

大規模盛土造成地の変動予測調査ガイドラインの解説

平成24年4月

大規模盛土造成地の変動予測調査ガイドラインの解説

目次

I. 総説	1
II. 防災区域の指定等の概要	11
III. 第一次スクリーニング	13
III. 1 調査対象地域の設定	14
III. 2 盛土造成地の位置と規模の把握	15
III. 2. 1 基礎資料収集	17
III. 2. 2 盛土造成地の位置の把握	27
III. 2. 3 盛土造成地の規模の把握	28
III. 3 第一次スクリーニングのまとめ	31
IV. 大規模盛土造成地マップ	32
IV. 1 大規模盛土造成地マップの作成	33
IV. 1. 1 大規模盛土造成地マップの記載項目の検討	33
IV. 1. 2 資料収集	33
IV. 1. 3 基図の作成	33
IV. 1. 4 共通項目の記載	34
IV. 1. 5 地域項目の記載	34
IV. 2 大規模盛土造成地マップの公表と活用	35
V. 第二次スクリーニング計画の作成	36
VI. 第二次スクリーニング	67
VI. 1 現地調査	68
VI. 2 安定計算	80
VI. 3 第二次スクリーニングのまとめ	94
VII. 防災区域の指定等	96
VII. 1 保全対象の調査	97
VII. 2 防災区域の指定等（令第十九条第一項第一号 又は法十六条第二項の勧告に該当）	100
VII. 3 防災区域の指定等（令第十九条第一項第二号 又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）	101

I. 総説

兵庫県南部地震や新潟県中越地震等の際に、谷や沢を埋めた造成宅地又は傾斜地盤上に腹付けした造成宅地において、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、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も、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、「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」及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。

本ガイドラインは、防災区域の指定等の判断に当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】

① 大規模盛土造成地とは

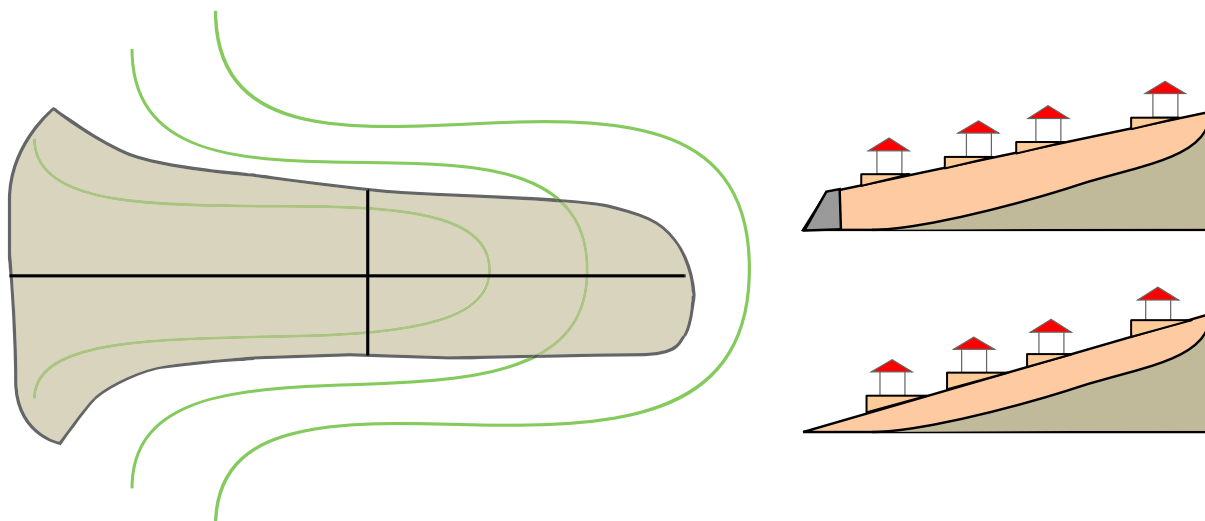
宅地を造成する場合、切土と盛土を組み合わせる手法が一般的であり、谷や沢を埋めたため、盛土内に水の浸入を受け易く、形状的に盛土側面に谷部の斜面が存在することが多い谷埋め盛土、また傾斜地盤上の高さの高い腹付け盛土などを盛土造成地という。

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



2) 腹付け型大規模盛土造成地のイメージ

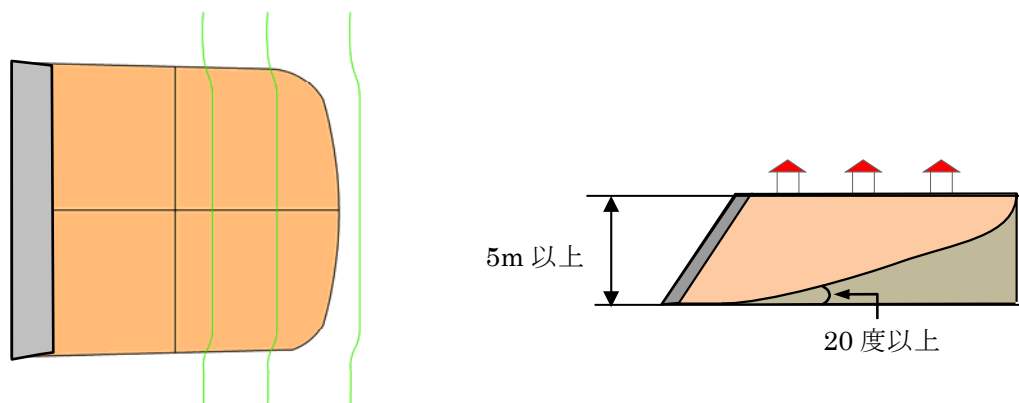


図 I . 1 谷埋め型大規模盛土造成地と腹付け型大規模盛土造成地のイメージ

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を滑り面として大規模盛土造成地全体、又は大部分が斜面下部方向へ移動する。

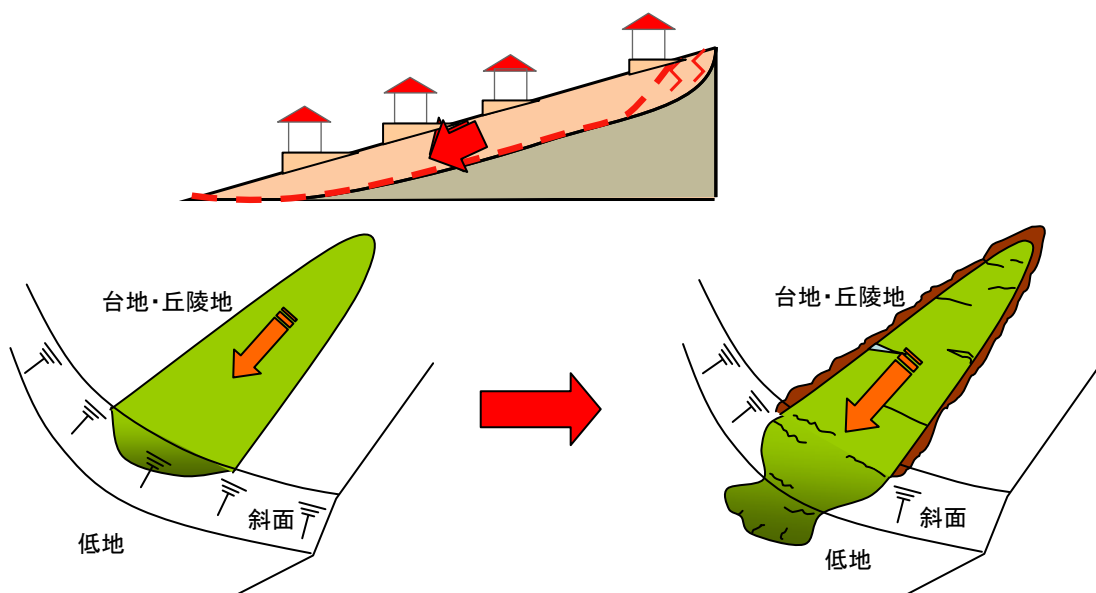


図 I.2 谷埋め型大規模盛土造成地で発生する滑動崩落のイメージ

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、又は大部分が斜面下部方向へ移動する。

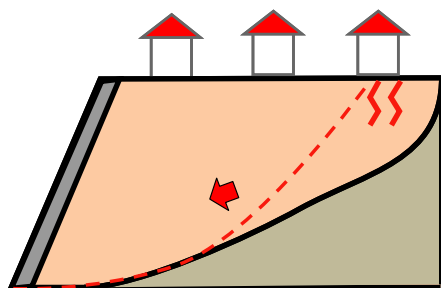


図 I.3 腹付け型大規模盛土造成地で発生する滑動崩落のイメージ

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、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、「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」及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

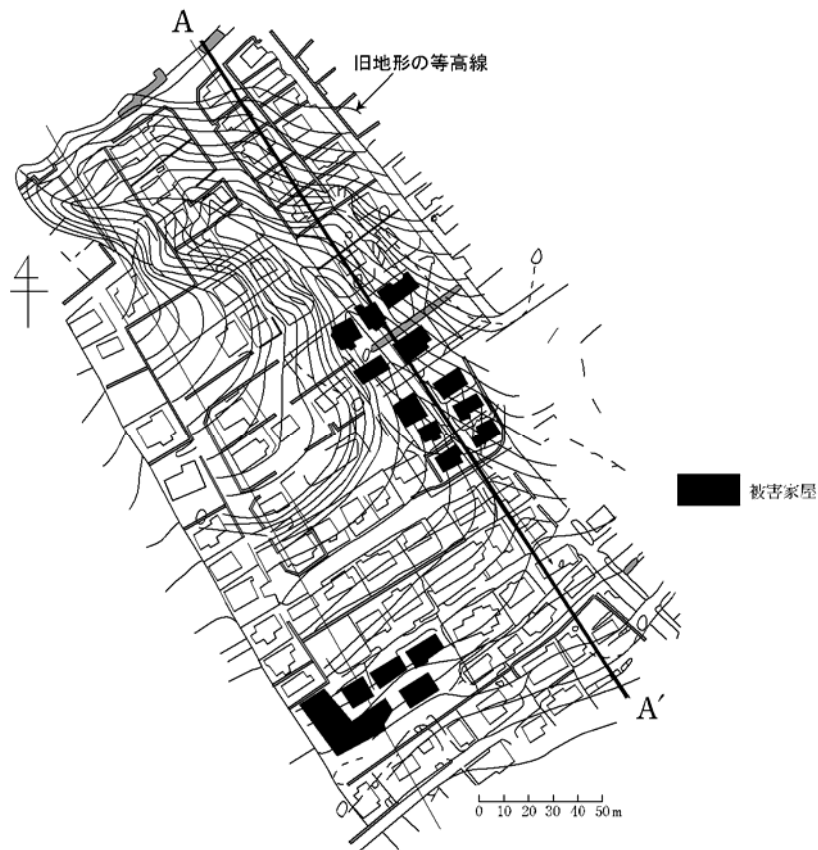
(1) 1978年宮城県沖地震の事例（谷埋め型大規模造成地）

1978年6月12日仙台東方沖約120kmで発生したM7.4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。

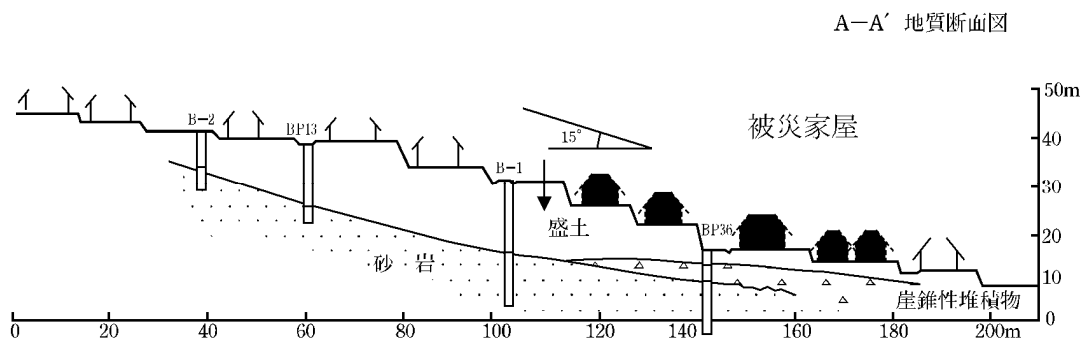


図参 1.1-① 1978年宮城県沖地震による盛土造成地の被害

(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（1994）：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））



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（1994）：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））

(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M7.3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（釜井,1995）。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）

※図参1.1-④～⑥出典；釜井俊孝・守随治雄（2002）：斜面防災都市、理工図書

(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M6.8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及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

(提供：(有) 太田ジオリサーチ)



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

(提供：(有) 太田ジオリサーチ)

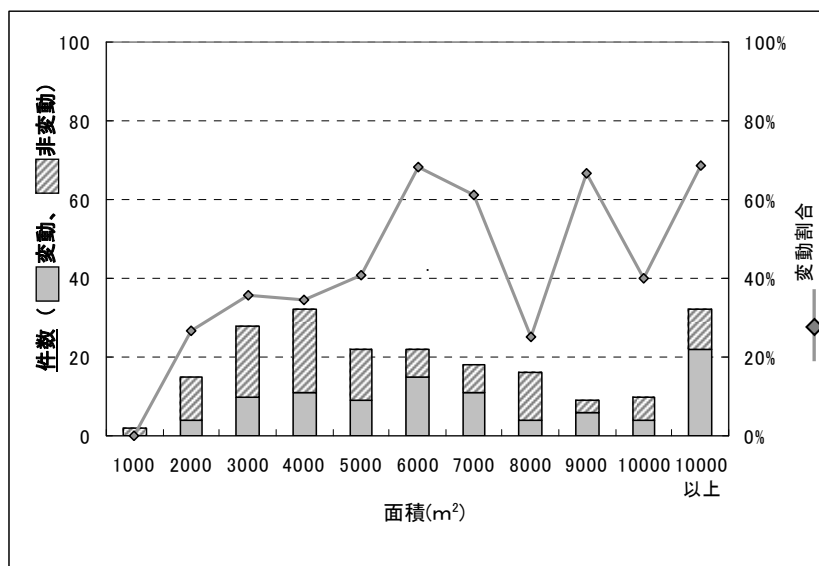
参考 1.2 大規模盛土造成地の過去の災害規模

(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(参考: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.1996.p175-200)。

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。

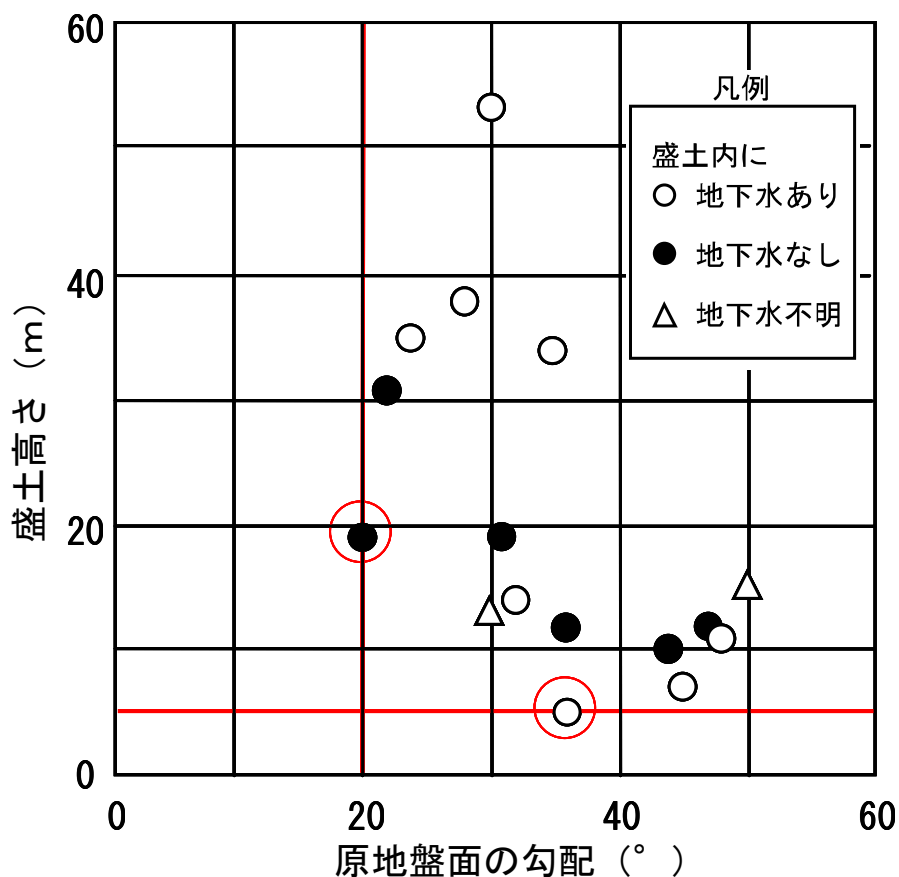
ただし、3,000平方メートル未満の変動事例は、盛土造成地の一部が表層崩壊したものである。



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)

(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。



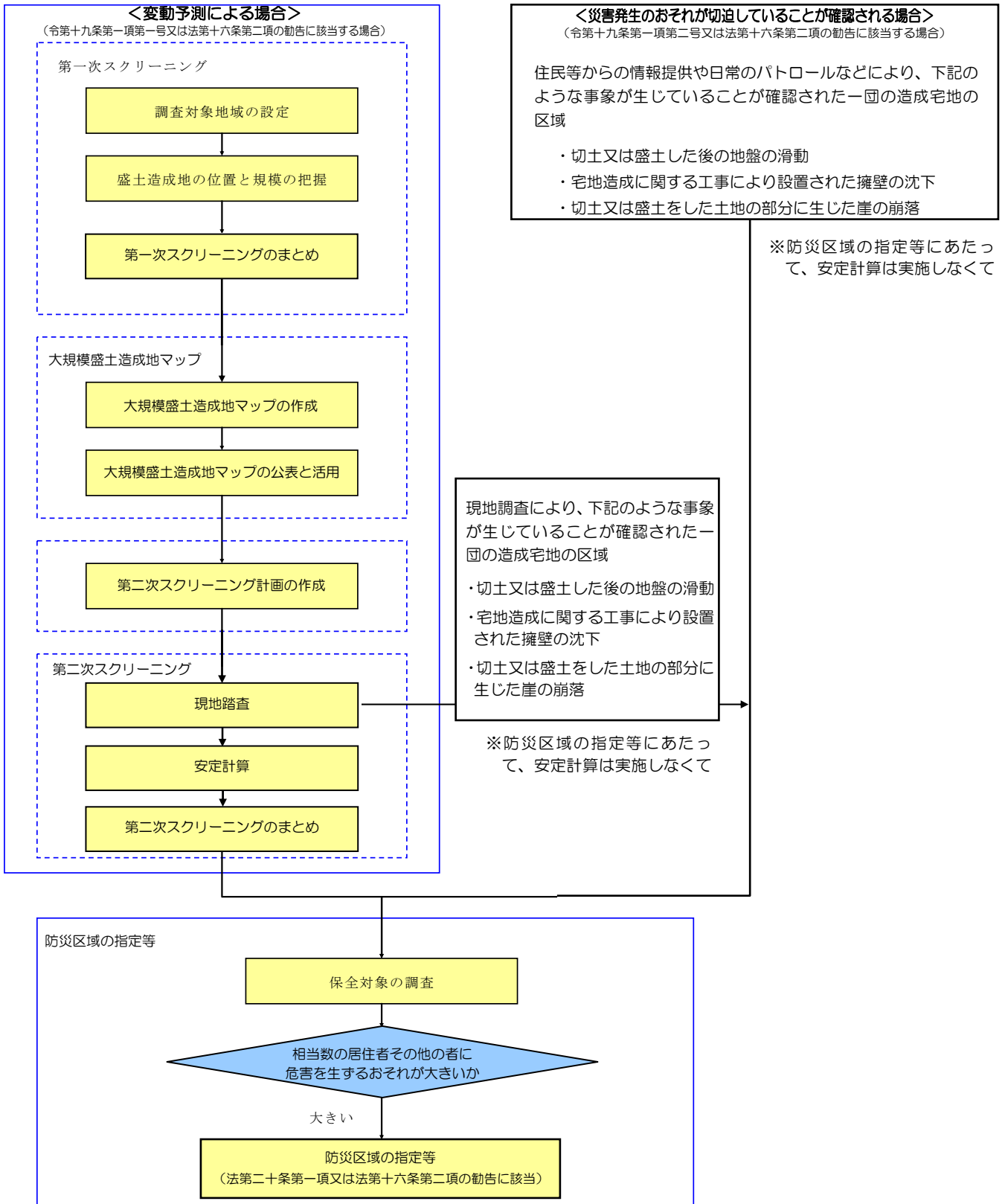
図参1.2-② のり面変状箇所における原地盤面の勾配と盛土高さとの関係
 (参考「兵庫県南部地震による宅地地盤被害と各種要因との関係分析」
 (沖村など、土木学会論文集、No.623/VI-43,259-270,1999.6))

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、又は法第十六条第二項の勧告に該当する防災区域の指定等を行う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（いわゆる宅地ハザードマップ）を作成し、住民等への周知・普及を図る。
- 3) 第二次スクリーニング計画を作成する。
- 4) 第二次スクリーニング計画に基づき、盛土造成地の現地調査を行い、地形や土質等を把握した上で、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、又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。

