

高炉スラグ配合コンクリート二次製品の品質向上に関する研究

石川島建材工業(株) 正会員 ○伊達 重之 正会員 長谷川 聖史 正会員 小林 一博
太平洋マテリアル(株) 正会員 佐久間 隆司

1. 目的

高炉スラグ配合コンクリートは、一般のコンクリートと比べて初期強度が著しく低いため、1日2回転生産を行うためには蒸気養生温度を通常より高くする必要がある。しかしながら、蒸気養生温度を高くすると、脱型時における温度応力に起因するひび割れの発生が懸念される。また、高炉スラグ微粉末配合コンクリートは自己収縮も大きいため、その点においても一般のコンクリートに比べてひび割れ発生リスクは高くなる。

一方、近年では早強性を付与した膨張材²⁾も開発され、コンクリート二次製品の早期脱型とひび割れ抑制対策として適用されている。そこで本研究では、高炉スラグ配合コンクリート二次製品の品質向上を目的として、早強型膨張材による初期強度の改善効果を調査するとともに、ひび割れ抵抗性に及ぼす影響について検証した。

2. 実験概要

実験①では、製品の長期保管によるひび割れ発生に及ぼす膨張材の効果について検証した。一方実験②ではケミカルプレストレスの導入による曲げひび割れ抵抗性の改善効果について検証した。

それぞれの実験に用いた使用材料および配合条件を表-1, 2 に示す。すべての配合における高炉スラグのセメント置換率は50%とした。膨張材は石灰系のものを使用し、結合材の内割りで使用した。高性能減水剤の添加率は、スランプが $3 \pm 1.5\text{cm}$ となるように適宜調整した。なお、実験②については実施時期が冬季であったので硬化促進剤も併用した。

コンクリート打設後、1時間前置きし、その後所定の温度で5.5時間蒸気養生した。実験①については供試体脱型後ただちにストックヤードへ移動し、約1年間保管した。保管状況を図-1に示す。ひび割れ観察面は、供試体の上半分の内外面とした。一方実験②については、脱型時に微細ひび割れ発生の有無を確認したのち実験室内で保管した。その後材齢4週で単体曲げ試験を行った。

3. 実験結果と考察

3. 1 乾燥収縮ひび割れ抵抗性

図-2に1年間保管後の2体の供試体の乾燥収縮ひび割れ発生状況を示す。膨張材無添加の供試体は背面側に多数のひび割れが確認された。内面側にも多少のひび割れが発生した。最大ひび割れ幅は0.25mmであった。これに対して、膨張材を添加した供試体は背面側にごくわずかのひび割れが認められたが、内面側にはひび割れは生じなかった。最大ひび割れ幅は0.1mmであった。「シールド工専用標準セグメント(土木学

表-1 使用材料

材料	実験①	実験②
セメント	普通ポルトランドセメント (密度 $3.16\text{g}/\text{cm}^3$, 記号:C)	早強ポルトランドセメント (密度 $3.13\text{g}/\text{cm}^3$, 記号:C)
混和材	高炉スラグ微粉末(密度 $2.90\text{g}/\text{cm}^3$, 4000 μm レーン, 記号:Sg)	
膨張材	早強型膨張材(石灰系, 密度 $3.20\text{g}/\text{cm}^3$, 記号:EX)	
細骨材	鹿島産陸砂(密度 $2.62\text{g}/\text{cm}^3$)	大井川産川砂(密度 $2.62\text{g}/\text{cm}^3$)
粗骨材	笠間産碎石(密度 $2.65\text{g}/\text{cm}^3$)	大井川産碎石(密度 $2.65\text{g}/\text{cm}^3$)
混和剤	ホリカルボン酸系高性能減水剤	
	-	硬化促進剤(無機系窒素化合物)

表-2 配合条件

	W/P (%)	s/a (%)	単位量(kg/m^3)			促進剤添加率 (%)	
			W	C	Sg		EX
実験①	29.1	41.0	125	215	215	0	0
				205	205	20	0
実験②	30.7	45.0	132	215	215	0	1
				195	195	40	1
				192	192	45	1

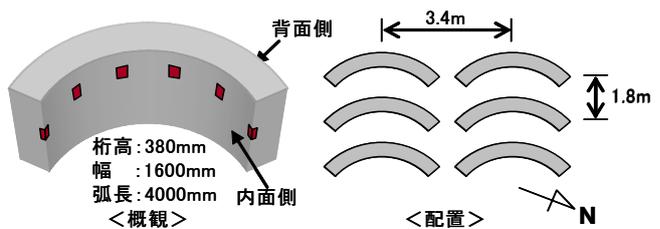


図-1 保管状況

キーワード 高炉スラグ, 膨張材, RCセグメント, 蒸気養生, 初期強度, ひび割れ

連絡先 〒252-1121 神奈川県綾瀬市小園720番地 石川島建材工業(株)技術研究所 TEL0467-77-8554 FAX0467-77-4314

会, 日本下水道協会 共編)の基準によると, ひび割れ幅 0.1mm 以下は補修不要である. したがって製品に膨張材を添加することによって, 補修が不要なレベルにひび割れ幅を抑制することが期待できる.

