

塗覆装鋼管（STW）における
流速係数C値に関する
実験・調査

WSP 日本水道鋼管協会
Japan Water Steel Pipe Association

■ 概要

Chapter 1 はじめに

Chapter 2 水理実験による流速係数
(液状・無溶剤形エポキシ樹脂)

Chapter 3 実管路における流速係数調査
(液状エポキシ樹脂)

Chapter 4 実管路における流速係数調査
(無溶剤形エポキシ樹脂)

Chapter 5 まとめ

Chapter 1

はじめに

■ 流速係数とは

水理設計には、いくつかの流量公式があり、パイプラインの設計ではヘーゼン・ウィリアムス（Hazen-Williams）公式が一般に適用されている。

この公式で用いられている「**C**」を**流速係数**と呼び、管路線形による動水勾配（**I**）および管内平均流速（**V**）から管径（**D**）を算定することが可能である。

Hazen-Williams公式（円形管への誘導式）

$$V = 0.355 C \cdot D^{0.63} \cdot I^{0.54}$$

■ 流速係数の値①

農水省土地改良事業計画設計基準
及び運用・解説 設計「パイプライン」
(平成21年3月発行) (以下、農水基準)



流速係数C値は管種別に設定。

「鋼管」は口径により100~130の範囲。

流速係数C値①

管（内面の状態）	最大値	最小値	標準値
鋳鉄管（塗装なし）	150	80	100
鋼管（塗装なし）	150	90	100
水道用液状エポキシ塗装管（鋼）	水理データがないため、タールエポキシと同等		
φ800mm以上	—	—	130
φ700～600mm	—	—	120
φ500～350mm	—	—	110
φ300mm以下	—	—	100
モルタルライニング管（鋳鉄）	150	120	130
遠心力鉄筋コンクリート管	140	120	130
プレストレストコンクリート管	140	120	130
硬質ポリ塩化ビニル管	160	140	150
ポリエチレン管	170	130	150
強化プラスチック複合管	160	—	150

■ 流速係数C値②

日本水道協会水道施設設計指針
(平成24年7月発行) (以下、日水協指針)



流速係数C値は配管線形により設定

直線部のみの場合：130

屈曲部損失などを含む場合：110

■ C値が改善されると

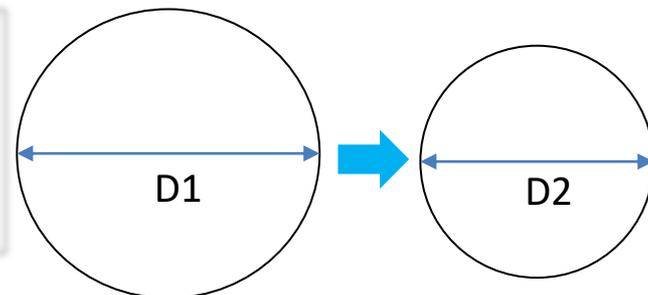
- ・ 同じ流量でも口径が縮小できる①
- ・ 同じ管径でも流量が増加する ②



- 更新時のダウンサイジング（縮径）が可能
- 水量が不足する管路の整備が可能



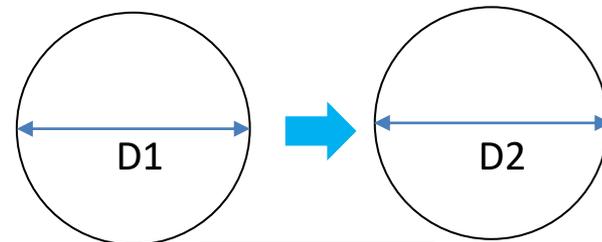
- 期待できる効果
- 改良・更新工事費の削減
 - 新設工事費の削減



①

$$Q_1 = Q_2$$

$$D_1 > D_2$$



②

$$D_1 = D_2$$

$$Q_1 < Q_2$$

■ 流速係数C値による口径比較（参考）

【同一流量におけるHazen-Williams式によるC=130と150の口径比較】

C=130の時の口径 (mm)	C=150の時の口径 (mm)
845	800
950	900
1,056	1,000
1,161	1,100
1,267	1,200
1,425	1,350
1,584	1,500
1,689	1,600
1,742	1,650
1,901	1,800
2,006	1,900