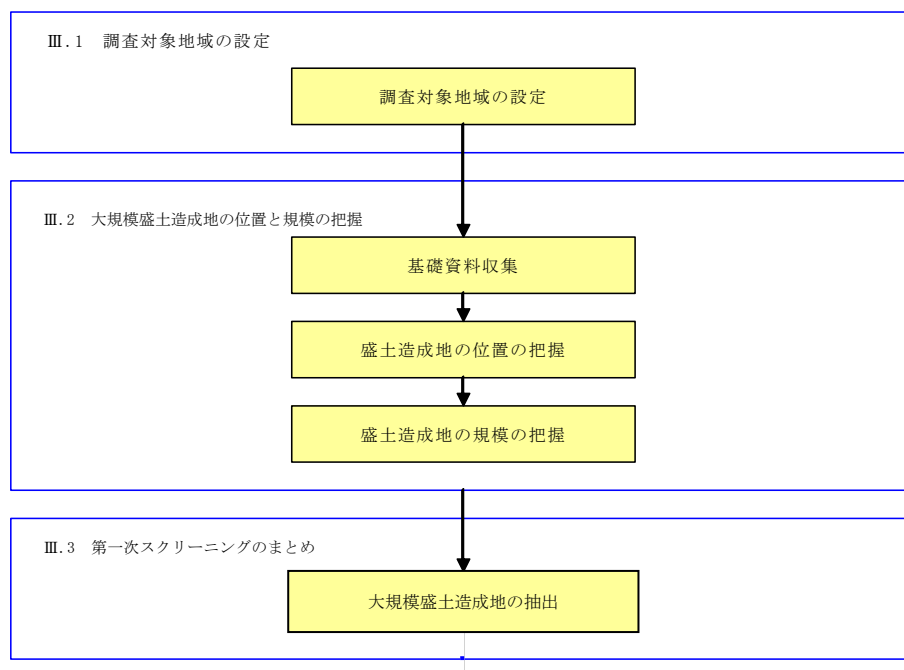


図Ⅱ.1 大規模盛土造成地の変動予測調査等の流れ

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



図Ⅲ.1 第一次スクリーニングの流れ

【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。

【参考】

参考として、「国土地理院技術資料 D・1-No.558, 人工改変地形データ抽出のための手順書 概要版 (平成22年2月)」を示す(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、採草放牧地及び森林並びに道路、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、盛土造成地の位置及び規模を把握し、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。

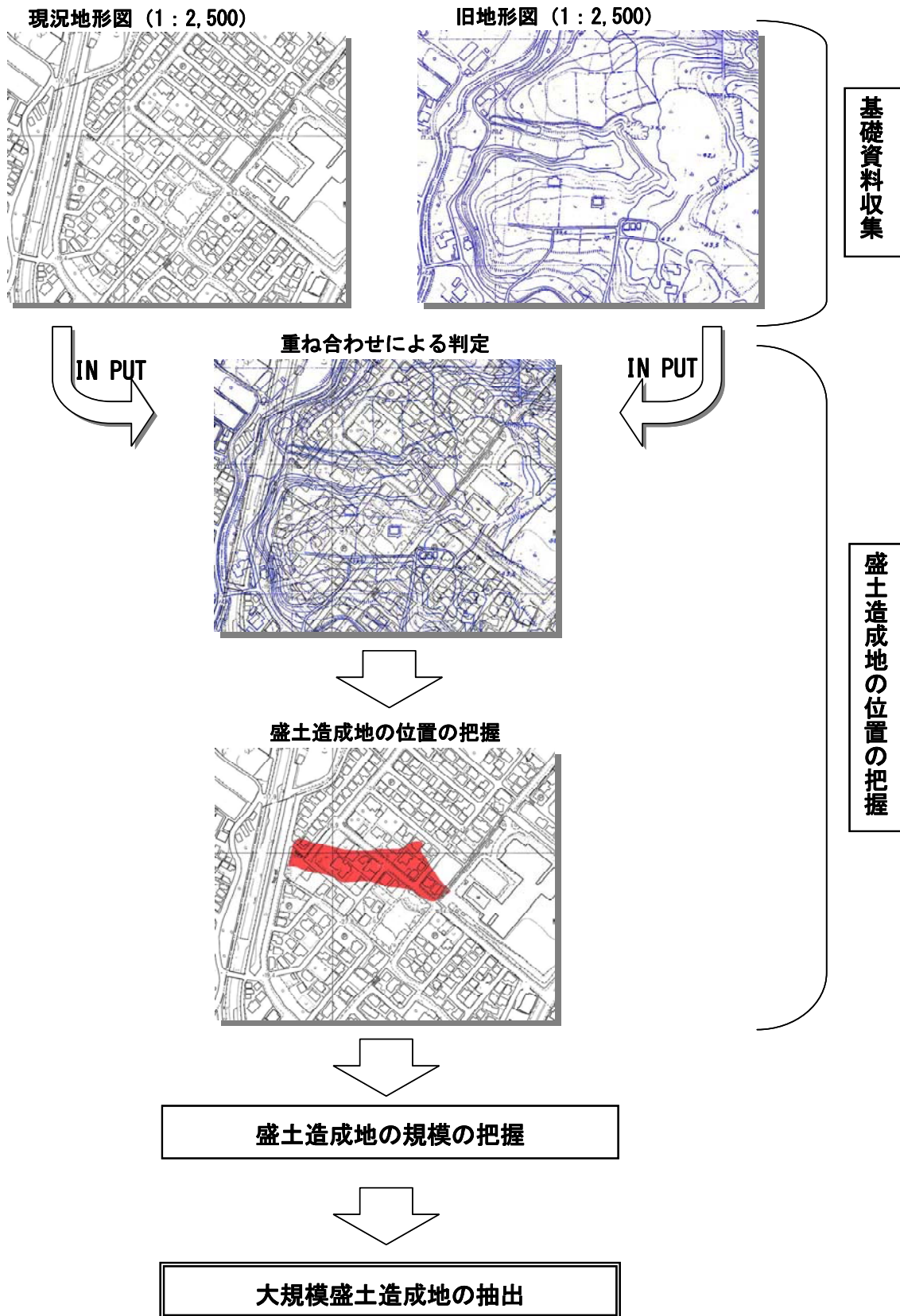
- 1) 盛土の面積が3,000平方メートル以上（以下「谷埋め型大規模盛土造成地」という）
- 2) 原地盤面の勾配が20度以上で、かつ、盛土の高さが5メートル以上（以下「腹付け型大規模盛土造成地」という）

【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、調査範囲の広さや収集した資料から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
- 2) 盛土造成地の位置の把握
- 3) 盛土造成地の規模の把握

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盛土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、地下水位又は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を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収集する資料は宅地造成前後の地形図や空中写真、標高データ等とし、宅地造成前の資料ならば可能な限り年代が古く、宅地造成後の資料ならば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おり、これらの結果を参考に、使用した資料の精度を考慮する必要がある。

また、調査範囲内において法第八条又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）第四条又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。

(参考 社団法人日本測量協会(2003),国土交通省公共測量作業規定解説と運用,p188)

※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）

出典；国土地理院技術資料 D・1-No. 558 「人工改変地形データ抽出のための手順書 概要版」
（平成 22 年 2 月）

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。

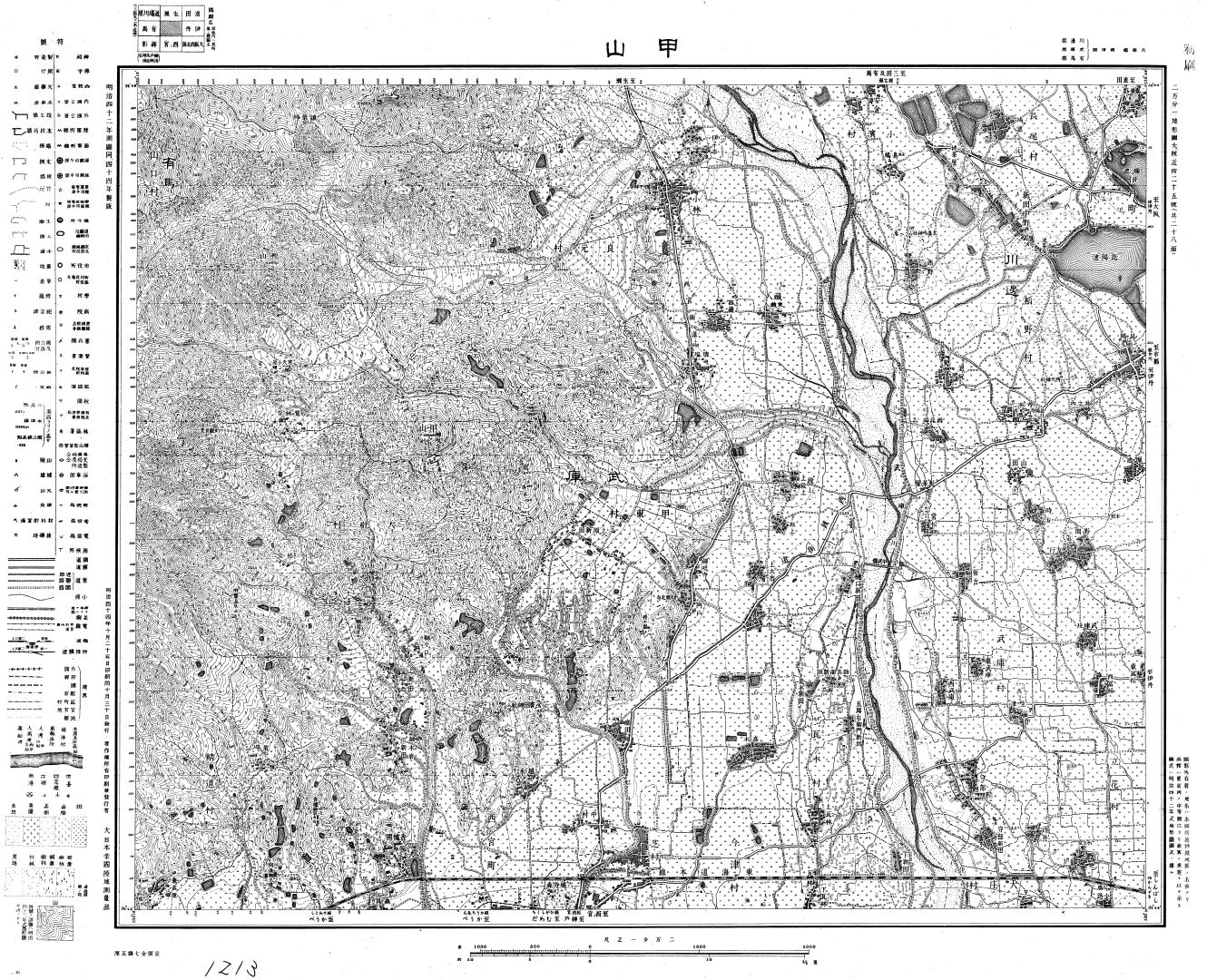
*盛土造成地データの精度目安値の算定は以下の式によります。

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

出典；国土地理院技術資料 D・1-No. 558 「人工改変地形データ抽出のための手順書 概要版」
(平成 22 年 2 月)

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り、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。



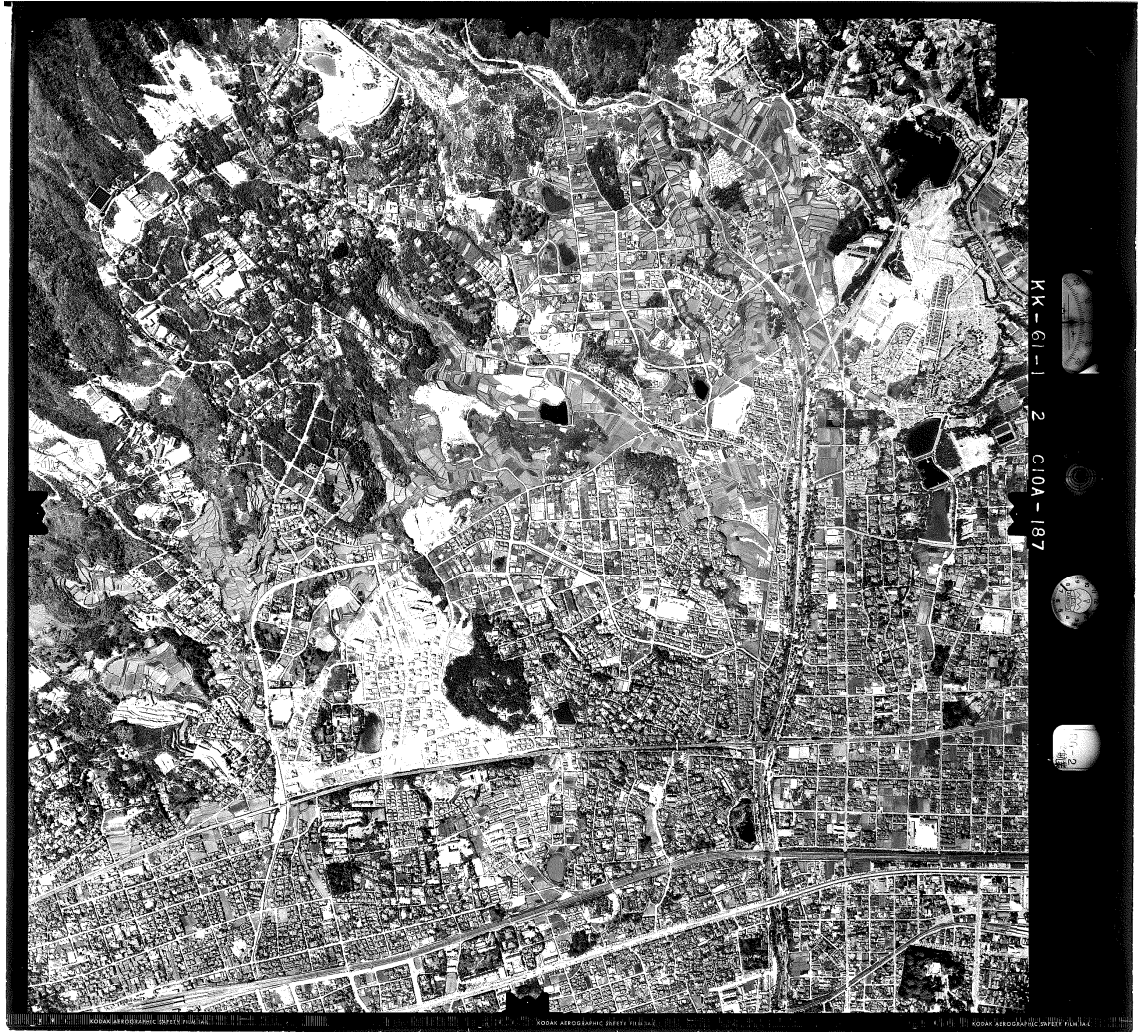
図Ⅲ2.2-① 旧地形図（1/20,000）の例



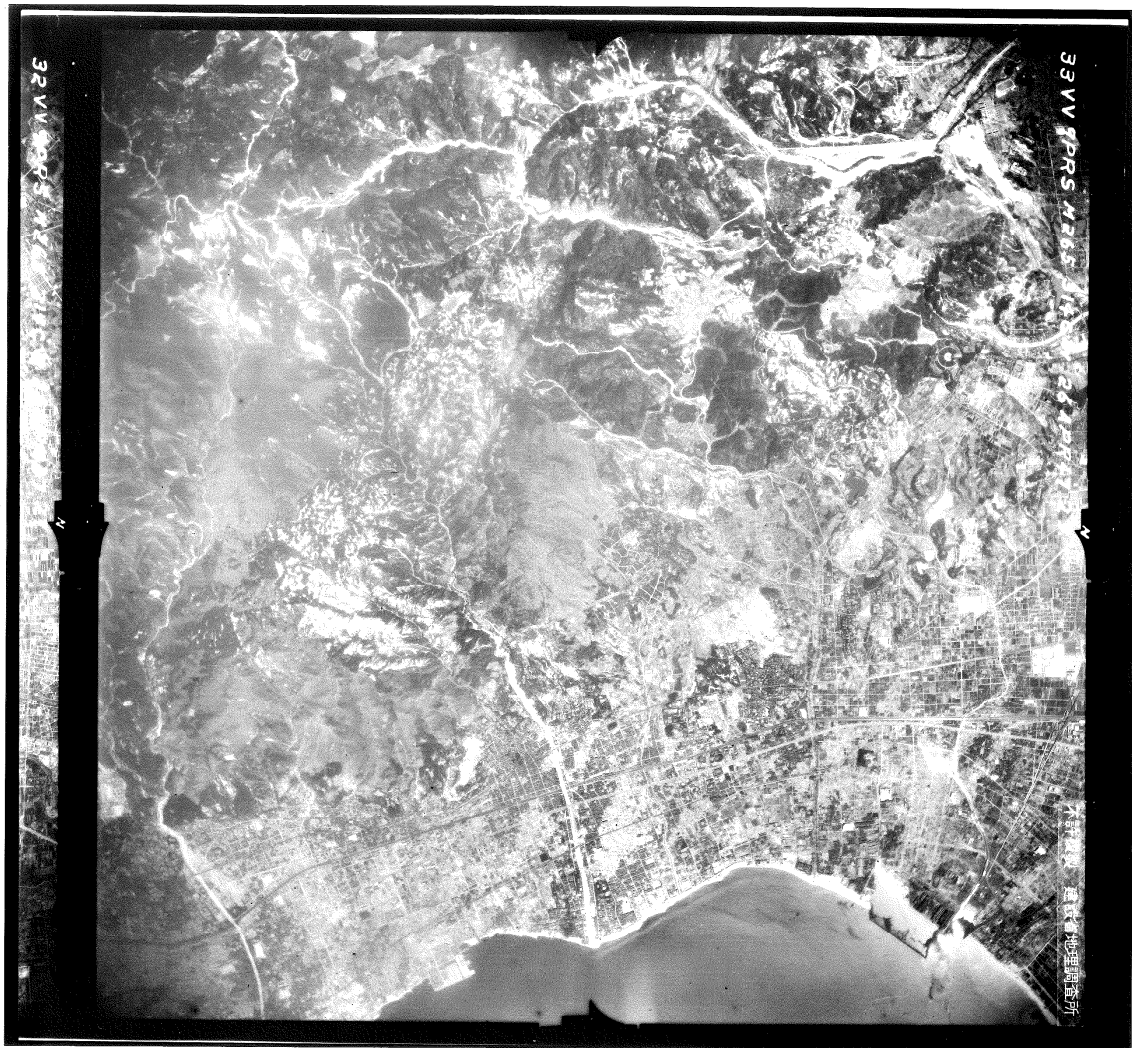
図Ⅲ2.2-② 地形図 (1/10,000) の例



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、必要に応じて空中写真等による地形判読や現地踏査などを実施することが望ましい。

また、調査範囲内において法第八条又は都市計画法第二十九条の許可が申請された際に、規則第四条又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。

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 現地調査」**2**大規模盛土造成地の区分」及び**参考6.1**に示すように、想定される滑動崩落の形態をふ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等で実施する現地踏査結果などもふまえ、盛土造成地の区分と規模を見直してもよい。

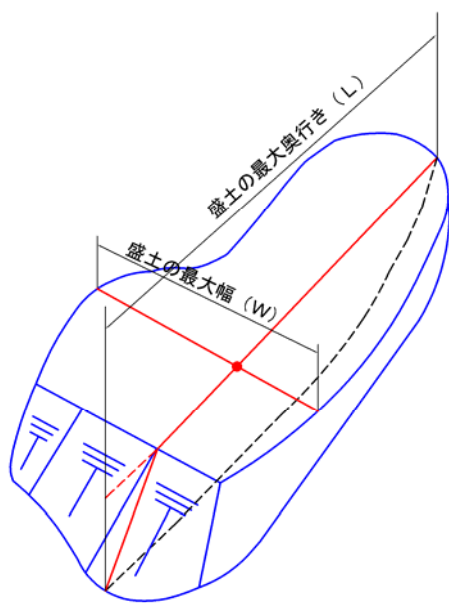
1 盛土の面積（A）

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。

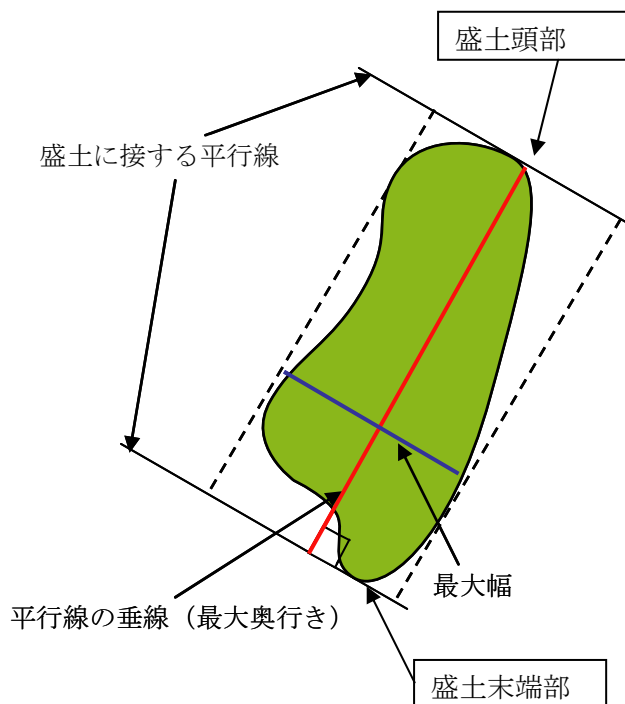
第一次スクリーニングにおいては簡便的に盛土の最大幅と盛土の最大奥行きで求めることもできるが、第二次スクリーニング等で実施する現地踏査結果などをふまえ適宜修正する必要がある。盛土の面積を簡便的に求める場合には、盛土末端部と盛土頭部において、平行な接線を設定し、その垂線が最大となる直線の長さを最大奥行きとし、垂線と直角方向で最大となる盛土の幅を最大幅とする。

