

MMX モデルによる寸法効果の検討

徳島大学 学 ○下津祐介, 平尾智広, 坪井祐也

徳島大学 正 S. Sreng, Y. Liu, 望月秋利

1. まえがき

Terzaghiによって、実験に基づく支持力公式が提案され、その後は支持力式を基本にすえた研究が長い間、主流を占め、多くの検討と修正が加えられ、実用式として現在も設計に用いられている。その内、支持力係数(N_γ)が基礎幅の増加とともに減少する現象は寸法効果と呼ばれ、それに関する多くの砂地盤上の支持力実験および研究が行われ、多くの論文が発表されている¹⁾。道路橋示方書(H14改訂)²⁾では、寸法効果補正を考慮した直接基礎の極限支持力式(式(1))が、すでに採用されている。

$$Q_u = A_e \left[\alpha \kappa c N_c S_c + \kappa q N_q S_q + \frac{1}{2} \gamma_1 \beta B_e N_\gamma S_\gamma \right] \quad (1)$$

式中、 S_c, S_q, S_γ は支持力係数(N_i)に対する寸法効果による補正係数である。

図1はde.Beer¹⁾が実験結果をまとめたものである。寸法効果の生じる原因として、de.Beerは基礎幅の増加に伴って地盤応力が高くなり、砂の粒子破碎と進行性破壊の影響により、内部摩擦角(ϕ)が結局低減する効果を持つため、と説明している。またHittlerら³⁾は大きいサイズの試料を用いて三軸実験を行い、応力レベルが高いと ϕ が減少することを示し、それに基づく実験式を提案した。

一方三笠は開発した遠心装置を用いて、加速度の異なる一連の遠心力支持力実験(砂地盤上の浅い基礎)を行い、寸法効果のあることを示した。

本研究は、当研究室で進めている支持力に関する一連の研究の一部で、主として徳島大学で開発された二重負荷型双曲線モデルのMMXモデル⁴⁾を用いて、寸法効果について検討した結果をまとめたものである。なお論文中では、一連の遠心力模型実験(砂地盤上の浅い基礎の支持力)を実施したが、紙面の都合で結果を引用するに留め、詳細は省略する。

2. 解析手法

MMXモデルは、全ひずみ増分を弾性と塑性部分に分け、さらに塑性ひずみ増分を塑性圧縮ひずみ増分とせん断ひずみ増分に分けて扱う二重負荷面型の構造を持つモデルで、せん断部分は双曲線で τ_{oct} - γ_{oct} を表現する。

表-1は、解析用パラメータをまとめたものである。強度定数(c, ϕ)は、①Case1: σ_m 一定・平面ひずみ試

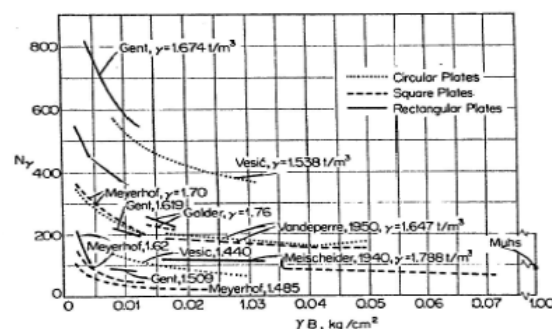
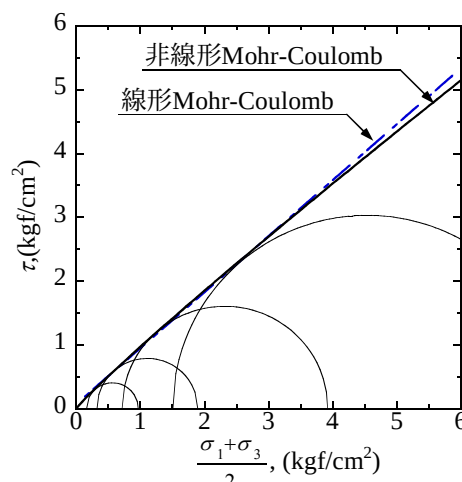


図1 基礎の寸法効果 (de.Beer)

表1 解析パラメータ

弾性	$E_0=632\text{MPa}$, $EN=0.30$, $\nu=0.35$
塑性圧縮	$a=0.0307\text{kPa}$, $b=1.46$, $\kappa_{c0}=0.00$
塑性せん断	$A_0=31.6\text{MPa}$, $SN=0.75$, $R_f=0.91$
強度	Case1 $c=0.49\text{kPa}$, $\phi=46.8^\circ$
	Case2 $L_a=1.015$, $L_b=0.0714$

図2 σ_m 一定・平面ひずみ試験結果
($\sigma_m=49\text{kPa}$, 98kPa , 196kPa , 392kPa)

キーワード 支持力, FEM 解析, MMX モデル

連絡先 〒770-8502 徳島県徳島市南常三島町1丁目1番 徳島大学基礎工学研究室 TEL088-656-7343

験から求めたものと、②Case2：式(2)で表すように、 ϕ を応力依存型とした、2種類で解析を行った。また応力状態による ϕ の変化を表現するために、 L_a, L_b は応力状態による寸法効果を表す定数である。

$$\tan \phi = L_a [1/\sigma_a]^{L_b} : \sigma_a = (\sigma_1 + \sigma_2)/2 \quad (2)$$

