

第11章 河川鋼構造物

11.1 概 説

ここでの調査対象は水門、防潮鉄扉、水圧鉄管であるが、兵庫県南部地震によるこれら構造物の被害は被災直後の市民生活に直結しておらず、また、海岸部の目立たない場所に設置されているものが多かったため、被災の実態がほとんど知られていない。

昭和40～50年代に生じた大阪平野臨海部での地盤沈下や、神戸市、大阪市の地形的特徴による高潮対策の一つとして防潮水門、防潮鉄扉が多数設置されている。これらは高潮や津波警報発令時に閉鎖されて使用状態になるものであり、平生は全開状態であるため使用されていない状態で今回の地震発生に遭遇し、防潮鉄扉に大きな被害が発生した。一方、調査対象となるようなゲートを有するダム地点に限定した場合、震源地から最も近いもので約30kmのダムゲートは地盤の良好な山地に設置されているために被害はなく(呑吐ダム)、また、水圧鉄管も震源地に最も近いもので約80km離れた山地に設けられているが被害は生じていない(宇治発電所)。総じて市街地と山岳地との地盤の違いによる被害の差を見せた。

これらの被災状況は、地震動特性、地形的特徴、既設の水門・防潮鉄扉・水圧鉄管の設置地点数、それらの分布状況、使用状況等に依存したものであり、設計条件との関係で考察するには構造物ごとの検討が必要である。

調査対象地域を設定するにあたっては、兵庫県南部地震で鋼構造物に被害が生じた地域あるいは震度IV以上で、何らかの影響を受けた可能性があると推定される地域に限定することとし、兵庫県、大阪府、京都府、滋賀県、奈良県、和歌山県に限定することとした。調査方法は、比較的広域にわたるアンケート調査と、神戸市、大阪府を中心とした実地調査の2本立てで行った。

以下、11.2で調査対象構造物の概要、設置状況等について述べた後、11.3で広域にわたるアンケート調査結果、11.4で実地調査結果および一部の被害原因の検討結果、11.5で補修、補強対策について述べる。さらに11.6では震災実態を要約し、設計的観点から考察する。

11.2 対象構造物

(a) 水門、防潮鉄扉、水圧鉄管の概要

(1) 水 門

用途に応じて種々の水門があり、慣用的な呼び方も“水門”、“ゲート”、“堰”などさまざまであるが、主なものをあげると次のとおりである。

[洪水吐ゲート]

洪水放流を目的としてダム頂部に設置された水門で、大規模なものが多い。今回の地震発生後に、震度IV以上の地域で臨時点検が行われたが異常は報告されていない。

[制水ゲート]

水路の取水口や放水口等に設置された水門であり、導水路や発電設備の点検、補修時に閉鎖して水路内を空虚にするために設ける。洪水吐ゲートと同様、地震発生後に臨時点検が行われたが主要部分の異常は報告されていない。

[堰]

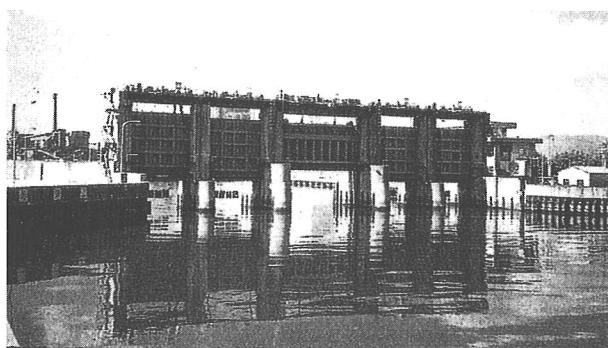
堤防によって洪水制御される河川区域で、流水の貯留を目的として河川を横断して設けられるもの。特に大規模な設備は1級河川の中流域あるいは河口近くに設けられたもので、対象地域内では淀川大堰および加古川大堰などがある。これらについては、震災直後に近畿地方建設局が調査を実施し、鋼構造の一部に損傷の発生が報告されている。

[防潮水門]

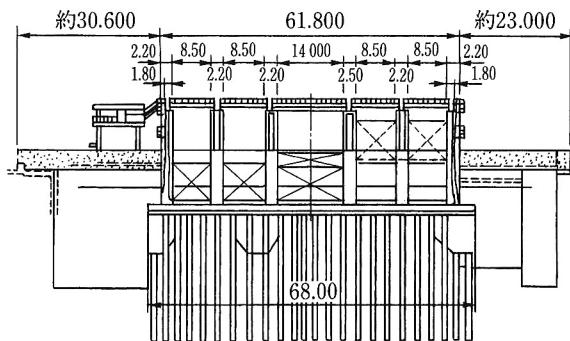
河口付近に設置されて高潮対策と潮の邉上防止に用いられ、大阪府には地形上、大規模な防潮水門が多数存在する(写真11.2.1参照)。今回の地震後に臨時点検が行われたが、鋼製扉体に異常の生じた例はない。神戸市灘区の海岸地帯(震度VII、灘浜水門)においても、鋼構造部に異常はなく、コンクリート部にクラックが生じたり、階段に軽微な変形が見られる程度の被害であり、操作には支障はなかった(写真11.2.2参照)。

[陸閘]

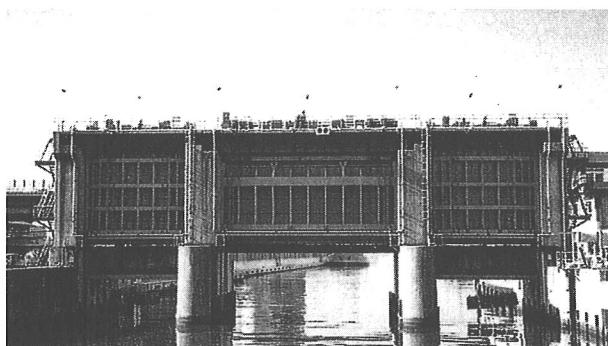
堤防頂部より低い位置に設けられている橋梁によって、堤防が切り欠かれる箇所の高潮対策に用いられる水門



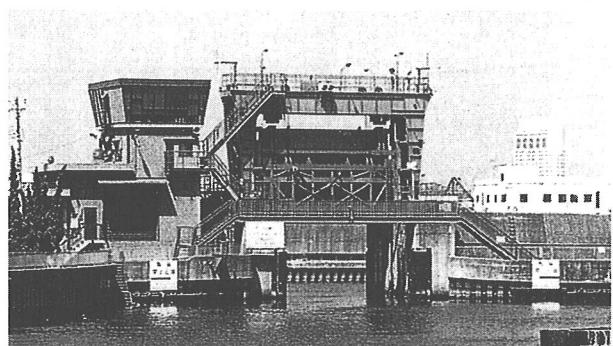
正蓮寺川水門



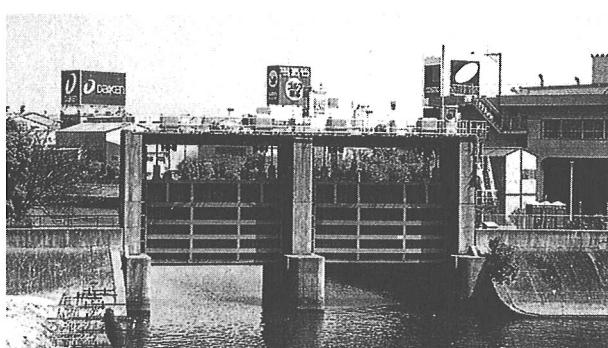
正蓮寺川水門



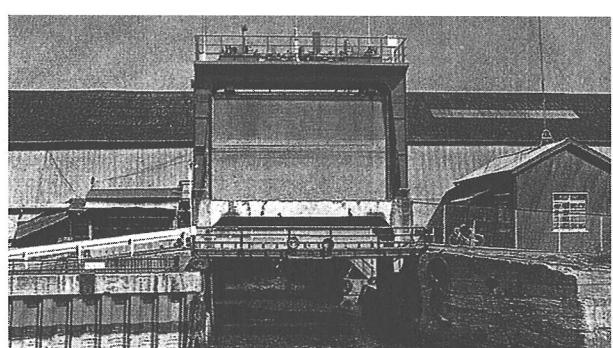
六軒家川水門



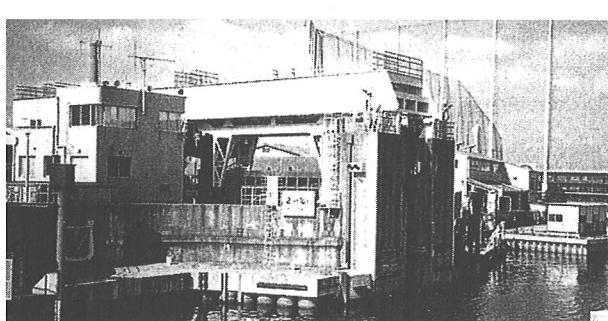
出来島水門



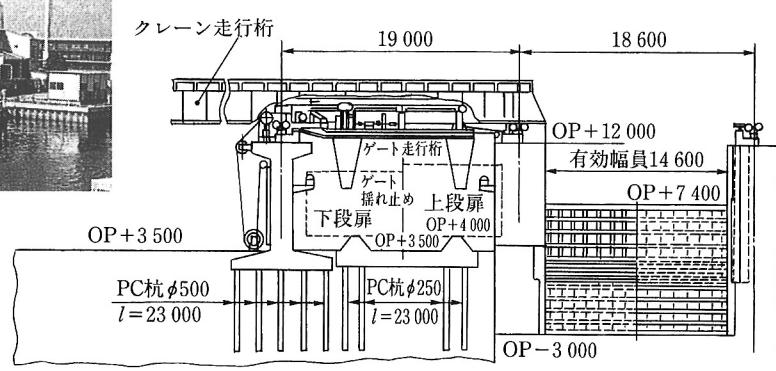
旧猪名川水門



百島水門



三軒家水門



三軒家水門

写真 11.2.1 大阪府の防潮水門

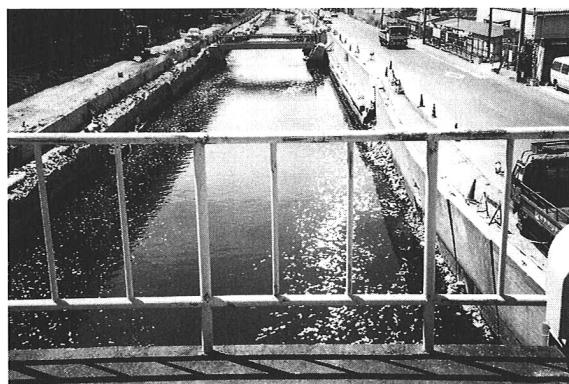
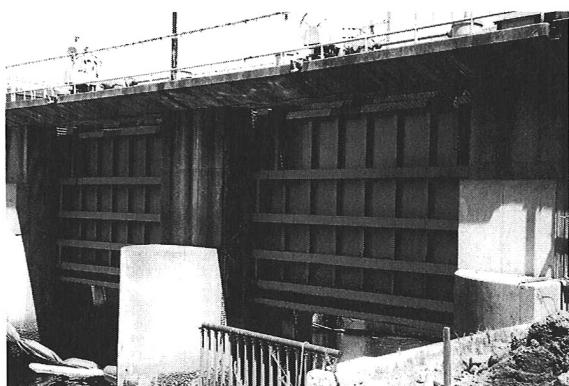


写真 11.2.2 震度VIIの地域にあった防潮水門

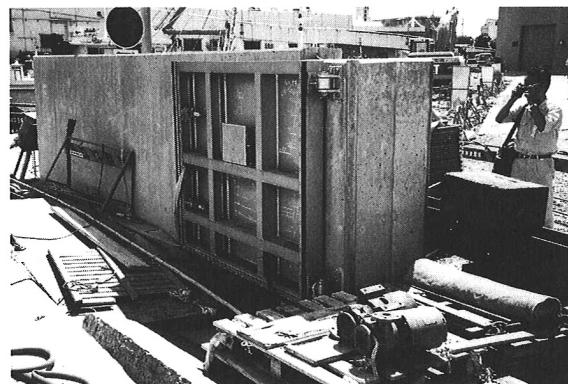
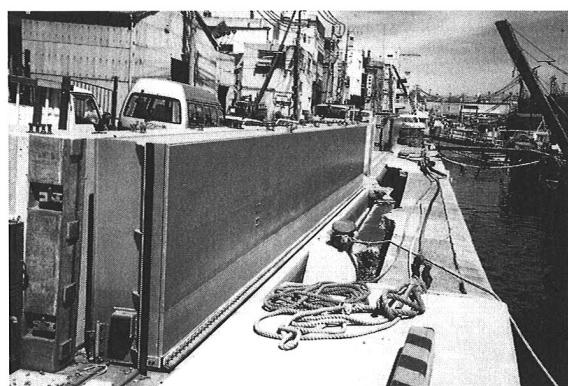


写真 11.2.3 神戸港の防潮鉄扉

で、台風接近時に交通を遮断し、道路を横断して扉体が設置される。震災後の臨時点検では扉体および操作機構等の主要構造部には異常はなかったが、国道2号線が淀川を横断する淀川陸閘では地盤沈下や移動による側部戸当りの移動・傾斜、操作室壁の段差、操作室天井の可動屋根走行レールの変形等の被害が生じた。すでに補修が行われており、いずれも操作可能な状態になっている。

(2) 防潮鉄扉

防潮鉄扉は海岸地帯に設けられた荷役用岸壁、倉庫、工場等への進入道路のために、防波堤が設けられない箇所の高潮対策用として設置されている鋼製扉で、アルミニウム製もある。

特に被害の大きかった神戸港では、地震発生時にはいずれの鉄扉も開いた状態であり、高潮や津波による水圧荷重が作用していなかったために扉体主要部材の破損や座屈等は少ないが、戸当りの変形や走行用ローラー、ケーブルラック等の二次的部材の変形などにより操作に支障が生じたものが半数程度あった。また、コンクリート基礎の沈下、移動、傾斜、土砂による埋没等の被害がほとんどすべての箇所に発生した。大阪府港湾局管内の被害は軽微で、操作に支障のあるような被害はほとんどなかった(写真

