

外国産珪殻灰を混入したコンクリートのワーカビリティ改善に関する研究

名古屋工業大学大学院 学生会員 ○梶原教裕
名古屋工業大学大学院 フェロー 梅原秀哲

名古屋工業大学大学院 正会員 上原 匠
名古屋工業大学技術部 正会員 平原英樹
名古屋工業大学工学部 服部 瞳

1. はじめに

近年、海外において産業副産物として大量に排出されてきた珪殻を、生物資源燃料として石油や天然ガスの代わりに利用した火力発電が普及し始めてきている。これは省資源の上でも有効であることが認識されているが、年々増加傾向にある電力需要に伴い珪殻灰の発生量も増加することから、その珪殻灰の有効利用も今後は重要な社会問題の 1 つになると言えよう。既往の研究⁽¹⁾において、珪殻灰混入モルタルでは高い活性度指数を有することや、火力発電所で発生した形状のまま微粉砕を行わない場合の珪殻灰を環境負荷低減材料として位置づけ、混入したコンクリートの圧縮強度が通常のコンクリート（以下 Base と表記する）よりも増進していることなどが報告されている。ただし、今後の課題として施工性と経済性に配慮した配合の検討が必要とすることが、示唆されている。そこで本研究では、環境負荷低減材料として珪殻灰をコンクリート用混和材として使用する上で、ワーカビリティを改善することを目的に、練混ぜ時間や細骨材率を変化させた配合での実験を基に改善方法について検討した。

2. 実験概要

(1)モルタル

表 1 に使用材料とその主な物性を示す。既往の研究⁽¹⁾より、セメント質量の 25%を珪殻灰で内割置換する配合で十分な強度を得ることができたが、練混ぜ時間と SP 添加率の適切な組合せは明らかにならなかったことから、珪殻灰のセメントとの置換率を複数設定し、SP 添加率、練混ぜ時間をそれぞれ変化させて JIS に従って実験を行った。まず、珪殻灰の置換率を増加させることにより、置換率の上限を把握するとともに施工性が十分に確保できる置換率を見つけることを目的として、セメント質量の 25%、50%、75%、100%を珪殻灰で置換した配合（以下 25R、50R、75R、100R とする）を対象とし、練混ぜ時間と SP 添加率を適宜設定し実験を行った。その結果、同じ置換率において練混ぜ時間と強度に比例関係が見られたが、混合状態やコンシステンシー、充填性能からモルタルでの内割置換率は 25%が最適であることが明らかとなった。そこで、最も施工性の高いセメント質量の 25%を珪殻灰で置換する配合を採用し、練混ぜ時間が強度だけでなく施工性に及ぼす影響も含めて検討するために表 2 に示す配合条件での実験を行った。

(2)コンクリート

既往の研究⁽¹⁾の実験を継続して行い、珪殻灰を混入したコンクリートの長期強度を計測しつつ、既往の研究⁽¹⁾で課題となったハンドリングの悪さや空隙などの施工不良、そしてフレッシュコンクリートのワーカビリティの改善を行うべく、細骨材率（以下 s/a と表記）を変化させることにより良好なワーカビリティを得ることを目的に、水セメント比を一定の 50%、基準となるコンクリートの s/a を 41.6%と 39.6%の 2 水準設定し、配合名をそれぞれ Base50- I、Base50- II として実験を行った。

キーワード：珪殻灰、混和材、ワーカビリティ、ポゾラン反応、粉体
連絡先：〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 電話：052-735-5502 FAX：052-735-5502

表 1 使用材料

項目		記号	物性値
普通ポルトランドセメント		C	密度:3.16g/cm ³ 比表面積:3300cm ² /g
細骨材	山砂	S	表乾密度:2.55g/cm ³ 絶乾密度:2.52g/cm ³ 吸水率:1.23% 粗粒率: 2.92
	標準砂		絶乾密度:2.64g/cm ³ 吸水率:0.42% 単位容積質量:1.76kg/l 実積率:66.7%
粗骨材		G	表乾密度:2.72g/cm ³ 絶乾密度:2.70g/cm ³ 吸水率:0.53% 粗粒率:6.64 実積率:58.9%
混和材 (珪殻灰)	混合珪殻灰	RHA1	密度:2.41g/cm ³ 平均粒径:80.1μm 比表面積:321000cm ² /g 未燃カーボン:3.5%
	粉碎珪殻灰	RHA2	密度:2.38g/cm ³ 平均粒径:19.0μm 比表面積:255000cm ² /g 未燃カーボン:3.9%
	集塵珪殻灰	RHA3	密度:2.63g/cm ³ 平均粒径:84.9μm 比表面積:270000cm ² /g 未燃カーボン:3.4%
混和剤		SP	主成分:ポリカルボン酸系

表 2 モルタルの配合

配合名	W(g)	C(g)	S(g)	RHA(g)	SP(%)	練混ぜ時間
Base	225	450	1350	—	—	4分
25R-4	225	337.5	1350	112.5	(C+RHA)×1.1	4分
25R-6	225	337.5	1350	112.5	(C+RHA)×1.1	6分
25R-8	225	337.5	1350	112.5	(C+RHA)×1.1	8分
25R-10	225	337.5	1350	112.5	(C+RHA)×1.1	10分
25R-15	225	337.5	1350	112.5	(C+RHA)×1.1	15分
25R-20	225	337.5	1350	112.5	(C+RHA)×1.1	20分

