

絶対粗度による鋼管の流速係数の推定方法

Method of estimating the flow velocity coefficient of the steel pipe by absolute roughness

○藪口 貴啓 笠原 一朗 庵崎 高志 前田 真吾

Takahiro Yabuguchi, Ichiro Kasahara, Takashi Anzaki and Shingo Maeda.

1. はじめに

日本水道鋼管協会（WSP）は、昭和 42 年の発足以来、水輸送用塗覆装鋼管（JIS G 3443）に関わる調査・研究・技術開発に取り組んできた。これら調査・研究の中には、農林水産省からの依頼で土地改良計画設計基準に係る鋼管の水理設計に関する技術検討も含まれており、主として流速係数に関する実験を行ってきた。

現在、鋼管の内面塗装は、液状エポキシ樹脂塗装が主流となっているが、その流速係数は水理データが不十分なことから、旧来のタールエポキシ樹脂塗装と同等として扱われている。

このような状況に鑑み、本稿では、新たな塗覆装材料に対する流速係数の算出方法として、絶対粗度による方法を提案し、その適用性を水理実験の結果と比較・検証した。

2. 絶対粗度による流速係数の推定方法

圧損計算に用いる絶対粗度（粗さ曲線の平均振幅） k は、算術平均粗さ Ra （JIS B 0601）と次のような関係となる。

$$k = \pi \cdot Ra \quad \dots \dots \dots \text{式 (1)}$$

ここで、算術平均粗さ Ra は、触針式表面粗さ測定機にて簡易に計測することができる（写真 1 参照）。



写真 1 触針式表面粗さ測定機例
photo1 Contact instruments Example

式 (1) により算出した絶対粗度 k とレイノルズ数 Re 等から、乱流の一般式である Colebrook-White の式により摩擦係数 f を収束計算にて算出する。

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1.14 - 2.0 \log \left(\frac{k}{D} + \frac{9.35}{Re \sqrt{f}} \right) \quad \dots \dots \dots \text{式 (2)}$$

流速係数 C の値の算出は、式 (2) 等により算出した摩擦係数 f および管内径 D (m) と流速 V (m/s) から、Hazen-Williams の式により算定できる。

$$C = \left(\frac{133.7}{f \cdot D^{0.167} \cdot V^{0.148}} \right)^{1/1.85} \quad \dots \dots \dots \text{式 (3)}$$

以上のように、管内面の粗度計測をすることで、式(1)～(3)により流速係数 C の値を簡易に推定することができる。

なお、絶対粗度が小さく滑らかな円管では式(2)に代わり、Nikuradse の式が有効と考えられる。

所属：日本水道鋼管協会，Japan Water Steel Pipe Association

キーワード：流速係数，絶対粗度，液状エポキシ樹脂塗装

3. 液状エポキシ樹脂塗装の流速係数の算出

絶対粗度による液状エポキシ樹脂塗装の流速係数 C の値を算出するため、試験片の算術平均粗さ Ra を 10 箇所計測した。計測には、触針式表面粗さ測定機(株)ミツトヨ製 SJ-210)を使用した。計測の結果、算術平均粗さ Ra は、 $1.593\mu\text{m}$ (10 箇所の平均)であった。これにより、液状エポキシ樹脂塗装の絶対粗度 k は、 $k = \pi \cdot Ra = 0.005\text{mm}$ となる。

この絶対粗度を評価するため、同種鋼管による水理実験で得られた流速係数と比較することとした。水理実験は、平成 30 年度に(独)水資源機構総合技術センターで実施した流速係数 C の値の確認実験結果(既報：呼び径 300A)¹⁾を用いた。

表 1 絶対粗度による液状エポキシ樹脂塗装の流速係数
Table 1 Flow velocity coefficient of liquid epoxy resin coating by absolute roughness

絶対粗度 k mm	0.005							
流速 V m/s	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
レイノルズ数 Re	139,209	278,417	417,626	556,835	696,043	835,252	974,461	1,113,670
摩擦係数 f	0.01692	0.01484	0.01381	0.01316	0.01270	0.01234	0.01206	0.01182
流速係数 C	150.5	152.9	153.8	154.3	154.6	154.7	154.7	154.7

図 1 に絶対粗度から算出した流速係数 C の値と水理実験による流速係数 C の値をそれぞれ示す。液状エポキシ樹脂塗装の流速係数 C の値は、絶対粗度によるものが 150~155、試験施設の実験によるものが 149~155 となり、非常によく一致した結果を得られた。

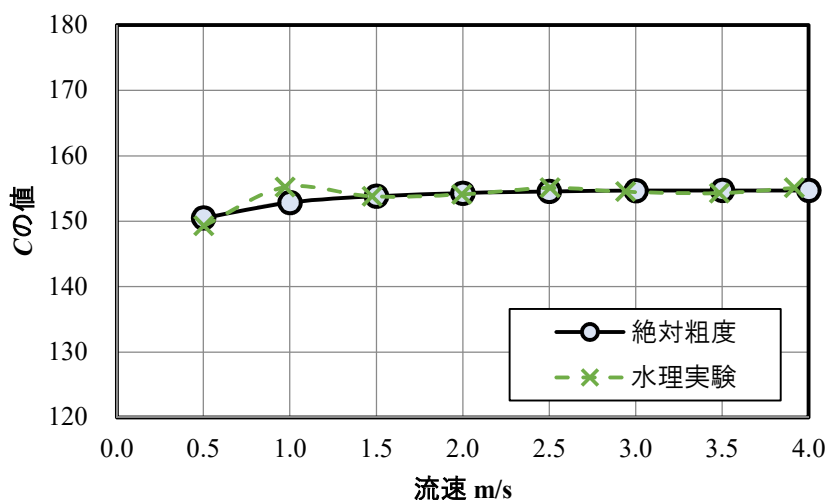


図 1 流速と流速係数の関係

Figure 1 Relationship between flow velocity and flow velocity coefficient

4. まとめ

絶対粗度から推定した流速係数 C の値は、実際の水理実験から求めた流速係数の値と極めて近似していることが確認された。今後も開発が期待される新たな塗覆装材料や新素材に対して絶対粗度から流速係数を推定する方法は、簡便で経済的にも極めて有効な方法と考えられる。

引用文献

1) 日本水道鋼管協会 (2018) : 鋼管内面塗装の流速係数確認実験, 農業農村工学会関東支部要旨