

アルミ棒積層地盤中の柱状体基礎に対する起振器による動的水平載荷実験 ～基礎端部の浮き上がり挙動と残留沈下量の関係について～

中央大学大学院

学生会員 ○吉田 広基

学生会員

磯部 祐輝

中央大学

正会員

西岡 英俊

1. はじめに

柱状体基礎のうち、極限支持力に対する鉛直死荷重の安全率(以下、死荷重安全率)が比較的小さいものは、地震時に底面地盤の塑性化が生じることで沈下・傾斜の被害が生じる懸念があるが、それに着目した実験的検討は少ないのが現状である。そこで本研究ではアルミ棒積層地盤中の柱状体基礎模型(基礎幅 $B=100\text{mm}$ 、根入れ深さ 100mm)に対して小型起振器により地震時慣性力を模擬した動的水平載荷実験を、死荷重安全率をパラメータとして実施した。

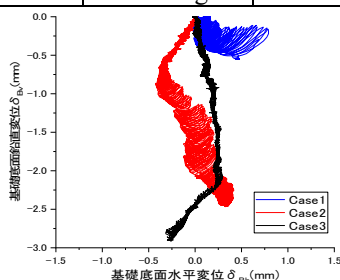
なお、実験ケースは、表-1の通りであり、最も重いCase3が一般的に常時の設計で最低限必要とされる死荷重安全率=3の条件となっている。また、いずれも起振器の加振加速度を段階的に増加させていく段階加振方式で載荷を行っている。一部のケースでは最終的に転倒にまで至っているが、本報では変位計の計測を超過しない範囲の加振段階までを図化・報告の対象としている。また、詳しい実験概要や死荷重安全率の出し方などは参考文献を参照されたい。

2. 基礎底面の変位軌跡

図-1に各ケースの基礎底面中心の水平変位 δ_{Bh} と鉛直変位 δ_{Bv} の関係、すなわち変位軌跡を示す。なお、鉛直変位 δ_{Bv} の符号は沈下方向が負である。模型質量が小

表-1 実験ケース

ケース名	模型質量	死荷重安全率
Case1	9.3 kg	8.5
Case2	16.3 kg	4.9
Case3	26.1 kg	3.0

図-1 δ_{Bv} — δ_{Bh} 関係

さく死荷重安全率が高い Case1 ではほとんど沈下傾向がみられなかった。一方、Case2,3 では死荷重安全率が下がるほど、沈下傾向が主体的になることがわかる。

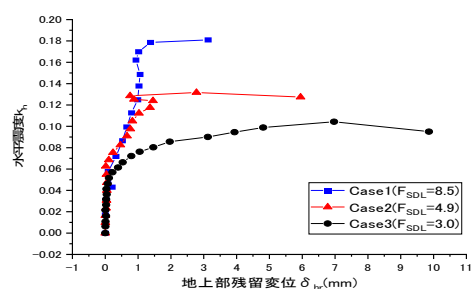
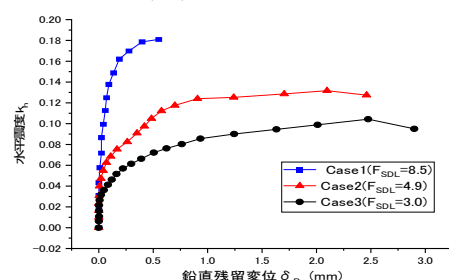
3. 荷重変位関係(水平震度と各残留変位の関係)

図-2に各ケースの水平方向の荷重変位関係として、各加振段階ごとの、水平震度 k_h の片振幅と地上部(地表から高さ 60mm)の水平残留変位 δ_{hr} を示す。なお、水平震度 k_h は、以下の式(1)より算定した。

$$k_h = \frac{S+M/h}{V} \quad (1)$$

ここで、 S : 起振器からの入力せん断力、 M : 起振器からの入力モーメント、 h : 模型高さ(基礎底面から起振器基部ロードセル中心までの高さ、 $h=180\text{mm}$)、 V : 模型自重(追加した錘と起振器を含む)である。各ケースとも、ある水平震度を上回ると一方向に水平変位が累積しており、基礎周辺地盤の抵抗が降伏していき、死荷重安全率が高いほど、その降伏震度が大きくなることがわかる。また、地上部水平変位は、鉛直荷重安全率が下がるほど変位量が増加していくことが確認できた。

次に同様に求めた水平震度 k_h と加振後の基礎底面の鉛直残留変位 δ_{Bvr} の関係を各ケースで比較したものを

図-2 k_h — δ_{hr} 関係(骨格曲線)図-3 k_h — δ_{Bvr} 関係(骨格曲線)

キーワード 起震器、柱状体基礎、死荷重安全率

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27-2304 中央大学都市環境学科基礎地下構造研究室 TEL03-3817-1804

図-3に示す。図-2, 図-3の二つのグラフを比較すると、鉛直荷重安全率荷重安全率が小さいケース(Case3)では、鉛直残留変位のほうが小さな水平震度の段階でも変位が生じ始めているのがわかる。これより死荷重安全率は特に鉛直方向の残留変位に対して、より重要になると推察できる。

