

第3章

……速やかな復旧を

よみがえる山と川

管内の被害は282カ所、総額210億円にのぼった。災害査定から工事発注、着工へ。早期復旧を使命とするなか、平成7年4月1日には災害復旧室が新設された。防災第1課、第2課に県外からの派遣職員を含む13人が配属し、復旧作業にも一段と拍車がかかる。翌8年度には新たに防災第3課も設置され、3月現在で全体の約6割にあたる174カ所で工事が完了した。



防災第3課

（ 第3章 速やかな復旧を ）



河川は117カ所が被災した。被災総延長16.9kmは、管内二級河川の延長の9%にあたる。しかし、それ以上に被害が甚大だった河川もあり、住吉川は46%、新湊川に至っては60%が被災した。工事の発注は平成6年度末から始め、平成9年3月時点ですでに81カ所が完成している。

河川の助成事業3件は当初、振動や騒音への苦情、交通開放との兼ね合い、各種ライフライン埋設管の移設などに手間どったものの、工事は加速度を増して進捗。通勤時間帯は車両通行させながら夜間まで工事を続けている千森川、二層河川への工事が進捗する高羽川の両河川は、平成9年度末の完成を予定。助成区間2.5kmの新湊川では、トンネル呑口部や吐口部の民家の移転も終え、工事の5割を発注。平成10年度末には、親水広場や親水護岸を備えた安全で快適な水辺空間へと生まれ変わる。

また、砂防や急傾斜地関係の8カ所は平成7年度で完成。緊急砂防事業の1カ所も工事を終え、緊急地すべり対策事業においても平成8年度末で有馬地区が完了、西岡本地区でも概成する。緊急急傾斜地崩壊対策事業の10カ所については、1カ所が工事中で、8カ所は完成した。

さらに、今回のみの特例措置である民間宅地擁壁復旧事業については、平成7年6月から防災第2課が担当。県内外から応援の職員を得て体制を整え、採択基準適合箇所の地元調整をスタートした。最終的に長田区50カ

所、兵庫区29カ所をはじめ8区・144カ所で着工。全箇所て工事を発注済みだが、10カ所の完成が平成9年度に持ち越される見通しだ。

なお、緊急地すべり事業の2カ所については、平成9年3月概成の見込みである。



防災第1、2課



有野事業所

震災復旧事業の状況

平成9年3月3日現在 (単位:百万円)

種別	全体		完成		工事中		残工事	
	箇所	事業費	箇所	事業費	箇所	事業費	箇所	事業費
河川	117	(100%) 21,108	81	(16%) 3,372	33	(70%) 14,822	3	(14%) 2,914
砂防	165	(100%) 10,380	93	(58%) 5,959	71	(42%) 4,372	1	(0%) 50
計	282	(100%) 31,488	174	(30%) 9,331	104	(61%) 19,194	4	(9%) 2,964

注) 河川事業費には災害費の他改良事業費を含む。また、砂防事業費には災害関連事業費も含む。

災害復旧の歩み

平成7年

- 1月17日(火) 兵庫県南部地震発生(A.M.5:46) M7.2
応急仮工事新湊川会下山トンネル〔～5日20日(土)〕
- 1月25日(水) 事前調査(増本査定官)
- 1月30日(月) 緊急調査(高倉、清水査定官)〔～2月2日(木)〕
- 2月 6日(月) 災害応援(県内職員2人)
- 2月 9日(木) 建設省土木研究所調査(江橋、栗城、吉田各氏)
- 2月10日(金) 大蔵省近畿財務局調査(丸木、西谷、竹下各氏)
- 2月13日(月) 災害応援(県外職員:砂防4人、河川3人)
- 2月14日(火) 現地調査(建設省防災課関沢補佐)
- 2月15日(水) 現地調査(任田、村松査定官)
- 3月 6日(月) 建設省所管第2次査定(河川=41カ所886,542千円、
砂防=3カ所39,775千円、急傾斜=5カ所92,986千円)
〔～10日(金)〕
- 3月15日(水) 兵庫県復興本部発足
- 3月16日(木) 現地調査(根本査定官)
- 3月27日(月) 建設省所管第3次査定(河川=28カ所679,793千円)
〔～28日(火)〕
- 4月 1日(土) 災害復旧室(防災第1課・第2課)設置
(13人=県職員5人、県外応援職員6人、臨時職員2人)
- 4月17日(月) 建設省所管第4次査定(河川=32カ所979,243千円)
〔～21日(金)〕
- 5月 8日(月) 建設省所管第5次査定(河川=5カ所327,303千円)
〔～9日(火)〕
- 5月11日(木) 梅雨前線による大雨(神戸147mm)〔～12日(金)〕
- 5月24日(水) 二次災害対策訓練
- 6月 1日(木) 民間宅地擁壁復旧事業のため防災第2課・有野事業所に県内から
10人応援職員増員
- 6月 5日(月) 第1回土砂災害防止連絡会委員会
- 6月10日(土) 第1回会下山トンネル河川改良復旧工事監理委員会
- 7月 3日(月) 民間宅地擁壁復旧事業のため防災第2課に県外からの応援職員5人
が県内応援職員10人のうち5人と交代
現場技術業務委託発注

7月 4日 (火) 建設省所管第7次査定 (河川=7カ所90,356千円)

〔～5日 (水)〕

7月10日 (月) 千守線陥没し、通行止めをして千森川応急工事着工

7月12日 (水) 親災 (助成事業3河川) 決定 (3カ所7,171,172千円)

7月28日 (金) 第2回会下山トンネル河川改良復旧工事監理委員会

8月11日 (金) 第1回新湊川水辺空間整備計画検討委員会

9月 9日 (土) 第3回会下山トンネル河川改良復旧工事監理委員会

9月11日 (月) 平成7年度建設常任委員会管内調査

9月29日 (金) 千森川助成事業本工事1工区着工

10月20日 (金) 第2回新湊川水辺空間整備計画検討委員会

11月 6日 (月) 新湊川長田2工区・3工区公募型指名競争入札

12月19日 (火) 第3回新湊川水辺空間整備計画検討委員会

平成8年

1月11日 (木) 高羽川助成事業本工事1工区着工

1月30日 (火) 新湊川会下山トンネル呑口部・トンネル吐口部一般競争入札

3月 1日 (金) 六甲山二次災害警戒対策本部設置

4月 1日 (月) 災害復旧室に防災第3課設置 (防災第1課、第2課、第3課、有野事業所で計36人=県職員6人、県外応援職員25人、臨時職員等5人)

5月25日 (土) 土砂災害訓練

6月 1日 (土) 神戸市で土砂災害防止全国大会〔～3日 (月)〕

6月10日 (月) 県職員OBによるボランティア支援活動〔～8月7日 (水)〕

6月25日 (火) 民間宅地擁壁復旧工事業者全て決定 (144カ所)

8月30日 (金) 新湊川長田4工区公募型指名競争入札

9月 5日 (木) 平成8年度建設常任委員会管内調査

12月24日 (火) 新湊川兵庫1工区完成

平成9年

2月 1日 (土) 新湊川会下山トンネル部の物件移転完了

2月 6日 (木) 建設省成功認定 (須藤事務官、木村技官)

2月12日 (水) 震災復興特別委員会現地調査

3月10日 (月) 新湊川長田1工区完成

まちに槌音が響く～復旧工法事例～

1. 災害復旧事業

【河川】

二級河川塩屋谷川放水路災害復旧工事

(甲第119号、甲第120号および甲第210号)

1. 概要

塩屋谷川放水路は、都市小河川改修事業の一環として、神戸市が昭和56年から昭和63年にかけて、垂水区塩屋北町3丁目付近を呑口、須磨浦公園西端を吐口として施工した二級河川(トンネル河川)である(図1)。

施設延長：1,705m

呑口部延長：105m

トンネル部延長：1,442m

吐口部延長：158m

塩屋谷川放水路の縦断面図を図2に、トンネル部の標準断面図を図3に示す。

2. 地形・地質概要

放水路呑口部からトンネル中央部にかけては、標高60～80mの丘陵性の地形をなし、トンネル中央部から吐口部にかけては、標高252mの鉢伏山を山頂とする山岳地形をなしている。

丘陵地形と山岳地形の境界は明瞭であり、北東-南西方向のリニアメントとして判読され、横尾山断層に相当している。また、吐口部上流側には、須磨断層に相当する北北東-南南西方向のリニアメントがある。

横尾山断層はいわゆる活断層であり、「日本の活断層」によれば、確実度I、活動度Bとされている。須磨断層は、ルート南縁付近に位置し、六甲花崗岩と大阪層群を境している。須磨断層もいわゆる活断層で、「日本の活断層」によれば確実度I、活動度Bとされている。

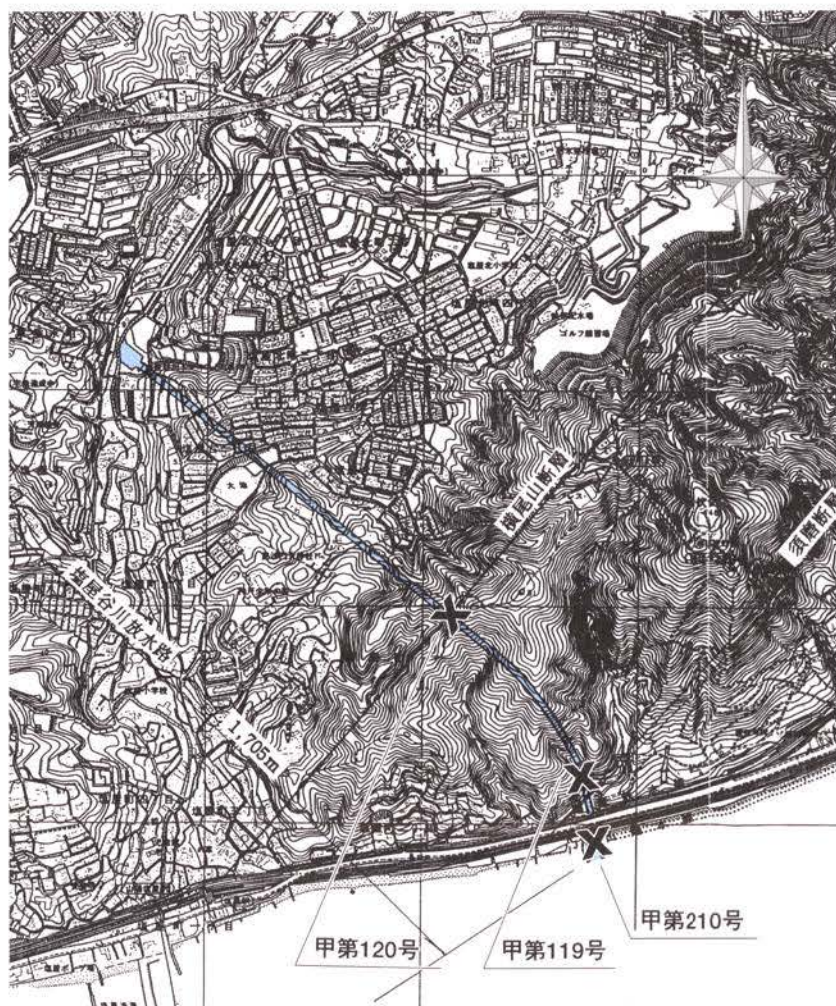


図1 位置図

3. 被災状況等

(1) 放水路トンネル部測量：放水路の被災状況を把握するとともに、復旧工法検討の資料等を得るために放水路トンネル部の測量を行った。測量は、左右の監査廊のXYZ座標を一定間隔で押さえた。

測量結果のうち、横尾山断層部の水平・鉛直変位を図4に示しているが、横尾山断層を境に南側に対して北側の山塊が上昇し、東にずれていることが判明した。

ずれの大きさは、鉛直方向変位が約80mm(北上がり)、水平方向変位が約100mm(右横ずれ)であった。鉛直変位は、断層を境に階段状に変化しており、両側の地塊が剛体のように挙動している。これに対し、水平方向の変位は階段状よりもS字状に近い。

(2) 被災状況等：上記測量結果等も参考にしながら、潜水調査を含む現地踏査により、表1に被災状況をまとめた。なお、復旧工法も併せて表1に掲載する。

表1によると、被災箇所は活断層周辺に集中していることが読み取れる。

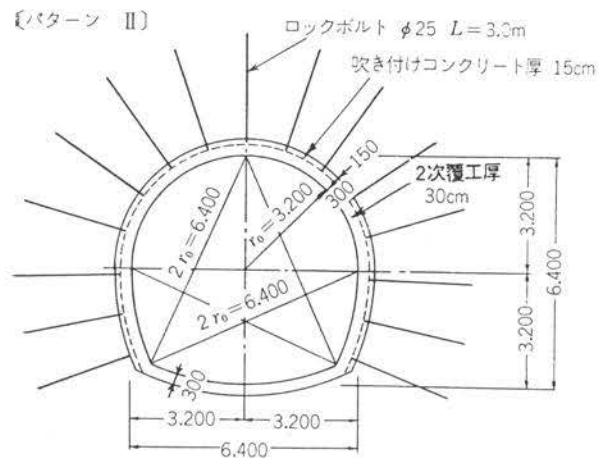


図3 トンネル部標準断面図 (パターンII)

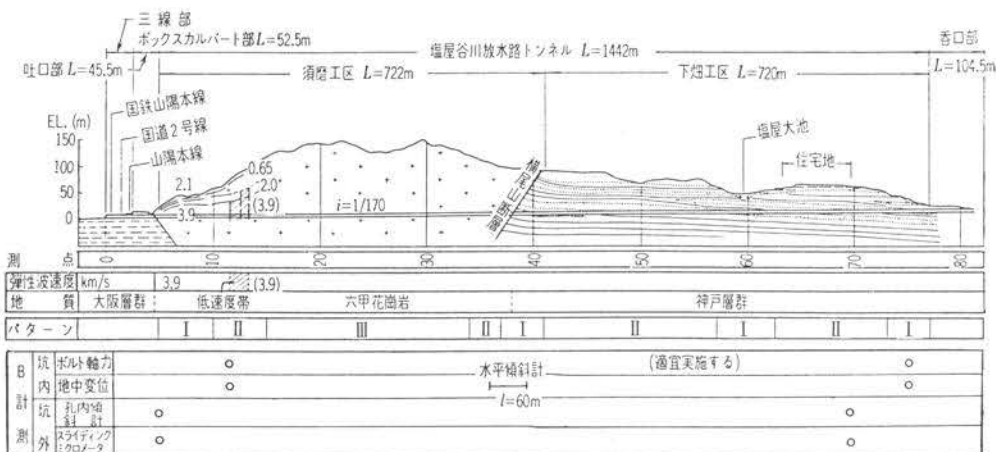


図2 塩屋谷川放水路縦断面図

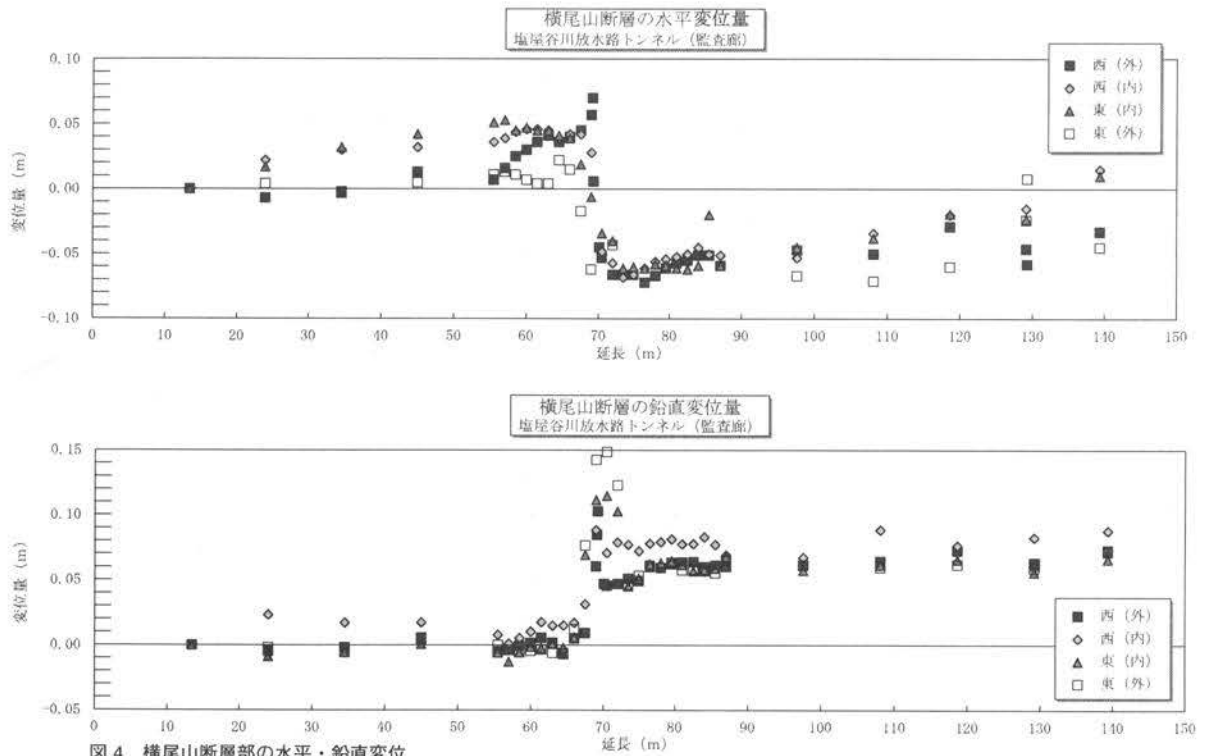


図4 横尾山断層部の水平・鉛直変位

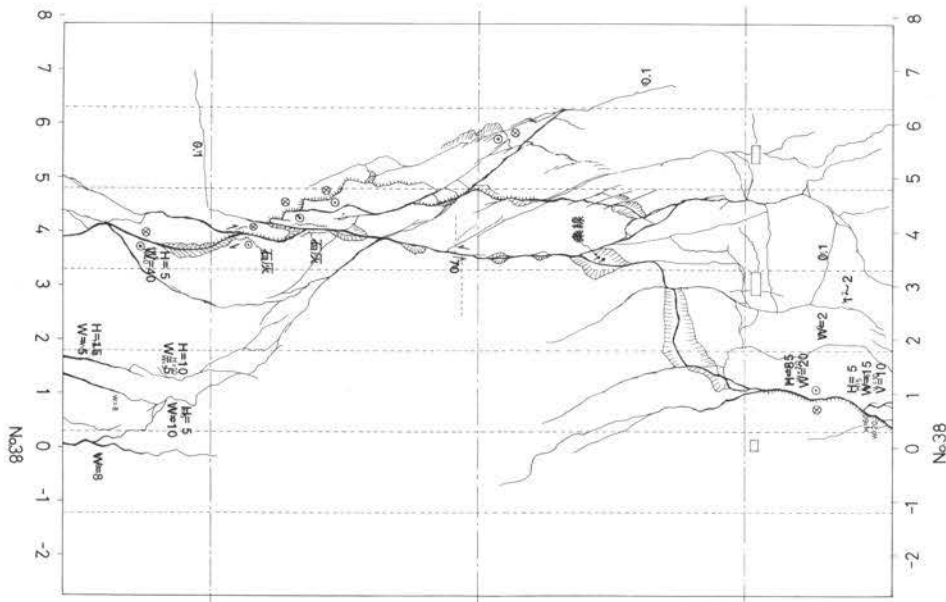


図5 クラック分布状況 (トンネル天端、側壁:展開図表示)

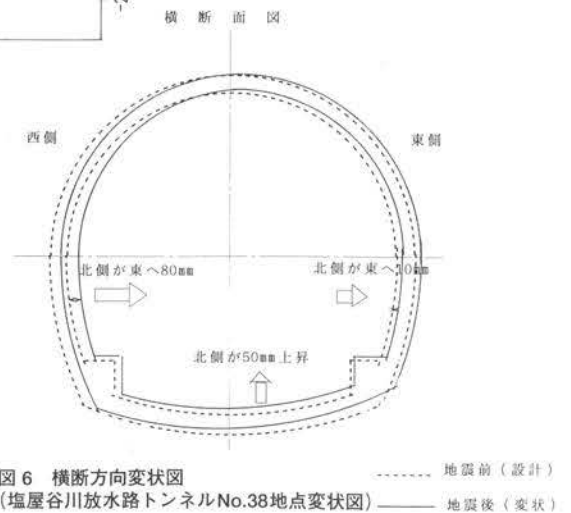


図6 横断方向変状図 (塩屋谷川放水路トンネルNo.38地点変状図)



写真1 被災状況 (横尾山断層西側側壁)



写真4 復旧状況 (横尾山断層西側側壁)



写真2 被災状況
(横尾山断層西側側壁：80mmの段差)



写真3 被災状況
(左岸側導流堤天端のクラック)

表1 塩屋谷川放水路の被災状況と対策工

箇所名	名称	延長(m)	被災の有無	区間長(m)	被災状況	調査内容	調査結果	対策工	備考
呑口部	沈砂池部	42.0	無し		—	現地踏査			
	オーブトランジション部	20.0	無し		—	現地踏査			
トンネル部		1,442.0	あり	N0.37 +17.5~ N0.38+8 (10.5m)	横尾山断層の断層変位によって覆工コンクリートに剥離、クラック等が発生。インバートコンクリートにも段差が発生。	現地踏査(クラックマップ作成) 測 量	右横ずれの断層変位に伴い、せん断クラックが多数発生。側壁部で最大8.5cmのずれ(段差)、インバートで最大4.0cmの段差。	トンネル補修工 地山改良(ウレタン注入式ロックボルト) 既設吹付コンクリート取り壊し 鋼製支保工建て込み 一次吹付コンクリート+ロックボルト 二次吹付コンクリート	図5 図6 写真1 写真2
			あり		須磨断層の断層変位によって覆工コンクリート、インバートコンクリートにクラックが発生。	現地踏査(クラックマップ作成)	トンネル横断方向のクラックが発生。	クラック補修工	
吐口部	落差工	16.0	あり		須磨断層の断層変位によってコンクリートにクラックが発生。	現地踏査(クラックマップ作成)	コンクリートのクラック	クラック補修工	
	減勢工	29.5	無し		—				
	ボックスカルバート	52.5	無し		—	現地踏査			
	導流堤部	60.0	あり		天端(矢板上端付近)にクラック発生。	現地踏査(クラックマップ作成) コアドリル Qスコープ 潜水調査	中詰め砂が沈下し、天端の蓋コンクリートとの間に空隙がみられる。	クラック補修工 空洞充填工	写真3

