

巻頭言

地震時の安全な宅地への備え に向けて*

一般財団法人建設工学研究所
神戸大学名誉教授
沖村 孝

1. はじめに

阪神・淡路大震災から今年の1月で20年が経過した。この20年間で、耐震工学は基本理念、設計手法、対策等が大きく進展した。ここでは、筆者が関係した宅地安全関係にテーマを絞り、被災、復旧から将来の地震に対する備えの仕組みの進展とその課題について述べる。

2. 地震時の宅地被災事例

1995年の阪神・淡路大震災では神戸市内で5,000か所以上の宅地擁壁が被災を受け¹⁾、2,915宅地に対して改善勧告が出されるという大きな被災を初めて受けた²⁾。その特徴は、1) 宅地の地表面傾斜が20°以内で、2) 盛土の原地盤勾配が10~15°の緩傾斜で、3) 盛土厚は10m以内が多く、4) 変状は長さ300~400mにも達する谷埋め盛土で、5) 地表面で2~3mにも達する変位を発生したことであった。このような盛土は常時の安定解析では十分な安全率を有する宅地であった。2001年の芸予地震では、呉市内で全壊家屋の87%にあたる35戸が宅地擁壁の被災により大きな被害を受けた³⁾。一方、2004年の中越地震では、宅地造成工事規制区域外で、斜面上の腹付け盛土が被災する事例が発生した⁴⁾。また、2007年の中越沖地震では柏崎市内の砂丘後背地に造成された宅地で、液状化により1m前後の変状が発生する災害が出現した⁵⁾。2011年の東日本大震災では、仙台市内で5,728宅地が変状あるいは崩壊による被災を受けるという大きな被害が出現した⁶⁾。

阪神・淡路大震災以前の地震による宅地の被災に関しては、1964年の新潟地震、1968年の十勝沖地震、1978年の宮城県沖地震、1993年の釧路沖地震等により宅地が被災を受けているが、これらに関しては文献に詳しく紹介されているので参照されたい⁷⁾。

* 本稿は、筆者の「地震時の被災宅地の復旧から事前対策に向けて」（平成27年度地盤工学研究発表会にて発表予定）と題する原稿を一部修正・加筆したものである。

3. 被災宅地の復旧事例

阪神・淡路大震災では、神戸市内の被災宅地の約67%が自力により被災擁壁等を復旧した⁸⁾。また約14%が補助等の支援制度を活用して復旧が進められたが、被災規模の大きな宅地に対しては民間宅地擁壁復旧事業（災害関連緊急急傾斜地対策事業）が新たに創設され、残りの約19%が公的な支援を受けて復旧した⁸⁾。この支援制度は、原則個人負担とされた宅地に対して初めて登場した画期的な制度であった。この制度は2001年の芸予地震や2004年の中越地震による被災の復旧にも活用され、安全な宅地の創出に貢献することとなった³⁾。

しかし、2007年の中越沖地震では、後述する宅地造成等規制法の改正を受けて新たに登場した地域で将来の地震に備える「造成宅地防災区域」の制度を準用して、地下暗渠工の建設や被災擁壁の復旧が、個々の宅地ではなく地域として安定化させる仕組みにより復旧した一方、2011年の東日本大震災では、新たに「造成宅地滑動崩壊緊急対策事業」、「災害関連地域防災がけ崩れ対策事業」や「防災集団移転促進事業」が公共事業として登場し、被災宅地の約44%がこれらの制度により地域として復旧し、残りの約56%は助成金制度や融資を受けて個々の宅地が復旧されたようである⁶⁾。

4. 事前対策に向けた宅地造成等規制法の改正

宅地の安全を守る「宅地造成等規制法」は、1961年の神戸や横浜での豪雨による宅地災害を契機として、1962年に制定されたもので、もともとは豪雨による災害防止を目的としていた。しかし、近年、地震による宅地の災害が頻発したため、耐震の考え方を設計や施工に導入するために2006年にこの法律が初めて改正された。その際、既成宅地に対して事前対策を実施することにより災害を未然に防止するための仕組みも初めて導入された。ここでは地震による宅地の変状は盛土で、かつある広がりを持って発生している例が多いため、個々の宅地を対象とするのではなく3,000m²以上の盛土が行われた「谷埋め盛土」や、原地形勾配が20°以上の斜面に5m以上の高さで盛土された「腹付け盛土」を「大規模盛土造成地」として「1次スクリーニング」結果として抽出することとした。この結果を「大規模盛土造成地マップ」として公表するとともに、これらの盛土を対象として「第2次スクリーニング計画」として、地質、地形、盛土タイプ、面積、盛土長さ、盛土幅、盛土厚さ、原地盤の勾配、造成年代等の机上資料に加えて、現地踏査による湧水や変状の有無等によって点数法等による危険度評価を実施し、被災想定の大小によって宅地耐震化推進事業の優先度を求め、優先度の高い一連の宅地に対してさらに「第2次スクリーニング」としてボーリングや物理探査等によりN値や盛土境界条件の把握、土質試験等の結果を用いて地震時安定解析を実施することにより危険な一連の宅地を抽出し、その一連の宅地を「造成宅

