

山形県地質土壤調査業協会
現地視察：平成24年6月9, 10日

東北地方太平洋沖地震の被害 — 宅盤被害 — (仙台市内)

山形県地質土壤調査業協会
技術委員会

現場視察を行った宅盤

- ① 青山2丁目 (谷埋盛土・腹付け盛土)
- ② 折立5丁目 (谷埋盛土)
- ③ 西花苑1丁目 (斜面の崩壊)
- ④ 緑が丘3丁目 (谷埋盛土)

上記、4箇所の宅盤変状箇所を視察したが、
被害の甚大さに、愕然とした。

＜宅盤被害＞：仙台市内を例として

被害を受けた宅盤の地形的特徴と、被害の特徴

1. 地形的特徴

- ・被害を受けた宅盤は、丘陵地の中にある谷を埋めて大規模造成が行われた場所で被害が発生している。
- ・小規模な被害箇所では、局所的な腹付け盛土部で被害が発生している。
- ・大規模造成は、昭和35年頃から概ね昭和60年にかけて施工されている。

2. 被害の特徴

- ・谷埋め盛土部（造成部）で、被害が集中している。
- ・切盛境を挟んで、被害程度に大きな差異がある。
- ・全体に変位量が大きく、活動域内の家屋被害が著しい。
- ・1978年の宮城県沖地震で被害を受けた箇所が、再活動した所もある。

斜面変動のタイプ

2011年東北地方太平洋沖地震によって発生した造成地盤の地すべり (第2報) : 釜井 俊孝氏

地表における変状は、切り盛り境界における盛土側の沈下、斜面変動 (地すべり、斜面崩壊等)、液状化による隆起・沈下等であった。

これら地表変状は、切り土であるか盛土であるかの違い、盛土の厚さ、造成年代を反映した地形改変様式、地下水位の高低、対策工事の影響等によって出現する種類と場所が異なっていた。

