

しらす地盤における浸透流に対する応力変形解析

鹿児島大学 学生員 荒木 功平
鹿児島大学 正会員 山本健太郎
鹿児島大学大学院 田畑 賢児
鹿児島大学 正会員 北村 良介

1. はじめに

しらすは、鹿児島県本土に広範囲に分布しており、事前の地盤調査では良好なしらす支持層であっても、掘削底面で地盤の軟化を生じる場合があり、実施計画上の問題となっている。この原因は未だ明らかにされていないが、このような事例に対処するためには事前の浸透流解析とそれに伴う応力変形解析を実施することが望ましい。このような見地に立ち、鹿児島県始良郡で実施された矢板掘削に対して、飽和・不飽和浸透流解析によって、矢板周辺地盤の流速を把握した¹⁾。本報告では、浸透流に対する応力変形解析を行い、矢板周辺地盤の変形や安全率分布を考察し、矢板工法の妥当性について検討するものである。

2. 現場計測

対象地盤は、図-1 に示すように左端部から約 5.6 m の所に約 9 m の鋼矢板を使用している。掘削底面下には約 3m 挿入されている。地質層は下位より、半固結凝灰岩、軽石混じり中粒砂（一次しらす）、砂礫、細粒砂となっており、上部二層が沖積層である。細粒砂層は、標準貫入試験値 $N=3$ 程度の全体的に均一な層で、含水比が高く軟質化している。砂礫層は、礫径 1~3 cm の垂円礫を含む砂礫~礫層で、礫混入率は 60~80% となっている。基質は不均一な中粒砂が主体である。軽石混じり中粒砂は、1~3 cm の軽石礫を含む中粒砂（一次しらす）で、下部に向かって固結度が高くなる。半固結凝灰岩は、全体的に固結度の高い（指圧でつぶれない程度）凝灰岩である。

3. 解析方法

解析手法には、弾塑性有限要素法を用いた。地盤はダイレイタンスー特性を考慮して、Drucker-Prager 型の降伏関数に関連流れ則を導入した弾塑性モデルを適用した。鋼矢板は、軸方向及び曲げに対して抵抗を示すことからビーム要素でモデル化し、地盤との滑りは考慮していない。単位体積当たりの土要素が受ける浸透力 P_s は、飽和不飽和浸透流解析の結果¹⁾より各要素の動水勾配 i を計算し、以下の式で算出し、外力として応力変形解析に導入している。

$$P_s = \gamma_w i \tag{1}$$

上式とダルシー則より、浸透力は透水係数が小さく、流速が大きの場合に大きく働く。

表-1, 2 には対象地盤の土質特性、材料特性を示す。 ϕ は Dunham による砂質土の粒子形状別の N 値と ϕ の関係²⁾、 E はしらすに対する変形係数と N 値の関係³⁾を用いて算出した。また、要素安全率(F_s)は、要素に作用する応力から求まる破壊時応力円と任意応力円の半径比により、式(2)から算定した。

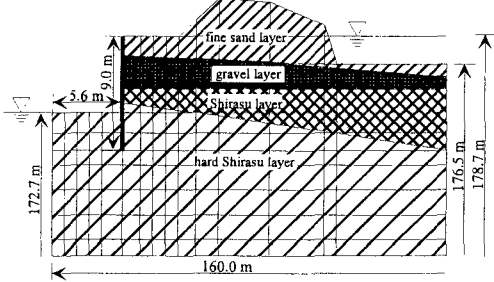


図-1 解析モデル

表-1 土質特性

Soil	Young's modulus E (kN/m^2)	Poisson's ratio ν	Cohesion c (kN/m^2)	Internal friction angle ϕ (deg.)	Unit weight (kN/m^3)
Hard Shirasu	3.50×10^4	0.35	20.0	44	18.0
Shirasu	2.66×10^4	0.35	0.0	41	16.0
Gravel	1.75×10^4	0.30	0.0	37	18.0
Fine sand	0.70×10^4	0.35	0.0	31	18.0
Backfill material	0.70×10^4	0.35	0.0	31	18.0

表-2 材料特性

Material	Young's modulus E (kN/m^2)	Poisson's ratio ν	Sectional area A (m^2)	Moment of inertia I (m^4)	Unit weight (kN/m^3)
Sheet pile	2.1×10^8	0.30	1.80	0.06×10^{-1}	
Footing	2.8×10^7	0.20			23.0

$$F_s = \frac{(\sigma_1 + \sigma_3) \sin \phi + 2c \cdot \cos \phi}{\sigma_1 - \sigma_3} \quad (2)$$

なお、矢板がないケースに関しても解析を行い、矢板の有無について検討を行っている。さらに、矢板掘削後、フーチングを載荷する場合は、施工過程を考慮し、フーチングと裏込め土を段階的に与えている。

