

砂斜面上帯基礎の動的支持力の実験的研究

動的支持力 模型実験 帯基礎

広成建設株式会社 正会員 ○菅田 伯忠
愛媛大学大学院 国際会員 岡村 未対
愛媛大学 非会員 二神 治, 芳ノ内 信也

1. はじめに 地盤の動的支持力についてはこれまでに多くの研究がなされており、種々の地盤や荷重条件に対して支持力図表としてまとめられている。しかしながらそれらの研究は、何れも地震の作用を滑り土塊に静的に作用する慣性力に置き換え、塑性論を元にした極限解析等による解析的な研究であり、それらの妥当性を実験的に検証した例は、筆者らの知り得た範囲ではこれまでに行われてない。そこで、本研究では斜面上基礎の振動台実験を行い、動的支持力特性を調べた。加振中に荷重が変化することによって問題が格段に複雑になるのを避けるため、加振中に基礎に作用する荷重を一定の鉛直荷重のみとし、地盤に作用する慣性力のみが変化するように工夫した装置を用い、鉛直荷重の異なる5ケースの実験を行った。

2. 実験概要 実験で用いた試料は乾燥した豊浦砂で、幅 930mm×高さ 430mm×奥行 200mm の土槽内に空中落下法により相対密度 $Dr=85\pm2\%$ の密な地盤を作成し、余分な砂をバキューム方式で吸いとして高さ約 20cm、傾斜角 30° の斜面を作成した。斜面肩に幅 $B=40\text{mm}$ の帯基礎を設置し、図1のように基礎を貫通し地盤底面を通してバネに接続されたワイヤーにより基礎に鉛直荷重を載荷した。ワイヤーと土との摩擦を軽減する為、土槽底面から 10cm の所までシーフレックスチューブを被せた。基礎の変位は3個のレーザー変位計で、鉛直荷重はワイヤー端部に設置した小型ロードセルで測定した。

本実験での荷重の傾斜（水平荷重）及び偏心（モーメント荷重）は基礎が変位及び回転しない限り生じない。本論文での変位(v , h , $B\theta$)と加速度方向は基礎底面中心におけるもので、その定義を図2に示す。実験では、まず所定の鉛直荷重を作用させ、一定に保ったまま加振を行った。

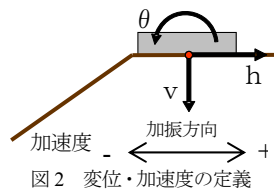


図2 変位・加速度の定義

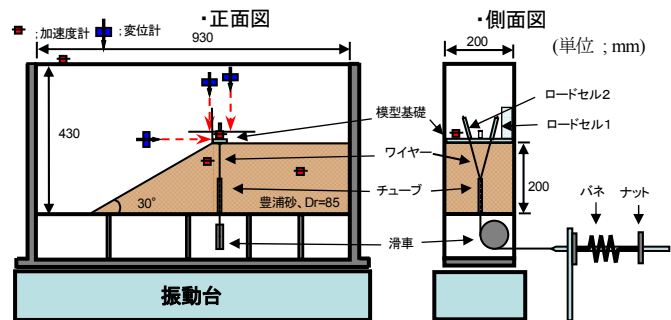


図1 実験装置の概要

表1 実験条件

	荷重強度 kN/m^2	入力加速度 gal
静的実験		0
Case1	12.5	350,550
Case2	30.3	350,550
Case3	43.6	300
Case4	49.2	300
Case5	47.3	30,60,130,200,350

加振は最初の2～3波以降は一定の加速度振動で行い、その間の基礎の変位、鉛直荷重と加速度を測定した。実験条件を表1に示す。ケース1、ケース2とケース5で加速度振動を段階的に増加させ、複数回の加振を行い、それ以外のケースでは1回ずつ加振を行った。

3. 安定解析 本研究では、対数らせん法を用い、無限斜面の安定計算と動的支持力の計算を行った。用いた ϕ' は、平面ひずみ試験や支持力実験結果¹⁾を参考に $\phi=46^\circ$ とした。

4. 実験結果と考察 図3に静的な支持力実験から得られた荷重強度－鉛直変位曲線を示す。2回行った実験から、極限鉛直支持力 $q_{\max}$ が約 57kN/m^2 とほぼ同じ結果が得られ、再現性が確認できた。図4にケース2の加振時の入力加速度、荷重強度と変位量を示す。ケース2は500波以上の加振でも大変形しなかった。図5は変位が発生した時刻を拡大したものである。

