

## 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の予測と対策

Forecast and Mitigation of slope disaster in urban residential region  
 induced by the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake

太田英将(太田ジオリサーチ)\*, 釜井俊孝(京都大学防災研究所), 村尾英彦(村尾地研)

Hide masa OHTA (Ohta Geo Research Inc.), Toshitaka KAMAI (DPRI Kyoto University)

, Hidehiko MURAO (Murao Chiken Co., Ltd.)

キーワード：地震，盛土，地すべり，予測，対策

Keywords: Earthquake, Earth fill, Landslide, Forecast, Mitigation

### 1. はじめに

造成地盛土が地震時にまとまったユニットとして地すべりの変動を発生させることは、1995年兵庫県南部地震に関する釜井らの研究によって明らかとなっていた。その詳細な地盤工学的な解釈やモデル化は未だ達成されていない。しかし、防災の目的は、事前に容易に得られる情報によって危険を予測し、事前に対策することによって災害を回避することにあるので、これまでの事例研究によって得られた知見でこれを達成することが重要である。

今回、仙台市太白区緑ヶ丘地区周辺の事前に危険度予測が行われていた地域で、その検証の機会を得た。また、1978年宮城沖地震後に行われた対策工の評価も図らずも可能となった。本報は、今後の危険度予測と対策についての現時点での考え方をまとめたものである。

### 2. 緑ヶ丘周辺地区の危険度予測結果の評価

事前の危険度予測は、以下の3つの手法による。

- (1)国交省ガイドラインの点数法
- (2)釜井らによる数量化解析の方法（一種の点数法）
- (3)太田らによる側方抵抗モデル

いずれの方法も1995年兵庫県南部地震の阪神地区のデータセットで骨子が組み立てられたものである。(3)については国土地理院によって、2004年新潟県中越地震、2007年新潟県中越沖地震の被災事例を追加して修正が加えられた。

図-1に緑ヶ丘周辺地区の盛土前および盛土後地形を示す。表-1には、現地踏査を実施し、地すべりの変動の有無（単なる変状の有無ではなく、引張亀裂・圧縮変状の組み合わせや連続性により認定）と、事前予測結果との対比を一覧表にして示す。この表から明らかなように、事前予測に関しては(3)の側方抵抗モデルが最も良い予測結果となっていることがわかる。この傾向は、中越地震の長岡市の事例、中越沖地震の柏崎市の事例での評価結果と同様である。

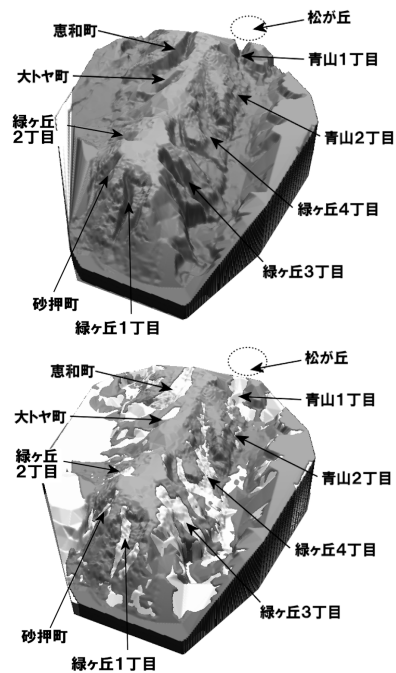


図-1 緑ヶ丘周辺地区の盛土前および盛土後地形  
 表-1 事前予測結果との比較

	盛土ユニット	変動有無	点数法 変動確率	数量化法 変動確率	側方抵抗M 変動指数	備考
1	緑ヶ丘3丁目北側	変動	4%	28%	1.19	1978年地震で大変動対策あり(杭・井戸)
2	緑ヶ丘3丁目南側	変動	2%	28%	0.88	1978年地震で大変動対策あり(杭)
3	緑ヶ丘4丁目	大変動	68%	92%	0.61	1978年地震で大変動対策なし
4	青山2丁目	大変動	-	-	-	盛土が抽出されていなし、1978年は変動せず
5	大トヤ町	変動せず	16%	41%	1.11	隔壁変動のみ、1978年は変動せず
6	恵和町上部	小変動	6%	28%	1.00	
7	恵和町中部	小変動	16%	13%	1.01	1978年地震で変動せず
8	恵和町最下部	大変動	22%	64%	0.86	
9	松が丘	大変動	-	-	-	盛土が抽出されていなし、1978年は変動せず
10	青山1丁目上部	小変動	-	-	-	盛土が抽出されていなし、1978年は変動せず
11	青山1丁目中部	小変動	7%	13%	1.15	
12	青山1丁目下部	小変動	41%	92%	0.84	1978年地震で変動せず
13	緑ヶ丘1丁目上部	変動せず	7%	21%	1.13	3/27~30調査
14	緑ヶ丘1丁目下部	変動せず	2%	21%	2.07	1978年地震で大変動対策あり(杭)
15	砂押町上部	変動せず	4%	35%	1.08	3/27~30調査
16	砂押町下部	変動せず	7%	21%	1.30	1978年地震で変動せず
17	緑ヶ丘2丁目上部	変動せず	7%	28%	1.10	3/27~30調査
18	緑ヶ丘2丁目下部	変動せず	10%	28%	1.50	1978年地震で大変動

