

最近の地震による宅地被害の特徴と課題

橋本 隆雄¹
Takao HASHIMOTO¹¹(株)千代田コンサルタント東京支店技術1部

兵庫県南部地震以降、地震により宅地擁壁の傾斜・倒壊、宅地地盤の液状化被害、盛土のり面のすべり破壊等の宅地被害が顕著となってきた。そこで、本文では、兵庫県南部地震以降の最近の主な兵庫県南部地震と新潟県中越地震の大規模地震および鳥取県西部地震、福岡県西方沖地震、芸予地震の中規模地震を取り上げ、宅地被害分析に基づく宅地被害の特徴と今後の課題について述べる。

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、地震により宅地擁壁の傾斜・倒壊、宅地地盤の液状化被害、盛土のり面のすべり破壊等の宅地被害が顕著となってきた。国土交通省では、近年の相次ぐ震災等で宅地に関する被害が大きな問題となっており、従来、造成地における土砂流出防止に重点を置いていた宅地防災対策を、震災による被害軽減を重視する総合的な「地盤災害」対策として強化、推進している。また、有識者からなる「総合的な宅地防災対策に関する検討会報告（案）」を取りまとめ宅地造成等規制法等の見直しを進めているところである。そこで、本文では、兵庫県南部地震以降の最近の主な兵庫県南部地震と新潟県中越地震の大規模地震および鳥取県西部地震、福岡県西方沖地震、芸予地震の中規模地震を取り上げ、宅地被害分析に基づく宅地被害の特徴と今後の課題について述べる。

2. 過去の代表的な地震名と宅地被災状況

表-1は、宇佐美の文献¹⁾を参考に著者が作成した論文²⁾に最近の地震を追加して、新潟地震（1964年）以降の中・大地震における代表的な地

震名と被災状況を示したものである。過去の地震においては、十勝沖地震（1968年）や宮城県沖地震（1978年）、釧路沖地震（1993年）、新潟県中越地震（2004年）などで、沢地等の集水地形を盛土して造成された宅地がすべり破壊等を生じ、住宅に大きな被害を与えた。新潟地震（1964年）や日本海中部地震（1983年）、釧路沖地震（1993年）、2000年鳥取県西部地震、新潟県中越地震（2004年）では、埋め立てて造成した宅地において、液状化現象が発生し、多くの住宅に被害が発生した。また、伊豆大島近海地震（1978年）や北海道南西沖地震（1993年）、神津島近海地震（2000年）では、自然斜面の崩壊等による住宅の被害が顕著であった。さらに、神津島近海地震（2000年）、鳥取県西部地震（2000年）、芸予地震（2001年）、新潟県中越地震（2004年地震年）、福岡県西方沖地震（2005年）では、特に宅地擁壁の被害が顕著となり、効率的な被害調査方法および復旧対策方法の確立が求められている。中地震クラスの被害の特徴としては、沢地等集水地形上の盛土造成宅地のすべり破壊と埋立て造成宅地の液状化現象発生

表-1 過去の被災宅地危険度判定比較

発生日月	名称	M_j	発生被害の状況
1964年6月	562 新潟地震	7.5	埋立て造成宅地の液状化現象発生による住宅被害
1968年5月	580 十勝沖地震	7.9	沢地等集水地形上の盛土造成宅地のすべり破壊
1978年1月	624 伊豆大島近海地震	7.0	自然斜面崩壊等による住宅被害
1978年6月	629 宮城県沖地震	7.4	沢地等集水地形上の盛土造成宅地のすべり破壊
1983年5月	645 日本海中部地震	7.7	埋立て造成宅地の液状化現象発生による住宅被害
1993年1月	689 釧路沖地震	7.8	沢地等集水地形上の盛土造成宅地のすべり破壊・液状化
1993年7月	692 北海道南西沖	7.8	自然斜面崩壊等による住宅被害
1995年1月	703 兵庫県南部地震	7.2	山麓造成宅地における擁壁・宅盤の変状・崩壊切盛境のすべり自然がけや切土斜面の崩壊、兵庫県、大阪府の沿岸部一帯での液状化
2000年7月	神津島近海地震	6.4	自然斜面崩壊・石積擁壁の倒壊
2000年10月	鳥取県西部地震	7.3	沢地等集水地形上の盛土造成宅地のすべり破壊・液状化・石積擁壁の倒壊
2001年3月	芸予地震	6.4	石積擁壁の倒壊・斜面崩壊
2003年9月	十勝沖地震	8.0	強振動による建物被害、液状化による沈下被害等
2004年10月	新潟県中越地震	6.8	造成地のり面崩壊、玉石擁壁等の崩壊、道路、鉄道被害、液状化による沈下被害等
2005年3月	福岡県西方沖地震	7.0	急斜面の崩壊による建物被害、液状化による沈下被害等、玉石擁壁等の崩壊、

