

各種斜面災害への地盤構造と透水性の不連続性等の影響

那須 誠

フェロー会員 博士(工学) 前・前橋工科大学 (〒359-0021 埼玉県所沢市東所沢2-34-8)

斜面災害対策確立の基礎的資料を得るために、各種の斜面災害を地盤に焦点を当てて調べた。斜面災害として、地すべりや盛土、切土、自然斜面等における被害が含まれる。災害に大きく影響したと考えられる、素因としての地盤の構造と透水性の状態に共通性が認められ、誘因は地震や降雨、地盤の人工改変等であるが、素因としての地盤の構造不連続性や透水性不連続性等が共通に挙げられることが分かった。なお、透水遮断(透水不連続性による)には施工時の盛土や切土等(人工改変)による排水性低下、あるいは施工後の経時的な排水性低下、地震時の水道の崩壊等による排水性低下等が含まれる。

キーワード: 各種斜面災害, 地盤構造, 強度, 透水性, 不連続点

1. まえがき

斜面災害対策確立の基礎的資料を得るために、各種の斜面災害を地盤に焦点を当てて調べた。斜面災害には地すべりや盛土、切土、自然斜面等における被害が含まれ、新旧地形図、地盤図や地質図、空中写真等を使用して検討を行い、地盤の構造、強度、水理特性(透水性)等の影響を明らかにした。その結果、被害に大きく影響したと考えられる、素因としての地盤の構造と透水性に共通性として不連続性が認められたので、以下に報告する。

2. 調査対象災害

ここでは災害の代表事例として、1923年から1994年までに起こった災害の中から、表-1に示すように地すべりや盛土、切土、自然斜面等の種別毎に取り上げて地盤との関係について調べた。

3. 災害事例と地盤の関係

(1) 地すべり

a) 地付山の地すべり

1985年7月26日に発生した地すべり状態を図-1に示す¹⁾。地山は裾花凝灰岩からなる旧地すべり崩土である²⁾。地すべり後施工の排水トンネルと集水井(○印)では、滑落崖直下のトンネルNo.2が多くの水を集め、特に集水井W1が働き、地すべり下部では集水井W17が特に多くの水を集めている¹⁾。地すべり発生前後でW1からW17に向かう流れがみられる。W17は地すべり発生前は湧水のある湿地で老人ホームの付近である²⁾。この老人ホームは1953年開設し、1978～1980年全面改築拡張さ

れた²⁾。1980年暮れは豪雪で翌年春の融雪期に戸隠有料道路(バードライン)の各所で石垣や斜面の亀裂、路面凸凹、側溝変形等が発生した(1985年地すべりによる同道路の崩壊区間は1963年10月着工、1964年8月完成)²⁾。集水井W2, 6, 19を結ぶ別な流れもある¹⁾。以上は泥岩層以浅の浅層地下水でこれらの井戸は降雨直後に水を集めている^{1), 2)}。

地すべり末端部にある鬼沢内集水井も泥岩層以深の深層地下水を多く集めている^{1), 2)}。1968年から1970年にかけて行われた湯谷団地造成工事²⁾の際に沢部で盛土がなされている。なお、図-2の旧地形図³⁾では老人ホームは丸印A内の沢部の四角枠内にあった。図-2の丸印B内の沢部では5～6日前に大崩壊に先立つ小崩落が生じている²⁾。図-1の観測点Tでは地すべり発生前に、地下水位が梅雨期と融雪期に顕著な上昇を示し、1985年6月には20mの水位変動が観測されている⁴⁾。長野市の1985年の梅雨期の総雨量は6月11日～7月20日が544mm(年間降水量平均約980mmの55%)で平年の約2.5倍、7月11～20日が187mm(同19%)で平年の約3.5倍で多かった²⁾。

ここで、図-3(文献5), 6)に加筆)に地すべり前後の空中写真を示すが、特に同図(a), (c)を比べると池が移設されていることが分かる。崩落した地附山斜面の地すべり下部にあった、この水の湧く池(湿地)⁷⁾が地すべり発生前に埋め立てられて水道が塞がれて透水遮断が起き地すべりに影響したことが考えられる⁸⁾。さらに、地すべり末端部の鬼沢には宅地盛土が作られているが⁷⁾、これによって同様に地中の透水性が低下して水が貯留したことが地すべりに影響したことも考えられる⁸⁾。

なお、武蔵野線新小平駅の隆起災害(1991年10月11日)⁹⁾をみると、同年8～9月の累積雨量が725mm(年平均降水量の約半分)で、同年9～10月も350～500mmと過去平均値(例年150～200mm)と比べて非常に多かった。同駅と約1km離れた地点では例年の年間地下水位変動量が約6m前

表-1 各種斜面災害の代表事例調査結果一覧表

No.	災害箇所	発生年月日	災害種別	地盤状態(構造)	地盤状態(透水性)
1	地附山の地すべり	1985. 7. 26	地すべり	人工改変地盤(力学的不安定化)	透水遮断(透水性不安定化)
2	函館本線の地すべり	1994	地すべり	人工改変地盤(力学的不安定化)	透水遮断(透水性不安定化)
3	寿山団地崩壊(1978 年宮城県沖地震)	1978. 6. 12 (M=7. 4)	団地盛土崩壊	人工改変地盤	透水遮断(透水性不安定化)
4	成瀬駅・原町田駅間盛土崩壊(1923 年関東地震)	1923. 9. 1 (M=7. 9)	盛土崩壊	人工改変地盤(力学的不安定化)	透水遮断(透水性不安定化)
5	目時地区国道盛土崩壊(1968 十勝沖地震)	1968. 5. 16 (M=7. 5)	盛土崩壊	人工改変地盤(力学的不安定化)	透水遮断(透水性不安定化)
6	御嶽山松越地区土石流(1984 長野県西部地震)	1984. 9. 14 (M=6. 8)	土石流		透水遮断(透水性不安定化)
7	盛土の地震被害と無被害と地盤		盛土の地震被害と無被害	異種支持地盤状態	透水遮断(透水性不安定化)
8	盛土の降雨等による被害と地盤		盛土の降雨等による被害	異種支持地盤状態	透水遮断(透水性不安定化)
9	切土の降雨等による被害と地盤		切土の降雨等による被害	人工改変(力学的不安定化)	透水遮断(透水性不安定化)

