

5 宅地耐震化への取り組み

地震時の滑動崩落による被害を防止するためには、どうすればよいのでしょうか。宅地耐震化の進め方について説明します。

宅地造成等規制法の改正と宅地耐震化推進事業の創設

平成7年（1995年）の兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）、平成16年（2004年）の新潟県中越地震などにおいて、大規模に盛土造成された宅地で滑動崩落による被害が発生しました。この滑動崩落という現象のメカニズムは、これらの被害により初めて明らかになってきました。これを受けて、地震時の宅地の安全性を確保するため、平成18年（2006年）に宅地造成等規制法*が改正されました。

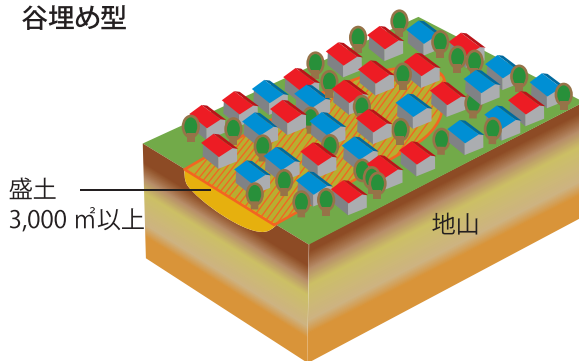
あわせて、滑動崩落を防止するために必要な調査や工事などを支援する宅地耐震化推進事業*が創設されました。



コラム 大規模盛土造成地

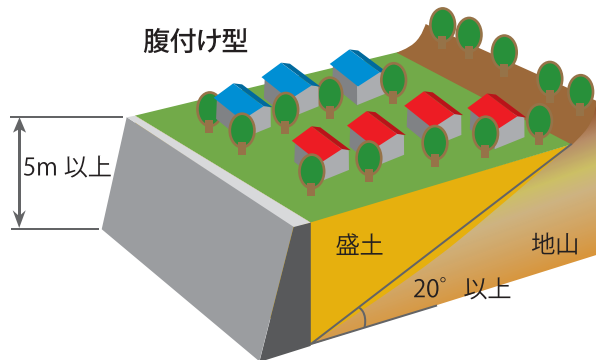
盛土造成地は、谷間や山の斜面に土を盛るなどしてつくられています。このうち、過去の地震時の被害事例から、滑動崩落の発生が多かった盛土の面積や高さ、盛土をする前の地山の傾斜をもとに、大規模盛土造成地が下図のように定義されています。

谷埋め型



盛土の面積が3,000m²以上の宅地

腹付け型



盛土をする前の地山の傾斜が20°以上の急な斜面で、高さ5m以上の盛土を行った宅地

宅地耐震化の流れ

宅地耐震化は「変動予測調査*」、「造成宅地防災区域*の指定（以下「区域指定」という。）・宅地造成工事規制区域*内における勧告（以下「勧告」という。）」および「滑動崩落防止工事」から成り立っています。大規模盛土造成地の滑動崩落は盛土全体に関わる災害であることから、宅地耐震化の取り組みは敷地単位ではなく、ひとまとまりの盛土宅地を対象とします。

(1)変動予測調査

「変動予測調査」とは、大規模盛土造成地を対象とし、滑動崩落に対する安全性を確認するための調査で、資料調査や現地での土質・地下水位・断面形状の調査、安定計算などを行うものです。宅地所有者等※¹の協力のもと、地方公共団体が主体となって行います。

(2)区域指定・勧告

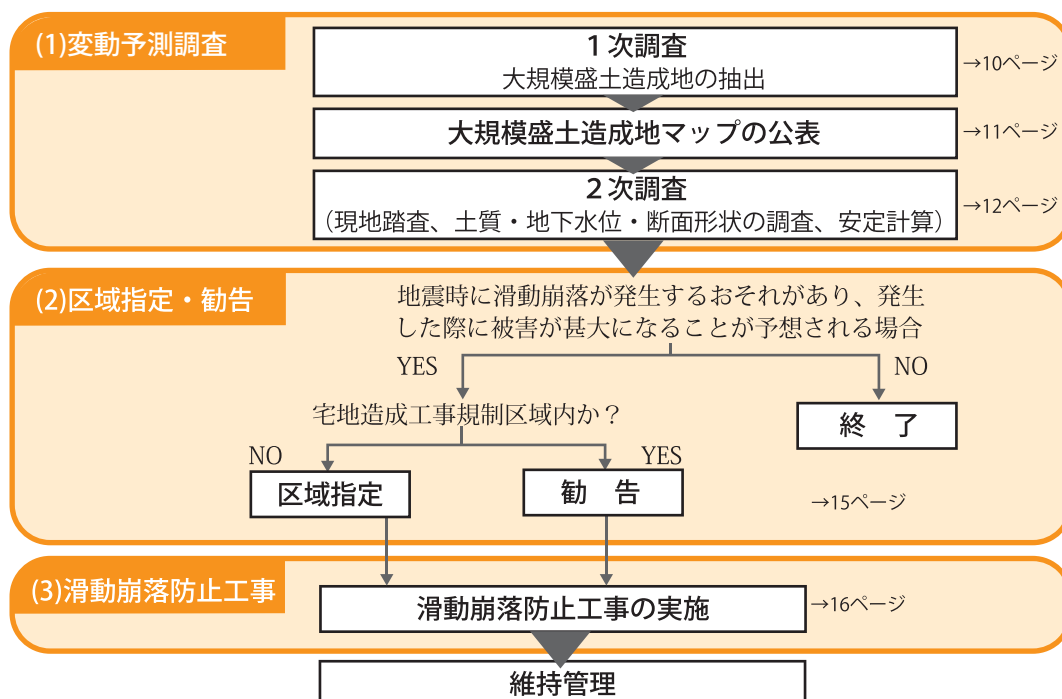
「変動予測調査」の結果、地震時に滑動崩落が発生するおそれがあり、発生した際に被害が甚大になることが想定される場合、都道府県知事等※²が、このひとまとまりの盛土宅地について区域指定（宅地造成工事規制区域外）または勧告（宅地造成工事規制区域内）を行います。区域指定または勧告が行われた場合、宅地所有者等には、滑動崩落を防止するための取り組みが求められます。