による住宅被害が目立ち、なかには無筋コンクリート造等の塀が倒れて学童が圧死した事故もあった。また、大地震における代表的なものとしては、1923年9月の関東大地震、1995年1月兵庫県南部地震、2004年10月新潟県中越地震が挙げられる。

3. 最近の地震による宅地被害分析に基づく今後の耐震対策法の検討

3.1 最近の地震による宅地被害分析

図-1は、国土交通省委員会資料³⁾に兵庫県南部地震および福岡県西方沖地震のデータを追加し、三陸南地震のデータを削除して過去の被災宅地危険度判定比較を作成したもので、新潟県中越地震と兵庫県南部地震での宅地被害が非常に多いことがわかる。しかし、これまでの調査からそれぞれの宅地被害の特徴に違いがあるが、その被害分析が十分に検証されてこなかった。そこで、本文では、兵庫県南部地震以降の最近の主な兵庫県南部地震と新潟県中越地震の大規模地震および鳥取県西部地震、福岡県西方沖地震、芸予地震の中規模地震を取り上げて比較した。

ここで用いた各被害調査データは、兵庫県南部地震は1995年1月から2月に実施した住宅・都市整備公団（現在：（独）都市再生機構）「宅地防災支援団」調査⁴⁾、新潟県中越地震は2004年10月から11月に実施した新潟県による被災宅地危険度判定調査⁵⁾、鳥取県西部地震は2000年10月から11月に実施した鳥取県・島根県による被災宅地危険度判定調査⁶⁾、福岡県西方沖地震は2005年3月から4月に実施した福岡県・福岡市被災宅地危険度判定調査⁷⁾、芸予地震は2001年3月から4月に実施した広島県・愛媛県による被災宅地危険度判定調査を著者が、県からデータの提供を受け、独自に分析したものである。

3.2 宅地擁壁被害状況の特徴および今後の耐震対策の課題

(1) 宅地擁壁被害状況の特徴

図-2は、大規模地震における兵庫県南部地震⁸⁾、⁹⁾1,085件、新潟県中越地震561件、および中規模地震における鳥取県西部地震440件、福岡県西方沖地震312件、芸予地震131件について宅地擁壁被害の種類を対比したものである。図-3は、上記と同様に宅地擁壁被害項目の分類をしたものである。新潟県中越地震、鳥取県西部地震、福岡県西方沖地震による宅地擁壁被害は、宅造規制区域外であり、宅地造成等規制法（以下、宅造法）の構造基準を満たしていない空石積擁壁等の被害が顕著であった。一方、兵庫県南部地震では、宅造法に基づく許可を受けた擁壁で被害を受けたものは、増積等の不適格擁壁に限定され、擁壁本体の設計強度不足に起因したものはなかったとされている。

芸予地震では過去の歴史から花崗岩を切土しているところの練石積造擁壁はクラック程度に止まっているが、人口増による急斜面の開発が進み増積み擁壁等の既存不適格な擁壁は傾斜・倒壊、崩壊に至ったと考えられる。

