

### カルシア改質土の全開バージ直投時における濁り発生抑制効果(その2: 実施工での品質管理試験結果)

東亜建設工業(株) 正会員 ○永留健 御手洗義夫 五十嵐ひろ子  
高石謙介 坂本暁紀 森川正仁  
新日本製鐵(株) 正会員 横尾正義 川崎勉 山越陽介

#### 1. はじめに

君津製鐵所西護岸沖浅場造成工事では、新日本製鐵(株)君津製鐵所の沖合いに浅場を造成する目的で、カルシア改質土<sup>1)</sup>(以下、改質土)を海底の窪地に投入するものであった。図-1に施工断面図を示すが、浅場の造成は窪地周辺を水和固化体<sup>2)</sup>で築堤した後に、窪地に改質土を投入し、改質土上面を山砂と鉄分供給ユニット(ビバリーロック)<sup>1)</sup>でそれぞれ覆土して施工を行った(浅場面積: 80×150m)。改質土の施工は、図-2に示すように全開式の土運船(以下、バージ)内で大型バックホウによって改質土を混合し、混合後にバージから最大水深約10mの海底まで直接投入する方法で実施した。今回の改質土の製造・投入数量は15,200m<sup>3</sup>で、今までにみられない大量かつ急速な施工を行った。

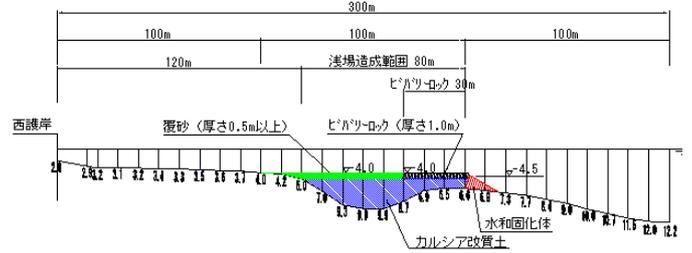


図-1 浅場造成断面図



(a) 混合状況 (b) 投入状況

図-2 施工状況

本報では、施工方法の概要と改質土製造時に行った品質管理試験結果について報告する。

#### 2. 施工方法および品質管理方法

改質土の製造は、7.5m<sup>3</sup>級のバックホウを2台搭載した改良混合船を用いて、1,500m<sup>3</sup>級の全開式バージ内で浚渫土とカルシア系改質材(以下、改質材)を混合した。改質土の製造・投入は次の通りである。①浚渫船で全開式バージに浚渫土を5~6割程度積み込む。②ガット船でバージに積載した浚渫土の上から所定量の改質材を全面にわたって均等に積み込む。このとき、改質土全体に対する改質材混合量が30%Volになるように積み込み数量を管理した。③バージを改良混合船に接舷し、2台のバックホウで改質土を所定の時間混合する。このとき、バックホウのアーム長の関係でバージの中心線から左右に分け、バージを反転させて、同じ時間ずつ混合した。④投入位置までバージを移動させ、最大水深約10mの海底に改質土を直接投入する。以上の手順で延べ14隻のバージを用いて改質土の施工を行った(1隻目のみ浚渫土単体をそのまま投入、2隻目以降改質土を投入、12隻目は改質土全体に対する改質材の混合割合が20%Volで製造・投入)。

