## 第7章 土構造物

本章は、河川、鉄道・道路、宅地、上水用貯水池の盛土構造物、ため池やアースダムの堤体に代表される 各種農業施設の被害状況を地盤状況と盛土性状とを関連させて述べる。合わせて、最近多用されつつある 補強土擁壁の被害実態を調べ、その有効性についても述べる。

盛土構造物では盛土本体、付属する各種擁壁を主たる対象物として調査を行い、掘り込み河川や鉄道、 道路の地下部へのアプローチ部に設けられている土留め構造物も調査対象とした。調査方法は、それらを 管轄する各機関への聞き込みと資料提供依頼と合わせて、現地調査をも実施し、被害の実態を詳細に把握 するとともに、その原因についても可能な限り推定するようにした。調査に応じて頂いたのは、建設省、 兵庫県、大阪府、神戸市、芦屋市、西宮市、宝塚市、豊中市、日本道路公団などの公的機関、JR、阪急、 阪神、山陽、神戸電鉄などの鉄道関連機関である。提供していただいた膨大な資料のうちの主なものは再 構成して本解説書に掲載した。残りの資料のうち、資料提供機関の了解が頂けたものは、別冊の資料編に 掲載している。

土構造物の被害の分布は、震源に近い神戸や淡路だけでなく、兵庫県東部の芦屋市、西宮市、宝塚市、 尼崎市、さらに大阪府北部の豊中市、大阪市にまで及んでいる。全般に、築造年月の古い構造物が数多く 被害を受けており、年代の新しい構造物の被害は少なかった。道路・鉄道盛土、ため池などは全体に築造 年代の古いものが多く、築造年代が新しい高速道路に比べると被災率が高かった。河川堤防は、神戸市か ら西宮市に至る河川だけではなく、猪名川、神崎川、淀川でも緩い砂層の厚い下流部で大きく被災してお り、鉄道・道路に比べると、被災分布は広範囲であった。

宅地は、神戸市から宝塚市にかけての六甲山麓の丘陵の傾斜地で多数の被災を生じたほか,千里丘陵の 傾斜地でも被災している。至るところで擁壁と背面盛土が損壊しており、さらに盛土地盤全体が変位、変 形しているケースも少なくない。

上水用貯水地の被害としては、古いため池である西宮市のニテコ池で、3堤体のうち、上堤、中堤の2 つが完全に崩壊した。ダムとして作られた西宮市の北山貯水地、芦屋市の奥山貯水地、宝塚市の深谷貯水 地はダム本体の被災はなかった。

最近注目を浴びている補強土擁壁は、公園や学校,鉄道盛土に少なからず用いられている。従来の石積 み擁壁やコンクリート擁壁が多数被災したなかで、軽微な変形にとどまり、有効な耐震性を示した。

農業施設であるため池は、神戸市から明石、加古川市にかけて、また海を隔てた淡路島に数多く存在す るが、これらは全体に築造年代が古く、締固め不足に起因して堤体の変形、亀裂を数多く生じ、さらには 崩壊したものがある。

一連の調査および資料の解析により、土構造物の被災状況のほぼ全容が把握されたと思っている。

## 土構造物部会の構成

## 盛土構造物WG

役割	氏	名	勤務先
西地区主查	西	勝	神戸大学工学部土地造成研究施設
東地区主査	高田	直俊	大阪市立大学工学部土木工学科
西地区幹事	南部	光広	応用地質(株)
東地区幹事	大島	昭彦	大阪市立大学工学部土木工学科
河川G	福田	雅	(株)土質工学研究所
	荒木	繁幸	(株)ダイヤコンサルタント
	安藤	増実	(株)かんこう
	丹田加	進次郎	(株)淺沼組
	八谷	誠	中央復建コンサルタンツ(株)
	吉田	信之	京都大学工学部土木工学科
鉄道·道路G	太田	順	(株)阪神コンサルタンツ
	岡本	成夫	梶谷エンジニア(株)
	坂井	清貴	日本技術開発(株)
宅地G	篠崎	亘	(株)建設企画コンサルタント
	近藤	三明	(株)東洋地質調査
	松島	光三	(株)応用地学研究所
	山本	保則	(株)応用地学研究所
貯水池G	久保E	田耕司	基礎地盤コンサルタンツ(株)
	大島	昭彦	大阪市立大学工学部土木工学科
	増川	亚目	農林水産省農業工学研究所

225

## 補強土擁壁WG

役割	氏	名	勤務先			
主査	龍岡	文夫	東京大学工学部土木工学科			
WG	舘山	勝	鉄道総合研究所			
	古関	潤一	東京大学生産技術研究所			

農業施設WG

役割	氏	名	勤務先				
主査	長谷川	高士	京都大学大学院農学研究科				
WG	村上	章	京都大学大学院農学研究科				
	浜口	俊雄	京都大学大学院農学研究科				
	吉武	美孝	愛媛大学農学部				
	松本	伸介	高知大学農学部				

## 7.1 河川

## 7.1.1 概要

今回の地震で阪神間の全ての河川が何らかの形で被災している。図-7.1.1は阪神間の河川堤防の被災分布 である。図では被災箇所を堤防型と堀込型に分けている。夙川のように天井川化した河川で、堤防天端幅が 表法高さの3倍を越えるものは堀込型に分類している。

激震地の西宮から神戸にかけて六甲山からかけ下る夙川、芦屋、住吉川などの約25の急流河川がある。 これらの古い石積み護岸やコンクリート護岸が多くの場所で崩壊や膨れ出しを生じている。海岸付近では軟 らかい地盤に起因する滑り破壊や堤防の亀裂・沈下、橋梁取り付け部の段差などを生じている。河口付近で は波浪に対する備えから丈夫に作られているので、大きな損傷は受けていないが、堤防天端の沈下や波打ち が見られる。

震災の程度は武庫川を越えると軽くなるが、沖積層の厚い下流部でほとんどの河川が被災している。武庫 川は仁川合流点から下流にかけて被災し、堤防天端が沈下し、亀裂と波打ち、裏法の膨れ出し、ところによ っては裏法先の押し出しを生じている。支流の小仁川や天神川は堤防が崩壊し、小仁川では堤防法面の家屋 全てが全壊した。

尼崎から大阪市北部の猪名川水系と神崎川水系では、阪急神戸線から下流で猪名川・藻川・神崎川・左門 殿川・中島川の堤防が至る所で被災しており、満潮時に漏水したところがある。

淀川は主として長柄橋から下流で被災している。河口に近い左岸堤防が約2kmにわたって完全に崩壊した。 この右岸においても裏法が崩壊したほか、各所で裏法、表法の膨れ出しや亀裂を生じ、堤内に達する変位を 生じたところがある。旧淀川である安治川・正蓮寺川・六軒家川でも堤体の変形が広範囲に生じている。感 潮域の河川堤防の多くは天端に杭で支えたコンクリート壁を有するが、これの変状はあまりなく、裏・表法 の変形が主体である。しかし天端は道路を兼ねており、また橋梁部は堤防を共有するので、緊急時の交通確 保に問題を提起している。

この他、豊中や宝塚、伊丹などの小河川での多くの護岸や堤防の損傷、変形が報告されている。また西宮 市の調査になると、旧農業用水路のような小水路の損傷は丘陵地を中心に約250箇所にものぼっている。

兵庫県の調査によると、武庫川を除く西宮以西の河川の護岸・堤防の被災延長は2340m、被災額64億円、 水路トンネル・ボックスカルバートを含めて100億円、武庫川を含む以東では約16600m、122億円と見積もら れている(3月1日現在)。

大阪府の管轄域では、11河川で32箇所(ポンプ場、防潮鉄扉レールを含む)、延長約8500mが被災し、19億 円の被害額が見積もられている(2月調べ)。また近畿地方建設局管内では、淀川水系で19箇所(防潮鉄扉、電 力施設を含む)、延長約5300m、猪名川水系では8箇所、延長約875mの堤防の損傷を生じている。

現地を見て歩くと、以上の調査結果以外にも、護岸の押出しやコンクリート目地の開き、法面の変形など、 軽微な変状が至る所で見られる。

## 7.1.2 六甲山系の河川

神戸市から西宮市にかけて、山裾の扇状地性の丘陵を急流で海に流下する河川の堤体あるいは護岸のほと んどが図-7.1.1に示すように多くの箇所で被災している。また、橋梁の取り付け部に段差を生じている。こ れらの河川の多くは堀込型で、古い間知の空積みに近い石積あるいはブロック積みの護岸あるいはコンクリ ート護岸からなる。これらの河川には一部あるいは大部分が天井川化している。臨海部や埋立地では、場所 打コンクリートや鋼矢板形式の護岸が用いられている。

なお、神戸市域では地下河川となっている部分があり暗渠の被害が報告されているが、本部会は土構造物 を対象としているので、ここではふれない。

## (1) 中流部の被災

神戸市垂水区から西宮市西部にかけての河川は、六甲山の山裾から海へ直行しており、大部分が堀込型河



震災被害分布

**奚-7**.

川であるが、夙川や芦屋川のような天井川があ る。堀込型河川の被災の特徴は、図-7.1.2に示 す4つの型に大別できる。最も多いのは、単純 な石積みの崩壊のタイプ1で、裏込めとともに崩 れ落ちる形態である(写真-7.1.1)。

タイプ2は護岸高さがやや大きい場合に見られる形態で、石積護岸の中間高さ付近の膨れ出しや直線的なすべり面を生じる。この型は基礎地盤が比較的強い場合に生じているようである(写真-7.1.2)。

タイプ3は護岸基礎下を通るすべり破壊を生 じる形態で、崩壊土量が多い(写真-7.1.3)。軟 らかい沖積層を基礎に持つ護岸に生じている。

タイプ4は護岸が鉛直に押し込まれるように 沈下し、河床を盛り上げる型で、護岸自体はあ まり損傷を受けていない(写真-7.1.4)。この型 は護岸が強く、基礎地盤が軟らかいことを伺わ せ、主として下流部の沖積地盤で生じている。 直下型地震特有の強い鉛直動が働いたためと考 えられる。このタイプの被災は西宮市の東川と 神戸市東灘区の高羽川、長田区の駒林南の水路 が典型例である。



写真-7.1.1 タイプ1の崩壊例(神戸市灘区天神川)



写真-7.1.2 タイプ2の崩壊例(神戸市灘区住吉川)

図-7.1.3~7.1.5は河川形状の例で、芦屋川、 石屋川と夙川である。芦屋川と住吉川は天井川 でJR東海道線が下をくぐっている。夙川は大 きな堤防断面を有する天井川で、多くの地点で タイプ1の崩壊を生じているが、さらに写真-7. 1.5~7.1.6のように天端に亀裂を生じ、裏法に 立つ家屋の被災、堤内地に達する裏法の変位を 生じている。同様の断面を有する石屋川でも阪 急線とJR線間で同じような損傷を受けている。



写真-7.1.3 タイプ3の崩壊例(西宮市東川)



写真-7.1.4 タイプ4の崩壊例(西宮市六湛寺川)



図-7.1.2 被災形態





写真-7.1.5 夙川の堤体亀裂



写真-7.1.6 法尻の変位によってひずんだ道路

## (2) 臨海部と埋立地における被災

海岸付近の干潮域では高潮に対するコンクリート護岸や鋼矢板が設けられているが、川側への押出し、目 地の開きや天端の沈下、堤体盛土の変形に起因する沈下と舗装面の割れや亀裂を生じている。ただし、波に 対する根固めがあるところは被災していない。また変形を生じても軽微である。

最も被害の著しいのは宮川で、汐凪橋(臨港線)から下流の埋立地内で、河口から約750mにわたる低水護 岸が図-7.1.6のように川側へ大きく押し出された(写真-7.1.7)。その結果、背面地盤に大きな亀裂、沈下、 陥没を生じた。矢板護岸の構造形式は、河口部が斜め控え杭式矢板護岸で、高水護岸は杭基礎である。その 上流側はタイロッド式である。図-7.1.7に宮川に沿う南北地盤断面を示す。芦屋浜埋立地は沖積砂層が表層 を占めるが、その沖では粘土層が表層を占める。護岸の被災は緩い埋立層と沖積砂層が液状化したためと考 えられる。この埋立地は広範囲の地盤液状化で住宅に大きな被害がでている。



図-7.1.6 宮川河口部の護岸変位



写真-7.1.7 宮川河口部の護岸変位



## 7.1.3 武庫川水系の河川

武庫川は六甲山麓の扇状地と伊丹段丘間を南下し、東海 道線(河口から6km)付近から沖積氾濫原を通って海に出る。 河口から約1.8kmの南武橋の高潮区間は、他の河川の下流 部と同様に前面にコンクリート壁面を有する。この区間は、 堤内地に噴砂が各所に見られるが、天端の沈下と波打ちが 見られる程度である。そこから上流部は図-7.1.8のような 場防形式で、堤防天端高は堤内地盤面から5~6m、高水敷 から約3m、低水護岸と十分な幅の高水敷を有する。両岸 とも天端は道路で、橋梁部は斜路で高水敷に下りてくぐる。



図-7.1.8 武庫川の標準断面図

図-7.1.9に1885年の地形図上に被災を受けた現河川の範囲を重ね、被災状況を記している。河川の位置は 110年前とほとんど変わらない。この範囲の河川は敷幅は約200m、河床勾配は1/400~1/1000である。堤防 の被災は図-7.1.9のように2.6kmの阪神電車から上流で、堤防は崩壊には到っていないが、10~50cmの天端 沈下を全延長に生じている。被災程度は堤防天端の沈下と対応しており、天端と法肩の亀裂発生、法面の膨 らみ、さらに法尻の変位が堤内地盤にまで及ぶ場合がある。天端幅はもともと5m程度であったが、2車線 道路を確保するために7mに拡幅され、埋め殺されている旧の縁コンクリートが亀裂を助長している。

左岸2.7~2.9km地点では、50cmを越す堤防天端の沈下、天端肩と表法のコンクリート面に亀裂を生じている。また、裏法尻の変形は堤内地盤にも変位を生じ、家屋に変形を与えている。

右岸5.0~5.3kmと6.2km付近では、天端道路がそれぞれJR東海道、阪急電鉄橋梁を斜路でくぐるため堤



12 第

防天端幅が小さく、堤防に亀裂と50cmを越す沈下を生じている(写真-7.1.8)。

左岸5.1~7.7kmでは、天端の沈下とクラックを生じている。特に名神高速道路橋梁付近で多数の亀裂を生じ、橋脚の立つ表法のコンクリートブロックが変状を生じている。

右岸7.4~8.0kmでは1mに近い天端の沈下があり、 大きな亀裂が両路肩に入っている(写真-7.1.9)。裏法 尻に沿う水路があり、堤防法尻の高水敷に深い堤軸方 向の亀裂を生じているので、堤体の西側への変位を推 察させる。この区間の堤防基礎は、下流域の堤内地盤 面から約5m深さでN値7程度の砂質シルト層が、上 流域で10~17の礫混じり砂層が現れる。

左岸8.1~8.3kmは天端が1mに達する沈下を生じて 波打ち、亀裂が堤軸方向に入って表法が波打ち(写真-7.1.10)、法尻に沿う水路壁を押し出している。堤内地 には液状化による噴砂が、この区間を含む400mにわ たって見られる。表法面に立つ山陽新幹線の橋脚は約 40cm抜け上がっている。高水敷にも亀裂が入り、甲武 橋の橋脚を川側に約20cm押し出している。法肩と表法 尻で基礎地盤面から深さ5mまでは沖積性の礫混じり 砂であるが、N値が2~7でごく緩い。

![](_page_8_Picture_4.jpeg)

写真-7.1.8 阪急橋梁部右岸天端の亀裂

![](_page_8_Picture_6.jpeg)

写真-7.1.9 甲武橋下右の堤防亀裂

武庫川の右支流のひとつである河床幅約6.5mの小 仁川は、六甲山から流下する渓流である。丘陵地の裾 を流れるところで、写真-7.1.11のように右岸山側の 石積護岸の崩壊、左岸堤体の変形を受け、特に左岸側 のRC建築物を含む家屋群は基礎の変形のために全壊 の損傷を受けて取り壊された。

左支流の天神川は、河川の敷幅が約40mで、高さ約 3.5mの堤防を持つ。この付近は表層に1~2mのN値5 程度のシルト混じり砂層で、堤防はN値2~5で緩いた め、両岸とも底面が拡がるように最大1m天端が沈下