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.2.3 盛土の面積の計測イメージ



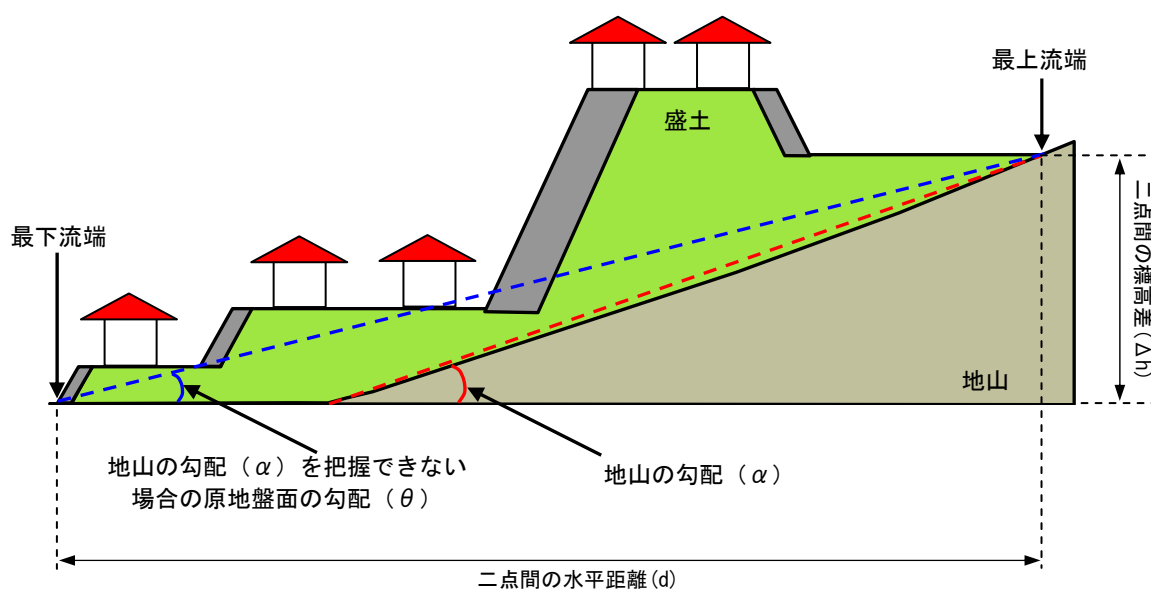
図Ⅲ.2.4 不定形な盛土の面積の計測イメージ

2 原地盤面の勾配 (θ)

原地盤面の勾配 (原地盤面の水平面に対する角度 θ) 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等で実施する現地踏査や土質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。

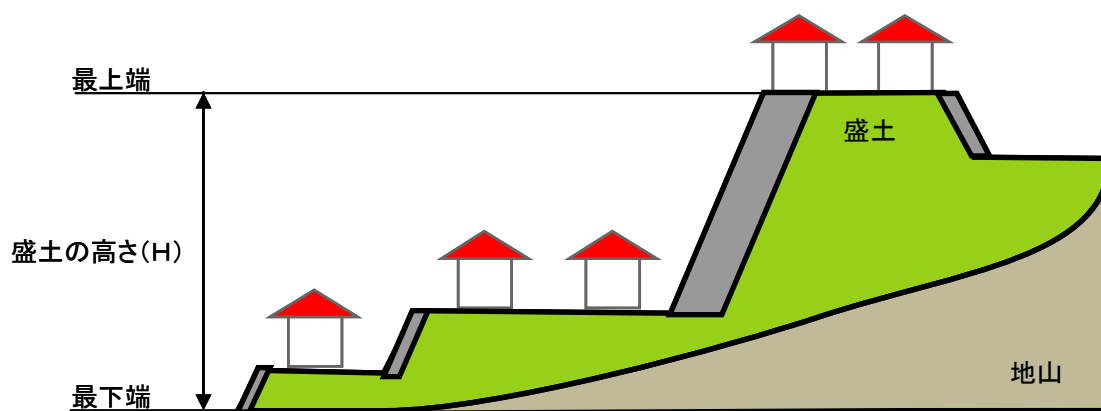
$$\theta = \tan^{-1} (\text{二地点間の標高差} (\Delta h) / \text{二地点間の水平距離} (d))$$



図Ⅲ. 2. 5 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. 6 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及び規模（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、地形図等の精度による抽出漏れを防ぐことが重要であり、その対応として、例えば、腹付け型大規模盛土造成地を抽出する際、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い場合に、その精度を検討し、腹付け型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）より小さな原地盤面の勾配や高さの盛土造成地も含めて抽出することなどが考えられる。

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又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、土質調査等）結果をふまえて判断する。

大規模盛土造成地の一覧イメージを表Ⅲ.2.4に示す。

表Ⅲ.2.4 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	腹付け型	大規模盛土造成地の種類
			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	
1	〇〇市△△1丁目	3000	14	—	20	○	×	谷埋め型
2	〇〇市△△2丁目	1800	15	—	3	×	×	—
3	〇〇市□□6丁目	2900	20	—	5	×	○	腹付け型
4	〇〇市▲▲1丁目	4000	2	—	4	○	×	谷埋め型
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
28	〇〇市□□6丁目	2200	不明	15	4	×	△	腹付け型
29	〇〇市●●1丁目	2500	不明	5	3	×	×	—
30	〇〇市■ ■1丁目	3000	25	—	15	○	○	谷埋め型 腹付け型 <small>注)現地調査を踏まえて判断する</small>

【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。

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当たっては、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現地調査が必要になるので、現地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（いわゆる宅地ハザードマップ）を用いた説明会の開催等により住民等の理解及び協力を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、現地調査の前とするが、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.2.4の○）及びその可能性がある盛土造成地（表Ⅲ.2.4の△）、「Ⅶ. 3 防災区域の指定等（令第十九条第一項第二号、又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.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」については地域の实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」に示している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实情に応じ、大規模盛土造成地マップ作成に必要となる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当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、地域の实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及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及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及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、住民等の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」に示している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」で示している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

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、例えば東海・東南海・南海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、法第二十条第一項の災害が生じないよう、擁壁等の設置など必要な措置を講ずる際に助成制度があることを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、住民等の理解及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ることができる状態におく。
- 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もと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。

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の作成は、滑動崩落の危険度ならびに想定被害規模から優先度を判定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ことを目的として行うものとする。

【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ため、第二次スクリーニングを計画的に行う必要がある。

第二次スクリーニング計画は、第一次スクリーニングにおける大規模盛土造成地の抽出結果（表V.1にイメージを再掲載）に基づき、以下の手順で作成する。

- 1) 基礎資料整理
- 2) 滑動崩落の危険度評価と被害規模の想定
- 3) 現地踏査及び滑動崩落の危険度と想定被害規模の再評価（必要に応じて）
- 4) 優先度の判定

表V.1 第一次スクリーニングにおける大規模盛土造成地一覧イメージ（表Ⅲ.2.4を再掲載）

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			大規模盛土造成地の種類
	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	
α			θ					
1	〇〇市△△1丁目	3000	14	—	20	○	×	谷埋め型
2	〇〇市△△2丁目	1800	15	—	3	×	×	—
3	〇〇市□□6丁目	2900	20	—	5	×	○	腹付け型
4	〇〇市▲▲1丁目	4000	2	—	4	○	×	谷埋め型
・	・	・	・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・	・	・	・
28	〇〇市□□6丁目	2200	不明	15	4	×	△	腹付け型
29	〇〇市●●1丁目	2500	不明	5	3	×	×	—
30	〇〇市■ ■1丁目	3000	25	—	15	○	○	谷埋め型 腹付け型 <small>注)現地調査を踏まえて判断する</small>

【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。

1) 基礎資料整理

Ⅲ.2.1で収集した資料に基づき、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及び保全対象などを整理する。

造成年代は、古い時代に低い技術レベルで盛土造成された宅地ほど滑動崩落が発生しやすい傾向にあるため確認する。滑動崩落が生じた場合の保全対象の調査は、後述「Ⅶ.1 保全対象の調査」で現地踏査結果もふまえ詳細に実施するが、ここではⅢ.2.1で収集した資料に基づき保全対象を確認する。その他、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が入手できた場合は、盛土の安定に影響する地下水位などを確認する。

また、地形図等から、地震時の被害形態を想定する。地震時の被害形態は、表Ⅴ.2に示すように、変形を経て崩壊に至る形態（以下「崩壊」という）と、変形に留まる形態（以下「変形」という）に分類され、「崩壊」は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、盛土と地山の境界などを不連続面とする地すべり的な変形、擁壁と背面土の変形などが発生する被害形態であり、例えば、原地盤面の勾配が緩く、細長い谷を埋めた薄い盛土の場合などに想定される。

表Ⅴ.2 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		盛土内の間隙水圧上昇による流動的なすべり崩壊など
	崩壊		擁壁の不安定化による擁壁倒壊・背面土の崩壊など
	変形		盛土と地山※の境界などを不連続面とする地すべり的な変形(盛土表層の変形、切盛境界の不同沈下を含む)など
	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 V. 3 に基礎資料整理結果イメージを示す。

表 V. 3 基礎資料整理結果イメージ

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			
	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			基礎資料整理			
	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	大規模盛土造成地の種類	造成年代	保全対象	既存調査結果 (土質・地下水等)	想定被害形態
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						
1	〇〇市 △△1丁目	3000	14	—	20	○	×	谷埋め型	H11年	住宅多数	—	崩壊
2	〇〇市 △△2丁目	1800	15	—	3	×	×	—	—	—	—	—
3	〇〇市 □□6丁目	2900	20	—	5	×	○	腹付け型	H5年	住宅多数	地下水位 GL-3.0m	崩壊
4	〇〇市 ▲▲1丁目	4000	2	—	4	○	×	谷埋め型	H3	住宅10戸	—	変形
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
28	〇〇市 □□6丁目	2200	不明	15	4	×	△	腹付け型	H2年	住宅10戸	盛土材 砂質土	崩壊
29	〇〇市 ●●1丁目	2500	不明	5	3	×	×	—	—	—	—	—
30	〇〇市 ■■1丁目	3000	25	—	15	○	○	谷埋め型 腹付け型 注)現地調査を踏まえて判断する	S36年	住宅多数 鉄道あり	—	崩壊

2) 滑動崩落の危険度評価と被害規模の想定

滑動崩落の危険度は、大規模盛土造成地の規模（面積、原地盤面の勾配、高さ）や造成年代などを勘案して評価する。規模などの観点からは、例えば、谷埋め型大規模盛土造成地では原地盤面の勾配が小さく盛土高さが低い箇所、また谷埋め型・腹付け型のタイプを問わず地下水位が高い箇所で滑動崩落が発生した事例が多いことをふまえ、そのような箇所は滑動崩落の危険度が高いと評価する。造成年代の観点からは、例えば、宮城県沖地震や兵庫県南部地震において、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と比べ、被害率（被害家屋数÷全家屋数）が高い傾向にあったという報告をふまえ、宅地の災害防止に係る各種規制（表V.4に示す法律や各地方公共団体で定めた条例など）の制定・改正時期と、造成された時期の関係から滑動崩落の危険度を評価する。なお、[参考5.2](#)に示すような手法やその他の安定解析等により、変動確率や安全率等を計算し、その結果と前述の規模や造成年代などの観点からの評価を総合的に勘案し、滑動崩落の危険度を判断することもできる。

被害規模は、保全対象の住宅数、大規模盛土造成地上及び周辺の住宅、道路、河川、鉄道、学校などの地域防災計画に記載されている避難地又は避難路といった公共施設等（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で判断してよい）の有無、想定される滑動崩落の被害形態などを総合的に勘案して判定する。例えば、保全対象の住宅数が同程度であっても、想定滑動崩落部の盛土高さが高く人命災害につながる危険性がある場合や、流出した土砂が道路・鉄道等の重要施設におよぶ危険性がある場合は、より被害規模が大きいと判定する。また、切盛境界付近に住宅が多数ある場合は、被害規模が大きいと判定する。

表V.4 宅地の災害防止に係る規制の例

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が大きい市街地又は市街地になろ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。

表 V. 5に滑動崩落の危険度の評価と被害規模の想定結果イメージを示す。

表 V. 5 滑動崩落の危険度評価と被害規模の想定結果イメージ

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							
	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			基礎資料整理				危険度評価と被害規模			
	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	大規模盛土造成地の種類	造成年代	保全対象	既存調査結果 (土質・地下水等)	想定被害形態	滑動崩落の危険度		想定被害規模
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	点数方式による変動確率(%)								
1	〇〇市 △△1丁目	3000	14	—	20	○	×	谷埋め型	H11年	住宅多数	—	崩壊	40	中	中
2	〇〇市 △△2丁目	1800	15	—	3	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—
3	〇〇市 □□6丁目	2900	20	—	5	×	○	腹付け型	H5年	住宅多数	地下水位 GL-3.0m	崩壊	25	小	中
4	〇〇市 ▲▲1丁目	4000	2	—	4	○	×	谷埋め型	H3	住宅10戸	—	変形	20	小	小
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
28	〇〇市 □□6丁目	2200	不明	15	4	×	△	腹付け型	H2年	住宅10戸	盛土材 砂質土	崩壊	50	中	中
29	〇〇市 ●●1丁目	2500	不明	5	3	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—
30	〇〇市 ■■1丁目	3000	25	—	15	○	○	谷埋め型 腹付け型 注)現地調査を踏 まえて判断する	S36年	住宅多数 鉄道あり	—	崩壊	谷埋め型50 腹付け型90	大	大

3) 現地踏査及び滑動崩落の危険度と想定被害規模の再評価（必要に応じて）

第二次スクリーニング計画作成にあたっては、**参考5.1**に示すように机上では把握できない事項もあるため、第二次スクリーニングの現地調査に先立ち現地踏査を実施し、大規模盛土模造地の位置、規模、区分（**参考6.1**参照）、擁壁や宅地等の変状の有無などを現地で確認しておくことが望ましい。また、現地踏査とあわせて、スウェーデン式サウンディング（**参考6.2**（1）⑥参照）などの簡易試験を実施し、概略の土質、地下水の有無などを確認してもよい。

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又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））**」（本ガイドラインの解説P.101）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」とは言えない軽微な場合は、特に留意して、その後の調査を進める必要がある。

なお、現地踏査では前述した「災害のおそれが切迫している」かどうかの判断に加えて、盛土材料、擁壁形式、擁壁・排水工・のり面・宅地・路面の変状の有無、湧水や暗渠工からの排水の有無など（**表V.6**参照）を把握するとともに、その結果から滑動崩落の危険要因の有無を推定し、「1) 基礎資料整理」で想定した滑動崩落の被害形態を見直すことも重要である。

現地踏査における着目点の例を**表V.6**、滑動崩落の被害形態とその危険要因を**表V.7**と**表V.8**に示す。

表 V.6 滑動崩落の危険要因と現地踏査における着目点の例

滑動崩落の被害形態		危険要因※	現地踏査における着目点の例
崩壊	すべり崩壊	①地下水 地下水位が高い	<ul style="list-style-type: none"> ・ 沢部などの集水地形に位置する盛土 ・ 盛土のり面からの湧水もしくはその痕跡 ・ 盛土のり尻に調整池やため池があり、その満水時水位がのり尻より高い ・ 擁壁水抜き穴からの出水の高さ ・ 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 ・ 盛土上のガレージ内が恒常的にジメジメしている ・ 排水工や擁壁が恒常的に湿っているもしくは黒ずんでいる ・ 水を好む植生の有無 ・ 住民等が把握している湧水箇所
		②盛土 盛土が流動化しやすい	<ul style="list-style-type: none"> ・ 盛土材料が粒径の揃った砂（切土面の路頭部などから確認） ・ 盛土の締固め不足（盛土のり面のガリ浸食跡など）
		③地山 盛土の下に不安定な土層が堆積	<ul style="list-style-type: none"> ・ 盛土周辺に軟弱な崖錐、崩積土が堆積 ・ 盛土周辺に軟弱な粘性土が堆積 ・ 盛土周辺に緩い飽和砂質土が堆積
		④のり面 盛土のり面の表面付近が不安定	<ul style="list-style-type: none"> ・ 盛土のり面の高さが高く、急勾配 ・ 盛土表面の不陸又は凹凸 ・ 盛土表面付近の締まり具合が緩い ・ 適切なのり面保護工が設置されていない ・ 盛土のり面に亀裂などの変状 ・ 排水工の変状や不備などによるのり尻の侵食
	擁壁倒壊	⑤擁壁 擁壁が不安定	<ul style="list-style-type: none"> ・ 擁壁とその基礎に亀裂、ズレ、傾斜、沈下、はらみなどの変状 ・ 擁壁の構造上の不備（2段擁壁、増積み擁壁、空石積み擁壁など） ・ 擁壁の補修履歴
変形	すべりによる変形	上記①～③	<ul style="list-style-type: none"> ・ 危険要因①～③の例同様
		原地盤面の勾配が緩く、細長い谷を埋めた薄い盛土	<ul style="list-style-type: none"> ・ 勾配が緩い細長い谷を埋め立てた盛土
		上記①～④	<ul style="list-style-type: none"> ・ 危険要因①～④の例同様
	擁壁変形	谷の末端が閉塞している盛土	<ul style="list-style-type: none"> ・ 谷幅が狭くなる箇所のにり尻が位置する盛土
		潜在的に不安定な擁壁、背面土の締固め不足	<ul style="list-style-type: none"> ・ 基礎が盛土上にある擁壁（ひな壇造成された盛土上の擁壁など） ・ 古い錬り石積み擁壁 ・ 擁壁背面の水溜り、擁壁水抜き穴からの背面土流出
	現状では安定している	<ul style="list-style-type: none"> ・ 擁壁に亀裂、ズレ、傾斜、沈下などの変状なし 	
すべり崩壊・すべりによる変形共通		<ul style="list-style-type: none"> ・ 災害の痕跡 ・ 根曲がりの有無 ・ 道路の変状（亀裂、陥没・隆起、側溝・グレーチングのズレなど） 	
その他		<ul style="list-style-type: none"> ・ 造成前の状況（古参の住民等へのヒアリングなどによる） 	

※ 滑動崩落の被害形態が「変形」の場合は、上段が「危険要因」、下段が「被害形態が変形と想定される要因」

表 V.7 滑動崩落の被害形態とその危険要因（崩壊）

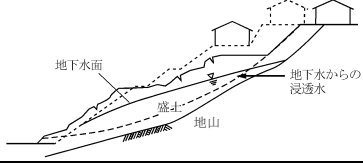
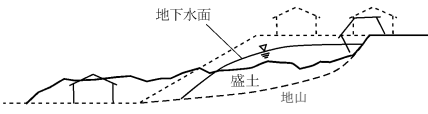
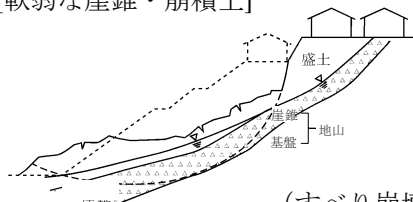
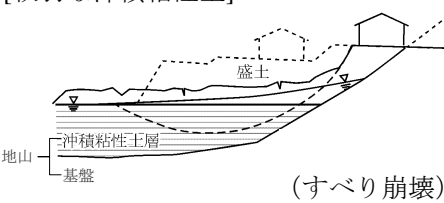
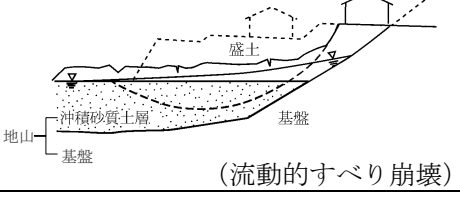
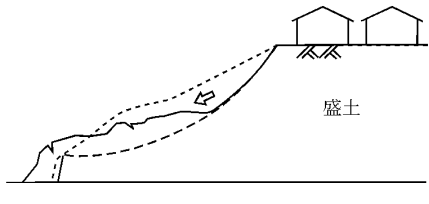
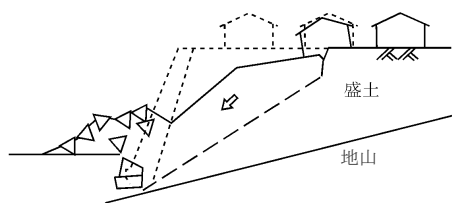
滑動崩落（崩壊）の被害形態		危険要因	模式図	盛土の種類
崩壊	盛土内の間隙水圧の上昇による流動的すべり崩壊	地下水位が高く、盛土が流動化しやすい	 <p>地下水面 盛土 地山 地下水からの浸透水</p>	腹付け型
			 <p>地下水面 盛土 地山</p>	谷埋め型
	不安定な地山を通るすべり崩壊もしくは流動的すべり崩壊	盛土の下に不安定な土層が堆積	<p>[軟弱な崖錐・崩積土]</p>  <p>盛土 崖錐 地山 基盤</p> <p>(すべり崩壊)</p>	谷埋め型 腹付け型
			<p>[軟弱な沖積粘性土]</p>  <p>盛土 沖積粘性土層 地山 基盤</p> <p>(すべり崩壊)</p>	谷埋め型 腹付け型
			<p>[緩い飽和沖積砂質土]</p>  <p>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 V. 8 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	被害形態が変形と想定される要因	模式図	盛土の種類
変形	すべりによる変形	<ul style="list-style-type: none"> 盛土と地山の境界などを不連続面とする地すべりの変形（盛土表層の変形、切盛境界の不同沈下を含む） 	<ul style="list-style-type: none"> 地下水位が高く、盛土が流動化しやすい 盛土の下に不安定な土層が堆積 盛土の締固め不足 	<p>地山の勾配が緩く、細長い谷を埋めた薄い盛土</p> <p><谷筋縦断></p> <p><谷筋横断></p>	谷埋め型
	すべりによる変形	<ul style="list-style-type: none"> 地形的要因により崩壊までには至らない変形（盛土表層の変形、切盛境界の不同沈下を含む） 	<ul style="list-style-type: none"> 地下水位が高く、盛土が流動化しやすい 盛土の下に不安定な土層が堆積 盛土ののり面の表面付近が不安定 盛土の締固め不足 	<p>谷の末端を閉塞している盛土</p> <p><谷筋縦断></p> <p><谷筋横断></p>	谷埋め型 腹付け型
	擁壁変形	<ul style="list-style-type: none"> 擁壁と背面土の変形 	<ul style="list-style-type: none"> 潜在的に不安定な擁壁 背面土の締固め不足（特に、擁壁高が高い擁壁の背面土） 	<p>現状では背面土を含めて安定している擁壁</p> <p>盛土</p>	谷埋め型 腹付け型

