

ダクタイル鉄管の布設<その1>



1. 鑄鉄管の歴史

鑄鉄管が世界ではじめて使用されたのははっきりしないが、すでに1455年ドイツのディレンベルグ市の水道に布設された記録がある。約300年前のベルサイユ宮殿の鑄鉄水道管はあまりにも有名である。わが国では、明治18年横浜市において近代水道が計画された時、鑄鉄管はまだ国産しておらず全部輸入品を使用した。明治26年頃よりわが国においても鑄型を水平に置いて熔鉄を注入する横込法により、鑄鉄管製造が行われるようになった。その後傾斜式鑄込みから、鑄型を垂直に立て鑄込みを行う立吹法が開発され、管長も最初3フィートから順次長いものが製造されるようになった。昭和5年には本格的な水道鑄鉄管の草分けともいえるべき高級鑄鉄管が出現した。

その後、遠心力鑄造法の時代に入り昭和15年には砂型遠心力鑄造法、25年には金型遠心力鑄造法、30年にはサンドレジン遠心力鑄造法と進歩して現在に至っている。この間、29年には水道鑄鉄管にとって画期的なダクタイル鑄鉄管が出現し、現在ではほとんどこれが

使用されるようになった。鑄鉄管はわが国近代水道の発展の歴史を示すものといえよう。

2. 規格

鑄鉄管に規格が誕生したのは、大正3年上水協議会による水道用鑄鉄管仕様書標準である。以後幾多の変遷を経て現在に至っているが、鑄造技術の進歩に伴い材質的にも改革がなされ、規格の上でも大きな変革点として3つの時代に分けることができる。

すなわち昭和8年までの普通鑄鉄管時代、昭和9年～29年の高級鑄鉄管時代、昭和30年代からはじまったダクタイル鑄鉄管時代である。

普通鑄鉄管時代のものは、組織中の炭素含有量3～4%と多く、引張り強さも12.5kgf/mm²と小さかった。昭和初期に入り、今まで銑鉄のみで溶解鑄造していた鑄鉄管に10～20%の鋼を混合して強度を高めることに成功し引張り強さも20～25kgf/mm²と従来の2倍に近いものが製造され、昭和9年には日本標準規格が制定された。これがいわゆる高級鑄鉄管

と呼ばれるものである。

戦後の技術革新はめざましく、その中でも特筆すべきは今までのいんろう形式の継手に変わりメカニカル形式の継手が登場したことであり、規格はJWWA G 102 (水道用メカニカルジョイント形鑄鉄直管)、JWWA G 103 (水道用メカニカルジョイント形鑄鉄異形管) が昭和34年4月に制定されている。今ひとつは昭和29年に開発された画期的なダクタイル鑄鉄管の出現である。この規格はJWWA G 105 (水道用遠心力ダクタイル鑄鉄管)、JWWA G 106 (水道用ダクタイル鑄鉄異形管) として昭和36年9月に制定された。この規格による管接合部の形式は、メカニカルジョイント形式によるA形、角ゴムと鉛を併用したB形、これに加えて従来から使用のいんろう形式のものをC形として、3種に分類されてい

る。その後昭和46年の規格改正ではB形・C形は廃止され、特殊の角ゴムを用いるメカニカル形式のK形が規格化された。昭和49年にはA形およびK形が水道用遠心力球状黒鉛鑄鉄管という名称でJIG G 5526となっている。またタイトン継手という名称で実用化されたプッシュオン形式のT形は、昭和48年に日本水道協会規格となった。

一方大口径管については、内面より継手を行う形式のU形継手が開発され、日本ダクタイル鉄管協会規格とされているが、このほかにも耐震性のS形・SⅡ形や離脱防止性能を備えたKF形・UF形など使用目的に応じたさまざまな継手が考案され、実用に大きく寄与している。

現在一般に製造されている規格は次の通りである。

日本工業規格

- { JIS G 5526 水道用遠心力球状黒鉛鑄鉄管 (呼び径75~1500mm)
- { JIS G 5527 水道用球状黒鉛鑄鉄異形管 (呼び径75~1500mm)

日本水道協会規格

- JWWA G 109 水道用鑄鉄異形管 (呼び径75~500mm)
- { JWWA G 110 水道用T形遠心力ダクタイル鑄鉄管 (呼び径75~250mm)
- { JWWA G 111 水道用T形ダクタイル鑄鉄異形管 (呼び径75~250mm)

