

宅地擁壁の耐震補強・診断技術と適用事例

千代田コンサルタント 正会員 橋本 隆雄

1. はじめに

阪神・淡路大震災においては、約 5,000 箇所の宅地擁壁が被害を受けた。その内、全壊・上部半壊といった被害程度が甚大な擁壁は、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。このような老朽化した宅地擁壁は全国に存在し、これらの適切な補修、補強を行う必要がある。しかし、擁壁変状の危険度を判断する方法及び基準が確立していないため、老朽化等による変状をきたしている擁壁の選別さえも十分に行える状況ではない。

本研究では、「被災宅地危険度判定士」制度の指針として採用された宅地擁壁変状調査の現状と今後の情報処理及び補強技術まで総合的な研究を行うものである。

2. 阪神・淡路大震災における被災宅地調査

(1) 宅地被害調査

阪神・淡路大震災に伴う宅地被害調査は、建設省から要請を受け、住宅・都市整備公団が組織した支援団により、震災直後の 1995 年 1 月 22 日から 28 日までの 7 日間で延べ 350 人（約 50 人/日）により、約 3700ha の第 1 次調査を実施し、被災概要の把握を行った。その後の同年 2 月 6 日から 16 日の 11 日間で延べ約 420 人（38 人/日）で第 2 次調査が実施され、被災箇所の対策が検討された（図-1 参照）。

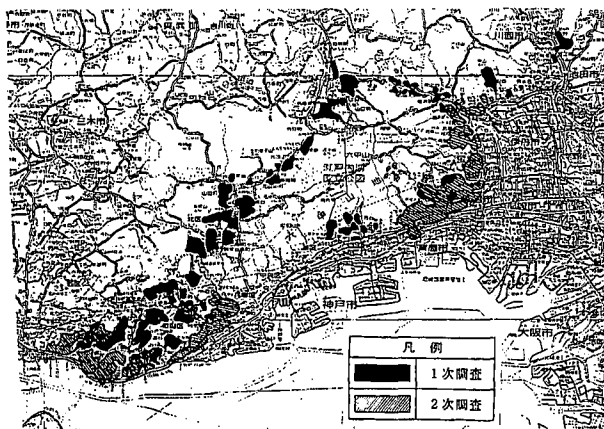


図-1 宅地被害調査箇所

これらの調査の結果から、被災宅地の箇所のうち半数に近い約 2,300 箇所では、安全のために何らかの対策が必要であり、住宅の所有者に対して修復の勧告が行われた。

(2) 宅地被災調査結果

丘陵地、山地の急峻な一般宅地は、神戸独特の地形、地質の地域特性から擁壁により用地確保を図っていたために、増し積み擁壁、二段擁壁、張出床版付擁壁に被害が多かった。この理由としては、昭和 37 年宅地造成等規制法以前の擁壁、または規制法に基づいていない既存不適格な擁壁がほとんどであったためと思われる。

以下に示す被害状況調査結果は、主に兵庫県の神戸市、西宮市、芦屋市、川西市の宅地造成地における擁壁を含む宅地地盤に関する被害を対象としてまとめたもので、被災擁壁形態別割合を円グラフで表す（図-2、図-3 参照）。

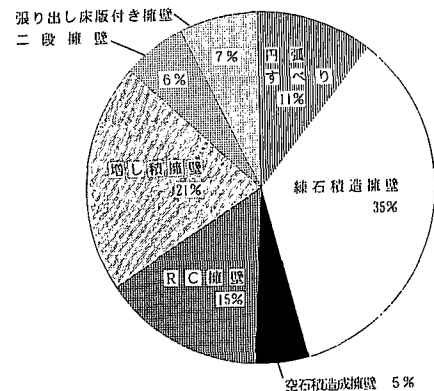


図-2 全体被害状況の割合

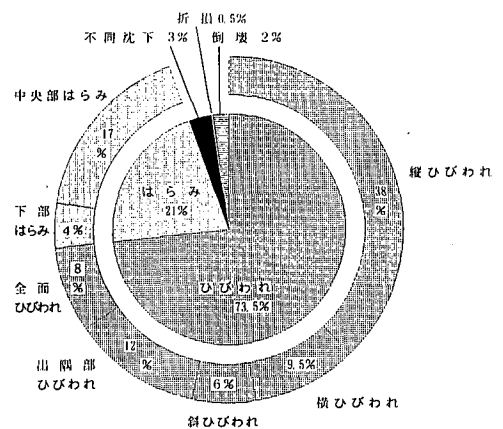


図-3 練石積擁壁の被害割合

キーワード：宅地被害調査、危険度判定、擁壁補強、維持管理、点検

連絡先：住所) 東京都千代田区飯田橋 3-3-7 TEL) 03-3261-8820 FAX) 03-3261-8818

3. 被災宅地危険度判定

(1) 被害状況調査及び危険度判定

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、後述する危険度評価基準により大・中・小、の三区分に判定される。大と判定された宅地は、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。

