

地域特性を考慮した大規模盛土造成地の変動予測調査事例

Case Study of Displacement Prediction will be Caused by Earthquake Focused on Local Characteristic for Hillside Residential Lands

沖村 孝 樋口 博 中川 渉 山内 政也
Takashi Okimura Hiroshi Higuchi Wataru Nakagawa Masaya Yamauchi

1. はじめに

宅地盛土は、1995 年兵庫県南部地震、2004 年新潟県中越地震そして 2011 年東北地方太平洋沖大地震等において、広範囲に盛土斜面の滑動崩落や宅地そのものの変状などが多数発生し、住民の生活に多大な影響を与える事態を生じていた。一方国土交通省は、宅地造成等規制法を 2006 年に初めて改正し、近い将来予想される大地震に対する備えの仕組みを構築した。この目的を達成するため、後述するように 2006 年に「大規模盛土造成地の変動予測調査ガイドラインの解説(案)」¹⁾を公表し、それに沿った大規模造成地の変動予測調査を地方自治体に推奨するとともに、多数の県、市において 1 次調査(一部 2 次調査)が実施されてきている。

六甲山地ならびに北摂山地に隣接し武庫平野を含めた宝塚市は、阪神地区のベッドタウンとして栄え、明治、大正より鉄道敷設ならびに沿線の住宅分譲地が開発され、古い造成地に加え昭和 30 年代以降の宅地盛土が各所に分布している。六甲山地に隣接した都市部では、兵庫県南部地震時に複数の宅地、斜面において崩壊等変状が発生しており、亀裂変状等が残存した擁壁やのり面箇所も認められる。宝塚市においても数カ所で斜面、宅地において変状が発生しており対策が実施されている²⁾。

今回実施した宝塚市の大規模盛土造成地の変動予測調査は、基本的には「大規模盛土造成地の変動予測調査ガイドラインの解説(以下ガイドライン)」³⁾に準じて実施したが、本報ではその分布範囲の精度向上ならびに古い宅地盛土の評価、活断層分布域等の様々な地域特性について検討を加えた。

数値標高モデルの精度向上にあたって旧地形図の補正、断面図による確認、現地踏査による確認時に GPS を利用し精度向上に努めた。また新旧地形図の重ね合わせにおいて、造成時の宅地計画地形図を確認し、その精度を検証した。

盛土の抽出にあたっては、ガイドラインが 3000m²以上の宅地、原地盤勾配が 20° 以上を対象とするのに対して、本報では面積 2000m²、原地盤勾配が 15° 以上を対象に机上で抽出し、抽出漏れを避ける試みを実施した。次に詳細な現地踏査を行い、切土・盛土境界部の地表面痕跡を追跡して盛土形状を再検討した。現地踏査においては、人為的な想定被害形態(崩壊・変形)のバラツキを小さくするために現地チェックシートを活用した。その上で対象となる大規模盛土の抽出(第一次スクリーニング)を実施した。

抽出された対象盛土について、盛土の種類、造成年代、面積、地下水、想定被害規模、被害形態、被害実績等を参考として第一次スクリーニング段階での評価を行った。評価にあたって、宝塚市の一部地域が、六甲・淡路島断層帯・有馬高槻構造線上に位置した活断層分布地域であり、徳島県や西宮市などの条例で定義される活断層を都市圏活断層図の 100m 幅として危険度評価の参考資料とした。また宝塚市を流れる 2 級河川武庫川は、自然堤防だけでなく後背湿地を形成しており軟弱地盤や崖錐性堆積物が分布している状況にある。ガイドラインでは、沖積層上の盛土は対象とはならないが学校盛土等避難場所の対象となる箇所は、参考として評価対象とすることを試みた。

本報告では、第一次スクリーニングにあたって上述した地域特性を考慮して実施した大規模盛土造成地の変動予測調査の事例としてその流れについて述べる。

2. 大規模盛土造成地抽出調査の背景

宅地造成地等規制法（以下「宅造法」と呼ぶ）は、1962年（昭和37年）に施行された。それまで日本には、宅地開発において具体的な技術基準が存在していなかったが、宅造法では、宅地造成に伴い災害が発生する恐れのある区域を「宅地造成工事規制区域」として指定が可能となった。そしてその区域内に行なわれる宅地造成工事は、地盤の安定性の確保、擁壁の設置、排水施設の設置等の防災措置を講じる必要があることが定められた。また住宅・都市整備公団（都市再生機構）では、1984年に「宅地耐震設計指針（案）」⁴⁾が作成され、地盤の液状化、法面の安定性、擁壁の安定性、自然斜面の安定性に関する方法が示された。

