

RC はりの曲げひび割れ分布に関する一考察

群馬大学大学院 学生会員 竹ヶ原 人映
 群馬大学工学部 FIC-会員 辻 幸和
 群馬大学工学部 正会員 池田 正志
 日本道路公団 正会員 金田 和男

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の性能照査の一つとして、使用限界状態における曲げひび割れの検討が土木学会コンクリート標準示方書に規定されている。既往の試験結果¹⁾では、(1)曲げひび割れ発生荷重のばらつきは1割程度であるのに対し、曲げひび割れ本数や曲げひび割れ間隔では2割以上のばらつきが認められた。(2)等曲げモーメント区間内の最大曲げひび割れ幅は、土木学会のコンクリート標準示方書に示されている曲げひび割れ幅の算定式により計算された値に比べて、試験体の側面の引張鉄筋位置では小さく、試験体の下面では大きくなった。

今回、既往の試験体と同一の鉄筋比の鉄筋コンクリートはりを新たに6体作製し、曲げ載荷試験を行った。曲げひび割れ発生荷重、曲げひび割れ間隔、はり側面と下面における曲げひび割れ幅の分布やばらつきについての報告とともに、土木学会の曲げひび割れ幅の算定式により求まる値との比較を行い、算定式の妥当性について考察した結果を報告する。

2. 実験概要

図-1に試験体の形状寸法および載荷方法を、表-1に鉄筋の力学的性状をそれぞれ示す。試験体は、はり長が3000mm、高さが

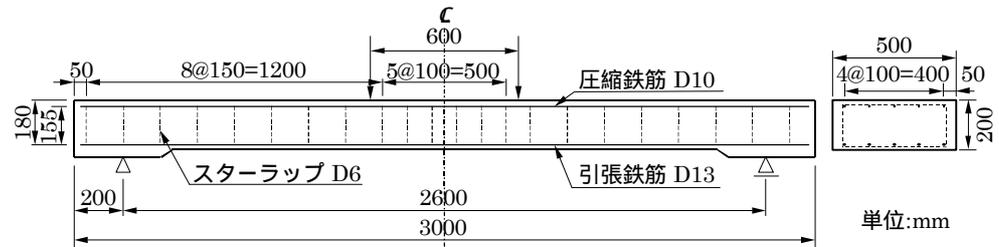


図-1 供試体の形状寸法および載荷方法

200mm、幅が500mmの矩形断面とした。使用した鉄筋は、引張側にはSD295-D13を、圧縮側にはSD295-D10を用いた。また、スターラップにはSD295-D6を150mmあるいは50mm間隔で配置した。載荷は、等曲げモーメント区間が600mm、支点間が2600mmの2点集中載荷とした。試験体の引張縁コンクリートに曲げひび割れの発生を確認した後、引張鉄筋に作用する引張応力度がひずみの測定で300N/mm²に至るまで静的漸増載荷を行った。所定の荷重において曲げひび割れ幅等の計測を行った。曲げ載荷試験時におけるコンクリートの圧縮強度は、20.9~28.3N/mm²であった。

3. ひび割れ性状

表-2に各試験体のひび割れの性状を示す。曲げひび割れ発生荷重は、目視および試験体下面に貼付したコンクリートゲージにより試験体の下面に曲げひび割れを確認したときの荷重である。

曲げひび割れ発生荷重の変動係数は12.2%であった。

等曲げモーメント区間内のひび割れ本数では、変動係数は17.4%であった。また、試験体全体にわたって生じたひび割れ本数では、変動係数は3.0%であった。

表-1 鉄筋の諸性状

	呼び名	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)
圧縮鉄筋	D10	381	526	1.89 × 10 ⁵
引張鉄筋	D13	380	547	1.90 × 10 ⁵
スターラップ	D6	375	516	1.90 × 10 ⁵

表-2 ひび割れ性状

試験体	曲げひび割れ発生荷重 (kN)	ひび割れ本数(本) 等曲げモーメント区間	ひび割れ性状	
			全体	ひび割れ間隔 (mm)
1	13.8	6	16	97
2	16.0	4	15	146
3	16.7	6	16	84
4	16.3	6	16	100
5	13.4	4	15	145
6	16.9	5	16	109
平均値	14.99	5.17	15.67	113.5
標準偏差	1.82	0.90	0.47	23.78
変動係数 (%)	12.2	17.4	3.0	21.0

