人工干潟浚渫粘土地盤への簡易微動アレイ探査の適用性

五洋建設　正会員○奥田一弘　堤彩人
上野一彦
港湾空港技術研究所　正会員　渡部要一　金子崇

１．はじめに

近年，浚渫粘土を利用した人工干潟が造成されており，図 1 に示す徳山下松港大島地区においても人工干潟（大島干潟）が第一期整備区（約 17.8ha，2008 年完成）と第二期整備区（約 11.5ha，2013 年完成）に分けて造成された．大島干潟は在来地盤の上に干潟材として浚渫粘性土を揚土しているが，地盤改良を施さないため，計画段階より造成後の圧密沈下が予測された．そこで，第一期および第二期の両整備区において完成翌年より約 1 回/年の頻度で，筆者らは地盤環境の経時変化を調べるため多チャンネル型表面波探査（MASW）や電気式静的コーン貫入試験（CPT）等の種々の地盤調査を実施してきた[1)]．本稿では，第二期整備区において 2015 年 2 月に実施した，アレイを L 字配置および直線配置とした簡易微動アレイ探査の浚渫粘土地盤への適用性について検討した．

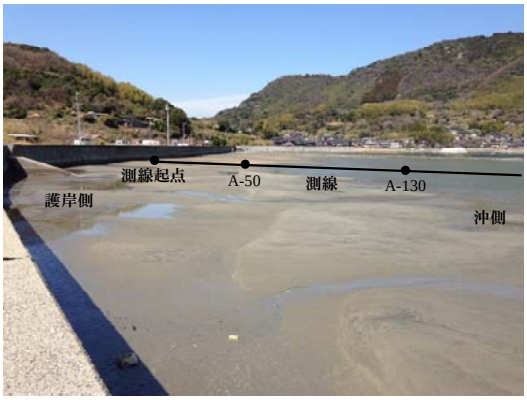

図-1　測線および調査位置（大島干潟）

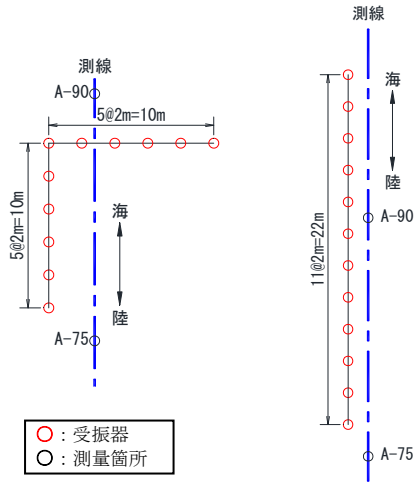

図-2　アレイ配置（左：L 字，右：直線）

２．研究の目的

地盤環境の経時変化を調べるためには，ボーリング調査等により必要数のサンプルを採取して土質試験を実施することが最良である．しかしながら，干潟は調査範囲が広く，大潮時も干出時間が短いため，前述の方法は物理的にも経済的にも難しい．渡部ら[2)3)]は，地盤浅部の S 波速度構造を二次元断面で効率的に捉える MASW が厚い浚渫粘土層を挟む人工干潟に適用できることや，MASW の断面推定精度が低下する深部の S 波速度断面の推定精度の向上には S 波速度の深度方向分布がわかる微動アレイ探査の併用が有効であることを確認している．ここでは，MASW に加えて超軟弱粘土層を有する干潟の S 波速度分布を限られた干出時間の中でより効率良く測定することを目的に，アレイの配置を従来の円形正三角形よりも簡易な L 字および直線とした微動アレイ探査を実施し，別途実施した MASW から得られた S 波速度断面と比較して，その適用性について検討した．さらに，別途採取した試料より得た含水比分布結果より，MASW および簡易微動アレイ探査から得られた S 波速度断面の妥当性を検証した．

３．試験の概要

簡易微動アレイ探査は，図 1 に示す岸壁から沖へ向かう延長 174m の測線上の約 75～90m の地点で，大潮である 2015 年 2 月 21 日の干出時に実施した．アレイ配置は図 2 に示す L 字（受振器 11 個，アレイサイズ 10m）と直線（受振器 12 個，アレイサイズ 22m）とした．サンプリング時間は 10 分とし，受振器には 4.5Hz の速度型ジオフォンを用い，アレイの中を通過する自然の微動波形データを蓄積する．蓄積された波形データを解析して地盤構造を反映する表面波の周波数と位相速度の関係を求め，得られた分散曲線から深度方向一次元の S 波速度断面を推定する．

MASW は，図 1 に示す測線に沿って大潮である 2014 年 3 月 4 日の干出時に実施した．微動アレイ探査時と同じ

キーワード　人工干潟，浚渫粘土，動態観測，表面波，微動アレイ，S 波速度
連絡先　〒112-8576　東京都文京区後楽 2-2-8　五洋建設(株) 土木本部 土木設計部　TEL 03-3817-7655

受振器を測線上の受振点に 1～2m 間隔で設置し，カケヤを用いて 2m 間隔に起振することで表面波を発生させた．計測波形から周波数と位相速度の関係を表す分散曲線を求め，最小二乗法による逆解析を繰り返して測線方向の二次元 S 波速度断面を決定する．