調査目的、調査対象施設、調査期間、調査手法は、表-1に示すとおりである。

表-1 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 ・ガリー浸食等 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）	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
【行政が対処】	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。

(2) 危険度判定の流れ

地方公共団体は、大規模災害発生後の混乱期において、的確な被害状況の把握と危険度判定を限られ

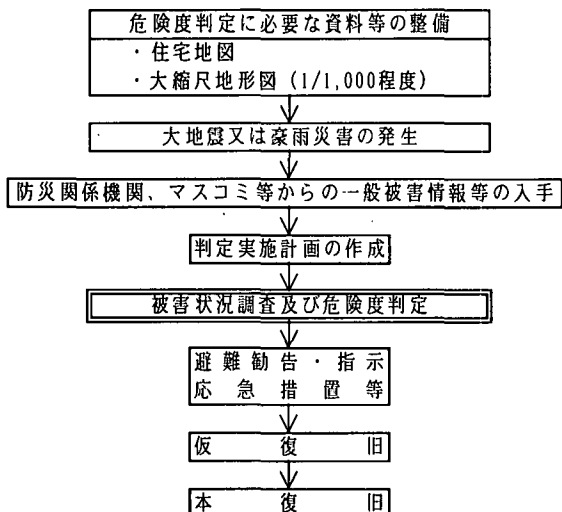


図-4 宅地における擁壁等の被害状況調査及び危険度判定の流れ

た人員で限られた期間内に実施する必要があることから、防災関係機関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-4参照）に適合した段階的かつ合理的な危険度判定を実施することが必要である。

(3) 擁壁の危険度判定

被害の判定値となる危険度評価は、それぞれの変状項目について、擁壁の種類及び変状程度「大・中・小」に応じて配点された内の最大値をもって行う。

最大値をもって危険度を評価する理由としては、擁壁の被害は、はらみ、クラック等の多様な形態があるが、例えば基礎が破壊されていれば、それだけでその擁壁は取り壊さなければならないダメージを受けているといえる（図-5(a)参照）。また、鉄筋コンクリート擁壁で、壁体が斜めせん断により折損（後傾）している場合は、全部取り壊す必要があるなど、その一点だけで危険性が決まってしまうケースがある（図-5(b)参照）。

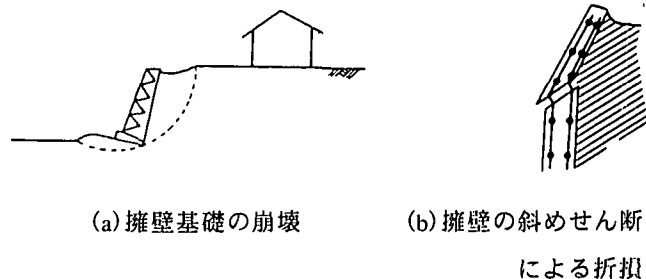


図-5 擁壁の被害例

したがって、個々の変状点を加算する方式よりも、最も大きな被害を受けている項目に着目した方が、その全体の危険度を的確に判断できると考えた。例えば、コンクリート系擁壁で、5mm以上のクラック（6点）と5mm未満の水平移動（3点）が発生している場合は、最高点が6点となり危険度は中となる。

また、点数については、阪神・淡路大震災における被害形態を参考に作成しているので、今後発生する地震・豪雨等の災害形態や地域の地形・地質条件等によって、この基準を使うことが適当でないと考えられる場合は、別途検討するものとする（表-2、表-3参照）。

表-2 擁壁の変状項目と配点表

項目	程度	変状の程度「大・中・小」の概要説明														
		小				中				大						
共通事項		●変状をきしているが、その部分を補修することにより、その機能が回復するもの。				●被災を受けており、補修又は部分的な改修によりその機能が回復するもの。				●致命的な打撃を受け、その機能を失っているもの。また、復旧には全体の改修を要するもの。						
配点		練 増 コソ ニ 張				練 増 コソ ニ 張				練 増 コソ ニ 張						
		1	2	3	4	5	3	4	4	5	7	4	5	6	7	8
1	クラック (傾)	2mm未満のクラックはあるが、機能上の支障なし(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2～5mm)				2cm以上(コンクリート系擁壁の場合5mm以上)						
2	水平移動 (傾斜目地前後のずれ)	5mm未満の隙間(変位)がある				5mm～5cmの隙間(変位)がある				5cm以上の隙間(変位)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又は目地の開きがある。				5mm～5cmの目地上下のずれ又は目地の開きがある。				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 (テションクラック、折れ、中抜け)	小規模のハラミ及び中抜け(積石が1～2個抜け落ちる。)				宅盤にテションクラック無し円弧すべりのおそれ無し				宅盤にテションクラック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でなく、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				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	積み石がずれている。				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の破裂	破裂して水が流出している。														

