

大規模盛土造成地の滑動崩落対策推進ガイドライン
及び同解説

平成 27 年 5 月

『大規模盛土造成地の滑動崩落対策推進ガイドライン』

はじめに

平成7年の兵庫県南部地震や平成16年の新潟県中越地震において、谷や沢を埋めた盛土や斜面に腹付けした盛土等が滑動崩落を起こし、多くの宅地被害が発生した。

これを受け、平成18年に宅地造成等規制法が改正（平成18年9月30日施行）され、新規宅地造成に係る耐震性を確保するための技術基準が法令上明確になり、崩落等の危険のある既存の造成宅地を造成宅地防災区域として都道府県知事等が指定し、宅地所有者等に必要な勧告・命令を行えるようになった。

加えて、造成宅地防災区域の指定等に必要の調査や防止工事を支援する「宅地耐震化推進事業」が創設された。平成27年1月時点における進捗は以下のとおりであり、現在、各地方公共団体で変動予測調査が実施されている（全市区町村1742）。

- ・調査着手 : 890 (51.1%)
- ・第一次スクリーニング完了 : 717 (41.2%)
- ・大規模盛土造成地マップ等の公表 : 180 (10.3%)

国土交通省では、「宅地耐震化推進事業」に対応する調査手法を示した「大規模盛土造成地の変動予測調査ガイドライン」を平成18年9月、対策工選定の考え方を示した「宅地耐震工法選定ガイドライン」を平成24年4月に策定し、宅地耐震化の推進に努めてきたが、平成23年3月の東北地方太平洋沖地震で多数の甚大な宅地被害が発生し、今後発生が予想される首都直下地震や南海トラフ地震等の大地震においても同様の被害が想定されることから、宅地耐震化のさらなる推進を図るため、これらガイドラインを改訂することとした。

改訂にあたっては、東北地方太平洋沖地震での被災実態を分析して得られた知見や復旧事例を踏まえ、前述した既存ガイドラインを修正するとともに、実際に滑動崩落が発生した場合の一連の復旧対策の流れと調査・検討手法を新たに示し、これらを統合して以下の構成でとりまとめた。

- ・Ⅰ編：変動予測調査編（「大規模盛土造成地の変動予測調査ガイドライン」を修正）
- ・Ⅱ編：予防対策編（「宅地耐震工法選定ガイドライン」を修正）
- ・Ⅲ編：復旧対策編（新たに作成）

各編の目的や主な内容等を下表に示す。

目的	本ガイドラインの構成		
	編	主な内容	調査と対策検討の概要
滑動崩落の予防 （大地震の前）	Ⅰ編 変動予測調査編	調査の手法	大規模盛土造成地を抽出し、滑動崩落のおそれがあるかどうかを調査する。
	Ⅱ編 予防対策編	対策検討の手法	Ⅰ編の調査の結果、滑動崩落のおそれがあると判断される場合は、その予防のための対策を検討し実施する。
滑動崩落の再発防止 （大地震の後）	Ⅲ編 復旧対策編	調査の手法 対策検討の手法	宅地被害がまとまって発生した範囲を対象に、大規模盛土造成地に該当するかどうか、滑動崩落が生じたかどうかを調査する。 調査の結果、大規模盛土造成地に該当し、滑動崩落が生じたと判断される場合は、再発を防止するための対策を検討し実施する。 ※大地震の前に変動予測調査を実施しているかどうかにかかわらず、滑動崩落が生じた地区を対象とする。

宅地耐震対策は「面的に行う滑動崩落対策」と「個々の宅地で行う耐震対策」に大別される。

「面的に行う滑動崩落対策」は公共施設等を含む地域コミュニティの保全が目的であり、一定の公共性を有することから、地方公共団体等が住民等の同意を得たうえで実施するものであり、一定の要件を満たす大規模盛土造成地で行われる対策工事については、宅地耐震化推進事業で費用の一部を補助することとしている。

一方、「個々の宅地で行う耐震対策」は、主に「面的に行う滑動崩落対策」では一定の効果は期待されるものの完全には防止できない個々の宅地の変状の防止・軽減が目的であり、「面的に行う滑動崩落対策」と併せて実施することで、個々の宅地の安全性をさらに高める対策である。「個々の宅地で行う耐震対策」は宅地所有者が実施する対策であるが、個人で対策を実施することは困難な場合が多いことから、地方公共団体は「面的に行う滑動崩落対策」の住民説明会などで、「個々の宅地で行う耐震対策」の必要性や有効性等について「面的に行う滑動崩落対策」と併せて実施したほうが合理的であることなどを説明し、必要に応じて指導・助言を行うことが望ましい。

ひとたび滑動崩落が発生すると、個々の宅地のみならず、隣接する宅地や公共施設を含めたコミュニティ全体に被害がおよぶことから、自助・共助・公助の考え方で地域の住民等と地方公共団体が共同して滑動崩落対策に取り組む必要がある。地方公共団体は、本ガイドライン等を参考に地域全体の防災意識の向上を図り、宅地所有者に宅地の安全性向上を促すとともに、宅地所有者と共同して「面的に行う滑動崩落対策」を実施することで、宅地耐震対策を総合的に推進することが重要である。

I 編 変動予測調査 編

I 編 変動予測調査 編

目 次

I. 総説	1-1
II. 防災区域の指定等の概要	1-15
III. 第一次スクリーニング	1-17
III.1 調査対象地域の設定	1-18
III.2 盛土造成地の位置と規模の把握	1-19
III.2.1 基礎資料収集	1-21
III.2.2 盛土造成地の位置の把握	1-31
III.2.3 盛土造成地の規模の把握	1-32
III.3 第一次スクリーニングのまとめ	1-35
IV. 大規模盛土造成地マップ	1-41
IV.1 大規模盛土造成地マップの作成	1-43
IV.1.1 大規模盛土造成地マップの記載項目の検討	1-43
IV.1.2 資料収集	1-43
IV.1.3 基図の作成	1-43
IV.1.4 共通項目の記載	1-43
IV.1.5 地域項目の記載	1-45
IV.2 大規模盛土造成地マップの公表と活用	1-45
V. 第二次スクリーニング計画の作成	1-48
V.1 基礎資料整理	1-55
V.2 現地踏査	1-75
V.3 第二次スクリーニングの優先度評価	1-81
VI. 第二次スクリーニング	1-86
VI.1 地盤調査	1-87
VI.2 安定計算	1-105
VI.3 第二次スクリーニングのまとめ	1-127
VII. 防災区域の指定等	1-129
VII.1 保全対象の調査	1-130
VII.2 防災区域の指定等（令第十九条第一項第一号 または法第十六条第二項の勧告に該当）	1-133
VII.3 防災区域の指定等（令第十九条第一項第二号 または法第十六条第二項の勧告に該当（災害発生 のおそれが切迫していることが確認される場合）	1-134
VIII. 住民等への説明事項	1-136

I. 総説

兵庫県南部地震や新潟県中越地震および東北地方太平洋沖地震等の際に、谷や沢を埋めた造成宅地または傾斜地盤上に腹付けした造成宅地において、盛土内部の脆弱面を滑り面とする盛土の大部分の変動や盛土と地山との境界面等における盛土全体の地すべりの変動（以下「滑動崩落」という）を生ずるなど、造成宅地における崖崩れ又は土砂の流出による災害が生じている。

滑動崩落などの造成宅地における崖崩れ又は土砂の流出による災害防止のための措置として、宅地造成等規制法（以下「法」という）第二十条第一項では、宅地造成に伴う災害の発生で相当数の居住者その他の者に危害を生ずるものの発生のおそれ大きい一団の造成宅地について、都道府県知事等は、造成宅地防災区域（以下「防災区域」という）の指定を行うことができる」と規定されている。また、宅地造成工事規制区域内において、宅地の所有者等は、法第十六条第一項に、「宅地造成に伴う災害が生じないよう、その宅地を常時安全な状態に維持するように努めなければならないこと」とされている。一方、都道府県知事等は、法第十六条第二項に、「宅地造成に伴う災害の防止のために必要な措置の実施を勧告できること」および法第十七条第一項に、「宅地造成に伴う災害の防止のために必要な工事の実施を命令できること」が規定されている。

本ガイドラインのⅠ編は、防災区域の指定や宅地造成工事規制区域における勧告（以下「防災区域の指定等」という）の判断にあたって必要となる変動予測の調査手法を示したものである。

【解 説】

Ⅰ 大規模盛土造成地とは

宅地を造成する場合、切土と盛土を組み合わせる手法が一般的である。盛土造成地には、谷埋め型盛土や腹付け型盛土等があり、谷埋め型は、谷や沢を埋めたため、盛土内に水の浸入を受け易く、形状的に盛土側面に谷部の斜面が存在することが多い特徴がある。また腹付け型は、傾斜地盤上の高さが高い特徴がある。

その盛土造成地のうち以下のいずれかの要件を満たすものを大規模盛土造成地という。

- ① 盛土の面積が3,000平方メートル以上（以下「谷埋め型大規模盛土造成地」という）
- ② 盛土をする前の地盤面（以下「原地盤面」という）の水平面に対する角度が20度以上で、かつ、盛土の高さが5メートル以上（以下「腹付け型大規模盛土造成地」という）

盛土の面積等の考え方については「Ⅲ.2.3 盛土造成地の規模の把握」を参考にされたい。

1) 谷埋め型大規模盛土造成地のイメージ

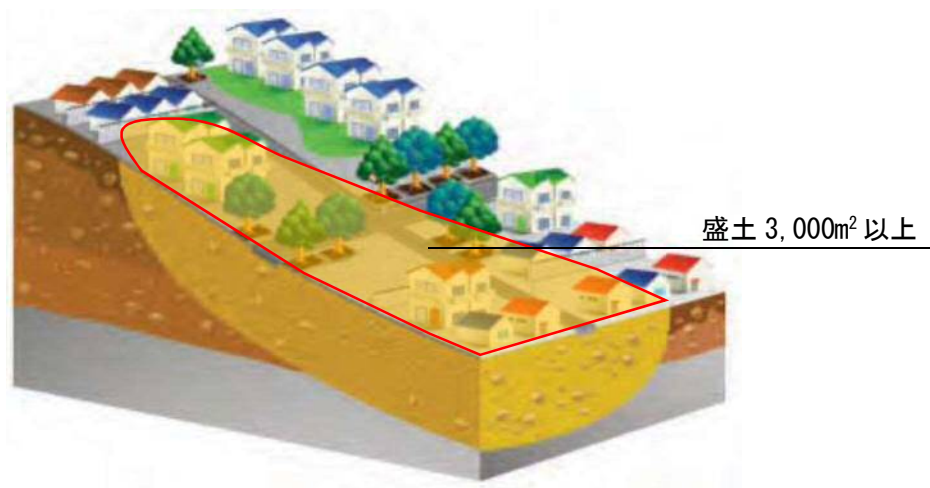


図 I.1 谷埋め型大規模盛土造成地のイメージ

2) 腹付け型大規模盛土造成地のイメージ

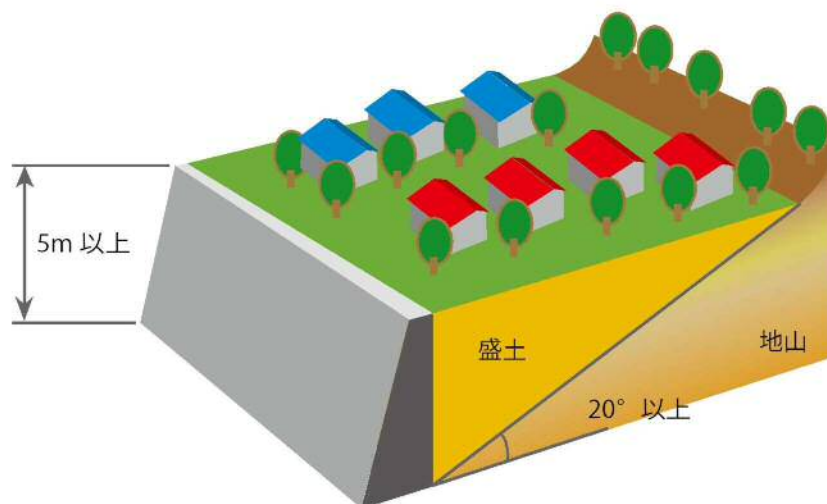


図 I.2 腹付け型大規模盛土造成地のイメージ

② 大規模盛土造成地の滑動崩落

1) 谷埋め型大規模盛土造成地

谷を埋めて宅地用の平坦面を確保した谷埋め型大規模盛土造成地において、主として地震時に宅地造成前の谷底付近や盛土内部を滑り面として大規模盛土造成地全体、または大部分が斜面下部方向へ移動する。

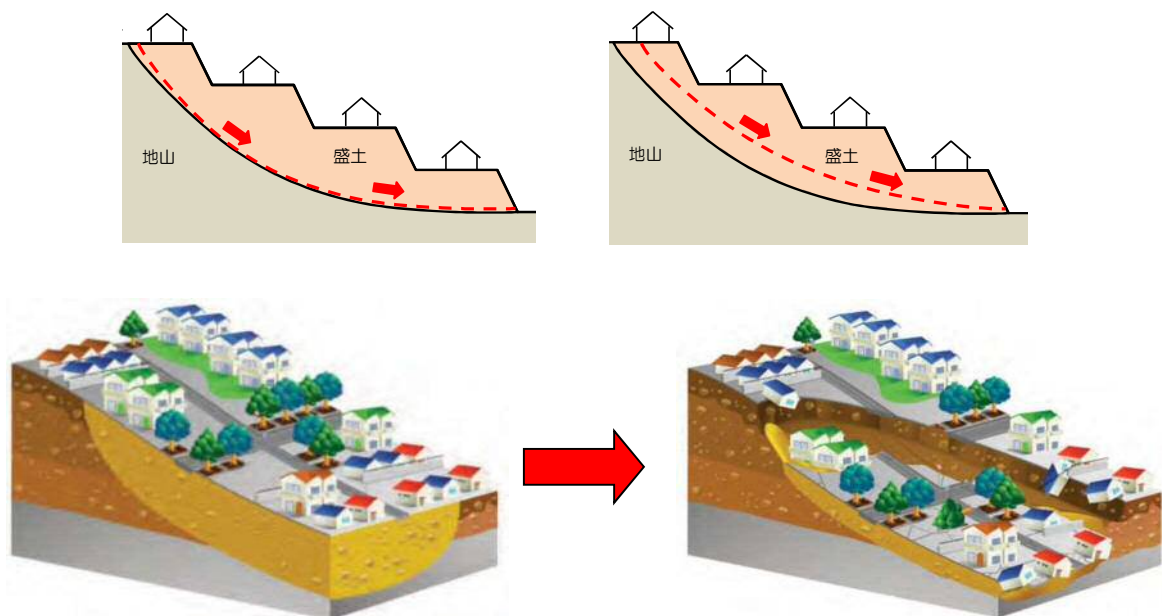


図 I.3 谷埋め型大規模盛土造成地で発生する滑動崩落のイメージ

2) 腹付け型大規模盛土造成地

傾斜地盤上などにおいて、高い盛土を行った腹付け型大規模盛土造成地において、主として地震時に大規模盛土造成地全体、または大部分が斜面下部方向へ移動する。

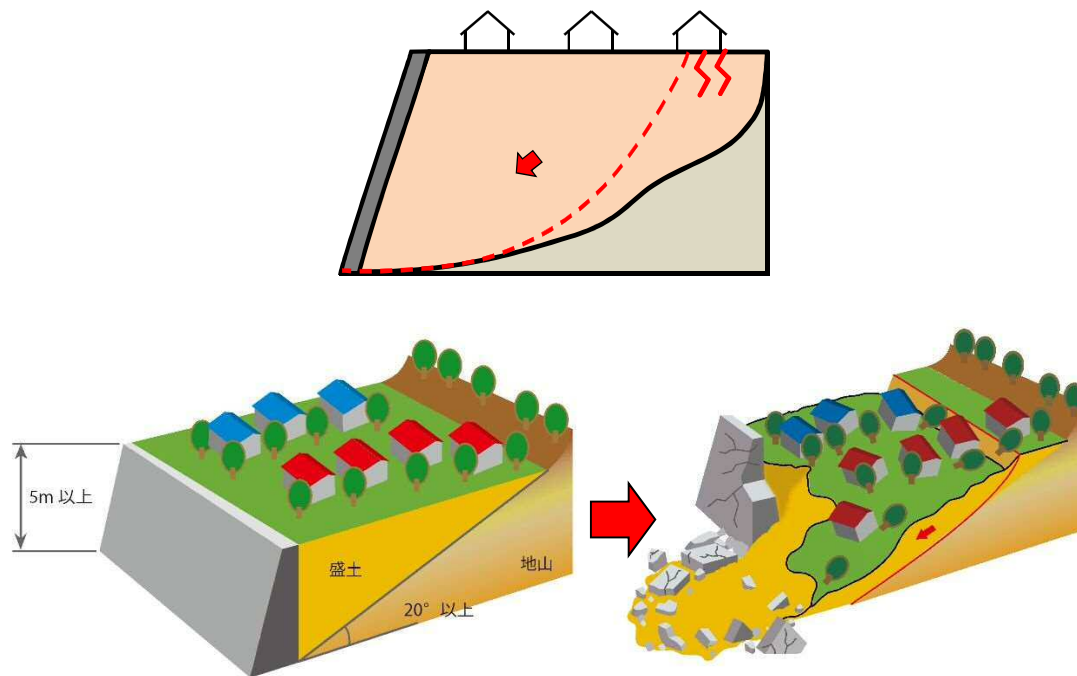


図 I . 4 腹付け型大規模盛土造成地で発生する滑動崩落のイメージ

③ 造成宅地防災区域の指定等について

法第二十条第一項に、「都道府県知事は、この法律の目的を達成するために必要があると認めるときは、関係市町村長の意見を聴いて、宅地造成に伴う災害で相当数の居住者その他の者に危害を生ずるものの発生のおそれ大きい一団の造成宅地（これに附帯する道路その他の土地を含み、宅地造成工事規制区域内の土地を除く。）の区域であつて政令で定める基準に該当するものを、造成宅地防災区域として指定することができる。」と規定されている。

そして、法第二十一条第一項に、「造成宅地防災区域内の造成宅地の所有者、管理者又は占有者は、前条第一項の災害が生じないように、その造成宅地について擁壁等の設置又は改造その他必要な措置を講ずるように努めなければならない。」また、法第二十一条第二項には、「都道府県知事は、造成宅地防災区域内の造成宅地について、前条第一項の災害の防止のため必要があると認める場合においては、その造成宅地の所有者、管理者又は占有者に対し、擁壁等の設置又は改造その他同項の災害の防止のため必要な措置をとることを勧告することができる。」と規定されている。

さらに、法第二十二条第一項には、「都道府県知事は、造成宅地防災区域内の造成宅地で、第二十条第一項の災害の防止のため必要な擁壁等が設置されておらず、又は極めて不完全であるために、これを放置するときは、同項の災害の発生のおそれ大きいと認められるものがある場合においては、その災害の防止のため必要であり、かつ、土地の利用状況その他の状況からみて相当であると認められる限度において、当該造成宅地又は擁壁等の所有者、管理者又は占有者に対して、相当の猶予期限を付けて、擁壁等の設置若しくは改造又は地形若しくは盛土の改良のための工事を行うことを命ずることができる。」と規定されている。

また、宅地造成工事規制区域内においても、宅地の所有者等は法第十六条第一項に、「宅地造成に伴う災害が生じないように、その宅地を常時安全な状態に維持するように努めなければならないこと」、法第十六条第二項に、都道府県知事は、宅地の所有者等に対し「宅地造成に伴う災害の防止のために必要な措置の実施を勧告できること」および法第十七条第一項に、「宅地造成に伴う災害の防止のために必要な工事の実施を命令できること」が規定されている。

これは、宅地造成に伴う崖崩れ又は土砂の流出による災害で、相当数の居住者等に危害を及ぼすことを未然に防止するために設けられている規定であり、防災区域の指定等がなされれば、居住者等が災害を防止するための措置を講ずることになり、また当該措置が不十分な場合は、改善命令がなされることもあるということである。

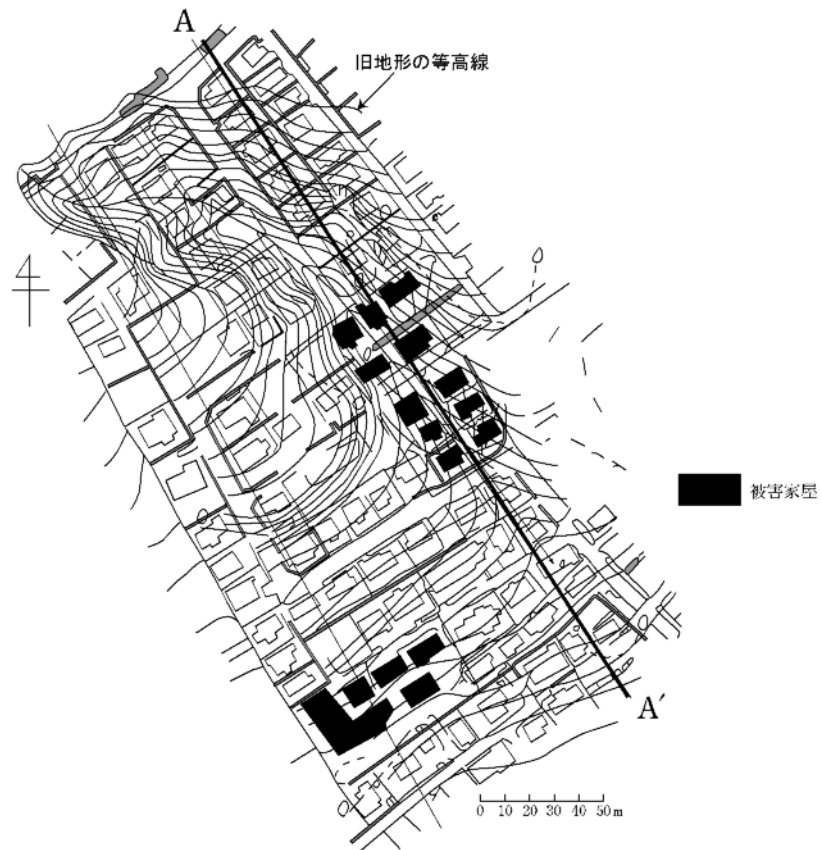
参考 1.1 災害事例

(1) 1978年宮城県沖地震の事例（谷埋め型大規模造成地）

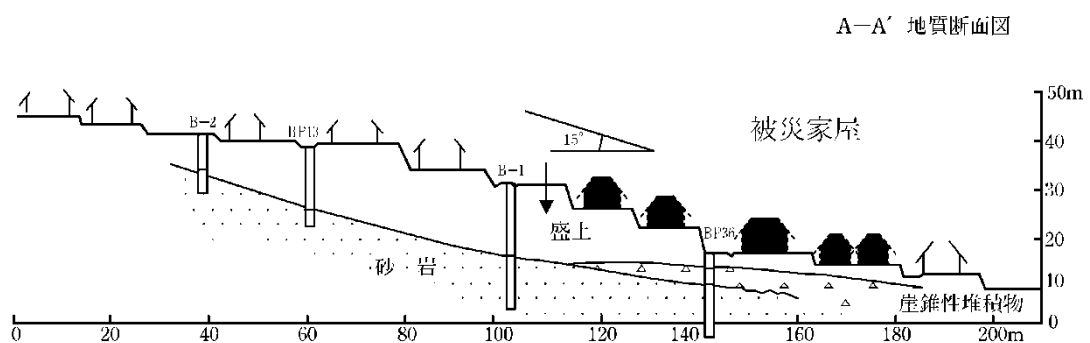
1978年6月12日仙台東方沖約120kmで発生したマグニチュード7.4の地震により、仙台市緑ヶ丘や白石市寿山などの複数の大規模盛土造成地において、滑動崩落が発生した。図参1.1-②は、緑ヶ丘における被災住宅の分布と宅地造成前の地形を重ねたものである。かつて谷部だった地形を埋め立てた谷埋め型大規模造成地上の住宅が被災していることがわかる。



図参 1.1-① 1978年宮城県沖地震による盛土造成地の被害
(撮影、提供：河北新報社)



図参 1.1-② 1978年宮城県沖地震によって滑動崩落した盛土造成地（平面図）
 浅田秋江：都市周辺における丘陵地宅地造成地の地震危険度に関する研究
 （1978年宮城県沖地震を例として），1994.



図参 1.1-③ 1978年宮城県沖地震によって滑動崩落した盛土造成地（断面図）
 浅田秋江：都市周辺における丘陵地宅地造成地の地震危険度に関する研究
 （1978年宮城県沖地震を例として），1994.

(2) 1995年兵庫県南部地震の事例（谷埋め型大規模盛土造成地）

1995年1月17日に発生した淡路島北部を震源とするマグニチュード7.3の地震により、阪神地域を中心に家屋の倒壊、火災、液状化など都市における甚大な被害が発生した。この地震でも宮城県沖地震と同様に丘陵地における盛土造成地が、宅地造成前の谷底を滑り面として、盛土造成地全体が斜面下部方向へ移動する滑動崩落が100箇所以上確認されている。図参1.1-④の写真は、手前の電柱が位置する地山に対し、奥の家屋が位置する盛土造成地が写真右から左方向へ数メートル移動した事例である。谷埋め型大規模盛土造成地は斜面下部へ滑るように移動するため、盛土の末端部では圧縮されたようなクラックが生じ（図参1.1-⑤）、斜面上部では、引っ張られて出来るクラックが現れる（図参1.1-⑥）。



図参 1.1-④ 西宮市における盛土造成地の変動に伴う被害（その1）



盛土末端部が隆起し、
道路に生じた段差(写真奥が盛土)

図参 1.1-⑤ 西宮市における盛土造成地の変動に伴う被害（その2）



盛土頭部に
生じたクラック

図参 1.1-⑥ 西宮市における盛土造成地の変動に伴う被害（その3）

釜井俊孝, 守随治雄: 斜面防災都市, 理工図書, 2002.

(3) 2004年新潟県中越地震の事例（腹付け型大規模盛土造成地）

2004年10月23日に新潟県川口町付近で発生したマグニチュード6.8の地震は、長岡市周辺に広がる大規模盛土造成地に甚大な被害を与えた。長岡市高町では、丘陵地の縁に造成された大規模盛土造成地が擁壁とともに滑動崩落し、大規模盛土造成地上の家屋および道路等に大きな被害を与えた。



図参 1.1-⑦ 新潟県長岡市高町の盛土造成地の滑動崩落現象その1



図参 1.1-⑧ 新潟県長岡市高町の盛土造成地の滑動崩落現象その2

(4) 2011年東北地方太平洋沖地震の事例（谷埋め型大規模盛土造成地）

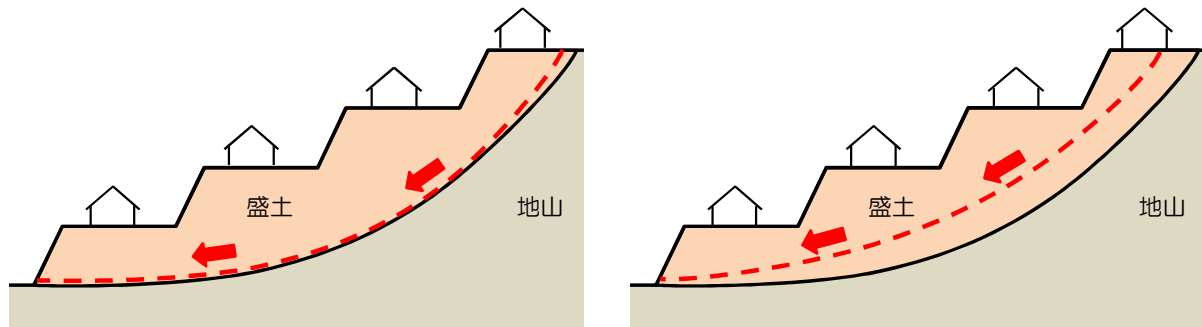
2011年3月11日に三陸沖を震源として発生したマグニチュード9.0の地震により、東北・関東地方の広い範囲において、宅地盛土の崩壊や擁壁の損傷など、これまでにない甚大な被害が発生した。なかでも宮城県仙台市では、宅地被害数が約5,800宅地に及び、その内160地区が滑動崩落の被害であったことが報告されている。滑動崩落の被害形態として多かったのが、地すべりの変形被害である。地すべりの変形被害は、変形の生じる場所によって、「盛土全体の変形」、「ひな壇部分の変形」、「盛土全体とひな壇部分の複合型変形」の3つに分類された。「ひな壇部分の変形」は、兵庫県南部地震や新潟県中越地震では報告されてこなかった被害形態である。以下に、地すべりの変形被害の模式図を示す。

1) 盛土全体の変形

盛土と地山との境界および盛土の内部の脆弱面などを不連続面とする、盛土全体の地すべりの変形

【盛土と地山との境界面を不連続面とする場合】

【盛土の内部の脆弱面を不連続面とする場合】



図参 1.1-⑨ 「盛土全体の変形」模式図



a) 盛土頭部のクラック

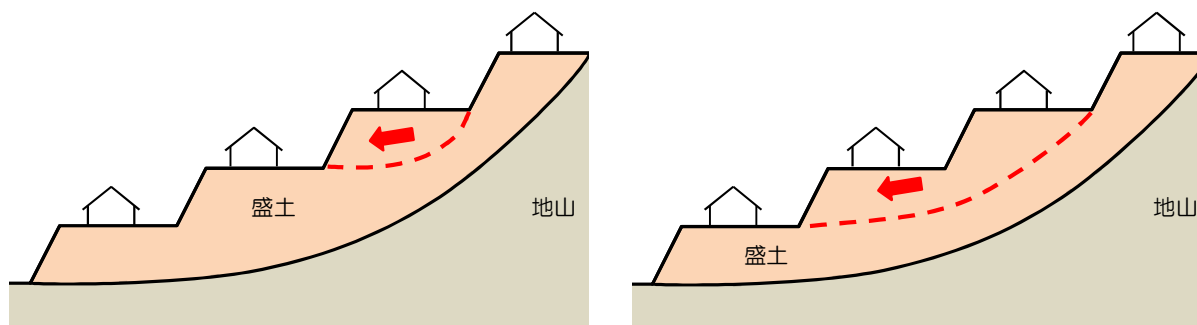


b) 宅地擁壁および基礎地盤の被害

図参 1.1-⑩ 盛土全体の変形被害が発生した地区の被害写真

2) ひな壇部分の変形

盛土内部の脆弱面を不連続面とするひな壇1段または数段の地すべり的変形



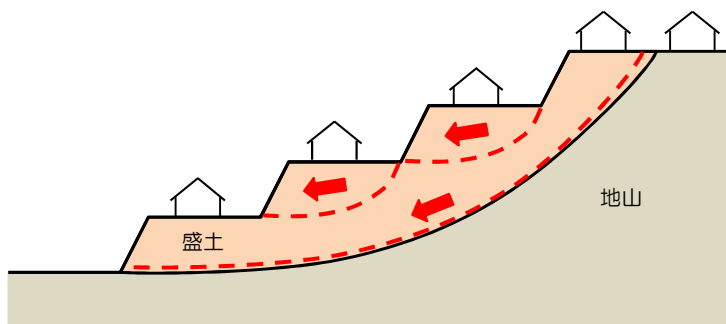
図参 1.1-⑪ 「ひな壇部分の変形」模式図



図参 1.1-⑫ ひな壇部分の変形被害が発生した地区の被害写真

3) 盛土全体とひな壇部分の複合型変形

盛土全体の変形とひな壇部分の変形が複合して発生する地すべり的変形



図参 1.1-⑬ 「盛土全体とひな壇部分の複合型変形」模式図



a) 宅地地盤のクラック



b) 宅地擁壁の崩壊

図参 1.1-⑭ 盛土全体とひな壇部分の複合型変形が発生した地区の被害写真

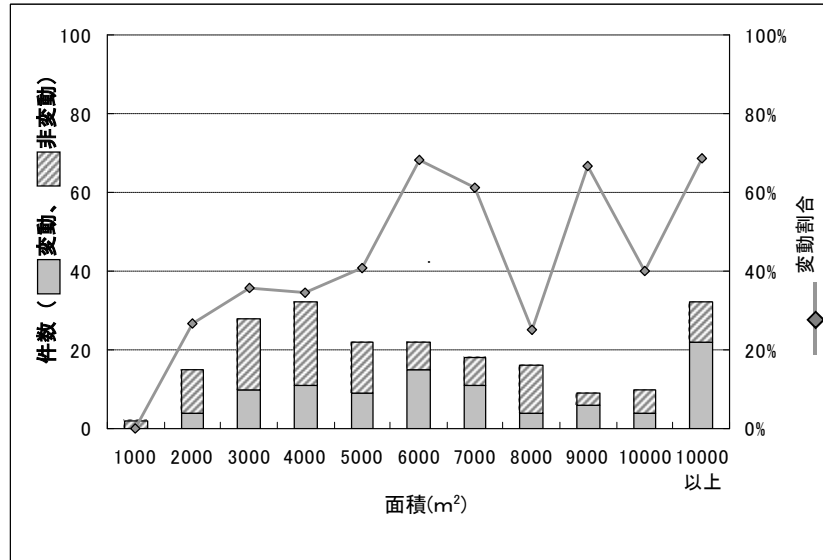
参考 1.2 大規模盛土造成地の過去の災害規模

(1) 谷埋め型大規模盛土造成地の例

1995年兵庫県南部地震の調査結果から大規模盛土造成地の面積と変動実績の関係を図参1.2-①に示す。

なお、変動と判断された盛土は、クラックの分布が盛土の分布域と重なり、その形状が地すべりの(頭部：引っ張り、末端部：圧縮、側部：横ずれ)である場合を変動としている。

ただし、3,000平方メートル未満の変動事例は、盛土造成地の一部が表層崩壊したものである。



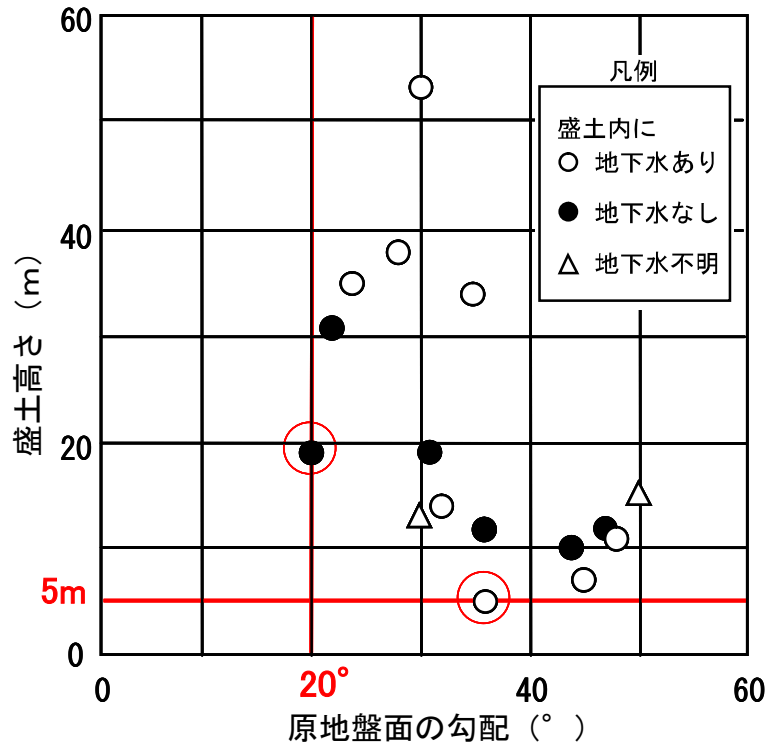
図参 1.2-① 大規模盛土造成地の面積と変動の関係

(兵庫県南部地震の変動事例と非変動事例)

釜井俊孝, 鈴木清文, 磯部一洋: 平成7年兵庫県南部地震による都市域の斜面変動,
地質調査所月報, 第47巻, 第2/3号, pp.175-200, 1996.

(2) 腹付け型大規模盛土造成地の例

1995年兵庫県南部地震の調査結果から大規模盛土造成地の原地盤面の勾配と盛土高さの関係を図参1.2-②に示す。図参1.2-②より盛土高さが5メートル未満の場合、もしくは原地盤面の勾配が20度未満の場合は、変動が生じていないことが読み取れる。



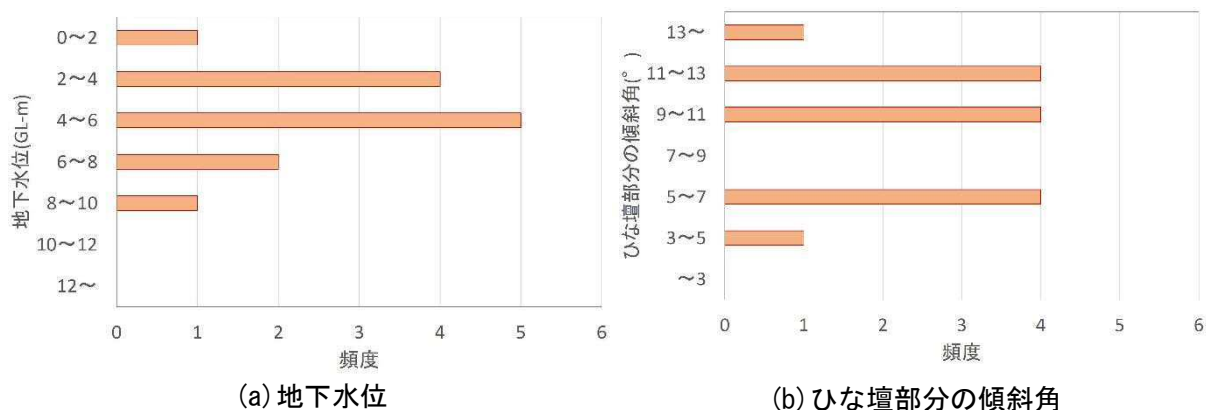
図参1.2-② のり面変状箇所における原地盤面の勾配と盛土高さとの関係

沖村孝, 二木幹夫, 岡本敦, 南部光広: 兵庫県南部地震による宅地地盤被害と各種要因との関係分析, 土木学会論文集, No. 623/VI-43, pp. 259-270, 1999. 6.

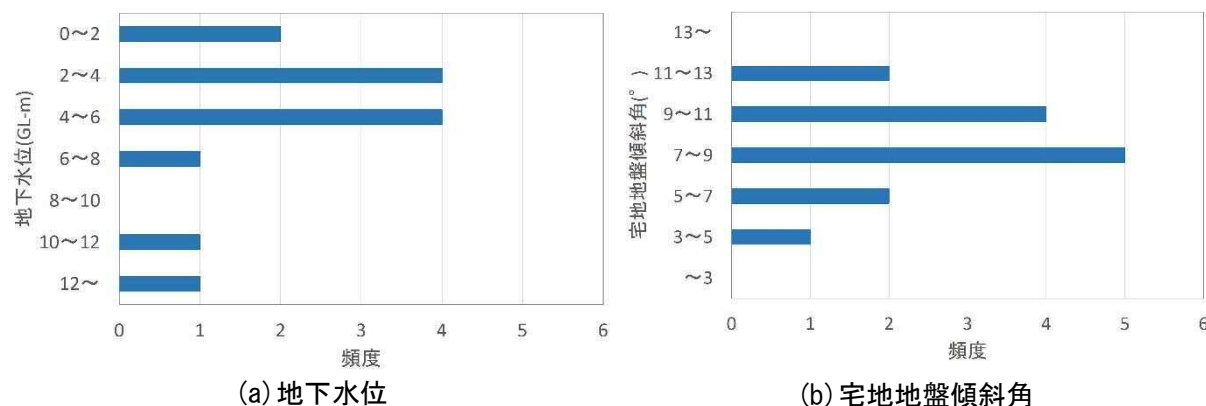
(3) 谷埋め型大規模盛土造成地における地すべりの変形被害の例

東北地方太平洋沖地震による宮城県仙台市における宅地被害は、谷埋め型大規模盛土造成地における地すべりの変形被害が多く、**参考 1.1** (4) で示した「盛土全体の変形」、「ひな壇部分の変形」、「盛土全体とひな壇部分の複合型変形」の3つに分類される。

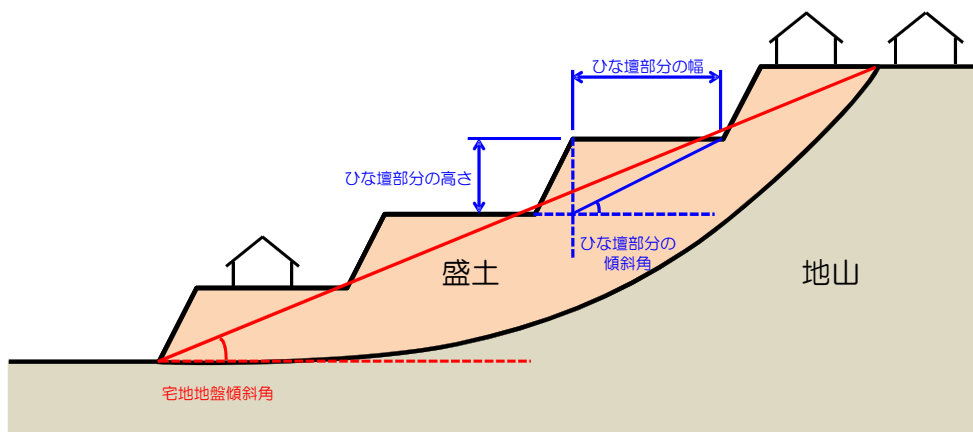
仙台市において滑動崩落の被害が発生した 160 地区のうち、30 地区を抽出し、地下水位と傾斜角の関係を**図参 1.2-③**、**④**に整理した。ひな壇部分の傾斜角、宅地地盤傾斜角は 5° 以上、地下水位は GL-2m~6m に大半が分布していた。



図参 1.2-③ 「ひな壇部分の変形」が生じた地区における地下水位 と ひな壇部分の傾斜角 の頻度分布



図参 1.2-④ 「盛土全体の変形」・「盛土全体とひな壇部分の複合型変形」が生じた地区における地下水位 と 宅地地盤傾斜角 の頻度分布



図参 1.2-⑤ ひな壇部分の傾斜角、宅地地盤傾斜角のイメージ

II. 防災区域の指定等の概要

宅地造成等規制法施行令（以下「令」という）第十九条第一項第一号、または法第十六条第二項の勧告に該当する大規模盛土造成地を抽出するための変動予測の手順は以下1）～5）の通りとする。

- 1) 調査対象地域の設定と、盛土造成地の位置と規模の把握を行い、大規模盛土造成地を抽出する。（第一次スクリーニング）
- 2) 大規模盛土造成地マップを作成し、住民等への周知・普及を図る。
- 3) 抽出された大規模盛土造成地に対して、第二次スクリーニングを実施する優先度を判定し、それらの結果を宅地カルテ等にとりまとめる。（第二次スクリーニング計画の作成）
- 4) 第二次スクリーニング計画に基づき、大規模盛土造成地の地盤調査を行い、地形や土質、地下水位等を把握した上で、安定計算を行う。（第二次スクリーニング）
- 5) 第二次スクリーニングの結果をもとに、宅地造成に伴う災害で相当数の居住者その他の者に危害を生ずるものの発生のおそれ大きいと判断された大規模盛土造成地について、防災区域の指定等を行う。

なお、災害発生のおそれが切迫していることが確認される（令第十九条第一項第二号、または法第十六条第二項の勧告に該当する）場合は、**VII. 3**の通りとする。

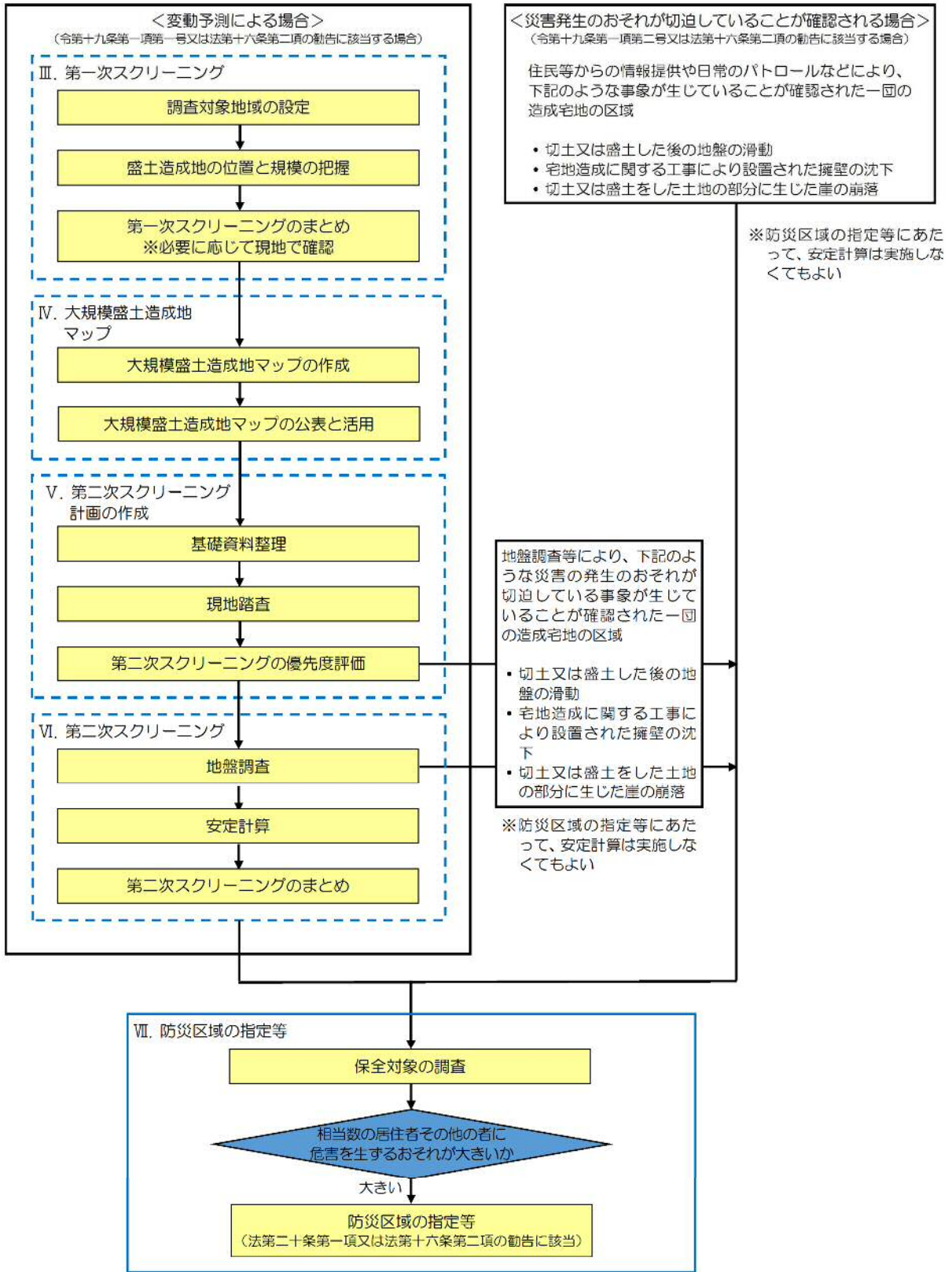


図 II. 1 大規模盛土造成地の変動予測調査等の流れ

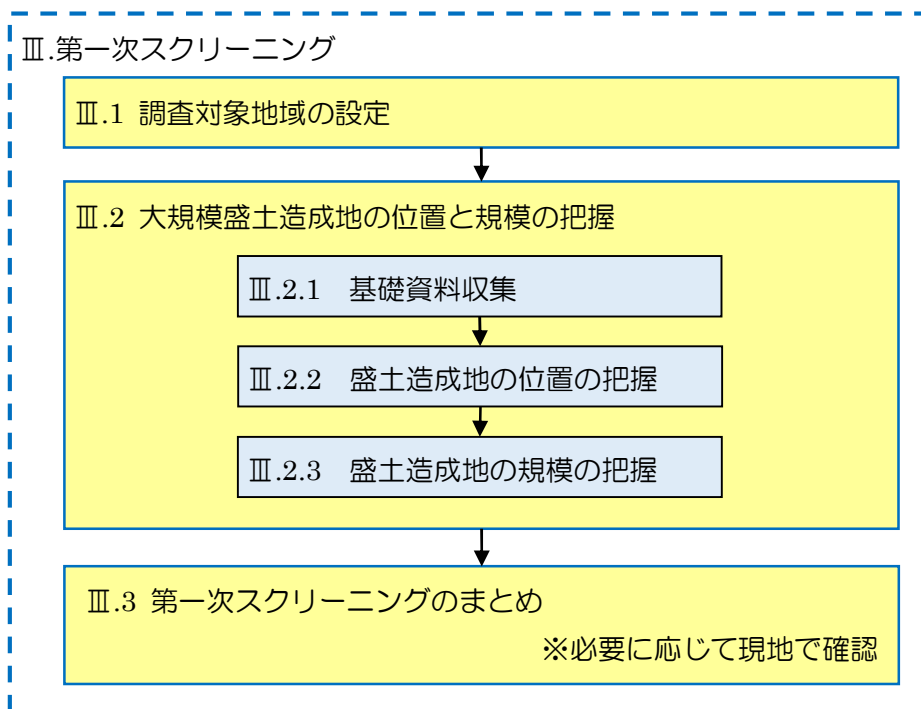
Ⅲ. 第一次スクリーニング

第一次スクリーニングは、地方公共団体の区域に存する盛土造成地に関する資料等に基づいて、大規模盛土造成地を抽出することを目的として、以下の手順により行うものとする。

- 1) 調査対象地域の設定
- 2) 盛土造成地の位置と規模の把握

【解 説】

本項Ⅲでは、第一次スクリーニングに関する概略の手順と留意点について示す。なお、机上調査のみでは大規模盛土造成地かどうかの判別が難しい場合等は、必要に応じて現地で確認することができる。



図Ⅲ.1 第一次スクリーニングの流れ

【参 考】

国土交通省国土地理院：人工改変地形データ抽出のための手順書 概要版，国土地理院技術資料 D・1-No. 558，2010. 2. (URL： <http://www1.gsi.go.jp/geowww/georeport/d1557-558/d1558.pdf>)

Ⅲ.1 調査対象地域の設定

市街化の動向や土地利用状況を考慮し、調査対象地域を設定する。この場合において森林や農地等宅地としての土地利用が行われていない地域は、調査対象から除いて差し支えない。

【解 説】

法第二条第一号に宅地とは「農地、採草放牧地および森林並びに道路、公園、河川その他政令で定める公共の用に供する施設の用に供されている土地以外の土地をいう。」とある。

本調査で対象とする地域は行政区域全体である必要はなく、農地、森林等宅地でない土地は対象外として差し支えない。また、宅地であっても、臨海部の埋立地など、明らかに谷埋め型大規模盛土造成地、腹付け型大規模盛土造成地でないものについては除外しても差し支えない。

Ⅲ.2 盛土造成地の位置と規模の把握

宅地造成前後の地形図等を比較することにより、盛土造成地の位置および規模を把握し、大規模盛土造成地を抽出する。

大規模盛土造成地とは、以下のいずれかの要件を満たす盛土造成地をいう。

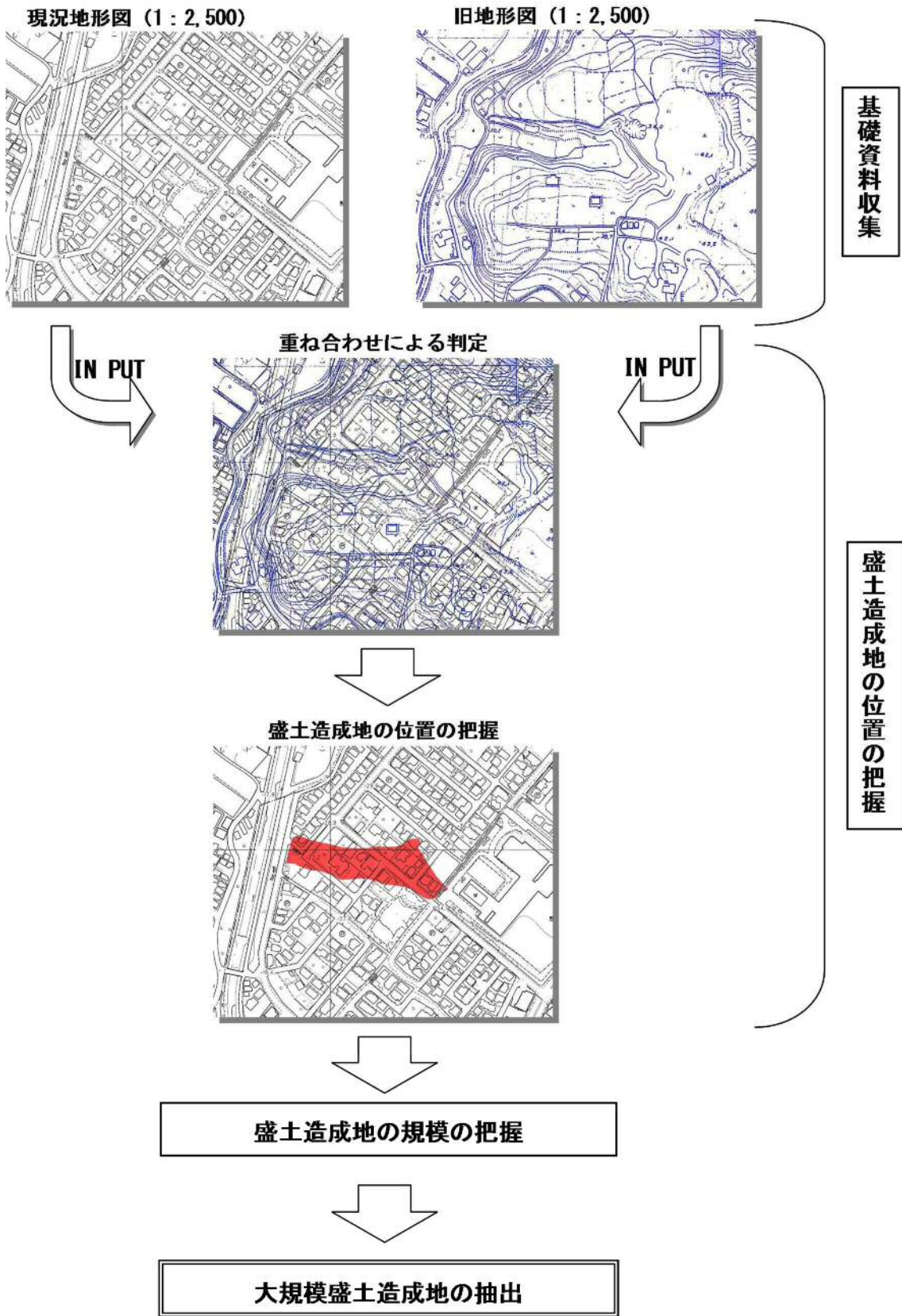
- 1) 盛土の面積が 3,000 平方メートル以上（以下「谷埋め型大規模盛土造成地」という）
- 2) 原地盤面の勾配が 20 度以上で、かつ、盛土の高さが 5 メートル以上（以下「腹付け型大規模盛土造成地」という）

【解 説】

既存の盛土造成地の位置や規模を効率的に把握するため、以下の手順に従って大規模盛土造成地を抽出する。ただし、これによらず盛土造成地の位置と規模を把握できる場合はこの限りではない。

- 1) 基礎資料収集（Ⅲ.2.1）
- 2) 盛土造成地の位置の把握（Ⅲ.2.2）
- 3) 盛土造成地の規模の把握（Ⅲ.2.3）

例えば、広域にわたる盛土造成地の分布を把握する手法として、**図Ⅲ.2.1**に示すように地形の変化から大規模盛土造成地を抽出する手法がある。具体的には宅地造成後の標高と宅地造成前の標高を比較し、宅地造成前後の標高の差分から盛土造成地の位置と規模を把握する手法である。



図Ⅲ. 2.1 大規模盛土造成地の抽出のイメージ

Ⅲ.2.1 基礎資料収集

大規模盛土造成地を抽出するための基礎資料として、造成前後の地形図、空中写真等を収集する。

また、必要に応じて盛土造成地の造成年代、地下水位、大規模盛土造成地における災害により危害が生ずるおそれのある住宅等の保全対象が確認できる資料を収集する。

【解説】

大規模盛土造成地を抽出するために宅地造成前後の地形図や空中写真、標高データ等の資料を収集する。宅地造成前の資料については可能な限り年代が古く、宅地造成後の資料については可能な限り年代の新しいものとする。表Ⅲ.2.1に収集資料の事例を示す。

大規模盛土造成地の抽出精度をあげるため、収集する資料は縮尺 1/2,500 程度が望ましい。資料の精度の目安としては、個々の資料の精度は表Ⅲ.2.2、盛土造成地の分布を把握するために各種資料を組み合わせ（重ね合わせ）た場合の精度は表Ⅲ.2.3 が国土地理院から提示されている。

また、調査範囲内において法第八条または都市計画法第二十九条の許可が申請された際に、宅地造成等規制法施行規則（以下「規則」という）第四条または都市計画法施行規則第十六条に基づき添付されていた地形図、宅地の平面図、断面図、造成計画平面図などがある場合は、それらを参考として、盛土造成地の位置を把握してもよい。

さらに必要に応じて、令第十九条第一項第一号イにある「当該盛土をした土地の地下水位が盛土をする前の地盤面の高さを超え、盛土の内部に浸入している」ことを確認できる建物建設時や他事業（道路や下水道工事など）のボーリングデータ等の資料や、法第二十条に規定されている「宅地造成に伴う災害で相当数の居住者その他の者に危害を生ずるものの発生のおそれ大きい一団の造成宅地」であるか否かを確認できる住宅地図等を収集する。

表Ⅲ. 2. 1 収集資料の事例

資料名	縮尺等	年代	整備機関(整備範囲)
航空レーザメッシュ 標高データ	5mメッシュ	2003年頃～	国土地理院、国土交通省等(主要都市)
旧版都市計画図 (紙)	1/2,500～1/5,000	1960年頃～	地方公共団体
都市計画図(DM)	1/2,500～1/5,000	1995年頃～	地方公共団体
砂防基盤図(DM)	1/2,500	2000年頃～	国土交通省等(山間部)
旧版地形図(紙)	1/10,000～1/20,000	1886年～1960年	国土地理院(主要都市)
地形図(紙)	1/10,000	1983年～	国土地理院(主要都市)
国土基本図(紙)	1/2,500、1/5,000	1960年～	国土地理院(主要都市)
空中写真(カラー)	1/8,000～1/15,000	1974年～1990年	国土地理院(全国)
空中写真(モノクロ)	約 1/8,000 ～1/10,000	1960年代	国土地理院(主要都市)
空中写真(モノクロ)	約 1/16,000	1960年代 ～1980年代	林野庁(山岳部)
米軍撮影 4万	約 1/40,000	1946年～1948年	国土地理院(全国)
米軍撮影 1万	約 1/12,000	1946年～1948年	国土地理院 (主要都市、海岸部、幹線道路沿い)

※ 国土地理院の航空レーザデータについては、基盤地図情報(数値標高モデル)の5mメッシュ(標高)として無償ダウンロードできる。

※ 空中写真については原則としてステレオペアである。

※ 土地の地形を把握する上で土地分類図(都道府県)、土地条件図(国土地理院)を参照することも有効である。

※ 主要都市とは県庁所在地、政令指定都市などの地域を示す。

※ 縮尺 1/2,500 の地形図を作成するためには縮尺 1/10,000～1/25,000 の空中写真が必要である。

(社団法人日本測量協会:国土交通省公共測量作業規定解説と運用, p. 188, 2003.)

※ 各地域によって地図等の整備状況が異なるため詳細については下記を参照のこと。

○国土地理院 <http://www.gsi.go.jp/>

○日本地図センター <http://www.jmc.or.jp/>

・国土地理院における 1/10,000 地形図・土地条件図などの整備状況

<http://www.jmc.or.jp/map/ichiran/omote/omote.html>

・空中写真標定図閲覧サービス

<http://www.jmc.or.jp/photohtz/index.html>

※ 図Ⅲ. 2. 2-①～⑥に代表的な資料の例を示す。

表Ⅲ.2.2 個々の資料の精度の目安（標高）

取得媒体（区分）と取得方法		（標高） 取得精度目安	利用 対象	資料の年代 （備考）
①	航空レーザによる5mメッシュ標高データ利用（国土地理院：大都市周辺）	±0.2m～0.4m	主に 造成後	平成15年以後 （国土交通省データもあり）
②	DMデータ、砂防基盤図 （自治体等）	±0.5m～1.0m	造成前・ 造成後	平成10年以後 （データ直接利用）
③	1/2,500地形図より数値化取得 （自治体等）	±0.5m～1.0m	造成前・ 造成後	昭和40年代以後 （ブレイクライン補完の必要もあり）
④	1/10,000空中写真より直接取得 （国土地理院・自治体等）	±0.3m～1.0m	造成前・ 造成後	昭和30年代後半～現在 （空中写真測量実施）
⑤	1/20,000空中写真より直接取得 （国土地理院、林野庁、県森林計画課）	±0.6m～2.0m	造成前・ 造成後	昭和30年代後半～現在 （他に資料無き場合利用）
⑥	1/3,000地形図より数値化取得 （自治体等）	±0.8m～1.4m	主に 造成前	昭和20～30年代 （比較的有効）
⑦	1/12,000米軍写真より直接取得 （国土地理院）	±0.6m～1.2m	主に 造成前	昭和20年代 （部分的な旧地形データの 補完に用いる）
⑧	1/40,000米軍写真より直接取得 （国土地理院）	±2.0m～4.0m	主に 造成前	昭和20年代 （部分的補完に限る）
⑨	旧版1/25,000地形図より数値化取得 （国土地理院）	±3.0m～5.0m	造成前	主に昭和20年代以前 （標準精度確保せず）
⑩	旧版1/20,000地形図より数値化取得 （国土地理院）	±数m～ 10数m	造成前	明治中・後期 （標準精度確保せず）

国土交通省国土地理院：人工改変地形データ抽出のための手順書 概要版，国土地理院技術資料

D・1-No. 558, 2010. 2.

表Ⅲ.2.3 各種資料を組み合わせ（重ね合わせ）た場合の精度の目安（標高）

造成後基礎資料 造成前 基礎資料	5m メッシュ 標高データ (レーザー) (直接利用)	2,500 砂防 基盤図データ (直接的 に利用)	2,500DM データ (ほぼ直接的 に利用)	1/2,500地 形図 (数値化利 用)	1/10,000 級 空中写真 (写真測量に よる取得)	1/20,000 級 空中写真 (写真測量に よる取得)
2,500DM データ (ほぼ直接的に利用)	±0.5 m ~ 1.1m	±0.7 m ~ 1.4m	±0.7 m ~ 1.4m	±0.7 m ~ 1.4m	±0.6 m ~ 1.4m	±0.8 m ~ 2.2m
1/2,500 地形図 (数値化利用)	±0.5 m ~ 1.1m	±0.7 m ~ 1.4m	±0.7 m ~ 1.4m	±0.7 m ~ 1.4m	±0.6 m ~ 1.4m	±0.8 m ~ 2.2m
1/10,000 空中写真 (写真測量取得)	±0.4 m ~ 1.1m	±0.6 m ~ 1.4m	±0.6 m ~ 1.4m	±0.6 m ~ 1.4m	±0.4 m ~ 1.4m	±0.9 m ~ 1.7m
1/3,000 地形図 (数値化利用)	±0.8 m ~ 1.5m	±0.9 m ~ 1.7m	±0.9 m ~ 1.7m	±0.9 m ~ 1.7m	±0.9 m ~ 1.7m	±1.0 m ~ 2.4m
1/12,000 米軍写真 (写真測量取得)	±0.6 m ~ 1.3m	±0.8 m ~ 1.6m	±0.8 m ~ 1.6m	±0.8 m ~ 1.6m	±0.9 m ~ 1.7m	±1.0 m ~ 1.8m
1/20,000 空中写真 (写真測量取得)	±0.6 m ~ 2.0m	±0.8 m ~ 2.2m	±0.8 m ~ 2.2m	±0.8 m ~ 2.2m	±0.7 m ~ 2.2m	±1.1 m ~ 2.8m
1/40,000 米軍写真 (写真測量取得)	±2.0 m ~ 4.0m	±2.1 m ~ 4.1m	±2.1 m ~ 4.1m	±2.1 m ~ 4.1m	±2.0 m ~ 4.1m	±2.2 m ~ 4.2m
旧版 1/25,000 地形 図 (数値化利用)	±3.0 m ~ 5.0m	±3.0 m ~ 5.1m	±3.0 m ~ 5.1m	±3.0 m ~ 5.1m	±3.0 m ~ 5.1m	±3.1 m ~ 5.2m
旧版 1/20,000 地形 図 (数値化利用)	±数m ~ 10 数m	±数m ~ 10 数m	±数m ~ 10 数m	±数m ~ 10 数m	±数m ~ 10 数m	±数m ~ 10 数m

*米軍写真は、古い造成地をスポット的に他の基礎資料の補完としても使用できます。

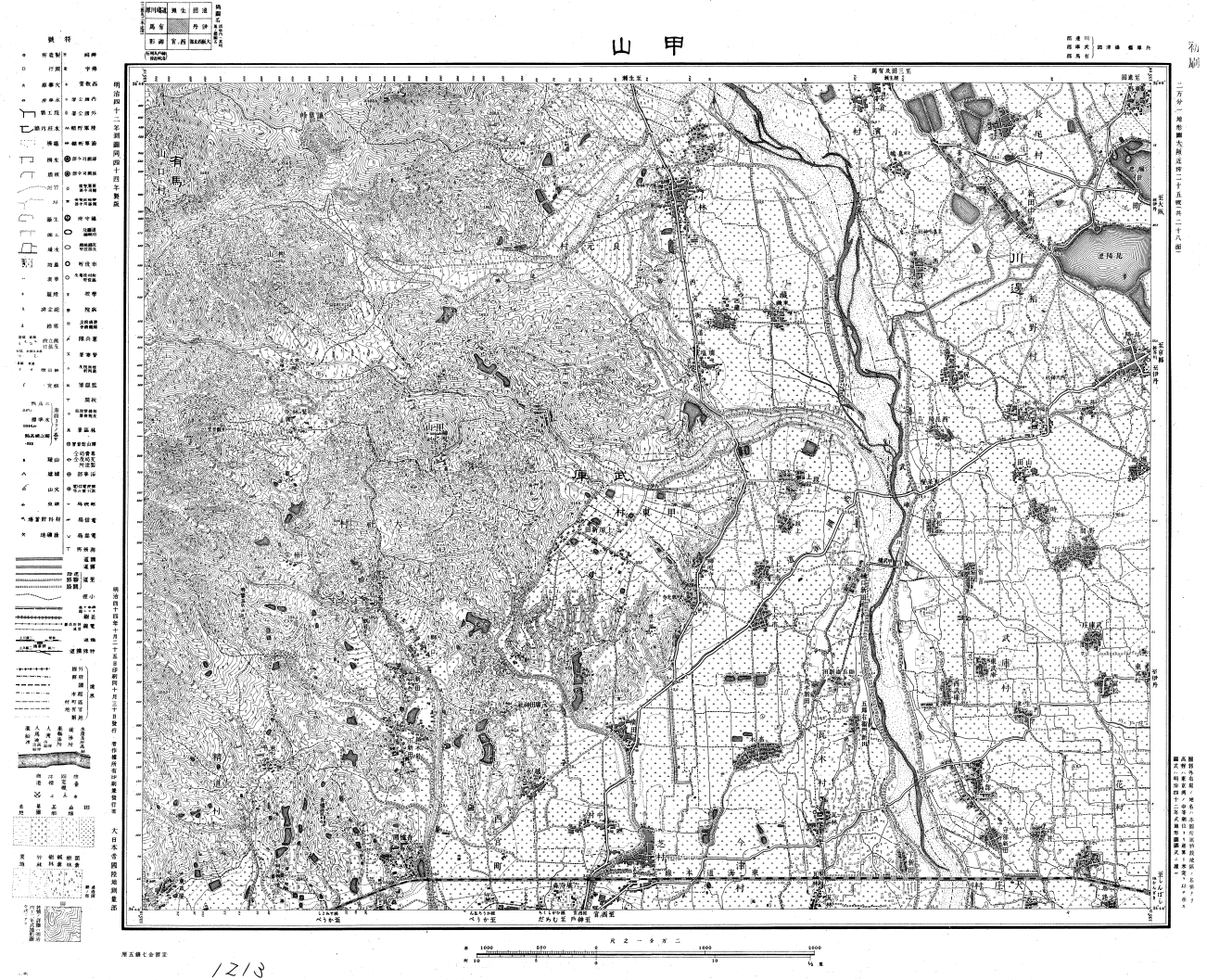
*盛土造成地データの精度目安値の算定は以下の式によります。

$$\sqrt{(\text{造成前地形データ精度})^2 + (\text{造成後地形データ精度})^2}$$

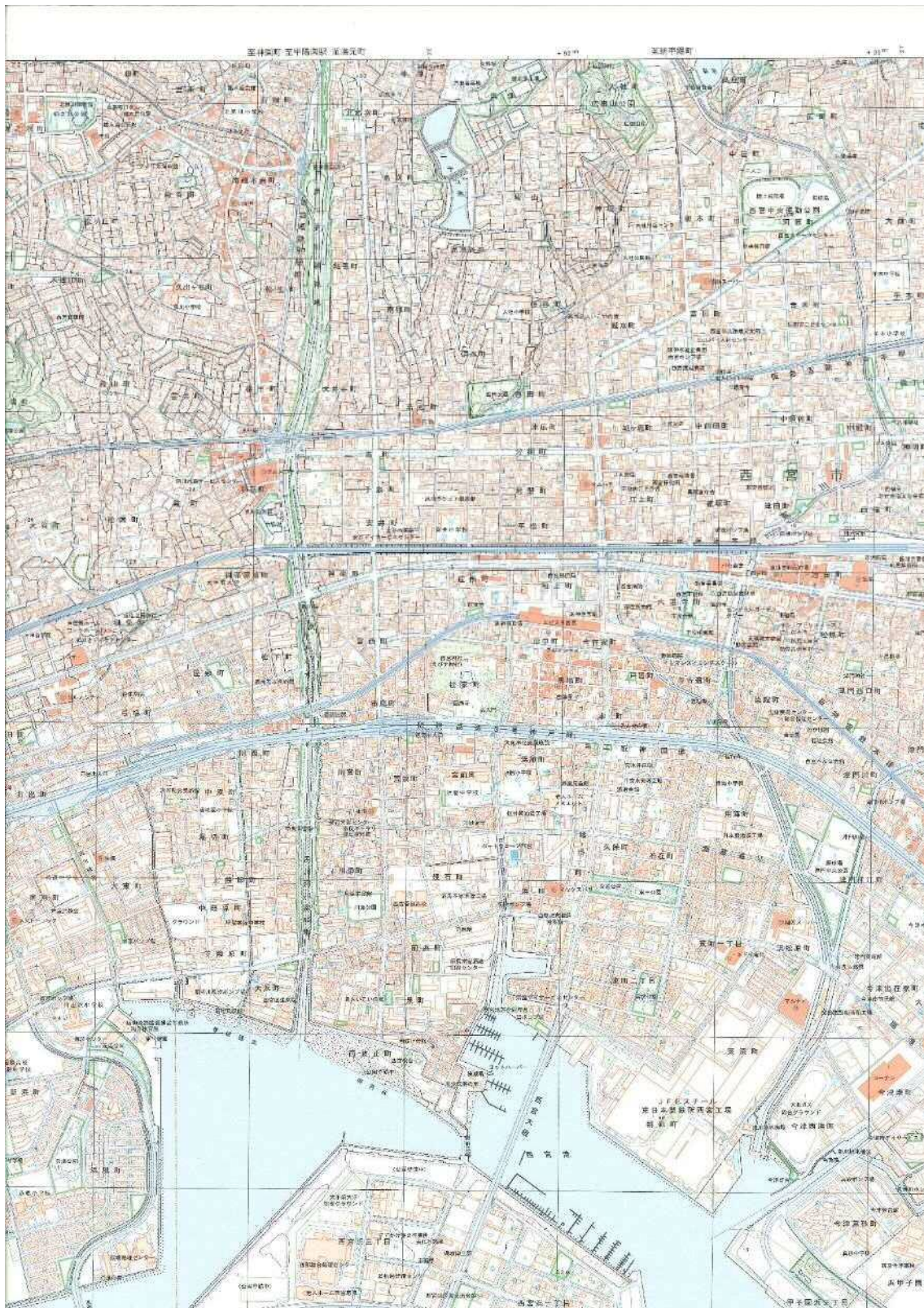
国土交通省国土地理院：人工改変地形データ抽出のための手順書 概要版，国土地理院技術資料 D・1-No. 558，2010. 2.

注：表Ⅲ.2.3の数値は、標高の精度の目安であり、造成前後それぞれの地形データ（基礎資料）の精度を上式に代入して算出したものである。

大規模盛土造成地の抽出にあたっては、この精度の目安を考慮する必要がある、例えば、精度 5m の場合は、厚さ 5m 未満の盛土が誤差の範囲に含まれてしまうため、それを考慮して大規模盛土造成地を抽出する。

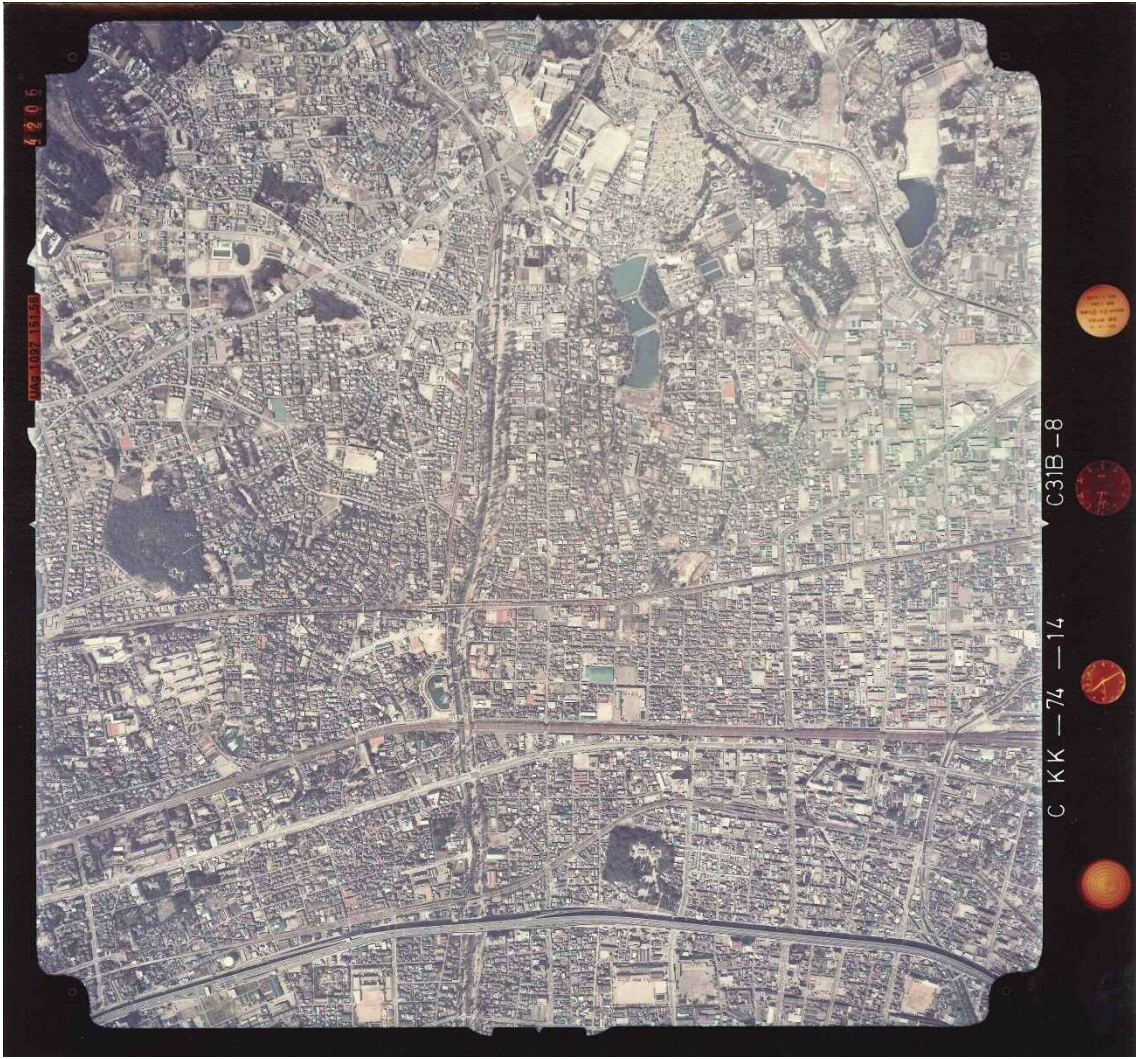


図Ⅲ. 2. 2-① 旧地形図 (1/20, 000) の例

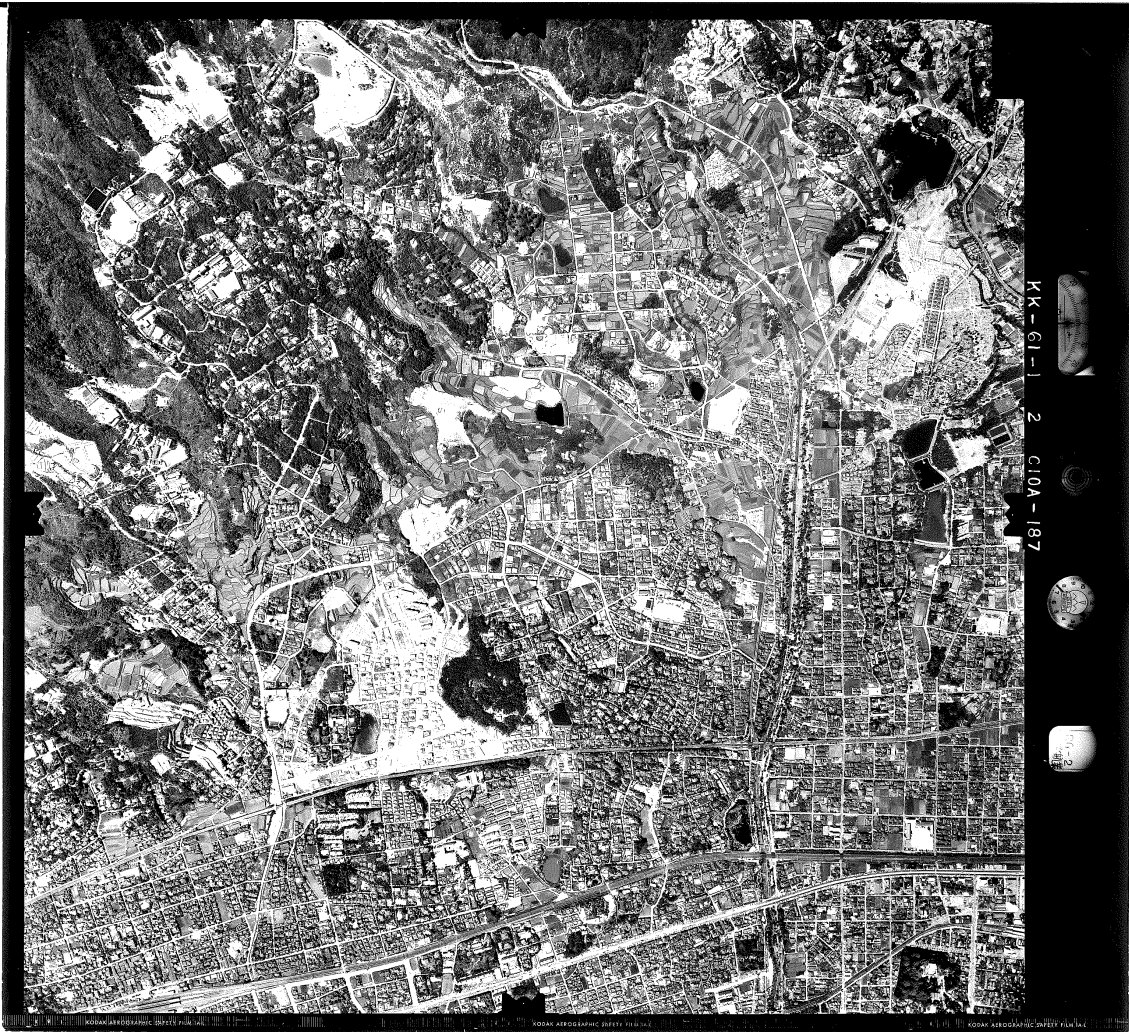


500m

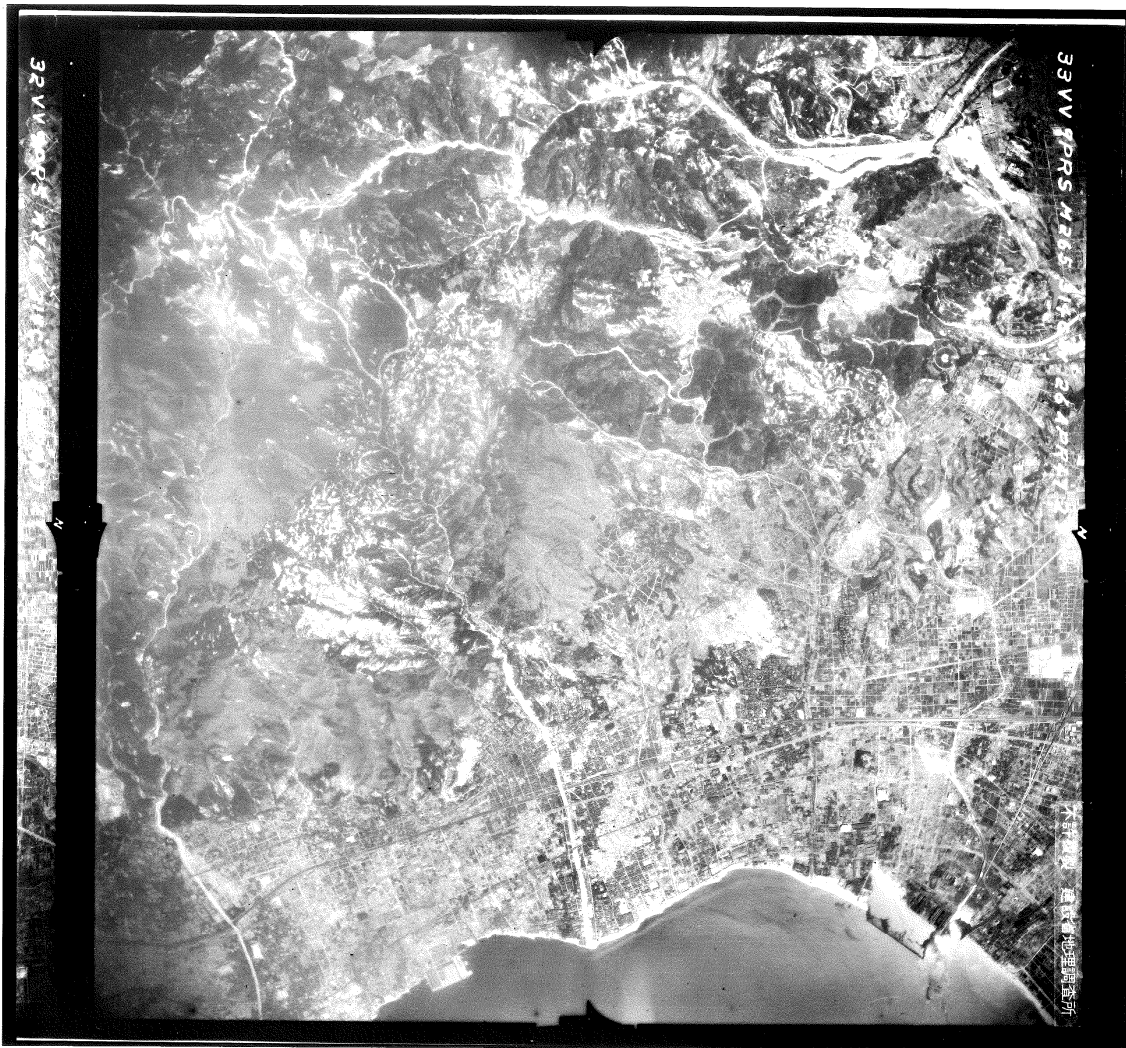
図Ⅲ.2.2-② 地形図 (1/10,000) の例



図Ⅲ. 2. 2-③ 空中写真（カラー1970年代）の例



図Ⅲ. 2. 2-④ 空中写真（モノクロ 1960 年代）の例



図Ⅲ. 2. 2-⑤ 米軍撮影 (約 1/40, 000) の例



図Ⅲ. 2. 2-⑥ 米軍撮影（約 1/10, 000）の例

Ⅲ. 2. 2 盛土造成地の位置の把握

Ⅲ. 2. 1 で収集した地形図や空中写真等をもとに、宅地造成前後の標高等を比較して、盛土造成地の位置を把握する。

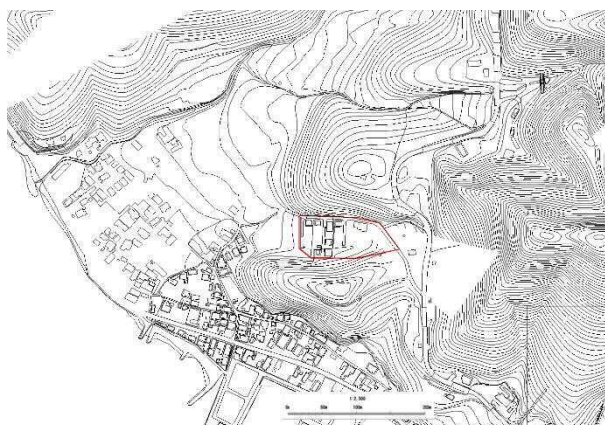
【解 説】

盛土造成地の位置や規模を把握するには、宅地造成前後の地形を比較する手法が考えられる。これは、宅地造成前後の地形図や空中写真等から宅地造成前後の標高を把握し、比較することにより、盛土造成地の位置を求める手法である。

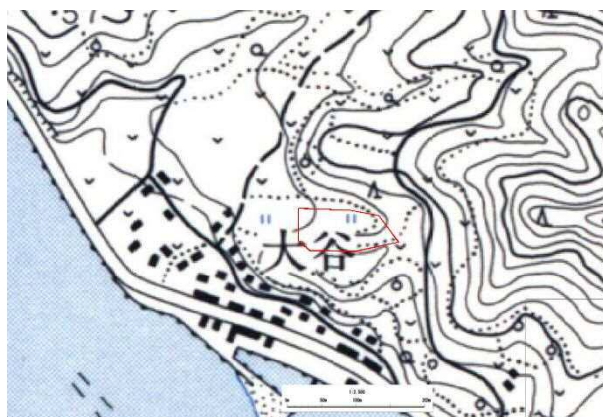
ただし、地形図には誤差が含まれている場合があるので、表Ⅲ. 2. 2 に示す精度の目安を考慮した上で標高等の比較を行い、必要に応じて空中写真等による地形判読や後述する現地での確認などを実施し、抽出漏れの無いよう、精度良く把握することが望ましい。

また、調査範囲内において法第八条または都市計画法第二十九条の許可が申請された際に、規則第四条または都市計画法施行規則第十六条に基づき添付されていた地形図、宅地の平面図、断面図、造成計画平面図などがある場合は、それらを参考として、盛土造成地の位置を把握してもよい。