日本ダクタイル鉄管協会規格

- { JDP A G 1001 K形遠心力ダクタイル鑄鉄管 (呼び径75~2600mm)
- { JDP A G 1002 K形ダクタイル鑄鉄異形管 (呼び径75~2600mm)
- { JDP A G 1007 U形遠心力ダクタイル鑄鉄管 (呼び径700~2600mm)
- { JDP A G 1008 U形ダクタイル鑄鉄異形管 (呼び径700~2600mm)
- JDP A G 1009 フランジ形ダクタイル鑄鉄長管 (呼び径75~1500mm)
- { JDP A G 1010 UF形遠心力ダクタイル鑄鉄管 (呼び径700~2600mm)
- { JDP A G 1011 UF形ダクタイル鑄鉄異形管 (呼び径700~2600mm)
- { JDP A G 1012 KF形遠心力ダクタイル鑄鉄管 (呼び径300~900mm)
- { JDP A G 1013 KF形ダクタイル鑄鉄異形管 (呼び径300~900mm)
- { JDP A G 1014 U形推進工法用遠心力ダクタイル鑄鉄管 (呼び径700~2600mm)
- { JDP A G 1015 UF形推進工法用遠心力ダクタイル鑄鉄管 (呼び径700~2600mm)
- { JDP A G 1016 T形推進工法用遠心力ダクタイル鑄鉄管 (呼び径300~600mm)
- { JDP A G 1017 TC形推進工法用遠心力ダクタイル鑄鉄管 (呼び径600~900mm)
- JDP A G 1018 K形ダクタイル鑄鉄管用FN形継手 (呼び径300~900mm)
- { JDP A G 1019 S形遠心力ダクタイル鑄鉄管 (呼び径500~2600mm)
- { JDP A G 1020 S形ダクタイル鑄鉄異形管 (呼び径500~2600mm)

表一 1 ダクタイル鑄鉄管各種規格抜すい

名 称	規 格	試 験 水 圧 (kgf/cm ²)					呼び径 (mm)	管 長 (m)	継 手 形 式
		呼 び 径 (mm)	1 種 管	2 種 管	3 種 管	4 種 管			
水道用遠心力球状黒鉛鑄鉄管 (ダクタイル鑄鉄管)	JIS G 5526	75~ 300	60	(400 以上)	50		75・ 100	4	メカニカル(A形)
		350~ 600	50	45	40		150~ 250	5	〃
		700~1000	40	40	35		300~ 500	6	〃
		1100~1500	30	30	30		400~1500	6	メカニカル(K形)
水道用球状黒鉛鑄鉄異形管	JIS G 5527	呼 び 径 (mm)	75 ~300	350 ~600	700 ~1000	1100 ~1500	75~ 500		メカニカル(A形) メカニカル(K形) (フランジ形)
		試験水圧	30	25	20	15	400~1500		
水道用T形遠心力ダクタイル鑄鉄管	JWWA G 110	呼 び 径 (mm)	1 種 管		3 種 管		75・ 100	4 5	タイトン(T形)
		75~ 250	60		50		150~ 250		
水道用T形ダクタイル鑄鉄異形管	JWWA G 111	呼 び 径 (mm)	試験 水 圧				75~ 250		タイトン(T形) (フランジ形)
		75~ 250	30						
K形遠心力ダクタイル鑄鉄管	JDPA G 1001	呼 び 径 (mm)	1 種 管	2 種 管	3 種 管	4 種 管	75・ 100	4 5 6 4	メカニカル(K形)
		600	JIS G 5526と同じ			40	150~ 250		
		700~1000				35	300~1500		
		1100~1500				30	1600~2600		
K形ダクタイル鑄鉄異形管	JDPA G 1002	呼 び 径 (mm)	1600 ~2600	75~1500			75~2600		メカニカル(K形) (フランジ形)
		試験水圧	10	JIS G 5527に同じ					
U形遠心力ダクタイル鑄鉄管	JDPA G 1007	呼 び 径 (mm)	1 種 管	2 種 管	3 種 管	4 種 管	700~1500	6 4	内面継手(U形)
		700~1000	40	40	35	35			
		1100~1500	30	30	30	30	1600~2600		
		1600~2600	25	25	25	25			
U形ダクタイル鑄鉄異形管	JDPA G 1008	呼 び 径 (mm)	700 ~1000	1100 ~1500	1600 ~2600		700~2600		内面継手(U形) (フランジ形)
		試験水圧	20	15	10				

- { JDPA G 1021 S II形遠心力ダクタイル鑄鉄管 (呼び径100~450mm)
- { JDPA G 1022 S II形ダクタイル鑄鉄異形管 (呼び径100~450mm)
- JDPA G 1023 DBJ形ダクタイル鑄鉄管 (呼び径500~2600mm)
- JDPA G 1024 T形遠心力ダクタイル鑄鉄管 (呼び径300~2000mm)

3. 材質とその特徴

鑄鉄管は、近代的水道用配水管としてもっとも古くから使用されてきたもので、当初は普通鑄鉄をもってつくられていたが、昭和9年日本水道協会において高級鑄鉄管規格が制定され、さらにこれがJIS化されて一般に広く用いられてきた。

高級鑄鉄とは銑鉄に適量の鋼屑を混入したもので、普通鑄鉄に比べて炭素の含有量が少なく、このため金属組織には著しい相違をきたし、引張り強さにおいて普通鑄鉄 12.5kgf/mm^2 程度のものが高級鑄鉄では $20\sim 25\text{kgf/mm}^2$ 程度に増加する。したがって高級鑄鉄管採用以来、管の厚さは平均30%程度薄くして規格化され、最近まで使用されてきた。

鑄鉄管が広く用いられてきた理由としては、鑄型で鑄造するので比較的容易に任意の形が得られること、すなわち製造費が割安であり、強度・耐久力においても優れ、切断・せん孔などの加工性がよいことなどが上げられる。

