

II-20 水道施設における水管橋について

札幌市水道局 正会員 藤井 憲次
平賀 岑吾
正会員 西條 肇昌

1. はじめに

札幌市水道は昭和12年に創設され、給水区域29km²、給水人口92,000人、水道管布設延長196kmでスタートした。その後、戦後の急激な人口増加および市周辺の町村合併をして市勢の拡大が続き、昭和58年には、給水区域247km²、給水人口142万人と急成長を遂げている。現在では創設時と比較して、給水区域は8.5倍、給水人口では15倍に増大している。

水道管の布設延長は表-1に示す通り、創設時を1として見た場合、1枚で1.8倍、2枚では3.7倍とほぼ倍の伸びを示し、3枚以降は毎年150km以上の布設を続けており、昭和58年10月現在では、3,357kmと創設時の16倍迄伸びてきている。また、普及率は96%に達し、一日最大給水量も52万m³を記録するにいたり、市民皆水道を目前に迎える状況下にある。

このように布設延長の伸び続けた経過の中にあつて河川を横断しなければならない事例も多く、なかでも水管橋が56事例にもおよび現状となっている。そこで河川横断の方法の内、水管橋について札幌市の現況問題点さらには豊平川の大規模水管橋について述べたい。

表-1 給水区域と水道管布設延長 (昭和58年10月現在)

拡張事業	給水区域 (km ²)	給水人口 (千人)	水道管布設延長 (km)	普及率 (%)	一日最大給水量 (万m ³)	備考
創設 (昭和12年)	29	92	196	45	24	(主は独立水管橋)
第1期 拡張事業 (昭29~34)	50	261	359	52	68	
2枚 (昭35~42)	90	517	734	64	158	
3枚 (昭43~46)	132	747	1,023	76	243	豊平川第1水管橋
4枚 (昭47~50)	134	1,021	1,831	87	363	新川第1水管橋 中の川水管橋 豊平川水管橋
5枚 (昭51~54)	219	1,238	2,574	92	428	後寒川水管橋
6枚 (昭55~58)	247	1,420	3,357	96	521	石狩山水管橋 豊平川第2水管橋

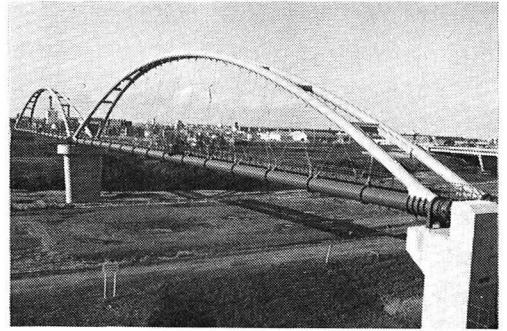
2. 水道管の布設状況について

本市の給水区域は、中心部を南北に流れる豊平川の扇状地、北部の低地、南西部の山麓地、東部の丘陵地からなっており、藻岩、白川その他3つの小規模浄水場から給水している。この区域に給水するための水道管布設基準は、①幹線は管径400mm以上、準幹線は管径200~350mm、枝管は管径75~150mmを網目状に配置する。②最小動水圧は1.5kgf/cm²~2.0kgf/cm²、最大でも4.0kgf/cm²程度とする。③準幹線は概ね4~5丁ます目に、枝管は1丁ます目になるように布設する。④国道及び幅員20m以上の幹線道路の場合には、原則として道路の両側に布設し横断は出来るだけ避ける。また、これ以外の道路にあって片側に布設する場合は、原則として南北線方向の道路にあっては東側、東西線道路にあっては南側に布設する。⑤河川横断は幹線道路と同じく兩岸に布設し横断は出来るだけ避ける。⑥水道管の埋設深さは、幹線にあっては1.50m以上、枝管にあっては1.20mとする。⑦使用管種は、タフタイル鋼鉄管とする等としている。この結果幹線215km、準幹線以下3,142km、合計3,357kmが市内に布設されている状況である。

3. 河川及び道路橋について

本市の給水区域内を流れる河川は、1級河川である石狩川水系と2級河川である新川水系、星置川水系の3つ

に区分される。1級河川石狩川水系に流る河川のうち代表的なものは豊平川であるが、この他に28河川有り河川延長は、223 kmに及んでいる。また、2級河川である新川・星置川両水系には、1級河川が注ぎ河川延長、49 kmになっている。この他に準用河川、普通河川、排水路等の小河川があり、411河川、河川延長は879 kmを数えている。全河川では、総河川数451、総河川延長1,151 kmであるが、このうち小河川が本数で91%、延長で76%を占めている。豊平川が市の中心を南北に縦断して流れ給水区域を分断しているように、その他の河川も市内をほぼ南北に流れる分布を示している。従って、水の効率的配分をするにはどうしてもこれら河川を横断しなければならない。



