

オンライン地震応答実験による飽和度の異なるまさ土斜面の地震時挙動

山口大学大学院	学生会員	○高橋 翔
山口大学大学院	正会員	兵動 正幸
山口大学大学院	正会員	オレンセロランド
山口大学工学部	正会員	吉本憲正

1. はじめに

2004年10月23日に発生した新潟県中越地震では、斜面や盛土の崩壊などの土砂崩れを多く引き起こしている。この被害を増加させたひとつの要因として降雨が挙げられる。この年は大雨や多くの台風の上陸など、多雨に見舞われた年であった。このため地盤内の飽和度が変化し強度の低下を招き、土砂崩れを引き起こしたものと考えられる。地震強度に関する研究は、乾燥および飽和状態における研究は行われているものの、不飽和状態に関する研究はあまり行われていない。そこで、本研究では山口県で見られるもろい性質のまさ土を用いて不飽和の自然斜面の地震時挙動をオンライン地震応答試験機を用いて実験し評価をした。

2. 試料（まさ土）及び実験方法

まず、まさ土の要素試験として試料の飽和度及び初期せん断応力の変化による強度の違いを知るために繰り返し単純せん断試験を行った。実験で使用した試料は $G_s=2.612$, $e_{max}=1.239$, $e_{min}=0.661$ のまさ土で、供試体は飽和状態では、乾燥した試料を漏斗法より作成し通水させて飽和状態とした。不飽和では作りたい飽和度に必要なだけの水を入れ突き固めにより作成した。実験条件は飽和度が30%、50%、100%の状態初期せん断応力比を $\tau_s/\sigma_v=0, 0.1, 0.3$ と変化させ計9パターンの実験を行い、繰り返し強度曲線を描き比較検討を行う。実験では図-1のような無限斜面モデルを想定し、初期せん断応力比と斜面勾配の関係は $\tau_s/\sigma_v = \sin \theta / \cos \theta = \tan \theta$ - ①より求めることができる。次にまさ土の地震時挙動を調べるためにオンライン地震応答実験を行った。用いた試験装置は、簡易せん断試験装置を6個連結させたオンライン地震応答試験装置である。オンライン地震応答実験とは時々刻々と変化する地盤の非線形な復元力を要素試験の供試体から直接求め、オンラインで応答解析に結びつけ、地震時の地震挙動をシミュレートする方法である。¹⁾ 今回の実験では、一次元6質点系にモデル化を行い、全層をオンライン層としてオンライン地震応答実験を行った。図-2は研究で用いた自然無限斜面のモデルである。実験で用いた入力波は、新潟中越地震の際に実際に長岡で観測されたE-W成分の地震波形を用い、水平方向に与えた。この地震波形は図-3に示す。また実験ケースは飽和度30%で $\tau_s/\sigma_v=0, 0.3, 0.5$ それぞれについて、 $\tau_s/\sigma_v=0.3$ で飽和度を30%、50%、100%についての二つのパターンについて実験を行った。またせん断モードは非排水状態で鉛直方向のひずみを許容しない単純せん断条件とした。

3. 実験結果及び考察

図-4は繰り返し単純せん断試験の結果から飽和度30%で初期せん断応力比を変化させたものをプロットし描いた繰り返しせん断強度曲線である。繰り返しせん断強度曲線とはせん断ひずみが7.5%を越えた時点での繰り返し

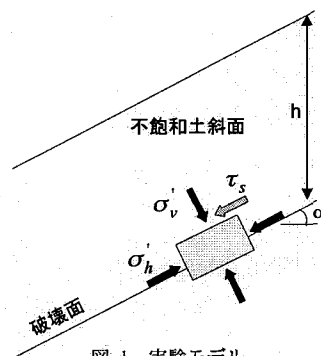


図-1 実験モデル
(単純せん断試験)

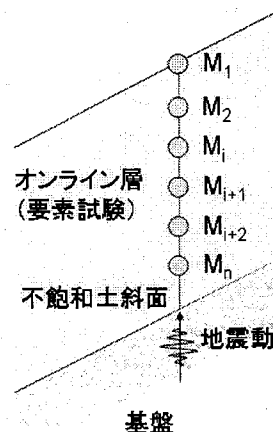


図-2 実験モデル
(オンライン試験)