キーワード：曲げひび割れ幅、曲げひび割れ間隔、曲げひび割れ発生荷重、RCはり

連絡先：〒376-8515 桐生市天神町1-5-1 Tel 0277-30-1613 Fax 0277-30-1601

表 - 2 に示したひび割れ間隔は、等曲げモーメント区間に生じた曲げひび割れの引張鉄筋位置におけるひび割れ間隔の平均値である。ひび割れ間隔の変動係数は 21% であり、試験体間に大きなばらつきが生じている。ひび割れ間隔は、式 (1) のように規定されている。

$$l = 4c + 0.7(c_s -) \quad (1)$$

この式 (1) から明らかのように、ひび割れ間隔は引張鉄筋のかぶりや中心間隔により決定される。ひび割れ間隔は、側面のかぶり 43.7mm を用いると 235.7mm、下面かぶり 13.7mm を用いると 115.8mm とそれぞれ計算される。側面のかぶりを用いたひび割れ間隔の計算値は、実測値に比べて著しく大きいが、下面のかぶりを用いた計算値と比較した場合の実測値は、ほぼ同様なひび割れ間隔を示しており、その差は約 2% である。したがって、ひび割れ間隔は、試験体の側面と下面においてかぶりが異なる場合、かぶりの小さいほうに依存すると思われる。

鉄筋コンクリートはりを同一条件で作製したが、曲げひび割れ発生荷重は 1 割程度のばらつき、曲げひび割れの本数は概ね等しい本数であったのに対し、ひび割れ間隔では 2 割程度と大きなばらつきが認められた。

4 . 最大曲げひび割れ幅

図 - 4 に試験体側面の引張鉄筋位置における最大曲げひび割れ幅と荷重の関係を示す。

最大曲げひび割れ幅の実測値は、概ね一様な値を示している。発生したひび割れの本数が等曲げモーメント区間内および試験体全体においてばらつきが少なかったためである。

曲げひび割れ幅は、ひび割れ間隔と引張鉄筋のひずみとの積で与えられる。引張鉄筋のひずみは、実測値と理論値とはほぼ一致していたが、ひび割れ間隔は、計算値が実測値の平均値である 113.5mm の約 2 倍である。しかしながら、試験体の中で最大の曲げひび割れ幅は、理論値や計算値に近づいている。

図 - 5 に試験体下面における最大曲げひび割れ幅と荷重との関係を示す。なお、試験体下面の曲げひび割れ幅は、はり高さ方向に線形的に変化することを仮定して、次式に示す補正係数 R を計算値あるいは理論値に乘じ、便宜的に試験体下面の曲げひび割れ幅とした。

$$R = (h - x) / (d - x) \quad (2)$$

ここに、 R : 補正係数、 d : 有効高さ (mm)、 x : 中立軸高さ (mm)、 h : 試験体の全高さ (mm) である。

実測値の平均は、計算値あるいは理論値より一般に大きくなっており、特に最大曲げひび割れ幅が 0.1mm を超えると、実測値と計算値あるいは実測値との差が顕著になっている。試験体下面の最大曲げひび割れ幅は、ひび割れ間隔、引張鉄筋のひずみともに、実測値と理論値とはほぼ一致している。しかし、補正係数を乗じて求めた計算値および理論値は、実測による各試験体の最大の曲げひび割れ幅とは大きくかけ離れている。

5 . まとめ

鉄筋比等の条件を同一にした鉄筋コンクリートはり試験体 6 体に対して、等曲げモーメント区間を持つ 2 点載荷を行ない、曲げひび割れ性状を検討した。以下、得られた結論をまとめると次のとおりである。

- 1) 曲げひび割れ発生荷重やひび割れの本数は 1 割、曲げひび割れ間隔では 2 割程度のばらつきが認められた。
- 2) 等曲げモーメント区間内の曲げひび割れ幅は、コンクリート標準示方書に示されている曲げひび割れ幅の算定式により計算された値に比べて、試験体の側面の引張鉄筋位置では小さく、試験体の下面では大きくなった。
- 3) ひび割れ間隔は、試験体の側面と下面のかぶりが異なる場合、かぶりの小さいほうに依存すると思われる。

(参考文献) 1) 栖原、辻、橋本、金井 : 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、1999.8

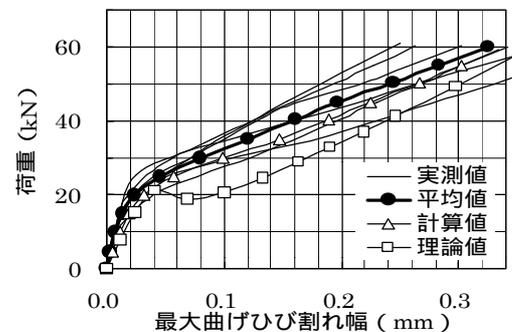


図 - 4 側面における最大曲げひび割れ幅

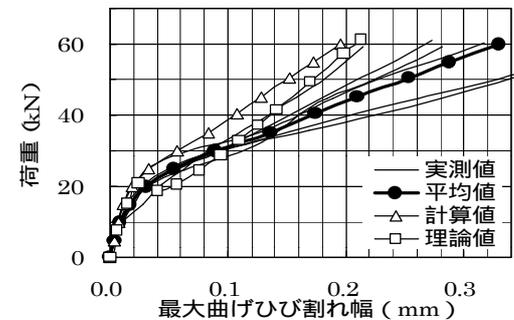


図 - 5 下面における最大曲げひび割れ