C=130の時の口径 (mm)	C=150の時の口径 (mm)
2,112	2,000
2,217	2,100
2,323	2,200
2,428	2,300
2,534	2,400
2,640	2,500
2,745	2,600
2,850	2,700
2,956	2,800
3,062	2,900
3,168	3,000

■ 実験・調査の目的

- ①農水基準において液状エポキシ樹脂塗装の流速係数C値は「**タールエポキシ樹脂塗装と同等**」として扱われ、液状エポキシ樹脂塗装の**実測値ではない**。
- ②日水協指針では、内面塗装に応じた値ではない。
- ②水道管路の内面塗装において**無溶剤形エポキシ樹脂塗料が主流**となっている。

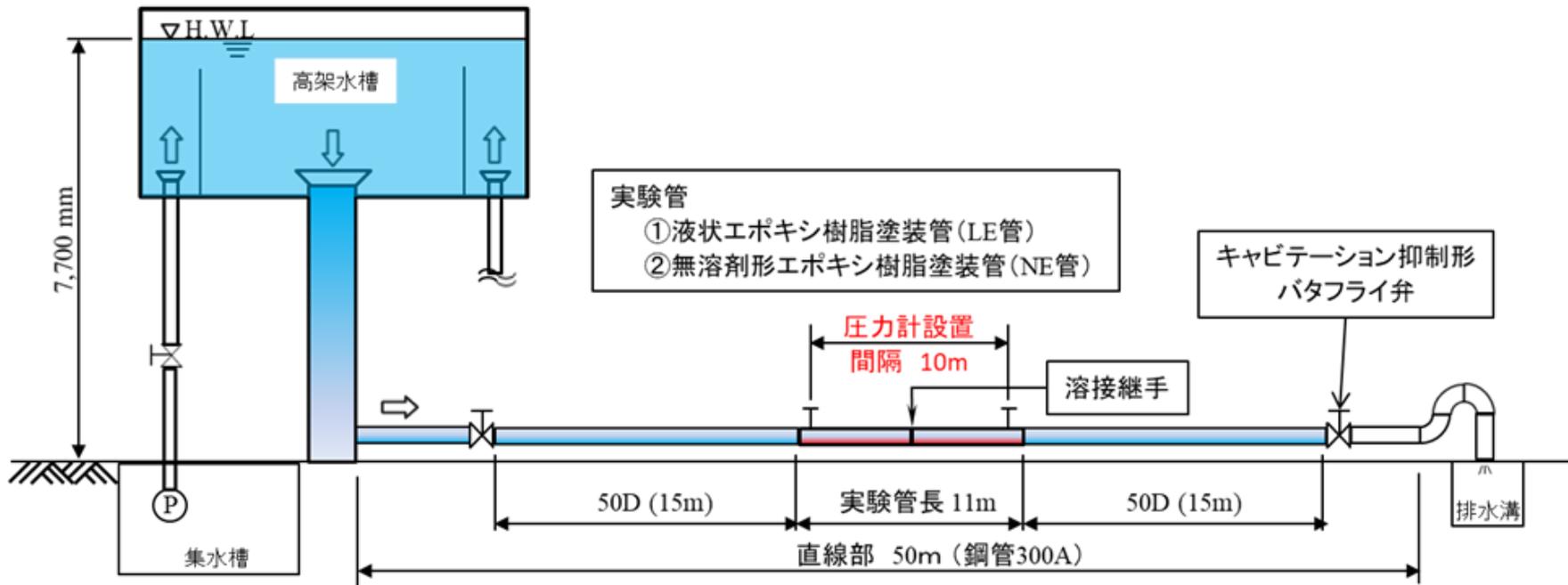


「液状エポキシ樹脂塗装鋼管」、 「無溶剤形エポキシ樹脂塗装鋼管」の**流速係数C値**を確認する。

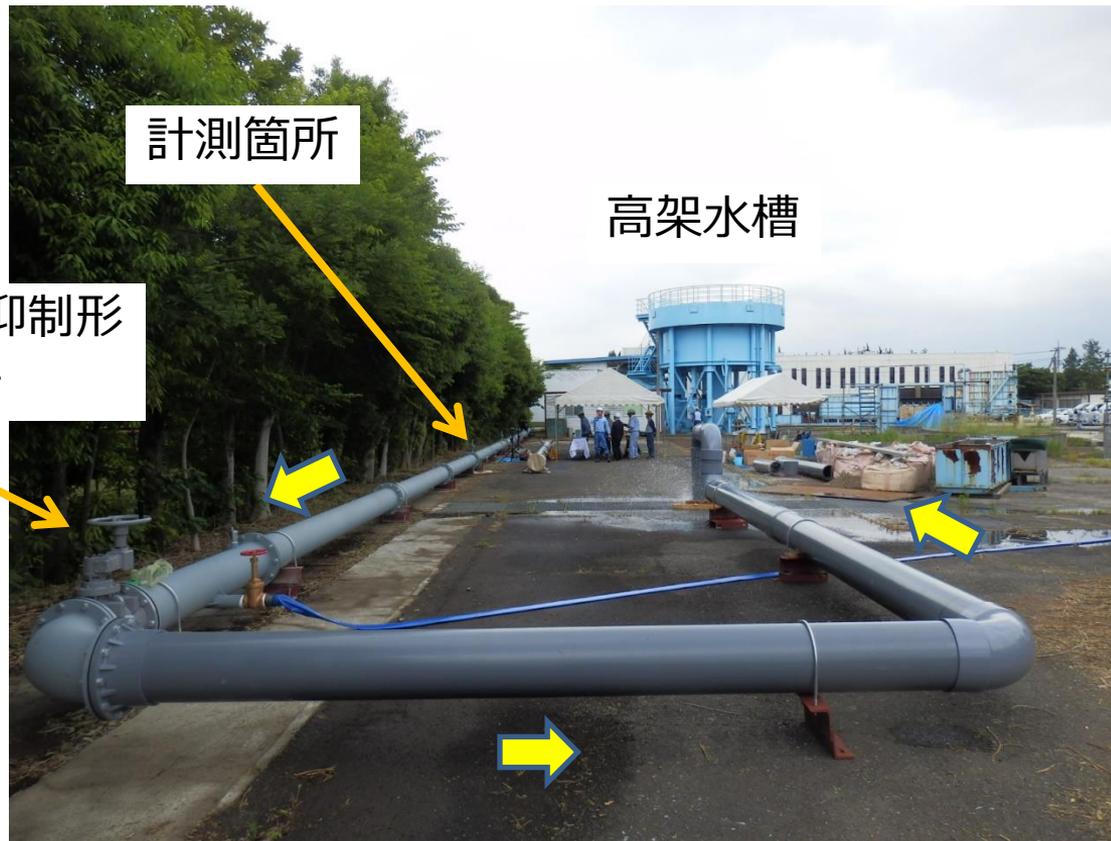
Chapter 2

水理実験による流速係数 (液状・無溶剤形エポキシ樹脂)

実験装置概要



■ 実験装置概要 (写真)