![](_page_8_Picture_10.jpeg)

め、両岸とも底面が拡がるように最大1m天端が沈下 写真-7.1.10 甲武橋と山陽新幹線間左岸天端の状況し(写真-7.1.12)、水路幅が狭くなった。

![](_page_8_Picture_12.jpeg)

写真-7.1.11 小仁川の被災状況

![](_page_8_Picture_14.jpeg)

写真-7.1.12 天神川の被災状況

7.1.4 神崎·猪名川水系

図-7.1.10に大阪平野部の河川の被災状況を示す。被災は沖積層の厚い下流域に集中している。淀川の16 km右岸から分流する神崎川は大阪市北西部で猪名川水系と合流した後、左門殿川と中島川を分流して海に 入る。中島川は左門殿川と再合流して海に入る。下流部の堤内地の地盤面は海面よりも低いところが多い。 神崎川の支流の天竺川、図には記入していないが猪名川の支流の千里川でも被災している。

![](_page_9_Figure_2.jpeg)

図-7.1.10 大阪北部周辺の河川の主な被災箇所

(1) 神崎川

図-7.1.10の①~④、⑨と⑩は港湾区域 で、台風時の高潮に対する備えから、堤 体は杭で支持したコンクリート壁を堤防 天端に持つ。コンクリート壁には変形は ないが、前面の高水敷部、背面の堤体天 端(多くは道路)と裏法の水平移動を伴う 沈下を生じ、被覆コンクリートの破壊、 亀裂、コンクリート接合部の開きを生じ ている。

図-7.1.11 は地点②の変状である。こ の護岸は古い石積護岸の上に重ねて鋼矢 板とコンクリート壁を鋼管杭で支える形 式で、高水敷を有する。変状は堤体天端 の沈下、裏法の膨れ出しである。

⑤と⑥も護岸コンクリート壁背後の天端と裏法の沈下で、⑥はさらに図-7.1.1 2のように鋼矢板の低水護岸をいくらか 川側に押し出している。天端と裏法は全面的に改修されている。

⑦はショートカット後の旧猪名川で、 図-7.1.13 のように両岸の鋼矢板護岸が 押し出された。左岸の鋼矢板は約1m押 し出され、背後地盤は液状化して約30cm の沈下を生じたところがある。図の右岸 の押出量は少ないが、堤高約1.5mの裏 法が滑り、隣接する堤内の墓地で墓石の 著しい沈下と傾斜を伴う液状化を生じて 噴砂が全面を覆った。

![](_page_10_Figure_5.jpeg)

![](_page_10_Figure_6.jpeg)

![](_page_10_Figure_7.jpeg)

図-7.1.14は1885年の地形図に重ねた 河川の状況で、前述の⑥~⑦地点の被災 に、旧河川敷の緩い砂地盤(古い盛土?) の影響が推察できる。

支流の天竺川は豊中市南部の沖積平野 部を南下して神崎川に合流するコンクリ ートの内張りを持つ河床幅約5mの天井 川で、⑧の4箇所で図-7.1.15のような 裏法の表層すべりを延べ180mにわたり 生じた。いずれの箇所も表法コンクリー ト面に変状はないが、護岸底面にセメン ト固化柱の漏水防止工が未施工箇所では 法尻に漏水が生じた。

![](_page_10_Figure_10.jpeg)

![](_page_10_Figure_11.jpeg)

![](_page_10_Picture_12.jpeg)

![](_page_11_Figure_0.jpeg)

図-7.1.14 旧地形図との対照

(2) 中島川・左門殿川

中島川と左門殿川は神崎川下流部と同様な直 立壁を持つ護岸を有する。図-7.1.10に示す中島 川左岸③では直立壁の沈下を伴って、950mにわ たる堤体天端沈下と裏法の変形、高水敷コンク リート板の割れを生じている。

右岸は左門殿川にかけての ()と ()で、 図-7.1. 16に示す杭で支えたコンクリート壁が沈下し、 堤体の沈下と堤内への膨れ出し、裏法コンクリ ート被覆の割れを生じている (写真-7.1.14)。

![](_page_11_Figure_5.jpeg)

①と©の間の約320mにわたって改良されていた耐震護岸(図-7.1.17)は変状を受けていない。図-7.1.18に河口から3.5km間の右岸の護岸天端の沈下量の分布を示す。天端沈下量と堤体の変状の程度は対応する。 沈下量は最大1.8mに及ぶ(過去の地盤沈下による沈下を相当含むと考えられる)。ところによっては堤内地盤の膨れ上がり、満潮時の漏

![](_page_12_Figure_1.jpeg)

図-7.1.16 中島川右岸の断面と被災

水があり鋼矢板と盛土の仮護岸により保護されている。

この付近の地盤構成は図-7.1.18に記しているように、表層部は緩い盛土、その下に厚さ6m程度のN値2 ~20の砂層と厚さ15mの粘土層、その下は硬い洪積層である。大阪市内における沖積砂層の液状化の可能性 の程度は図-7.1.19<sup>1)</sup>にまとめられており、この付近は液状化の可能性の低いところと考えられている。砂 層は図-7.1.18のように下流部を除いてそれほど緩いものではない。

![](_page_12_Figure_5.jpeg)

写真-7.1.14 中島川右岸の被災状況

図-7.1.17 耐震性護岸

![](_page_12_Figure_8.jpeg)

図-7.1.18 護岸天端の沈下量分布と地盤構成

## (3)猪名川・藻川

猪名川と藻川の標準的な堤防断 面は、裏法に小段を有し、低水護 岸を備えた高水敷を有する。被災 は沖積層が厚く、軟らかい細砂層 が表層を占める名神高速道路付近 から下流に集中している。

図-7.1.10に示す被災箇所 (4) 堤高3.5m、天端幅8m(道路)で、 堤体表法がコンクリート板とブロ ックで覆われている。変状は290 mにわたって表法に生じ、天端の 沈下、法面コンクリートの亀裂、 250mにわたる表法先の幅数cmの 高水敷亀裂、最大15cmの低水路護 岸の押出しなどである。ただし裏 法に大きな損傷はない。

の亀裂を生じ、堤体が変形した。③は③とほぼ同じ 変状を生じている。先の図-7.1.14によると、これ らの地点で堤防は旧河道を横切っており、緩い砂地 盤の存在と堤防基礎地盤の不連続性を伺わせる。 藻川の被災箇所金~のはいずれも天端の沈下と波 打ち、法面の亀裂、高水敷の亀裂などで、周囲の地 盤には噴砂跡が見られる。<br />

ゆは1mに及ぶ天端の沈 下を伴う堤体変形と堤内地盤の変位を引き起こして いる(写真-7.1.15)。断面と地盤構成を図-7.1.20に 示す。礫を含む所もあるが、 上部砂層はごく緩い。また堤 体もあまりよく締固められて いない。図-7.1.21は縦断方 向のサウンディング結果で、 堆砂 OP±0.0m ラムサウンディングが用いら れた。この結果から図-7.1.1 4に見る旧蛇行跡が特に緩い -5 ことが良く捉えられている。 -10 ここは鋼矢板で囲って仮護岸 を作り、延長約100mにわた -15 って一旦堤体を撤去してセメ ント固化による基礎地盤改良 を行って復旧している。

![](_page_13_Figure_4.jpeg)

図-7.1.19 沖積砂層の液状化可能性(大阪地盤図)

![](_page_13_Picture_6.jpeg)

なお、ここで採られたラム サウンディングは緩い砂層を 写真-7.1.15 藻川の右岸0.4km+60m付近の被災状況

![](_page_13_Figure_9.jpeg)

図-7.1.20 猪名川・藻川の堤防標準断面と地盤構成

![](_page_14_Figure_0.jpeg)

図-7.1.21 藻川堤体縦断方向のラムサウンディング結果

よく捉えているが、多用されている標準貫入試験ではこのような緩い砂層に対する分解能と正確な深度分布 は得られない。

藻川の最上流傘では、100mにわたる池に面する法尻の腹付け盛土の滑りを生じている。また大阪空港南端で猪名川に合流する千里川は、コンクリートブロックの表法を持つ幅20~30mの急流河川で、旧蛇行跡とみられるところで数箇所の護岸の変形、裏法の崩壊を生じた。

## 7.1.5 淀川水系

## (1) 淀川

写真-7.1.16の伝法大橋下流左岸の酉島地区①の被 災が最大で、約1.8kmにわたって堤防が崩壊している。 この付近の地盤構成は図-7.1.22のように沖積砂層・粘 土層とも厚い。崩壊は堤外法先の盛り上がりを伴う滑 り出しである。被災直後、直ちに応急処置として盛土 による仮堤防が作られた。

この上流の堤体は同じ構造であるが、被災していな いのは、写真-7.1.17のように高水敷(および法尻に漏 水防止矢板)を備えており、これが押さえ盛土の役割を 果たしたと考えられる。ただし、回の3箇所で延べ40 0mにわたって堤内地盤の変形を含むコンクリートブ ロック張り裏法の大きな膨れ出し及び天端の沈下を生 じた。また、被災を受けていない河口から約1kmは、 図-7.1.23<sup>2)</sup>のように、戦前に埋立地造成のための石積 護岸①が作られたが戦争で中断し、1965年頃に新たな 堤防②が作られて埋立が完了した。旧護岸は地盤沈下 と堤防計画高改定で埋殺されている。1990年に天端に コンクリート壁③が積まれて現在の護岸になった。こ の護岸は波浪と地震を考慮して港湾方式で作られてお

![](_page_14_Picture_8.jpeg)

写真-7.1.16 淀川左岸 の 地点の 被災状況

![](_page_14_Picture_10.jpeg)

写真-7.1.17 高水敷のある上流部

![](_page_15_Figure_0.jpeg)

図-7.1.22 淀川下流の地盤構成

り、滑りに対する押さえ 盛土としても働く消波工 を前面にもっている。な -1 お、被災箇所は二重矢板 の仮護岸で囲って一旦仮 堤防を撤去し、沖積砂層 をセメント固化して堤体 を作り直している。

このちょうど対岸の、 運河が接続する西島地区

○において、裏法が滑りを伴って大きく沈下し、鋼矢板を打って復旧している。図 7.1.24は1885年の地形図に重ねた淀川の堤防位地を示す。これらの被災は古い干拓地で生じている。

阪急線の右岸の旧水路を横切る所(三、示) で、写真-7.1.18のように堤内地に数10cm の変位を伴う法尻変位を生じ、表法のコン クリート被覆に亀裂を生じた。また中流部 の高槻市の枚方大橋付近で2ヶ所で堤体が 被災している(生駒断層の影響?)。

![](_page_15_Figure_6.jpeg)

図-7.1.23 淀川堤防の標準断面図

![](_page_15_Picture_8.jpeg)

![](_page_15_Figure_9.jpeg)

![](_page_16_Picture_0.jpeg)

-301 -

(2) 安治川・正蓮寺川

安治川は現在の淀川が開削される前の淀川の主流 で、六軒屋川と正蓮寺川とも図-7.1.24によると、ほ ぼ今の位置と形を有している。この付近の沖積砂層 は先の図-7.1.19に示すように液状化しやすい。護岸 には高潮に対する直立コンクリート壁を有する点は 他の港湾地域の護岸と同じで、したがって地震によ る変状形態も同様で、堤体盛土の変形である。安治 川河口の①は直立壁前面の高水敷コンクリート版が 720mにわたって20~30cm沈下と陥没を生じており (写真-7.1.19)、コンクリート版を打ち直している。

![](_page_17_Picture_2.jpeg)

写真-7.1.19 安治川の被災状況

正蓮寺川の堤防のいくつかは、かつての地下水過剰汲み上げによる地盤沈下した旧堤の上に作られている。 図-7.1.25は地点⑤の堤防である。コンクリート壁には変状はないが、堤防の沈下による裏法の損傷を受け ている(写真-7.1.20)。また、大阪市の中心にある中之島を流れる堂島川と土佐堀川の護岸⑧と⑨が約350m にわたって同じように押し出されている。

![](_page_17_Figure_5.jpeg)

図-7.1.25 旧堤の上に作られた護岸と被災

写真-7.1.20 正蓮寺川の被災状況

## 7.1.5 まとめ

今回の地震で、河川はその大小を問わず、きわめて多くの地点で被災している。地震動が極めて強かった ことを考慮しても、地盤工学的立場から見ると、被災箇所の基礎地盤と堤体盛土の強度不足を挙げざるを得 ない。次のように結論できる。

(1) 古い石積護岸が多数被災した。これらは護岸自体の強度不足、基礎や裏込土の強度不足に起因している。

- (2) 沖積層の厚いところ、旧河道を横切るところで堤防が被災していることが多い。特に表層の沖積砂層 の緩い所での被災が多い。
- (3) 高潮や波浪を考慮して設計している護岸壁に変状はあまり出ていないが、盛土の堤体と裏法が変状を 受けている。

## 謝辞

本編に用いたデータおよび写真の多くは、大阪府土木部河川課、兵庫県土木部河川課、建設省近畿地方建設局淀川工事事務所および猪名川工事事務所から提供された。ここに謝意を表します。

## 参考文献

1)新編大阪地盤図:土質工学会関西支部·関西地質調査業協会、p. 62, 1987

2)大阪港工事誌:大阪市港湾局、pp. 362-365、1971

7.2 鉄道·道路

7.2.1 鉄 道

(1)概 要

鉄道の土構造物の被害調査は、阪神地区一円のJRおよび私鉄(阪急電鉄・阪神電鉄・山陽電鉄・神戸 電鉄)の各路線を対象に行った。盛土の被害としては、基礎地盤を含め、盛土全体がすべり破壊を起こし ているような被害は少なかった。しかし、盛土の沈下・側方変位による鉄道施設の被害は、程度の大小は あるものの、至るところで見られた。地盤の変形に伴う軌道の蛇行・沈下などの変状は、震源地より約35 km離れた兵庫県三田市付近でも見られ、かなり広範囲に及んでいた。また、石積擁壁・コンクリート擁壁 等の土留め構造物の傾倒・倒壊に伴う盛土被害も数多く見られ、これらの被害は都市部に発生した今回の 地震の特徴的なものとなった。一方、掘割部および片切り片盛り部など鉄道路線に面する宅地・道路の切 土法面では、崩壊または変状している箇所は少なく、被害の程度は全体的に軽微であった。

今回の被害調査により収集した資料は29箇所であるが、本節ではこのうち被害が比較的大きかった箇所 について、その被害状況と特徴および地盤との関連性等について述べる。

(2)被害状況と特徴

a)被害状況

被害の発生した鉄道路線および被害の箇所数は表-7.2.1に示すとおりであり、被害は5電鉄の8路線で 計23箇所に及んでいる。被害箇所を盛土構造別に見ると、盛土法面が9箇所、石積擁壁およびコンクリー ト擁壁が14箇所であり、擁壁を併用した盛土が多いこともあって、擁壁に被害が多く発生している。

電鉄名および路線		阪急電鉄			JR西日本		阪神電鉄	山陽電鉄	神戸電鉄	₹L.	
		宝塚線	今津線	神戸線	宝塚線	神戸線	本線	本線	有馬線	61	
被害箇	所数	1	2	5	1	5	3	2	2 4	2 3	
盛土構造	盛土法面 石積擁壁 コンクリート擁壁	1	1	2 2 1	1	1 4	3	2	3 1	9 5 9	

表-7.2.1 被害の発生した電鉄・路線および被害発生箇所数

図-7.2.1は、阪急神戸線、JR神戸線、阪神本線の武庫川以西について、構造形式別に区間延長を整理 したものである。各路線ともに高架化により路線延長に対する盛土全区間の比率は比較的小さい。しかし、 盛土全区間に対する盛土被害の延長は、図示したようにかなりの割合を占めており、特に、阪急神戸線や 阪神本線では3割程度に達していて、被害の規模が大きかったことがわかる。 b)被害の分布

図-7.2.2は鉄道路線の盛土区間および被害箇所の位 置を示したものである。また、同図には震度7の激震区 域も合わせて示している。被害箇所のほとんどは帯状に 分布する震度7区域およびその近傍に分布しており、建 物倒壊の著しかった区域周辺において盛土の被害が発生 している。特に、西宮市から神戸市灘区の地域において は阪急神戸線、JR神戸線、阪神本線の3路線が並行し、 かつ盛土区間が多いことも関係して被害が集中している。 一方、震度7区域より離れる武庫川以東と神戸市須磨区