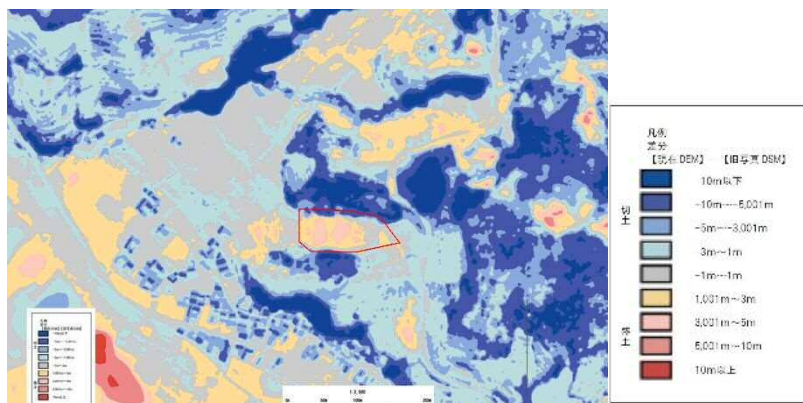
<現況地形図 (1/2,500) >



<旧地形図 (1/25,000) >



<重ね合わせによる判定>



図Ⅲ. 2. 3 盛土造成地の位置の把握のイメージ

Ⅲ. 2. 3 盛土造成地の規模の把握

盛土造成地の盛土の面積、原地盤面の勾配、そして盛土の高さを把握する。

【解説】

盛土造成地の規模は、後述「Ⅵ. 1 地盤調査 ④大規模盛土造成地の区分」および参考6.1に示すように、想定される滑動崩落の形態を踏まえて盛土造成地を区分し、それぞれの盛土造成地の面積、原地盤面の勾配、高さを把握することが望ましいが、地形図などの限られた情報しか揃っていない第一次スクリーニングにおいては、盛土造成地の区分は行わず一連の盛土造成地として取り扱っておき、第二次スクリーニング計画の作成で実施する現地踏査結果等も踏まえ、盛土造成地の区分と規模を見直してもよい。

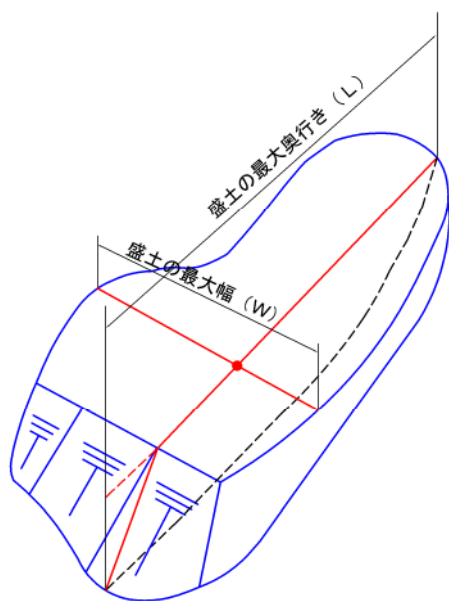
① 盛土の面積（A）

盛土の面積は新旧地形図の重ね合わせにより、地形図上に投影される盛土部分の面積を基本とする。

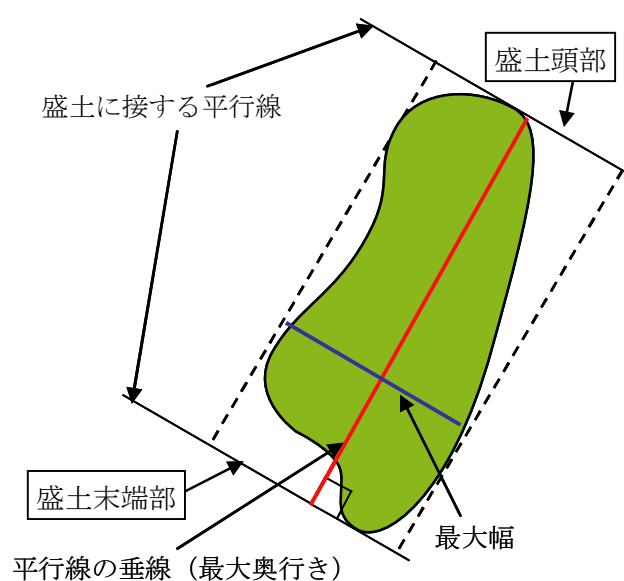
第一次スクリーニングにおいては簡便的に盛土の最大幅と盛土の最大奥行きで求めることもできるが、第二次スクリーニング計画の作成で実施する現地踏査結果などを踏まえ、適宜修正する必要がある。盛土の面積を簡便的に求める場合には、盛土末端部と盛土頭部において、平行な接線を設定し、その垂線が最大となる直線の長さを最大奥行きとし、垂線と直角方向で最大となる盛土の幅を最大幅とする。

なお、盛土の面積には盛土によって形成されたのり面を含むこととする。

$$\text{盛土の面積 (A)} = \text{盛土の最大奥行き (L)} \times \text{盛土の最大幅 (W)}$$



図Ⅲ. 2. 4 盛土の面積の計測イメージ



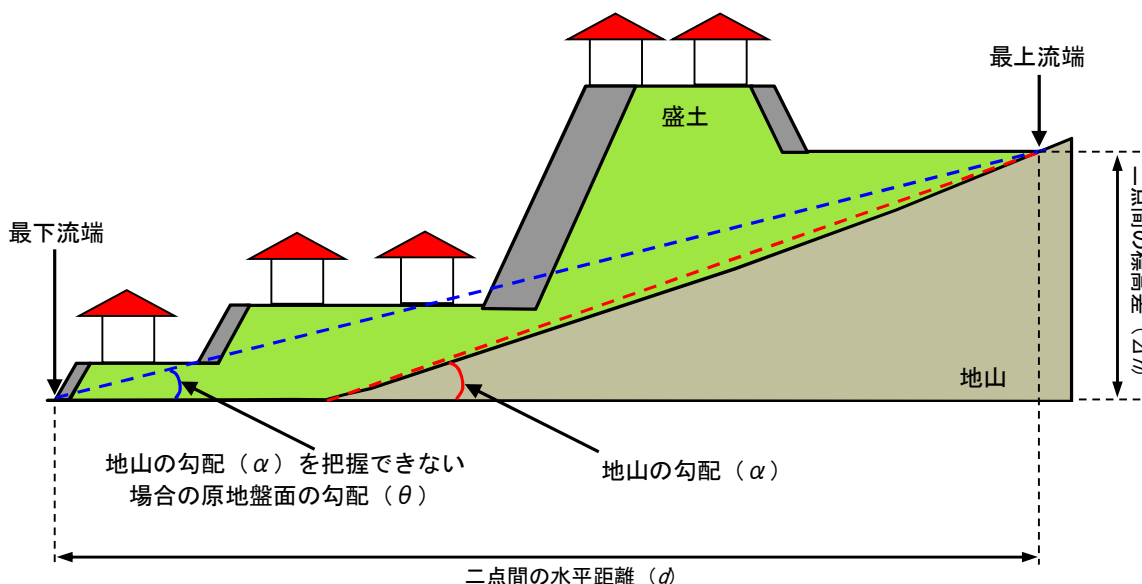
図Ⅲ. 2. 5 不定形な盛土の面積の計測イメージ

2 原地盤面の勾配

原地盤面の勾配（原地盤面の水平面に対する角度）は地山の勾配（地山斜面の最下流端から盛土の最上流端の勾配 α ）を基本とする。

地山の勾配（ α ）を地形図から把握できない場合は、盛土の最下流端の原地盤面の標高と盛土の最上流端の原地盤面の標高差（ Δh ）と、それを計測した二地点間の水平距離（ d ）の商を求め、その商を逆正接した値（ θ ）としてよいが、この値は地山の勾配（ α ）より小さくなるため、腹付け型大規模盛土造成地の要件の一つである“原地盤面の勾配 20 度以上”の抽出もれにつながるおそれがあることに注意する必要がある。また、第二次スクリーニング計画の作成で実施する現地踏査や第二次スクリーニングで実施する地盤調査によって地山勾配（ α ）を把握し、その後の検討に反映する必要がある。

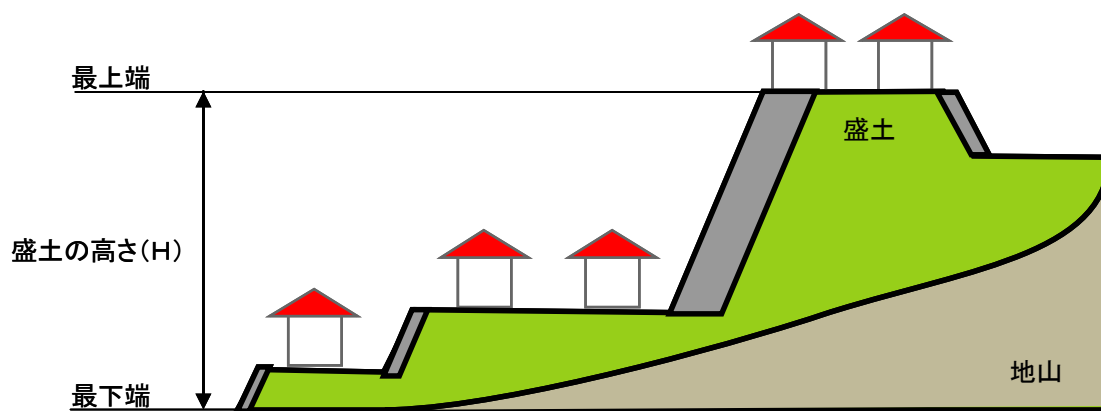
$$\theta = \tan^{-1} \left(\text{二地点間の標高差} (\Delta h) / \text{二地点間の水平距離} (d) \right)$$



図Ⅲ.2.6 原地盤面の勾配の計測イメージ

③ 盛土の高さ (H)

盛土の高さは盛土の最下端と最上端の標高差とする。



図Ⅲ.2.7 盛土の高さの計測イメージ

Ⅲ.3 第一次スクリーニングのまとめ

Ⅲ.1～Ⅲ.2の結果を整理し、大規模盛土造成地を抽出する。

【解説】

Ⅲ.1～Ⅲ.2で把握した盛土造成地の位置および規模（盛土の面積、原地盤面の勾配、高さ）を整理し、谷埋め型大規模盛土造成地（盛土面積 3,000 平方メートル以上）と腹付け型大規模盛土造成地（原地盤面の勾配 20 度以上かつ盛土の高さ 5 メートル以上）を抽出する。

大規模盛土造成地の抽出にあたっては、表Ⅲ.2.2および表Ⅲ.2.3に示す地形図の精度の目安を考慮し、抽出漏れを防ぐことが重要である。抽出漏れを防ぐ方法として、地山勾配 α が把握できず原地盤面の勾配に θ を用いた場合や、盛土造成地の規模の把握に用いた地形図の精度が低く、盛土高さや面積を過小評価していることが想定される場合には、表Ⅲ.2.2および表Ⅲ.2.3に示す精度の目安を考慮した上で、大規模盛土造成地の要件（原地盤面の勾配 20 度以上かつ盛土の高さ 5 メートル以上、盛土の面積が 3,000 平方メートル以上）より小さな原地盤面の勾配や高さ、面積の盛土造成地も含めて抽出することが挙げられる。

また、造成前後の標高差によって盛土造成地を抽出すると、標高差等の誤差によって大規模盛土造成地の要件に該当しない造成地が抽出される場合や明らかに谷埋め型盛土、腹付け型盛土ではない造成地が抽出される場合が想定される。そのため、机上調査のみでは判断が難しい場合には、現地で盛土造成地の形状や周辺の地形等を確認したうえで、以降の調査の要否について判断することが望ましい。

現地で確認が必要な場合の例としては、切土もしくは地山上の造成地と判断されるが、地形図の精度よりその判別が難しい場合などがある。現地で確認が必要な場合の例を参考 3.1 に示す。

また、谷埋め型大規模盛土造成地（盛土面積 3,000 平方メートル以上）と腹付け型大規模盛土造成地（原地盤面の勾配 20 度以上かつ盛土の高さ 5 メートル以上）の両方の要件を満足する盛土造成地については、想定される滑動崩落の形態が複数の円弧または直線に近似できる場合は谷埋め型、単一の円弧の場合は腹付け型に区分する。なお、この時点で滑動崩落の形態を想定できない場合は、今後実施する現地調査（現地踏査、地盤調査等）結果を踏まえて判断する。

大規模盛土造成地の一覧イメージを表Ⅲ.3.1に示す。

表Ⅲ.3.1 大規模盛土造成地一覧イメージ

地点番号	第一次スクリーニング									
	盛土造成地の位置		盛土造成地の規模			大規模盛土造成地の抽出				
	所在地	面積 (m ²)	原地盤面の勾配 (度)		高さ (m)	谷埋め型 面積 3000m ² 以上	腹付け型 原地盤面の勾配20度 以上、かつ高さ5m以上	現地での確認		大規模盛土造成地の種類
			α	θ				必要性	結果	
1	〇〇市 △△1丁目	3,000	14	—	20	○	×	不要	-	谷埋め型
2	〇〇市 △△2丁目	1,800	15	—	3	×	×	不要	-	—
3	〇〇市 □□6丁目	2,900	20	—	5	×	○	不要	-	腹付け型
4	〇〇市 ▲▲1丁目	4,000	2	—	4	○	×	不要	-	谷埋め型
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
28	〇〇市 □□6丁目	2,200	不明	15	4	×	○	要	腹付け型	—
29	〇〇市 ●●1丁目	2,500	不明	5	3	×	×	不要	-	—
30	〇〇市 ■■1丁目	3,000	25	—	15	○	○	不要	-	谷埋め型 腹付け型 注)現地調査を踏 まえて判断する
31	〇〇市 ■■2丁目	3,000	10	—	15	○	×	不要	-	谷埋め型
32	〇〇市 ■■3丁目	3,300	5	—	3	○	×	要	切土	—
33	〇〇市 ■■4丁目	3,200	10	—	4	○	×	要	平坦地	—
34	〇〇市 ▽▽1丁目	3,100	3	—	2	○	×	要	谷埋め型	谷埋め型

【大規模盛土造成地の抽出】

○:大規模盛土造成地の要件に該当するため、抽出した。

×:大規模盛土造成地の要件に該当しない。


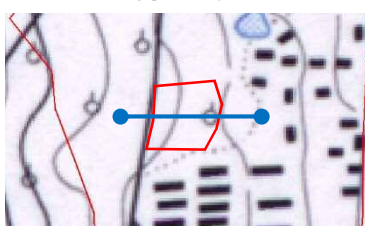
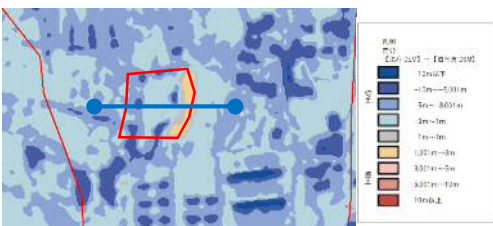
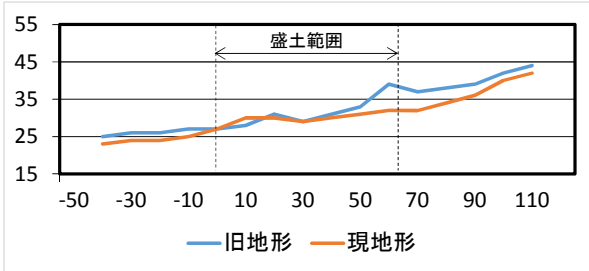



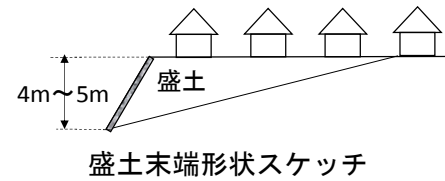
△:大規模盛土造成地の要件に該当しないが、精度を考慮し、原地盤面の勾配 θ 15度以上かつ高さ4m以上の盛土造成地を、「腹付け型大規模盛土造成地の可能性がある盛土造成地」として抽出した。

参考 3.1 現地で確認が必要な場合の例

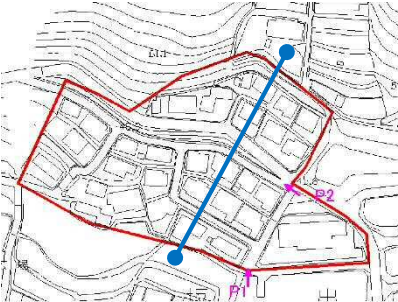
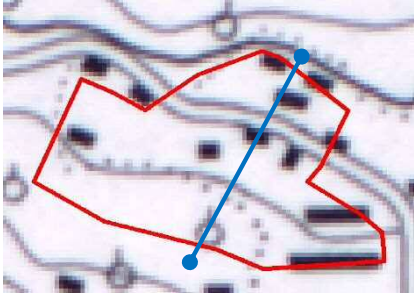
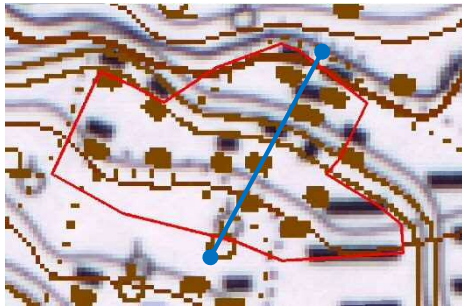


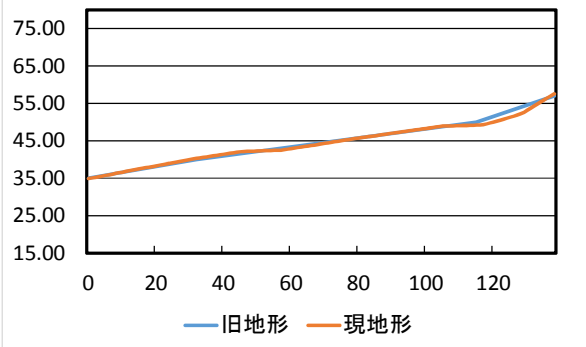
机上調査による抽出だけでは、判断が難しい盛土造成地を対象に、現地にて露岩状況や造成形態を確認し、変動予測調査の要否を判断する。

現地で確認が必要な場合の例を表参 3.1-①～③に示す。例えば、「造成前地形図の縮尺が小さく、切土・盛土・地山の判断が難しい場合」（表参 3.1-①、②）、「平坦地に薄く盛土されている可能性があるが、谷や沢を埋め立てた谷埋め型盛土造成地かどうかの判別が難しい場合」（表参 3.1-③）等がある。現地での確認に用いる調査票の例を表参 3.1-④に示す。

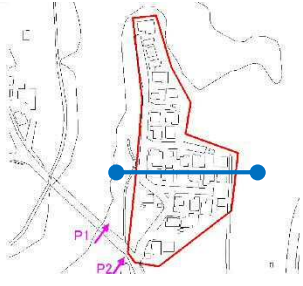
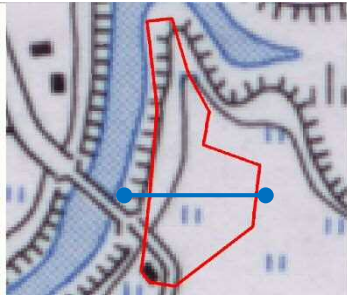

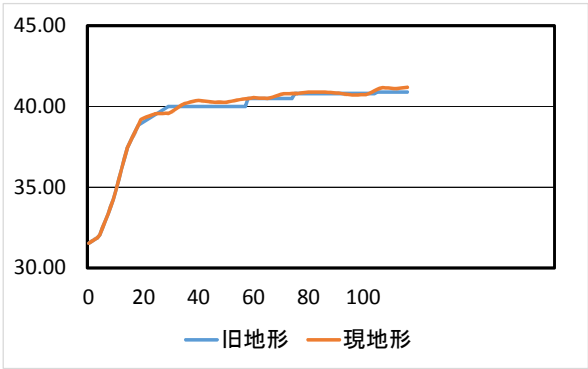


表参 3.1-① 現地で確認が必要な場合の例(谷埋め型の盛土造成地)

谷埋め型盛土造成地	
机上調査結果	現地での確認結果
 <p>現地形図</p>  <p>旧地形図</p>  <p>新旧重ね合わせ図</p>  <p>断面図</p>	 <p>P1 末端擁壁の状況</p>  <p>P2 擁壁側面の状況</p>  <p>P3 擁壁側面の状況</p>  <p>盛土末端形状スケッチ</p>
<p>旧地形図と現地形図を重ね合わせた断面図では旧地形と現地形の標高差はほとんどなく、地形図の縮尺が小さいため(±3.0m～5.0m)、切土か盛土かの判断が難しい。</p>	<p>周辺地盤の状況や造成地の末端および側面が擁壁構造であること等から、「大規模盛土造成地」とであると判定 ⇒大規模盛土造成地に該当する。</p>

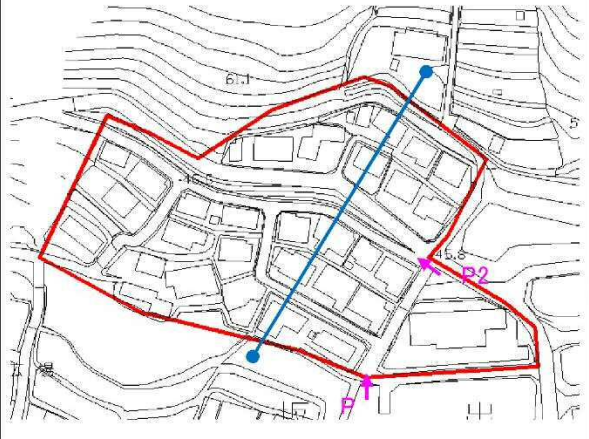
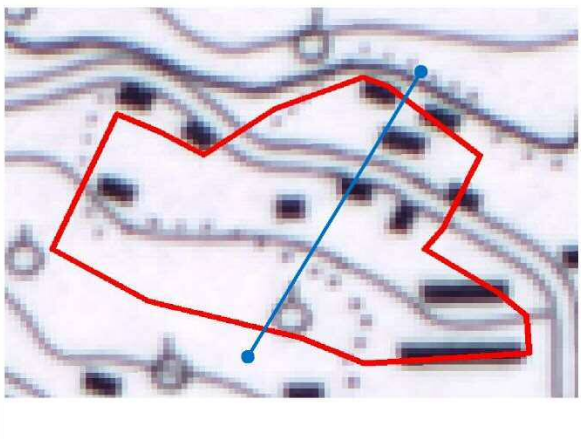
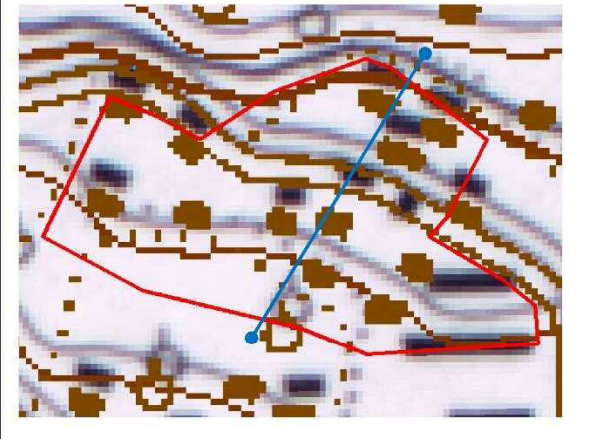
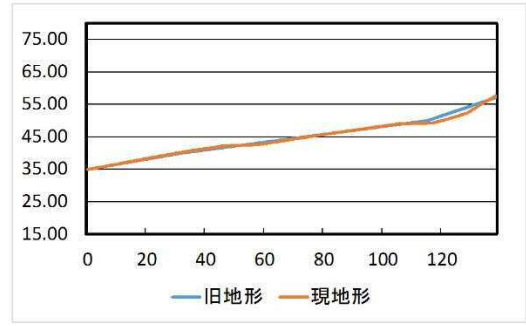

表参 3.1-② 現地で確認が必要な場合の例(地山上の造成地)

地山上の造成地	
机上調査結果	現地での確認結果
 <p>現地形図</p>  <p>旧地形図</p>  <p>新旧重ね合わせ図</p>	 <p>P1 全景</p>  <p>P2 全景</p>
 <p>断面図</p>	
<p>旧地形図と現地形図を重ね合わせた断面図では、旧地形と現地形の標高差はほとんどなく、地形図の縮尺が小さいため(±3.0m~5.0m)、切土か盛土かの判断が難しい。</p>	<p>大規模な盛土が認められないため、地山に合わせた小規模な地形改変が行われた、「地山上の造成地」と判定 ⇒大規模盛土造成地に該当しない。</p>

表参 3.1-③ 現地で確認が必要な場合の例（平坦地での盛土造成地）

平坦地での盛土造成地	
机上調査結果	現地での確認結果
 <p>現地形図</p>  <p>旧地形図</p>  <p>新旧重ね合わせ図</p> 	 <p>P1 全景</p>  <p>P2 全景</p>
<p>造成前地形図と現地形図を重ね合わせると、平坦地に薄く盛土されている可能性があるが、傾斜が緩く、滑动崩落が発生するような谷埋め型盛土造成地かどうかの判別が難しい。</p>	<p>▶ 原地盤勾配が緩やかで、周辺地山との比高もほとんどなく、谷や沢を埋め立てた地形とは認められないことから、「平坦地での盛土造成地」と判定 ⇒大規模盛土造成地に該当しない。</p>

表参 3.1-④ 現地での確認に用いる調査票の例

調査票		
盛土番号 ●●	所在地住所 ●●	図幅区画名 ●●
造成区分 地山	土地利用 地山	
現地確認結果	地山に合わせた小規模な地形改変が行われた「地山上の造成地」であり、大規模盛土造成地に該当しないと判断。	
平面図(現地地形図)	平面図(旧地形図)	
		
平面図(新旧地形重ね合わせ図)	断面図	
		
現地写真	コメント	
	<p>大規模な盛土が認められないため、地山に合わせた小規模な地形改変が行われた、「地山上の造成地」と判定</p> <p>⇒大規模盛土造成地に該当しない。</p>	

IV. 大規模盛土造成地マップ

大規模盛土造成地マップは、宅地造成に伴う災害に対する住民等の理解を深め、宅地造成に伴う災害の防止のため必要な規制を行うこと等を目的として作成し、公表・活用するものであり、原則として第一次スクリーニングの結果に基づいて大規模盛土造成地の共通項目と地域項目を記載したものである。

【解 説】

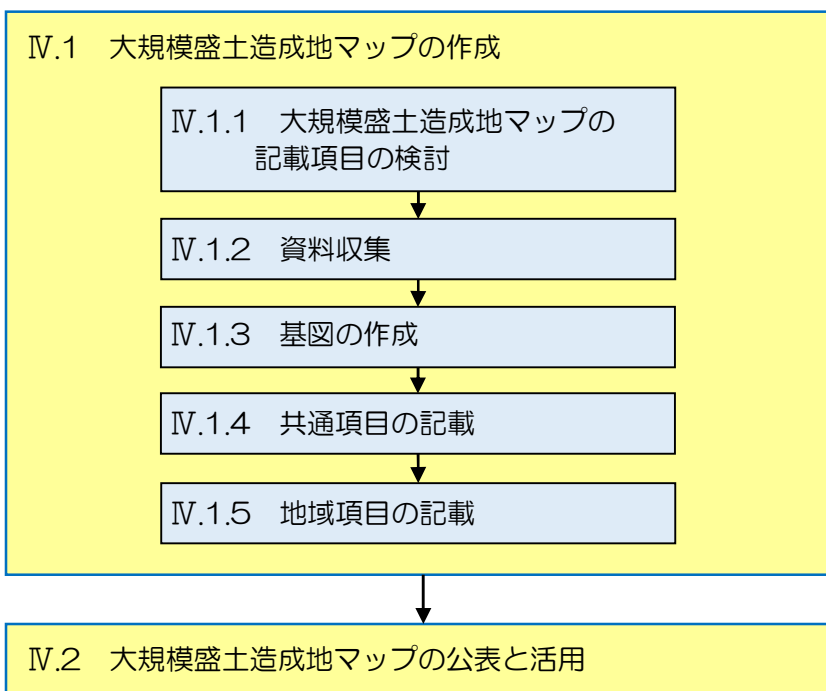
「宅地造成に伴う災害」とは「I. 総説」に示す滑動崩落のことである。また、「宅地造成に伴う災害の防止のため必要な規制」とは防災区域の指定等のことである。

防災区域の指定等にあたっては、大規模盛土造成地の位置や規模を把握し、安定計算を行うことが必要であるが、安定計算を行う際には地盤調査が必要であり、地盤調査に先立ち住民等への説明が必要となる。

その際、原則として第一次スクリーニングで抽出された大規模盛土造成地を示した大規模盛土造成地マップを用いた説明会の開催等により住民等の理解および協力が得られるように努める必要がある。このため、大規模盛土造成地マップの作成や公表時期は、原則、第一次スクリーニング後、地盤調査の前とするが、地域の実情にあわせて地方公共団体が判断してもよい。また、住民等に対し「第一次スクリーニング後に公表する大規模盛土造成地マップは、造成前と造成後の地形図などを重ね合わせるにより大規模盛土造成地の概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ない」ことを十分説明し、過度の不安を与えないよう注意する必要がある。

なお、大規模盛土造成地マップには、原則、第一次スクリーニングで抽出された大規模盛土造成地（表Ⅲ.3.1の○）およびその可能性がある盛土造成地（表Ⅲ.3.1の△）、「Ⅶ.3 防災区域の指定等（令第十九条第一項第二号、または法十六条第二項の勧告に該当（災害発生のおそれが切迫していることが確認される場合）」が対象としている、切土又は盛土をした後の地盤の滑動、宅地造成に関する工事により設置された擁壁の沈下、切土又は盛土をした土地の部分に生じた崖の崩落その他これらに類する事象が生じている区域を表示することができる。

IV.大規模盛土造成地マップ



図IV.1 大規模盛土造成地マップ作成と公表の流れ

IV.1 大規模盛土造成地マップの作成

大規模盛土造成地マップは以下の手順により作成するものとする。

- 1) 大規模盛土造成地マップの記載項目の検討
- 2) 資料収集
- 3) 基図の作成
- 4) 共通項目の記載
- 5) 地域項目の記載

IV.1.1 大規模盛土造成地マップの記載項目の検討

大規模盛土造成地マップには、「共通項目」を必ず記載し、「地域項目」については地域の実情にあわせて記載項目を検討する。

【解 説】

「共通項目」とは、「IV. 大規模盛土造成地マップ」に示す大規模盛土造成地マップ作成の目的に沿って、必要な最小限の記載項目をいい、全ての大規模盛土造成地マップに記載する。

「地域項目」とは、宅地造成に伴う災害を防止するために、住民等の意識啓発等に役立つ情報をいい、記載項目については作成主体である地方公共団体が判断する。

IV.1.2 資料収集

記載する地域項目や地域の実情に応じ、大規模盛土造成地マップ作成に必要な関連資料を収集する。

【解 説】

大規模盛土造成地マップを作成するにあたり関連すると考えられる資料(市町村地域防災計画、土砂災害ハザードマップ、洪水ハザードマップ、津波ハザードマップなど)を、地域の実情に応じて収集する。

IV.1.3 基図の作成

大規模盛土造成地マップに用いる基図は、住民等が自宅のある地区およびその周辺の大規模盛土造成地の位置や規模等を把握できるよう、適切な縮尺をもって作成する。

【解 説】

大規模盛土造成地マップに用いる基図は、住民等が自宅のある地区およびその周辺の大規模盛土造成地の位置や規模並びに大規模盛土造成地内およびその周辺の住宅等が把握できるよう、適切な縮尺をもって作成する。なお、住民等が宅地のある地区を判別する上で、基図は縮尺 1/10,000 程度より大縮尺であることが望ましい。

IV.1.4 共通項目の記載

共通項目とは、「IV. 大規模盛土造成地マップ」に示す大規模盛土造成地マップ作成の目的に沿って、必要不可欠な最小限の記載する項目をいい、III.2 に示している大規模盛土造成地の種類(谷埋め型大規模盛土造成地、腹付け型大規模盛土造成地)を共通項目とする。

【解 説】

共通項目とは、宅地造成に伴う災害を防止するため必要不可欠な最小限の記載項目をいい、全ての大規模盛土造成地マップに記載する。

「Ⅲ.2 盛土造成地の位置と規模の把握」で示す大規模盛土造成地の種類は、令第十九条第一項第一号イ、ロに対応しており、大規模盛土造成地マップにはその種類を記載することとする。なお、宅地造成工事規制区域内の大規模盛土造成地も同様とする。

(参考：19条第1項第1号)

法第二十条第一項の政令で定める基準は、次の各号のいずれかに該当する一団の造成宅地（これに附帯する道路その他の土地を含み、宅地造成工事規制区域内の土地を除く。以下この条において同じ。）区域であることとする。

一 次のいずれかに該当する一団の造成宅地の区域（盛土をした土地の区域に限る。次項第三号において同じ。）であつて、安定計算によって、地震力及びその盛土の自重による当該盛土の滑り出す力がその滑り面に対する最大摩擦抵抗力その他の抵抗力を上回ることが確かめられたもの

イ 盛土をした土地の面積が三千平方メートル以上であり、かつ、盛土をしたことにより、当該盛土をした土地の地下水位が盛土をする前の地盤面の高さを超え、盛土の内部に浸入しているもの


ロ 盛土をする前の地盤面が水平面に対し二十度以上の角度をなし、かつ、盛土の高さが五メートル以上であるもの

なお、大規模盛土造成地マップにおける大規模盛土造成地の表記については、以下を参考とすること。

表Ⅳ.1.1 谷埋め型大規模盛土造成地と腹付け型大規模盛土造成地を区別している場合の凡例

	区域境界	区域内	イメージ
谷埋め型大規模盛土造成地	黒色	R 155 G 255 B 155	
腹付け型大規模盛土造成地	黒色	R 155 G 155 B 255	

表Ⅳ.1.2 谷埋め型大規模盛土造成地と腹付け型大規模盛土造成地を区別していない場合の凡例

	区域境界	区域内	イメージ
谷埋め型大規模盛土造成地 腹付け型大規模盛土造成地	黒色	R 255 G 155 B 155	

IV.1.5 地域項目の記載

地域項目とは、宅地造成に伴う災害を防止するために、地方公共団体が必要と判断して記載するものであり、例えば、住民等の宅地造成に伴う災害に関する意識啓発等に役立つ項目をいう。

【解説】

地域項目とは、宅地造成に伴う災害を防止するために、住民等の意識啓発等に役立つ情報をいい、例えば首都直下地震や南海トラフ地震発生の際に想定されている震度や地震発生時の心得などを記載することができる。また、本ガイドラインに基づく大規模盛土造成地の変動予測調査がある程度進んだ段階で、第二次スクリーニング結果などを追記してもよい。

また、変動予測調査の結果、予防対策が必要となる場合もあることから、大規模盛土造成地滑動崩落防止事業についても、あわせて周知することが望ましい。

IV.2 大規模盛土造成地マップの公表と活用

地方公共団体の長は、大規模盛土造成地マップについて、速やかに公表・配布し、その周知を図るとともに、作成した大規模盛土造成地マップをもとに、第二次スクリーニング等を円滑に行うことができるよう、説明会の開催等により、住民等の理解および協力を得られるよう努めることとする。

【解説】

宅地造成に伴う災害に対する住民等の理解を深め、防災区域の指定等を行い、住民等による大規模盛土造成地の滑動崩落防止対策を促すためには、大規模盛土造成地マップを公表するだけでなく、住民等に対して大規模盛土造成地マップの意義や記載されている情報の説明を繰り返し周知・普及することが効果的である。

地方公共団体の長は、作成した大規模盛土造成地マップが有効に活用されるよう、住民等に対し以下の手法等により速やかに公表・配布する。

- ① 大規模盛土造成地マップを印刷物として配布するなど適切な方法により、住民等に提供する。
- ② インターネットの利用等の適切な方法により、住民等が大規模盛土造成地マップの提供を受けられる状態におく。
- ③ 学校等において大規模盛土造成地マップを利用した防災教育を実施する。

なお、大規模盛土造成地マップを公表する際の名称については、当該大規模盛土造成地マップの元となっているデータなどに基づいた名称、例えば大規模盛土分布図や変動予測調査図といった名称を用いてもよい。

公表された大規模盛土造成地マップは、国土交通省ハザードマップポータルサイト「身の回りの防災に役立つ情報をまとめて閲覧」において「防災に役立つ地理情報」に掲載し、地理院地図上で他の情報等と重ね合わせ表示が可能となるよう、KML ファイルもしくはタイル地図画像等のシーMLSデータを作成し提供するものとする。

国土交通省ハザードマップポータルサイトは下記を参照すること。

<http://disapotal.gsi.go.jp/>

電子地図用シームレスデータ作成方法は下記を参照すること。

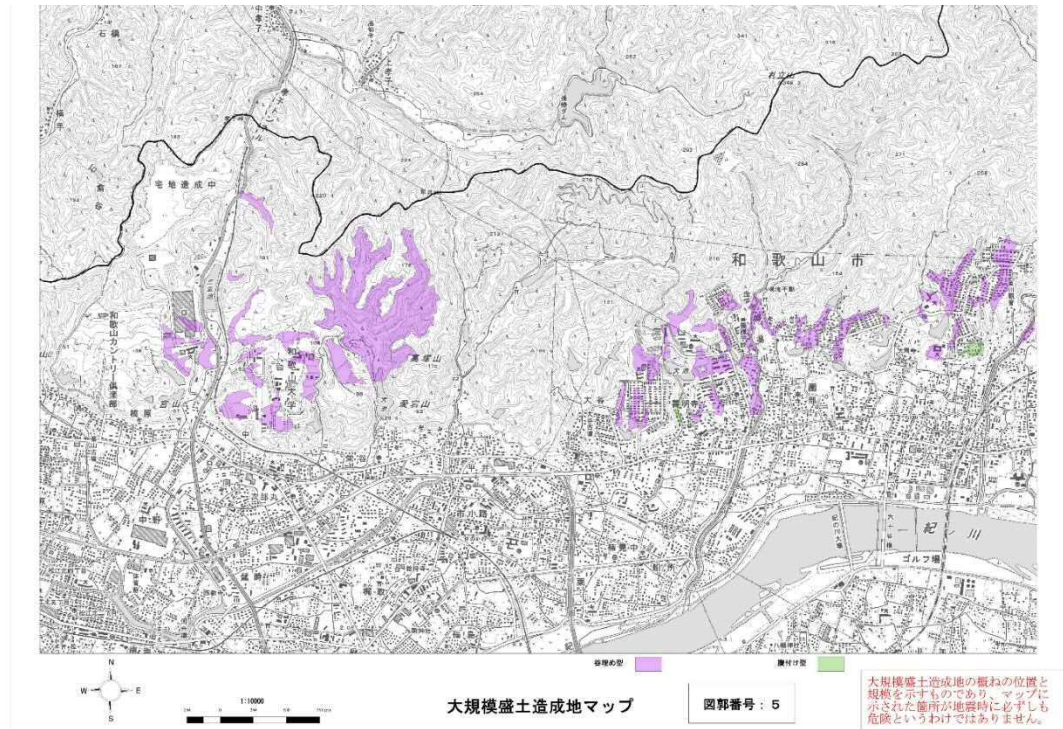
<http://disapotal.gsi.go.jp/hmsiyosho/index.html>

(国土地理院応用地理部：電子地図用シームレスデータ作成仕様（案）Ver. 1.00, 2016.6.)

また、現地踏査や地盤調査結果により大規模盛土造成地が存在しないことが明らかとなった場合には、存在しない旨の結果を各地方公共団体のホームページ等において公表すること。

参考 4.1 大規模盛土造成地マップの例

大規模盛土造成地マップの例として、和歌山市で公開されている大規模盛土造成地マップを示す。図参 4.1-①のように、共通項目のほかにも、住民等の理解を深めるのに役立つ情報などの地域項目を併記することが望ましい。



大規模盛土造成地マップ

はじめに

和歌山市は、発生が懸念されている東海・東南海・関東地震などの大規模な地震に備え、市民の健康に大規模盛土造成地が所在するものであることを御承知いただき、防災意識を高めて、災害の未然防止と被害の軽減につなげることを目的として、盛土造成地の位置と規模の把握及び大規模盛土造成地の抽出を行い、大規模盛土造成地マップを作成しました。

マップは大規模盛土造成地の概ねの位置と規模を示すものであり、マップに示された箇所が地盤時に必ずしも危険というわけではありません。

背景

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空間で耐震強度による被害が発生しました。この耐震が薄という現象のメカニズムは、これらの被害事例の分析により初めて明らかになりました。

これを契機として、地震時の地盤の安全な確保のため、平成18年(2006年)に大規模盛土造成地対策が改正されました。

合わせて、このようい被害を未然に防止し、市民の安全安心を確保することを目的として、また、市民の皆様は大規模盛土造成地が所在するものであることが御承知であることをより防災意識を高めていただくことを目的として、大規模盛土造成地が所在するための御承知を促進するための必要な調査及び工事などを支援する宅地耐震化推進事業が開始されました。

大規模盛土造成地、滑動崩落とは

大規模盛土造成地
● 谷間形
● 傾斜が急
● 谷間形盛土した宅地で、盛土をする前の地山の傾斜が20°以上の急な斜面で、かつ、盛土の高さが6m以上の盛土造成地

滑動崩落
谷間山の斜面などが傾いて盛土造成された部分より、地盤が、地震による大きな揺れによって滑り落ちたりする現象

大規模盛土造成地マップができるまで

① 調査
② 抽出
③ 抽出結果の公表

大規模盛土造成地マップに関するリンク集

- 国土交通省 宅地耐震化推進事業 <http://www.mlit.go.jp/crd/web/jigyos/jigyos.htm>
- 国土交通省 宅地耐震化推進事業 <http://www.mlit.go.jp/crd/web/tonic/topic.htm>
- 国土交通省 わが家の宅地安全マニュアル <http://www.mlit.go.jp/crd/pam/pam1.html>

お問い合わせ先

和歌山市まちづくり推進部計画調整課
TEL: 073-435-1948 FAX: 073-435-1117 メールアドレス: kaihatshido@city.wakayama.lg.jp
和歌山市公式ウェブサイト <http://www.city.wakayama.wakayama.jp/>
和歌山県庁ホームページ http://www.city.wakayama.wakayama.jp/menu_1/gyousei/kaihatshidou/index.html

図参 4.1-① 大規模盛土造成地マップの例 (和歌山市)

和歌山市 HP: 大規模盛土造成地マップ,

http://www.city.wakayama.wakayama.jp/menu_1/gyousei/kaihatshidou/daikibozouseima/p/map.html. (2015年2月27日)

V. 第二次スクリーニング計画の作成

第二次スクリーニング計画は、優先度を適切に評価することにより、第二次スクリーニングを計画的に進めるために作成するものとする。また、各段階の調査・検討結果は地区ごとに整理し、宅地カルテ等にとりまとめる。

【解 説】

第二次スクリーニングの対象となる大規模盛土造成地は、地方公共団体ごとに多数抽出されることも考えられることから、第二次スクリーニングは箇所ごとの優先度を評価し計画的に行う必要がある。第二次スクリーニング計画の作成では、第一次スクリーニングで抽出された大規模盛土造成地について、基礎資料整理（V.1 参照）および現地踏査（V.2 参照）を実施し、それらの結果に基づいて、第二次スクリーニングの優先度を評価する（V.3 参照）。なお、V.3 は標準的な優先度の評価方法を示したものであり、地域の特性等に応じて優先度の評価方法の検討などを行ってもよい。また、相当多数の大規模盛土造成地が抽出された場合には、地域の実情等を踏まえて段階的に第二次スクリーニング計画を作成し、優先度の高い地区から第二次スクリーニングを実施するなど、効率的に調査を進めてもよい。V.1～V.3 の結果については、第一次スクリーニング結果と併せて地区ごとに整理し、宅地カルテ等にとりまとめる。宅地カルテ等は、データベースとして各地方公共団体で管理し、今後の第二次スクリーニング結果、工事を実施した地区では工事の記録、点検の記録などを整理し、随時更新していくことが望ましい。宅地カルテ等の作成方法例を参考 5.1 に示す。

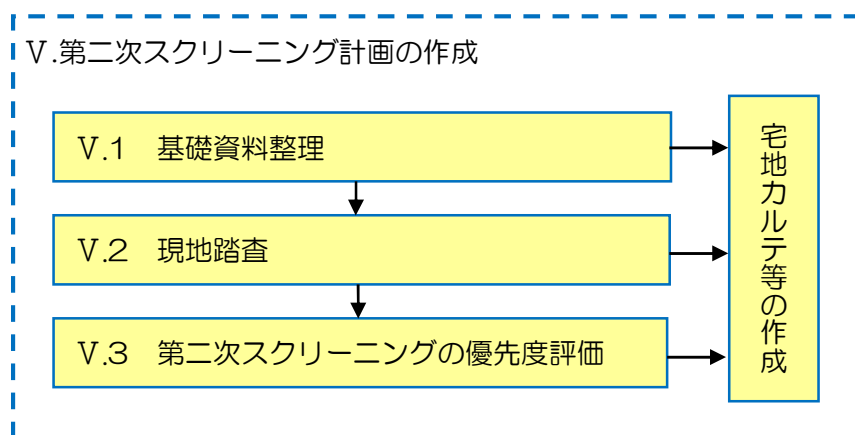


図 V.1 第二次スクリーニング計画の作成の流れ


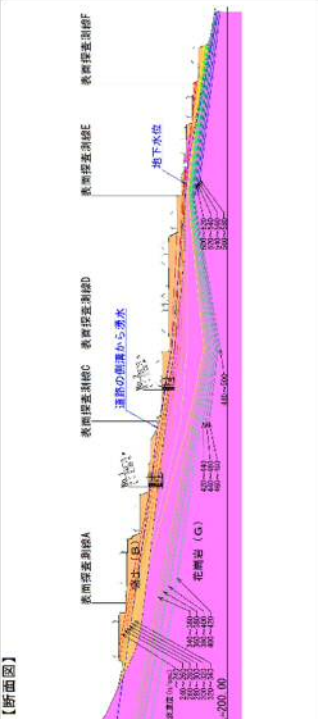
参考 5.1 宅地カルテ等の作成方法例

(1) 様式 1 (概要・総評)

変動予測調査の各段階における調査結果および変動予測調査後の工事や点検の記録等の概要および総評をとりまとめる。本様式は調査等の進捗にあわせて内容を随時更新する。

様式1

大規模盛土造成地 宅地カルテ (概要・総評)

<p>宅地概要 (第一次スクリーニング結果)</p> <p>所在地住所: 宅地名 () 通成許可/年代: 昭和H-44</p> <p>盛土形式: 人工造成地 () 谷埋め型 () 敷付け型 () 自然斜面 ()</p> <p>盛土面積A: 31,800 m² 盛土幅W: 110.0 m 盛土距離L: 320.0 m 天端縁幅/巾: 1.5 m</p> <p>盛土形状: 盛土高さH: 43.0 m 盛土厚さD: 5.0 m 原地面勾配α: 7.7 %</p>																												
<p>宅地概要 (第二次スクリーニング計画の作成)</p> <p>優先度評価項目: 判定 (記事)</p> <p>① 盛土および構築物の形状と構造が標準的な形状と構造に該当 <input type="checkbox"/> 非該当 <input type="checkbox"/> 該当 (ひな壇部分の傾斜が急)</p> <p>② 宅地地盤・構築物のり面の形状 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 (擁壁・道路部に亀裂等の変状)</p> <p>③ 地下水 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 (既往の地盤において液状化と想定される現象が認められた)</p> <p>④ 盛土の下の不安定な土層 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 ()</p> <p>⑤ 造成年代 (基準年以前/後) <input type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> 以前 <input type="checkbox"/> 後 ()</p> <p>⑥ 変動履歴 <input type="checkbox"/> 大 <input type="checkbox"/> 小 ()</p>																												
<p>【 総 評 】</p> <p>ひな壇部分の傾斜が比較的急であり、擁壁・道路の一部に変状が認められた。以上の結果から、当該地点は、第二次スクリーニングの優先度が高い地区(A)とされた。</p> <p>また、想定被害形態は、盛土が脆弱で地下水水位が盛土内に在る可能性があるため、「盛土内の間隙水圧の上昇による流動的すべり崩壊」とした。</p> <p>想定被害形態: 優先度: A</p>																												
<p>宅地概要 (第二次スクリーニング)</p> <p>【 補動定数 】</p> <table border="1"> <tr> <th>代表N値</th> <th>単位体積重量 (kN/m³)</th> <th>粘着力 (kN/m²)</th> <th>内部摩擦角 (°)</th> <th>せん断速度 (m/s)</th> </tr> <tr> <td>盛土</td> <td>20 (試験値)</td> <td>0 (試験値)</td> <td>38 (試験値)</td> <td>400以下</td> </tr> <tr> <td>花崗岩</td> <td>18.6 (計算値)</td> <td>59.5 (計算値)</td> <td>38.5 (計算値)</td> <td>-</td> </tr> </table> <p>【 安定計算結果 】</p> <table border="1"> <tr> <th>ひな壇部分(上)</th> <th>ひな壇部分(中)</th> <th>ひな壇部分(下)</th> <th>盛土全体</th> </tr> <tr> <td>5.653</td> <td>4.681</td> <td>12.384</td> <td>4.971</td> </tr> <tr> <td>1.718</td> <td>1.452</td> <td>2.297</td> <td>1.573</td> </tr> </table>		代表N値	単位体積重量 (kN/m ³)	粘着力 (kN/m ²)	内部摩擦角 (°)	せん断速度 (m/s)	盛土	20 (試験値)	0 (試験値)	38 (試験値)	400以下	花崗岩	18.6 (計算値)	59.5 (計算値)	38.5 (計算値)	-	ひな壇部分(上)	ひな壇部分(中)	ひな壇部分(下)	盛土全体	5.653	4.681	12.384	4.971	1.718	1.452	2.297	1.573
代表N値	単位体積重量 (kN/m ³)	粘着力 (kN/m ²)	内部摩擦角 (°)	せん断速度 (m/s)																								
盛土	20 (試験値)	0 (試験値)	38 (試験値)	400以下																								
花崗岩	18.6 (計算値)	59.5 (計算値)	38.5 (計算値)	-																								
ひな壇部分(上)	ひな壇部分(中)	ひな壇部分(下)	盛土全体																									
5.653	4.681	12.384	4.971																									
1.718	1.452	2.297	1.573																									
<p>【位置図】</p> 																												
<p>【断面図】</p> 																												
<p>【工事の記録】</p> <p>変動予測調査後</p>																												
<p>【高橋の記録】</p>																												
<p>【 総 評 】</p> <p>盛土全体およびひな壇部分をとる滑りを想定し、安定計算を実施した結果、いずれの滑り面でも滑動および地盤中の目録安全率を算出した。従って、当該盛土は、「滑動崩壊の恐れがない」と判断する。</p>																												


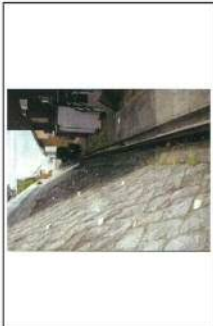




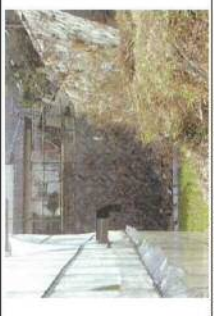









図参 5.1-1-① 宅地カルテ 様式 1 (概要・総評)

(4) 様式4 (第二次スクリーニング計画の作成(2))

現地踏査において確認した宅地地盤、擁壁、のり面の形状や構造、それらの変状等を写真を用いてとりまとめる。撮影した写真の位置は、様式3の平面図に示す。

様式4

宅地カルテ(第二次スクリーニング計画の作成(2))

			
写真1 中央部擁壁(緑積み2段)。上部擁壁の上は溜池	写真2 末端擁壁(緑積み)	写真3 溜池から沢防方向	写真4 側方境界付近の擁壁
			
写真5 旧沢防	写真6 末端擁壁(緑積みH=5m程度)	写真7 末端側壁上部に縁方向の開口	写真8 末端のり面。フェンスの裏は農業用水路
			
写真9 末端のり面。フェンスの裏は農業用水路	写真10 旧沢防方向。現在は溜池からの農業用水路	写真11 中央部付近の水路取付部。奥階段に亀裂	写真12 頭部付近の道路側溝に亀裂
			
写真13 末端擁壁。緑積み	写真14 切盛壁。1字路手前が盛土で、境界部は沈下	写真15 切盛境の宅地に生じた亀裂。側溝まで続く	写真16 頭部付近の道路側溝の湧水

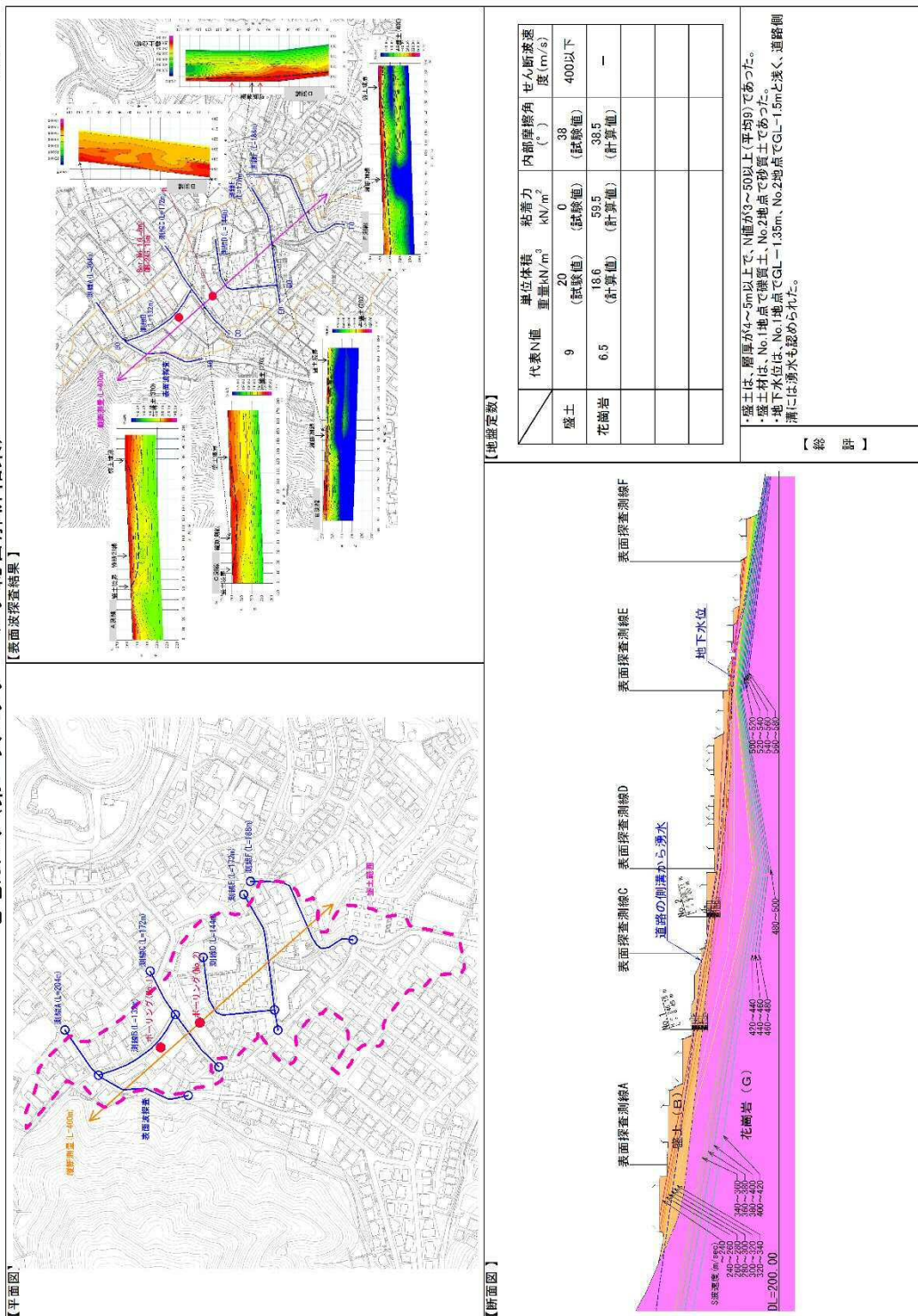
図参 5.1-④ 宅地カルテ 様式4 (第二次スクリーニング計画の作成(2))

(5) 様式5 (第二次スクリーニング 総合解析結果)

地盤調査で得られた結果を踏まえて作成した断面図や、安定計算に必要な諸条件をとりまとめる。

様式5

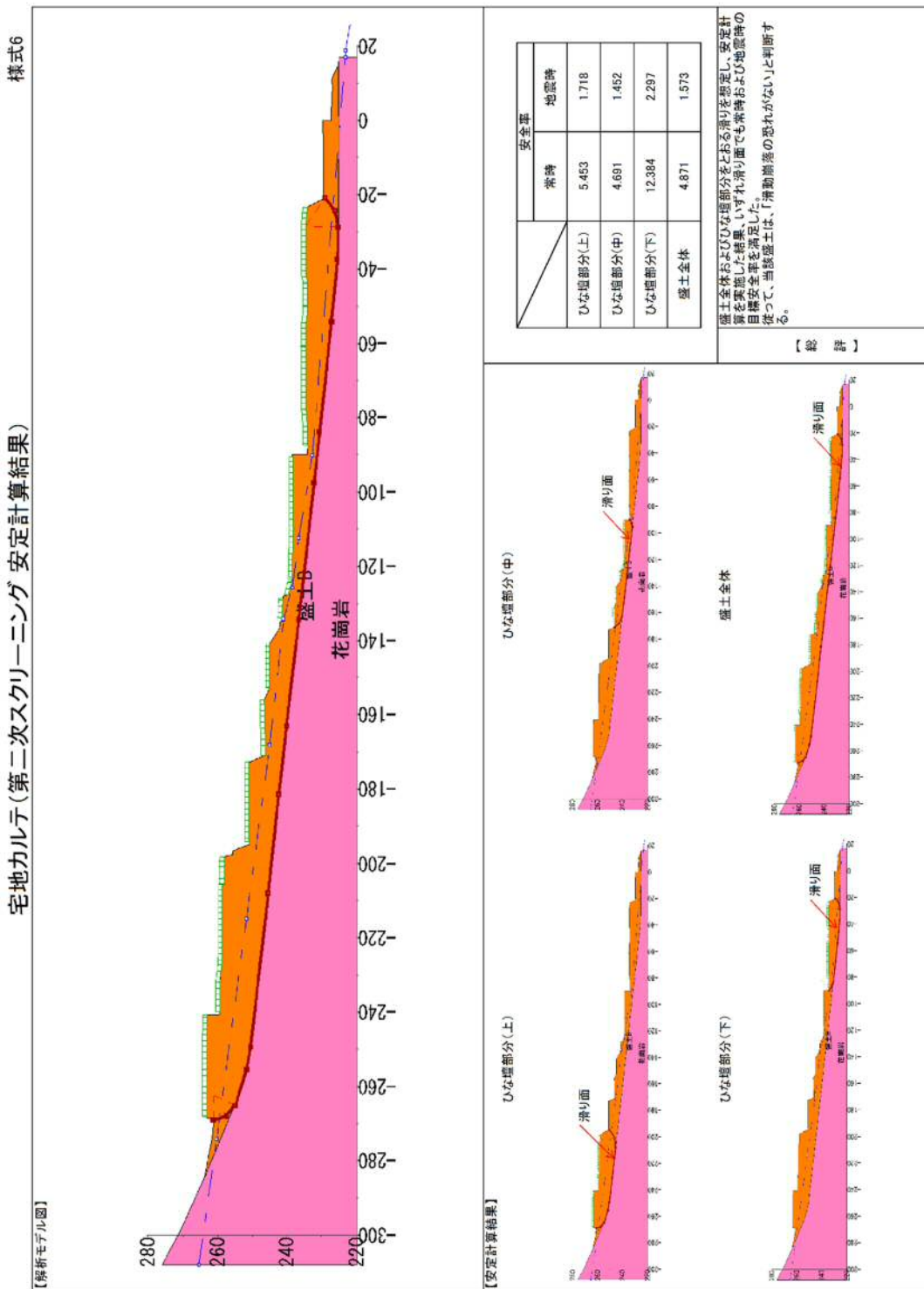
宅地カルテ (第二次スクリーニング 総合解析結果)



図参 5.1-⑤ 宅地カルテ 様式5 (第二次スクリーニング 総合解析結果)

(6) 様式6 (第二次スクリーニング安定計算結果)

安定計算に用いたモデルや安定計算結果をとりまとめる。



図参 5.1-6 宅地カルテ 様式6 (第二次スクリーニング安定計算結果)

(7) その他

滑動崩落防止工事を実施した地区は、工事の記録、滑動崩落対策施設の点検の記録等を取りまとめる。

V.1 基礎資料整理

Ⅲ.2.1で収集した基礎資料に基づき、第一次スクリーニングで抽出した大規模盛土造成地の造成年代および変動確率、保全対象などを整理する。

【解 説】

基礎資料整理では、下記（１）～（４）に挙げた項目について整理する。整理した結果は、宅地カルテ等にとりまとめる（参考 5.1 様式 3 参照）

（１）造成年代

一般的に滑動崩落は、古い年代に低い技術レベルで盛土造成された宅地ほど発生しやすい傾向にあるため、造成年代を確認する。兵庫県南部地震や東北地方太平洋沖地震の調査によると、宅地造成等規制法施行前に造成された箇所は、同法施行後に造成された箇所に比べ、被害数が多い傾向にあった（参考 5.2 参照）。このため、宅地の災害防止に係る各種規制の制定・改正時期（表 V.1.1 に示す法律や各地方公共団体で定めた条例など）、各地方公共団体で宅地造成に関する工事の許可や開発許可の審査を開始した時期等を参考に基準年を設定し、基準年以前に造成されたものは、基準年以後に造成されたものと比べて優先度が高いと評価する。なお、基準年については、抽出された大規模盛土造成地の造成年代等を考慮して設定することとする。

（２）変動確率

変動確率は、盛土の安定性を概略評価するものである。変動確率は、盛土形状、地山勾配および地下水の有無等を変数パラメータとし、既往災害事例の統計処理結果に基づいた計算式から得られ、その値が大きいほど優先度が高いと評価する。変数パラメータは、第一次スクリーニングや現地踏査より得られた値を用いる。変動確率は盛土形状の影響が大きく、計算方法には参考 5.3 に示す点数方式、数量化Ⅱ類方式等がある。

（３）保全対象

滑動崩落が生じた場合の保全対象の調査は、後述の「Ⅶ.1 保全対象の調査」で現地踏査結果も踏まえ詳細に実施するが、ここではⅢ.2.1 で収集した基礎資料に基づき保全対象を確認する。保全対象とは、住宅および公共施設等（道路、河川、鉄道、地域防災計画に記載されている避難地または避難路）をいう。

（４）その他

建築物の建築時や他事業（道路や下水道工事など）で実施したボーリングのデータ等が入ってきた場合は、盛土の安定に影響する土質・地下水位・N値などを確認する。また、宅地造成工事規制区域などの指定の有無等や、地域防災計画等により想定されている地震動、ハザードマップ等、地盤災害に関連する情報を収集する。

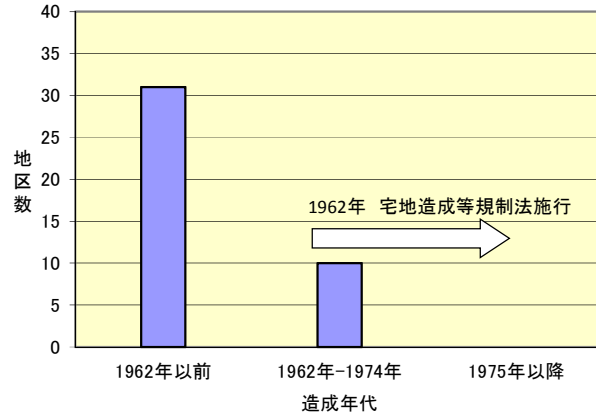
表 V.1.1 宅地の災害防止に係る各種規制の制定・改正時期

制定・改正等の年月	制定・改正等の履歴	主な内容
昭和36年11月	「宅地造成等規制法」制定	宅地造成に伴いがけ崩れや土砂の流出による災害が生ずるおそれ大きい市街地又は市街地になるうとする土地の区域を「宅地造成工事規制区域」として指定し、当該規制区域内で行われる一定規模以上の宅地造成工事に伴う災害の防止のため必要な規制を行う。
昭和39年7月	「住宅地造成事業に関する法律」制定	人口の集中に伴う住宅用地の需要の著しい都市及びその周辺の地域を「住宅地造成事業規制区域」として指定し、当該規制区域内で行われる一定規模以上の住宅地の造成に伴う災害の防止及び環境の整備のため必要な規制を行う。(昭和43年6月廃止)
昭和43年6月	「都市計画法」制定 「住宅地造成事業に関する法律」廃止	一体の都市として総合的に整備し、開発し、及び保全する必要がある区域を「都市計画区域」として指定し、一定規模以上の開発行為に対し、環境の保全、災害の防止、利便の増進を図るため必要な規制を行う。 「住宅地造成事業に関する法律」に基づく住宅地造成事業は都市計画法の開発許可制度に発展的に吸収された。
昭和49年6月	「都市計画法」改正	一定規模以上の開発行為に限り、未線引き都市計画区域においても開発許可制度を導入。
平成12年5月	「都市計画法」改正	一定規模以上の開発行為に限り、都市計画区域外においても開発許可制度を導入。
平成18年4月	「宅地造成等規制法」改正	造成宅地防災区域の導入、宅地造成に関する工事の技術基準の見直し。

参考 5.2 造成年代と被害の関係

(1) 兵庫県南部地震

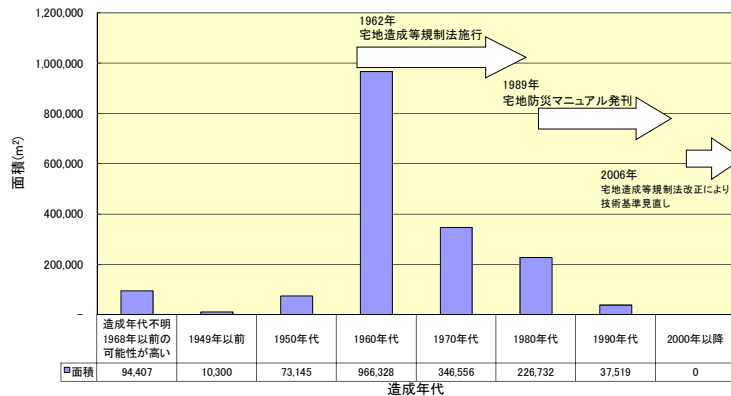
1995年兵庫県南部地震の滑動崩落による被災宅地41地区の造成年代を調査した結果、7割以上が、宅地造成等規制法等が施行された1962年以前に造成された盛土造成地であることが分かった。



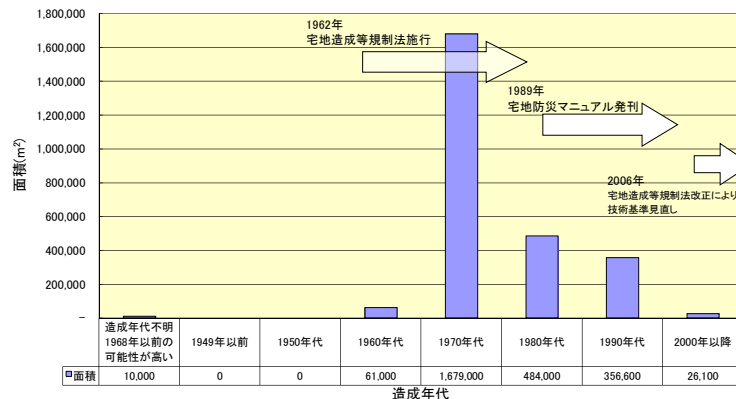
図参 5.2-① 滑動崩落による被災地区数と造成年代の関係

(2) 東北地方太平洋沖地震

2011年東北地方太平洋沖地震の滑動崩落による被災宅地の造成年代を調査した結果、宅地造成等規制法等を改正した2006年以降に造成された宅地では、滑動崩落の被害が発生していないことがわかった。また、滑動崩落を受けた宅地の多くは、1970年代以前に造成されたものであることがわかった。



図参 5.2-② 滑動崩落による被災地区面積と造成年代の関係 (仙台市内)



図参 5.2-③ 滑動崩落による被災地区面積と造成年代の関係 (茨城県・福島県等)

参考 5.3 変動確率の評価手法

ここでは、変動確率の評価手法として、(1)点数方式、(2)数量化Ⅱ類方式、(3)その他の方法を紹介する。

本参考に示す手法は、主に造成前後の地形の比較により行うものであり、個別の大規模盛土造成地の盛土の土質強度等を確認せずに行う予備的な検討であるため、現地踏査結果等も踏まえて、優先度を評価することが望ましい。

以下、(1)～(3)では変動確率を評価する手法およびシステムを紹介するが、その使用にあたっては下記の点に留意する必要がある。

(1) 点数方式

1) 方式 1

- ・ 各種パラメータを様々なケースで組み合わせた安定計算結果と兵庫県南部地震の被災事例に基づき考案された手法であるため、地域によっては実態に合わないことがある。
- ・ 2) 方式 2 とはパラメータの捉え方や配点が異なる。

2) 方式 2

- ・ 宮城県沖地震と兵庫県南部地震の災害事例に基づき考案された手法であるため、地域によっては実態に合わないことがある。
- ・ 本手法では薄い盛土ほど変動確率が高いと判定されるが、盛土の厚さは第一次スクリーニングで使用した資料の精度によって一定の誤差を含んでいることから、薄い盛土については現地にて状況を確認することが望ましい。
- ・ 1) 方式 1 とはパラメータの捉え方や配点が異なる。

(2) 数量化Ⅱ類方式

- ・ 兵庫県南部地震の被災事例に基づき考案された手法であるため、地域によっては実態に合わないことがある。

(3) その他の方法

1) 盛土形状計測・相対的滑動崩落発生可能性評価支援システム(国土地理院)

① 統計的側部抵抗モデル

- ・ 過去の地震(宮城県沖地震、兵庫県南部地震、中越地震、中越沖地震)の変動実績に基づく統計的予測手法であり、評価の過程で使用される地盤工学的パラメータは擬似的な最適値であるため、強度定数などの実測値を反映できない。
- ・ 海溝型地震での検証事例が少ない。
- ・ 厚い盛土、樹枝状の盛土での適用性が低い。
- ・ 水平震度 0.25 を用いるが、これは二次元解析で設定された値であるため、三次元モデルである本手法で求めた評価結果は、第二次スクリーニングの計画段階のような概略の相対評価に限り使用できる。

② 統計的三次元的安定解析モデル

- ・ 上記①同様。

- ・ 盛土形状が複雑であると、実体と合わない評価結果となる可能性があるため、比較的単純な形状の盛土（例えば腹付け盛土）への使用に限られる。

（１）点数方式

１）方式１

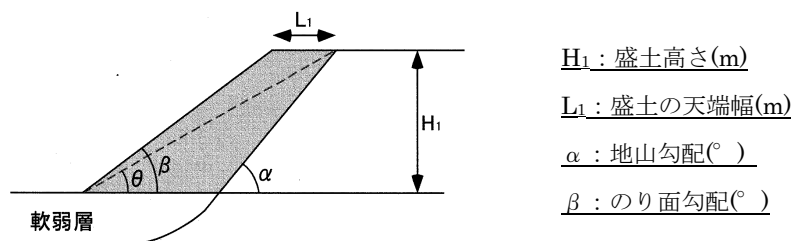
方式１は、盛土形状や強度定数など各種のパラメータを、様々なケースで組みあわせて 446 ケースの安定解析を行い、その計算結果と腹付け型滑動崩落の災害事例（1995 年兵庫県南部地震 8 箇所）をあわせて点数化し、谷埋め型および腹付け型大規模盛土造成地の滑動崩落の変動確率を評価する手法である。

本手法の詳細は「橋本隆雄，三輪賢志：宅地耐震化促進事業に伴う腹付け型大規模盛土造成地の変動予測評価手法の提案，土木学会第 63 回年次学術講演会講演概要集，1-166，pp. 331-332，2008.」に提示されており、以下にその概要を紹介する。

【留意事項】

① 変動性評価配点に用いる項目

変動性評価配点による変動確率の算出を行う際に必要な項目は、後述の**方式 2**による変動確率算出手法と似たような項目であるが、盛土高さを評価項目とするなどパラメータの捉え方が異なるので注意を要する。特に地山の勾配については、**図参 5.3-①**に示すようにのり尻からの勾配(θ)ではなく、地山の先端からである。



図参 5.3-① 変動性評価に必要なパラメータ

② 変動性評価の配点

変動性評価については、前述①により把握したパラメータ毎に、表参 5.3-①に示す配点表により合計点を算出する。

合計点は、計算条件の各項目（ケース1～4で共通）に該当する点数を与えた和である。例えば、高さ（ H_1 ）=15m→8点、のり面勾配（ β ）=32°→10点、地山勾配（ α ）18°→4点、盛土の天端幅（ L_1 ）=27m→11点、地下水=（有）→1点で合計34点となる。

表参 5.3-① 変動性評価配点表

項 目		変動性評価			
		ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
計算条件	盛土高	H1	H1	H1	H1
	のり面勾配	β	β	β	β
	地山勾配	α	α	α	α
	腹付け盛土の天端幅	L1	L1	L1	L1
	地下水	(有:1, 無:0)	(有:1, 無:0)	(有:1, 無:0)	(有:1, 無:0)
高さ (H_1)	5m未満	2	2	2	2
	5m以上 10m未満	5	5	5	5
	10m以上 20m未満	8	8	8	8
	20m以上 30m未満	12	12	12	12
	30m以上	16	16	16	16
のり面勾配 (β)	25° 未満 (1:2.1~)	4	4	4	4
	25° 以上 30° 未満 (1:1.8~2.0)	7	7	7	7
	30° 以上 35° 未満 (1:1.5~1.8)	10	10	10	10
	35° 以上 (1:~1.5)	12	12	12	12
地山勾配 (α)	20° 未満	4	4	4	4
	20° 以上 30° 未満	6	6	6	6
	30° 以上 40° 未満	8	8	8	8
	40° 以上	10	10	10	10
腹付け盛土 の天端幅 (L_1)	10m未満	6	6	6	6
	10m以上 20m未満	9	9	9	9
	20m以上	11	11	11	11
地下水	有	1	1	1	1
	無	0	0	0	0
盛土材	粘性土	7	7	7	
	砂質土 (不明)	10	10	10	
基礎地盤の 状況	軟弱地盤 (無)	2	0		
	軟弱地盤 (粘性土)	10	6		
	軟弱地盤 (砂質土) (不明)	16	6		
合計 (変動性評価)					

③ 変動確率曲線

本手法では、地盤情報を把握できるか否かで下記の4ケースに分けており、それぞれのケースに応じた変動確率曲線を用いて変動確率を求めるため、地盤要因を把握することが重要である。

ケース1：盛土材・基礎地盤の状況が十分に把握できている場合

ケース2：盛土材は把握できて基礎地盤の状況もある程度予測できる場合

ケース3：盛土材は把握できるが基礎地盤の状況を把握できない場合

ケース4：盛土材および基礎地盤の状況を把握できない場合

ケース1～4の変動確率曲線は、次式で表される（図参5.3-②）。

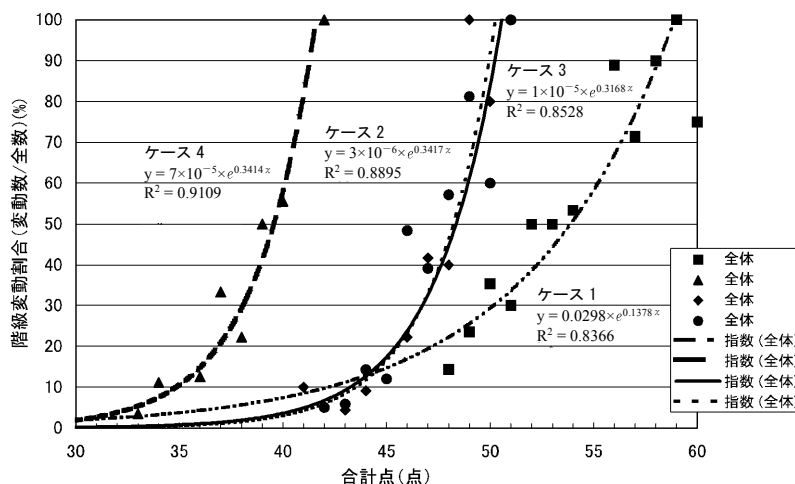
ケース1： $y = 0.0298 \times e^{0.1378x}$

ケース2： $y = 3 \times 10^{-6} \times e^{0.3417x}$

ケース3： $y = 1 \times 10^{-5} \times e^{0.3168x}$

ケース4： $y = 7 \times 10^{-5} \times e^{0.3414x}$

ケース4のとき、34点の変動確率は、図参5.3-②より10%前後となる。盛土材や基礎地盤の情報があれば、さらにケース1～3の項目も加えて変動確率の評価を行う。

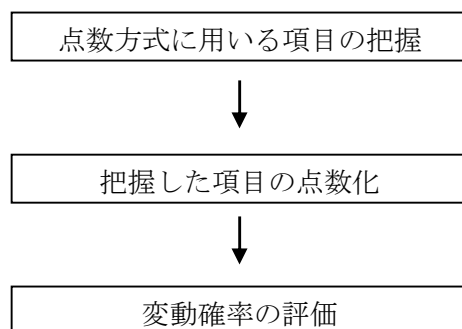


図参5.3-② 橋本・三輪による変動確率曲線（ケース1～4）

2) 方式2

方式2は、谷埋め型滑動崩落の災害事例（1978年宮城県沖地震、1995年兵庫県南部地震 計259箇所）から、複雑な因果関係をもつ地形的な要素（盛土の厚さなど）を統計的に単純化して点数化し、谷埋め型滑動崩落の変動確率を評価する手法である。

以下にその具体を示す。



図参 5.3-③ 点数方式の流れ

【留意事項】

本手法は、後述する釜井，守隨（2002）による「（2）数量化Ⅱ類方式」を参考に、①机上調査では確認できない地下水の有無のウェイトを小さく評価する、②少ない情報量でも計算できるように用いる項目を「盛土幅、盛土厚さ、原地盤の勾配、地下水の有無」のみで評価する、③手計算しやすいよう整数のみの配点とするなどの工夫を重ねたものである。したがって、当然のことながら「（2）数量化Ⅱ類方式」よりも精度は低い、限られた情報量によって、あるいは、手計算によって滑動崩落の起きやすさ（変動確率）を推測する場合には有用である。

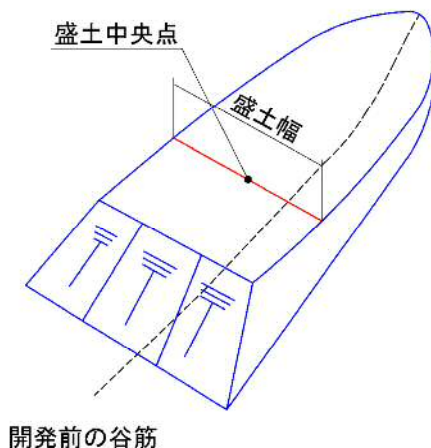
また、厚さの薄い盛土（特に厚さ3m以下）は使用する地形データによっては誤差の範囲に含まれてしまう場合が多い。しかし、本手法では厚さの薄い盛土ほど変動確率が高いと判定される。このため、本手法を用いる場合は、使用する地形データの高さデータの精度を十分に理解した上で変動確率の評価を行う必要があり、状況によっては厚さの薄い盛土（特に厚さ3m以下）の実際の状況を現地にて確認することが望ましい。

① 方式2に用いる項目の把握

方式2を行う際に必要な項目をまず把握する。「Ⅲ.2.3 盛土造成地の規模の把握」において示されていない「盛土幅」と「盛土厚さ」についての考え方等を示す。

(a) 盛土幅

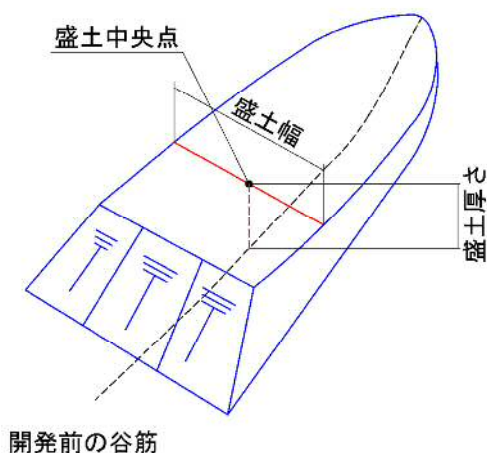
盛土造成地中央部における盛土幅は、旧地形などから予想される変動方向と直角の方向に測定することを原則とする。盛土の面積を算出する際に用いる「盛土の最大幅」と一致しない場合もあるので注意が必要である。なお、盛土中央点は、盛土造成地中央部における盛土幅の二等分点付近とする。



図参 5.3-④ 盛土幅のイメージ

(b) 盛土厚さ

盛土中央点における盛土厚さを盛土の厚さとする。単位はmとする。



図参 5.3-⑤ 盛土厚さのイメージ

(c) 地下水の有無

既存資料などで盛土内に地下水が浸入しているかどうかを確認し、地下水がないと断定できる場合を除き、「② 把握した項目の点数化」において、「あり」としておく。

② 把握した項目の点数化

大規模盛土造成地の盛土厚さ、盛土幅、原地盤の勾配および地下水の有無を点数化し、これを表参 5.3-②に従って、計上して合計点を求める。

点数は、各項目における変動割合をもとに決定した。盛土厚さは、既往の研究において変動への寄与率が幅や盛土幅/盛土厚さ比 (W/D) よりも 3 倍高いとされているので、得点を 3 倍としている(釜井俊孝, 守随治雄, 笠原亮一, 小林慶之: 地震時における大規模宅地盛土斜面の不安定化予測, 日本地すべり学会誌第 40 巻第 5 号, pp. 29-39, 2003.)。

方式 2 は、表参 5.3-②において盛土厚さが薄いほど、また、原地盤勾配が緩いほど危険側に評価され、前述した「方式 1」による変動確率とは一致しないことに注意が必要である。

表参 5.3-② 点数表

盛土厚さ (m)		盛土幅 (m)		盛土幅/盛土厚さ		原地盤の勾配 (度)		地下水	
区分	点数	区分	点数	区分	点数	区分	点数	区分	点数
3 以下	21	20 以下	0	5 以下	1	5 以下	5	あり	1
3~6	12	20~50	3	5~10	2	5~10	4	なし	0
6~12	6	50~120	5	10~15	5	10~15	2		
12 より大きい	0	120 より大きい	10	15 より大きい	8	15 より大きい	0		

表参 5.3-③ 点数化の例

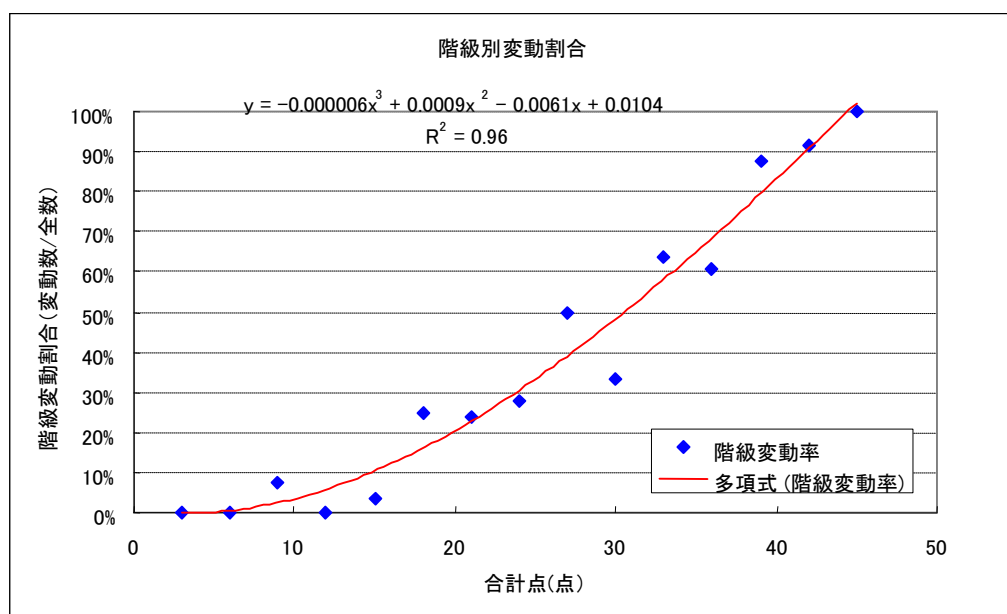
	厚さ (m)	幅 (m)	幅/厚さ	傾斜角 (度)	地下水有無	合計点
測定値	3	60	20	1.9	有	-
点数 (点)	21	5	8	5	1	40

③ 変動確率評価

図参 5. 3-⑥は過去の災害事例である 259 箇所の大規模盛土造成地について、表参 5. 3-②で求められた合計点分布を表したものである。

◆は過去の 259 箇所の災害事例を点数化し、その合計点を 0 点から 45 点の間で 3 点毎に階級区分して、その区分された階級での変動割合（=ある階級で変動した大規模盛土造成地箇所数/その階級内の盛土造成地箇所数）をプロットしたものである。その近似値をグラフにしたものが赤線である。

「②把握した項目の点数化」で算出した合計点（x）を下記の多項式へ当てはめ、過去の災害事例からどのくらいの割合で大規模盛土造成地が変動しているかを計算し、大規模盛土造成地の変動確率評価を行う。



図参 5. 3-⑥ 変動確率曲線

R^2 (決定係数) :

独立変数（上記グラフの多項式）が従属変数（上記グラフの◆）をどれくらい説明できるかを表す。この値が低い場合、得られた回帰式の予測能力が低いことを意味する。（ $0 \leq R \leq 1$ であり、 $R=1$ に近いほど回帰式の予測能力が高い。）

$$\text{変動確率 } y = -0.000006x^3 + 0.0009x^2 - 0.0061x + 0.0104 \quad (\text{式 1})$$

(x は合計点を示す。)

例) 合計得点が 40 点の場合

$$-0.000006 \times (40)^3 + 0.0009 \times (40)^2 - 0.0061 \times (40) + 0.0104 = 0.822$$

以上より変動確率が 82.2%となる。

(2) 数量化Ⅱ類方式（谷埋め型滑動崩落の場合）

谷埋め型滑動崩落の数量化Ⅱ類方式は、谷埋め型滑動崩落の災害事例（1995年兵庫県南部地震239箇所）から、説明変数の様々な組み合わせとカテゴリー区分について試行錯誤的に解析を多数回実行し、共相関現象が発生しない（少ない）条件で、最大の判別力が得られる説明変数とカテゴリー区分の組み合わせを求め、これらの組み合わせにより、谷埋め型滑動崩落の変動確率を評価する手法である。