11.2.3 参照)。

(3) 水圧鉄管

水圧鉄管は水力発電用設備であり、貯水池水面からの落差を利用して水車を回すための鉄管路である。

今回の地震で大きな被害のあった神戸市およびその周辺には該当する設備はない。比較的規模が大きく被災地に近い関西電力宇治発電所は、神戸市中心部から北東へ直線距離約70kmであるが、地震による被害あるいは地震の影響と思われる事象は生じていない。他の発電所においても、地震発生直後に目視による臨時点検が行われたが、管胴本体、付属品、固定台、支承部等の被害は見られなかった。

(b) 既設水門、防潮鉄扉、水圧鉄管の大まかな設置地点数

今回の調査対象範囲(震度IV以上で兵庫県、大阪府、京都府、滋賀県、奈良県、和歌山県)における既設水門、防潮鉄扉、水圧鉄管の設置地点数(門数ではない)は、概略、表11.2.1のとおりである。なお、これら以外にも、大阪府以外の県等の管理する施設が多数存在する。鉄扉、水門には小規模なものも多数存在するため、一応、扉面積10cm²以上を選択の目安とした。

表11.2.1 水門、防潮鉄扉、水圧鉄管の設置地点数(概数)

神戸市	防潮水門	4
	防潮鉄扉	約300
大阪市	防潮水門	8
	防潮鉄扉	345
大阪府	防潮水門	約30(大規模9を含む)
	防潮鉄扉	約600
	制水門、排水門	約10
関西電力	水力発電所	74
	京都府19 兵庫県17 奈良県14	
	滋賀県13 和歌山県11	
建設省	堰	2
	ダム、堰堤	5
	水門	8
	陸閘	4
	閘門	1
水資源開発公団	ダム	5

(c) 設計基準と使用材料

(1) 適用される設計基準類

発電用水門、鉄管については、昭和35年以降、水門鉄管技術基準が拠り所となっている。発電施設以外について、ダム・堰施設技術基準(案)が平成6年に完成して、河川関係技術者の業務における拠り所として活用されている。両基準の間に基本的な違いはないが、ダム・堰施設技術基準(案)の方が設備計画立案、施工および保守管理について詳細に述べられており、一般的に将来のメンテナンスフリーを考慮して、剛性が高くなる傾向にある。

防潮鉄扉は運輸省令「港湾の施設の技術上の基準を定める省令」に従い定められた「港湾の施設の技術上の基準・同解説」に従って設計されている。

(2) 使用材料

鋼材は、古くは、昭和初期までの輸入管を除いて、ほとんどが、JES(日本標準規格)第20号(大正14年)の構造用圧延鋼材第1号(引張強さ39~47kgf/mm²、伸び17%以上)が採用された。

昭和13年のJES改正後はJES430号の一般構造用圧延鋼材第1種SS34(引張強さ34~41kgf/mm²、伸び25%以上)、第2種SS41(引張強さ41~50kgf/mm²、伸び23%以上)が主に採用された。分岐管などの特に重要な部分には、ボイラー用圧延鋼材第1種SB34(引張強さ34~41kgf/mm²、伸び28%以上)およびSB41(引張強さ41~50kgf/mm²、伸び23%以上)が使用される傾向にあった。その後、昭和25年頃までの戦中、戦後にかけて鋼材

不足の一時期を経て需給も回復し、溶接技術の進歩も相まって、昭和27年にSM材がはじめてJIS化され、SS材のP、Sの上限値も下げられた。また、昭和28年頃には、引張強さ52kgf/mm²の高張力鋼が実用化され、さらにHT60、70、80へと発展し、実用化されていった。

以上のような鋼材の進歩の歴史の中で、水圧鉄管は圧力容器として的一面が強く、高張力鋼を積極的に採用し、切明発電所水圧鉄管(東電、昭和30年)以後、高張力鋼の使用例がかなり多く見られる。

一方、水門の主要部には水圧鉄管のように高張力鋼を採用することはほとんどなく、当初から一貫してSS41級のいわゆる軟鋼が主体であり、大規模な扉体に対してせいぜい50kg級鋼が用いられる程度である。これは、構造物の安定上、ある程度以上の重量と剛性は必要で、さらに腐食代などを考慮して評価した場合、部材の使用板厚を低減させることによる有利性がそれほど見られないためである。戸当たり金物、回転支承部、開閉装置などについては、現場条件によってステンレスなどの使用例がある。

(3) 許容応力

水門鉄管技術基準制定(昭和35年)以前は、一般に引張強さの1/4がとられていたが昭和28年頃に1/3とした事例もあった。しかし、制定以後は使用鋼材の降伏点の1/2を許容応力とするようになり、高張力鋼もJIS化に伴い基準に取り入れられてきた。水門鉄管に関する許容応力の変遷を概略示すと、図11.2.1のとおりである。

(4) 強度設計のクライテリア

水門扉の強度設計に対しては、次のクライテリアが規定されている。

- ①各方向の応力が許容応力以下であること。
- ②合成応力が許容応力の1.1倍以下であること。
- ③扉体中央のたわみが規定値(純径間の1/800)以下であること。

また、水圧鉄管の強度設計に対しては、次のクライテリアが規定されている。

- ①周方向、管軸方向の応力が許容応力以下であること。
- ②合成応力 $\sigma_g = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \sigma_2 + 3\tau^2}$ (σ_1 :周方向応力、 σ_2 :管軸方向応力、 τ :管軸直角方向のせん断応力)が許容応力以下であること。ただし、管壁の曲げ応力を加算したときは、許容応力は1.35倍の割り増しが認められている。

(5) 耐震設計のクライテリア

水門・鉄管に対する耐震設計の考え方はおおむね表11.2.2のとおりであり、いずれも静的震度法によっている。ただ

昭和35年		昭和43年
引張強さの 1/4	40kg 級鋼 : 1150 kgf/cm ²	40kg 級鋼 : $t \leq 40$ 1300 kgf/cm ² $t > 40$ 1300 kgf/cm ²
	50kg 級鋼 : 1750 kgf/cm ²	50kg 級鋼 : $t \leq 40$ 1750 kgf/cm ² $t > 40$ 1650 kgf/cm ²
		60kg 級鋼 : $t \leq 40$ 2400 kgf/cm ² $t > 40$ 2300 kgf/cm ²

図11.2.1 水門鉄管に関する許容応力の変遷

し、水圧鉄管の場合、管内水の質量による慣性力を考慮する。

(d) 維持・管理方法、震災時の使用状況

通常時の維持・管理方法としては、定期的に巡回、定期点検が行われ、変状の発見と対策に努めている。異常気象、地震等の異常事象が生じた場合は、臨時点検を実施し、必要に応じて専門家による精密調査を行う。

具体的には、建設省所管のダム等、河川・水理構造物において、地震計で25gal以上、あるいは気象庁震度階でIV以上を観測した場合、地震直後に目視による臨時点検が行われ（ダム・堰施設技術基準（案）、7章 保守管理、参照）、変状が発見されれば精密調査等が行われる。電力会社等においても、社内基準により保守管理体制が定められ

実施されているが、その内容は各機関ともほとんど同じである。今回も近畿地方建設局においては、精密調査を財・ダム技術センターに委託し実施させている。

震災時の使用状況は種々様々であったが、最も被害を受けた神戸市内の防潮鉄扉のほとんどすべてが開いた状態にあり、地震力と同時に水圧を受けた例はなかった。防潮水門についても地震時が高潮時と重なったわけではないので、開いた状態であった。堰や洪水吐きゲートおよびその他のゲートの多くは通常の閉じた状態にあった。水圧鉄管については、発電所ごとに地震時の状況は異なるが、震源に近く大きな地震力を受けた関西電力宇治発電所では、最大負荷に近い状態で発電中であった。

11.3 アンケート調査

アンケート調査の目的は次の3つである。

- ①水門・防潮鉄扉・水圧鉄管に関する被害の実態を、広域にわたって調査し、地震動の強さと構造物の損傷の関係を明らかにする。
- ②他の構造物と同様、水門・防潮鉄扉・水圧鉄管についても、局所的変形、機械部の機能喪失などの被害は重要であるため、多数の構造物を対象として、下記の発生状況を、定量的に明らかにする。
 - ・鋼部材の局所的変形
 - ・開閉装置の状況変化

表11.2.2 水門・鉄管に対する耐震設計の考え方

年	基準名	規 定		
		荷 重	設計震度	許容応力の割増し
1960 (昭和35年)	初版 水門鉄管 技術基準	・地震時慣性力 ・地震時動水圧	規定なし。	常時の1.5倍
1968 (昭和43年)	第1回改訂 水門鉄管 技術基準	・地震時慣性力 ・地震時動水圧 ・地震時波浪高を考慮した静水圧	規定なし。	同上
1973 (昭和48年)	第2回改訂 水門鉄管 技術基準	同上 ・地震時動水圧の算定には、Westergardの式 ・上下動考慮しない。	・標準設計震度（0.15）を基準として、地域地盤によって補正。 ただし、ダムゲートはダムの堤体震度。	同上
1981 (昭和56年)	第3回改訂 水門鉄管 技術基準	同上	・ダムの設計震度を強震、中震、弱震の地域に区分し、これとダムの種類ごとに設計震度（0.10～0.24）を表示。 ・堰の場合、強震、中震地域に対し0.12、弱震地域に対し0.10。	同上
1994 (平成6年)	初版 ダム・堰 施設技術 基準（案）	同上	・ダムの設計震度は同上。 ・堰の場合、標準設計震度（0.20）を基準とし、地域別、地盤別、重要度補正係数で補正。	同上

- ・操作状態の変化
 - ・固定台・支台の変化
 - ・コンクリート部分の沈下・移動・傾斜
- ③実地調査の前段階として、調査地点の選定に有益な情報を得る。

(a) アンケート調査票

アンケート調査の実施に先だって、次ページに例示する3種類(水門(表11.3.1参照)、防潮鉄扉、水圧鉄管)のアンケート調査票を作成した。調査票に上げた調査項目は、大きく分けて次のとおりである。

- i) 構造諸元 ii) 耐震設計条件 iii) 震度
- iv) 地震発生時の状況 v) 補修歴
- vi) 被害の有無、程度 vii) 震災後の状況変化

(b) 調査依頼方法と回答数

調査依頼先は主要な対象構造物を所有する下記の機関である。

- ・建設省近畿地方建設局
- ・水資源開発公団関西支社
- ・神戸市港湾局
- ・大阪府土木部
- ・大阪府西大阪治水事務所
- ・大阪府港湾局
- ・関西電力(株)

その結果、表11.3.2の件数の回答があった。同一地点に複数の調査対象設備がある場合もかなりあり、件数と地点数が同一でないことに注意されたい。回答された地点名を挙げると表11.3.3のとおりである。

(c) 調査結果の分析

調査対象構造物は、神戸市と大阪府の管理する防潮水門、防潮鉄扉が、神戸港、大阪港沿いに多数存在し、建設省が堰等の河川構造物を管理し、内陸部の発電施設や用水供給施設を水資源開発公団と電力会社が管理・運用している。それぞれ、立地条件(今回の地震動の強さ)、構造物の種類とその設計条件、保守・管理条件が異なっているため、アンケート調査結果を一括整理し分析するのは困難であった。

以下に、設備管理者ごとに分類して調査結果を示す。

(1) 神 戸 市

- 防潮水門(回答数: 2件、震度VI, VII, 全開状態で被災)
- ①鋼構造に被害が発生して操作に支障が生じた。 0件
 - ②鋼構造に軽微な被害はあったが操作に支障はなかった。 2件
 - ・スピンドルが変形した。
 - ・開閉力が変化した。

表11.3.2 アンケート調査の回答件数

神戸市	防潮水門	2件
	防潮鉄扉	26件
大阪府	防潮水門	9件
	防潮鉄扉	48件
	制水門	7件
建設省	堰	3件
	陸閘	4件
	制水門	20件
	ダムゲート	6件
	堰堤ゲート	8件
水資源開発公団	ダムゲート	21件
	制水門	2件
	水圧鉄管	5件
関西電力	ダムゲート	128件
	水圧鉄管	79件
総計		368件

- ③コンクリート部に被害があった。 2件
- ・ピアにクラック発生。
- ④全く被害がなかった。 0件
- [灘浜水門、新在家水門]
防潮鉄扉(回答数: 26件、震度VI、全開状態で被災)
- ①鋼構造に被害が発生して操作に支障が生じた 13件
- ・主軸が変形した。
 - ・走行ローラーおよび軸受けが変形した。
 - ・走行レールが変形した。
 - ・ケーブルラックが変形した。
 - ・埋設戸当りが変形した。
 - ・開閉力が高くなった。
 - ・コンクリート部ごと海中に沈没した。
- ②鋼構造に軽微な被害はあったが操作に支障はなかった。 7件
- ・ガイドローラーが変形した。
- ③コンクリート部に被害があった。 25件
- ・コンクリート部の移動・沈下・傾斜。
 - ・コンクリートと扉体が接触、干渉。
 - ・土砂に埋没。
- ④全く被害がなかった。 0件
- (2) 大 阪 府**
- 防潮水門(回答数: 9件、震度不明、全開状態で被災)
- ①鋼構造に被害が発生して操作に支障が生じた。 0件
- ②鋼構造に軽微な被害はあったが操作に支障はなかった。 6件
- ・リミットスイッチ用ブラケットが変形した。
 - ・リミットスイッチが損傷を受けた。
 - ・ボルトが1本破断した。
 - ・開閉装置の軸がずれた。