3. 2 曲げひび割れ抵抗性

図-3 に初期圧縮強度に及ぼす膨張材の効果を示す. セメントの内割りで添加したにもかかわらず, 膨張材の増加に伴って圧縮強度が向上することが確認された. また, 図-4 に示した支持条件での曲げ試験結果を表-3 に示す. 膨張材無添加品は脱型時において微細 (0.05mm 以下) ひび割れが 26 本確認されたが, 膨張材添加品はひび割れが認められなかった. 鋼材量および試験開始直前における鋼材のひずみからコンクリートに作用するプレストレス量を計算した. この結果, 膨張材無添加の場合は 0.5N/mm² の引張応力が, 膨張材添加の場合は 0.8 および 1.3N/mm² の圧縮応力が作用していることが推定された. 単体曲げ試験の結果, 膨張材を添加することによって曲げひび割れ発生荷重が大幅に増加することが確認された. このとき, プレストレス量を考慮した引張縁の応力は, 膨張材添加量とともに増加している. 言い換えると実際の製品に作用するプレストレス量は, 鉄筋拘束による力以外の力³⁾, たとえば蒸気養生過程における型枠の拘束など要因も作用している可能性も考えられる. 今後の検討課題としたい.

製品製造の際, ケミカルプレストレス導入の観点では膨張材の量が多いほど有利である反面, 膨張量過多による寸法精度の維持に問題がある. したがって膨張材の活用においては目標品質と製品サイズを鑑み, 添加量・型枠精度について精査することが肝要である.

4. まとめ

高炉スラグ配合コンクリート二次製品への膨張材の活用に関する本研究の範囲内で以下の効果が確認された.

- 1) 初期圧縮強度の増大
- 2) 長期的な乾燥収縮ひび割れ発生の抑制
- 3) ケミカルプレストレス効果による曲げひび割れ抵抗性の向上

参考文献

- 1) 三浦智哉ほか: コンクリートの自己収縮に及ぼす高炉スラグ微粉末の影響, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.17, No.1, pp.359-364, 1995.
- 2) 佐久間隆司ほか: 早強型膨張材の配合設計と適用性に関する研究, コンクリート工学論文集, Vol.16, No.1, pp.67-75, 2005.1
- 3) 辻幸和: コンクリート工学における膨張エネルギーの評価方法, コンクリート工学, Vol.26, No.10, pp.5-13, 1988.10

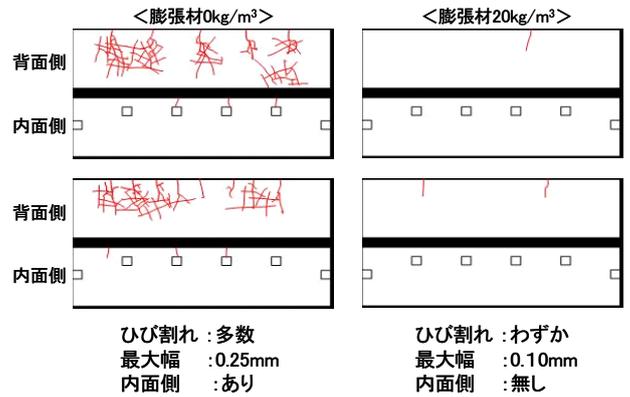


図-2 乾燥収縮ひび割れに及ぼす膨張材の効果

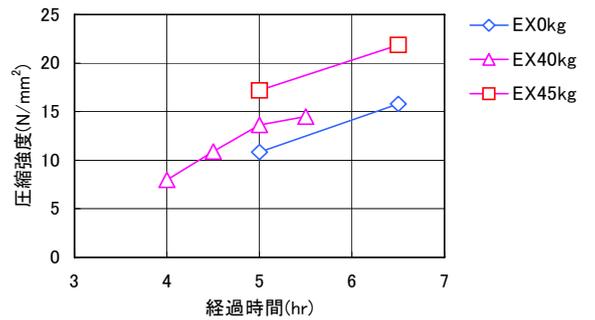


図-3 圧縮強度の経時変化

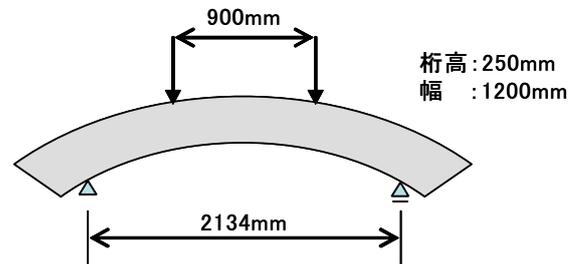


図-4 単体曲げ試験概要図

膨張材添加量(kg/m ³)	0	40	45
鋼材ひずみから求めたプレストレス導入量(N/mm ² ; 計算値)	-0.5	0.8	1.3
脱型時の製品ひび割れ本数(本)	26	0	0
曲げひび割れ発生荷重(kN; 実測値)	116	170	204
引張縁の引張応力(N/mm ² ; 計算値)	2.9	4.3	5.0
プレストレスを考慮した引張縁の引張応力(N/mm ² ; 計算値)	3.3	3.5	3.7
脱型後の幅寸法精度(mm)	-0.2	+0.7	+1.1