![](_page_18_Figure_12.jpeg)

図-7.2.1 構造物別の路線距離

以西では、盛土の損傷は極端に少なくなる。たとえば、阪急神戸線、JR神戸線、阪神本線は武庫川橋梁の両岸で高さ5m程度の盛土となっているが、阪急神戸線では盛土に沈下(最大30cm)や側方変位等の被害が発生して補強等の対策がなされているのに対し、JR神戸線、阪神本線では大きな変状は生じていない。このことは、7.1の河川の節で報告されている武庫川堤防の被害状況ともよく一致している。

![](_page_19_Figure_0.jpeg)

304

図-7.2.2 被害箇所の分布

また、神戸市北区の裏六甲においても神戸電鉄に被害が見られる。同路線は山間地を通る路線であり、 傾斜地上での盛土が多い。今回の地震による軌道変状、橋台背面の盛土沈下等の被害は、神戸電鉄有馬線 では三田駅付近まで、同粟生線では粟生駅付近まで発生しており、裏六甲の山間地においても地震動が大 きかったことが推定される。ただし、被害の程度は比較的軽微である。

c)崩壊の形態

鉄道盛土における崩壊形態は、表-7.2.2に示す4つのタイプに区分される。このうち「クラック・変形」 および「擁壁の傾倒・倒壊に伴う崩壊」が被害のほとんどを占めている。

被害形態	模 式 図	被害の特徴	被害箇所	発生件数
すべり崩壊		<ul> <li>・軌道から法面全体および 周辺地点にまで変形。</li> <li>・数10cm以下の沈下、変形 移動。</li> </ul>	阪急今津線仁川駅 - 小林駅間 阪急今津線仁川駅東地区	2
法面表層崩壞		<ul> <li>・盛土の変状は軌道まで及ばない。</li> <li>・法尻部の低い石積擁壁や法枠とともに崩壊。</li> </ul>	阪急神戸線夙川駅東地区	2
クラック・変形	被災前 被災後 (1) (2) (2) (2) (2) (2) (2) (2) (2) (2) (2	<ul> <li>・数10cm以下の沈下、法面の 変形はみられるが、法尻の 移動や変形はほとんどない。</li> <li>・盛土法肩にクラック発生。</li> <li>・盛土の変形により石積擁壁 に水平方向のクラック発生。</li> <li>・橋台、高架、ボァクスルバート等 の異種構造物との取付部で発生。</li> </ul>	阪急神戸線武庫川左岸・右岸地区 阪急神戸線芦屋川左岸地区 阪急神戸線住吉川右岸地区 JR宝塚線中山寺駅西地区 JR神戸線原川左岸地区 JR神戸線原川左岸地区 は勝電鉄本線須磨浦公園駅東地区 神戸電鉄有馬線気谷駅南地区 神戸電鉄有馬線有馬口駅西地区	10
擁壁の傾倒・倒壊 に伴う崩壊		<ul> <li>・擁壁が傾倒、倒壊することにによって背面の盛土が崩壊。</li> <li>・古い形式のコンクリート擁壁に発生。</li> </ul>	阪急神戸線住吉川左岸地区 JR神戸線摂津本山駅西地区 JR神戸線浜甲道駅西地区 JR神戸線新長田駅付近 阪神電鉄本線魚崎駅-住吉駅間 阪神電鉄本線石屋川駅付近 阪神電鉄本線西灘駅東地区 山陽電鉄本線須磨駅付近 神戸電鉄有馬線東山-会下山トンネレ間	9

表-7.2.2 崩壊形態の区分

「すべり崩壊」の発生件数は極めて少なく、2箇所である。1箇所はため池に面した石積擁壁が背面からすべり崩壊を起こしているものであり、もう1箇所は盛土高3~4mの盛土が延長150mにわたって最大 37cm移動し、背後の丘陵地を含む地すべりと推定された箇所である(写真-7.2.1)。

「法面表層崩壊」は、法面が幅数10mにわたって表層崩壊した箇所であり、これ以外に幅5m以下の小 規模な法面表層崩壊は数多く発生している(写真-7.2.2)。

![](_page_20_Figure_7.jpeg)

写真-7.2.1 すべり崩壊状況 (阪急今津線仁川駅~小林駅間)

![](_page_20_Picture_9.jpeg)

写真-7.2.2 法面表層崩壞状況 (山陽電鉄須磨浦公園付近)

「クラック・変形」は、盛土法面や石積擁壁に見られる。盛土法面では天端の沈下・法面のはらみ出し 等の変形および法肩付近にクラックが発生している。特に、橋台・高架部・ボックスカルバート付近など の異種構造物との取付部での変形量は著しい(写真-7.2.3)。石積擁壁では崩壊には至っていないが高さ 4m程度の擁壁に水平方向の開口クラックが卓越して発生している(写真-7.2.4)。場所によっては水平 クラックを境に上部が崩壊している箇所もある。

![](_page_21_Picture_1.jpeg)

写真-7.2.3 盛土変形状況 (JR神戸線芦屋駅~摂津本山間)

![](_page_21_Picture_3.jpeg)

写真-7.2.4 石積擁壁クラック状況状況 (山陽電鉄須磨浦公園付近)

「擁壁の傾倒・倒壞に伴う崩壞」は、神戸市灘区から東灘区にかけて多く発生し、今回の地震において 鉄道盛土に大きな被害をもたらしている。被害箇所はいずれも30~60年前に建設された古い形式の重力式、 もたれ式、L型のコンクリート擁壁であり、地震時土圧と地震による慣性力によって擁壁が倒壊、滑動し、 背面の盛土が陥没・崩壊して被害を受けたものである(写真-7.2.5~7.2.7)。倒壊した擁壁のなかには、 擁壁の壁面部が破断したものも見られる(図-7.2.3)。擁壁部の継ぎ目部においては、継ぎ目のズレが各 所で発生している。

![](_page_21_Picture_6.jpeg)

写真-7.2.5 もたれ式擁壁(無筋)の倒壊状況 (JR神戸線摂津本山駅西地区)

![](_page_21_Picture_8.jpeg)

写真-7.2.6 重力式擁壁(無筋)の倒壊状況 (阪神本線石屋川駅付近)

![](_page_21_Picture_10.jpeg)

写真-7.2.7 L型擁壁(RC)の倒壊状況 (JR神戸線新長田駅付近)

![](_page_21_Figure_12.jpeg)

図-7.2.3 L型擁壁(RC)の破壊状況<sup>1)</sup> (JR神戸線新長田駅付近)

### (3) 被害と盛土高との関連性

盛土の地震時の安定性を大きく左右する要因として、法面勾配および盛土高がある。被害を受けた箇所 の盛土は、擁壁等のある所が多く、壁体も含めて盛土高と被害との関係について整理してみた。法面勾配 については、1割8分で「すべり崩壊」による被害箇所が1例ある他は概ね1割5分程度である。

図-7.2.4は、阪急神戸線、JR神戸線、阪神本線の武庫川以西について、盛土高別に路線延長を整理したものである。また、図-7.2.5は、崩壊形態毎に盛土高別の被害箇所の頻度を示したものである。3路線ともに高さ4m以下の盛土区間が圧倒的に多いが、被害は高さ4m以上の盛土に多発している。盛土高の高い区間は、橋梁取付部、高架橋取付部、駅付近が多い。特に、盛土高が6m以上となる区間では、コンクリート擁壁構造となっており、この区間では「擁壁の傾倒・倒壊に伴う崩壊」が多発し、甚大な被害が発生している。耐震設計のなされていない低いコンクリート擁壁も各所で滑動・傾倒の被害が発生している。

![](_page_22_Figure_3.jpeg)

- 図-7.2.4 盛土高別の路線距離
- 図-7.2.5 崩壊形態と盛土高別の被害発生件数

## (4) 被害と地形・地質との関連性

阪神地区およびその周辺の地質は、図-7.2.6に示すとおりである。JR、阪急、阪神、山陽電鉄の路線 は、六甲山系の山地および山麓丘陵地を避け、段丘堆積層および沖積層より形成される傾斜の緩い区域を 通っている。これらの地層は、主として扇状地性の粗粒堆積物で構成されており、被害箇所もこれらの地 質の所に分布している。一方、神戸電鉄有馬線は、花崗岩類および神戸層群よりなる丘陵地・山間地を通 っており、被害箇所は河川により開析された谷部斜面や、岩盤を被覆する崖錐堆積物あるいは河川堆積物 上の盛土部分に分布している。しかし、明治初期の旧地形図もあわせて検討してみたが、地形と被害箇所 との明確な関連性は見出せなかった。

断層との位置関係については図-7.2.6に示したように、被害が断層の直上や近傍ならびに延長線上に 多く見られる。しかし、軌道上で断層に起因して発生したと判断できる変位等の情報は得られておらず、 断層との関連性の考察は難しい面がある。

## (5) 被害と地盤特性との関連性

収集したボーリングデータを用いて被害箇所と地盤特性との関連性について調べてみた。収集した11箇 所のボーリングデータのうち、ここでは、鉄道の盛土部において実施された7箇所での17本のデータを整 理した結果を示す。

図-7.2.7は、崩壊形態別に盛土と基礎地盤のN値の範囲を示したものである。また、図-7.2.8は、同 じデータを用いてボーリング孔ごとの盛土の平均N値と基礎地盤の平均N値との関係を示したものである。

![](_page_23_Figure_0.jpeg)

なお、基礎地盤で対象とした深度は盛土下面より5m としている。土質は盛土および基礎地盤ともに砂また は砂質土であり、基礎地盤の地質は段丘堆積層および 沖積層である。

「すべり崩壊」箇所では、盛土の平均N値は2以下、 基礎地盤の平均N値は2~8と非常に緩く、崩壊の原 因が緩い盛土材や軟弱な基礎地盤にあることが明らか である。「法面表層崩壊」および「クラック・変形」 箇所では、基礎地盤の平均N値が10~15であるのに対 し、盛土自体の平均N値は4~7となっており、盛土 が緩い状態にある。一方、「擁壁の傾倒・倒壊に伴う 崩壊」箇所では、基礎地盤の平均N値が20以上を示し ており、擁壁の形状自体に問題があった可能性がある。

以上のことをまとめると、盛土自体が平均N値6以 下と緩い状態にあり、盛土の高い箇所において表層崩 壊、沈下、変形等の被害が発生したものと考えられる。 また、コンクリート擁壁については、盛土は緩い状態 にあるが基礎地盤は比較的良好な地盤を支持層として いることから、被害の原因は地盤よりも擁壁自体の耐 震性にあったもの思われる。

なお、図-7.2.8において、盛土の平均N値が5以 上かつ基礎地盤の平均N値が10以上であれば盛土法面

![](_page_24_Figure_4.jpeg)

の崩壊には至っておらず、盛土と基礎地盤の地盤特性 が崩壊形態に表れていることを立証している。

(5)復旧工法

被害箇所において実施された復旧工法を崩壊形態別 に表-7.2.3に示す。

「クラック・変形」箇所の工法としては、水平方向 への変形の進行を抑止する目的で鋼矢板に よる抑止工、縫地ボルト工(図-7.2.9)、 グランドアンカー工が主に採用され、石積 擁壁では薬液注入工法による擁壁背面の地 盤改良工もとられている。これらの工法は、 被害箇所が民家・公道に近接しているため、 震災後の変状よる周辺への影響・用地的制 約による施工条件等も考慮して選定されて いる。

「擁壁の傾倒・倒壊に伴う崩壊」箇所で は、グランドアンカーエ・タイロッド工に より補強されている。擁壁が倒壊した被害 の著しい箇所では全面改築されており、早 期復旧のため工期短縮を考慮した工法が採 用されている(図-7.2.10、7.2.11)。 図-7.2.8 盛土と基礎地盤の平均N値

表-7.2.3 崩壊形態別の復旧工法

崩壊形態	採用された復旧工法
すべり崩壊	<地すべり対策> ・水抜きボーリング工+法枠工+抑止杭工(鋼矢板)
法面表層崩壞	<崩壊部復旧> ・プロック積擁壁+抑止鋼(H鋼)
クラック・変形	<盛土法面補強> ・抑止工(鋼矢板)+法枠+排水パイプ ・法面部に縫地ボルト工 ・法尻部にフトン籠付きRC支圧壁+グランドアンカー <石積擁壁部補強> ・背面~軌道まで地盤改良工(薬液注入) ・背面部に縫地ボルト工(鉛直、斜め) ・PCフレームアンカー
擁壁の傾倒・倒壊 に伴う崩壊	<改 築> ・気泡モルタル中埋めU型擁壁 ・パイルベントラーメーン橋(被災盛土上より基礎杭 (被災盛土上より基礎杭の場所打ち杭を施工) ・ジオテキスタイルグリッドによる補強土擁壁 <擁壁補強> ・グランドアンカー、タイロッド

![](_page_25_Figure_0.jpeg)

![](_page_25_Figure_1.jpeg)

![](_page_25_Figure_2.jpeg)

(6)まとめ

今回の地震により盛土法面および石積擁壁はクラック、沈下、側方変位などの変状をきたしたが、幸い 地盤が砂質土・礫質土よりなる扇状地性堆積物であったため、壊滅的なすべり崩壊には至らなかった。し かしながら、盛土は緩い状態にあり、盛土高が高くなるほど被害の割合が高くなっている。特に、異種構 造物との取付部において沈下・側方変位による被害が大きく、耐震補強対策が必要であることを感じた。 また、古い形式のコンクリート擁壁では、耐震性の補強が今後必要となろう。なお、無被害な箇所との対 比による検討はできなかったが、この観点から7.5 補強土擁壁で鉄道の土構造物を含めた報告がなされて いるので参照されたい。

## 7.2.2 道路

### (1)概要

調査対象区域は兵庫県南部(特に六甲山系に隣接する区域)および淡路島の北部とし、対象路線を 高速道路と一般道路(主要幹線道路)に分類し、特に被害の大きい箇所について報告する。

調査区域における道路整備状況は、図7.2.12に示すように高速道路は、名神高速道路が大阪方面より北東~南西方向に延び、西宮ICで阪神高速道路神戸線に連結され、臨海沿いに西走し、第二神明 道路に接続される。また、中国自動車道は吹田JCTより西走し、神戸JCTで山陽自動車道(工事中)と分岐する。

調査区域の一般道路では、国道171号が大阪北部より北東〜南西方向に延び、東西方向に延びる国 道2号と合流し、中央部で国道43号と併走、その上に阪神高速道路3号神戸線が走る構造となってい る。また、西側では阪神高速道路北神戸線が東西方向に延び、南北方向に国道428号、175号が走る。 なお、市街地の一般道路は格子状に整備され、六甲山麓沿いは主要地方道(山麓線)が東西方向に延 び、これと直交する南北方向に幹線道路の芦屋道路と裏六甲道路が走っている。

対象路線の高速道路は名神高速道路、中国自動車道、第二神明道路、山陽自動車道を調査対象とし 一般道路では国道2号、43号、171号及び主要地方道を調査対象とした。

調査対象区域における高速道路の道路構造は、市街地を通過する場合ほとんどが高架構造となって いる。盛土構造の連続する箇所は山岳地であり、高盛土となっている場合が多い。被害の程度は①震 源地より離れていること、②高盛土であっても盛土の品質管理ができていること、などから路面およ び、のり面に軽微なクラックが見られる程度で被害は小さい。

一般道路の道路構造は、市街地を通過する場合ほとんどが街路構造となっている。また、六甲山麓 沿いと淡路島北部で擁壁等の土留構造物を用いた盛土構造となっている場合が多い。被害の程度は①

震源地に比較的近い、②土留構造物が簡易なものとなっている、などから、土留構造物の傾倒、倒壊 による盛土の被害が多く見られ、被害の程度も大きい。特に、市街地の道路であっても、河川を通過 する付近では橋台裏込材の沈下等による段差(10cm~30cm)で、交通機能が阻害された箇所が多数発 生した。なお、河川の堤防道路については、7.1 河川で報告されているため、本章では省略する。

![](_page_26_Figure_9.jpeg)

図-7.2.12 調査対象区域および道路被害箇所分布図

## (2) 高速道路の被害状況と特徴

a) 名神高速道路

豊中IC西側(藻川橋A2橋台付近)で本線 路面に縦断方向のクラック(5 cm~10 cm)が発 生し、盛土のり面には水平方向のクラック(10 cm~20cm)が発生した。

