

水平慣性力を受ける模型斜面の崩壊機構

山口大学大学院 学生会員 ○小林 敬尚
 山口大学大学院 正会員 中田 幸男
 山口大学大学院 正会員 兵動 正幸
 三井住友建設(株) 正会員 戸村 豪治

1. 目的

斜面崩壊は人命や財産を奪うだけでなく、道路・鉄道などのインフラ機能を麻痺させ、救出、救援活動、復旧の妨げになるなど社会的影響が大きい。そのため斜面崩壊の危険性を詳細に把握しておくことが重要である。斜面崩壊には崩壊原因、崩壊規模、崩壊形態など様々な違いが現れる。2004年10月に発生した新潟県中越地震では流れ盤斜面に対して大規模な斜面崩壊が発生した。この原因として地震の大きさ、揺れ方などのほかに地形・地質・地層構造が深く関係している¹⁾。本研究では、水平慣性力载荷装置²⁾を用いて斜面崩壊を発生させ、流れ盤などの地層構造の違いによる影響を検討した。

2. 試験装置および試験方法

図-1 に試験装置の概要を示す。震度法による斜面安定解析と同様の応力状態を再現することをイメージした。この模型土槽の下に車輪を取り付けており、傾斜のあるガイドレール上を滑らせて壁に衝突させることができる。模型土槽が壁に衝突して急停止することにより、模型地盤には水平方向に慣性力が作用する仕組みとなっている。模型土槽前面にはゴムを貼り付けており、衝突時のハネ返りを防止している。ガイドレールの傾斜角度は $\theta=5^\circ$ であり、模型土槽はガイドレールの傾斜角度と同一の傾斜角度を有しているため、模型土槽は移動時でも水平を維持することができる。試験に使用した土槽は、幅700mm、高さ380mm、奥行き100mmのものである。試験料に三河硅砂 V6号 ($\rho_{dmin}=1.30g/cm^3$, $\rho_{dmax}=1.60g/cm^3$, $e_{min}=0.665$, $e_{max}=1.044$, $G_s=2.655$) を用い、飽和度30%に相当する含水比9.2%に調節した湿潤土で、相対密度60%となるように突固めて斜面を作製した。各ケースの斜面作製概要図を図-2 に示している。それぞれの突き固め面が図-2 の線となるように作製した。ここでは、CASE 1を水平盤、CASE 2を流れ盤、CASE 3を受け盤とする。なお、天端部に2kgの上載荷重を与えた。試験は壁からの距離を10cmで斜面崩壊するまで土槽を繰り返し衝突させた。加速度計A-1(法先地盤水平方向)、A-2(法面中央水平方向)、A-3(土槽水平方向)、A-4(土槽鉛直方向)を図-1の位置に設置し、衝突ごと測定、衝突後に模型地盤のデジタル画像を撮影した。その画像を用いてPIVによる画像解析を行った。

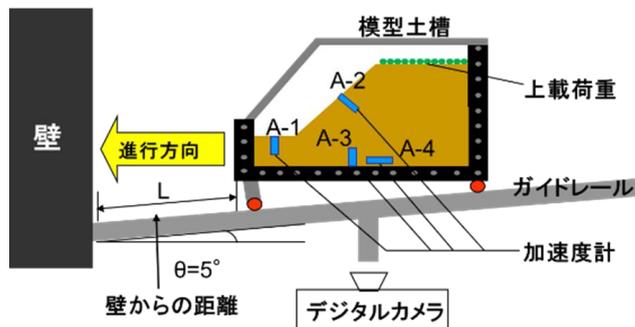


図-1 試験装置の概要図

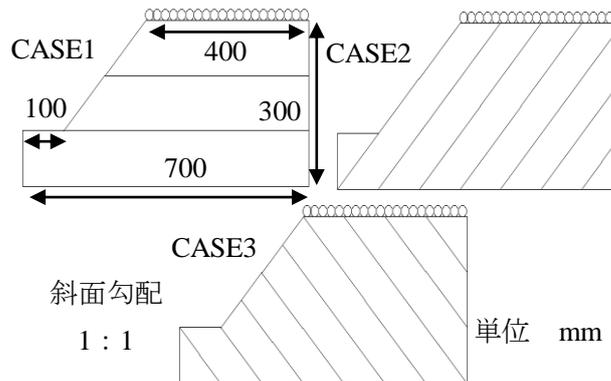


図-2 各ケースの斜面作製概要図

CASE 1を水平盤、CASE 2を流れ盤、CASE 3を受け盤とする。なお、天端部に2kgの上載荷重を与えた。試験は壁からの距離を10cmで斜面崩壊するまで土槽を繰り返し衝突させた。加速度計A-1(法先地盤水平方向)、A-2(法面中央水平方向)、A-3(土槽水平方向)、A-4(土槽鉛直方向)を図-1の位置に設置し、衝突ごと測定、衝突後に模型地盤のデジタル画像を撮影した。その画像を用いてPIVによる画像解析を行った。

