

水輸送用塗覆装鋼管【STW】

流速係数Cの値について

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

■ 概要

Chapter 1 はじめに

Chapter 2 絶対粗度による推定

Chapter 3 水理実験による流速係数

Chapter 4 実管路における流速係数調査

Chapter 5 まとめ

Chapter 1

はじめに

■ 実験の目的

鋼管内面塗装の流速係数Cの値

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」

水道用液状エポキシ塗装管（鋼）として記載

※タールエポキシ樹脂塗装と同等として扱われている

→ 液状エポキシ樹脂塗装での実測による値ではない

流速係数Cの値

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） ^{注1)}	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 ^{注2)}	160	140	150
ポリエチレン管 ^{注2)}	170	130	150
強化プラスチック複合管 ^{注2)}	160	—	150

流速係数Cの値による口径比較（参考）

Hazen-Williams式 $I = 10.67 C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85}$

【C=130と150の比較】

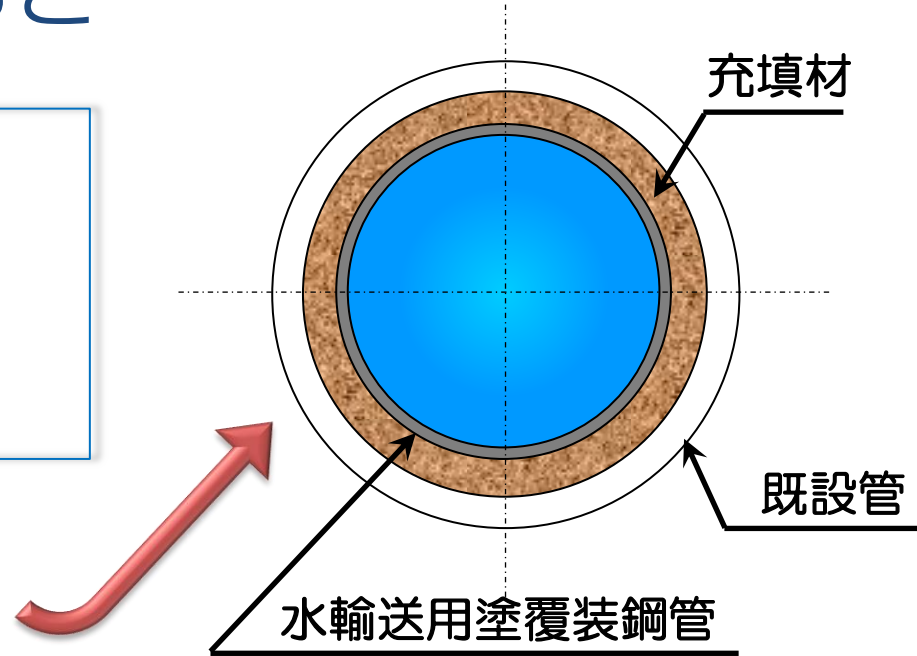
D_{130} (mm)	D_{150} (mm)
845	800
950	900
1,056	1,000
1,161	1,100
1,267	1,200
1,425	1,350
1,584	1,500
1,689	1,600
1,742	1,650
1,901	1,800
2,006	1,900

D_{130} (mm)	D_{150} (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

Cの値が改善されると

- 新設工事費削減
 - 改良工事費削減
- アセットマネジメントに有効

鞘管工法では、必ず縮径
(パイプ・イン・パイプ工法)



