

再生セメント製造時の処理時間および乾燥温度がモルタルの強度に与える影響

芝浦工業大学 工学部土木工学科
三和石産株式会社 テスティング事業部
芝浦工業大学 土木工学科

○宮崎幹太
大川憲
伊代田岳史

1. はじめに

建設業界では、年間約 150~200 万 m^3 の残コンが、発生している。残コンの再利用の方法として、コンクリートを骨材、スラッジ水に分別して再利用を行う洗浄処理が行われている。JIS A 5308 では、この時に回収される骨材と、スラッジの固形分率が単位セメント量の 3%以下のスラッジ水、上澄み水を練り混ぜに用いることを認めている。一方、残存したスラッジケーキのほとんどは産業廃棄物となっている。そのスラッジケーキを有効活用するため、スラッジケーキを 130°C程度で乾燥させた乾燥スラッジ微粉末（以下：DSP）をセメントの代替品として利用する研究¹⁾が行われている。DSP の製造工程の中でレディーミクストコンクリートとしてセメントが接水した時点から、スラッジケーキが乾燥されるまでの時間を処理時間と称する。DSP は一度水和したセメントであるが、未水和セメントが残存しており普通ポルトランドセメント（以下：OPC）の 5 割程度の強度が発現することが報告されている。

本研究では、この製造工程における処理時間と乾燥温度が DSP の強度に影響を与えると考えた。そこで、処理時間と乾燥温度を変化させた一度水和したセメント（以下：再生セメント）を試製し、処理時間および乾燥温度が強度発現にどのような影響を与えるか原料組成に基づき検討を行った。

2. 実験概要

2. 1 使用材料

再生セメントの詳細と記号を表-1に示す。本研究では、セメントと水を 1 : 2 の割合で、スターラーを用いて攪拌した。この時の攪拌時間は 3, 8, 24 時間とした。その後、105, 300, 500°Cで乾燥させ粉碎ミルで粉末にした再生セメントを試製した。以上の工程より水和度と乾燥温度を変化させた 9 種類の再生セメントを試製した。

2. 2 示差熱重量分析試験 (TG-DTA)

再生セメントおよび再水和後に含まれる水酸化カルシウム（以下：CH）の定量分析を行うため TG-DTA を実施した。再水和後の試料として、表-1 の再生セメントを用いて W/C50%のセメントペーストを試製して材齢 28

表-1 再生セメントの詳細と記号

疑似DSP			
乾燥温度 \ 処理時間	3h	8h	24h
105°C	3h105°C	8h105°C	24h105°C
300°C	3h300°C	8h300°C	24h300°C
500°C	3h500°C	8h500°C	24h500°C

表-2 配合表

	W/C(%)	単位量 (kg/m^3)		
		W	C	S
OPC	50	225	450	1350
DSP				
疑似DSP				

日まで恒温恒湿室（室温 20°C、湿度 60%）で封緘養生を行った。養生終了後、アセトンを用いて水和を停止させ乾燥させた後、乳鉢を用いて粉末状にした。

2. 3 圧縮強さ試験

再生セメントの処理時間と乾燥温度がモルタルの強度に与える影響を確認するため圧縮強さ試験を実施した。配合を表-2に示す。OPC および再生セメントをそれぞれ用いた W/C50%の 1 : 3 モルタルを作製、脱型後、28 日間、恒温恒湿室で封緘養生を行い、JIS R 5201 に準拠した圧縮強さ試験を実施した。

3. 実験結果および考察

3. 1 示差熱重量分析結果

図-1に再生セメントと再水和後の CH 含有割合を示す。結果から、水和時間が長いセメントほど、再生セメント中に含まれる CH 量は多くなっていることが分かった。このことから、水和時間が長くなるほど水和が進み CH が生成されていることがわかる。次に乾燥温度の差をみると、乾燥温度 500°Cでは他の乾燥温度の再生セメントと比較し、CH 量が少ないことが確認できた。これは CH が 450~500°Cで $\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$ と脱水作用が働いた

め、500℃の乾燥により CH が分解され CaO が生成されたと考えられる。また、再水和後の CH 量はおおむね OPC の水和後と同程度の値を示した。ことから、CaO が再び H₂O と反応して、CH を生成したといえる。

3. 2 圧縮強さ試験

図-2 に圧縮強さ試験の結果を示す。処理時間 8 時間の再生セメントでは乾燥温度 105℃および 300℃で、OPC の OPC の約 6 割の強度が発現している。一方、乾燥温度 500℃では約 8 割の強度が発現する結果が得られた。

