

2. 3 大地震における宅地被害の特徴

大地震における代表的なものとしては、1923年9月の関東大地震と1995年の兵庫県南部地震が挙げられるが、時代がかなり離れているので、ここでは表-2.3に示す兵庫県南部地震のみを考えることとした。

表-2.3 大地震における代表的な地震名と被災状況

発生日月	名称	M_j	発生被害の状況
1995年1月	703 ³⁾ 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

(1) 兵庫県南部地震における宅地擁壁の被害事例

1) 宅地擁壁被害の特徴

兵庫県南部地震による宅地被害調査の結果⁵⁾では、被災宅地の箇所数は兵庫県全体で5,000箇所以上に達し、そのうち半数に近い約2,300ヶ所では、安全のために早急の対策が必要となり、住宅の所有者に対して修復の勧告が行われた。擁壁被害が発生した被災宅地は以下のような特徴が挙げられる。

- ①六甲山麓（特に神戸市須磨区から宝塚市に至る表六甲山麓）に数多く分布している。
- ②神戸市垂水区から北区に至る裏六甲山麓では表六甲山麓に比してその数は少ない。
- ③山麓部に比較して、主として扇状地で構成されている沖積平野での被害はほとんど見当たらない。

また、宅地被害の形態は、以下のものがある。

- ①自然がけあるいは切土斜面の崩壊
- ②自然台地上宅地内の亀裂
- ③盛土造成地全体の移動（崩壊）
- ④盛土造成地全体の移動（崩壊）に伴う個々の宅地地盤の崩壊や擁壁の亀裂
- ⑤宅地地盤の崩壊（擁壁の破壊、亀裂など）

2) 宅地擁壁被害の分析

図-2.17は、著者らが住宅・都市整備公団より依頼を受けて取りまとめた兵庫県南部地震直後に2回に渡って行われた「宅地防災支援団」の被害調査結果⁵⁾を基に宅地擁壁被害1,218件を抽出して主に兵庫県の神戸市、西宮市、芦屋市、河西市の宅地造成地における被災擁壁、形態別割合を示したものである。この図から練石積造擁壁が35%、増積擁壁が21%と被害の大半を占めている。既存不適格擁壁は、前述の増積擁壁に加え、2段擁壁6%、張り出し床版付擁壁7%、空石積造擁壁5%と全体の約4割を占めている。

また、宅地擁壁全体を含む円弧すべりが11%、強固なRC擁壁も15%を占めることから地震力の大きさが、擁壁の被害に直接影響していることが考えられる。図-2.18の練石積造擁壁の被害割合は、クラック発生が全体の73.5%、はらみの発生が21%を占めている。表-2.4は、宅地擁壁被害を擁壁種類ごとに被害形態別件数で表したものである。

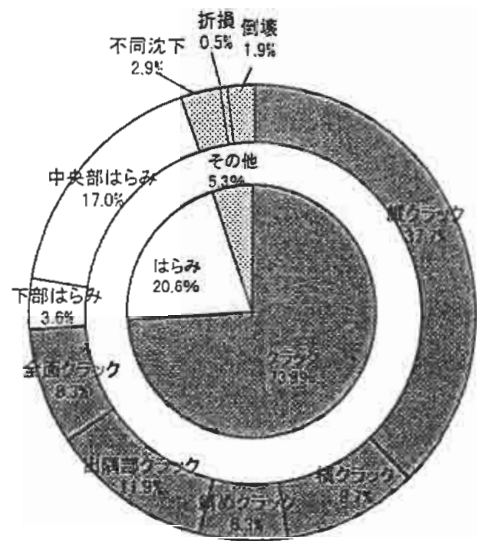
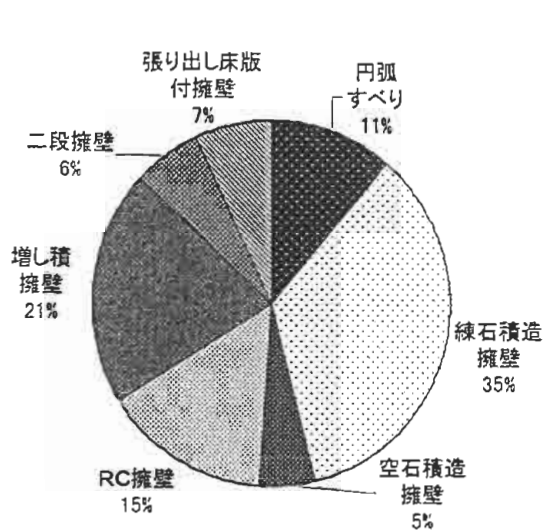


図-2.17 全体被害状況の割合

図-2.18 練石積造擁壁の被害割合

表-2.4 宅地擁壁被害状況調査結果一覧表

擁壁	被害種別	被害状況	件数
		1.円弧すべり	円弧すべり(大～小)
2.練石積造擁壁	擁壁	縦クラック	155件
		横クラック	40件
		斜めクラック	26件
		出隅部クラック	49件
		全面クラック	34件
		下部はらみ	15件
		中央部はらみ	70件
		不同沈下	12件
		折損	2件
		倒壊	8件
		3.空石積造擁壁	擁壁
くずれ石積(崩壊)	26件		
くずれ石積(クラック)	2件		
4.RC擁壁	擁壁	倒壊	51件
		目地ずれ	34件
		縦クラック	83件
増し積擁壁	擁壁	崩壊	37件
		縦クラック	262件
6.二段擁壁	擁壁	上下段クラック	42件
		上段倒壊・下段クラック	22件
7.張り出し床版付擁壁	擁壁	全面クラック	70件
		床版支柱座屈	12件

3) 宅地擁壁被害の原因と背景

兵庫県内、特に神戸市では、現在、地形的に急傾斜で地質的にも緩いまさ土であるために、宅地造成等規制区域の指定がなされている。しかし、兵庫県南部地震により宅地擁壁被害が発生した原因としては、以下のように考えることができる。

- ①昭和 37 年以後の規制区域指定のものは、十分な強度を有する擁壁断面が確保されている。しかし、指定以前のいわゆる施行前の既存不適格な擁壁は、十分な強度が確保されていない。
- ②指定以後においても宅地開発許可後も建築物築造に際しての増積み、2 段擁壁、張出し床版付擁壁の改変を行い、結果として不適格擁壁となっている。

4) 考察

練石積造擁壁の被害の割合を見ると、クラックとはらみが多く、組石造擁壁の限界を感じさせる。これら練石積擁壁の中には老朽化による変状をきたしているもの、高さが 7 m を越えるようなものもあり、また、急峻な地形での一般宅地は擁壁による用地確保を図るため増積み、2 段擁壁、張出し床版付擁壁など既存不適格なものが多いためである。擁壁高さの高いもの（3 m 程度以上）については極力 RC 擁壁で施工すべきである。練石積擁壁で、クラック・はらみが多数を占める既存不適格の擁壁が多いことは、施工不良とも相まって開発許可の段階と建築許可申請時のチェックを一体的に行なわなければならないことを示唆している。

5) 宅地造成等規制法施工前後の宅地擁壁の被害分析

沖村・二木ら^{6) 7)}は、兵庫県南部地震における宅地擁壁被害の特徴と原因について、宅地造成等規制法（以下、宅造法と記す）施工前後に分けて分析し、以下のような考察を行っている。

