



Title	阪神・淡路大震災における水道の被害と復旧
Author(s)	伊藤, 雅喜; 眞柄, 泰基
Description	第3回衛生工学シンポジウム (平成7年11月9日 (木) -10日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 5 計画・展望、事例報告 . 5-1
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 3, 215-220
Issue Date	1995-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7912
Type	departmental bulletin paper
File Information	3-5-1_p215-220.pdf



5-1

阪神・淡路大震災における水道の被害と復旧

伊藤 雅喜, 眞柄 泰基 (国立公衆衛生院 水道工学部)

1. はじめに

我国に近代水道ができて1世紀が過ぎ、水道普及率は95%を越えた。また水道の用途も飲料水のみならず、電気洗濯機の普及や家庭内の風呂の増加、トイレの水洗化等で多様になり、使用量も増加してきた。このことは私達の生活が、井戸のような、家庭あるいは限定された地域内での水への依存から、一括取水・処理された水を管路によって各使用者まで供給するという社会基盤システムとしての水道に依存するようになっていくことを意味している。

このような中で1995年1月17日に発生した阪神・淡路大震災はかつてないほどの被害を引き起した。水道施設も甚大な被害を被り、都市のライフラインとしての重要性を再認識させるものとなった。図-1に示すように過去3年間に発生した地震と比べるとその影響範囲、回復までの時間共に他の地震をはるかに超えるものとなっている。特に今回の地震は関西の人口密集地に震源を持つ地震であったため過去に類をみない被害を引き起こした。

ここでは地震によって水道が受けた被害、水道施設が復旧するまで行われた応急給水、施設の復旧体制等について調査・検討を行ったので結果を

報告する。

2. 調査対象地域と調査方法

2-1. 調査対象地域とその概要

阪神・淡路大震災による水道施設の被害は兵庫県を中心に9府県68市町村におよび、断水は8府県49市町村に達した。本調査ではこの中で被害人口の多かった神戸市、西宮市、芦屋市とこれらの市に用水供給を行っている阪神水道企業団を調査対象とした。

神戸市は給水人口150万人、一日平均給水量が59.8万 m^3/d であり、西宮市は42万人、17万 m^3/d 、芦屋市は8.7万人、3.3万 m^3/d となっている。阪神水道企業団は上記3市と尼崎市に用水供給を行っており、一日平均給水量は71.7万 m^3/d である。神戸、西宮、芦屋の受水量はそれぞれ各市の平均給水量の75, 50, 80%となっており各市とも自己水源が半分以下で、必要水量の大半を淀川系水源に依存している。