➡ : 水の流れ方向

■ 実験概要

(1) 実験管（口径300A）（2種類）

① 液状工ポキシ樹脂塗装管（塗膜0.5mm）：LE 管

② 無溶剤形工ポキシ樹脂塗装管（塗膜0.6mm）：NE 管

※実験管中央部には 鋼管パイプラインを想定し、溶接継手部を設け、
塗装は溶接継手部を含め全面塗装とした。

(2) 流速（8ケース）

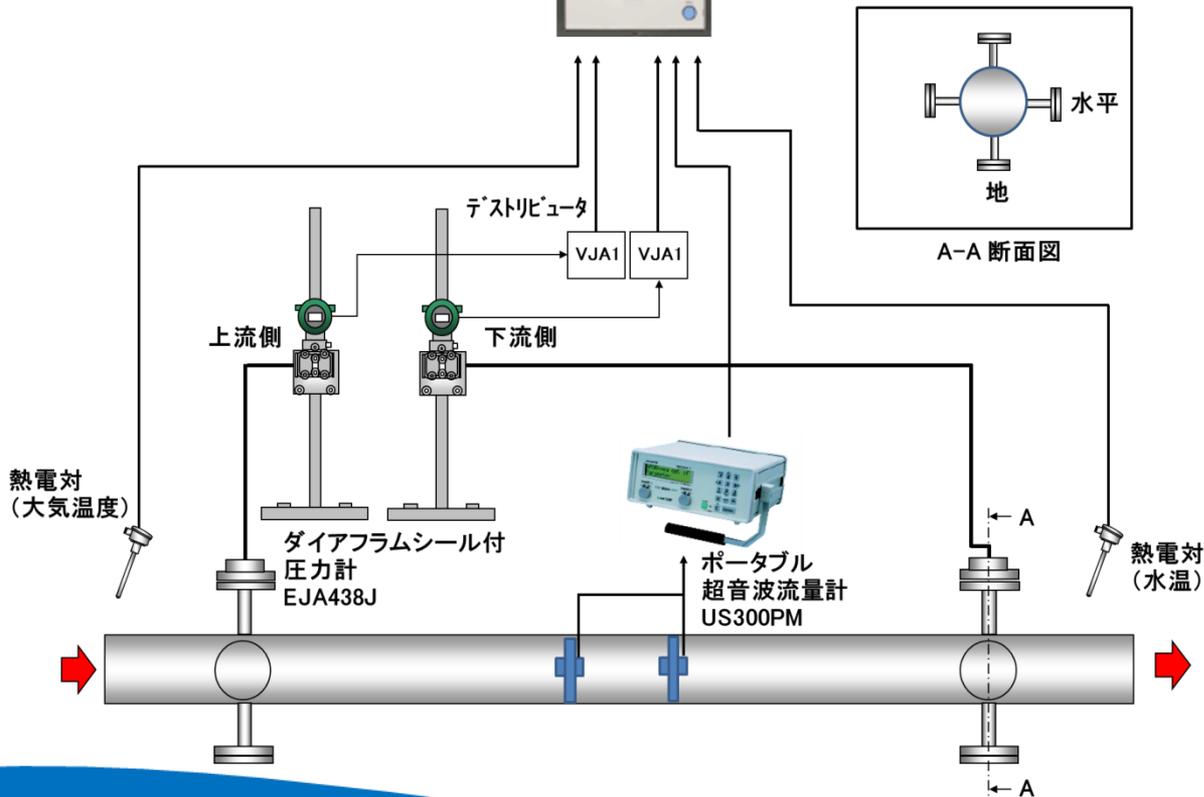
実験流速は、高架水槽へポンプ圧送した後、水頭差を利用し、実験管下流側に設置したキャビテーション抑制型バタフライ弁により流量調整を行うことで流速の設定を行った。

Case	1	2	3	4	5	6	7	8
目標流速 (m/s)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0



計測装置概要

ペーパーレスレコーダー
GP20-J1M/MT/UH/US50



計測装置概要 (写真)



超音波流量計



ペーパーレス
レコーダー



圧力計



■ 測定項目

- (1) **差 圧** : 実験管の上・下流部の2箇所 に圧力計を設置し、その設置間隔10mの圧力差（差圧）を測定
- (2) **流 速** : 測定区間に超音波流量計を設置し、管路を流れる水の流速を測定
- (3) **水 温** : 管路最下流に熱電対を設置し、水温を測定
- (4) **気 温** : 熱電対により、実験場の気温を測定
- (5) **実内径** : 棒形内側マイクロメーターにより実験管実内径を計測

■ 流速係数C値の算出方法（実験より）

Hazen-Williamsの式

$$C = \frac{V}{0.355D^{0.63} \cdot I^{0.54}}$$

C : 流速係数 (－)