(a) 擁壁の被災率

昭和 50 年以降、宅造法の適用を受け造成がなされた約 56,000 箇所のうち、被災を受けた擁壁は僅かに 7 箇所、被災率では 0.01% であった。同様に、昭和 37 年から昭和 49 年に築造された約 35,000 箇所のうち、被災を受けた擁壁は 86 箇所、被災率では 0.2% であった。これらに対して、昭和 49 年以前に造成された既成市街地内の約 110,000 箇所（推計値）では、被災を受けた擁壁が、1,331 箇所、推定被災率では 1.2% であった。これらは概ね宅造法施行前に造られたものであり、同法の適用前擁壁であると推察される。

(b) 被災擁壁の変状形態

被災の形態をみると、宅造法適用前擁壁では増積部分のみの変状が 4%、クラックの発生が 15%、はらみ出しが 24%、傾倒が 17%、上部半壊が 12%、全壊が 28% であった。これに対して宅造法の適用を受けた擁壁でみると、クラック発生が 60%、はらみ出しが 24%、傾倒が 11%、上部半壊が 2%、全壊が 3% であり、宅造法適用前擁壁に比べると上部半壊及び全壊などが少なく、被害程度は軽微であった。

(c) 擁壁の被災原因

宅造法適用擁壁で被害を受けた 93 箇所の擁壁について、その被災原因の究明を行ったところ、すべて次のいずれかに分類され擁壁本体の設計強度不足のみに起因して、本体に変状が生じたと思われるものはなかった。

①一定区域の地盤変状に起因して、擁壁本体に変状が発生

②擁壁基礎地盤の支持力不足や基礎の沈下によって、擁壁本体に変状が発生

③不適切な増積擁壁等、設計を上回る載荷重の影響に起因して、擁壁本体に変状が発生

④コンクリート打継目の処置が適切でなかったなど、施工不良に起因して、擁壁本体に変状が発生

以上のことにより、宅造法に規定する技術基準に基づき築造された擁壁は、兵庫県南部地震において特別なものを除き、大きな被災を受けていないことから、当該地震において経験した震度5に相当する地震に対しては十分な安定性を有しているものと思われる。震度6～7区域については、存在する擁壁が少なかったことから、今後の研究に待つところが大きい。これらの区域においても被災擁壁が認められなかったことより、かなりの耐震性を有しているものと推察される。基礎地盤については個々の問題であるが、兵庫県南部地震による被害でも基礎地盤の支持力不足や基礎の沈下によって変状が発生していたので、十分な締固め等による地盤支持力確保と盛土地盤においては過大な評価をしないことが必要である。

したがって、過去の宅地擁壁の被災歴から昭和37年以前の既存不適格擁壁の耐震診断を全国的に行い、その補修・補強工法の確立を震災前に行っておくことの必要性が明らかとなった。そこで、本研究としては、宅地における震災復旧、補修・補強対策、及び宅地擁壁被害調査並びに耐震診断システムを構築する裏付けとなる貴重な資料として活用するものである。

4. 3 宅地擁壁被害調査システムの現状と課題点

4. 3. 1 概説

鳥取県西部地震では、1999年10月に発足した被災宅地危険度判定士制度による判定が初めて擁壁被害状況調査・危険度判定票を用いた調査活動を行った。被害宅地危険度判定士とは、兵庫県南部地震により宅地擁壁・のり面に甚大な被害を生じたことから、地震直後に被災建物危険度判定士が行う建築物の判定に対し、宅地擁壁・のり面を含む宅地地盤の危険度を判定する専門調査員で、2000年6月現在、全国で約5,000人弱がその資格を持っている。その構成員は、主に地方自治体の土木関連業務に3年以上携わっている職員が多く、講習会を受け十分な知識を持っている。本節では、これら被災宅地危険度判定士の活動を通して調査状況を把握するとともに判定士制度の特徴と課題点を抽出し、制度及び判定内容の教訓を得て、今後の制度及び判定票の見直しに役立てることを目的としている。

4. 3. 2 被災宅地危険度判定士の活動状況

(1) 調査期間

2000年10月20日～11月13日

(2) 調査の陣容

鳥取県内調査では、**図-4.9**に示す宅地擁壁・斜面被災箇所¹⁾に鳥取県職員(被災宅地危険度調査員)2名、市町村職員1名、(社)鳥取県建設業会会員1名の計4名を1班編成として、各市町に配置した。**図-4.10**は、鳥取県内の調査事務の流れを示したものである。ただし、米子・根雨土木事務所には各1班常駐して調査を行った。一方、島根県内調査では、島根県職員2名を市町村に配置した。

地震発生後、鳥取県庁に西部災害対策本部が設置された。まず、県都市計画課と住宅課が相互調整により情報提供を行い、西部災害対策本部に管内被害市町村に被災宅地危険度判定士の照会を行った。その後、被災市町村の要請を受けて都市計画課が調査員派遣調整を行った。さらに、県の出先事務所である米子土木事務所及び根雨土木事務所が調査員(県職員)及び専門技術者(県建設協会選定)の駐在場所となって、被災市町村と密に連絡を取りながら各被災宅地所有者の調査立会いを行い、直接助言・相談を行った。

