

(17) 宅地擁壁老朽化変状等の耐震診断技術に関する研究

千代田コンサルタント 正会員 橋本 隆雄

1. はじめに

兵庫県南部地震では、約 5,000 箇所の宅地擁壁が倒壊、沈下、滑動、はらみ出し、亀裂等の大被害を受けた。その後、建設省災害関連緊急傾斜地崩壊対策事業で、様々な宅地擁壁タイプごとに被害程度に応じて早急に復旧対策が行われた。そのうち、全壊・上部半壊といった被害程度が甚大な宅地擁壁は、宅地造成等規制法が施行される以前から設置されている老朽化したものが圧倒的多数を占めている。このような老朽化等により変状の進行した宅地擁壁は全国に存在し、既存宅地擁壁の適切な事前の耐震対策が、地震時の被害を軽減・防止するうえできわめて重要となっている。

しかし、これまでの研究では、兵庫県南部地震後、主に地震後の被災宅地擁壁に対しての安全度及びその補修・補強工事を対象にした対策工^{1)~7)}の研究であり、老朽化度の安全度を判定するために、明確な指標が設定されていない状態にある。そこで、本論文では、全国にある宅地擁壁の老朽化実態を明らかにし、今後の地震前の宅地耐震危険度判定に役立てることを目的としている。

2. 宅地擁壁老朽化状況調査結果

2. 1 アンケート調査概要

宅地擁壁老朽化調査結果は、平成 12 年 12 月上旬から下旬にかけてアンケート調査を行った結果をまとめたものである。調査対象箇所及び複数回答の全件数は、次のとおりである。

- ①都道府県 41 箇所/47 箇所 (87.2%)、227 件/282 件 (80.5%)
- ②政令指定都市 11 箇所/12 箇所 (91.7%)、50 件/282 件 (17.7%)
- ③中核市 1 箇所、5 件 (1.7%)
- ④全数 53 箇所、282 件

図-1 は、兵庫県南部地震での宅地擁壁の被害種別分類⁸⁾で、練石積造擁壁が 37%、増積み擁壁が 28%、コンクリート系擁壁が 15%となっている。一方、図-2 は、今回の宅地擁壁老朽化調査結果での練石積造擁壁が 40%と同一の値に対し、増積み擁壁が 9%と少なく、コンクリート系擁壁が 32%と非常に多くなっている。

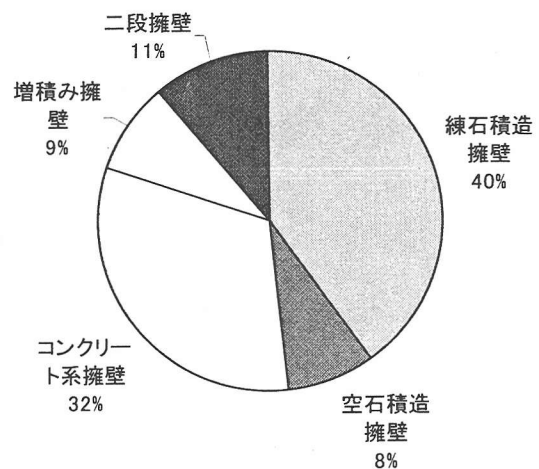
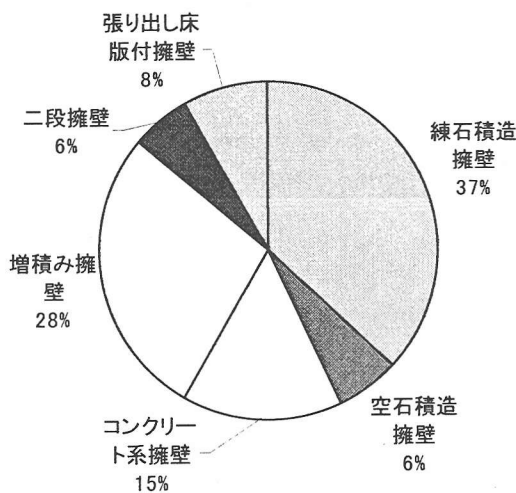


