

人工海浜の基盤材としてのカルシア改質土の活用（その1：空気圧送された改質土の性状調査）

東洋建設(株) 正 ○鶴ヶ崎和博 今野 光夫
 同上 正 中嶋 怜 正 前田 敏
 同上 傳 亮司

1. はじめに

大阪湾の臨海部に位置する堺浜（図1）は商業施設や大規模先端工場の集積など、新たな臨海拠点としての整備が進められている。ただ、これらの用地で囲まれた泊地は、航路として利用されていたことから水深が深く窪地形状になっており、また海水の交換が少ないため水質は悪化している状況である。そこで堺市建築都市局では人工海浜を造成することにより海域の水環境の改善を図るとともに、市民が憩える親水空間の創出に取り組んでいる。海浜造成には浚渫土砂の利用が予定されているが、安定性や沈下、波浪に対する形状維持等が課題となった。今回これらの課題に対処するため、底部基盤材の一部にカルシア改質土を活用した実験工事が行われた。



図1 施工位置（大阪府堺市堺浜）

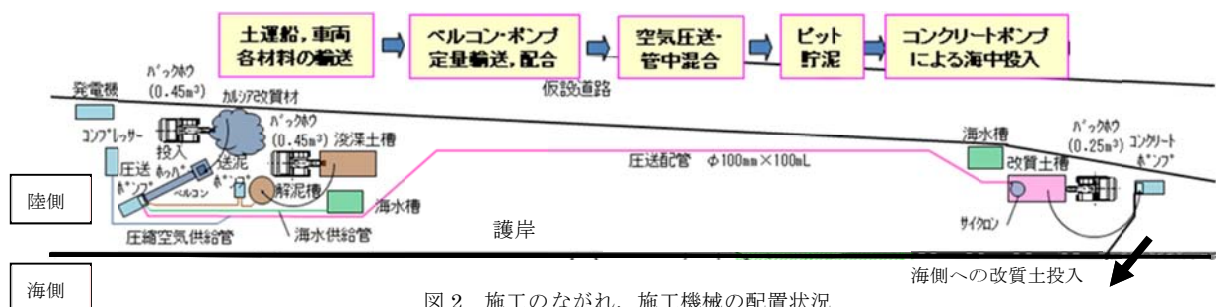


図2 施工のながれ、施工機械の配置状況

2. 施工内容

①概要：カルシア改質土（以下：改質土）は鉄鋼スラグのうち転炉系製鋼スラグを成分管理、粒度調整したカルシア系改質材（以下：改質材）と浚渫土との混合土である。混合により浚渫土の強度改善、硫化水素やリン酸およびスラグ中の高アルカリ水の溶出抑制効果等が期待される。今回は大阪港主航路の浚渫工事で発生した浚渫土を使用した。施工は事前の練混ぜを特に必要とせず、大規模・急速施工にも対応可能な管中混合方式による空気圧送¹⁾が採用された。海浜部に隣接する護岸側道脇に施工機械・設備を配置するとともに直径100mm、延長約100mの圧送管を敷設し海浜底部へと改質土を投入した（図2）。施工中は改質土の含水比・密度、フロー値等の品質管理を行うとともに周辺海域のpH、濁度等に関する水質モニタリングを行った。また施工後は沈下測量および電気式コーン貫入試験による地盤調査を実施した。本報では圧送時の管内圧力計測および排出土の品質調査について述べる。施工中の環境モニタリングおよびその後の地盤調査に関しては別報³⁾にて述べる。

表1 浚渫土および改質材の物性

	浚渫土	改質材
土粒子密度 (g/cm^3)	2.652	3.225
含水比 (%)	185.21	5.17
液性限界 (%)	123.63	-
塑性限界 (%)	32.89	-
強熱減量 (%)	13.508	-
粗砂分 (%)	0.00	0.76
中砂分 (%)	0.00	50.84
細砂分 (%)	0.00	20.50
粗砂分 (%)	0.43	8.33
中砂分 (%)	2.12	7.27
細砂分 (%)	3.40	6.12
シルト分 (%)	75.48	6.18
粘土分 (%)	18.57	-
最大粒径 (mm)	2.000	26.5
均等係数 U_c	21.25	39.41
曲率係数 $U_{c'}$	8.26	4.25

表2 事前配合試験結果

ケース	初期含水比 (液性限界 W_L 比)	配合比 (浚渫土：改質材)	フロー値 (mm)	q_c (kN/m^2) 28日養生
ケース1	1.5	7:3	90	163.71
ケース2	1.8	7:3	116	73.59
ケース3	1.8	6:4	99	158.37
ケース4	2.1	6:4	131.5	75.12

