

中越地震の地盤被害調査と過去の地震被害との比較研究

防災設計工学研究室 高橋 匡史
指導教員 大塚 悟

1. はじめに

2004年10月23日17時56分に新潟県中越地方においてM6.8の地震が発生した。この地震は、最大震度7の強い地震動と、震度6強を複数回観測する(図1)などの活発な余震活動が継続したことによる、建築や土木施設が甚大な被害を受けたことに加えて、斜面や盛土・造成地の崩壊や沈下、液状化等の地盤被害が多発したことが特徴である。

しかし、この中越地震における被害は過去にもみられ、特に1847年に発生した善光寺地震や1978年に発生した宮城県沖地震による被害と類似している。よって、中越地震で起こった被害は、過去に起きた地震の教訓が生かされていないことから、被害が拡大したのではないかと考えられる。そこで本研究では、善光寺地震と宮城県沖地震の被害を例にとり、中越地震で発生した褶曲地帯で発生する自然斜面災害、また盛土による宅地造成地被害といった事例に関して、検討することを目的とする。

2. 中越地震における自然斜面災害

2.1 中越地域の地形・地質

中越地域は、日本でもとりわけ活褶曲の著しい地域である(図2)。一般的に褶曲構造が発達するのは、地層や岩盤の年代が若く他の地域の岩盤に比べて比較的柔らかく変形しやすいという性質を持っている地域であることから、中越地域が褶曲構造となるのは、中越地域が北部フォッサマグナ地域に該当することと関係している(図3)。この地域の地質は、固結しきっていない新第三紀層でありその堆積層が数1000m以上も厚く堆積している。このことが褶曲構造を促進させている

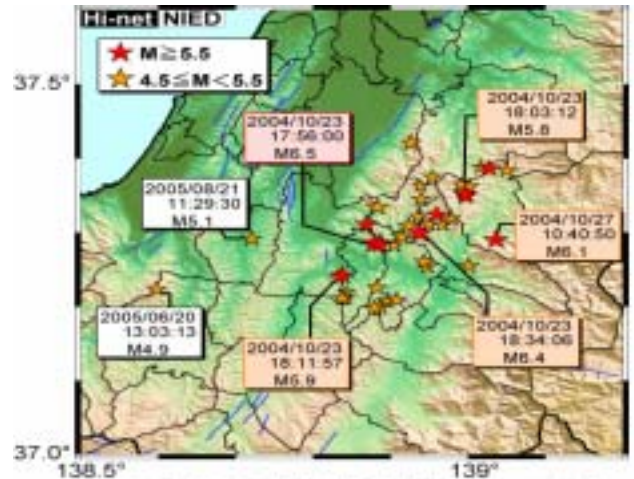


図1 主な地震の震央分布図(防災科学研究所)

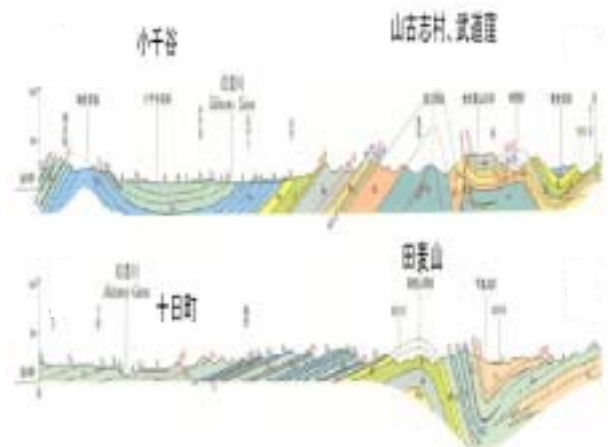


図2 中越地域の褶曲断面図(5万分の1地質図幅)



図3 現在のフォッサマグナ地域

素因である．このために活褶曲地帯で地すべりが多い特徴がある．

今回の地震で斜面崩壊が集中して発生した東山丘陵は，基本的には細粒砂岩と泥岩の互層（軟岩）の褶曲構造の差別削剥地形であり，河川侵蝕と集団移動で形成された種々の地形種で構成されている．