図-1 兵庫県南部地震による宅地擁壁種別分類⁸⁾ 図-2 宅地擁壁老朽化調査による種別分類

表－1 擁壁の劣化状況一覧表

2. 2 宅地擁壁老朽化状況

宅地擁壁の老朽化状況は、表－1に示すようにクラックが40%と多く、次に目地の開き等が11%を占めている。また、不同沈下(6%)、はらみ(7%)、風化(5%)、表面劣化(5%)、白色生成物(7%)のしみ出しがみられる。

2. 3 想定される老朽化原因

想定される老朽化原因は、表－2に示すように施工不良21%、地盤(盛土、軟弱)19%が多く、さらに土圧(目違い、傾倒)が16%、風化(経年変化)が15%を占めている。

3. 宅地擁壁老朽化変状等の耐震診断による危険度判定評価

国土交通省では、兵庫県南部地震後に「擁壁・のり面等被害調査・危険度判定票の手引き」⁹⁾及び「被災宅地の調査・危険度判定マニュアル」⁹⁾を作成している。宅地が大規模かつ広範囲に被災した地震後の調査には、被災危険度判定士が被害の発生状況を迅速かつ的確に把握し、危険度判定をこの「手引き」及び「マニュアル」によって実施している。しかし、地震前の宅地擁壁耐震危険度判定基準については未だ作成されていないため、危険な宅地擁壁が全国に多数存在している。そこで、新たに宅地擁壁の変状項目と配点表に基づき危険度判定票を作成し、この結果から宅地擁壁が老朽化により危険と判断された際に周辺環境条件を考慮して、適切な勧告・改善命令を行う目安として活用することができる。変状調査の結果に基づく宅地擁壁の危険度判定評価は、客観性を持たせるために点数化を採用することにした。点数化にあたっては、「のり面・擁壁点検マニュアル(案)」¹⁰⁾を参考に地盤条件、構造諸元を基礎点とし、宅地擁壁と排水施設の変状状況を変状点として扱うこととした。表－3は、宅地擁壁の基礎点項目と配点表についてまとめたものである。

劣化状況		件数	割合	総件数
不同沈下	全体的に波打っている	10	6%	682
	目地部分が縦方向にずれている	29		
クラック	横クラック	41	40%	
	斜めクラック	44		
	縦クラック	106		
	亀甲状クラック	6		
	全面クラック	11		
はらんでいる	はらんでいる	64	7%	
	はがれている	49		
目地	前後にずれている	12	11%	
	開いている	15		
	開いている	46		
風化している	風化している	38	6%	
水抜き穴から草木が生えている	水抜き穴から草木が生えている	29	4%	
傾斜	傾斜	28	4%	
折損	折損	10	1%	
表面が劣化している	表面が劣化している	38	6%	
錆汁がしみ出ている	錆汁がしみ出ている	9	1%	
白色生成物がしみ出ている	白色生成物がしみ出ている	46	7%	
鉄筋が露出して錆が生じている	鉄筋が露出して錆が生じている	7	1%	
コンクリートが剥離している	コンクリートが剥離している	13	2%	
その他	その他	31	5%	

表－2 劣化原因別件数及び割合

劣化原因	件数	割合	総件数
風化(経年劣化)	84	15%	554
塩害	1	0%	
アルカリ骨材反応	11	2%	
鉄筋さび(かぶり不足、中性化)	8	1%	
乾燥収縮(コンクリート劣化)	23	4%	
凍上(コンクリート劣化)	3	1%	
凍結融解	6	1%	
コールドジョイント	10	2%	
フリーディング	0	0%	
セメント水和熱	0	0%	
施工不良	117	21%	
地震力	24	4%	
不十分な締固め	28	5%	
土圧(目違い、傾倒)	89	16%	
地盤(盛土、軟弱)	105	19%	
その他	45	8%	

表－3 擁壁の基礎点項目と配点表

区分	項目	分類	配点	備考
基礎	地盤条件	乾燥	0	
		湿潤	0.5	
		しみ出し・流出	1.0	
構造諸元	排水施設	(イ)タイプ	0	ブロック積・雑割積等の空積みでは、背面排水施設の設置状況のみについて区分する。
		(ロ)タイプ	1.0	
		(ハ)タイプ	2.0	
	擁壁高さ	1m<H≤3m	0	
		3m<H≤4m	1.0	
諸元	擁壁高さ	4m<H≤5m	1.5	
		5m<H	2.0	