水量不足にて対応が厳しいとされる改良工事も可能に

■ 実験の目的

WSP 日本水道鋼管協会

現在多くの採用実績がある

- 液状工ポキシ樹脂塗装管
- 無溶剤形工ポキシ樹脂塗装管

【VOC対策の観点から採用が進んでいる】

2種類の新管における実際の流速係数Cの値 を検証

水理実験は、独立行政法人水資源機構へ業務委託

Chapter 2

絶対粗度

■ 表面粗さ測定



表面粗さ測定機

Mitutoyo

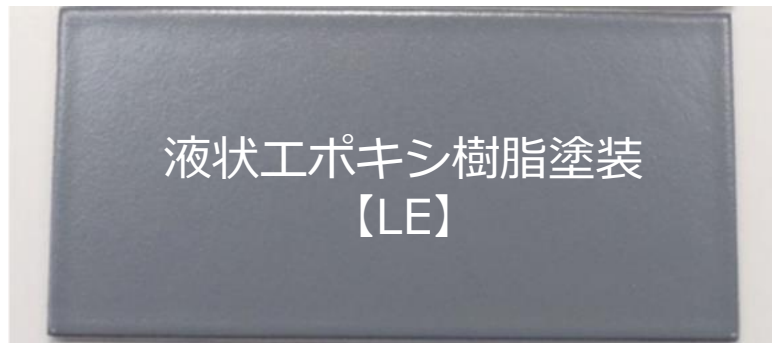
小型表面粗さ測定機

Surftest SJ-210/310シリーズ



駆動部（触針）

■ 絶対粗度 (LE)



絶対粗度 $k = \pi \cdot Ra$
 $= 0.005 \text{ mm}$

「溶剤が揮発する際の影響」

算術平均粗さ Ra 実測値	LE
1	1.930
2	1.401
3	1.583
4	1.545
5	1.627
6	1.288
7	1.741
8	1.793
9	1.533
10	1.488
平均 Ra	1.593 μm

■ 絶対粗度 (NE)



絶対粗度 $k = \pi \cdot Ra$
 $= 0.0003 \text{ mm}$

算術平均粗さ Ra 実測値	NE
1	0.074
2	0.057
3	0.071
4	0.099
5	0.072
6	0.089
7	0.091
8	0.048
9	0.061
10	0.054
平均 Ra	0.072 μm

■ 管の絶対粗度 k

単位：mm

管種	滑らか	平均	粗い
硬質ポリ塩化ビニル管	0.003	0.03	0.06
ポリエチレン管	0.001	0.006	0.01
強化プラスチック複合管	0	0.003	0.04
コンクリート管（良好な仕上げ）	0.1	0.2	0.45
モルタルライニング管	0.15	0.3	0.6
塗装鋼管（全溶接）	0.03	0.06	0.15
溶接鋼管（塗装なし）	0.4	1.5	3
歴青塗装鋳鉄管	0.1	0.13	0.2
鋳鉄管（塗装なし）	0.5	1.5	3

