

多成分の結合材をプレミックスした低炭素型の混合セメントの品質について

前田建設工業（株） 正会員 〇太田 健司 正会員 白根 勇二 宮澤 友基
正会員 舟橋 政司 梶田 秀幸

1. はじめに

混和材を多量に使用した低炭素型のコンクリートの開発が積極的に進められ、設計や施工に関するガイドラインが策定されている¹⁾。この低炭素型のコンクリートを実工事に適用する場合には、結合材が多成分の材料から構成されるため、プラントのセメントサイロを占有することなどから一般のコンクリートと同様に出荷できる工場は限られ、各材料を手投入する場合には一日の製造量が大幅に制約される。その他の対策として、設備の増設なども考えられるが建設費用が別途必要となる。これらの課題を解決する手段として、各結合材を予めプレミックスして混合セメントとする方法が挙げられる。しかし、低炭素型の混合セメントは多成分の材料で構成されるため、混合セメントの製造過程における各材料の計量誤差や混合の際に生じる攪拌状況により品質のばらつきが懸念される。そこで、著者らが開発した低炭素型のコンクリート²⁾を実工事へ適用するため、バッチ式の混合機により製造した混合セメントの品質について、モルタル試験体を用いてフレッシュ性状および硬化物性から品質の安定性を確認した。

2. 試験概要

2. 1 使用材料および配合

混合セメントおよび試験体の作製に使用したモルタルの使用材料を表-1に示す。混合セメント製造は、1バッチあたりの製造量を3.8tとして、各構成材料を所定量計量し、混合機を用いて所定の時間、攪拌を行った。混合セメントは質量割合で、早強ポルトランドセメントを25%、高炉スラグ微粉末を45%、フライアッシュを30%の割合で構成している。混合セメントは全12バッチ製造しており、バッチ間の品質のばらつきを確認するためにバッチ毎の試料をサンプリングした。また、同一バッチ内での品質のばらつきを確認するために十分な混合精度を確保できると思われる混合機の中央部付近と、混合精度が低く

なると考えられる隅角部(採取場所は上面から向かって右隅および左隅)からサンプリングした試料を試験に用いた。モルタルの配合表を表-2に示す。

2. 2 試験項目

混合セメントの品質を確認するための試験項目を表-3に示す。圧縮強度試験は、モルタルを打込み後、材齢3日まで室温20℃の恒温室内で封かん養生を行い、脱型後、所定の試験材齢まで標準養生を行った。なお、凝結時間試験については、試験装置の関係により全ての試料で試験を実施できないため、一部の試料でのみ試験した。

3. 試験結果

各種試験結果の一覧を表-4に示す。また、テーブルフロー試験の結果を図-1に、凝結時間試験の結果を図-2に、圧縮強度試験結果を図-3に示す。

表-4および図-1よりテーブルフローの試験結果について、0打フローで114~120mm(平均値116mm, 変動係数1.4%), 15打フローで220~231mm(平均値227mm, 変動係数1.7%)となっており、試料の

表-1 使用材料

記号	材料種別	仕様
C	低炭素型の混合セメント	密度2.75g/cm ³ 三成分混合セメント
W	水	上水道水
S	標準砂	絶乾密度2.60g/cm ³ セメント強さ試験用標準砂

混合セメントの構成材料：早強ポルトランドセメント（密度3.14g/cm³）
高炉スラグ微粉末（密度2.89g/cm³）
フライアッシュ（密度2.24g/cm³）

表-2 配合表

W/C (%)	C:S	単位量(kg/m ³)		
		W	C	S
50	1:3	248	496	1487

表-3 試験項目

試験項目		備考
フレッシュ モルタル	フロー	JSCE-F 505に準拠 0打フローおよび15打フローにて計測
	空気量	空気室圧力方法による
	モルタル温度	JSCE-F 505に準拠
	凝結時間	JIS A 1147に準拠
硬化 モルタル	圧縮強度	JSCE-G 505に準拠 σ3で脱型後、σ3, 7, 28, 55dで試験

キーワード 混合セメント, 低炭素, 二酸化炭素排出量削減, 圧縮強度, 凝結時間
連絡先 〒179-8914 東京都練馬区旭町 1-39-16 前田建設工業（株）技術研究所 TEL 03-3977-2242

採取箇所およびバッチ間での変動が小さいことがわかる。凝結試験の結果について表-4および図-2より、始発時間は6.5～7.0時間程度(平均6.8時間)、終結時間についても一部の試料(10バッチ目)で9.5時間となったものの、そのほかの試料については10時間程度(平均10.1時間)となっており、品質のばらつきは小さいと考えられる。

圧縮強度の標準偏差、平均値および変動係数について表-5に示す。表-5および図-3より、若材齢での変動係数が5.8%とモルタル試験体ではやや大きいと考えられるものの、これはセメント量が少なく、初期の強度発現が小さいため、ばらつきが大きくなったものと考えられる。その後、材齢の進行とともに、材齢28日で変動係数が2.4%、材齢55日で2.6%と材齢初期に比べて小さくなっている。

以上より、今回確認した範囲内では、フレッシュ性状や圧縮強度のばらつきは小さく、プレミックス時のバッチ間の変動や混合箇所の違いが混合セメントの品質に与える影響は小さいと考えられる。