これらの現地踏査結果と想定される被害形態から、滑動崩落の危険度及び想定被害規模の再評価を行う。

滑動崩落の危険度は、例えば、形状や造成年代、変動確率などから、机上では危険度が小さいと評価されていても、湧水等が認められ地下水が豊富な場合、擁壁や宅地等に変状がある場合などは、危険度が大きいと判定する。

想定被害規模は、現地踏査によって崩壊や変形が広範囲に生じ、かつ多数の民家や重要構造物に被害がおよぶと予測される場合ほど、被害規模が大きいと判定する。

表 V. 9 に現地踏査及び滑動崩落の危険度と想定被害規模の再評価結果イメージを示す。

表 V. 9 現地礎踏査及び滑動崩落の危険度と想定被害規模の再評価結果イメージ

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(現地踏査を先行して実施)																			
	盛土造成地の規模		大規模盛土造成地の抽出		基礎資料整理		危険度評価と被害規模		現地踏査				現地踏査結果を踏まえた見直し																	
	面積(m ²)	原地面の勾配(度)	高さ(m)	谷埋め型	腹付け型	大規模盛土造成地の種類の種類	造成年代	保全部数	既存調査結果(土質・地下水等)	想定被害形態	滑動崩落の危険度	想定被害規模	盛土材料	擁壁形式	擁壁	排水工	宅地面	湧水	特記事項	想定被害形態	滑動崩落の危険度	想定被害規模								
1	〇〇市 △△1丁目	3000	14	—	20	○	×	×	谷埋め型	H11年	住宅多数	—	崩壊	40	中	中	粘性土	逆T	無	無	無	湧水	変形	小	小	■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。 ・想定被害規模：中→小、危険度：中→小	変形	小		
2	〇〇市 △△2丁目	1800	15	—	3	×	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	大規模盛土造成地に該当しない。	—	—		
3	〇〇市 □□6丁目	2900	20	—	5	×	○	○	腹付け型	H5年	住宅多数	地下水位 GL-3.0m	崩壊	25	小	中	砂質土	むたれ 亀裂 傾斜	無	無	無	有	崩壊	大	中	擁壁に歪みあり。湧水も認められることから、地下水も豊富と判断。 ・危険度：小→大	崩壊	大		
4	〇〇市 ▲▲1丁目	4000	2	—	4	○	×	×	谷埋め型	H3	住宅10戸	—	変形	20	小	小	砂質土	逆T	無	無	無	無	変形	小	小	現地踏査の結果、滑動崩落のおそれ小さいことを確認。 (土質・地下水調査、安定計算省略)	変形	小		
28	〇〇市 □□6丁目	2200	不明	15	4	×	△	△	腹付け型	H2年	住宅10戸	盛土材 砂質土	崩壊	50	中	中	砂質土	逆T	沈下 傾斜 亀裂	有	有	有	有	有	有	有	擁壁の沈下等顕著な変化があるため、災害発生のおそれが切迫していることと判断。 ・危険度：中→最大	崩壊	最大	中
29	〇〇市 ●●1丁目	2500	不明	5	3	×	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	大規模盛土造成地に該当しない。	—	—		
30	〇〇市 ■■1丁目	3000	25	—	15	○	○	○	谷埋め型 腹付け型 注)現地踏査を踏まえて判断する	S36年	住宅多数 鉄道あり	—	崩壊	谷埋め型50 腹付け型90	大	大	礫質土	石積	亀裂	無	無	無	無	崩壊	大	大	湧水・湧水痕は認められず、周辺のため池水位から、地下水位が盛土内に侵入していることが確認されたため、以降「腹付け型」とする。	崩壊	大	

4) 優先度の判定

第二次スクリーニング実施箇所の優先度は、大規模盛土造成地の滑動崩落の危険度、想定被害規模及び被害形態を勘案して判定する。滑動崩落の危険度が高く、かつ想定被害規模が大きいと判定された箇所ほど優先度は高いと判定する。また、滑動崩落の危険度が同程度であれば、想定被害規模がより大きい箇所ほど優先度は高いと判定する。さらに、滑動崩落の危険度、想定被害規模ともに同程度であれば、被害形態が崩壊に至ると想定される箇所の方が人命災害に繋がる可能性が高くなるため、変形にとどまる箇所より優先度は高いと判定する。

なお、現地踏査の結果から、変状などの危険要因が認められない、地形的に崩壊や変形が生じる可能性が低い、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小さいと判断される大規模盛土造成地は、以降の第二次スクリーニングを省略してもよい。

表 V. 10に第二次スクリーニング計画の立案（優先度の判定）イメージを示す。

表 V. 10 第二次スクリーニング計画の立案（優先度の判定）イメージ

第二次スクリーニング計画（現地踏査を先行して実施）																						
地点番号	第一次スクリーニング					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		基礎資料整理		危険度評価と被害規模		現地踏査												
所在地	面積 (m ²)	原地面の勾配(度)		腹付け型	大規模盛土造成地の種類の種類	造成年代	保安対象	既存調査結果 (土質、地下水等)	想定被害形態	滑动崩落の危険度 点数方式による変動確率 (%)	盛土材料	擁壁形式	変状			湧水	特記事項	想定被害形態	滑动崩落の危険度	想定被害規模		
		α	θ										面積 3000m ² 以上	原地面の勾配20度以上、かつ高さ5m以上	擁壁						排水工	擁壁のり面
28	〇〇市 □□6丁目	2200	不明	15	4	△	×	腹付け型	大規模盛土造成地の種類	H2年	住宅10戸	盛土材料 砂質土	逆T	沈下 傾斜 亀裂	側溝 亀裂	表層 頂部 亀裂	有	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。 ・危険度:中→最大	崩壊	最大	中	※
30	〇〇市 ■1丁目	3000	25	—	15	○	○	谷埋め型 腹付け型 注:現地踏査を踏まえて判断する	谷埋め型	S36年	住宅多数 鉄道あり	—	石積	亀裂	無	無	無	湧水・湧水痕は認められず、周辺のため池水位から、地下水位が盛土内に浸入していたことが確認されたため、以降「腹付け型」とする。	崩壊	大	大	1
3	〇〇市 □□6丁目	2900	20	—	5	×	×	腹付け型	谷埋め型	H5年	住宅多数	砂質土	もたれ 傾斜	亀裂	無	無	有	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。 ・危険度:小→大	崩壊	大	中	高
1	〇〇市 △△1丁目	3000	14	—	20	○	×	谷埋め型	谷埋め型	H11年	住宅多数	粘土	逆T	無	無	無	湧水痕	■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。 ・想定被害規模:中→小、 ・危険度:中→小	変形	小	小	低
4	〇〇市 ▲▲1丁目	4000	2	—	4	○	×	谷埋め型	谷埋め型	H3	住宅10戸	砂質土	逆T	無	無	無	無	現地踏査の結果、滑动崩落のおそれ小さいことを確認。 (土質、地下水調査、安定計算省略)	変形	小	小	低
2	〇〇市 △△2丁目	1800	15	—	3	×	×	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—	大規模盛土造成地に該当しない。	—	—	—	—
29	〇〇市 ●●1丁目	2500	不明	5	3	×	×	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—	大規模盛土造成地に該当しない。	—	—	—	—

※: 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又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 5.1 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

現地踏査を行うことで、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。

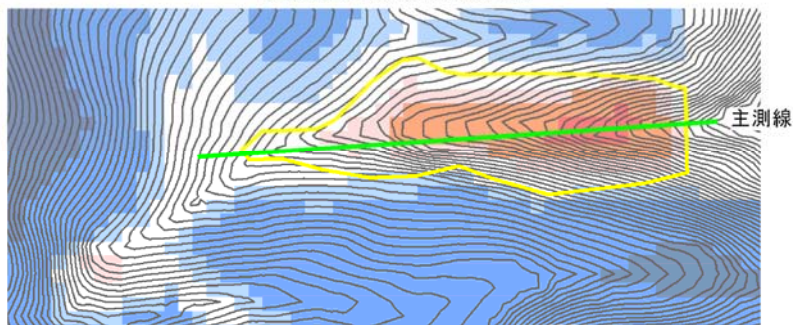
② 現地踏査結果

- ・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。

盛土形状(机上調査)			
幅: W	40 m	高さ: H	25.2 m
延長: L	155 m	勾配: i	9.4 °
面積: A	6,200 m ²	最大厚: HB	12.0 m

机上調査結果の盛土範囲の変動確率			
ガイドライン 点数方式	10 %	数量化Ⅱ類	13 %

大規模盛土造成地の抽出図



図参 5.1-① 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

図参5.1-② 現地踏査結果の例

参考 5.2 滑動崩落の危険度を評価する手法の例

ここでは滑動崩落の危険度を評価する手法を紹介する。

【全般的な留意事項】

I. 総説の解説 (P. 1) において、「谷埋め型大規模盛土造成地」「腹付け型大規模盛土造成地」を定義しているが、「谷埋め型大規模盛土造成地」であっても「腹付け型の滑動崩落」の起きやすさが「谷埋め型の滑動崩落」の起きやすさに優る場合などがある。したがって明らかに滑動崩落の型が判断できる場合を除いて、「谷埋め型の滑動崩落」「腹付け型の滑動崩落」の両方について検討を行う、又は、「谷埋め型の滑動崩落」「腹付け型の滑動崩落」の別を問わない手法により検討を行う必要がある。

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、現地踏査結果等もふまえて、滑動崩落の起きやすさ（変動確率等）を評価することが望ましい。

以下、(1)～(3)では滑動崩落の危険度を評価する手法及びシステムを紹介するが、その使用にあたっては下記に示す点に留意する必要がある。

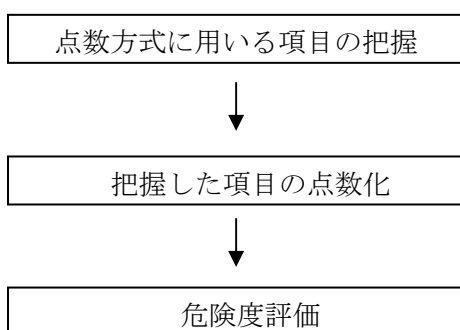
手法名		適用できる滑動崩落のタイプ		留意点
		谷埋め型	腹付け型	
(1) 点数方式	1) 谷埋め型滑動崩落の場合	○	×	<ul style="list-style-type: none"> 宮城県沖地震と兵庫県南部地震の災害事例に基づき考案された手法であるため、地域によっては実態に合わないことがある。 薄い盛土（特に厚さ 3m 以下）は誤差の範囲に含まれてしまう場合が多い。しかし、本手法では薄い盛土ほど危険度が高いと判定されるため、薄い盛土の実況を現地に確認することが望ましい。 下記(1)2)とはパラメータの捉え方や配点が異なる。
	2) 腹付け型滑動崩落の場合	×	○	<ul style="list-style-type: none"> 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。 上記(1)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		○	×	<ul style="list-style-type: none"> 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) 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) 点数方式	○	×	<ul style="list-style-type: none"> 上記(1)1)同様。
	2) 統計的側部抵抗モデル	○	○	<ul style="list-style-type: none"> 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、三次元解析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。
	3) 統計的三次元安定解析モデル	△	○	<ul style="list-style-type: none"> 上記(3)2)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) 谷埋め型滑動崩落の場合

谷埋め型滑動崩落の点数方式は、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危険度を評価する手法である。

以下にその具体を示す。



図参 5.2-① 点数方式の流れ

【留意事項】

本手法は、後述する釜井・守随（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、地下水の有無のみだけで評価する、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。

なお、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はP.55に示す手法により検討する必要がある。

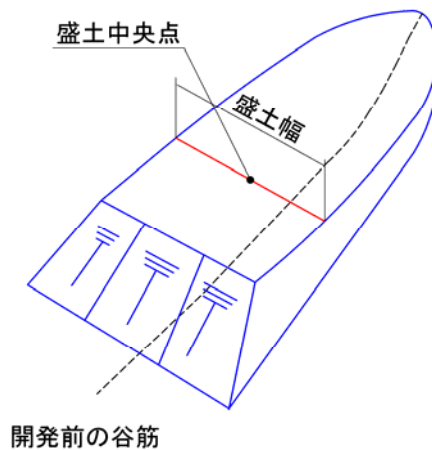
また、厚さの薄い盛土（特に厚さ3m以下）は使用する地形データによっては誤差の範囲に含まれてしまう場合が多い。しかし、本手法では厚さの薄い盛土ほど危険度が高いと判定される。このため、本手法を用いる場合は、使用する地形データの高さデータの精度を十分に理解した上で危険度評価を行う必要があり、状況によっては厚さの薄い盛土（特に厚さ3m以下）の実際の状況を現地にて確認することが望ましい。

①点数方式に用いる項目の把握

点数方式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

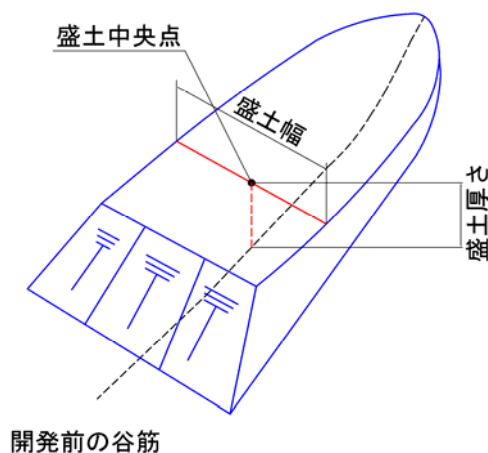
盛土造成地中央部における盛土幅は、旧地形などから予想される変動方向と直角の方向に測定することを原則とする。盛土の面積を算出する際に用いる「盛土の最大幅」と一致しない場合もあるので注意が必要である。なお、盛土中央点は、盛土造成地中央部における盛土幅の二等分点付近とする。



図参 5. 2-② 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。単位はメートルとする。



図参 5. 1-③ 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、原地盤の勾配及び地下水の有無を点数化し、これを表参 5.2-①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 (2003): 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.25-39.)。

谷埋め型滑動崩落による変動確率評価であって、腹付け型滑動崩落予測には適用されない。よって、表参 5.2-①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、後述する「腹付け型滑動崩落の点数方式」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 5.2-① 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 5.2-② 点数化の例

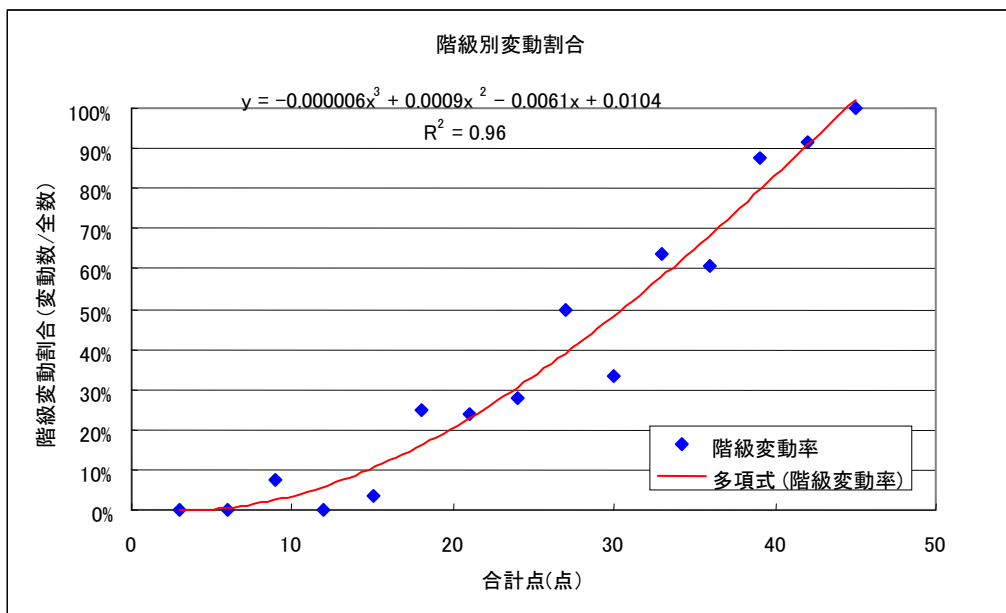
	厚さ(m)	幅(m)	幅/厚さ	傾斜角(度)	地下水有無	合計点
測定値	3	60	20	1.9	有	-
点数(点)	21	5	8	5	1	40

③変動確率評価

図参 5.2-④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 5.2-①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 5.2-④ 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、得られた回帰式の前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前測能力が高い。）

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

（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) 腹付け型滑動崩落の場合

腹付け型滑動崩落の点数方式は、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た腹付け型滑動崩落の危険度を評価する手法である。

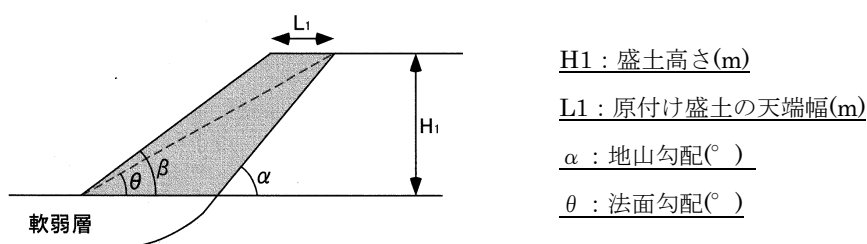
本手法の詳細は「橋本隆雄・三輪賢志：宅地耐震化促進事業に伴う腹付け型大規模盛土造成地の変動予測評価手法の提案，土木学会第 63 回年次学術講演会講演概要集，1-166，pp.331-332，2008.」に提示されており、以下にその概要を紹介する。

【留意事項】

本手法は、腹付け型の滑動崩落の変動予測であるので、谷埋め型の滑動崩落については P. 51 に示す手法により検討する必要がある。

①危険度評価配点に用いる項目

危険度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、前述した「谷埋め型滑動崩落の点数方式」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 5.2-⑤**に示すように法尻からの勾配 (β) ではなく、地山の先端からである。



図参 5.2-⑤ 危険度評価に必要なパラメータ

②危険度評価の配点

危険度評価については、前述①により把握したパラメータ毎に、表参 5.2-③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（H1）＝15m→8点、のり面勾配（ θ ）＝32°→10点、地山勾配（ α ）18°→4点、盛土の天端幅（L1）＝27m→11点、地下水＝（有）→1点で合計34点となる。

表参 5.2-③ 危険度評価配点表

項 目		危険度評価			
		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	θ	θ	θ	θ
	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 (H1)	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 (θ)	25°未満(1:2.1～)	4	4	4	4
	25°～30° (1:1.8～2.0)	7	7	7	7
	30°～35° (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°～30°	6	6	6	6
	30°～40°	8	8	8	8
	40°以上	10	10	10	10
腹付け盛土 の 天端幅(L1)	10m未満	6	6	6	6
	10m～20m	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(危険度評価)					

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:盛土材及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(図参5.2-⑥)。

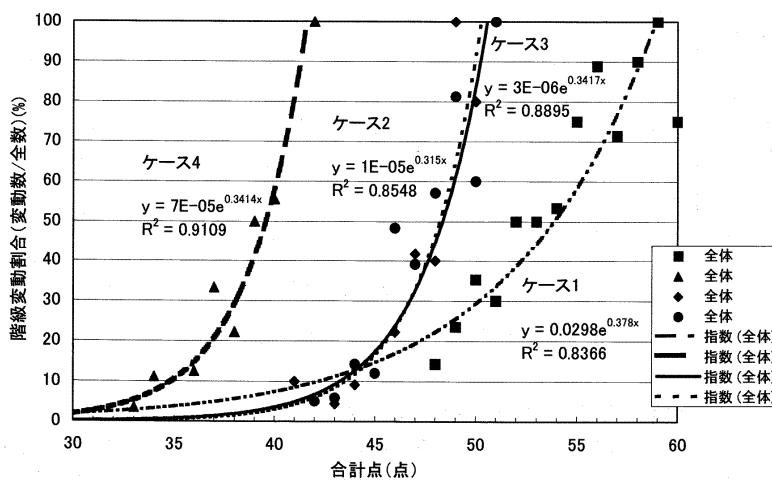
ケース1 : $y=0.0298 \cdot e^{0.1378x}$

ケース2 : $y=10^{-5} \cdot e^{0.315x}$

ケース3 : $y=3.4244 \cdot e^{0.1274x}$

ケース4 : $y=10^{-7} \cdot e^{0.3414x}$

ケース4のとき、34点の変動確率は、図参5.2-⑥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の項目も加えて危険度評価を行う。



図参5.2-⑥ 橋本・三輪による変動確率曲線(ケース1～4)

