

銅スラグ細骨材を多量置換したコンクリートの運搬・圧送に伴う施工性の変化

港湾空港技術研究所 正会員 ○与那嶺 一秀, 山路 徹, 西田 孝弘
国土交通省 近畿地方整備局 神戸港湾空港技術調査事務所 安達 昭宏, 中川 耕三

1. 背景

港湾構造物では波浪に対する構造物の安定性向上等を目的に、高密度骨材を用いたコンクリートが使用される場合がある。中でも、高密度のスラグ骨材は産業廃棄物であり、環境負荷低減の観点から利用促進が望まれている。ただし、高密度であることから材料分離抵抗性に対する懸念が存在するため、運搬時間やポンプ圧送が施工性に及ぼす影響を把握する必要がある。

本検討では、高密度のスラグ骨材のうち、銅スラグ細骨材（以降、CUS）を多量置換したコンクリートにおいて、現場での施工を想定した施工実験を行い、アジテータ車による運搬時間及びポンプ車による圧送がフレッシュ性状に及ぼす影響について実機を用いて検討した。

2. 試験概要

セメントには高炉セメント B 種（密度：3.04g/cm³，比表面積 3990cm²/g），練混ぜ水には工業用水を用いた。細骨材には海砂，砕砂，CUS2.5（JIS A 5011 適合品）を，粗骨材には碎石を用いた（骨材仕様は表-1）。混和剤には AE 減水剤（Ad1：リグニンスルホン酸とポリカルボン酸エーテルの複合体）及び AE 剤（Ad2：変性ロジン酸化合物系陰イオン界面活性剤）を用いた。

示方配合を表-2 に示す。W/C 及び CUS 置換率の組み合わせを 50-0，50-25，60-25，60-100 とした。60-100 は圧送性を考慮し，s/a を 51.0%とした。目標スランプ及び目標空気量は後述の，アジテータ車による運搬 30 分後に対するものとして，それぞれ 12±2.5cm 及び 4.5±1.5%とした。

実際の工事を想定し，生コンクリート製造プラントでコンクリートを練り混ぜ後，その時間を 0 分として，所定の時間アジテータ車で攪拌し，これを運搬時間とした。所定の運搬時間経過後に排出されたコンクリートを「圧送前」，ポンプ圧送（高さ：約 4m）を行ったコンクリートを「圧送後」として，スランプ試験（JIS A 1101），空気量試験（JIS A 1128），単位容積質量試験（JIS A 1116）を実施した。試験の実施時間を表-3 に示す。

なお，空気量が測定可能範囲外（本試験では 10.4%以上）となった場合においては，測定可能範囲にあった同配合のコンクリートの空気量と単位容積質量との関係を用いて，測定された単位容積質量から空気量を算出した。

3. 結果及び考察

図-1 に運搬時間に伴うスランプの変化を示す。50-0，50-25，60-25 は運搬時間の増加に伴いスランプは若干低下し，60-100

表-1 骨材仕様

記号	種類	絶乾密度 (g/cm ³)	表乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	実積率 (%)	粗粒率	0.075mm以下 微粉分量(%)
S1	海砂	2.53	2.57	1.53	66.0	2.54	1.30
S2	砕砂	2.53	2.58	1.73	67.2	2.78	4.17
S3	CUS2.5	3.47	3.49	0.66	64.0	2.64	3.40
G1	碎石1505	2.57	2.60	1.31	-	6.38	0.58
G2	碎石2010	2.57	2.60	1.26	-	7.01	0.45

表-2 示方配合

記号	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)								混和剤 (C×%)		圧縮強度 (N/mm ²)	ブリーディング量 (cm ³ /cm ²)	
			W	C	S1	S2	S3	G1	G2	Ad1	Ad2	0分目		0分目	
50-0	50	43.4	170	340	374	377	0	445	546	0.375	0.0045	42.0	0.12		
50-25	50	43.4	170	340	282	284	252	445	546	0.350	0.0060	43.5	0.12		
60-25	60	44.7	172	287	297	299	266	445	546	0.350	0.0065	31.5	0.24		
60-100	60	51.0	170	283	0	0	1236	398	484	0.900	0	35.8	0.81		

表-3 試験の実施時間

		0分目	15分目	30分目	45分目	60分目	90分目
50-0, 50-25	圧送前	○	○	○	○	○	○
	圧送後	-	-	○	○	○	-
60-25, 60-100	圧送前	○	○	○	○	○	○
	圧送後	-	-	○	○	-	-

○：スランプ，空気量，単位容積質量の測定を実施

キーワード 銅スラグ細骨材，スランプ，空気量，単位容積質量，運搬，ポンプ圧送

連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 港湾空港技術研究所 TEL 046-844-5103