3. 1 基礎点関連項目

(1) 地盤条件

地盤条件としては、「湧水」「宅地擁壁背面土」が考えられる。

①湧水：湧水は、背面の地下水が排水施設により十分処理されている限りは安全性が保たれているため、水抜孔等の排水施設を「湿潤」「しみ出し・流出」に区分した。

②宅地擁壁背面土：背面の地盤条件は、宅地擁壁の安全性に重要な影響を与えるものの、のり面のように目視で確認することが困難なため、区分しないこととした。

(2) 構造諸元

構造諸元としては、「宅地擁壁種類」「宅地擁壁設置条件」「排水施設」「宅地擁壁高さ」が考えられる。

①宅地擁壁種類：宅地擁壁の種類については、空石積（大谷石積を含む）等の経年による劣化（風化）が著しい宅地擁壁材料や、コンクリート擁壁のように材料自体の比較的安全性の高いものに区分し、宅地擁壁の変状項目と配点表に入れた。

②宅地擁壁設置条件：宅地擁壁が設置されている地形条件や、特殊な土工条件では、その安全性が異なる。しかし、切土・盛土境や、軟弱地盤に位置するものについては、目視で判断することが困難なため、区分しないこととした。

③排水施設：排水施設は『背面地下水の排水処理が不十分な場合には、倒壊する宅地擁壁が多い』と、一般的にいわれているため判定項目に入れた。排水施設の設置状況は、天端旗付近の排水施設と水抜孔の関係について、表-4に示す区分とした。

表-4 排水施設の設置状況分類表

分類	内容	模 式 図
(イ)タイプ	水抜孔及び天端排水施設があるか天端付近で表面水の地盤への浸透が阻止されている場合。	
(ロ)タイプ	水抜孔はあるが、天端付近で表面水が浸透しやすい状況に有る場合。	
(ハ)タイプ	水抜孔が設置されていないか、法令を満たしていない場合。 (1ヶ所/3m ² 、φ≧75mm) ただし、空積みの場合は対象外とする。	

④宅地擁壁高さ：宅地造成等規制法施行令第8条においては、主に経験的な観点から基準を設け、高さ5m以下としており、同条別表第四では高さ3m、4m、5m別に標準断面を規定している。また、建築基準法施行令138条及び142条では、高さ2mを超える宅地擁壁について、建築基準法に基づく工作物の確認申請手続きが必要となるよう定められている。このため、構造物としての重要度と、災害が発生した場合の影響度から高さ別に区分した。

3. 2 変状点関連項目

変状状況としては、「宅地擁壁変状」「排水施設異常」「竣工後年数」の3項目が考えられる。しかし、竣工後年数は不明確なものが多いため省略した。

(1) 宅地擁壁変状

宅地擁壁の危険度を評価する際に最も重要な項目で、各種変状形態の変状程度によって「小」「中」「大」の3段階に区分した。また、表-7~10は、それぞれの現象の説明及び想定原因を整理・分析したものである。宅地擁壁変状程度の評価は、対象宅地擁壁の変状形態の該当個数から表-5に従って行う。