V : 流速 (m/sec) * 測定値

D : 実内径 (m) * 測定値

I : 動水勾配 (－) * 測定値から換算

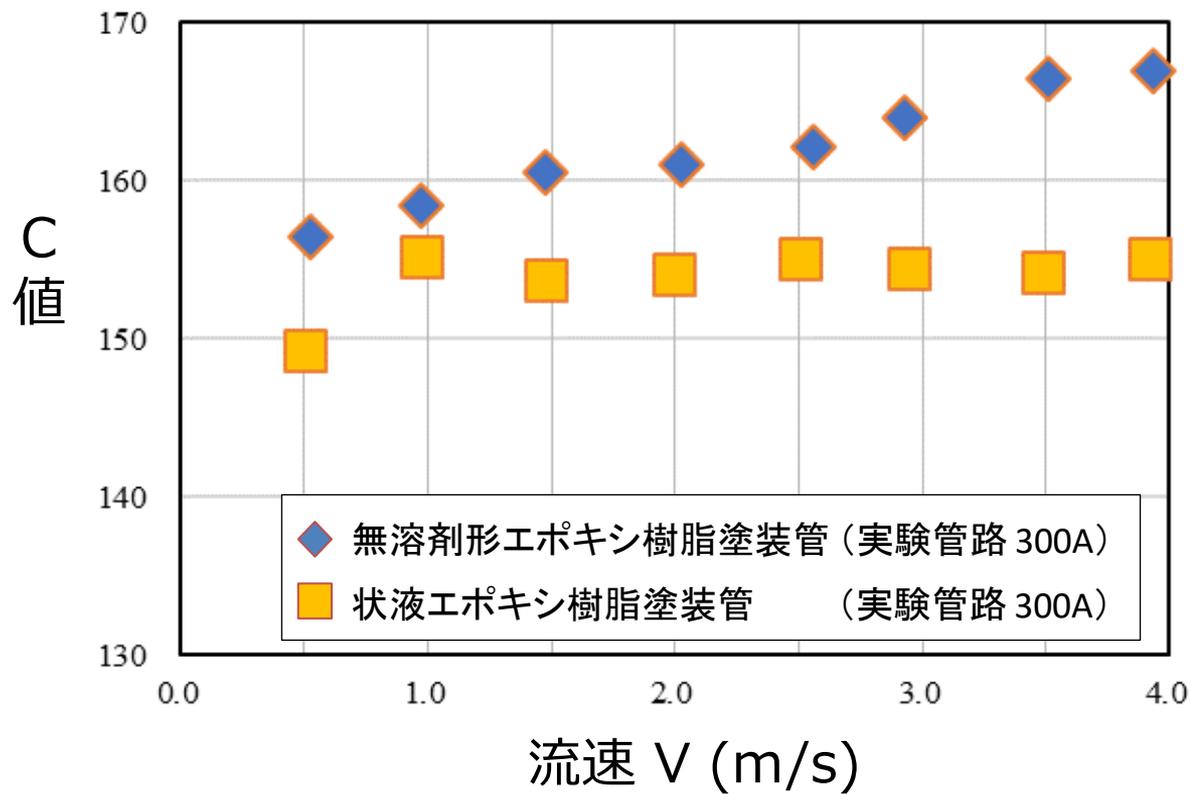
※ I = (上流圧力－下流圧力) / (圧力計設置間隔)
〔圧力 9.8 kPa = 1.0m に換算〕

■ 実験管における流速係数算出結果

- 流速、圧力測定データ（連続20 データ）を平均化
（測定データは2秒ピッチ）
- Hazen-Williamsの式により，流速係数Cの値を算定

NE管	流速 (m/s)	0.525 (≒ 0.5)	0.971 (≒ 1.0)	1.478 (≒ 1.5)	2.029 (≒ 2.0)	2.559 (≒ 2.5)	2.926 (≒ 3.0)	3.511 (≒ 3.5)	3.931 (≒ 4.0)
	流速係数 C値	156.5	158.4	160.5	161.1	162.2	164.0	166.5	167.0
LE管	流速 (m/s)	0.502 (≒ 0.5)	0.972 (≒ 1.0)	1.476 (≒ 1.5)	1.993 (≒ 2.0)	2.505 (≒ 2.5)	2.941 (≒ 3.0)	3.483 (≒ 3.5)	3.917 (≒ 4.0)
	流速係数 C値	149.3	155.2	153.8	154.1	155.1	154.5	154.3	155.1