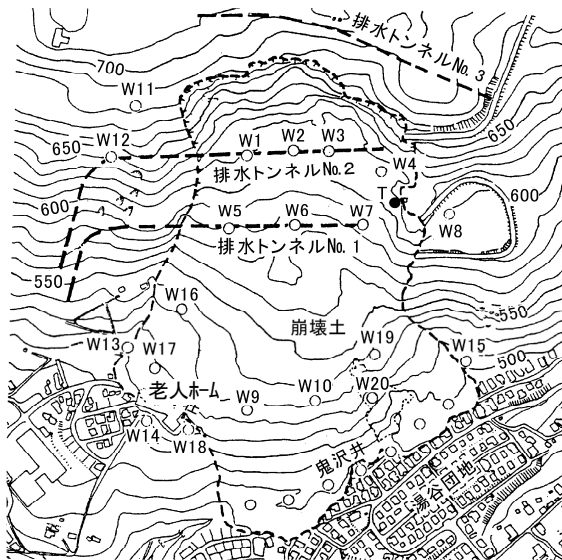


図-1 地すべり状態(原図¹⁾に加筆)

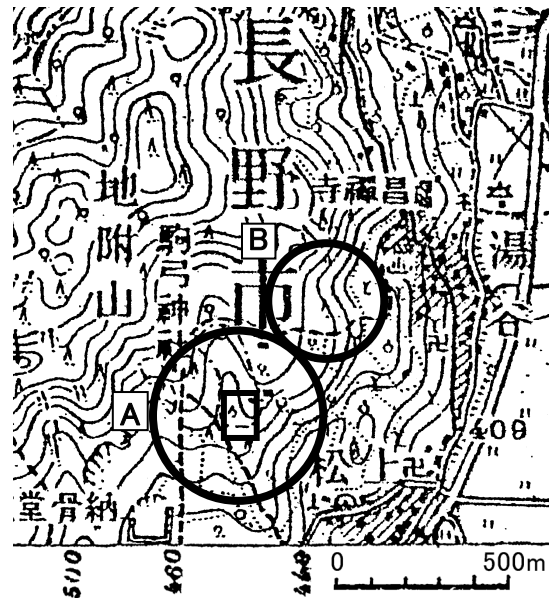


図-2 地すべり位置の旧地形図(原図³⁾に加筆)



(a) 地すべり前(1973 年撮影)⁸⁾



(b) 地すべり前(1983 年 11 月撮影)⁹⁾



(c) 地すべり後(1985 年 7 月撮影)⁹⁾

図-3 空中写真が示す地形の変遷(原図^{8),9)}に加筆)

後なのに対して、この災害時は約9mと異常に高かくかつ上昇割合も異常に大きかったこと等が調べられている(図-4参照)⁹⁾。ここで上記地すべり地と同様のことが認められる。なお、この地下水位変動量が大きい地点は透水性の急変化点と考えらる¹⁰⁾。

b) 函館本線の地すべり

図-5 は A, C, D 区間における線路と用水路、水田等の変状を示す(1994 年時点)¹¹⁾。ここでは 1973 年 4~12 月に水田造成と農業用水路掘削(図の c, 幅 3m, 深さ 1m)が行われ、山裾凸部 2 箇所(図の b, 図-6¹²⁾も参照)も切り取られてから変状が顕著に大きく現れた。即ち同工事の 8 月の台風による 106mm の降雨と、その後降り続いた計 323mm の降雨により数箇所に変状が発生した。特に C 区間の a 付近で右側側溝の間知石変状、右側法面の亀裂や食い違い等の変状が発生した。同年 10 月にも 2 回の変状が生じた。これらの変状は地すべりに関係するものであり、その後の変状は現在(1994 年当時)まで融雪期(3~5 月)に現れ、降雨が少ない 6~7 月に治まり、台風や集中豪雨の時期(8~9 月)に再び活発になっており地中水の影響が大きいことが分かる。さらにこの地すべりは用水路造成に伴う地すべり末端部の除去と関係が深く力学的なバランスが崩れたことの外に、降雨に地すべりがよく反応しているので、水田の客土等が透水性を低下させたことなども考えられる。

以上の a) と b) の地すべりは降雨と関係があり、特に a) では例年にない大雨による地下水位の異常上昇が原因になったと考えられているが⁴⁾、それには湿地の埋め立て等で地盤の水理学的なバランスが変化した影響も推察される^{8), 11)}。また、b) では地盤の力学的なバランスの変化が大きく影響していることが推察される¹¹⁾。

(2) 地震で大規模崩壊した盛土と自然斜面

a) 成瀬駅・原町田駅間盛土崩壊

大正 12 年関東大地震(1923. 9. 1)で、横浜線成瀬駅・原町田駅間(東神奈川起点 13 哩(20.92 km)付近)の最大高さ約 14.7m の盛土が、図-7 の写真に示すように大規模に崩壊(最大沈下 6m)して右方(北側)の田圃を遠方まで埋めた¹³⁾。ここは同図内の左上の地形図(1969 年頃、原図¹⁴⁾に加筆)に示すように、台地の縁の枝谷(支谷)を渡る高盛土であり¹⁵⁾、現在でも枝谷中央出口にある法尻から伏樋を通して湧水があり、法尻付近の地盤は含水状態が高く、その地盤の上を歩くと表層の埋土の下に腐植土層等があるように軟らかく感ぜられる。

