初期応力が RC はりの力学的性状に及ぼす影響に関する基礎的研究

群馬大学工学部　○学生会員　森戸　重光
群馬大学大学院　正会員　半井　健一郎
群馬大学大学院　正会員　李　春鶴
群馬大学工学部　正会員　池田　正志

1. はじめに

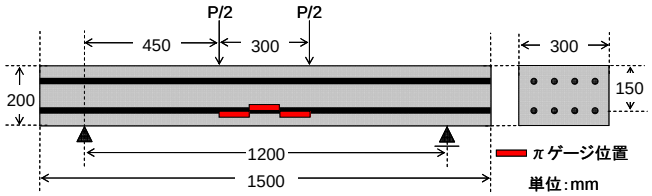
近年，コンクリートの乾燥収縮の増大が報告されており，2007 年版のコンクリート標準示方書でも設計上の扱いが検討されている．これまでにも収縮が RC はりの挙動に及ぼす影響は検討されており，特に最近では，大きな自己収縮を生じる高強度コンクリートに関する検討結果が報告されている[1)]．一方，普通強度のコンクリートに過大な乾燥収縮が発生すると，鉄筋の拘束によって生じる引張応力の増大により，収縮ひび割れの発生が懸念され，実構造物における問題も報告されている．コンクリート構造物のひび割れは，気密性・水密性の喪失や，美観や景観を損なう原因となることはもちろん，構造性能へも影響を与える．したがって，収縮による初期応力の低減及びひび割れの発生を防ぐことや収縮の影響を定量的に把握することが必要となる．そこで本研究では，膨張または乾燥収縮よって鉄筋に生じる初期応力の異なる RC はりを作製し，膨張・収縮が曲げひび割れおよびせん断耐力に及ぼす影響の検討を行うための基礎的な研究を行った．

2. 配合と使用材料

本実験では，コンクリートの乾燥収縮を配合により変化させた．基準となる配合 A の 2 体では，乾燥収縮を増大させるために単位水量を 210kg/m³と大きくし，水結合材比は 60%とした．基準配合 A に対して，単位膨張材量 20kg/m³をセメントに置換し乾燥収縮を抑制させる配合 B，単位膨張材量 40kg/m³と収縮低減剤を併用して膨張させる配合 C を用意し，合計 3 種類のコンクリートを用いる．目標スランプ 18±2.5cm，空気量 4.5±1.5%，圧縮強度 20N/mm²は共通として設計した．**表－1** にコンクリートの配合を示す．

3. 供試体諸元

作製した RC はりの形状寸法を**図－1** に，その他の設計条件を**表－2** に示す．供試体は複鉄筋はりで，せん断破壊先行型とするため，引張鉄筋に高強度の USD685D19 を，圧縮鉄筋に SD295D19 をそれぞれ 4 本ずつ配置した．



図－1　はりの形状寸法

4. ひずみの計測と載荷試験

ひずみの計測は，引張鉄筋の 4 本のうち 2 本のスパン中央部に，一本につき 2 枚ずつゲージを貼付して行った．載荷試験前における供試体の収縮量を把握するため鉄筋のひずみを打込み直後から計測した．載荷試験は，**図－1** に示すように 2 点載荷を行った．載荷試験中は，荷重，鉄筋ひずみ，等曲げ区間におけるひび割れ幅をπゲージで計測するとともにひび割れ状況についても目視で観察した．

表－1　コンクリートの配合

配合	水結合材比 W/B (%)	単位量(kg/m³) 水 W	セメント C	膨張材 Ex	収縮低減剤 SRA	細骨材 S	粗骨材 G	AE剤
A1,2	60	210	350	—	—	730	991	0.04
B			330	20	—			0.04
C		196	310	40	14			0.01

表－2　はりの設計条件

鉄筋の諸性状					設計荷重		
鉄筋比 pw (%)	引張鉄筋 降伏強度 fy (N/mm²)	引張鉄筋 ヤング係数 Es (kN/mm²)	圧縮鉄筋 降伏強度 fy' (N/mm²)	圧縮鉄筋 ヤング係数 Es' (kN/mm²)	曲げひび割れ 発生荷重 Pcr (kN)	斜めひび割れ 発生荷重 Pv (kN)	曲げ 破壊荷重 Pu (kN)
2.55	723	184	378	198	30	130	316

キーワード　乾燥収縮　RC はり　せん断耐力　曲げひび割れ　初期応力　ケミカルプレストレイン
連絡先　〒376-0052　群馬県桐生市天神町 1-5-1　群馬大学工学部　TEL 0277-30-1613　FAX 0277-30-1601

表－3 実験結果一覧

供試体名	圧縮強度 (N/mm²)	試験材齢 (日)	平均温度 (℃)	平均湿度 (%)	載荷直前の収縮ひずみ (μ)	曲げひび割れ発生荷重(Pcr) 実験値 (kN)	計算値 (kN)	実験値／計算値	斜めひび割れ発生荷重(Pv) 実験値 (kN)	計算値 (kN)	実験値／計算値
A1	21.4	42	19	55	-143	10	31.6	0.32	92	133.4	0.69
A2	22.3	36	9	63	-58	18	32.5	0.55	130	135.3	0.96
B	22.6	42	15	53	-70	20	32.8	0.61	130	135.9	0.96
C	20.9	35	9	63	161	50	31.1	1.61	157	132.4	1.19

