

羽田再拡張事業 D 滑走路建設における軽量混合処理土の設計と計画

東亜建設工業（株） 正 ○大和屋 隆司，正 御手洗 義夫
国土交通省 東京空港整備事務所 小林 雅幸

1. はじめに

港湾・空港における軽量混合処理土（Super Geo-Material：以下，SGM と称す）は，平成 4 年度より旧運輸省港湾局と旧港湾技術研究所にて開発が始まり，平成 7 年の阪神・淡路大震災で被災した神戸港の復旧工事で本格的に実現場への適用が始まった工法である．これまでの約 13 年間で約 52 万 m^3 の施工実績がある（平成 21 年 3 月末時点）．現在施工中の「東京国際空港 D 滑走路建設外工事」では，既往の施工実績の約 1.5 倍に相当する約 79 万 m^3 を約半年間で施工する，これまでに例のない大規模急速施工が計画されている．本稿では，当工事における SGM の設計および施工計画について述べるものである．

2. 埋立部の設計概要と SGM の利用

当工事は，現空港 C 滑走路の沖合に D 滑走路（ $L=2,500\text{m}$ ）および連絡誘導路の新設と第一航路の移設を行うものである．D 滑走路の建設エリアは，多摩川河口部に位置し，多摩川の河川流を阻害しない配慮から，埋立と栈橋を組み合わせたハイブリット構造となっている．

埋立部の護岸形式としては，埋立／栈橋の接続部（以下，接続部と称す）以外は基本的に緩傾斜堤形式であり，接続部護岸は，高耐力鋼管矢板井筒構造となっている．これらの護岸背面の埋立では，通常の埋立材料である山砂（設計単位体積重量 18.0kN/m^3 程度，以下，単体重量と称す）に対して，浚渫粘性土を用いた軽量な「固化処理土」が用いられ，各護岸断面の縮小と埋立部の沈下量の低減が図られている．

「固化処理土」は，全護岸の背面部の埋立材料として，浚渫粘性土に加水し，固化材を混合して作製される管中混合固化処理土（単体重量 15.0 または 14.0kN/m^3 ）が用いられている．さらに接続部背面においては，盛土高が約 30m にもおよぶ偏荷重が鋼管矢板井筒護岸に作用するため，水中部は管中混合処理土とし，その上部に固化処理土に気泡を混合することで作製される，更に軽量な SGM を採用し，荷重を極力軽減することで護岸断面の大幅な縮小を可能とした（図-1，図-2）．

また，栈橋部は杭式構造で沈下が無いが，埋立部原地盤の圧密沈下が生じるため，接続部に段差が生じることが懸念される．今回，SGM を採用することで埋立部の残留沈下量の低減を行い，さらに SGM の断面形状については，FEM による常時・地震時の変形解析を実施し，埋立部の荷重勾配を極力緩やかにできる形状に設定されている（1：4 程度）．

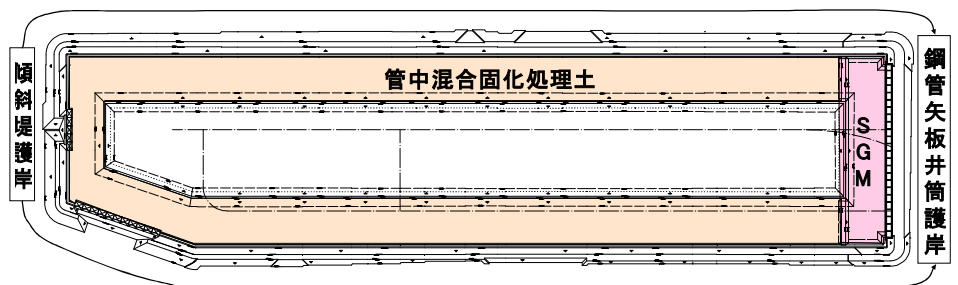


図-1 埋立部全体平面図

3. SGM の単体重量および強度の設定

SGM の単体重量は，原料土の物性にもよるが，軽量化材の混合量や加水量を増減することで $8\sim 13\text{kN/m}^3$ の範囲で調整することができる．本工事では極力単体重量を小さくすることが望まれるが，長期的な気泡内部への水浸による密度増加の影響を考慮して，単体重量の設定を行った．

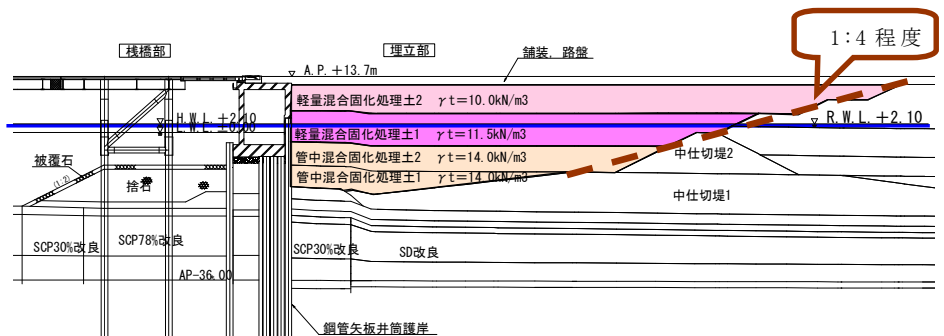


図-2 接続部断面図

キーワード 羽田 D 滑走路，空港，埋立，軽量混合処理土，設計，施工計画

連絡先 〒102-8451 東京都千代田区四番町 5 東亜建設工業（株） TEL 03-3511-0810

実際に工事で用いられる原料土とほぼ同じ条件で、東京湾の沖積粘性土（有楽町層下部粘土）を用いた SGM を作成し、その 3 軸透水試験を行った結果を図-3 に示す¹⁾。