2・2 中越地震における自然斜面災害

自然斜面は，地質構造の違いなどからさまざまな崩壊形態が認められるが，今回の中越地震で発生した大規模な地すべりの大半は，図4に示すような流れ盤斜面で発生している．地形場では地すべり地の上部や尾根頂部から発生している．崩落深は約10mの場合もあるが，数m以下の浅いものが数多く存在している．

また，流れ盤構造の斜面では，従来から地すべりを繰り返している痕跡があることから，中越地震で発生した地すべりの多くは再滑動型であった．図5の芋川の河道閉塞が発生した東竹沢の地すべりも，古い地すべり面を再滑動したものと予測される．

3 善光寺地震による山地被害

長野県は，中越地域と同じく北部フォッサマグナ地域に該当し(図3)，褶曲地形となっている．このことから，長野県でも多くの地すべりが発生している．その中でも善光寺地震による虫倉山や岩倉山の崩壊は，集落そのものを飲み込んでしまうほどの崩壊や，芋川で発生したような河道閉塞が発生するなどの甚大な被害が発生している．本研究では，この虫倉山と岩倉山の崩壊に注目した．

虫倉山の山腹は旧河川の侵食によって新第3紀層が削られてできた侵食面である．この斜面は火山が活動する前に、海底に砂や泥がたまってできた地層となっている．虫倉山の崩壊規模は大きささまざまだが，規模が大きかったのは南側斜面であり，図4に示すような受け盤構造での表層崩壊である．この崩壊により，麓のいくつかの集落が

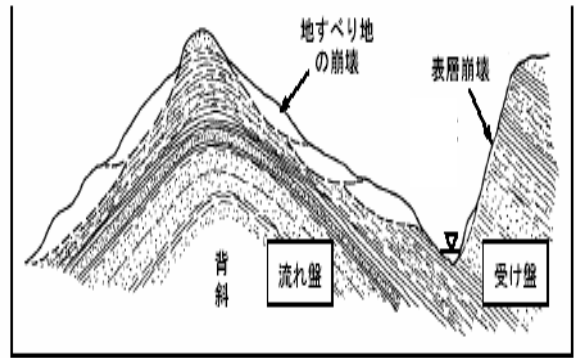


図4 流れ盤・受け盤と崩壊形態の模式断面図



図5 東竹沢の河道閉塞（新潟大学，丸井先生撮影）

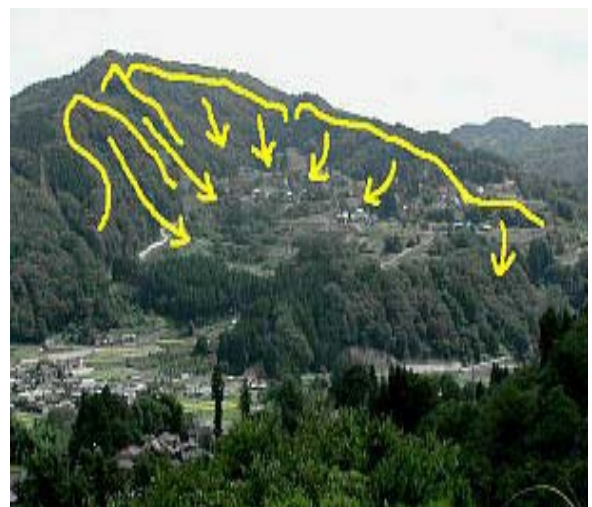


図6 岩倉山南西斜面崩壊（地団研長野支部）

飲み込まれ、ある集落での崩落した岩塊の量は300万m³と推定されている。

岩倉山も第3紀層から構成され、湧水や沢水が多く存在し、周辺は棚田に利用されている。善光寺地震の際は、山頂の平坦面を取り巻く形で南西斜面、南東斜面、北西斜面の3カ所で、大規模な地すべりが発生した。それぞれの規模や形態、滑落状況には差異が見られ、これらのうち、図6に示す南西斜面で発生した崩壊がもっとも大型であった。この崩壊は涌池集落をまきこみ、下を流れる犀川の19日間にわたる河道閉塞を発生させ、甚大な被害を与えた。