【配点表】練→練石積み擁壁、増→増し積み擁壁、コソ→コンクリート擁壁、ニ→二段積み擁壁、張→張出し床版付擁壁

表-3 擁壁被害状況調査・危険度判定表

調査票		調査日時	〇年〇月〇日	調査番号	A-1
被災発生場所	地名又は陣山外番名 〇〇市〇〇区〇〇町〇〇番地				
所有者・管理者氏名	内山 一郎	記入者氏名	廣田 太郎	TEL:	0687-65-4321
所有者・管理者の連絡先	TEL: 012-345-6789	居住者への説明	<input checked="" type="checkbox"/> 済 <input type="checkbox"/> 未了	居住者不在	<input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 是
<input type="checkbox"/> アラック <input type="checkbox"/> 水平移動 <input type="checkbox"/> 下向き下 <input type="checkbox"/> 上向き上 <input type="checkbox"/> 両向き両		<input type="checkbox"/> 傾斜 <input type="checkbox"/> 傾斜 <input type="checkbox"/> 折損 <input type="checkbox"/> 崩落			
被災写真の有無	<input checked="" type="checkbox"/> 有 写真番号 [A-1①~⑨]				
特記事項	壁面が傾斜に迫っているので増し積みが倒壊すると家屋にも被害が及ぶ危険がある。 また、ハラミの通行により、歩行者、車に支障が生じるため非常に危険である。				

擁壁の種類	<input type="checkbox"/> 擁壁 <input type="checkbox"/> 空石積擁壁 <input type="checkbox"/> コンクリート系擁壁 <input type="checkbox"/> その他	<input checked="" type="checkbox"/> コンクリート系擁壁 <input type="checkbox"/> 石積み擁壁 <input type="checkbox"/> 石積み <input type="checkbox"/> その他	傾斜部分(化粧フラット) 傾斜部分(乱石積)	傾斜部分(化粧フラット) 傾斜部分(乱石積)
擁壁の高さ	上部: 〇m 下部: 〇m	傾斜部分: 〇m 下部: 〇m	傾斜部分: 〇m 下部: 〇m	傾斜部分: 〇m 下部: 〇m
傾斜の角度	<input type="checkbox"/> 水平 <input type="checkbox"/> 傾斜	<input type="checkbox"/> 傾斜 <input type="checkbox"/> 折損	<input type="checkbox"/> 傾斜 <input type="checkbox"/> 折損	<input type="checkbox"/> 傾斜 <input type="checkbox"/> 折損
擁壁の設置条件	<input type="checkbox"/> 土 <input type="checkbox"/> 石	<input type="checkbox"/> 土 <input type="checkbox"/> 石	<input type="checkbox"/> 土 <input type="checkbox"/> 石	<input type="checkbox"/> 土 <input type="checkbox"/> 石
表地の地盤の種類	<input type="checkbox"/> 土 <input type="checkbox"/> 石	<input type="checkbox"/> 土 <input type="checkbox"/> 石	<input type="checkbox"/> 土 <input type="checkbox"/> 石	<input type="checkbox"/> 土 <input type="checkbox"/> 石
気象の有無	<input type="checkbox"/> 晴 <input type="checkbox"/> 曇	<input type="checkbox"/> 晴 <input type="checkbox"/> 曇	<input type="checkbox"/> 晴 <input type="checkbox"/> 曇	<input type="checkbox"/> 晴 <input type="checkbox"/> 曇
項目	程度	小	中	大
1 アラック	1	2	3	4
2 水平移動	2	3	4	5
3 下向き下・目地の開き	3	4	5	6
4 ハラミ	4	5	6	7
5 傾斜・傾斜	5	6	7	8
6 擁壁の折損	6	7	8	9
7 崩落	7	8	9	10
8 空石積擁壁の崩落・崩落	8	9	10	10
9 基礎及び基礎地盤の被害	9	10	10	10
10 排水施設の変状	10	10	10	10
11 擁壁背面の水道管破損	10	10	10	10
12 傾斜部分の水道管破損	10	10	10	10
項目	程度	小	中	大
1 アラック(組)	2cm未満のフラックがあるが、傾斜上の支障無し(コンクリート系擁壁の場合2cm未満)~5cm	2cm~2cm(コンクリート系擁壁の場合2cm以上)~5cm	2cm以上(コンクリート系擁壁の場合5cm以上)	5cm以上
2 水平移動(傾斜部)	5cm未満の隙間がある。	5cm~8cmの隙間がある。	8cm以上の隙間がある。	8cm以上の隙間がある。
3 下向き下・目地の開き(目地上下・左右の開き)	5cm未満の目地上下の開きがある。	5cm~8cmの目地上下の開きがある。	8cm以上の目地上下の開きがある。	8cm以上の目地上下の開きがあり、流動、傾斜のおそれがある。
4 ハラミ	小規模のハラミ及び中ヌカ(積石が1~2個程度落ちる)	定数に達しないハラミ、傾斜部のおそれ無し。	傾斜部のおそれ有り。	傾斜部のおそれ有り。
5 傾斜・傾斜	傾斜が前面地盤に対し傾斜以下(コンクリート系擁壁の場合、天端5cm未満の傾斜)	傾斜が前面地盤に対し傾斜以上(コンクリート系擁壁の場合、天端5cm以上の傾斜)	傾斜が前面・傾斜して、その傾斜を失っているもの。	傾斜が前面・傾斜して、その傾斜を失っているもの。
6 擁壁の折損	フラックを傾けずに傾斜に角度をなして折れている。傾斜部が曲線的なく、フラックを傾斜に傾斜している。	フラックを傾けずに傾斜に角度をなして折れている。傾斜部が曲線的なく、フラックを傾斜に傾斜している。	傾斜が前面・傾斜して、その傾斜を失っているもの。	傾斜が前面・傾斜して、その傾斜を失っているもの。
7 崩落	中間部から上が崩れている。	傾斜部を崩壊して崩れている。	傾斜部を崩壊して崩れている。	傾斜部を崩壊して崩れている。
8 突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。	支柱のコンクリートがはがれて鉄筋が見えている。	支柱のコンクリートがはがれて鉄筋が見えている。
9 空石積擁壁の崩落・崩落	積み石がズレている。	積み石がズレている。	積み石がズレている。	積み石がズレている。
10 基礎及び基礎地盤の被害	大規模な沈下やアラックが生じている。	大規模な沈下やアラックが生じている。	大規模な沈下やアラックが生じている。	大規模な沈下やア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、天端排水溝の裏面にフラックが見られる。	天端排水溝にずれ、欠損がある。又は、天端排水溝の裏面にフラックが見られる。	天端排水溝にずれ、欠損がある。又は、天端排水溝の裏面にフラックが見られる。	天端排水溝にずれ、欠損がある。又は、天端排水溝の裏面にフラックが見られる。
12 傾斜部分の水道管破損	破損して水が流出している。	破損して水が流出している。	破損して水が流出している。	破損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。)			
危険度判定	大 8 点 (大規模な被害)			
所見(記入者の意見)	壁面が傾斜に迫っているため増し積みが必要で、増し積みを行う際には、傾斜部分の排水施設も確認が必要である。			

