

宅地耐震対策工法選定ガイドラインの解説

平成24年4月

宅地耐震対策工法選定ガイドラインの解説

目 次

I. 総説	1
II. 宅地耐震対策の基本的な考え方	3
III. 対策工の選定	4
III.1 被害形態の想定	4
III.2 面的に行なう滑動崩落防止対策工	7
III.2.1 対策工の種類と効果	7
III.2.2 対策工の選定	16
III.3 個々の宅地で行なう耐震対策工	23
III.3.1 対策工の種類と効果	24
III.3.2 対策工の選定	32
IV. 対策工の設計	35
V. 対策工の施工	35
VI. その他	36
VI.1 土質調査の追加	36
VI.2 他の事業を併用した災害リスク低減対策（他部局との連携）	37
◎参考資料 1 大規模盛土造成地の滑動崩落防止対策事例	38
◎参考資料 2 地すべり防止対策実施箇所における大規模盛土造成地の被災事例	40

I. 総説

本ガイドラインは、「大規模盛土造成地の変動予測調査ガイドライン」（以下「変動予測調査ガイドライン」という）に基づいて実施された大規模盛土造成地の調査結果や安定計算等を踏まえ、効果的かつ経済的な滑動崩落防止対策計画を策定するに当り、その考え方を示したものである。

宅地耐震対策工は、「面的に行なう滑動崩落対策工」と「個々の宅地で行なう耐震対策工」に大別され、本ガイドラインでは、それぞれの対策工の種類と効果、対策工選定の考え方について整理した。

【解 説】

現在、各地方公共団体では変動予測調査ガイドラインに基づき、大規模盛土造成地の抽出や調査・安定計算等が実施されつつあり、今後、滑動崩落防止対策の検討が本格的に行われる見込みである。

また、平成 23 年 3 月の東日本大震災では多数の宅地が広域に被災し、「面的に行なう滑動崩落防止対策工」の重要性があらためて浮き彫りとなった。「面的に行なう滑動崩落防止対策工」とは、盛土全体の崩壊・変形※の防止を目的として、盛土全体の崩壊・変形の防止に加えて、原則として、盛土全体の崩壊・変形に起因する盛土表層の変形・切盛境界の不同沈下・擁壁変形も含めて対策するものである。なお、対策にあたっては、公共用地や必要に応じて個々の宅地も利用して、効果的な対策位置と仕様を検討し、宅地全体を一体的に対策することが重要かつ合理的である。

しかし、「面的に行なう滑動崩落防止対策工」には、多くの地権者の同意が必要とされ、工事に至るまでに長期間の調整が必要となることも予想される。このため、本ガイドラインにおいては、個々の宅地所有者が自ら自身の宅地を対策することも想定し、「個々の宅地で行なう耐震対策工」についても整理した。「個々の宅地で行なう耐震対策工」とは、主に盛土や擁壁背面土の締固め不足などに起因する家屋の不同沈下の防止・軽減を目的とし、個々の宅地所有者が自身の住宅基礎や擁壁の補強などの対策を行なうものである。個々の宅地所有者が自ら自身の宅地を対策するケースとしては、工事に至るまでの調整が長期化した場合などに「面的に行なう滑動崩落防止対策工」に先立ち自身の宅地のみを対策するケース、「面的に行なう滑動崩落防止対策工」に加え自身の宅地の安全性をさらに向上させるケースが考えられる。なお、「個々の宅地で行なう耐震対策工」のみを実施した場合は、仕様や対策場所によっては盛土全体の崩壊・変形による被害を軽減できることもあるが、地震時の被害を完全に防止できない可能性が高いことに留意する必要がある。「面的に行なう滑動崩落防止対策工」の早期実施を目指し、合意形成を図ることが重要である。また、先行して「個々の宅地で行なう耐震対策工」を実施し、将来的に「面的に行なう滑動崩落防止対策工」が行なわれた場合は、宅地全体で考えると、局所的に過大な対策となる可能性があることにも留意する必要がある。

※変形 ： せん断破壊（崩壊）に至らない変位

表1 「面的に行なう滑動崩落防止対策工」と「個々の宅地で行なう耐震対策工」

	面的に行なう滑動崩落防止対策工	個々の宅地で行なう耐震対策工
工事の内容	地方公共団体が宅地所有者の合意を得て、あるいは宅地所有者が共同して盛土全体の滑動崩落を防止	個々の宅地所有者が自ら自身の宅地や家屋の被害を防止・軽減
目的	盛土全体の崩壊・変形の防止 (原則、盛土全体の崩壊・変形に起因する盛土表層の変形・切盛境界の不同沈下・擁壁変形も含めて防止)	主に、家屋の不同沈下の防止・軽減 (仕様や対策場所によっては、盛土全体の崩壊・変形による被害の軽減)
対策用地	公共用地、個々の宅地	個々の宅地
対策工	抑制工、抑止工	建物補強工、抑制工、抑止工
留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・公共用地や必要に応じて個々の宅地も利用して、効果的な対策位置と仕様を検討する必要がある。 ・宅地全体を一体的に対策するため合理的であるが、合意形成が困難。 	<ul style="list-style-type: none"> ・個々の宅地対策だけでは、地震時の被害を完全に防止できない可能性が高い。 ・面的な対策に先立って個々の宅地対策を実施し、将来的に面的な対策が行なわれた場合は、宅地全体で考えると、局所的に過大な対策となることがある。

Ⅱ．宅地耐震対策の基本的な考え方

宅地耐震対策は、個々の住宅のみならず、周辺の公共施設も含めた地域コミュニティの保全を目的とし、盛土造成地全体の大規模な崩壊に加えて、盛土表層の崩壊や変形に対しても効果を発揮する対策工を総合的に検討する。

【解 説】

ひとたび滑動崩落が発生すると、個々の住宅の倒壊や不同沈下のみならず、ライフライン、道路（高速道路、一般道、都道府県道）、河川、鉄道、避難地または避難路などの周辺公共施設に被害が生じる。

これらの公共施設を含む地域コミュニティを保全するために、滑動崩落防止対策工を実施する。

滑動崩落防止対策工は、地盤条件、想定される被害形態、メカニズム、社会的条件、施工条件、環境条件、経済条件等と合わせて、宅地・道路や既存構造物の整備状況等、住民との円滑な合意形成などを踏まえた、総合的な検討により選定する必要がある。

また、平成 23 年 3 月の東日本大震災では、既設の地すべり防止対策が地すべりに対しては一定の効果を発揮したものの、盛土表層の崩壊や変形を含めた滑動崩落防止対策としては十分ではなく、住宅や擁壁に被害が生じた箇所が見受けられた（参考資料 2）。このことから、宅地において住宅や擁壁被害を確実に防止するためには、盛土造成地全体の大規模な崩壊に加えて、盛土表層の崩壊や変形に対しても効果を発揮する耐震対策工を、総合的に検討することの重要性があらためて浮き彫りとなった。なお、擁壁背面土の締固め不足などに起因する家屋の不同沈下等は、面的に行なう滑動崩落防止対策工のみでは防げない場合があるため、併せて個々の宅地で行なう耐震対策工を検討する必要がある。

Ⅲ. 対策工の選定

Ⅲ. 1 被害形態の想定

変動予測調査ガイドラインに基づいた検討結果から、大規模盛土造成地の被害形態を想定する。被害形態は崩壊と変形に分類され、さらに、崩壊はすべり崩壊と擁壁倒壊、変形はすべりによる変形と擁壁変形に分類される。

【解 説】

表 3.1.1 に示すように、地震時に想定される被害形態としては、すべり崩壊、擁壁倒壊及び変形などが考えられる。

表 3.1.1 地震時に想定される被害形態

被害形態		模 式 図		備 考
滑 動 崩 落	崩壊	すべり崩壊		盛土内の間隙水圧の上昇による流動的すべり崩壊など
		擁壁倒壊		擁壁の不安定化による擁壁倒壊・背面土の崩壊など
	変形	すべりによる変形		盛土と地山※の境界などを不連続面とする地すべり変形(盛土表層の変形、切盛境界の不同沈下を含む)など
		擁壁変形		擁壁と背面土の変形

※地山：自然地盤（このうち安定したものが基盤）

滑動崩落の被害形態としては、崩壊と変形に分類され、また崩壊はすべり崩壊と擁壁倒壊に分類される。すべり崩壊は、盛土内の間隙水圧の上昇による流動的すべり崩壊などであり、擁壁倒壊は、擁壁の不安定化による擁壁倒壊・背面土の崩壊などである。また変形は、盛土と地山の境界などを不連続面とする地すべり変形、擁壁と背面土の変形などである。これらの被害形態は、現地踏査及び土質調査で判明した危険要因（地下水位が高い、盛土の下に不安定な土層が堆積している、擁壁が不安定等）から想定する。危険要因が複数存在する場合は、被害形態も複数想定する。

地震時に想定される被害形態とその危険要因の関係を表 3.1.2、表 3.1.3 に示す。

表 3.1.2 地震時に想定される被害形態とその危険要因（崩壊）

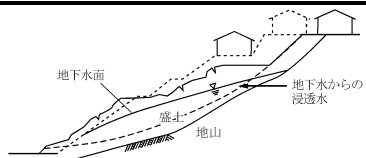
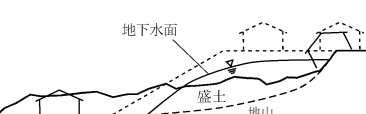
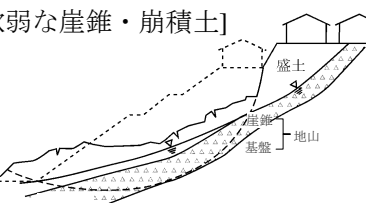
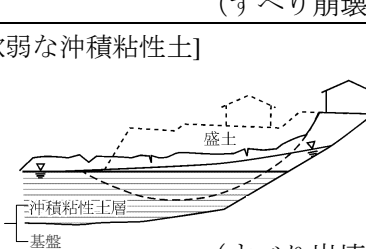
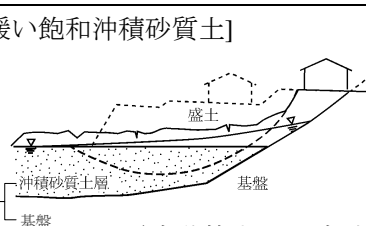
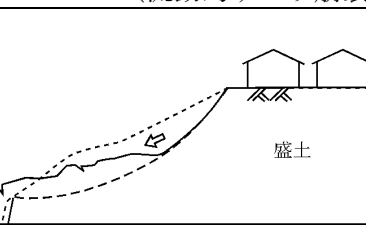
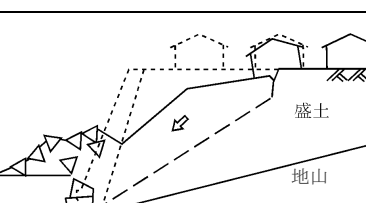
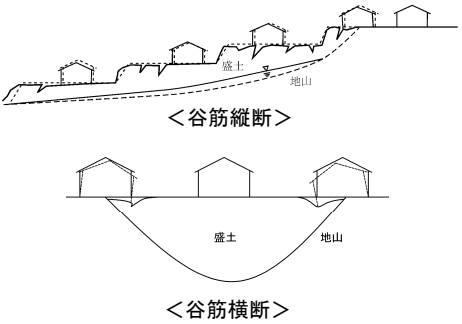
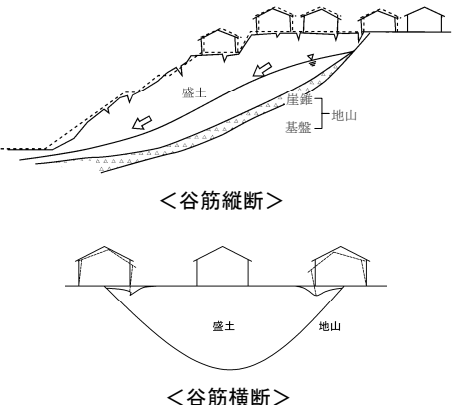
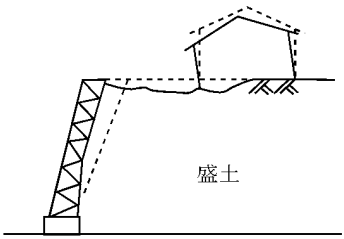
滑動崩落（崩壊） の被害形態		危険要因	模式図	盛土の 種類
崩壊	すべり崩壊	盛土内の間隙水圧の上昇による流動的すべり崩壊		腹付け型
		地下水位が高く、盛土が流動化しやすい		谷埋め型
		不安定な地山を通るすべり崩壊もしくは流動的すべり崩壊	<p>[軟弱な崖錐・崩積土]</p>  <p>(すべり崩壊)</p>	谷埋め型 腹付け型
			<p>[軟弱な沖積粘性土]</p>  <p>(すべり崩壊)</p>	谷埋め型 腹付け型
			<p>[緩い飽和沖積砂質土]</p>  <p>(流動的すべり崩壊)</p>	谷埋め型 腹付け型
	擁壁倒壊	盛土のり面の不安定化によるすべり崩壊		谷埋め型 腹付け型
		擁壁が不安定		谷埋め型 腹付け型

