

偏心荷重下の浅い基礎の支持力向上に関する検討

中央大学 学生会員 ○中川祐太

中央大学 正会員 平川大貴 荒木裕行

1. はじめに：土工では地盤の地耐力不足はクローラークレーン等の建設機械の安定性に影響してくる¹⁾。また、浅い基礎の支持力特性は偏心の程度にも強く関係する²⁾。本研究では反力をクローラーで取る重機においてその安定性に及ぼす偏心荷重の影響を把握し、支持力特性に及ぼすジオグリッド補強の効果を室内模型実験により調べた。

2. 実験概要：空気乾燥状態の豊浦砂を用いて、剛な土槽の中に長さ100×深さ40×奥行40cmの水平な砂地盤(ρ_d =約1.635 g/cm³, D_r =約90%)を構築した。その地表面に幅 $B=10$ ×奥行 $L=39$ cmの剛な帯基礎を設置し、変位制御(0.5 mm/min, 沈下量 s /基礎幅 $B=0.5\%$)で鉛直方向に載荷した(図-1)。帯基礎は建設重機の片側のクローラーを模擬している。クローラーに作用する偏心方向は重機によって異なるが、本研究では基礎幅方向に対しての偏心を検討した。本研究で実施した実験ケースの一覧を表-1に示す。

砂地盤に対して偏心 e を与えないCase1を基本に、載荷点を基礎中心軸から2cm($=e$, $e/B=0.4$)ずらした条件をCase2とした。この結果を踏まえ、基礎直下の幅20×深さ5cmの領域を礫質土に置換したCase3、さらに礫層の中央高さにジオグリッドを1層敷設したCase4を実施した(図-1)。礫質土は道路路盤材(M-30)の粒径2~9.5mmの範囲を用い、空気乾燥状態のまま ρ_d =約1.635 g/cm³となるように突き固めた。ジオグリッド模型は縦横目合い3mmのポリプロピレン(PP)製のものを用いた。実務では一般的であるものの、本実験では境界条件の簡略化のために敷き鉄板は設置していない。また、実務では排水や不陸対策等の目的で地表面に礫材を配置することがあるが、これはジオグリッドによる補強効果にも利があると考えられるためCase3および4の実験条件として設定した。

基礎模型と載軸は楔状の治具を介して一体化されており、載荷軸位置を調整することによって所定の偏心量 e を与える(図-1)。載荷試験では、沈下量と基礎全体に作用する鉛直応力、奥行き方向1/3の領域に計5個の2方向ロードセルを配置して基礎底面の鉛直応力 σ_z とせん断応力 τ_{zx} の分布の推移を調べた。また、土槽の中央部は強化ガラスであり、ガラス面付近に鉛直・水平方向に約2cm間隔で標点を配置して載荷中の地盤の変位状況を把握した。

3. 実験結果および考察：基礎の平均鉛直応力 q ~沈下量 s/B ~基礎の回転角 θ 関係を図-2に示す。Case1とCase2を比較すると、地盤条件が同じであっても基礎に偏心荷重が作用することによって q ~ s/B 関係は大きく異なる。偏心荷重の作用によって q ~ s/B 関係の傾き、極限支持力、残留強度は半減する。この主要因は基礎底面の鉛直応力 σ_z 分布、および地盤の変位挙動から同定できる。Case1および2の鉛直応力 σ_z 分布と地盤の変位挙動を図-3に示す。地盤の変位挙動(図-3)は地盤中に設置した標点の軌跡と、観察された破壊線の位置を示している。図-3から得られる知見をまとめる；

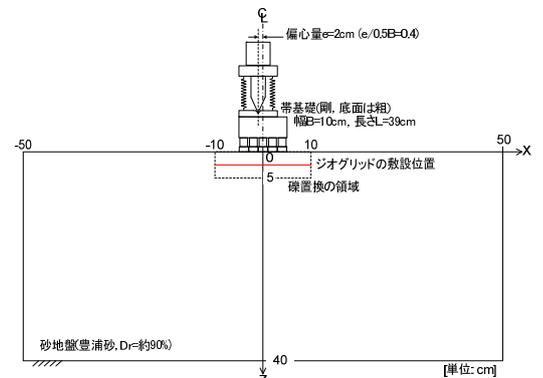


図-1 帯基礎の支持力実験の概要

表-1 実験ケース

実験ケース	偏心量 e [cm] ($e/0.5B$)	地盤条件
Case1	0 (0)	無対策
Case2	2 (0.4)	無対策
Case3	2 (0.4)	礫置換
Case4	2 (0.4)	礫置換+ジオグリッド敷設

キーワード：浅い基礎，支持力，偏心荷重，地盤補強

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部都市環境学科 Tel 03-3817-1799

a) 偏心 e の作用によって作用荷重を支持できる基礎の領域は変化する. $e/B=0.4$ の条件下では, 作用荷重を支持できる基礎幅は 70% 程度に減少する.

b) 偏心载荷によって地盤の破壊形態は異なる. 载荷点側の地盤の局所的な破壊の進行に応じて基礎は回転する. この結果, Case1(図-3a)での楔形の破壊面³⁾に対して, Case2(図-3b)では载荷点側で円弧型の破壊面が観察された.

偏心 e に伴う極限支持力と残留強度の低下は, 破壊形態の違いに伴う破壊領域の変化が強く反映された結果である.