表-3 宅地擁壁の変状点項目と配点表

区分	項目	程度					小					中					大						
		擁壁種類	練積み	増積み	コンク	二段	張出し	練積み	増積み	コンク	二段	張出し	練積み	増積み	コンク	二段	張出し	練積み	増積み	コンク	二段	張出し	
変状点	劣化		0.5	1.5	3	3	4	2	3	4	4	6	3	4	5	6	7	3	4	5	6	7	
	白色生成物		0.5	1.5	4	3.5	4.5	2.5	3.5	6	4.5	6.5	3.5	4.5	8	6.5	7.5	3.5	4.5	8	6.5	7.5	
	縦クラック		1	2	3	4	5	3	4	4	5	7	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8	
	コーナー部クラック		1.5	2.5	3	4	5.5	3	4	4	5	7	4.5	5.5	6	7	8.5	4.5	5.5	6	7	8.5	
	水平移動		2	3	3	4	6	3	4	4	5	7	5	6	6	7	9	5	6	6	7	9	
	横クラック		3	4	4	5	7	4	5	6	7	9	7	8	8	9	10	7	8	8	9	10	
	不同沈下		3	4	4	5	7	4	5	6	7	9	7	8	8	9	10	7	8	8	9	10	
	目地の開き		3	4	4	5	7	4	5	6	7	9	7	8	8	9	10	7	8	8	9	10	
	ハラミ・陥没		4	5		6	8	6	7		8	9	8	9		10	10	8	9		10	10	
	傾斜・倒壊		5	6	6	7	8	7	8	8	9	10	8	9	10	10	10	8	9	10	10	10	
	擁壁の折損		6	7	7	8	9	7	8	9	9	10	8	9	10	10	10	8	9	10	10	10	
	鉄筋の腐食																						
	張出し床版付擁壁の支柱の損傷						8					9					10						
	空石積擁壁の変状		2					5					8										
	排水施設	排水施設の変状		0.5					1					1.5									

(2) 排水施設の変状

排水施設が完備されていても、それが十分機能していない場合には、排水施設がない状態と同様であると判断した。小変状とは、天端排水溝のズレ、欠損等の表面排水の障害をいい、中変状とは、小変状に加え宅地擁壁のクラックまたは目地からの湧水、天端には小陥没も見られる状態をいう。また、大変状とは、中変状に加えさらに、水抜孔の詰まり、破損があり排水機能が失われている状態をいう。

3.3 耐震診断による危険度評価

宅地擁壁の耐震診断による危険度評価は、表-6の3区分とする。

表-6 宅地擁壁の危険度評価区分

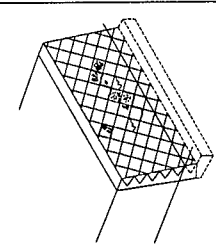
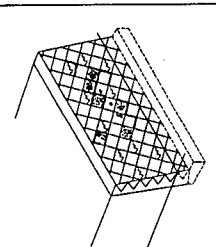
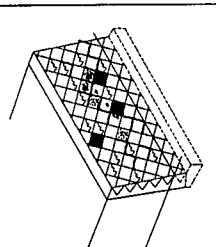
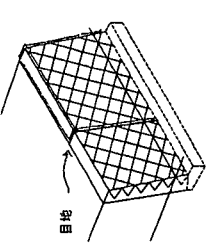
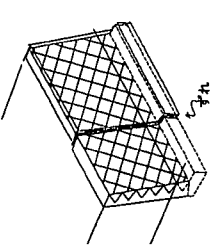
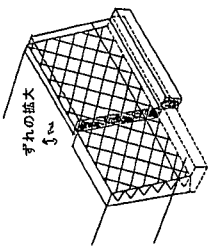
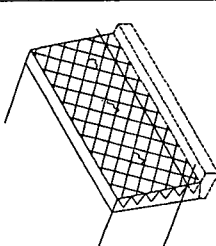
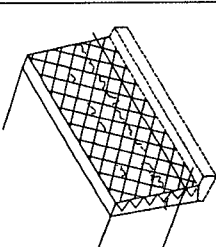
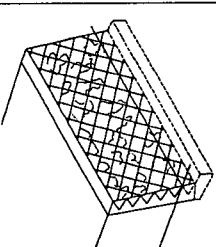
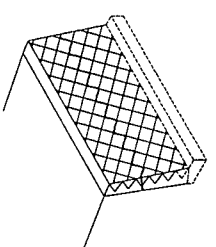
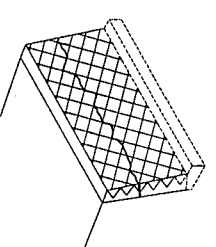
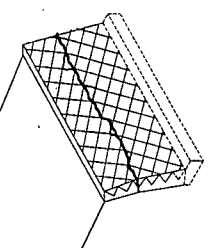
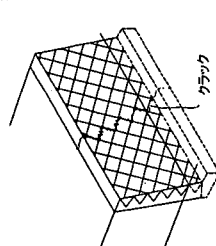
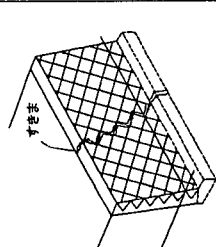
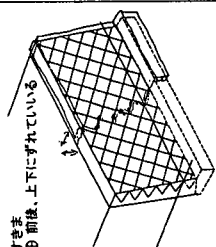
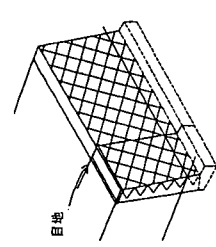
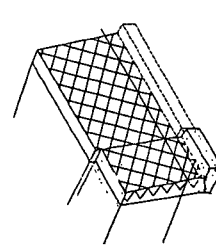
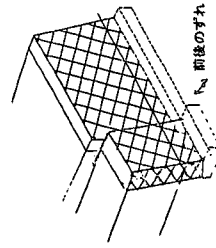
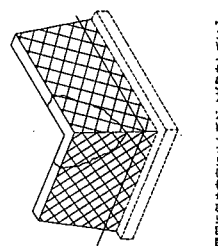
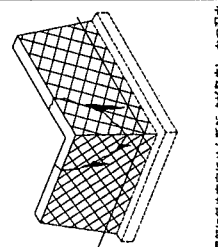
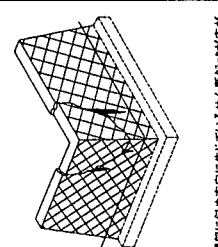
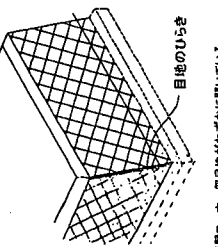
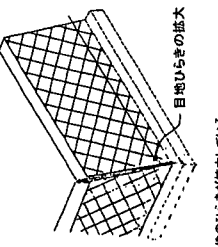
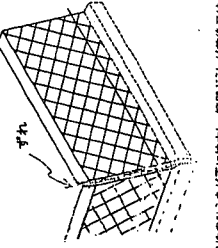
点数の最大値	評価内容	評価区分
1~5点	変状等が見られるが、当面は防災上の問題はない。	小
6~9点	変状等が著しいが当面は、経過観察で対応する。(注1)	中
10~16.5点	変状等が特に顕著で危険である。勧告・改善命令が必要。	大

