

膨張コンクリートのひび割れ低減効果に関する研究

太平洋セメント(株) 中央研究所 正会員 ○石井 祐輔 三谷 裕二 谷村 充
名古屋大学 環境学研究科都市環境学専攻 正会員 丸山 一平

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の高耐久化の観点から、収縮ひび割れ制御への関心が高まっている。膨張材は、材料面からの収縮ひび割れ対策として広く利用されており、その効果についても経験的には認知されている。しかしながら、ひび割れ制御を合理的に行う上では、膨張材の効果をより定量的に評価することが求められている。

本研究では、コンクリート内部に鉄筋を配置した一軸拘束試験を行い、ひび割れ性状(本数・幅)と無拘束試験体で測定した乾燥収縮ひずみの関係から、膨張材のひび割れ低減効果を定量的に検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料・コンクリートの配合

使用材料を表-1に示す。粗骨材には、乾燥収縮ひずみ¹⁾が異なる3種類の硬質砂岩砕石(G1, G2, G3)を使用した。

コンクリートの配合を表-2に示す。各粗骨材を用いた普通コンクリート(PL), および G1, G2 を使用したものに低添加型膨張材を 20kg/m³ 混和した膨張コンクリート(EX)について検討した。スランプ 18±2.5cm, 空気量 4.5±1.5% となるように混和剤の添加量を調整した。コンクリートの練混ぜは 20℃, R.H.80%の室内で行った。

2.2 試験項目および試験方法

(1) 一軸拘束ひび割れ試験

一軸拘束ひび割れ試験体の概要を図-1に示す。ひび割れ分散性を評価するために、既往の研究²⁾を参考に、JIS A 1151の試験体の試験区間を 300mm から 1000mm に変更し、内部に異形鉄筋 D10 (鉄筋比: 0.5%) を配置した。また、拘束鋼材の断面積を大きくして拘束度を高めた(拘束鋼材比: 38.5%, JIS 法: 約 8%)。拘束鋼材の中央断面図心位置にひずみゲージを貼付し、ひずみの変化を測定した。試験体は各配合で2体ずつ作製した。

試験体の養生方法は、材齢7日まで 20℃・湿潤養生、材齢7日以降は 20℃・R.H.60%環境下で気中養生とした。

(2) 乾燥収縮ひずみ

無拘束試験体(100×100×400mm)の中心部に設置した埋

表-1 使用材料

材料	記号	物理的特性など
セメント	C	普通ポルトランドセメント/密度:3.16g/cm ³ ,比表面積:3310cm ² /g
膨張材	EX	低添加型石灰系膨張材/密度:3.16g/cm ³ ,比表面積:3450cm ² /g
細骨材	S	山砂/表乾密度:2.56g/cm ³ ,吸水率:2.57%
粗骨材*	G1	硬質砂岩砕石/表乾密度:2.61g/cm ³ ,吸水率:1.77%,実積率61.1%
	G2	硬質砂岩砕石/表乾密度:2.72g/cm ³ ,吸水率:0.94%,実積率58.7%
	G3	硬質砂岩砕石/表乾密度:2.73g/cm ³ ,吸水率:0.55%,実積率60.1%
高性能AE減水剤	SP	ポリカルボン酸エーテル系

*乾燥収縮ひずみ¹⁾はG1:464×10⁻⁶, G2:400×10⁻⁶, G3:103×10⁻⁶

表-2 コンクリートの配合

	W/B (%)	s/a (%)	G 種類	単位量 (kg/m ³)				
				W	C	EX	S	G
PL1	50.0	48.6	G1	170	340	—	843	909
PL2		50.6	G2		340	—	878	910
PL3		49.4	G3		340	—	857	935
EX1		48.6	G1		320	20	843	909
EX2		50.6	G2		320	20	878	910
					320	20	878	910

