

「造成宅地災害対応マニュアル」

まえがき

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震（以下、東日本大震災と記す）において、仙台市は造成宅地に大きな被害を受けた。1978年の宮城県沖地震においても造成宅地は被害を受け、地震被害の一つの形態として注目を集めた。その後の1995年阪神大震災を含めた地震でも造成宅地は大きな被害を受け、宅地造成等規制法も改定され、宅地耐震化事業が実施されていたが、自治体負担、宅地所有者負担の壁があり、実質的な進捗は見られなかった。仙台市の造成宅地の被害の特徴の一つに、造成年代が古い宅地の被害が大きかったことが挙げられる。戦後の経済復興期に、法的整備がなされない状態での宅地造成であったことと造成宅地の経年劣化の可能性が被害を大きくした理由として指摘されている。同様の状況にある造成宅地は、本邦に於いて大都市圏を中心として数多く存在する。

1978年に造成宅地被害を受け、仙台市は常設委員会として宅地保全審議会を設置し、宅地保全に関わる事項について検討を重ねてきた。しかし、2011年の東日本大震災における造成宅地の被害は、1978年のそれをはるかに凌駕するものであり、また、造成宅地に関わる復旧・復興事業の基本的考え方も、1978年当時とは大きく異なっていた。また、震災復旧・復興に対する国の基本的方針があいまいなままで、被害調査、被害原因のメカニズム特定、対策事業のあり方を考える必要性があった。このような状況の中で、造成宅地に関わる法律、耐震化事業を理解しながら、被災した住民への緊急対応など、造成宅地被害への対応は困難を極めた。造成宅地被害の基本的事項を確実に理解するための冊子の必要性を強く感じた。また、大きな被害を受け多大な支援を頂いた自治体として、自らの経験をもとに、今後の対策事業を円滑にするための情報発信の必要性も感じた。

このマニュアルは仙台市の委託を受けて、公益社団法人地盤工学会東北支部が作成したものである。目的として、同様の造成宅地被害が発生したときに、造成宅地被害の対策に必要な基礎知識が得られること、対策事業の流れが理解できることの2つが挙げられる。対象としては対策事業に携わる行政担当者としているが、一般市民でも理解できるように、わかりやすい記述を心がけたつもりである。この冊子は時間的余裕のないところでの執筆・編集であり、あくまでも暫定的なものとして取り扱っていただきたい。今後、よりわかりやすいものとするための努力を重ね、今後の造成宅地被害の対策事業に役立つような資料となるように最終版を作成し、公表したいと考えている。仙台市の提案によるこの冊子が造成宅地被害の対策事業の一助となれば幸いである。

「造成宅地災害対応マニュアル」編集委員会代表者 飛田善雄
(平成24年度 公益社団法人地盤工学会 東北支部支部長)

仙台市造成宅地災害対応マニュアル（行政向け）の作成

目次

1. 宅地災害とその対応の概要	1
2. 造成宅地災害に関係する法令	9
2.1 宅地災害に関係する法令（平常時）	9
2.2 宅地災害に関係する基準・マニュアル等（平常時）	16
2.3 宅地災害に関係する法令（災害発生時）	19
2.4 宅地災害に関係する基準・マニュアル等（災害発生時）	21
3. 造成宅地災害発生時の対応と諸制度	23
3.1 被災状況の把握	23
3.2 がれき等の処理	26
3.3 金融・財政面の措置	27
3.4 緊急の住宅確保	29
3.5 恒久住宅の供給・再建	31
3.6 公共土木施設等の災害復旧	34
3.7 安全な市街地の整備	37
3.8 都市基盤施設の復興	39
3.9 災害記憶の継承	41
4. 宅地災害の発生メカニズム	42
4.1 丘陵造成地盤の地震時安定に影響を与える要因	42
4.2 仙台市の被災事例とその解説	46
4.3 宅地被災を軽減するために	57
4.4 宅地被災形態の分類	65
5. 宅地災害の初動期から復旧対応までの対応マニュアル	67
5.1 初動期から復旧対応までの流れ	67
5.2 被害緊急調査の種類と目的	69
5.3 避難勧告等の処置	72
5.4 被害応急措置	73
5.5 被害メカニズムの分類と対策工決定のための被害調査	78
5.6 対策工選定のための安定計算	83
5.7 対策工の選定で考慮すべき事項	93

1. 宅地災害とその対応の概要

近年の地震被害の中で、造成宅地の被害が注目を集めている。1960年前後に造成された大規模な造成地は、法的な整備も不十分な中での造成であったために、地山と盛土の境目（底盤とも呼ばれる）の処理が十分ではなく弱面となっていたり、暗渠などの盛土内排水施設が十分でなく、年月の経過とともに盛土内の地下水位が上昇したり、盛土の飽和度が高くなって、盛土全体の安定性が低下していることが多い。

宅地災害が注目されたのは、1978年の宮城県沖地震の際の仙台市緑ヶ丘3丁目、死亡事故を伴う白石市寿山の流動崩壊が最初である。その後の地震でも宅地災害は発生したが大きな注目を集めることはなかった。1995年の阪神大震災（兵庫県南部地震）で大規模な造成宅地被害が起こり、その被害の甚大さが注目されました。2004年中越地震でも同様の被害が生じ、宅地造成等規制法が改正され、新規宅地造成に係る耐震性の確保とともに、既存宅地の耐震性を高めるための宅地耐震化事業を実施することの必要性が認識された。しかし、この事業は自治体および住民に大きな負担を求めるものであり、東日本大震災を経た現時点でもその実施は容易ではない。

将来の地震においても造成宅地の被害は避けられないものと覚悟しなければいけない。被害が起こった場合には、できる限り適切な対応を行わなければいけない。宅地被災は、公共構造物（インフラストラクチャー）の復旧事業とは異なり法的整備および技術的成熟度は十分ではなく、またその時の状況により、対策事業の範囲が変更になる可能性も高く、対策事業として実施できることを過去の例に求めるばかりでなく、被災自治体の職員の創意工夫が求められるとともに被災した住民の要望を取り上げながら進行すべき事業である。

この章では、「宅地災害とはどのようなものであり、どのような法律があり、どのような対策があるのか」について、おおよそのイメージを描くために必要となる基本的知識を与えることを目的としている。それぞれの事項については、第2章以下に記述される。この章では、以下のように4つの節を設定して、簡潔に主要事項を記す。

- 1.1 宅地災害の特徴：行政的取り扱いの難しさ
- 1.2 宅地災害のメカニズム：地盤工学的観点から
- 1.3 宅地災害対応に係る法律の整備状況
- 1.4 被災住民との信頼関係の構築に必要なこと

宅地にクラックが入り、段差、不同沈下が発生し家屋の被害も発生したという被害状況を観察した住民が、なんらの対策事業の実施なしに同じところに住み続けるという決断をすることはできない。災害後の生活再建のためには住居の補修・再構築が必要である。これらを決断するためには、被災宅地の対策事業の実施が必要であり、事業の実施ができない場合でも、必要な知識と確

かな情報を発信することが必要である。

1.1 宅地災害の特徴：行政的取り扱いの難しさ

(1) 宅地の特徴：公的補助事業の対象として

宅地は個人資産であり、その維持管理は所有者である住民にすべてが委ねられる。現時点においても個人資産に対する災害時の支援は、原則できないとするのが行政（特に財務省）の立場である。もちろん、この原則のみで、被災した住民の生命および財産を守ることはできないので、生活再建支援法、農地に対する補助制度、復興基金の創設など例外的な方法も存在するが、原則は個人資産に対する公的支援はないと考える必要がある。

東日本大震災では、地山と盛土の境界部での底盤すべり以外に、より規模の小さい盛土内部の浅いすべりも「造成地滑動崩落緊急対策事業」（2012）の対象となった。しかし、後者のすべりに対して、今後の地震被災でも対象となるかどうかは不明である。

(2) 宅地の特徴：維持管理の観点から

宅地に対する責任者は所有者にあることより、宅地造成後に地下水位が上昇したり、宅地の土が風化してより悪い土になり、宅地の安全性が低下しても、その補修や改善の責任は所有者にある。所有者が宅地の安全性に興味を持ち、維持管理に努めることは期待できず、大雨や地震の際に被害を拡大することが多い。今回の地震ではほぼ無被害であった造成宅地が次の地震でも無被害であり続けると断言することはできない。その後の宅地の変化（劣化）により、宅地の安全性が低下することも考えられるし、宅地の造園などで所有者が宅地の安全性を低下させることもある。

大きな底盤すべりを対象とする宅地耐震化事業に対して、今後積極的に取り組むことが必要であると同時に、住民レベルで宅地の安全性を維持・向上させる努力の必要性を啓発する取り組みも必要になる。

(3) 宅地の特徴：被害後の対応で住民との直接対話が必要

インフラ被害の場合には、対応すべき対象者は限定される。しかし、宅地被害が起こった場合に、多くの被災住民と個別の対応が必要になるのが一つの特徴と言える。住民対応に追われ、必要な措置を講ずることができない状況が想定される。平時の段階で、このような場合に配布すべき冊子やホームページ記事の準備、被害後の応急的措置の段階での住民への説明などについて、事前に準備しておくことが必要になる。また、宅地被害に限定することなく、可能性の高い自然災害が発生した際の行政対応の内容とその限界についても広報活動に努める必要がある。

1.2 宅地災害のメカニズム：地盤工学的観点から

(1) 宅地被害の素因と誘因

なぜ、地震時に宅地災害が発生するのか、そのメカニズムについて述べる。自然災害を考える場合には、素因と誘因に分けて考えるのが普通である。宅地災害を考える場合、素因とは被害を受ける宅地が有する性質のうち、被害をもたらしやすい性質が対象となる。誘因は地震の場合に

は、地盤震動によって宅地に作用する慣性力であり、その地点の震度が代表例である。大雨の場合には、降雨に係る性質：累積雨量や時間雨量が誘因となる。

（２）宅地被害の素因：土の性質，土の締固め程度，飽和度，地下水位，擁壁，盛土の形状

宅地被害を考える上で，基本的用語および基本的事項を項目ごとに以下に簡潔に記述する。

・切土と盛土

宅地造成の際には多くの場合，もともとの凸凹した地形を平らにする。切り取られた場合を切土，盛り付けた場合を盛土と呼んでいる。切土は締まっており，盛土は，切土と比較すれば，緩い状態になっている。地震時の宅地の被害は，盛土が多い。注意すべきは盛土のすべてが弱いのではなく，十分な施工や必要な措置（たとえば，盛土内排水）が取られなかった盛土が弱いということである。

・谷埋め盛土と腹付盛土

谷埋め盛土は，もともとの地形が谷や沢を形成しているところに盛土を行ったものである。もともとが集水地形であるために，地下水位が上昇しやすい。腹付盛土は，平地面を広くするために，傾斜した地盤に側方より土を盛り上げたものである。

・土の性質

土の締固め特性は，土の種類によって大きく異なり，砂系の土は密度が高く，粘土系の土は密度は低くなる。また，宅地の安定性に重要な性質である排水性（透水性）は，砂は高く，粘土は低い。つまり，粘土などの細粒分を多く含む土は排水性が悪いことになる。

・土の締固め

土がよく締まって密度が高い場合には，その土は強く安定している。ある土に対して締固め密度がもっとも大きい含水比（ある土に含まれる水の質量を土粒子の質量で割って，100 をかけて％表示した量）を最適含水比と呼び，その時の密度を最大乾燥密度と呼ぶ。砂系の土は最適含水比が低く，最大乾燥密度は大きい，粘土系の土は，最適含水比が高く，最大乾燥密度は小さくなる。

図-1 に，典型的な土に対する土の締固め試験結果の一例を示す。

・土の飽和度

飽和度とは，土内部の間隙に占める水の割合を％表示したものである。間隙が水で満たされる場合は飽和度 100％であり，間隙に水が全くない絶乾状態では飽和度 0％である。飽和度が低い場合には，土粒子間にメニスカスが作用し接触している面の垂直応力が大きいために，変形しにくく強い。飽和度が高くなっていくと，メニスカスの作用が消失し強さが低下する。一般的には，

飽和度が高くなるに従って、土は弱くなっていくと考えられる。これが、地震前に雨が降り続いたときに、被害が大きくなる理由である。東日本大震災では、地震前3日間の降雨量は3.0mm以下であり、被害を軽減したと考えられる。

・盛土地盤内の地下水位

谷埋め盛土は、もともとの地形が水を集めていた谷や沢であり、その性格は地盤改変後も維持されることが多い。このため、谷埋め盛土の排水処置が十分でないと、盛土内の地下水位は上昇しがちである。盛土内の地下水位が上昇すると、浮力の作用により、土のせん断抵抗に寄与する有効な垂直応力（土粒子間の接触により伝達される粒子間力を平均した応力）が小さくなる。さらに、地盤が変形した場合には、地下水位以下の飽和した土は間隙水圧を上昇させ、変形中にも土の強さが失われることになる。地下水位の上昇は、平時であっても地盤の強さを低下させ、地震時には、さらに地盤の強さを低下させることになり、2重の負の効果を与える。特に、砂の場合には、地震時の液状化現象をもたらす地盤のせん断抵抗がほぼ0になり、大きな流動をともなう崩壊となる可能性がある。

・擁壁の安定

造成地がひな壇になっている場合には、擁壁の適切さが宅地の安定に大きな影響を与える。地震時の慣性力により、擁壁が倒壊したり大きな変状を起こすと、その背後地盤は擁壁側に変位し、クラックや段差を生じて、家屋に大きな被害を与えることがある。適正な擁壁の設置が要求されているが、現状では不適格な構造を有する擁壁が多く存在している。

・盛土の断面形状

断面の断面形状が、盛土高さと比較して幅が広い「お盆型」の場合は、盛土高さと比較して幅が狭い「V字型」と比較すると、側面の抵抗がお盆型は小さいために地震時の安定性は低いとする報告がある。これは盛土の強さが同じ程度、すなわち締固め程度が同じと仮定できる場合の話である。一般に、V字型の盛土は締固めが難しいために盛土の密度が小さくなり、「お盆型」、「V字型」どちらの断面形状が、地震時により安定であるかは断定できない。

東日本大震災における仙台市の造成地の場合には、以下の要因が造成宅地の被害を大きくしたと考えられている。

土の性質：細粒分を多く含む土が盛土材料として利用され、盛土内排水が困難であった。

地下水位の上昇：被害後の調査による地下水位は一般に高く、地盤を不安定化した

土の飽和度：地下水位の上昇と関連するが、主たる要因ではないが、被害のあった地区では噴砂が観察されており、局部的に液状化現象がみられた。

擁壁の安定：被害のあった地区の多くで、適切ではない擁壁（2段積みなど）が見られ、宅地変状や家屋の被害に影響を与えた。

これらの被害メカニズムおよび事例については、4章で述べる。

1.3 宅地災害対応に係る法律の整備状況

宅地造成に係る法律の整備状況と被害を受けた場合の法律の整備状況について、簡潔にまとめる。

(1) 地震時の宅地被害の歴史と法的整備⁶⁾

1960年代、わが国は高度成長期にあり、効率的、合理的な生産体制を確立するため、生産基地は大都市周辺に立地することになり、多くの労働人口が大都市周辺に集中することとなった。このため、この増大した人口の住宅を確保するため、低地の氾濫原、後輩湿地、埋積谷、三角州、埋立地などの軟弱地帯が住宅化するとともに、段丘崖下部や山麓部では切盛による宅地造成が盛んに行われるようになった。

この時代は、造成工事が、安全基準作成に先行して行われた結果、安全条件を満たさない宅地が多く造られることになった。これらの宅地が、集中豪雨により被害を発生させたこと、山麓部の造成宅地は階段状の宅地が多く、一区画の宅地災害が下流側の宅地にまで被害を及ぼす連鎖性があることが明らかになり、改善勧告や改善命令等の強制力を有した「宅地造成等規制法」が1962年施行された。この法では、安全な宅地を造成するため、宅地造成工事規制区域を設定し、この区域内の造成工事は許可制となり、安全な基準を見たした場合のみ許可されることとなった。しかし、同法が施行されている面積は、国土の2.7%に過ぎず、これらの区域のみ開発行為に伴う審査が行われている。

1995年の阪神大震災および2011年の東日本大震災においては、宅地造成等規制法の施行以前と以後とを比較すると、施行以前の被害率と比較して、施行後の造成宅地のそれが著しく低いことが調査の結果明らかとなっており、一定の成果は得られたと考えることができる。

1989年（平成元年）に、宅地造成等規制法および新都市計画法を踏まえ自治体の管理運営を円滑に実施することを目的として、宅地防災マニュアルが刊行された。

阪神・淡路大震災では、地表面勾配が 20° 以内で、盛土基盤の勾配も $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ の緩傾斜で、盛土厚さが10m以内の薄い盛土が、長さ300m~400mに亘って変状を起こし、2m~3mも移動する現象が見られた。これは、従来の地震による造成地被災には見られなかった被災事象（宅盤変状）であった。1996年に、阪神大震災の教訓を踏まえ、宅地の耐震対策として配慮すべき事項をまとめ、宅地防災マニュアルが改訂されている。

2004年中越地震でも、阪神大震災と同様の地山と盛土の境界をすべり面とする滑動崩落による宅地被害が見られ、2006年に宅地造成等規制法の改正が行われ、既存宅地に対しても「造成宅地防災区域」を指定することが可能となり、既存宅地の耐震化を進める法律的根拠が与えられた。

これらを踏まえて、2007年に宅地防災マニュアルが再度改訂され、既存盛土の滑動防止対策が追加された。

2007 年の中越沖地震では、柏崎市の山本団地で初めて滑動崩落事業が適用され、盛土内排水工事を目的とする暗渠工法が採用された。1 億 6 千万円の費用のうち 4 分の 1 が住民負担であった。

2011 年東日本大震災においては、丘陵造成宅地の被害が顕著であり、家屋の被害が必ずしも地山と盛土の境界面をすべり面とする大規模滑動崩落ではなく、浅い小規模のすべりにも起因していることが明らかとなり、後者の被害に対応できる造成宅地滑動崩落緊急対策事業が 2011 年 11 月に制定された⁸⁾。さらに 2012 年 4 月に宅地耐震対策工法選定ガイドライン⁹⁾ が制定され、これらに準拠して仙台市の被災宅地の対策事業が検討されることとなった。

これらの一連の動きを表-1 にまとめる。大きな被害を受けて、ようやく法的整備がなされるという状況が理解できる。

(2) 造成地の耐震化事業および震災後対策事業の対象範囲

造成宅地の耐震化事業は、インフラ構造物や近隣に影響を与えることが懸念される場合が対象となっている。平地での地震被害の場合には、近隣への影響がなく個人の宅地・家屋被害に限定されるために公的対策事業は適用されない。しかし、2011 年東日本大震災の場合には、浦安市をはじめとして平地での埋立て造成地の液状化による被害が甚大であったために、公的支援の可能性が検討されている。

宅地は個人資産であるので、災害後の復旧は個人の負担となるのが原則とされている。しかし、被災者の生活再建支援の観点も踏まえて、震災後の宅地被災に対する公的支援対策事業の適用範囲について、広い観点からの今後の検討が必要であるというのが現状である。

1.4 被災住民との信頼関係の構築に必要なこと

宅地被害が起こったときに、家屋被害、宅地被害を目的とする応急的調査（を手順に従って進めていくとともに、住民への広報活動にも努めなければいけない。広報活動に有効な手段は、宅地被害を簡潔に解説し、住民レベルで実施可能な緊急的な対応処置を記した「宅地被害パンフレット」である。このパンフレットは冊子として準備するとともに、自治体のホームページよりダウンロードできるように準備しておきたい。

被災した住民より、行政職員が信頼を得るための必要な条件は次の 2 つである

- 1) 宅地被害に対して、十分な知識および実行能力を有していると判断してもらうこと
- 2) 宅地被害の被災者に対して、誠実な仕事を実施する姿勢を感じてもらふこと

上記の 1) の目的をある程度達成するために、このマニュアルを作成していることになる。2) については、従来のインフラ整備事業等で実施される住民説明会の在り方と情報開示については、真摯に再考すべきである。

＜住民説明会に対する配慮＞

これまでの住民説明会の内容は以下のような流れである。

- ・ 行政側からの計画内容、環境に対する配慮、健康リスク等の説明
- ・ 住民からの質問とその回答
- ・ 住民側の同意が必要数得られた段階で終了

このような流れは、住民からの信頼を得るためには不適な方法であることが知られている。

行政が説明役、住民が質問役という役割分担は効率的ではあっても、信頼の形成には不適である。インフラ整備よりもさらに困難な宅地被害対策事業に際しては、より適切な方法を工夫すべきである。次のような方法が考えられる。

- 1) 被害直後の段階では、説明役、質問役の役割分担をすることなく、「被害状況を確認する」ことを目的として、様々な被害の実態を行政、住民一緒に把握するという姿勢が大切である。住民に過去の地盤変状の経緯、湧水の存在等のその土地に住まいする住民からの情報を大切にするという姿勢も大切である。
- 2) 被害状況を把握した段階で、必要な被害調査、予想される対策工法の方向付け、被災住民の生活再建方法の在り方の多様性などについて話を進める。この段階でも「法律的に可能な方法を説明し、質問を受け付ける」という姿勢ではなく、「どんな方法が望ましいかを一緒に考える」という姿勢を保つことが、信頼関係の構築に必要である。
- 3) 被害対策として望ましいものの中から、その時点で実施できる方法を法律も交えて一緒に考えるという姿勢を持ち、行政としての対応の限界も説明しながら、可能な対策方法について住民との合意点を求めていくことが必要である。

このような住民と一緒に問題解決を考えるという方法は迂遠なようであっても、結局は早期に同意が得られ、しかも住民が納得した形で問題解決の模索が進むということになり、信頼感の醸成につながり、以後の対策事業を円滑に進めることにもつながる。

些細なことであるが、行政と住民が対面するような会場配置も避けるべきである。対面することは対決を意味しており、しかも行政が上座に位置することは避けたい。また、行政職員が椅子に座り、住民が座布団に座るようなことも避けたい。十分な机・椅子が準備できない場合には、両者ともに床に腰をおろして話し合うことが必要である。

特に初期の段階では、車座になり、行政職員と住民が混在するような形として、対等な立場での情報交換を目指していることがわかるような配置にすべきである。このような些細な配慮が信頼の形成にとって重要であることはリスク認知学などの分野ではよく知られた事実であり、それらの字事実を踏まえて住民との信頼関係の醸成に努めたい。

平時より、自然災害発生時の住民対応について、シミュレーションを実施し、必要な対応マニュアルを作成しておくことが大事である。行政職員の一人の不用意な発言がすべてをぶち壊す恐ろしさを十分に考えておく必要がある。

<情報公開の重要性>

宅地被害に限定することではなく、自然災害全般について言えることであるが、行政側の知識と情報量が住民側のそれと比較して、格段に有利な状況というのは現時点では考えにくい。どのような災害であれ、必要な情報はインターネットなどを利用して簡単に入手でき、さらに住民側にある種のプロが含まれていることを想定して、対応策を進めていくべきである。

被害調査等で得られたデータはできる限り早く公開して、無用な不信感を与えないようにしたい。同時に、公表したデータに対して適切な説明を、文書を利用しながら、口頭で行うことも大事である。マスコミによる不適切な用語の使用により、行政と住民が不信感をもつことが東日本大震災では散見された。

被害調査および対策事業の決定に際して、委員会等を設けて対応することが必要になった場合にも、その審議内容については公開とすべきである。しかし、委員会全体を公開とすべきかどうかについては、なお検討の余地がある。審議過程のすべてが公開となった場合には、委員からの積極的発言を求めにくく、住民の誤解を恐れて大事な事項に対する審議・検討が十分になされない場合が出てくる。そのような委員会は、住民の視点からは「大事な、知りたいことが検討されない形式的委員会」との印象を与えてしまう。

委員会発足の段階で、必要のある場合には審議過程は非公開とし、その代わりに代表者あるいは委員全員が審議経過を丁寧に説明し、住民（マスコミも含める）からの質問を受け付けるような会場の場を委員会の審議終了後に設けるような方法も検討すべきである。

2. 造成宅地災害に係る法令

2.1 宅地災害に係る法令（平常時）

宅地造成等規制法（国土交通省）

関連法：宅地造成等規制法施行令、宅地造成等規制法施行規則

宅地造成に伴う崖崩れ・土砂の流出による災害の防止のために必要な規制を行うことにより、国民の生命・財産の保護を図り、もって公共の福祉に寄与することを目的とした法律。現行法は2006年（平成18年）公布、2006年（平成18年）9月30日施行で、造成宅地防災区域の指定等に関する条項が加えられた。宅地造成工事規制区域内の宅地の所有者には、崖崩れなどの災害が生じないように、常に安全な状態に維持する責務がある。また、都道府県知事等が、災害の防止のため宅地の所有者等に勧告や改善命令を行うことができる。

【宅地造成等規制法の変遷】

西暦	和暦	主な改正内容
1961	昭和36	・宅地造成等規制法公布 ・宅地造成工事規制区域の指定（土地の切盛りによる安全性の担保）
2006	平成18	・造成宅地防災区域の指定（宅地造成工事規制区域の土地を除く。既存の造成宅地でも指定可能） ・宅地耐震化推進事業

【宅地地盤に関する宅地造成等規制法の規定】

法第9条、令第4条～第15条

- ・地盤の安全性（地表水の排水、地すべりの防止、盛土の締固め、原地盤の措置、崖面の保護）に関する基準。
- ・擁壁の設置に関する基準および鉄筋コンクリート造、練積み擁壁などの技術基準。
- ・擁壁の水抜き孔に関する基準。
- ・排水施設の設置に関する基準。
- ・建築基準法施行令の規定の準用および都道府県等による基準の強化。

法第20条、令第19条

- ・盛土造成地盤に関する耐震技術基準。

(1) 宅地造成工事規制区域の指定

都道府県知事等が宅地造成に伴い、がけ崩れ又は土砂の流出を生ずるおそれが著しい市街地等を「宅地造成工事規制区域」として指定し、その区域内で行われる宅地造成に関する工事が安全に施行されるよう許可制度を設けるとともに、危険と認められる宅地に対して勧告

等を行うことにより、宅地造成に伴う災害の防止を図る。2013年（平成23年）4月現在、全国で宅地造成工事規制区域に指定されているのは29都道府県10,252km²（国土の2.7%）。

宅地造成工事規制区域内の土地で、次のいずれかに該当する宅地造成に関する工事を行う場合には、都道府県知事等の許可が必要。

- 1) 切土で、高さが2mを超える崖（30°以上の斜面）を生ずる工事
- 2) 盛土で、高さが1mを超える崖を生ずる工事
- 3) 切土と盛土を同時に行う時、盛土は1m以下でも切土と合わせて高さが2mを超える崖を生ずる工事
- 4) 切土、盛土で生じる崖の高さに関係なく、宅地造成面積が500m²を超える工事

これらの工事のうち、

- ・高さが5mを超える擁壁の設置
- ・切土又は盛土をする土地の面積が1,500m²を超える土地における排水施設の設置を行う場合、指定者（宅地造成等規制法を参照）の設計による必要がある。

(2) 造成宅地防災区域の指定

都道府県知事等は、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（附帯する道路等を含み、宅地造成工事規制区域内の土地を除く。（※言い換えれば、宅地造成工事規制区域以外の土地））の区域であって次のいずれかに該当するものを「造成宅地防災区域」として指定することができる。

- 1) 安定計算によって、地震力及び盛土の自重による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。
- 2) 切土又は盛土をした後の地盤の滑動、擁壁の沈下、崖の崩落等の事象が生じているもの。

造成宅地防災区域内の造成宅地の所有者等には、災害の防止のため擁壁等の設置等の措置を講ずる責務がある。また、都道府県知事等が、災害の防止のため造成宅地の所有者等に勧告や改善命令を行うことができる（※2013年（平成25年）3月現在、造成宅地防災区域に指定された区域は無い）。

建築基準法（国土交通省）

関連法：建築基準法施行令、建築基準法施行規則

国民の生活・健康・財産の保護のため、建築物の敷地・設備・構造・用途について、その最低基準を定めた法律。現行法は2006年（平成18年）公布、2007年（平成19年）6月20日施行の改正建築基準法。改正建築基準法では、建築物の安全性の確保を図るため、都道府

県知事による構造計算適合性判定の実施，指定確認検査機関に対する監督の強化および建築基準法に違反する建築物の設計者などに対する罰則の強化，建築士および建築士事務所に対する監督および罰則の強化，建築業者および宅地建物取引業者の瑕疵を担保すべき責任に関する情報開示の義務付けなどの措置が講じられた。

都道府県や市町村等の地方公共団体は，それぞれの地域の特殊性を加味して建築基準法第40条に基づき，所轄大臣の承認を得たうえで条例として条件緩和を制定することができ，一般的に建築条例や建築基準条例などと呼ばれる。

【建築基準法の変遷】

西暦	和暦	主な改正内容
1919	大正8	・市街地建築物法公布(建築基準法の前身)
1950	昭和25	・ 建築基準法公布
1959	昭和34	・耐火建築物等の規定 ・内装制限の新設 ・定期検査・報告制度の新設 等
1970	昭和45	・8種の用途地域の規定 ・容積率規制 ・隣地斜線制限の全域適用 ・北側斜線制限の新設 等
1980	昭和55	・ 新耐震設計法の導入 (二次設計の新設等)
1992	平成4	・木造建築物に関する規制の見直し(準耐火構造・準耐火建築物の規制の新設等) ・12種の用途地域の規定 等
1998	平成10	・ 建築基準の性能規定化 ・建築確認・検査の民間開放 ・中間検査の導入 ・型式適合認定・構造方法の認定の規定新設 等
2006	平成18	・ 構造計算適合性判定の導入 ・確認検査等に関する指針の策定・公表 ・三階以上の共同住宅の中間検査の義務化 ・罰則の強化 等

【宅地地盤に関する建築基準法の規定】

法第19条

- ・建築敷地の安全性(湿潤な土地，出水のおそれの多い土地，がけ崩れ等)に関する規定。
- ・建築敷地の雨水および汚水の排水に関する規定。

法第88条

- ・法施行令第138条で規定された高さ2mを超える擁壁の確認申請および完了検査に関する規定。

- ・法第 8 条等の規定の準用（維持保全，構造体力などの制限）

都市計画法（国土交通省）

都市計画の内容及びその決定手続，都市計画制限，都市計画事業その他都市計画に関し必要な事項を定めることにより，都市の健全な発展と秩序ある整備を図り，もつて国土の均衡ある発展と公共の福祉の増進に寄与することを目的とする法律。高度成長期の市街地の進展に伴う無秩序な開発を抑制するために，市街化区域，市街化調整区域の区分や，開発許可制度が定められた。現行法は 2006 年（平成 18 年）公布，2007 年（平成 19 年）11 月施行。

