

表面粗さ測定に基づくコンクリートの粗度係数評価に関する一考察

鹿島建設(株) 正会員 ○澁谷智弘 関 健吾 高柳達徳

1. はじめに

水路を設計する際、通水性能を評価する指標の一つである摩擦損失係数は、水理条件によってその値が変化してしまう。それに対し、マンシングの粗度係数は水理条件による変化が小さく、実用的な指標であることから、通水性能の評価手法として一般的に用いられる。一方で、粗度係数の測定方法は規準化されておらず、現地水路もしくは水理模型実験により求めることが多い。そのため、粗度係数の評価には手順と労力を要し、新たな水路用材料の性能評価を行うのが容易でないという課題があった。そこで、本研究では、粗度係数に影響を及ぼすと思われる材料の表面性状に着目し、簡易な測定によって水路用材料の粗度係数を推定する手法について検討した。また、この手法を用いて水路用材料に適していると考えられる2種類の高強度コンクリートの粗度係数を予測・評価した。

2. 検討概要

2.1 検討フロー

本研究における検討フローを図-1に示す。まず、粗度係数が既知の各種材料(表-1^{2)~4)}を対象に、JIS B 0601に示される表面性状パラメータ(Rz, RzJIS, Ra:単位はいずれも μm)を測定した。それぞれのパラメータが意味する材料の表面性状に着目すると、Rzは最大高さ粗さであり、基準長さの粗さ曲線のうち最大山高さと最大谷深さの和を示すことから、測定対象の最も大きい凹凸の程度を示す指標と考えられる。RzJISは十点平均粗さであり、粗さ曲線において最大高さから5番目までの山高さ平均と、最大深さから5番目までの谷深さ平均の和を示す。このことから、凹凸の程度が大きい箇所の特徴は捉えやすいものの、凹凸の程度が小さい箇所の表面性状は捉えにくいものと考えられる。Raは算術平均粗さであり、基準長さ中の山および谷の絶対値の平均を示すことから、凹凸の程度が大きい箇所から小さい箇所まで、粗度係数に影響を及ぼす流路面の凹凸状態を精度良く表現できる指標であると考えられる。

次に、測定した表面性状パラメータと各種材料の粗度係数の関係を整理し、両者の相関関係を得ることで表面性状パラメータから粗度係数を簡易的に推定する手法を検討した。

最後に、水路用材料に適していると考えられる2種類の高強度コンクリートについて簡易手法を適用し、各材料の粗度係数を予測するとともに、その値について評価した。

2.2 表面粗さ測定器

本研究で用いた表面粗さ測定器⁵⁾を図-2に示す。検出長さ(X軸)16mm、検出高さ(Z軸)360 μm 、最小分解能0.002 μm であり、当該機器を用いて各材料に対して5箇所測定を行い、Rz, RzJIS, Raそれぞれの平均値を測定結果とした。

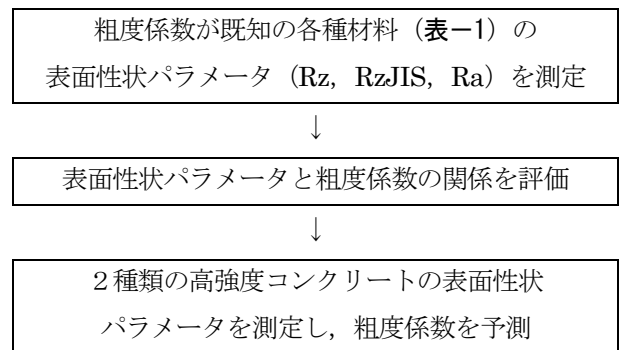


図-1 検討フロー

表-1 対象とした粗度係数が既知の材料

No	材料	粗度係数
1	アクリル板	0.009 ²⁾
2	レジンコンクリート	0.010 ³⁾
3	プレキャスト コンクリート製品	0.013 ⁴⁾
4	現場打ちコンクリート (金ごて仕上げ)	0.015 ⁴⁾



図-2 表面粗さ測定器(メーカーHP⁵⁾より)

キーワード 粗度係数, 表面性状パラメータ, 表面粗さ, コンクリート, 水路, 炭酸化

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL. 042-485-1111

3. 測定結果および考察

3.1 表面性状パラメータと粗度係数の関係

各材料にて測定した表面性状パラメータと粗度係数の関係を図-3に示す。図より、いずれの表面性状パラメータも粗度係数と良好な相関関係にあることが分かる。それぞれのパラメータの中で比較すると、 $Rz < RzJIS < Ra$ の順に相関関係がより強くなる結果であった。粗度係数は水路を流れる水流から得る指標であるため、 Rz および $RzJIS$ では前述のとおり、粗度係数に影響を及ぼす凹凸状態を十分に表現しきれなかった可能性がある。一方、 Ra は前述のとおり流路面の凹凸状態をより精度良く表現できる指標であると考えられ、試験結果からもその整合性が確認された。