さらに建設省民間宅地指導室監修の「宅地防災マニュアル」⁵⁾が1990年に出版され、地震に対する擁壁設計等が参考として示された。また1995年兵庫県南部地震により宅地災害が発生し、それを受けて1998年に「宅地防災マニュアル（改訂版）」⁶⁾が出版され、耐震設計の考え方が明確になった。さらに2003年には「宅地耐震設計マニュアル（案）」⁷⁾が出版され、中規模地震動、大規模地震動を想定されるようになった。

2004年新潟県中越地震を経た後、中央防災会議（事務局：内閣府）では「首都直下地震対策専門調査会」を設置し、首都直下地震が発生した場合の被害を検討し、平成17年に想定結果を発表している。その中で建物被害として全壊棟数が48～85万棟で、揺れにより15万棟、火災により29万～65万棟焼失、液状化・急傾斜地崩壊でも4.5万棟が全壊すると見積もられている。それらを受けて地盤工学会は、「宅地の危険度評価に関する統一マニュアルの作成と、それによる評価の実施が必要である。さらに、宅地全体の安全を図るために特に擁壁・盛土の耐震設計を義務付けていく必要がある。」と提言⁸⁾している。

さらに宅造法が改正され平成18年4月1日に公布され9月30日に施行された。そして国土交通省から「大規模盛土造成地の変動予測調査ガイドラインの解説（案）」が示された。ここで初めて大規模盛土造成地が次のように定義された。

- 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）

これらガイドラインは2012年に部分改訂されるとともに、2010年には「人工改変地形データ抽出のための手順書（概要版）」⁹⁾、2012年には「宅地耐震対策工法選定ガイドラインの解説」¹⁰⁾が示されるに至っている。

3. 大規模盛土造成地検討のプロセス

本地域における大規模盛土造成地の検討プロセスを図-1に示した。

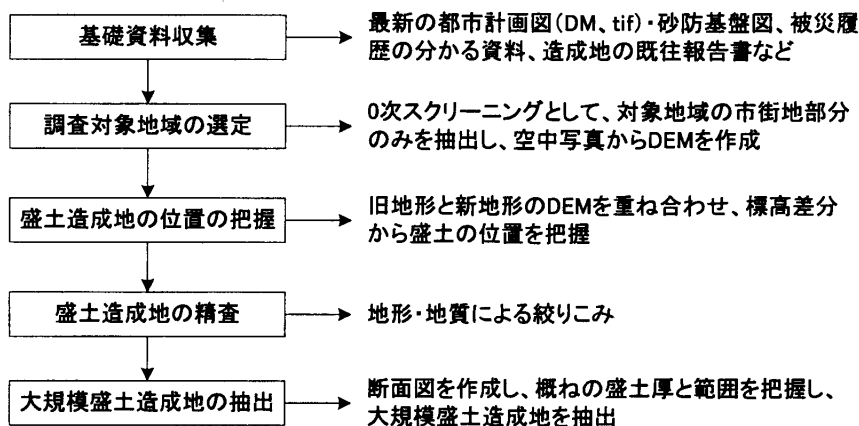


図-1 大規模盛土造成地検討のプロセス

4. 宝塚市域の第一次スクリーニングの検討

4. 1 基礎資料収集

基礎資料の収集は、対象盛土を抽出、検討等するにあたって極めて重要である。特に既往資料がどれだけそろっているかによって、分布の精度が大きく左右される。

当該地は基礎資料として、以下の（ア）～（ト）を利用した。

- （ア） 地形図 DM データファイル（1/2500：平成 17 年）
- （イ） 都市計画データファイル（1/2500、1/10000）
- （ウ） 宝塚市都市計画図（平成 4 年、昭和 61 年、昭和 47 年、昭和 52 年、昭和 42 年）
- （エ） 地形図データファイル（1/10000）
- （オ） 白地図（1/2500、1/10000）
- （カ） 航空写真画像データ、デジタルオルソ画像データ、近赤外線オルソ画像データ
- （キ） 閲覧用の空中写真（宝塚市撮影：昭和 23 年、昭和 38 年、昭和 46 年）
また既往資料としては以下のものが得られた。
- （ク） 開発許可申請設計説明書および位置図（平成 17 年～23 年度分）
- （ケ） 兵庫県南部地震被害についての資料（阪神淡路大地震、宝塚市の記録 1995）
- （コ） 調査報告書（宝塚市地域防災計画改定業務防災アセスメント調査報告書）
- （サ） 急傾斜地斜面崩壊対策事業の資料（急傾斜地崩壊危険区域指定申請書）
- （シ） 国土交通省保管 LP データ
- （ス） 兵庫県が保管する砂防基盤図
- （セ） 昭和 28 年（1953 年）の米軍撮影の空中写真（大阪西北部：1/10000～1/15000）
- （ソ） 昭和 28 年（1953 年）の米軍撮影の空中写真（広根：1/10000～1/15000）
- （タ） 昭和 36 年（1961 年）の米軍撮影の空中写真（大阪西北部：1/10000～1/15000）
- （チ） 昭和 38 年（1963 年）の米軍撮影の空中写真（広根：1/20000～1/30000）
- （ツ） 盛土上の公園施設に関する情報（宝塚市防災マップ）
- （テ） 造成関連資料（建設工学研究所保管資料：報告書）
- （ト） 災害履歴資料（兵庫県南部地震）