表11.3.1 水門の震災調査アンケート調査項目

土木学会 鋼構造委員会
鋼構造震災調査特別小委員会
河川・水理構造物WG

本アンケート用紙記入日	平成 年 月 日
水門名称	
所有機関	
河川または港湾名	
純径間、高さ、門数	m, m, 門
水門形式	1. ラジアル 2. ローラー 3. 長径間シェル 4. その他()
設計水深、操作水深	m, m
水門重量	t
材質、許容引張応力	1. SS 400 2. SM 400 3. SM 490 4. SMA 400 5. SMA 490 6. その他()
接合方式	1. リベット 2. 溶接 3. 併用
水密方式	1. 前面3方ゴム 2. 前面4方ゴム 3. 後面4方ゴム 4. その他()
巻上方式	1. 1モーター2ドラム 2. 1モーター1ドラム 3. 2モーター2ドラム 4. スピンドル式(本) 5. ラック式(本) 6. 固定油圧シリンダー(直結式、リンク式) 7. 揺動油圧シリンダー(直結式、レバー式) 8. 油圧シリンダーワイヤーロープ式 9. その他()
開閉速度	1. 0.3m/min. 2. その他()
使用開始年月	年 月
設計地震力係数	0.1, 0.12, 0.15, その他(), 不明
阪神・淡路大震災時の震度	IV, V, VI, VII, 不明
地震発生時の使用状態	1. 全閉 2. 全開(休止) 3. 中間開度状態(開度 cm)
使用開始から現在までの主要な補修歴	
被害の有無(該当するものを○で囲んで下さい)	
1. 被害が発生して操作に支障があった。 2. 軽微な被害があったが、操作に支障はなかった。 3. 水門には被害がなかったが、土木構造物に被害があった。 4. 全く被害がなかった。	
震災後の状況変化(該当するものを○で囲んで下さい)	
(1)漏水 : 1. 有り 2. 無し 有りの場合: 1. 上部 2. 側部 3. 底部 4. 戸当たり伸縮部 5. その他()	
(2)局所的変形 : 1. 有り 2. 無し 有りの場合: 1. スキンプレート 2. シェルプレート 3. 主桁 4. 主ローラー 5. サイドローラー 6. 埋設部戸当たり 7. 取外し戸当たり 8. 溶接部の割れ 9. その他()	
(3)開閉装置の状況変化: 1. 有り 2. 無し 有りの場合: 1. アンカーボルトの損傷 2. 軸のずれ 3. ブラケットの変形 4. 休止金物の変形 5. 軸受からの油の漏れ、噴出し 6. 油圧配管、支持金物の損傷 7. その他()	
(4)操作状態の変化 : 1. 有り 2. 無し 有りの場合: 1. 振動(びびり、金属音) 2. 片吊り 3. 開閉力 4. その他()	
(5)その他、気づいたこと何でも。	

表11.3.3 アンケート調査地点(1)

水門		室生ダム主放水ゲート		水資源開発公団	淀川水系名張川 ラジアルゲート
<u>洪水吐ゲート、制水ゲート、放水口ゲート</u>		布目ダム洪水吐ゲート		水資源開発公団	淀川水系布目川 ラジアルゲート
関西電力(株)					
: 震度 V					
黒田発電所	関西電力(株)	淀川水系桂川	スライドゲート		
新庄発電所	関西電力(株)	淀川水系桂川、大堰川	ラジアルゲート、ローラーゲート		
母尾発電所	関西電力(株)	淀川水系清滝川	スライドゲート		
清滝発電所	関西電力(株)	淀川水系清滝川			
		油圧倒伏式ゲート、スライドゲート			
洛北発電所	関西電力(株)	淀川水系鴨川	スライドゲート	淀川陸閘右岸	建設省近畿地建 180度回転式
洛北発電所	関西電力(株)	淀川水系鞍馬川	スライドゲート	淀川陸閘左岸	建設省近畿地建 180度回転式
蹴上発電所	関西電力(株)	淀川水系琵琶湖疎水	ローラーゲート	伝法陸閘右岸	建設省近畿地建 引戸式
喜撰山発電所	関西電力(株)	淀川水系寒谷川		伝法陸閘左岸	建設省近畿地建 引戸式
		スライドゲート、ローラーゲート			
天ヶ瀬発電所	関西電力(株)	淀川水系淀川	ローラーゲート		
宇治発電所	関西電力(株)	淀川水系淀川	ストニーゲート		
夷川発電所	関西電力(株)	淀川水系琵琶湖疎水	スライドゲート		
墨染発電所	関西電力(株)	淀川水系琵琶湖疎水	スライドゲート		
関西電力(株)					
: 震度 IV、または不明					
耳川発電所	熊川発電所	和知発電所	新由良川発電所	灘浜水門	神戸市 スピンドル式スライドゲート
山家発電所	内宮発電所	橋谷発電所	小脇発電所	新在家水門	神戸市 スピンドル式スライドゲート
羽束川発電所	高山発電所	大河原発電所	布目川発電所	安治川水門	大阪府 円弧型
室生発電所	樺尾発電所	吉野発電所	弥山発電所	尻無川水門	大阪府 円弧型
川合発電所	和田発電所	白川発電所	長殿発電所	木津川水門	大阪府 円弧型
奥吉野発電所	川原樋川発電所	中村発電所	柄生発電所	正蓮寺川水門	大阪府 複葉ローラー
荒川発電所	大鳥居発電所	大戸川発電所	草野川発電所	六軒家川水門	大阪府 複葉ローラー
大上発電所	神崎川発電所	黄和田発電所	小泉発電所	旧猪名川水門	大阪府 単葉ローラー
伊吹発電所	高時川発電所	三田発電所	柳瀬発電所	津守水門	大阪府 走行式単葉ローラー
甲斐川発電所	越方発電所	高津尾発電所	船津発電所	三軒家水門	大阪府 走行式複葉スルース
川中口発電所	殿山発電所	四村川発電所	満本発電所	出来島水門	大阪府 複葉ローラー
大里発電所	那智発電所	奥多々良木発電所	横行発電所	百島水門	大阪府 鋼製2段スルース
阿瀬発電所	石井発電所	岩中発電所	矢田川発電所	木材港南水門	大阪府 ローラー
岸田川発電所	大河内発電所	草木発電所	市川発電所	岸和田水門	大阪府 ローラー
南小田第一発電所	南小田第二発電所	千種発電所	神野発電所	大黒川水門	大阪府 ローラー
野尻発電所	上野発電所	安積発電所		谷川港水門	大阪府 ローラー
				寝屋川治水緑地第一排水門	大阪府 ローラー
天ヶ瀬ダム主ゲート		建設省近畿地建	淀川水系淀川	恩智川治水緑地主排水門	大阪府 ローラー
			ローラーゲート	城北川寝屋川口水門	大阪府 長径間シェル
天ヶ瀬ダムコースターゲート		建設省近畿地建	淀川水系淀川	平野川分水路水門	大阪府 鋼製2段ローラー
			キャタピラーゲート	古川水門	大阪府 ローラー
天ヶ瀬ダムクロストゲート		建設省近畿地建	淀川水系淀川	太閤排水機場呑口部制水門	大阪府 ローラー
			ラジアルゲート	城崎水門	建設省近畿地建 ローラー
猿谷ダム洪水吐ゲート		建設省近畿地建	新宮川水系新宮川	八代水門	建設省近畿地建 ローラー
			2段式ローラー	六方水門	建設省近畿地建 ローラー
猿谷ダムコンジットゲート		建設省近畿地建	新宮川水系新宮川	伝法水門	建設省近畿地建 2段ローラー
			ジェットフロー	西島水門	建設省近畿地建 2段ローラー
一庫ダム洪水吐ゲート	水資源開発公団	淀川水系猪名川	ラジアルゲート	毛間水門	建設省近畿地建 ローラー
高山ダム主放水ゲート	水資源開発公団	淀川水系名張川	ラジアルゲート	毛間閘門	建設省近畿地建 ローラー
青蓮寺ダム主放水ゲート	水資源開発公団	淀川水系名張川	ローラーゲート		
防潮水門					
灘浜水門					
新在家水門	神戸市	スピンドル式スライドゲート			
安治川水門	神戸市	スピンドル式スライドゲート			
尻無川水門	大阪府	円弧型			
木津川水門	大阪府	円弧型			
正蓮寺川水門	大阪府	複葉ローラー			
六軒家川水門	大阪府	複葉ローラー			
旧猪名川水門	大阪府	単葉ローラー			
津守水門	大阪府	走行式単葉ローラー			
三軒家水門	大阪府	走行式複葉スルース			
出来島水門	大阪府	複葉ローラー			
百島水門	大阪府	鋼製2段スルース			
木材港南水門	大阪府	ローラー			
岸和田水門	大阪府	ローラー			
大黒川水門	大阪府	ローラー			
谷川港水門	大阪府	ローラー			
寝屋川治水緑地第一排水門	大阪府	ローラー			
恩智川治水緑地主排水門	大阪府	ローラー			
城北川寝屋川口水門	大阪府	長径間シェル			
平野川分水路水門	大阪府	鋼製2段ローラー			
古川水門	大阪府	ローラー			
太閤排水機場呑口部制水門	大阪府	ローラー			
城崎水門	建設省近畿地建	ローラー			
八代水門	建設省近畿地建	ローラー			
六方水門	建設省近畿地建	ローラー			
伝法水門	建設省近畿地建	2段ローラー			
西島水門	建設省近畿地建	2段ローラー			
毛間水門	建設省近畿地建	ローラー			
毛間閘門	建設省近畿地建	ローラー			
防潮鉄扉					
防潮鉄扉					
神戸市 全数約300					
東神戸24	制水扉	スライドゲート(鋼製、電動) 2.6m×2.6m			
東神戸26	制水扉	スライドゲート(鋼製、電動) 1.8m×1.8m			
東神戸27	制水扉	スライドゲート(鋼製、電動) 1.8m×1.8m			
西神戸41	制水扉	手動仕切弁(バタフライ弁)			

表11.3.3 アンケート調査地点(2)

東神戸105	鉄 扉 引戸式(鋼製, 電動)	40.0m×4.9m	大和田船溜11	鉄 扉 引戸式(アルミ)	5.7m×2.1m
東神戸121	鉄 扉 引戸式(鋼製)	10.0m×1.4m	千船大橋左岸12	鉄 扉 引戸式(アルミ)	10.3m×1.0m
中神戸146	鉄 扉 引戸式(ステンレス)	30.0m×1.0m	千船大橋右岸13	鉄 扉 引戸式(アルミ)	10.3m×1.0m
中神戸167-2	鉄 扉 引戸式(アルミ)	15.0m×1.8m	神崎大橋左岸14	鉄 扉 引戸式(鋼製)	20.9m×3.3m
中神戸168	鉄 扉 引戸式(アルミ)	15.0m×1.8m	神崎大橋右岸15	鉄 扉 引戸式(鋼製)	21.1m×2.4m
中神戸168-2	鉄 扉 引戸式(アルミ)	2.0m×1.8m	左門橋左岸16	鉄 扉 引戸式(鋼製)	20.3m×4.4m
中神戸169	鉄 扉 引戸式(アルミ)	10.0m×1.8m	阪急神戸線左岸17	鉄 扉 引戸式(アルミ)	9.3m×1.0m
中神戸170	鉄 扉 引戸式(アルミ)	10.0m×1.8m	阪急神戸線右岸18	鉄 扉 引戸式(アルミ)	10.5m×0.7m
中神戸171	鉄 扉 引戸式(アルミ)	10.0m×1.8m	岸和田7-3	鉄 扉 引戸式(アルミ)	7.0m×3.0m
中神戸173	鉄 扉 引戸式(アルミ)	15.0m×1.8m	阪南18	鉄 扉 引戸式(アルミ)	3.5m×2.0m
中神戸174	鉄 扉 引戸式(アルミ)	15.0m×1.8m			
中神戸175	鉄 扉 引戸式(アルミ)	15.0m×1.8m			
中神戸176	鉄 扉 引戸式(アルミ)	15.0m×1.8m			
中神戸177	鉄 扉 引戸式(アルミ)	15.0m×1.8m			
中神戸178	鉄 扉 引戸式(アルミ)	15.0m×1.8m			
中神戸179	鉄 扉 引戸式(アルミ)	2.0m×1.8m			
中神戸180	鉄 扉 引戸式	5.0m×1.8m			
西神戸153	鉄 扉 引戸式(鋼製)	2.0m×1.5m			
西神戸154	鉄 扉 引戸式(鋼製)	7.5m×1.15m			
西神戸156	鉄 扉 引戸式(鋼製)	7.2m×1.6m			
西神戸157	鉄 扉 角落し(FRP)				
大阪府 全数約600					
尻無川左岸1	鉄 扉 引戸式(鋼製)	8.4m×1.7m	黒田発電所	関西電力㈱	淀川水系桂川 No.1, No.2水圧鉄管
尻無川左岸2	鉄 扉 引戸式(鋼製)	6.0m×2.5m	新庄発電所	関西電力㈱	淀川水系桂川, 大堰川 水圧鉄管
尻無川左岸3	鉄 扉 引戸式(鋼製)	5.0m×2.5m	母尾発電所	関西電力㈱	淀川水系清瀧川 水圧鉄管
尻無川左岸4	鉄 扉 引戸式(鋼製)	5.0m×2.5m	清瀧発電所	関西電力㈱	淀川水系清瀧川 水圧鉄管
尻無川左岸5	鉄 扉 引戸式(鋼製)	6.0m×2.5m	洛北発電所	関西電力㈱	淀川水系鴨川 No.1水圧鉄管
尻無川左岸6	鉄 扉 引戸式(鋼製)	6.0m×2.5m	洛北発電所	関西電力㈱	淀川水系鞍馬川 No.2水圧鉄管
尻無川左岸7	鉄 扉 引戸式(鋼製)	4.0m×2.5m	蹴上発電所	関西電力㈱	淀川水系琵琶湖疎水 水圧鉄管
尻無川左岸8	鉄 扉 引戸式(鋼製)	9.0m×2.5m	喜撰山発電所	関西電力㈱	淀川水系寒谷川 No.1, No.2水圧鉄管
尻無川左岸9	鉄 扉 引戸式(鋼製)	5.0m×2.5m	天ヶ瀬発電所	関西電力㈱	淀川水系淀川 No.1, No.2水圧鉄管
尻無川左岸10	鉄 扉 引戸式(鋼製)	4.0m×2.5m	宇治発電所	関西電力㈱	淀川水系淀川 No.1~No.5水圧鉄管
尻無川左岸11	鉄 扉 引戸式(鋼製)	5.0m×2.5m			
尻無川左岸13	鉄 扉 引戸式(鋼製)	9.0m×1.5m			
尻無川左岸14	鉄 扉 引戸式(鋼製)	9.0m×1.5m			
尻無川左岸15	鉄 扉 引戸式(鋼製)	6.0m×2.5m			
尻無川左岸16	鉄 扉 引戸式(鋼製)	4.0m×2.5m			
尻無川左岸17	鉄 扉 引戸式(鋼製)	5.0m×2.5m			
尻無川左岸18	鉄 扉 引戸式(鋼製)	5.0m×2.5m			
尻無川左岸19	鉄 扉 片開式(鋼製)	8.0m×1.7m			
木津川左岸2	鉄 扉 引戸式(鋼製)	8.0m×4.1m			
木津川左岸3	鉄 扉 引戸式(鋼製)	7.0m×3.9m			
木津川左岸4	鉄 扉 引戸式(鋼製)	6.0m×3.3m			
木津川左岸6	鉄 扉 引戸式(鋼製)	6.0m×3.4m			
木津川左岸7	鉄 扉 引戸式(鋼製)	4.0m×3.4m			
木津川左岸9	鉄 扉 引戸式(鋼製)	7.0m×3.4m			
木津川左岸10	鉄 扉 引戸式(鋼製)	10.0m×3.4m			
木津川左岸28	鉄 扉 引戸式(鋼製)	10.0m×2.2m			
木津川左岸30	鉄 扉 引戸式(鋼製)	6.0m×2.2m			
木津川右岸1	鉄 扉 引戸式(鋼製)	5.5m×2.3m			
木津川右岸2	鉄 扉 引戸式(鋼製)	5.5m×2.3m			
木津川右岸5	鉄 扉 引戸式(鋼製)	4.0m×2.6m			
正蓮寺川恩貴島橋右岸	鉄 扉 引戸式(鋼製)	10.5m×1.8m			
正蓮寺川恩貴島橋左岸	鉄 扉 引戸式(鋼製)	9.1m×1.8m			
久保田鉄工場1	鉄 扉 引戸式(鋼製)	8.0m×3.8m			
久保田鉄工場2	鉄 扉 引戸式(鋼製)	8.0m×3.8m			
合同製鐵4	鉄 扉 引戸式(鋼製)	6.0m×4.2m			
阪神西大阪線神崎川左岸6	鉄 扉 引戸式(鋼製)	8.0m×3.8m			
阪神西大阪線神崎川左岸7	鉄 扉 引戸式(鋼製)	10.5m×2.1m			
阪神西大阪線左門殿川左岸8	鉄 扉 引戸式(鋼製)	10.5m×1.6m			
千北橋左岸9	鉄 扉 引戸式(アルミ)	9.3m×1.0m			
千北橋右岸10	鉄 扉 引戸式(アルミ)	12.2m×1.4m			