地防災区域」に指定して、この区域を対象として事前対策としての宅地耐震化事業を推進することにより宅地の安全性を確保しようとする仕組みである⁹⁾。

しかし2012年のガイドライン公表後、1次スクリーニングの結果である大規模盛土造成地マップを公表している自治体は、2014年現在、全国自治体数の5.5%と少なく事業の進捗が大幅に遅れている¹⁰⁾。

5. 事前対策推進上の課題

○大規模盛土造成地マップの課題：空中写真や過去の地形図から盛土施工区域を推定するが、果たして図上のみのデータで設定された切り盛り境界が正しいかどうかに加えて、現状では健全に見える盛土すべてが地震に弱いという印象を受けないか等の危惧により上述したようにマップの公表が遅れていると思われる。このマップには、1) 宅地耐震化推進事業の説明のみならず、2) すべての盛土が危険ではないこと、3) 3,000m²以下の小規模盛土は地震時に変状が出現する危険性があっても評価の対象にはなっていないこと等を明記し、4) 宅地の安全は所有者が自分の宅地を普段からよく観察することが大切であること等を記入し、宅地の安全確保のため、事前対策の工法や仕組みに関して住民の理解を得ることのみならず、普段からの観察の必要性をも啓発することが大切である。このためにもできる限り早いマップの公表が望まれる。

○2次スクリーニング計画の課題：2次スクリーニングはボーリング調査や土質試験等が必要となり、多大な時間と予算を必要とするため、2次スクリーニングに移行する盛土を絞り込む必要がある。このため、一連の盛土に対して、ブロック区分をし、各ブロックで測線を設定して4. で述べたようなデータを図上から採取し、ガイドラインに紹介されている優先順位評価手法によって絞り込みを行うことになっているが、地下水に関しては踏査時に推定せざるを得ず、優先順位評価手法のみでは大きな信頼度が得られない可能性があり、各自治体で、独自の手法で2次スクリーニングのための箇所の絞り込みを行っているようである。具体的には上述した図上や踏査に基づくデータのみならず、簡易な貫入試験により地表面下の地下水や締固めに関する情報を求めることが行われている¹¹⁾。この際には宅地所有者の理解を得る必要があり、現状では自分の宅地は見かけ上安全とされている宅地所有者の理解を得ることは容易ではない。このため、住民が見て納得できる既に発生している変状や湧水がある宅地に絞り込み、そこで上述したようなデータを求めることも考えられる。理解が得られない場合には公園用地等の公共の場所でしか実施できない場合もある。このように限られたデータからの絞り込みであるため、絞り込みにより外れた宅地でもフィードバック手法を導入し、再度検討結果が妥当であったかどうかを検討する慎重さも要求されるであろう。

○2次スクリーニングの課題：2次スクリーニングの目的である地震時の宅地の安定度の判定は、震度法による安定計算により検討される⁹⁾が、予算上限られた地点でのボーリング調査や土質試験となるため盛土の三次元境界条件の把握が難しく、断面二次元の計算が多くなると思われる。この場合、仙台市内の被災地の事例よりN値とすべり面の関係が報告されている¹²⁾ので、これが参考になると思われる。

○造成宅地防災区域指定の課題：造成宅地防災区域は面的に指定されるため、境界を設定する必要がある。地震発生後では被災出現と未被災の区別は明瞭であるが、地震発生前ではこの境界をあらかじめ想定する必要がある。この境界が切り盛り境でいかどうか検討を要することが新たな課題になると思われる。なぜなら、この境界は、事前対策である宅地耐震対策事業の事業費負担とも密接に関係してくるからである。東日本大震災における仙台の被災事例で表面波探査結果と変動域の関係が報告¹²⁾されており、参考になろう。しかし仙台では復旧工事が優先し、被災地での詳しい調査が多くの地点で十分に進められなかったことは残念である。

6. 事前対策の促進に向けて

○復旧とは異なる工法の開発：阪神・淡路大震災以降の被災宅地は自力復旧や補助金等の支援による復旧に加えて、3. で述べたように公的な仕組みを新たにつくることにより復旧が進められてきた。その工法は重力式、ブロック積等の擁壁構築、固結工による地盤改良、鋼管杭工、暗渠工等が採用されてきた。しかし事前対策の場合は家屋が現存しているため施工面積が狭小で、かつ多くの費用を要するため住民の費用負担の割合が大きくなり、従来採用されてきた施工事例はあまり参考にならない場合が多い。このため、すでにいくつか提案されている¹³⁾が、簡易で多大な経費を要しない新たな耐震化工法の開発が待たれる。

