

洪積砂層の地盤反力係数における圧力およびせん断応力依存性

首都高速道路株式会社 正会員 ○加藤 瑞穂
 首都高速道路株式会社 正会員 内海 和仁
 オリエンタル白石株式会社 小宅 知行

1. はじめに

筆者らは、沈設途中のニューマチックケーソンの作業室内で載荷盤周辺に土被り圧を作用させた平板載荷試験(載荷盤径 $B=30\text{cm}$)を行い、地盤反力係数の土被り圧による影響を把握した¹⁾²⁾。本報文では、載荷試験の結果から、土被り圧の増加に伴った圧力レベルの上昇に伴う地盤反力係数の増加と、載荷荷重の増加によって生じる地盤内のせん断応力の上昇による地盤反力係数の減少について考察する。

2. 載荷試験の概要

平板載荷試験の対象地盤は実基礎の支持層となり得る洪積砂層(上総層 K_s 層: N 値 $60\sim70$)で、通常の平板載荷試験である土被り圧無し($\sigma_v=0$)の試験は $GL.-10.29\text{m}$ で行い、その後 1.5m 下にケーソンを沈設させた同砂層で土被り圧 σ_v を作用させた試験を行った。 σ_v は図-1 に示すように、平板載荷試験の周辺にホース($\phi 300\text{mm}$)を敷き並べ、作業室天井スラブから吊るした反力架台を反力として、ポンプで水圧をホース内に作用させ、載荷中は所定の σ_v になるようにした。載荷盤の載荷は荷重制御の多サイクル方式で、各サイクル終了時に σ_v を次の所定圧へ変更した。 σ_v の設定は、まず設計時の常時の地盤反力度の上限値 400kN/m^2 を低荷重レベルの載荷荷重 P として $\sigma_v=25$, 55 , 150kN/m^2 の順で実施し、その後 $\sigma_v=55\text{kN/m}^2$ で $P=900\text{kN/m}^2$ (降伏荷重前)、 $\sigma_v=150\text{kN/m}^2$ で P は降伏荷重以上まで載荷した。

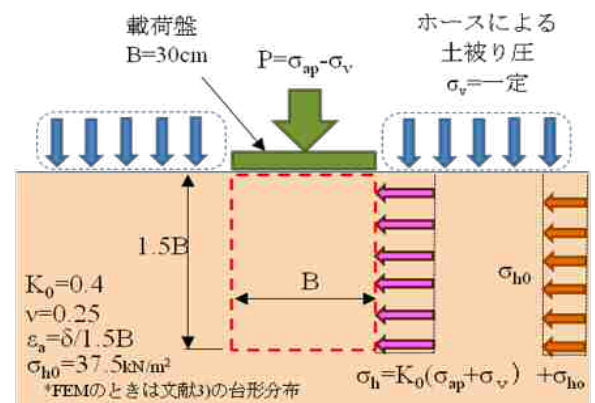


図-2 は、平板載荷試験の各土被り圧における初期載荷時の荷重保持後のデータによる荷重沈下曲線である。ここで、試験荷重 P は、実際に載荷盤に作用している平均接地圧 σ_{ap} から σ_v を差し引いている。また、変位 δ は σ_v を上昇させたときに生じた変位は差し引き、 $P=0$ のときに $\delta=0$ としている。荷重沈下曲線は σ_v の上昇に伴い同一変位に対する P が大きくなり、地盤反力係数が増加している。なお $\log P - \log \delta$ の折れ点から求めた降伏荷重 P_y は $\sigma_v=0$ のとき $P=800\text{kN/m}^2$, $\sigma_v=150\text{kN/m}^2$ のとき $P=5000\text{kN/m}^2$ である。

3. 平均接地圧 σ_{ap} と弾性係数 E_{PLT} の関係

各土被り圧(σ_v)の着目変位($\delta=1\text{mm}, 3\text{mm}, 6\text{mm}$)で、その時の平均接地圧(σ_{ap})となる地盤を線形弾性体と見なした時の弾性係数 E_{PLT} を、線形弾性 FEM 解析により逆算した。解析は軸対象モデルで、ポアソン比 $\nu=0.25$ 、

