

収縮低減材料を使用したコンクリートの諸特性とひび割れ抵抗性に関する実験的研究

(株)フローリック 正会員 ○熊本 光弘 (株)横河ブリッジ 非会員 中辻 亘

同 正会員 西 祐宜 同 同 田中 和彦

同 正会員 村田 隆男 同 正会員 三浦 芳雄

1. 目的

近年、コンクリート構造物の耐久性に関する関心が高まり、特に初期ひび割れおよび構造ひび割れの主要因となる乾燥収縮が注目されている。乾燥収縮の対策方法は、コンクリート自体の潜在的な収縮量を抑制する石灰碎石の採用、コンクリート中の水分の化学的特性および細孔構造を変化させ収縮を抑制する有機系の収縮低減剤¹⁾、水和生成物の膨張により収縮保障を確保する膨張材に大別できる。本研究は、収縮低減剤、AE 減水剤高機能・収縮低減タイプおよび膨張材に着目し、力学特性およびひび割れ抵抗性を確認した。

2. 実験概要

表1に使用材料、表2にコンクリートの配合を示す。コンクリートの品質は30-8-20N相当とした。目標空気量は $4.5\pm1.5\%$ とし、ロジン酸塩系AE剤を用いて調整した。環境温度は20℃である。測定項目は、圧縮強度(JIS A 1108:2006)、静弾性試験(JIS A 1149:2001)、割裂引張強度(JIS A 1113:2006)、長さ変化(JIS A 1129:2001)、鉄筋を埋設した一軸拘束試験(図1参照)を実施した。異形棒鋼の付着部により収縮を拘束し、テフロンシートを巻き周囲との付着をたったφ18切削部にひずみゲージを貼り付け、拘束ひずみを試験体成型後から測定した。圧縮強度および静弾性試験、割裂引張試験は注水後24h後に脱型し、所定材齢まで標準養生とした。長さ変化試験は注水後24h後に脱型し1週水中養生後、20℃60%R.H.の恒温恒湿槽にて乾燥に供した。

表 1 使用材料

種別	記号	品質
セメント	C	OPC3 種等量混合,密度:3.16g/cm ³
細骨材	S	掛川産山砂,密度:2.59g/cm ³ 吸水率:2.08%, F.M.:2.79
粗骨材	G	青梅産碎石,密度:2.65g/cm ³ 吸水率:0.53%, 実積率:60.7%
AE 減水剤 高機能タイプ	WRA	オキシカルボン酸塩ポリカルボン酸系化合物 標準形 I 種
AE 減水剤高機能 ・収縮低減タイプ	WRA -SRA	オキシカルボン酸塩ポリカルボン酸系化合物 グリコールエーテル系誘導体,標準形 I 種
収縮低減剤	SRA	炭化水素系化合物 グリコールエーテル系誘導体
膨張材	EX	水酸化カルシウム系,密度:3.16g/cm ³

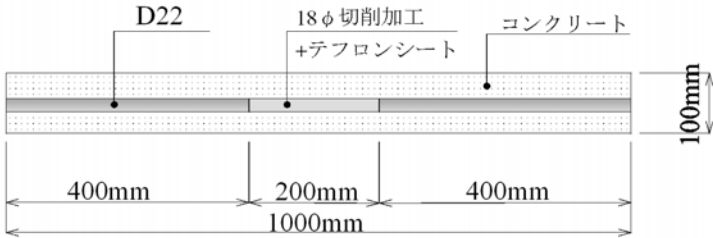


図1 鉄筋埋設拘束試験体

表 2 コンクリートの配合

No.	凡例	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					WRA (C×%)	WRA-SRA (C×%)	SRA (kg/m ³)
				W	C	EX	S	G			
1	ベース	50.0	46.5	152	304	—	852	1002	1.0	—	—
2	SRA								1.0	—	6.0
3	WRA-SRA								—	1.50	—
4	EX	45.9	45.9	152	304	20	833	1003	1.0	—	—
5	EX+SRA								1.0	—	6.0
6	EX+WRA-SRA								—	1.50	—

配合条件:SRAは配合の外割り,EXはS置換,練混ぜ方法: 1/2G+1/2S+(EX)+C+1/2S+1/2G→10sec.→(W+WRA)→90sec.→(SRA)→30sec.→排出

3. 試験結果および考察

図2に圧縮強度および引張強度試験結果、図3に静弾性係数試験結果、図4に乾燥期間と長さ変化の関係、図5に乾燥期間と長さ変化比の関係を示す。図2に示すように、ベースに対する収縮低減材料を使用した際の低下率が材齢7日で-2～-5%となるものの材齢28日では-2～+1%となり、ベースと同等の強度発現が確認できる。ひび割れの耐力となる引張強度については、圧縮強度よりも高い低下率となる傾向が確認された。材齢

