

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

フローリック(株)	正会員	○中川	好正
同	正会員	熊本	光弘
同	正会員	西	祐宜

1. 目的

鉄筋コンクリート構造物の収縮ひび割れは、種々の要因が複雑に関係する。部材環境や局所的環境により拘束されたコンクリートに生じる引張応力が、収縮ひび割れ発生強度を超えたときにひび割れは発生する。すなわち、ひび割れは力学特性と変形特性からの結果であり、部材の収縮量のみに依存する訳ではない。その2では、収縮低減剤を使用したモルタルの力学特性とひび割れの関係を考察した。

2. 実験概要

割裂引張試験は、拘束リング試験と同バッチのモルタルを試料とした。供試体はφ5×10cmのプラスチック製型枠を使用した。打設24h後に脱型し、材齢1Wまで標準養生を行った後、所定材齢まで20°C R.H.60%の環境で気中養生した。

3. 実験結果および考察

その1で測定したリングひずみを応力に換算し、割裂引張強度および破壊応力と比較し、力学特性とひび割れ発生の関係性を考察した。ひび割れはひび割れ先端(供試体内側)からの脆性破壊と捉え、破壊靱性の値は破壊源の寸法およびクラック進展の抵抗性により決まると考えられる。脆性破壊を仮定した場合、寸法効果を考慮する必要がある。リング供試体において、貫通に必要なひび割れ長さは、ひび割れが最短で入ったと仮定するとひび割れ長は供試体短辺の25mmとなる。ひび割れ進展時の供試体変形は小さいので式(1)に示す応力拡大係数(K値)に基づき寸法効果を評価した。応力を σ 、ひび割れ長を a とする。ここで β は寸法比によって定まる無次元の係数である。

$$K = \beta \sigma \sqrt{a} \quad \text{式(1)}$$

相似形のまま試験体寸法を n 倍にすると、

$$K' = \beta \sigma' \sqrt{na} \quad \text{式(2)}$$

拘束リング試験と割裂引張強度試験は同一のモルタルであるので、同一の K 値で破壊すると仮定すると、 $K=K'$ となり、

$$\sigma = \sqrt{n} \sigma' \quad \text{式(3)}$$

となり、寸法が n 倍になれば $1/\sqrt{n}$ で破壊することになる。

本実験では、断面寸法が比較的近いという過程で式を適応した。相似形であることや、供試体の内部相対湿度、水和の影響、静弾性係数およびポアソン比の経時的な変化は考慮していない。

供試体中に発生する応力は式(4)を適用した。箇所はリング外側(供試体内側)の R_{os} 、供試体外側の R_{om} とした。

$$\sigma(r) = \varepsilon_{st}(t) E_s t R_{os} \frac{\left(\frac{R_{om}}{r}\right)^2 + 1}{\frac{R_{om}^2}{R_{os}^2}} \quad \text{式(4)}$$

$\sigma(r)$: 応力(MPa)
 ε_{st} : ひずみ(mm)
 t : 拘束リングの厚さ(mm)

E_s : リングの静弾性係数(200000MPa)
 r : 任意の半径(mm)

図-1に種別ごとの材齢と応力の関係を示す。SRAを添加することで材齢7および14日の弱材齢の割裂引張強度は低下する。材齢28日ではSRAの添加率に関らず、Blankと同等の割裂引張強度が発現している。リング供試体の引張応力の発現は、SRAの添加率に応じて遅延している。弱材齢時における割裂引張強度の低下は認められるものの、収縮低減によるリング供試体の引張応力の低減が若干卓越しているため、ひび割れ発生日数はBlankよりも延長している。