都市計画法における擁壁および宅地地盤に関する技術基準は，都市計画法第 33 条，同法施行令第 28 条，第 29 条，同法施行令規則第 22 条，第 23 条，第 26 条，第 27 条に定められている。これらの規定は宅地造成等規制法第 9 条および同法施行令第 4 条～第 15 条の規定を準用したものとなっており，豪雨時による宅地地盤災害の防止を目的として「地盤の安全性」，「擁壁の設置及び構造」，「擁壁の設置義務のない崖面の保護」を定めている。2007 年（平成 19 年）11 月の都市計画法改正により，宅地造成工事規制区域内において宅地造成等の開発行為が行われる場合は，宅地造成等規制法第 9 条「宅地造成に関する工事の技術基準等」の規定が適用される旨の規定が明文化され，地震災害に対する技術基準が明確になった。また，宅地造成工事規制区域内において行われる宅地造成等の開発行為は，都市計画法第 29 条の開発許可を受けた場合には，宅地造成等規制法第 8 条の宅地造成許可を併せて受ける必要がなくなった。

【都市計画法の変遷】

西暦	和暦	主な改正内容
1919	大正8	・(旧)都市計画法
1968	昭和43	・(新)都市計画法公布 ・市街化区域・市街化調整区域の指定 ・開発許可制度(20ha以上)
2000	平成12	・市街化調整区域における既存宅地制度の廃止
2006	平成18	・改正都市計画法 ・大規模集客施設の郊外出店の規制を目指す ・宅地造成規制区域内において開発行為を行う際には，宅造法9条「宅地造成に関する工事の技術基準等」の適用が明文化。

【宅地地盤に関する都市計画法の規定】

法第 33 条第 1 項第 7 号，令第 28 条，令第 29 条，規則第 22 条，規則第 23 条，規則第 26 条，規則第 27 条

- ・地盤の安定性（隆起および沈下の防止，地表水の排水，地すべりの防止，盛土の締固め，

原地盤の措置，崖面の保護，地下水の排水）に関する基準。

- ・擁壁に関する技術基準。
- ・排水施設に関する技術基準。
- ・宅地造成等規制法の規定の準用。

砂防法（国土交通省）

豪雨による山崩れ，河床の浸食等の現象に伴う不安定な土砂の発生と，その流出による土砂災害を防止することにより望ましい環境の確保と河川の治水・利水上の機能の保全を図ることを目的として，1887年（明治30年）に制定された。国土交通大臣により，土石流や山崩れなどによる土砂災害を未然に防止するための砂防えん堤などの工事に使用する土地として「砂防指定地」が指定される。砂防指定地内では，以下に示すような一定の行為が制限される。制限の内容は都道府県により異なる。

- ・施設または工作物の新築，改築，移転または除却
- ・竹木の伐採または滑り降ろしもしくは地引きによる運搬
- ・土地の掘削，開墾，盛土，その他土地の形状を変更する行為。
- ・土砂または砂礫の採取，集積または投棄。
- ・鉱物の採掘，集積または投棄。
- ・芝草の掘取り
- ・火入れ

地すべり等防止法（国土交通省）

地すべり，および，ぼた山の崩壊を防止することを目的として，1958年（昭和33年）に施行された法律。同法律によって定められる「地すべり防止区域」とは，地すべり区域および地すべりに隣接する区域が新たに地すべりを誘発，助長することを防止することを目的として，国土交通大臣により指定される区域。地すべり防止区域内で以下の行為を行おうとする場合には，都道府県知事の許可が必要。

- ・地下水を誘致し，または停滞させる行為で地下水を増加させるもの，地下水の排水施設の機能を阻害する行為その他地下水の排除を阻害する行為。
- ・地表水を放流し，又は停滞させる行為，その他地表水の浸透を助長する行為。
- ・のり長3m以上ののり切りまたは直高2m以上の切土。
- ・地すべり防止施設（地すべり防止区域内にある排水施設，擁壁，ダムその他の地すべりを防止するための施設）以外の一定の施設又は工作物の新築または改良など。

急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律（国土交通省）

急傾斜地の崩壊の誘発・助長を防止することを目的として、1969年（昭和44年）に施行された法律。同法律によって定められる「急傾斜地崩壊危険区域」とは、傾斜地（傾斜30°以上）で崩壊の危険性があるため一定の行為制限を必要とする土地のことで、都道府県知事が指定を行う。急傾斜地崩壊危険区域の指定にあたっての参考基準は以下の通り。

- a) 急傾斜地の高さが5m以上のもの
- b) 急傾斜地の崩壊により危害が生ずるおそれのある人家が5戸以上あるもの、または5戸未満であっても、官公庁、学校、病院、旅館などに危害が生ずるおそれのあるもの。

急傾斜地崩壊危険区域で以下の行為を行おうとする場合には、都道府県知事の許可が必要。

- ・水を放流し、または停滞させる行為、その他水の浸透を助長する行為。
- ・ため池、用水路、その他の急傾斜地崩壊防止施設以外の施設、または工作物の設置、または改造。
- ・のり切、切土、掘削、または盛土。
- ・立木竹の伐採
- ・木竹の滑り降ろし、または地引による搬出。
- ・土石の採取または集積
- ・前述のもののほか、急傾斜地の崩壊を助長し、または誘発するおそれのある行為で政令で定めるもの。

森林法（農林水産省）

森林計画、保安林その他の森林に関する基本的事項を定めて、森林の保続培養と森林生産力の増進とを図り、もつて国土の保全と国民経済の発展とに資することを目的として、1951年（昭和26年）に制定された法律。農林水産大臣により「森林計画区」が定められ、地域森林計画が実施される。また、水源涵養、土砂流出の防止等のために、「保安林」や「保安施設地区」などが定められる。保安林と保安施設地区において立木竹の伐採、および土地の形質の変更を行う場合には、都道府県知事の許可が必要。

土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律（土砂災害防止法）（国土交通省）

都市化の進行により山裾間際まで新興住宅地が拡大していた地域において、平成11年に広島県で発生した土砂災害を契機に、土砂災害のおそれのある土地の区域における警戒避難体制の整備や一定の開発行為の制限等を行うことにより、土砂災害から国民の生命及び身体を保護することを目的に制定され、2001年（平成13年）4月から施行された法律。土砂災害防止法に基づく基礎調査、土砂災害警戒区域等の指定、および土砂災害警戒区域等において

実施される警戒避難体制の整備や、一定の開発行為の制限等の土砂災害防止対策を行う。

河川法（国土交通省）

洪水・高潮等による災害発生の防止，河川の適正な利用，流水の正常な機能の維持，河川環境の整備と保全を目的として，1964年（昭和39年）に制定された法律。国の管理する「一級河川」，渡府県の管理する「二級河川」等を定める。また，「河川区域」（河川敷内や河川管理施設の敷地等）における土地利用制限が定められており，土地の形質変更，工作物の新築などを行う際には河川管理者の許可が必要。

【その他の法令等】

- **道路法（国土交通省）**
- **建築物の耐震改修の促進に関する法律（国土交通省）**
- **地震防災対策特別措置法（内閣府，文部科学省）**
- **大規模地震対策特別措置法（内閣府，消防庁）**
- **国土形成計画法（旧国土総合開発法，2005年改正・改名）**

2.2 宅地災害に係る基準・マニュアル等（平常時）

宅地防災マニュアル（国土交通省）

宅地防災水準を向上させる目的で、都市計画法の開発許可および宅地造成等規制法に基づく宅地造成許可に関する工事に伴う防災措置に関する基本的な考え方・具体的手法を体系的に取りまとめ、1989年（平成元年）7月に各都道府県に通達されたもの。関連として、宅地防災マニュアルの内容や考え方をより詳細に解説した「宅地防災マニュアルの解説」が1989年（平成元年）9月に発行された。開発許可を必要とする開発行為および宅地造成許可を必要とする造成工事を行う事業者が事業を行う際、または行政担当官がその事業を審査するときの参考として活用されるもの。

1989年（平成元年）に制定された宅地防災マニュアルでは、豪雨等による被害を想定した宅地地盤および擁壁の技術基準を中心にまとめられており、地震時の耐震対策についてはその他留意事項として記載されるに留まっていた。1995年（平成7年）兵庫県南部地震により広域的な宅地災害が発生したことから、1998年（平成10年）に宅地防災マニュアルが改訂され、宅地地盤の防災性および耐震性の向上を目的とした宅地地盤および擁壁の耐震技術基準が追加された。さらに、2004年（平成16年）新潟県中越地震においても大規模盛土造成地の地すべりの変動（以下、「活動崩落」と記す）が多発し、公共施設および住宅の流出などの被害が発生したことから、2007年（平成19年）に宅地防災マニュアルの第二次改訂が行われ、新規の盛土造成地における宅地耐震技術基準および既存の谷埋め型および腹付け型大規模盛土造成地における活動崩落防止対策が追加された。

【宅地防災マニュアルの変遷】

西暦	和暦	主な改正内容
1989	平成元	・宅地防災マニュアル ・豪雨時を想定した宅地地盤および擁壁の技術基準
1998	平成10	・宅地防災マニュアル（第一次改訂） ・宅地地盤の防災性および耐震性の向上を目的とした、宅地地盤および擁壁の耐震技術基準の追加。
2007	平成19	・宅地防災マニュアル（第二次改訂） ・新規の盛土造成地における宅地耐震技術基準 ・既存の谷埋め型および腹付け型大規模盛土造成地における活動崩落防止対策。

宅地耐震化推進事業（国土交通省）

新潟県中越地震等の大地震時に、大規模盛土造成地（以下「大規模盛土」という。）の崩壊により住宅が流出するなどの被害が出ているが、このように大地震が発生した場合に大きな被害が生ずるおそれのある大規模盛土は全国に数多く存在すると推定される。このような大

規模盛土の被害を軽減するため、変動予測調査（大規模盛土造成地マップ作成）を行い住民への情報提供等を図るとともに、滑動崩落防止工事の実施により耐震性を向上させることに要する費用について補助を行う。

(1) 大規模盛土造成地の変動予測

大地震等が発生した場合に、大きな被害が生ずるおそれのある大規模盛土造成地において、変動予測調査（大規模盛土造成地マップ作成）を行い住民への情報提供等を図る。

事業主体：地方公共団体

補助率：国 1/3

補助対象：大規模盛土造成地の変動予測に関する調査に要する費用

(2) 大規模盛土造成地滑動崩落防止事業

大地震等が発生した場合に滑動崩落するおそれの大きい、一定の要件を満たす大規模盛土造成地において滑動崩落防止工事が行われる場合、工事に要する費用の一部を補助する。

施行地区要件：以下の 1)～3)の全てに該当する地区

1) 以下のいずれかに該当する区域

- a) 宅地造成等規制法第 20 条の規定に基づき指定された造成宅地防災区域
- b) 宅地造成等規制法第 3 条の規定に基づき指定された宅地造成工事規制区域内で同法第 16 条の規定に基づく勧告がなされた区域

2) 以下のいずれかに該当するもの

- a) 盛土部分の面積が 3,000 m² 以上であり、盛土上に 10 戸以上の家屋が存在するもの
- b) 盛土をする前の地盤面の勾配が 20 度以上であり、盛土の高さ 5 m 以上であり、盛土上に 5 戸以上の家屋が存在するもの

3) 当該盛土の滑動崩落により、以下のいずれかの施設に被害が発生するおそれのあるもの

- a) 道路（高速自動車国道，一般国道，都道府県道），河川，鉄道
- b) 地域防災計画に記載されている避難地又は避難路

事業主体：地方公共団体及び宅地所有者等（宅地所有者等へは地方公共団体からの間接補助）

補助率：国 1/4

補助対象：大規模盛土造成地の滑動崩落防止工事に要する設計費及び工事費

【その他の基準・マニュアル等】

- 宅地耐震対策工法選定ガイドライン（国土交通省）
- 河川砂防技術基準【本編，計画編，設計編】（国土交通省）
- のり面工と斜面安定工指針（日本道路協会）
- 道路土工—のり面工・斜面安定工指針（日本道路協会）

- 道路土工一切土工・斜面安定工指針（日本道路協会）
- 落石対策便覧（日本道路協会）
- 治山技術基準・解説 総則・山地治山編（農林水産省）
- のり枠工の設計・施工指針（全国特定法面保護協会）
- 新・斜面崩壊防止工事の設計と事例（国土交通省）
- 地すべり防止技術指針（国土交通省）
- 地山補強土工法 設計・施工マニュアル（地盤工学会）

2.3 宅地災害に関係する法令（災害発生時）

災害対策基本法（内閣府，消防庁）

1959年（昭和34年）伊勢湾台風による被害を契機として、1961年（昭和36年）に制定された災害対策関係法律の一般法。国土並びに国民の生命、身体及び財産を災害から保護するため、防災に関し、国、地方公共団体及びその他の公共機関を通じて必要な体制を確立し、責任の所在を明確にするとともに、防災計画の作成、災害予防、災害応急対策、災害復旧及び防災に関する財政金融措置その他必要な災害対策の基本を定めることにより、総合的かつ計画的な防災行政の整備及び推進を図り、もって社会の秩序の維持と公共の福祉の確保に資することを目的とする。

2011年東日本大震災を経て、2012年（平成24年）6月27日に改正法が公布、同日施行。以下に示す事柄について定められている。

- (1) 防災に対する責務の明確化（国，都道府県，市町村，指定公共機関，住民）
- (2) 防災に関する組織
国：中央防災会議，非常災害対策本部
都道府県，市町村：地方防災会議，災害対策本部
- (3) 防災計画
防災基本計画，防災業務計画，地域防災計画
- (4) 災害対策の推進
災害予防，災害応急対策，災害復旧等の段階ごとに，各実施責任主体の果たすべき役割や権限を規定。
- (5) 財政金融措置
- (6) 災害緊急事態
緊急措置の方法（生活必需物資の配給等の制限，金銭債務の支払い猶予，海外からの支援受け入れに係る緊急政令の制定等）

被災者生活再建支援法（内閣府）

自然災害によりその生活基盤に著しい被害を受けたものに対し、都道府県が相互扶助の観点から拠出した基金を活用して被災者生活再建支援金を支給するための措置を定めることにより、その生活の再建を支援し、もって住民の生活の安定と被災地の速やかな復興に資することを目的とする法律。一定の条件を満たした自然災害に対して支援が実施され、住宅の被害状況（全壊，解体，長期避難，大規模半壊）および住宅の再建方法（建設・購入，補修・賃借）に応じて最大300万円まで支援が行われる。

【その他の法令等】

- 災害救助法（厚生労働省）
- 激甚災害に対処するための特別の財政援助などに関する法律（激甚法）（内閣府）
- 防災のための集団移転促進事業に係る国の財政上の特別措置に関する法律（防災集団移転促進法）（国土交通省）
- 地震防災対策強化地域における地震対策緊急整備事業に係る国の財政上の特別措置に関する法律（内閣府）
- 被災市街地復興特別措置法（国土交通省）
- 被災区分所有建物の再建等に関する特別措置法（被災マンション法）（法務省）
- 特定非常災害の被害者の権利利益の保全等を図るための特別措置に関する法律（内閣府，総務省，法務省，国土交通省）
- 住宅金融公庫法（国土交通省）
- 地震保険に関する法律（財務省）
- 災害弔慰金の支給等に関する法律（弔慰金法）（厚生労働省）
- 廃棄物の処理及び清掃に関する法律（廃棄物処理法）（環境省）
- 罹災都市借地借家臨時処理法（国土交通省）
- 災害被害者に対する租税の減免，徴収猶予に関する法律（災免法）（財務省）

2.4 宅地災害に係る基準・マニュアル等（災害発生時）

造成宅地活動崩落緊急対策事業（東日本大震災復興交付金）（国土交通省）

2011年（平成23年度）第三次補正予算において創設された。地盤の滑動崩落等により被害を受けた造成宅地において、再度災害を防止するために活動崩落防止の緊急対策工事に対する支援を目的とする。

(1) 補助対象

2011年東日本大震災により活動崩落などが発生している箇所のうち、平成24年度末（2013年3月）までに工事着手される地区における活動崩落防止工事。

(2) 補助要件

地震時に活動崩落するおそれのある大きい造成宅地であって、次のいずれかに該当するもの。

- a) 盛土面積が3,000 m²以上であり、かつ、盛土上に存在する家屋が10戸以上であるもの。
- b) 盛土をする前の地盤面の勾配が20°以上、かつ、盛土厚さが5 m以上であり、かつ、家屋が5戸以上であるもの。

当該盛土の滑動崩落により、次のいずれかの施設に被害が発生するおそれのあるもの。

- a) 道路（高速自動車国道、一般国道、都道府県道、市町村道（指定市道及び迂回路のないものに限る（激甚災害に対処するための特別の財政援助等に関する法律第2条第1項により指定された災害に限り迂回路のあるものも含む））、河川、鉄道。
- b) 地域防災計画に記載されている避難地又は避難路。
- c) 家屋10戸以上（当該盛土上に存するものは除く）

(3) 交付団体

地方公共団体

(4) 事業実施主体

地方公共団体

(5) 基本国費率（別途、地方負担軽減措置を講じる）

国：1/2（特別な場合は2/3[※]）

※放置すれば災害への対応に広域にわたり重大な支障をきたすような施設の保護。

地方公共団体と民間の負担割合については事業主体が任意に定めることが可能。

宅地擁壁の復旧技術マニュアル（国土交通省）

1995年（平成7年）兵庫県南部地震を契機に、宅地擁壁の復旧に関する基本的な事項を整理し、擁壁の所有者等が復旧工事を実施する際の参考に供することを目的として、1995年（平

成 7 年) 8 月に、「宅地擁壁の復旧技術マニュアル」が各都道府県等に通達された。その後、1995 年(平成 7 年) 10 月に、「宅地擁壁の復旧技術マニュアルの解説」が発行された。このマニュアルは、宅地造成等規制法の規定に基づく宅地造成工事規制区域内の宅地擁壁に適用され、被災した宅地擁壁に関する応急措置、仮復旧工法、本復旧工法の実施について、検討すべき事項をまとめたものである。

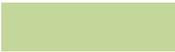
【その他の基準・マニュアル等】

- **激甚災害指定基準(内閣府)**
- **局地激甚災害指定基準(内閣府)**
- **災害関連地域防災がけ崩れ対策事業(国土交通省)**
- **東日本大震災被災宅地復旧工事助成金制度(仙台市)**

3 造成宅地災害発生時の対応と諸制度

造成宅地災害発生時に実施すべき施策，および施策の実施の際に参考とすべき関係法令・マニュアルを，「復旧・復興マニュアル(内閣府)」をもとにまとめた。施策の内容および関係法令・マニュアルの詳細は，「復旧・復興マニュアル(内閣府)」を参照のこと。施策を実施すべき時期は各項目の色で分別されている。

施策の実施時期と項目色

	: 緊急対応期
	: 応急復旧期(避難期)
	: 本格復旧, 復興準備・始動期
	: 本格復興期

3.1 被災状況の把握

(1) 応急対応のための被害調査 復旧・復興ハンドブック INDEX 【1-1-1-1】

実施手順 等

- ① 建築物被害の概要調査
- ② 都市基盤施設被害の概要調査
- ③ 人的被害の把握
- ④ 利用可能空地の把握

(2) 二次的被害の拡大防止に関する調査 復旧・復興ハンドブック INDEX 【1-1-1-2】

実施手順 等

- ① 応急危険度判定(地震災害時)

応急危険度判定は、二次災害を防止するための危険度を判定するものであって、罹災証明の発行のための損害の査定や、被災建築物の恒久利用の可否の判定等の目的で行われるものではないことに留意する。例えば、歩道沿いの二階の窓ガラスが割れて垂れ下がっているような場合、ガラス片の落下により二次被害が生じる可能性があるため、建物自体が健全であっても「危険」の判定となる。

② 被災度区分判定

応急危険度判定に引き続いて実施される、建物の継続使用に関する安全性に関する調査。原則として、建築主の依頼による。

③ 被災宅地危険度判定

擁壁・のり面等を含む建築物の敷地(宅地)の余震や降雨による崩壊危険度を判定し、その結果を表示するもの。

④ 崖崩れ・地すべり発生状況等の調査

⑤ 被災ビルのアスベスト使用状況調査

(3) 法制度の適用に関する調査

復旧・復興ハンドブック INDEX 【1-1-1-3】

実施手順
等

① 災害救助法の適用

- ・「大規模災害における応急救助の指針」(平成9年6月, 厚生労働省)
- ・大規模災害救助研究会報告書」(平成13年4月, 厚生労働省)

② 被災者生活再建支援法の適用

③ 各種公共施設等の災害復旧事業に関する調査

④ 激甚災害に対処するための特別の財政援助等に関する法律の適用

⑤ 関連する視察への対応

(4) すまいと暮らしの再建に関する調査

復旧・復興ハンドブック INDEX 【1-1-1-4】

実施手順
等

① 家屋被害の詳細調査

家屋被害の実態を把握して被災者の応急対策の参考資料とするとともに、罹災証明の発行の基礎資料とする。

参考:被害認定基準

- ・「災害の被害認定基準について」(平成13年6月28日付 府政防第518号)

・「災害に係る住家の被害認定基準運用指針」(平成 21 年 6 月改定)

- ② 罹災証明の発行
- ③ 被災者生活実態調査
- ④ 住宅再建意向調査
- ⑤ 離職者・雇用動向調査
- ⑥ 産業被害と再建意向調査
- ⑦ 文化財・歴史的建造物等の被害調査
- ⑧ 復興状況把握のための調査
 - 1) 被害の復旧状況(公共施設, ライフライン, 交通)
 - 2) 住宅再建状況調査(建築確認申請, 住宅資金融資, 公営住宅の入居, 仮設住宅の解消見通し)
 - 3) 被災者生活(被災者生活実態調査, 雇用動向)
 - 4) 経済復興状況(工業・商業統計調査等)
 - 5) その他総合的指標(人口動態, 地価動向, 住民意識調査)

3.2 がれき等の処理

(1) 堆積物, 災害ゴミの除去	復旧・復興ハンドブック INDEX	【1-1-2-1】
法制度(災害ゴミ等の除去に関する事業)		
・災害廃棄物処理事業 ・環境衛生施設災害復旧事業 ・堆積土砂排除事業 ・降灰除去事業 ・都市災害復旧事業 ・湛水排除事業 ・災害関連緊急大規模漂着流木等処理対策事業		
実施手順等		
① 処理体制の構築 ② 収集・処理の実施		
(2) 被災家屋の解体とがれき処理	復旧・復興ハンドブック INDEX	【1-1-2-2】
実施手順等		
① 体制の構築 ② がれき発生量の予測 ③ 廃棄物処理施設の復旧 ④ 処理方針・処理計画の作成 ⑤ 瓦礫処理の実施 ⑥ 環境対策の徹底		

3.3 金融・財政面の措置

(1) 金融・財政面の緊急措置 復旧・復興ハンドブック INDEX 【1-2-4-1】

実施手順等

- ① 緊急の金融措置
- ② 財政需要見込み額の算定
- ③ 行財政計画の検討
- ④ 予算編成

(2) 復興財源の確保 復旧・復興ハンドブック INDEX 【1-2-4-2】

実施手順等

- ① 補助事業, 特例等の有効活用
復興事業の推進のために, 適用可能な法制度に基づく事業の適用や, 補助金の活用等を図る。
特に激甚法の適用が財政上重要。
 - ・公共土木施設の災害復旧事業(公共土木施設災害復旧事業費国庫負担法)
 - ・公立学校の施設の災害復旧事業(公立学校施設災害復旧費国庫負担法)
 - ・公営住宅または共同施設の建設または補修に関する事業(公営住宅法)
 - ・その他多数
- ② 起債
 - ・補助災害復旧事業債
 - ・災害関連事業債
 - ・国の補助の対象とならない災害復旧事業
 - ・一般単独災害復旧事業債
 - ・公営企業等災害復旧事業債
 - ・火災復旧事業債
 - ・小災害債(激甚災害)
 - ・歳入欠かん等債(激甚災害)
- ③ 特別交付税
- ④ その他の交付税

(3) 復興基金の設立

復旧・復興ハンドブック INDEX 【1-2-4-3】

実施手順等

- ① 復興基金の創設
- ② 復興基金による支援の実施

3.4 緊急の住宅確保

(1) 被災住宅の応急修理対策	復旧・復興ハンドブック INDEX	【2-1-1-1】
法制度(災害救助法に基づく支援)		
<p>・災害救助法に基づく応急修理</p> <p>住家が半壊し「自ら修理する資力のない世帯」について、地方自治体が居室、台所、トイレ等、日常生活に必要な最低限度の部分を修理するもの。</p>		
実施手順等		
<ul style="list-style-type: none"> ① 災害救助法による民間住宅の応急修理支援の実施 ② 被災者が自力で実施する応急修理支援 ③ 悪徳業者への注意喚起、価格監視 		
(2) 応急的な住宅の供給計画の検討	復旧・復興ハンドブック INDEX	【2-1-1-2】
実施手順等		
<ul style="list-style-type: none"> ① 応急的な住宅の供給戸数の検討 ② 応急仮設住宅の供給可能戸数の算出 ③ 応急的な住宅の供給計画の策定 		
(3) 一時提供住宅の供給	復旧・復興ハンドブック INDEX	【2-1-1-3】
実施手順等		
<ul style="list-style-type: none"> ① 供給可能な一時提供住宅の確保 ② 民間賃貸住宅の借り上げ ③ 入居者の募集・選定 ④ 一時提供住宅の入居者の管理 		
(4) 応急仮設住宅の建設	復旧・復興ハンドブック INDEX	【2-1-1-4】
実施手順等		

- ① 建設可能用地の確保
 - ・公共用地, 協定民間用地, 事業用仮設住宅用地の借り上げ
- ② 応急仮設住宅等の建設
- ③ 維持管理体制構築・住環境の改善

(5) 入居者の募集・選定とサポート	復旧・復興ハンドブック INDEX	【2-1-1-5】
---------------------------	----------------------	------------------

実施手順等

- ① 入居者の募集・選定
- ② 入居者の生活支援

(6) 利用の長期化・解消への措置	復旧・復興ハンドブック INDEX	【2-1-1-6】
--------------------------	----------------------	------------------

実施手順等

- ① 利用長期化への経過措置
- ② 応急的な住宅から恒久的な住宅への住み替え支援
- ③ 応急仮設住宅の撤去

3.5 恒久住宅の供給・再建

(1) 住宅供給に関する基本計画の作成 復旧・復興ハンドブック INDEX 【2-1-2-1】

実施手順等

- ① 恒久的な住宅の必要戸数の算出
- ② 恒久的な住宅の供給可能戸数の把握
- ③ 恒久的な住宅の供給計画の策定

(2) 公営住宅の供給 復旧・復興ハンドブック INDEX 【2-1-2-2】

公営住宅法第8条第1項により、災害の場合の公営住宅の建設等に係る国の補助の特例がある。

実施手順等

- ① 公営住宅の建て替え・補修
- ② 公営住宅の新規整備
- ③ 家賃低減化対策
- ④ 入居者の募集・選定
- ⑤ その他公的住宅の供給

(3) 住宅補修・再建支援 復旧・復興ハンドブック INDEX 【2-1-2-3】

宅地の復旧は、原則として所有者が行うものであるが、二次災害のおそれのある宅地については、土地所有者等に対する改善勧告を行うとともに、仮復旧工事の施工、「災害関連緊急急傾斜地崩壊対策事業(民間急傾斜事業)」、「道路災害復旧事業」等の直接支援、宅地防災工事貸付制度の拡大運用等を図る。

宅地造成等規制法、急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律、建築基準法に基づき勧告または改善命令を受けた宅地の被災者に対しては、宅地防災工事資金融資が適用される。

法制度(住宅に関する各種支援制度)

- ・被災者生活再建支援制度(被災者生活再建支援法)
- ・独立行政法人住宅金融支援機構による災害復興住宅融資。
- ・生活福祉資金、母子・寡婦福祉資金の住宅資金の貸付。
- ・宅地防災工事資金融資

実施手順等

- ① 法制度に基づく事業
- ② 融資制度の創設
- ③ がけ・擁壁, 私道復旧への措置
 - ・被災宅地復旧技術マニュアル
 - ・被災宅地復旧の手引き

(4) 既存不適格建築物対策

復旧・復興ハンドブック INDEX 【2-1-2-4】

実施手順等

- ① 建築基準法の弾力的な運用
- ② 建築協定の積極的な運用
- ③ 共同化・協調化支援
 - ・優良建築物等整備事業制度(都市計画事業の計画の無い密集市街地における共同化に適用可)

(5) 被災マンションの再建支援

復旧・復興ハンドブック INDEX 【2-1-2-5】

法制度(マンション再建に利用できる支援制度)

- ・マンション建て替え円滑化法
- ・まちなみデザイン推進事業の補助率の嵩上げの特例
- ・優良建築物等整備事業

実施手順等

- ① 権利者の合意形成支援
- ② 既存不適格建築物に対する緩和措置の実施
- ③ 建替支援制度の創設

(6) その他各種対策

復旧・復興ハンドブック INDEX 【2-1-2-6】

実施手順等

- ① 罹災都市借地借家臨時処理法の適用
 - 大規模な災害で多数の建物が滅失した場合に, 被災した借地・借家人の権利を保護し, 建物の再建を促進しようとする法律。

- ② 住宅復興に関する情報提供・人的支援
- ③ 住宅供給等に関する協議会の設置等
 - ・住宅建設業者の確保, 協議会の設置
- ④ 建築確認・監視体制の整備

3.6 公共土木施設等の災害復旧

(1) 災害復旧 復旧・復興ハンドブック INDEX 【2-2-1-1】

実施手順等

- ① 被害の把握・報告
 - ・被害状況の都道府県集計と国への報告
 - ・災害緊急調査の要請
 - ・激甚災害指定の検討と激甚災害指定の推進
 - ② 応急工事
 - ③ 復旧の基本方針の決定等
 - ・復旧の基本方針の決定, 災害復旧計画概要書(査定設計書)の作成
 - ④ 災害査定
 - ⑤ 災害復旧関係技術職員の確保
 - ・都道府県営災害復旧事業
 - ・市町村営災害復旧事業
 - ・災害復旧技術専門家派遣制度
- 地方公共団体が, (社)全国防災協会を通じて行う。

(2) 土砂災害対策 復旧・復興ハンドブック INDEX 【2-2-1-2】

実施手順等

- ① 被災箇所の応急対策工事
- ② 被災施設の災害復旧
- ③ 砂防・治山施設等の整備
 - 1) 砂防関係事業制度
 - ・災害関連緊急砂防工事
 - ・砂防激甚災害対策特別緊急事業
 - ・火山砂防事業
 - ・火山砂防激甚災害対策特別緊急事業
 - 2) 治山関係事業制度
 - ・山地治山事業