った。配合を表 3 に示す。目標スランブは Base のみ 15cm と設定し、珪灰コンクリートでは設定しなかった。

3. 実験結果

(1) モルタル

図 1 にモルタルのフロー試験結果を、図 2 に圧縮強度試験結果を示す。図 1 から、練混ぜ時間 6 分まではフロー値比に正の相関関係があり、練混ぜ時間 6 分以降はフロー値比に負の相関関係があることが分かった。6 分から 8 分の間を境に、ワーカビリティが低下すると言える。図 2 より、練混ぜ時間を長くすると練混ぜ時間 8 分の配合を除いて練混ぜ時間が長いほど圧縮強度が大きい値となったことから、圧縮強度と練混ぜ時間には相関関係があることが分かった。しかし、練混ぜ時間 6 分の時点で初期強度は Base より劣るが、材齢 91 日で Base と比較するとほぼ同じかそれ以上の値をとることから、長期強度では問題がないと言える。よって練混ぜ時間を 6 分～8 分（標準練混ぜ時間の約 2 倍程度）にした時にワーカビリティが改善できることが明らかとなった。

(2) コンクリート

表 4 にスランブ試験結果、図 3 に圧縮強度試験結果を示す。表 4 より、50R は細骨材率を下げることでワーカビリティが改善されたことが分かった。図 3 より、100R を除いて細骨材率を下げることで強度が増進し 50R と 75R の圧縮強度は Base の圧縮強度を上回る結果が得られた。よって、50R は強度を維持した状態でワーカビリティが改善されたと言える。

4. まとめ

- (1) 練混ぜ時間によるワーカビリティの変化に関する実験より、ワーカビリティは 6 分と 8 分の間を境に低下する傾向があり、ワーカビリティは練混ぜ時間 6 分～8 分で最も良くなると言える。
- (2) 珪灰を用いたコンクリートにおいて、珪灰の単位量 $50\text{kg}/\text{m}^3$ を細骨材と置換したコンクリート（セメントの内割置換に換算すると 12.5%）は、細骨材率を下げることでワーカビリティが改善され、また普通のコンクリートと同程度の強度を有することが分かった。

今後の課題として、今回の実験では可能性の有無が明らかとならなかった珪灰の単位量 $75\text{kg}/\text{m}^3$ での配合のさらなるワーカビリティ改善の方法が挙げられる。また、地産地消の観点から、東南アジアの稲作地帯での利用可能性を含め、珪灰を混入したコンクリート特有の黒色を生かした用途開発も課題として挙げられる。

参考文献

- (1) 梶原教裕ほか：「火力発電所より排出される珪灰の有効利用に関する基礎的研究」セメント・コンクリート論文集 No.61 PP.565～570 2008 年 3 月

表 3 コンクリートの配合

配合名	W/C(%)	s/a(%)	単位量(kg/m^3)					SP (%)
			W	C	S	G	RHA	
Base50- I		41.6			741		-	C×1.25
50R-50- I		39.0			688		50	
75R-50- I		38.9			662		75	C×2.15
100R-50- I		37.9			635		100	
Base50- II		39.6			706		-	C×1.1
50R-50- II		37.8			653		50	
75R-50- II		36.8			627		75	C×2.15
100R-50- II		35.8			600		100	

* 配合名は左から混入量・水セメント比とする

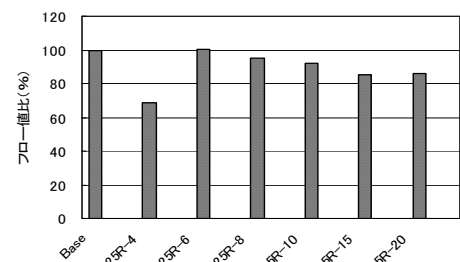


図 1 フロー値比

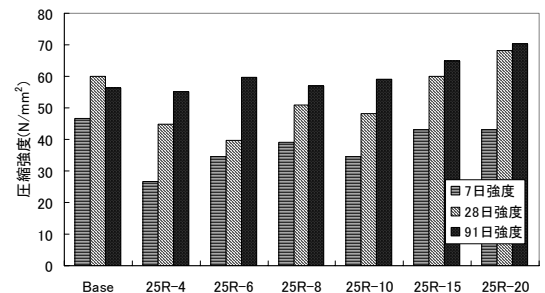


図 2 モルタルの圧縮強度試験結果

表 4 スランブ試験結果

配合名	スランブ(cm)
Base50- I	8.5
50R-50- I	14.5
75R-50- I	計測不能
100R-50- I	計測不能
Base50- II	10.0
50R-50- II	16.5
75R-50- II	計測不能
100R-50- II	計測不能

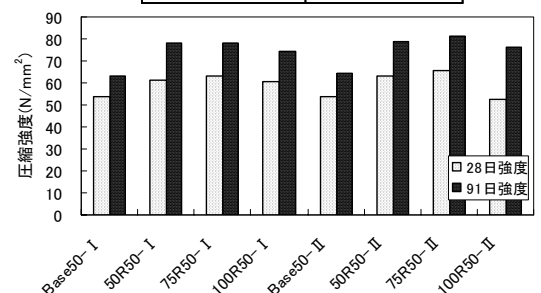


図 3 コンクリートの圧縮強度試験結果