表面粗さ測定より

出典：農水省設計基準「パイプライン」

液状エポキシ樹脂塗装

$$k = 0.005 \text{ mm}$$

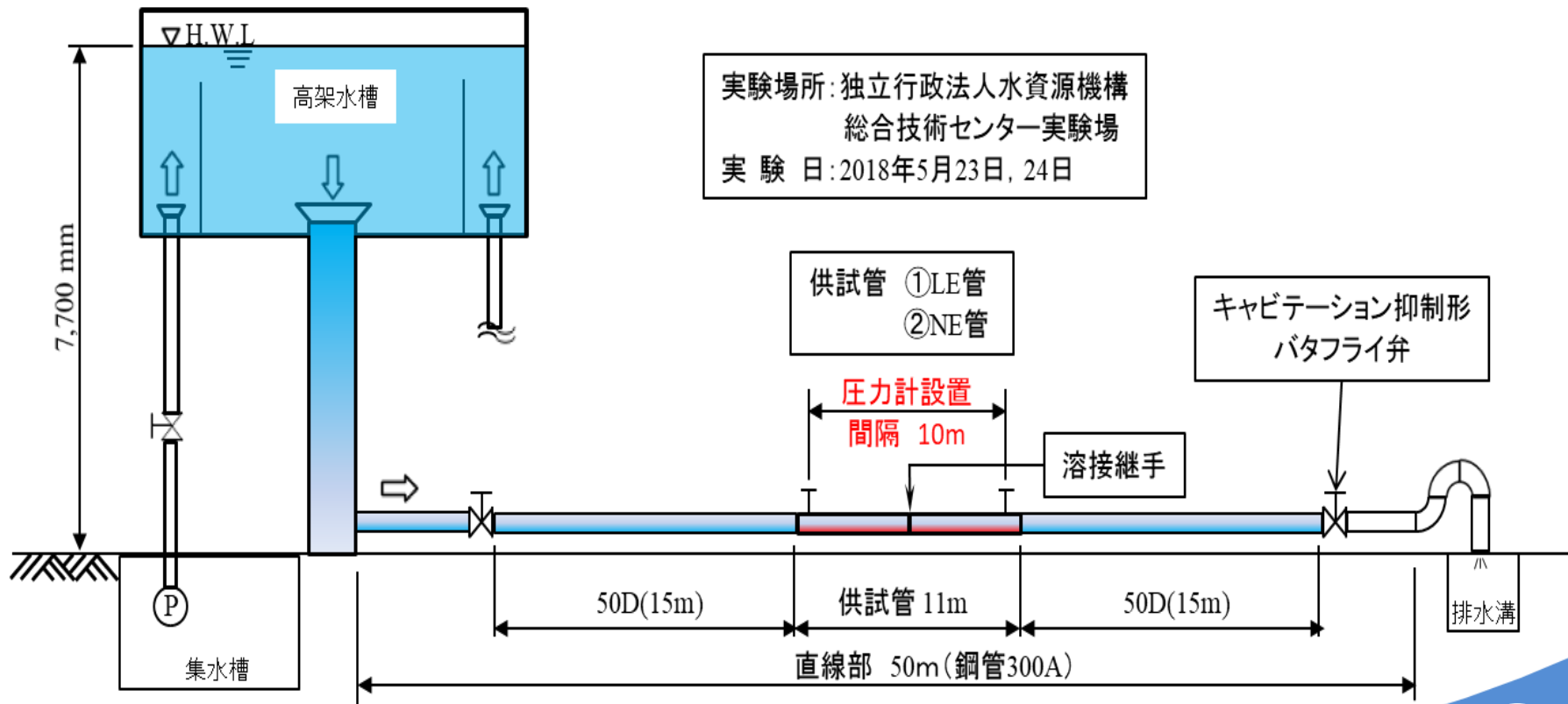
無溶剤形エポキシ樹脂塗装

$$k = 0.0003 \text{ mm}$$

