

低収縮早強剤の使用によるカーテンウォール工の温度ひび割れ抑制と工程短縮

鹿島建設(株) 正会員 ○荒渡光貴 関 健吾 工藤匡貴 川畑 勝
岩手県沿岸広域振興局 土木部宮古土木センター 阿曾沼崇 松本健司

1. はじめに

本工事は東北地方沿岸部に位置しており、塩害環境となることから、対策として高炉セメントB種の配合を用いている。一般に、高炉セメントB種を使用したコンクリートの課題として、普通ポルトランドセメントと比較して強度発現が遅く、施工時に型枠の取外しや支保工解体までの期間が長くなる点が挙げられ、これは特に寒冷期等の低温環境下でより顕著となる。一方で、強度発現性を改善するために普通ポルトランドセメントや早強ポルトランドセメントを使用すると、前述した塩害に対する抵抗性の低下や水和熱の上昇による温度ひび割れの発生が懸念される。

そこで、高炉セメントB種を用いて塩害に対する抵抗性および温度ひび割れの抑制を図った上で、材齢初期における強度発現性の改善を目的に、混合セメント用低収縮早強剤を用いたコンクリートについて検討した。さらに、冬期に施工した水門のカーテンウォール工に当該コンクリートを適用し、初期強度発現やひび割れ発生状況および工程短縮効果を評価した。

2. 検討概要

検討対象は、水門工事におけるカーテンウォールのうち、写真-1および図-1に示す上床版とした。当該カーテンウォール（桁長38.25m、幅5.0m、高さ7.36～7.61m）はPC箱型構造であり、下床版構築後に内部支保工を設け、ウェブおよび上床版を構築する。上床版構築後は、内部支保工を解体して緊張用の足場を再設置した後に、PCケーブルの緊張作業を行う計画であった。施工順序および工程上の課題として、上床版のコンクリートを打ち込んだ後、内部支保工が解体可能となる14N/mm²を満足するまで、待機期間の発生が懸念された。そこで、既往の研究¹⁾を参考に、低収縮早強剤を使用することとした。

使用材料を表-1に、コンクリートの配合を表-2にそれぞれ示す。混和剤として、アルカリ金属塩系の低収縮早強剤を用いた。なお、表-2には下床版およびウェブで使用したBB配合を併記した。BB+早強剤配合は、事前に試験練りを実施し、フレッシュ性状および強度発現性を確認した上で、図-1に示すカーテンウォール上床版に適用した。



写真-1 検討対象（カーテンウォール上床版）

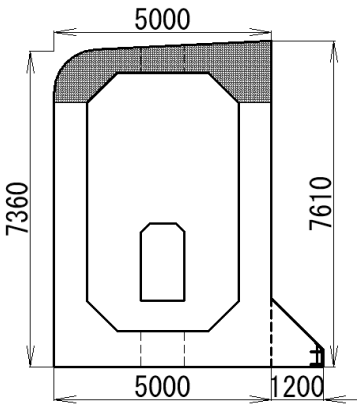


図-1 検討対象部位

表-1 使用材料

項目	記号	摘要
水	W	地下水
セメント	BB	高炉セメントB種, 密度：3.04g/cm ³
細骨材	S	砕砂, 表乾密度：2.67g/cm ³
粗骨材	G	砕石 2005, 表乾密度：2.69g/cm ³
混和剤	Ad	AE 減水剤（標準形1種）, リグニンスルホン酸系
	AC	混合セメント用低収縮早強剤 （アルカリ金属塩）

表-2 コンクリートの配合

配合	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					
			W	BB	S	G	Ad	AC
BB 配合	40.0	44.6	156	390	798	1001	3.12	-
BB+早強剤配合								5.0

キーワード 高炉セメントB種, 早強剤, 水門, カーテンウォール, 温度ひび割れ抑制, 工程短縮

連絡先 〒980-0802 仙台市青葉区二日町 1-27 鹿島建設(株)東北支店土木部 TEL. 022-261-7111

3. 検討結果および考察

3.1 圧縮強度の比較

図-2 に圧縮強度試験の結果を示す。なお、試験練り時には BB 配合と BB+早強剤配合を、実施工時には BB+早強剤配合のみを試験対象とした。図より、試験練り時に材齢 2 日で BB 配合が 10.7N/mm^2 であったのに対し、BB+早強剤配合は、 18.1N/mm^2 と約 1.7 倍の強度発現であった。また、スラブの支保工解体に必要とされる 14N/mm^2 を満足する材齢について着目すると、BB 配合は 3 日を要するのに対し、BB+早強剤配合は材齢 2 日の時点で十分に満足する結果であった。