本手法の詳細は「釜井俊孝，守随治雄：斜面防災都市，理工図書，pp.150-157，2002.」に提示されており、以下にその概要を紹介する。

【留意事項】

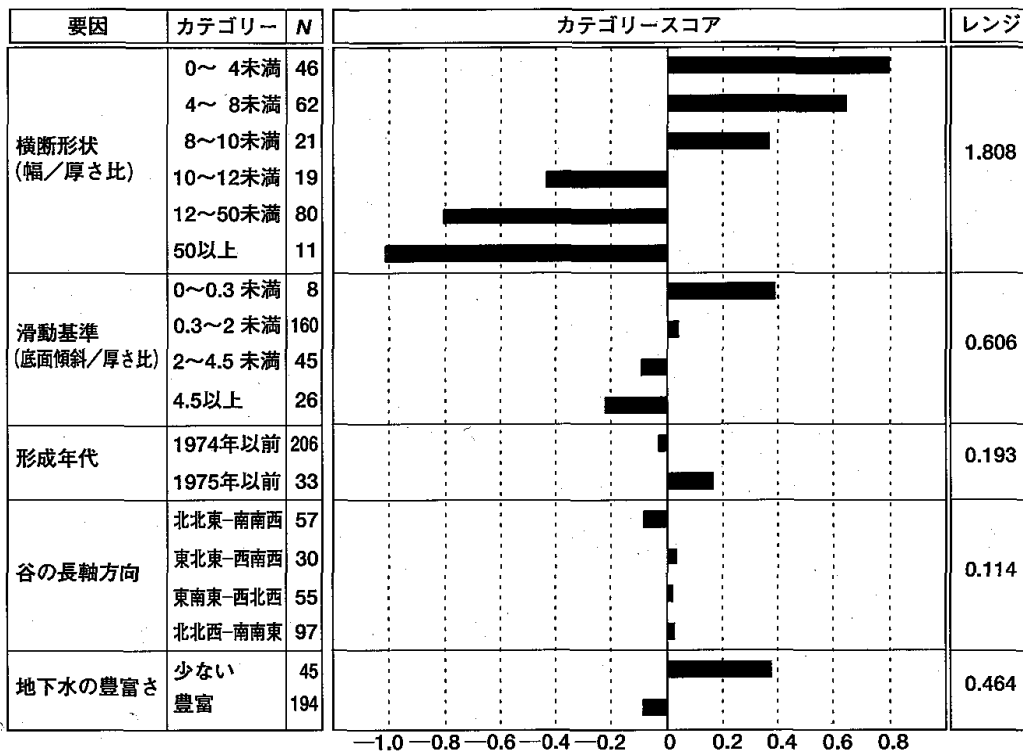
本手法は、谷埋め型の滑動崩落の変動予測であるので、腹付け型の滑動崩落についての検討もあわせて必要である。

① 数量化Ⅱ類方式に用いる項目

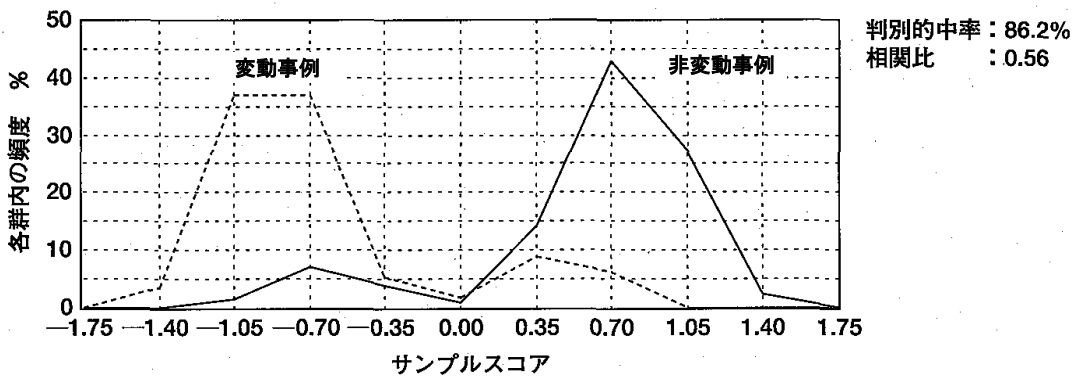
数量化Ⅱ類方式による変動確率の算出を行う際に必要な項目は、「盛土の横断形状（幅／厚さ比）」「滑動基準（底面傾斜／厚さ比）」「地下水の豊富さ」「形成年代」「盛土の長軸方向」の5種類の変動要因項目である。

対象となる谷埋め型盛土造成地毎にこれら5項目について調査し、**図参 5.3-⑦**に示すカテゴリースコアとサンプルスコアを算出する（サンプルスコアは、カテゴリースコアの総和）。

実際にこれらサンプルスコアとカテゴリースコアの検討に使用しているデータは、被災事例の豊富な阪神間地域の谷埋め型盛土造成地239箇所であり、このうち、実際に変動した盛土造成地は111例である。すなわち、解析は、239個のデータをもとに、変動要因として形成年代、盛土の形状、地下水位を採用し、これらに関する説明変数を組みあわせて、128個と111個をいかに分離できるかについて行っている。上記の説明変動の組み合わせにおける最もよい判別率の中率は約86%、相関比は約0.56であった（**図参 5.3-⑦**）。兵庫県南部地震の被災事例では、8割以上の割合で予測と実際が一致したことになり、変動の有無に関する判別が良好に行われたことがわかる。滑動崩落との関係性については、盛土の横断形状（幅／厚さ比）、底面角度（平均谷埋め傾斜）／厚さ比、地下水の豊富さが、支配的な要因であることがわかる。



注) カテゴリースコアが大きい(正に)ほど安全側。Nはサンプル数

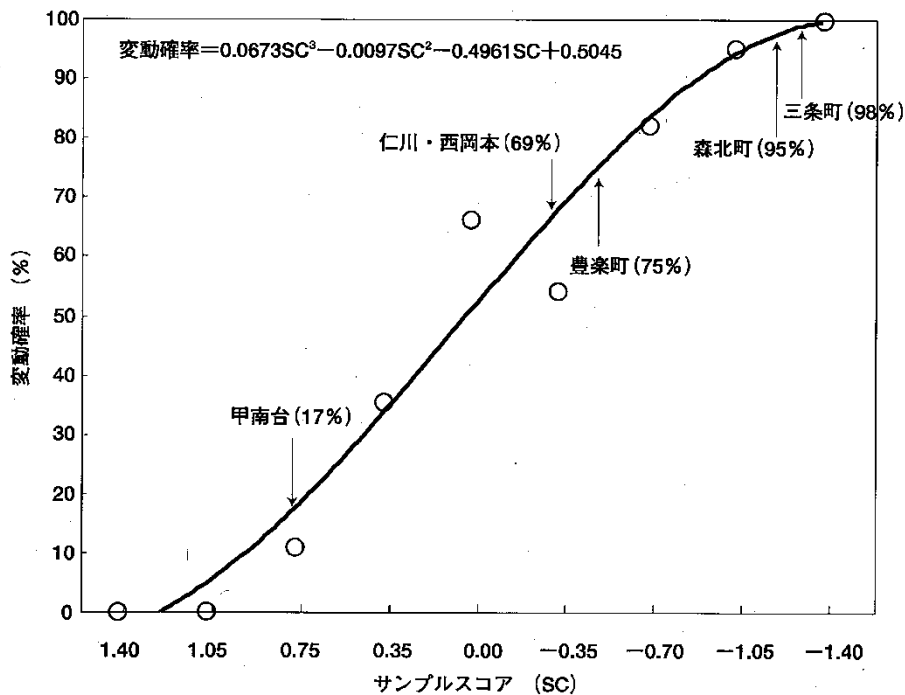


図参 5.3-⑦ 数量化Ⅱ類方式における谷埋め型盛土造成地の変動要因の
カテゴリースコアとサンプルスコア

② 変動確率と予測式

前述①より算出したサンプルスコアから、**図参 5.3-⑧**に示す算出式により変動確率を求める。この変動確率算出式は、経験的予測結果からサンプルスコアを階級区分し、各階級に落ちる谷埋め型盛土造成地のうち、実際に変動した盛土造成地の割合を変動確率としている。そのため、数量化Ⅱ類方式により求められる変動確率は、変動の質までは予測することができないため、定性的な評価として用いることが望ましく、人命災として代表的な仁川の事例のように、高速流動性崩落が発生するかどうかについては、現地踏査結果を踏まえた検討が必要となる。

西宮市仁川、西宮市豊楽町、芦屋市三条町、神戸市森北町、神戸市甲南台、神戸市西岡本等の著名な事例をこの曲線上に並べると、解析モデルの持つ性質がよりはっきりする(**図参 5.3-⑧**)。これらの事例では、実際に変動したすべての被災事例が70%以上の変動確率となり、予測と現象が一致した。神戸市甲南台の事例は、実施に変動しなかった谷埋め型盛土造成地であるが、変動確率は17%と低く、これも予測と実際の現象と一致した。



図参 5.3-⑧ 各地点のサンプルスコア (SC) と変動確率の関係

(3) その他の方法

1) 盛土形状計測・相対的滑動崩落発生可能性評価支援システム (国土地理院)

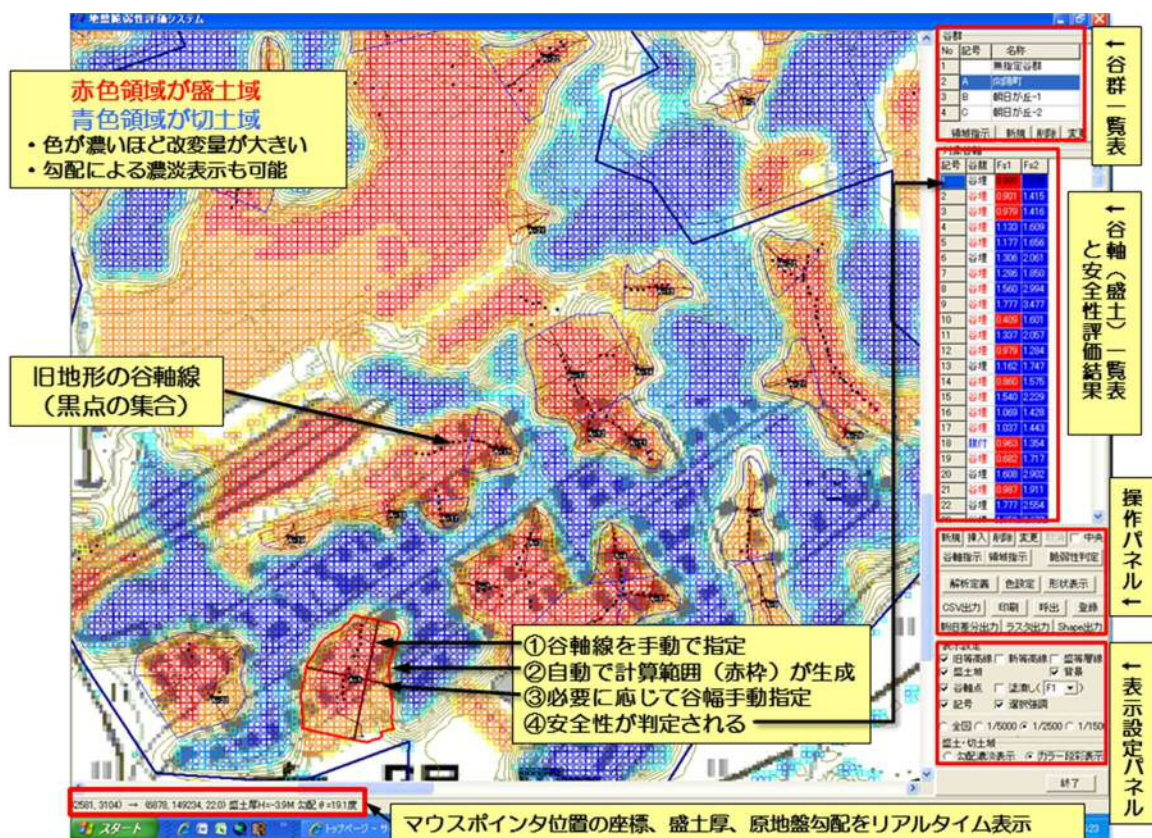
「盛土形状計測・相対的滑動崩落発生可能性評価支援システム」は国土地理院によって開発され(中笠ほか(2010)、中笠ほか(2012))、前述「(1)点数方式2)方式2」による「点数方式」と、「側方抵抗モデル」および「土研式Hovland法」の考え方に基づいて新たに考案された「統計的側部抵抗モデル」および「統計的三次元安定解析モデル」により、盛土の安全性を評価するシステムである。

本システムは、新旧地形データを読み込むと自動で盛土・切土分布を表示し、ユーザーは旧地形を参考に盛土の谷軸を指定するだけで、盛土範囲および評価に必要なパラメータ(盛土厚、盛土幅、盛土の長さ、地山傾斜角、地下水位(地山傾斜角から推定))が自動抽出され、あわせて盛土の脆弱性(安全性)が算出されるため、大規模盛土造成地の抽出と評価を効率的に行うことができる。(図参5.3-⑨)

なお、本システムは、国土地理院ホームページで公開されており、利用申請により無料で入手することができ、盛土の形状パラメータを抽出するだけでも有用なシステムである。

(URL : <http://www.gsi.go.jp/chirijoho/chirijoho40029.html>)

「点数方式」の内容は前述「(1)点数方式2)方式2」と同様であり、新たに考案された「統計的側部抵抗モデル」および「統計的三次元安定解析モデル」の概要は以下に示すとおりである。



図参5.3-⑨ 盛土形状計測・相対的滑動崩落発生可能性評価支援システムの操作画面

① 統計的側部抵抗モデル

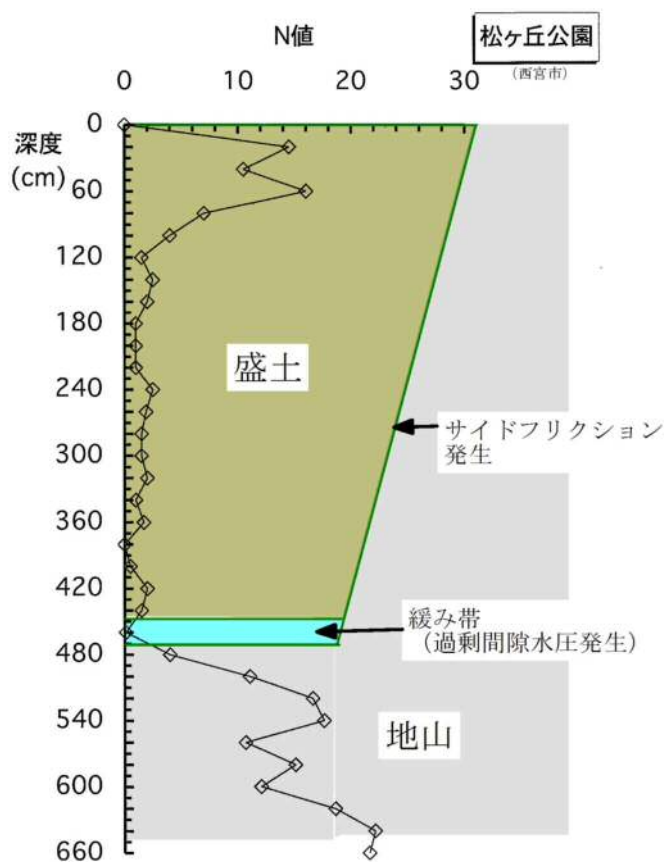
i) 側部抵抗モデルの考え方

この手法は、釜井、守隨（2002）の数量化解析モデルを力学的なバランスを考慮してモデル化し、汎用性を高めたものである。底面が著しく低強度で、側面が高強度な滑動モデル（ローラースライダーモデル）を、簡易な地形情報のみで利用可能としたものである。

図参 5.3-⑩に、側部抵抗モデルの原理の模式図を示す。地下水流動のある盛土は、底面付近が地下水流の影響を受け非常に緩んだ状態になっている。この現象は、簡易貫入試験などで盛土調査をする際、図に示すように地山との境界直前に非常に緩い層が存在することで確認されている。盛土直後にはこのような緩みは存在しないので、時間の経過とともに地下水の影響を受けて発生する現象と考えられる。

地震の強震動等の外力を受けると、その緩み構造が破壊され、盛土・家屋等の上載荷重が緩み帯に作用する。ここには飽和地下水が存在するが、急激な水圧増加に対して排水が間に合わず、過剰間隙水圧を発生させることになる。このような原理により、盛土底面の抵抗力が著しく失われると考えられたモデルである。

地中浸食を受けて緩み帯を形成し、そこに飽和地下水が存在すれば、盛土材自体が液状化を発生させない材料（例えば粘性土）であっても滑動崩落（ローラースライダーモデル）の条件を満たすことになる。



側部抵抗モデルの原理
盛土と地山との境界部に地下水流動層が形成され、土粒子の洗掘が起き、非常に緩んだゾーンが形成される。簡易貫入試験等を行うと、目視するような脆弱帯である。地震動が作用すると、この緩み帯に盛土荷重が作用し、過剰間隙水圧が発生する。盛土材自体の液状化とは異なることに注意が必要。

図参 5.3-⑩ 側部抵抗モデルの原理の模式図

ii) 統計的側部抵抗モデルによる安全性評価

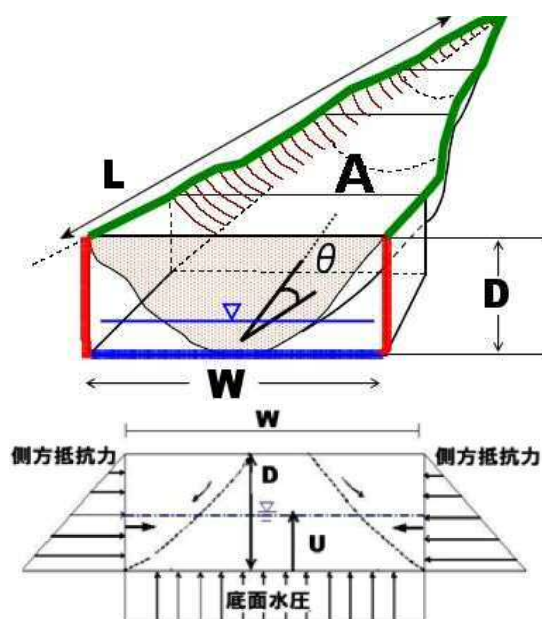
本モデルでは、谷側部の抵抗力が安定性に大きく関与していると解釈し、同時に底面には過剰間隙水圧が作用して著しい強度低下が起きていると考えて作成されたモデルである。その際、実際に発生した現象で検証する必要があることから、兵庫県南部地震時に得られた盛土形状および滑動崩落に関するデータセット（以降、「阪神間データセット」という）にある項目のみで評価できるように単純化を図っている（太田，榎田（2006））。従来、この手法は「簡易力学モデル（太田-榎田モデル）」と呼ばれていたが、実例から統計的に逆解析する手法であるため、「側部抵抗モデルの原理を用いた盛土の地形情報による統計的回帰モデル」という呼称が適切であり、ここでは略して今後「統計的側部抵抗モデル」と呼ぶ。

このモデルでは、谷埋め盛土の形を図参 5.3-⑪のように単純化するのが特徴である。本来、地盤調査を行い、三次元的な安定計算を行うことが土質力学的には理想的であるが、(1)一次スクリーニング等の盛土情報抽出作業から詳細な盛土形状を読み取ることは困難であり、得られるデータの精度と同等の情報で評価できること、(2)検証に用いる主なデータで抽出されている項目のみで評価ができること、の2点を重視してモデルは作成されている。

計算の考え方は次のとおりである。矩形の土塊の底面には静水圧と過剰間隙水圧が作用し、側部には別の摩擦抵抗が生じるとして安定計算を行う。側部摩擦は、実際には谷側壁への鉛直応力に対応した摩擦力が作用するが、矩形モデルで単純化しているため土圧的な力を便宜的に仮定し、上載荷重が大きくなると抵抗力も大きくなるように工夫されている。

抵抗力と滑動力の比は、力学モデルの場合には「安全率」となるが、本モデルの場合には「安全性評価指数」と新たに定義する。ただし、「安全率」のように「1.0」を基準に変動・非変動を評価するのではなく、基本的に指数の大小で相対的な安全性を判断する。

基本となる計算式を次ページに示す。



図参 5.3-⑪ 統計的側部抵抗モデルにおける盛土の形状模式図

底面は、常時には粘着力および内部摩擦角によるせん断抵抗力（ R ）が働いているが、地震時は、液状化～流動化または、過剰間隙水圧の発生等によりせん断抵抗力が低下し、いわゆるローラーズライドのような状況に陥ると考える。

L：盛土長さ、W：盛土幅、D：盛土厚さ、A：盛土面積、 θ ：地山傾斜角、U：過剰間隙水圧高

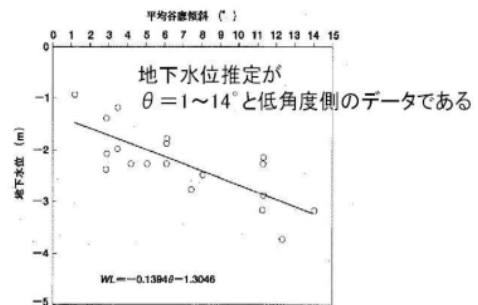
安全性評価指数の算定

$$\begin{aligned}
 I_s &= R/T && \dots \text{安全性評価指数} \\
 T &= W_t \cdot \sin \theta + W_t \cdot k_h \cdot \cos \theta && \dots \text{滑動力 (kN)} \\
 R &= R_s + R_b - W_t \cdot k_h \cdot \sin \theta \cdot \tan \phi'_2 && \dots \text{抵抗力 (kN)} \\
 R_s &= c'_1 \cdot A_s + P \cdot \tan \phi'_1 && \dots \text{側方抵抗力 (kN)} \\
 R_b &= c'_2 \cdot A_b + (W_t - U_b - U_s) \cdot \cos \theta \cdot \tan \phi'_2 && \dots \text{底面抵抗力 (kN)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= W_t \cdot \sin \theta + W_t \cdot k_h \cdot \cos \theta && \dots \text{滑動力 (kN)} \\
 W_t &= \gamma_t \cdot V_t && \text{重量 (kN)} \\
 \gamma_t &: && \text{土塊の単位体積重量 (kN/m}^3\text{)} = 18 \text{ kN/m}^3 \\
 V_t &: && \text{移動体の体積 (kN)} \\
 \{ & (V_t = A \cdot D \cdot (2/3) \text{ または } V_t = W \cdot L \cdot D \cdot (2/3)) \} \\
 A &: && \text{調査結果による平面図上の盛土の面積 (m}^2\text{)} \\
 D &: && \text{盛土の厚さ (m)} \\
 L &: && \text{盛土全体の水平長さ (または単位長さ) (m)} \\
 W &: && \text{盛土の幅 (m)} \\
 k_h &: && \text{水平震度 (最大0.25とする)} = 0.25 \\
 \theta &: && \text{地山傾斜角 (底面傾斜角)} \\
 R &= R_s + R_b - W_t \cdot k_h \cdot \sin \theta \cdot \tan \phi'_2 && \dots \text{抵抗力 (kN)} \\
 R_s &= c'_1 \cdot A_s + P \cdot \tan \phi'_1 && \dots \text{側方抵抗力 (kN)} \\
 c'_1, c'_2 &: && \text{側面および底面の粘着力 (kN/m}^2\text{)} \\
 \phi'_1, \phi'_2 &: && \text{側面および底面の内部摩擦角 (度)} \\
 A_s &= 2 \cdot D \cdot L && \text{側面積 (m}^2\text{)} \\
 P &= 2 \cdot 1/2 \cdot K \cdot \gamma_t \cdot D^2 \cdot L && \text{側方土圧 (kN)} \\
 K &: && \text{側方土圧係数} = 0.5 \\
 R_b &= c'_2 \cdot A_b + (W_t - U_b - U_s) \cdot \cos \theta \cdot \tan \phi'_2 && \dots \text{底面抵抗力 (kN)} \\
 A_b &= A_t / \cos \theta && \text{底面積 (m}^2\text{)} \\
 A_t &= V_t / D && \text{換算平面積 (m}^2\text{)} \\
 U_b &= \gamma_w \cdot u \cdot A_t && \text{底面水圧 (kN)} \\
 \gamma_w &: && \text{水の単位体積重量 (kN/m}^3\text{)} = 9.8 \text{ kN/m}^3 \\
 u &: && \text{水位高さ (m)} = D - WL \\
 & && WL = 0.1394 \theta + 1.3046 \text{ (斜面防災都市p141)} \\
 & && \text{※地下水無しの評価の場合 } u = 0.1\text{mとする} \\
 U_s &= \gamma_w \cdot A_t \cdot u_s && \text{過剰間隙水圧 (kN)} \\
 u_s &: && \text{過剰間隙水圧の水位高さ (m)} \\
 & && \text{※ } W_t - U_b - U_s < 0 \text{ のとき, } W_t - U_b - U_s = 0 \text{ とする} \\
 & && \text{→ } c'_2 = 0 \text{ kN/m}^2 \text{ なので底面抵抗力 } R_b = 0 \text{ (リクジョンス) となる} \\
 & && \text{※側面に作用する水圧は、実際の谷が矩形ではないので無視する}
 \end{aligned}$$

上記の赤字は固定的な値として考え、その他の未知パラメータ（青字）は阪神間データセットと1978年宮城県沖地震、2004年中越地震、2007年中越沖地震における盛土変状地の盛土形状・変状データセットをもとに、それらを最もよく説明できる値を統計的に逆解析して求めている。このパラメータは、「地盤強度的パラメータ」と呼ぶべきものであり、地盤自体の強度定数とは区別して考えることが必要である。

この解析の中で、平常時地下水位は図参5.3-⑫のように、阪神における現地調査のデータから、地山傾斜角の関数として算出できるようにしているが、実際の計測値が得られている場合は、その値を入力することもできる。



図参 5.3-⑫ 地山傾斜角と地下水位の相関関係

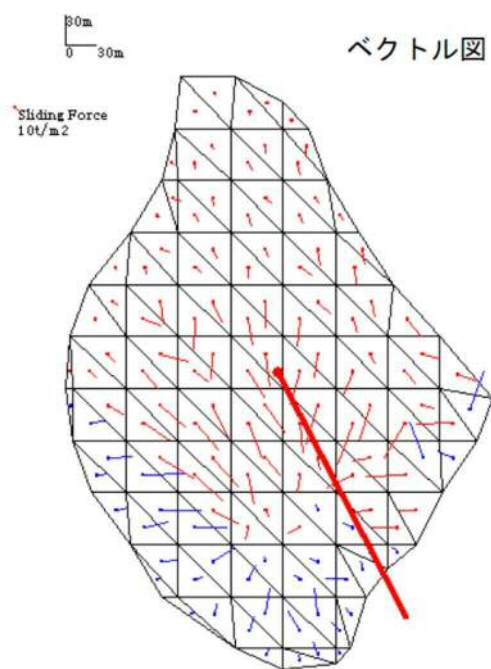
釜井，守隨（2002）より引用。0.5m前後の範囲内に分布している。

② 統計的三次元安定解析モデル

統計的三次元安定解析モデルに用いる安定計算法は、建設省土木研究所が作成した中村ほか(1985)のHovland法(土研式Hovland法)を用いる。この方法は、地すべり対策事業などにおいて広く使われている。

土研式Hovland法は、三角柱要素を用い、底面の最大ベクトル方向に滑動力が生じるとし、ベクトルを合成して総滑動力と滑動方向を算出する手法である(図参5.3-⑬参照)。抵抗力はスカラーで合算する。地震力は、仮に、静的な地震荷重 $k_h=0.25$ を作用させている。なお、この k_h の値は2次元解析により求められる値であるため、三次元解析の場合には、適宜設定することが本来必要であるが、統計的手法において検証できない未知数を増やすことはデメリットが多いこと、また、相対的な安全性評価が主目的であるため、二次元解析と同じ値を用いることとしている。

本モデルでも、先述の「統計的側部抵抗モデル」と同様、計算における未知パラメータは過去の被災事例に合うように統計的に求めており、「統計的側部抵抗モデル」における矩形の盛土をより詳細な形状にして計算するモデルと言い換えることができる。



図参5.3-⑬ 土研式Hovland法による滑動方向、滑動力の表示例

③ 評価システムの使用上の留意事項

「統計的側部抵抗モデル」および「統計的三次元安定解析モデル」は、形式的には力学的な安定解析手法となっている。しかし、基本的に同じ土質パラメータを使用しており、盛土ごとに個別に存在するはずの強度の差を組み込んでいない。その理由は、組み込むべき現地の土質パラメータが得られていないこと、また得ようとしても容易にデータを揃えることが困難であることが挙げられる。また、使用目的が第一次スクリーニング後に行われる第二次スクリーニングの優先度評価の参考資料を得るためであり、土質パラメータが得られていない箇所を用いることを想定しているためである。

本評価システムで用いる2つのモデルは、1978年宮城県沖地震、1995年兵庫県南部地震、2004年中越地震、2007年中越沖地震で盛土の変動被害を受けた宅地盛土のデータセットを用いて構築されたものであり、兵庫県南部地震時のデータセットのみで構築されている(1)点数方式や(2)数量化Ⅱ類方式に比べて適用性が高い。ただし、海溝型地震での検証事例が少ないこと、厚い盛土(厚さ15m以上)や樹枝状の盛土では使用が制限されること、「統計的三次元安定解析モデル」は単純な形状の盛土での使用に限られること等、使用に際しては注意が必要である。

いずれの方法も、実際に地震による被害が発生した地域のデータでキャリブレーションし、最適パラメータを選び出すという手法をとっており、「統計モデル」の位置づけであるため、個別の盛土の絶対的な安全性評価に用いるには、現地踏査等の結果も踏まえた十分な検討が必要であり、あくまで相対的な安全性評価の指標として用いる。なお、評価に使用するパラメータのデフォルト値は、「安全性評価指数」=1.0を基準とした際に、変動する可能性のある盛土(安全性評価指数が1.0未満)を抽出できる確率が最も高い値に設定されているが、ユーザーの状況に応じて変更することが可能である。

この他、詳細については、国土地理院のホームページより、操作マニュアル等を参照のこと。

<引用文献>

- 釜井俊孝, 守随治雄: 斜面防災都市一都市における斜面災害の予測と対策, 理工図書, p. 200, 2002.
- 釜井俊孝, 守随治雄, 笠原亮一, 小林慶之: 地震時における大規模宅地盛土斜面の不安定化予測, 日本地すべり学会誌, 40巻, 5号, pp. 29-39, 2003.
- 中村浩之, 中島茂, 吉松弘行: Hovland 法による地すべり三次元安定解析手法, 土木研究所資料, No. 2265, 1985.
- 中埜貴元, 小荒井衛, 星野実, 吉武勝宏: 高度な画像処理による減災を目指した国土の監視技術の開発(第3年次)ー地盤の脆弱性把握のための開発ー, 国土地理院平成21年度調査研究年報, pp. 1-2, 2010.
- 中埜貴元, 小荒井衛, 星野実, 釜井俊孝, 太田英将: 宅地盛土における地震時滑動崩落に対する安全性評価支援システムの構築, 日本地すべり学会誌, 2012.
- 太田英将, 榎田充哉: 谷埋め盛土の地震時滑動崩落の安定計算手法, 第3回地盤工学会関東支部研究発表会講演集, pp. 27-35, 2006.

V.2 現地踏査

第一次スクリーニングで抽出した大規模盛土造成地を対象に、現地踏査を行う。現地踏査は、被害形態とその危険要因を理解した上で実施することが重要である。

【解説】

現地踏査では、主に下記(1)～(4)に挙げた項目について整理する。現地踏査における着目点の例を表V.2.1に示す。なお、これらの項目のほかにも、第一次スクリーニング結果と現地状況との相違(盛土の位置・規模など)や、保全対象施設の数、盛土の材料等を確認する。これらの現地踏査の結果は、宅地カルテ等にとりまとめる(参考5.1様式3および様式4参照)

現地踏査にあたっては、表V.2.2～表V.2.3に示す地震時の被害形態とその危険要因を理解し、対象とする大規模盛土造成地の危険要因をもれなく把握する必要がある。滑動崩落の被害形態は、すべり崩壊や擁壁倒壊などの崩壊する形態(以下「崩壊」という)と、ひな壇形状の盛土が複雑に変形する形態や地形要因などから崩壊には至らず変形に留まる形態(以下「変形」という)に分類される。現地踏査の結果から、地震時の被害形態を想定し、第二次スクリーニングで実施する地盤調査の地点や方法の選定、滑動崩落のメカニズムを住民等に説明する際の基礎資料として活用することが望ましい。

なお、現地踏査は、第一次スクリーニングで抽出された大規模盛土造成地について実施することを基本とするが、多数の大規模盛土造成地が抽出された場合には、造成年代や保全対象、大規模盛土造成地の分布などを考慮し、期間を分けて段階的に実施することも考えられる。

現地踏査の結果、擁壁や宅地等に顕著な変状が認められ「災害発生のおそれが切迫している」と判断される場合には、以降、後述「VII. 3 防災区域の指定等(令第十九条第一項第二号または法第十六条第二項の勧告に該当(災害発生のおそれが切迫していることが確認される場合))」に従うものとし、擁壁や宅地等に変状が認められるものの「災害発生のおそれが切迫している」とは言えない場合は、その後の変状の進行等に留意して調査を進める必要がある。

なお、現地踏査や簡易な地盤調査(参考6.4(1)③、④、⑤参照)の結果等から、危険要因が認められない(変状がない、盛土内の地下水が確認されないなど)、崩壊や変形が生じる可能性が低い(盛土末端が閉塞しているなど)、現状で効果的な対策が講じられている等の理由から、滑動崩落が生じるおそれが小さいと判断される大規模盛土造成地は、学識経験者の意見等を踏まえて以降の第二次スクリーニングの必要性を判断してもよい。ただし、第二次スクリーニングの必要性の有無は、第二次スクリーニングを先行して実施した地区の安定計算等の結果を踏まえて、必要に応じて見直しを行うこと。

(1) 盛土および擁壁の形状と構造

盛土および擁壁の形状や構造が、標準的な形状および構造に該当しない場合は、潜在的に不安定な可能性があるため、優先度が高いと評価する。標準的な形状および構造とは、宅地防災マニュアルの記述、法令、東北地方太平洋沖地震の被害実態などを勘案し以下を目安とする。

＜盛土および擁壁の標準的な形状と構造の目安＞

- ・のり面勾配 : 30度以下であること
- ・のり面小段間隔 : のり高5m程度ごとに幅1m～2mの小段が設置されていること
- ・のり面保護工 : のり面緑化工もしくはのり面保護工が設置されていること
- ・ひな壇部分の傾斜 : 緩勾配であること
- ・擁壁構造 : 鉄筋コンクリート造、無筋コンクリート造又は間知石練積み造その他の練積み造であること

のり面勾配と小段については、宅地防災マニュアルに示される勾配と小段間隔を標準とした。

宅地防災マニュアルに示される標準的なのり面勾配と小段間隔（抜粋）

- ① 盛土のり面勾配は、のり高、盛土材料の種類等に応じて適切に設定し、原則として30度以下とする。
- ② のり高が小さい場合には、のり面の勾配を単一とし、のり高が大きい場合には、のり高5m程度ごとに幅1m～2mの小段を設けるのが一般的である。

のり面保護工については、法令で擁壁によって覆われない崖は、必ずのり面保護工を施さなければならない（令第12条、都市計画法施行規則第23条第4項）ことが規定されていることから、のり面緑化工もしくはのり面保護工が設置されていることを標準とした。

ひな壇部分の傾斜については、東北地方太平洋沖地震でひな壇部分の傾斜が急な盛土造成地で被害が多発したことから、緩勾配であることを標準とした（東北地方太平洋沖地震におけるひな壇部分の傾斜と被害の関係は[参考1.2](#)（3）参照）。

擁壁構造については、法令で規定されている擁壁（令第6条第1項2号）が、鉄筋コンクリート造、無筋コンクリート造又は間知石練積み造その他の練積み造であることから、これらの構造を標準とした。なお、標準的な構造に該当しない擁壁の例としては、二段擁壁、増積擁壁、空石積み擁壁、張り出し床版付き擁壁などが挙げられる。

なお、同一盛土上に標準的な盛土の形状や構造に該当する宅地と該当しない宅地が混在する場合には、標準的な盛土の形状や構造に該当しないものと判断する。

(2) 宅地地盤・擁壁・のり面の変状の有無

宅地地盤・擁壁・のり面に変状や災害の痕跡が確認された場合は、締固め不足等から盛土が脆弱化している可能性や擁壁が不安定な可能性があるため、優先度が高いと評価する。宅地地盤の変状としては、宅地地盤の不同沈下や隆起、亀裂等が挙げられる。擁壁の変状としては、擁壁とその基礎に亀裂、ズレ、傾斜、沈下、ハラミ、その補修跡が挙げられる。盛土のり面の変状としては、盛土表面の不陸または凹凸、亀裂等が挙げられる。また、道路等の周辺施設に変状が確認される場合も、優先度が高いと評価する。

(3) 地下水の有無

盛土内に地下水が存在することもしくはその可能性を示唆する事象が確認された場合は、地下水位が高く盛土が流動化しやすい可能性があるため、優先度が高いと評価する。盛土内に地下水が存在することを示唆する事象とは、盛土のり面からの湧水や擁壁水抜きからの出水等であり、盛土内に地下水が存在する可能性がある事象とは、その痕跡（湧水跡、水を好む植生がある等）である。また、地下水が存在する事象が確認される場合がより優先度が高いと評価する。

(4) 盛土下の不安定な土層の有無

盛土の周辺に崖錐・崩積土、沖積粘性土および沖積砂質土が確認された場合は、盛土の下に不安定な土層が堆積している可能性があるため、優先度が高いと評価する。また、旧地形図、表層地質図および既存のボーリングデータなどから盛土下の不安定な土層の有無を想定してもよい。

表 V. 2. 1 現地踏査における着目点の例

優先度の評価指標	現地踏査における着目点の例
<p>① 盛土および擁壁の 形状と構造</p>	<p><標準的な形状と構造に該当しない></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 盛土のり面勾配が急 ・ 適切な間隔で小段が設置されていない ・ 適切なのり面保護工が設置されていない ・ ひな壇部分の傾斜※が急 ・ 適切な擁壁構造ではない
<p>② 宅地地盤・擁壁・のり面の 変状の有無</p>	<p><有></p> <p>宅地地盤</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 亀裂、沈下、隆起 <p>擁壁</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 擁壁とその基礎の亀裂、ズレ、傾斜、沈下、ハラミ ・ 擁壁背面の水溜り、擁壁水抜き穴からの背面土流出 ・ 補修履歴 <p>盛土のり面</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ガリ浸食跡 ・ 表面の不陸または凹凸 ・ 亀裂 ・ 排水工の変状や不備などによるのり尻の侵食 <p>その他</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 災害の痕跡 ・ 根曲がり ・ 道路の亀裂、陥没・隆起、側溝・グレーチングのズレ
<p>③ 地下水の有無</p>	<p><有></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 盛土のり面からの湧水 ・ 擁壁水抜き穴からの恒常的な出水 ・ ひな壇部分の擁壁前面部からの出水 ・ 排水工や擁壁が恒常的に湿っている ・ 盛土のり尻の排水工の水没 ・ 排水工の目地や亀裂などからの表面排水の地下浸透 ・ 盛土のり尻に調整池やため池があり、その満水時水位の跡がのり尻より高い ・ 既存井戸があり、その満水時の水位の跡がのり尻より高い <p><可能性有></p> <p>上記の痕跡</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 盛土のり面からの湧水の痕跡 ・ 擁壁水抜き穴からの出水の痕跡 ・ ひな壇部分の擁壁前面部からの出水の痕跡 ・ 排水工や擁壁が黒ずんでいる ・ 盛土のり尻の排水工の水没の痕跡 <p>その他</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 盛土のり尻に調整池やため池がある ・ 盛土が沢部などの集水地形に位置する ・ 盛土上のガレージ内がジメジメしている ・ 水を好む植生がある
<p>④ 盛土下の 不安定な土層の有無</p>	<p><有></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 盛土周辺に崖錐、崩積土が堆積 ・ 盛土周辺に沖積粘性土が堆積 ・ 盛土周辺に沖積砂質土が堆積

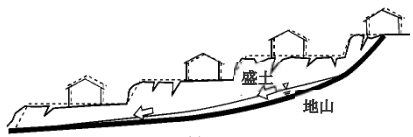
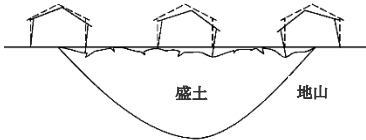
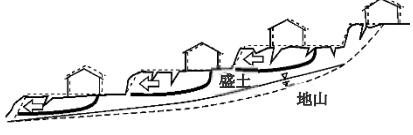
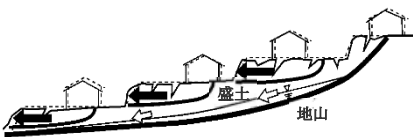
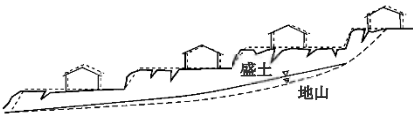
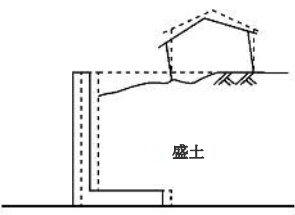
※ひな壇部分の傾斜角 = \tan^{-1} (ひな壇部分の高さ/ひな壇部分の幅) (図参 1. 2-⑤参照)

表 V. 2. 2 滑動崩落の被害形態とその危険要因（崩壊）

滑動崩落（崩壊）の被害形態		被害要因	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	盛土の下に不安定な土層が堆積	[軟弱な崖錐・崩積土]	<p>(すべり崩壊)</p>	谷埋め型 腹付け型
			[軟弱な沖積粘性土]	<p>(すべり崩壊)</p>	谷埋め型 腹付け型
			[緩い飽和沖積砂質土]	<p>(流動的すべり崩壊)</p>	谷埋め型 腹付け型
			盛土のり面の不安定化によるすべり崩壊	盛土のり面の表面付近が不安定	
擁壁倒壊	擁壁の不安定化による擁壁倒壊・背面土の崩壊	擁壁が不安定		谷埋め型 腹付け型	

※地山：自然地盤（このうち安定したものが基盤）

表 V. 2.3 滑動崩落の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	地形要因・擁壁の状態	模式図	盛土の種類
変形	すべりによる変形	<p>盛土と地山の境界および盛土内部の脆弱面などを不連続面とする地すべり的変形（切盛り境界の不同沈下を含む）</p> <p>地下水位が高く、盛土が流動化しやすい</p> <p>盛土が脆弱（盛土の締固め不足等）</p> <p>ひな壇部分が不安定</p>	ひな壇形状の盛土	<p>〔盛土全体の变形〕</p>  <p><谷筋縦断></p>  <p><谷筋横断></p>	谷埋め型
				<p>〔ひな壇部分の变形〕</p>  <p>〔盛土全体とひな壇部分の複合型変形〕</p> 	
	<p>地形的要因により崩壊には至らない変形（切盛り境界の不同沈下を含む）</p> <p>地下水位が高く、盛土が流動化しやすい</p> <p>盛土の下に不安定な土層が堆積</p> <p>盛土のり面の表面付近が不安定</p> <p>盛土が脆弱（盛土の締固め不足等）</p>	<p>地山の勾配が緩く、細長い谷を埋めた薄い盛土</p> <p>谷の末端が閉塞している盛土</p>		谷埋め型	
擁壁変形	擁壁と背面土の変形	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		谷埋め型 腹付け型

V.3 第二次スクリーニングの優先度評価

基礎資料整理や現地踏査の結果に基づき、第二次スクリーニングの相対的な優先度を評価する。

【解説】

基礎資料整理や現地踏査で得られた結果のうち、以下の指標を組み合わせて、**図V.3.1**に示すフローに従い第二次スクリーニングの相対的な優先度を評価する。

<現地踏査で調査した項目のうち優先度の評価に用いる指標>

- ① 盛土および擁壁の形状と構造
- ② 宅地地盤・擁壁・のり面の変状の有無
- ③ 地下水の有無
- ④ 盛土下の不安定な土層の有無

<基礎資料整理で整理した項目のうち優先度の評価に用いる指標>

- ⑤ 造成年代
- ⑥ 変動確率

また、地下水の有無の判定が難しい箇所や地下水の存在の可能性がある箇所等において、簡易な地盤調査を行い、盛土内の地下水位および硬軟・締め具合等を把握し、優先度を評価してもよい。加えて、簡易な安定計算なども併用して、優先度評価の参考とすることも可能である。簡易な地盤調査の例として、オートマチックラムサウンディングやスウェーデン式サウンディング (**参考6.4** (1) ③、④、⑤参照) などが挙げられる。

なお、⑥変動確率については、実被害との整合性が低い場合があることが東北地方太平洋沖地震の被災事例等で確認されている (**参考5.4**参照)。このため、優先度評価は、①から⑤までの指標による評価を基本とし、⑥変動確率については、①から⑤の評価結果により最も優先度が低いと評価された大規模盛土造成地において補足的に行うこととしている。

最終的な優先度については、変状の程度や連続性、優先度評価指標の該当数、地域の状況に応じて見直すことが可能である。また、同じ優先度のランクに多数の地区が存在する場合などは、想定される被害規模を検討し、同じランクの中での優先度を区分してもよい。被害規模の想定は、例えば、**表V.3.1**に示すような、保全対象の住宅数や保全対象の公共施設等の数などから検討する方法が考えられる。

第二次スクリーニングの優先度評価結果のイメージを**表V.3.2**に示す。

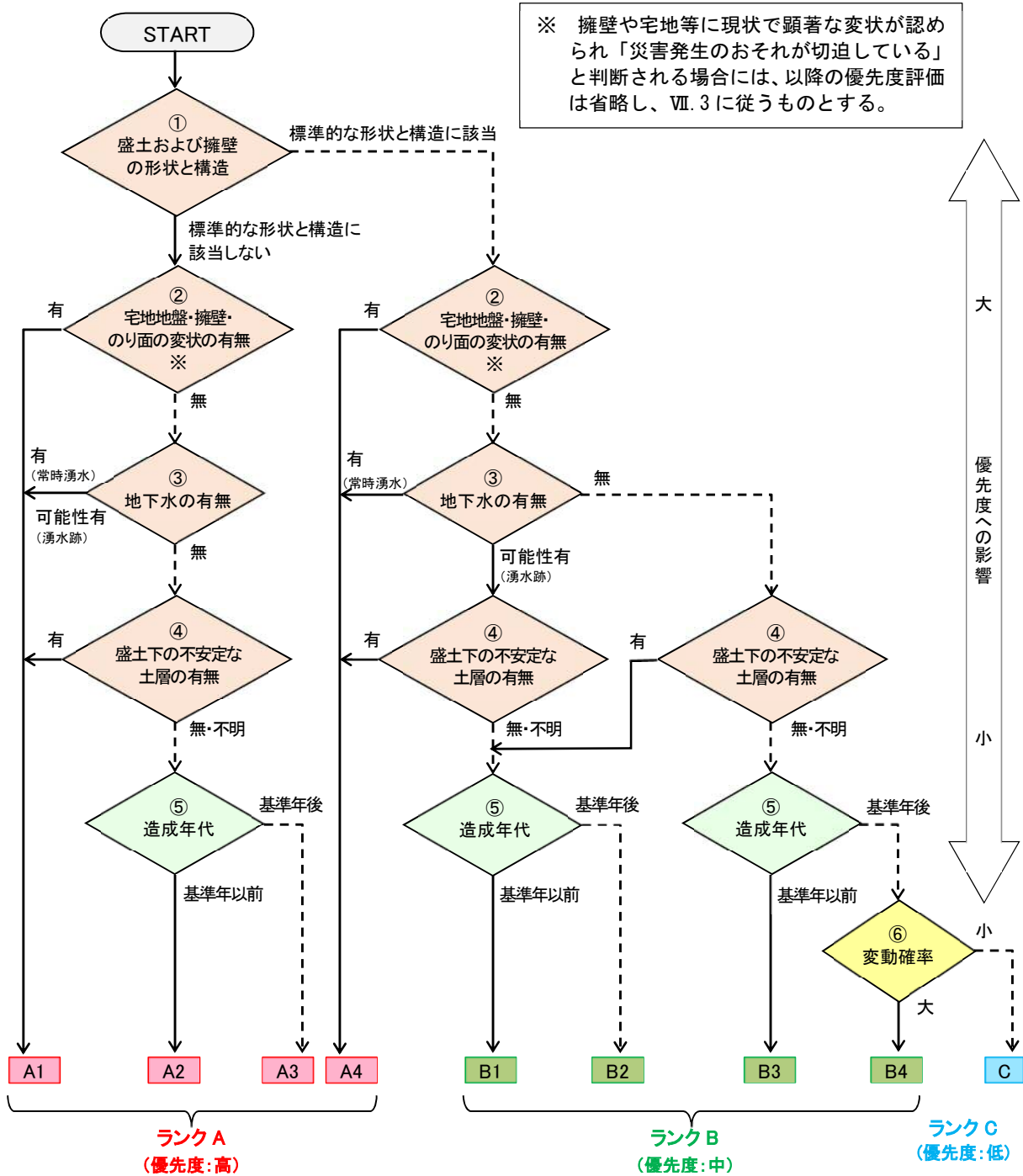


図 V. 3.1 優先度の評価フロー

表 V. 3.1 被害規模のランクの評価(例)

		保全対象の公共施設等の数		
		2つ以上該当	1つ該当	該当なし
保全対象の住宅数	○戸以上	a	b	c
	10～○戸	b	c	d
	1～9戸	e	e	e

被害規模の大きさ	大 ←-----→ 小				
被害規模のランク	a	b	c	d	e
滑動崩落が生じた際の被害規模	非常に大きい	大きい	中程度	やや小さい	小さい

※住宅数の区分や保全対象数の基準は、各地方公共団体で判断してよい。

表 V.3.2 第二次スクリーニングの優先度評価結果イメージ

地点番号	第一次スクリーニング										第二次スクリーニング計画														想定被害形態										
	盛土造成地の位置		盛土造成地の規模			大規模盛土造成地の抽出					優先度評価										その他														
	所在地	面積 (m ²)	原地盤面の勾配 (度)		高さ (m)	谷埋め型	腹付け型	現地での確認		大規模盛土造成地の種類	①盛土/擁壁の形状・構造					②変状				③地下水	④不安定土層	⑤造成年代		⑥変動確率 (%)		特記事項	優先度	保全対象							
			α	θ				面積 3000m ² 以上	原地盤面の勾配20度以上かつ高さ5m以上		必要性	結果	のり面勾配	小段間隔	保のり工面	ひな壇部分	擁壁構造	宅地地盤	擁壁			のり面	周辺施設					頂部亀裂	沈下傾斜亀裂	表層崩壊	有	有	無	造成年代	方式1による変動確率 (%)
28	〇〇市 □□6丁目	2,200	不明	15	4	×	△	要	腹付け型	—	標準	標準	標準	標準	逆T	該当	無	亀裂	無	無	有	有	無	H2	後	50 (方式2)	大	擁壁の沈下等顕著な変状があるため、災害発生のおそれが切迫していると判断。	※	10戸	無	盛土材砂質土	崩壊		
31	〇〇市 ■■2丁目	3,000	10	—	15	○	×	不要	—	谷埋め型	標準	標準	標準	急	空石積	非該当	亀裂	亀裂	無	無	有	有	無	S42	前	20	小	ひな壇部分の多数の擁壁に変状あり、湧水も認められる。またひな壇部分の傾斜が急であることから、ひな壇部分が連続的に変形するおそれがあると判断	A1	多数	無	なし	変形		
30	〇〇市 ■■1丁目	3,000	25	—	15	○	○	不要	—	谷埋め型 腹付け型 注)現地調査を踏まえて判断する	急	標準	標準	標準	石積	非該当	無	無	亀裂	無	有	無	無	S36	前	90	大	現地踏査より腹付け型と判断(盛土のり面勾配が急で、亀裂は認められたが、地下水は確認されなかった)	A1	多数	河川 鉄道	なし	崩壊		
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
3	〇〇市 □□6丁目	2,900	20	—	5	×	○	不要	—	腹付け型	標準	標準	標準	標準	もたれ	該当	無	亀裂 傾斜	無	無	有	有	無	H5	後	25	小	擁壁に変状あり。湧水も認められることから、地下水も豊富と判断。	A4	多数	鉄道	地下水位 GL-3.0m	崩壊		
34	〇〇市 ▽▽1丁目	3,100	3	—	2	○	×	要	谷埋め型	谷埋め型	標準	標準	標準	標準	逆T	該当	無	無	無	無	無	無	無	有	S40	前	10	小	盛土の下に不安定な土層があるため、すべり崩壊被害が発生する可能性がある。	A4	多数	無	なし	崩壊	
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
1	〇〇市 △△1丁目	3,000	14	—	20	○	×	不要	—	谷埋め型	標準	標準	標準	標準	逆T	該当	無	無	無	無	無	可能性 有	無	H11	後	40	大	■地形が屈曲しているため、上流側と下流側に区分。 ■谷の末端が閉塞しているため、被害形態は変形にとどまると判断。	B2	多数	無	なし	変形		
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
4	〇〇市 ▲▲1丁目	4,000	2	—	4	○	×	不要	—	谷埋め型	標準	標準	標準	標準	逆T	該当	無	無	無	無	無	無	無	H3	後	20	小	現地踏査の結果、滑動崩壊のおそれが小さいことを確認。 (土質・地下水調査、安定計算省略)	C	10戸	無	なし	—		
2	〇〇市 △△2丁目	1,800	15	—	3	×	×	不要	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29	〇〇市 ●●1丁目	2,500	不明	5	3	×	×	不要	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
32	〇〇市 ■■3丁目	3,300	5	—	3	○	×	要	切土	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
33	〇〇市 ■■4丁目	3,200	10	—	4	○	×	要	平坦地	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

※:地点番号 28 は、擁壁に沈下等の顕著な変状が認められ、宅地頂部に亀裂も生じていることから、「災害のおそれが切迫している」と判断されるため、第二次スクリーニングは実施せず、「Ⅶ.3 防災区域の指定等(令第十九条第一項第二号または法第十六条第二項の勧告に該当(災害発生のおそれが切迫していることが確認される場合))」に従う。

参考 5.4 第二次スクリーニング計画の作成における現地踏査の重要性について

【事例 1】

現地踏査を行ったことで、机上調査では判別できない擁壁の有無や変状等を確認し、滑動崩落等の災害発生に留意しなければならないと判定した事例を以下に示す。

① 机上調査結果

- ・ 盛土幅は 40m と小さく、盛土厚は 12m と厚く、原地盤面の勾配が 9 度と緩い、谷埋め型の大規模盛土造成地である。
- ・ 盛土幅が小さく、盛土厚が大きいため、点数方式（方式 2）による変動確率は 10% と小さい。

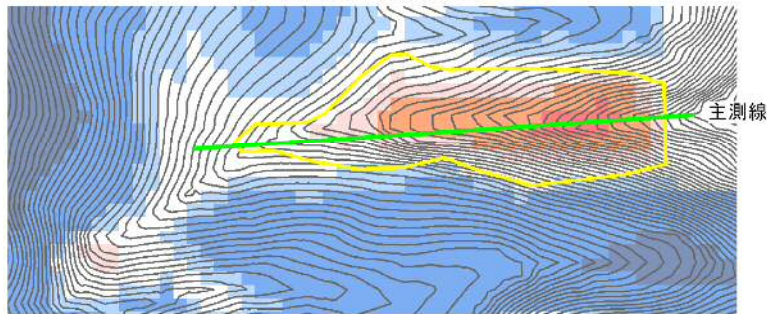
② 現地踏査結果

- ・ 盛土端部はのり面ではなく、コンクリート擁壁であることを確認。
- ・ 擁壁には縦クラックがあり、水抜き工から湧水もある。
- ・ 擁壁天端付近の宅盤にも変状が見られ、周辺に住宅が多いことから、災害発生に留意しなければならない盛土と判定した。

表参 5.4-① 机上調査結果（事例 1）

盛土形状（机上調査）				計算結果	
幅：W	40m	高さ：H	25.2m	点数方式（方式 2）	10%
奥行き：L	155m	原地盤面の勾配： θ	9.4°	数量化Ⅱ類変動確率	13%
面積：A	6,200m ²	厚さ：D	12.0m		

大規模盛土造成地の抽出図



図参 5.4-① 机上調査結果の例



擁壁に見られるクラック
（最大開口幅3cm）



末端部の擁壁上部に見られる
擁壁のズレ

図参5.4-② 現地踏査結果の例

【事例 2】

東北地方太平洋沖地震の仙台市の滑動崩落による被災地区 26 地区を抽出し、①点数方式（方式 1, 2）、②数量化Ⅱ類方式、③統計的側部抵抗モデルの手法に基づき変動確率の評価を行った。その結果、26 地区中 11 地区が、変動確率が低いもしくは安全性評価指数が高い評価となった。

以下に、盛土高さ・厚さ等の盛土形状のみでは把握できない被害が生じた事例を示す。

① 地盤調査結果

- 盛土幅 61.0m、盛土厚 13.9m、原地盤面の勾配 7 度の谷埋め型の大規模盛土造成地である。
- 盛土幅に対する盛土厚が大きいため、点数方式による変動確率は方式 1 で 19.4%、方式 2 では 4.4%、数量化Ⅱ類による変動確率も 28%、統計的側部抵抗モデルによる安全性評価指数も 1.11 となり、変動確率は低いと評価された。

表参 5.4-② 机上調査結果（事例 2）

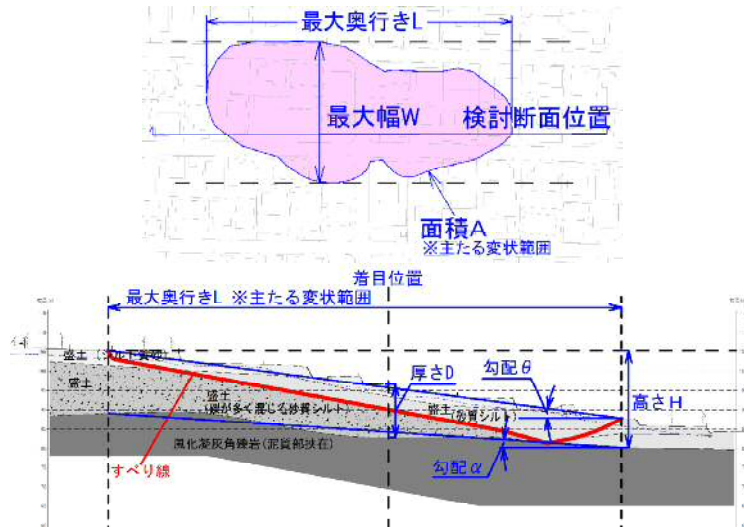
盛土形状（地盤調査）				計算結果	
幅：W	61.0m	高さ：H	25.2m	点数方式（方式 1）	19.4%
奥行き：L	132.8m	地山の勾配： α	3.8°	点数方式（方式 2）	5.6%
面積：A	8,100m ²	厚さ：D	13.9m	数量化Ⅱ類変動確率	13.2%
				統計的側部抵抗モデル安全性評価指数	1.63

② 被災状況

- 当該地区では、盛土のひな壇部分の変形被害が顕著であった。これらの手法は、主に盛土と地山の境界を通る滑りを想定して検討されたものであるため、変動確率を過小に評価してしまう結果になったと考えられる。



図参 5.4-③ 東北地方太平洋沖地震の仙台市の滑動崩落被害写真（ひな壇部分の変形被害）



図参 5.4-④ 分析地点の平面図および断面図

VI. 第二次スクリーニング

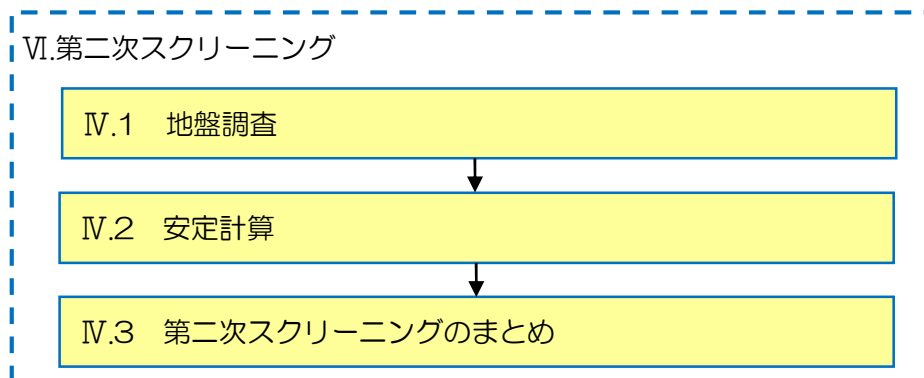
第二次スクリーニングは、地盤調査および安定計算により滑動崩落のおそれがある大規模盛土造成地を抽出することを目的として行う。

【解説】

第二次スクリーニングは「V. 第二次スクリーニング計画の作成」において作成された調査計画に従い、原則、図VI.1の流れで実施する。第二次スクリーニングは、地盤調査と安定計算を実施し、滑動崩落のおそれがある大規模盛土造成地を判断・抽出するため、学識経験者等を交えて検討することが望ましい。

第二次スクリーニングでは、第二次スクリーニング計画の作成などで実施した現地踏査結果を踏まえ、大規模盛土造成地を安定計算ができる滑動崩落の運動ブロックに区分するとともに、ブロック毎に調査測線を設定し、盛土の形状、土質、地下水位などを調査する。最後にそれらの調査結果を用いて安定計算を行い、滑動崩落のおそれがある大規模盛土造成地を、一団の造成宅地単位で抽出する。

なお、大規模盛土造成地が複数のブロックに区分され、特定ブロックの安定性が他ブロックの安定性に影響する場合、まず特定ブロックの調査および安定計算を行い、その結果を踏まえて他ブロックの調査および安定計算の必要性を判断してよい（例えば、上流と下流の2ブロックに区分され、下流ブロックが安定していれば、上流ブロックで滑動崩落が生じるおそれは小さいと判断される場合、まず下流ブロックの調査および安定計算を行い、下流ブロックが不安定という結果になれば上流ブロックの調査および安定計算を実施し、下流ブロックが安定という結果になれば、上流ブロックの調査および安定計算は省略する、など）。



図VI.1 第二次スクリーニングの流れ

VI.1 地盤調査

地盤調査は、第二次スクリーニング計画の作成で実施した現地踏査の結果から現在の盛土の形状を確認し、想定される滑動崩落の方向に沿って、調査測線を設定する。次に、設定した調査測線における調査ボーリングにより、当該大規模盛土造成地の土質、単位体積重量、内部摩擦角（せん断抵抗角）、粘着力、地下水位などを把握する。

【解説】

第二次スクリーニング計画の作成で実施した現地踏査結果から、滑動崩落のおそれのある部分ごとに区分する。

さらに、区分された部分ごとに、想定される滑動崩落の運動方向に沿った調査測線を設定する。そして設定した調査測線における、当該盛土の形状、土質、地下水位などを把握するため、地盤調査を実施する。

なお、調査の結果、地下水が宙水状に保水されていることも認められず、盛土内に浸入していないことが確認された谷埋め型大規模盛土造成地（腹付け型大規模盛土造成地であるものを除く。）は、以降の第二次スクリーニングを省略してよい。ただし、脆弱な材料で構成される盛土では、既往の地震において滑動崩落の被害が発生した事例があるため、盛土の締まり具合や硬軟について把握した上で、第二次スクリーニングの省略の是非を判断する必要がある。

地盤調査結果に基づき実施する後述「VI.2 安定計算」では、滑り面を設定するが、そのためには危険要因を把握し滑動崩落の被害形態を想定する必要がある。

また、安定計算によって地震時に滑動崩落が生じる危険性が高いと判定され対策を講じる場合、適用できる工法とその効果は被害形態とその危険要因および施工条件によって異なる。工法選定および設計・施工のための詳細な調査は別途実施する必要があるが、変動予測調査段階において、適用可能な工法の目途をつけておくことは、その後の合意形成を円滑に進めるうえで有効である。

このため地盤調査は、危険要因の有無を定量的に把握し滑動崩落の被害形態を想定できる内容とする必要がある。

※ 滑動崩落の被害形態とその危険要因は、「V. 第二次スクリーニング計画の作成」の表V.2.2と表V.2.3参照。

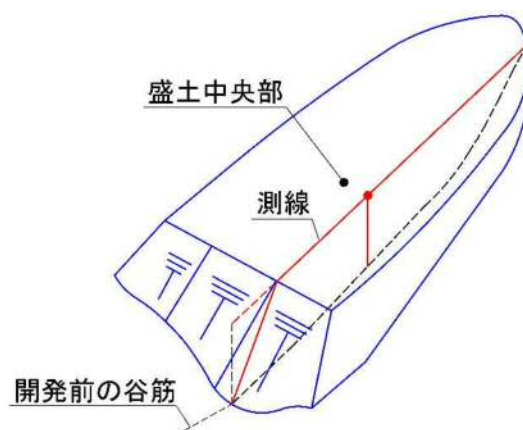
① 大規模盛土造成地の区分

主に地震に起因して生じる大規模盛土造成地の滑動崩落は、盛土全体が変動し、地山との境界面や盛土内部等で崩壊や変形を起こす現象である。したがって、直線的でない形態（例えば「く」の字のような形態）の大規模盛土造成地は、第一次スクリーニングで得られた原地盤の地形や現在の盛土の地形をもとに、現地踏査の結果も踏まえ、安定計算を実施できる部分に区分するのが適当である。大規模盛土造成地を区分する場合に想定される具体事例を参考 6.1 に示す。

② 調査測線の設定

調査測線とは、滑動崩落の主な運動ブロックの中心部で運動方向に設定する測線であり、この測線の縦断面において安定計算を行うものである。

調査測線は、①で区分した盛土ごとに、原地盤の地形や現在の盛土の地形を考慮し、その盛土を代表する滑り面を具体的に確認でき、安定計算を行うのに適した位置および方向に設定するものとする。



図VI. 1.1 調査測線の設定イメージ

③ 盛土の形状、土質、地下水位の調査

調査測線における当該盛土の形状、土質、地下水位の調査を下記のとおり行う。なお、建築物を建築した際の地盤調査結果等がある場合は、それらを参考にするのもよい。各調査の位置と間隔の目安、調査計画項目および数量の例を[参考 6.2](#)に示す。

1) 盛土形状の調査

調査測線における盛土の形状は、第一次スクリーニングにおいて把握した原地盤の地形および現地での測量等により計測するものとする。また、必要に応じて地盤調査により、盛土造成地の規模等の補正を行うことが望ましい。

2) 地中埋設物の確認

調査ボーリングに先立ち、既存の地中埋設物の位置データ（下水道台帳、道路台帳、電力・ガス管理台帳等）を精査し、地中埋設物の有無を確認する。既存のデータから埋設物の有無が確認できない場合は、地下レーダ、表面波探査等の物理探査を行うこととする。

3) ボーリングおよび原位置試験

調査測線における調査ボーリングにより当該盛土の土質を調査する。盛土の土質は一様でない場合もあることから、材料が異なる場合はそれぞれの土質を調査する。当該盛土が軟弱な粘性土や緩い砂地盤上に位置し、地山を含む滑動崩落が想定される場合は、滑り面が想定される深さまで地山の土質も調査する。

また、当該盛土上の建築物等の立地状況により、調査ボーリングが可能な地点が限られる場合は、スウェーデン式サウンディングなどによる調査も検討する。なお、調査ボーリングは点の情報であることから、面的な情報を収集可能な物理探査等を必要に応じて併用することが望ましい。

主なボーリングおよび原位置試験方法を[参考 6.3](#)、原位置試験の方法例を[参考 6.4](#)に示す。なお、原位置試験の詳細な方法は、地盤工学会発行の「地盤調査の方法と解説」を参照されたい。

4) サンプリング

室内土質試験に用いる供試体は現場で採取した試料を用いることが望ましい。サンプラーによって適用土質が異なるため、対象とする土質に応じて適切なサンプラーを判断し、乱さない試料を採取すること。[参考 6.3](#)にサンプリングの種類を示す。

5) 室内土質試験

安定計算に必要となる盛土材料等の土質特性を把握するため、室内土質試験を行う。調査する項目は、湿潤密度等の物理試験と、三軸圧縮試験等の力学試験である。各試験は、現場で採取した試料を用いて実施すること。三軸圧縮試験については、土質によって方法を選択する必要がある。粘性土系の場合には圧密非排水三軸圧縮試験、砂質土系の場合には圧密排水三軸圧縮試験、判断がつかない場合には、間隙水圧を測定する圧密非排水三軸圧縮試験を実施する。なお、盛土材料のバラつきが多い場合や不かく乱試料採取が困難である場合には、盛土内の現場含水比、密度および締固め度を測定し、現場条件に近い状態で供試体を作成すること。

また、盛土内の脆弱部の範囲を把握するため、締固め試験等を利用することも考えられる（締

固め度と密度、三軸圧縮試験から得られる強度定数、N値等の関係などを整理)。

室内土質試験の方法を参考6.3に示す。なお、室内土質試験の詳細な方法は、地盤工学会発行の「地盤材料試験の方法と解説」を参照されたい。

6) 地下水位の調査

調査測線における当該盛土の地下水位を調査する。

盛土をしたことにより、当該盛土をした土地の地下水位が盛土をする前の地盤面の高さを超え、盛土の内部に浸入しているかどうかを確認する。調査の方法は以下のような手法がある。

- ① 調査ボーリングを実施し、その調査孔を用いて地下水位もしくは間隙水圧を観測
- ② P S 検層による推定 (P波速度 V_p から地下水位を推定)
- ③ 比抵抗映像法探査による推定 (低比抵抗値の分布から地下水位面を推定)
- ④ 弾性波探査 (屈折法) による推定 (弾性波速度から地下水位面を推定)
※盛土の地下構造を盛土と地下水の二層構造と仮定した屈折法。
※調査地点がアスファルトやコンクリートで覆われた道路である場合は適用できない。
- ⑤ 温度検層による推定 (地下水温と地温の温度差から地下水位を推定)
- ⑥ 自然電位法による推定 (自然電位の乱れから地下水位を推定)
- ⑦ 鉄管等および触針式水位計を利用した簡易地下水測定
- ⑧ 周辺の地下水位等観測結果による推定 (周辺のため池水位や湧水の標高などから地下水位面を推定)

その他近隣住民等に降雨後の湧水状況などをヒアリングし、参考にするのもよい。

上記①の場合には、調査ボーリングを実施し、その調査孔を用いて地下水位もしくは間隙水圧を測定するのが確実であるが、盛土前に谷底に底設暗渠を設けている場合には、地下水圧の分布が静水圧の三角形分布とならず、盛土の途中の深さまでは三角形分布になっていても下部になると水圧が下がっていくことがある。また、同じ土地で数次に分けて盛土造成を行った場合には、盛土材料の透水性の違いから各盛土の境界付近に帯水層が形成されることもある。このような水圧分布の場合に、盛土下部まで連続してボーリング掘削を行って地下水位を観測すると、ボーリング孔底付近に地下水位が確認されるため、宙水状の地下水が存在するにもかかわらず「盛土内に地下水はない」と判定してしまう可能性がある。以上のような場合に地下水位を正確に測定する方法としては、地下水位を確認するまでは無水掘りをするを基本とし、地下水を確認後は、ボーリング掘削を例えば2m毎に止め、地下水位を観測しながら段階的に掘削を進める方法などが考えられる。宙水状の地下水の確認方法の例を参考6.5に示す。なお、地下水位は安定計算の結果に強く影響するため、季節的な変化も把握することが望ましい。

7) 総合解析とりまとめ

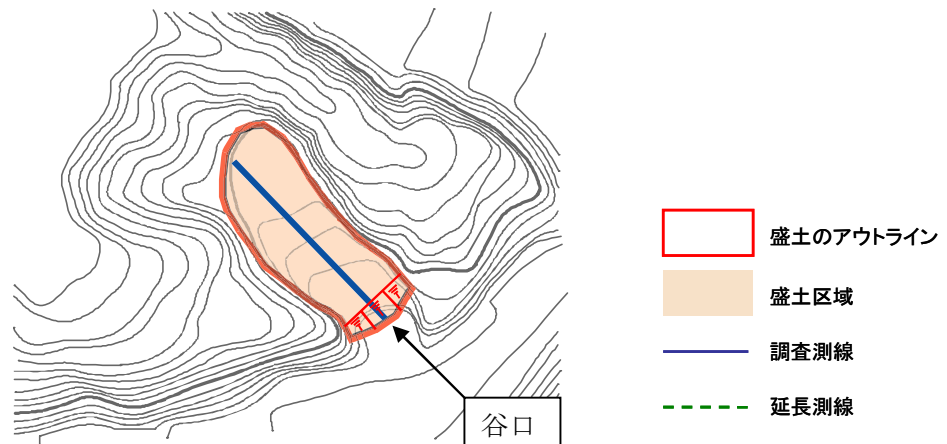
地盤調査で得られた結果を踏まえて地質断面図を作成するとともに、盛土や地山の地盤定数や脆弱部の範囲などの安定計算に必要な諸条件を整理する。なお、総合解析結果は、宅地カルテ等にとりまとめる (参考5.1様式5参照)。

参考 6.1 大規模盛土造成地の区分

(1) 大規模盛土造成地の基本区分

大規模盛土造成地の区分は、1995年兵庫県南部地震や2004年新潟県中越地震、2011年東北地方太平洋沖地震の事例などから、地形的な変化点がない限り、谷口から直線的なブロックとすることを基本とする。

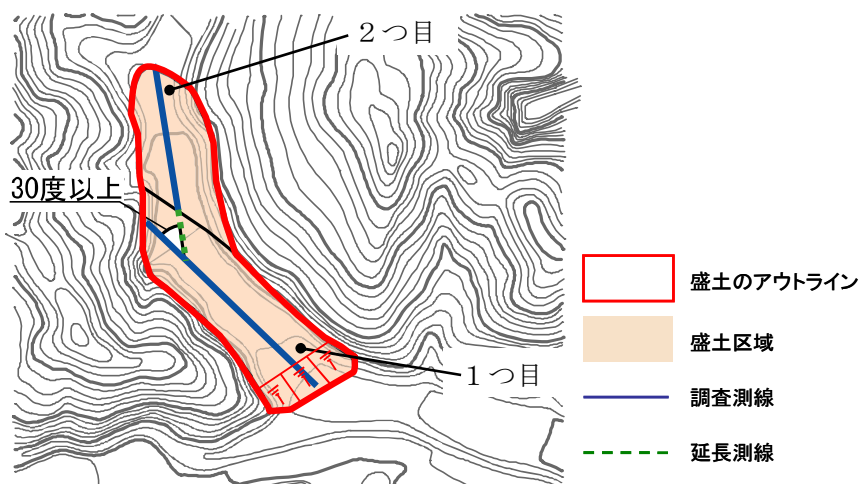
図参6.1-①のような直線的な大規模盛土造成地以外の区分の事例を以下に示していく。この際、現地踏査や地盤調査の結果等を加味し、地すべりに関する技術者の意見を踏まえ、大規模盛土造成地の区分を行うのが望ましい。また地形等から複数のブロックに区分する場合は下流から順に、支流がある場合や複数の谷に跨る場合は原地盤面の勾配が大きいものから順に区分する。



図参 6.1-① 大規模盛土造成地の基本区分

(2) 大規模盛土造成地が屈曲している場合

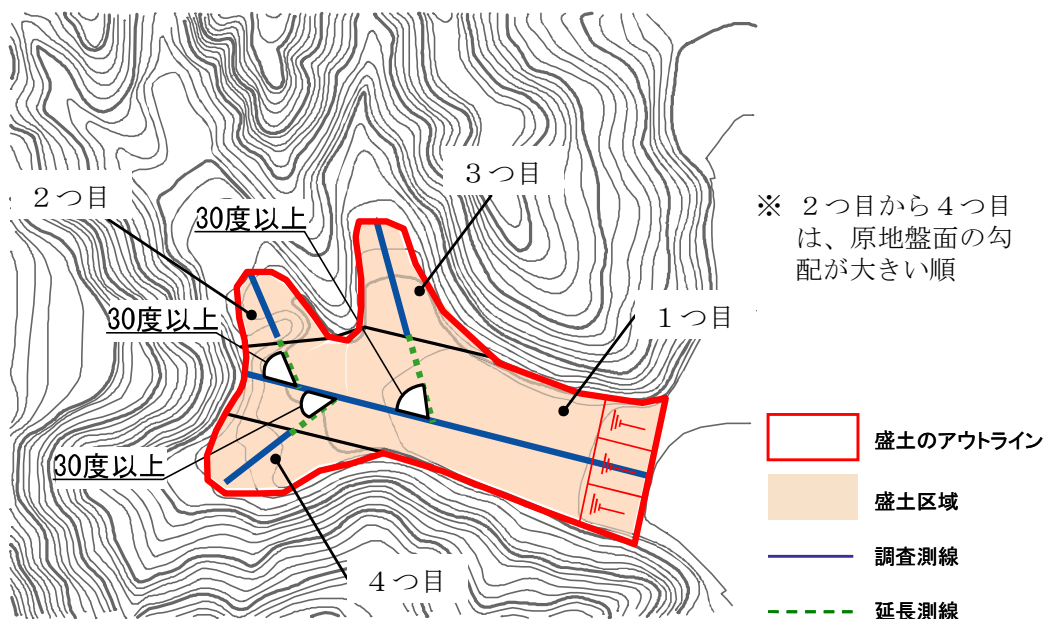
兵庫県南部地震などの過去の災害事例によると、大規模盛土造成地がおおよそ30度以上屈曲している場合を目安に区分すべきである。この際、下流側のブロックの直線性を優先し分割する。



図参 6.1-② 屈曲した大規模盛土造成地の区分

(3) 谷が分岐する場合

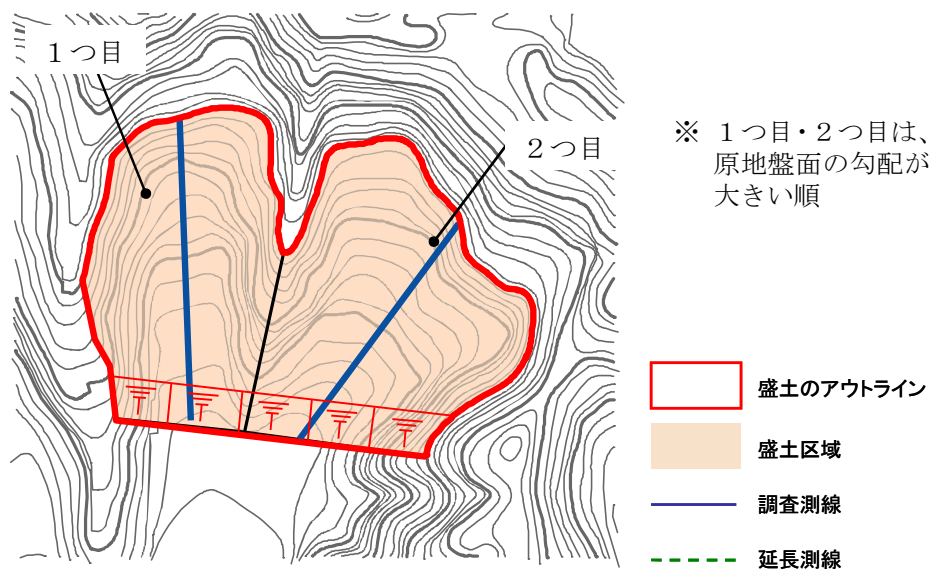
谷が分岐する場合、分岐地点で大規模盛土造成地を区分する。その際、下流側の大規模盛土造成地の直線性を優先的に考慮し、区分を行う。



図参 6.1-③ 谷が分岐する大規模盛土造成地の区分

(4) 尾根まで埋没した大規模盛土造成地の場合

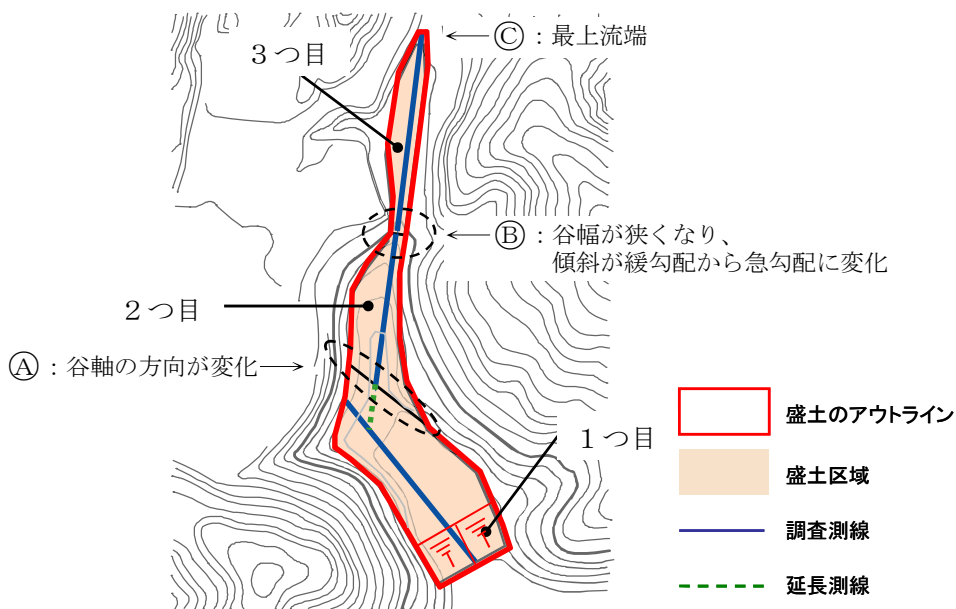
大規模な開発が行われている地域では、宅地造成前の尾根が埋没している場合がある。そのような場合は、残っている尾根から推測した尾根の中央部を通る線で区分する。



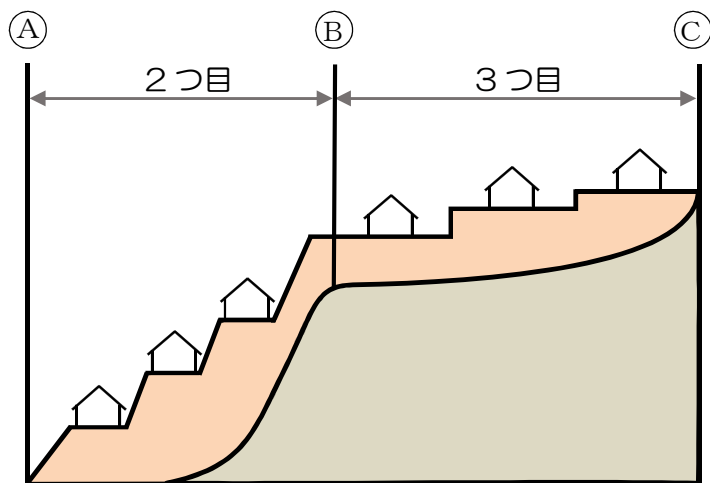
図参 6.1-④ 尾根が埋没した大規模盛土造成地の区分

(5) 大規模盛土地形変化点を有している場合

宅地造成前の地形の谷幅が著しく狭くなる場所や傾斜が変化点を有する場合は、地形が変化する場所で大規模盛土造成地を区分する。大規模盛土造成地を区分するときは、谷口に近い大規模盛土造成地の直線性を優先的に確保する。このようなケースは、図参 6.1-⑥に示すような段丘の縁部などに見られる。



図参 6.1-⑤ 地形変化点における大規模盛土造成地の区分



図参 6.1-⑥ 地形変化点における大規模盛土造成地の区分（縦断面）

参考 6.2 地盤調査地点の位置と間隔・調査数量の目安

調査ボーリングやサウンディングの位置は、調査測線において、当該盛土の形状、土質、地下水位が把握出来る地点とする。これには、盛土のり尻付近、のり肩、最も盛土厚が厚い地点、分岐谷の合流地点などが考えられる。調査位置は、斜面上や公園、道路等の公共用地を用いることを想定しているが、建築物等の立地状況により、調査ボーリングが可能な地点が限られる場合は、住民等の協力を得て、宅地内でスウェーデン式サウンディングなどの簡易な調査を実施する方法もある。

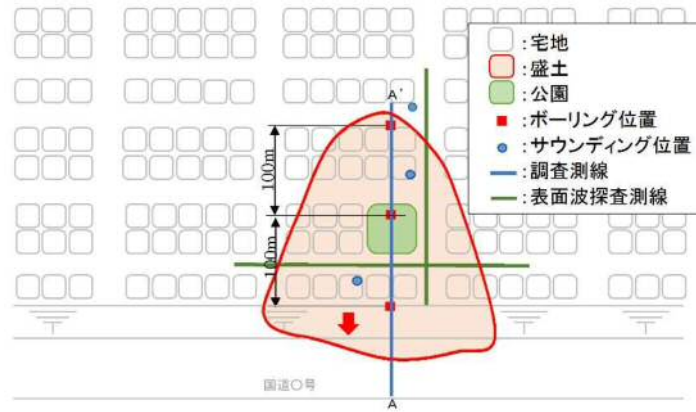
調査間隔の参考例を表参 6.2-①に示す。また、調査計画と数量の例を図参 6.2-①、表参 6.2-②に示す。

なお、1 地区あたりの調査費用は、調査項目や数量によって異なるが、概略 500～1000 万円程度を要する。

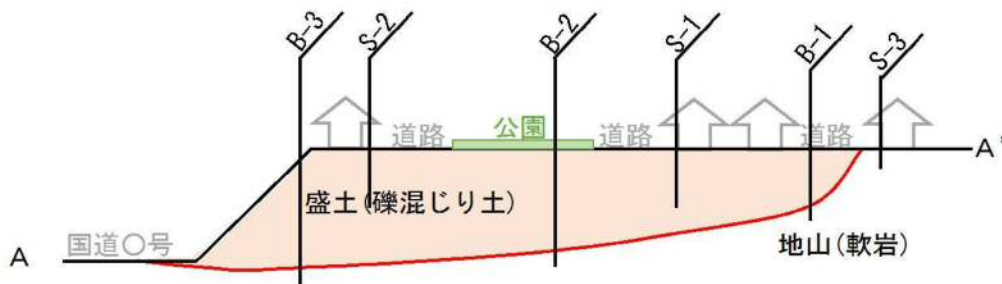
表参 6.2-① 調査間隔の参考例

独立行政法人都市再生機構：軟弱地盤技術指針，2008. 4.