水圧鉄管など

関西電力㈱

:震度V

黒田発電所	関西電力㈱	淀川水系桂川	No.1, No.2水圧鉄管
新庄発電所	関西電力㈱	淀川水系桂川, 大堰川	水圧鉄管
母尾発電所	関西電力㈱	淀川水系清瀧川	水圧鉄管
清瀧発電所	関西電力㈱	淀川水系清瀧川	水圧鉄管
洛北発電所	関西電力㈱	淀川水系鴨川	No.1水圧鉄管
洛北発電所	関西電力㈱	淀川水系鞍馬川	No.2水圧鉄管
蹴上発電所	関西電力㈱	淀川水系琵琶湖疎水	水圧鉄管
喜撰山発電所	関西電力㈱	淀川水系寒谷川	No.1, No.2水圧鉄管
天ヶ瀬発電所	関西電力㈱	淀川水系淀川	No.1, No.2水圧鉄管
宇治発電所	関西電力㈱	淀川水系淀川	No.1~No.5水圧鉄管

関西電力㈱

:震度IV, または不明

耳川発電所	熊川発電所	和知発電所	新由良川発電所
山家発電所	内宮発電所	橋谷発電所	小脇発電所
羽束川発電所	高山発電所	大河原発電所	布目川発電所
室生発電所	樺尾発電所	吉野発電所	弥山発電所
川合発電所	和田発電所	白川発電所	長殿発電所
奥吉野発電所	川原樋川発電所	中村発電所	柄谷発電所
荒川発電所	大鳥居発電所	大戸川発電所	草野川発電所
永源寺発電所	神崎川発電所	黄和田発電所	小泉発電所
伊吹発電所	高時川発電所	三田発電所	柳瀬発電所
甲斐川発電所	越方発電所	高津尾発電所	船津発電所
川中口発電所	殿山発電所	四村川発電所	滝本発電所
大里発電所	那智発電所	奥多々良木発電所	横行発電所
阿瀬発電所	石井発電所	岩中発電所	矢田川発電所
岸田川発電所	大河内発電所	草木発電所	市川発電所
南小田第一発電所	南小田第二発電所	千種発電所	神野発電所
野尻発電所	上野発電所	安積発電所	

原発電所	兵庫県	引原川
一庫発電所	水資源開発公団	淀川
大野発電所	京都府	由良川
布目発電所	水資源開発公団	淀川
岩倉発電所	和歌山県	有田川
美山発電所	和歌山県	日高川
佐田発電所	和歌山県	古座川
一庫ダム	水資源開発公団	淀川水系猪名川
高山ダム利水放水管	水資源開発公団	淀川水系名張川
青蓮寺ダム利水放水管	水資源開発公団	淀川水系名張川
室生ダム利水放水管	水資源開発公団	淀川水系名張川
布目ダム利水放水管	水資源開発公団	淀川水系布目川

③コンクリート部に被害があった.	7件	・格納用屋根の一部が損傷した. ・路面に凹凸が生じた.
・全体にクラックが増えた.		
④全く被害がなかった.	1件	④全く被害がなかった.
[安治川水門, 尻無川水門, 木津川水門, 出来島水門, 六軒家川水門, 正蓮寺川水門, 百島水門, 旧猪名川水門, 三軒家水門]		[淀川陸閘(右岸, 左岸), 伝法陸閘(右岸, 左岸)]
防潮鉄扉(回答数: 48件, 震度IVあるいは不明, すべて全開状態)		制水門(回答数: 20件, 震度IV~V)
①鋼構造に被害が発生して操作に支障が生じた.	1件	①鋼構造に被害が発生して操作に支障が生じた. 0件
・走行レールに段差が生じて走行不能となった.		②鋼構造に軽微な被害はあったが操作に支障はなかった.
②鋼構造に軽微な被害はあったが操作に支障はなかった.	1件	
・リミットスイッチが損傷した.		③コンクリート部に被害があった. 2件
③コンクリート部に被害があった.	3件	④全く被害がなかった. 0件
④全く被害がなかった.	43件	ダムゲート(回答数: 6件, 震度VとIV)
制水門(回答数: 7件, 震度IV~V, 全開2・全閉5の状態)		①鋼構造に被害が発生して操作に支障が生じた. 0件
①鋼構造に被害が発生して操作に支障が生じた.	0件	②鋼構造に軽微な被害はあったが操作に支障はなかった.
②鋼構造に軽微な被害はあったが操作に支障はなかった.	0件	
③コンクリート部に被害があった.	2件	③コンクリート部に被害があった. 0件
・操作室付近の階段が沈下した.		④全く被害がなかった. 6件
・戸当り付近のコンクリートにクラックが発生した.		[天ヶ瀬ダム, 猿谷ダム]
④全く被害がなかった.	5件	堰堤ゲート(回答数: 8件, 震度IV)
(3) 建 設 省		①鋼構造に被害が発生して操作に支障が生じた. 0件
堰(回答数: 3件, 震度VとIV, 一部全開状態で被災, 他は全閉状態)		②鋼構造に軽微な被害はあったが操作に支障はなかった.
①鋼構造に被害が発生して操作に支障が生じた.	0件	
②鋼構造に軽微な被害はあったが操作に支障はなかった.	1件	③コンクリート部に被害があった. 0件
・主ゲート1門が全開状態であったため, 戸当り部に被害があった.		④全く被害がなかった. 8件
③コンクリート部に被害があった.	1件	(4) 水資源開発公団
・下部戸当り継手部に段差(経年変化によるものか判断つかず).		ダムゲート(回答数: 21件, 震度IVとV(一庫ダムのみ))
④全く被害がなかった.	1件	①鋼構造に被害が発生して操作に支障が生じた. 0件
[加古川大堰, 淀川大堰(主ゲート, 調節ゲート)]		②鋼構造に軽微な被害はあったが操作に支障はなかった.
陸閘(回答数: 4件, 震度IV, 全開状態で被災)		
①鋼構造に被害が発生して操作に支障が生じた.	0件	③コンクリート部に被害があった. 0件
②鋼構造に軽微な被害はあったが操作に支障はなかった.	0件	④全く被害がなかった. 21件
③コンクリート部に被害があった.	3件	[一庫ダム, 高山ダム, 青蓮寺ダム, 室生ダム, 布目ダム]
・戸当り本体が移動した.		制水門(回答数: 2件, 震度IVとV)
		①鋼構造に被害が発生して操作に支障が生じた. 0件
		②鋼構造に軽微な被害はあったが操作に支障はなかった.
		③コンクリート部に被害があった. 0件
		④全く被害がなかった. 2件
		水圧鉄管(回答数: 5件, 震度IVとV)
		①鋼構造に被害が発生して操作に支障が生じた. 0件
		②鋼構造に軽微な被害はあったが操作に支障はなかった.
		③コンクリート部に被害があった. 0件
		④全く被害がなかった. 5件

[一庫ダム, 高山ダム, 青蓮寺ダム, 室生ダム, 布目ダム]

(5) 関西電力

ダムゲート(回答数: 128件, 震度IV, Vあるいは不明)

①鋼構造に被害が発生して操作に支障が生じた。 0件

②鋼構造に軽微な被害はあったが操作に支障はなかった。

0件

③コンクリート部に被害があった。 0件

④全く被害がなかった。 128件

水圧鉄管(回答数: 79件, 震度IV, Vあるいは不明)

①鋼構造に被害が発生して操作に支障が生じた。 0件

②鋼構造に軽微な被害はあったが操作に支障はなかった。

0件

③コンクリート部に被害があった。 0件

④全く被害がなかった。 79件

アンケートに対する回答の概要は以上であるが、これ以外にも大阪市港湾局の管理する小規模な防潮水門8地点、防潮鉄扉345地点(神崎川から大和川の間)があり、数地点でコンクリートのクラック発生など軽微な被害の生じたことが報告されている。

以上より、水門・防潮鉄扉・水圧鉄管の被災状況は、おむね下記のとおりであることが明らかになった。

- i) 神戸港沿いのほとんどの防潮鉄扉に被害を生じたが、その多くは、扉体よりもコンクリート構造部分のクラック、沈下・移動・傾斜、走行レールの湾曲など、下部工に集中した。
- ii) 大阪港、大阪市内の防潮水門、防潮鉄扉、陸閘にも、局所的変形、コンクリート部のクラック発生などの被害が見られたが、全般的に軽微であった。
- iii) 堰については、塗装のため吊り上げられて休止状態にあったゲート(加古川大堰)の主ローラーレール、およびサイドローラーレールの一部に座屈損傷を生じたが、同地点で全閉使用状態にあったゲートには何ら被害を生じていない。
- iv) 震度IV, Vの内陸部にある発電用水圧鉄管、ゲート類には被害がなかった。

11.4 実地調査

神戸市、大阪府を中心として、震源に近い代表的な構造物という以下の観点から、事前調査に基づいて下記の調査地点を選定して実施した。調査時期が平成7年8月末から9月であったため、すでに補修を済ませた地点や補修中の地点も多く、震災直後の状況は写真記録等によらざるをえな

かったが、一方、補修の実態についても各施設管理者が実施した調査資料を基にある程度把握することができた。

①神戸市内の防潮鉄扉、防潮水門

・神戸港沿いの防潮鉄扉(総数約300門のうちの約70門)

・防潮水門(4門)

②大阪府内の規模の大きな陸閘、防潮水門

・淀川陸閘(建設省)・木津川水門(大阪府)

③震源に近い中流域の堰

・加古川大堰(建設省)(財)ダム技術センターが、近畿地方建設局から委託を受けた精密調査の報告にあたり設置した「淀川大堰、加古川大堰、天ヶ瀬ダム臨時点検検討委員会」(中川博次委員長)の結果報告書の一部を、近畿地方建設局の了解を得て掲載した)

④震源に最も近い大ダム(アーチダム、重力式ダム)の洪水吐きゲート、主放水ゲート

・天ヶ瀬ダム(建設省)・一庫ダム(水資源開発公団)

⑤震源に近い水力発電所の水圧鉄管

・宇治発電所(関西電力)

(a) 神戸市内の防潮水門、防潮鉄扉

神戸港沿いの防潮堤は、図11.4.1に太線で示すように、神戸港の東部と西部に設けられている。道路や川、通路などのため、所々に防潮堤を切り欠いた箇所が生じ、防潮鉄扉が設置されている。使用するのは台風による高潮時のみであるため、年1回程度の使用頻度であり、常時は開けられたままになっている。

今回の兵庫県南部地震においては、この防潮鉄扉に大きな被害が生じた。

(1) 防潮鉄扉

構造諸元: 形状は現場の条件に合わせてさまざまであるが、規模は、高さ1~4mくらいまで、幅5~6mがほとんどである。材料は鋼製またはアルミ製で、引戸式が多い。

地震発生時の状況: すべて全開状態

被災実態: 総数約300門が、いずれも何らかの被害を受けており、防潮堤も含めて被害総額は約100億円にのぼる。扉体自体が変形して使用不能に陥ったものはほとんど見られず、極端な例は、周辺地盤が1mあまりも沈下し、走行レール等に壊滅的な損傷を受けた場合においても、扉体自体はクレーンで吊り上げて調べた範囲では使用可能な状態であった。典型的な局所的変形は次のとおりである。