b) 目時地区盛土崩壊

昭和 43 年十勝沖地震(1968. 5. 16)で、岩手県三戸町

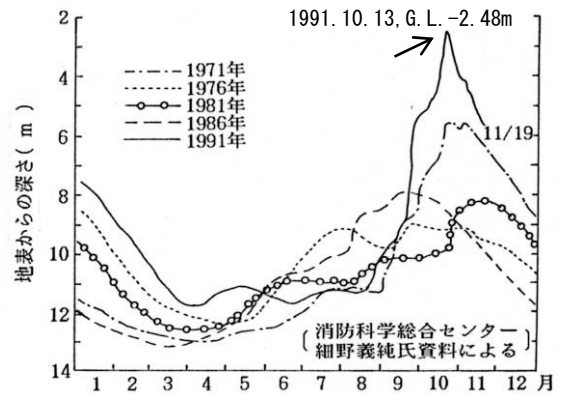


図-4 地下水位の経年変化(新小平駅付近)⁹⁾

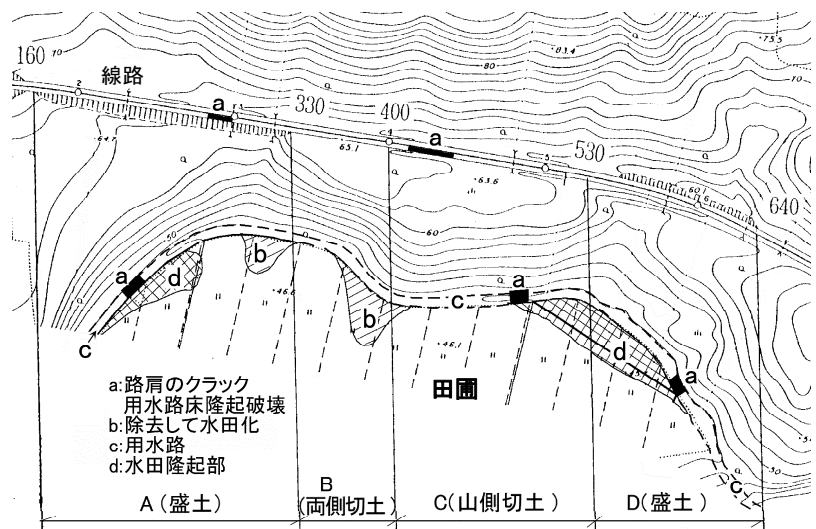


図-5 平面図(1994 年時点)¹¹⁾

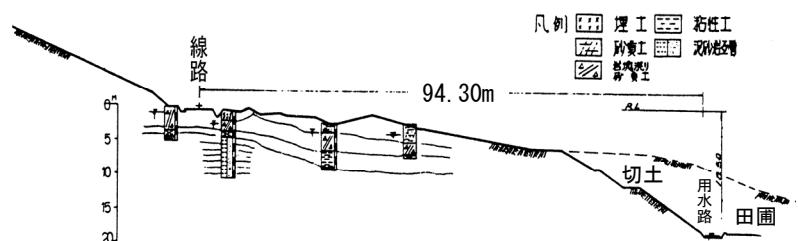


図-6 図-5 の b 位置(434M)の地盤横断面図¹²⁾

目時地区の国道 4 号線の砂質土からなる最大高さ約 5m の盛土が、幅約 110m に渡って 1 方向に法先から約 40m の遠方まで流出する大崩壊を起こした¹⁶⁾。この盛土は段丘を開析して発達した沢の枝谷を横断し(図-8¹⁷⁾)、この枝谷の下流方向に盛土のみの流出が生じた。図-9¹⁸⁾から分かるように、盛土下の軟弱地盤はローム層や有機物混入の粘性土からなり、その下の基盤の表面は枝谷の延長方向に傾斜している。盛土はこの基盤表面の急傾斜部分に位置して崩壊した。左右両側に法面のある盛土であるが両側の田圃の高さが異なっている¹⁶⁾、両側法面の高さも異なっているのは、基盤表面の急傾斜部分に位置しているためである。土砂の移動や路面の亀裂等の発生状

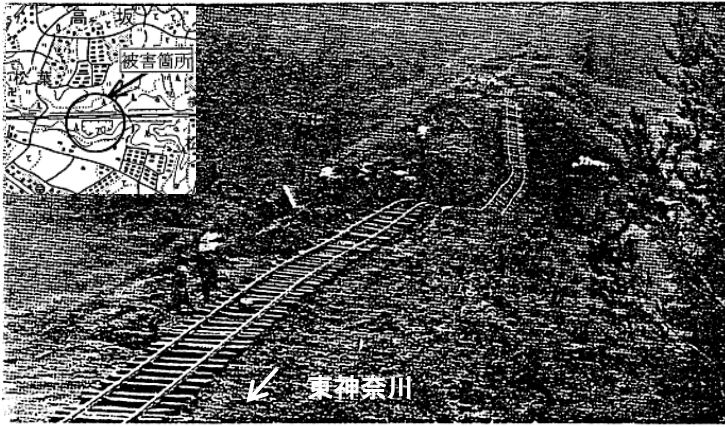


図-7 成瀬・原町間盛土崩壊(1923 年関東大地震¹³⁾, 左上の地形図は文献¹⁴⁾より)

