

第 V 章

復 旧 工 事 編

V. 復旧工事編

1. 一般道路等の復旧

(1) 被害の特徴

県及び市町管理道路の被害状況を形態別に分類すると、段差・亀裂の路面損傷が全体箇所数の74.3%と最も多く、歩道橋を含む橋梁の損傷が8.8%、擁壁・積ブロックの損傷が10.1%、路肩等道路の崩壊が4.4%、落石・法面崩壊が0.8%となっている。

地域別では、阪神地域では路面損傷が76.3%と最も多く、歩道橋を含む橋梁の損傷が13.8%、擁壁等損傷が3.3%、法面崩壊が0.7%、道路崩壊は4.4%となっているのに対し、淡路地域では路面損傷は67.0%、橋梁損傷が1.6%と比較的少なく、擁壁等損傷が23.7%、道路崩壊が5.1%、法面崩壊が1.3%と他地域に比べてその発生割合が大きくなっている。

これは、災害発生箇所の多い阪神地域では地形が概ね平坦であるが、淡路地域では山地部の道路が比較的多いなど、被災地の地形的要因によるものと考えられる。

橋梁の被害では幸い落橋したケースはなく、県管理橋梁では下部工損傷19橋、支承損傷11橋、上部工（伸縮装置を含む）損傷が18橋であるが、上部工の損傷程度は軽微なものがほとんどであった。また、液状化等に伴う地盤変動が発生した箇所では、橋脚本体に損傷はないものの基礎に損傷が生じたケースがあった。なお、橋梁形式による被害の差異はほとんどみられなかった。

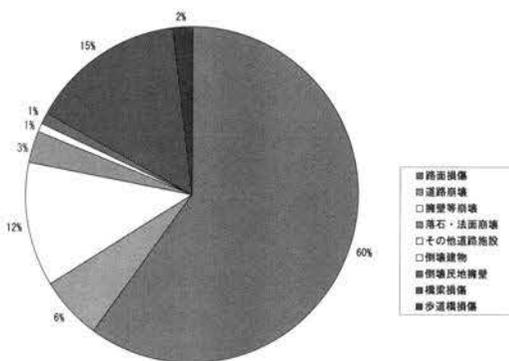


図-V.1.1 被災原因別災害発生割合 (県管理道路)

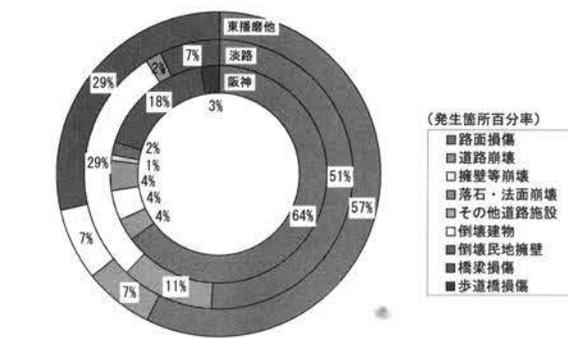


図-V.1.2 地域別・被災原因別災害発生割合 (県管理道路)

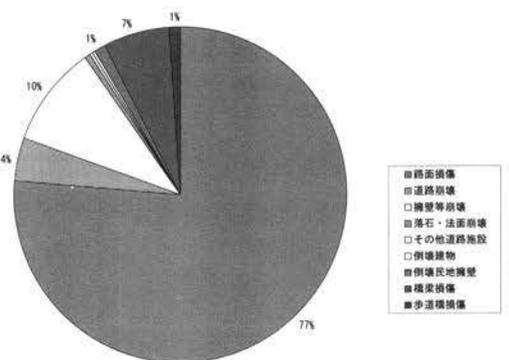


図-V.1.3 被災原因別災害発生割合 (市町管理道路)

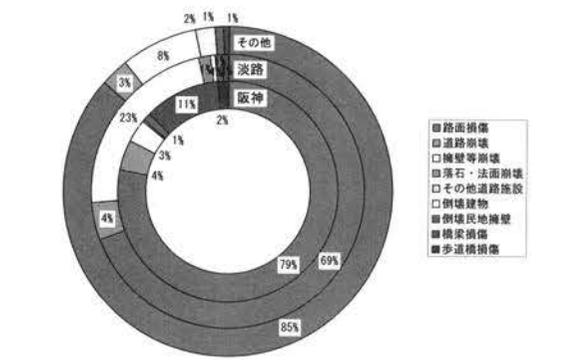


図-V.1.4 地域別・被災原因別災害発生割合 (市町管理道路)

(2) 復旧方針

一般道路部の被災については、路面損傷が大部分であること、耐震性を考慮する必要がない小規模の構造物が多いこと、早期に交通機能を確保する必要があることから、復旧にあたっては現行基準による原形復旧を行うことを基本とした。

なお、道路関係公団、指定都市高速、建設省、都道府県、市町村が管理する橋梁等の補強については、緊急度の高い（複断面区間の橋梁、跨線橋、跨道橋等）のうち昭和55年の道路橋示方書より古い耐震設計に係る基準を適用したRC単柱橋及び落橋防止装置の補強を優先的に実施することとした。

(3) 復旧仕様・工法

地震による被害を初めて経験し、また被害の内容も風水害による災害と大きく異なることから、復旧工法の決定にあたり戸惑いも多かったが、建設省から災害査定官や専門家の派遣を仰ぎ、現地調査と適切な復旧工法の指導、助言を得て工法を決定した。

主な被災状況に対する基本的な復旧工法は以下のとおりである。

① 路面の亀裂及び陥没

路面の亀裂及び陥没に対する基本的な復旧工法は以下に示すとおりである。

表-V.1.1 被災状況に対する基本的な復旧工法

被災の分類	被災の程度	基本的な復旧工法
路面の亀裂のみの場合	・亀裂が小さく路盤までの場合	・亀裂が達している層まで開削して復旧を行う。 ・路盤材を補充、掻き起こし、再転圧し路盤の復旧を行った後に表・基層工を施工する。
	・亀裂が深く路床まで達している場合	・亀裂が達している層まで開削して復旧を行う。 ・路床面を掻き起こし・再転圧して復旧し、舗装は全層打ち換えとする。
路面に段差（陥没）が生じている場合	・20cm程度までの段差（段差・陥没量は被災前の路面高からの沈下量をいう）	・舗装全層打ち換え＋路床整正とする。
	・20cm以上の段差の場合	・路床（あるいは影響範囲）まで打ち返し、舗装は全層打ち換えとする。

舗装復旧幅：・2車線以上道路の場合は、亀裂・陥没のある車線幅すべてを復旧する。ただし車道中央部のみに亀裂がある場合は、表基層工は全幅復旧とするが、路盤復旧は亀裂の左右各1mの範囲までとする。

・1車線道路の場合は半幅単位で復旧を行う。

・復旧範囲：・道路縦断方向の復旧範囲は、亀裂端から1m範囲までとする。

② 地すべりに伴う道路復旧

今回の震災により六甲山麓の丘陵地では広い範囲で地すべりが発生し、これらの多くは盛土あるいは人工谷埋めに関連して発生したこと、地すべりの発生した斜面は5°以下の緩勾配であること、すべり層の厚さは3～5 mと非常に薄く、しかもN値5以下の軟弱層ですべり面下の大阪層群も軟弱で上部軟弱層のN値と同値かあるいは10～50程度であることが特徴であった。

1) 要対策箇所の抽出

これら変形を生じた箇所のうち、今後の降雨により滑動の危険のある箇所について地すべり防止対策を実施することとしたが、その危険度判定の着眼点として次の3点が認められることとした。

- ・頭部に引っ張り亀裂、段落ちや滑落崖を発生していること。
- ・地域内の道路に地すべり運動の結果生じたと思われる変形が生じていること。
- ・末端部において隆起、圧縮亀裂、押し出し変形や崩壊が認められること。

上記の3点のうちいずれかが欠ける箇所については、直ちに降雨により滑落する危険性が少ないため、観測を継続することとした。

2) 対策工法

抑止工法は、斜面勾配が緩く、しかも浅い軟弱層からなる地すべりは運動方向も一定していないが多いため、鋼杭工法を採用した。

ただし、地下水位が高い箇所が多いため、排水が可能な場合は地下水排除工を併用する（集水井は採用しない）こととした。

現状の安全率は、変動が継続している場合のみ0.95、他は0.98として、目標安全率に達するよう必要抑止力の計算をおこなった。

鋼杭は短期許容応力度を用いて安全度を判定することとするが、現状安全率を0.95とした場合は長期許容応力度を用いることとした。

③ 橋梁の復旧

1) 損傷程度の判定

橋梁の損傷程度は、「道路震災対策便覧（震災復旧編）」（日本道路協会）に基づき判定した。

2) 対策工法の決定

復旧工法の選定についても、「道路震災対策便覧（震災復旧編）」に基づき、損傷部位毎に損傷程度に応じて決定した。

3) 架け替え又は補強の場合の設計基準

橋梁架け替え、又は補強を行う場合、設計荷重は現橋の設計荷重とするが、設計基

準については、現行の道路橋示方書に基づき設計計算を行うこととした。

なお、震災後には平成2年、平成5年の道路橋示方書を基本として「兵庫県南部地震により被災した橋梁に係わる復旧仕様」が制定され、RC巻きたてによる橋脚補強を行う場合に、復旧仕様に準じて軸方向鉄筋の段落しを行わないこと、及び帯鉄筋間隔を15cm以下とすることの2点を適用した。

4) 復旧仕様について

兵庫県南部地震道路橋震災対策委員会の報告及び審議を踏まえながら、平成7年2月27日付けで、被災した道路橋の復旧に係る仕様（以下、復旧仕様という。）について建設省から関係機関に通知された。表-V.1.2に復旧仕様の概念を示す。

表-V.1.2 道路橋復旧仕様の概念

基本方針に基づく対策	対策のねらい
① RC橋脚の主鉄筋段落し原則禁止	段落し部の弱点を解消する。
② RC橋脚の横拘束筋（帯筋、中間筋）補強	コンクリートを横方向に拘束し橋脚の変形性能を高める。
③ 鋼橋脚の中詰めコンクリート充填	座屈を防止し変形性能を高める。
④ RC、鋼橋脚の地震時保有水平耐力照査（横拘束筋効果、中詰め効果を考慮）	平成2年道路橋示方書又は今回の地震規模に対して保有水平力を照査する。
⑤ 基礎の地震時耐力および変形性能照査（変位法による照査、荷重-変位曲線を用いる照査）	橋脚と同等以上の地震時保有耐力と変形性能をもたせ、復旧困難な基礎の被害を避ける。
⑥ 動的解析による照査（非線形動的解析の実施）	今回観測された地震動に耐えうることを動的解析で照査する。
⑦ 免震支承による免震設計（反力分散効果、エネルギー吸収効果）	弾性固定方式で地震力の分散を図る。エネルギー吸収による免震効果を照査する。
⑧ 支承構造および落橋防止構造の強化（移動制限、上揚力対策等機能の分離）	構造に則した地震力に対して設計する。衝動力を緩和する。

また、平成7年5月25日付けで橋、高架の道路等の新設及び補強に係る当面の措置として、復旧仕様を準用する範囲が以下のように決められた。

a. 復旧仕様の準用（道路関係公団、指定都市高速、地建が管理する橋等）

道路関係公団、指定都市高速、地建（建設省近畿地方建設局）が管理する橋等—平成7年5月25日以降に着手する新設に係る設計及び実施する補強については、原則として復旧仕様を準用する。

b. 復旧仕様の準用（都道府県、市町村が管理する橋等）

都道府県、市町村が管理する橋等—複断面区間、跨線橋、跨道橋及び地域の防災計画上の位置付けや当該道路の利用状況等から特に重要と考えられる橋、高架の道路等に関し、5月25日以降に着手する新設に係る設計及び実施する補強は、復旧仕様を準用するのが望ましい。その他の橋等に係る設計については、復旧仕様のうち次の6項目について準用するのが望ましい。

- ・免震設計
- ・帯鉄筋
- ・軸方向鉄筋の段落し
- ・支承部構造
- ・落橋防止構造
- ・液状化に伴う地盤流動

c. 復旧仕様に基づく新設橋梁の補足事項（動的解析（非線形）による橋脚の水平耐力照査について）

時刻歴応答解析法に用いる地震入力の選定は、記録が観測された地点の地盤条件等を考慮すると1種地盤では神戸海洋気象台の記録、2種地盤ではJR西日本鷹取駅の記録、3種地盤では東神戸大橋の記録が参考になる。

上述した地震動記録を照査用震度に置き換え、非線形動的解析の簡便法として、橋脚の保有水平耐力の照査を行う。

現行の耐震設計と復旧仕様に基づく設計、照査に用いる地震入力の比較について図-V.1.5に示す。

また、今回の強度記録により地盤種別毎に固有周期と加速度応答スペクトルの関係を現行の耐震設計と比較すると図-V.1.6の傾向を示す。現行の設計は、長短周期とも3種地盤の加速度応答スペクトルは大きい。しかし、今回の強震記録から短周期では1種地盤の方が3種地盤より加速度応答スペクトル(gal)が大きくなる。長周期では上記の傾向が逆になる。

復旧仕様を準用して橋脚の保有水平耐力を計算すると従来より最大で2倍の慣性力を受けることになる。よって、慣性力（地震時作用力）を低減し、保有水平耐力をアップさせることが重要になることから、帯鉄筋及び横拘束筋を増やして橋脚の変形性能（=ねばり）を大きくする。

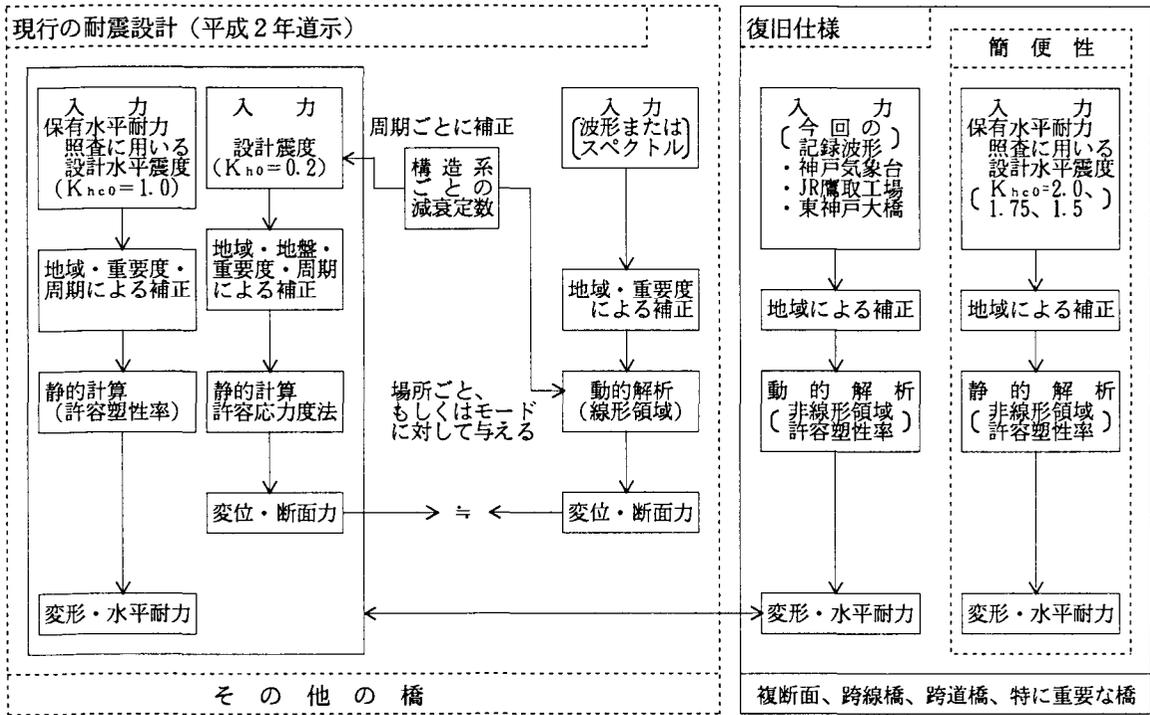


図-V.1.5 設計・照査に用いる地震入力 (補助国道、県道、市町道)

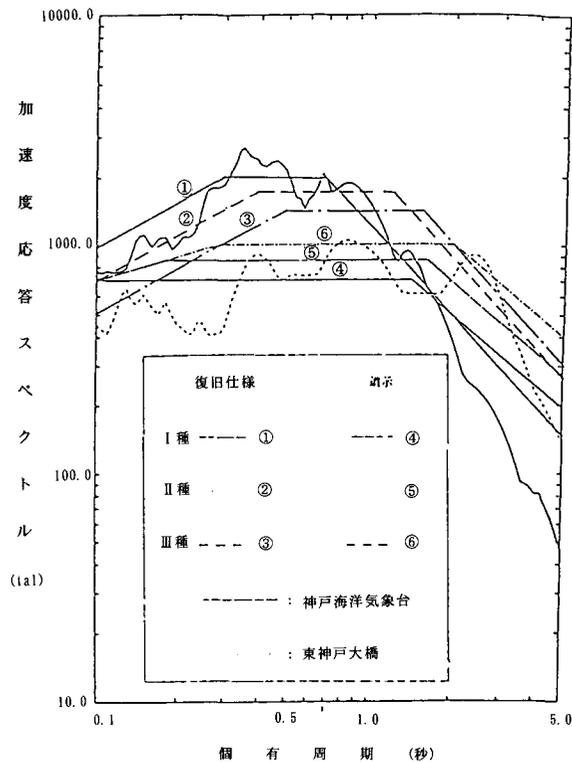


図-V.1.6 非線形効果を考慮した動的解析に用いる地震入力

1923年9.1 関東大地震 (M7.9) 下部構造に横移動、傾斜、上部構造に落橋等の被害有り。

- ・大正15年道路構造に関する細則 (案)
耐震設計の導入 ($k_h=0.1\sim0.4$)
- ・昭和14年鉄道道路橋設計示方書 (案)
設計震度の標準化 ($k_h=0.2$ 、 $k_v=0.1$)

1945年12.21 南海地震 (M8.1) 下部構造に横移動、傾斜、転倒、上部構造に落橋等の被害有り
 1948年6.28 福井地震 (M7.3)
 1952年3.4 十勝沖地震 (M8.1)

- ・昭和31年鉄道道路橋設計示方書
地域、地盤条件に応じた設計震度の算定
($k_h=0.1\sim0.35$ $k_v=0.1$)

1964年6.16 新潟地震 (M7.5) 地盤の液状化により上部構造に落橋等の被害有

- ・昭和46年道路橋耐震設計指針
地域、地盤、重要度、構造特性に応じた修正震度法の導入、
液状化判定法の導入 (支承部を除き k_h のみ考慮)

1978年6.12 宮城県沖地震 (M7.4) 下部構造では、橋脚、橋台のコンクリート剥離、上部構造では、支承部の被害有り

- ・昭和55年道路橋示方書 V耐震設計編
液状化に対する設計法を導入、主鉄筋段落し部の設計法を導入

1982年3.21 浦河地震 (M7.1) 鉄筋コンクリート橋脚のぜい性破壊 (静内橋)
 1983年5.26 日本海中部地震 (M7.7)

- ・昭和55年道路橋示方書 V耐震設計編の改訂
震度法と修正震度法の統合、地盤種別区分 (4種から3種)、連続橋の耐震設計法、地震時保有水平耐力を規定、動的解析による照査規定

図-V.1.7 橋梁の耐震設計の推移(1)

・平成3年橋梁震災点検要領（案）
 橋梁の変状調査を実施するとともに、1980年より以前の示方書で設計された耐震性が相対的に低い橋梁を抽出し、必要な対策を施して適切な耐震性レベルまでの向上を図る。

- 1989年10.17 ロマブリエタ地震 (M7.1)
- 1993年 1.15 釧路沖地震 (M7.8)
- 1993年 7.12 北海道南西沖地震 (M7.8)
- 1994年 1.17 ノースリッジ地震 (M6.8)
- 1994年10.4 北海道東方沖地震 (M8.1)
- 1994年12.28 三陸はるか沖地震 (M7.5)
- 1995年 1.17 兵庫県南部地震 (M7.2)

2G以上の加速度応答が認められ、兵庫県南部地震では、関東大地震以来最大の被害をもたらした。

・平成7年兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様・解説
 震度法の設計に加えて地震時保有水平耐力照査、上記地震動に対する動的解析照査、免震支承構造、落橋防止構造の規定、地盤流動対策等

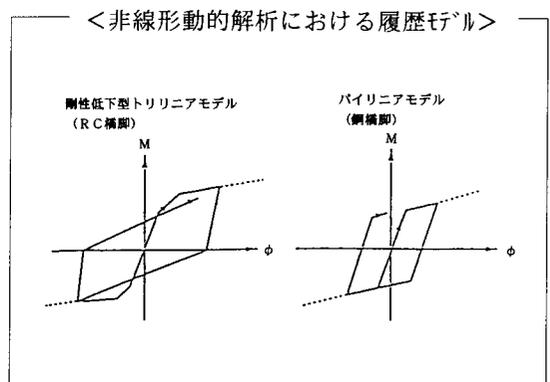
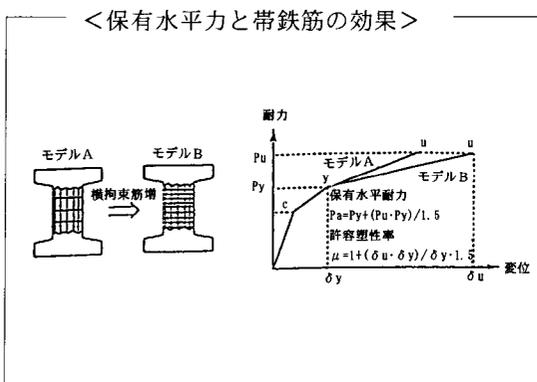
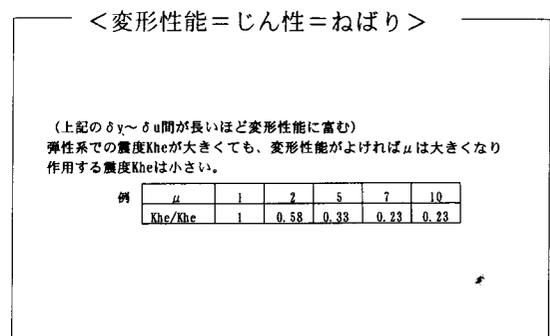
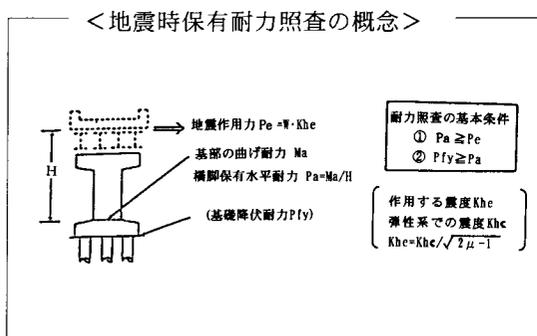
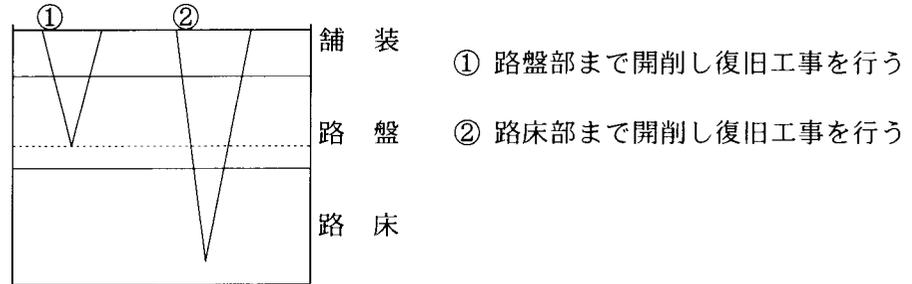


図-V.1.7 橋梁の耐震設計の推移 (2)

阪神・淡路大震災に係る道路災害復旧（舗装及び路盤の復旧）の考え方

1. 横断方向の被災の考え方

(1) 亀裂（亀裂が達している層まで開削して復旧工事を行う。）



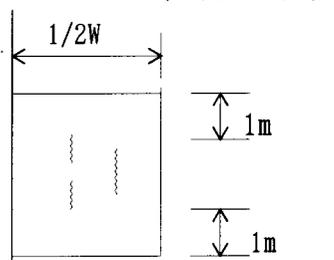
(2) 陥没・沈下（陥没・沈下している沈下量により開削し復旧工事を行う）



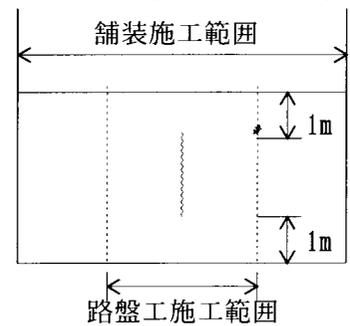
2. 平面範囲の考え方

(1) 生活用道路（幅員が5m程度まで）

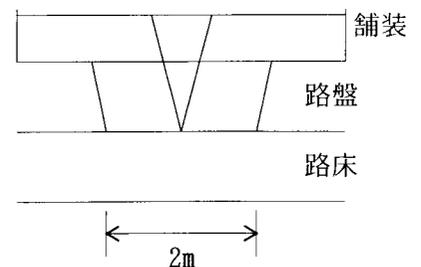
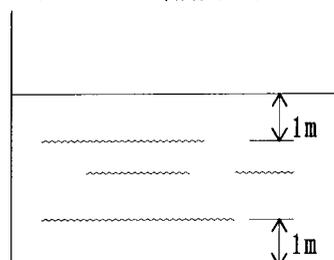
○ パターン1（片側の被災）



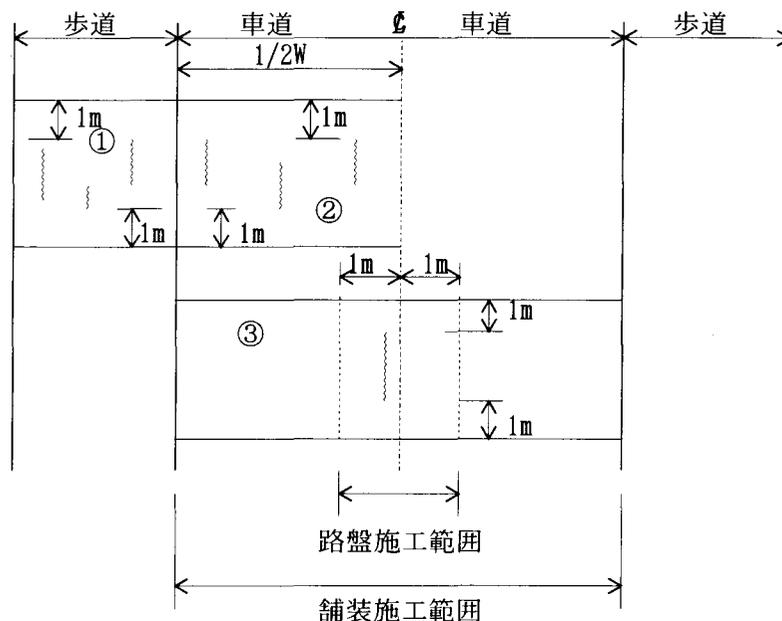
○ パターン2（中央部の被災）



○ パターン3（幅員方向の被災）



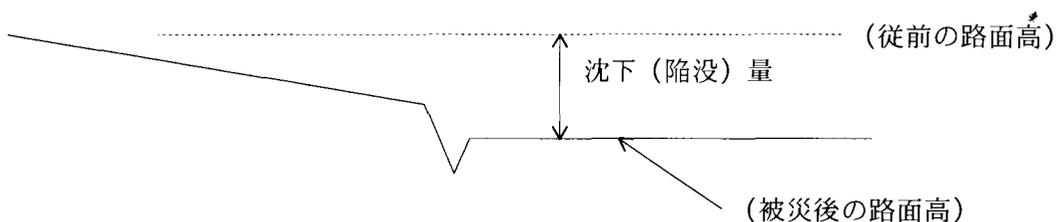
(2) 2車線以上の道路及び歩道がある場合（基本的な考え方は1.と同じ）



- ① 歩道のみの場合
- ② 片側車線のみの場合
- ③ 中央部被災の場合（1.のパターン2と同様の考え）

3. 申請に当たっての注意事項

- 1) 応急復旧工事を施工した箇所については、被災状況が判る写真を添付する。
- 2) 沈下・陥没している箇所の沈下（陥没）量は、段差の量ではなく従前の高さからの沈下（陥没）量をいう。



- 3) 2車線以上の道路におけるセンター付近のクラックとは、センターラインの左右1m範囲にある場合をいい、その場合は隣接する車線を含め2車線の舗装の打換えをいう。
- 4) 路床部が沈下・陥没した場合は、従来の路床高までは路床材で復旧する。

表-V.1.3 RC橋脚基部に損傷が生じている場合の被災判定表

観測される損傷		①水平ひびわれのみ	②斜めひびわれ (貫通せず)	③斜めひびわれ貫通	④かぶりコンクリート 剥離	⑤鉄筋はらみ出し	⑥軸方向鉄筋破断 および躯体傾斜	
損 傷 状 況	通常の 場合 P ≥ 0.5%	側 面 図						
		正 面 図						
	軸 方 向 鉄 筋 比 小 の 場 合 P < 0.5%	側 面 図						
		正 面 図						
被災度	B: 小被害	B: 小被害	B: 小被害	C: 中被害	C: 中被害	D: 大被害		
残留強度	P_u (1.1Py~1.3Py)	P_u (1.1Py~1.3Py)	1.1Py	1.0Py	Py以下	Py以下		
残留変形性能 $\frac{\delta u - \delta}{\delta u - \delta y} \times 100$ (%)	70%	50%	30%	10%	0%	0%		

Py: 降伏耐力 Pu: 終局耐力 δy : 降伏変位 δu : 終局変位 δ : 最大履歴変位

表-V.1.4 RC橋脚基軸方向鉄筋段落し部に損傷が生じている場合の被災判定表

観測される損傷		①水平ひびわれのみ	②斜めひびわれ (D/2以下)	③斜めひびわれ (D/2以上)	④斜めひびわれ貫通 (鉛直ひびわれ進展)	⑤かぶりコンクリート 剥離	⑥鉄筋はらみ出し
損 傷 状 況	側 面 図						
	正 面 図						
被災度	B: 小被害	B: 小被害	B: 小被害	C: 中被害	C: 中被害	D: 大被害	
残留強度	P_u (1.05y~1.1Py)	P_u (1.05Py~1.1Py)	1.0Py	1.0Py	Py以下	Py以下	
残留変形性能 $\frac{\delta u - \delta}{\delta u - \delta y} \times 100$ (%)	100%	70%	40%	10%	0%	0%	

Py: 降伏耐力 Pu: 終局耐力 δy : 降伏変位 δu : 終局変位 δ : 最大履歴変位
注: ※1 Dは躯体厚

表-V. 1.5 RC橋脚のせん断による損傷が生じている場合の被災判定表

観測される損傷		①水平ひびわれのみ	②斜めひびわれ (貫通せず)	③斜めひびわれ貫通 (ひびわれ幅 $W < 0.5\text{mm}$)	④斜めひびわれ幅 $0.5\text{mm} \leq W < 2\text{mm}$	⑤斜めひびわれ幅 $W \geq 2\text{mm}$ コンクリート剥落・剥離
損傷状況	側面図					
	正面図					
被災度		B : 小被害	B : 小被害	B : 小被害	C : 中被害	C : 中被害
残留強度		P_u	P_u	P_u	P_y 程度	P_y 以下
残留変形性能 $\frac{\delta u - \delta}{\delta u - \delta y} \times 100$ (%)		100%	100%	50~100%	0~50%	0%

P_y : 降伏耐力 P_u : 終局耐力 δy : 降伏変位 δu : 終局変位 δ : 最大履歴変位

表-V. 1.6 鋼製橋脚の被災判定表

観測される損傷		①残留変形 (へこみ d_1 は $d_1 < 0.01 \ell h$ *)	②残留変形 (へこみ d_2 は $0.01 \ell h \leq d_2 < 0.03 \ell h$)	③亀裂(は溶接部破断)残留変形 (へこみ d_3 は $0.01 \ell h \leq d_3$)
損傷状況	側面図			
	正面図			
被災度		B : 小被害	B : 小被害	B : 小被害
残留強度		P_u	$0.8P_u \sim P_u$ ($P_y \sim P_u$)	$0.6P_u$ 以下 ($0.7P_y$ 以下)
残留変形性能 $\frac{\delta u - \delta}{\delta u - \delta y} \times 100$ (%)		30%	0~30%	0%

P_y : 降伏耐力 P_u : 終局耐力 δy : 降伏変位 δu : 終局変位 δ : 最大履歴変位
(溶接による残留ひずみの影響がないものとしたときの値)

注: *1 ℓh 間隔(有効座屈長)

表-V.1.7 上部構造の被災判定表

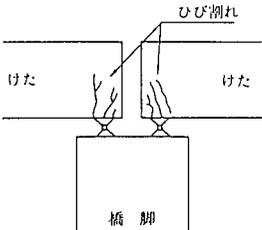
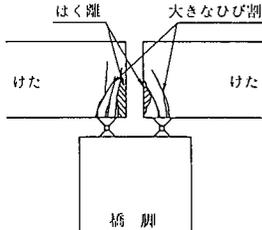
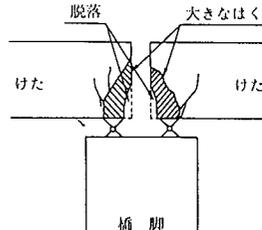
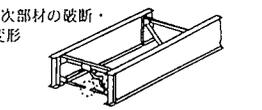
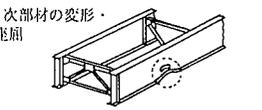
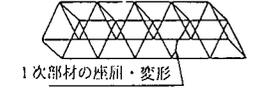
		B:小被害	C:中被害	D:大被害
鋼橋	支 承 周 辺			
	鉄 桁			
	ト ラ ス			

表-V.1.8 支承部の被災判定表

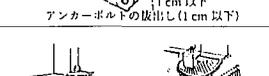
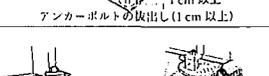
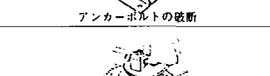
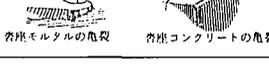
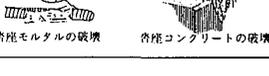
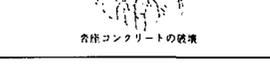
	B:小被害	C:中被害	D:大被害
上巻・下巻の鋳物部			
セットボルト			
ローラー			
ピン及びピンキャップ			
上巻ストッパー			
サイドブロック			
アンカーボルト			
沓座モルタル及び沓座コンクリート			

表-V.1.9 走行性の被災判定表

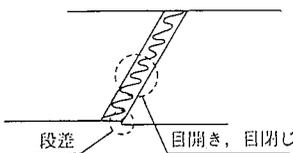
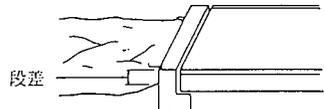
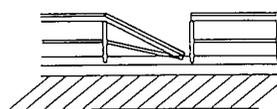
	被 害	判 定
伸 縮 継 手	 段差 目開き, 目閉じ	伸縮継手の遊間量、段差量に着目し、通行者量の走行性を考慮して b : 通行注意あるいは c : 通行止めと判定する。
取 付 盛 土	 段差	取付盛土の沈下量に着目し、通行者量の走行性を考慮して b : 通行注意あるいは c : 通行止めと判定する。
高 欄		歩行者の安全性を考慮して、b : 通行注意あるいは c : 通行止めと判定する。

表-V.1.10 基礎の復旧の手順

構造形式	被災の種類・程度	緊急措置	応急復旧	本復旧	
基礎	くい基礎上部・頭部の変形・破損	小	交通規制なし、もしくは注意走行表示	支保工による桁板受け等	損傷部の補償 必要な場合 支持力増強 ・杭、アーチの増設(くい基礎) ・地中連続壁、地中連続梁の設置 ・鋼矢板締切り工 ・地盤改良工 ・アースアンカー工(橋台の側方移動) ・根固め工(洗掘) 取 替 え
		中	重量制限、車線減少、速度制限等		
		大	通 行 止		
	残留変位	小	交通規制なし、もしくは注意走行表示	必要な場合	
		中	重量制限、車線減少、速度制限等	支保工による桁板受け等	
		大	通 行 止	支保工による桁板受け等	
直接基礎 ケーソン基礎	残留変位	小	交通規制なし、もしくは注意走行表示	必要な場合	
		中	重量制限、車線減少、速度制限等	支保工による桁板受け等	
		大	通 行 止	支保工による桁板受け等	

表-V.1.11 橋脚・橋台の復旧手順

構造形式	被災の種類・程度	緊急措置	応急復旧	本復旧	
橋脚・橋台	RC	<ul style="list-style-type: none"> 躯体基部の損傷 軸方向鉄筋段落し部の損傷 	小 交通規制なし、もしくは注意走行表示		樹脂注入、パテ補修 樹脂モルタル・コンクリート補修
		せん断による損傷	中 重量制限、車線減少 速度制限等	大がかりとなる場合は省略 樹脂注入・パテ補修等	耐荷力増強 ・RC巻立て ・鉄板・コクリート吹付 ・鋼板巻立て ・抽盤増設 ・帯鋼板接着 ・鉄筋アンカー ・ストレス導入 ・耐震壁増設
		<ul style="list-style-type: none"> 断面急変部・施工掛目部の損傷 ラーメン部材の損傷 	大 通行止	支保工による桁仮受け等	大がかりとなる場合は省略 破断鉄筋溶接・樹脂注入・パテ補修等 特に大きな被災の場合
	鋼製	局部変形	小 交通規制なし、もしくは注意走行表示		補剛材溶接
			中 重量制限、車線減少 速度制限等		耐荷力増強 ・鋼板添接 ・RC巻立て
			大 通行止	支保工による桁仮受け等	大がかりとなる場合は省略 変形修正・補剛材溶接・補剛材添接 特に大きな被災の場合
	亀裂、溶接部破断、傾斜・沈下				

表-V.1.12 上部構造の復旧手順

構造形式	被災の種類・程度	緊急措置	応急復旧	本復旧		
上部構造	コンクリート橋	<ul style="list-style-type: none"> 支点上主桁等の損傷 	小 交通規制なし、もしくは注意走行表示		樹脂注入、パテ補修、樹脂モルタル・コンクリート補修	
		<ul style="list-style-type: none"> 桁移動、支点沈下 	中 重量制限、車線減少 速度制限等	大がかりとなる場合は省略 樹脂注入・パテ補修等	耐荷力増強 ・RC巻立て ・鋼板接着	
		大 通行止	支保工等による桁仮受け等	特に大きな被災の場合 仮橋設置	架替え(上部構造架替え、新橋架設)	
	鋼橋	<ul style="list-style-type: none"> 桁移動、支点沈下 	小 交通規制なし、もしくは注意走行表示		路面段差、目開きなどがある場合 桁移動 橋座拡張、桁端切断、支承位置変更、支承形状変更	
			中 重量制限、車線減少 速度制限等	大がかりとなる場合は省略 変形修正、補剛材溶接、補剛材添接、代替部材設置	特に大きな被災の場合 仮橋設置	架替え(上部構造架替え、新橋架設)
			大 通行止	支保工等による桁仮受け等	特に大きな被災の場合 仮橋設置	架替え(上部構造架替え、新橋架設)
	支点上部材の損傷	小 交通規制なし、もしくは注意走行表示		変形修正、補剛材溶接		
	支点上部材の損傷	中 重量制限、車線減少 速度制限等	大がかりとなる場合は省略 変形修正、補剛材溶接、補剛材添接、代替部材設置	耐荷力増強 ・補剛材添接 ・部材取替え ・リベット、ボルト取替え		
	支点上部材の損傷	大 通行止	支保工等による桁仮受け等	特に大きな被災の場合 仮橋設置	架替え(上部構造架替え、新橋架設)	

表-V.1.13 支承部の復旧手順

構造形式	被災の種類・程度	緊急措置	応急復旧	本復旧	
支 承 部	橋本体、ソールプレートの 変形・破損	小 腐食発生、著しい損傷がある場合	速度制限、重量制限 車線減少等	必要な場合	取 替 え
		大 落橋の危険性がある場合	通 行 止	ジャッキ等による 桁仮受け等	取替え、橋座拡幅、落橋防 止装置設置
	移動制限装置の変形・破損 【上管トガ、下管サイド アロウ、アウター鉄筋(ゴム 支承)等】	小 腐食発生、著しい損傷がある場合	速度制限、重量制限 車線減少等	必要な場合	取替え、補強設置、鉄筋 ガス切断・ボルト溶接
		大 落橋の危険性がある場合	通 行 止	ジャッキ等による 桁仮受け等	取替え等、橋座拡幅、落橋 防止装置設置
	アンカーボルトの抜出し 変形・破断	小 腐食発生、著しい損傷がある場合	速度制限、重量制限 車線減少等	必要な場合	取替え、ガス切断、ボルト 溶接
		大 落橋の危険性がある場合	通 行 止	ジャッキ等による 桁仮受け等	取替え等、橋座拡幅、落橋 防止装置設置
	セットボルトのゆるみ・破 断(ピン支承、ロー支承)	小 腐食発生、著しい損傷がある場合	速度制限、重量制限 車線減少等	必要な場合	取替え、ワッシャー挿入 締直し
		大 落橋の危険性がある場合	通 行 止	ジャッキ等による 桁仮受け等	取替え等、橋座拡幅、落橋 防止装置設置
	ピンキップの抜出し、ピンの 破断(ピン支承、ロー支承)	速度制限、重量制限、車線減少等	速度制限、重量制限、車線減少等	ジャッキ等による 桁仮受け等	取 替 え
		大 落橋の危険性がある場合	通 行 止	ピン 復 元	取替え、橋座拡幅、落橋防 止装置設置
ローラー・ロッカーの逸脱 (ロー支承、ロッカ支承)	速度制限、重量制限、車線減少等	速度制限、重量制限、車線減少等	ジャッキ等による 桁仮受け等	取 替 え	
	大 落橋の危険性がある場合	通 行 止	ロー・ロ ッカの復 元	取替え、橋座拡幅、落橋防 止装置設置	
浮上り防止装置の変形・破 損(サイドプレート等)				取 替 え	
橋座 モルタル	ひびわれ・損傷	小	ひびわれ	樹脂注 入	
		大	損 壊	モルタル打直し	
橋座 コンクリート	ひびわれ・損傷	小	軽微なひびわれ	樹脂注 入	
		大	大がかりとなる場合は省略	RC巻立て、鋼板接着、 橋座拡幅、落橋防止装置設 置	

表-V.1.14 伸縮装置の復旧手順

構形式	被災の種類・程度	緊急措置	応急復旧	本復旧	
伸 縮 装 置	目地材の脱落 【突合せ形式】 【盲目地形式】			目地材補 充 #	
	フェースプレートの破損 (鋼製形式)			破損部プレートの溶接、 ジョイント取替え	
	ジョイントゴムの破断 【突合せ形式、ゴム】 【ジョイント形式】			破断部ゴムの取替え、 ジョイント取替え	
	アソコ-コンクリート部の破損	小	走行性を損なう損傷がある場合	アスファルト充填	破損部コンクリートの はつり・打直し、アン カー部再施工
		大	速度制限等		
	目閉じ・目開き	小	走行性を損なう損傷がある場合	橋面覆工	桁移動修正、 ジョイント取替え
大		速度制限等			
段	差	小	走行性を損なう損傷がある場合	支承部修復、支承高変 更、ジョイント取り替 え	
		大	速度制限等	橋面覆工	

表-V.1.15 RC橋脚の復旧工法

被災の程度		小 被 害		中 被 害	大 被 害
損傷状況		① ② ③	④	⑤	⑥
基部の損傷	表-V.1.3に示される損傷	① ② ③	④	⑤	⑥
	復旧工法	樹脂注入	RC巻立て 珪砂・コンクリート 吹付け※	RC巻立て 珪砂・コンクリート 吹付け※	RC巻立て 取替え
軸方向鉄筋 段落し部の 損傷	表-V.1.4に示される損傷	① ②	③④	⑤	⑥
	復旧工法	樹脂注入	RC巻立て 珪砂・コンクリート 吹付け※ 袖壁増設※ 鋼板巻立て※ 帯鋼板接着※	RC巻立て	RC巻立て
せん断による 損傷	表-V.1.5に示される損傷	① ②	③	④	⑤
	復旧工法	樹脂注入	RC巻立て 珪砂・コンクリート 吹付け※ 袖壁増設※ 帯鋼板接着※ 鉄筋アカー※ ストリ導入※	RC巻立て 鋼板巻立て 耐震壁増設 ラーメンの場合 で他の工法 と組み合わせる	RC巻立て 耐震壁増設 ラーメンの場合 で他の工法 と組み合わせる 取替え

注：※の工法は実験例が少なく、実施するにあたり検討を要する。

(4) 県管理、市町管理道路の復旧事例

【液状化により不等沈下した舗装復旧事例（一）芦屋鳴尾浜線】

路線名	(一) 芦屋鳴尾浜線 (湾岸側道)
被害箇所	西宮市西宮浜
延長等	L=1,025.6m W=29.5m
査定決定額	140,249千円 (うち応急仮工事1,604千円)
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

当路線は西宮浜の埋立地に位置し、埋立地全域で発生した液状化により路面一帯に噴砂が堆積し、地盤の沈下によりクラックが数多く発生した。また、阪神高速5号湾岸線高架橋基礎部や横断構造物周辺部を残して地盤が沈下したため、路面の不等沈下が生じ、縁石や街渠が波打ち状態となった。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

応急仮工事では、噴砂を除去するとともに、クラック発生箇所はカッター切断し、表層部分の打換えを実施した。また、不等沈下により段差が生じた箇所についてはオーバーレイにより段差摺り付けを行った。

本復旧については、地中レーダー探査を実施し舗装下の空洞発生状況を調査した上で、クラック箇所及び空洞箇所について舗装全層の打換えを実施するとともに、損傷した街渠、縁石の復旧を行った。また、道路及び周辺地の沈下が見られたため、路面の復旧縦断計画は現況を基準に排水性を考慮して決定した。

b. 工事の概要

・舗装復旧工			
全層打換え (C交通)	A=4,927㎡	・街渠工	L=590.7m
〃 (B交通)	A=2,066㎡	・壁高欄嵩上工	L=233.2m
歩道舗装	A=2,766㎡	・縁石工	L=861.6m



写真-V.1.1 事業着手前の状況



写真-V.1.2 復旧工事の完成

【河川堤防兼用道路の復旧事例（一）寺本川西線】

路線名	(一) 寺本川西線
被害箇所	伊丹市東中野
延長等	L=248.0m W=13.4m
査定決定額	27,197千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

当該区間は、伊丹市域で被災が集中した伊丹陥没地帯に位置し、二級河川天神川の堤防兼用道路区間であるが、道路中央部から河川側にかけて最大幅20cm、深さ60cmの亀裂が生じるとともに、約10cm程度の段差が生じたため、全面通行止めを行った。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

早期交通確保を図るため、応急仮工事として亀裂箇所への切込碎石充填、亀裂・段差箇所のオーバーレイを実施し、震災2日後の1月19日に交通開放した。

本復旧にあたっては、亀裂が路床まで達していることから、現舗装を撤去し路床整正及び碎石補充により亀裂の復旧・縦断調整を行った上で、既設舗装厚を考慮し現況交通量に見合う舗装厚を決定し、打換えを行った。

b. 工事の概要

- ・舗装復旧工
 - 車道舗装（全層打換え：B交通）
A=1,709m²
 - 歩道舗装
A= 793m²
 - //（カラー）
A= 416m²
- ・街渠復旧工
 - 側溝付街渠工 L= 103m
 - 街渠工 L= 64m
- ・地先境界ブロック L= 359m
- ・鍬止擁壁工 L= 241m

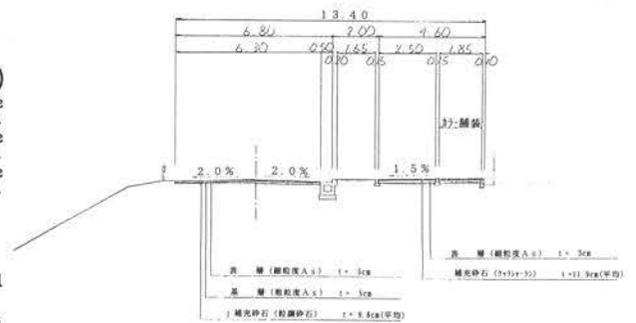


図-V.1.8 復旧標準横断面図



写真-V.1.3 被災状況



写真-V.1.4 復旧工事の完成

【片切、片盛区間の石積擁壁の復旧事例（（一）奥山精道線）】

路線名	(一) 奥山精道線
被害箇所	芦屋市山手町
延長等	L=511.0m W=9.4m
査定決定額	82,887千円（うち応急仮工事1,345千円）
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

当該区間は、路側に石積擁壁を設置した片切片盛区間であり、芦屋断層上に位置すると見られる。

地震により路側石積擁壁が延長112mにわたり崩壊し、切・盛土境界部の路面にクラック及び段差が生じ、盛土部では幅10cm程度の亀裂が多数発生した。また路側擁壁が谷側に傾斜、破損したため、擁壁部では路面が約50cm沈下した。

このため、全面通行止めを行った。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

早期に交通確保を図るため、応急復旧工事として亀裂を土砂で埋め戻した後にオーバーレイを実施し、1月17日中に片側規制に切り替えた。

本復旧については、破損した路側石積擁壁を撤去し、大型ブロック積擁壁で復旧し、舗装復旧は全層打換えを行った。

b. 工事の概要

- ・舗装復旧工（全層打換え） $A=3,540\text{m}^2$
- ・大型ブロック積工 $A=291\text{m}^2$
- ・側溝工 $L=377\text{m}$

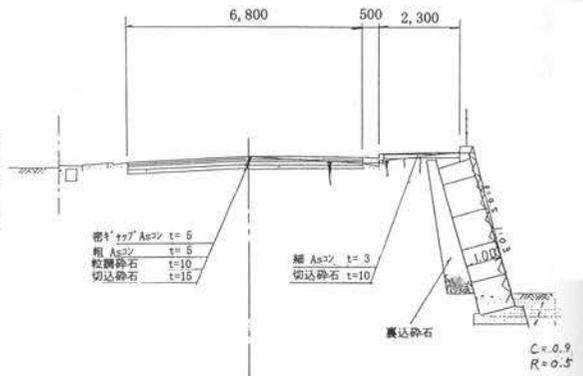


図-V.1.9 復旧標準横断面図



写真-V.1.5 復旧工事中の状況



写真-V.1.6 復旧工事の完成

【側方移動した盛土部擁壁の復旧事例（（一）塩瀬門戸荘線）】

路線名	(一) 塩瀬門戸荘線
被害箇所	宝塚市駒の町
延長等	L=259.5m W=16.5m
査定決定額	143,691千円（うち応急仮工事2,227千円）
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

小仁川に架かる橋梁取付部の盛土部擁壁（逆T式擁壁；基礎杭なし）が約100mにわたり側方に30cm移動し、コンクリートが剥離し鉄筋が露出する等の大きな損傷を受け、また擁壁の側方移動・不等沈下により路面に亀裂（幅50cm）、段差（70cm）が生じたため、片側通行規制を実施した。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

早期に交通確保するため、応急仮工事として段差箇所の舗装撤去、土砂による段差解消を行った後、オーバーレイを実施し、1月17日中に交通開放した。

本復旧については、破損した擁壁を撤去し、基礎杭（PHC杭）を含め新設することとした。また舗装については全層打換えにより復旧した。

当区間は、阪神競馬場に隣接し、それへの来場者の導線となっていること、武庫川西側の主要な南北幹線であることを考慮し、本復旧にあたっては仮設道路（2車線歩道付）を築造し、工事中の交通確保を図ることとした。

b. 工事の概要

・擁壁復旧工	
基礎工 中堀PHC杭	N=88本
逆T式擁壁	L=98.2m
重力式擁壁	L=25.0m
・舗装復旧工	
車道（全層打換え：C交通）	A=2,590㎡
側道	A= 970㎡
歩道	A= 289㎡
・BOX補修工	1式
・仮設道路工	1式

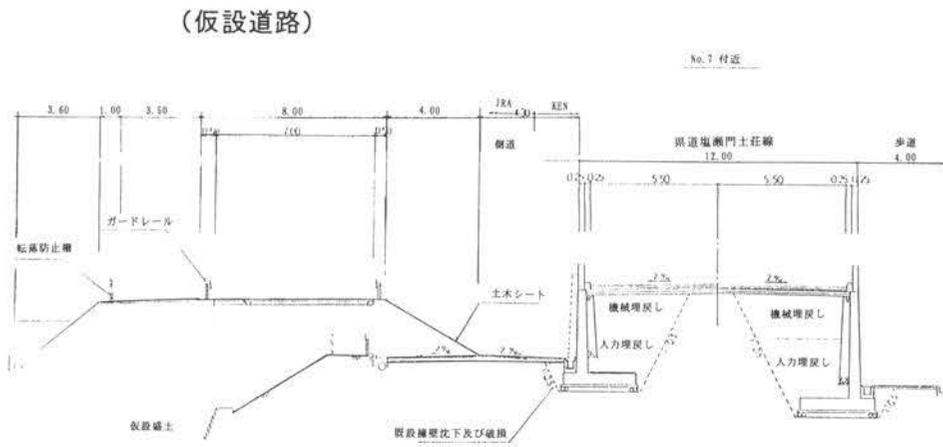


図-V.1.10 復旧標準断面図



写真-V.1.7 被災状況



写真-V.1.8 復旧工事の完成

【地すべりにより崩壊した道路の復旧事例（一）鮎原一宮線】

路線名	(一) 鮎原一宮線
被害箇所	津名郡一宮町高山
延長等	L=30.0m W=4.5m
査定決定額	35,639千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

当路線は五色町鮎原から一宮町に至る生活道路であるが、当該箇所は地すべり防止区域に指定されている。当地区の地質は、基盤岩を構成している花崗岩、斑レイ岩の構造運動による破碎化が顕著となっており、これに風化作用も加わって全体に脆弱化していたが、地震が直接の誘因となり地すべりが発生し、地震に伴う地下水の異常な増加により運動が活発化し、地震後一週間後に急激に滑動した。地すべりは当路線と上部の町道、農道とともに2～3m滑動し、末端部を流下している河川を埋塞して対岸に突き上げて停止していた。

現象は極めて明瞭であり、頭部では落差1～2mの馬蹄形の滑落崖が形成され、側面部では両側とも滑落崖から続く段差がズレ亀裂に移行していた。また末端部では対岸側へせり上がる状況が認められるほか、圧縮隆起に伴う二次崩壊も発生していた。

地すべりの規模は幅約25m、長さ約40mで、すべり面の深さは6m前後である。

この被災により、全面通行止めとなった。

b. 復旧工法

イ. 工法選定理由

地すべり頭部に設置した伸縮計に軽微な変位が記録されたことから、現状安全率を $F_s=0.98$ とし、県道が主要な保全対象となることから計画安全率は $F_s=1.15$ を採用した。

復旧工法は、地下水の異常な増加が地すべりの主要因であったことから、抑制工として集水ボーリングを実施し、さらに安定を確保するため、抑止工として各工種を比較の結果、鋼管杭工を採用した。

ロ. 工事の概要

- ・ 鋼管杭工 (φ406.4mm t=11mm L=10.5m) 13本
- ・ 集水ボーリング (φ90mm) 385m
- ・ 舗装工 122m²

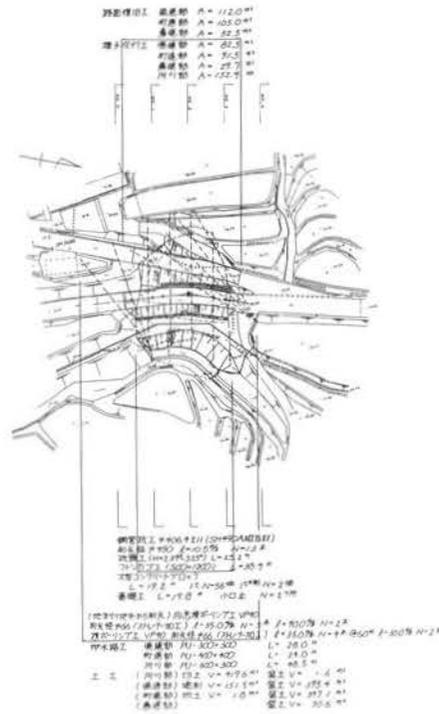


図-V.1.11 復旧計画平面図

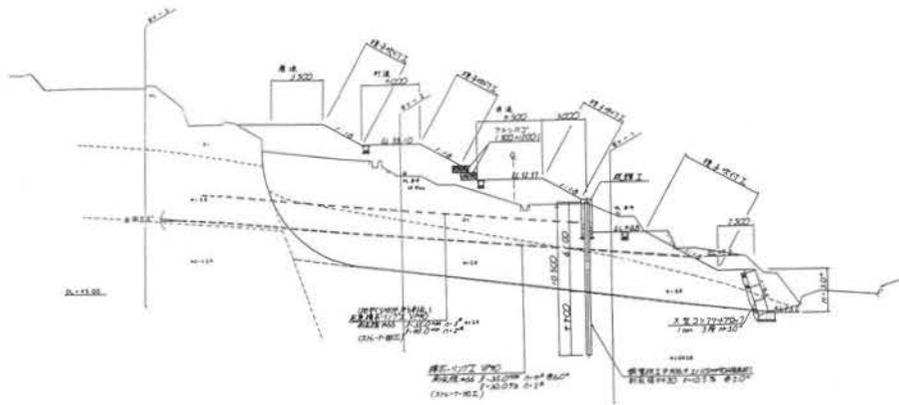


図-V.1.12 復旧計画横断面図



写真-V.1.9 被災状況



写真-V.1.10 復旧工事の完成

【地すべりにより段差・亀裂を生じた宅地造成地内道路の復旧事例（芦屋市道605号線）】

路線名	芦屋市道605号線
被害箇所	芦屋市三条町
延長等	L=84.0m W=3.6m
査定決定額	99,545千円
事業主体	芦屋市

1) 被災状況

当箇所は六甲山麓の旧谷地形を盛土した宅地造成地であり、地震により幅約90m、長さ約240mにわたり地すべりが発生し、冠頭部では約1m程度の滑落崖が認められ、頭部及び中部には引っ張り亀裂及び陥没地が多数認められた。また、末端部では圧縮亀裂及び隆起が明瞭であった。

変状は大きく4ブロックに分かれるが、主ブロックの地すべり発生が他のブロックに付随的に波及したものと考えられる。

当箇所は、芦屋断層の直上～近傍に位置し、地盤が破碎されており、また地下水が豊富でかつ水位が高く、沖積層及び盛土層は飽和され、非常にルーズな堆積層となっていた。地震による振動で過剰間隙水圧が発生し、盛土・沖積地盤が液状化現象を起こし地盤が破壊され、強度低下を引き起こしたことにより、沖積層内にすべり面を持つ地すべりが発生したと想定される。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

当箇所の地質は砂質土を主体とする盛土層・沖積層・崩積土層からなり、常時でも地下水位が高く、かつ旧谷部に宅地造成がなされ集水しやすい地形を呈していることから、地下水排除工を主とする抑制工を検討することとし、被災地が住宅地であり用地及び維持管理の面から、横方向集水ボーリング工を実施することとした。

計画安全率に対する不足分については、杭工による抑止工を検討することとし、道路敷内で対応可能であり、かつ施工性と経済性を考慮して鋼管杭工法を採用することとした。

地すべり活動が断続的に続いていると考えられたため、初期安全率を $F_s=0.95$ とし、計画安全率は保全施設が道路及び宅地であり $F_{sp}=1.20$ とした。杭はくさび杭として長期許容応力度を用いて安定度を判定し、材質、杭径・肉厚毎に経済比較し、使用材料を決定した。

b. 工事の概要

- ・抑止工
 - 杭の諸元
 - SKK $\phi 508\text{mm}$ $t=13\text{mm}$ $L=8.5\sim 16.0\text{m}$
 - 間隔 2.0m $N=56$ 本
- ・抑制工
 - 集水ボーリング工 $L=1,100\text{m}$

