

III-247

スコリア地盤支持力解析上の二、三の問題点

(株) 白石 正会員 大内正敏 ○河島敬二
 広島大学 正会員 日下部治
 日本道路公団 正会員 前田良刀

1. はじめに

筆者らは、カムクレイモデルを用いたFEMプログラム、CRISP¹⁾により原位置での支持力実験をシミュレーションした²⁾が、地盤内原位置応力が計算結果に大きく影響した。飯塚³⁾らは、異方正規圧密粘土地盤を対象に、初期応力が支持力解析に及ぼす影響を検討している。本文では超過圧密なスコリア地盤を対象に、静止土圧係数 K_0 値、鉛直有効応力の分布形状および地盤のモデル化が、計算結果に及ぼす影響について報告する。

2. 解析条件

計算ケースは表-1に示す7ケースであり、全て軸対称モデルである。CASE 2~4ではメッシュフォーメーション、境界範囲および基礎幅、CASE 5~7では地盤内原位置応力の影響に着目した。

支持力実験は図-1に示すように深度23mのケーソン内作業室で行われた。原位置応力については、100m離れた位置の深度22mではプレシオメータ試験から $K_0 = 1.72$ が得られているが、ケーソン内支持力実験時は測定されていない。本解析では、不攪乱試料の力学試験⁴⁾から得た地盤情報をもとに、CRISPによる一次元載荷・除荷の計算および以下の推定式¹⁾から K_0 を求め、実験時の原位置応力を推定した。

$$K_{nc} = 1 - \sin \phi' \quad (\text{Jaky}) \quad \cdots (1)$$

$$K_0 = OCR \cdot K_{nc} - \{ \nu (OCR - 1) / (1 - \nu) \} \quad (\text{Wroth}) \quad \cdots (2)$$

$$K_0 = K_{nc} \cdot (OCR)^{\phi'} \quad (\text{Parry}) \quad \cdots (3)$$

(1) CRISPによる推定：一次元載荷・除荷の計算には、支持力解析と同じカムクレイ定数の数値を用いた。一次元載荷により、地盤内の平均垂直有効応力 p' が先行圧密圧力 $p'_c = 3840 \text{ kPa}$ に達するときの応力比 $\eta = q/p'$ を求め、次式から $K_{nc} \approx 1.0$ を得た。

$$K_{nc} = (3 - \eta) / (3 + 2\eta) \quad \cdots (4)$$

これは、オリジナルカムクレイでは $M > 3/2 \Lambda$ ($\Lambda = 1 - (\kappa/\lambda)$)の場合には次式の K_{nc} 値、 $M < 3/2 \Lambda$ では $K_{nc} = 1$ としたSchofield・Wroth⁵⁾の指摘どおりである。

$$K_{nc} = (6 - 2M + 3\Lambda) / (6 + 4M - 6\Lambda) \quad \cdots (5)$$

一次元除荷では、図-2に示すように地盤内の応力経路は降伏曲面にはほぼ沿い、除荷が完了する前に限界状態線に達する。この時の η は $-M$ ($= -1.37$)であり、式(4)を用いて $K_0 = 17$ とした。なおこの場合は深さ方向に K_0 値を一定とした。

(2) Wrothの式による推定：不攪乱試料の三軸圧縮試験から

TABLE 1. Numerical Simulation Program

Case	Mesh formation	L	Footing width B(cm)	σ'_v	K_0	Settlement - footing S(cm)
1	I	5B	40	a	17	4.21
2	II	5B	40	a	17	3.78
3	I	8B	40	a	17	4.27
4	I	5B	45.135	a	17	4.71
5	I	5B	40	a see Fig-3		5.54
6	I	5B	40	a see Fig-3		3.77
7	I	5B	40	b	14	3.16

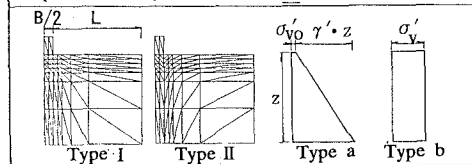


FIG.1. Soil Profile and Elevation of Loading Test

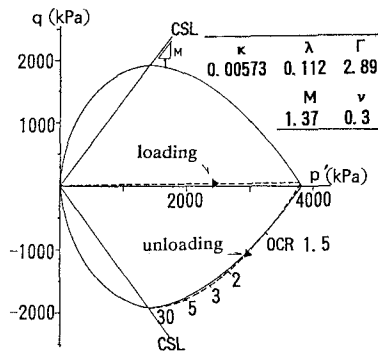


FIG.2. Effective Stress Paths for Loading and Unloading Cam-Clay One-Dimensionally

求めた残留強度定数 $\phi_r' = 33.9^\circ$ と式(1) から、 $K_{nc} = 0.44$ となる。これと $p_c' = 3840\text{kPa}$ から、先行圧密鉛直応力 σ_{vm}' を求めると 3190kPa となる。この値は、一次元圧縮試験から Casagrande の方法で求めた平均値 $\sigma_{vm}' = 4263\text{kPa}$ および Hardin の方法で求めた粒子破碎開始応力の平均値 $\sigma_o = 3366\text{kPa}$ よりも小さい。本解析では、 $\sigma_{vm}' = 3190\text{kPa}$ を用いて試験地盤の OCR を計算して、式(2) により各深度における K_o を求めた（図-3）。