ニールセン桁形 豊平川第2水管橋

一方、市内の道路は東西方向に伸びる大通りと南から北に流れる創成川の交差線を基線とし、この線を中心に道路を1丁間隔に設けるいわゆる基盤の目状に配置されている。これらの道路は、南から北に流れる大小河川といろいろな所で、複雑な形で交差し道路橋が掛かっている。市内全体の橋数は641橋で、橋長総延長は約23 kmに達し道路延長4266 kmに対し0.54%を占めている。水道管は、そのほとんどが道路に布設されるものであるため河川を横断する道路橋状況は、水管橋と密接な関係がある。

4. 水管橋の現況について

水管橋には、道路橋に水道管を添架する添架水管橋と独立水管橋とがあり、本市の水管橋の総数は、表-2のように256カ所である。このうち幹線は20カ所で、準幹線以下が全体の92%を占め、236カ所である。水道管が4～5丁ます目に配置される準幹線と、1丁ます目に配置される枝管とで管網を形成していることがその原因である。水管橋の総延長は8,692 mで、準幹線以下は全体の75%を占める6,509 mであり、水道管

総延長に比較すると0.26%となっている。

表-2 水管橋の状況 (昭和58年10月現在)

管径 (mm)	添架水管橋		独立水管橋		計	
	カ所数	橋長(m)	カ所数	橋長(m)	カ所数	橋長(m)
75	2	40	1	8	3	48
100	26	510	36	358	62	868
125	0	0	3	23	3	23
150	14	377	21	225	35	602
200	34	1,244	27	317	61	1,561
250	14	637	10	77	24	714
300	20	1,164	13	169	33	1,333
350	11	1,298	4	62	15	1,360
400	1	8	0	0	1	8
450	1	131	0	0	1	131
500	5	436	4	241	9	677
600	0	0	1	16	1	16
700	1	17	2	133	3	150
1,000	1	23	0	0	1	23
1,200	0	0	2	825	2	825
1,400	0	0	1	338	1	338
1,650	0	0	1	15	1	15
計	130	5,885	126	2,807	256	8,692

で10.8 mであり、幹線は142.5 mである。準幹線以下の独立水管橋は、管径100 mmや管径200 mmの小口径が多いことから、パイプビーム形式や簡単な補鋼形式に制限され、管径に合った構造の独立水管橋となるのか

特色である。幹線になると橋長100mを超える大規模なものとなり、トラス、ランカー、ローゼ、ニールセンとそれぞれの架橋条件に合ったものが採用されている。このうち長大橋長のニールセン、ローゼ、ランカーの各独立水管橋は豊平川に掛かっているものであり、これらについては後で述べる。

管種については鋼管が圧倒的に多いが、添架水管橋の床版吊り、桁加工吊り受けの一部、H鋼補鋼の一部でタクトイル鋼鉄管が使用される例がある。しかし、加工性の問題、継手の問題からその例は少ない。

5. 水管橋の問題点について

5-1 添架水管橋について

水道管は道路に布設されるものであるから、河川横断の場合道路橋に添架するのが望ましい。しかし、これにはいろいろな制約がある。

① 水道計画と道路橋計画との整合性

準幹線以下の場合を例にとると、添架と独立では1/21:1/15とほぼ同数であり、このことは双方の整合性なかなか難しいことを物語っている。水道管は、上流から下流へ連結していかなければ、その効用が発揮されないものであるが、道路橋は単独で施工され使用開始されることもありそれぞれの事情が異なるためである。また、新琴似6条橋建設の際、管径150mm、支間

8.5mの添架を申請していたが、橋台背面の沈下防止用踏掛板が設けられ、水道管の埋設深さが確保出来ず、独立水管橋となった例もある。

② 管径に制約があること

上部、下部構造いずれを利用するにしても、管径、重量の点から制約がある。上部構造を利用して添架する場合、桁高以下となり、表-3からもせいぜい管径500mmが限度である。また、重量的にいっても管径1,000mmになると約950%の重量となり、下部構造を利用しなければならなくなる。北野通幹線の東月寒5号橋の添架は管径1,000mmであったが、これは下部構造を利用したものであり、かつ支間が23.2mと短かった為に可能となったもので、恵まれた例といえる。また、既設道路橋に添架する場合は、ほぼ管径200mm以下となる。