基礎地盤は粘土層および砂、砂礫層が互層を なし、N値は2~3程度の軟弱地盤よりなる。 深さは約10mである。(図-7.2.13)

次に、尼崎IC西側(加速車線テーパー付近) では、盛土のり面に水平方向(50cm)および側 道でも縦断方向にクラックが発生した。

基礎地盤は、緩い砂層を中間に含む軟弱地盤 で、平均N値は5程度、深さは約7mである。

被害の特徴は、いずれの場合も周辺地盤で噴 砂現象が見られる。このことより、被害の原因 は、基礎地盤の液状化が考えられ地盤の強度低 下と変形によって、盛土のり面もしくは側道に クラックが生じたと思われる。(図-7.2.14) b) 中国自動車道

![](_page_27_Figure_8.jpeg)

図-7.2.13 名神豊中IC西側付近の被害状況

![](_page_27_Figure_10.jpeg)

図-7.2.14 名神尼崎 I C 西側付近の被害状況

C-Boxのクラック及び段差

西宮名塩SA付近で本線路面にクラック(1 cm~2cm)が発生した。また、盛土のり尻の重 力式擁壁にクラックが生じ、C-Box天端に はクラックおよび段差が発生した。

被災箇所は、傾斜地盤上に高さ15mの盛土が 施工され、腹付け盛土を行っている箇所である。

被害の特徴としては、腹付け盛土荷重が地震 により盛土のり尻の重力式擁壁に作用し、クラ ックが生じたものと思われる。

また、C-Boxは片切片盛部に施工されて いるため、不同沈下により変状が生じたものと 思われる。(図-7.2.15)

c) 山陽自動車道

三木SA(工事中)付近で路面および、盛土 のり面にクラック(5 cm~10 cm)が道路の縦断 方向と横断方向に発生した。

クラックは、道路の縦断方向に多く発生して おり、地形上の不連続点(切土盛土の境界、丘 陵地の谷筋)や軟弱地盤(池跡)に盛土したと ころなどで、一般に地盤条件の悪いとされてい る箇所に集中している。(図-7.2.16)

![](_page_27_Figure_20.jpeg)

図-7.2.15 中国道西宮名塩SA付近の被害状況

![](_page_27_Figure_22.jpeg)

図-7.2.16 山陽道三木SA付近の被害状況

d) 第二神明道路(大藏谷 I C 付近)

大蔵谷IC付近で路面にクラックが発生し、 Dランプの盛土(高さ10m程度)が崩壊した。 崩壊規模は延長約30m、土量約10,000mである。 基礎地盤は、旧池跡地であり、N値は2~3程 度、深さ10mの軟弱な地盤である。

被害の特徴としては、地盤の側方変形や沈下 によって路面ならびに盛土にクラックが発生し た。その影響で埋設された水道管が切断され、 漏れた水によって、地すべり的な崩壊に至って いる。(写真-7.2.8)

(3) 一般道路の被害状況と特徴

a) 県道

淡路島一宮町の鮎原一宮線において、地震に 伴う地下水の異常な増加により、浅い層の地す べりが発生した。農道、町道、県道を載せたま ま2~3m滑落し、末端部で河川を埋塞し、対 岸に乗り上げて停止した。(写真-7.2.9)

また、北淡町の野島浦線では余震による地殻 変動のため、湧水が多量に吹出し、道路盛土が 傷められ路肩が崩壊した。(写真-7.2.10)

![](_page_28_Picture_7.jpeg)

写真-7.2.8 第二神明大蔵谷IC付近の被害状況

![](_page_28_Picture_9.jpeg)

![](_page_28_Picture_10.jpeg)

芦屋市では山麓沿いの奥山精道線が地震により道路肩のブロック積擁壁が移動し、切盛境の路面にクラックと段差が発生し、交通止めとなった。(写真-7.2.11)

いずれの場合も土留構造物(主にブロック積 擁壁)を併用した盛土構造となっているため、 地震に伴う移動、沈下、倒壊の被害を受けてい る。このため、盛土部の崩壊、路面のクラック 段差が道路方向に連続している場合が多い。

b) 市道

神戸市石屋川付近の山手幹線が橋梁取付け部 で、L型擁壁が200 ~400 皿滑動し、30~200 皿転倒の被害を受けている。

被害の特徴としては、土留構造物(L型擁壁) を併用した盛土構造となっていたため、地震に 伴う滑動、転倒により、路面にクラック、段差 が道路方向に発生した。

c) 町道

淡路島北淡町の石田常隆寺1号線において、 地震により、道路盛土肩のブロック積擁壁が倒 写真-7.2.10 県道野島浦線の被害状況

![](_page_28_Picture_19.jpeg)

写真-7.2.11 県道奥山精道線の被害状況

壊し、これに伴い道路が陥没した。このため、 交通遮断となった。(写真-7.2.12)

また、新野眠月神線でも地震に伴い、切盛境 から湧水が発生し、道路盛土下部の土留めブロ ック積擁壁が倒壊した。(写真-7.2.13)

被害の特徴は、道路の盛土構造が土留構造物 (ブロック積擁壁)を併用した工法を採用して いるため、地震に伴う移動、沈下、倒壊等の被 害を受けている。このため、盛土部の崩壊、路 面のクラック、段差が道路方向に連続している。 また、地震により湧水が盛土路体を傷め、円弧 すべりにより崩壊に至ったケースも見られる。

(4) 対策工

対策工は、交通機能確保を第一と考えられて いるため、既設の盛土構造と同種の構造を採用 している場合がほとんどである。

(5) まとめ

辂 觿

道路の被害形態をまとめると、図-7.2.17に 分類できる。高速道路の被害は軽微で路面、の り面のクラック、段差、がほとんどである。大 別すると、以下のとおりである。

![](_page_29_Picture_7.jpeg)

写真-7.2.12 町道石田常隆寺1号線の被害状況

![](_page_29_Picture_9.jpeg)

 ①切土盛土の境界におけるクラック、段差
 ②丘陵地形における盛土の沈下、側方移動
 ③軟弱地盤上における盛土のクラック、沈下 これに対して、一般道路の被害は構造物を伴
 った崩壊が多く、湧水による地すべり的な崩壊
 に至ったケースも見られる。大別すると、以下のとおりである。

(1構造物の傾倒による路肩、のり面の崩壊
 (2構造物の沈下、移動による路面の亀裂
 (3)道路盛土全体のすべり崩壊

今回の被害調査から、高速道路の盛土は品質 管理ができているため、地震に対して十分信頼 性があることが分かった。しかし、一般道路で は地下排水や土留構造物に十分な配慮し、地盤 の弱いところについては事前に調査等を十分行 い、対策を立てていく必要があると思われる。

## 写真-7.2.13 町道新野眠月神線の被害状況

高速道路における被害パターン

![](_page_29_Figure_16.jpeg)

一般道路における被害パターン

![](_page_29_Figure_18.jpeg)

図-7.2.17 道路の被害形態

農災調査にあたり、鉄道関係ではJR西日本、阪急、阪神、山陽、神戸電鉄の各社より、道路関係
では兵庫県、神戸市、日本道路公団より貴重な被災資料を提供して頂いた。ここに謝意を表します。
参考文献
1) 
龍岡文夫・古関潤一・館山勝他:盛土・擁壁の被害、第30回土質工学研究発表会特別セッション、1995

2)柿木浩一・庄健介:『新生阪急』をめざして、土木学会誌、vol.80、1995-8 3)鈴鹿隆英:阪神本線石屋川駅付近の復旧について、土木学会誌、vol.80、1995-9

-314 -

## 7.3 宅地

7.3.1 概要

阪神間の切盛によって造成された宅地は、海岸埋立地と図-7.3.1に示す六甲山系および長尾山・五月山 の山裾・千里丘陵に分布するが、ここでは陸域の造成地を扱う。六甲山の南側および東側の区域の個々の造 成地は規模が小さく、盛土の高さが15mを越えるものはほどんどない。北側すなわち裏六甲の有馬街道沿い の山裾部には、比較的大規模な宅地が造成されている。西側はここ十数年で作られた西神等の大規模な宅地 がある。六甲山系外では、国道176号北側の長尾山系南斜面に宝塚市の中山台あるいは西宮市の名塩等、盛 土高さが15mを越える大規模な宅地が20数年前から造成されており、現在も施工中のものがある。五月山の 裾の宅地は小規模なものが多い。千里丘陵は標高が100mまでの丘陵地で、古くから開けており、現在はほ ぼ全域が宅地化されている。

今回の地震でまとまった面積で被災したのは、ほとんどが盛土部で、地盤の不同沈下や水平移動、擁壁の 変形や崩壊などを生じている。被災は主として宝塚市・西宮市・芦屋市および神戸市灘区〜垂水区のいわゆ る表六甲に分布し、六甲山の西側および裏六甲の有馬街道沿いの宅地も一部被災している。長尾山系の南側 斜面の大規模開発地は、盛土高さが高いにもかかわらず被災は一部に限られる。五月山付近では被害の報告 はない。千里丘陵は豊中東北部の急斜面盛土部が被災している。

![](_page_30_Figure_4.jpeg)

図-7.3.1 位置案内図

## 7.3.2 被災形態

宅地地盤の被災の形態は図-7.3.2に示すタイプに分けることができる。

- タイプa 擁壁にクラックが生じたり、擁壁と裏込め土が変形・崩壊する(写真-7.3.1)
- タイプb 擁壁が背面の盛土を伴って転倒・崩壊する(写真-7.3.2~7.3.3)
- タイプc 谷部の盛土地盤が下方に移動する(写真-7.3.4)
- タイプd 盛土地盤が揺り込まれて不同沈下する(写真-7.3.5)
- タイプe 盛土法面に表層すべりを生じる(写真-7.3.6)

タイプaとbのほとんどは古い石積み擁壁で生じており、裏込めコンクリートを有する練り石積み擁壁は、 クラックが生じる程度である。L型あるいは重力式RC擁壁の被災は軽徴である。石積み擁壁の被災規模は あまり大きくないが、いたる所でみられる。タイプcとdは丘陵地の盛土の典型で、被災規模が大きい。タ

![](_page_31_Figure_0.jpeg)

図-7.3.2 宅地盛土の被災形態

イプcは地すべり的な変形で、1~2m下流側に移動している地区もあるが、その後に継続して変位するもの は少ない。タイプcの形態を地すべり型と呼ぶことにする。タイプeは裏六甲と六甲山西側の比較的大規模 に造成された宅地の一部に生じている。

## 7.3.3 被災分布

六甲山地域の地質構成を図-7.3.3に示す。基盤岩は、中・古生代の丹波層群、中生代の花崗岩類および 有馬層群に分かれ、さらに花崗岩類は領家型の布引花崗閃緑岩と広島型の六甲花崗岩に大別されている。被 覆層は、新第三紀中新世の神戸層群、鮮新〜更新世の大阪層群、更新世段丘堆積物および完新世の沖積層で ある。

六甲山系の南側に分布する主な断層は、西から須磨断層, 会下山断層, 諏訪山断層, 布引断層, 大月断層, 五助橋断層, 渦ヶ森断層, 芦屋断層, 甲陽断層である。また、長尾山系の南縁には有馬-高槻構造線、その 西方に六甲断層が東西方向に走っている。

図-7.3.2に示す被災形態のうち、規模の大きいc、d、eタイプの分布を図-7.3.3の地質図上に示して いる。被害が集中するのは、①宝塚市西部の逆瀬川北側と武庫川西部の丘陵、②西宮市、芦屋市の六甲山南

東部の丘陵、③神戸市東灘区の住吉川および石屋川の開 析谷丘陵、④神戸市長田区の丘陵、および⑤神戸市垂水 区・明石市の境界付近の丘陵である。これら以外に裏六 甲の有馬街道沿いで被災が見られるが、ここでは盛土法 面の表層崩壊と、盛土の揺り込み沈下で、上記①~⑤に 比べると被災程度は低い。

造成地の被災は西方より須磨断層、長田断層、諏訪山 断層、大月断層、芦屋断層および甲陽断層の南側あるい は南東側、すなわち平野側の段丘堆積層あるいは大阪層 群の丘陵地にあたる。丘陵上方の基盤上の宅地はほとん ど被災はなく、あっても軽徴である。写真-7.3.7は基 盤上に立地している宅地で、被災は生じていないが、そ

![](_page_31_Picture_10.jpeg)

写真-7.3.7 基盤上の造成地〔西宮市仁川〕 (被害は認められない)

![](_page_32_Picture_0.jpeg)

![](_page_32_Picture_1.jpeg)

- 写真-7.3.1 石積擁壁のクラック・変形 〔神戸市灘区上山町東部〕
- 写真-7.3.2 石積擁壁の倒壊 〔神戸市灘区青谷〕

![](_page_32_Picture_4.jpeg)

![](_page_32_Picture_5.jpeg)

写真-7.3.3 擁壁の押し出しと背面土の くさび型陥没〔西宮市豊楽町〕

![](_page_32_Figure_7.jpeg)

![](_page_32_Picture_8.jpeg)

写真-7.3.5 不同沈下によるクラック・段差 〔神戸市灘区 神戸大学教養部グランド〕

![](_page_32_Picture_10.jpeg)

写真-7.3.6 長さ30mの盛土斜面の表層すべり中央部 〔宝塚市仁川台〕

![](_page_33_Figure_1.jpeg)

![](_page_33_Picture_2.jpeg)

## 預出と市代の対図いし著の害効 E.E.Tー図

318

![](_page_34_Figure_0.jpeg)

![](_page_34_Figure_1.jpeg)

(3)「帯 型」

図-7.3.4 地すべり的な変形例の形態分類

の下の丘陵地では道路のキレツ・擁壁の変形を生じており、全半壊家屋も生じている。震源から約50km離れ ている豊中市では、1万戸に達する全半壊が生じたが、北部丘陵地の傾斜地の盛土の変形(タイプ a )が多 数生じ、また最大70cm程度の移動を伴う地すべり的(タイプ c )な宅地の被災を生じた。

これらの被災は緩い盛土や崩積土に集中しているが、断層や基盤上の未固結層が地震動を増幅させたこと も考えられる。

### 7.3.4 盛土地盤特性

地すべり的に変形したとみられる被災規模の大きい40地区で各1~3本のボーリングによる地盤調査が行わ れている。これらのうち32地区は、地表面の変状分布と地盤断面とからすべり面がほぼ推定されているが、 この面は必ずしも地すべりの場合のすべり面に相当するものではなく、変形した緩い土層の底面と考えるべ き面である。32地区のうち盛土法面の表層崩壊(タイプe)が2例ある。この2例を除く30地区の被災形態分 類を図-7.3.4に示す。図中の「谷型」タイプは幅が狭く奥行きが長い谷部を盛土した地盤の被災形態であ り、旧谷筋に沿って地盤変位が現れているもの、「馬蹄型」タイプは地形のコンターが平行な斜面の沢筋地 形に盛土したり崩積土を一部残して切土した地盤の被災形態、「帯型」タイプは地形のコンターが平行な斜 面の盛土や崩積土を切土した地盤の被災形態である。

谷型タイプの被災域内には、個々の宅地が図-7.3.2に示すタイプaとbの変状をいたるところで生じて おり、横断方向にはタイプdの変状も見られる。地盤変位は一様でなく、下端部は隆起を生じているが、中 央部よりも変位が小さい場合が多い。馬蹄型および帯型タイプの被災域の下端部のほとんどで、図-7.3.2 に示すタイプaやbの変状が生じている。

被災した変状域の幅Bと傾斜方向の長さLの比をL/Bで表すと、谷型では1.5<L/B、馬蹄型では1.0< L/B≦1.5、帯型ではL/B≦1.0となる。30地区の被災のうち谷型が18地区、馬蹄型が8地区、帯型が4地区 であった。

図-7.3.5に被災域の幅Bと長さLの頻度を示す。幅は谷型が100m以内、帯型が140mまで、馬蹄型は180

![](_page_35_Figure_7.jpeg)

![](_page_35_Figure_8.jpeg)

mに及ぶ。長さは帯型が60m以内、馬蹄型が200 mまで、谷型は280mに及ぶものがある。

図-7.3.6は30地区で行われた約50本のボーリ ングデータから緩い層の厚さ、すなわち盛土と沢 部の二次堆積物(沖積土と崩積土)の合計厚さの 頻度を被災形態別に示したもので、緩い層の厚さ は4~9mが全体の75%を占める。

