

7 自然斜面，造成斜面などの災害

7.1 概要

震源域直上では，人為的な地形改変によって出来た盛土や切土斜面にも多くの崩壊が認められた．このうち，この地域では土取りのための切土斜面が多く見られるが，その多くで表面の風化部分の崩落が見られる（写真 7.1）．



写真 7.1 矢本町大塩地区：風化した切土表層の崩落

一方，盛土斜面の崩壊は，より深刻な被害となっている．この中には，前震で崩壊したもの（写真 7.2），本震・余震で崩壊したもの（後述 河南町北村西猿田地区）など，降雨の影響や大きな前震で一旦強度が弱くなったことが影響した可能性もある．鹿島台測候所の降雨記録によれば，7 月 19 日から前日の 25 日までに累積 151mm，26 日当日も約 50mm の降雨が記録されている．



写真 7.2 矢本町大塩地区：この斜面は前震で崩壊した

震源直上域の住家の盛土擁壁は崩壊したもの，あるいは崩壊まで至らなかったが大きな変状を生じて危険と診断されたものが非常に多い（写真 7.3，写真 7.4 参照）．



写真 7.3 河南町北村地区：宅地盛土擁壁の被害



写真 7.4 矢本町緑ヶ丘団地：L型擁壁の被害

7.2 河南町北村西猿田地区

(1) 概要

河南町北村の西猿田地区では，5/26 の地震の際に築館町で見られた斜面崩壊と同様な泥流化した形態の土砂崩壊があった（写真 7.5）．崩壊部の幅約 30m，崩壊部の斜面方向長さ約 30～50m，崩壊部上端から下流最遠到達地点まで約 150m である．また，崩壊部の傾斜角度は上端から 30 度から 10 度と徐々に緩い傾斜となっている．翌日の調査時点では流水も確認されており，土砂はかなりの水分を含んでいた．崩壊部下端付近にあった竹や栗の木は土砂に押し流されて下流側に移動した．この斜面は，沢部を盛土し，田圃を造成したものであったが，1978 年宮城県沖地震や 5 月の地震でも被害を受けていない．



写真 7.5 河南町北村西猿田地区の斜面崩壊



写真 7.6 地滑り斜面の全景 (矢印が証言者の家屋)



写真 7.8 地滑り下端の土砂の状況



写真 7.7 地滑り泥流の到達部

斜面の崩壊は、後述するように振動が終わってから数分して発生したことが目撃証言されている。また、本震に引き続き余震でも斜面に向かって右側部が崩壊したことも証言されている。

(2) 目撃者の聞き取り調査

調査団が行った聞き取り調査をまとめて文章にすると、住民の証言（地滑り下端家屋（写真 7.6）の住民（お母さん（50代）、娘さん（20代）

「夜中の地震（前震）であまり寝られなかったが、余震のとは違ったズンズン言う地鳴りが続いていたので、今考えて見れば地滑りの予兆ではないかと思う。朝の大きな地震（本震）は縦揺れが大きく（横揺れは揺れの後半のみ）、1～2分継続して揺れていた様に思う。0歳の子供を抱きながらおじいさんを連れ出してどこかに逃げようと、あわてて外にでて車に乗ろうとしている時に向こう側の山の左側（崩落面から見て右岸側）が一気に崩れてきた（二人ともそろって崩れるのを見た）。泥は門のところの巨石を並べた石垣で止まったが（写真 7.7）、もう少し早く車で道にでていたら巻き込まれていたようで

ぞっとする。山の左に植えられていた栗と桜とケヤキの木はほとんど傾かず泥流と一緒に一気に流れてきた。地滑りの時間は1～2分ではないか。とても早くマラソン選手でも追いつけないほどだった。揺れが収まってから斜面が崩れるまで2、3分は時間があったと思う。斜面が崩れてきたのを見てからは、怖くなって再び家に戻った。午後5時の地震（余震）では山の右側（崩落面から見て左岸側）がさらに崩れて田圃の苗が斜面一面に広がった。」となる。

この証言から、斜面崩壊が生じるまでは振動終了後2～3分後程度経過しており、その後築館と同様に比較的早い速度で土砂が移動したと推定される。また、土砂は崩壊斜面中腹部に植えられた栗や桜、ケヤキの木を巻き込みながら泥流状になって押し寄せてきたことも証言により明らかである。実際、写真 7.8 に示すとおり地滑り下端の土砂は多量の水を含んでおり、足を踏み入れられないほど緩く堆積していた。