(4) 危険度判定結果のステッカーによる

現地表示等

調査票による被災宅地危険度判定結果から被害程度に応じた現地表示を行う(図-6参照)。

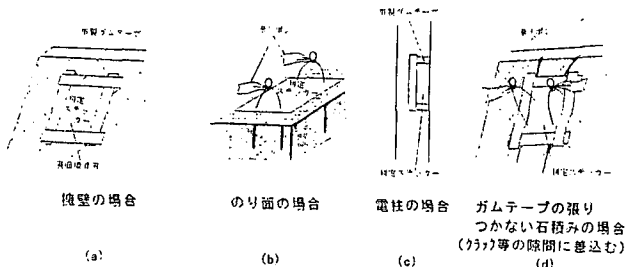


図-6 判定ステッカーによる現地表示方法(例)

4. 調査票のソフト化の提案

これまで使用していた調査票は、手入力によるアナログ情報であり、今回のような大災害に用いた場合、以下のような点について改善すべき課題が残された。

- ①データ(紙面)の集積に膨大な時間を要する。
- ②迅速かつ的確な情報処理ができない。

③現場で本部と連絡調整ができない(緊急措置)。

阪神・淡路大震災の調査では、調査票の入力において、大災害であるほど尚更「慣れ」や「個人差」によるバラツキが生じやすいと感じた。調査票の判定基準は、これまでの調査方法に撮影写真などを付け、さらに具体的に被災した目的物の種類別、被害現象別に数値化し、その集計結果により大・中・小の判定ができるデジタル情報化に改良することを考えた(図-7参照)。

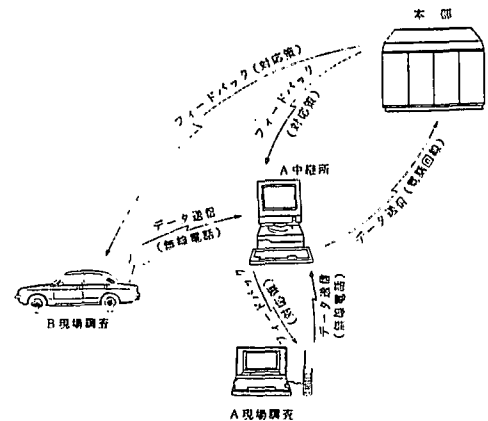


図-7 被害状況ネットワーク

被災現地における「宅地危険度判定」を行うに当たり、防水・耐震性のノート型パソコン等市販機器の組み合わせでどこまでできるかの検討を行った。調査内容を分類すると、表-4のように分けられる。