地区	基盤の起伏	概略調査		詳細調査	
		ボーリング	サウンディング	ボーリング	サウンディング
平地部	比較的均一	300～500m サンプリング 1 地点	100～300m	200～300m	100～200m
	不規則	200～300m サンプリング 1 地点	50～200m	100～200m	25～100m
谷部	比較的均一 (大きな谷)	200～300m サンプリング 1 地点	50～200m	50～200m	25～200m
	不規則 (急峻な谷)	50～200m サンプリング 2 地点	25～100m	25～100m	25～100m
留意点		サンプリングを行うボーリング地点は造成敷地を代表する場所を選ぶ。盛土端部はサウンディングやボーリングを密に配置する。(高盛土の場合はのり尻から 20m 程度先まで調査するよう心掛ける。) 谷部のサウンディングは横断方向で密に縦断方向では粗くする。		調査位置の選定は必ずしも等間隔にする必要はなく、地盤状態の他に盛土端部などの問題箇所や幹線道路その他の土木構造物位置で密にするのがよい。	



(a) 平面図



(b) 断面図

図参 6.2-① 調査計画の例 (谷部・比較的均一な基盤の詳細調査)

表参 6.2-②(1) 調査数量の例 (その1)

地点 No.	ボーリング (m)				標準貫入試験 (回)	サンプリング (本)	地下水観測孔設置 (m)	室内試験 (試料)				
	本孔、孔径φ66mm、 オールコア			別孔 φ116mm ノンコア				土粒子の密度	含水比	粒度	湿潤密度	三軸圧縮
	礫混り土 (盛土)	軟岩 (旧地盤)	計									
B-1	5	2	7	5	7	1	-	1	1	1	1	1
B-2	8	2	10	8	10	2	10	2	2	2	2	2
B-3	10	2	12	10	12	2	-	2	2	2	2	2
計	23	6	29	23	29	5	10	5	5	5	5	5

表参 6.2-②(2) 調査数量の例 (その2)

スウェーデン式サウンディング試験		PS検層	
地点 No.	調査深度 (m)	B-3	15m
S-1	5	表面波探査	
S-2	5	測線 No.	測線長 (m)
S-3	2	A	400
-	-	縦断測量	
計	10	300m	

参考 6.3 主な地盤調査方法

大規模盛土造成地における滑動崩落の危険性を調査するための実用的な調査手法を以下に示す。調査方法・試験方法の選定にあたっては、その目的、方法、メカニズム、精度等を十分に把握して行う必要がある。

表参 6.3-① 主な地盤調査方法

分類	方法(俗称)		基準 No.	規格の名称
ボーリング	ボーリング		-	ロータリー式ボーリング (コアボーリング)
	簡易ボーリング		-	簡易式ロータリーボーリング (ノンコアボーリング)
原位置試験	サウンディング	標準貫入試験	JIS A 1219:2013	標準貫入試験方法
		静的コーン貫入試験	JIS A 1220:2013	機械式コーン貫入試験方法
			JGS 1431-2012	ポータブルコーン貫入試験方法
			JGS 1435-2012	電気式コーン貫入試験方法
		動的貫入試験	JGS 1433-2012	簡易動的コーン貫入試験方法
			-	オートマチックラムサウンディング
	物理探査 ・検層	スウェーデン式 サウンディング試験	JIS A 1221:2013	スウェーデン式サウンディング試験方法
		弾性波探査(屈折法)	-	弾性波探査(屈折法)
		表面波探査	-	多チャンネル式表面波探査測定
		速度検層	JGS 1122-2012	地盤の弾性波速度検層方法
	地下水 調査	密度検層	-	密度検層
			-	-
	サンプリング	地下水位測定	JGS 1311-2012	ボーリング孔を利用した砂質・礫質地盤の地下水位測定方法
			JGS 1313-2012	ボーリング孔内に設置した電気式間隙水圧計による間隙水圧の測定方法
JGS 1221-2012			固定ピストン式シンウォールサンプラーによる土試料の採取方法	
JGS 1222-2012			ロータリー式二重管サンプラーによる土試料の採取方法	
室内土質試験	物理試験	ロータリー式三重管	JGS 1223-2012	ロータリー式三重管サンプラーによる土試料の採取方法
		ブロックサンプリング	JGS 1231-2012	ブロックサンプリングによる土試料の採取方法
		土粒子の密度試験	JIS A 1202:2009 JGS 0111-2009	土粒子の密度試験方法
		含水比試験	JIS A 1203:2009 JGS 0121-2009	土の含水比試験方法
		粒度試験	JIS A 1204:2009 JGS 0131-2009	土の粒度試験方法
	力学試験	液性・塑性限界試験	JIS A 1205:2009 JGS 0141-2009	土の液性限界・塑性限界試験方法
		湿潤密度試験	JIS A 1225:2009 JGS 0191-2009	土の湿潤密度試験方法
		一軸圧縮試験	JIS A 1216:2009 JGS 0511-2009	土の一軸圧縮試験方法
			JGS 0521-2009	土の非圧密非排水(UU)三軸圧縮試験方法
			JGS 0522-2009	土の圧密非排水(CU)三軸圧縮試験方法
			JGS 0523-2009	土の圧密非排水(CUバー)三軸圧縮試験方法
		繰返し非排水三軸試験	JGS 0524-2009	土の圧密排水(CD)三軸圧縮試験方法
		JGS 0541-2009	土の繰返し非排水三軸試験方法	
		土の締固め試験	JIS A 1210:2009 JGS 0711-2009	突固めによる土の締固め試験方法
三軸試験用供試体作成	JGS 0811-2009	安定処理土の突固めによる供試体作製		

参考 6.4 ボーリングおよび原位置試験の方法例

(1) 調査ボーリング、各種サウンディング

土質を把握するための調査方法としては、調査ボーリングや標準貫入試験が考えられる。また、調査地点の立地条件等によりその他サウンディングによる推定も検討する。

① 調査ボーリング

調査ボーリングは、採取した土や岩を観察することにより、地層の構成を明らかにする。また、採取した土や岩の試験を実施することにより土質、岩質を明らかにすることもできる。さらに、調査ボーリング孔において、標準貫入試験などの原位置試験、間隙水圧などの測定のための計器類の埋設などを行うこともできる。



図参6.4-① 調査ボーリング実施風景

② 標準貫入試験

標準貫入試験（JIS A 1219）とは、質量 63.5kg のハンマーを落下高 76cm で打ち込み、サンプラーが 30cm 貫入するのに要する打撃回数（N値とよぶ。）を測定し、地盤の硬軟を表したものである。

③ 静的コーン貫入試験

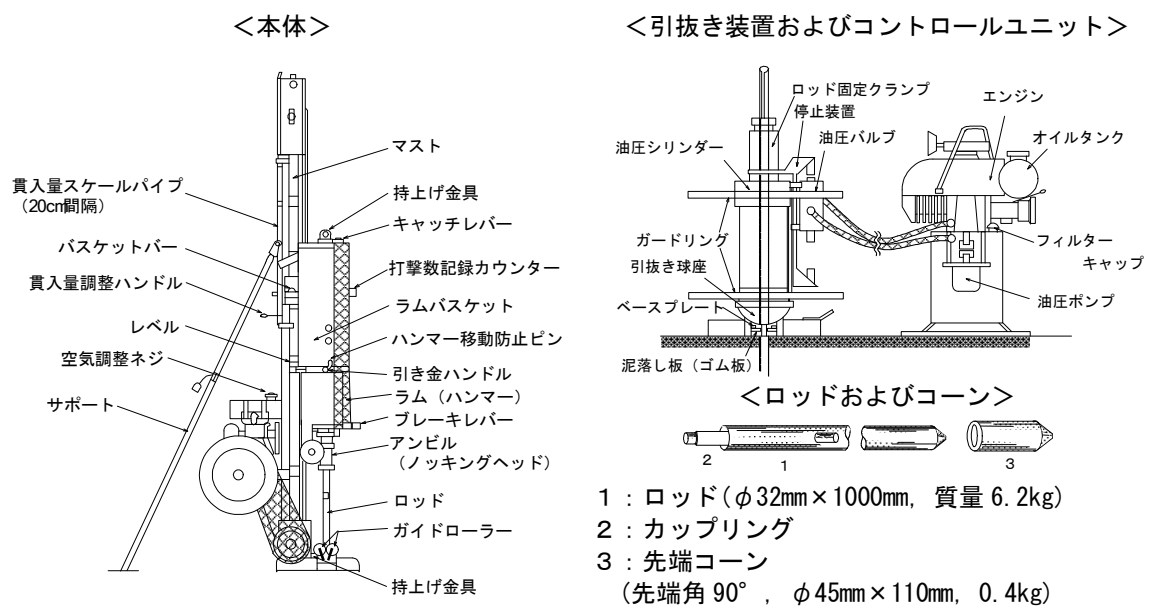
静的コーン貫入試験とは、機械式コーン貫入試験（JIS A 1220）をはじめとして数種類のものがあるが、基本はロッドの先端にコーン（円錐）を取り付けて静的に圧入するものである。オランダ式は二重管にしてロッドに働く土の摩擦力を除去して先端抵抗だけを測定するようにした方法であるが、簡易に人力で押し込むだけのポータブルコーン貫入試験（JGS 1431）が浅い軟弱層の調査には多用されている。

④ 動的コーン貫入試験

動的コーン貫入試験とは、ロッドの先端にコーンを装着したものを標準貫入試験と同様に重錘で打撃貫入する試験を言い、簡易動的コーン貫入試験（JGS 1433）やオートマチックラムサウンディングなど、コーンの大きさ、重錘の落下高さなどによって、各種の方法が考案・利用されている。本試験により得られる N_d 値と標準貫入試験より得られる N 値の関係式が提案されており、比較的相関がよいので、簡易で経済的な試験である。

簡易動的コーン貫入試験（JGS 1433）は、質量 $5 \pm 0.05\text{kg}$ のハンマーを $500 \pm 10\text{mm}$ の高さから自由落下させ、 100mm 貫入させるのに要する打撃回数 N_d 値を測定する方法である。軽量で扱いが容易であるため、急傾斜の狭隘な斜面でも調査が可能である。ただし、ロットの周辺摩擦の影響を受けるため、 N_d 値を測定できるのは地盤表層部 $4 \sim 5\text{m}$ 以内に限られる。また、貫入抵抗の大きい硬質粘性土や砂礫地盤などには適用できない。

オートマチックラムサウンディングは、スウェーデンで開発された方法であり、国内には、この装置と同じ構成で軽量化されたミニラムサウンディングも開発されている。試験方法は、 63.5kg のハンマーを 500mm の高さから自由落下させ（ミニラムサウンディングはハンマーの質量 30kg 、落下高さは 350mm ）、 200mm 貫入するのに要する打撃回数 N_{dm} を測定し、周面摩擦の影響を補正して N_d 値を得る。 N_d 値を測定できるのは深度 20m 程度以浅で、 N 値 50 未満の地盤まで適用できる。ミニラムサウンディングについては、 2m 四方程度の面積で実施可能であり、打撃音もやや小さいため、近年宅地を対象とした調査に用いられてきている。



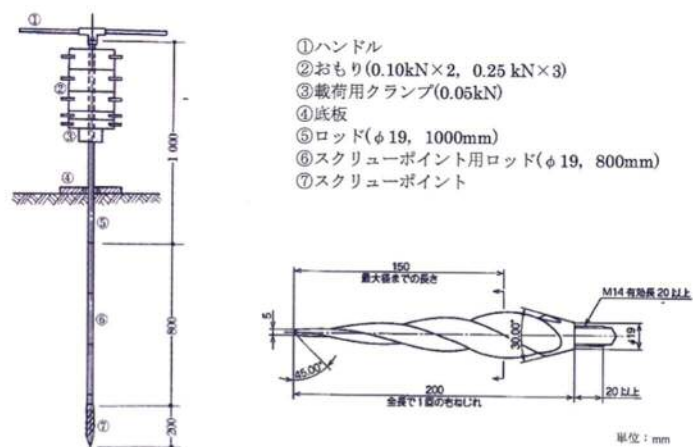
図参 6.4-② オートマチックラムサウンディング試験装置

地盤工学会：地盤調査の方法と解説，pp. 460-470，2013.

⑤ スウェーデン式サウンディング試験

スウェーデン式サウンディング試験（JIS A 1221）とは、長い四角錐をねじったような矢尻状のものを重錘による静的な荷重と回転力で地中に押し込む試験である。スウェーデン式サウンディング試験の最大の特徴は、簡易的に地盤の強度定数を把握することができ、特に軟らかい土の強度（一軸圧縮強度： q_u 、N値：N）の把握に有効である。スウェーデン式サウンディング試験は、**図参 6.4-③**に示すように荷重による貫入と回転貫入を併用した原位置試験であり、土の静的貫入抵抗を測定し、その硬軟または締まり具合を判断するとともに地層の構成を把握することを目的とし、調査深度の浅い宅地の地盤調査では、最も多く用いられている試験である。

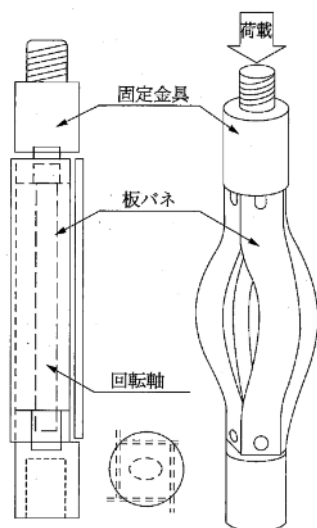
また、近年では、簡易なサンプラーや電気抵抗式の地下水位確認装置等が開発され、試験終了後のサウンディング孔を利用した土試料採取や地下水位測定が可能となってきている。簡易なサンプラーの例を**図参 6.4-④**に示す。



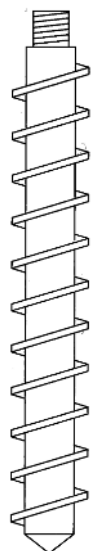
手動式試験器具の例



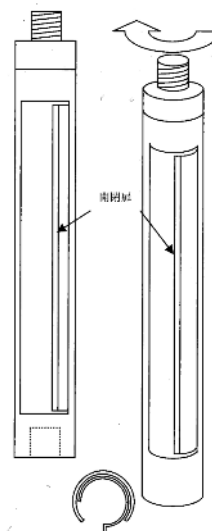
図参 6.4-③ スウェーデン式サウンディング試験位置と概要図



(a) 板ばね式サンプラー



(b) スパイラル式サンプラー



(c) 開閉式サンプラー

図参 6.4-④ 簡易なサンプラーの例

地盤工学会：地盤調査の方法と解説，pp. 333-334，2013.

(2) 面的な情報を把握するための物理探査

大規模盛土造成地の盛土形状は、安定計算や防災区域の指定等を行う際に重要な情報となる。調査ボーリングによる点の情報を補完し、盛土形状の面的な情報を把握できる調査手法としては、弾性波探査や表面波探査等に代表される物理探査が挙げられる。

① 弾性波探査（屈折法）

弾性波探査とは、地表付近または地中、水中で火薬などによって人工的に弾性波を発生させて、P波（縦波）あるいはS波（横波）が直接ないし異なる弾性波速度層の間で屈折して地盤を伝わってくる状況を、地表に設けた測定装置で観測し、走時（時間）を用いて地盤の弾性波速度構造を解明する方法である。弾性波探査は、面的な情報を短時間で把握することが可能である。

② 表面波探査

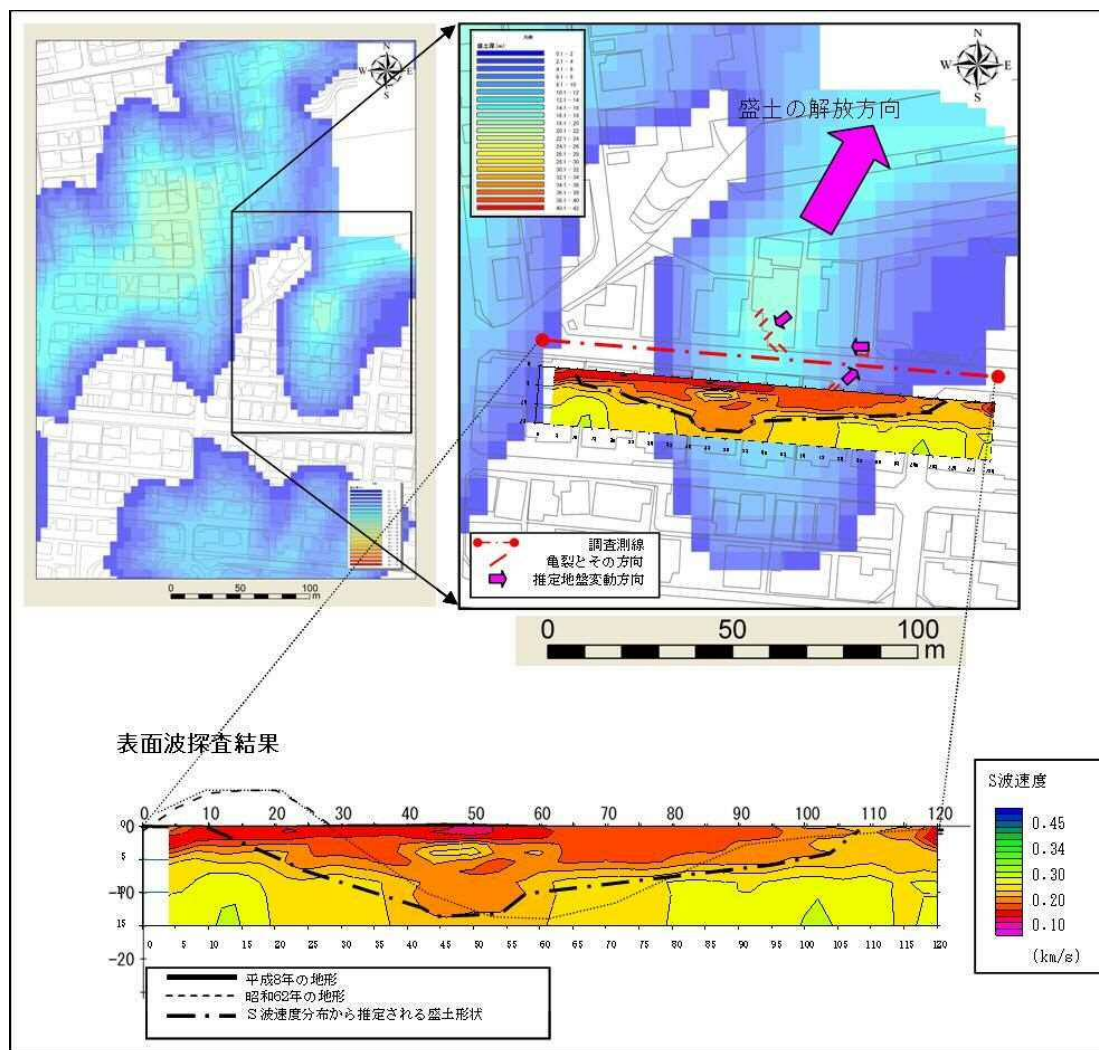
表面波探査とは、人工的な振動を発生させ、地盤の硬さを相対的に把握する調査手法の一つである。盛土は基盤層と比較するとやわらかいため、盛土の形状を把握する材料となる。表面波探査の実施風景を図参 6.4-⑤に示す。

図参 6.4-⑥は、盛土横断方向の測線上の表面波探査結果（S波速度分布図）である。表面波探査結果は、縦軸が深度、横軸が測線における距離程を示している。

測線上の昭和 62 年の地形を破線で示し、同じく平成 8 年の地形を実線で示した（ほぼ地表面と同じ）。現地試験による盛土の断面形状は、0.20km/s の S 波速度に着目して推定した（一点鎖線）。現地試験にて推定される盛土の中心位置は昭和 62 年の地形よりやや西側によっているが、概ね昭和 62 年の地形と一致している。



図参 6.4-⑤ 表面波探査試験の実施風景



図参 6.4-⑥ 表面波探査による地盤のゆるみ分布図（S波速度分布図）の例

参考 6.5 宙水状の地下水の測定方法

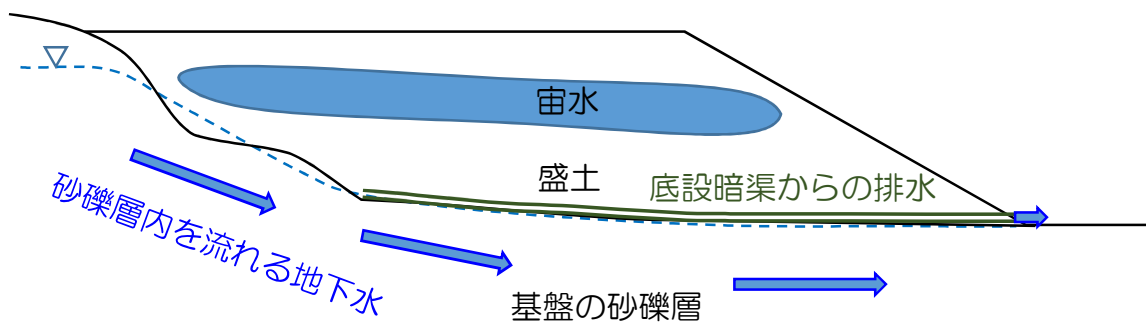
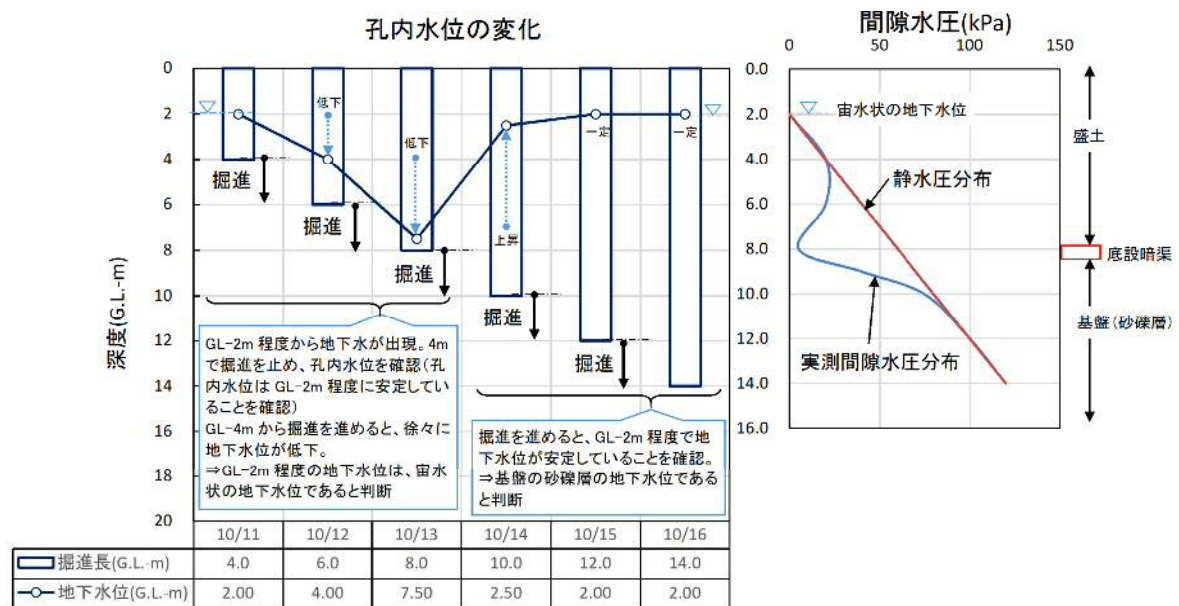
(1) 調査ボーリング孔を用いた測定

ボーリング掘削を2m程度毎に止め、地下水位を観測しながら段階的に掘削を進め、盛土内の宙水状の地下水位を推定する方法を紹介する。

ボーリングは、地下水位を確認するまで無水掘りを基本とする。地下水位を確認後は、数m毎に掘削を止め、ケーシングパイプを挿入し、スライム除去、清水を用いた孔内洗浄を十分に行い、水位が安定した後触針式水位計により水位を測定する。

測定例を図参 6.5-①に示す。造成時に底設暗渠が設置されており、そこから排水が行われている場合は、間隙水圧は三角形の静水圧分布にはならず、底設暗渠のところで下がるような曲線を示す。また、盛土材が細粒土等の場合は、暗渠工を設けているにもかかわらず、雨水等や地山からの流入水が保水され宙水状の地下水位が形成されることがある。このような水圧分布の場合に、盛土下部まで連続してボーリング掘削を行い、地下水位を観測すると、宙水状の地下水位を見落とす可能性がある。そのため、下図に示すように、地下水位を観測しながら段階的に掘削を進めることで、表層付近の宙水を把握することが可能となる。

なお、安定計算にあたっては、調査で把握した宙水状の地下水位を適切にモデル化する必要がある。また、間隙水圧を測定する場合には、地下水位ではなく、間隙水圧分布を安定計算モデルに反映することも可能である。



図参 6.5-① 調査ボーリング孔を用いた宙水状の地下水位の推定例

(2) 鉄管および触針式水位計を利用した簡易地下水測定による推定

鉄管および触針式水位計を利用した簡易地下水測定を行う方法も有効である。この方法は、穴を開けた鉄管を盛土内に打ち込み、鉄管内の地下水位を触針式水位計により測定する。測定後は鉄管を引き抜く。なお本測定は、地下水位が GL-3m 程度までの位置にある場合に限られる。測定機器の例を図参 6.5-② に示す。



鉄管



触針式水位計例

図参 6.5-② 測定機器の例

VI.2 安定計算

VI.1 で得られた結果をもとに、安定計算により、地震力及びその盛土の自重による当該盛土の滑り出す力がその滑り面に対する最大摩擦抵抗力その他の抵抗力を上回るか否かを確認する。地震力については当該盛土の自重に、水平震度として 0.25 に建築基準法施行令第八十八条第一項に規定する Z の数値を乗じて得た数値を乗じて得た数値とする。

【解説】

令第十九条第一項第一号イに該当する盛土（谷埋め型大規模盛土造成地）の滑り面については、複数の円弧又は直線に近似できることを想定している。この場合、安定計算は二次元の分割法による計算を基本とし、地震力及びその盛土の自重による当該盛土の滑り出す力が、その滑り面に対する最大摩擦抵抗力その他の抵抗力を上回るか否かを確認する。

同じく、政令第十九条第一項第一号ロ（腹付け型大規模盛土造成地）に該当する盛土の滑り面については、単一の円弧で構成されていることを想定している。この場合、安定計算は、二次元の分割法のうちの簡便法による計算を基本とし、地震力及びその盛土の自重による当該盛土の滑り出す力が、その滑り面に対する最大摩擦抵抗力その他の抵抗力を上回るか否かを確認する。

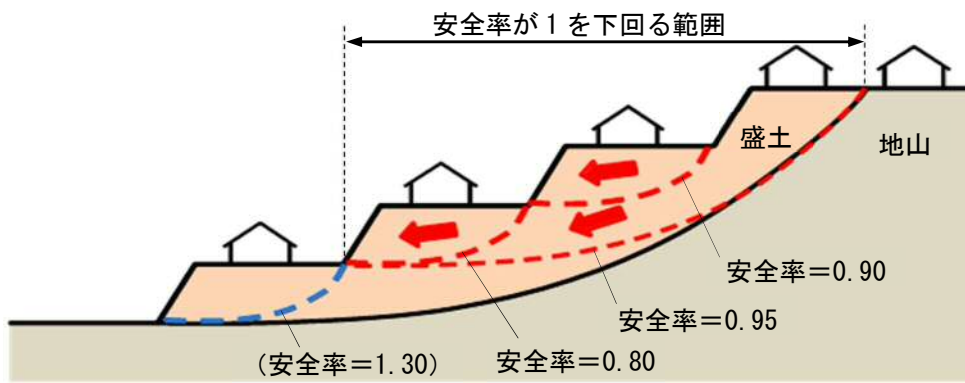
滑り面に対する最大摩擦抵抗力その他の抵抗力を地震力及びその盛土の自重による当該盛土の滑り出す力で除した値（以下「安全率」という）が 1 を下回る場合には、滑動崩落対策施設の設計で必要となる安全率が 1 を満足するために必要な抑止力（以下「必要抑止力」という）を求める。

安定計算に用いる水平震度は、盛土や地盤が液状化しないことを前提に、0.25 に建築基準法施行令第八十八条第一項に規定する Z の数値を乗じて得た数値を乗じて得た数値とする。建築基準法施行令第八十八条第一項に規定する Z とは、地震地域係数のことであり、1.0～0.7 の数値として地域ごとに規定されている。地域ごとの地震地域係数 Z を参考 6.6 に示す。

盛土は材料や造成時期の違いなどから深さ方向で強度特性が異なることがあり（参考 6.7 参照）、また地下水位は季節によって変動する場合があるため、安定計算にあたっては、地盤調査結果を詳細に分析・評価し、盛土の強度や地下水位などを適切にモデル化する。

安定計算では、「盛土全体の変形」と「ひな壇部分の変形」両方を検討し、調査測線内の安全率が 1 を下回る滑り面をすべて抽出するとともに、防災区域の指定等に必要となる安全率が 1 を下回る範囲を求める。「盛土全体の変形」は、盛土と地山の境界面付近だけでなく、盛土内部を通る滑り面も想定する。「ひな壇部分の変形」は、ひな壇一段から複数段を通る滑り面を想定する（参考 6.8 参照）。当該盛土が軟弱な粘性土や緩い砂地盤上に位置する場合は、地山を含む滑りについても検討する。なお、ひな壇 1 段のすべりが想定される箇所については、被害が発生した際の周辺への影響の大きさ等を考慮して、調査や対策の優先度を判断することもできる。

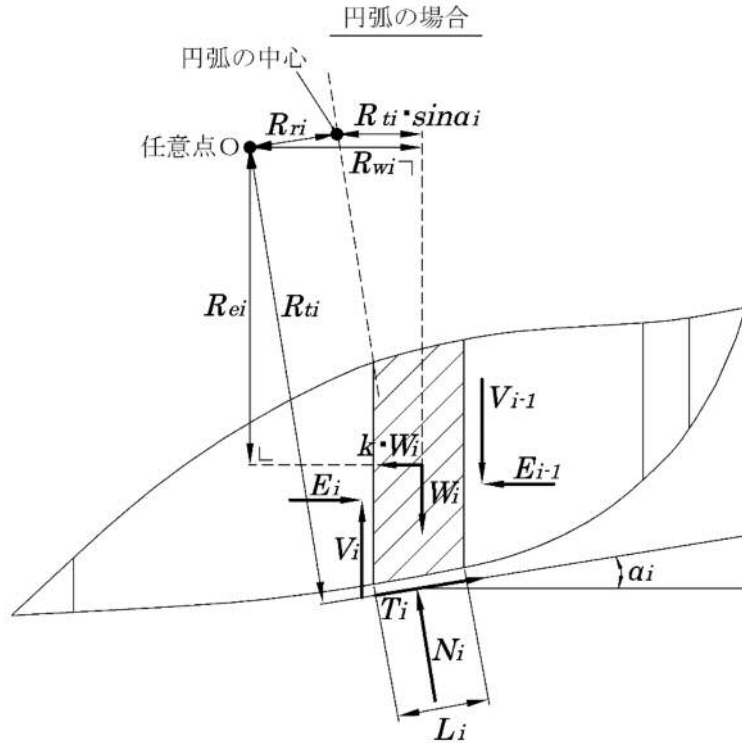
安定計算結果のイメージを図 VI.2.1 に示す。なお、安定計算結果は、宅地カルテ等にとりまとめる（参考 5.1 様式 6 参照）。



図VI. 2.1 安定計算結果のイメージ

1 二次元の分割法について

二次元の分割法は、土塊の表面が曲線であっても滑り面が複雑であっても適用できるので極めて実用性の高い計算法である。すなわち、滑り面が非円弧、複合（直線+円弧等）および円弧など、幅広く適用できる計算法である。地震力及びその盛土の自重による当該盛土の滑り出す力およびその滑り面に対する最大摩擦抵抗力その他の抵抗力は、以下の通り計算する。



図IV. 2.2 二次元の分割法における各分割片に働く力（地震時）

1) 基本条件

滑り土塊に働く外力の任意点 O に関する力のモーメントつりあい式は、

$$-\sum W_i \cdot R_{wi} + \sum T_i \cdot R_{ti} + \sum N_i \cdot R_{ri} - \sum k \cdot W_i \cdot R_{ei} = 0 \quad (\text{VI. 2. 1})$$

分割片に働くすべての力の鉛直、水平方向のつりあい式は、

$$W_i - N_i \cdot \cos \alpha_i - T_i \cdot \sin \alpha_i - V_i + V_{i-1} = 0 \quad (\text{VI. 2. 2 - 1})$$

$$T_i \cdot \cos \alpha_i - N_i \cdot \sin \alpha_i - k \cdot W_i + E_i - E_{i-1} = 0 \quad (\text{VI. 2. 2 - 2})$$

フェレニウス法と同様に、断面力成分 V_i 、 E_i は、それぞれ等しいと仮定すると、

$$V_i = V_{i-1}, E_i = E_{i-1} \quad (\text{VI. 2. 3})$$

式 (VI. 2. 3) を式 (VI. 2. 2 - 1) と (VI. 2. 2 - 2) に代入して、 T_i を消去すれば、

$$N_i = W_i (\cos \alpha_i - k \cdot \sin \alpha_i) \quad (\text{VI. 2. 4})$$

式 (VI. 2. 4) を式 (VI. 2. 1) に代入すると、

$$\sum T_i \cdot R_{ti} = \sum W_i \cdot R_{wi} - \sum W_i (\cos \alpha_i - k \cdot \sin \alpha_i) \cdot R_{ri} + \sum k \cdot W_i \cdot R_{ei} \quad (\text{VI. 2. 5})$$

分割されたそれぞれの滑り面のせん断力 T_i 、強度 c'_i 、 ϕ'_i 、安全率 F_s の関係式は、

$$T_i = \{c'_i \cdot L_i + (N_i - u_i \cdot L_i) \tan \phi'_i\} / F_s \quad (\text{VI. 2. 6})$$

式 (VI. 2. 1) ~ (VI. 2. 6) において、 W_i 、 R_{wi} 、 T_i 、 R_{ri} 、 N_i 、 R_{ri} 、 α_i 、 k 、 R_{ei} 、 V_i 、 V_{i-1} 、 E_i 、 E_{i-1} 、 c'_i 、 ϕ'_i 、 u_i および F_s は、それぞれ次の数値を表すものとする。

W_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土の自重 (単位 kN)

R_{wi} : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土の自重による、モーメントの腕の長さ (単位 m)

T_i : 分割されたそれぞれの滑り面上のせん断力 (単位 kN)

R_{ri} : 分割されたそれぞれの滑り面上のせん断力による、モーメントの腕の長さ (単位 m)

N_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の底面反力 (単位 kN)

R_{ri} : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土の底面反力による、モーメントの腕の長さ (単位 m)

α_i : 次の式によって計算した分割されたそれぞれの滑り面の勾配 (単位 ラジアン)

$$\alpha_i = \tan^{-1}(H_i / L_i)$$

この式において、 H_i および L_i は、それぞれ次の数値を表すものとする。

H_i : 分割されたそれぞれの滑り面の最下流端と最上流端の標高差を計測した数値 (単位 m)

L_i : 分割されたそれぞれの滑り面の標高差を計測した二地点間の水平距離を計測した数値 (単位 m)

k : 水平震度 ($k=0.25 \times z$ z : 建築基準法施行令第八十八条第一項に規定する z)

R_{ei} : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土に作用する地震力による、モーメントの腕の長さ (単位 m)

V_i 、 E_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土内に働く断面力成分 (単位 kN)

c'_i : 分割されたそれぞれの滑り面の有効粘着力 (単位 kN/m²)

ϕ'_i : 分割されたそれぞれの滑り面の有効内部摩擦角 (単位 ラジアン)

u_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の間隙水圧 (単位 kN/m²)

F_s : 安全率

2) 盛土の滑り出す力

式 (VI. 2. 5) より、 $\Sigma T_i \cdot R_{ri} = S_m$ とすると、

$$S_m = \Sigma W_i \cdot R_{wi} - \Sigma W_i (\cos \alpha_i - k \cdot \sin \alpha_i) \cdot R_i + \Sigma k \cdot W_i \cdot R_{ei} \quad (\text{VI. 2. 7})$$

式 (VI. 2. 7) において、 S_m 、 W_i 、 R_{wi} 、 R_{ri} 、 α_i 、 k および R_{ei} は、それぞれ次の数値を表すものとする。

S_m : 地震力および自重による盛土の滑り出す力のモーメント (単位 kN・m)

W_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土の自重 (単位 kN)

R_{wi} : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土の自重による、モーメントの腕の長さ (単位 m)

R_{ri} : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土の底面反力による、モーメントの腕の長さ (単位 m)

α_i : 次の式によって計算した分割されたそれぞれの滑り面の勾配 (単位 ラジアン)

$$\alpha_i = \tan^{-1}(H_i / L_i)$$

この式において、 H_i および L_i は、それぞれ次の数値を表すものとする。

H_i : 分割されたそれぞれの滑り面の最下流端と最上流端の標高差を計測した数値 (単位 m)

L_i : 分割されたそれぞれの滑り面の標高差を計測した二地点間の水平距離を計測した数値 (単位 m)

k : 水平震度 ($k=0.25 \times z$ z : 建築基準法施行令第八十八条第一項に規定する z)

R_{ei} : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土に作用する地震力による、モーメントの腕の長さ (単位 m)

3) 滑り面に対する抵抗力

滑り面が複数の円弧又は直線の場合、盛土の滑り面に対する最大摩擦抵抗力その他の抵抗力は、地盤の特性に応じ全応力法または有効応力法により求めることができる。有効応力法では、すべり面におけるせん断抵抗力を算定する為には、常時の水圧に加えて、せん断に伴う過剰間隙水圧が明らかになっていることが必要である。ただし、完全な非排水状態であっても、土の密度やせん断中の応力経路によって発生する過剰間隙水圧は異なるため、これに伴ってせん断強度も変化することを考慮しなくてはならない。

一方、すべり面におけるせん断抵抗力をせん断中の過剰間隙水圧の大きさに基づいて有効応力規準で厳密に評価するためには、三軸圧縮試験で採用した軸対称応力条件や平均主応力が変化する条件などと盛土内で実際に作用する応力条件の相違などをはじめ、留意すべき点も多い。

このため、実務設計においては、取り扱いの容易さなどから、せん断前の有効拘束圧を考慮した全応力規準に基づくせん断強度を用いた全応力法が用いられることも多い。したがって、斜面の安定計算においては、特に必要な場合を除き、すべり面におけるせん断強度が地震中に変化する影響は無視して、常時における応力状態に地震時慣性力のみを考慮することが一般的である。全応力法の場合、式VI. 2. 8の c'_i 、 ϕ'_i を、盛土材料が粘性土系の場合には圧密非排水三軸圧縮試験結果からの強度定数 c_{cu} 、 ϕ_{cu} 、砂質土系の場合には圧密排水三軸圧縮試験結果からの強度定数 c_d 、 ϕ_d に読み替えばよい。全応力法を用いて安定計算を行った事例を参考6. 8に示す。

また、盛土の施工が一樣に行われていないことが懸念される場合などでは、調査する試験数は多く必要であるが、想定する滑り線上の各部位の非排水せん断強度の値を直接使用することも考えられる(式VI. 2. 9)。このような場合には、試験結果に対する種々の条件の相違を含めて考慮し、せん断試験に変えてサウンディング試験等を行い、三軸圧縮試験の強度定数から得られるせん断強度とサウンディング試験等の結果との組み合わせでこれらの数値の違いを適切に評価して、計算に必要な各部位の非排水せん断強度を推測して使用する事も可能である。

式(VI. 2. 5)および式(VI. 2. 6)より、 $\sum T_i \cdot R_{ii} = T_m / F_s$ とすると、

$$T_m = \sum [c'_i \cdot L_i + \{N_i - u_i \cdot L_i\} \tan \phi'_i] \cdot R_{ii}$$
$$= \sum [c'_i \cdot L_i + \{W_i(\cos \alpha_i - k \cdot \sin \alpha_i) - u_i \cdot L_i\} \tan \phi'_i] \cdot R_{ii} \quad (\text{VI. 2. 8})$$

$$T_m = \sum C_{ui} \cdot L_i \cdot R_{ii} \quad (\text{VI. 2. 9})$$

この式において、 T_m 、 c'_i 、 L_i 、 N_i 、 W_i 、 α_i 、 k 、 u_i 、 ϕ'_i 、 R_{ii} 、 C_{ui} は、それぞれ次の数値を表すものとする。

T_m : 最大摩擦抵抗力その他の抵抗力のモーメント (単位 kN・m)

c'_i : 分割されたそれぞれの滑り面の有効粘着力 (単位 kN/m^2)
 L_i : 分割されたそれぞれの滑り面の傾斜方向の底面長さ (単位 m)
 N_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の底面反力 (単位 kN)
 W_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土の自重 (単位 N)
 α_i : 次の式によって計算した分割されたそれぞれの滑り面の勾配 (単位 ラジアン)

$$\alpha_i = \tan^{-1}(H_i / L_i)$$

この式において、 H_i および L_i は、それぞれ次の数値を表すものとする。

H_i : 分割されたそれぞれの滑り面の最下流端と最上流端の標高差を計測した数値 (単位 m)

L_i : 分割されたそれぞれの滑り面の標高差を計測した二地点間の水平距離を計測した数値 (単位 m)

k : 水平震度 ($k=0.25 \times z$ z : 建築基準法施行令第八十八条第一項に規定する z)

u_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の間隙水圧 (単位 kN/m^2)

ϕ'_i : 分割されたそれぞれの滑り面の有効内部摩擦角 (単位 ラジアン)

R_{ti} : 分割されたそれぞれの滑り面のモーメントの腕の長さ (単位 m)

C_{ui} : 分割されたそれぞれの滑り面の非排水せん断強度 (単位 kN/m^2)

4) 安全率

滑り面に対する最大摩擦抵抗力その他の抵抗力のモーメントと、地震力及び自重による盛土の滑り出す力のモーメントの比より、安全率を計算する。式(VI. 2. 7)、式(VI. 2. 8)および(VI. 2. 9)より、

$$F_s = T_m / S_m \quad (\text{VI. 2. 10})$$

この式において、 F_s 、 T_m 、 S_m は、それぞれ次の数値を表すものとする。

F_s : 安全率

T_m : 最大摩擦抵抗力その他の抵抗力のモーメント (単位 $\text{kN} \cdot \text{m}$)

S_m : 地震力及び自重による盛土の滑り出す力のモーメント (単位 $\text{kN} \cdot \text{m}$)

5) 必要抑止力

滑り面に対する最大摩擦抵抗力および対策施設の抵抗力(抑止力)を含むその他の抵抗力のモーメントと、地震力及び自重による盛土の滑り出す力のモーメントの比より安全率を計算し、安全率1.0以上となる必要な抑止力を求める。式(VI. 2. 10)より、

$$F_s = (T_m + P \cdot R'_t) / S_m \geq 1.0$$

$$P \geq (S_m - T_m) / R'_t \quad (\text{VI. 2. 11})$$

この式において、 F_s 、 T_m 、 S_m 、 P 、 R'_t は、それぞれ次の数値を表すものとする。

F_s : 安全率

T_m : 最大摩擦抵抗力その他の抵抗力のモーメント (単位 $\text{kN} \cdot \text{m}$)

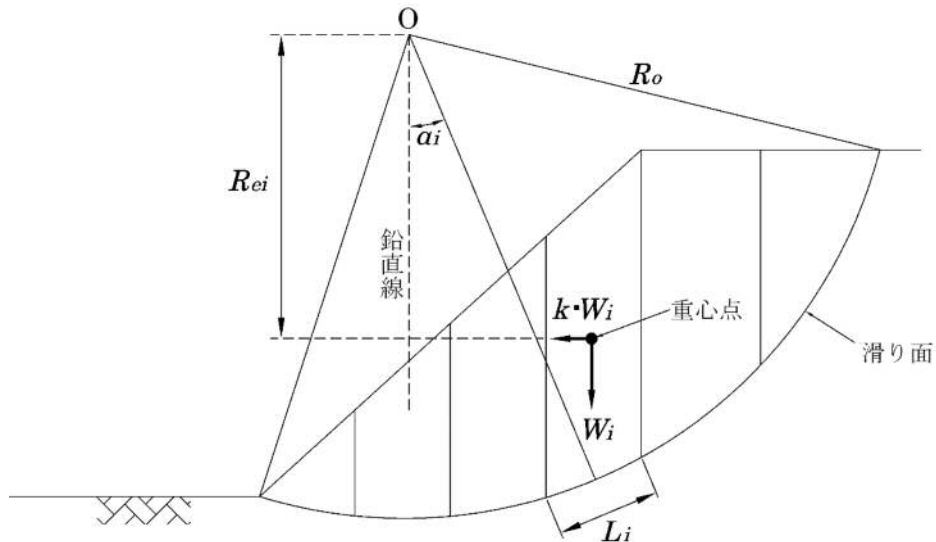
S_m : 地震力及び自重による盛土の滑り出す力のモーメント (単位 $\text{kN} \cdot \text{m}$)

P : 対策施設の抵抗力(抑止力) (単位 $\text{kN} \cdot \text{m}$)

R'_i : 対策施設の工法により決まるモーメントの腕の長さ (単位 m)

② 二次元の分割法のうちの簡便法について

滑り面が単一の円弧であると想定される場合には、二次元の分割法のうち簡便法を用いる。地震力及びその盛土の自重による当該盛土の滑り出す力と、その滑り面に対する最大摩擦抵抗力その他の抵抗力は、以下の通り計算する。なお、滑り出す力および抵抗力は、二次元の分割法の安定計算式より展開される。



図VI. 2.3 円弧滑り面法における各分割片に働く力 (地震時)

1) 盛土の滑り出す力

簡便法では滑り面を円弧と仮定しているので、図VI. 2.2より、モーメントの腕の長さは、

$$R_{ri} = 0, R_{ti} = R_0, R_{wi} = R_{ti} \cdot \sin \alpha_i = R_0 \cdot \sin \alpha_i \quad (\text{VI. 2. 12})$$

式(VI. 2. 12)を式(VI. 2. 7)に代入すると、

$$S_m = \sum W_i \cdot R_0 \cdot \sin \alpha_i + \sum k \cdot W_i \cdot R_{ei} \quad (\text{VI. 2. 13})$$

この式において、 S_m 、 W_i 、 α_i 、 k 、 R_{ei} および R_0 は、それぞれ次の数値を表すものとする。

S_m : 盛土の自重による滑り出す力のモーメント (単位 kN・m)

W_i : 滑り面を分割した時の分割片ごとの重量 (単位 kN)

α_i : 滑り面を分割した時の分割片ごとの滑り面の傾斜角度 (単位 ラジアン)

k : 水平震度 ($k=0.25 \times z$ z : 建築基準法施行令第八十八条第一項に規定する z)

R_{ei} : 滑り面を分割した時の分割片ごとの自重に比例した地震力による、モーメントの腕の長さ (単位 m)

R_0 : 円弧の半径

2) 滑り面に対する抵抗力

滑り面が単一の円弧の場合、当該滑り面に対する最大摩擦抵抗力その他の抵抗力は地盤の特性に応じ、全応力法または有効応力法により求めることができる。有効応力法では、すべり面におけるせん断抵抗力を算定する為には、常時の水圧に加えて、せん断に伴う過剰間隙水圧が明らかになっていることが必要である。ただし、完全な非排水状態であっても、土の密度やせん断中の応力経路によって発生する過剰間隙水圧は異なるため、これに伴ってせん断強度も変化することを考慮しなくてはならない。

一方、すべり面におけるせん断抵抗力をせん断中の過剰間隙水圧の大きさに基づいて有効応力規準で厳密に評価するためには、三軸圧縮試験で採用した軸対称応力条件や平均主応力が変化する条件などと盛土内で実際に作用する応力条件の相違などをはじめ、留意すべき点も多い。

このため、実務設計においては、取り扱いの容易さなどから、せん断前の有効拘束圧を考慮した全応力規準に基づくせん断強度を用いた全応力法が用いられることも多い。したがって、斜面の安定計算においては、特に必要な場合を除き、すべり面におけるせん断強度が地震中に変化する影響は無視して、常時における応力状態に地震時慣性力のみを考慮することが一般的である。全応力法の場合、式VI. 2. 14の c'_i 、 ϕ'_i を、盛土材料が粘性土系の場合には圧密非排水三軸圧縮試験結果からの強度定数 c_{cu} 、 ϕ_{cu} 、砂質土系の場合には圧密排水三軸圧縮試験結果からの強度定数 c_d 、 ϕ_d に読み替えばよい。全応力法を用いて安定計算を行った事例を参考6.8に示す。

また、盛土の施工が一様に行われていないことが懸念される場合などでは、調査する試験数は多く必要であるが、想定する滑り線上の各部位の非排水せん断強度の値を直接使用することも考えられる(式VI. 2. 15)。このような場合には、試験結果に対する種々の条件の相違を含めて考慮し、せん断試験に変えてサウンディング試験等を行い、三軸圧縮試験の強度定数から得られるせん断強度とサウンディング試験等の結果との組み合わせでこれらの数値の違いを適切に評価して、計算に必要な各部位の非排水せん断強度を推測して使用する事も可能である。

式(VI. 2. 12)の $R_{ii} = R_0$ より、式(VI. 2. 8)および(VI. 2. 9)は、

$$T_m = \sum [c'_i \cdot L_i + \{W_i(\cos\alpha_i - k \cdot \sin\alpha_i) - u_i \cdot L_i\} \tan \phi'_i] \cdot R_0 \quad (\text{VI. 2. 14})$$

$$T_m = \sum (C_{ui} \cdot L_i) \cdot R_0 \quad (\text{VI. 2. 15})$$

この式において、 T_m 、 c'_i 、 L_i 、 W_i 、 α_i 、 k 、 u_i 、 ϕ'_i 、 C_{ui} 、 R_0 は、それぞれ次の数値を表すものとする。

T_m : 最大摩擦抵抗力その他の抵抗力のモーメント (単位 kN・m)

c'_i : 分割されたそれぞれの滑り面の有効粘着力 (単位 kN/m²)

L_i : 分割されたそれぞれの滑り面の傾斜方向の底面長さ (単位 m)

W_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土の自重 (単位 kN)

α_i : 次の式によって計算した分割されたそれぞれの滑り面の勾配 (単位 ラジアン)

$$\alpha_i = \tan^{-1}(H_i / L_i)$$

この式において、 H_i および L_i は、それぞれ次の数値を表すものとする。

H_i : 分割されたそれぞれの滑り面の最下流端と最上流端の標高差を計測した数値 (単位 m)

L_i : 分割されたそれぞれの滑り面の標高差を計測した二地点間の水平距離を計測した

数値 (単位 m)

k : 水平震度 ($k=0.25 \times z$ z : 建築基準法施行令第八十八条第一項に規定する z)

u_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の間隙水圧 (単位 kN/m^2)

ϕ'_i : 分割されたそれぞれの滑り面の有効内部摩擦角 (単位 ラジアン)

R_{ii} : 分割されたそれぞれの滑り面のモーメントの腕の長さ (単位 m)

R_0 : 円弧の半径

C_{ui} : 分割されたそれぞれの滑り面の非排水せん断強度 (単位 kN/m^2)

3) 安全率

滑り面に対する最大摩擦抵抗力その他の抵抗力のモーメントと、地震力及び自重による盛土の滑り出す力のモーメントの比より、安全率を計算する。式(VI. 2. 13)、式(VI. 2. 14)および(VI. 2. 15)より、

$$F_s = T_m / S_m \quad (\text{VI. 2. 16})$$

この式において、 F_s 、 T_m 、 S_m は、それぞれ次の数値を表すものとする。

F_s : 安全率

T_m : 最大摩擦抵抗力その他の抵抗力のモーメント (単位 $\text{kN} \cdot \text{m}$)

S_m : 地震力及び自重による盛土の滑り出す力のモーメント (単位 $\text{kN} \cdot \text{m}$)

4) 必要抑止力

滑り面に対する最大摩擦抵抗力及び対策施設の抵抗力(抑止力)を含むその他の抵抗力のモーメントと、地震力及び自重による盛土の滑り出す力のモーメントの比より安全率を計算し、安全率1.0以上となる必要な抑止力を求める。式(VI. 2. 16)より、

$$F_s = (T_m + P \cdot R'_t) / S_m \geq 1.0$$
$$P \geq (S_m - T_m) / R'_t \quad (\text{VI. 2. 17})$$

この式において、 F_s 、 T_m 、 S_m 、 P 、 R'_t は、それぞれ次の数値を表すものとする。

F_s : 安全率

T_m : 最大摩擦抵抗力その他の抵抗力のモーメント (単位 $\text{kN} \cdot \text{m}$)

S_m : 地震力及び自重による盛土の滑り出す力のモーメント (単位 $\text{kN} \cdot \text{m}$)

P : 対策施設の抵抗力(抑止力) (単位 $\text{kN} \cdot \text{m}$)

R'_t : 対策施設の工法により決まるモーメントの腕の長さ (単位 m)

3 その他の安定計算について

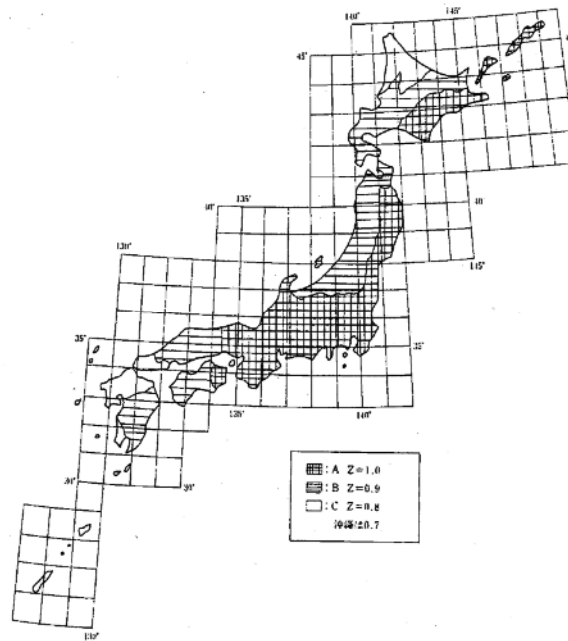
変動予測調査では、前述した手法により滑動崩落に関する安定計算を行い、防災区域の指定等を行うことが基本であるが、簡易 Bishop 法、Spencer 法および簡易 Janbu 法などを必要に応じて用いることもできる(参考 6.9 参照)。また、三次元安定解析や有限要素法を用いて滑動崩落の範囲や被害程度(変形量等)および被害の集中範囲の予測などを行ない、その結果を防災区域の指定等や対策工の検討などに考慮することも考えられる(参考 6.10 参照)。

加えて、砂丘地等において盛土や地山の液状化が懸念される場合や、擁壁の安定性が問題となる場合は、別途検討することが望ましい（[参考 6.11](#)、[参考 6.12](#)参照）。

参考 6.6 地震地域係数

建築基準法施行令第 88 条第 1 項の規定に基づき、地震地域係数 Z は、図参 6.6-①に示すように、1.0~0.7 の数値として行政区域ごとに定められている。

地震地域係数は、過去の地震記録等により得られた地震動の期待値の相対的な比を表す数値である。地震動の期待値については、多くの研究成果があるが、それらを統計的に処理し、工学的判断を加え行政区域ごとに振り分けて、地震地域係数 Z は定められている。



図参 6.6-① 地震地域係数 (Z)

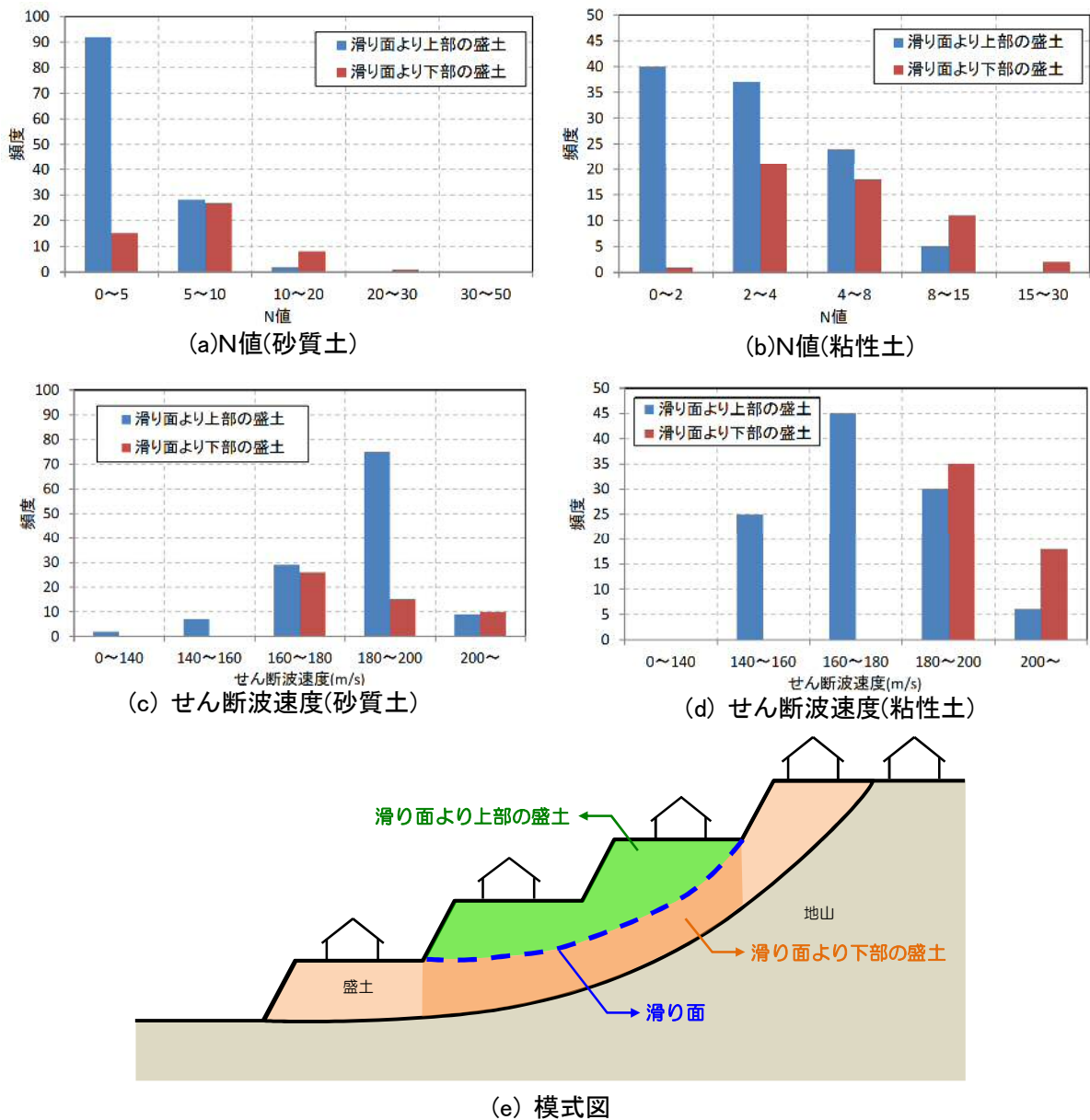
建築物の構造関係技術基準解説書編集委員会：2007 年版 建築物の構造関係技術基準解説書，pp. 264-265，2007.

参考 6.7 被災宅地の盛土に関する調査結果

東北地方太平洋沖地震で被災した盛土の地盤調査結果を示す。宮城県仙台市で造成宅地滑動崩落緊急対策事業を実施した宅地 160 地区のうち、30 地区を抽出し、盛土のN値とせん断波速度を調査した。各調査結果を図参 6.7-①に示す。

調査結果より、N値は、滑り面上部では4~5以下、滑り面下部では4~5以上が多く、せん断波速度は、滑り面上部では180m/s以下、滑り面下部では180m/s以上が多い傾向を示した。この結果から、盛土内であっても、滑り面を境に強度特性が異なり、滑り面上部は、下部と比較してN値やせん断波速度の値が低いことが分かった。

安定計算にあたっては、盛土の深度方向で強度特性が異なることがあるため、地盤調査結果を詳細に分析・評価し、適切にモデル化する必要がある。



図参 6.7-① 被災宅地における盛土内のせん断波速度とN値

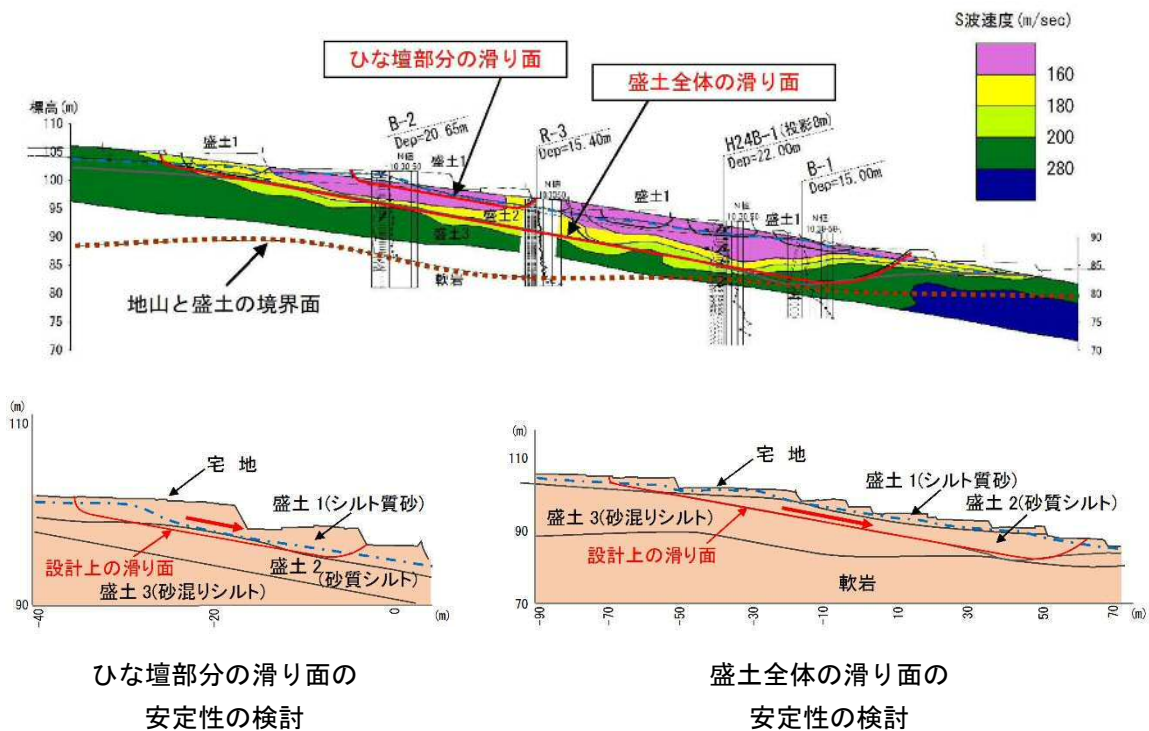
参考 6.8 被災宅地の安定計算事例

東北地方太平洋沖地震により被災した仙台市の盛土造成地における安定計算事例を示す。仙台市で被災した盛土造成地では、地下水位が高く、宅地地盤の勾配が比較的急な地区で、盛土ひな壇部分および盛土全体の変形被害が発生した（参考 1.2(3)参照）。

被災した盛土造成地の安定計算では、地盤調査により得られたN値や強度定数、せん断波速度等の結果と、変形被害の状況等を考慮して、ひな壇部分の変形を考慮した設計上の滑り面（以下、ひな壇部分の滑り面）と盛土全体の変形を考慮した設計上の滑り面（以下、盛土全体の滑り面）を設定し、水平震度 0.25 に対する安定性を検討した。なお、滑り面に作用する間隙水圧のせん断中の変化の把握は困難であったため有効応力による検討は行わず、全応力法で実施した。強度定数については、盛土材料の細粒分含有率が 30～70%程度であったため、圧密非排水三軸圧縮試験から得られる c_{cu} 、 ϕ_{cu} を用いた ($c_{cu}=2\sim 22\text{kN/m}^2$ 、 $\phi_{cu}=10\sim 20^\circ$)。盛土内の水圧分布については、宙水状の地下水位が深度-1～3m に認められ、滑り面付近までの盛土材の飽和度が概ね 90%程度を示していたため、その地下水位から静水圧分布になっていると仮定した。

代表地区の安定計算の結果、ひな壇部分の滑り面では $F_s=0.8$ 程度（変位量 50～100cm 以上が主体）、盛土全体の滑り面では $F_s=0.95$ 程度（変位量 10～30cm 程度が主体）であり、変形量とも整合する結果を示した。

以上のように、安定計算にあたっては、地盤調査により適切なモデル化を行った上で（参考 6.7 参照）、地山と盛土の境界面付近だけでなく、盛土内を通る滑り、ひな壇 1 段から複数段をとる滑りを想定して安定性の検討を行う必要がある。



図参 6.8-① ひな壇部分および盛土内部における安定計算事例（仙台市の被災盛土造成地）

仙台市HP：仙台市宅地保全審議会技術専門委員会委員会資料，
http://www.city.sendai.jp/fuzoku/1208132_2699.html, 2012.

参考 6.9 簡易 Bishop 法、Spencer 法および簡易 Janbu 法

分割法による 2次元解析には、他に簡易 Bishop 法、Spencer 法および簡易 Janbu 法などがあり、これらの安定計算方法も、二次元の分割法の基本条件の式(式(VI. 2. 1)～(VI. 2. 2-2))より展開され、必要に応じて用いることができる。

(1) 簡易 Bishop 法

スライスの側面に働く力が水平方向に作用する(鉛直方向の合力成分を持たない)と仮定して、任意のスライスに働く力のつり合いを考えた方法である。特に、深い円弧滑りの場合、簡便法の安全率が過小となるため、Bishop 法との比較が望ましい。通常はスライス側面力の合力を水平と仮定した簡易 Bishop 法が利用され、厳密解に対する誤差が小さい。動水勾配のない水没斜面に対応可能である。

図VI. 2. 2より、 $V_i=V_{i-1}$ と仮定すると、式(VI. 2. 2 - 1)は、

$$W_i - N_i \cdot \cos \alpha_i - T_i \cdot \sin \alpha_i = 0 \quad (\text{参 6. 9. 1})$$

滑り面上のせん断力 T_i は、式(VI. 2. 6)より、

$$T_i = \{c'_i \cdot L_i + (N_i - u_i \cdot L_i) \tan \phi'_i\} / F_s \quad (\text{参 6. 9. 2})$$

式(参 6. 9. 1)、(参 6. 9. 2)より、

$$N_i = (1 / m_{ai}) \{W_i - (L_i / F_s) (c'_i - u_i \cdot \tan \phi'_i) \sin \alpha_i\} \quad (\text{参 6. 9. 3})$$

ただし、 $m_{ai} = \cos \alpha_i + (L_i / F_s) \sin \alpha_i \cdot \tan \phi'_i$

式(参 6. 9. 2)、(VI. 2. 1)、(参 6. 9. 3)より、

$$F_s = \frac{\sum(Rt_i / m_{ai}) \{c'_i \cdot L_i \cdot \cos \alpha_i + (W_i - u_i \cdot L_i \cdot \cos \alpha_i) \tan \phi'_i\}}{\sum W_i \cdot R_{wi} - \sum(Rr_i / m_{ai}) \{W_i - (L_i / F_s) (c'_i - u_i \cdot \tan \phi'_i) \sin \alpha_i\} + \sum k W_i \cdot R_{ei}} \quad (\text{参 6. 9. 4})$$

式(参 6. 9. 4)は両辺に F_s が入るため、反復計算で F_s を求める。第一近似 F_{s1} は式(VI. 2. 10)で求め、これを(参 6. 9. 4)の右辺に入れて計算し、第二近似 F_{s2} が得られ、これを 3、4 回繰り返して収束解 F_s を算定する。

式(参 6. 9. 1)～(参 6. 9. 4)において、 W_i 、 T_i 、 N_i 、 c'_i 、 L_i 、 α_i 、 k 、 u_i 、 ϕ'_i 、 R_{ti} 、 R_{wi} 、 R_{ri} 、 F_s は、それぞれ次の数値を表すものとする。

W_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土の自重 (単位 kN)

T_i : 分割されたそれぞれの滑り面上のせん断力 (単位 kN)

N_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の底面反力 (単位 kN)

c'_i : 分割されたそれぞれの滑り面の有効粘着力 (単位 kN/m²)

L_i : 分割されたそれぞれの滑り面の傾斜方向の底面長さ (単位 m)

α_i : 次の式によって計算した分割されたそれぞれの滑り面の勾配 (単位 ラジアン)

$$\alpha_i = \tan^{-1} (H_i / L_i)$$

この式において、 H_i および L_i は、それぞれ次の数値を表すものとする。

H_i : 分割されたそれぞれの滑り面の最下流端と最上流端の標高差を計測した数値 (単位 m)

L_i : 分割されたそれぞれの滑り面の標高差を計測した二地点間の水平距離を計測した
数値 (単位 m)

k : 水平震度 ($k=0.25 \times z$ z : 建築基準法施行令第八十八条第一項に規定する z)

u_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の間隙水圧 (単位 kN/m^2)

ϕ'_i : 分割されたそれぞれの滑り面の有効内部摩擦角 (単位 ラジアン)

R_{ii} : 分割されたそれぞれの滑り面のモーメントの腕の長さ (単位 m)

R_{wi} : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土の自重による、モーメントの腕の長さ (単位 m)

R_{ri} : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土の底面反力による、モーメントの腕の長さ (単位
m)

F_s : 安全率

なお、滑り面が円弧の場合は、式(VI. 2. 16)と一致する。

(2) Spencer 法

静的つり合い条件のすべてを満足するもっとも簡単な解法であり、円弧滑りに適用可能な計算手法である。スライス間に働く力は互いに平行と仮定し、スライス間に働く力の傾きを未知数として、円弧全体の静的つり合いを条件とした方法である。

分割されたそれぞれの滑り面上の盛土内に働く断面力の合ベクトルがある定方向にあり、両側面で式(参 6. 4. 5)の関係が成立するとした。

$$V_{i-1} = E_{i-1} \cdot \tan \theta, \quad V_i = E_i \cdot \tan \theta \quad (\theta : \text{定数}) \quad (\text{参 6. 9. 5})$$

式(参 6. 9. 2)、(VI. 2. 2-1)、(V. 2. 2-2) および (参 6. 9. 5) より、

$$N_i = [W_i(\cos \theta - k \cdot \sin \theta) - (c'_i - u_i \cdot \tan \phi'_i)(l/F_s)L_i \cdot \sin(\alpha_i - \theta)] \div [\cos(\alpha_i - \theta) + (l/F_s)\sin(\alpha_i - \theta) \tan \phi'_i] \quad (\text{参 6. 9. 6})$$

式(VI. 2. 1)および (VI. 2. 2-2) より、

$$\sum T_i \cdot \cos \alpha_i - \sum N_i \cdot \sin \alpha_i - \sum k \cdot W_i = \sum (E_{i-1} - E_i) \equiv 0 \quad (\text{参 6. 9. 7})$$

滑り面上のせん断力 T_i は、

$$T_i = \{c'_i \cdot L_i + (N_i - u_i \cdot L_i) \tan \phi'_i\} / F_s \quad (\text{参 6. 9. 2})$$

θ を逐次変えて、式(参 6. 9. 6)～(参 6. 9. 7)から求まる F_s と、式(VI. 2. 1)から求めた F_s が一致するまで反復計算を行う。

式(参 6. 9. 6)～(参 6. 9. 7)において、 V_i 、 V_{i-1} 、 E_i 、 E_{i-1} 、 N_i 、 W_i 、 T_i 、 c'_i 、 L_i 、 α_i 、 k 、 u_i 、 ϕ'_i 、 F_s は、それぞれ次の数値を表すものとする。

V_i 、 E_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土内に働く断面力成分 (単位 kN)

W_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土の自重 (単位 kN)

T_i : 分割されたそれぞれの滑り面上のせん断力 (単位 kN)

N_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の底面反力 (単位 kN)

c'_i : 分割されたそれぞれの滑り面の有効粘着力 (単位 kN/m^2)

L_i : 分割されたそれぞれの滑り面の傾斜方向の底面長さ (単位 m)

α_i : 次の式によって計算した分割されたそれぞれの滑り面の勾配 (単位 ラジアン)

$$\alpha_i = \tan^{-1}(H_i / L_i)$$

この式において、 H_i および L_i は、それぞれ次の数値を表すものとする。

H_i : 分割されたそれぞれの滑り面の最下流端と最上流端の標高差を計測した数値 (単位 m)

L_i : 分割されたそれぞれの滑り面の標高差を計測した二地点間の水平距離を計測した数値 (単位 m)

k : 水平震度 ($k=0.25 \times z$ z : 建築基準法施行令第八十八条第一項に規定する z)

u_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の間隙水圧 (単位 kN/m^2)

ϕ'_i : 分割されたそれぞれの滑り面の有効内部摩擦角 (単位 ラジアン)

F_s : 安全率

(3) 簡易 Janbu 法

斜面の土質が均一ではなく、特に滑り面近くに軟弱な層を挟む場合には、滑り面は、円弧と直線を組み合わせた複合滑り面となる。当計算手法は複合滑り面において、スライス間の鉛直方向の力をゼロとし修正係数を乗じて、水平方向の力のつり合いを考えた方法である。厳密解に対する誤差が小さく、円弧滑り、動水勾配のない水没斜面に対応可能である。

Janbu 法は、全土塊に働く水平力のつり合い式から、 F_s を計算する。

$V_i = V_{i-1} - V_i = 0$ と仮定した水平力のつり合い式は、

$$T_i \cdot \sec \alpha_i - W_i \cdot \tan \alpha_i - k \cdot W_i = E_{i-1} - E_i \quad (\text{参 6.9.8-1})$$

$$\Sigma(T_i \cdot \sec \alpha_i - W_i \cdot \tan \alpha_i - k \cdot W_i) = \Sigma E_{i-1} - E_i \equiv 0 \quad (\text{参 6.9.8-2})$$

式 (参 6.9.2) および (参 6.9.3) より、

$$F_s \cdot T_i = \{c'_i \cdot L_i \cdot \cos \alpha_i + (W_i - u_i \cdot L_i \cdot \cos \alpha_i) \tan \phi'_i\} / m_{ai} \quad (\text{参 6.9.9})$$

ただし、 $m_{ai} = \cos \alpha_i + (l / F_s) \sin \alpha_i \cdot \tan \phi'_i$

式 (参 6.9.9) を式 (参 6.9.8-1) および (参 6.9.8-2) に代入すると、

$$F_s = \Sigma \{ \{c'_i \cdot L_i \cdot \cos \alpha_i + (W_i - u_i \cdot L_i \cdot \cos \alpha_i) \tan \phi'_i\} / m_{ai} \cdot \cos \alpha_i \} / \Sigma (W_i \cdot \tan \alpha_i + k \cdot W_i) \quad (\text{参 6.9.10})$$

簡易 Bishop 法と同様に、第一近似 F_{s1} は式 (VI. 2. 10) で求め、これを式 (参 6.9.10) の右辺に入れて計算し、第二近似 F_{s2} が得られ、これを 3、4 回繰り返して収束解 F_s を算定する。

式 (参 6.9.8) ~ (参 6.9.10) において、 V_i 、 V_{i-1} 、 E_i 、 E_{i-1} 、 N_i 、 W_i 、 T_i 、 c'_i 、 L_i 、 α_i 、 k 、 u_i 、 ϕ'_i 、 F_s は、それぞれ次の数値を表すものとする。

V_i 、 E_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土内に働く断面力成分 (単位 kN)

W_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土の自重 (単位 kN)

T_i : 分割されたそれぞれの滑り面上のせん断力 (単位 kN)

N_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の底面反力 (単位 kN)

c'_i : 分割されたそれぞれの滑り面の有効粘着力 (単位 kN/m^2)

L_i : 分割されたそれぞれの滑り面の傾斜方向の底面長さ (単位 m)

α_i : 次の式によって計算した分割されたそれぞれの滑り面の勾配 (単位 ラジアン)

$$\alpha_i = \tan^{-1}(H_i / L_i)$$

この式において、 H_i および L_i は、それぞれ次の数値を表すものとする。

H_i : 分割されたそれぞれの滑り面の最下流端と最上流端の標高差を計測した数値 (単位 m)

L_i : 分割されたそれぞれの滑り面の標高差を計測した二地点間の水平距離を計測した数値 (単位 m)

k : 水平震度 ($k=0.25 \times z$ z : 建築基準法施行令第八十八条第一項に規定する z)

u_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の間隙水圧 (単位 kN/m^2)

ϕ'_i : 分割されたそれぞれの滑り面の有効内部摩擦角 (単位 ラジアン)

F_s : 安全率

参考 6.10 三次元安定解析および有限要素法

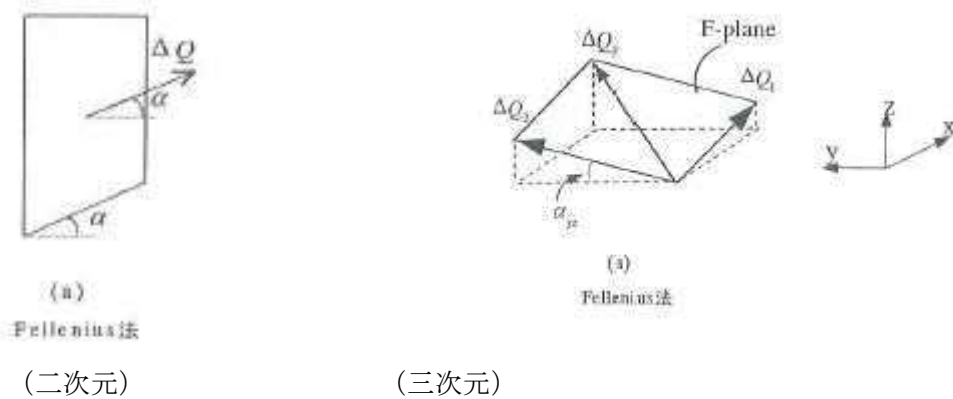
(1) 三次元安定解析

三次元安定解析の実施にあたっては、一般的に以下の①～⑤について注意が必要である。なお、三次元安定解析で求めた安全率については、二次元安定解析で求めた安全率の 1.0～1.3 倍程度となった計算例（「分割法による斜面の三次元安定性の検討」（土と基礎 36(5), 19-24, 1988-05-25），鵜飼恵三）が発表されており、三次元安定解析を実施する際の参考となる。

- ① 解析に使用する地盤特性値の精度を高めること。
- ② 解析条件となる三次元形状を正確に把握することと形状が単純なこと。
- ③ 側面効果の評価の妥当性に留意すること。
- ④ 解析対象に見合った、地盤調査箇所数を決定すること
- ⑤ 滑動時の滑り面位置が、盛土底部などのように比較的明らかなこと
- ⑥ 二次元解析をもとに地震時の水平震度が検討されてきた経緯から、そのまま水平震度を用いると三次元効果を導入する際には、相対的にやや低めの数値となりかねないこと。

三次元安定解析の方法としては、二次元の分割法のうちの簡便法を三次元に拡張した Hovland 法や、参考 6.10 に示した簡易 Bishop 法、Spencer 法、簡易 Janbu 法といった他の二次元の分割法を三次元に拡張した方法などがある。以下に Hovland 法および修正 Hovland 法の概要を示す。

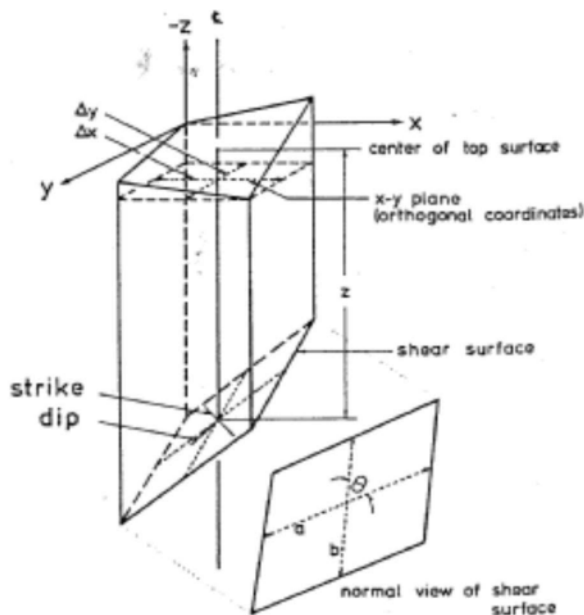
Hovland 法は、三次元安定解析としては非常に簡便な手法である。二次元解析では、スライスにより計算されるのに対し、Hovland 法では要素柱によって計算される。



図参 6.10-① ΔQ_{ij} の作用面とその分力 ΔQ_1 、 ΔQ_2

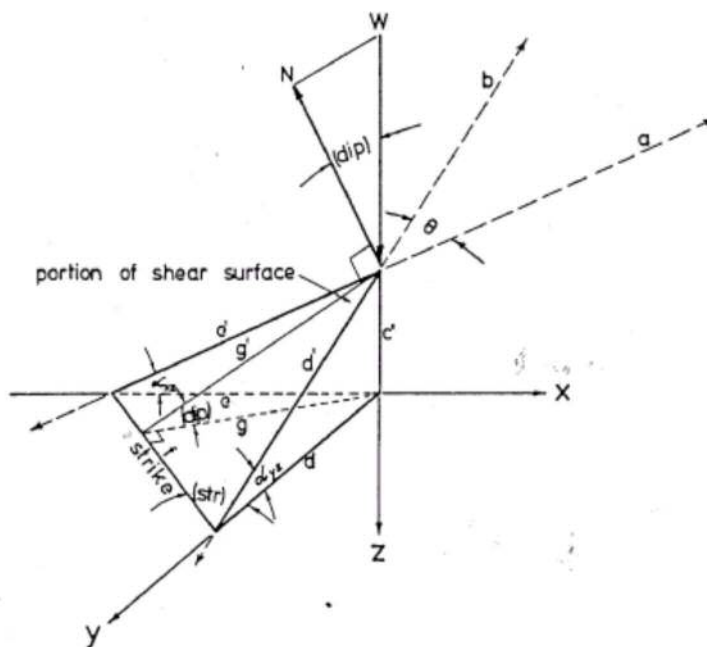
財団法人全国建設研修センター：地すべり防止技術研修テキスト，2000。

修正 Hovland 法 (吉松, 1995) は、Hovland 法に修正を加え、地すべり地塊柱を Hovland 法の四角柱から三角柱にすることで、法線方向からみた xy 平面における滑り面の歪みを修正した。なお、三次元の安全率は Hovland 法と同じ手法で算出している。(式 1) に Hovland 法、修正 Hovland 法における三次元安定解析安全率 (F_3) を示す。



図参 6.10-② 移動地塊と滑り面の法線断面

財団法人全国建設研修センター：地すべり防止技術研修テキスト，2000.