- ・復旧治山事業
- ・治山等激甚災害対策特別緊急事業
- ・国有林野内補助治山事業
- ・災害関連緊急治山事業
- ・防災対策総合治山事業
- ・火山地域防災機能強化総合事業

④ 地すべり防止施設の整備

1) 地すべり関係事業制度

- ・災害関連緊急地すべり対策事業
- ・災害関連緊急急傾斜地崩壊対策事業
- ・地すべり激甚災害対策特別緊急事業

(3) 洪水対策

復旧・復興ハンドブック INDEX

【2-2-1-3】

実施手順等

- ① 総合的な治水対策の検討
- ② 河川施設における障害物の除去
- ③ 河川施設の災害復旧
- ④ 河道整備
- ⑤ 保水・湧水機能の強化
- ⑥ 内水排除施設の整備
- ⑦ 氾濫抑制施設等の整備

(4) 津波・高潮対策

復旧・復興ハンドブック INDEX

【2-2-1-4】

実施手順等

- ① 海岸・港湾施設の災害復旧
- ② 防潮堤の整備・嵩上げ
- ③ 津波防波堤の整備
- ④ 河川改修・水門等の整備
- ⑤ その他防護施設等の整備等
 - ・防潮林, 貯木場対策等
- ⑥ コンビナート地区の対策

(5) 防災活動体制の強化

復旧・復興ハンドブック INDEX

【2-2-1-5】

法制度(防災体制整備に関する事業)

- ・情報基盤緊急整備事業
- ・防災まちづくり事業
- ・土砂災害情報相互通報システム整備事業
- ・地すべり監視モデル事業
- ・火山噴火警戒避難対策事業

実施手順等

- ① 監視・情報伝達システムの整備
- ② 情報伝達・避難誘導施設の整備

3.7 安全な市街地の整備

(1) 復興防災まちづくり方針の作成	復旧・復興ハンドブック INDEX	【2-2-2-1】
実施手順等		
① 被害の分析とハザードマップの作成		
② 復興防災まちづくり方針の作成		
③ 復興緊急整備条例の施行		
(2) 基盤未整備地域の整備	復旧・復興ハンドブック INDEX	【2-2-2-2】
実施手順等		
① 建築制限の実施		
・初期の建築制限(1か月以内の建築制限, 建築基準法第84条)		
・長期的建築制限(最長2年, 被災市街地復興特別措置法)		
② 再開発事業		
・市街地再開発事業		
・住宅街区整備事業		
③ 住宅市街地の基盤整備		
1) 土地区画整理事業		
・土地区画整理事業		
・被災市街地復興土地区画整理事業		
2) 密集住宅市街地整備促進事業		
・整備計画策定等事業		
・地区整備事業		
・建替促進事業		
・耐震改修促進事業		
業		
・賃貸住宅等家賃対策補助事業		
④ 延焼防止対策		
⑤ 避難施設・防災拠点等の整備		
1) 防災拠点の整備事業		

- ・基幹公園事業
- ・防災まちづくり事業

(3) 災害危険区域等の設定

復旧・復興ハンドブック
INDEX

【2-2-2-3】

実施手順等

- ① 災害危険区域の指定
- ② その他の危険区域指定や建築制限等
 - ・砂防, 地すべり, 急傾斜地危険区域指定
 - ・宅地造成等規制法による宅地造成工事規制区域の指定
 - ・防火地域指定／地区計画
 - ・改正水防法による浸水想定区域
 - ・土砂災害新法の特別警戒区域指定
- ③ 建築物の耐震性強化

(4) 宅地・公共施設の移転・嵩上げ

復旧・復興ハンドブック
INDEX

【2-2-2-4】

実施手順等

- ① 防災集団移転促進事業
 - ・防災集団移転促進事業
 - ・がけ地近接等危険住宅移転促進事業
 - ・土地区画整理事業
 - ・その他
- ② 嵩上げ事業
- ③ 被災公共施設等の移転・嵩上げ

3.8 都市基盤施設の復興

(1) 道路・交通基盤の復興	復旧・復興ハンドブック INDEX	【2-2-3-1】
法制度(道路・交通基盤施設に関連する事業)		
<ul style="list-style-type: none"> ・公共土木施設災害復旧事業 ・都市施設災害復旧事業 ・鉄道災害復旧事業 ・被災市街地復興土地区画整理事業 ・連続立体交差事業 ・沿道区画整理型街路事業 		
実施手順等		
<ol style="list-style-type: none"> ① 復旧・復興方針の策定 ② 迅速かつ円滑な復旧事業の実施 ③ 災害に強う交通ネットワークの構築 ④ より快適な道路空間の整備 		
(2) 物流基地・港湾・空港の復興	復旧・復興ハンドブック INDEX	【2-2-3-2】
法制度(物流・港湾空港施設に関連する事業)		
<ul style="list-style-type: none"> ・公共土木施設災害復旧事業 ・港湾災害関連事業 ・災害関連港湾環境整備施設復旧事業 ・空港災害復旧事業 		
実施手順等		
<ol style="list-style-type: none"> ① 港湾・漁港の復旧・復興 ② 空港の復旧・復興 ③ 流通施設の復旧・復興 		
(3) 公園・緑地の復興	復旧・復興ハンドブック	【2-2-3-3】

INDEX

法制度(公園・緑地整備に関連する事業)

- ・公共土木施設災害復旧事業
- ・防災公園の整備
- ・防災緑地緊急整備事業
- ・水と緑のネットワーク公園整備事業

実施手順等

- ① 復旧・復興方針の策定
- ② 既存公園の復旧・復興
- ③ 公園緑地の体系的な整備
- ④ 防災拠点としての公園施設の拡充・整備

(4) ライフライン施設の復興

復旧・復興ハンドブック

【2-2-3-4】

INDEX

法制度(ライフライン施設整備に関連する事業)

- ・公共土木施設災害復旧事業
- ・厚生施設災害関連事業
- ・道路関連整備事業
- ・「災害に強いまちづくり」支援措置単独・ハード整備

実施手順等

- ① 復旧・復興方針の策定
 - ・上下水道, 電力, ガス, 電話等の被害調査
- ② 災害に強いライフライン施設の整備
 - ・共同溝, 送電線・電話線の地中化等

3.9 災害記憶の継承

(1) 災害記憶の継承	復旧・復興ハンドブック INDEX	【2-2-4-2】
実施手順等		
① 災害記録誌の作成		
② 機縁関東の整備		
③ 浸水(津波・高潮・風水害)の到達標高表示等		

4. 宅地災害の発生メカニズム

4.1 丘陵造成地盤の地震時安定に影響を与える要因

丘陵造成地盤が地震時に安定な状態を保つことができるかどうかは、平時に地盤に作用しているせん断力に加えて地震力が作用した状態に対して、地盤のせん断抵抗力が上回るかどうかで判断できる。傾斜した地盤が崩壊する時には、すべり面を形成することが多く、すべり面上に作用するせん断力とその面でのせん断抵抗力の比が安定性を検討する指標となる。盛土の地震時安定計算を（１）で説明し、さらに、（２）で地震時安定において考慮すべき土の状態と地盤の構造について説明する。

（１）盛土の地震時安定計算

盛土の地震時の地盤変状を予測するためには、実際の地震動を入力として動的解析を実施するのが正当であるが、被災後の対策工法の緊急性を要する検討の場合には不向きである。その理由としては以下のことが挙げられる。

- 1) 通常業務の手法とするには動的解析は難しい。
- 2) 動的解析に必要とされる物性値を求めることが困難である。
- 3) 動的解析を実施したとしても、計算結果に対する信頼度は、必要とされる経費と比較したとき、高くない。

以上の理由より、地震時安定計算を目的として、多くの建造物の耐震性の検討に利用される「震度法」が利用されることが多い。震度法は、不規則な実際の地震荷重を静的な水平（あるいは垂直）荷重に置き換えて静的な安定計算を行うものである。

阪神大震災の事例解析を踏まえて造成宅地滑動崩落緊急対策事業においては、水平震度が $kh=0.25$ に指定されているが、ほかの値を用いることもある。

震度法により安定計算を行う場合に、盛土の断面形状の影響を考慮するために3次元安定解析も提案されているが、以下の理由により、簡便な2次元解析が用いられることが多い。

- 1) 一般に2次元解析の方が安全率が低くなり安全側であること
- 2) 調査等により得られる土の強さに関する情報の精度が悪く、3次元の解析手法の利用を正当化しないこと
- 3) 3次元解析手法の信頼できる汎用プログラムが未開発なこと

震度法による地震時安定解析は、宅地防災マニュアルでは m 以下の式が基本となる。

$$F_s = \frac{\Sigma [Cl + \{ (W - ub) \cos \alpha - k_h W \sin \alpha \} \tan \phi]}{\Sigma (W \sin \alpha + k_h W)} \quad (1)$$

式(1)の詳細の説明は参考文献5)に譲るが、最も注意すべきは粘着力 C と内部摩擦角 ϕ の設定である。被災現地より不攪乱試料を採取して、適当な圧密条件を与えて非排水せん断試験を行い C と ϕ を決定すべきと上記マニュアルでは記述されているが、不攪乱試料の採取が困難であること、被災した斜面の土質が一定ではないことなどより、緊急の検討が必要な場合の実務においては利用できない。土の強さを支配する粘着力と内部摩擦角の決定には、なんらかの逆解析が必要となる。

東日本大震災で利用した方法については、5.5節において説明する。

対策工法の妥当性については、用いた工法の対策効果を P としたとき、

$$F_s = \frac{\Sigma [Cl + \{ (W - ub) \cos \alpha - k_h W \sin \alpha \} \tan \phi] + P}{\Sigma (W \sin \alpha + k_h W)} \quad (2)$$

式(2)で定義される地震時安全率が 1.0 以上となることを要求している。

(2) 土の強さと盛土の構造

造成盛土の地震時安定性は、土の強さと盛土の構造に影響される。

盛土を構成する土のせん断強さに影響を与えるものは、土の密度、間隙に存在する水である。盛土の構造としては、もともとの地山と盛土の境界面が適切に処理されていること、すべり面の端部に位置する擁壁が健全であることが大事になる。

(a) 土の強さに与える影響

土の密度：土は密度が高いほど、土内部の粒子のかみ合わせが強くなり、大きな強さを示す。特に、間隙に水が存在する場合には、どのような種類の土であっても、水が抜けきれない状態（比排水状態）でせん断されることになる。土の密度が低い場合は、せん断により粒子の接触点が消失しあらたなより安定した構造を作ろうとするが、間隙に水がある場合には接点が消失したままになり、粒子間に作用していた力（平均をとって有効応力と呼ばれる）は、間隙水圧の増加に転嫁される。つまり、密度の低い土は非排水条件のもとでは、間隙水圧が上昇し、有効拘束圧が小さくなり、より低いせん断強度しか発揮できないことになる。

これに対して、密度の高い土は、粒子間の組み合わせが強く、構造的な挙動を示す。外力に対して、土粒子個々の強さではなく、特別な構造（柱とか鎖と呼ばれる）が抵抗する。変形に伴い、この特殊な構造は膨脹し、間隙に水が存在する場合には、間隙水圧を減少させる。水が移動できないという非排水条件のもとでは、せん断抵抗力は大きくなる。

以上のようなメカニズムにより、土は密度が高いほど大きなせん断抵抗を示すことになる。特に、破壊時に水が動けない非排水条件のもとでは、密度の差による抵抗力の差は拡大されること

になる。

盛土の密度は、造成時の締固め程度によって決定される。締固めが十分でない場合には、盛土の安定性は低いことになる。

土の飽和度と地下水：密度の低い緩い状態の土は、土内部の間隙に水がある場合には、せん断抵抗力が小さくなる。このことより、盛土内部の地下水位が高い場合には、土の強さが低下し、盛土の安定性が低下することが分かる。できる限り盛土内部の水を少なくしたい理由はもう一つある。そえは、不飽和土は飽和土に比較して強いという事実である。不飽和土では、間隙に水と空気が混在する。水が少なくなって（飽和度が低下して）空気が多くなると、水と空気の表面張力により、メニスカスが発生する。このメニスカスは粒子間の接触垂直応力を増加させるので、せん断抵抗力は大きくなる。つまり、不飽和状態では、セメントの添加材などで粒子間を固結しなくても、土は強いということである。不飽和領域が大きければ、地盤全体としては安定性が増加するということになる。

できる限り地下水位を下げて、盛土の安定性を高めるためには、盛土に雨水が浸入しないように地表面排水施設を十分に設置する。浸入した水は素早く排水できるように、暗渠や排水パイプ等の排水施設を盛土内部に設け、法尻にはふとん籠などの排水を促す工法を採用することが大事になる。

一般に、砂質系の粒子の大きい土の場合には、盛土内排水工法は有効であるが、細粒分を多く含む粘土質系の土ではそれほど効果がないとされている。また、粘土質系の土で盛土がされている場合には、排水に伴い粘土の圧密沈下が発生し、家屋に悪影響を与えることも懸念される。粘土質系の土で築造された道路盛土が、ふとん籠のみを設置した場合もかなり安定性が高いという事実はしばしば報告されている。設計上のふとん籠の安全率への寄与は、押さえ盛土としての効果のみ考慮され、排水効果は小さいものとされ、無視されることが多いが、現実的には安定性に寄与していることを考えると、どのような土であっても、可能な限り盛土内排水を設置することが望ましい。

(b) 盛土地盤の構造

盛土が崩壊する時には、もっとも弱い部分から破壊が始まることになる。盛土と地山の境界面が弱面となっている場合には、この境界面がすべり面となり、容易に崩壊する。底盤すべりと呼ばれている。弱面は、地山表面の処理が十分でないこと、地山と盛土のなじみを良くするための段切りなどの措置が取られていないために生じる。造成年代が古い造成地では処理が十分ではないことが多く、底盤すべりが発生しやすい。「大規模滑動崩落」は宅地耐震化事業の中で利用される用語であるが、この底盤すべりを対象とする用語である。底盤すべりは造成地全体の滑動・移動をもたらすので、被害は甚大なものとなる。

盛土の安定にとって大事な構造物が擁壁である。擁壁が不十分であると、擁壁がまず崩壊して、擁壁背後の宅地が不安定化して流動し家屋被害をもたらすことになる。盛土全体を支えるような

擁壁の場合には、十分に注意して施工されることが多いが、造成地内のひな壇の擁壁は擁壁高さが低いこともあり、十分な配慮がなされていないことが多い。擁壁近傍に植樹をしたり、ブロック壁を設置し2段積みとして庭をかさ上げしている宅地もしばしばみられるが、擁壁の安定にとっては過酷な条件を与えることになる。これらの行為が擁壁の安定ばかりでなく、宅地および家屋の安全性にとっても問題があることをしっかりと広報しなければならない。

4.2 仙台市の被災事例とその解説

(1) 仙台市の被害概要

仙台市の丘陵造成地の被害状況を図 4.2.1 に示す¹⁾。造成年代が古い仙台市の中心街を囲む地区の被害が大きい状況が理解できる。仙台市において先行して調査された 17 地区と宮城県により行われた緑ヶ丘 3 丁目の被害調査結果の概要を表 4.2.1 にまとめている²⁾。宅地被害を受けた地区に共通する事項を以下に箇条書きにする。

- 1) 盛土材料が粒子の直径以下の細粒分を多く含んでいる。
- 2) 地下水位が一部の地区を除いて、浅い深さに位置している。
- 3) 標準貫入試験の値が小さく、表層地盤が緩い状態になっている。

表の中の谷埋め盛土とは、本来谷（あるいは沢）地形であったところを埋めた盛土であり、腹付盛土とは、地山に盛土を押し付けるように造成して宅地を広く確保したものである。周辺の雨水を集める地形を造成し、さらに細粒分を多く含む土で盛土がなされているので、雨水の浸透などにより盛土材料の劣化と地下水位の上昇が生じていたものと推察できる。

古い年代に造成された宅地が多く被害を受けた理由の一つとして法的整備がなされていなかった点が指摘できる。特に宅地造成等規制法（1961 年施行）以前の造成地の被害が顕著になっている。近年では、宅地に対する耐震化マニュアルが作成されるなど耐震化については改善がみられる。

(2) 幾つかの地区における検討

代表的な幾つかの造成地について、その被害状況を検討する。ここで取り上げるのは 1978 年にも被害を受け再度被害となった緑ヶ丘 3 丁目、緑ヶ丘 4 丁目、1978 年地震では無被害であったが、今回大きな被害となった折立 5 丁目、液状化現象が見られた陣ヶ原、擁壁の崩壊が背後宅地の被害につながった滝道・中山 1 丁目、および盛土端部が被害を受けた西花苑の 6 地区である。これらの地区を取り上げたのは、今後の宅地耐震化を考える上で重要な事例と考えるためである。なお、ここでは被害図面および対策工に関する図面は収録しない。これらの図面については、別冊の資料集に収録する。各被害地区に対して、被害の要因となった事項を、最後に○を付してまとめる。

(1) 緑ヶ丘 3 丁目

緑ヶ丘 3 丁目は、1978 年の宮城県沖地震でも被害を受け、抑止杭、集水井による盛土内排水などの対策工事が実施された⁴⁾。しかし、今回の地震で再度宅地被害を受けた。

1978 年の地震での被害を受けて、直径 32 cm、長さ 16-25 m の地すべり防止杭が 427 本ほ

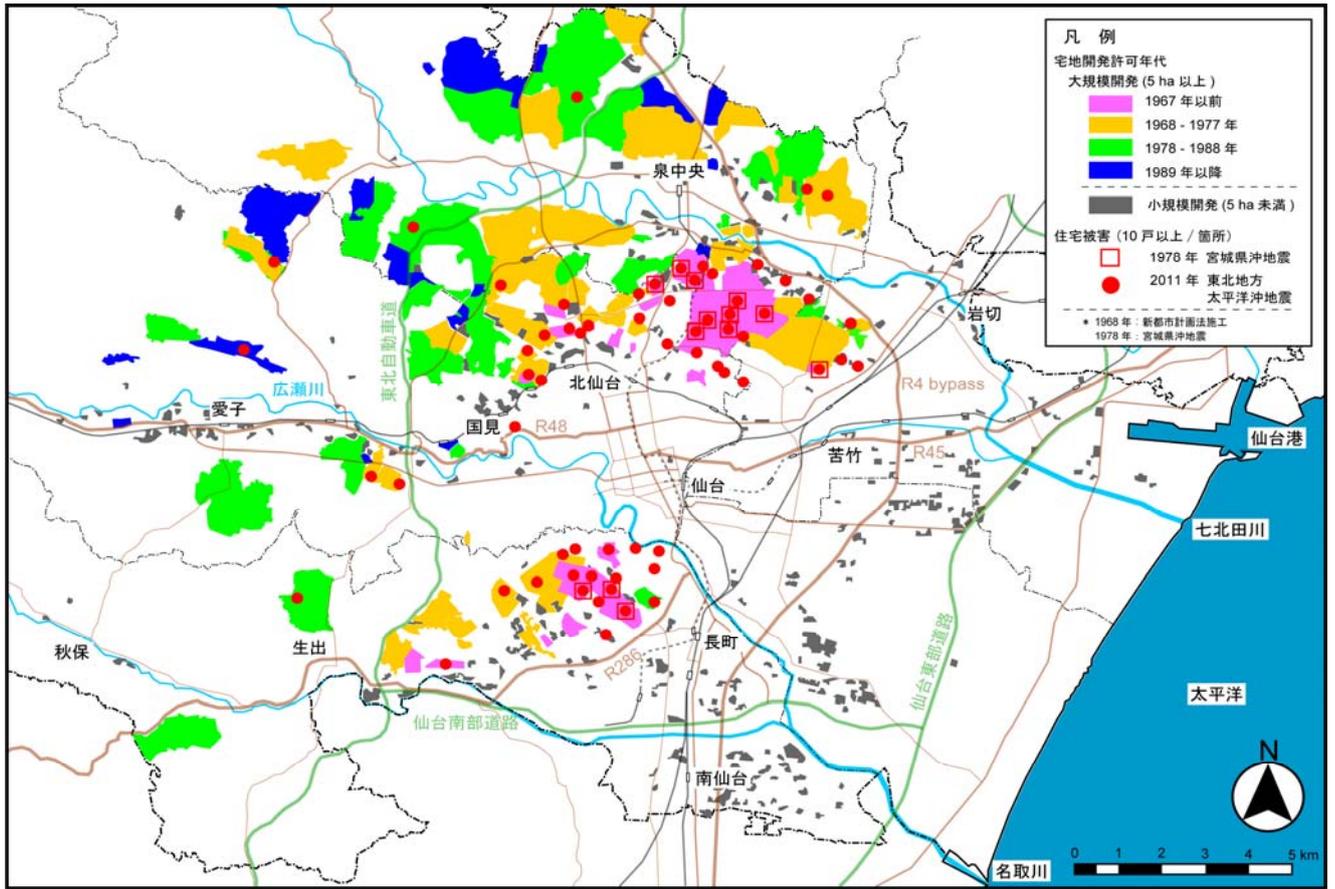


図 4.2.1 仙台市近郊造成地における被害分布の状況（文献1）より引用

表 4.2.1 仙台市宅地被災の代表的地区の調査結果（仙台市調査による）

造成地名	造成年度	造成年代	造成形式	造成材料	敷地面積 (%)	主たる敷地用途	平均埋深 (深さ5m)	造成高さ (最大/平均, m)	造成範囲の 平均埋深	造成 の平均埋深	地下水位の高さ (地表面より)
1 錦ヶ丘2丁目	30	1366-1364	借地	砂礫層の軟土	79.3	①, ②, ③	0-4	20.0/8.0	9	11	3-4
2 錦ヶ丘3丁目	04	1361-1362	借地	硬質の砂質シルト	47.7	①, ②, ③	0-8	21.0/10.0	8	7	13-18
3 錦ヶ丘4丁目	107	1368-1366	借地, 敷付	シルト質砂	34	①, ②	0-3	7.0/5.0	12	8	8.5-6
4 大崎町	47	1366-1368	借地	硬質の砂質シルト	66.2	①, ②, ③, ④	0-2	7.0/3.0	11	8	2-6
5 高崎町	63	1366-1368	借地	硬質の砂質シルト	33.2	①, ②, ③	2-4	16.0/3.0	12-14	4	1
6 高崎1丁目	110	1363	借地	硬質の砂質シルト	37	①, ②, ③, ④	0-6	21.0/15.0	8	3	1-15
7 高崎2丁目	25	1363	敷付	硬質の砂質シルト	33.4	①	0-6	20.0/3.0	0	0	0.5-7.3
8 高崎3丁目	46	1368-1367	借地	硬質の砂質シルト	35.7	①, ②, ③, ④	3-4	20.0/15.0	7	8	3
9 新立1丁目	57	1365-1372	借地	硬質の砂質シルト	53.7	①, ②	1-2	12.0/7.0	8	8	3.0-5.7
10 西花岡	20	1876-1878	借地	硬質の砂質シルト	43.1	①	1-6	18.0/8.0	16	17	1-10
11 高崎原1丁目(北)	80	1369-1366	借地	硬質の砂質シルト	38.3	①	6	27.0/4.0	8	10	1-3
12 高崎原1丁目(南)	4	1369-1366	借地	硬質の砂質シルト	62.3	①, ②	2-4	27.0/8.0	11	13	9
13 高崎原2丁目	41	1368-1366	敷付および借地	砂礫層の硬質シルト	41.4	①, ②	1-3	16.0/12.5	11	6	6-8
14 中山1丁目(池田)	22	1366-1376	借地	シルト質砂	43.4	①, ②, ③, ④	1-3	12.0/8.0	22	25	8-10.5
15 中山2丁目	31	1366-1376	借地	シルト質砂	33.2	①, ②, ③, ④	0-4	16.0/12.0	8	6	1-3
16 友成ヶ丘	64	1861-1865	借地	硬質の砂質シルト	不明	①, ②, ③	3	16.0/5.0	11	12	2.5
17 南大倉1丁目	14	1362-1368	借地	硬質の砂質シルト	27.9	①, ②, ③, ④, ⑤	平均8.5	14.0/10.0	8	6	2-4
18 南大倉2丁目	11	1876-1878	借地	硬質の砂質シルト	21.2	①, ②, ③	2-3	20.0/5.0	2	4	2

造成形式: ①借地造成, ②敷付造成, ③地蔵造成, ④共同造成, ⑤造成, ⑥造成, ⑦造成, ⑧造成, ⑨造成, ⑩造成
 注記: 本一覽表は、仙台市近郊の造成宅地の全体的に被害状況を検討するためのものである。個々の宅地の被害については調査に基いたる被害である。

ぼ斜面の運動方向に直交するように打たれ、さらに2つの集水井が設置された（図-4.2.2 参照）。これらの対策工と今回の被害状況の断面図を図-3 に示す。盛土材料は礫混じり砂質土および礫混じり粘性土である。後者は細粒分を多く含むために盛土材料としては好ましくない。N 値は上部で 0~3, 下部で 3~7 と軟らかい。住民の情報によれば、噴砂が見られたということであるので一部液状化を原因とする変位もあったものと推察される。集水井による盛土内排水は有効に機能したと考えられ、地下水位は地表面以下、7~8 mに位置しており、他の被災

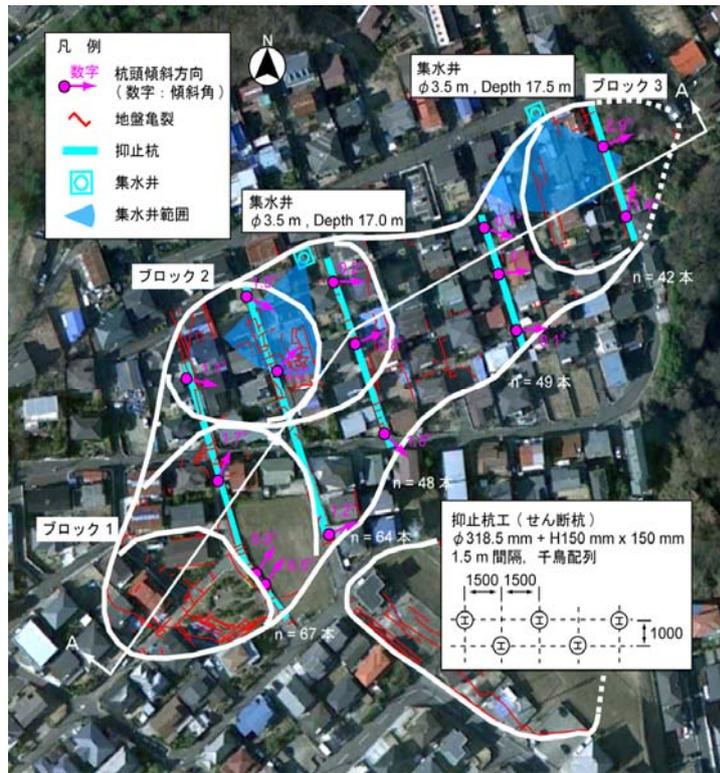


図 4.2.2 緑ヶ丘 3 丁目地盤変状と既存の対策

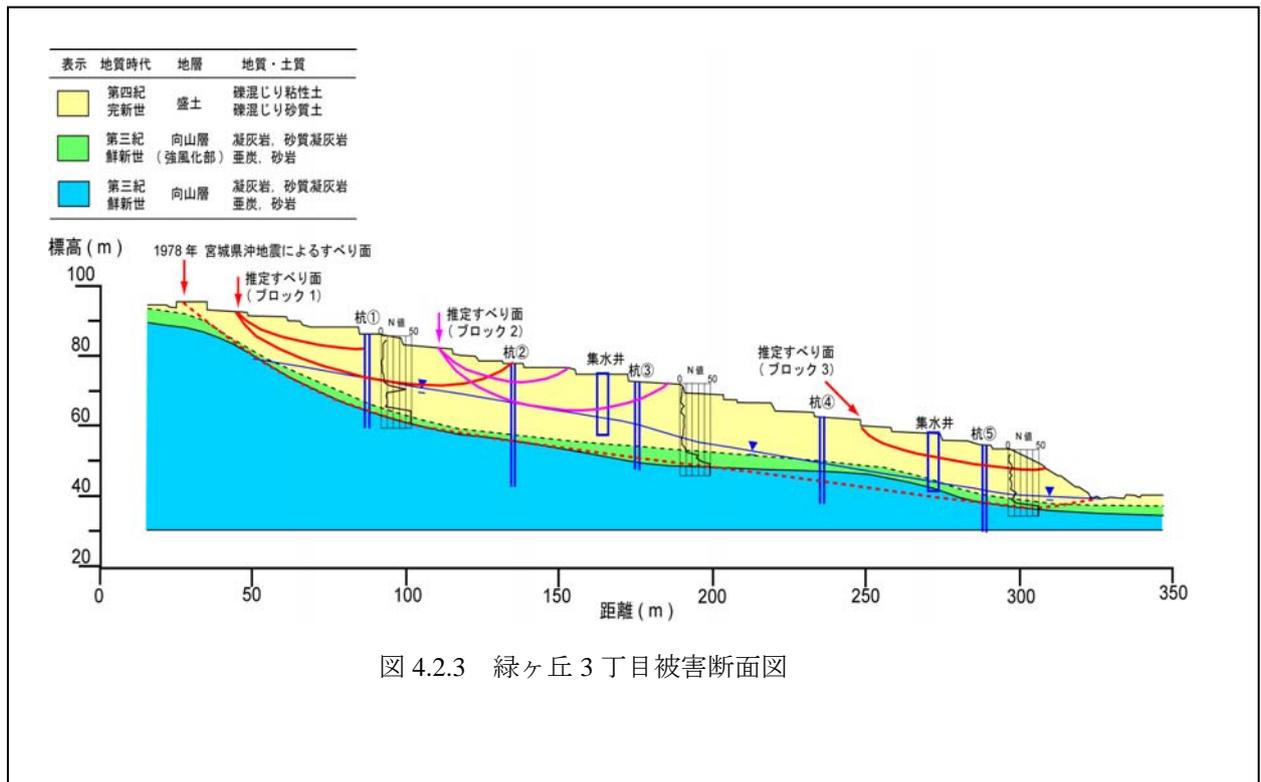
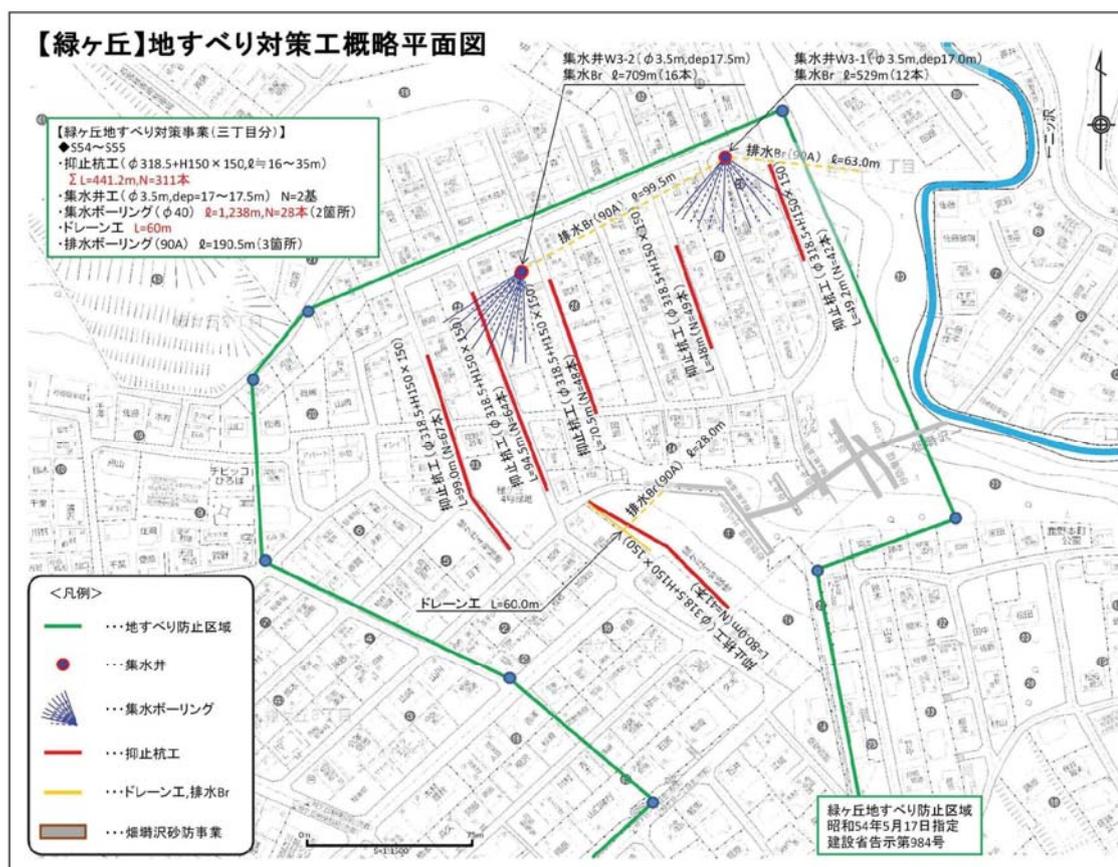