表 3.1.3 地震時に想定される被害形態とその危険要因（変形）

滑動崩落（変形） の被害形態			危険要因	被害形態が変 形と想定され る要因	模式図	盛土の 種類
変形	すべりによる変形	盛土と地山の境界などを不連続面とする地すべり変形（盛土表層の変形、切盛境界の不同沈下を含む）	<ul style="list-style-type: none"> 地下水位が高く、盛土が流動化しやすい 盛土の下に不安定な土層が堆積 盛土の締固め不足 	地山の勾配が緩く、細長い谷を埋めた薄い盛土	 <p><谷筋縦断></p> <p><谷筋横断></p>	谷埋め型
		地形的要因により崩壊までには至らない変形（盛土表層の変形、切盛境界の不同沈下を含む）	<ul style="list-style-type: none"> 地下水位が高く、盛土が流動化しやすい 盛土の下に不安定な土層が堆積 盛土ののり面の表面付近が不安定 盛土の締固め不足 	谷の末端を閉塞している盛土	 <p><谷筋縦断></p> <p><谷筋横断></p>	谷埋め型 腹付け型
	擁壁変形	擁壁と背面土の変形	<ul style="list-style-type: none"> 潜在的に不安定な擁壁 背面土の締固め不足（特に、擁壁高が高い擁壁の背面土） 	現状では背面土を含めて安定している擁壁	 <p>盛土</p>	谷埋め型 腹付け型

Ⅲ. 2 面的に行なう滑動崩落防止対策工

面的に行なう滑動崩落防止対策工は、広範かつ面的な宅地被害を軽減し、ライフライン、道路、河川、鉄道、避難路、避難地等の周辺公共施設を含む地域コミュニティを保全することを目的とする。

【解 説】

面的に行なう滑動崩落防止対策は、官民一体となって計画・実施することが基本であるが、宅地には住宅が林立し多くの人が暮らしており、その住宅を撤去・移動して対策を行うことは現実的ではない。このため、対策工は、道路や公園などの公共用地で実施可能な工法を基本とする。

ただし、公共用地で実施可能な工法だけでは、盛土表層の変形・切盛境界の不同沈下・擁壁変形などを完全に防止できないケースも予想され、その場合には個々の宅地を利用し、住宅脇や擁壁背面などで実施可能な工法を併用することを検討する必要がある。

Ⅲ. 2. 1 対策工の種類と効果

1) 対策工の種類

対策工は抑制工と抑止工に分類できる。

抑制工は、大規模盛土造成地の地形、地下水の状態などの自然条件を変化させることによって、崩壊及び変形を防止する工法であり、地表水排除工、地下水排除工などがある。

抑止工は、構造物を設けることによって、その抵抗力により崩壊及び変形を防止する工法であり、固結工、抑止杭工、グラウンドアンカー工などがある。

【解 説】

対策工の種類とその概要を表 3.2.1 及び表 3.2.2 に、対策工イメージ図及び代表的な対策工の配置例を図 3.2.1 に示す。

表 3.2.1 対策工の種類と概要（抑制工）

対策工の種類		対策工の概要			概算直接工事 単価(参考) H23 年度
		工法の概説	維持管理	対策箇所および施工スペース	
抑制工	地表水 排除工	降雨の浸透などにより地下水位の上昇を防止することを目的とした対策工である。例えば、水路工などがある。	土砂や枝葉等が堆積する場合があるため、定期的に排土、清掃が必要である。	【対策箇所】 大規模盛土造成地と周辺地山等との境界部の主に公共用地（道路や公園・緑地等）と、造成地内の道路等に設置する。敷地境界に設置の際は、地権者等との協議が必要な場合がある（個々の宅地を利用した対策）。 【施工スペース】 幅、深さ 0.5～1.0m 程度の施工スペースが必要である。	17 千円/m 程度 (U 型側溝)
	地下水 排除工	地下水排除工は、地盤内に浸透した水を速やかに外部に排除する対策工である。例えば、暗渠工、横ボーリング工、集水井工などがある。	目詰まり等で排水不良になるので、定期的に排水量等を確認する必要がある。	【対策箇所】 大規模盛土造成地内の主に公共用地に設置する。暗渠工は道路部、横ボーリング工はのり面や擁壁壁面、集水井は公園・緑地等が想定される。 横ボーリングや集水井の集排水ボーリング等は、排水効果を確保するには延長が長くなり、公共用地内だけで対応できない場合があるため、地権者との協議が必要な場合がある（個々の宅地を利用した対策）。 【施工スペース】 暗渠工は、幅、深さ 1.0～2.0m 程度、集水井は、井戸(井戸径 3.5～4m)の周りに幅 2～3m 程度、横ボーリング工は、ロータリーパーカッション(スキッド型)を用いた施工が想定され、設置位置の前面に 4～5m 程度の施工スペースが必要である。	7 千円/m 程度 (暗渠工) 15 千円/m 程度 (横ボーリング工) 400 千円/m 程度 (集水井工、集排水ボーリング工は別途)
	間隙水圧 消散工	礫や人工材料によるドレーンを地盤中に打設することによって、地震時に生じる砂質土層の過剰間隙水圧の上昇を抑制する対策工である。例えばグラベルドレーン工などがある。	維持管理は必要ない。(施工後にメンテナンスができないため、目詰まりが生じないドレーン材料を選定する必要がある。)	【対策箇所】 大規模盛土造成地内の公園・緑地や空き地等の広い施工場所を利用して、対策を行う。 【施工スペース】 大型機械(幅 5m×長さ 8m 程度)が施工可能なスペースが必要である。	2 千円/m 程度 (サンドドレーン工を想定)
	押 え 盛土工	すべりの末端部分に盛土を行なう、もしくはじゃかご、ふとんかご等を設置し、すべり抵抗を増加させる対策工である。じゃかご、ふとんかごは、排水促進による盛土の地下水位低下もある程度期待できる。	かごの変形や背面地盤の変形等を地震後に目視にて確認する必要がある。	【対策箇所】 盛土末端部ののり面や擁壁等の前面に設置する。盛土設置のための用地が必要である。 公園・緑地や空き地等が想定される。 【施工スペース】 施工スペースは、盛土規模による。盛土規模は、大規模盛土造成地の安定性から設定する必要がある。施工は、バックホーおよびブルドーザにより行う。	3.5 千円/m³ 程度 (購入土 3.0 千円/m³ 程度想定、運搬別途)

※ 維持管理が必要な工法を選定する場合は、実施主体や費用負担のルールを事前に協議・調整する必要がある。

表 3.2.2(1) 対策工の種類と概要（抑止工）

対策工の種類		対策工の概要			概算直接工事 単価(参考) H23 年度
		工法の概説	維持管理	対策箇所および施工スペース	
抑止工	固結工	軟弱な地盤にセメント・生石灰などの固化材を混合あるいは注入して地盤強度の増加を図る対策工である。例えば深層混合処理工やグラウト工などがある。 なお、固結工は地下水の流動阻害を起こさない配置とし、施工にあたっては固化材の地下水への流出を防止する必要がある。また、構造物などに近接する場合はその影響を防止するため、低変位型の工法を選定する必要がある。	維持管理は必要ない。	【対策箇所】 主に公共用地（道路や公園・緑地等）を利用して、広い範囲に対策を行う必要がある。宅地擁壁背面で対策を行う場合は、地権者との協議が必要となる（個々の宅地を利用した対策）。 【施工スペース】 施工方法により異なるが、幅 5～10m 以上の施工スペースが必要である。中層混合処理工や深層混合処理工では、バックホーベースの改良機械が想定される。 高圧噴射攪拌工は施工機械がボーリングマシンであるため、施工幅は 5m が必要である。	4.5 千円/m ³ 程度 (中層混合処理工) 7.0 千円/m ³ 程度 (深層混合処理工) 23 千円/m ³ 程度 (高圧噴射攪拌工、二重管、改良径 φ2.0m を想定)
	グラウンドアンカー工 [地盤補強] [擁壁補強]	盛土のり面や既設の擁壁に高い引張り強度を有する鋼線あるいは素材からなるワイヤ状の引張材を打設し、緊張力を付加する対策工である。 なお、擁壁補強に用いる場合は、アンカー設置による擁壁の破損を防止するため、アンカー周辺部の擁壁補強が必要となる場合がある。	アンカー頭部およびアンカー構造部分の周辺地盤に対して、定期的な目視観察を行う必要がある。	【対策箇所】 主に道路脇の擁壁や造成地内のり面を利用して対策を行う。また、宅地擁壁を利用する場合には、アンカー長が 7m 以上と長い他、定着層を安定した地盤とすることが必要であるため、隣接する宅地内にアンカー体が入り込む場合もあるので、地権者との協議、合意形成が必要となる（個々の宅地を利用した対策）。 【施工スペース】 ロータリーパーカッション(スキッド型)を用いた施工が想定され、アンカー設置部の前面に 4～5m 程度の施工スペースが必要である。	6.5 千円/m ² 程度 (アンカー設置面積当り、アンカー長 15m、削孔径 φ115mm、受圧板を想定、仮設工は別途)
	抑止杭工	地表面から鉄筋コンクリート杭、H 鋼杭、鋼管杭等を打設して基盤層（不動層）に固定し、杭の曲げ抵抗およびせん断抵抗によってすべり抵抗を増加させる対策工である。 なお、抑止杭工は地下水の流動阻害を起こさない配置とする必要がある。	杭頭や周辺地盤の変位等を、地震後に、目視確認するとともに、定量的な観測を実施する必要がある。	【対策箇所】 主に公共用地（道路や公園・緑地等）を利用して、杭を設置する。また宅地内に設置する場合には、地権者との協議、合意形成が必要となる（個々の宅地を利用した対策）。 【施工スペース】 大口径ボーリングマシンによる施工となるため、施工幅は杭中心より前後 2.5m 程度が必要である。	500～600 千円/m (杭施工延長当り、鋼管杭、杭長 12<L<24m を想定、仮設工別途)

※ 維持管理が必要な工法を選定する場合は、実施主体や費用負担などのルールを事前に協議・調整する必要がある。

表 3.2.2(2) 対策工の種類と概要（抑止工）

対策工の種類		対策工の概要			概算直接工事 単価(参考) H23 年度
		工法の概説	維持管理	対策箇所および施工スペース	
抑 止 工	矢板工	地表面から鋼製の矢板を打設し、矢板の曲げ抵抗およびせん断抵抗によって地盤の変形を防止する対策工である。なお、矢板工は地下水の流動阻害を起さない配置とすることが必要である。	矢板周辺地盤の変位等を、地震後に、目視にて確認する必要がある。	【対策箇所】 主に公共用地（道路や公園・緑地等）を利用して、矢板を設置する。また宅地内に設置する場合には、地権者との協議、合意形成が必要となる（個々の宅地を利用した対策）。 【施工スペース】 施工機械によるが、ラフレンスクレーン 25t 程度が搬入可能である必要がある。矢板設置位置では、幅 3～5m 程度が必要である。	450 千円/m (矢板施工延長当り、矢板長 8.5m、排水機能付、施工：油圧圧入を想定)
	鉄筋挿入工 [地盤補強] [擁壁補強]	盛土のり面や既設の擁壁等を鉄筋で補強する工法であり、のり面の場合は直接鉄筋を打設、擁壁の場合は前面に吹付法杵等を設置して鉄筋を打設し、地震に対する安定性を確保する対策工である。	鉄筋頭部および補強された構造物、周辺地盤に対して、地震後に、目視観察を行う必要がある。	【対策箇所】 主に道路脇の擁壁や造成地内ののり面を利用して対策を行う。また、宅地擁壁を利用する場合には、地権者との協議、合意形成が必要となる（個々の宅地を利用した対策）。 【施工スペース】 施工機械は、定置式ドリルを用いた施工が想定され、鉄筋設置部の前面に 2～3m 程度の施工スペースが必要である。	3.5 千円/m ² 程度 (鉄筋挿入工設置面積当り、削孔長 3m、削孔径 φ65mm、受圧板を想定、仮設工は別途)