図-7.3.7は緩い層の底面傾斜角の各被災形態 別頻度で、傾斜角10°以内が80%を占めている。 谷型、馬蹄型は浅い角度が多く、馬蹄型では10°

![](_page_35_Figure_12.jpeg)

![](_page_35_Figure_13.jpeg)

をこえるものはない。このことは地震の水 平動が地盤変位の主原因(特に谷型に対し て)になったことを推察させる。

図-7.3.8は緩い層のN値の頻度で、各 深度ごとにN=0~6、7~14、15以上の範 囲別に表わしている。砂質土と粘性土の区 別は柱状図の記載で判別した。砂質土、粘 性土地盤ともN値が0~6が大半を占める。

図-7.3.9に柱状図の例を示すが、盛土 でN値が10回を越すところは礫の存在が記 されている。礫混じり土でこのN値では、 ごく緩い土といわねばならず、図-7.3.8 のN値7以上の土層は粒度構成を考えると、 締った土層とはいえないものが多い。

図-7.3.10は緩い層の底面の傾斜角とN 値の関係である。砂質土、粘性土地盤とも N値が小さいものは浅い傾斜角で被災する 傾向が現われている。

図-7.3.11は地表面からの地下水位の深 度で、地下水位は高く、地表面下4m以内 にあるものが80%近くある。

以上のように、地すべり的な被災を生じ

![](_page_36_Figure_6.jpeg)

![](_page_36_Figure_7.jpeg)

![](_page_36_Figure_8.jpeg)

た地区は、全体にN値が小さく、ボーリン グ調査が行われた時期が、渇水期にもかか わらず地下水位がごく高く、盛土の基礎地 盤と考えられる比較的硬い層の傾斜角度が 10°以内というのが特徴である。

![](_page_36_Figure_10.jpeg)

![](_page_36_Figure_11.jpeg)

![](_page_36_Figure_12.jpeg)

![](_page_37_Figure_0.jpeg)

する比較検討がなされることが望まれる。 規模の大きい被災地は、宅地ばかりでな く、道路や公園などを含み、また埋設管の 損傷も多い。復旧の対策工は水抜き工と杭 による抑止工が計画され、徐々に実行され ているが、多くの既存の緩い地盤をどう安 定化させるかは深刻な課題である。

## 謝辞

本章に用いたデータは、兵庫県土木部、 兵庫県都市住宅部、神戸市土木局、住宅都 市整備公団から提供された。ここに謝意を 表します。

![](_page_37_Figure_7.jpeg)

図-7.3.10 緩い層底面の傾斜角とN値の関係

7.4 上水用貯水池

7.4.1 概要

阪神地域の上水用貯水池は各地に点在す るが、今回の震災で被害を受けた土構造物 としての貯水池は図-7.4.1に示す西宮市, 芦屋市, 宝塚市に位置するニテコ池, 北山 貯水池,奥山貯水池,深谷貯水池の4つで ある. これらの被害概要を表-7.4.1にま とめた.いずれも貯水池を形成する提体の 構造形式はアースダムである. ニテコ池は 江戸時代からあるため池で、大正13年に上 水用貯水池として新たに堤体を改修してい る(中堤のみ昭和37年にさらに改修してい る).他の3つは昭和43年以降に作られた 人工池である. 最も被害が大きかったのは ニテコ池で,池を仕切る上堤,中提の崩壊, 下提の陥没および取付道路部の崩壊が生じ ている.北山貯水池の被害は中程度で,第 1ダムと取付道路部のリップラップのすべ りが生じた.両者は地震後、その機能を停 止した. 奥山, 深谷貯水池の被害は小規模 で, 地震後もそのまま供用されている.

![](_page_38_Picture_3.jpeg)

なお,他の農業施設としてため池の被害

図-7.4.1 調査した上水用貯水池の位置

表-7.4.1 被害概要

名称 (所在地)	緒言	被害 程度	被害概要	調査内容	調査に対する評価
ニテコ池 (西宮市 満池谷町)	アースダム H=9.6, L=110, V=13.2, S=1:2.0 大正13年改修	大	上提,中提:完全に崩壊,貯水率約 60%で被災 下提:堤体の陥没,最大2mの沈下, 貯水率0%で被災 取付道路部:崩壊箇所多数	ボーリング調査 提体の横断測量 粒度試験	提体は砂質土, 礫質土, N値は2~5程度で非常に 緩い. 液状化の形跡は不明.
北山貯水池 (西宮市 甲山町)	均一型アースダム H=24.5, L=302 V=116, S=1:2.5 昭和43年5月築造	中	貯水率約50%で被災 第1ダム:リップラップにすべり 取付道路部:リップラップにすべり,下部に砂,シルトの吹き溜り 道路面:クラック多数発生	第1ダムでボーリ ング調査とテスト ビット掘削	ダム表層部でN値1~3の 緩み域が見られる. 表層以外はN値20以上を 示す.
奥山貯水池 (芦屋市 奥池南町)	中心コア型アース ロックダム H=23.4, L=186, V=34.6, S=1:2.2 昭和47年7月築造	小	貯水率約20%で被災 貯水池と奥池を仕切る旧提部:リッ プラップのすべりと天端の沈下 第1,第2ダム:天端にクラック多 数発生	<ul> <li>漏水量調査</li> <li>水位変動に伴うダムの変形測定</li> <li>旧提部のトレンチボーリング調査</li> </ul>	提体からの漏水は微量. ダムの変形量は数mm程 度で,安定している.ク ラックは表層のみで深部 に達していない.
深谷貯水池 (高塚市 蔵人)	傾斜コア型アース ロックダム H=41, L=497, V=105, S=1:2.4 昭和47年5月築造	小	貯水率約30%で被災 洪水吐との接合部:提体の沈下 道路天端:クラックが発生 余水吐,天端橋梁:亀裂が発生	漏水量調査 提体の変状調査 余水吐コアウォー ル部の透水試験	提体からの漏水は少量. クラックは表層のみで深 部に達していない. 余水吐付近のみ変状.

H:堤高(m), L:堤長(m), V:貯水量(万m<sup>3</sup>), S:法勾配

7.4.2 被害状況と特徴

(1) ニテコ池

図-7.4.2に被災状況を示した. この池は北から南に傾斜した谷地 形の中にあり,上池,中池,下池 が上堤、中提、下堤によって貯水 されている. 地震によって上堤, 中堤は完全に崩壊し,下堤は陥没 して最大2mの沈下が生じた.ま た同時に周辺の取付道路部の斜面 も多くの箇所で崩壊した. 被災時 には上池,中池の貯水率は60%程 度,下池はほとんど貯水がない状~ 況であった.上池と中池の合計最二 大貯水量は75,000m<sup>3</sup>(被災時 45,000m<sup>3</sup>) で,下池の最大貯水量 は57,000m<sup>3</sup>であったため、上堤、 中提の崩壊による流入水を下池と 下堤で受け止めることができたた め,幸いにも人的被害には至らな 下口 かった(下提の下流には民家が立 て込んでいる).

![](_page_39_Figure_3.jpeg)

図-7.4.3に中提の崩壊状況を、図-7.4.4に被災断面図を示した、図 中には被災後実施されたボーリングによる地層区分とN値の分布を示し たが、堤体を形成する盛土層(礫まじり砂質土,細粒分含有率35%)と その下の沖積層(砂質土)のN値は2~5程度と非常に緩く、これが被害 を大きくした直接的原因と考えられる、また前述したようにこの池が谷 地形に位置し、上池と中池の貯水率が60%で、下池が空であっため、上 堤では上流と下流側両方に,中堤は上流側のみ水位がある状態で,下堤

![](_page_39_Picture_6.jpeg)

図-7.4.3 ニテコ池中堤の崩壊状況

は水位がない状態で被災している. 堤体を形成す る盛土層およびそれを支える沖積層の緩さから, 上堤,中堤の崩壊の原因は液状化による流動の可 能性が高いと考えられる.崩壊後には流入,流出 水による土砂流出のため,液状化の形跡は不明で あるが,池のすぐ北側にある満池谷墓地で噴砂が 見られたこと,周辺道路部の崩壊の形状がすべり より流動に近いことなどからも推察される.下堤 が崩壊に至らなかったのは,下池が空で,かつ下 流側の地盤面が低いので,地下水位も同時に低い 状態にあったため,被害が軽かった(液状化まで 至らなかった)と考えられる.

## (2) 北山貯水池

図-7.4.5に被災状況を示した.被害は第1ダ ムとその北東方向の取付道路部のリップラップの すべり,および周囲の道路面の多数のクラックの 発生である.第1ダムのボーリング調査とテスト ピット掘削から,堤体の材料はまさ土で,表層以 外ではN値は20以上で十分転圧されているが,ダ ム表層部にN値1~3の緩み域があり,その部分で 浅いすべりが生じたものと推定された.しかし取 付道路部のすべりの方が被害程度は大きく,特に すべり面の法尻に均質な砂やシルト分の吹き溜り が見られたことから,液状化による流動の可能性 も考えられる.今後の調査が必要と考えられる.

![](_page_40_Figure_3.jpeg)

## (3) 奥山貯水池

図-7.4.6に被災状況を示した.被害はこの貯 水池とその北側に位置する奥池を仕切る旧堤部の リップラップのすべりと道路面の多数のクラック の発生であるが、その程度は小さい.漏水量調査 や水位変動に伴うダムの変形測定からも第1、第 2ダムは安定していることが確認された.今後、 旧堤部の調査が行われる予定である.

## (4) 深谷貯水池

図-7.4.7に被災状況を示した.被害は余水吐 導流壁ジョイント部に亀裂が発生し,周辺道路に クラックが入った程度で,その程度は小さい.堤 体の漏水量調査や余水吐コアウォール部の透水試 験からもダムの健全性が確認されている.

![](_page_40_Figure_8.jpeg)

## 7.4.3 地形・地質との関連性

表-7.4.2に4つの貯水地の地 形・地質の関連性をまとめた.ニ テコ池は大阪層群が主として分布 する上に薄い沖積層がのった平野 部(微地形的には谷地形)に,他 の3つは花崗岩類の分布する丘陵 地に立地している.断層との位置 関係は図-7.4.1に示したように,

表-7.4.2 地形・地質との関連性

名称 地)		地質	断層との関連				
ニテコ池	平野部	大阪層群上部 (満池谷累層)	甲陽断層から南東へ約1km				
北山貯水池	丘陵地	中·粗粒黑雲母花崗岩 一部高位段丘	芦屋断層から東へ約2.5km 甲陽断層から北西へ約3.5km				
奥山貯水池	丘陵地	中·粗粒黑雲母花崗岩	五助橋断層から南東へ約1km 芦屋断層から西へ約3.5km				
深谷貯水池	丘陵地	中·粗粒黒雲母花崗岩 大阪層群下部(甲陽園累層)	芦屋断層から南東へ約1.5km 甲陽断層から北西へ約4km				

ニテコ池が甲陽断層の東に,北山貯水池と深谷貯水池が芦屋断層と甲陽断層に挟まれた位置に,奥山貯水 池は五助橋断層の東に位置している.いずれも距離的には約1~2.5kmである.気象庁の地震当日から2月15 日までの余震分布によれば,五助橋断層の副断層である大月断層の横ずれ断層系に余震は集中し,その東 側に位置する芦屋,甲陽断層には集中は見られない.しかし北山,奥谷,深谷貯水池の被害箇所を巨視的 見ると,断層の方向(北東~南西)に一致していることから,断層との関わり合いが推察される.

7.4.4 対策工

表-7.4.3に4つの貯水池で計画あるいは実施されて いる対策工をまとめた.北山,奥山貯水池は現在検討中 であるが,基本的にリプラップの張り替えを行う予定に なっている.深谷貯水池は余水吐接合部をグラウンチン

被害が最も大きかったニテコ池の上堤, 中堤, 下提の

表-7.4.3 対策工

名称	対策工の内容
ニテコ池	矢板打設と置換盛土(上提,中提,下提) 2 重矢板による提体の安定(下提)
北山貯水池	検討中(リプラップの張り替え)
奥山貯水池	検討中 (リプラップの張り替え)
深谷貯水池	全水吐接合部のゲラウチング (漏水対策)

放音が取り入さかうにーノゴ他の上处, 干处, 干足の 体管灯小他 赤小吐按古的のグブブブブジ (傭水対象)

復旧断面図を図-7.4.8に示した.上堤,中堤 は完全に崩壊したので,旧堤体を全て除去し, 上流,下流側に矢板を打設し,下部の緩い沖積 層を良質な材料で置き換え,堤体を新たに作り 直す.下堤は堤体中央部に2重矢板を打設して 堤体の安定をはかり,上流,下流側ともにやは り良質な材料で堤体を作り直すものである(タ イロッド,矢板頭部は盛土完了後に撤去).

7.4.5 まとめ

ニテコ池の堤体は,前述したように江戸時代 のものを大正13年に改修しているものの,当時 の施工技術からそれほど締固めがなされていな かったと推定される.また堤体を支える沖積層 も緩いままで,かつ地震動が大きかった(震度 7の分布域に近接している)ため,被害が最も 大きくなったと考えられる.他の3つの貯水池 は昭和43年以降に作られているので,ニテコ池

![](_page_41_Figure_14.jpeg)

図-7.4.8 ニテコ池の復旧断面図

に比べて堤体の締固め工がなされているため,被害が最小限でおさまったと考えられる.

今回の調査から,ニテコ池のような古い時代に作られた堤体の耐震性,液状化対策の必要性を痛感した. 最後に被災資料の提出を願った西宮市水道局,芦屋市水道部,宝塚市水道局の関係者に謝意を表します.

-326 -

7.5 補強土

7.5.1 概要

今回の大地震において、多くの海岸部・埋立地の護岸とその近傍の地盤や河川堤防の大変形・大変位と山 間部の地滑り性崩壊が地盤の流動的破壊によって生じた。一方、道路・鉄道盛土の流動的破壊の例は僅かし か生じなかった。これは、神戸市および周辺地域では、基礎地盤が基本的に砂礫性扇状地地盤であるからで ある。しかし、盛土の法面のはらみ出しと天端の沈下は到るところで見られた。また、石積み擁壁と重力式 やもたれ式無筋コンクリート擁壁等の壁体構造物の自重で土圧に抵抗する土留め構造物の多くが、大変形・ 大変位したり完全に倒壊するなど激しい被害を受けた。

一方、地震被害地域とその周辺部には、テールアルメ擁壁と各種ジオテキスタイル補強土擁壁が少なから ず建設されていた。前者は殆どが道路盛土に一部公園に、後者は主に鉄道盛土に一部公園・道路に用いられ ていた。木造家屋が激甚な地震被害を受けた東灘区森南町で鉄道盛土に建設されていた剛な一体壁面を有す るジオテキスタイル補強土擁壁は、隣接する基礎で支持された鉄筋コンクリート擁壁とほぼ同じ程度の若干 の変位をした。一方、パネル式の壁面工を持つ補強土擁壁でも変形がやや大きかった例が複数あった。全体 として、石積み擁壁ともたれ式・重力式無筋コンクリート擁壁の激しい被害と比較すると補強土擁壁は高い 耐震性を示した。

7.5.2 従来型の擁壁の被害の概要

詳細は7.2で述べてあるが、補強土擁壁の挙動との比較の上で必要と思われる従来型擁壁の挙動の概略 を述べる。図-7.5.1は地盤条件<sup>11</sup>を、図-7.5.2は、木造家屋の被害状況から推定した震度分布<sup>21</sup>を、図-7. 5.3は図-7.5.1,2での Line 12 に沿う地盤条件の概要と推定震度との対応<sup>21</sup>を、図-7.5.4は木造家屋の被 害状況分布<sup>21</sup>を示す。今回の地震での震動被害による家屋被害の特徴は、岩盤では被害が殆ど無く、海岸部 の埋立層と海岸地帯の沖積地盤(特に砂州)地域での被害が相対的に少なく、その中間に位置する沖積時代 に形成された扇状地性三角州あるいは三角州性扇状地、砂州の後背地、旧河道の地盤で被害が特に高かった ことである<sup>11</sup>。扇状地地盤でも、最終氷期以前の古い扇状地地盤で被害は非常に少なかった。木造家屋の被 害が著しいこれら地域で、従来型擁壁の被害が著しかったことが、特徴的である。