図 4.2.3 緑ヶ丘 3 丁目被害断面図

地区の浅い地下水位と好対照をなしている(表 4.2.1 参照)。地すべり防止杭は今回の地震により破損したが、有効に機能し大規模なすべりの発生を防いだ。しかしながら、宅地および家屋は大きな被害を受けており、周辺地区の被害と同程度となっている。この事例は、大きなすべりの発生を防いでも、地盤が緩い状態であれば、深さ3~4mの浅いすべりや盛土表面の不同沈下、クラックなどにより家屋被害が大きくなることを示している。盛土表面の地盤改良の必要性が示唆されている。

この地区の対策事業としては、破損した地すべり防止杭の再設置、集水井の補修とともに、地すべり杭間に発生する小さなすべりに対する対策工事がなされる。



○被害の要因：細粒分を含む盛土，緩い地盤，不同沈下，クラック

(2) 緑ヶ丘4丁目

緑ヶ丘4丁目は、旧谷地形に盛土された造成地である。地形は西側が閉塞され東側は下方が解放された集水地形である。基盤を構成する地質も地下水を含み、全体的に地下水が多い地区である。盛土はシルト質砂層であり、細粒分を多く含む。N値は0から3と極めて緩い状態である。

長い地震動により、地下水位の高い地区では液状化に類似した挙動となり不安定な状態となり、大きなすべりが発生した。また、ひな壇上に配置された擁壁の支持力低下に伴い、規模の小さい



すべりが発生したと考えられる。この地区の半分程度のエリアは、地下水位が高く湿潤状態であり、一部では湧水もみられる。対策工を行っても表層地盤の状況が改善されることは難しく、現地再建を断念し、防災集団移転を適用することがより適切と判断された。



図 4.2.4 折立 5 丁目被害平面図

○被害の要因：高い地下水，細粒分の多い緩い盛土，液状化，

(3) 折立5丁目

折立5丁目は，1965年に造成が開始され1972年に完成した団地である。1978年の地震では被害は報告されていないが，2011年の地震で多くの宅地と家屋が被害を受けた。盛土材料は礫混じり粘性土であり，シルト岩および礫岩を母岩としている。

地下水位は-3mと浅く，標準貫入試験によるN値は0~3であり，盛土はかなり緩い状態である。震災前後の航空写真を利用して計測した表面地盤の水平変位は，すべりの頂部で0.6m，中心で2.5m，先端部で2.0mであった。

この地区の変状は，次の2つが複合したものと考えられる。

- 1) 地山と盛土を境界面とする大規模なすべり
- 2) 盛土表層部（ひな壇部）が緩く，部分的なすべりも発生

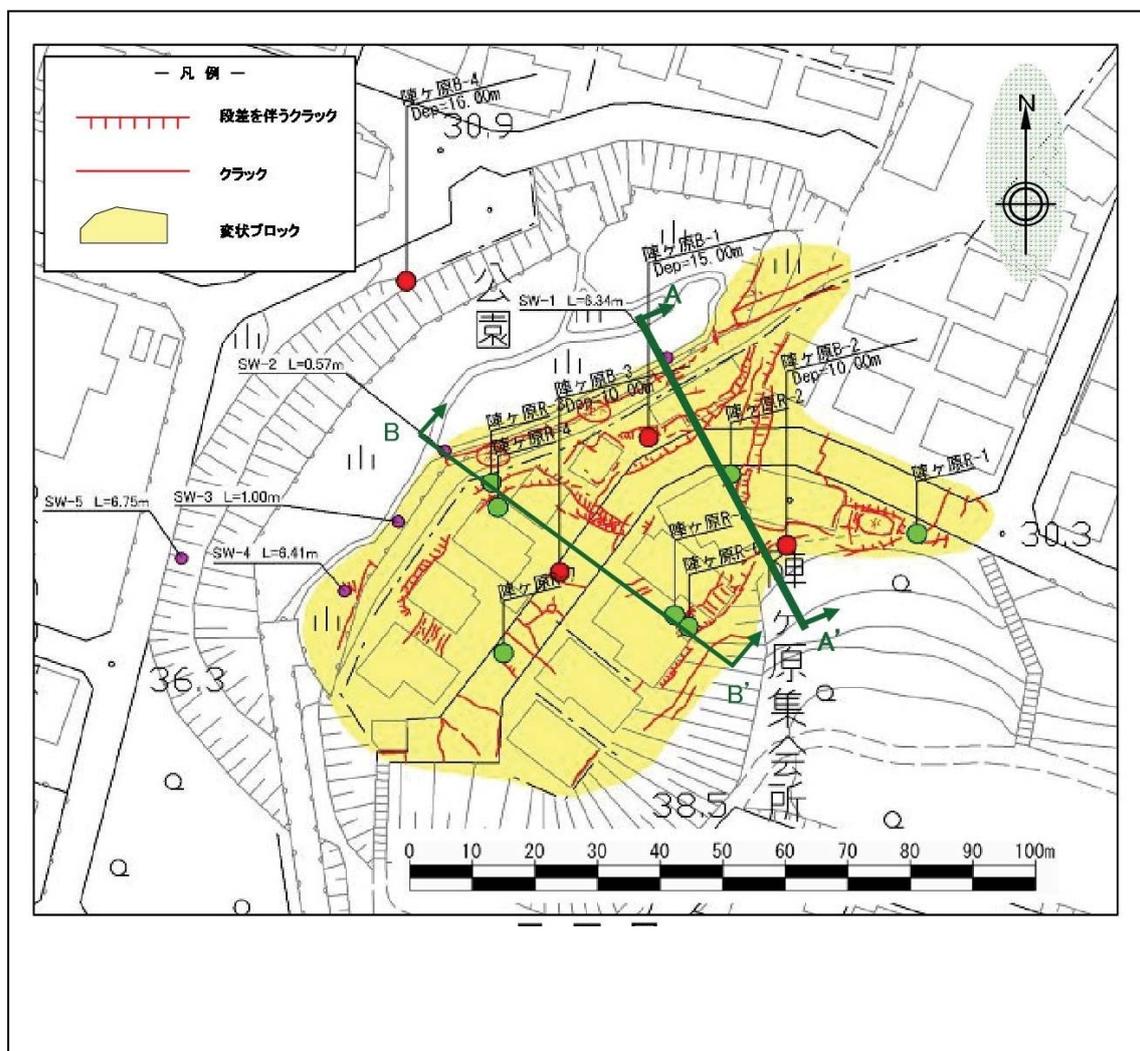
対策事業としては，全体のすべりを止める杭工および固結工法と盛土表層部の変形を抑止する鉄筋挿入工法等が計画されている。



○被害の要因：高い地下水，緩い盛土，細粒分の多い盛土材料

(4) 陣ヶ原地区

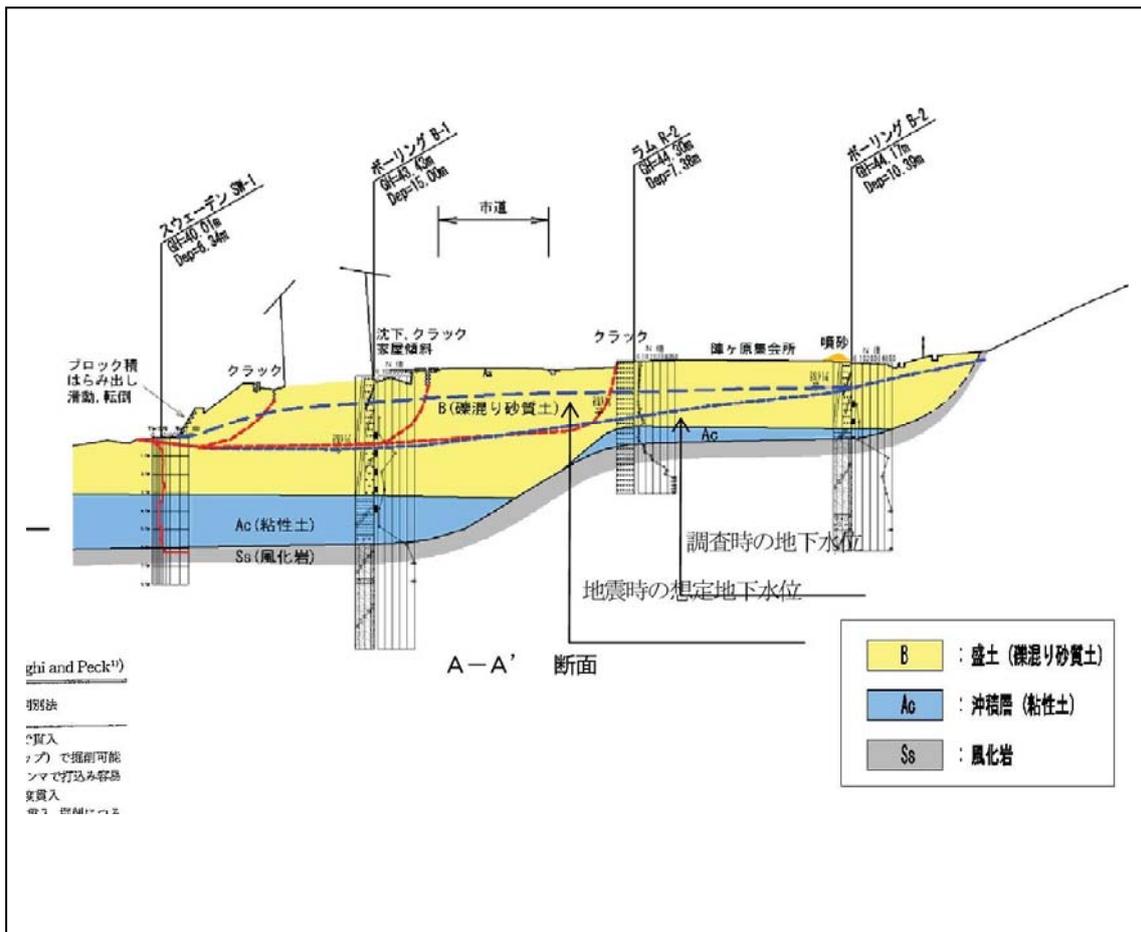
陣ヶ原地区は、仙台駅から北北東に約 5.0 km の位置にある。造成前の地形は七北田川の支川をなす沢があり、沼地を形成していた。南光台団地の造成が終了した後、1975～1978 年ごろに



造成された。沼地の半分程度は、現在南光台団地の調整池となっている。

造成された盛土は礫分を含む砂質土であり、盛土厚さは 8-10 m 程度であり N 値は 2～3 であり緩い状態であった。(地下水位は盛土内に位置し、地震時に飽和状態の砂が過剰間隙水圧を上昇させるとともに調整池側の擁壁の基礎が支持力を失い、調整池側に転倒することにより盛土地盤全体が流動した。震災前後の当該地区の状況を比較した写真 3) を図 4.2.5 に示す。この地区においては、流動、クラック、段差の宅地変状が顕著であったことより全壊家屋が多く、地盤条件が良かった被害軽微な 2 軒を除いて住民は震災後転居している。

対策工事としては、残る 2 軒が利用する道路部分に対して安定処理工事を実施し、宅地と調整池に設置されていた擁壁の代わりに法面工事を実施することとしている。



宅地造成等規制法の対象とはなっていない小規模な造成地であるが、沼沢地の盛土であるとともに半分は調整池として利用されており、盛土の上に全体の宅地を支える擁壁があるという状況であることから地震に対しては脆弱な造成といえる。

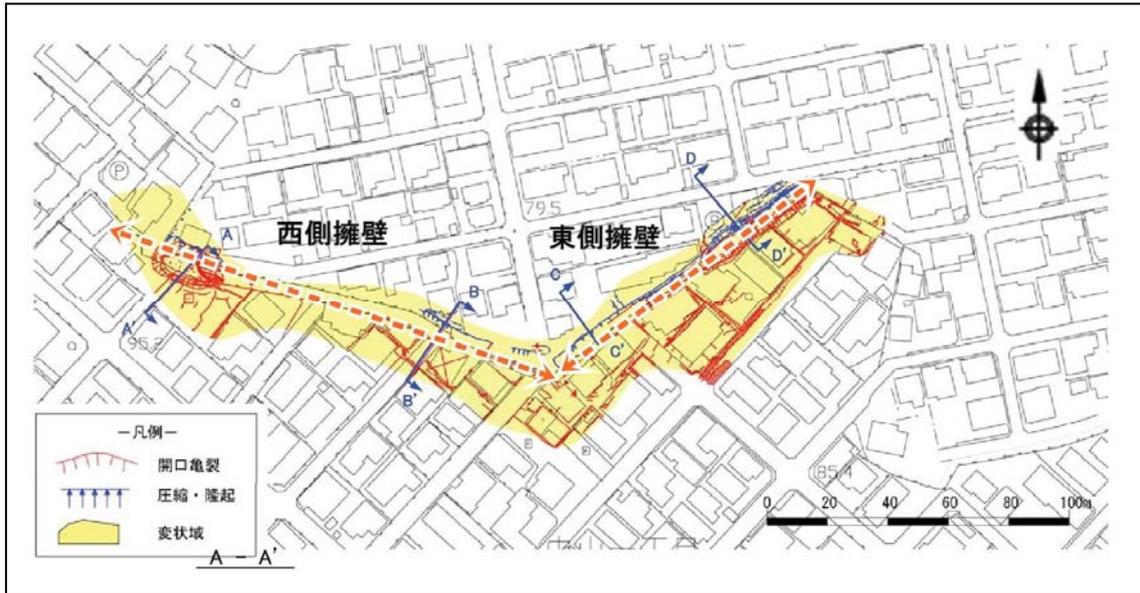
○被害の要因：緩い盛土，液状化，擁壁倒壊

(5) 滝道・中山1丁目地区

この地区は1965～1970年にかけて造成された。旧地形と重ね合わせてみると、集水地形であったことがわかる。盛土の厚さは深いところでは10mを超えている。盛土上部は緩い状態（N値で3程度）である。地下水位は高く、地表面下0～3.6m付近で確認されている。擁壁

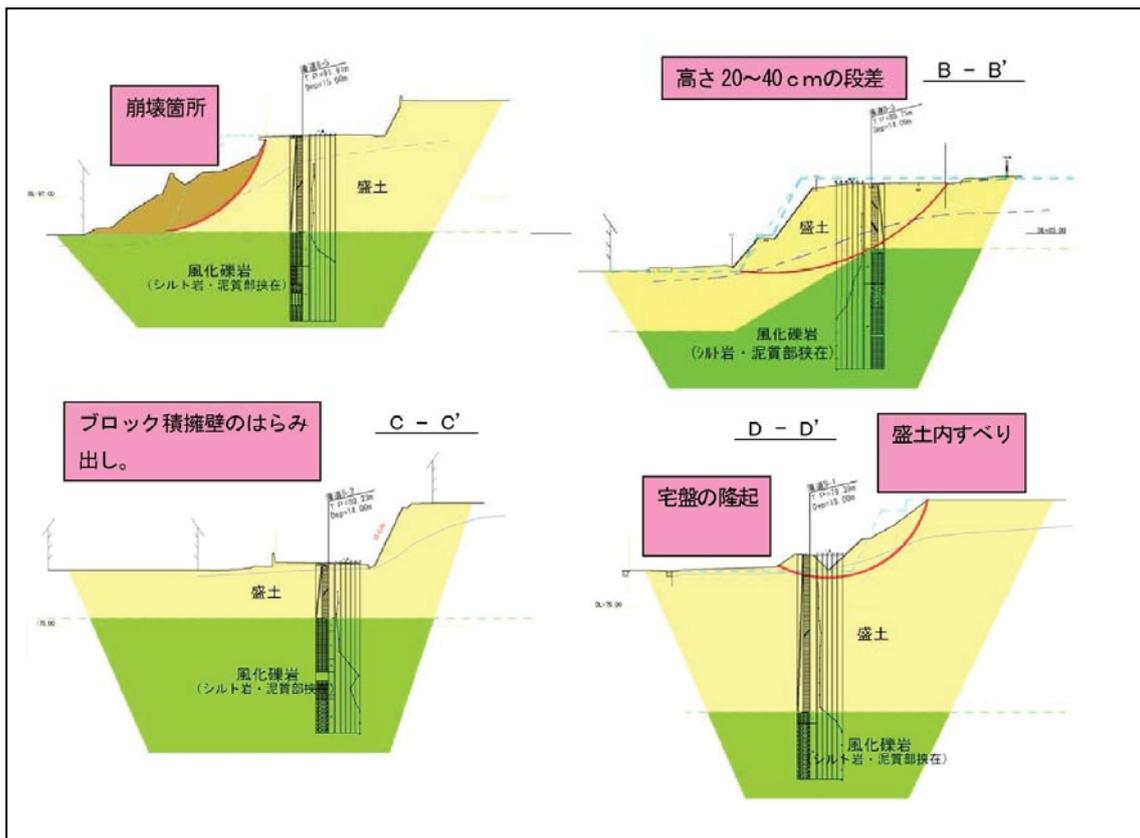


図 4.2.5 陣ヶ原震災前後の写真



高 5~8mが地震動により不安定化し、崩壊やすべりが発生し、背後地盤に宅地変状が拡大したと考えられる。

擁壁の交差点より西側に延びる擁壁は交差点側が盛土であるが、途中より地山に変わる。東側に延びる擁壁は盛土地盤上に位置し、擁壁を包括する円弧すべりが発生している。西側の擁壁の多くの部分は地山に位置し、擁壁下部の宅地面の変状は見られないので、地震動に起因する変状



であると考えられる。これに対して、東側の擁壁は、擁壁自身の倒壊というよりも盛土による基礎地盤のすべりに巻き込まれたものと思われる。

○被害の要因：擁壁倒壊，緩い盛土，高い地下水

(6) 西花苑地区

この地区では谷埋め盛土がすべり変状を生じている。盛土部分は造成前には沢部となっており，地震時の地下水位は浅かったと推定される。N値は5以下であり盛土の状態は緩かった。旧地形で2本の沢部に位置する谷埋め盛土がすべり，2戸の家屋が転倒している，反して地山部の3戸の家屋の被害は小さい（図4.2.6参照）。

被害のあった箇所は西花苑団地の西端部に位置し，今回崩壊した斜面（高さは約40m）の下の平坦地には別の団地の家屋群が存在している。被害箇所は，団地の周回道路の外側に位置しており，団地本体に大きく遅れて宅地として分譲されたものと推察される。

斜面の高さが大きい場合には，地震時に特に斜面法肩部においては地震動が増幅し，被害が大きい傾向はこれまでの地震でも報告されている。周回道路のさらに斜面側に位置する盛土については宅地として利用するので

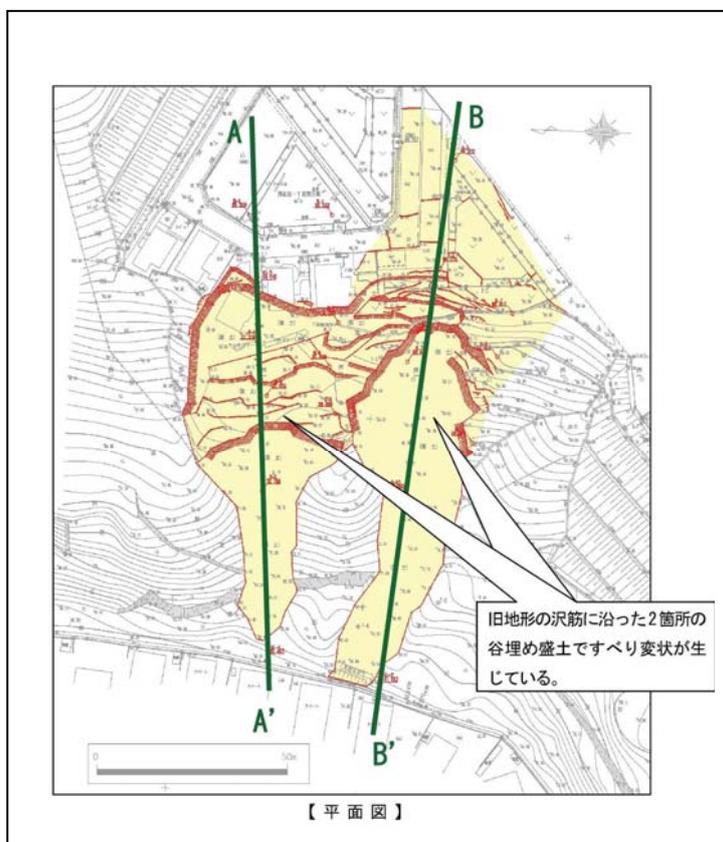


図4.2.6 西花苑地区写真と平面図

ではなく，公園等公共利用地としての利用が望ましいことは常識である。見晴らしがよいというこ

とで同様の箇所が宅地として分譲されている例が散見されるが、地震時の安定性に問題があることを周知する広報活動が必要であろう。

対策事業としては、盛土内排水を目的とする暗渠工法と擁壁工による土留めの適用が計画されている。

○被害の要因：谷埋め盛土，集水地形，斜面法肩部，地震動の増幅

4.3 宅地被災を軽減するために

1978年宮城県沖地震では、13の造成地が被害を受け¹⁾、2011年東北地方太平洋沖地震では5347宅地が被害を受けた²⁾。これらの被害を受けた宅地は、造成年代が1960年代やそれ以前と古いものが多く、新しい宅地では被害が少なかった(エラー! ブックマークが定義されていません)。仙台市の宅地は、市の発展に伴って周辺の丘陵地を開発して作られてきた。1978年宮城県沖地震のこれら造成地の被害の特徴は、単に擁壁等が移動した、亀裂が生じたということだけではなく、造成地全体が滑動したということである。造成地の大規模被害としては、1968年十勝沖地震の際の札幌市清田団地の被害がある(331戸のうち76戸が被害)³⁾が、家屋の沈下などが主であり、宅地全体の滑動が起こったのは1978年の地震が初めてと考えられる。

宅地造成等規制法が施行されたのは1962年であり、それ以前には建築基準法(19条)、施行令(142条)などで、擁壁の規定があるのみであった。従って、それ以前の造成地では現在の目から見れば、締固めが不十分なものであり、それが被害の原因となったと考えられる。また、宅地造成等規制法の目的は、「宅地造成に伴いがけくずれ又は土砂の流出を生ずるおそれが著しい市街地又は市街地となろうとする土地の区域内において、宅地造成に関する工事等について災害の防止のため必要な規制を行うことにより、国民の生命及び財産の保護を図り、もって公共の福祉に寄与すること」となっているが、造成地盤については、擁壁等の保護が目的で、滑動崩落のように造成地全体が移動するような被害に対しては不十分であった⁵⁾ということもいえる。例えば、図4.3.1は仙台市における造成地のN値の分布を示したものであるが、緑が丘の様な古い造成地では軟弱な地盤と判定されるよ

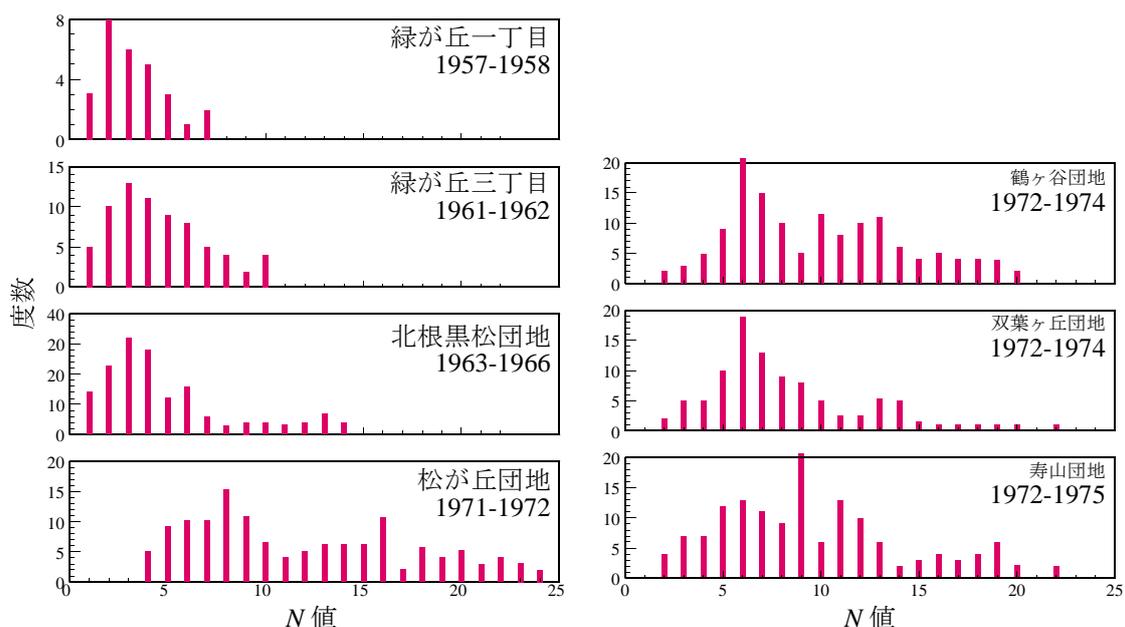


図4.3.1 N値の頻度分布⁴⁾

うな小さい M 値のデータが多い。時代が新しくなると M 値は次第に大きくなってきている。これが、造成地の被害が古い造成地に多かった一つの原因となっていることは容易に想像できる。

(1) 緑ヶ丘の事例に見る対策の有効性

1978年宮城県沖地震の際に被害を受けた13の宅地は、2011年東北地方太平洋沖地震の際には再び被害を受けることになった。この中で、宅地災害を軽減するという点に関し、太白区緑ヶ丘の復旧が参考になる。緑ヶ丘は1～3丁目が1960～1965年、4丁目は1968～1969年に丘陵地の谷を埋めるようにして造成されおり⁶⁾、1978年には1, 3, 4丁目で被害が発生した。また、2011年の地震では2, 3, 4丁目で被害が発生した。この地区の1978年の地震被害からの復旧は、被害軽減を考えるために重要であると考えられるので、やや詳細に説明する。

a) 緑ヶ丘1丁目

1丁目では、地震後、全壊家屋の集中している2カ所、17戸が集団移転し、防災緑地となった(1, 2号緑地)。また、1号緑地には集水井が設けられたほか、中央部には抑止杭(H型鋼およびコンクリートを充填した鋼管杭)が、端部ではバットレス型擁壁が設置された。これらは、河川砂防設計基準に基づき、安全率1.2を確保する様に設計された⁷⁾。この際、5m以浅の表層滑りと、18.5mの基盤滑りの二つの滑りを考えているのが特徴である。この計算法は、2011年東北地方太平洋沖地震の後でとられている復旧法⁸⁾と同じレベルの復旧法である。一方、2号緑地では表層部のスランプ滑りが原因と考えられ、末端部に長さ10mの鋼管による抑止杭が配置されたのみであった(エラー! ブックマークが定義されていません。)。このような対策によって、2011年の地震では被害が発生しなかった。

b) 緑ヶ丘2丁目

2丁目は1978年の地震では宅地の被害は見られたが、全壊、半壊の家屋は無く、被害は系に出会ったので、対策は行われなかった。2011年の地震では幅70m、長さ100m程度の範囲で、軽微な段差を伴う亀裂が宅地内や道路に発生し、高さ約3mの玉石積み擁壁の崩壊やはらみだし、コンクリート擁壁の水平移動などが発生した⁹⁾。

c) 緑ヶ丘3丁目

3丁目は、二つの谷を埋めた造成であり、1978年の地震で被害があり、南側の谷では被害の大きかった地域の家屋を集団移転させ、3号緑地を作り、さらに岩盤までの鋼管杭を床固め工として設置し、下端部には鋼管杭を基礎とする腹付け擁壁によるダムが作られた。また、北側の斜面では5段に渡って鋼管杭にH形鋼を挿入しコンクリートで中詰めした抑止杭が設置された(エラー! ブックマークが定義されていません。)。他、排水ボーリングも行われ¹⁰⁾、全壊家屋の多かったところが4号緑地となった。2011年の地震の際には大きな被害が発生したが、例えば4号緑地付近に生じた亀裂の発生箇所と走行は、1978年のそれと全く同じである。2011年の地震による仙台市の造成宅地の被害が全体として見れば1978年より大きかったこ