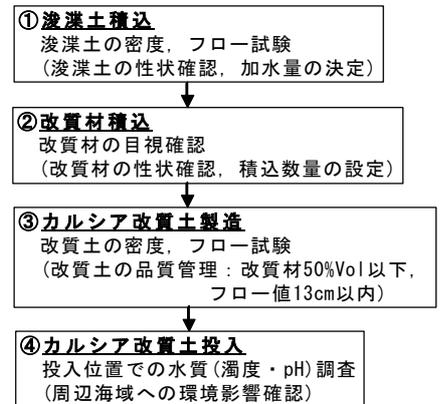


図-3 品質管理手順

図-3には、それぞれの施工のタイミングで行った改質土の品質管理手順を示す。今回の改質土の配合は、事前検討結果<sup>2)</sup>から周辺海域に影響を及ぼさないように改質土のフロー値が13cm以内、かつ改質材混合量50%Vol以内(部分的なばらつき含)となるように管理することにしており、現場での製造後の改質土の品質管理は密度試験、フロー試験によって行った。また、それぞれの材料をバージ内に積み込む際は、浚渫土や改質材の性状を確認しながら積み込んだ。特に浚渫土の積み込み時には、事前検討結果から改質材を30%Vol混合することでフロー値が0.5倍程度低減することがわかっており、今回は調整土(浚渫土+海水)のフロー値が20cm程度になるように海水の加水量を調整した(改質土のフロー値は10cm程度、図-4)。混合時間の設定は、2隻目のバージ(改質土製造1隻目)で湿潤密度のばらつきがある程度少なくなる混合時間を確認したうえで設定した。図-5には、2隻目のバージで調査した混合

キーワード カルシア改質土, バックホウ混合, 全開式バージ, 品質管理

連絡先 〒230-0035 横浜市鶴見区安善町1-3 東亜建設工業(株) 技術研究開発センター TEL045-503-3741

時間と湿潤密度の関係を示す。湿潤密度はバージの片舷 10 箇所から採取した改質土より実測した。図をみると、25 分の混合では、35 分や 45 分の混合と比較してばらつきが大きいのがわかる。35 分以降の湿潤密度のばらつきはほぼ同程度になっており、今回は安全を見込んで片舷 45 分間(バージ 1 隻 90 分間)の混合を行うこととした。

3. 品質管理試験結果

今回使用した浚渫土と改質材の物理特性を表-1、表-2 に示す。浚渫土は 11 隻のバージから採取した試料を、改質材は施工中に 2 回採取した試料をそれぞれ試験した。表には、それぞれの物性値の平均を記載し、カッコ内に得られた物性値の範囲を記している。現場で採取した試料の物性は、事前検討に用いた試料<sup>3)</sup>と比べて、浚渫土の自然含水比がやや高かったが(事前検討  $w_n=141\%$ )、それ以外の値はほぼ同程度であった。

図-6 には、改質土製造中(片舷 25 分混合)および製造後(片舷 45 分混合)の湿潤密度の頻度分布を示す(改質材 30%Vol 混合の 12 隻分)。図より、25 分間混合した試料は 45 分間混合した試料の分布よりも湿潤密度の平均値が低く、平均値よりも低い試料の頻度が多い。これは、図-5 の調査でみられた傾向と同じで 25 分間での混合では改質材が均質に混合されていないものもあることを示唆している。一方、混合 45 分のケースでは頻度分布の形状も正規分布に近く、変動係数も低くなっており、混合時間の影響がでている。

ここで、今回の試験結果と別途行なった空気量試験結果(空気混入量実測値 4.7%)をもとに改質土の湿潤密度の平均値から改質材の混合量を計算したところ、全体体積の 20%Vol であった(調整土の実測密度  $\rho=1.258\text{g/cm}^3$ 、改質材の表乾密度  $\rho=3.021\text{g/cm}^3$ )。今回の工事では、改質材の配合量は 30%Vol で設定していたが、湿潤密度の平均値から計算した混合量はやや低い値であった。この原因として、バックホウによる混合時に湿潤密度の大きい改質土が少しずつバージ下部のバックホウのバケットが届かない箇所(約  $280\text{m}^3$ )にもぐりこんでいった可能性が考えられる。湿潤密度の大きい改質土がバージ下部にもぐりこんだと仮定してバージ下部の改質材の混合量を計算したところ、全体体積の 45%Vol であった。バージによる投入に際して、投入時および投入後の水質調査<sup>3)</sup>から海水の大きな濁りや pH 上昇が確認されなかったことから施工を進めた。なお、今回行った試験での最大密度( $\rho=1.776\text{g/cm}^3$ )で改質材の混合量を計算したところ、混合量は 36%Vol であり、管理値の 50%Vol 以内を満足できた。

