

水中音響ソナーを用いた港湾構造物の出来形計測に関する精度検証
Accuracy verification of size measurement of port structures using underwater acoustic sonar

東洋建設(株) 正 ○渡瀬 陽信 正 和田 眞郷

1. はじめに

国内港湾工事では港湾 i-Construction が実施されており、3次元データを活用して施工の省力化・機械化が推進され、精度の高い3次元データの取得が求められている。現在、基礎捨石工の出来形の計測方法は、主に水中水準測量機を用いた潜水士での計測や、船上に設置した音響ソナーを用いた計測が行われている。水中水準測量機での計測は計測点数が限られ、船上で使用する音響ソナーによる計測では、GNSSの誤差、船体動揺の補正誤差、潮位差による誤差等が内在する。そこで、基礎捨石の出来形計測について計測点数を確保でき、船体動揺や潮位差による誤差発生要因を取り除く計測方法として、海底設置型の音響ソナーを用いることを考え、この装置の性能、計測方法、計測結果を確認し、適用性を検討した。本稿ではその計測結果について報告する。

2. 計測方法

計測対象物は L0.38m×W0.39m×H0.38m のコンクリートブロックおよび模擬捨石マウンドである。模擬捨石マウンドは、最大粒径 0.2m 大の礫材を L0.9m×W1.8m に敷き並べた。これらを L30.0m×W19.0m×H1.5m の平面水槽内に図-1に示すよう設置した。これらの計測対象物を設置した後、気中でレーザースキャナーによる3次元計測を実施し、その後水槽内に水を張り、水深 0.8m とした。音響ソナーは水槽底面から 0.7m の高さにソナー部が位置するよう固定台に取り付けたものを図-1に示す a～h の位置に設置し、計測した。ブロックについては、ブロック側面と音響ソナーの距離が 2, 3, 4m となるように、模擬捨石マウンドについては、音響ソナーから 1.5m～3.0m の範囲で計測できるようにした。音響ソナーは同装置に搭載されているパンチルト装置を使用して水平から下方向へ 1°～43°の鉛直扇形の範囲を固定し、音響ソナーを水平方向に 360°回転させて計測を行った。点群の取得密度による計測精度の影響を把握する為、回転速度を 0.5°/s, 1.0°/s, 2.0°/s の3パターンの計測を行った。各計測地点で取得した点群データを合成し、計測対象物の位置形状を確認した。

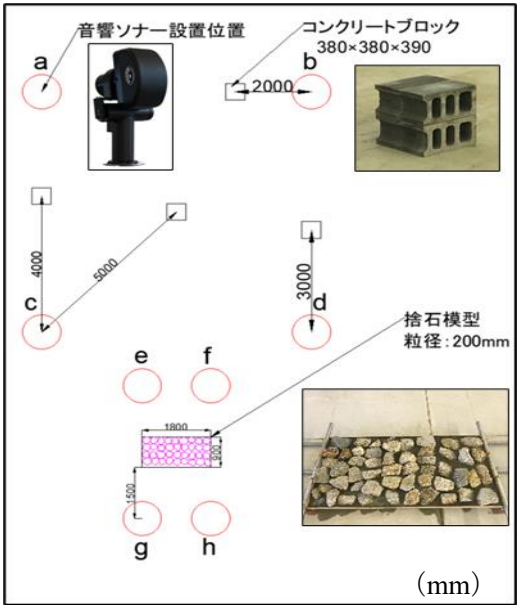


図-1. 計測対象物配置図

距離	回転速度	取得点数	ブロック側壁面積 (cm ²)	1.0cm ² 辺りの点数
2.0m	2.0°/s	11058	1444	7.7
	1.0°/s	26052		18.0
	0.5°/s	54451		37.7
3.0m	2.0°/s	3624		2.5
	1.0°/s	8209		5.7
	0.5°/s	17437		12.1
4.0m	2.0°/s	3633		2.5
	1.0°/s	10726		7.4
	0.5°/s	20268		14.0

表-1. 取得点密度

3. 計測結果

(1) 取得点密度と計測距離精度

音響ソナーで取得した点群データのうち、水平距離が既知のブロック側壁部分を抽出し、1.0cm²あたりの取得点密度を確認した。取得点密度は表-1に示すように計測距離および回転速度によって変化し、1.0cm²あたりの取得点数は回転速度 2.0°/s の計測で計測距離 2, 3, 4m でそれぞれ 7.7 点, 2.5 点, 2.5 点であった。距離が大きくなっても回転速度の調整で計測点数の著しい減少は抑制できるようなのである。図-2に計測距離 3m の場合のブロック側壁部分の取得点群の計測距離と発生頻度の関係を図-2に示す。同図からブロックまでの計測距離は最大 3.05m ,

キーワード ICT 施工, 効率化, 基礎捨石, 出来形管理

連絡先 〒101-0051 東京都千代田区神田神保町一丁目105番地 東洋建設(株) TEL. 03-6361-5464

最小 2.96m であるが計測結果は $3.00 \pm 0.01\text{m}$ の範囲であった。なお、回転速度の違いによる計測距離のバラツキの傾向は認められなかった。図-3 に示す全取得点数に対する各点の計測誤差発生割合の関係から、回転速度によらず計測誤差 $\pm 0.01\text{m}$ 以内に 92% 以上の点群を取得することを確認した。