(注1) 必要がある場合は変状等の内容及び規模によって、部分的な対策工を実施する。

危険度評価区分「小」「中」「大」の宅地擁壁は、それぞれ、以下の観点に立って調査する必要がある。

- ①危険度評価区分「小」: 当面は、小さなクラック等について補修し、雨水の浸透を防止すれば、安定性が高いと考えられる宅地擁壁であるが、経年変化に伴い、種々の誘因の係わりが想定される。重点宅地擁壁として継続的に重点点検を実施する必要がある。
- ②危険度評価区分「中」: 変状程度の著しい宅地擁壁であるが、当面は経過観察で対応し、変状が進行性のものとなった時は直ちに防災工事を行うべきものである。
- ③危険度評価「大」: 変状等の程度が特に顕著で、危険な宅地擁壁である。進行性もあり、早急に所有者に対して勧告・改善命令を出し、周辺に災害を及ぼさないよう指導する。

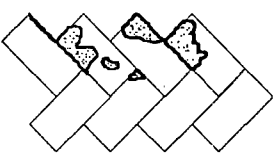
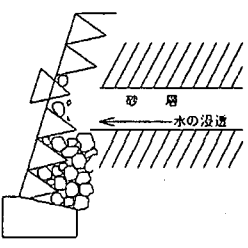
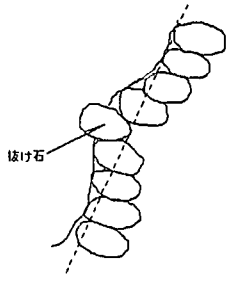
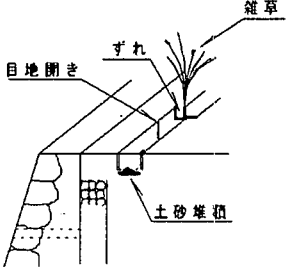
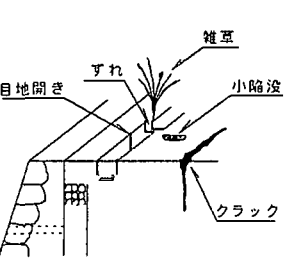
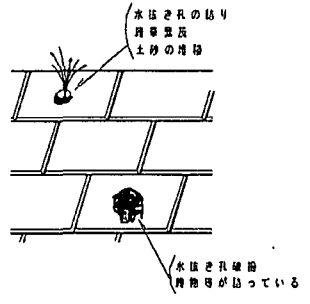
表-7 宅地擁壁老朽化変状の程度「大・中・小」の説明(1)