最近の地震による宅地擁壁被害の主な特徴としては、以下のことが挙げられる。

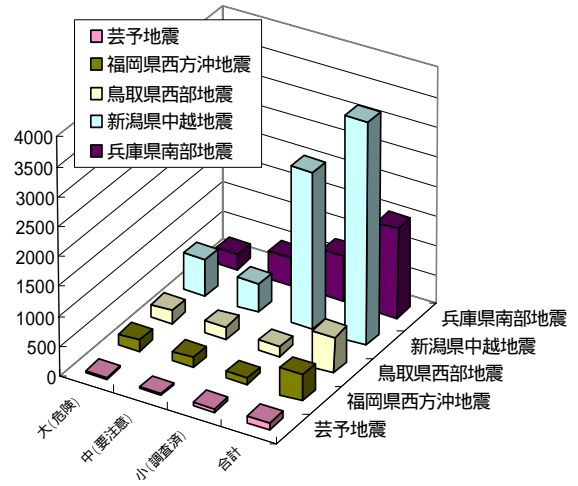


図-1 最近の地震による宅地被害分析

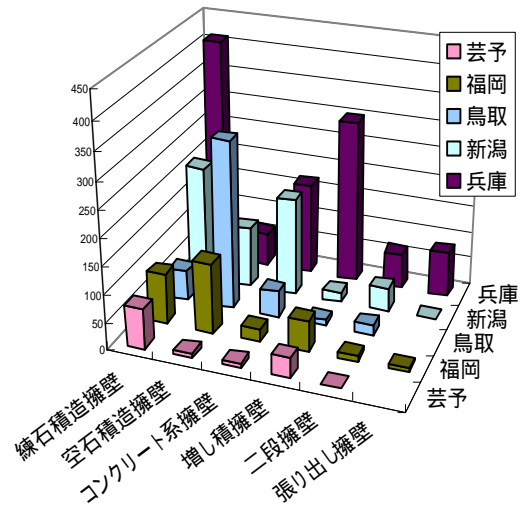


図-2 最近の地震による宅地擁壁被害の種類

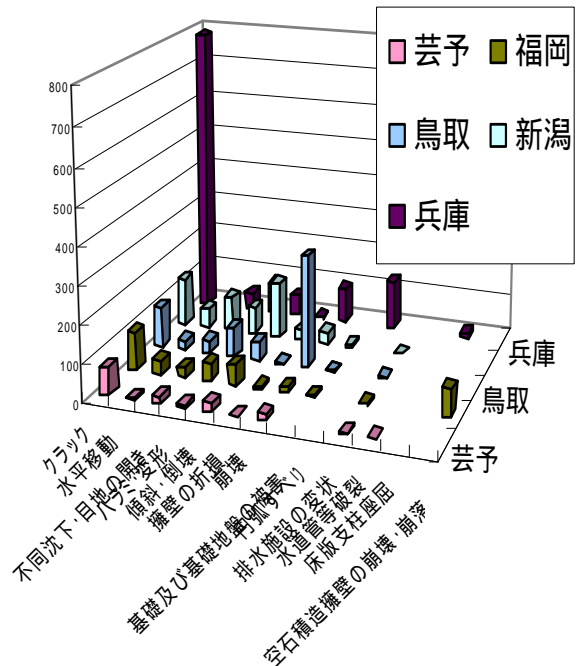


図-3 最近の地震による宅地擁壁被害要因分析

a) 宅造法に基づく構造および安定検討の徹底
 宅造法の許可を得た擁壁で被害を受けたのは、確認検査後手が加えられた擁壁に限定されている。一方、新潟県中越地震では、宅造規制がなく写真 - 1 のように伝統的な玉石を使った空石積造擁壁、ブロック塀の擁壁利用の被害が顕著であった。

b) 既存不適格な擁壁の顕著な被害

宅地擁壁の構造が玉石やブロックによる空積み擁壁や写真 - 2 のような増し積み擁壁や写真 - 3 のような二段積み擁壁など一般に安全性が乏しい擁壁が多く、崩落、崩壊や大きなクラック、傾斜などの被害が集中している。

c) 2 m 以下擁壁の顕著な被害

現場打ちやプレキャストコンクリート擁壁等の 2 m 以下の擁壁では、特に傾斜、滑動の被害が多く、擁壁基礎面からせん断破壊しているものも見られた。

d) 住宅基礎地盤の沈下・傾斜

水田を盛り立てて宅地を造成した場合には、ほとんどの擁壁が基礎地盤の支持力不足のため被災している^{3) 8)}。また、河川、水路、水田等の軟弱な地盤に近接している擁壁も沈下・傾斜・滑動しているものが多い。

e) 水抜き孔の不備

被災状況から擁壁の水抜き孔が設置されていない、裏込め砕石がない等の構造上不備のため、地震発生前の台風による降雨で地下水水位が上昇し、擁壁背面土が飽和状態となっていたのではないかと推測される。