表-4 調査票内訳配分

① 位置情報	④ 擁壁の基礎的条件
② 被害状況	⑤ 被害判定点数評価
②-1 平面図	⑥ 総合評価による緊急度評価
②-2 断面図	
③ 特記事項	

①位置情報：人工衛星 GPS を利用し、現在位置を座標（緯度・経度）によって確定する（図-8参照）。

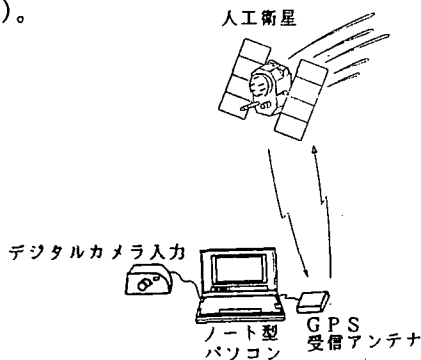


図-8 ①、②におけるデータ入力方式

- ②-1 被害状況（平面図）：現在市販されている地図として、(1)住宅地図、(2)電子地図、(3)都市計画図、(4)国土地理院発行の地図（1/10,000）等がある。このデジタル化は、電子地図及び住宅地図が作成されている地域以外には、ペンタイプによる手入力が考えられる。
- ②-2 被害状況（断面図）：現地の情報を詳細に把握するためには、(1)ペンタイプによる手入力方法、(2)デジタルカメラ等による入力方法がある。
- ③特記事項：被害状況図（断面図）を利用して工法の検討を行い、その被害状況によって、今後予想される危険性及び緊急措置について手入力する。
- ④擁壁の基礎的条件：擁壁の種類、見付け高さ、勾配、設置条件、裏込地盤の種類（想定）、家屋の有無、湧水、排水施設を手入力する。
- ⑤被害判定点数評価（図-9参照）：被害状況の形態（大・中・小）に分け、各項目に応じたプルダウン形式又はウィンドーズ形式による選択決定方式により点数評価する。
- ⑥総合評価による緊急度判定：被害状況の形態に

よる判定を基に人命・財産・交通の緊急度により避難、応急対策の判断・決断の資料とする。

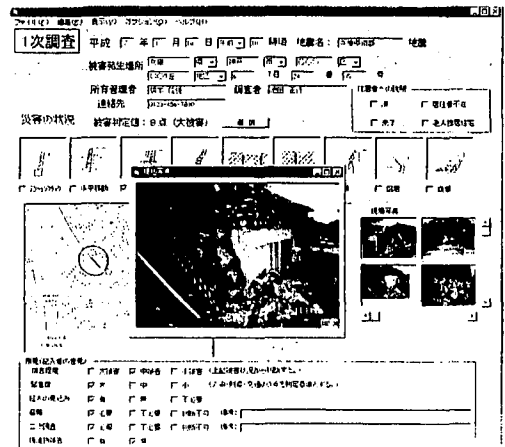


図-9 プルダウン方式による被害判定評価

これらのデジタル情報は、各地域の被害状況を移動中継所を経て本部において早期に収集・分析を行い、一画面上のデータとして捕らえることができる。また、交通網情報等のナビゲーションシステムのデータとしても生かされる。さらに、情報公開により一般被災住民に避難所や安否等の確認としての利用も図られる。

以上のシステムの提案は、市販機器で十分可能であり、早急な体制づくりが望まれる。

5. 擁壁補修・補強システム

(1) 阪神・淡路大震災における

工法選定の基本方針

阪神淡路大震災における民間の宅地擁壁を補修・補強するにあたって、行われた工法選定についての基本方針は次のようになる。

- ①安全かつ経済的な工法を選ぶ
- ②現在の技術基準に適合する構造
- ③迅速に施工できる工法とする
- ④新たに設置した施設の管理区分が明確な構造
- ⑤維持管理が容易な構造
- ⑥被災擁壁の所有者以外の者、特に擁壁下部の宅地所有者に過度の負担を強いることがない構造
- ⑦擁壁上部の土地利用の際、著しい障害とならない構造

民間の宅地擁壁を公共施設（急傾斜地崩壊防止施設）として復旧した際には、各事業箇所の現場条件に基づき、その多くが重力式擁壁となっている（図-10参照）。

しかし、阪神・淡路大震災における復旧・補強工

法の実状を見ると、民間宅地擁壁の所有者が行う際には、崩壊寸前のものを除き、できるだけ建物に影響のないように既存擁壁を補強している。また、被害程度が大きいにもかかわらず、軽微な工法を採用している場合も数多く見受けられた。