2-2. 調査方法

各水道事業体における現地調査を行い被害状況、応急給水、応急復旧の状況を調査すると共に、応急給水に関する記録を関係市及び兵庫県庁よ

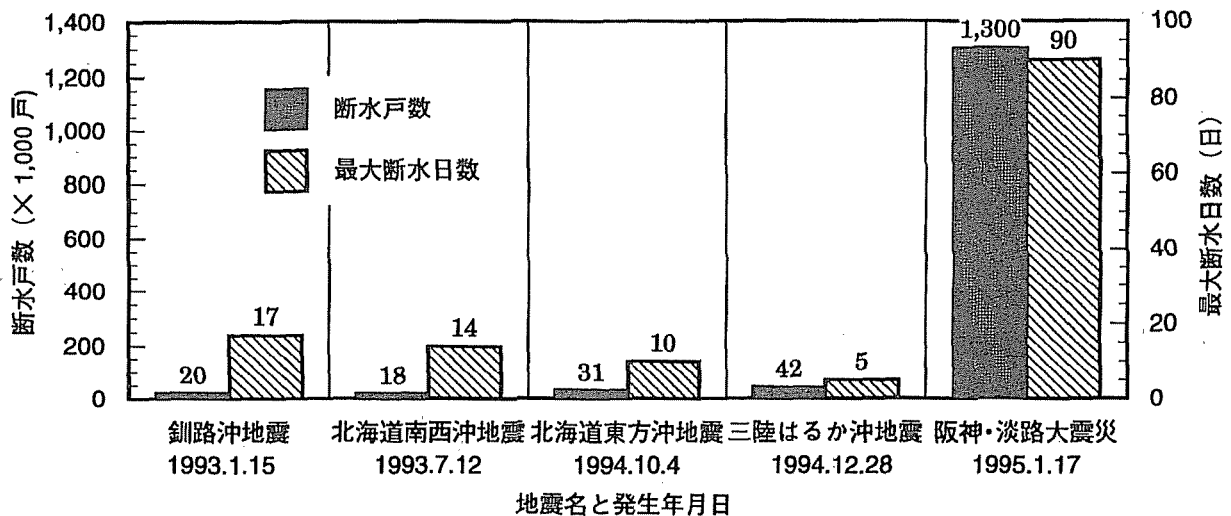


図-1 大規模地震による水道の断水状況の比較

り、管路被害については関係事業者の記録及び復旧工事の修理伝票等の資料収集を行った。調査団独自の調査の後で事業者でまとめた数字の公表があったものがあったり、調査団の調査が地域を限定したものがあるため数字に一部ずれがあることをお断りしておく。

3. 水道管路の被害状況調査

水道施設の中でも管路は広範囲に被害を受けその数も大きい。各都市の水道管路は布設時期によって管種、継手形式も異なっており被害状況にも差があるが、地質・地形条件、断層位置などによる被害影響はある程度類似している。神戸付近の地層は表層より沖積層、段丘層（上部洪積層）、大阪層群（下部洪積層）、基盤（花崗岩）の順になっており、概略この順で海岸から山側へ並んでいる。

3市の管路被害を地層別に見ると洪積層（段丘及び大阪層群）に比べ沖積層、埋立地、砂州に多い。管路被害の集中した箇所の地質を考察すると1) 大阪層群を中心とした洪積層に活断層が走っていると推定される地帯及び盛土による宅地造成地、2) 河川の両岸付近の旧河川敷、河川を埋立てた道路の軟弱地盤、3) 海浜の埋立地、旧海岸線付近の軟弱地盤、4) 大阪層群や段丘層と沖積層の境界付近の地質が変化する地域を挙げることができる。

阪神水道企業団導水管の被害では神崎川の両岸に布設されていた井桁基礎のφ1200mmの遠心力鉄筋コンクリート管が軟弱地盤のため23箇所に継手部に離脱があった。河川伏せ越し部の鋼管には被害がなかった。送配水管では活断層付近、旧海岸線、旧河川沿いに布設されている管で、印ろう継手、メカニカル継手ともに被害を受けている。

神戸市は3月末の集計では図-2に示すように道路上の漏水が13,785件であるのに対し、宅地内漏水は50,828件となっている。表-1には口径別の被害状況をまとめてある。神戸市の配水管はダクタイル鋳鉄管のメカニカル継手が86.2%になっており、このうち脱離防止型のS、SⅡ型継手は全

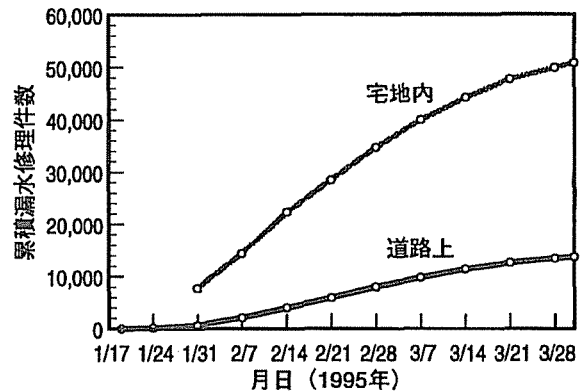


図-2 漏水修理件数の推移

体の6%となっている。継手の被害は908件で最も多く印ろう継手だけでなく多くのメカニカル継手の離脱があった。このほか管路の途中にある弁類の被害は仕切弁設置工事等も含めて523件の修理が行われており、管の離脱に次ぐ被害となっている。継手の型ではポートアイランドその他で用いられていたS、SⅡ型継手には被害はなかった。管体破損では普通・高級鋳鉄管で折れ、割れなどの被害があり、鋼管では神戸大橋、六甲大橋の添架管で管の落下、破断があった。