※ 維持管理が必要な工法を選定する場合は、実施主体や費用負担などのルールを事前に協議・調整する必要がある。

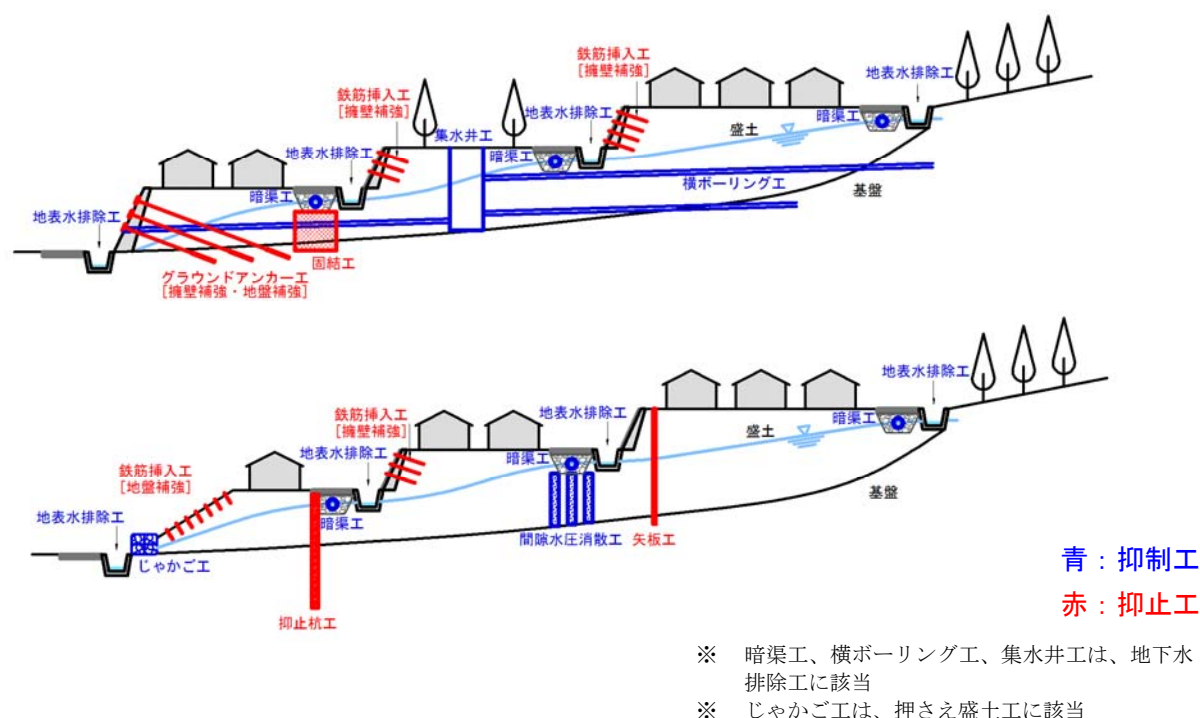


図 3.2.1 対策工のイメージ図及び代表的な対策工の配置例

2) 対策工の効果

面的に行なう滑動崩落防止対策工は、現地調査等より判明した危険要因及び想定される被害形態に対して有効な工法を選定する必要がある。また、危険要因が複数あり、複数の被害形態が想定される場合は、組み合わせにより総合的に判断する。

【解 説】

危険要因や想定される被害形態に対して効果が期待できる対策工について、表 3.2.3～3.2.9 にまとめて示す。

表 3.2.3 盛土内の間隙水圧上昇による流動的すべり崩壊の被害形態に対する対策工（参考）

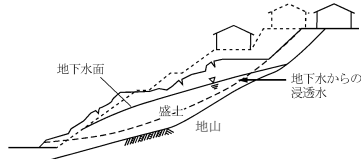
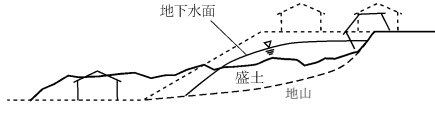
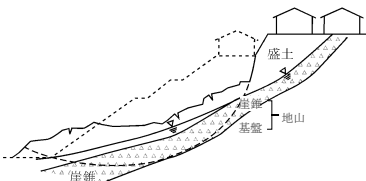
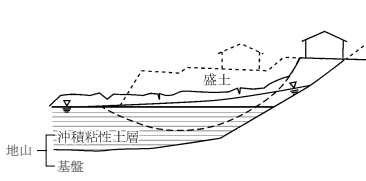
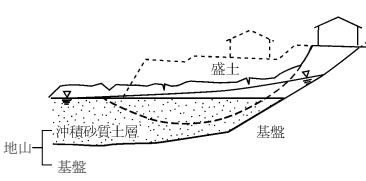
被害形態		盛土内間隙水圧上昇による流動的すべり崩壊			
危険要因		地下水位が高い、盛土が流動化しやすい			
盛土の種類		腹付け型		谷埋め型	
模式図					
効果が期待できる有効な対策工	分 類	対策工の種類		対策工の種類	対策効果
	抑制工	地表水排除工 (水路工等)	降雨浸透の防止	地表水排除工 (水路工等)	降雨浸透の防止
		地下水排除工 (横ボーリング工、暗渠工、集水井工等)	地下水位低下による流動化抑制	地下水排除工 (横ボーリング工、暗渠工、集水井工等)	地下水位低下による流動化抑制
		間隙水圧消散工	地震時過剰間隙水圧の上昇抑制	間隙水圧消散工	地震時過剰間隙水圧の上昇抑制
		押え盛土工 (盛土、じゃかご、ふとんかご等)	すべり抵抗増加	押え盛土工 (盛土、じゃかご、ふとんかご等)	すべり抵抗増加
	抑止工	固結工	盛土強度の増加	固結工	盛土強度の増加
		グラウンドアンカー工 [地盤補強]	緊張力の付加によるすべり抵抗増加	グラウンドアンカー工 [地盤補強]	緊張力の付加によるすべり抵抗増加
		抑止杭工	杭の曲げ抵抗およびせん断抵抗によるすべり抵抗増加	抑止杭工	杭の曲げ抵抗およびせん断抵抗によるすべり抵抗増加

表 3.2.4 不安定な地山を通るすべり崩壊・流動的すべり崩壊の被害形態に対する対策工（参考）

被害形態		不安定な地山を通るすべり崩壊もしくは流動的すべり崩壊					
危険要因		盛土の下に不安定な土層が堆積					
		軟弱な崖錐・崩積土及び軟弱な沖積粘性土			緩い飽和沖積砂質土		
盛土の種類		腹付け型及び谷埋め型			腹付け型及び谷埋め型		
模式図		[盛土下が軟弱な崖錐・崩積土]  (すべり崩壊)		[盛土下が軟弱な沖積粘性土]*  (すべり崩壊)		[盛土下が緩い飽和沖積砂質土]  (流動的すべり崩壊)	
効果が期待できる有効な対策工	分類	対策工の種類	対策効果	対策工の種類	対策効果	対策工の種類	対策効果
	抑制工	地表水排除工（水路工等）	降雨浸透の防止	地表水排除工（水路工等）	降雨浸透の防止	地表水排除工（水路工等）	降雨浸透の防止
		地下水排除工（横ボーリング工、暗渠工、集水井工等）	地下水位低下によるすべり抵抗増加	地下水排除工（横ボーリング工、暗渠工、集水井工等）	地下水位低下によるすべり抵抗増加	地下水排除工（横ボーリング工、集水井工、暗渠工等）	地下水位低下による流動化抑制
		押え盛土工（盛土、じゃかご、ふとんかご等）	すべり抵抗増加	押え盛土工（盛土、じゃかご、ふとんかご等）	すべり抵抗増加	間隙水圧消散工	地震時過剰間隙水圧の上昇抑制
	抑止工	固結工	不安定な土層の強度の増加	固結工	不安定な土層の強度の増加	固結工	不安定な土層の強度の増加
		グラウンドアンカー工〔地盤補強〕	緊張力の付加によるすべり抵抗増加	グラウンドアンカー工〔地盤補強〕	緊張力の付加によるすべり抵抗増加	グラウンドアンカー工〔地盤補強〕	緊張力の付加によるすべり抵抗増加
		抑止杭工	杭の曲げ抵抗およびせん断抵抗によるすべり抵抗増加	抑止杭工	杭の曲げ抵抗およびせん断抵抗によるすべり抵抗増加	抑止杭工	杭の曲げ抵抗およびせん断抵抗によるすべり抵抗増加

※ 盛土下が軟弱な沖積粘性土層の場合、地下水排除工による地下水位低下や押え盛土工による荷重の増加により、地盤沈下が生じる可能性がある。このため、地盤沈下が懸念される場合には、固結工などの地盤沈下が生じない工法によって、沖積粘性土層も含めて対策することが重要である。

表 3.2.5 盛土のり面の不安定化によるすべり崩壊の被害形態に対する対策工（参考）

被害形態		盛土のり面の不安定化によるすべり崩壊	
危険要因		盛土のり面の表面付近が不安定	
盛土の種類		腹付け型及び谷埋め型	
模式図			
効果が期待できる有効な対策工	分類	対策工の種類	対策効果
	抑制工	地表水排除工（水路工等）	降雨浸透の防止
		地下水排除工（横ボーリング工、暗渠工、集水井工等）	地下水位低下によるすべり抵抗増加
		押え盛土工（盛土、じゃかご、ふとんかご等）	すべり抵抗増加
	抑止工	固結工	のり面強度の増加
		グラウンドアンカー工〔地盤補強・擁壁補強〕、鉄筋挿入工〔地盤補強・擁壁補強〕	のり面すべり抵抗の増加及び不安定な擁壁の補強
		抑止杭工	杭の曲げ抵抗およびせん断抵抗によるのり面すべり抵抗の増加

表 3.2.6 擁壁の不安定化による擁壁倒壊・背面土の崩壊の被害形態に対する対策工（参考）

被害形態		擁壁の不安定化による擁壁倒壊・背面土の崩壊	
危険要因		擁壁が不安定	
盛土の種類		腹付け型及び谷埋め型	
模式図			
効果が期待できる有効な対策工	分類	対策工の種類	対策効果
	抑制工	地表水排除工（水路工等）	降雨浸透の防止
		地下水排除工（横ボーリング工、暗渠工、集水井工等）	地下水位低下によるすべり抵抗増加
		押え盛土工（盛土、じゃかご、ふとんかご等）	不安定な擁壁の補強
	抑止工	固結工	擁壁背面地盤強度の増加
		グラウンドアンカー工〔地盤補強・擁壁補強〕、鉄筋挿入工〔地盤補強・擁壁補強〕	不安定な擁壁の補強及びすべり抵抗の増加
		抑止杭工	杭の曲げ抵抗およびせん断抵抗によるすべり抵抗の増加

表 3.2.7 盛土と地山の境界などを不連続面とする地すべりの被害形態に対する対策工（参考）

被害形態		盛土と地山の境界などを不連続面とする地すべりの変形 (盛土表層の変形、切盛境界の不同沈下を含む)	
危険要因		地下水位が高い、盛土下に不安定な土層が堆積、盛土の締固め不足	
盛土の種類		谷埋め型	
模式図			
効果が期待できる有効な対策工	分類	対策工の種類	対策効果
	抑制工	地表水排除工（水路工等）	降雨浸透の防止
		地下水排除工（横ボーリング工、暗渠工、集水井工等）	地下水位低下によるすべり抵抗増加
		押え盛土工 (盛土、じゃかご、ふとんかご等)	すべり抵抗増加
	抑止工	固結工	不安定な土層の強度の増加
		グラウンドアンカー工 [地盤補強・擁壁補強]、 鉄筋挿入工 [擁壁補強]	緊張力の付加によるすべり抵抗増加及び不安定な擁壁の補強
		抑止杭工	杭の曲げ抵抗およびせん断抵抗による地すべり抵抗の増加
		矢板工	矢板の曲げ抵抗およびせん断抵抗によるすべり抵抗の増加

表 3.2.8 地形的要因により崩壊までには至らない変形の被害形態に対する対策工（参考）

被害形態		地形的要因等により崩壊までには至らない変形 (盛土表層の変形、切盛境界の不同沈下を含む)	
危険要因		盛土下に不安定な土層が堆積、盛土のり面の表面付近が不安定、盛土の締固め不足	
盛土の種類		腹付け型及び谷埋め型	
模式図			
効果が期待できる有効な対策工	分類	対策工の種類	対策効果
	抑制工	地表水排除工（水路工等）	降雨浸透の防止
		地下水排除工（横ボーリング工、暗渠工、集水井工等）	地下水位低下によるすべり抵抗増加
		押え盛土工 (盛土、じゃかご、ふとんかご等)	すべり抵抗増加
	抑止工	固結工	不安定な土層の強度の増加
		グラウンドアンカー工 [盛土補強]	緊張力の付加によるすべり抵抗増加
		抑止杭工	杭の曲げ抵抗およびせん断抵抗によるすべり抵抗の増加
		矢板工	矢板の曲げ抵抗およびせん断抵抗によるすべり抵抗の増加

表 3.2.9 擁壁と背面土の変形の被害形態に対する対策工（参考）

被害形態		擁壁と背面土の変形	
危険要因		潜在的に不安定な擁壁、背面土の締固め不足（特に、擁壁高が高い擁壁の背面土）	
盛土の種類		腹付け型及び谷埋め型	
模式図			
効果が期待できる有効な対策工	分類	対策工の種類	対策効果
	抑制工	地表水排除工（水路工等）	降雨浸透の防止
		地下水排除工（横ボーリング工、暗渠工、集水井工等）	地下水位低下によるすべり抵抗増加
		押え盛土工（盛土、じゃかご、ふとんかご等）	擁壁の補強
	抑止工	固結工	擁壁背面地盤強度の増加
		グラウンドアンカー工 [擁壁補強]、鉄筋挿入工 [擁壁補強]	擁壁の補強
		抑止杭工	杭の曲げ抵抗およびせん断抵抗によるすべり抵抗の増加
		矢板工	矢板の曲げ抵抗およびせん断抵抗によるすべり抵抗の増加

Ⅲ. 2. 2 対策工の選定

1) 対策工選定の考え方

対策工は、以下の事項を総合的に検討し、選定する必要がある。

- (1) 要求性能、(2) 危険要因と想定被害形態、(3) 抑制工と抑止工の組み合わせ、
- (4) 既設対策工の評価、(5) 地盤条件、(6) 社会的条件、(7) 施工条件、(8) 環境条件、
- (9) 経済条件、(10) 関連法規、(11) 維持管理、(12) 信頼性及び耐久性、(13) 事業者間の調整