	変化の程度			変化の程度			
	小変状	中変状	大変状	小変状	中変状	大変状	
劣化(自化、湧水等による浸食)				水平移動(擁土圧の作用)			
現象の説明 形変原因	表面が腐蝕しざらざらしている。 ・風化の初期。	台座の腐蝕が目立つ。 ・風化の中期。	壁面が崩壊したり、欠損など目立ち、砕け石も落ちる。 ・風化の末期。	現象の説明 形変原因	擁壁自体で前後のずれが見られる。 ・擁土圧の作用	擁壁のずれが拡大している。 ・同定	ずれが更に拡大している。 ・同定
白色生成物 (裏込コンクリートのカサ)				傾りカサ			
現象の説明 形変原因	積石の一部から白色生成物が析出している。 ・裏込コンクリートにカサが入っている。	積石の数が所から白色生成物が析出している。また、その量が一定である。	積石の全体に白色生成物が析出し、濡れもみられる。 ・裏込コンクリート全体にカサが析出している可能性がある。 ・コンクリートブロックのアルカリ骨材反応	現象の説明 形変原因	擁壁中央付近の積石の目地部、及び積石自体にも水平方向のクラックが発生している。 ・積土圧の減少	擁壁中央付近の積石の目地部、及び積石に水平方向のクラックが発生しており、さらにクラックが傾いている。 ・積土圧の減少	擁壁中央付近の積石の目地部、及び積石に水平方向のクラックが発生しており、さらにクラックが傾いている。 ・積土圧の減少
傾りカサ (不同沈下、前後のずれ)				すきま ① 前後、上下にずれている ② 不同沈下(自地上下、擁土圧の増大等)			
現象の説明 形変原因	擁壁全面の積石に沿って傾りカサが発生している。 ・積土圧増大 ・地盤不同沈下	積石に沿ったカサの量が大きく、すきまができています。 ・同定	すきま ① 前後、上下にずれている ② 不同沈下(自地上下、擁土圧の増大等)	現象の説明 形変原因	擁壁自体で段差が生じている。 ・背面擁土圧の作用	目地部の段差が拡大している。 ・同定	目地部の段差が更に大きくなり、前後にもずれが発生している。 ・同定 ・支持地盤のすべり止め沈下
コーナー部カサ (背面土圧増大)				目地の傾斜(コーナー部) (背面土圧の増大等)			
現象の説明 形変原因	出隅部に斜め方向にせん断カサが発生している。 ・背面土圧の増大	出隅部に斜め方向にせん断カサが発生し、かつ湧水もあがある。 ・背面土圧の増大	出隅部に斜め方向にせん断カサが発生しているせん断カサが広がりに生じている。 ・背面土圧の増大	現象の説明 形変原因	擁壁コーナー部目地がわずかに傾いている ・背面土圧の増大	目地のひらきが増大している。 ・同定	目地のひらきが増大し、擁壁と土が前後又は上下にずれている。 ・同定 ・支持地盤のすべり止め沈下

表一8 宅地擁壁老朽化変状の程度「大・中・小」の説明(2)