4. 2 数値標高モデルの作成

変動予測調査の対象は、宅地造成地等規制法第二十条第一項の災害発生のおそれ大きい大規模造成地（以下造成宅地）であり、現在の土地利用状況により森林、農地、ゴルフ場など、宅地以外の土地利用がなされている区域は、対象から除外した。

4. 2. 1 地形・地質による対象範囲の絞り込み

- ①河川、河川敷、湖、沼地、湿地
- ②湾岸地域の埋め立て地等の明らかに盛土がないとわかる地域
- ③沖積平野、低地段丘面、扇状地性低地、三角州低地、自然堤防、砂州

上記①～③は、対象範囲から除外したが、上記の内一部宅地、公共施設、学校の分布する沖積平野部、扇状地性低地については地震被害等の地盤特性に関連することから現地踏査により抽出を行なっている。

4. 2. 2 土地利用による対象範囲の絞り込み

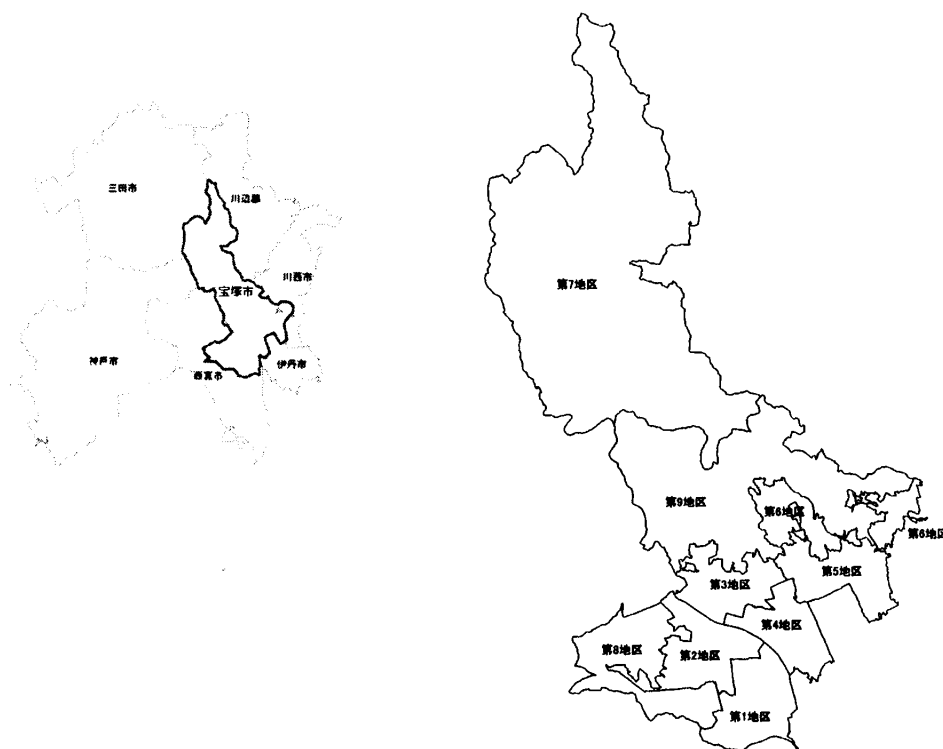
新旧の地形図や空中写真を用いて④～⑥に該当する地域を除外した。なお臨海部に関しては位置的に当該地区には分布していない。