とを考えると、地すべり抑止杭による対策は、亀裂の発生を抑えることは出来なかったが、被害を軽くするという効果はあったと考えられる。このことは、3丁目の北端で抑止杭の北端から外れたところの変形が大きかったことから実証されているといえる¹¹⁾。また、被災範囲も1978年より、2011年の方が狭くなっている。

d) 緑ヶ丘4丁目

4丁目では、1978年の地震の被害では旧谷地形の谷壁斜面を東西に通っている亀裂が最大であった。この亀裂は表層地すべりと判断され、旧地形の勾配が緩いため二次災害の危険性はきわめて少ないとして、防止対策工は行われなかった。しかし、地下水位が異常に高いことから、仙台市水道局が排水路を兼ねた暗渠を北側の道路に作成した。

2011年の地震では、谷地形の箇所東西400m、南北100mに亘って開口亀裂と隆起・圧縮亀裂が多数発生した。盛土内部または盛土と基盤層を境界とした盛土の移動・すべり状の変形が発生したと推定されている(エラー! ブックマークが定義されていません。)。変状の範囲は、1978年とほとんど一致している。この地区では、地山との境界あるいは盛土地盤内では数ヶ所で湧水が確認されている。地下水が高いため地盤が軟弱化しており、杭のような抑止工では対応が難しく、面的な対応が必要とされ¹²⁾、最終的には、宅地としての復旧をあきらめ、77世帯が防災集団移転促進事業の対象となった。

e) 得られた教訓

緑ヶ丘では、1978年の地震の後とられた復旧法が、2011年の被害を分けたことになった。すなわち、2011年の地震後、2011年の地震後に用いられたのと同様、地域全体の活動と表層の変状の両方に対して対策を行った1丁目は無被害、やや軽微な復旧が図られた3丁目では、被害を軽減する効果があったとはいうものの被害の発生を抑えることができなかった。対策が行われなかった2丁目、ほとんど行われなかった4丁目では1978年より大きな被害が発生し、特に4丁目では集団移転しなければならない地域も現れた。

これから分かることは、十分な対策が行われていれば、被害は防げるということである。また、緑ヶ丘1丁目で1978年の地震後にとられた対策は、2011年の地震後仙台市が行う復旧法と同じ考えに基づいている。その意味では、今回被害を受け、復旧された造成地に関しては、次回の地震で被害を受ける可能性は少なくなったといえる。さらに、2011年の復旧では2004年に改訂された宅造法と同じ考えで復旧が行われていることから、今後作られるであろう造成地もかなり安全といえる。ただし、この法律は小規模な造成地に対しては適用されないの、すべての造成地が地震に対して安全であるということもできない。

なお、緑ヶ丘1丁目で被害が無かったことから、2011年に復旧されたところが次の地震に対しても完全に安全であるということは危険である。事例が少ないし、学問的に安全性を確認する手法が確立しているとはいえないからである。

(2) 過去の被害事例から得られる教訓

造成地の被害は、仙台市以外でも多く発生している。これらの被害の原因を見ることで、

被害を軽減できるヒントがあると考えられる。

a) 切盛境界の被害

写真 4.3.1 は札幌市清田の住宅で、2003 年十勝沖地震の際被害を受けた状況である。壁に入った亀裂は約 1cm の幅で、たいしたことが無いようにも見えるが、この亀裂は家の中を貫通し、反対側まで続いていた。また、亀裂はこれしか無かったが、家全体がゆがみ、畳、建具、壁、浴室など家中に隙間や亀裂ができ、住民は住むことをあきらめ、新しく家を購入して転居する予定をしているということであった。

ところで、この周辺で、地盤に亀裂があったのは、これだけであった。また、周辺の家屋でも被害は発生していなかった。この周辺は盛土による造成地で、この亀裂は切土と盛土の境界で発生しているように見受けられた。周辺の家屋は、切土部分、盛土部分に建てられており、被害は無かったが、この住宅だけが切土と盛土の両方に亘って家屋が作られているため、被害が発生したものと考えた。



写真 4.3.1 住宅の壁に入った亀裂

この例は、二つの事を教えている。切土と盛土の境界付近で被害が多いことは文献エラー! ブックマークが定義されていません。)でも報告されているが、これは、広範囲に被害を見た時の話である。この例では地盤の大きな変状の様なものも見られず、切土と盛土の境界に発生した小さい亀裂が被害の原因となっている。そして、このような小さい亀裂でも家屋が住めなくなってしまうような被害が発生する事があるということである。これから、切土と盛土のように、地盤の強度が大きく異なると考えられる所に、両方に亘って家屋を作らないことが被害を防ぐ一つの方法であるといえる。

b) 地盤変状に耐えた建物

写真 4.3.2 は神戸市芦屋浜の住宅地である。1995 年兵庫県南部地震では埋立地である芦屋浜地区では大規模な液状化が発生した (写真の左の砂の山も噴砂)。それによりこの家

屋は傾いてしまったが、家屋そのものは被害が無く、傾いた家をジャッキで持ち上げるだけで復旧することができる状況であった。付近の住民に聞いたところ、ここでは住宅地域の販売の際、液状化の可能性があることの説明を受けていたので、基礎を丈夫に作ったのが、家屋被害が無かった原因であろうということであった。

この例に見られるように、少々の地盤変状があったとしても、建物の基礎がしっかりしていれば、家屋の構造的な被害を防ぐことができる。

基礎がしっかりしていれば、構造物被害が防げる事例をもう少し示す。



写真 4.3.2 液状化で傾いた家



(a) 1995 年釧路沖地震



(b) 1999 年集集地震

写真 4.3.3 台規模は地盤変状に耐えた建物

写真 4.3.3(a)は 1993 年釧路沖地震の際の緑ヶ岡の被害である。谷地形を埋めて造成した所に作られた家屋であるが、造成部分が崩壊して、基礎の下の地盤が一部無くなってしまったが、建物にはほとんど被害は見られない。北海道は冬には地表が凍結することから、伝統的に基礎を丈夫に作っており、それが建物被害を防ぐことになったのである。この事例に限らず、釧路沖地震では大きな地盤変状が発生したところでも建物そのものは構造的な被害を受けていないところがたくさんあり、丈夫な基礎が被害を防ぐのに役に立った事が分かる。

写真 4.3.3(b)はもっと極端な事例である。1999 年台湾で発生した集集地震では大きな断層が地表に現れたが、この写真はその断層の直上にたっていた建物である。基礎がしっかりしていたのか、建物は傾いているものの、構造被害は見られない。

どのくらい基礎が丈夫であれば良いのかということに関しては、文献¹³⁾や、北海道の基礎の事例が役に立つと考えられる。

(3) 被害を予想する

災害を防ぐには、どのような被害が発生するか、考えてみる事が重要である。たとえば、前の地震で被害を受けなかったから次も大丈夫だろうと考えるようなことは非常に危険である。確かに、地盤災害は同じ場所でよく発生する傾向があるが、それだけではない。たとえば、宮城県では、1978 年宮城県沖地震以外にも、2003 年 5 月、7 月と大きい地震が発生しているが、断層の位置が異なる為もあるが、被害が発生した場所が異なる。

もう一つ例を挙げる。図 4.3.2 は 1978 年宮城県沖地震以降の造成地の N 値と地下水位の経年変化を示したものである¹⁴⁾。多くの造成地で、 N 値が減少し、地下水位が上昇しているが、これらはいずれも地震による被害が発生しやすくなったことを表している。また、2011 年の地震の際に被災した造成地で多くの地盤調査が行われたが、その際にも、 N 値が 0~1 というような軟弱な値が報告されている。土地を造成する際に、このように低い値になることは、技術者にはほとんど想像がつかない。重機で土を運んできて盛るだけでももっと大きい値になると考えられる。とすれば、このように小さい N 値が観測される理由は、図 4.3.2 と同様の経年劣化であると考えるのが合理的である。

一般に地盤は年月がたつと締まって丈夫になるというイメージがあるが、実際の造成地で発生していることはそれとは逆の現象である。強度が劣化する原因はスレーキングというメカニズムと考えられている。これは、造成した土の中に含まれる粘土質の土が水を含んだり乾燥したりを繰り返すことで次第に小さい粒子になっていき、強度が低下する現象である。ただ、劣化の原因がこれだけであると断定できるところまでの証拠はなく、他の要因もあるのかもしれない。これからもわかるように、ある地震で被害がなかったから、次の地震でも被害が発生しないだろうと考えることは危険であることがわかる。

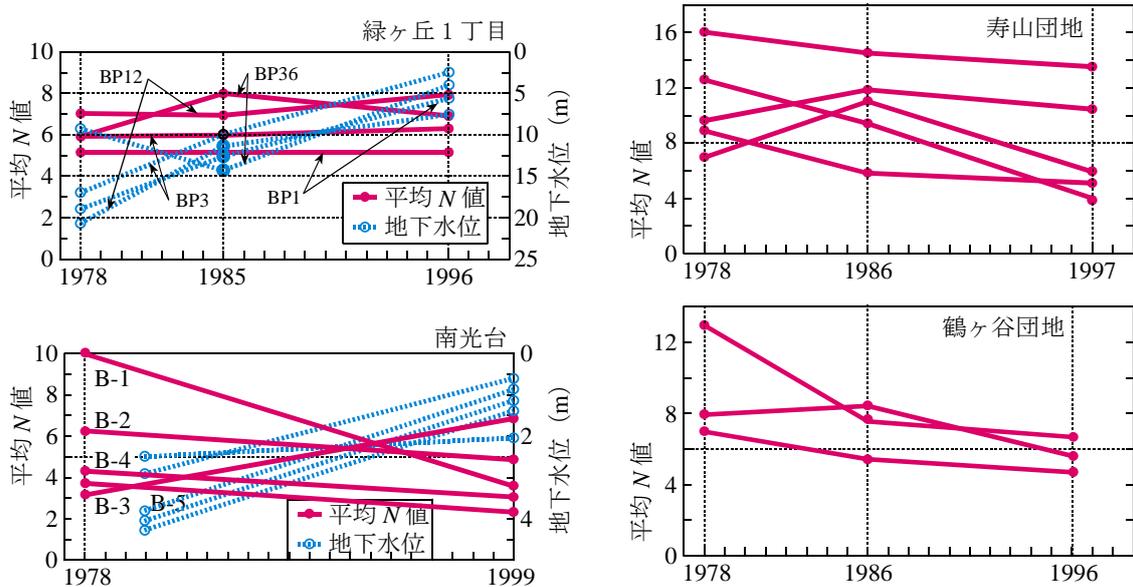


図 4.3.2 造成地の経年変化

また、過去に発生した地震を見ると、これまでに知られていなかった断層が滑って地震が発生することもしばしば起こっている。仙台市の近くでも、知られていない断層があるかも知れない。

このように色々な理由から、仮に2011年の地震では被害が発生しなかったからといって、次の地震でも無被害であるということはいえないことがわかる。次の地震で被害が発生するとすればどこだろうと考えてみるのが重要である。

仙台市の造成地盤で2011年の地震で被害が発生したメカニズムについては、前節で説明されている。これは、次の地震で被害を軽減するためのヒントが隠されているとも見ることができる。

- 1) 松下克也, 森友宏, 風間基樹, 佐藤真吾: 宅地の被災状況と復旧工法, 基礎工, Vol. 40, No. 12, 2012, pp. 15-18
- 2) 仙台市復興事業局: 仙台復興レポート, Vol. 3, 2013.1.21
- 3) 日本建築学会 (1968): 1968年十勝沖地震災害報告, 773pp.
- 4) 吉川謙三, 佐々木矢一郎: 造成盛土地盤強度の経年変化について(宮城県沖地震後7年を経過した仙台市M団地の例), 昭和60年度土質工学会東北支部研究討論会講演集, pp. 41-16
- 5) 渋谷和久 (2007): 宅地造成等規制法の改正—宅地造成地の耐震化対策—, 地学雑誌, 第116巻, 3,4号, pp. 511-515
- 6) 仙台圏分譲地と住宅の案内, 住まいの情報姉妹紙, フルタプランニング, 2005
- 7) 浅田秋江: 怖いのは地震ではなく地盤である!, 丸善, 2006, 174pp.
- 8) 門田浩一, 佐藤真吾, 三嶋昭二, 比留間誠之: 東北地方太平洋沖地震における仙台市の被災造成宅地の復旧及び耐震対策, 地盤工学会誌, Vol. 61, No. 4, pp. 26-29, 2013
- 9) 仙台市宅地保全審議会技術専門委員会資料, 2012, http://www.city.sendai.jp/fuzoku/1197681_2699.html
- 10) 土木学会東北支部1978年宮城県沖地震調査委員会, 1978年宮城県沖地震調査報告書, 1980, 504pp.
- 11) 沖村孝, 鍋島康之, 岡田肇, 野並賢: 東北地方太平洋沖地震による仙台市内及び周辺の宅地被害調査報告, 地盤工学会東北地方太平洋沖地震の災害調査情報, 災害連絡会議二次調査情報, 2011, 33pp.
- 12) 仙台市宅地保全審議会技術専門委員会資料, 2012,

- http://www.city.sendai.jp/fuzoku/1197681_2699.html
- 13) 八尾眞太郎（1999）：断層直上における構造物の被害発生メカニズムと設計手法，建築技術， No. 594, pp. 244-246
 - 14) 浅田秋江（2006）：怖いのは地震ではなく地盤である！，丸善，174pp.¹⁾ 松下克也，森友宏，風間基樹，佐藤真吾：宅地の被災状況と復旧工法，基礎工，Vol. 40, No. 12, 2012, pp. 15-18

4.4 宅地被災形態の分類

被害調査を行い被害原因やメカニズムを把握するうえで、さらに、被害の対策工法を決定する上で、宅地被災形態をできる限り正確に判断することが大事である。ここでは、2つの宅地被災形態分類について、現時点で用いられている2つの方法を簡潔に示す。調査や実施過程における被災形態の分類の利用方法については、5章で説明される。

4.4.1 被害の原因・メカニズムを重視した分類

1つ目は、被害形態を原因・メカニズム別に分類するものである。①盛土ではなく地山のすべりに起因するもの、②地山と盛土の境界面に起因するもの（底盤すべり）、③擁壁の変状・倒壊に起因するもの、④切盛り境界に起因するもの、⑤表層地盤が緩いことに起因するもの、⑥基礎地盤の液状化に起因するもの、という分類に基づいて仙台市では被害調査結果を整理した。ある被害地において、単一のメカニズムにおいて被害が生じることはまれであり、被害はこれらのメカニズムが複合した結果として生じる。

4.4.2 対策工法の選定を重視した分類

2つ目は、公的補助の可能性が高いメカニズムに焦点を絞ったものである。公的補助は公共的構造物を含み、放置すると公的構造物に対して被害を拡大する可能性の高いものであるから、上記①、②、③が対象となる。「宅地耐震対策工法選定ガイドライン」では、選定工法の選択が容易になるように、すべりによるものと擁壁の倒壊によるものに分類し、さらにすべり崩壊を、地山表層部が弱い層となっている場合、盛土の一部が軟弱な粘土層、砂質土層の上にある場合、盛土表面のすべり崩壊などが明記されている。被害の程度によって、大きい場合を崩壊とよび、中程度以下を变形と呼んでいるが、崩壊と変形の明瞭な区別は示されていない。上記ガイドラインでは、原則宅地の所有者が個人で対応すべき被害メカニズムについては、分類の対象になっていない。

4.4.3 2つの分類方法の比較

上記、2つの分類方法を比較して、表4.4.1に示す。どちらの分類も完璧さを求めたものではなく、調査、設計、選択工法の選定に必要最小限の情報を得るために行った分類であり、ある被害状況に対してどの分類に入れるかの判断基準も明解ではない。ある地区の被災形態分類は、技術者の経験や知識によっておそらく異なるものとなるはずである。複数の技術者の意見交換により、被災形態の分類を慎重に行う必要がある。

より詳細な分類を設定することも可能であろうが、詳細すぎる分類は、予防的措置として宅地耐震化事業を実施する場合はともかく、実際に被害を受けて迅速な対応が必要となる場合には不適である。現時点では、この2つの分類をもとに、それぞれの事情を踏まえて、適切な分類を行う必要がある。

表 4.4.1 被災形態の分類の比較

公的補助の可能性	原因・メカニズムによる分類	対策工法選定ガイドラインの分類	備考
		軟弱な崖錐・崩積土が地山表面に存在	ガイドラインでは、対策工の選定を
	地山のすべり	軟弱な沖積粘土	重視して詳細に分類
		緩い飽和沖積砂質土	
可能性大		流動的すべり	ガイドラインでは、対策工の選定を
	盛土の大規模なすべり	地山・盛土の境界面のすべり	重視して詳細に分類
		盛土表面のすべり(斜面崩壊)	
	擁壁倒壊	擁壁倒壊・背面土の倒壊	
	切盛り境界		ガイドラインでは個別対応については
可能性小	表層地盤が緩い状態	分類なし	分類なし
	基礎地盤の液状化		

5 宅地災害の初動期から復旧対応までの対応マニュアル

5.1 初動期から復旧対応までの流れ

大規模な宅地災害が発生した直後には、住民の安全を確保するために、的確な被害状況の把握と危険度判定を限られた人員で限られた期間内に実施する必要がある。このため、防災関係機関、住民・マスコミ等からの一般被害情報等を勘案して、発生後の対応フロー（図 5.1.1）に適合した段階的かつ合理的な被害状況調査・危険度判定を最初に実施する必要がある。次に、被害状況調査及び危険度判定を受けて、避難勧告・指示・応急措置等、仮復旧、本復旧の順に対応していく必要がある。

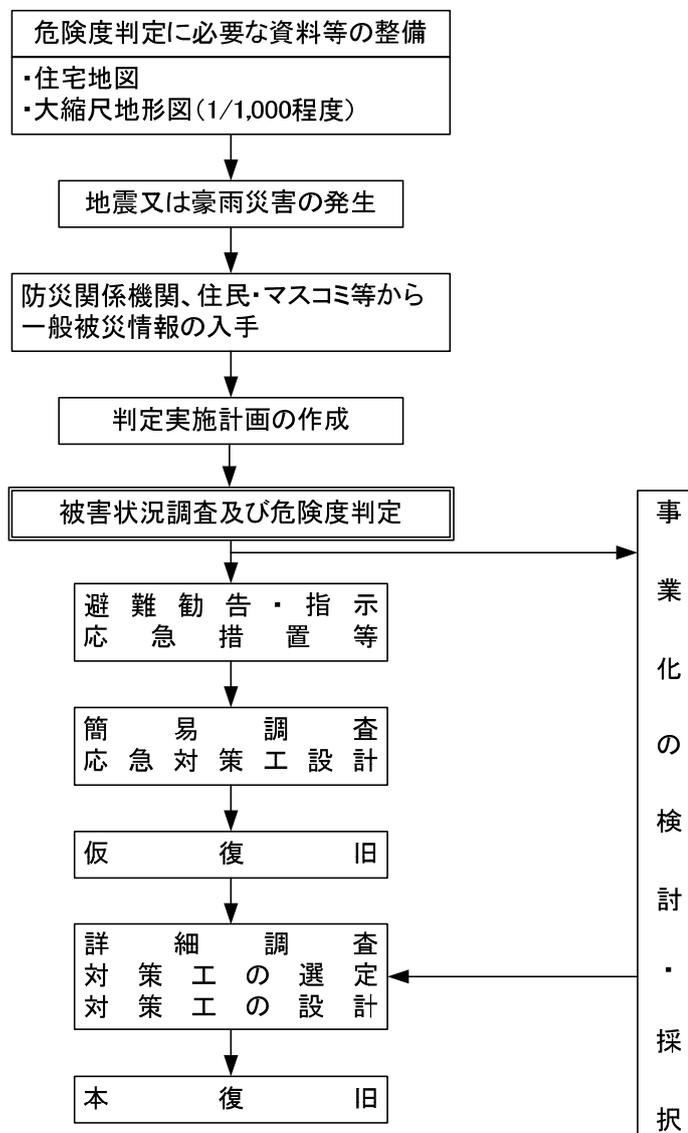


図 5.1.1 宅地災害の初動期から復旧対応までのフロー

本来、宅地は個人財産であり、所有者が復旧するのが基本である。しかし、大規模な宅地災害の場合では、滑動崩落のような被害形態が発生し個人の力では復旧できない場合や道路などの公共施設に被害を与える恐れがある場合などは、公共事業の対応が可能である（但し、適用条件を満たす必要がある）。

このようなことから、現在、以下の国の事業が設けられている。

- ・造成宅地滑動崩落緊急対策事業（再度災害防止を主眼とした事業、期間限定：平成24年度末までに工事着手可能な地区）
- ・大規模盛土造成地滑動崩落防止事業（災害予防を主眼とした事業）
- ・災害関連地域防災がけ崩れ対策事業（地がけ特例）

これら3事業のうち、東日本大震災に伴う被災宅地において、仙台市で広く適用された事業は、造成宅地滑動崩落緊急対策事業である。これは期限付きの事業であるが、東日本大震災において初めて創設された事業である。これが前例となり、今後甚大な災害が発生した場合には改めて設けられる事業となる可能性がある。このため、甚大な災害を受けた場合は造成宅地滑動崩落緊急対策事業も事業化の一つとして進めることも重要である。この事業と以前からある大規模盛土造成地滑動崩落防止事業の比較を表5.1.1に示す。

表 5.1.1 大規模盛土造成地滑動崩落防止事業と造成宅地滑動崩落緊急対策事業の比較

項目	大規模盛土造成地滑動崩落防止事業	造成宅地滑動崩落緊急対策事業
目的	災害予防措置として行う	災害予防だけではなく、宅地災害の早期復旧と再度災害防止
交付率	1 / 4	1 / 2（特別な場合は2 / 3）
事業の対象となる盛土造成地の要件	盛土面積が 3000m ² 以上、かつ盛土上に存在する家屋が 10 戸以上	左記に加え、盛土をする前の地盤面が 20° 以上かつ盛土高さが 5 m 以上であり、かつ家屋が 5 戸以上
崩落で被害のおそれのある公共施設等の対象	道路（高速道自動車道国道、一般国道、都道府県道） 河川、鉄道、避難地又は避難路	左記に加え、一定の要件を満たす市町村道、下方斜面での家屋 10 戸以上
対策工着工期限	期限無し	2013.3.31

次に、災害関連地域防災がけ崩れ対策事業（地がけ特例）であるが、仙台市においては適用条件を満たす地区が少なかったとともに、造成宅地滑動崩落緊急対策事業が有利であったことから、採用されたのは 10 地区に留まった。

5.2 被害緊急調査の種類と目的

(1) 種類

被害緊急調査には、被災宅地の被害状況調査と危険度判定がある。

なお、被災宅地の調査の他に、被災した建物を調査し建物の危険性を判定する応急危険度判定がある。この調査は被災宅地の調査と同時期に行われる。

(2) 目的

これらの目的は、被害の発生状況を迅速かつ的確に被害状況全体の把握及び危険度判定による二次災害防止の軽減・防止し住民の安全を確保することである。

(3) 被害状況調査及び危険度判定の内容

大規模な宅地災害が発生した場合は、まず被害発生状況の全体を把握し、主として宅地の立入制限に関する危険度判定の実施が必要となる。その後、主として被災宅地の復旧等のために宅地の所有者等が行う調査があるが、これについては、「宅地擁壁復旧技術マニュアル」（平成7年8月建設経済局長通達）及びその他の一般に認められている調査方法に基づき実施するものとし、ここでは取り扱わないものとする。

被害状況調査及び危険度判定の調査目的、調査対象施設、調査期間、調査手法等は、表5.2.1に示すとおりである。

表 5.2.1 被害状況調査及び危険度判定の調査内容

項 目	調 査 内 容
調査目的	被害状況全体の把握及び危険度判定による二次災害の軽減・防止
調査対象施設	①擁壁 ②宅地地盤、切土・盛土のり面及び自然斜面 ③排水施設 ④その他
調査期間	発災後速やかに実施し、2週間程度以内に終了する。
調査対象区域	被災区域全域
調査方法	目視、簡便な計測
調査結果のまとめ方	調査表による現地踏査 イ. 被害位置 ロ. 被害項目 ・沈下・ハラミ・陥没・崩壊 ・隆起・倒壊・クラック・段差 ・ガリー侵食等 ハ. 被害断面（簡易計測による寸法） ニ. 変形量（簡易計測による寸法） ・沈下量・クラック幅・深さ・長さ・本数等 ホ. 危険度（大、中、小） ヘ. 緊急度（大、中、小）等
調査結果の活用（例） [行政対処]	①特に緊急を要する応急措置等 イ. 避難勧告・指示 ロ. 応急措置 ②宅地造成等規制法に基づく防災措置の勧告等

注) 調査期間については、被害状況に応じて臨機応変な対応が必要である。

被災宅地危険度判定連絡協議会発行：被災宅地の調査・危険度判定マニュアルより引用

なお、本マニュアルは、個々の宅地の被災状況の調査等を主な対象としているが、宅地地盤全体の変動に対する調査等の対応は、別途行うことになる。

危険度判定は、被害状況調査（変状項目毎の配点）の結果をもとに行われる。危険度は、危険度評価基準により大、中、小の三区分に判定される。これにより、大と判定された宅地には立ち入らないようにし、中と判定された宅地に入る場合には、時間、人数を制限するなど十分注意することが必要である。また、小と判定された宅地は変状は見られるが、当面防災上の問題がないとした宅地である。

被災宅地危険度判定の結果は、下記の3種類の判定ステッカーを見やすい場所に表示し、当該宅地の使用者・居住者だけでなく、宅地の付近を通行する歩行者にも安全であるか否かを識別できるようにしている。

また、判定ステッカーには、判定結果に基づく対処方法についての簡単な説明や二次災害防止のための処置についても明示することが必要である。なお、判定結果についての問い合わせ先もステッカーに表示している。

<p style="text-align: center;">被災宅地危険度判定結果</p> <div style="background-color: red; color: white; text-align: center; padding: 10px;"> <h1 style="margin: 0;">危険宅地</h1> <h2 style="margin: 0;">UNSAFE</h2> </div> <p style="font-size: small;">◆この宅地に立ち入ることは危険です ◆立ち入る場合は専門家に相談して下さい</p> <p>注記:</p> <p>整理番号</p> <p>判定日時 月 日 午前・午後 時現在</p> <p style="text-align: right;">災害対策本部 電話: _____</p>	<p style="text-align: center;">被災宅地危険度判定結果</p> <div style="background-color: yellow; text-align: center; padding: 10px;"> <h1 style="margin: 0;">要注意宅地</h1> <h2 style="margin: 0;">LIMITED ENTRY</h2> </div> <p style="font-size: small;">◆この宅地に入る場合は十分注意して下さい ◆緊急時に帰避する場合は専門家に相談下さい</p> <p>注記:</p> <p>整理番号</p> <p>判定日時 月 日 午前・午後 時現在</p> <p style="text-align: right;">災害対策本部 電話: _____</p>	<p style="text-align: center;">被災宅地危険度判定結果</p> <div style="background-color: blue; color: white; text-align: center; padding: 10px;"> <h1 style="margin: 0;">調査済宅地</h1> <h2 style="margin: 0;">INSPECTED</h2> </div> <p style="font-size: small;">◆この宅地の被災程度は小さいと考えられます</p> <p>注記:</p> <p>整理番号</p> <p>判定日時 月 日 午前・午後 時現在</p> <p style="text-align: right;">災害対策本部 電話: _____</p>
<p style="text-align: center;">形による陥没・隆起・開口 クラック・押し出しなど危険宅地</p> <p>この宅地に入ることは危険です。</p>	<p style="text-align: center;">要注意宅地</p> <p>この宅地に入る場合は十分に注意してください。</p>	<p style="text-align: center;">調査済宅地</p> <p>この宅地の被災程度は小さいと考えられます。</p>

被災宅地危険度判定に使用するステッカー

変形による土砂崩落・開口クラックなど被災宅地危険度判定連絡協議会発行：被災宅地の調査・危険



図 5.2.2 建物の応急危険度判定に使用するステッカー

し出しなど <http://www.kenchiku-bosai.or.jp/oq/>より引用

5.3 避難勧告等の処置

(1) 避難勧告

仙台市の避難勧告については以下のようになっている。

仙台市長は、地震・津波・降雨等による災害の発生又は発生のおそれがあることが認められることによつて、避難を要する事態が発生することを想定し、避難勧告等の発令基準を定めている。避難勧告を発令した場合は、広報車両の巡回等により対象区域の住居者等へ伝達する。また、住居者を安全に避難させるために、消防等と協力し、組織的な避難誘導を行う。

表 5.3.1 仙台市の地震災害対策における避難発令基準

	発 令 基 準
※ 避難 勧 告	<ul style="list-style-type: none"> ○ 次のような事象が発生又は予想され、居住者等の生命又は身体に危険が及ぶおそれがあると認められるとき ・ 地震による火災の拡大により、住民に生命の危険が及ぶと認められるとき ・ がけ崩れ等の地変が発生し、または発生するおそれがあり、付近住民に生命の危機が認められるとき ・ 有毒ガスその他の危険物質が流失拡散し、または流出拡散のおそれがあり、住民に生命の危機が認められるとき ・ その他災害の状況により、事前に避難を要すると認められるとき <p>※ 「勧告」：避難対象者に対し、避難を拘束するものではないが、避難対象者がその勧告を尊重することを期待して、避難のための立退きを勧め、又は促す行為である。</p>
※ 避難 指 示	<ul style="list-style-type: none"> ・ 避難勧告の発令時点より、災害の状況が著しく悪化し、緊急に避難を要すると認められるとき ・ その他、危険が著しく切迫し、緊急に避難を要すると認められるとき <p>※ 「指示」：被害の危険が目前に切迫している場合等に発するものであり、勧告よりも拘束力が強く、避難対象者を避難のため立退かせる行為である。</p>

※ 津波に関する避難勧告、指示の発令基準は、「第5節津波災害応急計画 4海面の監視」(P101)を参照

それに伴う盛土の沈下・変状仙台市地域防災計画 地震災害対策編から引用

(2) 警戒区域の設定

災害対策基本法第 63 条に基づき、市長は、災害が発生し、又はまさに発生しようとしている場合において、人の生命又は身体に対する危険を防止するため、特に必要があると認めるときは、警戒区域設定等を行う。

5.4 被害応急措置

土地の地割れや陥没、地盤の緩くなった箇所は、長雨や大雨で地すべりなどにより二次被害を起こす危険がある。このため、次の3つのステップにより、危険な箇所がないか再度確認し、応急措置をすることで危険を回避することが可能であるのでHP等で住民に周知していく重要である。

