

組合せ荷重を受ける斜面上帯基礎の荷重-変位モデル

愛媛大学大学院 学生会員 ○沖 俊貴

愛媛大学大学院 国際会員 岡村 未対

1. はじめに 基礎の耐震設計法が性能設計に移行するに従い、塑性域における簡便で精度のよい荷重-変位関係の予測法が必要とされており、塑性状態の挙動の研究が進んでいる。基礎-地盤系を1つの要素と見なすマクロエレメント法もその1つであり、そこでは任意の荷重を受ける基礎の荷重-変位関係を系の降伏曲面、硬化則、塑性ポテンシャル面から求めることができる。しかし、斜面上の基礎についての研究は少なく降伏曲面の形状も明らかになっていない。そこで、本研究では組合せ荷重を受ける斜面上帯基礎の降伏曲面の形状を調べることを目的として模型実験を行った。

2. 実験概要 実験で用いた試料は乾燥した豊浦砂で、空中落下法により相対密度 $Dr=85(\%)$ の地盤を作成し、高さ約14cm、斜面角 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、鉛直、水平、回転変位量を独立して制御できる載荷装置(図1)を用いて実験を行った。荷重は載荷ジャッキの先に取り付けた2つの2方向ロードセルを用いて測定し、変位はレーザー変位計により鉛直・水平・回転の3成分の変位が測定できるよう3箇所計測した。本論文における荷重(鉛直荷重 V 、水平荷重 H 、モーメント荷重 M/B)と変位(鉛直変位 v 、水平変位 h 、回転変位 $B\theta$)は基礎の底面の中央を基準とし、図2のように定義した。また、単位の整合を図るため、モーメント荷重は基礎幅 B で除している。

3. Swipe Test 本研究では、基礎に所定の鉛直荷重を与えた後、鉛直変位を一定に保ちつつ水平変位(Side Swipe Test)または回転変位(Moment Swipe Test)だけを与えるいわゆる Swipe Test¹⁾を行った。この実験は得られる荷重経路が降伏曲面と概ね一致するため、少い回数の実験で降伏曲面の形状を把握することができる。図3に Side Swipe Test の結果の一例を示す。はじめに鉛直変位を与え(図の0→A点)、次に鉛直変位を一定にしたまま水平載荷を行うと水平荷重が増加し鉛直荷重が減少した(A点→B点)。この例に示したように、鉛直変位を与えた後、正の方向(斜面に向かう方向)に水平変位を増加させたものを正の Swipe、負の方向に水平変位を増加させた場合を負の Swipe と称することとし、これは Moment Swipe Test についても同様である。実験は swipe 開始時(A点)の鉛直荷重を変えて正負の swipe 試験を合計9ケース行った。