以上のような変状状況の特徴に着目し、これらの**地表変動を「盛土の厚さ」と「すべり面の位置」に着目し、整理している。**

**地表変動を「盛土の厚さ」と「すべり面の位置」に着目
5つのタイプに区分されるとしている。**

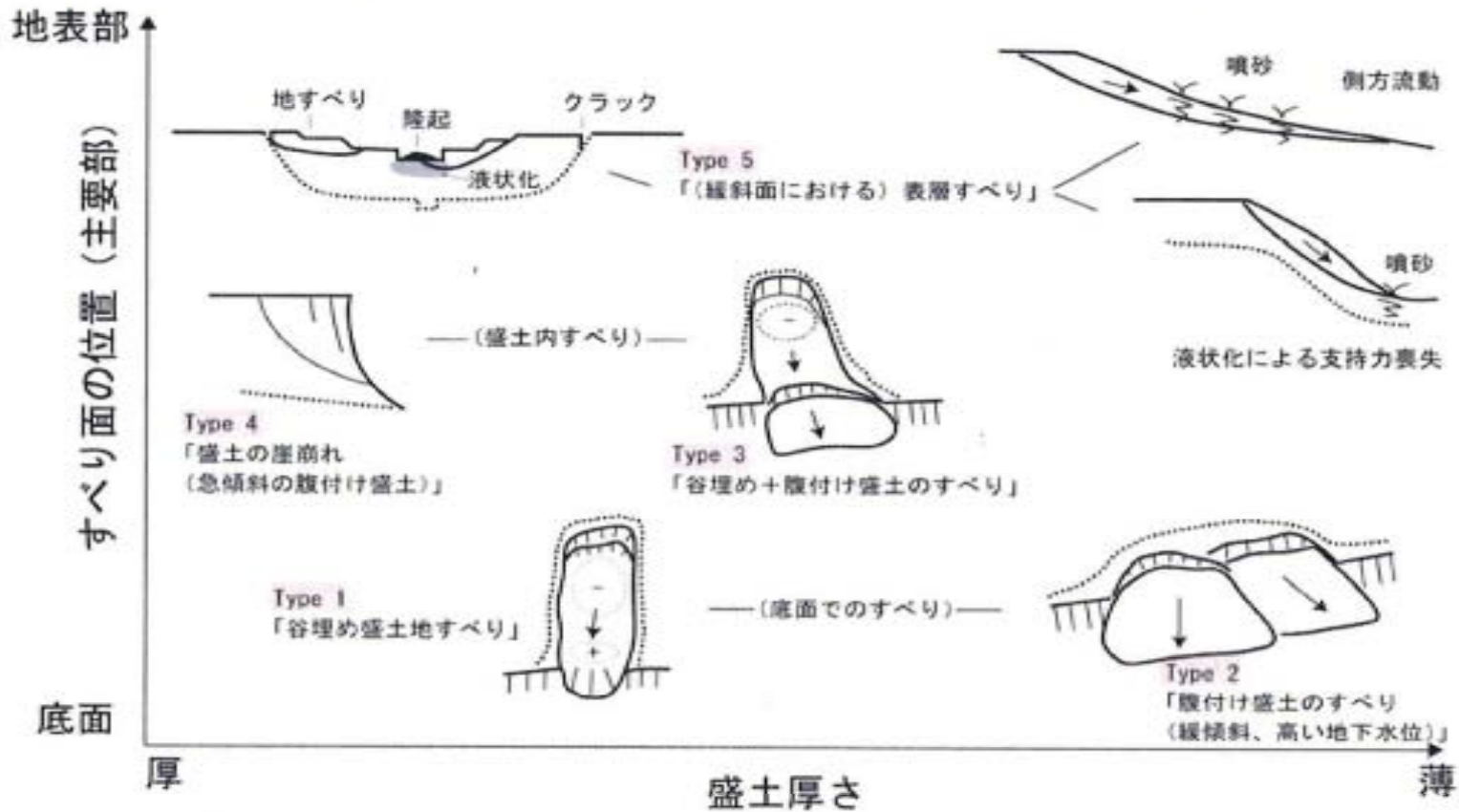
Type 1: 「谷埋め盛土地すべり」。盛土やや厚く、すべり面は
ほぼ底面。

Type 2: 「腹付け盛土のすべり」。盛土薄く、すべり面はほぼ
底面。 ＊緩傾斜、高い地下水位を示す。

Type 3: 「谷埋め＋腹付け盛土のすべり」。盛土厚さ中位、
すべり面は中位。

Type 4: 「盛土の崖崩れ」。盛土厚く、すべり面は中位。

Type 5: 「(緩斜面における) 表層すべり」。盛土厚多種、す
べり面は浅い。



*「すべり面の位置」とは、盛土全体に対する「すべり面」の相対的な発達部位を表している。

造成地盤で発生した地すべりの分類

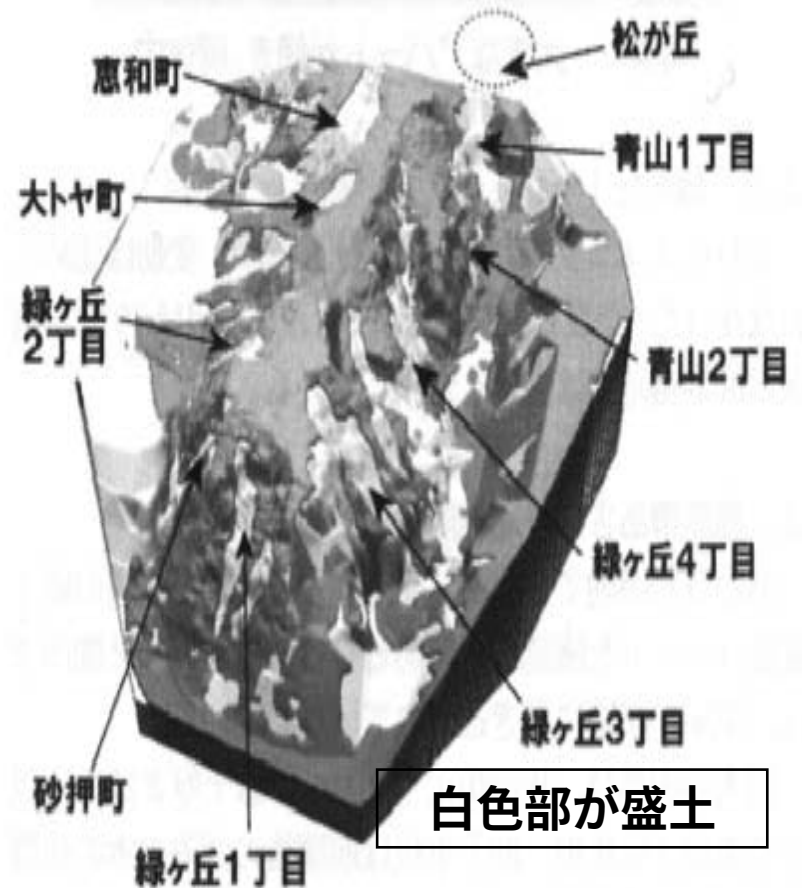
<仙台市内全体の被害状況>

仙台市内宅地被害分析



仙台市における大規模住宅地被害の全体位置

番号	地区	擁壁 (倒壊)	宅地地震	斜面の崩壊	大規模盛土法面の滑動		
					谷埋盛土	腹付け盛土	長大法面
1	向山2丁目	○		○			
2	松ヶ丘	○					
3	緑ヶ丘3丁目	○	○		○		
4	緑ヶ丘4丁目	○	○		○	○	
5	青山2丁目	○	○	○	○	○	
6	恵和町	○					
7	大崎(トヤ)	○					