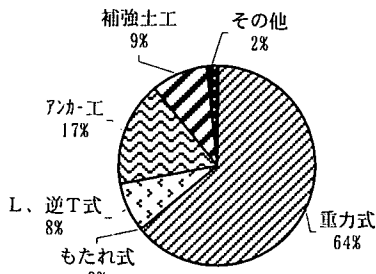


図-10 復旧工法の種類

(2) 阪神・淡路大震災を教訓とした

宅地擁壁補強工法の考え方

補強が行われた箇所の特徴は次のようになる。

- ①地盤のN値が小さい(図-11, 12, 13参照)。
- ②住宅密集地内での施工であったため、施工スペースが非常に狭い。

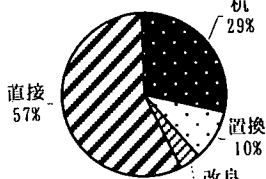


図-11

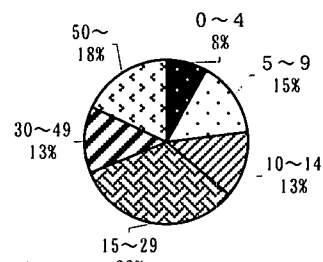


図-12

擁壁工の基礎処理の種類

被災擁壁基礎付近の

N値の分布

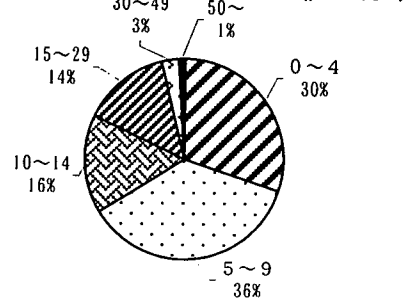


図-13 被災擁壁背面土のN値の分布

このため補強工法の選定は、これらの現場条件に制約を受けている。土木施設の構造選定は、一般的に工学的なパラメータと経済性を重視し、構造を決定する。しかし、この復旧・補強現場においては、民々間の用地境界や作業スペース等の現場条件の制約に重きを置いて、構造を決定せざるを得なかったようである。個人宅地擁壁にやむを得ずグラウンドアンカー工法や補強土工法(鉄筋類挿入工法・網状鉄筋挿入工法)、薬液注入工法等を採用する場合

は、次の事項について十分配慮に入れて計画・実施しなければならない(表-5、図-14参照)。

表-5 主な補強工法の目的及び特徴

	概念図	目的	特徴
目地詰め工		構造的に支障がない軽微なクラックの補修・補強を目的とする。	最も簡便な方法で、雨水の浸透や鉄筋類の防錆に効果がある。セメントモルタルや樹脂系のものである。
沿え打ち工		擁壁のクラックや、ハラムミを抑えるために用いる。	目地詰め工と格子枠工との中間的なものとして取り扱われることが多い。表面を化粧型枠で修繕することもできる。
格子枠工		基礎は無事であるが擁壁部分がやや不安定である擁壁を補強することを目的とする。必要に応じさらに、補強土工やグラウンドアンカー工等を併用する場合もある。	在来の擁壁の壁面を残した形で補強ができるような場合に適切である。枠工は大別して吹付枠工と現場打ちコンクリート枠工がある。
補強土工		擁壁及び背面地盤の安定化を目的として、擁壁表面又は背後地盤直上から鉄筋類を挿入定着させる工法である。	作業スペースさえあれば、現状のまま補強が可能である。軽微なものは鉄筋類挿入工法が用いられ、重症の安定化を必要とする場合に、網状鉄筋挿入工法が用いられる。
グラウンドアンカー工		擁壁のクラック、ハラムミ等の被害が大きく、現場打コンクリート格子枠工、コンクリート沿え打ち工等の工法を併用してその安定性を高めることを目的とする。	自由長、定着長が定まっているため、狭小な宅地では、隣家に入り込む場合もあるので注意が必要である。維持管理が重要で、直上からの杭打等は行えない。格子枠、沿え打ち工で安定を保てない場合は有効である。
抑止工		擁壁背面のすべり破面を抑制し、擁壁に加わる土圧を軽減してその崩壊を防止する。	作業スペースさえあれば、現場に於ける土圧を軽減してその崩壊を防止する。杭打機の高さ、打撃等について十分配慮しないと、不安定になっている擁壁の崩壊を誘引することになるので注意が必要である。

