

Ⅲ-A266

トンネル掘削における過圧密地盤の水～土連成挙動

(株) 浅沼組 高稲敏浩*

名古屋大学 浅岡 顕, 野田利弘**

大 阪 市 津田雅信

1. はじめに

“トンネルはできる限り地山で持たせる”^(1),2)というトンネル掘削の基本について、本研究では、下負荷面³⁾カムクレイモデルを構成式に用いた水～土連成有限変形解析⁴⁾により定性的に説明できることを示し、掘削地山の時間依存性挙動について述べる。

2. 計算条件

計算に用いた土質定数およびメッシュを表1および図1に示す。計算では、はじめに一次元除荷計算を行い過圧密地盤を作成した。すなわち、自重を考慮して、弾塑性パラメータから決まる K_0 値⁵⁾を有し表面荷重 150kN/m^2 、 500kN/m^2 で一次元載荷された地盤に、これと同じ大きさだけ除荷を行い過剰水圧を消散させることで、過圧密状態の異なる2種類の地盤を想定した。図1の円形部分を瞬時に掘削し、その後の地盤挙動を調べた。計算は、平面ひずみ条件でおこなっている。

表1 土質定数

圧縮指数 λ	0.131
膨潤指数 κ	0.016
限界状態定数 M	1.53
ポアソン比 ν	0.30
透水系数 k (m/sec)	3.0×10^{-7}
土の比重 G_s	2.6

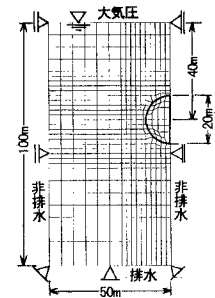


図1 メッシュ図

3. 計算結果

(1) 掘削後無補強時の挙動 表面荷重 150kN/m^2 、 500kN/m^2 の地盤における掘削後無補強時の挙動を調べる。まず、表面荷重 150kN/m^2 の地盤の過圧密比と比体積変化の経時変化を図2、3に示す。表面荷重 150kN/m^2 の地盤では、掘削により掘削孔周辺の要素は、せん断されてすぐに正規粘土化して掘削孔は大きく変形してつぶれてしまうが、少し離れた土要素ではせん断応力 q が減少(図4参照)して硬化し安定に向い、210日後に変形は止まる。また、表面荷重 500kN/m^2 の地盤では、掘削完了までに縦直径が 18.10m 、横直径が 17.75m となり掘削後108日後に、縦直径が 17.06m 、横直径が 17.56m となり変形は止まる。そのときの過圧密比と比体積変化の経時変化を図5、6に示す。掘削開始とともに過圧密比が1の領域が 45° 斜め上から天頂部直上の地表面部に向かって次第に広がってゆくが、掘削完了後にはその領域が小さくなって地表面付近で除荷していることが分かる。また、掘削孔周りの土要素のみ吸水軟化して(図7参照)、その外側の要素では硬化して安定している。開掘削の場合とは異なり、吸水軟化の領域が次第に広がることはなかった。

(2) 支保工に作用する力 表面荷重 500kN/m^2 の地盤において、掘削完了直後、18時間後、8日後と時期を遅らせて支保工を設置して、地山を変形させたときに支保工に作用する力の変化の様子を図8、図9に示す。なお、支保工は、土骨格の速度場に課した「伸びない」「曲がらない」の制約条件⁶⁾により表現している。図8は、軸力の変化の様子、図9は、曲げモーメントの変化の様子を示しているが、時間の経過とともに次第に大きくなり、次第に一定値になっている。40日後までのみを示しているが、その後軸力、曲げモーメントともその値に大きな変化はない。また、地山を変位させてから(設置時間を遅らせて)支保工を設置すると支保工に作用する力は小さくなっていて、“トンネルはできる限り地山で持たせる”というトンネル掘削の基本そのものを示していることが分かる。

参考文献:1) NATM工法の調査...(1986), 地盤工学会, 2) 足立ら(1991): ひずみ軟化型構成式..., 第26回土質工学研究発表会, 3) Hashiguchi, K. (1989): Subloading surface model ..., Int. J. Solids & Struct., 3) Asaoka, A. et al. (1997): Soil water coupled behavior of heavily over consolidated clay ..., S&F, Vol. 37, No. 1, 4) 野田ら: 水～土連成計算を用いた土留めに作用..., 土木学会論文集投稿中, 5) Asaoka, A. et al.: Displacement/traction boundary conditions represented by constraint ..., S&F, under contribution.