(3)滑動崩落防止工事

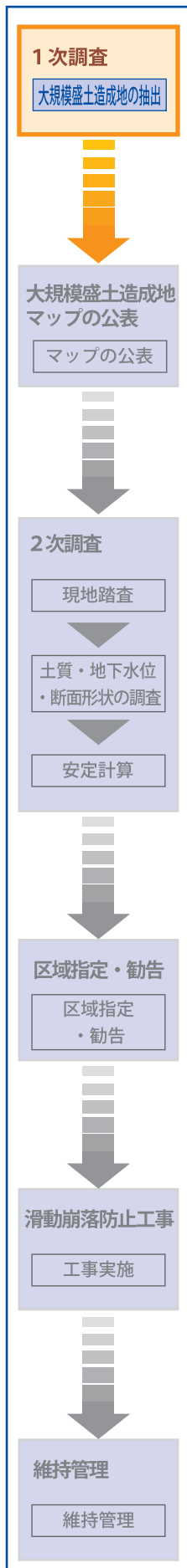
「滑動崩落防止工事」とは、区域指定または勧告が行われた宅地の滑動崩落を防止するために行う、盛土の滑りを抑える杭を打つ工事や地下水を抜く工事などのことです。宅地所有者等と地方公共団体（道路・公園その他公共施設の管理者など）が、工事の内容や費用負担などについて協力して行います。

※¹ 宅地の所有者、管理者または占有者をいう。

※² 都道府県知事、政令市、中核市および特例市の長（事務処理市町村の長を含む）をいう。



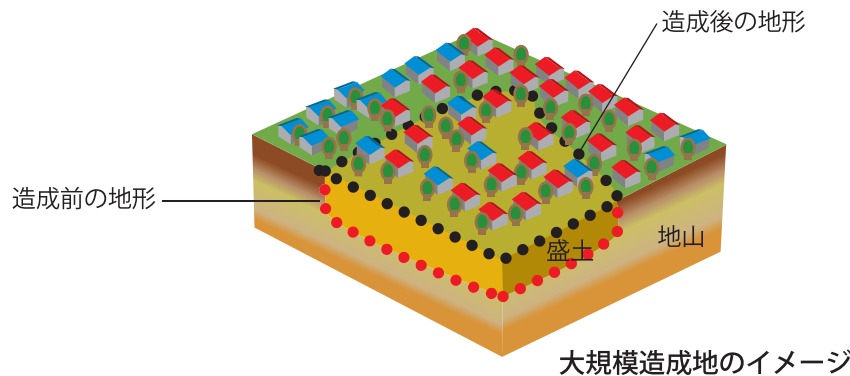
(1)～(3)の詳しい内容を、10ページ以降で解説します。



1 次調査とは？

1次調査とは、宅地の造成前と造成後の地形図などを重ね合わせることで、大規模盛土造成地（8ページコラム参照）を抽出するものです。地方公共団体が主体となって行います。

大規模盛土造成地は、谷間や山の斜面に土を盛るなどしてつくられているため、造成前と造成後とでは地面の高さが異なります。このことから、造成前と造成後の地形図や空中写真などを重ね合わせることで、大規模盛土造成地の概略の位置、大きさ、深さを把握することができます。