ステップ1：危険箇所の確認

- ・斜面や地盤：⇒地割れ・亀裂・沈下、陥没の確認
- ・玉石積み擁壁や間知ブロック擁壁等の擁壁、コンクリートのたたき、家屋の基礎部等：
⇒割れ目（クラック）やハラミ出しの確認
- ・隣接地：⇒隣接地の異常確認
自分の土地には異常が見当たらなくても、隣接地の地割れなどがすぐそばまで迫っている可能性がある。
- ・庭木：庭木が枯れるなどの症状の確認
地中に亀裂が生じていると、根切れして庭木が枯れる。
- ・池の水：⇒水位の変動確認
水位が通常より低下していれば、池の底に亀裂や陥没が生じている可能性がある。

ステップ2：応急措置

表 5.4.1 の事例を参考に、各住民ができる応急措置を広報する。

大型土のうの設置など、大規模な対応が必要となる場合で住民から相談を受けた場合は、出来るだけ対応する。

表 5.4.1 応急措置の事例 (1)

応急措置の事例				
被害の形態	被害状況	応急措置1	応急措置2・(仮復旧)	コメント
土地の亀裂・陥没				滑動崩落(すべりによる変形)が発生した箇所の頭部では開口亀裂が発生した。 このため、雨水の浸透等による再滑動が懸念されたため、ブルーシートで覆った。
斜面の亀裂				斜面に崩壊や亀裂が発生した。 斜面下方には住宅地が隣接していることから、余震・雨水浸透等に起因した崩落土砂から住居を守るための防護柵を設置した。 また、雨水浸透等による亀裂の拡大・崩壊を抑制するため、足元を土嚢で抑えるとともに、斜面をブルーシートで覆った。
斜面の崩壊			 仮復旧	当箇所においては、斜面の崩壊が生じた。 このため、雨水の浸透による斜面崩壊の拡大などが懸念されたため、ブルーシートで覆った。 その上で、仮復旧として崩壊土砂及び緩んだ地盤を撤去し、安定勾配にするとともに法面の緑化を行った。
擁壁の変状1				玉石積み擁壁の一部崩落や変状が発生した。 擁壁の上位には塀があることから、これ以上の擁壁の変状は塀が倒壊することが懸念された。 このため、玉石の崩落箇所(塀の基礎部)への土嚢の充填、大型土嚢による玉石積み擁壁の抑えにより、擁壁の変状進行の防止を行うとともに、雨水浸透を軽減させるためにブルーシートで塀や擁壁を覆った。
擁壁の変状2				当箇所においては、ブロック積み擁壁にハラミ出し・押し出し等の変状が発生した。 このため、雨水浸透による擁壁変状が進行しないように、ブルーシートで覆った。

表 5.4.1 応急措置の事例 (2)

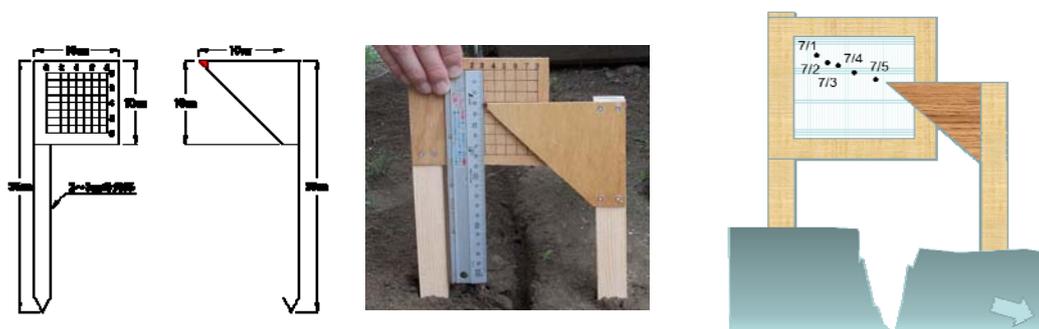
被害の形態	応急措置1	コメント
土地の亀裂・陥没		<p>当箇所では、道路に面した擁壁で開口・沈下などの変状が発生した。 この変状は大きかったこと、変状が進行し道路に影響が出ることが懸念されたため、大型土嚢を設置した。</p>
擁壁の亀裂		<p>当箇所では、道路に面した擁壁で開口・沈下などの変状が発生した。 このため、変状が進行しないように開口部をモルタル充填した。</p>
擁壁の変状		<p>当箇所では高さ3mを超える擁壁に変状が発生した。 このため、変状が進行しないように大型土嚢を設置するとともに、階段部を立ち入り禁止措置とした。</p>
階段の変状		<p>当箇所では階段部に変状が発生した。 このため、変状が進行しないようにブルーシートを設置するとともに、階段部を立ち入り禁止措置とした。</p>
側溝の変状		<p>当箇所では側溝が圧縮破壊した。 このため、排水できなくなったので、その脇に土側溝を掘り、雨水等の排水ができるようにした。</p>

ステップ3：経過観察（主に住民が対応）

今後の宅地安定性を判定するため、地面や擁壁に生じた亀裂を個人で測定することも重要である。以下のような方法があるが、異常を確認した場合は市役所に連絡することを住民に周知しておく必要がある。

① 宅地地面の亀裂の測定（角材とベニヤ板を用いた方法）

- ・地面の亀裂の変位は、亀裂が開く水平方向と段差が出来る鉛直方向がる。
- ・亀裂を挟んで目盛を付けた板（四角）と変位を見る板（三角）を地面に設置する。
- ・水平方向と鉛直方向の数値を読み取る。

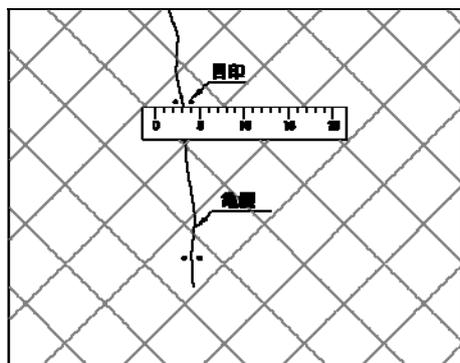


毎日、一定の時刻にマジックで印をつけて、月日を記入する。この点の間隔を定規で測る。できれば写真を撮る。

図 5.4.1 宅地地面の亀裂の測定方法

② 擁壁に生じた亀裂の測定

- ・擁壁に生じた亀裂は、開き幅を測定して亀裂の進行度合いを測定する。
- ・亀裂の両側に油性マジック等で目印（点）を付け、定規で間隔を測る。



毎日続けて間隔を測り
メモしておく。

図 5.4.2 擁壁の亀裂の測定方法

③ 測定結果の判定

注意状態 1

1日当たり1cm未満の広がりや幅が5cm未満の亀裂は、すぐには崩れないが、ブルーシートなどで覆うか、亀裂にモルタルなどを詰めて、直接、雨水などが亀裂に浸透しないようにする必要がある。

注意状態 2

1日当たり1cm以上広がった場合または、亀裂の幅が5cmに達した場合には、すぐには崩れないが、引き続き注意深く観察が必要である。この段階では市役所に連絡してもらい、担当者が現地に行き安全を確認する必要がある。

警戒状態

1日当たり2cm以上広がった場合 または、亀裂の幅が10cmに達した場合にはすぐに崩れる可能性が高いので一時的に避難する必要がある。この段階では直ちに市役所へ連絡して貰い、担当者が現地を確認するとともに専門家に現地踏査を依頼する必要がある。

5.5 被害メカニズムの分類と対策工決定のための被害調査

(1) 被害のメカニズムの分類

宅地被害のメカニズムと被害形態を分類する図 5.5.1 のように 7 つに分類される。

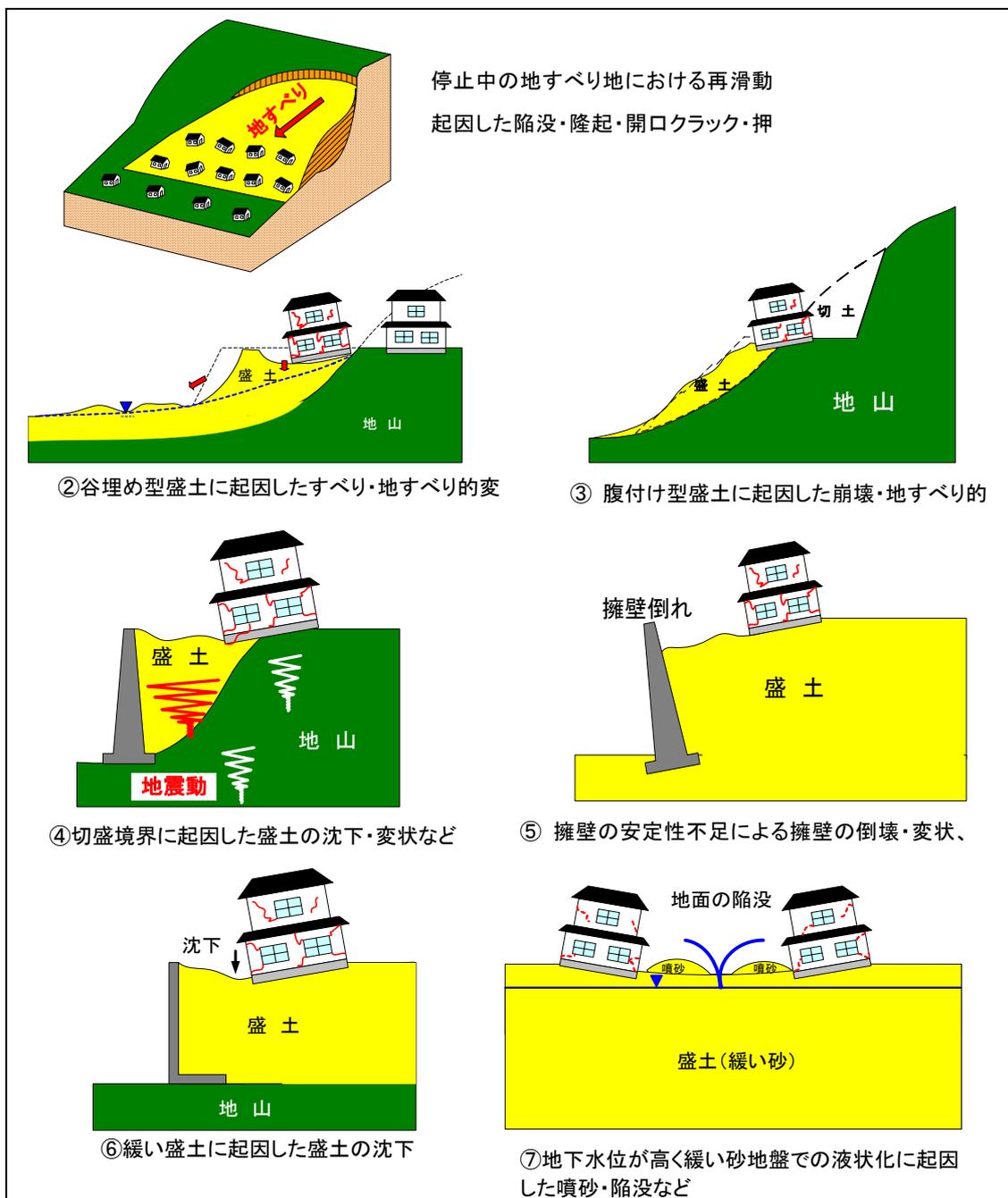
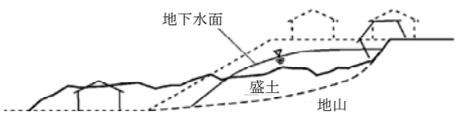
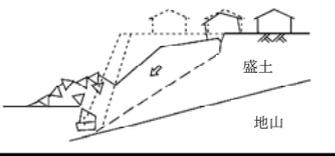
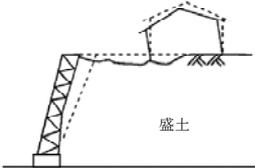


図 5.5.1 宅地被害のメカニズムと被害形態

また、5.1 で示したように「造成宅地滑動崩落緊急対策事業」・「大規模盛土造成地滑動崩落防止事業」の滑動崩落事業に適用する場合は図 5.5.2 に示す被害形態に分類される。

この滑動崩落は水平変動を伴う地盤の変状であり、崩壊と変形の二つに分類される。崩壊はすべり崩壊と擁壁倒壊、変形はすべりによる変形と擁壁変形に細分される。このうち、変形は“せん断破壊（崩壊）に至らない変位”とされる。これらの変形・すべり・崩壊について、図 5.5.3 にイメージ図を示した。

被害形態		模式図	備考
滑動崩落	崩壊	すべり崩壊 	盛土内の間隙水圧上昇による流動的すべり崩壊など
		擁壁倒壊 	擁壁の不安定化による擁壁倒壊・背面土の崩壊など
	変形	すべりによる変形 	盛土と地山※の境界などを不連続面とする地すべり変形（盛土表面の変形、切盛境界の不動沈下を含む）など
		擁壁変形 	擁壁と背面土の変形

※地山：自然地盤（このうち安定したものが基盤）

図 5.5.2 滑動崩落の被害形態

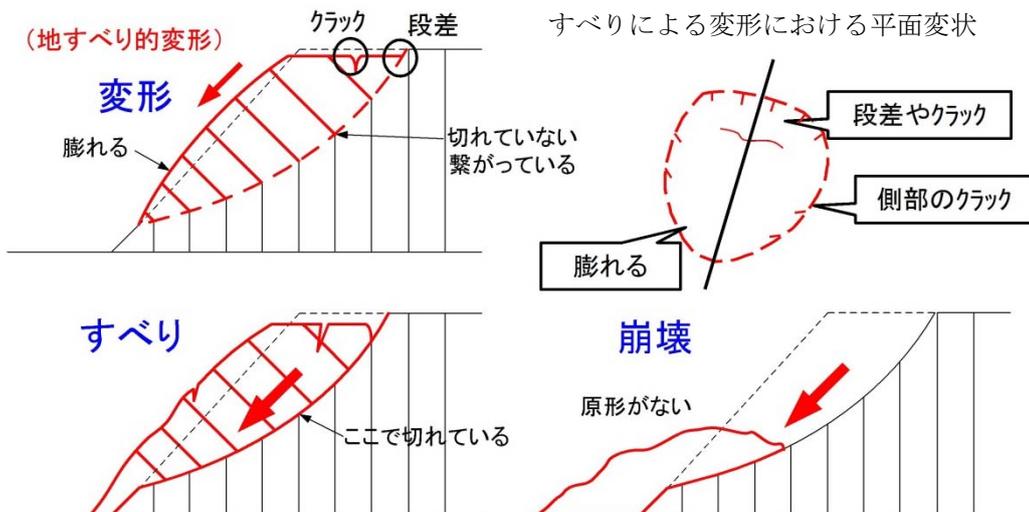


図 5.5.3 滑動崩落（変形・すべり・崩壊）形態のイメージ図

(2) 対策工決定のための被害調査

東日本大震災における「造成宅地滑動崩落緊急対策事業」の仙台市における全体像を図 5.5.4 に示す。

対策工決定のための被害調査としては、先ず、現地踏査を実施し、対象地区が滑動崩落であるかの可能性について検討した。可能性がある場合は、表面波探査・調査ボーリングなどの調査を実施し、滑動崩落の最終的な判断を行った。次に、対策工決定のためには、各種調査結果をもとに総合解析を行い、変状メカニズム・緩み範囲・設計上のすべり面の検討・特定を行った。

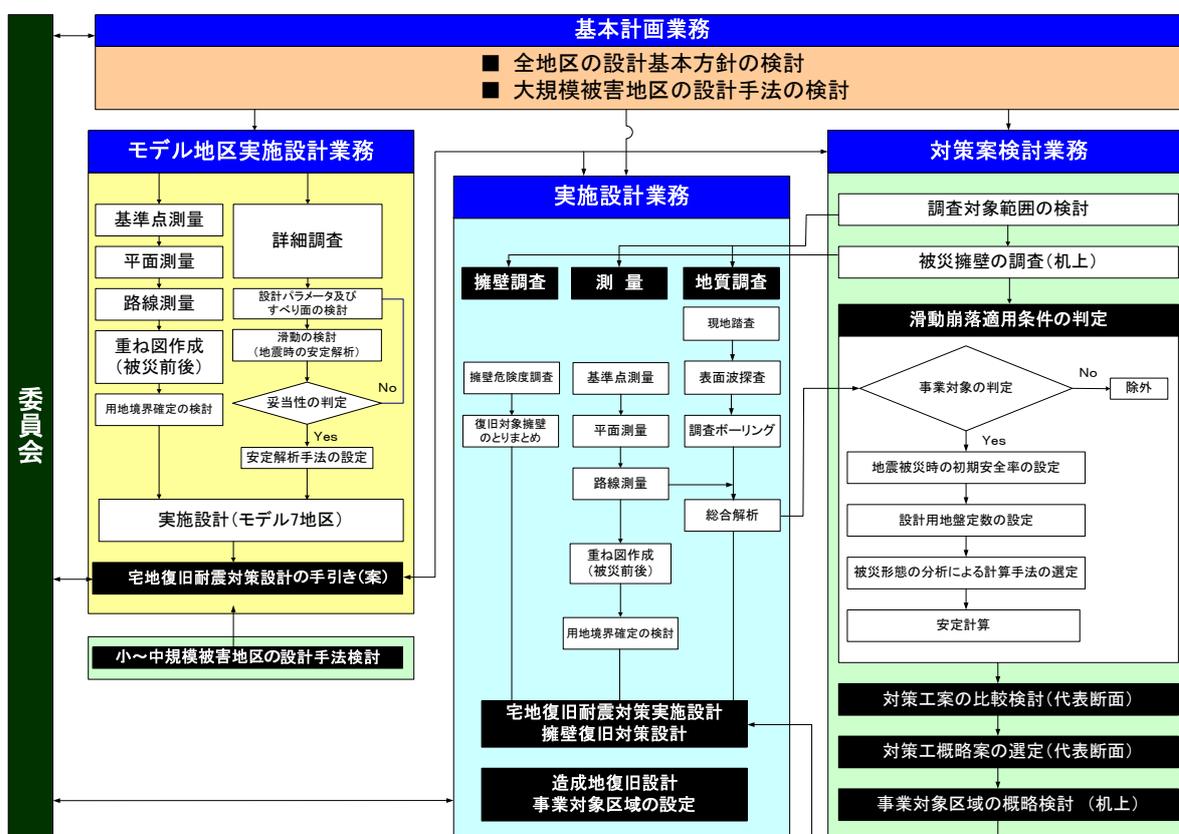


図 5.5.4 造成宅地滑動崩落緊急対策事業における仙台市での調査・設計のフロー

主な調査である表面波探査・ボーリング調査および総合解析について以下に示す。

(1) 表面波探査

表面波探査は原則道路上で探査を行っている。このため滑動崩落ブロックの主側線に沿って実施することはできないのが現実である。このため、主側線に探査結果から得られた速度層断面を投影することになる。この時のイメージ図を図 5.5.5 に示した。

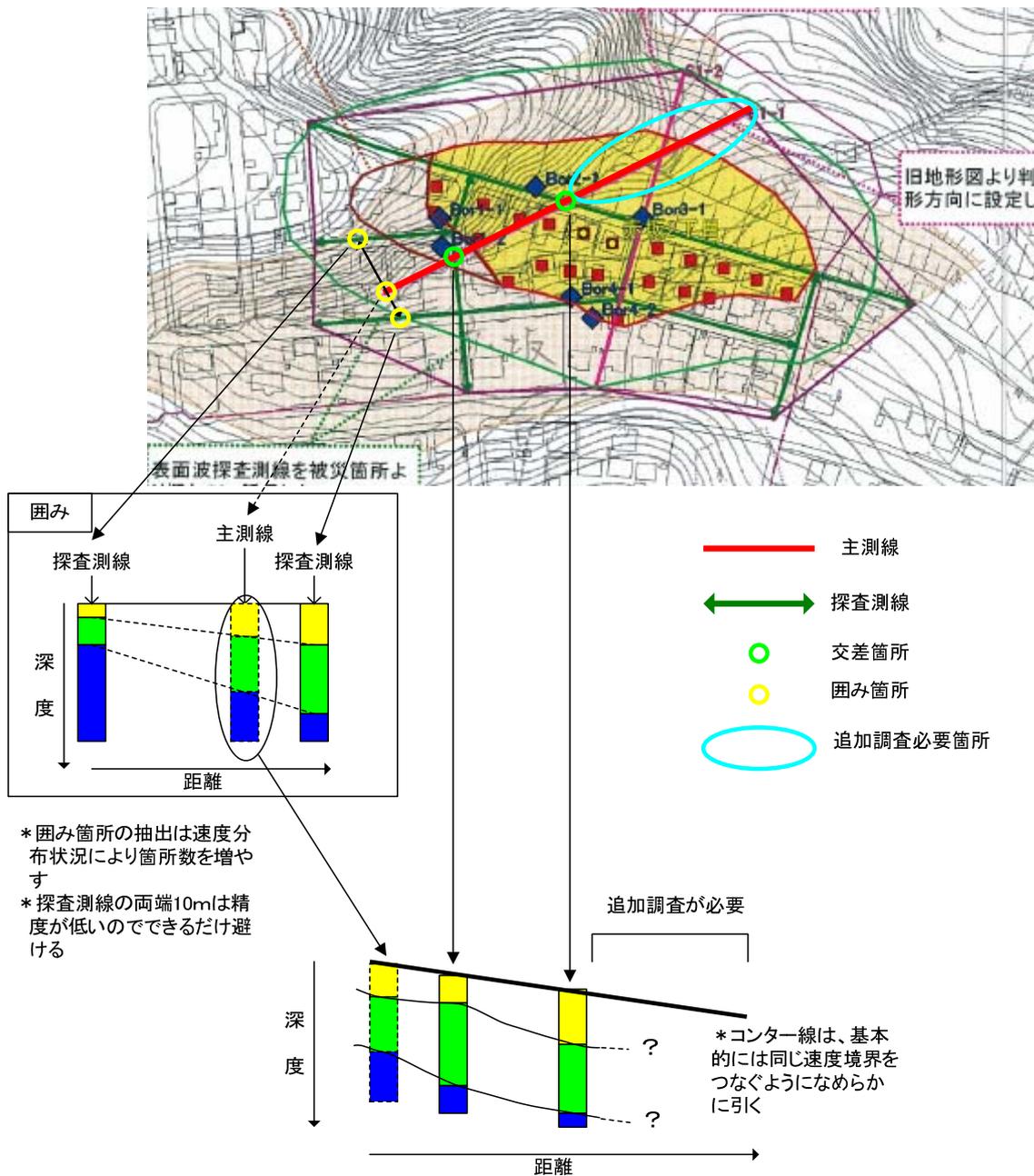


図 5.5.5 主（副）測線への S 波速度投影手法のイメージ図

(2) ボーリング調査

① ボーリングの掘り止めの目安について

- ・ 地山において N 値 20 以上 5m（標準貫入試験 6 回）確認を目安とする。その確認の中で、

N 値 30 以上 3m (標準貫入試験 4 回) 確認した場合は、そこで掘り止めとする。

②地下水位について

- ・ボーリング作業中は、作業前・作業後の水位を観測する。
- ・ボーリング掘進時の孔内水の状況を、送水の有無・種類、掘削深度、ケーシング深度などと合わせて整理し、解析に用いる地下水位を設定する。
(地下水観測孔は設置しない。ただし、近傍で地下水位観測が実施されている場合はその結果を活用する。)

③単位体積重量用の試料採取について

- ・単位体積重量用の試料採取は行わない。
(モデル地区の測定結果は、砂質土系 18kN/m^3 、粘性土系 17kN/m^3 で概ねまとまっており、これらの値を用いて設計を行っていくことになるため)

④ 物理試験用の試料採取について

- ・当該箇所の盛土性状を代表すると考えられる深度で、1 孔あたり 1~2 試料を標準貫入試験試料から採取する。
なお、液状化が発生している地区などは、必要に応じて各工事担当と協議し、試料を採取する。

(3) 総合解析

総合解析では、各調査結果を取りまとめたものを整理するとともに、変状メカニズム・緩み範囲・設計上のすべり面を特定し、以下のものを作成した。

- ・概要書 (被害概要、位置図、平面図、被災状況写真)
- ・調査項目 (調査項目、調査状況写真、調査位置図)
- ・発生メカニズム (宅地被災の状況、造成履歴及び盛土分類、盛土及び地下水の状況、変状メカニズム)
- ・重ね図 (道路台帳を基準とした被害前地形と被害後地形を重ねて基準点の変位量を示した平面図)
- ・表面波探査結果図その 1 (速度層断面図、平面配置図)
- ・表面波探査結果図その 2 (速度区分主側線断面図、緩み範囲平面図)
- ・総合解析断面図 (設計上のすべり面記載)

5.6 対策工選定のための安定計算

仙台市における被災造成宅地の復旧は、主に「造成宅地滑動崩落緊急対策事業」で実施されるが、この事業に関わる直接的な設計指針等は確立されていないため、従来の事前耐震対策事業及び災害復旧事業のマニュアル^{1), 2)}やガイドライン^{3), 4)}等を参考とし、宅地復旧・耐震対策の設計計画を検討する必要がある。災害復旧事業の場合、安定計算は、一般に逆計算法を用いるが、これは常時状態の手法であり、地震を対象とした被災時の初期安全率等は規定されていない。また、事前耐震対策事業のように、せん断試験による強度定数をもとにした順計算法を用いる場合、検討対象地区が160地区と非常に多いことや、盛土材料が不均質であること及び試験結果のバラツキ等のため、各検討地区において、必ずしも実際の被害状況に適合した結果が得られない可能性がある。そこで、今回は「地震時を対象とした逆計算法による安定計算手法」について新たに検討した。その際、「地すべり変形等の変形被害における設計上のすべり面の設定」、「不均質な盛土材料の設計強度の設定」、及び「地震時の災害復旧と再度災害防止を考慮した安定計算時の初期安全率の設定」が主な課題となった。

(1)変形被害における設計上のすべり面の設定

安定計算で用いるすべり面の設定については、「地すべり変形被害」など、すべり面が特定できない被害形態が主体であること、地震時の被災のため動態観測等ですべり深度を特定することは困難なことなどから、表面波探査のS断波速度分布、調査ボーリングに基づく地層区分や物性値、宅地の被災状況等から総合的に判断し、「設計上のすべり面」を設定した。検討地区における表面波探査の結果、せん断波速度（S波速度） $V_s = 160 \sim 200 \text{m/s}$ の境界ラインで囲まれた低速度部の範囲は、主たる変状範囲（滑動崩落した範囲）及びその周辺に確認された被災宅地分布と概ね一致した。よって、設計上のすべり面は、変状範囲と概ね一致したS波速度の境界及び地層・物性値等より、盛土表層のひな壇部、及び盛土内の強度境界部（一部地山との境界部）などで設定した（図-5.6.1）。

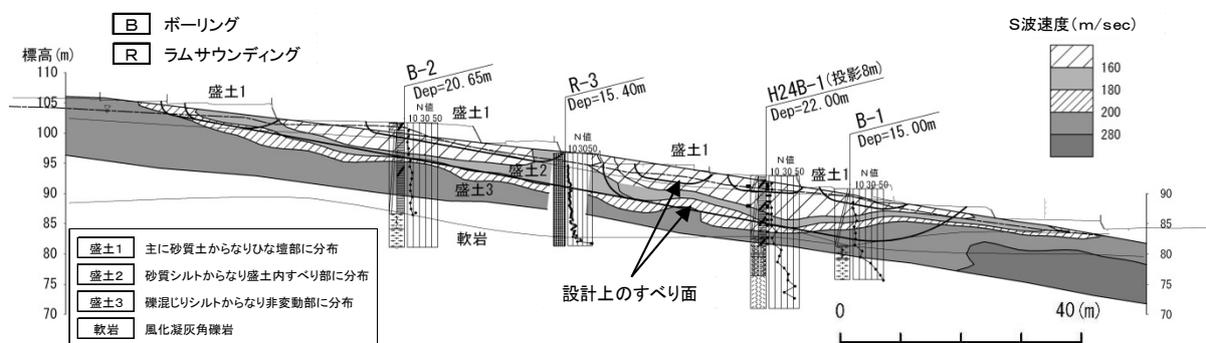


図-5.6.1 地すべり変形被害地区におけるS波速度分布断面と設計上のすべり面

(2) 盛土材料の設計強度及び地震時初期安全率の検討

盛土材料の設計強度の検討等の際し、試験地区（中山五丁目、折立五丁目、青山一丁目、青山二丁目、南光台六丁目、恵和町地区）を選定し、物理試験、締固め試験、三軸圧縮試験、三成分コーン試験、セルフボーリング LLT(SBLLT) 試験、PS 検層及び表面波探査を行ない、盛土の粘着力 c_u 、内部摩擦角 ϕ 等の設計強度定数について検討した。その結果をもとに安定計算の順計算を行い、逆計算に用いる地震時の初期安全率 F_s について検討した。

被災盛土は、土粒子の密度 $G_s=2.65\sim 2.80\text{g/cm}^3$ と一般的な値を示しており、含水比 $w=20\sim 40\%$ 、細粒土含有率 $F_c=20\sim 70\%$ の中間土である（図-5.6.2）。粘土分は $8\sim 35\%$ 程度混入し、塑性指数 $I_p=10\sim 40$ と圧縮性が高い性質を示す（図-5.6.3）。湿潤密度は細粒土主体部で $\gamma_t=17\text{ kN/m}^3$ 前後、粗粒土主体部で $\gamma_t=18\text{ kN/m}^3$ 前後であった（図-5.6.4）。

