

各種スラグ骨材を用いたハイボリュームフライアッシュ重量コンクリートに関する研究

高知高専 学生会員 ○前田 凌 立命館大学 正会員 山田 悠二
高知高専 正会員 横井 克則 近藤 拓也

1. はじめに

高知県では南海トラフ巨大地震によって、日本最大規模の津波の到来が予測されるため、港湾部における津波対策の一環として消波ブロックが増設されている。また、耐波安定性を得るためには消波ブロックの重量化が効果的である。四国では、密度の大きい銅スラグ細骨材（以下、CUS）及びマンガンスラグ骨材が供給されているが、ガラス質な表面を持つことなどから、使用によりブリーディングの増大が懸念される¹⁾。ブリーディング抑制には、フライアッシュ（以下、FA）の混和が効果的である。また、骨材や粉体として産業副産物由来の材料を多く使用することは、資源循環型社会の形成にも寄与する。

以上を踏まえ本研究では、各種副産物由来のコンクリート材料を有効利用した重量コンクリートの開発を目的に、細骨材として CUS、粗骨材としてマンガンスラグ粗骨材（以下、MNG）を全量使用し、さらに FA を多量に混和したハイボリュームフライアッシュ重量コンクリートの強度特性及び耐久性の検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料

使用材料を表 1 に示す。セメントは、普通ポルトランドセメント、高炉セメント B 種を使用した。細骨材には、高知市産の硬質砂岩砕砂及び銅スラグ(CUS 2.5)を使用した。粗骨材には、高知市産の硬質砂岩碎石及び阿南市産 MNG を使用した。混和材には、FA II 種を使用した

2.2 コンクリートの配合

コンクリートの配合を表 2 に示す。W/C を 60%及び

55%の 2 水準とし、単位水量は 140kg/m³ の一定とした。また、FA は、多量使用を前提としているため、従来の内割及び外割による配合設計ではなく、単位量として配合設計に組み込むこととした。表に単位容積質量、スランプ値、空気量及びコンクリート温度を示す。

表 1 使用材料

材料	物性など
普通ポルトランドセメント (OPC)	密度：3.16g/cm ³
	比表面積：3320cm ² /g
高炉セメント B種 (BB)	密度：3.04g/cm ³
	比表面積：3820cm ² /g
硬質砂岩砕砂 (S)	表乾密度：2.58g/cm ³
	吸水率：1.67%
銅スラグ細骨材 (CUS)	表乾密度：3.50g/cm ³
	吸水率：0.25%
硬質砂岩碎石 (G)	表乾密度：2.63g/cm ³
	吸水率：0.86%
マンガンスラグ粗骨材 (MNG)	表乾密度：2.80g/cm ³
	吸水率：1.26%
フライアッシュ II 種 (FA)	密度：2.30g/cm ³
	比表面積：3260cm ² /g
AE減水剤 (Ad1)	リグニンスルホン酸系
高性能AE減水剤 (Ad2)	ポリカルボン酸エーテル系

2.3 試験方法

(1)圧縮強度試験

圧縮強度試験は JIS A 1108 に準拠して実施した。

(2)長さ変化試験

長さ変化試験は JIS A 1129-2 に準拠して実施した。

(3)乾湿繰り返し試験

5%濃度の硫酸マグネシウム溶液に 2 日間浸漬、恒温恒湿室（20℃，60%）で 2 日間乾燥させる計 4 日間を 1 サイクルとした。10 サイクルまでは 2 サイクル毎、それ以降は 5 サイクル毎に測定を実施した。

表 2 コンクリートの配合

スラグ 骨材	セメント	配合名	W/C (%)	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)								混和剤		単位容積質量 (kg/m ³)	SL (cm)	Air (%)	C. T. (°C)
						W	OPC	BB	FA	S	CUS	G	MNG	Ad1	Ad2				
無	BB	BB60	60	37	50	140	-	233	150	888	-	905	-	-	0.7	2316	8.5	3.0	22
		BB55	55	35				255		879	896	-	0.8	2320	7.5	3.0	21		
BB60S		60	37	233				-		1204	963	0.4	-	2690	9.0	3.0	23		
BB55S		55	35	255						1192	953	0.4		2690	8.0	3.0	24		
有	OPC	OPC60S	60	37				233		-	1209	967	-	0.6	2700	7.0	3.0	23	
		OPC55S	55	35				255			1197	958		0.6	2700	8.5	4.0	23	