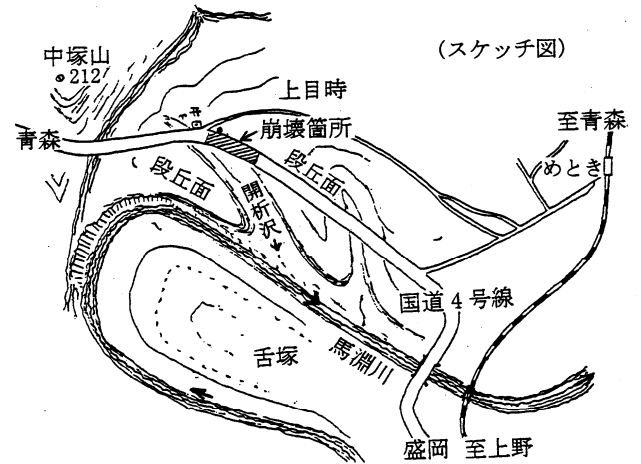


図-8 目時地区盛土の崩壊位置図¹⁷⁾

況から崩壊は青森方向から盛岡方向に向かって斜めに生じたことや、道路の舗装のアスファルトが最上層に乗った状態で流出していること、そのほかに滑落崖の下部や崩壊路体の下部に湧水があること等が認められている。また、崩壊箇所の盛土の盛岡側には流動を防ぐ木杭が多数打ち込まれており、過去にも流動の兆候があったことが推定されている¹⁷⁾。

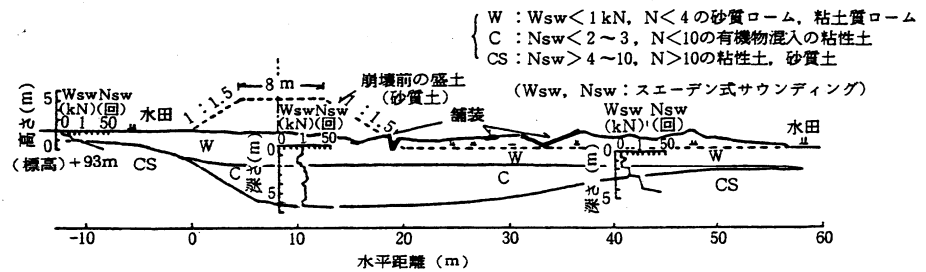


図-9 目時地区盛土の崩壊状態と地盤¹⁸⁾

c) 寿山団地盛土崩壊

昭和 53 年宮城県沖地震(1978. 6. 12)で、白石市において寿山第四団地の宅地造成盛土が図-10¹⁹⁾~11²⁰⁾に示すように大規模(土量約 8 万 m³)にすべって崩壊した。その崩壊部の側方は切土と盛土の境界部にほぼ一致している²⁰⁾。この盛土は元の谷を埋めてつくられており、元の谷には旱天でも溜れたことがないという湧水とそれを受ける溜池が存在していた¹⁹⁾。また、この盛土の末端の法面には、前々年の夏に台風による強い雨の影響で崩壊して土石流が起きた経歴があることと¹⁹⁾,²⁰⁾、地震による崩壊箇所がほぼその強雨の際の被害箇所と一致していたこと²⁰⁾が報告されている。このように湧水があって雨による崩壊歴があったこと等を考慮すると、この盛土は水を溜めやすい構造になっていたこと等が推定される。

d) 松越地区土石流

長野県西部地震(1984. 9. 14)で、長野県王滝村松越地区にある御岳山の麓で泥流堆積物の土石流が、図-12に示すように大規模に(崩壊土量約 29 万 m³)発生した。地震後の調査で滑落崖から湧水が生じていることと、旧地形の谷部に堆積した軽石凝灰岩が挟んでいる高含水比の軟弱層を主なすべり面として、その上の泥流堆積層等が崩壊したこと等が明らかにされている²¹⁾。



図-10 寿山団地盛土の崩壊図(1978 年宮城県沖地震, 文献¹⁹⁾を集成)

e) 大規模地震被害と地盤の関係のまとめ

以上の地震被害が大規模に生じた盛土や自然斜面の存在する地盤に次の共通事項が認められる。即ち、ともに谷状の地形に存在していて(盛土は沢渡り盛土といわれる)、湧水が存在し集水地形になっている。また、盛土や斜面の下には地山との間あるいは法尻部の地盤に軟弱粘性土層(粘土層や腐植土層)が存在している。

このような地盤では、地震時に比較的薄い軟弱粘性土層に地すべりが生じて、あるいは軟弱粘性土層と比較的硬い土層の間に鉛直・水平両方向の不同変位が発生して盛土や斜面に被害が発生することが考えられる。

なお、軟弱粘性土層は不透水層となって浸透してきた水をその上に貯留するとともに、粘性土層を軟弱化させて地震時にその土層が沁り面になる。また、地震のときに地盤や盛土内の水道が崩壊して閉塞状態になり透水遮断がおきて、浸透水が貯留して間隙水圧が上昇するとともに、含水状態が大きくなって重力が増して、盛土や斜面を崩壊させる。宅地造成の際に残存した山の斜面の最上層の腐植土層や腐植土混じり粘性土層等も地震時に沁り面になると考えられる。

(3) 盛土の地震被害と無被害と地盤の関係

地震で被害を受けた盛土の地盤と、被害を受けていない盛土の地盤に違いがあることを次に述べる。

地震被害を受けた盛土は地盤条件の不連続点に作られ、無被害盛土は硬質地盤や様な表層地盤に作られている。即ち、地盤に追従して動く盛土に被害が少なく、地盤条件の不連続点に作られて地盤の動きに抵抗する盛土に地震被害が多い。また、砂・礫土層の下に軟弱粘性土層等がある互層地盤(上下逆転型地盤)で被害が多い。被害原因として、互層地盤(上下逆転型地盤)で地盤の不連続点に発生する不同変位が挙げられる。