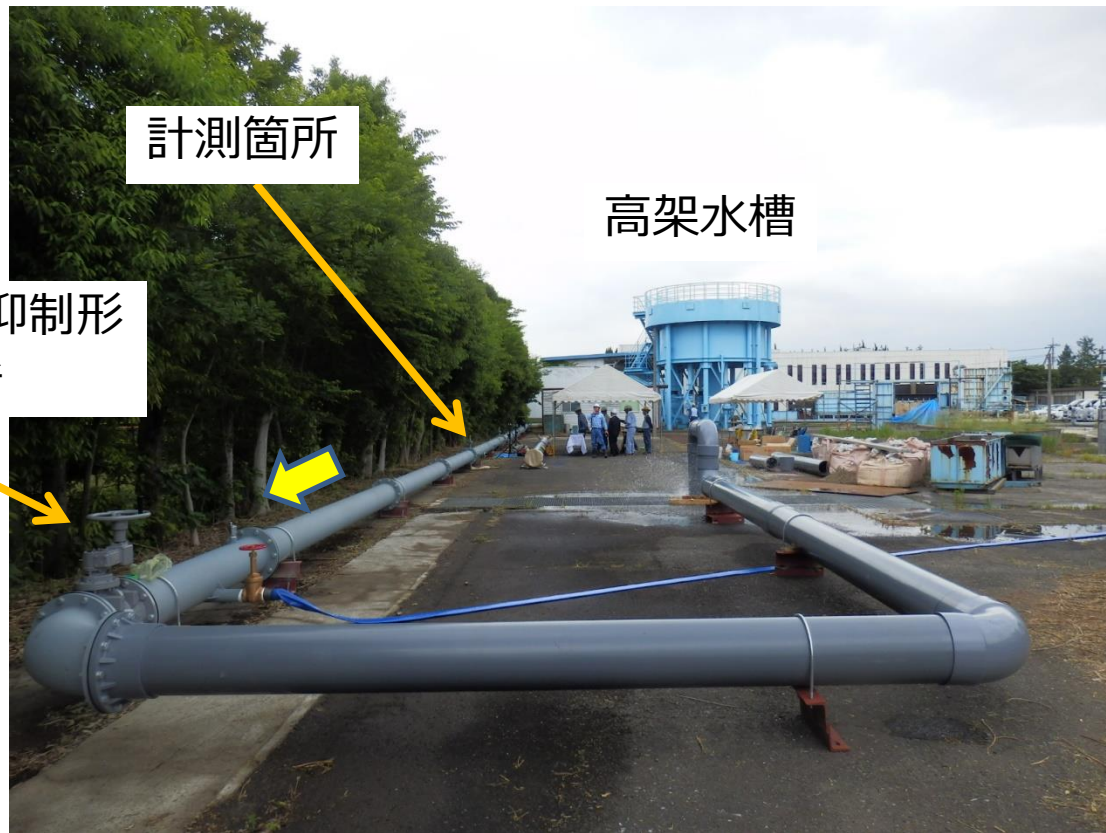
Chapter 3

水理実験による流速係数
(水資源機構 総合技術センター)

実験装置概要



■ 実験装置概要 (写真)



計測箇所

高架水槽

キャビテーション抑制形
バタフライ弁

■ 実験ケース

(1) 供試管 (口径300A) (2種類)