これらの結果から、気中打設部の単体重量は、“難透水性の目安”となる透水係数 $1.0 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 未満を確保する目的で $\gamma_t = 10.0 \text{kN/m}^3$ と設定した。また水中打設される SGM の単体重量は、 $\gamma_t = 11.5 \text{kN/m}^3$ と設定し、現場打設時の目標単体重量は、技術マニュアル²⁾に基づき、長期の密度増加分 $\Delta\gamma = 0.5 \text{kN/m}^3$ を減じた $\gamma_t = 11.0 \text{kN/m}^3$ と設定した。また、気中に打設した後に現地盤の圧密沈下により残留水位 (A.P.+2.1m) 以下に没する範囲 (100 年間の井筒直背面の残留沈下量約 1m) についても、水中打設と同じ単体重量を用いるものとした。

SGM の強度は、有効上載荷重に対し破壊を生じない強度として、設計基準強度 $q_{uck} = 200 \text{kN/m}^2$ と設定した。現場配合目標強度 q_{ul} は、技術マニュアルに従い、設計基準強度に割増率 $\alpha (=2.2)$ を乗じた、 $q_{uck} = 440 \text{kN/m}^2$ と設定した。また本工事では工程上、SGM 打設後に設計上の有効上載荷重が載荷されるまでの養生期間が十分にとれるため、通常の材齢 28 日ではなく、材齢 91 日で管理することとしている。

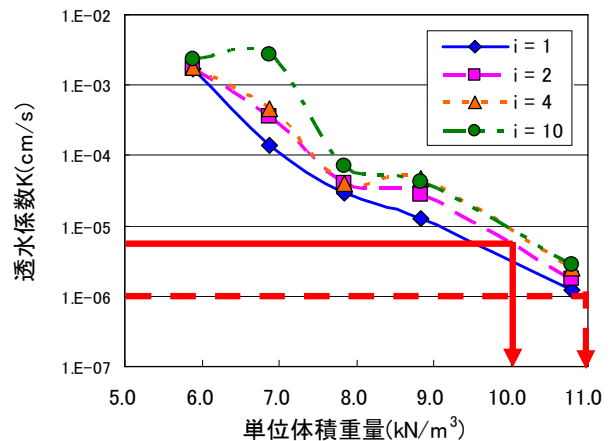


図-3 変水位透水試験 (i : 動水勾配)¹⁾

4. 施工計画

(1) 原料土

SGM の原料土は第一航路移設と他事業から発生する浚渫土砂が使用される。いずれもシルト分以下が 90% 程度の粘性土であり、材料分離性が小さく SGM には適した浚渫土といえる²⁾。SGM の配合設定は、大きく 3 種類に設定されている³⁾が、それらのばらつきに対して大量急速施工の中での品質管理が求められている。原料土には比較的有機物含有量の多いものが含まれており、混合～打設までの気泡の消泡（≒密度増大）が懸念され、プラント船と打設箇所における品質管理を従来以上に密に行い、リアルタイムで配合調整が行える設備と体制を計画している。

(2) 施工方法

これまでの実績で比較的大規模な工事 (数万 m^3) における打設能力は、 $40 \text{m}^3/\text{hr} \times 4 \text{基} = 160 \text{m}^3/\text{hr}$ 程度がほとんどで、近年 SGM 専用船 ($360 \text{m}^3/\text{hr}$) を開発し使用した急速施工の実績が 1 件ある (約 6.8 万 m^3)⁴⁾。本工事ではその打設能力 $360 \text{m}^3/\text{hr}$ クラス (4.5m^3 バッチ $\times 2$ 基 混練り 1.5min) の SGM 専用船 (新造船) と大型の陸上プラント施設を台船上に艀装して同程度の能力を確保した艀装台船の 2 船団で計画されている。圧送距離は、プラント船を外周護岸の外側に配置することから、圧送距離が 500～600m 程度となる。SGM の密度は、圧送距離が長くなると管内圧力が上昇し、圧送管内での摩擦の影響で気泡の消泡率が大きくなるため密度増加が大きくなる懸念がある。これにはプラント側と打設側での密度測定結果を配合調整にフィードバックさせることで配合調整（気泡混合量の調整）を行う対応が計画されている。

また、気中部分の施工では、打設した SGM 上に盛土で足場を作製し、クローラクレーン (100 t 吊) で次のステップの打設を行う計画であるが、大量急速施工のため、材齢 3 日程度で盛土を施工する必要がある。これに対しては、現配合設定において、弱材齢における強度発現と強度分布を想定して、支持力に問題がないことを確認して計画されている³⁾。

5. おわりに

本工事では、埋立／栈橋接続部の背面に軽量の SGM を使用することで、断面の効率化や沈下低減による維持管理費の縮小を可能とした。SGM の単体重量の設定では、長期的な水浸による密度増加の影響に配慮している点に特徴がある。

平成 21 年 5 月末から、SGM の施工が開始されるが、これまでにない大量急速施工においても細かな施工・品質管理を実施することにより、より品質の高い SGM を施工していく所存である。

【参考文献】1) 渡部要一ら：第 40 回地盤工学研究発表会「気泡混合処理土の透水性と微視的構造」pp. 831-832, 2005, 2) (財) 沿岸技術研究センター：軽量混合処理土工法技術マニュアル (改訂版), 2008. 7., 3) 居場ら：第 64 回年次学術講演会「羽田再拡張事業 D 滑走路における軽量混合処理土の配合検討」, 2009. 9. (投稿中), 4) 松崎忠彦ら：第 62 回年次学術講演会「気泡混合処理土の急速施工」pp. 271-272