鉄道盛土の擁壁の代表的被害地点を、図-7.5.1,2に示す。MS は石積み擁壁、LT はもたれ式無筋コンク リート擁壁、GT は重力式無筋コンクリート擁壁、CL はL型・逆T型・控え壁式鉄筋コンクリート擁壁(以 下総称してRC 擁壁)、GR はジオテキスタイル補強土擁壁を意味する。総じて、動土圧と地震による慣性 力で重力式擁壁が横に飛び出したと思われる例が多かった。

図-7.5.5に、JR摂津本山~住吉駅付近の線路脇(北側)の 64 年前に建設された石積み擁壁の崩壊を示 す。上部は、道路の盛土となっていた。この例を含め非常に多くの石積み擁壁が破壊された。石積み擁壁は、 耐震設計がされておらず、今回の地震で最も低い耐震性を示した。図-7.5.6は、JR摂津本山~住吉駅付近 の鉄道盛土の北側に 58 年前に建設されたもたれ式無筋コンクリート擁壁である。壁体は相当な長さに亘っ て地表レベルで破断し、その上部が完全に倒壊した。この現象は地震時土圧だけでは説明できない。擁壁自 身に加わった地震力により、完全に倒壊したのであろう。これらの擁壁は、後に述べる剛で一体の壁面を有 するジオテキスタイル補強土擁壁等で復旧された。

図-7.5.7の例では、57 年前に建設された鉄道盛土の両側の無筋コンクリートもたれ式擁壁が 500 m に亘 って大きく前傾したが、完全倒壊を免れている。これは、鉄骨ラーメン構造が抵抗したためであろう。

図-7.5.8は、阪神本線石屋川駅とその周辺の盛土に 66 年前に建設された無筋コンクリート重力式擁壁で ある。水平震度0.2 で耐震設計されていて、かなり大きな断面を持っていた。この擁壁は、約 200 m に亘 って大きく傾斜したり、打ち継ぎ目でズレたりまた完全に倒壊した。

戦後建設された多くのRC擁壁も、相当被害を受けた。しかし、石積み擁壁やもたれ式や重力式擁壁のような完全に転倒した例は無かった。図-7.5.9は、JR兵庫~新長田駅付近に約30年前に建設されたRC

![](_page_43_Figure_0.jpeg)

図-7.5.1 兵庫県南部の地盤条件2)と典型的擁壁の位置

![](_page_43_Figure_2.jpeg)

図-7.5.2 木造家屋の被害状況から推定した震度分布<sup>2)</sup>と典型的擁壁の位置

![](_page_44_Figure_0.jpeg)

![](_page_44_Figure_1.jpeg)

JR 摂津本山~住吉駅付近の 図-7.5.5 線路脇の石積み擁壁 (図-7.5.1,2で MS1)

![](_page_44_Figure_3.jpeg)

阪急神戸線岡本〜御影間の盛土のもたれ 図-7.5.7 擁壁(無筋コンクリート)(図-7.5.1,2 で LT2)

![](_page_44_Figure_5.jpeg)

JR摂津本山~住吉駅付近の鉄道 図-7.5.6 盛土のもたれ擁壁と地盤条件(無筋 コンクリート) (図-7.5.1,2で LT1)

図-7.5.6,8,10の凡例

		B: 盛土	Ts: 段丘堆積物
		As: 沖積層	Os: 大阪層群
γ	1:	現場密度試驗	<b>倹による土の単位体積重量</b>
φ	1:	現場密度に認	調整した再構成供試体の三
		軸試験による	せん断抵抗角
γ	2:	RI 密度検層	こよる土の単位体積重量
φ	2,	c 2: 鉄道構造	物等設計標準に基づいてN
		値より推定し	たせん断抵抗角と粘着力

γ 3: コア採取による鉄筋または無筋コンク リートの単位体積重量

![](_page_45_Figure_0.jpeg)

阪神本線石屋川駅近傍の盛土の重力式擁壁と地盤 図-7.5.8 条件(無筋コンクリート)(図-7.5.1,2で GT1)

CL1)

![](_page_45_Figure_3.jpeg)

図-7.5.10 JR新長田駅盛土のRC擁壁と地盤条件(図-7.5.1,2でCL2)

擁壁であり、基礎が無かったためか、つま先版の下の地盤の変形を伴って前傾し、前面の歩道を前方に押し やっている。このような変状は、阪神石屋川駅、JR六甲口駅に近接する場所でも見られた。最も激しい被 害は、図-7.5.10に示す約 30 年前に建設された約 800 m に亘るRC擁壁の被害である。この擁壁の上部に は盛土があり、その上に新長田の駅がある。全体的に、著しく前傾し基礎が滑動した。これは、地震力が著 しく大きかったことに加えて、基礎地盤が粘土質であるが基礎が無かったことと、擁壁上部に盛土があった ことが原因であろう。このようにRC壁体自体が破断したのは、他に例が殆ど無いと思われる。

兵庫県南部で最も新しい鉄道盛土のRC擁壁は、神戸市東灘区南森町に 1992 年に建設されたものである が、これについては次節で述べる。

- 7.5.3 ジオテキスタイル補強土擁壁
- 剛で一体な壁面工を持つジオテキスタイル補強土擁壁 (1)

兵庫県南部には四ヶ所で剛な壁面工を持つジオテキスタイル補強土擁壁(GRS擁壁)が 1990-1993 年に総 延長約 2 km 建設されていた。図-7.5.11に、これら GRS擁壁の位置を示す。図-7.5.12に、これらの GRS擁

![](_page_46_Figure_0.jpeg)

図-7.5.11 兵庫県南部ジオテキスタイル補強土擁壁の位置

(地盤最大加速度分布は、関西地震観測研究協議会等による)

![](_page_46_Figure_3.jpeg)

図-7.5.12 剛で一体な壁面工を持つジオテキスタイル補強土擁壁の標準的建設方法

壁の標準的建設方法を示す。いずれの GRS擁壁も、引張り破断強度 T<sub>R</sub>=3 tf/m のビニロン製ジオグリッド で補強された砂質裏込め土の壁面に剛なコンクリート壁面工を場所打ちした形式である。これら GRS擁壁は、 兵庫県南部の鉄道または道路構造物として現行設計法<sup>3)</sup>に沿って建設された最新の擁壁構造物である。即ち、 1) 尼崎市のJR東海道本線の盛土の両側の拡幅のため建設。擁壁長さ約1 km、平均高さ約5 m であり、 1992 年 4 月竣工(図-7.5.13)。

2) JR 芦屋駅~摂津本山駅間、神戸市東灘区森南町一丁目(通称タナタ)の東海道本線盛土南側に、線路数を4から5への拡張するために建設(地震時はまだ4線であった)。擁壁長さ 305 m、最大高さ約 6 mであり、1992 年 2 月竣工(図-7.5.14)。635 m に亘って転倒した阪神高速道路コンクリート高架橋の北約 1 km である。

![](_page_47_Figure_0.jpeg)

![](_page_47_Figure_1.jpeg)

![](_page_47_Figure_2.jpeg)

図-7.5.14 タナタ地区 GRS擁壁 (図-7.5.1,2で GR1)

3) 神戸市垂水区、明石海峡大橋連絡道路盛土の拡幅のためにその道路の東側に建設。擁壁長さ約 200 m、 平均高さ約 5 mであり、1993 年 5 月竣工(図-7.5.15)。

4) 尼崎市尼崎駅周辺、JR福知山線橋梁取付盛土に建設。長さ約 400 m、高さ約 3 - 8 mであり、1994 年
 3 月竣工(図-7.5.16)。

上記 1), 3), 4)の GRS 擁壁は、全く変状はなかった。その周囲で盛土・擁壁、木造家屋で若干地震被 害はあったが激震地ではないので、これら擁壁の挙動だけからは GRS擁壁に非常に高い耐震性があったとは

![](_page_48_Figure_0.jpeg)

図-7.5.16 尼崎市塚口 GRS擁壁

![](_page_49_Figure_0.jpeg)

![](_page_49_Picture_1.jpeg)

![](_page_49_Picture_2.jpeg)

図-7.5.18 タナタ地区 GRS 擁壁とその前の 木造家屋の倒壊

図-7.5.20 タナタ地区鉄道盛土上の軌道の様子 (写真撮影方向は、図-7.5.14a に示す)

結論できない。

これに対して、タナタの GRS擁壁は非常な激震地に建設されていた。この地区では、北側から南側に向か って扇状地性砂礫地盤及び表層地盤が深くなる。鉄道盛土の北側は地盤が良くなっているようであり、一般 家屋の被害が急減する。一方、線路沿いに東の芦屋からタナタに近づくにつれて切り土部から盛土部に移っ て来る場所に、当 GRS擁壁が位置する。従って、地盤条件は基本的に良い(図-7.5.14c, 7.5.21a)。当 G RS擁壁は、若干ながら剛体的に横方向に変位し傾斜した。また、図-7.5.14bに示すように、打ち継ぎ目と異 種構造物の間に若干目違いが生じた。特に、GRS擁壁が 6 m と最も高くなり、かつ RCボックス構造との境 界部となっている部分で目立つ(図-7.5.17)。壁面底面での滑動量は、最大で 5 cm 程度である。これだ けの数値を見ると、この GRS擁壁の耐震性は低いと判断されるかもしれないが、簡易な補修だけでそのまま 使用しているほど軽度な変状である。また以下のことからも、この GRS 擁壁の耐震性は高かったと判断で きる。

a) 森南町一丁目は震度7(あるいはそれ以上)の区域に属していて、この GRS擁壁前の民家の半・全倒 壊率は 80 % 以上である(図-7.5.18, 7.5.19)。西約 1 km 離れた本山第一小学校での水平加速度も、非 常に大きい(図-7.5.11)。また、図-7.5.20に示すように、鉄道盛土上の軌道の変状も著しい。

b) 同時期に、直径 1.2 m, 長さ 6 m、中心間隔 3 m の場所打ち杭と言う非常に堅固な基礎構造で支持さ

れたRC擁壁が建設されていた(図-7.5.21)。このRC擁壁は、西側でGRS擁壁と直接接しており、東側ではRCボックス構造物(タナタ架道橋)と接している。基礎で支持されていた上に、池の中での工事用の仮締切り盛土の抑えもあった。しかし、このRC擁壁もGRS擁壁と同程度に傾斜・変位した。図-7.5.14bに示すようにRCボックスとの目違い量はGRS擁壁とほぼ同程度であった(図-7.5.21b)。

c) この GRS擁壁には杭基礎がない(図-7.5.14e)。さらに、列車走行を停止しないで工事をしなければ ならず、かつ利用面積が非常に限定されていたので、この GRS擁壁に限って、上端近くの補強材が短かった (図-7.5.13と比較されたい)。これは、転倒に対して抵抗力の余裕が小さかったことを示唆している。 d) タナタ GRS擁壁に隣接している GRS擁壁よりも低い 1.5 割勾配の高さ 2 m 程度の盛土斜面と、GRS擁 壁とは盛土の反対側の同様な盛土斜面でも、はらみ出しを生じていた。

現在の時点で、以下のような指摘が出来る。

1) 擁壁に水平地震力が加わると、裏込め土内の潜在すべり面上で作用せん断力 τ "が増加するばかりでな く、直応力σ"が減少するためせん断強度τ"が低下して、安定性が減少する(図-7.5.22)。GRS擁壁の場合、 水平地震力により裏込め土内に水平引張りひずみが発生しようとすると補強材に引張り力が発生し、それに より潜在すべり面の直応力の減少が抑制されて、せん断強度の低下を抑える。従って、補強領域内を破壊面 が通過しにくく、補強領域が一体として働く。これが、GRS擁壁の耐震性の根源の一つであろう。鉛直振動 の影響は、τ "とσ"の両方に影響を与えるので、総合的影響度の判定は単純ではない。しかし、GRS擁壁で は剛で一体の壁面工がσ"の減少を若干でも抑制することが期待される。

ここで、GRS擁壁の前傾に対する抵抗は、補強領域のせん断変形に対する剛性に依存している。水平に配置された補強材は、このせん断変形には直接抵抗しない。土を拘束して、土のせん断剛性を保持することにより、間接的に貢献しているだけである。しかし、補強材が長いと水平変位が少ない奥の盛土に対して擁壁部分をアンカーすることができる。従って、補強材が短いと前傾しやすい。

図-7.5.23に、GRS擁壁と杭支持RC擁壁の耐震設計法の概要を示す。GRS擁壁は自立性であるのに比べて、

杭支持RC擁壁の前傾・滑り出し抵抗は主に杭前面と後面の受働土圧に依存している。受働土圧が発揮する には、ある程度地盤が変形しなければならない。従って、杭支持RC擁壁は意外に地震時に水平変位、前傾 する可能性が高いのかも知れない。

2) これら GRS擁壁は、現在の設計指針<sup>3)</sup>に沿って水平震度 0.2 を用いて震度法で耐震設計されていた。 とは言え、これほどの激震は決して想定してなかった。タナタの GRS擁壁が軽度な変状で済み倒壊しなかっ たのは、設計法がゼイ肉をそぎ落としているほど合理的ではなく、隠れ安全率があったことを示唆している。

3) GRS擁壁の壁面が最も高い場所で、壁面の一部に中央高さあたりで最大幅 2 mm の水平クラックが生じていた。少量の鉄筋しか用いていない壁面工であるが、この程度のクラックしか生じていないことは、剛な 壁面工が多数の補強材層に支持された連続梁として大きな動土圧に抵抗したことを意味している。これは、 RC擁壁では動土圧が壁体内に非常に大きなせん断力とモーメントをもたらすことと対照的である。なお、 このクラックはその後進展していない。

4) この GRS擁壁は、底面で若干滑り出している。これは、基礎の無いL型RC擁壁が滑りだしたのと同 じ課題である。今後、強震時滑動に有効な対策を検討する必要がある。

5)鉄道技術研究所(国分寺市)で、無筋壁面工を持つ高さ 5 m の GRS擁壁の実物大載荷破壊実験をおこ なっている<sup>4)</sup>。この試験擁壁は、天端でのフーティング沈下量が 10 cm になった時点で壁面工の水平打ち 継ぎ目にクラックが入り、壁面工頂部での前倒れ量が 40 cm の状態になった。その後約 3 年間放置してあ るが、全く変状が進展していない。これらのこととGRS擁壁は自立性であることから、タナタの GRS擁壁の 変状は進展しない、と判断している。

6) 裏込め土の沈下は、杭支持RC擁壁のほうが GRS擁壁よりも、明確に大きかった。従って、ジオテキ スタイルの破断は無かったと判断している。

7) RCボックス構造物との接触部で、GRS擁壁と杭支持RC擁壁及びその背後の盛土との相対変形・天端

![](_page_51_Figure_0.jpeg)

の相対沈下が目立った。今後、このようなRCボックス構造物の側面との間に、構造的連続性を保つような 工夫が必要である。

(2) その他のジオテキスタイル補強土擁壁

地震被害地域の外縁部には、(1)で報告した事例とは別の形式のジオテキスタイル補強土擁壁も建設されていた。

図-7.5.24に示すのは、1993 年 3 月に芦屋市舞浜公園緑地帯内に建設されていたジオテキスタイル補強 土擁壁<sup>5.6)</sup>であり、盛土高さ 5.0 m、壁面勾配は5分である。補強材は高分子グリッド(テンサー)であり、 それには連携されていないブロックを積み上げて壁面工としている。各ブロック内に土壌と植物を設置して、 緑化できるようになっている。この公園内でも、地盤の液状化に伴う噴砂と地盤面の亀裂、不等沈下が観察 されていて、当 GRS擁壁の基礎地盤に達しているものもあり、このためブロック間が約 10 cm 開き、ブロ ック列は波打つように不等沈下した(図-7.5.24b)。しかし、基礎地盤の変状と比較すると小さい変状であ り、擁壁の一体性は失われていない。これは、ジオテキスタイル補強土擁壁の延性的性質による耐震性を示 した例の一つである。