天上川災害復旧工事



写真1 被災状況（河口部）



写真2 復旧状況（河口部）

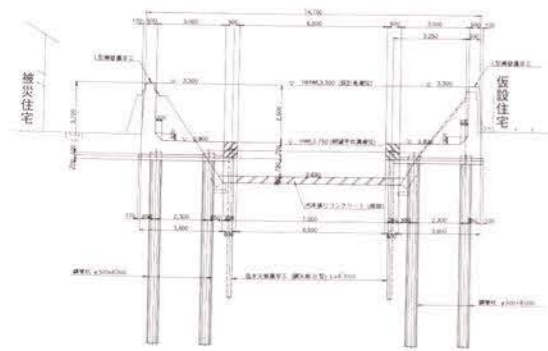


図1 標準断面図

(甲第184号 東灘区魚崎南町)



図2 平面図

被災住宅が河川まで迫っている左岸、そして仮設住宅が優先し、作業足場を失った右岸において工法を検討し、復旧工事を進めている。

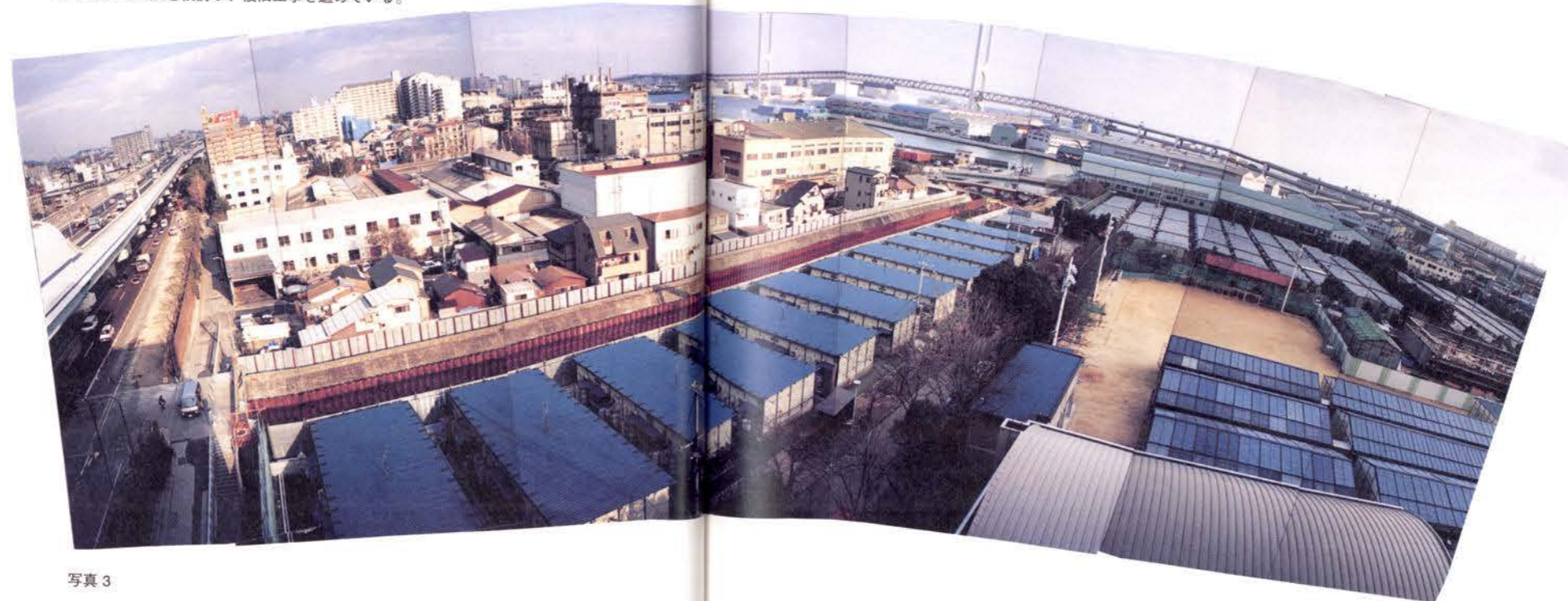


写真3

天上川災害復旧工事

(甲第18号 東灘区田中町)



写真1 被災状況（下流部）



写真2 復旧状況（下流部）



写真3 被災状況（下流部）



写真4 復旧状況（下流部）

高橋川災害復旧工事

(甲第13号 東灘区本庄町)



写真1 被災状況 (上流部)



写真2 復旧状況 (上流部)



写真3 被災状況 (下流部)



写真4 復旧状況 (下流部)

要玄寺川災害復旧工事

(甲第14号 東灘区本山中町)



写真1 被災状況 (宅地の基礎が河川側に動く)



写真2 復旧状況

西天上川災害復旧工事

(甲第22号 東灘区岡本)



写真1 被災状況



写真2 復旧状況

住吉川災害復旧工事

(甲第27号 東灘区魚崎北町)



写真1 被災状況



写真2 復旧状況



民有地の護岸が崩れ苦慮

管理第2課課長補佐 船貴 國夫

技術系職員と2人1組になり起工承諾の交渉を担当しましたが、一番大変だったのが東灘区の天神川、灘区の観音寺川などで河川に密接して民家が建っているケースでした。

なかでも護岸が民有地であり、そこに乗っかって家が建っている場合、「護岸が崩壊したから建物や塀が壊れた」「護岸を民有地から出してくれ」などと言われ、苦慮しました。しかも、再建の際には従来より河川からの距離をおいて建ててもらわなければなりません。工事の承諾を得るまでには、理論武装と相手の理解を得るための時間が必要でした。

起工承諾は、話し合いの前段階でいかに以前の区画整理の資料を集め、かつての境界協定を認識しておくかがポイントでした。そして、交渉の間ではこちらに不利な資料も正直に公開したうえで、復旧工事は原形復旧であること、完成した護岸は河川管理施設であること、管理施設の上には物件は載せないことという3点を念頭に入れてお願いするという姿勢で臨みました。まるで亀の歩みのようなものでしたが、それで良かったんだと確信しています。被災しながらも工事に協力してくださった市民の皆さんには感謝の気持ちで一杯です。

二級河川護岸等復旧工事について

兵庫県神戸土木事務所長

阪神・淡路大震災のため、河川の護岸等に相当の被害が出ており、降雨の際の二次災害が心配されます。

当所では、本格的に復旧工事に取りかかりたく存じます。つきましては、工事の具体的な内容や期間について、御説明をさせていただきますので、工事施工に当たり、下記のとおり御承諾願います。

記

- 1 河川護岸の復旧は、原形復旧が基本となっています。
- 2 工事の際には、民有地に入らせてもらう場合がありますが御了承下さい。
- 3 復旧した河川管理施設（護岸等）については、工事後、河川管理者が管理いたしますので、以後河川管理施設の上に建物等を建てることは出来ません。

上記のことご了承しました。

平成 年 月 日

兵庫県神戸土木事務所長 殿

河川名 [二級河川] 川

工事箇所 _____

住所 _____

連絡先（電話等） { } _____

氏名 _____ 印

権利関係 [土地所有者・借地権者] _____

[担当者]

兵庫県神戸土木事務所
神戸市長田区湊松町3丁目2番5号
☎(078)-735-1331
防災第1課
管理第2課

天神川災害復旧工事

(甲第31号 東灘区御影石町、甲第34号 東灘区御影中町)



写真1 被災状況 (甲第31号)



写真2 復旧状況 (甲第31号)



写真3 被災状況 (甲第34号)



写真4 復旧状況 (甲第34号)

石屋川災害復旧工事

(甲第35号 東灘区御影塚町)



写真1 被災状況 (右岸)



写真2 復旧状況 (右岸)



写真3 施工状況 (切梁による土留工で建物防護)



写真4 施工状況 (切梁による土留工で建物防護)

西郷川災害復旧工事

(甲第107号 灘区大内通)



写真1 被災状況



写真2 復旧状況



写真3 被災状況



写真4 復旧状況

宇治川災害復旧工事

(甲第110号 中央区中山手通)



写真1 被災状況



写真2 復旧状況



写真3 被災状況



写真4 施工状況
(左岸側は完成、右岸側は土留仮設工法の検討を行い着手)

観音寺川災害復旧工事



写真1 被災状況

(甲第189号 灘区味泥町)



写真2 復旧状況

妙法寺川災害復旧工事



写真1 被災状況

(甲第114号 須磨区大黒町)



写真2 復旧状況

明石川災害復旧工事



写真1 被災状況 (甲第212号)

(甲第212号、215号 西区玉津町)



写真2 復旧状況 (甲第212号)



写真3 被災状況 (甲第215号)



写真4 復旧状況 (甲第215号)

有馬川災害復旧工事

(甲第6号 北区有馬町)



写真1 被災状況



写真2 復旧状況

暗渠河川災害復旧工事



写真1 高橋川 (甲第93号、東灘区森南町)



写真2 西瀬川 (甲第94号、東灘区住吉南町)



写真3 西谷川 (甲第276号、中央区脇浜海岸通)
地表に見られる陥没状況から被災の大きさが分かる



写真4 西谷川 (甲第276号、中央区脇浜海岸通)
目地が大きく開いている

【砂防設備】

六甲川災害復旧工事

(甲第2101号 北区有馬町)



写真1 被災状況



写真2 被災状況



写真3 復旧状況

おとくらだに

乙倉谷川災害復旧工事

(甲第2101号 北区有馬町)



写真1 被災状況



写真2 復旧状況

【急傾斜地崩壊防止施設】

一の谷地区災害復旧工事

(甲第3055号 須磨区一の谷町)



写真1 被災状況



写真2 復旧状況

千鳥地区災害復旧工事

(甲第3051号 兵庫区千鳥町)



写真1 被災状況



写真2 復旧状況



写真3 復旧状況

2. 災害復旧助成事業

【二級河川 新湊川災害復旧助成事業】

1. 河川の概要

新湊川は、兵庫県南東部の表六甲に位置し、六甲山に源を発し神戸市の南部を南下して、大阪湾に流下する二級河川である。

その幹川流路延長は、13.1km、流域面積は、29.9km²の急流河川である。

明治の半ばごろまで、湊川は石井川・天王谷川合流点から湊川公園を経て新開地を流れ、市の中心部を北から南へ貫流していた。

明治29年の暴風雨による大災害を契機に、石井川・天王谷川合流点より南西に新河川（会下山トンネルを含む）を掘り、苅藻川に合流させ、海に導く付け替え工事が着工され、明治34年に完成した（写真2）。湊川は、工事完成により現在の湊川と名前を変えることとなった。

その後、二度の大水害（昭和13年、昭和42年）を被り、昭和26年及び昭和42年より中小河川改修事業として改修に着手した。

平成元年までに苅藻川合流点より下流について改修が完成したが、合流点より上流は人家が密集しており、調整に時間を要し、平成2年より休工のやむなきに至った。苅藻川合流点より上流はほとんどが未改修で、流下能力100m³/Sと河積が狭いため、幾度となく溢水・氾濫を繰り返した。

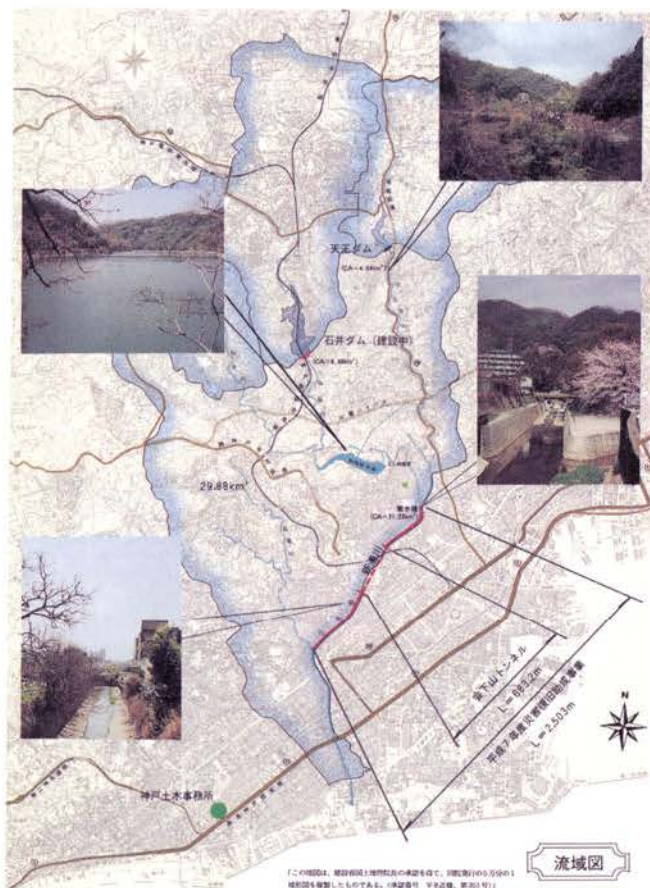


図1 流域図



写真1 新湊川全景



写真2 会下山トンネル（施工時）

2. 被災状況

今回の地震では事業対象区間となった下流側の苅藻川合流点から、上流側石井川・天王谷川合流点までの開水路区間において、自立式のコンクリート擁壁護岸（無筋）が数カ所で倒壊し、一部では河道が埋塞した（写真3）。また、随所で擁壁に亀裂が発生し倒壊寸前の状態となった。

トンネル区間においては、アーチおよび側壁部を構築しているレンガ積に剥離や亀裂が発生した。下流側坑門部は倒壊し、周囲の斜面崩壊による大量の土砂で河川が埋塞した（写真4）。また、横ずれによるトンネル内の大きな被害は認められなかったが、レンガ積目地材のモルタル流失が広範囲にわたって確認された。

特に上流側坑門より360～400m区間で最大70cm程度の天端沈下があり、また下流側に向かってトンネル天端から左側肩部に沈下と目地の開口も発見された。

トンネル上部に位置する会下山公園周辺の地表部変状



写真3 被災状況（会下山トンネル吐口部）



写真4 被災状況（兵庫区湊川町地内の右岸側護岸）

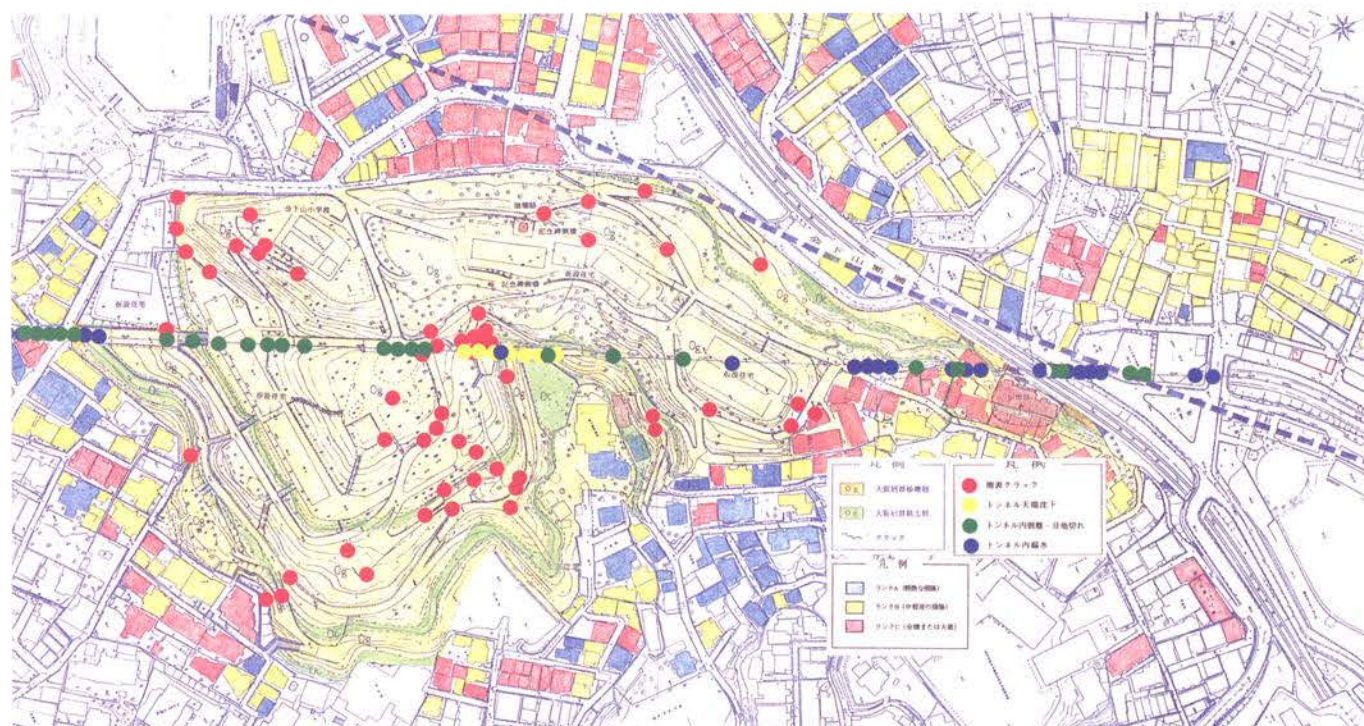


図2 会下山トンネル内及び会下山公園周辺の変状分布

を踏査したところ、斜面の崩壊、石碑の転倒、園路の亀裂など一定の場所に変状が集中する傾向が認められた。また、地表面に連続して発達する亀裂は全体として北東～南西方向に連続性が認められ、これは後述する会下山断層と同じ方向を示している（図2）。

3. 地形・地質の概要

図3に周辺の地形・地質・活断層の概要を示す。

会下山断層は諏訪山断層の西方への延長に位置する断層で、諏訪山の南で六甲花崗岩体と離れ、大阪層群分布域内を通過して、会下山の西で尖滅している。

4. 改良復旧計画

新湊川の改修は前述のように、中小河川改修事業によって平成元年度までは下流側において施工されていたので、今回の改良復旧も当該工事実施基本計画に整合させた河道改修計画とした。

工事概要および計画諸元等は、以下の通りである。

【事業概要】

事業箇所：兵庫県神戸市長田区～兵庫区

事業期間：平成7年度～平成11年度

事業費：災害費5,503百万円、助成費6,678百万円

施工延長：L=2,503m

【計画諸元】

流域面積：29.9km²

超過確率：1/100（計画降雨量94.5mm/hr）

計画高水量：260m³/S

計画河幅：9.5～10.0m

河床勾配：1/260～1/300

(1)開水路区間

新湊川は都市化の進んだ市街地中央を貫流していることから、今回の復旧を機に安全で快適な水辺空間の創出が図れるよう、また併せて震災直後の火災発生の教訓から「防災多機能河川」としての構造を取り入れることとした。

さらに、学識経験者や地域代表者から構成された「新湊川水辺空間整備計画検討委員会」を設置し、より広範囲で専門的な意見と河川への地域住民の声を反映させた計画とした。

法線は両岸が道路および家屋に挟まれていることから拡幅が困難であり、現況の法線通りとし、河床を切り下げることにより河積の拡大を図った。表1に護岸擁壁形式の選定に至った比較表を、図5に委員会で検討のうえ提案された完成イメージ図の一部を掲載する。また、提案をもとに行った実施計画断面を図6に示す。

(2)トンネル区間

既往の会下山トンネル改修案は、既設トンネルをその



図3 会下山周辺の地質図

まま利用し、不足断面を補うものとして既設トンネルの左岸側に新設トンネルを増設するものであった。

しかし、今回の被災で既設トンネル自体の復旧が必要となったため、計画立案を(財)先端建設技術センターに委託して行うこととなった。業務は新・旧トンネルを一体的に比較検討し、最適な施工方法と流水に対する安全対策を含めた施工管理計画の策定が主となった。

(財)先端建設技術センターでは、テクニカル・コーオペレータ(TC)制度により、本業務を遂行することとなった。

実質の業務は、「会下山トンネル河川改良復旧工事監理委員会」を設置して行われ、表2に示すように現況断面拡大案と新設トンネル設置案に分け、計8案について検討された。

その結果、D(新設・拡大複合)案が委員会として妥当とされた。

開削区間は、SMWによる連壁土留を施工後、オープン掘削を行うこととし、トンネル区間は、NATM工法に各種の補助工を併用し掘進することとした(図7)。

表1 擁壁形式の比較表

	第1案 逆T式擁壁	第2案 U型擁壁	第3案 逆T式擁壁(ストラッド案)
断面図			
概算工事費(直工)	63,300千円 (1.30)	48,800千円 (1.00)	58,800千円 (1.20)
治水上	通年施工となるため、左右岸別途施工可能である。逆T式擁壁の方がU型擁壁より通水断面が大きくとれ有利である。	通年施工となるため、全断面を段階施工するU型擁壁は、通水断面が小さくなり、治水上劣る。	ほぼ、第1案と同じであるが、3段階施工となるため、第1案より劣る。
構造的性	片側施工の場合、左岸(既設護岸)が安定と仮定した時、逆T式擁壁は独立構造で安定しているため、切梁を必要としない。逆T式擁壁は、左右岸別タイプで施工可能であり、今回の様に左岸側を景観設計の護岸タイプに変更できる。	片側施工の場合、左岸(既設護岸)が安定と仮定した時、U型擁壁は滑動がOUTとなるため、切梁撤去ができない。U型擁壁は左右岸同タイプのみ施工可能であり、今回の様に左岸側を景観設計の護岸タイプに変更できない。	河床に配置されるストラッドにて両岸のフーチングを連結(ヒンジ構造)し、水平力を相殺する案である。施工時には中間杭に水平力を分担させるため、中間杭は剛性の高いものが必要である。完成形においては水平力が相殺されるため、杭本数は第1案より少なくて済む。
施工性	仮設工が同断面で連続的に行えるため、施工性に優れる。河床の施工は単独で可能である。	仮設工が3段階施工となるため、段階ごとに施工ヤード、資材搬入ルート、通水断面が変わり、施工性に劣る。	河床部のストラッドの施工まで一連で行う必要があり、施工形態としてはU型擁壁と同様、3段階必要となり、施工性は劣る。
評価	経済性に劣るが、治水上、構造的性、施工性に優れ、総合的には優れた形式である。	経済性に優れるが、治水上、構造的性、施工性に劣る。	第1案に比べ経済性は優れるが、水中部材となるストラッドの腐食による将来の構造安定性に欠け、また施工性も劣るため、総合的には中位の案となる。
順位	1	3	2

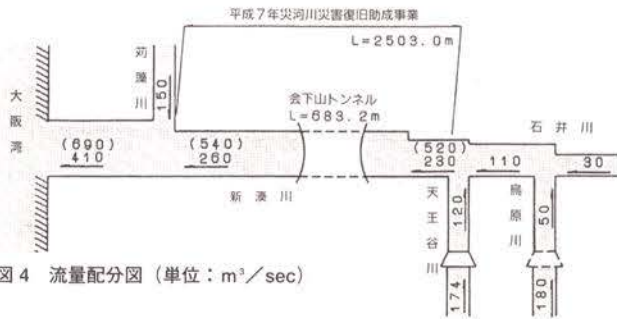


図4 流量配分図 (単位: m^3/sec)

