

### 海底地盤に適用可能な水中表面波探査技術の開発

五洋建設 正会員 ○柳橋 寛一 五洋建設 正会員 熊谷 隆宏  
五洋建設 正会員 上野 一彦 応用地質 正会員 小西 千里

#### 1. 目的

海底の地盤情報のうち、強度パラメータと相関の高いS波速度構造を探査・推定する手法が確立されれば、港湾施設や構造物の設計や施工において有用である。本開発では、陸域における表面波探査の手法を海域へと拡張し、海底地盤のS波速度を取得する探査技術を提案する。表面波探査は、干潟のように潮位変動の中で干出する時間がある場所で適用された例<sup>2)</sup>や水深の浅い干潟の潮下帯で適用された事例<sup>3)</sup>はあるが、数m以上の水深がある一般海域に適用可能な方法は確立されていない。本稿では、一般海域の海底地盤に対する適用を目的として、効率的な水中表面波探査方法を提案するとともに、その有効性を確認するために、現地試行を実施した結果について報告する。

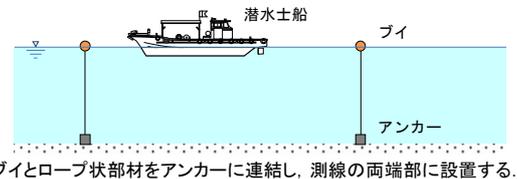
#### 2. 水中表面波探査

提案する水中表面波探査の手順を図-1に示す。測定本部として潜水士船、受振器にハイドロフォンケーブル(写真-1: DHA-7, Geometrics), 起振装置に重錘(写真-2), 収録器に McSEIS-SW(応用地質(株)製)を使用する。船上からワイヤーで吊り下げた重錘を海底面に落下させて、表面波を起振する方法を採用し、効率的に探査することを特徴とする。

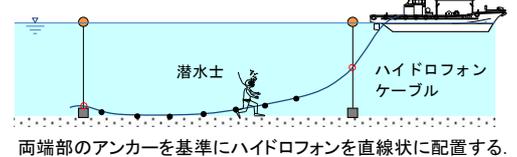
#### 3. 現地試行

提案する手法の有効性を確認するため、港湾内にて、現地試行を行った。護岸から10m程度沖側に離れた47m×23mの範囲を対象とした。沿岸方向に47m×1m測線(A測線)、岸沖方向に23m×4測線(B～E測線)を設定し、受振器間隔は1m、起振間隔は2mとした。また、任意の5地点でボーリング調査を実施した。測線配置図を図-2、測線ジオメトリを図-3に示す。

①測線端部の設定



②ハイドロフォンケーブルの敷設



③起振および計測

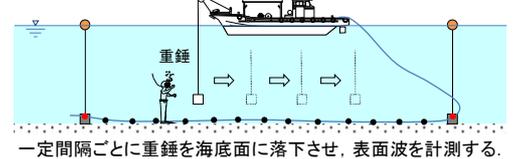


図-1 水中表面波探査の概要

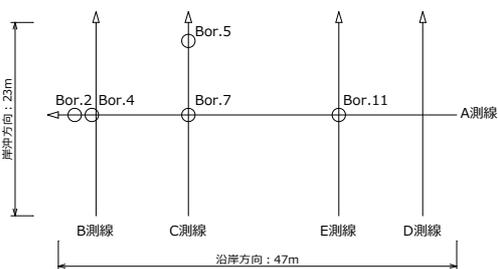


図-2 測線配置図



写真-1 ハイドロフォンケーブル

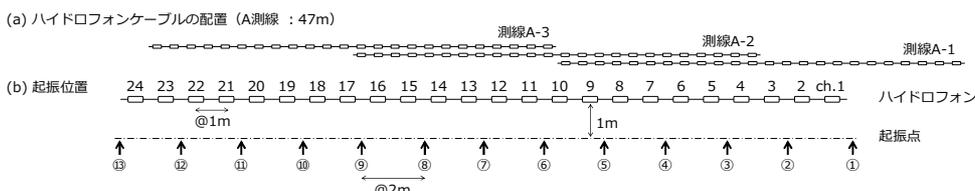


図-3 測線ジオメトリ (A 測線)



写真-2 重錘

キーワード 水中表面波探査, S波速度構造, 重錘, ハイドロフォン

連絡先 〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1 五洋建設株式会社 技術研究所 TEL 02873-39-2116

4. S波速度構造の推定

波形記録から周波数毎の位相速度を算出し、分散曲線を得た。表面波の位相速度を波長の1/3の深度のS波速度とする1/3波長経験則により初期モデルを作成し、逆解析により分散曲線を再現するS波速度構造を推定した<sup>4)</sup>。推定したS波速度分布を図-4に示す。一般的に、S波速度が300 m/s以上となる層は基盤層と判断されている。A測線(沿岸方向)では、沿岸方向座標12mから0mにかけて基盤層が急激に深くなっていると推定される。また岸沖方向では、沖側に向かって基盤層が深くなる様子が確認できる。表層はVs=100~150 m/s程度の軟弱層であり、基盤層位置が深くなるとともに、軟弱層厚が増加する傾向がある。

