

2011年東北地方太平洋沖地震による都市住宅域の斜面災害

Slope disaster in urban residential region
induced by the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake

村尾英彦 (村尾地研)* , 釜井俊孝 (京都大学防災研究所) ,
太田英将 (太田ジオリサーチ) , 佐藤信宏 (復建技術コンサルタント)

Hidehiko MURAO (Murao Chiken Co., Ltd.), Toshitaka KAMAI (DPRI Kyoto University)
Hidemasa OHTA (Ohta Geo Research Inc.), Nobuhiro SATO (Fukken Gijutsu Consultant Co., Ltd.)

キーワード：斜面安定，地震，盛土，地すべり，
keywords：Slope stability, Earthquake, Earth fill, Landslide

1. はじめに

2011年3月11日14時46分に，東北地方太平洋沖地震 (Mw:9.0, 震源深さ:約24km, PGA:2933gal, 最大震度:7) が発生した。この地震の特徴は，プレート境界型で，地震動は0.5秒以下の短周期が卓越し，継続時間が長い (本震の揺れは，東日本全体で約6分以上) 点であり，1900年以降に日本国内で発生した最大の地震である。

この地震で，盛土造成地の変動が多発している。これらは，あまり報道されていないものの，変動ブロック内では，家屋が全壊～半壊する被害に加えて，ライフラインの破損が生じ，被害は深刻である。また，余震や降雨によって，さらに変動する危険性が高いことから，ガス・水道の供給は，長期に渡って停止されたままとなっている。本報は，これらのうち，仙台市太白区緑ヶ丘地区 (3, 4丁目) における調査結果をまとめたものである。

2. 緑ヶ丘地区における盛土造成地の変動

緑ヶ丘地区では，1957年から，丘陵地の谷埋め型・腹付け型盛土による，大規模造成が行われ，標高40～90m間の住宅地として開発された。1978年の宮城県沖地震において，盛土造成地の変動が発生し，3丁目の一部は地すべり防止区域に指定されている。今回の地震でも，3, 4丁目で盛土造成地の変動が発生し，約170棟の住宅に被害が生じている。

2.1 緑ヶ丘3丁目の変動

3丁目では，1978年宮城県沖地震後に対策工が施工されていたが，今回再び，谷埋め型の盛土造成地が変動した。図-1に被害状況を示す。ブロックでは，1978年以降に一部の住宅が撤去され，盛土箇所を増やした上で，堰堤を延長している。また，ブロック頭部には杭工が施工されている。ブロックにおいては，5段の杭工と2基の集水井工が施工されている。

ブロックでは，頭部引張り亀裂が明瞭であり，1978年とは，変動ブロックの形状は多少異なるものの，同様のすべりが生じていると考えられる。これ

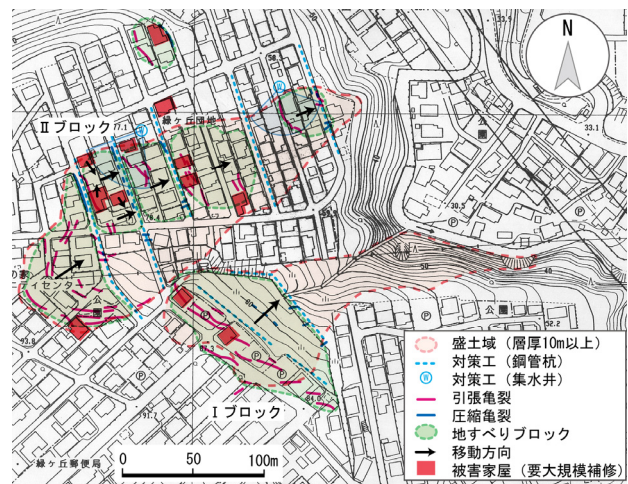


図-1 緑ヶ丘3丁目被害状況

らの亀裂は，拡大傾向にあることから，降雨，余震によって，変動が継続していることがわかる。

ブロックでは，鋼管杭の打設されている区間に，すべり面深度が浅いと考えられる，小規模ブロックが形成されている。これらの小規模ブロック内では，家屋の基礎部分が回転し，その結果として，家屋にせん断変形が生じた被害が目立つ。

3丁目における，変動の特徴としては，頭部引張り亀裂が明瞭であるのに対して，末端圧縮部分の変形・亀裂が不明瞭なことが挙げられる。これは，杭工および地下水排除工が施工効果を発揮した結果であると考えられる。しかし，杭工は，土塊が変動した後に効果を発揮するため，変動土塊内の多少の変形を許すこととなる。よって杭工は，土塊全体の大変形を抑止することに効果を発揮するが，変動土塊表面の変形 (亀裂，傾斜) を防ぐことは困難であると言える。このことは，杭工のみでは，住宅やライフラインへの被害を防ぐことができないことを意味する。今後，盛土造成地における耐震対策工としては，土塊全体の変動を抑制・抑止する従来工法に加えて，家屋の基礎部分周辺の変形を抑止する工法を考案する必要があると考える。

