

気泡混合処理土のポンプ打設による密度変化について

港湾空港技術研究所	正会員	渡部 要一
佐伯建設工業（港湾空港技術研究所研修生）	正会員	伊藤 康成
東亜建設工業	正会員	御手洗義夫

1. はじめに

浚渫土を原料土とした気泡混合処理土は、港湾工事において裏込め土や埋戻し土として用いられ、重要な土質材料の一つとなっている。気泡混合処理土は、解泥・含水比調整された浚渫土、セメントミルク、ならびに微細な気泡をプラントで混練し、ポンプ圧送によりトレミー管を用いて連続打設される。一般に、港湾で用いられる気泡混合処理土は、水中でも浮き上がらないように、単位体積重量を水よりもやや重い 11kN/m^3 程度に調整する。しかし、打設後の単位体積重量は、プラント内で調整された単位体積重量よりも $0.5 \sim 1\text{kN/m}^3$ ほど大きくなる傾向が見られるため、気泡体積減少の原因解明が課題となっている。川合ら（2001）は、ポンプ圧送を模擬した圧力変化だけでは、単位体積重量の減少はあまり起こらないことを指摘した。本研究では、横浜MM21地区で施工された気泡混合処理土に対し、プラントから採取された試料とポンプ打設された試料について、それぞれ電子顕微鏡による微視的観察を行い、打設前後の気泡量の変化を考察する。

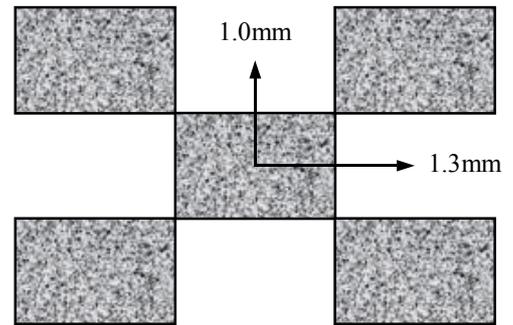


図1 供試体のSEM観察位置

2. 試料および観察方法

プラントおよびトレミー管筒先から採取された気泡混合処理土（単位体積重量はそれぞれ 10.9kN/m^3 および 11.2kN/m^3 ）を室内で養生し、試料を $5 \times 5 \times 20\text{mm}$ に整形して、これを曲げにより2つに割り、ナイフなどで傷つけていない破断面を電子顕微鏡（SEM=Scanning Electron Microscope）により観察した。一般に、粘土試料のSEMによる観察は高真空モードで行われ、観察用試料は、液体窒素により体積膨張なく瞬間凍結し、フリーズドライ法により作成される（引屋敷・渡部, 2000）。しかし、気泡混合処理土の場合、気泡の断熱効果により冷却に時間がかかり、もともとの骨格の様子を観察することができない。本研究では、低真空モードで観察できる

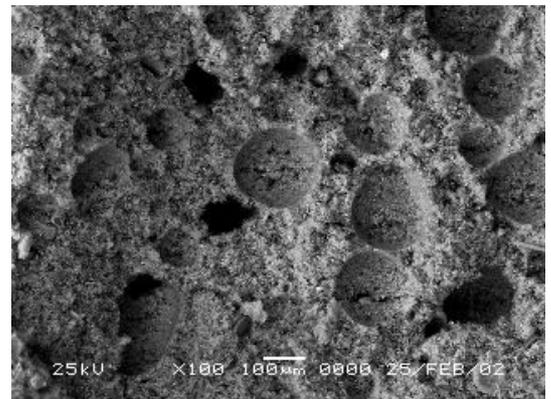
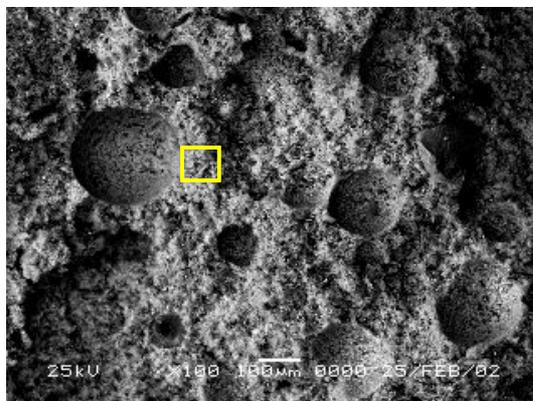


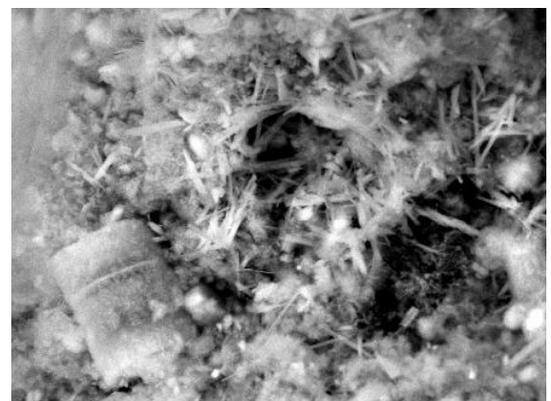
図2 プラント試料のSEM観察画像

SEMを用いて、濡れた試料をそのままの状態を観察した。

観察画像の選択に観察者の主観が入らないようにするため、図1のように、試料のほぼ中心付近と、これと重複



(a)