表示区分		
大変動	50%以上	1.0未満
変動	30~50%	1.0~1.2
変動せず	30%未満	1.2以上

### 3. 緑ヶ丘1・3・4丁目の対策の評価

1978年の宮城県沖地震で変動した緑ヶ丘1・3・4丁目のうち、1丁目、及び3丁目（南側）は抑止杭工、3丁目（北側）は多段抑止杭工及び集水井工が施工されていた。4丁目は対策工が施工されていない。

対策工の無かった4丁目は、今回の地震で1978年同様の変動が今回も発生し被災している。抑止杭工が施工された1丁目は変動が発生しなかった。

3丁目の盛土域、対策工、変状位置、被災家屋を図-2に示す。

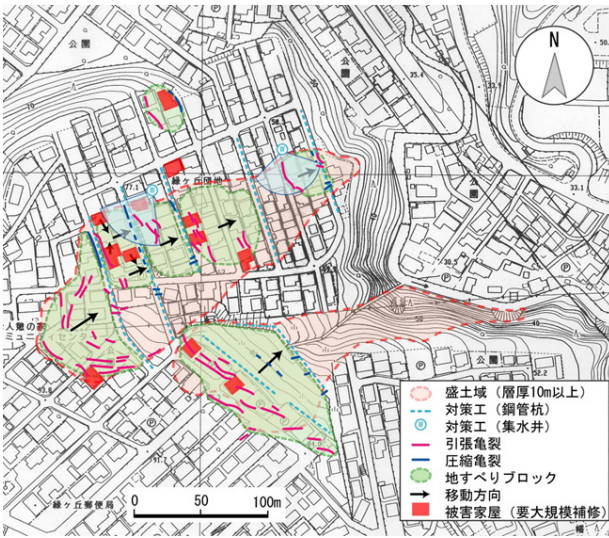


図-2 緑ヶ丘3丁目の対策工と被害状況

3丁目（南側）は、抑止杭工により大きな滑動は免れているが、宅地にテンションクラックが発生し家屋が被災した。

3丁目（北側）も、多段抑止杭工及び集水井工により大規模な滑動は発生していないが、杭が曲がり宅地地盤には変形が生じ、家屋が被災した。この変動が、盛土全体が動いたものか、表層部のみが動いたものかは不明である。しかし、たとえ盛土表層部の変形であっても家屋の被害が免れないとなると、杭が曲がることによって機能を発揮するような「待ち受け型対策工」は、宅地盛土の地すべり対策としては不十分と評価せざるを得ない。

### 4. 宅地盛土の地震時変動防止対策工

従来提案されている対策工は、いわゆる「地すべり対策工」が流用されたものであり、滑動土塊を受けとめる外科的対策と言える。しかし、今回の検証により、盛土内変形・地表変形が抑えられず家屋に大きな変状を発生させた。

このため、理想的な対策工は滑動を防止するとともに、盛土変形・地表変形も抑えることが機能とし

て必要と考えられる。これを、従来の地すべり対策工で実現することは困難であり、新しい考え方を導入する必要がある。

ひとつの考え方として、変動しなかった盛土が実在することから、そういった盛土の体質と同等の滑動・変形しにくい土塊にする体質改善的な対策を考案するという方法がある。

事前予測がほぼ的中した側方抵抗モデルは、底面の摩擦抵抗が著しく小さく、側部の摩擦抵抗で土塊を引きとめる「ローラースライダーモデル」が基本的考え方である。このモデルで考えた時に、滑動・変形しにくい体質とは、以下の2つの条件を満たせばよい。

- (1)側部（不飽和部）の摩擦抵抗を大きくする
- (2)底部（飽和部）の摩擦抵抗現象を小さくする

(1)に関しては、幅/深さ比（ $W/D$  比）を小さくする工夫や、盛土を小ブロック化し全体が一斉に動くのを抑制する工夫により実現できる。

(2)に関しては、その原因となる地震動により底面付近の飽和地下水に過剰間隙水圧が発生するのを押さえることが重要である。谷を埋めた盛土から完全に地下水を除去するのは困難なので、過剰間隙水圧が発生しそうになったときに、その圧力を消散する装置の設置により実現できる。

また、現実的には既存家屋がある中で、上記の対策を実施する必要がある。用地の制約、作業スペースの制約が障害となる。造成団地の中で施工可能なスペースとしては、道路・公園を除けば、宅地区画の隣地との境界部がある。

図-3に上記を実現するための対策工案を示す。宅地区画境界を挟んだ両側に有孔鋼管を地山に少し根入れする形で挿入し、縦断方向（滑動方向と平行）に一定間隔で連続して配置する案である。両側に有孔鋼管で挟まれた土塊は $W/D$ 比が小さく、また地震時に発生する過剰間隙水圧を消散するため、著しく動きにくい小土塊となる。この結果、この小土塊は擬似側壁として機能し、小ブロック化された宅地盛土の $W/D$ 比を小さく改善し「滑動・変動できない土塊化」ができる。

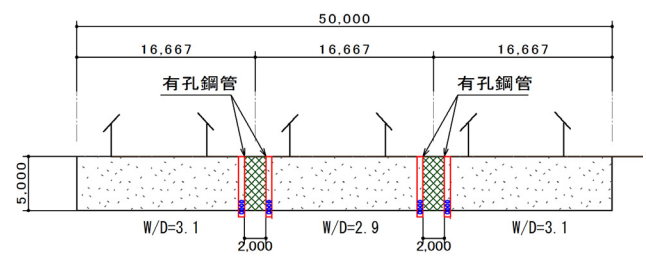


図-3 対策工案（横断方向断面図）