



神戸市水道局における鋼管の利用

神戸の水道は、明治33年（1900年）に日本で7番目の近代水道として給水を開始して以来、給水区域の拡大と施設の整備拡充により質量ともに安定した給水のための努力を重ねてきました。この歴史を紐解けば、創設期に日本で初めて鋼管を採用した歴史があります。今回、神戸の水道拡張の歴史とともに創設工事から現在に至るまでの鋼管の利用について、神戸市水道局からご寄稿いただきましたのでご紹介します。

1. 創設工事（1897年～1905年）

明治30年（1897年）5月に始められた水道創設工事は、佐野藤次郎技師を中心に、日本人の手で進められ、明治33年（1900年）には奥平野浄水場で待望の通水式が行われました。通水式の後も、烏原貯水池堰堤の建設などが進められ、明治38年（1905年）10月には水道創設工事全体が完成し、竣工式が行われました。

創設工事の記録である『神戸市水道誌』によれば、奥平野浄水場からの配水本管は、18インチ（約45cm）および24インチ（約60cm）の管がほぼ並行し、鉄道（現在のJR東海道本線）まで至っていました。このうち、18インチ管の3,474尺（約1,053m、奥平野浄水場内より鉄道に達する区間〈図1の太線部分〉）で、リベット鋼管427本（大阪鉄工所製、管厚3/16インチ〈4.8mm〉）が使用されました。これは、日本の水道で最初に採用された鋼管と言われています。また、烏原貯水池から奥平野浄水場までの導水管には24インチ（約60cm）のリベット鋼管（1,987m）が使用されました（図2）。

表1 創設工事に使用した主要材料

品目	数量	商社	製造会社
鉄管	9,228 t	三井物産	英国スチュワード社
リベット鋼管	427本	三井物産	大阪鉄工所
防火栓	171個	三井物産	英国グレンフィールド社
排気弁	19個	三井物産	英国グレンフィールド社
制水弁	802個	日支テレジング商会	米国ケネディー社
量水器	39個	エストマン商会	ドイツシーメンス・ハルスケ社
溯制弁	5個	エストマン商会	ドイツシーメンス・ハルスケ社
共用栓		エム、ラスベ商会	英国グレンフィールド社
その他製品		石田鉄工所他	
セメント	10,358 t		大阪セメント会社 (7,800t) 中央セメント会社 (1,900t) 日本セメント会社 (658t)

2. 第1回拡張工事（1911年～1921年）

給水開始後、水道利用の家庭は増加を続け、新しい水源の確保が必要となりました。明治44年（1911年）の調査で、武庫川支流の羽東川（千苺

水系）が水量・質ともに良好であり、淀川から水源を求めるより維持費が少ないことが判明し、羽東川を水源とした設計を開始しました。その後も幾度か設計変更を余儀なくされ、第1回拡張工事が完成したのは大正10年（1921年）3月で、実に10年の歳月をかけた大工事となりました。

『神戸市水道拡張誌』によると、第1回拡張工事における鋼管は、布引貯水池原水の位置エネルギーを北野中層・高層配水池への揚水の動力源として利用するために布設された布引導水路（12インチ管）や河川横断の水管橋に使用されました。

給水開始時の神戸の水道は、布引貯水池および烏原貯水池を水源とし奥平野浄水場で浄水した水を標高30m以下の区域に、布引貯水池を水源とし北野浄水場で浄水した水を標高30m以上の区域に配水しており、水源から配水まで一切ポンプを使用せず自然流下方式を採用していました。

第1回拡張工事では、新たに築造された千苺貯水池を水源とする上ヶ原浄水場が建設され、その浄水が北野唧筒室（ポンプ室）に設置された水力唧筒機（図3）により、既設の北野中層配水池および新設の北野高層配水池に揚水され、標高60m以上の区域をまかなうこととなりました（図4）。