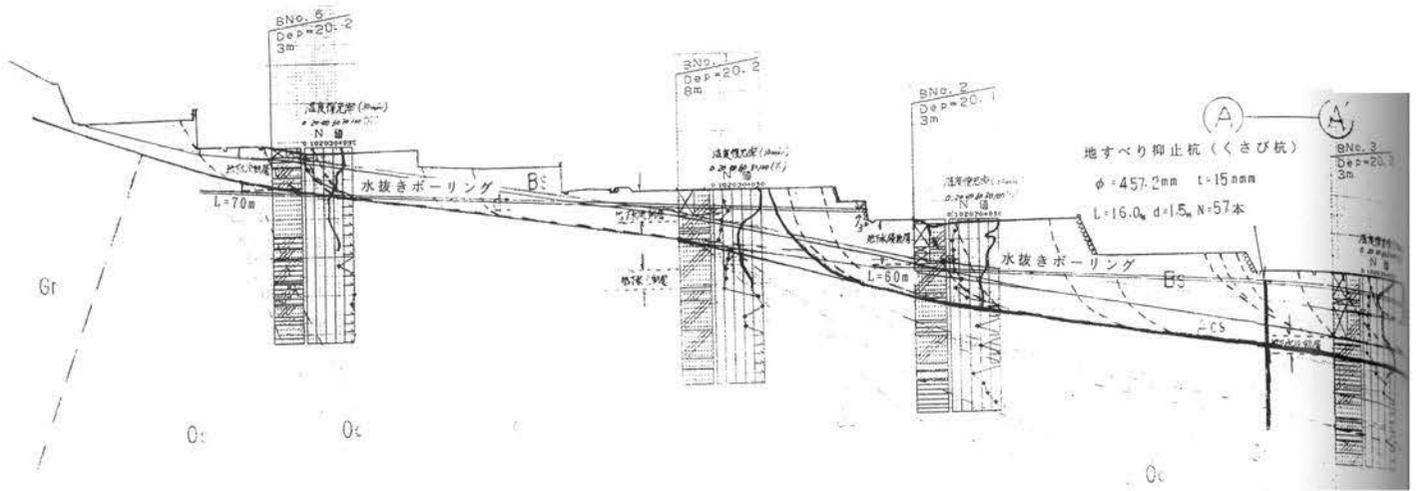


図-V.1.14 対策工法縦断面図

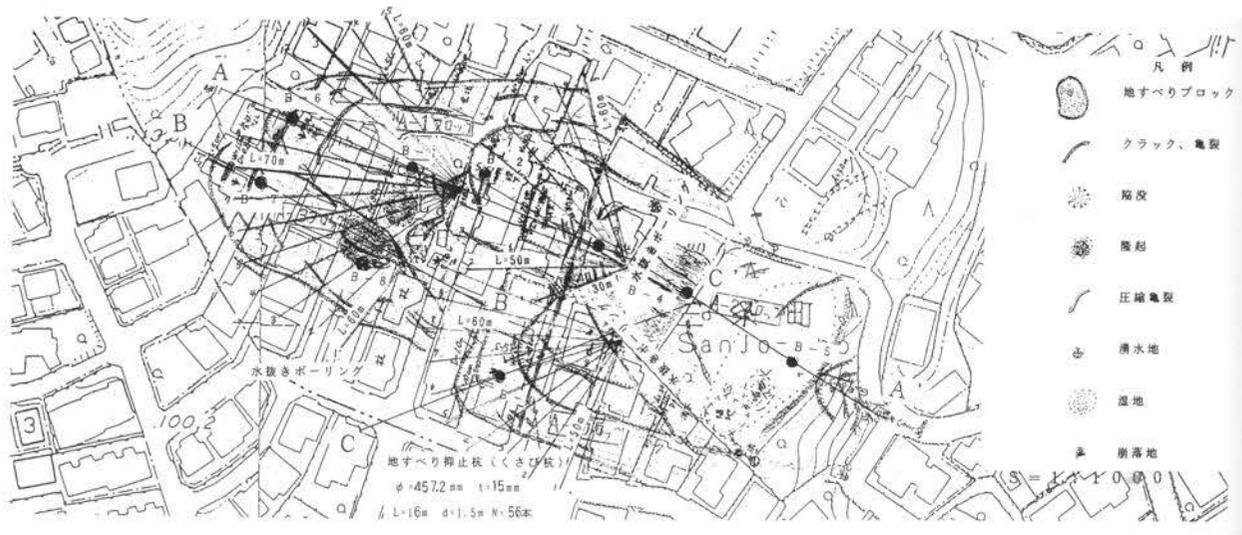


図-V.1.13 対策工法平面図

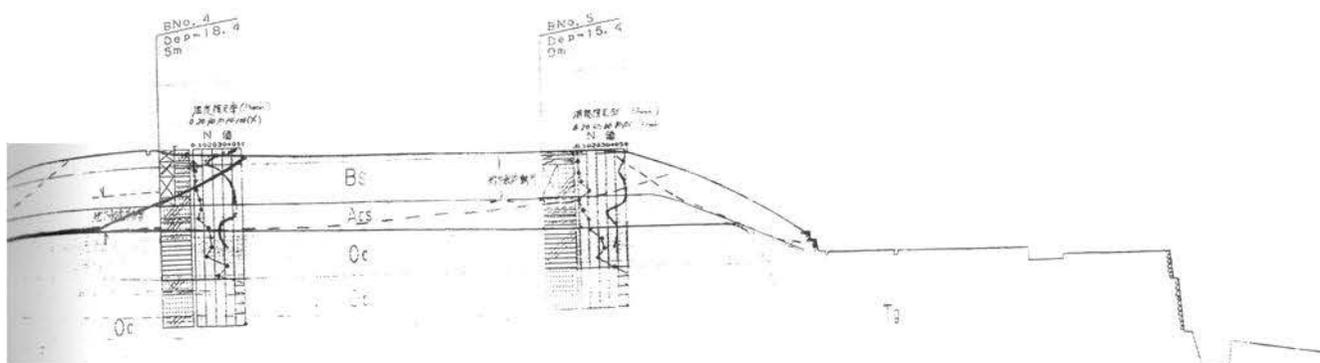


写真-V. 1. 11 被災状況



写真-V. 1. 12 被災状況

【地すべりにより亀裂等を生じた宅地造成地内道路の復旧事例（西宮市道西第547号線）】

路線名	西宮市道西第547号線
被害箇所	西宮市殿山町
延長等	L=365.0m W=3.7m
査定決定額	74,981千円
事業主体	西宮市

1) 被災状況

市道を含む幅約50m、長さ約100mの範囲にわたり地盤変状が見られ、西第547号線の側溝が北東方向に約70cm屈曲し、道路線形の異常が見られたほか、路面及び宅地の亀裂・変状は釣鐘状に閉合し、頂部には引張りによる1～2cmの開口亀裂、末端部では圧縮による20～30cmの擁壁の変状が見られた。

調査の結果、当該地は旧地形の谷部にあたり盛土により宅地造成されたものであり、地下水面下のG.L-5～6mの砂及び砂混じりシルト層が地震によりせん断抵抗力が低下し、地すべり状の地盤変状を誘発したと判断された。

また、当箇所を含む六甲山南東丘陵地で多発した地すべりの変状の特徴としては、盛土あるいは沖積層地盤は全体にN値が低く（10以下）、地下水面が地表から2～4mであり、盛土基礎地盤の傾斜角が10°未満という緩傾斜地で発生しており、かつ狭い谷筋を盛土することにより造成された箇所で多く発生している。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

復旧工法は、地下水排除工、杭工法及びアンカー工の適用について検討した結果、地形及び用地上の制約を受けず、道路敷内で対応可能であり、かつ施工性と経済性を考慮して鋼管杭工法を採用することとした。

現状の安全率 $F_s=0.98$ 、計画安全率 $F_{sp}=1.20$ とし、杭は抑え杭として短期許容応力度を用いて安定度を判定し、材質、杭径・肉厚毎に経済比較し、使用材料を決定した。

b. 工事の概要

- ・復旧延長 L=52.0m
- ・杭の諸元
SCW-CF $\phi 450\text{mm}$ $t=18\text{mm}$ L=11.5m（2本継）
間隔 2.0m N=27本
- ・施工方法
大口径ボーリングマシン削孔径 $\phi 500$

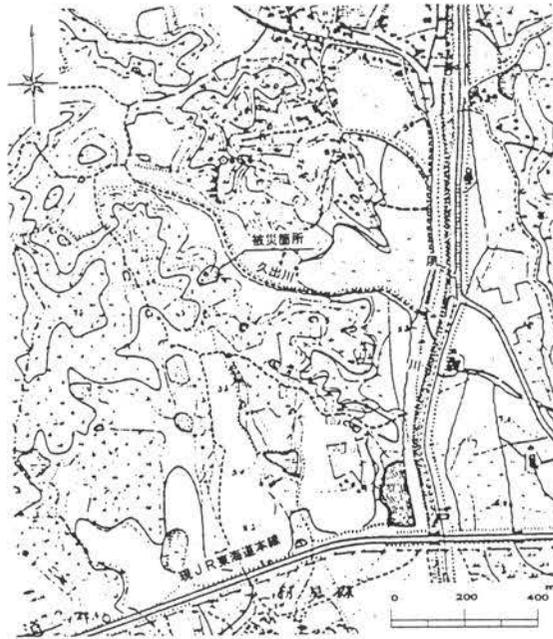


図-V.1.15 被災範囲の旧地形（明治前期）（「関西地誌図集成 柏書房」による）



図-V.1.16 被災状況図



写真-V.1.13 事業着手前の状況
（側溝の屈曲及び家屋の変状）

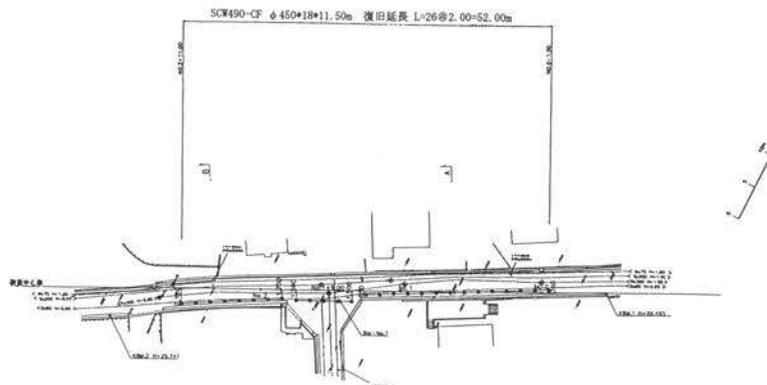


図-V.1.17 復旧計画平面図

【民有地から崩落した岩石災害の復旧事例（（主）宝塚唐櫃線）】

路線名	(主) 宝塚唐櫃線
被害箇所	西宮市塩瀬町名塩
延長等	L=40m W=6.0m
査定決定額	9,009千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

道路上方の民有斜面は岩が露出した状態にあったが、地震によりこの風化した岩盤（直径約2m）が2箇所、延長約40mにわたって高さ約30mの所から崩壊し、既設落石防止柵（H=2.0m）を飛び越え路上に落下するとともに、落石防止柵及び路側ガードレールを破損した。このため、片側通行規制を実施した。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

崩壊斜面の復旧については、二次災害防止のため法面の転石を除去することとしたが、民有斜面であり用地買収による抜本的な対策を実施することが困難であったため、再度落下の恐れのある斜面に止まっている転石を、クレーンと人力により除去し法面整形を行うにとどめた。

ただし、破損した落石防止柵の復旧にあたっては、再度落石が発生したとしても跳躍した落石が直接道路上に落下することがないように柵高を4mとした。

b. 工事の概要

- ・施工延長 L=40.0m
- ・転石除去 V=120.0m³
- ・落石防止柵工 L=36.0m
- ・ガードレール設置 L=12.0m
- ・ガードレール基礎 6基

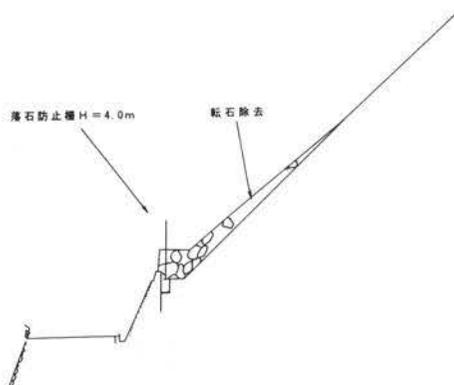


図-V.1.18 復旧計画横断面図



写真-V.1.14 法面の崩壊とガードレールの破損

【一本柱橋脚の復旧事例（（主）伊丹豊中線）】

路線名	(主) 伊丹豊中線
被害箇所	伊丹市天津(天津陸橋)
延長等	L=489.0m W=31.0m
査定決定額	189,604千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

本路線は伊丹市中心部を起点に大阪国際空港を経て大阪府豊中市を結ぶ幹線道路であり、天津陸橋はJR福知山線を跨ぐ橋長307.0m、単純11径間（プレテンT桁及び非合成鋼I桁）の橋梁で、橋脚は今回の震災で被害が多かった円形単柱橋脚である。

震災により、橋脚11基のうち8基が損傷し、特に損傷の激しい橋脚では、主鉄筋の段落部付近で主鉄筋が座屈、コンクリートがほぼ全周にわたり剥離し帯鉄筋も脱落する等の大きな被害を受けた。

このため、余震等により倒壊の恐れが強く、全面通行止めとした。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

「道路震災対策便覧（震災復旧編）」の被害程度判定基準に基づき調査したところ、被害大が6基、被害中及び被害小がそれぞれ1基と判定された。

早期通行確保及び交差するJR福知山線運行の安全確保のため、応急仮工事として、ベントによる桁仮受けを実施し樹脂モルタル、無収縮モルタルを打設し、2月23日に中央部2車線の通行を確保した。

応急仮工事に引き続き、被害大及び中と判定された7基についてはRC巻き立て工法により、被害小の1基は樹脂注入により本復旧を実施した。なお、RC巻き立て工法の場合、橋脚が座屈し既設コンクリート及び鉄筋の耐荷力が期待できないため、巻き立てコンクリート断面のみで設計を行った。

b. 工事の概要

- ・ 橋脚復旧工 RC巻き立て 7基
樹脂注入 1基
- ・ 舗装復旧工 A=1,790m²

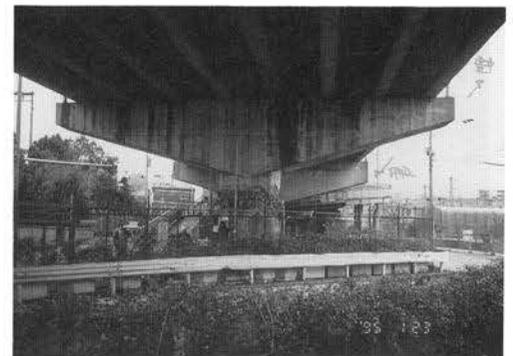


写真-V.1.15 主鉄筋の座屈状況 (P7)

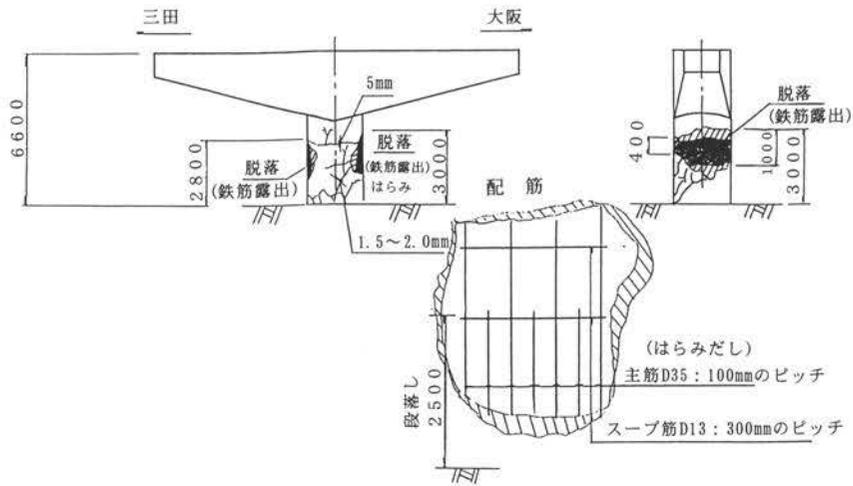


図-V. 1.19 天津陸橋橋脚 (P7) の被災状況図 ((主)伊丹豊中線)

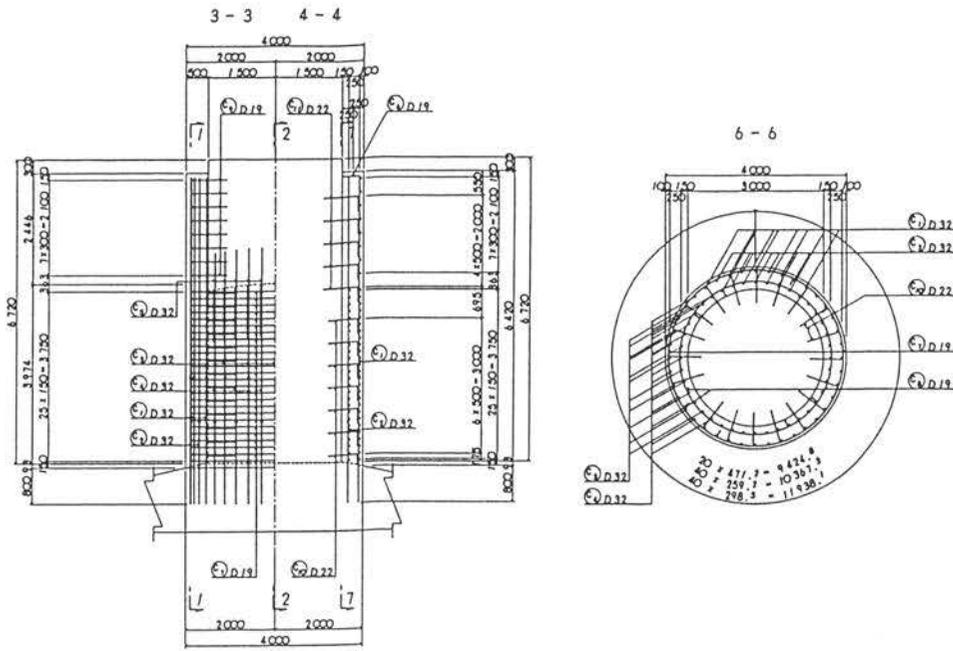


図-V. 1.20 天津陸橋橋脚配筋図 (P4, P5)



写真-V. 1.16 仮復旧工事の完成

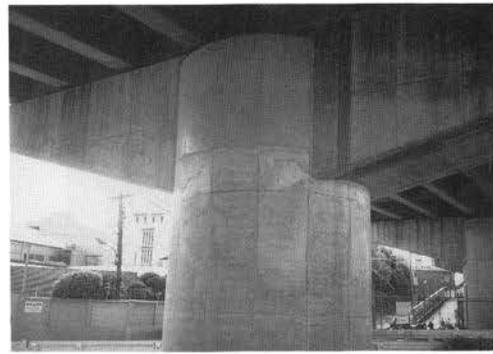


写真-V. 1.17 復旧工事の完成

【RC橋脚クラックの復旧事例（（主）尼崎池田線）】

路線名	(主) 尼崎池田線
被害箇所	尼崎市(名月陸橋)
延長等	L=167.5m W=16.0m
査定決定額	46,276千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

当橋梁はJR東海道本線を跨いでおり、RC橋脚全20本のうち16本にせん断及び曲げによる幅2mm程度、深さが鉄筋のかぶり程度のクラックが水平及び斜め方向に、橋脚の4面又は3面に無数に発生した。一部のひび割れ箇所では、コンクリートの欠損、角落ちを伴っていた。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

通行車両によるクラックの進行防止と力学的性状の回復を図るため、応急工事としてひび割れ箇所へのエポキシ樹脂注入を実施した。

本復旧は、損傷程度の大きい15橋脚について、柱の4面を厚さ6mmの鋼板で巻き立て、アンカーボルトでコンクリート柱に固定し、鋼板と柱との隙間(約5mm)にエポキシ樹脂を充填し、両者を一体化させる補強を行った。

b. 工事の概要

- ・橋脚補修工
ひび割れ注入(樹脂)工 16橋脚 223.0m
- ・橋脚補強工
鋼板巻立工 15橋脚 322.0m²

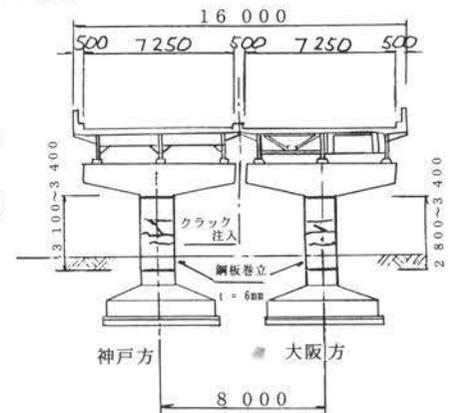


図-V.1.21 復旧標準横断面図

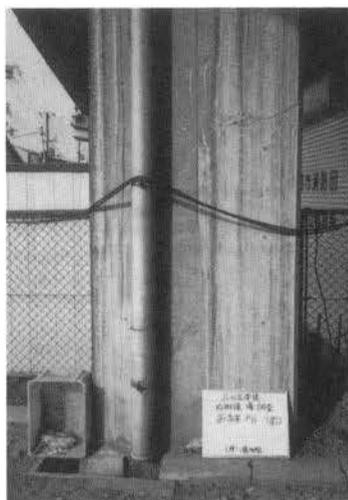


写真-V.1.18 被災状況



写真-V.1.19 復旧工事の完成

【上部工の水平移動と支承被災の復旧事例（国道176号）】

路線名	国道176号
被害箇所	宝塚市小浜（小浜陸橋）
延長等	L=160.0m W=7.5m
査定決定額	136,403千円（うち応急仮工事14,689千円）
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

本橋は、（主）尼崎宝塚線と立体交差する地点に昭和45年に架橋された、上下線分離で3径間連続鉄桁1連と単純活荷重合成桁2連からなる橋長160mの橋梁である。

架橋位置のすぐ北には有馬高槻構造線が走り、六甲断層と芦屋断層が交差する箇所で震度7が記録された。震災により、各単純桁の隣接支点を支持するP4橋脚で上り線（東行き）が150mm、下り線が20mmそれぞれ橋軸直角方向に桁が移動したのをはじめ、鋼製支承のサイドブロックが単純桁の固定支承を除き破損し、可動支承の上沓に設けられている移動制限装置のほとんどが破損した。このほかゴム製伸縮装置のフェイスゴムの破断や、橋台位置の鋼製伸縮装置の遊間異常や地覆の曲がり変形も見られた。

ただ、被災は支承に集中し、上部工や下部工には問題となる損傷は見られなかった。このため、桁の移動量が大きい上り線を全面通行止めとした。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

早期交通確保のため、応急仮工事として下り線対面交互交通への切り替え工事を実施するとともに、落橋防止のため56箇所で移動制限装置を設置し、固定用のアンカーを228本設置した。

本復旧は現状復旧を基本に、損傷した支承はもちろん、外見上損傷が見られない部分にも設計以上の外力が加わったことは確実であるため、全支承を取り替える（BPA沓）こととした。

支承のアンカーボルトは既設位置から離れた位置に窄孔し、桁をジャッキアップし仮受けした状態で沓座コンクリートのはつり、支承交換、モルタル打設を行った。

また、伸縮装置は完全に機能していないので交換し、排水装置についても取り替えを行った。

b. 工事の概要

・ 支承復旧工	48基（BPA沓に交換）	・ 排水装置復旧工	
・ 伸縮装置復旧工		排水柵交換	8基
鋼製伸縮装置（フィンガー交換）	19.4m	排水管（塩化ビニール管）	72m
ゴムジョイント交換	46.2m		

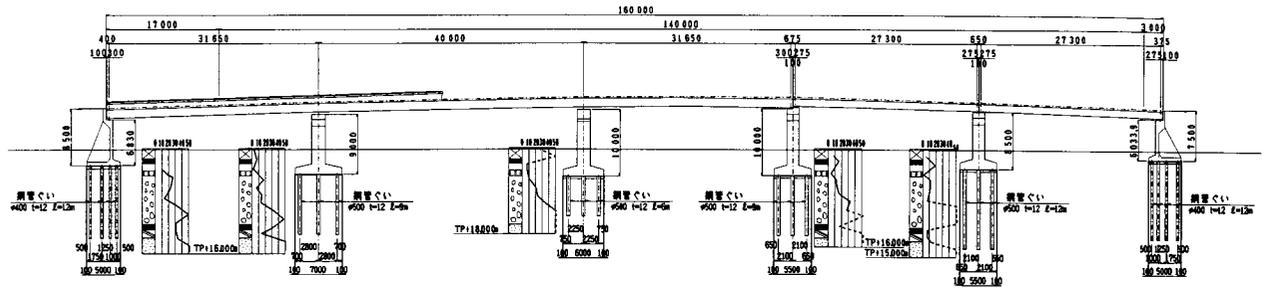
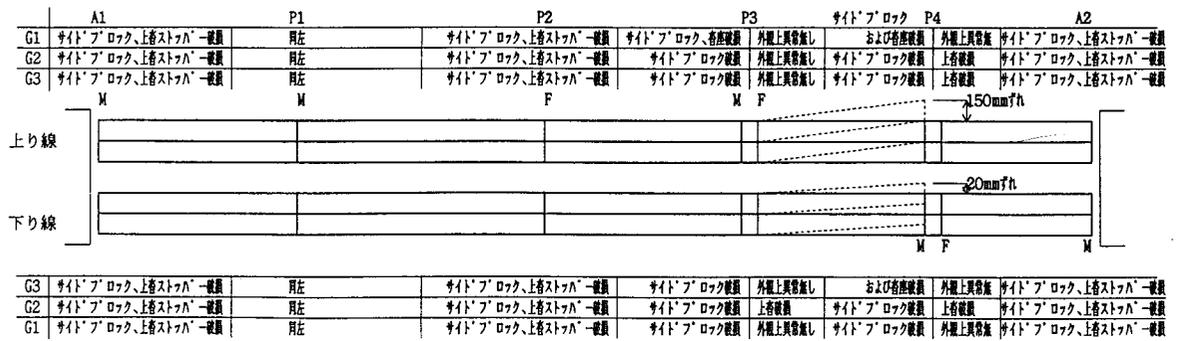


図-V.1.22 小浜陸橋一般図



※ サイドブロックの破損にともなうアンカーボルトの破断箇所も多数見られた。

図-V.1.23 鋼桁の損傷状況

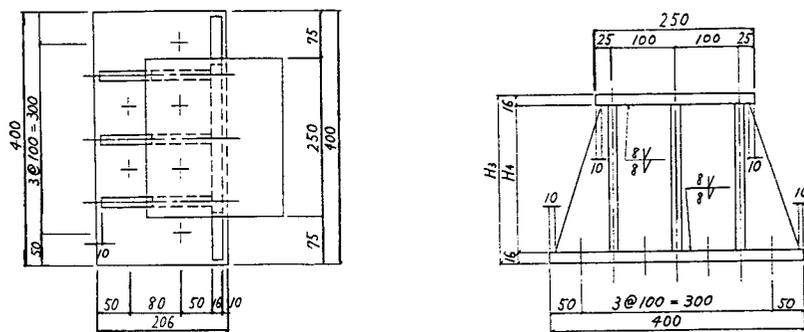


図-V.1.24 応急復旧で設置した移動制限装置

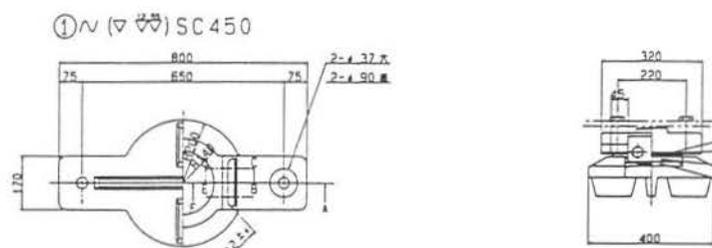


図-V. 1. 25 本復旧で交換した端支点の支承（国道176号）



写真-V. 1. 20 被災状況



写真-V. 1. 21 復旧状況



写真-V. 1. 22 橋脚上支承の損傷状況（P4）



写真-V. 1. 23 復旧工事の完成

【側方流動した橋脚の復旧事例（（一）芦屋鳴尾浜線）】

路線名	(一) 芦屋鳴尾浜線(湾岸側道)
被害箇所	芦屋市芦屋浜～西宮市西宮浜 (夙川橋)
延長等	L=614.0m
査定決定額	1,142,810千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

本橋は、南芦屋浜、西宮浜間の夙川航路を跨ぐ橋長674.75mの橋梁であり、護岸に近接する橋脚（P6及びP9橋脚）が地盤の液状化に伴う側方流動により航路側に大きく移動し、桁と橋脚の間に大きな相対変位が生じ主桁が支承から落下するとともに、橋脚基礎も埋立土層下面付近で水平ひび割れが全周にわたり生じる等の損傷を受けた。

なお、基礎の損傷は、非破壊検査及びコアボーリング・ボアホールカメラによる調査により判定を行った。

また、橋台背面の擁壁の沈下も著しく、こうした被害のため全面通行止めとした。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

被災程度は大きかったが、阪神高速5号湾岸線や臨港道路もさらに大きな被害を受けており、緊急物資輸送のためのルートを確保する必要があったため、応急仮工事としてベントによる桁仮受け及びオーバーレイによる段差すり付けを実施するとともに、レーザを用いた桁変位監視システム及び警報システムを設置して安全を確保しつつ、1月28日に規制を解除した。

本復旧は、基礎に損傷を受けたP6、P9、P10橋脚及び横断歩道橋橋脚については、現況基礎の周囲に増杭及びフーチングの増設を行い補強することとした。さらに、桁と橋脚との相対変位箇所については、震災後の橋脚位置に合わせて現況桁の切断あるいは新設桁を取り付けることにより補修を行うこととした。また、破損した支承は取り替えるとともに、セットボルト及びサイドブロックのみが損傷した場合は部分補修を行うこととした。

b. 工事の概要

- ・橋脚補強（増杭） 5基
- ・桁端部補強 2箇所
- ・支承復旧 14基
- ・伸縮装置取替 5箇所

表-V.1.16 被災状況（一）芦屋鳴尾浜線

	基礎構造	被災状況
P 6	CCP ϕ 1.2m l=33.5m	橋脚の水平移動（大阪方面1.25m・海側0.6m） 支承・沓座の破損 桁の変形 耐震連結装置の破損 基礎（杭）の損傷
P 7	オ-7°ソケ-ソツ13000×17500 l=15m	支承セットボルト破損
H 1		支承サイドブロック・セットボルト破損 耐震連結装置の破損
H 2		支承サイドブロック・セットボルト破損 耐震連結装置の破損
P 8	オ-7°ソケ-ソツ13000×17500 l=15m	支承セットボルト破損
P 9	オ-7°ソケ-ソツ ϕ 5.0m l=27.0m	橋脚の水平移動（神戸方面0.7m・山側0.45m） 支承・沓座の破損 桁の変形 耐震連結装置の破損 基礎（ケーソン）の損傷
P 9～P 10径間上部工		横構変形
P 10	オ-7°ソケ-ソツ ϕ 5.0m l=27.0m	橋脚基部の座屈
A 2		桁端部変形

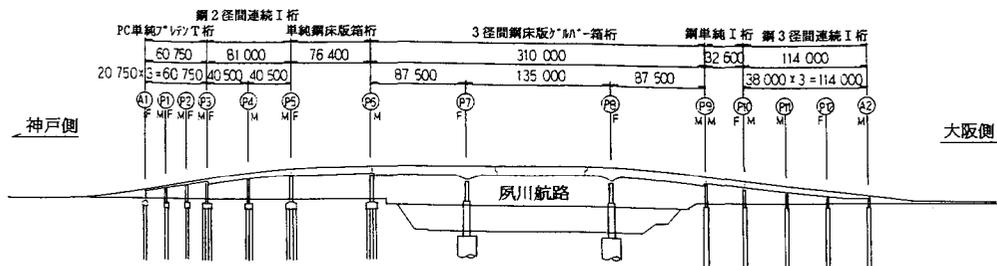


図-V.1.26 一般図



写真-V. 1. 24 橋脚の被災状況 (P6橋脚)



写真-V. 1. 25 橋面の段差 (P6橋脚)

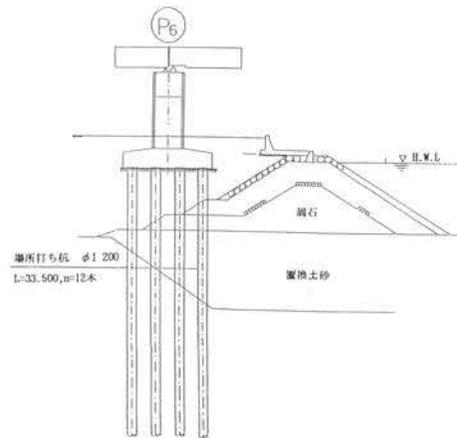


図-V. 1. 27 橋脚 (P6) と護岸の関係

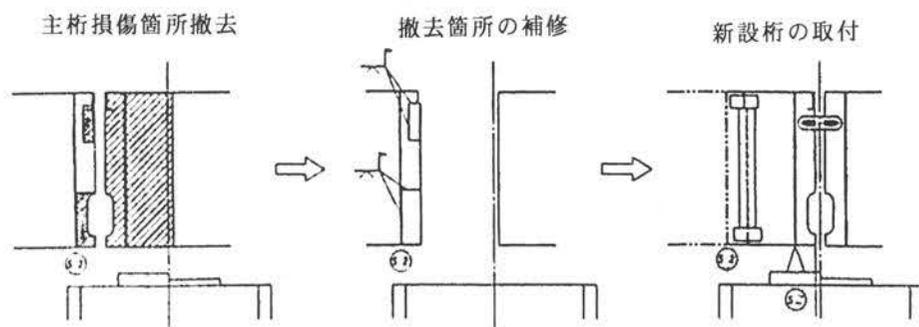
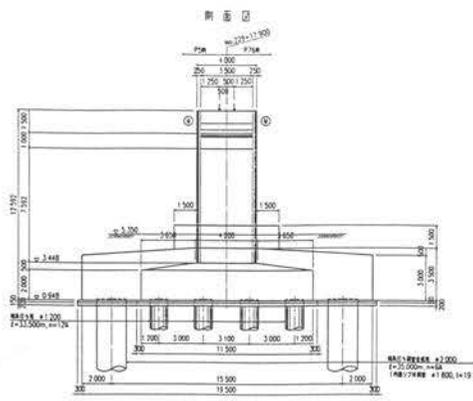
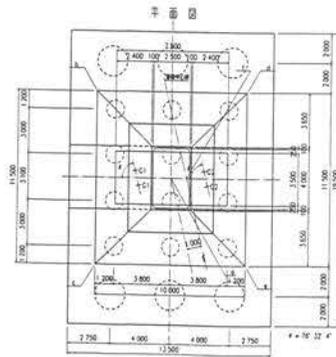


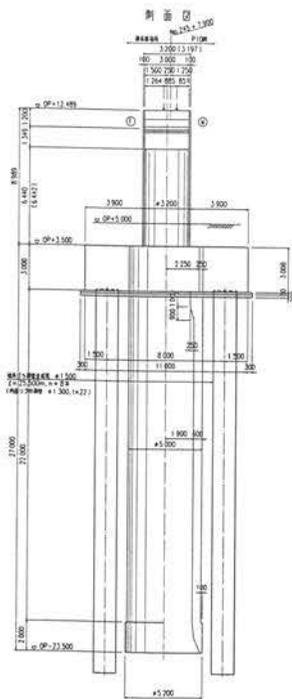
図-V. 1. 28 桁端部の補修要領



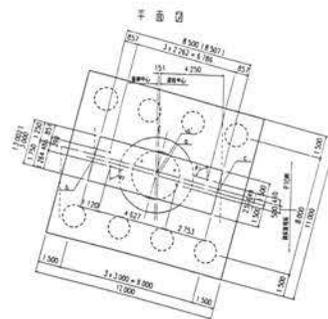
(P6橋脚側面図)



(P6橋脚平面図)



(P9橋脚側面図)



(P9橋脚平面図)

図-V. 1.29 増杭の一般図 (一) 芦屋鳴尾浜線



写真-V. 1.26 復旧工事の完成

【民間宅地擁壁の復旧事例（西宮市道西736号線）】

路線名	西宮市道西736号線
被害箇所	西宮市大社町（民間宅地擁壁復旧）
延長等	L=10.9m W=4.2m
査定決定額	5,840千円
事業主体	西宮市

1) 被災状況

六甲山麓部では地盤変状が多く発生し、丘陵地の宅地では石積・ブロック積擁壁が倒壊したり、亀裂が入る等の被害も多く発生した。

当該被災地は丘陵地の中でも裾野に近い位置にあるが、周辺では地盤変状等の被害が見られた。

被災を受けた構造物は、個人住宅を支えるためのもたれ式コンクリート擁壁で、その上に張出し床版を設置したものであるが、擁壁中央部に縦横に大きな亀裂が入った他、全体にもクラックが入り、また張出し床版と擁壁の間にズレが生じるなどの被害を受け、余震等により道路上に倒壊する恐れがあった。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

民間宅地擁壁災害復旧の基準に従い、被災前のもたれ式コンクリート擁壁であったが、通常工法による復旧とし、直高が5mを越えるため大型ブロック積擁壁により復旧することとした。

なお、擁壁敷地については地権者から寄付を受け、道路区域に編入する。

b. 工事の概要

- ・大型ブロック積擁壁工 A=61.0㎡



図-V. 1.30 復旧標準横断面図



写真-V. 1.27 被災状況



写真-V. 1.28 復旧工事の完成

【断層直上における被災道路の復旧事例（北淡町道平林立道線）】

路線名	北淡町道平林立道線
被害箇所	北淡町野島平林
延長等	L=236.0m W=5.6m
査定決定額	65,120千円
事業主体	北淡町

1) 被災状況

当箇所は野島断層が道路を横断しており、断層直上の山側法面の風化土砂が約40mにわたり崩壊し道路を遮断したほか、路側ブロック積擁壁が77mにわたって亀裂が生じたり倒壊する等の被害を受け、これに伴い路面に約80cmの段差及び水平方向に約60cmのずれが生じたことにより交通機能が遮断された。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

崩壊した路側擁壁については、直高が5mを越えるため、周辺の地形・地質の検討、及び基礎地盤にて標準貫入試験を実施した結果N値30以上が確認されたため、施工性、経済性を考慮してもたれ式擁壁により復旧することとした。さらに、亀裂が生じた路面の復旧については、亀裂部分を掘削・除去し、路床を再転圧した。

また、崩壊法面については、崩壊地の背後に民家が存在することから、土圧軽減と切土斜面の安定を図ることとし、重力式擁壁により斜面の安定化を図るとともに落石防止柵を設置した。

なお、被災箇所の下に野島断層が横断しているが、断層活動に耐えられる構造にすることは困難なこと、及び被災区間に橋梁・トンネル等の重要構造物が含まれていないことから、通常工法での復旧とした。

b. 工事の概要

・路側擁壁復旧工

もたれ式擁壁 77.0m

・法面復旧工

重力式擁壁 41.0m

落石防止柵 39.0m

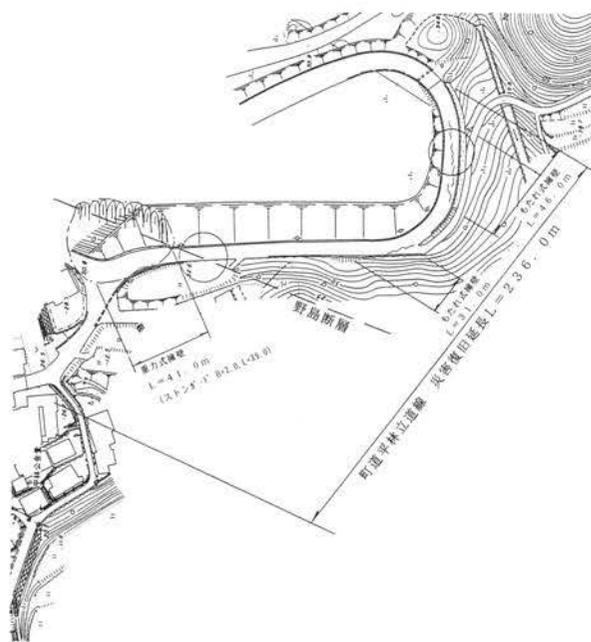


図-V.1.31 災害復旧平面図

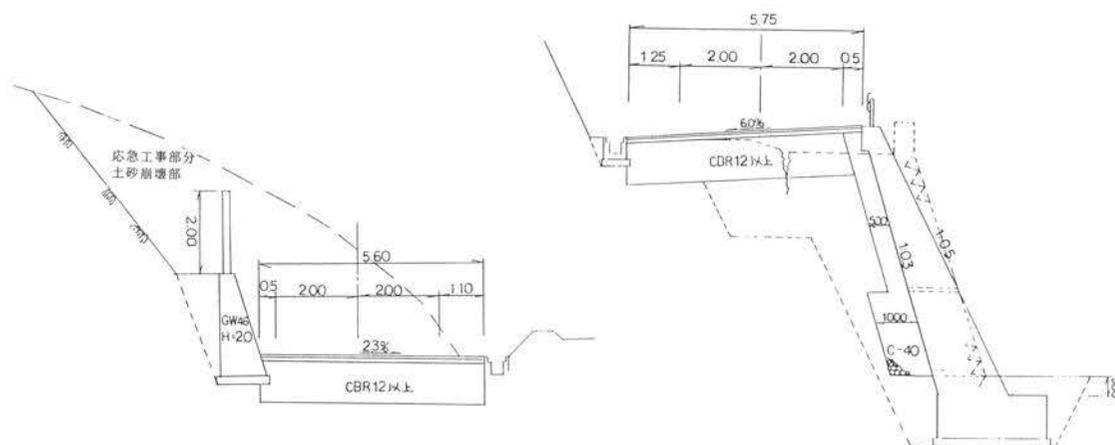


図-V.1.32 災害復旧標準断面図



写真-V.1.29 事業着手前の状況
(路面のクラック、段差)



写真-V.1.30 復旧工事の完成

【R C T 桁の損傷の復旧事例（（主）福良江井岩屋線）】

路線名	(主) 福良江井岩屋線
被害箇所	北淡町野島臺浦 (野島橋)
延長等	L=21.0m
査定決定額	52,318千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

当橋梁は、2径間単純R C T 桁橋であるが、支承部に地震時の水平力が集中したため、主桁支承部に幅1cm程度の亀裂が生じコンクリートの剥離が見られた。海側の桁には、ほぼ全長にわたり橋軸方向に亀裂が生じた。また、橋台背面にも段差が生じたが、下部工の損傷はほとんど見られなかった。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

桁端部をはじめ主桁の損傷が激しく、通過車両や余震による損傷の進行を防止し、また通行の安全を図るため、応急工事として沓座拡幅及び桁仮受けを実施した。

本復旧にあたっては、上部工のみの復旧とし、上部工形式を比較した結果、単純H型鋼橋で復旧することとした。

なお、実施にあたっては、橋梁整備事業と合併施行とし、道路の改良計画に合わせ拡幅することとした。

b. 工事の概要

・災害復旧事業

上部工：単純H型鋼橋（2連）
L=21.0m W=6.2m

・改良復旧

下部工：逆T式橋台（杭基礎）2基
上部工：PCホーステンT桁橋
L=25.0m W=6.5(12.0)m

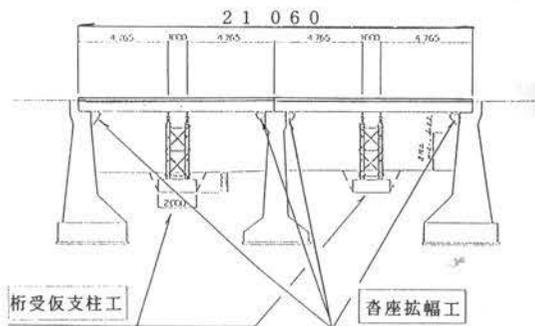


図-V. 1.33 応急対策工法



写真-V. 1.31 応急対策工法（沓座拡幅工）

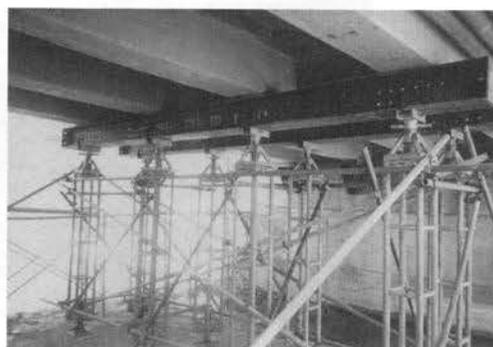


写真-V. 1.32 応急対策工法（桁仮受け支柱工）

【JR跨線橋の復旧事例（芦屋市道217号線）】

路線名	芦屋市道217号線
被害箇所	芦屋市月若町 (芦屋川JR右岸跨線橋)
延長等	L=33.3m W=8.0m
査定決定額	305,891千円
事業主体	芦屋市

1) 被災状況

当橋梁は、二級河川芦屋川がJR東海道本線を跨ぐ箇所に昭和初期に架設された道路・河川併用のRCラーメン構造の跨線橋であるが、橋台及びラーメン柱の上下部に多数のクラックが見られた他、横梁にもせん断破壊が生じるなどの大きな被害を受けた。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

地震直後から通行止めの措置をとっていたが、JR東海道本線の運行再開にあたり支障とならないよう、応急工事として床版を撤去し、仮橋を設置した。

本復旧にあたっては、JR東海道本線の線路間に橋脚を設置するスペースがないことから、1径間での架替えを計画する必要があるとあり、JRの建築限界を確保しつつ、経済性、施工性、維持管理について比較検討した結果、鋼単純非合成鉄桁・グレーチング床版橋とすることとした。

災害復旧事業としては、前後の道路幅員にあわせた幅員8.0m、既設橋梁の設計荷重であるTL-14で計画したが、当路線が都市計画決定されていることから、計画幅員への拡幅及びA活荷重適用という質的改良については、災害関連事業として実施することとした。

b. 工事の概要

・橋梁復旧工

旧橋撤去工	1式
上部工	鋼単純非合成鉄桁・グレーチング床版橋
下部工	逆T式橋台（深礎杭） 2基
仮橋工	1式

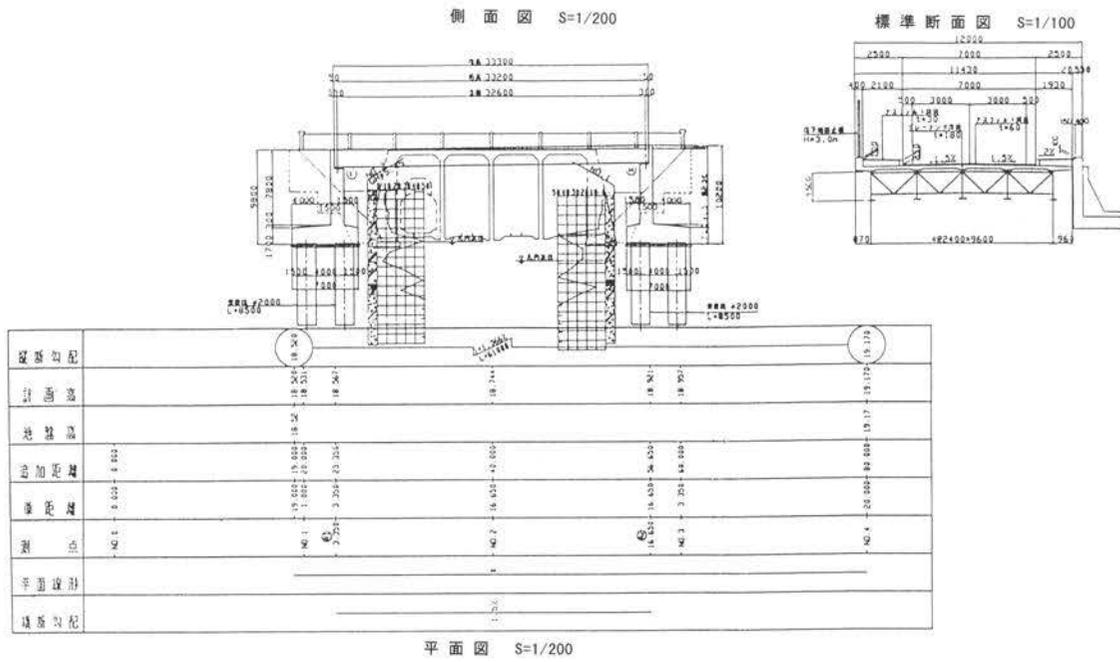


図-V. 1. 34 芦屋川右岸JR跨線橋一般図

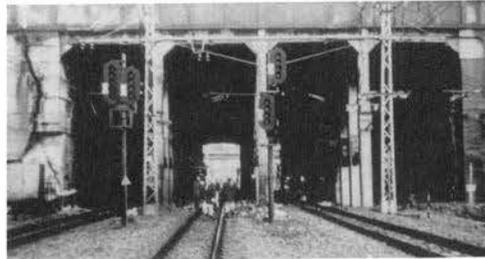


写真-V. 1. 33 事業着手前の状況（神戸市側より）

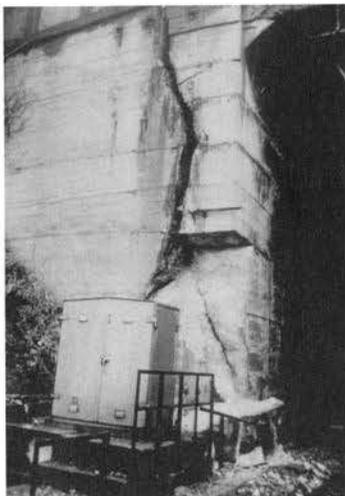


写真-V. 1. 34 橋台のクラック



写真-V. 1. 35 橋台背面の陥没

【大規模地すべりにより原形復旧困難となった道路の復旧事例（(主)明石神戸宝塚線）】

路線名	(主)明石神戸宝塚線
被害箇所	神戸市北区有馬町字六甲山
延長等	L=320.0m W=7.0m
査定決定額	567,631千円
事業主体	神戸市

1) 被災状況

当箇所は六甲山頂付近に位置し、地質は六甲花崗岩からなるが、斜面上部はマサ化しており、また、花崗岩内には高角度で流れ盤を呈する節理と低角度で受け盤を呈する節理が発達している。

地震の発生直後から、大きな地すべり活動が生じ、斜面内には幅約150m・長さ約160mの馬蹄形を呈する変状が見られた。この地すべりの断面形状は、花崗岩の節理面に規制された椅子型すべりが想定され、その深さは約35mである。

この地すべりにより、道路上方斜面から巨礫が崩落、山側路側のもたれ式コンクリート擁壁が損傷を受け、路面も約200mでひび割れや沈下が発生したほか、道路センターライン付近から谷側へ深さ約2m、長さ約40mにわたる陥没が生じたため、当箇所を含む北区有馬町六甲山～西宮市山口町船坂間約1kmを全面通行止めとした。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

当箇所は瀬戸内海国立公園内に位置するため、大規模な抑制工（排土工）を併用した対策工は採択できず、抑止対策工として受圧板付アンカー工により斜面全体の安全率を確保することを検討したが、必要抑止力が大きくアンカー長が長くなり（20～58m）、経済的・技術的に困難であり、原形復旧は不可能と判定した。

このため、復旧は環境・景観及び施工性、経済性を考慮して、一部区間をトンネルとしたバイパス道路を構築することとした。

なお、斜面中～下部の崩壊は進行しており、孔内傾斜計観測による地中変位は累積傾向を示していることから、被災箇所の応急復旧による通行規制解除は、安全性確保が困難として断念した。

b. 工事の概要

・復旧延長	L=320m W=6.0(7.0)m	・擁壁工
・トンネル工	L=87m	重力式擁壁(H=9.0～10.0m) L=66.8m
・切土	V=14,400m ³	もたれ式擁壁(H=4.0～8.0m) L=44.9m
・盛土	V=15,500m ³	積ブロック A=411.9m ²

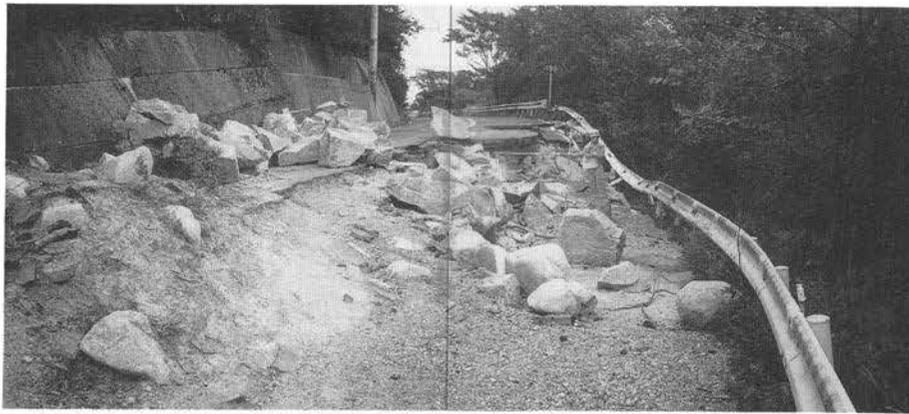


写真-V. 1.36 地すべりと巨礫の崩落

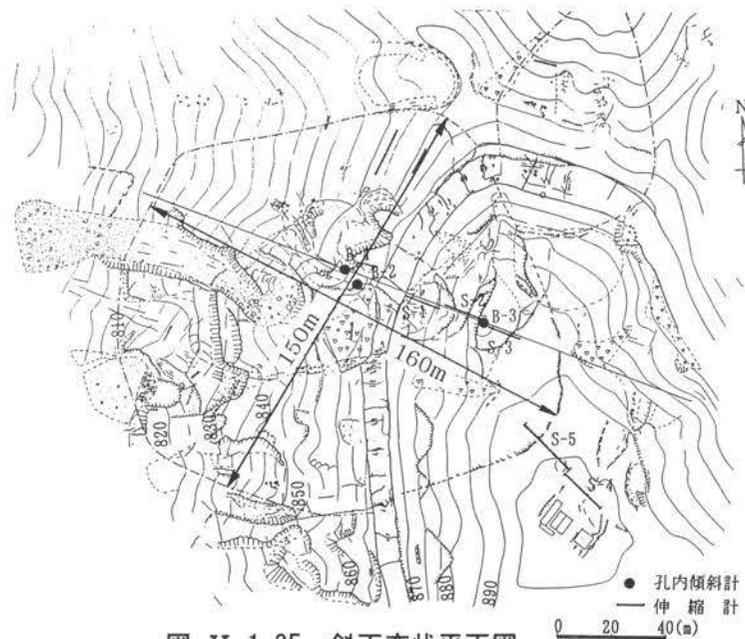


図-V. 1.35 斜面変状平面図

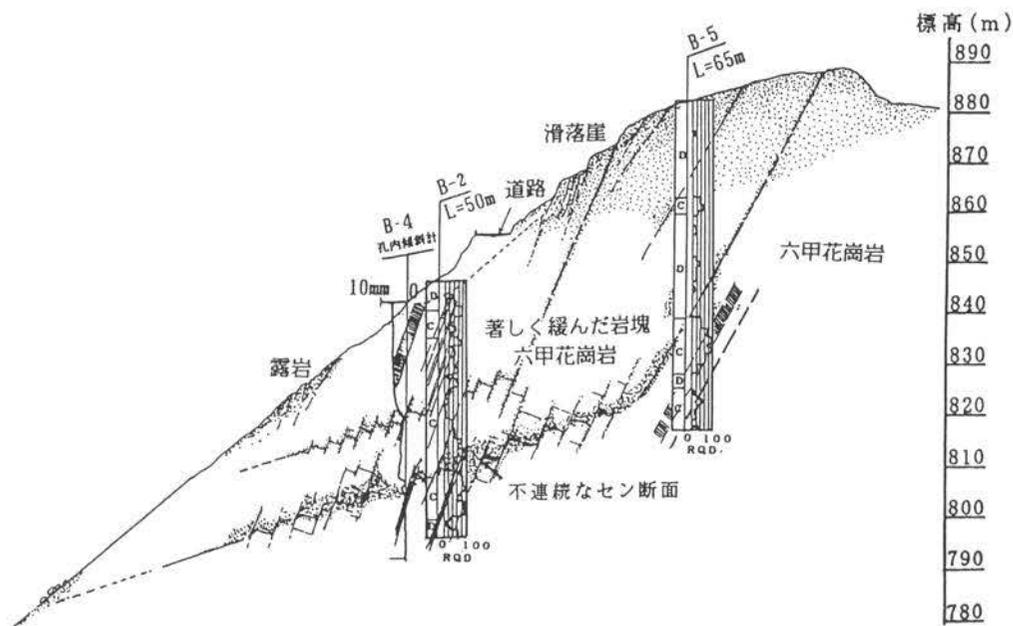


図-V. 1.36 主測線断面の地質断面図

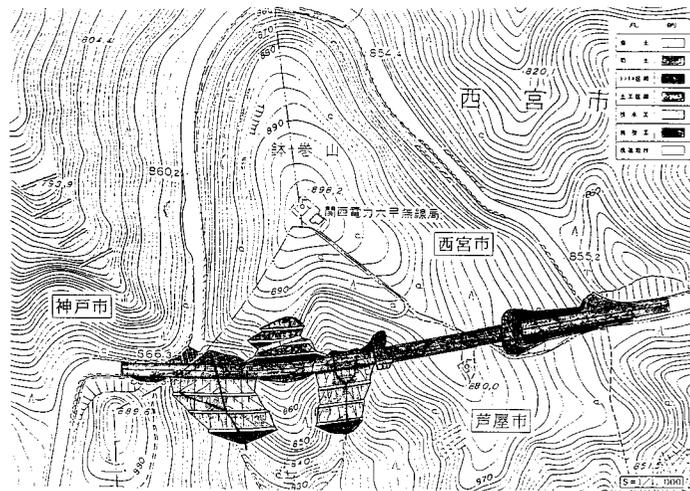


図-V. 1.37 復旧工事平面図

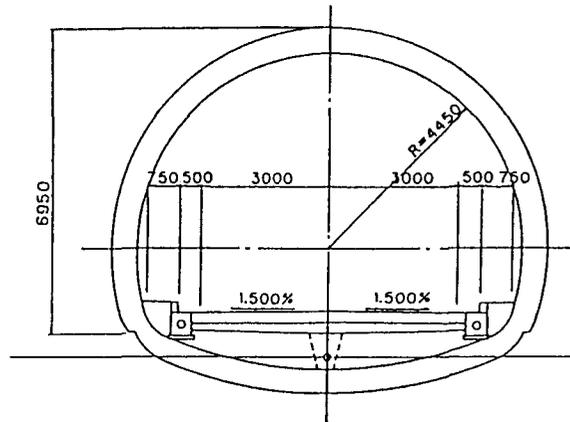


図-V. 1.38 トンネル区間の標準断面図

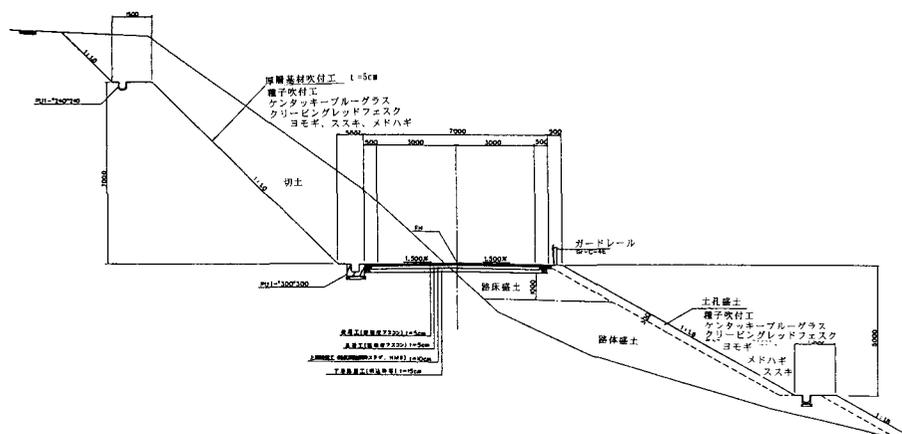


図-V. 1.39 工事区間の標準断面図

(5) 建設省管理道路の復旧事例

【新交通の復旧事例（国道2号ポータルライナー）】

路線名	国道2号 ポータルライナー
被害箇所	神戸市中央区雲井通～磯辺通
延長等	0.7km
運行再開	平成7年7月31日
事業主体	建設省

1) 被災状況

高架橋の落橋（2径間）と橋脚の損傷。

2) 復旧工法

ポータルライナーの運営は第3セクターである(株)神戸新交通が行っているが、本体構造物は、公共事業により整備されたものであり、その復旧は財産管理者である道路管理者によって進められた。

a. 工法選定理由

「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様」に基づき、総合的な耐震対策を行った。

b. 工事の概要

(上部工)

