

岡山大学工学部 正会員 西垣 誠
 岡山大学大学院 正会員 中屋 眞司
 清水建設 正会員 百田 博宣
 岡山大学大学院 学生会員 ○ 中島 均

1. はじめに

大深度の砂質地盤にトンネルを掘削する場合、静水圧に相当する高い水圧がライニングに作用することより、大規模な支保工、ライニングが必要となる。現在これに対し、トンネル周辺地山に薬液注入工法を施すことにより難透水層を形成し、ライニング背面より水を抜き水圧を減少させることによりライニングへの作用圧を減じようとする方法が検討されている。しかし、この方法ではライニング背面に作用する静水圧は減少するが、それによって増加する有効応力及び浸透圧の検討は行なわれていない。したがって、本研究ではライニングに作用する力に及ぼす難透水層、水抜きの効果を有限要素法を用いた応力～浸透流連成解析により、検討するものである。

2. 薬液注入域の効果

まず、難透水層の効果を調べるために、ライニング中に発生する有効応力により検討する。図-1は本解析に用いた地盤モデルである。境界条件はトンネルから200m離れた境界と領域上面境界が水頭200m、またトンネル内への水の導水を許すことよりライニングの内側は圧力水頭 0mの水頭固定条件である。地盤の物性は、地山：透水係数 1.0×10^{-4} cm/sec, 変形係数1000 kgf/cm², ポアソン比0.35, 土の飽和単位体積重量2.0g/cm³、改良域：ポアソン比0.35, 土の飽和単位体積重量2.0g/cm³、ライニング：変形係数 2.1×10^5 kgf/cm², ポアソン比0.2, 土の飽和単位体積重量2.4g/cm³を使用した。なお、その他はケース別に表-1に示す。図-1のライニング中の要素Aに発生する水平方向の有効応力の時間的な変化を図-2に示し、それによりライニングに作用する側方圧を考える。ここでは、薬液注入を施し難透水層を形成した場合(Case A-1)と、しない場合(Case B-2)について、ライニングの透水係数をそれぞれ3種類に変化させ検討を行なう。図-2によるとトンネル内にライニングを施工後、トンネル

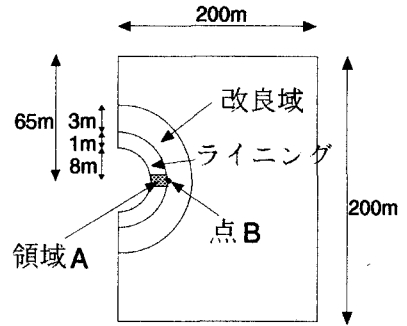


図-1 解析モデル概略図

表-1 解析ケース一覧表

| ライニング透水係数 | 薬液注入領域 | 水抜き孔 | CASE |
|--|--|------|------|
| $k = 10^{-6}$ cm/sec 10^{-7} cm/sec 10^{-8} cm/sec | なし $k = 10^{-4}$ cm/sec $E = 1000$ kgf/cm ² | なし | A-1 |
| | | あり | A-2 |
| $k = 10^{-6}$ cm/sec 10^{-7} cm/sec 10^{-8} cm/sec | あり $k = 10^{-5}$ cm/sec $E = 2000$ kgf/cm ² | なし | B-1 |
| | | あり | B-2 |

内の圧力を0にし、トンネルに水を透水すると時間の経過に伴い有効応力は増加していく。その量は、ライニングの透水係数が良いほど大きいことがわかる。Case Bの方が、トンネル内への湧水量は少なくなり静水圧は低くなる(図-3参照)が、ライニングへの作用圧が時間的に減っていくような結果とはなっていない。これはトンネル周囲の難透水層中に大きな動水勾配が発生し(図-4参照)、それにより浸透圧が生じるので、このような結果になるものと思われる。

3. ライニング背面からの水抜きの効果

次に、トンネル背面に水抜き孔を配し、ライニングに作用する静水圧を0になるようしたケースを解析した。前述のCase A-1、Case B-1に対応し、水抜き孔があるケースをそれぞれCase A-2、Case B-2と