5. 載荷試験までの鉄筋のひずみの変化

コンクリートの打込み後 1 日で脱型し，その後室内で乾燥させた．載荷試験までのコンクリートの膨張・収縮によって引張鉄筋に生じたひずみの経時変化を**図－2** に，載荷試験直前の収縮ひずみ量，養生中の平均気温，平均湿度を**表－3** の実験結果一覧に示す．A1 供試体では収縮，A2，B 供試体では収縮の低減，C 供試体では，膨張ひずみによるケミカルプレストレインの発生がみられた．

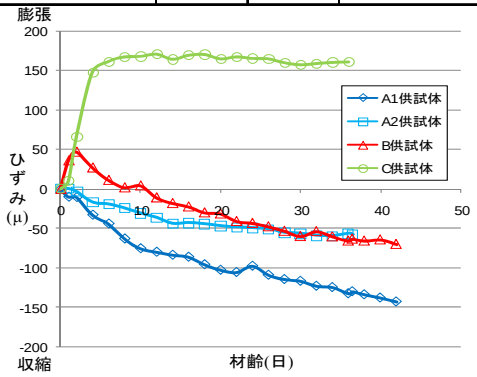


図-2 ひずみの経時変化

6. 載荷結果

載荷実験より得られた各供試体の曲げひび割れ発生荷重(Pcr)と斜めひび割れ発生荷重(Pv)の実験値と計算値および両者の比較を示す(**表－3**)．実験値は目視で決定し，曲げひび割れ発生荷重の計算値は弾性理論に基づく式により，斜めひび割れ発生荷重は二羽式により算定した．載荷前の引張鉄筋に生じた初期ひずみの結果と，実験値を計算値で除した割合の関係を**図－3** に示す．Pcr，Pv ともに，鉄筋のひずみの収縮とともに実験値が低下し，膨張とともに増加した．これは，養生中のコンクリートの収縮・膨張を，鉄筋が拘束することでコンクリートに生じる初期応力の差が原因と考えられる．

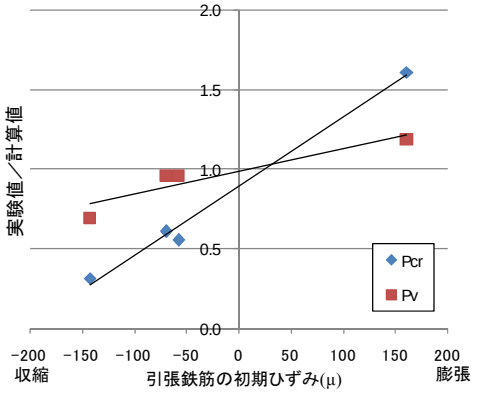


図-3 実験値/計算値と引張鉄筋の初期ひずみとの関係

荷重と等曲げ区間における合計ひび割れ幅の関係を**図－4** に示す．なお，斜めひび割れが等曲げ区間のひび割れに及ぼす影響を排除するため，荷重 80kN までとした．収縮を示すと合計ひび割れ幅が増加し，膨張により合計ひび割れ幅が低下する傾向が見える．なお，A2 供試体は，B 供試体と同程度の収縮量であるが，ひび割れ幅が小さくなっている．これは，ひび割れ幅の計測区間である等曲げ区間外近傍にひび割れが生じたことにより，区間内で計測されたひび割れ幅が小さくなってしまったためと考えられる．

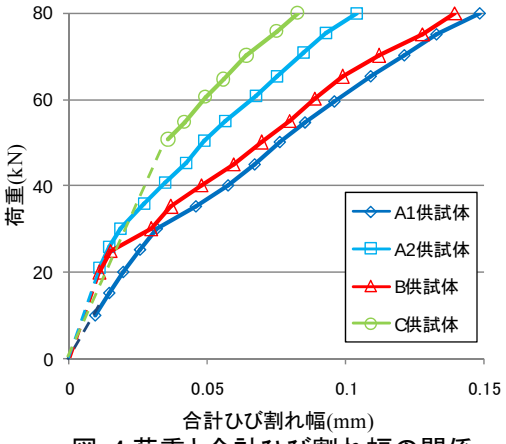


図-4 荷重と合計ひび割れ幅の関係

6. まとめ

本研究の範囲において，以下の知見が得られた．

(1)養生中の乾燥収縮によって生じた初期応力により曲げおよび斜めひび割れ発生荷重が計算値より大幅に低下し，曲げひび割れ幅が増加する．

(2)コンクリートの膨張により引張鉄筋に導入されたケミカルプレストレインによって曲げおよび斜めひび割れ発生荷重が大幅に増加し，曲げひび割れ幅が低下する．

《謝辞》本実験に際し，東京鉄鋼株式会社より高強度鉄筋 USD685 を提供して頂いた．ここに記して謝意を表す．

【参考文献】

1) 牛尾亮太ほか：高強度 RC はりのせん断挙動に及ぼす体積変化の影響に関する検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.28，No.2，pp.769-774，2006.