これは折の許容強度が、管径200mmの重量約100%しか含まないためであり、管径200mm以下の桁加工添架が全体で66カ所と多いことからいえる。いずれにせよ水道計画側と道路計画側の十分な打合せが必要である。

③ 仕切弁の維持管理

交通量の多い道路橋に添架した場合、両側の取付道路に設置した仕切弁が修理出来ない場合がある。幌平橋に添架した管径300mm×2条の準幹線の仕切弁は、その古さもあって仕切弁の止まりが悪く修理を必要としたが、交通量が多く開削出来ず橋の取付部を避け、開削可能な場所に新たに仕切弁を取付け、古い仕切弁は全開にして管路の一部として使用した例もある。

5-2 独立水管橋について

① 準幹線以下では支間に制約がある。

準幹線以下は、水管橋の構造からいって採用できる形式は、パイプビーム形式、フランジ補鋼形式とH鋼補

表-3 主な添架水管橋

(昭和58年10月現在)

名称	施工年度 (年)	管径 (mm)	橋長 (m)	形式	河川名	幹線名
東月寒5号橋	56	1000	23.2	パイプビーム	テウチ川	北野通幹線
清水橋	53	500 2条	45.6	パイプビーム	発寒川	琴似第2幹線
茨戸橋移橋	56	500 2条	73.8	桁受け	伏魔川	北幹線
北郷4条橋	49	500	25.7	フランジ補鋼	望月川	東幹線
もみじ橋	48	500	48.9	床版吊り	野津川	下野幌幹線
真駒内橋	52	500	31.0	フランジ補鋼	真駒内川	送水管
南4条橋	45	500	14.0	パイプビーム	創成川	豊平幹線
八号沢橋	53	400	9.7	パイプビーム	南の沢川	送水管
石山大橋	51	350 2条	203.0	桁受け	豊平川	送水管
環状10号橋	51	350 2条	240.0	桁受け	豊平川	東幹線

鋼形式であり、全体で115カ所ある。管径別に見ると管径100mmが36カ所、管径150mmが21カ所、管径200mmが27カ所と3つの管径で73%を占めている。準幹線以下の支間限界を計算してみると、管径200mmのパイプビーム形式を例にとれば、標準管厚5.8mmで、たわみの限界から11.3mとなる。また、規格の最大管厚8.5mmでは11.9mとなり、大差がないといえる。従って、管径100mmや管径200mmでは10m程度が限度である。

② 用地問題

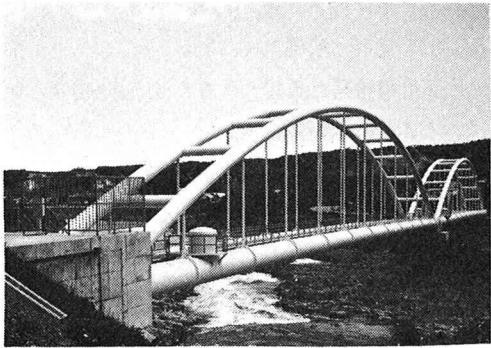
水道管が河川敷地を占用し水管橋を架橋する場合、河川の縦断占用は許可されず、河川中心線に対して直角に水道管を布設しなければならない。このため特に幹線の場合、河川敷地に直角に入る道路の有無で位置は限定される。さらに布設する道路は、交通量が極力少なく、将来、道路拡幅等により移設が生じないことを調査しておくなければならない。

③ 河川管理上からの制約

管理上の制約として、①河積阻害率を4%以下とすること。②最小径間長は40m以上とすること。③橋脚位置は河川計画断面の法線から10m以上離すこと。④桁下高は1m以上を確保すること。⑤橋台は法線に平行に設けること。⑥河川管理用道路に支障を及ぼさない構造とすること等の種々の条件がある。

④ 沈下に対する配慮

橋台の立ち上りカ所の曲管に生ずる不平均力は一般的にこの力を防護重量で拘束するのが通例である。しかし、地盤が λ 値2~3のでい、炭土質である場合、中の川・軽川両水管橋の例に見るように、橋台の沈下はなかったが、地中埋設部分から水管橋立ち上りの取付部に施した防護コンクリートが沈下し、橋台が堤内側に50mm程度傾いた。これは沈下に対する配慮が不足したためで、防護コンクリートを取除き、重量が軽い鋼管管路に変更した例もある。