これらの調査結果は、県都市計画課に報告される流れである。実際にはさらに、西部災害対策本部で全被害の一部として統括されていた。

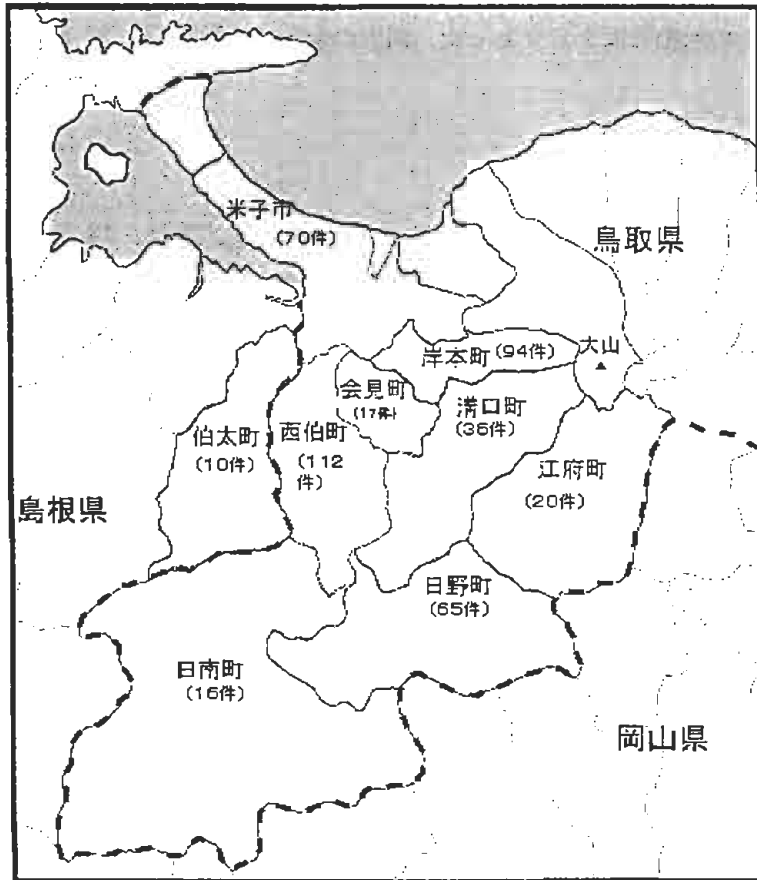


図-4.9 鳥取県西部地震の調査対象市町村

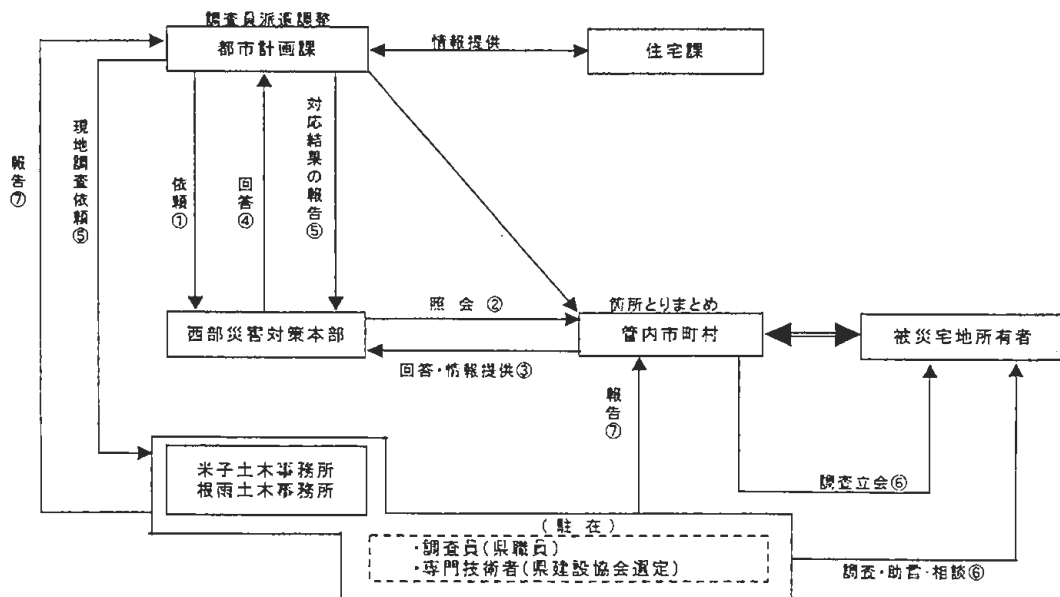


図-4.10 調査事務の流れ（鳥取県）

(2) 被災宅地危険度判定士の活動スケジュール

表-4.5は鳥取県西部地震後の鳥取県及び島根県の被災宅地危険度判定士の活動スケジュールを表したものである。鳥取県の活動期間は2000年10月20日から11月13日までの23日間で、延べ日数は33日である。一方、島根県の活動日は1日であった。両方の合計は活動期間が33日間で延べ日数が34日となる。

1) 鳥取県

- ①米子市 10月/28日、30日、31日、11月/1日、2日、7日、13日 延べ7日
- ②岸本町 10月/25日、26日、27日、30日、31日、11月/1日、8日 延べ7日
- ③西伯町 10月/20日、21日、22日、23日、24日、25日、26日、27日 延べ8日
- ④会見町 10月/24日、25日 延べ2日
- ⑤日南町 11月/6日、7日 延べ2日
- ⑥江府町 10月/26日、27日 延べ2日

⑦日野町 10月/25日、26日、27日、30日、31日 延べ5日

合計 延べ日数 33日

ただし、溝口町のヒアリングにより、町役場庁舎が崩壊したため鳥取県と連絡が取れず、297件の被害があったにもかかわらず、被災危険度判定士が現地調査を行っていないことがわかった。そこで、別途追加調査を11月/22日、27日、28日の延べ3日間行った。

2) 島根県

伯太町 10月12日 延べ1日

(3) 調査件数及び延べ人数

鳥取県の調査件数は394件（溝口町を除く）、延べ人員は124人であった。一方、島根県の調査件数は10件、述べ人員は2人であった。両方の合計は全調査件数が404件、述べ人員が126人となる。

1) 鳥取県

- ①米子市 70件 7日×4人=28人
- ②岸本町 94件 7日×4人=28人
- ③西伯町 112件 8日×4人=32人
- ④会見町 17件 2日×4人=8人
- ⑤日南町 16件 2日×4人=8人
- ⑥江府町 20件 2日×4人=8人

⑦日野町 65件 5日×4人=20人

合計 394件 延べ124人

ただし、溝口町についての別途調査は、36件、3日×4人=12人であった。

2) 島根県

伯太町 10件 1日×2人=2人

表-4.5 被災宅地危険度判定士の活動スケジュール

		10月			11月		
		15日	20日	25日	5日	10日	15日
鳥取県	①米子市				■	■	■
	②岸本町			■	■	■	
	③西伯町		■	■			
	④会見町			■			
	⑤日南町					■	
	⑥江府町			■			
	⑦日野町			■	■		
島根県	①伯太町	■					

(4) 調査方法

調査方法は、宅地擁壁、宅地のり面等の被害状況判定を「被害宅地危険度判定士 危険度判定ファイル」⁷⁾の「擁壁・のり面等被害状況調査・危険度判定票」を用いて行っている。

実際に用いた調査票を表-4.6、表-4.7に示す。この調査票は、前節で既に述べたが、被災写真の有無、特記事項の欄が助言内容、所有者からの相談とその回答、特記事項（今後予想される危険度性等）に修正されている。

4. 3. 3 被災宅地危険度判定士制度の長所と課題点

(1) 被災宅地危険度判定士制度の長所

鳥取県西部地震で、被災宅地危険度判定士ができて初めての被害調査活動となった。被災を受けた各市町からのヒアリング結果によると、被災現地の自治体では住民対応に追われ、被害全貌が把握できず、被害程度の判定ができずにいたが、この判定士制度の活用により、以下の長所があり、その後の復旧作業に大いに役立ったとの意見であった。

- ①現地の被害状況が専門員によって整理された。
- ②現地住民に対して技術的アドバイスがなされ、住民の不安を軽減できた。
- ③現地で即判定できたため、避難・復旧等の判断がなされた。
- ④県への被害状況報告、マスコミへの報道に用いた。
- ⑤応急措置・復旧等への優先順位がついた。
- ⑥被害想定及び補償金の支払いに参考とした。

(2) 被災宅地危険度判定士制度の課題点

一方で、判定士制度に対して以下の課題点が生じた。

- ①鳥取県では被害対象地域が広く、自治体との連絡及び調査体制に時間を要した。一方、島根県は

被害対象地域が狭く、地震発生直後に調査を行った。今回の地震は県境で発生しており、県どおしの連絡を密にして、被災時には行政にとられない被害調査体制及び対応が望まれる。

- ②建築の被災建物判定士制度は、一般建築士からなるボランティアであるが、一般住民の人にはその違いが認識できない。宅地擁壁の被害の判定を被災建物危険度判定士に要求したり、一方で、土木の被災宅地危険度判定士に建築物の判定を要求することもある。今後、相互の連携を図り、何時期に現地調査を行うか、お互いの知識を得るように講習会を行うなどが必要と考えられる。
- ③被災宅地危険度判定士は、調査した箇所について、その場で判断し、被災住民に対して被災程度について理解できるように、被災建物危険度判定士と同様に判定結果を「危険宅地（赤）」、「要注意宅地（黄）」、「調査済宅地（赤）」の判定ステッカー（ビニール被覆）で針金ピン等で固定することとしていた。しかし、実際には、後日整理後、「調査結果のお知らせ」としてコピーを渡していたため、住民に連絡するまで時間がかかっていた。今後、判定ステッカーが困難な場合は、できるだけその場で知らせるようにすべきである。
- ④現地調査後に写真の整理に手間取り、中には写真のないものもあった。現地調査の際、デジタルカメラ等により、簡易に整理できるようにすべきである。
- ⑤被災宅地擁壁の判定に多少バラツキが見られた。この原因としては、空石積擁壁を練石積擁壁として判断しているためである。今後、実際の被害写真等を利用した再講習が必要と考えられる。
- ⑥今回の地震は、中地震時程度の被害対象地域が県内程度であったため、県内の判定士が調査を行ったが、今後大地震時には県外の判定士がむしろ調査を行うべきであると考えられる。
- ⑦溝口町は、町役場庁舎が崩壊したために、県との連絡調整がつかずに被災宅地危険度判定士が入ることができなかった。その後、現場ヒアリングによると判定士制度があることを知らずに、独自に住民からの苦情を受け、立会いを行い、その危険度の判定ができずにいた。今回、それら被害を受けた297件の大被害箇所36件のみを追加調査したが、依頼を受けなくても被災宅地危険度判定士が入るような制度が期待される。