ダクタイル鑄鉄

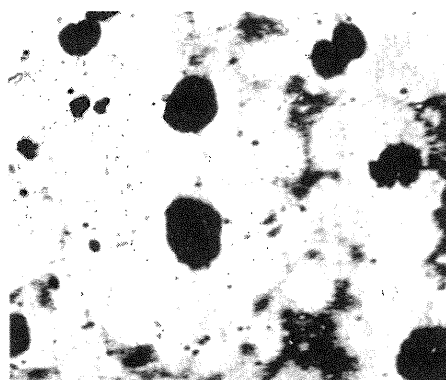
しかしながら、高級鑄鉄になってその強度がいかに改良されたとはいえ、宿命的なもろさは解消することができなかった。これは鑄鉄組織の中にある黒鉛が細長い片状に分布しており、このため地鉄の連続性が断たれて、強靱性が阻害されているからである。

戦後(1949年)になって、溶鉄の中へマグネシウムなどの添加物を少量加えることによって、上記の細長い片状の黒鉛を球状に丸められることが発見された。このため分割されていた地鉄は連続され、鑄鉄としての特性を失うことなく、引張り強さ $45\sim 60\text{kgf/mm}^2$ 、伸び $1\sim 3\%$ となり、さらにこれを焼鈍することによって引張り強さ $40\sim 45\text{kgf/mm}^2$ 、伸び $5\sim 10\%$ となり、強度・延伸性・たわみ性・耐衝

撃性が著しく増大し、鉄管用として非常に好ましい性質を持つてくる。

写真-1 鑄鉄管組織比較

ダクタイル鑄鉄管



高級鑄鉄管

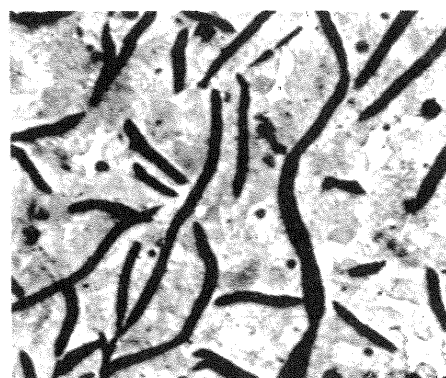


表-2 ダクタイル管の化学組成

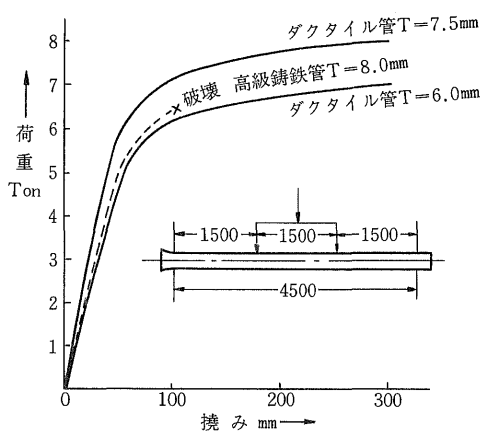
成分	ダクタイル鑄鉄管	高級鑄鉄管
全炭素	2.8~3.7	3.2~3.8
シリコン	1.7~2.5	1.4~2.2
マンガン	0.2~0.4	0.4~0.6
りん	0.1以下	0.5以下
いおう	0.015以下	0.1以下
マグネシウム	0.03以上	—

表一三 ダクトイル管の物理的・機械的性質(管体)

引張り強さ	40kgf/mm ² 以上(JIS G 5526)
伸び	5% 以上(JIS G 5526)
弾性係数	15,000~17,000kgf/mm ²
ブリネルかたさ(H _B)	230 以下(JIS G 5526)
衝撃値(アイゾット)	5~10kgf・m/cmf
ポアソン比	0.28~0.29
比重	7.15

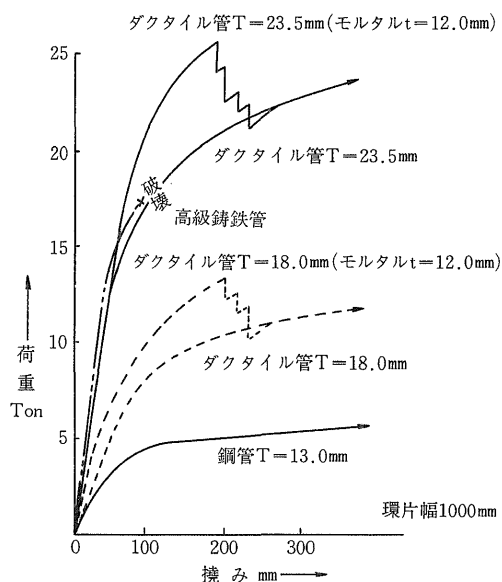
これをダクトイル(延性のあるという意味) 鑄鉄と呼び、わが国では昭和29年から製管が開始されている。ダクトイル鑄鉄管は高級鑄

図一 150mm 管体曲げ強さ



鉄管に比べて単位重量当りの単価は多少高くなるが、管厚を薄くすることができるのでかえって経済的であり、しかも破裂や折損の欠点が消えてきたので大口径管はいうまでもなく小口径管に至るまでこれが採用され、いまや鑄鉄管といえばダクトイル鑄鉄管を指すといっても過言でない状態となっている。

