

炭酸化された再生微粉を添加したモルタルに関する基礎検討

五洋建設(株)技術研究所 正会員 ○正木 徹 正会員 谷口 修
五洋建設(株)東京土木支店 川田 俊輔

1. 目的

東京都島しょ部において再生砕石が島内に蓄積されており、これらは再生骨材として活用することが有効であると考えられる¹⁾。再生骨材を製造する際は、再生微粉（以下：フィラー）が発生する。フィラーは一般的に流動化処理土といった建設材料に混入されることがあるものの、島嶼部ではそのような材料は使用されないため廃棄物となる。フィラーは再生骨材に付着しているモルタルを削った微粉であり、水酸化カルシウム（ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ）やケイ酸カルシウム水和物（ C-S-H ）といった水和物を含んでいることが考えられる。そのため、 CO_2 に暴露することで水和物が化学反応を生じ、炭酸カルシウム（ CaCO_3 ）を生成し、結果として CO_2 を吸収することも理論上考えられる。本検討ではフィラーの有効利用を目的として各種検討を実施した。

2. フィラーの分析

(1)分析の概要

フィラーの種類及び処理内容、外観を表-1と写真-1に、分析項目を表-2に示す。フィラーAは再生骨材をブラスト処理（乾式処理）にて製造した際の副産物として生じたフィラーを対象とした。フィラーCは再生骨材を湿式処理で製造した際の脱水ケーキを乾燥させた後、木槌にて割裂した上で、すり鉢で微粉碎したものを対象とした。なお、フィラーBとDはフィラーA,Cそれぞれを炭酸化させたものであり、炭酸化方法については中性化促進装置内にて CO_2 濃度5%、 $\text{RH}=60\%$ の条件で7日間暴露後、105℃の炉乾燥を行った。熱重量/示差熱分析

表-1 フィラーの種類と処理方法

フィラーの種類	再生骨材の製造方法， フィラーの炭酸化の有無
フィラーA	乾式処理(ブラスト処理)，炭酸化無し
フィラーB	乾式処理(ブラスト処理)，炭酸化有り
フィラーC	湿式処理(摩砕処理)，炭酸化無し
フィラーD	湿式処理(摩砕処理)，炭酸化有り



写真-1 フィラーの外観

においてはフィラーA,Bを対象とし、 CaCO_3 の質量減少量から CO_2 量を換算し、フィラーの CO_2 吸収量に求めた。

表-2 フィラーの分析項目と分析対象

分析項目	条件	分析対象
活性度指数	JIS A 6206(コンクリート用高炉スラグ微粉末)に準拠 セメントの圧縮強さ試験による基準モルタルとの相対比較	フィラー A,B,C,D
走査型電子顕微鏡による観察 (SEM)	各種フィラーの形状観察	フィラー A,B
熱重量/示差熱分析	$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 CaCO_3 の800℃までの質量減少量測定	フィラー A,B,C,D
微粒分量	JIS A 1103 (骨材の微粒分量試験方法)	
密度・比表面積	JIS R 5201(セメントの物理試験方法)	
吸水率	JIS A 1109(細骨材の密度および吸水率試験)に準拠	

(2)分析結果

熱分析の結果を表-3、その他分析結果を表-4に示す。フ

ィラーA,Bの熱分析による CaCO_3 の質量減少量の差は2.4%程度であったことから CO_2 の吸着量は約24(kg/t)であることが確認された。また、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が確認されなかったものの、800℃までの質量が減少していたことから、大気中で炭酸化が進んだことや炭酸化暴露によりC-S-Hが強制的に炭酸化したことが考えられる。炭酸化の有無によらずフィラーは不活性であることや比表面積に大差がないことが確認された。なお、密度が大きくなった理由として、炭酸化によりカルサイトが生成されたこととみられる²⁾。なお、今回の検討では吸水率が低減されたが炭酸化により CaCO_3 が生成されたこと影響によると推察される。写真-2にSEM写真を示す。外観に大きな違いが見られないものの、一部骨材由来の物質とみられるものが散見されたことから、水和物と石粉が混合しているとみられる。

キーワード フィラー，島しょ部，炭酸化， CO_2 吸収，モルタル

連絡先 〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1 五洋建設(株)技術研究所 TEL0287-39-2105

表 - 3 熱重量/示差熱分析の結果

試料名	質量減少率(%)	
	Ca(OH) ₂ の脱水	CaCO ₃ の脱炭酸
フィラーA	0.00	6.30
フィラーB	0.00	8.71

3 . モルタル試験

(1)試験概要

W/C=50% , 砂 : セメント = 1 : 3 のモルタルを基準とし , フィラーをセメント置換及び細骨材置換し , 各種比較を行った . また , 使用材料を表 - 5 , モルタル配合と試験項目を表 - 6 , 7 に示す . モルタルの練混ぜはモルタルミキサーにて実施した .