(3) Parry の式による推定：(2) で求めた OCR と式(3) から K_o を求めた（図-3）。

(4) σ_v' を矩形分布とした場合の推定： σ_v' を深さ方向に一定（解析領域の平均値 $= 10\text{kPa}$ ）の矩形分布とすると、 $\text{OCR} = 319$ となる。これと式(3) から K_o を 14 とした。なお、いずれのケースの水平有効応力 σ_h' も残留強度定数を用いた受働土圧強度 p_p を越えていない。

3. 解析結果

各ケースとも 7500kPa まで載荷した結果、フーチングの最終沈下量は表-1 のとおりとなった。

(1) メッシュフォーメーション、境界範囲、基礎幅の影響

CASE 2 でメッシュフォーメーションを Type II にした結果、沈下量が 10% 小さくなった。Type II は応力伝達を円滑にすることを考慮したものだが、解析からは Type I の方が正解値に近かった。CASE 3 で水平方向の境界範囲を $5B$ から $8B$ にした結果、沈下量は 1% 大きくなったが、 $5B$ で十分と判断した。CASE 4 で基礎幅を、 40cm の正方形と等面積となる円の直径 (45.135cm) にした結果、荷重沈下曲線の初期直線部から求めた地盤反力係数（接線）は、載荷幅依存性が -1.05 乗則と線形弾性解に近い値となった。カムクレイモデルは、弾性領域でも体積弾性係数が $K = (1+e) p' / \kappa$ 、ポアソン比 ν が一定の非線形モデルであるが、支持力実験の 30cm と 40cm の正方形フーチングから得られた -0.80 乗則とは一致しなかった。

(2) 地盤内原位置応力の影響

(2) 地盤内原位置応力の影響

図-4 に、支持力実験および CASE 1, 5~7 の解析で得られた荷重～沈下曲線を示す。沈下量の比較から、地盤内原位置応力の設定が沈下量に及ぼす影響が大きく、地表から深さ $2B$ 程度までの p' 初期値（図-3）が小さいほど初期の沈下量が多い。支持力実験では見られない初期の S カーブは、CRISP の弾性モデルが、 K を p' にほぼ比例させ、せん断ひずみをゼロとしていることと、対象地盤が超過圧密で弾性挙動の評価が計算結果にかなり影響することに起因したと考える。三軸圧縮試験の弾性領域から求めた K 、 G は、拘束圧 σ_3' が $200 \sim 3000\text{kPa}$ に応じて、それぞれ $45 \sim 370\text{MPa}$ 、 $20 \sim 280\text{MPa}$ に変化した。

4. まとめ

CRISP を用いて超過圧密なスコリア地盤の支持力解析を行ったが、地盤内原位置応力が沈下量に大きく影響することを示した。今後、支持力実験に際しては K_o 、圧密試験などを実施し、この把握に努めたい。

<参考文献>

- 1) Britto, A. M., and Gunn, M. J. : Critical State Soil Mechanics via Finite Elements, Ellis Horwood, 1987.
- 2) 大内・阿部・日下部・前田：原位置支持力試験のカムクレイモデルによる数値解析，土木学会年次学術講演会、1992年
- 3) 飯塚・良峰・太田・畠：極限支持力と地盤内応力変化の有限要素解析，土木学会論文集、NO. 382, 1987 年
- 4) 日下部・前田・大内・萩原：不攪乱スコリアの強度・変形特性と攪乱の影響，土木学会論文集、NO. 439, 1991 年
- 5) Schofield, A. N. & Wroth, C. P. : Critical State Soil Mechanics, McGraw-Hill, 1968.

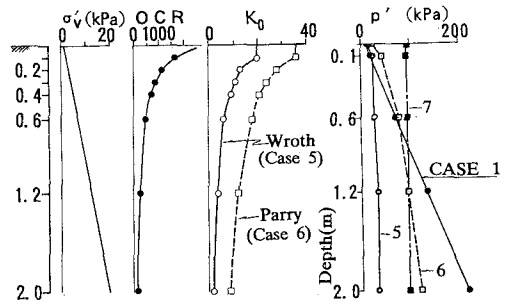


FIG.3. In-Situ Stress Distribution in Analysis

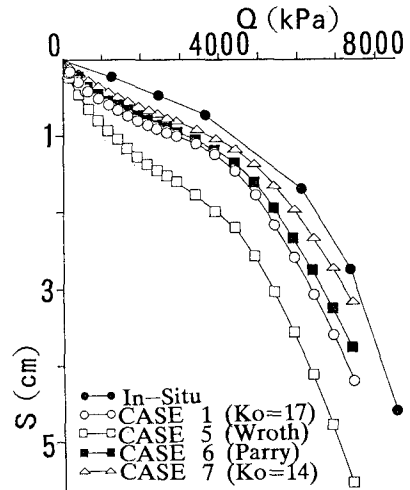


FIG.4. Comparison of Pressure Curves for Different In-Situ Stress Conditions