8	八木山南1丁目	○					
9	茂庭台5丁目	○		○			
10	折立5丁目	○	○		○		
11	西花魁1丁目		○	○			
12	高野原2丁目			○			○
13	南宮成7丁目	○	○	○			○
14	北中山3丁目	○	○	○			○
15	滝道	○		○		○	
16	日ヶ森1丁目	○					
17	小松島4丁目	○					
18	旭ヶ丘2丁目	○					
19	東黒松	○	○	○			
20	平坂町	○					
21	桜ヶ丘3丁目					○	
22	双葉ヶ丘	○			○		
23	北根1丁目	○					
24	南光台6丁目	○	○				○
25	加茂3丁目	○	○				○



盛土前 (左) と盛土後 (右) の鳥瞰図

太田英将氏・釜地俊孝氏:「2011年 東北地方太平洋沖地震に伴う造成盛土すべり」より抜粋

青山2丁目 (Type 2: 腹付け盛土、水位高い)

- ・腹付け盛土が、著しく変位している。
- ・地下水が非常に豊富で湧水多い。
- ・地すべり側部で、移動土塊の絞り出しが見られる。

・右図は「仙台市宅地保全審議会：資料」抜粋。



【平面図（被災状況写真位置図）】



平面図



地すべり頭部を、右側部より望む



地すべり末端部の崩壊



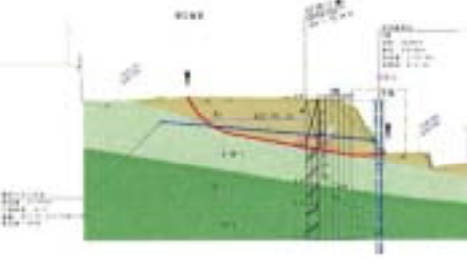
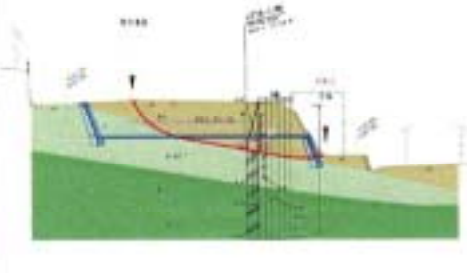
地すべり側部の、絞り出し



地すべり側部の、湧水

対策工比較表 (仙台市宅地保全審議会資料より抜粋)