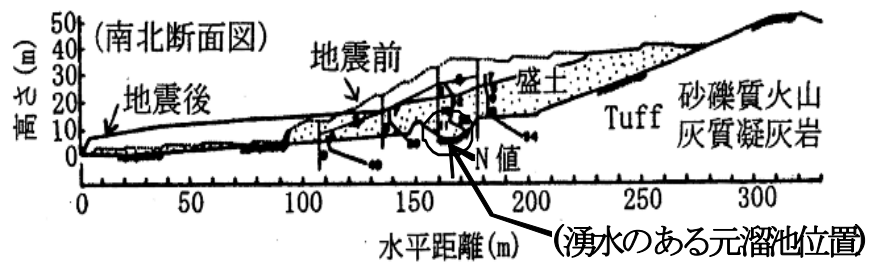


図-11 寿山団地盛土の崩壊前後の断面図²⁰⁾

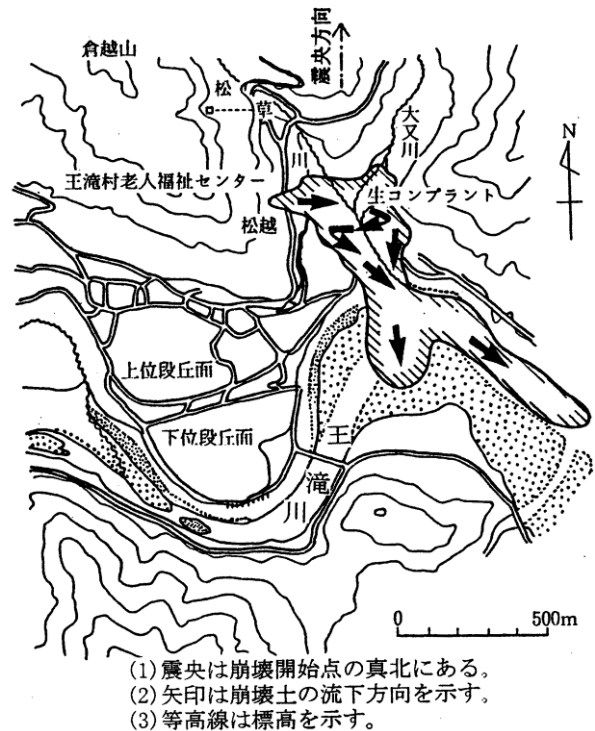
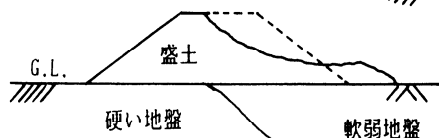


図-12 松越地区土石流発生状況(1984年長野県西部地震)²¹⁾

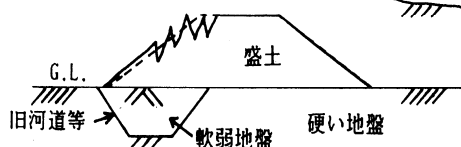
(a) I型(法面流出)



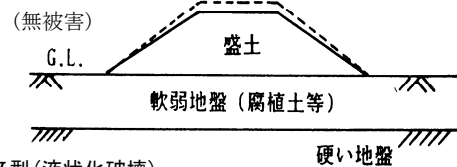
(b) II型(盛土崩壊)



(c) III型(盛土縦割れ)



(d) IV型(盛土沈下)



(e) V型(液状化破壊)



--- 地震前
— 地震後

図-13 盛土の地震被害と地盤構造の関係²²⁾

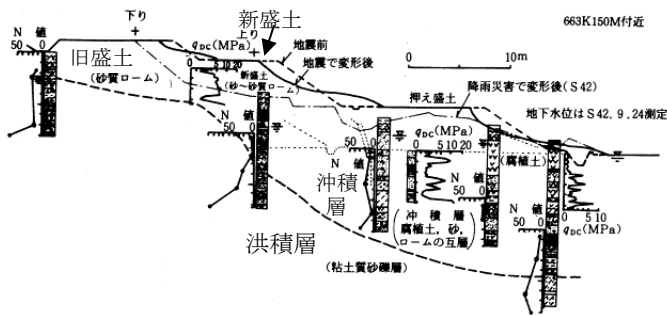


図-14 向山・三沢間盛土の地震被害と地盤²³⁾

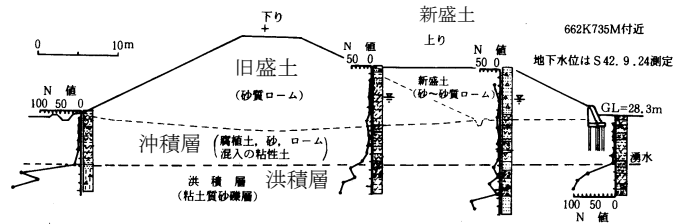


図-15 向山・三沢間盛土の地震無被害と地盤²³⁾

以上の盛土に地震被害が発生しやすい地盤は図-13のようにまとめられる²²⁾。盛土被害は地盤条件の不連続点の硬軟地盤境界部で発生しやすいが、この図に示すように盛土のりり崩壊は、軟弱地盤が盛土の外方まであるときに軟弱地盤が法尻から盛土内部に入り込む距離が大きい程大きく生じる(同図(a), (b), (e))。大きい亀裂は軟弱地盤が盛土の下に局部的にあるとき(同図(c))に生じる。盛土は薄い軟弱土層のあるところとないうるに跨るときにも被害を受けやすい(同図(e))。また、盛土はその強度に関係なく同図のような地盤で被害を受けており、盛土の地震被害発生には盛土強度よりも地盤構造が大きく関係する。地震時の盛土被害は地盤の不同変位で発生し、同図(a), (b), (e)は軟弱地盤の比較的大きい水平変位と沈下によって、同図(c)は地盤に局部的に発生する水平変位と沈下によって発生することが考えられる^{8), 9)}。

1968年十勝沖地震で向山・三沢間で崩壊した盛土とその付近で無被害の盛土がある²³⁾。軌道まで及ぶような大崩壊が生じた盛土は台地際の枝谷の出口にあって、図-14のように台地の硬地盤と谷底平野の腐植土等からなる極軟弱地盤に跨がっていて、新盛土本体と押さえ盛土総てが軟弱層の上にのっている。盛土の変形は基盤面の傾斜方向に生じた。何らの変形も生じなかった盛土の下には図-15に示すように、腐植土等からなる軟弱地盤がほぼ水平に堆積している。ここでは地盤に不同変位は発生しない。以上はそれぞれ図-13(b), (d)に該当する。

