膨張コンクリートと少量の合成短繊維を添加したコンクリートのひび割れ抵抗性に関する評価

㈱大林組　正会員　○橋爪正博
㈱大林組　正会員　青木　茂
太平洋マテリアル㈱　正会員　郭　度連
萩原工業㈱　正会員　大島章弘

１．はじめに

コンクリート構造物の高性能化・高耐久化が求められる中，ひび割れ抑制に関する社会的要求が高まっている．トンネル覆工コンクリートをはじめ，ひび割れ抑制対策として膨張コンクリートの適用が増加しつつあるが，剥落防止対策として少量の合成短繊維を添加したコンクリートが，ひび割れ抑制効果を有することも示されている[1)]．本研究は，膨張材と合成短繊維によるひび割れ抑制効果を把握することを目的とし，モルタルおよびコンクリートを用いた拘束収縮ひび割れ試験を行い，乾燥収縮に対するひび割れ抵抗性の評価を行ったものである．

２．膨張材および合成短繊維

試験に用いた膨張材には，低添加型石灰系を採用した．また合成短繊維は，表 1 に示す 2 種の形状のもの採用した．JK は，繊維補強覆工コンクリートとして，JSCE-G 552「鋼繊維補強コンクリートの曲げ強度および曲げタフネス試験方法」により求めた曲げ靭性係数が 1.4N/mm^2 を満足できる繊維である．一方，BL は，近年コンクリート片の剥落防止対策として少量添加して使用する事例が多く，打撃試験による剥落防止基準（打撃回数比 8）を満足できる繊維である．添加量は 0.1Vol%/m^3 と少量であるが，繊維長さが 12mm と短く，繊維径も 43μm と非常に細いため，繊維混入本数が 5833 万本/m^3 と圧倒的に多い繊維である．

表 1　採用繊維の物性値

繊維記号	JK	BL
材質	ポリプロピレン	
密度	0.91g/cm^3	
形状	繊維長 48mm 繊維径 0.8mm	繊維長 12mm 繊維径 43μm
ヤング係数	10500MPa	5000MPa
引張強度	530MPa	482MPa
添加量	0.3Vol%/m^3 (2.73kg/m^3)	0.1Vol%/m^3 (0.91kg/m^3)
繊維混入本数	16.2 万本/m^3	5833 万本/m^3

３．モルタルを用いた収縮ひび割れ試験

(1)試験概要

図 1 に示すように，鋼板に拘束体として棒鋼（D8）を溶接し，それを型枠の底面として，厚さ 30mm のモルタルを打設した. 打設後 24 時間まで湿布養生を行った後，恒温恒湿室にて材齢 28 日までは 20℃，60%，以降 56 日まで 20℃，40%の乾燥条件下に曝すことで，供試体に強制的にひび割れを発生させた．試験ケースと配合を表 2 に示す．モルタルの配合は，W/C=50%，細骨材/セメント=2.44 とし，普通ポルトランドセメントを使用した．膨張材を添加するケースは，標準添加量内割 20kg/m^3 としている．

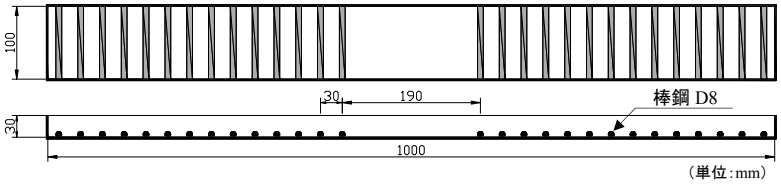


図 1　収縮ひび割れ試験体

表 2　試験ケースおよび配合

試験ケース		W/C+Ex	S/C+Ex	単位量(kg/m^3)					
				W	C	Ex	S	JK	BL
Base	基準	50.0	2.44	278	555	－	1354	－	－
Ex	膨張材				535	20		－	－
JK	繊維（JK）				555	－		2.73	－
BL	繊維（BL）							－	0.91
Ex+BL	膨張+繊維（BL）				535	20		－	0.91

(2)試験結果

各ケースの圧縮強度を表 3，ひび割れ発生状況を表 4，図 2 に示す．1 本目のひび割れは，拘束棒鋼を設けていない中央部で，JK を除き材齢 16～20 日（乾燥条件 60%）で発生した．JK のひび割れ発生が材齢 6 日と早いのは，モルタルに対して繊維が長くかつ太いために，強度の大きい部分と小さい部分が発生し，ひずみが強度の小さい所に集中した結果と想定される．

表 3　圧縮強度試験結果

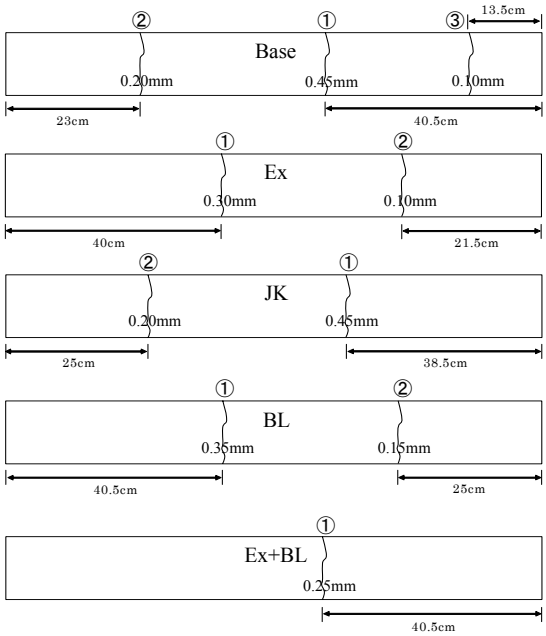
試験ケース	圧縮強度(N/mm^2)	
	7 日	28 日
Base	39.6	51.6
Ex	39.1	51.0
JK	43.5	55.2
BL	42.1	57.6
Ex+BL	40.8	53.7