- ・床版をコンクリートから鋼製に変更し、上部工（桁）の軽量化を図った。
- ・衝撃的な地震力にも耐えられるよう二重の落橋防止装置を採用した（桁と桁の連結及び桁と橋脚の連結）。
- ・一般支承とあわせてゴム支承を補助支承として設置した。

(下部工)

- ・コンクリート橋脚の鉄筋を増強したり、鋼製橋脚内部にコンクリートを充填し橋脚の柔軟性、ねばりの向上を図った。

(工事概要)

上部工：鋼製桁新設	2径間（単純鋼床版桁）
鋼製補修補強	20径間（単純三径間連続桁）
下部工：鋼製橋脚補修補強	11基（張出式鋼製橋脚）
R C橋脚新設	6基（張出式R C橋脚）
R C橋脚補修補強	4基（張出式R C橋脚）



写真-V. 1. 37(1) 被災状況



写真-V. 1. 38(1) 復旧状況

P16



写真-V. 1. 37(2) 被災状況



写真-V. 1. 38(2) 復旧状況

P25



写真-V. 1. 37(3) 被災状況



写真-V. 1. 38(3) 復旧状況

P21

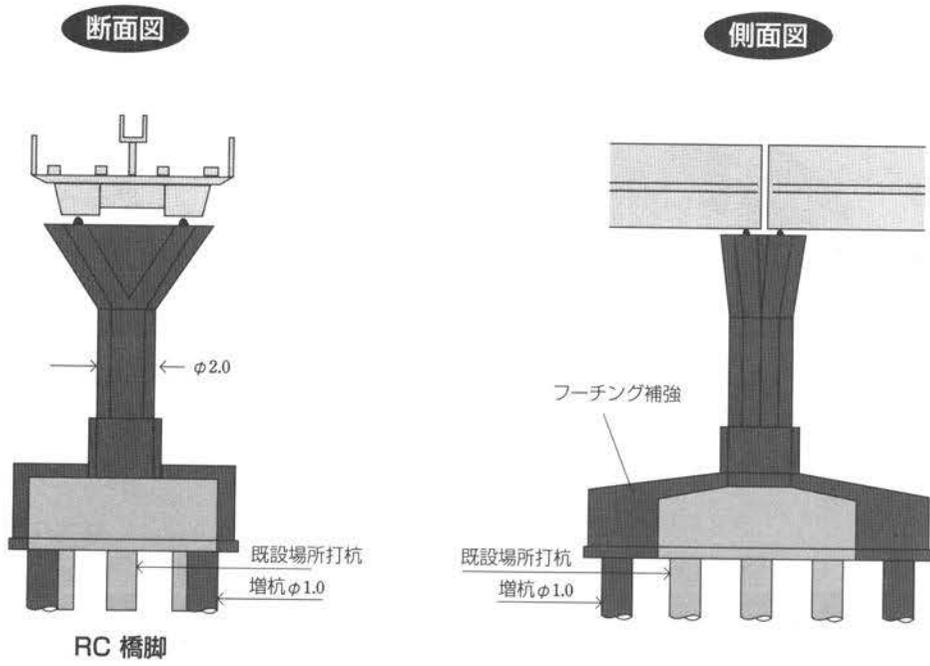


図-V. 1. 40 復旧標準図



写真-V. 1. 39 事業着手前の状況
(高架橋の落橋、橋脚の座屈)



写真-V. 1. 40 復旧工事中の状況(桁架設)



写真-V. 1. 41 復旧工事の完成

【大規模2階建高架橋の復旧事例（国道2号浜手バイパス）】

路線名	国道2号 浜手バイパス
被害箇所	神戸市中央区浜辺通～東川崎町
延長等	3.0km
供用再開	平成8年5月2日
事業主体	建設省

1) 被災状況

上部工の移動および下部工の損傷。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様」に基づき、総合的な耐震対策を行った。

b. 工事の概要

(上部工)

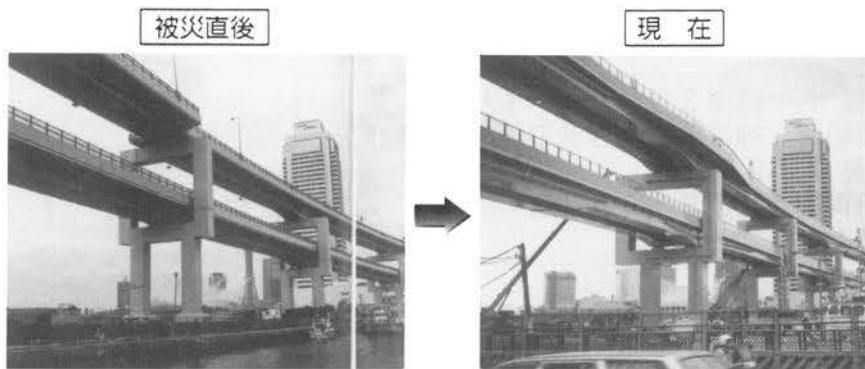
- ・床板をコンクリートから鋼製に変更し上部工（桁）の軽量化を図った。
- ・桁の連続化により確実に落橋を防止する構造とした。
- ・衝撃的な地震力にも耐えられるよう二重の落橋防止装置を採用した（桁と桁の連結及び桁と橋脚の連結）。
- ・免振機能を有するゴム支承の採用により上部工（桁）の揺れを吸収されることとした。

(下部工)

- ・コンクリート橋脚の鉄筋を増強したり、鋼製橋脚内部にコンクリートを充填し橋脚の柔軟性、ねばりの向上を図った。

(工事概要)

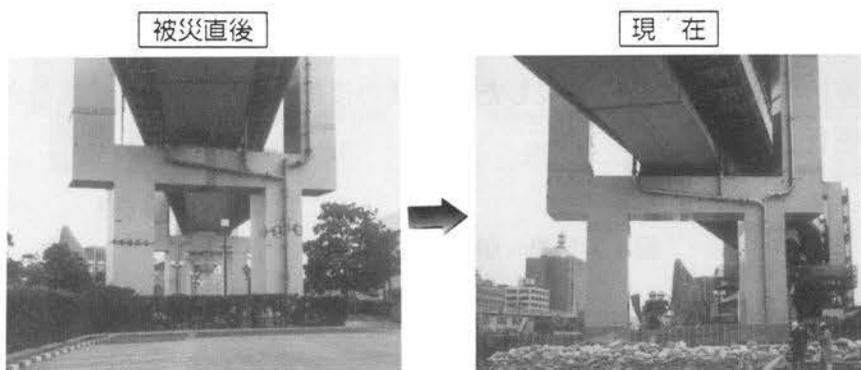
上部工：鋼製桁新設	38径間（三径間連続鋼床版箱桁他）
鋼製桁補修補強	79径間（二～五径間連続桁他）
下部工：鋼製橋脚新設	4基（二層式ラケット橋脚他）
鋼製橋脚補修補強	33基（二層式ラケット橋脚他）
R C橋脚新設	15基（二層式ラケット橋脚他）
R C橋脚補修補強	20基（二層式ラケット橋脚他）



P36

写真-V. 1. 42(1) 被害状況

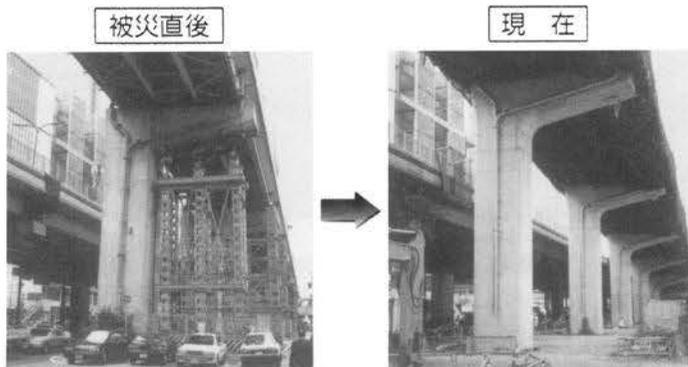
写真-V. 1. 43(1) 復旧状況



P41

写真-V. 1. 42(2) 被害状況

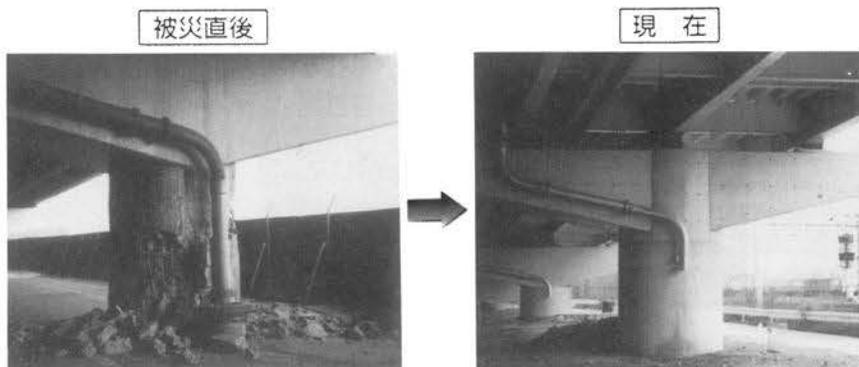
写真-V. 1. 43(2) 復旧状況



P56

写真-V. 1. 42(3) 被害状況

写真-V. 1. 43(3) 復旧状況



P67

写真-V. 1. 42(4) 被害状況

写真-V. 1. 43(4) 復旧状況

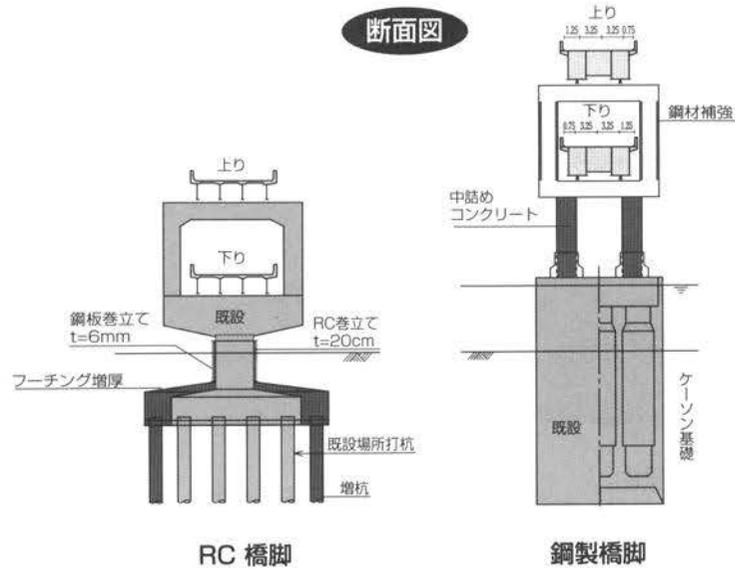


図-V. 1. 41 復旧標準図

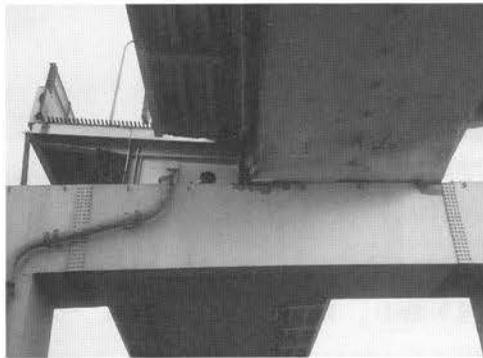


写真-V. 1. 44 事業着手前の状況
(上部工の移動、下部工の損傷)

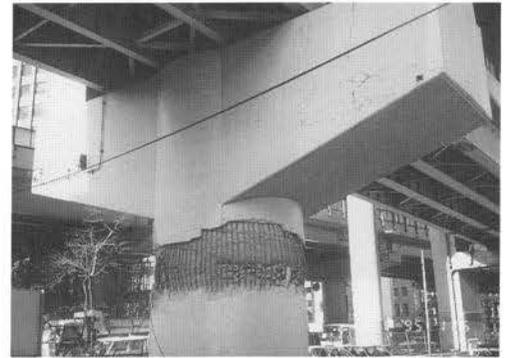


写真-V. 1. 45 事業着手前の状況
(下部工の損傷)



写真-V. 1. 46 復旧工事中の状況
(桁の撤去)



写真-V. 1. 47 復旧工事の完成

【立体交差橋の復旧事例（国道43号岩屋高架橋）】

路線名	国道43号 岩屋高架橋
被害箇所	神戸市灘区味泥～岩屋南町
延長等	橋長 532m
供用再開	平成8年2月19日
事業主体	建設省

1) 被災状況

高架橋の落橋および橋脚の損傷。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様」に基づき総合的な耐震対策を行う。

b. 工事の概要

(上部工)

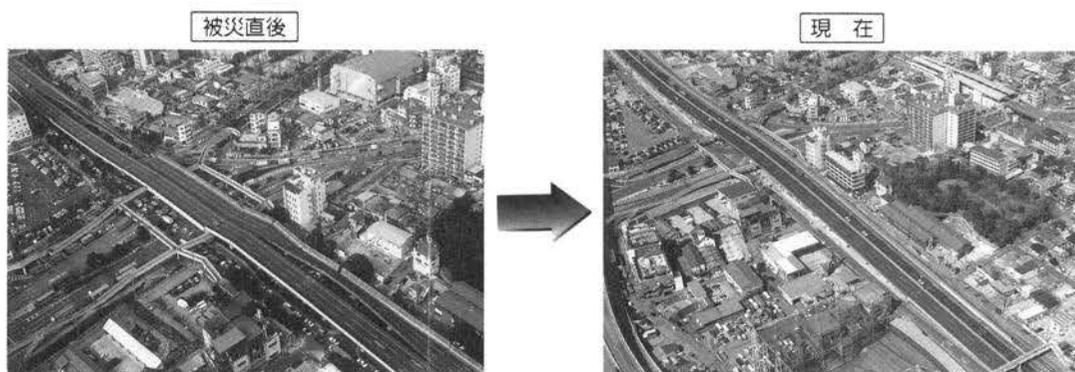
- ・桁の連続化により確実に落橋を防止する構造とした。
- ・衝撃的な地震力にも耐えられるよう二重の落橋防止装置を採用した（桁と桁の連結及び桁と橋脚の連結）。
- ・免振機能を有するゴム支承の採用により上部工（桁）の揺れを吸収させることとした。

(下部工)

- ・コンクリート橋脚の鉄筋を増強したり、鋼製橋脚内部にコンクリートを充填し橋脚の柔軟性、ねばりの向上を図った。

(工事概要)

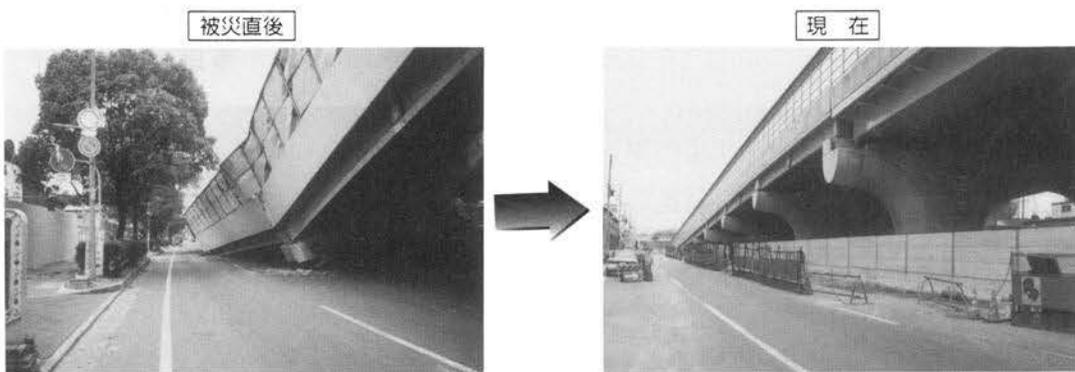
上部工：鋼製桁新設	6径間（三径間連続鋼床版箱桁）
P C桁新設	36径間（三径間・四径間連結T桁）
下部工：鋼製橋脚新設	2基（張出式鋼製橋脚）
R C橋脚新設	36基（張出式R C橋脚）



P6

写真-V. 1. 48(1) 被災状況

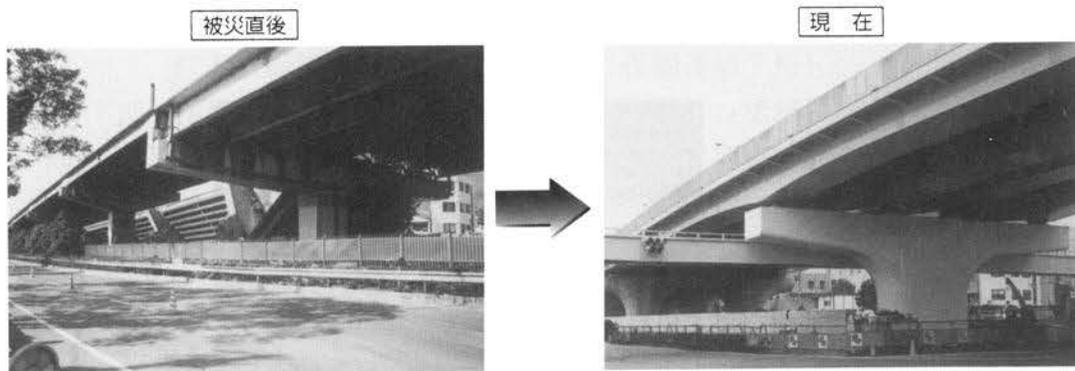
写真-V. 1. 49(1) 復旧状況



P8 (上り線)

写真-V. 1. 48(2) 被災状況

写真-V. 1. 49(2) 復旧状況



P11 (下り線)

写真-V. 1. 48(3) 被災状況

写真-V. 1. 49(3) 復旧状況

断面図

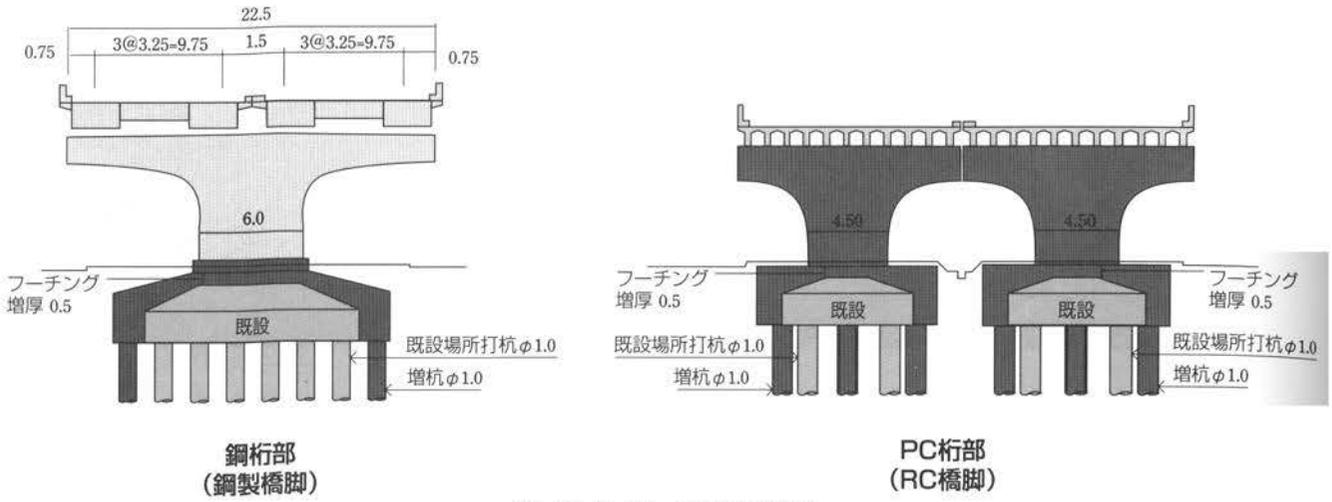


図-V.1.42 復旧標準図



写真-V.1.50 事業着手前の状況
(高架橋の落橋、橋脚損傷)



写真-V.1.51 事業着手前の状況
(高架橋の落橋、橋脚損傷)

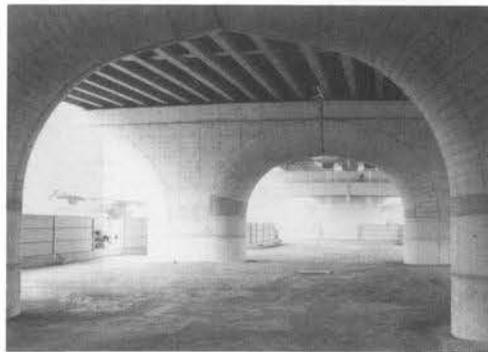


写真-V.1.52 復旧工事の完成

【跨線高架橋の復旧事例（国道171号門戸高架橋）】

路線名	国道171号 門戸高架橋
被害箇所	西宮市門戸荘～下大市東町
延長等	橋長 328m
供用再開	平成7年11月28日
事業主体	建設省

1) 被災状況

高架橋の落橋および橋脚の損傷。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様」に基づき、総合的な耐震対策を行う。

b. 工事の概要

(上部工)

- ・桁の連続化により確実に落橋を防止する構造とした。
- ・衝撃的な地震力にも耐えられるよう二重の落橋防止装置を採用した（桁と桁の連結及び桁と橋脚の連結）。
- ・免振機能を有するゴム支承の採用により上部工（桁）の揺れを吸収させることとした。

(下部工)

- ・コンクリート橋脚の鉄筋を増強したり、鋼製橋脚内部にコンクリートを充填し橋脚の柔軟性、ねばりの向上を図った。

(工事概要)

上部工：鋼製桁新設	3径間（三径間連続鋼床版箱桁）
P C桁新設	8径間（三径間・五径間連結T桁）
P C桁補修補強	4径間（二径間連結T桁）
下部工：鋼製橋脚新設	2基（鋼製ラーメン橋脚）
R C橋脚新設	8基（張出式R C橋脚）
R C橋脚補修補強	4基（張出式R C橋脚）
R C橋台補修補強	2基（逆T式橋台）



写真-V. 1. 53(1) 被災状況

写真-V. 1. 54(1) 復旧状況



P6

写真-V. 1. 53(2) 被災状況

写真-V. 1. 54(2) 復旧状況



P6

写真-V. 1. 53(3) 被災状況

写真-V. 1. 54(3) 復旧状況



P10

写真-V. 1. 53(4) 被災状況

写真-V. 1. 54(4) 復旧状況

断面図

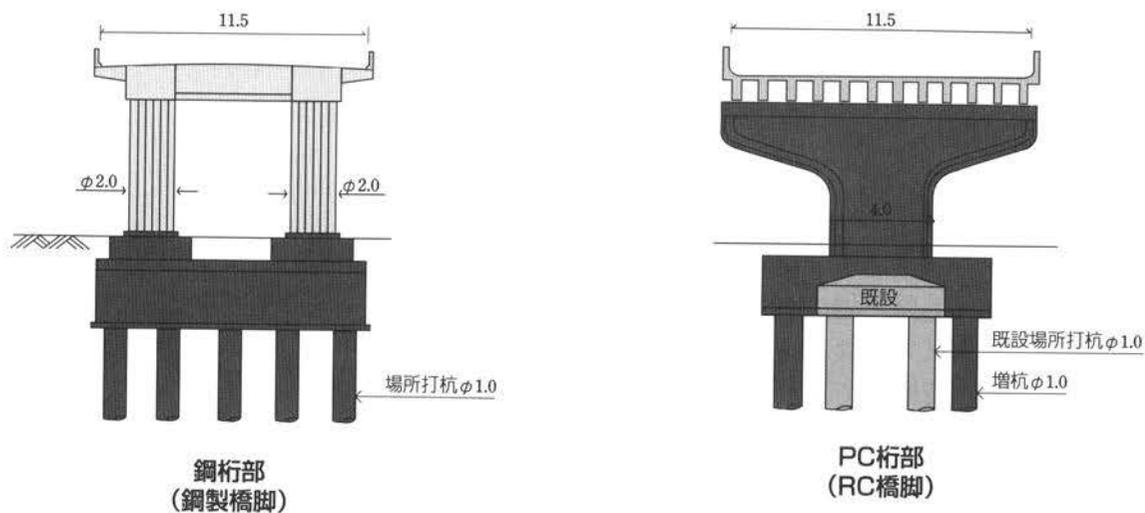


図-V. 1. 43 復旧標準図



写真-V. 1. 55 事業着手前の状況 (桁の落橋)



写真-V. 1. 56 復旧工事の完成

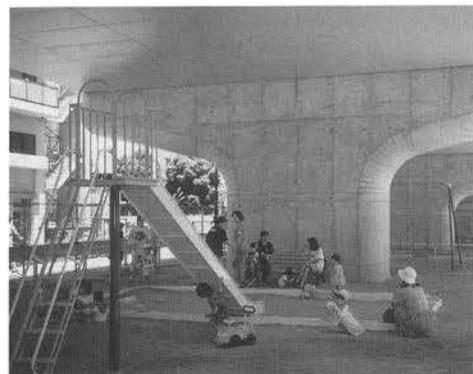


写真-V. 1. 57 復旧工事の完成

(6) 企業庁建設中道路の復旧事例

【施工中の3径間連続鋼床版箱桁橋の復旧事例（浜風大橋）】

路線名	尼崎西宮芦屋港（浜風大橋）
被害箇所	芦屋市 地先（南芦屋浜地区）
延長等	L=190m W=22m
事業主体	兵庫県企業庁

1) 被災状況

a. 浜風大橋の概要

浜風大橋は、既成市街地と南芦屋浜地区埋立地を結ぶ、橋長190mの3径間連続鋼床版箱桁橋であり、下部工はRC壁式橋脚（鋼管矢板井筒基礎）及びRC箱式橋台（場所打杭基礎φ1,500 10本）を採用し、平成7年3月の開通を目標に上部工橋面工を施工中のところ、被災した。

b. 被災状況

橋脚部支承は損傷が大きく桁本体と支承が分離しており、橋台部支承では設計許容範囲を越えた変形が見られた。

また、橋台については、地盤の流動化に伴いフーチングが前面へ移動し、コアボーリングの結果、基礎杭が破損していた。

2) 仮復旧工における復旧工法

a. 仮復旧を行った理由

芦屋市内より発生した災害廃棄物の仮置・中間処理を南芦屋浜地区埋立地で行うことが決定されたため、本橋梁の応急仮復旧を行い、平成8年3月まで災害廃棄物の搬入路として使用した。

b. 工事の概要

- ・橋台補強の仮ベント
- ・橋台上部の仮橋（覆工板及び受枠）
- ・仮舗装

3) 本復旧工における復旧工法

本橋梁は、芦屋市内の災害廃棄物の仮置場への輸送ルートとして使用されたため、災害廃棄物の搬入が完了した平成8年度より本復旧に着手した。

a. 工法選定理由

橋台は、杭が破損しているため、基礎杭から新設復旧することとした。（ただし、既設杭は残置）また、耐震性向上の一環として、橋台背後にスラブ（杭基礎）を新設し、地震時に橋台に作用する側方流動荷重を軽減させることとした。

b. 工事の概要

- （上部工）・桁両端ブロックの撤去、橋台復旧後の再架設
 - ・免震ゴム支承（全脚弾性固定）へ取替
 - ・免震ゴム支承に対応した落橋防止装置の設置
- （下部工）・橋台の撤去、新設（鋼管基礎杭φ1,500, 12本）
 - ・橋台背後へのスラブ（杭基礎）を新設

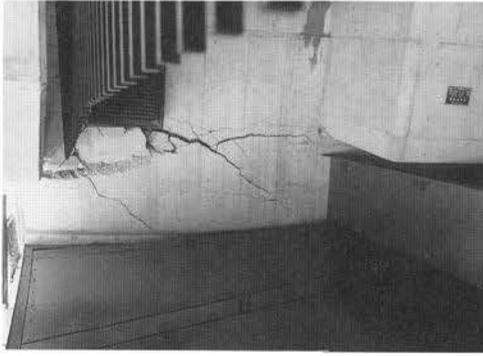


写真-V. 1. 58 橋台の破損

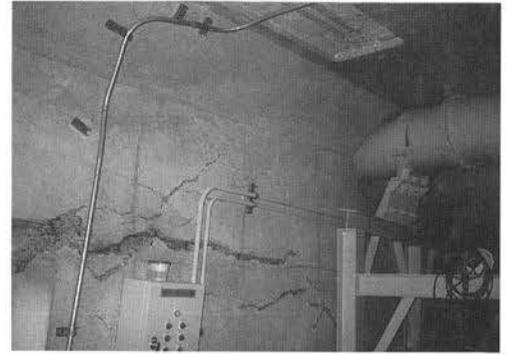


写真-V. 1. 59 橋台内部の破損状況

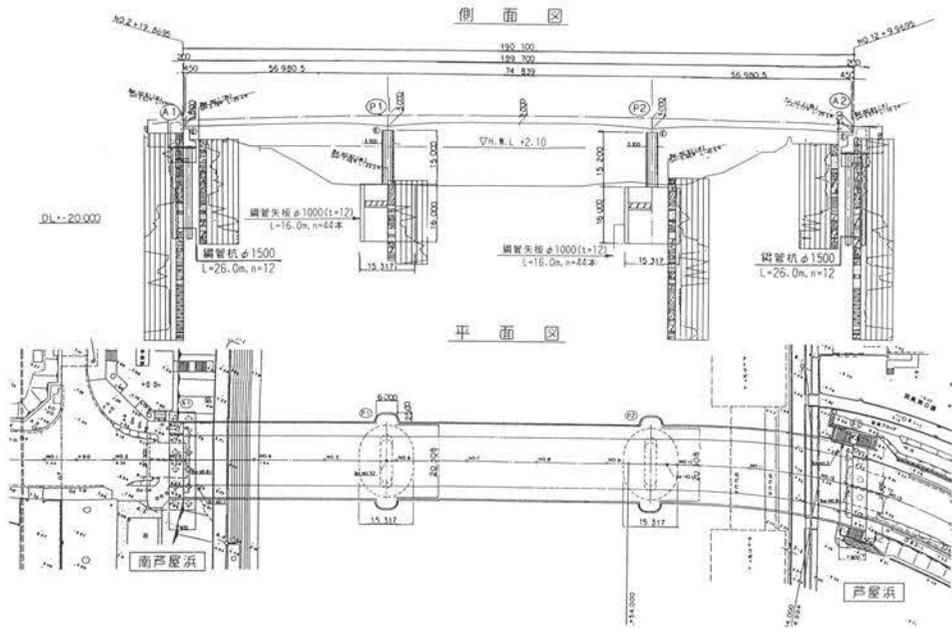


図-V. 1. 44 一般図

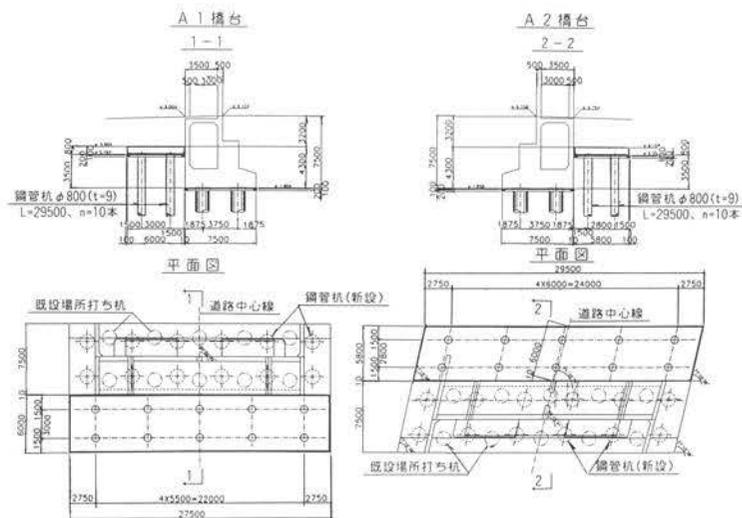


図-V. 1. 45 橋台断面補強スラブ構造一般図

(7) 兵庫県道路公社管理道路における復旧事例

【トンネル内の覆工コンクリートの剥離等に対する復旧事例（西宮北道路）】

路線名	西宮北道路
被害箇所	盤滝トンネル
延長等	61.0m
査定決定額	118百万円（実施金額）

1) 被災状況

a. 覆工コンクリート

No.98及び102付近の西側で、それぞれ17㎡及び5㎡程度覆工コンクリートが剥落した。また、No.102では鉄筋が露出するとともに、座屈が生じていた。

b. 舗装コンクリートの隆起

No.102及び129付近で舗装コンクリートが最大12cm程度浮き上がった。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

覆工コンクリートが剥がれ、東西を結ぶクラックが発生し、余震により更に剥落する可能性があることから、1スパンを撤去し復旧することとした。また、舗装コンクリートについては、路面の浮き上がりとともに、インバートも損傷を受けているため、併せて補修することとした。

b. 工事の概要

- ・土質安定処理工6.9t
- ・ロックボルト工(3.0m)196本
- 〃 (4.0m) 48本
- ・吹付コンクリート145㎡(t=10cm)
- ・覆工コンクリート163㎡(t=30cm)
- ・コンクリート舗装工260㎡(t=25cm)
- ・防災設備等修繕工1.0式



写真-V.1.60 盤滝トンネルの被災状況
(西宮北道路No.98付近)



写真-V.1.61 盤滝トンネルの被災状況
(西宮北道路No.102付近)



写真-V.1.62 盤滝トンネルの復旧
(西宮北道路No.98付近)

(8) 工事中橋梁の復旧事例

工事施工中の事業で、災害等により手戻りが生じた場合にはいわゆる「手戻工事」により処理される。県の工事請負契約書によると、第25条に（天然その他の不可抗力による損害）という規定があり、手戻工事の手続きが明示されている。

また、国庫補助事業で手戻工事が生じた場合には昭和38年8月13日付で建設省道路局一級国道課長他により「災害等による工事施工中の手戻り工事について」という通達が土木部長あてに出されており、以下の事務処理が必要となる。

- ・手戻工事調書（工事概要、工事費、被害見込額等を整理した調書）
- ・手戻り理由
- ・気象状況資料
- ・写真

上記資料を添付の上、速やかに報告するとともに、実施計画についても概算設計書、実測平面図、被害箇所の横断図等により、本省と協議し、手戻工事の認可（承認）の可否、工法の決定等を図ることとなっている。

また、手戻工事として認められる要件は、大略次のとおりである。

- ・暴風、洪水、高潮、地震等その他の異常天然現象等の不可抗力的事由に基づくものであること。
- ・工事の規模が150千円以上であること。但し市町工事は100千円以上であればよい。
- ・手戻工事は、写真その他の客観的資料により確認できるものであること。

なお、手戻工事認可申請は、原則として工事設計書の変更として処置される。

兵庫県南部地震により手戻工事を生じた橋梁は3橋あり、補助事業により対応を行ったものは1橋、県単独事業により対応を行ったものは2橋である。

県単独事業により対応した2橋は、伸縮装置、支承の破損、上床版のクラック等比較的軽微なものである。以下に補助事業により対応を行った事例を示す。

【施工中事業の手戻り工事にともなう復旧事例（国道176号久代高架橋）】

路線名	国道176号 久代高架橋
被害箇所	川西市加茂5丁目～6丁目
延長等	457.8m
全体事業費	約11億円
概算手戻額	70百万円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

被災したのは、P1～P25橋脚（西側からP1、P2……）のうち、P6～P12の区間（PCプレテン連結T桁橋）で、桁の移動（27本：5～15cm）、桁の転倒（23本）、桁の落下（4本）、杓の破損（18箇所）がみられた。

2) 復旧工法

a. 事業名

国庫補助事業、道路改築事業（橋梁整備）

b. 工事の概要（補助事業対応）

桁の据えなおし 27本
 桁の購入・架設 27本
 杓の購入・据付 18箇所

（全体工事の概要）

- ・ L=457.8m W=6.5 (7.5) m
- ・ PCプレテン連結T桁橋（22連）
- ・ PCポステン単純T桁橋（1連）
- ・ H鋼単純合成桁橋（1連）
- ・ 工期：H5～H7
- ・ 事業費：約11億円



写真-V.1.63 事業着手前の状況

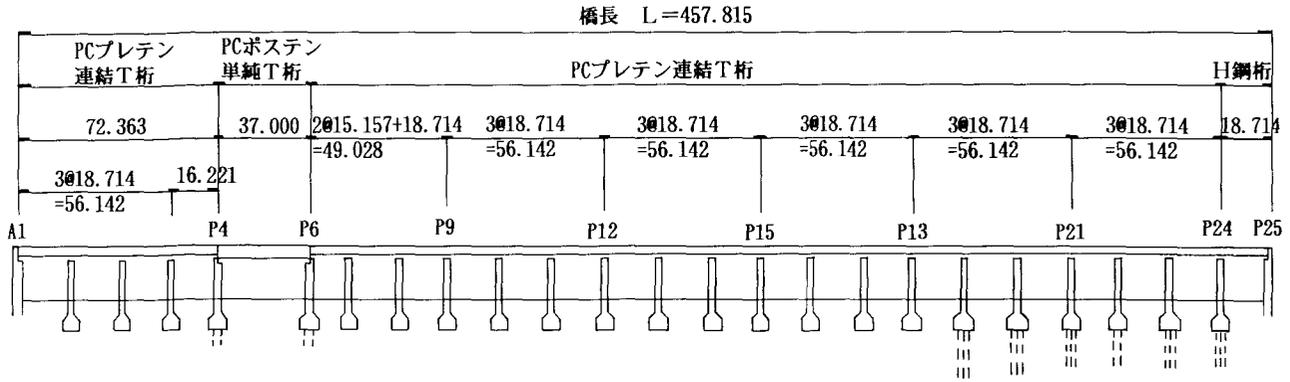


図-V. 1. 48 側面図

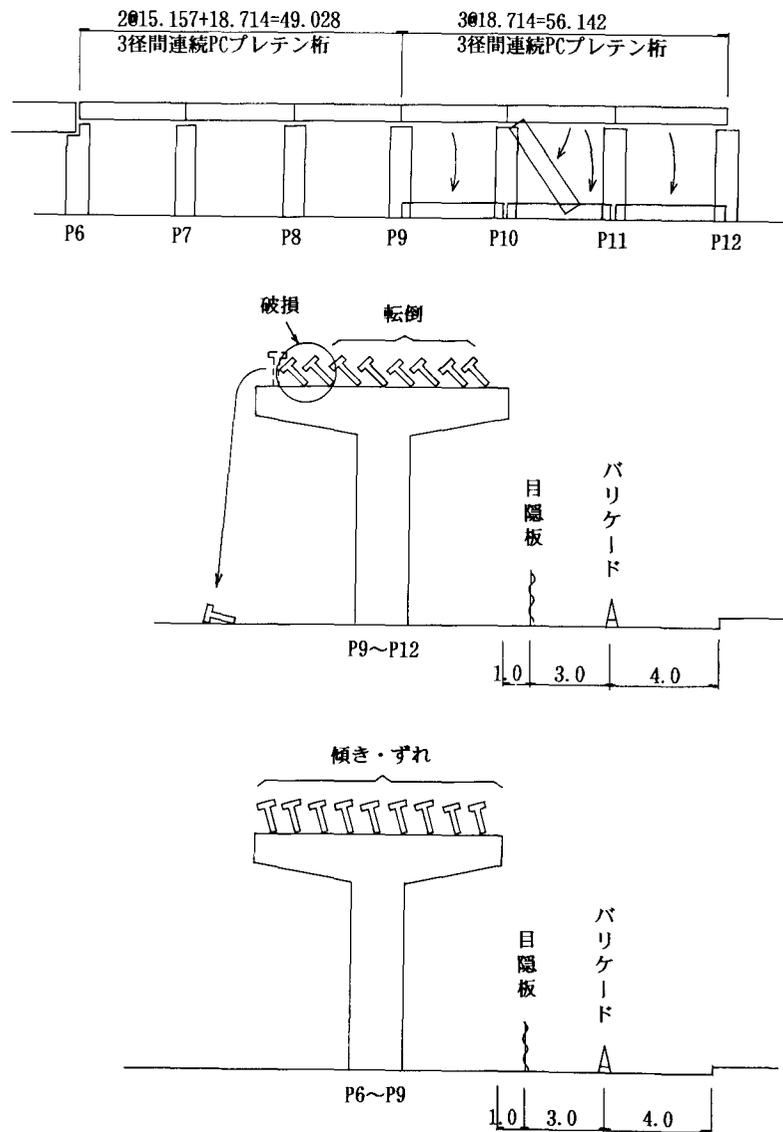


図-V. 1. 49 被害状況図

2. 名神高速道路、中国自動車道の復旧

(1) 被害の特徴

① 橋梁の被害

橋梁の被害が特に集中した区間は、名神高速道路の吹田 I C～西宮 I C間、及び中国自動車道の吹田 I C～西宮北 I C間であった。

状況把握点検の結果、厳しい斜角を有する橋梁での回転変移の発生や、地形が変化する付近で被害が集中する傾向が伺えた。

また、上部工の損傷には、下部工の損傷に伴うと考えられるものが多いが、橋梁形式によって特徴的な損傷が見られた。

今回の地震で大きな被害を被った下部工では、固定橋脚は可動橋脚より損傷が大きい傾向にあり、また鉄筋の段落し部と見られる位置にせん断破壊が生じたため、被害を大きくしている。一方、鋼製支承に比べてゴム支承は損傷が少なく、またローラー支承はローラーの逸脱が多く発生し、この現象は特に1本ローラー支承では顕著であった。

② 路面の被害

路面の被害は、名神高速道路および中国自動車道ともに橋梁の被害が集中した区間で顕著に現れ、橋梁部やその周辺で路面の段差やクラックなどが多く発生した。

③ 切土斜面の被害

中国自動車道において状況把握点検を実施した結果、切土斜面の大きな変状等の直接的な被害は少ないものの、ブロック積みと地山の境界などに小規模なクラックの発生が確認された他、中詰め栗石（空）を施した法枠工の中詰め栗石の緩みが多く確認された。また、切土上部にある住宅地の排水施設にも損傷が見られ、降雨時に切土斜面の安定に影響を及ぼすことが懸念された。

④ 盛土の被害

状況把握点検は、中国自動車道では、五助橋断層の延長が宝塚東トンネル東杭口付近で路線を横断している上、名塩断層が西宮名塩 S A（サービスエリア）までの区間で、路線の南方約500mに並行して存在するため、西宮名塩 S A（高盛土箇所）及び宝塚高架橋付近の2箇所を実施した。

また、名神高速道路では、建設当時に軟弱地盤上の試験盛土として施工された箇所を含めて3箇所を実施した。

点検の結果、軟弱な地盤や傾斜地盤上の盛土等で大きな被害が発生しており、全区間にわたって構造物の裏込め部の段差、コンクリートボックスの目地の開き、ブロック積みのはらみ等が確認された。

しかし、目視による点検結果では、特殊な盛土工法として採用された気泡混合軽量盛土やテールアルメには異常が見られなかった。

(2) 復旧の基本方針

被災地への救援物資の輸送路確保や震災復興のためには、地震によって通行止めとなっている道路をいち早く供用することが社会的な要請となっているため、緊急的に復旧して交通を確保する必要に迫られた。

しかし、甚大な被害を受けた橋梁をはじめとする道路の復旧は、交通の安全を確保できることと、いち早い交通の確保が可能であることが重要な条件となるため、「損傷を受けた橋脚等は補強等の処置を施して利用する」、「復旧工法は可能な限り交通確保しながら実施できるものを採用する」という方針のもと復旧工事を行うこととなった。

なお、緊急・応急復旧により交通が確保された後に本復旧を行うこととした。

(3) 高速道路の復旧事例

【高架橋の上部工の落下に対する復旧事例（名神高速道路瓦木西高架橋）】

1) 橋梁形式

上部工形式：RC3径間連続中空床版橋、斜角5.2度

下部工形式(中間部)：上下端に全方向回転が可能なヒンジを有するロッキング橋脚

(端部)：壁式橋脚

2) 被害状況

地震による激しい縦横の揺れにより、支承が損傷しロッキング橋脚が移動したこと等により、上り線の上部工が、可動端の橋脚P24側から外側に回転して落下し、下を走る市道を塞いだ。

橋脚P25は完全に倒壊したが、橋脚P26は傾きながらも上部工を支え、橋脚P27にはねじり破壊が発生した。

3) 応急復旧概要

市道を迂回させ上部工を取り壊した後、中間のロッキング橋脚を壁式に変更し、更に、上部工をPC床版橋として自重の軽量化を図った。

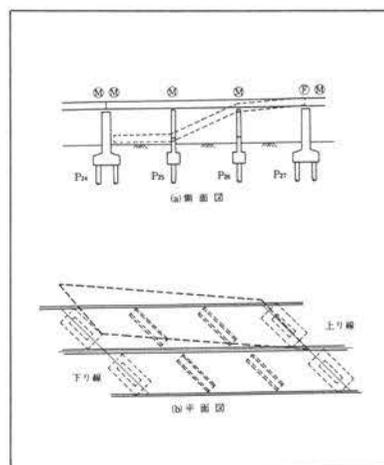


図-V.2.1 一般図 (P24~P27)



写真-V.2.1 被災状況

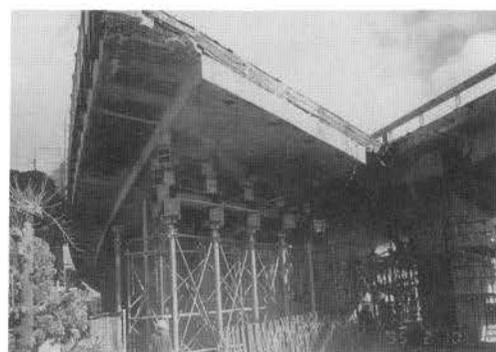


写真-V.2.2 復旧状況

【高架橋橋脚の損傷に対する復旧事例（中国自動車道宝塚高架橋）】

1) 橋梁形式

宝塚IC西方付近のRC5径間連続中空床版からなる高架橋であり、中間の2脚が固定となっている。固定橋脚ではメナーゼヒンジ、可動橋脚では1本ローラー支承を採用している。

2) 被害状況

地形の傾斜の影響で橋脚高が大きく変化しているが、特に大きな損傷は橋脚高の低い西側の固定橋脚で発生し、せん断破壊に至っている。可動橋脚は、ローラー支承のローラーが脱落し疑似固定化したため傾斜し曲げひび割れが生じた。上部工は橋脚の損傷により数十センチの沈下が生じた。

3) 応急復旧概要

せん断破壊によって耐荷力が期待できないと判断した橋脚、および大きく傾いた橋脚では、25基の支保工を両側に組んで仮受けし、沈下した上部工をジャッキによって持ち上げる緊急対策を行った。

その後、復旧工事として、せん断破壊した橋脚を取壊して再構築するとともに、大きく傾いた橋脚はジャッキによって傾きを修正し、鉄筋コンクリートで巻き立てて補強することとした。

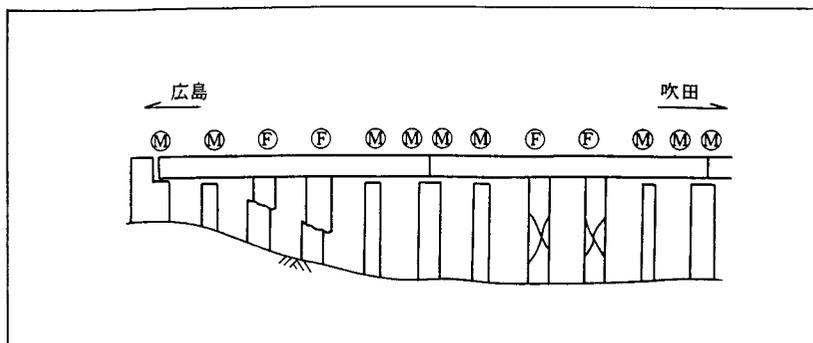


図-V.2.2 宝塚高架橋の一般図

復旧 ステップ	時期	下り線 【全 37基 セン断破壊 3基 曲げ破壊 8基】		上り線 【全 37基 セン断破壊 3基 曲げ破壊 9基】	
		A1 ~ P5	P5 ~ P10	A1 ~ P5	P5 ~ P10
1/17~1/22 通行止	1/17				
1/23~1/27 下り線 緊急車両OK	1/27				
下り(対面) 一般車両OK (間欠)	1/27				
上り(対面) 一般車両OK	2/9	同 上	同 上	同 上	同 上
	2/12		ジャッキアップ, 段差修正		ジャッキアップ, 段差修正
上下線<4車> 一般車両OK	2/12				
	-	下部工構築 2基 (P2,3) 下部工補強 3基 (P1,4,5) ・ジョイント取替 ・上部工補強 ・支承取替 ・(基礎工補強)	下部工構築 1基 (P7) 下部工補強 3基 (P6,8,9) 同 左	下部工構築 2基 (P2,3) 下部工補強 3基 (P1,4,5) 同 左	下部工構築 1基 (P7) 下部工補強 3基 (P6,8,9) 同 左
上下線<6車>	8/上				

図-V.2.3 応急復旧工事ステップ図

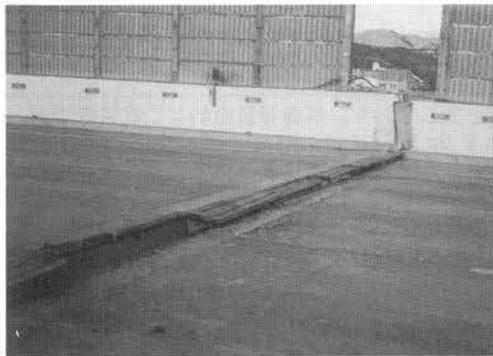


写真-V.2.3 被災状況



写真-V.2.4 被災状況

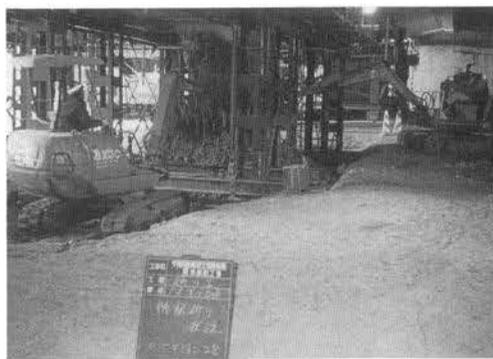


写真-V.2.5 橋脚撤去状況

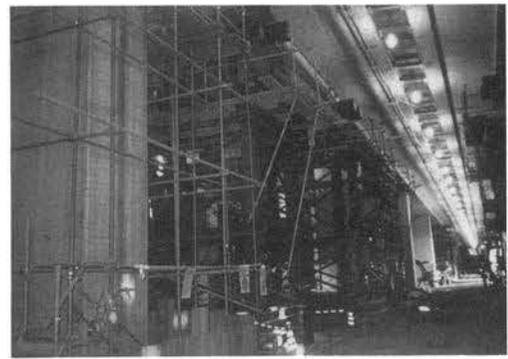


写真-V.2.6 支保工設置状況

3. 阪神高速道路の復旧

【工期短縮、環境への配慮のための新工法、新技術の採用（3号神戸線）】

(1) 被害の特徴

① 部位による被害の特徴

3号神戸線の武庫川～月見山間27.7kmには、橋脚1,030基、橋桁1,126径間が設置されていたが、震災により倒壊1箇所、落橋4箇所をはじめとして、橋脚の約半数、上部工の約4割が損傷を受けた。

一方、地中の基礎構造物（フーチングと場所打ち杭）は、地中部掘削後の外面調査や杭体内部の調査の結果、一部の基礎に微細なクラックが発見されたが、全般的には損傷は軽微または無被害であった。また、耐荷力についても、比較的被害の大きかった2基の杭についての載荷試験の結果、問題のないことが確認できた。

② 構造による被害の特徴

構造物の被災状況は、道路震災対策便覧・震災復旧編（日本道路協会）を基本とし、阪神高速道路公団における過去の実験的研究の成果等を基に被災度として5段階にランク分けを行った。被災度ランクの各々の意味と構造形式別の損傷状況は次に示す通りである。

表-V.3.1 被災度のランクと各々の意味合い

ランク	各々の意味合い
As	崩壊、倒壊した場合、またはそれに類するもの。
A	耐荷力に著しい影響のある損傷を生じており、落橋等致命的な二次災害の可能性のあるもの。
B	耐荷力に影響のある損傷であるが、余震、活荷重による損傷の進行がなければ、当面の利用が可能なもの。
C	短期的には耐荷力に影響のないもの。
D	耐荷力に関して特に異常が認められないもの。

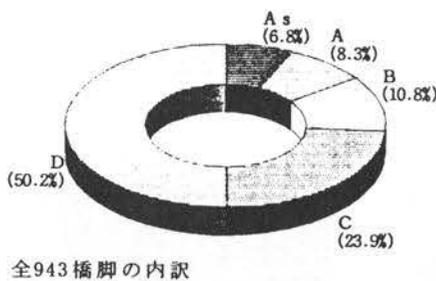


図-V.3.1 コンクリート橋脚の被災度区分結果

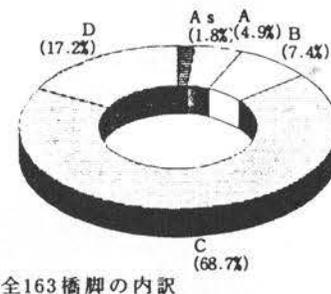


図-V.3.2 鋼製橋脚の被災度区分結果

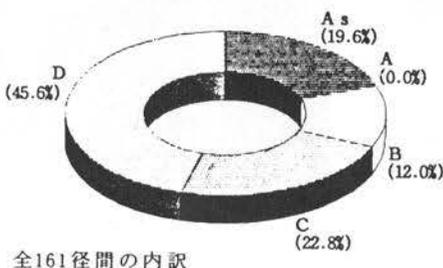


図-V.3.3 コンクリート桁の被災度区分結果

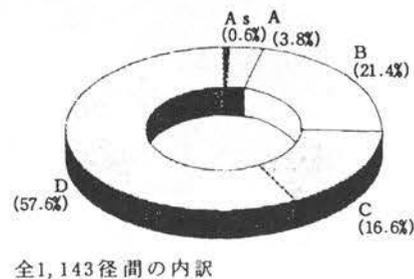


図-V.3.4 鋼桁の被災度区分結果

(2) 3号神戸線の復旧方針

① 阪神高速道路公団復旧本部の設置

平成7年2月22日、本復旧の計画策定、建設等を推進していくため、理事長を本部長とする復旧本部が設置された。

② 復旧計画の策定

1) 委員会の設置

「神戸線応急対策検討委員会」が平成7年1月から同年3月まで4回開催され、国道43号上の安全対策等が提案された。

また、設計・施工基準などの技術的課題を審議し、提案いただく機関として、学識経験者等による「阪神高速道路震災復旧対策技術委員会」が組織された。当委員会は平成7年2月から同年12月まで8回開催され、3号神戸線などの復旧設計要領案等が提案された。

2) 復旧設計方針の策定

技術委員会の指導に基づき、設計方針および設計要領を策定した。これらは、建設省からの通達による「復旧仕様」に適合するよう、耐震性の向上を考慮している。

3) 復旧計画の策定

素案がまとまった平成7年3月初めから、復旧本部会議、技術委員会での審議を経て、同年3月16日復旧計画について記者発表をした。

(復旧目標)

- ・摩耶から京橋の供用は、平成7年度末を目途とする。
- ・平成8年内に全線供用を図る。

③ 復旧方針の策定

1) より安全な道路へ（構造物の耐震対策）

平成7年2月27日付「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様」に適合するよう、全ての構造物について耐震性の向上を図る。

- ・橋脚の補強
- ・桁の連続化、連結化
- ・免震支承の採用 等

2) 環境対策のより一層の充実

復旧に際しては、新型遮音壁の導入、低騒音舗装の採用、高架裏面吸音板の設置、高層階住宅対応としての高遮音壁、桁の連続化・連結化、化粧板の設置などにより、環境や景観への配慮をより一層充実する。

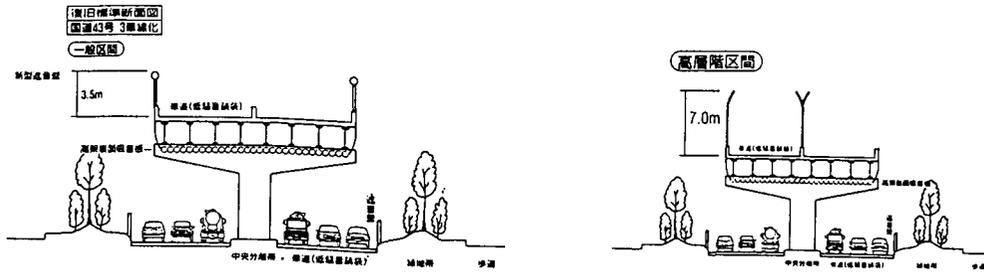


図-V.3.5 環境対策メニュー横断面図

3) より災害に強い道路に

構造物の耐震性向上の他に、情報収集・提供の機能強化、災害対策体制の整備、避難・誘導施設の充実など、種々の地震対策を行う。

(3) 3号神戸線の復旧工事概要

① 復旧工事区分

構造物の損傷の程度に応じ、「撤去・再構築」と「補修・補強」に区分し、復旧することとなった。3号神戸線の延長27.7kmについて、約1,000基の橋脚、約1,100径間の桁を調査し、約300基の橋脚および約180径間の桁を「撤去・再構築」し、残りを「補修・補強」することとなった。

② 厳しい施工条件への対応

3号神戸線の復旧にあたっては、その施工に伴い以下に示すような厳しい条件があった。

- ・復旧区間の高架下の約9割を国道2号、43号等の主要幹線道路が通過していること。
- ・限られた狭隘な施工空間であること。
- ・国道沿道の環境に特段の配慮が必要であること。

そのため新工法や新技術の採用、構造上の工夫を導入し、可能な限り工期の短縮を図るとともに、騒音など周辺への影響が少なくなるよう努力した。

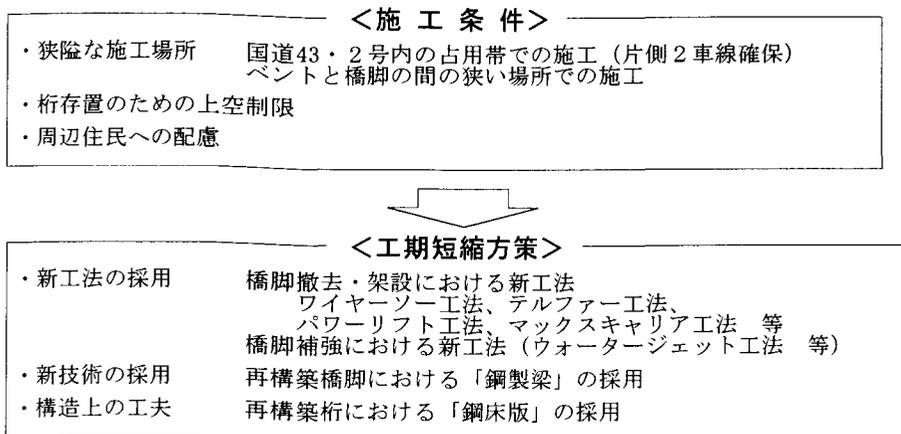


図-V.3.6 3号神戸線復旧工事における工期短縮方策について

③ 新工法の採用

1) ワイヤソー工法

撤去する橋脚や梁を、ダイヤモンドワイヤーを回転させて切断する工法で、低騒音、小粉塵、および現場での切断作業と仮置場での小割作業との並行作業が可能となり工期短縮が図れる。

- ・大規模な防護工が不要：防護工設置期間が不要
- ・低騒音、小粉塵：夜間作業が可能
- ・狭い場所での施工可能

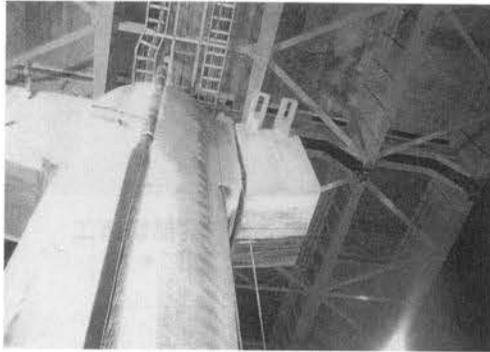


写真-V. 3. 1 梁切断状況

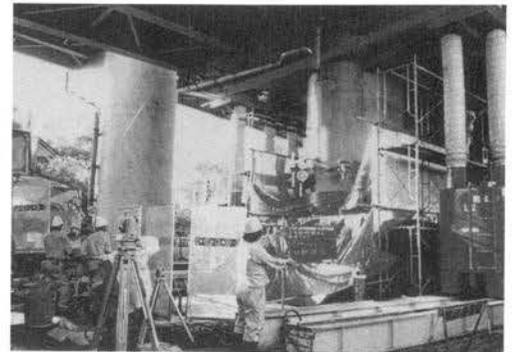


写真-V. 3. 2 柱切断状況

2) テルファー工法

橋桁のジョイント部の隙間を利用して、桁上のクレーン（テルファー）により切断した橋脚（梁）を吊り下げて撤去する工法で、低騒音および夜間作業により昼間国道の片側2車線確保が可能となる。