【解 説】

(1) 要求性能

- ① 二次元分割法などの安定計算で求まる地震時の安全率が、1.0 以上となる対策工を選定することが基本である。
- ② 想定される被害形態が変形（すべりによる変形、擁壁変形）の場合は、変動予測調査ガイドラインに挙げられる有限要素法（地震時残留変形解析）などを併用して、対策の必要性ならびに対策効果を検討することも考えられる。
- ③ 対象が擁壁の場合は、地震時に想定される外力に対して、滑動及び転倒が生じず、基礎地盤及び擁壁躯体が破壊しない対策工を選定する必要がある。

(2) 危険要因と想定被害形態

- ① 危険要因及び想定被害形態に対応した適切な対策工を選定する必要がある。対策工は、表 3.2.1～3.2.2 及び表 3.2.3～3.2.9 に示すように、判明した危険要因及び想定被害形態によって有効な対策工が異なる。
- ② 複数の危険要因が認められる場合は、複合的な被害形態も想定し、それに応じた対策工を選定する必要がある。例えば「地下水位が高い」と「擁壁が不安定」などのように複数の危険要因が判明した場合、流動的なすべり崩壊と擁壁倒壊が複合的に生じる危険性もある。このため、現地状況を十分に調査・把握したうえで危険要因を漏れなく抽出し、複合的な被害形態の危険性も想定し、それに応じた対策工を選定する必要がある。

(3) 抑制工と抑止工の組み合わせ

- ① 抑制工と抑止工のもつそれぞれの特性を合理的に組み合わせ、複数工法の併用も念頭に置き、適切な工法を選定する必要がある。例えば、盛土の締固め不足によって宅地盛土全体の崩壊・変形が想定される場合は、地下水位排除工などの抑制工による対策と、固結工などの抑止工による対策の両方が必要となることもある。

(4) 既設対策工の評価

- ① 既設対策工が施工されている場合は、既設対策工の機能、性状、分布、状態等を踏まえ、現況で不足する抑止力を補うよう計画する。
- ② 既設対策工として抑止杭等の変形することで機能を発揮する対策工が施工されている場合は、追従して発生する地表面の変形による周辺施設への影響を考慮し、変形に対する対策を補うよう計画する必要がある。

- ③ 既設対策工の補修も有効な対策のひとつである（地下水排除工の横ボーリング工の洗浄等）。

(5) 地盤条件（土層構成、土質、地下水の状況等）

- ① 対象地盤の土層構成、土質、地下水の状況等に応じた対策工を検討する必要がある。
- ② 固結工、抑止杭工、矢板工は、地下水の流動阻害を起こさない配置を検討する必要がある。

(6) 社会的条件（対策用地の確保、土地利用の制限等）

- ① 住宅を撤去・移動して対策を行うことは現実的でないため、道路や公園などの公共用地で実施可能な対策工が基本となるが、公共用地の対策工だけでは地表面変形による住宅への被害が防止できない場合などは、借地などについて住民との合意形成を図りつつ、個々の宅地も利用して、官民一体となった対策を検討する必要がある。
- ② 対策工を設置する用地は、対策後の土地利用（地上及び地下）が制限される。例えば、グラウンドアンカー工や地下水排除工（横ボーリング工）を採用する場合、アンカー材や集水管を建物下部などに設置するため杭基礎等の施工制限が発生する、集水管の目詰まりを防止するため植樹ができない等、土地利用が制限されることがある。

(7) 施工条件（施工スペース・資機材の搬入、周辺地盤への影響、施工工期等）

- ① 住宅地での施工となるため、施工スペース及び搬入路が非常に狭い可能性がある。
- ② 住宅等の建物に近接した施工となる場合は、周辺地盤への影響に注意する必要がある。
- ③ 住民の諸事情等により、施工工期や施工時期が制限される場合がある。

(8) 環境条件（騒音・振動、地下水汚染、景観等）

- ① 住宅地での施工となるため、低騒音・低振動型の施工機械を選定する必要がある。
- ② 施工時の地下水汚染を防止する必要がある。
- ③ 対策工を地上に設置する場合は、景観に配慮する必要がある。

(9) 経済条件（対策工事費・維持管理費等）

- ① 対策工事費だけでなく、維持管理費も含めたトータルコストを考慮する必要がある。

(10) 関連法規

- ① 対策区域内に地すべり等防止法、急傾斜地法、砂防法に基づく規制区域等を含む場合は、関連する法規による規制を受けるので、それらに準拠する必要がある。

(11) 維持管理

- ① 維持管理を必要とする対策工を選定する場合は、可能な限り維持管理が容易な構造とする必要がある。
- ② 個々の宅地を利用して対策する場合は、維持管理の実施主体と費用負担者を明確にする必要がある。例えば、グラウンドアンカー工や地下水排除工（横ボーリング工）を採用する場合、アンカーの定期的な点検や集水管の洗浄などを、地方公共団体が行うのか、住民で構成される自治会等で行うのか、また、その費用はどちらが負担するのかなどのルールを事前に協議・調整し、官民が連携して実施する必要がある。なお、地方公共団体と自治会等の役割分担としては、専門知識や特殊な機器・設備を必要としない目視点検などは住民で構成される自治会等、専門知識や特殊な機器・設備を必要とする各種計測などは地方公共団体で行なうことが現実的と考えられる。

(12) 信頼性及び耐久性

- ① 施工実績等から、対策工の信頼性及び耐久性を確認する必要がある。例えば、鋼管杭を用いる場合、腐食による信頼性及び耐久性の低下が懸念されるため、各種技術指針を参考に適切な腐食しろを設定する必要がある。

(13) 事業者間の調整

- ① 宅地耐震対策工事は、複数の事業が同時並行で展開されるため、事業者間で十分な調整を行って、合理的な対策にすることが望ましい。

2) 対策工の例

i) 公共用地内の対策だけで滑動崩落を防止できる場合の対策例

① 盛土内の間隙水圧の上昇による流動的すべり崩壊対策の例

盛土内の間隙水圧の上昇が要因となる流動的すべり崩壊対策の例を図 3.2.2 に示す。公共用地内での対策を基本とすると、盛土のり面部におけるグラウンドアンカー工及び横ボーリング工、宅地内道路部での抑止杭工などを行い、すべり崩壊に対して所定の安全率を確保する対策が考えられる。

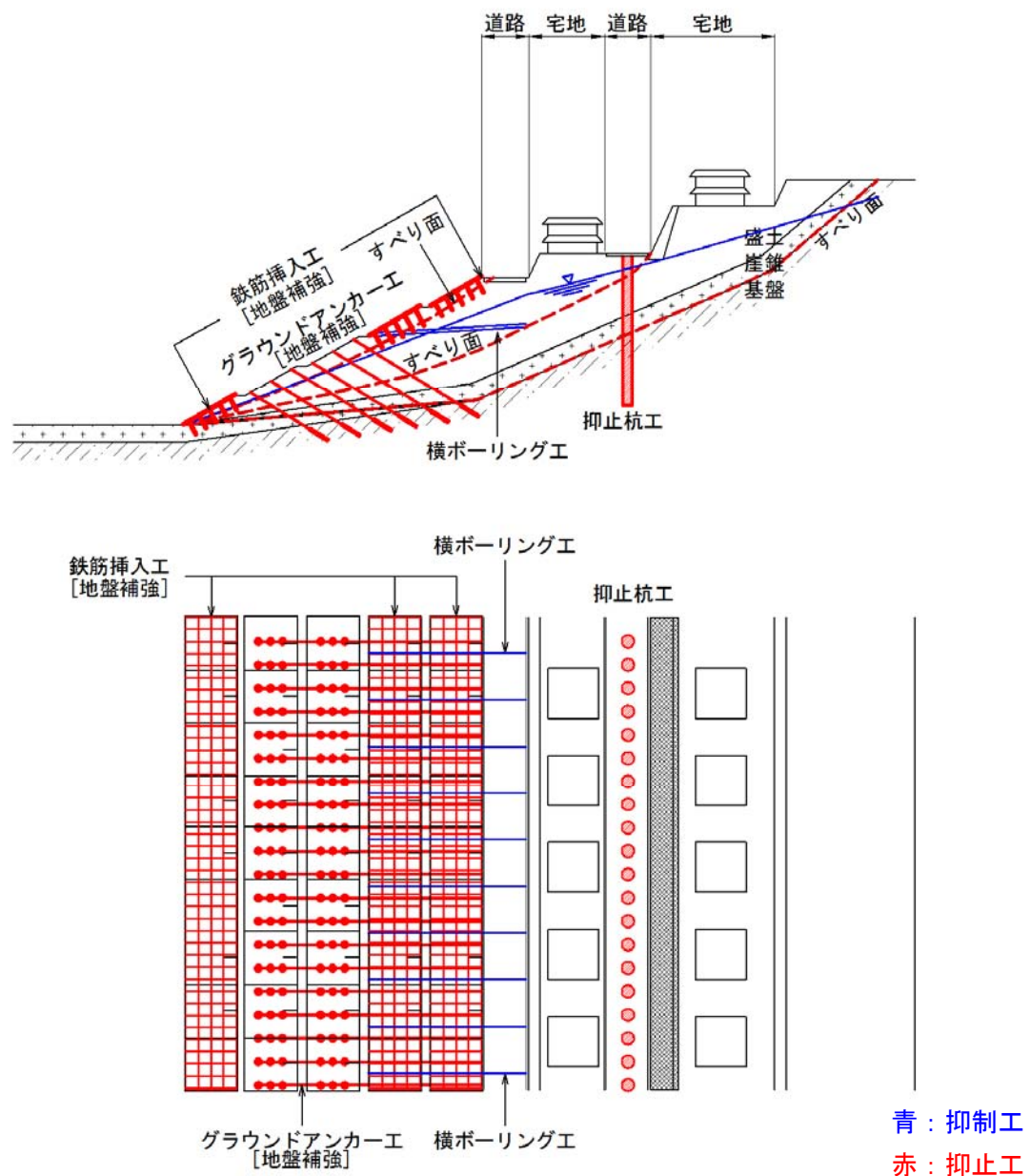


図 3.2.2 盛土内の間隙水圧の上昇による流動的すべり崩壊対策の例
(公共用地内の対策だけで滑動崩落を防止できる場合の対策例)

②不安定な地山（緩い飽和沖積砂質土）を通る流動的すべり崩壊対策の例

盛土の下に緩い飽和沖積砂質土が分布し、その流動化が要因となるすべり崩壊対策の例を図3.2.3に示す。公共用地内での対策を基本とすると、宅地内道路における固結工、公園や擁壁部での集水井工及び横ボーリング工などにより、すべり崩壊に対して所定の安全率を確保すると共に、宅地内道路を利用した間隙水圧消散工により、有害な残留変形を防止する対策が考えられる。

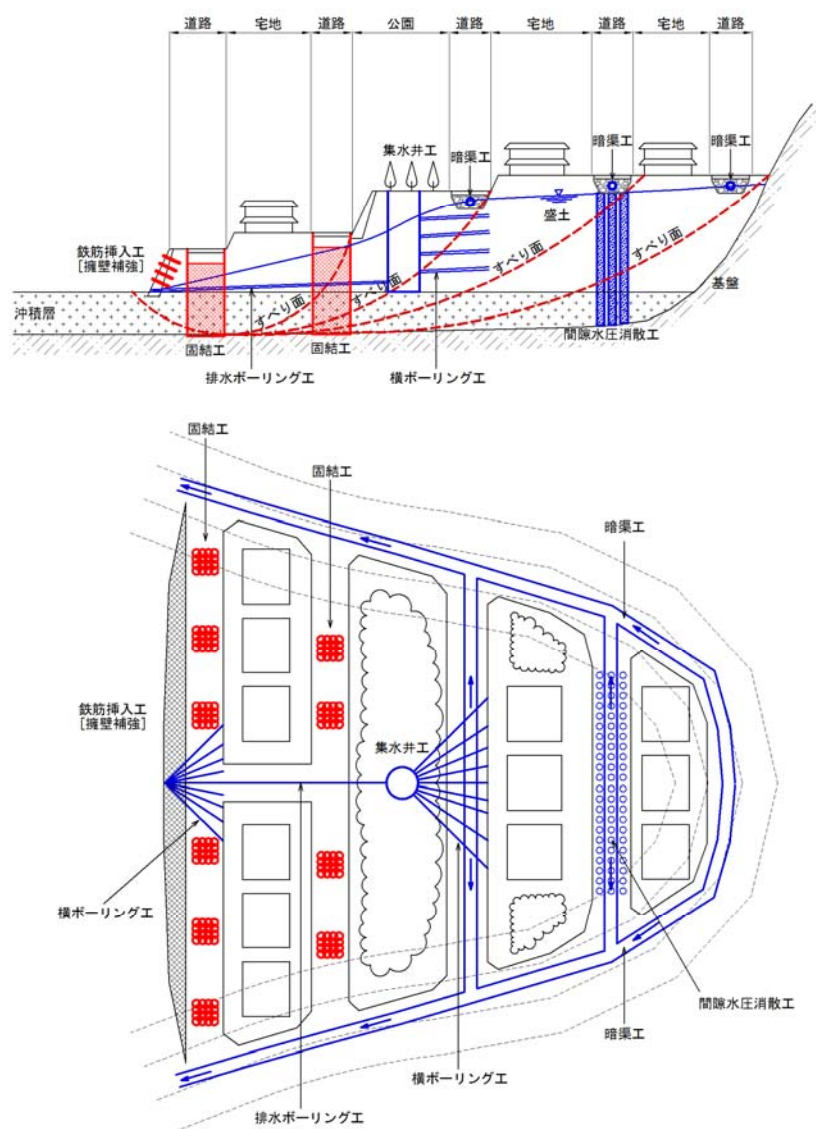


図 3.2.3 不安定な地山（緩い飽和沖積砂質土）を通る流動的すべり崩壊対策の例
（公共用地内の対策だけで滑動崩落を防止できる場合の対策例）

③盛土と地山の境界などを不連続面とする地すべりの変形対策の例

地山の勾配が緩い谷埋め型盛土造成地において、盛土と地山の境界などを不連続面とする地すべりの変形対策の例を図 3.2.4 に示す。

公共用地内での対策を基本とすると、宅地内道路における固結工もしくは間隙水圧消散工、公園や擁壁部での集水井工及び横ボーリング工などにより、すべりに対して所定の安全率を確保する対策が考えられる。