4. 3. 4 結語

鳥取県西部地震での宅地擁壁被害調査結果から、兵庫県南部地震での教訓が十分生かされ、被災した市町村に対して十分貢献した内容であったことが明らかとなった。また、被災した住民に対しても十分な避難、復旧に対してのアドバイス等復旧・補償に対しての迅速性に役立つことが検証できた。

しかし、その制度そのものがまだ不十分で、被災した市町村及び住民に対し、被災建物危険度判定士制度との違いが理解できていないことも明らかになった。今後、ここで得られた新たな教訓を基に判定士制度の活用の方、判定票の見直しを含めた検討が必要である。

また、中地震では、この調査票で十分対応できたが、大地震では、外部からの調査員が現地入りするために、GPSを使った位置情報、調査後、調査票と写真の整理との整合を図るため、ソフト化を図り、被害全体を把握するための1次調査とその後の詳細な2次調査に分けることも考慮しなければならない。

表-4.6 擁壁被害状況調査・危険度判定票(1)

調査日時	平成12年 10月 28日 (土) 午後 9:15 時		調査番号	7-2/3
被害発生場所	鳥取県 米子 (市) 郡		町・村	
	地区・団地	丁目	番	号
所有者氏名				
立会者氏名			調査員氏名	
所有者から土木建築業者に関する相談	1. 自分でできる 2. 紹介希望 3. 改修工事等を行わない			
所有者から融資に関する相談	1. 自己資金 2. 融資希望 3. その他()			
1. クラック 2. 水平移動 3-1. 不同沈下 3-2. 目録の崩れ 4. ハラミ 5-1 傾斜 5-2 倒壊 6. 崩壊の発生 7. 崩壊			応急措置 <input type="checkbox"/> 済 <input type="checkbox"/> 未了	
8. 掘出し床板付敷地の支柱の損傷 9. 空石積置きの崩壊・崩落 11. 洪水浸襲の被害				
【平面図】			【断面図】	
助言内容				
所有者からの相談とその回答	【相談内容】 【回答要旨】		と助言を行った と相談あり と回答した	
特記事項 (今後予想される危険性等)				

表-4.7 擁壁被害状況調査・危険度判定票(2)

擁壁の基礎的 条件	<input type="checkbox"/> 練積造擁壁 <input checked="" type="checkbox"/> 空石積造擁壁 <input checked="" type="checkbox"/> コンクリート系擁壁	<input type="checkbox"/> 間知石 <input type="checkbox"/> その他[] <input checked="" type="checkbox"/> 生石積 <input type="checkbox"/> 間知石 <input type="checkbox"/> その他[] <input type="checkbox"/> L(逆T)型 <input type="checkbox"/> もたれ式 <input type="checkbox"/> その他[] <input type="checkbox"/> 現場打ち <input type="checkbox"/> プレキャスト	<input type="checkbox"/> コンクリートブロック <input type="checkbox"/> 増積み擁壁 <input type="checkbox"/> 二段擁壁 <input type="checkbox"/> 張出し床版付擁壁 <input type="checkbox"/> その他[]	増積部分[] 擁壁部分[] 全擁壁高 m; 増積高 m 上部[] 下部[] 上部高 3.2 m 下部高 3.4 m 擁壁の見付け高さ 最大高 3.2 m (平均高 m) 擁壁の勾配 1=0.1 度												
	擁壁の設置条件	<input type="checkbox"/> 砂・砂礫 <input type="checkbox"/> 砂礫土 <input type="checkbox"/> 他 <input checked="" type="checkbox"/> 不明	湧水	<input type="checkbox"/> 乾燥 <input checked="" type="checkbox"/> 過潤 <input type="checkbox"/> にじみ出し、流出												
	裏込め地盤の種類	<input type="checkbox"/> 切土 <input type="checkbox"/> 盛土 <input checked="" type="checkbox"/> 不明 <input type="checkbox"/> 岩 <input checked="" type="checkbox"/> 土砂 <input type="checkbox"/> 不明	排水施設	<input type="checkbox"/> 水抜孔有、天端排水溝有、表面水の浸透阻止 <input type="checkbox"/> 水抜孔有、天端は表面水が浸透しやすい <input checked="" type="checkbox"/> 水抜孔無、あっても数寸法が不適法												
	家屋の有無	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無・下部 <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無														
変状形態と 配点表	項目	程度 小					中					大				
	擁壁種類	練積	増積	コンクリ	二段	張出	練積	増積	コンクリ	二段	張出	練積	増積	コンクリ	二段	張出
	1 クラック	1	2	3	4	5	3	4	4	5	7	4	5	6	7	8
	2 水平移動	2	3	3	4	6	3	4	4	5	7	5	6	6	7	9
	3 不同沈下・目地の開き	3	4	4	5	7	4	5	6	7	9	7	8	8	9	10
	4 ハラミ	4	5	6	6	8	6	7	7	8	9	8	9	9	10	10
	5 傾斜・倒壊	5	6	6	7	8	7	8	8	9	10	8	9	10	10	10
	6 擁壁の折損	6	7	7	8	9	7	8	9	9	10	8	9	10	10	10
	7 崩壊	9	9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	8 張出し床版付擁壁の支柱の損傷					8					9					10
	9 空石積擁壁の崩壊・崩落			8							9					10
	10 基礎及び基礎地盤の被害										10					
11 排水施設の変状				3						5					7	
12 擁壁背面の水道管等破裂										10						
変状の程度 大・中・小 の概要説明	項目	程度 小					中					大				
	1 クラック(幅)	2mm未満のクラックはあるが、機能上の支障無し(コンクリート系擁壁の場合2mm未満)					2mm~2cm(コンクリート系擁壁の場合2mm~5mm)					2cm以上(コンクリート系擁壁の場合5mm以上)				
	2 水平移動(種類別)	5mm未満の隙間がある。					5mm~5cmの隙間がある。					5cm以上の隙間がある。				
	3 不同沈下・目地の開き(目地上下・左右の開き)	5mm未満の目地上下のずれ対目地の開きがある。					5mm~5cm未満の目地上下のずれ対目地の開きがある。					5cm以上の目地上下のずれ又は目地の開きがあり、滑動、転倒のおそれがある。				
	4 ハラミ(デブコンクリート・ずれ・中抜け)	小規模のハラミ及び中ヌケ(積石が1~2個抜け落ちる)					宅盤にデブコンクリート無し。円弧すべりのおそれ無し。					宅盤にデブコンクリート有り。円弧すべりのおそれ有り。				
	5 傾斜・倒壊	擁壁が前面地盤に対し垂直以下(コンクリート系擁壁の場合:天端5cm未満の傾斜)					擁壁が前面地盤に対し垂直以上(コンクリート系擁壁の場合:天端5cm以上の傾斜)					擁壁が前傾・倒壊して、その機能を失っているもの。				
	6 擁壁の折損(横・斜めひびわれから起きるもの。はらんではいないが曲線的なく、クラックを境に鈍角に折れている。)	クラックを境にわずかに角度をなしている。(コンクリート系擁壁の場合クラックを境にわずかに前傾している。)					クラックを境に明らかに角度をなしており、抜け石があり裏込めコンクリートが見える。(コンクリート系擁壁の場合クラックを境に前方に傾斜している。)					一見して大であると判るもの。(コンクリート系擁壁の場合クラックを境に前傾している。又は、1mmでも剪断破壊があり、後傾している。)				
	7 崩壊	中間辺りから上が滑っている。					基礎部を残して滑っている。					機能を果たしていない。全壊				
	8 張出し床版付擁壁の支柱の損傷	支柱にひびが入っている。					支柱のコンクリートがはがれて鉄筋が見えている。					支柱の剪断破壊				
	9 空石積擁壁の崩壊・崩落	積み石がズレている。					部分崩壊					全崩壊				
	10 基礎及び基礎地盤の被害	大規模な沈下やクラックが生じている。														
	11 排水施設の変状	天端排水溝にずれ、欠損がある。又は、天端背面、舗装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る。					水抜孔の詰まり、破損があり、排水機能が失われている。				
12 擁壁背面の水道管等破裂	破裂して水が流出している。															
被害の判定値 (上記の最大値を被害程度の点数とする。)	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 5px;">8</div> 点															
危険度判定	<input checked="" type="checkbox"/> 大 <input type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 小					☆被害程度の点数と危険度判定☆ 小被害: 1~3点(当面は防災上問題なし) 中被害: 4~7点(制限付き立入、避けて通行) 大被害: 8~10点(危険、要避難、立入禁止)										
所見(記入者の意見)	緊急度					(人命・財産・交通の3点を判定基準とする。)										
	<input checked="" type="checkbox"/> 大 <input type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 小					<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 判断不可(備考:)										