(2) 今後の宅地擁壁耐震対策の課題

a) 宅造法に基づく構造および安定検討の徹底

宅造法では、耐震設計を求めているが、宅地擁壁の被害実態から、今後耐震性能の見直しを行う。

b) 既存不適格な擁壁の補修・補強対策の必要性

今後、空石積造擁壁、増積み擁壁、二段擁壁等の既存不適格な擁壁の補修・補強対策または再構築が必要である。

c) 2 m 以下の擁壁断面構造の検証

現場打ちやプレキャストコンクリート擁壁等の 2 m 以下の擁壁で傾斜、滑動の被害が多い原因としては、建築基準法 142 条（擁壁）では 2 m を超えるものが対象で 2 m 以下の構造方法などの規制がないためと推測される。今後、2 m 以下の構造方法などの規制が必要である。

d) 基礎地盤の支持力確認

今後、擁壁の荷重に応じた基礎地盤の支持力の確保を確認し、確保できない場合は置き換え、地盤改良・杭等の対策が必要である。

e) 水抜き孔設置の徹底

写真 - 4 のように擁壁の水抜き孔が設置されていないために擁壁背面土が飽和状態で大きな地震動を受け、土圧の増大や地震発生に伴う過剰間隙水圧の上昇が原因と考えられる液状化の恐れがある。今後、水抜き孔設置の徹底や既存擁壁については十分な水抜き孔の削孔や設置および裏込め砕石等の排水施設が必要である。

3.1 宅地地盤被害状況の特徴および今後の耐震対策の課題

(1) 宅地地盤被害状況の特徴

図 - 4 は、大規模地震における兵庫県南部地震 331 件、新潟県中越地震 525 件、および中規模地震における鳥取県西部地震 156 件、福岡県西方沖地震 69 件、芸予地震 152 件について宅地擁壁被害の種類を対比した。宅地地



写真 - 1 裏込めコンクリートがない空積み擁壁



写真 - 2 元の擁壁の上にコンクリート壁を設置し、盛土をした増積み擁壁



写真 - 3 二段擁壁の上にさらにコンクリートブロックを増積みした擁壁



写真 - 4 水抜き穴がなく危険な練積み擁壁

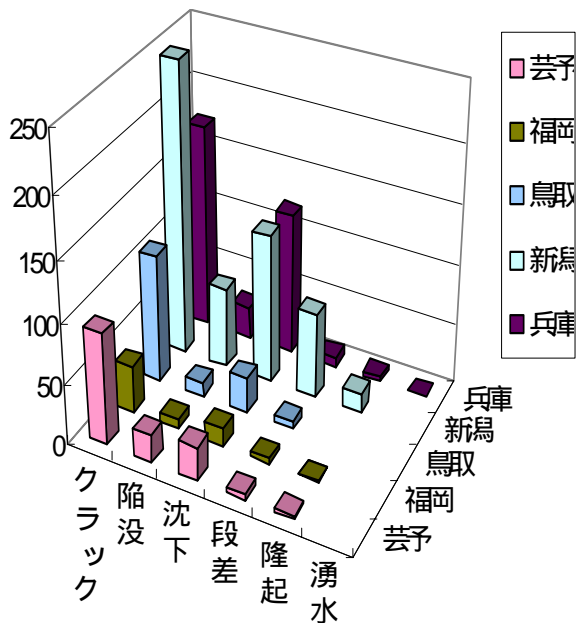


図 - 4 最近の地震による宅地地盤被害要因分析

盤の被害は、各地震でも同様にクラック、沈下が多く、次に陥没、段差の順になり切盛境、盛土地盤や水田を盛り立てて宅地とした水田盛土、軟弱地盤、液状化地盤の被害が顕著である。この原因として住宅の基礎を支える基礎地盤として地耐力不足であり、結果として住宅の傾斜・沈下に結びついている。液状化の被害は、芸予地震を除いて沿岸部だけでなく、内陸においても発生していた。砂質土の場合では、大きな地震動が発生すれば、土粒子間の間隙水圧が上昇して、液状化が発生し、宅地地盤の被災へと連鎖している。

