

2003 年三陸南地震により崩壊した築館高速地すべりに関する考察

東京大学大学院	学生会員	○芳賀	千尋
東京理科大学	正会員	石原	研而
東京理科大学	正会員	塚本	良道
東京理科大学	正会員	平川	大貴
東京理科大学大学院	学生会員	砂川	宏通

1. はじめに

2003 年 5 月 26 日、宮城県沖を震源とする M7.0 の地震により、宮城県北部の築館町地区において高速長距離地すべりが発生した。崩壊した箇所は、もともと谷地形であった場所に、火山灰性砕骨物を埋め立てた斜面となっており、畑地として利用されていた。図 1 に示すように、平均勾配 7° の埋立て斜面を形成する土砂が下流の平地にまで総延長約 110m 流出した。本研究では、築館町の地すべり地点から採取した試料を用いた室内試験、および原位置スウェーデン式貫入試験を行い、簡易判定法による流出部の液状化判定を行った。さらに、地すべりのモデル化を行い、その流出のメカニズムと流出距離の推定方法について検討を行うものとした。

2. 簡易判定法による液状化判定

地盤内のある深さの液状化強度と、地震時に発生するせん断応力から、液状化安全率 F_L を次式より導出し検討した。

$$F_L = \frac{R}{L}$$

ここで、 F_L ：液状化安全率、 R ：動的せん断強度比、 L ：地震時せん断応力比である。

液状化強度比を決定するにあたり、以下の 2 通りの方法で行った。1) 原位置で実施したスウェーデン式貫入試験(図 1、図 2(地点 D から地点 G))より得られた N_{sw} 値から N 値を導出する。細粒分含有率の影響を考慮し細粒分補正を行い、道路橋示方書にもとづき液状化強度比を決定する。2) 室内非排水繰返しねじりせん断試験より得られる液状化強度曲線から不攪乱試料データをもとに、繰返し回数 20 回の時の繰返し応力比を R_{20} とし液状化強度比を決定する(図 1、図 2(地点 F、地点 G))。なお本研究では、地下水位を 2m と仮定し、1)と 2)のそれぞれにより液状化判定を行った。

3. 地すべりのメカニズムのモデル化

上記のように斜面内で部分的に液状化が生じ、斜面が不安定化し、その結果生じると想定される高速長距離地すべりのメカニズムを、崩壊土砂を質量 m の長方形の物体が、崩壊斜面勾配 θ を滑り落ち(runout process)、平地部において最終的に放物線状の物体に変形する(spreading process)と仮定し、エネルギー原理を用いた簡易的なモデル化を行った(図 3)²⁾。ここでは、上載圧に比例する摩擦成分のみがすべり面に作用すると仮

キーワード：地すべり、地震、残留せん断強度

連絡先 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻 Tel: 03-5841-6123

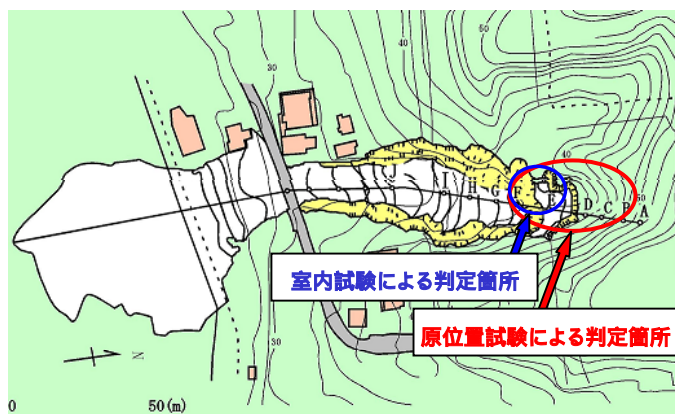


図 1 崩壊箇所の平面図

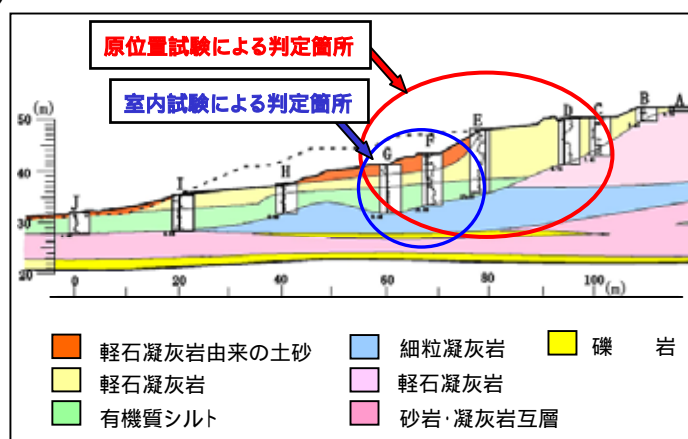


図 2 崩壊箇所の縦断面図¹⁾

定して、1)斜面上のすべり面で発揮されるせん断強度を考慮した場合、2) 斜面上のすべり面で発揮されるせん断強度を考慮しない場合の2 ケースを仮定し、1)と 2)のそれぞれの残留強度 S_u を表現する理論式を導出した。ただし、斜面上と下流底面で発揮されるせん断強度は等しく S_u とする。この式から、崩壊の可能性のある土砂のモデル化が図 3 に示すパラメータにより推定でき、そのせん断強度が推定できたなら、流出

