

多成分の結合材で構成される低炭素型のコンクリートの施工事例

前田建設工業株式会社 正会員 ○白根 勇二 正会員 太田 健司

大成建設株式会社 正会員 宮原 茂禎 正会員 荻野 正貴

国立研究開発法人土木研究所 正会員 中村 英佑

1. はじめに

副産物の有効利用や地球温暖化の防止を目的に、高炉スラグ微粉末やフライアッシュなどをセメント代替として使用し、二酸化炭素排出量を抑制したコンクリートが注目されており、著者らは多成分の結合材で構成される低炭素型のコンクリートの開発を進めてきた¹⁾。本稿では、この低炭素型のコンクリートを二次製品工場の床スラブに適用した事例を紹介するとともに、施工6ヶ月後に実施した品質調査の結果について報告する。

2. 室内試験による配合選定

低炭素型のコンクリートの使用材料と配合を表-1と表-2に示す。セメントには初期強度発現の改善を目的として早強ポルトランドセメント（H）、混和材には高炉スラグ微粉末（B）とフライアッシュ（F）を用いており、適用した低炭素型のコンクリートは多成分の結合材で構成される。これらの質量割合は、H:B:F=25:45:30である。水結合材比は、管理材齢28日における呼び強度が24（配合強度28.8N/mm²）となるよう、配合試験の結果をもとに設定した。この低炭素型のコンクリートの二酸化炭素排出量は、普通ポルトランドセメントを使用したW/C=55%のコンクリートに対して約60%削減される¹⁾。

室内試験では、自己収縮ひずみの低減を目的に膨張材の使用を検討した。検討方法は、埋設型ひずみ計を用いた自己収縮ひずみの測定方法²⁾を参考とし、硬化初期段階からの自由膨張ひずみを測定した。膨張材の使用量は10kg/m³（H25BF(HE10)）と20kg/m³（H25BF(HE20)）とした。

図-1に試験結果を示す。H25BFは、既報³⁾の膨張材を使用しない配合の自己収縮ひずみの測定結果である。図-1より、H25BF(HE20)の膨張ひずみは850（×

10⁻⁶）と過度に大きくなり、標準使用量の膨張材を混合することで品質の低下を招くことが懸念された。一方、H25BF(HE10)の膨張ひずみは180（×10⁻⁶）程度に抑えられていることから、膨張材の使用量は10kg/m³とすることが適切であると判断した。

3. フレッシュ性状および施工状況

室内試験で選定したH25BF(HE10)を、二次製品工場の床スラブ（縦5.7m×横3.1m×厚さ0.1m～0.2m）に適用した。施工段階での練上がり時の目標スランプは15cm±2.5cmに設定した。

表-1 コンクリートの使用材料

材料	記号	仕様
早強ポルトランドセメント	H	密度3.14g/cm ³ 、比表面積4,490cm ² /g
高炉スラグ微粉末4000	B	密度2.89g/cm ³ 、せっこう添加
フライアッシュII種	F	密度2.29g/cm ³ 、比表面積3,830cm ² /g
膨張材	HE	石灰系膨張材（低添加型：標準使用量20kg/m ³ ）、密度3.15g/cm ³
細骨材	S	静岡県掛川産、表乾密度2.56g/m ³
粗骨材 G1:G2=50:50(体積比)	G1	茨城県笠間産5号砕石、表乾密度2.67g/m ³
	G2	茨城県笠間産6号砕石、表乾密度2.67g/m ³
水	W	水道水
AE減水剤(遅延型)	Ad1	リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体
AE剤	Ad2	高アルキルカルボン酸系陰イオン界面活性剤と非イオン界面活性剤の複合体

表-2 コンクリートの配合（室内試験）

配合名	配合条件				単位量 (kg/m ³)								
	スランプ [°] (cm)	空気量 (%)	W/P (%)	s/a (%)	W	粉体P				S	G	Ad1 P×%	Ad2 P×%
						H	B	F	HE				
H25BF(HE20)	12±2.5	4.5±1.5	40.5	45	165	97	174	116	20	754	932	0.65	0.07
H25BF(HE10)			40.5	45	165	99	179	119	10	753	931	0.65	0.07

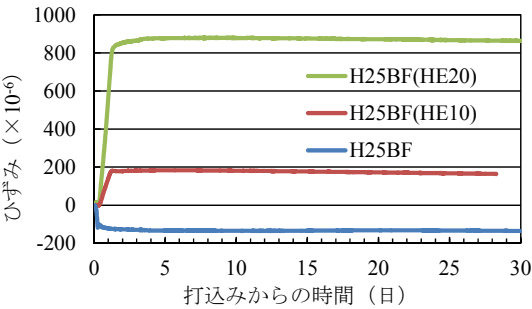


図-1 膨張ひずみの経時変化

コンクリートの製造には容量 2m^3 の二軸ミキサを使用し、1 バッチあたりの練混ぜ量を 1m^3 とし、2 バッチ分を製造した。練混ぜは、まず全結合材、細骨材および粗骨材を投入して 30 秒間の空練りを行い、水と化学混和剤を投入してさらに 120 秒間練り混ぜた後、バケットに排出した。表-3 にコンクリートのフレッシュ性状試験の結果を示す。