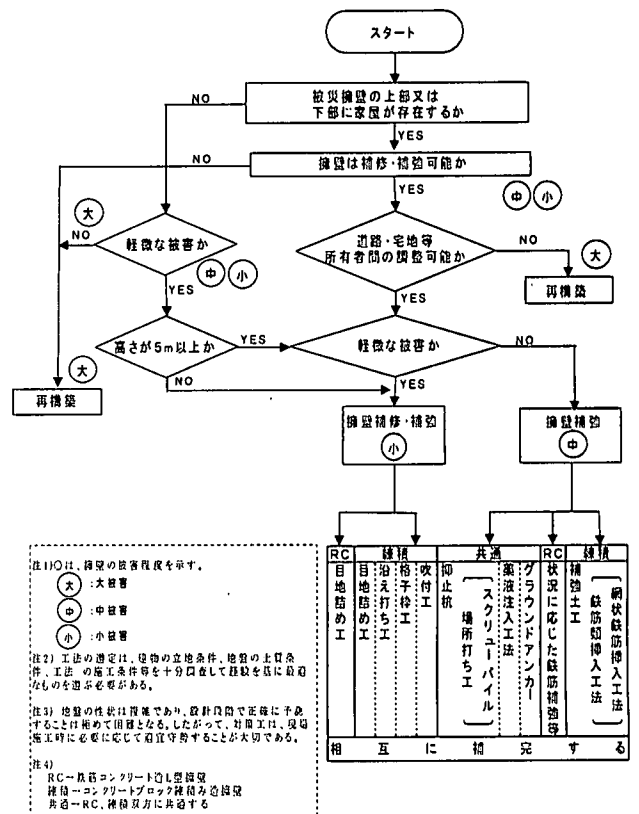


図-14 擁壁補強工法の選定フロー

①補強土工法：建物の基礎地盤に鉄筋類を挿入する補強土工法（ネーリング工法）及び網状鉄筋挿入工法（ルートパイル工法）などがあるが、これらの工法は歴史が浅く、理論的に解明すべき点も多く残されているので、条件を十分確かめて使用する。

②グラウンドアンカー工法：アンカーの緊張力が低下した場合に、事故につながる恐れもある。したがって、一般的には、維持管理上、適切な維持管理を行う必要があるため、個人が行う管理の負担も重い。アンカーの長さは、最小でも自由長4m、定着長3m（合計7m）が必要であり、かつ地山に定着させることが条件となっている。個人宅地において使用するには一般的に長すぎ、隣地まで達する場合も考えられ、所有者の仕様承諾を得ることが必要になる。

③薬液注入工法：この工法は、不均一な土質における地質改良や期間的な面でも不確実な要素が多い。

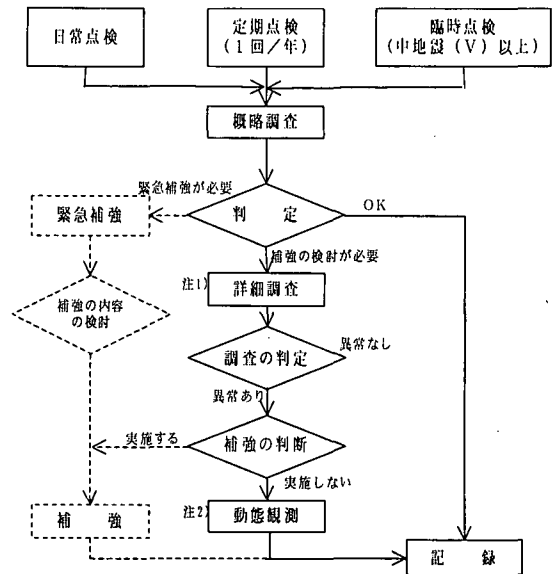
6. 補強土工法の維持管理

補強土工法は歴史がまだ浅く長期信頼性を正確に評価する実績及び資料は少なく、永久構造物への摘要に当たっては維持管理が必要な要素となってきたことから、維持管理方法等について検討を行った。局所的に腐食が進行している場合には、何らかの変状が擁壁に発生してくる。したがって、表-6に示すように擁壁変状の点検を確実にしておけば、例えば補強材の増し打ちなどの補強工事に対処する時間的余裕がとれ、安全点検の効果が十分あがることとなる。

表-6 補強土工法の点検事項

項目	概念図	点検内容
補強材間の変状		擁壁工の変状が、補強材間に生じているかどうか注意する。
補強材の引き込み・押し出し		補強材が土中に引き込まれているか、押し出されているか。その結果、補強材周辺に変状が生じていないか。押し出されている場合には、大きなすべりが生じている可能性が高いので注意しなければならない。
補強材の腐食によるにじみ出し		補強材が腐食していないか、湧水はないか。特に補強材材頭部周辺は、腐食しやすいので注意する。
補強領域全体の移動		補強領域全体が移動していないか、クラックはないか。補強土工法は主に浅いすべりを防止する目的で実施されるので、かえって深い大きなすべりを見落とす危険があるので注意する。
天端の沈下・はらみ出し		天端の見通しに沈下はらみ出しがないか注意する。

維持管理の業務を大別すると、点検、調査、動態観測及び補強の4項目に分類することができる。これらの業務の流れを図-15に示す。



注1) 調査は、点検では損傷の評価が十分にできない場合に実施するものであり、損傷の状況を定量的に解析評価するものである。
注2) 動的観測は、損傷はあるが、補修を実施しなかった場合にその後点検（主に日常及び定期点検）の中で追跡的に行うものである。