再生セメントの CH 含有割合が少ないということは、相対的に再生セメントに含まれる未水和物が多いといえる。そこで、図-3 に圧縮強度と再生セメントの含有 CH 割合の関係を示す。この結果から、CH 含有割合と強度に相関があることを確認することができた。また、再生セメントの CH 含有割合が 5%以下では含有割合が増加するに伴い急激な強度低下が確認できた。一方、CH 含有割合 5%以上では CH の含有割合の増加に伴う強度低下が緩やかになる傾向が得られた。

28 日養生後に生成された CH 量が同程度であることから、500℃で CH が分解され生成された CaO は再び水と反応して CH を生成した。また、処理時間が長くなるほど、28 日養生後の CH 量が減少しているため一度水和しているセメントは十分に水和反応が進行できていないと考えられる。24h300℃、24h105℃については、再水和で生成される CH が非常に少なくなっている。このことから、水和前のセメントの CH 含有割合が強度に及ぼす影響について今後検討していく必要がある。

4. まとめ

- (1) 乾燥温度を 500℃とすると CH の脱水が生じ、再生セメントに含まれる CH が減少し CaO が生成された。この CaO は再水和時に H₂O と反応し、再び CH を生成し、再生セメントの強度発現に影響を与えていると考えられる。
- (2) 再生セメントに含まれる CH の量は、圧縮強さと相関があり、CH 含有割合 5%未満では CH の増加に伴い強度が急激に低下する傾向が得られた一方、CH 含有割合 5%以上では、強度の低下が緩やかになった。
- (3) 処理時間 3 および 8 時間の再生セメントは 500℃で乾燥させることで CH が脱水され、CH 含有割合は OPC と同程度、圧縮強さは 8 割程度発現させることが可能であった。
- (4) 今後、スラッジケーキを処理する際高温で処理を行うことは、セメントの代替品としての性能を向上させる方法として有効であると考えられる。

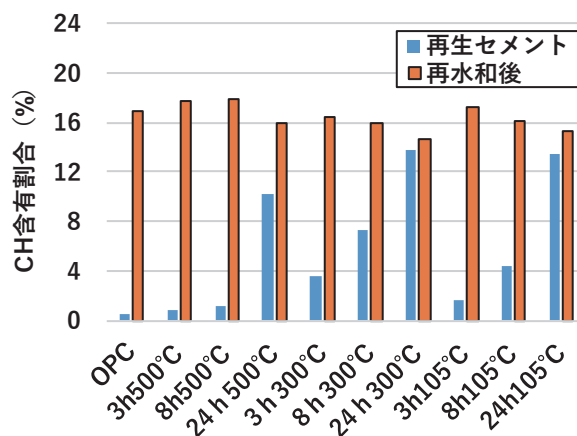


図-1 TG-DTA の結果

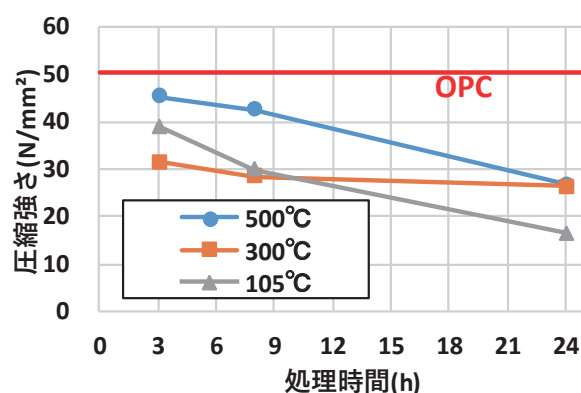


図-2 圧縮強度試験の結果

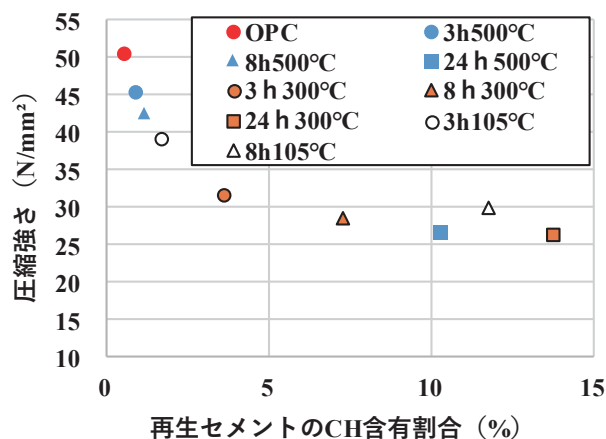


図-3 圧縮強さと CH 含有割合の関係

【参考文献】

- 1) 大川憲, 青木真一, 百瀬晴基, 閑田徹志, 笠井哲郎: 乾燥スラッジ微粉末と産業副産物混和材を併用したクリンカーフリーコンクリートに関する実験研究, 日本建築学会構造系論文集, 2015, 巻 80, pp. 539 - 549, 2015