

中央大学 正員 藤井 春昭
 東京工業大学 正員 山口 柏樹
 同上 正員 斉藤 邦夫

1. まえがき

筆者らはこれまで遠心力載荷装置を用いた相似性の高いモデル実験をもとに、砂地盤における浅い帯基礎の支持力問題について研究を重ね、地盤の進行性破壊現象や基礎の寸法効果および、基礎底面の境界条件等に関し数多くの知見を得るようになった。¹⁾²⁾³⁾然し乍ら、それらの研究はいずれも基礎地盤が全般せん断破壊を生じるような密に締った砂地盤の支持力機構に関するものであった。砂の支持力実験に関する数多くの従来の研究を省みると、それらの多くは全般せん断破壊の形態に近いもので、局所せん断およびパンチングせん断破壊に関する研究は極めて少ないようである。

今回の報告ではモデル地盤の密度を変化 ($D_r = 50 \sim 90\%$) させることによって特に、圧縮性の高い地盤における支持力機構を解明しようとするものである。局所せん断破壊を生じるようなゆるい砂地盤における浅基礎の支持力解に、密な砂地盤で仮定したような剛塑性論をそのまま適用することは当然無理がある。しかし現実的な土のモデルを考えた合理的な解析手法がないため、通常は Terzaghi の提案に従い内部まっ角を低下させた上で極限解析法により支持力を評価する方法がとられている。一方、Vesic は砂地盤における小寸法は模型実験の結果をもとに、従来の考えを一歩進めて砂の相対密度に応じて内部まっ角を低減する方法、さらには基礎の寸法効果に関連して土の圧縮性の影響を評価するため圧縮係数を用いて剛塑性論による支持力値を低減させる方法を提案している⁴⁾。本文ではこれらの点について検討を加えるものである。

2. 実験の概要

気乾状態の豊浦標準砂を片面ガラス張りの非常に剛な試料容器 (内寸法 $50 \times 30 \times 10\text{cm}$) にできるだけ一様に敷き詰めたものをモデル地盤とし、その地表面に幅 4cm の模型基礎を置いて平面ひずみ状態で載荷実験を行なった。この実験では基礎に働く荷重と沈下の関係はもとより、X線撮影によってモデル地盤内の変位性状をも調べた。なお、モデルに付加した遠心力は $1 \sim 60g$ でこれによる実物相当基礎幅 $\bar{B}$ 、およびモデル地盤の相対密度と平面ひずみせん断試験による最大内部まっ角を表-1に示す。

図-1 (a) (b)はいずれも非常にゆるい砂地盤 (Case-III) における基礎の荷重-沈下曲線を示したものであるが、これより基礎幅が $\bar{B} = 120\text{cm}$ と大きい場合 (b) にはいわゆる典型的な局所せん断破壊の形態をとるものの、基礎幅が小さい場合 (a) には全般せん断破壊の形態をとることが知れる。このことは図-1に対応させて図-2 (a)、(b) に示した地盤内の変位ベクトルからも一層明らかである。即ち、ゆるい砂地

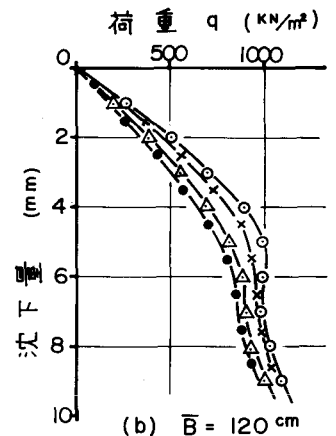
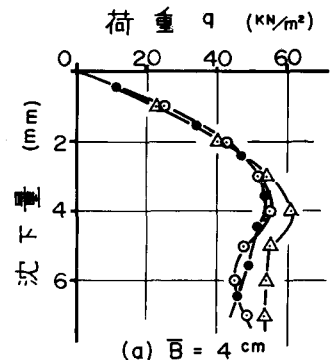


図-1 荷重-沈下曲線

表-1 実験条件

	相対密度 D_r (%)	内部まっ角 ϕ (度)	基礎幅 $\bar{B}$ (cm)
Case - I	89 ~ 97	47	4 ~ 180
Case - II	74 ~ 82	45	4 ~ 240
Case - III	48 ~ 61	42	4 ~ 120