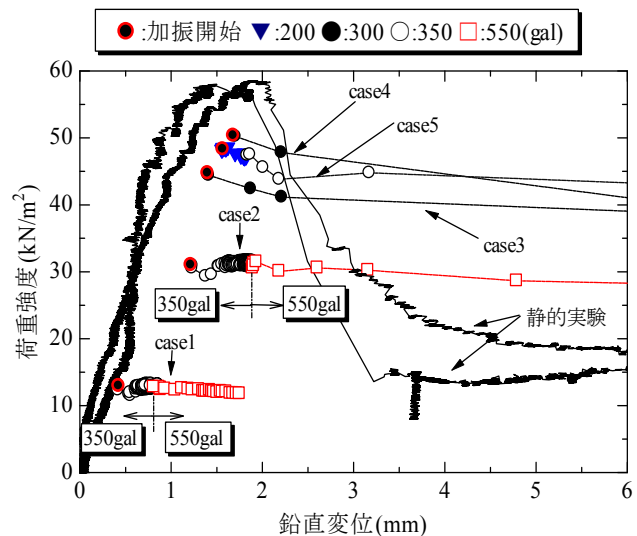


図3 一波毎の荷重強度と鉛直変位

Shaking Table Tests on the Seismic Bearing Capacity of Strip Foundations on Sand Slope

Tomonari Sugata (Kosei Corporation), Mitsu Okamura (Ehime University), Osamu Futagami (Ehime University), Yoshinouti Shinya (Ehime University)

加振が始まると荷重強度が僅かに変動しているがその幅は $\pm 1.4 \text{ kN/m}^2$ 程度と小さく、ほぼ一定荷重とみなすことが出来る。基礎に残留変位が生じ始めた時刻は、入力加速度に B と標した波の途中である。したがって、このケースでの残留変位が生じ始める加速度は 176gal (A の波のピーク) と 245gal (B の波のピーク) の間であることがわかる。このようにして求めた、基礎に残留変位が生じ始める加振加速度を荷重強度に対してプロットしたのが図 6 である。これより、何れのケースでもおよそ 150gal~250gal 程度の加速度で基礎が動き始めており、荷重強度による違いは見られない。対数らせん法で求めた、無限斜面が安全率 1.0 となるときの加速度は約 310gal であり、実験の基礎はそれよりも小さな加速度で動き始めた。図 3 には各ケースの加振中 1 波毎の荷重強度と鉛直変位をプロットしてある。ただし、残留変位が発生しなかった加振はプロットしていない。荷重強度の小さなケース 1 では加振開始直後の 2~3 波で残留鉛直変位量は 0.2mm 程度生じ、その後の鉛直変位量の増分は、ほとんど無く 550gal 程度の加速度でも大変形は生じず、斜面崩壊が底面から生じ始め基礎まで達したので加振を終えた。一方、荷重強度の大きなケース 3~5 ではケース 1 よりも小さな加振加速度によって大きな変位を生じている。これらのケースでは鉛直変位量が増加し静的実験の荷重強度-鉛直変位曲線に達したところで鉛直変位量の 1 波毎の増分が急増し明確な滑り線が観察される破壊に至った。図 7 は加振開始時 (鉛直荷重の載荷終了時) の鉛直変位量からその荷重強度での静的荷重強度-鉛直変位曲線までの鉛直変位量を鉛直変位余裕量 vr とし、加振中の鉛直変位量増分 Δv を vr で正規化した $Sr = \Delta v / vr$ と 1 波ごとのピーク加速度の関係を示したものである。ただし、残留変位が発生しなかった加振はプロットしていない。荷重強度の大きなケース 4 では 224gal で $Sr=1$ を超えて支持力破壊しているのに対し、荷重強度が小さいケース 1 では 550gal 越えても支持力破壊せずに斜面崩壊が起きた。 $Sr=1$ に達するときの加速度を図 6 に $\times$ 印で示してある。図には対数らせん法で求めた動的支持力と加速度の関係が破線で示してある。対数らせん法による動的支持力は、加速度の増加と共にほぼ直線的に減少している。実験結果にも同様の傾向が見られるが、実験での動的支持力は解析結果よりもかなり大きいことがわかる。