[トンネル諸元]

延長: 683.2m (既設拡大区間95.0m、バイパス区間488.2m、開削区間100.0m)

計画流量: $260\text{m}^3/\text{sec}$

縦断勾配: 1/303

掘削断面積: 約 144m^2

最小曲線半径: 150m

内空断面積: 約 105m^2

[仮水路諸元]

既設拡大区間: 仮水路 (流下能力 $30\text{m}^3/\text{sec}$)

バイパス区間: 既設トンネル (流下能力 $100\text{m}^3/\text{sec}$)
 転流坑 (流下能力 $100\text{m}^3/\text{sec}$)

開削区間: 既設トンネル (流下能力 $100\text{m}^3/\text{sec}$)
 仮水路 (流下能力 $100\text{m}^3/\text{sec}$)

トンネル坑内の施工では、計画段階にはおよその予測でしかなかった会下山断層の位置が明確となり、さらに周辺には被圧滞水層も確認されるなど、今後の本格着工を前にさらなる検討を加えることが必要となっている。



図5 新湊川水辺空間整備計画検討委員会から提案された完成イメージ図

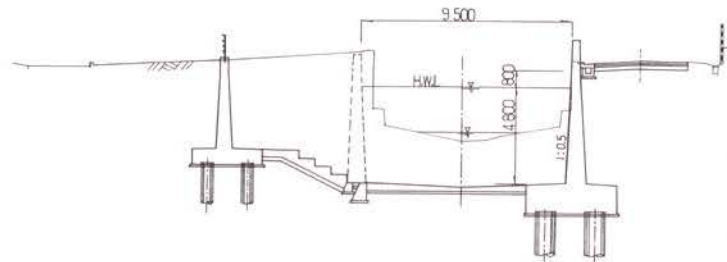


図6 実施計画断面図

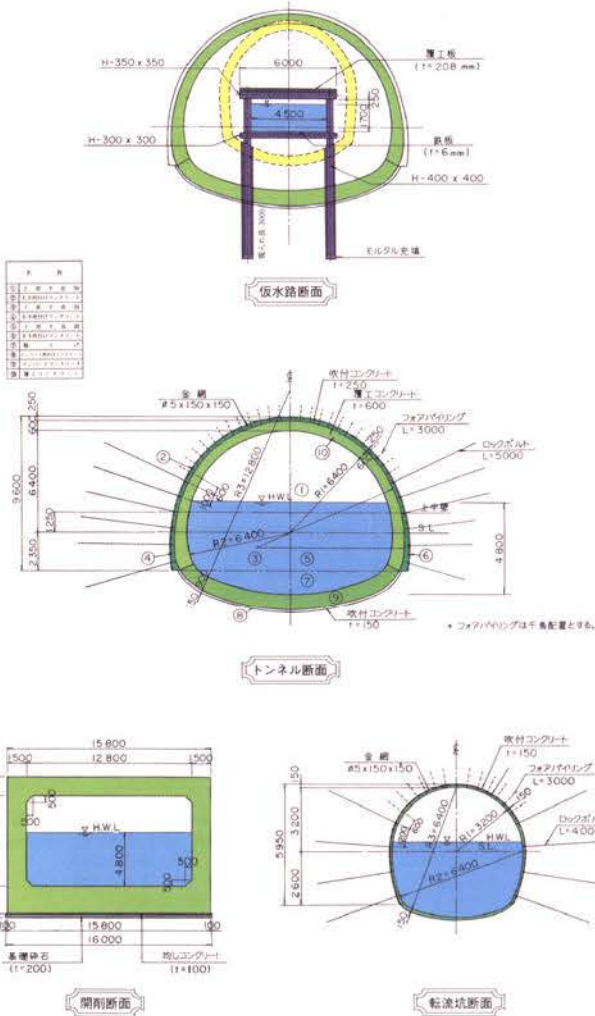


図7 会下山トンネル標準断面図

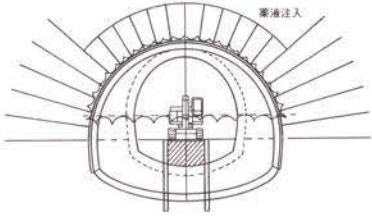
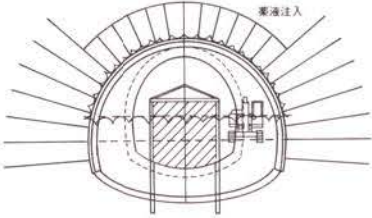
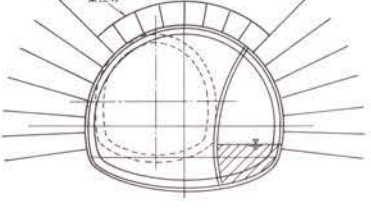


写真5 着工前(下流工区: 刈藻川合流点)



写真6 完成状況(下流工区: 刈藻川合流点)

表2 会下山トンネル施工法比較表

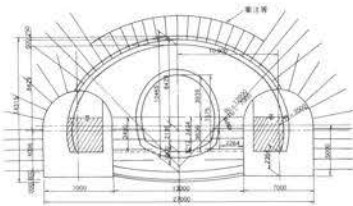
		現況断面拡大案																																								
		仮水路流量 13m ³ /S (施工性を重視)	仮水路流量 66m ³ /S (仮水路流量を確保)																																							
		A (既設トンネル内仮水路設置案)	B-1 (既設トンネル内仮水路設置案)	B-2 (CD案)																																						
		現況トンネルの中央に仮水路を設置・付替後、拡大を行う。(但し仮水路流量は13m ³ /s程度)	同左 (但し仮水路流量は66m ³ /s程度)	トンネルセンターを振り、新設断面内片側に中壁工法で仮水路を先行施工する。																																						
概要図																																										
施工手順		<ol style="list-style-type: none"> ①仮水路支持杭・水路受け施工 ②既設トンネル内補強・拡大用補助工法等施工 ③仮水路施工 ④上半・下半・インバート同時併進施工 ⑤全断面覆工 	<ol style="list-style-type: none"> ①既設トンネル内補強・拡大用補助工法等施工 ②仮水路施工 ③上半・下半・インバート交互併進施工 ④全断面覆工 	<ol style="list-style-type: none"> ①既設トンネル内補強・拡大用補助工法等施工 ②サイロット部上下半交互併進 ③中壁部補強 (通水のため鉄板等) ④サイロット部通水 ⑤拡大部上下半交互掘削・支保 ⑥インバート掘削・コンクリート打設 ⑦中央仮水路施工・通水切換 ⑧中壁撤去 ⑨全断面覆工 																																						
施工性	長所	<ol style="list-style-type: none"> ①施工性が良い (作業空間が広い) ②仮水路の移設なし ③早期閉合が可能 	<ol style="list-style-type: none"> ①降雨による工程上への影響はA案に比べて少ない (過去10年間の最大流量確保) ②仮水路の移設なし ③早期閉合が可能 	<ol style="list-style-type: none"> ①降雨による工程上への影響はA案に比べて少ない (過去10年間の最大流量確保) 																																						
	問題点	<ol style="list-style-type: none"> ①雨天時は施工不可能 (仮水路流量が小さい) ②切羽等の防護対策が問題 (仮水路流量オーバー時 施工断面全解放となるため) ③仮水路の施工方法 ④仮水路の構造 ⑤仮水路下のインバート等施工方法 	<ol style="list-style-type: none"> ①施工性が悪い (作業空間小さい、施工機械の離合不可能のため待避所等が必要となる) ②仮水路の施工方法 ③仮水路の構造 ④仮水路下のインバート等施工方法 	<ol style="list-style-type: none"> ①中壁の構造 (高水圧が作用するため) ②サイロット部の施工方法 (断面が狭小) ③既設本体への影響 (サイロットと近接) ④既設からサイロット部への漏水 ⑤サイロット部工事中の危険性 																																						
概略工程		<table border="0"> <tr><td>全体工程 (片押し・1方)</td><td>53ヶ月</td></tr> <tr><td>内訳: 準備工・パイプルーフ</td><td>10ヶ月</td></tr> <tr><td>上半・下半・インバート施工</td><td>36ヶ月</td></tr> <tr><td>坑門工・全断面覆工</td><td>6ヶ月</td></tr> <tr><td>跡片付け</td><td>1ヶ月</td></tr> </table>	全体工程 (片押し・1方)	53ヶ月	内訳: 準備工・パイプルーフ	10ヶ月	上半・下半・インバート施工	36ヶ月	坑門工・全断面覆工	6ヶ月	跡片付け	1ヶ月	<table border="0"> <tr><td>全体工程 (片押し・1方)</td><td>60ヶ月</td></tr> <tr><td>内訳: 準備工・パイプルーフ</td><td>11ヶ月</td></tr> <tr><td>上半・下半・インバート施工</td><td>42ヶ月</td></tr> <tr><td>坑門工・全断面覆工</td><td>6ヶ月</td></tr> <tr><td>跡片付け</td><td>1ヶ月</td></tr> </table>	全体工程 (片押し・1方)	60ヶ月	内訳: 準備工・パイプルーフ	11ヶ月	上半・下半・インバート施工	42ヶ月	坑門工・全断面覆工	6ヶ月	跡片付け	1ヶ月	<table border="0"> <tr><td>全体工程 (片押し・1方)</td><td>108ヶ月</td></tr> <tr><td>内訳: 準備工・パイプルーフ</td><td>10ヶ月</td></tr> <tr><td>サイロット部上・下半施工</td><td>41ヶ月</td></tr> <tr><td>サイロット部インバート施工</td><td>13ヶ月</td></tr> <tr><td>拡大部上半・下半・インバート水路切廻</td><td>33ヶ月</td></tr> <tr><td>中壁撤去・拡大部インバート打設</td><td>1ヶ月</td></tr> <tr><td>坑門工・全断面覆工</td><td>3ヶ月</td></tr> <tr><td>跡片付け</td><td>6ヶ月</td></tr> <tr><td></td><td>1ヶ月</td></tr> </table>	全体工程 (片押し・1方)	108ヶ月	内訳: 準備工・パイプルーフ	10ヶ月	サイロット部上・下半施工	41ヶ月	サイロット部インバート施工	13ヶ月	拡大部上半・下半・インバート水路切廻	33ヶ月	中壁撤去・拡大部インバート打設	1ヶ月	坑門工・全断面覆工	3ヶ月	跡片付け	6ヶ月		1ヶ月
全体工程 (片押し・1方)	53ヶ月																																									
内訳: 準備工・パイプルーフ	10ヶ月																																									
上半・下半・インバート施工	36ヶ月																																									
坑門工・全断面覆工	6ヶ月																																									
跡片付け	1ヶ月																																									
全体工程 (片押し・1方)	60ヶ月																																									
内訳: 準備工・パイプルーフ	11ヶ月																																									
上半・下半・インバート施工	42ヶ月																																									
坑門工・全断面覆工	6ヶ月																																									
跡片付け	1ヶ月																																									
全体工程 (片押し・1方)	108ヶ月																																									
内訳: 準備工・パイプルーフ	10ヶ月																																									
サイロット部上・下半施工	41ヶ月																																									
サイロット部インバート施工	13ヶ月																																									
拡大部上半・下半・インバート水路切廻	33ヶ月																																									
中壁撤去・拡大部インバート打設	1ヶ月																																									
坑門工・全断面覆工	3ヶ月																																									
跡片付け	6ヶ月																																									
	1ヶ月																																									
概算工費		<table border="0"> <tr><td>全体工費</td><td>4,920百万円</td></tr> <tr><td>内訳: トンネル工費</td><td>1,845百万円</td></tr> <tr><td>補助工費</td><td>1,970百万円</td></tr> <tr><td>仮水路工費</td><td>475百万円</td></tr> <tr><td>開削部工費</td><td>630百万円</td></tr> </table>	全体工費	4,920百万円	内訳: トンネル工費	1,845百万円	補助工費	1,970百万円	仮水路工費	475百万円	開削部工費	630百万円	<table border="0"> <tr><td>全体工費</td><td>5,635百万円</td></tr> <tr><td>内訳: トンネル工費</td><td>2,153百万円</td></tr> <tr><td>補助工費</td><td>1,971百万円</td></tr> <tr><td>仮水路工費</td><td>881百万円</td></tr> <tr><td>開削部工費</td><td>630百万円</td></tr> </table>	全体工費	5,635百万円	内訳: トンネル工費	2,153百万円	補助工費	1,971百万円	仮水路工費	881百万円	開削部工費	630百万円	<table border="0"> <tr><td>全体工費</td><td>6,065百万円</td></tr> <tr><td>内訳: トンネル工費</td><td>2,460百万円</td></tr> <tr><td>補助工費</td><td>2,297百万円</td></tr> <tr><td>仮水路工費</td><td>678百万円</td></tr> <tr><td>開削部工費</td><td>630百万円</td></tr> </table>	全体工費	6,065百万円	内訳: トンネル工費	2,460百万円	補助工費	2,297百万円	仮水路工費	678百万円	開削部工費	630百万円								
全体工費	4,920百万円																																									
内訳: トンネル工費	1,845百万円																																									
補助工費	1,970百万円																																									
仮水路工費	475百万円																																									
開削部工費	630百万円																																									
全体工費	5,635百万円																																									
内訳: トンネル工費	2,153百万円																																									
補助工費	1,971百万円																																									
仮水路工費	881百万円																																									
開削部工費	630百万円																																									
全体工費	6,065百万円																																									
内訳: トンネル工費	2,460百万円																																									
補助工費	2,297百万円																																									
仮水路工費	678百万円																																									
開削部工費	630百万円																																									

現況断面拡大案

仮水路流量 66m³/S (仮水路流量を確保)

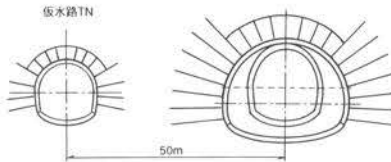
B-3 (側壁導坑先進案)

現況トンネル両側に側壁導坑を先行施工し、それを仮水路に利用する。



B-4 (転流坑案)

既設トンネル側方に仮水路トンネルを施工し、既設トンネルを拡大後、閉鎖する。



- ① 既設トンネル補強・拡大用補助工法等施工
- ② 側壁導坑掘削・支保
- ③ 側壁導坑内仮水路施工・通水
- ④ 拡大部上半・下半・インバート同時併進施工
- ⑤ 中央仮水路施工・通水切替
- ⑥ 全断面覆工

- ① メガネ部既設トンネル補強・補助工法等施工
- ② 仮水路トンネル上下半同時併進掘削・支保 (既設トンネル補強・拡大用補助工法併進)
- ③ 仮水路トンネル通水切替
- ④ 既設トンネル拡大 (上半・下半・インバート同時併進)
- ⑤ 新設トンネル全断面覆工
- ⑥ 仮水路トンネル閉塞

- ① 降雨による工程上への影響はA案に比べて少ない (過去10年間の最大流量確保)
- ② 作業性が良い (本設断面大)

- ① 降雨による工程上への影響はA案に比べて少ない (過去10年間の最大流量確保)
- ② 作業性が良い (仮水路TN、既設拡大共)
- ③ 早期閉合可能 (仮水路TN、既設拡大共)

- ① 超大断面・扁平断面

- ① 仮水路トンネルの用地補償問題により実現困難
- ② 高坑口部のメガネトンネル部の安定性・地上への影響

全体工程 (片押し・1方)	69ヶ月
内訳: 準備工	5ヶ月
側壁導坑施工	15ヶ月
側壁導坑コンクリート施工	6ヶ月
パイプルーフ	5ヶ月
拡大部上半・下半・インバート	31ヶ月
坑門工・全断面覆工	6ヶ月
跡片付け	1ヶ月

全体工程 (片押し・1方)	(66ヶ月)
内訳: 準備工	10ヶ月
パイプルーフ	5ヶ月
新設トンネル施工	23ヶ月
既設トンネル拡大	27ヶ月
跡片付け	1ヶ月

※用地交渉等により工程は不確定

全体工費	7,766百万円
内訳: トンネル工費	4,305百万円
補助工費	2,492百万円
仮水路工費	339百万円
開削部工費	630百万円

全体工費	(6,214百万円)
内訳: トンネル工費 (仮水路)	862百万円
(本設)	1,845百万円
補助工費 (仮水路)	813百万円
(本設)	1,971百万円
開削部工費	1,050百万円
仮水路閉塞工費	173百万円
※用地補償費	交渉等により不確定

(次ページに続く)

表2 会下山トンネル施工法比較表

		新設トンネル設置案		
		仮水路流量 66m ³ /S (仮水路流量を確保)		
		C-1 (新設・既設併用案)	C-2 (新設のみ使用する案)	D (新設・拡大複合案)
		既設トンネル横に併走するバイパストンネルを施工し、既設・新設両方で改修流量を確保する。	新設トンネルで改修計画の流量を確保し、既設トンネルは閉塞する。	吐口側坑口部は現況拡大案と同断面で施工し、途中より新設トンネルを分岐させる。
概要図				
施工手順		<ol style="list-style-type: none"> ①メガネ部既設トンネル補強・補助工法施工 ②新設トンネル上半・下半・インバート同時併進施工 ③新設トンネル全断面覆工 ④既設トンネル補修工 	<ol style="list-style-type: none"> ①メガネ部既設トンネル補強・補助工法施工 ②新設トンネル上半・下半・インバート同時併進施工 ③新設トンネル全断面覆工 ④新設トンネルへ河川切替 ⑤既設トンネル閉塞 	<ol style="list-style-type: none"> ①既設断面拡大部補強・補助工法等施工 ②仮水路施工 ③既設トンネル拡大部施工 ④分岐トンネル施工・水路切替 ⑤既設トンネル補修工
施工性	長所	<ol style="list-style-type: none"> ①降雨による影響は無い(既設をそのまま利用できるため) ②作業性がよい ③早期閉合が可能 	<ol style="list-style-type: none"> ①降雨による影響は無い(既設をそのまま利用できるため) ②作業性がよい ③早期閉合が可能 	<ol style="list-style-type: none"> ①分岐後は他の新設トンネル案と同様に施工性はよい
	問題点	<ol style="list-style-type: none"> ①新設トンネルの用地補償問題により実現困難 ②両坑口部のメガネトンネル部の安定性・地上への影響 ③両坑口部における分・合流方法が、水理上困難となる 	<ol style="list-style-type: none"> ①新設トンネルの用地補償問題により実現困難 ②両坑口部のメガネトンネル部の安定性・地上への影響 	<ol style="list-style-type: none"> ①新設トンネルの用地補償問題により実現困難 ②舌口側坑口部のメガネトンネル部の安定性・地上への影響 ③トンネル内分岐部が扁平かつ超大断面となる ④分・合流方法は、水理上困難となる
概略工程		全体工程 (片押し・1方) (53ヶ月) 内訳：準備工・パイプルーフ 5ヶ月 新設側壁導坑施工 2ヶ月 パイプルーフ 5ヶ月 新設上半・下半・インバート 27ヶ月 坑門工・全断面覆工 3(7)ヶ月 既設トンネル補修 10ヶ月 跡片付け 1ヶ月 ※用地交渉等により工程は不確定	全体工程 (片押し・1方) (56ヶ月) 内訳：準備工 5ヶ月 新設側壁導坑施工 2ヶ月 パイプルーフ 5ヶ月 新設上半・下半・インバート 34ヶ月 坑門工・全断面覆工 3(7)ヶ月 既設トンネル補修 6ヶ月 跡片付け 1ヶ月 ※用地交渉等により工程は不確定	全体工程 (片押し・1方) (56ヶ月) 内訳：準備工・パイプルーフ 11ヶ月 拡大部施工 10ヶ月 分岐トンネル施工 23ヶ月 坑門工・全断面覆工 3(7)ヶ月 既設トンネル補修 8ヶ月 跡片付け 1ヶ月 ※用地交渉等により工程は不確定
概算工費		全体工費 (4,998百万円) 内訳：トンネル工費 1,880百万円 補助工法費 1,402百万円 開削部工費 1,050百万円 既設トンネル補修費 666百万円 ※用地補償費 未定 ※用地交渉等により工費は不確定	全体工費 (5,026百万円) 内訳：トンネル工費 2,167百万円 補助工法費 1,402百万円 開削部工費 1,050百万円 仮水路工費 407百万円 ※用地補償費 未定 ※用地交渉等により工費は不確定	全体工費 (5,148百万円) 内訳：トンネル工費 1,915百万円 補助工法費 1,387百万円 開削部工費 1,050百万円 仮水路工費 130百万円 既設トンネル補修費 666百万円 ※用地補償費 未定 ※用地交渉等により工費は不確定

即対応で行政への信頼を



防災第1課課長補佐
田辺 広明 (石川県)

技術者としては、工事をどういう工法で進めていくかに興味があるのですが、新湊川の場合は市街地の真ん中を流れ、兩岸に民家が密集しているため、振動や騒音への苦情処理に追われたというのが実感です。着工前に説明会や家屋調査はしていても、いざ工事を始めると「振動で食器が落ちそうだ」「うるさい」などの苦情が相次ぎました。

応援者で土地勘がないため、一番にしたのは沿線の住宅地図を張り合わせることに。それを見ながら電話での苦情に対応しました。向こうが「〇〇です」と名乗った時に、「〇〇さんのお隣ですね」と言葉をすぐに返せば、「うちのことを気にしてくれてるのかな」「土地のことをよく知っているな」と印象も良くなるようでした。

そして、電話のあとはすぐに足を運び、親身になって話を聞くことです。どんな人にも身構えず、丁寧に説明すればわかってもらえる、という姿勢でやってきました。何かあればすぐに対応することが、行政への信頼につながるんだと再認識しました。

不法占用の解消に全力



管理第1課課長補佐
藤原 亨

新湊川では、長年の懸案事項となっていた左岸河川敷の不法占用問題が震災後、一気に浮上しました。そこは135店が軒を連ねる市場で、しかも全壊判定でしたが、とにかくこちらとしては立ち退いてもらい、建物を撤去しなければ復旧工事にかかれません。市場の人たちの心情を理解しつつも河川改修第一の姿勢を貫き、「市場という性質上、場所を変えて営業することはできない」と主張する市場側と真っ向から対立しました。

紆余曲折はあったものの、市場の組合は将来の再建について神戸市と話し合いを進める中で全面撤去という英断を下しました。平成7年10月のことです。解体工事着工を目の当たりにした時には本当にほっとしました。