■ 水理実験による流速係数C値



Chapter 3

実管路における流速係数調査 (液状エポキシ樹脂)

■ 調査概要

(1)調査管路 水資源機構 木曾川右岸地区 左岸幹線水路

調査日 : 2019年5月27日~29日

材質 : 水道用塗覆装鋼管 (STW400)

外径×管厚 : 1,112mm ×6mm (内径 1,100mm)

内面塗装 : 液状工ポキシ樹脂塗装 0.5mm厚

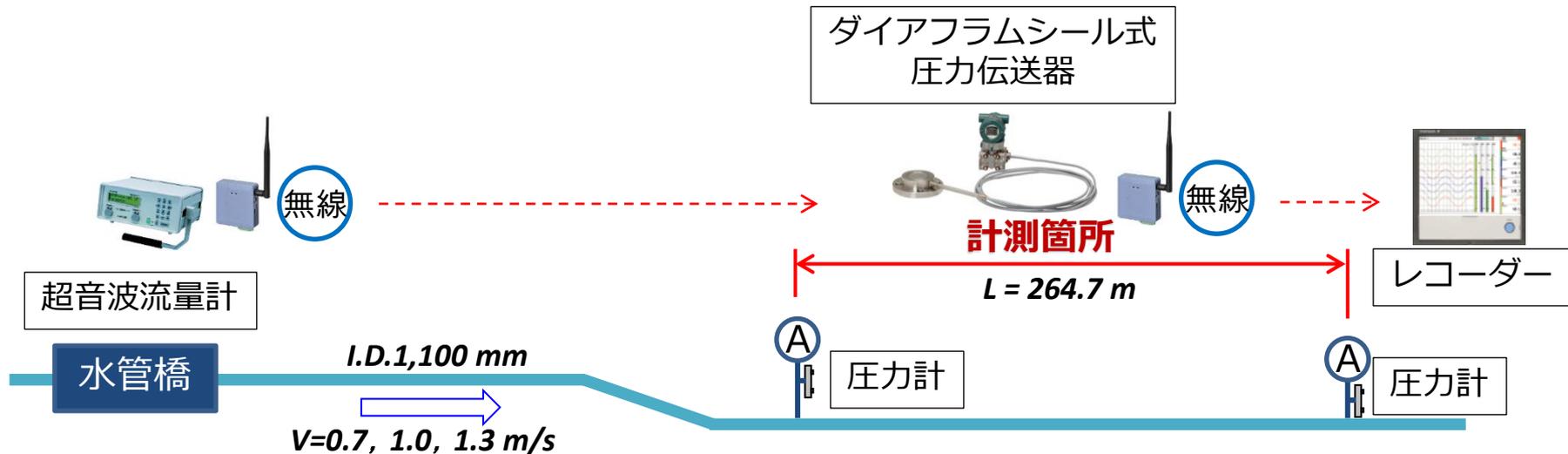
計測区間 : 延長 264.7 m

供用年数 : 2014年 4月~満 5カ年

用途 : 農業用水、上水道 (原水)

(2)試験流速 (3ケース) : 0.7 m/sec , 1.0 m/sec , 1.3 m/sec

調査設備概要



■ 調査設備概要 (写真)



超音波流量計



圧力伝送器



ペーパーレスレコーダー



宮崎大 / 稲垣教授 視察

■ 実管路における流速係数算出結果

- 流速、圧力測定データ（連続300 データ）を平均化
（測定データは2秒ピッチ）
- Hazen-Williamsの式により、流速係数C値を算定

流速 (m/s)	0.663 (≒ 0.7)	0.970 (≒ 1.0)	1.257 (≒ 1.3)
流速係数C値	151	154	154

Chapter 4

実管路における流速係数調査 (無溶剤形エポキシ樹脂)

■ 調査概要

(1)調査管路 愛知県企業庁 豊橋城下線

調査日 : 2020年10月5日～6日

材質 : 水道用塗覆装鋼管 (STW400)