		変化する程度			変化する程度		
		小変状	中変状	大変状	小変状	中変状	大変状
ハラミ(縦土圧の作用)	現象の説明 想定図				現象の説明 想定図	現象の説明 想定図	現象の説明 想定図
傾斜・形没 (横土圧・原土の増大)	現象の説明 想定図				現象の説明 想定図	現象の説明 想定図	現象の説明 想定図
傾斜・形没 (横土圧の低下)	現象の説明 想定図				現象の説明 想定図	現象の説明 想定図	現象の説明 想定図
全面劣化 (アルカリ骨材反応)	現象の説明 想定図				現象の説明 想定図	現象の説明 想定図	現象の説明 想定図
全面劣化(凍害)	現象の説明 想定図				現象の説明 想定図	現象の説明 想定図	現象の説明 想定図
白色生成物の析出 (コンクリートの骨面からのワタ)	現象の説明 想定図				現象の説明 想定図	現象の説明 想定図	現象の説明 想定図
腐蝕ワタ(温度応力、乾燥収縮、熱膨張)	現象の説明 想定図				現象の説明 想定図	現象の説明 想定図	現象の説明 想定図
全面劣化 (アルカリ骨材反応)	現象の説明 想定図				現象の説明 想定図	現象の説明 想定図	現象の説明 想定図

表-10 宅地擁壁老朽化変状の程度「大・中・小」の説明(4)

	変化の程度		
	小変状	中変状	大変状
空石積(又は大谷石積み)の変状		 横キレツ、抜け石などがあり。	
現象の説明	表面が摩耗・劣化している。破損も目立つ。	空石積に横亀裂を生じ、その一部に抜け石等が見られる。	前壁背面の土圧により空石積が、ほらみ、崩壊に至る。
想定原因	年数かたち、老朽化し、石の強度が低下している。	背面の砂層等に地下水が浸透することにより膨張して積石を押し出す。	背面土に雨水や地下水が浸透し、単位体積重量の増大、内部摩擦角の減少等により土圧が増大する。進行性であれば危険なので取り壊し、改修等を要する。
排水施設の変状			
現象の説明	天端排水溝にずれ、欠損がある。又は天端背面にクラックが見られる。	左に加え、擁壁のクラック又は目地からの湧水があり、天端には小陥没も見られる。	左に加え、水抜き孔の詰り、破損があり、排水機能が失われている。

4. まとめ

本研究の結果、全国の宅地擁壁の老朽化がかなり進行して、改善の勧告が必要となる箇所が多数あることがわかった。また、老朽化の安全度を判定するために、宅地擁壁老朽化変状等の耐震診断による危険度判定評価(案)を作成した。今後は、この配点法についての検討及び鉄筋コンクリートについて、さらに詳しい非破壊検査・診断技術及び試験技術の整理を行う予定である。

【参考文献】

- 1) ㈱千代田コンサルタント、住宅・都市整備公団：宅地造成地における地震発生後の緊急対応マニュアル、1995.10
- 2) 橋本隆雄：宅地災害被害調査システム化について、土木学会第51回年次学術講演会、1996.9、pp.202～203
- 3) 橋本隆雄：宅地開発における防災安全性の向上に関する提案、土木学会第24回地震工学研究発表会、1997.7、pp.1249～1252
- 4) 橋本隆雄：宅地擁壁危険度診断断定調査について、土木学会、構造物の診断に関するシンポジウム論文集(33)、1998.10、pp.203～210
- 5) 橋本隆雄：被災擁壁危険度判定に基づく宅地擁壁の補修・補強システムの構築、第10回日本地震工学シンポジウムK-5、1998.11、pp.3245～3250
- 6) 橋本隆雄：宅地擁壁の耐震補強・診断技術と適用事例、土木学会、第3回耐震補強・補修技術、耐震診断に関するシンポジウム講演論文集、1999.7、pp.103～110
- 7) 橋本隆雄：宅地擁壁の補修・補強対策に関する研究、土木学会、第4回耐震補強・補修技術耐震診断技術に関するシンポジウム講演論文集、2000.7、pp.101～108
- 8) ㈱千代田コンサルタント、住宅・都市整備公団：兵庫県南部地震宅地被害調査 要約版、1995.5
- 9) 住宅・都市整備公団管理部：のり面・擁壁点検マニュアル(案)、1985.1、pp.36～40
- 10) 被災宅地危険度判定連絡協議会：被災宅地危険度判定士 危険度ファイル、1998.2