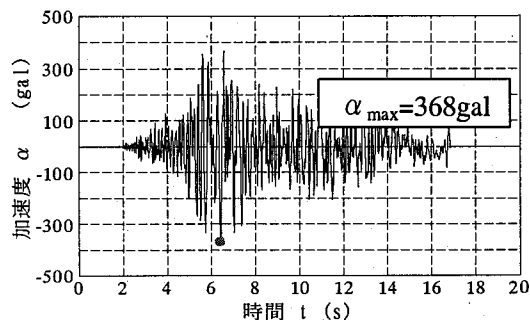


図-3 入力波形

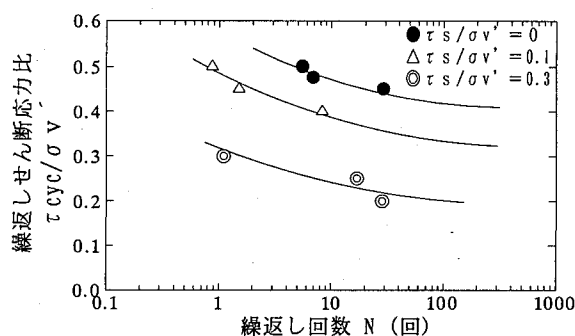
返し回数をプロットして強度を比較する目安のひとつである。

図・4を見てみると初期せん断が大きくなるほど繰返しせん断強度は低下していることがわかる。飽和度 50%、100%でも同様の実験を行ったが、飽和度 30%のときと同じような傾向が見られた。これは斜面勾配が急なほど振動に対して破壊しやすいためである。また $\tau_s/\sigma_v=0$ とし、飽和度の変化による比較を行った。その結果が図・5 である。この結果を見ると飽和度が高くなるほど強度の低下が見られた。次にオンライン地震応答実験の結果について示す。図・6 は飽和度を 30%で一定とし、初期せん断応力による影響を比較したものである。まず水平応答変位を見てみると、 $\tau_s/\sigma_v=0$ ではほとんど変位が見られないのに対して $\tau_s/\sigma_v=0.3, 0.5$ と大きくなるにつれて大きな変位が発生していることがわかる。これは斜面勾配が大きいほど地震動によって破壊しやすいためである。せん断応力では τ_s/σ_v が大きいほうがより大きなせん断応力が発生している。せん断ひずみでは深度が大きくなるにつれてせん断応力が大きいほどせん断ひずみが大きくなる傾向を示し、基盤近くの第 6 層で 18%の大きなせん断ひずみが発生し破壊したような状態になった。応答加速度は基盤近くでは τ_s/σ_v による大きな差は見られなかったが、 $\tau_s/\sigma_v=0$ の場合地表面近くでは、応答加速度が大きくなる傾向を示した。図・7 は $\tau_s/\sigma_v=0.3$ で一定とすることで、飽和度の変化による影響を比較したものである。水平応答変位を見るとどのケースにおいても地表面に近づくにつれて大きな応答変位が発生しているが、飽和度が大きいものほど大きな変位が発生していることがわかる。せん断応力では大きな差はないが傾向として地表面から離れるほど大きく、また飽和度が小さいほうが大きな応力が発生していることがわかる。せん断ひずみでは規則性はみられないが飽和度が大きいときほど大きなひずみの発生が見られる。応答加速度は大きな差が見られなかった。

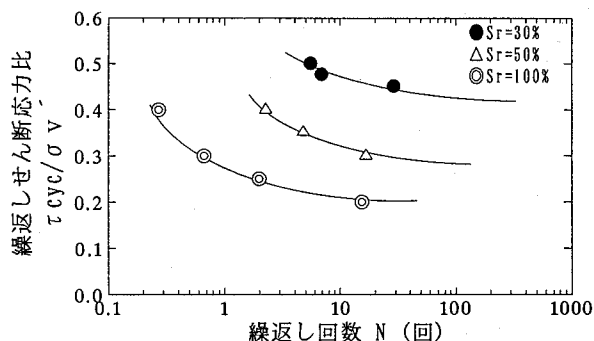
4.まとめ

以上より繰返しせん断試験では飽和度が大きく、初期せん断応力が大きいものほど強度が低下することがわかった。またオンライン地震応答試験では飽和度が大きく、初期せん断応力が大きいものほど大きな水平応答変位が発生した。このことから、飽和度の変化と初期せん断による地震の影響は大きいと考えられる。

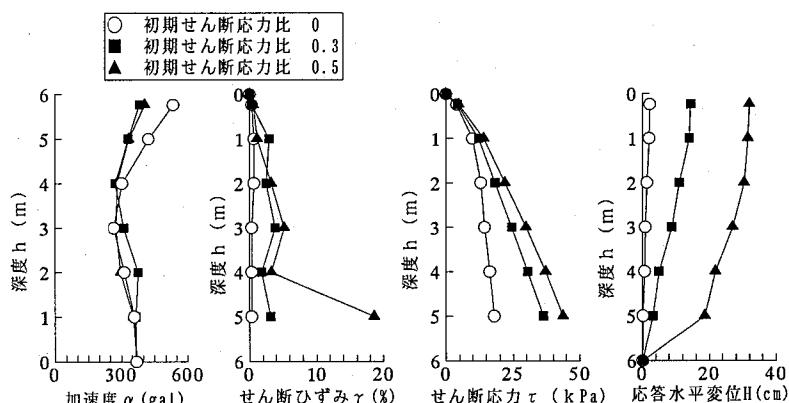
参考文献 1) 市川昌治・兵動正幸: オンライン地震応答実験による盛土の変形と安定性の評価、山口大学修士論文 pp2-7 2-23, 2005



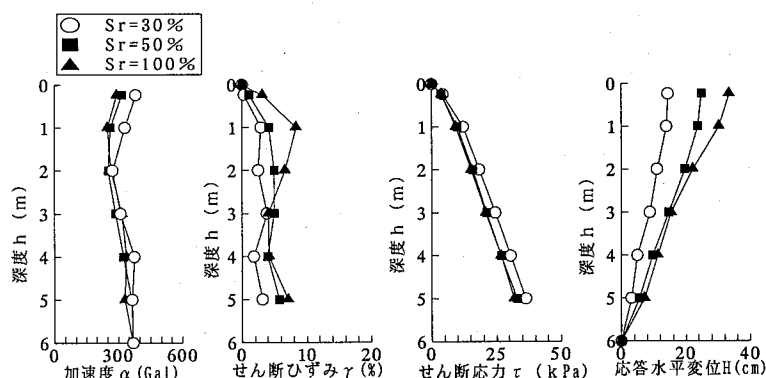
図・4 飽和度 30%の繰返しせん断強度曲線



図・5 $\tau_s/\sigma_v=0$ の繰返しせん断強度曲線



図・6 初期せん断応力比の変化による応答値の深度分布



図・7 飽和度の変化による応答値の深度分布