4. 4 宅地擁壁耐震診断システムの構築

4. 4. 1 概説

兵庫県南部地震では、約 5,000 箇所 of 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（長期にわたり風化・劣化を生じたもの）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・防止するうえでわけ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の研究^{1)~5)}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、本節では、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。

4. 4. 2 宅地擁壁老朽化状況調査結果

(1) アンケート調査概要

宅地擁壁老朽化調査結果は、図-4.11 に示すように日本全国における自治体を対象にして、宅地擁壁の老朽化変状の実情を把握するため、アンケート調査を行った。質問内容が技術的・専門的であり、今後の対策立案に結びつけることを目的としていることから全数調査を行った。調査対象件数は、次のとおりである。

- ① 自治体別配布件数……都道府県別 41 件、政令指定都市 11 件、中核市別 1 件
- ② 配布数………53 件
- ③ 実施日………2000 年 12 月 1 日～12 月末日迄
- ④ 回収率………100%
- ⑤ 配布方法………国土交通省総合政策局宅地課宅地指導室より全国自治体へ

また、これら日本全国 53 件の内には、1 件につき、複数の老朽化変状箇所が含まれているため、都道府県 227 箇所、政令指定都市 50 箇所、中核市 5 箇所、合計 282 箇所の宅地老朽化状況調査表による回答を得た。

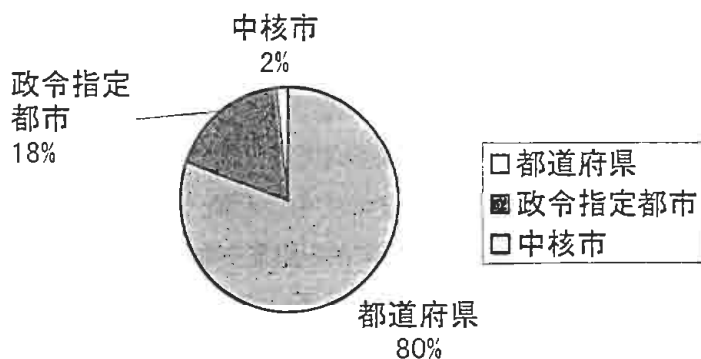


図-4.11 宅地擁壁老朽化状況調査の行政区分

(2) 宅地擁壁の種類

1) 全体の種類 (表-4.8、図-4.12)

兵庫県南部地震での宅地擁壁の被害は、種類別分類で、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-4.12では、今回の宅地擁壁老朽化調査結果で練石積造擁壁が40%と同一の値に対し、増積み擁壁が9%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。また、既存不適格擁壁の空石積擁壁、増積擁壁、二段擁壁が28%と多い。

表-4.8 宅地擁壁全体の内訳

種類	件数	割合
練石積造擁壁	123	40%
空石積造擁壁	24	8%
コンクリート系擁壁	98	32%
増積み擁壁	26	9%
二段擁壁	32	11%
総件数	303	100%

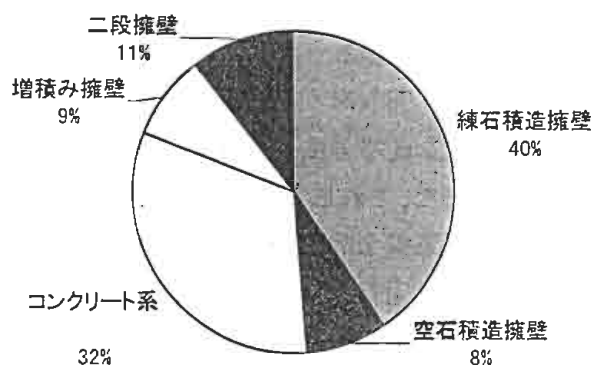


図-4.12 宅地擁壁の種類

2) 練石積造擁壁 (表-4.9、図-4.13)

練石積造擁壁は、コンクリートブロックが58%と多く間知石は36%と少なかった。ただし、練石積造擁壁の中にも宅地造成等規制法と同一断面とは限らず、これらの中にも断面の薄い宅地として危険なものが含まれていると考えられる。

表-4.9 練石積造擁壁の内訳

種類	件数	割合
間知石	44	36%
コンクリートブロック	72	58%
その他	7	6%
総件数	123	100%

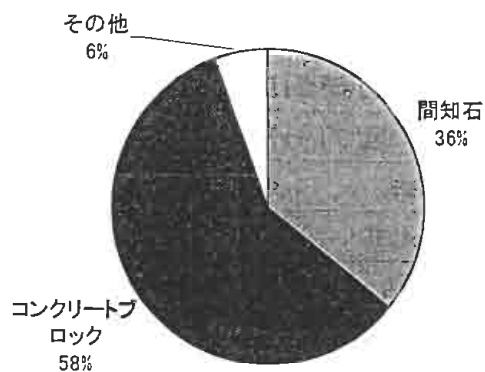


図-4.13 練石積造擁壁の種類

3) 空石積造擁壁 (表-4.10、図-4.14)

空石積造擁壁は、間知石積が38%と多く、玉石積が13%、くずれ石積が8%で、その他が41%を占めている。空石積造擁壁は、地震時に耐力が無く、特に玉石積、くずれ石積が多く宅地の危険性が高いことが顕著となった。

表-4.10 空石積造擁壁の内訳

種類	件数	割合
玉石	3	13%
くずれ石	2	8%
間知石	9	38%
その他	10	41%
総件数	24	100%

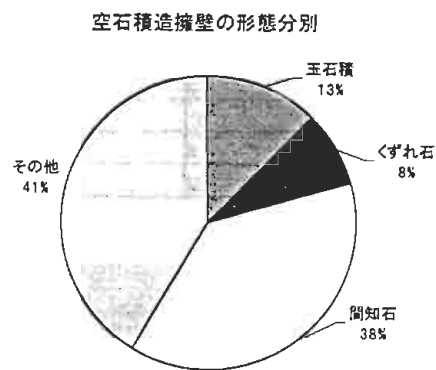


図-4.14 空石積造擁壁の種類

4) コンクリート系擁壁 (表-4.11、図-4.15)