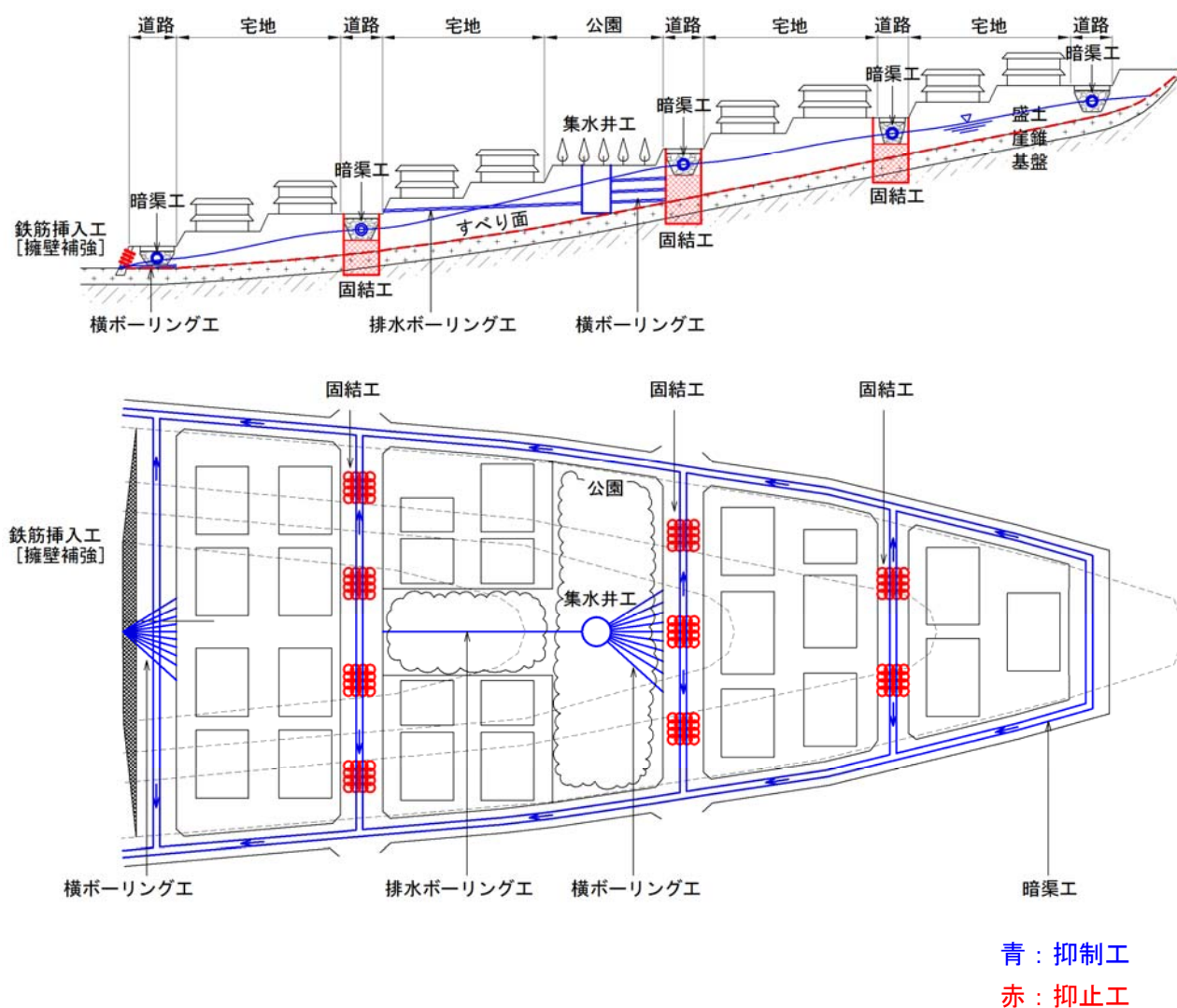


図 3.2.4 盛土と地山の境界などを不連続面とする地すべりの変形対策の例
(公共用地内の対策だけで滑動崩落を防止できる場合の対策例)

ii) 公共用地内の対策だけでは滑動崩落を防止できない場合の対策例（個々の宅地を利用した対策例）

公共用地内の対策だけでは、所定の安全率を確保できず、大規模盛土造成地の崩壊や変形を防止することが出来ない場合は、公共用地で実施する滑動崩落防止対策と併せて、個々の宅地を利用した（擁壁、のり面等）滑動崩落防止対策を行う必要がある。対策例を図 3.2.5 に示す。

個々の宅地を利用した対策（擁壁、のり面等）を実施する場合は、民地内にグラウンドアンカー工等を設置することになるため、住民の合意形成を図ることに加え、施工時には住宅に影響を与えないよう十分な措置を講ずる必要がある。

また、抑止杭工等、対策工自体が変形することで滑動崩落を抑止する対策工法を用いる場合は、住宅への影響を評価したうえで、必要に応じて変形抑制工（杭頭部アンカーの設置等）を併用する。

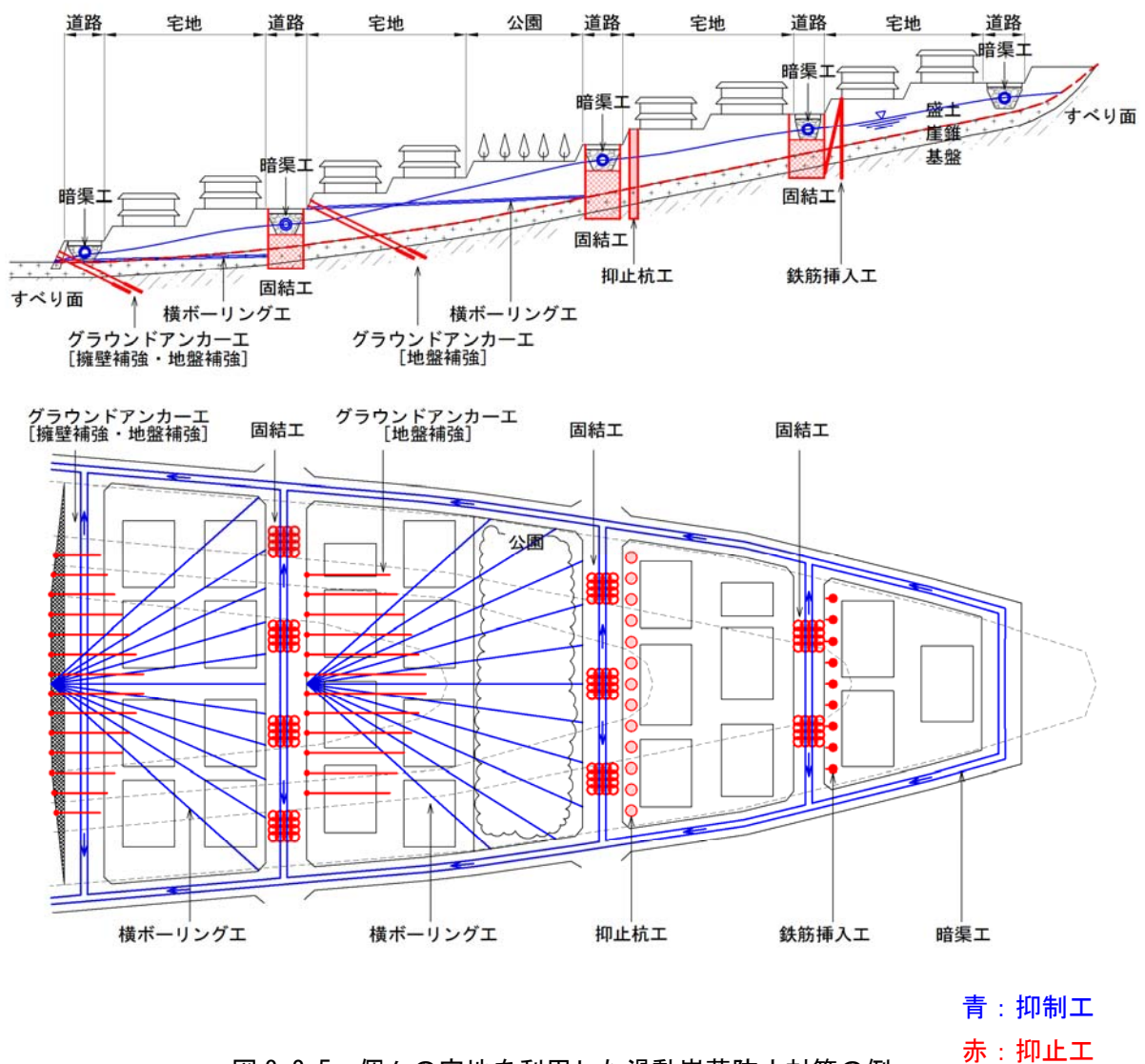


図 3.2.5 個々の宅地を利用した滑動崩落防止対策の例
(公共用地内の対策だけでは滑動崩落を防止できない場合の対策例)

Ⅲ. 3 個々の宅地で行なう耐震対策工

個々の宅地で行なう耐震対策工は、主に盛土や擁壁背面土の締固め不足などに起因する家屋の不同沈下の防止・軽減を目的とし、個々の宅地所有者が自身の住宅基礎や擁壁の補強などの対策を行なうものである。

【解 説】

個々の宅地で行なう耐震対策工は、原則、個々の宅地内で施工可能な工法を選定する必要がある。

盛土や擁壁背面土の締固め不足などに起因する家屋の不同沈下被害は、切盛境界の変形が生じることにより不安定化した擁壁近傍に位置する宅地で生じる可能性が高いと考えられる。自身の宅地がこれらの条件に該当する場合は、盛土や擁壁を定期的に点検（観察）し、変形が生じるあるいは進行が認められる場合は、面的に行なう滑動崩落防止対策工に加え、住宅の基礎や擁壁の補強などの対策を講じることが望ましい。なお、自身の宅地が切盛境界に該当するかどうかについては、旧地形図や空中写真、造成時の切盛り図などで確認できる。また、擁壁の安定性については、2段擁壁や増積み擁壁など宅地の擁壁に適さないとされる構造のもの、擁壁背面の沈下や躯体に亀裂や損傷が生じているもの、水抜き穴が詰まっているものなどは安定性が低いとされており、下記の資料により比較的簡易に概略評価および対策検討を行なうことができる。

- ・ 「我が家の擁壁チェックシート（案）、国土交通省」
〈参照 URL〉 <http://www.mlit.go.jp/crd/web/jogen/pdf/check.pdf>
- ・ 「宅地擁壁の復旧技術マニュアル、国土交通省」
〈参照 URL〉 <http://www.mlit.go.jp/common/000186906.pdf>
- ・ 「宅地擁壁老朽化判定マニュアル(案)、国土交通省」
〈参照 URL〉 http://www.mlit.go.jp/crd/web/jogen/jogen_hantei.htm

Ⅲ. 3. 1 対策工の種類と効果

1) 対策工の種類

対策工は建物補強工、抑制工、抑止工に分類できる。建物補強工は、切盛境界における家屋の不同沈下被害の軽減または被害発生後の修復が容易にできる工法であり、住宅基礎の立上げ工、住宅基礎の補強工などがある。抑制工と抑止工については、原則的に面的に行なう滑動崩落防止対策工と同様の考え方であるが、個々の宅地内で完結する工法に限定される。

【解 説】

対策工の種類とその概要を表 3.3.1～表 3.3.3 に、対策工のイメージ図を図 3.3.1 に示す。

表 3.3.1 対策工の種類と概要（建物補強工）

対策工の種類		対策工の概要			
		工法の概説	維持管理	対策箇所および施工スペース	概算直接工事単価(参考) H23 年度
建物補強工	住宅基礎の立上げ工	鋼管杭や地盤改良により、基礎を立上げ地盤変形による被害を軽減する対策工である。	維持管理は必要ない。	【対策箇所】 鋼管杭や地盤改良は、住宅基礎の下部に設置するものであり、対策箇所は住宅範囲に一致する。 【施工スペース】 住宅の周りに幅 1.0～2.0m の施工余裕が必要である。	30～70 千円/m ² 程度 (家屋面積当り、鋼管杭、杭長 5m を想定)
	住宅基礎の補強工	帯基礎の建物について、基礎を一体化（べた基礎化）することで、地盤変形による被害を軽減する対策工である。	維持管理は必要ない。	【対策箇所】 住宅基礎の補強を行うものであり、対策箇所は住宅範囲に一致する。 【施工スペース】 住宅内での施工となる。基本的に人が入る範囲があれば施工可能である。	10 千円/m ² 程度 (家屋面積当り、鉄筋コンクリートを想定)

