

銅スラグ細骨材を用いた重量コンクリートの圧送性に関する検討

三菱マテリアル(株) セメント事業カンパニーセメント研究所 正会員 ○黒岩 義仁
 資源・リサイクル事業本部環境リサイクル事業部 美坂 剛
 徳島大学大学院 ソシオテクノサイエンス研究部エコシステムデザイン部門 正会員 橋本 親典

1. はじめに

資源の有効利用および骨材資源の枯渇化の観点から、銅スラグ細骨材の利用拡大が期待されている。これまで、著者らは、銅スラグ細骨材の粒度および微粒分の粒形を調整することで、ブリーディングを抑制できることを確認した¹⁾。本報では、この銅スラグ細骨材を単独使用した重量コンクリートについて、加圧ブリーディング試験により圧送性を評価した。さらに、圧送性を実証するためにポンプ車による圧送試験を行い、圧送によるコンクリートの品質変化および打込み高さ方向における材料分離状況を調査し、圧送による施工性を評価した。

2. 試験概要

2.1 使用材料

使用材料を表1に示す。銅スラグ細骨材の比較用として福島県いわき市産山砂を用いた。

表1 使用材料

材料	記号	備考
セメント	普通ポルトランドセメント	C 密度 3.16g/cm ³
細骨材	2.5mm 銅スラグ細骨材	CUS2.5 密度 3.50g/cm ³ , 吸水率 0.43%, F.M.2.44
	山砂(いわき市産)	PS 密度 2.61g/cm ³ , 吸水率 1.26%, F.M.2.57
粗骨材	山砂利(いわき市産)	G 密度 2.60g/cm ³ , 吸水率 0.87%
混和剤	AE 減水剤標準型	AD リグニンスルホン酸系

2.2 加圧ブリーディング試験による圧送性調査

(1) 配合

配合を表2に示す。W/Cは47.7%、目標スランブおよび空気量は13.0±2.5cm、5.0±1.5%とした。銅スラグ細骨材は山砂と混合して使用し、その混合率(以下、CUS混合率とする)は0、50、100vol%とした。

表2 コンクリートの配合(加圧ブリーディング試験による圧送性調査)

No.	CUS 混合率 (vol%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					AD (C×%)
				W	C	CUS2.5	PS	G	
1	0	47.7	43.0	163	342	—	767	1014	1.0
2	50			165	346	513	382	1009	1.0
3	100			167	350	1019	—	1004	1.0

(2) 試験項目

試験項目は、スランブ、空気量、単位容積質量、ブリーディングおよび加圧ブリーディングとした。

表3 コンクリートの配合(圧送性実証試験)

CUS 混合率 (vol%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				AD (C×%)
			W	C	CUS2.5	G	
100	47.7	43.0	167	350	1019	1004	1.0

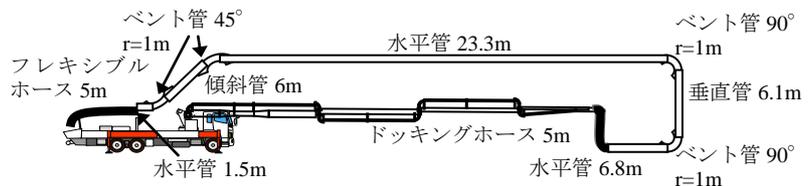


図1 配管構成

2.3 重量コンクリートの圧送性実証試験

(1) 配合

配合を表3に示す。配合条件は室内試験と同様とした。なお、CUS混合率は100vol%とした。

(2) 圧送方法

配管構成を図1に示す。試験では、長距離圧送を想定し、筒先をポンプ車に設置し15分間循環圧送した。圧送管は5B(125A)を用いた。ブームの仰角は水平とし、配管実長は79.2m、水平換算距離は127.0mとした。ポンプ車は、N社製のピストン式ポンプ(最大吐出圧7.85MPa、最大吐出量110m³/h)とし、吐出量は40~55m³/hの間で3水準設定した。その結果、実吐出量は41.6、49.7、53.9m³/hであった

表4 試験項目(圧送性実証試験)

内容	試験項目
圧送前後のコンクリートの品質変化	スランブ
	空気量
	単位容積質量
打込み高さ方向の材料分離状況	圧縮強度(標準養生, 材齢7,28,91日)
	見掛け密度(コア供試体, 材齢28,91日)

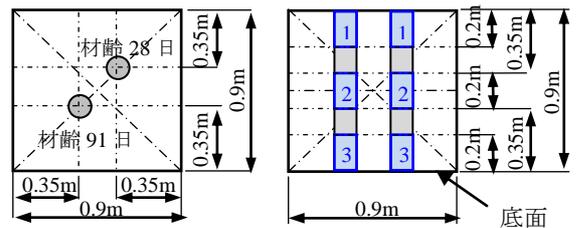


図2 コア採取位置

キーワード 銅スラグ細骨材, 重量コンクリート, 加圧ブリーディング, 圧送, フレッシュ性状, 硬化性状
 連絡先 〒368-8504 埼玉県秩父郡横瀬町大字横瀬 2270 番地 TEL 0494-23-7209

(3) 試験項目

試験項目を表 4 に示す。打込み高さ方向における材料分離状況については、循環圧送後に作製した立方体試験体(0.9×0.9×0.9m)の中心部で打込み高さ方向に3箇所採取したコア供試体(φ10×20cm)の見掛け密度および圧縮強度(材齢28日, 91日)で評価した。コア採取位置を図 2 に示す。