キーワード：製鋼スラグ、浚渫土、カルシア改質土、管中混合処理工法

連絡先：東洋建設 西宮市鳴尾浜 1-25-1 Tel：0798-43-5903 Fax：0798-40-0694

②投入材料の特性および配合試験：実験施工では合計 200m^3 の改質土を 5 ヶ所の干満帯エリアと常時水没エリアに投入した。浚渫土および干満帯エリア 1 で用いた改質材の特性を表 1 に示す。浚渫土は大阪港主航路の浚渫工事で発生したシルト・粘土分を主体とする土砂であった。改質材は粒径 25mm 以下を使用した。浚渫土の初期含水比および改質材の混合比率を変化させた配合試験結果を表 2 に示す。空気圧送工で目標とする混合土の特性は、直径 $80\text{mm} \times$ 高さ 80mm のシリンダーフロー試験値を 90mm 以上、一軸圧縮強度 q_u を材齢 28 日で 100kN/m^2 以上（現地換算 28 日コーン指数 q_c が 400kN/m^2 以上に相当）とした。表 2 より両条件を満足するのはケース 1 およびケース 3 となったが、実際の施工では浚渫土の基準含水比を $1.5W_L$ (W_L は液性限界の含水比) を目安とし、浚渫土と改質材の配合比は実質体積比で 7 : 3 とした。

③施工状況：図 2 に示したように、解泥された浚渫土とベルトコンベアで定量輸送された改質材は圧送ポンプにより輸送・混合され、減勢装置（サイクロン：写真 1）から改質土槽へと排出される。その後、混合土は海側の圧送ポンプへと積み替えた後に海中へ投入した。このとき土槽内の混合土に対して品質調査を行い、必要に応じて含水比調整のための加水や改質材の供給量を調整した。なお含水比調整用の加水は既往の圧送実験結果²⁾を参考に、輸送中での混練が可能であるものとして、空気圧送直前のポンプホッパー内に直接行った（写真 2）。



写真 1 サイクロン

写真 2 加水状況

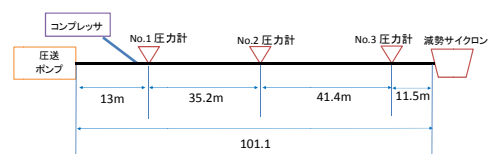


図 3 配管圧力の計測位置

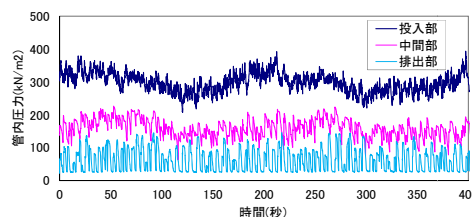


図 4 圧送時の管内圧力

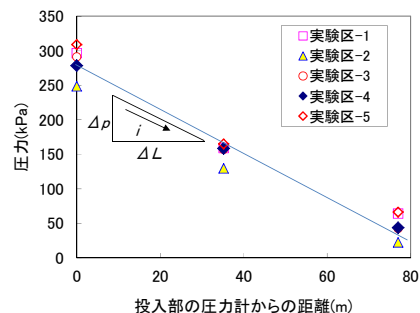


図 5 各計測地点の平均圧力と圧力勾配

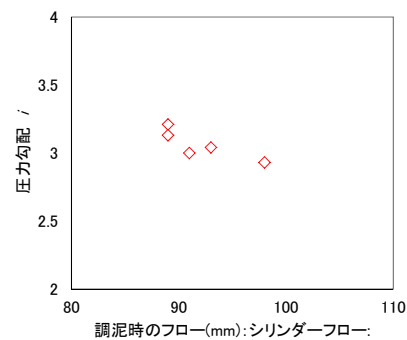


図 6 排出土のフロー値と圧力勾配

3. 圧送結果

①管内圧力：圧送時の排出量は時間あたり約 10m^3 とし、圧送時には各配管位置で管内の圧力計測を行った（図 3）。圧送中の管内圧力の推移状況についての一例を図 4 に示す。比較的規則性のある変動を示しており、混合体がプラグ流となって管内を移動していったことが予想される。図 5 は投入部圧力計からの距離と平均圧力の関係を示している。一様な勾配で圧力は分布しており、平均圧力勾配 i は 3 程度を示した。図 6 は圧力勾配 i と排出土のフロー値の関係である。フロー値が大きくなるにつれ、圧力勾配が低下する傾向を示した。

②排出土の性状：排出土の性状を表 3 に示す。表 2 と比較して同等のフロー値や一軸圧縮強度となり、空気圧送により混合土は適切に混練されたものと評価できる。

4. まとめ

堺浜での人工海浜の基盤材としてのカルシア改質土の適用性に関する実験施工を行った結果、排出された混合土は、所定のフロー値や強度を示し、圧送管内で良好に混練されたものと思われる。

謝辞：本実験施工は、（一社）日本鉄鋼連盟から発注された業務成果の一部をとりまとめたものです。堺市建築都市局、鉄鋼連盟、工事関係者およびカルシア改質土研究会の方々に多大なご協力をいただきました。ここに謝意を表します。

参考文献

- (財) 沿岸技術研究センター：管中混合固化処理工法技術マニュアル（改訂版），平成 20 年 7 月。
- 鶴ヶ崎他：カルシア改質土の空気圧送実験，土木学会第 67 回年次学術講演会講演概要集，VI-292，2012。
- 鶴ヶ崎他：人工海浜の基盤材としてのカルシア改質土の活用（その 2），土木学会第 68 回年次学術講演会投稿中，2013。

表 3 排出土の性状

調査項目	実験区-1
含水比(%)	45.20
フロー値(mm)	91
湿潤密度(g/cm ³)	1.969
28日 q_u (kN/m ²)	190.83