表 3.3.2 対策工の種類と概要（抑制工）

対策工の種類		対策工の概要			
		工法の概説	維持管理	対策箇所および施工スペース	概算直接工事 単価(参考) H23 年度
抑制工	薬液注工	建築物の基礎地盤にセメント系の薬液を注入、固化することで、地盤変形による被害を軽減する対策工である。なお、薬液注工の施工にあたっては、薬液の地下水への流出を防止する必要がある。また、構造物などに近接する場合はその影響を防止するため、低変位型の工法を選定する必要がある。	維持管理は必要ない。	【対策箇所】 対策は、住宅基礎地盤の固化を目的とするため、概ね住宅範囲と対策箇所は一致する。 【施工スペース】 住宅の基礎を住宅周辺および住宅内からボーリングマシンを使用して行うものであり、住宅周辺には幅 3.0～5.0m の施工スペースが必要である。	60～70 千円/m ² 程度 (家屋面積当り、二重管ストレーナ工複相方式、砂質土、注入長 4m を想定、仮設工別途)
	間隙水圧消散工	地盤鉛直方向にドレーン材を埋設し、地震時の過剰間隙水圧の蓄積を減じることによって地盤の流動化を抑制し、地盤変形による被害を軽減する対策工である。	維持管理は必要ない。(施工後にメンテナンスができないうえに、目詰まりが生じないドレーン材を選定する必要がある。)	【対策箇所】 対策は、住宅基礎地盤および周辺地盤に間隙水圧消散を目的としたドレーンを設置するものである。このため、対策箇所は、概ね住宅範囲と一致する。 【施工スペース】 住宅の周辺および住宅内に小型機械を用いて、ドレーン材を設置、地表面排水配管を行うものであり、施工スペースは、住宅周辺に幅 1～2m 程度が必要である。	40～75 千円/m ² 程度 (設置面積当り、設置長 5m、小規模用地用人工ドレーン工を想定)

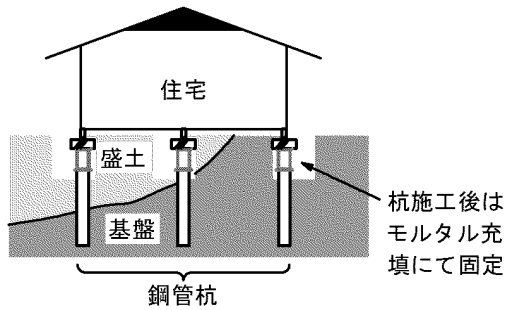
表 3.3.3(1) 対策工の種類と概要（抑止工）

対策工の種類		対策工の概要			概算直接工事 単価(参考) H23 年度
		工法の概説	維持管理	対策箇所および施工スペース	
抑 止 工	擁壁補修工 [擁壁補強]	局部的な補修により、擁壁の機能を回復させる対策工である。クラック補修や部分補強等が該当する。なお、補修できない場合は、再構築が必要となる。	擁壁工や背面地盤の変位等を、地震後に、目視にて確認する必要がある。	<p>【対策箇所】</p> <p>宅地擁壁の補修および復旧が必要な箇所が対策箇所となる。</p> <p>【施工スペース】</p> <p>擁壁補修の場合は、擁壁前面に 1m 程度の施工スペースがあればよい。</p> <p>擁壁再構築の場合は、擁壁前面に 2m 程度の施工スペースが必要である。擁壁を一時的に撤去するため、擁壁背面にも 1m 程度の施工スペースが必要となる場合もある。場合によっては、土留め杭等の併用が必要となる。</p>	100 千円/m (重力式擁壁 H=3m の再構築を想定)
	固結工	擁壁支持力の補強や擁壁背面土圧を受け持つおよび地盤変形を抑止するために、擁壁基礎地盤もしくは、背面地盤を地盤改良により固化する対策工である。 なお、固結工は地下水の流動阻害を起こさない配置とし、施工にあたっては固化材の地下水への流出を防止する必要がある。また、構造物などに近接する場合はその影響を防止するため、低変位型の工法を選定する必要がある。	維持管理は必要ない。	<p>【対策箇所】</p> <p>宅地擁壁または、擁壁背面地盤が対策箇所となる。</p> <p>【施工スペース】</p> <p>宅地擁壁基礎部や擁壁背面地盤を対象とするため、高圧噴射攪拌工による施工が想定される。施工機械がボーリングマシンであるため、施工幅は 5m が必要である。</p>	23 千円/m ³ 程度 (高圧噴射攪拌工、二重管、改良径 φ 2.0m を想定)
	抑止杭工	擁壁背面部に H 鋼杭、鋼管杭等を打設して、擁壁背面土圧を受け持つとともに、地盤変形を抑止する対策工である。	杭頭や周辺地盤の変位等を、地震後に、目視確認するとともに、定量的な観測を実施する必要がある。	<p>【対策箇所】</p> <p>宅地擁壁への背面地盤からの土圧を受け持つ、地盤変形を抑止するものであるため、対策箇所は、宅地擁壁となる。</p> <p>【施工スペース】</p> <p>大口径ボーリングマシンを用いた施工となるため、施工幅は 5m が必要である。</p>	220～300 千円/m 程度 (杭施工延長当り、H 鋼杭、杭長 12m 以下を想定、仮設工別途)

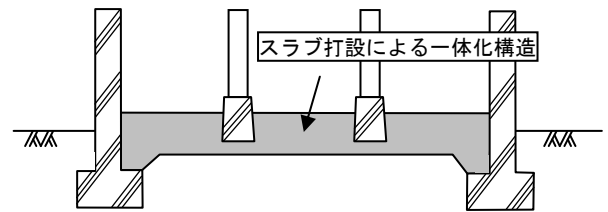
表 3.3.3(2) 対策工の種類と概要（抑止工）

対策工の種類		対策工の概要			
		工法の概説	維持管理	対策箇所および施工スペース	概算直接工事 単価(参考) H23 年度
抑 止 工	鉄筋挿入工 [地盤補強] [擁壁補強]	既設の擁壁等を鉄筋で補強する工法であり、擁壁前面に吹付法枠等を設置して鉄筋を打設し、地震に対する安定性を確保する対策工である。	鉄筋頭部および補強された構造物、周辺地盤に対して、地震後に、目視観察を行う必要がある。	<p>【対策箇所】</p> <p>宅地擁壁の補強を目的とするため、宅地擁壁が対策箇所となる。</p> <p>【施工スペース】</p> <p>施工機械は、定置式ドリルを用いた施工が想定され、鉄筋設置部の前面に 2～3m 程度の施工スペースが必要である。</p>	3.5 千円/m ² 程度 (鉄筋挿入工設置面積当り、削孔長 3m、削孔径 φ65mm、受圧板を想定、仮設工は別途)
	グラウンドアンカー工 [擁壁補強]	既設の擁壁が地震に対する安定性を満足しておらず、補修で対応できない場合に適用する。擁壁前面に受圧板等を設置した後、アンカー材を打設・緊張し、擁壁背面地盤の安定を確保する対策工である。	アンカー頭部およびアンカーされた構造物、周辺地盤に対して、定期的に、目視観察を行う必要がある。	<p>【対策箇所】</p> <p>宅地擁壁の補強を目的とするため、対策箇所は、宅地擁壁となる。アンカー長が 7m 以上と長い他、定着層を安定した地盤とすることが必要であるため、隣接する宅地内にアンカー体が入り込む場合もあるので、周辺住民との協議、合意形成が必要となる。</p> <p>【施工スペース】</p> <p>ロータリーパーカッション(スキッド型)を用いた施工が想定され、アンカー設置部の前面に 4～5m 程度の施工スペースが必要である。</p>	6.5 千円/m ² 程度 (アンカー設置面積当り、アンカー長 15m、削孔径 φ115mm、受圧板を想定、仮設工は別途)

【建物補強工】

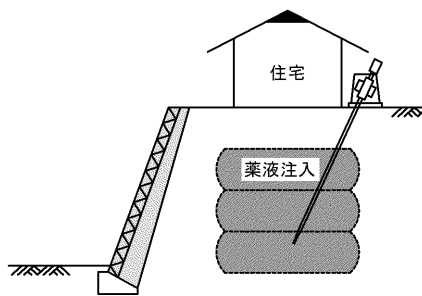


住宅基礎の立上げ工(杭式)

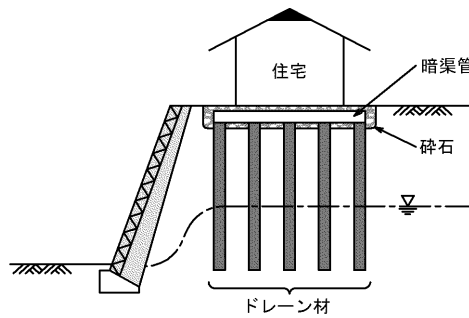


住宅基礎の補強工（束石と周辺基礎の一体化）

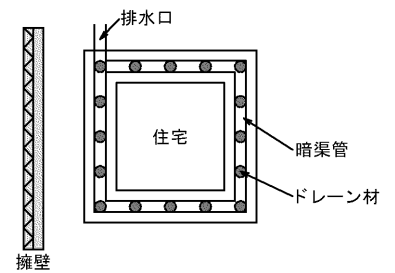
【抑制工】



薬液注入工



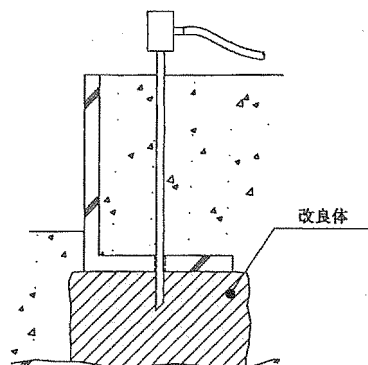
断面図



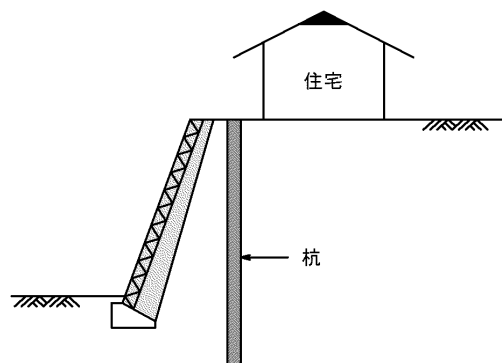
平面図

間隙水圧消散工

【抑止工】

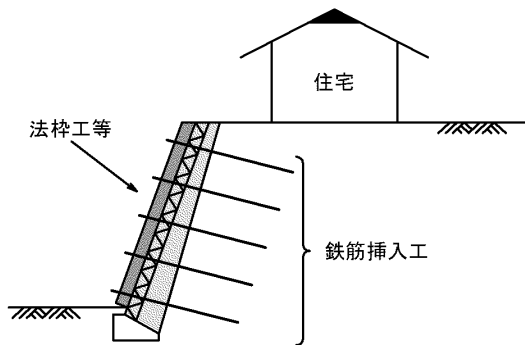


固結工(擁壁基礎改良)

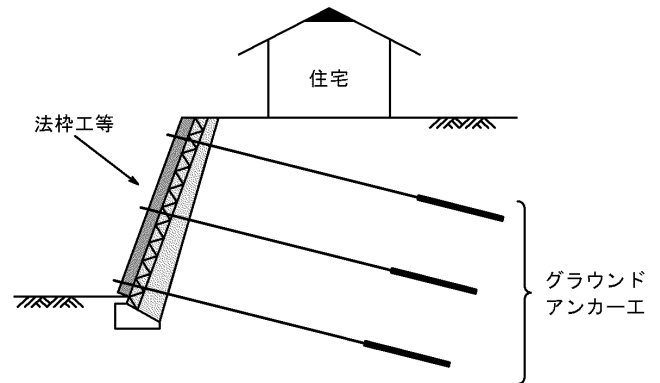


抑止杭工

図 3.3.1 (1) 対策工イメージ図



鉄筋挿入工[擁壁補強]



グラウンドアンカー工[擁壁補強]

※ 擁壁の補修・補強の方法については、「被災宅地災害復旧技術マニュアル（暫定版） - 新潟中越地震対応 - 、新潟県・国土交通省」に、検討の流れも含めてとりまとめられているので、参照のこと。

図 3.3.1 (2) 対策イメージ図

2) 対策工の効果

個々の宅地で行なう耐震対策工は、現地調査等により判明した危険要因及び想定される被害形態に対して有効な工法を選定する必要がある。また、施工上の制約及び宅地所有者が負担する費用の制約等を総合的に検討して判断することが望ましい。