3. 試験結果

3.1 加圧ブリーディング試験による圧送性調査結果

フレッシュコンクリートの性状を表 5 に、加圧ブリーディング試験結果を図 3 に示す。銅スラグ細骨材を使用することで、山砂と比べてブリーディング量は増加する。一方、加圧ブリーディング試験では、加圧初期の脱水量は増加し、その後は若干減少した。銅スラグ細骨材を用いた重量コンクリートの脱水量は、普通コンクリートで圧送性が良好とされる範囲²⁾にあった。

3.2 重量コンクリートの圧送性実証試験結果

(1) フレッシュ性状

フレッシュコンクリートの性状を表 6 に示す。いずれの吐出量においても、スランプおよび空気量は循環圧送により低下した。15 分間の循環圧送によって配管内のコンクリートが圧送される距離は、実吐出量が 41.6, 49.7, 53.9m³/h で 846, 1013, 1098m となる。スランプおよび空気量の変化が水平換算距離に対して比例的に変化すると仮定した場合、水平換算距離 200m に対応するスランプおよび空気量の低下量は 1.1~1.7cm, 0.1~0.2% と小さく、圧送による変化は普通コンクリートと同等であった。

(2) 圧縮強度

圧送前と循環による圧送後の圧縮強度の変化を図 4 に示す。圧縮強度は、圧送前後で大差なかった。

(3) 打込み高さ方向の材料分離状況

コア供試体の見掛け密度および圧縮強度を図 5, 6 に示す。見掛け密度および圧縮強度は、打込み高さ方向で明確な傾向は認められなかった。見掛け密度の変動幅は、打込み高さ方向で 20~36kg/m³ と小さかった。圧縮強度は、材齢 28 日では打込み高さ方向で若干の差が認められたが、材齢 91 日では大差なかった。このように、打込み高さが 1m 程度では材料分離のないことが確認された。

4. まとめ

粒度調整した銅スラグ細骨材を単独使用した重量コンクリートの加圧ブリーディング試験による脱水量は、普通コンクリートで良好とされる範囲にあった。ポンプを用いた圧送試験では、圧送前後のフレッシュ性状および圧縮強度の変化は普通コンクリートにおける変化と同等であることを確認した。さらに、打込み高さ方向における材料分離は認められなかった。以上より、粒度調整した銅スラグ細骨材を単独使用した重量コンクリートの圧送性および打込みは、普通コンクリートと同様に取り扱い可能であることを確認した。

参考文献

- 1) 黒岩義仁, 高尾昇, 佐々木憲明: 銅スラグ細骨材の微粒分の量および実積率がコンクリートのフレッシュ性状に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.1, pp.43-48, 2013
- 2) 土木学会: コンクリートのポンプ施工指針[2012年版], コンクリートライブラリー135, 2012.4

表 5 フレッシュコンクリートの性状(圧送性調査)

No.	CUS 混合率 (vol%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	単位容積質量 (kg/m ³)	ブリーディング	
					量 (cm ³ /cm ²)	率 (%)
1	0	12.0	4.0	2280	0.12	2.53
2	50	13.5	4.2	2410	0.19	4.29
3	100	13.5	4.0	2532	0.21	4.85

表 6 フレッシュコンクリートの性状(圧送性実証試験)

吐出量 (m ³ /h)	採取条件	スランプ (cm)	空気量 (%)	単位容積質量 (kg/m ³)
41.6	圧送前	12.5	4.7	2518
	循環圧送後	8.0	3.4	2544
49.7	圧送前	15.0	4.9	2527
	循環圧送後	6.5	3.4	2553
53.9	圧送前	12.5	3.8	2551
	循環圧送後	5.0	3.2	2564

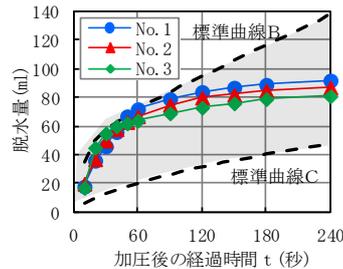


図 3 加圧ブリーディング試験結果

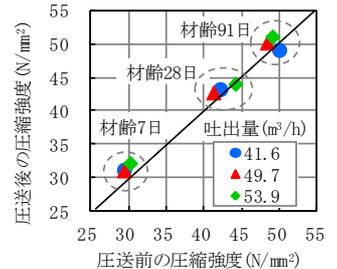


図 4 圧送前後の圧縮強度

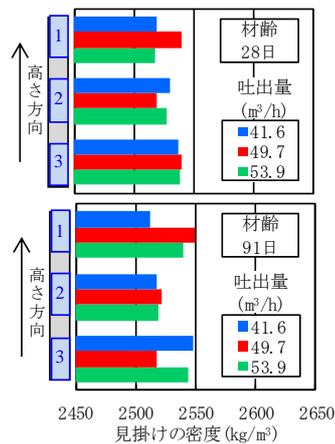


図 5 コア供試体の見掛け密度

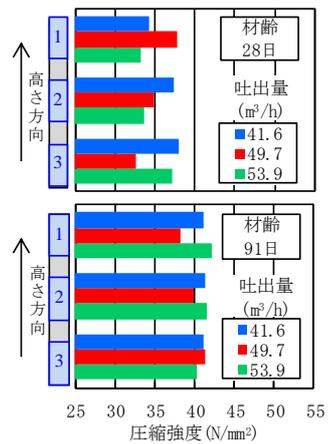


図 6 コア供試体の圧縮強度