(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危険度を評価する手法である。

本手法の詳細は「釜井俊孝・守隨治雄：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】

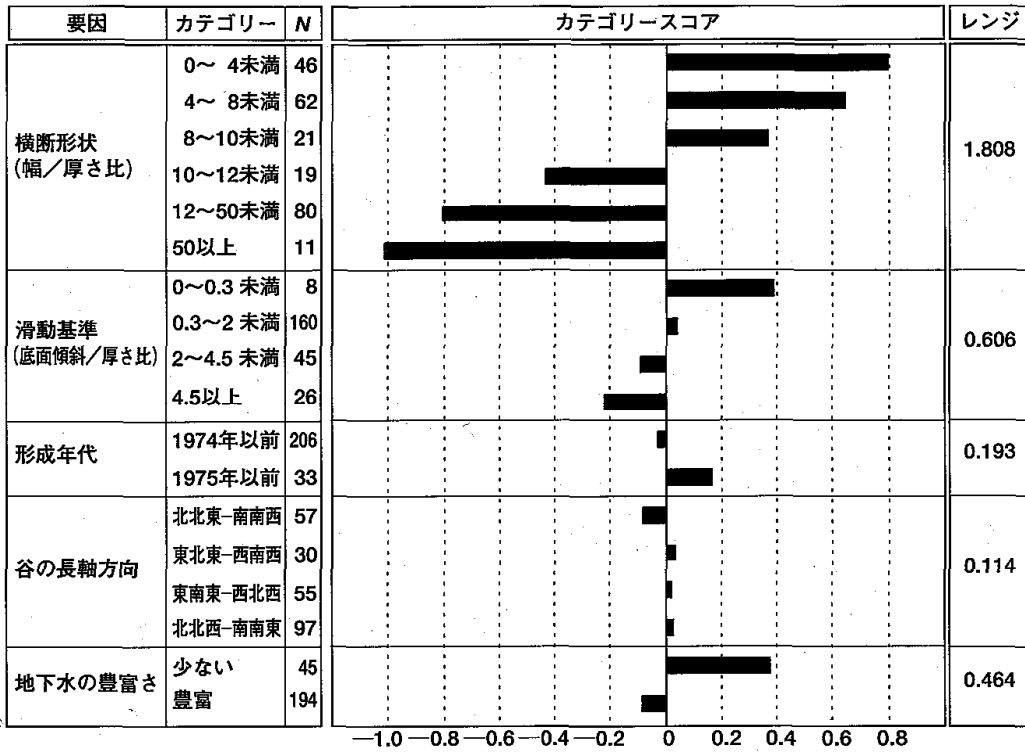
本手法は、谷埋め型の滑動崩落の変動予測であるので、腹付け型の滑動崩落についての検討もあわせて必要である。

①数量化Ⅱ類方式に用いる項目

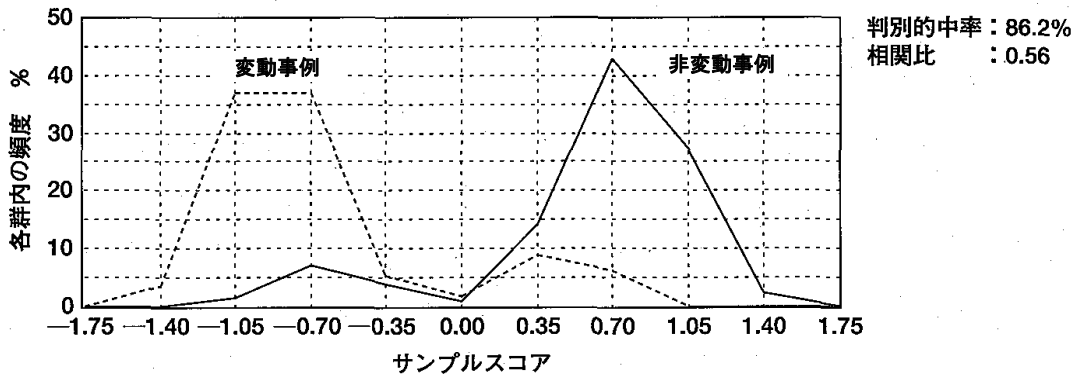
数量化Ⅱ類方式による変動確率の算出を行う際に必要な項目は、「盛土の横断形状（幅／厚さ比）」「滑動基準（底面傾斜／厚さ比）」「地下水の豊富さ」「形成年代」「盛土の長軸方向」の5種類の変動要因項目である。

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、**図参5.2-⑦**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的中率は約86%、相関比は約0.56であった（**図参5.2-⑦**）。この場合、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

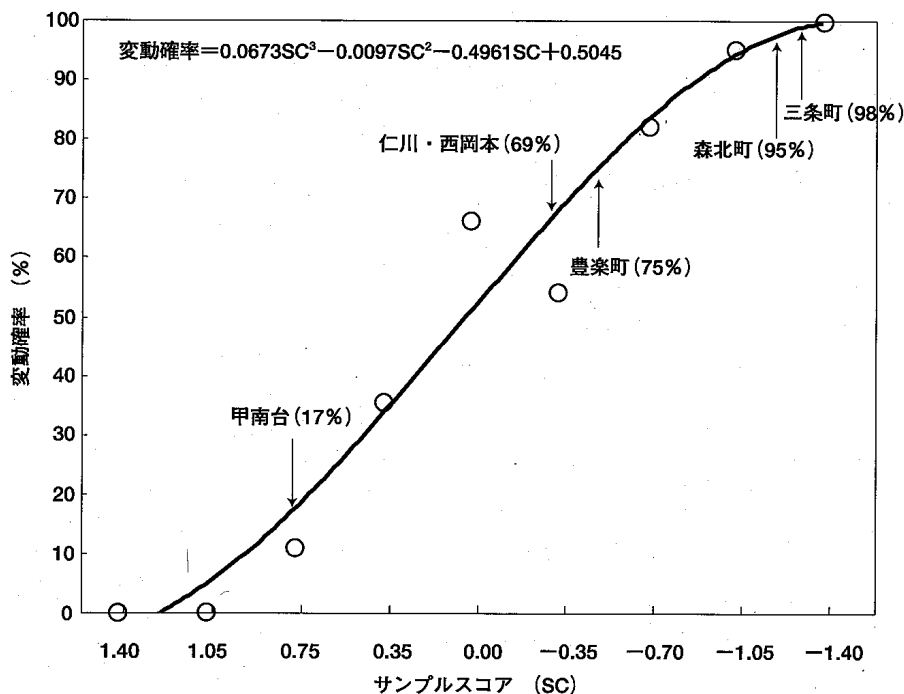


図参5.2-⑦ 数量化Ⅱ類方式における谷埋め型盛土造成地の変動要因の
カテゴリースコアとサンプルスコア

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 5.2-⑧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、現地踏査結果をふ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 5.2-⑧)。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。



図参5.2-⑧ 各地点のサンプルスコア (SC) と変動確率の関係

(3) 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）

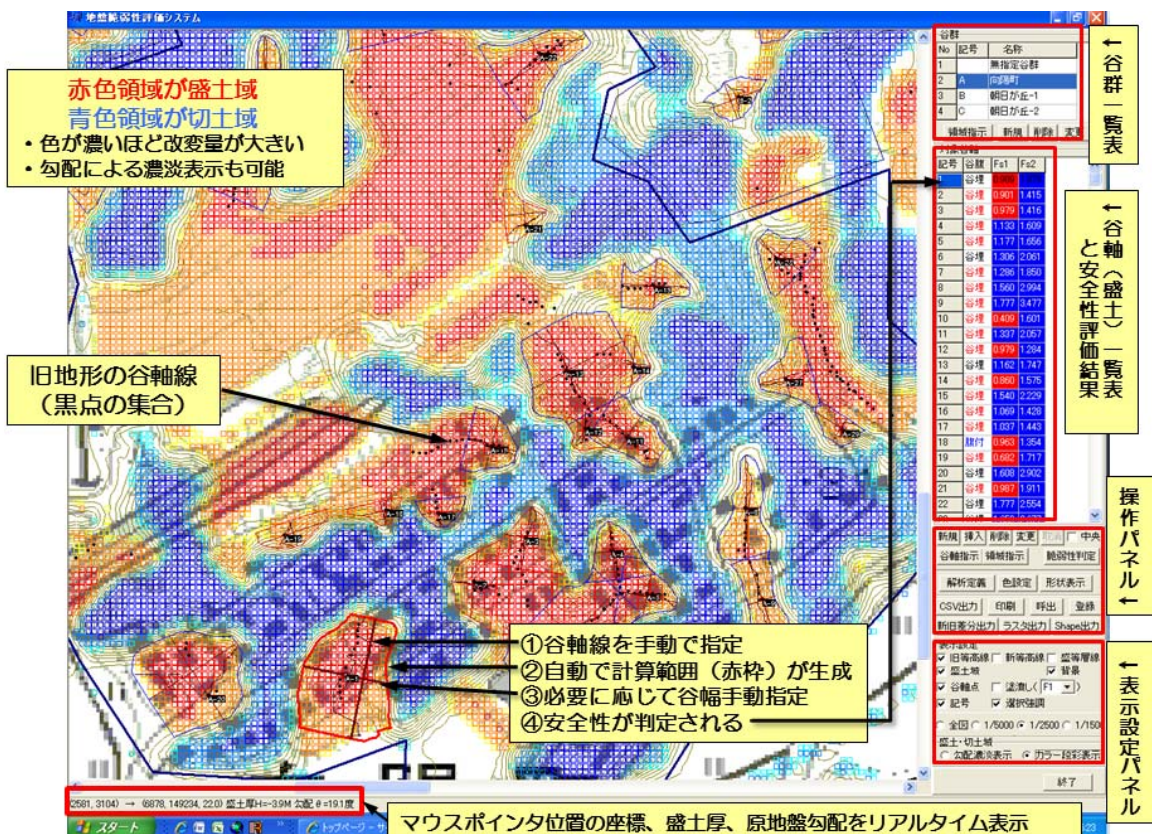
「盛土形状計測・相対的滑動崩落発生可能性評価支援システム」は国土地理院によって開発され（中埜ほか、2010；中埜ほか、2012）、前述「(1)1)点数方式(谷埋め型滑動崩落の場合)」による「点数方式」と、「側方抵抗モデル」及び「土研式Hovland法」の考え方に基づいて新たに考案された「統計的側部抵抗モデル」及び「統計的三次元安定解析モデル」により、盛土の安全性を評価するシステムである。

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、盛土範囲及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 5.2-⑨）

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)1)点数方式（谷埋め型の滑動崩落の場合）」と同様であり、新たに考案された「統計的側部抵抗モデル」及び「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 5.2-⑨ 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

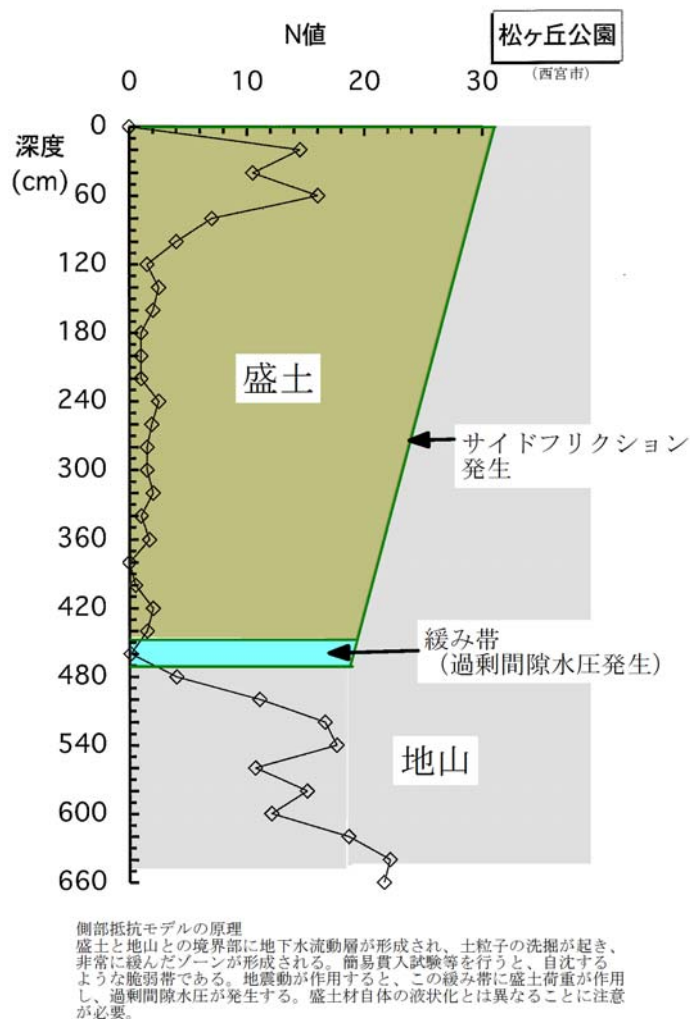
①側部抵抗モデルの考え方

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 5.2-⑩に、側部抵抗モデルの模式図を示す。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。



図参 5.2-⑩ 側部抵抗モデルの原理の模式図

②統計的側部抵抗モデルによる安全性評価

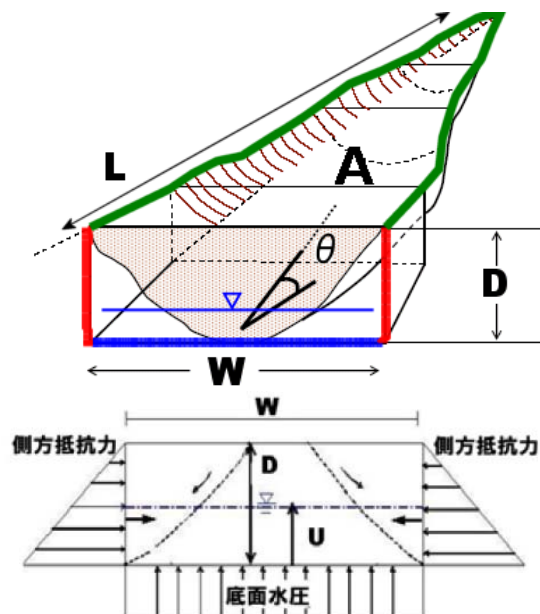
本モデルでは、谷側部の抵抗力が安定性に大きく関与していると解釈し、同時に底面には過剰間隙水圧が作用して著しい強度低下が起きていると考えて作成されたモデルである。その際、実際に発生した現象で検証する必要があることから、兵庫県南部地震時に得られた盛土形状及び滑動崩落に関するデータセット（以降、「阪神間データセット」という）にある項目のみで評価できるように単純化を図っている（太田・榎田（2006））。従来、この手法は「簡易力学モデル（太田・榎田モデル）」と呼ばれていたが、実例から統計的に逆解析する手法であるため、「側部抵抗モデルの原理を用いた盛土の地形情報による統計的回帰モデル」という呼称が適切であり、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 5.2-⑪のように単純化するのが特徴である。本来、土質調査を行い、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危険度を判断する。

基本となる計算式を次ページに示す。



図参 5.2-⑪ 統計的側部抵抗モデルにおける盛土の計上模式図

底面は、常時には粘着力及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、いわゆるローラス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：盛土高さ、A：盛土面積、 θ ：地山傾斜角、U：過剰間隙水圧高

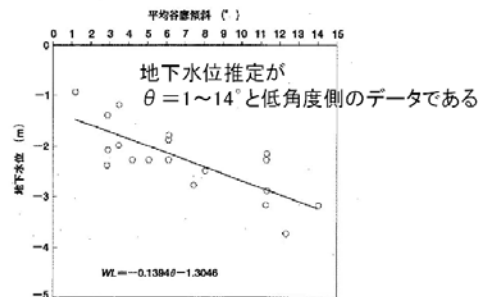
安全性評価指数の算定

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

$$\begin{aligned}
 T &= W_t \cdot \sin \theta + W_t \cdot k_h \cdot \cos \theta && \dots \text{滑動力 (kN)} \\
 W_t &= \gamma_t \cdot V_t && \text{重量 (kN)} \\
 \gamma_t &: && \text{土塊の単位体積重量 (kN/m}^3\text{)} = 18 \text{ kN/m}^3 \\
 V_t &: && \text{移動体の体積 (kN)} \\
 \{ (V_t = A \cdot D \cdot (2/3) \text{ または } V_t = W \cdot L \cdot D \cdot (2/3)) \} &&& \\
 A &: && \text{調査結果による平面図上の盛土の面積 (m}^2\text{)} \\
 D &: && \text{盛土の厚さ (m)} \\
 L &: && \text{盛土全体の水平長さ (または単位長さ) (m)} \\
 W &: && \text{盛土の幅 (m)} \\
 k_h &: && \text{水平震度 (最大0.25とする)} = 0.25 \\
 \theta &: && \text{地山傾斜角 (底面傾斜角)} \\
 R &= R_s + R_b - W_t \cdot k_h \cdot \sin \theta \cdot \tan \phi'_2 && \dots \text{抵抗力 (kN)} \\
 R_s &= c'_1 \cdot A_s + P \cdot \tan \phi'_1 && \dots \text{側方抵抗力 (kN)} \\
 c'_1, c'_2 &: && \text{側面および底面の粘着力 (kN/m}^2\text{)} \\
 \phi'_1, \phi'_2 &: && \text{側面および底面の内部摩擦角 (度)} \\
 A_s &= 2 \cdot D \cdot L && \text{側面積 (m}^2\text{)} \\
 P &= 2 \cdot 1/2 \cdot K \cdot \gamma_t \cdot D^2 \cdot L && \text{側方土圧 (kN)} \\
 K &: && \text{側方土圧係数} = 0.5 \\
 R_b &= c'_2 \cdot A_b + (W_t - U_b - U_s) \cdot \cos \theta \cdot \tan \phi'_2 && \dots \text{底面抵抗力 (kN)} \\
 A_b &= A_t / \cos \theta && \text{底面積 (m}^2\text{)} \\
 A_t &= V_t / D && \text{換算平面積 (m}^2\text{)} \\
 U_b &= \gamma_w \cdot u \cdot A_t && \text{底面水圧 (kN)} \\
 \gamma_w &: && \text{水の単位体積重量 (kN/m}^3\text{)} = 9.8 \text{ kN/m}^3 \\
 u &: && \text{水位高さ (m)} = D - WL \\
 WL &= 0.1394\theta + 1.3046 && \text{(斜面防災都市p141)} \\
 &&& \text{※地下水無しの評価の場合 } u=0.1\text{m とする} \\
 U_s &= \gamma_w \cdot A_t \cdot u_s && \text{過剰間隙水圧 (kN)} \\
 u_s &: && \text{過剰間隙水圧の水位高さ (m)} \\
 &&& \text{※ } W_t - U_b - U_s < 0 \text{ のとき, } W_t - U_b - U_s = 0 \text{ とする} \\
 &&& \text{→ } c'_2 = 0 \text{ kN/m}^2 \text{ なので底面抵抗力 } R_b = 0 \text{ (7/10/11/12) となる} \\
 &&& \text{※側面に作用する水圧は、実際の谷が矩形ではないので無視する}
 \end{aligned}$$

上記の赤文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必要がある。

この解析の中で、平常時地下水位は図参5.2-⑫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。



図参5.2-⑫ 地山傾斜角と地下水位の相関関係。

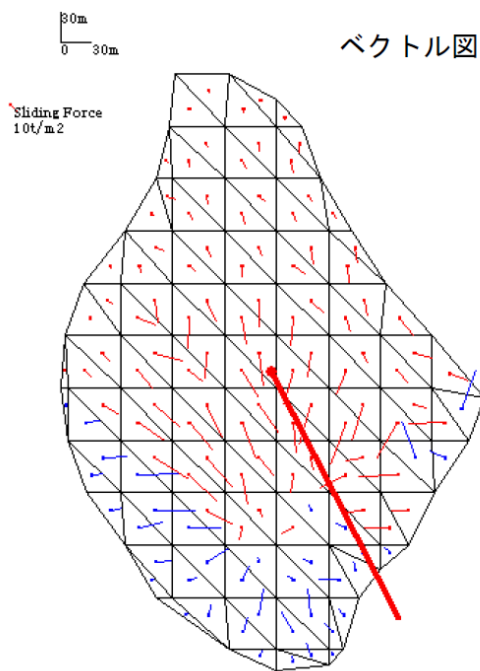
釜井・守隨（2002）より引用。0.5m前後の範囲内に分布している。

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 5.2-⑬参照)。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 $kh=0.25$ を作用させている。なお、この kh 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、相対的な危険度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 5.2-⑬ 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」及び「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危険度評価に用いるには、現地踏査等の結果もふまえた十分な検討が必要であり、あくまで相対的な危険度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・守隨治雄(2002):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, pp.200.
- 釜井俊孝・守隨治雄・笠原亮一・小林慶之(2003):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.25-39.
- 中村浩之・中島茂・吉松弘行(1985):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
- 中埜貴元・小荒井衛・星野実・吉武勝宏(2010):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)―地盤の脆弱性把握のための開発―,国土地理院平成21年度調査研究年報, pp.1-2.
- 中埜貴元・小荒井衛・星野実・釜井俊孝・太田英将(2012):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,印刷中.
- 太田英将・榎田充哉(2006):谷埋め盛土の地震時滑動崩落の安定計算法,第3回地盤工学会関東支部研究発表会講演集, pp.27-35.