① LE 管：液状工ポキシ樹脂塗装管 (塗膜0.5mm)

② NE 管：無溶剤形工ポキシ樹脂塗装管 (塗膜0.6mm)

※供試管中央部には 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。

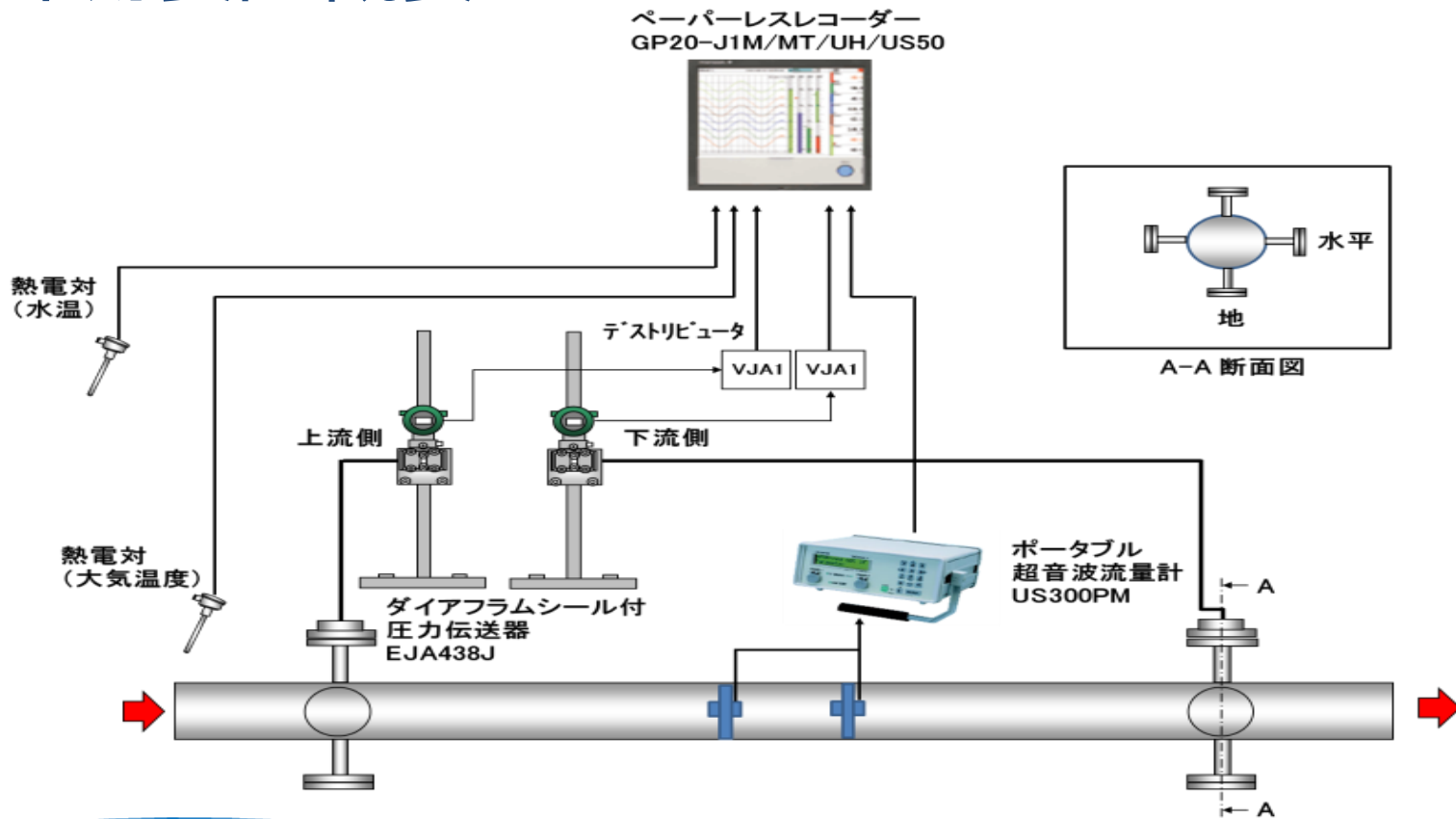
(2) 流速 (8ケース)