(2)モルタル試験の結果

各試験結果を図 - 1 , 2 , モルタル内部の中性化状況を写真 - 3 に示す . フィラーの添加量が多くなるほどフロー値が低下する傾向にあった . これは , 粉体量の増大による影響とみられる . 炭酸化させたフィラーを使用した場合でも , 細骨材置換で強度が増加傾向であった . なお , σ7 , 28 にて , モルタル内部の中性化はいずれも確認されなかった .

4 . まとめ

本検討の範囲では , フィラーを炭酸化させることで僅かではあるものの物性が変化し , CO₂を吸収することが明らかとなった . また , 炭酸化させたフィラーはさせてないものと同様 , 細骨材置換で圧縮強度が増加した . さらに , 炭酸化させたフィラーの混入が中性化に及ぼす影響は小さいものと示唆された .

参考文献

1)正木徹ほか 東京都島しょ部における再生骨材と再生微粉を併用したコンクリートの適用に向けた基礎的検討 コンクリート工学年次論文集 Vol.44 No.1 pp.1012-1017 2022 2)斎藤豪ほか γ -Ca₂SiO₄を用い低温水熱合成したケイ酸カルシウム水和物硬化体の炭酸化反応 コンクリート工学年次論文集 Vol.29 No.1 pp.933-938 2007

表 - 4 各種分析結果

試料	分析内容				
	活性度指数(%)	微粒分量(%)	密度(g/cm ³)	比表面積(cm ² /g)	吸水率(%)
フィラーA	37	63.6	2.43	4710	15.4
フィラーB	38	66.6	2.56	4230	10.6
フィラーC	46	74.5	2.39	12600	15.9
フィラーD	50	75.6	2.52	10170	11.4

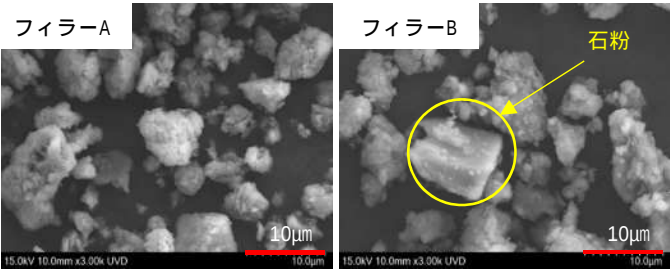


写真 - 2 SEM 像拡大写真

表 - 5 使用材料

種別	記号	摘要
普通セメント	C	比表面積 3340cm ² /g , 密度 3.16g/cm ³
高炉セメントB種		比表面積 3750cm ² /g , 密度 3.04g/cm ³
標準砂	S	絶乾比重 2.64g/cm ³ , 吸水率 1.76%
フィラー	F	フィラーA,B,D

表 - 6 モルタル試験項目

試験項目	試験条件
15 打モルタルフロー	JIS R 5201
圧縮強度試験	JIS A 1107 σ _r , 28 時に測定
モルタル断面の中性化の有無	σ _r , 28 経過後に圧縮試験体を切断し , フェノールフタレイン溶液噴霧

表 - 7 モルタル配合

No.	W/P (%)	W/C (%)	セメント種類	フィラーの種類	単位量(kg/m ³)				
					W	C	F		S
							セメント置換	細骨材置換	
1	50.0	50.0	普通セメント	-	256	512	0	0	1535
2		52.7		A	256	486	26	0	1535
3		55.5		A	256	461	51	0	1535
4		50.0		A	256	512	0	100	1435
5		52.7		B	256	486	26	0	1535
6		55.5		B	256	461	51	0	1535
7		62.4		B	256	410	102	0	1535
8		50.0		B	256	512	0	100	1435
9		52.7		D	256	486	26	0	1535
10		55.5		D	256	461	51	0	1535
11		62.4		D	256	410	102	0	1535
12		50.0		D	256	512	0	100	1435
13		50.0	高炉セメントB種	B	254	508	0	0	1520
14		52.6		B	254	483	25	0	1520
15		55.6		B	254	457	51	0	1520
16		62.6		B	254	406	102	0	1520

P=C+F セメント置換分とした

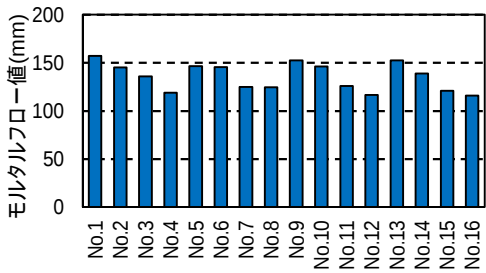


図 - 1 フロー試験結果

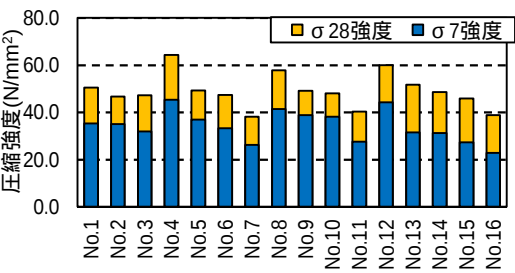


図 - 2 圧縮強度試験結果



写真 - 3 試験体断面確認