(4) 崩壊した法面・斜面と地盤の関係

降雨等により崩壊した法面・斜面と地盤構造の関係を図-17に示す^{24), 25)}。盛土の災害は平野部の平坦地形では自然堤防のような良好地盤と軟弱地盤の境界部(Aの場合)で発生し、山間部や台地等では比較的小さな沢地形(枝谷)と軟弱地盤の境界部(Bの場合)あるいは比較的小さな沢地形上(Cの場合)で発生し、法面・斜面の災害は比較的小さな沢地形上(D₁, D₂の場合)で発生している。次に図-16をもとに主として透水性の不連続性に着目して推定した崩壊発生機構を示す。

①Aの場合、平野部の盛土の地盤に建設中と供用時に変位差が生じる場合である。盛土は良好地盤の自然堤防上では変形が小さいが、軟弱地盤上では地盤の圧密沈下や側方流動のために比較的大きく沈下や水平変位して、両地盤境界部では盛土に比較的大きい亀裂が発生する。しかも軟弱地盤は厚さや強度が一様でないため、

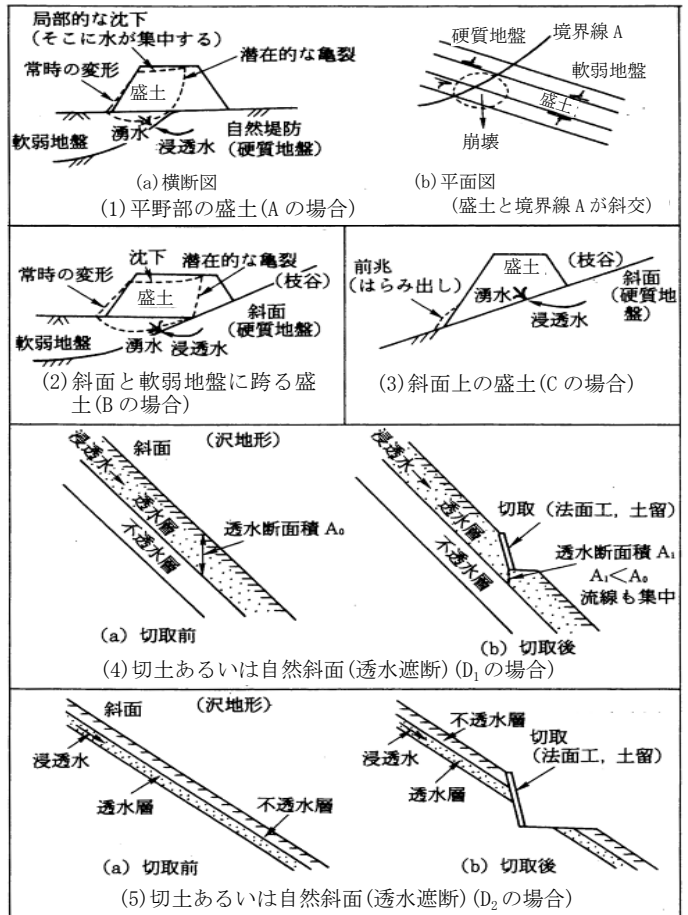


図-16 崩壊法面・斜面と地盤構造の関係²⁵⁾

軟弱地盤そのものが不同変位(沈下, 水平変位)するので、その上の盛土に亀裂や間隙が生じたり軟らかくなったりして不均質性が生じる。さらにその盛土表面がたるんで集水し易くなる。このように地盤状態に応じて盛土の透水性に不連続性が生じて、その亀裂や間隙に浸透水が堰き止められたり貯溜したりして、あるいは盛土が自然堤防の湧水箇所につくられたりして崩壊する。例えば常時から浸透水によって盛土が水分を多く含んで軟弱化したり、河川の増水して高くなった水位が自然堤防内を伝わって盛土内の水位や水圧を高めたり、盛土が湧水口を塞いだため、あるいは圧密沈下の進んだ軟弱地盤は透水性が小さくなって浸透水遮断が起きて、浸透水が地山あるいは盛土に貯溜したりして大きな水圧が生じて盛土が崩壊すると考えられる。

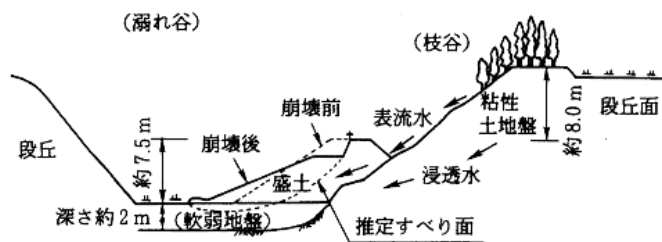


図-17 能登線盛土の崩壊状況と地盤状態²⁵⁾

②B の場合は、斜面と軟弱地盤に跨る盛土が枝谷(支谷)の出口でそれに接する溺れ谷の軟弱地盤と跨る場合で、枝谷をAの場合の良好地盤の自然堤防とみなせば、ここではAの場合と同様な現象が発生して盛土が崩壊すると考えられる(例えば、図-17²⁵⁾)。なお、Bの場合には、さらに透水係数の小さい盛土で透水遮断が起きて堰堤のように作用して、表流水や浸透水が盛土背後の部分に多く溜り、盛土が押し出されるような現象が生じたことも考えられる。

③C の場合は、斜面上の盛土の地山が崖錐等で砂礫等からなる透水性土層と粘性土のような不透水性土層を含む場合である(例えば、図-18²⁶⁾)。何らかの原因で透水性の良い土層の透水性が悪くなって(例えば盛土で崖錐が圧縮されて透水性が悪くなったときや、水道が土砂によって目詰まりを起こしたとき、あるいは盛土が湧水口を塞いだとき等)、透水性土層に水が時間の経過とともに溜まって盛土が崩壊する。また、そのような水の貯留によって粘性土が強度低下を起こして崩壊が生じることも考えられる。

