

報 文 高町団地の宅地被害

田村 昌仁^{A)} 釜井 俊孝^{B)} 松下 克也^{C)} 林 宏一^{D)} 若井 明彦^{E)}
 石田 勇人^{F)} 村尾 英彦^{G)} 市川 健^{H)}

1. はじめに

中越地震による地盤被害の多くは、平野部と丘陵地の境界部分の丘陵地端部で生じている。特に、長岡市高町団地・鶴ヶ丘団地・悠久町周辺の盛土での被害が著しい。本稿では、典型的な宅地被害である高町団地の状況について述べる。

2. 高町団地の被害概要^{1),2)}

2.1 高町団地の生い立ち

高町団地は昭和50年代に造成され、既に20数年経過し

ている。総戸数522戸のうち、団地の外周道路に接する住宅やその外側の住宅など約70戸が危険家屋と認定された。

図-1は、地形図における当該地区の変遷をまとめたものである。造成前はひょうたん型をした丘陵であったが、丘陵の高位部分を切土し、周辺に埋土や盛土して平坦地が造られた。団地内部はおおむね切土、外周部は盛土である。外周の盛土端部の急な斜面は、高さ4～6m程度の重力式もたれ擁壁によって支持され、緩斜面は法地の状態となっている。

2.2 地盤概要

当該地区の住宅建設時および地震後に実施されたスウェーデン式サウンディング試験の結果を図-2に示す。団地の中央付近の切土・地山や外周部であっても崩壊せずに残っている切土では、表層部から N_{sw} が計測されおおむね良好な地盤であったが、外周の盛土部分は盛土層厚の違いにより約3mから8mの自沈層を含む軟弱地盤であることが確認できた。写真-1は、住宅の前面道路

