

拘束下における膨張材の収縮ひび割れ抑制評価

太平洋マテリアル	正会員	○丸田 浩
	正会員	長塩 靖祐
太平洋コンサルタント	非会員	村松 達也

1. はじめに

コンクリートの収縮ひび割れは、コンクリート構造物の耐久性を低下させる一つの要因である。収縮ひび割れにおける材料面からの一つの対策として膨張材の適用があり、膨張材は拘束下において圧縮応力の導入により、その後の乾燥下における収縮応力を低減し、ひび割れを抑制する効果が期待できる¹⁾。本報告では、膨張材を使用したコンクリートの収縮ひび割れ抑制効果について、膨張材とは収縮ひび割れ抑制の機構が異なる石灰石骨材を使用したコンクリートを比較対象として評価をした。

2. 試験概要

2. 1 使用材料

セメントには、普通ポルトランドセメント（記号：C、密度 3.16g/cm³）を、膨張材には石灰系膨張材 20 型（記号：EX、密度 3.16g/cm³）を、細骨材には山砂（記号：S、表乾密度 2.57g/cm³）を、粗骨材には硬質砂岩（記号 GS、表乾密度 2.65g/cm³、実積率 60.7%）および石灰石碎石（記号：GL、表乾密度 2.69g/cm³、実積率 62.3%）を用いた。混和剤として、AE 減水剤（記号：Ad）および AE 剤（記号：AE）を用いた。

2. 2コンクリート配合

表 1 にはコンクリートの配合を示す．配合は，石灰石骨材を 50%置換した GL50，石灰石骨材を 100%使用した GL100，膨張材をセメントの内割で 20kg/m³ 混和した EX20 の 3 水準とした．スランブは 18±2.5cm，空気量は 4.5±1.5% になるように混和剤により調整した．なお，単位粗骨材かさ容積は 0.59m³/m³ 一定としている．

2. 3 試験方法

拘束ひび割れ試験は、ひび割れを早期に誘発させるため、JIS A 1151 の試験体の打設底部を一部断面欠損させた試験体（図 1 参照）を用いた。試験体の養生は、材齢 5 日まで湿空養生とし、その後脱型して 20℃60%RH 条件にて気中乾燥させた。ひずみは、拘束鋼材中央部にワイヤストレインゲージを貼付し、打設直後から測定した。なお、ひび割れ幅は、8 点をクラックスケールで測定し、その平均値を求めた。拘束膨張収縮ひずみは、JIS A 6202 の B 法に準じて測定した。なお、養生は、

表1 コンクリート配合

配合	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)							
			W	C	EX	S	GS	GL	Ad	AE
GL50	53.0	46.3	175	330	—	804	481	488	2.64	0.013
GL100		45.6		330		791	—	989		
EX20		47.0		310	20	816	949	—		

に埋込型ひずみ計を設置し、拘束ひび割れ試験体と同様の養生条件で測定した。圧縮強度、割裂引張強度、静弾性係数は、それぞれ JIS A 1108, JIS A 1113, JIS A 1149 に準じて、材齢 28 日およびひび割れの発生が確認された材齢にて測定した。養生は、拘束ひび割れ試験体と同様とした。

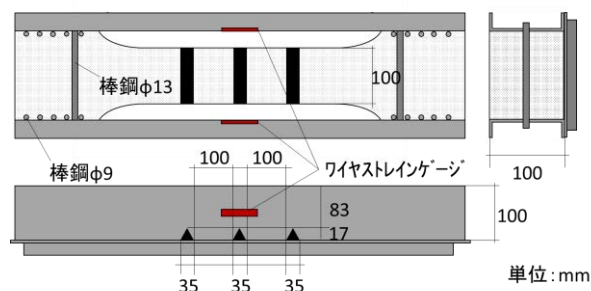


図 1 拘束ひび割れ試験体の概要

3. 試驗結果

3. 1 強度特性

表 2 に強度試験結果を示す。圧縮強度、割裂引張強度、静弾

キーワード 膨張材，石灰石骨材，乾燥収縮，ひび割れ

連絡先 千葉県佐倉市大作 2-4-2, TEL : 043-498-3921, Fax:043-498-3925

性係数は、膨張材の混和および骨材種類によらず、本検討内では同程度であった。

3. 2 拘束膨張収縮ひずみおよび自由収縮ひずみ

図2に JIS A 6202 に準じて測定した拘束膨張収縮試験結果を示す。材齢5日ではあるが、EX20の拘束膨張収縮膨張ひずみは、 210×10^{-6} 程度であり、土木学会コンクリート標準示方書に示されている膨張コンクリートの収縮補償の $150 \sim 250 \times 10^{-6}$ の範囲内にあった。材齢56日時点におけるEX20の拘束膨張収縮ひずみは、GL50およびGL100の60%程度になることが確認された。これは、拘束下における膨張材の効果が裏付けられるものであった。

図3に乾燥開始後からの自由収縮ひずみの測定結果を示す。石灰石骨材を用いた場合の自由収縮ひずみは、小さくなるが知られているが²⁾、材齢56日の時点において、本研究では全ての配合で同程度となった。