VI. 第二次スクリーニング

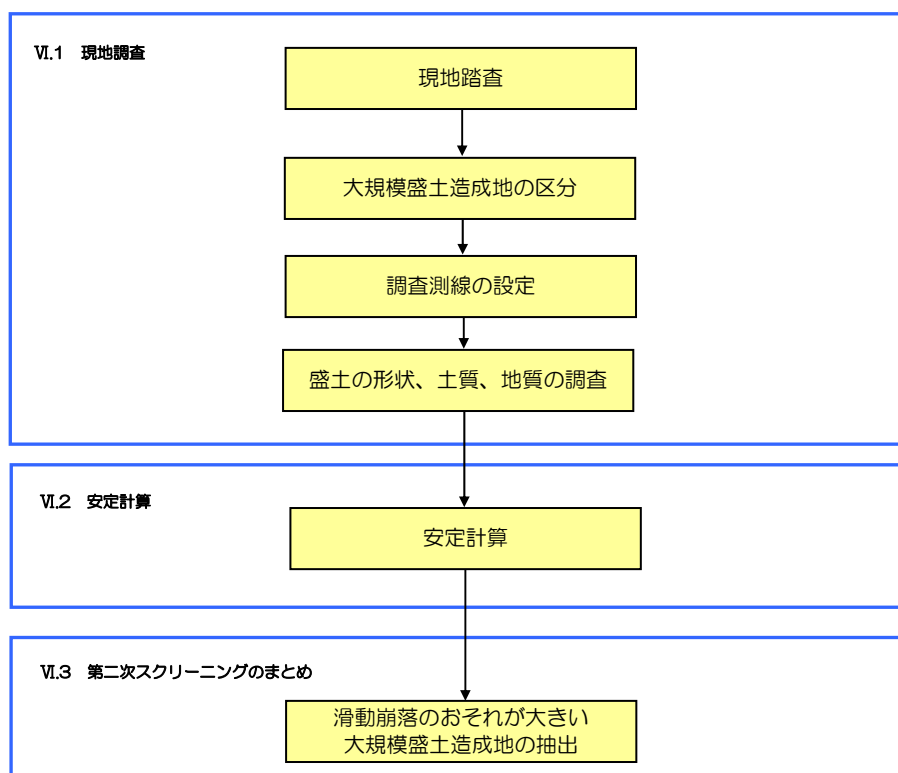
第二次スクリーニングは、現地調査及び安定計算により滑動崩落のおそれ大きい大規模盛土造成地を抽出することを目的として行うものとする。

【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、現地調査と安定計算を実施し、滑動崩落のおそれ大きい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、まず現地踏査を実施し、大規模盛土造成地の地形、湧水や変状などの危険要因の有無を詳細に確認し、第一次スクリーニングなどで資料から把握・想定した事項の見直しを行う。次に現地踏査結果をふまえ、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、滑動崩落のおそれ大きい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及び安定計算を行い、その結果をふまえて他ブロックの調査及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及び安定計算を行い、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及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及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 現地調査

現地調査は、まず、大規模盛土造成地の現地踏査を行い、現在の盛土の地形を確認する。そして、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、摩擦係数（内部摩擦角）、粘着力、地下水位などを把握する。

【解説】

第一次スクリーニングで抽出した大規模盛土造成地について現地踏査を行い、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、そして地下水位などを把握するため、現地調査を実施する。

なお、調査の結果、地下水が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。

現地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によって異なる。工法選定及び設計・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、現地踏査を含む現地調査は、危険要因の有無を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.7と表V.8参照。

① 現地踏査

現地踏査においては、主として現在の盛土の地形、湧水や変状などの危険要因の有無を詳細に確認する。あわせて、原地盤に残存している樹木や、盛土の周辺地形なども確認し、第一次スクリーニングで得られた原地盤の地形、第二次スクリーニング計画作成時に想定した滑動崩落の被害形態の見直しを行う。

なお、現地踏査の結果から、変状などの危険要因が認められない、地形的に崩壊や変形が生じる可能性が低い、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小さいと判断される大規模盛土造成地は、以降の第二次スクリーニングを省略してもよい。

※ 滑動崩落の被害形態とその危険要因、現地踏査における着目点の例は、「V. 第二次スクリーニング計画の作成」の表V.6と表V.7、表V.8参照。

※ 第二次スクリーニング計画作成時などに詳細な現地踏査を行っている場合、第二次スクリーニングでの現地踏査は省略することができる。

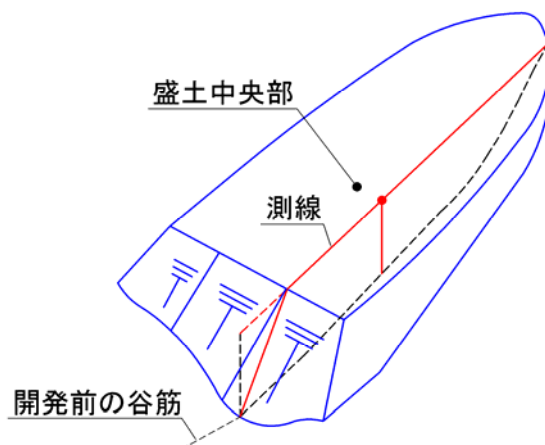
② 大規模盛土造成地の区分

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、現地踏査の結果もふまえ、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。

③ 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、②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及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

4 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通り行う。なお、建築物を建築した際の土質調査結果等がある場合は、それらを参考にするのもよい。

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をもとに計測するものとする。その際、第二次スクリーニングの現地調査により、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) 土質の調査

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り、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。調査する項目は、単位体積重量、内部摩擦角、粘着力等である。

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。

土質調査の方法例を[参考 6.2](#)、土質調査地点の位置と間隔の目安を[参考 6.3](#)に示す。

4) 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

②P 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）

③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。

④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）

⑤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）

⑥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）

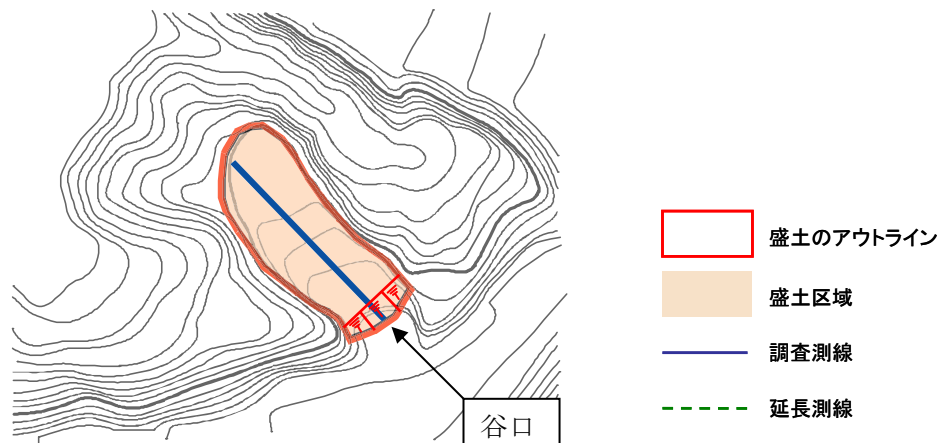
その他近隣住民等に降雨後の湧水状況などをヒアリングし、参考にするのもよい。地下水位の調査手法としては、調査ボーリングを実施し、その調査孔を用いて地下水位もしくは間隙水圧を測定するのが確実であるが、盛土前に谷底に底設暗渠を設けたような場合には、地下水圧の分布が静水圧の三角形分布とならず、盛土の途中の深さまでは三角形分布になっていても下部になると水圧が下がっていくことがある。また、同じ土地で数次に分けて盛土造成を行った場合には、盛土材料の透水性の違いから各盛土の境界付近に帯水層が形成されることもある。このような水圧分布の場合に、盛土下部まで連続してボーリング掘削を行って地下水位を観測すると、ボーリ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」と判定してしまい、盛土の中間部までは飽和していて液状化が生じる危険性があることを見落とす可能性がある。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、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。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。

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の基本は、1995年兵庫県南部地震や2004年新潟県中越地震の事例などから判断し、地形的な変換点がない限り、谷口から直線的なブロックとすることを基本とする。

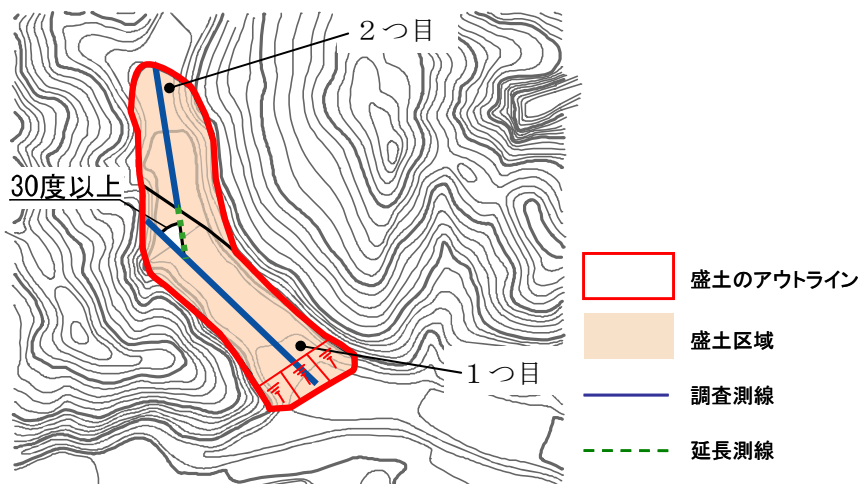
図参 6.1-①のような直線的な大規模盛土造成地以外の事例の評価の区分を以下に示していく。この際、現地調査の結果等を加味し、地すべりに関する技術者の意見をふまえ、大規模盛土造成地の区分を行うのが望ましい。また地形等から複数のブロックに区分する場合は下流から順に、支流がある場合や複数の谷に跨る場合は原地盤面の勾配が大きいものから順に区分する。



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

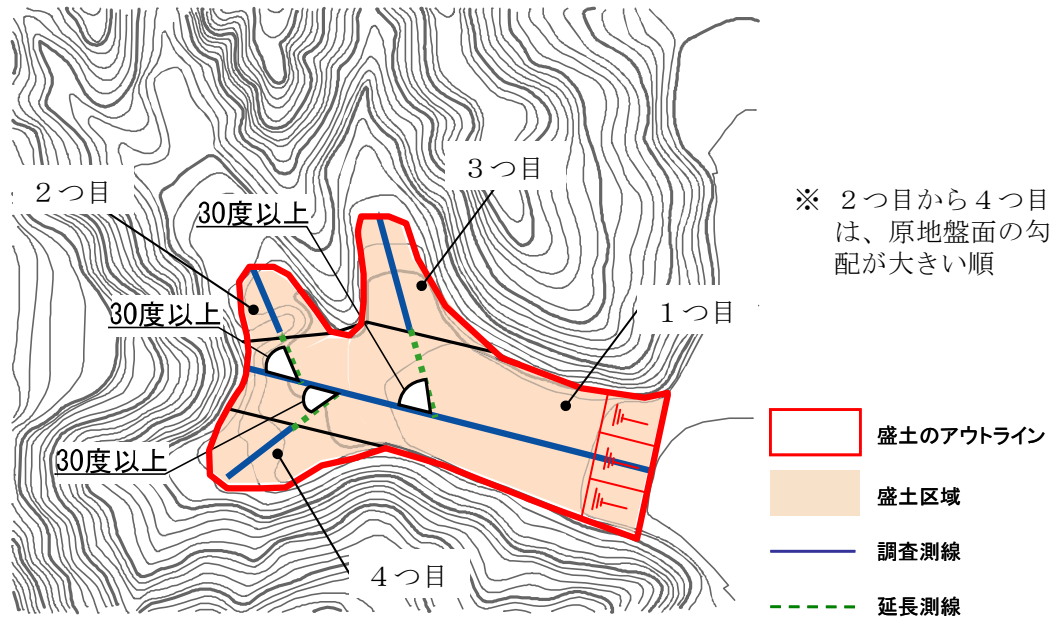
兵庫県南部地震などの過去の災害事例によると、大規模盛土造成地がおおよそ30度以上屈曲している場合を目安に区分すべきである。この際、下流側のブロックの直線性を優先し分割する。



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

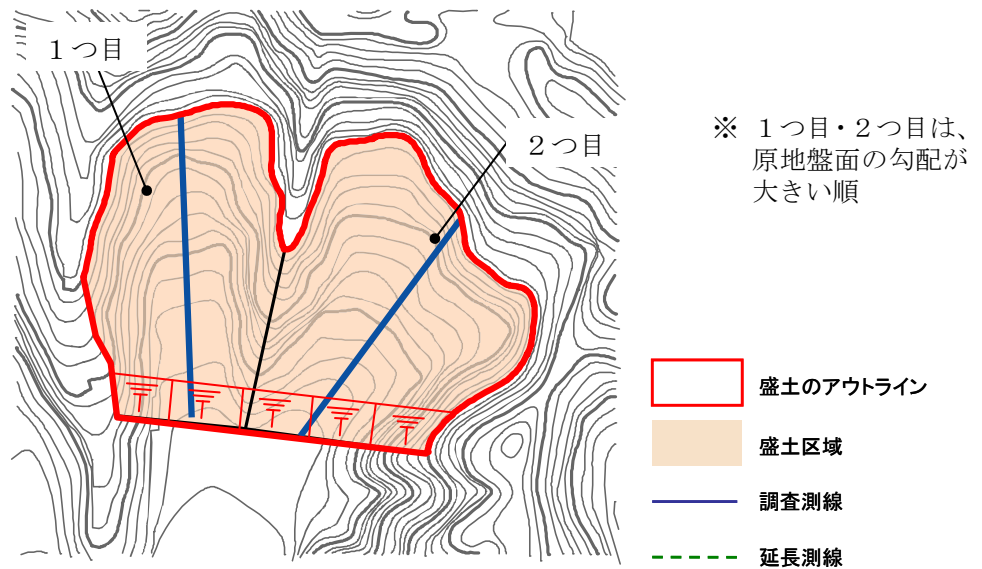
谷が分岐する場合、分岐地点で大規模盛土造成地を区分する。その際、下流側の大規模盛土造成地の直線性を優先的に考慮し、区分を行う。



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

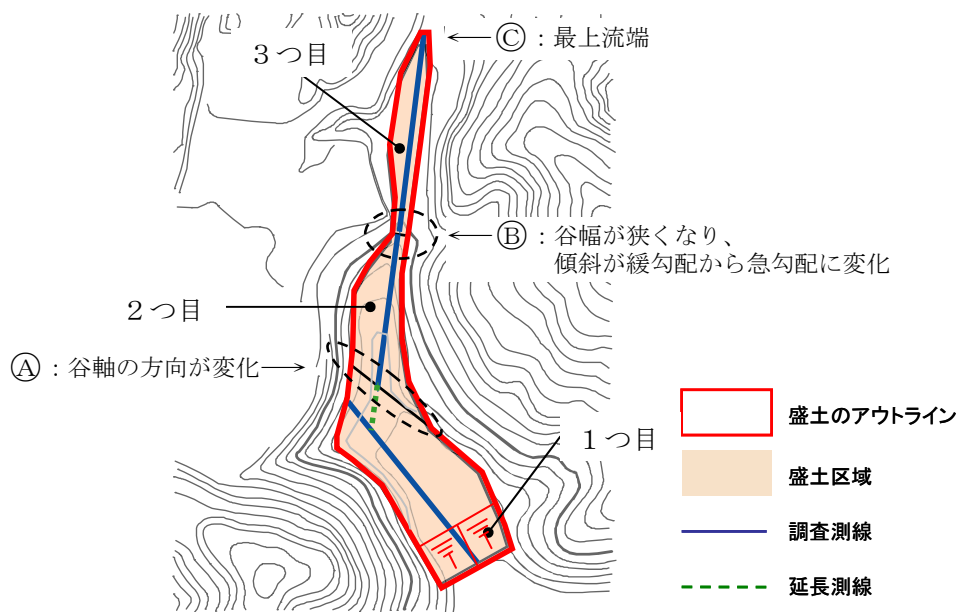
大規模な開発が行われている地域では、宅地造成前の尾根が埋没している場合がある。そのような場合は、残っている尾根から推測した尾根の中央部を通る線で区分する。



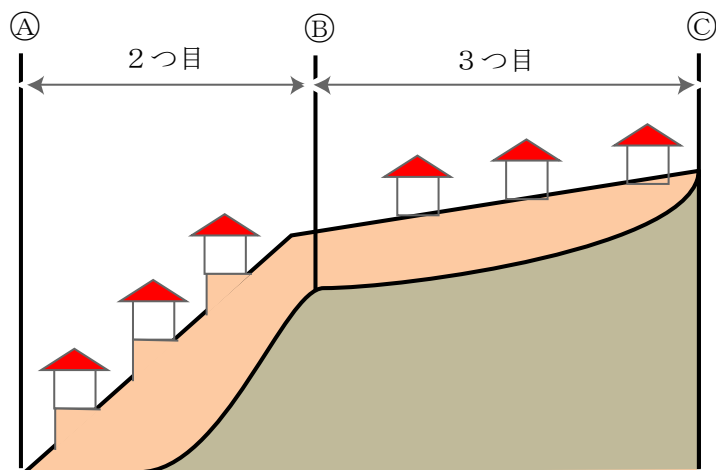
図参 6.1-④ 尾根が埋没した大規模盛土造成地の区分

5) 大規模盛土地形変換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換点を有する場合は、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 地形変換点における大規模盛土造成地の区分



図参 6.1-⑥ 地形変換点における大規模盛土造成地の区分（縦断面）

参考 6.2 土質調査の方法例

(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。

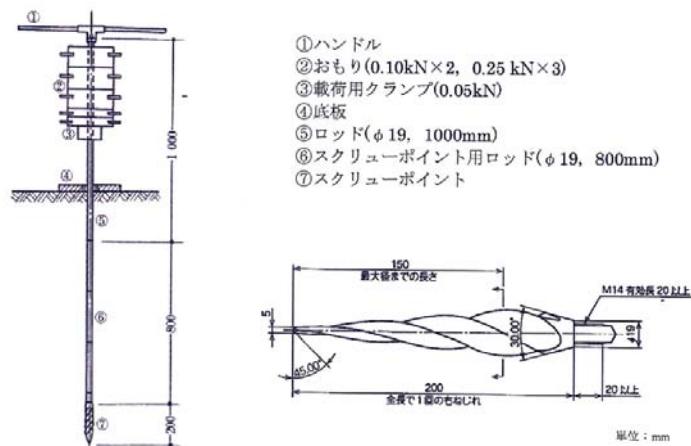


図参6.2-① 調査ボーリング実施風景

- ②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、サンブラーが 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とは、オランダ式二重管コーン貫入試験（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単管式コーン貫入試験（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（JGS 1433）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、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。測定深度が深くなるとロッドの摩擦は避けられないが、打ち込んだコーンを 1～2m 程度静かに引き上げて再度打ち込むことによって摩擦力の測定が可能なので、深度 15～20m 程度までは比較的信頼した値が連続して得られる。さらに標準貫入試験N値への換算も比較的相関がよいので、簡易で経済的な試験である。

⑤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 5.2-②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、その硬軟又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土質調査では、最も多く用いられている試験である。



手動式試験器具の例



SWS 試験機（手動、半自動、自動）

図参6.2-② スウェーデン式サウンディング試験位置と概要図

(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弾性波探査とは、地表付近又は地中、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。

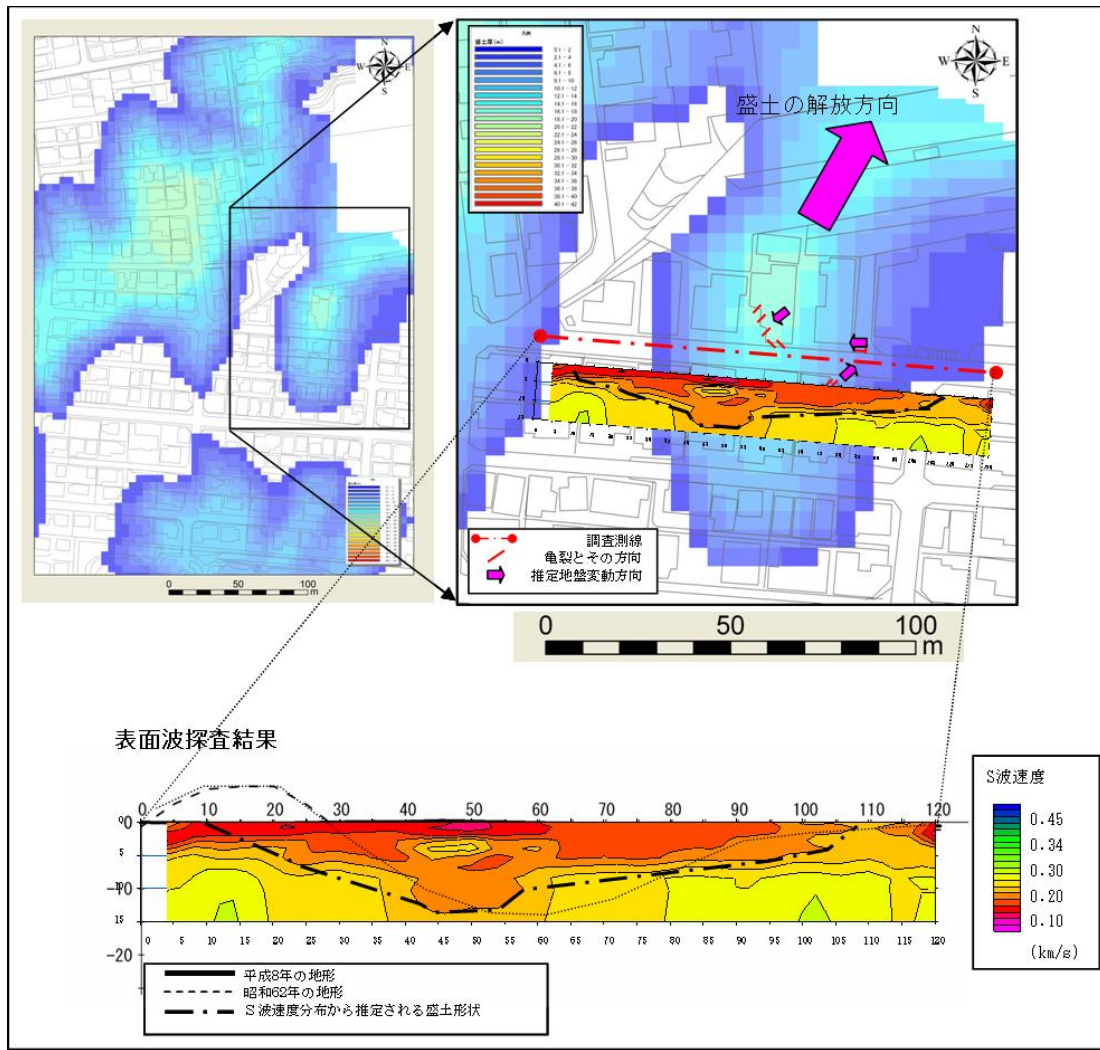
②表面波探査とは、人工的な振動を発生させ、地盤の硬さを相対的に把握する調査手法の一つである。盛土は基盤層と比較するとやわらかいため、盛土の形状を把握する材料となる。表面波探査の実施風景を図参 6.2-③に示す。