ローゼ析形 硬石山水管橋

5-3 一般的問題

① 凍結に対する配慮

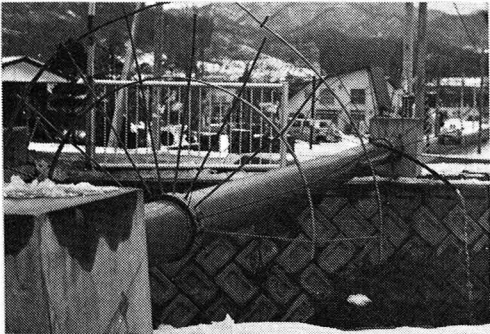
水道管の凍結は、すぐに断水を招き市民への影響は計り知れないものがあるので十分な対策が必要である。管体の水が凍結するか否かは夜間の低流速時の放散熱量計算によっている。この熱量計算法は種々あるが計算値を比較してみるとほぼ同数値を得ており、本市の場合JIS A 950「保温工事に使用する保温材の厚さおよび放散熱量式」によっている。

幹線の管体は夜間の流速が速く凍結しないし、通常2条構造であるため1条のみ使用し流速をあげる等対策がある。枝管の管体は夜間の流速が極端に落ち凍結するので硬質ウレタン50mmの防寒工を施している。防寒工は、アスファルトルーフィング22kg、硬質ウレタン50mm、カラートタン0.4mmの仕様である。しかし、水管橋に必ず設ける空気弁は凍結しやすい弱点を有し、

表-4 主な独立水管橋（昭和58年10月現在）

名称	施工年度	管径 (mm)	橋長 (m)	形式	河川名	幹線名
望月寒川水管橋	57	1650	15	パイプビーム	望月寒川	白川2条水管
硬石山 "	56	1400 2条	169	ローゼ	豊平川	"
豊利利1 "	45	1200 2条	178.4	ランカー	"	白川幹線
豊利利2 "	58	1200 2条	234	ニールセン	"	白川中央幹線
新川1 "	48	700	39.6	トラス	琴似川	北2条幹線
新川2 "	49	700	98.2	トラス	新川	新琴似幹線
西岡橋台 "	57	600	15.8	パイプビーム	月寒川	西岡幹線
発寒川 "	52	500 2条	54.4	ローゼ	琴似発寒川	手稲幹線
中の川 "	50	500	67.2	トラス	中の川	"
軽川 "	50	500	38.7	トラス	軽川	"

管体まで影響することもあり対策に苦慮している。このため幹線の空気弁は電熱線により保温しているが、枝管については原始的ではあるが空気弁から放水している例もある。しかし、最近では分水栓からボール式サドル分水栓に変えることにより、空気弁内の停滞水を無くする工夫をしており、かなりの成果をあげて来ている。以上のように、水管橋の凍結防止対策はなかなか難しいが、重要な課題であり十分に設計上配慮し安全な構造に心がける必要がある。



管径100mm 独立水管橋の例

② 塗装

準幹線以下は、防寒工を施しているためカラートタンで被覆され、塗装はしていない。

幹線の塗料は道路橋で使用している塩化ゴム系を採用している。これは外気と水の温度差による結露、季節の温度差による伸縮等、過酷な条件に耐えるものであり、特に、塗布後の弾性が保たれる塩化ゴム系塗料を選択している。しかし、この塗料でもケ〜8年毎に再塗装しなければならない。また、本市でフタル酸系塗料を水管橋に採用したことはないが、道路橋では5〜6年程度で塗り替えるとされている。

③ 除雪に対する被害

小河川を横断する道路橋の上・下流5m程度は、道路除雪の排雪場所になっており、全断面が雪に埋もれる。従って、この範囲内に掛かる水管橋は、防寒工が破損されたり、おもむね圧雪荷重がかなり落下事故が起きる場合がある。新琴似8条通り橋の上流2m程度の場所に鋼管を使用したパイプビーム形式の管径200mm、支間9mの独立水管橋は、ロータリー車による除雪のため落下した事故例があった。このことから定期的な水管橋の除雪は行なっているが、水管橋設置位置の決定は慎重に行う必要がある。

