

III-A 233

自然含水比状態の乱さないしらすの変形及び安定性の評価のための弾塑性FEM解析

八千代エンジニアリング（株） 正 員 〇合澤真喜

山口大学工学部 正 員 兵動正幸 中田幸男 村田秀一

第一復建（株） 正 員 石橋治 高野道直

1. まえがき “しらす”は南九州に広く分布し、固結力によりある程度の強度を有していることから、構造物の支持地盤とみなされることが多い。その際、斜面や支持力などに対する変形あるいは安定性を評価するために、一般に原位置載荷試験より求まる定数が用いられている。しかし、しらすは、降雨による含水比状態の変化や拘束圧等の違いにより大いに性状を変化させることから、原位置試験では適した定数を決定することが難しい。一方、近年のコンピューターを用いた解析技術の発達により、多くの境界値問題を解くことができる有限要素法を適用した変形解析を行うことが可能となってきた。本研究は、原位置より乱さないしらすを採取し、自然含水比状態で室内三軸試験を行うことにより正確な材料定数を決定し、しらす地盤が原位置で持つ固結力や拘束圧の変化に伴う挙動を表現できる土の弾塑性構成モデルを検討すると共に、それを用いて非線形有限要素解析を行うものである。

2. 橋台支持地盤となるしらす層の変形解析

解析は、図-1に示す解析断面（横35m高さ21m、要素数258接点数849）において、岩盤B上の橋梁架設にともなう荷重を段階的に載荷し岩盤Bと岩盤Cに挟まれるしらす層を対象に弾塑性構成モデル作成し行った。また、橋台部建設地は岩盤上であるが、岩盤には縦亀裂が存在しているため、しらす層に荷重が伝達することが予想されたので、ジョイント要素を用いて岩盤Bの縦亀裂を評価した。しらす層を評価するために導入した弾塑性構成モデルは、安福

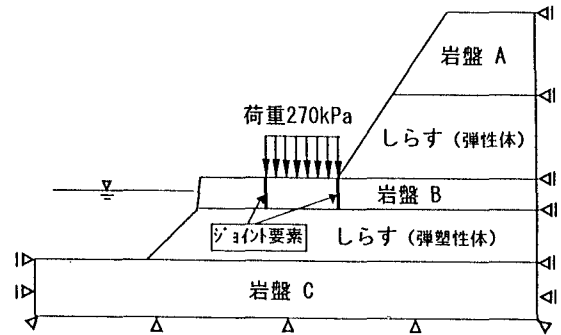


図-1 解析対象断面

によって開発され西川によって解析コード化されたもの¹⁾である。このモデルの特徴は、拘束圧の増加にともなうダイラタンシー特性の変化を的確に表現できるところにある。また、材料定数は全部で9つあるが、これらは等方圧縮除荷試験1本と数本の三軸試験から決定することができる。表-1に、自然含水比状態のしらすの評価に用いたモデルの材料定数を示している。次に、不飽和土用三軸試験機を用いて、自然含水比状態の乱さないしらすを対象に拘束圧 $\sigma_c = 50, 200, 400\text{kPa}$ で、せん断試験（CD試験、ひずみ速度0.1%/min）を行った結果の軸差応力 q 、軸ひずみ ε_a 、体積ひずみ ε_v の関係を図-2に示す。軸差応力 q と軸ひずみ ε_a の関係から、①拘束圧の増加とともに初期の立ち上がり勾配が大きくなること、②軸差応力 q がピークを示す軸ひずみが拘束圧の増加にともない大きくなっていること、③拘束圧の増加にともなう軸差応力 q の増加が線形的ではないことがわかる。乱さないしらすは、固結力を持つため初期の立ち上がりが大きく、また拘束圧の増加にともない固結力が消失していくためこのような挙動を示すと考えられる。また、軸ひずみ ε_a と体積ひずみ ε_v の関係からは、拘束圧50kPaでは軸ひずみ $\varepsilon_a = 4\%$ に達するまでは収縮し、その後膨張していることがわかる。一方、拘束圧200,400kPaでは収縮一方の挙動を示していることがわかる。このように乱さないしらすは、拘束圧の増加によりダイラタンシー特性が変化することがわかる。図-3には、試験結果から得られた材料定数を導入した弾塑性構成モデルを用いて行った、三軸試験のシュミレーション結果を実線で示している。

表-1 材料定数

しらす（弾塑性体）	
l	0.853
h	0.0568
k_a	-0.00387
α_{pc}	3.28
α_{hc}	3.66
b	0.612
M_c	1.65
N_c	1.32
A	0.80