また、フロー試験で得られた改質土のフロー値は全て 10cm 以内となり、管理値である 13cm 以内を満足することができた(25 分間混合:8.0~9.9cm, 45 分間混合:8.3~10.0cm)。

4. おわりに

今回、浅場造成を目的としてカルシア改質土をバージ内でバックホウにより混合し、その後、海水中に投入した事例を報告した。今回の工事では、バージ片舷を 45 分程度混合することで改質土のばらつきも小さくなり、水中に投入できる性状のものを製造することができた。今後の課題として、混合設備を改良することで、さらに短時間でばらつきの少ない改質土を製造できるものとする。

《参考文献》1)中川雅夫：鉄鋼スラグによる海域環境改善技術，土木学会誌，Vol.96，No.4，pp.29-30，2011.2)五十嵐ら：カルシア改質土の全開バージ直投時における濁り発生抑制効果(その 1：事前検討による環境影響評価)，土木学会第 67 回年次学術講演開概要集第 VI 部門，2012(投稿中)。3)山越ら：カルシア改質土の全開バージ直投時における濁り発生抑制効果(その 3：水中投入時の水質調査結果)，土木学会第 67 回年次学術講演開概要集第 VI 部門，2012(投稿中)。

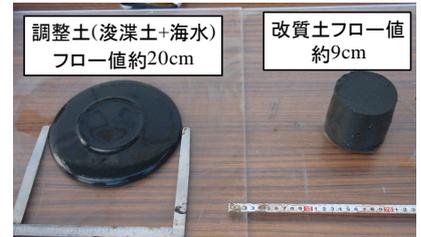


図-4 改質材混合前後のフロー試験

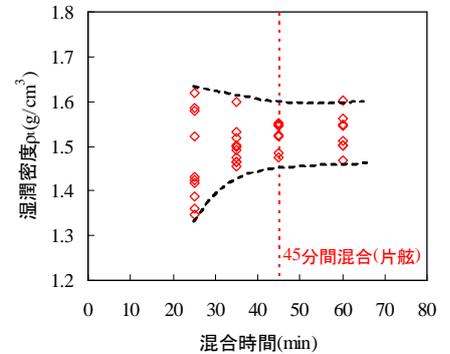


図-5 混合時間と湿潤密度の関係

表-1 浚渫土の物理特性

土粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.666(2.655~2.688)	
湿潤密度 $\rho(\text{g/cm}^3)$	1.275(1.254~1.310)	
フロー値(cm)	12.7(10.8~14.5)	
自然含水比 $w_n(\%)$	169(136~192)	
液性限界 $w_L(\%)$	106(97~115)	
塑性限界 $w_P(\%)$	40(37~45)	
pH	8.2(8.0~8.3)	
粒度組成 (%)	礫	0.1(0.0~0.4)
	砂	3.6(2.0~8.2)
	シルト	74.8(70.6~80.5)
	粘土	21.5(13.8~25.2)

表-2 改質材の物理特性

粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	3.297(3.274~3.320)	
表乾密度 $\rho(\text{g/cm}^3)$	3.021(2.986~3.057)	
自然含水比 $w_n(\%)$	7.6(6.9~8.3)	
粒度組成 (%)	礫	75.7(71.4~79.9)
	砂	18.6(15.7~21.5)
	シルト	2.9(1.9~3.9)
	粘土	2.9(2.5~3.22)

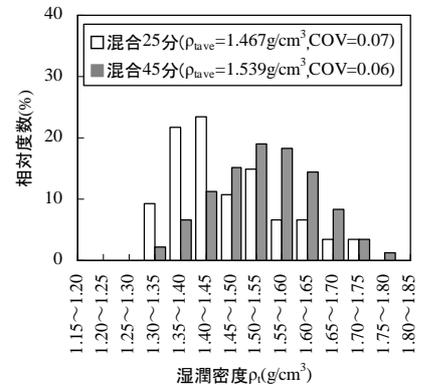


図-6 改質土の湿潤密度頻度分布