

空中超音波によるコンクリート表面粗さ測定の送信・受信素子数による比較検討
Comparison of transmitter and receiver types in measurement of the concrete surface roughness by the aerial ultrasonic sensor.

○長岡 誠也, 岡島 賢治, 石黒 覚, 小古 貴晃

NAGAOKA Seiya, OKAJIMA Kenji, ISHIGURO Satoru, KOFURU Takaaki

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、照査において簡易で・面的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。空中超音波は粗さ面に対して波が乱反射し、最大触れ幅が減衰する特徴を有する。これまでの研究では空中超音波センサにT/R40-16(2つ眼)を用いて、基礎的な研究を行った。しかし、送信・受信素子の数は一般的に2種類あり、送信と受信の素子が分離したタイプ(以後2つ眼とする)と、送信と受信の素子が一体となったタイプ(以後1つ眼とする)が存在する。センサの小型化などを意識すると、1つ眼の使用も視野に入れる必要がある。本研究では空中超音波によるコンクリート表面粗さ測定の送信・受信素子数による比較検討を目的とした。

2 本研究で用いた空中超音波センサ

図1, 2に本研究で用いたセンサを示す。周波数は測定距離に0.5~2.0mの確保が必要であるため、空中での減衰の少ない40kHz程度を採用した。センサカバーの有無はセンサ使用時に濡れない事を制限し、感度の良い開放型を採用した。以上を考慮し、2つ眼, 1つ眼のセンサを選定した。



T/R40-16(日本セラミック(株))

図1 2つ眼



LV-Maxsonar-EZ1(Maxbotic 社)

図2 1つ眼

3 実験概要と実験結果

すべての実験で測定距離は1mから測定面に空中超音波を照射し、オシロスコープにより反射波の最大触れ幅(mv)・波形を取得した。最大触れ幅は15回平均の値を用いた。測定距離はセンサ面から法線方向の距離と定義した。

3.1 ①粗さ面測定への適用

2つ眼, 1つ眼それぞれのセンサについて三重大学校内のコンクリート面で算術平均粗さ0, 0.4, 0.7mm程度を測定面として選定した。センサ法線と測定面は垂直とし、最大触れ幅を測定する実験を行った。

図3より1つ眼, 2つ眼は粗さ面に対して、同程度の減衰を示した。したがって、粗さ面への適用は同程度であると考えられる。今後、1つ眼での最大触れ幅と算術平均粗さの関係式を明らかにする必要がある。

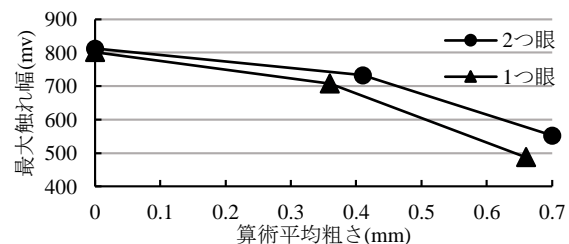


図3 粗さ面測定への適用

3.2 ②センサ測定範囲

測定面は滑面を選定し、粒径2mmの砂利をセンサ直下から同心円状に直径を広げる実験を行った。センサ法線と測定面は垂直とした。測定範囲内で最大触れ幅の減衰量に対するその範囲での減衰量の割合を寄与率と定義した。

図4より最大触れ幅は直径60cmまで減少し、

直径 60cm 以降では一定となった。直径 60cm までの範囲では粗さ面の増加によって、最大触れ幅は減衰し、直径 60cm 以降は測定に影響していないことを示している。このことから、測定範囲は直径 60cm 程度であった。また、2つのセンサでは共に直径 20cm 程度の範囲が約 70%の寄与率を示した。

3.3 ③センサ法線と測定面のなす角が及ぼす影響

測定時はセンサが水路壁面と垂直であることが望ましいが、屋外で測定する場合厳密に水路壁面との垂直を保つことは難しい。そのため、センサ法線と測定面との間になす角が生じ、最大触れ幅が減衰すると想定される。そこで、センサ法線と測定面のなす角と最大触れ幅の関係を明らかにする実験を行った。