コンクリート系擁壁は、L(逆T)型現場打ちが60%と多く、重力式が23%、もたれ式が13%を占めている。L(逆T)型プレキャスト擁壁の被害は、築造期間が短いことから、今のところ3%と少なくなっている。

表-4.11 コンクリート系擁壁の内訳

種類	件数	割合
L(逆T)型(現場打ち)	58	60%
L(逆T)型(プレキャスト)	3	3%
重力式	23	23%
もたれ式	13	13%
その他	1	1%
総件数	98	100%

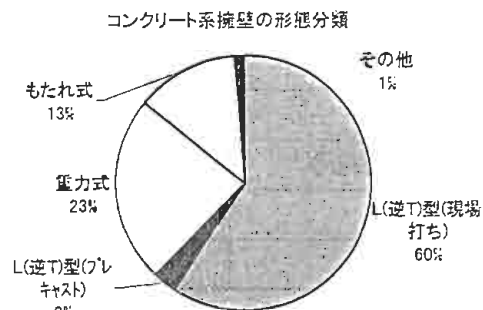


図-4.15 コンクリート系擁壁の種類

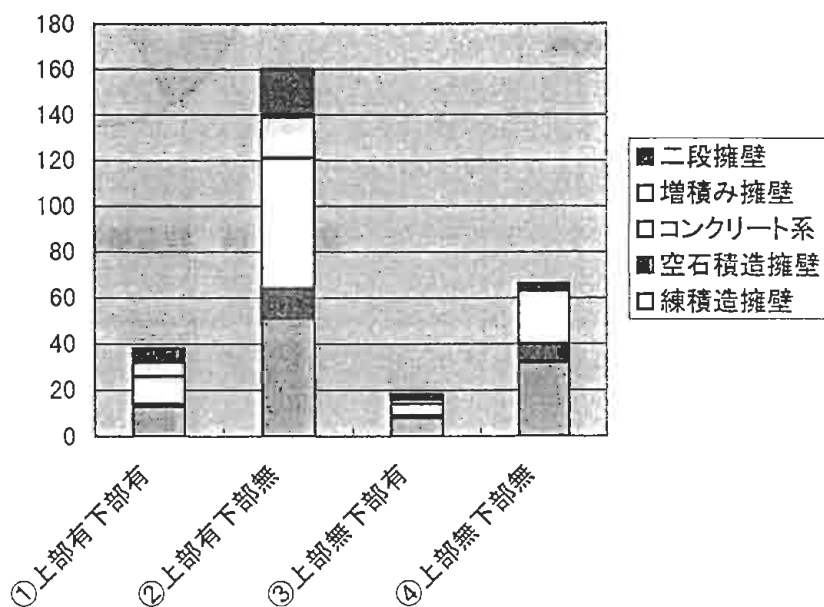
(3) 宅地擁壁の環境条件

1) 家屋の有無による各宅地擁壁の被害に及ぼす影響 (表-4.12、図-4.16)

宅地擁壁上盤の建物があるものが69%であり、建物荷重の影響も受け宅地擁壁のわずかな変状でも建物被害を生じると考えられる。

表-4.12 建物の有無毎の宅地擁壁種類別分類

	練積造擁壁	空石積造擁壁	コンクリート系	増積み擁壁	二段擁壁	総件数	割合		
							割合	割合	
①上部有下部有	13	1	12	6	6	38	198	13%	69%
②上部有下部無	51	13	57	18	21	160	56%		
③上部無下部有	8	1	5	2	2	18	84	6%	31%
④上部無下部無	32	8	23	0	3	66	25%		



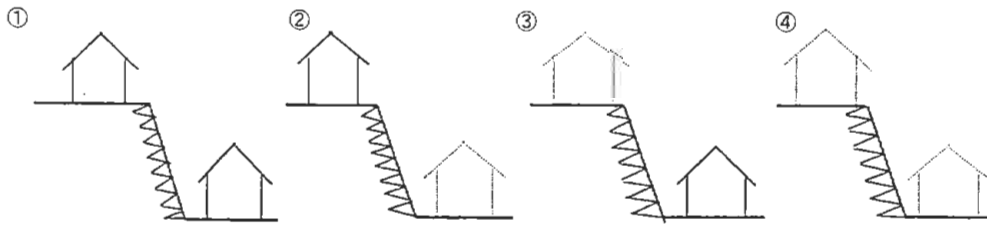


図-4.16 宅地擁壁周辺の建物状況

2) 宅地擁壁高さが各宅地擁壁に及ぼす影響 (表-4.13、図-4.17、図-4.18)

練石積造擁壁及び増積み擁壁は、高さにかかわらず、均一の割合となっているが、コンクリート系擁壁は、高さ 3m 以下または、5m を越えるものが多くなっている。空石積造擁壁は、4m 以下が多く、二段擁壁は 5m を越えるものが多くなっている。

	練積造擁壁	空石積造擁壁	コンクリート系	増積み擁壁	二段擁壁	総件数	割合
2m以下	23	10	32	2	7	74	29
2mを越え3m以下	39	6	21	5	2	73	29
3mを越え4m以下	22	0	9	9	3	43	17
4mを越え5m以下	21	1	8	2	2	34	13
5mを越えるもの	5	1	10	4	10	30	12