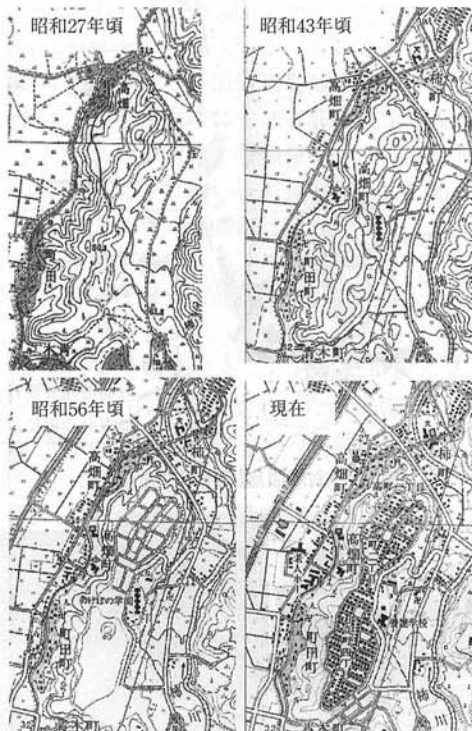


図-1 高町団地の変遷

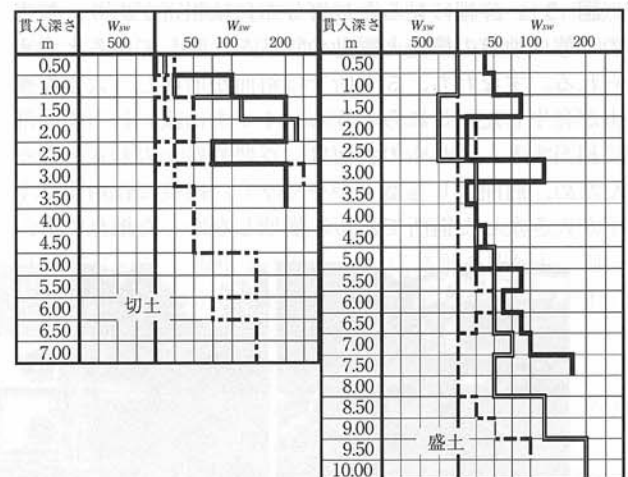


図-2 切土および盛土におけるSWS試験

A) TAMURA Masahito 御建築研究所 国際地震工学センター、工博
 B) KAMAI Toshitaka 京都大学 防災研究所 助教授、博士(工学)
 C) MATSUSHITA Katsuya ミサワホーム(株) 構造技術チーム
 D) HAYASHI Kōichi 応用地質(株) 技術本部
 E) WAKAI Akihiko 群馬大学 工学部 建設工学科、博士(工学)
 F) ISHIDA Hayato 日本工営(株) 大阪支店、理博
 G) MURAO Hidehiko (株)村尾地研 技術部
 H) ICHIKAWA Ken (株)復建技術コンサルタント 調査防災部

つくば市立原1
 宇治市五ヶ庄
 東京都杉並区高井戸東2-4-5
 つくば市御幸が丘43
 桐生市天神町1-5-1
 大阪市西区靱本町2-3-2
 富山市塚原150
 仙台市青葉区錦町1-7-25



写真-1 玄関先まで地盤崩壊した宅地でのSWS試験

が玄関先まで一気に崩壊した宅地の状況であるが、住宅直下の地盤は非常に強固であり、切土と考えられる。

2.3 被害の概要

崩積土砂には多量の水が含まれており、沢部・谷部の集水地形となっている盛土斜面での地震直前の大雨が被害を大きくしたと考えられる。

被災した多くの住宅は、谷埋め盛土の斜面崩壊や地すべりにより住宅の支持地盤を失ったもので、建物に傾斜や基礎にひび割れなどが発生している(写真-2)。外周の擁壁も転倒・滑落や壁体の損傷などが多数認められた(写真-3)。

また、外周の縁部に限らず、その周辺や団地内部の宅地や道路にも亀裂や段差が生じている箇所もあり、一部ではあるが谷部分が埋没していたことも推定できる。住宅直下に地割れが発生した住宅は基礎の破断などの被害が発生したが、地割れが住宅部分でなかった宅地では、住宅の被害を免れたものが多い。

3. 地盤の構造と被害³⁾

3.1 盛土の分布

被害は周縁の盛土部に作られた外周道路とそれに沿った住宅に集中し、団地の中央部にはほとんど見られない(図-3)。詳細に見ると被害分布には粗密があり、被害の形態は地盤の構造と震動の特性を反映していると考えられる。すなわち、5カ所では斜面が崩壊し、大きな被害が発生した。これらのうち、4カ所は浅い谷の谷頭部に相当する。これらの斜面は、谷埋め盛土の形式となったため、周囲よりも盛土がやや厚く、擁壁に作用する土圧が大きかった箇所である。崩壊しなかった地点でも、

クラックや沈下等の被害分布から変形ユニットを認定できる場合が多い。これらの変形ユニットの幅は、場所によって異なるが50~100mである。

地盤の構造を調べるため、図-3に示した10側線で高精度表面波探査(写真-4)を行った。盛土の厚さは一般に周縁部ほど厚くなるが、開発前の丘陵の地形が複雑であったため、詳細に見ると場所によってかなり異なっている。図-4は、主な高精度表面波探査の結果である。顕著な被害は、おおよそ盛土の最大厚さが5m以上、換算N値が5以下(S波速度で約160m/s以下)の部分で発生している。崩壊Bでは、崩壊した盛土の最大厚さは約7~8mである(側線2)。