キーワード 拘束リング試験, 乾燥収縮, ひび割れ, 収縮低減剤, 引張強度, 破壊応力

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 TEL 029-877-1945

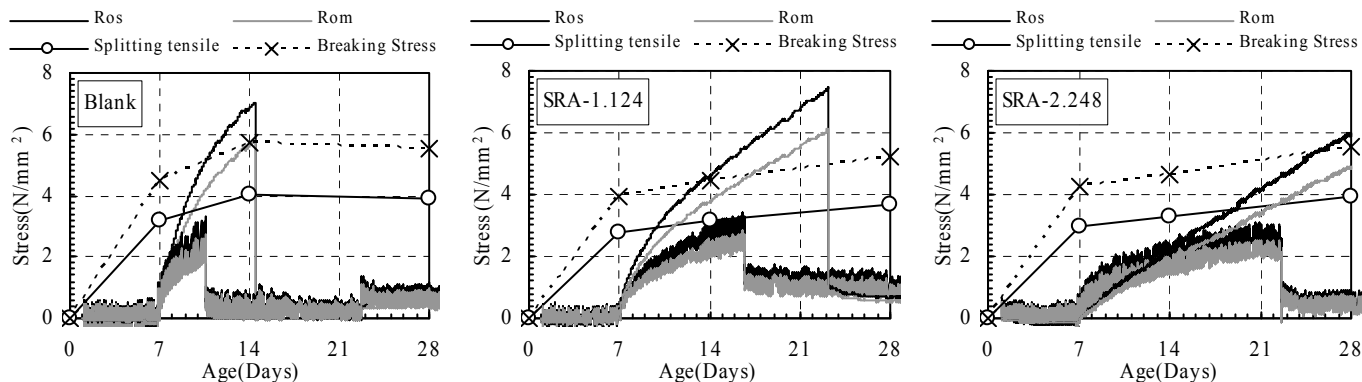


図-1 材齢と応力の関係

Blank の拘束率 60%では、割裂引張強度を超えて破壊応力付近でひび割れが発生している。また、種別に関らず、拘束率 80%では割裂引張強度よりも低い引張応力でひび割れが発生している。この現象は、微細なひび割れが多いため、早期に架橋して弱応力でひび割れが発生していると考えられる。リング供試体内側およ

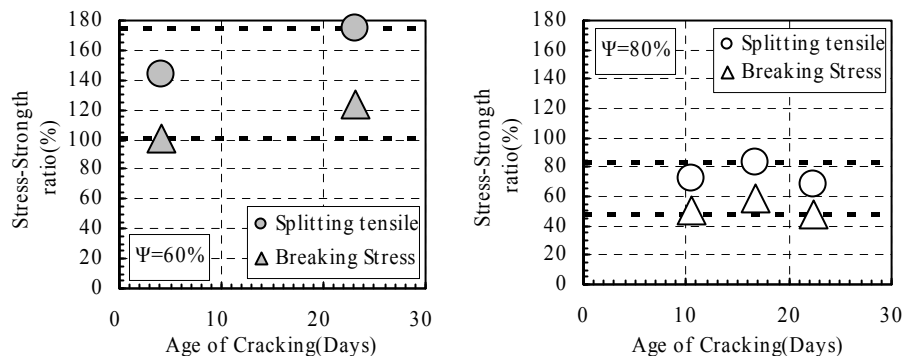


図-2 材齢と応力強度比の関係

び外側の応力とひび割れ発生との関係性は、微細ひび割れの影響が軽微な拘束率 60%では、リング供試体外側の応力が破壊応力を超えたときにひび割れが発生する傾向が伺える。ひび割れの進行は内から外へ進行するため、貫通ひび割れはリング供試体外側が降伏したときに発生すると考えられる。ここで、割裂引張強度および破壊応力を用いて、応力強度比として整理したものを図-2に示す。従来、ひび割れの発生は 40~90%の応力強度比で発生すると報告¹⁾されている。また、一般にひび割れが生じる材齢が短い場合は応力強度比が低く、長い場合は応力強度比が高くなると報告²⁾されている。本実験では、拘束率 80%が 60%よりも全体的に応力強度比は小さい。この傾向は、微細なひび割れの影響と考えられる一方、従来ひび割れが発生すると言われる応力強度比に近い。また、ひび割れ日数の延長に伴い、拘束率 60%では応力強度比が増加する傾向を示す。応力強度比を割裂引張強度から算出した場合、拘束率 60%では 140~180%の応力強度比でひび割れが発生しており、従来の知見とは大きく異なる。一方、破壊応力から算出した場合は、微細なひび割れの影響を受ける拘束率 80%では約 70~80%、微細なひび割れが確認できない拘束率 60%では 100%以上の応力強度比になった際にひび割れが発生した。

4. まとめ

収縮低減剤を添加することで、引張応力が低減し、ひび割れ日数が延長することが確認できた。また、拘束リング試験と割裂引張強度試験を行うことで、収縮低減剤のひび割れ抵抗性を相対的ではあるが早期に評価することが可能である。しかし、本実験では、ひび割れに影響を及ぼす多岐にわたる要因(例えばクリープ/変形特性の経時変化/供試体の形状および寸法)を考慮していないため、破壊応力から導いた応力強度比は精緻な検討結果とはいえない。一般的に応力強度比は簡便にひび割れ発生の可能性を概略確認する指標であり、材料や試験方法を統一して拘束リング試験を行うことで、材料レベルのひび割れ抵抗性を概ね確認できることを示唆したものである。

参考文献

- 1) 日本建築学会:鉄筋コンクリート造建築物の収縮ひび割れ メカニズムと対策技術の現状, 2003.5
- 2) 上田賢司,佐藤嘉昭,清原千鶴,永松静也:コンクリート部材に生じる乾燥収縮ひび割れ予測に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集,Vol.21,No.2,pp.775-780,1999