盤であるにも拘わりず $\bar{B} = 4^{\circ}\text{cm}$ の基礎における変位ベクトル (a) は剛塑性論の板相すべり線にほぼ平行に表われているが、 $\bar{B} = 120^{\circ}\text{cm}$ の場合 (b) にはむしろパンチングせん断破壊に近い動きを示している。この様な傾向は程度の差はあるものの強度の高い地盤においても認められ、Case-II において $\bar{B} = 180^{\circ}\text{cm}$ 以下の基礎では図-1, 2 の (a) と同様な全般せん断破壊となるが、 $\bar{B} = 240^{\circ}\text{cm}$ では局所せん断に近い破壊形態を示した。

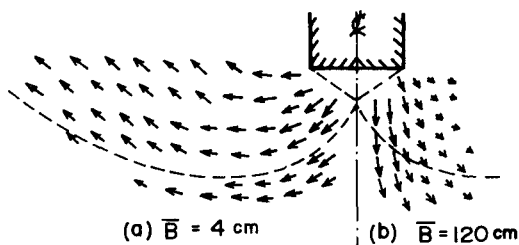


図-2 変位ベクトル図

3. 支持力係数について

図-3 は今回の実験で得られた基礎幅 $\bar{B}$ と支持力係数 N_r の関係で、図中の水平な鎖線は基礎底面に Vesic の提案している主動クサビを用いて対数線法により求めた理論値を、() 内の数値はそのときの Terzaghi の支持力係数をそれぞれ表わしている。この図よりこれまで筆者らが明らかにしてきた基礎の寸法効果と呼ばれる現象は密な砂地盤だけでなく、その程度は幾分緩和されるもののゆるい砂地盤においても認められ、いずれの場合も実験値と理論値がほぼ合致するのは $\bar{B} = 50^{\circ}\text{cm}$ (Terzaghi 解では 30°cm) 前後の基礎であることが知れる。図の下方に示す破線は Case-II の密度に対する平面ひずみ試験の結果をもとに、Vesic の提案している圧縮係数を用いて求めた計算値である。

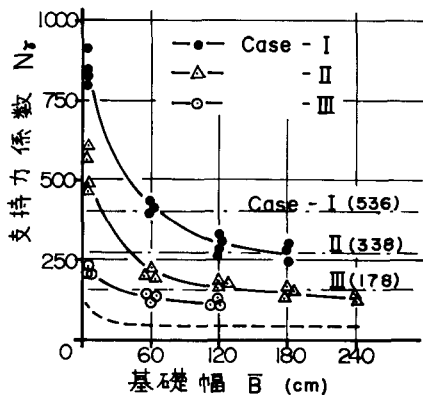


図-3 $\bar{B} \sim N_r$ の関係

これらの実験結果から見て相対密度の低い、つまりゆるい砂地盤における支持力であっても従来行なわれているような方法によって内部まじり角を低減させる必要は特にないと云えよう。また、密な砂地盤であっても基礎幅が大きくなるに従い破壊の形態が全般せん断破壊から局所せん断、パンチングせん断破壊へと移行する。すなわち、相対的に地盤の圧縮性が高まる傾向が認められる。これは基礎幅が大きくなると基礎底面直下の地盤内平均応力が著しく高まるため剛塑性論的な破壊よりも、むしろこの部分の圧縮変形の方が卓越するためで、筆者らが先に明らかにした地盤内ひずみ分布の観測結果からも首肯されるところである。なお、Vesic の提案している圧縮係数は弾塑性体内で空洞を押し拡げるときの解をもとにしたものであるが、図-3 で見られるようにこの方法では支持力値を過少評価し実験値を説明するまでには到らない。今後、基礎の寸法効果現象も含め、地盤の圧縮性を評価できるように支持力論が持たれるところであるが、実際の土のモデルにもとづいた支持力論が見出されていない現状では従来の剛塑性論による理論値を吟味しながら便宜的に用いざるを得ない。そこで、図-3 に示す理論値(鎖線)は平面ひずみ試験で求めた内部まじり角 ρ_p に対する値で、一般に行なわれる三軸圧縮試験の内部まじり角 ρ_c は ρ_p より 10% 程小さいことを考えると、本実験で見限り実用寸法の基礎における極限支持力と ρ_c に対する従来の理論値とがたまたまよく一致しているようである。

最後に、本研究を実施するにあたり文部省から総合科学研究費補助金を頂いたことを付記して感謝の意を表す次第です。

参考文献

- 1) 山口・木村・藤井・1977・Proc. 9th I.C.S.M.F.E. Vol. 1
- 2) 山口・他・1979・Proc. 6th A.R.C.
- 3) 藤井・1978・中央大学理工学部紀要・第21巻
- 4) Vesic, A. Foundation Eng. Hand book