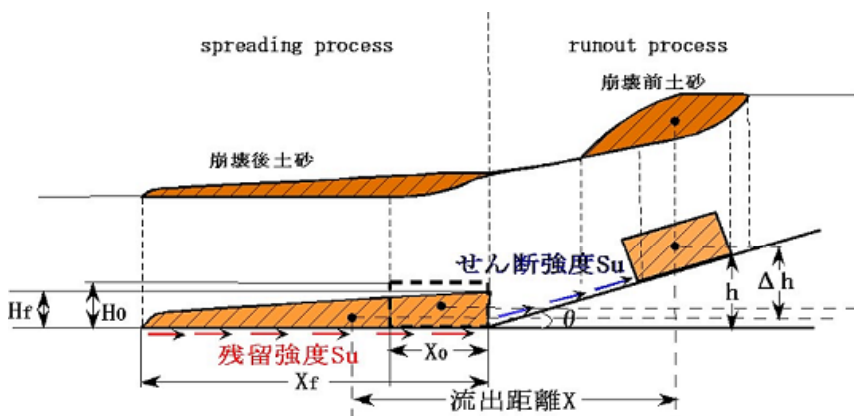


図 3 地すべりのモデル化

距離の評価が可能であることを示唆している。ここで、 γ ：単位体積重量、 H_0 ：長方形高さ、 X_0 ：長方形長さ、 h ：斜面高低差、 H_f ：放物線高さ、 X_f ：放物線長さ、 θ ：崩壊斜面勾配とする。

4. 結果および考察

4.1 液状化と築館町における崩壊の関係

築館町の崩壊地点における液状化判定を行ったところ、すべり線より下は液状化しておらず、地表面のみ液状化していたという判定結果となった（図 4）。ここで、地震動の不規則性を表す係数は、 $C=0.65$ と仮定し等価繰返し応力を算出した。これより、地表面近くの液状化した箇所が不飽和の土塊をすだいに巻き込んでいき崩壊するきっかけとなり、流下中に強度低下が生じ、途中で止まることなく下流低地まで流れていったのではないかと考えられる。

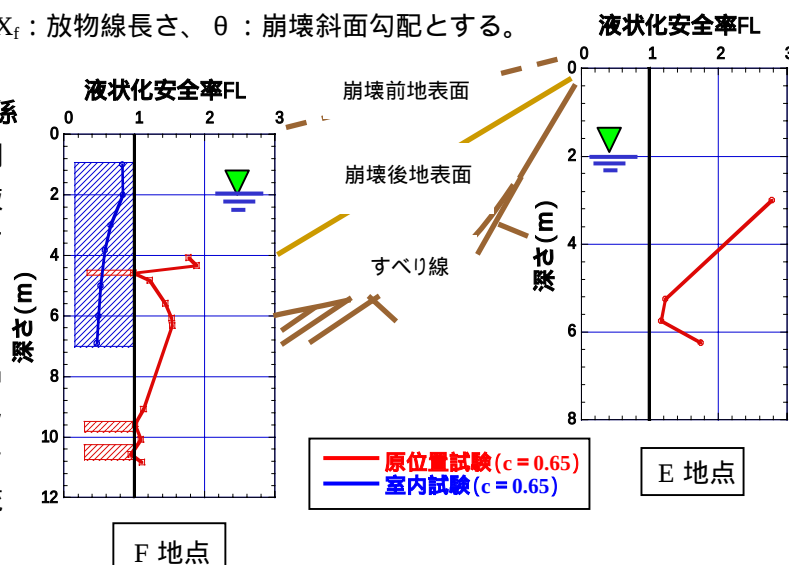


図 4 液状化判定結果（E 地点、F 地点）

4.2 残留強度の理論値と実験値の比較

図 5 に示すように、本研究で行った非排水単調ねじり載荷試験の有効応力経路より得られる残留強度と、上記の地すべりモデルより得られた残留強度の理論値を比較した。斜面上のすべり面で発揮されるせん断強度を考慮した場合の理論値($S_u=5.0$ kPa)と、斜面上のすべり面で発揮されるせん断強度を考慮しない場合の理論値 ($S_u=11.0$ kPa) の範囲内に実験値の値 ($S_u=10.0$ kPa) が入ることが読み取れた。これより、地すべりのモデル化を行い、室内試験による残留強度の算定により高速長距離地すべりの流出距離予測の可能性を示すことができたと考ええる。

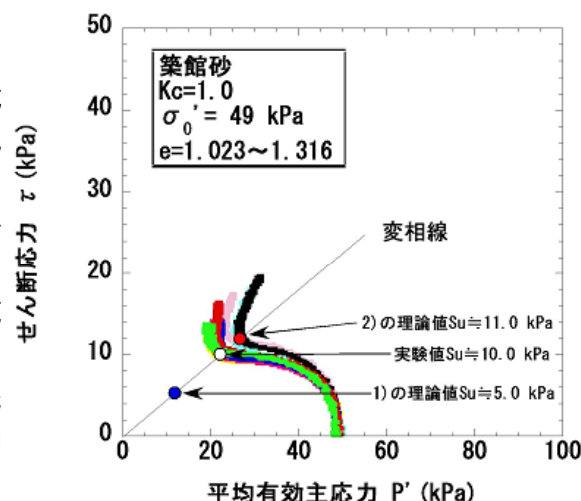


図 5 残留強度理論値と実験値の比較

5. まとめ

原位置試験および室内試験の両側面から液状化の有無の判定の検討を行い、斜面崩壊のきっかけの予測を簡易的にすること、エネルギー原理に基づいた簡易地すべり流動モデルによる残留強度の推定によって、流出距離の予測の可能性を示すことができた。

参考文献 1) (社) 地盤工学会(2003)「2003 年三陸南地震・宮城北部地震災害調査報告書」, pp.1-39, pp.137-139
2) Oldrichi Hungr (1995) "A model for the runout analysis of rapid flow slides, debris flows, and avalanches", Can. Geotech. J. 32, 610 ~ 623.