図参 6.10-③ 地塊における滑り面の三次元要素

財団法人全国建設研修センター：地すべり防止技術研修テキスト，2000.

$$F_3 = \frac{\sum_x \sum_y [cA_3 + W_3 \cos(DIP) \tan \phi]}{\sum_x \sum_y W_3 \sin \alpha_{yz}} \quad (\text{式 1})$$

ここで

W_3 : 各地塊の重量 (kN/m³)

c : 滑り面の面積(m²)

ϕ : 滑り面の内部摩擦角(°)

DIP : 各地塊における滑り面の最大傾斜角 (°)

α_{yz} : 地すべり滑動方向に対する各地塊の傾斜角 (°)

(2) 有限要素法

有限要素法に基づき地盤の地震時残留変形解析を行い、盛土の残留変位から安定性を評価することができる。

有限要素法では、地盤全体の挙動を解析できる利点があるが、大規模なマトリクス演算を行うため、その演算の経過を詳細にチェックすることはできないので、プログラムの良否に依存するところが大きい。よって、実績のあるプログラムや評価を受けたプログラムなどその選定に留意する。また、政令第十九条第一項第一号において、「地震力及びその盛土の自重による当該盛土の滑り出す力がその滑り面に対する最大摩擦抵抗力その他の抵抗力を上回る」とされているので、仮定した滑り面上の応力と要素の強度から斜面の安全性を評価することを原則とする。

有限要素法は、以下の手順で解析を行う。

- ① 地盤を三角形や四角形の有限要素にメッシュ分割する。
- ② 要素ごとに節点での力と変位の関係式を導出する (要素剛性マトリクスの作成)。
- ③ 要素剛性マトリクスを重ね合わせることで、全節点での力と変位の関係式を求める。
- ④ 節点力もしくは節点変位を未知数とする連立一次方程式を作成し、所定の境界条件のもとで解く。

有限要素法によって斜面の安全性を確認する場合の概略は以下のとおりである。

- ① 土の構造方法、振動の性状等に応じて、荷重および外力によって盛土の各部分に生じる力および変形を連続的に把握することにより、盛土が構造上安全であることの確認は以下の基準に従った構造計算によらねばならない。
- ② 国土交通大臣告示 388 号 (旧建設省告示第 1461 号) 第四項イに規定する解放工学的基盤におけるスペクトルを持ち、盛土下部までの表層地盤による増幅を適切に考慮して作成した地震波を設計用入力地震動とする。このとき、同告示に定められた継続時間などの事項を満たし、位相分布を適切に考慮して作成した 3 波以上を用いること。ただし、盛土周辺における活断層モデル、断層破壊モデル、過去の地震活動、地盤構造などに基づ

いて模擬地震波を適切に設定してもよい。この場合も、位相分布を適切に考慮した3波以上の地震波を用いること。

- ③ 上記により、盛土が滑動、崩壊しないことを、運動方程式に基づき確かめること。
- ・計算に必要な地盤の力学特性を求める地盤調査の方法は、建築基準法告示 1113 号第一による。
 - ・地盤の動的変形特性を求める方法は、各地層の不攪乱試料による非排水繰返しせん断試験によること。但し、ゆるい砂地盤などを除く液状化を起こさない土質の場合には、土質の種類に応じて、建設省告示 1457 号第七第一項（2）に示す地盤の初期せん断剛性に同告示別表第一に示される低減係数を乗じた値とすることができる。また、地盤の減衰定数は、土質の種類に応じて、同別表第二の数値によることが出来る。
- ④ 地盤の変形特性を求める構成モデルは、地盤の力学特性を求めた試験に応じて全応力モデルあるいは有効応力モデルとし、液状化の可能性のある場合には、液状化による強度低下を試験により求め、その結果を適切に考慮したモデルとすること。
- ⑤ 地盤の強度は、解析条件に応じて、モール・クーロンの破壊規準に基づいた粘着力成分および土の内部摩擦角を用いた破壊規準式あるいは非排水せん断強度によること。
- ⑥ 解析に使用する有限要素は、アイソパラメトリック要素によること。但し、対策工や構造物などの効果を取り入れる場合には、梁要素やジョイント要素など他の要素を使用することが出来る。
- ⑦ 積分は、要素積分法とし、計算精度に影響が出ないように十分な要素分割数、適切な要素形状を確保し、不安定解が生じないようにすること。
- ⑧ 動的変形解析の開始にあたっては、盛土自重などによる地盤内応力解析を行うなど、盛土の初期地盤内応力を適切に与える処理が行われていること。
- ⑨ 計算は、盛土の残留変形を求めることが出来るような弾塑性解析によること。
- ⑩ 弾塑性解析における各計算ステップにおいて、塑性変形に伴う各要素間の応力の釣り合いが保たれるように適切な繰返し計算処理等が行われていること。
- ⑪ 大地震時における盛土の変形による限界値は以下の数値を参考としてもよい。

$$r \leq 0.025$$

$$r = \delta / L = \delta \sin \theta / H$$

δ 、 L 、 H は、以下の数値を表す。

δ : 斜面内における最大変位 (単位 m)

θ : 斜面の傾斜角 (単位 ラジアン)

L : 斜面の長さ (単位 m)

H : 斜面の高さ (単位 m)

参考 6.11 盛土や地山が液状化する可能性がある場合の安定計算方法

盛土や地山が液状化する可能性がある場合、地震動の作用による土の強度低下が著しい場合等は、水平震度は作用させず、土のせん断強度には液状化による過剰間隙水圧を考慮した有効強度を用いる方法などが、「社団法人 日本道路協会：道路土工 軟弱地盤対策工指針，pp. 172-173，2012. 8.」に紹介されている。

盛土や地山の液状化が懸念される大規模盛土造成地においては、前述「VI. 2 安定計算」の水平震度を作用させる方法に加えて、これらの方法による検討もあわせて実施することが望ましい。

ただし、斜面の液状化については、初期せん断応力の影響が複雑であるため、これに注意する必要がある。

参考 6.12 擁壁の安定性の検討方法

現行基準を満足していない擁壁（増積み擁壁や二段擁壁）、現地踏査で変状が確認され、かつ倒壊した場合に相当数の居住者その他の者に危害を生じるおそれ大きいと認められる擁壁については、前述「VI. 2 安定計算」で盛土全体の安定性が確保される結果が得られた場合であっても、別途、擁壁の安定性を検討することが望ましい。

各種擁壁の設計方法は、「宅地防災研究会：宅地防災マニュアルの解説（第二次改訂版）[I]，pp. 293-402，2007. 11.」に紹介されており、設計・施工資料を収集し擁壁の基礎形式や仕様を確認したうえで、上記マニュアルなどに示される方法で擁壁の安定性を検討することができる。

なお、設計・施工資料が保管されておらず擁壁の基礎形式や仕様が不明な場合は、「国土交通省：宅地擁壁老朽化判定マニュアル（案），
http://www.mlit.go.jp/crd/city/plan/kaihatu_kyoka/takuchi_gaiyo/02_hantei.htm.」に示される方法で、擁壁の安定性を概略判定することができる。

また、擁壁部において、倒壊・滑りが発生すると判定される場合は、複合的な被害形態を考慮し、擁壁部の倒壊・滑りとそれに起因した盛土部の滑り（住宅部への影響が大きい滑り）の安定計算を行うことが望ましい。

VI.3 第二次スクリーニングのまとめ

VI.1～VI.2の結果を整理し、滑動崩落のおそれがある大規模盛土造成地を抽出する。

【解説】

VI.1の地盤調査結果およびVI.2の安定計算結果に基づき、一団の造成宅地の安全性を評価し、滑動崩落のおそれがある大規模盛土造成地を抽出する。大規模盛土造成地が複数のブロックに区分された場合は、各ブロックの安定計算結果や安定性に対するブロック相互の影響などを総合的に勘案して一団の造成宅地全体の安全性を評価し、滑動崩落のおそれがある大規模盛土造成地を抽出する。

第二次スクリーニングのまとめのイメージを表VI.3.1に示す。

表VI.3.1 第二次スクリーニングのまとめのイメージ

地点番号	第一次スクリーニング										第二次スクリーニング計画															第二次スクリーニング															
	盛土造成地の位置		盛土造成地の規模			大規模盛土造成地の抽出					優先度評価										その他				土質・地下水調査		安定計算		滑動崩落の恐れ												
	所在地	面積 (m ²)	原地盤面の勾配 (度)		高さ (m)	谷埋め型	腹付け型	現地での確認		①盛土/擁壁の形状・構造					②変状					③地下水	④不安定土層	⑤造成年代	⑥変動確率 (%)	特記事項	優先度	保全対象		想定被害形態		調査ボーリングデータナンバー	地下水位 (GL-m)	安全率									
			α	β				必要性	結果	大規模盛土造成地の種類	のり面勾配	小段間隔	保のり工面	ひな埋部分	擁壁構造	宅地地盤	擁壁	のり面	周辺施設							方式1による変動確率 (%)	住宅					公共施設等	既存調査結果 (土質・地下水・N値等)	全体滑り	ひな埋部分の滑り (最小値)						
α			β	面積 300m ² 以上				原地盤面の勾配の度以上かつ高さ5m以上																																	
28	〇〇市 □□6丁目	2,200	不明	15	4	×	△	要	腹付け型	-	標準	標準	標準	標準	逆T	該当	無	亀裂	沈下	表層崩壊	無	有	有	有	無	H2	後	50 (方式2)	大	擁壁の沈下等顕著な変状があるため、災害発生のおそれと判断している。	※	10戸	無	盛土材砂質土	崩壊	※	※	※	※	※	
31	〇〇市 ■■2丁目	3,000	10	-	15	○	×	不要	-	谷埋め型	標準	標準	標準	急	空石積	非該当	亀裂	亀裂	無	無	有	有	有	無	S42	前	20	小	ひな埋部分の多数の擁壁に変状あり、湧水も認められる。またひな埋部分の積料が急であることから、ひな埋部分から連続的に変形するおそれがあると判断。	A1	多数	無	なし	変形	No.31	0.8	0.75	0.80	有		
30	〇〇市 ■■1丁目	3,000	25	-	15	○	○	不要	-	谷埋め型 腹付け型 注:現地調査を深 まて判断する	急	標準	標準	標準	石積	非該当	無	無	亀裂	無	有	無	無	無	S36	前	90	大	現地調査より腹付け型と判断(盛土のり面勾配が急で、亀裂は認められたが、地下水は確認されなかった)	A1	多数	河川 鉄道	なし	崩壊	No.30	無	0.80	0.70	有		
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
3	〇〇市 □□6丁目	2,900	20	-	5	×	○	不要	-	腹付け型	標準	標準	標準	標準	もたれ	該当	無	亀裂	傾斜	無	無	有	有	無	H5	後	25	小	擁壁に変状あり、湧水も認められることから、地下水も豊富と判断。	A4	多数	鉄道	地下水位 GL-3.0m	崩壊	No.3	0.5	0.85	1.20	有		
34	〇〇市 ▽▽1丁目	3,100	3	-	2	○	×	要	谷埋め型	谷埋め型	標準	標準	標準	標準	逆T	該当	無	無	無	無	無	無	無	有	S40	前	10	小	盛土の下に不安定な土層があるため、すべり崩壊被害が発生する可能性がある。	A4	多数	無	なし	崩壊	No.34	5.0	2.30	2.00	無		
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
1	〇〇市 △△1丁目	3,000	14	-	20	○	×	不要	-	谷埋め型	標準	標準	標準	標準	逆T	該当	無	無	無	無	無	無	可能性 有	無	H11	後	40	大	■地形が屈曲しているため、上流側と下流側に区分。 ■谷の末端が閉塞しているため、被害形態は変形にとどまると判断。	B2	多数	無	なし	変形	No.1-1	3.0	1.20	1.30	無		
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
4	〇〇市 ▲▲1丁目	4,000	2	-	4	○	×	不要	-	谷埋め型	標準	標準	標準	標準	逆T	該当	無	無	無	無	無	無	無	無	H3	後	20	小	現地調査の結果、滑動崩落のおそれが小さいことを確認。 (土質・地下水調査、安定計算省略)	C	10戸	無	なし	-	-	-	-	-	無		
2	〇〇市 △△2丁目	1,800	15	-	3	×	×	不要	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
29	〇〇市 ●●1丁目	2,500	不明	5	3	×	×	不要	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
32	〇〇市 ■■3丁目	3,300	5	-	3	○	×	要	切土	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
33	〇〇市 ■■4丁目	3,200	10	-	4	○	×	要	平坦地	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

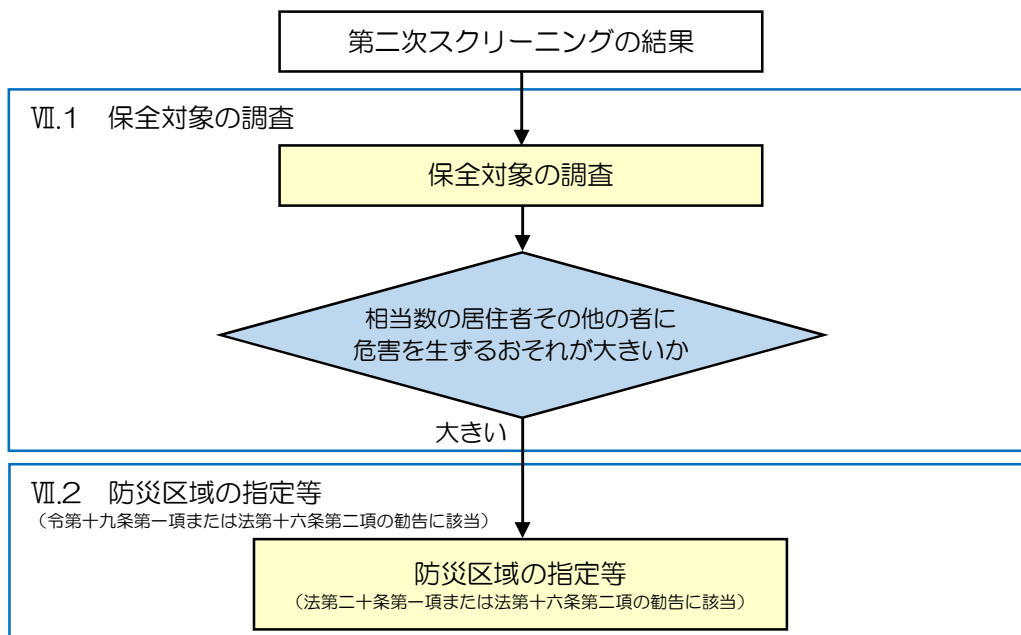
※: 地点番号 28 は、擁壁に沈下等の顕著な変状が認められ、宅地頂部に亀裂も生じていることから、「災害のおそれが切迫している」と判断されるため、第二次スクリーニングは実施せず、「Ⅶ.3 防災区域の指定等(令第十九条第一項第二号または法第十六条第二項の勧告に該当(災害発生のおそれが切迫していることが確認される場合))」に従う。

VII. 防災区域の指定等

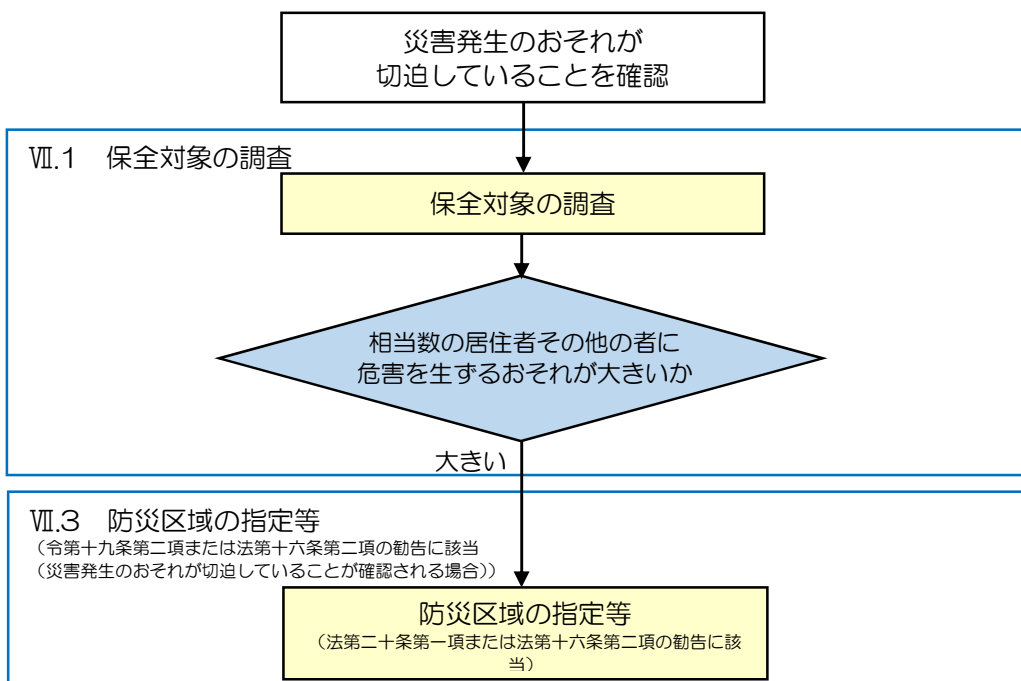
防災区域の指定等にあたっては、変動予測の結果、崖崩れ又は土砂の流出が生ずるおそれがあると判断された場合、もしくは災害発生のおそれが切迫していることが確認される場合に、相当数の居住者その他の者に危害を生ずるものの発生のおそれが大きいかどうかを判断し、防災区域の指定等を行うものとする。

【解 説】

変動予測による場合の防災区域の指定等の流れを図VII.1、災害発生のおそれが切迫していることが確認される場合の防災区域の指定等の流れを図VII.2に示す。



図VII.1 変動予測による場合の防災区域の指定等の流れ



図VII.2 災害発生のおそれが切迫していることが確認される場合の防災区域の指定等の流れ

VII.1 保全対象の調査

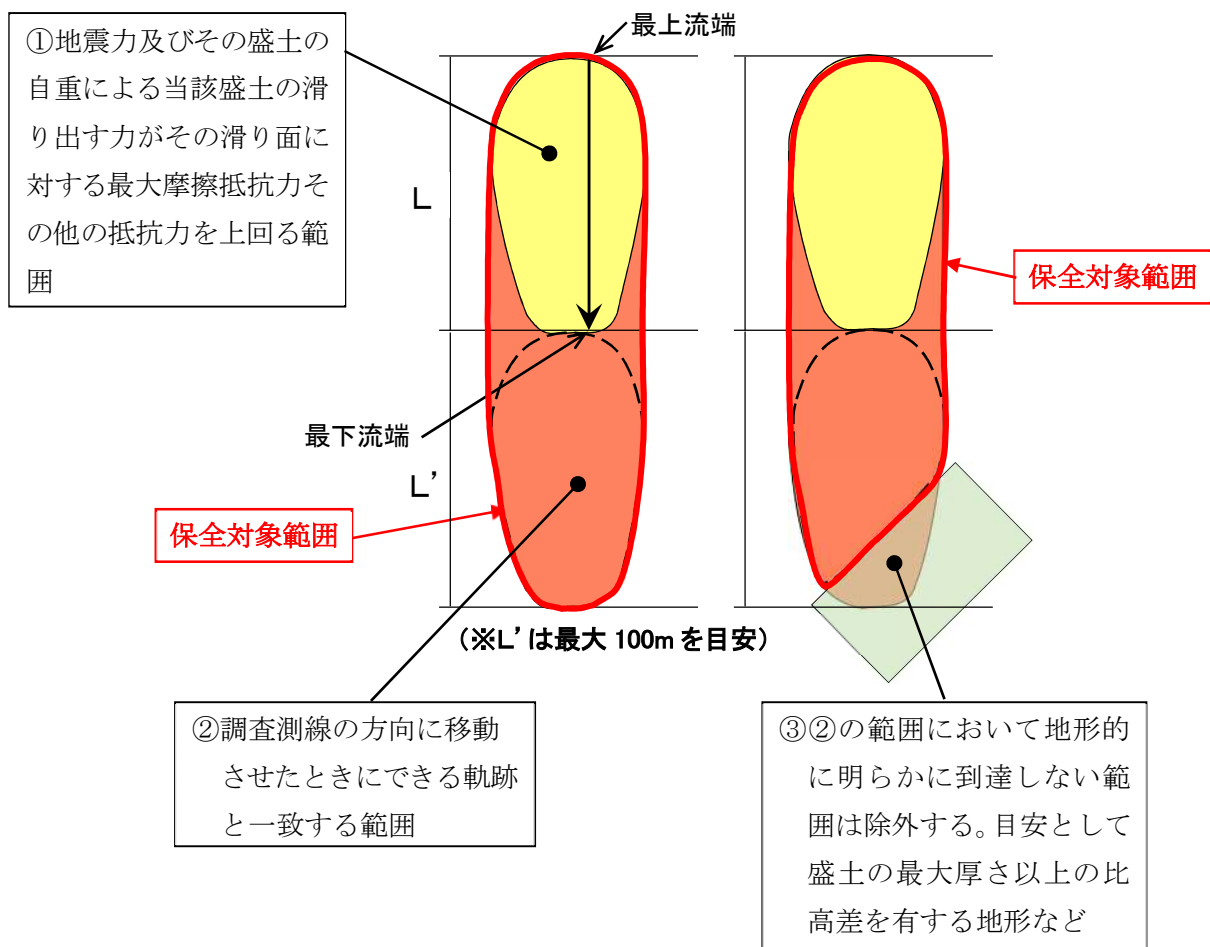
大規模盛土造成地の滑動崩落により危害が生ずるおそれの大きいある土地の区域内に存在する住宅、道路、河川、鉄道等の保全対象とそれらの規模を調査する。

【解 説】

抽出された大規模盛土造成地について、収集された資料や現地踏査等をもとに、机上において当該大規模盛土造成地上およびその周辺に住宅および公共施設等（道路、河川、鉄道、地域防災計画に記載されている避難地または避難路）が存在するかどうかを確認する（対象とする公共施設等は、地域の実情にあわせて地方公共団体が判断してよい）。また可能であればそれらの数や延長などの規模、公共施設についてはその管理主体（国道、県道または一級河川かなど）などを可能な範囲で確認する。

なお、大規模盛土造成地の滑動崩落により危害を生ずるおそれの大きい範囲は、下図のとおり、盛土の下端からの水平距離（ L' ）が、盛土の水平距離（ L ）と等しくなる部分とする。

ただし、 L が100mを超える場合の L' は、[参考 7.1](#)に示す大規模盛土造成地の滑動崩落事例から最大100mを目安とするが、近隣での土砂流出災害の実績などを参考に100mを超えて設定することもできる。

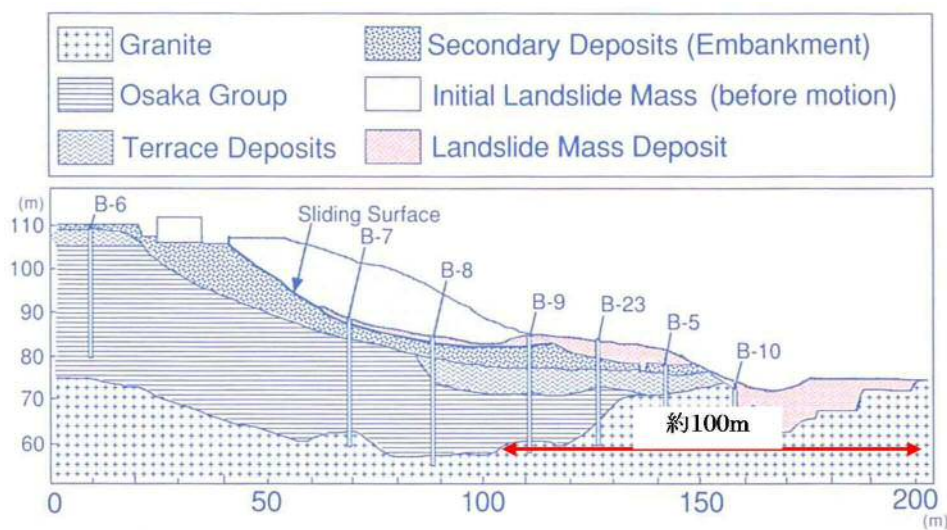


図VII.1.1 保全対象の範囲

参考 7.1 保全対象の範囲の設定方法について

大規模盛土造成地の滑動崩落事例のうち、移動距離が長い事例は、西宮市仁川町と宮城県築館町である。西宮市仁川町の事例は、1995年兵庫県南部地震の際に、大規模盛土造成地が約100m下流まで流下したものである。宮城県築館町の事例は、2003年三陸南地震の際に大規模盛土造成地が80~100m移動したものである。

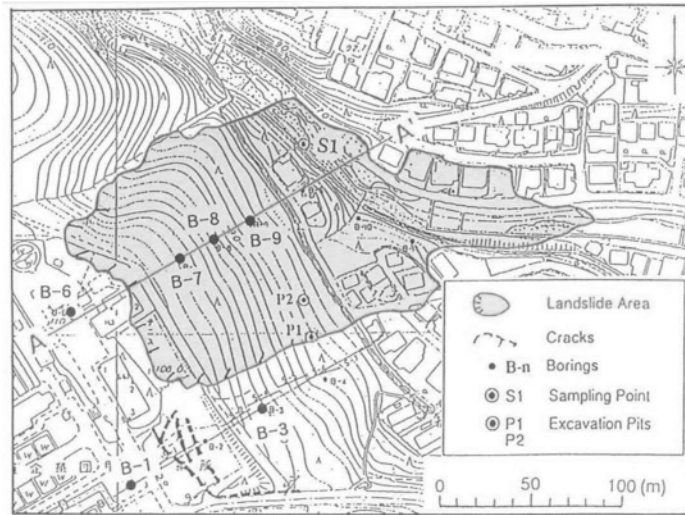
大規模盛土造成地の滑動崩落現象は、人工地形が地すべりのような現象で移動するものである。日本における地すべり現象の99%において地すべりによって発生した土石等が到達した区間の長さを、地すべりしている区域の長さで除した値が1以下となっている（国土交通省河川局水政課・砂防部砂防計画課：土砂災害防止法令の解説，p. 59，2003.）。宅地盛土の滑動崩壊現象も最大で盛土長さ程度の移動にとどまると考えられる。



図参 7.1-① 西宮市仁川百合野町の崩壊地域周辺の地質断面図

K.SASSA H.FUKUOKA T.SAKAMOTO :

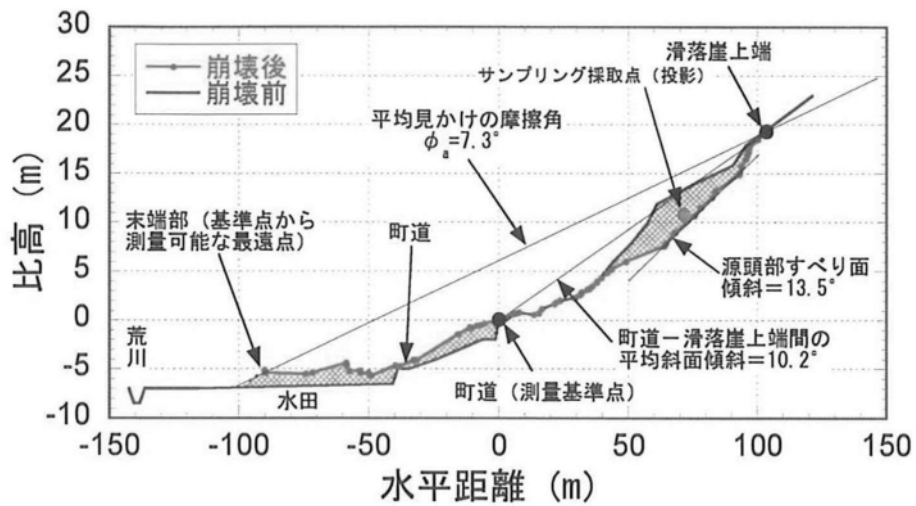
The rapid and Disastrous Nikawa Landslide, LANDSLIDE NEWS, 1995.



図参 7.1-② 西宮仁川における平面図

K.SASSA H.FUKUOKA T.SAKAMOTO :

The rapid and Disastrous Nikawa Landslide, LANDSLIDE NEWS, 1995.



図参 7.1-③ 宮城県築館町で発生した地すべりの縦断面図

防災研究所地盤災害研究分野HP

Ⅶ.2 防災区域の指定等（令第十九条第一項第一号または法第十六条第二項の勧告に該当）

変動予測の結果、抽出された大規模盛土造成地について、宅地造成に伴う災害で相当数の居住者その他の者に危害を生ずるものの発生のおそれ大きいと判断されるものについて、防災区域の指定等を行う。

【解 説】

変動予測の結果、安全率が1を下回る範囲の一団の造成地で、盛土上および盛土周辺の相当数の住宅に危害を及ぼす恐れ大きいと判断され、次のいずれかに該当する場合は、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を行うこととする。

- ① 盛土の面積が3,000m²以上であり、かつ、地下水位が盛土の内部に侵入しているもの
- ② 盛土前の地盤面が水平面に対し20度以上の勾配かつ盛土の高さが5m以上のもの

防災区域の指定範囲および勧告範囲は、安定計算結果（安全率が1を下回る範囲など）、旧地形状況、地盤調査結果、現状の変状等を勘案して判断すること。

なお、宅地耐震化推進事業では、予防対策の施行地区の要件として、盛土上に存在する家屋が谷埋め型大規模盛土造成地では10戸以上、腹付け型大規模盛土造成地では5戸以上、かつ、高速自動車国道、一般国道、都道府県道、河川、鉄道または地域防災計画に記載されている避難地または避難路に被害が発生するおそれがあるものとなっており、防災区域の指定等に当たってはこれらも考慮することが望ましい。

Ⅶ.3 防災区域の指定等（令第十九条第一項第二号または法第十六条第二項の勧告に該当 （災害発生のおそれが切迫していることが確認される場合））

変動予測に関わらず、切土又は盛土をした後の地盤の滑動、宅地造成に関する工事により設置された擁壁の沈下、切土又は盛土をした土地の部分に生じた崖の崩落その他これらに類する事象が生じている一団の造成宅地の区域であって、災害発生のおそれが切迫していることが確認される場合で、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大きいと認められるものについて防災区域の指定等を行う。

【解 説】

政令第十九条第一項第二号では、切土又は盛土をした後の地盤の滑動、宅地造成に関する工事により設置された擁壁の沈下、切土又は盛土をした土地の部分に生じた崖の崩落その他これらに類する事象が生じていることから、災害発生のおそれが切迫していることが確認される場合は、安定計算に関わらず、防災区域の指定ができるとしている。

この規定により、例えば窪地を平坦に盛土した宅地でも、地盤の滑動などの事象を示していれば防災区域に指定することが可能となる。

地盤の滑動などの事象については、政令に例示しているが、その他これらに類する事象としては、例えば温泉などではない地下水がのり面や擁壁から常時しみ出していたり、雨の後に地下水がのり面や擁壁から噴出したりすることなどが考えられる。

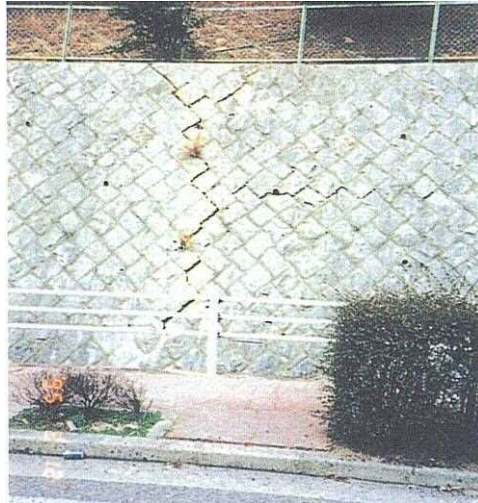
地盤の滑動などの事象は、住民等からの情報提供や日常のパトロールなどで判明するケースと、変動予測の第二次スクリーニング計画の作成などで実施する現地踏査で判明するケースが考えられるが、いずれの場合においても速やかに現地確認を行うとともに、必要に応じて調査や計測を実施して状況を把握し、防災区域の指定について検討することが重要である。

なお、宅地造成工事規制区域内においても、前述した事象が生じ災害発生のおそれが切迫していることが確認される場合は、法第十六条第二項に基づき宅地造成に伴う災害の防止のために必要な措置をとることを勧告することができる。

災害のおそれが切迫していることが確認される事象の例を図Ⅶ.3.1～図Ⅶ.3.3に示す。



図Ⅶ. 3. 1 宅地の亀裂例



図Ⅶ. 3. 2 擁壁の沈下例 1



図Ⅶ. 3. 3 擁壁の沈下例 2

VIII. 住民等への説明事項

変動予測調査を円滑に進めるため、調査の各段階において必要な住民説明会や広報誌による情報提供（以下「説明会等」）を実施する。

説明会等では、調査の目的や必要性、調査内容、調査結果等を分かりやすい資料で提示し、住民等の理解と協力を求める。

【解 説】

① 説明会等の実施時期

大規模盛土造成地マップの公表段階、第二次スクリーニング計画作成における現地踏査段階、第二次スクリーニングにおける地盤調査段階、変動予測調査終了段階において、説明会等を実施する。

住民等への説明の方法や実施時期および対象者等については、地方公共団体において判断すること。説明会等の実施時期と説明内容の例を図VIII.1に示す。

実施時期		説明内容
大規模盛土造成地マップ	大規模盛土造成地マップ公表段階	<ul style="list-style-type: none"> ・ 滑動崩落被害の概要等 ・ 変動予測調査の目的、必要性 ・ 大規模盛土造成地マップの活用方法
第二次スクリーニング計画作成	現地踏査段階	<ul style="list-style-type: none"> ・ 第二次スクリーニング計画の概要 ・ 現地踏査の内容と協力依頼
第二次スクリーニング	地盤調査段階	<ul style="list-style-type: none"> ・ 第二次スクリーニングの概要 ・ 地盤調査の内容と協力依頼
変動予測調査終了段階		<ul style="list-style-type: none"> ・ 第二次スクリーニング結果 ・ 防災区域指定等の範囲 ・ 今後の対応（予防対策概要、スケジュール、費用負担等）

図VIII.1 説明会等の実施時期と説明内容（例）

2 説明の内容

(1) 大規模盛土造成地マップ公表段階

- ・ 「わが家の宅地安全マニュアル (<http://www.mlit.go.jp/crd/pamphlet.html>)」等を活用してこれまでの滑動崩落被害の概要等を説明し、変動予測調査や予防対策の必要性を住民に周知する。
- ・ 大規模盛土造成地滑動崩落防止事業の趣旨や制度を説明する。
- ・ 大規模盛土造成地マップに示されている全ての箇所が危険というわけではないことを説明し、過度の不安を与えないよう注意する。
- ・ 大規模盛土造成地マップとあわせて擁壁やのり面等の代表的な変状の事例を示し、大規模盛土造成地上の住民から情報提供を求める。

(2) 第二次スクリーニング計画作成 現地踏査段階

- ・ 第二次スクリーニング計画作成で行う現地踏査に先立ち、第二次スクリーニング計画の概要や現地踏査の内容を説明し、調査への協力を依頼する。

(3) 第二次スクリーニング 地盤調査段階

- ・ 第二次スクリーニングで行う地盤調査に先立ち、当該宅地の第二次スクリーニング計画および地盤調査内容を説明し、地盤調査への協力を依頼する。調査ボーリングなど個々の宅地を借用する必要がある場合は個別に協力を依頼する。

(4) 変動予測調査終了段階

- ・ 第二次スクリーニングの結果、防災区域の指定等が必要と判断された地域の住民に対して、防災区域の指定等に先立ち、防災区域等の範囲や今後の対応（予防対策概要、スケジュール、費用負担等）について説明する。予防対策の実施にあたっては、予防対策の考え方（面的に行う滑動崩落対策は、一定の要件を満たす大規模盛土造成地で行われる対策工事について費用の一部が補助される理由、個々の宅地で行う耐震対策の必要性など）、地方公共団体と住民等それぞれの役割について説明した上で、住民の意向もあわせて確認する必要がある。
- ・ 防災区域の指定等が必要と判断された地域の住民への説明では、対策に要する費用等について説明を求められることが想定されることから、安定計算とあわせて対策工法や工事費等について概略の検討を行っておくことが望ましい。
- ・ 第二次スクリーニングの結果、防災区域の指定等が不要と判断された地域については、その結果を周知するとともに、新たに変状等が生じた場合の情報提供を求める。

Ⅱ編 予防対策編

Ⅱ編 予防対策 編

目 次

I. 総説	2-1
II. 宅地耐震対策の基本的な考え方	2-3
III. 対策工法の選定	2-4
III.1 被害形態の想定	2-5
III.2 面的に行う滑動崩落対策工法の選定	2-8
III.3 個々の宅地で行う耐震対策工法の選定	2-22
IV. 対策施設的设计	2-29
V. 対策施設の施工における留意点	2-30
VI. 滑動崩落対策施設の維持管理と保全	2-31
VI.1 滑動崩落対策施設の維持管理	2-31
VI.2 滑動崩落対策施設の保全	2-33
VII. 住民等への説明事項	2-37
◎参考1 大規模盛土造成地の滑動崩落対策事例	2-39
◎参考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	2-41

I. 総説

本ガイドラインⅡ編は、大地震が発生する前に滑動崩落の予防を図ることを目的とし、「Ⅰ編 変動予測調査編」に基づく大規模盛土造成地の調査や安定計算結果等を踏まえ、効果的かつ経済的に宅地耐震対策を実施するための考え方を示したものである。

宅地耐震対策は、「面的に行う滑動崩落対策」と「個々の宅地で行う耐震対策」に大別され、本編では主に、それぞれの対策工法の種類と対策工法の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「Ⅰ編 変動予測調査編」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ており、今後、宅地所有者の意向を踏まえて滑動崩落対策の検討が行われる見込みである。

また、平成 23 年 3 月の東北地方太平洋沖地震では多数の宅地が広域に被災し、「面的に行う滑動崩落対策」の重要性があらためて浮き彫りとなった。「面的に行う滑動崩落対策」とは、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・切盛り境界等の不同沈下・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、公共用地のほか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、盛土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、「面的に行う滑動崩落対策」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想定される。このため、本編においては、個々の宅地で所有者が対策を実施することも想定し、「個々の宅地で行う耐震対策」についても整理した。「個々の宅地で行う耐震対策」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、住宅基礎や擁壁の補強などの対策を行うものである。

個々の宅地で所有者が対策を実施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「面的に行う滑動崩落対策」に先立ち実施するケース、「面的に行う滑動崩落対策」に加え安全性をさらに向上させるケース等が考えられる。

なお、「個々の宅地で行う耐震対策」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。「面的に行う滑動崩落対策」の早期実施を目指し、合意形成を図ることが重要である。

表 I.1 「面的に行う滑動崩落対策」と「個々の宅地で行う耐震対策」

	面的に行う滑動崩落対策	個々の宅地で行う耐震対策
工事の内容	地方公共団体等が宅地所有者の同意を得て、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するために実施する工事	宅地所有者が個々の宅地や家屋の被害を防止・軽減するために実施する工事
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・切盛り境界の不同沈下・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)
事業者 (実施者)	地方公共団体、宅地所有者等	宅地所有者
対策用地	公共用地、個々の宅地	個々の宅地
留意点	<ul style="list-style-type: none"> 公共用地のほか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。 盛土全体を一体的に対策するため合理的であるが、住民等の同意を得ることが必要となる。 	<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。

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、周辺の公共施設等を含む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、ライフラインや周辺の公共施設等（道路、河川、鉄道、避難地または避難路）にも被害が生じる。これらの公共施設等を含む地域コミュニティを保全するために、滑動崩落対策を実施する。

滑動崩落対策を実施する箇所は、「I編 変動予測調査編」に基づく調査・検討結果から判断するが、相当数の大規模盛土造成地が存在する地域では、全ての大規模盛土造成地の調査・検討を完了するのに長期間を要することも想定される。このため、滑動崩落対策の実施については、一定程度調査・検討が進んだ段階で、大規模盛土造成地の数、滑動崩落の危険性、災害発生時の影響、住民等の意向などを考慮して計画的に進めることも重要である。

滑動崩落対策の対策工法は、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月の東北地方太平洋沖地震では、既設の地すべり防止対策が面的な滑動崩落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対策としては十分ではなく、個々の住宅や擁壁に被害が生じた箇所が見受けられた（[参考2](#)参照）。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、面的に行う滑動崩落対策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う耐震対策工を検討する必要がある。

Ⅲ. 対策工法の選定

面的に行う滑動崩落対策と個々の宅地で行う耐震対策の対策工法は、想定される被害形態を踏まえ、諸条件を総合的に検討し選定する。

【解 説】

対策工法の選定にあたっては、「Ⅰ編 変動予測調査編」に基づく調査・検討結果から、大規模盛土造成地の被害形態を想定する。

対策工法は、前述の想定被害形態を踏まえ、施工性や経済性などの諸条件を総合的に検討し、変動予測調査で想定された滑動崩落の範囲（以下「滑動ブロック」という）の安定性を確保できるものを選定する。

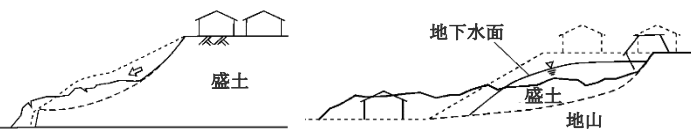
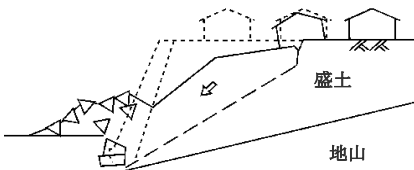
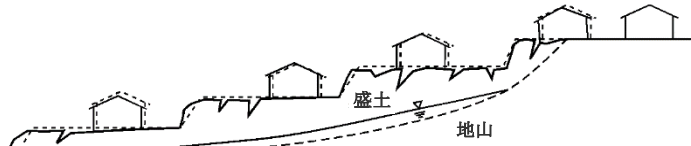
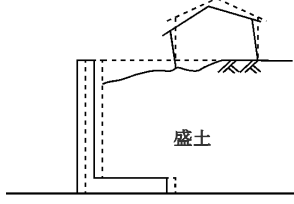
Ⅲ.1 被害形態の想定

「Ⅰ編 変動予測調査編」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Ⅲ.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、擁壁倒壊および変形などが考えられる。

表Ⅲ.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 	盛土のり面の不安定化によるすべり崩壊、盛土内の間隙水圧上昇による流動的すべり崩壊など
	崩壊	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*の境界および盛土内部の脆弱面などを不連続面とする地すべり変形
	変形	擁壁変形 	擁壁と背面土の変形


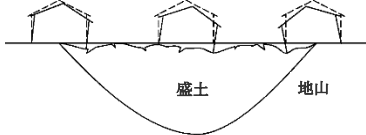

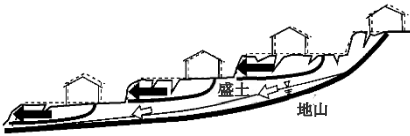
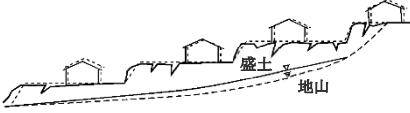
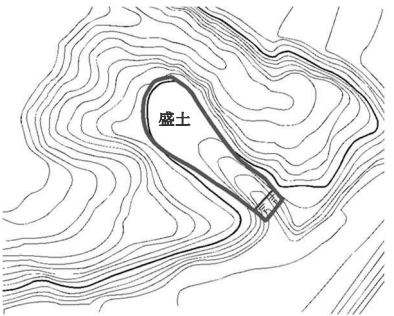
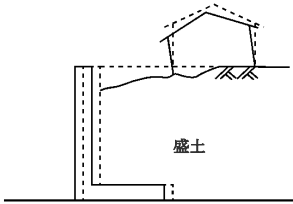
※地山：自然地盤（このうち安定したものが基盤）

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、変動予測調査で実施した現地踏査および地盤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）、安定計算結果および地形要因等を総合的に勘案して想定する。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Ⅲ.1.2、表Ⅲ.1.3に示す。

表Ⅲ.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	盛土の下に不安定な土層が堆積	[軟弱な崖錐・崩積土]	<p>(すべり崩壊)</p>	谷埋め型 腹付け型
			[軟弱な沖積粘性土]	<p>(すべり崩壊)</p>	谷埋め型 腹付け型
			[緩い飽和沖積砂質土]	<p>(流動的すべり崩壊)</p>	谷埋め型 腹付け型
	盛土のり面の不安定化によるすべり崩壊	盛土のり面の表面付近が不安定		谷埋め型 腹付け型	
	擁壁倒壊	擁壁の不安定化による擁壁倒壊・背面土の崩壊	擁壁が不安定		谷埋め型 腹付け型

表Ⅲ.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	地形要因・ 擁壁の状態	模式図	盛土の 種類	
変形	すべりによる変形	盛土と地山の境界および盛土内部の脆弱面などを不連続面とする地すべり的変形（切盛り境界の不同沈下を含む）	地下水位が高く、盛土が流動化しやすい 盛土が脆弱（盛土の締固め不足等） ひな壇部分が不安定	ひな壇形状の盛土	〔盛土全体の変形〕  <谷筋縦断>	谷埋め型
					〔谷筋横断〕  <谷筋横断>	
	〔ひな壇部分の変形〕  〔盛土全体とひな壇部分の複合型変形〕 					
変形	地形的要因により崩壊には至らない変形（切盛り境界の不同沈下を含む）	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 盛土のり面の表面付近が不安定 盛土が脆弱（盛土の締固め不足等）	地山の勾配が緩く、細長い谷を埋めた薄い盛土		谷埋め型	
			谷の末端が閉塞している盛土	 <平面図>	谷埋め型 腹付け型	
変形	擁壁と背面土の変形	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		谷埋め型 腹付け型	

Ⅲ.2 面的に行う滑動崩落対策工法の選定

面的に行う滑動崩落対策とは、盛土全体の崩壊・変形を防止するための対策施設（以下「滑動崩落対策施設」という）を設置することで、広範かつ面的な宅地被害を軽減し、周辺の公共施設等を含む地域コミュニティを保全することを目的とする。

対策にあたっては、想定被害形態、地盤条件および施工上の制約等の諸条件を勘案し、個々の宅地および道路などの周辺施設に対して、効果的かつ実現可能な工法を選定する。また、宅地内に滑動崩落対策施設を設置する場合は、将来の土地利用への影響についても十分考慮する。

【解 説】

面的に行う滑動崩落対策は、地方公共団体、宅地所有者等が協力して計画・実施するものである。対策にあたっては、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とから、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に検討する。

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・切盛り境界の不同沈下・擁壁変形などを完全に防止できない場合には、宅地所有者の同意を得たうえで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。

1 対策工法の種類

対策工法は抑制工と抑止工に分類される。

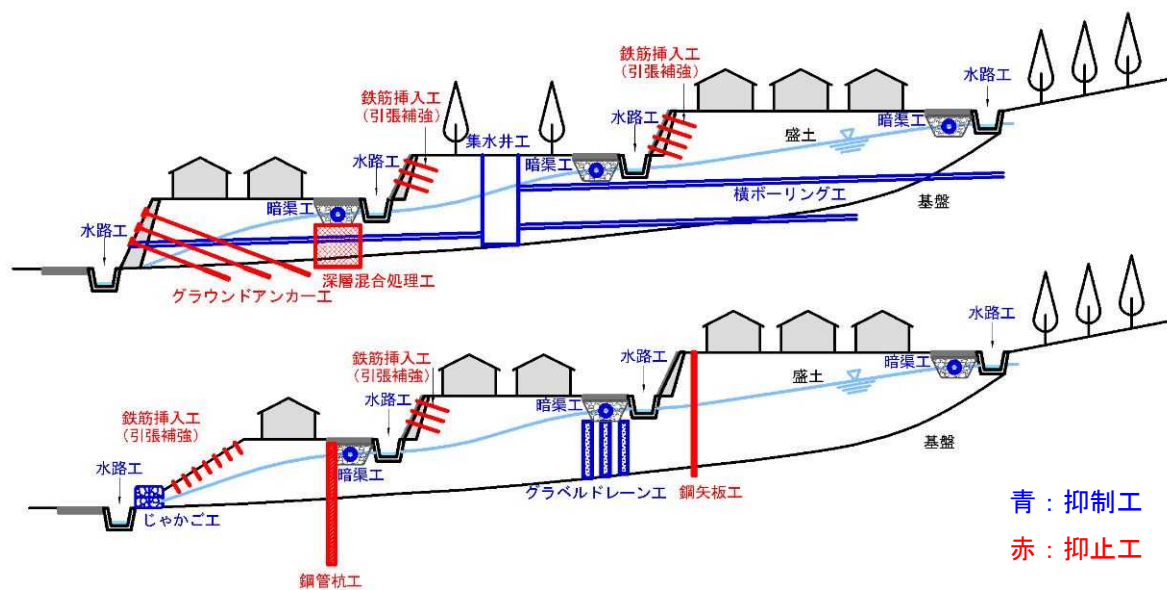
抑制工は、地下水の状態、大規模盛土造成地の地形などの条件を変化させることによって、崩壊および変形を防止する工法であり、地下水排除工法、押え盛土工法などがある。抑止工は、構造物等を設けることによって、その抵抗力により崩壊および変形を防止する工法であり、固結工法、抑止杭工法、グラウンドアンカー工法などがある。

対策工法の種類と例を表Ⅲ.2.1、対策工の配置イメージを図Ⅲ.2.1、対策工法の概要を表Ⅲ.2.2～表Ⅲ.2.3に示す。

表Ⅲ.2.1 対策工法の種類と例

分類	対策工法の種類	対策工の例
抑制工	地表水排除工法	水路工
	地下水排除工法	暗渠工、横ボーリング工、集水井工、 その他の補助的工法（じゃかご工、ふとんかご工）
	間隙水圧消散工法	グラベルドレーン工
	押え盛土工法	盛土工
	排土工法*	排土工
抑止工	固結工法	深層混合処理工、中層混合処理工、グラウト工
	抑止杭工法	鋼管杭工、H鋼杭工、鉄筋コンクリート杭工
	グラウンドアンカー工法 〔地盤補強〕 〔擁壁補強〕	グラウンドアンカー工
	地山補強土工法 〔地盤補強〕 〔擁壁補強〕	鉄筋挿入工（引張補強・圧縮補強）
	矢板工法	鋼矢板工

* 排土工法を適用できるケースは、滑動ブロック頭部付近に空き地がある場合等に限定される。



図Ⅲ.2.1 対策工の配置イメージ

表Ⅲ.2.2 (1) 対策工法の概要 (抑制工)

分類	対策工法の種類	対策工法の概要			
		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)H26年度
抑制工	地表水排除工法	降雨の浸透などによる地下水位の上昇を防止することを目的とした対策工法である。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。	<p>●対策箇所</p> 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)。 <p>●施工スペース</p> 幅、深さ 0.5~1.0m程度の施工スペースが必要である。	19千円/m程度 (U型側溝)
	地下水排除工法	地盤内に浸透した水を速やかに外部に排除する対策工法である。例えば、暗渠工、横ボーリング工、集水井工、その他の補助的工法(じゃかご工、ふとんかご工)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。	<p>●対策箇所</p> 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)。 <p>●施工スペース</p> 暗渠工は幅・深さ 1~2m程度、集水井は井戸(井戸径 3.5~4.0m)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。	9千円/m程度 (暗渠工) 17千円/m程度 (横ボーリング工) 450千円/m程度 (集水井工, 集排水ボーリング工は別途)
	間隙水圧消散工法	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法である。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)。	<p>●対策箇所</p> 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。 <p>●施工スペース</p> 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 (グラベルドレーン工を想定)

※ 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Ⅲ.2.2 (2) 対策工法の概要 (抑制工)

分類	対策工法の種類	対策工法の概要			
		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)H26年度
抑制工	押え盛土工法	すべりの末端部に盛土し、すべり抵抗を増加させる対策工法である。のり尻にはじゃかご工やふとんかご工を設置し、盛土内の浸透水の排水を促進するとともに、のり面崩壊を防止する。	押え盛土やかごおよびその背面地盤の変状を、定期的に見視で確認する必要がある。また、押え盛土が除去されないよう管理する必要がある。	<ul style="list-style-type: none"> ●対策箇所 すべりの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。 	3.4千円/m ³ 程度 (購入土3.0千円/m ³ 程度想定、運搬別途)
	排土工法	すべり頭部の盛土土塊を排除し、すべりの滑動力を低減させる工法である。排土工法を計画する場合は、その上方斜面の潜在的なすべりを誘発することがないように、事前に十分な調査・検討を行う必要がある。	排土によって形成されたのり面やその上方斜面の変状を、定期的に見視で確認する必要がある。また、排土部に盛土等により荷重がかからないよう管理する必要がある。	<ul style="list-style-type: none"> ●対策箇所 すべり頭部の盛土土塊を排除する。排土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、排土規模による。排土規模は、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。 	1.0千円/m ³ 程度 (排土の運搬処分、排土によって形成されたのり面の保護工別途)

※ 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のルールを事前に協議・調整する必要がある。

表Ⅲ.2.3 (1) 対策工法の概要 (抑止工)

分類	対策工法の種類	対策工法の概要			
		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)H26年度
抑止工	固結工法	<p>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法である。</p> <p>例えば深層混合処理工やグラウト工などがある。</p> <p>なお、固結工法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。</p>	<p>点検・清掃は必要ない。</p>	<p>●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）。</p> <p>●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。</p>	<p>4.6千円/m³程度 (中層混合処理工)</p> <p>3.0～7.0千円/m³程度 (深層混合処理工)</p> <p>22千円/m³程度 (高圧噴射攪拌工、二重管、改良径φ2.0mを想定)</p>
	抑止杭工法	<p>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法である。</p> <p>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。</p>	<p>杭周辺の地盤や構造物の変状を、定期的に目視で確認し、変状が認められる場合は、変位観測を行う必要がある。</p>	<p>●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、同意を得ることが必要となる（個々の宅地を利用した対策）。</p> <p>●施工スペース 大口徑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。</p>	<p>500～750千円/m程度 (杭施工延長当り、鋼管杭、杭長12<L<24mを想定、仮設工別途)</p>

※ 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Ⅲ.2.3 (2) 対策工法の概要 (抑止工)

分類	対策工法の種類	対策工法の概要			
		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)H26年度
抑止工	グラウンドアンカー工法〔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新素材からなるワイヤー状の引張材を打設し、緊張力を付加する対策工法である。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。	アンカー周辺の地盤や構造物、アンカー頭部や受圧構造物を定期的に目視で確認し、健全性に問題がある可能性が高いと判断された場合は、リフトオフ試験などの詳細な調査を行う。	<p>●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、同意を得ることが必要となる（個々の宅地を利用した対策）。</p> <p>●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。</p>	69千円/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)
	地山補強土工法〔地盤補強〕〔擁壁補強〕	盛土のり面や既設の擁壁等を鉄筋などで補強する対策工法であり、のり面の場合は直接補強材を打設、擁壁の場合は前面に吹付法枠等を設置して補強材を打設し、地震に対する安定性を確保する対策工法である。	補強材周辺の地盤や構造物および補強材頭部を、定期的に目視で確認する必要がある。	<p>●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、地権者との協議、同意を得ることが必要となる（個々の宅地を利用した対策）。</p> <p>●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、補強材設置部の前面に2～3m程度の施工スペースが必要である。</p>	35千円/m ² 程度 (鉄筋挿入工(引張補強)を想定、対策工設置面積当り、削孔長3m、削孔径φ65mm、受圧板を想定、仮設工は別途)
	矢板工法	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法である。なお、矢板工法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。	矢板周辺の地盤や構造物の変状を、定期的に目視で確認し、変状が認められる場合は、変位観測を行う必要がある。	<p>●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、同意を得ることが必要となる（個々の宅地を利用した対策）。</p> <p>●施工スペース 施工機械によるが、ラフテレーンクレーン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。</p>	430千円/m程度 (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)

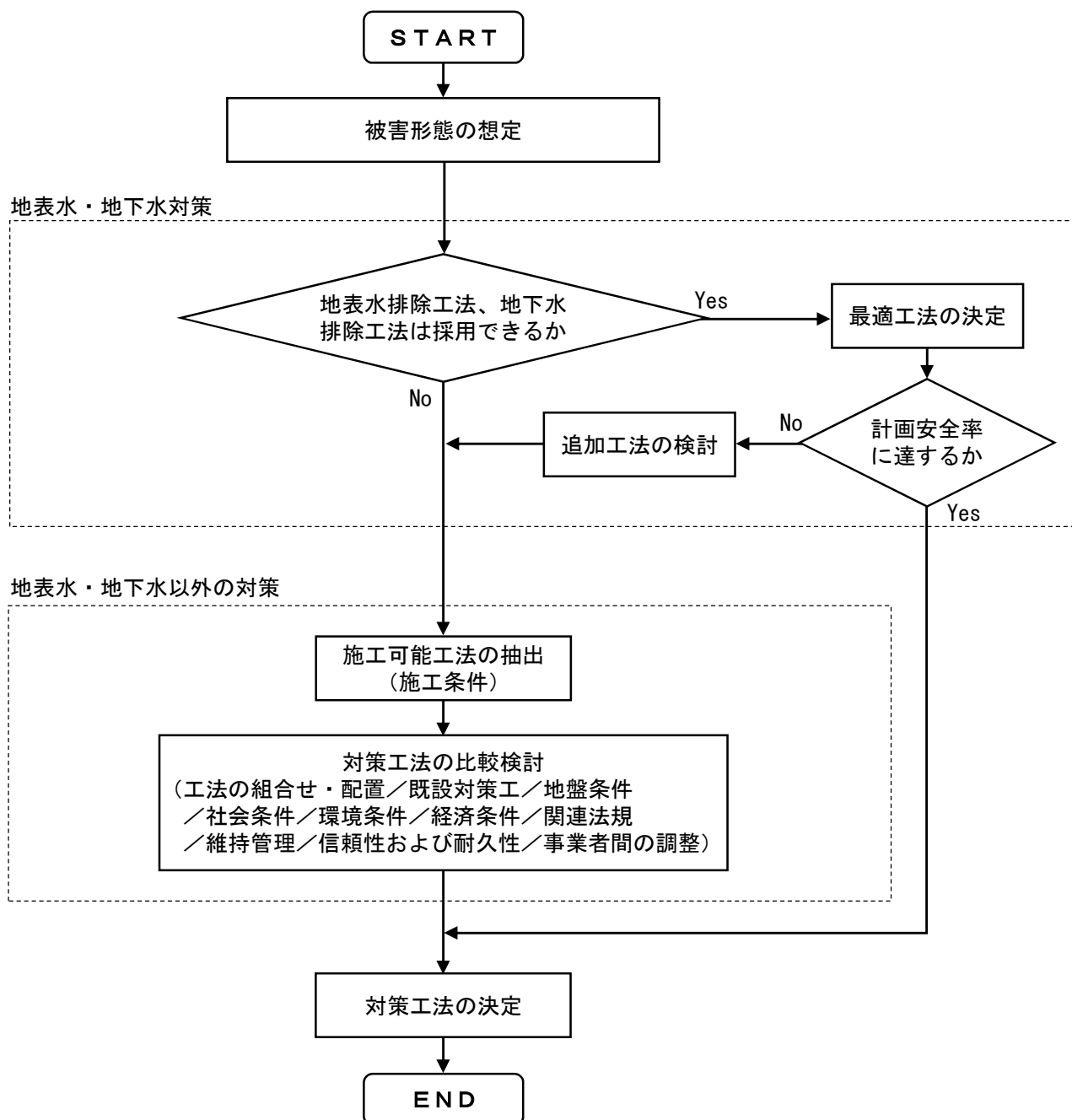
※ 維持管理が必要な工法を選定する場合は、実施主体や費用負担のルールを事前に協議・調整する必要がある。

2 対策工法の選定

対策工法は、以下の事項を総合的に検討し選定する。

- (1) 要求性能、(2) 想定被害形態、(3) 地表水・地下水対策とそれ以外の対策の組合せ、
- (4) 施工条件、(5) 既設対策工の評価、(6) 地盤条件、(7) 社会的条件、(8) 環境条件、
- (9) 経済条件、(10) 関連法規、(11) 維持管理、(12) 信頼性および耐久性、
- (13) 事業者間の調整

対策工法の選定フローを図Ⅲ.2.2に示し、以下に概説する。



図Ⅲ.2.2 対策工法の選定フロー

(1) 要求性能

- ① 二次元分割法などの安定計算で求めた地震時の安全率が、1.0 以上となる対策工法を選定する。
- 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、対策の必要性ならびに対策効果を検討する際に、有限要素法による地震時残留変形解析（「I 編 変動予測調査編 VI.2 安定計算 参考 6.11」参照）なども活用できる。
- 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、転倒、基礎地盤の沈下が生じず、擁壁躯体が破壊しない対策工法を選定する。

(2) 想定被害形態

複数の被害形態が想定される場合、想定被害形態が盛土全体とひな壇部分の複合型変形の場合は、それぞれの対策を複合的に組み合わせる、または一体工法など合理的な工法を選定する。

(3) 地表水・地下水対策とそれ以外の対策の組合せ

- ① 地表水・地下水対策とそれ以外の対策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。
- ② 地下水位は滑動ブロックの安定性に強く影響するため、地表水・地下水対策は特に重要であり、地下水位が高い場合は、原則、実施すること。計画にあたっては、暗渠工や横ボーリング工などを地区全体に面的に配置することが望ましい。道路などの周辺施設に部分的にしか配置できない場合、のり尻にじゃかご工やふとんかご工を単独で設置する場合であっても一定の効果は期待できるため、可能な限り実施すること。

(4) 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 住宅地での施工では、施工スペースおよび搬入路が非常に狭いことが多いため、計画地の状況を詳細に確認し、施工可能な対策工法を選定する。主な必要施工条件の例を表Ⅲ.2.4に示す。

表Ⅲ.2.4 主な必要施工条件の例

対策工	主な必要施工条件
中層混合処理工	改良幅を含めて 7.0m以上の施工幅が必要
鋼管杭工	杭中心から両側に 2.5m以上の施工幅が必要
グラウンドアンカー工	設置面から 4.5m以上の施工幅が必要
鉄筋挿入工（引張補強）	設置面から 2.0m以上の施工幅が必要
鉄筋挿入工（圧縮補強）	前面に 1.0～2.0m、背面に 1.0～3.0m程度の離隔が必要

- 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、工期や施工時期が制限される場合がある。

(5) 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 抑止杭等が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。
 - ③ 必要に応じて既設対策工の補修も行うこととする（例えば、横ボーリング工の洗浄等）。
- (6) 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。
 - 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。
 - ③ 横ボーリング工、集水井工等の工法を選定する場合は、地盤沈下等の周辺への影響に配慮するとともに、施工後の地下水位を確認することも重要である。
- (7) 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を基本に検討する。ただし、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、民地の借地や施設設置による利用制約などについて住民等の同意を得ながら、個々の宅地も利用した対策を検討する。
 - ② 対策用地は、対策後の土地利用（地上および地下）が一部制限される。例えば、グラウンドアンカー工や横ボーリング工を採用する場合、建物下部でのアンカー材、集水管の設置に伴う杭基礎等の施工制限、集水管の目詰まりを防止するための植樹制限等、土地利用が制限されることがある。
- (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。
 - ② 施工時の地下水汚染を防止する。
 - ③ 対策工を地上に設置する場合は、景観に配慮する。
- (9) 経済条件（対策工事費・維持管理費等）
- 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。
- (10) 関連法規
- 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。
- (11) 維持管理
- ① 維持管理を必要とする対策工法を選定する場合は、可能な限り維持管理が容易な構造とするとともに、対策工全体として確認する事項や変状があった場合の対応等を取りまとめた維持管理計画を設計段階で検討する。
 - ② 個々の宅地を利用した対策を実施する場合は、維持管理の実施主体と費用負担者を明確にする。例えば、グラウンドアンカー工や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の維持管理について、事前に住民等と協議・調整し、適切に

対応する。

(12) 信頼性および耐久性

施工実績等から、対策工の信頼性および耐久性を確認する。例えば、鋼管杭を用いる場合、腐食による信頼性およ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。

(13) 事業者間の調整

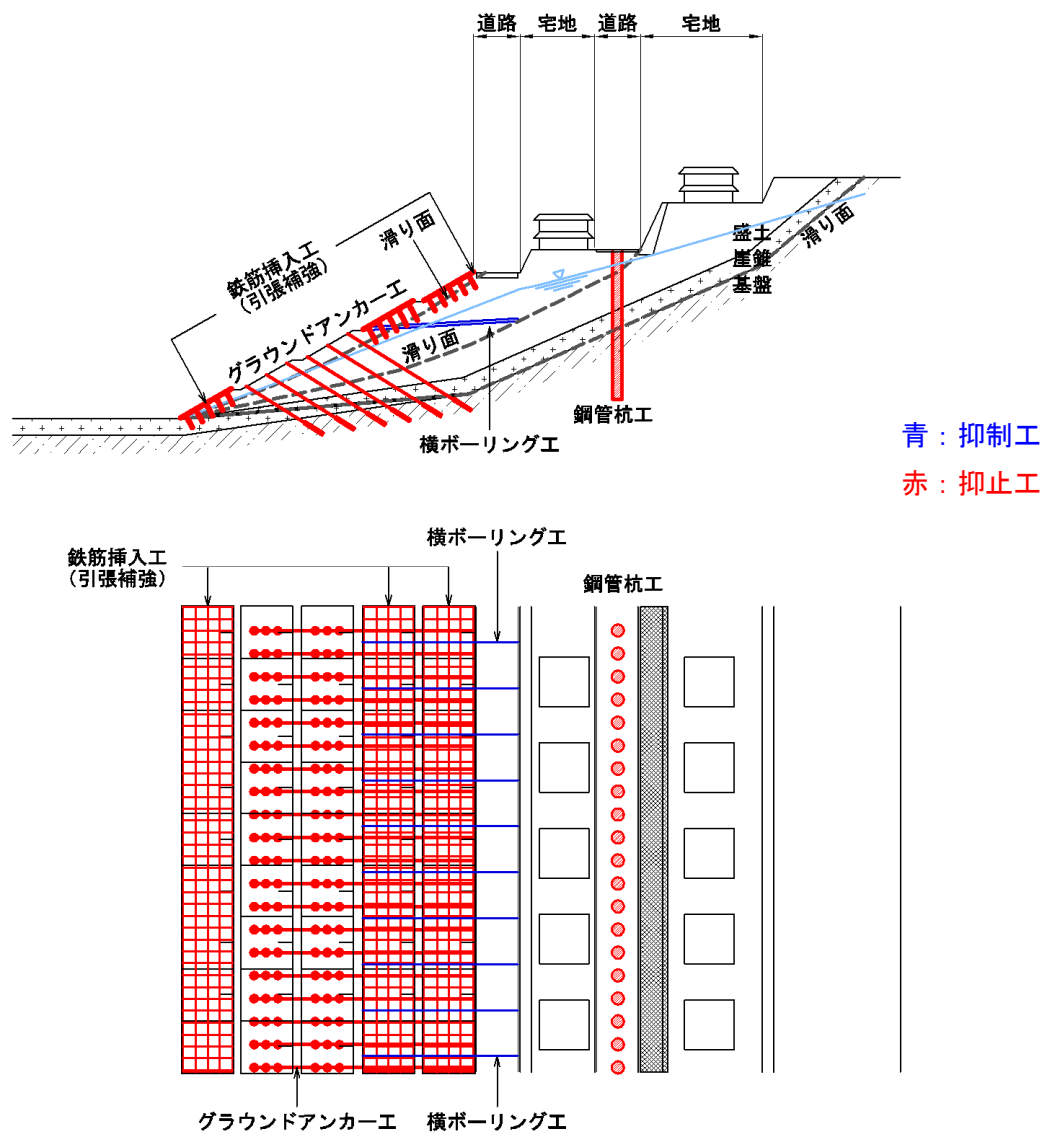
宅地耐震化事業以外に関係する事業がある場合には、事業者間で情報を共有し、工事の実施時期等を調整することで合理化を図ることが望ましい。例えば、地下埋設管の入替えに合わせて暗渠工を設置する、道路舗装の打換えに合わせて鋼管杭を設置することなどが考えられる。

3 対策の例

(1) 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

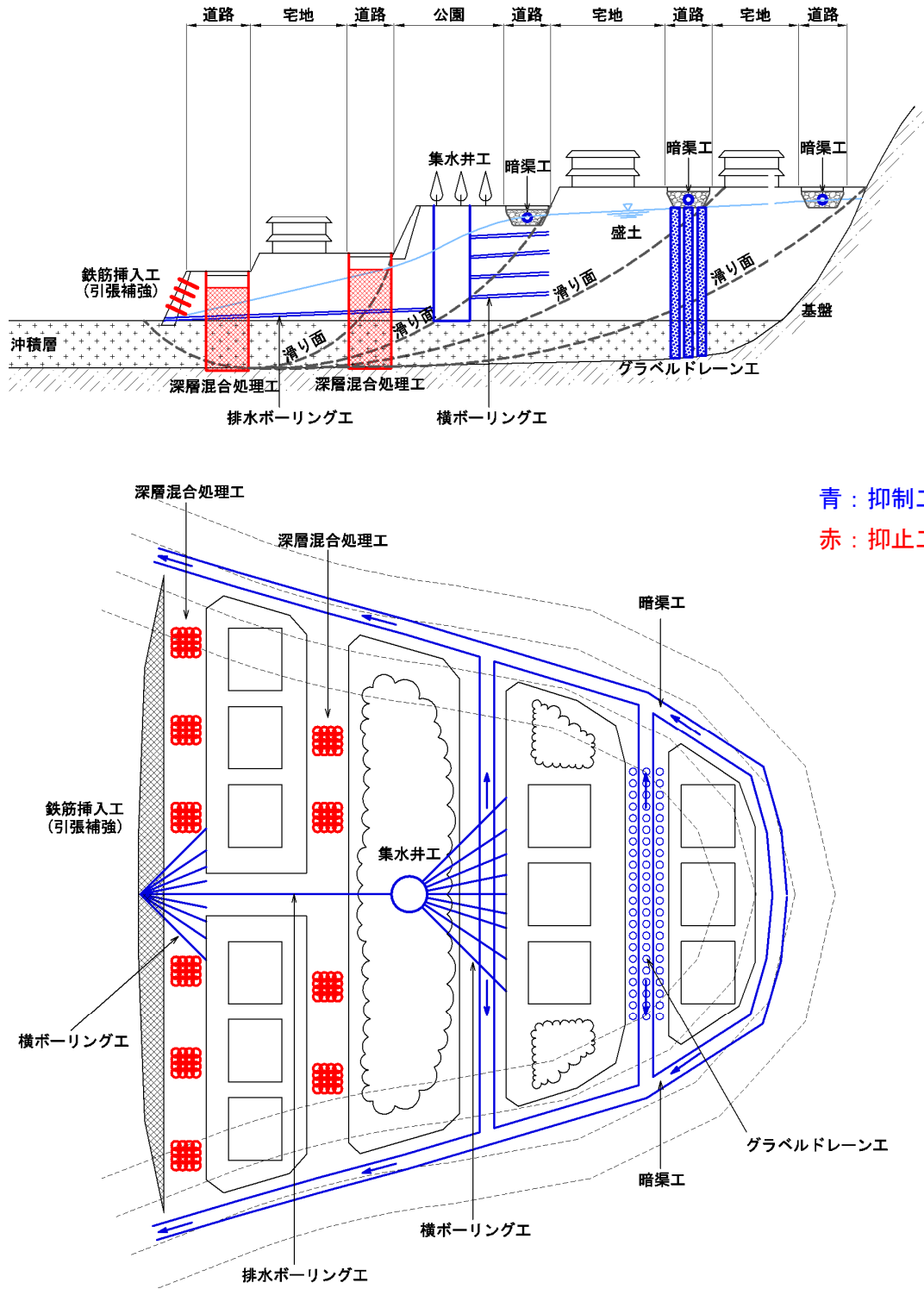
盛土内の間隙水圧の上昇が要因となる流動的すべり崩壊対策の例を図Ⅲ.2.3に示す。盛土のり面部におけるグラウンドアンカー工および横ボーリング工、道路部での抑止杭工などにより、すべり崩壊に対して所定の安全率を確保する対策が考えられる。



図Ⅲ.2.3 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Ⅲ.2.4に示す。道路部における固結工、公園や擁壁部での集水井工およ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ともに、道路部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。

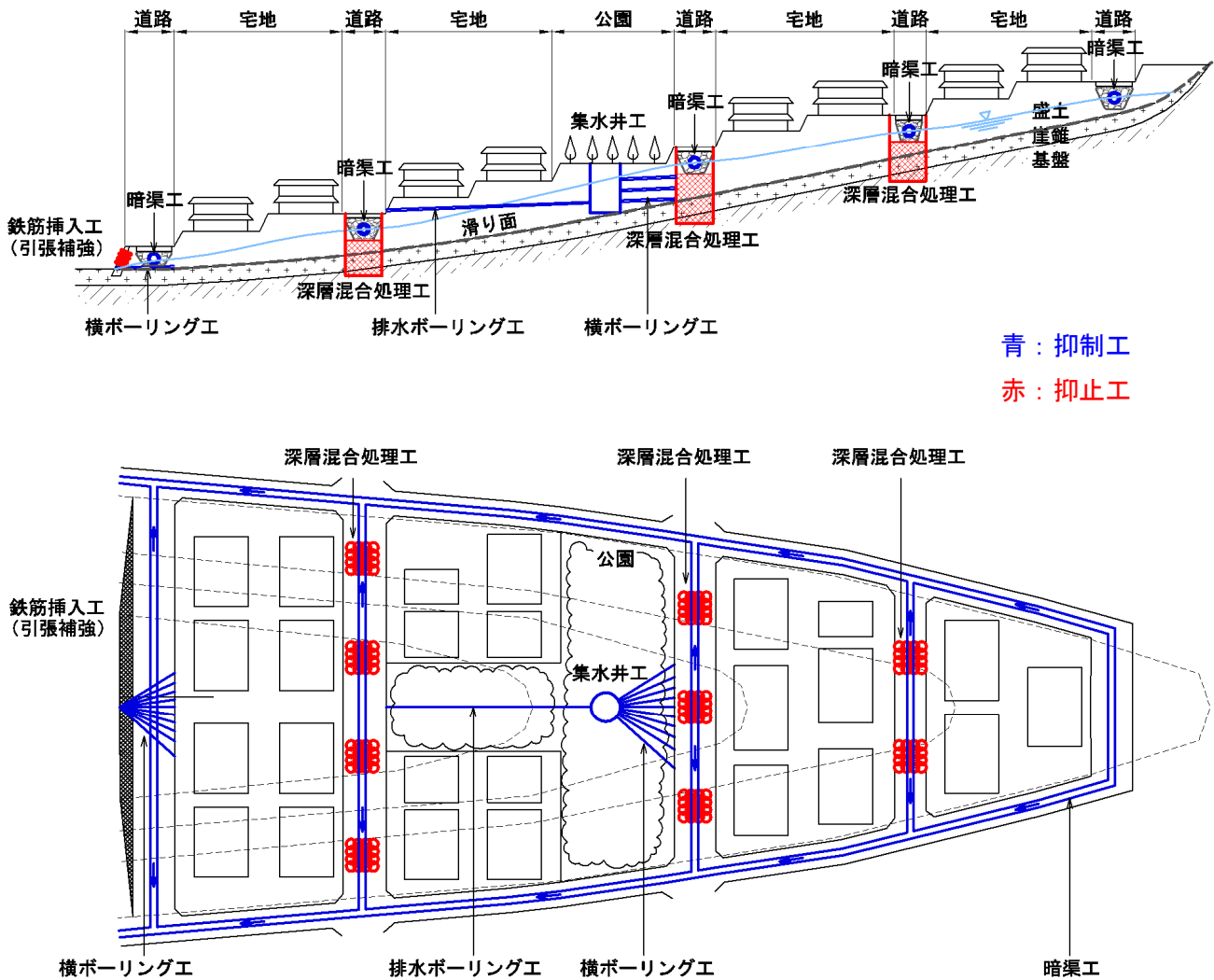


図Ⅲ.2.4 不安定な地山（緩い飽和沖積砂質土）を通る流動的すべり崩壊対策の例
（公共用地内の対策だけで滑動崩壊を防止できる場合の対策例）

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Ⅲ.2.5に示す。

道路部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およ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。



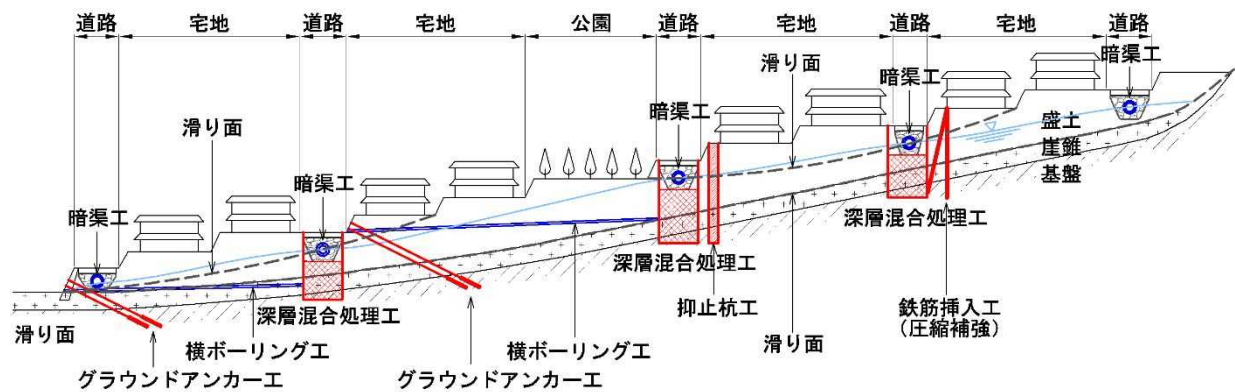
図Ⅲ.2.5 盛土と地山の境界などを不連続面とする地すべりの変形対策の例
(公共用地内の対策だけで滑動崩落を防止できる場合の対策例)

(2) 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）

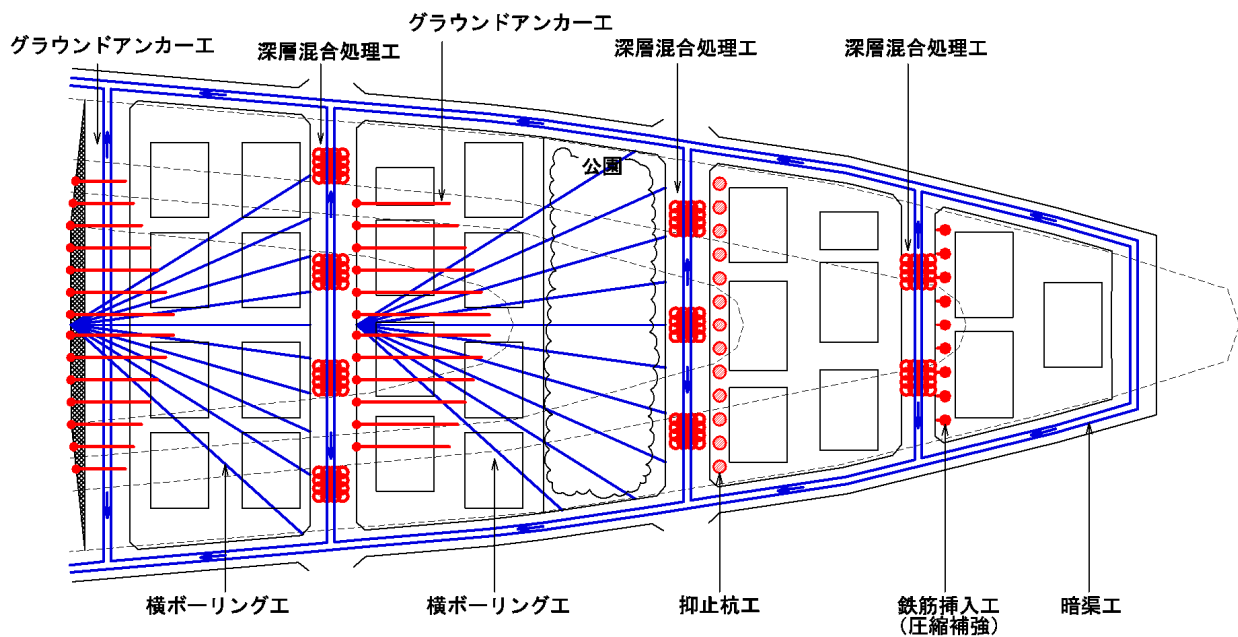
公共用地内の対策だけでは、所定の安全率を確保できず、大規模盛土造成地の崩壊や変形を防止することが出来ない場合は、公共用地で実施する滑動崩落対策と併せて、個々の宅地を利用した（擁壁、のり面等）滑動崩落対策を行う必要がある。対策例を図Ⅲ.2.6に示す。

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、施工後の維持管理を含めた住民等と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。



青：抑制工
赤：抑止工



図Ⅲ.2.6 個々の宅地を利用した滑動崩落対策の例
(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 個々の宅地で行う耐震対策工法の選定

個々の宅地で行う耐震対策は、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、宅地所有者が住宅基礎や擁壁の補強などの対策を行うものである。

対策にあたっては、諸条件を勘案し、将来の土地利用への影響が小さく、個々の宅地内で施工可能な工法を選定する。

【解 説】

個々の宅地で行う耐震対策は、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は、切盛り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。これらの条件に該当する宅地では、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、面的に行う滑動崩落対策に加え、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、宅地が切盛り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、二段擁壁や増積み擁壁など宅地の擁壁に適さない構造のもの、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

対策工法の選定、対策施設の設計および施工にあたっては、「Ⅰ編 変動予測調査編」に基づく地盤調査結果を踏まえ、適宜必要な調査（各種設計指針・マニュアルに定められる地盤調査）を追加で実施する。

個々の宅地で行う耐震対策は、宅地所有者が調査費用を負担する必要があることから、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、目的に応じてコスト削減を考慮した調査手法を積極的に取り入れる必要がある。

1 対策工法の種類

対策工法の種類は、基本的に面的に行う滑動崩落対策と同様であるが、個々の宅地内で完結する工法に限定される。また、切盛り境界における家屋の不同沈下の軽減または被害発生後の修復が容易にできる住宅基礎の立上げ工法などもある。

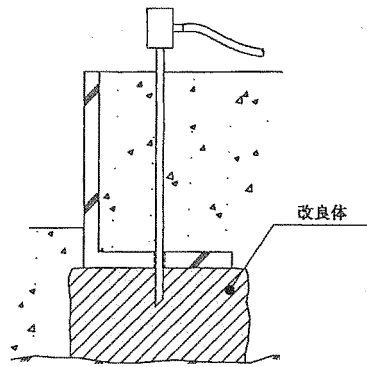
対策工法の種類と概要を表Ⅲ.3.1に、対策工法のイメージを図Ⅲ.3.1に示す。

表Ⅲ.3.1(1) 対策工法の種類と概要

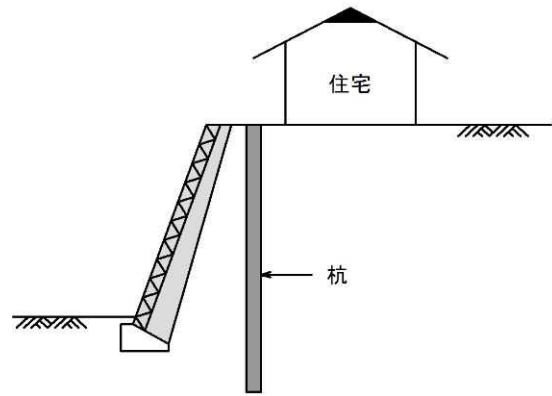
対策工法の種類	対策工法の概要			
	工法の概説	維持管理	対策箇所および施工スペース	概算直接工事単価 (参考) H26 年度
擁壁補修工法 〔擁壁補強〕	局所的な補修により、擁壁の機能を回復させる対策工法である。クラック補修や部分補強等が該当する。なお、補修できない場合は、再構築が必要となる。	擁壁工や背面地盤の変位等を、地震後に、目視にて確認する必要がある。	<ul style="list-style-type: none"> ●対策箇所 宅地擁壁の補修および復旧が必要な箇所が対策箇所となる。 ●施工スペース 擁壁補修の場合は、擁壁前面に 1m 程度の施工スペースがあればよい。擁壁再構築の場合は、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。 	150 千円/m 程度 (重力式擁壁 H=3m の再構築を想定)
固結工法	擁壁支持力を補強すること、擁壁背面土圧を受け止めること、地盤変形を抑止することを目的に、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法である。なお、固結工法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。	<ul style="list-style-type: none"> ●対策箇所 擁壁基礎地盤または、擁壁背面地盤が対策箇所となる。 ●施工スペース 擁壁基礎地盤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。 	22 千円/m ³ 程度 (高圧噴射攪拌工、二重管、有効改良径 φ2.0m を想定)
抑止杭工法	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法である。	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、定期的な観測を実施する必要がある。	<ul style="list-style-type: none"> ●対策箇所 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、擁壁背面部となる。 ●施工スペース 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。 	220～330 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Ⅲ.3.1(2) 対策工法の種類と概要

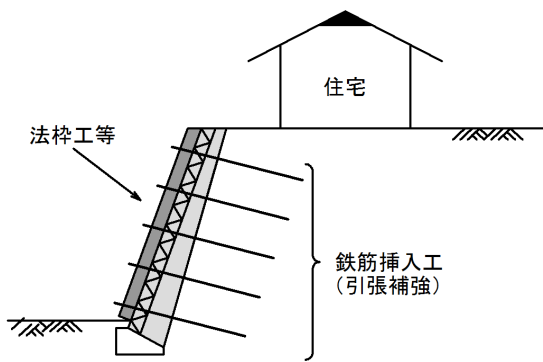
対策工法の種類	対策工法の概要			
	工法の概説	維持管理	対策箇所および施工スペース	概算直接工事単価 (参考) H26 年度
地山補強土工法 〔地盤補強〕 〔擁壁補強〕	既設の擁壁等を鉄筋などで補強する工法であり、擁壁前面に吹付法枠等を設置して補強材を打設し、地震に対する安定性を確保する対策工法である。	補強材頭部および補強された構造物、周辺地盤に対して、地震後に、目視観察を行う必要がある。	<ul style="list-style-type: none"> ●対策箇所 宅地擁壁の補強を目的とするため、宅地擁壁が対策箇所となる。 ●施工スペース 施工機械は、定置式ドリルを用いた施工が想定され、補強材設置部の前面に 2～3m 程度の施工スペースが必要である。 	35 千円/m ² 程度 (鉄筋挿入工(引張補強)を想定、対策工設置面積当り、削孔長 3m、削孔径 φ 65mm、受圧板を想定、仮設工は別途)
グラウンドアンカー工法 〔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法である。	アンカー頭部およびアンカーされた擁壁などの構造物、周辺地盤に対して、定期的に、目視観察を行う必要がある。	<ul style="list-style-type: none"> ●対策箇所 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。 ●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。 	69 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 φ 115mm、受圧板を想定、仮設工は別途)
住宅基礎の立上げ工法	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法である。	維持管理は必要ない。	<ul style="list-style-type: none"> ●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 1～2m 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)



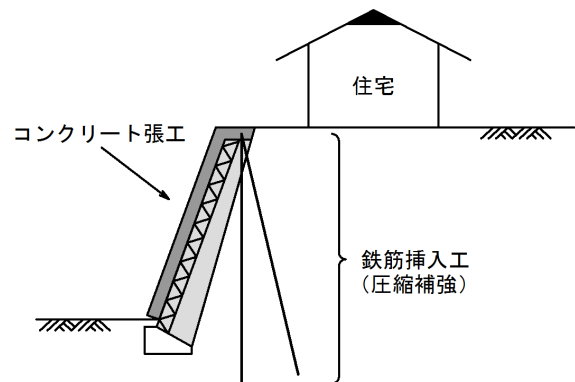
固結工法(擁壁基礎改良)



抑止杭工法

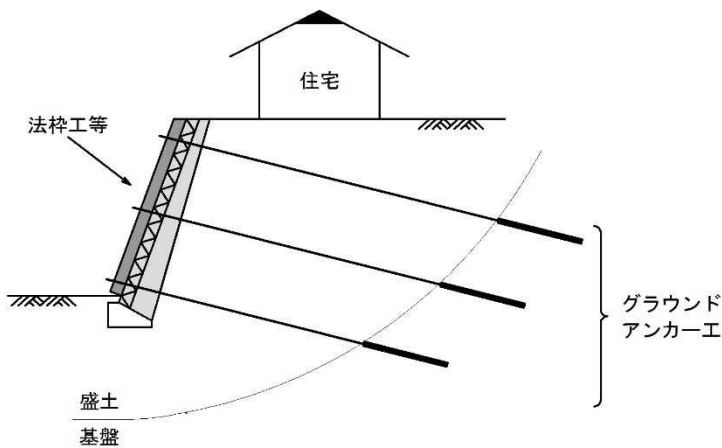


鉄筋挿入工(引張補強)

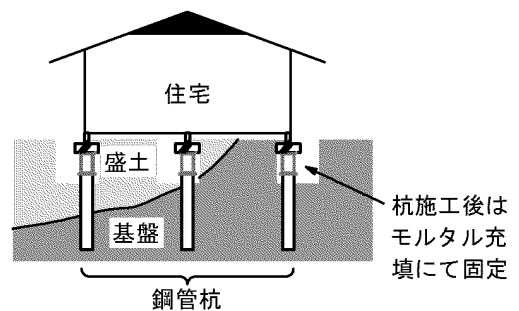


鉄筋挿入工(圧縮補強)

地山補強土工法[擁壁補強]



グラウンドアンカー工法[擁壁補強]



住宅基礎の立上げ工法(杭式)

※ 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Ⅲ.3.1 対策工法イメージ図

2 対策工法の選定

対策工法は、以下の事項を総合的に検討し選定する。

- (1) 想定被害形態、施工上・費用の制約、必要な整備レベル、
- (2) 対策工法の組み合わせ、(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) 信頼性および耐久性

(1) 想定被害形態、施工上・費用の制約、必要な整備レベル

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、施工上の制約およ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選定する必要がある。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基礎の立上げ工などの建物補強工が考えられる。

(2) 対策工法の組み合わせ

対策工法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は、アンカー材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、対策工法の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（地上および地下）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、将来住宅の増改築などを行う際に支障となる可能性もあるため、これらの制約を考慮して対策工法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、施工スペースおよ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）

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

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) 信頼性および耐久性

施工実績等から、対策工の信頼性および耐久性を確認する必要がある。

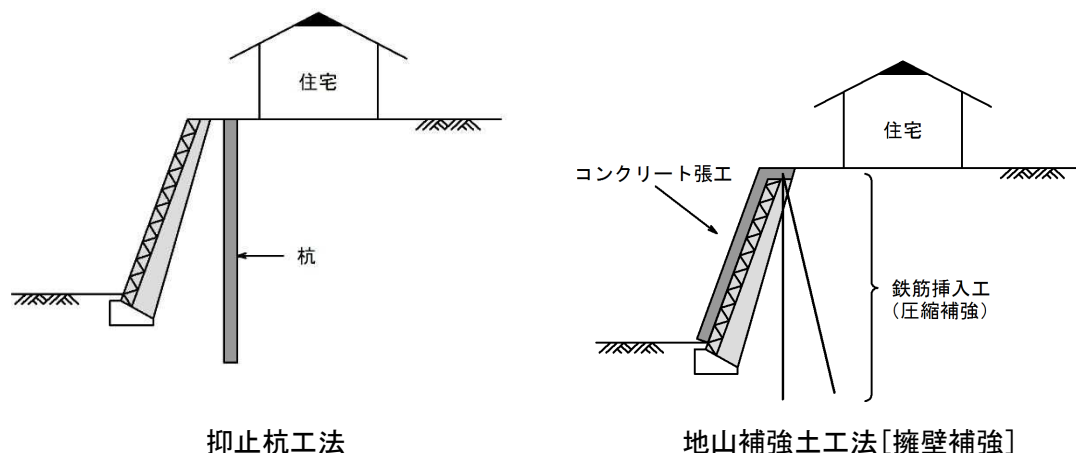
3 対策の例

(1) 擁壁の不安定化による擁壁倒壊およ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、擁壁工法（再構築含む）や、抑止杭工法または地山補強土工法などが考えられる。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。

擁壁工法の場合は、耐震機能を持った擁壁の再構築が有効な手段となる。

抑止杭工法や地山補強土工法は、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擁壁背面地盤の安定化を図ることができ、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Ⅲ.3.2に対策の例を示す。

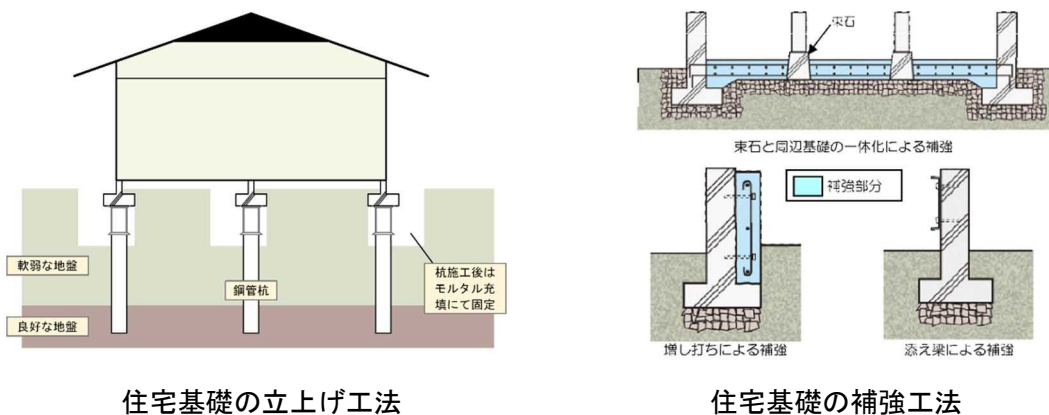


図Ⅲ.3.2 擁壁の不安定化による擁壁倒壊・背面土の崩壊対策の例（抑止杭工法、地山補強土工法）

(2) 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法や住宅基礎の補強工法などが考えられる。また、住宅周辺地盤の補強対策として、壁式地盤改良（固結工法）や木杭打設も挙げられる。