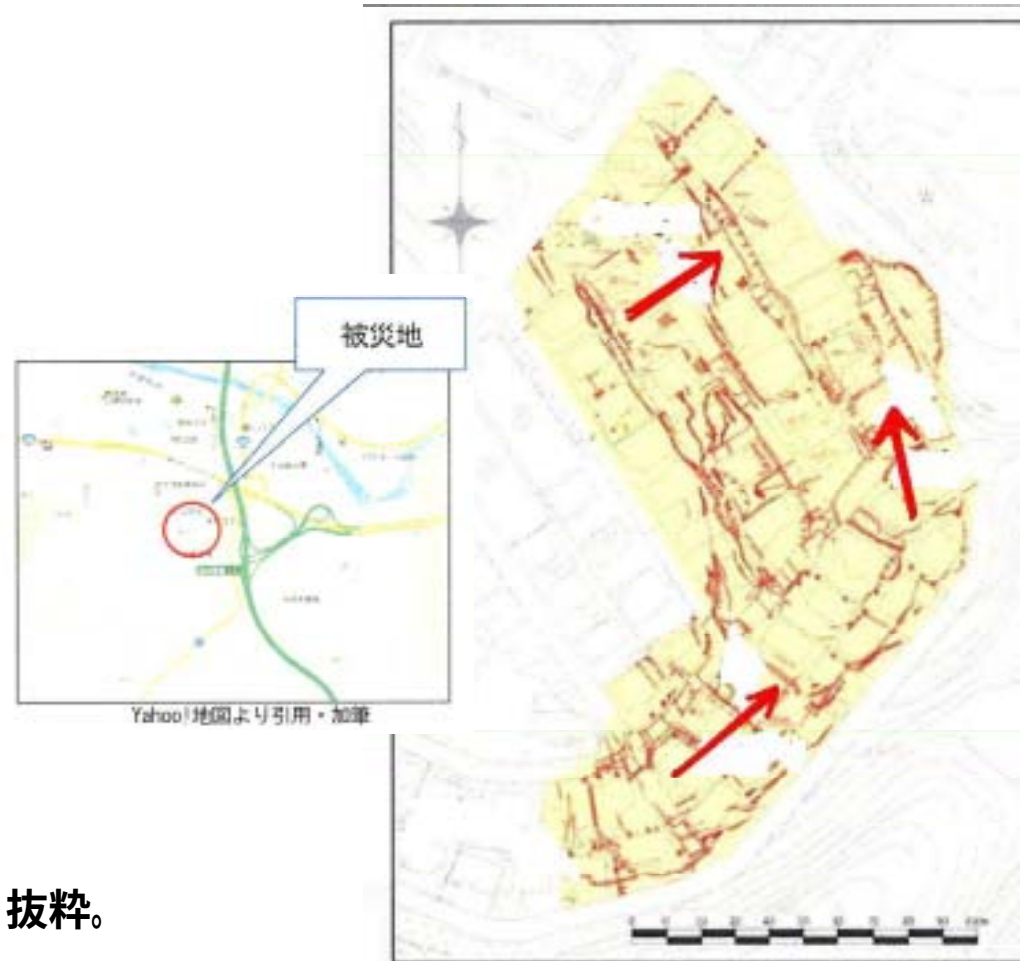
1. 工法比較表

変状メカニズム		対策が必要とされる西側エリアでは頭部となる市道及び宅地で長さ150m、幅70m間に明瞭な開口亀裂が発生し、斜面下方では擁壁や地表面に隆起・圧縮亀裂が明瞭に現われている。各種調査及び湧水状況から、本地区は全体に地下水の豊富な地域であることが判明した。また、盛土材料はレキ混じりシルト、砂層を主体とする細粒土からなり、$N=0-3$と「非常にゆるい」相対密度を示し、層厚は3~5mと比較的薄い。 今回の地震動は震度5強と大きく、継続時間が長かったため、西側斜面では基盤岩との境界付近にすべり面が形成され変状が現われと考えられる。		
対策方針		本地区の対策工法としては、変状の主たる原因である地下水位の処理は効果的であるが、完全な地下水処置は不可能であることから排水工法を補助工法とし、基礎をしっかりと基盤面に支持された擁壁工または杭工などのすべり抑止効果の高い工法が必要とされる。また、移動土塊が完全に破壊されているブロック（西側エリア東端部）では、排土工も考慮する必要がある。擁壁部の変状に関しては、盛土地盤の締め固めが必要である。		
工法案		A案（アンカー工+杭式擁壁工併用、一部排土工）	B案（杭式擁壁工、一部排土工）	C案（整地、排土工）
概要	図	 【アンカー工の例】		
	説明	【杭式擁壁工、グラウンドアンカー工】 盛土内で発生する滑動崩落(すべり)を杭工で抑止するもの。 【横ボーリング工】 盛土の強度増加および不安定化を改善するため、暗渠工を設置し恒常的な地下水位の低下を図るもの。	【杭式擁壁工】 盛土内で発生する滑動崩落(すべり)を杭工で抑止するもの。 