

電力中央研究所 正会員 西 好一
同上 同上 江刺 靖行

1. まえがき

F.E.M.などを用いて地盤の支持力や変形を予測するさい、粘性土のように簡単な試験から今までの圧密履歴をある程度予測しうる材料は別としても、砂などのような場合には初期応力として鉛直応力は土カブリ圧を、また側方応力はそれに静止土圧係数(通常0.5を用いることが多い)を乗じた値を仮定することが多い。しかしこれは地盤の応力履歴を無視した方法であることはよく知られているところである。すなわち、一般に地盤は図-1に示すように同一の土カブリ圧下でも、その応力履歴によって異なった側方土圧を示す。これは図中の2'→2や3'→3で示す圧密履歴、及び1→2として示す振動履歴などによって生じるものである。このような初期応力の影響が無視できないことは粘性土地盤の場合、解析的に指摘されており²⁾、最近では位置での測定手法の開発³⁾が幾つか進められている状況にある。しかし土質材料の構成式と地盤内の初期応力を結びつけた統一的研究は見当らないようである。この様な観点から、本報告は帯状フーチン基礎の変形問題も例として取り上げ、初期応力効果について解析的見地から述べたものである。

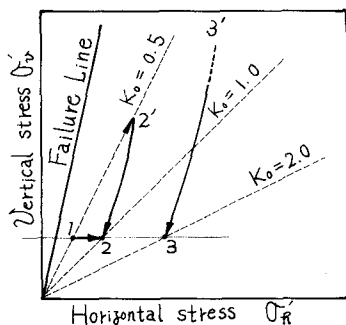


図-1 地盤の応力履歴

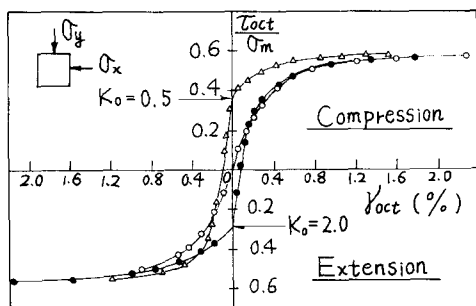


図-2 $T_{act}/\sigma_m \sim \gamma_{oct}$ 関係 (by F.E.M.)

2. 砂の構成式

弾・塑性理論を用いて導出した構成式を用いる。⁴⁾

3. 要素試験の解析とその結果

平面ひずみ条件下における三軸試験を想定した解析は有限要素法により行なった。なおここで用いた解析手法については文献5)で詳細に述べられている。初期応力は σ_y と σ_x の比を0.5, 1.0, 2.0の3通りに変えて与えられ、 σ_y のみ単調に増減(圧縮・伸張)させる載荷方法によるものとした。ただし σ_m はすべての解析で同一 (1 kg/cm^2) とし、ひずみを拘束した方向の応力は初期状態では σ_x と同一の値を与えている。また初期降伏応力は初期条件で与えられる応力状態、すなわち $f_{s,0} = (T_{act}/\sigma_m)_0$, $f_{c,0} = (\sigma_m)_0$ とした。図-2, 3はこのような条件下で得られた応力ひずみ関係を示したものである。図をみると $K_0 = 2.0$ 及び $K_0 = 0.5$ の条件下から圧縮及び伸張側にそれぞれせん断させた時、初期の $(T_{act}/\sigma_m)_0$ に到達するまでは弾性的挙動(非線型)を示しており、その後塑性挙動が卓越した応力ひずみ状態に入っていることが示されている。また図-3には等方圧縮試験から得られる圧縮指数(λ)と膨潤指数(K)を用いて計算される体積ひずみを破線で示した。タイレイタシを評価できない通常の非線型弾性解析

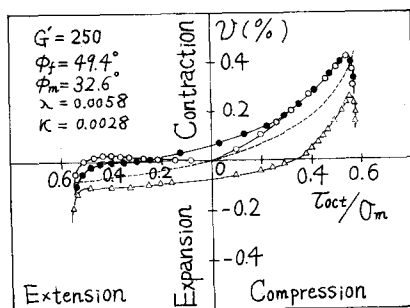


図-3 $T_{act}/\sigma_m \sim \nu$ 関係 (by F.E.M.)

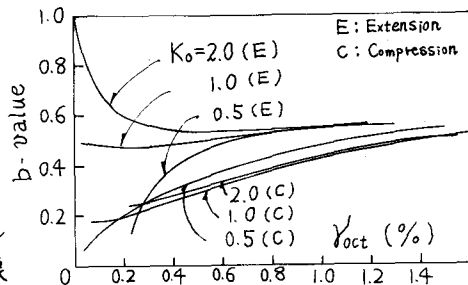


図-4 b-値の変化 (by F.E.M.)

