

地震被害が大規模に生じた盛土や自然斜面と地盤の関係

那須 誠¹

¹フェロー会員 博士(工学) 前橋工科大学教授 建設工学科(〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町460-1)

地盤に着目した地震被害の調査結果から各種の地震被害が地盤条件の変化点で多く、被害原因として地盤の不同鉛直・水平変位や地盤変位に伴う急激で大きい偏土圧等が考えられることを既に発表している。今回は、台地の縁や山腹で地震被害が大規模に生じた3つの盛土と自然斜面の地盤について検討した。その結果、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た。さらに、地震のとき盛土底部等の軟弱土層部分が迂り面になって、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ので、その結果を報告する。

Key Words: Earthquake, Large scale damage, Embankment, Natural slope, Ground condition

1. はじめに

地盤に着目した地震被害の調査結果から地震被害が地盤条件の変化点で多く、被害原因として地盤の不同鉛直・水平変位や地盤変位に伴う急激で大きい偏土圧等が考えられることを既に発表している¹⁾。今回は台地の縁や山腹で地震被害が大規模に生じた3つの盛土と自然斜面の地盤の影響について調べたので報告する。

2. 盛土と自然斜面の被害事例

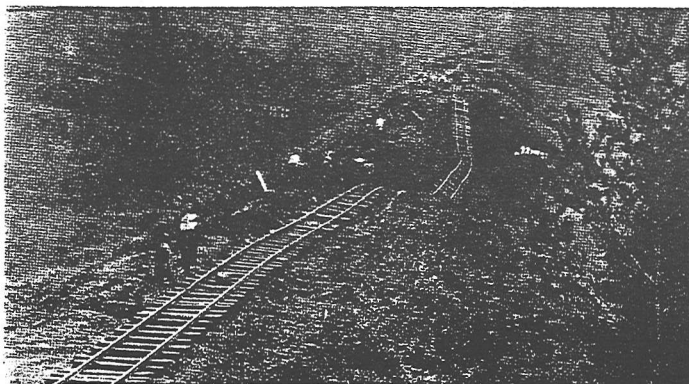
(1) 成瀬駅・原町田駅間盛土崩壊

大正12年関東大地震(1923.9.1, M=7.9)で、横浜線

成瀬駅・原町田駅間(東神奈川起点13哩(20.92km)付近)の最大高さ約14.7mの盛土が、図1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²⁾。ここは図2(1969年頃の地形図³⁾に追加訂正)に示すように⁴⁾、台地の縁の枝谷(支谷)を渡る高盛土であり、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。

(2) 目時地区盛土崩壊

昭和43年十勝沖地震(1968.5.16, M=7.9)で、岩手県三戸町目時地区(図3⁵⁾)で国道4号線の砂質土からなる最大高さ約5mの盛土が、図4⁶⁾と図5⁷⁾に示すように、幅約110mに渡って1方向に法先から約40m



国有鉄道 横浜線長津田原町田間東神奈川起点 13 哩附近築堤の崩壊

図1 成瀬・原町田間盛土崩壊写真(1923年関東大地震)²⁾

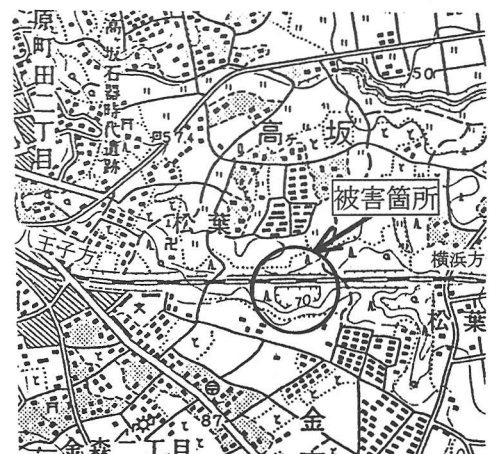


図2 成瀬・原町田間盛土崩壊位置(1969年頃の地形図³⁾に追加)