④D₁ の場合は、切土あるいは自然斜面で、地山に粘性土のような不透水性土層の上に崖錐等(砂礫等)の透水性土層がある場合である。なんらかの原因で透水性の良い土層の透水性が小さくなって(透水遮断が発生して、例えば、図-19²⁵⁾に示すように切土や法面工や土留工等によって水道の断面積等が小さくなったとき等)、透水性の良い土層に水が時間の経過とともに溜まって崩壊が生じる。また、Cの場合と同様に水の貯留によって粘性土が強度低下を起こして崩壊が生じることもあると考えられる。

⑤D₂ の場合は、切土あるいは自然斜面で、地山に粘性土等の不透水性土層の下に崖錐等(砂礫等)の透水性土層がある場合である。なんらかの原因で透水性土層の透水性が悪くなって(透水遮断が発生して、例えば切土や法面工、土留工、護岸等によって水道が遮断されたとき等)、D₁の場合と同様に透水性土層に水が時間の経過とともに溜まって崩壊が生じる。また、Cの場合と同様に水の貯留によって粘性土が強度低下を起こして崩壊が生じることもあると考えられる。同様に、盛土や切土、斜面の近くの湧水口が埋立等で塞がれて、被害を受ける場合があることも考えられる。

以上のいずれの場合も地盤強度あるいは透水性の不連続なところで、降雨などの影響で高い水頭の水圧が作用して法面・斜面の崩壊が生じたことが推察される。なお、盛土の変形が建設後暫く経ってから、降雨中ある

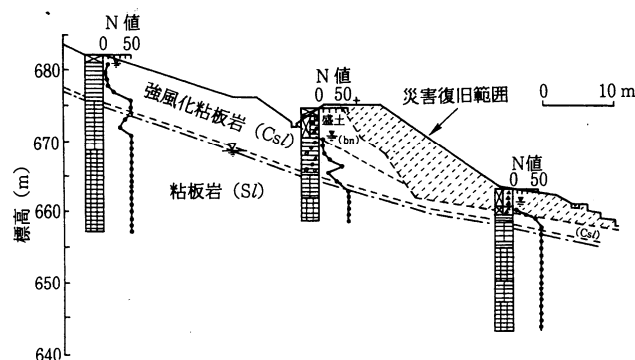


図-18 山田線盛土の崩壊状況と地盤状態²⁶⁾

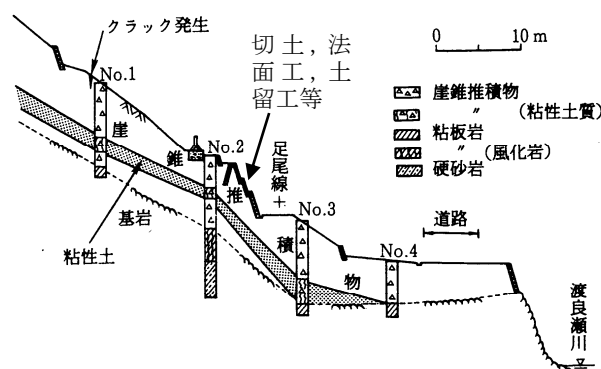


図-19 足尾線斜面の地質横断面図²⁵⁾

いは降雨後暫く経ってから発生するが、このことは地盤構造に対応しているものと推察される。即ち、地盤の圧密沈下や側方流動、盛土の亀裂は時間が経ってから生じるし、浸透水の貯溜は地盤状態(貯留層の透水性や傾斜勾配、体積、間隙等)に応じた時間がかかるし、河川等と水道が通じている場合は河川水位の上昇速度に応じた水圧の伝播時間となるし、粘性土の強度低下等にも時間がかかるためと考えられる。

4. まとめ

以上の調査結果を表-1の地盤状態(構造)と地盤状態(透水性)の欄にまとめる。この表によると災害種別にかかわらず、地盤構造と透水性の不連続点、即ち地盤条件の変化点で災害が多く発生していることが分かる。即ち、①地すべりは降雨と関係があり、3.(1)は例年にない大雨による地下水位の異常上昇が原因になったと考えられているが⁴⁾、それには湿地の埋め立て等で地盤の水理学的なバランスが変化した影響も推察される⁸⁾。また、3(2)では地盤の力学的なバランスの変化が大きく影響していることが推察される。なお、集水井は対策で施工されたものであり、このように地すべり対策には必ず排水工が施工される。それは地下水の浸透が地すべりに密接に関係しているからである。それで地すべりの発生原因追及には地下水の状態を調べる必要がある。

②台地の縁や山腹で地震被害が大規模に生じた盛土と

自然斜面はともに谷状地形に存在していることや湧水が存在すること、集水地形になっていること、盛土等の下部と地山との間あるいは法尻部の地盤に軟弱粘性土層(粘土層や腐植土層)が存在することなどの共通性が認められる。さらに、地震のとき盛土底部等の軟弱土層部分がすべり面になって、あるいは一定厚さでない軟弱土層部分に鉛直・水平方向の不同変位が生じて崩壊が生じたことが推定された。

③地震で被害を受けた盛土と無被害盛土の地盤に違いがみられる。即ち、地震で無被害の盛土は硬地盤や様な表層地盤に作られており、地震被害を受けた盛土は地盤条件の不連続点に作られている。即ち、地盤に追従して動く盛土に被害が少なく、地盤条件の不連続点に作られて地盤の動きに抵抗する盛土に地震被害が多い。また、④砂・礫土層の下に軟弱な粘性土層等がある互層地盤(上下逆転型地盤)で被害が多く発生している。被害原因として、互層地盤(上下逆転型地盤)で地盤の不連続点に発生する不同変位が挙げられる。