打込み状況および仕上げ状態を写真-1 および写真-2 に示す。流動性、分離抵抗性などの諸性状は良好で、通常のコンクリートと同様に打込み及び締固め作業を行うことができることを確認した。養生は、打込みの翌日から材齢 7 日まで、養生マットによる湿潤養生と水分逸散を防ぐシート養生を施した。

4. 施工後のコンクリートの品質

圧縮強度試験の結果を図-2 に示す。現場の気温が 20°C よりも高かったため、現場養生の材齢 28 日までの強度が標準養生よりも大きくなったが、いずれも想定した強度を得られた。

施工 6 ヶ月後にコンクリートの品質を確認するため、テストハンマーによる強度推定 (JSCE-G 504 に準拠)、目視観察およびトレント法による透気試験⁴⁾を実施した。テストハンマーによる推定強度は $24.8\text{N}/\text{mm}^2$ となり、概ね妥当な結果を得た。適用箇所が工場内で風が吹き抜け、雨に曝されない乾燥の影響を受けやすい環境であったためか、目視観察では幅 0.1mm 以下の微細なひび割れが散見された。しかし、図-3 に示す透気試験の結果によると、微細なひび割れが見られる箇所が含まれても透気係数は $0.1\sim 1.0$ の範囲となり、良好な品質を保っていることが確認された。

5. まとめ

結合材中のポルトランドセメントの質量割合を 25% とし、多成分の結合材で構成される低炭素型のコンクリートを床スラブに適用した。以下に、得られた知見をまとめる。

(1) 事前の室内配合試験において、膨脹材を標準使用量とした場合に膨張ひずみが過大となった。膨脹材の使用にあたっては注意を要し、本施工では標準使用量の半分とした。

(2) 一般的なコンクリートと同様に製造及び施工が可能で、フレッシュ性状や硬化後の品質も良好であることを確認した。

なお、本検討は土木研究所主催の共同研究の成果の一部である。

また、本施工にあたり大成ユーレック株式会社殿に多大なるご協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) (国研)土木研究所, 大成建設(株), 前田建設工業(株): 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
- 2) コンクリート工学協会: 超流動コンクリート研究委員会報告書(II), 1993.5
- 3) 荻野ほか: 低炭素型のコンクリートの収縮特性, 第 70 回土木学会年次学術講演会講演概要集, 2015, V-497, 2015.9
- 4) R.J.Torrent and G.Frenzer: A method for the rapid determination of the coefficient of permeability of concrete, Proceedings of International Symposium Non-destructive Testing in Civil Engineering, pp.985-992, 1995

表-3 フレッシュ性状試験の結果

バッチ	練上がり時の目標		フレッシュ性状		
	スランプ (cm)	空気量 (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 ($^\circ\text{C}$)
1バッチ	15 ± 2.5	4.5 ± 1.5	16.0	6.0	25
2バッチ			13.0	5.9	25



写真-1 バケットによる打込み状況



写真-2 養生完了後の仕上げ状況

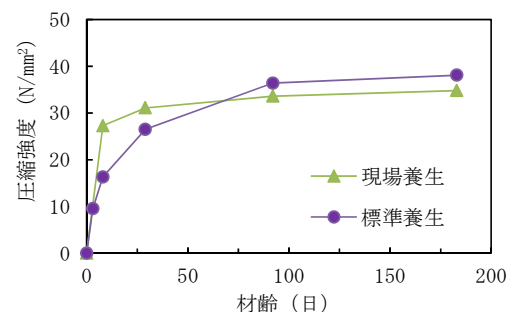


図-2 圧縮強度試験の結果

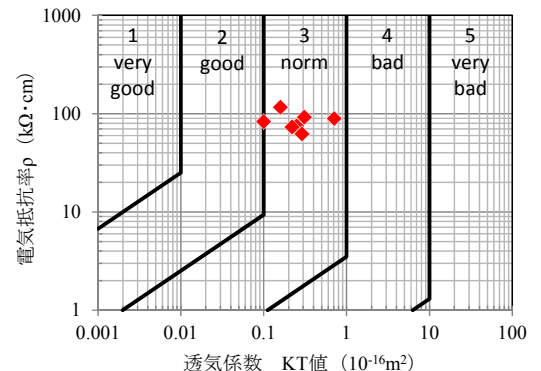


図-3 トレント法による透気性評価