

## 鉄筋コンクリート部材のひび割れ幅に及ぼす乾燥収縮の影響に関する一考察

長岡技術科学大学大学院 学生会員 ○関 友則  
 北陸建設弘済会 櫻井 哲哉  
 長岡技術科学大学 正会員 下村 匠

### 1. はじめに

実構造物の曲げひび割れ幅は、コンクリート標準示方書の算定式で求めたよりも大きくなる場合があることが指摘され、その主たる原因は、算定式ではコンクリートの収縮の影響が過小に見積もられているからであると考えられている。本研究では、乾燥収縮に伴う鉄筋周辺のコンクリートの変形挙動に着目した実験を行い、ひび割れ幅の経時変化に及ぼす収縮の影響を検討した。

### 2. 既往の算定手法による検証

石橋らは、ひび割れ発生前後の部材中のコンクリートの収縮を考慮することで、ひび割れ幅に及ぼす収縮の影響を的確に表現できる算定手法を提案している<sup>1)</sup>。ひび割れ間のコンクリートを自由体（当該論文では小部材）と考え、ひび割れ発生材齢を起点とするその部分の自由収縮ひずみから、ひび割れ発生材齢までに進行していた部材全体の収縮ひずみ ( $\epsilon'_{cs1}$ ) を差し引くことで、ひび割れ発生後に進行する部材中のコンクリートの乾燥収縮ひずみ ( $\epsilon'_{cs2}$ ) が計算される。この算定方法に基づいた鉄筋コンクリート桁の長期材齢におけるひび割れ幅の計算結果の例を表-1に示す。載荷条件は当該論文に

表-1 石橋らの手法による再現計算例

	ひび割れ発生材齢 <sup>1)</sup>	
	14	135
平均ひび割れ間隔 <sup>1)</sup>	146	132
平均ひび割れ幅実測値 <sup>1)</sup>	0.21	0.19
$\epsilon'_{cs1} (\times 10^{-6})$	121	355
$\sigma_{se} (\text{MPa})$	194	228
$\epsilon'_{cs2} (\times 10^{-6})$	442	208
$\epsilon'_{cs2} (\times 10^{-6})$ 逆算値 <sup>1)</sup>	517	348

$\epsilon'_{cs1}$  : ひび割れ発生までに進行する乾燥収縮ひずみ計算値  
 $\sigma_{se}$  : ひび割れ発生による引張鋼材応力度増加量  
 $\epsilon'_{cs2}$  : ひび割れ発生後に進行する乾燥収縮ひずみ計算値

依拠している。計算された $\epsilon'_{cs2}$ の値は、ひび割れ発生材齢が若いほうが大きく、示方書式で考慮されているクリープ・収縮の影響を表す係数 $\epsilon'_{csd}=150\mu$ よりも大きな値となっている。石橋らによると、この方法で求めたひび割れ幅は、実橋における最大ひび割れ幅の実測値に比較的精度よく対応することが確かめられている<sup>1)</sup>。

しかしながら、ひび割れ発生後のひび割れ間のコンクリートを鉄筋や他部分から拘束を受けない自由体と考え、その自由収縮ひずみを用いてよいとする仮定の妥当性は自明ではなく、直接確認されてはいない。

### 3. ひび割れ間小部材を模擬した供試体による乾燥収縮試験

鉄筋コンクリート部材中の曲げひび割れ間のコンクリートの乾燥収縮による変形には、

- ① ひび割れ近傍は幾何学的条件から他の部分よりも乾燥しやすく局所的な収縮が大きいこと、
- ② ひび割れ近傍の表面付近は内部拘束の影響を受けにくいこと、
- ③ コンクリートの収縮が鉄筋に拘束されること、

の影響が含まれていると考えられる。このうち、①と②はひび割れ間のコンクリートの表面ひずみを自由収縮ひずみよりも大きくする方向に作用し、③は小さくする方向に作用する。本研究では、これらの因子の影響をひび割れ間のコンクリートを模擬した供試体による乾燥収縮試験を行うことで検討した。なお、今回の実験の測定値では①と②は分離評価されない。

実験に用いた供試体は、表-2に示すように100×100×300mmのコンクリート角柱に異形鉄筋を1本埋め込んだものである。供試体長さがひび割れ間隔に対応し、端面がひび割れ面に相当する。図-2に示したコンタクトゲージ貼り付け位置間の長さ変化を、コンタクトゲージを用いて測定した。配合は水セメント比50%の

キーワード 曲げひび割れ幅, 乾燥収縮

連絡先 〒940-2135 新潟県長岡市上富岡町1603-1 長岡技術科学大学 TEL 0258-47-1611 (6310)

普通コンクリートとした。供試体は、材齢1日で脱型し、材齢28日まで20℃の水槽内にて水中養生した後、20℃60%RHの恒温恒湿室内にて乾燥を開始した。

4. ひび割れ発生後に進行する乾燥収縮に関する考察

図-1に、D13鉄筋を埋め込んだ供試体の、端部を含んだ全区間(基長300mm)における平均表面ひずみと中央部(基長100mm)の表面ひずみを測定した結果を示す。図中に示方書の普通コンクリート用の収縮予測式による算定値も示した。実験結果では、たしかに供試体全体の平均表面ひずみの方が中央部における収縮ひずみよりも大きくなったが、その差は本実験条件下では10μ程度であり小さい。また、いずれも示方書式による自由収縮の予測値とほぼ同じになっている。

