

宇都宮大学工学部	正員	○ 萩原 敏行
"	"	日下部 治
"	"	横山 幸満
"	"	黒岩 久一

1. はじめに

近年、遠心模型実験装置（以下遠心装置と呼ぶ）は土構造物の模型実験用¹⁾として極めて有力な手段であることが認識されてきており、国内での設置台数も急激に増加している。これに伴い遠心装置を有効利用し、データを解釈する人材が求められているが、大学教育の場に若い技術者のための教育手段に遠心装置を用いた例としては、大阪市立大学での直径5.12 mのビーム型遠心装置による斜面破壊と掘削時のヒービングの実験²⁾がある。

宇都宮大学では、3年生の週1回の学生実験（3時間）の項目として、今年度ドラム型遠心装置を用いて、境界値問題として斜面安定を取り上げて粘性土斜面の破壊実験を取り入れた。この実験の目的は、簡便で繰返し実験できる遠心実験への興味と理解を深めて人材育成の一助とし、また教科書に記された内容と実験事実とを比較する体験学習の導入である。本報告では、学生に遠心装置の概要、斜面の破壊メカニズムの観察を実習させて、同実験の教育用教材としての適用性について検討した例を報告する。

2. 実験概要

実験は、宇都宮大学土質研究室で1989年に試作した小型ドラム式遠心装置を使用した³⁾。同装置は、既に1986年に試作したドラム型遠心装置^{4), 5)}（回転半径40cm）をベースとしたもので、回転半径10cmの円筒容器が最大加速度700Gで回転する小型で簡便なものであり、昨年度粘性土の自重圧密実験を行っている³⁾。

実験に用いた試料は、神戸のポートアイランド沖より採取した海成粘土であり、その物理、圧縮特性は表-1に示す通りである。模型地盤の準備は、遠心模型実験に熟知した4年生が行った。まず、初期含水比を150.0%に調整した粘土スラリーを300 Gの遠心力加速度（G）で自重圧密を行う。圧密時間が3秒を超えたら圧密を止めて表面部分のスラリーを取り除く。圧密に要する時間は約12時間で、このときの層厚は約4.0 cmである。再びGを上げて、過圧密地盤とするためにドラム回転中に中央部よりサーチャージとして約5.0 mmの厚さの豊浦標準砂を投入し、そのまま圧密し一次圧密が終了したら遠心力を止め、表面の砂をとり除きこれを模型地盤とした。

図-1には、実験システムを示している。学生（1班8人）は、最初に斜面傾角 $\beta=90^\circ$ 、 60° 、 30° 、斜面高さ $H=4.0$ cmの模型斜面を作成する。実験は二次元模型で、すべり面を観察するために、斜面の表面にはそうめんを垂直に約5 mm間隔で埋め込んだ。その後、試料容器を遠心装置内にセットし、Gを連続的に上げた。タコメーターで回転数を計測しながら、画像処理用のビデオカメラを通して、学生にモニターで斜面の変形、破壊の状況を直接観察させた。

なお、実験過程はビデオにより実験終了後にも繰返し見ることができる。斜面の崩壊が確認できたら、その時点の回転数を記録し遠心力加速度を下げた。

表-1 試料の物性値

G_s	2.67
L L	87.69(%)
P L	31.13(%)
I_p	56.56
C_c	0.544

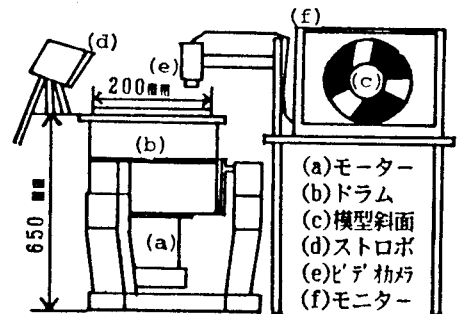


図-1 実験システム

学生は、斜面の破壊状況の観察及びスケッチを行い、再びGを増加させてすべての斜面が崩壊するまで以上の操作を繰返した。加速を始めてから破壊までの時間はいずれも5分以内であった。遠心装置の操作は4年生と職員が当り、回転計測は3年生が行った。実験後、斜面中央部の含水比を測定し、別途行われた等方三軸圧縮試験(CU)より得られた $c_u/p=0.38$ の値から c_u を求め、これから安定係数 N_s を算出し、 $\phi=0$ の条件に対するテイラーの安定図表⁶⁾の結果と比較した。以上の結果は、後に実験レポートとして学生に提出させた。