・下部コンクリート部にクラックが生じ、移動、沈下、傾斜した。

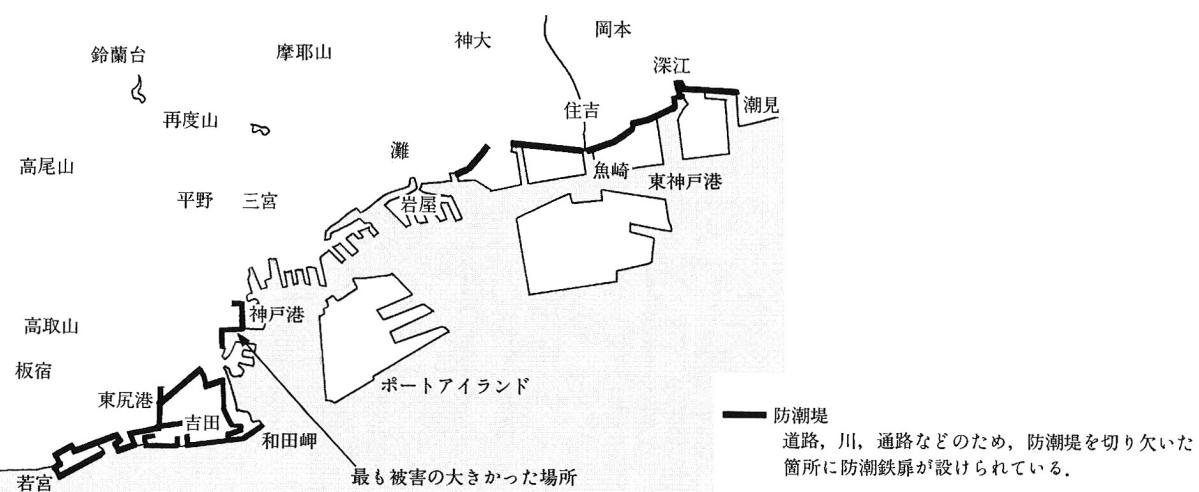


図 11.4.1 神戸港沿いの防潮鉄扉位置

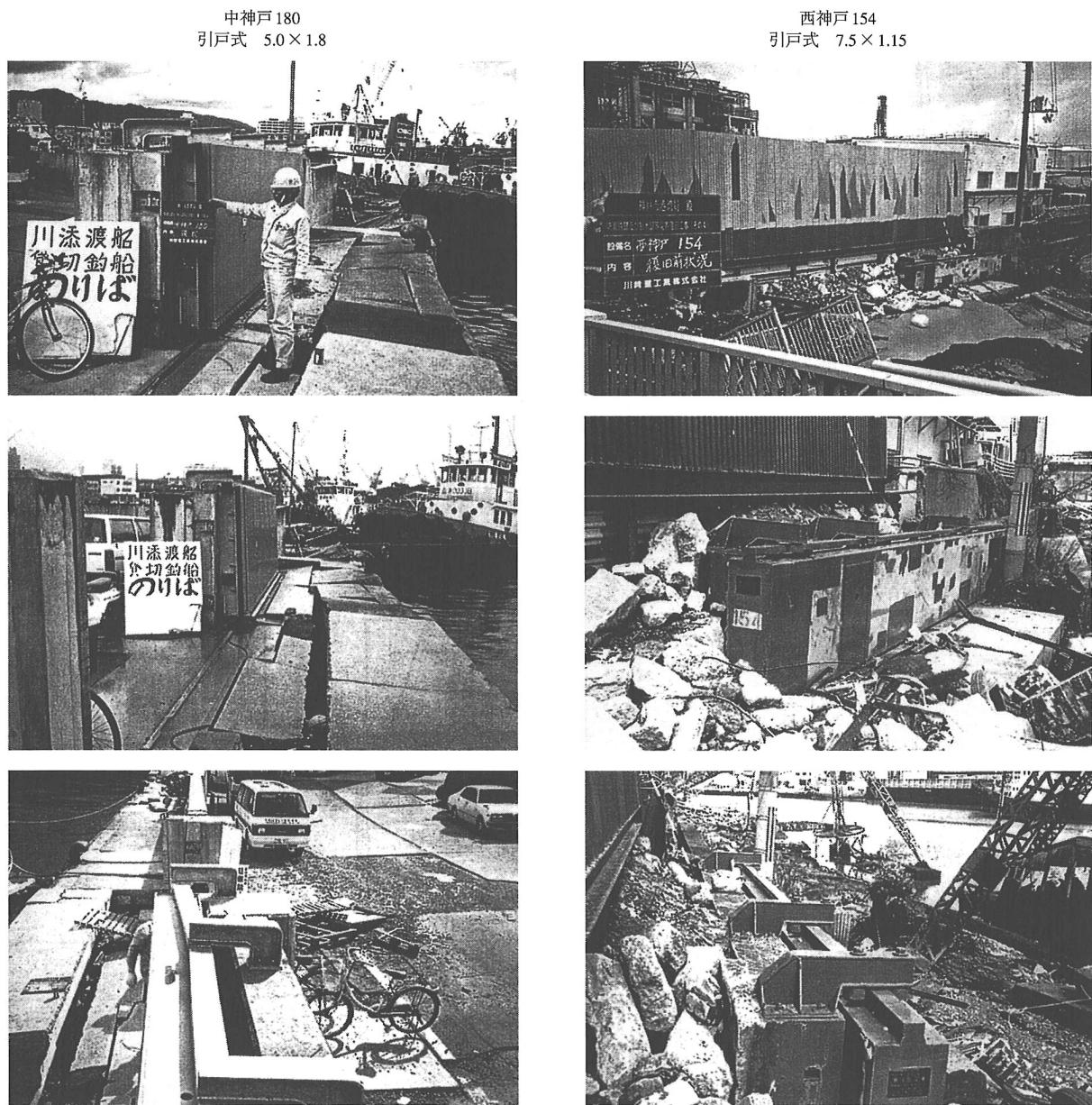


写真 11.4.1 神戸港の防潮鉄扉の被害状況(1)

- ・走行装置から脱線したり、レールが湾曲、破損した。
- ・戸当り部のコンクリートにクラックが生じ傾斜した。
- ・扉体の一部に変形が生じた(写真11.4.1～写真11.4.3参照)。

(2) 防潮水門

構造諸元：いずれも規模は小さい(総数4地点、ポンプ場4カ所)。

灘浜水門(スライドゲート)	6.0m × 4.5m
新在家水門(スライドゲート)	4.0m × 4.0m
築島水門(ローラーゲート)	8.0m × 6.7m
大和田水門(ローラーゲート)	9.0m × 6.7m

地震発生時の状況：全開状態

被災実態：防潮水門は吊り上げて固定しているので、コンクリート支柱に大きなクラックが生じた。灘浜水門の場合、地震動が非常に強かったため、周辺構造物は壊滅的状況にあったが、目視で見る限り防潮水門自体の損傷状態は軽かった(写真11.2.2参照)。コンクリート支柱のクラックには注入補強が必要であり、すでに補修済みであるが、機械部の損傷程度については

把握できていない状態であった。

(b) 加古川大堰

加古川大堰は、治水、流水の正常な機能の維持、都市用水の供給および県営加古川工業用水道事業、県営東播広域上水道事業の取水位の確保を目的として建設された可動堰である(写真11.4.4参照)。

[構造諸元]

竣工年：平成元年

河川名：加古川水系加古川

堰 高：5.3m

堰柱基礎：ニューマチックケーソン

計画高水流量：7400m³/sec.

堰 長：422.5m(可動部273.5m、固定部149.0m)

放流設備：上段フラップ付き鋼製ローラーゲート

主ゲート(3門)：高さ6.0m(上段扉1.1m + 下段扉4.9m)×純径間50.2m

調節ゲート(2門)：高さ5.3m(上段扉1.2m + 下段扉4.1m)×純径間50.2m

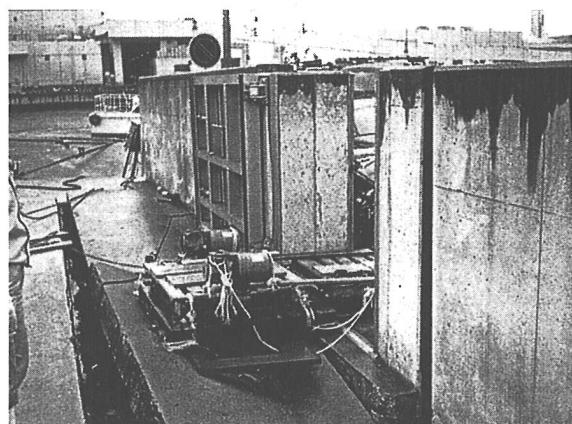
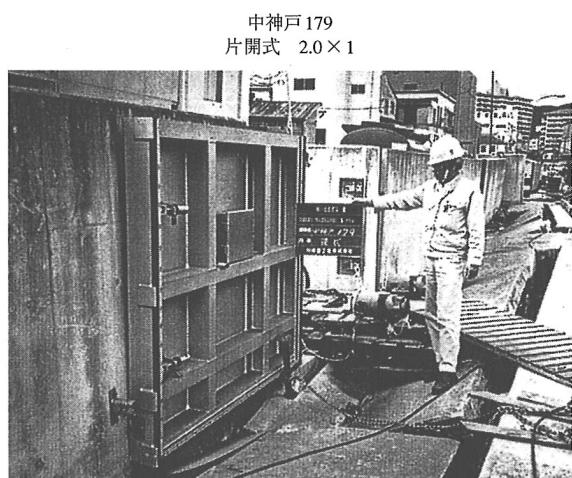


写真11.4.2 神戸港の防潮扉の被害状況(2)

[地震発生時の状況]

震央距離：23km

最大加速度：

	堰軸方向	河川方向	鉛直方向
左岸堤体(地中部)	144gal	211gal	264gal
3号堰柱(中間部)	211gal	220gal	146gal

ゲートの状態：地震発生時に、4号ゲート(左岸側から4番目の主ゲート)は塗装作業のため、吊り上げられ

て休止状態であった。他のゲートは全閉状態であった(図11.4.2参照)。

水位の状態：図11.4.3に示すとおり。

[被災実態]

- ・管理橋高欄継手部に傷がつき、管理橋床版継手ゴムに揺れの跡が残った。
- ・堰柱本体には地震によると思われるクラックの発生は見られなかったが、管理橋取付部や右岸魚道横、その他にクラックの発生が見られた。

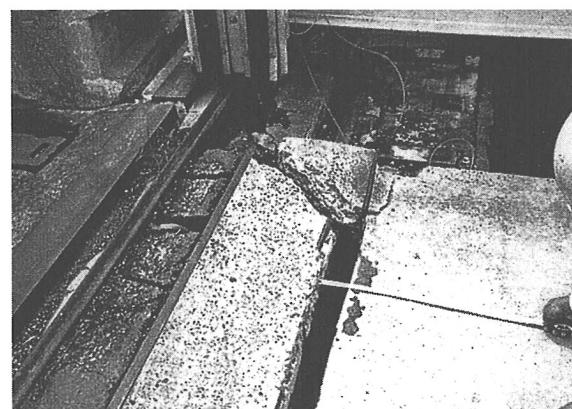
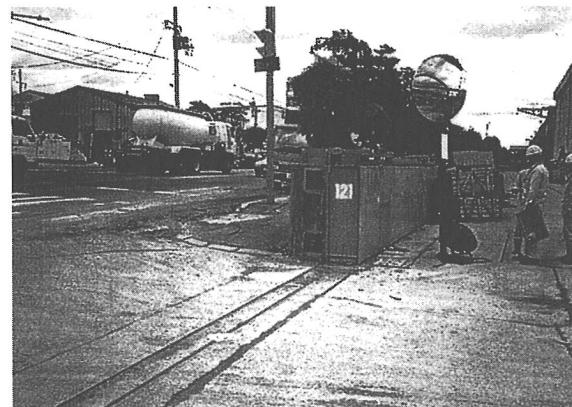
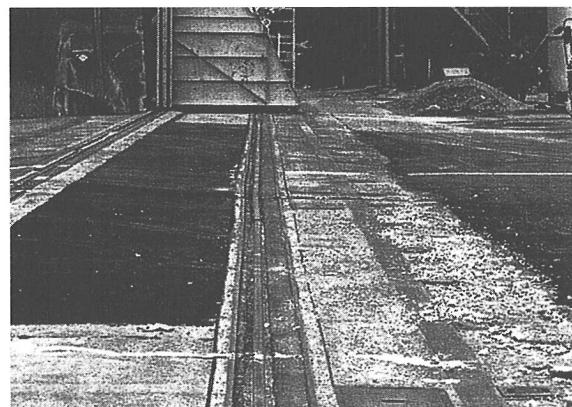


写真 11.4.3 神戸港の防潮鉄扉の被害状況(3)



写真 11.4.4 加古川大堰全景

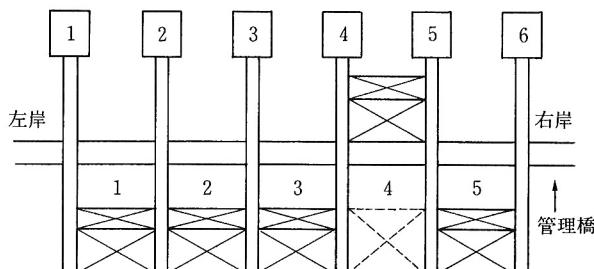


図 11.4.2 ゲート番号と地震発生時の4号ゲートの状態

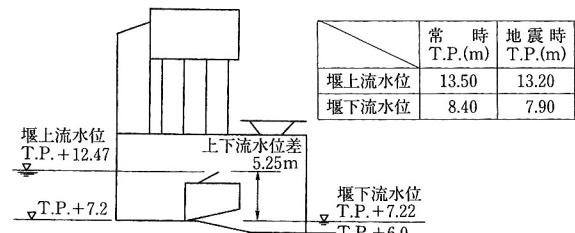
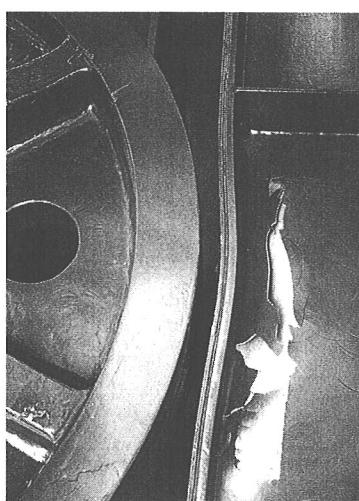
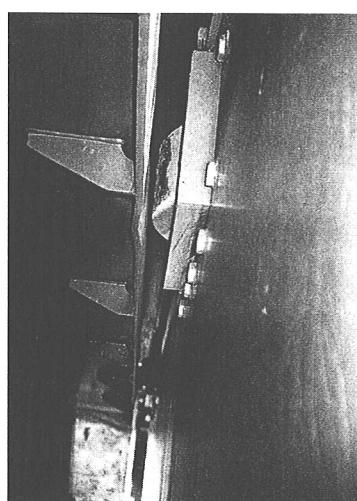