●大規模盛土造成地の抽出の手順

造成前と造成後の地形図を重ね合わせて大規模盛土造成地を抽出する手順をご紹介します。

①造成前の地形図



②造成後の地形図



③造成前と造成後の地形図を重ね合わせる

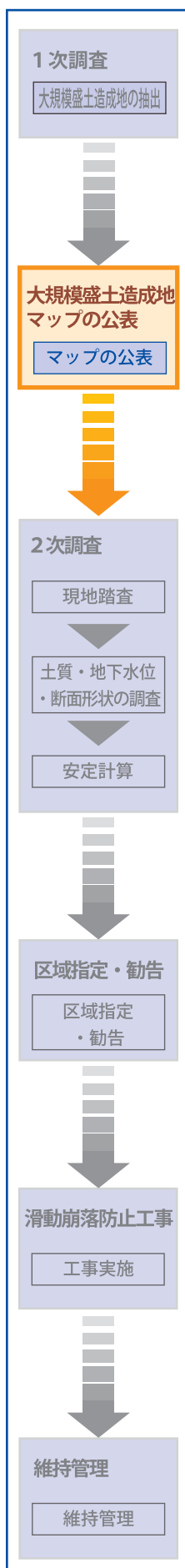


造成前と造成後の地形図を重ね合わせて、造成前の谷間から、造成後の平坦な土地に地形が変わっている部分を抽出します。

④盛土造成地の位置の把握



抽出された盛土造成地のうち、8ページのコラムに掲載されている条件にあてはまるものが、「大規模盛土造成地」です。



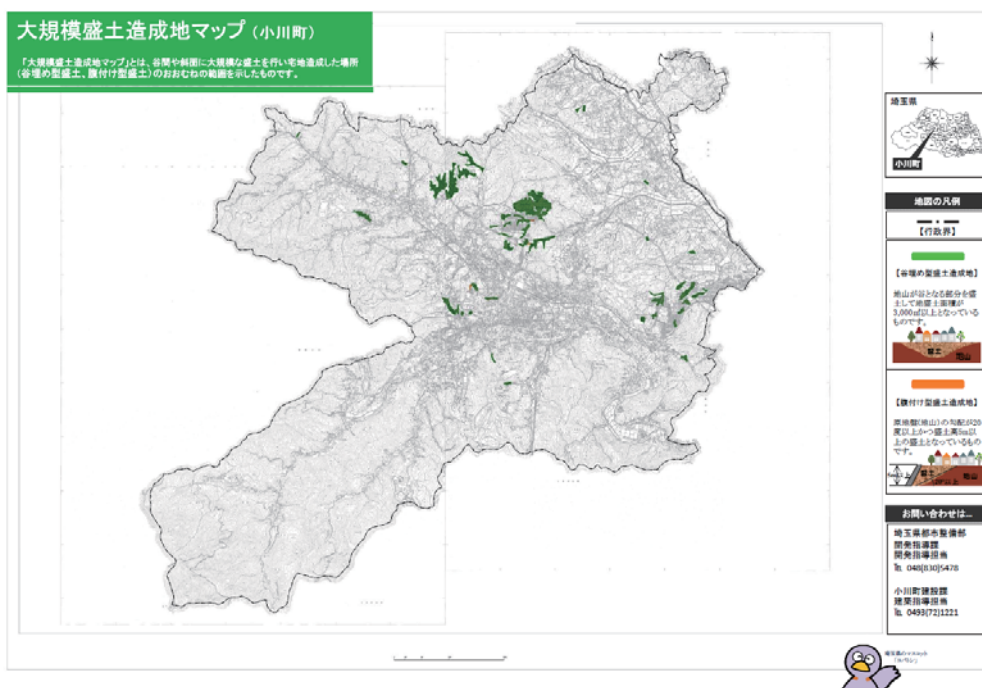
大規模盛土造成地マップの公表とは？

●大規模盛土造成地マップの公表

地方公共団体は、1次調査において抽出した大規模盛土造成地について、必要に応じて現地確認などを行ったうえで、そのおおむねの位置と規模を示す大規模盛土造成地マップ（以下「マップ」という。）を公表します。マップの公表は、宅地所有者等に対して、身近な大規模盛土造成地の存在を知らせ、防災意識を高めていただくことを主な目的としています。このマップに基づき、12ページ以降で説明する2次調査を実施し、地震時の安全性の検証を行います。

ポイント！：大規模盛土造成地マップが示すこと

1次調査終了後に公表するマップは、造成前と造成後の地形図などを重ね合わせることで、大規模盛土造成地のおおむねの位置と規模を抽出したものであり、この時点でマップに示す箇所が、全て地震時に危険というわけではありません。地震時の安全性は、宅地所有者等の協力のもと、2次調査で詳細に検証されます。



大規模盛土造成地マップのイメージ

（出典：埼玉県ホームページ 大規模盛土造成地マップ）



2次調査とは？

2次調査とは、大地震時に滑動崩落が発生するおそれがあるかどうかを検証するもので、1次調査で抽出された大規模盛土造成地を対象に、現地での地形の確認、土質・地下水位・断面形状の調査、安定計算などを行います。宅地所有者等の同意と協力を得て、地方公共団体が行います。

ポイント！：調査へのご理解・ご協力が必要です

2次調査では、都道府県等から委託を受けた調査員が、皆様がお住まいの街へうかがいます。調査時には、詳細な調査を行うために敷地や道路で簡単な試験やボーリング調査*を行うため、皆様のご理解・ご協力が必要です。

●地震時の大規模盛土造成地の安全性の検証方法

すべり台の上で止まっている人をイメージしてみましょう。その人には、自分の重さで「滑りだそうとする力」に対し、すべり台の面との摩擦などで、それに「抵抗する力」が働き、「抵抗する力」の方が大きい場合には止まっています（すべり台のイメージ①）。しかし、その状態で強く背中を押されると（すべり台のイメージ②）、その人は一気にすべり台を滑っていきます（すべり台のイメージ③）。

盛土の滑動崩落は、このすべり台と同じ原理で起こります。通常時は、盛土自体の重さで「滑りだそうとする力」に対し、摩擦などで「抵抗する力」の方が大きいため、盛土は安定しています（盛土の滑動崩落のイメージ①）。しかし、地震時には、盛土が「滑りだそうとする力」に「地震力」が後押しするかたちで加わります（盛土の滑動崩落のイメージ②）。盛土が「滑りだそうとする力」と「地震力」を合わせた力が「抵抗する力」を上回った場合、盛土は滑り出してしまいます（盛土の滑動崩落のイメージ③）。