上記の結果から, 偏心荷重作用下での基礎の支持力を向上させるには地盤の局所破壊を抑制することが効果的であると考えられる. これに対するジオグリッド補強の効果を調べた結果を図-2 中にあわせて示す. また, 紙面の制約から Case4(礫置換+ジオグリッド補強)のみの σ_z 分布と地盤の変位挙動を図-4 に示す. Case2(砂地盤, 図-3b)で破壊面が観察された沈下レベルにおいても, Case3(礫置換), Case4(礫置換+ジオグリッド敷設)いずれでも地盤の破壊は観察されなかった. 礫置換に加えてジオグリッドを敷設すると, 基礎で受け持てる作用荷重値も効果的に増加した.

4. まとめ: 建設重機の転倒防止対策を検討するため, 偏心荷重の作用に対する地盤の支持力特性を調べた. この結果, 荷重の作用位置が基礎の中心軸からずれることによって地盤の破壊形態が異なり, 極限支持力値や残留強度は半減した. この対策として, 表層を礫置換するとともにジオグリッド補強を行うことで脆性的な地盤の破壊を抑制し, 基礎が支持できる作用荷重値を増加できることを確認した.

参考文献: 1) 例えば, 玉手聡ら: 大型建設機械の不安定性と転倒防止のための安全要件, 産業安全衛生総合研究所安全資料, JNIOSSH-SD-No.28, 2010. 2) 例えば, Meyerhof, G.G.: The bearing capacity of foundations under eccentric and inclined loads, *Proc. of 3rd Int. Conf. on ICSMFE*, Vol.1, pp.440-445, 1953. 3) 地盤工学会(現地盤工学会)編: わかりやすい土質力学原論, pp.1-20, 1987.

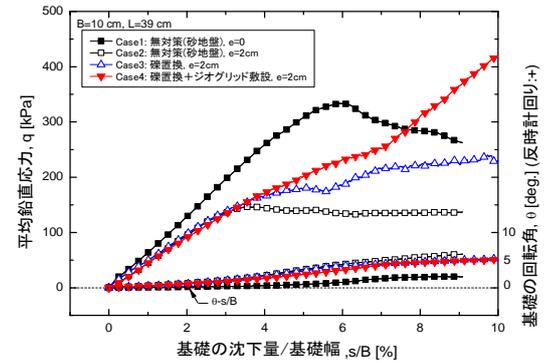


図-2 基礎の平均鉛直応力 $q \sim$ 沈下量 $s/B \sim$ 基礎の回転角 θ 関係

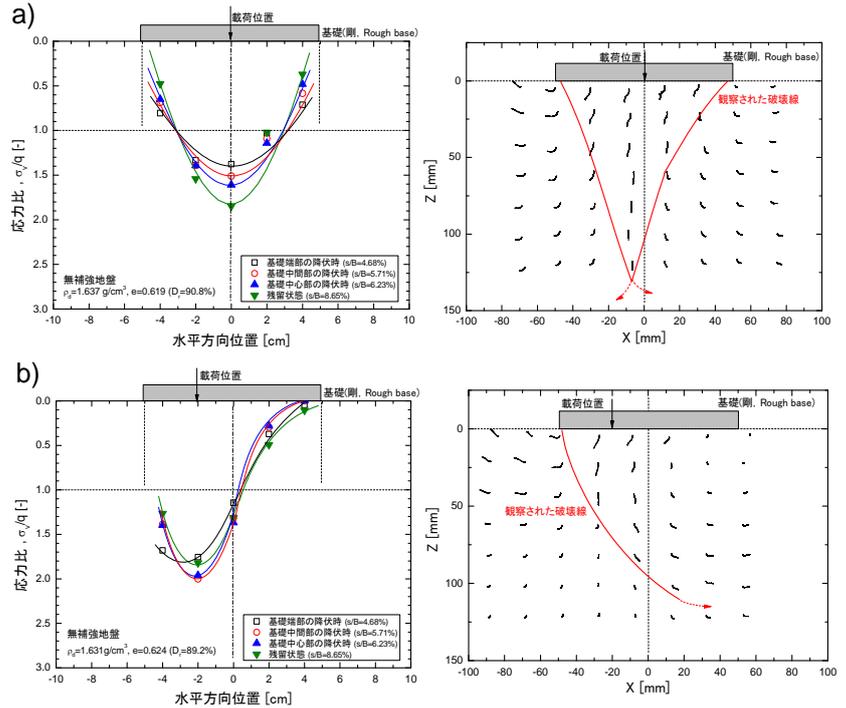


図-3 基礎底面の鉛直応力 σ_z 分布および地盤の変位挙動; a) Case1 (偏心ゼロ), b) Case2 (偏心量 $e=2$ cm)

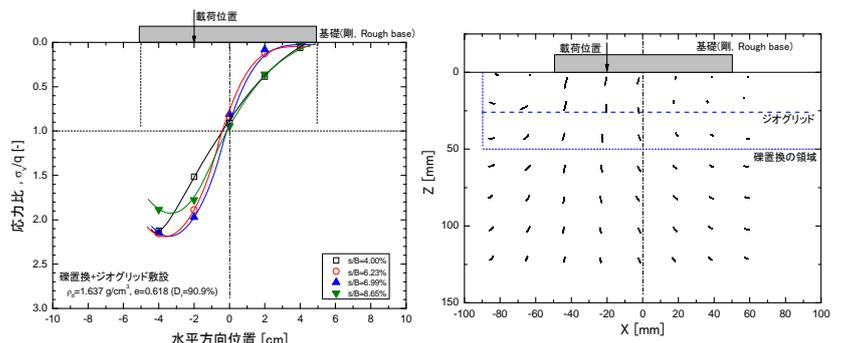


図-4 基礎底面の鉛直応力 σ_z 分布および地盤の変位挙動: Case4 (礫置換+ジオグリッド補強, 偏心量 $e=2$ cm)