

リング試験法によるコンクリートの乾燥収縮ひずみ評価方法に関する基礎的研究

正会員 ○荒金直樹*1 正会員 鹿毛忠継*2
同 梅本宗宏*3 同 住学 *4
同 大野吉昭*5

リング試験 乾燥収縮 収縮低減剤
評価方法 応力分布

1. はじめに

コンクリート構造物に生じるひび割れは、耐久性および構造的な性能において重要な検討課題である。その要因のひとつとして、乾燥収縮がある。JASS5 (2009年改定)の発刊にあたり、収縮率の小さいコンクリートの研究に対する関心が高くなっている。著者らは、ひび割れ抵抗性を評価する試験方法である JIS A1151 (拘束されたコンクリートの乾燥収縮ひび割れ試験方法) より簡便な試験方法を提案するために、リング試験法を用いた試験の評価方法について検討を行った。

本報告は、水セメント比 50%のコンクリートを基準とし、3種類の収縮低減剤を添加した各コンクリートを用いて、乾燥収縮に関する基礎的実験の結果についてとりまとめたものである。

2. 実験概要

表-1 に使用材料、表-2 にコンクリートの調合を示す。使用したコンクリートの調合は、基準となるコンクリートに対して、メーカーの異なる 3 種類の収縮低減剤を添加した調合について、合計 4 ケースを実施した。

練り混ぜは、空練り 15 秒の後、水と混和剤を投入して本練り 90 秒とした。

表-3 に試験項目および試験方法、図-1 にリング試験法の試験体を示す。外型枠の脱型は、24 時間材齢と 7 日材齢の 2 ケースについて実施した。

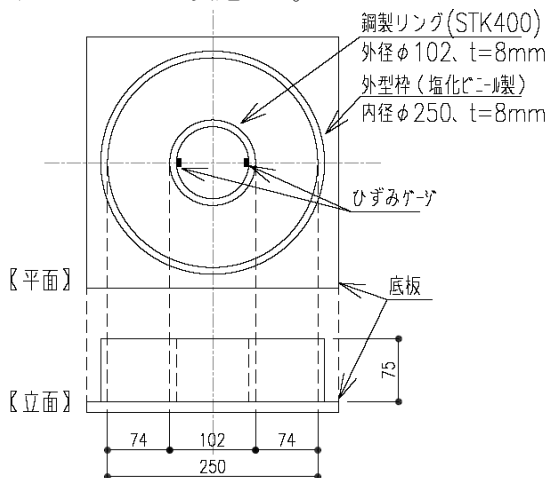


図-1 リング試験体型枠

3. 実験結果

乾燥期間と各試験体の乾燥収縮ひずみの関係を図-2 に示す。乾燥期間 182 日における値は、 $490 \sim 670 \times 10^{-6}$ の範囲を示した。各試験体の乾燥収縮ひずみ量で比較すると、 $P > SR2 \approx SR1 > SR3$ の順となった。収縮低減剤の使用による、収縮ひずみが低減されていたことが確認できた。

リング試験法では、湿潤養生期間を 1 日としたケース①と湿潤養生期間を 7 日としたケース②について計測した。ケース②における各試験体の鋼材の計測ひずみについて、図-3 に示す。同様に比較すると、 $P > SR2 > SR1 \approx SR3$ の順となった。

表-1 コンクリートの使用材料

種類	記号	物性
セメント	C	普通ポルトランドセメント 3社混合, 密度(3.16g/cm ³)
細骨材	S1 S2	木更津産陸砂(3割), 表乾密度(2.56g/cm ³) 空閑産砕砂(7割), 表乾密度(2.66g/cm ³)
粗骨材	G	桜川産碎石2005, 表乾密度(2.66g/cm ³)
混和剤	Ad SR1 SR2 SR3	AE減水剤, 空気量調整剤 A社製(ホリエーテル誘導体) B社製(アルキルシロキシル付加物) C社製(有機界面活性剤)