キーワード ひび割れ抵抗性、一軸拘束試験、収縮低減剤、膨張材、長さ変化、強度特性

連絡先 〒300-2622 茨城県つくば市要33-1 (株)フローリック コンクリート研究所 TEL029-877-1945

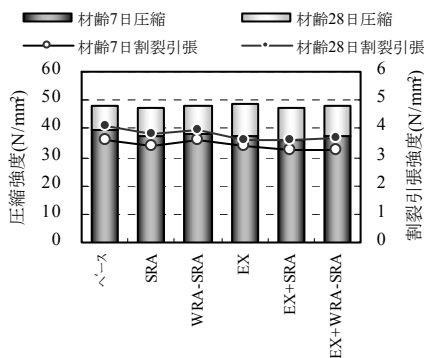


図2 圧縮/引張強度試験結果

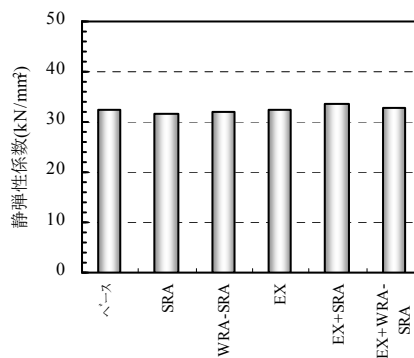


図3 静弾性係数試験結果

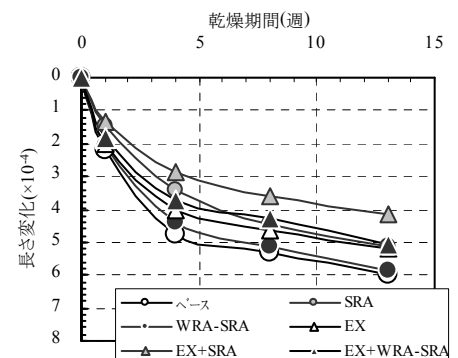


図4 乾燥期間と長さ変化の関係

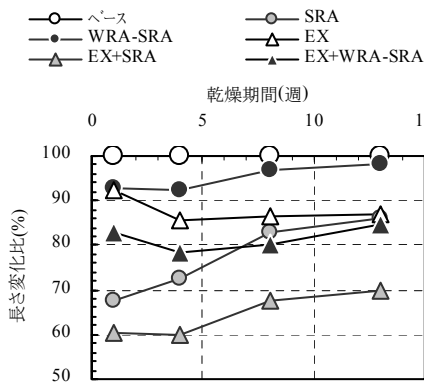


図5 乾燥期間と長さ変化比の関係

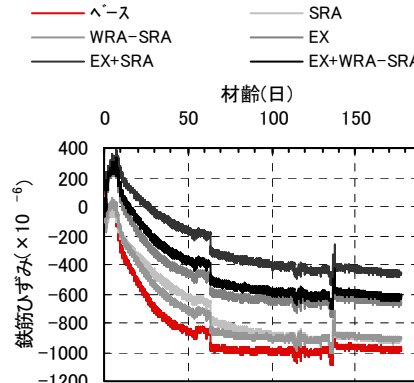


図6 材齢と鉄筋ひずみの関係

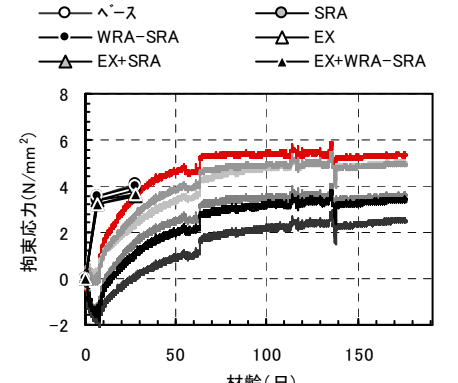


図7 材齢と拘束応力の関係

表 3 拘束応力比(ベース基準)

SRA	WRA-SRA	EX	EX+SRA	EX+WRA-SRA
0.65	0.76	0.42	0.03	0.28

28 日で-5~-12%の低下率であった。収縮低減材料を使用した際の静弾性係数に特異な傾向は確認できなかった。乾燥期間 13W に於ける長さ変化試験結果は、収縮抑制効果順に $WRA-SRA < EX < EX+WRA-SRA < SRA < EX+SRA$ となっている。標準養生 1W 後を基長としているため、EX の初期膨張は反映されていないが、乾燥期間中に収縮抑制効果が窺える。一般的に EX の収縮挙動はベースと同様とされるが、本実験においては異なる挙動を示した。要因としては、膨張反応の遅延は考え難いため、EX の混入方法が S 置換のため実質水結合材比が低下し、水和生成物の生成量・組織比が他の耐久性に影響を及ぼさない程度に変化したと考えられる。図 5 に示すように其々の収縮低減材料により長さ変化比は異なるものの、収縮遅延のため乾燥材齢初期で収縮低減効果は高い傾向を示す。図 6 に材齢と鉄筋拘束ひずみ、図 7 に材齢と拘束応力(引張強度)の関係、表 3 に材齢 28 日時の拘束応力比を示す。収縮低減材料を使用することで鉄筋ひずみは減少する。EX は 300×10^{-6} 程度の膨張が確認でき、著しく鉄筋ひずみを抑制している。図 7 の線形は鉄筋ひずみを拘束応力に換算した結果である。プロットは割裂引張強度を示している。本実験では一軸拘束試験体にひび割れは認められなかった。材齢 28 日の時点では何れの配合においても割裂引張強度以下の拘束応力となっている。実際にひび割れが発生する際の、応力強度比²⁾は明確ではないが、収縮低減材料を用いて拘束応力を低減している図 7 の結果からも、ひび割れ発生(リスク)確率が低減していると考えられる。また、膨張材および収縮低減剤は其々異なるメカニズムであるが、両者を併用することで著しい収縮低減効果を得ることができる。

4. まとめ

種々の収縮低減材料を使用した際の、耐久性および収縮特性を確認し、ひび割れ抵抗性の向上が確認された。実構造物に採用する際は、使用材料および部材条件・環境条件を加味し、好適な収縮低減材料を選定することで、ひび割れ抑制効果が得られると考えられる。

参考文献

- 1)西祐宜ほか：凍結融解抵抗性を改善した収縮低減剤の開発,コンクリート工学年次論文集,vol.32,No.1,pp.143-148,2010
- 2)西祐宜ほか：拘束リング試験による収縮低減剤のひび割れ抵抗性評価 (その 2: 力学特性とひび割れに関する考察),日本建築学会大会学術講演梗概集,1476,pp.951-952,2010.9