

鉄筋コンクリート梁の曲げひび割れ性状の統計的評価

群馬大学大学院	○学生会員	有賀 大峰
群馬大学工学部	フェロー	辻 幸和
群馬大学工学部	正会員	池田 正志
群馬大学工学部	正会員	杉山 隆文

1.はじめに

鉄筋コンクリート構造物の使用限界状態に対する性能照査の一つとして、曲げひび割れの検討があり、土木学会コンクリート標準示方書にはその検討方法が規定されている。しかし、示方書に規定されている算定式より求まる値と実際に鉄筋コンクリート梁を作製して載荷試験を行って得られたひび割れ幅の実測値とでは大きな差異があるとの報告を既に行っている。本研究では、同一の断面形状寸法および配筋方法で、供試体の長さでコンクリートの圧縮強度の異なる3種類の鉄筋コンクリート梁を合計30体作製し、曲げ載荷試験を行って実測した曲げひび割れ幅と、上述の算定式より求まる理論値との差異について統計的に比較検討した結果について報告する。

2.実験概要

2.1 供試体の作製

供試体の形状寸法および載荷方法を図-1に示す。供試体は、幅が500mm、高さが220mmの矩形断面とし、長さが2400mmのAシリーズが20体、長さが3000mmのBシリーズが10体である。軸方向鉄筋は、引張側にSD295D13を5本、圧縮側にSD295D10を5本、それぞれ配置した。スターラップにはSD295D6をそれぞれ図-1に示すとおりに配置した。

コンクリートの設計基準強度は20N/mm²を目標とし、曲げ載荷試験時の圧縮強度はAシリーズで18.5~26.7N/mm²、Bシリーズで24.2~25.8N/mm²であった。また、Aシリーズ中の2体は10N/mm²を目標とし、曲げ載荷試験時の圧縮強度は9.61N/mm²であった。

2.2 載荷方法および測定項目

載荷方法は、等曲げモーメント区間がAシリーズは500mm、Bシリーズは600mm、支点間スパンがAシリーズは2000mm、Bシリーズは2600mmの2点集中載荷とし、引張鉄筋に作用する引張応力度が300N/mm²に相当する引張ひずみの測定値に至るまで、静的漸増載荷を行った。測定項目は、ワイヤストレインゲージによる等曲げモーメント区間内での引張鉄筋のひずみ、および測定長が100mmのπ型変位計による供試体側面引張鉄筋位置での曲げひび割れ幅とした。

曲げひび割れ幅の計算値は、(1)式に示す土木学会コンクリート標準示方書に規定されている曲げひび割れ幅の算定式に、載荷試験より得られる引張鉄筋のひずみの実測値を代入した値を、また曲げひび割れ幅の理論値は、曲げひび割れ幅の算定式に引張鉄筋のひずみの理論値を代入した値を用いた。なお、引張鉄筋のひずみの理論値は、コンクリートの圧縮縁ひずみの各段階ごとにひずみ分布の直線性を仮定し、そのひずみ分布から求まるコンクリートと鉄筋の力の釣合い条件から算定した。

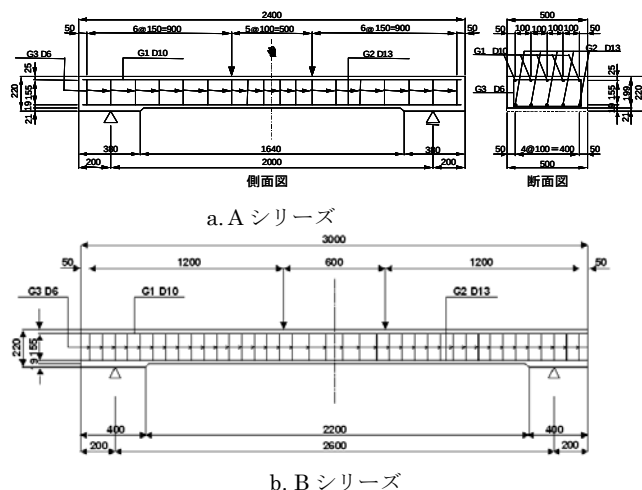


図-1 供試体の形状寸法および載荷方法

$$w = 1.1 k_1 k_2 k_3 \{4c + 0.7(c_s - \phi)\} \left\{ \frac{\sigma_{se}}{E_s} + \varepsilon'_{cs} \right\} \dots (1)$$

w : 曲げひび割れ幅(mm)

k_1 : 鋼材付着性状の影響を表す定数

k_2 : コンクリートの品質による影響を表す定数

k_3 : 引張鉄筋の段数の影響を表す定数

c : かぶり(mm)

c_s : 鋼材の中心間隔(mm)

ϕ : 鋼材径(mm)

ε'_{cs} : コンクリートの収縮およびクリープ等の影響を考慮する数値、本研究では0とした。

キーワード：曲げひび割れ幅、曲げひび割れ幅の算定式、鉄筋コンクリート梁、変動係数、平均値

連絡先：〒376-8515 群馬県桐生市天神町1-5-1 TEL0277-30-1613 FAX0277-30-1601

表－2 曲げひび割れ性状

供試体		曲げひび割れ発生荷重 (kN)	ひび割れ本数 (本)	ひび割れ間隔(mm)	
				全体	等曲げモーメント区間
Aシリーズ	信頼区間	平均値	29.06	5.94	12.56
		標準偏差	1.99	0.83	1.69
		変動係数(%)	6.86	13.93	13.49
	全供試体	平均値	28.16	5.95	12.40
		標準偏差	3.44	1.28	1.88
		変動係数(%)	12.22	22.00	15.17
Bシリーズ	全供試体	平均値	17.53	6.20	15.10
		標準偏差	2.94	0.60	0.54
		変動係数(%)	16.79	9.68	3.57