図一 2 1500mm 環片圧壊強さ



4. ダクトイル鑄鉄直管の製造法

ダクトイル鑄鉄直管の鑄造は金型遠心力法、またはサンドレジン型遠心力法により行われる。

金型遠心力法は、水平に据えた水冷式金型の内面に珪砂粉末などのスプレーコーティングを施し、これを高速度で回転し、一定量の溶鉄を注入すると金型内面にらせん形に重なり、流布されて凝固し管が成形される。金型製造では冷却が急激に行われるので、その収縮を利用して容易に受口の方に引出すことができるが、このためさし口の突部は付けていない。

この方法はもっとも能率のよい製管法であるが、金型の関係で口径の大きいものは製作

が困難である。現在呼び径75~400mmのものを製造している。

サンドレジン型遠心力法は、熱によって硬くなる合成樹脂(熱硬化性樹脂)を砂に混ぜたサンドレジンを用いて型をつくるものであり、まず適当な温度に熱した金わくを回転機の上に横たえ、細長い樋を用いてレジン混合珪砂を金わく内面に均一に撒布し、数ミリに焼き付けたものを鑄型とする。次いで鑄造機上にこの鑄型を水平に横たえて高速回転させ、その中にさし込んだ細長い樋の先端から溶鉄を注ぎながら樋を後退させ、遠心力によって管を形成するものである。

鑄鉄管の鑄造では古くから立吹鑄造法・砂型遠心力鑄造法があるが、現在では上記2つ

の方法によっている。

管は鑄造のままの状態では一般に急冷組織

であり、硬くてもろいので延性のあるフェラ

イト組織にするため熱処理(焼鈍)が行われる。

図-3 サンドレジン型鑄造法

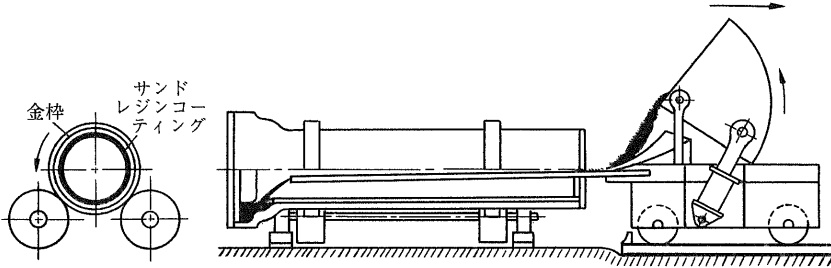
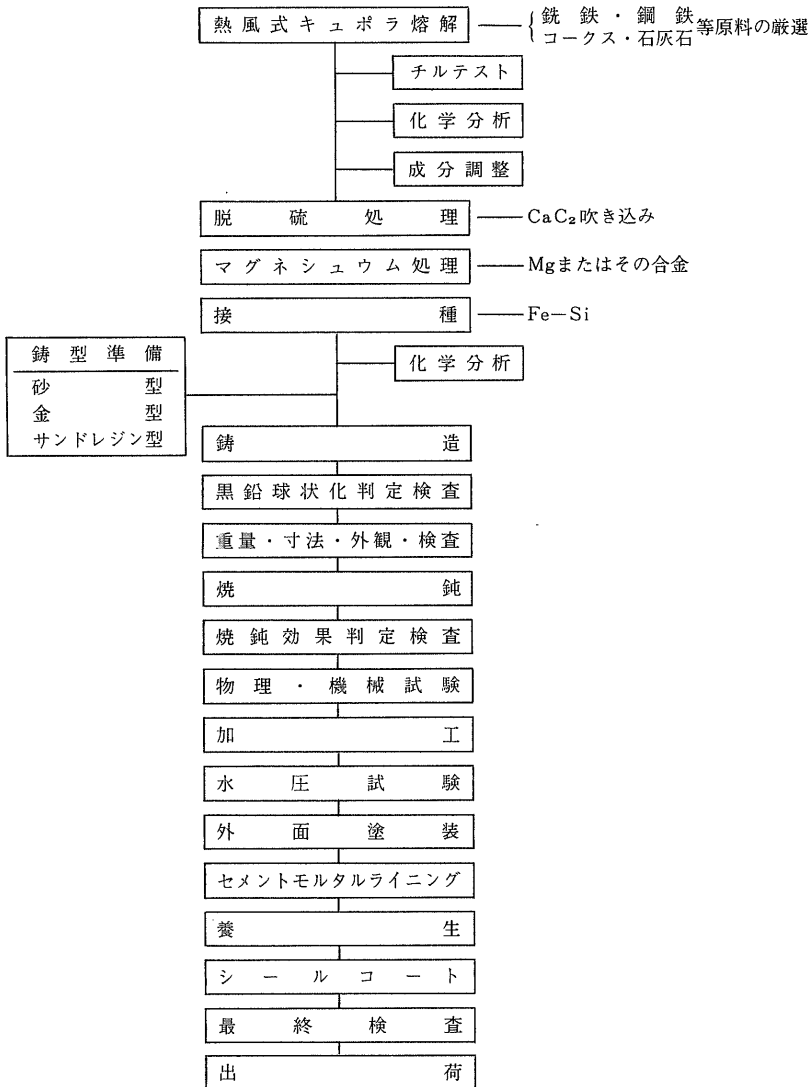