全測線のうち、A、C測線のS波速度分布図に、ボーリング調査結果を重ね合わせた結果を図-5、6に示す。一部の固結土や礫の存在によりN値のばらつきが見られるが、ボーリング調査および標準貫入試験の結果とS波速度の分布が概ね一致する傾向にある。これらの分布図からN値を取得した位置のVsを読み取り、次式の今井らが提案する推定式<sup>5)</sup>を用いてVsからN値を換算し、表面波探査結果とボーリング調査結果を比較した。

$$V_s = 97N^{0.314} \tag{1}$$

N値に関する比較結果を図-7に示す。水中表面波探査から推定されるN値は、実際のN値よりも若干大きめに評価されているものの、概ね良い傾向で一致することが分かる。

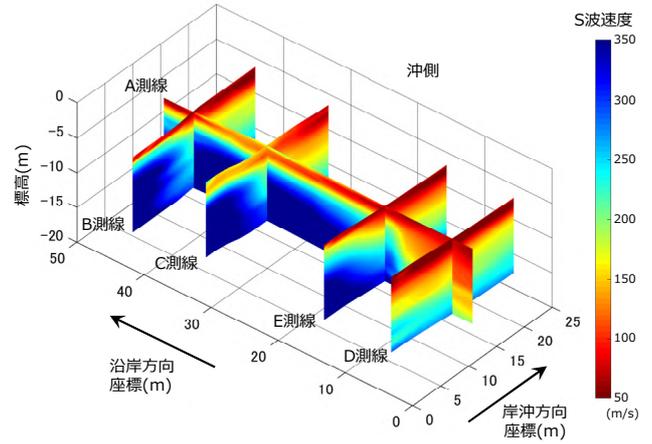


図-4 S波速度分布推定結果(全測線)

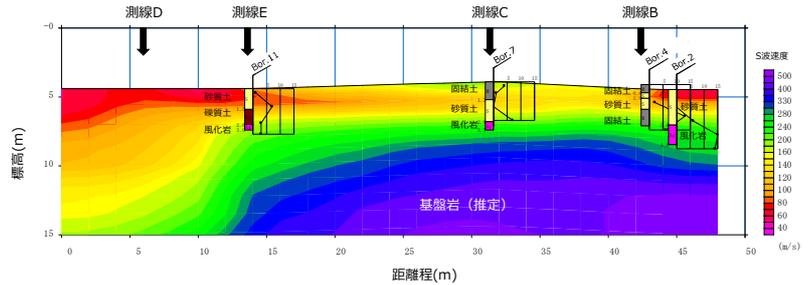


図-5 S波速度分布(A測線)

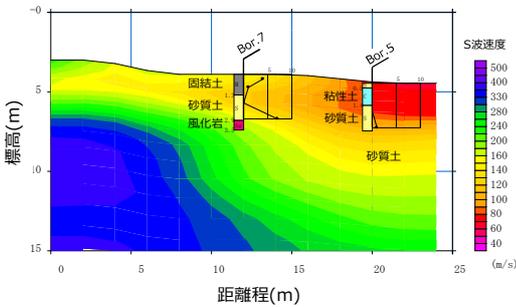


図-6 S波速度分布(C測線)

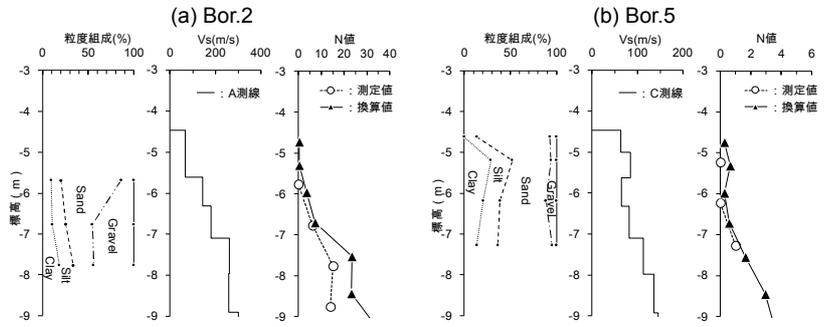


図-7 N値に関する調査結果と推定結果の比較

5. まとめ

提案する水中表面波探査手法により、海底地盤のS波速度分布を評価できることが確認された。ボーリング調査や標準貫入試験結果と比較した結果、強度や土質の分布は概ね再現されており、当該手法は有効であると考えられる。今後、陸域における表面波探査の一般的な探査可能深度(20m程度)に対し、海域条件においても同等の探査精度が確保されるかどうかについて、様々な条件で探査を行いながら、検証することが重要である。

【参考文献】

- 1) 柳橋寛一, 熊谷隆宏, 上野一彦, 小西千里: 水中表面波探査による海底地盤情報の可視化手法の開発, 第43回海洋開発シンポジウム(2018), 投稿中。
- 2) 渡部要一, 佐々真志, 金子崇, 上野一彦, 山田耕一, 橋本裕司: 人工干潟に埋め立てられた浚渫土砂構造の時間変化: MASWによる継続調査とその検証, 土木学会論文集 B2, vol.71, No.2, I\_826-I\_831, 2015。
- 3) 渡部要一, 金子崇, 佐々真志, 橋本裕司, 中條壯大: MASWを活用した潮上帯・潮間帯から潮下帯に至る干潟堆積土砂構造評価, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), vol.72, No.2, I\_1699-I\_1704, 2016。
- 4) Hayashi, K. and Suzuki, H.: CMP cross-correlation analysis of multi-channel surface-wave data, 物理探査, 57, pp.7-13。
- 5) 今井常雄, 殿内啓司: N値とS波速度の関係およびその利用例, 基礎工, vol.10, No.6, pp.70~76, 1982。