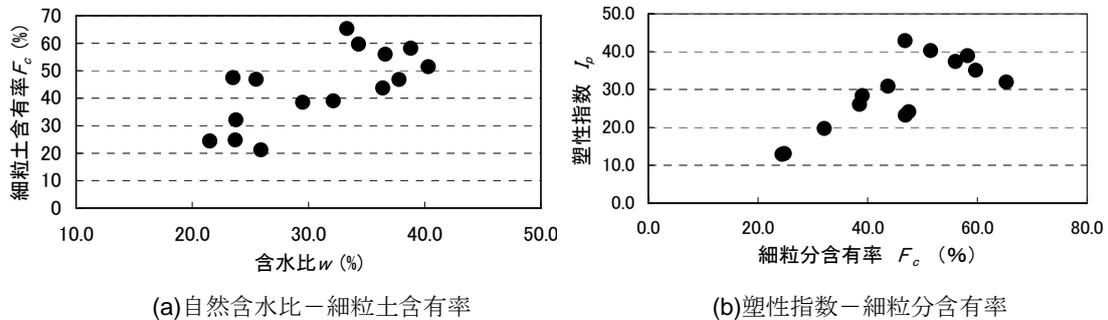


図-5.6.2 盛土材料の自然含水比，細粒土含有率，塑性指数の関係

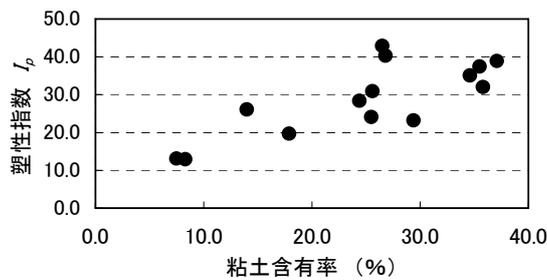


図-5.6.3 盛土材料の粘土含有率，細粒土含有率の関係

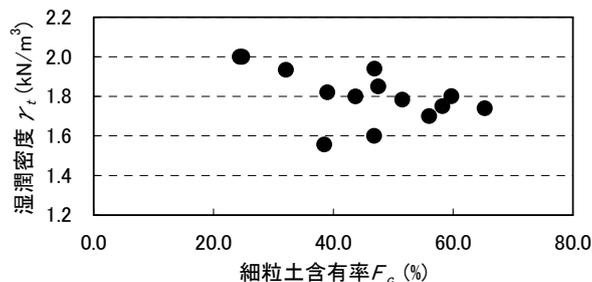


図-5.6.4 盛土材料の細粒土含有率，湿潤密度の関係

図-5.6.5 に示す盛土材料の締固め曲線は、一般的に言われているように細粒分が少なくなる
と最大乾燥密度が大きく、最適含水比が小さくなっている。さらに、この図より、締固め曲線のピ
ーク点は飽和度 90%の線とほぼ並行な位置にあり、最大乾燥密度と最適含水比との関係は一義
的に決まると考えられる。また、最適含水比よりも湿潤側ではほぼ飽和度 90%の線と一致して
いる。つまり、土中の水分を増加させても、締固めエネルギーが同じでは体積で 10%程度の空
気を追い出すことが出来ずに残ってしまうということである。最適含水比と最大乾燥密度との関
係および飽和度 85% ($G_s=2.7\text{g/cm}^3$) の線を図-5.6.6 に示す。この図より、最適含水比と最大
乾燥密度の点は飽和度 85%の線上にあり、飽和度 86%の線が最適含水比と最大乾燥密度との関
係を表しているといえる。

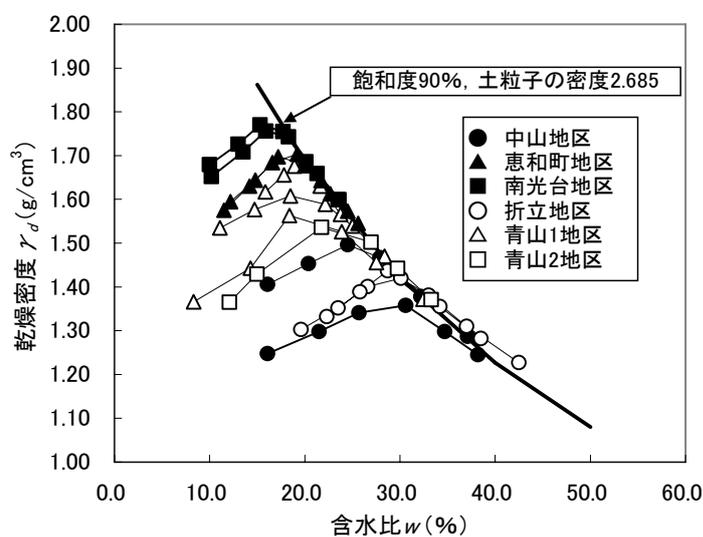


図-5.6.5 盛土材料の締め試験結果

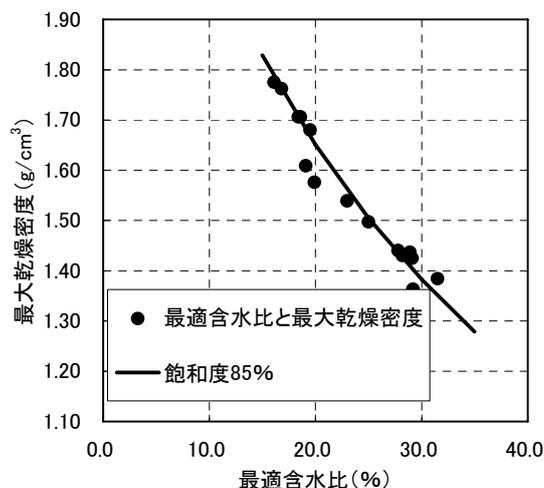


図-5.6.6 盛土材料の最適含水比、最大乾燥密度の関係

内部摩擦角 ϕ は、締固め度 $D_c=77\sim97\%$ の状態で三軸圧縮試験を実施した結果、細粒土含有率及び締固め度の違いによらず、概ね $\phi=10\sim20^\circ$ の範囲であった。よって、盛土の内部摩擦角の設計値は、 $\phi=15^\circ$ とした（図-5.6.7～図-5.6.8）。なお、盛土の現場密度に対応する締固め度は、概ね $D_c=85\sim90\%$ と緩い状態である。

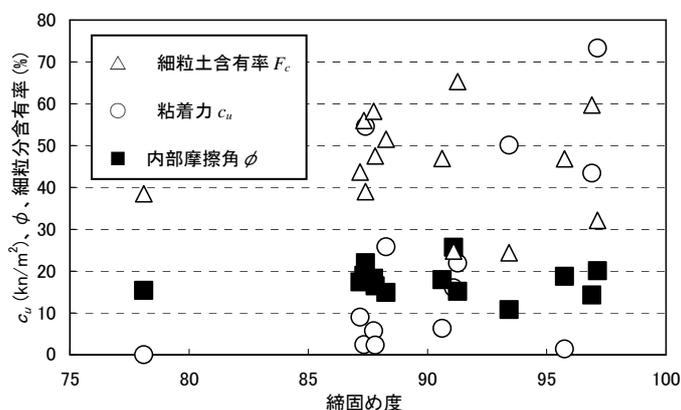


図-5.6.7 盛土の締固め度，粘着力，内部摩擦角，細粒土含有率の関係

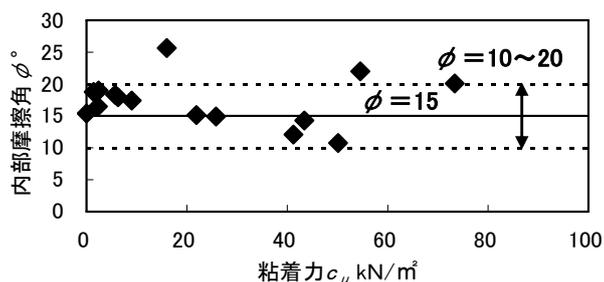


図-5.6.8 盛土の三軸圧縮試験結果（粘着力-内部摩擦角の関係）

粘着力 c_u は、締固め度が大きくなるにつれて増加する傾向が見られたが、この整理状態ではバラツキも大きく、細粒土含有率との関係も不明瞭であった。そこで、粘着力 c_u については、三軸圧縮試験結果の c_u と ϕ 関係より、 $\phi=15^\circ$ に換算して再整理を行った。 $\phi=15^\circ$ に換算した c_u と締固め度の関係、及び自然含水比と最適含水比との差の関係を図-5.6.9及び図-5.6.10に示す。 $\phi=15^\circ$ に換算した c_u は、締固め度が大きくなるにつれて増加し、締固め度 $D_c=93\%$ 以上になると安定した大きな強度を示す。盛土の現場密度に対応する粘着力は $c_u=3\sim25\text{kN/m}^2$ の範囲にある。また、盛土材料の含水比は、最適含水比との差が5%以下になると安定した大きな強度を示している。次に、 $\phi=15^\circ$ に換算した c_u とせん断波速度 V_s の関係を図-5.6.11に示す。盛土表層のひな壇部（盛土1）のせん断波速度は $V_s=120\sim160\text{m/s}$ 程度であり、粘着力は $c_u=3\sim8\text{kN/m}^2$ の範囲にある。ひな壇下位の盛土の変動部（盛土2）におけるすべり面の速度境界のせん断波速度は $V_s=160\sim200\text{m/s}$ 程度であり、粘着力は $c_u=10\sim25\text{kN/m}^2$ の範囲にあるといえる。

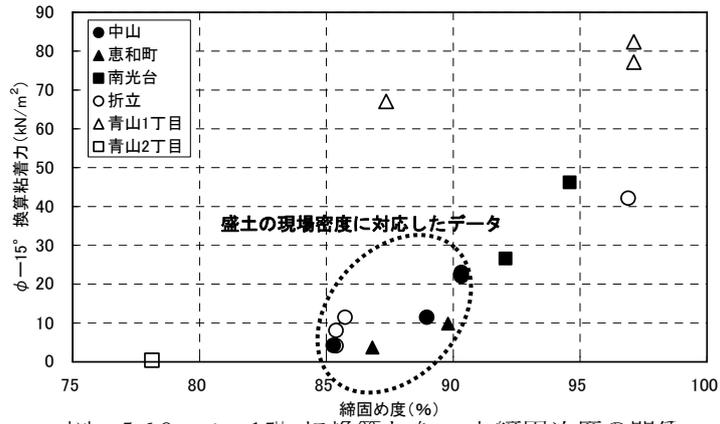


図-5.6.9 $\phi = 15^\circ$ に換算した c_u と締固め度の関係

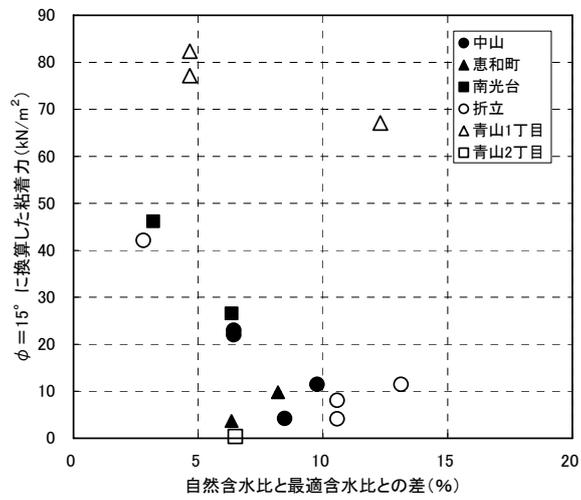


図-5.6.10 $\phi = 15^\circ$ に換算した c_u と自然含水比と最適含水比との差の関係

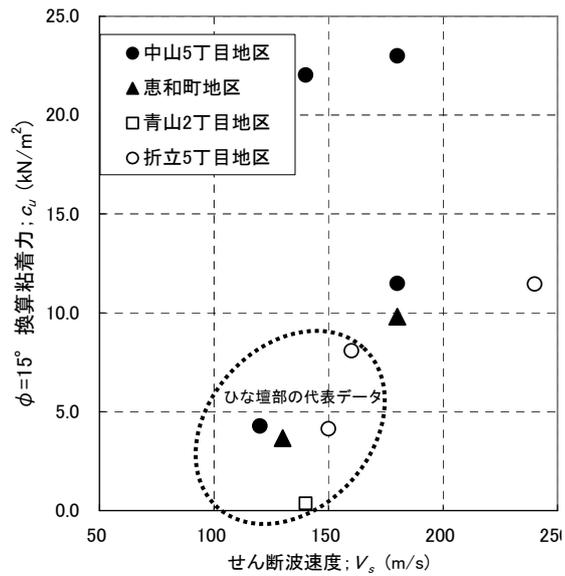


図-5.6.11 $\phi = 15^\circ$ に換算した c_u とせん断波速度 V_s の関係

中山五丁目, 折立五丁目, 青山一丁目, 青山二丁目において実施した SBLLT 試験及び三成分

コーン試験結果， $\phi = 15^\circ$ に換算した c_u の深度分布を整理して，図-5.6.12～図-5.6.15 に示した。ひな壇部（盛土1）の粘着力は $c_u = 3 \sim 8 \text{ kN/m}^2$ ，ひな壇下位の盛土の変動部（盛土2）の粘着力は $c_u = 10 \sim 25 \text{ kN/m}^2$ の範囲にあると考えられることから，試験結果の過大値を除いた c_u の集中範囲より，盛土1及び盛土2の代表 c_u 値を設定した（図-5.6.12～図-5.6.15）。試験地区における盛土1の粘着力は $c_u = 3 \sim 8 \text{ kN/m}^2$ ，盛土2は $c_u = 15 \sim 25 \text{ kN/m}^2$ となった。

以上のように設定した強度定数（ c_u ， ϕ ），設計上のすべり面を用いて，設計震度 $k_h = 0.25$ で安定計算を行い，盛土表層のひな壇部（盛土1）や，ひな壇下位の盛土変動部（盛土2）における強度境界部のすべり面に対する地震時安全率を計算した。解析の結果，変状の小さい（変位量 $10 \sim 30 \text{ cm}$ 主体）すべり面の安全率は $F_s = 0.91 \sim 1.04$ ，変状の大きい（変位量 $50 \sim 100 \text{ cm}$ 以上が主体）すべり面の安全率は $F_s = 0.78 \sim 0.81$ となった。よって，滑動崩落被害時のすべり面の地震時安全率（設計震度 $k_h = 0.25$ ）は，変位量の大きい場合は $F_s = 0.80$ ，変位量の小さい場合は $F_s = 0.95$ 程度であると判断した。

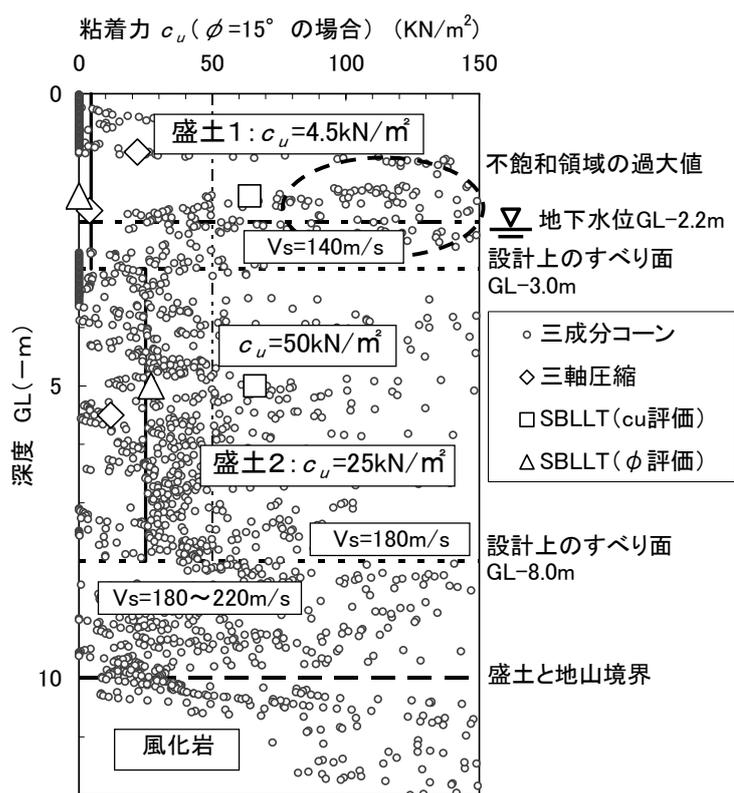


図-5.6.12 $\phi = 15^\circ$ に換算した c_u との深度分布と代表値【中山五丁目地区】

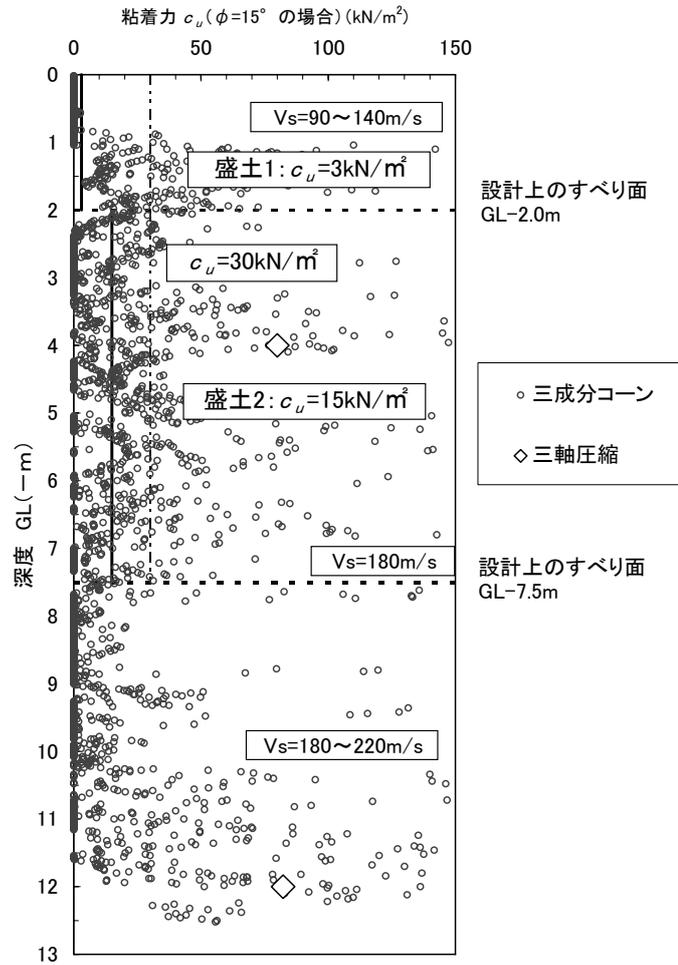


図-5.6.13 $\phi = 15^\circ$ に換算した c_u との深度分布と代表値【青山一丁目地区】

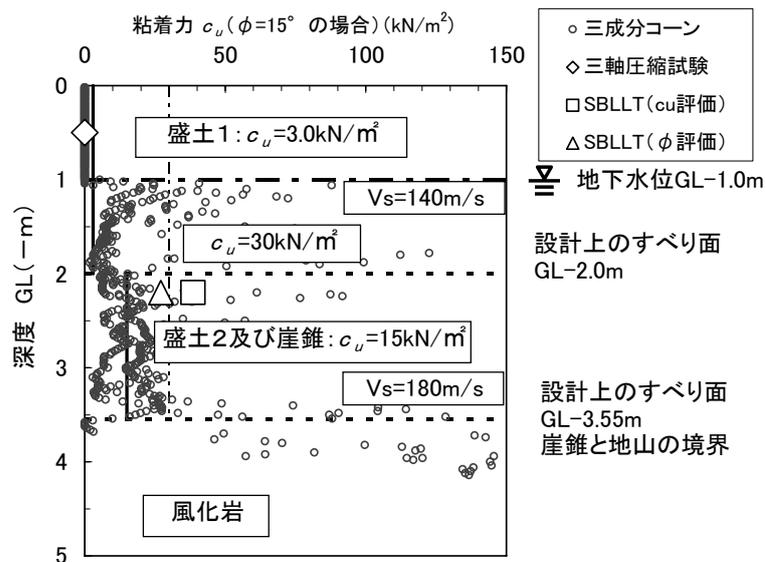


図-5.6.14 $\phi = 15^\circ$ に換算した c_u との深度分布と代表値【青山二丁目地区】

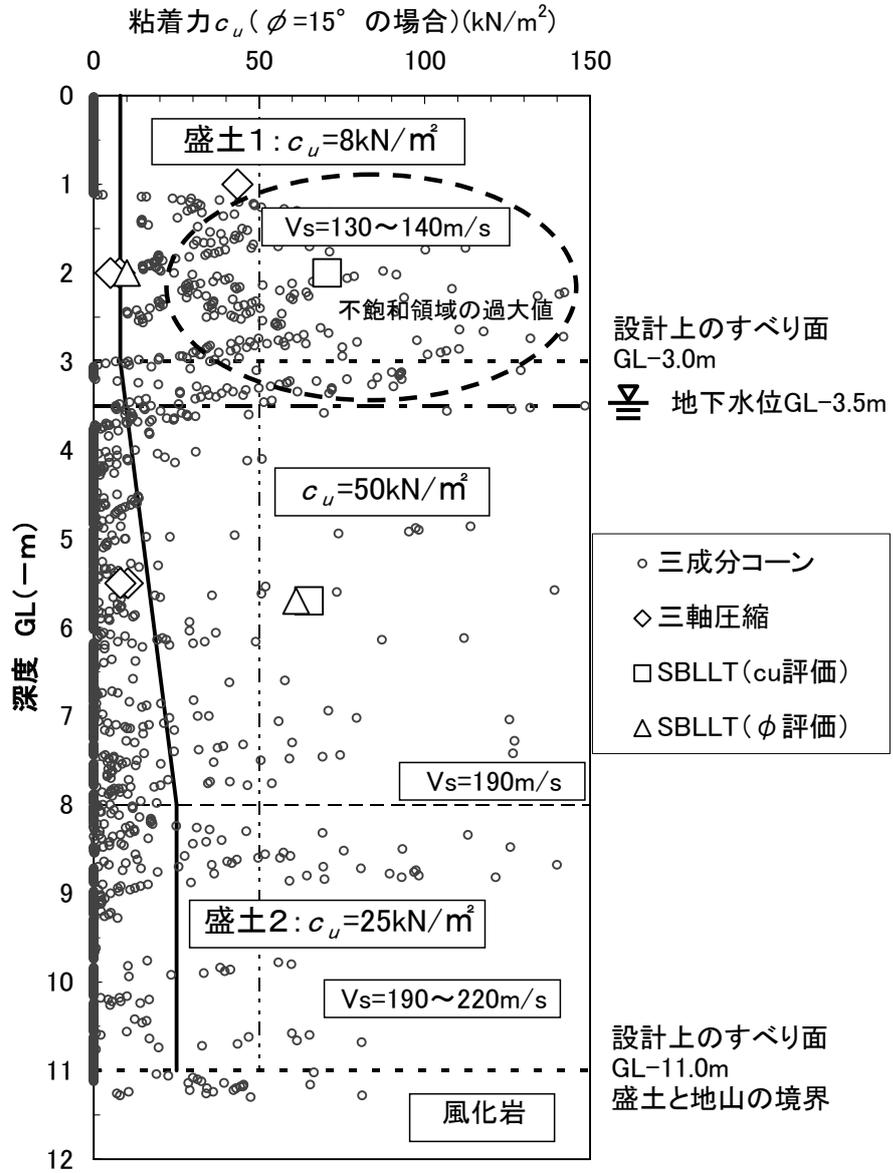
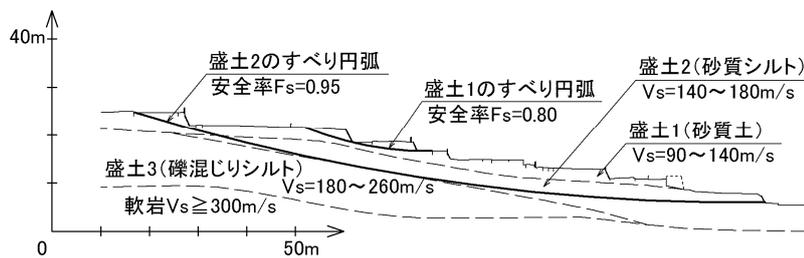


図-5.6.15 $\phi=15^\circ$ に換算した c_u との深度分布と代表値【折立五丁目地区】

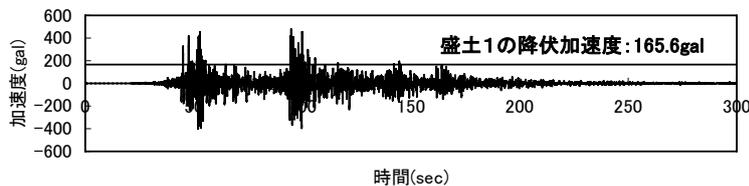
(3) 安定計算手法の妥当性について

図-5.6.16 に示す中山五丁目地区（地すべりの変形被害）において、ニューマーク法及び二次元有効応力動的解析（FLIP）により地震時の残留変位量の再現解析を行い、実際の被災変位量の分布と比較し、地震時の初期安全率、設計強度定数及び設計上のすべり面の妥当性について検証した。解析に用いる地震波形は、検討地区の近傍にある観測点の地表面波形を一次元地震応答解析により引き戻し、工学的基盤相当波形を算出して、それを方向補正した波形を用いた。また、ニューマーク法のすべり面は、設計上のすべり面（複合すべり面）を近似した円弧とし、すべり面の地震時安全率 F_s は、盛土表層のひな壇部（盛土1）では $F_s = 0.80$ 、盛土内の強度境界部（盛土2）では $F_s = 0.95$ とした。

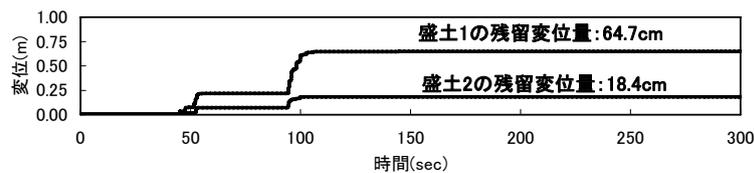
再現解析の結果、ニューマーク法では盛土1のすべり面は、降伏震度 $k_h = 0.17$ 、残留変位量 $D_1 = 64.7\text{cm}$ 、盛土2のすべり面は、降伏震度 $k_h = 0.23$ 、残留変位量 $D_2 = 18.4\text{cm}$ となり、残留変位量の合計は D ($D_1 + D_2$) = 83.1cm となった（図-1.5.5.16 参照）。また FLIP では、設定した盛土1及び盛土2のすべり面付近において顕著な変位発生を示し、ニューマーク法での計算部分における変位量は $D = 14.9 \sim 74.8\text{cm}$ となり、同程度の結果となった（図-1.5.5.17）。中山五丁目地区における盛土表面の実測水平変位分布は $D = 0.2 \sim 1.5\text{m}$ であり、両者の解析方法で、実際の変位分布の傾向を概ね再現できる結果となった。



(a)ニューマーク法のすべり円弧

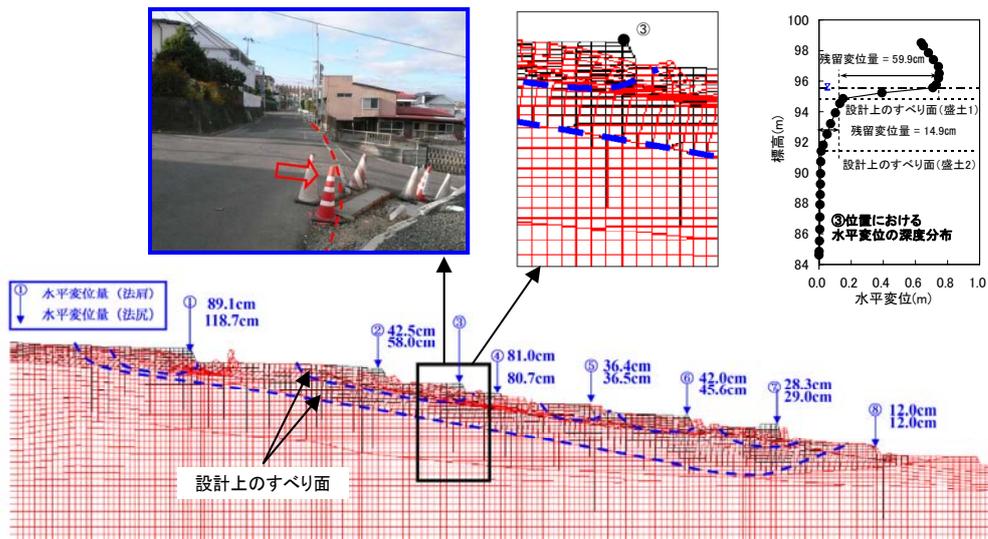


(b)地表面の地震応答加速度時刻歴



(c)盛土の地震時残留変位量の時刻歴

図-5.6.16 ニューマーク法の解析結果【中山五丁目地区】



図一5.6.16 二次元有効応力動的解析の解析結果【中山五丁目地区】

以上のことより，復旧対策工の設計に用いる安定解析手法については，盛土内の S 波速度境界 ($V_s = 200\text{m/s}$ 前後) と宅地の変状範囲等から設計上のすべり面を設定し，設計震度 $k_h = 0.25$ ，初期安全率を $F_s = 0.95$ (変状が小：変位量 10～30cm 主体) 及び $F_s = 0.8$ (変状が大：変位量 50～100cm 以上主体) とした逆計算法を用いることとした。設計強度定数については，内部摩擦角 $\phi = 15$ を一定値とし，粘着力 c_u は $\phi = 15$ とした逆計算より求めた。なお，この逆計算法により求まる必要抑止力は，被災後の静止状態の安全率を $F_s = 1.0$ とした場合，常時の安全率 $F_s = 1.2 \sim 1.5$ を確保するために必要な抑止力と同程度である。

参考文献

- 1) 宅地防災研究会：宅地防災マニュアルの解説， 2007.
- 2) 社)全国防災協会：災害復旧事業における地すべり対策の手引き， 2006.
- 3) 国土交通省都市局 HP：大規模盛土造成地の変動予測調査ガイドラインの解説， 2012.
<http://www.mlit.go.jp/common/000209181.pdf>
- 4) 国土交通省都市局 HP：宅地耐震対策工法選定ガイドラインの解説， 2012.
<http://www.mlit.go.jp/common/000209184.pdf>

5.7 対策工の選定で考慮すべき事項

被災宅地の復旧は、個々の宅地で行う被災擁壁の復旧対策工、及び滑動崩落の再発生の防止を図るための面的な滑動崩落防止対策工に大きく分けられる。図-5.7.1 に示す滑動崩落による「主たる変状範囲」においては、面的な滑動崩落防止対策工、及び個々の被災宅地擁壁の復旧対策工を実施する。「主たる変状範囲」の外側で、滑動崩落による影響と地震動により宅地被害を受けた「盛土の緩み範囲」の内側では、個々の被災宅地擁壁の復旧対策工を実施する。