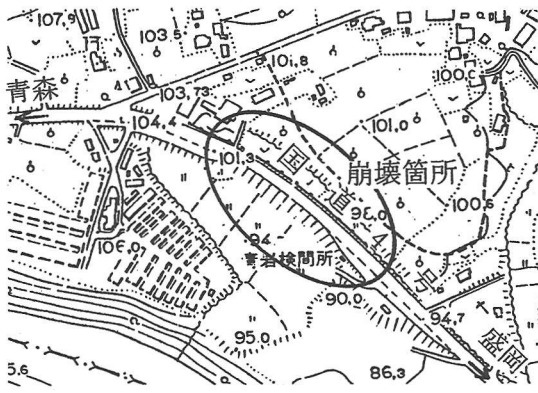


図3 目時地区盛土の崩壊位置⁵⁾

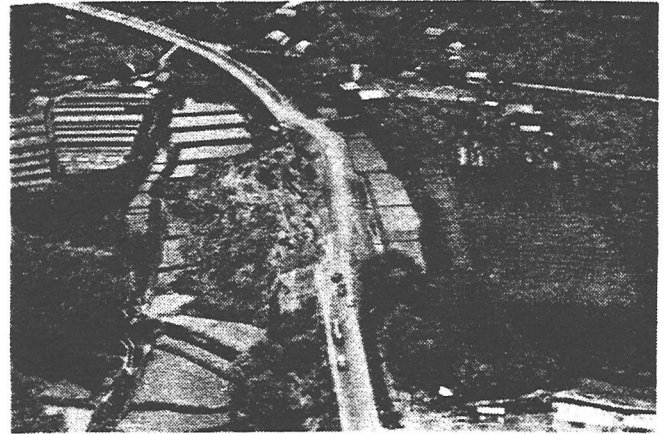


図4 目時地区盛土の崩壊写真(1968年十勝沖地震)⁶⁾

の遠方まで流出する大崩壊を起こした⁶⁾⁻⁸⁾。この盛土は段丘を開析して発達した沢の枝谷(図6⁵⁾)を横断し、この枝谷の下流方向に盛土のみの流出が生じた。図5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

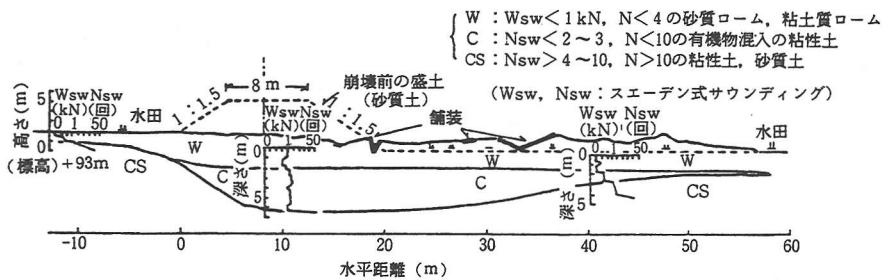


図5 目時地区盛土の崩壊状態と地盤⁷⁾

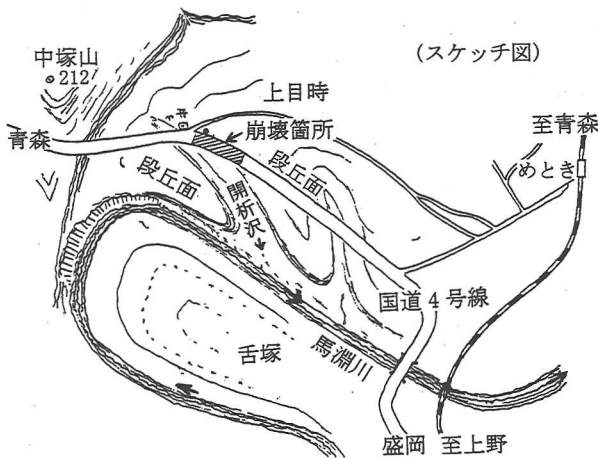


図6 目時地区盛土の崩壊位置⁸⁾

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⁶⁾。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、その他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(図7⁸⁾)。なお、崩壊箇所盛土の盛岡側には流動を防ぐ木杭が多数