西宮市では配水管の被害は北部で23箇所、南部で869箇所と圧倒的に南部に被害が集中した。公道上の給水管の被害も北部で32ヶ所、南部で4,788箇所と配水管と同様の傾向である。配水管の被害は管の折れと継手部の抜けがほぼ半々となっている。抜けではダクタイル鋳鉄管の被害件数が一番で次いでビニル管、鋳鉄管の順になっている。ビニル管と鋳鉄管では抜け、割れ、折れが同程度ずつ発生しているのに対し、ダクタイル鋳鉄管の被害は継手の抜けに集中している。西宮市でも海岸埋立地のS型継手のダクタイル鋳鉄管は液状化にもかかわらず被害がなかったことから、ダクタイル鋳鉄管の被害はメカニカル継手の型式によるものが大きいと考えられる。給水管ではビニル管の被害が最も多く、割れ、折れ、抜けが主要な被害となっている。

芦屋市でも継手部の抜けによる被害が多かった。打出浜大橋に添架したS型ダクタイル鋳鉄管は継手部が最大の伸びを示していたが被害はなかった。芦屋浜埋立地では直管部でS型継手、異形管部でメカニカル継手を使用している管路で

表-1 管路被害の状況（神戸市水道局：3月末日まとめ）

口径 (mm)	配水管延長 (m)	被害箇所 (箇所)	被害率 (箇所/km)	被害様態別箇所数		
				管体折損・破損	継手離脱等	付属具破損等
50	63,143	15	0.24	7	8	0
75	165,051	48	0.29	9	32	7
100	709,329	289	0.37	68	177	44
150	1,455,137	524	0.36	122	347	65
200	744,689	221	0.30	52	149	20
250	39,706	106	0.25	4	6	0
300	386,606	188	0.49	27	134	27
350	18,195	5	0.27	0	4	1
400	79,700	38	0.48	7	21	10
450	3,082	—	0.00	—	—	—
500	88,450	28	0.32	3	8	17
550	45,244	15	0.33	1	3	11
700	46,857	29	0.62	1	6	22
800	10,284	9	0.88	1	7	1
900	26,131	19	0.73	1	6	12
1000	498	1	2.01	0	0	1
計	3,963,062	1,439	平均 0.36	293	908	238

表-2 大規模地震の管路被害分析

地震名	CIP	DIP	SP SGP	ACP	VP	PP (HP)	全体	調査範囲
阪神・淡路大震災	2.081	0.242	0.042	0.100		(0.767)	0.722	阪神水企
阪神・淡路大震災	0.977	0.267	—	3.529	0.825	—	0.676	西宮市
阪神・淡路大震災	0.758	1.278	—	—	1.913	—	1.484	芦屋市
阪神・淡路大震災	—	—	—	—	—	—	0.363 0.495*	神戸市
三陸はるか沖	0.242	0.016	0.240	0.050	0.103	0.46	0.068	八戸市
北海道東方沖	2.78	0.12	—	3.12	0.05	—	0.42	根室市
釧路沖	0.051	0.037	0.239	0.125	0.00	0.01	0.039	釧路市

備考 CIP：高級・普通铸铁管 DIC：ダクタイル铸铁管
 SP：溶接鋼管 SGP：配管用炭素鋼鋼管
 ACP：石綿セメント管 VP：硬質塩化ビニル管
 PP：ポリエチレン管 HP：遠心力鉄筋コンクリート管（ヒューム管）
 *：弁類を含めた数（仕切弁工事等を含む）

メカニカル継手に被害を受けている。

管路総延長当りの被害発生件数を過去の地震と比較したものが表-2である。過去の地震と比べても被害の発生割合が高く、管種別被害では石綿セメント管、硬質塩化ビニル管や铸铁管で被害が多かった。

4. 水道施設構造物の被害状況調査

阪神・淡路大震災では浄水場をはじめとする水

道施設構造物にも多くの被害があった。地震による構造物被害の原因は地震動（揺れ）に起因するものと地震によって発生した地変（地盤災害）に起因するものとに分けられる。表-3には構造物の主な被害と考えられる原因をまとめた。

貯水・取水施設関連では貯水池堰堤や遮水壁の崩壊、取水口の埋没等があり、これらの施設の被害は原水の供給に影響を及ぼすため十分な配慮をしておく必要がある。特に貯水施設では原水の確