表-4.13 宅地擁壁の種類毎の高さ別分類

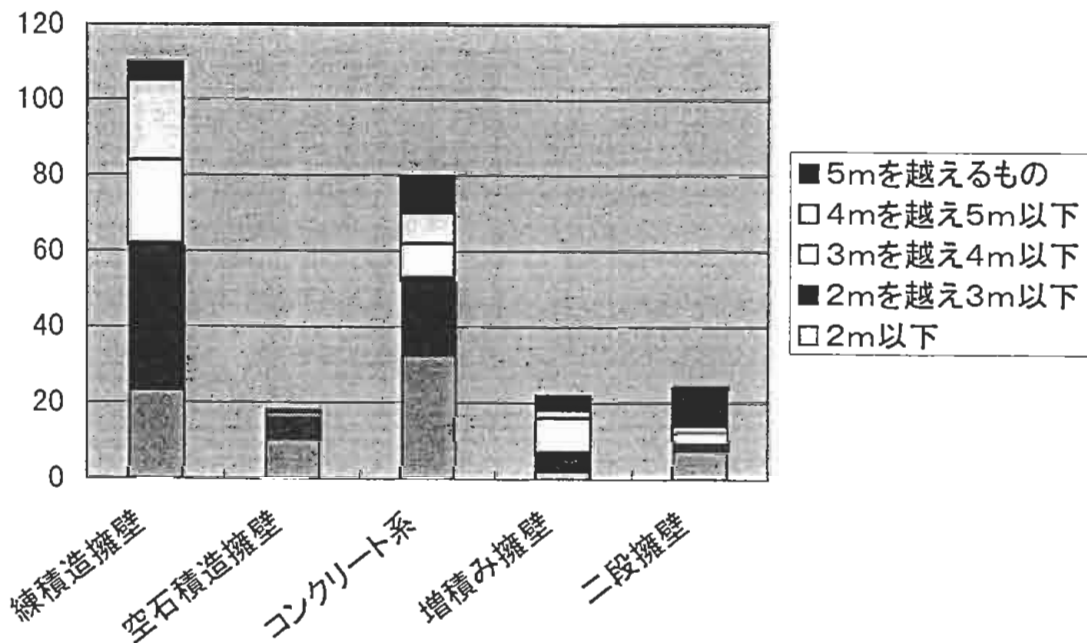


図-4.17 宅地擁壁種類別高さの割合

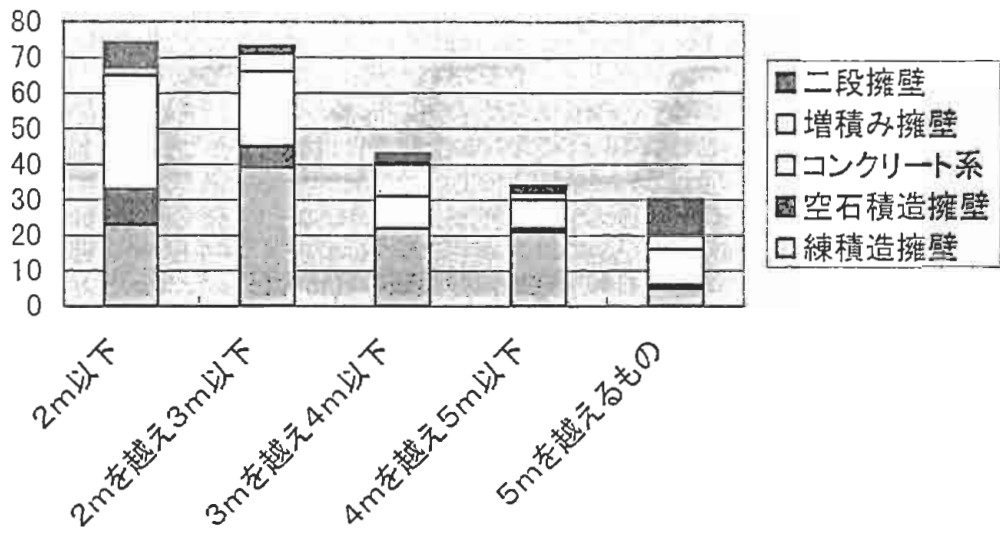


図-4.18 宅地擁壁高さ別擁壁種類の割合

3)地下水が宅地擁壁に及ぼす影響（表-4.14、図-4.19）

湧水を生じているものは、湿潤が13%、滲み出しが多く19%、流出がほとんどないが1%であった。また水抜き穴のないものが20%を占めている。したがって、宅地擁壁背面の地下水の上昇が宅地擁壁の老朽化に及ぼしていることが考えられる。特にコンクリート系擁壁のうち、鉄筋コンクリート（RC）擁壁は、クラックから水が進入し鉄筋腐食に繋がっている可能性が高い。二段擁壁は既存不適格の構造でさらに滲み出しが多く、水抜き穴が無いものが多いなどの状態にある。

表-4.14 宅地擁壁の種類毎の湧水及び水抜き穴の状況

擁壁の環境条件	項目	練積造擁壁	空石積造擁壁	コンクリート系	増積み擁壁	二段擁壁	総件数	割合
湧水	乾燥	48	14	39	11	18	130	66%
	湿潤	10	0	9	5	2	26	13%
	滲み出し	13	2	15	2	6	38	19%
	流出	1	0	0	1	0	2	1%
水抜き穴	有	102	9	75	19	20	225	80%
	無	13	14	13	6	10	56	20%

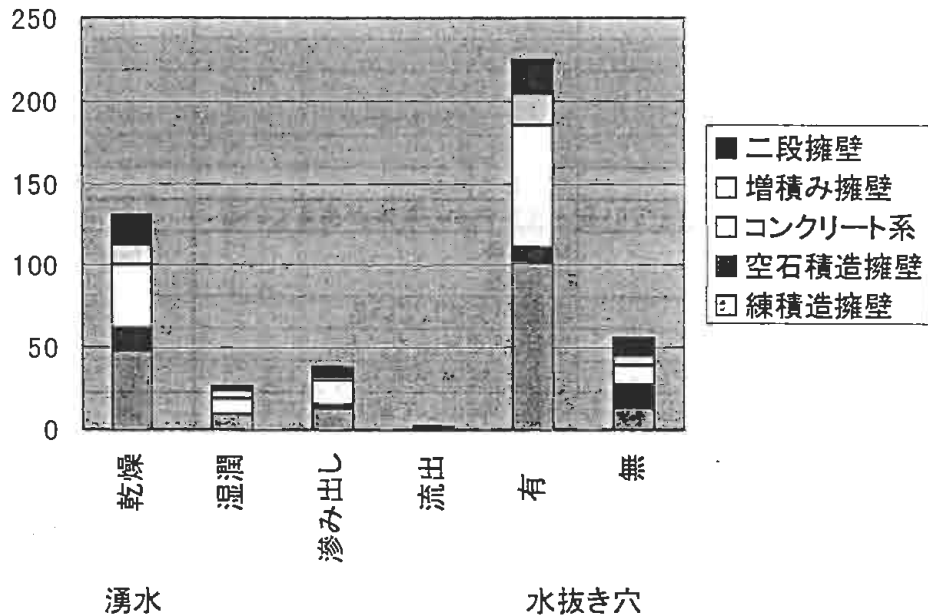


図-4.19 宅地擁壁の種類毎の湧水及び水抜き穴の状況

(4) 劣化状況 (表-4.15、表-4.16、図-4.20、図-4.21)

劣化状況は、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。宅地擁壁の劣化状況の大半は、クラック程度に留まっており、既存不適格擁壁である程、載荷荷重等の影響によりクラック変状の割合が増加していることがわかる。また、地震後の際立った被害と異なり、白色生成物によるじみ出し、表面劣化、風化、水抜き穴から草木が繁茂している等が、見受けられる。その劣化原因が多種多様にわたり、また変状程度に対する観察や判断等の評価項目も人によって異なることから、危険度を評価することが非常に困難となっている。

表-4.15 宅地擁壁の劣化状況一覧表

劣化状況		件数	割合
不同沈下	全体的に波打っている	10	6%
	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	
	出隅部のクラック	64	
はらんでいる	はらんでいる	49	7%
目地	はがれている	12	11%
	前後にずれている	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%

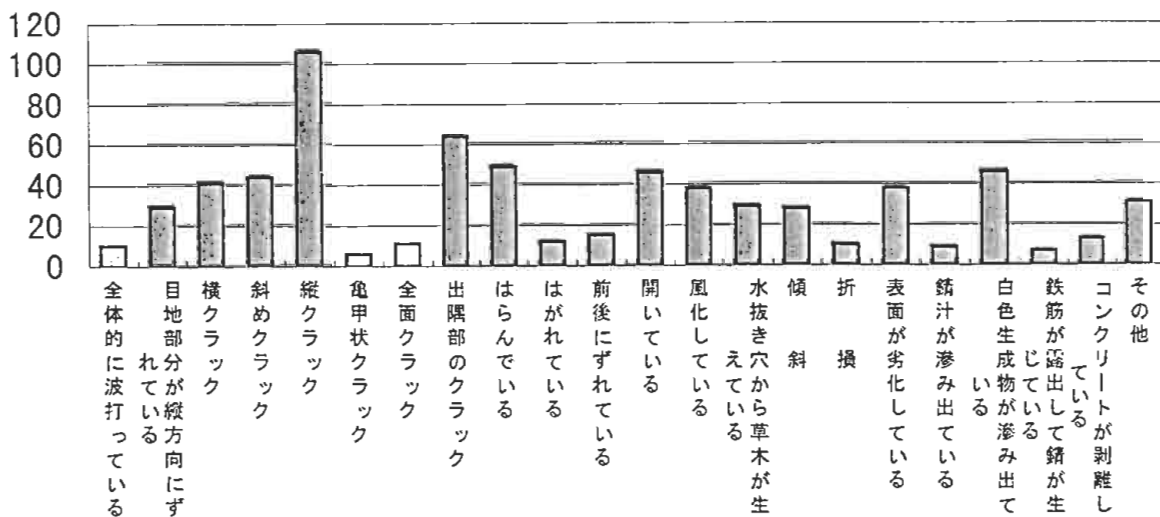


図-4.20 宅地擁壁の劣化状況

表-4.16 宅地擁壁種類毎の劣化状況

	練積造擁壁	空石積造擁壁	コンクリート系	増積み擁壁	二段擁壁	総件数	割合
不同沈下	14	6	14	2	3	39	7%
クラック	109	16	87	23	37	272	47%
はらんでいる	19	6	5	8	11	49	8%
目地	30	5	26	6	6	73	13%
風化している	16	4	12	3	4	39	7%
水抜き穴から草木がはえている	13	0	8	2	5	28	5%
表面が劣化している	16	0	15	2	5	38	7%
白色生成物が滲みでている	20	1	15	4	6	46	8%