- ・床版、桁端部の撤去が最小限で可能：床版、桁端部の撤去、補修工事の短工程で可能
- ・撤去時の大型クレーンが不要：国道の交通規制で昼間片側2車線確保が可能
- ・低騒音：夜間作業が可能
- ・狭い場所で施工可能

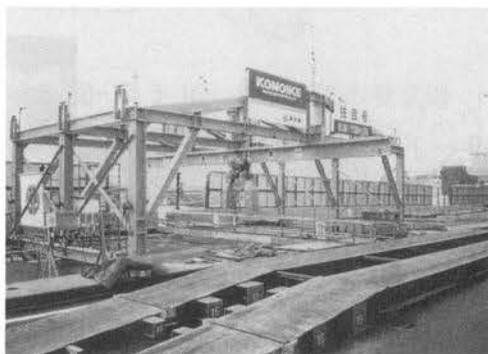


写真-V. 3. 3 テルファー全景

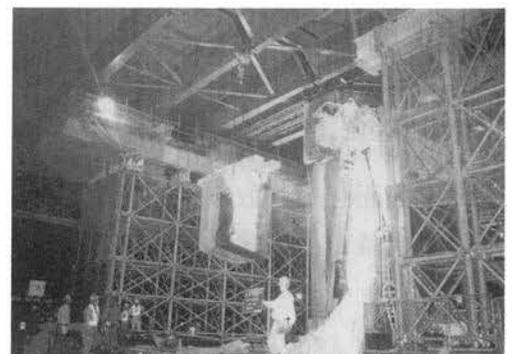


写真-V. 3. 4 ブロック撤去状況

3) パワーリフト工法

切断した橋脚の柱、梁のブロックを、パワーリフトで持ち上げて撤去したり、鋼製梁を一括して架設したりする工法で、低騒音および狭い場所での施工が可能となる。

- ・撤去橋脚移動仮置き : 梁部撤去と柱部撤去の並行作業が可能
- ・低騒音 : 夜間作業が可能

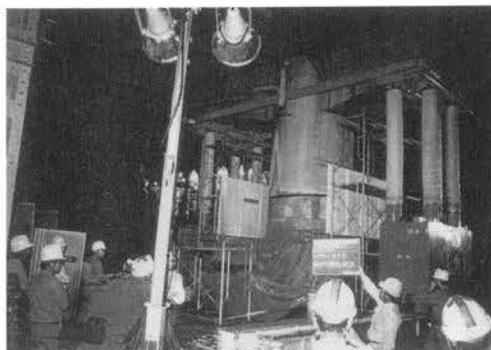


写真-V.3.5 梁首下切断工



写真-V.3.6 梁部切断工

4) マックスキャリア工法

橋脚の梁を大ブロックのまま、自走台車（マックスキャリア）で運び出して撤去する工法で、梁部の一括撤去が可能である。

- ・狭い場所で施工可能
- ・中間支点下橋脚で施工可能
- ・鋼製梁の一括架設が可能

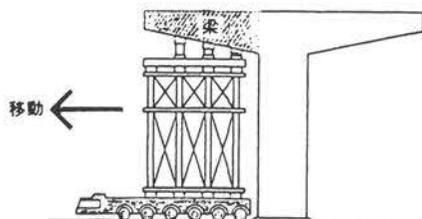


図-V.3.7 マックスキャリア工法

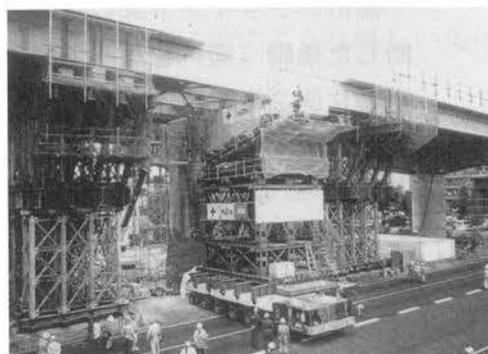


写真-V.3.8 マックスキャリアによる梁の一括撤去状況

5) ウォータージェット工法

橋脚補強のための表面処理工法として、高圧の水を噴射して、橋脚のコンクリート表面を削り取る工法で、作業能率が高く、低騒音、小粉塵で周辺への影響が少ない。

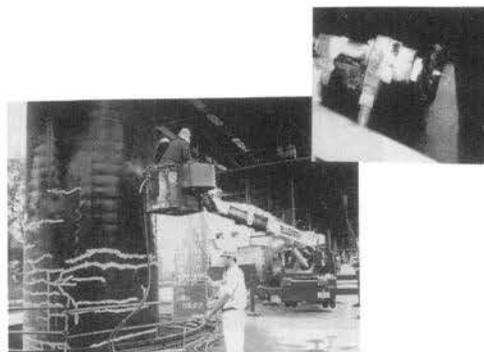


写真-V.3.9 ウォータージェット工法施工状況

④ 新技術の採用

再構築橋脚において柱部をRC橋脚、梁を鋼製とし、現場での柱部施工と工場での梁部製作を並行作業として、工期短縮を図る鋼製梁構造を採用した。

- ・現場での梁部施工の工程短縮を図る

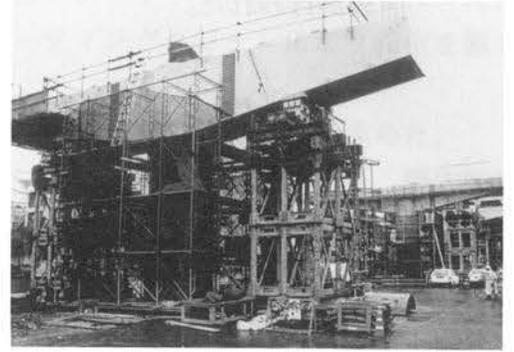
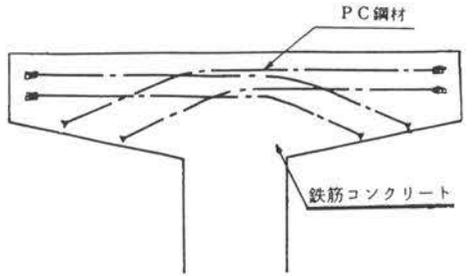


図-V.3.8 PC梁構造（重量約150ト） 写真-V.3.10 鋼製梁（重量約70ト）施工状況

PC梁	鉄筋・PC工		型枠	コンクリート打設・養生	
	25日		10日	10日	45日
鋼製梁	架設	鉄筋・鋼板巻立		コンクリート打設・養生	
	7日	20日		5日	
32日					

図-V.3.9 鋼製梁とPC梁の現場での工程比較

⑤ 構造上の工夫

再構築桁において、RC床版を鋼床版とすることにより現場での施工期間の短縮を図った。

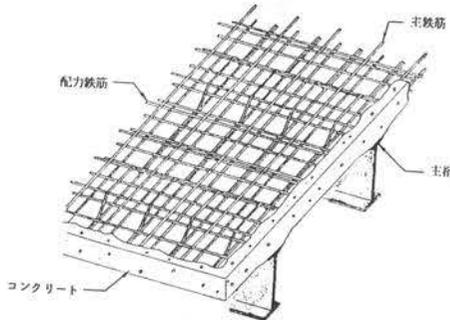


図-V.3.10 RC床版の構造図
(単位重量750kg/m²)

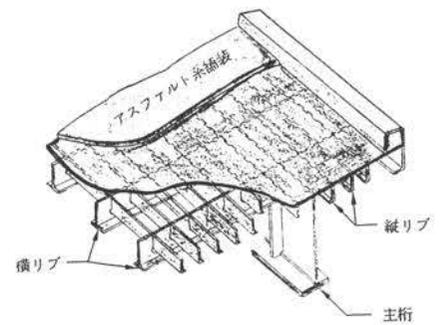


図-V.3.11 鋼床版の構造図
(単位重量450kg/m²)

RC床版	型枠	鉄筋	コンクリート打設・養生	脱型	
	12日	6日	5日	6日	
29日					
鋼床版	架設	ボルト締め			
	6日	10日			
16日					

図-V.3.12 鋼床版とRC床版の現場での工程比較

(4) 3号神戸線の復旧

3号神戸線27.7kmを25工区に分割し、平成7年3月下旬から5月上旬の短期間で発注し、沿道の方々や関係者の協力、施工方法の創意工夫により当初予定より早く交通開放が行われた。

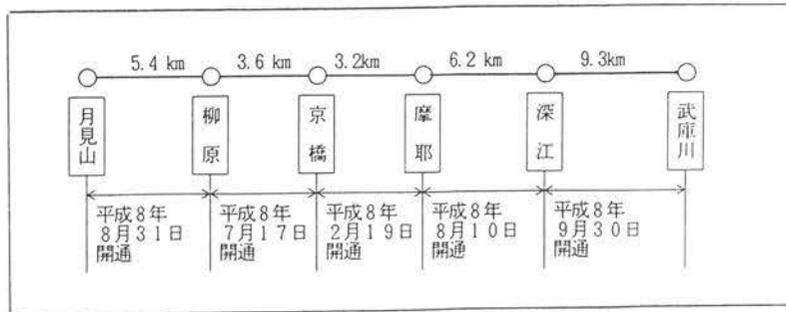


図-V.3.13 3号神戸線の交通開放の状況



写真-V.3.11 復旧工事中の状況



写真-V.3.12 復旧工事中の状況



写真-V.3.13 復旧工事中の状況

(5) 5号湾岸線の復旧

【落橋した橋桁の復旧事例（5号湾岸線西宮港大橋東側）】

- ・現場において、橋桁が落橋状態のまま鉄筋コンクリート床版の撤去を行った。
- ・平成7年2月24日夜、3,600t吊りフローティングクレーンにより箱桁を撤去した。
- ・現地作業と並行して、工場にて当該箇所の新設桁の設計・製作を進めた。
- ・平成7年3月18日夜、4,100t吊りフローティングクレーンにより、鋼床版箱桁の新設桁を一括架設した。



写真-V. 3. 14 復旧工事中の状況



写真-V. 3. 15 復旧工事中の状況



写真-V. 3. 16 復旧工事中の状況



写真-V. 3. 17 復旧工事の完成

4. 河川の復旧

(1) 被害の特徴

① 地域、地形、地質による特徴

河川の被害は、震源に近く、かつ地震動が伝播した大阪湾に流入する河川に集中し、神戸地区、阪神地区及び淡路地区の震度7の帯に沿った地域、また、掘り込み河川及び軟弱低平地に位置する特殊堤・土堤での被害が大きかった。

② 構造による被害の特徴

河川構造物に生じた被害の中で堤防・護岸等の被害が大きく、樋門・水門及び排水機場等の大型構造物の被害は比較的軽微であった。

堤防・護岸については、地震動に伴い液状化・軟弱化が生じ、安定が損なわれ沈下、縦断亀裂、護岸前倒等の被害が生じた。また、石積み護岸は、地震動により崩落した。

地下河川については、亀裂、目地部のずれ等の一部破損が見られたが、本体の被害は軽微であった。しかし、施工年度の古い、深度の浅い地下河川及びトンネル河川については、甚大な被害が生じた。

(2) 河川の復旧方針

被災した河川の復旧は、降雨による出水時に二次災害の恐れがあり緊急に施工する必要がある箇所について応急工事を実施し、その他の箇所では、災害査定後、本工事を実施した。応急仮工事を行った河川数は22河川27箇所、全復旧箇所280箇所に対して約10%であった。

中島川に代表される特殊堤の復旧は、「建設省河川砂防技術基準(案)」に基づき行った。

武庫川に代表される土堤の復旧は、円弧すべりを起こしたと推定される箇所については全面的に切り返し（提体のゆるんだ部分を除去し再盛土する）を行い、亀裂についてはその被災の深さまで切り返しを行って復旧することとした。

新川、宮川に代表される鋼矢板護岸の復旧は、背後地の状況、施工性、経済性を考慮して、河積に余裕のある箇所に限り、旧鋼矢板の前面に新鋼矢板の打設を行うこととした。

夙川、高羽川等の石積み護岸の復旧は、原形復旧を原則とするが、空石積みは練石積み工として復旧することとした。

中島川、新湊川、高羽川、千森川については、原形復旧を行っただけでは十分な効果が期待できないため、河積の拡大、耐震性の向上等を図り、未災箇所を含めた一連区間を災害復旧助成事業として復旧することとした。

なお、復旧に際しての設計上の統一事項を、各土木事務所等に平成7年3月1日付で送付した。

表-V.4.1 地域、地形、地質による被災の形状

地 域	概略地質	河川形状	河川構造	被災状況	代表河川名
淀 川 (セメント地帯)	粘 土	築 堤	特殊堤	沈 下 縦断亀裂	中島川、左門殿川 神崎川
			矢板護岸	護岸前倒 縦断亀裂	旧猪名川
兵庫県東部	砂 礫	築 堤 (天井川)	土 堤 (ブロック張)	沈 下 はらみ出し 縦断亀裂	武庫川、天神川 天王寺川
			石 積 (空)	崩 落 はらみ出し	夙川、芦屋川
	粘 土	掘 込	矢板護岸	はらみ出し	新川、宮川
			石 積	す べり はらみ出し	東川、津門川
表 六 甲 (神戸市域)	砂 礫	築 堤 (天井川)	石 積 (空)	す べり はらみ出し	住吉川、石屋川
		掘 込	石 積 (空)	崩 壊 はらみ出し	高橋川、高羽川
			特殊堤 (逆T)	縦断亀裂	新湊川

各 事 務 所 長
北摂整備局土木部長 様

事 務 連 絡
平成7年3月1日

河 川 課 長

擁壁を河川堤防に使用する場合の基礎杭の許容変位量について

このことについて、県内における設計の整合を図るため、今後は下記により設計することとして下さい。

記

- ・「道路土工・擁壁・カルバート・仮設構造物工指針（昭和62年5月 社団法人 日本道路協会）」に準ずることとする。
- ・上記指針には、くい基礎の設計方法は「道路橋示方書・同解説 I 共通編 IV 下部構造編（平成6年2月 社団法人 日本道路協会）」に準ずるように記載されているため、同示方書のP.274（9章9-1設計の基本(2)）により、許容変位量を定める。

各 事 務 所 長
北摂整備局土木部長 様

事 務 連 絡
平成7年3月1日

土 木 部 河 川 課 長

鋼矢板護岸設計関係の統一事項について

このことについて、別紙のとおり対応することにしますので、ご高配下さるようお願いいたします。

鋼矢板護岸設計関係の統一事項

①. 河川護岸を鋼矢板護岸とする場合の設計基準は、「土木技術管理規程集(河川・河川開発編)平成2年3月 兵庫県 P.141~P.145 第9章 自立式鋼矢板護岸設計基準(案)ー土木部河川課ー」(以下「設計基準(案)」)というによること。ただし、「設計基準(案)」において、「9-2 設計条件」のうち、次の項目については、以下の②~④によること。

- (2)-d 鋼矢板の腐食代 ②によること
- (3) 上載荷重 ③によること
- (5) 地震震度 ④によること

②. 鋼矢板の腐食代

鋼矢板の腐食代は、表裏合わせて2mmを考慮するものである。なお、特に腐食が著しいと判断される場合には、本課と協議のこと。

※感潮区間については、運輸省の基準(「港湾の施設の技術上の基準・同解説」及び「土木技術管理規程集(港湾海岸編)」参照)によるものとする。

ただし、塗覆装工・電気防食は行わず、腐食代のみによるものとする。

③. 上載荷重

崩壊角より影響線を出し、その影響内に堤防管理用通路があれば、 $q = 1.0t/m^2$ の上載荷重を考慮する。ただし、常時の場合だけとし、地震時には考慮しないものとする。尚、特殊な上載荷重があると判断される場合には、本課と協議のこと。

④. 地震震度

設計震度は水平方向のみ考慮し、以下の式により算出するものとする。

$$k = \gamma_1 \times \gamma_2 \times \gamma_3 \times k_0$$

k : 設計震度

k_0 : 標準設計震度で0.2とする。

γ_1 : 地区別補正係数 兵庫県については0.1とする。

γ_2 : 地盤別補正係数 下表による。

γ_3 : 重要度別補正係数で1.0とする。

表 地盤別補正係数

区分	地盤種別	係数
1種	(1) 第三紀以前の地盤(以下岩盤と称する) (2) 岩盤までの洪積層の厚さが10m未満	0.9
2種	(1) 岩盤までの洪積層が厚さ10m以上 (2) 岩盤までの沖積層の厚さが10m未満	1.0
3種	沖積層の厚さが25m未満でかつ軟弱層の厚さが5m未満	1.1
4種	上記以外の地盤	1.2

水中における見掛けの震度は、以下の式により算出するものとする。

$$k' = \{ \gamma / (\gamma - 1) \} \times k$$

k' : 水中における見掛けの震度

k : 空気中における震度

γ : 水で飽和した土の空気中における単位体積重量(t/m^3)

【解説】

今回、この統一事項をとりまとめた背景は以下による。

(1) 鋼矢板護岸の設計基準

河川の鋼矢板護岸の設計は、これまでも「土木技術管理規程集（河川・河川開発編 平成2年3月 兵庫県 P.141～P.145 第9章 自立式鋼矢板護岸設計基準（案）—土木部河川課—」により行ってきたが、平成5年度の事業実施において一部設計基準等の統一が図れていないケースが見られたことがあったので、適用基準の徹底を図るものである。

(2) 鋼矢板の腐食代

従前の考え方と相違無いが、感潮区間についての記述に誤解をまねくという指摘があったため、ただし書きを加えた。これは、感潮区間について運輸省の基準による場合、塗覆装工・電気防食による防食を行うことになるが、河川護岸については、従前より腐食代のみによる防食を実施しており、このことを文面化したものである。

すなわち、「感潮区間については、運輸省の基準によるものとする」とは、感潮区間については、腐食代の厚みを運輸省の基準により決定するという意味である。また、ただし書き以降により、その決定した腐食代を考慮することのみによって（塗覆装工・電気防食は行わず）防食を行うということを意味している。

(3) 上載荷重

今回各所において震災を受けたこと、地震時にも上載荷重を考慮するという見解もあることなどから、地震時の上載荷重について再検討した結果、基本的に従前のおりの考え方とし、特殊な場合で常に上載荷重がある場合などは、地震時に上載荷重を考慮すべき場合も想定されるため、今回、尚書きを加えた。

(4) 地震震度について

今回各所において震災を受けたこと、過去において適用基準の統一が図れていないケースが見受けられたことなどから、再検討した結果、建設省河川砂防技術基準（案）に準ずることとした。

(3) 河川の復旧事例

【石積み護岸の崩落に対する復旧事例（小仁川）】

河川名	二級河川 小仁川
被害箇所	宝塚市仁川北
延長等	360.0m
査定決定額	170,530千円（合併716,581千円）
事業主体	兵庫県

1) 被害状況

小仁川は、武庫川の一次支川である仁川に合流する河川であり、被災区間の河道は三面張で、法面は3分～5分勾配の石積護岸、一部コンクリート護岸もみられる掘込河道である。また、一部左岸側が天井川となっている箇所がある。仁川合流点から上流阪急今津線橋梁までの約480m区間の被害が大きかった。被災状況は、護岸の亀裂、天端の縦断亀裂、河床の目地ずれ、護岸の崩落等である。この中で、被害の規模が最大である仁川合流点より約170m上流までの箇所は、他の箇所と異なった様子を示している。右岸は掘込河道で、法肩に家屋が立ち並んでいるが、左岸は堤防天端が管理道路となっており、高さ6～8mの法面を有している。被害の状況は以下に示したとおりで、石積護岸が崩落し、河道内に護岸材料の石と土砂が埋塞している。特に右岸での崩壊が大きく、家屋の基礎部が露出しているところも見られる。堤防の縦断方向の被害では、堤防天端が沈下するとともに波打ち、縦断亀裂も見られる。右岸堤防の崩壊が大きいのは、護岸が高く急勾配であり、さらに表法肩まで立ち並んでいる家屋の荷重が付加されたことが一因と考えられる。

2) 復旧工法

小仁川では、出水時による法面の洗掘により法肩の家屋倒壊が予想されるため、土のう積による法面補強、法面崩壊による埋塞土砂の除去等の応急復旧を行った。本復旧として、護岸の崩壊等被害の規模が大きかった左岸では、震災を受ける以前の堤防天端を確保するため、天端道路の舗装を一度撤去し、地震前の堤防天端面まで盛土し、再度舗装を行った。堤体の変状の激しい円弧すべりを引き起こしたと思われる箇所では、河川水位が上昇しても安全なように堤体の軟弱部の切り返しを行った。

3) 工事の概要

・延長	L=360.0m
（左岸	L=360.0m 右岸 L=360.0m）
・コンクリートブロック積工	2,596.0㎡
・基礎コンクリート	724.0m
・隔壁工	20.0基
・嵩上コンクリート	142.0m
・大型ブロック積工	472.0㎡
・舗装工	1,000.0㎡



写真-V. 4. 1(1) 被災状況

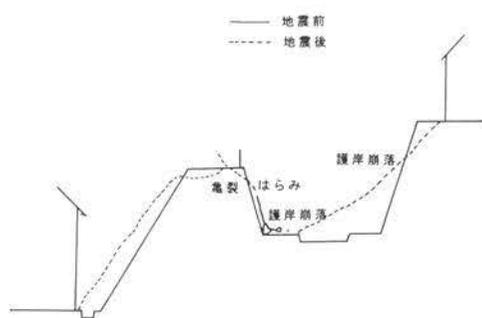


図-V. 4. 1 被災状況図



写真-V. 4. 1(2) 被災状況



写真-V. 4. 2 仮復旧状況

【鋼矢板護岸の復旧事例（新川）】

河川名	二級河川 新川
被害箇所	西宮市甲子園網引町
延長等	1,081.5m
査定決定額	945,083千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

新川は表六甲河川の最東部に位置する河川で、自立式鋼矢板護岸であり、高潮事業区間の被害が大きかった。被害は河口から上流、国道43号までの延長約1,100m区間で発生し、高水敷の亀裂、高水敷接続部の目地ずれ、パラベットの縦断亀裂、横断亀裂がみられ、一部の区間で漏水も見られた。

高水敷の亀裂は最大0.6m、目地ずれは高水敷とパラベットの接続部で最大0.8m、高水敷と鋼矢板の接続部で最大0.4m、パラベットの縦断亀裂は最大0.1m、横断亀裂は2箇所幅2cm程度天端から高水敷まで入っていた。

被災後、新川において、3箇所のボーリング調査を実施した。地層構成概念は図-V.4.2に示すとおりで、盛土はGL-3.50m (T.P.-2.34) 付近まであり、これ以深の沖積層の層厚は18.5m程度と厚い。沖積層の直下に締まった上部洪積層が分布する。

沖積層は上位より砂主体の沖積層上部層 (Au)、海成粘土主体の中部粘土層 (Am) と続き、沖積層下層 (Al) は砂と泥質土の互層 (上部に砂層・砂質土と下位の粘性土) もしくは砂層主体となっている。

2) 復旧工法

高潮事業区間において被害が大きく、現況の施設では治水機能が確保できないため、被災区間については以下の対策を行うこととした。

まず、応急復旧として、仮設鋼矢板を既設堤防高まで設置した。

次に、本復旧として、沈下した既設堤防を撤去し、新たに同位置にて高水護岸を設置した。完了後、応急復旧にて施工した鋼矢板を天端から2.0mの位置で切断し、笠コンクリートを打設して、高水敷のコンクリート張工を施工して矢板護岸とし、本復旧とした。

3) 工事の概要 (第1工区)

- ・延長 L=1,081.5m (左岸 L=1,025.5m 右岸 L=934.5m)
- ・低水護岸矢板工 2,311.0枚
- ・笠石工 1,955.0m
- ・高水護岸工 1,943.0m
- ・コンクリート張工 6,510.0m
- ・舗装復旧工 858.0㎡

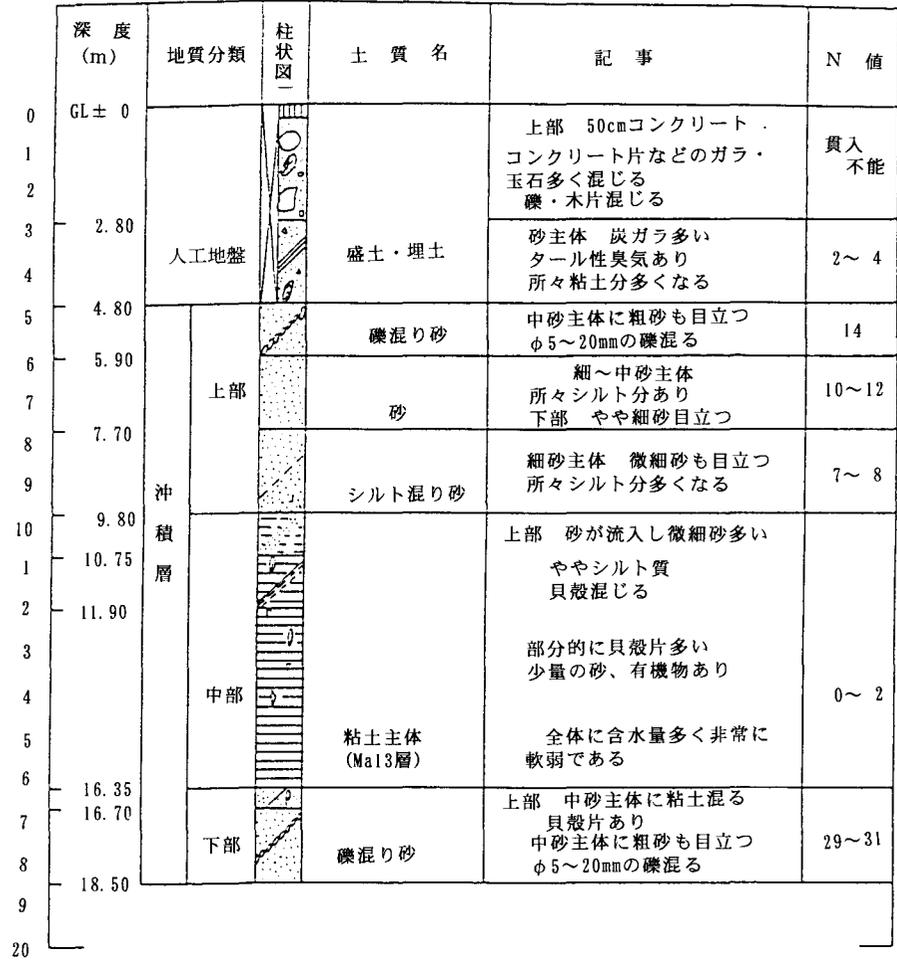


図-V.4.2 地質構成概念図(新川)

【空石積から在来石利用の練石積復旧事例（住吉川）】

河川名	二級河川 住吉川
被害箇所	神戸市東灘区魚崎南町～西岡本
延長等	1,637.8 m
査定決定額	342,050 千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

地震発生後、直ちに住吉川全川にわたり被災状況を確認した結果、空石積の高水護岸等において、次のような被害が確認された。

- ・空石積の高水護岸の天端から崩壊
- ・空石積の高水護岸中段部における亀裂（横方向）、はらみ
- ・高水敷の張りコンクリートの破壊及び低水護岸の天端コンクリートの崩壊

2) 復旧工法

住吉川の護岸工は昭和13年阪神大水害により整備されたものであり、空石積護岸が多く地震の横揺れにより崩壊していた。高水敷は清流の道として親しまれ、市民の憩いの場となっている。また、御影石の産地でもあることから、景観については在来石を流用することにより現状の姿をそのまま残すこととし、耐震性の向上のため練石積工による復旧工法とした。

3) まとめ

被災箇所の区間設定に際し、護岸が崩壊している箇所、護岸の横方向への亀裂（大きさ、ズレ）、及び護岸のはらみの程度により、災害復旧箇所の位置を決めていたが、現場確認に行くたびに、余震の影響とも思われる延長増加が見られた。

また、災害復旧工事中において高水敷き下部において大きな空洞も発見され、低水護岸、高水敷整備も併せて震災復興事業の一貫（防災ふれあい河川整備－災害に強い川、町づくりと一体となった川づくり）として住吉川の改修工事を進めている。



写真-V.4.3 被災状況（天端の崩壊）



写真-V.4.4 被災状況（護岸のはらみ）

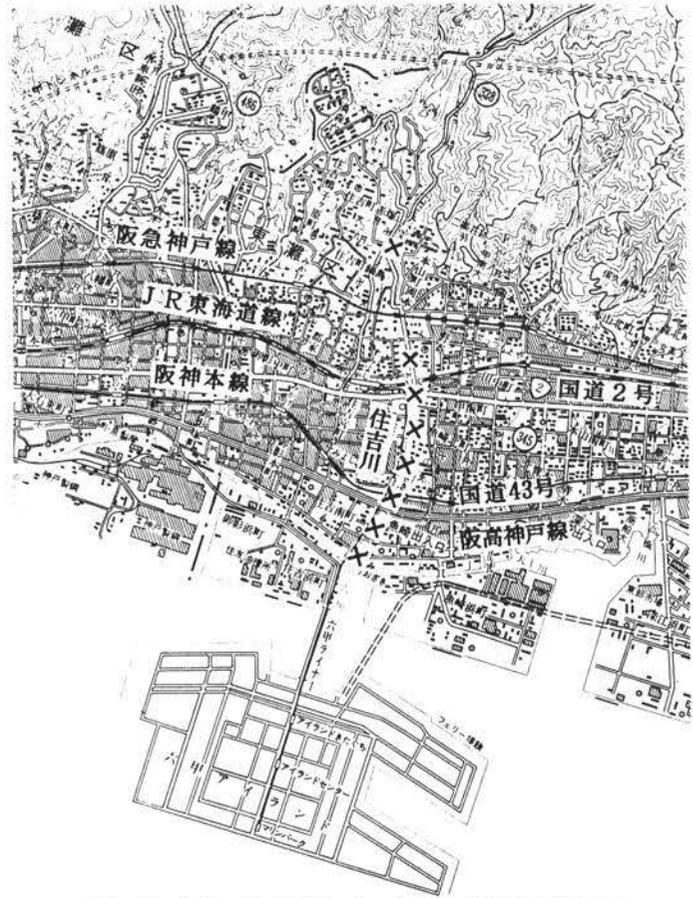


図-V. 4. 3 住吉川における被災箇所位置図

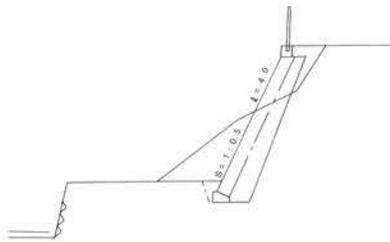


図-V. 4. 4 計画横断面図(1)

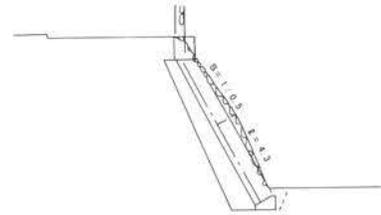


図-V. 4. 5 計画横断面図(2)



写真-V. 4. 5 復旧工事の完成

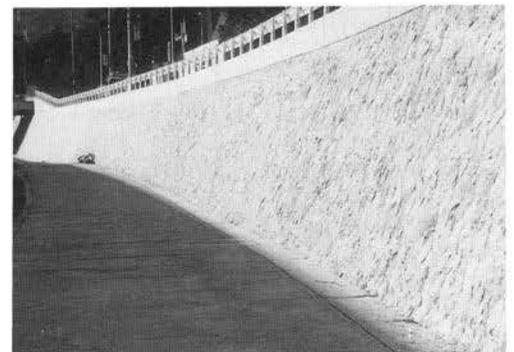


写真-V. 4. 6 復旧工事の完成

【暗渠河川の目地部における損傷に対する復旧事例（宇治川）】

河川名	二級河川 宇治川
被害箇所	神戸市中央区弁天町
延長等	16.0m
査定決定額	163,477千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

地震発生後、直ちに宇治川全川にわたり被災状況を確認した結果、暗渠の目地部において止水板の剥離を伴った損傷を受けている箇所が、河口から約100m以内に左右岸各々4箇所確認された。

そのため、土砂流出防止を目的としてドライブピットにより鉄板（ $t=3.2\text{mm}$ 、 $w=60\text{cm}$ ）の布設作業を側壁部及び頂版部に応急仮工事として行った。

2) 復旧工法

目地部については、被害の大きい4箇所について復旧し、その手法については以下のとおりである。

- ・工事箇所は、河口に近い地下水水位が高く、周辺地盤から施工部への漏水があることから、目地部周辺に止水のための薬液注入を実施した。
- ・目地部は、止水板が剥離している状況であるため、目地を中心として幅1.4mの範囲で既設暗渠を撤去し目地部を復旧した。
- ・施工は2連ボックスの片側の通水を確保しつつドライワークにて実施した。
- ・暗渠継手部打換工 左岸L=16.0m、右岸L=16.0m

3) まとめ

工事箇所は、河口に近く感潮区間であり、本復旧工事においては2重締切を行い海水の流入を防ぐとともに、2連のボックスカルバートの片側の通水を確保しながら施工した。

しかし、応急仮工事施工においては、締切を行う時間的な余裕もなかったため、暗渠内はほぼ満水状態での水中作業となり、潜水夫による資材の搬入、工事施工等困難を極めた。

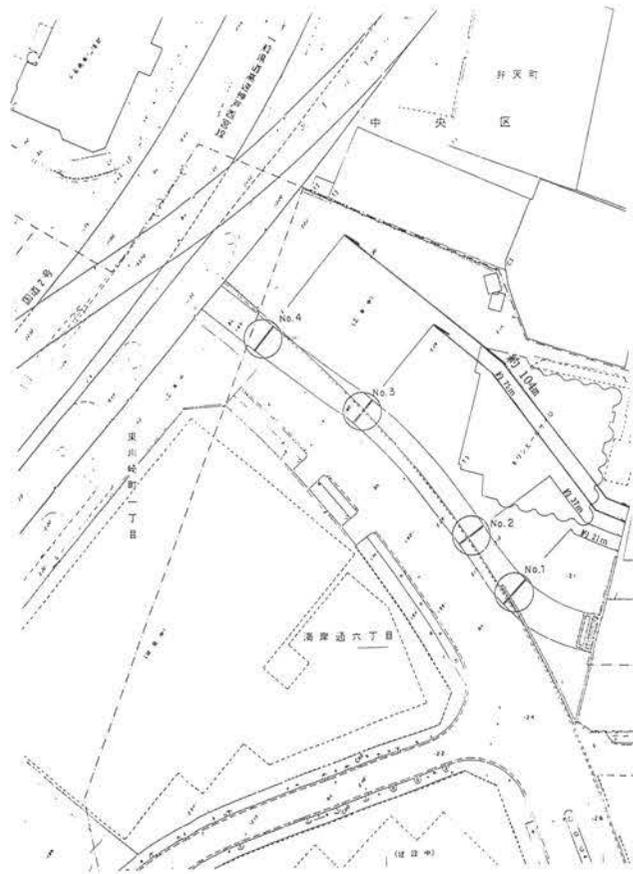


図-V. 4. 6 宇治川における被災箇所位置図

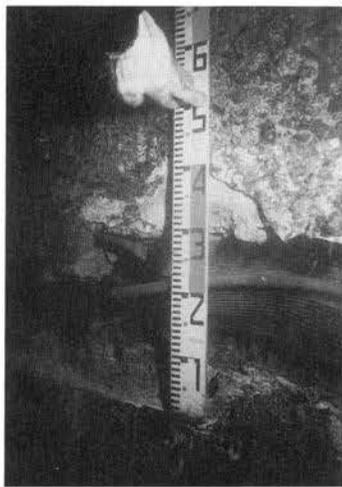


写真-V. 4. 7 事業着手前の状況
(暗渠の目地部の損傷)

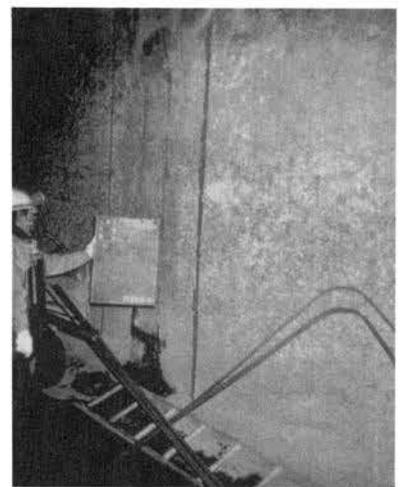


写真-V. 4. 8 応急仮工事の完成

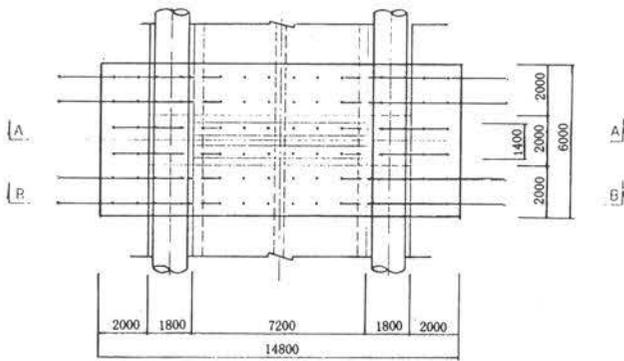


図-V.4.7 薬液注入工計画平面図



写真-V.4.9 薬液注入状況

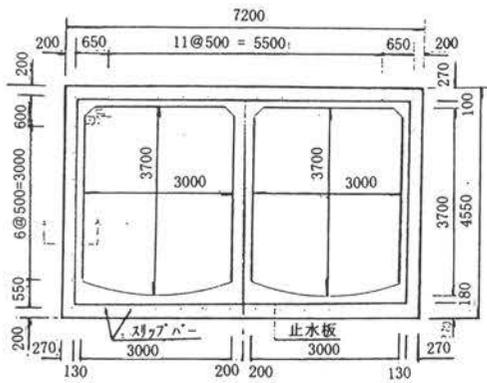


図-V.4.8 目地補修計画断面図

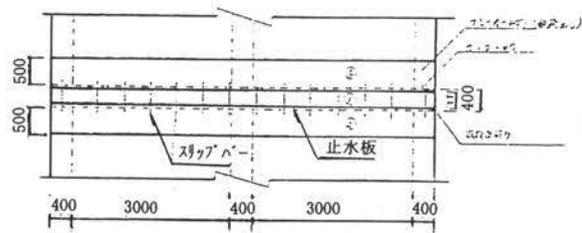


図-V.4.9 目地補修計画平面図



写真-V.4.10 目地補修状況



写真-V.4.11 復旧工事の完成（目地補修完成）

【逆T型RC擁壁による護岸の復旧及び河川トンネルの復旧事例（新湊川災害復旧助成事業）】

河川名	二級河川	新湊川水系	新湊川
被害箇所	神戸市長田区六番町～兵庫区荒田町		
延長等	2,503.0m		
全体事業費	12,181,328千円		
事業主体	兵庫県		

1) 被災状況

被災後直ちに調査に入ったが、開渠部の護岸擁壁には亀裂箇所が多数認められ、河川側に倒れ込み、部分的には倒壊した箇所もあった。この間については護岸倒壊防止のため、H型鋼による切梁の設置、又は土留矢板工を応急仮工事として施工した。

また、河川トンネルの吐口坑門部が倒壊し坑門周囲の斜面崩壊による大量の土砂で、河川が埋塞した。

会下山トンネル内部の被災状況の把握については、高所作業車等を搬入し調査を実施した。

坑内調査の結果、トンネルのアーチ部及び側壁部を構築しているレンガ履工には、剥離や亀裂がみられ、呑口坑門部のコンクリートにはクラックが発生していた。特に呑口より360～400m区間では、下流側に向かってトンネル天端から左側肩部にかけてレンガ履工が垂れ下がり、目地の開口により落盤の恐れが生じた。この間については、H型鋼を配置し、吹付コンクリート工を応急仮工事として施工した。

2) 復旧工法

a. 新湊川改良復旧計画

新湊川改良復旧計画は、災害費を有効利用するため、過去の出水を考慮に入れて工事実施基本計画に適合させ、河積の拡大を行うこととした。助成事業では、住宅密集地であり拡幅が非常に困難なため、現河川法線どおりに河床を掘り下げ、河積の拡大を併せて行うこととした。

開渠部の護岸擁壁断面は、市街地であり背後地の利用状況や擁壁高さ等の検討、擁壁基礎杭の打設工法の検討の結果、場所打ち杭支持による逆T型擁壁護岸とした。

b. 会下山トンネルの改良復旧

会下山トンネルについては、今回の被災で既設トンネル自体が被災したことや、断面が狭小であったことから、新設トンネルと既設トンネル拡幅とを比較検討することとしたが、出水時の施工等の対応が問題となり、切羽保護及び安全な避難システムの確立と、流水の影響を考慮に入れた最適な施工計画の策定が必要となった。このため、(財)先端技術センターに委託するとともに、広く有識者の意見を得るべく検討委員会を設置し検討を行った。

この検討委員会において、現況断面拡大案と新設トンネル設置案に対して、施工性、安全性、工期、経済性について比較検討を行った結果、吐口部は現況断面を拡大し内部でバイパスに分岐する坑内分岐バイパス案が委員会の結論として採択された。

(計画諸元)

- ・流域面積 29.9km²
- ・計画高水流量 260m³/s
- ・計画雨量 94.5mm/hr
- ・超過確率 1/100
- ・計画河幅 9.5~10.0m
- ・河床勾配 1/260~1/300

(事業概要)

- ・全体事業費 12,181,328千円
- ・災害費 5,503,328千円
- ・助成費 6,678,000千円
- ・施工延長 L=2,503.0m
- ・開渠部 L=1,819.8m
- ・トンネル部 L=683.2m

3) まとめ

開渠部の護岸擁壁断面の施工は、都市部であるため、仮設工法の検討、地下埋設物件の処理や人家隣接による地元説明に長時間を要した。また、不法占用物件の移設撤去にも多くの日時を要した。

また、トンネル計画は最終的に坑内分岐バイパス案となったが、現況断面拡大部を施工する際の出水時のオーバーフローに対する切羽防護及び安全な退避方法等の課題・意見が再度指摘されており、施工に当たってはこれらに対して十分な配慮が必要であった。



写真-V.4.12 トンネル上部の垂れ下がり状況

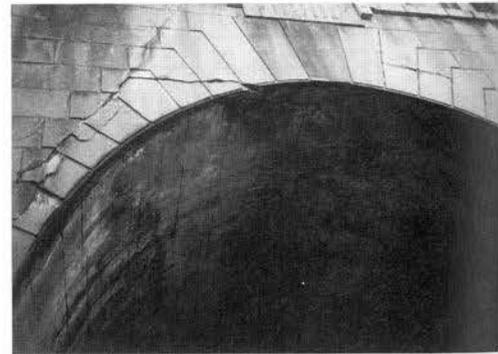


写真-V.4.13 呑口坑門部クラック

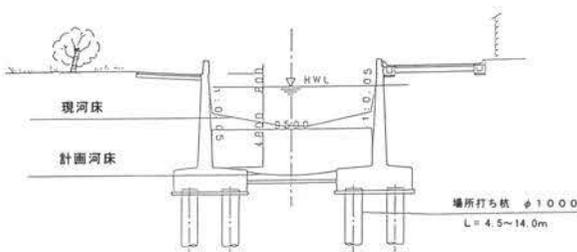


図-V.4.10 計画標準断面図~下流部~

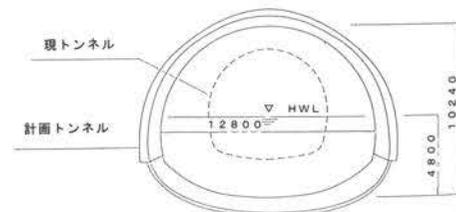


図-V.4.11 計画標準断面図~トンネル部~

【市街地部における石積護岸の復旧事例（高羽川災害復旧助成事業）】

河川名	二級河川 高羽川水系 高羽川
被害箇所	神戸市灘区友田町～灘区深田町
延長等	(護岸工) 620.0m (函渠工) 565.0m
全体事業費	2,508,914千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

高羽川の護岸は空石積み護岸を主体とする工法で整備されていたが、地震動により、崩壊、はらみ出し等の被災が見られた。

護岸の崩壊に伴い、沿川市道の崩落、隣接住宅の崩壊が生じ、一部では崩壊殻による河川の閉塞等もあった。

2) 復旧工法

高羽川の現在の流下能力は最小区間で $6 \text{ m}^3/\text{s}$ であり、計画高水流量 $31 \text{ m}^3/\text{s}$ に対して著しく不足している。近年では昭和13年7月、昭和42年7月の豪雨により土石流が発生し、河川の氾濫によって被害を被った履歴がある。

このため護岸の復旧と河積の拡大を主眼とした改良復旧をはかることとし、災害復旧助成事業を導入した。

基本断面については、本河川沿いに民家が密集し地上での河積拡大は困難であるため、本河川と平行する市道の地下に函渠を設置し、現河川を上回る流下能力を確保するため、二層河川断面により整備することとした。

また、現河川（地上河川）の護岸は、在来石を再利用し練石積護岸工で復旧することとしたが、公園や小学校の存在する事業区間上流部は親水護岸を整備し、環境保全と水辺利用をはかることとした。

(計画諸元)

- ・流域面積 0.72 km^2
- ・計画高水流量 $31.0 \text{ m}^3/\text{s}$
(1/100年確率)
- ・地上河川 $6.0 \text{ m}^3/\text{s}$
- ・地下河川 $25.0 \text{ m}^3/\text{s}$

(事業概要)

- ・全体事業費 2,508.914千円
- ・災害費 427,914千円
- ・助成費 2,081,000千円
- ・事業期間 平成7年度～平成9年度
- ・護岸工 620.0m
- ・函渠工 565.0m

3) まとめ

当河川は、周辺が高度に土地利用されており、河川に併設されている道路が、重要な生活道路となっており、ライフライン等の埋設管も多く、それらの調整が必要である。そのほかに、人家連担地区であるため人家の出入り口が河川に面しており20橋を越える占用橋が設置されている等、河川掘削にあたっての仮設工法の問題がある。

また、地上部における河積の拡大が不可能であったことから、助成事業で二層河川としたが、河床勾配が急であるため、函渠については模型実験による斜流等の検討を行い、流入口、吐口工の断面を決定し、安全に洪水を流せるよう確認した。

人家連坦地区では、護岸工事の完成後でないと家屋の再建ができない区間もあり、沿道住民の生活への影響を最小限に留めるよう、工法、施工手順等に配慮し早期復旧をめざしている。

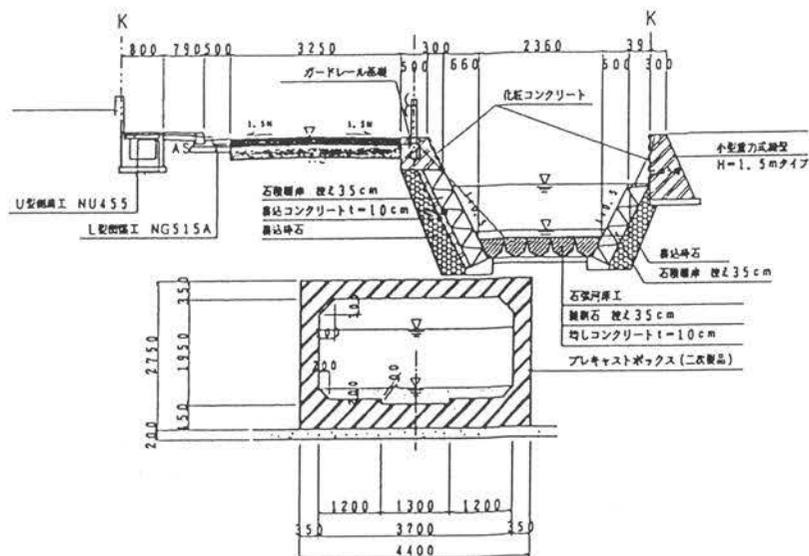
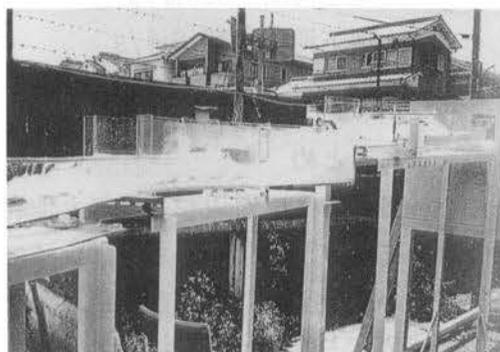


図-V. 4. 12 災害復旧助成事業標準断面図（計画高水流量に対応した助成事業の断面）



写真-V. 4. 14 高羽川の被災状況



〔100年に一度の大雨に対しても安全に洪水を流せる断面であることを縮尺1：25の模型を作り確認している。〕

写真-V. 4. 15 模型実験状況

【地下河川の復旧事例（千森川災害復旧助成事業）】

河川名	二級河川 千森川水系 千森川
被害箇所	神戸市須磨区須磨浦通 ~ 須磨区離宮西町
延長等	915.5m
全体事業費	2,519,705千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

千森川は、市街地の道路の下を流れる暗渠河川である。地震発生後、直ちに暗渠の被災状況調査を実施した結果、側壁の移動、インバートの浮き上がり、天版のクラック等多数損傷があり、次期出水で甚大な被害が想定されるとともに、道路通行車両に対しても非常に危険な状態であることが確認された。その後7月の豪雨の出水で道路が陥没し全面通行止めになるなど、被害の増破があり、周辺住民の生活に大きな支障をきたしていた。

2) 復旧工法

本事業区間は、災害復旧として $L=915.5\text{m}$ が採択されたが、被災箇所の原形復旧のみでは、十分な効果が期待できないため、未災箇所を含めた河口部より神戸明石線横断ボックスまでの延長 $L=1,106\text{m}$ の区間を一定計画に基づき改良復旧事業で函渠の河積を拡大することにより、沿川住民の生命、財産を守り、生活の安定及び災害に強い地域づくりをはかる。

a. 災害復旧工法

本河川は暗渠河川であるが、上部は南北アクセスの重要な交通路でもあり、現況暗渠と同断面積のボックスカルバートによる原形復旧で採択された。

(復旧概要)

- ・ 復旧延長 : $L=915.5\text{m}$
- ・ 函渠工 : $L=915.5\text{m}$ ($B=1.8\sim 3.6\text{m} \times H=1.1\sim 1.5\text{m}$: ボックスカルバート)
- ・ 支川合流工 : $L=5.0\text{m}$

b. 災害復旧助成事業

災害費を有効利用し再度災害防止を図るため、未災箇所を含め河口より確率 $1/30$ 、計画流量 $14\text{m}^3/\text{s}$ (設計流量 $19\text{m}^3/\text{s}$)、計画川幅 $W=1.5\sim 3.0\text{m}$ 、河床勾配 $I=1/14\sim 1/90$ の計画で、神戸明石線までの延長 $L=1,106.0\text{m}$ を暗渠河川により改良復旧することとした。

高倉川合流点より下流については、通行止めを行い、占用管(ガス、上下水)を移設しながら、開削工法によりボックスカルバートを敷設するが、上流については迂回路がないことから通行止めできないため、推進工法により施工することとし早期復旧を図る。

(事業概要)

- ・全体事業費 2,519,705千円
- ・災害費 1,388,705千円
- ・助成費 1,131,000千円
- ・復旧延長 : L=1,106.0m
- ・暗渠工 : L=1,046.5m
- ・函渠工 : L=646.5m
- ・推進工 : L=400.0m
- ・底張工 : L=59.0m

3) まとめ

千森川は、洪水による浸水被害を繰り返しており、昭和57年の災害を契機に都市小河川改修事業により放水路の整備中であるが、残流域部の現河川が今回の地震で被災したことから、助成事業により総合的に千森川流域の洪水に対する安全性を確保するとともに、震災を教訓に耐震性の高い構造とし、また消防活動に対して河川水の利用を可能とするなど、災害に対して総合的に強い河川として生まれ変わる事となる。



写真-V. 4. 16 インパートの浮き上がり及び側壁移動状況



写真-V. 4. 17 路面陥没状況

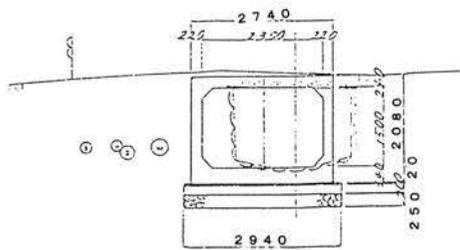


図-V. 4. 13 災害復旧断面 (千森川上流部)

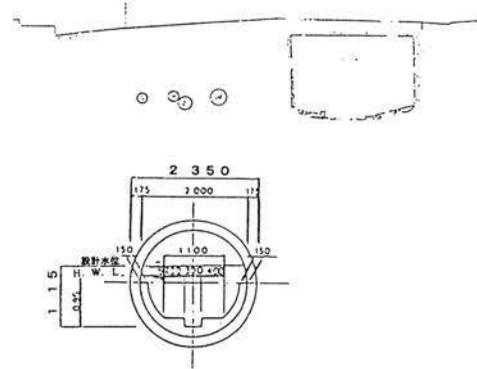


図-V. 4. 14 改良復旧断面 (千森川上流部)

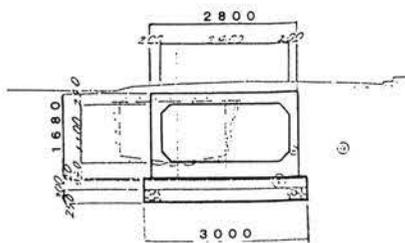


図-V. 4. 15 災害復旧断面 (千森川下流部)

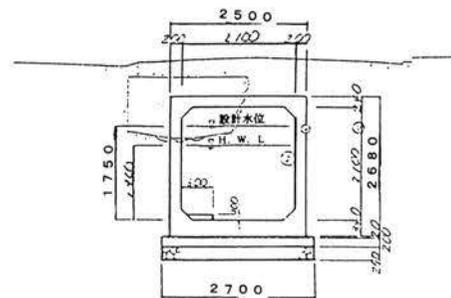


図-V. 4. 16 改良復旧断面 (千森川下流部)

【被災河川構造物（水門、排水機場）の復旧事例（汐入川）】

河川名	二級河川 汐入川
被害箇所	姫路市広畑区富士町（左岸）～姫路市大津区勤兵衛（右岸）
延長等	65.0m
全体事業費	3,227,894千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

汐入川排水機場は、昭和49年に河川高潮対策事業によって設置された施設である。

地震発生後、直ちに目視点検及び作動状況の点検を行い、さらに潜水探査、土質調査等を行った結果、次のような被害が確認された。

- ・水門堰柱中、下部、床版に多数のひび割れ（下部、床版は潜水探査による）
- ・排水機場1F床面、地下側壁、上屋壁面等に多数のひび割れ
- ・排水機場基礎杭の先端付近の地盤の支持力低下（土質調査による）及び、そのことによる機場全体の不等沈下

*排水機場のコンクリートのひび割れは、地震動によるものと不等沈下に伴う機場全体の变形によるものとの両者が要因であると考えられる。

2) 復旧工法（査定時）

a. 水門

堰柱下部、床版等の水中部の応力が集中する部分において多数のクラックが生じており、また十分な補強が困難であることから現位置で改築することとした。

ただし、被災していない電気・機械設備については流用とした。

b. 排水機場

内部については、クラックは樹脂等で充填しその上から鋼板等で補強することとし、特に荷重のかかるエンジン床版については底面を支保工で補強することとした。

排水機場全体の不等沈下対策については、以下の補強工法の検討を行い、グラウト工法を採用することとした。

- ・基礎杭先端付近及び軟弱な機場底面の地盤支持力を上げるため、グラウト工法により地盤改良する工法
- ・排水機場が傾いている側にコラムジェット工法等によりコンクリート壁を地中に作り、これ以上の変形を抑制する工法
- ・排水機場底版に横桁を設置して機場を上げる工法

なお、水門堰柱の倒れ（7cm/5m）によりゲート開閉時に異音がするものの、ゲート本体巻上装置、エンジン、ポンプ等の電気・機械設備については特に異常は見られなかった。

（復旧工事概要）

延長 L=65m

排水機場基礎グラウト工 V=1,230^m

排水機場補修工 1.0式（クラック補修、鋼板補強、支保工設置等）

水門本体復旧工 1.0式

水門電気機械設備工 3門（設備の流用）

3) 県単独事業との合併施工について

査定時は現位置にて原形復旧の方針のもとに提案を行ったが、河川の半川切替えによる水門の施工、グラウト工による地盤改良等非常に施工管理が難しいこと、排水機場という重要構造物であり、より確実な耐久性が必要とされること等を考慮し、県単独事業との合併施工により下流側に全面改築することとなった。

改築計画に際しては、被災していない電気・機械設備については再度点検の上、経済性を考慮し基本的に流用とした。ただし、機能面、信頼性、耐用年数等の問題から一部機器については更新としている。

また、改築計画に際しポンプ容量の見直しも行き、既設のポンプ ($5.75\text{ m}^3/\text{s} \times 3$ 台) で高潮時の百年確率の雨に対応できる旨の確認も行っている。

(合併施工概要)

延長 $L=120\text{ m}$

水門改築 1.0式 (本体・電気・機械・上屋)

排水機場改築 1.0式 (本体・電気・機械・上屋)

既設排水機場補修工 1.0式

事業費 $C=3,227,894$ 千円 (災害費 $1,377,747$ 千円 県単費 $1,850,147$ 千円)

4) まとめ

本件災害は、地震により河川の排水機場が被災したという数少ない事例であり、既設の機場の機能を確保しながらどのような復旧工法をとるべきなのか、という点に苦慮した。

結果的には、施工法、耐久性等から県単独費との合併施工で下流側に全面的に改築という道を選んだが、合併施工にあたっては、被災した既設の水門・排水機場は暫定的な補強をしながら運転し、3年間で水門・排水機場まで完成させるというかなり厳しい工程となっている。そのような中で、いざ水門施工のための切替水路に着工すると、予想もしなかった巨大なコンクリート製の旧護岸が現れる等、依然難問続きではあるが、排水機場の早期完成を目指して鋭意努力しているところである。



写真-V. 4. 18 排水機場被災状況
(側壁のクラック)



写真-V. 4. 19 水門堰柱ひび割れ状況
(汐入川排水機場)

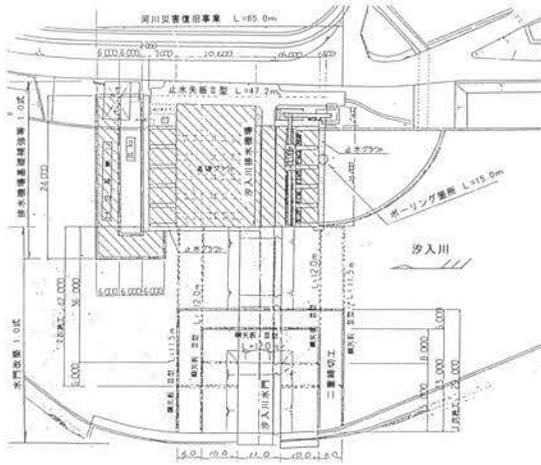


図-V.4.17 災害復旧平面図

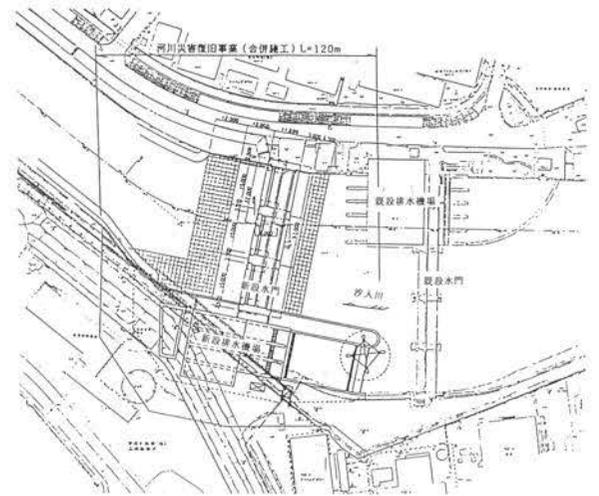


図-V.4.18 合併施工平面図

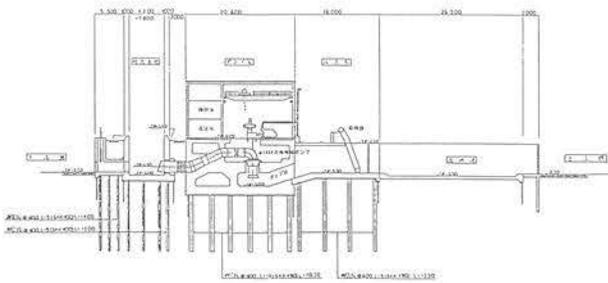


図-V.4.19 排水機場断面図

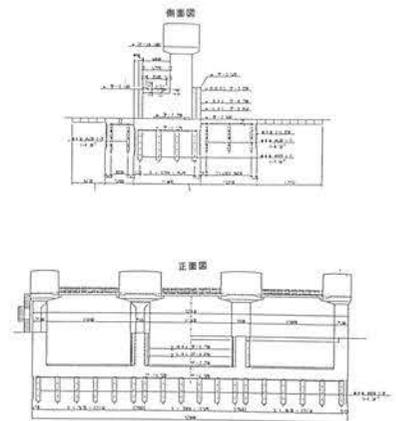


図-V.4.20 水門一般図



写真-V.4.20 水門施工のための切替水路施工

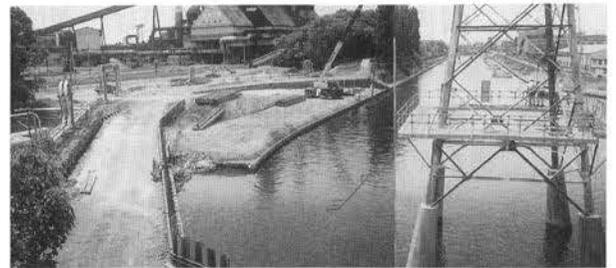


写真-V.4.21 水門施工のための切替水門施工

【河積拡大、特殊堤防の脆弱部復旧事例（中島川災害復旧助成事業）】

河川名	一級河川 淀川水系 中島川
被害箇所	尼崎市大高洲町～杭瀬南町
延長等	3,490m
全体事業費	29,430,728千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