キーワード　膨張材，合成短繊維，乾燥収縮，ひび割れ抵抗性
連絡先　〒108-8502　東京都港区港南 2-15-2　品川インターシティＢ棟　TEL 03-5769-1319

ひび割れ抑制効果として，最終材齢 56 日（乾燥条件 40%）での各ひび割れ面積の Base（基準）に対するひび割れ発生率を比較すると，Ex は 53%, BL は 66%, JK は 86%である．剥落防止としての繊維（BL）が，膨張材に近いひび割れ抑制効果を示している．収縮ひび割れはモルタルマトリックスの局部的な引張破壊で生じることから，細骨材の径以上（2 倍以上）の繊維長であれば細骨材間のペーストに生じるひび割れに対し，架橋効果による引張負担が保持できる．ひび割れの進展を抑制し，かつひび割れの分散を図るには，繊維本数が多い程，面的に発生応力を負担できることになる．よって少量添加であるが混入本数の圧倒的に多い繊維（BL）が，優位なひび割れ抑制効果を示したと考えられる．さらに，膨張材に繊維（BL）を組み合せた Ex+BL では，ひび割れ発生が 33%にまで抑制された．ひび割れ抑制機構の異なる膨張材と繊維の相乗効果が示された．

表 4 ひび割れ発生状況

試験ケース	ひび割れ発生材齢（日）	ひび割れ状況（材齢 56 日）			
		本数（本）	最大幅（mm）	面積（mm²）	Base に対するひび割れ発生率（%）
Base	16	3	0.45	75	100
Ex	19	2	0.30	40	53
JK	6	2	0.40	65	86
BL	16	2	0.35	50	66
Ex+BL	20	1	0.25	25	33



※①～③:ひび割れ発生順序

図 2 ひび割れ発生状況（材齢 56 日）

4．コンクリートを用いた収縮ひび割れ試験

(1)試験概要

モルタルによる試験結果をコンクリートで再現することを目的に，JIS A 1151「拘束されたコンクリートの乾燥収縮ひび割れ試験方法」に準じた試験を実施した．表 5 に試験ケースと配合およびフレッシュ性状を示す．標準的なトンネル覆工コンクリートを想定し，セメントは高炉セメント B 種を用い，膨張材は，標準添加量内割 20kg/m³ とした．目標スランプ 15±2.5cm，目標空気量 4.5±1.5%である．供試体の養生は，打設後 24 時間まで湿布養生を行った後，恒温恒湿室にて 20℃，60%の乾燥条件に曝した．

表 5 試験ケースおよび配合・フレッシュ性状

試験ケース	W/C（%）	単位量（kg/m³）							フレッシュ性状	
		W	C	Ex	S	G	JK	BL	スランプ(cm)	空気量(%)
Base	60	174	290	—	849	953	—	—	15.5	3.5
JK							2.73	—	16.0	5.0
BL							—	0.91	14.0	5.1
Ex+BL			270	20			—	0.91	15.0	4.3

(2)試験結果

拘束形鋼に貼り付けたストレインゲージの測定結果を図 3 に示す．測定は，脱型後翌日（材齢 4 日）から実施し，ひずみが大きく低下したところでひび割れが発生している．各ケースのひび割れ発生は，JK が最も早く（材齢 15，16 日），Base（材齢 20 日），BL（材齢 24，26 日）で，Ex+BL にはひび割れが発生しなかった．コンクリートによる収縮ひび割れ試験においても，モルタル試験時と近い傾向が再現された．

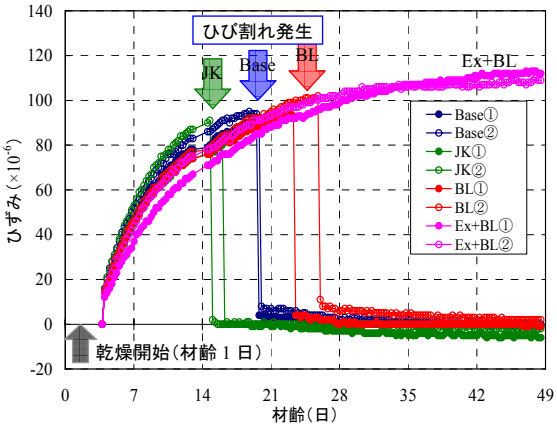


図 3 拘束形鋼のひずみ

5．まとめ

繊維添加によるひび割れ抑制効果には繊維形状が大きく影響しており，コンクリート片の剥落防止対策として用いられる細く短い合成短繊維が，乾燥収縮ひび割れの抑制にも効果のあることが確認された．さらに膨張材と組み合せた場合には，両者の相乗効果で，更なるひび割れ抑制効果が発揮された．

参考文献

1）細田暁・高梨大介・高木亮一・我彦聡志：少量の合成短繊維による収縮ひび割れの抑制機構，コンクリート工学年次論文集，Vol.28，pp.299～304，No.1，2006