浚渫粘土層の含水比分布は，図 1 に示す 2 地点（50m 地点および 130m 地点）において，ピストンサンプラーを用いて採取した試料より求めた．

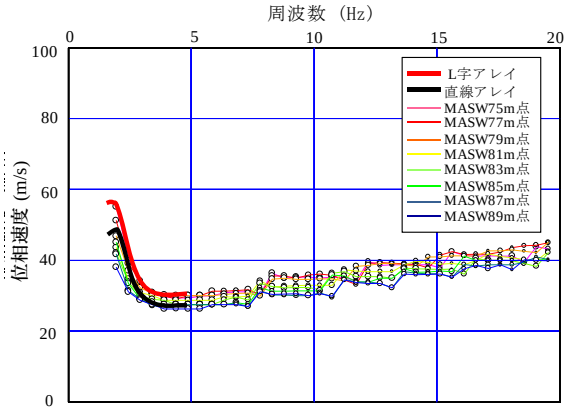

図-3　簡易微動アレイと MASW の分散曲線の重ね合わせ

4．結果

L 字および直線に配置したアレイについて，波形データの解析より得た分散曲線の低周波数領域である周波数 5Hz 以下の範囲に着目し，図 3 に示すように MASW より得られた分散曲線と重ねたところ，いずれの分散曲線も MASW の分散曲線と同じ傾向を示した．このことから，人工干潟でも L 字および直線の両配置のアレイが適用可能と考える．

図 4 に示す両配置の分散曲線より推定した深度方向の一次元 S 波速度分布において，浚渫粘土層である標高+0.5m から-5m 付近では，S 波速度が約 35m/s を示し増減は少ない．標高-6m より深部の S 波速度は約 60m/s を示し，その値は浚渫粘土層よりも大きいことから，この標高付近が浚渫粘土層と原地盤の境界であると考えられる．

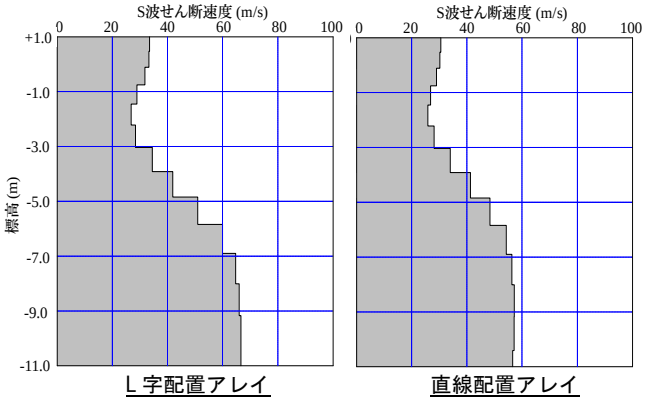

図-4　深度方向一次元 S 波速度断面

図 5 に示す MASW より得た測線方向（岸沖方向）二次元の S 波速度分布において，微動アレイ探査位置での S 波速度は図 4 に示す簡易微動アレイ探査結果と概ね一致し，速度とその増加傾向も良く似ている．図 6 に示す含水比分布においては，2 地点の浚渫粘土層の含水比に深度方向の大きな変化は生じていない．

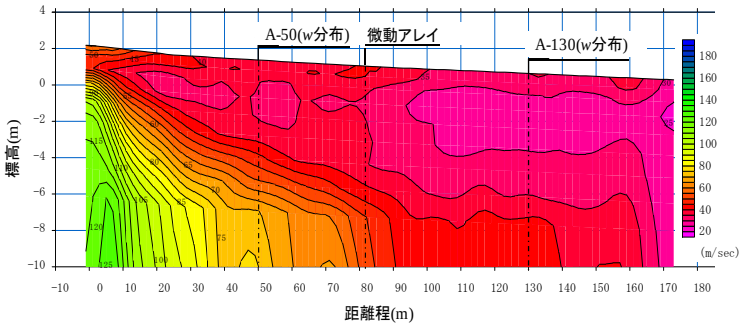

図-5　MASW による二次元 S 波速度断面

以上を踏まえると，アレイを L 字および直線に配置した簡易微動アレイ探査により測定した S 波速度は MASW により得た S 波速度分布を概ね再現しており，深度方向の含水比分布と S 波速度の増減も整合が取れている．また，干潟完成から約 2 年が経過した時点では，圧密に伴う排水やせん断強度の増加は生じていないと考えられる．

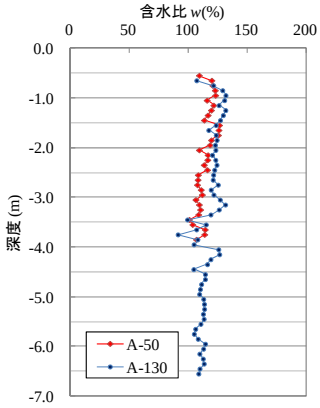

図-6　含水比分布

5．まとめ

簡易で効率のよい探査手法が求められる干潟の地盤調査において，アレイを従来の円形正三角形配置よりも簡易な L 字および直線配置とした微動アレイ探査を実施し，MASW と結果を比較した．その結果，L 字および直線配置のいずれの微動アレイ探査も，深度方向一次元の S 波速度分布を MASW と同等の精度で測定でき，超軟弱で厚い浚渫粘土層を有する人工干潟への適用性が認められた．両配置の作業効率性を比較すると，直線配置のアレイがより実用的であり，作業時間が短い干潟においては好ましい．今後は，大島干潟における地盤環境の経時変化を調査する手段として，直線配置の簡易微動アレイ探査を積極的に実施していく予定である．

【参考文献】1) 上野ら：浚渫粘土による人工干潟の造成方法と圧密沈下挙動に関する研究，土木学会論文集 B3,Vol.64, No2,pp.I_1079-I_1084,2012. 2) 渡部ら：人工干潟の安全性評価における MASW の適用性の検討，土木学会論文集 B2,Vol.66,No.1,pp.1406-1410,2010. 3) 渡部ら：中間軟弱層を含む干潟地盤の地層断面推定精度の向上－MASW と微動アレイ探査の併用，土木学会論文集 B2,Vol.67,No.2,pp.I_1361-I_1365,2011.