表-2 コンクリートの調合

水セメント比 (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	質量(kg/m ³)			AE減水剤 (g/m ³)	
			単位水量	セメント	細骨材		粗骨材
50	18	4.5	178	356	780	978	250

表-3 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法
スランプ	JIS A 1101
空気量	JIS A 1128
圧縮強度	JIS A 1108 材齢7日、14日、28日
乾燥収縮	JIS A 1129 ①湿潤養生1日後脱型、測定開始 ②1週標準養生後、測定開始
ひび割れ	リング試験法 ①湿潤養生1日、②湿潤養生7日

表-4 フレッシュ試験結果

調合記号	収縮低減剤 (kg/m ³)	スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度(°C)	単位容積質量 (kg/m ³)
P	0.0	19.0	5.3	22.0	2265
SR1	4.0	17.5	5.0	22.0	2265
SR2	6.0	18.5	5.2	22.0	2265
SR3	7.0	19.5	4.7	22.5	2281

次に、図-4 に解説するように、鋼製リングのひずみに相当する内圧を想定し、応力変換⁽¹⁾を行った。算定結果を図-5 に示す。コンクリートの推定引張強度と比較すると、いずれの試験体も存在応力は小さく、試験体にひび割れ発生を確認できなかったことと一致した。

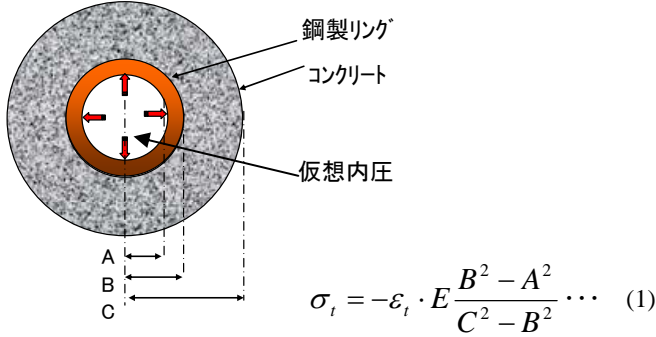


図-4 リング試験による応力変換式の解説図

4. 解析結果

図-5 より、P②試験体について、材齢 14 日で、鋼製リングのひずみは約 100 μ、変換応力は 1.18N/mm²であることが確認できる。ここで、鋼製リングに約 100 μのひずみが生じるには、仮想内圧は 5N/mm²が必要となる。リング試験体を 3 次元でモデル化 (図-6) し、リングに内圧が 5N/mm²働いた条件において FEM 解析した結果を図-7 に示す。リング近傍の応力が高く、外周に向かって小さくなっている。また、同様に平面ひずみ理論による厳密解⁽²⁾

を求めた結果と、変換応力および FEM 解析結果をあわせて、図-8 に示す。厳密解の結果は、FEM 解析結果とほぼ同等となった。実験の検討に用いた応力変換式 (簡易式) は、やや小さい値を示すがリング近傍を代表する値に近いものとなった。

リング試験を行うにあたって応力変換式でも、厳密解や FEM 解析と同様に評価可能であると考えられる。

5. まとめ

- 1) リング試験による拘束ひび割れ試験は、拘束リングの幅厚を大きくすることで、ひび割れ発生状況を自由に変化させることが可能であると考えられる。
 - 2) 応力分布は、解析によって求めることができるが、簡易式によっても、ひび割れ抵抗性の評価は可能である。
- 今後、JIS A1151 との比較実験により、リング試験法の適用可能性を確かめる予定である。

参考文献

- 1) 吉田智則他：各種セメントペーストの自己収縮にもとづく内部応力に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.16 No.1, 1994
- 2) 村上敬宜：弾性力学，養賢堂，1990

謝辞

本研究は、筑波建築研究機関協議会 (BRIC) 「コンクリートの収縮とひび割れの評価に関する研究」において実施されたものである。ここに記して関係各位に謝意を表する。