中島川においては、高潮堤防の沈下、コンクリート護岸の損傷（ひび割れ、床版の傾斜等）の被害が3.49kmにわたって発見された。特に下流側の約1.0km間の損傷が大きく、通常の満潮位でもひび割れ部から漏水が見られ、堤内地の工場、家屋等が床下浸水した。

a. 堤防天端沈下

昭和43年に嵩上げされたL型コンクリート擁壁は、鋼管杭に支持されていたが、杭とともに0.1～1.8m程度沈下した。沈下は被災区間の下流側から2.0kmまでの区間が著しく、漏水は下流から1.0～2.0kmの延長約1.0kmの区間で発生した。しかし、河口より0.6～1.0km区間は新設護岸（鋼管矢板護岸）が既に施工されており、被害の発生はなかった。

b. コンクリート護岸の亀裂

堤防法面は、全区間にわたって無筋コンクリートで覆工されており、沈下の大きかった2.0kmより下流は川表、裏とも1～2列の連続した幅1cm～15cmの亀裂が生じていた。この内、0.5～0.6kmの堤外側での変状が著しく、1:1～1.5の法面が水平に近い状態となった。

c. 裏法コンクリート覆工沈下

天端のL型コンクリート擁壁は盛土上に施工されており、裏法面はコンクリートで保護されていたが、堤体及び護岸がL型コンクリート擁壁より10～50cm沈下して擁壁下は空洞化し、裏法コンクリート覆工との間に段差が生じた。

d. 漏水

堤内地盤高が低い区間では、潮位が高くなると裏法コンクリート覆工の亀裂部から漏水が発生し、後述する応急止水工事が終了するまで続いた。

漏水は延長100m当たり43ℓ/s（簡易観測平均値）が確認され、ほとんど濁りもなく、海水そのものであった。

e. その他

L型コンクリート擁壁上は一般道路として利用されていたが、大きな変状が生じ、一般車両は通行止めとなった。

本堤防は、2本の鋼管杭で支持するような構造で構築されており、杭はその先端がN値10前後の沖積土層内に入っているため、多少の先端支持力が期待ができるが一般的には摩擦杭と考えられる。したがって、堤防盛土層を含めた堤防全体の沈下が生じ、杭支持がほとんどなされなかったものと考えられる。

このように堤防被害は、地震による堤体盛土層の変形に起因するものと考えられ、その結果として堤防天端の沈下、川表・裏のコンクリート覆工の亀裂、裏護岸の沈下などの被害が生じたものと思われる。このような変形が生じたのは、盛土層自体が緩く地震動により変形したためであるのか、又は、基礎地盤の沖積砂質層が液状化を起こしたため盛土層が水平変位等を生じたためであるのか判断するのは困難である。実際には被災区間で液状化による噴砂現象はみられなかったものの、盛土層や沖積砂質層は、そのN値と土質試験の結果から簡易判定では液状化が生じた可能性のある部分も見られた。

2) 復旧工法

a. 応急復旧工法

地震直後から潮位が高くなると漏水が発生した下流の約1km区間で対策を行った。

まず、堤防裏法尻に土のう積み工を施工し、被害の拡大を防ぐ応急対策を講じたが、満潮時には依然漏水が止まらず、その漏水量は日増しに増える傾向にあった。そのため、短期間で確実に漏水を止めるため、川表堤防法先に止水矢板を打設するとともに、矢板背後にはOP+3.0mまで盛土を行った。

b. 災害復旧工事

災害復旧工事の申請にあたっては、各被災箇所と被災規模に応じ対策工法を組み合わせさせて行った。

ある区間は、堤体・パラベットの沈下・変状、コンクリート覆工の亀裂等の被害が大きく、堤体全体の改築が必要であると考え、高潮堤防としての機能維持を図る工法として、3案について比較検討を行った。

各案について検討した結果、最終的には逆T式擁壁で復旧することとした。この工法では、堤体背後に一部不等沈下が生じる恐れがあるが、擁壁下部に支持杭と遮水矢板を打つことにより堤防の沈下、変形及び側方流動を抑止できる。

被害の小さい区間は、L型コンクリート擁壁下の空隙のモルタル充填、パラベットの嵩上げで復旧することとした。

以上が親災の考え方であるが、復旧にあたっては、助成事業で実施することとした。

3) 災害復旧助成事業

中島川の助成区間の上流部は、高潮対策事業により低水護岸（鋼矢板護岸）を施工していたため、今回の地震によっても側方流動を抑制し被害が軽くてすんだ。従って助成事業で全長L=3,490mにわたって低水護岸を施工する。

防潮堤の構造については、短い区間で防潮堤の構造を繰り返し変化させることは好ましくなく、かつ既設防潮堤は逆T式擁壁と比較して脆弱であり、堤体強度の連続性を図るため助成区間全てを逆T式擁壁で連続施工する。

河積の拡大については、都市化が著しく進んだ地区であり、工場、家屋が背後地に隣接しているため、現堤防位置で施工し、引堤が実施できないため河床掘削が必要となるが、工事实施基本計画（高潮事業全体計画）が確率1/200であるのに対し、当面、上流のJR橋、国道2号橋梁等の改築ができないため、助成事業では確率1/10の河床掘削を行うこととした。

低水護岸については、今回確率1/10に対応する鋼矢板で施工すれば、近い将来、JR橋、国道2号橋梁等の改築時、手戻りとなるため確率1/200に対応する鋼矢板で施工することとした。

4) まとめ

地震直後から、潮位が高くなると漏水が発生し、工場や民家の床下にも浸水した。これに対して現堤より川側に鋼矢板を打ち、その間を盛土する応急仮工事を直ちに着手し、約10日後に漏水を止めることができた。

本事業は、堤体全面改築による堤体の強化、耐震性の向上、洪水に対する安全性の向上、さらに緊急時（災害時）における防災機能の向上や、修景、緑化等にも配慮した環境整備等を図ることとしている。

現在、順次二重締切鋼矢板を打設し、本堤の撤去、全面改築を行っているところであるが、一部で他事業との調整が必要な箇所があり、多種の問題が残っている。

沿岸施設への影響を最小限にとどめるよう阪神地域の玄関口である中島川の早期完成を目指して鋭意努力しているところである。

(事業概要)

- ・全体事業費 29,430,728千円
- ・災害費 13,311,728千円
- ・助成費 16,119,000千円
- ・延長 3,490m

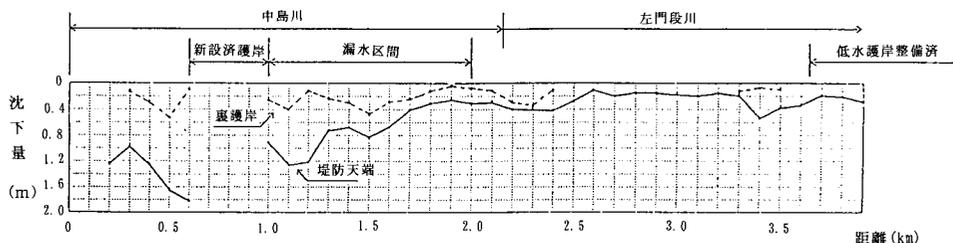
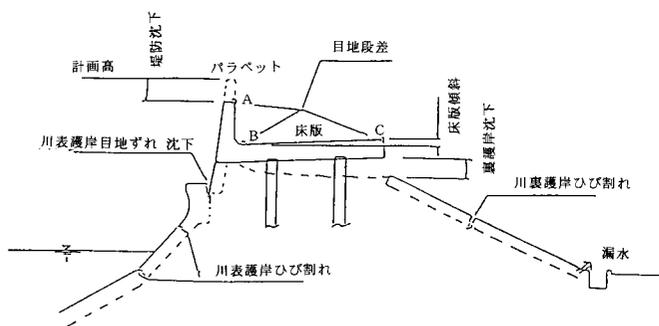


図-V. 4. 22 堤防沈下縦断面図



写真-V. 4. 22 事業着手前の状況
コンクリート履工護岸の
亀裂と堤体の沈下



写真-V. 4. 23 川裏法尻漏水による
土のう積み状況

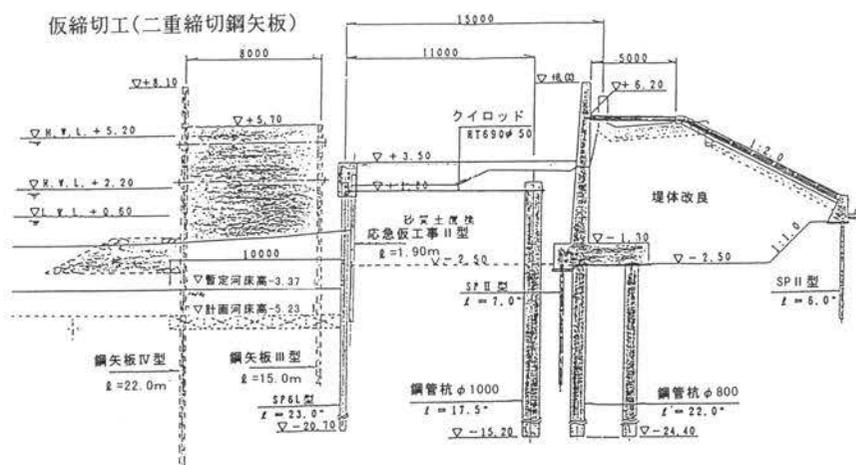


図-V. 4. 23 災害復旧助成事業標準断面図



写真-V. 4. 24 現在の復旧状況 (二重締切完了後、既設堤防の掘削)

【石積み護岸（兼用道路）の復旧事例（東川）】

河川名	二級河川 東川
被害箇所	西宮市西福町
延長等	689m
全体事業費	762,481千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

東川は昭和30年から40年に施工した空石積護岸が大半を占める堀込み河川であり、この河川沿いに生活通路として市道が併設されている。

地震により空石積護岸が崩壊・はらみ出し・河床張コンクリートの盛り上り等の被災が確認された。

2) 復旧工法

a. 復旧工法

東川兩岸は生活用道路となっており、特に第3工区ではその道路下にガス・下水道等のライフラインが縦断方向に埋設されている。

工事の実施にあたり掘削の影響を最小限にとどめ、被災地住民の生活環境を保持するため、護岸の肩に仮設鋼矢板を施工し復旧を行うこととした。

b. 改良復旧事業

被災箇所の一部は、平成元年度の大水害により流下能力拡大を目的として激甚災害対策特別緊急事業実施中であったため、復旧は合併施工により実施した。

(復旧工事の概要)

・復旧延長	689m
・全体事業費	762,481千円
・災害費	135,339千円
・中小改良費	627,142千円

(事業概要)

・石積護岸	2,632㎡
・河床掘削	5,690㎡
・仮設鋼矢板	1,089m

3) まとめ

阪神間の河川は、当河川のように周辺が高度に土地利用されており、河川に併設されている道路が、沿道住民の生活に大きく関わっている。

このため、施工に対しては、騒音、振動、ほこり、交通の確保等に注意を払うだけでなく、沿道住民の生活への影響を最小限に留めるよう、工法、施工手順等に配慮することが、この現場のポイントとなった。



写真-V. 4. 25 事業着手前の状況
(護岸のはらみ、崩壊)

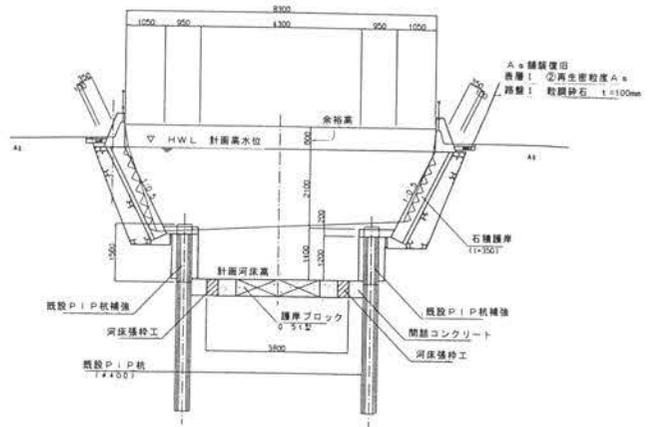


図-V. 4. 24 災害復旧標準断面図

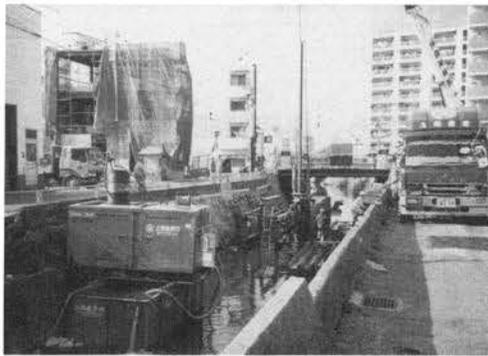


写真-V. 4. 26 水替用鋼矢板施工

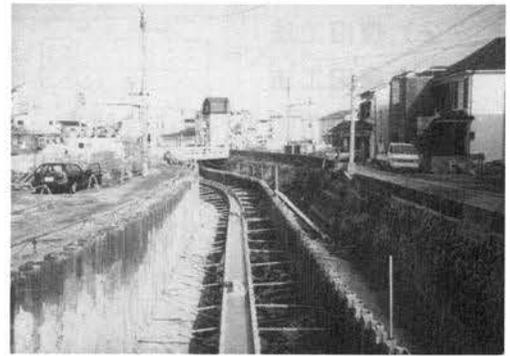


写真-V. 4. 27 P・I・P杭補強鉄筋
コンクリート施工



写真-V. 4. 28 土留用鋼矢板施工



写真-V. 4. 29 復旧工事の完成

【動的挙動による堤体のすべり崩壊からの復旧事例（天神川）】

河川名	二級河川 武庫川水系天神川
被害箇所	伊丹市瑞原
延長等	315.0m
査定決定額	343,404千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

天神川の築堤区間において、左右岸約300mにわたり大規模な亀裂が生じ、堤防天端が陥没するとともに法面部のはらみ出しが生じる等、典型的な円弧すべりの兆候が現れ大きな被害を受けた。また、左岸堤内地で基礎地盤を構成する砂質土層が液状化し、噴砂現象が確認された。



写真-V. 4. 30 天神川の被災状況

2) 復旧工法

a. 復旧工法

堤体が円弧すべりの性状を呈していることから、堤防機能が損なわれており、仮締切堤を築造して堤防の全面改築を行うこととした。

仮締切堤は、河川幅が狭く堤内地は人家連担地区であるため、堤体内に二重矢板を施工する工法を採用した。

b. 復旧工事の概要

堤体の切返しは、想定すべり面を包絡する範囲とし、砂質土層が液状化により軟弱化していると考えられる地点から上流は、この砂質土層まで切返すこととした。

(工事概要)

- ・二重矢板仮締切堤 484.7m
- ・築堤および石張工 565.2m

3) まとめ

地震動により、堤体は円弧すべりを起こしているほか、噴砂現象が確認された。

この噴砂現象を誘発する地層を特定し評価することが、復旧範囲の設定にあたり、重要なポイントとなった。

また、工事実施にあたり、堤防土の含水比調整のため、一時仮置場として約2,000㎡のスペースが必要であった。しかし、河川周辺は市街化されており、また被災地対策と相まって適当な敷地がなく、仮置場の選定に苦慮したところである。最終的には、伊丹市の協力により貴重な市公園用地等を2箇所借用して工事を進めた。

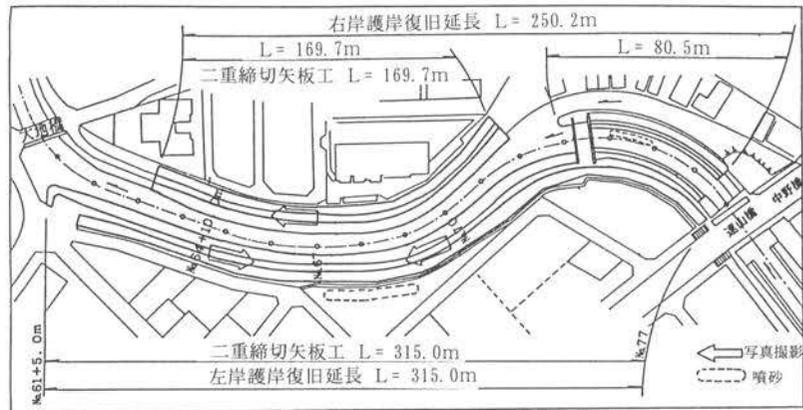


図-V. 4.25 天神川災害復旧工事平面図

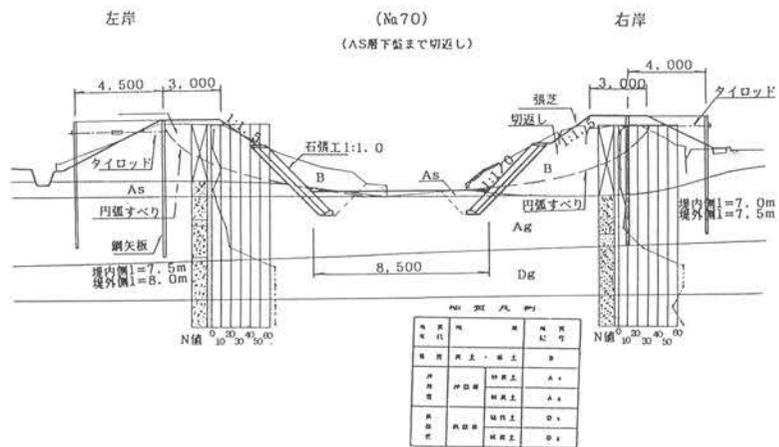


図-V. 4.26 復旧標準断面図 (AS層下盤まで切り返し)



写真-V. 4.31 鋼矢板打設



写真-V. 4.32 二重矢板完了



写真-V. 4.33 堤防切返し



写真-V. 4.34 復旧工事完成

【堤防の広域的な沈下・亀裂被災からの復旧事例（武庫川）】

河川名	二級河川 武庫川水系武庫川
被害箇所	尼崎市、西宮市
延長等	11,256.0m
査定決定額	2,108,066千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

武庫川は築堤河川であり、堤防天端は県道及び市道として南北の重要な交通路となっている。地震により、河口付近から上流へ約10kmにわたって兩岸に次のような大きな被害が確認された。

- ・堤体の亀裂（亀裂深 天端：最大70cm 法面：最大110cm）
- ・堤体の沈下（沈下量 最大106cm）
- ・堤体の円弧すべり（尼D工区 延長232m）
- ・高水敷の亀裂（亀裂深 最大100cm）
- ・護岸の損傷（崩壊、亀裂、沈下）

2) 復旧工法

a. 堤防の応急復旧

二次災害防止を目的として以下の応急復旧を行う。

- ・亀裂に対して、セメントミルクの注入及びAsオーバーレイを実施
- ・被害が甚大な区間は鋼矢板による仮締切を実施

尼D工区 240m（円弧すべり）

西C工区 340m（H.W.L以下まで亀裂、堤防法尻付近まで連続する亀裂）

b. 堤防の本復旧

堤防の被災が広範囲にわたること、被災形態が類似することから、復旧工法は被害の程度に応じてパターン化して適用することとし、以下の方針で堤防機能の復旧を図ることとした。

表-V.4.2 復旧工法のパターン

被害の程度	復旧工法の適用
堤体の亀裂	亀裂については、水みちとなるため切返しにより除去する。切返し範囲は、亀裂が堤体内に及んでいる区間については、余裕をみて亀裂先端から20cm以深までとする。亀裂が舗装内で留まっている区間は舗装全体を切返す。
堤体の沈下	即時沈下による堤防天端の沈下に対しては、被災前の高さに嵩上げを行う。嵩上げは、治水面での影響を考慮して沈下量10cm以上の区間を対象とした。
堤体の円弧すべり	円弧すべりを起こしている区間は、堤防機能が損なわれているため想定すべり面を外挿する形で切返しを行い再構築する。
高水敷の亀裂	高水敷の亀裂は、高水敷高が背後地盤高より高い場合を対象とし、堤防法尻から堤防高の2倍の範囲について切返しを行う。

c. 復旧工事の概要

- ・復旧箇所 37件
- ・総復旧延長 11,256m
- ・堤体嵩上げ、切返し及び舗装復旧 8,586m
- ・護岸復旧 2,670m

3) まとめ

地震災害の特徴とはいえ被災箇所が非常に広範囲にわたり、その実態の把握並びに復旧工法の選定に最も苦慮したところである。

また、堤防天端道路は主要な南北の交通路であり、周辺の道路も大きな被害を受けていることから、復旧区間全体を同時に通行止めができない状況にある。このため迂回路の設置、反復施工、工事時期の調整等の交通網に対する配慮が必要であり、水害とは異なる側面をもつ復旧作業である。



写真-V. 4. 35 堤体の亀裂・沈下
(西C工区)



写真-V. 4. 36 堤体の円弧すべり
(尼D工区)



写真-V. 4. 37 高水敷の亀裂
(西C工区)



写真-V. 4. 38 堤水護岸の沈下
(尼D工区)

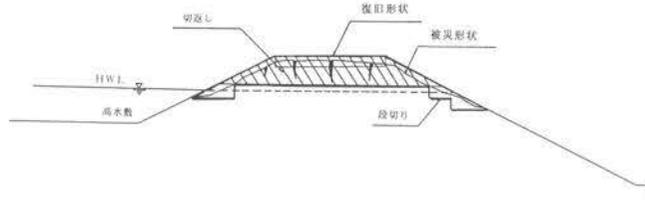


図-V. 4. 27 堤体の亀裂・沈下の復旧標準断面（武庫川）

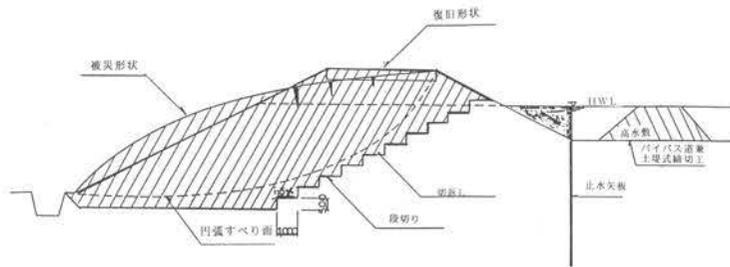


図-V. 4. 28 堤体の円弧すべりの復旧標準断面

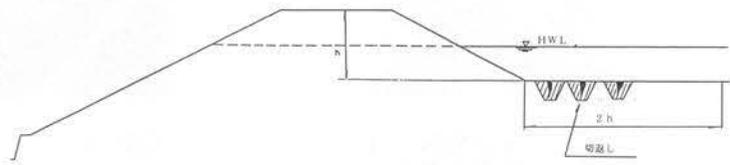


図-V. 4. 29 高水敷の亀裂の復旧標準断面



写真-V. 4. 39 復旧工事の完成
（堤体の亀裂・沈下：西C工区）



写真-V. 4. 40 復旧工事の完成
（堤体の円弧すべり：尼D工区）

【埋立地の側方流動により被災した矢板護岸の復旧事例（宮川）】

河川名	二級河川 宮川
被害箇所	芦屋市若葉町地内
延長等	752.0m
査定決定額	1,328,353千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

地震発生後、直ちに宮川全川にわたり点検した結果、次のような被害が確認された。

a. 地盤の液状化と側方流動

芦屋浜の埋立に用いられた砂が液状化し、高水敷等で噴砂した。また、川幅が最大4.4m縮まっており、堤体が側方流動していることが確認された。

b. 堤防（護岸）の損傷

堤防のいたる所に地割れ（クラック）が発生し、特に、控え杭の背後では大きな陥没がみられた。また、低水護岸は川側に大きく傾斜（5°程度）し、高水護岸にはクラックや目地の開きがみられた。

2) 復旧工法

全面復旧を前提として、原形復旧案で検討を行った結果、次のような問題が生じた。

- ・既設鋼矢板、タイロッド、控え杭等は損傷が大きく再利用は不可能である。
- ・施工ヤードの関係上、台船による施工となるが、複数の作業船団を投入できないため、工事が長期化する。
- ・通年施工となるが、高潮時の止水高確保に無理がある。

したがって、上記の問題に対処すべく、以下のように復旧断面を変更する工法を採用した。

- ・施工性重視（緊急工事） : 陸上施工
- ・自立式鋼矢板護岸形式の採用 : 既設護岸前面に鋼矢板打設
: 矢板天端高＝計画堤防高
(高潮対策：高水護岸施工後切断撤去)
: 耐震性の向上
- ・河積確保（完成時の矢板天端高を極力低くし護岸勾配を緩くする。）
: 親水性、景観の向上

(工事概要)

・復旧延長	752.0m	・ブロック積工	470m
・鋼矢板護岸工	1,500m	・パラペット工	411m
・低水護岸工	1,482m	・水路工	1,480m
・ブロック張	975m	・舗装工	4,800m ²

3) まとめ

これらの工法は、施工性、経済性を重視しつつ、河川環境（親水性、景観）、耐震性の向上に配慮した結果であり、現在早期復旧に向けて事業中である。

今回の地震では、埋立地の人工地盤における河川において、堤内から河川側への側方流動が著しく、まさに地震エネルギーの大きさをあらためて認識したところである。堤内側も宅地ごと流動しており、元の河積の確保と復旧工法の選定が提案のポイントとなった。



写真-V. 4. 41 事業着手前の状況
(側方流動)



写真-V. 4. 42 事業着手前の状況
(控え背後の陥没)

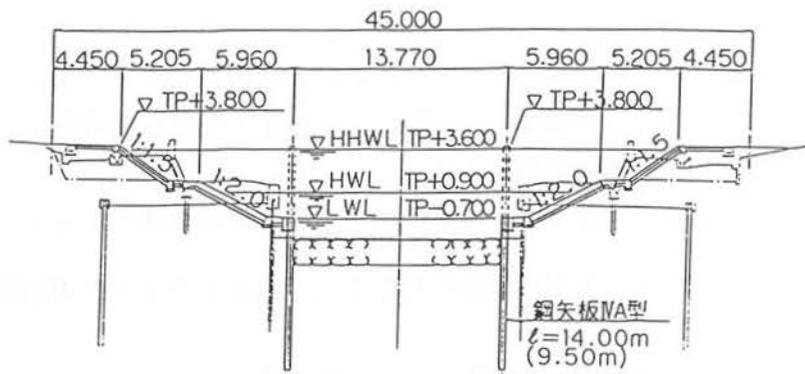


図-V. 4. 30 復旧標準断面図



写真-V. 4. 43 鋼矢板圧入状況



写真-V. 4. 44 鋼矢板圧入完了

【河側に変形した矢板護岸の復旧（旧猪名川）】

河川名	一級河川 旧猪名川
被害箇所	尼崎市戸ノ内町
延長等	855.0m
査定決定額	675,561千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

旧猪名川は、大阪と兵庫の府県境を貫流しており、流路延長1.75kmの排水路及び高潮対策のポンプ場の貯留池となっている。護岸は控壁式のタイロッド式鋼矢板護岸で、堤防上は河川敷公園として利用されている。

右岸側下流端より上流への延長855mの区間において、地震動により控壁の抵抗力が失われ、鋼矢板が弾性限界を超え水路側に2°～9°変形し、控壁背後を含め堤体に亀裂が確認された。

2) 復旧工法

a. 復旧工法

旧猪名川の治水機能（計画流量、計画貯水量）を阻害しないために、従来と同様の鋼矢板護岸で復旧することとした。

形式は、控杭式（鋼矢板護岸と控杭とをタイロッドで連結）と自立式とを比較検討した結果、軟弱な粘性土という土質条件を考慮し、水平圧密に対する抵抗力が大きく経済的な既設鋼矢板の前面に新設鋼矢板を打設する控杭式を採用した。

b. 復旧工事の概要

- ・復旧延長 855m
- ・控杭式鋼矢板護岸

c. まとめ

復旧にあたり、旧猪名川の治水機能を保持するとともに、弱体化している既存の矢板護岸を維持しながら施工する必要があり、こうした条件下での工法選定、施工手順がポイントとなった。

また、本河川敷は水と緑に親しめる公園として地元住民の憩いの場となっており、復旧工事により生じる大量の樹木の移植についても大変苦慮したところである。

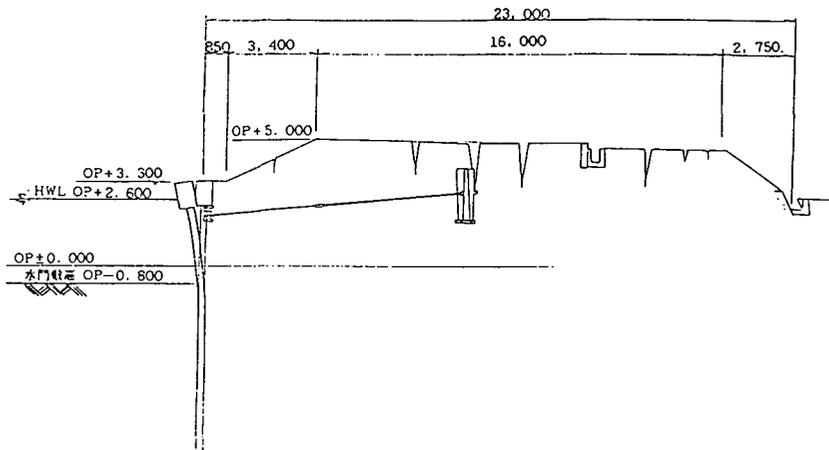
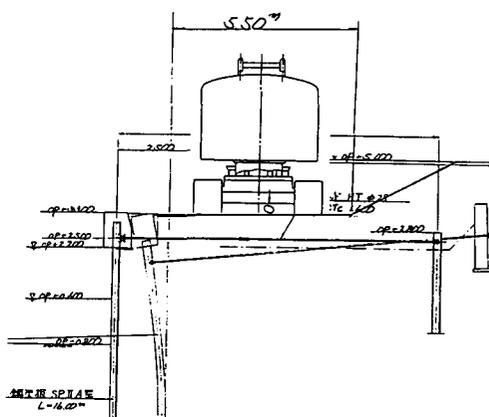
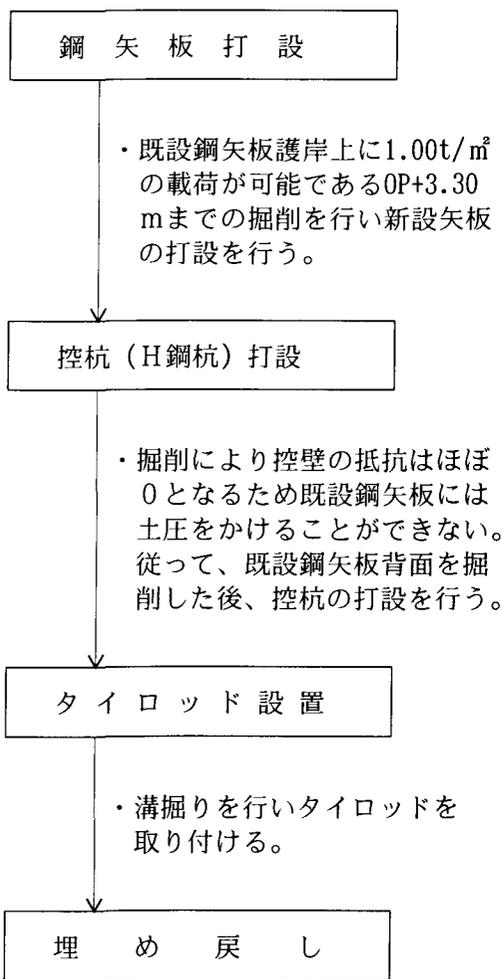
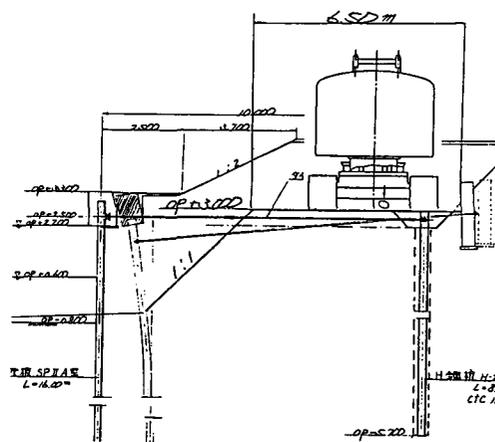


図-V.4.31 被災状況断面図



(OP+3.30mからの陸上打設状況概念図)



(OP+3.30m盤よりの控杭打設概念図)

図-V.4.32 施工手順



写真-V. 4. 45 事業着手前の状況
(擁壁背後の亀裂)



写真-V. 4. 46 事業着手前の状況
(護岸の傾斜)

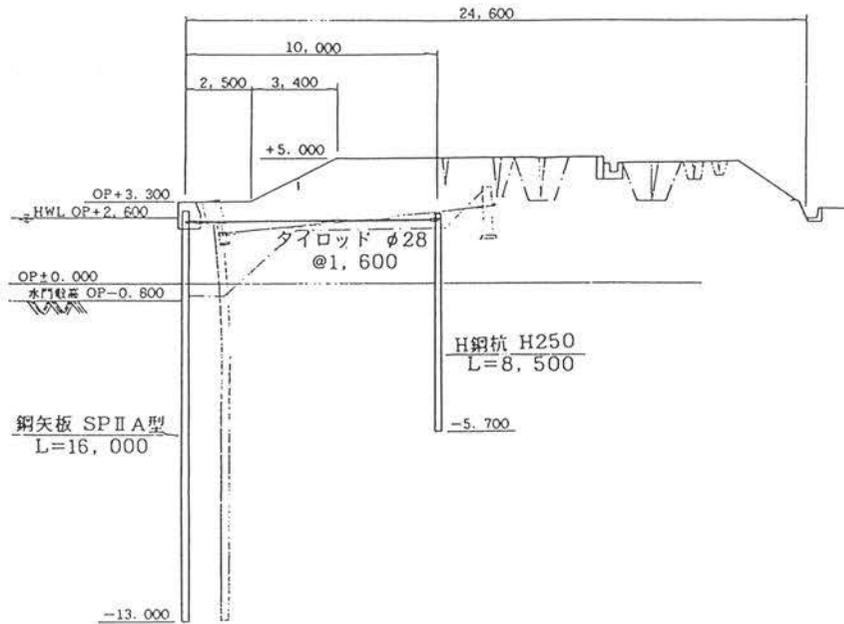


写真-V. 4. 33 復旧断面図



写真-V. 4. 47 施工状況 (鋼矢板打設)



写真-V. 4. 48 施工状況 (H鋼杭打設)

5. 下水道の復旧

(1) 被害の特徴

下水道施設被害の地形的な特徴では、臨海部、河川沿い、旧河川沿いにおいて液状化が原因と思われる不等沈下による被害が数多くみられ、また、傾斜地での目地ずれやクラック等の被害が多くみられた。

工種別では、まず管渠については、土被りの浅い末端管渠及び取付管を中心に、管の破損、たるみ、継ぎ手のずれ及び液状化が原因と思われるマンホールの浮き上がりや管の閉塞等の被害が多数見られた。被害の発生部としては、マンホールと管渠の接続部、取付管と本管や公共ますとの接続部に多くみられた。埋設深度が深い汚水の幹線管渠は、能力に支障を及ぼすような被害が比較的少なかった。雨水の幹線管渠は、石積み、ブロック積み護岸の崩れ・コンクリート側壁の倒壊等の被害を受けた。

下水処理場・ポンプ場については、地盤の変位の影響をより強く受けやすい場内道路、土被りの浅い連絡管廊及び放流渠の被害が大である。また、水処理施設（最初沈殿池・エアレーションタンク・最終沈殿池）の継手部に亀裂等の被害が集中している。機械、電気設備についても破損、配管類の損傷が多数みられた。

(2) 下水道の復旧方針

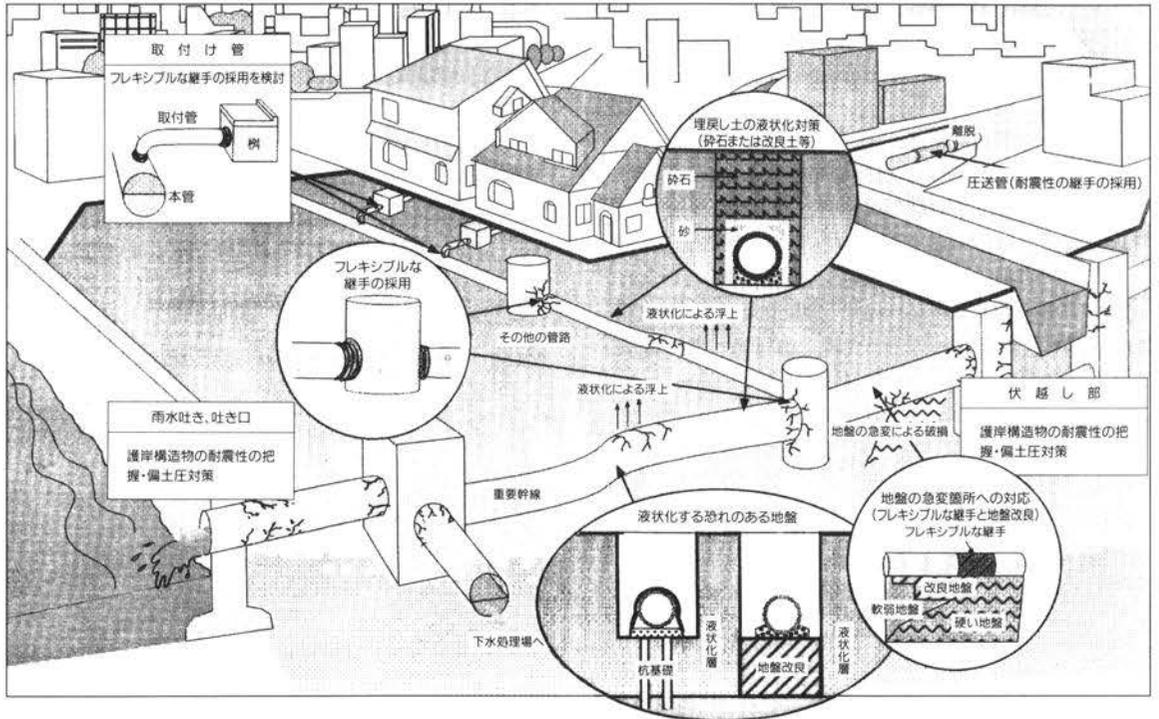
処理場については、処理機能を早期に回復させるべく応急復旧に努め、地震後約2週間で仮復旧させ、その後、本復旧に全力をあげた（壊滅的な被害を受けた神戸市の東灘処理場については、平成7年5月1日に機能復旧完了）。

管渠については、目視による一次調査及びテレビカメラ等を使用した二次調査を実施して被災箇所を発見に努め、閉塞箇所等については、早急に通水できるよう仮復旧させ（全線仮通水までに約3箇月を要した）、その後本復旧に全力をあげた。

復旧の仕様については、原形復旧を基本としつつ、従来の技術基準（「下水道施設地震対策指針と解説－1981年版－、建設省都市局下水道部監修、（社）日本下水道協会」、「下水道施設の地震対策マニュアル（案）、平成4年2月、（社）日本下水道協会」）に加え、今回新たに国から提示された「下水道の地震対策についての第一次提言」に基づいた。

第一次提言の概要

下水管路の主な被災箇所と耐震対策



下水処理場・ポンプ場の主な被災箇所と耐震対策

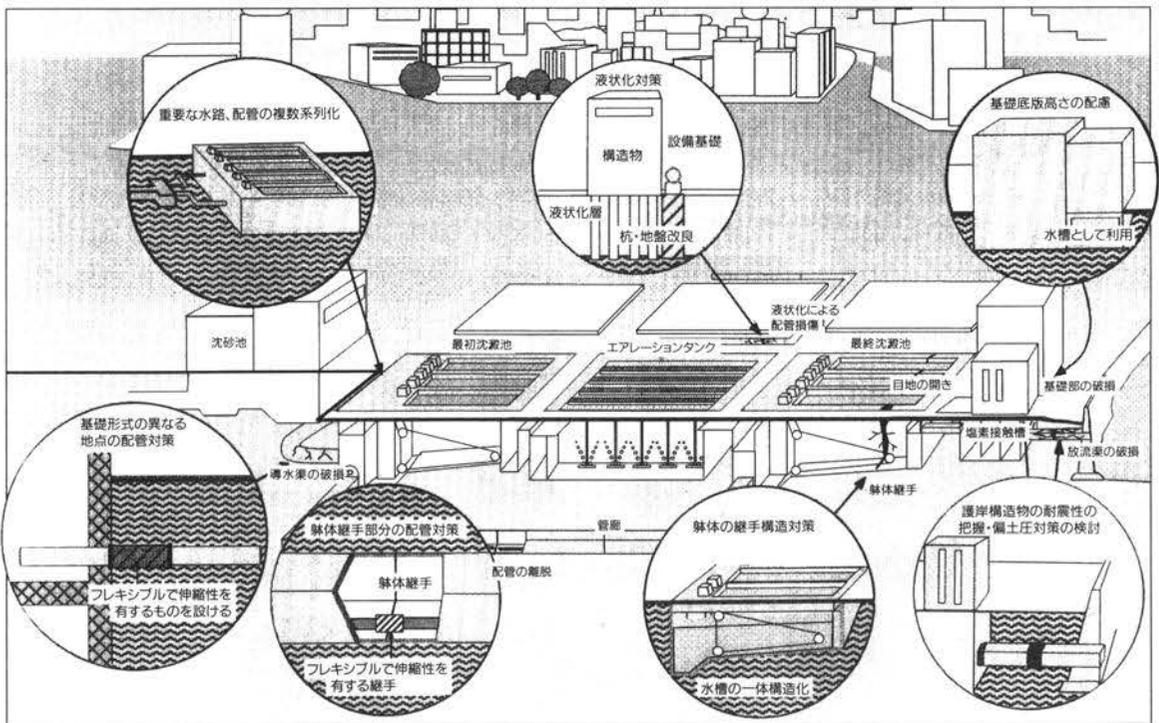


図-V. 5.1 下水道の地震対策についての第一次提言の概要

(3) 下水道施設の復旧事例

【薬液注入による止水工事を管渠内部から施工した復旧事例
 (猪名川流域下水道幹線管渠)】

施設名	猪名川流域下水道右岸第1幹線 外
被害箇所	伊丹市森本 外
延長等	管渠補修 40箇所、人孔補修 9箇所
査定決定額	22,430千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

伊丹市から川西市にいたる右岸第1幹線ほか4幹線が、地震による縦揺れ等により下水道管の接合部(継ぎ目)や人孔の斜壁・直壁ブロックの据付接合部が破損し、外部からの浸入水があった。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

主な被災箇所が下水道管接合部及び人孔ブロック接合部のズレや破損による外部からの浸入水であり、地上からの掘削による補修は道路交通に多大な支障を及ぼすこと、及び掘削・路面復旧等に日時を要することなどから、地上への影響がなく作業員が管渠内部から補修・止水のできるY字管工法を選定した。

本工法は、地震時の地盤震動によって下水道施設と外周地盤の間に生じた空隙に、管渠内部からY字形の注入管を挿入して注入薬材を充填することにより、水みちを塞いだ後、管の継ぎ目及び人孔ブロックの接合部をV字形にカットして、モルタル補修を行うという工法である。

b. 工事の概要

- ・管渠復旧補修 Y字管工法 40箇所
- ・人孔復旧補修 Y字管工法 9箇所

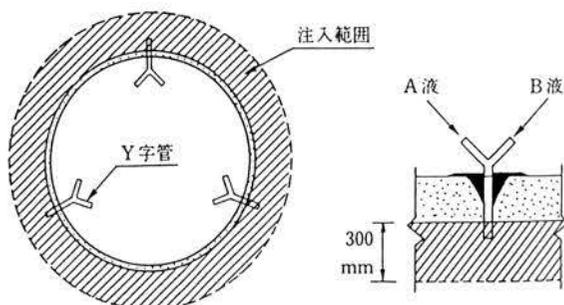


図-V.5.2 Y字管工法の概要図

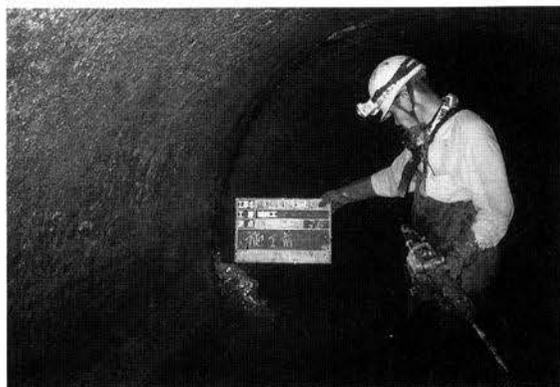


写真-V.5.1 事業着手前の状況（漏水状況）

写真-V.5.2 復旧工事の完成
(Vカット補修後)

**【運河仮締切りによる仮処理及び耐震化設計による復旧事例
(神戸市公共下水道東灘処理場)】**

施設名	神戸市公共下水道東灘処理場
被害箇所	神戸市東灘区魚崎浜町
延長等	水処理施設 外
査定決定額	27,088,000千円
事業主体	神戸市

1) 被災状況

東灘処理場は昭和30年代後半に埋立が行われた東部第3工区の北側に立地している。今回の被害は、極めて大きな地震動により埋立地盤が液状化し、処理場用地内を貫流する魚崎運河の護岸を最大で2.5mも移動させるほどの側方流動現象がもたらしたものであり、処理場の処理機能が一時的に停止するほど深刻な打撃を被った。

被災状況の概要は、以下のとおりであった。

- ・基礎坑の破壊とこれに伴う上部構造物（水処理施設、管理本館、脱水機棟1号汚泥浮上濃縮槽）の変位
- ・処理場護岸の滑動
- ・水処理施設、配管廊、導水渠・放流渠など各種配管の継手崩壊または断裂
- ・配管廊目地の破損に伴う地下水浸入による配電盤などの機器類の水没
- ・運河を渡る水管橋、ケーブル横断橋の破壊
- ・最大2mにも達する地盤沈下による、道路、擁壁、排水管などの破壊

2) 応急復旧

処理機能を早急に復旧される必要があることから、「水処理施設、配管部の目地補修（継手）」「導水渠の撤去・新設、放流管補修」「配管廊内の水没機器類の補修」「寸断された配管類の補修」「本館・脱水機棟の基礎補強」の応急工事を行った。

これらの応急復旧工事の完了に伴い、東灘処理場は震災後約100日を経過した5月1日に通常の機能を回復した。

なお、通常の処理機能が停止していた期間は、処理場内を貫流する魚崎運河を仕切り、幅30m、長さ400mの仮沈殿池による処理を行った。沈殿処理に加え、震災直後から塩素消毒とスクリーン設置による浮遊ゴミの除去を行った。その後、水道の復旧とともに流入量が増加した状況に対応し、高分子系の凝集剤を使用する凝集沈殿を導入し、さらに沈殿汚泥は浚渫して脱水し、焼却処分した。

また、5月1日より通常の機能が回復したため、仮沈殿池への下水放流は停止したものの、施設内に沈殿した汚泥の浚渫、脱水を終了したのは8月末であった。

3) 本復旧工事の概要

a. 復旧の基本方針

下水は間断なく流入しており、施設を応急復旧したうえで、これらの処理を行いながら、かつ、処理場内には新たな施設のためのまとまった用地はないという制約条件がある中で、さまざまな検討を行い、主要構造物復旧の基本方針を以下のとおり決定した。

イ. 水処理施設

既存施設を撤去後、ほぼ2/3の面積でより深い構造物として構築する。エアレーションタンクは水深10mの深層曝気、最終沈殿池は2階層式とする（図-V.5.5）。今回は7万m³/日の能力を建設し、脱水機棟・管理本館撤去後に通常事業として残り3万m³/日を増設する。

ロ. 脱水機棟

既設水処理施設5～7池部分に構築する。脱水汚泥は従来ケーキヤードに野積みであったが、今回はその用地がないことからホッパー貯留方式とし、脱水機棟と一体の建物に納め、臭気対策も実施する。

ハ. 管理本館

管理本館については、運河北側に別途建設中であった滞水池の上部に配置することにした。滞水池を基礎杭をすでに施行済であったため、荷重上の制限から1階建て1部2階とした。

б. 復旧設計における耐震設計措置

イ. 運河護岸

地震被害を増幅する主要原因となった護岸については、既設がケーソン型または擁壁方式のものに対して、直径1m程度、深さ24～27mの自立型鋼管矢板で補強し、水平深度0.2に対応するものとした。これは神戸港における耐震護岸と同等の強度である。

ロ. 基礎杭の強化

杭の設計は、従来の鉛直荷重に加えて水平深度0.2に相当する水平荷重に耐えるものとし、かつ、今回と同規模の地震動に対する動的解析を行い、その安全性を照査するものとした。

ハ. 構造物の継手部分（池構造物の施工継手部分）

- ・継手箇所数を極力減らす。
- ・池部分（水密性を要する部分）には施工継手を設けない。
- ・施工継手が必要な箇所は、合わせ壁方式とする。

ニ. 配管廊のブロック化

配管廊は従来、各種配管や電気ケーブルを同じ断面に納め、さらに作業員の点検スペースとして地下部分をほぼ同一平面で連結するものとされてきた。しかし、今回の被害で見られたとおり構造物の被害のなかった南分場の配管廊までも水没した事例を反省材料に、今後は配管廊を水処理本場、分場、あるいは汚泥処理とブロックごとに分割し、被害の拡大を防止することが必要であると考えられる。

ホ. 根幹施設の複数化

流入管、放流管及び電気ケーブルなど下水の受入れと放流に最低限必要な施設と設備については可能な限り複数化し、被災時の対応に備えるものとした。

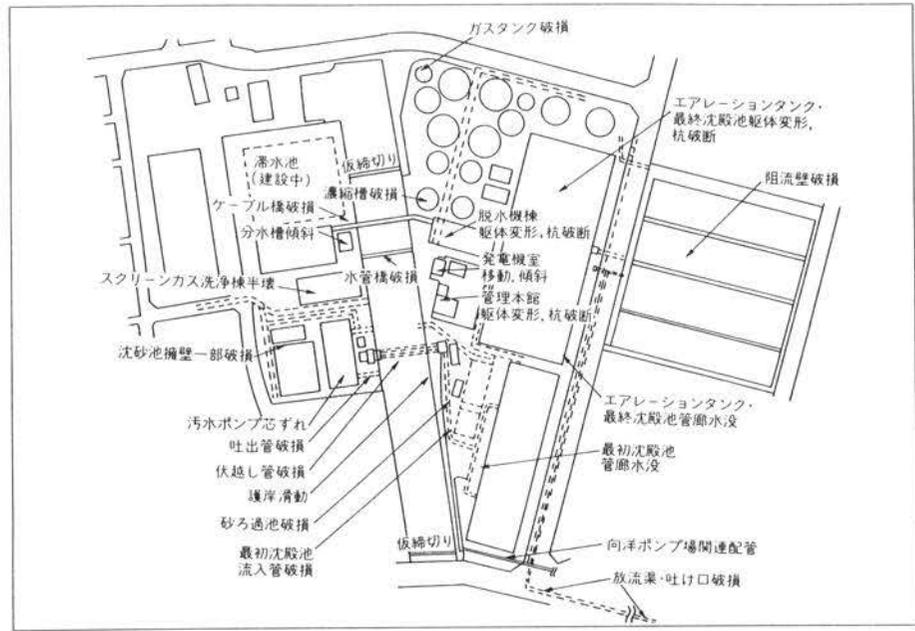


図-V.5.3 東灘処理場被災概要図

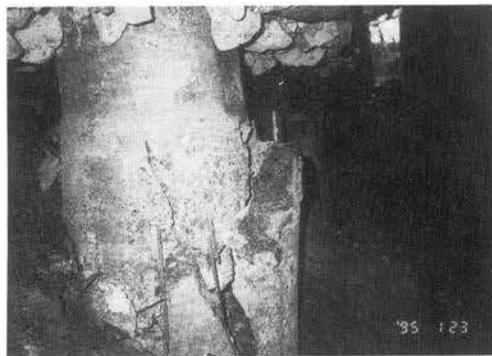


写真-V.5.3 管理本館基礎杭の破壊



写真-V.5.4 導水渠継手の破壊

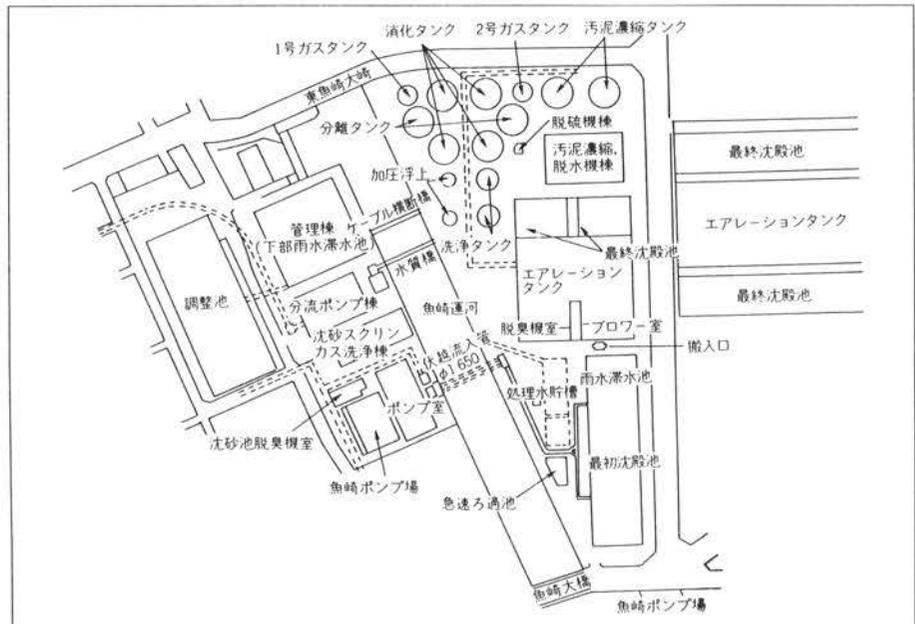


図-V.5.4 東灘処理場の復旧計画図

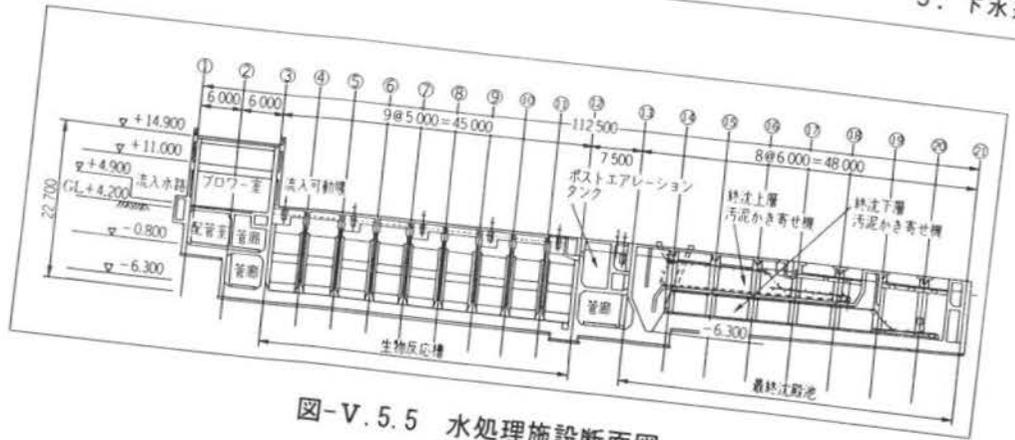


図-V.5.5 水処理施設断面図

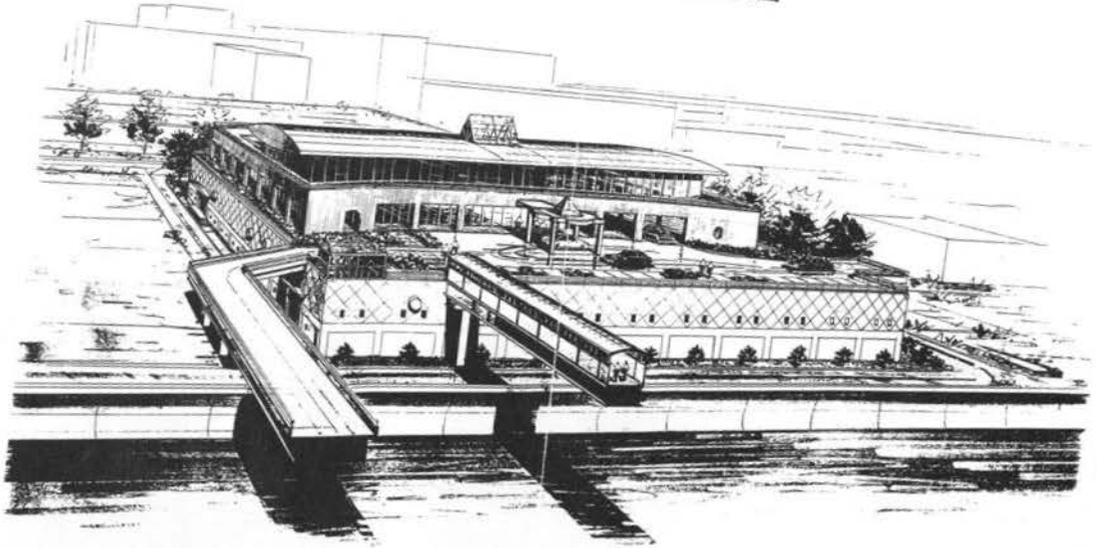


写真-V.5.5 新管理本館の完成予想図

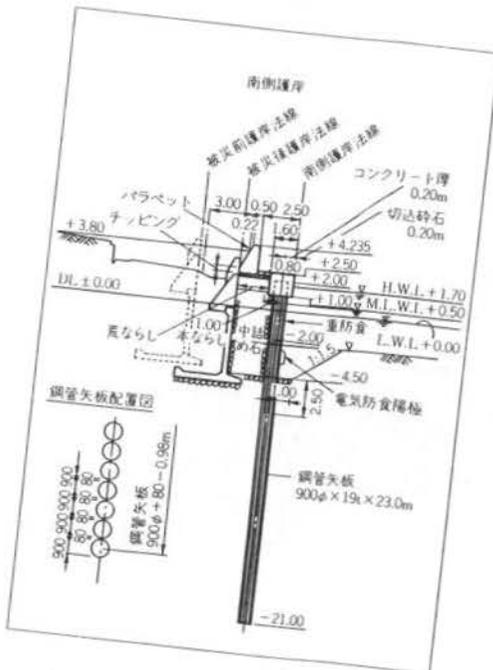


図-V.5.6 南側護岸断面図

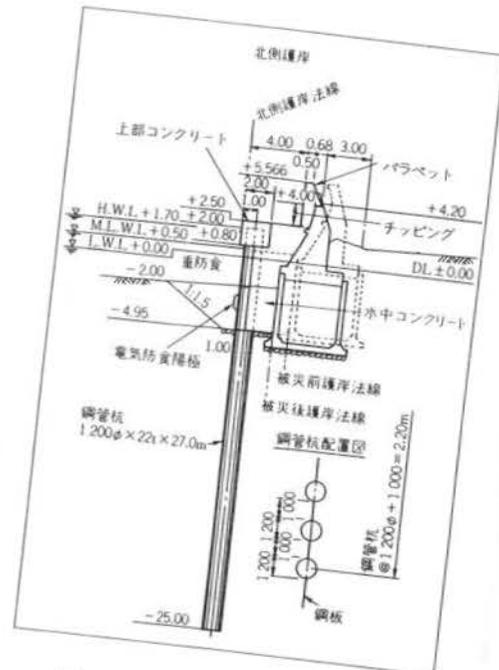


図-V.5.7 北側護岸断面図

【管渠内部から復元更生する工事の復旧事例（西宮市公共下水道幹線管渠）】

施設名	西宮市公共下水道大浜幹線
被害箇所	西宮市中浜町 外
延長等	管渠 417.9m、人孔復旧 10箇所
査定決定額	290,123 千円
事業主体	西宮市

1) 被災状況

西宮市の南部に位置する合流式の合流管が液状化による不等沈下等により、管体が接合部でずれ、軸方向及び鉛直方向に破損した。また、人孔躯体部分が破損した。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