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、供試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。

	実験流速 (m/sec)							
300A供試管	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0



計測装置概要



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



圧力伝送器



■ 測定項目

- (1) **差 圧** : 供試管の上・下流部の2箇所 に圧力伝送器 (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供試管 実内径を計測

■ 流速係数Cの値の算出方法（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

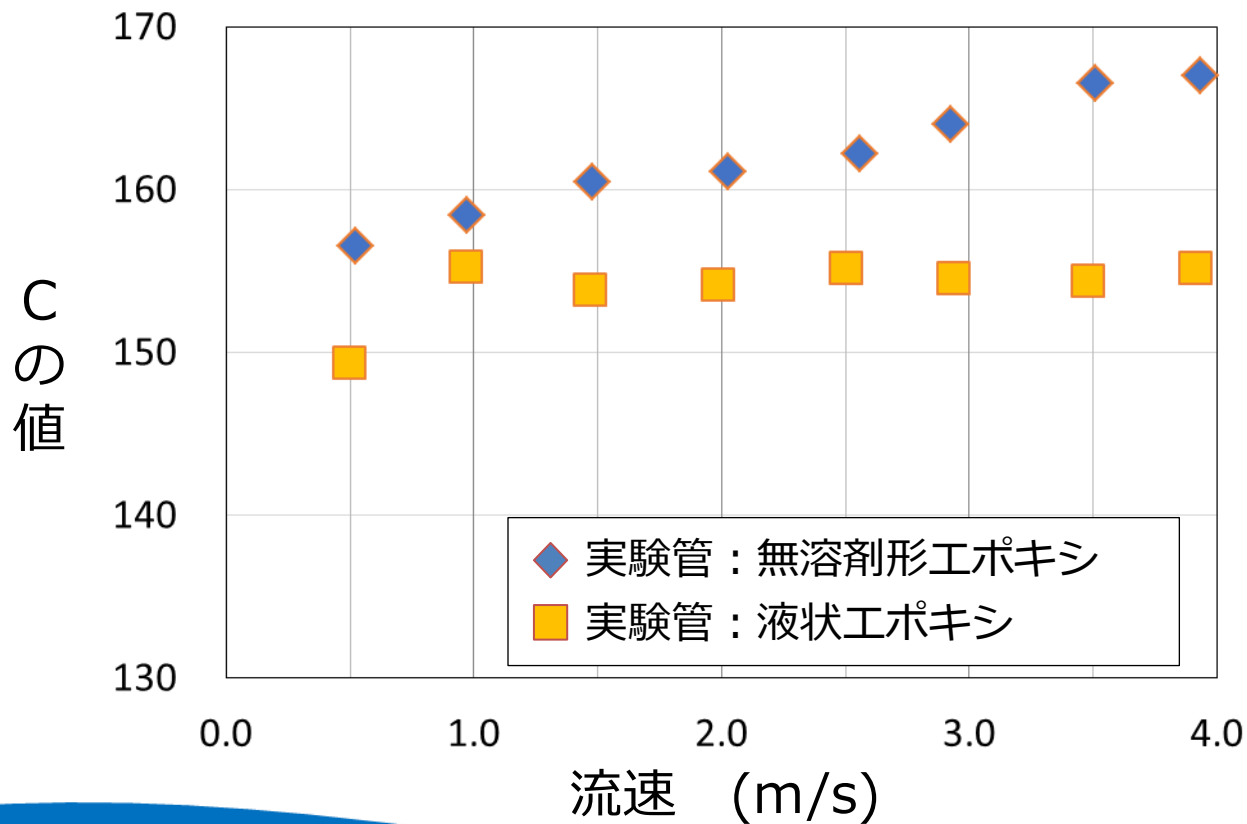
※ I = (上流圧力－下流圧力) / (圧力計設置間隔)
〔圧力 9.8 kPa = 1.0m に換算〕