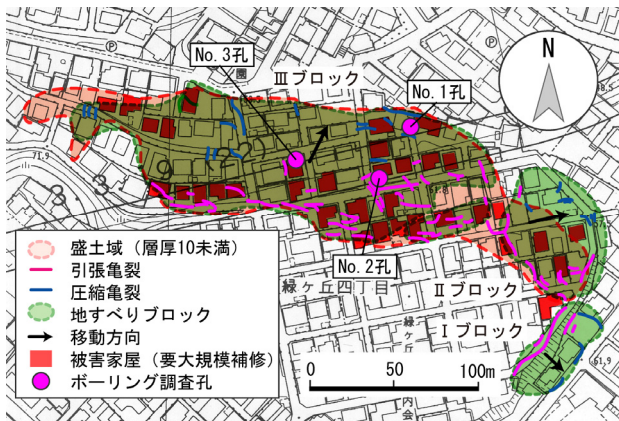


図 - 2 緑ヶ丘 4 丁目被害状況

2.2 緑ヶ丘 4 丁目の被害

4 丁目では、腹付け型の盛土造成地が変動した。地表変位は 3 丁目比べて大きい。4 丁目においても、1978 年宮城県沖地震の際に、同様の変動が発生しているが、対策工が施工された形跡は確認できない。図 - 2 に 4 丁目の被害状況を示す。

～ ブロックにおいて、頭部引張り亀裂が明瞭である。各ブロックにおいて、変動土塊は、基盤の地層傾斜とは関係なく、基盤表面の最大傾斜方向に変動している。本震から 60 日以上経過した時点で、当初は確認できなかった、新たな亀裂が生じていることから、余震・降雨の影響で、土塊の変動が継続していると考えられる。また、各ブロックにおいて、擁壁の倒壊、開口亀裂を伴うはらみ出しが多数みられる。これらの擁壁は、土塊の変動方向と直交するように設置されているものが多い。

4 丁目においては、地震発生後にボーリング調査を実施している。調査結果を図 - 3 に、地下水位を表 - 1 に示す。

この結果より、盛土部分は、N 値 0~4 となり、極めて軟質であることがわかる。N 値 9~18 となる箇所があるが、これらは盛土材料に含まれる礫（軽石、凝灰岩）に当たった結果である。また、基盤（凝灰岩～砂岩）においては、部分的に強風化が進んでいる箇所があるものの、N 値 40~50 以上となる。

盛土部分の土質は、礫混じり・砂～シルト質砂～シルト～粘土および、礫質・砂質シルトが主体で難透水性である。また、基盤との境界には、旧表土と想定される高液性限界の粘土層（最大層厚 85cm）が挟在する。なお、コア観察結果より、盛土材料としては、造成時に周辺地山を切土した際に生じた、粘土質火山灰～凝灰岩を主体とする土砂を転用したと推測される。さらに、地下水位は、各孔ともに地表面付近（GL-0.45~1.10m）に形成されており、盛土部分の大半が飽和状態にある。

盛土部分と基盤の強度比が大きいことから、両者の境界をすべり面として、盛土土塊が変動したと考えられる。4 丁目においては、旧表土の粘土層がすべり面となっている可能性があるが、この薄層が存

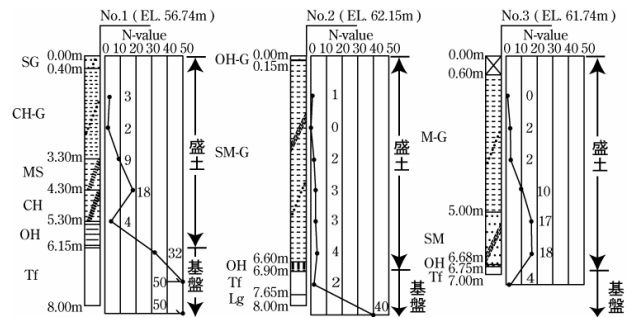


図 - 3 ボーリング調査結果

表 - 1 地下水位

ボーリング	No. 1	No. 2	No. 3
地下水位	1.05	1.10	0.45
GL - (m)			

在しなかった場合でも、盛土部分が変動したと考える。

また、これらの調査孔には、地中傾斜計および、間隙水圧計を埋設しており、今後、観測を継続していく予定である。

3. 考察・まとめ

1995 年兵庫県南部地震を機に、明瞭に認識されるようになった、地震時における盛土造成地の変動¹⁾は、「地盤工学的な危険因子」といえる。以下に緑ヶ丘地区の宅地破壊の特徴をまとめる。

・被害に関して

- 切土部分と盛土部分の被害の差は明瞭である。
- 切土・盛土境界部分の宅地の被害が著しい。
- 盛土土塊のすべる方向（斜面の最大傾斜方向）と直交する擁壁は、倒壊などの変状をきたし、下部に被害を及ぼす可能性が高い。

・変動メカニズムに関して

- 盛土の N 値は 0~4 と極めて軟質で、基盤の N 値は、40~50 以上となり、強度比が大きい。
- 盛土部分と基盤の境界をすべり面として、盛土部分が変動している。
- 盛土造成地は、基盤の地層傾斜に左右されず、基盤表面の最大傾斜方向に変動する。
- すべり面（盛土と基盤の境界）は飽和状態にある。
- 盛土造成地の変動は、降雨、余震によって継続的する。

・対策工に関して

- 地すべり対策工としての、杭工、地下水排除工は、土塊の大変形に対して効果を発揮するが、家屋への被害を完全に抑えることはできない。
- 家屋の被害を防ぐには、基礎部分周辺の変形を抑止する必要がある。

参考文献

- 釜井俊孝，守随治雄（2002）：斜面防災都市，理工図書