被災下水道管周辺に関西電力埋設物があるため、掘削の支障となり、また被災管渠は幹線管渠であるので、供用しながらの工法に限定され、開削工法を採用できなかった。また、管渠が構造的に破壊されていたため、止水だけでなく管強度を復元する工法を採用する必要があった。そこで、管強度を復元でき、供用しながらでも施工できる工法で大口径にも対応できる製管工法を選定した。

b. 工事の概要

地上より人孔内に送り込まれた帯状部材（塩ビ帯）を製管機により帯側端部と重合し、スパイラル状に製管しながら既設管と既設管とのクリアランスに特殊充填材を注入し、既設管との複合管を形成した（製管工法）。復旧延長417.9mのうち、製管工法により復旧した区間はヒューム管φ2,400mm～2,000mm、延長380.5mである。



写真-V.5.6 事業着手前の状況（管体の破損、漏れ）

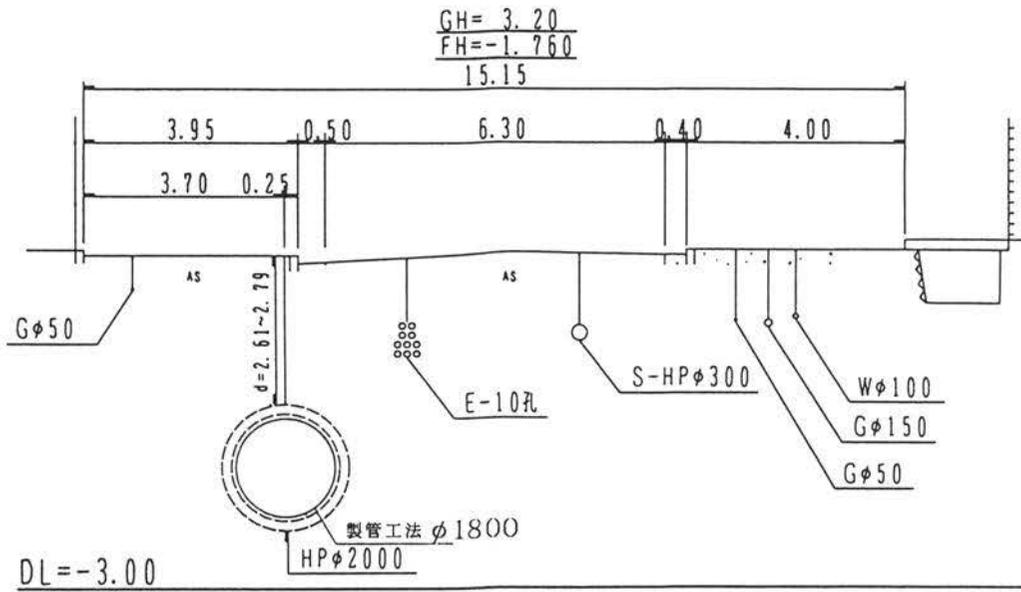


図-V.5.8 復旧標準断面図（製管工法）
（西宮市公共下水道）

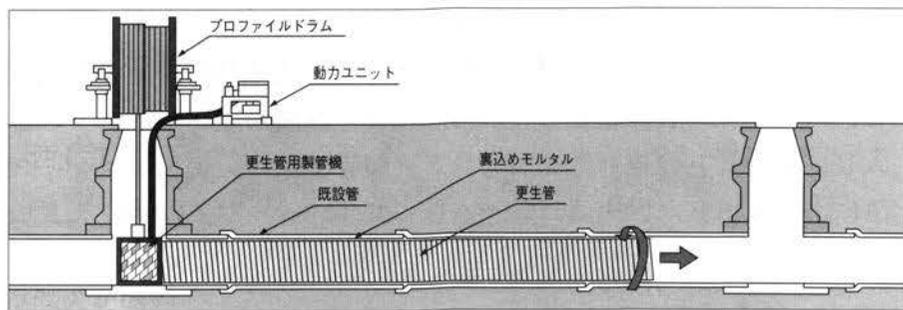


図-V.5.9 下水道管渠の更生工法（製管工法）

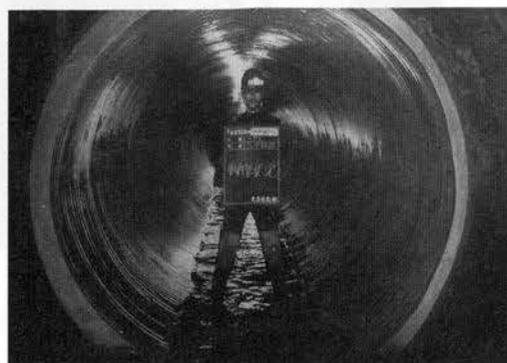


写真-V.5.7 復旧工事の完成

【配管廊支持杭の復旧事例（西宮市公共下水道甲子園浜浄化センター）】

施設名	西宮市公共下水道甲子園浜浄化センター
被害箇所	西宮市甲子園浜
延長等	配管廊 18m
査定決定額	123,246千円
事業主体	西宮市

1) 被災状況

配管廊を支持する杭が破損して、配管廊本体が18cm沈下した。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

配管廊本体が構造的に被災しなかったことから、杭基礎部のみを再建し、既設配管廊をジャッキアップにより据え直す工法を採用した。

b. 工事の概要

既設支持杭（PHC杭φ400×12本、L=24.0m）の両側に新たな支持杭（PHC杭φ500×14本、L=23.0～25.0m）を打設し、掘削の後、新たに打設した支持杭と配管廊底版下に通した受桁とで、配管廊の基礎を構築し、配管廊本体を100t油圧ジャッキ12基によりジャッキアップした後、受桁部に無収縮モルタルを打設し、配管廊をジャッキダウンして前述の基礎に据え付ける。



写真-V.5.8 事業着手前の状況（配管廊基礎杭の破損）

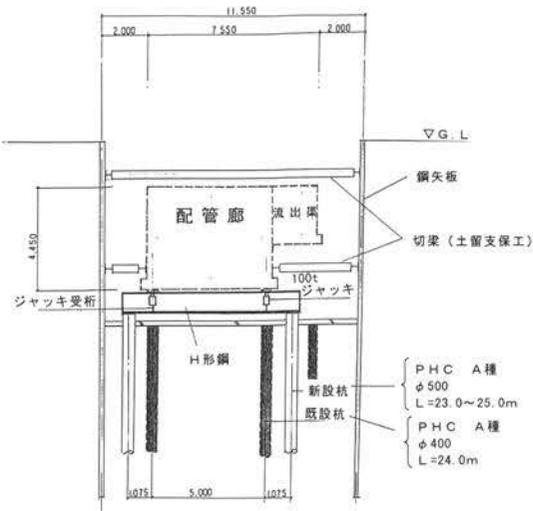


図-V.5.10 復旧標準横断面図

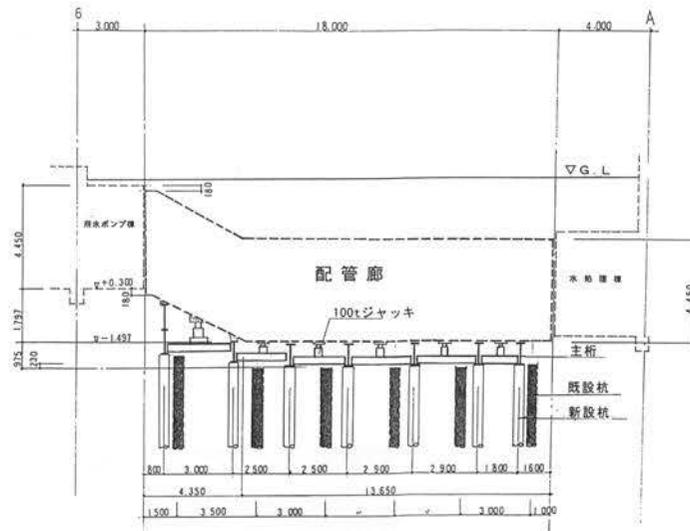


図-V.5.11 復旧標準縦断面図



写真-V.5.9 配管廊据付け状況

【既設土留壁を利用して人孔を再構築した工事の復旧事例（芦屋市公共下水道人孔）】

路線等名	芦屋市公共下水道4号幹線
被害箇所	芦屋市若葉町 外
延長等	人孔復旧3箇所 外
査定決定額	195,212 千円
事業主体	芦屋市

1) 被災状況

旧防潮堤の南側に新設された道路が液状化現象により約40cm沈下したことによる人孔の突出、床版が折れる等の破損による鉄筋の露出、壁のハンチの欠落、鉛直方向の折れ、及びほぼ全面の壁のクラックが多数確認された。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

人孔躯体構造物の状況を調査し、常時の土圧・水圧には既設の連続地中壁で対応できると判断した上で、床版・壁体を復旧すべく、被災した床版・壁体を取り壊した後、損傷していない既設の連続地中壁を土留として再利用して復旧する工法を選定した。

b. 工事の概要

車道幅員（7m）の全幅にわたり、人孔構造物が位置するため、迂回路を設けた後、既設の連続地中壁を土留工として開削工法で施工した。

掘削終了後、既設の床版・壁体を取り壊し、壁体を既設の連続地中壁と一体化させるため、ケミカルアンカーを連続地中壁面に打ち込み、鉄筋組み立て後、インバートより上の床版・壁体のコンクリートを打設した。



写真-V.5.10 事業着手前の状況（4号幹線特殊人孔）

6. 砂防の復旧

(1) 被害の特徴

① 砂防関係設備の被害の特徴

砂防ダムについては、ほとんどのものがクラックの発生による比較的軽微な被害であった。ただ夙川（西宮市）で古い時代に建設された空石積の砂防ダム1基が完全に破壊したが、下流への土砂流出等はなかった。

護岸工では床固工を含め部分的に破壊した箇所もあったが、全て局部的であり、大半はクラックやはらみ出しなどの軽微な被害であった。これは、砂防流路工で行われている護岸工は掘込河道形式が一般的に採用されており、河川などの築堤護岸形式と異なり背後地盤の安定性が高かったことが、理由の一つと考えられる。

なお、県施工の砂防ダムは比較的規模の小さいもの（堰堤高15m未満）が多く、砂礫地盤を基礎としているため不等沈下を生じやすい。そのため、多くが比較的大規模で岩盤を基礎とした直轄施工のダムと比較すれば被災しやすい傾向が見られた。また、砂防ダムのクラックの発生はコンクリートの打継目に集中するケースが多く見られた。

② 地すべり防止施設・急傾斜地崩壊防止施設の被害の特徴

施設の被害としては、わずかなクラックやジョイント部のずれ等が認められる程度で、倒壊や破壊等による機能の喪失や、それにとまなう土砂災害は発生していない。

震災区域内には、地すべり防止施設38箇所、急傾斜地崩壊防止施設194箇所が設置されていたが、災害復旧事業が行われたのは、地すべり防止施設1箇所、急傾斜地崩壊防止施設7箇所と非常に少数であった。

震源地に近い須磨区一ノ谷地区でも、現場打自在法枠工が破断、グラウンドアンカー工の頭部保護コンクリートが破損する被害を受けたが、斜面自体に変状はなかった。

(2) 二次災害防止対策（災害関連緊急事業）

地震により地すべりが発生したり、地盤が緩み、次期降雨により土砂災害の発生が懸念される箇所で、緊急的に対策を講じる必要があるものについて、災害関連緊急事業により恒久対策を行った。

今回の地震により発生した山腹の崩壊、地すべり、がけ崩れの特徴をあげると以下の通りである。

- ・基盤岩の多くは花崗岩である。
- ・移動（崩壊）土層は、大阪層群など固結度の低いものから、風化花崗岩などにいたるまで様々である。
- ・崩壊（すべり）の誘因としては、地震動がほとんどであるが、地震後地下水のバランスが崩れて、崩壊（すべり）にいたったケースもあった。

また、山腹、溪流の対策では、緊急に対策を講じるため鋼製堰堤工も採用された。

(3) 砂防設備の復旧事例

【石積み堰堤の崩壊の復旧事例（夙川）】

路線名（河川名）	二級河川 夙川水系 夙川
被害箇所	西宮市甌岩町
延長等	L=31m
査定金額	47,454千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

本堰堤は昭和10年代に竣工した、堤長28m、高さ8mの石積み堰堤である。今回の地震により破壊された唯一の砂防堰堤であり、強い水平力により表面部の石積みがはらみ出し崩壊した。

堤体全体は崩壊を免れたため、満砂状態であった堆砂土の流出は起こらなかったが、出水時には流出する恐れがあり、洗掘防止のためシート張りによる応急措置を行った。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

地震により、堰堤の機能は完全に失われている状態であり、張立工等の補強工の採用は不可能であったため、現堰堤の全撤去による新設を申請し、採択された。

b. 復旧工事の概要

石積みによる復旧は技術的に不可能なため、コンクリートによる復旧を行った。ただし、当堰堤の上下流部とも石積み又は化粧型枠を使用し、良好な景観を形成している地域であるため、本堰堤においても表面は在来の石積み堰堤と同じ景観を得られる化粧型枠を申請し、採択された。

(工事概要)

- ・コンクリート堰堤工 1基 (H=9.5m L=31m V=896m³)



写真-V.6.1 事業着手前の状況
(石積みの崩壊)



写真-V.6.2 復旧工事の完成

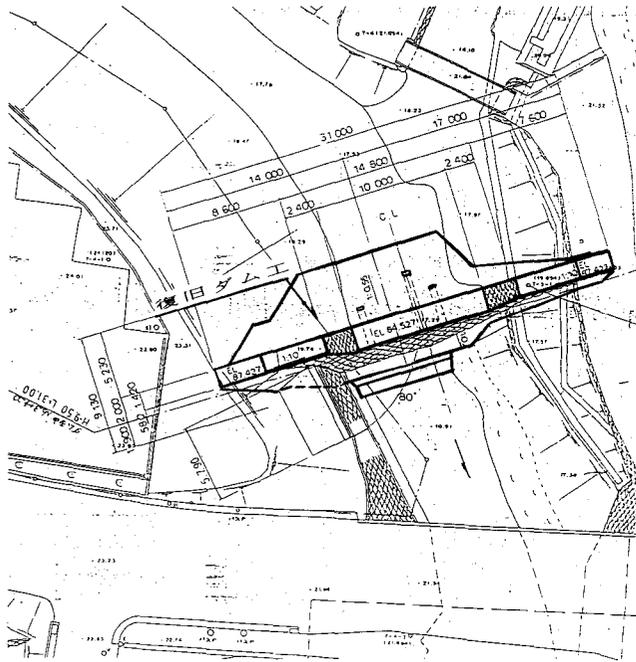


図-V.6.1 平面図

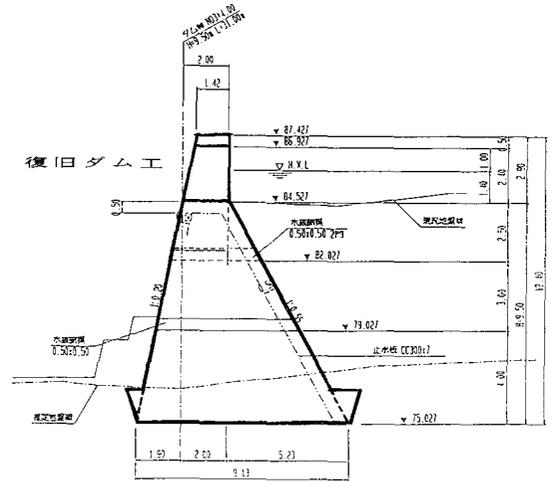


図-V.6.2 縦断面図

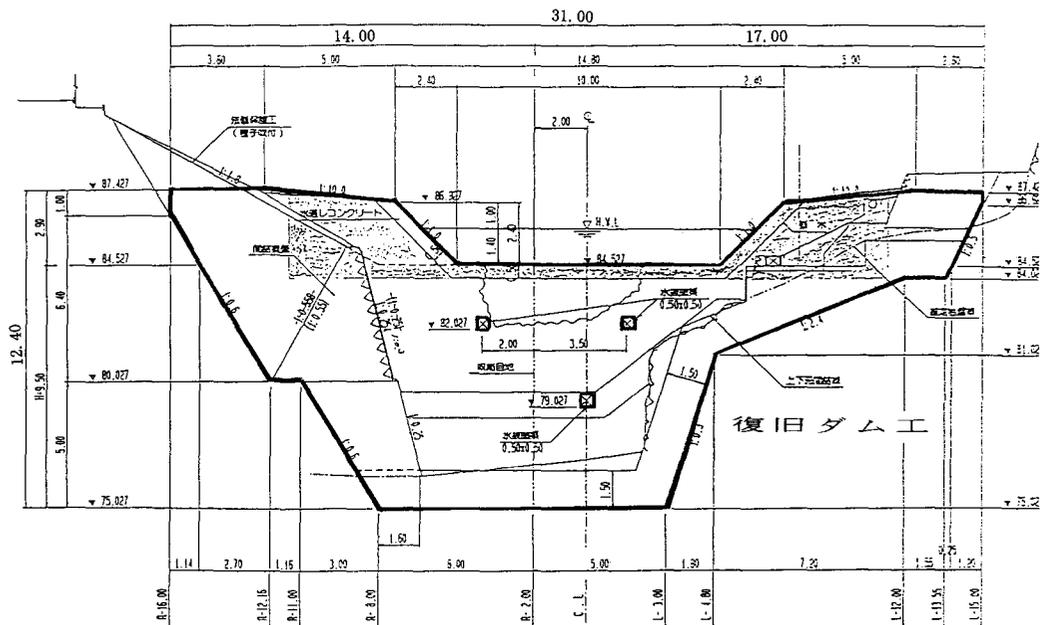


図-V.6.3 正面図

【コンクリートダムのクラックの復旧事例（白瀬川第一堰堤）】

路線名（河川名）	二級武庫川水系 白瀬川
被害箇所	宝塚市逆瀬台
延長等	L=8.1m
査定金額	9,779千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

本堰堤は昭和44年に竣工した堤長33m、高さ7mの重力式コンクリートダムである。地震発生後、白瀬川の砂防施設を点検した結果、堰堤にクラックが確認された。クラックは上流側から水通し天端、下流側へと連続しており堤体は切断されたようである。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

堤体がブロックされるほどの破壊は受けていないので、内部は注入材で表面は張コンクリートで復旧することとした。

b. 工事の概要

- ・表面：上、下流両側にコンクリートを張る
- ・内部：クラック幅 0.5mm～ 9.0mm 超微粉末高炉スラグ系注入材を注入
 - 先行注入 水/注入材 100%
 - 本注入 水/注入材 60%
- クラック幅10.0mm～20.0mm 上記注入材を注入
 - 本注入 水/注入材 50%
- クラック幅25.0mm～50.0mm 1：1のモルタル注入
セメントは高炉スラグ系セメント



写真-V.6.3 事業着手前の状況
(堰堤のクラック)



写真-V.6.4 復旧工事の完成

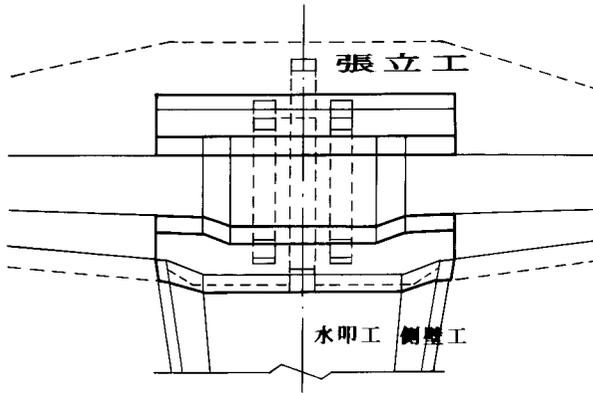


図-V.6.4 平面図

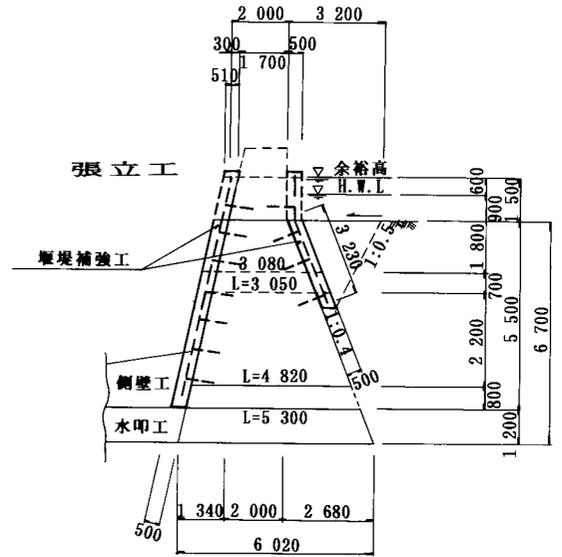


図-V.6.5 縦断面図

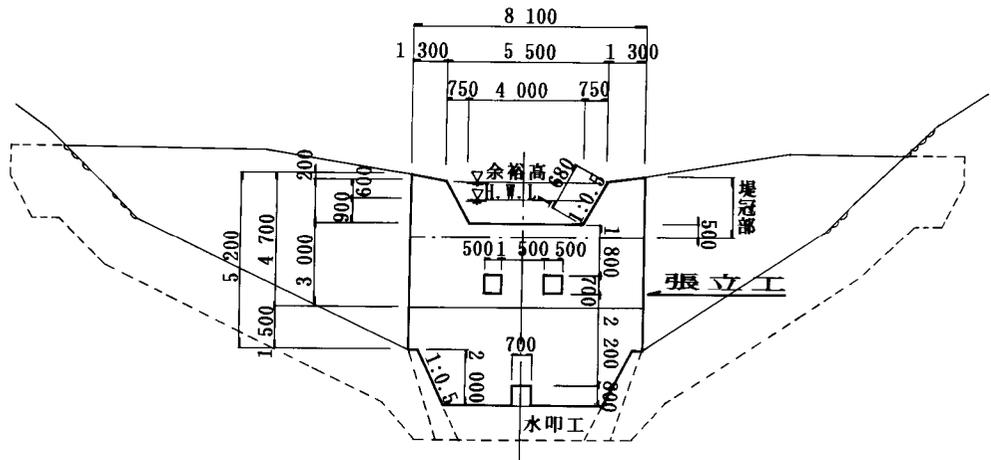


図-V.6.6 正面図

(4) 地すべり対策施設の復旧事例

【プレキャスト法枠ブロックの変状に対する復旧事例（天神地区）】

地区名	天神地区
所在地	加東郡東条町天神
決定金額	38,923千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

地震直後、東条中学校北側斜面の法面保護を目的としたプレキャスト法枠ブロックに顕著な変状を生じた。

プレキャスト法枠の天端が沈下し、法枠が部分的に押し出され亀裂が生じたほか、管理道路側部のコンクリート壁がせん断破壊された。

変状の発生した斜面の一部が中学校の観覧席に利用されているほか、下方は校庭であり、斜面の崩壊が発生した場合甚大な被害が想定された。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

残存した構造物を変更せず、既往地すべりに影響を及ぼさないこと、また上方斜面の地すべりが懸念されることから、掘削の伴わないアンカー併用現場打ち法枠工を選定した。

b. 復旧工事の概要

- | | |
|------------------|-------------------|
| ・ グランドアンカー工 | 43本 |
| ・ アンカー併用部現場打ち法枠工 | 390m ² |
| ・ 法面保護工部現場打ち法枠工 | 300m ² |
| ・ 中詰め工（植生土のう） | 405m ² |



写真-V.6.5 プレキャスト法枠ブロックの変状
(天端のクラック)

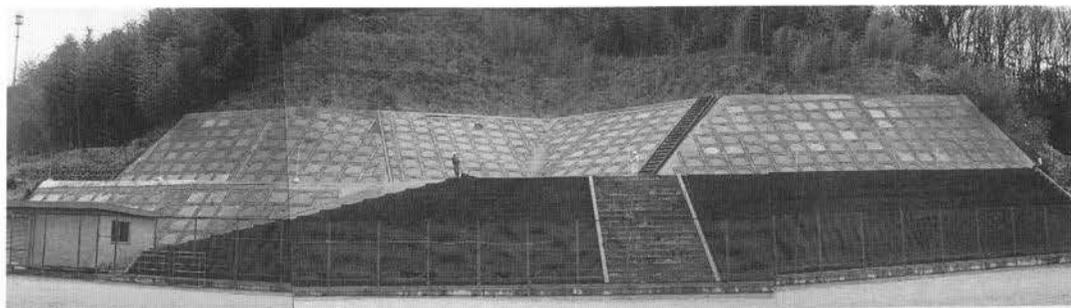


写真-V. 6. 6 事業着手前の状況
(プレキャスト法枠ブロックの変状)



写真-V. 6. 7 復旧工事の完成

(5) 急傾斜地崩壊防止施設の復旧事例

【現場打ち吹付法砕工の復旧事例（一ノ谷地区）】

区域名	一ノ谷地区
被害箇所	神戸市須磨区一ノ谷町
延長	L=44.5m
査定金額	15,542千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

当地区は、昭和54～55年にアンカー併用現場打ち吹付法砕工により施工された地区であり、震源からも近い須磨断層の直上に位置し、今回の地震でも家屋の倒壊等かなりの被害が出た地区（震度7）である。

その地震動により、吹付法砕工及びアンカー工に予想以上の荷重が加わり、吹付法砕工に亀裂が生じ、さらに、アンカー工10本についても、頭部の破断などの被害が生じたが、斜面の形状は保持されており、施設以外への被害は見られなかった。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

当区域の破損したアンカー工は、既存の部材をそのまま再緊張することが不可能であり、その付近の法砕も被災を受けていることから、損傷した梁の横に沿わずよう法砕を十字型に設置し、その交点にアンカーを打設した。また、プレキャスト法砕被災部についても浅いすべりが予想されるため、F200の吹付法砕を施工した。

b. 復旧工事の概要

- ・復旧延長 L=44.5m
- ・現場打吹付砕工 (F500) 59.0m
- ・現場打吹付砕工 (F200) 188.0m
- ・アンカー工 (D23) 10.0本



写真-V.6.8 事業着手前の状況
(吹付法砕工、アンカー工の損傷)

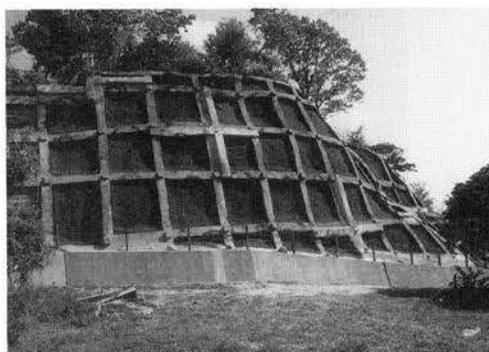


写真-V.6.9 復旧工事の完成

(6) 災害関連緊急砂防事業の事例

【砂防指定地の山腹崩壊箇所への対応事例（小林南谷川）】

路線名（河川名）	二級武庫川水系 小林南谷川
被害箇所	宝塚市青葉台
延長等	L=100m H=5m
事業費	120,000千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

当箇所では砂防指定地内の山腹が長さ100m、高さ30mにわたって崩壊した。

人家等への直接の被害はなかったものの、住宅地の直上流で発生した崩壊であり、下流の人家45戸に被害を与える恐れがあったため、災害関連緊急砂防事業を申請した。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

山腹表面の風化岩が地震により崩壊し、斜面途中に堆積したため、法尻に待ち受けの砂防ダム工を設置したものである。

なお、工期の短縮を図るため、コンクリート養生が不要な鋼製枠ダム工を採用した。

b. 工事の概要

鋼製枠ダム工 1基

(堤長100m、高さ5m、鋼重183t、中詰栗石3,000 m^3)



写真-V. 6. 10 事業着手前の状況
(砂防指定地内の山腹の崩壊)

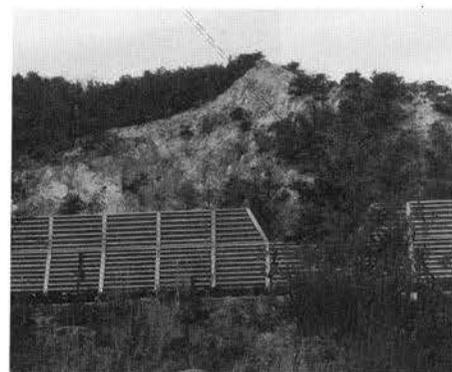


写真-V. 6. 11 事業の完成

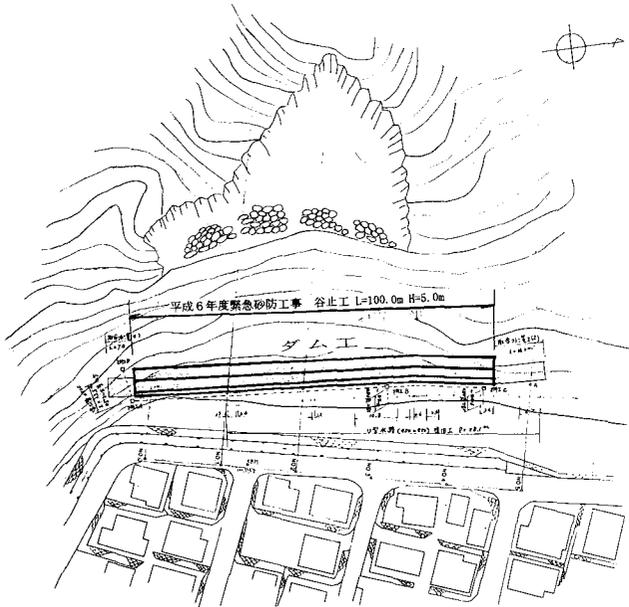


図-V.6.7 平面図

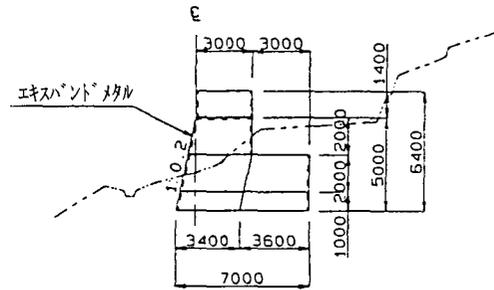


図-V.6.8 縦断面図

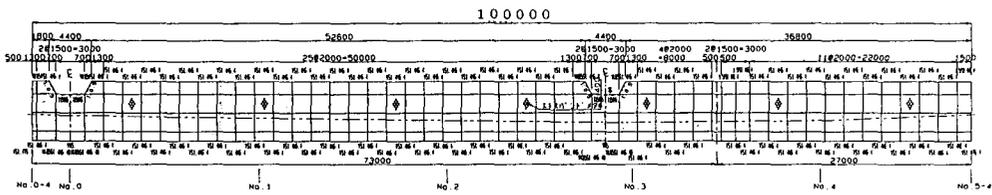


図-V.6.9 ダム構造正面図

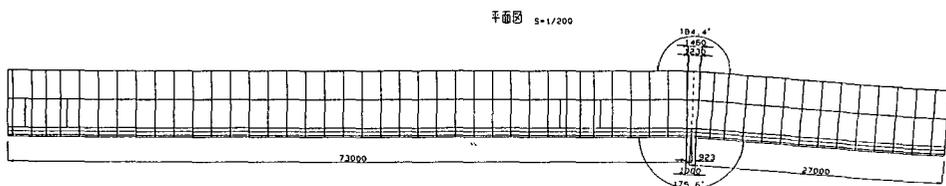


図-V.6.10 ダム構造平面図

【砂防指定地の溪流堆積土砂への対応事例（観音谷川）】

路線名（河川名）	二級武庫川水系 観音谷川
被害箇所	西宮市宝生ヶ丘
延長等	L=43m H=11m（1号ダム） L=27m H=7m（2号ダム）
事業費	210,000千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

当箇所では砂防指定地内の山腹が多数崩壊し、土石流危険溪流である観音谷川の溪床に不安定土砂が堆積した。

人家等への直接の被害はなかったものの、住宅地の直上流で発生した崩壊であり、下流の人家63戸に被害を与える恐れがあったため、災害関連緊急砂防事業を申請した。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

当箇所には砂防設備がなく、溪床に堆積している不安定土砂が出水により土石流となって流下する恐れがあったため、谷の出口に2基の砂防ダム工を設置したものである。

なお、工期の短縮を図るため、コンクリート養生が不要な鋼製枠ダム工を採用した。

b. 工事の概要

- ・鋼製枠ダム工 2基
- ・1号ダム（堤長43m、高さ11m、鋼重216t、中詰栗石5547m³）
- ・2号ダム（堤長27m、高さ7m、鋼重55t、中詰栗石974m³）



写真-V. 6. 12 事業着手前の状況
（不安定土砂の堆積）

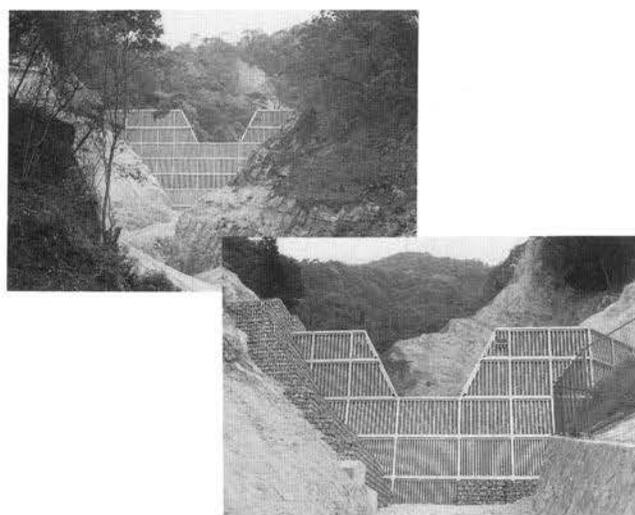


写真-V. 6. 13 事業の完成

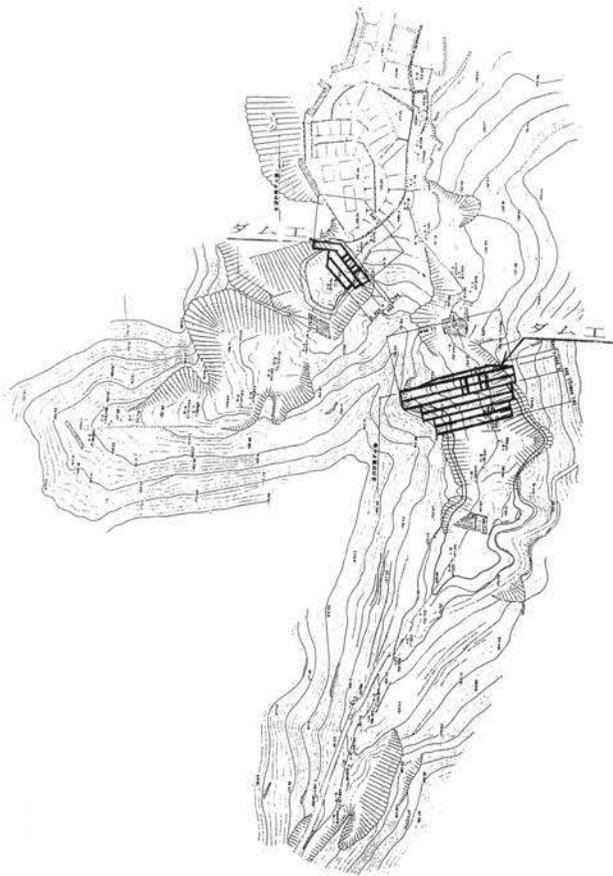


図-V.6.11 平面図

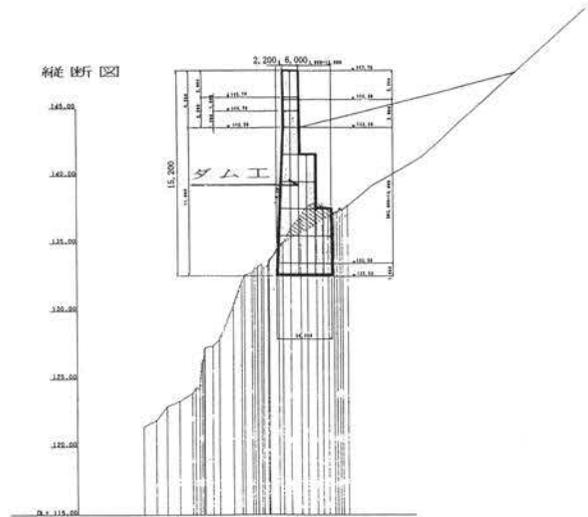


図-V.6.12 縦断面図

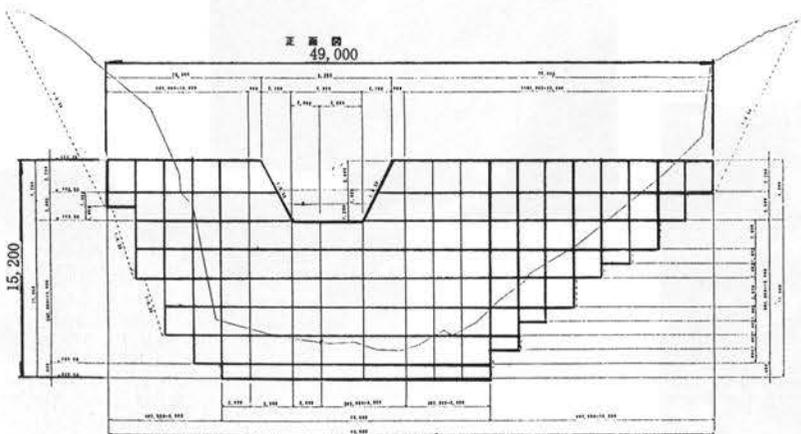


図-V.6.13 ダム構造正面図

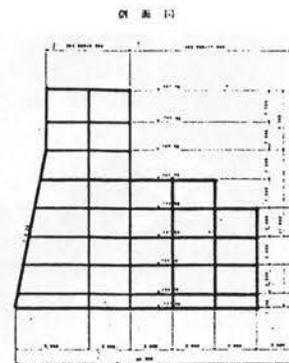


図-V.6.14 ダム構造側面図

【砂防指定地の山腹崩壊箇所（既設砂防ダム下流）への対応事例（弓納子川）】

路線名（河川名）	二級武庫川水系 弓納子川
被害箇所	西宮市生瀬高台
延長等	L=52m H=7m
認可事業費	60,000千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

当箇所では既設砂防ダム下流の砂防指定地内の山腹が崩壊し、土石流危険渓流である弓納子川の溪床に不安定土砂が堆積した。

人家等への直接の被害はなかったものの、住宅地の直上流で発生した崩壊であり、下流の人家50戸に被害を与える恐れがあったため、災害関連緊急砂防事業を申請した。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

既設砂防ダムと流路工の間で発生した崩壊に対応する必要があったため、既設の副堤を3m嵩上げし、H=7mのコンクリートダム工を施工した。

b. 工事の概要

重力式コンクリートダム工 1基
 (既設副堤の嵩上げ、
 堤長52m、高さ7m)



写真-V.6.15 事業着手前の状況
 (不安定土砂の堆積)



写真-V.6.14 被災状況



写真-V.6.16 事業の完成

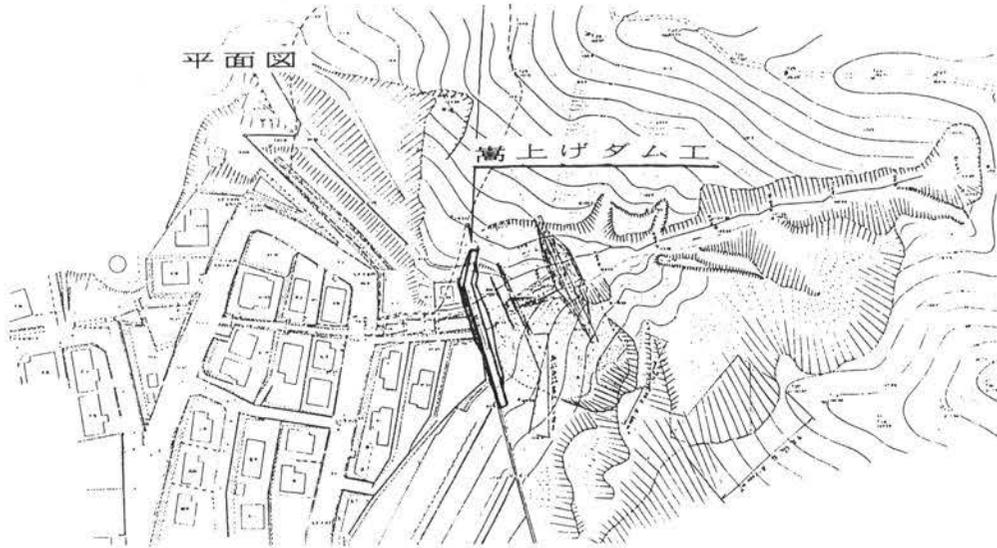


図-V.6.15 平面図

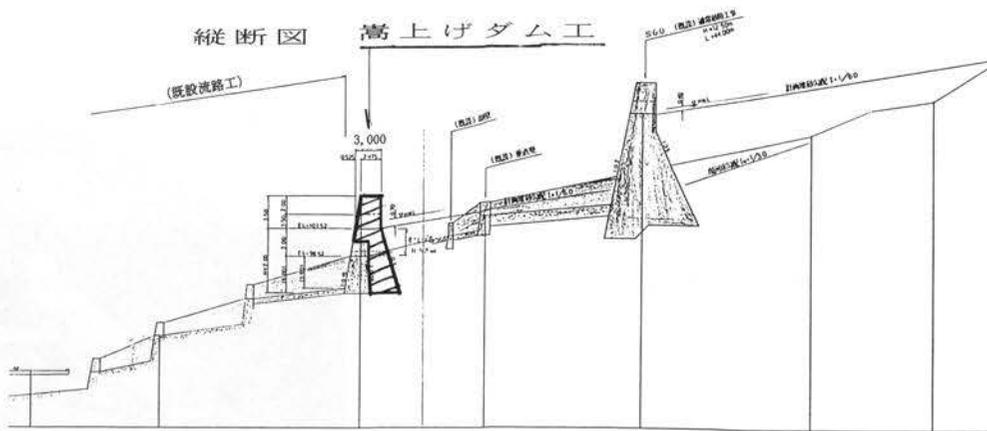


図-V.6.16 縦断面図

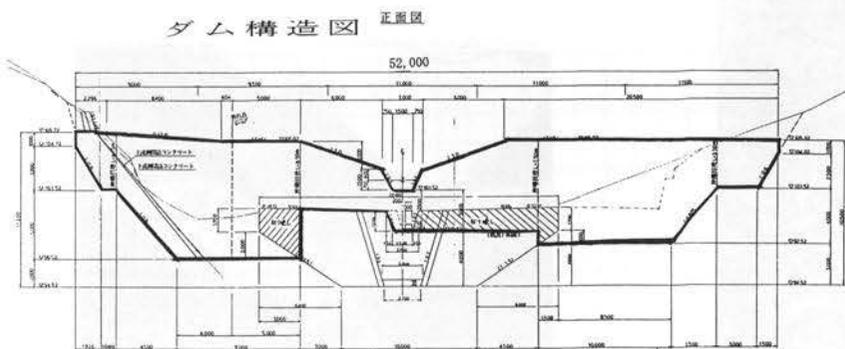


図-V.6.17 ダム構造正面図

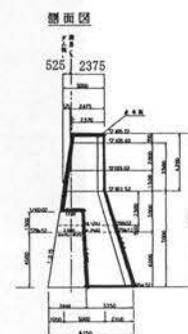


図-V.6.18 ダム構造側面図

【砂防指定地の地すべり性崩壊箇所への対応事例（紅葉谷）】

路線名（河川名）	二級河川 武庫川水系 紅葉谷
被害箇所	宝塚市伊そ志
延長等	L=101.2m（杭長=12.5~20m）
事業費	120,000千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

当箇所では砂防指定地内の山腹に最大幅150m、高さ90mにわたり、地すべり性崩壊発生の徴候が顕著に見られた。

人家等への直接の被害はなかったものの、住宅地の直上流で発生した崩壊であり、下流の人家30戸に被害を与える恐れがあり、また、砂防河川塩谷川を埋塞し、下流の宝塚市中心部に治水上大きな影響を与える恐れがあったため、災害関連緊急砂防事業を申請した。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

地すべり性崩壊を直接抑止し、工事における樹木の伐採を最小限におさえるため、山腹内における抑止杭工を施工した。

b. 工事の概要

- ・合成杭（鋼管＋H形鋼）長さ12.5m 30本
- ・合成杭（鋼管＋H形鋼）長さ 20m 25本



写真-V.6.17 事業着手前の状況
（地すべり性崩壊発生の徴候）

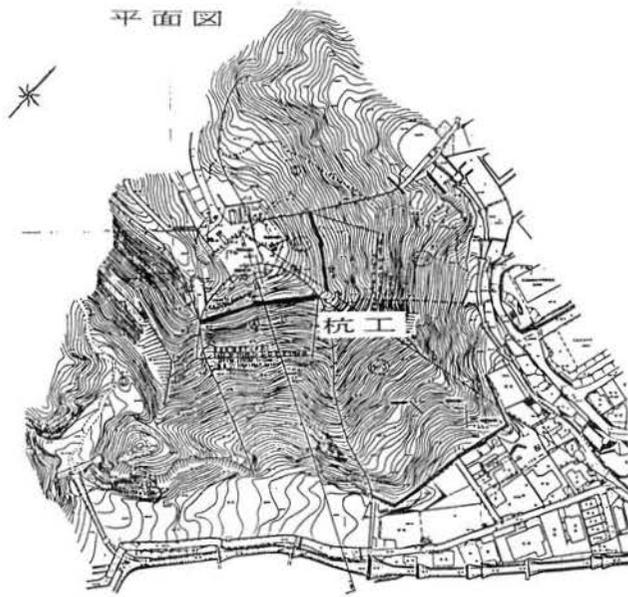


図-V.6.19 平面図

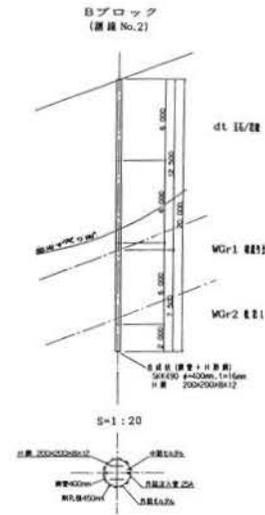


図-V.6.20 杭工構造図

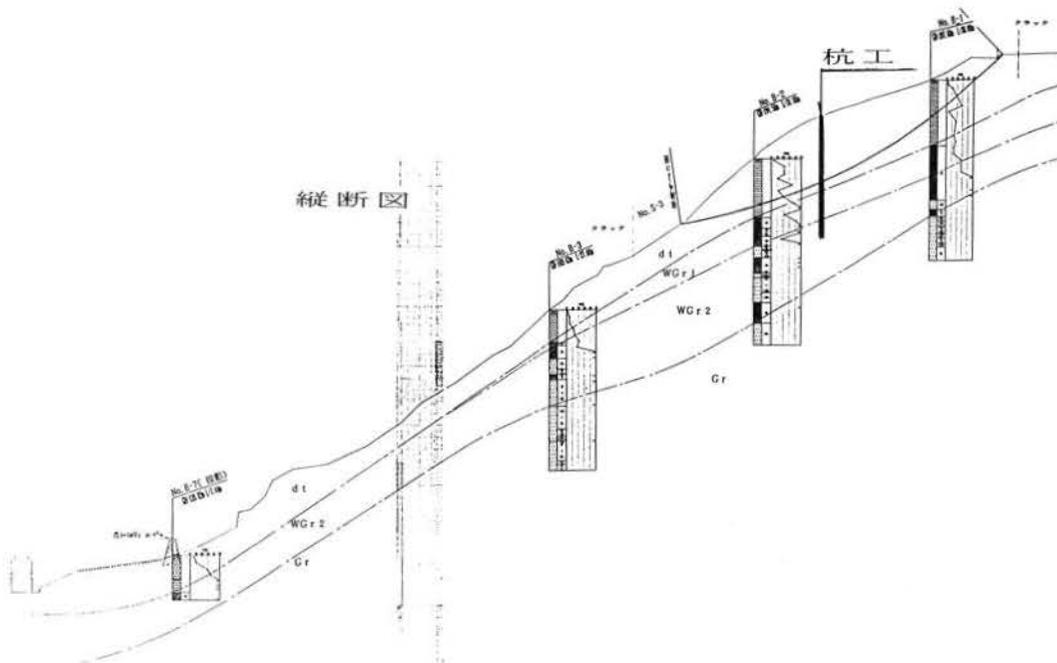


図-V.6.21 縦断面図

(7) 災害関連緊急傾斜地崩壊対策事業の事例

【人家間近で起こった崩壊の復旧事例（大丸町地区）】

区 域 名	大丸町地区
被 害 箇 所	神戸市長田区大丸町
延 長	L=50m
事 業 費	60,000千円
事 業 主 体	兵庫県

1) 被災状況

当地区は、神戸市立丸山中学校下の東斜面が高さ14m、延長50mに渡り崩壊した。その斜面崩壊により、人家全壊2戸、人家半壊1戸、死者2名もの被害が出た。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

当地区は、丸山中学校の擁壁の一部からその下の市道、斜面が崩落しており、対策の計画に当たって、市道の復旧や今回被災を受けた宅地の復旧などを考慮し、擁壁工及びプレキャスト法枠工を選定した。

なお、擁壁設置の際には、想定すべり面の安全率が1.0を下回らないように、先行して杭を施工し、土留め横矢板を設置しながら掘削を行った。その後、この杭工を抱き込むような形で擁壁を打設し、プレキャスト法枠を設置した。

b. 工事の概要

- ・対策工延長 L=50m
- ・重力式擁壁工 50m
- ・土留杭工 34本
- ・プレキャスト法枠工 387㎡



図-V.6.18 事業着手直前の状況
(斜面の崩壊)



写真-V.6.19 事業の完成

【既存樹木を残した施工の事例（月見山地区）】

区 域 名	月見山地区
被 害 箇 所	宝塚市月見山
延 長	L=30m
事 業 費	120,000千円
事 業 主 体	兵庫県

1) 被災状況

当地区は、六甲山系の最東部に位置する急傾斜地崩壊防止区域「月見山」地区である。

平成5年度の梅雨期に、東側斜面が崩壊し、その年の災害関連緊急急傾斜地崩壊対策事業、その後通常事業により対策工事を行ってきたところである。

今回の大地震では、未施工区間で斜面の崩壊は無かったものの、斜面上部の人家が密集した箇所で亀裂が発生し、段差が生じた。そのため、人家全壊2戸、人家半壊3戸もの被害が生じた。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

対象斜面は、六甲花崗岩からなり、平均勾配45度、表層には約1m崖錐堆積物が、またそれ以深にも約1mの強風化層が分布している。

すべり面は、今回の地震による斜面上部の宅地の陥没と、強風化層との境界付近を結んだラインが考えられる。また、斜面を挟み上下部に人家が密集していることから、アンカー工併用吹付法砕工を対策工として選定した。

なお、周囲は市街化が発達しており、当地区は都市住民にとって憩いとなる緑空間を提供していることから、法枠内に極力既存の樹木を残す配慮をしつつ施工した。

b. 工事の概要

- ・ 対策工延長 L=104m
- ・ アンカー併用吹付法砕工 2,250m²



写真-V. 6. 20 事業着手前（上部工の段差）



写真-V. 6. 21 復旧工事完成

(8) 災害関連緊急地すべり対策事業の事例

【大規模地すべりによる河道埋塞した事業事例（仁川百合野町地区）】

地区名	仁川百合野町地区
所在地	西宮市仁川百合野町
事業費	2,326,050千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

阪神・淡路大震災による土砂災害のうち、最も大きな被害が出た地区である。地すべりの規模は、幅約100m、長さ約100mで、厚さ15m、移動土塊量は約10万 m^3 であり、崩壊土砂は二級河川仁川を埋塞するとともに、家屋13戸を押し潰し、34名の命を奪った。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

雨水による浸透水の早期除去や背後からの地下水除去に対応するため、抑制工である横ボーリング工及び集水井工を採用し、安全率を向上させ、さらに不足する安全率を補うために鋼管杭工を用いた。また、地すべり末端部の保護及び地すべり土塊からの地下水排除のため擁壁工として井桁工を用いた。

b. 工事の概要

周囲の自然環境に調和させるため、法面部を植生で覆う等、可能な限り緑化を行った。また、水辺の景観を向上させるため、護岸工の表面にも擬岩を用いた。

現地の観測器のデータを自動操作で取得・転送し、現場の異常を監視するため、自動監視システムを導入した。

(工事概要)

・集水井工	4基	・法砕工	5,062 m^2
・集水ボーリング工	2,836m	・特殊法砕工	1,500 m^2
・横ボーリング工	5,101m	・抑止杭工	139本
・井桁擁壁工	289 m^2	・護岸工	400 m^2

3) 跡地利用計画

地すべり対策工事により十分な安全対策が講じられた緩斜面と斜面中段部に約2,700 m^2 の広場が創出される。これらの空間は都市域にあっては貴重なオープンスペースであり、有効的な利用を検討する必要がある。このため、自動監視システム観測庫、資料庫として建設される建屋のスペースを利用した、地すべりに関する資料館の役割を持つ見学施設を整備する。また、跡地全体を公園として整備し、防災緑地としての利用や施設案内板を設置することにより、現地で対策工及び計測器の実物を見学できるよう検討している。

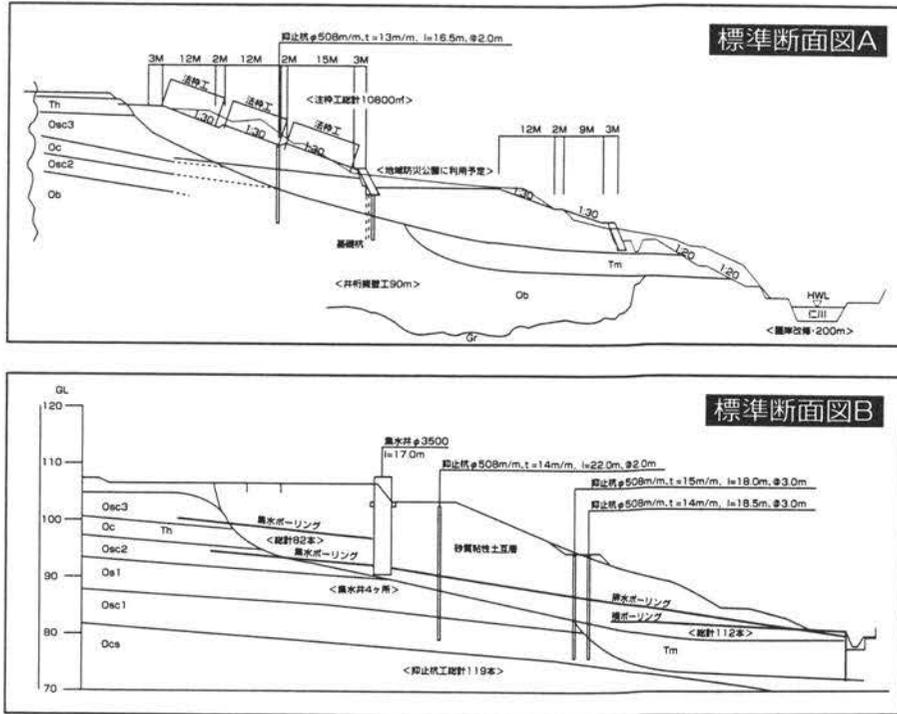


図-V. 6. 22 標準断面図

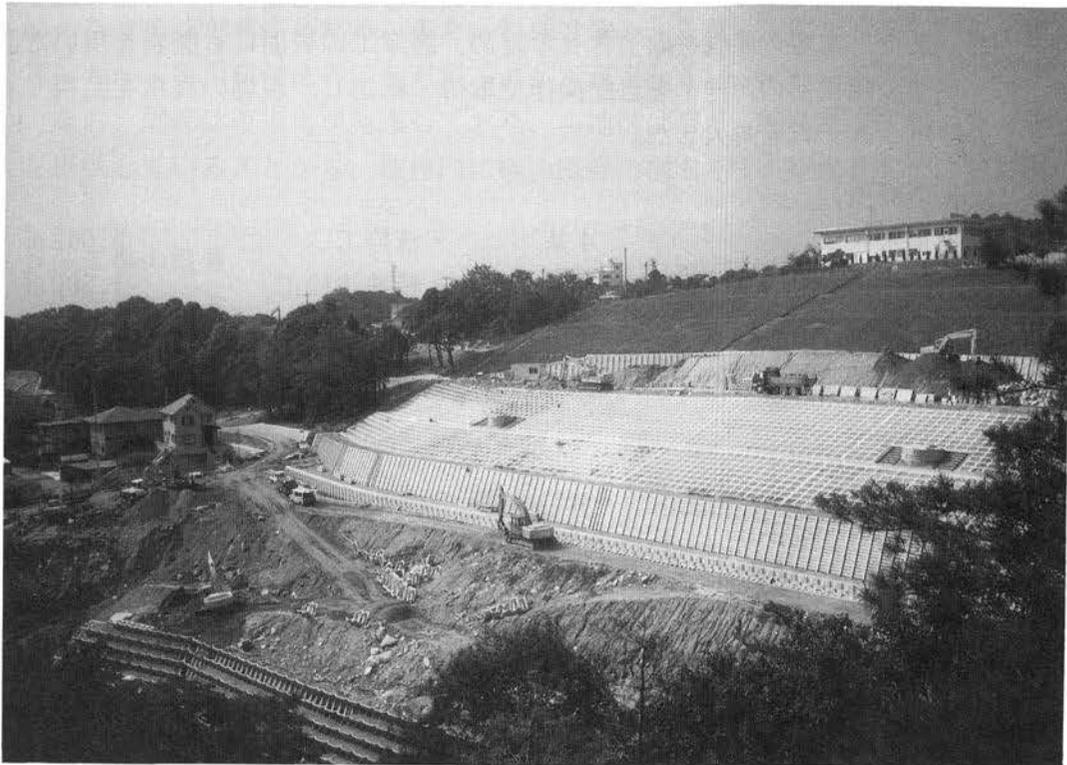


写真-V. 6. 22 平成8年10月末の現場写真

【市街地における事業事例（西岡本地区）】

地区名	西岡本地区
所在地	神戸市東灘区西岡本
事業費	1,451,850千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

地すべり規模は、幅約160m、長さ約150m、厚さ12m、移動土塊量約25万 m^3 である。

また、地すべりの先端部の崖沿いに走る道路が、幅25m、高さ25~30mにわたり崩壊した。

次期降雨又は余震による地すべり発生の恐れがあったため、付近の住民（最大時419世帯、1,359名）に対して神戸市より避難勧告が出された。また、人家密集地での災害であったため、甚大な二次災害が予想された。このため、自動観測システム及び警告灯を設置し警戒にあたった。

2) 復旧工法

a. 応急復旧

震災後、当面の斜面の斜面の安定を図るため、特に地すべり末端部の急崖の崩壊防止と二次災害発生の危険性除去を目的として、応急対策工（落石防止柵、土留め杭工、水抜きボーリング工、排水路整備、崩壊地のモルタル吹付）を平成7年5月までに完了した。

b. 工法選定理由

当地区のような人家密集地では、確実に抑止効果が期待できる抑止工を中心として計画した。また、抑制工としての水抜き工の水位低下を考慮し、不足の安全率を抑止工にて補う考えをとった。