図-15 維持管理業務の流れ

7. 鉄筋コンクリート造L型擁壁の補修・補強

今回の阪神・淡路大震災では、鉄筋コンクリート造L型擁壁の被害事例は極めて少なかった。これらの被害の原因としては、地震力により目地部での突き合わせやコーナー部でのクラックや地盤が軟弱なための水平移動、不同沈下、目地の開き、さらに大きな土圧・外力による傾斜、破損、住宅地入口の歩行者のための桁やスラブ等の荷重による折損等がみられた（図-16、表-7参照）。

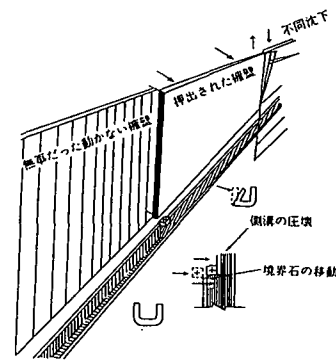
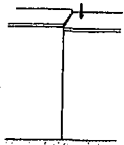
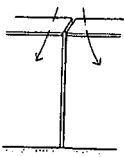
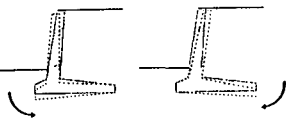
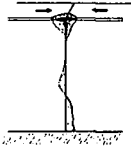
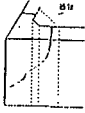
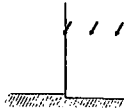
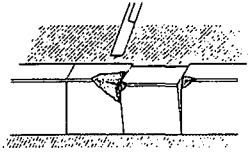
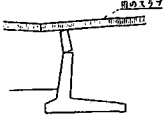


図-16 基礎部の変状の恐れのある壁体等の変状

表-7 鉄筋コンクリート造L型擁壁の変状状況及び対応策

	変状状態	被災状況	対応策
不同沈下		地震力により地盤が部分的に軟弱化し、不均一な沈下変異の現象を生じたもの。	軽微なものについては、進行性がなければ、現状維持とする。ただし、2 cmを超えるずれが生じているものについては、さらに進行性があると認められた場合は、調査の上、原則として再構築とする。
目地の開き		地震力により基礎地盤が部分的にゆるみ、不均一となって目地部での開きを生じたもの。	軽微なものについては、進行性がなければ、現状維持とする。ただし、2 cmを超えるずれが生じているものについては、背面の土砂が流出しないよう背面部に鉄板等でしきり、エラストイト等を挿入してそのすき間をコンクリートまたはモルタルを充填する。
傾斜		基礎地盤が部分的に軟弱化し、地震力やその後の降雨等により土圧、水圧が増大し、擁壁天端または擁壁下部が前方に押し出される現象を生じたもの。この現象が拡大すると転倒のおそれがある。	軽微なものについては、進行性がなければ、現状維持とする。背面に支持地盤があればグラウトアンカー工による補強を行う。ただし、傾斜が大きく、倒壊のおそれがある場合または進行性がある場合には、再構築とする。
クラック <small>(目地部での突き合わせ)</small>		地震力により基礎地盤が部分的にゆるみ、不均一となって目地部での突き合わせ現象を生じたもの。	「目地詰め工」により補修を行う。鉄筋部まで影響がある場合は、鉄筋周辺部まではつり、防錆処理を行った後、モルタル補修を行う。
クラック コーナー部		地震力によるコーナー部での土圧の増大により、擁壁軸方向に引張り力によってクラックの現象を生じたもの。	クラック部については、目地詰めを行う。また、コーナー部については、背面土を掘削し、現場打ちコンクリートによる断面補強を行う。この際、接着部の在来擁壁をはつり、密着性が図られるようにした後施工する。
水平移動		地震力による土圧の増大、その後の雨水の浸透による水圧力の増大による水平移動の現象を生じたもの。	軽微なものについては進行性がなければ、現状維持とする。しかし、2 cmを超えるずれが生じているものについては、周辺の状況を勘案の上、原則として再構築とする。
破損		地震による電柱の振れが擁壁背面の土圧に作用し、擁壁が破損するなどの現象を生じたもの。	鉄筋部まで影響がある場合は、鉄筋周辺部まではつり、防錆処理を行った後、型枠を組みコンクリート打ちを行う。
折損		桁やスラブ等の荷重が大地震等によって想定よりも強くかかった場合に折損する現象を生じたもの。	折損下部の擁壁が被害を生じていない場合は、桁やスラブ等の荷重及び折損上部の擁壁躯体を取り除き、折損下部末端処理を行い、その背後をのり面または、軽量盛土処理を行う。また、橋脚の補強と同様に必要な鉄筋を補強し、鉄板巻き立てや機能するのに十分なコンクリートを打ち、重力式擁壁とすることも考えられる。ただし、折損の被害が大きく安全性に不安がある場合には、再構築とする。

【参考文献】

- 1) ㈱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」平成7年5月
- 2) ㈱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」平成7年10月
- 3) 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、平成8年9月
- 4) 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、平成9年7月
- 5) 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)、平成10年7月
- 6) 橋本隆雄「被災宅地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、平成10年11月