図-4 ダクタイル鑄鉄管の製造工程



5. 直管の管厚

1. 鋳鉄管

古い水道用鋳鉄管の管厚計算式は、Fanning氏の公式をメートル法に換算した式

$$T = \frac{(P+P')D}{2f} + 7.5 \left(1 - \frac{D}{2125}\right) \cdots \cdots \text{立型鋳鉄直管}$$

$$T = \frac{(P+P')D}{2f} + 6 \left(1 - \frac{D}{2125}\right) \cdots \cdots \text{遠心力鋳鉄管}$$

ここに T : 管 厚……………(mm)

$$P : \text{静水圧} \cdots \cdots (\text{kgf/cm}^2) \begin{cases} \text{高 圧} \cdots \cdots 10 \text{kgf/cm}^2 \\ \text{普通圧} \cdots \cdots 7.5 \text{kgf/cm}^2 \\ \text{低 圧} \cdots \cdots 4.5 \text{kgf/cm}^2 \end{cases}$$

$$P' : \text{水撃圧} \cdots \cdots (\text{kgf/cm}^2) \cdots \cdots 5.5 \text{kgf/cm}^2$$

$$D : \text{管の内径} \cdots \cdots (\text{mm})$$

$$f : \text{許容強さ} \cdots \cdots (\text{kgf/cm}^2) \begin{cases} \text{呼び径 } 900 \text{mm以下} \cdots \cdots 400 \text{kgf/cm}^2 \\ \text{呼び径 } 1000 \text{mm以上} \cdots \cdots 360 \text{kgf/cm}^2 \end{cases}$$

を用いて定めていたが、この式は内圧に対する管厚に鋳造上の余裕と腐食に対する余裕とを加味されたものである。

2. ダクタイル鋳鉄管

(1) ダクタイル鋳鉄管管厚計算式の誘導

静水圧・水撃圧・土被りによる土圧・トラック荷重による土圧を全部同時に考慮して誘導している。

静水圧を P_s 、水撃圧を P_d で表わすと内圧によって発生する引張応力 σ_t は、

$$\sigma_t = \frac{(P_s + P_d)d}{2t}$$

ここに d : 管内径 (cm)

t : 管 厚 (cm)

また土被りにより発生する曲げモーメントを M_f 、トラック荷重により発生する曲げモーメントを M_t とすると、外圧によって発生する曲げ応力 σ_b は、

$$\sigma_b = \frac{(M_f + M_t)}{Z}$$

$$Z = \frac{bt^2}{6} : \text{断面係数}$$

b : 管長 単位長さで考えれば $b=1$

$$\therefore Z = \frac{t^2}{6}$$

したがって

$$\sigma_b = \frac{6(M_f + M_t)}{t^2}$$

土被りによる土圧を W_f 、トラック荷重による土圧を W_t で表わすと、

$$M_f = K_f W_f R^2$$

$$M_t = K_t W_t R^2$$

ここに K_f : 土被りによる土圧に対するモーメント係数

K_t : トラック荷重による土圧に対するモーメント係数

であるから、これを上式に代入すると、

$$\sigma_b = \frac{6(K_f W_f + K_t W_t)R^2}{t^2}$$

となる。

σ_b は曲げ応力であるから引張り応力に換算するために0.7を乗じ、許容応力を σ_z とすると、管厚は次式を満足するように決定すればよいことになる。

$$\sigma_t + 0.7\sigma_b = \sigma_z$$

ここで 静水圧に対し安全率 2.5

水撃圧に対し安全率 2.0

土被りによる土圧安全率 2.0

路面荷重による土圧安全率 2.0

を見込み、管材の抗張力を S とすると計算式は

$$2.5\sigma_{ts} + 2.0\sigma_{td} + 1.4\sigma_b = S$$

ここで σ_{ts} : 静水圧による応力

表-4 管種選定表A ($2\theta=60^\circ$)

布設状態 平底溝
 輪荷重 20tonトラック2台同時通過、衝撃に対して50%増
 水撃圧 5.5kgf/cm²

呼び径 (mm)	2.4					2.1					1.8					1.5					1.2				
	20.0	15.0	10.0	7.5	4.5	20.0	15.0	10.0	7.5	4.5	20.0	15.0	10.0	7.5	4.5	20.0	15.0	10.0	7.5	4.5	20.0	15.0	10.0	7.5	4.5
350	1	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1	3	3	3	3
400	1	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3
450	1	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3
500	1	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3
600	1	3	3	4	4	2	3	3	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4
700	1	2	3	4	4	2	3	3	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4
800	1	2	3	4	4	2	3	3	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4
900	1	2	3	4	4	1	3	3	4	4	1	3	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4
1000	1	2	3	4	4	1	2	3	4	4	1	3	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4
1100	1	2	3	4	4	1	2	3	4	4	1	3	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4
1200	1	2	3	3	3	1	2	3	4	4	1	3	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4
1350	1	2	3	3	3	1	2	3	4	4	1	3	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4
1500	1	2	3	3	3	1	2	3	4	4	1	3	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4
1600	1	2	3	3	3	1	2	3	4	4	1	3	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4
1650	1	2	3	3	3	1	2	3	4	4	1	3	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4
1800	1	2	3	3	3	1	2	3	4	4	1	3	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4
2000	1	2	3	3	3	1	2	3	4	4	1	3	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4
2100	1	2	3	3	3	1	2	3	4	4	1	3	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4
2200	1	2	3	3	3	1	2	3	4	4	1	3	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4
2400	1	2	3	3	3	1	2	3	4	4	1	3	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4
2600	1	2	3	3	4	1	2	3	4	4	1	2	3	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4