市場は震災1週間後、すぐ近くの公園敷地に仮設店舗を完成させ、営業を始めました。交渉時、「移転することによって工事が出来るのだから、何らかの形での補償が欲しい」と言われ困惑しましたが、確かに不法占用ではあっても長年生活の基盤となってきたものを「震災で河川改修しなければならぬので、さあのをいて下さい」では納得はできなかったでしょう。しかし今、彼らには自分の土地で市場を再建するという目的があります。生活再建が最優先されるなかで、どうすれば相手に希望を持ってもらえるのか、担当者として最後まで苦慮しました。

早ければ年内に市場がオープンすると聞いています。その時には、連日のように話し合い、時には激しいやりとりもした役員の方々と喜びを分かち合いたいと思います。

【二級河川 千森川災害復旧助成事業】

1. 設計概要

千森川は、神戸市須磨区を流れる二級河川であり、現在建設中（平成8年部分通水開始）の放水路の完成により、その流域面積は1.35km²から0.42km²に減少する。河道は、密集した市街地の幅員狭小な道路下を流れる未改修の急流暗渠河川である。

兵庫県南部地震により、千森川の暗渠区間は護岸の破壊、底張の損壊、床版のコンクリート剝落等の甚大な被害を受けた。また、その後の出水により、破壊された部分は広範囲にわたって流失し、洗掘・吸出しにより周辺地盤が緩んで、市道千守線において数箇所陥没を引き起こした。

そのため、応急仮工事に着手し、流失した護岸・底張の仮復旧を行って被害の拡大を防止した。

本復旧に当たっては、不足している通水断面の拡大を図り、1/30年確率の洪水に適應できるように改修断面を設定した。また、一体構造の暗渠断面として耐震性の向上も図ることとした。

工法選定に当たっては、被災状況・地形条件および交通に対する影響度から、大きく2つの区間に区分した。

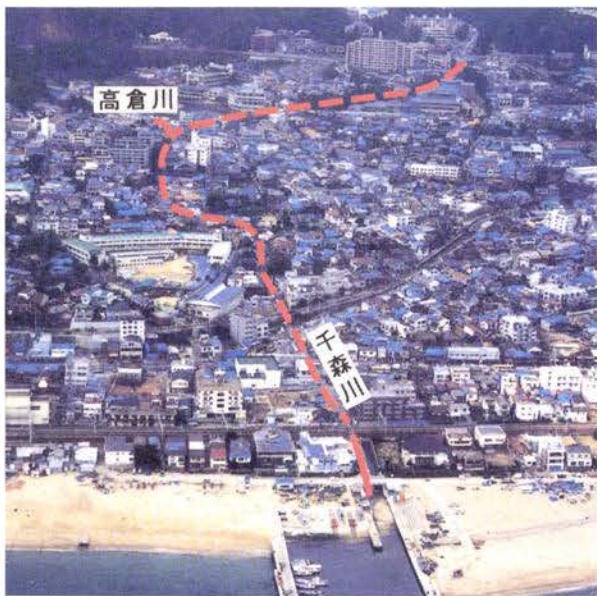


写真1 全景

下流側約580m区間では、道路を通行止めとした上で開削工法によるプレキャストボックスカルバート工を採用し、上流側約430m区間では、交通を開放したままで、推進工法により現川下へ管渠新設を行うこととした。

また、高落差の直後に射流で合流する高倉川合流工については、水理模型実験を行って形状を決定した。

以下に復旧設計に当たったの詳細について述べる。

2. 被災状況

(1) 被害の概要

千森川は、昭和13、42年の大水害をはじめとして、たびたび大きな被害を受けてきたが、現川の拡幅は困難であるため抜本的な改修には至っていない。当面の治水安全度の向上は一ノ谷川への放水路の建設による流域のカットで図られている。

中・下流部の現況河道は古い暗渠構造となっており、護岸は石積または無筋コンクリート、河床は石張または石張と河床コンクリート、頂版は薄いスラブコンクリートよりなっている。

今回の地震により、中下流部全区間にわたって多大な被害を受けた。

(2) 被害の特徴

① 護岸の破壊

暗渠内護岸は石積または無筋コンクリートからな



写真2 被災状況（下流部護岸）

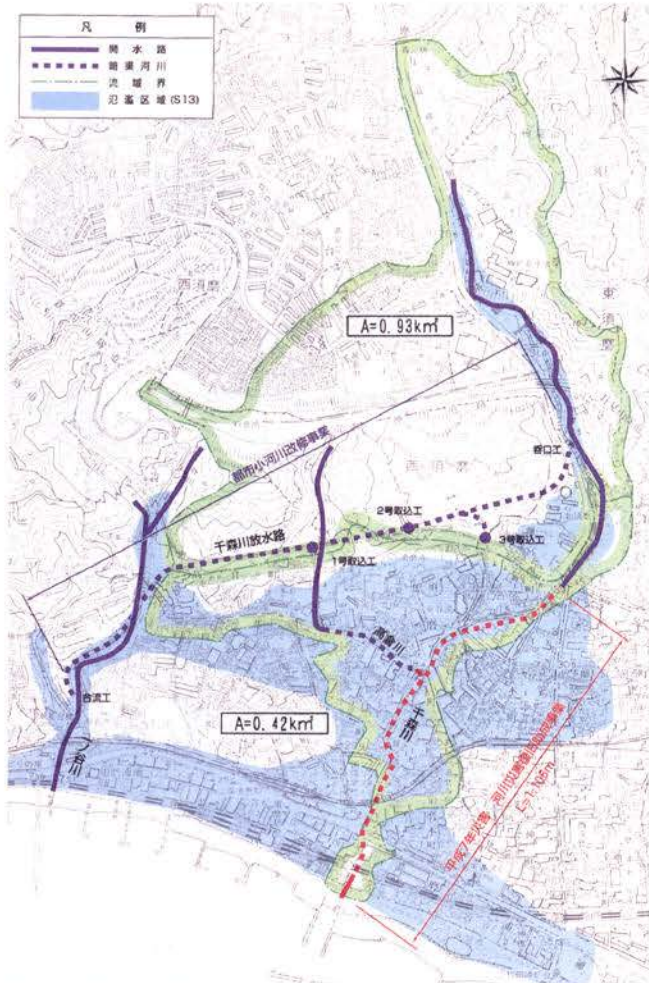


図1 位置図（流域図）

り、その背面には直ぐに民家が隣接している。これらの護岸は地震時、背面に強い土圧を受け、前傾、沈下、クラックの発生といった被害を受けた。特に被害が大きかった下流区間では、クラックはほぼ全区間にわたり、鉛直および水平方向に1～5cmの大きさを発生し、護岸機能が著しく低下していた（写真2）。

上流区間では、縦断傾斜が約4～7%と大きいため地震の影響は縦断方向に顕著に現れ、石積には鉛直



写真3 被災状況（陥没箇所）

方向に1～3cmのクラック、鉛直目地には1～10cmの開きが見られた。

②底張コンクリートの損壊

底張は、下流区間では中央板石張+両端張コンクリート、上流区間では全面雑石張からなっている。地震による被害は護岸同様に下流区間では、底張工は背面土圧を受けた両岸の護岸から圧縮力を受け、座屈状態で破壊、浮き上がりあるいはクラックが発生し、破壊されたコンクリート・板石は部分的に流失・断面欠損の状態となっていた。上流区間では局所的であった。

③床版のコンクリート剥落

頂版のスラブコンクリートは厚約20cm程度と薄く、鉄筋配りも小さかったため、地震の振動により、配りのコンクリートが広い範囲にわたって剝落し、鉄筋が完全に露出した状態となった。上部は道路となっており、このままでの交通解放は危険な状態となっていた。

④出水による被害の拡大と道路陥没

震災によって破壊された底張はその後の出水により徐々に流失し、同年7月にはついに数箇所の道路陥没

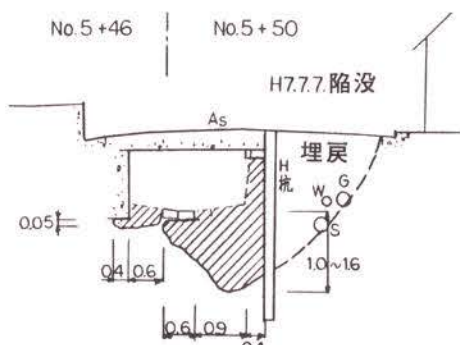


図2 陥没箇所の被災断面と応急仮工事

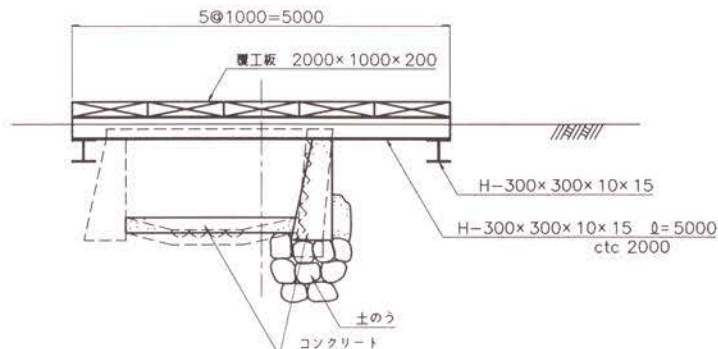


図3 応急仮工事断面図

を引き起こした(図2)。

この陥没直後の調査(写真3)の結果、同様の洗掘箇所は広範囲にわたっており、部分的な応急処置では対応できないことが判明した。

3. 応急仮工事

道路陥没発生後、河川の被害状況を再度調査し、陥没発生箇所の他にも多数の危険箇所のあることが判明した。このため、危険箇所の応急仮工事を実施するとともに、山陽電鉄高架から須磨寺交差点間を通行止めとした。

応急仮工事は、護岸、底張コンクリートの損壊箇所を掘削し、周辺地盤の流出箇所については土嚢等により埋め戻した後、コンクリートにより補修するとともに、床版は覆工板により置き換えた(図3)。

4. 設計内容

(1) 設計流量

- ① 計画規模：1/30年(放水路は1/100年)
- ② 計画流量： $Q = 14 \text{ m}^3/\text{sec}$
- ③ 設計流量： $Q = 19 \text{ m}^3/\text{sec}$ (トンネル河川の割増130%)

(2) 平面、縦横断計画

計画法線は、用地上の制約から現河川法線を尊重し決定した。計画縦断形状は、基本的に現河川縦断形に従った。ただし、上流区間では施工上所定の土被りを

必要とするため、深い位置に設置した。河床高は、暗渠部下流端のJR橋敷高をコントロールポイントとして定めた。

横断計画については、施工法により下流区間では箱形断面、上流区間では円形断面を採用した。ボックスカルバートの計画位置は、仮設および地下埋設物の移設・復旧のため、道路幅員のほぼ中央へ配置するとともに、推進管の計画位置は、施工上の土被りの確保のため、道路幅員内で現川と対角位置となるよう設定した。

(3) 計画断面

計画断面決定に当たっての空積率は、粗度係数 $n = 0.023$ のとき、流水断面の15%以上を確保した。

設計流速は、粗度係数 $n = 0.015$ のとき流速 7 m/sec 程度以下となるよう設定した。

また、表六甲河川は急勾配で土砂流出も多いことから摩耗層を考慮し、一般の河川構造物よりも鉄筋被りを大きく設定している。

- ・ 底版、ハンチ：純被 20 cm (摩耗代 12.5 cm)
- ・ 側壁：純被 10 cm (摩耗代 2.5 cm)

今回、プレキャストコンクリートボックスは工場製作時にこれを考慮し、推進管では、管布設後にインバートコンクリート打設を行うことで対処した。

なお、計画断面内には、日常管理のため平常水面以上の高さに監査路を設置した。

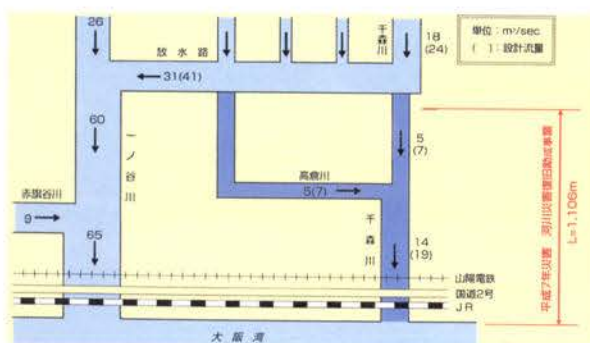


図4 流量配分図

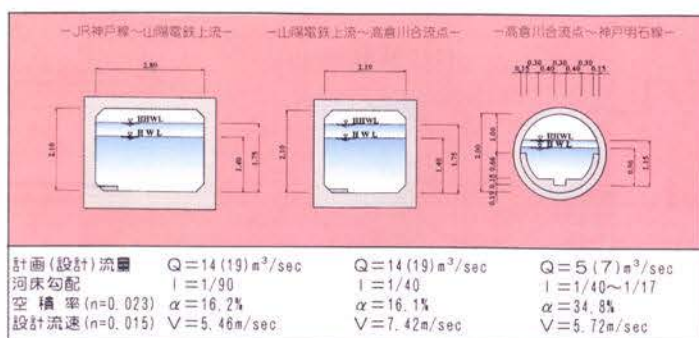


図5 計画断面と水理諸元



写真4 鋼矢板打設状況 (A, B, Cブロック)

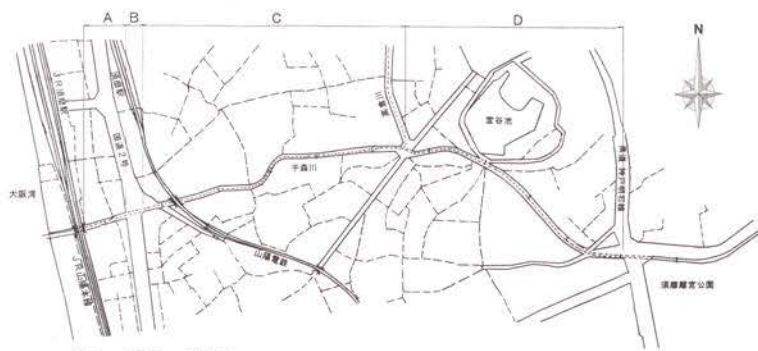


図6 ブロック割図

5. 本復旧工

(1) 計画区域

計画区域を施工上の特性により図6のA,B,C,Dの4ブロックに分割した(表1参照)。

(2) 工法選定

上記の4ブロックをA,B,CブロックとDブロックの2区間に分け工法の検討を行った。

① A,B,Cブロック

本区間は下記の理由により開削工法を採用した(写真4)。

ア) 縦断線形の制約により、推進工法やシールド工法等のトンネル工法に必要とされる1Dの土被りが確保できないこと。

イ) 住民の理解と協力により、施工中の通行止めを行うことが可能となったこと。

ウ) 現川が大きな被害を受けており、現川を仮水路として計画河川の施工を行うことができないこと。

また、本体構造物としては下記によりプレキャストボックス(図7)を採用した。

ア) 切替水路を設置できないため、施工中の出水は土留内を流下させることとなるが、プレキャスト構造とすることで出水時の手戻りを最小限にすることができること。

イ) ボックス1単位当たりの延長が短く、また、ブロック間が継手により接続されているため、地震時の地盤変位に対する追随性に優れること。

② Dブロック

本施工区間は以下の理由により推進工法を選定した(図8)。

ア) 縦断線形の制約が少なく、トンネル工法により施工する場合に必要とされる1D以上の土被りが確保できること。

イ) 通行止め等の地上への影響を低減できること。

ウ) 現川の被害が比較的軽微であり、現川を供用した状態で施工可能であること。

エ) 下流工区の開削区間と併用して工事を進めることが可能であり、工期の短縮を図れること。

表1 施工条件一覧表

ブロック	道路幅員 (m)	地下埋設物		被害状況	重要構造物 重要施設	家屋状況	特記事項
		縦断方向	横断方向				
A	6.5~7.0	Wφ100, Gφ50 Sφ250, Gφ150 Eφ125×2	Sφ250, Gφ150	比較的小		・家屋が道路に近接する ・倒壊後、更地になっている 土地がある	・工事箇所への進入は国道側から ・下流でJR山陽本線に近接する ・工事箇所への進入は国道から
B		Wφ300 Gφ40 Sφ250	Wφ300, Gφ150 Gφ400(中庄) Sφ250, NTT Eφ125×2	・ボックス構造であり 被害はほとんどない	国道2号	・倒壊家屋あり	・通行止めは不可能
C	5.5~6.5	Wφ150, Gφ200 Eφ125×2 Sφ250	Wφ300, Gφ200 Gφ200, Sφ250 NTT	・護岸の破損 ・底張りの損壊 ・床版の剥離等被害大	山陽電鉄	・倒壊家屋多数 ・倒壊後都市計画道路用地と して更地状態とされている 土地が数カ所ある	・通行止めが可能 ・都市計画道路への計画が進行中 ・工事箇所への進入は国道および 県道神戸明石線からとなる
D	6.0~10.0	Wφ300, Wφ200 Gφ200, Gφ80 Eφ250	Wφ300, Gφ200 NTT, Sφ250	被害は比較的軽微 である		・倒壊家屋は少ない	・通行止めはできない ・工事箇所への進入は国道および 県道神戸明石線からとなる

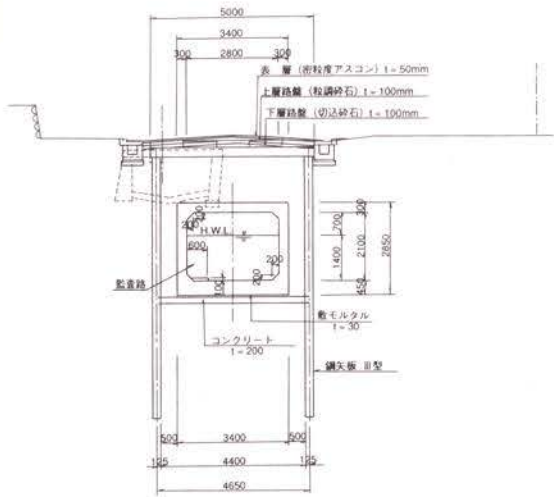


図7 標準断面図

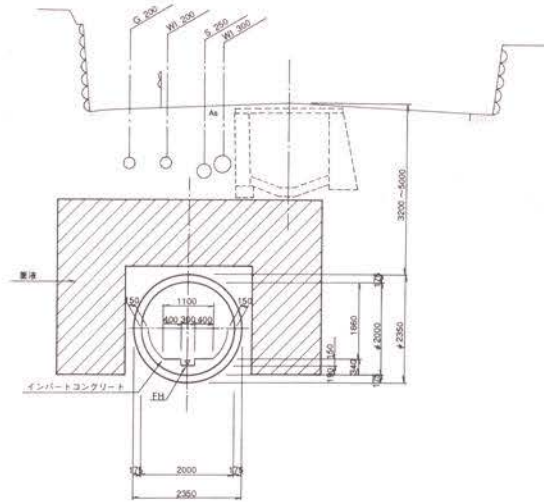


図8 標準断面図

オ) シールド工法やNATM工法に比較し、施工性、経済性に優れること。

カ) 地下水に与える影響が小さく、須磨霊泉への影響を緩和できること。

推進工は、迂回路の設置可能な適当な発進基地用地が限定されていたことや、堂谷池横に設けた発進立坑から、上下流に2スパンで施工する必要があったため、長距離急曲線推進工法を採用した(図9)。

[推進工の諸元]

管径：φ2000mm

勾配：下流スパン 1/40、上流スパン 1/17

推進延長：下流スパン 137.07m

上流スパン 278.05m

最小曲線半径：R=60m

土被り：下流スパン 3.25~4.40m

上流スパン 3.83~7.10m

推進部においては、土被りが小さく、計画管渠と現川との離隔が十分とれない区間があり、掘進時に使用

する泥水が現川に漏出し、切羽の安定が損なわれる恐れがあった。このため、セミシールド工法において通常用いられる発進および到達防護の薬液注入工に加え、管路一般部にも図8に示す薬液注入工を計画した。

(3) 現川取合工

計画区間上流端の現川との取合部では、計画管渠と現川との落差約6.6mを処理する必要があった。本計画では図10に示す千鳥落形式鉛直落差工により落下水を減勢し、下流管渠への円滑な流下を図った。

(4) 高倉川合流工

高倉川との合流部では、高倉川と千森川の計画河床との落差が約3.6mとなり、しかも高倉川、千森川の両河川が射流となり合流する。また、合流工の設置スペースが極めて狭いため、合流工の形状をコンパクトにする必要があった。

このため、水理的に安定する合流形状を解析的に求めることが困難であり、水理模型実験を実施し、合流工の形状を決定した(写真5)。

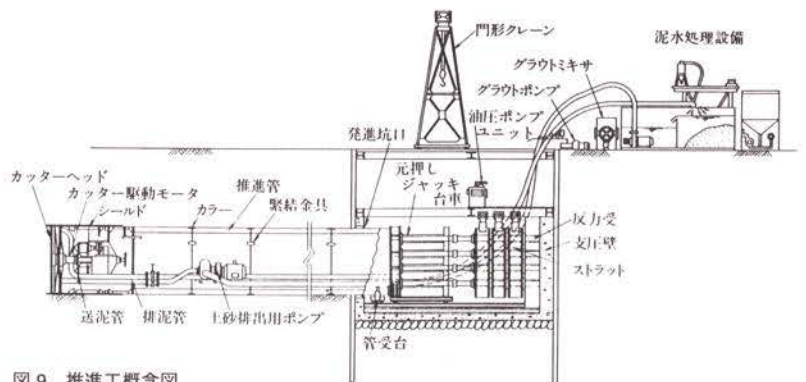


図9 推進工概念図



写真5 高倉川合流工水理模型実験

(5) 防火水槽機能の追加

兵庫県南部地震では、同時多発的な火災の発生と水道機能のマヒにより消防活動が制約を受けた。

本計画では、約200mに1カ所河床を50cm掘り下げた人孔を設けることで、河川に防火水槽としての機能を付加し、地域防災機能の向上を図った。

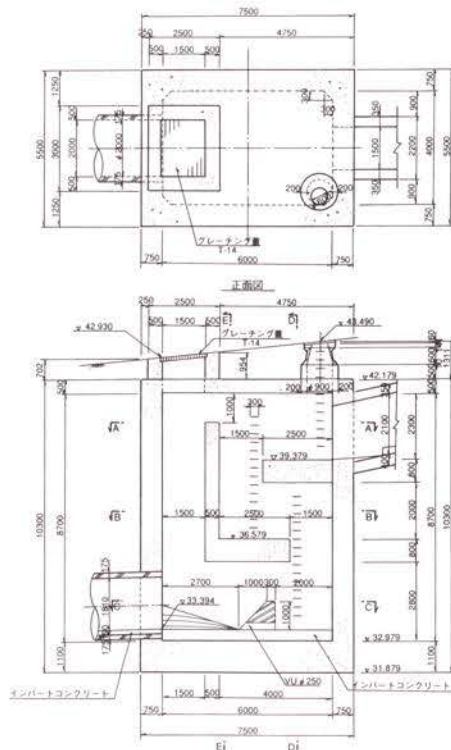


図10 現川取合工構造図



工事優先か交通開放かで苦悩

防災第1課課長補佐
木村 元春（青森県）

千森川は事業区間においては道路の下を流れる暗渠河川で、上を走る市道千守線は山麓部の住宅地と国道2号を結ぶ生活道路として通行車両の多い路線です。

工事に当たっては「通行止めをしてもいいから、1日も早く復旧してほしい」という沿線住民と、「道路の開放を」と訴える路線利用者との調整に苦労しました。土木行政に携わる者の使命は早期復旧ですが、広く行政マンとして考えると交通の確保は重要なこと。住民の生活を守りながら工事を進める難しさに悩み、ジレンマに陥ることもたびたびでした。