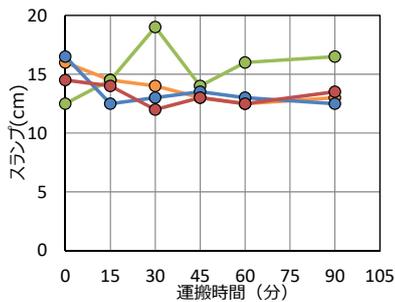


図-1 運搬時間に伴うスランプの変化

※白抜き：単位容積質量から算出した値

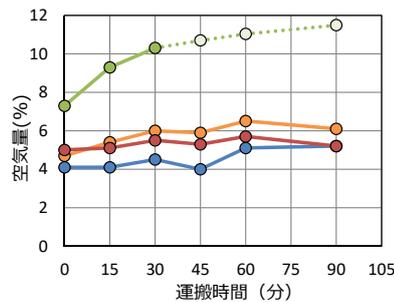


図-2 運搬時間に伴う空気量の変化

※点線：示方配合から算出される単位容積質量

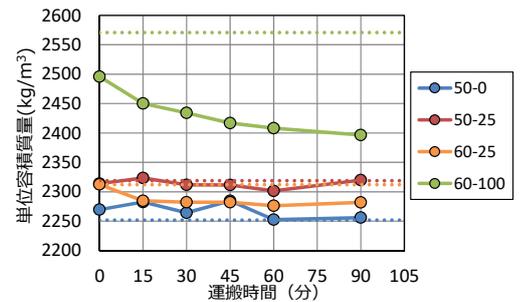


図-3 運搬時間に伴う単位容積質量の変化

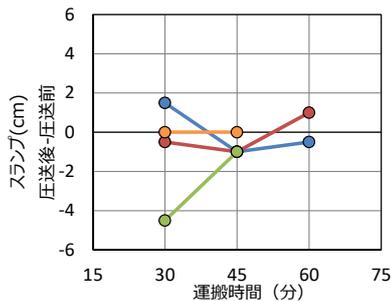


図-4 ポンプ圧送前後のスランプの変化量

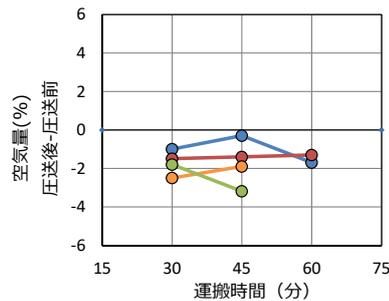


図-5 ポンプ圧送前後の空気量の変化量

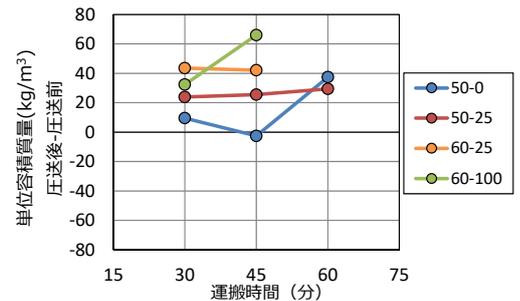


図-6 ポンプ圧送前後の単位容積質量の変化量

のスランプは若干増加した。図-2 に運搬時間に伴う空気量の変化を示す。50-0, 50-25, 60-25 は運搬時間の増加に伴う空気量の変化は若干の増加であったが、60-100 の空気量は他のケースと比較して顕著な増加であった。この原因として、石炭ガス化スラグ細骨材の検討事例によると、形状や粒度分布に起因してエントラップトエア（まきこみ空気）が増加する可能性を指摘した報告もあり¹⁾、同様のことが今回使用したCUSにも生じた可能性が考えられる。図-3 に運搬時間に伴う単位容積質量試験の変化を示す。50-0, 50-25, 60-25 については運搬時間にかかわらず同程度となり、これらの値は示方配合から算出される単位容積質量と同程度であった。一方、60-100 においては、エントラップトエアが原因と思われる空気量の増加（図-2）によって単位容積質量が減少し、示方配合から算出される単位容積質量と比較して90分目の値は1.7%減少した。

図-4 にポンプ圧送前後のスランプの変化量を示す。60-100 の30分目におけるスランプのみ大きく低下しているものの、そのほかの値は圧送前後での変化量は小さく、大きなスランプロスは見られなかった。図-5 にポンプ圧送前後の空気量の変化量を示す。すべての配合でポンプ圧送により空気量が減少したほか、CUS を用いた方が減少しやすい傾向がみられた。図-6 にポンプ圧送前後の単位容積質量の変化量を示す。単位容積質量はすべての配合で圧送により増加する傾向を示した。この原因として、ポンプ圧送による空気の排出（図-5）のほか、水の一部が排出された可能性が考えられる。

4. まとめ

銅スラグ細骨材を用いたコンクリートにおいて、アジテータ車による運搬時間及びポンプ圧送によるフレッシュ性状の変化を調査した。運搬時間の増加に伴い、W/C=60%において銅スラグ細骨材を100%置換したコンクリートでは、空気量の顕著な増加と単位容積質量の減少が認められた。ただし、ポンプ圧送によって、W/C=60%において銅スラグ細骨材を100%置換したコンクリートでの空気量は減少し、単位容積質量は若干増加した。

参考文献

1)西田孝弘, 蔵重勲, 沖裕壮, 石川嘉崇, 山下洋: 石炭ガス化スラグ発泡体を使用したモルタル及びコンクリートの強度特性に関する検討, 土木学会第63回年次学術講演会, 5-410, pp.819-820, 2008.9