最近の地震による宅地地盤被害の主な特徴としては、以下のことが挙げられる。

a) 宅地地盤地耐力の不足

地震に伴い、写真 - 5、- 6 のような住宅の基礎を支える基礎地盤が軟弱なために沈下・段差・陥没し、それに伴う建物の被害が非常に多い。

b) 宅地造成上の配慮

宅地造成では、高盛土部や切盛境の被害が顕著である。また、写真 - 7、- 8 は、宅地地盤状に砂質土を含んだ粗粒分優勢箇所をレンズ状やシーム状に分布し、液状化被害を生じたケースであった。

c) 液状化検討の欠如

新潟県中越地震をはじめ、宅地地盤の変状の多くが、液状化が原因となっているものが、非常に多い。また、一般的には、細粒分含有率（粒径 0.075mm 以下）がおおむね 20% 以下の場合に液状化が生じやすいと考えられているが、埋土などの造成地では細粒分含有率が 35% 以上の場合でも液状化が認められている^{11) 12) 13)}。

(2) 今後の宅地地盤耐震対策の課題

a) 宅地地盤地耐力の確保

住宅の基礎を支える基礎地盤として地耐力の確保を徹底させるべきである。その際に、地盤が軟弱地盤の場合は、圧密沈下と支持力の検証に基づいた対策を行う。

b) 宅地造成上の配慮

宅地造成では、高盛土部であっても砂質土を含んだ粗粒分優勢箇所をレンズ状やシーム状に分布させないよう施工管理段階で均一にまき出し管理する必要がある。高



写真 - 5 軟弱地盤にある宅地



写真 - 6 地割れにより住宅に被害を及ぼした宅地



写真 - 7 液状化により駐車場の 50 cm 程度の隆起



写真 - 8 宅地地盤の液状化による家屋の沈下・傾斜

盛土においては、これまで以上に地下水を低下させる暗渠工法や水平排水層を設ける必要がある。

c) 液状化検証の強化宅地地盤の性能は、いわゆる品確法ができてから液状化層の検証も行われることになっているが、現実的にはスウェーデン式サウンディングの地耐力評価が主体で、地下水の推定に基づく液状化検討が行われていないのが現状である。今後、液状化マップ¹⁰⁾に加えて簡易的な検討が望まれる。

d) 液状化による影響判定の見直し

今後、埋土などの造成地では細粒分含有率が5%以上の場合でも液状化が認められているため、判定見直しが必要である。戸建て住宅地の液状化判定は、液状化層厚と非液状化層厚の関係をもとに判定することが簡易である。

3.4 宅地のり面被害状況の特徴および今後の耐震対策の課題

(1) 宅地のり面被害状況の特徴

図-5は、大規模地震における兵庫県南部地震90件、新潟県中越地震293件、および中規模地震における鳥取県西部地震61件、福岡県西方沖地震36件、芸予地震9件について宅地擁壁被害の種類を対比したものである。兵庫県南部地震の被害は、丘陵地の斜面クラック、滑落・崩壊の順に多く、落石・地すべりも発生している。西宮市仁川百合野地区で死者34名を出す大災害が発生し、緩斜面でも地すべりにより変状が多数生じた。一方、新潟県中越地震の被害は、写真-9、-10に示す高町団地で斜面や谷を埋めた盛土斜面が崩壊し、写真-11に示す鶴ヶ丘団地、悠久町では緩斜面で地すべりなど滑落・崩壊、斜面クラック、ハラミの被害が顕著であった。盛土の崩壊は、地震発生前に発生した台風の降雨による地盤の保水能力の低下などが、地震動により地盤の間隙水圧の上昇を生み有効応力が低下し、盛土地盤の変状が発生しているものと推測される。