この丘の上はもともと山林であったものを昭和30年頃から開田し、下からポンプ揚水した水での稲作を行っていた。今回地滑りを起こした斜面は開田で生じた土を沢部に重機で押しつけて造成したとのことで、崩壊前は竹林のすぐそばに栗、山桜、ケヤキの木がそれぞれ1本ずつ植えられていた以外は腰丈ぐらいの雑草が多い茂る斜面であったという。なお20年ほど前には丘の反対側の斜面が雨による滑りを起こし、下にあった家屋はその後別の場所に移転している。地震後、今回地滑りを起こした箇所だけでなく、丘の縁端部の多くで端部境界に平行に重複する亀裂・段差が連続的に見つかった。その中には水田の中を通過しているものも多く、丘中央部のわずかな田圃を除き、水が枯れた状態になっていた。

(3) 崩壊土砂の土質

複数の機関が実施した崩壊土砂の土質特性は以下のと

表 7.1 土質 物理試験結果

試料番号	上部露頭	下部露頭	崩積土	採取地点 A	
				①	②
土粒子の密度	2.700	2.752	2.699	2.709	
レキ分 (%)	0	0	4	12	12
砂分 (%)	76	81	49	64	62
シルト分(%)	8	8	22	12	17
粘土分 (%)	16	11	25	12	9
最大粒径(mm)	4.75	4.75	19.0	—	—
土質分類 {記号}	細粒分質砂 {SF}			レキ混じり 細粒分質砂	
液性限界(%)	—	—	—	38.5	
塑性限界(%)	—	—	—	24.7	
塑性指数(%)	—	—	—	13.8	
自然含水比(%)	—	—	—	28.8	

注) 試料採取場所は図-7.1 を参照, 液性限界・塑性限界は 475_m 通過分に対して実施,

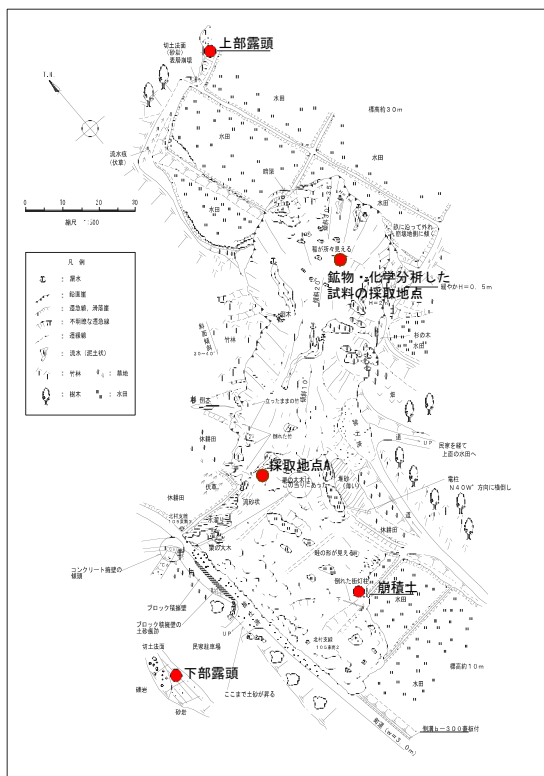


図 7.1 物理試験用試料採取位置²⁾

おりである。それぞれの試料の採取位置を図 7.1 に示す。

これによれば、土質は砂分を多く含む砂質土であるが、同時にシルトや粘土の細粒分を多く含み、細粒分含有率 20%以上であることが特徴である。表の 3 カラム目の遠方まで流下した崩積土においては、粘土分が多いこともわかる。また、粒子の比重は一般的な土の範囲である。

(4) 崩壊土砂の鉱物学的・化学的性質

崩壊面から採取した土砂試料に対して分析を行った。崩壊土砂は「礫混じり細粒分質砂」に分類されており、緑がかかった暗灰黄色(標準土色帖では暗オリーブ色(Hue 5Y 4/3))を呈している。全岩試料ならびに水簸試料(粒径 2 μ m 以下の粘土分)に対し、以下の実験を行った。

○X線回折分析

XRD 分析により試料の鉱物組成を調べた。分析は、全岩試料に対し不定方位法、水簸試料に対し定方位法によった。さらに、粘土鉱物の同定のため、水簸試料に対し、エチレングリコール蒸気飽和処理(EG 処理)、 K^+ 飽和処理(K 処理)、塩酸処理(HCl 処理)をし、同様に XRD 分析した。実験条件は、CuK α を使い、管電圧/管電流 40KV/20mA、走査速度 1 $^\circ$ /min、スリット系 0.5 $^\circ$ - 0.3mm - 0.5 $^\circ$ である。分析の結果、多量の石英、ならびに少量の斜長石と粘土鉱物が検出された。粘土鉱物は、薬品処理された水簸試料の X 線プロファイルからパーミキュライト、緑泥石、イライト、カオリン鉱物に同定された。