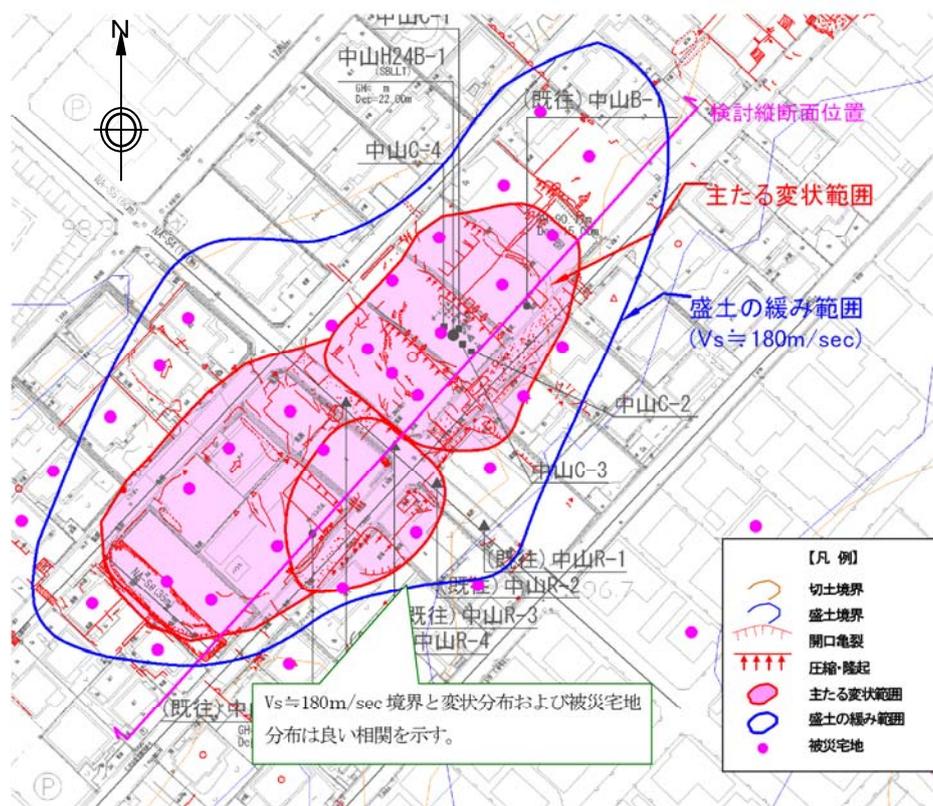


図 5.7.1 中山 5 丁目地区の被災状況平面図

(1)及び(2)に、これらの復旧対策工法の選定の考え方とその対策事例について示す。

(1) 面的な滑動崩落防止対策工法

地すべりの被害など、面的な変動を防止する対策工は、公共用地を利用して実施されることが基本である。しかし、1978年宮城県沖地震にて被災し、道路部に抑止杭による対策工が実施された地区では、杭の抑止効果が発揮され、宅地盛土全体の大規模な変動は防止できたが、杭間にある個々の宅地（ひな壇部）の変形被害まで抑止することはできなかった。

た。このため、面的な対策工は、公共用地に配置するだけでなく、個々の宅地においても適切に配置し、盛土全体の変形防止対策（盛土と地山の境界などを不連続面的とする変形対策）とひな壇部の変形防止対策の両方を実施する必要がある。

滑動崩落防止対策における有効な対策工¹⁾としては、主に以下の抑制工及び抑止工があげられる。

- ・ 抑制工：地表水排除工，地下水排除工，間隙水圧消散工，押さえ盛土工など
- ・ 抑止工：抑止杭工，アンカー工，矢板工，固結工，擁壁補強工，鉄筋補強工など

対策工法の選定に際しては、被害形態や被災程度に応じて、抑制工と抑止工を効果的に組合せた工法を基本とするとともに、周辺環境や現場の施工条件等の制約条件及びコスト面を考慮して、現場で施工可能な最適工法を選定することとなる。特に狭隘な施工箇所では、被災擁壁の再構築や抑止杭工等の設置も困難なため、面的な滑動崩落防止と個々の宅地の擁壁復旧（補強）との一体工法（網状鉄筋挿入工等）などを選定する必要がある。

以下、対策工法の選定における留意事項を示し、図 5.7.2 に滑動崩落防止対策の抑止工の選定フローを示す。

- ・ 本震災においては、盛土表層部（ひな壇部）の変位が大きい地すべりの変形被害形態が多数確認されており、盛土と地山境界等の変形対策とひな壇など盛土表層の変形対策を併せて行う必要がある。
- ・ 対策工法の比較検討は、「盛土と地山境界等の変形対策」と「ひな壇など盛土表層の変形対策」のそれぞれについて実施する。
- ・ 個々の宅地は将来的に家屋の増改築等が考えられるため、アンカー工や横ボーリングなど、宅地内に配置が必要な工法の採用に当たっては、注意を要する。
- ・ 個々の宅地擁壁の復旧においては、宅地防災マニュアル²⁾に基づく必要がある。
- ・ 対策工の経済性は、①固結工ないしアンカー工，②杭工，③鉄筋挿入工（垂直補強）の順であり、宅地擁壁と家屋との離隔に基づく施工条件を考慮し選定を行う。
- ・ 滑動崩落防止対策と擁壁復旧対策において、それぞれ抑止対策工（擁壁復旧は補強工）が選定された場合、対策工の配置，設計上のすべり面の位置及び経済性等を総合的に評価し、擁壁復旧対策工で滑動崩落防止も一体的に行う工法についても検討する。
- ・ 暗渠工は表層地下水の排除を目的として行うものであり、地下水が地表面付近と判断される場合に用いる。本工法は道路等の公共用地に設置するが、面的には配置しがたく、補助的な工法と位置づけ安全率の上昇は考慮しない。
- ・ 横ボーリング工は深層より地下水を排除する工法であり、地下水位低下効果もみこめるため、災害手帳³⁾を参考に 5%の安全率の上昇を見込む計画とする。なお災害手帳に示される面的な配置を満たさない場合には安全率の上昇は見込まない。
- ・ 矢板併用抑止杭工は、擁壁の再構築に当たり山留めを行う必要があり、滑動崩落検討と併せて、仮設山留めとしての検討も行う。

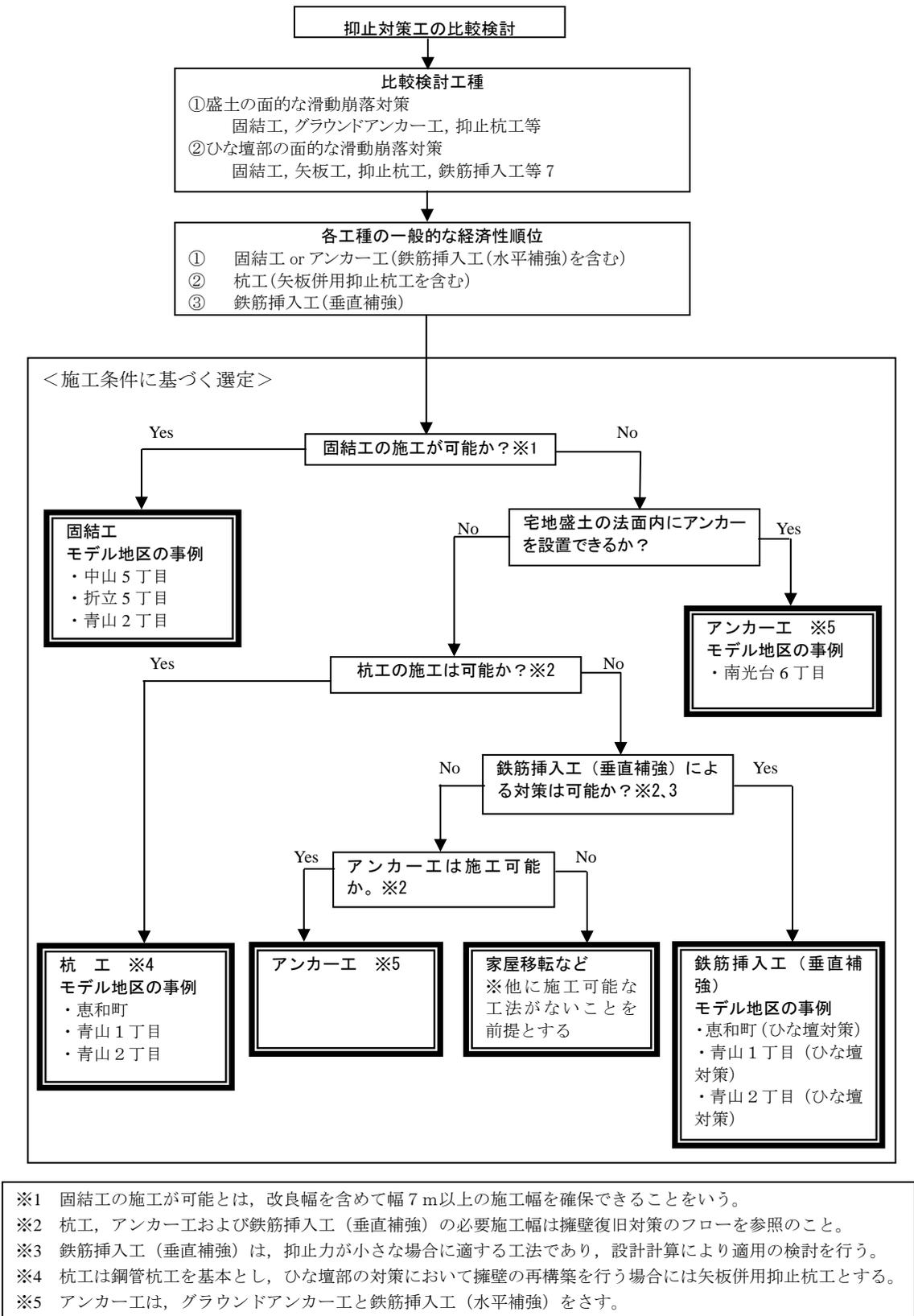
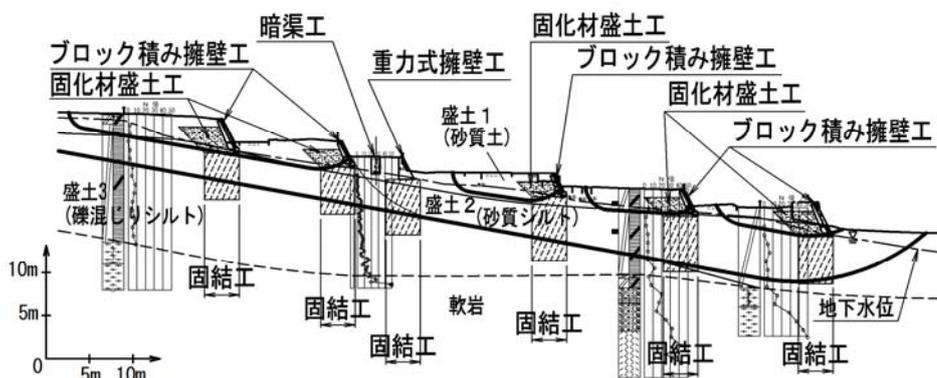


図 5.7.2 滑動崩落防止対策の抑止工の選定フロー

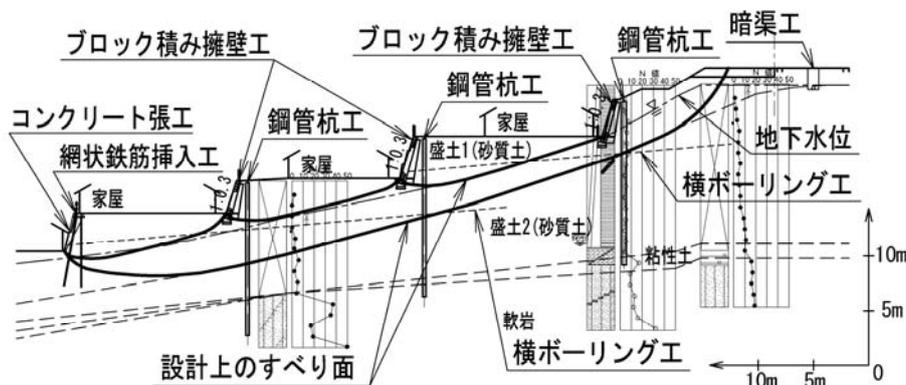
本震災において、造成宅地の被害形態の中で最も多かった地すべりの変形被害、及び1978年宮城県沖地震による被災地区で、再度災害が発生した盛土のり面崩壊被害地区における対策工法（案）の事例について、図5.7.3及び図5.7.4に示す。

地すべりの変形被害地区の対策事例として、被災後に家屋が撤去され更地が多い場合は、コスト面で有利な固結工を主体として配置し、ひな壇部の変形と盛土全体の面的な変形を防止することとした。ひな壇部の前面を固化材盛土工で構築し、その下位に中層混合処理工をほとんど変動していない層まで根入れした。さらに暗渠工を宅地周辺の道路に配置することによって、地下水位の上昇を防止し、滑動崩落に対する面的な抵抗力を保持することとした。また崩壊した宅地擁壁は、ブロック積み擁壁工及び重力式擁壁工で再構築して復旧する計画とした。

被災宅地が更地ではなく家屋がある場合は、低コストである固結工を用いての施工は困難であったため、現場で施工可能な抑止杭工、及び擁壁復旧との一体工法である網状鉄筋挿入工等を主体に選定して配置した。面的な変形対策として抑止杭工を設置する箇所は、被災擁壁をブロック積み擁壁工で復旧することとした。さらに暗渠工を宅地周辺の道路に配置し、横ボーリング工とも組合せて、地下水位の上昇防止を図った。



(a)家屋が撤去されている場合の対策工法(案)【中山五丁目地区】



(b)家屋がある場合の対策工法(案)【恵和町地区】

図5.7.3 地すべりの変形被害対策工法（案）

盛土のり面崩壊被害地区（当時の復旧対策として井桁擁壁等が設置されていた）の対策事例では、「場所打ち法枠工+アンカー工」による盛土のり面すべり抑止と、横ボーリング工（地下水位低下）による抑制工の組合せ工法とし、被災法面の復旧と再度災害防止を図ることとした。また、盛土のり先の被災した井桁擁壁を撤去し、基礎地盤を改良して重力式擁壁によって復旧する計画とした。

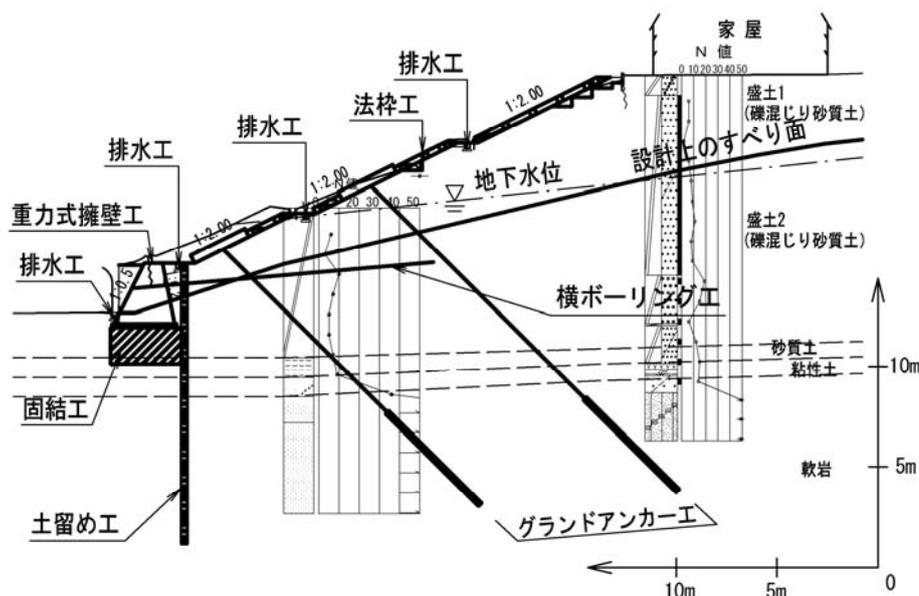


図 5.7.4 盛土のり面崩壊被害対策工法（案）【南光台六丁目地区】

(2)個々の宅地擁壁の復旧対策工法

個々の宅地擁壁の復旧対策は、大きく擁壁再構築と擁壁補強に分けられる。これは、現場での施工条件が大きく影響し、擁壁補強を選定する場合でも、宅地内にある家屋と復旧擁壁との離隔等によって、選定される補強工法の工種が変わることになる。また被災擁壁が現行の建築基準に適合するの否か不適合かによって、擁壁の補強と補修の併用なども選択される。特に擁壁補強工を選定する場合は、出来る限り、将来の増改築や立替等への影響が小さく、施工後に宅地内への支障をきたさない工法より選定する必要がある。

以下、宅地擁壁復旧対策の検討方針、検討対象及び工法の選定手順について示す。

【検討方針】

- ・ 個々の被災宅地擁壁の本復旧方針は、宅地の安全性確保の観点から、被災擁壁が建築基準法に規定する技術基準に基づくか否かで、原形復旧、補修、補強および再構築に

分類される。なお①原形復旧と④再構築は、いずれも技術基準に基づく擁壁を新設するものであり、②補修と③補強は、被災擁壁を取り壊すことなく行なう対策である。

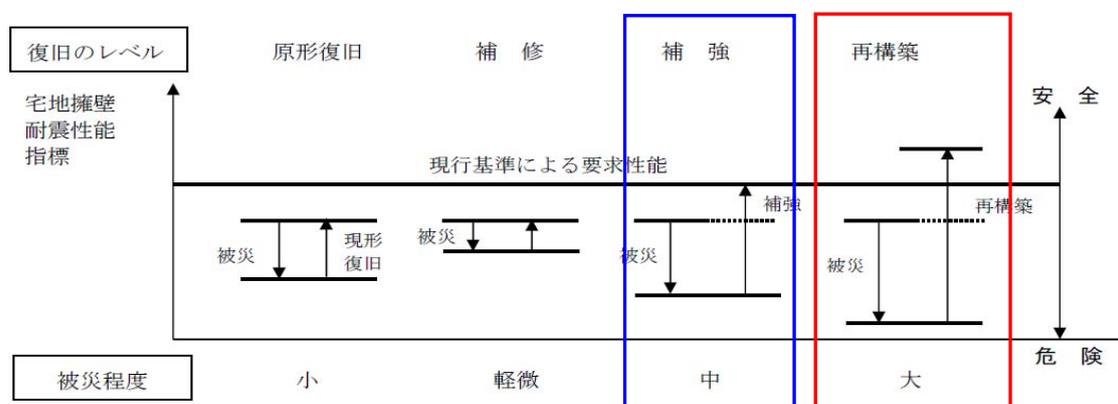


図 5.7.5 宅地擁壁の本復旧方針のイメージ (中越地震)

出典「被災宅地災害復旧マニュアル (暫定版) -新潟中越地震対応-本編」

- ・ 再構築の場合、建築基準法に規定する技術基準に基づく擁壁とする必要がある。技術基準に基づく擁壁とは、設計計算に基づくコンクリート擁壁、同法で規定された練積み擁壁、大臣認定擁壁をいい、杭式擁壁やアンカー付擁壁等の特殊擁壁は含まない。

【検討対象】

- ・ 個々の宅地擁壁の復旧対策は、事業対象区域内の被災擁壁を対象とする。
- ・ 本事業で対象とする被災擁壁は、高さ 40cm 以上の土留め構造物のうち擁壁の被災程度が中および大のものを対象とする。

※宅地造成等規正法施行令に示される「義務設置の擁壁」は、盛土の場合 1m を超える「崖」に設置する擁壁であり、1m 未満の擁壁については同法の規定外となる。

- ・ 被災範囲が一部の場合、被災箇所のみ復旧を行うと境界部が再度被災を被る可能性がある。このため、構造を同じくする擁壁面は、面全体を復旧対象とする。ただし、構造を同じくする擁壁面であっても目地がある場合は、目地で区切られる範囲を復旧対象とする。

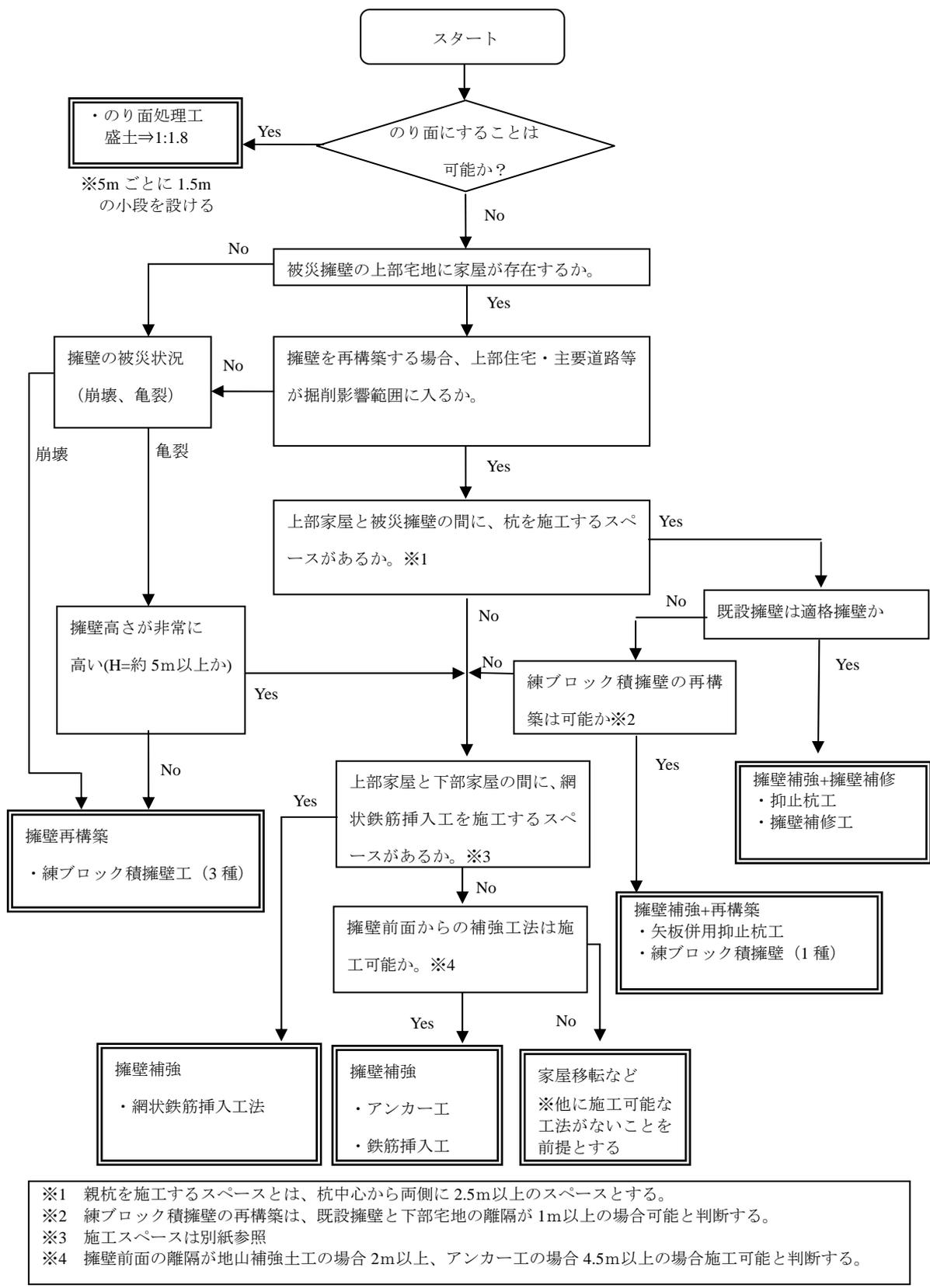
【選定手順】

宅地擁壁復旧工法の選定フローを図 5.7.6 に示し、以下に擁壁復旧工法の選定の考え方について述べる。

- ・ 宅地内の家屋と被災擁壁との離隔が十分にある場合は、コスト面で有利となる、「被災擁壁の掘削・撤去工+ブロック積み擁壁工の再構築」を選定する。

- ・ 掘削を行なった際、宅地内の家屋や擁壁前面の道路などに影響すると判断される場合は、宅地内への支障が小さい「抑止杭工（一部矢板併用）＋ブロック積み擁壁工の再構築」を選定した（図 5.7.7）。また被災擁壁が適合擁壁の場合は、「抑止杭工＋擁壁補修工」とした。
- ・ 被災擁壁と宅地内の家屋との間に抑止杭工を施工する余裕がない宅地の場合は、擁壁の再構築ではなく、擁壁補強を選択し、その中で宅地内への支障が比較的小さい「網状鉄筋挿入工＋コンクリート張工」を選定する（図 5.7.8）。
- ・ 網状鉄筋挿入工を施工するスペースも確保できず、擁壁前面からの施工が可能な場合は、鉄筋挿入工やアンカー工などを選定することとした（図 5.7.9）。ただし、これらの工法は、網状鉄筋挿入工より低コストではあるが、鉄筋やアンカー体が斜め方向に宅地内に設置され、将来の増改築や建替え時等への支障が大きいため、個々の宅地の所有者に対して、施工後の影響や支障等について説明し、承諾を得る必要がある。

なお、被災造成宅地の復旧対策を円滑に進めるためには、住民の理解と協力が不可欠であるため、住民説明会などにより、宅地被災のメカニズム、対策方針、住民負担、対策を実施した場合でも十分に防ぐことができない被害（個々の宅地内の沈下等）などについて説明し、住民との合意形成を図りながら進めることが重要である。



※1 親杭を施工するスペースとは、杭中心から両側に2.5m以上のスペースとする。
 ※2 練ブロック積擁壁の再構築は、既設擁壁と下部宅地の離隔が1m以上の場合可能と判断する。
 ※3 施工スペースは別紙参照
 ※4 擁壁前面の離隔が地山補強土工の場合2m以上、アンカー工の場合4.5m以上の場合施工可能と判断する。

図 5.7.6 現場条件による宅地擁壁工法選定フロー

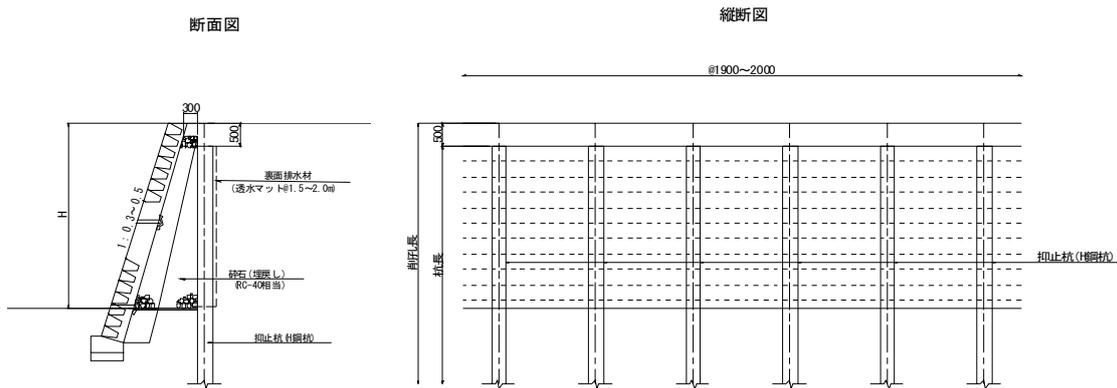


図 5.7.7 抑止杭工（一部矢板併用）+ブロック積み擁壁工の再構築

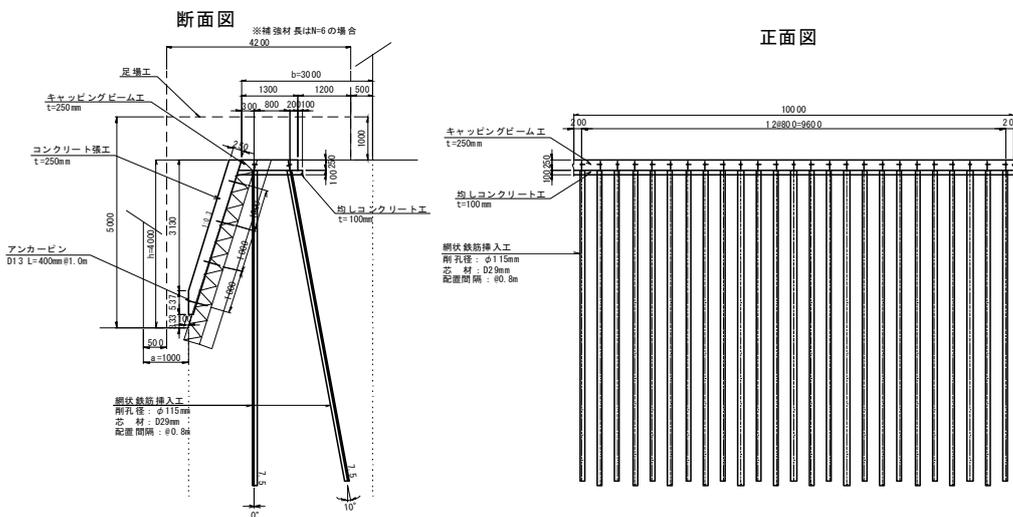


図 5.7.8 網状鉄筋挿入工+コンクリート張工

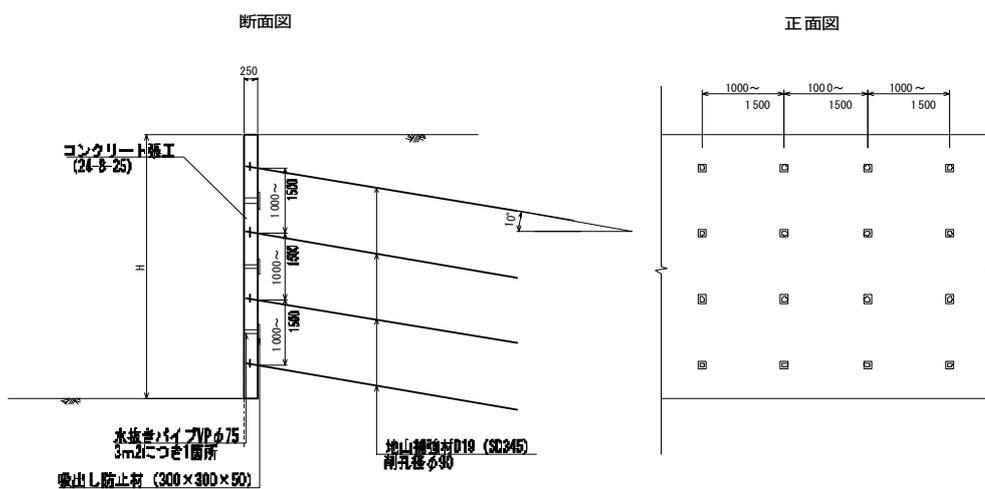


図 5.7.9 鉄筋挿入工

参考文献

- 1) 国土交通省都市局 HP：宅地耐震対策工法選定ガイドラインの解説， 2012.
<http://www.mlit.go.jp/common/000209184.pdf>
- 2) 宅地防災研究会：宅地防災マニュアルの解説， 2007.
- 3) 社)全国防災協会：災害復旧事業における地すべり対策の手引き， 2006.