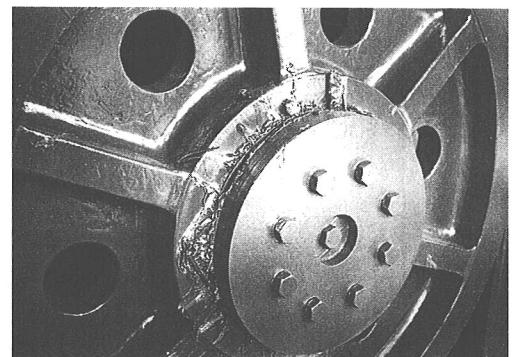
図 11.4.3 地震発生時の堰上下流の水位の状況



(a) 主ローラーレールの局部座屈



(b) サイドローラーレールの局部座屈



(c) 主ローラーの軸端部からのグリースの噴き出し

写真 11.4.5 加古川大堰 4号ゲートの損傷状況

- 堰本体の平面的な変位等については、特に異常は見られなかった。
- 4号ゲートは吊り上げられて休止状態にあり、すべての主ローラーとサイドローラーの戸当り部に局部座屈変形を生じた。また、主ローラー軸受部に給油されていたグリースが飛散し(写真 11.4.5 参照)、

開閉装置のドラム軸の移動が見られた。

- 使用状態にあった1, 2, 3, 5号ゲートについては、特に損傷は見出されなかった。
- 4号ゲートの位置にあった予備ゲートは水圧を受けていたが、異常なし。

〔被害原因〕

地震による被害は4号ゲートの扉体そのものではなく、吊り上げ状態で扉体を支持する「取外し戸当り」の主ローラーレール、およびサイドローラーレールのウェブに座屈変形を生じたものであった（写真11.4.5、図11.4.5～図11.4.8参照）。

「道路橋示方書・同解説 V耐震設計編」を参照して、堰柱の堰軸方向および上下流方向固有周期を算定し、兵庫県南部地震における当該地点記録波の加速度応答スペクトルから（図11.4.4参照）、4号ゲートに作用した最大加速度を下表のように推定した。前述の堤体および堰柱の最大加速度から若干の応答増幅が見られる。

	固有周期	最大加速度
堰軸方向	約0.4sec.	約300gal
上下流方向	約0.1sec.	約250gal

扉体重量は375tとして、各主ローラー（ローラー数は左右各2個、計4個で上下流方向荷重を受けるものとした）、および各サイドローラー（ローラー数は片側2個で堰軸方向荷重を受けるものとした）の支圧力により、ローラーレールでローラー直下のウェブに生じる局部応力を弾性として算

定すると次のようになる。ここで、ローラーの接触幅の算定にはヘルツの式を用いた。

	支圧力	レールのウェブに生じる応力
主ローラー	23.9tf	4 800kgf/cm ²
サイドローラー	57.4tf	15 300kgf/cm ²

ローラーレールの鋼材はSS400であり、ローラー直下のウェブに降伏点を超える応力が生じていたことが明らかになった。有限要素解析により、集中力を作用させて降伏点を超える領域を推定すると、主ローラーレールの軸方向に120mm程度である。実際に残留変形を生じた座屈領域は、軸方向に600～700mmで降伏領域よりかなり大きいが、座屈荷重が降伏点以下であり、荷重条件の違いのあることなどを考慮すると、両者の違いに特に矛盾はないものと考えられる。サイドローラーレールの残留変形は主ローラーレールよりも少ないが、サイドローラーにバネがついていることにより、動的作用力が緩和されたものと思われる。ウェブ座屈応力の評価は、種々のパラメータが関係し、精度の高い推定は難しいが、降伏応力に近く、それを超えないことは明らかであるため、前述のような局所的な被害が生じたものと考えられる。

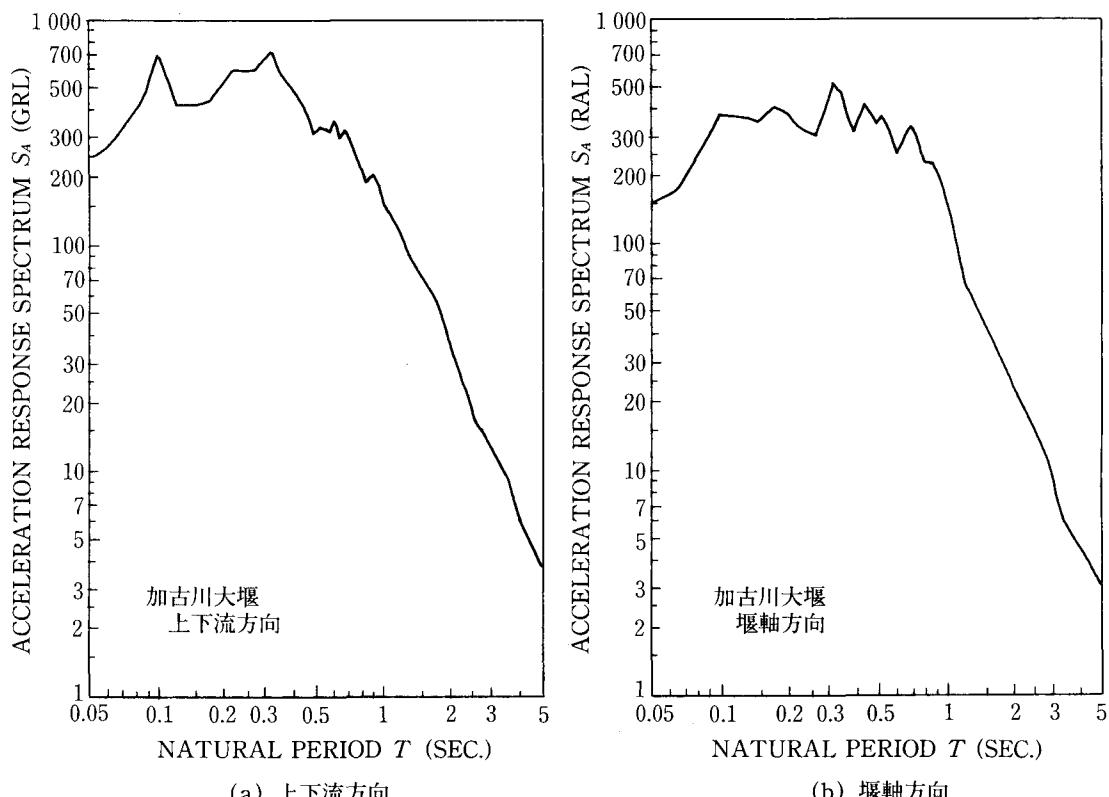


図11.4.4 加速度応答スペクトル

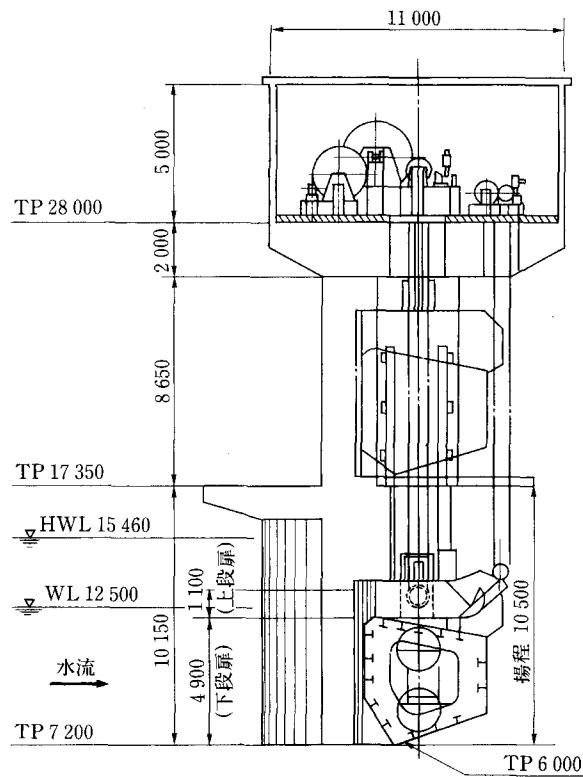


図 11.4.5 被災時の4号ゲートの状態

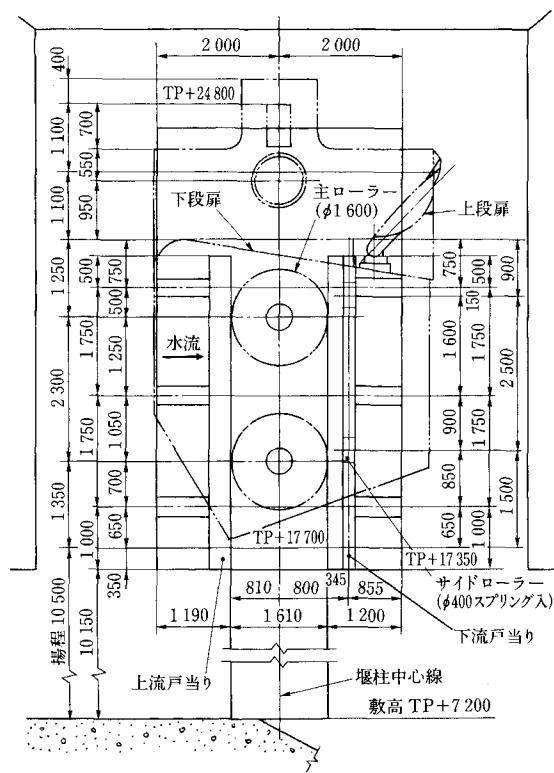


図 11.4.6 主ローラー、サイドローラーの詳細寸法

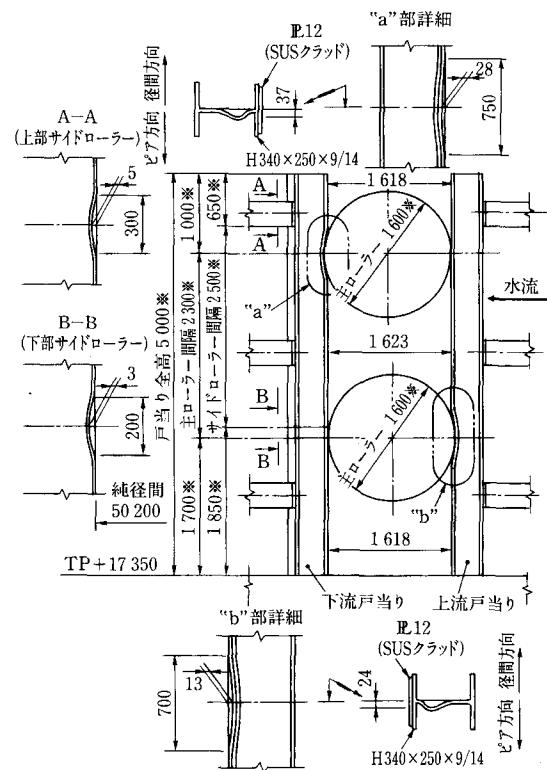


図 11.4.7 左岸側取外し戸当り変形箇所の寸法

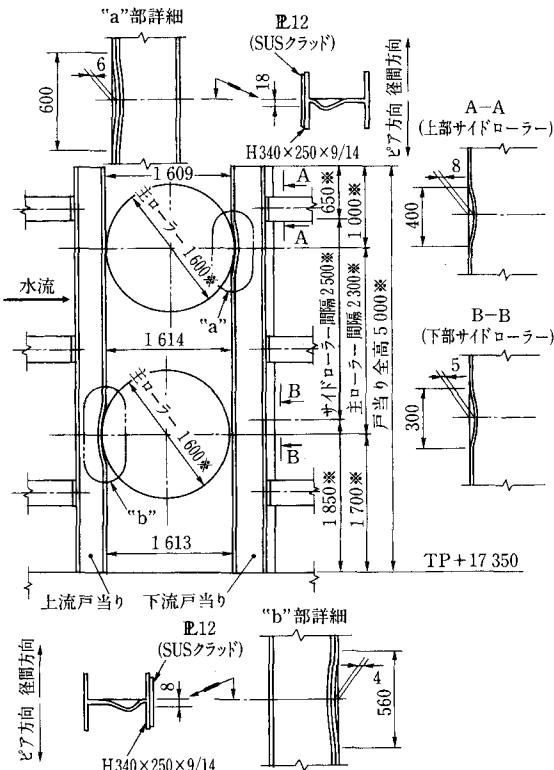


図 11.4.8 右岸側取外し戸当り変形箇所の寸法

主ローラーレールとサイドローラーレールの連続はりとしての曲げ応力、せん断応力については、許容応力の範囲内に入っており(許容応力の地震時50%割り増しを考慮)、レール全体としての強度は確保されていたものと判断できる。そこで、建設当時の設計の考え方を調べると、本ゲートは昭和57年に設計されたが、当時の設計基準では取外し戸当りは地震荷重に対して全体強度を保証すればよく、局部的な座屈強度の照査に関する規定はなかった。加古川大堰のように常時全閉状態で使用される水門扉では、全開状態は短期間であり、このような状態での地震荷重に対する局部的な強度検討を行っていないのが通例であった。

(c) 淀川陸閘

淀川陸閘は淀川大橋の左右岸に位置する閘門施設(図11.4.9)で、図11.4.10に示すように、格納庫内に設けられた2つの油圧シリンダーにより180°扉体が回転することにより開閉操作が行われる。扉体を格納および駆動させる土木設備は、下流側より下流側戸当り、格納庫、機械室に区分される。また、格納庫には設備保護のための移動式屋根が設置されており、これらは左右岸の陸閘施設に共通している。

[構造諸元]

竣工年:平成4年に改築

扉体:淀川陸閘右岸 3.03m×24.0m×1門

淀川陸閘左岸 2.50m×24.0m×1門(写真
11.4.6参照)

下流側戸当り:陸閘が閉の時、扉体を受ける戸当りで、コンクリート製軸体。

格納庫:扉体および駆動設備(軸受、シリンダー、トルクアーム等)を格納している。基礎は良質な支持層に貫入させた支持杭が採用されている(写真11.4.6参照)。

機械室:扉体を開閉する動力設備(油圧ユニット、予備エンジン等)を格納している。基礎形式は直接基礎が採用されている。

上屋設備:格納庫と機械室の一部は、扉体の開閉のために開放する必要がある。しかしながら、その利用は一時的であることから、可動式の屋根が採用されている(写真11.4.6参照)。

[地震発生時の状況]

全開状態

[被災実態]

- 基礎形式の違いにより格納庫と機械室の間にずれが生じ、側壁に貼りつけたタイルと可動式屋根のレールにもずれに追随した変形が生じた(写真11.4.7参照)。格納庫と機械室の間のズレの程度は右岸の