図-1 試験概要と地盤せん断ひずみの算出条件

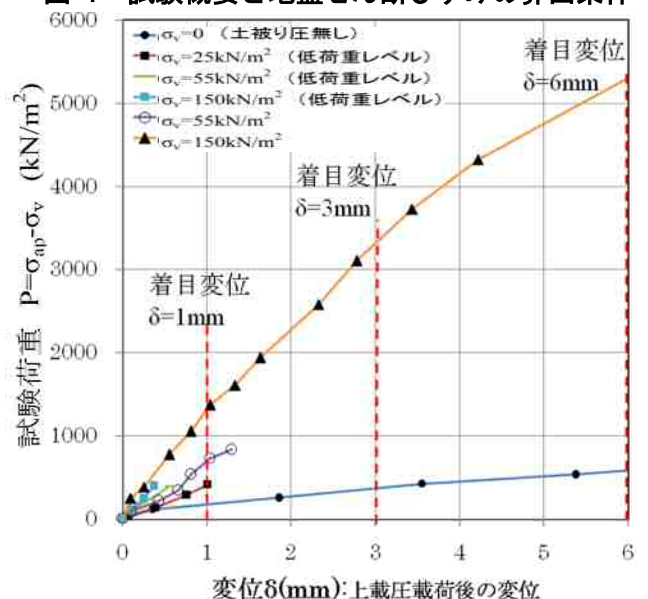


図-2 荷重沈下曲線(初期載荷のみ)

キーワード 地盤反力係数, 土被り圧, 平板載荷試験, 圧力依存性, せん断応力依存性

連絡先 〒222-0013 神奈川県横浜市神奈川区新子安 1-2-4 首都高速道路(株)神奈川建設局 TEL 045-4390-0733

$K_0=0.4$ とし、自重解析の次にケーソン作業室底面の初期応力³⁾ σ_{h0} と σ_v 作用させた後に載荷盤に σ_{ap} を載荷したステップ解析とした。図-3 に $\sigma_{ap} \sim E_{PLT}$ の関係を両対数軸で示す。Line- σ_{v0} および σ_{v150} は、 σ_v が一定の状態では σ_{ap} が大きくなることによって E_{PLT} が減少しており、せん断応力依存性を示している。また、Line-S1, S3, S6 は変位が同一であるため地盤のせん断ひずみはほぼ同一と推定されるものの、 σ_v および σ_{ap} の上昇によって E_{PLT} が増加しており、応力依存性を示している。

以下に、平板載荷試験で変位 δ のときの地盤内の代表的なせん断ひずみ γ を算出し、三軸圧縮試験の結果と比較する。図-1 に示すように、載荷盤下の 1.5B の円筒形地盤を代表地盤として着目して、弾性体の応力とひずみの関係式より、水平方向のひずみを $\varepsilon_r = \{\sigma_h - \nu(\sigma_{ap} + \sigma_h)\} / E_{PLT}$ と仮定して、 $\gamma = \varepsilon_a - \varepsilon_r$ とした。その結果、 $\delta=1\text{mm}$ のとき $\gamma=0.32 \sim 0.35\%$ 、 $\delta=3\text{mm}$ のとき $\gamma=1 \sim 1.1\%$ 、 $\delta=6\text{mm}$ のとき $\gamma=2.1 \sim 2.2\%$ となり、 σ_{v0} 及び E_{PLT} によらず変位毎に地盤のせん断ひずみはほぼ一定であった。また、ブロックサンプリング試料による三軸圧縮試験 (CD: $\sigma'_c=30, 100, 300, 1000, 3000\text{kN/m}^2$: LDT 使用) の結果から、着目するせん断ひずみ毎の軸力 σ_a と割線弾性係数 E_{sec} の関係も図-3 に示した。これより、平板載荷試験の σ_{ap} の増加に伴い E_{PLT} は直線的に上昇し、同様に三軸圧縮試験の E_{sec} も σ_a の増加に伴ってほぼ直線的に上昇した。また、両者の各せん断ひずみにおける圧力と弾性係数の関係はほぼ整合した。