キーワード 重量コンクリート，スラグ骨材，フライアッシュ，乾湿繰り返し

連絡先 〒783-8508 高知県南国市物部乙 200-1 高知高専 横井克則研究室 TEL:088-864-5582

3. 実験結果及び考察

3.1 圧縮強度

図1に圧縮強度試験の結果を示す。BBを使用した配合でスラグ骨材の有無による影響を比較すると、全材齢でスラグ骨材を使用していないBB60, BB55の方が大きい値を示した。スラグ骨材の使用による強度低下への影響としては、スラグ骨材の表面がガラス質であり、セメントペーストやモルタルとの付着が小さくなったこと²⁾などが考えられる。スラグ骨材とOPCを使用した配合では、骨材の種類に関わらず、BBを使用した場合よりも、全材齢で強度が大きくなった。また、BB60, BB55及びOPC60S, OPC55Sを比較すると、W/Cが同じ場合、材齢28日においては大きな差はなかった。しかし、材齢182日ではOPCを使用した配合の強度が大きくなった。これは、OPCを使用することでコンクリート中のアルカリ分が強くなり、FAによるポゾラン反応が活性化したためであると考えられる。

3.2 乾燥収縮特性

図2に長さ変化率と材齢の関係を示す。スラグ骨材を使用していないBB60, BB55では材齢182日における長さ変化率が約850 μ であるのに対して、スラグ骨材を使用したBB60S, BB55S, OPC60S, OPC55Sでは収縮量を約300 μ に抑えることができた。スラグ骨材の使用により長さ変化率が低減した要因としては、コンクリート中の骨材の吸水率が低下することで水の逸散が減少したことなどが考えられる。

3.3 耐硫酸塩性

図3に乾湿繰り返し試験における質量減少率を示す。10サイクルまでは各配合で同程度の値を示し、劣化状況に大きな差はないと言える。また30サイクル時においても差は0.1%程度であり、スラグ骨材の使用による劣化の促進は見られない。一般に、硫酸塩劣化に対して水酸化カルシウムは悪影響であるが、本研究ではすべての配合でFAを多量混和しており、ポゾラン反応により水酸化カルシウムが消費され、これにより劣化を抑制することができたと考えられる。

4. まとめ

- (1) 普通ポルトランドセメントとスラグ骨材を使用した配合では、高炉セメントB種と硬質砂岩砕石・砕砂を用いた配合と同等以上の強度となった。
- (2) 使用セメントに関わらずスラグ骨材を使用した場合、長さ変化率は硬質砂岩砕石・砕砂を用いた場合の

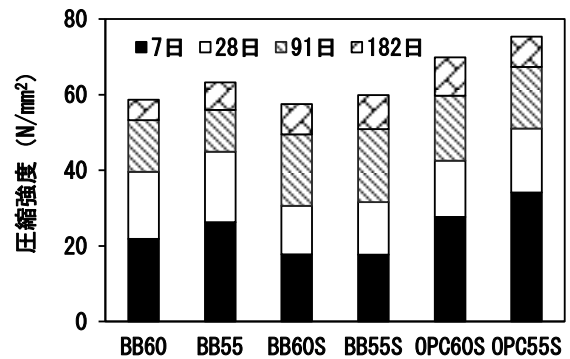


図1 圧縮強度

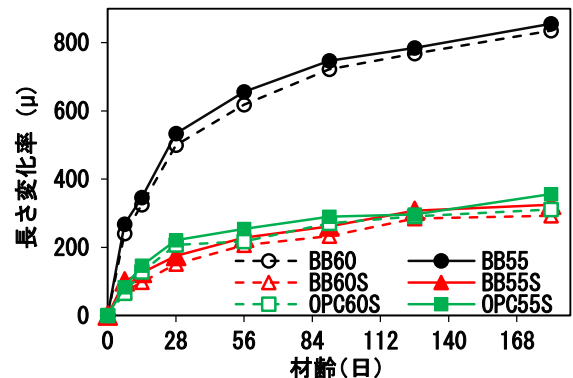


図2 長さ変化率と材齢の関係

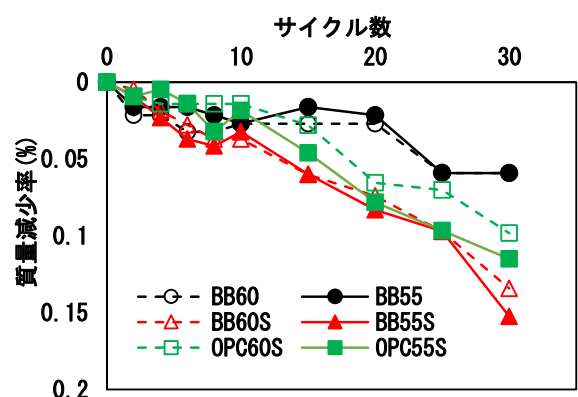


図3 乾湿繰り返しによる質量減少率

半分以下に抑制できた。

(3) スラグ骨材の使用による劣化は認められず、フライアッシュを多量混和することで、質量減少率を抑制することができた。

謝辞: 本研究は JSPS 科研費 JP17K06526 の助成を受けたものです。ここに付記し、深謝いたします。

参考文献

- 1) 土木学会：銅スラグ細骨材を用いたコンクリートの設計施工指針，コンクリートライブラリー，147，2016.7
- 2) 大河芳賢，堺孝司：銅スラグおよびフライアッシュを細骨材として用いたコンクリートのフレッシュ・硬化特性に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.33，No.1，pp.125-130，2011