結果的には、上流約450 mの区間では車両通行を確保できる工法に変更しました。下流の高倉川合流点から山陽電車の線路に至る400 mについても道路行政を担当する神戸市や警察署などと協議し、平成8年9月1日からは朝の通勤時間に当たる午前6時から3時間、通行止めを解除することになりました。

交通開放したことで工事は当然、夜間9時までずれ込むことになりましたが、沿線住民の方には理解していただきました。暗渠河川のために危険性が認識されにくく、当初は「なぜ工事するのか」という声や苦情もありましたが、幾度も話し合うなかで非常に協力的な関係を結ぶことができたのはうれしい限りです。

【二級河川 高羽川災害復旧助成事業】

1. 設計概要

高羽川は神戸市の灘区の中を北から南へと流れる表六甲河川の一つで、流域面積0.72km²延長2.0kmの二級河川である。現況河道の流下能力は、計画規模1/100年確率の計画流量31.0m³/sに対して、橋梁などの狭窄部では6.3m³/s、その他一般部でも10.0～20.0m³/sと小さく、昭和42年には洪水により大きな被害をもたらした。

神戸市では昭和63年から都市小河川改修事業により、下流部の改修工事を進めてきた。

今回の兵庫県南部地震で、河口からJRまでの約1kmの間の護岸に甚大な被害を受けた。被害は未改修の石積護岸部に集中し、護岸の崩壊、はらみ出しは至る所で見られた。

震災直後の応急仮復旧を行いつつ本格復旧工法を検討した結果、災害が激甚であったことや、原形に復旧すると従前の流下能力(安全度)の回復でしかないこと等により、災害復旧事業費に助成費(改良費)を加え、災害復旧助成事業として復旧することとした。

事業区間は、河口から約420m地点の記田橋上流を起点とし、JR東海道線直上流までの620mの間である。復旧方法は、現川には現在の流下能力見合いの6.0m³/sを受け持たせ、残りの不足分25.0m³/sを受け持つ新川(地下河川)を現川直下に設ける二層河川による改良復旧とした。

下層の地下河川部は、主に上流流域からの降雨時の洪



写真1 被災状況 (護岸の崩壊)

水流を安全に下流へ流下させることを目的とし、上層の地上河川部は、晴天時には常時流量を流し、断面に余裕のある区間では地域住民の憩いの場となるような川づくりを目指して断面計画を行った。

以下に改良復旧の詳細を述べる。

2. 改良復旧計画

(1)高羽川の現状

現況の高羽川は石積の護岸と石張りの河床で、事業区間の上流から下流まで一直線に流れる河幅約4.0mの河道である。護岸や河床の石と石の目地はコンクリートで間

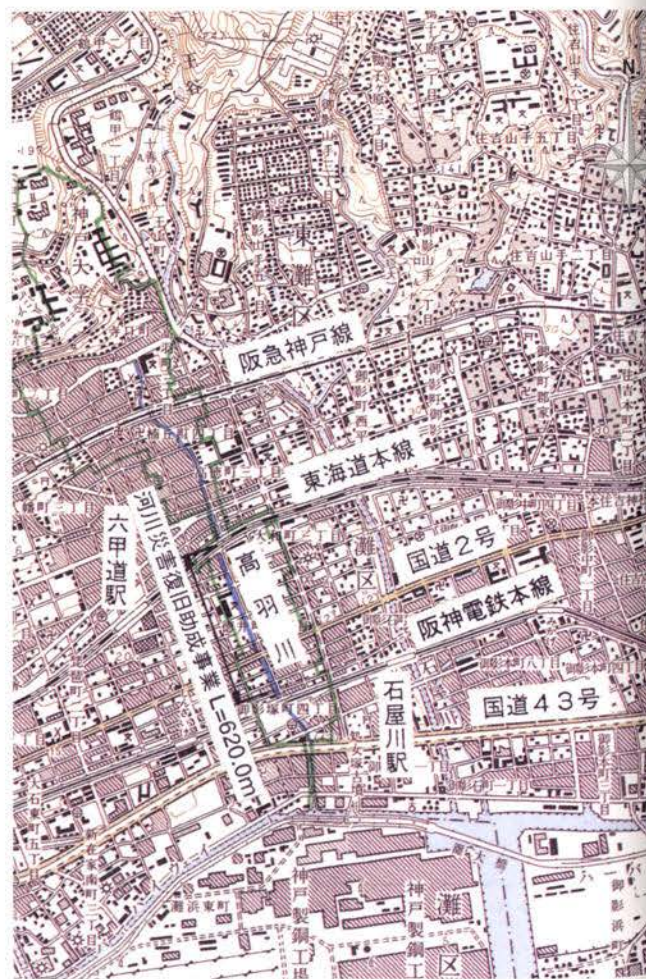


図1 位置図

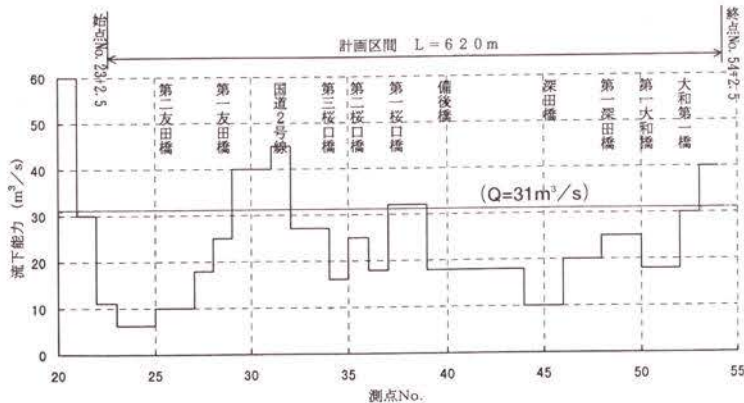


図2 高羽川流下能力図(記田橋~JR)

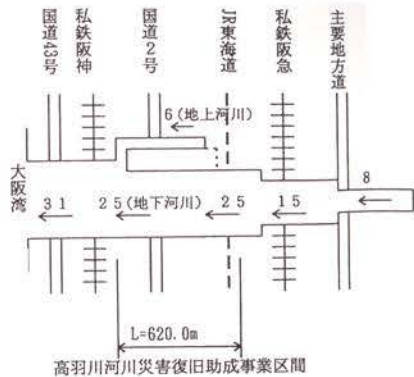


図3 流量配分図(単位:m³/sec)

詰めされ、草木などの緑はほとんど見受けられない。

流域に山地を含まないため、土砂が堆積しているところはごくわずかで、河床面は常に水に洗われている。河川の勾配は地表勾配に合わせて急勾配で、流域も小さいので常時の水量も少なく、通常は水深0~10cm程度である。

左岸側堤防には、河川と並行して神戸市道が走り、付近住民の生活道路や市立成徳小学校等の通学路として活用されている。この市道は、国道2号を境に南側(下流部)は幅4.0~4.5mで、北側(上流部)は河川寄りが約3.8mの幅の車道、河川から離れて約1.0mの幅の歩道が設置されている狭い生活用道路である。

河川の西側にあたる右岸は、民家・住宅等が護岸の天端に近接して立ち並んでおり、これらの住宅と市道を結ぶ通路は、河川をまたぐ私道橋だけであり、各々の住宅の出入りにはこの私道橋に頼らざる

を得ない状況である。事業区間620mの間には、国道2号の横断橋をはじめ、市道橋が9橋、私道橋においては19橋の計29橋が架けられている。

(2)改良復旧案の比較

図2は現川の流下能力を表したものであるが、ほぼ全区間で計画流量31.0m³/sを下回っており、流下断面の確保が改良復旧の課題となった。

改良復旧案の比較検討は、表1の2つの案について行なった。第1案は護岸を逆T式とする事で現況の河床を切り下げ、河積を広げる工法である。また第2案は断面の不足分を、現川の直下に新川を作ることにより確保す

表1 比較検討表

		第1案(河床切り下げ案)	第2案(二層河川案)
標準断面図			
施工性	1)掘削深	4.6m	5.6m
	2)仮設土留	左岸……鋼矢板、右岸……モルタル柱列杭	鋼矢板切梁方式、モルタル柱列杭アースオーガ圧入
	3)交通処理	工事中全面通行止め、歩行者用道路は確保、工区分け必要	
	4)埋設物移設	少ない	多い
	5)工期	国道2号の改修がないので第2案より短くなる	ボックスを二次製品にすれば工期は短縮できる
治水	○		
景観	× 護岸高が4m近くなる。恐怖感を与える	○ 現川に余裕が出来る、復断面や階段等の設置も可能	
親水性	× 深い水路、問題あり。恐怖感を与える	○ 景観・親水性も良くなる	
安全面	× 転落防止用の柵が全延長、橋梁に必要	○ 分流部・合流部に安全対策	
国道2号の処理	○ 河床の切り下げで対処	× 全面改修が必要	

る工法である。

検討の結果、①地下河川で治水安全性を確保できること②地上河川で環境保全に対応できること等を勘案し、第2案(二層河川案)を採用した。

(3)二層河川

下層河川はトンネル河川として設計を行った。トンネル河川の注意点は、河道が閉塞しないようにすることおよび、洪水流が構造物に与える影響(負圧によるコンクリートの剥離や衝撃・流水による摩耗等)を極力小さくすることである。加えて分流工・合流工部では、局所流を把握する事が必要であり、水理模型実験を行った。

上部の地上河川は、現況流下能力を確保し、断面に余裕のあるところで景観や親水性に配慮しつつ、降雨時には自己流域の流出量 $6.0\text{m}^3/\text{s}$ を受け持たせる設計とした。

3. 水理設計

(1)計画諸元

設計延長：620.0m

流域面積：0.72 km^2

超過確率：1/100年(計画雨量90.2mm/hr)

計画高水流量：31.0 m^3/s

(2)地上河川の流量配分量

地上河川の計画高水流量は、河川砂防技術基準(案)に従い、現状河道を確保するものとし、 $6.0\text{m}^3/\text{s}$ とす

る。よって、流量配分は以下の通り地下河川に $25.0\text{m}^3/\text{s}$ を配分した(図3)。

(3)地下河川の計画高水流量および設計流量の決定

地下河川の設計流量は、計画高水流量 $Q=25.0\text{m}^3/\text{s}$ の130%流量の $32.5\text{m}^3/\text{s}$ とする。

(4)地上河川および地下河川の縦・横断形状の決定

地上河川の縦・横断形状は現状の河道を確保することを条件に定めた。縦断勾配は、現況の平均的な河床勾配1/36より少し緩い1/50とし、横断形状も現状の河道を極力生かした形とした。右岸の石積は崩壊した所を除きコンクリートで補強し、右岸は掘削断面に入るため、現況1:0.3の石積を1:0.5に積み替えることとした。

地下河川の断面は《河川砂防技術基準(案)計画編及び設計編I》に基づき表1の標準断面図の通り決定した。

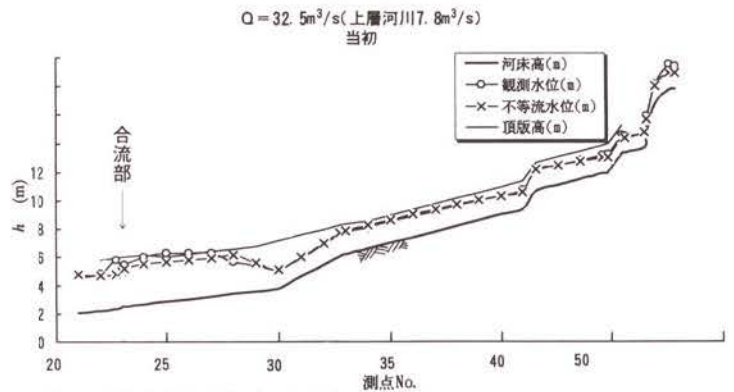


図4 水位縦断面(設計流量・粗度係数0.023)

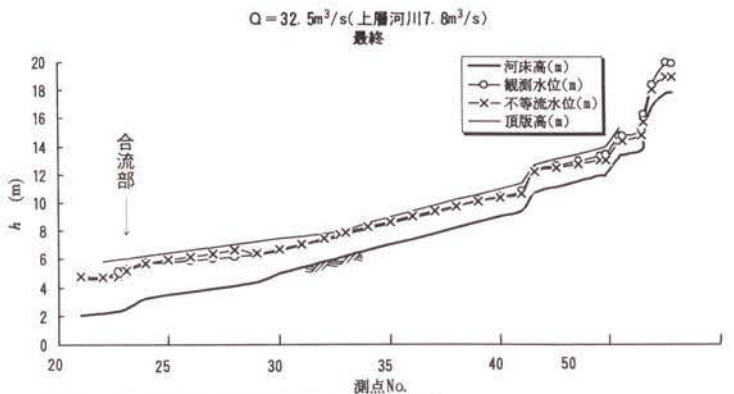


図5 水位縦断面(設計流量・粗度係数0.023)



写真2 水理模型実験

(5)水理模型実験による設計の妥当性の確認と最終形状の決定

水理模型実験により設計の妥当性を確認し、また、合流部や分流部等の通常の水理解析では容易に把握できない局所流の流況を確認し、計画断面の最終決定を行った。

水理模型実験の結果、計画流量の3割増しの設計流量時に、合流部で流れが乱れ、閉塞する可能性があることが分かった。そこで、下流部の縦断勾配を図4から図5の様に変更し、合流形状の若干の変更を行うことでその問題を解決した。

最上流の分流工下流の急流落差工(勾配1/2)付近では、設計当初から予想していた通り、設計流速が10.0m/sを越える高流速となることが確認され、詳細設計時には細心の注意が必要であることを再認識した。全体的に見れば流況はほぼ安定しており、設計の妥当性

を確認することができた。

(6)その他の施設

地下河川は、維持修繕工事が可能なように、概ね200mに1カ所点検孔を設けた。点検孔は、小型の重機が吊り下ろせるよう寸法等に充分配慮した。

また、点検孔以外にマンホールを配置し、容易に巡視が出来るようにした。

(7)摩耗対策

地下河川の摩耗対策として以下の摩耗代を取ることにした。

①底版：10cm(コンクリートの打ち替えを考慮)

②側壁：2.5cm(コンクリートの打ち替えは考慮しない)

なお、この摩耗代は、開水路部のコンクリート構造物にも全て適用している。



伝統の宮水を守るために

防災第1課課長補佐
高橋 憲康(岩手県)

神戸市は全国に知られる酒どころ。灘区、東灘区の浜側には有名な灘五郷があります。高羽川の下流には灘の酒づくりには欠かせない宮水地帯があり、工事においても宮水を守るための細心の配慮が必要となりました。

専門家に聞くと、鋼矢板などの金物類をずっと地中に埋めておくと、金属イオンが溶け出して宮水本来の成分を変えてしまうとのこと。そこで、応急仮工事で鋼矢板を埋め込む場合は最

終的に引き抜くこととし、それが不可能なところについては金物部分をコンクリートで巻くBH杭などで対応することになりました。灘五郷酒造組合との打ち合わせでもそれで了解をいただき、早急に工事に取りかかることができました。

また、川沿いには多数の民家が連なっており、対岸の市道に出るために19の占用橋が架かっていました。工事に取りかかるためには、橋の権利の持ち主に一時的な橋の撤去や仮橋の設置、代替駐車場の借り受けなどを了承してもらわなければなりません。しかし、皆さん避難したり、転居したりで所在地が確認できず、前任者はかなり苦労したようです。

3. 災害関連緊急事業

【砂 防】

観音寺川右支溪流

(灘区観音山)



写真1 着工前



写真2 復旧状況

【急傾斜地崩壊対策】

北山地区

(兵庫区北山町)



写真1 着工前



写真2 復旧状況

明泉寺地区

(長田区明泉寺)



写真1 着工前



写真2 復旧状況

大丸町地区

(長田区大丸町)



写真1 被災状況



写真3 被災状況



写真2 被災状況



写真4 復旧状況

池田上町地区

(長田区池田上町)



写真1 被災状況

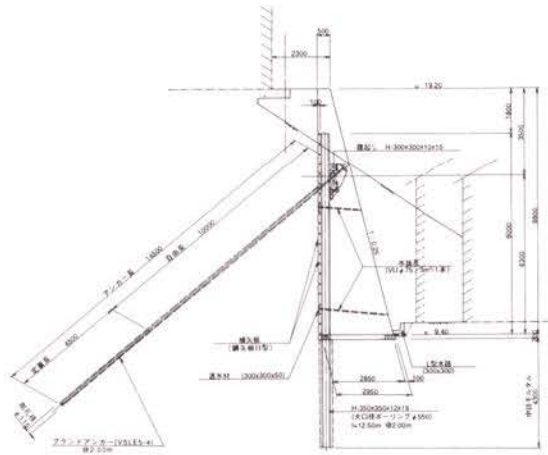


写真2 復旧状況

熊内地区



写真1 被災状況



標準横断面図

(灘区熊内町)



写真2 復旧状況

有馬愛宕山地区



写真1 被災状況

(北区有馬町)



写真2 復旧状況

【地すべり対策】

西岡本地区

1. 概要

神戸市東灘区西岡本7丁目地区では、平成7年1月17日の兵庫県南部地震により地すべり・崩壊が発生し、住居区域に危険が及んだ。

その変状は地区全域にわたっているものの、南側急斜面（芦屋断層断層崖）に沿った市道部分での、段差、亀裂、崩壊が特に顕著である。

(1)被災概要

被災人家 約200戸、被災道路延長 約800m

被災面積 約12ha、すべり面深度 約15m

主な移動土塊量 約600,000m³

地すべりブロック数 5 (A,B,C,E,F)

(2)現在までの斜面変動

平成7年5月末までに応急対策工事が完了し、その後現在の斜面は概ね安定している。この間、地すべり自動監視システムを主体とした地すべりの監視が行われてきたが、住民の避難には及んでいない。

(3)対策工

①応急対策工

応急対策工として土止め杭工、落石防止柵工、横ボーリング工、表面浸透防止対策工を行った。



図1 位置図

②恒久対策工

恒久対策工として斜面下方の急崖に近い部分にアンカー工、横ボーリング工、上部の緩斜面に鋼管杭工、集水井工を施工した。

2. 地形地質

(1)地形概要

当地域は、西側を住吉川、東側を大谷川で境された六甲山地南縁の小尾根の末端部に位置した緩斜面である。



写真1 現地航空写真

表1 西岡本地区地質層序表

表土等	移動層	局所的には盛土も分布するが、土石流堆積物、強風化花崗岩との区別は困難
崖錐堆積物	移動層	急斜面の端部に局所的に分布する
土石流堆積物	移動層	厚さ約5m程度(六甲山系の住吉川により運搬され扇状地状の地形を呈している)
強風化花崗岩	移動層	風化花崗岩のうち表層付近のものについては強度が低く移動層となった
花崗岩	基盤岩	ほぼ全域の基盤岩として分布する。断層の影響を受け破碎された部分が多い
砂岩(丹波層群)	基盤岩	今回の移動層になっていない
岩脈類(アブライト)	基盤岩	局所的な分布である

標高100～145mで、東西400m、南北300m程度の広がりを持つ。

当地域は住吉川の土石流扇状地の最上流端付近に位置している。当斜面は現成の扇状地面より一段高い段丘面状の緩斜面となっている。造成により宅地となっているが、旧地形は、旧地形図および航空写真、地質調査結果から段丘面形成後山側が離水した緩斜面であると判断される。

六甲山地南麓には多数の南西-北東方向に走る断層により幾つかの段丘状平坦面が形成されており、この面もそのうちの一つである(写真1)。

(2)地質構造概要

六甲山地付近では東西方向の水平圧縮により、多数の南西-北東方向の衝(逆)断層が形成され、六甲山地が押し上げられたと考えられている。

当地区は南側に存在するとされている芦屋断層、北側にある五助橋断層に挟まれた地域の一部に相当し、これ

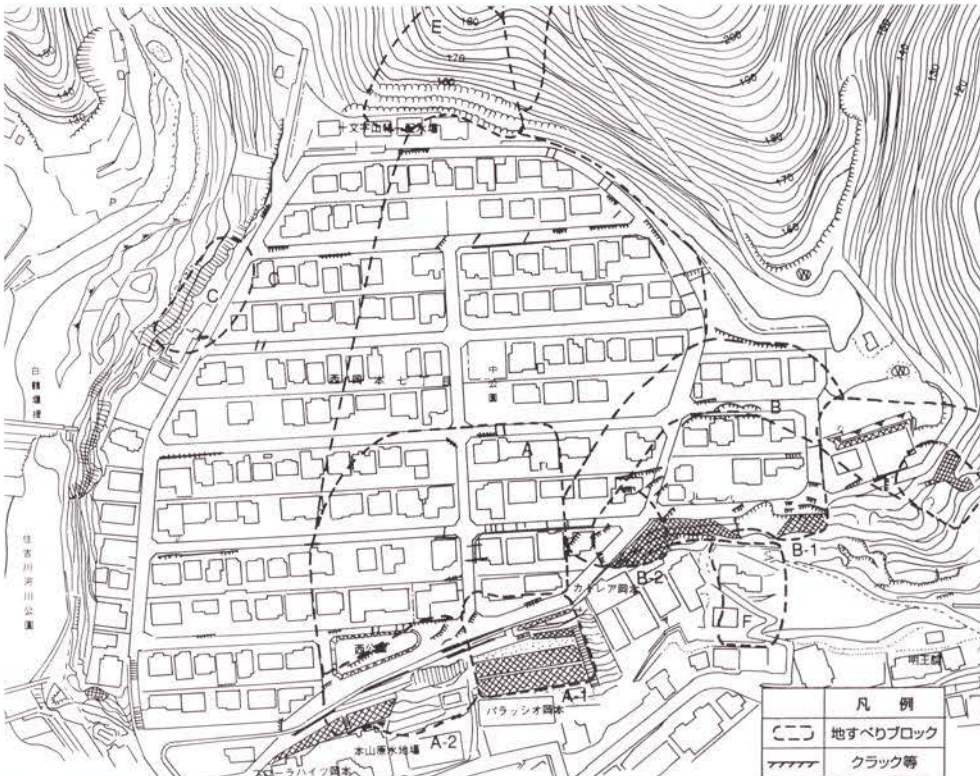


図2 変状平面図

らの断層の活動により隆起した部分である。これらの断層の走向は南西-北東方向、いずれも衝上断層であると推定されている。

3. 地すべり変状とその機構

地表踏査の結果、図2に示す地域に地すべり変状が認められ、これらをA,B,C,E,Fブロックに分類した。A,Bブロックについてはその後の調査結果等も含めさらに細分した。