4. 基礎底面端部の浮き上がりや残留沈下量の関係

柱状体基礎底面の回転挙動において、端部の浮き上がりが生じるか否かは、偏心比 e_b/B が $e_b/B=1/6$ に達するか否かで判断することができる。そこで、偏心比 e_b/B と鉛直残留変位 δ_{Bvr} の関係を図-4に示し、あわせて端部の浮き上がりが生じる $e_b/B=1/6$ を図中に点線で示す。なお偏心比 e_b/B は、基礎底面で測定された反力モーメント M_b と鉛直反力 V_b より、式(2)より算出した

$$\frac{e_b}{B} = \frac{M_b}{B \times V_b} \quad (2)$$

これより、死荷重安全率が小さい Case2,3 では $e_b/B=1/6$ よりも小さい段階から残留沈下の増加傾向を示している。すなわち、基礎底面端部での浮き上がりや塑性化が生じるよりも前から基礎底面中心直下の地盤の塑性化が生じたと考えられる。

また、基礎端部の浮き上がりが発生する $e_b/B=1/6$ に達した加振段階終了時の地盤の挙動を視覚的に確認するため、画像解析(デジタル画像相関法)によるひずみ測定を実施した。図-5に鉛直方向の垂直ひずみ(伸びひずみ) ϵ_y の分布を示す。これより死荷重安全率が低下するほど基礎直下地盤の鉛直方向の圧縮傾向が強くなる(ϵ_y が負となる)ことが確認でき、基礎直下地盤の塑性化によって残留変位が生じたことが確認できる。

5. 沈下開始時偏心比と死荷重安全率の関係

残留沈下量が 0.1mm を超えた時を沈下開始時として、この時の偏心比 e_b/B と死荷重安全率の関係を図-6に示す。これより、基礎端部の浮き上がりよりも前に直下直下地盤が降伏して残留沈下を生じさせないためには死

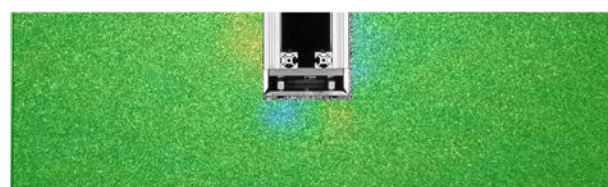
荷重安全率を 6 程度確保する必要があることがわかった。

6. おわりに

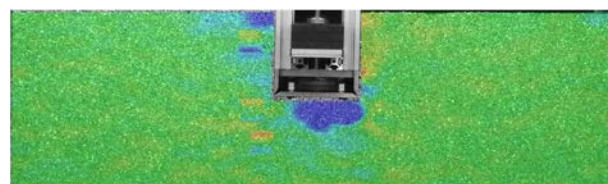
常時で必要とされる死荷重安全率を確保していたとしても、地震時には基礎直下地盤が降伏して顕著な残留沈下量が発生する懸念があることがわかった。基礎の復旧性まで考えて基礎端部の浮き上がり発生前に残留沈下量を生じさせないようにするためには、死荷重安全率を 6 程度確保する必要があることが推察された。

参考文献

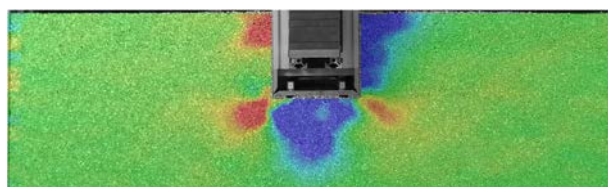
- 1) 吉田広基, 磯部祐輝, 西岡英俊: アルミ棒積層地盤中の柱状体基礎に対する起振器による動的水平載荷実験—死荷重安全率が回転挙動に及ぼす影響について—, 第57回地盤工学研究発表会, 2022(投稿中).



(a) Case 1 (死荷重安全率=8.5)



(b) Case 2 (死荷重安全率=4.9)



(c) Case 3 (死荷重安全率=3.0)

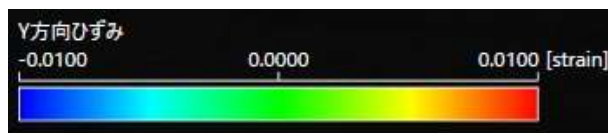


図-5 画像解析による鉛直方向ひずみ ϵ_y 分布

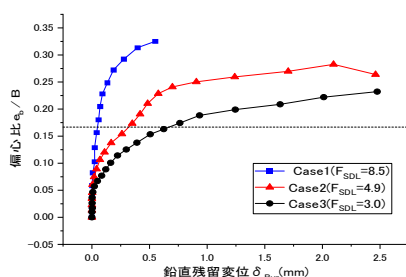


図-4 e_b/B - δ_{Bvr} 関係 (骨格曲線)

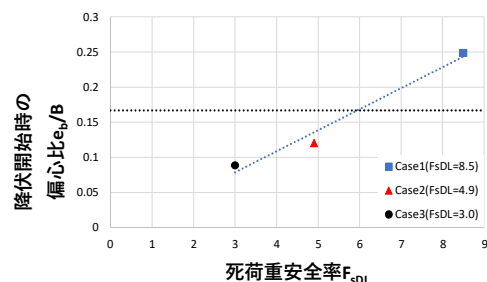


図-6 降伏時偏心比と鉛直荷重安全率の関係