

マイクロバブル水混入による液状化対策工法に関する実地盤実験

佐藤工業株式会社 正会員 ○永尾 浩一
 武蔵工業大学 正会員 末政 直晃
 港湾空港技術研究所 正会員 中澤 博志
 産業技術総合研究所 正会員 神宮司 元治
 武蔵工業大学 学生会員 畔上 洋一 岡庭 一憲

1. 目的

飽和度低下による液状化対策工法は廉価な液状化対策工法として、長大な堤防基礎地盤や広範囲な埋立地など経済的に液状化の被害を未然に防ぐ有効な工法として期待されているが、実地盤での実証例など実用化に向けての検討例が少ないことが課題であった。本研究は、実地盤でのMBを利用した不飽和化による液状化対策工法の効果を確認することを目的とし、平成19年10月に北海道小樽市石狩湾新港にて行われた制御発破による人工液状化実験『実物大の空港施設を用いた液状化実験』¹⁾において、実地盤にMBを含んだ水溶液を混入し地盤飽和度の変化、ならびに発破による人工液状化時の改良・未改良地盤の挙動を調査し、工法の効果の検証を行った。

2. 実験概要

試験を実施した石狩湾新港の土質諸量を表-1に、粒径加積曲線を図-1に示す。試験箇所は平成18年以降に埋立てられた地盤であり、地表部から約6mまではN値1~8の埋土(砂質土)の緩い細砂質土で構成される。地下水位はGL-2.5m付近であった。

実験は①MB水混入実験、②発破を用いた液状化実験の2つに分けて行った。試験平面図を図-2に示す。

MB水改良領域は半径3mの円形状を想定し、中央に揚水孔(5m全深度ストレーナ管)、周囲3箇所にMB水混入孔(4m先端1mストレーナ管)を設けた。

MB水は内容量0.12m³の耐圧タンク、MB発生ノズル(筑波大京籐ら開発)、ポンプ、コンプレッサーからなる装置を用い、揚水孔から地下水を汲み取り耐圧タンク内に充填し、タンク圧400kPa、空気流入圧500kPaの下で約10分間タンク内の水を循環させ、生成を行った。MB水生成完了後、混入孔よりMB水混入を行うとともに改良地盤内の地下水位低下による不飽和化とMB水の浸透を促すため、同時に揚水ポンプにより地下水の汲み取りを行った。

計測は混入時および混入後の地盤の飽和度を調べる目的で土壌水分計(ADR, ADR-ECO)による体積含水率 θ 測定及びベンダーエレメント(BE)による弾性波速度測定を行った。また、混入時の地盤変化や発

表-1 埋土土質諸量

土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.689
細粒分含有率 Fc (%)	20.2
50%粒径 D50 (mm)	0.14
飽和密度 ρ_{sat} (g/cm ³)	1.8
間隙比 e	1.111

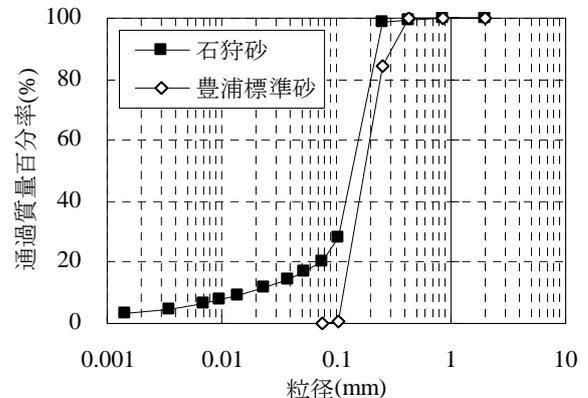


図-1 粒径加積曲線

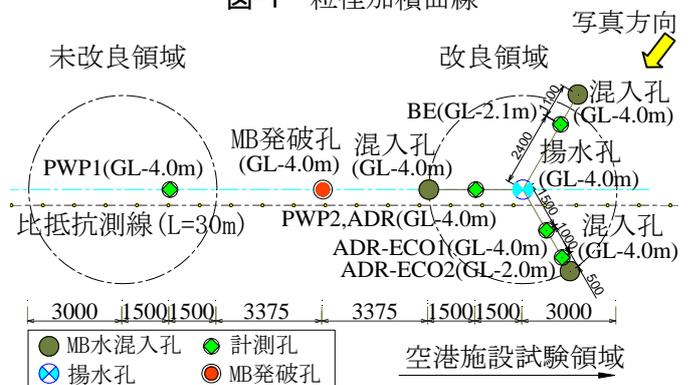


図-2 試験平面図

キーワード：マイクロバブル、不飽和、液状化対策、実地盤実験

連絡先：〒243-0123 神奈川県厚木市森の里青山14-10 TEL：046-270-3091 FAX：046-270-3093

破による液状化時の地盤の挙動は、間隙水圧計 PWP と地表面沈下の計測を改良・未改良領域で行った。

3. MB 水混入実験

MB 水混入は MB 混入孔より混入圧 400kPa, 1 孔当たり 6ℓ/min で行った。大気圧開放下での MB 水の溶存酸素量 DO は 14.0mg/ℓ であり、室内実験と同程度であった。なお、揚水孔からの地下水汲み取り量は 8ℓ/min 程度であった。混入時の混入水の噴き出しなどが懸念されたが、それらの現象は見られなかった。