キーワード: トンネル、水～土連成解析、カムクレイ、下負荷面、時間依存性、連絡先: *〒569-0034 高槻市大塚町 3-15-21 Tel: 0726-61-1620, Fax: 0726-61-1730, **〒464-0814 名古屋市千種区不老町 Tel: 052-789-3833

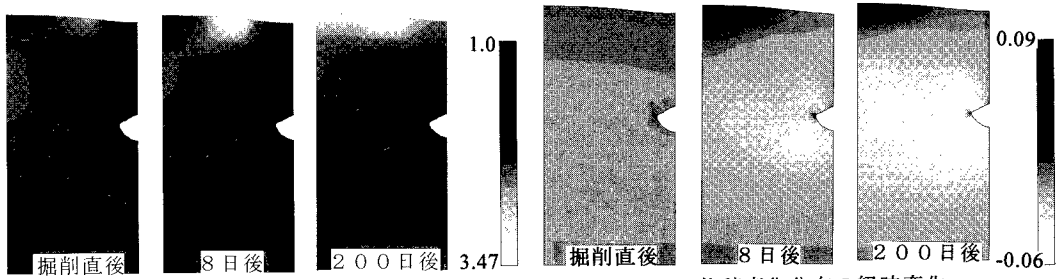


図2 過圧密比分布の経時変化

図3 比体積変化分布の経時変化

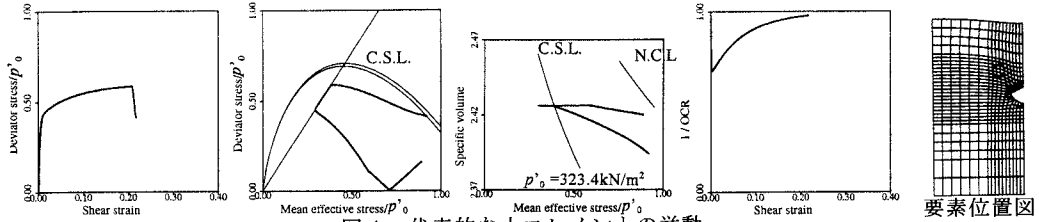


図4 代表的な土エレメントの挙動

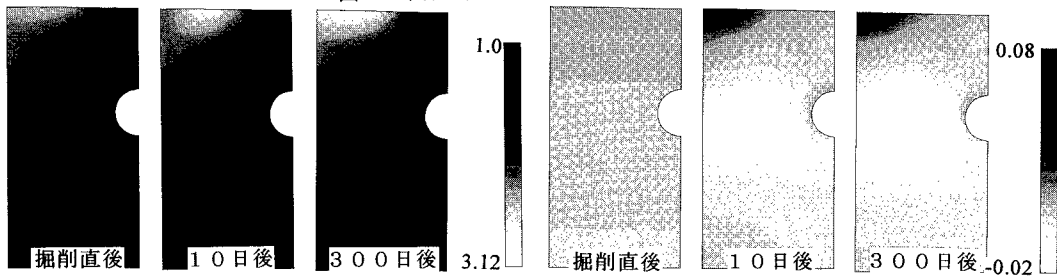


図5 過圧密比分布の経時変化

図6 比体積変化分布の経時変化

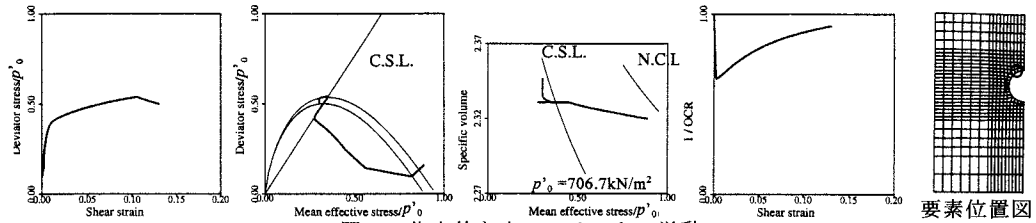


図7 代表的な土エレメントの挙動

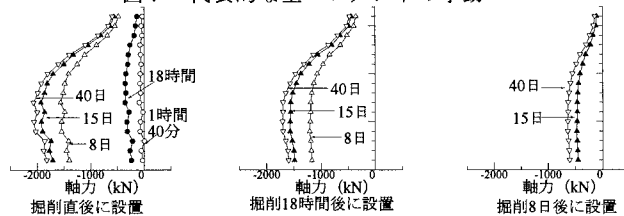


図8 支保工に作用する軸力の変化

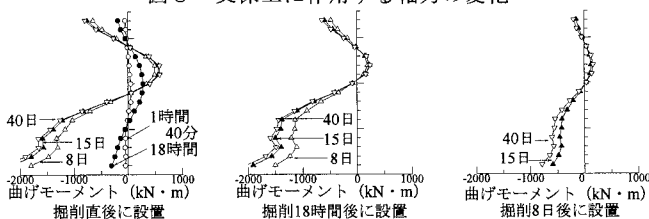


図9 支保工に作用する曲げモーメント変化