図7 目時地区盛土の崩壊状況⁸⁾

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⁸⁾。

(3) 寿山団地盛土崩壊

昭和53年宮城県沖地震(1978.6.12, $M=7.4$)で、白石市において寿山第四団地の宅地造成盛土が図8⁹⁾~9¹⁰⁾に示すように大規模(土量約8万 m^3)に亘って崩壊した。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¹⁰⁾。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⁹⁾。また、こ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⁹⁾¹⁰⁾、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¹⁰⁾が報告されている。このように湧水があつて雨による

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。

(4) 松越地区土石流

長野県西部地震(1984. 9. 14, M=6. 8)で、長野県王滝村松越地区にある御岳山の麓で泥石流堆積物の土石流が、図 10 に示すように大規模に(崩壊土量約 29 万 m^3)発生した¹¹⁾。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、その上の泥石流堆積層等が崩壊したこと等が明らかにされている¹¹⁾。



図 8 寿山団地盛土の崩壊図(1978 年宮城県沖地震, 文献 9)を集成)

3. 地震被害と地盤の関係のまとめと被害機構の推定

以上に地震被害が大規模に生じた盛土と自然斜面の地盤の関係について述べてきたが、これらの盛土と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ているものである)、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這りが生じて、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が、その他に次

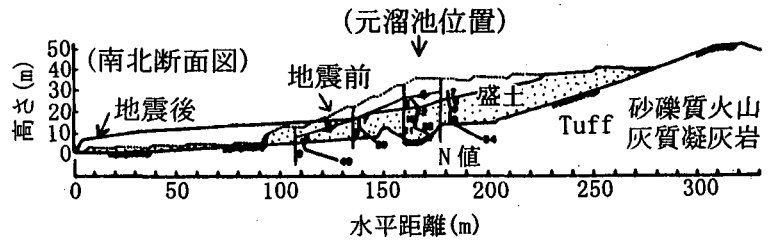
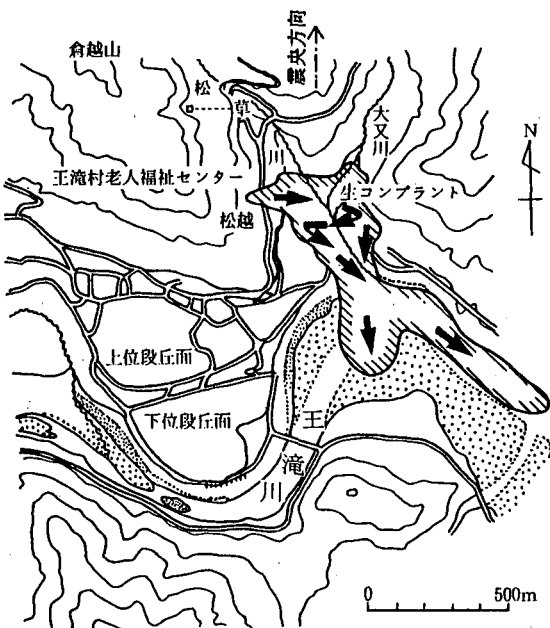


図 9 寿山団地盛土の崩壊前後の断面図¹⁰⁾



- (1) 震央は崩壊開始点の真北にある。
- (2) 矢印は崩壊土の流下方向を示す。
- (3) 等高線は標高を示す。

図 10 松越地区土石流発生状況(1984 年長野県西部地震)¹¹⁾

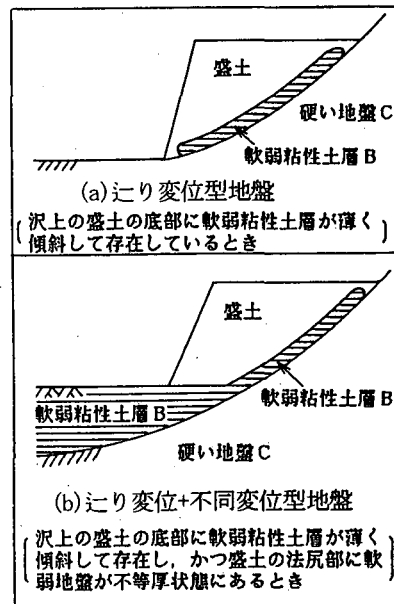


図 11 盛土等に地震被害が発生しやすい地盤構造の例¹²⁾

のようなことも考えられる。

- (イ) 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。
- (ロ) 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。
- (ハ) 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層混じり粘性土層等も地震時に沁り面になる。