計算結果

実験流速 (m/s)		0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	平均	最大	最小
NE管	流速 (m/s)	0.525	0.971	1.478	2.029	2.559	2.926	3.511	3.931	-	-	-
	流速係数 Cの値	156.5	158.4	160.5	161.1	162.2	164.0	166.5	167.0	162.0	167.0	156.5
LE管	流速 (m/s)	0.502	0.972	1.476	1.993	2.505	2.941	3.483	3.917	-	-	-
	流速係数 Cの値	149.3	155.2	153.8	154.1	155.1	154.5	154.3	155.1	153.9	155.2	149.3

■ 水理実験による流速係数Cの値



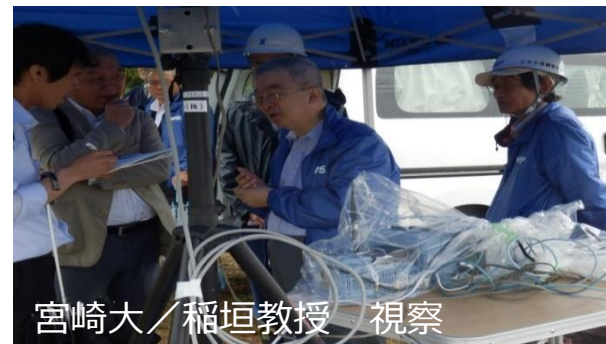
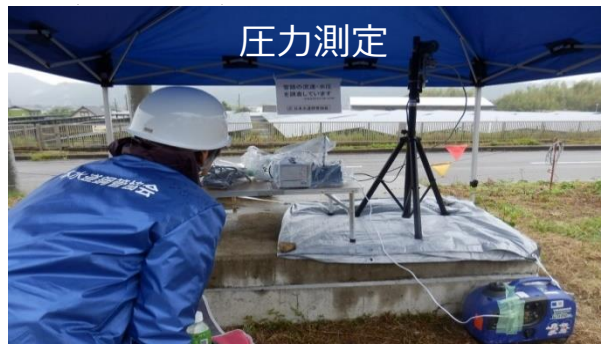
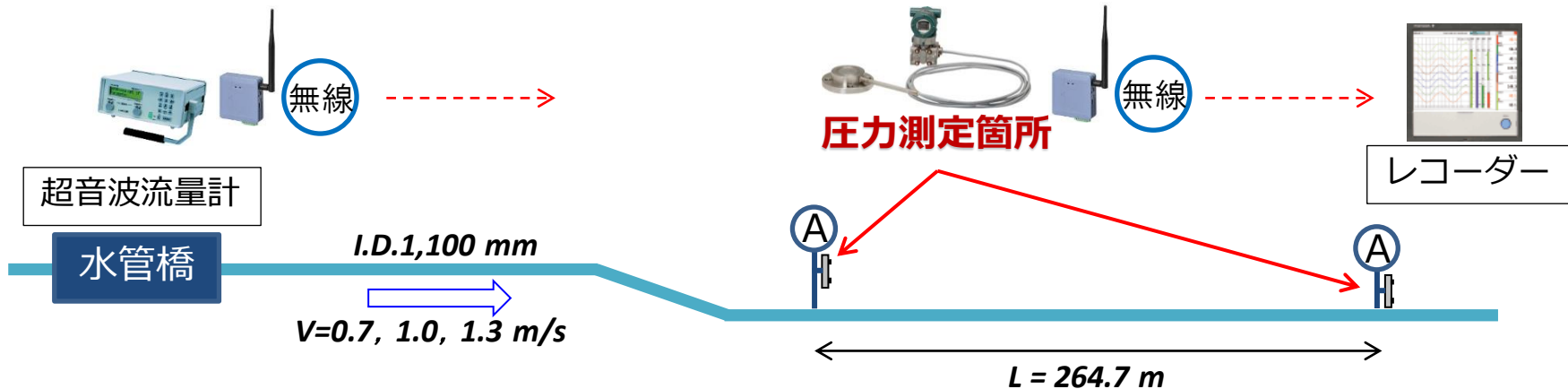
Chapter 4