キーワード 斜面崩壊, 地層構造, 模型実験

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常磐台2-16-1 山口大学大学院理工学研究科

TEL 0836-85-9300

3. 地層構造の影響

(1) 崩壊機構

図-3 に流れ盤と受け盤の法面中央に設置した加速度計 A-2 の最大測定値を示す。流れ盤では衝突 5 回目から 6 回目にかけて、受け盤では 10 回目以降に急激に発生する加速度が減少している。衝突ごとに撮影した画像から流れ盤では、衝突 6 回目にすべり面が目視できることから、すべり面が発生すると斜面に作用する滑動力が変化することが考えられる。受け盤では、衝突 5 回目に法肩表面付近ですべり面が目視でき、6 回目にその崩壊が始まった。この時点での崩壊規模は流れ盤の方が受け盤よりも大きい。受け盤において加速度計 A-2 の設置位置の法面中央にすべり面が目視できたのは 14 回目である。14 回目よりも前の加速度の減少は、法肩部分での崩壊土が影響したと考えられる。また、法面中央に作用する加速度はまず増加してから減少するという動きを示し、流れ盤は衝突 3 回目に最大になるのに対し、受け盤は 6 回目で最大となった。これは斜面全体で考えると、流れ盤よりも受け盤の方がより大きな水平力に耐えることができることを意味し、斜面崩壊が生じるまでに時間がかかったことを裏付ける。

(2) PIV 解析による崩壊機構

斜面内部の動きを把握するため、PIV による画像解析を行った。衝突 0 回目の画像を基準に衝突 1 回目の画像、衝突 1 回目の画像を基準に衝突 2 回目の画像というように前後の斜面の画像に対して PIV 手法による画像解析を行った。流れ盤と受け盤の解析結果に模型地盤作製時の突き固め面を重ねたものを図-4 に示す。解析結果は最大せん断ひずみの分布として示している。このように解析を行うことで、斜面内部の動きを把握することができる。2つのケースの斜面内部の動きは、まず法肩や天端部からせん断ひずみが発生し、そのせん断ひずみが法先方向へと大きくなる。その後、拡大したせん断ひずみの先端から崩壊することが観測できた。流れ盤と受け盤を比較すると、流れ盤は崩壊規模が大きく斜面全体で斜面崩壊が生じている。受け盤は法肩部分のみの斜面崩壊であった。流れ盤の天端付近では突き固め面に沿うようにせん断ひずみが発生し、受け盤では法面上部表層の突き固め面にせん断ひずみが集中している。したがって、斜面の地層構造を把握することで、より合理的な補強を検討できるといえる。

4. まとめ

本研究では、水平慣性力载荷装置²⁾を用いて斜面崩壊を発生させ、流れ盤などの地層構造の違いによる影響を検討した。この結果、流れ盤よりも受け盤の方がより大きな水平力に耐えることができ、斜面崩壊が生じるまでに時間がかかった。PIV 解析を行うことで、斜面内部の動きを把握することができた。斜面崩壊するまで地層構造に関係なく、天端部から法先方向へひずみが拡大し、拡大したひずみの先端から崩壊するという崩壊挙動であった。

参考文献

- 1) 西田京助他：新潟県中越地震における斜面災害の要因分析，土木学会地震工学論文集，p1117～1122，2007
- 2) 沖元翼他：地震時の盛土斜面の安定性に関する衝撃振動実験，第43回地盤工学研究発表会発表講演集，p1941～1942，2008

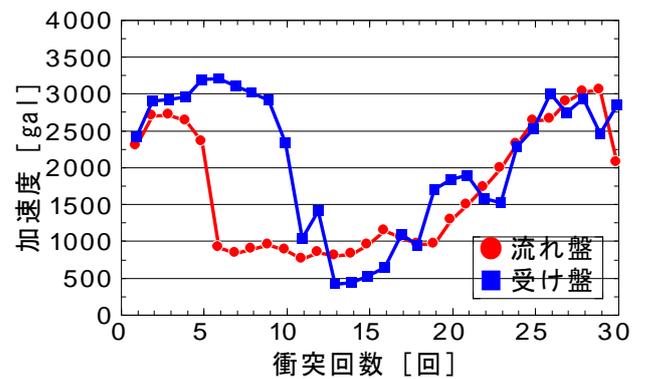


図-3 加速度計 A-2 の最大測定値

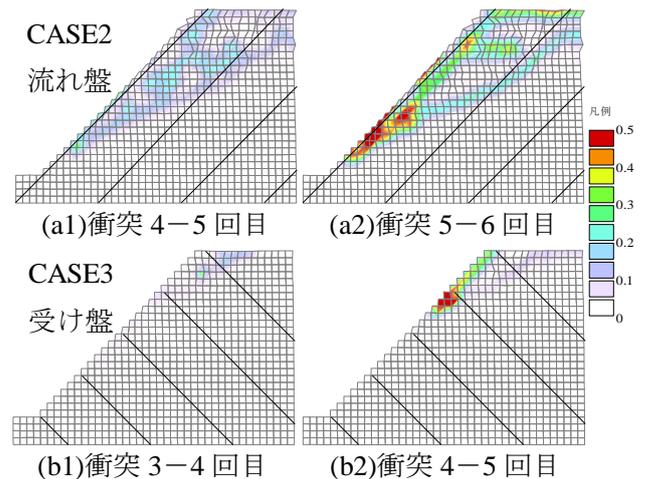


図-4 PIV 解析から求めた
最大せん断ひずみの分布