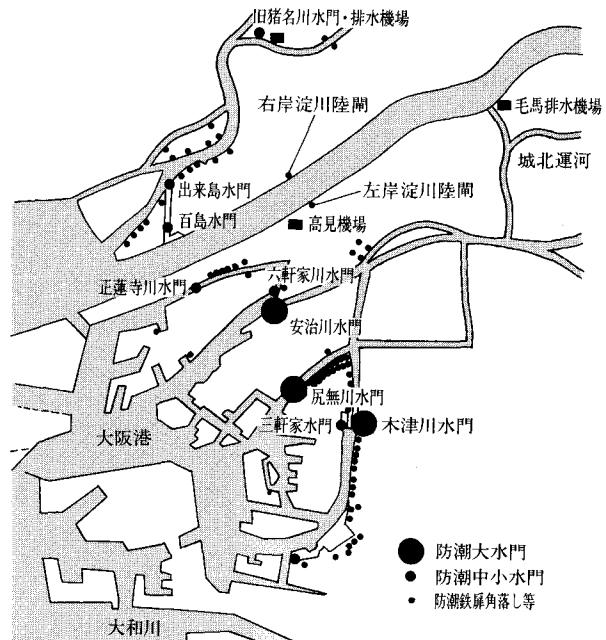


図11.4.9 淀川陸閘の位置と、大阪府の防潮水門・鉄扉の分布

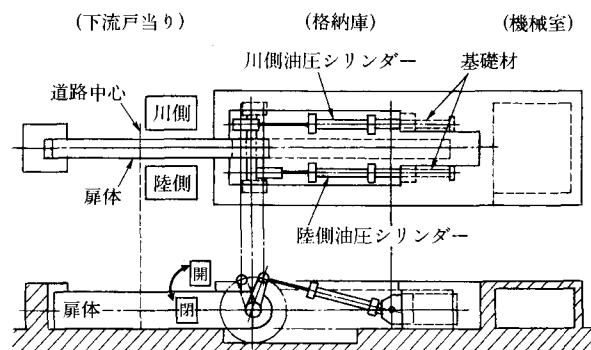


図11.4.10 淀川陸閘施設の配置図

方が大きい。

	右岸	左岸
上下方向	10~20cm程度	4cm程度
河川直交方向	3cm程度	1~1.5cm程度

- 右岸では下流側戸当りが陸側に大きく移動したため、扉体に取り付けたゴム製支圧板と戸当りが当たるようになり、また、陸側の油圧シリンダー駆動式楔は扉体と戸当りの隙間が大きいため効きが悪くなった。また下流側戸当りは上流側にも移動したため、水蜜ゴム受け金具と戸当りとの隙間に余裕がなく、水蜜ゴムの当たりが悪くなった。
- 機械室入口、下流側戸当り、階段部などのコンクリート、アスファルト、地盤などにもクラックが生じた。
- 以上の変状発生にもかかわらず、扉体の作動について

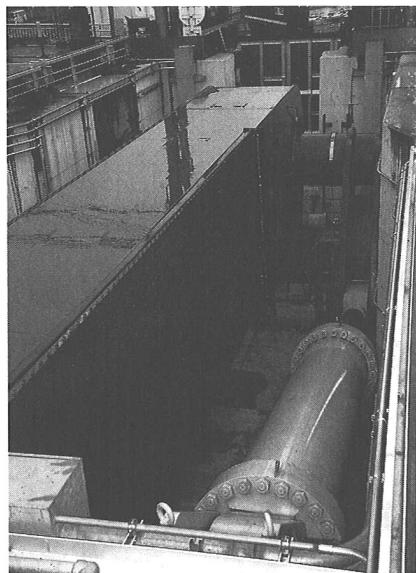
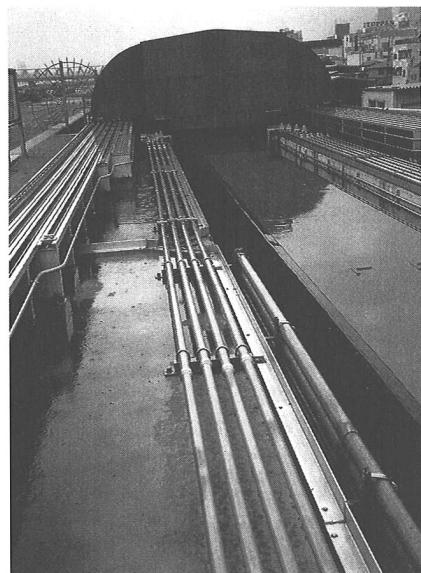


写真 11.4.6 淀川陸閘の扉体、油圧シリンダーと格納庫



写真 11.4.7 右岸側淀川陸閘の格納庫と機械室のずれ

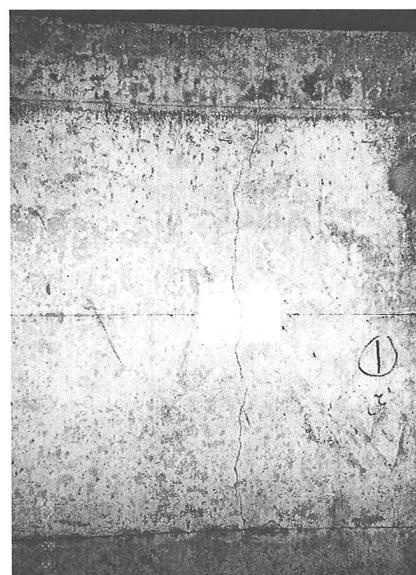


写真 11.4.9 川底の管理用カルバートに生じたクラック

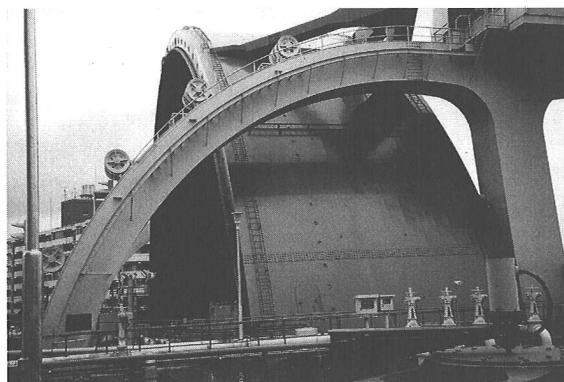


写真 11.4.8 木津川水門全景

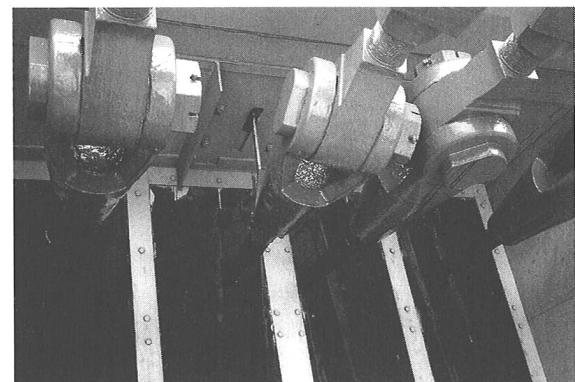


写真 11.4.10 開閉装置ワイヤーとストッパー

は支障のないことが作動試験により確認されている。

(d) 木津川水門

大阪湾は地形的に台風による高潮現象が起こりやすく、幾度となく高潮による被害を受け、高潮対策事業が実施されてきた。昭和40年度からは計画目標を伊勢湾台風級の超大型台風による高潮に十分対処できる恒久的防潮施設を整備することとし、事業が推進されてきた。昭和45年には、恒久計画の基幹施設である安治川、尻無川、木津川(写真11.4.8参照)の三大水門をはじめとする防潮水門が完成した(設置位置は図11.4.9参照)。特に、安治川、尻無川、木津川の3大水門はアーチ型をしたバイザーゲートであり、わが国ではほかにない。

[構造諸元]

竣工年：昭和45年11月

河川名：淀川水系木津川

形 式：アーチ型ゲート(バイザーゲート)

径間：57.0m(1門)

扉体の大きさ：66.70m(幅)×11.90m(高さ)

扉体重量：530t

基 礎：ニューマチックケーソン

[地震発生時の状況]

全開状態

[被災実態]

- 扉体、開閉機械、ガイドアーチ、その他の鋼構造部には地震の影響が全くなく、また、最も重要な左・右岸の主軸受の偏心、傾斜等の異常もなく、操作には何ら支障のない状態であった。
- 川底の管理用カルバートの天井と、側壁コンクリートに数本の引張ヘアクラックが生じた(写真11.4.9参照)。クラックの方向はカルバートの軸線に対し直角方向である。カルバート全体が上に凸の変形を生じたことが考えられる。
- 扉体開閉用ワイヤーのストッパーに変形が生じた(写真11.4.10参照、補修後の状態)。

(e) 天ヶ瀬ダムゲート

天ヶ瀬ダム(写真11.4.11参照)は、洪水調節、水力発電、水道用の多目的ダムとして昭和39年に完成し、昭和40年から管理運用に入った。

[構造諸元]

洪水吐ゲート

鋼製ラジアルゲート(10.000m×4.357m)4門

放水ゲート

鋼製ローラーゲート(5.230m×7.495m)3門

鋼製キャタピラーゲート(3.420m×4.560m)3門

取水口制水ゲート

鋼製ローラーゲート(5.200m×5.200m)2門

水圧鉄管

条 数：No.1, No.2各1条

延 長：(No.1) 257.190m, (No.2) 276.724m

内 径：520～440cm

板 厚：15～18mm

継手型式：溶接

鋼 材：SM41B, SM50B

伸縮継手：スリーブ式

[地震発生時の状況]

震央距離：78km

最大加速度：

	ダム軸方向	ダム軸直角方向	鉛直方向
ダム天端	129gal	193gal	120gal
ダム堤体2	134gal	122gal	45gal
ダム堤体1	95gal	43gal	24gal
地盤上	107gal	56gal	28gal

水位：EL.74.64m(天端 EL.82.00m, 常時満水位 EL.78.50m)

ゲートの状態：洪水吐ゲートについては、ゲート高さの1/2程度まで水圧が作用していた。主放水ゲートについては、設計荷重に近い水圧が作用していた。

[被災実態]

兵庫県南部地震直後、下流の水叩き部のブロック継目より白い噴出物が見られたといわれているが、ほかには、堤体、ゲート、鉄管等に変状は何ら認められていない。

(f) 一庫ダムゲート

一庫ダム(写真11.4.12参照)は、洪水調節、渴水時の農業用水、上水道、ダム管理用水力発電等の多目的ダムとして昭和57年に竣工、昭和59年から運用に入った。

[構造諸元]

洪水吐ゲート(クロストゲート)

鋼製ラジアルゲート(8.500m×9.300m)2門

主放水ゲート

高圧ラジアルゲート(4.400m×4.400m)2門

コースターゲート(4.400m×4.400m)2門

低水管理用設備

形 式：選択取水

取水塔：7段式円型ゲート

放流管：φ1400mm, 末端でφ950mm分岐



写真 11.4.11 天ヶ瀬ダム全景



写真 11.4.12 一庫ダム全景

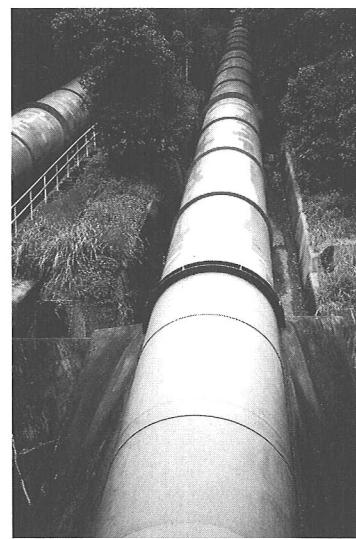


写真 11.4.13 宇治発電所水圧鉄管

ゲート：ジェットフローゲート、その他

[地震発生時の状況]

震央距離：51km

最大加速度：

	ダム軸直角方向
ダム天端	473gal
ダム堤体下部	183gal
基礎地盤	130gal

水位：EL.117.54m(天端 EL.154.00m, ダム底 EL.79.00m, ダム高さ 75m)

ゲートの状態：ダム底から 38.5m の高さまで水位があった。したがって、洪水吐ゲートは全閉で、水圧は作用していなかった。主放水ゲートについては全閉で、水頭 10m 程度の水圧が作用していた。

運転状態：利水放流していたが発電はしていなかった。

[被災実態]

堤体、ゲート、鉄管等に変状は何ら認められていない。

コンクリートのクラック調査も行っているが、地震による新たなクラックは見出されなかった。

(g) 宇治発電所(関西電力)水圧鉄管

神戸付近にごく小規模な水圧鉄管があるが、本格的な水圧鉄管としては、関西電力宇治発電所の露出管が最も強い地震動を受けたものと考えられる。なお、宇治発電所は大正2年7月運転開始しているが、水圧鉄管については、昭和45年3月～昭和46年9月に全管取り替えられている。

[構造諸元]

取水口制水ゲート

鋼製ストーイー式 (3.200 × 5.944m) 5門

水圧鉄管(写真 11.4.13 参照)

設計最大水頭：80.000m

有効落差 61.953m(最大), 62.059m(當時)

使用流量 61.220m³/sec.(最大), 62.059m³/sec.(當時)

条 数：上部 5 条、下部 5 条

延 長：122.691m(平均)

内 径：177 ~ 244cm

板 厚：9 ~ 12mm

継手型式：溶接(周方向、縦方向)、フランジ(単位管)

鋼 材：SM41A(許容引張応力 1300kgf/cm²)

約 18m 間隔でリングガーダーで支持されており、間に 3 つのリングスチフナーが配置されている。リングガーダー支持基礎部分には斜面の支持層まで杭が打たれている(昭和45年3月～昭和46年9月の水圧鉄管取り替え時に施工されたものである)。

[地震発生時の状況]

震央距離：約 80 km

最大加速度：天ヶ瀬ダムから下流約 2km の距離にあり、基礎地盤の加速度はほぼ同等と思われる。

運転状態：通常の発電状態(ほぼ最大負荷の状態)

[被災実態]

- ・震災後臨時点検が行われたが、水圧鉄管本体、支持構造、支承部等に何ら変状は認められていない。

- ・杭の支持層上部には比較的厚い表土層(最大約 16m)があるが、この表土層が動いた形跡も認められなかった。

表11.5.1 神戸市における防潮鉄扉、水門の復旧工事(1)

