

低配合カルシア改質土の強度増進方法の検討と CO₂ 排出量の試算

五洋建設(株) 正会員 ○田中 裕一 正会員 野中 宗一郎

1．目的

カルシア改質土は、浚渫土とカルシア改質材（転炉系製鋼スラグを原料として成分管理と粒度調整をした材料）を混合した材料であり、埋立柱材、深堀埋戻材、干潟・浅場造成材、護岸裏埋材、潜堤材等として広く使用されている。これまでの事例では、浚渫土混合率 70vol%・カルシア改質材混合率 30vol%とすることが多いが、浚渫土の有効利用の観点からは、カルシア改質材の混合率を小さくすることが望ましい。

一方、カルシア改質材の混合率を小さくした場合、発現強度が低下することが予想される。「カルシア改質土技術マニュアル」(沿岸技術研究センター, 2017)には、強度増進添加材として高炉スラグ微粉末と高炉セメントが例示されており、低配合のカルシア改質土に対してこれらを添加することにより強度を確保する方法が考えられる。

そこで、低配合のカルシア改質材に補助材を添加した配合試験を実施し、発現強度を確認した。また、こうした配合による浚渫土の使用増加量、材料価格を計算するとともに、カーボンニュートラルへの取り組みの観点から材料由来の CO₂ 排出量の試算を行った。

2．試験方法

実験に使用した浚渫土とカルシア改質材の材料特性を表-1 に示す。強度増進添加材として、高炉スラグ微粉末と高炉セメント B 種を使用し、カルシア改質土に対して外割で添加した。

浚渫土とカルシア改質材、強度増進添加材を所定の比率で混合直後にシリンダフロー試験（NEXCO 試験方法 試験法 313）を実施するとともに、Φ50mm×H100mm の供試体を作成し、20 の恒温室で 7 日・28 日養生後に一軸圧縮試験（JIS A 1216）を実施した。材料コストの計算には、「建設物価」(建設物価調査会)の単価を、CO₂ 排出量の計算には文献値や協会発表の原単位を使用した（表-2）。浚渫土使用量の計算の際、強度増進添加材の密度として、高炉セメント B 種 3.04g/cm³、高炉スラグ微粉末 2.89g/cm³を使用した。

表-1 材料特性

浚渫土					カルシア改質材	
土粒子密度 (g/cm ³)	含水比 (%)	液性限界 (%)	細粒分含有率 (%)	湿潤密度 (g/cm ³)	表乾密度 (g/cm ³)	最大粒径 (mm)
1.643	104.7	69.8	89.4	1.46	2.78	<20

表-2 材料単価と材料の CO₂ 排出量原単位

材料名	単価 (円/t)	CO ₂ 排出量原単位 (kg-CO ₂ /m ³)	CO ₂ 排出量原単位の出典
カルシア改質材	1,250	2.6	港湾空港技術研究所資料 No.1399,2022.
セメント(高炉 B)	11,000	458	セメント協会,2023.
高炉スラグ微粉末	8,000	39.6	日本コンクリート工業会,2018.

3．試験結果

配合試験の設定条件と試験結果、材料価格、CO₂ 排出量の一覧を表-3 に示す。カルシア改質材の混合率が同じ条件で比較した場合、高炉セメント B 種や高炉スラグ微粉末を添加したケースでは、フロー値がやや低下するものの強度が大きく増加した。添加量が同じ場合、高炉セメント B 種の強度増進効果が高炉スラグ微粉末よりも高かった。

今回の試験の高炉スラグ微粉末添加量は、50 kg/m³、100 kg/m³であり、「カルシア改質土技術マニュアル」に記載の浚渫土重量に対して 1%、3%添加よりも多い量である。なお、高炉スラグ微粉末の添加量 1%、3%を今回のカルシア改質材混合率 30vol%の条件に当てはめると、それぞれ 10 kg/m³、31 kg/m³となる。

キーワード カルシア改質土、浚渫土、製鋼スラグ、高炉スラグ微粉末、CO₂ 排出量

連絡先 〒141-0031 東京都文京区後楽 2-2-8

五洋建設（株）環境事業部 TEL03-3817-7521

カルシア改質材混合率 30vol% の No.9 を基準として、同等の強度を発現する強度増進添加材を添加した配合として No.5 , No.7 を選び、一軸圧縮強さの変化を図-1 に、浚渫土の使用増量分と CO₂ 排出量・材料価格を図-2 に示す。同様に、カルシア改質材混合率 20vol% の No.8 を基準として、同等の強度を発現する配合の No.2 , No.6 について、一軸圧縮強さの変化を図-3 に、浚渫土の使用増量分と CO₂ 排出量・材料価格を図-4 に示す。