■地震時の安全性が高い

抵抗する力 > 滑りだそうとする力 + 地震力

■地震時に滑動崩落が発生するおそれがあり、安全性が低い

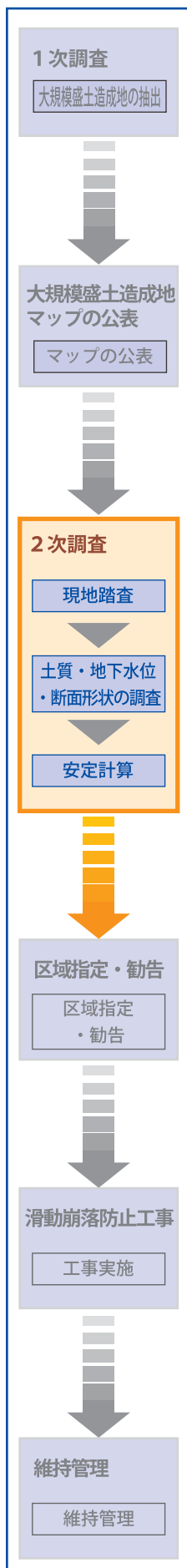
抵抗する力 < 滑りだそうとする力 + 地震力

すべり台のイメージ

- ① 人が滑りだそうとする力に対し、抵抗する力が大きい場合には止まっている
- ② 滑りだそうとする力に背中を押す力が加わる
- ③ 一気にすべり台を滑り落ちる

盛土の滑動崩落のイメージ

- ① 盛土が滑りだそうとする力に対し抵抗する力が大きいため安定している
- ② 滑りだそうとする力に地震力が加わる
- ③ 盛土部分が滑り落ちる（滑動崩落）

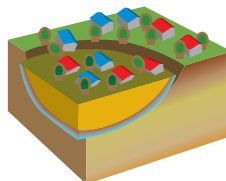


また、盛土が地下水をたくさん含んでいる場合は「抵抗する力」が弱まり、あたかもすべり台が水で濡れているときに滑りやすくなります。

すべり台のイメージ



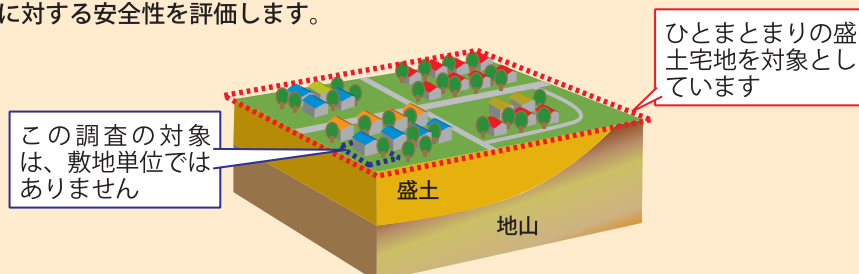
盛土の滑动崩落のイメージ



※地震時では、液状化のような現象によって盛土などが軟らかくなり、変状が生じる場合もあります。

ポイント！：調査の対象はひとまとまりの盛土宅地です

地震時の安全性の検証においては、敷地単位ではなく、ひとまとまりの盛土宅地を対象に、滑りに対する安全性を評価します。



この安全性の検証を行うためには、盛土の土質、地下水位、断面形状がわからなければなりません。それを調査するのが2次調査です。

●現地踏査

道路の沈下や亀裂の有無、擁壁などの構造物の変状、地下水の状況など現在の盛土の状況を現地で確認します。

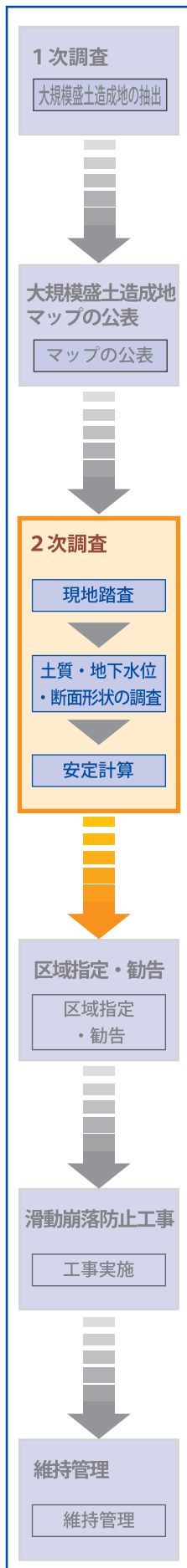
●盛土の土質・地下水位・断面形状の調査

盛土の土質、地下水位、断面形状を調査します。

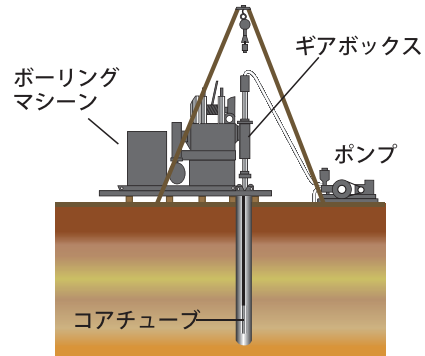
■土質の調査

土のサンプルを採取し、精度よく土の強度を調べます。代表的な調査方法としては、ボーリング調査やスウェーデン式サウンディング試験などがあります。

ボーリング調査では、14ページに示す標準貫入試験や、採取した地下の土のサンプルで室内試験を行い、土の固さや粘りなどの状態を求め、12ページに示した「滑りだそうとする力」や「抵抗する力」、地震時の液状化の可能性を算出することができます。



ボーリング調査実施の例



標準貫入試験

ボーリング調査の孔を利用し、おもりを打ち込んで土の固さや締め具合を判定するものです。



スウェーデン式サウンディング試験

ボーリング調査が行えない場合に、比較的浅い粘性土を主体とした土の固さや締め具合を調査するのに適した方法です。

■地下水位の調査

ボーリング調査で掘った孔を利用し地下水位を観測します。地下水位を調査することで、12～13ページで示す「抵抗する力」の弱まる影響や地震時の液状化の可能性を算出することができます。