○公共が支援できる仕組みの増大：一連の造成宅地防災区域には、道路や公園等の公共施設も含まれる。道路の地下を活用した杭施工や地下水排除工を公共で負担することにより、住民負担の軽減を図り事前対策を推進させることも必要であろう。具体的には造成宅地防災区域情報を自治体内で共有することにより、道路や上下水道、ライフライン等の補修や維持管理の工事に際して、地下水を低下させる工法を併用することであろう。これに関して仙台市内の復旧工事で登場した道路等の公共用地を対象とした面的な「広域活動崩落防止対策事業」を公共工事で、個々の宅地を対象とした「擁壁復旧対策工」を住民負担で進める新たな仕組み¹⁴⁾は高く評価できる。さらに宅地耐震改修の促進を図る支援策の充実も望まれる。住宅の場合、兵庫県では現状で78%の耐震化率であるが、これを平成27年目標で97%にするため、改修促進・支援事業の推進や助成事業の創設、工法の開発及び普及が行政により積極的に推進されている¹⁵⁾が、達成率は厳しい状況にある。住宅でさえこの状

況にあるため、宅地の場合の耐震化はさらに困難が伴うものと思われるが、将来の地震に対する備えの重要性を訴えていく必要があるだろう。

○合意形成の推進：擁壁等の変状や湧水を除くと、日常では安全に見える宅地が危険と判定されるため、住民には丁寧な説明が必要とされることはもちろんのこと、造成宅地防災区域内の住民の合意形成を図る努力が要求される。マンションでは合意形成を図るために2013年に法律が改正され、耐震化の合意形成に必要な区分所有者の賛成を4分の3から2分の1に緩和することになった¹⁶⁾が、費用が高額になるなどの理由も相まって耐震補強がさらに進まず、神戸市内ではここ10年間で4棟のみという数字も報告されている¹⁶⁾。地域がまとまって事前対策を進める宅地の耐震化もより厳しい状況にあるが、これを乗り越えていく仕組みや支援策の手法を今後考えていく必要があるだろう。このためには、耐震化工法の選択も、住民と一緒に進めていく必要も考えられる。そこには、命の安全のためには変状は許容するが崩壊は防止するという選択肢か、財産を守るためには変状も防止するという選択肢になるかの判断も迫られることを覚悟する必要があるだろう。

7. おわりに

地震による被災宅地の復旧は、各地で進められてきたが、この成果が直ちに既存宅地の事前対策に活用できると限らない。宅地の事前対策推進のためには上述したように、多くの課題が山積しているため、今後の復旧事業ではどのような境界条件で滑動崩落が発生したのか等、少しでも事前対策に活用できるようなデータの収集・蓄積が望まれる。

参考文献

- 1) 沖村 孝ほか：兵庫県南部地震による宅地擁壁被害の特徴と原因，土木学会論文集，637，63-77，1999.
- 2) 沖村 孝：東日本大震災からの復旧事業を通じた課題，都市政策，156，25-34，2014.
- 3) 広島県：芸予地震に係る民間宅地擁壁復旧事業の記録，60，2003.
- 4) 沖村 孝ほか：新潟県中越地震による被災宅地の地形立地条件，建設工学研究所論文報告集，47，101-108，2005.
- 5) 内閣府 HP：2007年新潟中越沖地震.
- 6) 仙台市 HP：宅地被害について，2014.2.13.
- 7) 橋本隆雄：最近の地震による宅地被害の特徴と課題，土木学会地震工学委員会シンポジウム「近年の国内外で発生した大地震の記録と課題（Ⅱ）」，2006.
- 8) 沖村 孝：地震時における宅地盛土の被災原因と安全性向上への課題，建設工学研究

所論文報告集, 53, 93-102, 2011.

- 9) 国土交通省：大規模盛土造成地変動予測調査ガイドライン, 104, 2012.
- 10) 国土交通省 HP：大規模盛土造成地の活動崩落対策事業について, 2015.
- 11) 例えば, 沖村孝ほか：関西一部地域の盛土緒元と動的コーン貫入試験結果の関係－大規模盛土造成地変動予測調査を活用して(中間報告)－, 建設工学研究所論文報告集, 56, 85-21, 2014.
- 12) 門田浩一ほか：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および耐震対策, 土と基礎, 61-4, 26-29, 2013.
- 13) 地盤工学会：土構造物耐震化研究委員会最終報告書, 228, 2014.
- 14) 国土交通省 HP：宅地耐震対策工法選定ガイドラインの解説, 2012.4.
- 15) 兵庫県 HP：兵庫県耐震改修促進計画の推進, 2015.2.
- 16) 神戸新聞：2015年6月22日朝刊.