ちなみに、布引貯水池原水は揚水の動力源として使用されたのち、既設の導水管を使って奥平野浄水場まで送られ浄水されました。なお、布引貯水池と北野唧筒室の落差は570尺（172.73m）ありました。この区間には鑄鉄管（249.73間〈454.03m〉）のほか、高水圧区間にはリベット鋼管（452.7間〈823.05m〉）が使用されていました（表2）。

このほか、第1回拡張工事の水源として新設された千苺貯水池から上ヶ原浄水場までの導水路のうち生瀬までは、隧道方式を採用していました。この導水路の途中2カ所で武庫川を横断（武庫川第1水管橋、武庫川第2水管橋）するほか、導水路の最終接合井からも武庫川を横断（武庫川第3



図1 創設工事における市内配水管図

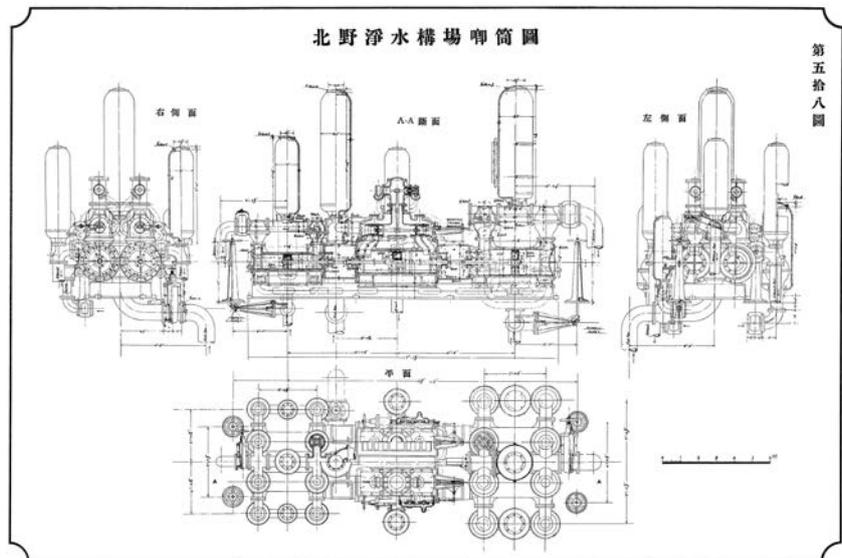


図3 北野唧筒機図面

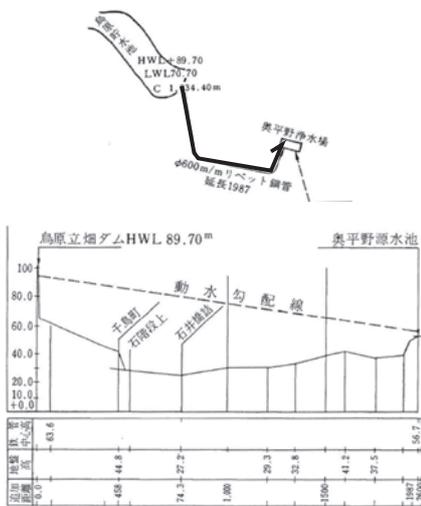
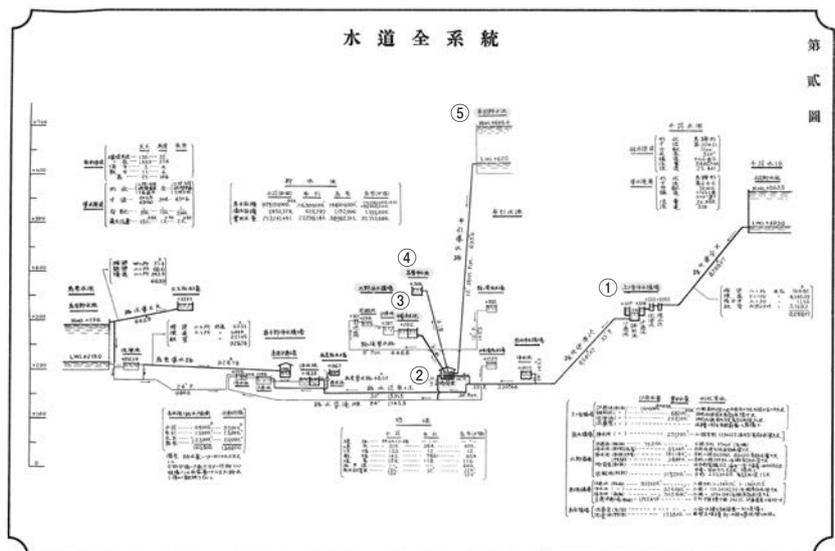