4. 中越地震における宅地造成地被害

中越地震における宅地造成地被害例として、本研究では長岡市の高町団地の被害をとりあげた。

高町団地の被害家屋についてみると、団地全体の総戸数522戸（平成15年現在）に対し、約70戸が応急判定の危険家屋と認定された。この家屋被害は、切土と盛土との境界からの距離により、被害に差がみられる。図8に示すように、切盛境界での被害が多い傾向がある。一般的に切土上に建設されている構造物は、盛土上に建設されている構造物に比べて地震による被害を受けにくいとされているが、今回の地震では、切盛境界に近い切土上では盛土なみに被害を受けている。

また、図7に示すように高町団地では4ヶ所で斜面の崩壊が発生している。この崩壊地の断面を見ると、原地盤と盛土の境界が傾斜している地形となっている。旧地形を調べると、大半は急斜面の谷部に盛土して造成された所であり、このような所は水の集まりやすい箇所である。そして排水処理が適切に行われなかったため、盛土中に多量の水分が含有され、このことが盛土の崩壊を促進させたと考えられる。

5. 宮城県沖地震における宅地造成地被害

1978年に発生した宮城県沖地震では、仙台市

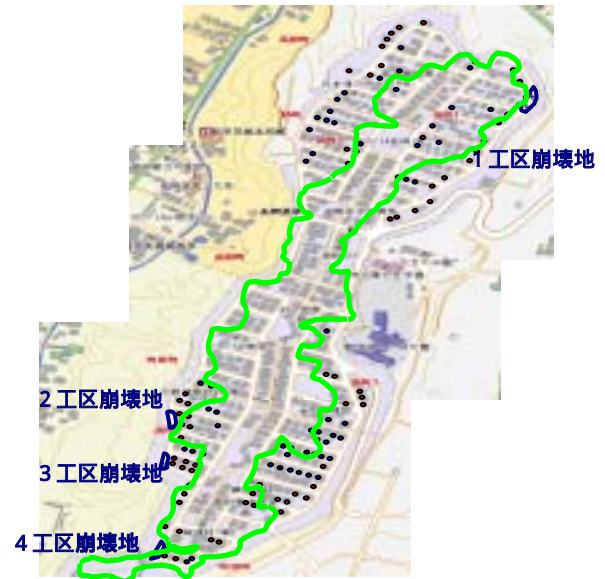


図7 高町団地平面図

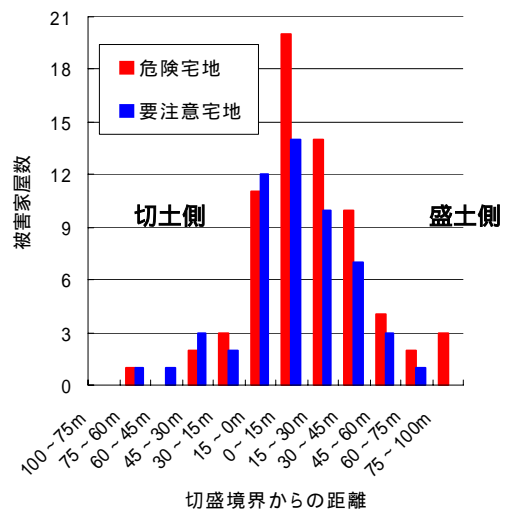


図8 高町団地の切盛境界からの家屋被害数

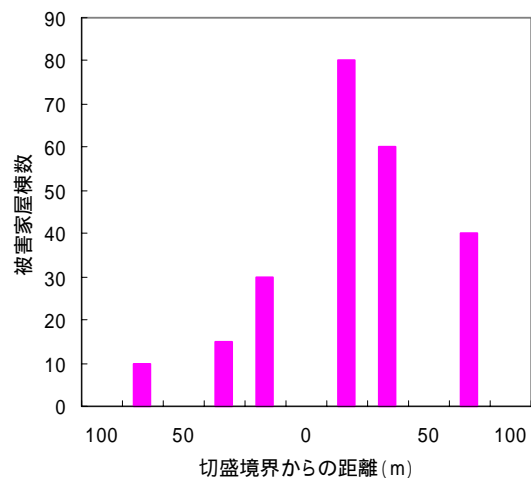


図9 緑ヶ丘団地の切盛境界からの被害家屋

内の多くの宅地造成地で被害が発生している。

仙台旧市街地の南東側の丘陵地に位置する緑ヶ丘団地は、高町団地と同じく傾斜地の切盛により造成された団地である。図9は、緑ヶ丘団地の切盛境界からの被害家屋数である。この緑ヶ丘団地での事例も高町団地での事例と同じく、切盛境界での被害が多いという傾向がある。また、緑ヶ丘団地における斜面は、基盤と盛土の境界が傾斜している地形となっている。調査報告によると、この崩壊地の地盤状態は、雨水や地下水の浸食により、盛土中の岩塊が軟弱化しており、強度低下を生じていた。

6. 高町団地盛土の土質試験

高町団地の第2工区崩壊現場から試料を採取し土質試験を行った。