側線7は、北西部の谷埋め盛土の断面であるが、この地点を含む造成地の北西部では10mを超える厚い盛土が広く分布する。これは、中位段丘面(標高約60m)と計

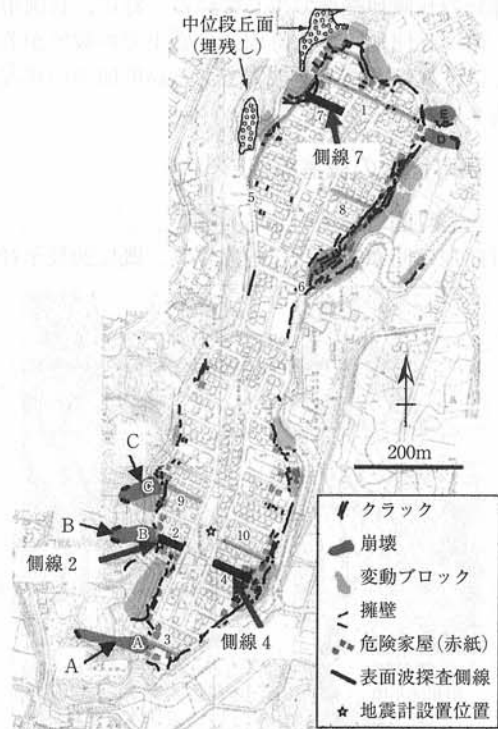


図-3 高町団地における被害状況



写真-2 宅地の被害(左より谷埋め盛土の崩壊, 崩壊した宅地, 外周道路縁部の亀裂・段差, 宅地内の亀裂・段差)



写真-3 擁壁の被害(左より転倒した重力擁壁, 滑落したもたれ擁壁, 縦壁の亀裂, 擁壁頂部のずれ)



写真-4 高町団地における表面波探査測定

画した標高(約70m)の比高の差を埋めたためである。このため、この側線7よりも北方の造成地北西端では、旧地形では尾根上に当るのにも関わらず変動が顕著であり、地盤が放射状に移動したことを示すクラックが認められた。ただし、この北西地域の盛土のS波速度は、崩壊地点の谷埋め盛土よりも約1.2~1.5倍程度早い。これは、開発以前の地形が基本的に平坦な段丘面であり、地下水位が比較的低くサクシジョンの影響を受けているためと考えられる。

また南東部では、団地中央部にまで幅の広い谷状の低速度帯が認められる(側線4)。S波速度は、やや崩壊した周縁部の盛土よりも速いが、形状から見て谷埋め盛土である可能性が高く、旧地形と地形改変の切合い関係によっては、かなり内陸にまで谷埋め盛土が及んでいることを示している。昭和6年測量の1/2.5万地形図「片貝」には、この部分に短い谷が入り込んでいる様子が描かれている(図-1の昭和27年頃)。

3.2 地震動の影響

崩壊した斜面は、すべて造成地の北東端と南西端に分布している。クラック等の変形も、巨視的に見れば造成地の南北両地域で顕著である。近くに位置するK-NET長岡支所(NIG0017)で観測された本震の水平粒子軌跡(速度)では、北東-南西方向の強軸が認められる。高町団地で行った余震観測でも、地山(造成地中央部)と盛土(造成地周縁部)の両者の記録(12月17日)で南北方向の強軸が認められた。

高町団地の本震時にも同様の強震動が作用したとすれば、地震動の方向性が被害分布に影響を及ぼした可能性がある。

一方、上記の12月17日の余震(M2.7)には、造成地縁辺部の盛土上では中央部(高町南公園)の切土部分に比べて、加速度で約1.8倍、速度で約1.3倍の増幅が認められた。増幅の原因としては、地形(崖の淵)と盛土地盤の柔らかさ(剛性の低さ)の効果が考えられるが、地震の規模が小さく卓越周波数が高かった(約8Hz~15Hz)ことから、地形効果の方が大きかったと推定される。このことは、高町団地のような片盛土を主体とする宅地造成の危険性を強く示唆している。

