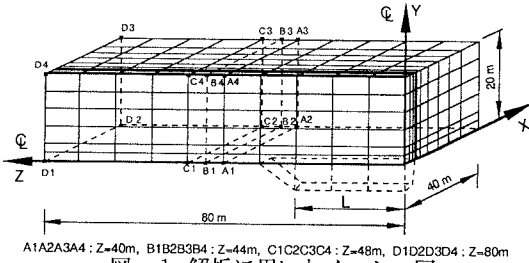


図-1 解析に用いたメッシュ図

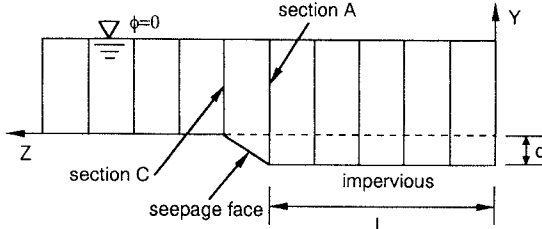


図-2 解析の水理境界条件

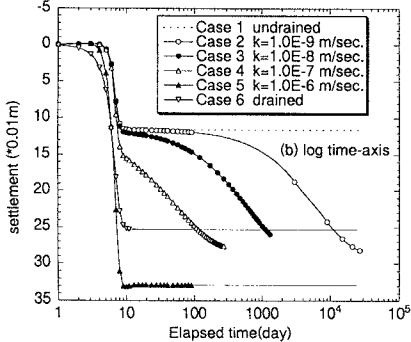
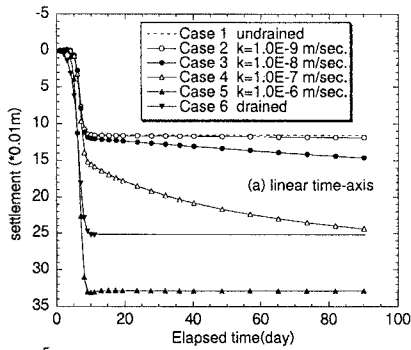


図-3 降下床直上地表面沈下～時間関係

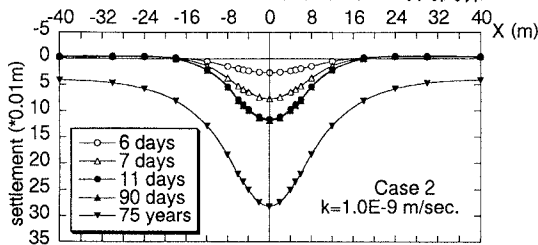


図-4 地表面沈下プロファイル

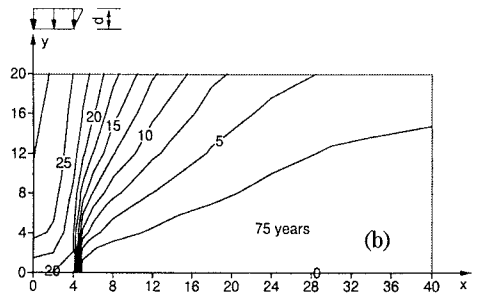
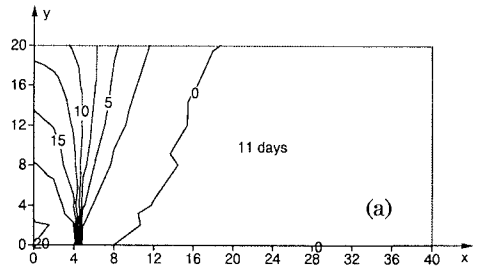


図-5 地盤内沈下のコンター図

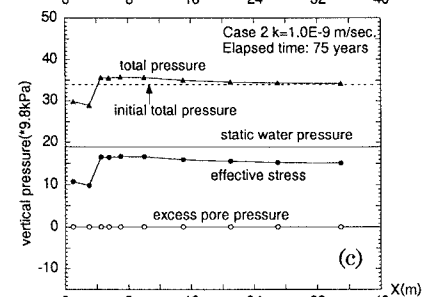
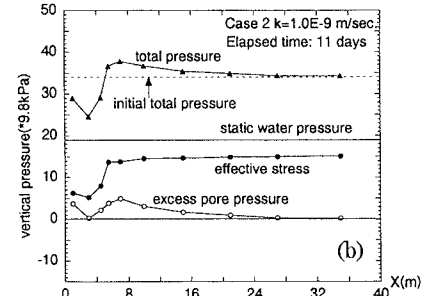
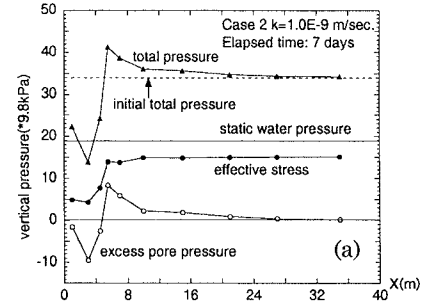


図-6 鉛直応力および水圧分布