【横ボーリング工】 盛土の強度増加および不安定化を改善するため、暗渠工を設置し恒常的な地下水位の低下を図るもの。	【排土工】 すべり土塊を排土し、盛土の不安定化を抑制するもの。 【横ボーリング工】 盛土の強度増加および不安定化を改善するため、暗渠工を設置し恒常的な地下水位の低下を図るもの。
対策工		杭式擁壁工 アンカー工 横ボーリング工 一部排土工	杭式擁壁工 横ボーリング工 一部排土工	排土工
評価		現地形を改変することなくアンカー工、杭式擁壁工によりすべり破壊を抑制できる。 アンカー工を併用する計画としており、安定化を図る工法としては抑止杭工よりも信頼性が高い。 アンカー工が宅地内に設置されるため、用地上の問題がある。	現地形の改変を極力抑えた上で杭式擁壁工によりすべり破壊を抑制できる。 杭式擁壁工により、用地問題を考慮した対策である。 大地震時には杭頭変位により宅地への影響も考えられることに留意する必要がある。	不安定土塊を除去することで、すべり破壊を抑制できる。 3案の中で最も安定性が期待できる。 土地区画の再配置等を伴い居住環境が変わる懸念等がある。

折立5丁目 (Type1: 谷埋め盛土)

- ・活動範囲が広く、被害も大規模。
- ・家屋、擁壁の被害が顕著。
- ・盛土厚さは10m程度で、ほぼ底面で滑っている。
- ・1978年には、被災していない。

・右図は「仙台市宅地保全審議会：資料」抜粋。



平面図



広域地図

やや急な下り坂

やや急な下り坂

折立 5丁目 航空写真







中央部 家屋・塀の被害



末端部 変形著しい家屋



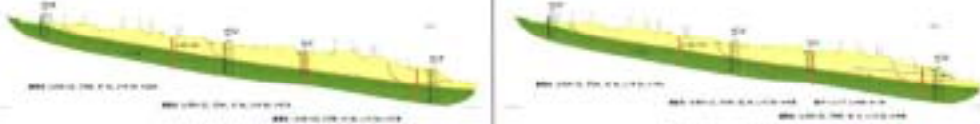
中間部 傾動した家屋



中間部 家屋中央から大きく変形

対策工比較表 (仙台市宅地保全審議会資料より抜粋)

