

セメントを使用しないスラグ固化体の基礎的特性

奥村組土木興業株式会社 正会員 ○佐々木庸志 多田圭一郎
竹田 哲也 高原 良輔

1. はじめに

近年、循環型社会の構築や CO₂ 排出量の削減に向けた取組みが積極的に行われている。建設工事で使用されるコンクリートは、主原料であるセメントの製造過程で大量の CO₂ を排出している。

この課題に対処するため、コンクリートの結合材であるセメントを高炉スラグ微粉末やフライアッシュに置換した研究が多くなされているが、セメントを全く使用しない研究は少ない。コンクリートにセメントを用いる大きな理由は、初期強度の確保と長期強度の安定性だと考えられるが、既往の研究によると、練り混ぜ水に海水を用いることで初期強度および 28 日強度が増加することが確認されている¹⁾。一方で、結合材を高炉スラグ微粉末に、骨材を製鋼スラグおよび高炉水砕スラグに置き換えることで、製造過程における CO₂ 排出量を 95~99%程度削減した固化体が構築できる。

これらのことから、高炉スラグ微粉末、高炉水砕スラグ、製鋼スラグを海水で混練し、練り混ぜ後の性状や圧縮強度など基礎的特性の検討を行った。

2. 試験概要

2-1. 使用材料と配合

使用材料の諸元を表-1に示す。まず、練り混ぜ水に海水を用いる効果をモルタルで確認した。細骨材には砕砂を用い、単位水量は 251kg/m³、水微粉末比は 50%と一定にした。

次に、初期強度を確保することを目的に刺激材として水酸化ナトリウムを添加した。この場合の強度特性を、練り混ぜ水に海水、細骨材に高炉水砕スラグを用いたモルタルで確認した。この時のモルタル配合を表-2に示す。

粗骨材の代用に製鋼スラグを用いたスラグ固化体の配合を表-3に示す。製鋼スラグは、最大粒径を 25 mmに調整したものを使用した。単位水量は 250kg/m³、230kg/m³、210kg/m³、水微粉末比は 40%、37%、34%とした。

2-2. 試験方法

モルタルの圧縮強度試験は、直径 50 mm、高さ 100 mmの円柱供試体を用いて、材齢 2 日、7 日、28 日を実施した。

モルタルに製鋼スラグを追加したスラグ固化体の圧縮強度試験は、直径 100 mm、高さ 200 mmの円柱供試体を用いて、全ての配合で材齢 7 日、28 日を実施した。単位水量 250kg/m³では、材齢 5 日、

表-1 使用材料の諸元

分類	種類	記号	諸元
水	水道水	W	大阪府堺市
	海水	Ws	瀬戸内海
結合材	高炉スラグ微粉末	B	密度 2.950g/cm ³ 、ブレン 4000
細骨材	高炉水砕スラグ	SgS	密度 2.76g/cm ³ 、吸水率 0.72
	砕砂	S	密度 2.56g/cm ³ 、吸水率 2.58
粗骨材	製鋼スラグ	SgG	密度 3.30g/cm ³ 、F.M. 5.64、吸水率 3.66(5mm以下)5.11(5mm以上)
刺激材	水酸化ナトリウム	N	-
混和剤	AE 減水剤	Ad	ポリカルボン酸系化合物

表-2 モルタルの配合

配合 No.	水微粉末比 (%)	単位量(kg/m ³)					
		W	Ws	B	S	SgS	N
WNOS	50	251	-	501	1482	-	-
WsNOS		-	251		1482	-	-
WsNOSgS		-	251		-	1598	-
WsN7SgS		-	244		-	1598	7(2.79%)
WsN13SgS		-	238		-	1598	13(5.18%)

表-3 スラグ固化体の配合

配合 No.	水微粉末比 (%)	単位量(kg/m ³)				
		Ws	B	SgS	SgG	Ad
40-250	40	250	625	681	837	(6.25)
37-250	37	250	676	657	809	(6.76)
34-250	34	250	735	629	775	(7.35)
34-230	34	230	676	692	845	(6.76)
34-210	34	210	618	748	910	(6.18)

キーワード 高炉スラグ微粉末、製鋼スラグ、高炉水砕スラグ、海水、環境配慮、CO₂削減

連絡先 〒552-0016 大阪市港区三先1丁目11番18号 TEL. 06-6572-5262

91日でも試験を実施した。また、練り混ぜ後の性状を把握するために、練り混ぜ直後から0分、30分、60分、90分、120分後に、スランプフローおよびスランプ試験を実施した。

3. 実験結果

3. 1 モルタルの圧縮強度

モルタルの圧縮試験結果を図-1に示す。細骨材に砕砂を用いた場合(WN0SおよびWsN0S)の圧縮強度は、どちらも材齢2日では未硬化、材齢7日では約0.2N/mm²であった。材齢28日では、海水を用いた方(WsN0S)が3.7N/mm²程度高い値となり、海水による強度の増加が確認できた。