住宅基礎の立上げ工法は住宅の傾き防止、住宅基礎の補強工法は、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Ⅲ.3.3に対策の例を示す。



図Ⅲ.3.3 住宅基礎の立上げ工法および住宅基礎の補強工法による対策の例

IV. 対策施設の設計

対策施設の設計は、各種調査結果を踏まえ、施工や維持管理を考慮して設計条件を設定するとともに、関連法規を遵守し、設計指針等を参考に実施する。

【解 説】

対策施設の設計条件は、現地踏査、地盤調査、宅地変状調査および安定計算結果などを踏まえ、施工における材料や維持管理の方法などを考慮して設定する。設計成果は、施工や維持管理、住民等への説明に必要となるため、以下の事項を明らかにして分かりやすくとりまとめ、施工・維持管理段階に引き継ぐものとする。

【設計成果でとりまとめる事項】

- ①設計条件（地盤・地下水条件、対策施設の材料条件）、②対策によって得られる効果と範囲、③維持管理計画

対策施設の設計にあたり、遵守する主な関連法規と参考となる設計指針等を以下に示す。なお、新工法や公的機関が設計指針等を定めていない工法を採用する場合は、学識経験者等の意見を踏まえて検討すること。

【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

【設計指針等】

対策工法の種類	設計指針等
地表水排除工法	地すべり防止技術指針解説（2008年1月、土木研究所）
地下水排除工法	地すべり防止技術指針解説（2008年1月、土木研究所）
間隙水圧消散工法	道路土工 軟弱地盤対策工指針（平成24年8月、日本道路協会）
押え盛土工法	地すべり防止技術指針解説（2008年1月、土木研究所）
排土工法	地すべり防止技術指針解説（2008年1月、土木研究所）
固結工法	道路土工 軟弱地盤対策工指針（平成24年8月、日本道路協会）
抑止杭工法	地すべり防止技術指針解説（2008年1月、土木研究所）
グラウンドアンカー工法	グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説 （2012年5月、地盤工学会）
地山補強土工法	地山補強土工法設計・施工マニュアル（2011年8月、地盤工学会）
矢板工法	道路土工 軟弱地盤対策工指針（平成24年8月、日本道路協会）
擁壁工法	宅地防災マニュアルの解説（第二次改訂版） （平成19年11月、宅地防災研究会）

※ 上表の設計指針等に加え、個々の工法協会等の設計マニュアルなども確認すること。

V. 対策施設の施工における留意点

対策施設の施工は、設計条件に従い実施する。また、個々の宅地内や住宅地における工事となるため、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。また、必要に応じて関係機関や関係部局と情報共有し、調整を図りつつ施工する。

【解説】

対策施設の施工にあたっては、必要な性能が確保されるよう、設計条件を踏まえて現地の土質等の確認や使用材料の選定を行う。現地の土質等が設計条件と異なる場合は、設計の見直しを行ったうえで施工する。なお、設計の見直しを行った場合は、維持管理計画についても再検討し、その結果を施設管理者に引き継ぐものとする。

また、対策施設は、以下の点に留意して施工する。

- ① 掘削高が高い場合、家屋や擁壁などの構造物に近接する場合は、安全を確保し、周辺構造物の変状を防止するため、適切な仮設対策を講じる必要がある。
- ② 個々の宅地内や住宅地における工事となるため、次のような配慮が必要である。
 - ・低騒音・低振動の施工機械を用いる。
 - ・セメントの使用にあたっては、飛散防止対策を講じるもしくは粉塵抑制型を用いる。
 - ・地下水汚染や周辺に井戸の流量低下を防止する。
 - ・景観に配慮する。
 - ・家屋に近接する工事の場合は、工事前後に家屋調査を実施する。
- ③ 対策施設の施工にあたっては、ライフラインや電柱が支障となるケースが多く、関係機関との協議・調整、移設・切回しなどの対応が必要となる。
- ④ 周辺の道路や公園などの亀裂や水路の排水不良などにより、雨水が盛土に浸透した場合、盛土の安定性に悪影響をおよぼすことが想定される。盛土の安定性に悪影響をおよぼす変状が認められる場合は、施設管理者と情報を共有し、確実に補修を行う必要がある。なお、滑動崩落対策と重複する箇所については、施工の範囲や工程、施工の時期などを調整し、合理的に事業を進めることが望ましい。なお、盛土の安定性に悪影響をおよぼす変状の例は、「Ⅲ編 復旧対策編 Ⅷ. 対策施設の施工における留意点 [参考 8.1](#)」参照のこと。
- ⑤ 対策施設や擁壁などの構造物設置位置の決定にあたっては、用地境界が曖昧な場合があり、境界確定もしくは当事者間協議による調整が必要であり、時間と労力を要する点に留意する必要がある。

VI. 滑動崩落対策施設の維持管理と保全

滑動崩落対策施設は、適切に維持管理を行い、周辺工事などでその機能が損なわれることがないよう保全を図る。

【解 説】

滑動崩落対策施設は、その機能が損なわれることが無いよう、適切に維持管理を行う。

また、滑動崩落対策施設が周辺工事などで除却もしくは影響を受けた場合、その機能が損なわれ、滑動ブロックの安定性が低下し、必要な抑止力が確保できなくなるおそれがあることから、法令の規定などにに基づき施設の保全を図る。

VI.1 滑動崩落対策施設の維持管理

滑動崩落対策施設の維持管理は、設計・施工段階で作成された維持管理計画に基づき、役割分担や費用負担などのルールを地方公共団体と住民等で事前に協議・調整のうえ、適切に維持管理を行う。

【解 説】

滑動崩落対策施設の維持管理は、設計段階で作成された維持管理計画もしくは施工段階で見直された維持管理計画に基づき実施する。例えば、日常的かつ簡易な清掃や目視点検などは所有者が行い、変状があった場合には地方公共団体に速やかに連絡し、詳細な調査を地方公共団体が実施するなど所有者や地方公共団体の役割分担等について事前に協議・調整しておくことが重要である。滑動崩落対策施設は、道路等公共施設への被害を防止するなど、一定の公共性を有するものであり、その効果発現には適切な維持管理を必要とすることから、地方公共団体が管理することが望ましい。

なお、定常的または定期的な維持管理に係る費用が想定される場合には、その費用負担について事前に調整しておくことも重要である。

滑動崩落対策施設の対策工法の種類と主な点検・試験項目を表VI.1.1に示す。全ての対策工法に共通する点検のポイントは、対策施設周辺の地盤や構造物の亀裂・沈下などの変状を目視で定期的に確認することであり、その結果、異常が確認された場合は詳細な調査を実施し、原因の究明、必要に応じて対策の追加などを検討する。

表VI.1.1 滑動崩落対策施設の対策工法の種類と主な点検・試験項目

分類	対策工法の種類	主な点検・試験項目		参考となる指針等
抑制工	地表水排除工法	目視点検	・土砂や枝葉等の堆積状況	—
	地下水排除工法	目視点検	・対策施設周辺の地盤や構造物の変状	—
		流量測定	・排水量	—
	間隙水圧消散工	目視点検	・対策施設周辺の地盤や構造物の変状	—
	押え盛土工法	目視点検	・押え盛土やかごの変状 ・押え盛土やかご背面地盤の変状	—
	排土工法	目視点検	・排土によって形成されたのり面やその上方斜面の変状	—
抑止工	固結工法	目視点検	・固結体周辺の地盤や構造物の変状	—
	グラウンドアンカー工法	目視点検	・アンカー周辺の地盤や構造物の変状 ・アンカー頭部の飛び出し ・頭部コンクリートの破損・落下 ・頭部キャップの破損・変形・落下 ・受圧板、受圧構造物の破損・落下	グラウンドアンカー維持管理マニュアル、2008年、土木研究所・日本アンカー協会編
		健全性調査	・リフトオフ試験 ・超音波深傷試験 ※目視点検の結果、テンドン破断など健全性に問題がある可能性が高いと判断された場合に実施	
	抑止杭工法	目視点検	・杭周辺の地盤や構造物の変状	地すべり鋼管杭設計要領（新版）、2008年5月、斜面防災対策技術協会
		変位観測	・杭周辺の地盤や構造物の変位量 ※目視点検の結果、変状が認められる場合に実施	
	矢板工法	目視点検	・矢板周辺の地盤や構造物の変状	—
変位観測		・矢板周辺の地盤や構造物の変位量 ※目視点検の結果、変状が認められる場合に実施		
地山補強土工法	目視点検	・補強材周辺の地盤や構造物の変状 ・頭部定着材や支圧板の浮き上がり、破損・落下、劣化	地山補強土工法設計・施工マニュアル、2011年8月、地盤工学会	

VI.2 滑動崩落対策施設の保全

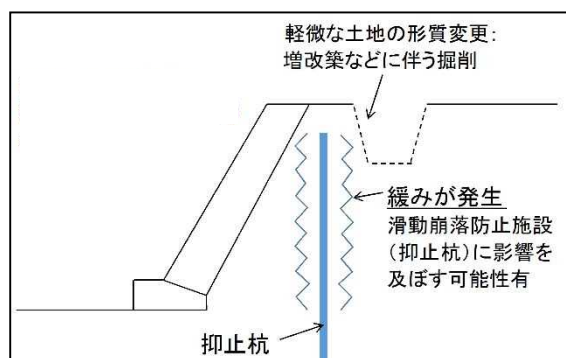
滑動崩落対策施設を除却する工事もしくは影響を与える可能性がある工事に対しては、届出を求めてその計画を事前に把握し、適切に指導等を行うことで滑動崩落対策施設の保全を図ることが望ましい。

【解説】

滑動崩落対策施設を除却する工事が行われた場合、滑動ブロックの安定性が損なわれ、必要な抑止力が確保できなくなるおそれがある。

また、滑動崩落対策施設は公共用地のみならず、個々の宅地内に設置されるケースも数多くあり、滑動崩落対策施設の除却に限らず、影響を与える可能性がある軽微な土地の形質変更などが計画されることも想定される（例えば、家屋の増改築に伴う滑動崩落対策施設周辺地盤の掘削など（図VI.2.1参照））。滑動崩落対策施設に影響を与え機能が低下した場合、滑動崩落が再発するおそれがあるが、その工事が滑動崩落対策施設に影響を与えるか否か宅地所有者自身が判断できないことも考えられる。

このため、地方公共団体は、滑動崩落対策施設を除却する工事もしくは影響を与える可能性がある工事に対しては、届出を求めてその計画を事前に把握し、住民等に対し適切に指導・助言を行うことで滑動崩落対策施設の保全を図ることが望ましい。



図VI.2.1 滑動崩落対策施設に影響を与える可能性がある軽微な土地の形質変更の例

□ 滑動崩落対策施設を除却した場合もしくは滑動崩落対策施設に影響を与えた場合の対応に関する法令の規定

(1) 宅地造成工事規制区域における規定

法第十六条第一項では「宅地造成工事規制区域内の宅地の所有者、管理者又は占有者は、宅地造成に伴う災害が生じないように、その宅地を常時安全な状態に維持するように努めなければならない」こと、法第十六条第二項では「都道府県知事は、宅地造成工事規制区域内の宅地について、宅地造成に伴う災害の防止のため必要があると認める場合においては、その宅地の所有者、管理者、占有者、造成主又は工事施行者に対し、擁壁等の設置又は改造その他宅地造成に伴う災害の防止のため必要な措置をとることを勧告することができる」こと、法第十七条第一項では「都道府県知事は、宅地造成工事規制区域内の宅地で、宅地造成に伴う災害の防止のため必要な擁壁等が設置されておらず、又は極めて不完全であるために、これを放置するとき

は、宅地造成に伴う災害の発生のおそれ大きいと認められるものがある場合においては、その災害の防止のため必要であり、かつ、土地の利用状況その他の状況からみて相当であると認められる限度において、当該宅地又は擁壁等の所有者、管理者又は占有者に対して、相当の猶予期限を付けて、擁壁等の設置若しくは改造又は地形若しくは盛土の改良のための工事を行うことを命ずることができる」ことが規定されている。

これらの規定から、宅地造成工事規制区域において、滑動崩落対策施設を除却した場合もしくは滑動崩落対策施設に影響を与えた場合、宅地の安全性が低下するため、その行為者は法第十六条第一項の規定に抵触することとなる。また、都道府県知事等は必要に応じて法第十六条第二項に基づく勧告、法第十七条第一項に基づく改善命令を行うことができる。

(2) 防災区域における規定

法第二十条第一項では「都道府県知事は、この法律の目的を達成するために必要があると認めるときは、関係市町村長の意見を聴いて、宅地造成に伴う災害で相当数の居住者その他の者に危害を生ずるものの発生のおそれ大きい一団の造成宅地（これに附帯する道路その他の土地を含み、宅地造成工事規制区域内の土地を除く。）の区域であつて政令で定める基準に該当するものを、造成宅地防災区域として指定することができる」こと、法第二十一条第一項では「防災区域内の宅地の所有者、管理者又は占有者は、宅地造成に伴う災害が生じないように、その造成宅地について擁壁等の設置又は改造その他必要な措置を講ずるように努めなければならない」こと、法第二十一条第二項では「都道府県知事は、防災区域内の造成宅地について、前条第一項の災害の防止のため必要があると認める場合においては、その造成宅地の所有者、管理者又は占有者に対し、擁壁等の設置又は改造その他宅地造成に伴う災害の防止のため必要な措置をとることを勧告することができる」こと、法第二十二条では「都道府県知事は、防災区域内の造成宅地で、第二十条第一項の災害の防止のため必要な擁壁等が設置されておらず、又は極めて不完全であるために、これを放置するときは、同項の災害の発生のおそれ大きいと認められるものがある場合においては、その災害の防止のため必要であり、かつ、土地の利用状況その他の状況からみて相当であると認められる限度において、当該造成宅地又は擁壁等の所有者、管理者又は占有者に対して、相当の猶予期限を付けて、擁壁等の設置若しくは改造又は地形若しくは盛土の改良のための工事を行うことを命ずることができる」ことが規定されている。

また、法第二十条第二項では「都道府県知事は、擁壁等の設置又は改造その他前項の災害の防止のため必要な措置を講ずることにより、造成宅地防災区域の全部又は一部について同項の指定の事由がなくなつたと認めるときは、当該造成宅地防災区域の全部又は一部について同項の指定を解除するものとする」こととされている。

これらの規定から、滑動崩落対策によって宅地の安全性が確保されれば防災区域は解除されるが、その後、滑動崩落対策施設を除却した場合もしくは滑動崩落対策施設に影響を与えた場合、宅地の安全性が低下するため、再び防災区域の指定要件に該当することとなる。このため、再度防災区域指定を行なえば、法第二十一条第一項の規定に抵触し、必要に応じて法第二十一条第二項に基づく勧告、法第二十二条第一項に基づく改善命令を行うことができることとなる。

【2】 滑動崩落対策施設を除却する工事もしくは滑動崩落対策施設に影響を与える可能性がある工事の届出に関する法令の規定

(1) 宅地造成工事規制区域における規定

法第十五条第二項ならびに令第十八条では「宅地造成工事規制区域内において、高さが二メートルを超える擁壁、地表水等を排除するための排水施設又は地滑り抑止ぐい等の全部又は一部の除却の工事を行おうとする者は、その旨を都道府県知事に届出なければならない」ことが規定されている。

宅地造成工事規制区域において、滑動崩落対策施設を除却する工事を行うことは、この規定に該当するため届出が必要となる。一方、滑動崩落対策施設に影響を与える可能性がある工事の届出については、法令では規定されておらず、地方公共団体が把握できないところで工事が行われる可能性がある。

(2) 防災区域における規定

防災区域における工事の届出は法令では規定されておらず、地方公共団体が把握できないところで滑動崩落対策施設を除却する工事もしくは滑動崩落対策施設に影響を与える可能性がある工事が行われる可能性がある。

【3】 ルールを定めることが望ましい事項

【2】で述べた法令の規定は、滑動崩落対策施設を除却もしくは滑動崩落対策施設に影響を与えた後の対応を可能とするものであるが、工事の内容を予め把握し、事前に対応するため、以下の事項について別途ルールを定め、事前届出等を求めることが望ましい。

イ) 対策履歴の記録と公開

- ・滑動崩落が想定される範囲
- ・防災区域に指定した範囲（防災区域を解除した範囲）、勧告を行った範囲
- ・滑動崩落対策施設の位置、深度、仕様など
- ・公開の方法（地方公共団体の窓口、インターネット、看板など）

ロ) 届出を求める工事の内容と範囲

- ・例えば、滑動崩落対策施設周辺〇m以内の地盤掘削など

ルールの運用については、条例を制定する方法と宅地所有者に個別に説明する方法が考えられるが、宅地所有者に個別に説明する方法では、宅地の売買などで所有者が変わった際の継承についても十分な説明を行う必要がある。

なお、仙台市では条例を制定し、法令の届出規定には該当しないが、滑動崩落対策施設の保全において届出が必要な行為（滑動崩落対策施設の上方における建築物の新築・改築・増築、滑動崩落対策施設の上方における土地の掘削、滑動崩落対策施設を損壊する行為など）と範囲を定め、住民や民間の開発業者などに届出を義務付けている。

【仙台市造成宅地滑動崩落防止施設の保全に関する条例と施行規則】

① 仙台市造成宅地滑動崩落防止施設の保全に関する条例（平成25年6月25日施行）

(http://www.city.sendai.jp/soumu/bunsho/reiki/reiki_honbun/a600RG00001114.html)

- ② 仙台市造成宅地滑動崩落防止施設の保全に関する条例施行規則(平成25年6月25日施行)
(http://www.city.sendai.jp/soumu/bunsho/reiki/reiki_honbun/a600RG00001116.html)

4 工事の届出に対する指導・助言

地方公共団体は、法令もしくは別途定めたルールに基づき住民等から工事の届出があった場合、適切に指導・助言を行い、滑動崩落対策施設の保全を図ることが重要である。このため、あらかじめ以下に示すような事項について、滑動崩落対策施設の対策工法別に検討・整理し、担当部署の職員に周知する必要がある。

① 想定される工事の整理

- ・宅地：家屋の新築・増改築、物置の設置、フェンスの設置、ライフラインの敷設・更新、擁壁の再構築、車庫の新設・改修、植樹、盛土、切土など
- ・道路：舗装の打換え、ライフラインの敷設・更新、側溝の設置・更新、ガードレールや電柱の設置・更新など
- ・公園：遊具、水飲み場、ベンチおよび公園灯の設置・更新、植樹など

② 構造物などを設置してよい範囲

- ・地上部で、家屋・フェンス・植生などを設置してよい範囲
- ・地中部で、地下室・ライフラインなどを設置してよい範囲

③ 工事で掘削、盛土してよい範囲

- ・無条件で掘削、盛土してよい範囲
- ・仮設対策が必要となる掘削範囲
- ・仮設対策かつ変位拘束が必要となる掘削範囲

④ 滑動崩落対策施設を除却せざるを得ない場合の代替工

⑤ 設計条件が変化するレベルの地形改変への対応方法

- ・滑動崩落対策施設の照査方法
- ・照査の結果、安定性が確保できなかった場合の追加対策工もしくは代替工

⑥ 事例の蓄積とFAQの作成

5 履歴の管理

③で述べた対策履歴の記録とあわせて、④で述べた届出のあった工事や滑動崩落対策施設の点検・試験結果について、台帳等を作成し情報を管理していくことが望ましい。

VII. 住民等への説明事項

宅地耐震対策を円滑に進めるため、住民等を対象とした説明会等を開催する。説明会では、住民等にもわかりやすい資料により工事内容やスケジュールなどを説明し、地方公共団体と住民等が協力して対策を推進する。

【解説】

① 説明会の開催時期

宅地耐震対策は、対策施設を個々の宅地に設置することも多く、住民等の理解と協力が不可欠である。このため、設計・施工・維持管理の各段階で説明会などを開催し、住民等の同意を得ながら宅地耐震対策を進める必要がある。宅地耐震対策と説明会の開催時期の関係を図VII.1に示す。

宅地耐震対策	説明会等	説明内容	住民等の同意が必要な事項
対策工法の選定	事業全体説明会	<ul style="list-style-type: none"> ・ 対策工法とその効果 ・ 費用負担額（概略） ・ 個々の宅地で行う耐震対策の必要性等 ・ 維持管理の分担ルールの内容 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 維持管理の分担ルール
対策施設の設計	事業個別説明	<ul style="list-style-type: none"> ・ 対策施設の配置計画（概略の設置位置） ・ 土地利用上の制約 ・ 費用負担額（詳細） 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 対策施設の配置計画（概略の設置位置、土地利用上の制約） ・ 費用負担
対策施設の施工	工事全体説明会	<ul style="list-style-type: none"> ・ 工事全体の内容とスケジュール 	—
	工事個別説明	<ul style="list-style-type: none"> ・ 個々の宅地の工事内容とスケジュール ・ 対策施設の設置位置（詳細な設置位置） 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 対策施設の設置位置（詳細な設置位置）
滑動崩落対策施設の維持管理	情報提供	<ul style="list-style-type: none"> ・ 滑動崩落対策施設の点検結果 	—

図VII.1 宅地耐震対策と説明会等の開催時期の関係

② 説明会の内容と住民等の同意が必要な事項

(1) 事業全体説明会

対策工法とその効果について説明する。対策効果については、設計条件を明らかにしたうえで、対策効果の得られる範囲などを説明する。加えて、滑動崩落を対象とした対策であり、家屋の不同沈下に対しても一定の効果は期待されるが完全には防止できないこと、家屋の不同沈下が想定される宅地所有者に対しては、個々の宅地で行う耐震対策の必要性、方法、面的に行

う滑動崩落対策と併せて実施したほうがより有効であることなどを説明し、必要に応じて指導・助言を行う。

また、住民等の費用負担が生じる場合は、概略の金額を提示する。加えて、維持管理が必要な工法については、その役割や費用の分担ルールについて説明、協議する。

なお、家屋の建替えや増改築を計画している住民等に対しては、家屋の工事と対策工事の時期を調整する必要がある、家屋の有無で適用できる対策工法が異なるため、場合によっては対策工法の見直しが必要となる。

【住民等の同意が必要な事項】

- ・維持管理の分担ルール

(2) 事業個別説明

対策施設が設置される個々の宅地所有者に対し、概略の配置計画を説明する。また、将来にわたって土地利用上の制約が生じることを説明し、その範囲を提示する。

加えて、住民等の費用負担が生じる場合は、詳細の金額を提示する。

【住民等の同意が必要な事項】

- ・対策施設の配置計画（概略の設置位置、土地利用上の制約）
- ・費用負担

(3) 工事全体説明会

工事全体の内容とスケジュールなどについて説明する。施工範囲、施工方法、使用機械、資機材の搬入搬出ルートに加え、環境対策（騒音・振動、粉塵、地下水）について説明し、理解と協力を求める。

(4) 工事個別説明

対策施設が設置される個々の宅地所有者に対し、対策施設の設置位置や工事の実施時期について個別に確認・協議し、設置位置を決定するとともに、工事の承諾を得る。なお、用地境界が曖昧な場合は、当事者間で協議し対策施設の設置位置を決定する等の対応が必要となる。

【住民等の同意が必要な事項】

- ・対策施設の設置位置（詳細な設置位置）

(5) 情報提供

滑動崩落対策施設の点検結果を住民等に情報提供する。点検の結果、変状等が生じている場合には説明会等を開催し、変状の程度や今後の対応について説明する。詳細調査等が必要な場合は協力を求める。

※ 実際の説明会等において住民等から質問・要望が多かった事項、復旧事業に支障となった事項について、東北地方太平洋沖地震の復旧事業の例を「Ⅲ編 復旧対策編 X. 住民等への説明事項 **参考 10.1**」に掲載しているので参照のこと。

参考1 大規模盛土造成地の滑動崩落対策事例

(1) 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 ， 1971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>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>図-1 被害状況平面図</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>	
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、粒子が均一な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世帯に避難勧告が出された。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。	
対策状況	 <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>	

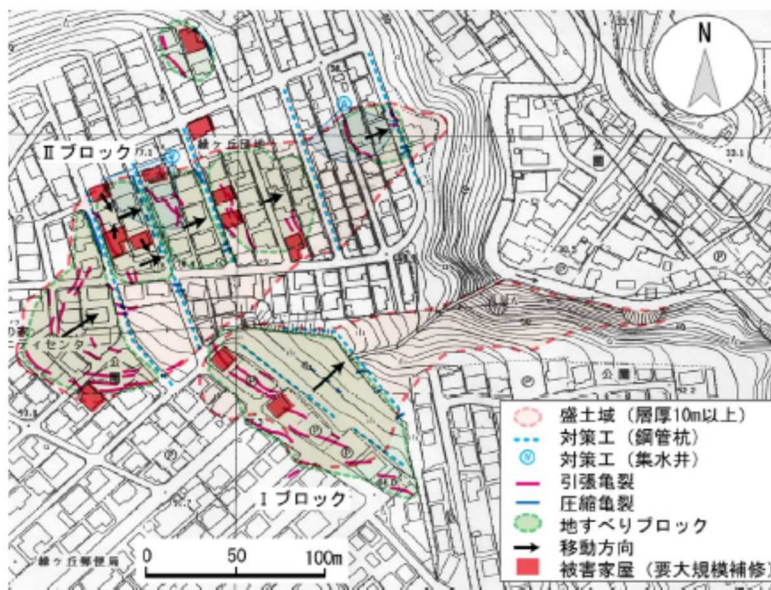
(2) 宅地耐震対策（類似対策含む）の事例（その2）

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（図参2-①、図参2-④参照）。今般の東北地方太平洋沖地震においては、これらの対策が面的な滑動崩落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のり面崩壊（図参2-②）や、住宅および宅地内の擁壁の変状（損壊・亀裂・倒壊等）（図参2-③）といった個々の宅地被害が生じた。

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。



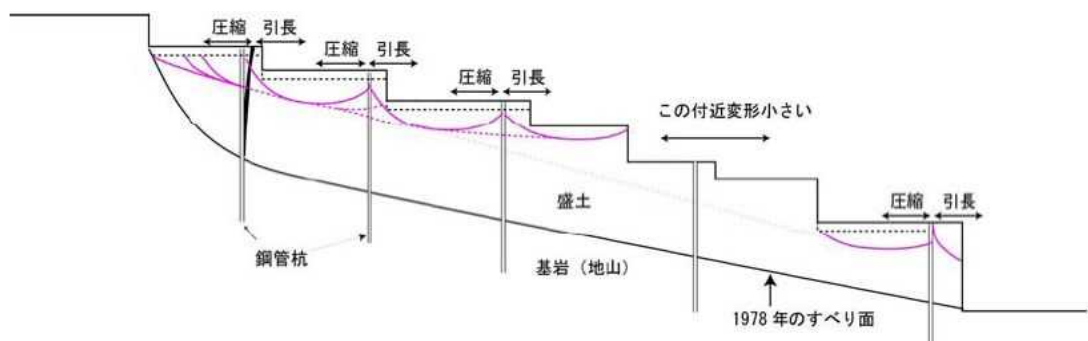
図参2-① 東北地方太平洋沖地震における
緑ヶ丘3丁目の被害状況



図参2-② 局所的な のり面崩壊



図参2-③ 杭間の変形による
家屋の損壊



図参2-④ 既設地すべり対策工と東北地方太平洋沖地震被害の関係（イメージ）

Ⅲ編 復旧対策 編

Ⅲ編 復旧対策 編

目 次

I. 総説	3-1
II. 初動調査	3-3
III. 詳細調査	3-12
III.1 調査区域の設定	3-13
III.2 現地踏査	3-14
III.3 宅地変状調査	3-16
III.4 地盤調査	3-18
III.5 測量および水平移動量調査	3-31
III.6 安定計算	3-33
IV. 施行地区の設定	3-47
V. 復旧対策の基本的な考え方	3-49
VI. 対策工法の選定	3-53
VI.1 被害形態の分類	3-54
VI.2 滑動崩落対策工法の選定	3-57
VI.3 擁壁復旧対策工法の選定	3-66
VII. 対策施設の設計	3-72
VIII. 対策施設の施工における留意点	3-73
IX. 滑動崩落対策施設の維持管理と保全	3-75
IX.1 滑動崩落対策施設の維持管理	3-75
IX.2 滑動崩落対策施設の保全	3-77
X. 住民等への説明事項	3-81

I. 総説

東北地方太平洋沖地震は、大規模盛土造成地の滑動崩落により、多数の宅地に甚大かつ面的な被害をもたらした。今後発生が予想される首都圏直下地震や南海トラフ地震等の大地震においても、同様の宅地被害が想定される。

本ガイドラインⅢ編は、大地震が発生した際に被災した宅地の早期復旧と滑動崩落の再発防止を図るため、一連の復旧対策の流れと、各種調査手法および滑動崩落の再発を防止するための対策施設（以下「滑動崩落対策施設」という）の検討手法を示したものである。

【解 説】

Ⅲ編 復旧対策編は、災害対策本部が設置されることとなる規模の地震が発生し、滑動崩落によって大規模かつ広範囲に被災した宅地を、宅地耐震化推進事業もしくはそれに準じた緊急対策事業（以下「宅地耐震化推進事業等」という）を活用し、現位置で復旧・再発防止を図る場合に適用する。このため、その対象地区は大地震の前に変動予測調査を実施しているかどうかにかかわらず、滑動崩落が生じた地区とする。

一連の復旧対策の流れを図 I.1 に示す。復旧対策の流れは、東北地方太平洋沖地震において初動調査の時点では滑動崩落が生じたかどうかを判断できない地区が多かったことを踏まえ、初動調査で滑動崩落の可能性のある地区を概略抽出して詳細調査を実施し、安定計算などで滑動崩落が発生したことやその範囲を確認したうえで施行地区を設定し、対策工を検討するという手順で段階的に進めることを標準とした。なお、詳細調査の現地踏査、宅地変状調査の結果、滑動崩落の発生が明らかな地区については、直ちに防災区域の指定等を行い、住民等に余震などにより二次災害の発生のおそれが高いことを周知する。

また、技術的観点に加え、以下の事項も念頭に置き、復旧対策を進めることが重要である。

(1) 宅地の復旧対策

宅地の復旧対策は、滑動崩落が生じた地区を対象とし、滑動崩落対策施設を設置することでその再発を防止する。また、滑動崩落によって崩壊・変形した宅地は被災前の形状に復旧し、被災した擁壁は現行基準を満足する構造で再構築もしくは補強を行う。

(2) 住民等への説明

宅地の復旧対策は、滑動崩落対策施設を個々の宅地に設置することも多く、住民等の理解と協力が不可欠である。このため、調査・設計・施工・維持管理の各段階で説明会などを開催し、住民等の同意を得ながら復旧対策を進める必要がある。

(3) 宅地以外の復旧事業との調整

大地震が発生した場合、宅地のみならず、道路やライフラインも被災するため、各種復旧事業が交錯・並行して進められることとなる。宅地の復旧対策は、一般に他事業と比較して工事着手までに時間を要するため、宅地復旧対策と重複する箇所は一旦仮復旧に留め、宅地復旧対策完了後に本復旧を行うなど早期に事業者間で情報を共有し、調整を図りつつ復旧対策を進める必要がある。

(4) 用地境界の問題

滑動崩落対策施設や擁壁などの構造物位置は、地震により曖昧になった用地境界を確定した後決定することが望ましいが、時間的制約などの理由でこれが困難な場合は、当事者間で協

議し構造物位置を決定する等の対応が必要となることも想定される。

(5) 滑動崩落対策施設の維持管理と保全

滑動崩落対策施設は、将来にわたって維持管理と保守が必要となる。滑動崩落対策施設は個々の宅地に設置される場合もあり、予め維持管理のルールを定め、住民等の協力のもと適切に対応する必要がある。

(6) 宅地耐震化推進事業等以外の対応

例えば、地盤や地下水の条件が著しく悪く、現位置における復旧対策が困難な場合、「防災集団移転事業」を活用した対応が必要となる可能性がある。これらの判断には、調査と概略の検討が必要であり、本編に示す滑動崩落に対する調査と対策工法の選定を実施した後、住民等と協議し対応方針を決定することとなる。

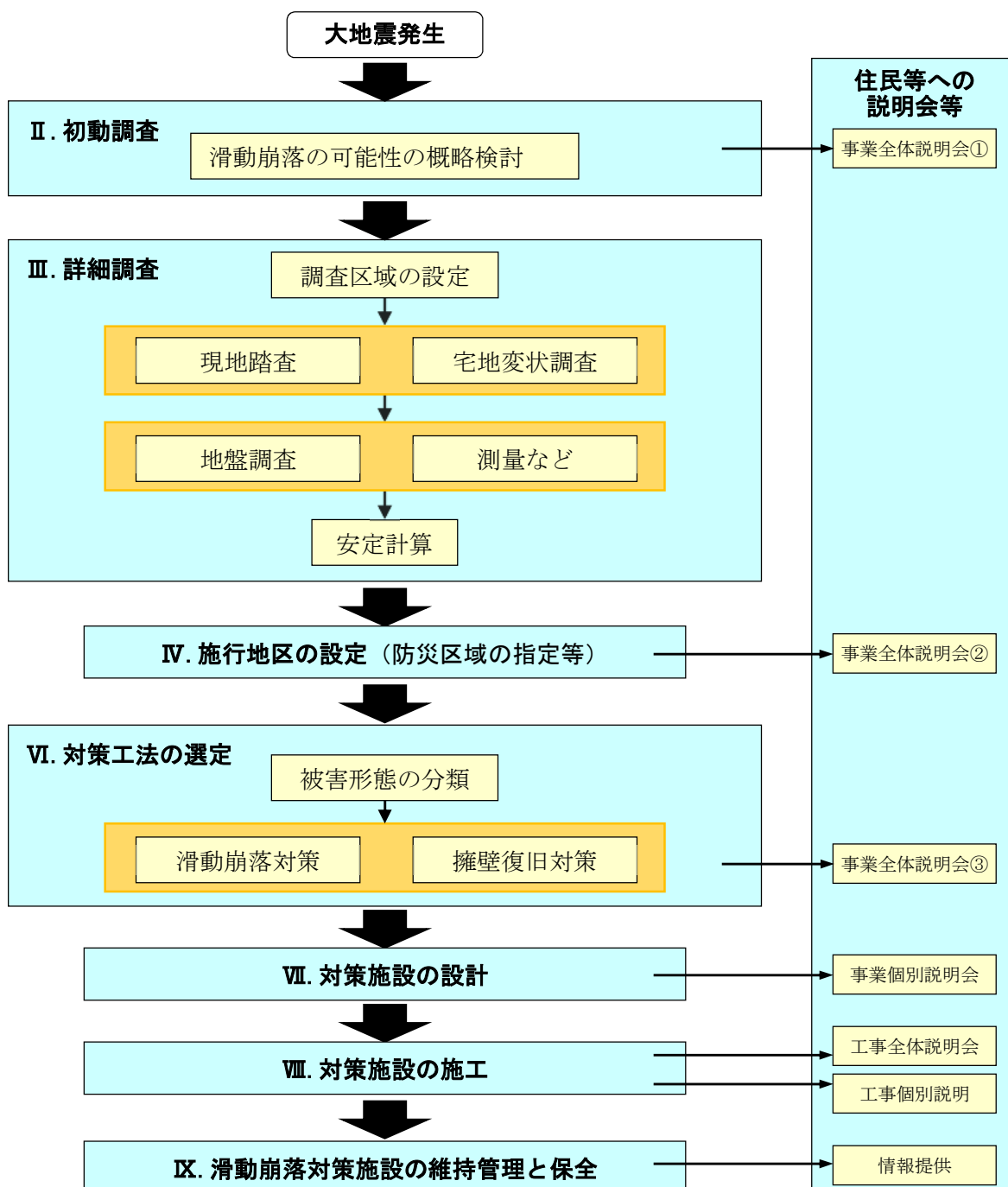


図 I.1 復旧対策の流れ

II. 初動調査

地震によって宅地が大規模かつ広範囲に被災した場合、被災宅地危険度判定等を実施し、被害の発生状況を迅速かつ的確に把握することにより、宅地の二次災害を軽減・防止し、住民等の安全を確保する。

【解 説】

被災宅地危険度判定は、地方公共団体が必要と判断した範囲ならびに住民等の要請があった宅地を対象に実施する。

被災宅地危険度判定は、被災宅地危険度判定士の資格を有する技術者が行う。被災宅地危険度判定士は、被災した擁壁、のり面等を含む宅地を対象として、被災宅地の調査・危険度判定マニュアル等に定められた判定基準により客観的に判定する。判定結果は3種類（危険宅地、要注意宅地、調査済宅地）の判定ステッカーを当該宅地の使用者・居住者だけでなく、第三者にも容易に分かるように宅地等の見やすい場所に表示し、当該宅地の危険性について周知することで、二次災害を軽減・防止し住民等の安全を確保する。



図 II.1 被災宅地危険度判定ステッカー

被災宅地危険度判定は、宅地擁壁、宅地地盤、宅地のり面について行う。それぞれの危険度判定フローを次頁から示す。判定基準や判定票の作成方法の詳細については、以下に示す被災宅地危険度判定連絡協議会のマニュアル等を参照されたい。

【被災宅地危険度判定連絡協議会のマニュアル等】

- ① 被災宅地の調査・危険度判定マニュアル 平成 26 年 3 月
(<http://www.hisaitakuti.jp/pdf/manual201403.pdf>)
- ② 擁壁・のり面等被害状況調査、危険度判定票作成の手引き 平成 26 年 3 月
(<http://www.hisaitakuti.jp/pdf/risk201403a.pdf>)

(1) 宅地擁壁

擁壁の危険度判定は、基礎点と変状点の合計により判定する。基礎点とは、建物、道路との位置関係に関して、湧水・排水施設等・擁壁高さそれぞれの点数を合計したものであり、変状点とは、クラック、水平移動、ハラミなど11の変状項目について、その変状程度ごとに配点された最大値をいう。

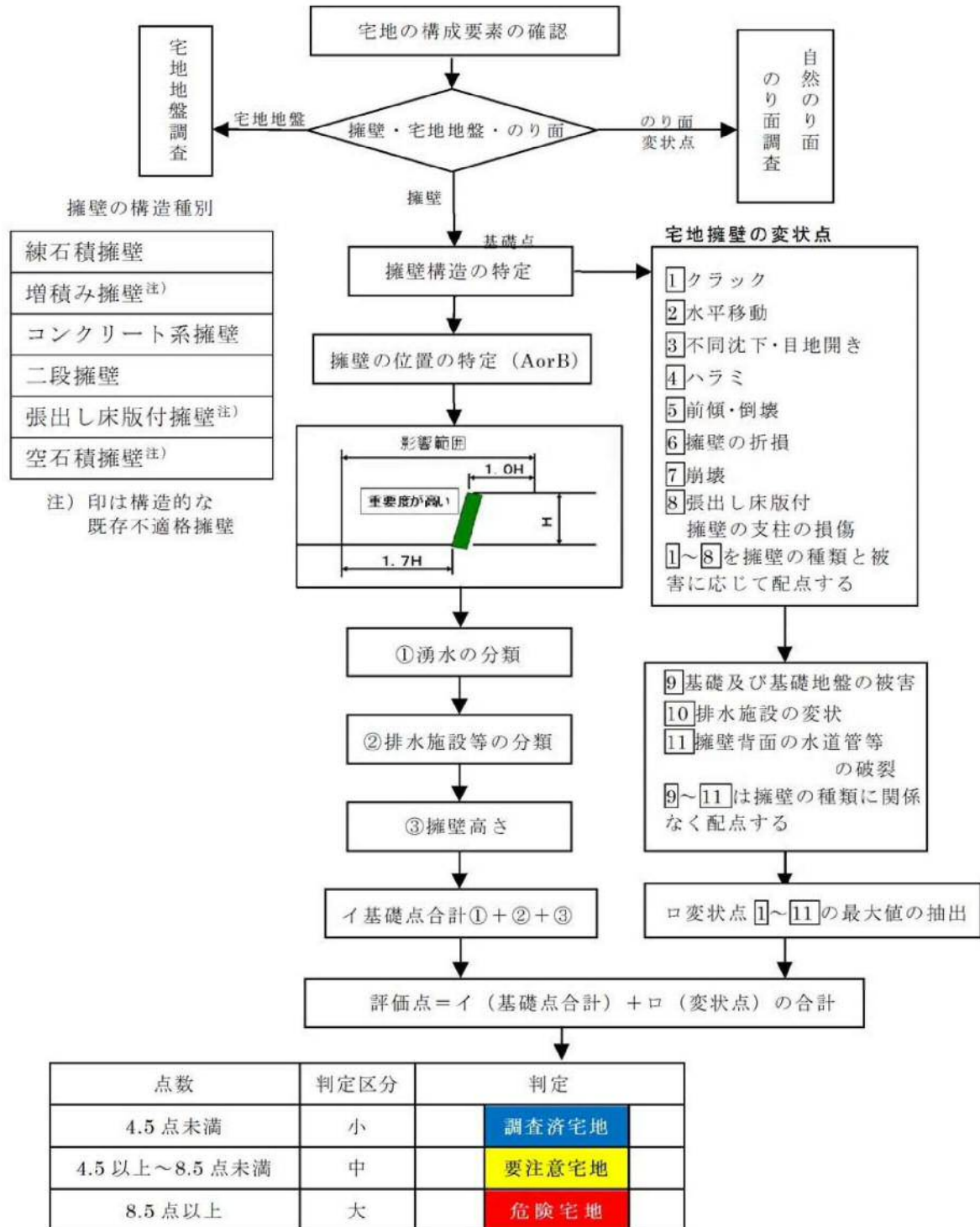
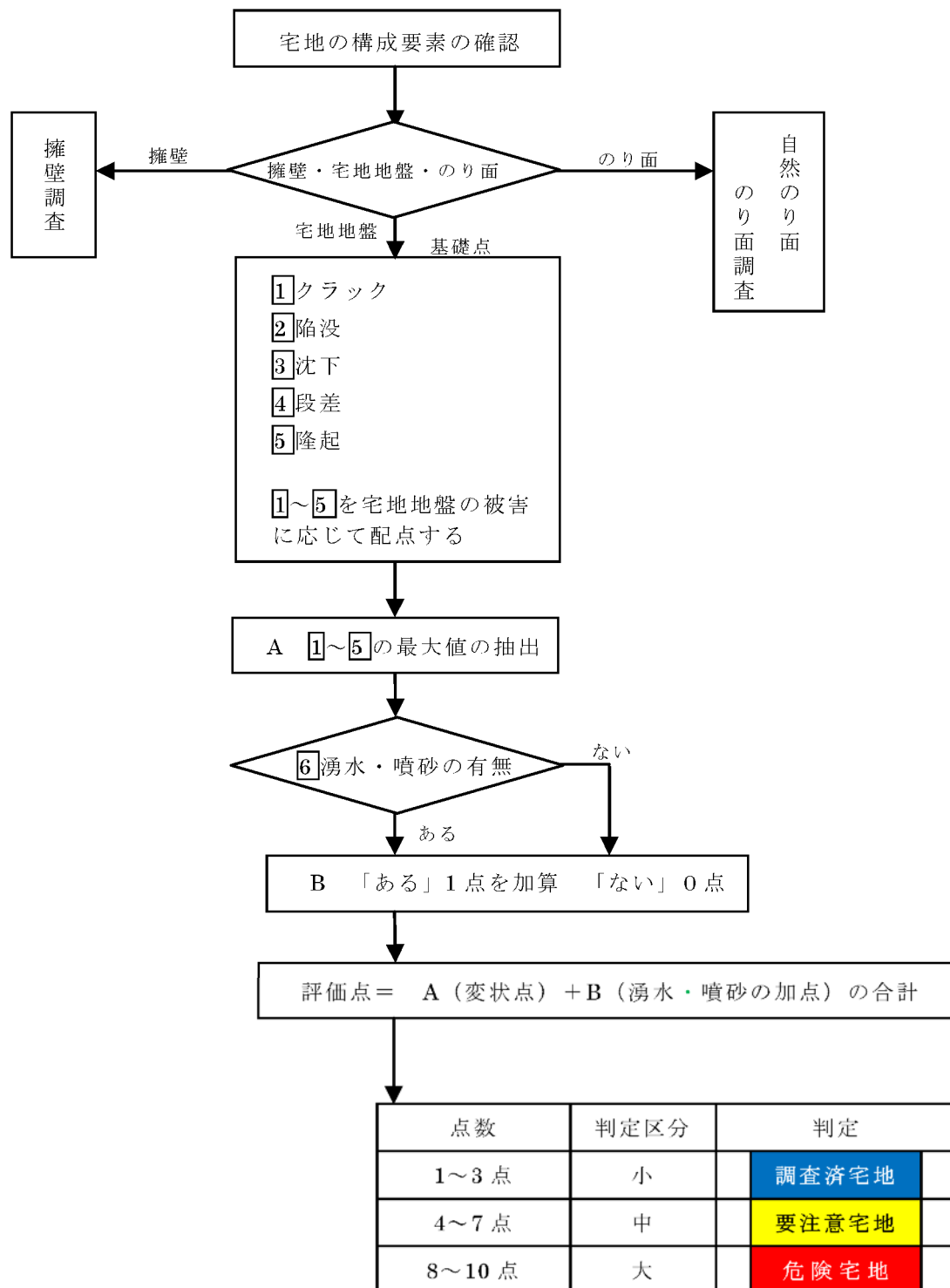


図 II.2 宅地擁壁の危険度判定フロー

(2) 宅地地盤

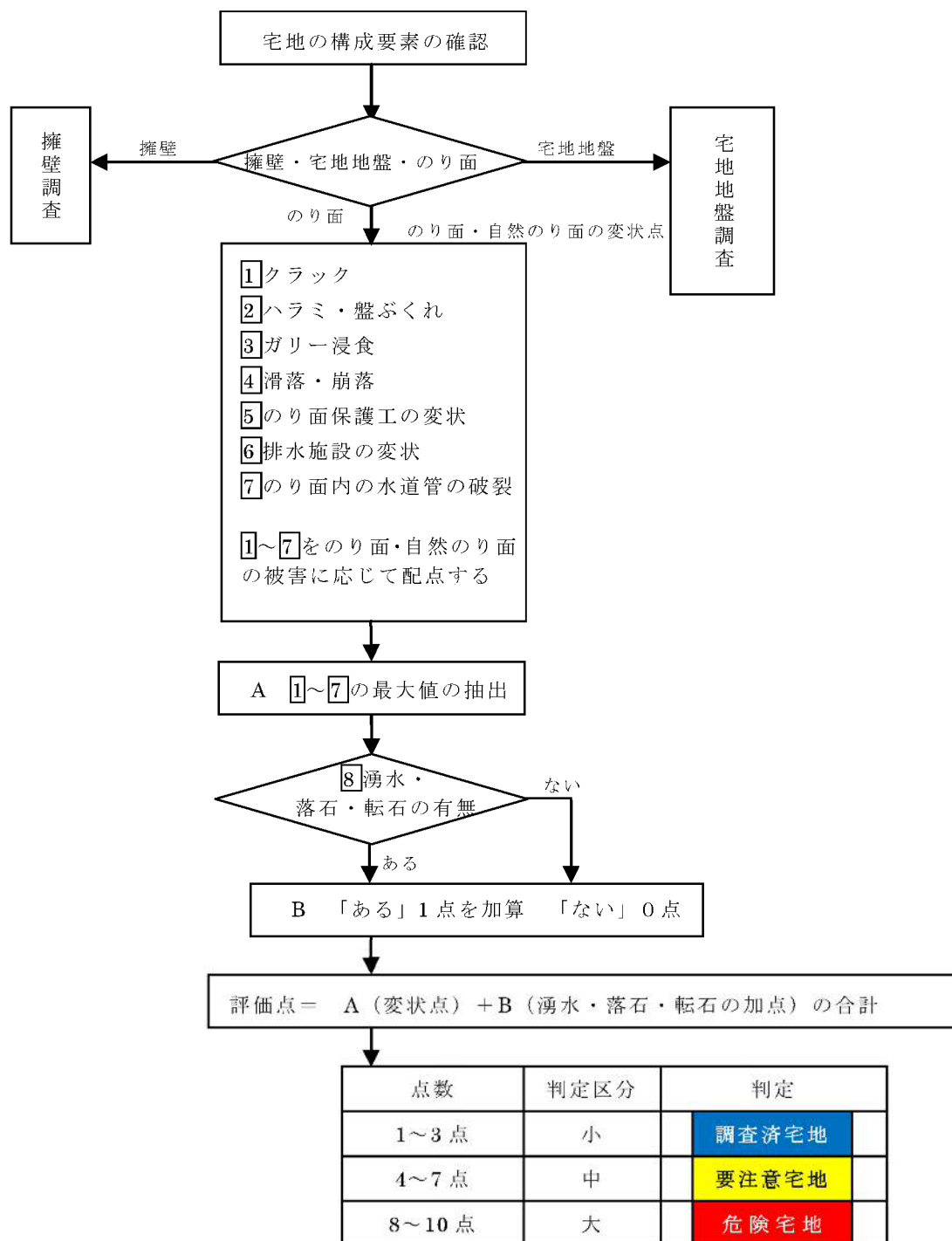
宅地地盤の危険度判定は、変状点と湧水・噴砂の有無により判定を行う。変状点とは、クラック、陥没、沈下、段差、隆起の変状項目について、その変状程度ごとに配点された最大値をいう。また、湧水・噴砂が見られる場合には、変状点に1点を加えて評価点とする。



図Ⅱ.3 宅地地盤の危険度判定フロー

(3) 宅地のり面

宅地のり面の危険度判定は、変状点と湧水・落石・転石の有無により判定を行う。変状点とは、クラック、ハラミ・盤ぶくれ、ガリー侵食など7つの変状項目について、その変状程度ごとに配点された最大値をいう。また、湧水・落石・転石が見られる場合には、変状点に1点を加えて評価点とする。



図Ⅱ.4 宅地のり面の危険度判定フロー

被災宅地危険度判定の結果は、その後の調査を円滑かつ合理的に進めるため、大規模盛土造成地マップや住宅地図などの平面図にプロットし、整理しておくことが望ましい。判定結果の整理にあたっては、宅地擁壁、宅地地盤、宅地のり面それぞれの判定結果を区別してプロットする。第一次スクリーニング（大規模盛土造成地の抽出）未実施の地方公共団体については、被災宅地危険度判定の結果、危険宅地および要注意宅地がまとまって分布するなど、滑動崩落の可能性が考えられる地区について、新旧地形図などから概略の盛土範囲を確認し、平面図にプロットする。

被災宅地危険度判定結果の整理イメージを図Ⅱ.5に示す。なお、本図は情報量が多いため、以降の解説においては、図Ⅱ.6に示す簡易版（宅地擁壁、宅地地盤、宅地のり面の判定結果で最も危険なものを宅地被害として表示）に加筆した図を用いる。判定結果等をプロットした平面図で、盛土上に危険宅地および要注意宅地がまとまって分布するなど、滑動崩落の可能性が考えられる場合は、詳細調査を実施する。

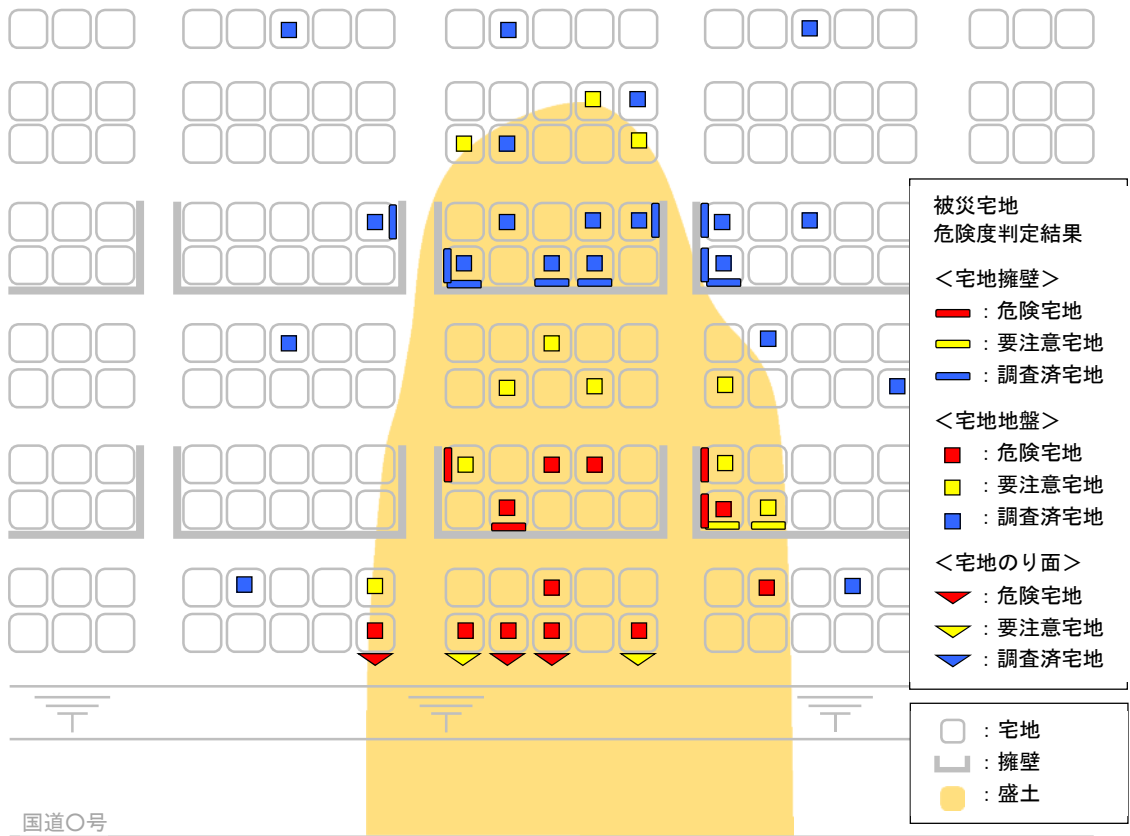


図 II.5 被災宅地危険度判定結果の整理イメージ（詳細版）

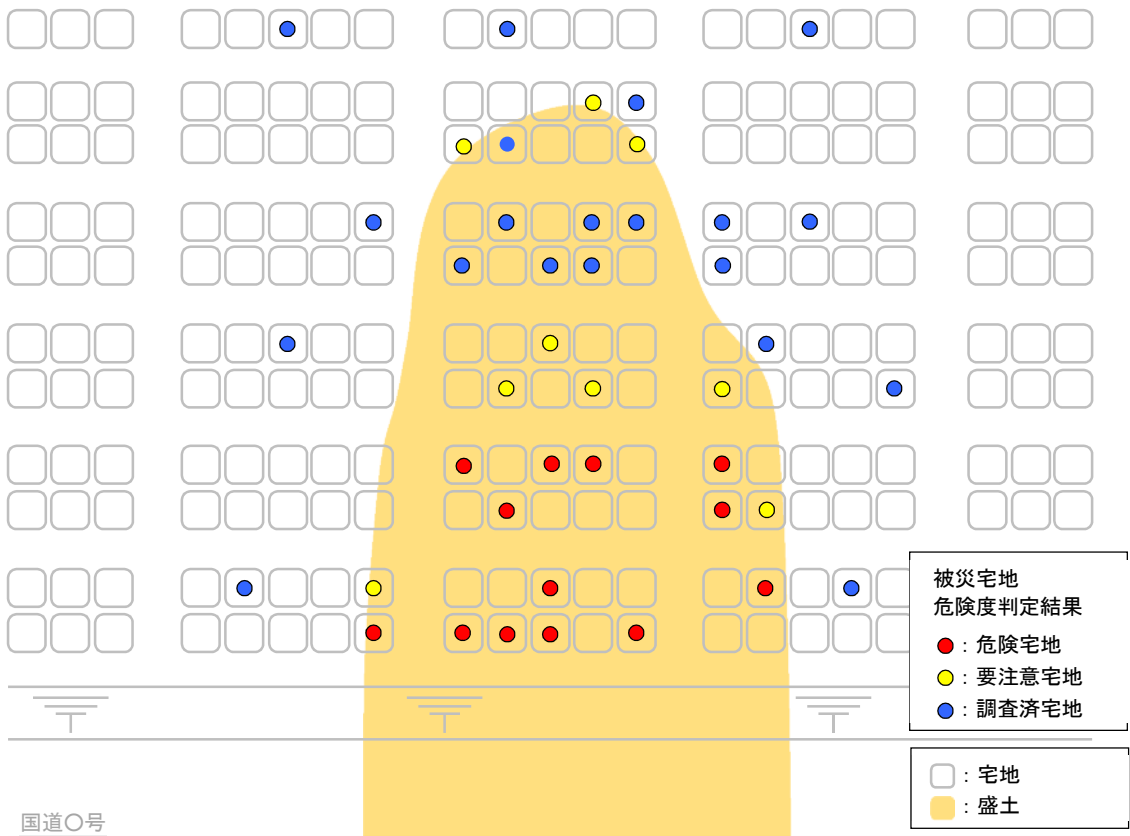


図 II.6 被災宅地危険度判定結果の整理イメージ（簡易版）

参考 1.1 応急対策

被災宅地危険度判定の結果、余震や降雨により、二次災害が想定される場合は、速やかに応急対策を実施する必要がある。

宅地の変状に対する応急対策は、宅地所有者自身で実施することが基本であり、地方公共団体は宅地所有者等へ助言などの支援を行うことが望ましい。また、被災宅地危険度判定等で確認された宅地の二次災害に直結する可能性がある道路など周辺施設の変状については、施設管理者や危機管理部局など関係部局が速やかに対応できるよう、情報を共有する。




応急対策は、変状項目と変状拡大の危険性、緊急度、余震や天候の予報および現地状況などを総合的に勘案してその必要性を判断し、想定される二次災害に応じて適切な方法を選定する。

二次災害の要因となる変状と応急対策の例を表参 1.1-①、応急対策の事例を表参 1.1-②に示す。

表参 1.1-① 二次災害の要因となる変状と応急対策の例

対象	二次災害の要因となる変状の例	想定される二次災害	応急対策の例
擁壁	擁壁の損傷（ハラミ、傾斜、折損）	擁壁倒壊	土嚢積み、切梁、頬杖（擁壁倒壊の防止）
	擁壁の亀裂	雨水等が亀裂から浸透し、擁壁の安定性低下	アスファルト充填、モルタル充填（雨水等の浸透防止）
	擁壁背面地盤の亀裂	雨水等が亀裂から浸透し、擁壁の安定性低下	シート養生（雨水等の浸透防止）
宅地地盤	宅地地盤の亀裂	雨水等が亀裂から浸透し、宅地地盤の安定性低下	シート養生、モルタル充填（雨水等の浸透防止）
のり面・斜面	のり面・斜面の変形（上段部の亀裂、中段部のハラミ、下段部の隆起）および崩壊	のり面・斜面崩壊、土砂流出、崩壊範囲の拡大	土嚢積み、押え盛土（のり面・斜面崩壊の抑止、土砂流出および崩壊範囲の拡大防止）
	のり面・斜面の亀裂	雨水等が亀裂から浸透し、のり面の安定性低下	シート養生（雨水等の浸透防止）

表参 1.1-② 応急対策の事例

擁壁の損傷に対する応急対策（擁壁倒壊の防止）	
	
土嚢積み	切梁
	
頬杖	
擁壁の亀裂、擁壁背面地盤の亀裂に対する応急対策（雨水等の浸透防止）	
	
アスファルト充填	モルタル充填
	
シート養生	
宅地地盤の亀裂に対する応急対策（雨水等の浸透防止）	
	
シート養生	モルタル充填
斜面の崩壊に対する応急対策 （土砂流出の防止）	のり面の亀裂に対する応急対策 （雨水等の浸透防止）
	
土嚢積み	シート養生

被災宅地危険度判定連絡協議会：被災宅地の調査・危険度判定マニュアル（参考資料），
平成 26 年 3 月

参考 1.2 広域的な宅地被害の把握

(1) 東北地方太平洋沖地震における仙台市の広域的な宅地被害調査事例

大地震が発生した際、地方公共団体は管轄する区域内で被害があった全ての宅地を対象に被災宅地危険度判定を実施し、滑動崩落について検討することが望ましいが、管轄範囲が広く宅地数が多い場合、これらの調査には膨大な時間と労力が必要となる。東北地方太平洋沖地震において、仙台市では次の手順で広域的な宅地被害の状況を把握し、滑動崩落について検討を行った。

- ①市職員がパトロールで必要と判断した宅地および住民等から通報があった宅地を対象に、被災宅地危険度判定を実施（被災宅地危険度判定は、住民等からの要請を受け随時追加実施）。
- ②上記①と併せて、周辺の宅地に対しても被災宅地危険度判定を実施するとともに、道路などの周辺施設の被害の有無を確認。
- ③上記①と②の結果から、危険宅地および要注意宅地がまとまって分布する範囲を中心に、被害が連続する道路などの周辺施設も含めて、滑動崩落が生じた可能性がある区域を抽出（仙台市ではこれを「公共事業検討区域」とよんだ）。
- ④「公共事業検討区域」の外周から 30m（2 宅地程度）広げた範囲を「調査区域」に設定。この区域を対象に、詳細な現地踏査ならびに地盤調査などを実施し、滑動崩落が生じたかどうか、滑動崩落が生じた場合にはその範囲を検討・精査し、「施行地区」を設定。
- ⑤「施行地区」を対象に、滑動崩落対策を実施。

(2) 空中写真測量等の活用

広域的な宅地被害を把握するにあたっては、短期間で広範囲の状況を捉えることが可能で、地震後の移動量を概略推定できる空中写真測量等の活用が有効と考えられる。以下に空中写真測量の留意事項を示す。

- ・地方公共団体が民間の航空測量会社などに委託することが基本となる（国土地理院が空中写真撮影を行うことがあり、これを活用できる場合もある）。

【国土地理院 地図・空中写真等の刊行物・提供物】

(<http://www.gsi.go.jp/MAP/index.html>)

- ・費用は 1km²あたり、500 万円程度（解析・図化含む）。
- ・1 日の飛行で、30km²程度の空中写真撮影が可能（解析・図化は除く）。
- ・平面位置および高さともに、±10～15cm 程度の誤差が生じる。
- ・空中写真測量の高さは、測量メッシュ（1～5m程度）の平均高であるため、擁壁などの構造物設計にあたっては、その詳細な形状の測量が別途必要となる。
- ・地震後の移動量を概略推定するためには、地震前の空中写真も必要となる。
- ・衛星測量の活用も考えられる。

Ⅲ. 詳細調査

詳細調査は、初動調査結果から設定した調査区域において、施行地区の設定に必要な情報を収集することを目的として、以下の手順により行うものとする。

- 1) 調査区域の設定
- 2) 現地踏査、宅地変状調査
- 3) 地盤調査、測量および水平移動量調査
- 4) 安定計算

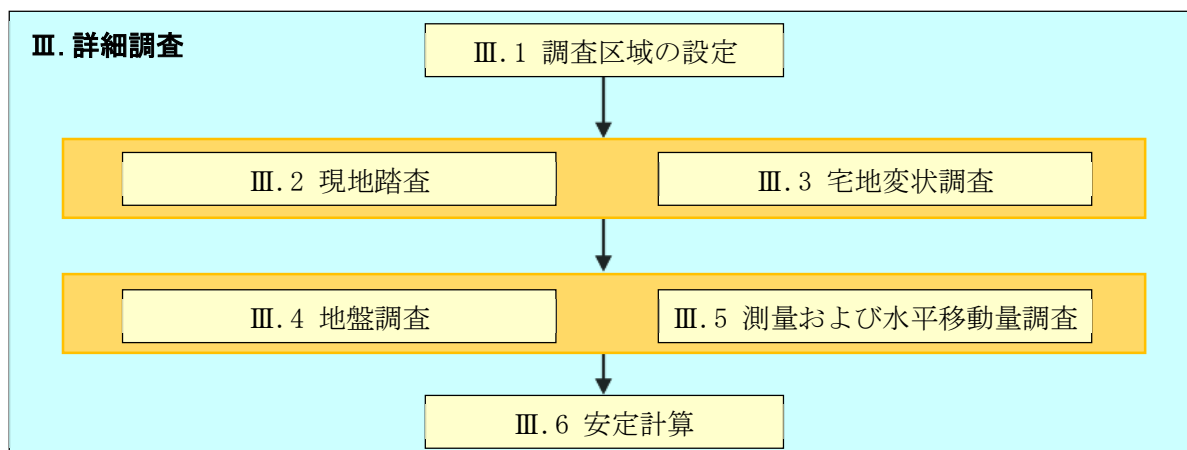
【解 説】

詳細調査では、調査区域を設定したのち、現地踏査（宅地周辺の道路や公園等も含めた変状を把握するための調査）、宅地変状調査を行い、滑動崩落の範囲、滑動方向、調査測線を設定する。

変状について詳細に把握したのち、安定計算に必要な地盤定数や地形等を把握するため、地盤調査（調査測線におけるボーリング調査）、測量を実施する。また、測量結果を用いて必要に応じて水平移動量調査を実施する。

現地踏査、宅地変状調査の結果、被害形態（「Ⅴ.1 被害形態の分類」参照）が崩壊に到っている地区については、直ちに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を行い、住民等に余震などにより二次災害の発生のおそれが高いことを周知する。また、安定計算の結果、施行地区と防災区域等の範囲が一致しない場合は、必要に応じて追加で防災区域の指定等を行う。

また、被災地の復興に向け、安定計算と並行して設計を進める等、個々の状況に応じて迅速な対応に努める。



図Ⅲ.1 詳細調査の手順

Ⅲ.1 調査区域の設定

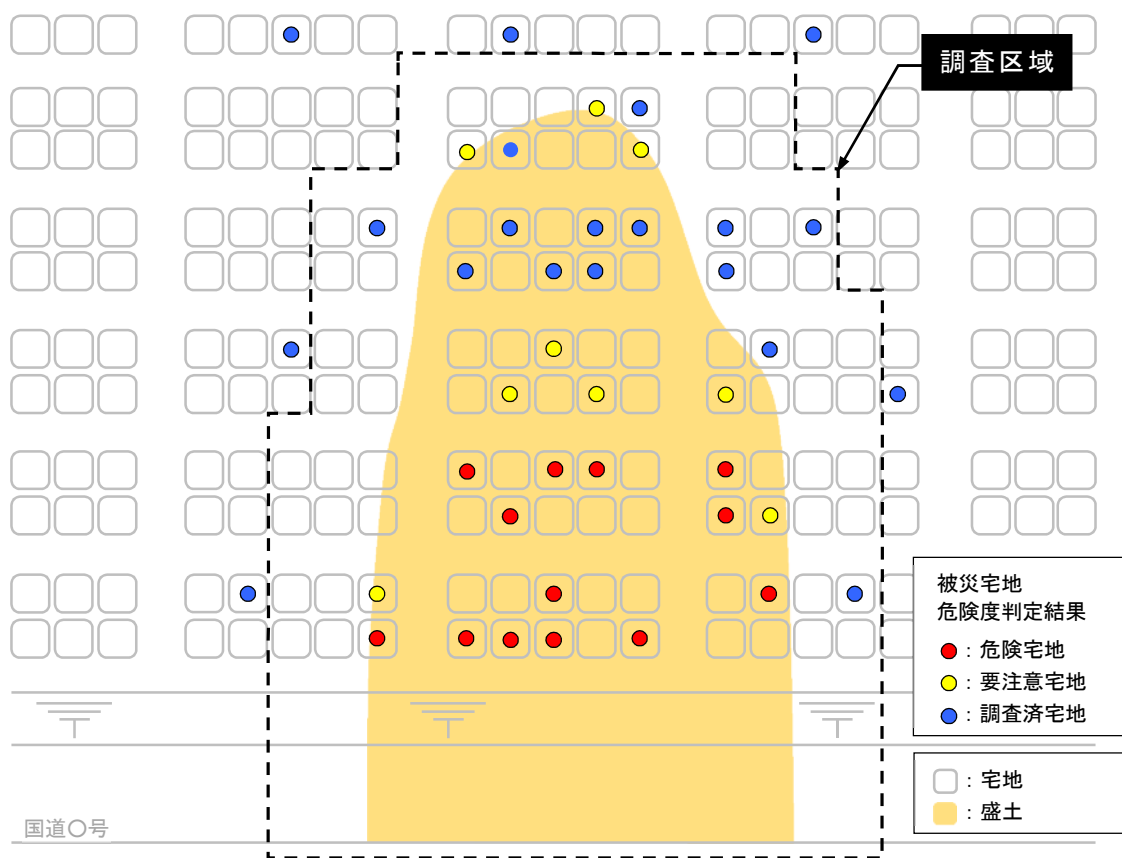
調査区域は、被災宅地危険度判定における危険宅地および要注意宅地がまとまって分布する範囲を基本として設定する。

【解説】

調査区域は、被災宅地危険度判定における危険宅地および要注意宅地がまとまって分布する範囲を基本とし、以下の点も考慮して広めに設定する。

- ・危険宅地もしくは要注意宅地に隣接する施設（道路や公園など）
- ・地形（盛土範囲、のり面がある場合はのり尻まで含めるなど）

調査区域の設定イメージを図Ⅲ.1.1に示す。



図Ⅲ.1.1 調査区域の設定イメージ

なお、第一次スクリーニングで抽出された大規模盛土造成地については、被災宅地危険度判定の結果にかかわらず現地調査の対象とし、滑動崩落を示唆する変状が生じていないかどうかを確認することが望ましい。

Ⅲ.2 現地踏査

調査区域において現地踏査を行い、盛土の範囲、地震による変状を確認し、滑動崩落の範囲（以下「滑動ブロック」という）と滑動方向、調査測線を設定する。

【解 説】

① 盛土の範囲の確認

盛土周辺の地形、原地盤に残存している樹木、地域住民等からの情報などから、盛土の範囲を詳細に確認する。第一次スクリーニングで得られた盛土の範囲は、新旧地形図の重ね合せにより机上で検討した概略の範囲であるため、現地踏査結果や後述する地質調査結果を踏まえ精査し、必要に応じて見直しを行う。

② 地震による変状の確認

地震により生じた変状や湧水の有無などを、宅地のみならず周辺の道路や公園などの施設も含めて詳細に確認する。変状が復旧されている場合は、住民等もしくは関係部局から復旧前の写真等入手し確認する。現地踏査で確認が必要な主な変状を、以下に示す。

- ・ 開口亀裂、亀裂
- ・ 隆起
- ・ 沈下・段差
- ・ のり面のハラミ、擁壁のハラミ・傾斜・折損・倒壊
- ・ 水路の圧壊
- ・ 湧水もしくは湧水痕

③ 滑動ブロックと滑動方向の設定

②で確認した変状から、滑動ブロックと滑動方向を設定する。滑動ブロックの設定にあたり、目安となる変状には以下のものがある。代表的な変状の例を図Ⅲ.2.1に示す。

- ・ 頭 部：滑動ブロックが下方に移動することによる、宅地や道路の開口や段差を伴う亀裂
- ・ 末端部：滑動ブロックの押し出しによる、道路の隆起や水路の圧壊、のり面のハラミ、擁壁のハラミ・傾斜・折損・倒壊
- ・ 側 部：道路やのり面の滑動方向の亀裂、擁壁の亀裂や滑動方向のズレ・目地開き

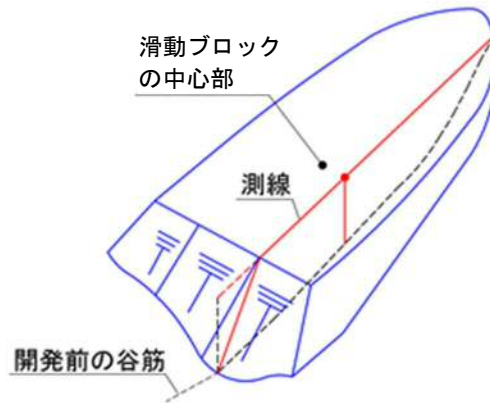


図Ⅲ.2.1 滑動崩落を示唆する変状の例

4 調査測線の設定

調査測線とは、滑動ブロックの中心部付近で滑動方向に設定する測線であり、この測線の縦断面において安定計算を行う。

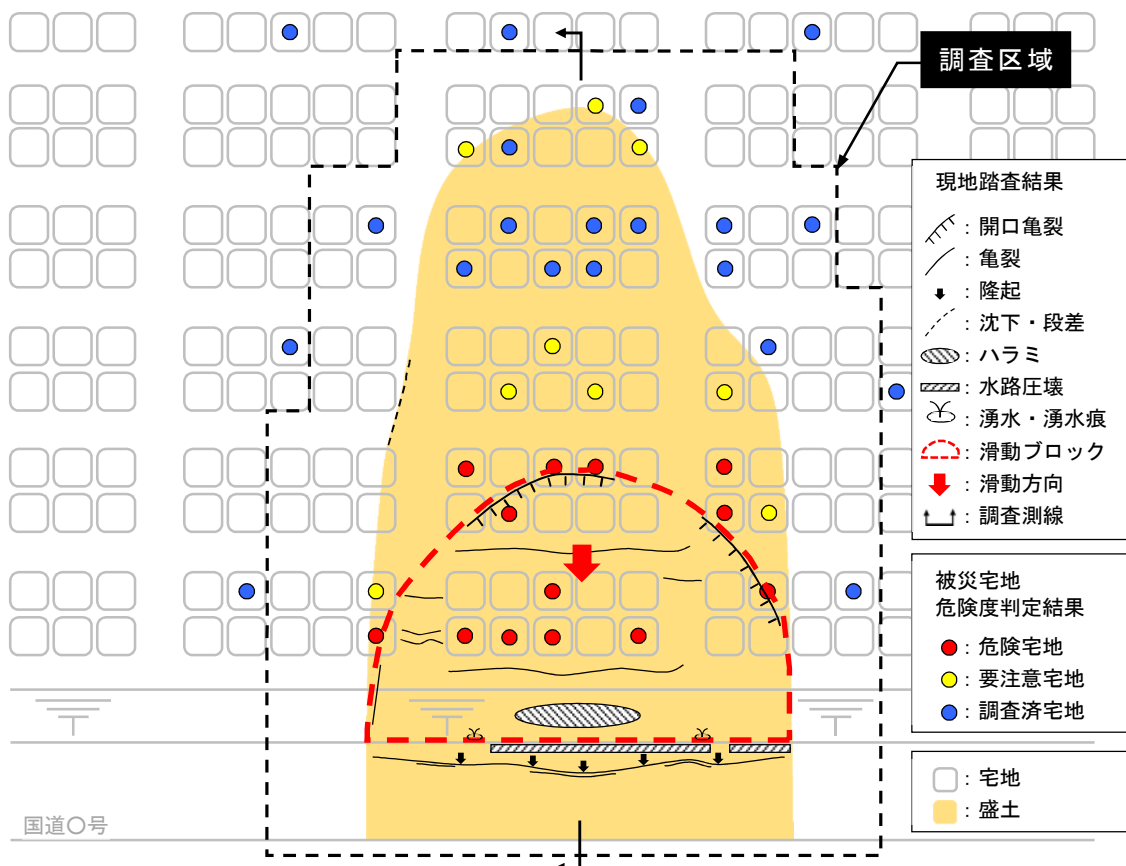
調査測線は、③で設定した滑動ブロックごとに、原地盤の地形や現在の盛土の地形を考慮し、その盛土を代表する滑り面を具体的に確認でき、安定計算を行うのに適した位置および方向に設定する。調査測線の設定イメージを図Ⅲ.2.2に示す。



図Ⅲ.2.2 調査測線の設定イメージ

5 現地踏査結果の整理

現地踏査結果は、大規模盛土造成地マップ等の平面図にプロットし整理する。現地踏査結果の整理イメージを図Ⅲ.2.3に示す。



図Ⅲ.2.3 現地踏査結果の整理イメージ

Ⅲ.3 宅地変状調査

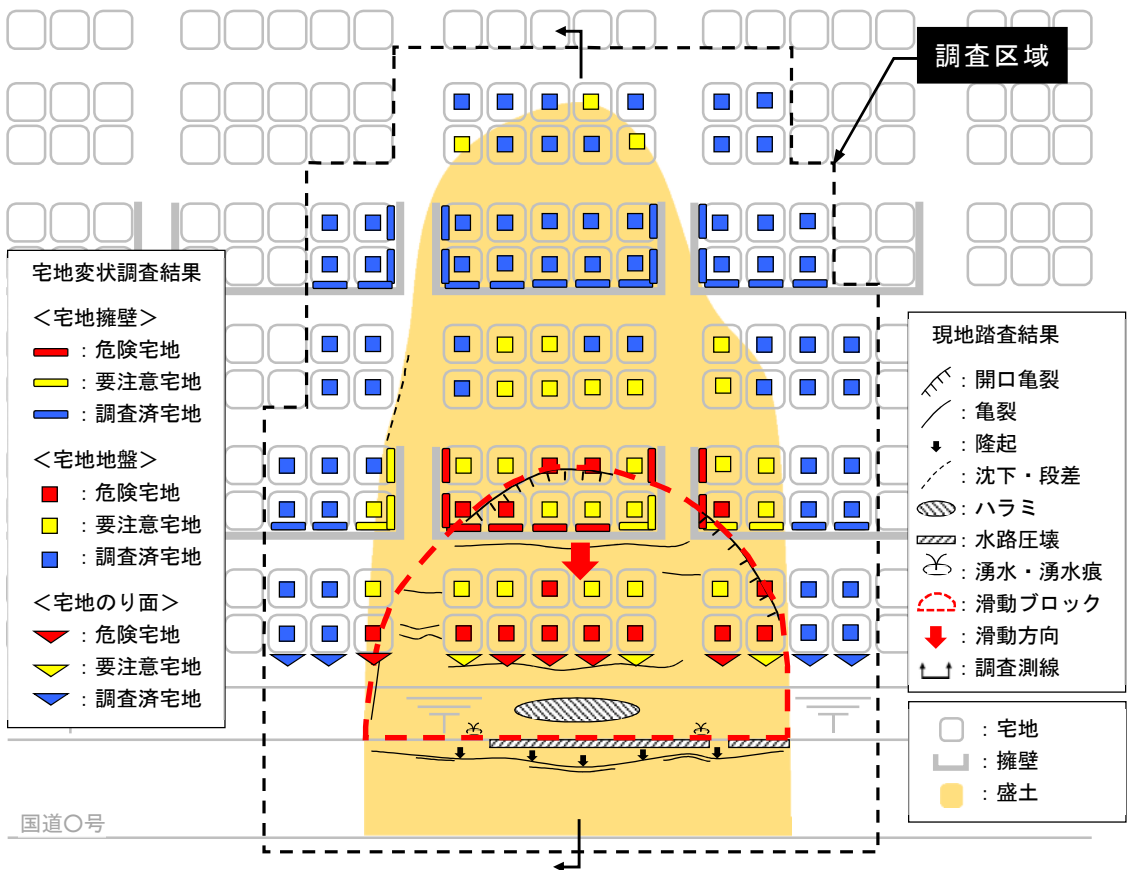
調査区域内に位置する全ての宅地を対象に実施し、滑動崩落とその影響で被災した宅地を漏れなく抽出するとともに、変状について詳細に把握する。

【解 説】

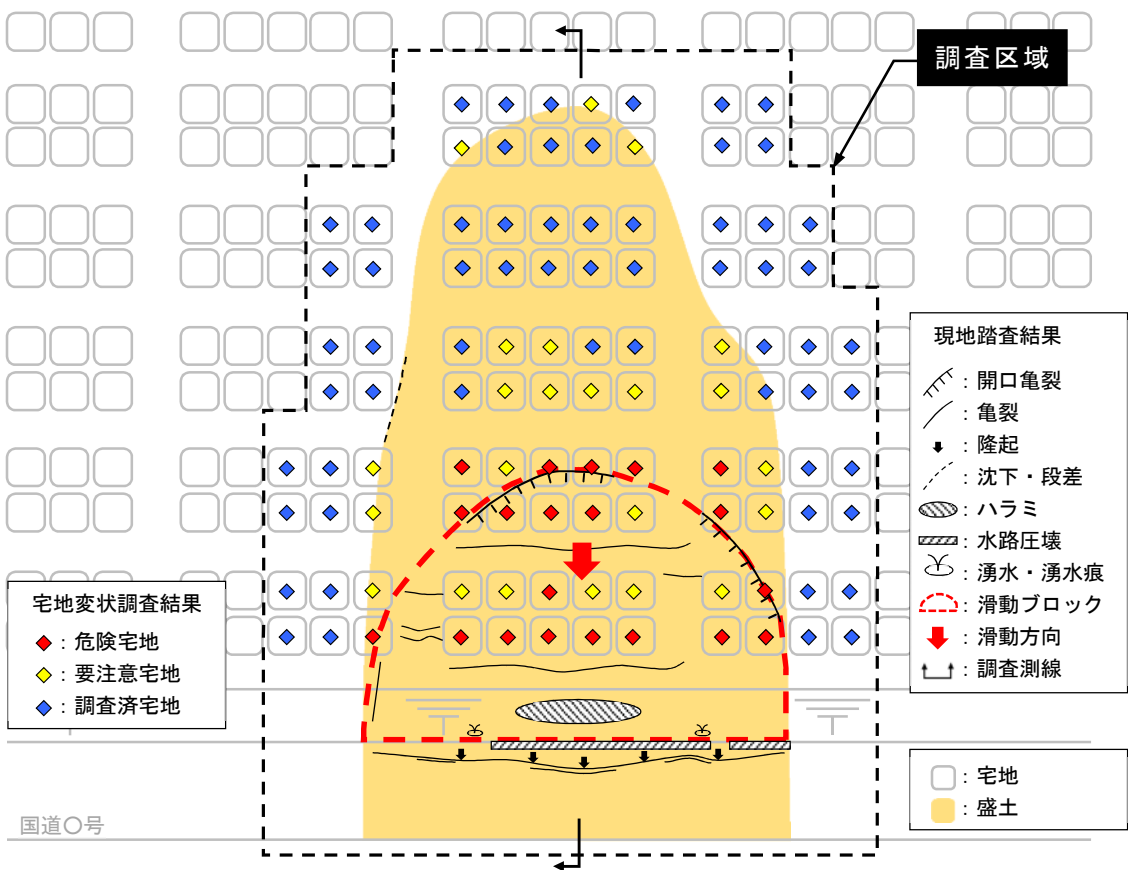
宅地変状調査は、調査区域内に位置する全ての宅地を対象に実施し、滑動崩落とその影響で被災した宅地を漏れなく抽出するとともに、変状の程度や位置などを詳細に把握する。なお、初動調査で被災宅地危険度判定が行われた宅地についても調査を実施し、判定結果を参考にしつつ、滑動崩落の観点から変状について再度確認する。

調査にあたっては、被災宅地危険度判定における「被災宅地の調査・危険度判定マニュアル」を準用して宅地擁壁、宅地地盤、宅地のり面について調査し、宅地ごとに調査票を作成する。調査結果は、宅地擁壁、宅地地盤、宅地のり面それぞれの調査結果を区別して平面図にプロットし整理する。

宅地変状調査結果の整理イメージを図Ⅲ.3.1に示す。なお、本図は情報量が多いため、以降の解説においては、図Ⅲ.3.2に示す簡易版（宅地擁壁、宅地地盤、宅地のり面の調査結果で最も危険なものを宅地被害として表示）に加筆した図を用いる。



図Ⅲ. 3. 1 宅地変状調査結果の整理イメージ（詳細版）



図Ⅲ. 3. 2 宅地変状調査結果の整理イメージ（簡易版）

Ⅲ.4 地盤調査

調査測線における調査ボーリングにより、盛土や地山の土質、単位体積重量、内部摩擦角（せん断抵抗角）、粘着力、地下水位などを把握し、滑り面を設定する。

【解説】

① 地中埋設物の確認

調査ボーリングに先立ち、既存の地中埋設物の位置データ（下水道台帳、道路台帳、電力・ガス管理台帳等）を精査し、地中埋設物の有無を確認する。既存のデータから埋設物の有無が確認できない場合は、地下レーダ、表面波探査等の物理探査を行うこととする。なお、地下埋設物の位置は設計・施工でも必要となるため、ボーリング地点のみならず、想定される設計・施工範囲についても併せて確認・整理しておくことが望ましい。

② ボーリングおよび原位置試験

調査測線における調査ボーリングにより当該盛土の土質を調査する。盛土の土質は一様でない場合もあることから、材料が異なる場合はそれぞれの土質を調査する。当該盛土が軟弱な粘性土や緩い砂地盤上に位置し、地山を含む滑りが想定される場合は、滑り面が想定される深さまで地山の土質も調査する。

また、当該盛土上の建築物等の立地状況により、調査ボーリングが可能な地点が限られる場合は、スウェーデン式サウンディングなどによる調査も検討する。なお、調査ボーリングは点の情報であることから、必要に応じて面的な情報を収集可能な物理探査等を併用することが望ましい。

主なボーリングおよび原位置試験方法を参考 3.1、原位置試験の方法例を参考 3.2 に示す。なお、原位置試験の詳細な方法は、地盤工学会発行の「地盤調査の方法と解説」を参照されたい。

③ サンプリング

室内土質試験に用いる供試体は現場で採取した試料を用いることが望ましい。サンプラーによって適用土質が異なるため、対象とする土質に応じて適切なサンプラーを判断し、乱さない試料を採取すること。参考 3.1 にサンプリングの種類を示す。

④ 室内土質試験

安定計算に必要となる盛土材料等の土質特性を把握するため、室内土質試験を行う。調査する項目は、湿潤密度等の物理試験と、三軸圧縮試験等の力学試験である。各試験は、現場で採取した試料を用いて実施すること。三軸圧縮試験については、土質によって方法を選択する必要がある。粘性土系の場合には圧密非排水三軸圧縮試験、砂質土系の場合には圧密排水三軸圧縮試験、判断がつかない場合には、間隙水圧を測定する圧密非排水三軸圧縮試験を実施する。

なお、盛土材料のバラつきが多い場合や不かく乱試料採取が困難である場合には、盛土内の現場含水比、密度および締固め度を測定し、現場条件に近い状態で供試体を作成すること。

また、盛土内の脆弱部の範囲を把握するため、締固め試験等を利用することも考えられる（締固め度と密度、三軸圧縮試験から得られる強度定数、N値等の関係などを整理）。

室内土質試験の方法を参考 3.1 に示す。なお、室内土質試験の詳細な方法は、地盤工学会発行の「地盤材料試験の方法と解説」を参照されたい。

5 地下水位の調査

調査測線における当該盛土の地下水位を調査し、盛土をした土地の地下水位が盛土をする前の地盤面の高さを超え、盛土の内部に浸入しているかどうかを確認する。調査の方法は以下のような手法があるが、観測や詳細な調査には時間を要するため、復旧対策においては調査ボーリング無水掘削時に確認された水位を設計水位とすることができる。

- ① 調査ボーリングを実施し、その調査孔を用いて地下水位もしくは間隙水圧を観測
- ② P S 検層による推定（P波速度 V_p から地下水位を推定）
- ③ 比抵抗映像法探査による推定（低比抵抗値の分布から地下水位面を推定）
- ④ 弾性波探査（屈折法）による推定（弾性波速度から地下水位面を推定）
※盛土の地下構造を盛土と地下水の二層構造と仮定した屈折法。
※調査地点がアスファルトやコンクリートで覆われた道路である場合は適用できない。
- ⑤ 温度検層による推定（地下水温と地温の温度差から地下水位を推定）
- ⑥ 自然電位法による推定（自然電位の乱れから地下水位を推定）
- ⑦ 鉄管等および触針式水位計を利用した簡易地下水測定
- ⑧ 周辺の地下水位等観測結果による推定（周辺のため池水位や湧水の標高などから地下水位面を推定）

その他近隣住民等に降雨後の湧水状況などをヒアリングし、参考にするのもよい。

上記①の場合には、調査ボーリングを実施し、その調査孔を用いて地下水位もしくは間隙水圧を測定するのが確実であるが、盛土前に谷底に底設暗渠を設けている場合には、地下水圧の分布が静水圧の三角形分布とならず、盛土の途中の深さまでは三角形分布になっていても下部になると水圧が下がっていくことがある。また、同じ土地で数次に分けて盛土造成を行った場合には、盛土材料の透水性の違いから各盛土の境界付近に帯水層が形成されることもある。このような水圧分布の場合に、盛土下部まで連続してボーリング掘削を行って地下水位を観測すると、ボーリング孔底付近に地下水位が確認されるため、宙水状の地下水が存在するにもかかわらず「盛土内に地下水はない」と判定してしまう可能性がある。以上のような場合に地下水位を正確に測定する方法としては、地下水位を確認するまでは無水掘りをするを基本とし、地下水を確認後は、ボーリング掘削を例えば2m毎に止め、地下水位を観測しながら段階的に掘削を進める方法などが考えられる。宙水状の地下水の確認方法の例を[参考 3.3](#)に示す。なお、地下水位は安定計算の結果に強く影響するため、季節的な変化も把握することが望ましい。

6 滑り面の設定

滑り面は、以下の事項を総合的に勘案して設定する。滑り面の設定事例を、安定計算事例と併せて[参考 3.6](#)に示す。

- ・滑動ブロックの平面形状（現地踏査で設定した滑動ブロックの頭部と末端の位置）
- ・盛土および地山のN値、強度（内部摩擦角（せん断抵抗角）、粘着力）の分布
- ・地質的な弱面（盛土と地山の境界など）
- ・危険宅地および要注意宅地と調和的なせん断波速度

㊦ 総合解析とりまとめ

地盤調査で得られた結果を踏まえて地質断面図を作成するとともに、盛土や地山の地盤定数や脆弱部の範囲などの安定計算に必要な諸条件を整理する。

参考 3.1 主な地盤調査方法

大規模盛土造成地における滑動崩落の危険性を調査するための実用的な調査手法を以下に示す。調査方法・試験方法の選定にあたっては、その目的、方法、メカニズム、精度等を十分に把握して行う必要がある。

表参 3.1-① 主な地盤調査方法

分類	方法 (俗称)	基準 No.	規格の名称
ボーリング	ボーリング	—	ロータリー式ボーリング (コアボーリング)
	簡易ボーリング	—	簡易式ロータリーボーリング (ノンコアボーリング)
原位置試験	サウンディング	標準貫入試験	JIS A 1219:2013 標準貫入試験方法
		静的コーン貫入試験	JIS A 1220:2013 機械式コーン貫入試験方法
			JGS 1431-2012 ポータブルコーン貫入試験方法
			JGS 1435-2012 電気式コーン貫入試験方法
		動的貫入試験	JGS 1433-2012 簡易動的コーン貫入試験方法
			— オートマチックラムサウンディング
	スウェーデン式サウンディング試験	JIS A 1221:2013 スウェーデン式サウンディング試験方法	
	物理探査・検層	弾性波探査 (屈折法)	— 弾性波探査 (屈折法)
		表面波探査	— 多チャンネル式表面波探査測定
		速度検層	JGS 1122-2012 地盤の弾性波速度検層方法
		密度検層	— 密度検層
	地下水調査	地下水位測定	JGS 1311-2012 ボーリング孔を利用した砂質・礫質地盤の地下水位測定方法
			JGS 1313-2012 ボーリング孔内に設置した電気式間隙水圧計による間隙水圧の測定方法
	サンプリング	固定ピストン式シンウォール (水圧式)	JGS 1221-2012 固定ピストン式シンウォールサンプラーによる土試料の採取方法
ロータリー式二重管		JGS 1222-2012 ロータリー式二重管サンプラーによる土試料の採取方法	
ロータリー式三重管		JGS 1223-2012 ロータリー式三重管サンプラーによる土試料の採取方法	
ブロックサンプリング		JGS 1231-2012 ブロックサンプリングによる土試料の採取方法	
室内土質試験	物理試験	土粒子の密度試験	JIS A 1202:2009 土粒子の密度試験方法 JGS 0111-2009
		含水比試験	JIS A 1203:2009 土の含水比試験方法 JGS 0121-2009
		粒度試験	JIS A 1204:2009 土の粒度試験方法 JGS 0131-2009
		液性・塑性限界試験	JIS A 1205:2009 土の液性限界・塑性限界試験方法 JGS 0141-2009
		湿潤密度試験	JIS A 1225:2009 土の湿潤密度試験方法 JGS 0191-2009
	力学試験	一軸圧縮試験	JIS A 1216:2009 土の一軸圧縮試験方法 JGS 0511-2009
		三軸圧縮試験	JGS 0521-2009 土の非圧密非排水(UU)三軸圧縮試験方法
			JGS 0522-2009 土の圧密非排水(CU)三軸圧縮試験方法
			JGS 0523-2009 土の圧密非排水(CUバー)三軸圧縮試験方法
			JGS 0524-2009 土の圧密排水(CD)三軸圧縮試験方法
		繰返し非排水三軸試験	JGS 0541-2009 土の繰返し非排水三軸試験方法
		土の締固め試験	JIS A 1210:2009 突固めによる土の締固め試験方法 JGS 0711-2009
		三軸試験用供試体作成	JGS 0811-2009 安定処理土の突固めによる供試体作製

参考 3.2 ボーリングおよび原位置試験の方法例

(1) 調査ボーリング、各種サウンディング

土質を把握するための調査方法としては、調査ボーリングや標準貫入試験が考えられる。また、調査地点の立地条件等によりその他サウンディングによる推定も検討する。

① 調査ボーリング

調査ボーリングは、採取した土や岩を観察することにより、地層の構成を明らかにする。また、採取した土や岩の試験を実施することにより土質、岩質を明らかにすることもできる。さらに、調査ボーリング孔において、標準貫入試験などの原位置試験、間隙水圧などの測定のための計器類の埋設などを行うこともできる。



図参3.2-① 調査ボーリング実施風景

② 標準貫入試験

標準貫入試験（JIS A 1219）とは、質量 63.5kg のハンマーを落下高 76cm で打ち込み、サンプルラーが 30cm 貫入するのに要する打撃回数（N値とよぶ。）を測定し、地盤の硬軟を表したものである。

③ 静的コーン貫入試験

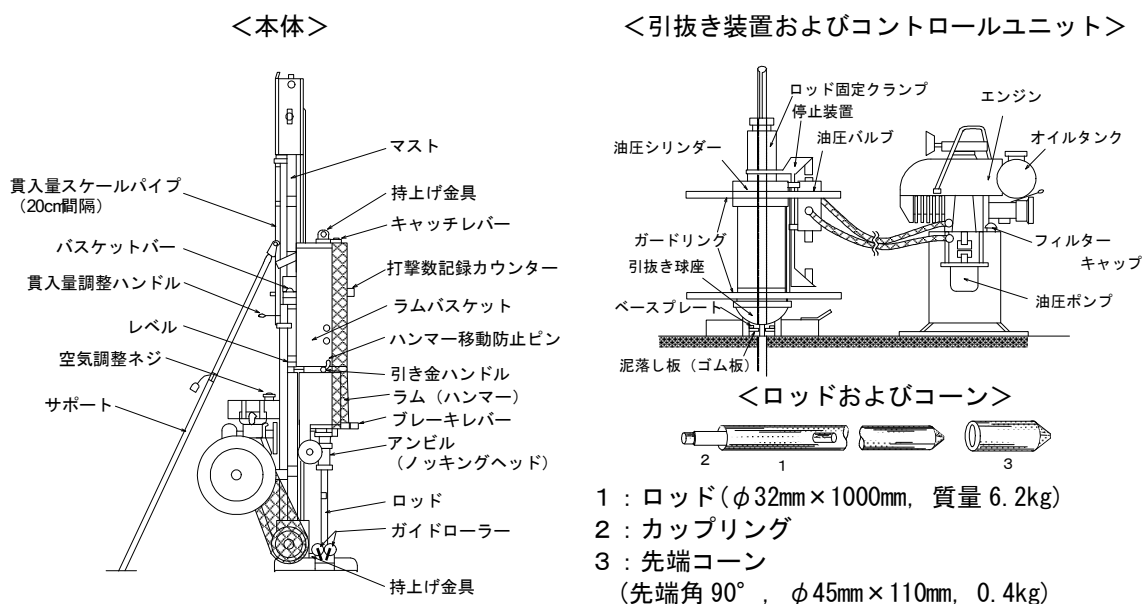
静的コーン貫入試験とは、機械式コーン貫入試験（JIS A 1220）をはじめとして数種類のものがあるが、基本はロッドの先端にコーン（円錐）を取り付けて静的に圧入するものである。オランダ式は二重管にしてロッドに働く土の摩擦力を除去して先端抵抗だけを測定するようにした方法であるが、簡易に人力で押し込むだけのポータブルコーン貫入試験（JGS 1431）が浅い軟弱層の調査には多用されている。

④ 動的コーン貫入試験

動的コーン貫入試験とは、ロッドの先端にコーンを装着したものを標準貫入試験と同様に重錘で打撃貫入する試験を言い、簡易動的コーン貫入試験（JGS 1433）やオートマチックラムサウンディングなど、コーンの大きさ、重錘の落下高さなどによって、各種の方法が考案・利用されている。本試験により得られる N_d 値と標準貫入試験より得られる N 値の関係式が提案されており、比較的相関がよいので、簡易で経済的な試験である。

簡易動的コーン貫入試験（JGS 1433）は、質量 $5 \pm 0.05\text{kg}$ のハンマーを $500 \pm 10\text{mm}$ の高さから自由落下させ、 100mm 貫入させるのに要する打撃回数 N_d 値を測定する方法である。軽量で扱いが容易であるため、急傾斜の狭隘な斜面でも調査が可能である。ただし、ロットの周辺摩擦の影響を受けるため、 N_d 値を測定できるのは地盤表層部 $4 \sim 5\text{m}$ 以内に限られる。また、貫入抵抗の大きい硬質粘性土や砂礫地盤などには適用できない。

オートマチックラムサウンディングは、スウェーデンで開発された方法であり、国内には、この装置と同じ構成で軽量化されたミニラムサウンディングも開発されている。試験方法は、 63.5kg のハンマーを 500mm の高さから自由落下させ（ミニラムサウンディングはハンマーの質量 30kg 、落下高さは 35cm ）、 200mm 貫入するのに要する打撃回数 N_{dm} を測定し、周面摩擦の影響を補正して N_d 値を得る。 N_d 値を測定できるのは深度 20m 程度以浅で、 N 値 50 未満の地盤まで適用できる。ミニラムサウンディングについては、 2m 四方程度の面積で実施可能であり、打撃音もやや小さいため、近年宅地を対象とした調査に用いられてきている。



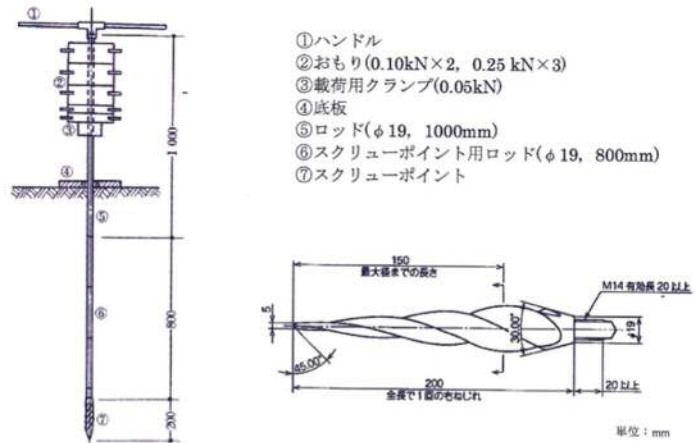
図参 3.2-② オートマチックラムサウンディング試験装置

地盤工学会：地盤調査の方法と解説，pp. 460-470，2013.