抑止工の選定にあたっては、法面保護が必要な箇所についてはアンカー工を、不要な箇所については鋼管杭工を選択した。

c. 工事の概要

・集水井工	2基
・集水ボーリング工	1,700m
・横ボーリング工	3,236m
・特殊法砕工	1,800 m^2
・アンカー工	352本
・抑止杭工	55本



写真-V. 6. 23 モニターTVによる地すべり地の監視



写真-V. 6. 24 仮設防護柵の設置状況



写真-V. 6. 25 警告灯の設置状況

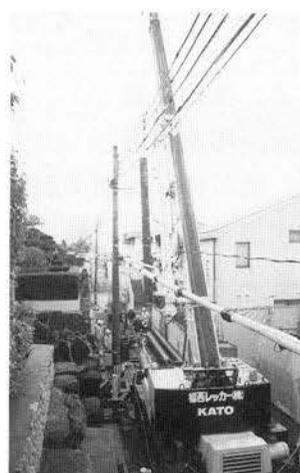


写真-V. 6. 26 抑止杭の建込み状況



写真-V. 6. 27 事業着手前の状況

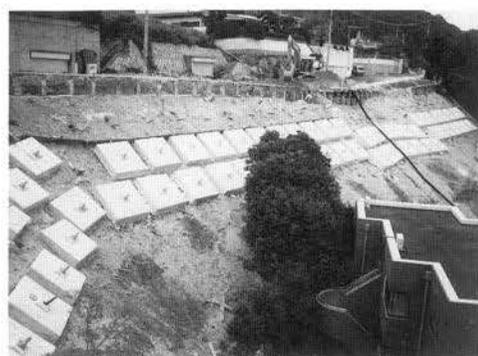


写真-V. 6. 28 平成8年10月末の現場状況

(9) 災害関連緊急傾斜地崩壊対策事業（特例措置）の事例

【半重力式擁壁工による復旧事例（山芦屋町地区）】

地区名	山芦屋町地区
所在地	芦屋市山芦屋町22
延長	L=28.0m H= 7.0m
事業費	35,400千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

当地区は、二級河川芦屋川の右岸側、六甲山地前面に形成された扇状地の上に位置する。被災した擁壁は、野面石とくずれ石が混じり合った多段擁壁であった。被災状況としては、積み石の種類が変化した箇所や、擁壁の前法勾配が変化した箇所で、亀裂の発生、積み石の抜け落ち、崩落が発生した。また、この地区における人家被害は、全壊2戸、半壊1戸、一部損壊2戸であった。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

当該擁壁は、大規模な亀裂の発生により、背後の土圧を受ける機能を完全に失っていたこと、擁壁上部の家屋が撤去され掘削が可能であったことから、半重力式擁壁工を採用した。

b. 工事の概要

- ・半重力式擁壁工 L=28.0m
H= 7.0m



写真-V. 6. 29 事業着手前の状況
(石積み擁壁の被災)

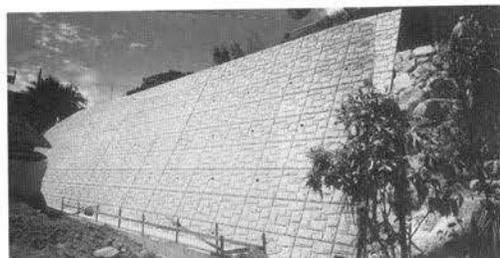


写真-V. 6. 30 復旧工事の完成

【網状鉄筋挿入工法を用いた復旧事例（住吉山手7丁目地区）】

地区名	住吉山手7丁目地区
所在地	神戸市東灘区住吉山手7丁目
延長	L=61.8m H=4.5m
事業費	55,198千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

当地区は、二級河川住吉川の扇状地上に位置する。当該擁壁は、地震動により擁壁の中央付近で損傷し、大きくはらみ出した。擁壁上部の家屋は、全壊2戸、一部損壊2戸の被害を受けた。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

擁壁上部の家屋を撤去した箇所は重力式擁壁工、家屋の被災が比較的小さく、そのまま居住を続ける箇所は、家屋に対する影響が比較的少ない、網状鉄筋挿入工法+張りコンクリート工を採用した。重力式擁壁工を採用した箇所の内、基礎地盤の地耐力が低いと推定された箇所について、支持杭を施工した。

b. 工事の概要

- ・重力式擁壁工 L=38.5m
H=4.0~4.8m
- ・鋼管杭 径500mm
L=7.0~7.5m
- ・網状鉄筋挿入工法+張りコンクリート工
L=23.3m
H=3.8~4.4m



写真-V. 6.31 事業着手前の状況
(石積擁壁のはらみ出し)



写真-V. 6.32 復旧工事の完成

7. 港湾・海岸の復旧

(1) 被害の特徴

① 係留施設

ケーソン式、ブロック式などの重力式の岸壁や物揚場では、全延長にわたって堤体に滑動、前傾、沈下が生じ、大きいところでは、2 m程度前面へせり出し、沈下も最大2 m程度の箇所がある。あわせて、背後エプロンも陥没・沈下を起こし、至るところで亀裂・目地開きが生じた。

② 防波堤

法線の乱れや段差は比較的少ないものの、尼崎西宮芦屋港では最大で1 m程度ずれたところがあり、堤体が傾斜している箇所もある。一方、激しい地震動による堤体の沈下は大きく、最大で2 m以上沈下している施設もある。

また、水中部の被覆捨石に沈下や散乱が生じた。

③ 護岸

係留施設と同じような被災状況であり、堤体が前面にせり出し、背後の水叩が陥没、沈下し、目地開き等が生じた。

④ 道路、橋梁等

道路は、沈下による路面・路体の亀裂が至るところで発生した。橋梁では、支承・伸縮継手・橋脚などに破損が生じた。

⑤ 海岸保全施設

杭式・自立式矢板の構造物は、本体の被災は比較的少ないものの、上部工の目地開き・前傾等が見受けられた。中にはたわみによる前傾が許容値を越えて破損しているところもあった。水叩部は前面的な沈下をおこしていた。

重力式構造物は、上部工の前傾・沈下が目立ち、特にコーナー部では堤体の破損が生じた。上部工の目地開きも多く見られ、大きい箇所では50cm以上のところもあった。基礎マウンドの崩壊等は少なく、被災前の形状で沈下していた。水叩部は、本体工より沈下が激しく、破損箇所も多かった。

尼崎閘門では、第一閘門に大きな被害が起き、機械・電気関係にも破損が生じた。その他陸閘にも地盤沈下による開閉不能等の被害があった。

(2) 港湾・海岸施設の復旧方針

① 係留施設

被災の程度や利用形態等周囲の状況を考慮し、現位置での据え直し、あるいは前面での現場打ちコンクリートによる補強、前面での新設（重力式・矢板式等）を施工性・経済性から決定した。

② 防波堤

沈下による天端高不足及び復旧に伴う堤体の重量不足を補うための工法選定にあたっては、上部コンクリートの打ち足し及び水中コンクリート、あるいは捨石等による堤体の重量増加工法を経済性・施工性から決定した。また、波圧を低減する必要があるときは消波工を設置した。

なお、潮位・波浪等の設計条件は、現時点で適用しているものを使用することとした。

③ 護岸

基本的には、係留施設または海岸保全施設の護岸と同様に考えた。

④ 道路・橋梁等

道路については、クラック等被災の状況に応じ、表層・路盤等の打ち換えを行うこととした。なお、縦断線形を考慮し、必要なところは路体からの嵩上げを行う。

橋梁については、現行の「道路橋示方書・耐震設計編」（平成2年日本道路協会）および「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様」（建設省）に基づき、復旧することとした。

⑤ 海岸保全施設

復旧にあたっては、波浪条件の見直しを行い、必要天端高の設定を行うほか、捨石基礎の増設・堤体幅の増強等、施設の耐震性の向上を考慮のうえ経済性、施工性を検討し、復旧断面を決定した。

(3) 港湾施設の復旧仕様・工法

① 耐震性の向上

港湾施設は、「港湾の施設の技術上の基準」により、設計震度を原則として次のように定め、設計に反映させている。

設計震度＝地域別震度×地盤種別係数×重要度係数

（地域別震度は0.15（近畿）、地盤種別係数は地盤種別に応じて0.8～1.2、重要度係数は構造物の重要度に応じて0.5～1.5）

ただし、道路橋は「道路橋示方書・耐震設計編」により耐震性を検討している。

既設係留施設の多くは、設計震度0.15により設計されており、今回の震災により滑動・傾斜を生じているほか、基礎の支持力不足による沈下等の被害を受けた。

また、一部の施設は、砂質部分の液状化によると思われる被害を受けた。以上の被害の状況から今回の復旧にあたっては、地震時の緊急輸送体制を確保する必要性等を検討し、設計震度を上げるため以下のとおりの重要度係数を採用することとした。

1) 防波堤

断面決定にあたっては、設計震度より波圧の方が主要因を占めるため、重要度係数は現行どおり1.0とした。

2) 係留施設

海上輸送ルート確保の観点並びに被災状況を鑑み、重要度係数現行1.0を1.2とし、災害時、特に重要と考えられる施設については1.5とし、耐震岸壁として復旧することとした。ただし、被災の程度が軽微で原形復旧が可能で災害時に経済活動・緊急輸送に与える影響が少ないと思われる施設については、現行どおり1.0とした。

3) 海岸保全施設

矢板式等の鋼構造の施設は、現行基準を満たしていない古い施設以外は被害が軽微であり、重力式の施設に滑動・沈下・目地開きの被害がみられた。しかし、従来より重要度係数を尼崎西宮芦屋港では1.2、その他の海岸では1.0としていたため、壊滅的な被害はまぬがれたため、安全率の範囲で対応し、重要度係数は現行どおりとした。

② 復旧工法

施設の重要度及び施設並びに背後地の利用状況を考慮のうえ下記を基本として工法・復旧断面を決定する。

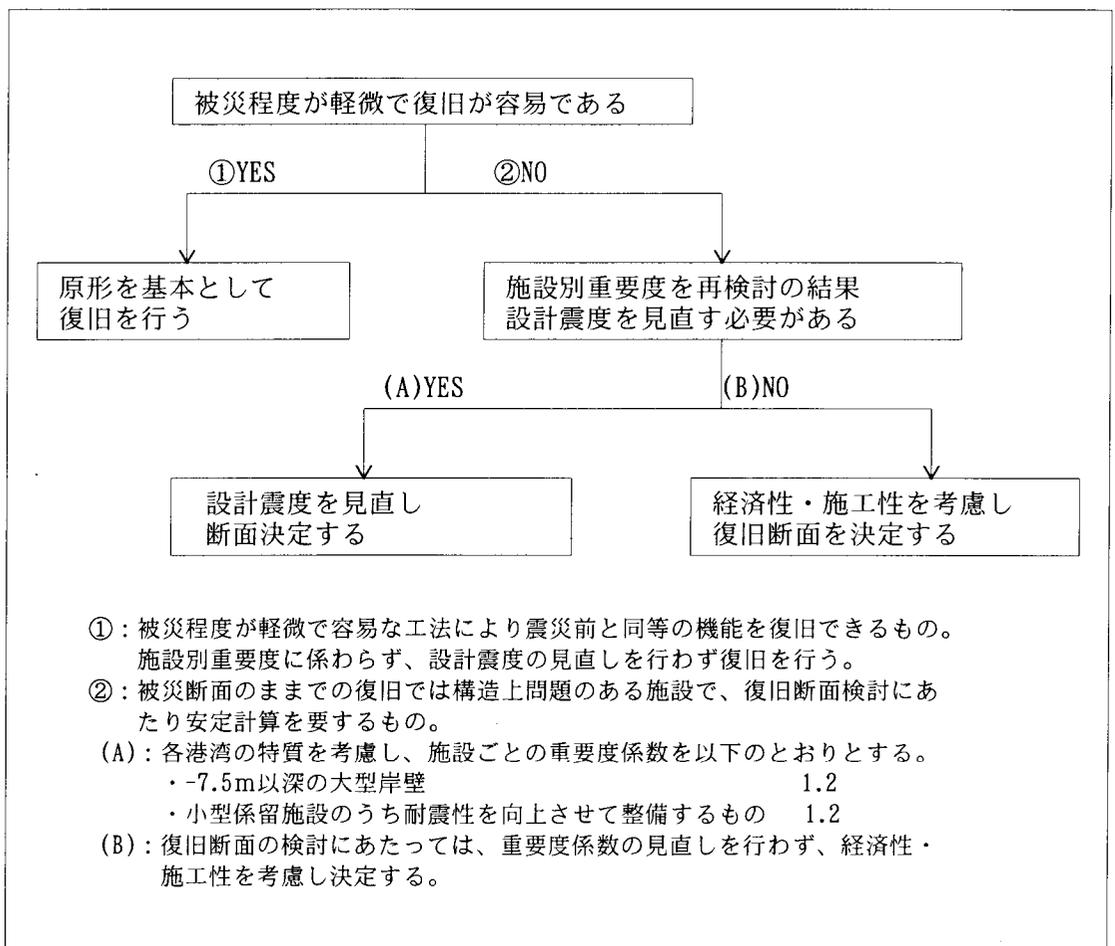


図-V.7.1 港湾施設復旧断面決定にあたっての設計条件の考え方

1) 防波堤

沈下による天端高不足並びに天端高復旧に伴う堤体の重量不足を補うための工法選定にあたっては、上部コンクリートの打ちだし及び水中コンクリートもしくは捨石等による堤体の重量不足を補うための工法（上部工嵩上げ工法）を、経済性・施工性を検討のうえ決定する。また波圧を低減する必要がある場合は、消波工を設置する。

なおこの場合、設計条件（潮位・波浪等）は、現時点で設定していくものを使用し、必要天端高を決定する。

2) 係留施設

原形復旧を行う場合（重要度係数1.0または1.2）は、上部工の嵩上げ、前面捨石整形等又はコンクリートによる腹付け補強もしくは据え直し等、経済性・施工性等を検討のうえ復旧断面を決定する。改良復旧を行う場合（重要度係数1.5）は、被災状況・経済性・施工性を考慮のうえ水中コンクリートによる腹付け補強・控え式鋼(管)矢板構造・栈橋構造等の断面を決定するほか壊滅的被害を回避するため断面の多様性を図る。なお法線について被災施設の状況からやむを得ず折れ点を設ける場合は、少なくとも1バース単位では直線となるよう考慮する。

3) 海岸保全施設

復旧にあたっては、波浪条件の見直しを行い、必要天端高の設定を行うほか、捨石基礎の増設・堤体幅の増強等、施設の耐震性の向上を考慮のうえ経済性・施工性を検討し、復旧断面を決定する。

③ 復旧の考え方

- ・ 2次災害を防止するため、高潮対策等防災上必要な海岸保全施設及び防波堤の早期復旧を行い、台風時期までに防災機能の回復を図る。
- ・ 救援物資の搬入、ガレキの搬出、建設資材の搬入等、緊急輸送対策として必要な岸壁及び臨港道路の早期応急復旧を行う。
- ・ 埋立地へのアクセス道路としての橋梁（西宮大橋）については、早急に仮設道路の建設を行い、生活・産業活動等への支障を最小限におさえる。
- ・ その他の施設については、産業活動・復興事業等に支障をきたさないよう工区分割等により順次復旧を行い2年以内に復旧完了する。
- ・ 液状化の恐れのある施設については、復旧に併せて可能な限り対策工を施工する。

(4) 県管理港湾・海岸施設の復旧事例

【鋼矢板護岸の復旧事例（尼崎西宮芦屋港尼崎地区）】

港湾名	尼崎西宮芦屋港（尼崎地区）
被災箇所	尼崎市大高洲町
延長	59.9m
災害査定額	52,242千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

昭和41年度に完成した控鋼管杭式鋼矢板の護岸である。被災延長は59.9mでタイロッドが一部切断し、鋼矢板がはらみ出し、本体が運河側に移動した。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

既設構造物の撤去が可能であったので原形復旧とした。

b. 工事の概要

既設鋼管矢板及びタイロッドを撤去し、控鋼管及び鋼矢板を新設し、復旧した。

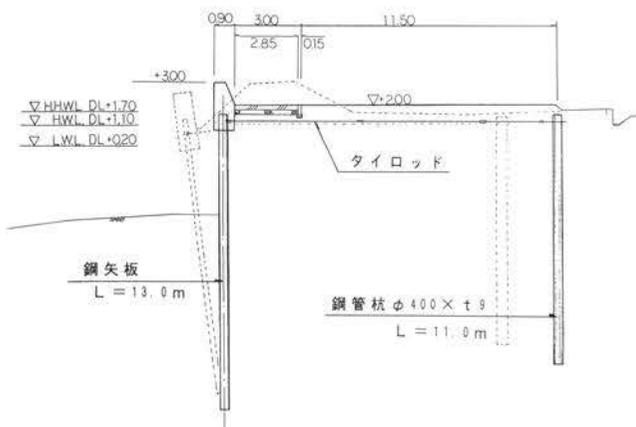


図-V.7.2 災害復旧断面図



写真-V.7.1 復旧工事の完成

【西宮大橋の復旧事例（尼崎西宮芦屋港西宮地区）】

港湾名	尼崎西宮芦屋港（西宮地区）
被害箇所	西宮大橋
延長等	590m
査定決定額	4,374,041千円
事業主体	兵庫県

1) 被害状況

a. 上部工

P 4、P 5 上の固定支承が完全に破壊し、主桁が円弧を描いて西側に最大約85cm変位した。また、P 5 上において主桁下フランジが下沓に直接載った状態となり下フランジの変形、ダイヤフラムの座屈が生じた。上部工は橋軸方向にも変位を生じており、大部分の可動沓が移動余裕量以上の変位となった。

b. 下部工

P 3、P 6 橋脚は橋軸直角方向に破壊した。この破壊面は主鉄筋の段落とし位置、若しくは帯鉄筋間隔が大きく（300mm）鉄筋量が少ない箇所である。P 5 橋脚は、上部工が西側に変位した結果、偏載荷重が生じ、西側張出部付根において8～10mmのクラックが生じた。（写真-II. . 参照）

2) 応急復旧工事の復旧工法

P 3、P 6 の橋脚の破壊が進行し、鉛直方向支持力が期待できなくなる場合、上部工は降伏応力を超えるため、仮設ベントを設置することとした。仮設ベントの設置にあたっては、桁下での作業時間をできるだけ短縮するために工場製作を行い、起重機船によりブロック架設を行った。

3) 本復旧工事の復旧工法

a. 設計方針

上部工の支持条件を変更して、反力分散免震支承を用いることにより、被災しなかった橋脚への負担を低減し、全体として耐震性を向上させることとした。

b. 工法選定理由

上部工の重量が8,000tであること、架設時に大ブロック工法を採用していたこと等により、杭基礎による本ベントを設置し、ジャッキアップを行うこととした。

c. 工事の概要

上部工はジャッキアップを行った後、横方向ジャッキによって橋軸修正をおこなった。下部工は鉄鋼矢板により仮締切を行い、ドライアップの後、復旧仕様に基づいて築造した。

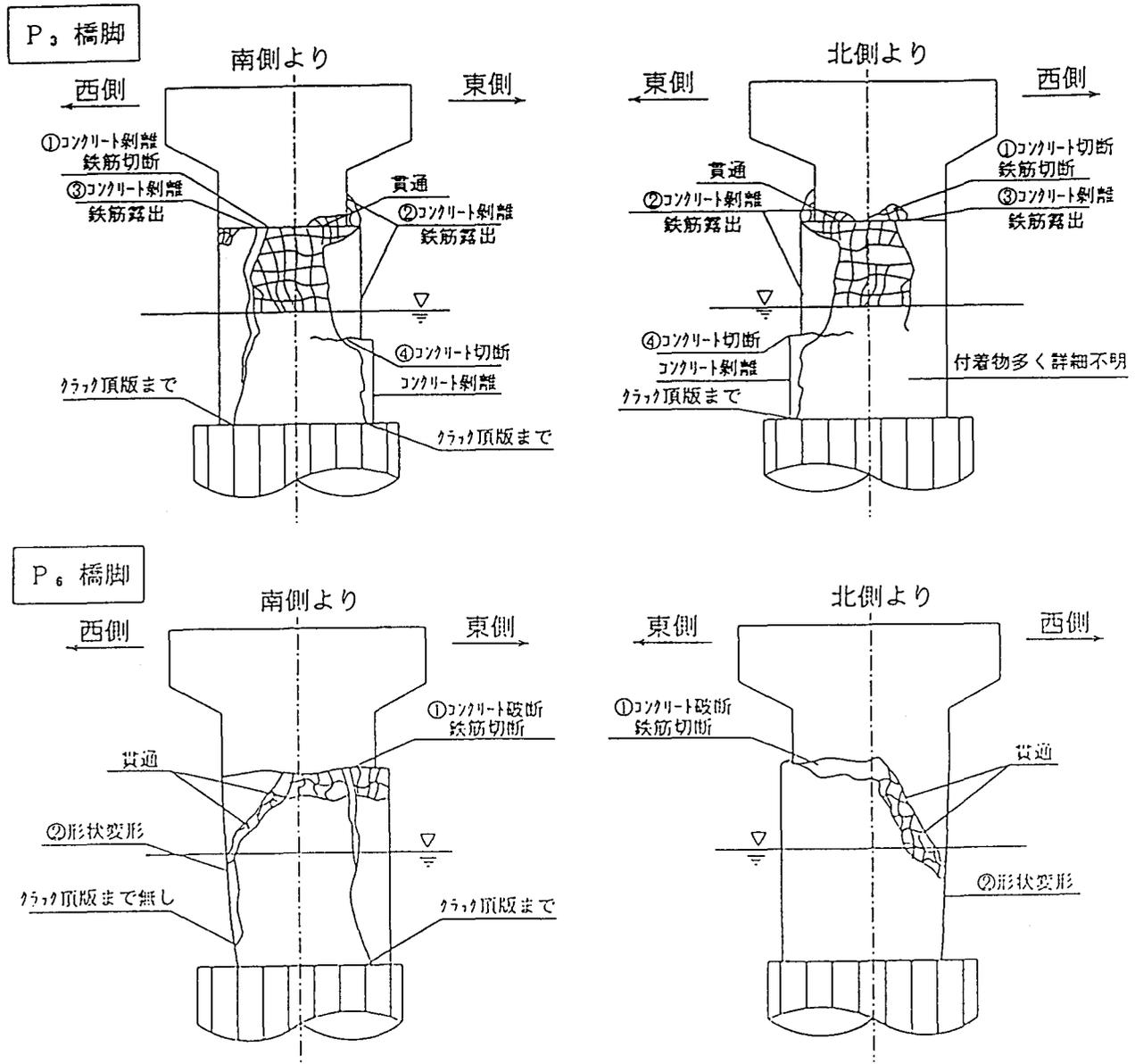


図-V.7.3 下部工（西宮大橋P3、P6橋脚）の被災

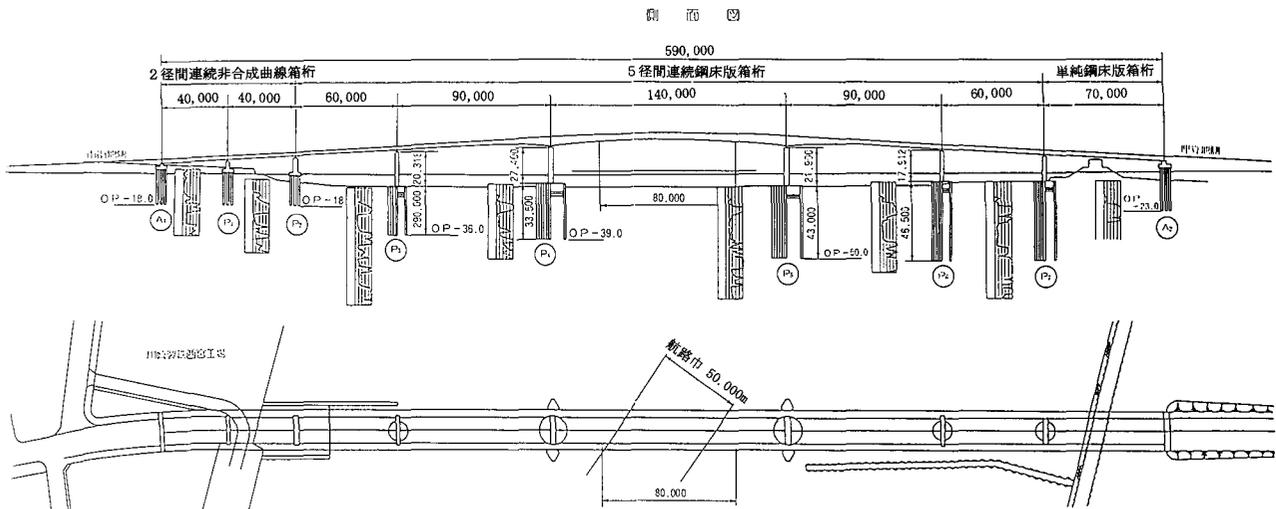


図-V.7.4 一般図



写真-V.7.2 復旧工事中の状況



写真-V.7.3 復旧工事の完成

【岸壁ケーソンの滑動に対する復旧事例（尼崎西宮芦屋港甲子園地区）】

港湾名	尼崎西宮芦屋港（甲子園地区）
被災箇所	甲子園浜 岸壁(-5.5m)
延長等	750m
災害査定額	1,681,263千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

過大な慣性力と埋立地盤の軟化により岸壁ケーソンが海側に約80cm滑動した。また、置換砂層の軟化により約1mの沈下が生じた。背後地盤は岸壁法線と平行に多数の亀裂が生じた。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

設計水平震度の見直し（0.15から0.20）に対応するため、ケーソン重量及び堤体幅を増大する必要が生じた。ケーソンの傾斜が軽微だったため、水中コンクリートによる腹付工法を採用した。また、上部工は嵩上げ工法とした。

b. 工事の概要

既設ケーソンに水中ケミカルアンカーを施工した後、H鋼を建て込み、水中型枠を設置し、コンクリートを打設した。

また、岸壁背後の地盤を締め固めるため、陸上からサンドコンパクションパイル工を施工した。



写真-V.7.4 岸壁ケーソンの滑動

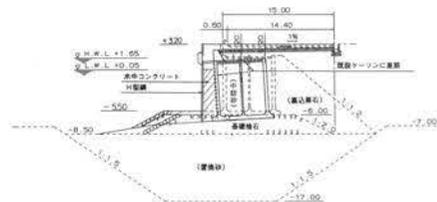


図-V.7.5 災害復旧断面図



写真-V.7.5 復旧工事中の状況

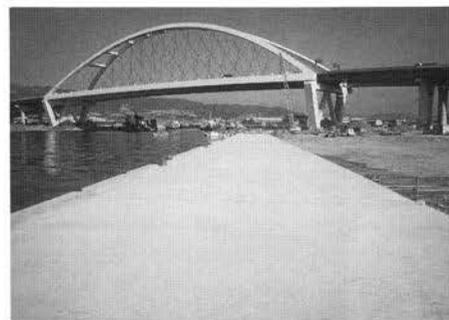


写真-V.7.6 復旧工事の完成

【直立消波ブロックの被災に対する復旧事例（室津港）】

港湾名	室津港
被害箇所	物揚場(-2.0m)
延長等	65.0m
査定決定額	94,855千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

本施設は昭和50年度に完成した物揚場(-2.0m)である。構造形式は方塊を用いた重力式構造物であり、設計震度0.10により造られていた。

被災状況としては、上部工、本体工が最大4°傾斜及び沈下し(最大40cm)、施設全体が海へせり出し(最大60cm)、エプロン部が破損した。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

背後に荷捌施設があり、原形復旧することが困難であるため、直立消波ブロックによる前出し工法とする。

また、重要係留施設との位置づけで設計震度の見直し(0.10から0.20)を行った。

b. 工事の概要

前面に直立消波ブロックを設置し、上部工、エプロン部を打ち直した。



写真-V.7.7 上部工、本体工の被災

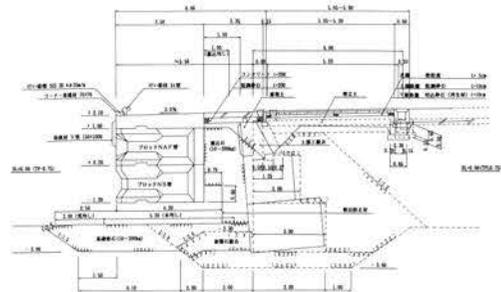


図-V.7.6 災害復旧断面図



写真-V.7.8 復旧工事中の状況



写真-V.7.9 復旧工事の完成

【L型ブロックの被災に対する復旧事例（郡家港）】

港湾名	郡家港
被害箇所	物揚場(-4.0m)
延長等	45.0m
査定金額	105,946千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

本施設は昭和44年度に完成した重力式L型ブロックの物揚場（-4.0m）で、設計震度0.10により設計されていた。

今回の地震により、本体工が前面に最大37cm傾斜しており、上部工、エプロン目地が約60cm開いた。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

堤体が老朽化しているため、流用が難しいことから、前面に控え式鋼矢板を打設して復旧した。

また、設計震度の見直し（0.10から0.15）を行い、断面を決定した。

b. 工事の概要

前面に控え鋼矢板を打設し、上部工、エプロン部を打ち直した。

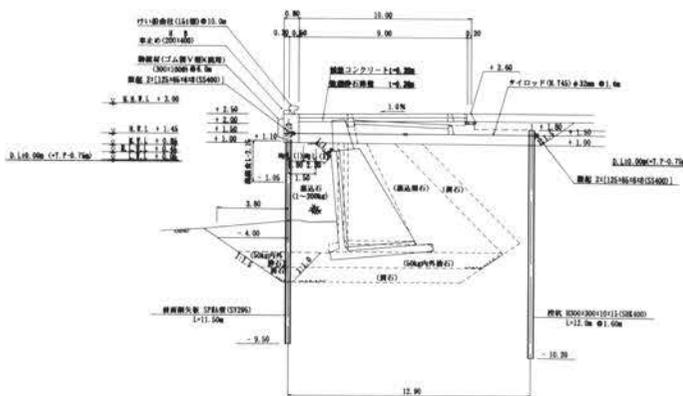


図-V.7.7 災害復旧準断面図



写真-V.7.10 復旧工事の完成

(5) 企業庁建設中港湾施設の復旧事例

【護岸ケーソンの移動・沈下に対する復旧事例（南芦屋浜地区南護岸）】

路線名	尼崎西宮芦屋港（南芦屋浜地区）
被害箇所	芦屋市 地先
延長等	南護岸 L=975m
事業主体	兵庫県企業庁

1) 被災状況

南護岸は、直立消波型ケーソン式護岸であり、床掘置換により地盤改良を実施している。

当該護岸は、当時上部工を残し概成していたが、震動によりケーソンが平均2.0m前面に移動するとともに平均1.4m沈下し、堤頭部を波が洗う状態になった。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

当地区は、埋立工事中であるため、現位置においてコンクリートにより嵩上げを行うこととした。

なお、設計震度 $K_h=0.20$ により安定計算を行い、復旧断面を照査した。

b. 工事の概要

- ・ 嵩上コンクリート（平均 $H=1.4\text{m}$ ）
- ・ 裏込工



写真-V.7.11 ケーソンの移動

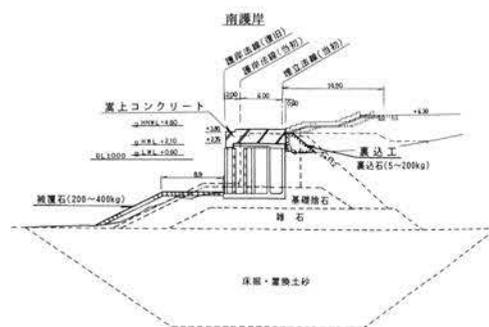


図-V.7.8 災害復旧標準断面図

【護岸ケーソンの移動・沈下に対する復旧事例（南芦屋浜地区東護岸）】

路線名	尼崎西宮芦屋港（南芦屋浜地区）
被害箇所	芦屋市 地先
延長等	東護岸Ⅳ L=135m
事業主体	兵庫県企業庁

1) 被災状況

東護岸Ⅳは、水深-7.5mが確保できるケーソン式護岸であり、床掘置換による地盤改良を実施している。

当該護岸は、当時上部工を残し概成していたが、震動により、ケーソンが平均2.3m前面に移動するとともに平均1.4m沈下した。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

設計震度の算定において、既設護岸は、地域別震度（0.15）×地盤種別係数（1.2）×重要度係数（1.2）より設計震度 $K_h=0.20$ を採用していたが、今回の震災において海上アクセスによる緊急物資輸送が大きな役割を果たしたことから、当護岸の耐震強化を図ることとし、重要度係数として1.5を用い設計震度 $K_h=0.25$ により復旧することとした。設計震度アップに伴い滑動抵抗が不足するため、背面拡幅としてケーソン背後へ腹付コンクリートの及び嵩上コンクリートの打設により対応することとした。

また、地震時の背後土圧の軽減のため、液状化対策としての地盤改良範囲を砕石（1～200kg）で置き換えることとした。

b. 工事の概要

- ・腹付コンクリート（ $W=7.0m$ ）
- ・裏埋工（砕石置替 $W=13m$, $H=9.8m$ （MLWL以下））



写真-V.7.12 ケーソンの沈下破損状況

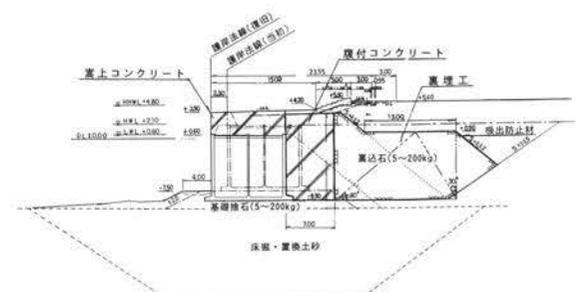


図-V.7.9 災害復旧標準断面図（耐震強化部）

(6) 神戸港の復旧

① 被害の特徴

1) 公共施設の被害の特徴

神戸港では、約11.6kmに及ぶ水際線がことごとく被害を受け、一部は壊滅した。

港湾施設については、コンテナバース21バースを含む大型岸壁239バース、及び23km以上にのぼる物揚場のほとんどが、岸壁本体の傾斜や沈下などの被害を受け使用不能となり、その背後に立地する上屋、野積場、荷役機械も同様に使用不能となった。東神戸フェリー埠頭などのフェリー埠頭についても、岸壁が滑動、傾斜などの大きな被害を受け、利用不能となった。

また、港湾幹線道路、新交通システムなどの臨港交通施設も被災し、一部を除き通行不能となり、被災直後においてはポートアイランド、六甲アイランドの陸路によるアクセスが不能となった。

高潮などの防災施設である海岸保全施設についても、護岸の倒壊、クラック、目地開き等の被害を受け、ほぼ全施設で防潮機能を失った。

表-V.7.1 公共の港湾施設の被災状況

施設の種類		被災状況
係留施設	コンテナ船埠頭	<ul style="list-style-type: none"> 岸壁本体の滑動、傾斜 エプロン舗装の破損、陥没 クレーン基礎の破損 地盤の液状化によるヤード舗装の沈下、破損
	在来船埠頭	<ul style="list-style-type: none"> 岸壁本体の滑動、傾斜、沈下（一部水没） エプロン舗装の破損、陥没
	フェリー埠頭	<ul style="list-style-type: none"> 岸壁本体の滑動、傾斜 エプロン舗装の破損、陥没 ヤード舗装の破損、陥没
外郭施設	防波堤	<ul style="list-style-type: none"> 本体の沈下、傾斜
	護岸	<ul style="list-style-type: none"> 本体の沈下、傾斜 水叩き部や背後の舗装の破損、陥没
臨港交通施設	橋梁・高架道路	<ul style="list-style-type: none"> 下部工の変位に伴う支承の損傷 橋脚の座屈、鉄筋の露出
	平面道路	<ul style="list-style-type: none"> 舗装の沈下、破損 排水工の破損
	新交通システム	<ul style="list-style-type: none"> 桁の落下 橋脚の破損
荷さばき施設	上屋	<ul style="list-style-type: none"> 在来船埠頭における上屋の沈下、傾斜、破損
	荷役機械	<ul style="list-style-type: none"> コンテナバースにおけるクレーン基礎の破損、移動に伴うガントリークレーン本体の破損 フェリー埠頭における可動橋の破損
港湾環境整備施設	緑地	<ul style="list-style-type: none"> 緑地護岸の滑動、傾斜 舗装の沈下、陥没

表-V.7.2 公共の海岸保全施設の被災状況

施設の種類	被災状況
堤防	・堤防本体の滑動、傾斜、目地開き（隅角部 被害大） ・水叩きの陥没
護岸	・護岸本体の滑動、傾斜、沈下（本体が一部倒壊、流失）
防潮堤（胸壁）	・防潮堤本体の傾斜、沈下、クラック、目地開き
鉄扉	・鉄扉本体の傾斜、沈下、クラック、目地開き（本体が一部転倒）
排水機場	・建物のクラック ・設備（バッテリー、除塵機等）の一部不良 ・排水路の陥没
水門	・支柱コンクリートのクラック、一部欠損

2) 民間施設の被災状況

神戸港に立地する港湾関連産業についても公共施設同様大きな被害を受けた。主な被害としては、護岸の沈下や損壊、及びその背後地の外郭施設や保管施設等の沈下などが多く見受けられた。

表-V.7.3 民間の港湾施設の被災状況

施設の種類	被災状況
係留施設	・ドルフィンの傾斜、破損 ・棧橋の渡橋の破損、係船柱の破損
外郭施設	・護岸の沈下、傾斜、水没 ・水叩き部や護岸背後の舗装の沈下、破損
荷役施設	・クレーン類の傾斜、破損 ・セメント、穀類、LPG専用荷役施設の破損
保管施設	・倉庫の破損、倒壊、タンクやサイロの傾斜、倒壊

② 港湾・海岸施設の復旧方針

震災で大きな被害を受けた神戸港の復旧は、復旧後も元の形のままで利用していくものと、震災前から新しい港湾整備として計画中のものとの復旧の方法は異なってくる。また、震災により新たな防災拠点としての港の整備も必要となり、ただ単に現状に復旧するだけでは留まらない。新たな港湾整備、防災拠点づくりにしても、新たな港湾計画の策定が必要となる。そのため、港湾法に基づく港湾審議会を震災直後の1月30日に開催し新たな港湾計画を同審議会に諮問し、原案を妥当とする答申を受けた。また、運輸省においても神戸港の復興のため、手続きは非常に迅速に対応され、2月17日には港湾計画が正式に認められ、これにより神戸港の復旧、復興の手法、又復旧のスケジュールが明確にされてきた。

また港湾計画の早期策定により、六甲アイランド南、摩耶埠頭の再開発、新港突堤東地区、兵庫突堤の再開発が認められた。これらの計画は、新たな人工島の埋立と既設埠頭間の埋立を必要とするものであり、埋立免許についても3月末から4月にかけて

て迅速に取得することができた。この埋立免許取得によって早期の埋立が可能となり、この震災により大量に発生した瓦礫等について臨港部に4カ所の積み出し基地を設置し、当該地区に埋立処分することが可能となった。

また、ハード面での復旧、復興のみならず神戸港の利用というソフト面についても、震災後9日目の1月25日には行政、業者、港湾労働者で組織する「神戸港復興対策連絡会議」を設置し、復興までの間及び復興後、いかに国際貿易港としての神戸港の利用を確保するかについて検討が重ねられた。その結果、本格復興までの間、労使によって365日・24時間荷役が確認された。

これらのハード面、ソフト面の復興をふまえたかたちで、神戸港の新たな国際貿易港への飛躍を図る神戸港の復興計画の策定のため、2月12日には「神戸港復興計画委員会」も発足した。

表-V.7.4 神戸港の復興計画に関する動き

月 日	内 容
1月25日	神戸港復興対策連絡会議を設置
1月30日	神戸港港湾審議会を開催（港湾計画の改訂）
2月12日	神戸港復興計画委員会を設置
2月17日	神戸港港湾計画の改訂を承認（中央港湾審議会）
2月20日	公有水面埋立免許の出願・埋立承認の申請（摩耶、六甲南）
3月31日	公有水面埋立免許取得・埋立承認（摩耶、六甲南）
4月11日	神戸港労使、365日・24時間荷役を確認
4月19日	公有水面埋立免許の出願・埋立承認の申請（新港東・兵庫）
4月28日	神戸港復興計画委員会報告書まとまる。

③ 復旧・仕様工法

1) 岸壁復旧断面の設計における基本的な考え方

神戸港は、阪神地区はもとより我が国の経済・社会にとって極めて重要な港湾であり、借受者の各船社をはじめ各企業からも1日も早い復旧の要望を受けている。

公社埠頭等、大半の岸壁の被災前の構造形式は、軟弱な粘性土質を床掘し置換砂により地盤改良を行い、その上部に捨石マウンドを構築してケーソンを設置する重力式ケーソン岸壁である。

震災後、潜水土によるケーソン本体の外観調査結果から、岸壁が大変位を起こしたにもかかわらず、外観上は部材の破損、損傷などの被害が見受けられないことから、既設ケーソンの有効利用方法を検討し、再利用を図ることが経済的にも工期的にも有利であると考えられた。

復旧工法の選定にあたっては、早期に復旧が行えることを前提として、施工性・安定性・経済性を検討するとともに、パースの位置的条件を考慮しつつ以下の工法を選定した。

2) コンテナ船埠頭の岸壁復旧工法

a. 新設ケーソンによる前出し工法（デタッチド・ケーソン工法）

この工法は、施工性・安定性・工期的に優れており、前面水域への影響を考慮する必要がないポートアイランドC-1～5バース、六甲アイランドC-1～5バースに採用することにした。

復旧工法の概要は、被災したケーソンを据直すことなく、その前面に新たにケーソンを設置し、旧ケーソンとは渡橋を架けて連結するもので、新設ケーソン下部の軟弱な海底地盤をサンドコンパクションパイル（S.C.P）による地盤改良を行い、新設ケーソン用の基礎捨石の投入を行う。新設ケーソン底面には磨耗増大マットを設置し、滑動に対する安全性の増加を図っている。また、新設ケーソンと既設ケーソンとの間に間詰石を充填し、既設ケーソンに対する滑動及び転倒に対する安全性の増大を図っている。

新設ケーソンの背面には、締固め工（S.C.P）及び水砕スラグを設置し土圧の軽減を図るとともに、液状化にも対応することで堤体の安定を図っている。

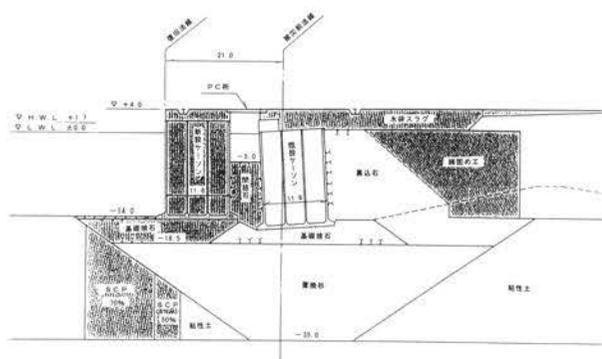


図-V.7.10 前出し工法標準断面図
(六甲アイランドRC-5)



写真-V.7.13 ケーソン据付状況

b. 既設ケーソンの据直し工法

この工法は、突堤タイプに配置されている前面の操船水域（スリップ幅）を確保する必要のあるポートアイランドC-7～9バース、C-11、12バースに採用することにした。

この工法は、既設ケーソンの有効利用を図り、傾斜・沈下したケーソンを原位置に据直し復旧するものである。

④ 港湾・海岸施設の復旧

1) 係留施設の復旧

震災直後の神戸港は、使用可能バースが239バースのうちわずか9バースのみであった。神戸港の貿易港としての機能はもちろんのこと、震災の救援のため寄港する救援物資の輸送船、自衛艦の係留、陸上交通のマヒによる海上アクセスの確保などのためにも、一刻も早いバースの緊急復旧が必要であった。

こういった要請と前述の各会議で検討されてきた復旧、復興の手法の確立によって、港湾機能回復のための復旧整備が急ピッチで行われることになった。

まず救援物資及び人員輸送などの緊急対応のため、又危険箇所の補修のための復旧として緊急復旧を行い、同時に被害の程度が軽いところを中心に各種物流機能の回復のための応急復旧に努めた。この結果、震災後わずか10日間で30バースが使用可能となり、震災後2箇月では貨物用93バース、旅客用（フェリー等含む）も14バースが使用可能の状況となった。

また、被害の大きかったコンテナバースについても、その所有がほとんど神戸港埠頭公社であり、その復旧費用の財源確保が極めて困難な状況であったが、国により岸壁等に国庫補助や起債措置の特別法（阪神・淡路大震災に対処するための特別の財政援助及び助成に関する法律）が3月1日に公布されるなどの措置が設けられ、公共コンテナバースとともに公社コンテナバースについても迅速な復旧工事が可能となった。その結果、コンテナバース21バースの内、3月20日には摩耶埠頭で1バースの暫定供用を開始し、4月30日にはさらに6バース、5月19日に1バースと、震災後概ね4箇月で合計8バースが供用し、また震災前55基あったコンテナクレーンも25基が稼働し、コンテナバースの供用開始に伴いコンテナクレーンによる荷役が可能となった。

今後の本格供用の手法としては、暫定供用バースを使用しながら隣接するバースの本格復旧を行い、完成後暫定供用バースの使用をシフトし、暫定バースの本格復旧を図っていくこととなった。この手法により、平成7年度内には概ね3分の1を本格供用し、残りについても早期に本格復旧を行うこととなった。



写真-V. 7. 14 供用を開始したコンテナターミナル
(ポートアイランドPC-4)



写真-V. 7. 15 本格的コンテナ荷役再開
(六甲アイランド)

2) 臨港交通施設の復旧

ハーバーハイウェイ及び摩耶大橋は、被害が大きいもののポートアイランドや六甲アイランドと市街地を結ぶ連絡橋であり、また同時に港の物流機能として極めて重要な交通施設であるため、早期の暫定供用を行った。神戸大橋、六甲大橋は、震災後新交通システムの不通により唯一の陸上アクセスとなったため、緊急復旧を行い一部を利用して供用を行っていた（神戸大橋、六甲大橋とも、当初は上路・下路2車線ずつの暫定供用）。また神戸大橋については、本格復旧工事のため栈橋構造の仮道路を8月1日より設置し、本格復旧工事を実施した。

本格復旧は、六甲アイランドから摩耶埠頭間が平成7年10月末、六甲アイランドから新港までの全線については、平成8年8月末となった。



写真-V.7.16 神戸大橋に設置した仮道路



写真-V.7.17 暫定復旧し供用を再開したフェリーバース
(六甲アイランドRF-1)

3) 防波堤、海岸保全施設

防波堤、海岸保全施設は、高潮・波浪から市民の財産生命を守る重要な防災施設であり、特に早期の復旧を図っていく必要がある。第一線防波堤は、平成7年度内に全ての復旧を完了し、海岸保全施設は平成7年の台風時期までに、最優先で復旧を行った。

4) 仮設栈橋埠頭の整備

神戸港の港湾施設の復旧は、主要な外貿機能であるコンテナ埠頭の復旧を最優先として進めるが、震災前の機能が全て回復するまでには概ね2年を要する。

この間のコンテナ貨物取扱能力を補完するとために、水深13~14m、延長1,000m、コンテナクレーン5基設置の仮設栈橋埠頭を緊急に整備するものである。

また、港湾背後のアクセス道路が全ての機能を回復するまでの間、できるだけ海上フィーダー輸送を行い、コンテナ輸送による内陸道路への負荷を軽減する必要がある。そのために、フィーダーバースとしての機能も備えたものとなっている。

5) 民間施設の復旧

震災により神戸港の民間施設も大きな被害を受けた。神戸港が機能を回復するためには、公共施設の復旧だけではなく民間施設の一日も早い復旧が不可欠である。そこで、民間の港湾施設等の復旧に対して、出来るかぎりの支援制度を国に対して要望し、又神戸市の支援制度も検討されてきた。

これらの活動に対し、岸壁・クレーン等の港湾施設の復旧に対して日本開発銀行の低利融資制度が適用されることとなり、そのうち海岸保全施設についてはさらに低利な融資が受けられることとなった。

また、神戸港が機能マヒしたため、港湾運送事業者及び海上コンテナ輸送事業者については、震災復興にあたって、金融機関から特定の融資を受けた場合に、その利払いは日本開発銀行の低利融資とともに(財)阪神・淡路大震災復興基金の利子補給の対象とされた。

⑤ 港勢の復旧状況

神戸港のハード面の復旧、復興と同時に、その利用という面でも一日も早い回復が重要である。特に震災直後は使用可能バースも限られ、他港へのシフトで対応されてきたが、このことは物流コストの増大を生むなど、市内外の経済に大きな影響を与えてきた。また、神戸経済に対する神戸港の重要性、またこのことに伴う港湾関連産業に従事する労働者の雇用問題など、神戸港の国際貿易港としての機能を確保するとともに、利用の回復を図らなければならない。神戸港においては、ハード面の復旧と並行して、官民一体となって港勢の回復に努め、6月には外貿コンテナ船の入港隻数も7割まで回復し、現在では震災前から神戸港を利用している主要15船社全てが神戸港に復帰し、定期航路についても震災前の70%にあたる140航路が再開している。また新規航路も上海、ブラジルなど12航路が開設されている。

表-V.7.5 入港船舶対前年同月比較

(単位：%)

			1月	2月	3月	4月	5月	6月	1～6月
総	数	隻数	82.5	68.0	77.2	79.7	83.1	84.6	79.4
		トン数	55.9	28.4	32.9	39.0	53.9	57.8	44.8
外航船	フルコンテナ船	隻数	54.1	7.4	19.5	25.7	55.9	65.2	38.3
		トン数	48.6	3.3	7.7	12.5	48.8	59.3	30.3
	セミコンテナ船	隻数	55.1	33.3	42.7	52.0	61.4	61.5	51.6
		トン数	54.0	33.6	39.4	51.1	65.2	61.9	51.5
	外航船計	隻数	48.8	22.6	36.4	44.5	63.3	65.9	47.4
		トン数	47.8	14.0	20.7	29.3	56.7	62.5	39.0
内航船計	隻数	87.2	74.9	82.1	85.3	86.1	87.6	84.2	
	トン数	64.6	45.4	52.5	51.0	50.5	51.8	51.8	

注) 1994年に対する1995年の実績値

表-V.7.6 取扱貨物量対前年同月比較

(単位：%)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	1～6月
総数	48.7	25.3	31.6	40.1	51.3	54.0	41.8
内コンテナ貨物	43.6	3.6	8.2	15.3	46.5	54.5	28.6

注) 1994年に対する1995年の実績値

【臨港交通施設の復旧事例（神戸大橋）】

施設名	神戸大橋
被害箇所	上部工、基礎工
延長等	橋長 319m
査定決定額	約30億円

1) 被災状況

神戸大橋は、主径間長217m、橋長319mの3径間ダブルデッキアーチ橋で、主橋脚の基礎は護岸兼用のニューマチックケーソン基礎である。今回の地震で上部工については中央支点可動側の沓の限界移動量の逸脱、端支点ペンデル沓の変形、伸縮装置の破損等の被害が生じ、基礎工ではケーソン基礎の海側への移動・傾斜が確認された。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

上部工の中央支点可動沓については、一般交通の確保、水道管やガス管等の添加物への影響等を考慮して、ジャッキアップ工法にてロッカーローラー支承をスライド支承へと取り替えている。基礎工は前面（海側）に地震時の水平力を受け持つための高圧噴射置換工法による地盤改良を行い、背面地盤に対しては周辺地盤の液状化対策として制限された桁下空間での施工性や経済性を考慮して砕石置換工法を採用している。

b. 工事の概要

神戸大橋は、ポートアイランドと市街地を結ぶ唯一の陸上アクセスとなっているため、交通を遮断することなく早急に復旧する必要があった。そこで、地震直後に応急復旧工事を行い、地震翌日には下路のみを車線制限し、暫定的に交通を解放した。

また、本格復旧工事のため、栈橋構造の仮道路を8月1日より併用しつつ、本格復旧工事を実施している。その後、本格復旧工事においては昼夜兼行で工事を行い、平成8年7月4日に全面開通した。

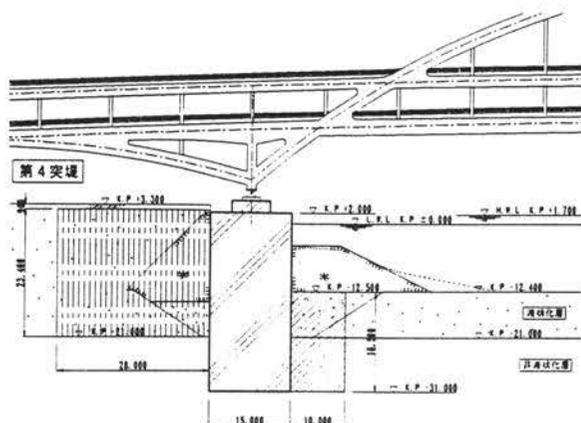


図-V.7.11 神戸大橋の復旧標準断面図



写真-V.7.18 神戸大橋の復旧状況

【仮設棧橋埠頭の建設事例（六甲アイランド）】

施設名	神戸港仮設棧橋埠頭
被害箇所	神戸市六甲アイランド
延長等	1,000m
査定金額（事業費）	約180億円
事業主体	運輸省・神戸市・(財)神戸港埠頭公社

1) 被災状況

神戸港の港湾施設は、大型岸壁を含む係留施設の大部分が被災し、背後に立地する上屋、野積場、荷役機械等も使用不能となった。特にコンテナターミナルが大きな被害を受け、全て使用不能な状態になった。

係留施設の被害状況では、神戸港の係留施設はケーソンタイプの重力式の構造が多く、その被害状態はほぼ一様で、激しい地震動により構造物が滑動・前傾・沈下し、それに伴い背後の地盤が陥没した状態となっている。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

本施設の目的により、緊急性を優先する工法を検討した結果、棧橋構造とした。仮設棧橋の岸壁構造は、被災岸壁の前面に鋼管杭を打設し、その間に間詰石を投入することにより、既設岸壁の安定を保っている。既設岸壁の上部には、プレキャスト化した上部工を設置して、工場製作のP Cホロー桁を架設して連結している。こうしたプレキャスト化やP Cホロー桁の採用により工期の短縮を図っている。

b. 工事の概要

仮設棧橋埠頭の建設は、神戸港の震災前の港湾機能が全て回復するには概ね2年の期間を要することから、この間のコンテナ機能の空洞化を回避するとともに、国際コンテナ貨物の取扱機能を早急に確保するため、水深13~14m、延長1,000mの仮設棧橋埠頭を緊急に整備するものである。

これらの施設は、総理大臣の諮問機関である「阪神・淡路復興委員会」から提言されたものであり、運輸省、神戸市、(財)神戸港埠頭公社により整備された。

整備された施設は外貿コンテナ船用2バースと海上フィーダー船用2バースでコンテナ専用クレーン5基が設置されており、フィーダーバースとしての機能を備えたものとなっている。

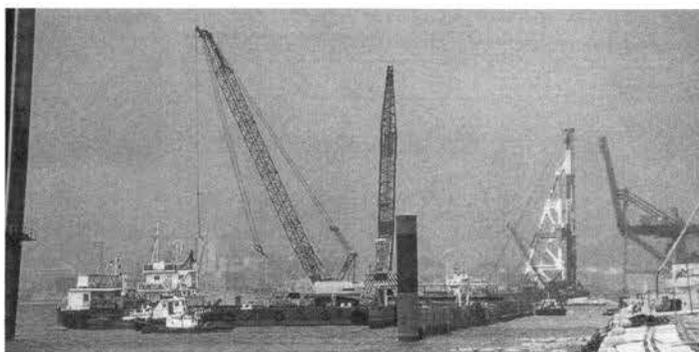


写真-V.7.19 神戸港仮設棧橋埠頭の建設（六甲アイランド）

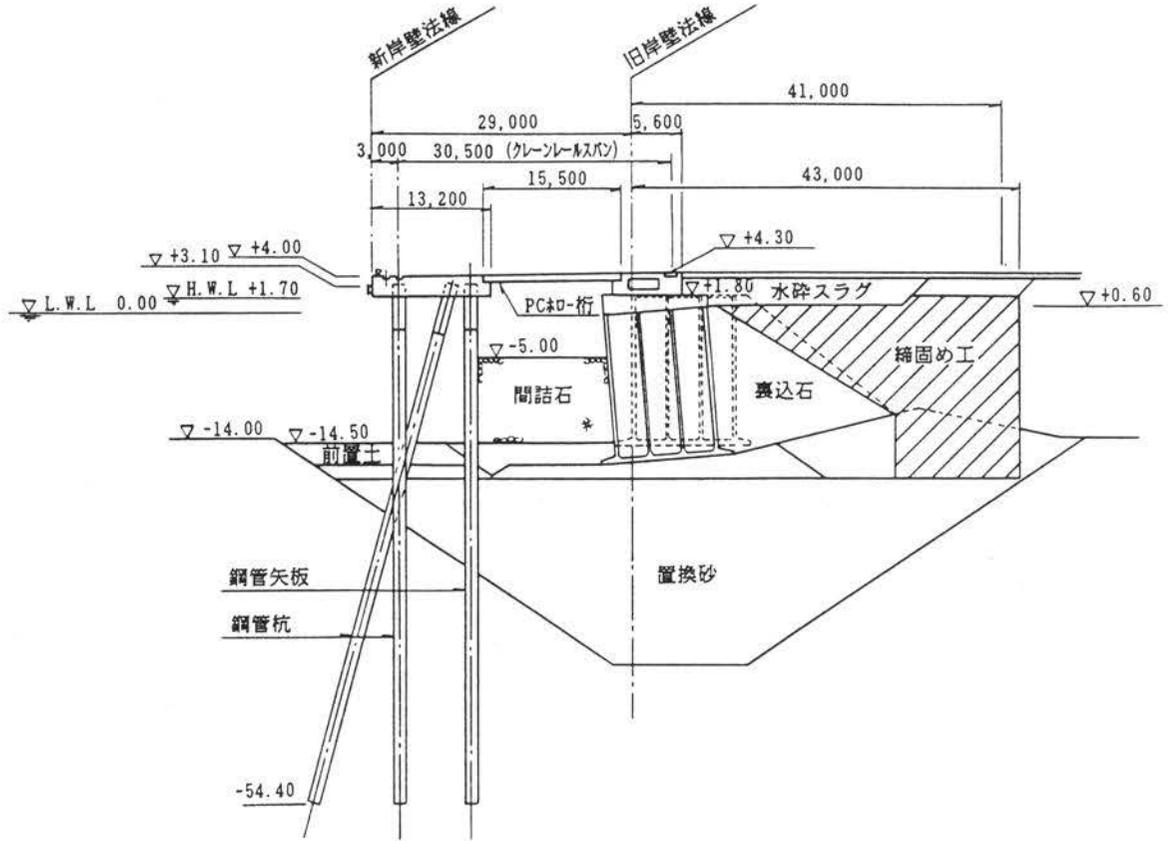


図-V.7.12 復旧標準断面図

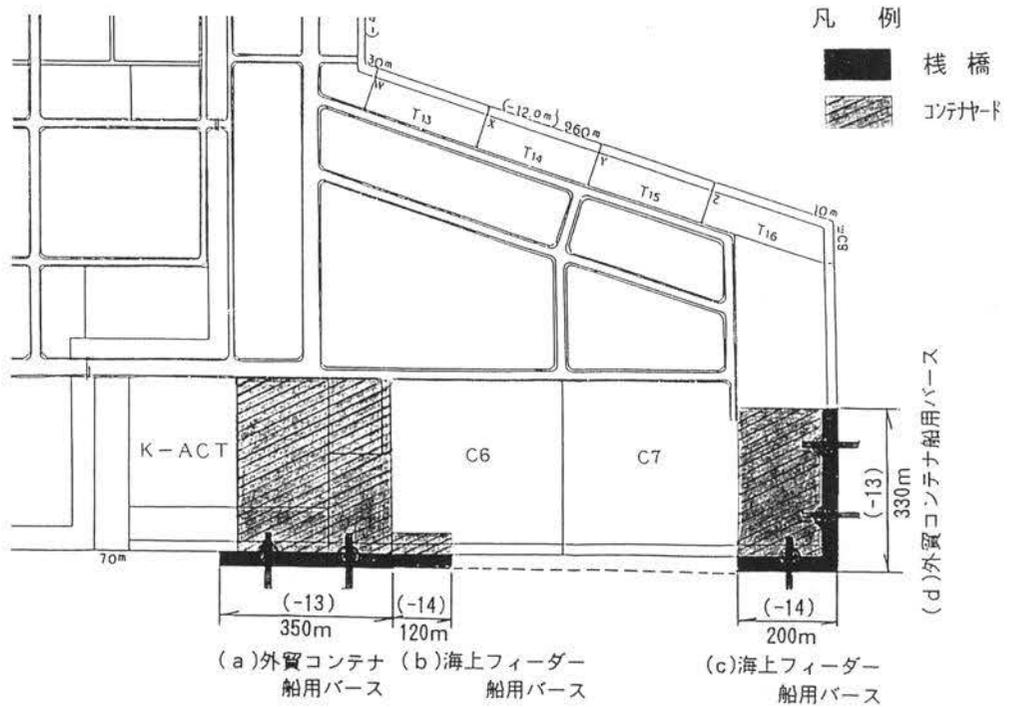


図-V.7.13 仮設棧橋埠頭完成配置図

8. 鉄道施設の復旧

(1) 被害の特徴

① 高架橋の被害分析

鉄筋コンクリート高架橋には、ラーメン高架橋、あるいはラーメン橋台の柱部の破壊により、上スラブの落下や桁の落橋に至る被害が多く発生した。現地調査の結果、倒壊した多くの高架橋にせん断破壊が生じる被害が観察された。曲げによる破損・損傷は、比較的背が高く変形性能を有している1層高架橋の柱に多く見られた。