保と施設崩壊による二次災害のリスクを併せて考慮しておかなければならない。

浄水場管理棟、浄水施設等の建造物の被害は建設されている場所の地質、近接する河川や断層、切土、盛土、埋立て等の地盤改良の違い、基礎工事の差等によって異なる。浄水場の池状コンクリート建造物の被害では地盤変状によって側壁や底版の伸縮目地が変位し、開裂して漏水に至る事故が多く見られた。拡張期の古い施設ほど伸縮目地の間隔が短く結果的に被害箇所が多くなっている浄水場もあった。伸縮目地からの漏水や流出管渠の亀裂等からの漏水でモータ類、流量計、配電盤、排泥弁室等が水没するという二次的な被害

も発生した。浄水場内の配管からも多くの漏水事故が発生したが、継手離脱の他に、コンクリート建造物とその周辺の配管理設部の地盤変状が異なり不同沈下を起したために、管と建造物の取付け部での被害等が発生している。浄水場建物の被害では沈澱池のように浄水場の運転に支障を来すような被害はなかったが、管理棟の継手部の破損、柱・梁のクラック、壁クラック、ガラス破損等の被害が生じている。建物の屋上に洗浄水槽を設置している浄水場では水槽の受梁に多数のクラックが発生した。

付属設備ではアクセレータのスカート部やパルセータのトランクライザに破損を受けたり、沈

表一3 水道施設建造物の被害状況と原因の分析

被害状況		原因	
		地質・立地条件由来	建造物条件由来
取水施設	土堰堤の崩壊	基礎地盤の液状化 支持力の低下	築堤の強度低下 堤体の湿潤線の上昇
	堰提遮水壁（リップラップ）の崩壊	地盤変状による剥離・滑り	コンクリートの接着力不足 地震動による剥離
	取水口閉塞	風化花崗岩の崩落	
浄水	伸縮目地の損傷	地盤変状による建造物の変位	構造的固有周期の相違 伸縮目地の伸縮量不足
	躯体のクラック	地盤変状による建造物の変位	基礎工の不備 躯体の断面・鉄筋の不足
	法面崩落による建屋使用不能	地震による斜面地滑り	
	建造物と管路取合部の破損・漏水	建造物周囲地盤の変状	建造物と管の定着不足 伸縮可撓管の設備不備
	緩速ろ過池集水装置の破損		経年劣化による強度不足
配水施設	支持柱の座屈・破損	液状化 基礎支持力不足	重量物加重による強度不足 RC中の斜材（プレス）の不足
	流量計室の移動、配水池底版のクラック	地割れ	基礎工の不備
	建築物の柱・梁・壁のクラック	基礎支持力の不足（不同沈下）	増設部の結合不足 上層への洗浄水槽等重量物の設置
浄水施設（付帯設備）	アクセレータスカート部、パルセータトランクライザの破損等		地震時慣性力・動水圧が非常に大
	傾斜管・傾斜板の脱落・破損等		地震時動水圧と浮上がり・落下するスロッシング現象 支持金具の耐力不足
	薬品注入配管の破損		支持金物及びラックの破損 伸縮可撓管の設備不備 管材料の強度不足
	水質機器類の破損		転倒・滑動に対する措置不足
	モータ・計器・配電盤等の水没		隣接建造物・配管等からの漏水

澱池の傾斜板、傾斜管の落下、変位の被害が多かった。同一浄水場内の傾斜管沈澱池の被害では池の伸縮目地の損傷等の被害にかかわらず、新しい沈澱池でも被害があるため池の構造によるものではなく傾斜管の取付け方法に起因する被害と考えられる。

このほか斜面の崩壊により建物が使用できなくなった例や、薬品注入配管や貯留槽の破損、計装・通信関係ではテレメータの計装異常や無線アンテナの変位による交信不能などの被害があった。浄水場の配水状況の例として阪神水道企業団の供給量の変化を図-3に示す。