外径×管厚 : 914.4mm ×8mm (呼び径900A)

内面塗装 : 無溶剤形エポキシ樹脂塗装 0.3mm厚

計測区間 : 延長 209m

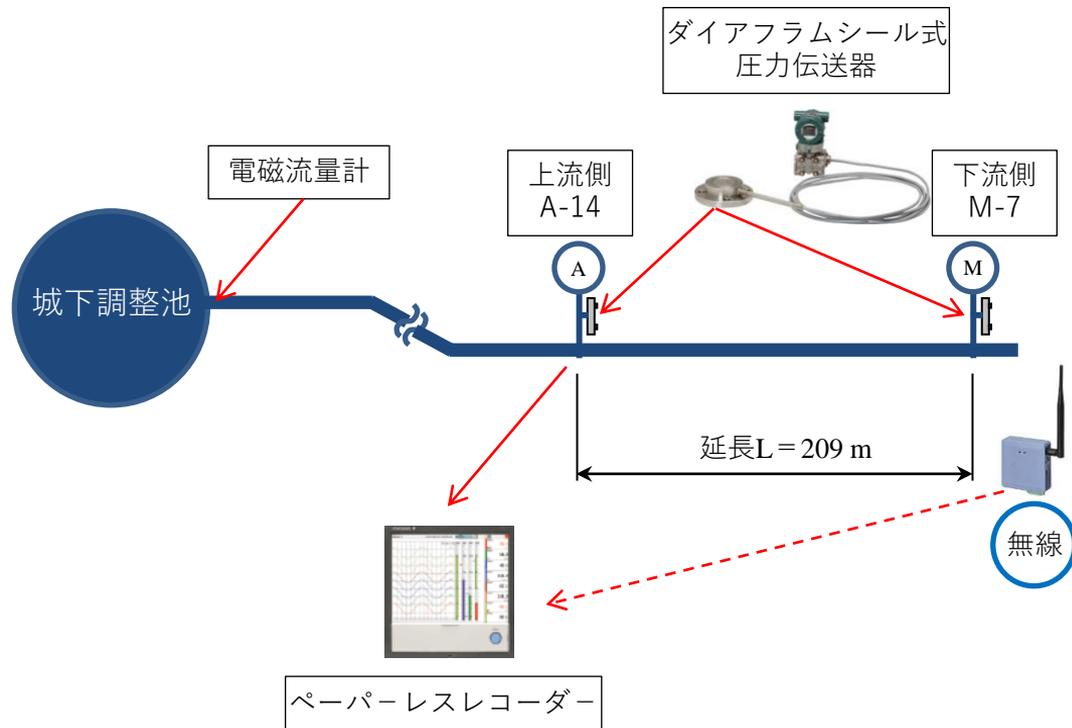
完工年月 : 2019年10月 (2020年11月供用開始)

用途 : 上水道

(2)試験流速 (3ケース) : 0.5 m/sec , 0.7 m/sec , 1.0 m/sec



調査設備概要



■ 調査設備概要 (写真)