図3に、解析用要素と境界条件を示す。解析には、2次元8節点アイソパラメトリック要素(積分点 2×2)を用いた。解析条件は、実験と同じ条件となるように、基礎は「粗な基礎」を想定し、幅(B_0 :粗な基礎)は20mm、設定加速度を10, 20, 30, 50Gとした。

3. 解析結果

図4は、それぞれの遠心力場での実験とCase2(応力依存型 ϕ)を用いたFEM解析の結果である。極限支持力(q_u)はそれぞれの遠心力場で実

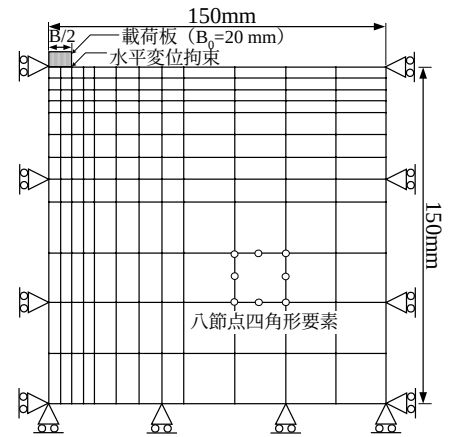


図3 メッシュ図

験結果とほぼ一致し(最大誤差は10%程度)、極限支持力について再現に成功した。しかし支持力-沈下曲線については、まだ誤差が大きく、ピーク後の軟化についても問題を残した。

図5はピーク強度を換算幅($n\gamma B_0$)に対してプロットしたものである。Case1は、強度(c, ϕ)一定、したがって支持力係数(N_γ)が一定と一般には考えられているが、圧縮の効果を考慮できるMMXモデルでは、過大な寸法効果となっている。Case2は、図2に示すように、 $\tan \phi$ を応力に応じて低減させ、 $2q/n\gamma B_0 - n\gamma B_0$ 関係を緩和させて、実験結果とほぼ一致するように補正したものである。まだ解析結果の方がやや大きいものの、わずかな強度の低減により、実験結果を表現できる。50G遠心力支持力実験を考えると、载荷板下の応力は1300 kPa程度であるので、三軸圧縮試験は、それよりも小さい範囲でしか実験を行っていないので、実際に ϕ が曲線を描くのか、直線なのか、判定できない。しかし結果から判断すると、その様な可能性も大きい、と言える結果を得た。

4. 結論

本研究では強度定数 ϕ を応力に依存させて、強度をわずかに低減してMMXモデルで解析すると、支持力強度に関しては、実験結果を説明できる結果を得た。しかし支持力-沈下曲線はある程度の類似性は認められるものの、まだ不完全ではある。また ϕ が、応力に依存してわずかに小さくなる関係が、強度試験では検証されておらず、今後の課題だと考えている。

参考文献

- De Beer, E.E., 'Bearing Capacity ...', Proceedings of a Symposium held at Duke University, 1965, pp15-34
- 社団法人 日本道路協会：道路橋示方書,(2002.3),pp.269-279.
- A.Hettler and G.Gudehus, 'Influence of the foundation width...', JSSMFE, 1988, Vol.28, No.4, 81-92
- 熊潔, 望月秋利, 馬陰峰：「二重負荷型…」, 土木学会論文集 Vol.III-59, No.708, pp.107-116 (2002).

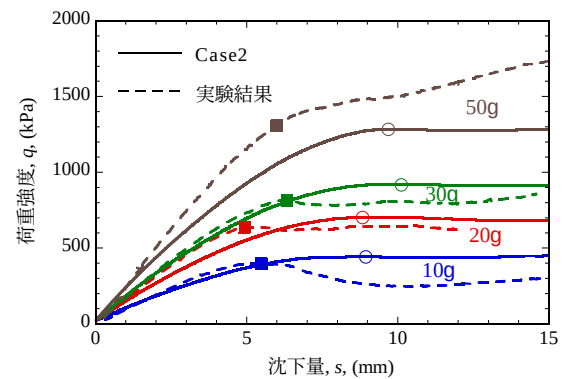


図4 荷重-沈下関係

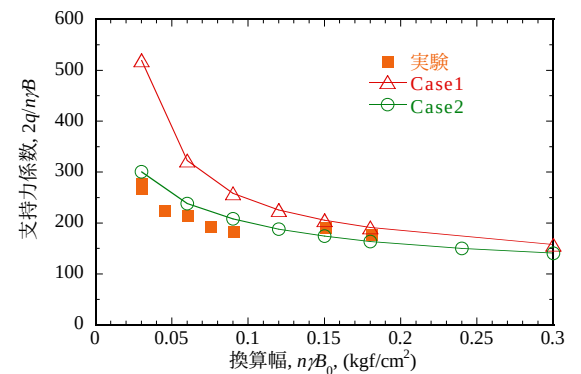


図5 換算基礎幅と支持力係数の関係