【解 説】

危険要因や想定される被害形態に対して効果が期待できる対策工について、表 3.3.4～3.3.5 にまとめた。

表 3.3.4 擁壁の不安定化による擁壁倒壊・背面土の崩壊の被害形態に対する対策工（参考）

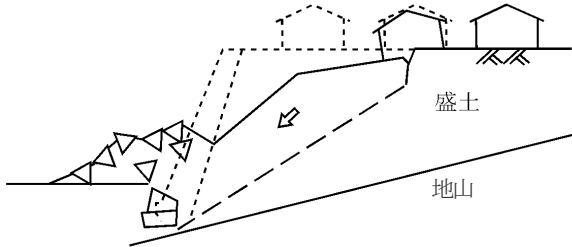
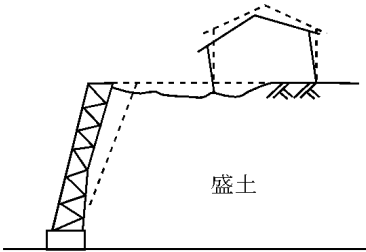
被害形態		擁壁の不安定化による擁壁倒壊・背面土の崩壊	
危険要因		擁壁が不安定	
盛土の種類		腹付け型及び谷埋め型	
模式図			
効果が期待できる有効な対策工	分 類	対策工の種類	対策効果
	抑止工	擁壁補修工〔擁壁補強〕	擁壁倒壊防止、擁壁背面地盤の安定
		固結工、抑止杭工	擁壁倒壊防止（擁壁に作用する土圧の低減）
		鉄筋挿入工〔擁壁補強〕、 グラウンドアンカー工〔擁壁補強〕	擁壁倒壊防止（擁壁補強による背面地盤の安定化）

表 3.3.5 擁壁と背面土の変形の被害形態に対する対策工（参考）

被害形態		擁壁と背面土の変形	
危険要因		潜在的に不安定な擁壁、背面土の締固め不足	
盛土の種類		腹付け型及び谷埋め型	
模式図			
効果が期待できる有効な対策工	分 類	対策工の種類	対策効果
	建物 補強工	住宅基礎の立上げ工	地盤変形に対する影響の低減
		住宅基礎の補強工	地盤変形に対する影響の低減
	抑制工	薬液注入工	建物基礎地盤の支持力確保、変形被害軽減
		間隙水圧消散工	地盤の流動化抑制、変形被害軽減
	抑止工	擁壁補修工〔擁壁補強〕	地盤変形の抑止、低減
		固結工、抑止杭工	擁壁に作用する土圧の低減、地盤変形の抑止
		鉄筋挿入工〔擁壁補強〕、 グラウンドアンカー工〔擁 壁補強〕	擁壁背面地盤の安定確保 地盤変形の抑止

Ⅲ. 3. 2 対策工の選定

1) 対策工選定の考え方

対策工は、以下の事項を総合的に検討し、選定する必要がある。

- (1) 危険要因と想定被害形態、施工上・費用の制約、必要な整備レベル、
- (2) 建物補強工、抑制工、抑止工の組み合わせ、(3) 地盤条件、(4) 社会的条件、(5) 施工条件、
- (6) 環境条件、(7) 経済条件、(8) 維持管理、(9) 信頼性及び耐久性

【解 説】

(1) 危険要因と想定被害形態、施工上・費用の制約、必要な整備レベル

- ① 擁壁倒壊・変形、宅地の不同沈下などの想定被害形態とその危険要因、施工上の制約及び宅地所有者が負担する費用の制約等を検討し、被害防止、被害軽減、補修対応など、必要な整備レベルに応じた耐震対策工法を抽出する必要がある。例えば、施工上・費用の制約がほとんどなく、防止効果が大きい対策が必要な場合は、抑止杭、擁壁補強等が考えられる。また施工上・費用の制約が大きい場合は、被害軽減策として住宅の基礎立上げ工や住宅基礎補強などの建物補強工が考えられる。

(2) 建物補強工、抑制工、抑止工の組み合わせ

- ① 建物補強工、抑制工、抑止工のもつそれぞれの特性を合理的に組み合わせ、複数工法の併用も念頭に置き、適切な工法を選定する必要がある。

(3) 地盤条件（土層構成、土質、地下水の状況等）

- ① 対象の宅地地盤の土層構成、土質、地下水の状況等に応じた対策工を検討する必要がある。
- ② 固結工や抑止杭工は、地下水の流動阻害を起こさないような配置を検討する必要がある。

(4) 社会的条件（対策用地の確保、土地利用の制限等）

- ① 対策用地は個々の宅地内に限定する必要がある。例えば、グラウンドアンカー工や地下水排除工（横ボーリング工）などは、アンカー材や集水管を敷地境界外まで施工することが必要となる場合もあるため、対策工選定時には慎重な検討が必要である。
- ② 対策工を設置する用地は、対策後の土地利用（地上及び地下）が制限される。現時点では建物が建っていない庭などのスペースであっても、将来的な住宅の増改築などに支障する可能性もあるため、これらの制約を考慮した対策工を選定する必要がある。

(5) 施工条件（施工スペース・資機材の搬入、周辺地盤への影響、施工工期等）

- ① 個人宅地での施工となるため、施工スペース及び搬入路が非常に狭い可能性がある。
- ② 隣地などの周辺地盤への影響に注意する必要がある。
- ③ 既存建築物、既存擁壁などへの影響に注意する必要がある。

(6) 環境条件（騒音・振動、地下水汚染、景観等）

- ① 個人宅地での施工となるため、低騒音・低振動型の施工機械を選定する必要がある。
- ② 施工時の地下水汚染を防止する必要がある。
- ③ 対策工を地上に設置する場合は、景観に配慮する必要がある。

(7) 経済条件（対策工事費）

- ① 費用対効果を考慮し、被害防止、被害軽減、補修対応など対策工の整備レベルを決定する必要がある。

(8) 維持管理

- ① 住民個人が維持管理を行うことは困難であるため、維持管理を必要としない対策工法を選定することが望ましい。

(9) 信頼性及び耐久性

- ① 施工実績等から、対策工の信頼性及び耐久性を確認する必要がある。

2) 対策工の例

i) 住宅基礎等の補強の例

擁壁・背面土の変形による住宅への被害軽減対策の工法選定例としては、費用面に制約がある場合は、住宅基礎の立上げ工や住宅基礎の補強工などが考えられる。また、住宅周辺地盤の補強対策として、壁式地盤改良(固結工)や木杭打設も挙げられる。

住宅基礎の立上げ工は住宅の傾き防止、住宅基礎の補強工は、地盤変形の低減が期待できる。

但し、地震が発生した場合には、一定の被害が発生する可能性がある。図 3. 3. 2 に対策工の例を示す。

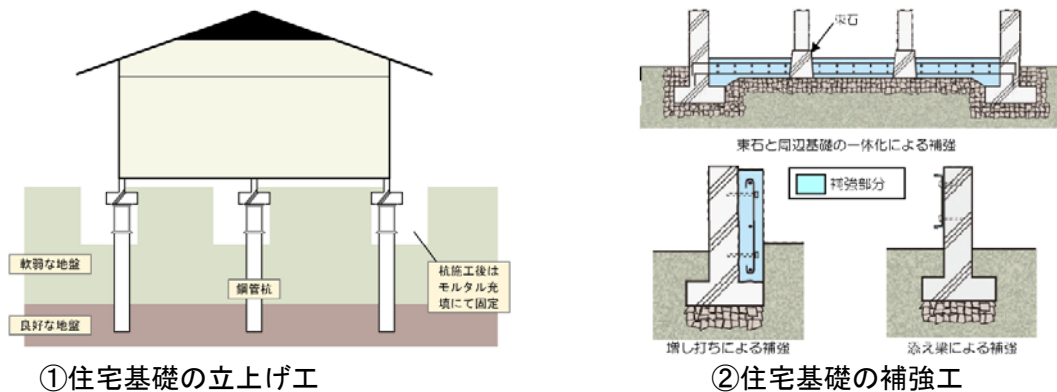


図 3. 3. 2 住宅基礎の立上げ工および住宅基礎の補強工の例

ii) 擁壁の不安定化による擁壁倒壊及び背面土の崩壊対策の例

擁壁倒壊防止対策(住宅への被害防止対策)の工法選定例として、費用面に制約がないもしくは、一定以上の費用が掛けられる場合は、擁壁工(再構築含む)や、抑止杭工または鉄筋挿入工などが考えられる。また、擁壁背面土の軽量化による土圧の軽減、石積み擁壁では背面土の固化や土嚢による置換なども挙げられる。

擁壁工の場合は、耐震機能を持った擁壁の再構築が有効な手段となる。

抑止杭工や鉄筋挿入工は、既存擁壁の機能が失われている、もしくは耐震機能が期待できない場合に、抑止杭や鉄筋挿入工により擁壁背面地盤の安定化を図ることができ、抑止杭の頭部連結やタイロッドの設置などにより、擁壁側への地盤変位を抑えるとより効果的である。図 3. 3. 3 に対策工の例を示す。

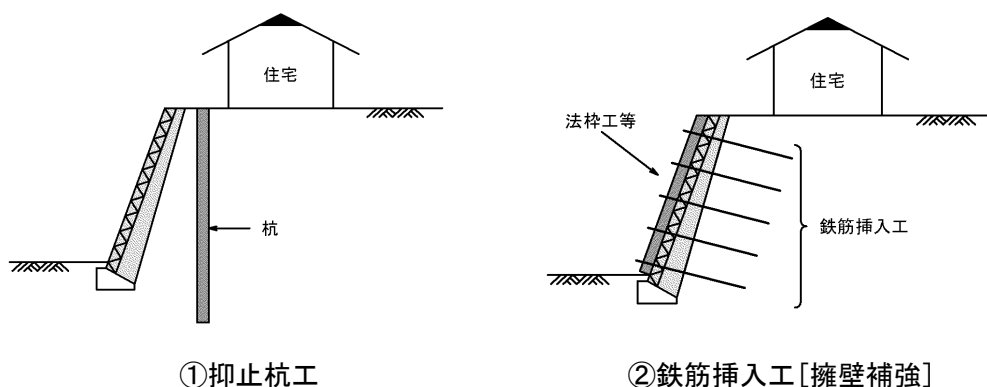


図 3. 3. 3 擁壁の不安定化による擁壁倒壊・背面土の崩壊対策の例(抑止杭工、鉄筋挿入工)

IV. 対策工の設計

対策工の設計は、関連する法規を遵守し、各機関や各協会で定められている指針あるいは設計マニュアル等を参考に実施する。

【解 説】

以下に、関連する法規および各機関、協会の指針、設計マニュアルを示す。

【関連法規】

- ① 宅地造成等規制法
- ② 都市計画法
- ③ 地すべり等防止法
- ④ 急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律
- ⑤ 砂防法
- ⑥ 建築基準法

【各機関、協会の指針・設計マニュアル等】

- ① 宅地防災マニュアル 平成 19 年 3 月 28 日（改正） 国土交通省
- ② 宅地防災マニュアルの解説（第二改訂版） 平成 19 年 12 月 宅地防災研究所（編集）
- ③ 河川砂防技術基準 計画編 平成 16 年 3 月 30 日（改定） 国土交通省
- ④ 河川砂防技術基準 同解説 計画編 平成 17 年 11 月 17 日 社）日本河川協会（編集）
- ⑤ 新・斜面崩壊防止工事の設計と実例（急傾斜地崩壊防止工事技術指針）平成 8 年 7 月 10 日
（改訂版） 急傾斜地崩壊防止工事技術指針作成委員会（編）
- ⑥ 道路土工 切土工・斜面安定工指針（平成 21 年度版）社）日本道路協会
- ⑦ 道路土工要綱（平成 21 年度版）社）日本道路協会
- ⑧ 建築基礎構造設計指針 （平成 13 年度版）日本建築学会
- ⑨ 宅地擁壁の復旧技術マニュアル 平成 7 年 8 月 国土交通省

V. 対策工の施工

対策工の施工は、住宅地もしくはその近傍での工事となるため、十分な安全対策を講じるとともに、周辺環境に配慮して実施する。

VI. その他

VI. 1 土質調査の追加

対策工法の選定、対策工の設計及び対策工の施工にあたっては、変動予測調査ガイドラインに基づき実施した土質調査結果を踏まえ、適宜必要な調査（各種設計指針・マニュアルに定められる土質調査）を追加実施する。

【解 説】

個々の宅地で行なう対策の場合は、対策費用の住民負担を考慮し、スウェーデン式サウンディング（深度 10m 以内の地層構成の把握、地下水位確認、土の硬軟の把握等）やハンドオーガー（深度数 m 程度の土質試料採取、地下水位確認等）による調査を用いるなど、調査目的に応じてコストの縮減を考慮した調査手法を積極的に取り入れることが必要である。

VI. 2 他の事業を併用した災害リスク低減対策（他部局との連携）

滑動崩落防止対策工事に当たっては、他部局との連携を図ることで、道路や下水道など宅地耐震化以外の事業も併用し、段階的に災害リスクを低減させる方法についても検討する必要がある。

【解 説】

滑動崩落防止対策工事が必要な宅地は、造成年代が古い団地が多く、住民も高齢化が進んでいることが予想される。このため、滑動崩落防止対策工事を実施する場合、対策による事業効果や便益については理解されても、住民負担分に関して合意形成を得ることは困難であると想定される。

さらに地方公共団体が住民との合意形成の努力を続けていく場合でも、一団の盛土造成地の中で、工事費用の分担者となる住民の居住範囲の決め方、滑動崩落時に影響を受ける（もらい災害となる）宅地所有者の費用分担の割合など、費用の分担範囲・割合の設定も難しく、対策工事の実現までに長期を要する可能性がある。