した。境界条件は、水抜き孔の有無を除きCaseA-1、CaseB-1と同じである。水抜き孔を配置した場合にはほとんどの水が水抜き孔から排出されるため、トンネル内への湧水もほとんどなくなる。よって、ライニングの透水係数による挙動の差は見られなくなるので、ライニングの透水係数は $1.0 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ とした。領域Aでの水平方向の有効応力の変化を示した図が図-5である。この図からもわかるように、このケースにおいても有効応力の減少は観察されなかった。このように水抜き孔を配置し、ライニングに作用する静水圧は0になっている場合でも、図-6からもわかるように水を抜かないケースに比べて10倍近い浸透圧がライニングに作用している。時間の経過とともに浸透力は次第に減少して行くが、浸透に伴い地盤が安定して行き、ライニングに作用している荷重が増加していくことに原因があるのではないかと推測される。

4. おわりに

以上のことから、ライニングに作用する浸透圧の影響は無視できないものであると思われる。浸透圧がライニング作用圧を構成するその他の荷重に比較して、どの程度の影響を持つかを定量的に把握していくこと、また水抜き孔の配置によりその値がどのように変化するかを解析することが、今後の課題になりそうである。

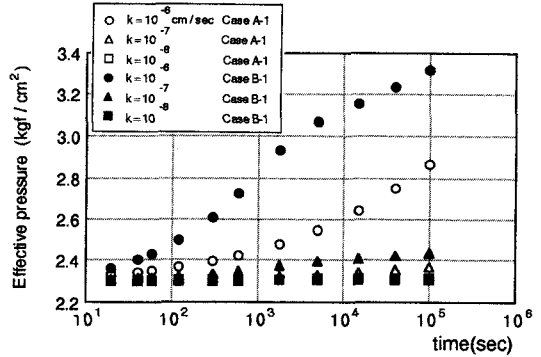


図-2 ライニング(領域A)中に発生する水平方向の有効応力 (ライニングの透水係数は変化させる)

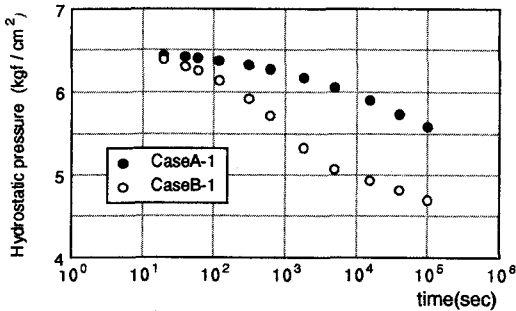


図-3 点Bに作用する静水圧 (ライニングの透水係数は $1.0 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$)

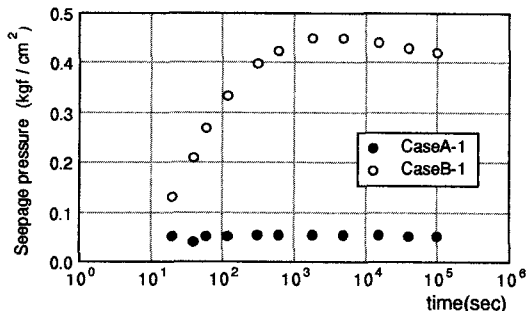


図-4 ライニング(領域A)に側方に作用する浸透圧 (ライニングの透水係数は $1.0 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$)

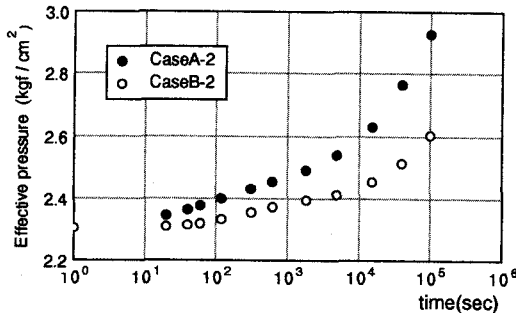


図-5 ライニング(領域A)の中心で発生する水平方向の有効応力

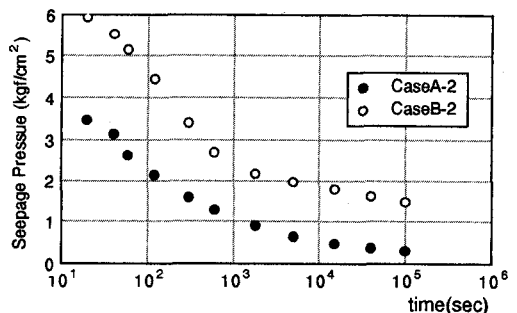


図-6 ライニング(領域A)に側方に作用する浸透圧