4. 圧力およびせん断応力依存性のパラメータ

図-3 における各 Line の傾きは圧力およびせん断応力依存性を示すパラメータとなるので⁴⁾、それぞれをべき乗 m および μ として、 E_{PLT} と σ_{ap} の関係を下式と仮定した。また、図-3 から算出した m または μ を表-1 に示した。

$$E_{PLT2} = E_{PLT0} \left(\frac{\sigma_{ap1}}{\sigma_{ap0}} \right)^m \cdot \left(\frac{\sigma_{ap2}}{\sigma_{ap1}} \right)^\mu \quad \text{ここに、} \quad \begin{array}{l} E_{PLT0}: \text{土被り圧無し, 変位}\delta_1, \text{平均接地圧}\sigma_{ap0} \text{の時に逆算される地盤の弾性係数} \\ E_{PLT2}: \text{土被り圧}\sigma_{v2}, \text{変位}\delta_2, \text{平均接地圧}\sigma_{ap2} \text{の時に逆算される地盤の弾性係数} \\ \sigma_{ap1}: \text{土被り圧}\sigma_{v2}, \text{変位}\delta_1 \text{のときの平均接地圧} \end{array}$$

着目変位 $\delta=1\text{mm}, 3\text{mm}, 6\text{mm}$ の m はほぼ同値であり、また三軸圧縮試験の m と近似した。また、 μ は土被り圧 $\sigma_v=150\text{kN/m}^2$ の場合が大きく、 $\sigma_v=0$ の場合よりもせん断応力による弾性係数の低下が小さいことを示した。

このことから、三軸圧縮試験のせん断ひずみに着目した $\sigma_a \sim E_{sec}$ 関係から、土被り圧 σ_v が変化した場合の平板載荷試験の圧力依存性による弾性係数 E_{PLT} の変化を推算できる。すなわち、三軸圧縮試験の結果より、同一ひずみにおける地盤反力係数の土被り圧補正が可能であると思われる。

5. おわりに

以上の考察をまとめると、①土被り圧一定で変位が大きくなると地盤のせん断応力も上昇して地盤反力係数は減少した。また、減少割合は土被り圧が有る方が小さかった。②同一変位では地盤内のせん断ひずみも同程度であり、土被り圧による平均接地圧の上昇は地盤の応力を上昇させて地盤反力係数は大きくなった。

(参考文献) 1) 加藤, 春日, 小宅: ニューマチックケーソン内での洪積砂地盤上の土被り圧を段階的に変化させた平板載荷試験, 第 69 回年次学術講演会。2) 小宅, 春日, 加藤, 福田: 土被り圧を考慮した平板載荷試験と他試験の地盤反力係数の比較: 第 49 回地盤工学研究発表会 3) 小宅, 春日, 加藤: 洪積砂層におけるケーソン内の平板載荷試験地盤の初期応力に関する一考察: 第 50 回地盤工学研究発表会 4) 龍岡, 小高, 新田, 井上: 原位置載荷試験と実基礎の即時沈下: 基礎工: 1996.5 pp.2~9

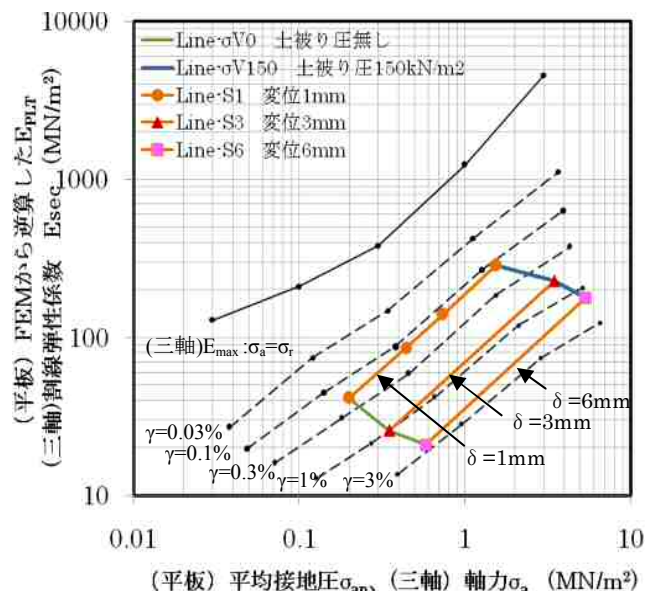


図-3 平均接地圧 σ_{ap} と弾性係数の関係

表-1 圧力とせん断応力パラメータ

試験種類	データ範囲	べき乗パラメータ	
		圧力	せん断応力
		m	μ
平板載荷試験	$\sigma_v=0$	-	-0.630
	$\sigma_v=150\text{kN/m}^2$	-	-0.360
	着目変位 1mm	0.947	-
	着目変位 3mm	0.950	-
	着目変位 6mm	0.964	-
三軸圧縮試験	$\gamma=0 \sim 3\%$	0.807~	-
		0.771	