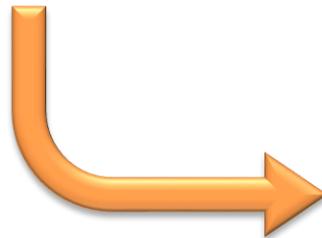
電磁流量計



圧力伝送器



宮崎大 / 稲垣教授 視察



ペーパーレスレコーダー



■ 実管路における流速係数算出結果

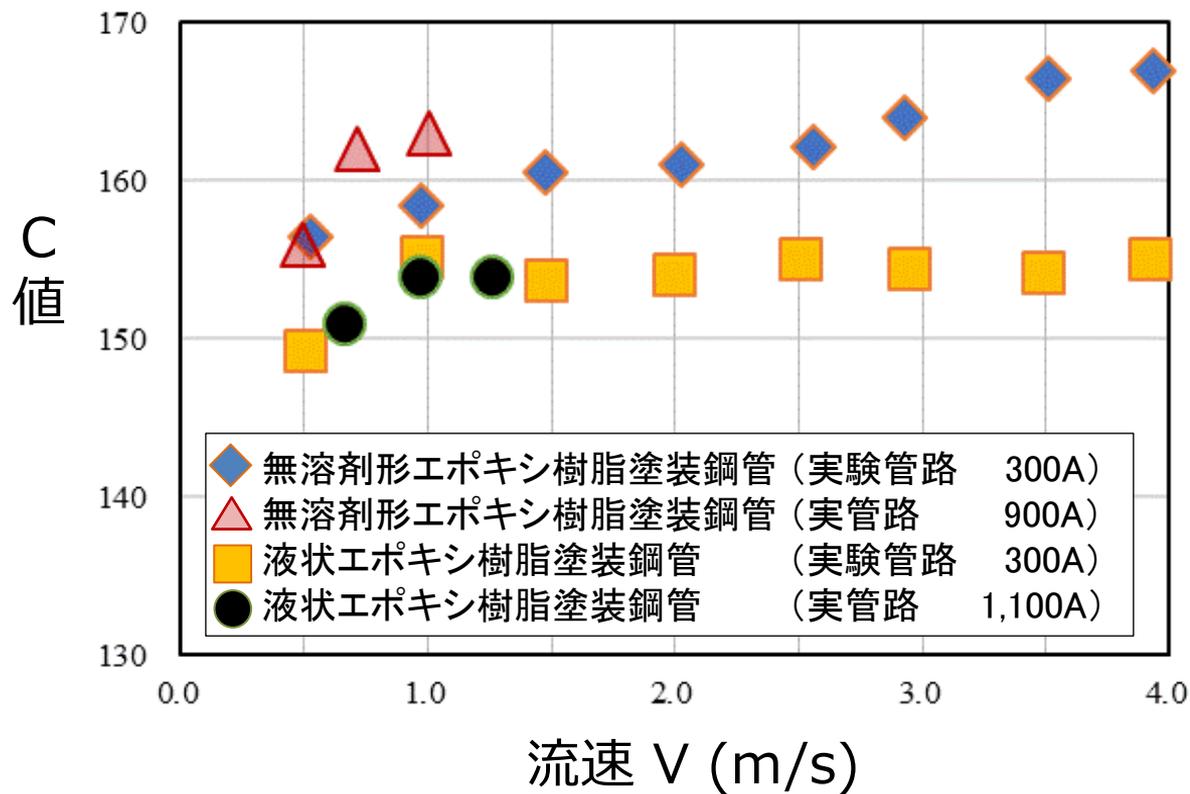
- 流速、圧力測定データ（連続300 データ）を平均化
（測定データは2秒ピッチ）
- Hazen-Williamsの式により，流速係数C値を算定

流速 (m/s)	0.493 (≒ 0.5)	0.716 (≒ 0.7)	1.003 (≒ 1.0)
流速係数C値	158	162	163

Chapter 5

まとめ

■ エポキシ樹脂塗装鋼管の流速係数C値



■ エポキシ樹脂塗装鋼管の流速係数C値

管種 (内面塗装種別)		C値		
		最大値	最小値	平均値
鋼管 (無溶剤形エポキシ 樹脂塗装)	実験管路 300A	167	156	162
	実管路 900A	163	158	161
鋼管 (液状エポキシ 樹脂塗装)	実験管路 300A	155	149	153
	実管路 1,100A	154	151	153

■ まとめ

今回の水理実験及び実管路調査では、液状エポキシ樹脂塗装管の流速係数C値が**149~155**、無溶剤形エポキシ樹脂塗装管の流速係数C値が**156~167**となり、現状示されている塗覆装鋼管の最大値130より大きな値であることを確認した。

今回得られたC値を採用した場合、同じ流量に対して、従来の設計よりも口径を小さくすることができるため、管路の新設および更新時の工事費用の縮減につながるものと期待される。

■ お問い合わせ先

WSP 日本水道鋼管協会
Japan Water Steel Pipe Association

設計・施工委員会

〒102-0074 東京都千代田区九段南4-8-9
(日本水道会館 3階)

TEL (03) 3264-1855(代)

FAX (03) 3264-1856

<http://www.wsp.gr.jp/>