3. 実験結果

図-2は、テイラーの安定図表に実験結果より得られた安定係数 N_s をプロットしたものである。実験値は、テイラーの値に比べてやや大きく、安全側の値をとっており、大阪市立大学の結果²⁾と同様な傾向となった。この理由は、東田が指摘しているように実際のすべり面はテイラー図表の仮定よりも複雑であるためと考えられる。

写真-1は、 $\beta=60^\circ$ のケースの斜面破壊例を示しているが、斜面先破壊の破壊形式をなす円弧に近い明確なすべり面が観察された。

4. おわりに

今年度、初めての試みとして学生実験に小半径のドラム型遠心装置を利用した斜面破壊の模型実験を導入した。学生に、今後増加していく遠心装置への理解と、斜面の破壊する過程の観察や破壊メカニズムの考察を直接実習させることができたことは、十分な教育効果となったものと考えられる。また、境界値問題の大変形時の破壊メカニズムを正確に捉えることは、現在検討されている限界状態設計法⁷⁾を学ぶ上でも有効であると期待される。今後は、学生が模型地盤の準備から遠心装置の操作までを行うような教育システムを確立していく予定である。

なお、実験に使用した小型ドラム式遠心装置の試作については、文部省科学研究費(研究題目:回転円筒による粘土の自重圧密試験装置の実用化に関する研究、試験研究(1)No.01850112、研究代表者 日下部 治)の援助を受けたことを付記する。

謝辞:実験に際しては、宇都宮大学4年生、倉知慎直、橋本則之両君の御協力を得た。記して感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1)三笠正人・高田直俊・望月秋利:遠心力を利用した土構造物の模型実験、土と基礎、Vol.28, No.5, pp.15-23, 1980.
- 2)東田 淳:学生教育としての遠心力模型実験、土と基礎、Vol.33, No.4, pp.49-55, 1985.
- 3)日下部 治・横山幸満・萩原敏行・三宅達夫:ドラム型自重圧密試験装置の試作、第25回土質工学研究発表会講演集、pp.329-330, 1990.
- 4)日下部 治・萩原敏行:ドラム型遠心載荷装置の試作と一、二の利用例、第14回関東支部年次研究発表会講演概要集、pp.156-157, 1987.
- 5)Kusakabe, O., Hagiwara, T. and Kuroiwa, K.:Construction and Operation of a Drum Centrifuge at the University of Tsunomiya, CENTRIFUGE 88', (Edited by J.F. Corte), pp.77-82, 1988.
- 6)Taylor, D.W.:Stability of Earth Slopes, Contribution to SM, Boston Soc. Civil Engrs, 1937.
- 7)大塚久哲:基礎の限界状態設計法入門—外国規準の紹介と比較設計—、九州大学出版会、1989.

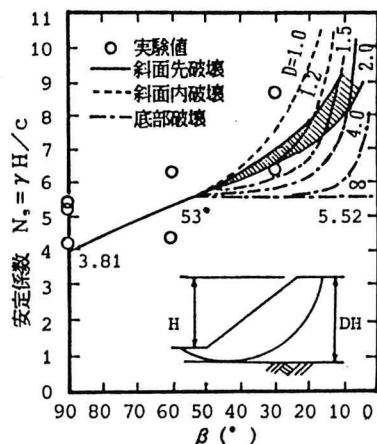


図-2 N_s と β の関係(D.W.Taylor⁶⁾)

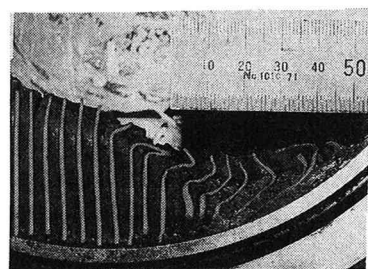


写真-1 斜面破壊の一例($\beta=60^\circ$)