1. 工法比較表＜滑動崩落対策＞

変状メカニズム		本地区は、旧谷地形を埋立て造成されたいわゆる谷埋め盛土部に位置する。盛土部が地震動を受けて移動し、地表部に段差・クラックなどを生じたものと推定される。盛土部の移動は、その方向や移動量から、大きく3つのブロックに区分でき、下部ブロックほど移動量が増加する。移動はいずれも旧谷地形の下流方向に向かっており、最大2m程度である。このため、ひな壇上の宅地区画を隔てる擁壁や道路の変状も著しい。また、最末端の先には折立小学校が位置し、小学校の入り口の斜面盛土が一部、崩壊している。盛土中の地下水位は高く、降雨にも敏感に反応している。以上から、盛土地盤が地震動によって旧谷地形部付近を境界面とし概ね旧谷方向に移動（滑動崩落）した結果、地表の宅盤や擁壁に変状をもたらしたと推定される。また、ブロック外でも地震動により緩みを生じた盛土部で擁壁の転倒等の変状が発生した。		
対策方針		本地区の変状は盛土面と地山の境界面での滑動崩落に起因していることから、工法としては地すべり的な移動を防止することを優先する必要がある。滑動崩落への対策としては、宅地の平均勾配・用地的制約から杭工（ブロックごとに配置）が有効と考えられる。また、地下水が高いことから、地下水排除工（大型暗渠など）を実施することも重要である。これらを実施したのち、各宅盤の擁壁の補修を実施する必要がある。また、小学校の保全のため、下端の石積擁壁は十分な配慮が必要である。		
工法案		A案	日案	
概要	図			
	説明	地すべり土塊内に鋼管杭を建て込み、その抵抗力で地すべりの滑動を抑止する地すべり抑止工である。	横ボーリング工で地すべり土塊内の地下水位を低下させ、不足分の抑止力に対して、鋼管杭工を設置し、地すべりを安定化させる工法である。	
対策工		鋼管杭 暗渠工 道路復旧 擁壁復旧	鋼管杭 横ボーリング 道路復旧 擁壁復旧	
評価		暗渠工を計画しているが、その地下水低下を考慮せずに鋼管杭を設計していることから、安全性が高い。暗渠工により地下水が低下すれば、安全性はさらに向上する。	横ボーリングによる地下水低下効果を見込んで鋼管杭を設計しているが、盛土が粘性土であり透水性が低いことから、地下水が期待するほど低下しない危険性がある。	

西花苑1丁目 (自然斜面の地すべり)

- ・新第三紀の地すべりブロックが、地震により再活動した。
- ・地すべり頭部の切土により安定度が上昇したのだが、強烈な地震動で再活動した。
- ・家屋1戸が、谷側へ大きく傾動し、他3棟も被災した。



・右図は「仙台市宅地保全審議会：資料」抜粋。

平 面 図

地すべり頭部家屋 谷側へ大きく傾動



地すべり頭部 左遠方より望む



地すべり頭部 左遠方より望む



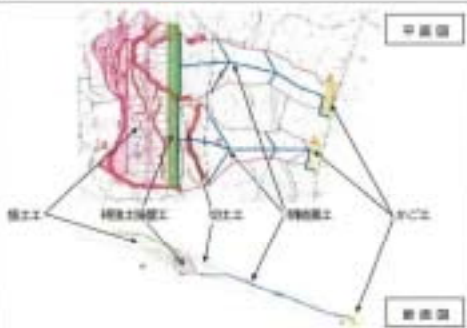
地すべり頭部 谷側(奥)へ傾動



地すべり頭部 谷側(左)へ傾動

対策工比較表 (仙台市宅地保全審議会資料より抜粋)