3.2 高強度コンクリートの表面性状および粗度係数

水路材に適していると考えられる2種類の高強度コンクリートで製作したプレキャストパネルの粗度係数を評価するため、2種の高強度コンクリートについて、表面性状パラメータを測定した。粗度係数の評価は、パネル製作時の型枠とした。測定結果を表-2に示す。超高強度繊維補強コンクリート（以下、Sコンクリート）は、高耐久長寿命炭酸化コンクリート（以下、Eコンクリート）と比較していずれの表面性状パラメータも小さい値であり、より平滑な表面性状であるといえる。次に、図-3で得られた Ra の近似式をもとに予測した各コンクリートの粗度係数を図-4に示す。SコンクリートおよびEコンクリートの粗度係数の予測値はそれぞれ0.0089および0.0094であり、アクリル板もしくはレジンコンクリートと同等の値である。このことから、これら高強度コンクリートを水路用材料として使用することで、水路の耐久性を確保しつつ、流路設計の合理化に繋がる可能性が示された。なお、粗度係数が現場打ちコンクリートの0.015から0.009に改善されたとすると、マンニングの公式より、同一断面での通水量は1.67倍となる。

4. まとめ

測定に労を要する粗度係数を予測する方法の一つとして、表面性状パラメータに着目した検討を行った。その結果、粗度係数を精度良く表現できる指標として、算術平均粗さ（ Ra ）が有効である可能性が示された。また、本研究により得た近似式から超高強度繊維補強コンクリートと高耐久長寿命炭酸化コンクリートの粗度係数を予測したところ、アクリル板やレジンコンクリートと同等の粗度係数を有し、水路用材料として、流量の確保に有効な材料であることが示された。

参考文献

- 1) 中矢ほか; 農業用水路補修材の粗度係数測定法と補修効果の予測, 農業農村工学会全国大会講演, pp. 166-167, 2007.
- 2) 齋藤ほか; 狭小水路における鋼矢板護岸の粗度係数について, 神戸大学都市安全研究センター研究報告, 第10号, p. 88, 平成18年3月.
- 3) 麻生商事(株); 高耐久性埋設型枠レジンコンクリートパネルASフォーム (https://nm-techinfo.jp/NNTD/files/0264/0264_1301.pdf).
- 4) 国土交通省; 構内舗装・排水設計基準の資料 (平成27年制定), p. 18.
- 5) メーカーHP; <https://www.mitutoyo.co.jp/useful/catalog-13-51/html5.html#page=541>.
- 6) 渡邊ほか; 超高強度繊維補強コンクリート「サクセム」の耐久性と最近の適用事例, 鹿島技術研究所年報, 第58号, pp. 177-184, 2010. 9.
- 7) 取違ほか; 長寿命化コンクリート「EIEN」, 鹿島技術研究所年報, 第55号, pp. 65-70, 2007. 9.

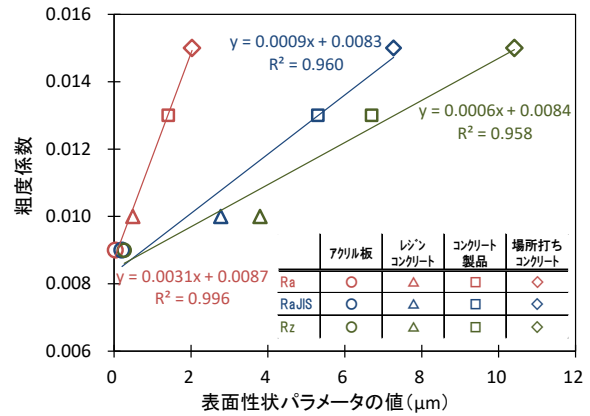


図-3 表面性状パラメータと粗度係数の関係

表-2 高強度コンクリートの表面性状測定結果 (μm)

種類	略称	Rz	RzJIS	Ra
超高強度繊維補強コンクリート ⑥	S コンクリート	0.375	0.271	0.058
高耐久長寿命炭酸化コンクリート ⑦	E コンクリート	1.504	0.940	0.224

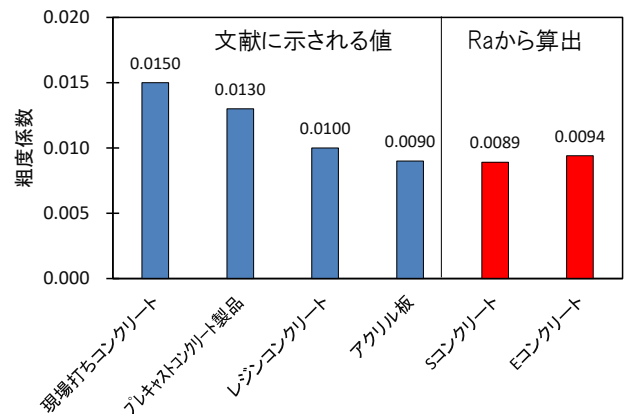


図-4 高強度コンクリートの粗度係数の予測値