よって先述した①②の影響は、実際には無視し得る程度であることが示唆される。ただし、この結果は、かぶり厚さ、ひび割れ間隔によって異なると考えられ、また乾燥の程度という観点からは乾燥期間、ひび割れ幅の影響を受けると考えられるので、もう少し広い範囲での検討が必要である。

図-2に、D13(鉄筋比1.2%)、D19(2.8%)、D29(6.4%)鉄筋をそれぞれ埋め込んだ供試体の、端部を含んだ全区間における平均表面ひずみを示す。D19、D29供試体においては、自由収縮ひずみに比べて小さな収縮ひずみが観察されている。その差は本実験結果では、自由収縮300μに対して50~100μ程度であり小さくはない。これは、③の鉄筋の拘束作用によるものと考えられる。

図-1、図-2の結果を総合すると、D13鉄筋を埋め込んだ供試体において、全区間の平均表面ひずみがほぼ自由収縮ひずみと等しくなったのは、①②のひび割れ近傍の変形の影響と、③の鉄筋拘束の影響が相殺したためと考えられる。

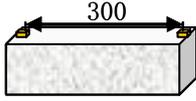
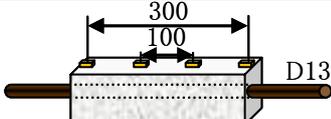
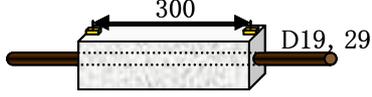
このことが、実構造物のひび割れ幅の算定において、ひび割れ間コンクリートの収縮に自由収縮を用いてよいとされる理由のひとつと考えられる。

なお、本実験では鉄筋とコンクリートの付着が確保されている。载荷により付着が損なわれた場合、鉄筋周辺のコンクリートの変形挙動は、より自由収縮に近づくこととなる。一方、実構造物では降雨などの影響を受けるので、実験室(20℃60%RH一定)における乾燥収縮試験体よりも、実際には収縮が小さいと考えられる。今後、これらの要因の影響も検討したい。

参考文献

1) 石橋忠良, 津吉毅: コンクリート桁の表面の曲げひび割れ幅の算定法に関する研究, 土木学会論文集, 第484巻/V-22, pp. 33-40, 1994.

表-2 供試体諸元と実験条件

供試体	
	
	
配合	W/C=50%の普通コンクリート
養生・乾燥	28日間水中養生後, 20℃・60%室内で乾燥

(mm)

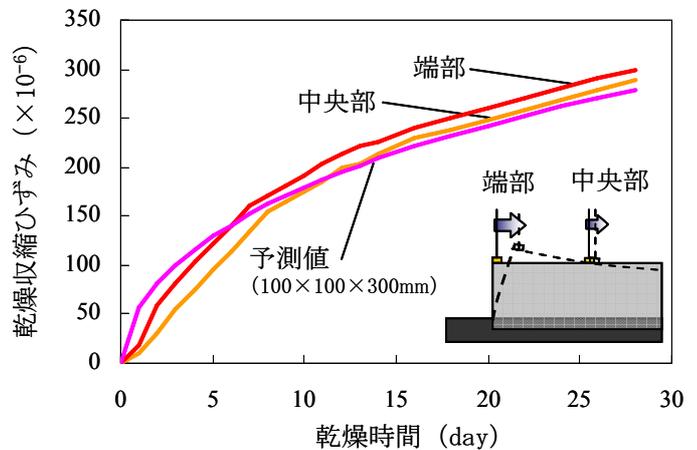


図-1 端部と中央部の変形の比較

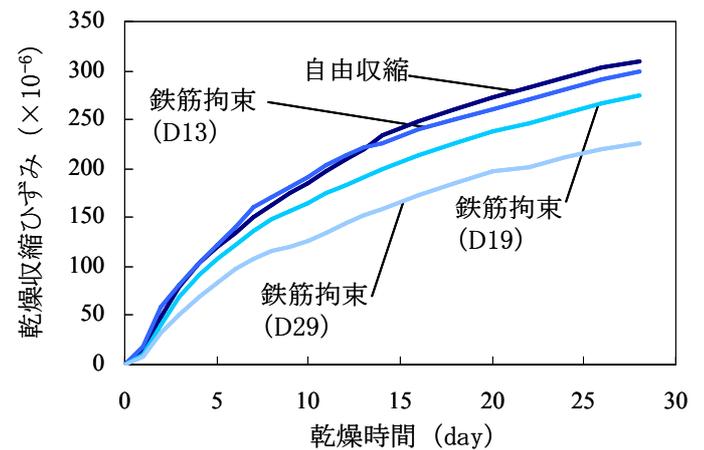


図-2 鉄筋の拘束による影響