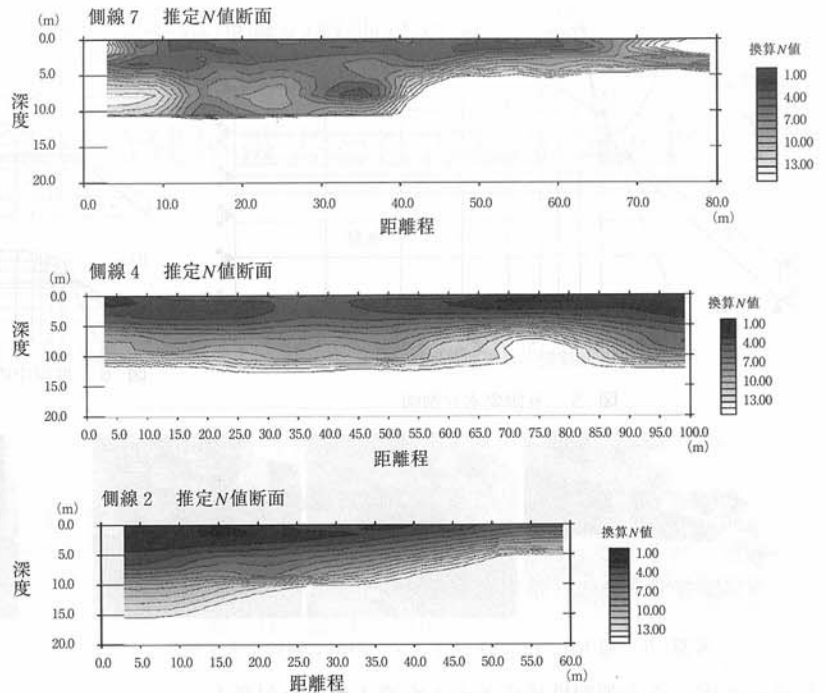


図-4 高精度表面波探査結果(換算N値断面)

3.3 崩壊

残存する擁壁の壁面に地下水の古い流出痕が認められること、一部の擁壁の中央部付近から地震後も地下水の浸出が認められることから、通常は擁壁底面よりも高い位置に地下水位が存在していると考えられる。したがって、崩壊には間隙水圧の急激な上昇が影響したと考えるのが妥当である。しかし、崩壊土砂の到達距離が長く、土砂が流動化したと考えられるのは崩壊Aのみであり、他は流動化に至らなかった。ただし、崩壊Aでは、他に比べて崩壊源に残留している土砂が多く、ここでは後退的に崩壊が進行し、見かけの到達距離が長くなった可能性もある。

崩壊の末端部に見られる擁壁の断片を見ると、前面に倒壊したものは少なく、底部から全体として移動し、谷の中央部付近にあったものが最も遠方まで達しているケースが多い。これは、底面付近を巻込む大きなすべり土圧によって、擁壁が土砂とともに移動を開始し、地すべり的に中央部が最も速い速度分布をとりつつ変形したことを示す現象と考えられる。

3.4 崩壊の数値解析例⁴⁾

以上の造成地内の崩壊箇所の1つを対象にした、若井らによる数値解析(動的弾塑性FEM)の例を紹介する。盛土部と地山部の地盤物性値の大きな相違が崩壊発生の有無に大きく影響するかを調べるには、このような解析的な検討が有効である。ここでは釜井らが実施した表面波探査の結果を参考に、崩壊地点付近の地盤物性値を推定し斜面崩壊現象を再現する。せん断波速度から逆算した変形係数をもとに、既往の研究等から非排水せん断強度を推定した。土によってはせん断時にピーク強度に達した後、ひずみ軟化挙動を示すことがある。緩い砂が液状化した場合も同様である。ここでは、土のひずみ軟化