3.2 型枠支保工の解体とひび割れ調査結果

図-2 より、実施工時も材齢 2 日で 14N/mm^2 を満足したため、上床版の型枠支保工を解体した。ジャッキダウン直後の上床版内側を写真-2 に示す。その後、直ちにひび割れ調査を実施したところ、カーテンウォールの外面に表面ひび割れが確認されたものの、貫通ひび割れは確認されなかった。また、コンクリートの打込みから 28 日後の時点で、PC ケーブル緊張用の足場を用いて再度ひび割れ調査を行ったところ、貫通ひび割れは確認されなかった。既往の研究によると、低収縮早強剤を用いることで材齢初期に膨張ひずみが生じ、自己収縮ひずみが低減されることが示されている⁹⁾。このことから、本研究においても、自己収縮ひずみが低減された結果として、貫通ひび割れが発生しなかった可能性がある。

BB 配合に対して実施した事前の 3 次元温度応力解析結果は、最小ひび割れ指数 0.52、ひび割れ発生確率 100% であった。事前解析と実施工時は外気温が異なる点に留意が必要だが、本研究におけるひび割れ調査の結果から、BB+早強剤配合を用いることで初期強度を確保しつつ、温度ひび割れを抑制できたものと考えられる。

3.3 コストおよび工程の比較

BB 配合を 1 とした場合における、BB+早強剤配合のコスト比（コンクリート材料費および施工費）および支保工解体までの所要日数比を図-3 に示す。図より、BB+早強剤配合は、コスト比が 3% 増加したものの、所要日数は 4 日から 3 日に低減できる結果となった。コスト比については、コンクリート材料費が増加したものの、日数が短縮されたことに伴い施工費が低減されたことによるものであった。本研究で検討対象としたカーテンウォール工は 1 基のみであったため短縮できた日数の合計は僅かであったが、複数ブロックを連続施工する際には、更なる効果が期待できるものと考えられる。

4. まとめ

初期強度発現性が課題となる高炉セメント B 種の配合に対して低収縮早強剤を適用し、塩害対策、温度ひび割れの抑制および初期強度発現性の確保を図った。その結果、温度ひび割れを抑制しつつ、3% のコスト増加で 75% まで工程を短縮できることが分かった。

参考文献

- 1) 関健吾, 取達剛, 横関康祐, 小田部裕一: 早期脱型と温度ひび割れの抑制を両立させたコンクリート, コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.1, pp.1381-1386 (2017)

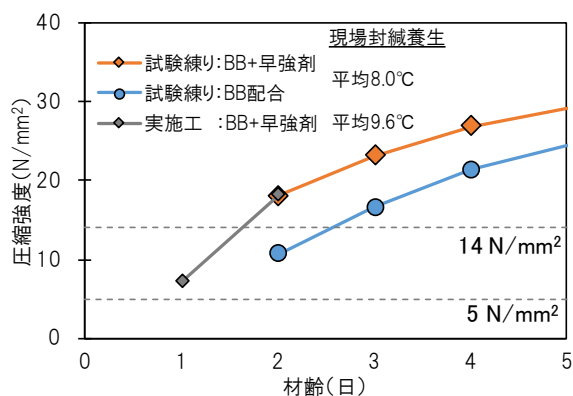


図-2 試験練りおよび実施工における圧縮強度



写真-2 型枠支保工解体時の上床版 (σ2)

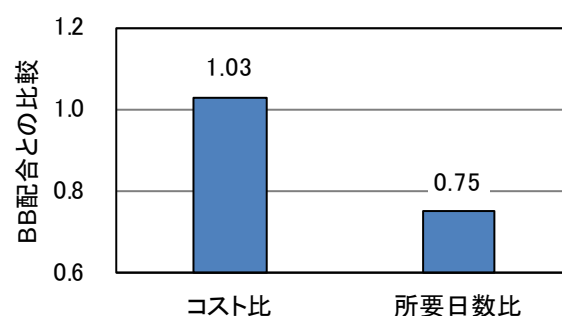


図-3 コスト比および所要日数比