細骨材を高炉水砕スラグにした際の圧縮強度は、刺激材を13kg/m³添加した場合(WsN13SgS)に材齢2日で4.9N/mm²となったが、材齢28日では9.7N/mm²となり、強度の増加率は低い結果となった。また、刺激材の添加量が0kg/m³(WsN0SgS)および7kg/m³(WsN7SgS)については、7kg/m³添加した方が材齢2日で約0.8N/mm²となったが、材齢7日では約9.8N/mm²となり、材齢28日では逆に刺激材を添加しない方が1.5N/mm²高い値となった。

3. 2 スラグ固化体の圧縮強度

スラグ固化体の圧縮試験結果を図-2に示す。単位水量250kg/m³では、水微粉末比34%のものが最も高い強度を示し、材齢5日に11.82N/mm²、材齢7日に17.79N/mm²、材齢28日に36.48N/mm²、材齢91日に48.28N/mm²となった。水微粉末比37%および40%は概ね同等の結果となり、材齢5日に約2N/mm²、材齢7日に約7N/mm²、材齢28日に約26N/mm²、材齢91日に約37N/mm²となった。総じて高炉スラグ微粉末量が多くなるほど圧縮強度も高くなった。

水微粉末比34%では、単位水量が異なる場合でも概ね等しい強度特性を示しており、材齢7日で約19N/mm²、材齢28日で約35N/mm²となった。

3. 3 スラグ固化体練り混ぜ後の性状

スラグ固化体のスランプフロー・スランプの経時変化を図-3に示す。単位水量250kg/m³では練り混ぜ直後はスランプフローが約65cmと高い流動性を有しているが、スランプロスが大きく、練り混ぜから60分後にはスランプが約5cmとなった。単位水量230kg/m³と210kg/m³では、練り混ぜ直後から120分後まで大きなスランプロスは確認されなかった。

4. まとめ

高炉スラグと製鋼スラグを用いた固化体の強度特性を検討した結果、セメント不使用の場合でも、海水で練り混ぜることで強度を確保することができた。また、若材齢の強度発現には刺激材が有効であるが、長期強度を重視すると刺激材は不要であり、高炉スラグ微粉末の量が強度増加に大きく寄与することを確認した。一方、練り混ぜ後の性状については、今後、影響要因の確認が必要であることが分かった。

【参考文献】1) 竹田宣典ほか：海水を使用したコンクリートの強度および水密性の向上効果，土木学会第66回年次学術講演会，V-291，pp.581-582，2011

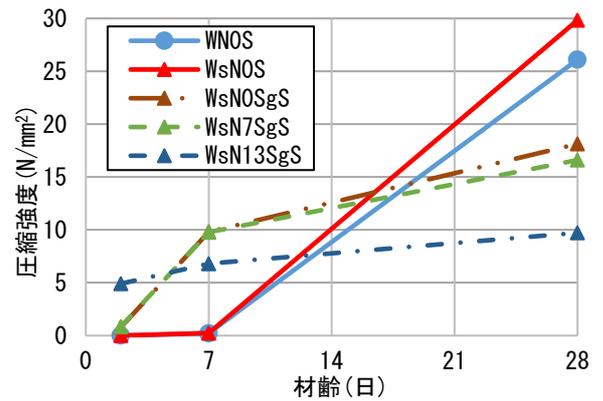


図-1 モルタルの圧縮試験結果

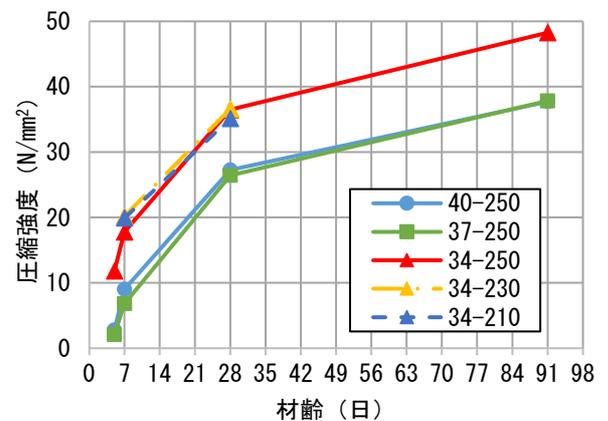


図-2 スラグ固化体の圧縮試験結果

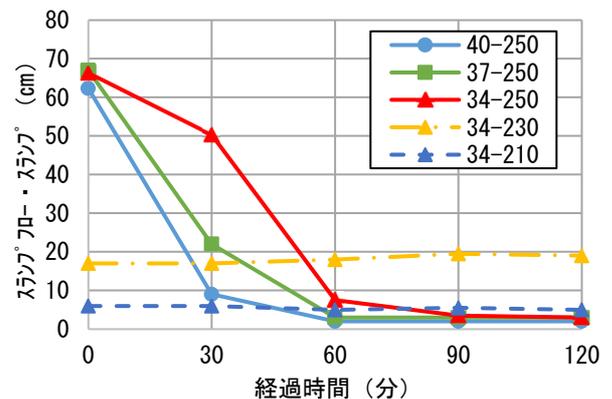


図-3 スランプ・スランプフロー経時変化