⑤法面・斜面等の変状は地盤構造の特異なところで特に沢地形で多く、地盤の湧水口や水道が塞がれたり透水性が小さくなったり、あるいは盛土に亀裂やすべり面等が生じたりして透水性に不連続性が生じ、降雨の際(融雪時も同様と考えられる)の浸透水等の流入と流出に不均衡が生じ、水の貯溜等に時間がかかって発生したことが考えられる。このような地盤構造の透水性には実効降雨量²⁷⁾の考え方を適用して解析的に調べるができるものと考えられる²⁵⁾。

5. あとがき

地すべりや盛土、切土、自然斜面等の各種災害を地盤に焦点を当てて調べた結果、素因としての地盤の構造と透水性の状態に共通性が認められ、災害に地盤の構造不連続性や透水性の不連続性等の影響が大きいことが分かった。なお、透水遮断(透水不連続性による)には施工時の盛土や切土等(人工改変)による排水性低下、あるいは施工後の経時的な排水性低下、地震時の水道の崩壊等による排水性低下等が含まれる。今後この不連続性に観点をのいた調査を深度化させていく予定である。おわりに、以上の調査に当たってお世話になった JR 各社の関係者、並びに引用させて頂いた文献の著者に厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 川上浩, 山浦直人, 坂口一俊: 長野市地附山地すべりにおける地下水の流入状況, 第 11 回日本自然災害学会学術講演会要旨集, pp. 48-49, 1992. 11.
- 2) 長野市地附山地すべり災害誌編さん委員会編: 真夏の大崩落 長野市地附山地すべり災害の記録, 1993. 3.
- 3) 1:5 万地形図, 戸隠, 1952 応急修正, 1952. 7.
- 4) 阿部廣史, 川上浩, 山浦直人: 地附山地すべり地における原位置サクシンの測定, 土木学会第 43 回年次学術講演会講演概要集, III-68, pp. 200-201, 1988. 10.

- 5) 空中写真, 1:2.0 万, 1973 年撮影, 国土地理院発行.
- 6) 長野県土木部編: 地附山 地すべり災害, 1989. 11.
- 7) 川上浩, 山浦直人, 坂口一俊: 長野市地附山地すべりにおける地下水の流入状況, 第11回日本自然災害学会学術講演会要旨集, pp. 48-49, 1992. 11.
- 8) 那須誠: 自然災害と地盤条件, 第 20 回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, III-16, pp. 210-211, 1993. 3.
- 9) 工事誌編集委員会編: 新小平災害復旧工事誌, 1992.
- 10) 那須誠, 上沢弘: 地中構造物の浮上と地盤構造の関係, 平成6年度応用地質学会研究発表会研究発表会講演論文集, No. 21, pp. 85-88, 1994. 10.
- 11) 那須誠: 地盤の人工改変と変状の関係, 第22回日本自然災害学会学術講演会要旨集, No. I-6-1, pp. 71-72, 2003. 9.
- 12) 第 7 回建造物検査技術講演会記録, 国鉄施設局, 1976. 5.
- 13) 土木学会編: 復刻版 大正十二年関東大地震震害調査報告, 第 2 巻, 上水道・下水道・瓦斯工事之部, 鉄道・軌道之部, 雄松堂, 1984. 9.
- 14) 原 図, 地形図, 1:2 万 5 千, 原町田, 1969 修正, 1971. 1. 30 発行
- 15) 那須誠, 羽矢洋, 黒田真一郎: 千葉県東方沖地震による被害盛土の地盤構造, 第 25 回土質工学研究発表会発表講演集, pp. 853-854, 1990. 6.
- 16) 河上房義, 浅田秋江, 田村日出男, 柳沢栄司, 森芳信: 1968 年十勝沖地震により青森県内に発生した崩壊と土質構造物の被害について, 東北大学工学部土木教室研究報告, 第 21 号, 1969. 3.
- 17) 昭和 43 年度一般国道 4 号線目時地区道路崩壊箇所地盤調査報告書, 建設省岩手工事事務所, 梶谷調査工事株式会社, 1968. 11.
- 18) 那須誠: 盛土の地震被害と地盤構造, 鉄道総研報告, Vol. 3, No. 8, pp. 50-57, 1989. 8.
- 19) 中川久夫: 造成宅地の崩壊-1978 年宮城県沖地震の実例, 地質学論集, 第 28 号, pp. 233-239, 1986. 10.
- 20) 柳沢栄司: 地震による宅地盛土の崩壊の一例, 第 24 回土質工学シンポジウム, 昭和 54 年度発表論文集, 土質工学会, pp. 1-8, 1979. 10.
- 21) 後藤凌志: 自然斜面の震害と復旧, 土と基礎, Vol. 35, No. 9, pp. 23-30, 1987. 9.
- 22) 那須 誠: 地震による被害構造物と無被害構造物の地盤の違い, 土木建設技術シンポジウム 2003, pp. 299-306, 2003. 7.
- 23) 那須誠: 盛土の地震被害と地盤構造, 鉄道総研報告, Vol. 3, No. 8, pp. 50-57, 1989. 8.
- 24) 那須誠: 地盤構造から考察した斜面・法面崩壊, 第 36 回土質工学シンポジウム, pp. 127-134, 1991.
- 25) 那須誠: 法面・斜面崩壊と地盤構造, 鉄道総研報告, Vol. 9, No. 3, pp. 19-24, 1995. 3.
- 26) 小林敬一, 村山雅史, 島村誠: 地下水位の上昇に起因する盛土崩壊-山田線浅岸・区界間, 日本鉄道施設協会誌, Vol. 29, No. 6, pp. 27-32, 1991.
- 27) 山田剛二: 国鉄沿線に発達した地すべりの実態およびその分析, 鉄道技術研究報告, No. 719, 1970.