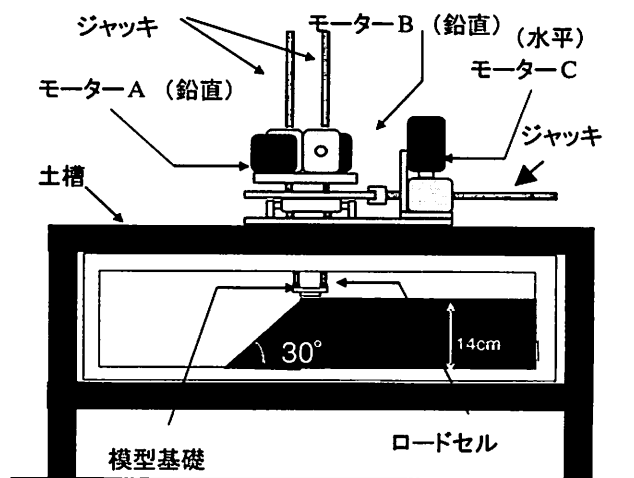


図1 実験装置

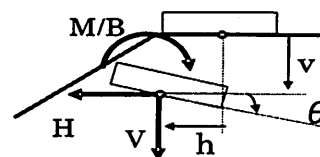


図2 荷重・変位の定義

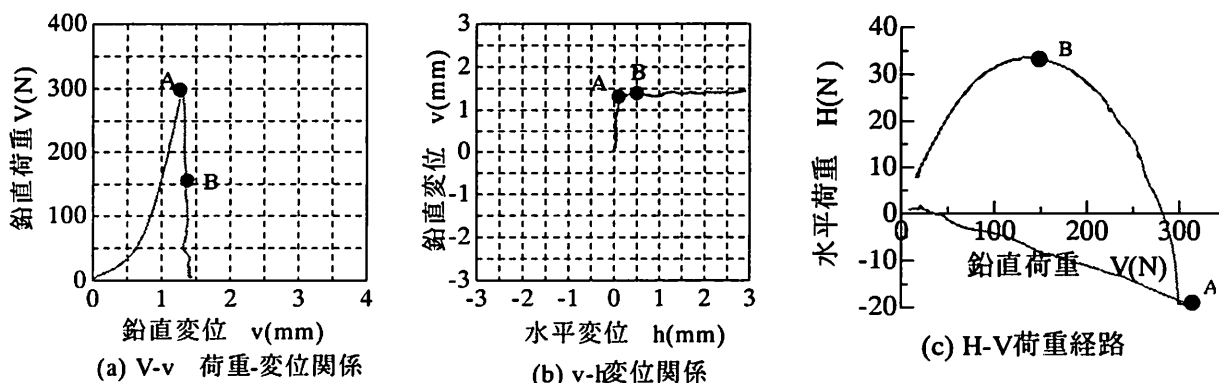


図3 Side Swipe Test の結果

4. 実験結果・考察 図4は、side swipe test と Moment swipe test から得られた荷重経路を、それぞれ H-V 面上および M/B-V 面上に示したものである。Swipe 開始時の鉛直荷重を変化させて行った3ケースの正の Side swipe test から得られた荷重経路の形状はほぼ相似であり、これは負の side swipe test についても言える。また、同じ鉛直荷重から開始した side swipe test の水平荷重の絶対値の最大は、負の Swipe のケースが正の swipe よりも大きくなっている。これは、正の side swipe test では斜面方向に変位を与えるために斜面の影響を受けて小さくなっているのであり、逆に負の Swipe test では斜面の影響がないため水平荷重の絶対値が大きくなっているものと考えられる。Moment Swipe でも swipe 開始時の鉛直荷重によらず正の Swipe test の荷重経路の形状と、負の Swipe の荷重経路の形状はそれぞれほぼ相似である。ここでもまた、負の moment swipe では斜面の影響を受けモーメント荷重の絶対値の最大が小さく、正の moment swipe では大きくなっている。

図5は、本研究と同じ地盤条件で行われた帯基礎の支持力実験¹⁾の結果を示したもので、ピーク時の荷重を H-M/B 面上にプロットしたものである。この実験は、基礎の変位増分を一定に保ち単調に載荷した実験であり、この実験でのピーク時の荷重は V-H-M/B 荷重空間の支持力曲面上にあるものと考えられる。支持力曲面は降伏曲面が最も拡大したものであるから、swipe 試験から得られた荷重経路と比較することによりそれらの形状の差異を見ることができる。図4(a)には M/B が H に比べて小さく、荷重経路がほぼ H-V 面上の結果を、また図4(b)には H が M/B に比べて小さい結果を図5のプロット点の中から取り出して示してある。支持力曲面を特定するにはプロットの点が少ないが、図中の破線のように概略の形状を想定した。今回の swipe test から得られた荷重経路は破線の形状と大きく異なるものではないことがわかる。現時点では、荷重経路が降伏曲面にどの程度近今回の swipe test によって降伏曲面の概形が把握できたものと考えられる。

5. まとめ

本研究では、基礎-地盤系をマクロな要素ととらえ、組合荷重を受ける斜面上帯基礎の降伏曲面を swipe test によって調べた。その結

果、降伏曲面の概形を把握することができ、その形状は水平地盤状の基礎のそれとは異なることがわかった。

参考文献：1)Gottaardi,G,Houlsby,G.T.&Butterfield,R: Plastic response of circular footings on sand under general planar loading, Geotechnique 49, No.4, 453-469, 1999, 2) 菅野ら: 組合せ荷重を受ける斜面上帯基礎の支持力実験, 第40回地盤工学研究発表会, pp.1489-1490, 2004, 3)古川ら: 組合せ荷重を受ける帯基礎のマクロエレメントモデル, 第40回地盤工学研究発表会(投稿中)

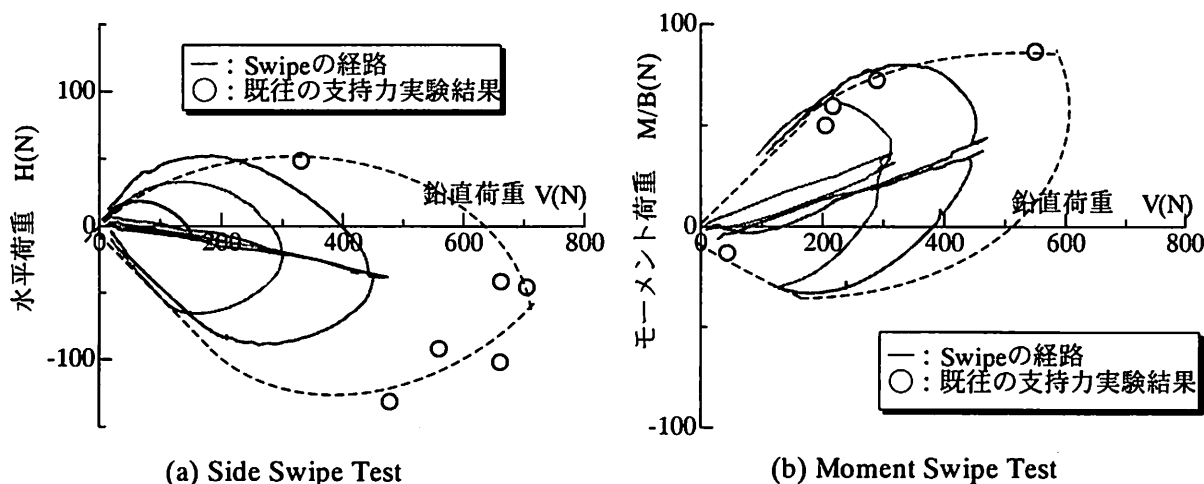


図4 Swipe Test の荷重経路

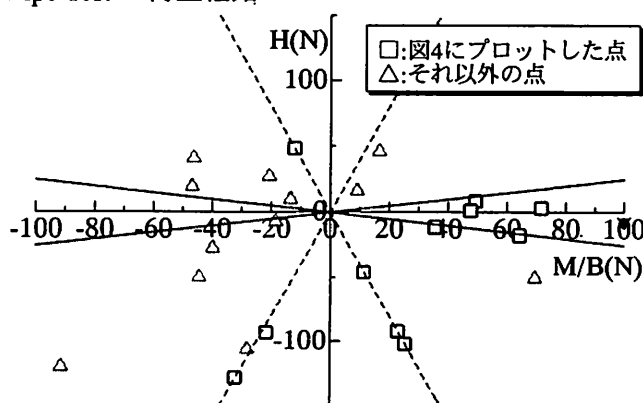


図5 既往の支持力実験での破壊荷重
(文献2に加筆・修正)