図2 鳥原導水管路



①上ヶ原浄水場、②北野唧筒室、③中層配水池、④高層配水池、⑤布引貯水池

図4 高さ関係図

表2 布引導水工事費内訳

名称	数量 (間)	金額 (円)	単価
12インチ鋼鉄管布設	452.70	14,629,271	32,316
12インチ鑄鉄管布設	249.73	6,435,080	25,769

水管橋)し、上ヶ原浄水場まで導水されました。隧道部は将来の増設を見込んだ能力としましたが、この武庫川第1水管橋から武庫川第3水管橋は、将来の増設時の荷重を見越したトラス形式等の鋼製橋梁に30インチリベット鋼管1条を布設していました。

3. 第2回拡張工事 (1926年～1931年)

第一次世界大戦に伴う好景気で、神戸市には多くの産業と人口が集まり、大正4年(1915年)から大正9年(1920年)の5年間で水需要は2倍にも増加しました。この急激な需要増に対応するため、大正15年(1926年)に第2回拡張工事が開始されました。水源としては在来の千疋貯水池の堰堤を6mかさ上げし、これにより既存の貯水量2億1,300万立方尺(591万6,666m³)を4億1,700万立方尺(1,158万3,333m³)に増加させました。

千苅貯水池から上ヶ原浄水場までの導水路は、従来は生瀬付近までを隧道式とし、そこから上ヶ原浄水場までは30インチ鑄鉄管を使用していました。今回はこの区間においても隧道式とし（第1回拡張工事で布設した鑄鉄管はそのまま使用）、その間河川溪谷を横断する箇所は既設の水管橋に増設しました。武田尾にある第1、第2水管橋はいずれも45インチ（110cm）鋼鉄管を増設し、生瀬にある第3水管橋には30インチ（74cm）鋼鉄管を用いています（図5）。また、全ての水管橋において、鑄鋼製フランジを両側に溶接した両フランジ溶接鋼管を使用しています。

4. 戦後の復旧から阪神・淡路大震災まで

昭和16年（1941年）に開始した第3回拡張工事は、昭和19年（1944年）12月まで工事が続けられたものの中止を余儀なくされました。神戸の水道は、空襲で配水管網などに大きな被害を受け、終戦時には漏水率が80%にも達しました。このため、戦後の再出発は、まず漏水防止の応急処置から始まります。昭和10年（1935年）完成の住吉特1高層配水池の整備から、約20年間配水池の新設は行われませんでした。また、中断されていた第3回拡張工事は昭和26年（1951年）に再開され、須磨・

垂水地域での人口の急増に対応するため、垂水区名谷町まで延長17kmの送水トンネルを建設し、7つのポンプ場を新設するなどの工事が行われました。昭和35年（1960年）には全ての工事が完了しています。昭和33年（1958年）完成の住吉特2高層配水池（3号池）、昭和34年（1959年）完成の高取高層配水池（1号池）等、それ以降多くの配水池が建設されていきました。

神戸市では、ポンプ加压方式によって配水池に送水する管路を揚水管と呼び、この時代になると、揚水管には全て鋼管が使用されるようになり、水管橋にも鋼管が使用されるようになりました。神戸市の地形は六甲山が海のすぐそばまで迫り、平地が少ないため工業用などの産業用地と住宅地が不足しています。そこで、六甲山の尾根筋を削り住宅地の造成を行うとともに、その土砂で海面を埋め立てて工業用地を生み出していきました。配水池のある造成地から、隣接する尾根筋の造成地まで配水管を通す必要があり、いったん谷筋に配水管を通さざるを得ない場合があるなど、高水圧の配水管も多数存在し、そのような場所には鋼管が使用されました。また、昭和37年（1962年）に給水を開始した旧・六甲山上水道事業（令和3年4月に神戸市水道に統合済み）は、高水圧地区が