図参 6.2-④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。



図参6.2-③ 表面波探査試験の実施風景



図参6.2-④ 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 6.3 土質調査地点の位置と間隔の目安

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、盛土法尻付近、法肩、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。調査地点数の目安として、調査間隔の参考例を表参 6.2-①に示す。

表参 6.2-① 調査間隔の参考例

(住宅・都市整備公団、昭和 59 年 1 月：軟弱地盤技術指針 (案))

地区	基盤の起伏	概 略 調 査		詳 細 調 査	
		サウンディング	ボ ー リ ン グ	サウンディング	ボ ー リ ン グ
平地部	比較的均一	100~300m	300~500m サンプリング1地点	100~200m	200~300m
	不規則	50~200m	200~300m サンプリング2地点	25~100m	100~200m
谷部	比較的均一 (大きな谷)	50~200m	200~300m サンプリング1地点	25~200m	50~200m
	不規則 (急峻な谷)	25~100m	50~200m サンプリング2地点	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。	

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。

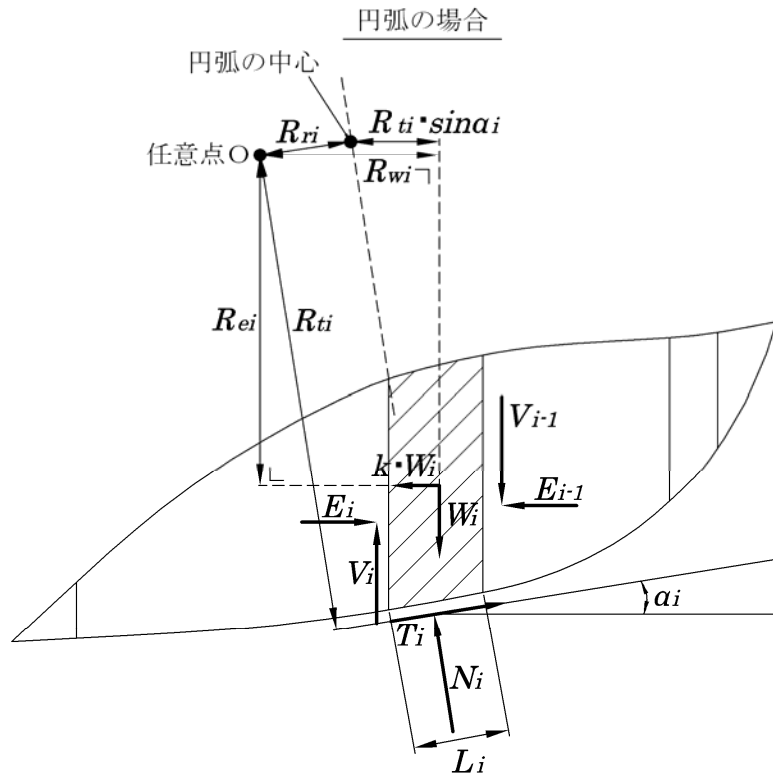
また、二次元安定解析とあわせて、三次元効果を取り入れた安定解析（以下「三次元安定解析」という）を実施し、両者の安全率を比較することで三次元効果を検討・評価し、その結果を考慮することも可能である。ただし、安全率は解析方法や滑り面位置等の諸条件によって変化するため、二次元と三次元の安定解析は同じ方法を用いて同条件で実施する必要がある。三次元安定解析で求めた安全率については、二次元安定解析で求めた安全率の 1.0～1.3 倍程度となった計算例（「分割法による斜面の三次元安定性の検討」（土と基礎 36(5), 19-24, 1988-05-25), 鵜飼恵三）が発表されており、三次元安定解析を実施する際の参考となる。

加えて、近年は地震時の盛土の変形量を推定する手法として、有限要素法などの手法が研究されているところである。

なお、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、その安定計算も実施する。

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）及び円弧など、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IV. 2.1 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、

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

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' 、安全率 F_s の関係式は、

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

式 (VI. 2. 1) ~ (VI. 2. 6) において、 W_i 、 R_{wi} 、 T_i 、 R_{ti} 、 N_i 、 R_{ri} 、 α_i 、 k 、 R_{ei} 、 V_i 、 V_{i-1} 、 E_i 、 E_{i-1} 、 c'_i 、 ϕ' 、 u_i 及び 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 キロニュートン)

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 メートル)

T_i : 分割されたそれぞれの滑り面上のせん断力 (単位 キロニュートン)

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 メートル)

N_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の底面反力 (単位 キロニュートン)

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 メートル)

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 及び 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 メートル)

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 メートル)

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 メートル)

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 キロニュートン)

c'_i : 分割されたそれぞれの滑り面の有効粘着力 (単位 一平方メートルにつきキロニュートン)

ϕ' : 分割されたそれぞれの滑り面の有効摩擦角 (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で、地下水位の場合には、 L_i を $L_i \cdot \sin \alpha_i$ に読み替える。(単位 一平方メートルにつきキロニュートン)

F_s : 安全率

2) 盛土の滑り出す力

式 (VI. 2. 5) より、 $\Sigma T_i \cdot R_{ti} = S_m$ 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 及び R_{ei} は、それぞれ次の数値を表すものとする。

S_m : 地震力及び自重による盛土の滑り出す力のモーメント (単位 キロニュートン・メートル)

W_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土の自重 (単位 キロニュートン)

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 メートル)

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

位　メートル)

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 及び 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　メートル)

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　メートル)

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　メートル)

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又は有効応力法により求めることができる。全応力法で解析する場合には、地震時に土中に発生する間隙水圧を考慮しないで土の透水性に見合った排水条件による静的試験から求めた強度定数を用いる。有効応力法で解析する場合には地震時に土中に発生する間隙水圧は、間隙水圧の測定を伴う繰り返し三軸試験などから求めることができる。

式(VI. 2.5)及び式(VI. 2.6)より、 $\Sigma T_i \cdot R_{ii} = T_m / F_s$ とすると、

$$\begin{aligned} T_m &= \Sigma [c'_i \cdot L_i + \{N_i - u_i \cdot L_i\} \tan \phi'] \cdot R_{ii} \\ &= \Sigma [c'_i \cdot L_i + \{W_i (\cos \alpha_i - k \cdot \sin \alpha_i) - u_i \cdot L_i\} \tan \phi'] \cdot R_{ii} \end{aligned} \quad \text{(VI. 2.8)}$$

$$T_m = \Sigma C_{ui} \cdot L_i \cdot R_{ii} \quad \text{(VI. 2.9)}$$

この式において、 T_m 、 c'_i 、 L_i 、 N_i 、 W_i 、 α_i 、 k 、 u_i 、 ϕ' 、 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　キロニュートン・メートル)

c'_i : 分割されたそれぞれの滑り面の有効粘着力 (単位　一平方メートルにつきキロニュートン)

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　メートル)

N_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の底面反力 (単位　キロニュートン)

W_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土の自重 (単位　ニュートン)

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 及び 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　メートル)

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　メートル)

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で、地下水位の場合には、 L_i を $L_i \cdot \sin \alpha_i$ に読み替える。(単位　一平方メートルにつきキロニュートン)

ϕ' : 分割されたそれぞれの滑り面の有効摩擦角 (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 メートル)

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 一平方メートルにつきキロニュートン)

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)及び式(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。

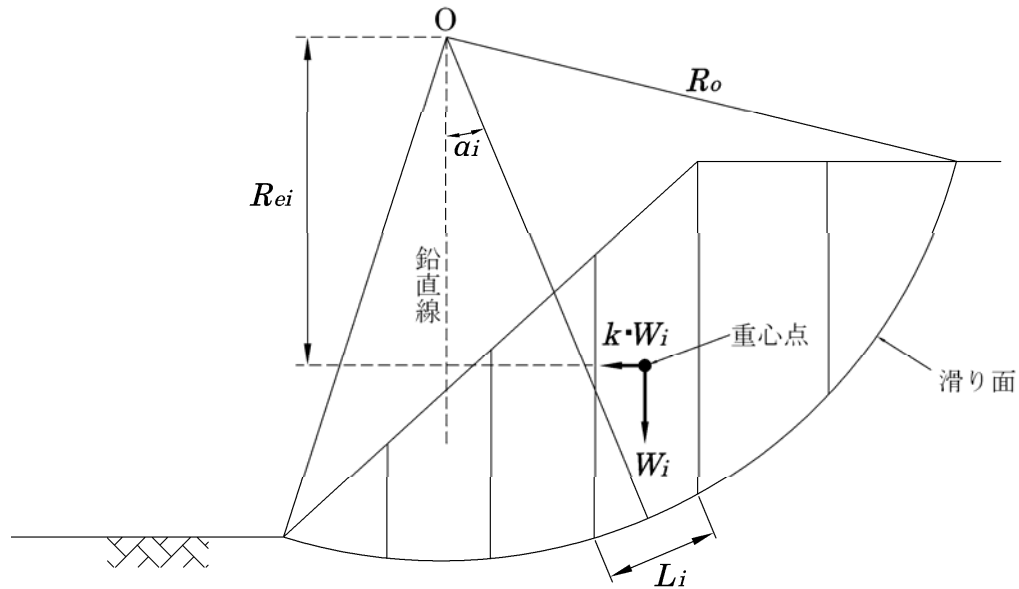
F_s : 安全率

T_m : 最大摩擦抵抗力その他の抵抗力のモーメント (単位 キロニュートン・メートル)

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 キロニュートン・メートル)

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、滑り出す力及び抵抗力は、二次元の分割法の安定計算式より展開される。



図VI. 2. 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VI. 2. 1より、モーメントの腕の長さは、

$$R_{ri} = 0, R_{ii} = R_o, R_{wi} = R_{ii} \cdot \sin \alpha_i = R_o \cdot \sin \alpha_i \quad (\text{VI. 2. 11})$$

式(VI. 2. 11)を式(VI. 2. 7)に代入すると、

$$S_m = \Sigma W_i \cdot R_0 \cdot \sin \alpha_i + \Sigma k \cdot W_i \cdot R_{ei} \quad (\text{VI. 2. 12})$$

この式において、 S_m 、 W_i 、 α_i 、 k 、 R_{ei} 及び 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 キロニュートン・メートル)

W_i : 滑り面を分割した時の分割片ごとの重量 (単位 ニュートン)

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 メートル)

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、全応力法又は有効応力法により求めることができる。全応力法で解析する場合には、地震時に土中に発生する間隙水圧を考慮しないで土の透水性に見合った排水条件による静的試験から求めた強度定数を用いる。有効応力法で解析する場合には地震時に土中に発生する過剰間隙水圧は、間隙水圧の測定を伴う繰り返し三軸試験などから求めることができる。

式(VI. 2. 11)の $R_{ii} = R_0$ より、式(VI. 2. 8)及び(VI. 2. 9)は、

$$T_m = \Sigma [c'_i \cdot L_i + \{ W_i (\cos \alpha_i - k \cdot \sin \alpha_i) - u_i \cdot L_i \} \tan \phi'] \cdot R_0 \quad (\text{VI. 2. 13})$$

$$T_m = \Sigma (C_{ui} \cdot L_i) \cdot R_0 \quad (\text{VI. 2. 14})$$

この式において、 T_m 、 c'_i 、 L_i 、 W_i 、 α_i 、 k 、 u_i 、 ϕ' 、 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 キロニュートン・メートル)

c'_i : 分割されたそれぞれの滑り面の有効粘着力 (単位 一平方メートルにつきキロニュートン)

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 メートル)

W_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土の自重 (単位 ニュートン)

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 及び 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 メートル)

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 メートル)

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で、地下水位の場合には、 L_i を $L_i \cdot \sin \alpha_i$ に読み替える。(単位 一平方メートルにつきキロニュートン)

ϕ' : 分割されたそれぞれの滑り面の有効摩擦角 (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 メートル)

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 一平方メートルにつきキロ

ニュートン)

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. 12)、式(VI. 2. 13)及び(VI. 2. 14)より、

$$F_s = T_m / S_m \quad (\text{VI. 2. 15})$$

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 キロニュートン・メートル)

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 キロニュートン・メートル)

参考 6. 4 簡易 Bishop 法、Spencer 法及び簡易 Janbu 法

分割法による2次元解析には、他に簡易 Bishop 法、Spencer 法及び簡易 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. 1より、 $V_i = V_{i-1}$ と仮定すると、式(VI. 2. 2 - 1)は、

$$W_i - N_i \cdot \cos \alpha_i - T_i \cdot \sin \alpha_i = 0 \quad (\text{参 6. 4. 1})$$

滑り面上のせん断力 T_i は、式(VI. 2. 6)より、

$$T_i = \{ c'_i \cdot L_i + (N_i - u_i \cdot L_i) \tan \phi'_i \} / F_s \quad (\text{参 6. 4. 2})$$

式(参 6. 4. 1)、(参 6. 4. 2)より、

$$N_i = (l / m_{ai}) \{ W_i - (L_i / F_s) (c'_i - u_i \cdot \tan \phi'_i) \sin \alpha_i \} \quad (\text{参 6. 4. 3})$$

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

式(参 6. 4. 2)、(VI. 2. 1)、(参 6. 4. 3)より、

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

式(参 6. 4. 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. 4. 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. 4. 1)～(参 6. 4. 4)において、 W_i 、 T_i 、 N_i 、 c'_i 、 L_i 、 α_i 、 k 、 u_i 、 ϕ'_i 、 R_{ii} 、 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 ニュートン)

- T_i : 分割されたそれぞれの滑り面上のせん断力 (単位 キロニュートン)
 N_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の底面反力 (単位 キロニュートン)
 c'_i : 分割されたそれぞれの滑り面の有効粘着力 (単位 一平方メートルにつきキロニュートン)
 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 メートル)
 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 及び 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 メートル)
 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 メートル)
 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で、地下水位の場合には、 L_i を $L_i \cdot \sin \alpha_i$ に読み替える。(単位 一平方メートルにつきキロニュートン)
 ϕ' : 分割されたそれぞれの滑り面の有効摩擦角 (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 メートル)
 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 メートル)
 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 メートル)
 F_s : 安全率

なお、滑り面が円弧の場合は、式(VI. 2. 15)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。

$$V_{i-1} = E_{i-1} \cdot \tan \theta, V_i = E_i \cdot \tan \theta \quad (\theta: \text{定数}) \quad (\text{参 6. 4. 5})$$

式(参 6. 4. 2)、(VI. 2. 2-1)、(V. 2. 2-2)及び(参 6. 4. 5)より、

$$N_i = [W_i(\cos \theta - k \cdot \sin \theta) - (c'_i - u_i \cdot \tan \phi'_i)(l / F_s) L_i \cdot \sin(\alpha_i - \theta)] \div [\cos(\alpha_i - \theta) + (l / F_s) \sin(\alpha_i - \theta) \tan \phi'_i] \quad (\text{参 6. 4. 6})$$

式(VI. 2. 1)及び(VI. 2. 2-2)より、

$$\sum T_i \cdot \cos \alpha_i - \sum N_i \cdot \sin \alpha_i - \sum k \cdot W_i = \sum (E_{i-1} - E_i) \equiv 0 \quad (\text{参 6. 4. 7})$$

滑り面上のせん断力 T_i は、

$$T_i = \{c'_i \cdot L_i + (N_i - u_i \cdot L_i) \tan \phi'_i\} / F_s \quad (\text{参 6. 4. 2})$$

θ を逐次変えて、式(参 6. 4. 6)～(参 6. 4. 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 6.4.5)～(参 6.4.7)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' 、 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 キロニュートン）

W_i ：分割されたそれぞれの滑り面上の盛土の自重（単位 ニュートン）

T_i ：分割されたそれぞれの滑り面上のせん断力（単位 キロニュートン）

N_i ：分割されたそれぞれの滑り面上の底面反力（単位 キロニュートン）

c'_i ：分割されたそれぞれの滑り面の有効粘着力（単位 一平方メートルにつきキロニュートン）

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 メートル）

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 及び 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 メートル）

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 メートル）

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で、地下水位の場合には、 L_i を $L_i \cdot \sin \alpha_i$ に読み替える。（単位 一平方メートルにつきキロニュートン）

ϕ' ：分割されたそれぞれの滑り面の有効摩擦角（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、

$$T_i \cdot \sec \alpha_i - W_i \cdot \tan \alpha_i - k \cdot W_i = E_{i-1} - E_i \quad (\text{参 6.4.8-1})$$

$$\Sigma (T_i \cdot \sec \alpha_i - W_i \cdot \tan \alpha_i - k \cdot W_i) = \Sigma E_{i-1} - E_i \equiv 0 \quad (\text{参 6.4.8-2})$$

式(参 6.4.2)及び(参 6.4.3)より、

$$F_s \cdot T_i = \{c'_i \cdot L_i \cdot \cos \alpha_i + (W_i - u_i \cdot L_i \cdot \cos \alpha_i) \tan \phi'_i\} / m_{ai} \quad (\text{参 6.4.9})$$

ただし、 $m_{ai} = \cos \alpha_i + (1/F_s) \sin \alpha_i \cdot \tan \phi'_i$

式(参 6.4.9)を式(参 6.4.8-1)及び(参 6.4.8-2)に代入すると、

$$F_s = \Sigma [\{c'_i \cdot L_i \cdot \cos \alpha_i + (W_i - u_i \cdot L_i \cdot \cos \alpha_i) \tan \phi'_i\} / m_{ai} \cdot \cos \alpha_i] \div \Sigma (W_i \cdot \tan \alpha_i + k \cdot W_i) \quad (\text{参 6.4.10})$$

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 6.4.10)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 6.4.8)～(参 6.4.10)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' 、

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 キロニュートン)

W_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の盛土の自重 (単位 ニュートン)

T_i : 分割されたそれぞれの滑り面上のせん断力 (単位 キロニュートン)

N_i : 分割されたそれぞれの滑り面上の底面反力 (単位 キロニュートン)

c'_i : 分割されたそれぞれの滑り面の有効粘着力 (単位 一平方メートルにつきキロニュートン)

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 メートル)

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 及び 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 メートル)

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 メートル)

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で、地下水位の場合には、 L_i を $L_i \cdot \sin \alpha_i$ に読み替える。(単位 一平方メートルにつきキロニュートン)

ϕ' : 分割されたそれぞれの滑り面の有効摩擦角 (単位 ラジアン)

F_s : 安全率

参考 6.5 三次元安定解析及び有限要素法

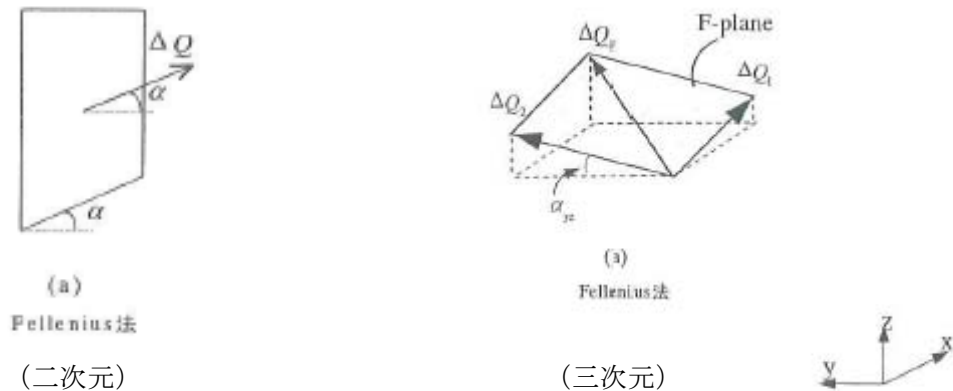
1) 三次元安定解析

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。

- (1) 精度の高い地盤物性値が必要であること
- (2) 滑り土塊の形状が単純かつ三次元形状を正確に把握する必要があること
- (3) 側面効果を適切に評価する必要があること
- (4) 解析対象に見合った、土質調査箇所数を決定する必要があること
- (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必要があること

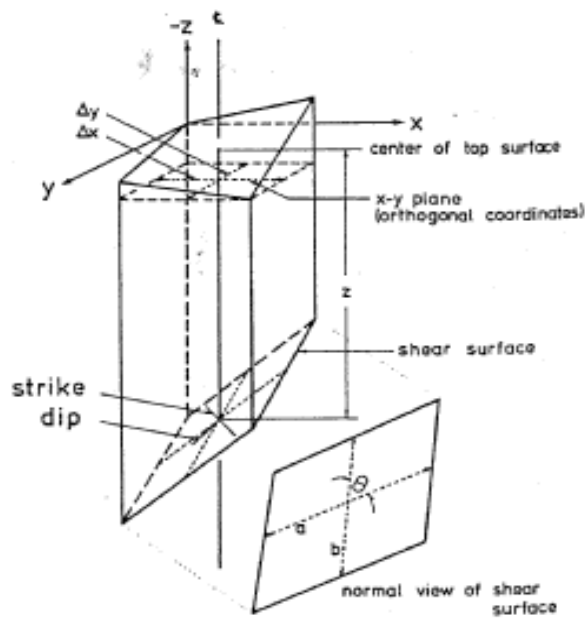
三次元安定解析の方法としては、二次元の分割法の中の簡便法を三次元に拡張した Hovland 法や、**参考 6.4**に示した簡易 Bishop 法、Spencer 法、簡易 Janbu 法といった他の二次元の分割法を三次元に拡張した方法などがある。以下に Hovland 法及び修正 Hovland 法の概要を示す。