- ④土地利用状況が変化していない区域（樹林帯、農地）
- ⑤現況地形図でゴルフ場、工業地、公園等の宅地以外に利用されている土地の区域
- ⑥臨海部の埋め立て地

4. 2. 3 絞り込みの結果

絞り込みの結果から調査対象範囲を設定し、宝塚市による防災マップ¹¹⁾に準じて9つの区域（第1地区～第9地区）に区分して検討を行うこととした（図－2参照）。

なお9つの区域地区について検討を行ったところ、第8地区には対象盛土が存在していないことが明らかとなった。



図－2 業務対象地域と宝塚市の検討区域区分¹¹⁾

4. 2. 4 造成前の標高データ

造成前の標高データは、設定した範囲について米軍の空中写真をスキャンニングによってデジタル画像として読み取った。さらにデジタル画像となった空中写真について、宝塚市の都市計画DM（デジタルマップ）から抽出した基準点等の座標を標定し、ステレオモデル（立体図画像）を作成し、これらの数値図化を行った。その後取得された数値データを編集機器に移動して高さ等のチェック、修正といった編集作業を繰り返し行い、旧地形データを確立した。さらにこれらのデータを基に標高（5m 間隔 DEM）データを作成した。

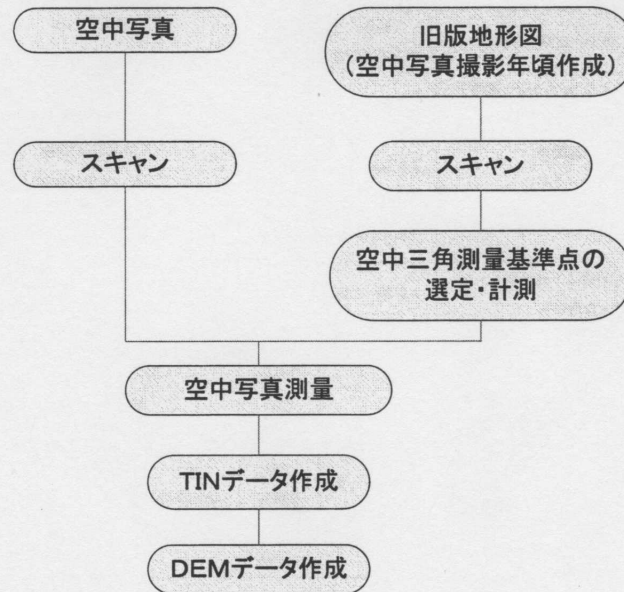


図-3 空中写真からDEMを作成する方法

4. 2. 5 DEMのメッシュサイズについて

宅地造成前後のDEMを作成する場合、資料の精度に応じてメッシュ間隔についての検討が必要である。変動予測に対応するデータは、対策工事が家屋1軒単位となるため、家屋1軒分の広さを単位とすることが必要となると考えられる。その場合10mメッシュでは、盛り土上に存在しない家屋であっても盛り土上と判断されることが想定される。一方2.5mメッシュの場合、盛り土の分布は詳細に把握されることが予想されるが、地図の保有する誤差が2.5m以上と考えられ、誤った判断となるケースが考えられる。建屋の規模を含めて、これらを考慮して5.0mメッシュとすることとした(図-4参照)。

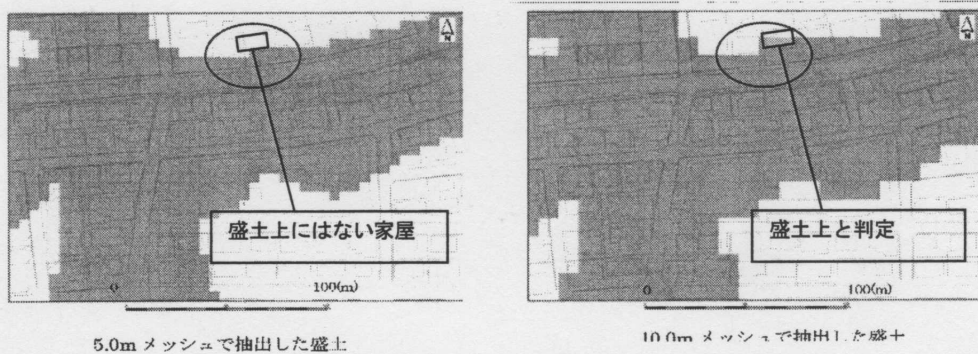


図-4 建屋を考慮したDEMのメッシュサイズについて

4. 2. 6 DEMの精度向上について

①旧地形図の補正

1度作成したDEMデータに対して、新たに不動点を追加設定し、その不動点の新旧地形のズレ(修正すべき量)を求める。このズレをもとに対象範囲内の各地点の水平位置の修正量を算定し、このデータを基に旧地形を補正した。

②断面図による確認

断面図を作成し、現地調査により地形の確認を行った。誤差が含まれると判断した場合は、断面図の旧地形の標高を修正し、表-1を基に修正を行った。

