

III-91

粘土斜面の遠心力模型実験におけるせん断強さについて

摂南大学 工学部 正 員 三笠 正人
同 大学院 学生員 ○白山 正浩
西輝工業(株) 白木 良博
日本基礎技術(株) 須部 善久

1. はじめに: 最近、土質工学分野において遠心力模型実験が行われているが¹⁾、大がかりなものが多く、なかなか一般に広く用いられるに至っていない。我々は超小型の遠心力装置を用いて模型粘土斜面の破壊実験を行い、粘土のせん断強さの評価に関して興味あるデータを得たのでここに報告する。

2. 試験装置: 使用した試験装置は直径48cmの円盤(図-1)の中に2個の供試体容器を対称にはめこみ無段階変速機を介してモーターで回転させる装置である。回転数は、0~1500rpm, 発生遠心加速度は最大528Gで、供試体容器は8.9cm×7.4cm×3.0cmの金属製であるが、供試体の出し入れや後の供試体容器の掃除などが不便なので、厚さ2mmのアクリル板でカセットを作ってその中で斜面模型を成形し、これをそのまま容器に収めて実験を行なった。

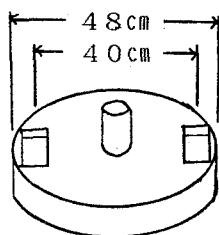


図-1

3. 実験材料および実験方法: 用いた粘土は、1) 乱さないサンプリング試料, 2) 自然含水比で練り返した粘土, 3) 水を加え液性限界に近い状態で練り返し一週間自然乾燥させた粘土, 4) 粘土スラリーに石膏を混ぜて固化した人工鋭敏粘土の4通りで、材料としては、1) は比較的軟らかい高塑性沖積粘土, 2) は大阪湾沖積粘土, 3) は同じ沖積粘土, およびそれと藤の森粘土を等量(乾燥重量で)混ぜたもの, 4) は沖積粘土と藤の森粘土を等量用いた相対含水比1.6のスラリーに粘土乾燥重量の22%あるいは26%の石膏を混ぜて18時間放置したもの²⁾である。これらを以下シリーズ1~4と呼ぶ。斜面は45°, 60°, 75°, 90°, の4通り試みた。まず、斜面成形前の供試体でフォール・コーン(先端角60°)試験を行い、粘土表面を切るコーン断面積でその重量を割った値を支持力 q_d として $q_d = 7.4c$ から求めた非排水せん断強さ $C(t f / cm^2)$ とテイラーの安定係数 N_s の図を用いて

$$Hc = (N_s \cdot c) / \gamma, \quad n = Hc / \text{模型のり高(m)}$$

ここに、 Hc : 限界高さ(m), γ : 単位体積重量($t f / m^3$),

の関係から加速度比 n を与える予想破壊回転数を求めた後、遠心力実験を行った。実験はまず予想破壊回転数よりも100rpmほど少ない、例えば600rpmなどの回転数まで約20秒で到達させ、そのまま20秒持続させた後止めてカセットを取り外し、ただちに変形状態をトレースした。それから再びカセットをはめて回転数を100rpm増した次の段階の実験を行った。この操作を繰り返し、斜面が完全に破壊するまで続けた。

4. 実験結果: シリーズ1は予想破壊回転数よりもかなり高い回転で変形が増大しはじめ、結局すべり破壊を生じた。シリーズ2は、変形が進むだけですべり面があらわれなかったので、解析は省いた。シリーズ3は予想回転数に近い回転数で変形が増大しすべり破壊を生じた。シリーズ4ははじめの間はほとんど変形を生ぜず、予想回転数付近で明確なすべり面を生じて瞬時に破壊した。図-2(a), (b)はそれぞれシリーズ1, 3の、また写真-1はシリーズ4の破例壊である。写真-1は実験後、側面に設けた標点の位置でフォール・コーン試験を行い強度分布を調べた後のもので、すべり面の所で大きく貫入している様子がわかる。

5. 解析方法および結果: 図-2のような各加速度段階でトレースした斜面の変形図から最も確からしいひとつの円弧すべり面を選び、全ての変形段階の斜面に対して同一円弧を描き、それぞれのすべり土塊を図-3のように1cm幅に分割し以下の手順で回転モーメント M_d を計算し、動員された非排