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。



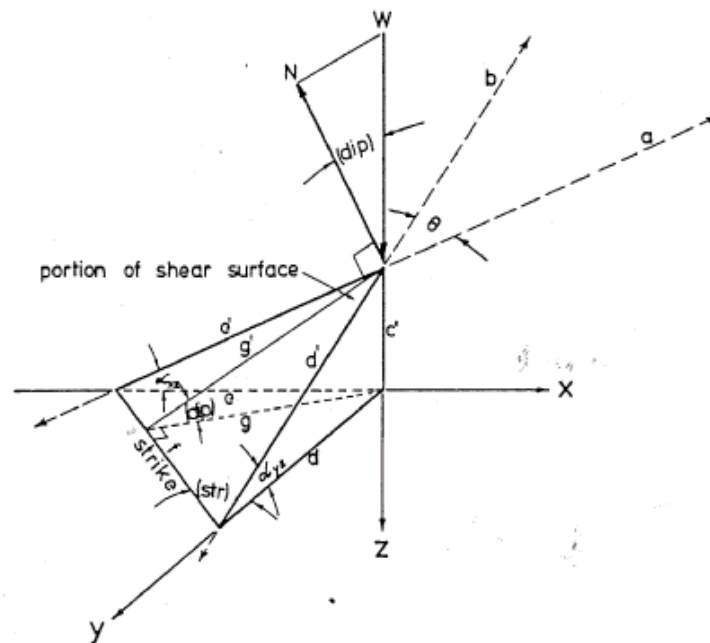
図参 6.5-① ΔQ_{ij} の作用面とその分力 ΔQ_1 、 ΔQ_2
 (地すべり防止技術研修テキスト, 財団法人全国建設研修センター, 2000)

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 6.5-② 移動地塊と滑り面の法線断面

(地すべり防止技術研修テキスト, 財団法人全国建設研修センター, 2000)



図参 6.5-③ 地塊における滑り面の三次元要素

(地すべり防止技術研修テキスト, 財団法人全国建設研修センター, 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多い。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、荷重及び外力によって盛土の各部分に生じる力及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 4 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。
- (4) 計算に必要な地盤の力学特性を求める土質調査の方法は、建築基準法告示1113号第一による。
- (5) 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り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できる。
- (6) 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。
- (7) 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及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。
- (8) 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。
- (9) 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。
- (10) 動的変形解析の開始に当たっては、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。
- (11) 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。
- (12) 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り返し計算処理等が行われていること。
- (13) 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 メートル)

θ : 斜面の傾斜角 (単位 ラジアン)

L : 斜面の長さ (単位 メートル)

H : 斜面の高さ (単位 メートル)

参考 6.6 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、または繰返しせん断ひずみの大きさを考慮した全応力強度を用いる方法などが、「道路土工 のり面工・斜面安定工指針 平成 11 年 3 月 社団法人 日本道路協会、pp.172-180、458-464.」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 6.7 擁壁の安定性の検討方法

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、「宅地防災マニュアルの解説（第二次改訂版）[I] 平成 19 年 11 月、宅地防災研究会 編集、pp.293-402.」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、「宅地擁壁老朽化判定マニュアル（案）、国土交通省、

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。

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、滑動崩落のおそれ大きい大規模盛土造成地を抽出する。

【解説】

VI.1の現地調査結果及び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、滑動崩落のおそれ大きい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、滑動崩落のおそれ大きい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。

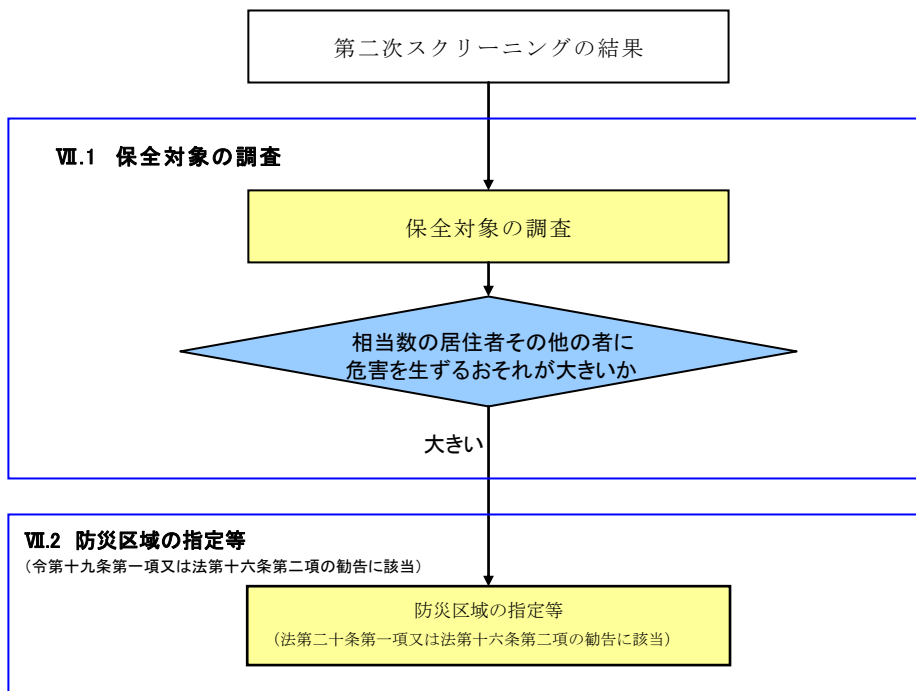
表VI.3.1 第二次スクリーニングのまとめのイメージ

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											
	盛土造成地の規模				大規模盛土造成地の抽出				基礎資料整理			危険度評価と被害規模				現地踏査				現地踏査結果を踏まえた見直し				安定計算		滑動崩落のおそれ								
	盛土造成地の位置		面積(m ²)		原地面の勾配(度)		高さ(m)		谷埋め型		腹付け型		大規模盛土造成地の種類の抽出		作成年代	保全対象	既存調査結果(土質・地下水等)	想定被害形態	滑動崩落の危険度		想定被害規模	擁壁形式	変状				湧水	特記事項	想定被害形態	危険度	土質・地下水調査	安全率		
	所在地	面積(m ²)	α	θ	面積(3000m ² 以上)	高さ(20m以上かつ高さ5m以上)	谷埋め型	腹付け型	大規模盛土造成地の種類	危険度	被害規模	擁壁	傾斜	崩壊					崩壊	崩壊			崩壊	崩壊	崩壊								崩壊	崩壊
28	〇〇市 □□6丁目	2200	不明	15	4	×	△	腹付け型	大規模盛土造成地の種類	H2年	住宅10戸	盛土材 砂質土	崩壊	50	中	中	崩壊	側溝表層 電裂 崩壊	沈下 傾斜 亀裂	逆T	無	無	無	有	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。 ・危険度:中→最大		崩壊	最大	中	※	※	※		
30	〇〇市 ■■1丁目	3000	25	—	15	○	○	谷埋め型 腹付け型 注:現地踏査を踏まえて判断する	谷埋め型 腹付け型	S36年	住宅多数 鉄道あり	—	崩壊	谷埋め型50 腹付け型90	大	大	崩壊	無	無	石積	無	無	無	無	湧水・湧水痕は認められず、周辺のため地下水位から、地下水位が盛土内に侵入していることが確認されたため、以降「腹付け型」とする。	崩壊	大	大	0.80	大きい				
3	〇〇市 □□6丁目	2900	20	—	5	×	○	腹付け型	腹付け型	H6年	住宅多数 地下水位 GL-3.0m	砂質土	崩壊	25	小	小	崩壊	無	亀裂 傾斜	もたれ	逆T	無	無	有	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。 ・危険度:小→大	崩壊	大	中	0.85	大きい				
1	〇〇市 △△1丁目	3000	14	—	20	○	×	谷埋め型	谷埋め型	H11年	住宅多数	—	崩壊	40	中	中	崩壊	無	無	逆T	無	無	無	湧水痕	■地形が屈曲しているため、上流側と下流側に区分。 ▲各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。 ・想定被害規模:中→小、 ・危険度:中→小	変形	小	小	1.20	小さい				
4	〇〇市 ▲▲1丁目	4000	2	—	4	○	×	谷埋め型	谷埋め型	H3	住宅10戸	砂質土	変形	20	小	小	変形	無	無	逆T	無	無	無	現地踏査の結果、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)	変形	小	小	—	小さい					
2	〇〇市 △△2丁目	1800	15	—	3	×	×	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
29	〇〇市 ●●1丁目	2500	不明	5	3	×	×	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

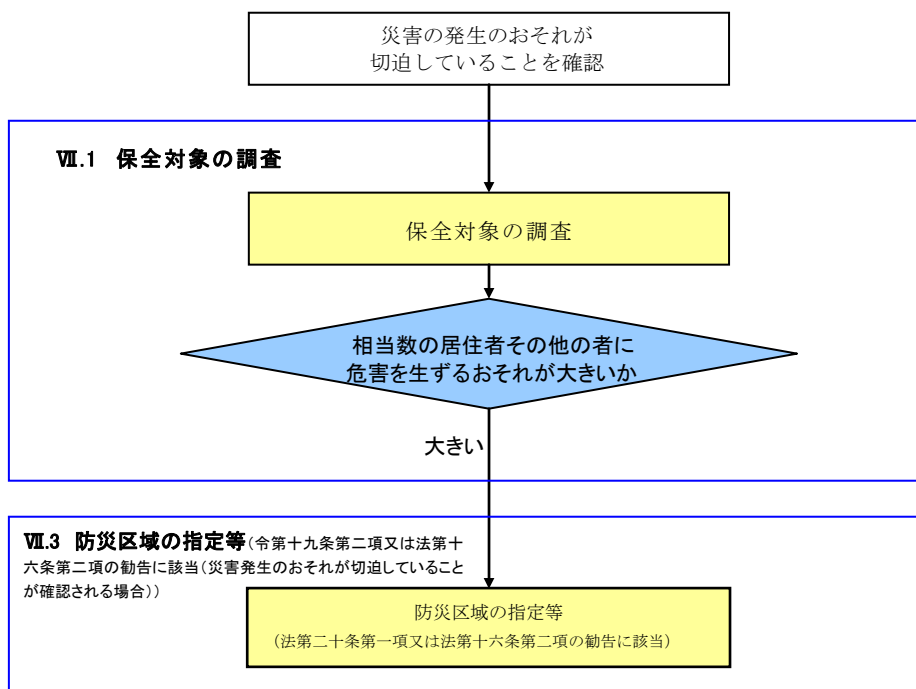
※: 地点番号 28 は、擁壁に沈下等の顕著な変状が認められ、宅地頂部に亀裂も生じていることから、「災害のおそれが切迫している」と判断されるため、第二次スクリーニングは実施せず、「VII.3 防災区域の指定等(令第十九条第一項第二号又は法第十六条第二項の勧告に該当(災害発生のおそれが切迫していることが確認される場合))」に従う。

Ⅶ. 防災区域の指定等

防災区域の指定等に当たっては、変動予測の結果、崖崩れ又は土砂の流出が生ずるおそれ大きいと判断された場合か、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。



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

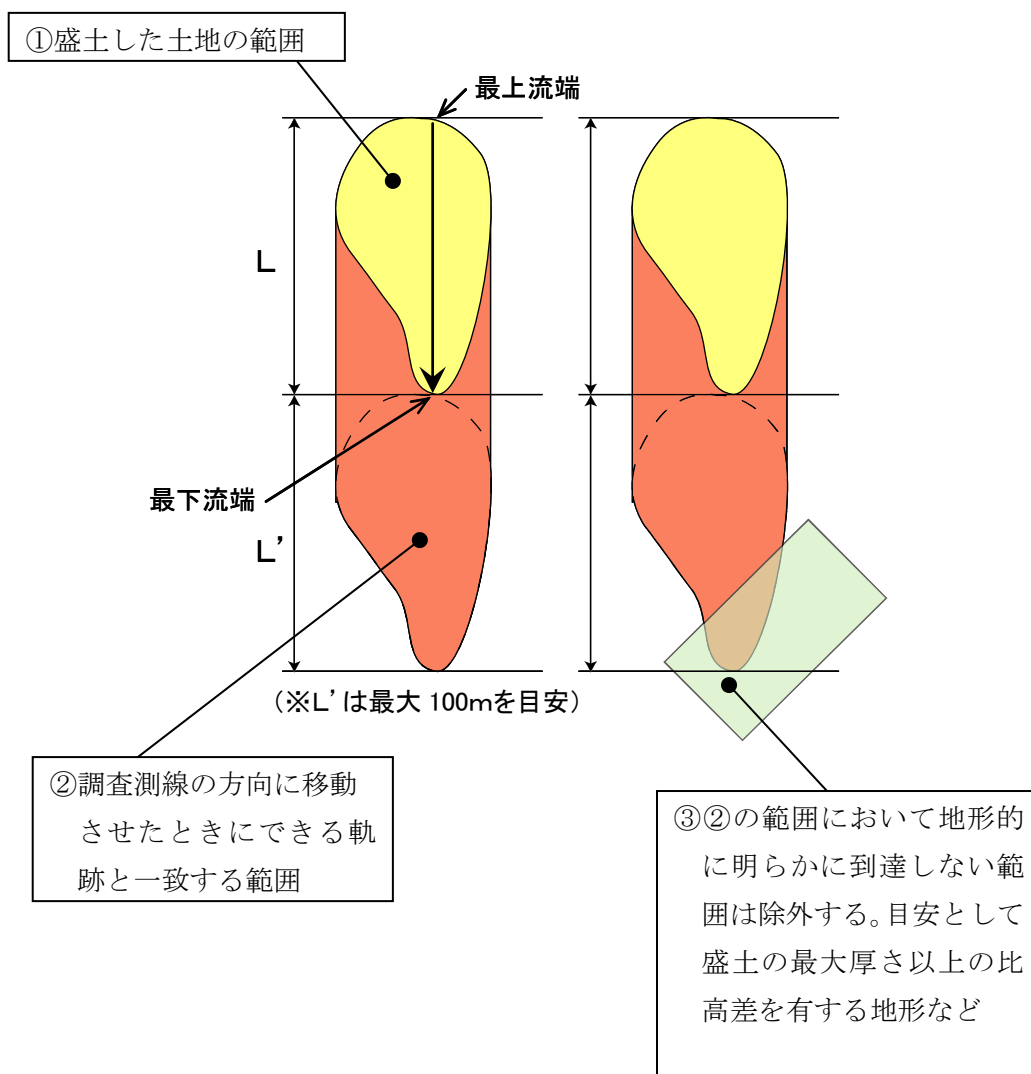
大規模盛土造成地の滑動崩落により危害が生ずるおそれのある土地の区域内に存在する住宅、道路、河川、鉄道等の保全対象とそれらの規模を調査する。

【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及びその周辺の住宅、道路、河川、鉄道、学校などの地域防災計画に記載されている避難地又は避難路といった公共施設等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に判断してよい）。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、県道又は一級河川かなど）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ある範囲は、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。

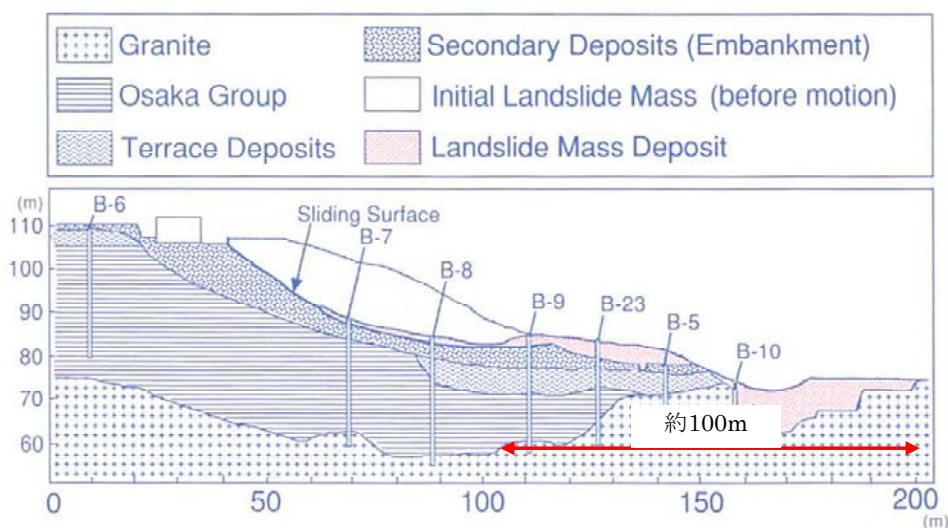


図VII.1.1 保全対象の範囲

参考 7.1 保全対象の範囲の設定方法について

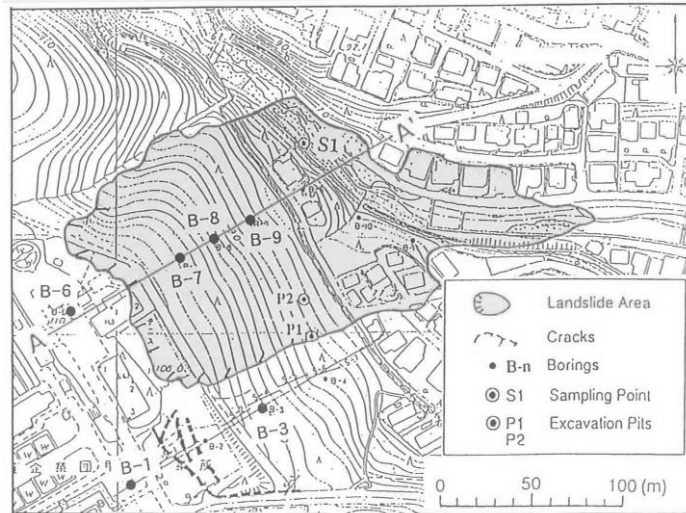
大規模盛土造成地の滑動崩落事例のうち、移動距離が長い事例は、西宮市仁川町と宮城県築館町である。西宮市仁川町の事例は、1995年兵庫県南部地震の際に、大規模盛土造成地が約100m下流まで流下したものである。宮城県築館町の事例は、2003年三陸南地震の際に大規模盛土造成地が80-100m移動したものである。

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（土砂災害防止法令の解説P59, 国土交通省河川局水政課・砂防部砂防計画課監修, (社)全国治水砂防協会発行, 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。



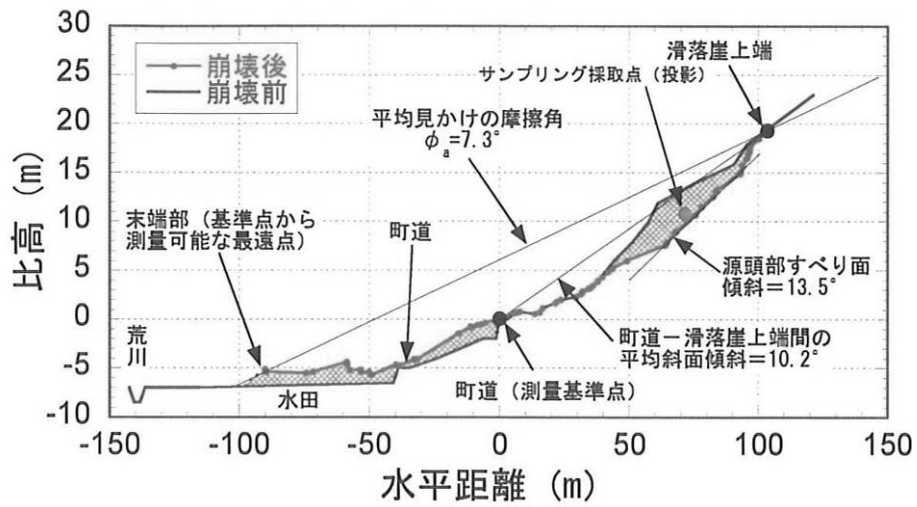
図参7.1-① 西宮市仁川百合野町の崩壊地域周辺の地質断面図

(K. SASSA H. FUKUOKA T. SAKAMOTO (1995), The rapid and Disastrous Nikawa Landslide, LANDSLIDE NEWS)



図参 7.1-② 西宮仁川における平面図

(K. SASSA H. FUKUOKA T. SAKAMOTO (1995), The rapid and Disastrous Nikawa Landslide, LANDSLIDE NEWS)



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又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、当該大規模盛土造成地が以下の①及び②に該当する場合は、防災区域の指定又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 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。
- ② 宅地における崖崩れ又は土砂の流出による災害で、盛土上及び盛土周辺の相当数の住宅（おおむね10戸以上）に危害を及ぼすこと

なお、②に加えて、住宅以外の重要な保全対象（高速自動車国道、一般国道、都道府県道、河川、鉄道又は地域防災計画に記載されている避難地又は避難路）に与えると想定される危害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又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。

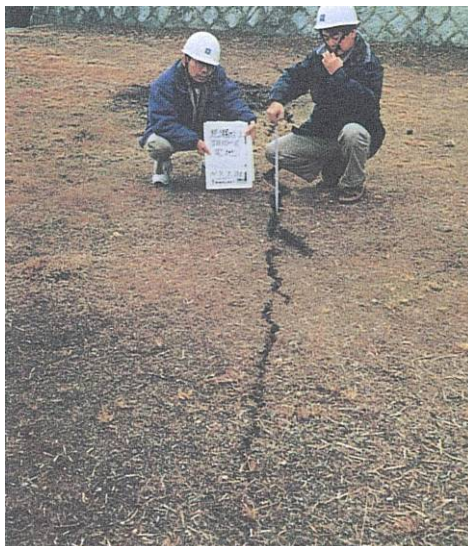
この規定により、例えば窪地を平坦に盛土した宅地でも、地盤の滑動などの事象を示していれば防災区域に指定することが可能となる。

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