3. ひび割れ性状

表－2に曲げひび割れの諸性状を示す。等曲げモーメント区間のひび割れの本数および平均ひび割れ間隔の変動係数は、Aシリーズで20%強とBシリーズ比べ大きな値をとった。また、Aシリーズの供試体における等曲げモーメント区間の最大・平均の曲げひび割れ幅についても大きなばらつきが見られた。これらは、等曲げモーメント区間内のひび割れ本数の観測方法による影響が大きいと考えられる。そこで、等曲げモーメント区間内のひび割れの本数に対して99%信頼区間を定め、信頼区間外の2体の供試体を除き評価した。その結果を表－2の上段に示す。信頼区間を定めたことで、ひび割れ本数の変動係数は14%程度に低下した。以下Aシリーズは、信頼区間内の供試体について述べる。

4. 等曲げモーメント区間内の曲げひび割れ幅

荷重と平均曲げひび割れ幅の関係を、図－2に示す。ここで、Aシリーズにおける点線は圧縮強度が10N/mm²の2体を示す。実測値を理論値と比較すると、Bシリーズでは供試体間のばらつきが小さく、初期段階で若干理論値を上回る値をとるものの、全ての供試体が理論値より小さくなっている。一方Aシリーズは、供試体間のばらつきが非常に大きく、かつ低荷重の段階からほぼ全ての供試体が理論値を下回る安全側の値を示し、全供試体の平均値は理論値の約6割程度の値である。

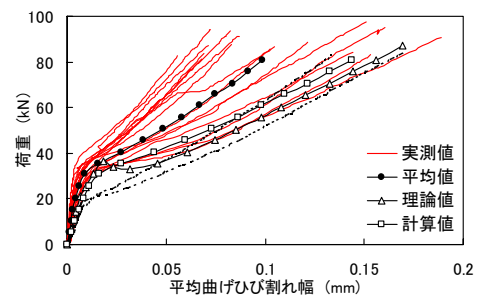
図－3に、理論値に対する引張鉄筋の応力度が300N/mm²の載荷時における平均曲げひび割れ幅の分布を示す。Aシリーズは平均値が0.612で、標準偏差が0.215と理論値に対し小さな値の範囲でやや大きくばらついた分布を示すのに対し、Bシリーズは平均値が0.920で、標準偏差が0.133と全ての供試体が理論値に近い値で分布している。これは、前述したひび割れ本数による影響とともに、AシリーズはBシリーズに比べせん断スパンも短いために、曲げだけでなくせん断による影響を受ける供試体が出てきたことなどが考えられる。分布形状は両シリーズとも歪度が大きく、特にAシリーズで平均値からの大きな偏りが見られ、明確に正規分布に適合しているとは言えないが、分布が集中する値を持つこと、その値を中心に裾の広がりがあることから正規分布に近い形状であるとはいえる。またAシリーズの中で圧縮強度が1/2の供試体2体の平均値は0.997であり、Aシリーズの強度の大きな供試体に比べ限りなく理論値に近い値を示す。

5. まとめ

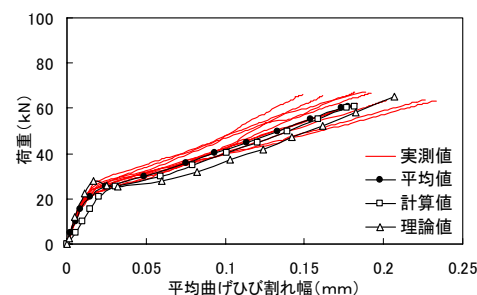
本研究では、30体のRC梁の曲げひび割れ性状を統計的に検討し、以下のことが明らかになった。

- (1) 引張鉄筋ひずみが1500 μ 時の平均曲げひび割れ幅の分布は、いずれの供試体ともほぼ正規分布に近く、実測値の平均値は理論値に対して、Aシリーズは0.6程度で、スパンの長いBシリーズは0.92となった。
- (2) 同一の断面形状寸法と配筋方法において、Aシリーズのコンクリートの圧縮強度を1/2とした2供試体の平均曲げひび割れ幅の平均値は理論値に対して0.99となり、理論値にほぼ一致した。

参考文献：1) 栖原健太郎、辻幸和、橋本親典、金井昌義：鉄筋コンクリートはりの曲げひび割れ幅の算定式に関する一考察、土木学会論文集、No.627/V-44, pp.273～281、1999

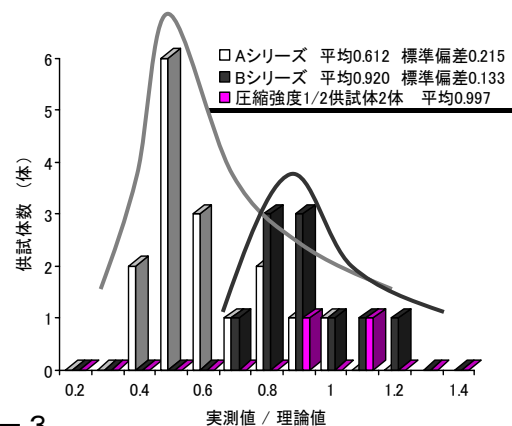


Aシリーズ



Bシリーズ

図－2 荷重－平均曲げひび割れ幅



図－3

理論値に対する平均曲げひび割れ幅の分布