最近の地震による宅地のり面被害の主な特徴としては、以下のことが挙げられる。

a) 谷埋め盛土による緩傾斜造成地の顕著な被害

現行の地盤災害対策は、昭和33年地すべり防止法では緩傾斜の自然斜面を対象とし、昭和37年宅地造成等規制法は急傾斜の造成斜面を対象とし、昭和44

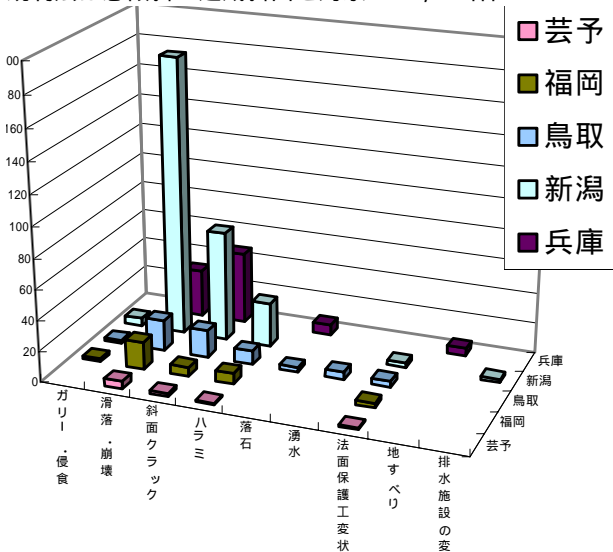


図-5 最近の地震による宅地斜面被害要因分析



写真-9 長岡市高町団地の斜面崩壊状況



写真-10 小千谷市船越団地の斜面崩壊状況



写真-11 長岡市鶴ヶ丘団地の斜面崩壊状況



写真-12 小千谷市内の河川斜面崩壊状況

年急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律は、急傾斜の自然斜面を対象とし、いずれも、集中豪雨等による土砂流出災害への対応として制度化されたもので豪雨等による変状が顕著でない緩傾斜造成地については対象外となっている。しかし、鶴ヶ丘団地や高町団地等の谷埋め盛土の緩傾斜造成地は、「地すべり」的変状により人命や家屋の財産に対しても甚大な影響を与えている。

b) 開発許可制度または宅地造成等規制区域の不備

現在、宅地造成等規制区域は、一定以上の切土および盛土を行う宅地造成は面積を問わず規制の対象となるが、平成16年10月現在で10,122km²で全国の3%、可住地面積の8%にすぎない。その他については、一定規模以上について開発指導要綱または宅地防災マニュアルに従って指導がなされている。

しかし、鳥取県や新潟県では、宅地造成等規制区域でなく、宅地開発許可や技術指導がなされていないため耐震強度が十分でない状況である。

c) ハザードマップの不備

全国にある既存の谷埋め盛土等で地震時に地すべりが生じる危険性があるところは、潜在的危険性について抽出して簡易な手法で、どこに危険性があるかを把握し、早急にハザードマップを作成し、地元住民の合意のもとに対策をする必要がある。

d) 地下水位への配慮

これまでの盛土地盤の設計においては、常時の地下水位が高い場合を除けば地震荷重と降雨による地下水位の上昇が類似の荷重を与えるが、同時に発生する確率が低いとしてこれらの作用を同時に考慮していない。

e) 宅地造成手法の見直し

海外では自然地形をできるだけ利用した造成がなされているのに対し、大規模開発によって、谷埋め盛土型の危険なひな段造成となっている。

(2) 今後の宅地のり面耐震対策の課題

a) 谷埋め盛土の緩傾斜造成地への規制強化

谷埋め盛土の緩傾斜造成地は、「地すべり」的変状により人命や家屋の財産に対しても甚大な影響を与えてことから、今後、危険な箇所についての宅地造成を規制強化する。

b) 開発許可制度または宅地造成等規制区域の見直し

今後の全国の宅地開発許可については、開発指導要綱または宅地防災マニュアルに従って十分な指導または、宅地造成等規制区域と同程度の技術基準を明確化する必要がある。

c) ハザードマップの公表

論文によると年代別旧地形図や土地条件図と現状の地形図を比較すると、谷埋め盛土等これまでの団地等の造成変遷の歴史が明らかとなる¹⁴⁾。今後、早急に各自治体が年代別旧地形図を活用して危険な宅地盛土について調査し、ハザードマップを作成して情報を開示する必要がある。