⑤ スウェーデン式サウンディング試験

スウェーデン式サウンディング試験（JIS A 1221）とは、長い四角錐をねじったような矢尻状のものを重錘による静的な荷重と回転力で地中に押し込む試験である。スウェーデン式サウンディング試験の最大の特徴は、簡易的に地盤の強度定数を把握することができ、特に軟らかい土の強度（一軸圧縮強度： q_u 、N値：N）の把握に有効である。スウェーデン式サウンディング試験は、**図参 3.2-③**に示すように荷重による貫入と回転貫入を併用した原位置試験であり、土の静的貫入抵抗を測定し、その硬軟または締まり具合を判断するとともに地層の構成を把握することを目的とし、調査深度の浅い宅地の地盤調査では、最も多く用いられている試験である。

また、近年では、簡易なサンプラーや電気抵抗式の地下水位確認装置等が開発され、試験終了後のサウンディング孔を利用した土試料採取や地下水位測定が可能となってきた。簡易なサンプラーの例を**図参 3.2-④**に示す。



手動式試験器具の例



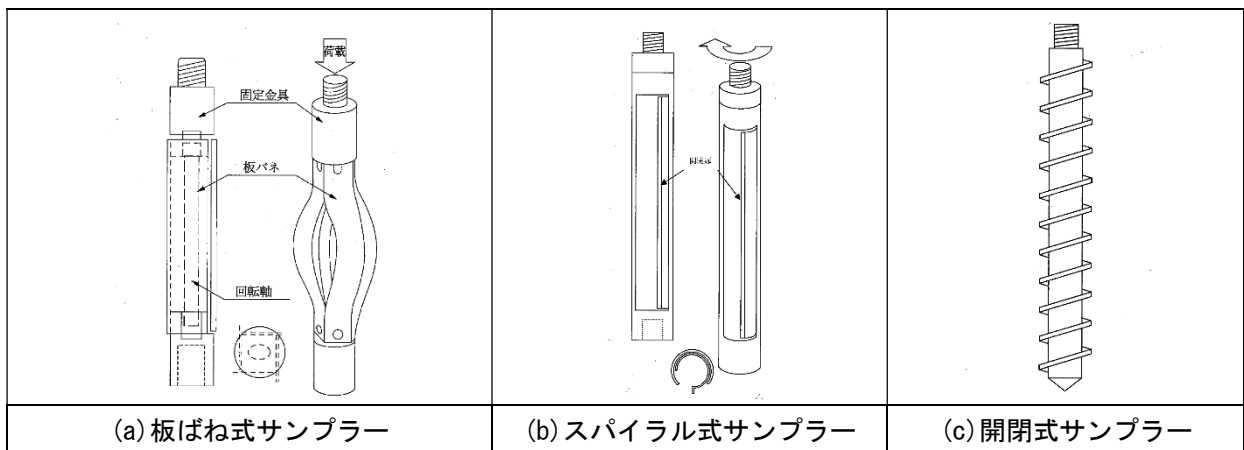
手動式

半自動式

自動式

SWS 試験機（手動、半自動、自動）

図参 3.2-③ スウェーデン式サウンディング試験位置と概要図



図参 3.2-④ 簡易なサンプラーの例

地盤工学会：地盤調査の方法と解説，pp. 333-334，2013.

(2) 面的な情報を把握するための物理探査

大規模盛土造成地の盛土形状は、安定計算や防災区域の指定等を行う際に重要な情報となる。調査ボーリングによる点の情報を補完し、盛土形状の面的な情報を把握できる調査手法としては、弾性波探査や表面波探査等に代表される物理探査が挙げられる。

① 弾性波探査（屈折法）

弾性波探査とは、地表付近または地中、水中で火薬などによって人工的に弾性波を発生させて、P波（縦波）あるいはS波（横波）が直接ないし異なる弾性波速度層の間で屈折して地盤を伝わってくる状況を、地表に設けた測定装置で観測し、走時（時間）を用いて地盤の弾性波速度構造を解明する方法である。弾性波探査は、面的な情報を短時間で把握することが可能である。

② 表面波探査

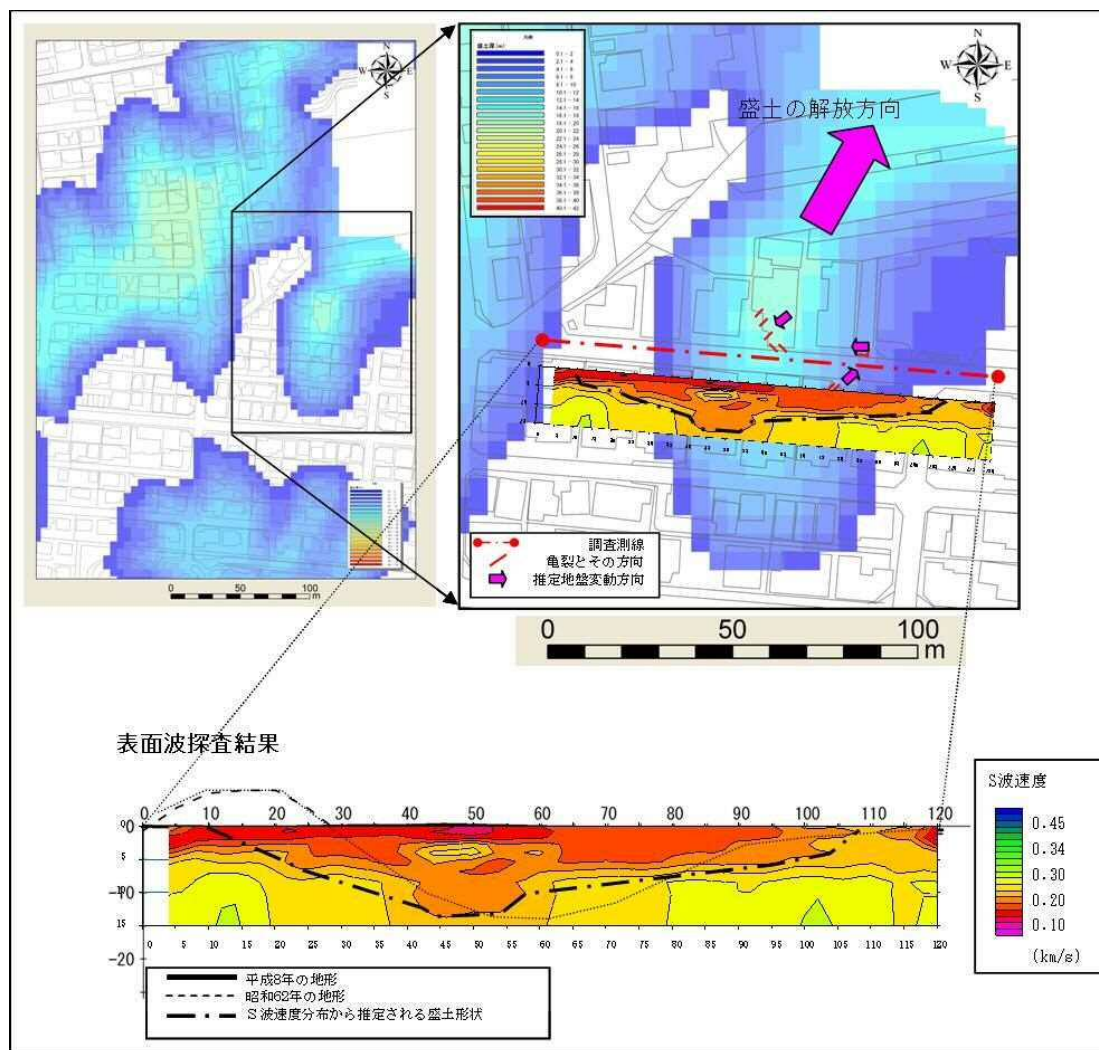
表面波探査とは、人工的な振動を発生させ、地盤の硬さを相対的に把握する調査手法の一つである。盛土は基盤層と比較するとやわらかいため、盛土の形状を把握する材料となる。表面波探査の実施風景を図参 3.2-⑤に示す。

図参 3.2-⑥は、盛土横断方向の測線上の表面波探査結果（S波速度分布図）である。表面波探査結果は、縦軸が深度、横軸が測線における距離程を示している。

測線上の昭和 62 年の地形を破線で示し、同じく平成 8 年の地形を実線で示した（ほぼ地表面と同じ）。現地試験による盛土の断面形状は、0.20km/s の S 波速度に着目して推定した（一点鎖線）。現地試験にて推定される盛土の中心位置は昭和 62 年の地形よりやや西側によっているが、概ね昭和 62 年の地形と一致している。



図参 3.2-⑤ 表面波探査試験の実施風景



図参 3.2-⑥ 表面波探查による地盤のゆるみ分布図（S波速度分布図）の例

参考 3.3 宙水状の地下水の測定方法

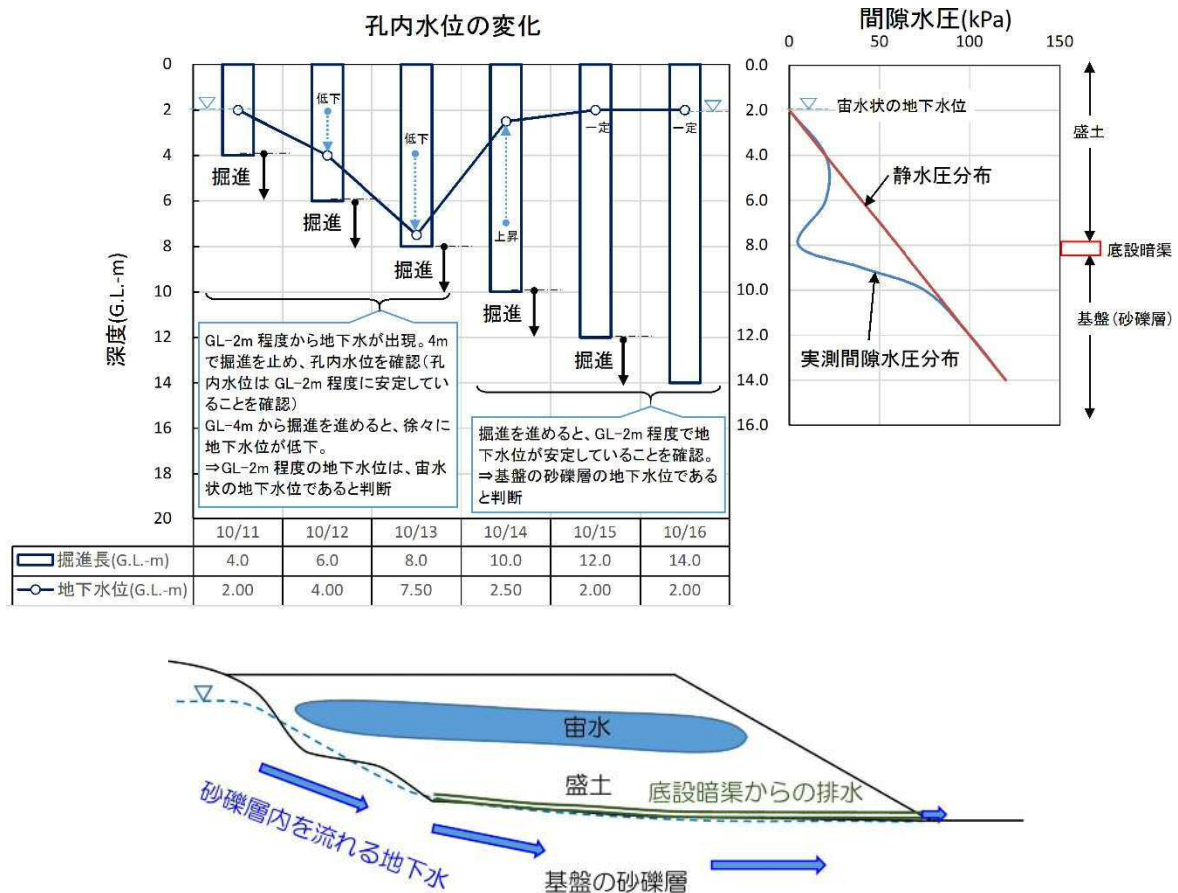
(1) 調査ボーリング孔を用いた測定

ボーリング掘削を2m程度毎に止め、地下水位を観測しながら段階的に掘削を進め、盛土内の宙水状の地下水位を推定する方法を紹介する。

ボーリングは、地下水位を確認するまで無水掘りを基本とする。地下水位を確認後は、数m毎に掘削を止め、ケーシングパイプを挿入し、スライム除去、清水を用いた孔内洗浄を十分に行い、水位が安定した後触針式水位計により水位を測定する。

測定例を図参 3.3-①に示す。造成時に底設暗渠が設置されており、そこから排水が行われている場合は、間隙水圧は三角形の静水圧分布にはならず、底設暗渠のところでは下がるような曲線を示す。また、盛土材が細粒土等の場合は、暗渠工を設けているにもかかわらず、雨水等や地山からの流入水が保水され宙水状の地下水位が形成されることがある。このような水圧分布の場合に、盛土下部まで連続してボーリング掘削を行い、地下水位を観測すると、宙水状の地下水位を見落とす可能性がある。そのため、下図に示すように、地下水位を観測しながら段階的に掘削をすすめることで、表層付近の宙水を把握することが可能となる。

なお、安定計算にあたっては、調査で把握した宙水状の地下水位を適切にモデル化する必要がある。また、間隙水圧を測定する場合には、地下水位ではなく、間隙水圧分布を安定計算モデルに反映することも可能である。



図参 3.3-① 調査ボーリング孔を用いた宙水状の地下水位の推定例

(2) 鉄管および触針式水位計を利用した簡易地下水測定

鉄管および触針式水位計を利用した簡易地下水測定を行う方法も有効である。この方法は、穴を開けた鉄管を盛土内に打ち込み、鉄管内の地下水位を触針式水位計により測定する。測定後は鉄管を引き抜く。なお本測定は、地下水位が GL-3m 程度までの位置にある場合に限られる。測定機器の例を図参 3.3-② に示す。



鉄管



触針式水位計例

図参 3.3-② 測定機器の例

参考 3.4 地盤調査地点の位置と間隔・調査数量の目安

調査ボーリングやサウンディングの位置は、調査測線において、当該盛土の形状、土質、地下水位が把握出来る地点とする。これには、盛土のり尻付近、のり肩、最も盛土厚が厚い地点、分岐谷の合流地点などが考えられる。調査位置は、斜面上や公園、道路等の公共用地を用いることを想定しているが、建築物等の立地状況により、調査ボーリングが可能な地点が限られる場合は、住民等の協力を得て、宅地内でスウェーデン式サウンディングなどの簡易な調査を実施する方法もある。

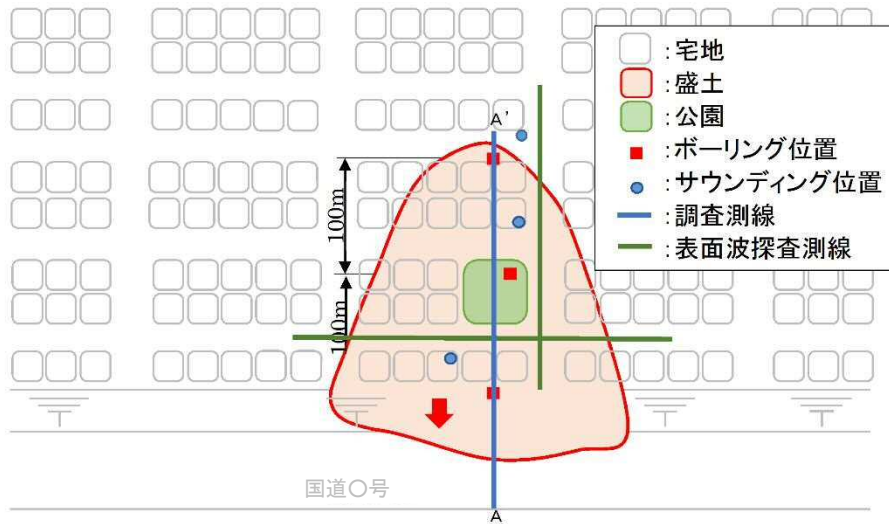
調査間隔の参考例を表参 3.4-①に示す。また、調査計画と数量の例を図参 3.4-①、表参 3.4-②に示す。

なお、1 地区あたりの調査費用は、調査項目や数量によって異なるが、概略 500～1000 万円程度である。

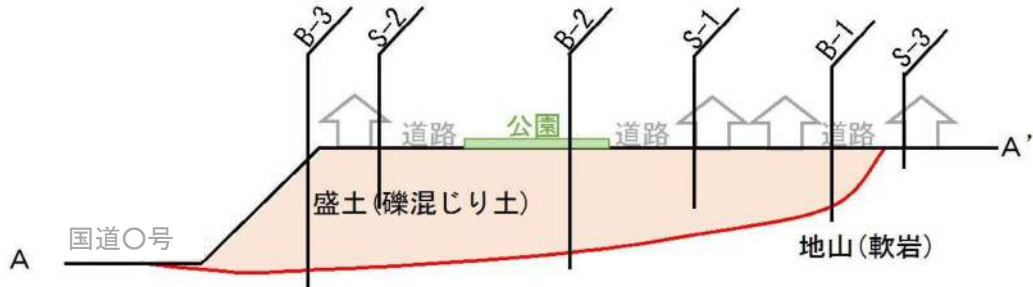
表参 3.4-① 調査間隔の参考例

独立行政法人都市再生機構：軟弱地盤技術指針，2008. 4.

地区	基盤の起伏	概略調査		詳細調査	
		ボーリング	サウンディング	ボーリング	サウンディング
平地部	比較的均一	300～500m サンプリング 1 地点	100～300m	200～300m	100～200m
	不規則	200～300m サンプリング 1 地点	50～200m	100～200m	25～100m
谷部	比較的均一 (大きな谷)	200～300m サンプリング 1 地点	50～200m	50～200m	25～200m
	不規則 (急峻な谷)	50～200m サンプリング 2 地点	25～100m	25～100m	25～100m
留意点		サンプリングを行うボーリング地点は造成敷地を代表する場所を選ぶ。盛土端部ではサウンディングやボーリングを密に配置する。(高盛土の場合はのり尻から 20m 程度先まで調査するように心掛ける。) 谷部のサウンディングは横断方向で密に縦断方向では粗くする。		調査位置の選定は必ずしも等間隔にする必要はなく、地盤状態の他に盛土端部などの問題箇所や幹線道路その他の土木構造物位置で密にするのがよい。	



(a) 平面図



(b) 断面図

図参 3.4-① 調査計画の例 (谷部・比較的均一な基盤の詳細調査)

表参 3.4-② (1) 調査数量の例 (その 1)

地点 No.	ボーリング (m)				標準貫入試験 (回)	サンプリング (本)	地下水観測孔設置 (m)	室内試験 (試料)				
	本孔、孔径φ66mm、 オールコア			別孔 φ116mm ノンコア				土粒子の密度	含水比	粒度	湿潤密度	三軸圧縮
	礫混り土 (盛土)	軟岩 (旧地盤)	計									
B-1	5	2	7	5	7	1	-	1	1	1	1	1
B-2	8	2	10	8	10	2	10	2	2	2	2	2
B-3	10	2	12	10	12	2	-	2	2	2	2	2
計	23	6	29	23	29	5	10	5	5	5	5	5

表参 3.4-② (2) 調査数量の例 (その 2)

スウェーデン式サウンディング試験		PS 検層	
地点 No.	調査深度 (m)	B-3	15m
S-1	5	表面波探査	
S-2	5	測線 No.	測線長 (m)
S-3	2	A	400
-	-	縦断測量	
計	10	300m	

Ⅲ.5 測量および水平移動量調査

調査区域を対象とし、設計・施工に必要となる地形、構造物、境界点等を測定して平面図と縦断図を作成する。また、地震前後の平面図を重ね合せ、地震による移動方向と移動量を概略把握する。

【解説】

① 測量

測量は調査区域を対象とし、基準点の設置、現地測量、縦断測量、仮BM設置測量を下記の通り実施する。

(1) 基準点の設置（必要に応じて実施）

測量区域内に既設の基準点が存在しない場合、現地測量や縦断測量等に必要となる基準点を設置する。

(2) 現地測量

現地測量は、地形、盛土の形状、各種構造物、境界点等を測定し、平面図（数値地形図データ）を作成する。現地測量では、設計対象となる滑動ブロックや構造物（滑動崩落対策施設が設置される可能性のある擁壁など）の高さや周辺構造物との離隔などを密に測量する。

(3) 縦断測量

縦断測量は、安定計算を行う調査測線を対象に実施し、縦断図を作成する。

(4) 仮BM設置測量

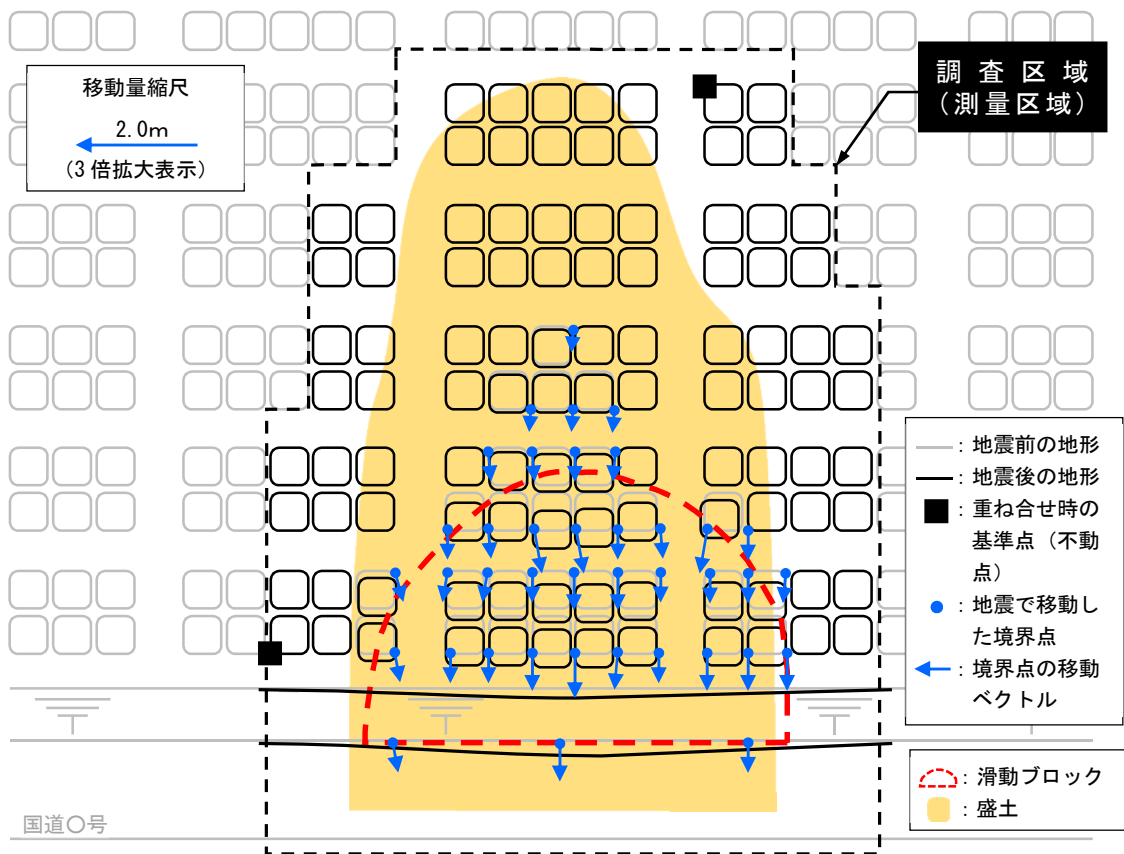
仮BM設置測量は、施工に用いる仮BMを、1地区あたり2点程度設置する。

2 水平移動量調査

水平移動量調査は、地震による宅地や道路の移動方向と移動量を概略把握し、その結果は滑動ブロックや滑動方向を検討する際の基礎資料、住民等に滑動状況を説明する際の一資料などとして活用する。本調査では、以下の手順で地震前後の平面図を重ね合せ、境界点などのズレをベクトル表示した重ね図を作成する。

- ①地震前の平面図を収集する（道路台帳、道路敷地構成図、国土調査地籍図など）
- ②地震後の平面図を作成する（ \square の現地測量で作成した平面図（数値地形データ））
- ③上記①と②を、不動点を基準に重ね合わせる（不動点は、地山上にある境界点や杭基礎で地山に支持された構造物の端点など、地域レベルでは相対的に不動と考えられる点を2点以上選定する）
- ④境界点のズレをベクトル表示する。

重ね図の作成イメージを図Ⅲ.5.1に示す。



図Ⅲ.5.1 重ね図の作成イメージ

Ⅲ.6 安定計算

Ⅲ.4 で得られた結果をもとに、滑動ブロック等の滑り面に対して、安定計算を行う。安定計算により、地震力及びその盛土の自重による当該盛土の滑り出す力に対して、その滑り面に対する最大摩擦抵抗力その他の抵抗力が上回るために必要な抑止力を求める。地震力については当該盛土の自重に、水平震度として 0.25 に建築基準法施行令第八十八条第一項に規定する Z の数値を乗じて得た数値を乗じて得た数値とする。

【解説】

安定計算は、「Ⅰ編 変動予測調査編 VI.2 安定計算」に示される方法と同様の方法で実施する。被災盛土の滑り面の形状などから、二次元分割法、または二次元分割法のうちの簡便法のどちらかを選択（再現性の高い計算方法を選択）して安定計算を行い、地震力及びその盛土の自重による当該盛土の滑り出す力に対して、その滑り面に対する最大摩擦抵抗力その他の抵抗力が上回るために必要な抑止力（必要抑止力）を求める。安定計算は、滑動ブロックの滑り面だけでなく、安全率が 1 を下回る滑り面を全て抽出し、それらの滑り面に対して必要抑止力を求める。

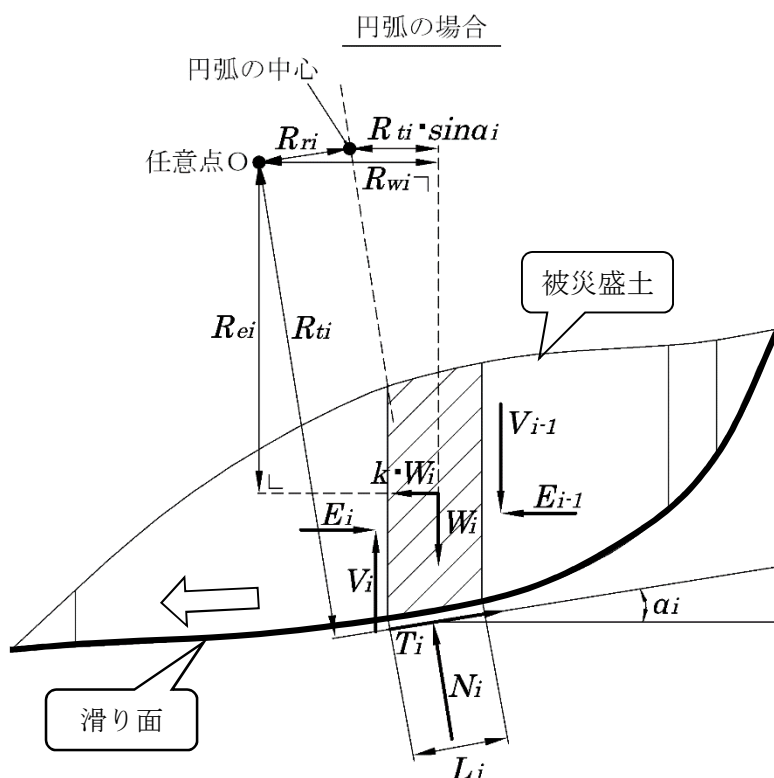
安定計算に用いる水平震度は、盛土や地盤が液状化しないことを前提に、0.25 に建築基準法施行令第八十八条第一項に規定する Z の数値を乗じて得た数値を乗じて得た数値とする。建築基準法施行令第八十八条第一項に規定する Z とは、地震地域係数のことであり、1.0～0.7 の数値として地域ごとに規定されている。地域ごとの地震地域係数 Z を参考 3.5 に示す。

安定計算に用いる地盤定数は、地盤調査における室内土質試験により設定することを基本とするが、滑動崩落が生じた盛土の数が多く、時間的・費用的な制約から個々の盛土で調査を実施することが困難な場合などは、類似の盛土の安定計算結果から滑動ブロックの地震時安全率を仮定し、逆計算で推定する手法を併用することも可能である。この場合、まず、代表的な地区で詳細な地盤調査を行い、その結果に基づき設定した地盤定数を用いて安定計算を実施し、地震時安全率と水平変位量の関係などを求める。次に、これに類似する盛土（水平変位量が同等など）については、地盤調査は調査ボーリングによる地層構成と地下水位の把握程度とし、地盤定数は代表的な地区で求めた地震時安全率を仮定して逆計算で推定する。安定計算の事例を参考 3.6 に示す。

なお、被害形態が「地すべりの変形」などの変形被害であり、滑り面が明確で無く特定し難い場合は、二次元分割法および簡便法による安定計算に加えて、「Ⅰ編 変動予測調査編 VI.2 安定計算 参考 6.11」に示される有限要素法を用いる方法もある。有限要素法で計算した残留変位量と実測変位量との比較等により、想定した滑り面の妥当性についての評価や、滑り面上の応力と要素の強度から、斜面の安全性を確保するために必要な抑止力の妥当性などを評価する。

1 二次元の分割法による被災盛土の安定計算

二次元の分割法は、土塊の表面が曲線であっても、滑り面が非円弧、複合（直線+円弧等）であっても適用できる計算法である。被災盛土の滑り面における、地震力及びその盛土の自重による当該盛土の滑り出す力及びその滑り面に対する最大摩擦抵抗力その他の抵抗力は、以下の通り計算する。



図Ⅲ.6.1 二次元の分割法における各分割片に働く力（地震時）

(1) 基本条件

滑り土塊に働く外力の任意点 O に関する力のモーメントつりあい式は、

$$-\Sigma W_i \cdot R_{wi} + \Sigma T_i \cdot R_{ti} + \Sigma N_i \cdot R_{ri} - \Sigma k \cdot W_i \cdot R_{ei} = 0 \quad (\text{Ⅲ.6.1})$$

分割片に働くすべての力の鉛直、水平方向のつりあい式は、

$$W_i - N_i \cdot \cos \alpha_i - T_i \cdot \sin \alpha_i - V_i + V_{i-1} = 0 \quad (\text{Ⅲ.6.2-1})$$

$$T_i \cdot \cos \alpha_i - N_i \cdot \sin \alpha_i - k \cdot W_i + E_i - E_{i-1} = 0 \quad (\text{Ⅲ.6.2-2})$$

フェレニウス法と同様に、断面力成分 V_i 、 E_i は、それぞれ等しいと仮定すると、

$$V_i = V_{i-1}, E_i = E_{i-1} \quad (\text{Ⅲ.6.3})$$

式(Ⅲ.6.3)を式(Ⅲ.6.2-1)と(Ⅲ.6.2-2)に代入して、 T_i を消去すれば、

$$N_i = W_i(\cos \alpha_i - k \cdot \sin \alpha_i) \quad (\text{Ⅲ.6.4})$$

式(Ⅲ.6.4)を式(Ⅲ.6.1)に代入すると、

$$\Sigma T_i \cdot R_{ti} = \Sigma W_i \cdot R_{wi} - \Sigma W_i(\cos \alpha_i - k \cdot \sin \alpha_i) \cdot R_{ri} + \Sigma k \cdot W_i \cdot R_{ei} \quad (\text{Ⅲ.6.5})$$

分割されたそれぞれの滑り面のせん断力 T_i 、強度 c'_i 、 ϕ'_i 、安全率 F_s の関係式は、

$$T_i = \{c'_i \cdot L_i + (N_i - u_i \cdot L_i) \tan \phi'_i\} / F_s \quad (\text{Ⅲ.6.6})$$

式(Ⅲ.6.1)～(Ⅲ.6.6)において、 W_i 、 R_{wi} 、 T_i 、 R_{ti} 、 N_i 、 R_{ri} 、 α_i 、 k 、 R_{ei} 、 V_i 、 V_{i-1} 、 E_i 、 E_{i-1} 、 c'_i 、 ϕ'_i 、 u_i および F_s は、それぞれ次の数値を表すものとする。

W_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土の自重 (単位 kN)

R_{wi} : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土の自重による、モーメントの腕の長さ (単位 m)

T_i : 分割されたそれぞれの滑り面上のせん断力 (単位 kN)

R_{ti} : 分割されたそれぞれの滑り面上のせん断力による、モーメントの腕の長さ (単位 m)

N_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の底面反力 (単位 kN)

R_{ri} : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土の底面反力による、モーメントの腕の長さ (単位 m)

α_i : 次の式によって計算した分割されたそれぞれの滑り面の勾配 (単位 ラジアン)

$$\alpha_i = \tan^{-1}(H_i / L_i)$$

この式において、 H_i および L_i は、それぞれ次の数値を表すものとする。

H_i : 分割されたそれぞれの滑り面の最下流端と最上流端の標高差を計測した数値 (単位 m)

L_i : 分割されたそれぞれの滑り面の標高差を計測した二地点間の水平距離を計測した数値 (単位 m)

k : 水平震度 ($k=0.25 \times z$ z : 建築基準法施行令第八十八条第一項に規定する z)

R_{ei} : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土に作用する地震力による、モーメントの腕の長さ (単位 m)

V_i 、 E_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土内に働く断面力成分 (単位 kN)

c'_i : 分割されたそれぞれの滑り面の有効粘着力 (単位 kN/m²)

ϕ'_i : 分割されたそれぞれの滑り面の有効内部摩擦角 (単位 ラジアン)

u_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の間隙水圧 (単位 kN/m²)

F_s : 安全率

(2) 盛土の滑り出す力

式(Ⅲ.6.5)より、 $\sum T_i \cdot R_{ti} = S_m$ とすると、

$$S_m = \sum W_i \cdot R_{wi} - \sum W_i (\cos \alpha_i - k \cdot \sin \alpha_i) \cdot R_i + \sum k \cdot W_i \cdot R_{ei} \quad (Ⅲ.6.7)$$

式(Ⅲ.6.7)において、 S_m 、 W_i 、 R_{wi} 、 R_{ri} 、 α_i 、 k および R_{ei} は、それぞれ次の数値を表すものとする。

S_m : 地震力および自重による盛土の滑り出す力のモーメント (単位 kN・m)

W_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土の自重 (単位 kN)

R_{wi} : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土の自重による、モーメントの腕の長さ (単位 m)

R_{ri} : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土の底面反力による、モーメントの腕の長さ (単位 m)

α_i : 次の式によって計算した分割されたそれぞれの滑り面の勾配 (単位 ラジアン)

$$\alpha_i = \tan^{-1}(H_i / L_i)$$

この式において、 H_i および L_i は、それぞれ次の数値を表すものとする。

H_i : 分割されたそれぞれの滑り面の最下流端と最上流端の標高差を計測した数値 (単位 m)

L_i : 分割されたそれぞれの滑り面の標高差を計測した二地点間の水平距離を計測した
数値 (単位 m)

k : 水平震度 ($k=0.25 \times z$ z : 建築基準法施行令第八十八条第一項に規定する z)

R_{ei} : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土に作用する地震力による、モーメントの腕の長さ
(単位 m)

(3) 滑り面に対する抵抗力

滑り面が複数の円弧又は直線の場合、盛土の滑り面に対する最大摩擦抵抗力その他の抵抗力は、地盤の特性に応じ全応力法または有効応力法により求めることができる。有効応力法では、すべり面におけるせん断抵抗力を算定する為には、常時の水圧に加えて、せん断に伴う過剰間隙水圧が明らかになっていることが必要である。ただし、完全な非排水状態であっても、土の密度やせん断中の応力経路によって発生する過剰間隙水圧は異なるため、これに伴ってせん断強度も変化することを考慮しなくてはならない。

一方、すべり面におけるせん断抵抗力をせん断中の過剰間隙水圧の大きさに基づいて有効応力規準で厳密に評価するためには、三軸圧縮試験で採用した軸対称応力条件や平均主応力が変化する条件などと盛土内で実際に作用する応力条件の相違などをはじめ、留意すべき点も多い。

このため、実務設計においては、取り扱いの容易さなどから、せん断前の有効拘束圧を考慮した全応力規準に基づくせん断強度を用いた全応力法が用いられることも多い。したがって、斜面の安定計算においては、特に必要な場合を除き、すべり面におけるせん断強度が地震中に変化する影響は無視して、常時における応力状態に地震時慣性力のみを考慮することが一般的である。全応力法の場合、式Ⅲ.6.8の c'_i 、 ϕ'_i を、盛土材料が粘性土系の場合には圧密非排水三軸圧縮試験結果からの強度定数 c_{cu} 、 ϕ_{cu} 、砂質土系の場合には圧密排水三軸圧縮試験結果からの強度定数 c_d 、 ϕ_d に読み替えばよい。

また、盛土の施工が一様に行われていないことが懸念される場合などでは、調査する試験数は多く必要であるが、想定する滑り線上の各部位の非排水せん断強度の値を直接使用することも考えられる(式Ⅲ.6.9)。このような場合には、試験結果に対する種々の条件の相違を含めて考慮し、せん断試験に変えてサウンディング試験等を行い、三軸圧縮試験の強度定数から得られるせん断強度とサウンディング試験等の結果との組み合わせでこれらの数値の違いを適切に評価して、計算に必要な各部位の非排水せん断強度を推測して使用する事も可能である。

式(Ⅲ.6.5)および式(Ⅲ.6.6)より、 $\sum T_i \cdot R_{ii} = T_m / F_s$ とすると、

$$\begin{aligned} T_m &= \sum [c'_i \cdot L_i + \{N_i - u_i \cdot L_i\} \tan \phi'_i] \cdot R_{ii} \\ &= \sum [c'_i \cdot L_i + \{W_i(\cos \alpha_i - k \cdot \sin \alpha_i) - u_i \cdot L_i\} \tan \phi'_i] \cdot R_{ii} \end{aligned} \quad (\text{Ⅲ.6.8})$$

$$T_m = \sum C_{ui} \cdot L_i \cdot R_{ii} \quad (\text{Ⅲ.6.9})$$

この式において、 T_m 、 c'_i 、 L_i 、 N_i 、 W_i 、 α_i 、 k 、 u_i 、 ϕ'_i 、 R_{ii} 、 C_{ui} は、それぞれ次の数値を表すものとする。

T_m : 最大摩擦抵抗力その他の抵抗力のモーメント (単位 kN・m)

c'_i : 分割されたそれぞれの滑り面の有効粘着力 (単位 kN/m²)

L_i : 分割されたそれぞれの滑り面の傾斜方向の底面長さ (単位 m)

N_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の底面反力 (単位 kN)

W_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土の自重 (単位 N)

α_i : 次の式によって計算した分割されたそれぞれの滑り面の勾配 (単位 ラジアン)

$$\alpha_i = \tan^{-1}(H_i / L_i)$$

この式において、 H_i および L_i は、それぞれ次の数値を表すものとする。

H_i : 分割されたそれぞれの滑り面の最下流端と最上流端の標高差を計測した数値 (単位 m)

L_i : 分割されたそれぞれの滑り面の標高差を計測した二地点間の水平距離を計測した数値 (単位 m)

k : 水平震度 ($k=0.25 \times z$ z : 建築基準法施行令第八十八条第一項に規定する z)

u_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の間隙水圧 (単位 kN/m^2)

ϕ'_i : 分割されたそれぞれの滑り面の有効内部摩擦角 (単位 ラジアン)

R_{ii} : 分割されたそれぞれの滑り面のモーメントの腕の長さ (単位 m)

C_{ui} : 分割されたそれぞれの滑り面の非排水せん断強度 (単位 kN/m^2)

(4) 安全率

滑り面に対する最大摩擦抵抗力その他の抵抗力のモーメントと、地震力及び自重による盛土の滑り出す力のモーメントの比より、安全率を計算する。式(Ⅲ. 6. 7)、式(Ⅲ. 6. 8)および(Ⅲ. 6. 9)より、

$$F_s = T_m / S_m \quad (\text{Ⅲ. 6. 10})$$

この式において、 F_s 、 T_m 、 S_m は、それぞれ次の数値を表すものとする。

F_s : 安全率

T_m : 最大摩擦抵抗力その他の抵抗力のモーメント (単位 $\text{kN} \cdot \text{m}$)

S_m : 地震力及び自重による盛土の滑り出す力のモーメント (単位 $\text{kN} \cdot \text{m}$)

(5) 必要抑止力

滑り面に対する最大摩擦抵抗力および対策施設の抵抗力 (抑止力) を含むその他の抵抗力のモーメントと、地震力及び自重による盛土の滑り出す力のモーメントの比より安全率を計算し、安全率 1.0 以上となる必要な抑止力を求める。式(Ⅲ. 6. 10)より、

$$F_s = (T_m + P \cdot R'_i) / S_m \geq 1.0$$
$$P \geq (S_m - T_m) / R'_i \quad (\text{Ⅲ. 6. 11})$$

この式において、 F_s 、 T_m 、 S_m 、 P 、 R'_i は、それぞれ次の数値を表すものとする。

F_s : 安全率

T_m : 最大摩擦抵抗力その他の抵抗力のモーメント (単位 $\text{kN} \cdot \text{m}$)

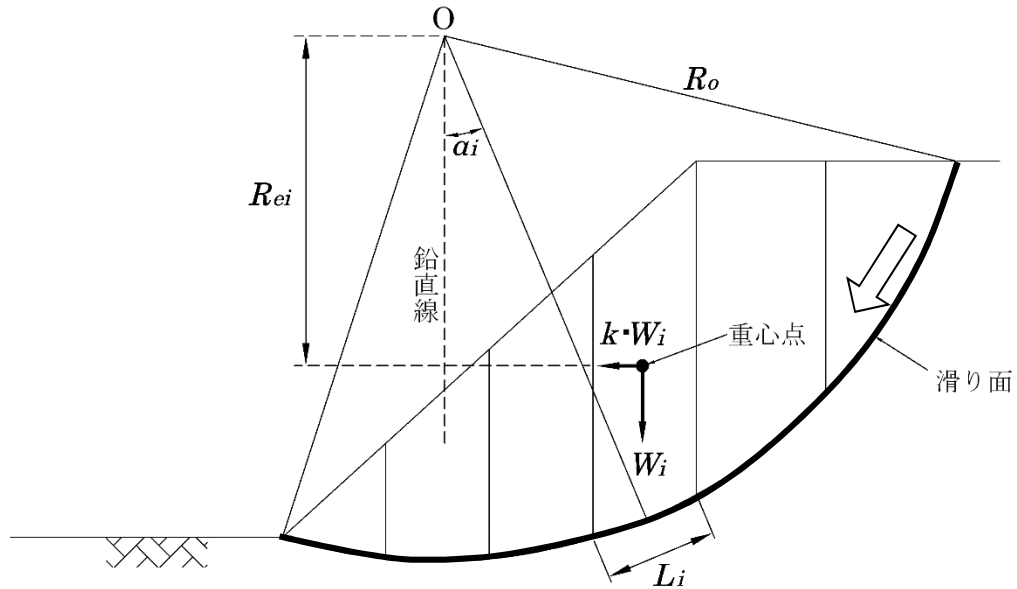
S_m : 地震力及び自重による盛土の滑り出す力のモーメント (単位 $\text{kN} \cdot \text{m}$)

P : 対策施設の抵抗力 (抑止力) (単位 $\text{kN} \cdot \text{m}$)

R'_i : 対策施設の工法により決まるモーメントの腕の長さ (単位 m)

2 二次元の分割法のうちの簡便法による被災盛土への安定計算

滑り面が単一の円弧であると想定される場合には、二次元の分割法のうち簡便法を用いる。被災盛土の滑り面における、地震力及びその盛土の自重による当該盛土の滑り出す力と、その滑り面に対する最大摩擦抵抗力その他の抵抗力は、以下の通り計算する。



図Ⅲ. 6. 2 円弧滑り面法における各分割片に働く力（地震時）

(1) 盛土の滑り出す力

簡便法では滑り面を円弧と仮定しているので、図Ⅲ. 6. 2 より、モーメントの腕の長さは、

$$R_{ri} = 0, R_{wi} = R_0, R_{wi} = R_{wi} \cdot \sin\alpha_i = R_0 \cdot \sin\alpha_i \quad (\text{Ⅲ. 6. 12})$$

式(Ⅲ. 6. 12)を式(Ⅲ. 6. 7)に代入すると、

$$S_m = \sum W_i \cdot R_0 \cdot \sin\alpha_i + \sum k \cdot W_i \cdot R_{ei} \quad (\text{Ⅲ. 6. 13})$$

この式において、 S_m 、 W_i 、 α_i 、 k 、 R_{ei} および R_0 は、それぞれ次の数値を表すものとする。

S_m : 盛土の自重による滑り出す力のモーメント (単位 $\text{kN} \cdot \text{m}$)

W_i : 滑り面を分割した時の分割片ごとの重量 (単位 kN)

α_i : 滑り面を分割した時の分割片ごとの滑り面の傾斜角度 (単位 ラジアン)

k : 水平震度 ($k=0.25 \times z$ z : 建築基準法施行令第八十八条第一項に規定する z)

R_{ei} : 滑り面を分割した時の分割片ごとの自重に比例した地震力による、モーメントの腕の長さ (単位 m)

R_0 : 円弧の半径

(2) 滑り面に対する抵抗力

滑り面が単一の円弧の場合、当該滑り面に対する最大摩擦抵抗力その他の抵抗力は地盤の特性に応じ、全応力法または有効応力法により求めることができる。有効応力法では、すべり面におけるせん断抵抗力を算定する為には、常時の水圧に加えて、せん断に伴う過剰間隙水圧が明らかになっていることが必要である。ただし、完全な非排水状態であっても、土の密度やせん断中の

応力経路によって発生する過剰間隙水圧は異なるため、これに伴ってせん断強度も変化することを考慮しなくてはならない。

一方、すべり面におけるせん断抵抗力をせん断中の過剰間隙水圧の大きさに基づいて有効応力規準で厳密に評価するためには、三軸圧縮試験で採用した軸対称応力条件や平均主応力が変化する条件などと盛土内で実際に作用する応力条件の相違などをはじめ、留意すべき点も多い。

このため、実務設計においては、取り扱いの容易さなどから、せん断前の有効拘束圧を考慮した全応力規準に基づくせん断強度を用いた全応力法が用いられることも多い。したがって、斜面の安定計算においては、特に必要な場合を除き、すべり面におけるせん断強度が地震中に変化する影響は無視して、常時における応力状態に地震時慣性力のみを考慮することが一般的である。全応力法の場合、式Ⅲ. 6. 14 の c'_i 、 ϕ'_i を、盛土材料が粘性土系の場合には圧密非排水三軸圧縮試験結果からの強度定数 c_{eu} 、 ϕ_{eu} 、砂質土系の場合には圧密排水三軸圧縮試験結果からの強度定数 c_d 、 ϕ_d に読み替えればよい。

また、盛土の施工が一様に行われていないことが懸念される場合などでは、調査する試験数は多く必要であるが、想定する滑り線上の各部位の非排水せん断強度の値を直接使用することも考えられる (式Ⅲ. 6. 15)。このような場合には、試験結果に対する種々の条件の相違を含めて考慮し、せん断試験に変えてサウンディング試験等を行い、三軸圧縮試験の強度定数から得られるせん断強度とサウンディング試験等の結果との組み合わせでこれらの数値の違いを適切に評価して、計算に必要な各部位の非排水せん断強度を推測して使用する事も可能である。

式(Ⅲ. 6. 12)の $R_{ii} = R_0$ より、式(Ⅲ. 6. 8)および(Ⅲ. 6. 9)は、

$$T_m = \Sigma [c'_i \cdot L_i + \{W_i(\cos\alpha_i - k \cdot \sin\alpha_i) - u_i \cdot L_i\} \tan \phi'_i] \cdot R_0 \quad (\text{Ⅲ. 6. 14})$$

$$T_m = \Sigma (C_{ui} \cdot L_i) \cdot R_0 \quad (\text{Ⅲ. 6. 15})$$

この式において、 T_m 、 c'_i 、 L_i 、 W_i 、 α_i 、 k 、 u_i 、 ϕ'_i 、 C_{ui} 、 R_0 は、それぞれ次の数値を表すものとする。

T_m : 最大摩擦抵抗力その他の抵抗力のモーメント (単位 $\text{kN} \cdot \text{m}$)

c'_i : 分割されたそれぞれの滑り面の有効粘着力 (単位 kN/m^2)

L_i : 分割されたそれぞれの滑り面の傾斜方向の底面長さ (単位 m)

W_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土の自重 (単位 kN)

α_i : 次の式によって計算した分割されたそれぞれの滑り面の勾配 (単位 ラジアン)

$$\alpha_i = \tan^{-1}(H_i / L_i)$$

この式において、 H_i および L_i は、それぞれ次の数値を表すものとする。

H_i : 分割されたそれぞれの滑り面の最下流端と最上流端の標高差を計測した数値 (単位 m)

L_i : 分割されたそれぞれの滑り面の標高差を計測した二地点間の水平距離を計測した数値 (単位 m)

k : 水平震度 ($k = 0.25 \times z$ z : 建築基準法施行令第八十八条第一項に規定する z)

u_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の間隙水圧 (単位 kN/m^2)

ϕ'_i : 分割されたそれぞれの滑り面の有効内部摩擦角 (単位 ラジアン)

R_{ii} : 分割されたそれぞれの滑り面のモーメントの腕の長さ (単位 m)

R_0 : 円弧の半径

C_{ui} : 分割されたそれぞれの滑り面の非排水せん断強度 (単位 kN/m^2)

(3) 安全率

滑り面に対する最大摩擦抵抗力その他の抵抗力のモーメントと、地震力及び自重による盛土の滑り出す力のモーメントの比より、安全率を計算する。式(Ⅲ.6.13)、式(Ⅲ.6.14)および(Ⅲ.6.15)より、

$$F_s = T_m / S_m \quad (\text{Ⅲ. 6. 16})$$

この式において、 F_s 、 T_m 、 S_m は、それぞれ次の数値を表すものとする。

F_s : 安全率

T_m : 最大摩擦抵抗力その他の抵抗力のモーメント (単位 kN・m)

S_m : 地震力及び自重による盛土の滑り出す力のモーメント (単位 kN・m)

(4) 必要抑止力

滑り面に対する最大摩擦抵抗力及び対策施設の抵抗力(抑止力)を含むその他の抵抗力のモーメントと、地震力及び自重による盛土の滑り出す力のモーメントの比より安全率を計算し、安全率1.0以上となる必要な抑止力を求める。式(Ⅲ.6.16)より、

$$F_s = (T_m + P \cdot R'_t) / S_m \geq 1.0$$
$$P \geq (S_m - T_m) / R'_t \quad (\text{Ⅲ. 6. 17})$$

この式において、 F_s 、 T_m 、 S_m 、 P 、 R'_t は、それぞれ次の数値を表すものとする。

F_s : 安全率

T_m : 最大摩擦抵抗力その他の抵抗力のモーメント (単位 kN・m)

S_m : 地震力及び自重による盛土の滑り出す力のモーメント (単位 kN・m)

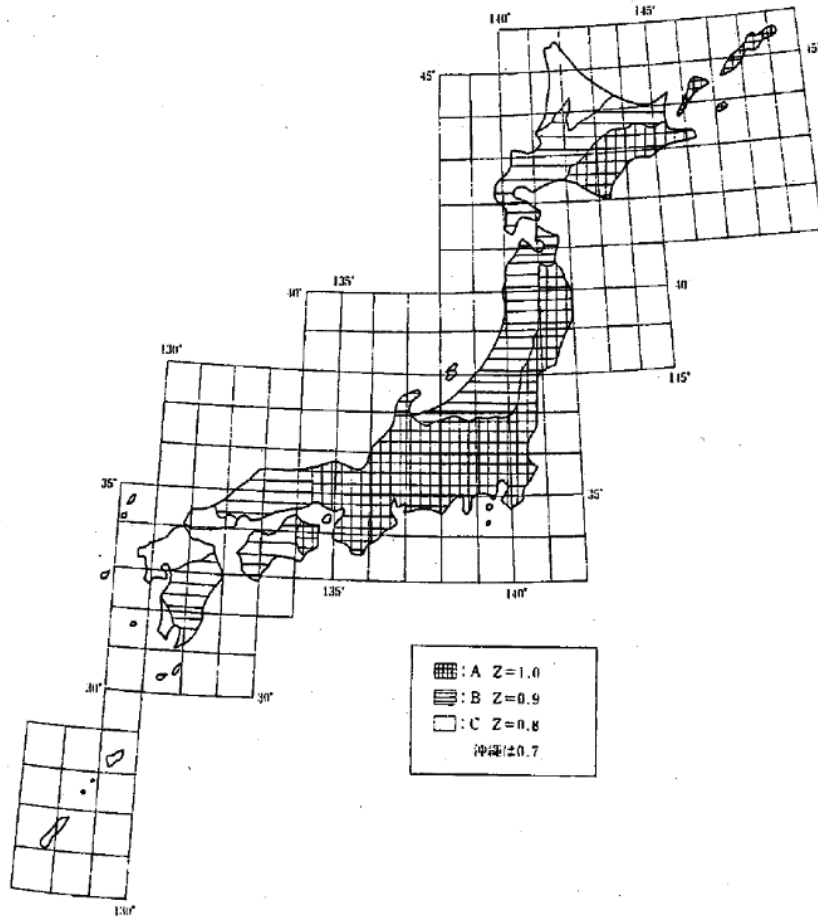
P : 対策施設の抵抗力(抑止力) (単位 kN・m)

R'_t : 対策施設の工法により決まるモーメントの腕の長さ (単位 m)

参考 3.5 地震地域係数

建築基準法施行令第 88 条第 1 項の規定に基づき、地震地域係数 Z は、図参 3.5-①に示すように、1.0～0.7 の数値として行政区域ごとに定められている。

地震地域係数は、過去の地震記録等により得られた地震動の期待値の相対的な比を表す数値である。地震動の期待値については、多くの研究成果があるが、それらを統計的に処理し、工学的判断を加え行政区域ごとに振り分けて、地震地域係数 Z は定められている。



図参 3.5-① 地震地域係数 (Z)

建築物の構造関係技術基準解説書編集委員会：2007 年版 建築物の構造関係技術基準解説書，pp. 264-265，2007.

参考 3.6 東北地方太平洋沖地震における仙台市の安定計算事例

(1) 安定計算の事例

東北地方太平洋沖地震における仙台市の「造成宅地滑動崩落緊急対策事業」において実施された、被災盛土N地区の安定計算事例を以下に示す。

① 被災の概要

- ・ N地区は、宅地地盤面（宅地内の道路面）勾配が8度前後と急な、ひな壇上の造成宅地であり、増積み擁壁など構造上不安定な擁壁もみられた。
- ・ 変状域の頭部には馬蹄形の沈下を伴う亀裂がある他、端部では家屋が地盤の隆起により倒壊していた。
- ・ 変状範囲の中央部の市道では道路が一体となり、斜面下方側に1.0～1.5m水平移動しており、宅地では30cm程度の沈下が発生した。



(a) 頭部のクラック



(b) 宅地の沈下

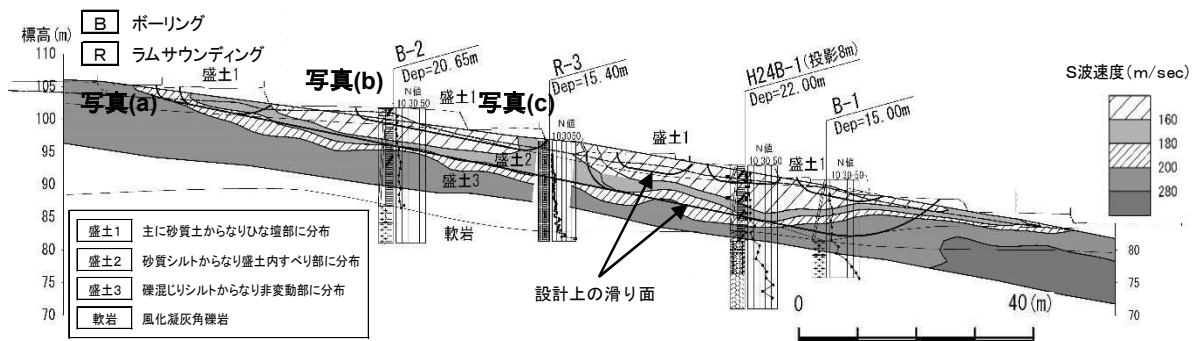


(c) 道路面の水平変位

図参 3.6-① 被災宅地の写真（撮影位置は図参 3.6-②参照）

② S波速度と宅地被害の関係

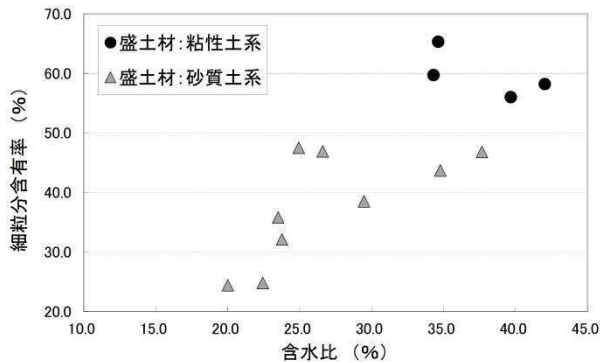
- ・ 調査ボーリングおよびサウンディング試験の結果、特に盛土の表層部の締り具合が緩い（N値1～5前後）ことが明らかになった。
- ・ 表面波探査の結果、S波速度（せん断波速度） $V_s = 160 \sim 200 \text{ m/s}$ の境界ラインで囲まれた盛土1および盛土2における低速度部の範囲は、滑動ブロックおよびその周辺に確認された被災宅地分布と概ね一致した。
- ・ これらの結果から、S波速度 $V_s = 160 \sim 200 \text{ m/s}$ で囲まれた低速度部の範囲は、「滑動ブロック」およびその影響と地震動により宅地被害を受けた範囲と考えて「盛土の緩み範囲」とした。



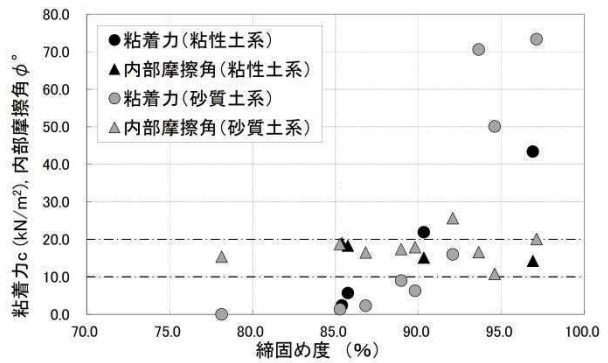
図参 3.6-② 被災盛土N地区におけるS波速度分布および地質断面図※1

③ 盛土の強度定数

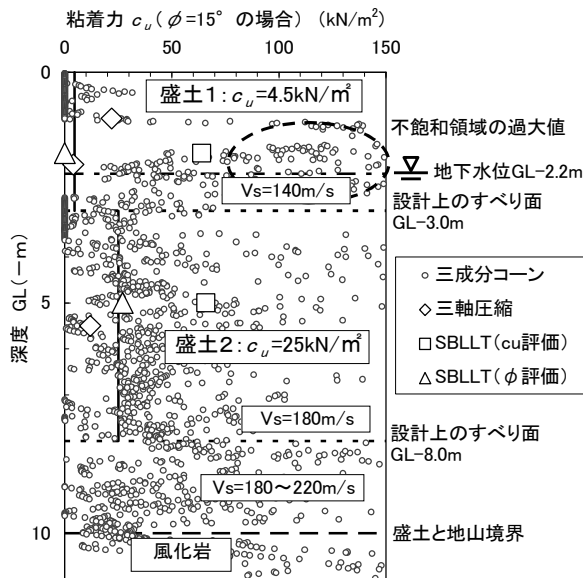
- ・盛土の強度定数を求めるため、三軸圧縮試験、三成分コーン試験、セルフボーリング LLT (SBLLT) 試験を行った。
 - ・内部摩擦角 ϕ は、他の被災地区と同様に土質や締固め度の違い等によらず概ね $\phi = 10 \sim 20^\circ$ 範囲であったため、 $\phi = 15^\circ$ とした (図参 3.6-④参照)。
 - ・粘着力 c_u は、三成分コーン試験結果等と合わせて $\phi = 15^\circ$ とした c_u の深度分布を整理し、過大値を除いた集中範囲より代表値を設定した (図参 3.6-⑤参照)。
- この結果、表層部の盛土 1 は $c_u = 4.5\text{kN/m}^2$ 、その下位の盛土 2 は $c_u = 25\text{kN/m}^2$ とした。



図参 3.6-③ 盛土の細粒分含有率と含水比の関係 (例) ※2



図参 3.6-④ 盛土の締固め度、粘着力、内部摩擦角の関係 (例) ※2



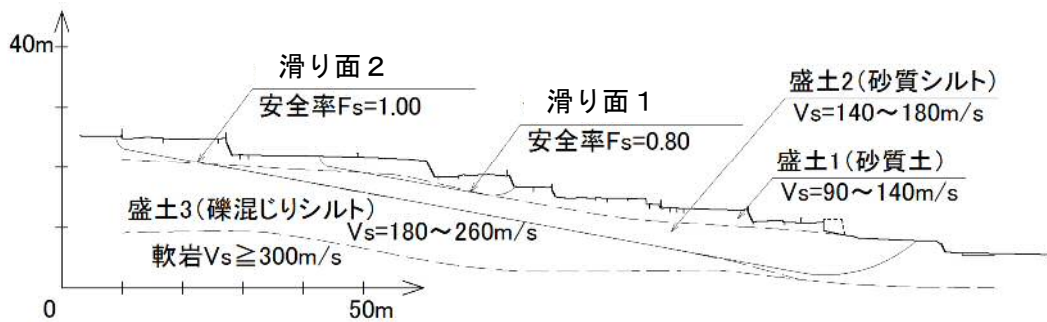
図参 3.6-⑤ 粘着力 c_u の試験結果 (例) (N地区の例) ※1

④ 設計上の滑り面

- ・安定計算で用いる滑り面は、滑り面が特定できない「地すべりの変形」の被害形態であったため、表面波探査の S 速度分布、調査ボーリングに基づく地層区分や物性値、宅地の被災状況等から総合的に判断して、「設計上の滑り面」を設定した (図参 3.6-②参照)。

⑤ 安定計算結果

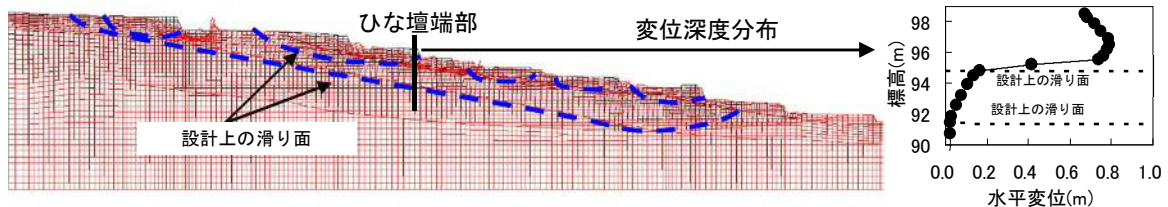
- ・盛土1のひな壇2段を通る滑り面1、盛土2と盛土3の境界面付近を通る滑り面2に対して、水平震度0.25を作用させた安定計算を実施した。
- ・安定計算の結果、水平変位が1m以上発生した盛土1の滑り面の安全率は $F_s = 0.8$ 、水平変位が20cm程度の盛土2の安全率は $F_s = 1.0$ となった（図参3.6-⑥参照）。
- ・仙台市内の他の被災地区（先行検討地区）の安定計算結果においても、N地区と同様の傾向を示し、変位の小さい（変位量10~30cm主体）滑り面の安全率は $F_s = 0.9 \sim 1.0$ 、変位の大きい（変位量50~100cm以上が主体）滑り面の安全率は $F_s = 0.8$ 前後となった。



図参3.6-⑥ 安定計算結果断面図(例) (N地区の例) ※1

⑥ 二次元有効応力動的解析による盛土の強度定数と設計上の滑り面の検証結果

- ・安定計算を実施した断面において、二次元有効応力動的解析により地震時の残留変位量の再現解析を行い、実測の水平変位量の分布と比較し、盛土の強度定数および設計上の滑り面の妥当性について検証した。
- ・解析に用いる地震波形は、検討地区の近傍にある観測点の地表面波形を一次元地震応答解析により、工学的基盤まで引き戻した波形を用いた。
- ・再現解析の結果、設定した滑り面付近より顕著な変位発生を示し、滑り面1および滑り面2における変位量は16.6~78.9cmとなり、N地区における盛土表面の実測水平変位分布0.2~1.5mを概ね再現できる結果となった（図参3.6-⑦参照）。
- ・以上の結果から、強度定数と設計上の滑り面の妥当性が確認された。



図参3.6-⑦ 二次元有効応力動的解析の解析結果(例) (N地区の例) ※1

※1 門田浩一, 佐藤真吾, 三嶋昭二, 比留間誠之: 東北地方太平洋沖地震における仙台市の被災造成宅地の復旧及び耐震対策, 地盤工学会誌 Vol. 61 NO. 4 Ser. No. 663, pp. 26-29, 2013. 4.

※2 本橋あずさ, 門田浩一, 吉田桂治: 東日本大震災において被災した盛土造成地の締固め度と安定度の関係性について, 土木学会第69回年次学術講演会, pp. 503-504, 2014. 9.

(2) 逆計算で地盤定数を推定する手法の考え方の例※

東北地方太平洋沖地震における仙台市の「造成宅地滑動崩落緊急対策事業」では、事業対象が160地区と大変多かった。このため、前述のN地区を含む先行検討地区（7地区）において、詳細な各種試験および安定計算を行い、残りの地区では、地盤調査は調査ボーリングによる地層構成と地下水位の把握程度とし、地盤定数は先行検討地区で求めた地震時安全率を仮定して逆計算で推定する手法が用いられている。仙台市で用いられた手法の考え方を以下に示す。

① 計算式

- ・計算式は二次元分割法を原則とし、簡便法（スウェーデン式）で行う事を基本とした。

② 初期安全率の設定

- ・初期安全率 (F_s) は、先行検討地区の安定計算結果の安全率と実測変位量との関係から、次の値とした。

◆ 変位が小さいもの : 地震時 $F_s=0.95$

◆ 変位が大きいもの : 地震時 $F_s=0.80$

※初期安全率設定における“変位が小さいもの”とは変位量10～30cm程度のもの（図参3.6-⑧参照）を、“変位が大きいもの”とは変位量50～100cm以上のもの（図参3.6-⑨参照）を目安とした。



図参 3.6-⑧ 変位量が小さいものの例



図参 3.6-⑨ 変位量大きいものの例

③ 盛土の強度定数 (c 、 ϕ) の設定

- ・盛土の強度定数は、上記②の初期安全率に基づく逆計算で設定した。
- ・先行検討地区の各種試験結果より、内部摩擦角を $\phi=15^\circ$ と仮定し、粘着力 c を逆計算により求めた。ただし、 $c=0$ としても安全率が初期安全率より大きくなる場合は、 $\phi=15^\circ$ を減ずることとした。

④ その他条件の設定

a) 土の単位体積重量 (γ_t)

- ・先行検討地区の試験結果から、粘性土 $\gamma_t=17\text{kN/m}^3$ 、砂質土 $\gamma_t=18\text{kN/m}^3$ を標準とした。

b) 地下水位

- 安定計算に用いる地下水位は、下記の資料から総合的に判断される最高水位とした。
 - 地下水位観測資料
 - 湧水等の地下水状況
 - ボーリング掘削中の水位
 - 地質状況、コアの色調等

c) 計画安全率

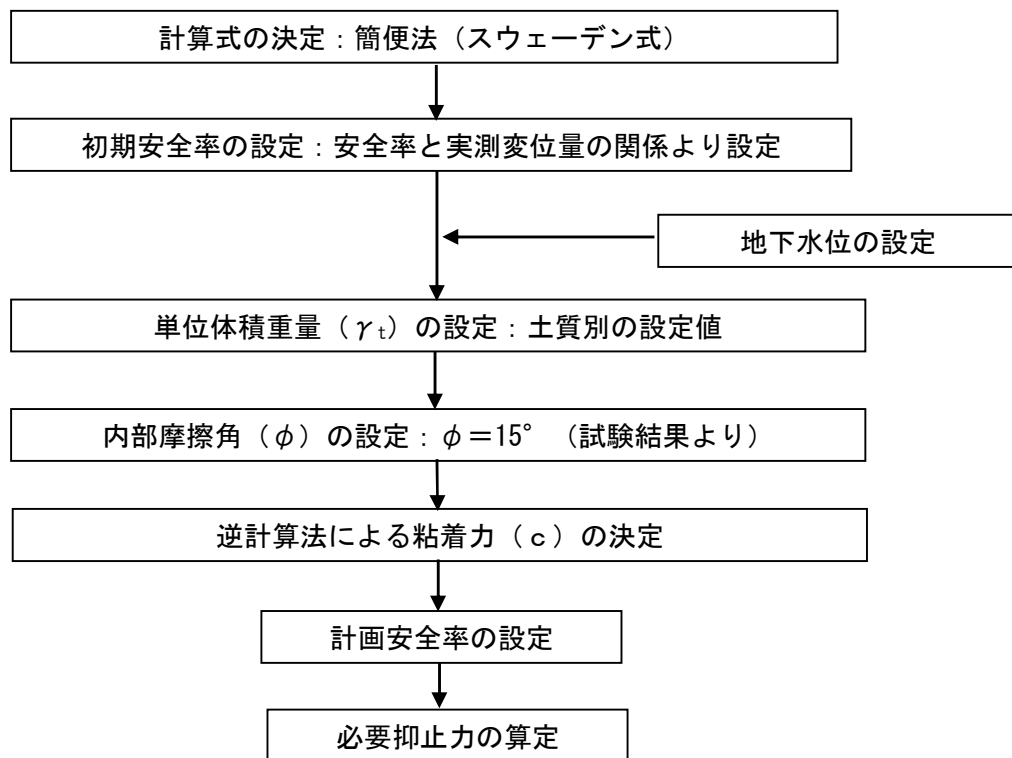
- 計画安全率($P.F_s$)は、常時 $P.F_{s1} \geq 1.50$, 地震時 $P.F_{s2} \geq 1.00$ とした。

d) 設計水平震度

- 地震時の安定解析に用いる設計水平震度は、 $k_h=0.25$ に建築基準法施行令第八十八条第一項に規定する Z を乗じて得た数値とした。

⑤ 必要抑止力の算定

- 上記①～④の条件をもとに、計画安全率を満足する必要抑止力を算定した。



図参 3.6-⑩ 逆計算フロー（例）（仙台市の例）

※ 仙台市宅地保全審議会技術専門委員会資料：http://www.city.sendai.jp/fuzoku/1208132_2699.html, 2012.