(b) 左図の拡大図

図3 トレミー管筒先試料のSEM観察画像

キーワード 軽量土，気泡，密度，ポンプ打設，電子顕微鏡

連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1 (独)港湾空港技術研究所土質研究室 TEL 0468-44-5053

しない左上，左下，右上，右下の計5個所について，5供試体を対象とした計25画像を観察した．

3．観察結果

プラントから採取した試料および打設後に採取した試料に対する典型的なSEM観察画像を図2および図3にそれぞれ示す．また，図3(b)は図3(a)の線で囲まれた部分の拡大画像であり，粘土粒子の間に針状のセメント水和物(エトリンガイト)が発達している様子が観察される．フリーズドライで作成した試料の表面を金でコーティングして高真空モードで観察する場合と比べ，画像のシャープさには欠けるが，気泡がほぼ均質に配されていることがわかる．また，気泡の形状はプラント内，打設後ともにほぼ球形であり，ポンプ圧送および養生・固化中に気泡は壊れることなく，ほぼ球形が保たれている．

5供試体25画像を基に，単位面積(1mm²)あたりに存在する気泡の個数，観察断面における見かけの気泡直径，見かけの気泡面積比をとりまとめ，表1に示す．また，観察された全画像の気泡について集計し，観察断面における見かけの気泡面積加積曲線を図4に示す．表1に示した1mm²あたりの気泡数は，プラントおよび打設後においてほぼ同数であり，ポンプ圧送によって気泡数の減少(気泡の消滅，あるいは気泡同士の結合)はほとんどないといえる．平均気泡径は0.17mmから0.14mmまで18%，これを面積にすると1mm²あたりの気泡の面積は0.22mm²から0.14mm²まで36%，それぞれ減少している．

図4からも，観察断面における見かけの気泡径がポンプ圧送によって減少し，分布が左側にシフトしていることがわかる．

以上の考察により，養生・固化した気泡混合処理土の気泡は，混練時と同様に球形であること，また，ポンプ打設により気泡体積が減少して単位体積重量が増加するものの，気泡数はほとんど変化せず，これは

個々の気泡が小さくなっていることに起因していることがSEM画像より明らかとなった．観察断面がある平面により形成されているとすると，図5に示すように球のどの位置が観察断面になっているかはわからない．このため，画像から読みとれる気泡径は「見かけの気泡径」にすぎず，真の気泡径とは必ずしも対応していない．加えて，図6に示すように観察面は平面とはならず，骨格の弱い(薄い)ところをたどって実際の観察面が形成されるものと思われる．従って，SEM画像から読みとれる見かけの気泡径などを基に，単位体積重量の変化を評価するには，さらなる検討が必要である．

参考文献

- 1) 引屋敷英人，渡部要一：高含水比状態における粘土の微視的構造，第35回地盤工学研究発表会講演集，pp.741-742，2000.
- 2) 川合弘之，御手洗義夫，川辺克明，遠藤千秋：気泡混合軽量土の打設時の圧送圧力が密度変化に与える影響について，第36回地盤工学研究発表会講演集，pp.853-854，2001.

表1 SEM画像分析結果

	単位体積重量 kN/m ³	1mm ² あたりの気泡数 (個/mm ²)	見かけの平均気泡直径 (mm)	見かけの気泡面積比
プラントから採取した試料	10.9	8.43 ± 1.98	0.17 ± 0.02	0.22 ± 0.05
ポンプ打設された試料	11.2	8.08 ± 1.88	0.14 ± 0.02	0.14 ± 0.04

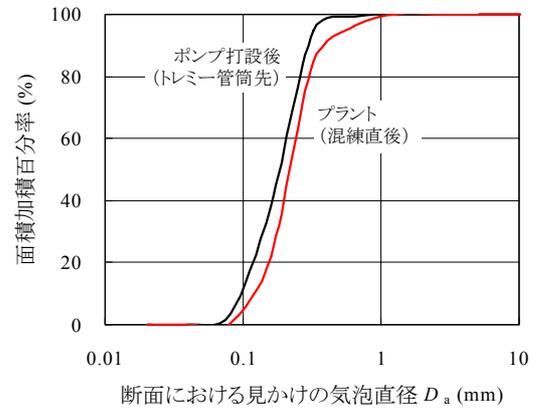


図4 観察断面における気泡面積分布

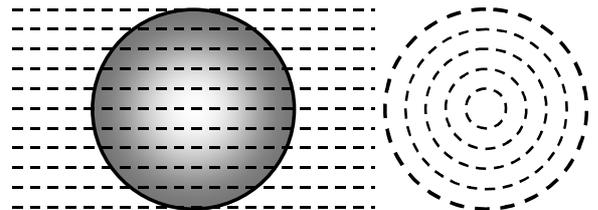


図5 気泡球と観察面

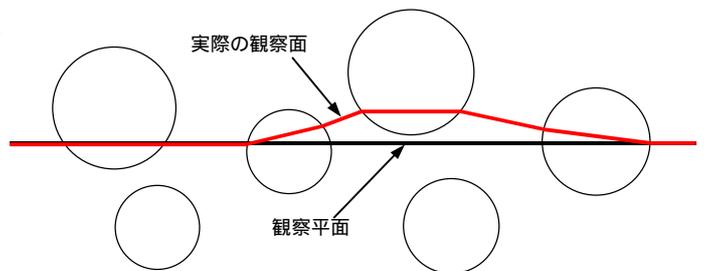


図6 実際の観察面の形成