

III-103 支持力の寸法効果に関する遠心模型実験

建設省 土木研究所 正会員 岡原美知夫 高木 章次
同 上 正会員 小幡 宏 森 浩樹
同 上 正会員 ○ 龍田 昌毅

1 まえがき

従来、直接基礎の極限支持力は道路橋示方書Ⅳ下部構造編をはじめとして一般に剛塑性理論に基づき推定されてきた。しかし、地盤の支持力に関して模型実験及び要素実験の両面から研究が進み、精度良く支持力を推定するためには、強度の異方性、進行性破壊の影響を考慮する必要があることが明らかにされてきた。特に、支持力係数の寸法効果は剛塑性論では考慮出来ず、近年増加している大型の基礎に現行の支持力推定法を適用する際に問題となり、また、推定される支持力の安全性が基礎幅によって異なることになる。したがって、支持力係数の寸法効果を定量的に把握し、現状の設計法の安全性を評価する必要がある。そこで、自重に対する効果については相似則をみだし、従来の重力場における小規模の実験では再現できなかった大規模の基礎に相当する応力場で実験を行うことが出来る遠心模型実験により、砂地盤上の帯基礎の支持力に関する寸法効果について検討を行ったのでここに報告する。

2 実験方法

実験は建設省土木研究所にある遠心力载荷装置において行った。実験には豊浦標準砂と鹿島砂を用いた。両者の物理特性は表-1に示す。地盤は砂をホッパーより落下させ作成した。密度は落下高さおよび落下量により調節し、標準砂については $\gamma=1.50\sim 1.60$ (tf/m³)、鹿島砂については $\gamma=1.60\sim 1.74$ (tf/m³)の地盤を作成した。土槽(幅10cm,長さ50cm,深さ30cm)の側壁にはグリースを塗布し、その上にメンブレンを貼付け摩擦の影響を低減させた。実験に用いた基礎の幅(B_0)は1~4cmであり、加速度は最大125Gまで変化させた。

表-1 実験に用いた砂の物理特性

	豊浦標準砂	鹿島砂
比重 G_s	2.64	2.68
有効径 D_{10} (mm)	0.11	0.31
D_{50} (mm)	0.18	0.68
均等係数 U_c	1.72	2.48
最大密度 (g/cm ³)	1.65	1.80
最小密度 (g/cm ³)	1.34	1.51

3 実験結果

図-1は標準砂の支持力係数($N\gamma=2q_{max}/\gamma B$)と換算基礎幅($B=nB_0$: n =遠心加速度/重力加速度)の関係を、図-2には鹿島砂の支持力係数と換算基礎幅の関係を示す。ゆるい砂に関しては明確なピークが見られないため、降伏荷重時の $2q/\gamma B$ の値を示してある。

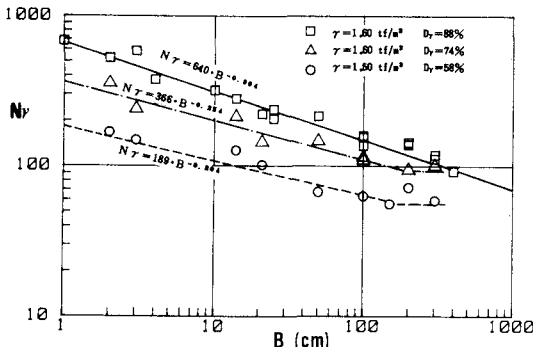


図-1 支持力係数と換算基礎幅の関係
(豊浦標準砂)

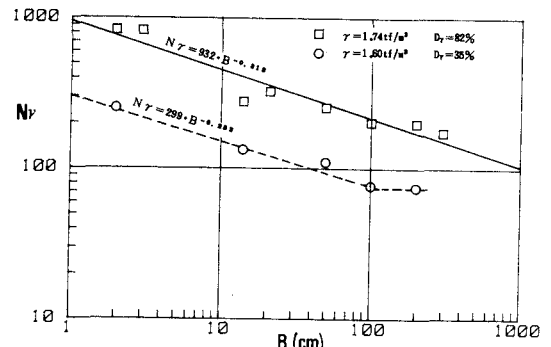


図-2 支持力係数と換算基礎幅の関係
(鹿島砂)

支持力係数は換算基礎幅が大きくなるにつれて減少しており、寸法効果を示している。鹿島砂についても標準砂とほぼ同様の寸法効果が現れている。ゆるい砂では基礎幅がある程度大きくなると支持力係数の値は一定値に収束していく傾向が見られたが、密な砂については今回行った実験の範囲ではそのような傾向はみられなかった。