表1に高町第2工区盛土の物性値、表2に高町第2工区盛土の成分分類を示す。締固め試験より得られた最適含水比26.6%に対し、自然含水比が43.6%だったことから、多量の水分が含まれていたといえる。そして、液性限界が58.7%、塑性指数が36.3%だったことから、高町盛土は圧縮性が大きく、透水性が小さいということがいえる。そして、成分分類より、粘土分が多く含まれていたことがわかる。よって、崩壊地は水分を含有しやすい粘土分が多いにもかかわらず、排水処理が適切に行われなかったために、軟弱な地盤となり崩壊が発生したものと考えられる。

表1 高町第2工区盛土の物性値

パラメーター	高町第2工区盛土
自然含水比 w_n (%)	43.6
土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.688
液性限界 w_L (%)	58.7
塑性限界 w_P (%)	22.3
塑性指数 I_P (%)	36.3
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.51
最適含水比 w_{opt} (%)	26.6
内部摩擦角 ϕ'	33.5

表2 高町第2工区盛土の成分分類

成分	成分割合
礫分	0%
中礫分	0.6%
細礫分	0.5%
粗砂分	8.7%
中砂分	15.0%
細砂分	18.5%
シルト分	28.4%
粘土分	28.3%

7. まとめ

- 中越地震の甚大な地盤災害は過去の地震被害にも発生していることが確認され、被害と教訓の伝承が防災上不可欠であることが分かった。災害調査の知見が今後の施策や施工に十分に生かされる必要がある。
- 活褶曲地帯では地質や地形、災害の形態が類似していることが、新潟県中越地震と善光寺地震との比較より明確となった。基本的に低強度の弱齢地盤が山地を形成し、地すべり多発地帯である。地層の褶曲により流れ盤斜面では大規模崩壊が発生し、受け盤斜面では表層崩壊が生じた。両地震ともに地すべりによる大規模な河道閉塞が生じており、防災上の課題である。
- 斜面被害の甚大であった旧山古志村地区は地すべり跡地を利用した棚田や養鯉池の景勝地であった。古くから災害と共存する歴史を有しており、災害復旧のモデル地区といえる。現代の災害復旧は力尽くの側面があり、旧山古志村の知恵に学ぶ必要がある。
- 宅地地盤の被災は道路などに比べて復旧が困難であり、被害は甚大である。切盛境界での宅地被害や盛土崩壊は宮城県沖地震における被害と共通する。特に傾斜地の盛土は被害が大きい。また、集水地形の盛土は被災率が高いことから、適切な排水処理が重要である。