

## 新潟県中越地震で発生した流動型の斜面崩壊（風口峠）

森林総合研究所 ○岡田康彦，落合博貴，松井琢郎  
吉永秀一郎，浅野志穂，岡本隆，黒川潮，小林政広

## 1 はじめに

2004年10月23日，新潟県中越地震（本震：マグニチュード6.8）が発生し，死者40名，負傷者3,000名超の被害が生じた．この地震により，東山丘陵を中心に1,000を超える種々のタイプの地すべり・斜面崩壊が発生した．東山丘陵は，主に第三紀の砂岩，あるいは砂岩および泥岩の互層からなり，北北東－南南西方向の褶曲構造により特徴付けられる，有数の地すべり多発地域である．最も被害が甚大であった小千谷市と山古志村は，一連の背斜－向斜系に存在している．また，今回の地すべり・斜面崩壊災害において特筆すべきことは，3日前の20日に台風23号により100mm以上の総降雨量をもたらされていたことである．つまり，この地域の斜面は地震発生前に相当量の地下水を含んでおり，地震発生時には過剰間隙水圧が発生した可能性がある．そして，過剰間隙水圧の発生は，多かれ少なかれ地すべり・斜面崩壊の流下運動に影響を及ぼしたものと推測される．

本報では，流動化現象が発生したと推測される風口峠斜面崩壊現場を対象に実施した現地調査ならびに室内試験の結果を示す．

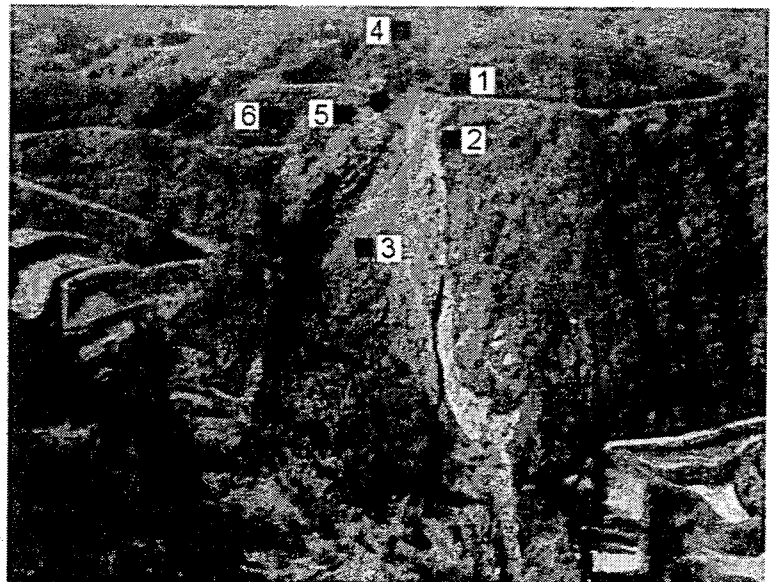
## 2 風口峠斜面崩壊

山古志村北部の虫亀地区の北東方向に位置する風口峠付近において，流動型の斜面崩壊が発生した（図1）．源頭部付近にはおおよそ走向がN50E，傾斜30度のシルト岩の層理面が認められ，崩壊は，この流れ盤構造に沿って発生したものと考えられる．滑落崖の幅は約50メートル，滑落崖頂部から堆積域の先端部の距離は約600メートルで，その見通し角は約22度であった．

著者等は，簡易貫入試験，ならびに透水係数測定用および一面せん断試験用の土砂サンプリング（シルト岩層理面の上）を図1に示す場所で行った．

## 3 試験結果

図2に簡易貫入試験（図1中のポイント2および5）の結果を示す．崩壊源頭部の左岸側（ポイント2）では，約430cm深でNc値が50を超えた．一方，右岸側（ポイント5）では，その値は小さく，100cm深未満でNc値が50を超えた．このことは，源頭部の崩壊土塊は左岸寄りが高く，一方右岸寄り低いという現地での観測結果と良い一致を示し，源頭部内で確認されたシルト岩の層理面を崩壊外部へと延長した場合に想定される結果と調和的である．また，すべり面に



■ : Simplified cone penetration test  
● : Soil sampling (permeability and box-shear test)

図1 風口峠斜面崩壊現場

において、左岸寄りの土砂は、右岸寄りに較べて大きな拘束圧が载荷された状態からせん断現象が生じたと推測された。

採取した土砂試料の透水係数は、 $10^{-2}$ cm/sec のオーダーを示し、比較的透水性が高いことがわかった。一方採取した土砂の下に位置するシルト岩の透水性は極めて低いと推定されることから、降雨があれば地下水はシルト岩上の土砂中を流れていたものと推測された。このように、地震発生時、シルト岩上の土砂は、3日前