5. まとめ 本研究では、斜面上の基礎の動的支持力を実験的に検討するため、鉛直荷重を一定に保ったまま水平方向加振実験を行い、次の結論を得た。基礎に残留変位が生じる加速度は荷重レベルにはほとんどよらず一定であり、この加速度は無限斜面の安定計算から求まるものよりも小さい。支持力破壊は、加振中の鉛直変位量が静的な荷重強度-鉛直変位曲線に達した時点で発生する。従って、静的な荷重強度-鉛直変位曲線の残留強度よりも小さな鉛直荷重レベル(実用的にはこのケースが多い)であれば、地盤に作用する慣性力で破壊する事はないと言える。また、実験から得られた動的支持力は震度法を用いた支持力計算結果から求まるものよりも大きい。

【参考文献】；1)岡村ら：砂地盤における円形及び帯基礎の支持力に関する研究，土木学会論文集，No.463，pp85～95，1993 年，

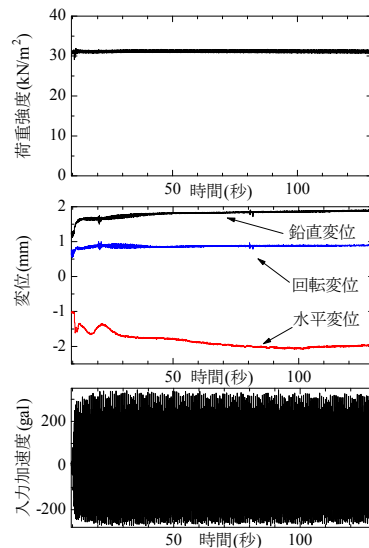


図 4 case2 加振(全体)

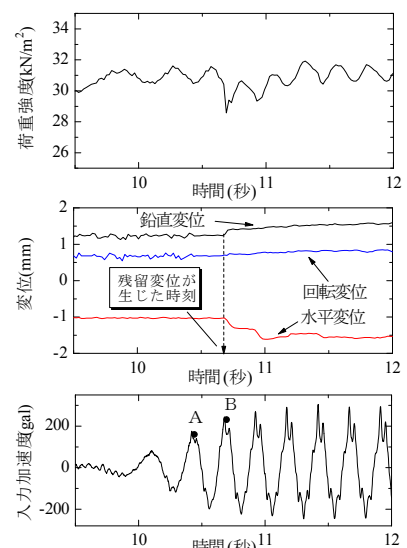


図 5 case2 加振(開始直後のみ)

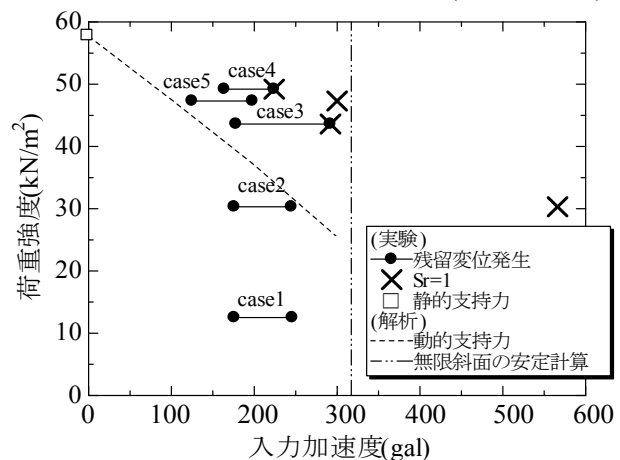


図 6 入力加速度と荷重強度の関係

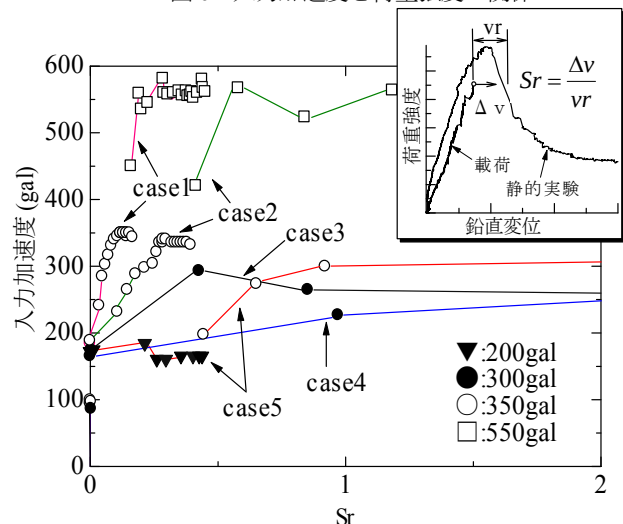


図 7 鉛直変位余裕