で得られる結果と異なる実は 1) ある応力比以上になると急激に膨張の体積変化を示すこと 2) σ_m が減少する応力経路下 ($K_0=1.0$ の伸張側) でも体積の収縮を示すこと さらに 3) 除荷時における残留ひずみが評価できること等である。これらは実際の砂の挙動を表現しているものである。図4中には中向主応力のパラメータである ϕ 値・せん断に伴う変化を示した。設定した初期応力条件により種々な値をとっていたが、せん断の進行につれてほぼ0.5程度の値に漸近する傾向がみられる。

4. フーチン基礎の解析

図5に示す要素分割によりフーチン(コンクリートも想定)に等分布荷重が載荷された場合の地盤の変形解析を行なった。地盤初期応力として、鉛直土圧は土カブリ圧($\gamma_L=1.89\text{g/cm}^3$)も、また側方土圧としては鉛直土圧の0.5, 1.0, 2.0倍を与えている。なお地盤材料定数は図3に示した値と同様である。図5, 6, 7は200t/m²載荷時における地盤内要素安全率($S.F.=\sin\phi/[(\sigma_1-\sigma_3)/(\sigma_1+\sigma_3)]$)を、図8は同様の荷重下におけるある点、鉛直変位及び側方変位を示したものである。これより 1) K_0 が小さい程破壊域はフーチン内部に進行し、その拡がりも著しい 2) 鉛直変位、側方変位は共に K_0 が小さい程大きいことが知られる。特に $K_0=2.0$ の場合フーチン端部のかなり離れた要素に受傷破壊が生じていることも特長の一つとして上げられよう。また図9, 10には図6に示す要素内の応力経路と応力ひずみ曲線を示す。 σ_m の増加が著しく全体体積は収縮の傾向を示すが、載荷の早い段階からダイラタンシー膨張へ転じる限界線($\phi=\phi_m$)を横切っており、それに対応した形で顕著な膨脹側ウェル・インテンションを生じていることが明らかになっている。

5. あとがき

解析の対象として最も一般的な平面ひずみ条件下における要素試験の解析、及びフーチン基礎の変形問題を取り上げ有限要素解析から地盤内初期応力が変形や局所的な破壊領域の進展に大きな影響を及ぼすことを確認した。今後は土質材料の構成式の研究とともに、初期応力も原位置で精度よく測定できる試験方法、及びそれらと有機的に結合した解析手法の開発に邁進し、境界値問題の解明に取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) D'Appolonia et al., "Sand Compaction with Vibratory Rollers," ASCE, SM1, 1967
- 2) 例2の Hög et al., "Settlement of Strip Load on Elasto-Plastic Soil," ASCE, SM2, 1968
- 3) 例2の Massash et al., "Measurement of Horizontal in situ stress," Proc. In Situ Meas. of Soil Prop., 1975
- 4) 西・江刺, "軟質地盤における基礎の支保力と変形-その1-", 電研報告, 1977,
- 5) 中村・西・江刺, "大口径取水埋設管の挙動と設計-その2-", 電研報告, 印刷中

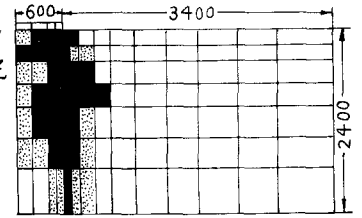


図-5 要素の安全率分布 ($K_0=0.5$)

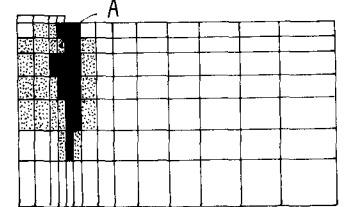


図-6 要素の安全率分布 ($K_0=1.0$)

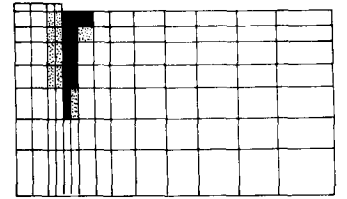


図-7 要素の安全率分布 ($K_0=2.0$)

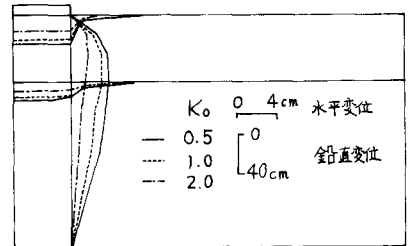


図-8 地盤の鉛直及び側方変位

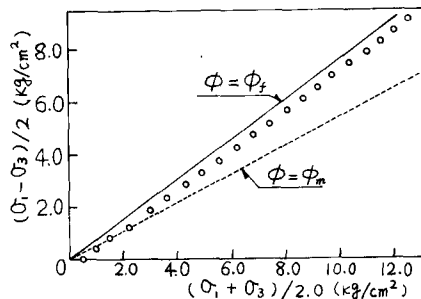


図-9 要素Aの応力経路

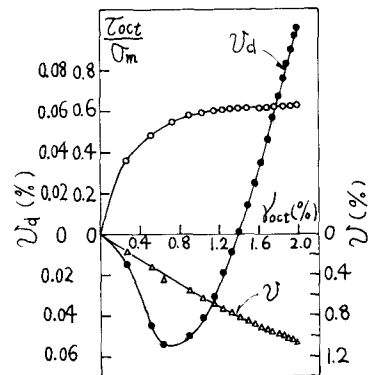


図-10 要素Aの応力ひずみ挙動