支持力係数は基礎幅が小さいときは両対数上でほぼ直線に近似でき、次式のようにになる。

標準砂

$$\gamma = 1.60 \text{ (tf/m}^3\text{)} \quad N\gamma = 640 \cdot B^{-0.304}$$

$$\gamma = 1.55 \text{ (tf/m}^3\text{)} \quad N\gamma = 366 \cdot B^{-0.254}$$

$$\gamma = 1.50 \text{ (tf/m}^3\text{)} \quad N\gamma = 189 \cdot B^{-0.204}$$

鹿島砂

$$\gamma = 1.74 \text{ (tf/m}^3\text{)} \quad N\gamma = 932 \cdot B^{-0.318}$$

$$\gamma = 1.60 \text{ (tf/m}^3\text{)} \quad N\gamma = 299 \cdot B^{-0.283}$$

支持力係数は基礎幅の $-0.2 \sim -0.3$ 乗に比例して減少し、減少の度合は密な砂程大きい。また、標準砂に比べて鹿島砂の方が寸法効果が大きい。

4. 剛塑性論による解との比較

表-2 内部摩擦角と剛塑性論(Sokolovskiの解)による支持力係数

豊浦標準砂、鹿島砂の内部摩擦角を既応の文献および実験結果より、表-2のように推定した。その値をもとに剛塑性論に基づく方法(Sokolovskiの解)により求めた支持力係数を表-2に合わせて示してある。

砂	単位体積重量 (tf/m ³)	相対密度	平面ひずみ試験による ϕ_p	三軸試験による ϕ_t	ϕ_p により求めた $N\gamma$	ϕ_t により求めた $N\gamma$
標準砂	1.60	88%	48°	42°	466	128
	1.55	74%	46°	40°	295	87
	1.50	58%	43°	37°	157	50
鹿島	1.74	82%	—	—	—	—
	1.60	35%	—	39°	—	72

この支持力係数の値を図-1、2に示した実験結果と比較すると、標準砂では、 ϕ_p （平面ひずみ試験による内部摩擦角）による $N\gamma$ は実験結果では2～3cmの基礎幅に相当する値となっており、 ϕ_t （三軸試験による内部摩擦角）による $N\gamma$ は密な砂では2m程度の基礎幅の実験値に、ゆるい砂では $N\gamma$ が収束していくときの値に相当している。鹿島砂についても、ゆるい砂では ϕ_t による $N\gamma$ は実験値では $N\gamma$ が収束していく値に相当している。以上の結果より、ゆるい砂では ϕ_t による $N\gamma$ は実験結果の下限値を示している。

5. 重力場での実験結果との比較

図-3は遠心模型実験と重力場の実験の結果を比較したものである。重力場での実験は鹿島砂の場合は円板による試験であり、標準砂の場合¹⁾は基礎幅が小さいため単純には比較出来ないが、両者とも遠心模型実験に比べて大きな寸法効果を示している。また、標準砂の場合は同じ2次元の帯基礎の実験にもかかわらず、両者の値は一致せず重力場における実験値の方が小さい。

6. おわりに

砂地盤上の浅い基礎の支持力の寸法効果に関する遠心模型実験の結果について報告した。遠心模型実験と実構造物の現象を厳密に比較した例はほとんどなく、粒径の影響などにより遠心模型実験と実構造物の現象は必ずしも一致しないという意見¹⁾もある。今後は、重力場において応力レベルの高い比較的大規模な実験を行い、遠心模型実験により定量的な評価を行うことの妥当性を検討していきたいと考えている。

参考文献

1) 谷, 龍岡, 森: 砂地盤上の模型帯基礎の支持力への圧力レベルと模型サイズの影響, 土質工学研究発表会, 1987

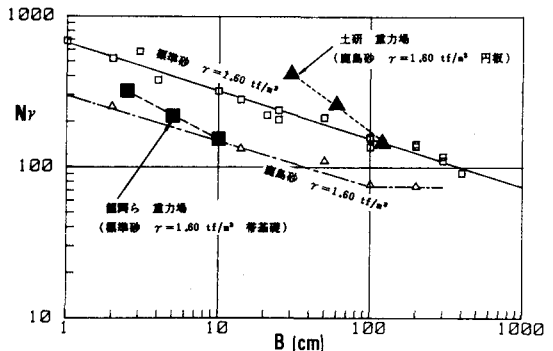


図-3 遠心模型実験と重力場の実験の比較