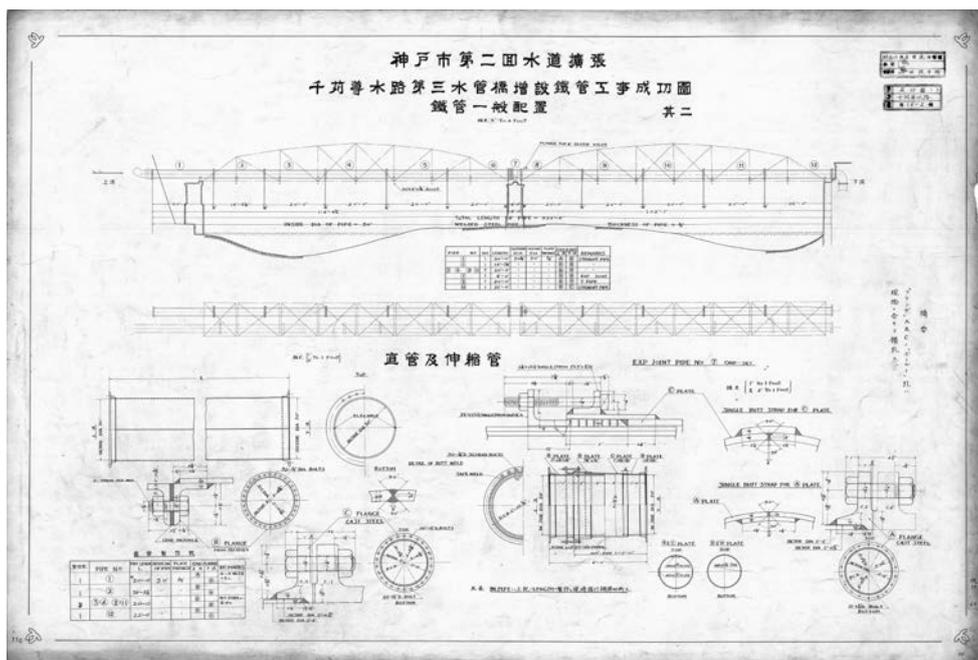


図5 第3水管橋配置図

多いため、配水管に鋼管が多用されています。

それでもなお、住宅地が不足する神戸市では、六甲山の北側地域（北神地区）の開発に乗り出しました。この北神地区は給水区域が非常に細長い上に、水源・浄水場（千苅浄水場、昭和42年〈1967年〉供用開始）と最大の需要地（鈴蘭台）がその両端に位置していました。加えて山地が多く、起伏が激しいという地形的特徴から、高水圧管路の使用と施設数の増加とのトレード・オフが避けられない状況でした。これに対し、旧・北神水道事業（平成8年4月に神戸市水道に統合済み）の第1回拡張工事（昭和38年〈1963年〉～昭和46年〈1971年〉）では、高水圧管路（2.0MPa以上）の使用により、維持管理を要するポンプ場の数を抑えるシステムを採用しました。この結果、高水圧管路を中心に送配水本管に鋼管を多く採用することとなりました。

水源である千苅貯水池から鈴蘭台に向かう管路は、昭和42年（1967年）に供用を開始しましたが、神戸電鉄と近接する区間が多く、昭和44年（1969年）から選択排流方式による電気防食を開始しました。現在では、揚水管路を中心に22カ所で電食防止設備のターミナル端子を利用し、管対地電位もしくは軌条対管電位を測定して毎年点検を行っています。鋼管の配水管路では主にマグネシウムを利用した直流陽極法を採用し、概ね10年ごとにターミナル端子を利用して管対地電位を測定し、必要に応じて犠牲陽極の増設を実施しています。