注(1) 表中の1、2、3、4の数字は、それぞれ1種管、2種管、3種管、4種管を示す。

(2) 呼び径300mm以下の管については、分岐せん孔の関係から1種管の使用を原則とするが、3種管を使用する場合はかならず適当なサドルを使用しなければならない。

σ_{td} : 衝水圧による応力

$R = D_m/2$ とにおいて解くと

$$S t^2 - (1.25 P_s + P_d) dt - 2.1 (K_f W_f + K_t W_t) D_m^2 = 0$$

$D_m \div d$ とにおいて t について解くと

$$t = \frac{(1.25 P_s + P_d) + \sqrt{(1.25 P_s + P_d)^2 + 8.4 (K_f W_f + K_t W_t) S}}{2 S} d$$

となる。

さらに公称管厚 T は

$$T = (t+2) \times 1.1 \text{ mm} \quad t+2 \geq 10 \text{ mm の場合}$$

$$T = [(t+2)+1] \text{ mm} \quad t+2 < 10 \text{ mm の場合}$$

である。

K_f は管底の支持角によって定まる係数

表-5 K_f の値

位置 \ 管底の支持角	40°	60°
管 頂	0.140	0.132
管 底	0.281	0.223

K_t : 管頂 0.076

管底 0.011

管頂・管底の両者について計算し、大きい方を採用する。

(2) 管種選定表

ダクトイル鑄鉄管の直管は、JDPA規格において1~4種に分類して管厚が定められているが、使用条件、すなわち作用する内圧や土被りに適したものを選定する。

また管底支持角についてはJISでは0°とされているが、各種の実験の結果では硬い地盤40°、普通地盤60°以上となっているので、表-7では管底支持角60°のものを一般的なものとして例示している。

6. ダクトイル鑄鉄異形管

管路の方向を変えるための曲管、分岐のための十字管・T字管、口径変更のための片落ち管などを総称して異形管と呼んでいる。異形管は遠心力鑄造ができないので直管のごとき大量生産が行えず、普通の置注鑄造法によっており、鑄型としては砂と粘結材を使用した生型が小口径管に、また中大口径管用には300~400℃で乾燥した焼型が用いられていた。しかし、これらの型を用いる方法は非能率的であるから逐次改良が加えられ、珪砂と珪酸

ソーダ混合物を砂に混ぜて反応させた自硬性鑄型やセメントを砂に配合したいわゆるセメント鑄型が用いられ、やや能率化されている。

また最近では、タイトン形異形管がショートボディ化され、大手メーカーにおいては高圧造形機による機械ごめ方法をベルトコンベアに載せた自動マスプロ方式を取り入れたり、あるいは中子不用のプラスチック製フルモールドを砂形で包み、溶鉄で置き換えする方法がとられるようになった。

異形管はこのような鑄造法によるため比較的容易に任意の形が得られ、強度が大きいので鑄鉄管以外の管種、たとえば石綿セメント管や硬質塩化ビニル管などの異形管にもこれが用いられることが多い。

異形管の管厚

従来水道用鑄鉄異形管の管厚は、立型鑄鉄直管（普通圧管の管厚）の10%増し（呼び径1000mm以上を除く）であったが、ダクトイル鑄鉄異形管の管厚は、直管の厚さの10%増のように何種類にも鑄造仕分けることがむずかしいので、一応規格（JIS G 5527、JDPA G 1002）通りの厚さとしている。また規格では試験水圧が直管より低くなっているが、これは作業上より制約されたもので、直管に匹敵する耐圧性を有している。

7. 塗装およびライニング

鑄鉄管は、その表面にできる黒皮組織が比較的耐食性を有するので、当初は防食塗装についてはあまり意を用いていなかった。しかし埋設後数年にして生ずる錆こぶによる流量の低下や腐食のことを考え、近年は内面塗装が特に重要視され、高度のものが施行されるようになった。

1. モルタルライニング (JIS A 5314)

図一五 ダクタイル鑄鉄管名称および記号

種別	名 称	記 号	種別	名 称	記 号	
直 管	A 形 継 手		異 管	曲 管	5 5/8°	
	K 形 継 手			乙 字 管		
	T 形 継 手			仕 切 弁 副 管	A 1 号	
	U 形 継 手				A 2 号	
	S 形 継 手				B 1 号	
	S II 形 継 手				B 2 号	
	フランジ形継手			フランジ付きT字管		
異 形 管	十 字 管		形 ど ろ 吐 き 管	A 形		
	T 字 管			K 形		
	片 落 ち 管	受さし		継 ぎ 輪	A、K 形	
		さし受			U 形	
	曲 管	90°		短 管	1 号	
		45°			2 号	
		22 1/2°		フランジ短管		
		11 1/4°		せ ん		

鑄鉄直管の内面をよく清掃し高速度で回転させ、その中へ所定の厚さを得るように計算された量だけのセメントモルタルを投入し、重力の30~50倍程度の遠心力を与えて厚さと質の均一なモルタル層を裏張りする方法である。これによって管の実内径は若干減少するが、モルタルの防錆効果によって管の通水能力は低下することがなく、このため流速係数を大きく見積れるので、結果的に建設費や維持費を節約することができる。