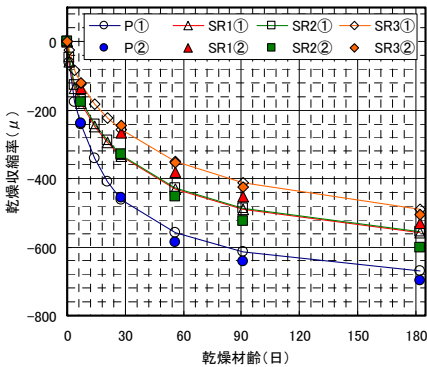


図-2 乾燥期間と乾燥収縮ひずみの関係

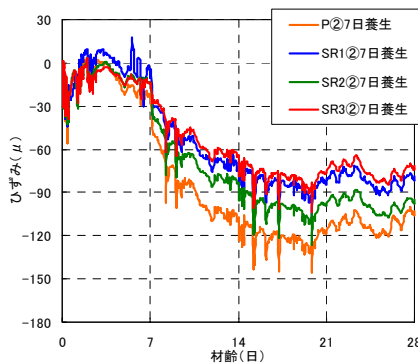


図-3 鋼材の計測ひずみとの関係

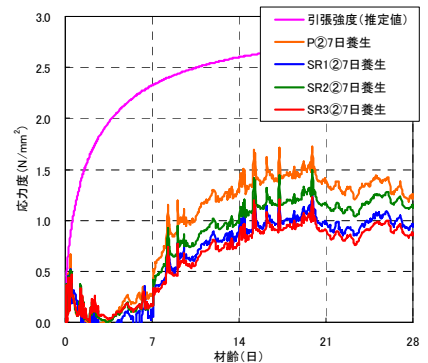


図-5 材齢による変換応力の変化

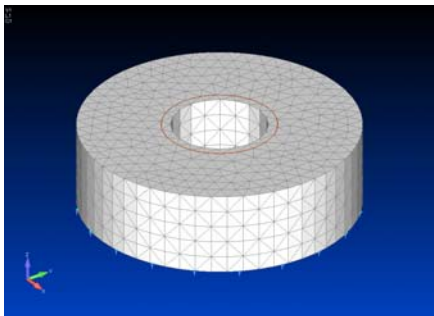


図-6 リング試験の FEM 解析モデル

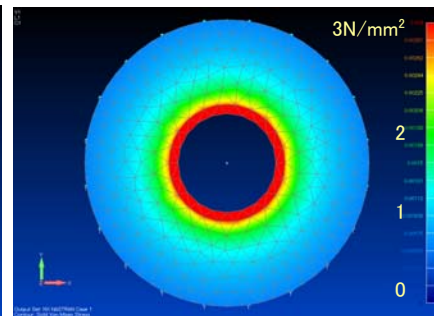


図-7 FEM 解析結果 (赤は 3N/mm²以上)

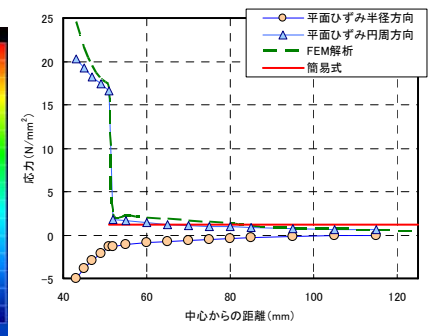


図-8 応力変換式と解析結果の比較

*1 東洋建設(株) 技術本部
 *2 (独)建築研究所 材料研究グループ
 *3 戸田建設(株) 技術研究所
 *4 榊鴻池組 技術研究所
 *5 (財)ベターリビングつくば試験研究センター

*1 Toyo Construction Co., Ltd.
 *2 Dept. of Building Materials and Components, Building research Institute
 *3 Toda Corporation
 *4 Konoike Construction Co., Ltd.
 *5 Center for Better Living Tsukuba Building Research and Testing Lab.