昭和39年（1964年）9月に一部供給を開始した神戸の工業用水道は、淀川水系神崎川から取水し、上ヶ原浄水場で沈殿処理したのち、神戸市の沿岸部に送・配水されています。この口径1,350mmの導水管の一部には、ロックラー管を使用していました。漏水が多発したことから、昭和49年（1974年）に鋼管によるPIP工事が実施されました。

また、旧・六甲山上水道事業の第2回拡張工事においては、千苅水系の水を一気に400m揚水する管路（鋼管250A、昭和47年〈1972年〉布設）が、六甲山中に新設されました。この管路は、平成26年（2014年）8月の台風および平成30年（2018年）7月の西日本豪雨の際にも土砂崩れによって露出したものの、破断することなく給水を継続することができました（写真1）。

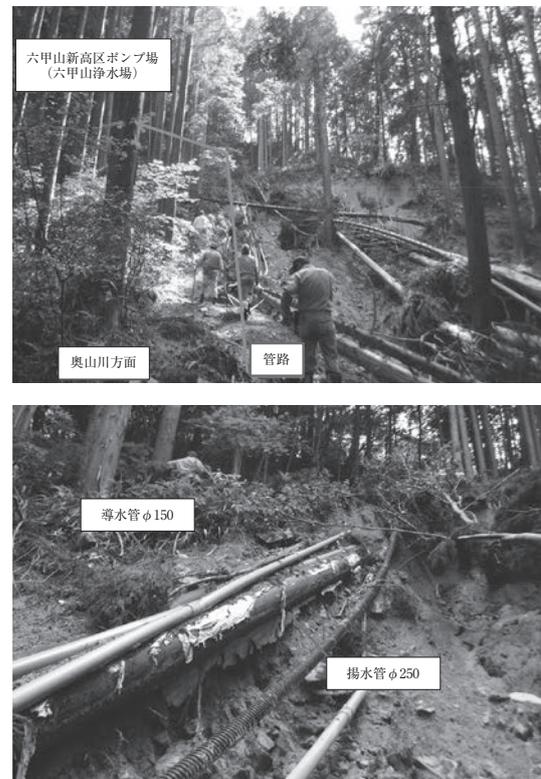


写真1 豪雨災害による鋼管管路の露出

5. 阪神・淡路大震災以降

平成7年（1995年）1月に発生した阪神・淡路大震災においては、鋼管は護岸の移動や橋梁の落下に伴う被害はあったものの、その他の被害は軽微なもので、鋼管の耐震性の高さが確認されました。一方、阪神・淡路大震災以降、建設工事費用削減の観点から、鋼管の使用管種および適用範囲の変更が行われました。

- ① 小口径鋼管は継目無鋼管のみの制限を廃止
- ② 大口径管ではスパイラル管の使用を認めた
- ③ 揚水管は鋼管のみ使用としていたものを、水圧によっては耐震型ダクタイル鉄管の使用を認めた

平成8年（1996年）度から20年間かけて完成させた大容量送水管においては二次覆工にスパイラル鋼管を採用しています（表3）。なお、この大容量送水管では日本で初めて断層用鋼管を採用しました。また、鋼管は溶接箇所調整により現地で柔軟に角度変更ができるため、中大口径のPIP工事などへの採用も増加しています。

ちなみに、神戸の水道における令和元年（2019

年)度末の鋼管延長は251km(導送水管137km、配水管114km)で、管路総延長5,196kmの約5%となっています。

6. おわりに

高低差が大きい神戸市では、高水圧管路が多数存在する状況があり、第1回拡張工事で以降、高水圧管路として鋼管を多数使用してきました。

創設期に施工していた鋼管は既に取り替えられています。第1回拡張工事で施工した武庫川の3つの水管橋のうち第3水管橋の鋼管を平成3年(1991年)に更新したものの、その他の鋼管は阪神・淡路大震災にも耐え100年以上供用を続けています。また、第2回拡張工事で増設された鋼管は90年経過した現在も供用を続けています。