※B=C+EX, 単位粗骨材かさ容積 0.57m³/m³

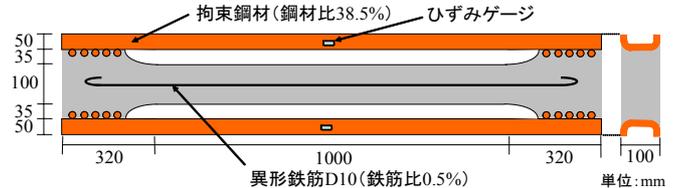


図-1 一軸拘束ひび割れ試験体の概要

込型ひずみ計で測定した。養生方法は拘束ひび割れ試験体と同一とし、材齢7日以降の 20℃・R.H.60%の環境下における収縮ひずみを乾燥収縮ひずみとした。

(3) 圧縮強度・静弾性係数

拘束ひび割れ試験体と同一条件で養生した円柱供試体(φ100×200mm)を用いて、圧縮強度(JIS A 1108 準拠), 静弾性係数(JIS A 1149 準拠)を測定した。

3. 実験結果および考察

3.1 圧縮強度・静弾性係数

圧縮強度, 静弾性係数の経時変化を図-2, 図-3に示す。いずれも膨張材の有無による差は見られなかった。静弾性係数は、材齢7日までの湿潤養生中に粗骨材の種類によって G3>G2>G1 の傾向があった。

3.2 コンクリートの乾燥収縮ひずみ

乾燥収縮ひずみの経時変化を図-4に示す。乾燥材齢182日の乾燥収縮ひずみは、PL1, PL2, PL3でそれぞれ約 1120×10⁻⁶, 950×10⁻⁶, 700×10⁻⁶であり、粗骨材の乾燥収縮ひずみ¹⁾の大小関係と一致した。EX1, EX2では、975×10⁻⁶, 780×10⁻⁶程度であり、PLに対して15%程度小さかった。

キーワード 膨張材, 膨張コンクリート, 乾燥収縮, 拘束ひび割れ試験, 収縮ひび割れ

連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作2-4-2 太平洋セメント(株) 中央研究所 TEL: 043-498-3804

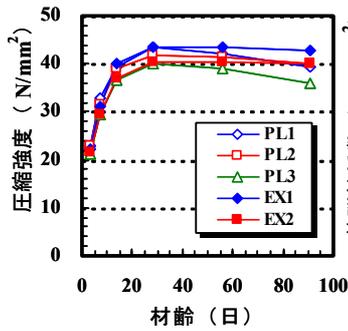


図-2 圧縮強度の経時変化

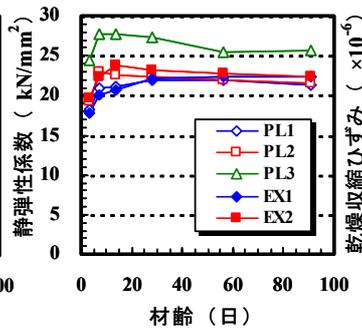


図-3 静弾性係数の経時変化

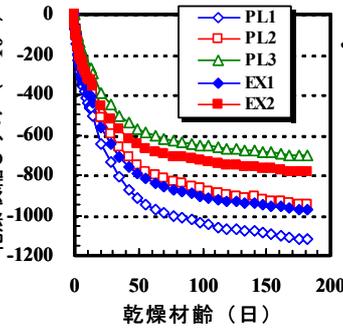


図-4 乾燥収縮ひずみの経時変化

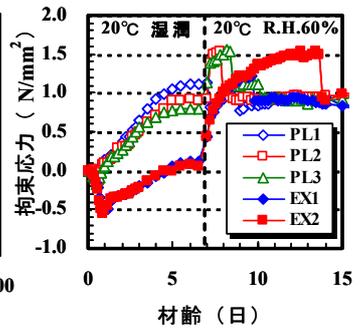


図-5 拘束応力の経時変化

3.3 拘束ひび割れ試験

拘束ひび割れ試験体に生じた拘束応力の経時変化を図-5に示す(正：引張，負：圧縮)。拘束応力は、拘束鋼材のひずみを用い、コンクリートと拘束鋼材の力の釣合い条件およびひずみの適合

条件より算出した。PLでは、材齢7日までの湿潤養生中に1.0N/mm²程度の引張応力を生じているが、これは拘束度を高めたことによる自己収縮応力と考えられる。一方、EXでは、材齢1日で約0.5N/mm²の圧縮応力が生じた。材齢1日以降は収縮によって圧縮応力が徐々に減少するが、材齢7日時点での応力は概ねゼロであり、PLに対して約1.0N/mm²の引張応力の低減効果が認められた。