ライニングに使用するセメントは、ポルトランドセメント・高炉セメントのA・B種もしくはフライアッシュセメントのA・B種とし、混和材として無機質の膨張性のものを用いることができる。

セメントと砂との重量配合比は1:1.5~3とし、表一六の厚さに遠心力法によるライニングを行い、蒸気養生および熱湯浸せき養生を行う。

モルタルライニングは防錆効果をもっとも

表一六 モルタルライニングの規定厚さ

呼 び 径 (mm)	ライニングの厚さ (mm)
250以下	4
300~ 600	6
700~ 900	8
1000~1200	10
1350~1500	12
1600以上	15

大きい上に外圧に対して管体の補強効果があり、管内面の鑄肌はモルタルの付着に適するので鑄鉄管の内面塗装としては優れたものであるが、アルカリ分を溶出してpH値や硬度を上昇させることがある。

シールコート法はモルタルライニングの表面に塗料による被膜をつくり、モルタル中の保有水分の蒸発を防いで水和に必要な水分を保存し、養生を十分行わせるとともにモルタルライニング管に水を通した初期において、セメントモルタル中の石灰が水中に溶解して

水の硬度やpHの上昇することを防ぐものである。

上述の水分封かんおよび石灰分溶出防止のための被膜用として用いるシールコート塗料は、規格では塩化ビニル重合体・アクリル系重合体となっており、湿潤養生の完了した後、表面の粉塵・異物を清掃した上へスプレーまたははけ塗りで100g/m²程度の均一な塗装を施すものである。

モルタルライニングは乾燥後、微小なクラックを発生することがあるが、石灰分の滲出により自閉する作用がある。また通水後モルタルライニングのCaによるアルカリによって長期間防食され、一般の塗装のごとく、錆こぶの発生による流速係数の低下は認められない。



2. 外面塗装

使用上有害な成分を含まないもので、乾燥後は水に溶けず、かつ水質に悪影響を与えない塗料を用いてスプレーまたははけ塗りする。

塗料としては、

- (1) 瀝青質にエポキシ樹脂を加えて耐食性を向上したもの。(JIS K 5664 タールエポキシ塗料の3種相当品)
- (2) 合成樹脂に適当な顔料を添加して耐食性の向上をはかったもの。
- (3) また最近では、Znの陰極防食作用を利用したジンクリッチペイントを下塗りし、さらにその不必要な消耗を防ぐために合成樹脂塗料を上塗りし、耐食性を向上したもの。などがある。

3. 異形管塗装

異形管は一般に瀝青質塗料が用いられてきたが、最近では赤水対策として直管と同様の防食性を要求されており、瀝青質塗料よりも防食性に優れた5.7.2 ①の塗料が主に用いられている。さらに恒久的な赤水対策として、

次に記述する方法が現在実用化されている。

(1) モルタルライニング

現在でも、一部についてはモルタルライニングが施されているが、これは中・大口径のものについてハンドライニングが行われている。最近では異形管の特殊スピナーによる遠心力吹付け工法も開発されており、コスト面でも有利なことからすでに実用化されている。

(2) タールエポキシ樹脂塗料塗装

(JWWA K 115)

エポキシ樹脂30%以上・石炭系ピッチ・硬化剤および顔料よりなる塗料を十分清掃した鉄面へスプレーまたははけ塗装する。一般に塗膜の厚さは0.3mm以上で規定されている

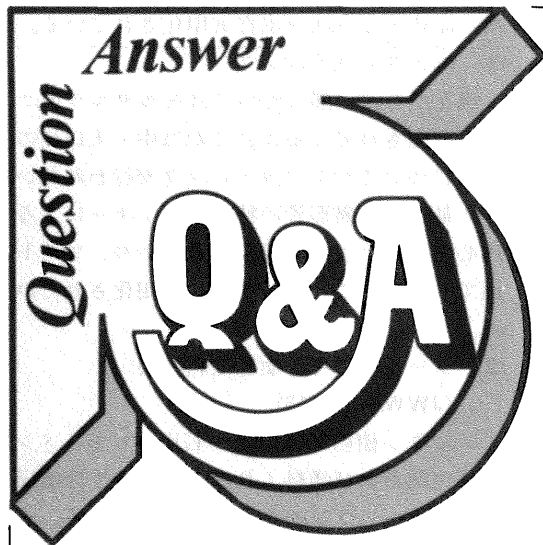
(3) エポキシ樹脂粉体塗装 (JCPA Z 2006)

エポキシ樹脂粉体塗料は、溶剤をまったく含まないエポキシ樹脂基材を固形状硬化剤とともに珪石粉やチタン白・カーボンブラックなどの顔料と配合して粉末にしたものである。揮発成分や水溶性成分をまったく含まないため水質に悪影響を及ぼさず、その塗膜の機械的性質も優れており、密着力・耐衝撃性・耐摩耗性・可とう性・硬度など優れた性能を持っている。

粉体塗装の工程は、あらかじめ250℃程度に加熱された鉄管に約6～9万ボルトの電界を通して荷電されたエポキシ粉体塗料が静電的に自動的に吸引・塗着される。塗布された粉体塗料は約100℃の温度で溶融するので、鉄管の熱により溶融して連続塗膜を形成する。さらに粉体塗料は鉄管の保有熱により200℃以上の温度にまで達し、その後鉄管の保有熱で熱硬化する。