1. 工法比較表

変状メカニズム		西花地地区においては、谷埋め盛土のすべり変状を示している。変状は旧地形での沢部に沿って生じており、盛土部の自然水位が高い状態にあったものと推定できる。盛土部分の土の飽和度は高い状態にあり、N値も低いことより土の強さは十分ではなかったと推察できる。これに継続時間の長い大きな地震動が作用したことにより土の強さは低下し、盛土内のすべり変状を生じたものと考えられる。	
対策方針		本地区の対策工法は、陥没した部分を元に戻すという条件で作成する。 対策工法としては、上部の谷埋め盛土部と下部の沢底部に分けて、それぞれ対策工法を考えることが適当であると考えられる。谷埋め盛土部は、地山部分を基礎として補強土擁壁工による土留めを構築し、その上部については、良質土あるいは腐植土を利用した改良土を用いて盛土を行う。沢底部は、束縛部にかご工を設置することにより、のり民の安定と排水を確保し、斜面に防絡網による排水工を行うとともに、剪影・植生を行う工法が妥当であると考えられる。盛土工および補強土擁壁工においては排水対策を十分に行うことが斜面安定に重要である。	
工法案		A案	B案
概要	図		
	説明	・谷埋め盛土部(上部)は、不安定土塊を切土(盛土)した後、地山部分を基礎とした補強土擁壁工による土留めを構築し、その斜面に良質土を盛土する。 ・沢底部(下部)は、束縛部排水とりのり民防除を目的にかご工を設置する。また、斜面は剪影を行い、植生工により保護するとともに防絡網工を設置し、地表水・地下水の排水を確保する。	・谷埋め盛土部(上部)と沢底部(下部)の不安定土塊を全て切土(盛土)した場合の対策工である。 ・谷埋め盛土部は、地山部分を基礎とした補強土擁壁工による土留めを構築し、その斜面に良質土による盛土を行う。 ・沢底部については、切土斜面に防絡工(U350 36g・700-4)を設置し、斜面を植生工により保護する。
対策工		○切土工: V=21,800㎡ ○盛土工(良質土): V=22,400㎡ ○補強土擁壁工: L=70m, A=620㎡(H:7m×45m, H:9m×34m) ○防絡網工: U350 36g・700-4+φ150 高密度網(φ150の管 L=234m U350 36g・700-4のみ L=93m) ○植生工: 種子散布(盛土法面) A=2,300㎡, 植生シート(切土法面) A=1,600㎡ ○かご工(大型かご枠工): L=30m, A=120㎡	○切土工: V=33,800㎡ ○盛土工(良質土): V=22,400㎡ ○補強土擁壁工: L=70m, A=620㎡(H:7m×45m, H:9m×34m) ○防絡網工: U350 36g・700-4: L=316m ○植生工: 種子散布(盛土法面) A=2,700㎡, 植生シート(切土法面) A=1,600㎡
評価		地山部分を基礎とした補強土擁壁工を土留めとして構築することから、谷埋め盛土部(上部)の盛土の安定性は高い。沢底部(下部)の斜面についても防絡網工や植生工を施し、束縛部にかご工を設置することから、斜面の安定性は十分に図れる。	地山部分を基礎とした補強土擁壁工を土留めとして構築することから、谷埋め盛土部(上部)の盛土の安定性は高い。沢底部(下部)の斜面についても不安定土塊を全て切土(盛土)することから、安定性は高い。ただし、A案に比べて、経済性・施工性・環境面における。

緑が丘3丁目 (Type 1, 5: 谷埋め盛土)

- ・1978年 宮城県沖地震で地すべりが発生し、**鋼管杭 (5列) と地下水排除工 (集水井工3基) で対策済み。**
- ・宅盤全体の深いすべり (底面すべり) は抑止できたが、**浅いすべりには、効果が限定的である。**