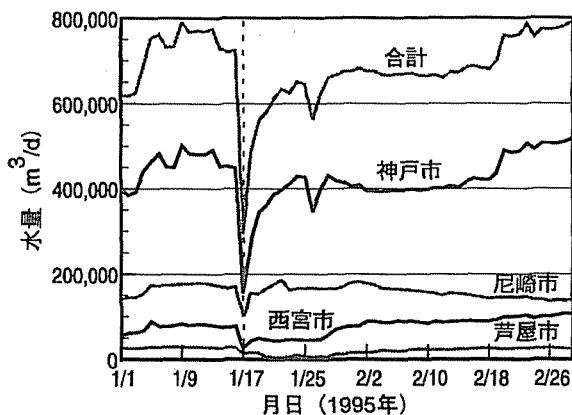


図-3 阪神水道企業団4市供給量

5. 応急給水に関する調査

地震発生とともに管路による給水は全面的に停止し各被災都市における応急給水が実施された。今回の地震では広範囲にわたる断水と人員不足のため厚生省、日本水道協会を通じて全国的に水道事業者の支援が展開された。このほか自衛隊、官庁関係、民間団体からの支援も含め、3月22日までの約2ヶ月間にわたって応急給水が行われた。支援団体は全国44都道府県、587事業者から給水車757台が派遣され、自衛隊からは給水車270台、船舶11隻が応急給水に当たった。このほかビール・飲料水会社、運輸会社、建設会社やボランティアの民間団体、海上保安庁、米軍、公団等の支援があった。

応急給水では給水車による給水の他、ボトル水50万本、給水用ポリ袋21万枚、ポリタンク30万本以上が応急給水用に配布された。図-4、5に支

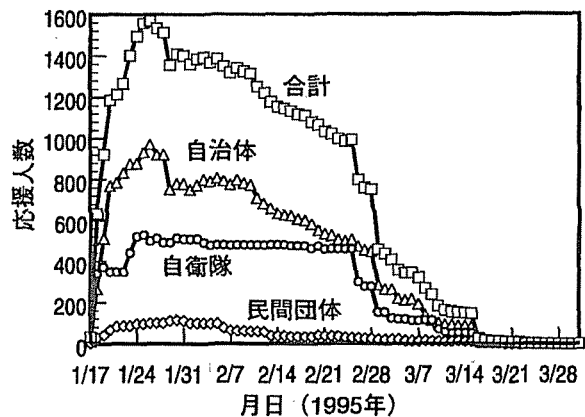


図-4 応急給水の応援人数の推移

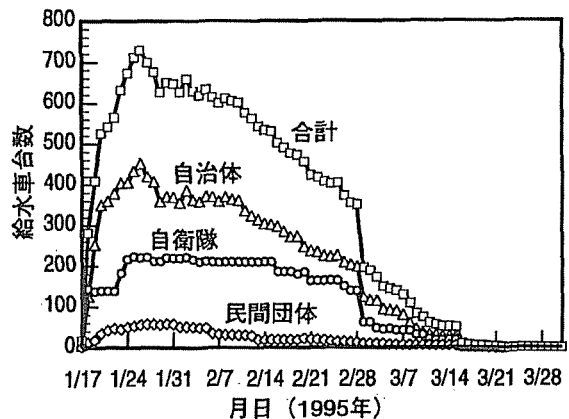


図-5 応急給水の給水車台数の推移

援状況を示す。

応急給水の取水地点は浄水場、配水池、消火栓、給水栓などであり、給水地点は学校、団地、避難場所、工場、キャンパス水槽などであった。運搬距離は100mから最大12kmまでになり、1回の給水当りに運搬時間は10分から2時間程度であったが、特に交通事情の悪かったところでは4~5時間に及んだところもあった。他団体からの給水支援者は給水当初は現地の地理不案内や交通事情のため効率的な給水ができなかったようである。住民への給水の連絡も十分行渡っていなかったり、被災都市の職員が道案内等に割かれたりしており、交通規制を含め給水の体制を確立することが重要であろう。

飲料水の水質は残留塩素を測定し管理していたが、夏場の災害であった場合には水質の安全性確保が課題となるであろう。被災当初は飲料水の確保が主目的となり3L/人/日を目安とした給水であったが、被災の長期化に伴いトイレ、洗面等の生活用水の要望が高まった。このため1月22