このように長期間にわたり供用を続けることが

できたのは、神戸市の沿岸部で造船業が盛んであったがゆえに、優秀な溶接工が多く存在していたこと、適切な時期に補修補強を行ってきたことが大きな理由だと考えています。また、揚水管路として地中に埋設された鋼管についても、適切な電食対策により長寿命化が図られてきたものと考えています。

鋼管は耐震性能が十分あるため、今後も適切なメンテナンスと腐食対策を行うことで、より一層の長寿命化を期待しています。

(神戸市水道局 副局長(水道技術管理者) 田中孝昌)

参考文献

井深功「日本における初期の水道鋼管(2)神戸市水道の巻」『日本の水道鋼管』、1978年5月

表3 神戸市における鋼管仕様の変遷

○内面塗装		M30頃	S8頃	S27	S49	S63.7.15	H11	H19.12.4
一般部	φ400以上	アスファルトどぶ塗り、モルタル等	ブロンアスファルト	アスファルト塗覆装	コーラタールエナメル	タールエポキシ	液状エポキシ	無溶剤型エポキシ
	φ350以下			S39				
継手部	大口径φ700以上 ※規格はφ800以上	アスファルトどぶ塗り、モルタル等	ブロンアスファルト	アスファルト塗覆装	コーラタールエナメル	タールエポキシ	液状エポキシ	
	小口径φ75~600	内面塗装なし (場合によってはある)				S63.7.15		無溶剤型エポキシ
				S58	S60.10	H7		
○外面塗装		M30頃	S8頃	S27	S39	S52	H19	
一般部	埋設部	アスファルトどぶ塗り等	ブロンアスファルト	アスファルト塗覆装(ジュート等巻)	コーラタールエナメル(ジュート、ガラスクロス巻等巻)	アスファルト塗覆装(ガラスクロス巻)	H14	プラスチック被覆
	露出部	アスファルトどぶ塗り等	ブロンアスファルト	アスファルト塗覆装(S43頃巻)	コーラタールエナメル塗覆装(S43頃巻)	塩化ゴム系	H6.12	アクリルシリコン H21 フッ素系 H22
継手部	埋設部	アスファルトどぶ塗り等	ブロンアスファルト	アスファルト塗覆装(ジュート等巻)	コーラタールエナメル塗覆装(S43頃巻)	アスファルト塗覆装(ガラスクロス巻)	H7.12	ジョイントコート
	露出部	アスファルトどぶ塗り等	ブロンアスファルト	アスファルト塗覆装(S43頃巻)	コーラタールエナメル塗覆装(S43頃巻)	塩化ゴム系	H6.12	アクリルシリコン H21 フッ素系 H22
ポリエチレンスリーブ			なし			試験施工	あり	
				S53	S59			
○鋼管の採用規格等		M30頃	s8.9	S32	S37	H11		
鋼管	小口径			水道用継目無鋼管		圧力配管用炭素鋼管(STPG370) 継目無鋼管のみ		水輸送用塗覆鋼管(STW370.STW400)
	大口径	リベット鋼管等		水道用電気溶接鋼管		配管用アーコ溶接炭素鋼管(STPY400) sNイ5M管は使用せず		配管用アーコ溶接炭素鋼管(STPY400) sNイ5M管OK
	φ400~1000			水道用垂絡め鋼管(給水管等)		配管用炭素鋼管(SGP)		
ステンレス鋼管	小口径					配管用ステンレス鋼管		
	大口径					配管用溶接大径ステンレス鋼管		
				S53				
○フランジボルト・ナット					S56.2	S58		
フランジボルト・ナット	φ400以上			ボルトナット	ボルト SUS304	ナット SUS304		ボルト-SUS304
	φ300以下			SS400(SS41)	ナット SUS403			ナット-SUS304 挟付防止あり
				S55.7				
○耐用年数			S27	H13	H19.4.1			
耐用年数		未定	25年(地方公営企業法施行規則第8条第1項)	40年	80年(神戸市)			
								(地方公営企業法改正)

*年次については、試験採用等もあるため、規格制定年次より若干前後している場合がある。