

Ⅲ-A236

二次元圧力センサーを用いた模型地盤内応力分布の測定

清水建設 技術研究所 正会員 西尾伸也
同 上 馬場幸吉
同 上 岩井俊之

1. はじめに 建物基礎地盤の変形性状を予測するためには、地盤内の応力状態を考慮し、それに応じた変形係数を合理的に設定することが重要である。地表面に載荷された鉛直荷重によって生じる地盤内の応力状態の変化を調べるため、模型地盤において静的載荷試験を実施した。地盤中には二次元圧力センサーを設置して載荷中の鉛直応力分布を測定し、弾性論から計算される鉛直応力との差異に基づき地盤内応力状態について考察した。

2. 模型地盤における載荷試験

2.1 土槽計測の概要 豊浦砂を用いて相対密度：90%の模型地盤を作成した。載荷試験における計測概要を図-1に示す。載荷は150mm×150mm×22mmの鋼製板に、ペロフラムシリンダーを用いて鉛直等分布荷重を与えることにより行い、載荷重はロードセルで測定した。作成する地盤厚さは、200mmとし、土槽底面には二次元圧力センサーを設置して、載荷試験中の鉛直応力の二次元分布を測定した。

2.2 二次元圧力分布測定 測定に用いた二次元圧力センサーは、厚さ0.1mmのフィルム状シートである。シートには極めて圧縮性の小さな感圧抵抗性インクが、行電極(44本)および列電極(44本)としてマトリックス状に配置しており、この電極の交

点に圧力が作用することにより生じる抵抗変化を信号として取出し、各交点毎に8bitのAD変換を行って、44×44点の二次元圧力分布を求める。精密機器の製造工程管理や医療用機器の人体圧力分布測定などのために開発されたセンサーである。測定は、

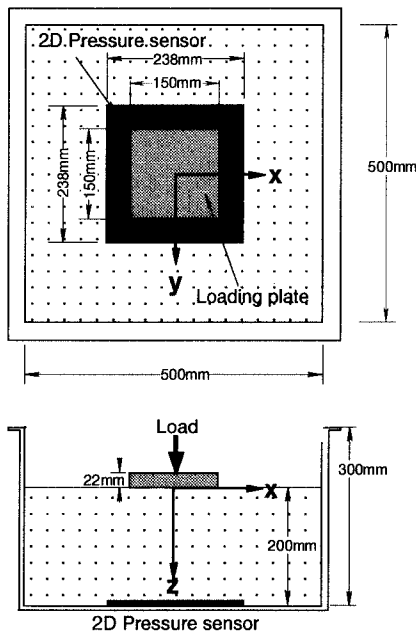


図-1 載荷試験における計測概要

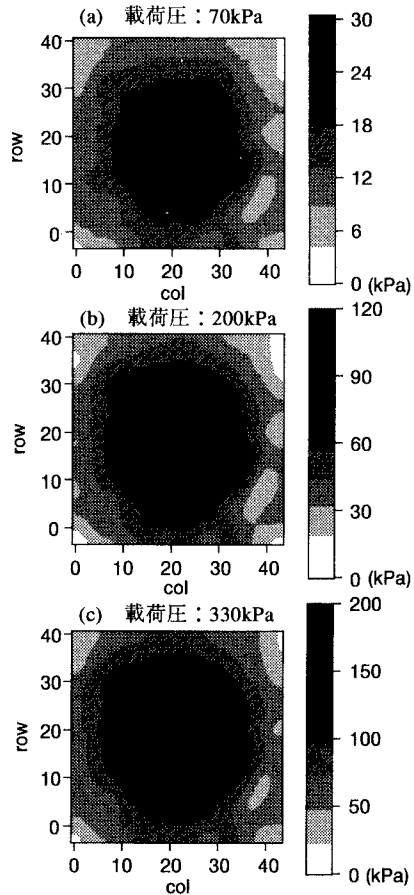


図-2 鉛直応力分布(44点×44点)測定例

二次元圧力分布、鉛直応力、載荷試験、模型地盤、砂

238mm×238mm の大きさのセンサーを土槽底面に設置して行い、底面に作用する鉛直圧力分布を調べた。

3. 測定結果と考察

3.1 鉛直応力の二次元分布 鉛直圧分布測定結果の代表例を図-2 に示した。載荷圧の増加に伴い、載荷面下 200mm の鉛直応力コンタが同心円上に拡大する様子が確認できる。

3.2 載荷圧の増加に伴う鉛直応力の変化 二次元の鉛直圧力分布から、土槽中心点を通る $y=0\text{mm}$ 線上の x 方向における鉛直圧変化を求め、図-3 に示した。載荷圧の増加に伴う鉛直圧増加が滑らかに測定されている。半無限弾性体内の応力伝播に関する二次元問題の解として、等分布荷重 (p_0) が作用した場合の鉛直圧 (σ_v) は次式で与えられる¹⁾。

$$\sigma_v = \frac{p_0}{\pi} [2(\theta_2 - \theta_1) - \sin 2\theta_1 + \sin 2\theta_2] \quad (1)$$