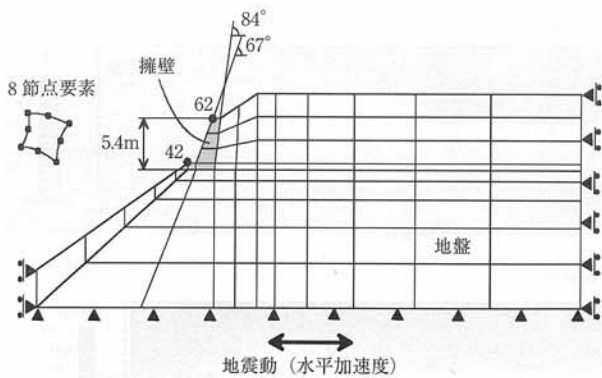


図-5 有限要素分割図

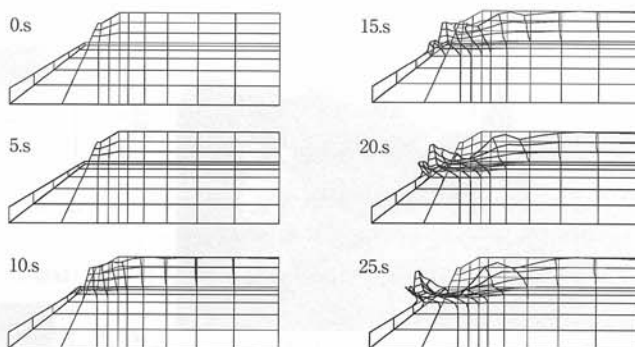


図-6 地震中の塑性変形の進展(地震発生後、5秒経過ごとの変化)



写真-5 積雪中のアンダーピニングの例 (鋼管圧入工法)



写真-6 沈下修正工事の状況

特性を考慮しうる弾塑性構成モデルを導入した。対象とした斜面の有限要素分割を図-5に示す。解析に用いた入力地震波形はK-Net長岡支所観測波形のNS方向成分である。図-6は5秒ごとの地盤の変形状を示したものである。地震動の極大時刻あたりより顕著な変形がはじまり、それ以降、擁壁の下部を巻込むように地盤が大きく谷側に滑り出していく様子が観察される。

4. 宅地および住宅の復旧状況

不同沈下の修正工事は、地震発生後2ヵ月程度で開始した例もあるが、積雪の影響により4月以降が主であり、現在も続いている。写真-5は、積雪中にアンダーピニングがなされていた例である。高床式基礎の場合は、周囲の積雪の影響を受けない建物内部の基礎下からの工事が可能であった。

6月の時点では鋼管圧入工法のほか、基礎直下からジャッキアップする耐圧版工法、上家のみをジャッキアップする土台揚げ工法などが確認された(写真-6)。

5. おわりに

筆者らのグループは、本年6月末に合同調査を行い、長岡市(高町団地・悠久町、中沢町、長岡ニュータウン)、見附市南本町で、表面波探査やSWS試験などを広範に実施した。本稿では時間や紙面の都合で十分に紹介できなかったが、今後の調査と併せて、盛土および旧河道上の埋土被害の詳細を別の機会に報告する予定である。

[参考文献]

- 1) 平成16年新潟県中越地震建築物被害調査報告(仮称), 建築研究所, 2005. 10(予定).
- 2) 田村昌仁, 廣野一道, 井上波彦, 平出務, 人見孝, 橋本隆雄: 建築物の基礎及び宅地の被害, 建築技術, 2005. 5.
- 3) 釜井俊孝: 2004年新潟県中越地震による都市域の斜面災害, 応用地質, 46-3, pp. 138~144, 2005.
- 4) Akihiko Wakai and Keizo Ugai: A simple constitutive model for the seismic analysis of slopes and its applications, Soils and Foundations, Vol. 44, No. 4, pp. 83~97, 2004.

A4判対応〈基礎工〉合本ファイル

(B5判用もあります。)
……定価1,325円)

定価 1,400円(税込)



- ・1年分12冊が綴じ込めます。
- ・クリップ式で、取扱いが簡単です。
- ・特集のタイトルが一目瞭然です。

送料

地域別	1冊	2~3冊	4~6冊	7~11冊	12冊以上
東京23区内	390円	510円	510円	630円	750円
23区以外の東京、関東甲信越、東海、北陸の各県、滋賀、三重、宮城、山形、福島	390円	610円	610円	770円	930円
青森、秋田、岩手、三重と滋賀を除く近畿の各府県、中国全県、四国全県	390円	700円	820円	980円	1,140円
九州全県と沖縄、北海道	390円	700円	950円	1,180円	1,340円

総合土木研究所

東京都文京区湯島4-6-12 湯島ハイタウンB-222 〒113-0034
☎ 03-3816-3091 (代) FAX 03-3816-3077