

空気吸収減衰が空中超音波粗さ測定に与える影響

Evaluation of attenuation of ultrasonic during propagation the air to measure concrete surface roughness by the aerial ultrasonic sensor

○長岡 誠也*, 岡島 賢治*, 石黒 覚*, 伊藤 良栄*, 渡部 健**, 伊藤 哲***

NAGAOKA Seiya, OKAJIMA Kenji, ISHIGURO Satoru, ITO Ryoei, WATANABE Ken, ITO Tetsu

1 はじめに

農業用水路では摩耗劣化が主な補修要因として挙げられる。水路の特徴として延長距離が長いこと、照査において簡易・面的・安価な測定法が不可欠であると考えられる。そこで、長岡ら(2014)が簡易で面的な測定が可能な空中超音波測定を提案した。これまでの研究では農業用水路コンクリート表面の粗さを測定するための基礎研究と位置付け、粗さ面測定への適用、測定範囲、センサ法線と測定面のなす角が及ぼす影響、最適なセンサ素子数の決定を行った。しかし、測定現場を想定した場合、環境的な問題が生じることが想定される。長岡ら(2016)は、風速による測定結果への影響を明らかにした。空中超音波は空気中で吸収減衰を起し、減衰の傾向は温度・湿度・大気圧に依存することが知られている。しかし、ISO9613-1に規定されている周波数が50Hz~10kHzで、本研究で用いた42kHzは範囲外となる。そこで、空気吸収減衰による空中超音波粗さ測定結果に及ぼす影響を実験し、適切な補正方法の検討を本研究の目的とした。

2 空中超音波センサと測定面

センサには、LV-EZ1(MaxBotix.inc)を使用した。ホーンを装着することにより、超音波の広がりを制限し、測定範囲を明確にしている。測定面は遅延剤を用い、人工的に表面を洗い出した摩耗模型コンクリートパネルを2枚用いた。

最大粒径20mm、使用した骨材は碎石で、寸法は700×700×50mmである。算術平均粗さは0.04mmと1.02mmである(以後、0.04mmを滑面、1.02mmを粗面と呼ぶ。)

3 空気吸収減衰について

空気吸収減衰はISO9613-1により規格化されている。超音波の音圧は式(1)より距離に対して指数関数に減衰をする。減衰は減衰係数 m (1/m)で決定される。減衰係数 m は式(2)、(3)に示すように、3つの減衰係数の和となっている。減衰係数は“温度、湿度、大気圧”および周波数の関数となっている。

$$I = I_0 \exp(-ms) \quad (1)$$

$$\alpha = \alpha_{cl} + \alpha_{rot} + \alpha_{vib} \quad (2)$$

$$m = \frac{\alpha}{20 \log_{10} e} \quad (3)$$

ここで、 I_0 : 補正值 mV, I : 実測値 mV, m : 減衰係数 1/m, s : 伝播距離 m, α : 減衰係数 dB/m, α_{cl} : 古典減衰係数 dB/m, α_{rot} : 回転緩和減衰係 dB/m, α_{vib} : 振動緩和減衰係数 dB/m

4 実験概要と検討項目

温度・湿度・大気圧以外の環境条件を排除するために、測定は屋内で行った。センサカバー面と測定面の距離を1000mmとし、測定面に対して垂直方向に設置した。空中超音波の最大触れ幅 mV をオシロスコープで取得し、20回平均の値を用いた。空中超音波測定に並行して、温

*三重大学大学院生物資源学研究科 Graduate school of Bioresources, Mie University

**丸栄コンクリート工業株式会社 Maruei concrete industry Co., Ltd.

***株式会社クロスアビリティ X-ability Co., Ltd.

摩耗劣化, 空中超音波, 空気吸収減衰

度・湿度・大気圧を取得した。湿度と大気圧は測定をして補正式に使用しているが、影響が少ないため議論を行わない。温度による影響が大きいため、温度に着目をして、議論を行った。

まず、様々な環境条件下で最大振幅を取得し、ISO9613-1 に基づいた補正式を適用し補正を行った。次に、滑面と粗面の増減率と温度の関係を検討し、増減率と温度の関係式による減衰補正案を提案した。

