

東洋建設 大阪本店 正会員 ○ 相川 秀一
関西国際空港 建設事務所 後藤 清
東洋建設 大阪本店 正会員 草野 博哉

1. はじめに

比較的規模の大きな埋立工事や浚渫工事では、海面下の地盤高の測量に音響測深機が用いられる。音響測深機は、測深機から発信された音波が海底面で反射して戻ってくるまでの往復時間を利用して、測深機から海底面までの距離を計測する。近年、GPS技術との組合せにより、より精度の高い計測が行えるようになってきている。しかしながら、従来から用いられている単素子方式の音響測深機では、測深機直下しか計測できないため、測深機を搭載した測量船を計測したいポイントの直上にもっていく必要があるが、操船上は困難な場合が多く、測量船の蛇行量に許容値を設けて対応しているのが現状である。

一方、最近になって利用され始めているナローマルチビーム方式の音響測深機では、一度に水深の2倍の範囲を面的に計測することが可能で、測量船が蛇行した場合でも計測したいポイントを測深することができる。広い範囲の地盤形状を面的にかつ精度良く計測する場合には、ナローマルチビーム方式の音響測深機を導入することが有効である。ナローマルチビーム方式の音響測深機は、海底面で反射した音波を90°の範囲で1.5°づつ60分割して受信し、各分割ビームに対する距離をそれぞれ計算する。測量船の蛇行に対してはGPS、動揺に対しては動揺センサーでそれぞれ補正を行っている。

ナローマルチの端部のビームは、測量船直下のビームに比べ、ビーム長およびビーム幅が長くなるため、精度の低下が懸念される。特に、測量船の動揺が大きい場合には、ビーム長がさらに長くなるため、精度が低下するものと考えられた。そこで、ナローマルチの端部精度を検証するため、水深10～18mの海域で実際に調査測量を行った。ここでは、ナローマルチの端部精度の検証方法および検証結果について報告する。

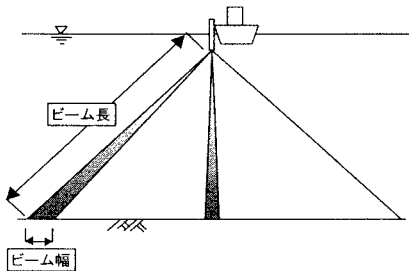


図1 ビーム長とビーム幅

2. ナローマルチ端部精度の検証方法

ナローマルチ60本のビームを4つのエリアに区分し、測量船直下付近（エリア①）だけのビームを用いて測深した値を仮真値とする。引き続き、同様の範囲を全ビームを用いて測深し、各エリアのビームで得られた測深値と仮真値を比較し、エリア別に測深値のばらつきを整理した。端部のビームの精度は、測量船の動揺の影響を受けるため、静穏時と荒天時の2回に分けて調査を実施した。

● 気象条件

静穏時 $H_{1/3}=40\sim50\text{cm}$ 風速 $3\sim8\text{m}$
荒天時 $H_{1/3}=80\sim90\text{cm}$ 風速 $10\sim12\text{m}$

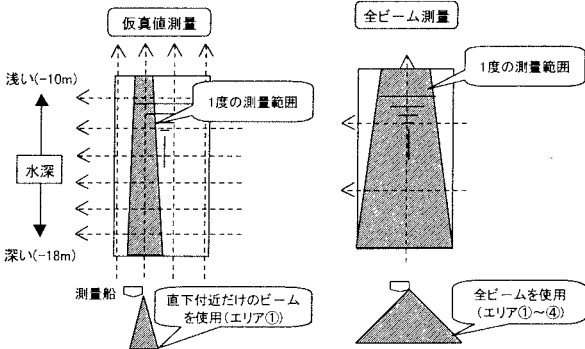
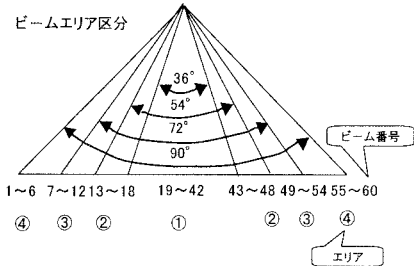


図2 端部精度検証の測量方法

3. ナローマルチ端部精度の検証結果

仮真値と各エリアのビームで得られた測深値の差が、 $\pm 10\text{cm}$ ($\pm 20\text{cm}$) 以内に納まっているデータ個数の全データ数に占める割合 (精度を示す指標) を表 1 に示す。

