

高強度材料を用いた RC 梁の曲げひび割れ性状

鉄道総合技術研究所 正会員 田中寿志, 岡本大, 吉田幸司, 佐藤勉

1. はじめに

鉄筋コンクリート部材に高強度材料（高強度鉄筋，高強度コンクリート）を適用するにあたって，ひび割れに関する検討が必要である。そこで，高強度材料を用いた RC 梁部材の載荷試験を行い，普通強度の場合との曲げひび割れ性状の比較を行い，ひび割れ間隔およびひび割れ幅に関して既往の算定式の適用性を検討した。

2. 載荷試験の概要

表 1 に示す 4 体の試験体を検討対象とした。試験体の形状は，すべて全長 6000 mm，幅 500 mm，高さ 750 mm，有効高さ 690 mm，せん断スパン 2070 mm で，等曲げ区間を 1000 mm とした 2 点載荷により試験を行った。

3. ひび割れ間隔

表 1 試験体諸元

ひび割れが定常状態に至った後の等曲げ区間におけるひび割

試験体	f_c (N/mm ²)	引張鉄筋		スターラップ			
		規格-呼び名-本数	p_t (%)	規格-呼び名	間隔	p_w (%)	等曲げ区間間隔
F0	23.0	SD345-D32-6	1.38	SD345-D16	ctc200-4	0.79	ctc200
F1	67.7	USD685-D22-6	0.74	USD785-D10	ctc200-4	0.29	ctc200
F2	72.9	USD685-D29-4	0.88	USD785-D10	ctc200-4	0.29	ctc200
F3	68.9	USD685-D22-6	0.74	USD785-D10	ctc200-4	0.29	ctc100

れ間隔とひび割れ本数を表 2 に示す。基準とする普通強度材料を用いた F0 に比べて，他の試験体はひび割れが分散して発生しており，ひび割れ本数が多くなっている。ただし，最大ひび割れ間隔に着目すると F0 に比べて小さくなっているものの，ひび割れ本数を鑑みるとその差は小さいといえる。そのため，最大ひび割れ間隔 L_{max} と平均ひび割れ間隔 L_{av} の比 L_{max}/L_{av} は総じて F0 に比べて大きくなっている。

表 2 ひび割れ間隔と本数

試験体	ひび割れ間隔 (mm)		L_{max}/L_{av}	ひび割れ本数
	最大 L_{max}	平均 L_{av}		
F0	230	208	1.11	5
F1	190	108	1.77	9
F2	190	131	1.45	8
F3	200	104	1.91	10

次に，ひび割れ間隔の実験値と，既往のひび割れ間隔算定式による計算値との比較を行う。本検討においてはひび割れ間隔算定式として，式(1)に示す鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物）の基本となっており，最大ひび割れ間隔を算定する角田式を用いた。

$$L_{max} = \frac{5.4c}{1.45} \left(1 + 0.18 \frac{e_s}{c} \right) = 3.72c \left(1 + 0.18 \frac{e_s}{c} \right) \dots (1)$$

ここに，

c ：引張鉄筋のかぶり度で $c=(c_s+c_b)/2$

c_s ：側面かぶり

c_b ：底面かぶり

e_s ：引張鉄筋純間隔

表 3 最大ひび割れ間隔の計算値と実験値

試験体	かぶり c (mm)	鉄筋純間隔 e_s (mm)	最大ひび割れ間隔		計算値/実験値 L_{maxEXP}/L_{maxCAL}
			L_{maxCAL} (mm)	L_{maxEXP} (mm)	
F0	44	44	193.4	230	1.19
F1	49	54	218.7	200	0.91
F2	45.5	96	233.8	190	0.81
F3	49	54	218.7	200	0.91

表 3 に，角田式¹⁾におけるひび割れ間隔の計算値 L_{maxCAL} と最大ひび割れ間隔の実験値 L_{maxEXP} の関係を示す。これによると，普通強度材料を用いた試験体の計算値は実験値よりも大きくなっているのに対して，高強度材料を用いた場合は，全体的に実験値と比べて計算値の方がわずかであるが小さい傾向を示している。

4. ひび割れ幅

図 1 に各試験体の軸方向鉄筋ひずみと最大ひび割れ幅の関係を示す。同一鉄筋ひずみにおけるひび割れ幅は，普通コンクリートを用いた F0 に比べて高強度コンクリートを用いた試験体の方が小さくなる傾向を示している。これは，普通コンクリートと比べ，高強度コンクリートの方が鋼材との付着性状に優れているためと考え

キーワード：高強度材料，曲げひび割れ，ひび割れ間隔，ひび割れ幅

連絡先：東京都国分寺市光町 2-8-38; Tel: 042-573-7281; Fax: 042-573-7282

られる。

次に、最大ひび割れ幅の実験値 w_{max}^{EXP} と既往の算定式による計算値 w_{max}^{CAL} の比較を行う。最大ひび割れ幅の算定式には、式(2)に示す角田式¹⁾を用いた。

$$w_{max} = \left(\frac{\sigma_s}{E_s} - \frac{\sigma_{cm}}{E_s p_e} - \varepsilon_\phi \right) L_{max} \dots (2)$$