(ニ) 薄い軟弱粘性土層が存在している地盤は常時に地沁りが生じる地盤と似ているし、地震時にも軟弱粘性土層が沁り面となって地沁りが発生する。

従って、以上のことを考え合わせると上述の盛土と斜面の地震被害は図 11 のような地盤構造で生じたことが考えられる¹²⁾。同図の(a)と(b)に示す盛土は自然に堆積した地山の斜面や崩積土の他に盛土や埋立土等を含む。なお、人工的に作られる盛土は粗粒土あるいは粗粒土混じり土で作られることが多い。土層Bは軟弱粘性土層で軟弱な粘性土や腐植土からなり、硬い地盤Cは比較的硬い地盤で基盤や支持層からなる。

同図の(a)は沢(谷)の上の盛土等の底部に軟弱粘性土層が比較的薄く傾斜して存在し、そこに地震のときに沁りが発生する場合である(ここでは沁り変位型地盤と称する)。同図の(b)は沢の上の盛土等の底部に軟弱粘性土層が比較的薄く傾斜して存在し、かつ盛土法尻部に軟弱粘性土層が不等厚状態にある場合であり、地震のときに前者の軟弱粘性土層に沁りが発生し、後者の軟弱粘性土層にあるいは前者と後者の両軟弱粘性土層間に不同変位が発生する場合である(ここでは沁り変位+不同変位型地盤と称する)。なお、この(b)の場合には盛土等の底部に傾斜した比較的薄い軟弱粘性土層が無くて、盛土法尻部のみに軟弱粘性土層が不等厚状態にあるときも、地震のときに盛土法尻部地盤に不同変位が発生することもある(ここでは不同変位型地盤と称する)。

なお、例えば(b)で盛土底部に地盤内から浸透水が湧出し、しかも軟弱地盤と比較的硬い地盤にまたがってつくられた盛土の場合、引張強度のある補強材と砂礫層等をサンドイッチ状に重ねたものを軟弱地盤と硬い地盤面にまたがって単層あるいは複層で敷き並べれば、地震時の地盤の不同変位対策にもなるし、常時あるいは地震時の浸透水や間隙水圧の対策にもなることが考えられる¹³⁾。

4. おわりに

以上に述べたように、上記の盛土と自然斜面の被害発生には軟弱粘性土層の存在による地盤の不同変位や沁り等が関係していることが推定される。即ち、地震による盛土と自然斜面の被害は地盤構造を反映しているといえる。以上の調査に当ってお世話になった柳沢栄司前東北大学教授(現八戸工業高等専門学校長)並びに、建設省(現国土交通省)岩手工事事務所と三戸町と梶谷ボーリング株式会社(現梶谷エンジニア株式会社)の関係者、及び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) 例え、那須誠: 阪神・淡路大震災による構造物被害と地盤の関係, 第4回耐震補強・補修, 耐震診断に関するシンポジウム, 土木学会, pp. 123-130, 2000. 7.
- 2) 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.
- 3) 原図, 地形図, 1:2万5千, 原町田, 1969 修正, 1971. 1. 30 発行
- 4) 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.
- 5) 原図, 1:5千, 三戸町森林基図(其の11), 1962. 6.
- 6) 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.
- 7) 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.
- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) 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.
- 11) 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.
- 12) 那須誠: 盛土の地震応答と地盤構造の関係(その10)-模型実験結果のまとめと地震応答解析-, 第22回地震工学研究発表会講演概要, pp. 251-254, 1993. 7.
- 13) 那須誠: 盛土の構造および盛土の構築方法, 特許第2813290号, 登録日1998. 8. 7.