図-3 に ADR, ADR-ECO から求めた飽和度 S_r と混入量の結果を示す。 S_r の低下はあまり見られず、ADR-ECO1 では逆に飽和度が上昇する結果となった。ECO1 は揚水孔にも近いことから、揚水による密度変化を受けた可能性がある。BE の結果は B 値が 0.75, S_r が 99.9% と高い値となった。図-4 の比抵抗探査結果においても揚水孔付近では、水位低下による抵抗値の変化が見られたが、MB 混入孔付近では計測結果にほとんど変化は見られなかった。その原因として MB 水の混入量が予定混入量 45m³ に対し 8m³ と極端に少なく、計測位置まで浸透しせず飽和度の低下に到らなかったと考えられる。

4. 発破を用いた液状化実験

発破による人工液状化実験は未改良領域と改良領域との中央の位置（深度 GL-4m）に、2kg のエマルジョン系含水爆薬 1 発を設置し発破を行った。発破実験は実物大液状化実験の発破工の最終発破である。

図-5 に発破時の過剰間隙水圧変化を示す。空港施設領域の発破開始後水圧は徐々に上昇した。MB 発破により水圧は一気に上昇し有効応力 σ'_z 付近まで上昇した。上昇した過剰間隙水圧の最大値は PWP1 が 44.6kPa, PWP2 が 41.3kPa と PWP2 の方が小さく、MB 水混入による地盤の飽和度低下が過剰間隙水圧の上昇を遅らせた可能性がある。但し、過剰間隙水圧の低減はわずかであり、十分な液状化強度の増加は得られなかったと推測される。

5. まとめ

実地盤実験において安全に MB 水を生成し、地盤中に MB 水が噴き出したりすることなく混入することが出来た。今後、効率の良い施工方法が望まれるほか、MB の耐久性、計測方法についても検討していく予定である。

謝辞：本研究は『実物大の空港施設を用いた液状化実験』共同研究の 1 つであり、実験にあたりご指導・ご協力をいただいた各共同研究機関、ならびに関係者の方々に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 菅野, 中澤: 空港施設の液状化挙動に関する制御発破を用いた現場実験, 第 8 回空港技術報告会, 2007.

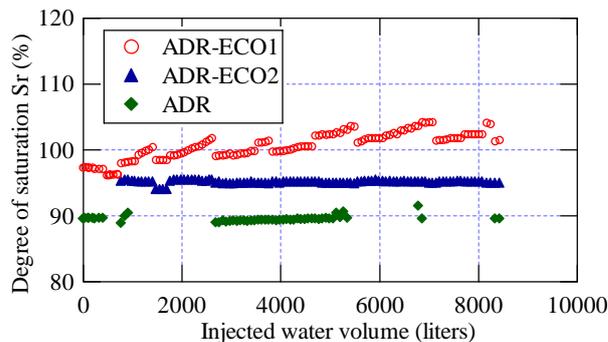


図-3 飽和度計測結果

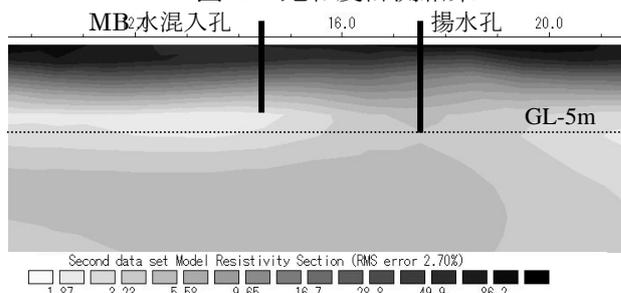


図-4 比抵抗探査結果

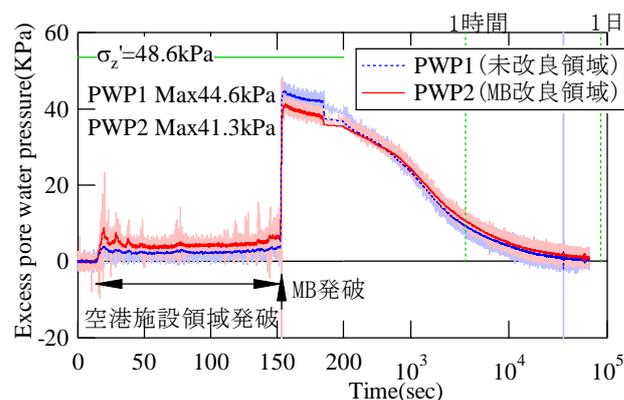


図-5 過剰間隙水圧計測結果



写真-1 実地盤 MB 水混入実験状況