(1)地すべり変状

顕著な変状は、南側急斜面のプレキャスト法枠の押し出し(Aブロック)、道路路肩部での崩壊(Bブロック)、道路路面のクラック、地区内南部の道路路面の著しい開口クラック(A,B,Cブロック)、住吉川沿いの斜面の多数の崩壊など(Cブロック他)である。

変状の状況を写真2～4に示す。

(2)地すべり発生機構

- 地すべり発生の素因は、
- ・断層による隆起、急崖の形成された地形であること。
 - ・強風化花崗岩、土石流堆積物(強度低い)の存在すること。

などであり、その誘因は、地



写真2 被災状況（プレキャスト法枠の押し出し：Aブロック）

震動によるすべり面のせん断強度の低下したことが挙げられるが、地下水の地すべり発生に与えた影響は不明である。

地震以後の変動に関しては主に降雨に伴い発生している。観測では高い地下水位は認められていないが、宙水などの地下水の影響が考えられる。

(3)ボーリング調査結果

地域内における30孔のボーリング調査により地すべりの機構を調査した。地質の模式的断面を図3に示す。

当地区での地質的特徴は厚く分布する土石流堆積物ならびに強風化花崗岩である。移動層はこの両者であり、強風化花崗岩の下面付近にすべりが生じている。

4. 地すべり自動監視システムと警戒避難態勢

(1)警戒避難態勢

西岡本地区では地すべりにより斜面上に多数の開口亀裂



写真3 被災状況（道路の変状：Bブロック）



写真4 被災状況（斜面崩壊状況：Cブロック）

等の変状が発生し、その後の降雨、余震等により二次的な地すべり変動の発生する恐れがあったため、斜面監視用に地すべり自動監視システムを核とし、手動観測を付加した警戒避難態勢を構築した。当地区の警戒避難態勢は、避難勧告区域の住戸に対し警戒避難に相当する要件がそろった場合に避難勧告を発令することとしている（表2）。

(2)対策工施工時の変動監視

斜面对策工施工中には観測計器のうち一部を撤去したが、残った計器（自動監視、手動監視）を最大限に利用して斜面変動監視を継続した。

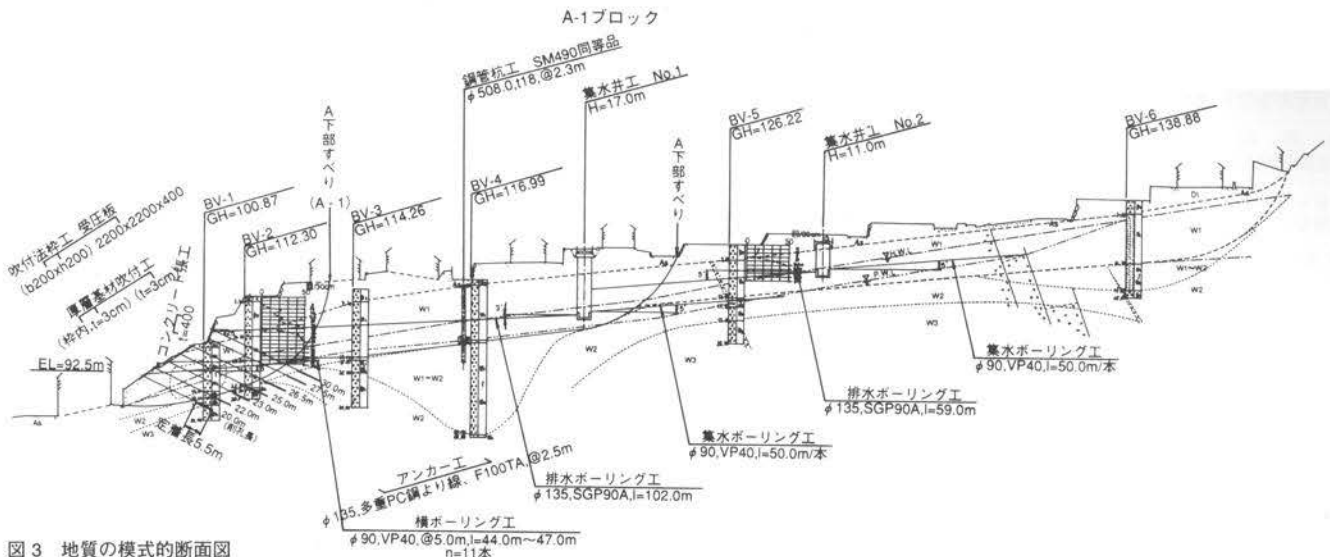
(3)対策工終了後の変動監視

当地区は人家密集地であるため、局所的な崩壊発生の危険性を含めて斜面変動状況の監視を当分継続することとし、すべて自動監視計器に移行して、観測を行った。

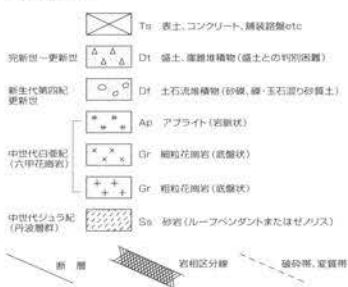
(4)斜面変動状況

代表的な観測地点の変動グラフを図4に示す。

当地区の計器観測結果では、地すべり発生直後の平成7年2月中には若干の地盤伸縮変動等が認められたが、平成7年5月中に多量の降雨（最大日雨量108mm、最



地質記号凡例



風化記号凡例

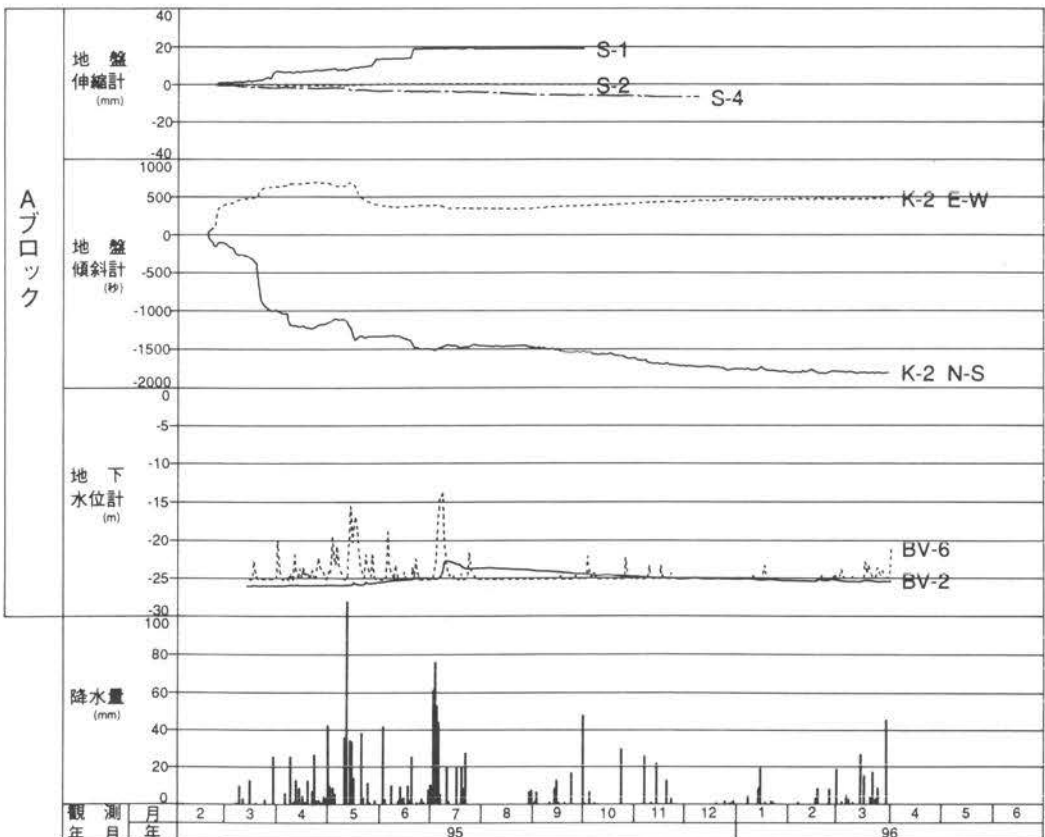
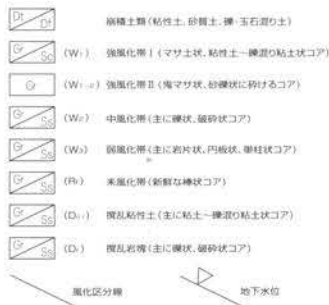


表2 警戒基準

	A態制	B態制	C態制
地盤伸縮計	2mm/h以上が2時間連続	10mm/日以上	1mm/日以上
目地部の変位	変位量が加速度的に増加	変位量が一定増加	変位なしあるいは回帰的変位
降雨時 (注意報など)		◎	
顕著な降雨時 (警報など)	◎		
避難態制	24時間避難	夜間避難(16:00~9:00)	24時間帰宅OK

A態制 区域内の赤色回転灯を点灯するとともに、東灘区災害対策本部より、広報車などにより避難を呼びかける住民は速やかに避難する

B態制 区域内の黄色回転灯を点灯するとともに、東灘区災害対策本部に連絡住民は避難の準備をする

大連続雨量143.5mm)にもかかわらず、計器の変動は軽微であり、また広範囲に連動する変動は認められなかった。

その後、局所的な斜面変動は認められるものの、地すべりの変動兆候を示すものは特に認められず、斜面は全体的に安定している。

特に応急対策工の完了した平成7年5月以降はこの傾向が顕著で、平成8年の雨期を経過した後もその傾向に変化は認められない。ただし、A,B,Cブロック末端部付近の急崖の上部付近に局部的な変動が認められ、今後とも小崩壊等の発生に注意する必要がある。

5. 対策工

(1) 応急対策工

当地区の当面の危険を除去するため、平成7年5月までに応急対策工が施工された。

その内容は①落石防止柵工②土止め杭工③水抜ボーリング工④排水路整備工⑤崩壊地のモルタル吹付け工である。

(2) 恒久対策工

当地区の地すべりに対し、南側、および西側の急斜面の対策工法としては、アンカー工と横（水抜き）ボーリング工、上部緩斜面の変動防止のために鋼管杭工、集水井工を計画した（図5および表3）。

抑制工は、押え盛土、頭部排土が人家密集地のため施

工不可能であることから、水抜き工に限った。

抑止工の選定は、工法の比較検討結果に基づき計画したが、経済面からも、機能面からも法面の保護が必要な箇所については原則としてアンカー工を、不要な箇所については鋼管杭工という選択になった。

図6に対策工平面図を、図7に対策工縦断面図の一例を示す。

表3 対策工一覧表

工種	仕様	地区	数量
応急対策工			
土留杭工		A, B	H400
落石防止柵工		A, B	H300, H250
モルタル吹き付け工		B, C	ラス付 t=3cm
覆式ネット工		A	
表面流出対策工		全域	
横ボーリング工	φ90mm	A, B	n= 17
恒久対策工			
鋼管杭工	φ508mmt=18mm		n= 66 L=11.5~19.0m@=2.3m
アンカー工	SEEE F1000TA	A	n=219 L=16.5~37.0m@=2.5m~3.0m
	SEEE F1000TA	B	n=103 L=10.0~20.0m@=3.0m
	SEEE F30TA	C	n= 69 L=7.5~14.5m@=3.0m
受圧板工	独立受圧板	A, B	n=445 3000×3000
	吹き付け法枠工	C	n=445 500×500×3000×3000
横ボーリング工	φ90mm	A, B	n= 62 L=20.0~47.0m
集水井工	φ3500	A	n= 2 L=11.0, 17.0m

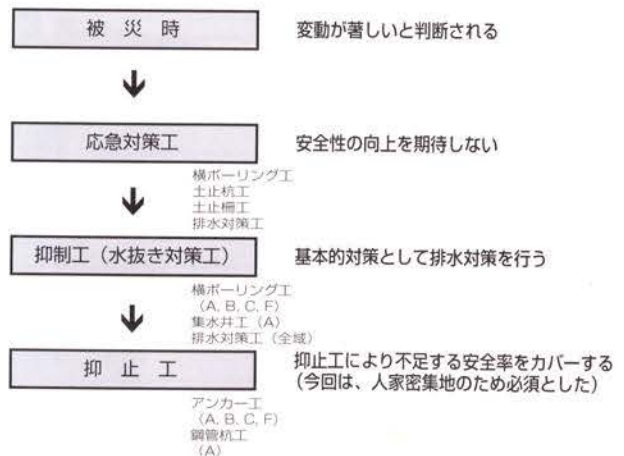


図5 地すべり対策工法決定手順



図6 対策工平面図

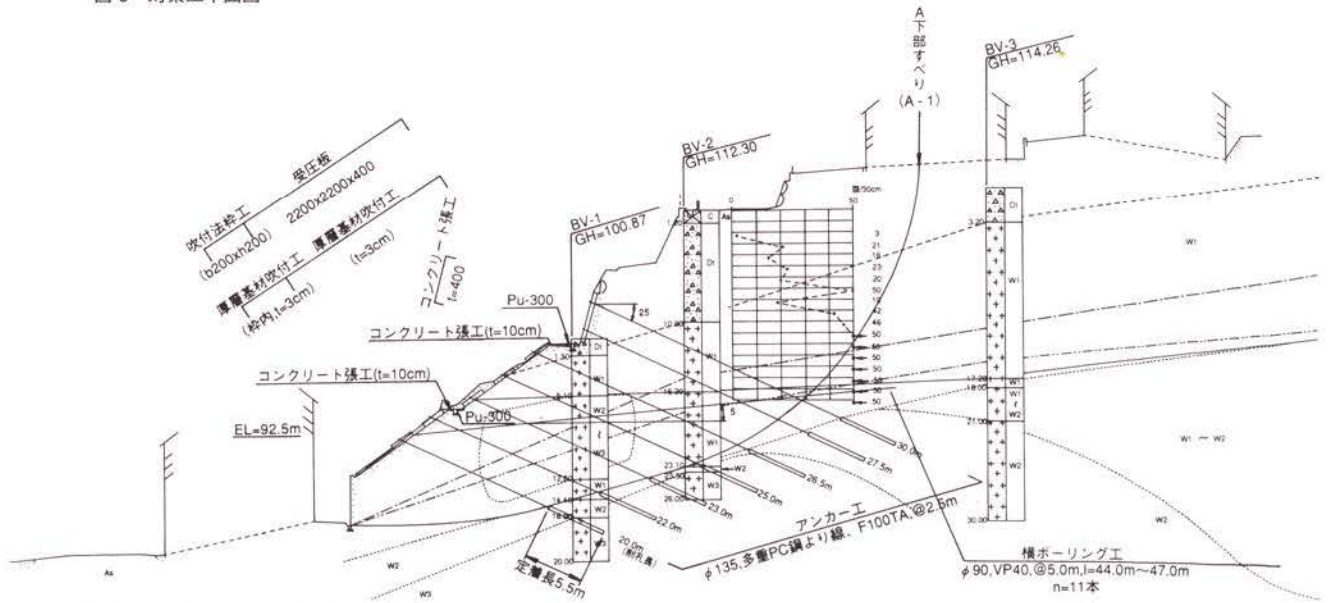


図7 Aブロック対策工縦断面図



写真5 施工状況 (B-1・2ブロック)



写真6 施工状況 (Fブロック)

有馬地区

1. 概要

平成7年1月17日に発生した兵庫県南部地震により、神戸市北区有馬町の射場山北西斜面から愛宕山にかけて(図1)、亀裂や崩壊が数多く発生した。地表踏査の結果、これらの亀裂や崩壊の多くは地すべりの活動に伴って発生した変状であることが判明した。有馬町は有馬温泉として古来より有名な観光地であり、地すべり地周辺には温泉泉源が点在し、また地すべりの下方斜面には温泉街が広がっており、余震や大雨によって地すべりが大きく活動した場合、重大な被害の発生が危惧されたため、地すべりに対処すべく急遽、調査および対策工を実施した。

調査により、地すべりブロックは市道を挟んで大きくA、Bの2ブロックに区別できることが判明した。

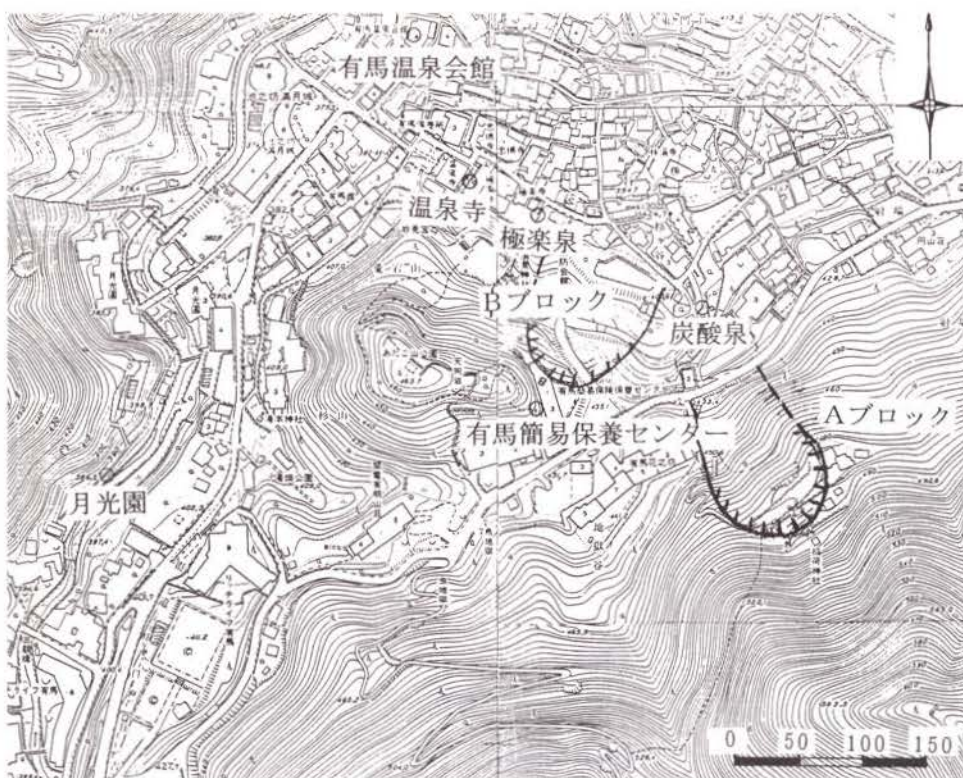


図1 平面図

また、地すべりの挙動を監視し、危険な兆候があれば避難を含む対策をとるために、A・Bブロックの頭部亀裂付近に急速伸縮計を設置し、降雨時には24時間体制で地すべりの挙動を監視した。この結果、5月11日の184mmの降雨時には伸縮計に異常が観測され、周辺世帯に避難勧告が出された。

当初、この観測作業は人間による現地での計器観測であったが、後に電算機を用いた自動観測装置を導入し、事務所からの電話回線を通しての遠隔監視が可能となった。

また観測機器の設置とともに、挙動に応じた警戒、連絡体制を整備し、厳重な監視体制をとり、対策工施工後の現在(平成9年2月現在)も観測を継続している。

対策工法は検討の結果、Aブロックでは主としてアンカー工と抑止杭工、Bブロックでは抑止杭工を施工した。特にBブロックでは大口径の肉厚鋼管の施工に伴い、ね

じ式継手を採用することにより、迅速な建込み作業、確実な接合を実現した。

さらにBブロック周辺には極楽泉、簡易保険保養センター泉(以下、「簡保泉」という)、炭酸泉といった温泉の泉源が存在し、大規模な抑止杭の施工がこれら泉源に影響を与える可能性も考えられた

ため、泉源の湧出量、温度、水質、ガスについて継続的な監視を行い、異常が観測された場合はただちに工事の中止を含む対策をとれる体制とし、慎重に施工を行った。

以下、地すべりの対策工や監視、観測体制の詳細について述べる。

2. 被災状況

地すべりブロックは図1に示す通り、市道を挟んで大きくA、Bの2ブロックに区分された。

(1)Aブロック

Aブロックは射場山の北西山腹斜面に位置し、頭部は稲荷神社境内に、末端部は市道付近に位置する。地すべりの規模は幅約70m、長さ約120m、最大層厚20mであった。斜面勾配は15～30°であるが、地すべりブロック頭部で勾配が急であった。

被災状況は地すべりブロック頭部の稲荷神社境内に数本の顕著な開口亀裂が70mに渡って発生するとともに、境内の法肩では、石積が崩壊した(写真1)。

地質は射場山断層の影響により全体に風化、変質が著



写真1 被災状況 (Aブロック：頭部の崩壊)

しい有馬層群の溶結凝灰岩を基盤岩とし、盛土、崖錐性堆積物が被覆している。盛土は稲荷神社境内に分布し、土質は砂レキより構成され、N値2～7と極めて緩い。新期崖錐層は地すべり域全域に分布し、砂レキより構成され、N値12～35、旧期崖錐層は地すべり頭部付近に分布し、N値60以上でよく締まっている。

地下水位は全体に低い傾向にあったが、降雨により急激に上昇する傾向が認められた。なお、Aブロックは各種調査によりAB、BC、ACの3つのすべり面をもつ小ブロックに区分された。

(2)Bブロック

地すべりは愛宕山の北側山腹斜面に位置し、地すべり頭部は簡易保険保養センター付近にある。地すべりの規模は幅約90m、長さ約80m、最大層厚15mのブロックであった。斜面勾配は10～20°であり末端付近で勾配が急であった。

地質は崖錐性堆積物、段丘層と有馬層群の溶結凝灰岩より構成されている。崖錐層はごく表層に分布し、粘性土等より成る。段丘層はBブロック全体に分布し、N値10前後の礫混じりシルト質砂より成り、下位の風化溶結凝灰岩と見かけが類似する。

中央ボーリング孔ではGL-16.0m付近までN値10前後で非常に軟質であり、溶結凝灰岩は全体に風化変質が極めて不規則であり、場所によって硬軟の差が著しい。



写真2 被災状況 (Bブロック：簡易保険保養センター)