乾燥材齢182日における拘束試験体のひび割れ状況を図-6に示す。ひび割れ幅は、打設面と底面の中央部および両側面から15mm内側の3点(計6点)をクラックスケールで測定し、その平均値とした。PL1, PL2, PL3のひび割れ本数の平均値は4.5, 3, 1.5本、ひび割れ係数³⁾(ひび割れ幅の合計/測定区間距離)の平均値は約955×10⁻⁶, 710×10⁻⁶, 370×10⁻⁶であり、乾燥収縮ひずみが小さいほど減少した。EX1, EX2では、ひび割れ本数が2.5, 1本、ひび割れ係数が約500×10⁻⁶, 270×10⁻⁶であり、膨張材の効果によってひび割れ本数・係数がPLの1/2程度に減少した。一方、ひび割れ幅は、乾燥収縮ひずみや膨張材の有無による明確な差が認められなかった。これは、ひび割れ幅に対しては、収缩量より鉄筋比の影響が卓越するため⁴⁾と考えられる。

ひび割れ係数と乾燥収縮ひずみ(乾燥材齢182日)の関係より、膨張材の収縮低減効果を検討した結果を図-7に示す。PLとEXの回帰直線を比較すると、乾燥収縮ひずみが同一の場合のひび割れ係数は、EXがPLより明確に小さい傾向があり、回帰直線の乖離分は、膨張材の初期膨張によ

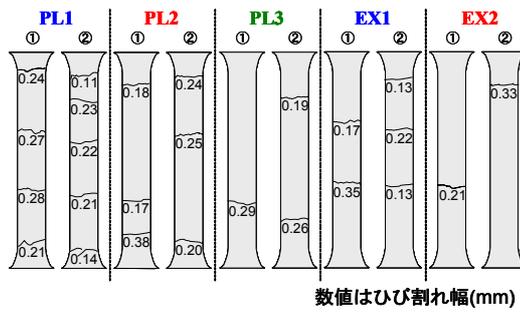


図-6 ひび割れ状況(乾燥材齢182日)

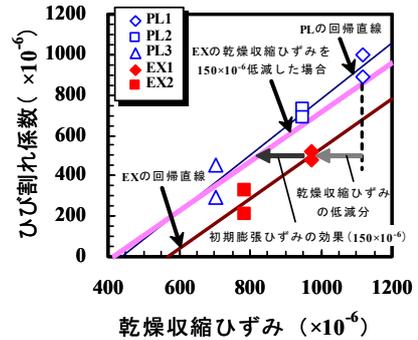


図-7 膨張材の収縮低減効果(乾燥材齢182日)

ってもたらされた効果と考えられる。図中には、膨張材による初期膨張ひずみの効果を150×10⁻⁶と見込んで、EXの乾燥収縮ひずみから低減した場合の回帰直線を示しているが、PLの回帰直線と概ね良く対応している。これより、膨張材のひび割れ低減効果としては、普通コンクリートに対する乾燥収縮ひずみの低減分に、膨張材の初期膨張による作用効果として150×10⁻⁶程度の低減量を加味することで概ね評価できると考えられる。

4. まとめ

一軸拘束ひび割れ試験により、膨張材のひび割れ低減効果を検討した。その結果、膨張材を混和することで普通コンクリートに対する明確なひび割れ本数・係数の低減効果があり、その効果は、普通コンクリートに対する乾燥収縮ひずみの低減分に、初期膨張ひずみ分として150×10⁻⁶程度を加味することで概ね評価できる可能性を示した。

参考文献

- 1) 杉山真悟ほか：粗骨材の乾燥収縮測定に関する検討，第66回年次学術講演会講演概要集，V-445，pp.889-890(2011)
- 2) 井上和政ほか：一軸拘束ひび割れ試験を用いた乾燥収縮量が異なるコンクリートのひび割れ量に関する検討，「コンクリートの収縮特性評価およびひび割れへの影響」に関するシンポジウム論文集，pp.47-52(2010)
- 3) 石橋敏ほか：建物外壁のひび割れ調査結果の分析，日本建築学会大会学術講演概要集，pp.145-146(1983)
- 4) 徐泰錫ほか：鉄筋コンクリート壁の乾燥収縮ひび割れ幅へのコンクリート強度と鉄筋量の影響，日本建築学会大会学術講演梗概集，A-1，pp.641-642(2005)