■盛土の断面形状の調査

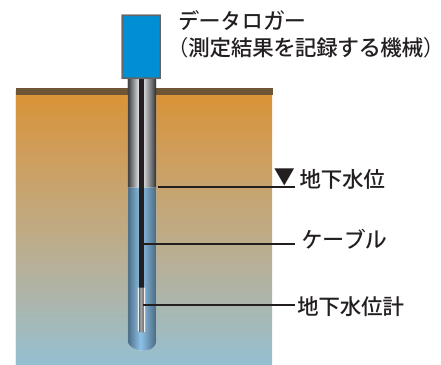
表面波探査試験*により盛土の断面形状を把握します。

盛土の断面形状を調査することで、「滑りだそうとする力」と「抵抗する力」とを求めることができます。

●安定計算

調査結果に基づいて、盛土全体の安全性の検証を行います。

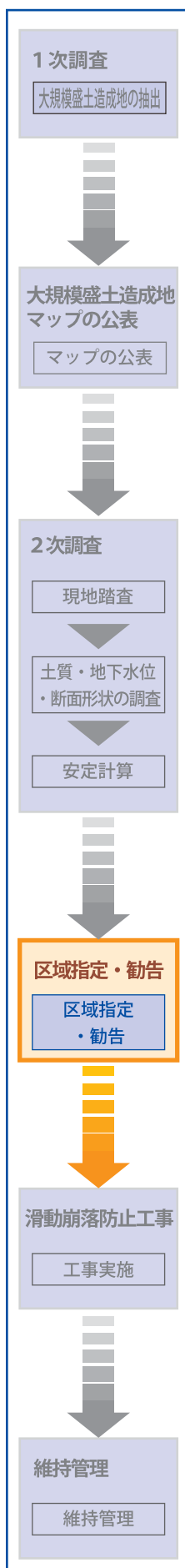
検証を行う際には、一般的には震度6～7程度の地震を想定します。



地下水位測定の場合



表面波探査試験の例



造成宅地防災区域の指定・宅地造成工事規制区域内における勧告

●造成宅地防災区域の指定（区域指定）・宅地造成工事規制区域内における勧告（勧告）の条件

次の①および②の両方に該当する場合に、都道府県知事等が、区域指定または勧告を行います。

- ①変動予測調査における地震時の安全性の検証（12～14ページ参照）で、地震時に滑動崩落が発生するおそれがあると判定された場合
- ②滑動崩落が発生することによって、盛土内の居住者やその他の者に危害を及ぼすおそれの大きい場合

※なお、変動予測調査の結果に関わらず、地盤の滑動、擁壁の沈下、法面の崩落などが発生しているひとまとまりの盛土宅地で、災害により相当数の居住者、その他の者に危害を生ずるおそれがある場合も区域指定または勧告が行われます。

●区域指定・勧告が行われた場合

■宅地所有者等の役割

区域指定または勧告が行われた場合、宅地所有者等には、滑動崩落を防止するために、盛土の滑りを抑える杭を打つ工事や地下水を抜く工事などを行う取り組みが求められます。

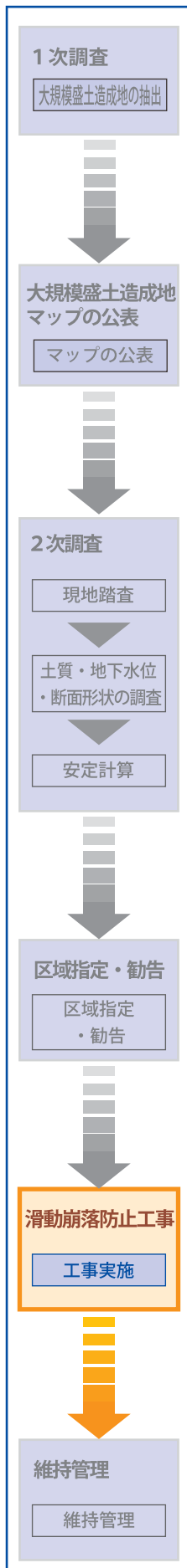
■地方公共団体の役割

滑動崩落による被害を防止するために必要と判断される場合は、都道府県知事等が宅地所有者等に対して、災害を防止するための取り組みについて勧告・命令を行う場合があります。

●できることから取り組みましょう

区域指定または勧告が行われた場合に、宅地所有者等には、滑動崩落を防止するための取り組みが求められます。

- 大規模盛土造成地の中には複数の宅地所有者等の方々がいらっしゃいます。複数の宅地所有者等の方々が、話し合いを行い、合意を図りながら組織づくりを行うことが必要です。
- まずお住まいの宅地全体がどのような状態にあるのか確認・点検を行うことが重要です。地方公共団体が行った変動予測調査の結果や、宅地内の擁壁の変状や地下水の状況などを確認・点検してみましょう（25ページ参照）。
- 大規模盛土造成地には、道路や公園その他公共施設が存在します。滑動崩落を防止するために、それらの公共施設の管理者と話し合いを行うことも大切です。
- 個人財産である宅地は、宅地所有者等が対策を講じるのが原則ですが、一定の要件（10戸以上、滑動崩落により公共施設などへ被害をもたらすおそれなど）を満たす場合は、滑動崩落防止工事の費用の一部の助成を受けることができる場合があります。（21ページ参照）