精度を示す指標 $A = N_0 / N_s$
 N_0 : 仮真値と測深値との差が ± 10 (20) cm 以内であるデータ数
 N_s : 全データ

表 1 ナローマルチの端部精度検証結果

エリア	仮真値との差 $\pm 10\text{cm}$		仮真値との差 $\pm 20\text{cm}$	
	静穏時	荒天時	静穏時	荒天時
①	98.9	95.3	100.0	99.0
②	95.8	90.2	100.0	95.1
③	92.5	83.2	99.9	92.5
④	85.2	74.9	99.1	88.6

静穏時のエリア別精度を比較したものを図 3 に示す。仮真値との差を $\pm 10\text{cm}$ 以内とした場合、端部のビームになればなる程、精度が悪くなるのが分かる。エリア④ (端部) ではエリア① (直下) に比べ A の値が約 15% 低下する。測量船直下のビームと端部のビームでは、ビーム幅が約 2 倍異なるが、これが精度の低下の要因と考えられる。なお、仮真値との差を $\pm 20\text{cm}$ 以内とした場合は、A の値はほとんど変わらない。

一方、荒天時には仮真値との差を $\pm 20\text{cm}$ 以内とした場合でも端部の精度に低下が見られる。静穏時と荒天時のエリア別精度を比較したものを図 4 に示す。荒天時のエリア④の A の値は静穏時の値に比べて約 10% 低下している。

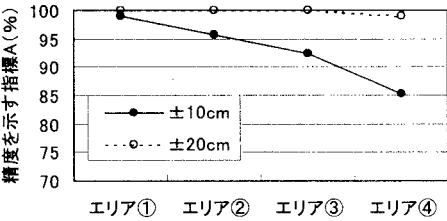


図 3 エリア別精度 (静穏時)

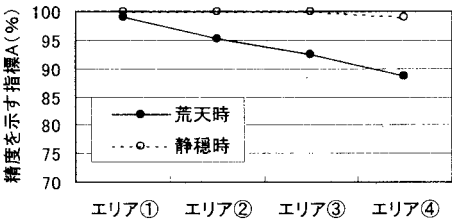


図 4 エリア別精度 ($\pm 20\text{cm}$ 以内)

荒天時に端部のビームで精度が低下する要因は、測量船の動揺の影響であるが、測量船の動揺量は、測量船の大きさ等によって異なる。今回、調査に用いた測量船は総トン数 19.7 t の測量専用船である。調査時の測量船の動揺量を整理したものを図 5 に示す。測量船の動揺量は、静穏時が $\pm 2^\circ$ 程度であるのに対して、荒天時は $\pm 5^\circ$ と大きくなっている。測量船の動揺量が 0° から 5° になった場合、端部のビームでは、ビーム幅が約 2 割増える。ビーム幅は狭ければ狭い程、海底地盤の形状をより正確に把握することができるため、ビーム幅の増は精度の低下を招く。

また、動揺量が大きくなった場合には、動揺補正等に機械誤差が生じることなども精度低下の一因である。

4. まとめ

今回の調査により、測量船直下のビームに対して端部のビームの精度が、どの程度低下するかを定量的に把握することができた。静穏時には、端部のビームも含めすべてのビームで単素子と同程度の精度 ($\pm 20\text{cm}$) が確保でき、荒天時においても要求される精度に合わせて、使用ビーム角を変えること等で十分運用できることが確認できた。ナローマルチは面的な測量が行えるだけでなく、精度面も従来用いられている単素子に比べて高い。測深機が高価なため、導入にあたっては費用対効果を検討する必要があるが、測量目的や要求される精度によっては導入する価値が十分にあると考える。

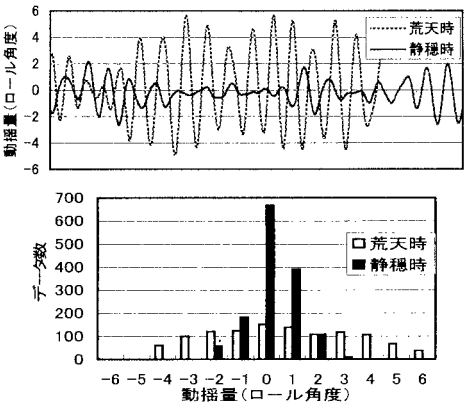


図 5 測量船の動揺量の比較