日からプール等の受水施設に散水車，コンクリートミキサー車等による給水を行い。3月9日までの間，54ヶ所に生活用水の給水を行った。

6. 応急復旧に関する調査

震災当日は神戸，芦屋，尼崎，伊丹市は全戸で断水し，その他の市町でもかなりの割合が断水被害を被った。各市町の水道部局では通水試験によって漏水箇所を発見し修理を行うという方法をとったが，復旧当初は十分な水の供給がないため水圧が上がらず漏水箇所の特が困難な状況であった。神戸，西宮，芦屋市では供給量の大半を阪神水道企業団に依存していることと，渇水による自己水源の貯水量の減少が重なって，各市の復旧は阪神水道企業団の復旧状況に左右されることとなった。応急復旧についても応急給水同様全国的な支援がなされ，42都道府県，112事業体が復旧に当たった。断水戸数の変化と復旧支援の状況を図-6，7に示す。

復旧当初は各市各様に復旧作業に入ったが，被災都市が割り当てを決め地域毎の分割復旧に切り換えた。復旧方法も当初の対処療法的修理から抜本的に上流側から幹線路を中心に復旧する方針に転換し，幹線路の復旧とともに配水支管に充水し，逐次給水区域を拡大していった。この間，被災都市では受け入れ体制として宿泊場所，車両・重機の置き場，復旧材料の手配等を短時間で解決しなければならなかった。各地からの復旧支援では，仕切弁の開栓器，消火栓の口径等が応援事業体と異なったため，急遽製作して輸送したケ

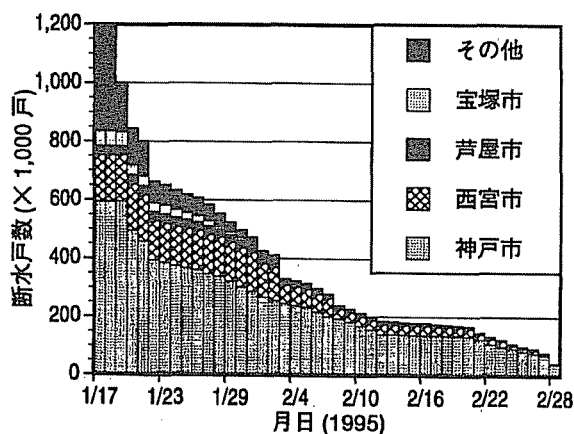


図-6 断水戸数の推移

ースもあり，機材の違いにより復旧に手間取った事例もある。

神戸市では，配水支管でも避難場所への通水復旧を早め，応急給水を別に転用する方法もとった。また各市でも倒壊家屋下の復旧は不能として，仕切弁を入れて回流する方法をとった。配水支管が通水すると，消火栓から応急給水栓を立ち上げ地域の給水を開始し，応急給水は逐次減少した。また各戸給水は1戸1栓の給水スタンドを立て逐次給水率を向上させた。一部では瓦礫の上をポリエチレン管を使った仮配管を行って通水した。断水戸数は地震当日の120万戸から3月末で4.1万戸まで減少し，最終的には芦屋市で3月22日，西宮市3月28日，神戸市4月17日に全戸通水が完了した。

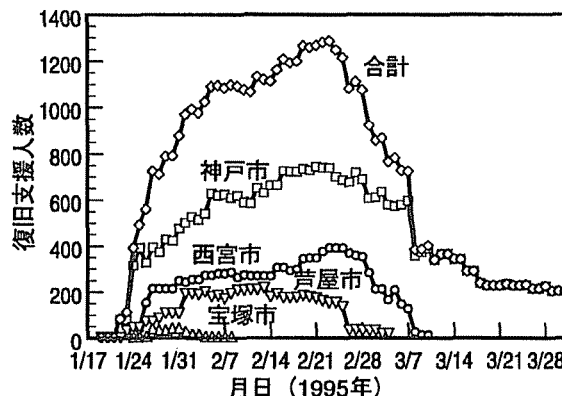


図-7 応急復旧の支援状況

7. おわりに

阪神・淡路大震災は多くの人命と生活を一瞬にして奪い去った。水道についてもその便利さ，目的の多様性を改めて認識させる結果となった。水道が社会基盤施設としての役割を果たしていくためには，施設そのものの耐震他とともに被害からの早急な復旧方法の確立といったソフト的耐震化も重要な課題となる。厚生省や各事業体では水道の耐震化についての対策をまとめているが，今回の経験を十分に生かした有効なものになることを切に望むものである。

最後に本調査の推進に当たり，資料の提供，収集に協力いただいた神戸市，西宮市，芦屋市，阪神水道企業団，日本水道協会，水道管路技術センターに感謝いたします。