そこで、滑動崩落防止対策工事の中で、宅地耐震化事業以外の事業（道路、下水道など）でも実施可能な対策部分がある場合は、住民負担無しでも実施出来る他の事業による対策工事を先に行い、あるレベルの減災効果を確認し、災害リスクを低減させる対策工事の方法なども検討していく必要があると考えられる（図 6.2.1 参照）。例えば、宅地盛土ののり肩もしくはのり尻には、道路が隣接するケースが多いが、宅地盛土の崩壊が生じた場合、道路の通行止め、状況によっては人命災害に至ることもあるため、道路部局と連携した対応が有効である。

また他の事業によって、盛土造成地内における公共施設の液状化対策等の実施計画がある場合、その対策による滑動崩落の被害軽減効果を検討し、効果を考慮した滑動崩落防止対策の計画を策定するなど、他の事業も併用した合理的な耐震化工事を進めていく必要があると考える。

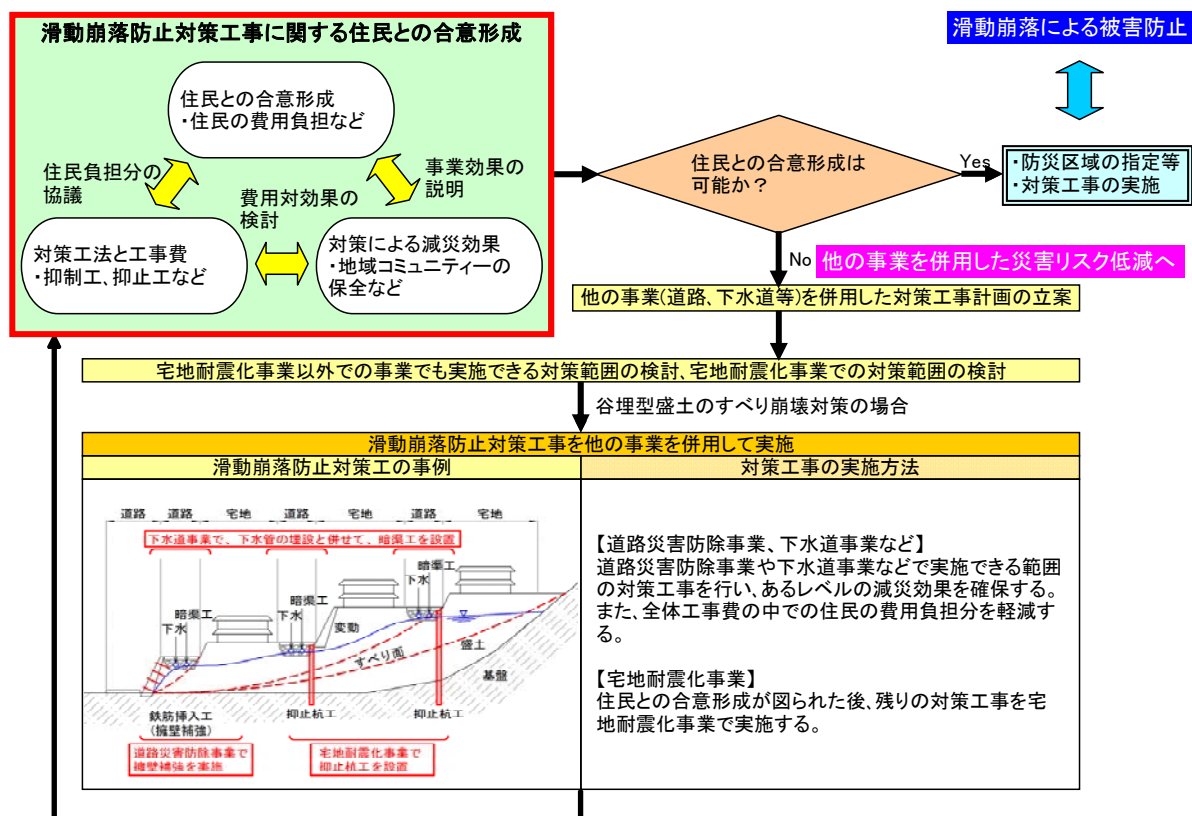
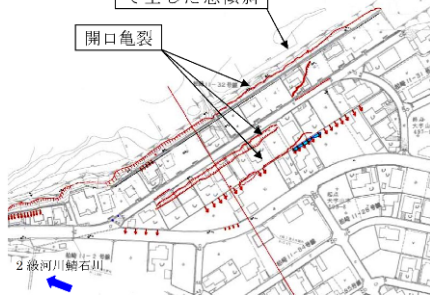




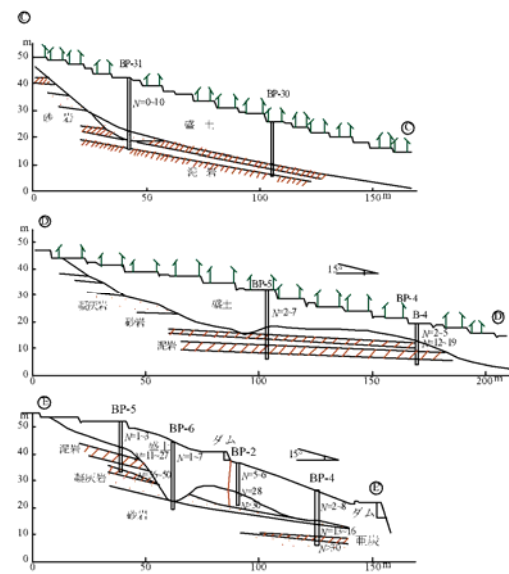

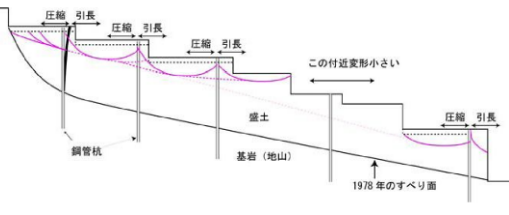
図 6.2.1 宅地耐震化事業以外の事業による対策を併用した滑動崩落防止対策

◎参考資料 1 大規模盛土造成地の滑動崩落防止対策事例

宅地耐震対策（類似対策含む）の事例（その 1）

対策事業名		大規模盛土造成地滑動崩落防止事業
起因となった災害		新潟県中越沖地震（2007 年 7 月 16 日） ， 震度：6 強
被害箇所		新潟県柏崎市山本地内
盛土形態と造成履歴		腹付け型盛土 ， 1961 年
被害形態		滑動崩落－変形－すべりによる変形 （地形的要因により崩壊までには至らない変形）
変動規模		延長 70m ， 幅 200m
被害状況 現場写真等	 <p>写-1 被害宅地の全景写真</p> <p>砂丘末端の斜面で生じた急傾斜</p> <p>開口亀裂</p>  <p>2 級河川 鑿石川</p> <p>写-2 住宅および地盤の移動により，ブロック塀が損壊している。</p>  <p>写-3 住宅敷地内に発生した開口亀裂と段差の状況。</p>  <p>写-4 地下水排除工（暗渠工）の施工状況。DL-2.0m に設置されている。</p>  <p>図-1 被害状況平面図</p>	
	選定工法	地下水排除工（暗渠工） 約 1,300m
	工法概要	2007 年の新潟県中越沖地震により，淘汰の良い砂で構成された砂丘地盤上に構築されていた宅地造成地が，傾斜方向に水平移動したことで，宅地地盤に幅約 1.0m の連続した開口亀裂が発生し，住宅や宅地擁壁に大きな被害を受けた。34 世帯に非難勧告が出された。復旧事業は，大規模盛土造成地滑動崩落防止事業として実施され，抑制工として地下水排除工（暗渠工）が実施された。
	対策図	 <p>図-2 地下水排除工対策平面図</p>  <p>図-3 対策標準断面図</p>
備考 （参考文献等）		

宅地耐震対策（類似対策含む）の事例（その2）

対策事業名		地すべり防止事業
起因となった災害		宮城県沖地震（1978年6月12日），震度：5
被害箇所		仙台市太白区緑ヶ丘3丁目
盛土形態と造成履歴		谷埋め型盛土，1968年頃
被害形態		滑動崩落－崩壊－すべり崩壊 （盛土内の間隙水圧の上昇による流動的すべり崩壊）
変動規模		延長250m，幅150m
被害状況 現場写真等	 <p>図-1 1978年の宮城県沖地震による被害状況</p>	
	 <p>図-2 1978年の宮城県沖地震時の盛土断面</p>	
対策状況	選定工法	集水井2基，横ボーリング工2,800m，鋼管杭（φ318.5mm）449本
	工法概要	1978年の宮城県沖地震により，谷埋め型盛土造成地の一部が下方に移動し，住宅86軒が被害を受けた。復旧事業は，地すべり対策事業として実施され，抑制工として集水井や横ボーリング工等の地下水排除工，抑止工として抑止杭工（鋼管杭）が実施された。
	対策図	 <p>図-3 1978年の宮城県沖地震による対策図</p>  <p>図-4 対策断面イメージ図</p>
備考 （参考文献等）		<ul style="list-style-type: none"> ・東北地方太平洋沖地震による仙台市内及び周辺の宅地被害調査報告【沖村孝（建設工学研究所）他】 ・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（斜面災害研究センター）】 ・土木学会東日本大震災調査団-緊急地震被害調査報告書-第6章造成地被害【若松加寿江（関東学院大学）他】

◎参考資料2 地すべり防止対策実施箇所における大規模盛土造成地の被災事例

仙台市太白区緑ヶ丘3丁目では、1978年宮城県沖地震の被害を受け、地すべり防止対策として抑止杭5列と3基の集水井が設置されていた（図-1、図-2 参照）。今般の東日本大震災においては、これらの対策が地すべりに対しては一定の効果を発揮したものの、抑止杭間の地表面部において変形が発生し、盛土表面部分での局所的なり面崩壊（写-1）や、住宅および宅地内の擁壁や背面土に被害（損壊・亀裂・倒壊等）が生じた（写-2）。

これらの結果から、宅地において住宅や擁壁被害を確実に防止するためには、盛土造成地全体の大規模な崩壊に加えて、盛土表面部の崩壊や変形に対しても効果を発揮する耐震対策工を、総合的に検討することの重要性が明らかとなった。

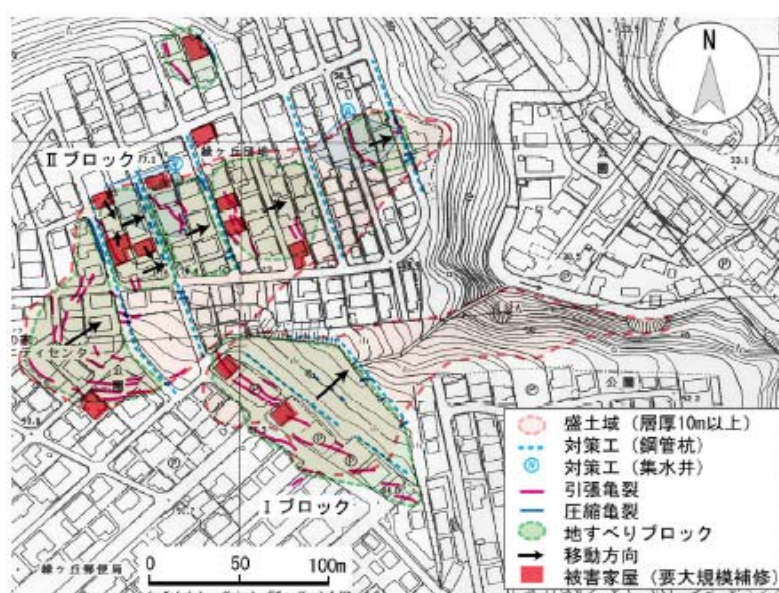


図-1 東日本大震災における緑ヶ丘3丁目の被害状況



写-1 局所的なり面崩壊



写-2 杭間の変形による家屋の損壊

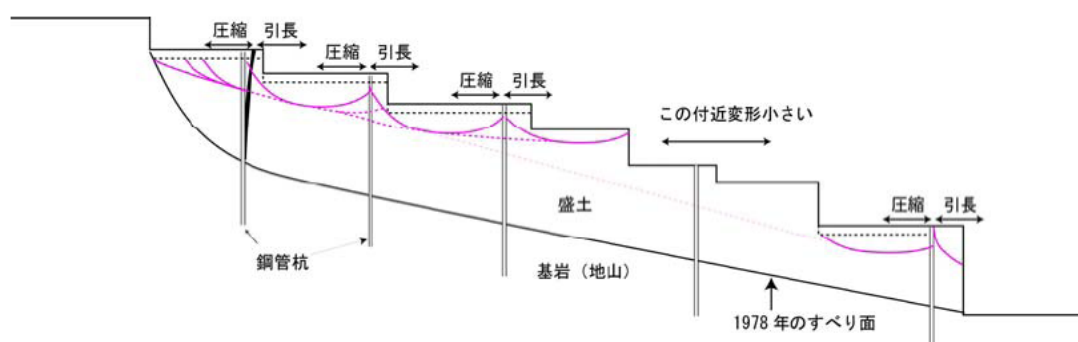


図-2 既設地すべり対策工と東日本大震災被害の関係（イメージ）