4. 結果と考察

矢板周辺の 15 分後、24 時間後の変形を図-2(a), (b)に示す。ここで、太線は矢板を表す。また、変形前の地盤を破線、各経過時間における変形後の地盤を実線で表している。

図-2(a)を見ると、全体的に隆起している様子がわかる。これは、掘削に伴う大きな水頭差が生じ、掘削底面で湧水による上向き流速のために、掘削底面下で、大きく上向きに変位したためである。この影響を受けて、掘削壁面右側においても隆起が見られる。図-2(b)を見ると、矢板周辺でのみ少し隆起が見られ、全体的に隆起が収まってきていることがわかる。これは時間の経過とともに掘削底面においても、流速が定常状態に向かうため湧水量が低下してくるためである。以上のことから、時間の経過とともに地盤の変位は小さくなっていくことがわかる。

次に、図-2 と対応する矢板周辺の 15 分後、24 時間後の安全率分布を図-3(a), (b)に示す。ここでは、安全率分布を 4 つの領域に分けて示している。図-3(a)を見ると、細粒砂層では $1.6 \sim 2.0$ 、砂礫層では $1.2 \sim 1.6$ 、しらす層では $2.0 \sim 2.4$ 、固結しらす層の掘削底面下では $1.6 \sim 2.0$ 、矢板先端周辺においては $2.0 \sim 2.4$ 、それ以外の固結しらす層においては 2.4 以上の安全率分布となっていることがわかる。図-3(b)を見ると、掘削底面、矢板先端周辺や砂礫層において、時間の経過とともに安全率が上昇していることがわかる。これは、時間の経過とともに、対象地盤の右側にある河川からの流入量の影響で、矢板先端周辺や砂礫層において流速が若干大きくなったためである。図-3(a), (b)を比較すると、全体的に時間の経過とともに安全率が上昇することがわかる。

5. 終わりに

本報告では、当該下部工工事における施工法の妥当性を検討するために、浸透流に対する応力変形解析を実施した。その結果、時間の経過とともに全体的に隆起が見られなくなることや、矢板周辺および掘削底面で安全率が上昇することがわかり、矢板掘削の妥当性が確認された。

本報告は科研費（地域連携推進研究費、No.12792009、代表：北村）の援助を受けた。ここに謝意を表します。

【参考文献】 1) 田畑他：しらす地盤における飽和不飽和浸透流解析,土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.436-437, 2000.3. 2) 高田誠：しらす地盤の地盤工学的特性に関する研究, 鹿児島大学博士論文, 1998. 3) 地盤工学会九州支部：九州・沖縄の特殊土地盤の設計と施工, pp.123-136, 1995.8.

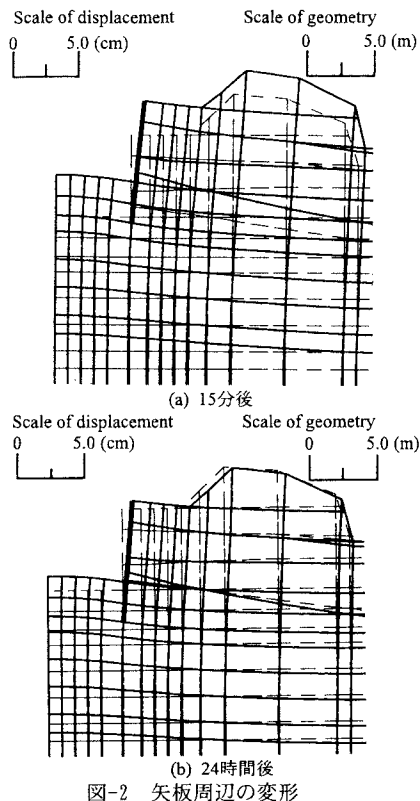


図-2 矢板周辺の変形

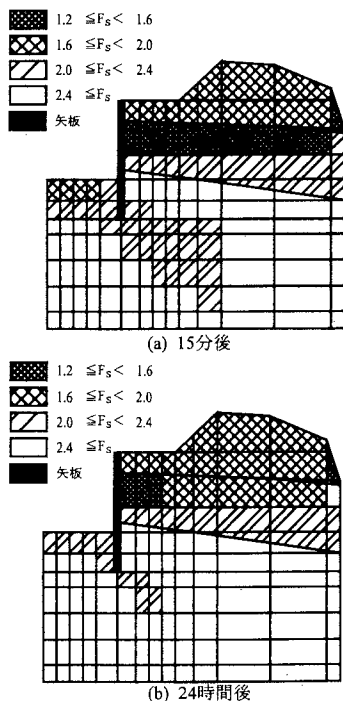


図-3 矢板周辺の安全率分布