主な被災状況としては、簡易保険保養センターの庭に20mにわたって開口亀裂が発生したことが挙げられる。亀裂の東側の延長部の石垣は押し出しにより崩壊し、西側の延長部は簡易保険保養センターの建物に連続し、建物の一部にも亀裂が認められた（写真2および写真3）。

地下水位は全体に低い傾向にあったが、降雨により上昇する傾向が認められた。

調査終了後、B-2およびB-3のボーリング孔よりガスが噴出していることが確認された。ガスの分析結果から、噴出ガスは炭酸ガスが主であり、37～58ppmの硫化水素を含んでいることが分かった。作業環境における許容濃度は10ppmであり、許容量をはるかに越えていた。

3. 対策工

(1) Aブロック

Aブロックの対策工の概要は次の通りである（図2）。

- ・現場吹付け法砕工 (F600 * 600)
- ・グラウンドアンカー工 189本
- ・現場打ち法砕工 (F600 * 500)
- ・グラウンドアンカー工 111本
- ・鋼管杭工 (SKK490) ϕ 406.4mm
t=13mm 33本
- ・集水ボーリング工 ϕ 90mm 9本

Aブロックについては斜面形状、すべりブロック区分が

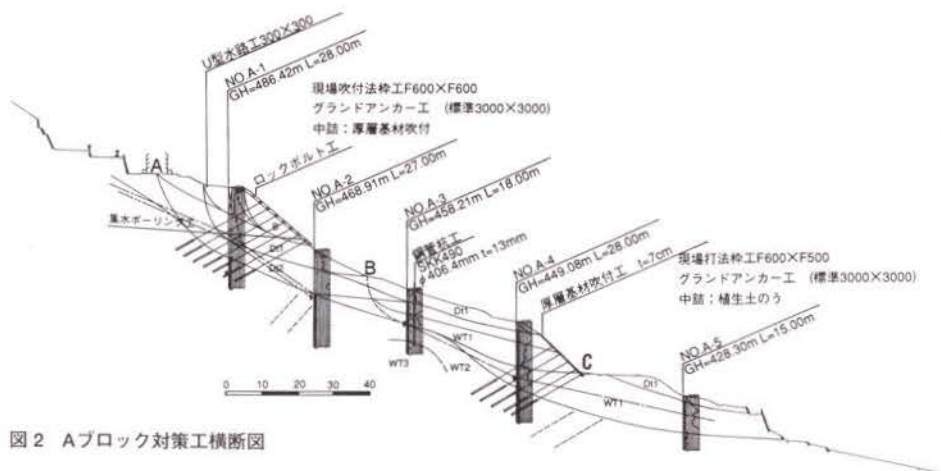


図2 Aブロック対策工横断図



写真3 被災状況 (Bブロック: 亀裂の近景)

ら、全体を抑止すると同時にAB、BCの小すべりブロックも抑止できる配置、構造を総合的に判断し、アンカー工併用吹付け砕工とアンカー工併用現場打ち砕工、杭工を組み合わせた。

地すべり頭部のABすべりブロックは全体に傾斜勾配が急であり、斜面の崩壊が発生しており、斜面全体を押さえることが必要であった。このためアンカー付き吹付け砕工を採用し、復旧した。

地すべり末端のBCすべりブロックは、末端が急斜面で上方が緩斜面となっていた。この急斜面は道路に面しているが、小規模な崩壊発生がみられたため、アンカー付き現場打ち法砕工を採用して復旧することとした。

全体すべりであるACすべりでは、頭部に計画したABすべりの対策工であるアンカー工と末端のBCすべりの対策工であるアンカー工の抑止力の和だけでは抑止力が不足したため、不足分については抑止杭工を採用した。なお杭工は曲げを考慮したくさび杭とした。

(2) Bブロック

Bブロックでは抑止杭工（図3）を採用した。工法の概要は以下の通りである。



写真4 完成状況 (Aブロック：アンカー工併用吹付け砕工)



写真5 Bブロック鋼管杭(ねじ継手)

- ・鋼管杭工(SKK490) $\phi 508.0\text{mm}$
t=46mm 49本

抑止工としては、地すべりの規模から深礎工も考えられたが、次の理由により大口径ボーリングによる、現場打ち鋼管杭工を採用した。

- ①ボーリング孔から二酸化炭素と37~58ppmの硫

化水素が噴出しており、作業環境における許容値を大きく上回っていた。深礎工の場合、作業員が狭い空間中で作業するため危険が伴うが、杭工の場合はその心配がないこと。

②温泉研究会委員を交えた事前検討会によれば、二酸化炭素、硫化水素等のガスが温泉と密接な関係にあるとの指摘があり、深礎工の場合、切羽は解放されているため、多量のガス流出が発生する恐れがあった。Bブロック周辺には泉源が集中しており、頭部付近には簡保泉源、斜面下方には極楽泉、炭酸泉がある。これらの泉源は炭酸ガスや硫化水素を伴って自噴しているため、大口径ボーリングによる泥水掘削とすれば、炭酸ガスや硫化水素の噴出を比重の高い泥水によってある程度押さえることが可能と判断したこと。

また、Bブロックの抑止杭は $\phi 508.0\text{mm}$ 、t=46mm大口径肉厚鋼管であり、溶接を採用した場合には次のような問題点等が考えられたため、ねじ式の継手(写真5)を用いることで作業時間の短縮、ガス流出の抑制ならびに杭接合の確実性の確保の諸問題を解決した。

①溶接は半自動溶接機を用いた場合でも、1カ所当たり5.8時間程度かかる。1本当たり2カ所の溶接であるので11.6時間かかることとなる。予熱等の準備も考えると、2カ所の溶接を行うのに2日間にわたる可能性があり、1本当たりの建込みに多大の時間を要す

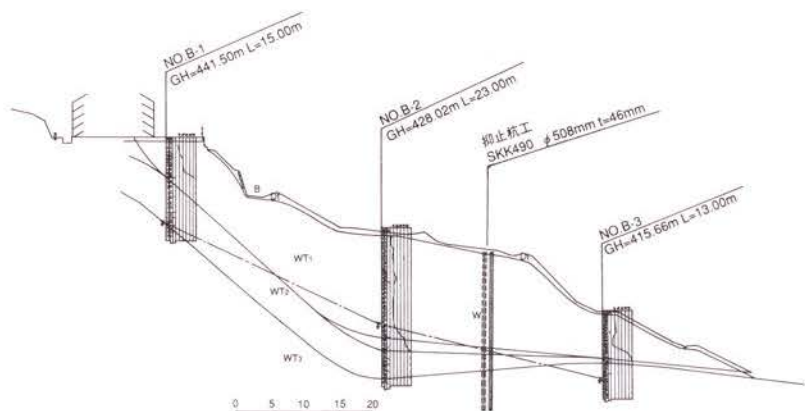


図3 Bブロック対策工横断面

ることが想定された。さらに、鋼管の建込み時は泥水を汲み上げ、孔内を洗浄する必要があるため、この間、孔内からのガス噴出を招く恐れが考えられたこと。

②ボーリング孔での硫化水素濃度は最大58ppmであり、爆発下限濃度の4%と比較してかなり小さい値であるが、溶接建込みに長時間を要した場合、鋼管と孔壁の空隙では高濃度となる恐れがあり、溶接の火花によって爆発する可能性が否定できなかったこと。

③これを防止するために換気作業が必要となるが、換気作業は溶接箇所に近い掘削孔口付近での送風が必要であり、この送風が溶接欠損等の悪影響を及ぼす可能性も考えられたこと。

4. 観測体制

当地すべりは住宅地に隣接しており、地すべりによる人命および施設の被害を防止するためには、対策工の施工により地すべりの進行を食止めることと同時に、地すべりの挙動を観測により事前に把握し、迅速な警戒避難等のソフト対策を実施する必要がある。

地すべりの観測は、当初はアナログ式の伸縮計を用いて実施した。降雨時には24時間の監視体制とし、一定時間(1時間~30分に1回)ごとに計器のところに行き、



写真6 Aブロック頭部の伸縮計(AS1)

伸縮計(写真6)のデータを読み、異常が生じた場合は直ちに関係機関と連絡を取る体制とした。

この方式は直接地すべりの変状を観測できる利点もあるが、地震や突発的な降雨に対応できない欠点があり、伸縮計をデジタル式のものとし、コンピューターと電話回線を用いた自動監視システムを導入することにより欠点を克服した。

(1)地すべり自動監視システム

自動監視システムは地すべりの前兆現象を感知し、地区住民の迅速な警戒避難に寄与する事を目的として導入した。

自動監視システムの機器構成等を以下(図4)に示す。

有馬地区の地すべり地域に設けた自動監視システムについては、地すべりを緊急時、通常の場合を問わず監視する必要があること、通常は監視を遠隔地から行う必要があることから全自動監視システムを採用した。

このシステムでは、警戒時や緊急時の現場常駐体制等の際に現地において地すべりの挙動を確認し、出力された観測値とリアルタイムで比較することが可能である。これは各計測器から得られたデータが正確に地すべりの挙

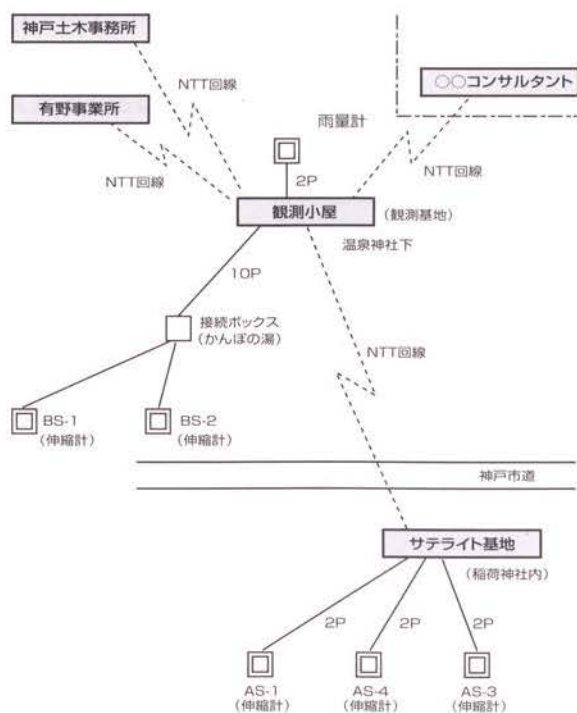


図4 地すべり自動監視システム概念図



写真7 簡保泉 (90度の高温自噴泉)

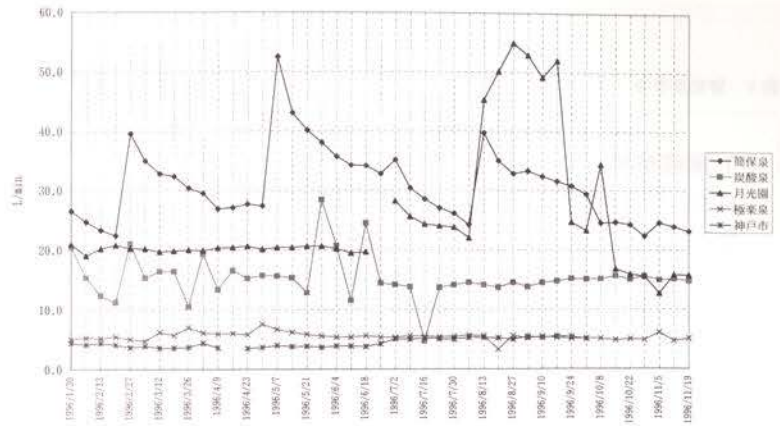


図6 泉源湯量測定グラフ (平成8年1月～11月)

動を示しているのか、特に緊急時などでは活動状況を判断する上で基本的な重要事項となるからである。

現場の監視システムについては、①現地の所定の場所に伸縮計等のセンサーを設置し、観測小屋(観測基地)のデータロガーにより各地点のデータを収録する。②このデータをパソコンにより大容量のハードディスクに記録し、数値の整理図化を行う。③あらかじめ設定された管理値を越えた場合、遠隔操作室への警報を送る等の機能を持っている。

以上のことより、リアルタイムで現地の状況を把握できる体制とした。

5. 連絡避難体制

当地すべり発生地域では、伸縮計による観測を実施するとともに、警戒基準等(表1)を設け、警戒連絡体制(図5)の整備に努めた。

5月11日には184mmの降雨があり、AブロックS2で175mmの変動が観測されたため避難勧告が出された。このとき幸いにも大規模な土砂流出や崩壊は発生せず大事には至らなかった。

6. 泉源調査等

Bブロックでは、温泉が近接するため、泉源への影響を観測し、何らかの兆候がみられた場合は作業の中止を含む有効な対策工を採るため、工事着工前の平成8年1月より調査を開始した。調査項目は以下の通りである。

- ・対象泉源：簡保泉(写真7)、極楽泉、炭酸泉、月光園、神戸市外湯
- ・調査項目：湯温、湯量、水質、ガス(二酸化炭素、硫化水素、酸素)
- ・調査頻度：週1回

湯量の観測結果を図6に示す。

簡保泉、炭酸泉、月光園では全般に湯量に変化が認められるが、杭の施工によると考えられる特段の変化は認められず、他の水温、ガス、水質についても同様で、工事による影響はなかったものと判断された。

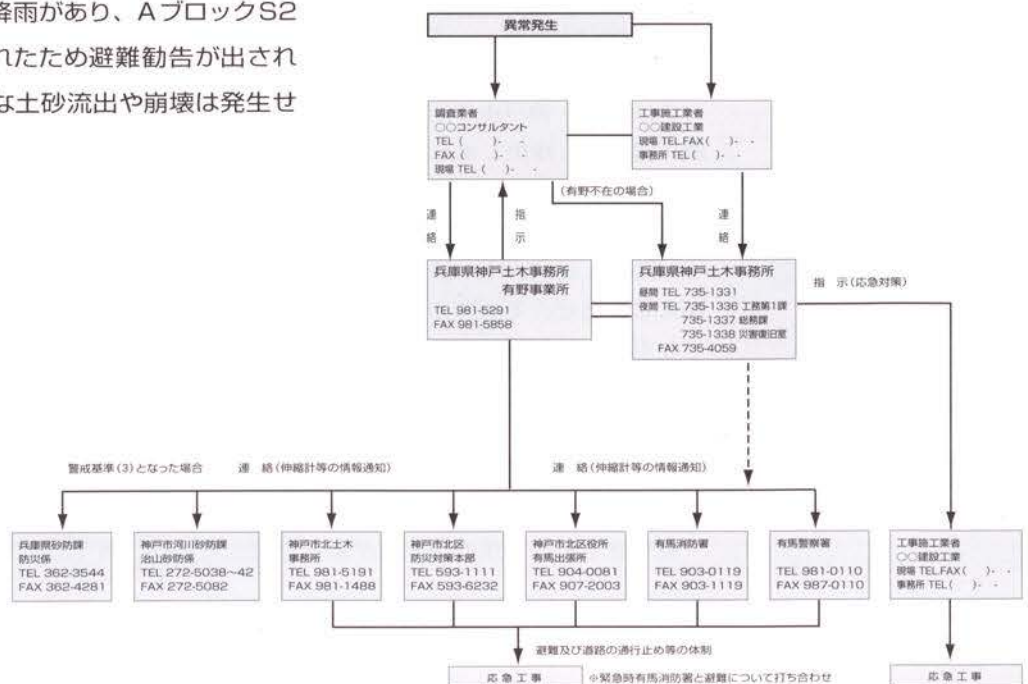


図5 警戒および連絡体制 (組織および電話番号等は当時)

表1 警戒基準等

1.警戒基準

警戒基準は伸縮計及び雨量の観測値に基づき、以下の通りとする。

(1)《1mm/日以上または大雨注意報の場合》

- ・準備体制に入るものとし、区域内の巡視を強化する。
- ・〇〇コンサルタント株式会社……会社モニター監視
- ・〇〇建設工業……現場待機

(2)《1cm/日以上または累加雨量30mmとなった場合》

- ・警戒体制とし、現場巡視を強化し、情報を収集する。
- ・〇〇コンサルタント株式会社……現場基地局モニター監視及びパトロール

- ・〇〇建設工業……現場パトロール

(3)《1～2mm/時以上または累加雨量100mmの場合》

- ・監視地すべり第1警戒基準
- ・区域内の監視を強化するとともに、避難準備を行う。
- ・有馬消防署に危険な状況を報告するとともに、避難勧告について検討するよう依頼。

- ・〇〇コンサルタント株式会社……現場基地局モニター監視及びパトロール

- ・〇〇建設工業……現場パトロール

(4)《4mm/時以上の場合》

- ・区域内及び想定被害区域内を立入禁止とする。

2.解除基準

上記基準以下となり、変状が認められない場合とする。

警戒体制を解除し、通知している行政機関に連絡。

3.想定被害区域

稲荷山神社(A測線)

- S1の伸縮計の変化は想定崩壊土砂約35,000m³で、市道を乗り越え、炭酸泉源付近まで埋塞の可能性あり。
- S2の伸縮計の変化は推定崩壊土砂約500～6,000m³で、市道を乗り越えた付近まで、埋塞の可能性あり。(内1,500m³程度は防護柵で抑止)
- S3の伸縮計の変化は推定崩壊土砂約65,000m³で、人家まで崩壊土砂で埋塞の可能性あり、避難を要す。(但し、数値は+の場合)

かんぼの宿(B測線)

- S1の伸縮計の変化は推定崩壊土砂約3,000～70,000m³で、のり面部の崩壊は人家の手前まで埋塞の可能性あり。
- S2の伸縮計の変化は崩壊土砂約1,000m³で、温泉神社等は避難を要す。
- S1、S2が一部崩壊後まだ伸縮計のデータが累加する場合は、最大75,000m³が人家を埋塞する可能性があり、広範囲な避難を要す。

避難勧告や解除の判断に悩む

有野事業所課長補佐 那俄性 三男



地震後の1月末、二次災害防止のため稲荷山斜面に5個の伸縮計を設置し、観測データは随時、神戸市や消防署、警察署など関係機関にも提供しました。

避難勧告などを出すのは、最終的には神戸市の判断です。事業所としては、データを砂防課と協議の上で決定した判断基準に照らし合わせ、その時々雨量なども考慮しながら、危険な場合は「避難勧告を出したらどうでしょうか」と進言しました。人の命に関わることなので安全第一に判断しましたが、むやみに出すわけにもいかず、決断には細心の配慮を要しました。

現地直下には有馬の温泉街があり、観光

面への影響も懸念されました。ある時、危険区域の境界ぎりぎりに建つホテルの方が事業所に来られ、「勧告が出れば夜中でもお客さんを避難させなければならないし、キャンセルなどが出て営業にも支障が出る。うちは対象地区から外してもらえないか」と要望されました。心情は理解できても、安全だという保障がない以上即答できません。関係機関で協議し、後日の調査で安全性が確認されてから対象外としました。

さらに難しかったのが、一度出した避難勧告や命令をいつ解除するか判断です。雨が上がっても油断はできません。経過を見ながら慎重に決断を下したつもりです。

4. 民間宅地擁壁

【災害関連緊急急傾斜地崩壊対策事業：特例措置】

1. 特例措置の経緯

兵庫県南部地震では、市街地で震度6～7の激震により、住宅地の擁壁等が転倒・倒壊したり、クラックが発生するなどの被害が多発した。

本来、このような被災擁壁等の復旧は、宅地行政の中で神戸市が改善勧告を行っており、所有者等が対応すべきものであるが、震災直後から、各方面より国に対して擁壁等の復旧に関する個人補償あるいは助成が強く要望された。

当初は、現行法での対応は難しいと判断されたが、これらの被災擁壁等をそのまま放置すれば、余震・降雨等により被害が拡大し、施設の所有者以外の第三者に被害が及ぶ恐れがあり、不特定多数の者が利用する避難のための道路や公園、周辺住民の生活維持のための水道・ガス等の各種公共施設に二次被害が生ずることが想定された。そこで、この際、迅速かつ確実な復旧対応を行い、民生の安定を図ることが必要であるとの認識のもと、既存の災害関連緊急急傾斜地崩壊対策事業の採択基準を緩和し、民間所有の擁壁復旧に対する特例を設け、兵庫県が事業主体となって工事を進めることとなった。

【特例措置の採択基準の概要】

(1)平成7年に発生した兵庫県南部地震により被災し

表1 査定実績一覧表

	東灘区	灘区	中央区	兵庫区	長田区	須磨区	垂水区	北区	合計
第1次	1	—	—	—	—	2	—	1	4
第2次	2	—	—	1	2	—	1	1	7
第3次	2	—	—	6	8	3	2	4	25
第4次	5	—	—	6	9	1	—	5	26
第5次	2	1	1	2	9	3	3	2	23
第6次	4	—	—	3	3	1	3	1	15
第7次	—	—	2	6	5	2	—	—	15
第8次	1	—	1	1	6	—	—	1	10
第9次	—	—	—	3	2	—	—	1	6
第10次	—	—	—	—	3	—	—	1	4
合計	(18)	(1)	(4)	(29)	(50)	(13)	(10)	(19)	(144)
	17	1	4	28	47	12	9	17	135

施工箇所(144)カ所 認可件数135件 70億円

た擁壁等に適用する。

(2)急傾斜地は、擁壁等これに類するものを含むとし、人家等に実際の被害があり、かつ、周辺住民に二次的被害を生じる恐れがあるものについては、急傾斜地の高さを3m以上とした。

(3)公共的要素として、河川・水路・排水施設・道路・公園緑地その他公共空地、水道・電気、ガス供給施設、あるいは避難路・避難場所等に被害を及ぼす恐れのあるものとした。