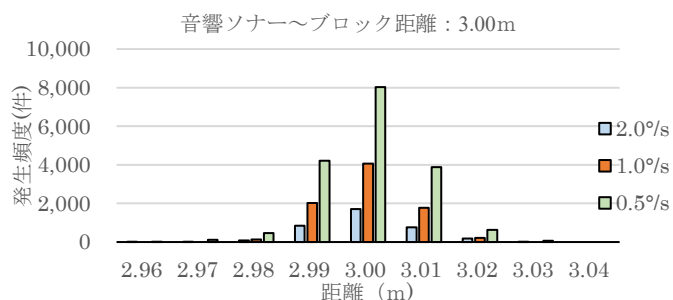


図-2. 水平成分の取得点分布

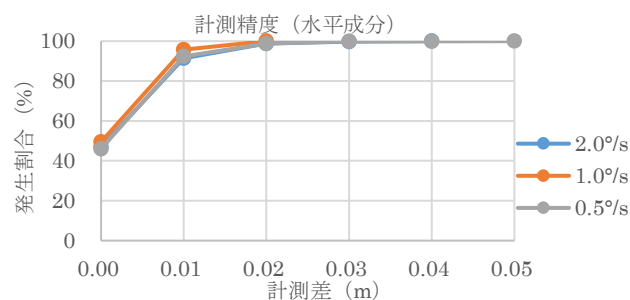


図-3. 水平成分の計測精度割合

(2) 捨石高さの計測精度

図-4 に模擬捨石マウンドの音響ソナー、レーザースキャナーの計測結果を示す。同図は比較のため上半分を音響ソナー、下半分をレーザースキャナーに合成して示した。音響ソナー結果では、水深が浅いことによる残響の影響で欠損箇所が見られるものの、音響ソナー、レーザースキャナーともに捨石形状を計測出来ている。図-5 に模擬捨石マウンドの音響ソナーとレーザースキャナーの計測高さの差分のヒートマップを示す。概ね $\pm 0.02\text{m}$ の範囲となった。図-6 に計測点のそれぞれの計測差と発生点数の関係を示す。また、図-7 に全取得点数に対する計測差の発生割合を示す。これらの図から計測差 $\pm 0.02\text{m}$ 以内に 90% 以上の点群が取得できることを確認した。レーザースキャナーの機械精度としては公称 $\pm 0.03\text{m}$ 程度であり、同程度の精度は期待できるものとするが、今後高精度に計測した捨石データとの比較により計測精度を確認する予定である。

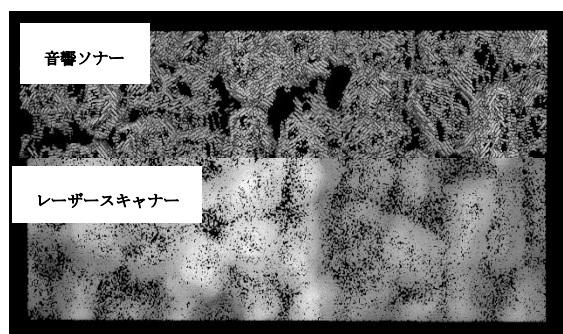


図-4. 音響ソナー・レーザースキャナー計測結果

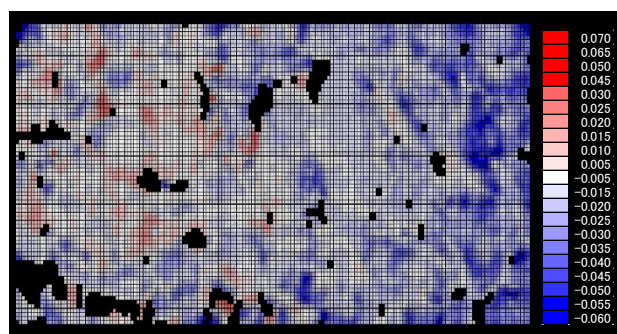


図-5. 捨石高さ計測差分図

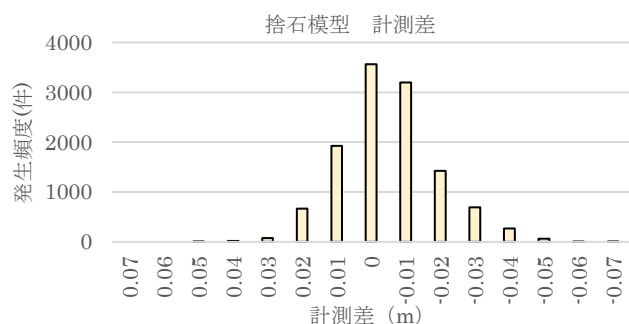


図-6. 垂直成分の取得点分布

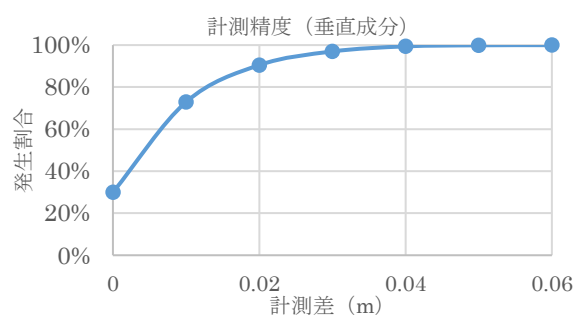


図-7. 垂直成分の計測精度割合

4. まとめ

本計測結果から X, Y 軸が 92% の割合で $\pm 0.01\text{m}$ 以内、Z 軸が 90% の割合で $\pm 0.02\text{m}$ 以内に点群が取得できることがわかった。課題として音響ソナーでの計測適用距離の把握と計測位置の正確な検出方法が必要であり、本計測で使用した音響ソナーの計測手法が確立できれば GNSS、動揺センサー、潮位による誤差要因を除く事が可能になり、高精度に計測が出来ると期待できる。今後も継続してデータ計測と解析を行う。