ここに、 θ_1 および θ_2 は、対象とする点から荷重載荷面両端に引いた直線が鉛直方向となす角度である。図-4 は、式(1)から計算される (σ_v/p_0) を実測した値と比べたものである。実測された (σ_v/p_0) の値は載荷圧の影響を受けること、そして、その影響は載荷面中心 ($x=0\text{mm}$) に近づく程大きくなることわかる。図-5 は、載荷面中心における、載荷圧の増加に伴う鉛直圧の変化について、Boussinesq 式および式(1)と実測値を比較したものである。なお、実測値としては、再現性確認のため同一条件で行った 4 ケースの載荷試験の結果が併せて示してある。両式とも、載荷圧に一次比例の鉛直圧が生じるが、実測値では載荷圧の増加と共にその傾きが漸増しており、その回帰式は次式で与えられる。

$$\sigma_v = 0.2 \cdot (p_0)^{1.2} \quad (2)$$

すなわち、載荷面中央で実測した鉛直応力は載荷圧の 1.2 乗に比例しており、計算される鉛直圧に比べ応力集中が生じ、載荷圧依存性が大きくなる。測定位置による載荷圧依存性の相異を調べるため、鉛直応力を測定した x の各位置で式(2)と同様の式形の回帰式を求め、回帰式中の載荷圧の指数の値を示したのが図-6 である。指数値は x の増加に伴い直線的に減少する傾向を持ち、 $x=100\text{mm}$ の位置では約 1.07 まで低下する。すなわち、鉛直応力の載荷圧依存性は、載荷面中心から離れる程減少し、弾性論から計算される値に近づくことがわかる。

4. まとめ 模型地盤において静的載荷試験を行い、二次元圧力センサーを用いて地盤内の鉛直応力分布を測定した。測定結果より、載荷中の鉛直応力分布は、弾性論から計算される値と比べ応力集中が生じ、載荷圧依存性が大きくなること、この傾向は載荷面中心から離れる程減少し、弾性論から計算される値に近づくことを明らかにした。

(参考文献)

1) 例えば、石原研而「土質力学」、丸善、1995。

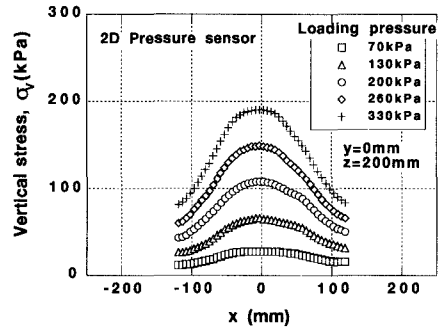


図-3 $y=0\text{mm}$, $z=200\text{mm}$ 線上の鉛直応力変化

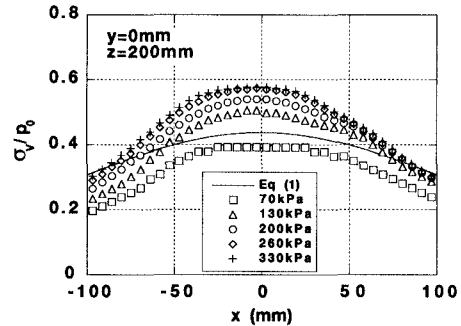


図-4 (σ_v/p_0) の計算値と実測値の比較

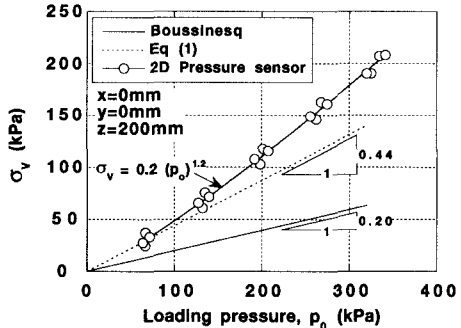


図-5 載荷圧の増加に伴う鉛直応力の変化

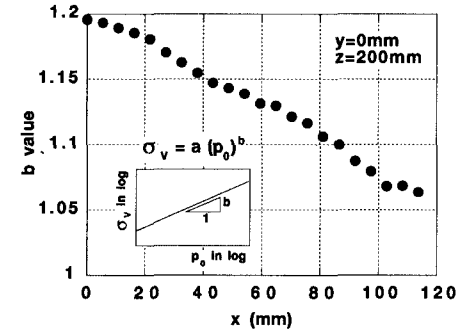


図-6 測定位置による載荷圧依存性の相異