ここに、

σ_s : ひび割れ位置の鉄筋応力

E_s : 鉄筋の弾性係数

σ_{cm} : ひび割れ間の付着による鉄筋応力の減少量をコンクリート有効断面の平均引張応力に換算したもの

p_e : コンクリート有効断面に対する鉄筋比

ε_ϕ : クリープや収縮により生じたコンクリートと鉄筋のひずみ差

角田式における $\sigma_s - \sigma_{cm}/p_e$ は鉄筋の平均応力を表している。短期荷重の場合には、 $\sigma_{cm} = 0.4 \sigma_{ct}$ (σ_{ct} : コンクリートの引張強度) とできるとされており、本検討では、 $\sigma_{cm} = 0.4 \sigma_{ct}$ を準用した。また、短期荷重であるので、 $\varepsilon_\phi = 0$ として計算を行った。図 2(a)~(d)に各試験体のひび割れが定常状態に至った後の軸方向鉄筋の平均ひずみ ($\varepsilon - \sigma_{cm}/(E_s p_e)$) とひび割れ幅の最大値 w_{max} 、平均値 w_{av} および計算値の関係を示す。ここで、平均ひずみの算出に用いた

ε の値としては、実験で計測された等曲げ区間における軸方向鉄筋ひずみの最大値を用いた。

図 2(b), (d)において、等曲げ区間のスターラップ間隔を除きまったく同じ条件で、ひび割れ幅計算値が同一となる F1 と F3 で、F1 の実験値が F3 よりも大きくなっている。この原因として、実験値はひび割れ発生位置にあるスターラップの影響を受けていることが考えられる。

5. まとめ

高強度材料を用いた RC 梁の曲げひび割れ性状に関して以下のことが確認された。

- (1) ひび割れ発生状況は、高強度コンクリートを用いた場合には通常強度のコンクリートを使用した場合に比べてひび割れ本数が多くなるが、最大ひび割れ間隔はそれほど小さくならなかった。
- (2) 最大ひび割れ間隔に関しては、角田式による計算値は実験値より大き目の値を与えた。
- (3) 同一鉄筋ひずみにおけるひび割れ幅を見ると、普通強度コンクリートを用いた場合に比べて高強度コンクリートを用いた場合の方が小さくなる傾向を示した。
- (4) ひび割れ幅に関しては、ひび割れ発生位置にあるスターラップが影響することが考えられる。

参考文献

- 1) 角田与史雄：鉄筋コンクリートの最大ひび割れ幅，コンクリートジャーナル，Vol.8, No.9, pp.1-10, 1970.9

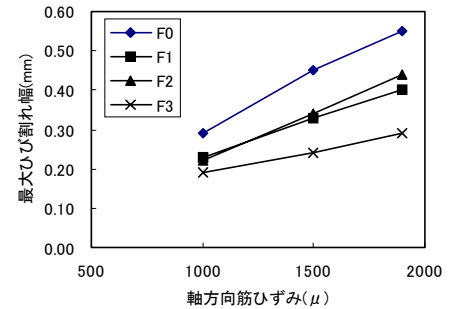


図 1 鉄筋ひずみと最大ひび割れ幅

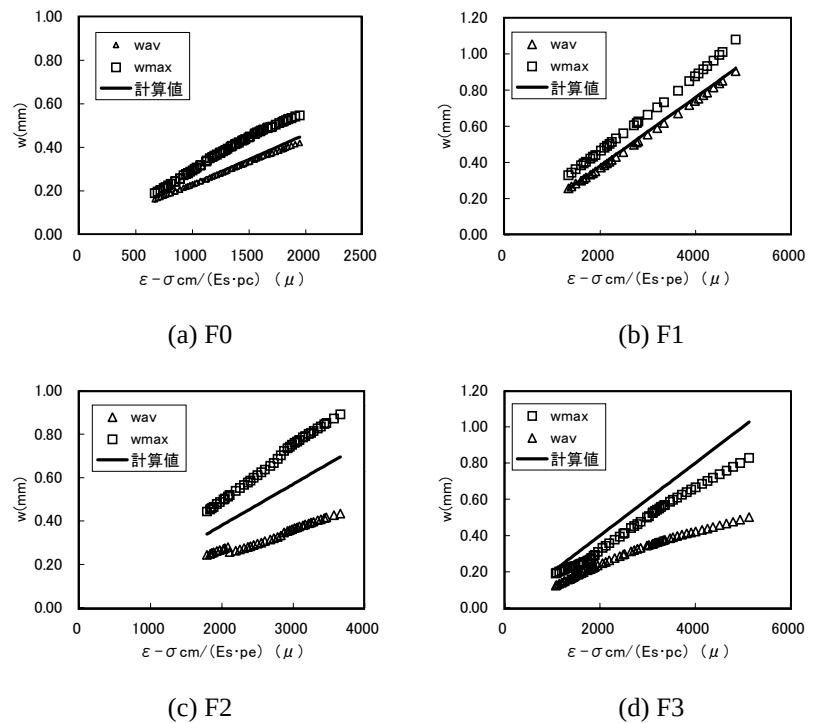


図 2 軸方向鉄筋の平均ひずみとひび割れ幅の関係