○化学的溶解法による非晶質成分の定性・定量分析

定性分析は、フッ化イオンによるアロフェンの簡易判定法¹⁾によった。定量分析は、SEGALIN 法により行い、定性・定量分析ともに全岩試料を用いた。

全岩試料の定性分析により、非晶質成分が存在することを示す結果が得られた。フッ化イオンを用いた簡易判定法は、遊離 OH 基の呈色反応を利用する方法であり、判定結果は、アロフェンやイモゴライトなどの非晶質粘土鉱物のほかに、鉱物の風化変質過程で生じるゲル状物質などの非晶質成分、さらに結晶性粘土鉱物の端面に存在する OH 基による影響を受けていることが考えられる。

また、非晶質成分の含有量を求めたところ、非晶質成分の含有割合は 28.8wt.%であった。

○交換性陽イオン分析

水簸試料の交換性陽イオン分析を遠心分離法で実施した。交換性陽イオン (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) の合計量を陽イオン交換容量(CEC)とした。陽イオンの構成比は、 Mg^{2+} が 48.5%で最も高く、 Ca^{2+} が 39.3%とそれに次いでいる。 K^+ と Na^+ の構成比はそれぞれ 8.1%、4.1%と低い。2 価陽イオンが約 88%を占めている。

Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} を合計した陽イオン交換容量は CEC=31.9meq/100g であった。

○粒子表面の pH・電気伝導率測定

全岩試料の土粒子表面の水素イオン濃度 pH を測定した。さらに土懸濁液の電気伝導率 E_c を JGS 0212 に準拠して測定した。全岩試料の土粒子表面の水素イオン濃度は pH=3.82、電気伝導率は $E_c=1.8mS/m$ である。



写真 7.9 泥流化した斜面災害の航空写真
(左：5.26 地震の築館町、右：7.26 地震の河南町) —国際航業（株）提供—

(5) メカニズムの考察³⁾

この斜面崩壊は、写真 7.9 に示すように 5 月の築館の斜面崩壊と形態的な特徴が類似しているため、注目されている。これら二つの地点の相互対比すると、両地点とも人工的に沢部を埋めて造成（盛土、地山を押し出し）された土地の斜面である。このような地震を引金にした泥流状の土砂崩壊が生じる地盤の土質の特徴として

- ① 細粒分を含む（20～30%）砂質土であること
- ② 土粒子の骨格構造がゆるいこと、すなわち造成盛土によって、よく締固められない状態のまま斜面を形成していること
- ③ 含水比が高いこと、例えば沢部など集水地形にあり、常時水を多く含むこと

があげられる。

写真 7.9 に示すように形態的な特徴は非常に類似している一方で、斜面を構成する土質は明らかに異なっている。築館の土は、軽石混じり火山灰質シルト質砂であるが、河南町の土は砂質の崩積土である。

河南町の斜面災害で最も注目すべき特徴的な被害は、振動終了後数分してから斜面が動き出している点にある（崩れた土砂が崩壊し堆積するのに要した時間は 3 分から 4 分という見解もある。振動が斜面崩壊の引き金であり、しかも揺れによる慣性力が直接的な原因でないことから、繰返しせん断に起因する有効応力の低下（広い意味で液状化と言ってよいと思われる）が最も有力な

メカニズムの説明と考えられる。振動後に崩壊したのは、過剰間隙圧力の伝播に時間を要したか、余震の影響が考えられるが、現時点では後者の原因となった余震は報告されていない。さらに、前震によって過剰間隙水圧が生じていたところに強い本震が作用したことの影響や前震によって生じた亀裂に雨水が浸透して斜面をより不安定化させていたのではないかという見解もある。

以上のようなメカニズムを検討する上では、土の詳細な力学試験を初め、斜面の初期状態などを正確に把握する必要がある。また、土の鉱物組成や化学的性質が力学特性と関係している可能性もある。今後、多方面からの解析が望まれる。

参考文献

- 1) 日本粘土学会：粘土ハンドブック 第二版，技報堂 pp.97,1987.
- 2) http://www.oyo.co.jp/saigai/miyagi_hoku/kitamura/hearing.html
- 3) 地盤工学会：2003 年三陸南地震・宮城県北部地震災害調査報告書