

コンクリートスラッジ中の残存固形分を配合したモルタルの圧縮強度に関する研究

○安東 修一 日大生産工(院), 鶴澤 正美 日大生産工

1. 目的

コンクリート製造工場で大量に排出されるコンクリートスラッジの処分が問題となっている。コンクリートスラッジは、使用されずに余ったレディーミクストコンクリート(以下、生コンと略記)から粗・細骨材を取り除き脱水した残渣や遠心成形工法によって発生する余剰分のスラッジを指すが、その排出量は生コン出荷量の3-5%前後という報告がある¹⁾。全国生コンクリート工業組合連合会によると2022年の生コンの出荷量は7445万2000m³であり、年間およそ300万m³のコンクリートスラッジが排出されている²⁾。コンクリートスラッジはそのほとんどが埋め立てられており、一部はセメント原料や路盤材として活用されている例もあり、更なる有効活用が求められている。コンクリートスラッジの含水率は30-50%とされており³⁾、仮に5割と考えると年間150万m³のセメントが排出されているとすることができ、セメントの比重を仮に約3t/m³として計算すると450万tのセメントが排出されていることになる。二酸化炭素排出量に置き換えれば700kg/t-cementであることから、およそ315万tの二酸化炭素が排出されている資源であると言える。カーボンニュートラルの観点で考えれば、コンクリートスラッジに含まれているセメント分は、すでに二酸化炭素を排出してできているため、スラッジの有効利用技術が確立することは、製造した材料の二酸化炭素負荷を使用分だけゼロまたはマイナスにカウントできると考えられるため、その期待は大きい。

本研究は遠心成形時のノロを一旦水中に懸濁させたのち、フィルタープレスによって固液分離して得られる残存固形分を有効活用することを目的としている。

2. 実験方法

普通ポルトランドセメントに対し質量比で50, 75, 100%を残存固形分でJIS標準砂に外割置換したモルタルの圧縮強度を測定した。また、普通ポルトランドセメント:高炉スラグ微粉末を60:40で混合した高炉セメントB種相当のセメント(以下BBと略記)を作製し実験に供した。BBに対して10, 20, 30, 40, 50, 75, 100%を残存固形分でJIS標準砂に外割置換したモルタルの圧縮

強度を測定した。使用材料は水道水(W)、普通ポルトランドセメント(太平洋セメント社製, C)、高炉スラグ微粉末(以下GBFSと略記, エスメント, 石膏無し)、残存固形分(R)、JIS標準砂(S)とした。なお、減水剤にはSSP-104(SP)を使用し、各配合に応じて型枠の流し込み流動性を得られる分だけ添加した。また、添加した減水剤の量が多いため、減水剤固形分が30%であることを考慮して細骨材や水量を調整した。作製したモルタルの配合を表1, 表2に示す。

供試体の作製は基本的にJIS R 5201に準拠して行った。練り混ぜはJISモルタルミキサー、型枠には40×40×160mmの角柱型とし、供試体の成型後、20°C-65% R.Hの恒温恒湿室で24時間の前置き養生を行った。その後脱型を行い、20°Cで水中養生を行った。但し、残存固形分添加モルタルは非常に練り混ぜが困難なので、投入手順や練り混ぜ時間をJIS R 5201とは異なった方法で工夫し実施した。最初にセメントと水を投入、その後に

表-1 残存固形物を混合した通常のポルトランドセメントモルタルの組成

R/C%	kg・m ⁻³				
	W(g)	C(g)	S(g)	R(g)	SP(g)
0	225.0	450.0	1350.0	0.0	0.0
50	220.0	450.0	1123.5	225.0	5.0
75	212.5	450.0	1008.8	337.5	12.5
100	202.5	450.0	893.3	450.0	22.5

表-2 残存固形物を混合した残留固形分の組成

R/(C+GBFS)%	kg・m ⁻³					
	W(g)	C(g)	S(g)	GBFS(g)	R(g)	SP(g)
0	225	270.0	1350.0	180.0	0.0	0.0
10	225	270.0	1304.8	180.0	45.0	0.5
20	225	270.0	1259.7	180.0	90	1.1
30	225	270.0	1214.4	180.0	135	2.0
40	225	270.0	1168.7	180.0	180.0	4.2
50	225	270.0	1123.3	180.0	225	5.6
75	225	270.0	1007.7	180.0	337.5	16.0
100	225	270.0	891.9	180.0	450.0	27.0