実管路における流速係数調査 (水資源機構 木曾川右岸地区 左岸幹線水路)

水資源機構 木曽川右岸地区 左岸幹線水路 (令和元年5月27~29日)

- ・ 調査管路 材 質 : 水道用塗覆装鋼管 (STW400)
 外径×管厚 : 1,112mm ×6mm (I.D.1,100mm)
 内面塗装 : 液状エポキシ樹脂塗装 0.5mm厚
 計測区間 : 延長 264.7 m
 供用年数 : 2014年 4月~満 5カ年 (農水+上水)
 試験流速 : 0.7~1.3 m/sec で 3パターン

調査設備の概要



■ 実管路における流速係数調査結果

- 流速、圧力測定データ（連続900 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

流速 (m/s)	0.663	0.970	1.257
流速係数Cの値	151	154	154

実管路における流速係数調査

(愛知県企業庁 豊橋城下線)
無溶剤形工ポキシ樹脂塗装

(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

内面塗装 : 無溶剤形工ポキシ樹脂塗装 0.3mm厚

計測区間 : 延長 209m

完工年月 : 令和元年10月

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



調査設備の概要



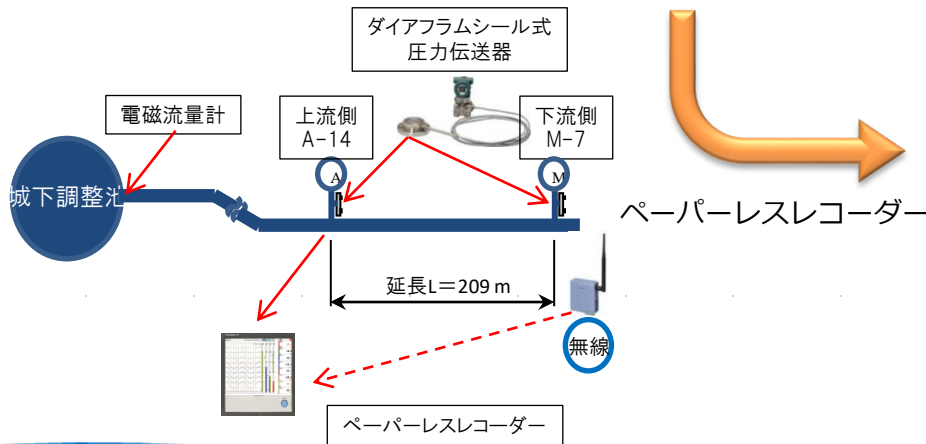
電磁流量計



圧力伝送器



宮崎大 / 稲垣教授 視察





実管路における流速係数調査結果

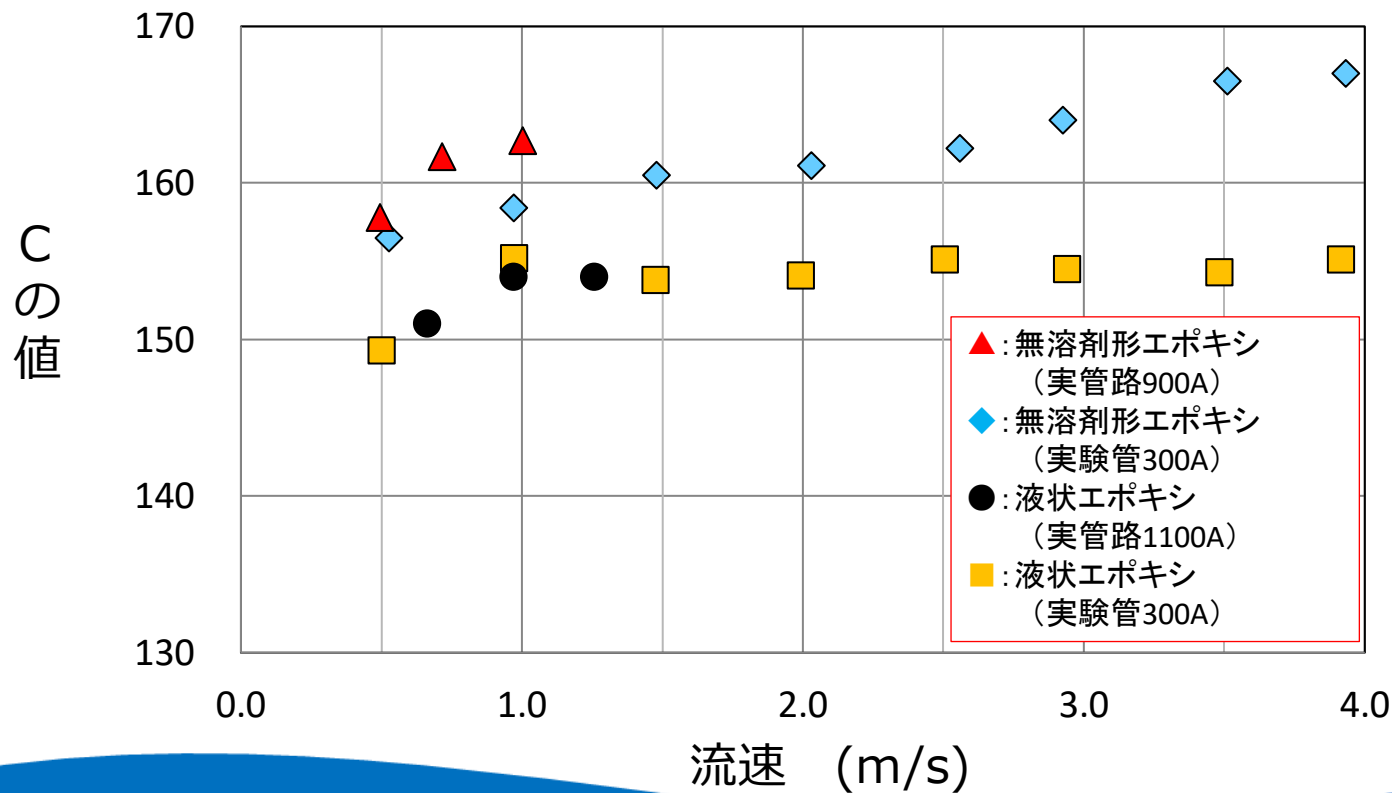
- 流速（連続10 データ、測定データは1分ピッチ）、
圧力（連続300 データ、測定データは2秒ピッチ）
を平均化

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

Chapter 5

まとめ

■ エポキシ樹脂塗装鋼管の流速係数Cの値



■ エポキシ樹脂塗装鋼管の流速係数Cの値

管（内面の状態）		流速係数Cの値		
		最大値	最小値	平均値
液状エポキシ 樹脂塗装管	実験管	155	149	153
	実管路	154	151	153
無溶剤形エポキシ 樹脂塗装管	実験管	167	156	162
	実管路	163	158	161