d) 地下水位の考慮

これまでの盛土地盤の設計においては、常時の地下水位が高い場合を除けば地震荷重と降雨による地下水位の上昇が類似の荷重を与えるが、同時に発生する確率が低いとしてこれらの作用を同時に考慮していない。今後、現況の地形と地盤条件を十分考慮して地震荷重と降雨による地下水位の上昇を同時に考慮する必要がある。谷埋め盛土は、盛土内に水抜きを設置して地下水を低下させる。

e) 宅地造成手法の見直し

海外では自然地形をできるだけ利用した造成がなされているのに対し、大規模開発によって、谷埋め盛土型の危険なひな段造成となっている。今後は、できるだけ既存樹木を活かして自然の地形を利用した開発を検討する必要がある。

4. まとめ

本文では、兵庫県南部地震以降の最近の主な地震の宅地被害分析に基づく今後の耐震対策法について述べた。現在、国土交通省の宅造法の改定に携わっているが、その後早急に性能設計に基づく擁壁、地盤、のり面の宅地防災マニュアル等の技術対策を詳細に策定する必要がある。

謝辞

本文の作成に当たっては、国土交通省都市地域整備局都市計画課開発企画調査室 元廣野課長補佐、三輪企画専門官に資料の提供およびご指導を賜りました。記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 宇佐美龍夫：新版 日本被害地震総覧，東京大学出版会，pp.19～22，1996.8
- 2) 橋本隆雄：中・大地震に対応する宅地防災対策に関する研究，pp.10～47，2001.5
- 3) 国土交通省都市地域整備局都市計画課開発企画調査室・（社）全国宅地擁壁技術協会：地震により被災した宅地擁壁の復旧技術の開発に関する調査検討業務報告書，参考資料3-1,2005.3.
- 4) 住宅・都市整備公団・㈱千代田コンサルタント：兵庫県南部地震宅地被害調査（阪神・淡路大震災）要約版，1995.5.
- 5) 被災宅地危険度判定連絡協議会・㈱千代田コンサルタント：新潟県中越地震宅地被害調査報告書（被災宅地危険度判定士による調査結果），2005.3.
- 6) 被災宅地危険度判定連絡協議会・（社）全国宅地擁壁技術協会：鳥取県西部地震宅地擁壁被害調査報告，2001.6.
- 7) 橋本 隆雄：2005年福岡県西方沖地震被害調査報告書，土木学会西部支社，建築技術，pp.125～133,2005.4.
- 8) 橋本 隆雄，人見 孝：1995年兵庫県南部地震以降の主な地震による宅地擁壁の被害分析とその教訓，宅地地盤の安全性と性能評価に関するシンポジウム発表論文集，pp.3～16,2005.7.
- 9) 橋本 隆雄，宮島 昌克：2004年新潟県中越地震における宅地被害分析と今後の宅地対策，土木学会地震工学論文集，Vol.28, No.133, CD-ROM, 2005.8.
- 10) 若松加寿江：日本の地盤液化地点分布図，東海大学出版会，1991.
- 11) 田村昌仁，廣野一道，井上波彦，平出務，人見孝，橋本隆雄：新潟県中越地震にみる建築物等の被害状況 建築物の基礎および宅地の被害状況，建築技術，pp.125～133,2005.4.
- 12) 橋本 隆雄，宮島 昌克：2000年鳥取県西部地震における鳥取県営工業団地の被災宅地地盤診断と地盤被害状況，宅地地盤の安全性と性能評価に関するシンポジウム発表論文集，pp.59～65,2005.7.
- 13) 橋本 隆雄，宮島 昌克：2004年新潟県中越地震による液化が発生した高盛土宅地地盤条件の分析，土木学会地震工学論文集，Vol.28, No.160, CD-ROM, 2005.8.
- 14) 橋本 隆雄，宮島 昌克，福田 誠：新潟県中越地震における年代別旧地形図を用いた長岡市内の宅地地盤被害分析，宅地地盤の安全性と性能評価に関するシンポジウム発表論文集，pp.31～38,2005.7.