滑動崩落防止工事

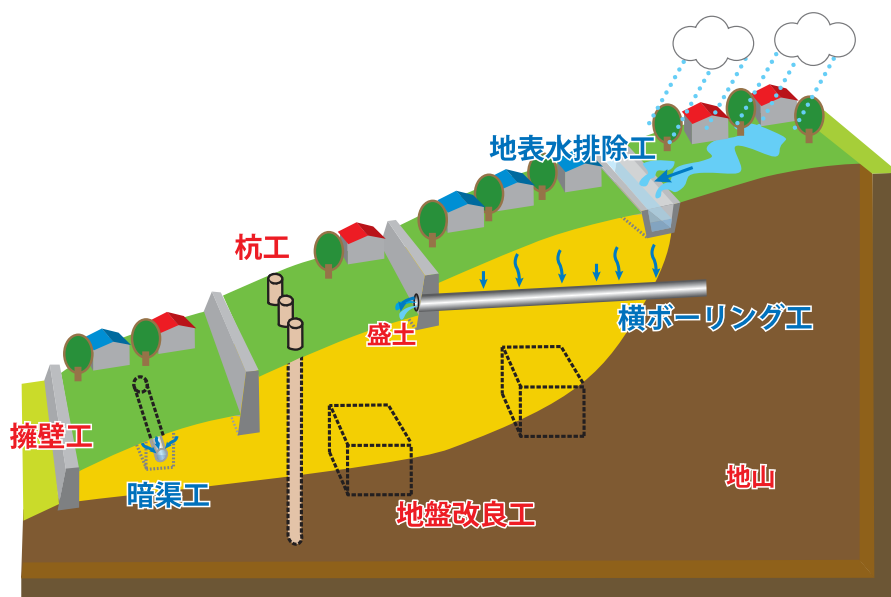
滑動崩落防止工事は、ひとまとまりの盛土宅地の滑りを防止するために行われます。したがって、盛土内の宅地所有者等の皆様が協力して進めることが大切です。

●滑動崩落防止工事の考え方

「滑動崩落防止工事」とは、造成宅地防災区域の指定または宅地造成工事規制区域内における勧告が行われた宅地の滑動崩落を防止するために行う、盛土の滑りを抑える杭を打つ工事や地下水を抜く工事などのことです。宅地所有者等と地方公共団体（道路・公園その他公共施設の管理者など）が、工事の内容や費用負担などについて協力して行います。また、工事の計画を立てるにあたっては、工事の効果を継続させることができるよう、適切な維持管理を行うことのできる体制づくりもあわせて検討することが必要です。

●滑動崩落防止工事の工法

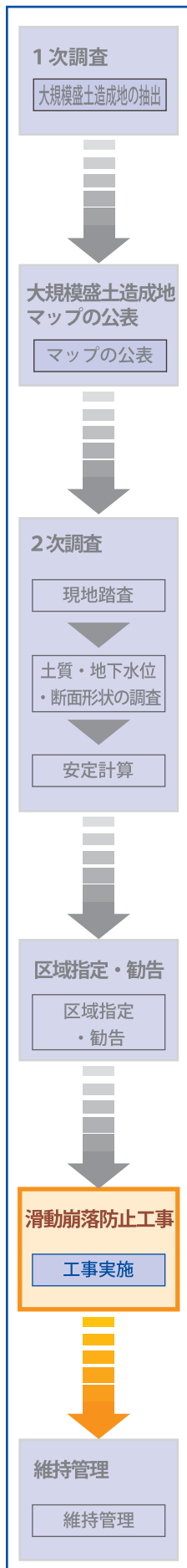
滑動崩落防止工事には、主に盛土および地山の地盤を補強して盛土の滑りを抑える工法と、盛土の地下水を抜く工法があります。これらの工法を組み合わせることで工事を実施するのが一般的です。