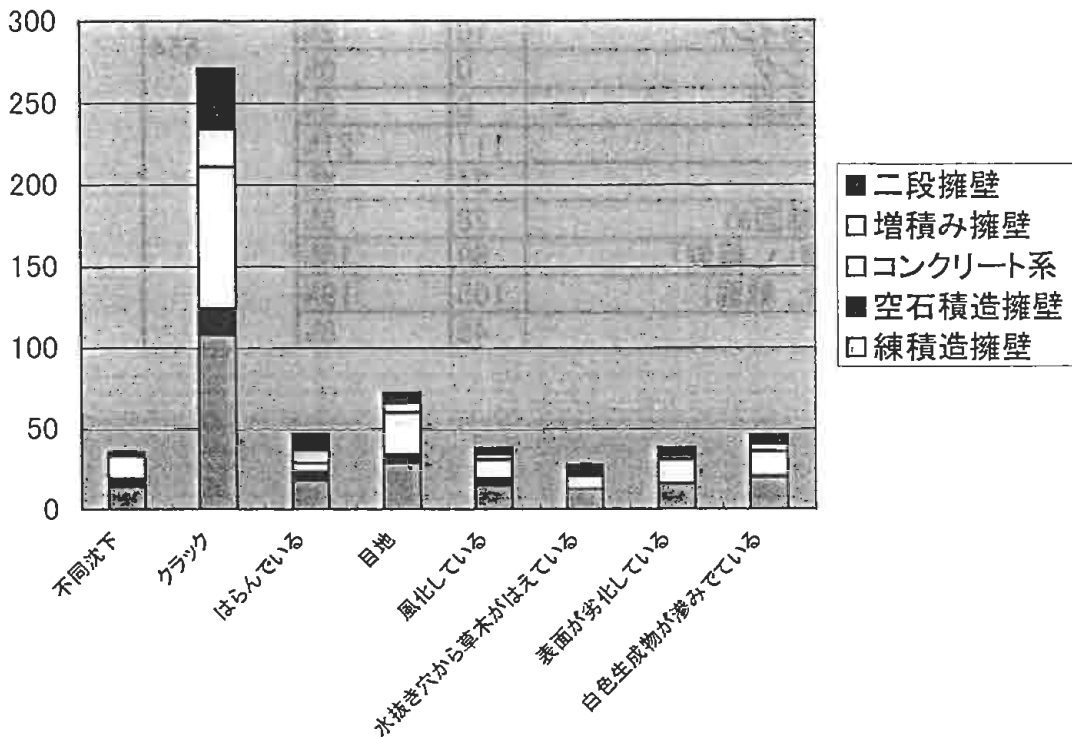


図-4.21 宅地擁壁集類毎の劣化状況

(5) 想定される劣化原因 (表-4.17、図-4.22)

ここで想定される原因については、現地調査者での判断を基にその周辺の環境条件から著者らが新たに検討を加え判断したものを採用した。想定される劣化原因は、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。

宅地擁壁に変状を及ぼす劣化原因としては、コールドジョイント等の施工不良が非常に多い。次に盛土地盤や軟弱地盤、背後がのり面等の土圧を受けて目地違い等を引き起こしているもの、及び経年変化による劣化（風化）が殆どである。その他にも、不十分な締固め、乾燥、収縮、アルカリ骨材反応、被り不足や中性化による鉄筋さびが見られる。現在は、宅地造成等規制法施行後、40年を経ている程度であるので、どちらかといえば施工不良が目立ち、コンクリート擁壁の劣化も増加しつつある。今後は、想定原因として表面的には変状程度が判断し難いが、以上にあげた諸々の要因が総合的に関与して全体的な劣化が内在した強度の低下が進行しており、一度地震が発生すると、見掛け以上

の破損、崩壊を生じて、人命に及ぼす影響が大きくなることが予想される。

今後、地震による被害を未然に防ぐためには、宅地擁壁老朽化の判断指標を定量的に評価できるようにしなければならない。

表-4.17 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%	
ブリーディング	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%	

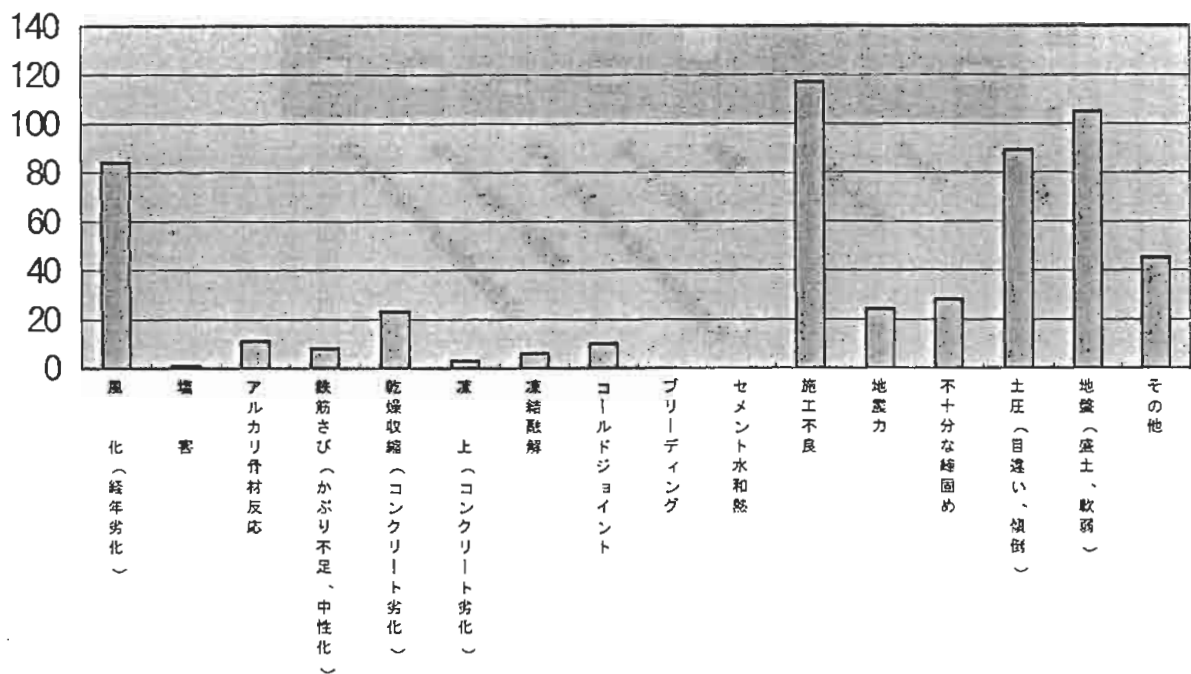


図-4.22 劣化原因別件数