IV. 施行地区の設定

詳細調査の結果、当該盛土が大規模盛土造成地に該当し、滑動崩落の再度災害で相当数の居住者その他の者に危害を生ずるものの発生のおそれ大きいと判断されるものについて、防災区域の指定等を行い、施行地区を設定する。

【解説】

詳細調査の結果、当該盛土が大規模盛土造成地に該当し、かつ地震力及びその盛土の自重による当該盛土の滑り出す力がその滑り面に対する最大摩擦抵抗力その他の抵抗力を上回る場合（政令第十九条第一項第一号または法第十六条第二項）は、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を行い、施行地区を設定する。

大規模盛土造成地とは、以下のいずれかの要件を満たす盛土造成地をいう。

- 1) 盛土の面積が3,000平方メートル以上（谷埋め型大規模盛土造成地）
- 2) 原地盤面の勾配が20度以上で、かつ、盛土の高さが5メートル以上（腹付け型大規模盛土造成地）

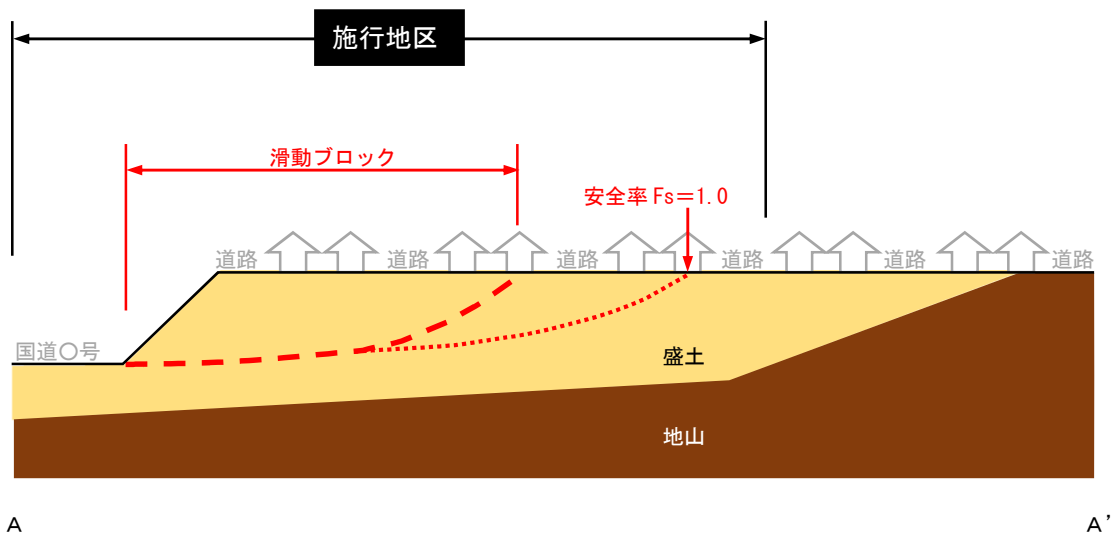
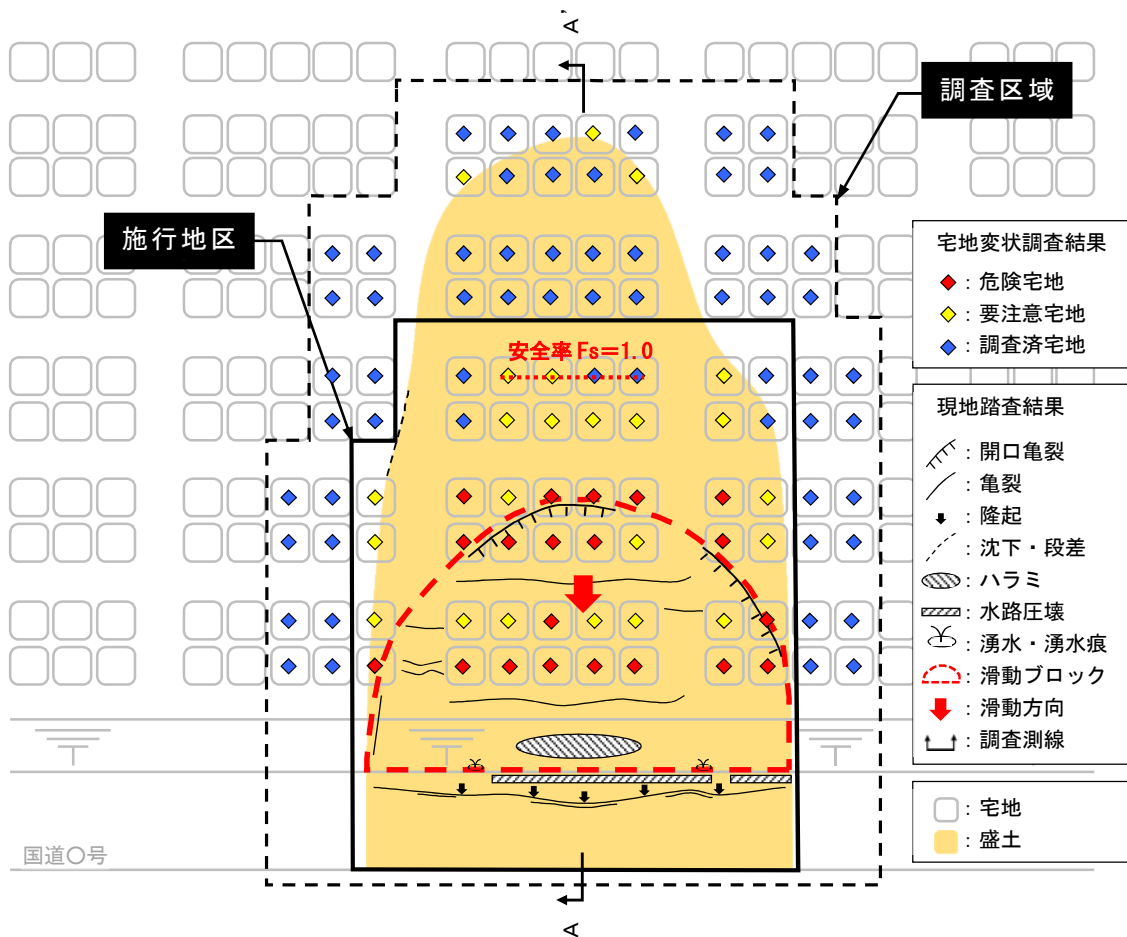
地震力及びその盛土の自重による当該盛土の滑り出す力がその滑り面に対する最大摩擦抵抗力その他の抵抗力を上回る場合とは、「Ⅲ.6 安定計算」の結果、滑動ブロックの安全率が1.0を下回る場合に該当するとみなす。

宅地耐震化推進事業等を実施する場合には、上記の他に盛土上の家屋数や保全対象施設等の要件があることから、交付要綱等で要件を確認し、当該盛土造成地が要件に該当するかを確認する。

防災区域の指定は法第二十条第一項に基づくものであり、施行地区全体を指定することとする。また、宅地造成工事規制区域内における勧告は法第十六条第二項の規定に基づくものであり、公共用地を除く、施行地区内の全ての宅地（私道やのり面含む）所有者、管理者または占有者に対し行うこととする。

施行地区は、宅地の区画を考慮し、滑動ブロックを包括する範囲を基本とし、安定計算による安全率が1.0を下回る範囲、危険宅地および要注意宅地の分布、宅地周辺の変状、対策施設の配置などを総合的に勘案し設定する。滑動ブロックに隣接する施設（道路や公園など）は、滑動崩落対策施設を設置する必要があるため、施行地区に含めておくことが望ましい。施行地区の設定イメージを図IV.1に示す。

なお、大規模盛土造成地の要件に該当しない宅地も、地盤の滑動や擁壁の沈下等の事象が生じている一団の造成宅地（政令第十九条第一項第二号または法第十六条第二項）については防災区域の指定等の対象となることから、必要に応じて検討すること。



- ・ 盛土の面積 : 12,800m² (≥3,000m²であり、大規模盛土造成地に該当)
- ・ 滑動ブロック安全率 : $F_s=0.98$ ($F_s < 1.00$)
- ・ 保全対象施設 : 国道〇号

図IV.1 施行地区の設定イメージ

V. 復旧対策の基本的な考え方

宅地の復旧対策は、宅地耐震対策同様、「面的に行う滑動崩落対策」と「個々の宅地で行う耐震対策」に大別され、周辺の公共施設を含めた地域コミュニティを保全し、かつ個々の宅地災害も防止・軽減するためには、両方の対策を実施する必要がある。

面的に行う滑動崩落対策は、地方公共団体が主導し、滑動ブロックの安定を図る滑動崩落対策のみならず、関連する擁壁復旧対策も併せて実施する。

個々の宅地で行う耐震対策は、宅地所有者自身で実施する対策であるが、地方公共団体はその必要性や方法について、指導・助言を行うことが望ましい。

【解説】

① 宅地の復旧対策

宅地の復旧対策は、宅地耐震対策同様、表V.1に示すように「面的に行う滑動崩落対策」と「個々の宅地で行う耐震対策」に大別される。

表V.1 「面的に行う滑動崩落対策」と「個々の宅地で行う耐震対策」

	面的に行う滑動崩落対策	個々の宅地で行う耐震対策
工事の内容	地方公共団体等が宅地所有者の同意を得て、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するために実施する工事	宅地所が個々の宅地や家屋の被害を防止・軽減するために実施する工事
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・切盛り境界の不同沈下・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)
事業者(実施者)	地方公共団体、宅地所有者等	宅地所有者
対策用地	公共用地、個々の宅地	個々の宅地
留意点	<ul style="list-style-type: none"> 公共用地のほか、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。 盛土全体を一体的に対策するため合理的であるが、住民等の同意を得ることが必要となる。 	<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。

「面的に行う滑動崩落対策」は盛土全体の崩壊・変形を防止する対策、「個々の宅地で行う耐震対策」は主に家屋の不同沈下を防止・軽減する対策であり、周辺の公共施設を含めた地域コミュニティを保全し、かつ個々の宅地災害も防止・軽減するためには、両方の対策を実施する必要がある。

② 面的に行う滑動崩落対策

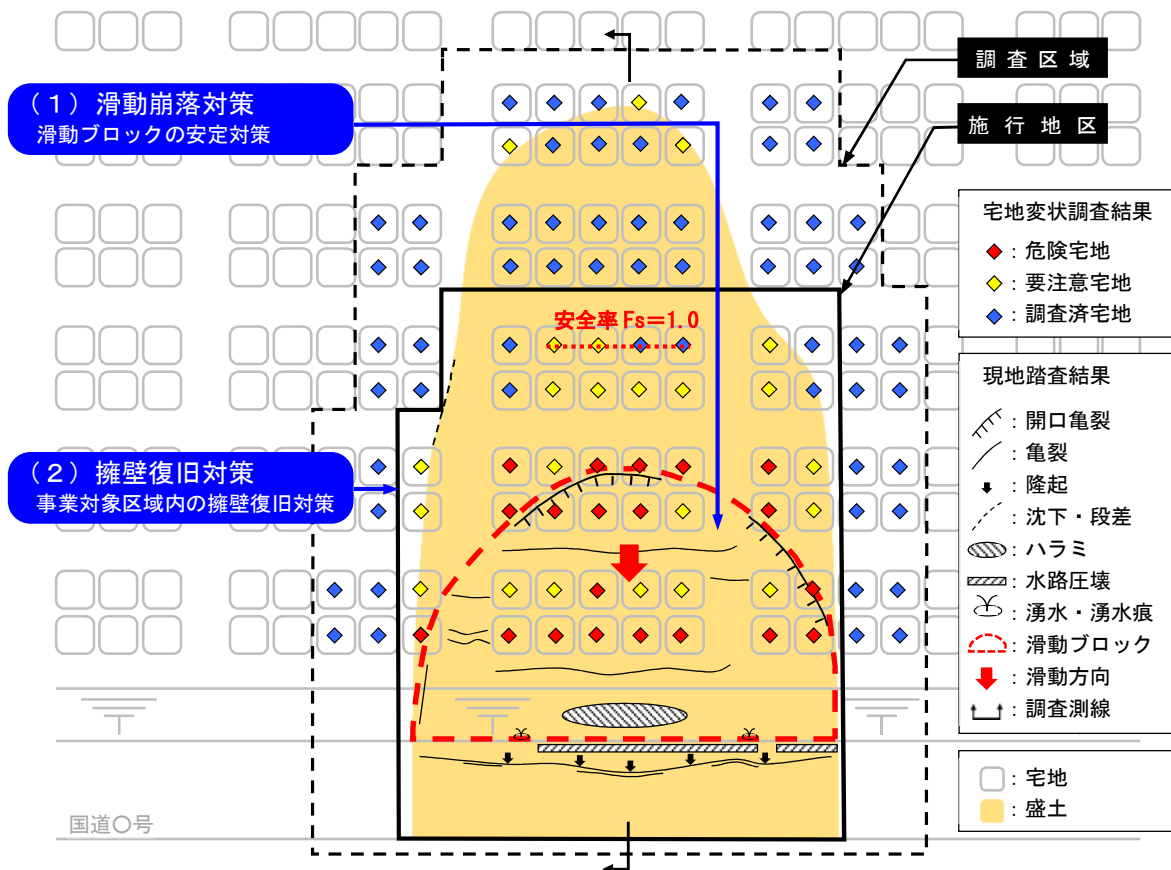
面的に行う滑動崩落対策は、地方公共団体、宅地所有者等が協力して計画・実施する対策である。対策にあたっては、滑動ブロックの安定を図る滑動崩落対策と併せて関連する擁壁復旧対策も実施する。各対策の概要は以下のとおりであり、面的に行う滑動崩落対策のイメージを図V.1に示す。

(1) 滑動崩落対策

地震で滑動崩落が生じた滑動ブロックの安定を図り、滑動崩落の再発を防止する。

(2) 擁壁復旧対策

施行地区内で被害程度が危険または要注意の擁壁は、滑動崩落の影響により変状が発生したと考えられる。補強などの擁壁復旧対策により、ひな壇部分の滑りを防止する。

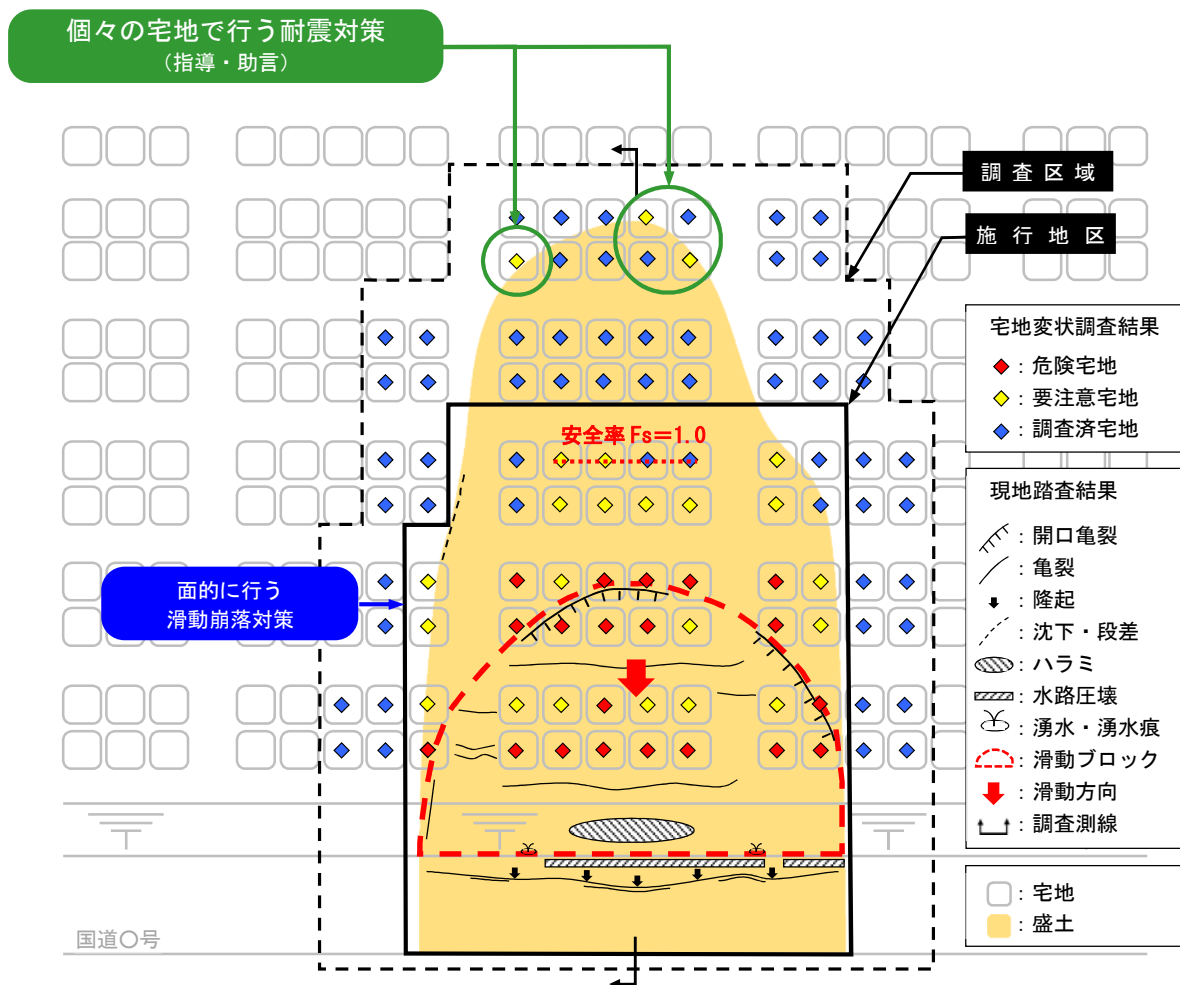


図V.1 面的に行う滑動崩落対策のイメージ

3 個々の宅地で行う耐震対策

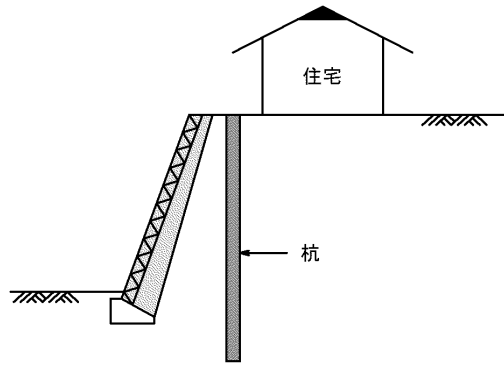
面的に行う滑動崩落対策では、緩い盛土や切盛り境界に位置する家屋の不同沈下までは防止・軽減できないため、併せて個々の宅地で行う耐震対策も必要である。

個々の宅地で行う耐震対策は、宅地所有者自身で実施する対策であるが、地方公共団体は、住民説明会などで、家屋の不同沈下などが生じた宅地所有者に対し、個々の宅地で行う耐震対策の必要性や方法について、指導・助言を行うことが望ましい。個々の宅地で行う耐震対策のイメージを図V.2に示す。

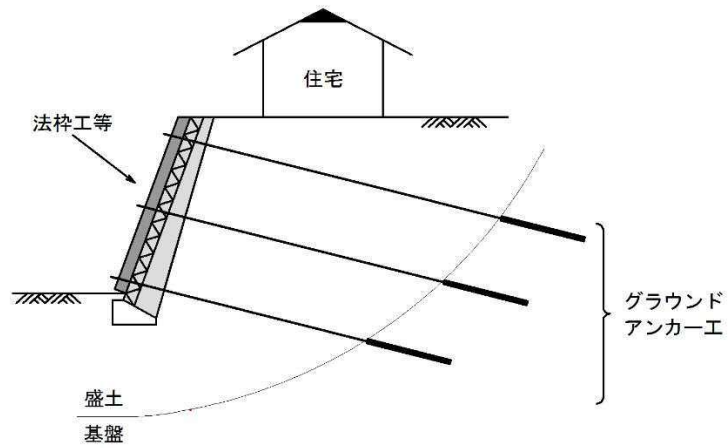


図V.2 個々の宅地で行う耐震対策のイメージ

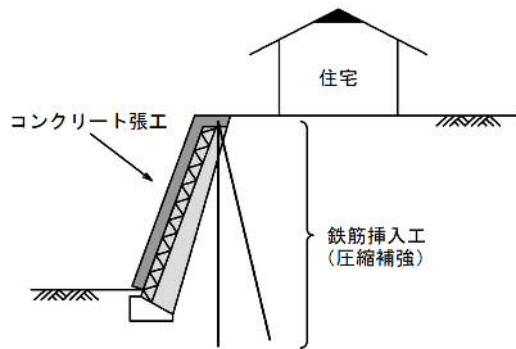
なお、個々の宅地で行う耐震対策には、図V.3に示すような工法があり、工法の概要や概算直接工事費などが「Ⅱ編 予防対策編 Ⅲ.3 個々の宅地で行う耐震対策」に示されているので、指導・助言を行う際、参考にするるとよい。



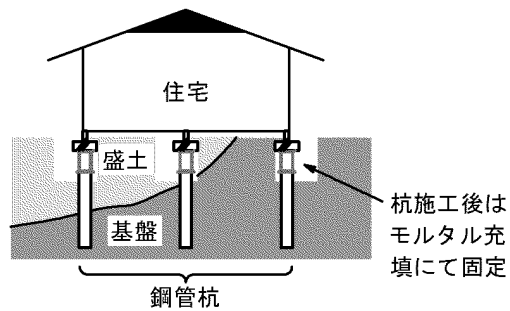
抑止杭工法



グラウンドアンカー工法[擁壁補強]



地山補強土工法[擁壁補強]



住宅基礎の立上げ工法(杭式)

図V.3 個々の宅地で行う耐震対策の工法例

VI. 対策工法の選定

滑動崩落対策と擁壁復旧対策の対策工法は、被害形態を踏まえ、諸条件を総合的に検討し選定する。

【解 説】

対策工法の選定にあたっては、初動調査ならびに詳細調査結果から、大規模盛土造成地の被害形態を分類する。

対策工法は、前述の被害形態を踏まえ、施工性や経済性などの諸条件を総合的に検討し、滑動ブロックの安定性を確保できるものを選定する。また、滑動崩落対策と擁壁復旧対策が重複する箇所は、両方の対策を兼用する工法についても検討し、合理化を図ることも大切である。

VI.1 被害形態の分類

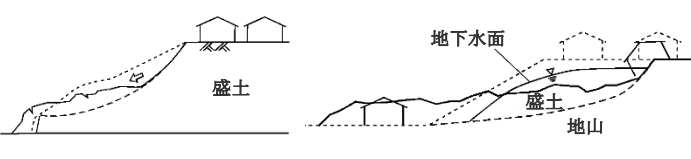
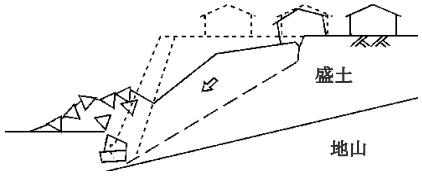
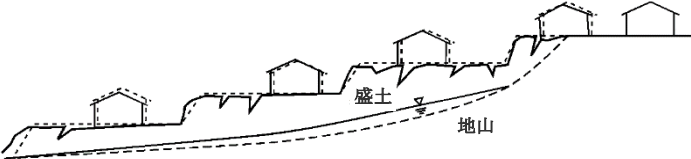
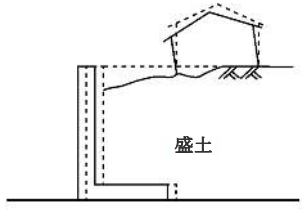
初動調査ならびに詳細調査結果から、大規模盛土造成地の被害形態を区分する。被害形態は崩壊と変形に分類され、さらに、崩壊はすべり崩壊と擁壁倒壊、変形はすべりによる変形と擁壁変形に分類される。

【解説】

地震による盛土の被害形態は、表VI.1.1に示すように、崩壊被害と変形被害に分類される。崩壊は、盛土のり面の不安定化によるすべり崩壊、盛土内の間隙水圧の上昇による流動的な崩壊や、擁壁の不安定化による擁壁倒壊・背面土の崩壊などが発生する被害形態である。一方、変形は、盛土の剛性低下等に起因する盛土内部の脆弱面や、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が発生する被害形態である。

また、被害形態とその要因を、表VI.1.2と表VI.1.3に示す。

表VI.1.1 地震による盛土の被害形態


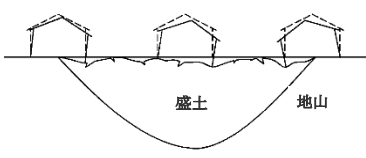
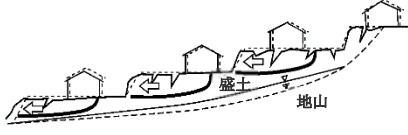
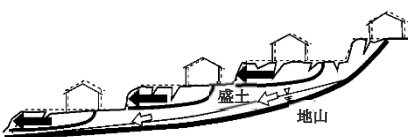
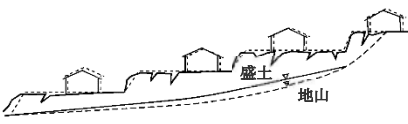
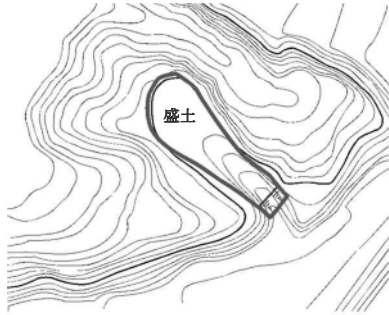
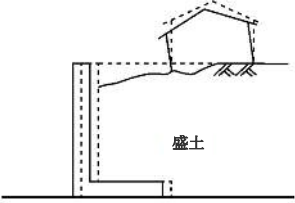
被害形態		模式図	備考
滑動崩落	崩壊	すべり崩壊 	盛土のり面の不安定化によるすべり崩壊、盛土内の間隙水圧上昇による流動的すべり崩壊など
		擁壁倒壊 	擁壁の不安定化による擁壁倒壊・背面土の崩壊など
	変形	すべりによる変形 	盛土と地山*の境界および盛土内部の脆弱面などを不連続面とする地すべり変形
		擁壁変形 	擁壁と背面土の変形

※地山：自然地盤（このうち安定したものが基盤）

表VI.1.2 地震時に想定される被害形態とその要因（崩壊）

滑動崩落（崩壊）の被害形態		被害要因	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	<p>地下水面 盛土 地山 地下水からの浸透水</p>	腹付け型	
		地下水位が高く、盛土が流動化しやすい	<p>地下水面 盛土 地山</p>	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	盛土の下に不安定な土層が堆積	[軟弱な崖錐・崩積土]	<p>盛土 崖錐 地山 基盤</p> <p>(すべり崩壊)</p>	谷埋め型 腹付け型
			[軟弱な沖積粘性土]	<p>盛土 沖積砂質土層 地山 基盤</p> <p>(すべり崩壊)</p>	谷埋め型 腹付け型
			[緩い飽和沖積砂質土]	<p>盛土 沖積砂質土層 地山 基盤</p> <p>(流動的すべり崩壊)</p>	谷埋め型 腹付け型
	盛土のり面の不安定化によるすべり崩壊	盛土のり面の表面付近が不安定	<p>盛土</p>	谷埋め型 腹付け型	
擁壁倒壊	擁壁の不安定化による擁壁倒壊・背面土の崩壊	擁壁が不安定	<p>盛土 地山</p>	谷埋め型 腹付け型	

表VI. 1.3 滑動崩落の被害形態とその要因（変形）

滑動崩落（変形） の被害形態		被害要因	地形要因・ 擁壁の状態	模式図	盛土の 種類	
変形	すべりによる変形	<p>盛土と地山の境界および盛土内部の脆弱面などを不連続面とする地すべり的変形（切盛り境界の不同沈下を含む）</p>	<p>地下水位が高く、盛土が流動化しやすい</p> <p>盛土が脆弱（盛土の締固め不足等）</p> <p>ひな壇部分が不安定</p>	<p>ひな壇形状の盛土</p>	<p>〔盛土全体の変形〕</p>  <p><谷筋縦断></p>	谷埋め型
					<p>〔谷筋横断〕</p>  <p><谷筋横断></p>	
					<p>〔ひな壇部分の変形〕</p>  <p>〔ひな壇部分の変形〕</p>	
				<p>〔盛土全体とひな壇部分の複合型変形〕</p>  <p>〔盛土全体とひな壇部分の複合型変形〕</p>		
		<p>地下水位が高く、盛土が流動化しやすい</p> <p>盛土の下に不安定な土層が堆積</p> <p>盛土のり面の表面付近が不安定</p> <p>盛土が脆弱（盛土の締固め不足等）</p>	<p>地山の勾配が緩く、細長い谷を埋めた薄い盛土</p> <p>谷の末端が閉塞している盛土</p>	 <p>谷埋め型</p>	谷埋め型	
				 <p><平面図></p> <p>谷埋め型 腹付け型</p>	谷埋め型 腹付け型	
	擁壁変形	<p>背面土の締固め不足（特に、擁壁高が高い擁壁の背面土）</p>	<p>現状では背面土を含めて安定している擁壁</p>	 <p>谷埋め型 腹付け型</p>	谷埋め型 腹付け型	

VI.2 滑動崩落対策工法の選定

滑動崩落対策にあたっては、被害形態、地盤条件および施工上の制約等の諸条件を勘案し、被災した個々の宅地および道路などの周辺施設に対して、効果的かつ実現可能な工法を選定する。ただし、宅地内に滑動崩落対策施設を設置する場合は、将来の土地利用への影響についても十分考慮する。

【解説】

① 対策工法の種類

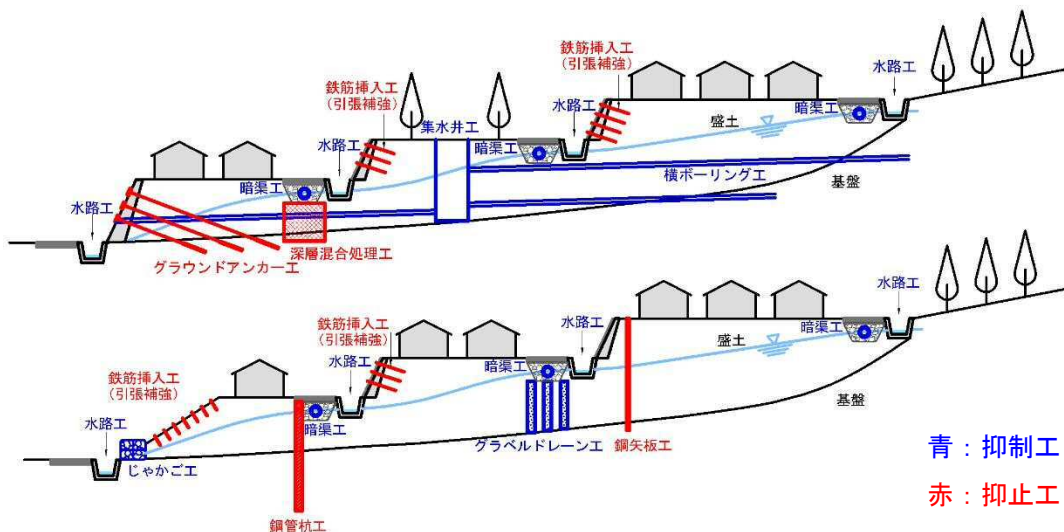
滑動崩落対策の対策工法は、抑制工と抑止工に分類できる。

抑制工は地下水の状態や地形などの自然条件を変化させること、抑止工は構造物を設け抵抗力を増すことにより、崩壊および変形を防止する工法である。対策工法の種類と例を表VI.2.1、対策工の配置イメージを図VI.2.1、対策工法の概要を表VI.2.2～VI.2.3に示す。

表VI.2.1 対策工法の種類と例

分類	対策工法の種類	対策工の例
抑制工	地表水排除工法	水路工
	地下水排除工法	暗渠工、横ボーリング工、集水井工、 その他の補助的工法（じゃかご工、ふとんかご工）
	間隙水圧消散工法	グラベルドレーン工
	押え盛土工法	盛土工
	排土工法※	排土工
抑止工	固結工法	深層混合処理工、中層混合処理工、グラウト工
	抑止杭工法	鋼管杭工、H鋼杭工、鉄筋コンクリート杭工
	グラウンドアンカー工法 〔地盤補強〕 〔擁壁補強〕	グラウンドアンカー工
	地山補強土工法 〔地盤補強〕 〔擁壁補強〕	鉄筋挿入工（引張補強・圧縮補強）
	矢板工法	鋼矢板工

※ 排土工法を適用できるケースは、滑動ブロック頭部付近に空き地がある場合等に限定される。



図VI.2.1 対策工の配置イメージ

表VI.2.2 (1) 対策工法の概要 (抑制工)

分類	対策工法の種類	対策工法の概要			
		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)H26年度
抑制工	地表水排除工法	降雨の浸透などによる地下水位の上昇を防止することを目的とした対策工法である。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。	<p>●対策箇所</p> 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)。 <p>●施工スペース</p> 幅、深さ 0.5~1.0m程度の施工スペースが必要である。	19千円/m程度 (U型側溝)
	地下水排除工法	地盤内に浸透した水を速やかに外部に排除する対策工法である。例えば、暗渠工、横ボーリング工、集水井工、その他の補助的工法(じゃかご工、ふとんかご工)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。	<p>●対策箇所</p> 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)。 <p>●施工スペース</p> 暗渠工は幅・深さ 1~2m程度、集水井は井戸(井戸径 3.5~4.0m)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。	9千円/m程度 (暗渠工) 17千円/m程度 (横ボーリング工) 450千円/m程度 (集水井工, 集排水ボーリング工は別途)
	間隙水圧消散工法	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法である。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)。	<p>●対策箇所</p> 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。 <p>●施工スペース</p> 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 (グラベルドレーン工を想定)

※ 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VI.2.2 (2) 対策工法の概要 (抑制工)

分類	対策工法の種類	対策工法の概要			
		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)H26年度
抑制工	押え盛土工法	すべりの末端部に盛土し、すべり抵抗を増加させる対策工法である。のり尻にはじゃかご工やふとんかご工を設置し、盛土内の浸透水の排水を促進するとともに、のり面崩壊を防止する。	押え盛土やかごおよびその背面地盤の変状を、定期的に見視で確認する必要がある。また、押え盛土が除去されないよう管理する必要がある。	<ul style="list-style-type: none"> ●対策箇所 すべりの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。 	3.4千円/m ³ 程度 (購入土3.0千円/m ³ 程度想定、運搬別途)
	排土工法	すべり頭部の盛土土塊を排除し、すべりの滑動力を低減させる工法である。排土工法を計画する場合は、その上方斜面の潜在的なすべりを誘発することがないように、事前に十分な調査・検討を行う必要がある。	排土によって形成されたのり面やその上方斜面の変状を、定期的に見視で確認する必要がある。また、排土部に盛土等により荷重がかからないよう管理する必要がある。	<ul style="list-style-type: none"> ●対策箇所 すべり頭部の盛土土塊を排除する。排土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、排土規模による。排土規模は、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。 	1.0千円/m ³ 程度 (排土の運搬処分、排土によって形成されたのり面の保護工別途)

※ 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のルールを事前に協議・調整する必要がある。

表VI.2.3 (1) 対策工法の概要 (抑止工)

分類	対策工法の種類	対策工法の概要			
		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)H26年度
抑止工	固結工法	<p>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法である。</p> <p>例えば深層混合処理工やグラウト工などがある。</p> <p>なお、固結工法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。</p>	<p>点検・清掃は必要ない。</p>	<p>●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）。</p> <p>●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。</p>	<p>4.6千円/m³程度 (中層混合処理工)</p> <p>3.0～7.0千円/m³程度 (深層混合処理工)</p> <p>22千円/m³程度 (高圧噴射攪拌工、二重管、改良径φ2.0mを想定)</p>
	抑止杭工法	<p>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法である。</p> <p>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。</p>	<p>杭周辺の地盤や構造物の変状を、定期的に目視で確認し、変状が認められる場合は、変位観測を行う必要がある。</p>	<p>●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、同意を得ることが必要となる（個々の宅地を利用した対策）。</p> <p>●施工スペース 大口徑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。</p>	<p>500～750千円/m程度 (杭施工延長当り、鋼管杭、杭長12<L<24mを想定、仮設工別途)</p>

※ 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VI.2.3 (2) 対策工法の概要 (抑止工)

分類	対策工法の種類	対策工法の概要			
		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)H26年度
抑止工	グラウンドアンカー工法〔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新素材からなるワイヤー状の引張材を打設し、緊張力を付加する対策工法である。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。	アンカー周辺の地盤や構造物、アンカー頭部や受圧構造物を定期的に目視で確認し、健全性に問題がある可能性が高いと判断された場合は、リフトオフ試験などの詳細な調査を行う。	<p>●対策箇所</p> 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、同意を得ることが必要となる（個々の宅地を利用した対策）。	69千円/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)
	地山補強土工法〔地盤補強〕〔擁壁補強〕	盛土のり面や既設の擁壁等を鉄筋などで補強する対策工法であり、のり面の場合は直接補強材を打設、擁壁の場合は前面に吹付法枠等を設置して補強材を打設し、地震に対する安定性を確保する対策工法である。	補強材周辺の地盤や構造物および補強材頭部を、定期的に目視で確認する必要がある。	<p>●対策箇所</p> 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、地権者との協議、同意を得ることが必要となる（個々の宅地を利用した対策）。	35千円/m ² 程度 (鉄筋挿入工（引張補強）を想定、対策工設置面積当り、削孔長3m、削孔径φ65mm、受圧板を想定、仮設工は別途)
	矢板工法	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法である。なお、矢板工法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。	矢板周辺の地盤や構造物の変状を、定期的に目視で確認し、変状が認められる場合は、変位観測を行う必要がある。	<p>●対策箇所</p> 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、同意を得ることが必要となる（個々の宅地を利用した対策）。	430千円/m程度 (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)

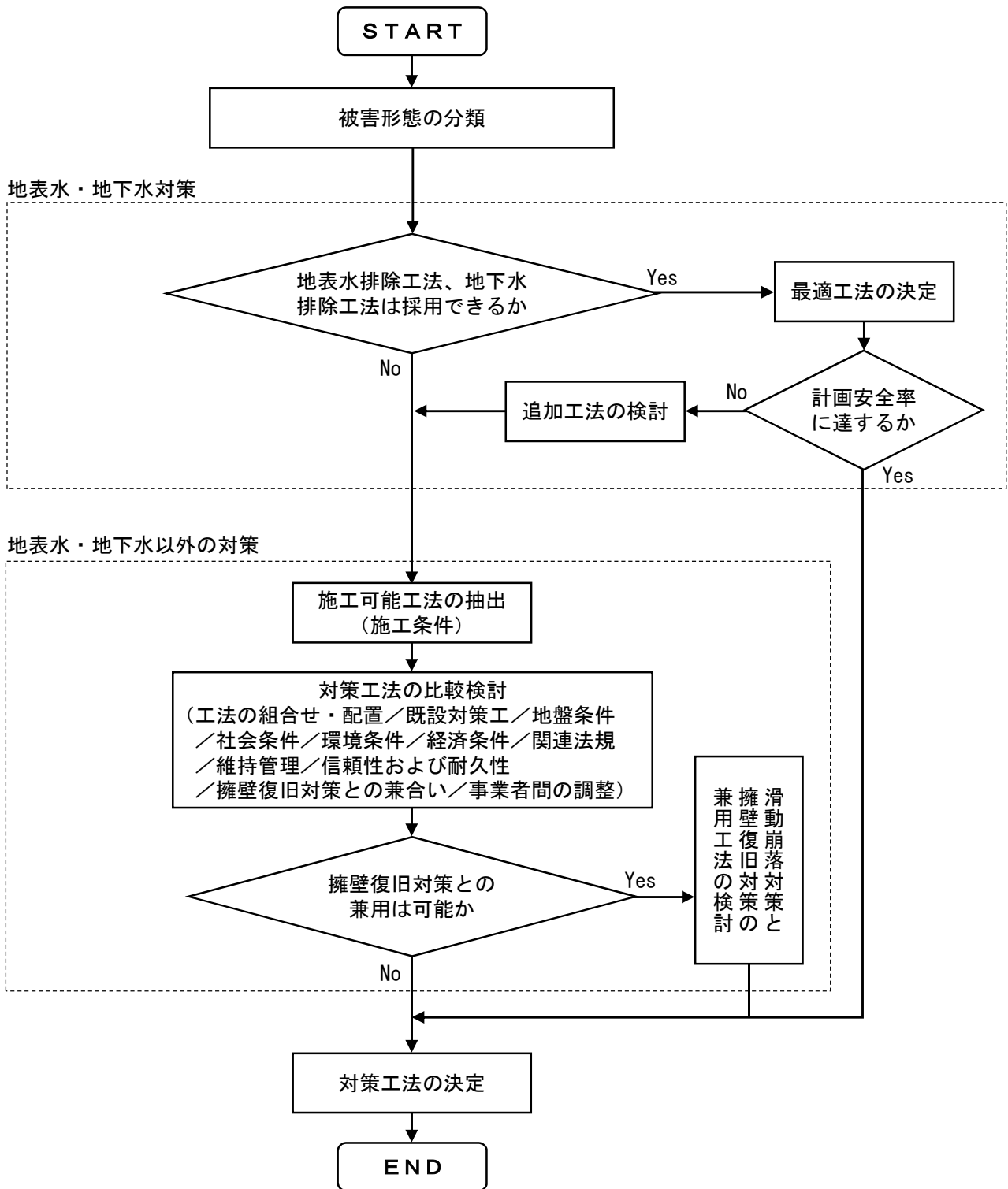
※ 維持管理が必要な工法を選定する場合は、実施主体や費用負担のルールを事前に協議・調整する必要がある。

2 対策工法の選定

対策工法は、以下の事項を総合的に検討し選定する。

- (1) 要求性能、(2) 被害形態、(3) 地表水・地下水対策とそれ以外の対策の組み合わせ、
- (4) 施工条件、(5) 既設対策工の評価、(6) 地盤条件、(7) 社会的条件、(8) 環境条件、
- (9) 経済条件、(10) 関連法規、(11) 維持管理、(12) 信頼性および耐久性、
- (13) 擁壁復旧対策との兼合い、(14) 事業者間の調整

滑動崩落対策工法の選定フローを図VI. 2. 2に示し、以下に概説する。



図VI. 2. 2 滑動崩落対策工法の選定フロー

(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 以上となる対策工法を選定する。
- ② 被害形態が変形（すべりによる変形、擁壁変形）の場合、対策の必要性ならびに対策効果を検討する際に、有限要素法による地震時残留変形解析（「I 編 変動予測調査編 VI.2 安定計算 参考 6.11」参照）なども活用できる。
- 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、転倒、基礎地盤の沈下が生じず、擁壁躯体が破壊しない対策工法を選定する。

(2) 被害形態

複数の被害形態と被害要因が認められる場合、被害形態が盛土全体とひな壇部分の複合型変形の場合は、それぞれの対策を複合的に組み合わせる、または一体工法など合理的な工法を選定する。

(3) 地表水・地下水対策とそれ以外の対策の組み合わせ

- ① 地表水・地下水対策とそれ以外の対策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。
- ② 地下水位は滑動ブロックの安定性に強く影響するため、地表水・地下水対策は特に重要であり、地下水位が高い場合は、原則、実施すること。計画にあたっては、暗渠工や横ボーリング工などを地区全体に面的に配置することが望ましい。道路などの周辺施設に部分的にしか配置できない場合、のり尻にじゃかご工やふとんかご工を単独で設置する場合であっても一定の効果は期待できるため、可能な限り実施すること。

(4) 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 住宅地での施工では、施工スペースおよび搬入路が非常に狭いことが多いため、計画地の状況を詳細に確認し、施工可能な対策工法を選定する。主な必要施工条件の例を表 VI. 2. 12 に示す。

表 VI. 2. 12 主な必要施工条件の例

対策工	主な必要施工条件
中層混合処理工	改良幅を含めて 7.0m 以上の施工幅が必要
鋼管杭工	杭中心から両側に 2.5m 以上の施工幅が必要
グラウンドアンカー工	設置面から 4.5m 以上の施工幅が必要
鉄筋挿入工（引張補強）	設置面から 2.0m 以上の施工幅が必要
鉄筋挿入工（圧縮補強）	前面に 1.0～2.0m、背面に 1.0～3.0m 程度の離隔が必要

- 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、工期や施工時期が制限される場合がある。

(5) 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 抑止杭等が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、追隨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。
 - ③ 必要に応じて既設対策工の補修も行うこととする（例えば、横ボーリング工の洗浄等）。
- (6) 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。
 - ② 固結工と矢板工は、地下水の流動阻害を起こさない配置を検討する。
 - ③ 横ボーリング工、集水井工等の工法を選定する場合は、地盤沈下の周辺への影響に配慮するとともに、施工後の地下水位を確認することも重要である。
- (7) 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法を基本に検討する。ただし、公共用地の対策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、民地の借地や施設設置による利用制約などについて住民等の同意を得ながら、個々の宅地も利用した対策を検討する。
 - ② 対策用地は、対策後の土地利用（地上および地下）が一部制限される。例えば、グラウンドアンカー工や横ボーリング工を採用する場合、建物下部でのアンカー材、集水管の設置に伴う杭基礎等の施工制限、集水管の目詰まりを防止するための植樹制限等、土地利用が制限されることがある。
- (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。
 - ② 施工時の地下水汚染を防止する。
 - ③ 対策工を地上に設置する場合は、景観に配慮する。
- (9) 経済条件（対策工事費・維持管理費等）
- 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。
- (10) 関連法規
- 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。
- (11) 維持管理
- ① 維持管理を必要とする対策工法を選定する場合は、可能な限り維持管理が容易な構造とするとともに、対策工全体として確認する事項や変状があった場合の対応等を取りまとめた維持管理計画を設計段階で検討する。
 - ② 個々の宅地を利用した対策を実施する場合は、維持管理の実施主体と費用負担者を明確にする。例えば、グラウンドアンカー工や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の維持管理の実施者や費用負担について事前に協議・調整し、

適切に対応する。

(12) 信頼性および耐久性

施工実績等から、対策工の信頼性および耐久性を確認する。例えば、鋼管杭を用いる場合、腐食による信頼性およ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。

(13) 擁壁復旧対策との兼合い

滑動崩落対策と擁壁復旧対策が重複する箇所は、兼用工法について検討し、合理化を図る。

(14) 事業者間の調整

道路やライフラインの復旧等の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。

VI.3 擁壁復旧対策工法の選定

擁壁復旧対策にあたっては、諸条件を勘案し、将来の土地利用への影響が小さく、施工可能な工法を選定する。また、滑動崩落対策が必要な場合は、これとの兼ね合いや施工上の制約条件等を考慮して合理的な工法を選定する。

【解説】

擁壁復旧対策は、施行地区内の危険宅地および要注意宅地における被災程度が中程度以上の擁壁を対象とする。

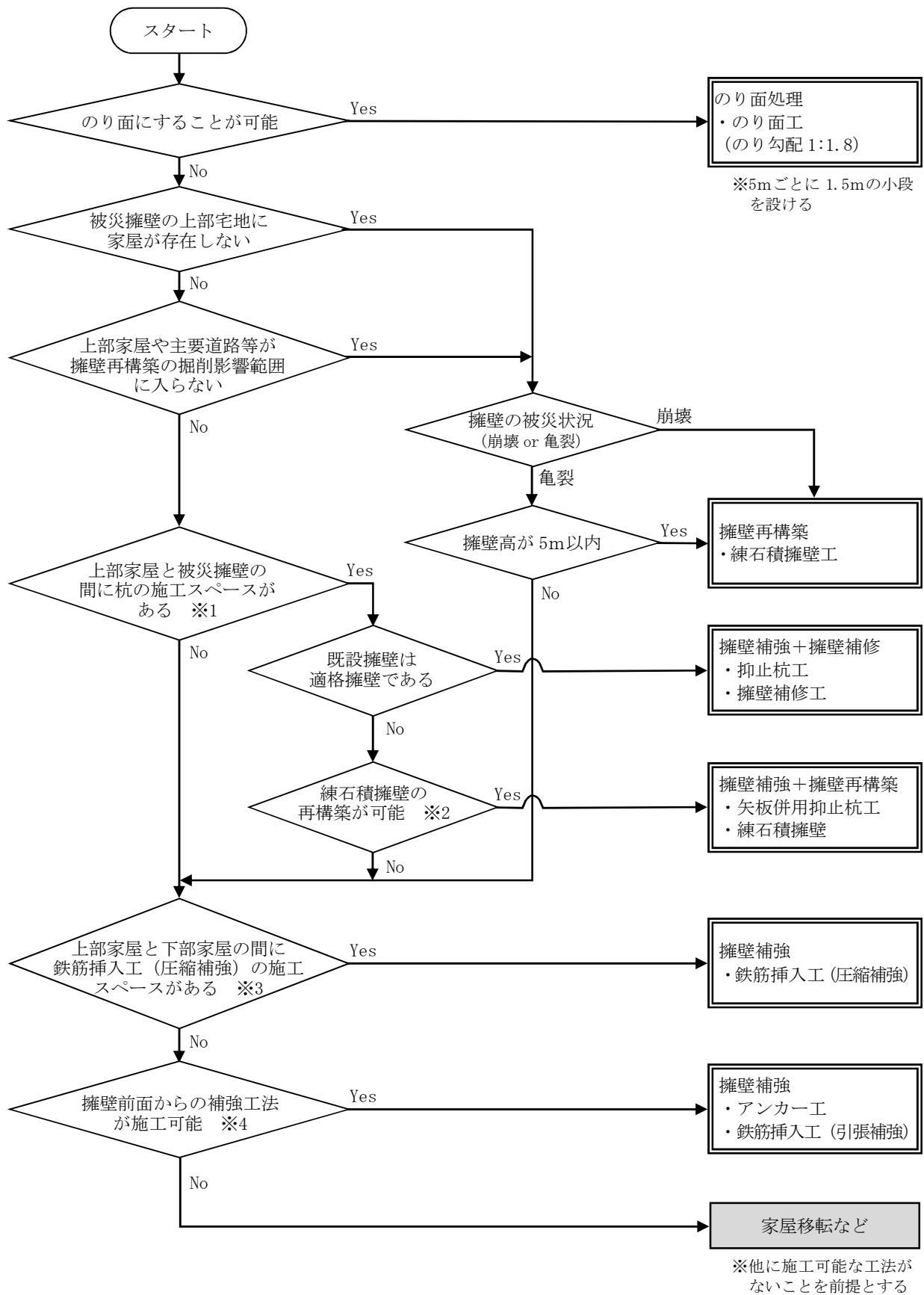
対策工法は、大きく擁壁再構築と擁壁補強に分けられる。これらの選定にあたっては、現場での施工条件が大きく影響し、再構築に必要な施工幅等が確保される場合は、建築基準法に規定する技術基準に基づく擁壁で再構築を行う。技術基準に基づく擁壁とは、設計計算に基づくコンクリート擁壁、同法で規定された練積み擁壁、大臣認定擁壁をいい、杭式擁壁やアンカー付擁壁等の特殊擁壁は含まない。

施工条件等より再構築が難しく、擁壁補強を選定する場合は、宅地内にある家屋と復旧擁壁との離隔等によって、選定される補強工法の工種が変わることになる。また、被災擁壁が現行の建築基準に適合するのかが不適合かによって、擁壁の補強と補修の併用なども選択される。

擁壁補強工を選定する場合は、出来る限り、将来の増改築や立替等への影響が小さく、施工後に宅地内への支障をきたさない工法より選定する必要がある。さらに、滑動崩落対策が必要な場合は、これとの兼ね合いや施工上の制約条件等を考慮して合理的な工法を選定する。

擁壁復旧対策工法の選定フロー（参考）を図VI.3.1に示し、以下に擁壁復旧工法の選定の考え方について述べる。

- ・宅地内の家屋と被災擁壁との離隔が十分にある場合は、コスト面で有利となる、「被災擁壁の掘削・撤去工+ブロック積み擁壁工の再構築」を選定する。
- ・掘削を行った際、宅地内の家屋や擁壁前面の道路などに影響すると判断される場合は、宅地内への支障が小さい「抑止杭工（一部矢板併用）+ブロック積み擁壁工の再構築」を選定する。また、被災擁壁が適合擁壁の場合は、「抑止杭工+擁壁補修工」を選定する。
- ・被災擁壁と宅地内の家屋との間に抑止杭工を施工する余裕がない宅地の場合は、擁壁の再構築ではなく、擁壁補強を選択し、その中で宅地内への支障が比較的小さい「鉄筋挿入工（圧縮補強）+コンクリート張工」を選定する。
- ・鉄筋挿入工（圧縮補強）を施工するスペースも確保できず、擁壁前面からの施工が可能な場合は、鉄筋挿入工（引張補強）やアンカー工などを選定することとした。ただし、これらの工法は、鉄筋挿入工（圧縮補強）より工費は小さいが、鉄筋やアンカー体が斜め方向に宅地内に設置され、将来の増改築や建替え時等への支障が大きいため、個々の宅地の所有者に対して、施工後の影響や支障等について説明し、承諾を得る必要がある。



※1 杭の施工スペースは、杭中心から両側に 2.5m以上。

※2 既設擁壁と下部家屋の離隔が 1m以上の場合、再構築可能と判断する。

※3 鉄筋挿入工(圧縮補強)の施工スペースは、表VI.3.1参照。

※4 既設擁壁と下部家屋の離隔が鉄筋挿入工(引張補強)は 2m以上、アンカー工は 4.5m以上の場合、施工可能と判断する。

図VI.3.1 擁壁復旧対策工法の選定フロー(参考)

表VI.3.1 現場条件による鉄筋挿入工（圧縮補強）の適用性（既設擁壁勾配1:0.3）（参考）

壁高 H= 1.0 m

		b						
		0.1m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m	3.0m
a	0.1m							
	0.5m							×
	1.0m					×	×	○
	1.5m				×	○	○	○
	2.0m			×	○	○	○	○

壁高 H= 3.0 m

		b							
		0.1m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m	3.0m	
a	0.1m								
	0.5m						×	×	×
	1.0m					×	○	○	○
	1.5m			×	○	○	○	○	
	2.0m		×	○	○	○	○	○	

壁高 H= 1.5 m

		b						
		0.1m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m	3.0m
a	0.1m							
	0.5m						×	×
	1.0m					×	○	○
	1.5m				×	○	○	○
	2.0m			×	○	○	○	○

壁高 H= 3.5 m

		b							
		0.1m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m	3.0m	
a	0.1m								
	0.5m					×	×	×	×
	1.0m			×	○	○	○	○	
	1.5m		×	○	○	○	○	○	
	2.0m		×	○	○	○	○	○	

壁高 H= 2.0 m

		b						
		0.1m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m	3.0m
a	0.1m							
	0.5m					×	×	×
	1.0m				×	○	○	○
	1.5m			×	○	○	○	○
	2.0m			×	○	○	○	○

壁高 h= 4.0 m

		b							
		0.1m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m	3.0m	
a	0.1m								
	0.5m					×	×	×	×
	1.0m			×	○	○	○	○	
	1.5m		×	○	○	○	○	○	
	2.0m		×	○	○	○	○	○	

壁高 H= 2.5 m

		b						
		0.1m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m	3.0m
a	0.1m							
	0.5m					×	×	×
	1.0m				×	○	○	○
	1.5m			×	○	○	○	○
	2.0m		×	○	○	○	○	○

壁高 h= 4.5 m

		b							
		0.1m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m	3.0m	
a	0.1m								
	0.5m					×	×	×	×
	1.0m			×	○	○	○	○	
	1.5m		×	○	○	○	○	○	
	2.0m		×	○	○	○	○	○	

- a : 既設擁壁と下部家屋との離隔
- b : 既設擁壁と上部家屋との離隔

- : 施工可能
- ×
- : 擁壁面に補強材を設置することが必要

壁高 h= 5.0 m

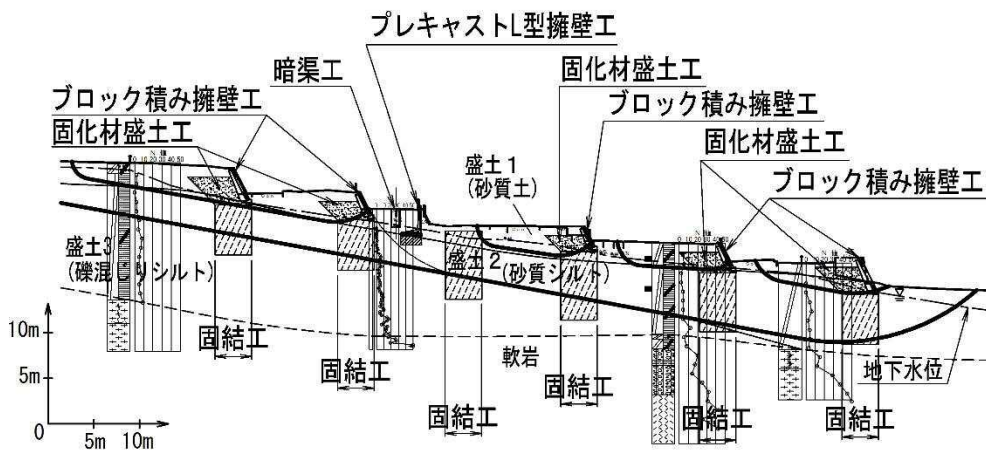
		b							
		0.1m	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m	3.0m	
a	0.1m								
	0.5m					×	×	×	×
	1.0m			×	○	○	○	○	
	1.5m		×	○	○	○	○	○	
	2.0m		×	○	○	○	○	○	

参考 6.1 東北地方太平洋沖地震における仙台市の対策事例

東北地方太平洋沖地震における仙台市の「造成宅地滑動崩落緊急対策事業」では、施工条件やコストなどを考慮し、施工可能な工法を選定するとともに複数の工法を効果的に組合せ、滑動崩落の再発防止と宅地復旧を図っている。仙台市の対策事例を以下に示す。

① 家屋が撤去されている宅地の変形対策事例*

- ・家屋が撤去されており、大型の施工機械が使用できるため、コスト面で有利な固結工法（固化材盛土工+中層混合処理工）により、ひな壇部の変形と盛土全体の変形の両方を防止。
- ・ひな壇部の前面を固化材盛土工で構築し、その下位に中層混合処理工を滑り面より下の層まで根入れ。
- ・暗渠工を宅地周辺の道路に配置することで、地下水位の上昇を防止し、滑動崩落に対する面的な抵抗力を保持。
- ・崩壊した宅地擁壁は、ブロック積み擁壁工などで再構築。



図参 6.1-① 家屋が撤去されている宅地の変形対策事例（N地区の例）



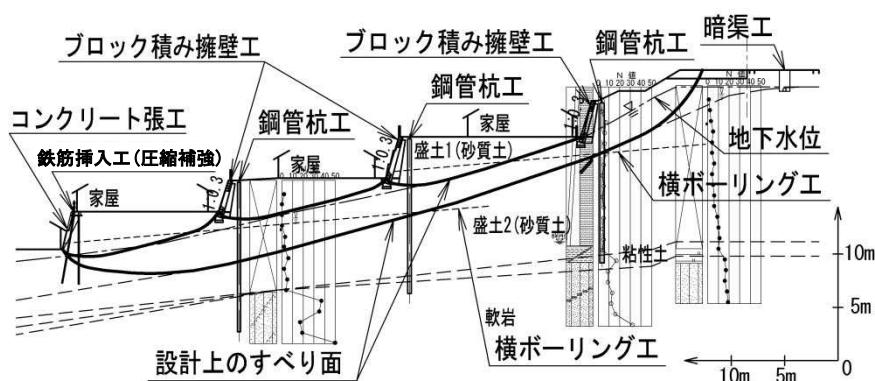
図参 6.1-② 固結工法（中層混合処理工）の施工機械（N地区の例）



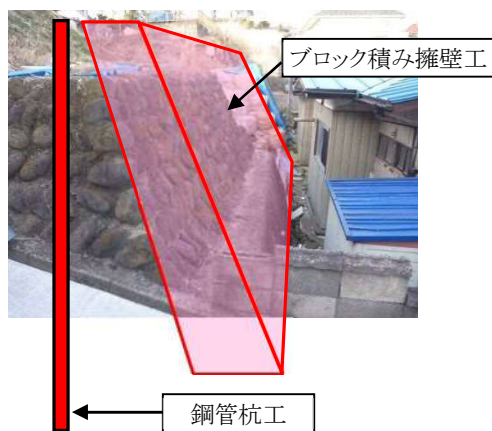
図参 6.1-③ 固結工法（中層混合処理工）の施工状況（N地区の例）

② 家屋が残存している宅地の変形対策事例*

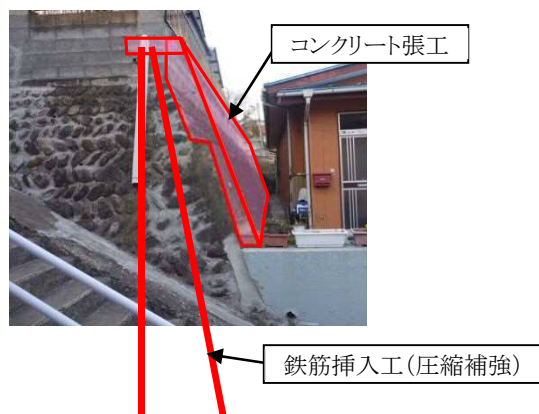
- ・家屋が残存しているため、施工機械が比較的小さい抑止杭工法（鋼管杭工）を主体として、ひな壇部の変形と盛土全体の変形の両方を防止。
宅地前面の被災擁壁は、ブロック積み擁壁工などで再構築。
- ・宅地前面家屋との離隔が小さく、抑止杭工法が適用できない宅地は、施工機械がさらに小型で、宅地前面の被災擁壁の補強対策と兼用可能な地山補強土工法（鉄筋挿入工（圧縮補強）＋コンクリート張工）で対応。
- ・宅地周辺の道路に暗渠工、宅地間を縦断する道路に横ボーリング工を配置することで、地下水位の上昇防止し、滑動崩落に対する面的な抵抗力を保持。



図参 6.1-④ 家屋が残存している宅地の変形対策事例（K地区の例）



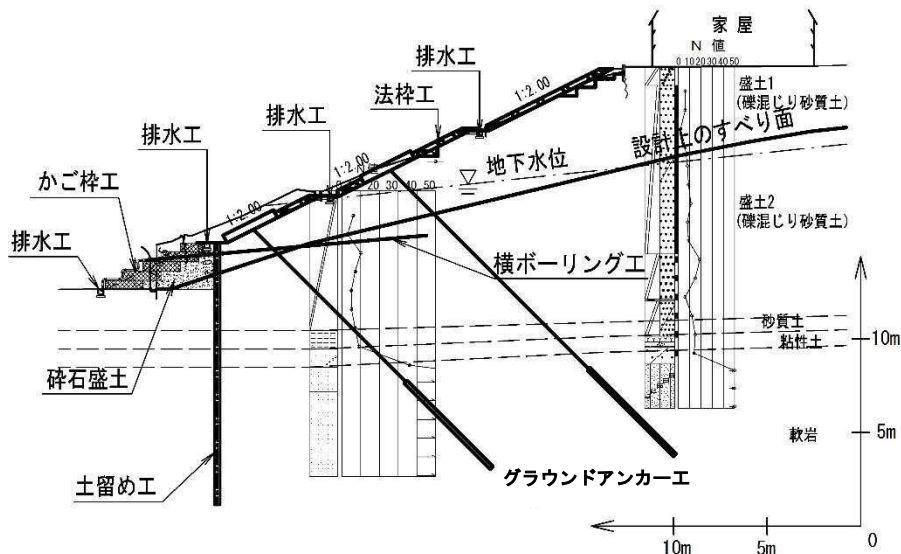
図参 6.1-⑤ 抑止杭工法＋擁壁再構築のイメージ（K地区の例）



図参 6.1-⑥ 地山補強土工法による滑動崩落対策と擁壁復旧対策の兼用イメージ（K地区の例）

③ 盛土のり面の崩壊対策事例※

- ・地下水位が高いため、横ボーリング工を面的に配置し地下水位の低下を図ることで、盛土全体の安定性向上。
- ・盛土のり面は表層が緩んでおり、これを面的に抑える必要があるため、グラウンドアンカー工法（現場打ちのり枠工+グラウンドアンカー工）により、表層崩壊も含めて、盛土のり面の崩壊を防止。
- ・盛土のり先の被災した井桁擁壁は、仮設の土留め工を設置して撤去し、のり尻排水を促進するかご枠を設置。



図参 6.1-⑦ 盛土のり面の崩壊対策事例（NK地区の例）



図参 6.1-⑧ グラウンドアンカー工法（現場打ちのり枠工+グラウンドアンカー工）の施工状況（NK地区の例）

※ 門田浩一, 東郷智: 滑動崩落防止施設の保全に係る法令等についての一考察 - 滑動崩落防止施設の保全に関わる運用上の課題 -, 地盤工学会特別シンポジウム-東日本大震災を乗り越えて- 発表論文集, pp. 375-378. 2014. 6.

VII. 対策施設の設計

対策施設の設計は、各種調査結果を踏まえ、施工や維持管理を考慮して設計条件を設定するとともに、関連法規を遵守し、設計指針等を参考に実施する。

【解 説】

対策施設の設計条件は、現地踏査、地盤調査、宅地変状調査および安定計算結果などを踏まえ、施工における材料や維持管理の方法などを考慮して設定する。設計成果は、施工や維持管理、住民等への説明に必要となるため、以下の事項を明らかにして分かりやすくとりまとめ、施工・維持管理段階に引き継ぐものとする。

【設計成果でとりまとめる事項】

- ①設計条件（地盤・地下水条件、対策施設の材料条件）、②対策によって得られる効果と範囲、③維持管理計画

対策施設の設計にあたり、遵守する主な関連法規と参考となる設計指針等を以下に示す。なお、新工法や公的機関が設計指針等を定めていない工法を採用する場合は、学識経験者等の意見を踏まえて検討すること。

【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

【設計指針等】

対策工法の種類	設計指針等
地表水排除工法	地すべり防止技術指針解説（2008年1月、土木研究所）
地下水排除工法	地すべり防止技術指針解説（2008年1月、土木研究所）
間隙水圧消散工法	道路土工 軟弱地盤対策工指針（平成24年8月、日本道路協会）
押え盛土工法	地すべり防止技術指針解説（2008年1月、土木研究所）
排土工法	地すべり防止技術指針解説（2008年1月、土木研究所）
固結工法	道路土工 軟弱地盤対策工指針（平成24年8月、日本道路協会）
抑止杭工法	地すべり防止技術指針解説（2008年1月、土木研究所）
グラウンドアンカー工法	グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説 （2012年5月、地盤工学会）
地山補強土工法	地山補強土工法設計・施工マニュアル（2011年8月、地盤工学会）
矢板工法	道路土工 軟弱地盤対策工指針（平成24年8月、日本道路協会）
擁壁工法	宅地防災マニュアルの解説（第二次改訂版） （平成19年11月、宅地防災研究会）

※ 上表の設計指針等に加え、個々の工法協会等の設計マニュアルなども確認すること。

Ⅷ. 対策施設の施工における留意点

対策施設の施工は、設計条件に従い実施する。また、個々の宅地内や住宅地における工事となるため、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。また、必要に応じて関係機関や関係部局と情報共有し、調整を図りつつ施工する。

【解説】

対策施設の施工にあたっては、必要な性能が確保されるよう、設計条件を踏まえて現地の土質等の確認や使用材料の選定を行う。現地の土質等が設計条件と異なる場合は、設計の見直しを行ったうえで施工する。なお、設計の見直しを行った場合は、維持管理計画についても再検討し、その結果を施設管理者に引き継ぐものとする。

また、対策施設は、以下の点に留意して施工する。

- ① 掘削高が高い場合、家屋や擁壁などの構造物に近接する場合は、安全を確保し、周辺構造物の変状を防止するため、適切な仮設対策を講じる必要がある。
- ② 個々の宅地内や住宅地における工事となるため、次のような配慮が必要である。
 - ・低騒音・低振動の施工機械を用いる。
 - ・セメントの使用にあたっては、飛散防止対策を講じるもしくは粉塵抑制型を用いる。
 - ・地下水汚染や周辺に井戸の流量低下を防止する。
 - ・景観に配慮する。
 - ・家屋に近接する工事の場合は、工事前後に家屋調査を実施する。
- ③ 対策施設の施工にあたっては、ライフラインや電柱が支障となるケースが多く、関係機関との協議・調整、移設・切回しなどの対応が必要となる。
- ④ 滑動ブロック周辺の道路や公園などの亀裂や水路の排水不良などにより、雨水が盛土に浸透した場合、盛土の安定性に悪影響をおよぼすことが想定される。盛土の安定性に悪影響をおよぼす変状が認められる場合は、施設管理者と情報を共有し、確実に補修を行う必要がある。なお、宅地復旧対策と重複する箇所については、施工の範囲や工程、本復旧の時期などを調整し、合理的に復旧を進めることが望ましい。滑動崩落に悪影響をおよぼす変状の例を **参考 8.1** に示す。
- ⑤ 対策施設や擁壁などの構造物設置位置の決定にあたっては、地震により用地境界が曖昧になっていることも想定されるため、境界確定もしくは当事者間協議による調整が必要であり、時間と労力を要する点に留意する必要がある。

参考 8.1 盛土の安定性に悪影響をおよぼす変状の例

盛土の安定性に悪影響をおよぼす道路等の変状と復旧方法の例を表参 8.1-①、代表的な変状の例を図参 8.1-①に示す。

表参 8.1-① 盛土の安定性に悪影響をおよぼす道路等の変状と復旧方法の例

対象	変状	復旧方法
道路	亀裂	舗装打換え
	沈下・段差・隆起	不陸調整（排水勾配確保）、舗装打換え
	陥没	埋戻し、舗装打換え
水路	破損	入替え
	沈下、ズレ	撤去・再設置
地盤	亀裂	モルタル等充填



道路の亀裂



道路の沈下・段差



道路の陥没



水路の損傷

図参 8.1-① 盛土の安定性に悪影響をおよぼす道路等の変状の例

Ⅸ. 滑動崩落対策施設の維持管理と保全

滑動崩落対策施設は、適切に維持管理を行い、周辺工事などでその機能が損なわれることがないよう保全を図る。

【解 説】

滑動崩落対策施設は、その機能が損なわれることが無いよう、適切に維持管理を行う。

また、滑動崩落対策施設が周辺工事などで除却もしくは影響を受けた場合、その機能が損なわれ、滑動ブロックの安定性が低下し、必要な抑止力が確保できなくなるおそれがあることから、法令の規定などにに基づき施設の保全を図る。

Ⅸ.1 滑動崩落対策施設の維持管理

滑動崩落対策施設の維持管理は、設計・施工段階で作成された維持管理計画に基づき、役割分担や費用負担などのルールを地方公共団体と住民等で事前に協議・調整のうえ、適切に維持管理を行う。

【解 説】

滑動崩落対策施設の維持管理は、設計段階で作成された維持管理計画もしくは施工段階で見直された維持管理計画に基づき実施する。例えば、日常的かつ簡易な清掃や目視点検などは所有者が行い、変状があった場合には地方公共団体に速やかに連絡し、詳細な調査を地方公共団体が実施するなど所有者や地方公共団体の役割分担等について事前に協議・調整しておくことが重要である。滑動崩落対策施設は、道路等公共施設への被害を防止するなど、一定の公共性を有するものであり、その効果発現には適切な維持管理を必要とすることから、地方公共団体が管理することが望ましい。なお、定常的または定期的な維持管理に係る費用が想定される場合には、その費用負担について事前に調整しておくことも重要である。

滑動崩落対策施設の対策工法の種類と主な点検・試験項目を表Ⅸ.1.1に示す。全ての対策工法に共通する点検のポイントは、対策施設周辺の地盤や構造物の亀裂・沈下などの変状を目視で定期的に確認することであり、その結果、異常が確認された場合は詳細な調査を実施し、原因の究明、必要に応じて対策の追加などを検討する。

表Ⅸ.1.1 滑動崩落対策施設の対策工法の種類と主な点検・試験項目

分類	対策工法の種類	主な点検・試験項目		参考となる指針等
抑制工	地表水排除工法	目視点検	・土砂や枝葉等の堆積状況	—
	地下水排除工法	目視点検	・対策施設周辺の地盤や構造物の変状	—
		流量測定	・排水量	—
	間隙水圧消散工	目視点検	・対策施設周辺の地盤や構造物の変状	—
	押え盛土工法	目視点検	・押え盛土やかごの変状 ・押え盛土やかご背面地盤の変状	—
	排土工法	目視点検	・排土によって形成されたのり面やその上方斜面の変状	—
抑止工	固結工法	目視点検	・固結体周辺の地盤や構造物の変状	—
	グラウンドアンカー工法	目視点検	・アンカー周辺の地盤や構造物の変状 ・アンカー頭部の飛び出し ・頭部コンクリートの破損・落下 ・頭部キャップの破損・変形・落下 ・受圧板、受圧構造物の破損・落下	グラウンドアンカー維持管理マニュアル、2008年、土木研究所・日本アンカー協会編
		健全性調査	・リフトオフ試験 ・超音波深傷試験 ※目視点検の結果、テンドン破断など健全性に問題がある可能性が高いと判断された場合に実施	
	抑止杭工法	目視点検	・杭周辺の地盤や構造物の変状	地すべり鋼管杭設計要領（新版）、2008年5月、斜面防災対策技術協会
		変位観測	・杭周辺の地盤や構造物の変位量 ※目視点検の結果、変状が認められる場合に実施	
矢板工法	目視点検	・矢板周辺の地盤や構造物の変状	—	
	変位観測	・矢板周辺の地盤や構造物の変位量 ※目視点検の結果、変状が認められる場合に実施		
地山補強土工法	目視点検	・補強材周辺の地盤や構造物の変状 ・頭部定着材や支圧板の浮き上がり、破損・落下、劣化	地山補強土工法設計・施工マニュアル、2011年8月、地盤工学会	

Ⅸ.2 滑動崩落対策施設の保全

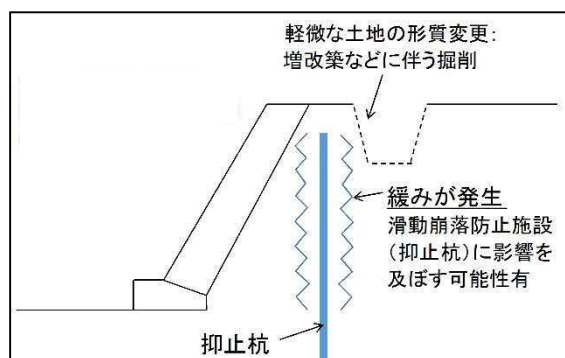
滑動崩落対策施設を除却する工事もしくは影響を与える可能性がある工事に対しては、届出を求めてその計画を事前に把握し、適切に指導等を行うことで滑動崩落対策施設の保全を図ることが望ましい。

【解説】

滑動崩落対策施設を除却する工事が行われた場合、滑動ブロックの安定性が損なわれ、必要な抑止力が確保できなくなるおそれがある。

また、滑動崩落対策施設は公共用地のみならず、個々の宅地内に設置されるケースも数多くあり、滑動崩落対策施設の除却に限らず、影響を与える可能性がある軽微な土地の形質変更などが計画されることも想定される（例えば、家屋の増改築に伴う滑動崩落対策施設周辺地盤の掘削など（図Ⅸ.2.1参照））。滑動崩落対策施設に影響を与え機能が低下した場合、滑動崩落が再発するおそれがあるが、その工事が滑動崩落対策施設に影響を与えるか否か宅地所有者自身が判断できないことも考えられる。

このため、地方公共団体は、滑動崩落対策施設を除却する工事もしくは影響を与える可能性がある工事に対しては、届出を求めてその計画を事前に把握し、住民等に対し適切に指導・助言を行うことで滑動崩落対策施設の保全を図ることが望ましい。



図Ⅸ.2.1 滑動崩落対策施設に影響を与える可能性がある軽微な土地の形質変更の例

□ 滑動崩落対策施設を除却した場合もしくは滑動崩落対策施設に影響を与えた場合の対応に関する法令の規定

(1) 宅地造成工事規制区域における規定

法第十六条第一項では「宅地造成工事規制区域内の宅地の所有者、管理者又は占有者は、宅地造成に伴う災害が生じないように、その宅地を常時安全な状態に維持するように努めなければならない」こと、法第十六条第二項では「都道府県知事は、宅地造成工事規制区域内の宅地について、宅地造成に伴う災害の防止のため必要があると認める場合においては、その宅地の所有者、管理者、占有者、造成主又は工事施行者に対し、擁壁等の設置又は改造その他宅地造成に伴う災害の防止のため必要な措置をとることを勧告することができる」こと、法第十七条第一項では「都道府県知事は、宅地造成工事規制区域内の宅地で、宅地造成に伴う災害の防止のため必要な擁壁等が設置されておらず、又は極めて不完全であるために、これを放置するとき

は、宅地造成に伴う災害の発生のおそれ大きいと認められるものがある場合においては、その災害の防止のため必要であり、かつ、土地の利用状況その他の状況からみて相当であると認められる限度において、当該宅地又は擁壁等の所有者、管理者又は占有者に対して、相当の猶予期限を付けて、擁壁等の設置若しくは改造又は地形若しくは盛土の改良のための工事を行うことを命ずることができる」ことが規定されている。

これらの規定から、宅地造成工事規制区域において、滑動崩落対策施設を除却した場合もしくは滑動崩落対策施設に影響を与えた場合、宅地の安全性が低下するため、その行為者は法第十六条第一項の規定に抵触することとなる。また、都道府県知事等は必要に応じて法第十六条第二項に基づく勧告、法第十七条第一項に基づく改善命令を行うことができる。

(2) 防災区域における規定

法第二十条第一項では「都道府県知事は、この法律の目的を達成するために必要があると認めるときは、関係市町村長の意見を聴いて、宅地造成に伴う災害で相当数の居住者その他の者に危害を生ずるものの発生のおそれ大きい一団の造成宅地（これに附帯する道路その他の土地を含み、宅地造成工事規制区域内の土地を除く。）の区域であつて政令で定める基準に該当するものを、造成宅地防災区域として指定することができる」こと、法第二十一条第一項では「防災区域内の宅地の所有者、管理者又は占有者は、宅地造成に伴う災害が生じないように、その造成宅地について擁壁等の設置又は改造その他必要な措置を講ずるように努めなければならない」こと、法第二十一条第二項では「都道府県知事は、防災区域内の造成宅地について、前条第一項の災害の防止のため必要があると認める場合においては、その造成宅地の所有者、管理者又は占有者に対し、擁壁等の設置又は改造その他宅地造成に伴う災害の防止のため必要な措置をとることを勧告することができる」こと、法第二十二条では「都道府県知事は、防災区域内の造成宅地で、第二十条第一項の災害の防止のため必要な擁壁等が設置されておらず、又は極めて不完全であるために、これを放置するときは、同項の災害の発生のおそれ大きいと認められるものがある場合においては、その災害の防止のため必要であり、かつ、土地の利用状況その他の状況からみて相当であると認められる限度において、当該造成宅地又は擁壁等の所有者、管理者又は占有者に対して、相当の猶予期限を付けて、擁壁等の設置若しくは改造又は地形若しくは盛土の改良のための工事を行うことを命ずることができる」ことが規定されている。

また、法第二十条第二項では「都道府県知事は、擁壁等の設置又は改造その他前項の災害の防止のため必要な措置を講ずることにより、造成宅地防災区域の全部又は一部について同項の指定の事由がなくなつたと認めるときは、当該造成宅地防災区域の全部又は一部について同項の指定を解除するものとする」こととされている。

これらの規定から、滑動崩落対策によって宅地の安全性が確保されれば防災区域は解除されるが、その後、滑動崩落対策施設を除却した場合もしくは滑動崩落対策施設に影響を与えた場合、宅地の安全性が低下するため、再び防災区域の指定要件に該当することとなる。このため、再度防災区域指定を行なえば、法第二十一条第一項の規定に抵触し、必要に応じて法第二十一条第二項に基づく勧告、法第二十二条第一項に基づく改善命令を行うことができることとなる。

【2】 滑動崩落対策施設を除却する工事もしくは滑動崩落対策施設に影響を与える可能性がある工事の届出に関する法令の規定

(1) 宅地造成工事規制区域における規定

法第十五条第二項ならびに令第十八条では「宅地造成工事規制区域内において、高さが二メートルを超える擁壁、地表水等を排除するための排水施設又は地滑り抑止ぐい等の全部又は一部の除却の工事を行おうとする者は、その旨を都道府県知事に届出なければならない」ことが規定されている。

宅地造成工事規制区域において、滑動崩落対策施設を除却する工事を行うことは、この規定に該当するため届出が必要となる。一方、滑動崩落対策施設に影響を与える可能性がある工事の届出については、法令では規定されておらず、地方公共団体が把握できないところで工事が行われる可能性がある。

(2) 防災区域における規定

防災区域における工事の届出は法令では規定されておらず、地方公共団体が把握できないところで滑動崩落対策施設を除却する工事もしくは滑動崩落対策施設に影響を与える可能性がある工事が行われる可能性がある。

【3】 ルールを定めることが望ましい事項

□で述べた法令の規定は、滑動崩落対策施設を除却もしくは滑動崩落対策施設に影響を与えた後の対応を可能とするものであるが、工事の内容を予め把握し、事前に対応するため、以下の事項について別途ルールを定め、事前に届出等を求めることが望ましい。

イ) 対策履歴の記録と公開

- ・滑動崩落が生じた範囲
- ・防災区域に指定した範囲（防災区域を解除した範囲）、勧告を行った範囲
- ・滑動崩落対策施設の位置、深度、仕様など
- ・公開の方法（地方公共団体の窓口、インターネット、看板など）

ロ) 届出を求める工事の内容と範囲

- ・例えば、滑動崩落対策施設周辺〇m以内の地盤掘削など

ルールの運用については、条例を制定する方法と宅地所有者に個別に説明する方法が考えられるが、宅地所有者に個別に説明する方法では、宅地の売買などで所有者が変わった際の継承についても十分な説明を行う必要がある。

なお、仙台市では条例を制定し、法令の届出規定には該当しないが、滑動崩落対策施設の保全において届出が必要な行為（滑動崩落対策施設の上方における建築物の新築・改築・増築、滑動崩落対策施設の上方における土地の掘削、滑動崩落対策施設を損壊する行為など）と範囲を定め、住民や民間の開発業者などに届出を義務付けている。

【仙台市造成宅地滑動崩落防止施設の保全に関する条例と施行規則】

① 仙台市造成宅地滑動崩落防止施設の保全に関する条例（平成25年6月25日施行）

(http://www.city.sendai.jp/soumu/bunsho/reiki/reiki_honbun/a600RG00001114.html)

- ② 仙台市造成宅地滑動崩落防止施設の保全に関する条例施行規則(平成25年6月25日施行)
(http://www.city.sendai.jp/soumu/bunshyo/reiki/reiki_honbun/a600RG00001116.html)

4 工事の届出に対する指導・助言

地方公共団体は、法令もしくは別途定めたルールに基づき住民等から工事の届出があった場合、適切に指導・助言を行い、滑動崩落対策施設の保全を図ることが重要である。このため、あらかじめ以下に示すような事項について、滑動崩落対策施設の対策工法別に検討・整理し、担当部署の職員に周知する必要がある。

① 想定される工事の整理

- ・宅地：家屋の新築・増改築、物置の設置、フェンスの設置、ライフラインの敷設・更新、擁壁の再構築、車庫の新設・改修、植樹、盛土、切土など
- ・道路：舗装の打換え、ライフラインの敷設・更新、側溝の設置・更新、ガードレールや電柱の設置・更新など
- ・公園：遊具、水飲み場、ベンチおよび公園灯の設置・更新、植樹など

② 構造物などを設置してよい範囲

- ・地上部で、家屋・フェンス・植生などを設置してよい範囲
- ・地中部で、地下室・ライフラインなどを設置してよい範囲

③ 工事で掘削、盛土してよい範囲

- ・無条件で掘削、盛土してよい範囲
- ・仮設対策が必要となる掘削範囲
- ・仮設対策かつ変位拘束が必要となる掘削範囲

④ 滑動崩落対策施設を除却せざるを得ない場合の代替工

⑤ 設計条件が変化するレベルの地形改変への対応方法

- ・滑動崩落対策施設の照査方法
- ・照査の結果、安定性が確保できなかった場合の追加対策工もしくは代替工

⑥ 事例の蓄積とFAQの作成

5 履歴の管理

3で述べた対策履歴の記録とあわせて、4で述べた届出のあった工事や滑動崩落対策施設の点検・試験結果について、台帳等を作成し情報を管理していくことが望ましい。

X. 住民等への説明事項

復旧対策を円滑に進めるため、住民等を対象とした説明会等を開催する。説明会では、住民等にもわかりやすい資料により被害のメカニズム、復旧対策計画、工事内容やスケジュールなどを説明し、地方公共団体と住民等が協力して対策を推進する。

【解 説】

① 説明会の開催時期

宅地の復旧対策は、滑動崩落対策施設を個々の宅地に設置することも多く、住民等の理解と協力が不可欠である。このため、調査・設計・施工・維持管理の各段階で説明会などを開催し、住民等の同意を得ながら復旧対策を進める必要がある。復旧対策と説明会の開催時期の関係を図X.1に示す。

復旧対策	説明会等	説明内容	住民等の同意が必要な事項
初動調査	事業全体説明会①	<ul style="list-style-type: none"> ・ 滑動崩落被害の概要 ・ 滑動崩落の可能性がある範囲 ・ 詳細調査の内容と協力依頼 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 調査時の宅地への立入り、調査用地の借用
詳細調査、 施行地区の設定	事業全体説明会②	<ul style="list-style-type: none"> ・ 詳細調査結果（被害状況等） ・ 滑動崩落の範囲 ・ 復旧対策事業について（施行地区、スケジュール、費用負担） 	—
対策工法の選定	事業全体説明会③	<ul style="list-style-type: none"> ・ 対策工法とその効果 ・ 費用負担額（概略） ・ 個々の宅地で行う耐震対策の必要性等 ・ 維持管理の分担ルールの内容 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 維持管理の分担ルール
対策施設の設計	事業個別説明	<ul style="list-style-type: none"> ・ 対策施設の配置計画（概略の設置位置） ・ 土地利用上の制約 ・ 費用負担額（詳細） 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 対策施設の配置計画（概略の設置位置、土地利用上の制約） ・ 費用負担
対策施設の施工	工事全体説明会	<ul style="list-style-type: none"> ・ 工事全体の内容とスケジュール 	—
	工事個別説明	<ul style="list-style-type: none"> ・ 個々の宅地の工事内容とスケジュール ・ 対策施設の設置位置（詳細な設置位置） 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 対策施設の設置位置（詳細な設置位置）
滑動崩落対策施設の 維持管理	情報提供	<ul style="list-style-type: none"> ・ 滑動崩落対策施設の点検結果 	—

図X.1 復旧対策と説明会等の開催時期の関係

2 説明会の内容と住民等の同意が必要な事項

(1) 事業全体説明会①

初動調査結果から、危険宅地および要注意宅地がまとまって分布する範囲は、滑動崩落の可能性のあることを説明し、詳細調査への協力を依頼する。詳細調査は、現地踏査、地質調査、擁壁調査、測量等があるが、個々の宅地への立ち入り許可を求めるとともに、調査ボーリングなど個々の宅地を借用する必要がある場合は個別に協力を依頼する。

【住民等の同意が必要な事項】

- ・調査時の宅地への立ち入り、調査用地の借用

(2) 事業全体説明会②

詳細調査結果を報告し、滑動崩落の範囲、事業全体スケジュール、施行地区について説明する。詳細調査結果は、個々の調査結果に加え、被害のメカニズムや要因について考察した結果、滑動崩落の範囲と施行地区は、根拠となる変状写真などを提示し、設定の考え方を説明する。

また、復旧対策の考え方（面的に行う滑動崩落対策は一定の要件を満たす大規模盛土造成地で行われる対策工事について費用の一部が補助される理由、個々の宅地で行う耐震対策の必要性など）、地方公共団体と住民等それぞれの役割について説明する。施行地区内の宅地所有者に対しては、費用負担が生じる可能性があることを説明する。

(3) 事業全体説明会③

対策工法とその効果について説明する。対策効果については、設計条件を明らかにしたうえで、対策効果の得られる範囲などを説明する。加えて、滑動崩落を対象とした対策であり、家屋の不同沈下に対しても一定の効果は期待されるが完全には防止できないこと、家屋の不同沈下が生じた宅地所有者に対しては、個々の宅地で行う耐震対策の必要性、方法、面的に行う滑動崩落対策と併せて実施したほうがより有効であることなどを説明し、必要に応じて指導・助言を行う。

また、住民等の費用負担が生じる場合は、概略の金額を提示する。加えて、維持管理が必要な工法については、その役割や費用の分担ルールについて説明、協議する。

なお、家屋が被災し建替を計画している住民等に対しては、家屋の解体・建替えと対策工事の時期を調整する必要があるため、家屋の有無で適用できる対策工法が異なるため、場合によっては対策工法の見直しが必要となる。

【住民等の同意が必要な事項】

- ・維持管理の分担ルール

(4) 事業個別説明

対策施設が設置される個々の宅地所有者に対し、概略の配置計画を説明する。また、将来にわたって土地利用上の制約が生じることを説明し、その範囲を提示する。

加えて、住民等の費用負担が生じる場合は、詳細の金額を提示する。

【住民等の同意が必要な事項】

- ・対策施設の配置計画（概略の設置位置、土地利用上の制約）
- ・費用負担

(5) 工事全体説明会

工事全体の内容とスケジュールなどについて説明する。施工範囲、施工方法、使用機械、資機材の搬入搬出ルートに加え、環境対策（騒音・振動、粉塵、地下水）について説明し、理解と協力を求める。

(6) 工事個別説明

対策施設が設置される個々の宅地所有者に対し、対策施設の設置位置や工事の実施時期について個別に確認・協議し、設置位置を決定するとともに、工事の承諾を得る。なお、用地境界が確定していない場合は、当事者間で協議し対策施設の設置位置を決定する等の対応が必要となる。

【住民等の同意が必要な事項】

- ・対策施設の設置位置（詳細な設置位置）

(7) 情報提供

滑動崩落対策施設の点検結果を必要に応じて住民等に情報提供する。点検の結果、変状等が生じている場合には説明会等を開催し、変状の程度や今後の対応について説明する。詳細調査等が必要な場合は協力を求める。

参考 10.1 住民等から質問・要望が多かった事項、復旧事業に支障となった事項の例

東北地方太平洋沖地震の復旧事業に係る説明会等において、住民等から質問・要望が多かった事項、復旧事業に支障となった事項を以下に示す。

(1) 住民等から質問・要望が多かった事項

- ・ 今後発生する地震に対する宅地の安全性（どの程度の地震に耐えられるのか）
- ・ 費用負担の考え方と金額
- ・ 対策工事の家屋等への影響の有無
- ・ 対策工事の日常生活への影響の有無（騒音・振動など）
- ・ 不同沈下が生じた家屋の復旧の要望（ジャッキアップなど）
- ・ 家屋の不同沈下対策の要望（宅地盛土のセメント改良など）

(2) 復旧事業に支障となった事項

- ・ 土地所有者を特定できないことがあった。
- ・ 対策用地が集合住宅や共有私道などの場合、権利者が多く同意を得るのに時間と労力を要した。
- ・ 対策工事を行う宅地に隣接する宅地所有者の同意を得ることが難航すること、もしくは工事中の立入りなどの協力が得られないことがあった。