カルシア改質材の混合率を小さくすると浚渫土使用量が増え、カルシア改質材混合率 30vol% を基準とした場合、No.9 の浚渫土使用量 700 L/m³ に対して、No.5 では使用量が 184 L/m³ 増加した。

材料価格は、セメントを補助材とした場合にやや安価となった。強度増進添加材にセメントを使用した場合、CO₂ 排出量は大きく増加するが、高炉スラグ微粉末を使用すると基準の配合に対して微増する程度に留まった。

表-3 配合試験結果

No.	配合			フロー			材料価格 (円/m ³)	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /m ³)
	カルシア改質材 (vol%)	高炉セメント B 種 (kg/m ³)	高炉スラグ 微粉末 (kg/m ³)	混合直後 (cm)	7 日後 (kN/m ²)	28 日後 (kN/m ²)		
1	5	0	0	10.1	-	-	188	0.4
2	5	50	0	9.0	117	184	738	23.3
3	5	0	50	9.6	-	-	588	2.4
4	10	0	0	8.9	41.9	60.2	375	0.8
5	10	50	0	8.7	324	442	925	23.7
6	10	0	50	8.8	117	189	775	2.8
7	10	0	100	8.7	222	499	1,175	4.7
8	20	0	0	8.5	102	228	750	1.6
9	30	0	0	8.4	155	379	1,125	2.3

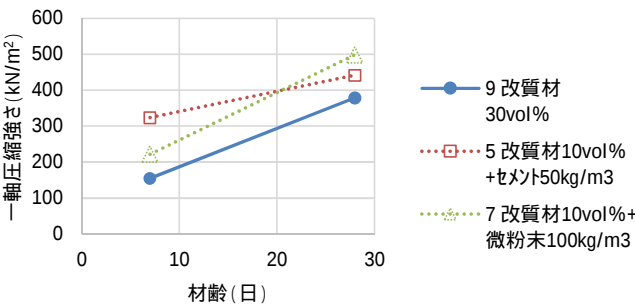


図-1 一軸圧縮強さの変化 (基準:改質材 30vol%)

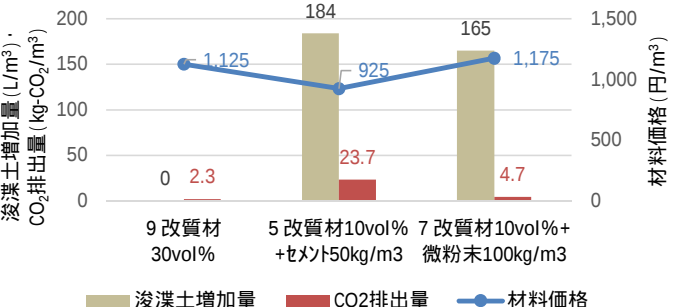


図-2 浚渫土増加量・CO₂ 排出量と材料価格

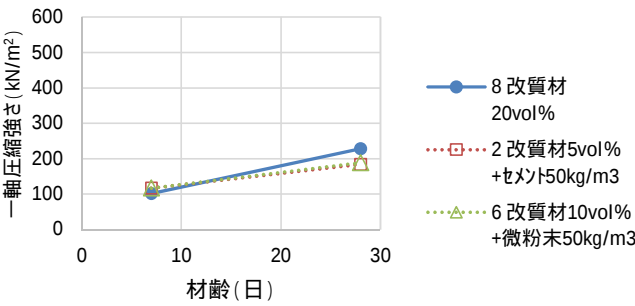


図-3 一軸圧縮強さの変化 (基準:改質材 20vol%)

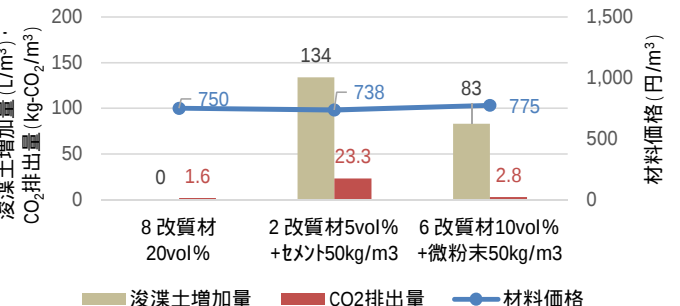


図-4 浚渫土増加量・CO₂ 排出量と材料価格

4. まとめ

低配合のカルシア改質土に対する強度増進補助材の添加により、浚渫土の使用量を増やしつつ強度を確保することが可能であった。この際、フロー値の変化は小さく、施工性は大きく低下は生じないことを確認した。

カルシア改質材は産業副産物であり CO₂ 排出量の原単位が小さい材料であるが、低配合のカルシア改質土に対して強度増進添加材として高炉スラグ微粉末を使用した場合、セメントと比較して CO₂ 排出量の抑制が可能であった。