赤字：盛土の滑りを抑える工法
青字：地下水を抜く工法

※上図に示す工法その他、腹付け型の盛土には、アンカー工を用いる場合もあります。

各工法の概要を、17ページ以降で解説します。



■盛土の滑りを抑える工法

杭や擁壁などを設置することで、盛土の滑りを抑える工法です。

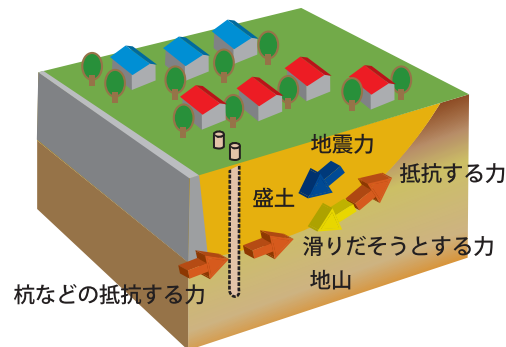
対策前 抵抗する力 < 滑りだそうとする力+地震力

地震時に滑动崩落が発生するおそれがあり、安全性が低い

対策後

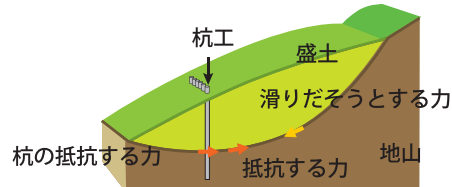
抵抗する力 + 杭などの抵抗する力 > 滑りだそうとする力+地震力

地震時の安全性が高い



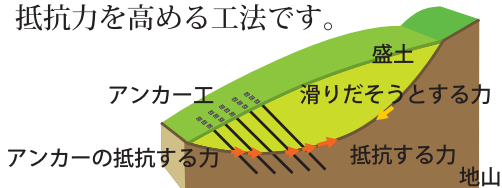
杭工

杭を地山まで建て込むことによって、滑りに対する抵抗力を高める工法です。



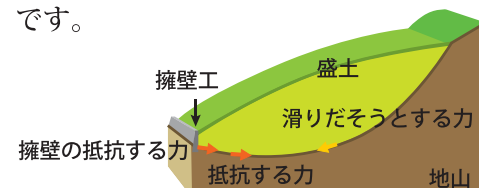
アンカー工

地山に定着させたワイヤーを地表から締めつけることによって滑りに対する抵抗力を高める工法です。



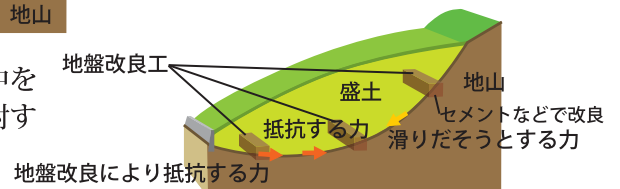
擁壁工

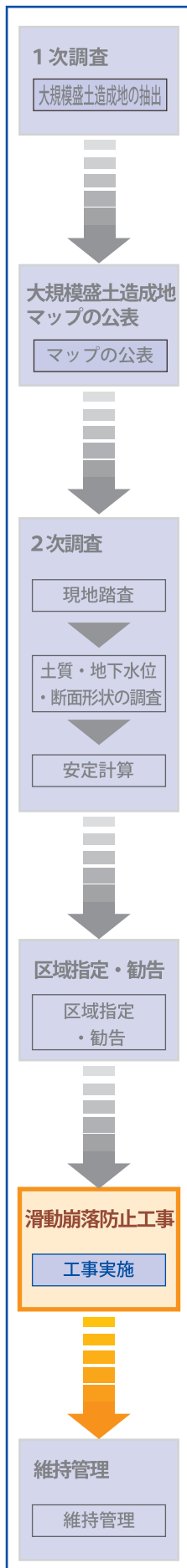
擁壁を設置することにより、擁壁の自重で滑りに対する抵抗力を高める工法です。



地盤改良工

盛土と地山の境界付近の地盤の中をセメントなどで改良し、滑りに対する抵抗力を高める工法です。





■地下水を抜く工法

地下水を抜いて水位を下げると、対策前と比べて盛土の抵抗する力が高まるとともに、地震時の液状化の可能性を軽減することができます。また、地表面に排水路（側溝など）を設置し、雨水の地下への浸透を防ぐ工法も地下水位を下げるためには有効です。

対策前

抵抗する力 < 滑りだそうとする力 + 地震力

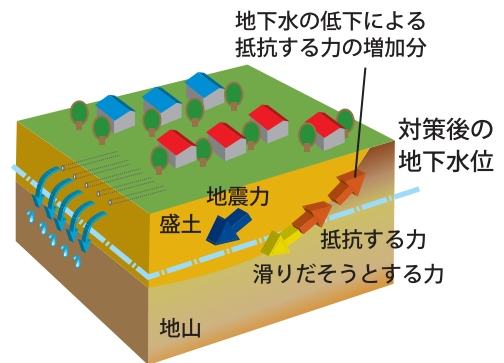
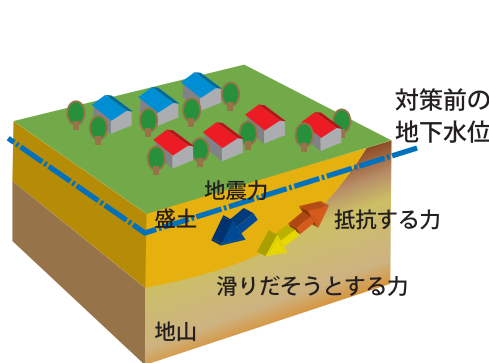
地震時に滑動崩落が発生するおそれがあり、安全性が低い