Compressive strength of mortars with residual solids in concrete sludge

Shuichi ANDO, and Masami UZAWA

残存固形分, GBFS, 砂の順で投入している。また, 減水剤が粉体に対して作用するのにかかるため, 長時間の練り混ぜを行った。添加量によって異なるが, 練り混ぜ時間は 4 分~12 分の範囲である。圧縮強度試験は JIS R 5201 付属書 C に準拠して測定し, 荷重速度は 2.4kN/sec で行った。なお, 供試体は 6 本ずつ測定を行い, その平均を測定値とした。

3. 実験結果

まず普通ポルトランドセメントに対し質量比で 50, 75, 100%を残存固形分で JIS 標準砂に外割置換したモルタルの圧縮強度を測定した結果を図 1 に示す。なお, 図 1 は残存固形分が無添加の JIS モルタルの圧縮強度を基準として相対強度(%)として示したものである。この結果より残存固形分の添加率を 50, 75, 100%と添加率を上げるにつれて相対強度は下がることが判明した。すなわち残存固形分は圧縮強度の増進効果は認められなかった。一方, BB に対して 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100%を残存固形分で JIS 標準砂に外割置換したモルタルの圧縮強度を測定した結果を図 2 に示す。10%~40%の添加率であれば, 残存固形分無添加の JIS モルタルの圧縮強度と比較して約 90%の圧縮強度を得ることができた。これは残存固形分の添加量を増やしていったとしても無添加の JIS モルタルとほぼ同等の圧縮強度が得られたことになる。

以上の検討から残存固形分をモルタルに配合する際には普通ポルトランドセメントではなく GBFS と共に用いることで残存固形分の効果が得られると判明した。この理由として GBFS が残存固形分の活性化に作用したと考えられる。これまでの研究結果⁴⁾により GBFS はセメント中の Alite を活性化させることで初期強度の増進に影響していることが報告されている。残存固形分は生コンクリート由来であり非晶質化した未水和のクリンカーが含まれている。これに GBFS がセメント中の Alite の反応を活性化させるのと同様に GBFS が残存固形分中の非晶質の Alite を活性化させたことにより緻密な硬化組織を形成することで圧縮強度増進に繋がったと推定している。また, 同文献では GBFS を混合することで初期

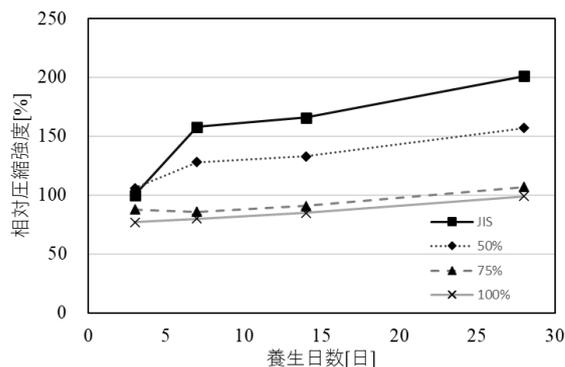


図-1 ポルトランドセメントモルタルの相対圧縮強度

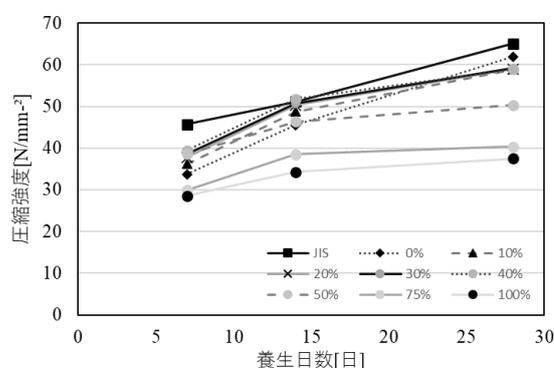


図-2 残存固形物を混合した BB モルタルの圧縮強度
の C-S-H 生成量が増大することが報告されており, 生成した C-S-H が, 残存固形分が反応する起点となる核となることで非晶質化したセメントの Alite に作用することも考えられる。

参考文献

- 1) 佐々木猛, (公社) 日本コンクリート工業工学会, 化学工学 85 巻 3 号, (2021), p192-196
- 2) 全国生コンクリート工業組合連合会, <https://www.zennama.or.jp/> (2024. 03. 22)
- 3) 原田 貴典, 横手 晋一郎, 橋本 親典, 水口 裕之: 生コンスラッジと回収砂を用いたセメント固化体の強度特性に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.26, No.1, (2004)
- 4) 山本 大介, 松下 博通, 濱田 秀則, 沼田 晋一: 高炉フェームを用いたコンクリートの耐硫酸性能に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol. 32, No. 1, (2010)