4. まとめ

低炭素型のコンクリートを実工事へ適用するため、三成分の材料から構成される低炭素型の混合セメントの品質のばらつきについて確認した。その結果、バッチ式の混合方法によりプレミックスした混合セメントは、バッチ間の変動や製造時の混合箇所における品質のばらつきは小さく、安定した品質を確保できており、コンクリートにおいても、混合セメントの混合精度がコンクリートの品質へ及ぼす影響は小さいと考えられる。

表-4 フレッシュ試験結果一覧

サンプル 採取箇所	フロー値(mm)		空気量 (%)	M.T (℃)	凝結時間(h)		圧縮強度(N/mm ²)			
	0打	15打			始発	終結	σ3	σ7	σ28	σ55
隅角部(右側)	115	228	3.1	19.3	7.2	10.2	8.9	20.1	41.7	53.1
中央部	120	228	2.8	19.4	6.9	10.3	9.1	20.0	41.6	51.1
隅角部(左側)	116	225	3.1	19.6	6.6	10.1	8.6	19.6	40.5	52.5
1バッチ目	118	234	2.6	19.3	7.0	10.2	8.6	19.7	40.6	53.2
2バッチ目	115	220	2.1	18.9			9.3	19.7	41.8	53.7
3バッチ目	114	222	1.9	18.7			7.6	18.2	38.5	49.5
4バッチ目	118	230	2.4	19.2	6.6	10.5	8.1	18.9	39.1	49.4
5バッチ目	116	231	2.2	19.5			8.5	19.6	41.2	52.9
6バッチ目	116	228	1.9	19.2			9.1	19.5	40.3	51.8
7バッチ目	116	226	2.1	19.4	6.8	10.1	8.8	20.6	40.5	52.7
8バッチ目	116	223	2.7	19.5			8.9	20.6	40.9	52.4
9バッチ目	115	226	2.4	19.7			8.9	20.5	41.1	52.7
10バッチ目	118	231	2.4	19.7	6.4	9.5	9.6	21.6	42.2	53.9
11バッチ目	118	228	1.9	19.0			8.6	20.2	40.3	51.8
12バッチ目	117	230	2.2	19.5	6.4	10.0	8.1	19.5	40.4	51.1

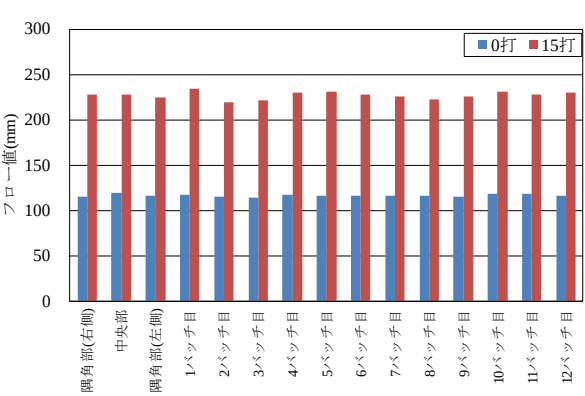


図-1 テーブルフロー試験結果

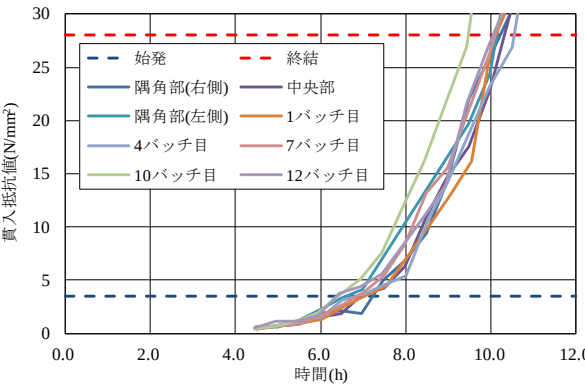


図-2 凝結試験結果

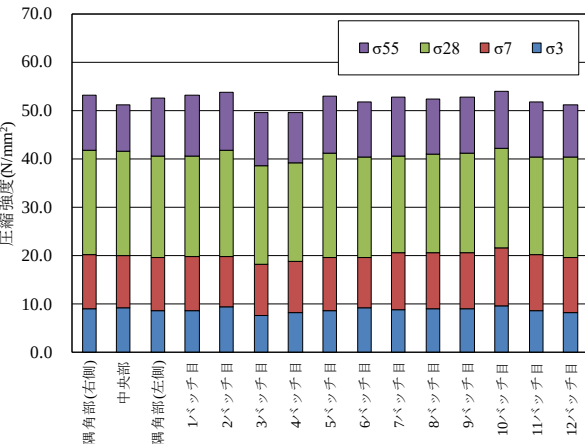


図-3 圧縮強度試験結果

表-5 圧縮強度の標準偏差および変動係数

試験材齢(日)	σ3	σ7	σ28	σ55
平均強度(N/mm ²)	8.7	19.9	40.7	52.1
標準偏差(N/mm ²)	0.5	0.8	1.0	1.4
変動係数(%)	5.8	4.0	2.4	2.6

参考文献

1) (国研) 土木研究所ほか, 低炭素型セメント結合材の利用技術に関する共同研究報告書 (I), 共同研究報告書, 第471号, 2016.1
2) (国研) 土木研究所ほか, 低炭素型セメント結合材の利用技術に関する共同研究報告書 (IV), 共同研究報告書, 第474号, 2016.1