の台風 23 号による降雨の影響により飽和に近い状態であったと推定されることから、定体積条件（飽和非排水条件に相当）で一面せん断試験を実施した。

左岸側と右岸側における拘束圧の大小の違いを考慮した初期条件を与えることを念頭におき、そして試験機の許容量との兼ね合いも考慮した結果、初期垂直応力を約 43kPa および 3.8kPa に設定した（せん断速度は 0.05mm/min）。図 3 に応力経路（せん断変位 5mm まで）を示す。不攪乱試料に対する試験 1 ( $\sigma_0=43$ kPa) および試験 2 ( $\sigma_0=3.8$ kPa) において、せん断開始直後に発生した垂直応力の減少分と初期垂直応力の比は、0.30 および 0.23 になった。定体積条件試験における垂直応力の減少分は、飽和非排水条件における過剰間隙水圧の上昇分に相当するため、上記比の値は過剰間隙圧比と同等である。つまり拘束圧の大きい試験 1 は、試験 2 よりも大きな過剰間隙圧比を示し、より大きな流動化のポテンシャルを示したことになる。また、試験 2 のせん断変位 5mm における見かけの摩擦角は 76 度にも及び、流動し得ない結果になった。攪乱試料に対する試験 3 ( $\sigma_0=43$ kPa) および試験 4 ( $\sigma_0=3.8$ kPa) についても、拘束圧の大きい試験 3 は 0.58 の過剰間隙圧比を示したのに対し、拘束圧の低い試験 4 では垂直応力の増加のみが見られ、正の過剰間隙圧比は確認されなかった。これらの結果から、拘束圧が大きい試験では、拘束圧が小さい場合に較べて、大きな流動化のポテンシャルがあることが認められた。このことは、実際の風口峠斜面崩壊において、左岸寄りの土砂は流下して長距離運動しているのに対し、右岸よりは運動距離が小さくすぐに堆積していることを説明する一つの要因であると考えられる。

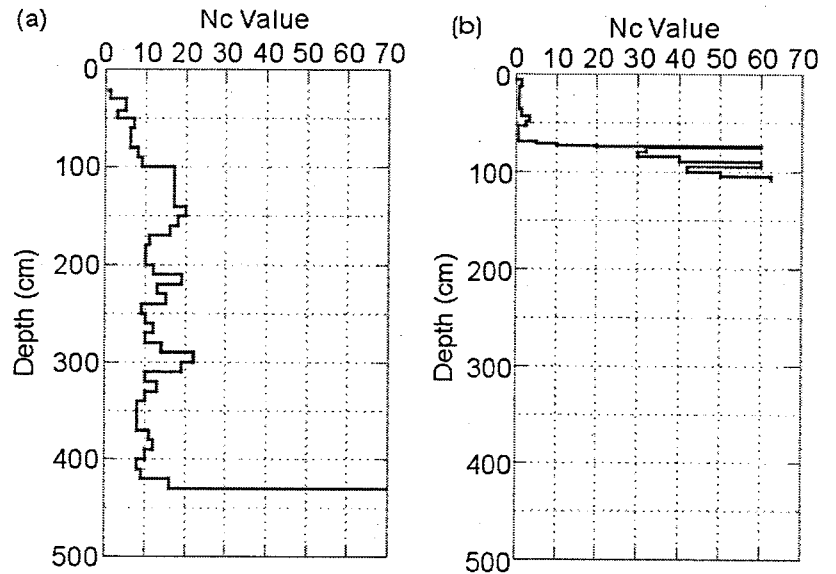


図 2 簡易貫入試験結果 (a)ポイント 2, (b)ポイント 5

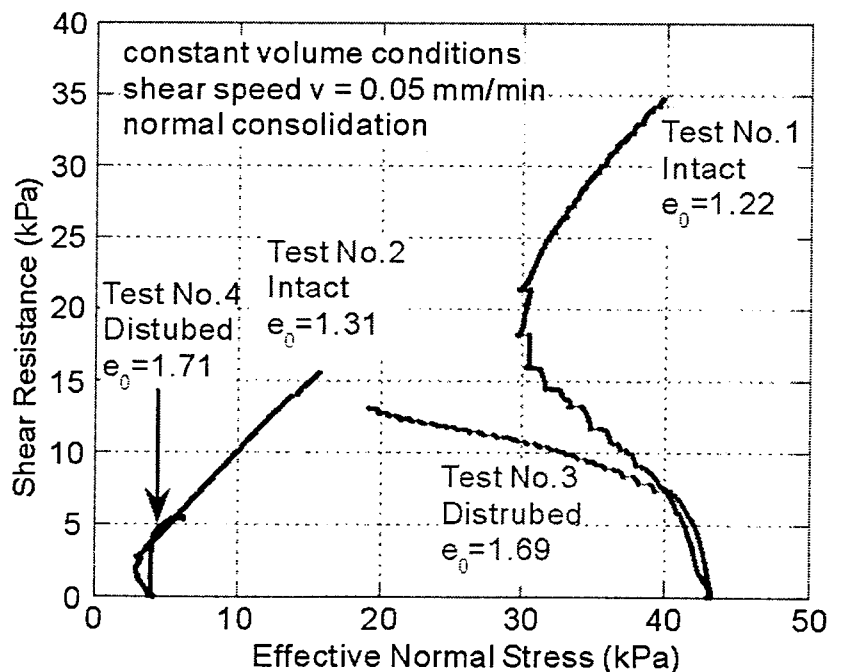


図 3 攪乱・不攪乱試料の有効応力経路