また、今回の地震で被災したコンクリート高架橋は、その多くが1968～1976年に完成したものであった。1983年制定の「国鉄建造物設計標準」を適用して設計された比較的新しい高架橋は、阪急今津線今津駅付近、同宝塚線宝塚駅付近、阪神電鉄本線武庫川駅～尼崎駅間などにあつたが、被害は軽微な損傷が一部に見られる程度であった。一方、JR西日本東海道本線三宮駅付近の大正～昭和初期（1926～1938年）に建設された高架橋では、破損・損傷が見られたものの破壊に至ったものはなかった。

鉄道施設耐震構造検討委員会では、被災した主な高架橋について耐力や固有周期の推計など被害の分析を行った。ここでは、山陽新幹線阪水高架橋の事例を紹介する。

倒壊した阪水高架橋は、2層3径間（杭基礎）で、高さ10.9～11.6mであり、4ブロックの高架橋が連続して倒壊した。

ここでは、線形解析により、水平震度を逐次増加させて断面力を求め、部材が曲げ降伏耐力、曲げ耐力及びせん断耐力に達する時の各水平震度を求めた。解析モデルは平面骨組みモデルとし、橋軸方向及び橋軸直角方向にそれぞれモデル化した。なお、材料強度は規格値とした。その結果、阪水高架橋の主たる損傷方向である橋軸方向の柱の曲げ降伏、曲げ耐力及びせん断耐力に達する震度は、それぞれ0.42, 0.53, 0.40となった。これは、曲げ耐力に達する震度よりせん断耐力に達する震度が小さく、せん断破壊が曲げ破壊に先行することを示している。

また、阪水高架橋の水平動の固有周期を、1自由度の振動モデルに置換して求めると0.76秒となった。これに対し、今回の地震は、この付近の固有周期の範囲において極めて大きな成分を有しており、共振に近い振動をしたものと推測できる。

以上の結果から、被災した主な高架橋において同様の解析を行ったが、その結果、落橋した高架橋はせん断破壊が曲げ破壊に先行する破壊形態であったこと、また、各高架橋の固有周期が今回の地震動の主要な周期帯の範囲にあり、共振に近い振動をしたことなどが推測され、これら分析結果等から判断すると被災した高架橋は建設当時の設計震度に対して必要な耐力を有していたものの、それを上回る地震力が作用し、せん断破壊したものと考えられる。

② 橋脚の被害分析

山陽新幹線武庫川橋梁では、11径間の単純桁橋梁で、下部工は小判型橋脚（ケーソン基礎）である。被害は、橋脚の軸方向鉄筋段落し部において、かぶりコンクリートが剥落した。

前述「①高架橋の被害分析」と同様な手法を用いて計算すると、大きな被害を受けた橋脚の主たる損傷方向である橋軸方向について、曲げ降伏耐力に達する震度を求めると鉄筋の段落し位置が低かった。橋脚の鉄筋段落し位置における曲げ降伏、曲げ耐力及びせん断耐力に達する震度はそれぞれ、0.20、0.29、0.28となり、曲げ耐力とせん断耐力に至る震度が同程度であった。このことから、今回の地震により橋脚の軸方向鉄筋の段落し部で鉄筋が降伏して、その繰り返しによりかぶりコンクリートを押し出し、破損に至ったものと考えられる。

また、橋脚の固有周期は0.92秒となり、今回の地震により、本橋梁は共振に近い振動をしたものと推測できる。

③ 開削トンネルの被害分析

被害を受けた神戸高速鉄道大開駅は、1962年に開削工法で建設されたボックスラーメン構造で中央部に鉄筋コンクリート製の支柱（中柱）を有している。この構造は、土被りが厚く中柱に作用する軸力が大きいことが特徴となっている。しかし、建設当時の設計基準では耐震設計について明確に規定されてなく、側壁は主として両側からの土圧に対して、中柱は上載荷重に対して設計された。

今回の地震によって、大開駅は中柱が圧潰して崩壊したが、この柱の破壊は地震時の表層地盤の振動によって上床版と下床版との間に相対変位が生じ、柱の変形がこれに追従できずに破壊したものである。中柱に水平力を加えると約2cmの相対変位で降伏する。また、中柱及び側壁の耐力を計算で求めると下表の通りとなるが、中柱のせん断耐力は、曲げ破壊時のせん断耐力と同程度の値となっており、中柱は曲げまたはせん断により破壊したものと推定される。

表-V.8.1 主要部材の耐力

部 材	位 置	せん断耐力	曲げ破壊時のせん断力
中 柱	上 端	14.4 tf/本	14.2 tf/本
	下 端	14.4 tf/本	14.2 tf/本
側 壁	上 端	45.0 tf/本	26.9 tf/本
	下 端	44.0 tf/本	26.9 tf/本



写真-V.8.1 大開駅の被災状況



写真-V.8.2 大開駅の復旧状況

④ 被災構造物の材料の性質

土木工事は屋外で行われることから、コンクリートや鉄筋の品質にはある程度のばらつきがあるが、そのばらつきを考えて設計の安全率を定めている。今回の被災構造物に関して施工上の問題により、この安全率が低下したかどうかを確かめるために、コンクリート及び鉄筋の抜き取り調査を行った。

その結果は以下のとおりである。

- ・コンクリートの圧縮強度は試料によりばらつきはあるが、いずれも設計基準強度を満たしていた。
- ・鉄筋の引張試験結果は、降伏強度・引張強度・伸びとも規格値を下回るものはなかった。また、ガス圧接部での試験結果では、一部引張強度を下回っていたものや圧接部で破断したものがあつたが、降伏強度の規格値は上回っていた。
- ・コンクリートのアルカリ骨材反応、中性化及び海砂の使用は一部構造物で認められたが、強度的には所要の強度を満たしていた。
- ・その他、コンクリートの打ち継ぎ目のレイタンス処理が不十分と思われるもの、帯鉄筋の間隔が不均一なもの、木片、発砲スチロールの残存等が一部で認められた。しかし、このような事象が認められない箇所でも被害を受けていることから、これらが被害の主因であるとは考えられない。

以上の結果より、今回調査した範囲においてもかなりばらつきがあつたが、ほぼ所定の品質が保たれていたものと判断できる。

(2) 復旧仕様・工法

① 鉄道施設耐震構造検討委員会

阪神・淡路大震災は、死者6,300人を超すなど自然災害としては関東大震災以来最大の惨事となり、鉄道にも甚大な被害をもたらした。特に高架橋の崩壊や開削トンネル駅部の陥没など、安全を使命とする鉄道の根幹を揺るがす重大な事態も発生した。運輸省では、このような事態を重大に受けとめ、被災した翌日には、学識経験者や鉄道事業者等で構成する「鉄道施設耐震構造検討委員会」（委員長：松本嘉司東京理科大学教授）（以下、略して「検討委員会」という）を設置し、被災原因の調査分析、被災鉄道施設の復旧の考え方、既存施設への対応方針、今後の耐震構造のあり方等を検討することとした。

なお、検討に用いるデータの収集、解析等は（財）鉄道総合技術研究所に委託した。

（委員会の検討内容）

- ・構造物の被害分析
- ・補強による復旧方策の検討
- ・復旧構造物の耐震性の評価
- ・再構築する場合の復旧対策の検討
- ・運転再開のための調査・試験

② 復旧方法の概要

1) 高架橋（ラーメン橋）の復旧

a. 補強による復旧

損壊した高架橋の柱を補強して復旧する場合の具体的な復旧方法は、被害の程度により以下の方法とした。

- ・柱の損壊部を新設する場合は、10cm間隔に帯鉄筋を配置し、その外側を鋼板で被覆する。
- ・破損しているが、破壊に至っていない柱を修復する場合は、破損部分を修復し、その外側を鋼板で被覆する。
- ・被災によるクラックを修復する場合は、クラック部にエポキシ樹脂等を注入して、修復したうえで、その外側を鋼板で被覆する。

なお、在来線において、軽微なクラックについては、エポキシ樹脂等で補修した。柱の補強に用いる鋼板の厚さは6mmを基本とし、部材と鋼板との隙間は無収縮モルタルで充填した。

また、高架橋の柱の鋼板被覆による補強については、同じブロックの中で被災しなかった柱を含めて、高架橋のブロック単位で行った。

このほか、高架橋のスラブや桁については、安全性を確認した上で可能なものについては再使用した。

被災程度	破 壊	破 損	損 傷
被災のイメージ			
復旧の考え方	<p>部材の破壊部を新設する場合</p> <p>(被災前) (復旧)</p> <p>鋼板被覆 鋼板被覆 t=6mm t=6mm</p> <p>無収縮モルタル</p> <p>帯鉄筋増量 帯鉄筋増量 D13 etc 100mm D13 etc 100mm</p>	<p>破損しているが、破壊に至っていない部材を修復する場合</p> <p>破損部修復 無収縮モルタル</p> <p>鋼板被覆 鋼板被覆 t=6mm t=6mm</p>	<p>被災によるクラックを修復する場合</p> <p>エポキシ樹脂等注入</p> <p>鋼板被覆 鋼板被覆 t=6mm t=6mm</p>
主な適用線区	<p>JR西日本 山陽新幹線（新大阪駅～姫路駅間）</p> <p>JR西日本 東海道線（住吉駅～灘駅間）</p> <p>阪神電鉄 本線（西灘駅～御影駅間）</p>	<p>JR西日本 山陽新幹線（新大阪駅～姫路駅間）</p> <p>JR西日本 東海道線（住吉駅～灘駅間）</p> <p>JR東海 東海道新幹線（京都駅～新大阪駅間）</p> <p>阪神電鉄 本線（西灘駅～御影駅間）</p> <p>阪急 神戸線（三宮駅付近）</p> <p>神戸市交 西神延伸線</p>	<p>JR西日本 山陽新幹線（新大阪駅～姫路駅間）</p> <p>JR西日本 東海道線（住吉駅～灘駅間）</p> <p>JR東海 東海道新幹線（京都駅～新大阪駅間）</p> <p>阪神電鉄 本線（西灘駅～御影駅間）</p> <p>阪急 神戸線（三宮駅付近）</p> <p>神戸市交 西神延伸線</p> <p>*在来線においては、軽微なクラックはエポキシ樹脂等注入で補修のみ</p>

図-V.8.1 高架橋の復旧方法

b. 再構築による復旧

被災した高架橋のうち、阪急神戸線西宮北口～夙川駅間の西宮高架橋の被害は甚大であったため、基礎部も含めて鉄骨鉄筋コンクリート（SRC）構造で復旧した。この工法は、高架橋のく体の鉄骨を組み上げた後、軌道や電気設備等の工事をく体のコンクリート工事と並行して行えるため、急速施工ができる工法であった。

当初計画の段階では、まだ「阪神・淡路大震災に伴う鉄道復旧構造物の設計に関する特別仕様（以下、「特別仕様」という）」が示されていないことから、さらに柱・杭部材に鋼板巻き補強を行うこととしていたが、「特別仕様」が示された段階で、再度「特別仕様」に基づき耐震性能を照査した結果、今回の地震の最大地震動に耐える構造物であることが確認されたので、当初計画の鋼板巻き補強を省略することとした。

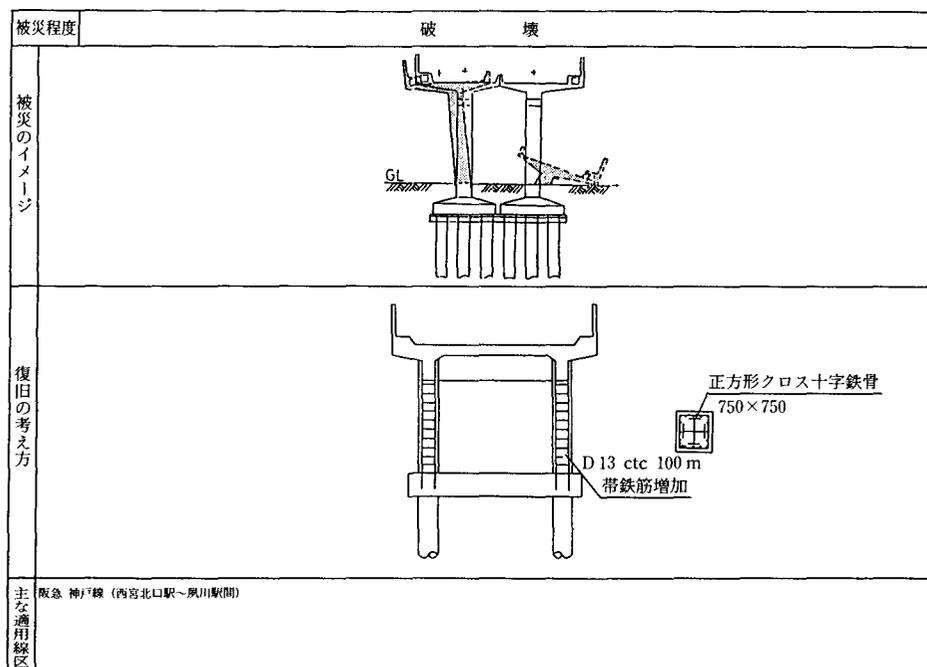


図-V. 8. 2 再構築による復旧方法

2) 桁式橋りょうの復旧

損壊した桁式橋りょうの橋脚や橋台の復旧方法については高架橋の柱と同様に、破壊部を新設、もしくは破損、損傷部を補修したうえで鋼板を被覆した。

なお、ラーメン橋台の破壊部を新設する場合は、10cm間隔に帯鉄筋を配置して鋼板で柱部を強化するか、鉄筋コンクリート製の壁構造とした。

山陽新幹線武庫川橋梁の橋脚については、破損した橋脚を修復し、鉄筋コンクリートで外巻き補強（30cm厚）したうえで厚さ9mmの鋼板で被覆した。

神戸高速東西線三宮付近の橋梁で破損した鋼管柱については、破損した鋼管柱を取り替え、さらに内部に鉄筋を挿入し、コンクリートで充填した。

被害を受けたトンネルの応急処置として、損壊した柱部材の側方にH型鋼等の鋼材で上床版を仮受けしていたが、本復旧の際にこの鋼材を撤去せずにそのまま補強材として残し、この補強材も含めて鋼板で被覆し、その中にモルタルを充填した。

また、神戸高速東西線の一部区間の側壁において、側壁下部がトンネルの内側へ変位したり、クラックが生じるなどの被害を受けたが、これらの区間においては、上床版及び側壁の内側にH型鋼(H-150)と鋼板(厚さ9mm)を取り付け、その間にモルタルを充填し補強するとともに、中柱を鋼板被覆により補強して復旧した。

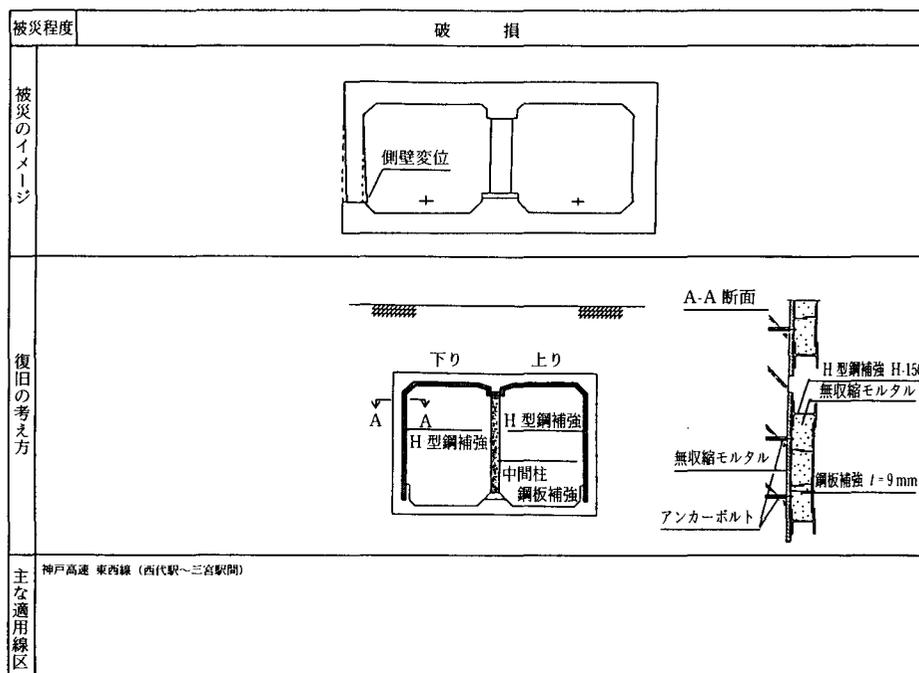


図-V.8.5 補強による開削トンネルの復旧方法(側壁)

b. 再構築による復旧

神戸高速東西線の大開駅部は、中柱が破壊し中央部が線路に沿って圧壊し、道路が陥没するなど甚大な被害を受けたため、復旧にあたっては、道路面より開削し、下床版を除くトンネルく体を再構築して復旧した。開削トンネルを再構築する前に、破壊した構造物を撤去しなければならないが、この撤去に時間を要するため、まず、一次分割復旧計画として側壁の取壊し・撤去までの方法を承認し、トンネルの設計は「特別仕様」がまとまった段階で行った。

再構築するトンネルは、「特別仕様」に基づき設計されており、今回の地震の最大地震動に耐える構造であることを確認した。

なお、トンネルの中柱については、角型鋼管(厚さ12mm)を建植し、その中に鉄筋コンクリート柱を構築した。

4) その他構造物の復旧

トンネル覆工コンクリートに比較的大きなクラックが発生した神戸電鉄有馬線の東山トンネルなどは、被災した覆工を取り壊して新設したが、この際、ロックボルトを打設する等、当初の設計よりも支保および覆工を強化した。また、山陽新幹線六甲トンネルにおいては、覆工コンクリートの剥離・剥落など損傷した部分を樹脂注入および無収縮モルタル等で補修したうえで、ロックボルトを打設し、また炭素繊維シートを貼り付けることにより覆工コンクリート修復した。

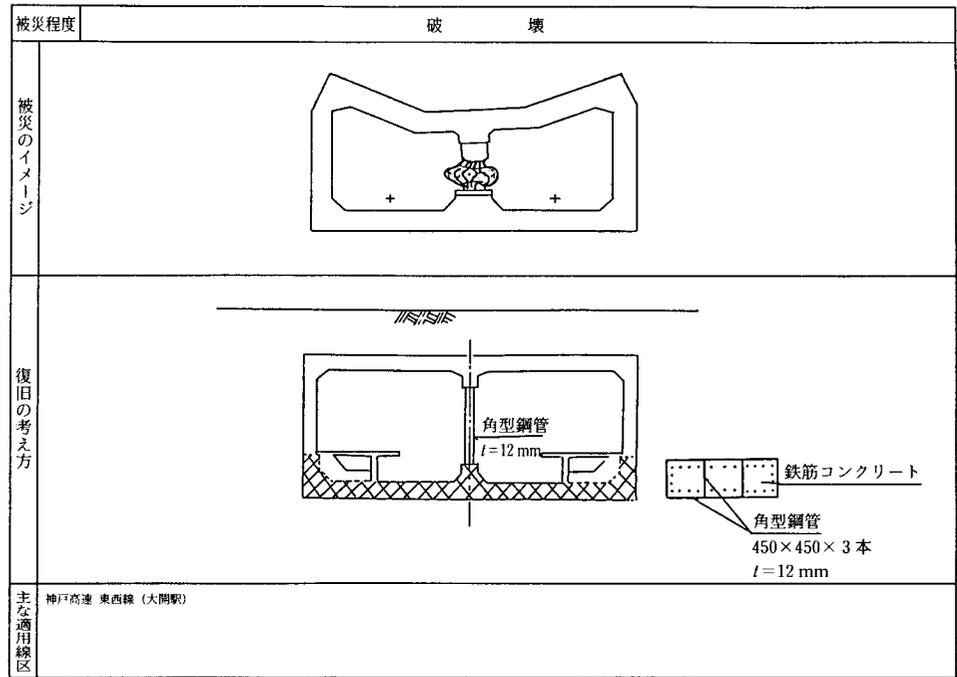


図-V.8.6 再構築による開削トンネルの復旧方法

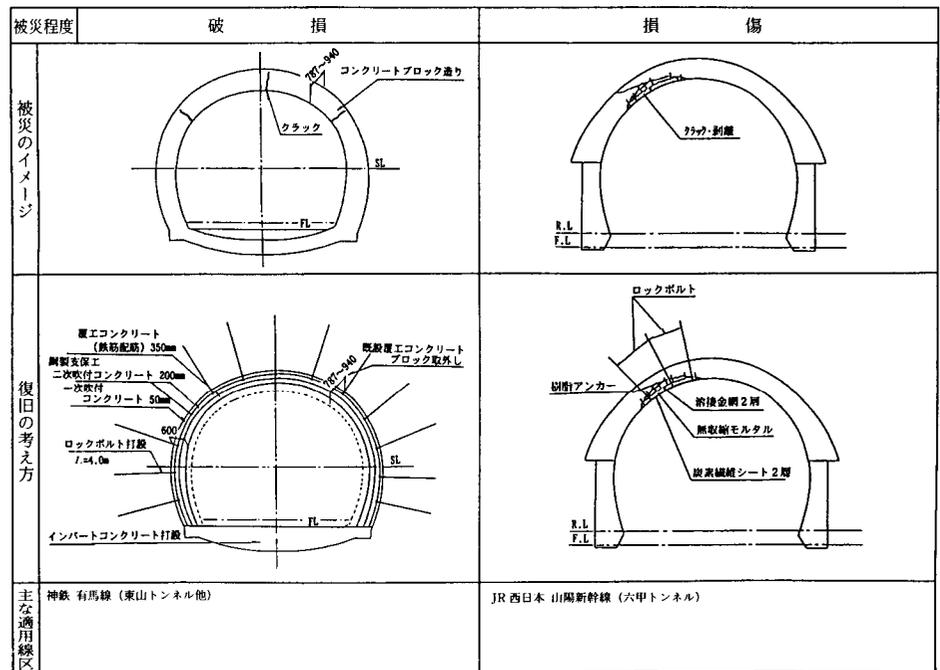


図-V.8.7 山岳トンネルの主な復旧方法

(3) 鉄道施設の復旧

第II章でも示しているように、被災地域の鉄道施設は、JR西日本の山陽新幹線、在来線の東海道本線、山陽本線、阪急電鉄(株)、阪神電鉄(株)、など13事業者、29に及ぶ路線が被災し、なかでも、神戸市及び阪神間における10事業者の25路線では運行が不可能となる被害が発生した(表-V.8.2)。

これら鉄道の復旧に際しては、鉄道施設の変更認可(運輸局)、建築確認(各自治体建築主事)、道路の占用許可(道路管理者)、道路使用許可(警察)等の諸手続きが必要であった。これらの手続きに通常の期間を要したのでは、復旧工事の遅れにつながる事が予想されたため、関西鉄道協会等の要望を受け、国、県等の所轄部署において通常では考えられない迅速かつ弾力的な運用が行われた。

また、工事事務所用地確保のため都市公園の長期にわたる借用の許可、鉄道車両の道路運搬に際しパトカーの先導、さらには、代替バスの運行に際してバス優先レーンの設置、臨時バス停の確保等、警察や国、県、市の道路管理者の全面的な協力が行われた。

これら、鉄道事業者、国、地方公共団体等挙げての協力体制のもと、被災鉄道の運行再開は、震災の翌日から順次行われ、4月1日にはJR在来線、4月8日には山陽新幹線、6月12日には阪急電鉄、6月26日には阪神電鉄が全線運行再開する運びとなり、全路線が運行再開されたのは震災後約7箇月が経過した8月23日(神戸新交通：六甲アイランド線)と、当初の予定を大幅に上回るペースで復旧が進んだ。

表-V.8.2 鉄軌道各線の全線開通記録

会社名	路線名	運転再開日	備考
西日本旅客鉄道	山陽新幹線	4月8日	……伊丹駅の仮駅、本来の駅の復旧には1年半 ……西代～東須磨間は地下新線で再開 大開駅 H8.1/17再開 三宮・新長田駅 3/16再開 上沢駅 3/31再開 ……全路線開通
	東海道・山陽本線	4月1日	
	福知山線	1月21日	
阪急電鉄	神戸本線	6月12日	
	今津線	2月5日	
	甲陽線	3月1日	
	伊丹線	3月11日	
	宝塚本線	1月19日	
阪神電気鉄道	本線	6月26日	
	西大阪線	1月18日	
	武庫川線	1月26日	
山陽電気鉄道	本線 網干線	6月18日 1月18日	
神戸電鉄	有馬線 三田・粟生・公園都市線	6月22日 1月19日	
神戸高速鉄道	東西線 南北線	8月13日 6月22日	
北神急行電鉄	北神線	1月18日	
神戸市交通局	山手・西神線	2月16日	
神戸新交通	ポートライナー 六甲ライナー	7月31日 8月23日	
日本貨物鉄道 (JR貨物)	神戸港線	4月1日	

注) 表中に年次を記入していないものは全て平成7年。

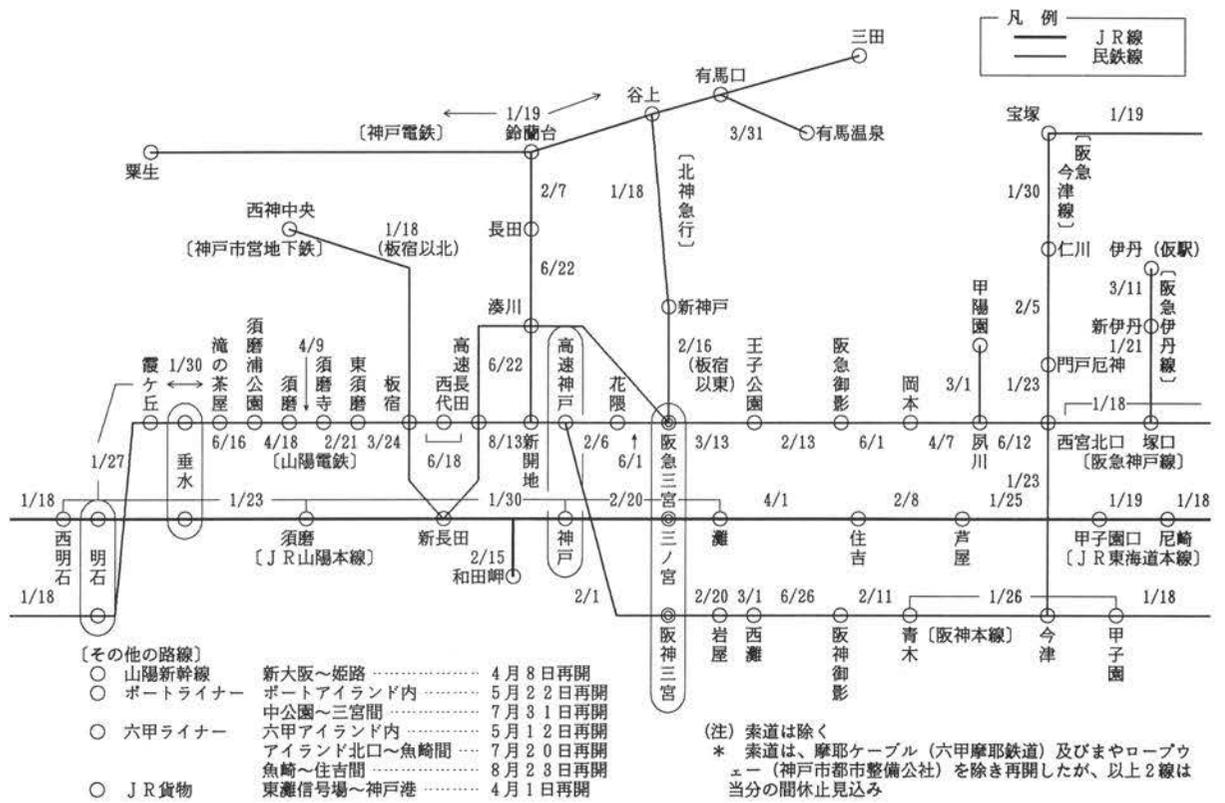


図-V.8.8 鉄軌道の復旧記録(平成7年8月23日全線開通)



写真-V.8.3 搬出される車両



写真-V.8.4 道路上を輸送される車両

9. ダムの復旧

(1) 被害の特徴

① 地域、地形、地質による特徴

ダム施設の被害については、震源断層の近傍に位置する阪神・淡路地域のいくつかのダムで天端のクラック、法面の滑りや緩み、基礎排水量の増加などの被害や変状が見られたが、ダムの構造の安全性を損なうような被害は生じなかった。

今回の地震において、ダムサイト岩盤（ダム堤体底部の通廊を含む）で観測された最大加速度は一庫ダムの183galであり、一般の地盤で観測された最大加速度（神戸海洋気象台（洪積層）の818gal）よりもかなり小さな値となっている。今回の地震でダムの安全性に影響を及ぼすような被害が生じなかった理由の一つに、ダムが堅固な岩盤の上に建設されているため、最大加速度が一般の地盤よりも小さかったことが上げられる。

② 構造による被害の特徴

1) コンクリートダム

地震によるダムへの影響としては、横継目の開き（2～3mm）、基礎排水量の増加、揚圧力の増加、周辺地山の小崩落などが見られた。堤体基礎排水孔の排水量・揚圧力は、地震後若干増加することが知られており、その後の監視により低減または安定傾向を確認しており、安全上問題となる被害はなかった。なお、五本松ダムについては、我が国の最も古いコンクリートダムであることを考慮して、排水量の低減と堤体補強のため堤体及び基礎岩盤にグラウチングを実施している。

2) フィルダム

フィルダムの被害・変状としては、天端舗装のクラック、法面の滑りや緩み、堤体の沈下、取水設備の損傷などが見られた。天端クラックは、大部分が横断（上下流）方向クラックでコア保護層の内部で収束していた。アバット部の形状が急激に変化している場合に発生しやすく、地山との取付部や洪水吐構造物との接触部の形状に配慮する必要がある。また、法面の膨らみ出しや堤体の沈下は、剪断強さの低い粘性土を用いたアースダムで見られるが、近代的に施工されたダムでは極めて少ない。

(2) 耐震性の評価

ダムにおいては安全性を損なうような被害は生じなかったが、他の土木構造物が大きな被害を受けたことを考慮して、建設省では「ダムの耐震性に関する評価検討委員会」を設置して、ダムの耐震性の評価を行った。その結果、兵庫県南部地震においてダムサイト岩盤では水平最大加速度220galが生じたと考えられるが、現行設計基準で設計されたダムは、水平最大加速度250galの地震にも十分な耐震性を有していることが確認されている。

なお、ダムの安全性について今後とも十分に配慮する必要があるとの観点から、検討委員会では、地震の観測体制の強化・充実とダム耐震設計法の高度化について提言を行っている。

(3) 各ダム施設の復旧

【天端舗装面のクラックに対する復旧事例（常磐ダム：近畿農政局）】

路線名（河川名）	常磐ダム（野島川水系野島川）
被害箇所	堤体天端舗装面の亀裂
査定決定額	99,234 千円
事業主体	近畿農政局

1) 被災状況

天端舗装面に横クラック12条が発生したが、幅の大きなものは左右岸の取付部付近に発生していた。

クラックの開削調査の結果、中央部のクラックは保護層内で収束しており、コアまで達していなかった。左岸取付部のクラックは基礎岩盤の潜在亀裂が開口したことによるもので、右岸取付部のクラックはコア材と基礎岩盤面が剥離した状態で発生していた。また、左右岸アバット部のボーリング調査の結果、基礎岩盤浅部に透水性の高い部分が認められた。

2) 復旧工法

基礎岩盤浅部の透水性の高い部分は、天端から補強グラウチングを施工する。施工範囲は、建設時の地質資料等も考慮して両袖の軟岩部と左岸の断層破碎部をカバーする範囲とした。孔配置はコア敷の中心部に主カーテングラウト孔を2列配置し、その両側に補助カーテングラウト孔を1列配置した。施工間隔は両孔とも1.5mピッチである。

右岸取り付け部のコアは基礎岩盤面と剥離していたため、掘削除去した後、基礎岩盤を整形して再盛立を行った。

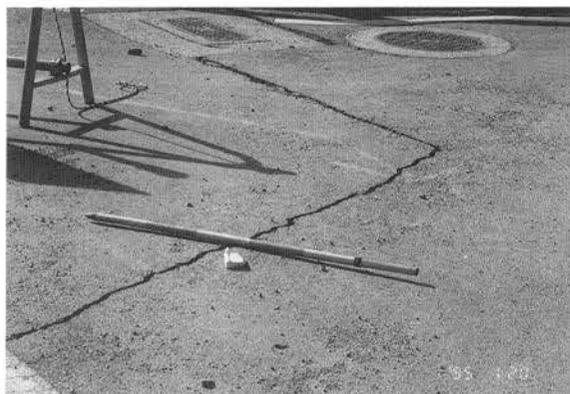
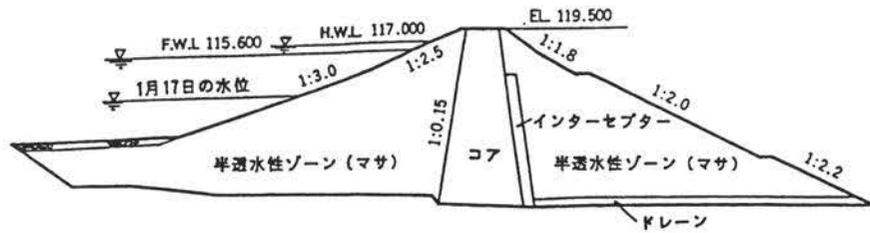


写真-V.9.1 天端舗装面のクラック



(単位：m)

図-V.9.1 標準断面図

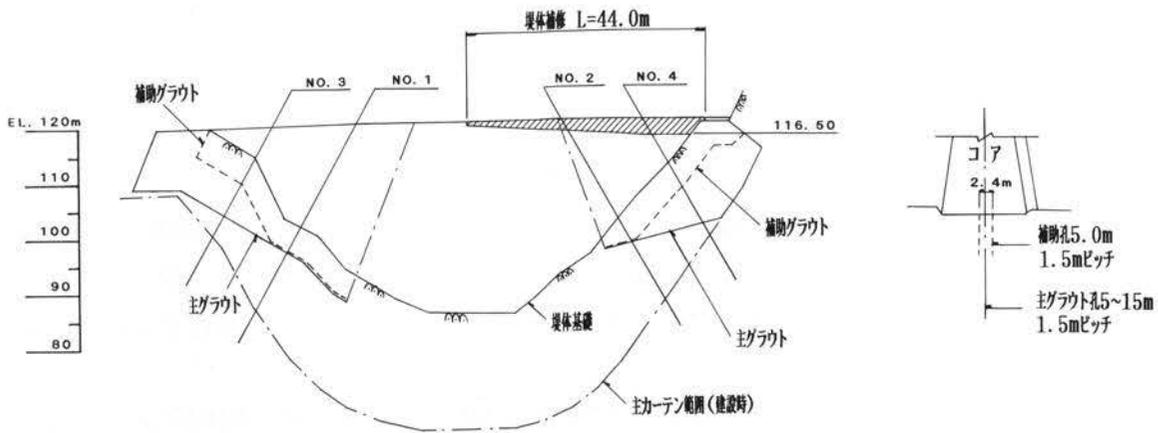


図-V.9.2 補修工事概要



写真-V.9.2 復旧工事中の状況
(堤体右岸取付部の掘削状況)



写真-V.9.3 復旧工事の完成

【堤体上流面の張石の沈下・緩みに対する復旧事例（昭和池：淡路町）】

路線名（河川名）	昭和池（鶴崎川水系：河川区域外）
被害箇所	堤体上流面の張石の沈下・緩みなど
延長等	90m
査定決定額	65,147千円
事業主体	淡路町

1) 被災状況

堤体天端舗装面の中央に縦クラックが延長60mにわたり発生するとともに、横クラックも発生した。また、堤体上流面の張石に沈下・ハラミ・緩みが生じ、小段コンクリートのクラックや取水設備の損傷が発生した。底樋管呑口部の損傷により底樋管から漏水した。

2) 復旧工法

復旧は前刃金工法とするが、刃金材料（コア用土）が近傍にないため、止水にはゴムシートを採用した。堤体の上流法面をベンチカットしてランダム材で転圧した後、ゴムシートを敷設して表面は張ブロックにより復旧した。

底樋管呑口部は径500mmヒューム管及び土砂吐ゲートで復旧し、斜樋はため池栓径100mmを5基設置した。なお、洪水吐のクラックはコンクリートで原型復旧した。



写真-V.9.4 上流面小段のクラック

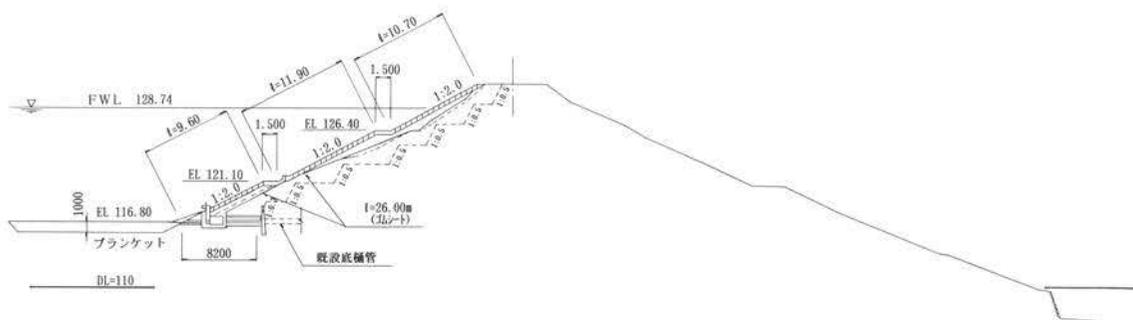


図-V.9.3 災害復旧断面図

図-V.9.3 災害復旧断面図



写真-V.9.5 復旧工事中の状況
(上流法面掘削)



写真-V.9.6 復旧工事の完成

【堤体及び基礎の排水量増加への対応事例（五本松ダム：神戸市）】

路線名（河川名）	五本松ダム（生田川水系：河川区域外）
被害箇所	堤体及び基礎の排水量の増加
査定決定額	390,551千円
事業主体	神戸市

1) 被災状況

地震後、堤体排水及び基礎排水孔からの排水量が最大48ℓ／分まで増加した。その後の排水量は安定しているが、我が国で最も古いコンクリートダムであることを考慮して、堤体及び基礎岩盤にグラウチングを実施することとした。

2) 復旧工法

図-V.9.5にグラウト孔の横断配置図を示す。ダム軸方向の施工間隔は、堤体グラウトは2mピッチ、カーテングラウトは1mピッチで堤体部全面に施工する。ボーリングの施工数量は437本で総延長10kmである。

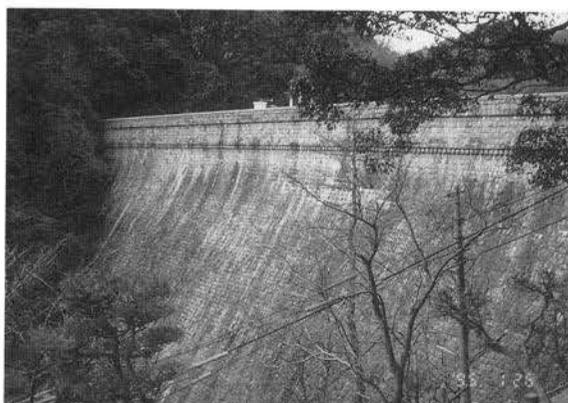


写真-V.9.7 堤体下流面の状況（変状なし）

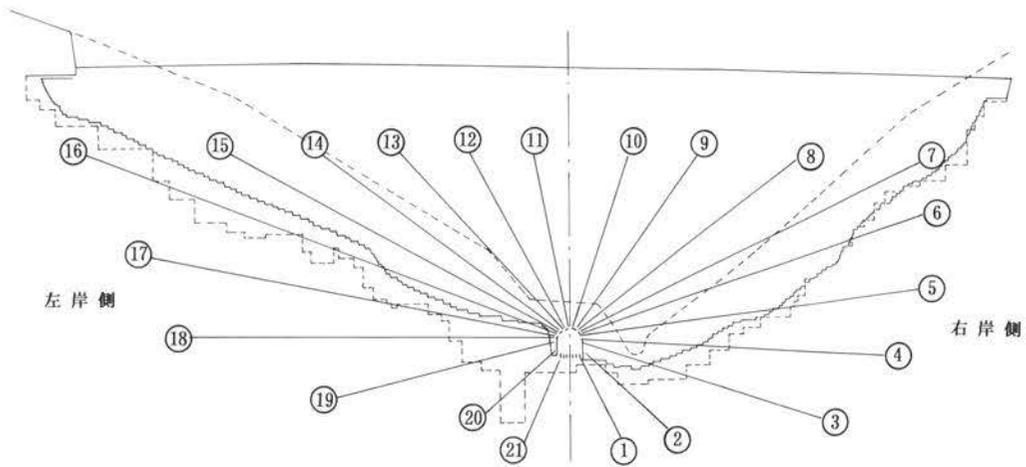


図-V.9.4 堤体及び基礎排水孔

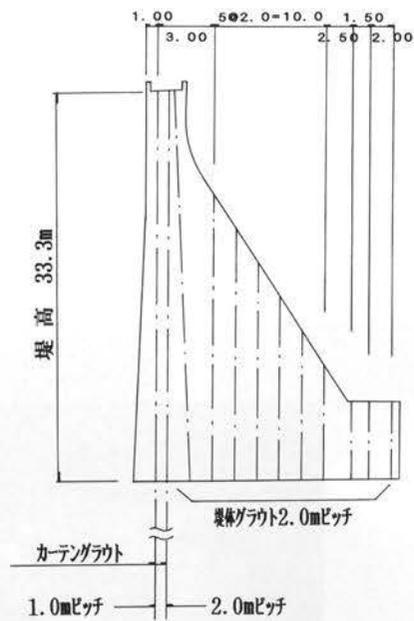


図-V.9.5 グラウト孔横断配置図

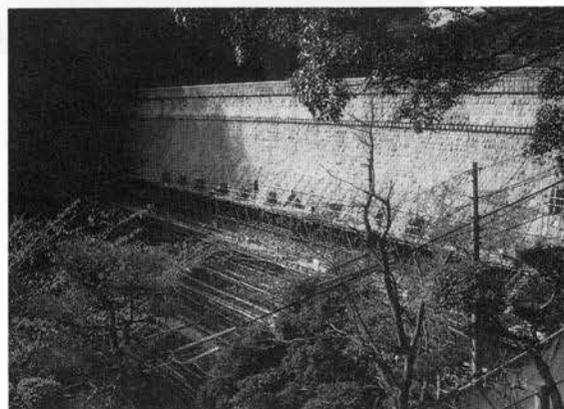


写真-V.9.8 復旧工事中の状況（グラウティングの実施）

【捨石張りの滑落に対する復旧事例（北山ダム：西宮市）】

路線名（河川名）	北山ダム（夙川水系：河川区域外）
被害箇所	第1ダム上流面の捨石張り
延長等	100m
査定決定額	203,703千円
事業主体	西宮市

1) 被災状況

第1ダムの上流面の捨石張りがダム軸方向に延長100mにわたって滑落した。また、取り付け道路の貯水池側法面の捨石張りもほぼ全長にわたって滑落した。

調査の結果、第1ダム堤体内部には亀裂等の損傷は受けておらず、滑落は捨石張り下部に生じた表層滑りで、その深さは1.5m程度であることが確認されている。

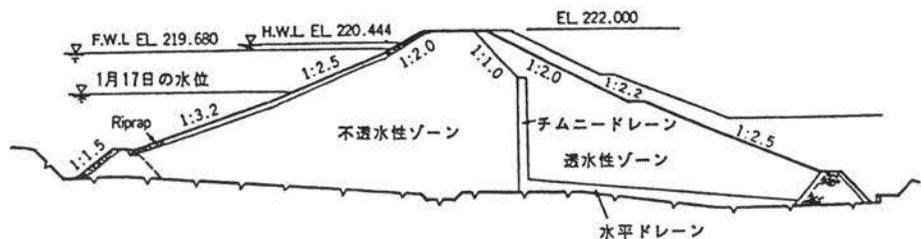
2) 復旧工法

表層の滑落部と緩んでいる部分を掘削除去して再盛立てする。復旧部の法面勾配は、1:2.8の一定勾配に修正している。盛土材料は掘削土を再利用した。転圧機械は10t振動ローラーとし、試験盛土によりまき出し厚30cm、転圧回数6回としている。

堤体復旧延長は114mで、リップラップのみの復旧箇所を加えた全延長は192mである。なお、復旧部のリップラップの厚さは50cmである。



写真-V.9.9 被害状況



(単位：m)

図-V.9.6 標準断面図

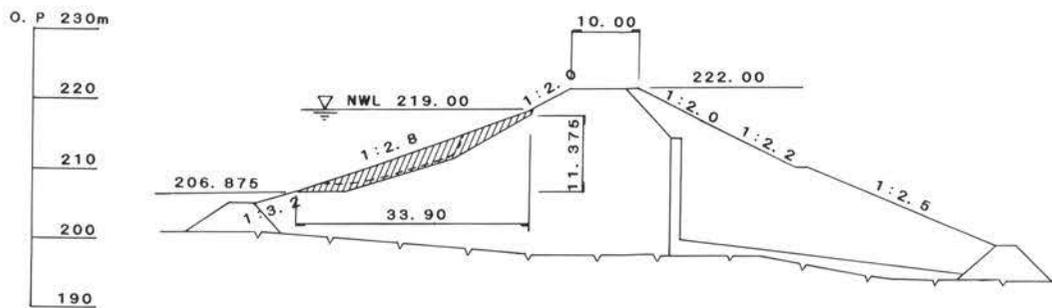


図-V.9.7 堤体の復旧断面図



写真-V.9.10 復旧工事中の状況



写真-V.9.11 復旧工事の完成

10. 街路事業の復旧

(1) 被害の特徴

街路事業を実施中の都市計画道路の被害は、擁壁の沈下・移動、舗装の亀裂及び橋梁上下部工のクラック、支承の損傷等、比較的軽微であった。

また、西宮市域の阪神電鉄本線連続立体交差事業では、供用中の仮線（L=3.1km）がほぼ全線にわたって被災した。工種別にみた被害の概要は次のとおりである。

軌道：道床の沈下・流動、これに伴う線路の蛇行

電気：架線鉄柱の倒壊・傾斜、これに伴う架線の切断・ゆるみ

土木：仮駅ホームの沈下・移動、土留工の傾斜、橋梁下部工のクラック・支承の損傷、保安柵の損傷、地下横断通路のクラック

阪急電鉄今津線限度額立体交差事業では、高架本体工事中に被災し、主に、ラーメン高架橋のハンチ下と単柱高架橋の柱下端部に損傷を受けた。また、仮線についても法面崩壊、線路蛇行等の被害を受けた。

(2) 復旧方針

- ・事業中の都市計画道路の災害復旧については、都市災害復旧事業として都市災害復旧事業事務取扱方針に基づき行った。
- ・一方、事業中の鉄道施設については復旧事業手法がなかったため、都市災害復旧事業制度の拡充がなされ、被災した仮線施設等の事業採択が可能となった。なお、鉄道事業法に基づく工事完了検査を終えた高架橋等の鉄道施設は都市災害復旧事業の対象とはなっていない。
- ・阪神電鉄本線及び阪急電鉄今津線は、重要な公共交通機関として1日もはやい復旧が求められたため、早期復旧に全力をあげた。

(3) 復旧仕様・工法

施工中の都市計画道路の復旧は、公共土木施設災害復旧事業の基準に基づき実施した。また、立体交差事業における仮線施設の復旧工事は、従来の技術基準等に基づいた工事仕様により行った。

損傷した高架柱の復旧工事は、「鉄道施設耐震構造委員会」での検討を踏まえた運輸省通達（平成7年2月6日付、鉄技第9号）に基づいて行った。

(4) 街路事業の復旧事例

【重力式擁壁の沈下及び側方移動の復旧事例（都市計画道路中島東高洲線）】

路線名	都市計画道路 中島東高洲線
被害箇所	尼崎市東高洲町
延長等	147.5m
査定決定額	17,215千円
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

本被災箇所は、運河の護岸沿いで地下水が高く、地盤沈下が生じやすい場所であり、地震による側方流動、不等沈下が発生し、中島橋の側道部の重力式擁壁において、擁壁全体が民地側に傾き、各ジョイント部において数cm～10数cmの段差及び開きが生じた。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

移動量が数cm～10数cmとあまり大きくなかったため、チップングとコンクリート打ち足しにより復旧を行った。

b. 工事の概要

近傍に大きな振動が許されない炉を有する工場があるため、振動計を設置し、静的破碎工法によりコンクリート取り壊しを行い、チップングを行った。

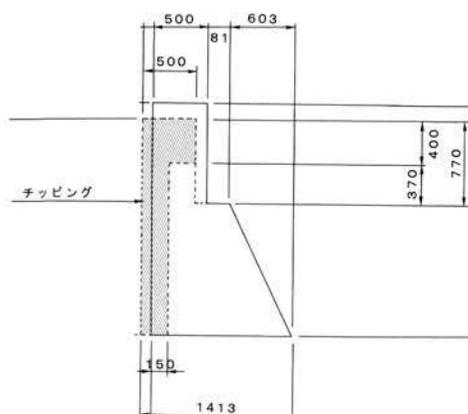


図-V. 10.1 災害復旧断面図



写真-V. 10.1 復旧工事の完成

【橋脚クラック及び支承部損傷の復旧事例（都市計画道路塚口駅小中島線）】

路線名	都市計画道路 塚口駅小中島線
被害箇所	尼崎市上坂部～東塚口町
延長等	375.0m
査定決定額	16,689千円
事業主体	尼崎市

1) 被災状況

- ・橋脚 : コンクリートの剥離及びひび割れの発生
- ・擁壁 : U型擁壁、重力式擁壁10～100mm沈下
重力式擁壁民地側へ20～150mm傾く
- ・PC桁支承 : PC桁ゴム沓の移動及び変形12箇所

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

橋脚のひび割れについては樹脂注入工法、また、剥離についてはRC巻立て工を選定した。

擁壁については、安定性を検討のうえ、背面増打工、高欄部嵩上げ工等必要最小限の工法を選定した。

PC桁支承部については、ゴム沓の移動以外被災が認められないので、ゴム沓の交換のみを行った。

b. 工事の概要

- ・橋脚

樹脂注入工	8 m
RC巻立工	2 箇所
- ・擁壁

高欄部嵩上げ工	168m
高欄部再構築工	40m
擁壁背面増打工	7 m
- ・PC桁支承

ゴム沓の据え替え工	12箇所
-----------	------

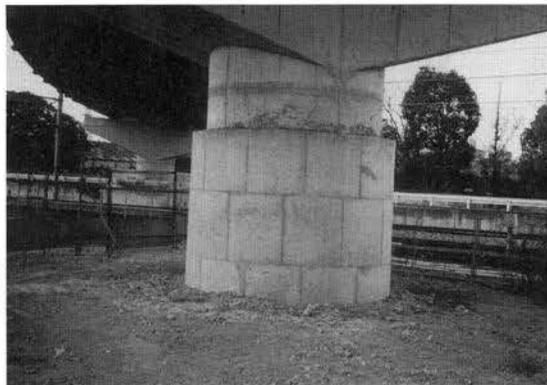


写真-V.10.2 復旧工事の完成

【橋梁桁端部のクラック及び支承部損傷の復旧事例（都市計画道路川西猪名川線）】

路線名	都市計画道路 川西猪名川線
被害箇所	川西市萩原1丁目
延長等	265.0m
査定決定額	11,869千円
事業主体	川西市

1) 被災状況

鋼製可動沓でサイドブロックの変位と固定六角ボルトがせん断破壊をおこし、周辺のコンクリートにひび割れ・剥離が生じた。

上部工（PCラーメン箱桁）、下部工にひび割れが生じた。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

サイドブロックは超音波・浸透深傷検査により健全であることが確認されたため、六角ボルトのみ交換した。周辺のコンクリートのひび割れ・剥離については、当該部分のコンクリートを撤去し、欠損断面の補修を行った。

上部工、下部工のコンクリートのひび割れについては、防水性の確保から幅0.2mm以上の箇所にエポキシ系の樹脂を注入した。

b. 工事の概要

支承附属サイドブロック固定六角ボルト	5箇所（10本）交換
桁端補修工	7箇所（4㎡）
ひび割れ補修	295m



写真-V.10.3 復旧工事の完成

【連続立体交差事業実施中区間の仮線等の復旧（阪神電鉄本線（西宮市））】

路線名	阪神電鉄本線（西宮市）
被害箇所	芦屋市打出町～西宮市今津曙町
延長等	3,057m
査定決定額	305,993千円（6件）
事業主体	兵庫県

1) 被災状況

連続立体交差事業の仮線L=3,057mが被災した。

- ・軌道 線路の蛇行、沈下
- ・電気 鉄柱の倒壊(6基)・傾斜
架線の切断・ねじれ・ゆるみ
- ・土木 仮駅ホームの沈下・移動
土留工の傾斜
橋梁下部工のクラック、支承の損傷
保安柵の損傷、地下道のクラック

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

- ・軌道：軌道狂いを修正するため砕石を補充し、突き固めを行った。
- ・電気：倒壊電柱は再使用可能であったため、あて板による補強を行った。
- ・土木：ホーム沈下部は荷重軽減のため軽量コンクリートで嵩上げた。
土留工は転倒防止のためタイケーブルを施工した。

b. 工事の概要

- ・軌道：軌道扛上、道床突き固め、軌道整備
- ・電気：鉄柱復旧、電線類張力調整、部品交換
- ・土木：ホーム嵩上げ・移動修正・クラック補修・タイル補修、土留工補強、橋梁下部工補修・支承部補修、保安柵取り換え、地下道クラック補修



写真-V. 10.4 復旧工事中の状況
(西宮市森具西踏切)



写真-V. 10.5 復旧工事の完成

【限度額立体交差事業実施中区間の高架柱等の復旧（阪急電鉄今津線（西宮市））】

路線名	阪急電鉄今津線（西宮市）
被害箇所	西宮市津門大筒町～津門呉羽町
延長等	600m
査定決定額	108,041千円（9件）
事業主体	西宮市

1) 被災状況

高架本体工事施工中に被災し、主に直上施工の単柱高架橋の柱に損傷を受けた。
また、仮線仮駅施設にも法面崩壊、線路蛇行等の被害を受け、通行不能となった。

2) 復旧工法

a. 工法選定理由

「鉄道施設耐震構造検討委員会」での検討を踏まえた運輸省通達（平成7年2月6日付、鉄技第9号）に基づき、損傷した柱の鋼板巻立、RC巻立、樹脂注入を行った。

b. 工事の概要

- ・ 鋼板巻立補修工 10箇所
- ・ RC巻立補修工 8箇所
- ・ 樹脂注入工 270 m
- ・ 断面修復工 16 m²
- ・ モルタル補修工 16箇所
- ・ 法面復旧工 1 式
- ・ 軌道整備工 425 m
- ・ 電気関係補修工 1 式
- ・ 仮駅補修工 1 式

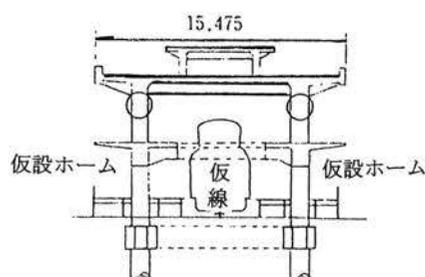


図-V.10.2 標準断面図



写真-V.10.6 復旧工事の完成

11. 県立公園等の復旧

(1) 明石城公園の復旧事例

【明石城石垣の復旧】

路線名	県立明石公園
被害箇所	明石城石垣
事業名	都市災害復旧事業（建設省所管）
災害復旧面積	14箇所（災害査定8工区）2,666㎡
全体事業費	755百万円
設計施工監理	(財)文化財建造物保存技術協会
事業主体	兵庫県

1) 被害状況

明石公園に残る約20,000㎡の城石垣のうち二の丸北面で約380㎡が崩壊したのをはじめ、東の丸、薬研堀北、稲荷廊南面で崩壊やはらみが発生するなど全体で14箇所、2,666㎡で緊急に修復すべき箇所が生じた。

2) 復旧工法

a. 概要

一般的に城石垣は史跡として文化庁の補助により修復を行っている。しかし、明石公園の城石垣は他の公園施設との関係から史跡指定を受けていなかったため、建設省所管都市災害復旧事業の採択を受け復旧工事を行うこととなった。指定史跡ではないものの、当石垣は県下有数との文化財関係者の評価が高く、また重要文化財の櫓とともに明石の顔として広く県民に親しまれていることから、復旧工法は文化財修理と同等の伝統的城石積（空積）を採用し復旧工事を進めている。

b. 復旧工事の進め方

城石垣積は伝統的技能を要する特殊工事であるため、実施設計並びに施工監理については文化財修復に豊富な実績を持つ(財)文化財建造物保存技術協会に委託し、さらに同協会からの委嘱により5名の学識経験者からなる「明石公園石垣災害復旧指導委員会」を設け、工法等について指導を受け復旧工事を進めている。



写真-V. 11. 1 石垣の被災状況



写真-V. 11. 2 復旧工事の完了



写真-V. 11. 3 石垣の被災状況



写真-V. 11. 4 復旧工事の完了



写真-V. 11. 5 石垣の被災状況



写真-V. 11. 6 復旧工事の完了

【明石城^{たつみ}巽・^{ひつじさる}坤櫓の復旧】

路線名	県立明石公園
被害箇所	明石城巽・坤櫓（国指定重要文化財）
事業名	重要文化財（建造物）保存修理事業（文化庁所管）
事業期間	平成7年度～平成10年度
全体事業費	10億円
設計施工監理	(財)文化財建造物保存技術協会
事業主体	兵庫県

1) 被害状況

国指定の重要文化財である巽・^{たつみ} 坤櫓^{ひつじさる}は土台部分の石垣の不等沈下により柱等の軸組がゆがみ、巽櫓は北に、坤櫓は南西に傾き、大壁の漆喰が剥離した。また、櫓に附属する土塀のかなりの部分が崩壊した。土台部分の石垣については、大規模な変形は免れたものの、かなりの数の角石や天端石が破損した。

2) 復旧工法

a. 概要

櫓等の城郭建造物の大修理については、一般的に一旦本体を解体し、部材等取り替えを行い再び組み建てる「解体工法」を用いる。

今回の修理に先立ち、両櫓を詳細に調査したところ、石垣は角石の損傷が激しく修復の必要があるものの、櫓本体については被害が予想以上に少ないことが分かった。このため、文化財として江戸時代の技法の残る現状での保全が重要であるとの意見から、城郭では初めて「曳屋工法」を採用した。これは櫓を移動させたあと土台部の石垣を修理、再び櫓を元に戻し、軸組みの修正や壁、土塀等の修復を行うものである。

b. 櫓面積他

・巽櫓：	軒面積	121.25㎡	延べ軒面積	235.12㎡
	重量	240t	曳屋延長	62.0m
・坤櫓：	軒面積	168.65㎡	延べ軒面積	360.57㎡
	重量	340t	曳屋延長	48.0m



写真-V.11.7 曳屋前の坤櫓



写真-V.11.8 曳屋工事中の坤櫓