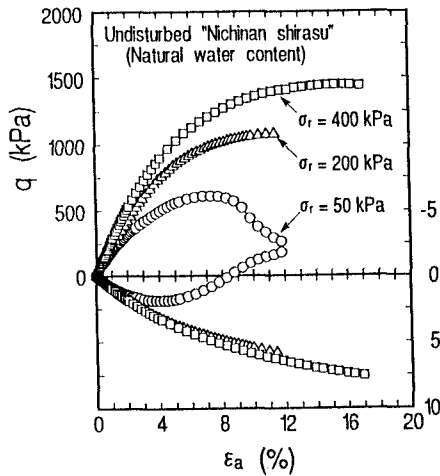


図-2 セン断試験結果

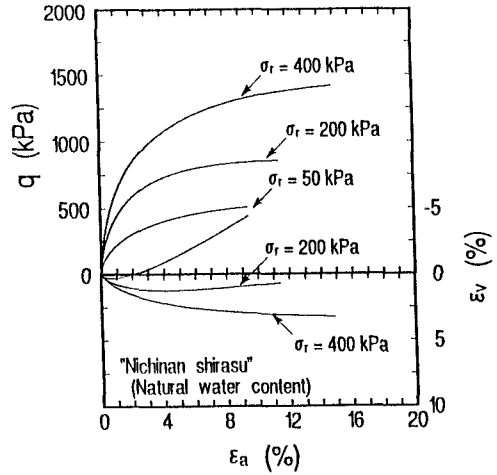


図-3 三軸試験のシュミレーション結果

図から拘束圧の増加による軸差応力の増加傾向が線形的でないこと、また拘束圧の増加によるダイレイタンスー特性の変化をうまく評価できることがわかる。図-4に、解析により求められたしらす層(弾塑性体)の平均主応力および体積ひずみの分布をそれぞれ示す。図-4(a)は載荷前の初期応力状態を示したものである。土かぶり圧の増加に伴い右側へ行くほど大きくなっていることがわかる。図-4(b)は載荷後の平均主応力を表すものである。載荷により平均主応力が増加して、等圧線の分布が左へ広がり、さらにジョイント要素により載荷点直下に応力集中していることがわかる。図-4(c)は載荷によるしらす層の体積ひずみ分布を示したものである。載荷点を中心に体積ひずみが発達しており、載荷点で変形量大きいことが伺える。最大沈下量は、載荷点中央部の1.76cmという結果が得られた。この現場では、実際に橋梁架設が行われ、橋台部での沈下量は1.0cmと計測されており、乱さないしらすの室内試験結果から材料定数を決定し、変形解析による沈下量予測を行うことは、より経済的な設計を行う上で適した方法であるといえる。

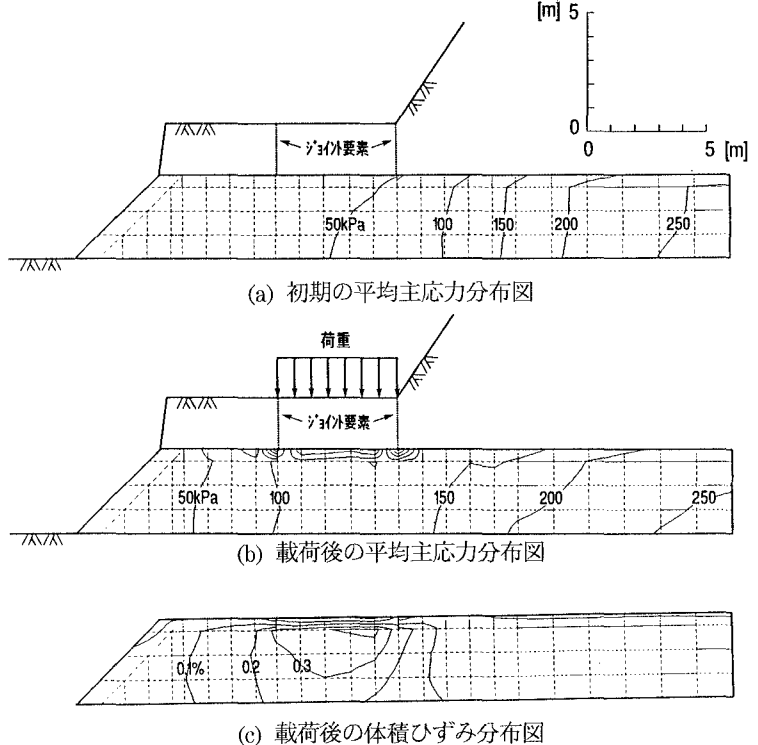


図-4 橋梁架設によるしらす層の平均主応力を体積ひずみの分布図

載荷によるしらす層の体積ひずみ分布を示したものである。載荷点を中心に体積ひずみが発達しており、載荷点で変形量大きいことが伺える。最大沈下量は、載荷点中央部の1.76cmという結果が得られた。この現場では、実際に橋梁架設が行われ、橋台部での沈下量は1.0cmと計測されており、乱さないしらすの室内試験結果から材料定数を決定し、変形解析による沈下量予測を行うことは、より経済的な設計を行う上で適した方法であるといえる。

3.まとめ 試料の固結力や拘束圧の影響を表現できる弾塑性構成モデルを適用した変形解析を行い、沈下量は1.76cmという結果を得た。この結果は、原位置での計測結果とほぼ対応しており解析の妥当性が検証された。**参考文献** 1) 西川明宏：砂の拘束圧依存性と強度異方性を考慮した構成式とその適用，山口大学大学院修士論文，1992。