3 ISO9613-1 による減衰補正

空中超音波測定によって得られた最大振幅を実測値、補正式によって得られた値を補正值とした。実測値は Figure1 が示すように、温度の増加に伴い、最大振幅が小さくなっていることが確認できた。補正值は Figure1 が示すように、実測値と比べて近似直線の傾きが小さくなっていることから、空気吸収減衰による影響が小さくなったことが確認できた。

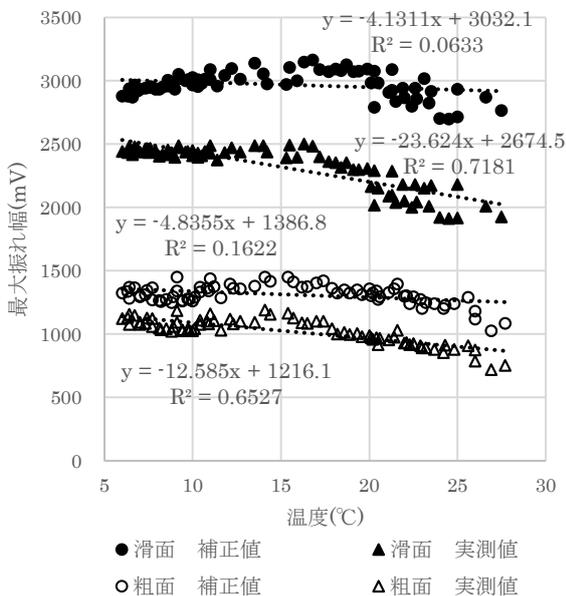


Figure 1 最大振幅と温度の関係

The relationship between the peak to peak value and temperature

4 増減率と温度の関係式による減衰補正案

本研究では 20°C を基準温度として、20 ± 0.5°C の時の最大振幅 3 つの平均値を、基準温

度の最大振幅とした。増減率とは実測値に対する基準温度の最大振幅の割合である。

$$[\text{増減率}] = \frac{[\text{実測値}]}{[\text{基準温度の最大振幅}]} \quad (4)$$

滑面と粗面の増減率を Figure2 に示す。温度による滑面と粗面の増減率はほぼ一致していることが確認できた。そこで、15°C を境界として増減率の傾向が大きく変化することから、温度条件を 2 つに分けて式を求めた。増減率 r と温度 t の関係式を以下に示す。

$$r = 0.0013t + 1.1393 \quad (6 \leq t < 15) \quad (5)$$

$$r = -0.027t + 1.591 \quad (15 \leq t \leq 25) \quad (6)$$

ここで、 r : 増減率, t : 温度(°C)

式(5)および式(6)を用いることで、温度 t から増減率 r を求める。次に、現場で得られた実測値を増減率で割ることで、基準温度の最大振幅へ補正することができる。

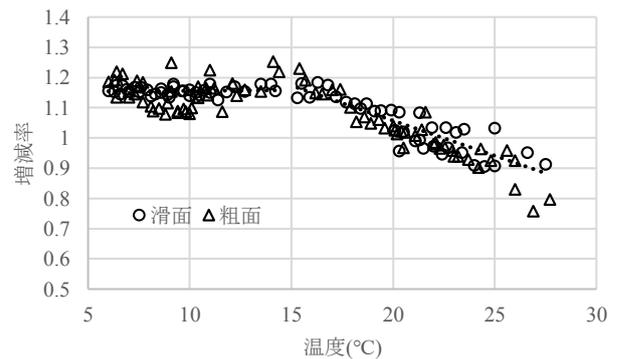


Figure 2 増減率と温度の関係

The relationship between the rate of increase or decrease

まとめ

- ・ ISO9613-1 より 42kHz の超音波の空気吸収減衰の影響を補正することができた。
- ・ 増減率と温度の関係式を用いて基準温度の最大振幅への補正案が示された。

謝辞: 本研究は平成 26 年度官民連携新技術研究開発事業により補助をいただきました。

参考文献

- 1) 長岡ら(2014): 空中超音波を用いたコンクリート面の粗さ測定, 農業農村工学会全国大会講演要旨集, pp.669-669