図-7.5.25に示す垂水区で明石海峡大橋連絡道路の西側斜面に用いられていた GRS擁壁も似た例である。 これは1993 年 9 月に完成しており、図-7.5.15に示す GRS擁壁とは道路を挟んだ位置にある。補強材はテ ンサーであり、壁面にはL型成形金網を用いていて、壁高は約 4 m である。擁壁前面の地面には、最大幅 20 cm 程度の亀裂と 20 cm 程度の不等沈下が見られた。また盛土上にある高さ 4 m の防音壁の基礎の目 地部に 2 cm 程度のずれが生じていたので、擁壁の基礎地盤でも若干の変状はあったのであろう。しかし、 擁壁自身には変状は見られなかった。

## 7.5.4 金属補強材を持つ補強土擁壁

震害地域の外縁地域に、先端にアンカブロックのついた多数の金属ロッドで補強された盛土とRCパネルの鉛直壁面からなる「多数アンカー式補強土」擁壁がいくつか建設されていた<sup>71</sup>。いずれも、壁体本体には異常は発見されていない。図-7.5.26に示す擁壁では、壁面上端に設置してありその背後にはアンカーが無い笠コンクリートが、壁体本体と別な動きをして盛土側に若干転倒した。これは、笠コンクリートが、力学的には耐震性の低い重力式擁壁となっていたためであろう。

激震地には建設されていなかったが、被害地域の周辺部と外縁部に最も多く建設されていた補強土擁壁は、 金属製帯状補強材で盛土を補強したテールアルメ擁壁である。壁面工は、永久擁壁では殆どRCパネルであ ったが、仮設擁壁では蛇腹式の金属スキンであった。総じて高い耐震性を示したが、少なくない変形が生じ たRCパネルを持つテールアルメ擁壁が、三つ報告されている<sup>80</sup>。

図-7.5.27は、1994 年 1 月に完成した最大高さ 9 m、総壁面積 464 m<sup>2</sup> の明石海峡大橋の連絡道路であ る一般国道 2 8 号のテールアルメ擁壁であり、水平震度 0.15 で耐震設計されていた。非常に震源に近い位 置にあった。壁高が一番大きい箇所で、壁面上端から約 4.5 m 下の位置から上の壁面が最大で 28 cm 前傾 した(図-7.5.27d)。その部分は背面盛土と補強材と壁面工を撤去して、設計震度を高くして補強材を長く することにより再施工された。補強材を長くしたのは、ストリップ引き抜け抵抗が不足していたため、地震 時に壁面に変形が生じたと判断されたためである。また、地震時に隣り合うRCパネルが別々の動きをした のが原因と思われるが、RCパネルの隅角部にクラックが発生した箇所もあった(図-7.5.27e)

図-7.5.28は、1989 年 11 月に完成した兵庫県神戸市垂水区星が丘公園造成用のテールアルメ擁壁であり、 直角な二つの壁面からなっていて、最大壁高 4.5 m、壁面積 162.7 m<sup>2</sup> である。盛土材は、良質な砂礫であ る。今回の地震によって、壁面全体が壁面下端に対して最大で 6 cm 程度相対的に外側に変位した。しかし、 RCパネルの開きが最大で 20 cm 程度生じているので(図-7.5.28e)、壁面工の基礎も外側に押し出され た可能性が高い。このことは、地表面に見られる亀裂幅からも推測できる(図-7.5.28f)。また、この現場 でもRCパネルの隅角部にクラックが発生した箇所があった。本現場は丘陵地帯の住宅地域内にあるが、周 辺の民家にも被害が見られ、現場から 100 m 離れた石積み擁壁も崩壊している(図-7.5.29)。

図-7.5.30 に示すのは、1980 年 7 月とかなり古い時期に兵庫県伊丹市緑が岡プール整備工事に関連して 建設されたテールアルメ擁壁である。最大壁高は 3.27 m で壁面積は 120 m<sup>2</sup> である。この現場の周辺では、 クラックが生じていた道路や河川の擁壁があった。このテールアルメ擁壁は、壁面上端が壁面下端に対して 最大で 94 mm 前方に変位した(図-7.5.30e)。この壁面工の変形とおそらく盛土の揺り込み沈下のため、 盛土は 20 cm から 1 m 沈下した(図-7.5.30f)。このかなり大きな沈下量を見ると、壁面工基礎も前方に 移動した可能性もある。この現場でも、RCパネルの隅角部にクラックが発生した箇所があった(図-7.5. 30g)。

![](_page_53_Figure_0.jpeg)

テールアルメ擁壁<sup>8)</sup>(図-7.5.11で TA1)

![](_page_54_Picture_0.jpeg)

その他、神戸市垂水区で明石海峡大橋の連絡道路 の建設用に仮設のテールアルメ擁壁があった。高さ は 6-7 m であり、壁面工はメタルスキンである。 壁面工が地震により変形して補修が行われたが、崩 壊に到るような兆候は無かった。

総じて、テールアルメ擁壁は、地震時に変形して もかなり延性的挙動を示し、倒壊する兆候は見られ ず、高い終局耐震性を有していたと言える。

![](_page_54_Figure_3.jpeg)

e) 鉛直目地部の開き

f)盛土天端の地表面のクラック

図-7.5.28 兵庫県神戸市垂水区星が丘公園造成用テールアルメ擁壁<sup>8)</sup> (図-7.5.11で TA2)

![](_page_55_Picture_0.jpeg)

![](_page_55_Figure_1.jpeg)

![](_page_55_Figure_2.jpeg)

![](_page_55_Figure_3.jpeg)

a) 標準断面図

![](_page_55_Picture_5.jpeg)

b)全体写真

図-7.5.30 兵庫県伊丹市緑が岡プール整備工事 テールアルメ擁壁<sup>8)</sup> (図-7.5.11で TA3)

![](_page_55_Picture_8.jpeg)

f) 盛土部の背後構造物に対する相対沈下 (写真撮影方向は図 d) に示す)

![](_page_55_Picture_10.jpeg)

g) RCパネルの隅角部のクラック

٠.

7.5.5 まとめ

総じて、古い形式の石積み擁壁、もたれ式や重力式の無筋コンクリート擁壁は耐震性が低く、L型・逆T 型・控え壁式RC擁壁でも前傾・滑動がかなり生じ、その背後の盛土が大きく沈下している例が多く見られ た。沈下の影響は、橋台裏で特に目立った。一カ所で、RC壁体部が破壊した。

近年、鉄道・道路高架構造物が盛土からRC構造物へと主体が移ってきて、盛土・擁壁構造物がマイナー 化してきた。補強土擁壁は、土が主材料であり柔らかいと言う点では盛土的であり、従って杭を省略するこ とができる。激震地に建設されていて地震時に目立った変形・変位した補強土擁壁がいくつあったが、大変 形・大変位したり崩壊した補強土擁壁は、一つもなかった。その点で旧来の形式の石積み石積み擁壁、もた れ式・重力式無筋コンクリート擁壁よりもはるかに耐震性が高かったと言える。また、大きく前方に傾斜し 基礎で滑動した多くの基礎の無いRC擁壁よりも耐震性は高かったと言える。これは、壁体部底部での応力 集中の度合いが、柔な補強土擁壁の場合の方が、剛なRC擁壁壁体部の場合より小さかったためかもしれな い。また、基礎地盤が変形しても、それが大事に到らなかったジオテキスタイル補強土擁壁の例もあった。 総じて、補強土擁壁が延性的であり、地震時に変形・変位しても決定的崩壊に至りにくかった。これらの ことから、地震時の終局強度はかなり高かったと判断できる。

#### 왦騰

本報告をまとめるにあたり、JR西日本、阪神・阪急両電鉄株式会社、中央開発株式会社、日本テールア ルメ協会、多数アンカー式補強土壁協会、三菱化学産資(株)の方々に大変お世話になりました。末筆なが ら、お礼を申し上げます。

## 参考文献

1) 神戸大学工学部(1995): 兵庫県南部地震緊急被害調査報告書(第2報)

- The second second
- 2) 中央開発株式会社(1995): 阪神大震災災害調査報告書
- 3)鉄道総合技術研究所(1992):鉄道構造物等設計標準·同解説(土構造物)、丸善
- 4) 舘山勝・村田修・龍岡文夫(1990):短い面状補強材と剛な壁面を有する砂質土盛土の載荷試験(その2)、
   土木学会第45回年次学術講演会Ⅲ,362-363頁
- 5) 苗村正三・宮武裕昭(1995): 阪神大震災における土構造物の被害状況(道路編)、ジオシンセティック ス技術情報 1995 年 7 月号, 3-8頁
- 6) 三菱化学産資(株)(1995): 兵庫県南部地震被害調査結果報告書
- 7) 多数アンカー式補強土壁協会(1995): 関西大地震における多数アンカー式補強土壁工法調査報告書
- 8) 日本テールアルメ協会(1995): 兵庫県南部地震テールアルメ盛土調査報告書

#### 農業施設 7.6

#### 長谷川 高士・村 上 音 京都大学農学部

## 7.6.1. 農業施設構造物の被害の概況

兵庫県は人口の殆どが南部に集中しており、特に大阪から神戸、明石と結ぶ海岸線に著しい。また 加古川の周辺をなす東播平野をはじめとし、中部から北部に広がる広い山野を抱え、わが国でも屈指の 農業県である。しかしながら、中部から南部にいたる地帯は比較的丘陵性のなだらかな地形をなし、瀬 戸内気候であり水源が得がたいために極めて多くのため池が存在している。また、淡路島も同じく瀬戸 内海に位置し降雨量が少なく、日本有数のため池所在地となっている。

この地域の大型の農業施設は、主として戦後行われた事業によるもので、大規模農業水利事業によっ て建造されたものとして、東条川地区、加古川西部地区、東播用水地区の施設、また農業開発事業とし て北淡路地区における施設である。また、県営事業としてもダムをはじめとして、いくつかの大型施設 が建造されている。

今回の地震はこういった事業地帯の施設に被害を与えたが、その被害はため池中心で、全体で4,138 箇所、255億円にのぼっている。全体被害額のうち約244億円は兵庫県の被害で、大阪、京都、岡山な どにも被害が発生している。また、兵庫県の被害は、北淡町約82億円、津名町と一宮町が約21億円で あり、淡路島の被害が約146億円と大きく、次いで神戸市26億円、小野町約14億円などとなっている。 工種別にはため池が約171億円と全体の67%となっており、次いで農地19億円、農地保全施設17億円、 道路 17 億円、水路 16 億円となっている。ため池以外の大ダム (15m 以上) は兵庫全県で 66 個であり、 そのうち約20個は淡路島にある。また、震度4程度以上の近畿圏には約20個の国営事業によるダムが 存在したが、兵庫県内の1,2に軽微な被害が認められた以外被害は認められていない。また、ため池の 被害においても水位低下期であったことも幸いして、決壊に伴う流出水などによる2次災害は発生して いない。

今回の地震では、特に淡路島で地下水位の変動が大きく、地震後に多量の湧水が発生した例も多く、 また従来の湧水や井戸が枯渇した例も多い。

## 7.6.2. ダムの被害とその考察

ここで対象としたダムは、常盤ダム、谷山ダム、大谷池、呑吐ダム、大川瀬ダム、糀屋ダム、鴨川ダ ムである。このうち、呑吐ダム、大川瀬ダム、鴨川ダムは重力式コンクリートダムであり、その他のも のはフィルダムである。これらはいずれも耐震設計が行われている。それぞれのダムの諸元を表1にま とめて示した。また、図1には各ダムの断層との位置関係を示している。また、加速度計をはじめとす る観測計器は、最も新しいダムにのみ配置されており、得られた加速度値は表2に示す。以下にこれら のダムの状況についてのべる。

## 1) 常盤ダム (淡路島)

ダム軸は断層に直交している。ダムの周辺では、地山が崩落したり石碑が転倒したりしており、強 い振動をうけた様子が見られるが、近くの家屋については古いものが傾斜したりしているが付近で倒壊 したものは見あたらない。

ダムについて、上下流斜面の乱れは認められず、管理棟やその周辺構造物に損傷は認められない。堤 体堤頂部の測量の結果 10cm 程度の沈下を認めたとしているが、前回観測時期が不明であるうえ測量の 基準となるベンチの不備も考えられ、不明確である。ダムは被害としては、堤頂の左右取り付き部に横 断方向きれつが認められる。右岸部きれつは舗装表面、上流取り付き斜面、下流高欄下部コンクリート と上下流方向に連続的に認められる。これらのきれつは大きくはないがいずれも開口しており、さらに 高欄下部のコンクリートもジョイントが開口した傾向が認められた。

これら左右取り付き部のきれつは、いずれについても舗装をはがして調査した結果、左岸取り付き 部きれつは、岩着までの盛土が浅く基礎の花崗岩盤に従来からあったきれつが開口した結果であり、右 岸部きれつは堤体とアバットの着岩部の開口によるものであった。右岸、きれつについてはさらに掘削 範囲を広げ、上部からの立て坑として施工可能な約 2.5m の深度まで調査が行われた。その結果、掘削 線が堅岩を残置した階段状で施工されており、そのため着岩部の鉛直部が剥離している状態が観測され た。また、階段状の突出部からは堤体内部に向かって発達したきれつが認められた。さらに、堤体の両 岸部にたいして、堤体を斜めに貫通するボーリングを左右 2本、計4本実施し透水性の確認およびコア とボアホールカメラによる目視観測を行ったが、着岩部は異常が認められていない。

ダムの貯水位は、地震直後において上流における湧水の流入により、貯水位が1.5m上昇したが7日 後には地震前の水位に落ちつき、その後低水位において水位を維持しているが、水位上昇時、低水位時 ともに溢水、漏水の兆候は認められていない。ダムは現在新設した漏水観測装置を用いて、漏水量の観 測による管理を行っている。

2) 谷山ダム

このゾーン型アースダムは野島断層から約3km 東に位置し、堤軸は断層と直交している。堤体には、 堤頂の道路舗装面にやや微細な横断方向きれつが認められるほか、殆ど損傷は認められない。表面の舗 装に若干認められるきれつの開口はせまく、調査の結果堤頂舗装版下の保護層以下には発達していなかっ た。堤体の上下流斜面に不陸やはらみだしなど、変状は認められない。常盤池においてのべたのと同じ で、堤体が強く振動したと見られる痕跡は認められない。

洪水吐およびその周辺の水路壁のジョイントに、ごくわずかのずれを生じている部分もあるが、機 能や構造に影響するとは考えられない。取水設備(斜樋および制御施設およびその家屋)には全く損傷が 認められない。

洪水吐流入部エプロン前面斜面の法枠工内の栗石は、最上部のみが滑落しており、地震の影響とみ られる。

このダムでも、地震直後において貯水位が約3m上昇し、洪水吐きのエプロンに達したため、放水して水位低下をはかり、その後低水位を維持したが漏水などの兆候はみとめられていない。

3) 大谷池

このゾーン型アースダムは県の施工によるダムで、谷山ダム貯水池の上端から2km 程度上流に位置 している。ダムは堤頂表面舗装に狭い開口のきれつが部分的に認められるが(特に左岸)、軽微なもので ある。堤体上下流斜面に不陸、はらみだしなど認められない。上流斜面では法枠のジョイントにゆるみ 程度の鉛直開口部が何条かあるが、変状とは認められない。高欄下部コンクリートなど、コンクリート 部材の継手の伸縮挙動も認められない。

下流斜面には、斜面中段に2本の水管が堤体縦断方向に、水平に配置されているが、管軸には左右、 上下ともずれがなく、その設置台や水管との取り付きにも全く変状が認められない。したがって、堤体 斜面部は安定していると考えられる。

洪水吐周辺も、壁などにおける若干のジョイントのずれ以外に変状は認められない。特に橋梁周辺 には異常はない。

貯水池内の堆砂で造られた左岸斜面には渚線沿いに、上下流に向かう一連のきれつが認められ、そ の一部は池に向かって円弧状となっている。この一連のきれつの堤体に向かう延長上には基岩の露出部 があり、そこで貫入岩ないし断層が認められる。また、堤体には取り付き斜面にそったもの、その延長 付近で堤頂を横断するもの、下流側高欄基礎コンクリートと、微細ではあるが一連のきれつが認められ る。また、下流の水田には地震後ある期間にわたって連続した湧水が認められ、その延長は谷山ダム池 敷きにまで至っている。湧水はその後終息したが、これらの変状は地図上で一直線に配列されるので、 上述した貫入岩または断層との関係が存在する可能性もないとはいえない。また、池周辺では地下水位 が低下している。