(4)人家戸数5戸以上および事業費600万円以上の基準は、通常の急傾斜事業と同じである。

(5)移転適地がないこと。

2. 事業の経緯

事業実施に至る手順は図2に示す通りであるが、事業の成立を確実なものとするため、関係住民より施工依頼書(図1)を徴取している。

現地調査、調整ならびに査定の結果144カ所(認可上135件)を実施することとなった(表1)。

工法選定は、図3に示す手順に基づき行った。

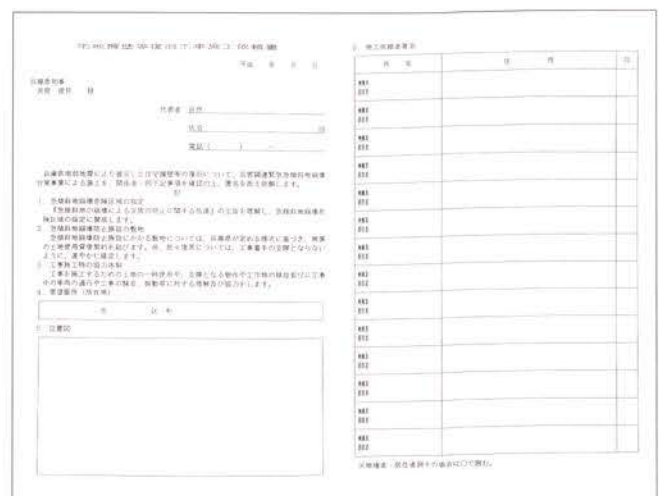


図1 施工依頼書

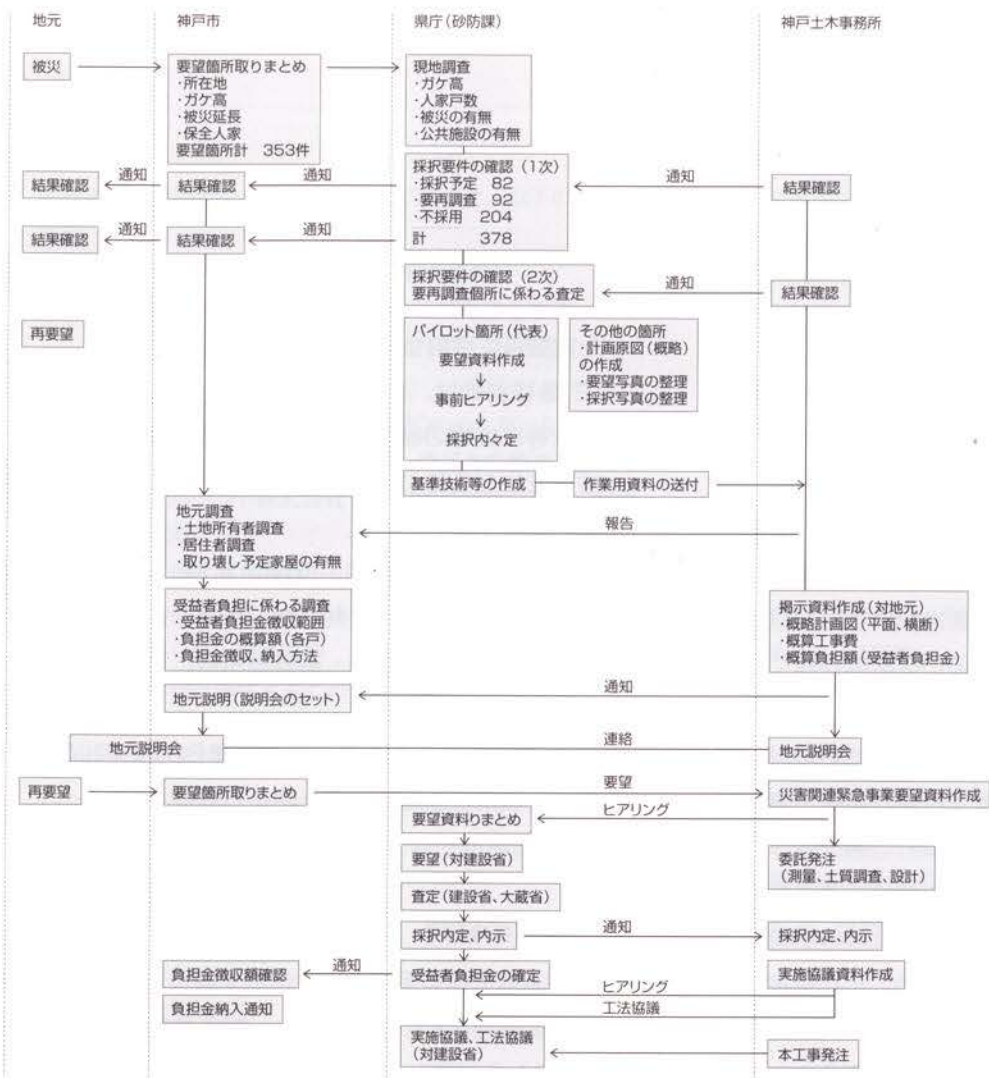
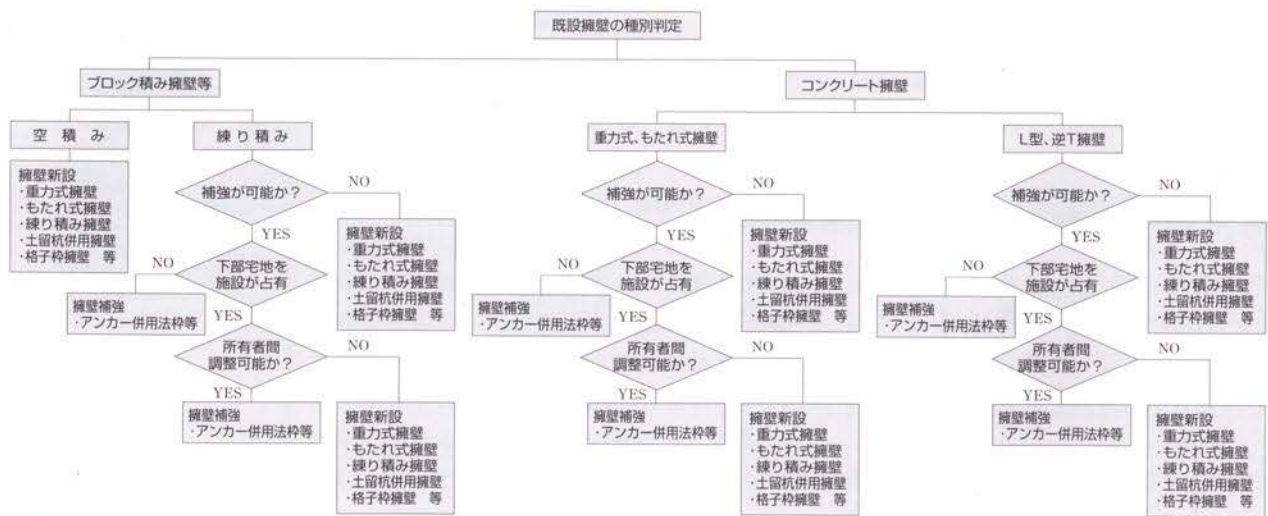


図2 震災に係わる宅地擁壁復旧事業実施までの手順



※ 所有者間調整とは、擁壁所有者、宅地(上下部)所有者間の調整を指す。

図3 宅地擁壁復旧工法選定のための手順



特例急傾斜事業に思う

用地第2課課長補佐 佐藤 薫

急傾斜地崩壊対策事業（特別措置）の擁壁にかかる敷地については、地権者と無償の土地使用貸借契約を結びます。土地の所有者がすでに故人の場合には相続権を持つ人全員の承諾を得るために走り回り、中には利害関係が絡んでなかなか印鑑を押してもらえないケースがありました。また、修復したい一心で施工依頼書に名を連ねたものの、着工段階になって動いた土地の境界を巡ってもめるなど、全国で初めてのケースだけにさまざまな問題が出てきました。

自力復旧が十分可能と思われる人でも条件を満たせば採択される一方、擁壁高3.0m以上の条件のため、わずかの差で再建資金の乏しい高齢者が適用外となるケースもありました。

一定の条件に合うものについては復旧に必要な工事費を助成するという方法が併用されていたなら、復旧のスピードもあがるし、より多くの被災者を助けることができたように思います。

また復旧後転売するケースも目立ち始め、将来にわたって借地契約事務が幅轉しそうです。

将来的視野を持った行政展開を

防災第2課課長補佐 藤田 治則（山梨県）

私が担当した長田区は、古い町並みが残り、道も狭く私道も多い狭隘地区です。ここでの工事を通じて感じたことは、以下の2点に集約されるかと思っています。

1点目は、工事施工依頼書に自治会等の署名を加えるなど周辺住民の方の理解を得ておけば、工事実施に際してより協力態勢が生まれたのではないかと思います。

依頼書は擁壁に関係する人たちだけで作成したため、実施に伴っては周辺からの苦情が多数出、その対応に苦慮しました。特に擁壁を自力復旧した人たちから行政に対する不平・不満のはけ口としての苦情が目立ち、工事車両の私道通行に対する通行料の要求、振動・騒音への損害賠償請求などもありました。このような問題を未然に防ぐためには、周辺住民への周知をもっとすべきだったと感じています。

もう1点は、擁壁の復旧は工法を柔軟に選定できなかったかということです。



震災で被害を受けた民間宅地の崖を放置することにより二次災害が生じる恐れが大いに懸念され、また住宅に被害を被った住民の生活再建を支援するというで、この事業が特例で認められました。災害復旧事業としての擁壁は基本的には表に法がついた重力式擁壁であり、これにより将来も安心できるわけですが、災害復旧事業の本質上改良行為はできず、一部には擁壁が仕上がっても建物を建てるにはスペースが狭くなり、結果として住民の方に満足していただけない状況もありました。

行政側の我々は、これからも民意を最大限くみ取った行政展開を図らなければならないと痛感しました。

事業に関わって、大都会での行政執行の難しさを改めて感じました。権利意識が強く、多数意見に歩み寄ることなく個人の意見を主張する特性が、悪い方に表れるケースが一部に見られました。その中で神戸土木事務所職員の方から、粘り強く職務を遂行する姿勢を学ぶことができ、これからの私にとって大いに役立つのではないかと考えています。

北 - 5

(北区有馬町) 重力式擁壁工



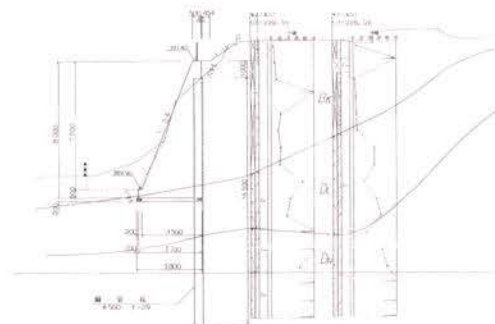
写真1 被災状況



写真3 施工状況



写真2 被災状況 (石垣崩壊)



標準断面図

兵庫 - 1

(兵庫区馬場町) 重力式擁壁工



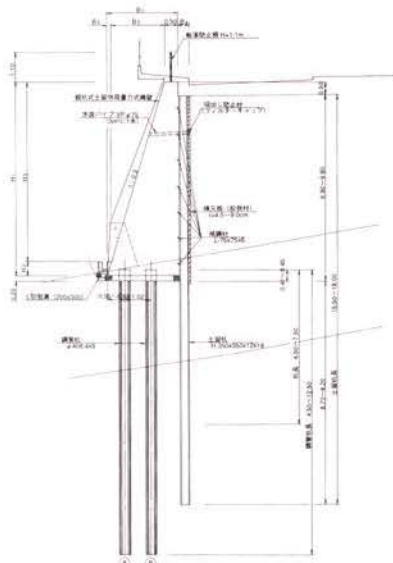
写真1 被災状況



写真2 復旧状況

東灘 - 7

(東灘区鴨子ヶ原)
土留横矢板併用重力式擁壁工



標準断面図



写真1 被災状況



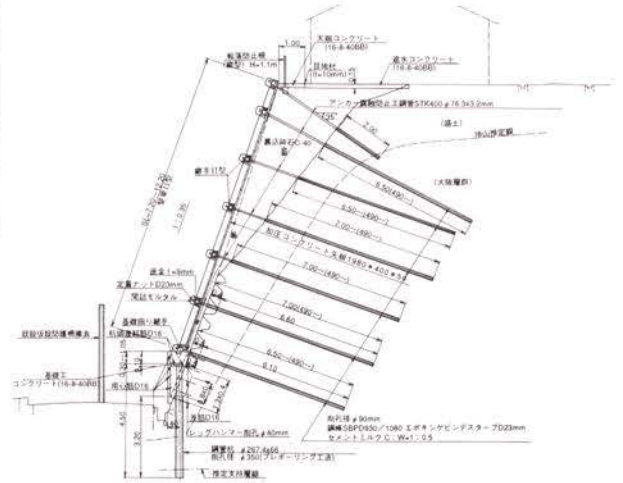
写真2 施工状況



写真1 被災状況

垂水 - 8

(垂水区星ヶ丘)
アンカー付格子状擁壁工



標準断面図



写真2 復旧状況

長田 - 31

(長田区大丸町) 重力式擁壁工



写真1 被災状況



写真2 施工状況

長田 - 21

(長田区重池町)
重力式擁壁工



写真1 被災状況



写真2 復旧状況



写真3 被災状況



写真4 復旧状況

垂水 - 19

(垂水区星ヶ丘)
ルートパイル工法<網状鉄筋挿入工法>



写真2 施工状況



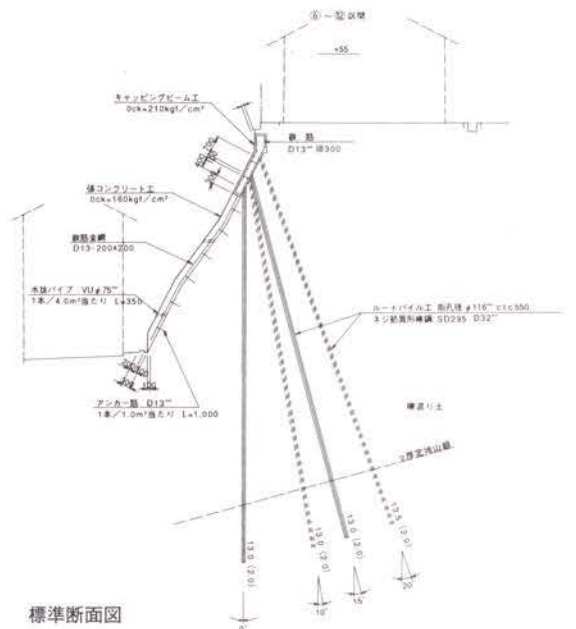
写真1 被災状況



写真3 施工状況



写真4 復旧状況



兵庫 - 18

(兵庫区湊川町) 重力式擁壁工



写真1 被災状況



写真2 復旧状況



写真1 被災状況

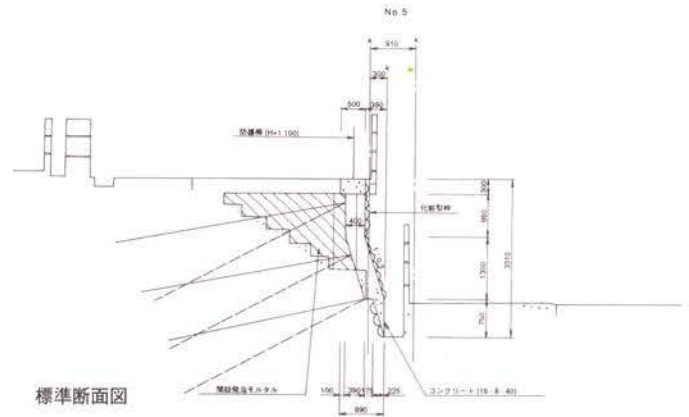


写真2 復旧状況

長田 - 14

(長田区蓮宮町)

ルートパイル工法<網状鉄筋挿入工法>



東灘 - 5

(東灘区岡本) フリーフレーム工法



写真1 被災状況



写真2 復旧状況

5. 天王ダム

1. 臨時点検の概要

天王ダムは、二級河川新湊川水系の一次支川天王谷川(図1)に、洪水調節を目的として昭和55年に完成した堤高33.8mの重力式コンクリートダム(写真1および図2)である。震央から16kmに位置し、震度6の地域に含まれる。

ダムがある地域の気象庁震度階が4以上の場合、またはダムに設置された地震計で25gal以上の加速度が観測された場合、建設省所管ダムおよび河川区域内の利水ダムでは、地震後の臨時点検を行うことになっている。臨時点検は一次点検および二次点検からなり、一次点検は地震発生直後の目視による外観検査、二次点検は詳細な外観検査と観測計器による点検を行うものである。

天王ダムは地震発生当日の17日に臨時点検を実施した。その結果、右岸天端直上からの崩落が少量あり、下流地山でも崩落があったが、落石による堤体への損傷もなく、堤体上下流に亀裂などの被害や変状は見られなかった。しかし、二次災害の防止、余震対策等、ダムの安全管理に万全を期すため、ダムの監視を継続することとした。

このダムは自然調節方式の洪水調節専用ダムであるため、放流管呑口敷高(標高273.97m)が常時水位であるが、地震後、貯水位が約10cm/日(9ℓ/秒)の速度で低下していることが判明した(写真2)。水位低下はそ



写真1 空撮全景

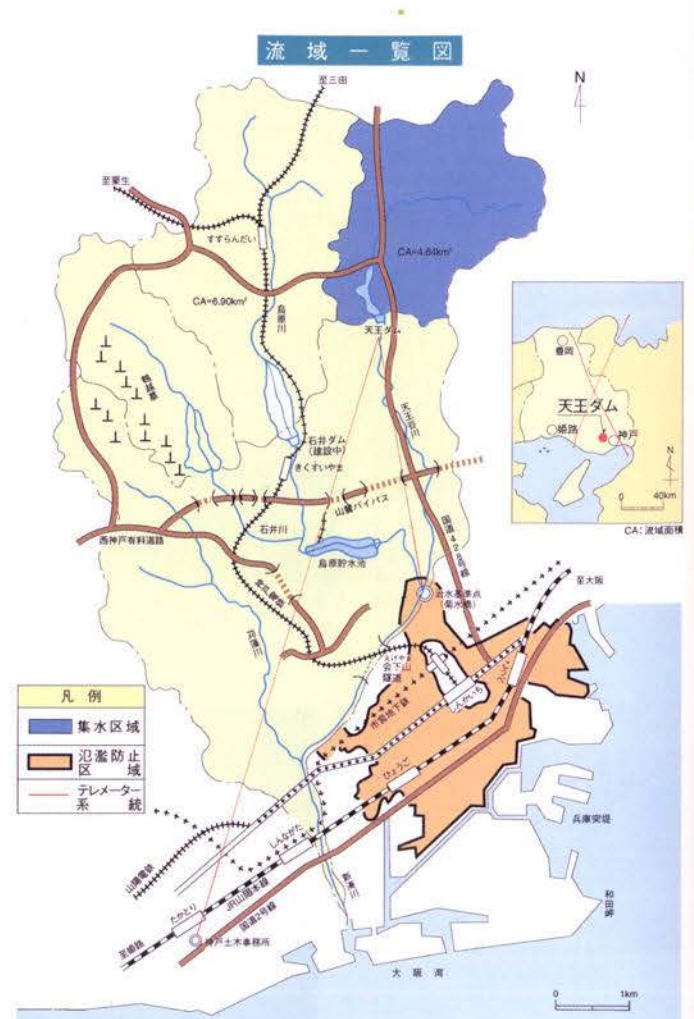


図1 位置図

の後も継続し、3月16日には常時水位から約5.5mまで低下した(図3)。しかし、ダム本体からの漏水はなく、平成6年9月の渇水時にも約2cm/日の水位低下を記録していることから、貯水池周辺の地山への浸透流が増加したものと推定されたが、専門家による詳細点検を実施して、ダムの安全性を再確認するとともに、漏水経路を確認するため各種の調査を実施した。

2. 漏水経路調査の結果

ダム下流河川の流出箇所調査は1月26日から7月19日にかけて9回実施したが、流出箇所は確認されなかった。ダム下流600m地点の天王谷川左岸山裾に、古くからの湧水箇所があるが、2月の調査では100ℓ/分程度であったものが、5月の調査では降水量が多くなったにもかかわらず、湧水量は減少していた。

貯水位とドレーン(基礎排水)孔内水位の関係を図4に示す。貯水位が回復した5月15日には、大部分のドレーン孔で孔内水位の上昇が見られるが、左岸山裾のNo.5~No.9では、孔底以下に低下したままで水位は回復しなかった。また、水温・水質調査では、貯水池水と孔内水の類似は認められなかった。

堤体基礎岩盤内の水みちを調査するため、ドレーン孔と減勢池下流端の2側線で高密度電気探査を実施したが、水みちは認められなかった。

ダム直下の河床部において、地下水位を調査すると、現河床より約9mも低下していた。さらに、六甲山地の既設トンネルの湧水量を地震前後で比較すると、全トンネルとも地震後は増加しており、ダム下流2km地点を横断する山陽新幹線トンネルでは、1,200m³/日から9,600m³/日へ8倍も増加していた。



図2 標準断面図



写真2 水位低下状況(天王ダム上流面)

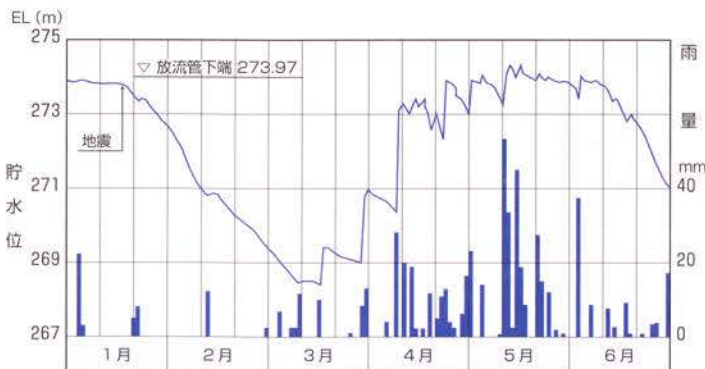


図3 天王ダム貯水位の低下状況



写真3 被災状況（ダム右岸）



写真4 復旧状況

漏水経路の調査結果をまとめると、直下流に漏水箇所が見当たらないこと、ドレーン孔内水位が低く孔内水位と貯水池との連絡がないことから、地震によりダムのカーテン（止水）ラインが損傷を受けている可能性は極めて少ないと判断された。

今回の漏水現象は、六甲山系全体の現象と判断され、天王ダム付近においても急激な地下水位の低下により生じたものと推定された。

以上より、漏水現象は、ダムの安全上問題とならないこと、洪水調節専用ダムで不特定容量もないため機能面でも問題がないことから、貯水池の漏水対策は必要がないと判断した。

3. 右岸部の法面对策

ダム右岸急崖の法面崩落（写真3）については、崩土の撤去とともに法面对策工事を行うこととした（写真4）。工事概要は以下の通りである。

- ・土工 岩石掘削・撤去90m³
- ・法面保護工 鋼繊維補強モルタル吹付工（t=10cm）
385m²
自穿孔式ロックボルト工 71本

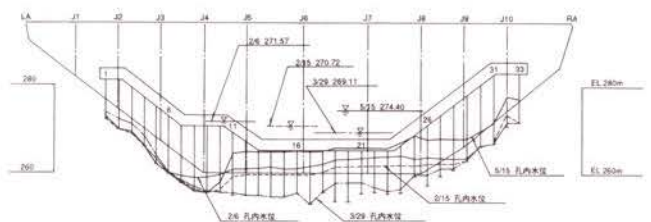


図4 ドレーン孔内水位の推移