本塗装法は、小口径異形管の内面塗装法として認識されはじめ、現在メーカー側においても生産体制を整えつつあるが、外面塗装に対しても適応性がある。かつまた直管についてもその特性を生かして適用されており、今後の進展が期待される。現在呼び径75～800mmが実用化されており、日本水道協会でも規格化が進められている。

西山利夫編著「配水管」より転載



〔質問〕

ダクタイトル管の内面モルタルライニングにおける流速係数C値の経年変化と、その耐久性について説明してください。



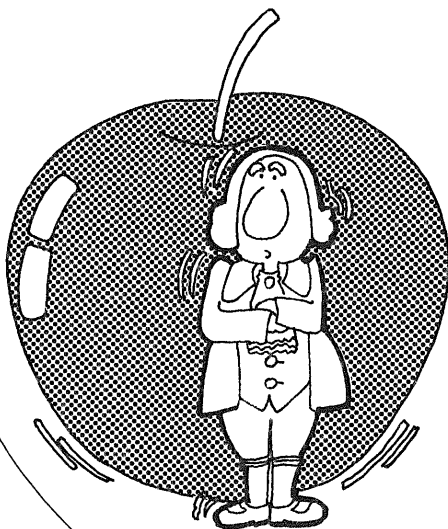
〔回答〕

鑄鉄管にセメントモルタルライニングが施こされた例は、米国で1922年といわれています。その後米国においては、ほぼ100%上水道用の鑄鉄管はセメントモルタルライニングが施こされている現状です。

ヨーロッパ諸国では、水道水がカルシウム分を含む硬水が多いことに関連して、ところにより差はありますが、調査した範囲ではパリ、デュッセルドルフ、ブラッセル、オスロ、ストックホルムなど主要都市で広く採用されています。

またわが国では、昭和26年頃から実用化されており、現在ではほとんど全数がモルタルライニングされておりますが、このように多く使用されている理由としては、やはり耐久性の面で非常に優れているところに起因しています。米国におけるモルタルライニング管流速係数の経年変化の実測例をみますと、30年以上経過しても布設直後とほとんど変わらない流速係数を保持しており、その値もすべて130以上で、耐久性の優れていることが示されています。

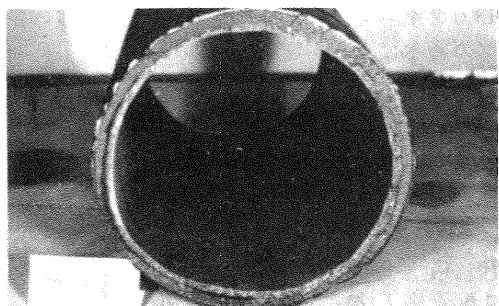
またわが国で最近測定された例としては、10年～15年経過の〇府送水管路において、流



速係数の値は120～125となって妥当な値が得られております。

このように、セメントモルタルライニングは水道管の錆びを有効に防止し、赤水対策、流速係数の確保など優れた特性を発揮していますが、経年管の内面状況について写真-1に〇市水道局で17年間使用されていたモルタルライニング管を示します。写真-2はライニングの管端部の収縮防止にシールコートを施したモルタルライニングの写真です。

写真-1

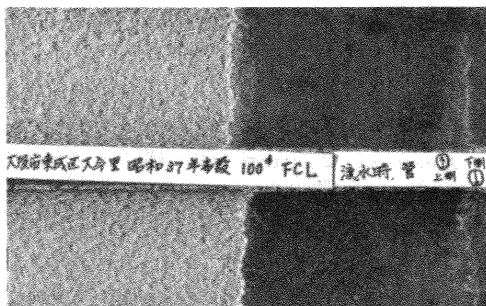


以上の写真のように、セメントモルタルライニングの表面は茶褐色の水垢状のものが付着していますが、ライニングは滑らかで良好な状態でした。またシールコートを施した部分は塗膜の密着はよく、塗膜の下のセメントモルタルは硬く、軟化は認められませんでした。

すなわち、セメントモルタルライニングは遠心力成形法であるため、セメントモルタル層は非常に緻密なものになっています。

一般にセメントモルタルは、水と接触することによりモルタルの中のカルシウムが溶出しますが、表面層に水垢状のスライム層が生成されれば平衡状態に達し、その後は安定して保護皮膜として作用し、数十年経過しても十分防食効果を発揮しますので、セメントモルタルライニングの効果は半永久的なもの

写真-2



なります。

さらに現在では、セメントモルタルライニングは内表面に合成樹脂（塩化ビニル・アクリル）系のシールコート塗料を塗ることが決められておりますので、CaOの溶出が防止され、より以上耐久性が向上しております。

しかしながら、遊離炭酸の多い、低pHの侵食性の強い水質の場合は、セメントモルタルを侵食する可能性もあるため、日本水道協会の水質維持管理指針では、このような場合はエアレーションやpHコントロールなどを推奨していますので、水の侵食性を調整することが望ましいと考えられます。またこのような水質の場合、最近開発された化学的にさらに強いエポキシ樹脂粉体塗装管を用いるのも一法です。