水せん断強さ c_m すなわち発生した平均せん断応力 τ (tf/m²) を求める。

$$Md = n \sum W_i \cdot X_i,$$

$$l = r \cdot \theta,$$

$$\tau = Md / (t \cdot l \cdot r),$$

ここで、 W_i : 分割片 i の重量(t), X_i : o 点から分割片 i の中心までの距離(m), n : 遠心加速度比, θ : 円弧の角度, r : 半径(m), l : 円弧の長さ(m), t : 供試体奥行き(m)

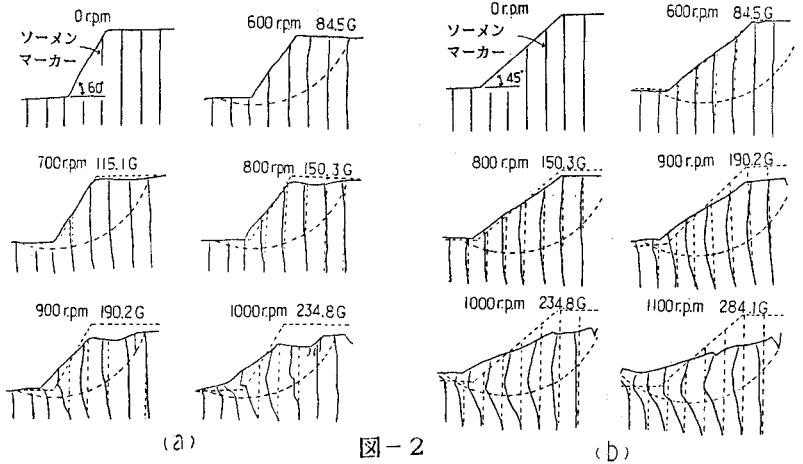


図-2

このようにして求めたせん断応力 τ をその時の遠心加速度比 n に対してプロットし、曲線の傾きが変った時点(弾性的変形①から塑性的変形②に移る点)での遠心加速度を破壊加速度と見なして整理した。図-4にその代表例を示すが (a), (b) はそれぞれ図-2(a), (b) に対応している。(c) はシリーズ4の写真-1とは別の試験である。次に実測破壊加速度比と実験前に行なったフォール・コーン試験から予想した破壊加速度比を比較したのが図-5である。

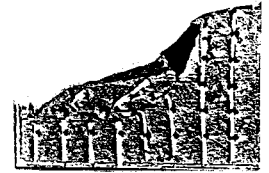


写真-1

これより、実際の破壊加速度は、ほとんど予想値よりも大きめである。しかし人工鋭敏粘土では両者に有意の差がみられず、進行性破壊による平均せん断強度の低下があったものと解釈される。斜面の角度の影響は特に認められなかった。

6. まとめ: 斜面の変形が急増する点、すなわち降伏点において粘土の非排水せん断強さが完全に動員されたものと見なして遠心模型実験結果を整理したところ、フォール・コーンから求めた非排水せん断強さ c はやや低めに見積られていた。

超小型遠心装置は大阪市立大学土質工学研究室のもので高田直俊教授のご好意に感謝する。

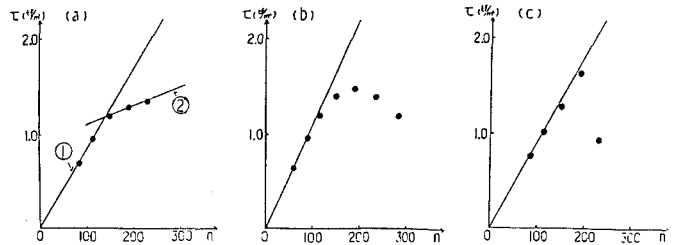


図-4

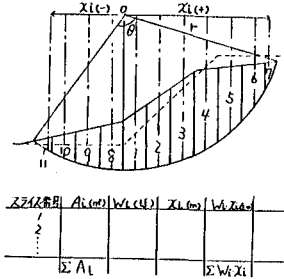


図-3

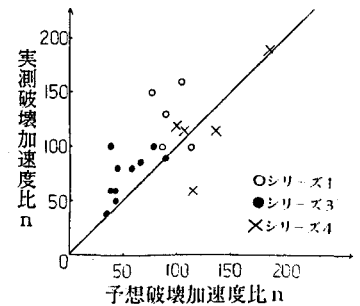


図-5

参考文献

- 1) 三笠正人 他: 遠心力を利用した土構造物の模型実験, 土と基礎, May, pp15~23, 1980
- 2) A. Mochizuki & M. Mikasa: Centrifugal Model Test of Sensitive Clay Slopes, Proc. 4th Southeast Asian Conference on Soil Engineering, pp5-19~5-25, 1975.