2つ眼では図5よりx軸を素子に平行とし、原点を素子外枠の midpoint とした。回転はx, y, zの3つを軸とした正・負の回転が考えられる。z軸が測定面に垂直であるとき、z軸回転では測定面とのなす角は発生しない。x軸回転では回転によりそれぞれの素子から測定面までの距離は変わらないため、正の回転、負の回転を同等のものとみなすことができる。y軸回転では正・負の回転で送信素子と受信素子の上下が入れ替わり、それぞれの素子と測定面との測定距離に違いが生じ、測定結果への影響が想定される。以上より、①x軸回り、②y軸回り(送信下)、③y軸回り(送信上)と設定した。1つ眼では回転軸の違いによる測定への影響はなく、常にセンサ法線と測定面との最小のなす角がセンサ法線と測定面のなす角となる。

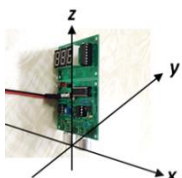


図5 回転軸の設定

実験結果の近似式が角度補正式となる。2つ眼では図6よりR2乗値0.86~0.97と高い値となった。しかし、回転による最大触れ幅の減衰は異なり、線形近似式の傾きにばらつきがある。x軸およびy軸の2軸に合わせた角度補正が必要となることがわかった。1つ眼では、0~3°の

範囲において最大触れ幅の減衰は少なく、測定結果の標準偏差の範囲内である。したがって、なす角1, 2, 3°は角度補正の必要はない。3~5°の範囲ではR2乗値0.998と高い相関での角度補正が可能である。

4 まとめ

①粗さ面測定への適用/同程度の測定精度である可能性を示した。②センサ測定範囲/同程度の測定範囲である。測定範囲は直径60cm程度。直径20cm程度における寄与率は約70%である。③センサ法線と測定面のなす角が及ぼす影響/同程度の高い相関がある。2つ眼では回転軸に合わせた角度補正が必要である。1つ眼では1, 2, 3°の傾きは角度補正する必要がない。

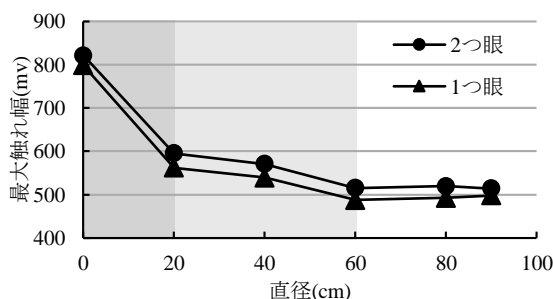


図4 測定範囲の検討

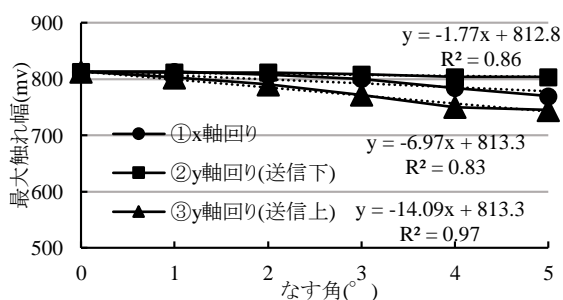


図6 2つ眼：なす角と最大触れ幅の関係

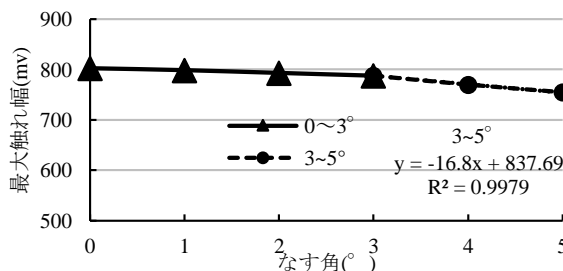


図7 1つ眼：なす角と最大触れ幅の関係

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法の開発，農業農村工学会大会講演会講演要旨集，p7-13