4) 糀屋ダム

このフィルダムは、中心遮水壁型ロックフィルダムで、河床堆積層を残して施工されており、その影響に注意すべきであるが、観測計器の値には問題となる変化は認められない。堤体は堤頂で 200gal程度

の加速度をうけているものの、堤体のクレスト道路の舗装表面や高欄およびその基礎コンクリートにも 異常は認められない。上下流の斜面は部分的に乱れているような場所がある。しかし、この堤体には貯 水開始以前から斜面の凹凸が存在したことが確認されており、表面リップラップなどのずれ、移動など にたいする目視による詳細な調査でも凹凸などの変状が地震で促進された痕跡はない。

5) 呑吐ダム

コンクリート重力式ダムは、河床部全体に広がる約 90m の断層破砕帯にたいしてマット工法を採用 して安定を図ったものである。断層破砕帯の規模からして十分な安全管理が必要と認識されたため、多 数の計器による観測が継続されている。ダムは堤頂で約 400galの加速度をうけている。これらの観測計 器によると、プラムラインで上下流方向 0.9mm、左右岸方向 0.1mm の変位を認めている。また、ダム 軸やや下流の河床中央の一部の観測点で、地震後ある期間にわたって間隙水圧が増加の傾向を示した地 点があったが、その後終息している。

堤体の目視観察によると、ジョイントにはやや開口がみられるものもある。

6) 大川瀬ダム

このコンクリート重力式ダムの特徴は、左岸部で取り付き付近の地質状況に配慮して堤軸を上流に 約 30 度曲げていること、左右両岸の水平弱層がありその部分にたいしてシャーキーを挿入しているこ とである。このような技術上の問題が存在したため、問題の箇所には集中的な計測管理が行われている。 ダムは堤頂で 350gal程度の加速度をうけているが、堤体表面や内部の計測および詳細な目視観測を行っ たが、これらに異常は認められない。

7) 鴨川ダム

戦後建造されたうちで最も古いコンクリート重力式ダムで、現在コンクリート表面の老朽化対応の 工事を行っているものである。堤体表面や内部の目視観測結果から、異常は全く認められない。

7.6.3 ダム以外の農業用施設の被害とその考察

## 1) ため池の被害

ため池はその総数の把握が十分でないほど数多く、約52,000 個といわれている。被災数も極端に多 く約1,200 個とされ、その分布も広域にわたっているため、とりまとめが完了していない。ため池には 耐震設計がなされていない。図2には被災率分布を示した。このように数多いため池において認められ る被害の状況は多様であり、現在も調査を続行中であり、個々のダムの詳細については別項で詳細に報 告する予定であるため、ここでは観察による特徴をまとめると以下のようになる。

 はらみだし、開口きれつ、すべり、沈下、張ブロックゆるみなどあらゆる種類の変状が認められる が、開き目の大きい、きれつ両側の段差のない開口きれつが目立つ。

2. 堤体だけでなく、貯水池内の周辺部地山においても連続したきれつが認められるものがある。

3. 開口きれつが堤体内部で複雑に発達しているものもある。

4. 長い堤体でも部分的被災が多く、基礎地盤との相関が推定される。

5. 外的に異常を認めないが、水位が維持できないものがある。

2) 頭首工

兵庫県において21箇所の被害報告があったが、災害復旧の査定申請数は3箇所であることからみて も、多くのものは軽微な被害である。これらの多くは完成後30~40年経過した老朽化したものである。 被災箇所は施工継目、法面、護岸との取付部からの漏水および破損、操作室など付帯施設の壁など のきれつで、堰本体についてはいずれも固定堰部で、ゲートの被害は報告されていない。

## 3) 農道·橋梁

震源の北に位置する場所でも被害は発生しているものの、震源の南側である淡路島北部での被害が 多い。淡路島では農道145箇所の被害があったが、特に野島断層によるきれつが地表に出現した北淡町 に被害が集中している。

慶道の被害、橋梁の被害とも空石積みの壁や橋台の被害が顕著であった。被害箇所は、1)断層上ま たは直近で直接変状を受けた、2)尾根、台地の先端部に位置する、3)他の構造物の被害と連動した、な ど振動性状の特異性によるもの、4)強度の小さい空石積や構造不安定、5)法面勾配が急、6)地下水位が 高く基礎が不安定、といった構造や基礎地盤に潜在的不安定が認められるもの、などが被害の原因と推 定される。

## 4) 水路

水路の被害も淡路地区に集中しており、被害件数 172 件の殆どは北部に集中している。大多数の被 害は軽微であるが、そのうちの 20 件は、被害として数えることができる。また、震源の北では、神戸 市、三木市、小野市などでは被害件数 18 件のうち、4 件を被害として数えることができる。

長大導水路線である東播用水導水路における被害は、主として開水路と暗渠、トンネルといった異 種工種の接合点、異種管材料の接合点、勾配変化点、空気弁と本管の接合点や切土、盛土の境界などに 発生している。これらは、きれつ、ジョイント部のずれや破損で、可とう管が配置されていない。

末端の小口径配管部については、バルブ関係の被害が見られている。

## 5) 農地の地すべり

地すべりは地区の地質条件に依存する程度が大きい。震源より北の多くの地区は神戸層群の砂岩、泥 岩、凝灰岩からなる地質であるが、地質分布と関連して被害箇所が認められるが、特に地形的にはやせ 尾根部に多いと報告されている。一方、淡路地区の地質は花崗岩類の基盤のうえに神戸層群、大阪層群 の見られる北部淡路と、和泉層群の上に大阪層群の見られる南部地区に分かれるが、北部において地滑

りとの関係は明確でないが、断層と関連したきれつが多く発生している。

地震についていえば、水平動と上下動が極めて大きな値であるだけでなく、それらが時間差なく発 生している。しかも、大きな振動の継続時間は短いので、おそらく極めて衝撃的な効果を与えたものと 思われる。こういった地震入力波の特性は、被害の特性に大きな影響を与えたものと思われる。

### 7.6.4. 農業施設の被害の特性について

今回の地震被害で認められた特徴については、従来、東北から北海道において類似の農業施設にお いて多数の被害経験をもっている。ここでは、これらの経験と比較しつつ特徴をのべるとともに、若干 の考察を加える。

- 新潟地震や日本海中部地震など、過去の多くの農地の被害には液状化が大きな役割を占めていた。 液状化による噴砂によって水田が埋没したり、埋設した管水路が破損した例は多い。しかし、今回 の農業施設の被害では液状化によるとみられる大きなものはない。
- フィルダムをはじめとしてため池堤体の挙動の特徴は、過去の地震ではきれつとともに、上下流 斜面のはらみだし、不陸などの変状が顕著である。

今回の被害、特に野島断層に近いフィルダム被害の特徴は、観測された記録からしても周辺の 様子からしても、ダムは設計震度に匹敵するか、それ以上の加速度をうけたと考えるのが妥当で あるが、いずれのダムにおいても堤体が激しく振動したとみなされる痕跡が認められないことで ある。従来経験した多くのダムの地震被害では、高欄継手のすれ跡や高欄下部コンクリートや洪 水吐部コンクリートなどのジョイント部における開口の一方、ジョイント面に垂直方向の圧縮力 による剥離性の破断などはごく普通の小被害である。また、フィルダムにおいてはクレスト部法 肩の変状、すなわち軸方向きれつや岩塊の滑落、乱れなどが地震の強度の違いに応じた相違はあ るものの、強い地震においては発生するものである。さらに、剛性の異なる部分の周辺ではきれ つや分離などが認められるほか、ジョイントのずれなども著しいのが普通である。これらはいず れも、従来知られている堤体の振動性状の特性を反映したものと考えられるが、今回の地震では これらが顕著でない。

3. フィルダムやため池のきれつは開口性でその開口幅が広く、引張による成因を示唆している。また、内部に発生したきれつも開口性のものがあり形状は枝状で複雑である。従来の被災ため池でみられるすべりを主体とするものでは、上部には開口性のきれつが存在しても、その両側には段差があり、また内部においてはきれつを追跡することが困難なせん断面を形成しているものが多い。

4. 地震による地すべりや、山腹斜面の突起部などにおける地山の崩壊が、各所にみられる。

- 今回活動した野島断層がため池堤体を横切って、堤体に周辺から連続した断層きれつが発生していても堤体斜面は崩壊しないものがある。
- 6. 地震後淡路島の各所で湧水現象が認められる一方、地下水位の低下や湧水位置の変化などが認められている。また、湧水とともに多量の噴砂現象も見られる。これらの発生位置の地質条件の詳細は不明であるが、多くの現象はダムの存在する淡路島山中において発生しており、基岩は花崗岩かその原位置風化のマサである。したがって、このような噴砂は通常の液状化現象としては説明しにくい。勿論、2次的に堆積したマサについてはこの限りでない。

このような被害の特徴に対しては、地震動の特性の相違が大きな影響をもっていると考えられる。今 回観測された地震観測記録によると、水平加速度測定値の最大値は神戸市中央区の大阪ガスの加速度計 で 833gal、神戸海洋気象台でも南北 818gal、東西 617galにも達する記録を得ており、きわめて強いもの である。また今回の地震では、大きな上下方向の加速度が観測されており、神戸海洋気象台で 332gal、 六甲アイランドで 507galもの加速度が記録されており、水平動の半分程度には達する強い鉛直加速度が この地震の特徴となっている。さらに、主要な揺れの継続時間は 40 ~ 50sec で、特に強い震動は最初の 10sec の間位であり、しかも水平動と鉛直動の時間差がほとんど認められない。従来経験した東北地方 や北海道の遠距離海底地震の、200sec にもおよぶ継続時間の波動とは、周波数特性や経時減衰特性など の点でも大きく異なり、震央距離や発生メカニズムが異なる地震動がいかに異なるかを如実に示すとと もに、被害施設の応答を支配する要因ともなったとみられる。

また、池塘を通って上下流に連続する変状や、長い池塘における部分的な変状など、旧河道や小断 層など基盤の地質学的特性が顕著に変状を支配している。

さらに、昨年は酷い干ばつで、わが国では従来あまり例がないため池池塘の乾燥きれつなども報告されており、そういった影響の面からの検討も必要かもしれない。

## 7.6.5. 結語

今回の地震で、都市部における被害の悲惨な様相は大きく報道されたところであり、その被害総額 は途方もないものである。一方、表3には、過去のいくつかの地震による農業施設関連の被害をまとめ 今回の被害と比較したものである。これによると、単に時価における絶対額の比較ではあるが、今回の 農業被害は際だって大きいといえる。農業施設では、大きな被災件数に達したため池の復旧が遅れるこ とは必至で、今年の農業生産に影響するとも考えられる。現在、ダムおよび比較的特徴的なため池につ いて、被害、無被害それぞれについて詳細な調査、解析がすすめられている。

一方、農村地帯として被害の集中した淡路島における、地域および生活関連の被害をみると、死者 57名(全体の1%)、行方不明0名、負傷者1,220名(3%)で、全壊家屋3,420棟、一部破損まで加えると 家屋損害24,609棟で(11%)あり、水道の断水17,493戸であった。しかし、断水も五色町、緑町の528 戸は翌1月18日に復旧、一番遅い北淡町でも2月10日には復旧している。また、火災の発生はなく、 被災者については、兵庫全県で避難所818箇所を設置、収容人員87,206名を数えたが、そのうち淡路島 では北淡町で避難所を1箇所設け、23人(0.02%)を収容したに過ぎない。

このように、同じ程度のひどい地震作用を受けながら農村地帯の被害は、幸いにして極端なものでなかった。地震被害の原因は、地震規模、施設の構造的特性、はもちろんのこと、地域の自然・人文地

理学的特性、立地条件など多数の要因によるものであろう。私たちの立場は、地震被害を調査・分析し、 被害の再発を防止する技術に貢献することではある。しかしながら、今回の被害をみるにつけ、地震で 施設に発生した現象とそれに対応する技術論のみから、大きな社会的意義をもつ地震被害を論ずること は片手落ちである感を強くする。今後においては地域学的な研究をも深めることによって、技術の周辺 をも含めてこの点をより明確していかなければならないと思われる。

## 参考文献

- 1) 農林水産省構造改善局・日本農業土木総合研究所:平成6年度兵庫県南部地震 調査報告書 (第1報), 1995.
- 2) 楠 晴王:兵庫県南部地震 農業用施設の被害と特徴,土木施工,第36巻,第9号,pp.105-109,1995.

3

2

9

- 347 -

表 7.6.1 対象としたダムの諸元

番号 県名	管理者	ダム名	竣工年	水系、河川名		型式 地質	諸元				直接			
					水系	河川	区分			堤高 m	提頂m	堤体 千 m <sup>3</sup>	総貯水 千 m <sup>3</sup>	流域 km <sup>2</sup>
1	兵庫	土	常盤ダム	1974	野島川	野島川	二級	EC	花崗	33.5	95	121	669	4.0
2	兵庫	土	谷山ダム	1974	楠本川	楠本川	二級	EC	花崗	28.2	151	80	412	2.9
3	兵庫		大谷池ダム	江戸	千種川	千種川	1	E		18.0	47		34	0.2
4	兵庫	国	糀屋ダム	1989	加古川	加古川	一指	RC	流紋	44.1	306	1020	13500	3.8
5	兵庫	国	吞吐ダム	1987	加古川	加古川	一指	G	流紋	71.5	260	370	18900	49.8
6	兵庫	国	大川瀬ダム	1991	加古川	加古川	一指	G	流紋	50.8	164	145	9300	60.6
7	兵庫	国	鴨川ダム	1951	加古川	加古川	一指	G	斑岩	42.0	97	48	8675	19.2

348 -

21 - 22 21

表 7.6.2 近畿管内農業用ダムで観測された地震加速度

18	県名ダム名	\$ 1 \$	11° ) 17 / -P	堤 高	最大加速	度 (Gal)
示		24211	(m)	水平	鉛 直	
		呑 吐	重力式コンクリート	71.5	420	
兵	庫	大川瀬	重力式コンクリート	50.8	345	95
-		糀 屋	中心遮水ロックフィル	44.1	272	110

£1.

		釧路沖地震	北海道南西沖地震	北海道東方沖地震	三陸はるか沖地震	兵 庫 県 南 部 地 渡
地	発生年月日	平成5年1月15日20時16分ころ	平成5年7月12日22時17分ころ	平成6年10月4日22時23分ころ	平成6年12月28日21時19分ころ	平成7年1月17日5時46分ころ
	展 央 地	釧路沖	北海道南西沖	北海道東方沖	三陸はるか沖	淡路島
成の	腰原の深さ	107 km	34 k m	30 k m	ごく浅い	20 k m
做要	規 模	マグニチュード 7.8	マグニチュード 7.8	マグニチュード 8.1	マグニチュード 7.5	マグニチュード 7.2
•	各地の展度 (気象庁観測所)	展度6:釧路 展度5:浦河、帯広、広尾、八戸	震度5:深浦、小博、寿都、江差	震度6:釧路 震度5:広尾、浦河、根室	震度6:八戸 震度5:むつ,青森、盛岡	震度6:神戸,洲本 震度5:彦根京都豊岡
	死 者	2人	202人	-	2人	5,480人
被	行方不明者		28人		-	2人
害	負傷者	967人	323人	436人	785人	36,820人
状	住宅 倒壊(全壊及び半壊)	308棟	1,009棟	421棟	426棟	185,98444
R	農林水產省關係被害	13900円	859億円	148億円	24億円	約900億円
	うち農地・農業用施設	43億円(287箇所)	115億円(792箇所)	2.3億円(16箇所)	16億円(163箇所)	255億円 (4,138箇所)
ライフライン等の状況		地震発生直後に、断水約20,000 戸、停電約57、000戸、NTT980回線 が切断。	地震発生直後に、断水17、709戸 、停電約27,000戸、電話860加入 で不通。	地震発生直後に、断水31,477戸 、停電46,411戸。	地震発生後、延べ停電約106,00 0戸、通信施設には大きな被害発 生無し。	地震発生直後に、断水約120 万戸、停電約100万戸、電話4 1万回線発着信不能。

- 350 -.

(農水省防災課、国土庁防災局、気象庁、兵庫県の各資料により作成)

![](_page_66_Figure_0.jpeg)

# 図 7.6.1 ダムと断層との位置関係

![](_page_67_Figure_0.jpeg)

![](_page_67_Figure_1.jpeg)