対策後

抵抗する力
+
地下水の低下による
抵抗する力の増加分

> 滑りだそうとする力 + 地震力

地震時の安全性が高い



横ボーリング工

地表面から水抜き用の横穴を開け、地下水を取り除きます。



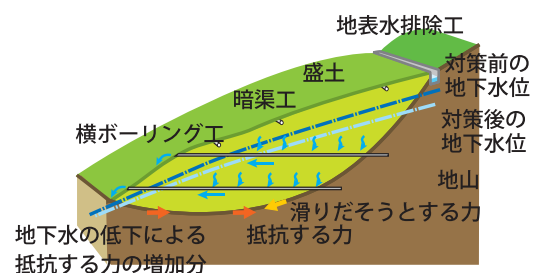
暗渠工

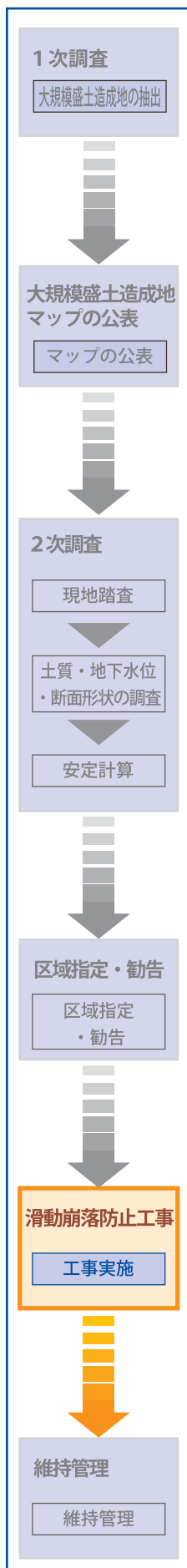
浅い部分にある地下水を、穴開き管を用いて取り除きます。



地表水排除工

雨などが地面から地中に浸透することを防ぎます。





滑動崩落防止工事の実施事例（新潟県柏崎市）

■新潟県中越沖地震による被災状況

平成19年（2007年）7月16日に発生した新潟県中越沖地震において、新潟県柏崎市では最大震度6強を観測しました。

柏崎市北東部に位置する山本団地地区では、宅地地盤の変動（滑動崩落）によって住宅や擁壁、道路などに多大な被害が発生しました。被災宅地危険度判定の結果、調査宅地数40宅地に対し、危険と判定された宅地が21宅地、要注意と判定された宅地が17宅地ありました。また、被災建築物応急危険度判定の結果、総戸数129戸のうち49戸が「要注意」もしくは「危険」な状況と判定されました。柏崎市災害対策本部は、7月21日にこの地区の34世帯81名に避難勧告を発令しました。



山本団地の航空写真

（出典 新潟県資料）



宅地裏側の砂丘の被災状況（提供 柏崎市）



団地周辺部の被災状況（提供 柏崎市）



盛土内の被災状況（提供 柏崎市）
滑動崩落により宅地が変動し建物が破損



盛土内の被災状況
滑動崩落により宅地が傾き居住不能に

■山本団地の地盤状況と対策

柏崎市が行った調査の結果、この地区は地下水位が高く、砂地盤であり、しかも砂の粒子が均一であるため液状化が発生しやすいことがわかりました。対策としては、砂地盤の地下水位の低下を図る工法が有効であるため、団地内の道路などの下約2～3mに、暗渠排水パイプ（合計約1.3km）を張り巡らせる計画がたてられました。

柏崎市は、地震発生直後から、調査の実施や結果の説明、工事の計画策定、費用負担などについて、地元住民と繰り返し協議を実施しました。その結果、平成19年（2007年）12月27日には、地域住民による工事の実施と管理を行うことを目的に「山本団地宅地防災管理組合」が設立されました。

新潟県は、盛土の滑動によって当該地区の住宅・市道や排水路などの公共施設が大きく被災し、団地の南側にある二級河川鯖石川にも二次災害を及ぼす危険性が高いことから、平成19年（2007年）12月21日、全国で初めて造成宅地防災区域を指定しました（指定面積約2.4ha）。



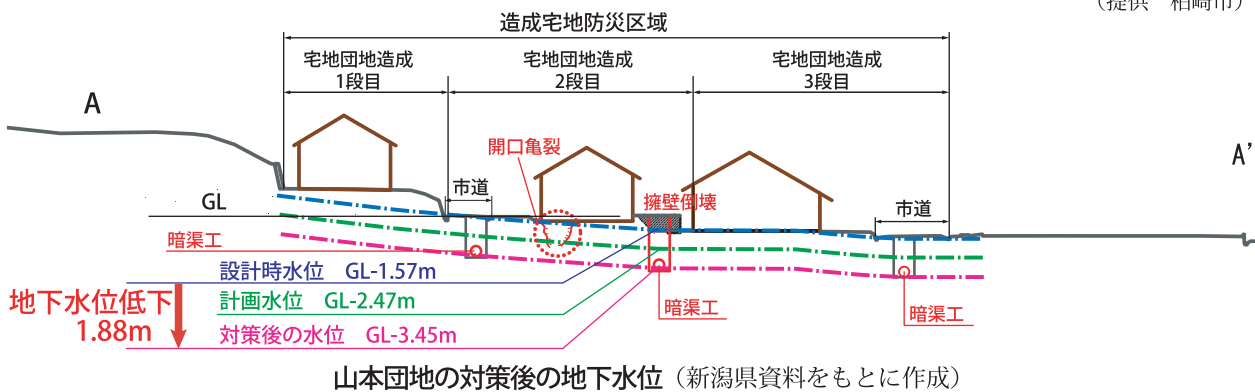
工事（暗渠排水パイプ）平面図
（出典：柏崎市資料）



工事状況写真（防水シート設置）
（提供 柏崎市）



工事状況写真（暗渠排水パイプ設置）
（提供 柏崎市）



国は、この工事が、滑動崩落による二次災害を防止するものであり、宅地耐震化推進事業（滑動崩落防止工事）の助成要件（21ページ参照）を満たすものであることから、全国で初めて同事業を適用することとしました。

工事の実施にあたっては、地元住民の負担を軽減し、早期復興を促進させるために、総費用約1億6千万円のうち1/4ずつを国、柏崎市および新潟県中越沖地震復興基金（宅地地盤災害復旧支援事業）でそれぞれ助成することとし、地元住民は1/4の約4,000万円を負担することとしました。その結果、工事は次のとおり実施されました。

事業概要	
事業主体	柏崎市
対象区域面積	2.4ha
保全対象公共施設	二級河川鯖石川
事業内容	暗渠工（暗渠排水パイプφ200～300mm、L＝約1.3km）など
事業期間	平成19年度（2007年度）～平成20年度（2008年度）
全体事業費	約1億6千万円 （国：約4,000万円、市：約4,000万円、新潟県中越沖地震復興基金：約4,000万円、地元住民：約4,000万円）

工事により暗渠排水パイプの設置がおおむね完了したことを受け、柏崎市は当該地区に発令していた避難勧告を平成20年（2008年）11月18日付けで1年4ヶ月ぶりに全戸解除しました。