宮城県仙台市太白区緑ヶ丘3丁目周辺の地図

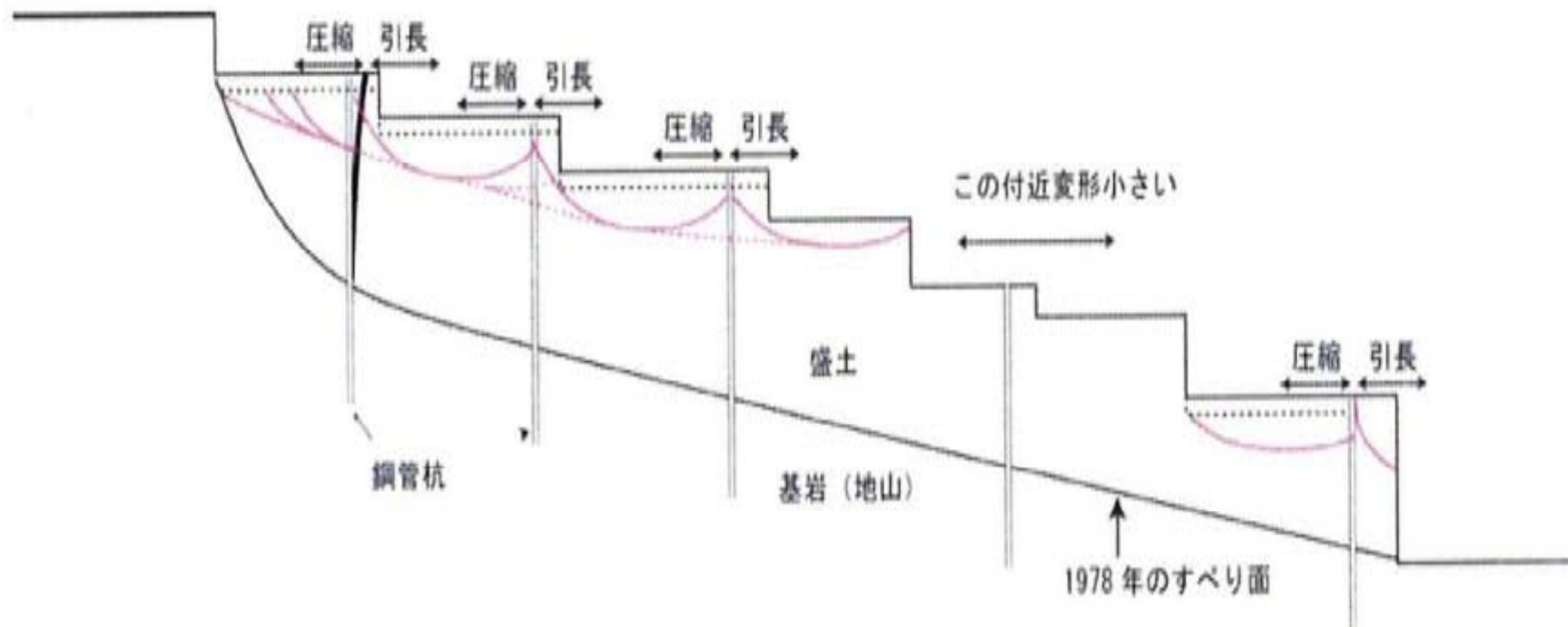


最寄り駅: 長町南(22分) 長町(24分) 長町(27分) 長町一丁目(27分)

平面図

<緑が丘3丁目地すべりにおける対策工>

- ・1978年の地震後、**底面すべりの抑止**を目的に**鋼管杭: 5列**、地下水排除工として**集水井3基**を施工していた。今回の地震による被災を見ると一定の効果は認められたが、家屋を守るという観点では、**抜本的な対策には至っていないことが判明**し、今後さらなる対策工が必要と判断される。





災害危険区域指定 (1978宮城県沖地震後に指定)



地すべり頭部



集水井工



抑止杭工 杭頭が10°谷側傾動

まとめ

・谷埋め盛土地すべりの特性

- ① 切盛り境界部で被害が明瞭に区分される。
- ② 地震によるすべり面の想定が困難であり、対策工計画が難しい。

地すべり対策工済み箇所でも、被災している。

- ③ 今後、盛土の変動予測技術を確立する必要がある。

「大規模盛土造成地の変動予測調査ガイドラインの解説」
(国土交通省：平成20年2月)を見直し、運用していく必要がある。

(詳細は国土交通省HP：宅地防災 | 都市・地域整備 | 宅地防災トップ |
で検索して下さい。)

山形県内の宅盤被害の想定

前述した報告を基に、県内の宅盤被害を被る可能性のある地域を以下にまとめる。

- ・山形市 東部, 南部
- ・山辺町 中央部
- ・新庄市 西部

＜大規模盛土造成地で被災しやすい条件＞

・谷埋め盛土造成地：谷や沢を埋めるため地下水が豊富で、形状的に盛土側面に谷部の斜面が存在することが多い場合。谷幅・盛土厚は様々で、詳細に分類しづらい。

・腹付け型大規模盛土造成地：傾斜地盤上で地下水が存在し、現地盤勾配が20度以上、盛土厚が5m以上の造成地。ただし、地下水がない場合でも、10m以上の盛土厚がある場合では被災しているケースもある。

＊「大規模盛土造成地の変動予測調査ガイドラインの解説」より