6. 豊平川に掛かる大規模水管橋について

以上述べてきたように水管橋は種々の問題をかかえているが、豊平川に掛かる3つの大規模水管橋について、その概要を述べる。水管橋の諸元は表-5の通りである。

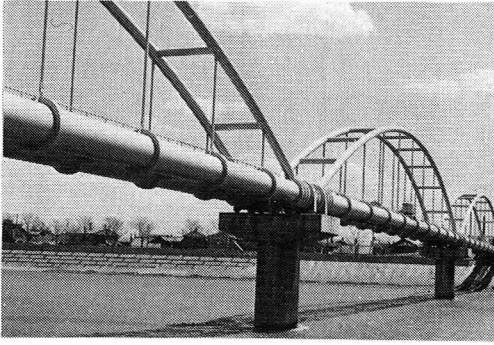
① 豊平川第1水管橋は架橋の右岸・左岸には、幹線を布設することのできる道路があり、用地問題は比較的、スムーズに解決した例である。硬石山水管橋は左岸の国有地を借用し、また、豊平川第2水管橋は左岸の民地、1,158㎡の用地を買収しなければならず、交渉には時間を要した。

② 河川管理上の条件を満たし、かつ、架橋地点の河幅からすると、豊平川第1水管橋は56.8mの3径間、橋長178.4mとなり、硬石山水管橋は83.4mの2径間、橋長169m、豊平川第2水管橋は115.4mの2径間、橋長234mとなった。上部構造は、経済性、耐震性、耐風性の安全性等を十分検討し、それぞれ、ランカー、ローゼ、ニールセンの形式となったものである。

経済性からいうと、硬石山水管橋は建設費で、ローゼ桁1に対しニールセン桁1.10、3弦トラス1.18の

表-5 豊平川の独立水管橋

橋石 種別	豊平川1水管橋	硬石山水管橋	豊平川2水管橋
形式	3連ランカー形	2連ローゼ桁形	2連ニールセン桁形
橋長	178.4m	169m	234m
支間	56.8m×3連	83.4m×2連	115.4m×2連
管径	1,200mm×2条	1,400mm×2条	1,200mm×2条
管中心間隔	3.0m	4.2m	5.5m
上部工重量	254ton	331ton	568ton
橋台	L形〜2基	逆丁形〜2基	逆丁形〜2基
橋脚	張り出し式円柱	張り出し式円柱	小判形
計画水量	2,000m³/sec	1,800m³/sec	2,000m³/sec
建設年度	昭和45年	昭和57年	昭和58年
建設費	187百万円	366百万円	841百万円



ランカー形 豊平川第1水管橋

結果を得てローゼ桁と決定した。

一方、豊平川第2水管橋は、支間が100m以上となることから、ニールセン桁とローゼ桁の建設費比較をし、ニールセン桁に対してローゼ桁1/14となりニールセン桁が経済性で優った。

③ 豊平川第1水管橋の取付部は、築堤上に直接ボックスカルバートを設け、その中に水道管を架設したが、経年のうちに100mm程度の沈下が生じた。このため豊平川第2水管橋は、豊平川第1水管橋の例から築堤上には構造物を設けず、堤外に橋台と防護を兼ねた構造の橋台を設けた。

④ 水管橋の凍結は、橋長、管径、流速に支配されるが、いずれの水管橋も問題はなく、管体の防寒工は施していない。

い。しかし、空気弁については電熱線で保温した。

⑤ 塗料は、どの水管橋も塩化ゴム系を使用した。また、塗装色は都市景観を配慮し、水管橋の構造形式と調和をとりながら決定している。また、豊平川第2水管橋は、バックの藻岩山の原始林の緑と雪景色にマッチするように、上弦材をライトグリーンとし、下弦材をモスクリーンでひきしめグリーン系統でまとめたものである。

7. おわりに

水道施設の水管橋について述べてきたが、維持管理の問題もさることながら建設上の制約もある。水管橋は、添架水管橋の方が有利な点があり優先させたいが、道路橋計画との整合性の問題や準幹線以下に制約される難点がある。また、独立水管橋は、幹線の場合、用地の問題、河川管理上の問題があり、準幹線以下では経済的にいって10m程度が限度である等である。これらの問題をいかに解決していくかが今後の課題である。

一方、伏せ越しも重要な河川横断であり、水管橋との採用基準を経済性、施工性、安全性の上から比較、検討しなければならないが、別の機会に発表したいと思う。

いずれにせよ、水道施設の水管橋は添架水管橋を原則としたいが、道路計画と水道計画との違いがあるため、この整合性を計るため綿密な連携が必要であると思料される。