No.	施設番号	種類	形 式	規 模 (m×m)	扉 体		戸当り		開閉機		操作制御装置 補修	
					取りはずし		取りはずし		取りはずし			
					新設	補修	仮置	新設	補修	新設		
1	東神戸7	制水扉	スライドゲート(ステンレス)	1.2×1.2	○			○			○	
2	東神戸28	制水扉	スライドゲート(ステンレス)	0.9×0.7			○	○				
3	東神戸30	制水扉	スライドゲート(ステンレス)	1.0×0.6			○	○				
4	東神戸31	制水扉	スライドゲート(ステンレス)	1.0×0.6			○	○				
5	東神戸35	制水扉	角落し(鋼製)	0.3×0.3	○			○				
6	中神戸29	制水扉	フラップゲート(ステンレス)	0.4×0.4			○	○				
7	中神戸30	制水扉	フラップゲート(ステンレス)	0.4×0.4			○	○				
8	中神戸36	制水扉	フラップゲート(アルミ)	0.3×0.3	○							
9	中神戸37	制水扉	フラップゲート(アルミ)	0.3×0.3	○							
10	中神戸38	制水扉	フラップゲート(アルミ)	0.3×0.3	○							
11	中神戸39	制水扉	フラップゲート(アルミ)	0.3×0.3	○							
12	中神戸40	制水扉	フラップゲート(アルミ)	0.3×0.3	○							
13	中神戸41	制水扉	フラップゲート(アルミ)	0.3×0.3	○							
14	中神戸44	制水扉	フラップゲート(アルミ)	0.3×0.3	○							
15	中神戸45	制水扉	フラップゲート(アルミ)	0.3×0.3	○							
16	中神戸46	制水扉	フラップゲート(アルミ)	0.3×0.3	○							
17	中神戸47-2	制水扉	フラップゲート(アルミ)	0.3×0.3	○			○				
18	中神戸68	制水扉	バルブ式(Φ300)		○			○				
19	中神戸70	制水扉	フラップゲート(アルミ)	0.2×0.2	○			○				
20	西神戸2	制水扉	スライドゲート(F C)	0.6×0.6	○			○		○		
21	西神戸7	制水扉	スライドゲート(ステンレス)	0.5×0.5	○			○				
22	西神戸8	制水扉	スライドゲート(ステンレス)	0.6×0.6	○			○				
23	西神戸50	制水扉	スライドゲート(ステンレス)	0.5×0.4	○			○		○		
24	西神戸51	制水扉	スライドゲート(ステンレス)	0.4×0.4	○			○		○		
25	西神戸52	制水扉	スライドゲート(ステンレス)	0.4×0.4	○			○		○		
26	西神戸53	制水扉	スライドゲート(ステンレス)	0.4×0.4	○			○		○		
27	西神戸54	制水扉	スライドゲート(ステンレス)	0.4×0.4	○			○		○		
28	西神戸55	制水扉	スライドゲート(ステンレス)	0.5×0.38	○			○		○		
29	西神戸56	制水扉	スライドゲート(ステンレス)	0.5×0.38	○			○		○		
30	東神戸107	鉄扉	引戸式(アルミ)	10.65×0.65			○	○				
31	中神戸108	鉄扉	引戸式(アルミ)	5.0×1.6		○		○		○		
32	中神戸109	鉄扉	引戸式(アルミ)	5.0×0.7			○	○		○		
33	中神戸172	鉄扉	引戸式(アルミ)	10.0×1.8			○	○		○		
34	東神戸114	鉄扉	引戸式(鋼製)	7.5×2.7		○		○		○		
35	東神戸115	鉄扉	引戸式(鋼製)	9.0×2.9		○		○		○		
36	中神戸122	鉄扉	引戸式(鋼製)	4.2×1.6			○	○				
37	中神戸123	鉄扉	引戸式(鋼製)	8.6×1.6			○	○				
38	中神戸124	鉄扉	引戸式(鋼製)	3.6×1.6			○	○				
39	中神戸125	鉄扉	引戸式(鋼製)	5.1×1.6			○	○				
40	中神戸126	鉄扉	引戸式(鋼製)	10.0×1.6			○	○				
41	中神戸128	鉄扉	角落し(FRP)、戸当り(鋼製)	1.4×1.5				○				
42	西神戸3	鉄扉	引戸式(鋼製)	6.6×1.5			○	○				
43	西神戸5	鉄扉	引戸式(鋼製)	13.4×1.15			○	○				
44	西神戸22	鉄扉	引戸式(鋼製)	6.4×1.9		○		○				

表11.5.1 神戸市における防潮鉄扉、水門の復旧工事(2)

No.	施設番号	種類	形 式	規 模 (m×m)	扉 体			戸当り		開閉機		操作制御装置 補修	
					取りはずし			取りはずし		取りはずし			
					新設	補修	仮置	新設	補修	新設	補修		
45	西神戸23	鉄 扉	引戸式(鋼製)	6.4×1.6			○	○					
46	西神戸26	鉄 扉	引戸式(鋼製)	7.37×9.5		○		○	○				
47	築島水門	水 門	ワイヤー巻上式ローラーゲート	8.0×6.7									
48	大輪田水門	水 門	ワイヤー巻上式ローラーゲート	9.0×6.7									
49	西神戸9	制水扉	スライドゲート(鋼製)	0.8×0.8		○		○					
50	東神戸104	鉄 扉	引戸式(鋼製)	10.0×1.45	○			○	○				
51	東神戸128	鉄 扉	引戸式(鋼製,電動)	17.2×0.8							○		
52	中神戸111	鉄 扉	両引戸式(鋼製)	6.2×1.9	○			○	○		○		
53	中神戸139	鉄 扉	引戸式(鋼製)	6.0×0.6							○		
54	中神戸160	鉄 扉	引戸式(電動,鋼製,アルミ)	24.7+ 15.37×1.3			○	○					
55	中神戸164	鉄 扉	引戸式(鋼製)	2.5×2.0			○	○					
56	中神戸165	鉄 扉	引戸式(鋼製)	8.5×2.1			○	○					
57	西神戸27	鉄 扉	引戸式(鋼製)	5.0×1.7		○		○					
58	東神戸24	制水扉	スライドゲート(鋼製,電動)	2.6×2.6							○		
59	東神戸26	制水扉	スライドゲート(鋼製,電動)	1.8×1.8							○		
60	東神戸27	制水扉	スライドゲート(鋼製,電動)	1.8×1.8							○		
61	西神戸41	制水扉	手動仕切弁(バタフライ弁)		○			○	○		○		
62	東神戸105	鉄 扉	引戸式(鋼製,電動)	40.0×4.9	○			○	○		○		
63	東神戸121	鉄 扉	引戸式(鋼製)	10.0×1.4			○	○					
64	中神戸146	鉄 扉	引戸式(ステンレス)	30.0×1.0		○		○	○		○		
65	中神戸167-2	鉄 扉	引戸式(アルミ)	15.0×1.8		○		○	○		○		
66	中神戸168	鉄 扉	引戸式(アルミ)	15.0×1.8		○		○	○		○		
67	中神戸168-2	鉄 扉	引戸式(アルミ)	2.0×1.8		○		○	○		○		
68	中神戸169	鉄 扉	引戸式(アルミ)	10.0×1.8		○		○	○		○		
69	中神戸170	鉄 扉	引戸式(アルミ)	10.0×1.8		○		○	○		○		
70	中神戸171	鉄 扉	引戸式(アルミ)	10.0×1.8		○		○	○		○		
71	中神戸173	鉄 扉	引戸式(アルミ)	15.0×1.8		○		○	○		○		
72	中神戸174	鉄 扉	引戸式(アルミ)	15.0×1.8		○		○	○		○		
73	中神戸175	鉄 扉	引戸式(アルミ)	15.0×1.8		○		○	○		○		
74	中神戸176	鉄 扉	引戸式(アルミ)	15.0×1.8		○		○	○		○		
75	中神戸177	鉄 扉	引戸式(アルミ)	15.0×1.8		○		○	○		○		
76	中神戸178	鉄 扉	引戸式(アルミ)	15.0×1.8		○		○	○		○		
77	中神戸179	鉄 扉	引戸式(アルミ)	2.0×1.8		○		○	○		○		
78	中神戸180	鉄 扉	引戸式	5.0×1.8		○		○	○		○		
79	西神戸153	鉄 扉	引戸式(鋼製)	2.0×1.5	○			○	○		○		
80	西神戸154	鉄 扉	引戸式(鋼製)	7.5×1.15				○	○				
81	西神戸156	鉄 扉	引戸式(鋼製)	7.2×1.6				○	○				
82	西神戸157	鉄 扉	角落し(FRP)					○	○				
83	西神戸158	鉄 扉	角落し(木製)	1.0×1.0				○	○				
84	灘浜水門	水 門	スピンドル式スライドゲート	6.0×4.5 (2基)									
85	新在家水門	水 門	スピンドル式スライドゲート	4.0×4.0 (2基)									

11.5 補修、補強対策

地震の発生からすでに半年以上経過し、水門、防潮鉄扉についてはかなりの部分で、補修、補強対策が施されている(表11.5.1に神戸市における防潮鉄扉、水門の復旧工事の概要を示す)。補修工事の概要は以下のとおりである。

(a)コンクリート部

神戸市においては、鋼構造物を支持するコンクリート部で、ずれ、目地の開き、移動・沈下・傾斜が至るところに見られた。同様に、コンクリートに固定されたレールその他の金物にも変形や破損が見られた。これらのコンクリートの補修にあたっては、基本的に打ち直し、打ち足しであるが、被害の程度がクラックだけの場合、ひび割れ修繕・目地修繕法としてVカットてん充工法が採用されている。これは、ひび割れ幅が比較的大きな場合に、コンクリートの一部をVカットし、その部分に補修材をてん充するもので、ダムやトンネル、橋梁、その他で一般に用いられている工法である。

(b)戸当り金物

加古川大堰で、部分的に座屈変形を生じた戸当り部分は、新たなものに付け替えられている。

淀川陸閘右岸の場合のように、閘門ゲートを閉じる際に閉まらなくなってしまった場合は、応急措置として、一部ゴムラバーを除去するなどの方策がとられているが、近々、本格的補修を行う予定である。

(c)機械部分(開閉装置)

防潮鉄扉の機械部分の補修について、すでに工場に運ばれているものは、扉体の補修と併行して行われている。

(d)扉 体

防潮鉄扉でかなりの被害が見られたが、前述のとおり、扉体そのものの変形等はほとんど見られなかった。

ただし、東神戸105鉄扉のように、かなり大型でレールに沈下・傾斜の大きかった場合などは、コンクリート部分の作り直しと同時に、扉体も新たに作り直す方が経済的との判断のもとに、取り替えた例もある。

コンクリート部分を補修するために、扉体を取り外した状態の地点も多く、扉体は工場で部分補修されている。

11.6 まとめ

以上、兵庫県南部地震による水門、防潮鉄扉、水圧鉄管の被災状況の概要は、次のとおりである。

①神戸港岸壁の防潮鉄扉に大きな被害を生じたが、その多くは、扉体よりもコンクリート構造部分のクラック、沈下・移動・傾斜、走行レールの湾曲など、下部工に集中

した。神戸港岸壁の最も被害の激しかった地点では、道路が1m以上も沈下し、岸壁が海に押し出されているが、それにより多くの防潮鉄扉が沈下し、埋もれ、傾くなどの被害を受けた。

②大阪港、大阪市内の防潮水門、陸閘の一部にも、コンクリート部の移動、クラックの発生、段差の発生などの被害が見られたが、全般に軽微であった。

③中流域の堰については、塗装のため吊り上げられて休止状態にあったゲート(加古川大堰)の主ローラーレールおよびサイドローラーレールの一部に座屈損傷を生じたが、同地点で全閉使用状態にあったゲートには何ら被害がなかった。

④震度IV、Vの地域内でも、内陸部に位置する発電用水圧鉄管、ダムゲートの類には被害がなかった。

総じていえるのは、鋼構造物は基礎およびコンクリート部分に比べて耐震的に裕度が高いということである。相対的に鋼構造特有のねばり強さを發揮し、実際、扉体そのものに損傷を受けた例はほとんどない。上述①で、神戸港の防潮鉄扉で走行レール部分が1mあまりも沈下した場合なら、扉体そのものは使用に耐える状態であった。神戸市灘区の海岸地帯(震度Ⅶ)で、周辺の川岸が大きな被害を受けた灘浜水門についても、鋼構造部(扉体)に異常ではなく、コンクリート部に若干のクラックが生じたり、階段に軽微な変形が見られる程度の被害で、操作に支障は生じなかった。

鋼構造物において、応力集中部や支持部に被害を受けやすいことは、今回の調査結果からも指摘できよう。また、主たる荷重である水圧の作用していなかった場合が多く、防潮水門、防潮鉄扉では地震時動水圧をとともに受けているなかつた点は留意すべきであろう。

水門・水圧鉄管に対する耐震設計の概要は11.2で述べたとおりであるが(表11.2.2参照)、設計震度と地震動の最大加速度の関係は、構造物の形状特性や地震動特性によって異なるので、一般的に議論するのは難しい。今回の震災調査は神戸市内に限定せず、震度IV～Ⅶの地域を対象とした。したがって、地震動の最大加速度としては、かなり幅のあるものとなっているが、その被害内容と被害を受けた地域の分布状態から考えて、水門、防潮鉄扉、水圧鉄管の主要な鋼構造部分については現行の設計(設計水平震度:標準で0.15)で耐震的に裕度の高い構造になっているものと考えられる。軟弱地盤に設置されることの多い防潮鉄扉については、コンクリート部分の沈下、移動、傾斜等により戸当りに被害が生じる場合があるので、下部工の設計について検討の必要があろう。

[謝辞]

本調査を実施するにあたり、下記の機関にご協力をいた
だいたことに対し、ここに改めて深甚の謝意を表します。

- ・建設省近畿地方建設局道路部機械課
- ・建設省近畿地方建設局淀川工事事務所
- ・水資源開発公団関西支社
- ・関西電力株式会社土木建築室土木保修課
- ・通産省資源エネルギー庁発電課
- ・運輸省港湾技術研究所
- ・神戸市港湾局技術部工事課
- ・大阪府土木部河川課
- ・大阪府西大阪治水事務所
- ・大阪府港湾局建設部海岸漁港課
- ・水門鉄管技術協会