3. 3 拘束ひび割れ試験

図4に拘束ひび割れ試験体の鋼材ひずみを、表3にひび割れ発生時の測定結果一覧を示す。材齢5日までの湿空養生中のEX20の鋼材ひずみは、 30×10^{-6} 程度膨張する結果となった。石灰石骨材を使用した場合の乾燥開始後のひび割れ発生材齢は、GL50で13.4日、GL100で15.5日となった。膨張材を使用したEX20のひび割れ発生材齢は、29.8日となり、石灰石骨材を使用した配合よりも2倍程度遅くなった。材齢56日における平均ひび割れ幅は、GL50で0.28mm、GL100で0.24mm、EX20で0.15mmとなった。なお、全てのひび割れが断面欠損させたコンクリート断面積が最少となる位置で発生した。また、ひび割れが発生した時点の応力強度比（拘束応力/割裂引張強度）は、膨張材を使用した配合が最も大きくなった。これは、膨張材の使用により圧縮応力が導入された効果と考えられる。本結果から、拘束下において、膨張材を使用した配合は、石灰石骨材を使用した配合よりもひび割れ抑制効果が高いことが示唆された。

4. まとめ

本研究では、拘束条件下における膨張材のひび割れ抑制効果について評価した。その結果、膨張材を使用したコンクリートは、石灰石骨材を使用したコンクリートと比べ、ひび割れ発生材齢が2倍程度遅くなり、ひび割れ発生時の応力強度比も大きく、収縮ひび割れ抑制効果が高いことが示唆された。

参考文献

1)三谷ら：膨張コンクリートによるひび割れ低減効果の定量評価，コンクリート工学年次論文集，Vol.34，No.1，pp430-435，2021
2)田中ら：骨材の種類がコンクリートの乾燥収縮に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.31，No.1，pp553-558，2009

表 2 強度試験結果

配合	圧縮強度 (N/mm ²)		割裂引張強度 (N/mm ²)		静弾性係数 (kN/mm ²)	
	28日	ひび割れ発生時	28日	ひび割れ発生時	28日	ひび割れ発生時
GL50	38.0	35.9	3.24	2.92	27.0	26.7
GL100	37.4	36.6	3.16	2.55	29.7	28.4
EX20	38.2	37.6	3.53	3.17	28.1	28.5

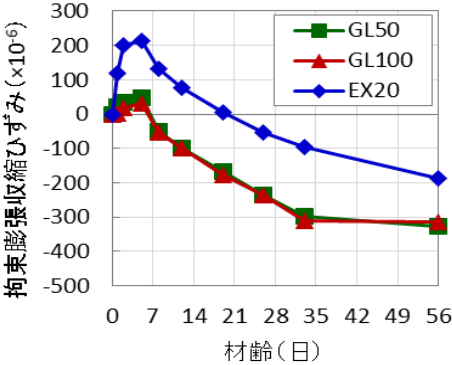


図 2 拘束膨張収縮ひずみ

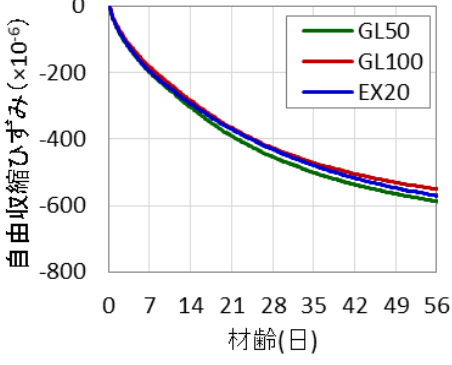


図 3 自由収縮ひずみ

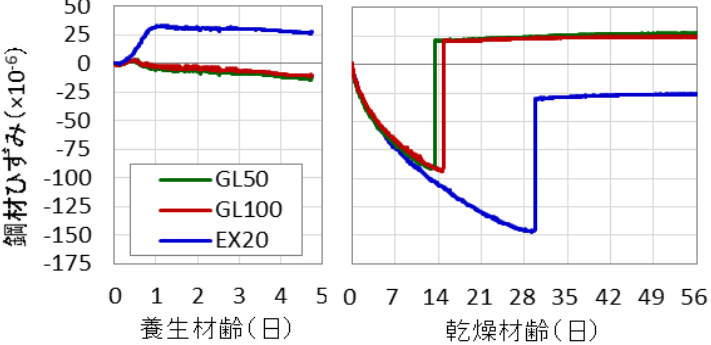


図 4 鋼材ひずみ

表 3 ひび割れ発生時の測定結果

配合	材齢 (日)	鋼材 ひずみ ($\times 10^{-6}$)	自由収縮 ひずみ ($\times 10^{-6}$)	拘束応力 (N/mm ²)	割裂引張 強度 (N/mm ²)	応力 強度比
GL50	13.4	-90	-297	1.81	2.92	0.62
GL100	15.5	-94	-295	1.89	2.55	0.74
EX20	29.8	-145	-446	2.91	3.17	0.92