

かぶりにひび割れ分散材を埋設した RC はりの載荷実験

大成建設(株) 土木技術研究所 正会員 ○村田 裕志, 正会員 福浦 尚之

1. はじめに

CFRP の有効活用を目的として、多段配筋の一部を CFRP で置き換えた混合配筋はりの曲げひび割れ幅やたわみについて研究がされている¹⁾。本研究では、RC はりのかぶり部分に CFRP 等を配置することで曲げひび割れ幅の分散効果が期待できると考え、載荷実験による検討を行った。

2. 載荷実験概要

表-1 に実験ケースを、図-1 に試験体概要を示す。試験体は幅 300×高さ 360×長さ 3500mm、有効高さ 300mm、引張鉄筋比 0.96%の RC はりであり、載荷スパンを 3000mm、せん断スパンを 1000mm、等曲げモーメント区間を 1000mm とした。試験体は 4 体とし、かぶり部分には純かぶり 20mm (No.1~3) もしくは 10mm (No.4) の位置にひび割れ分散材を埋設した。主鉄筋は D19 (SD345) を 3 本配置し、ひび割れ分散材は溶接金網、CFRP ロッド、CFRP グリッドの 3 種類とした。表-2 にコンクリート、表-3 に主鉄筋およびひび割れ分散材の材料物性を示す。

加力は静的単調載荷とし、55kN、76kN、103kN、130kN、157kN の荷重に達した時点で変位をホールドし、荷重が低下して安定状態になった時に等曲げモーメント区間でひび割れ幅の計測を行った。ひび割れ幅の計測位置は、底面において主鉄筋がある位置 (3 ライン) とし、ひび割れ幅をクラックスケールで計測した。また、鉄筋ひずみの計測は図-1 に示した 5 箇所計測した。

55kN~157kN の荷重は、主鉄筋応力が 133、180、240、300、360N/mm² となる理論荷重である。この理論値はひび割れ分散材を設置していない仮定の試験体に対して RC 断面計算を行なって算出した。その際、コンクリートに関しては圧縮強度を 30N/mm² としてコンクリート標準示方書²⁾の応力-ひずみ関係を用い、鉄筋はヤング係数 200kN/mm² の弾性体として安全係数は一切考慮せずに計算を行った。

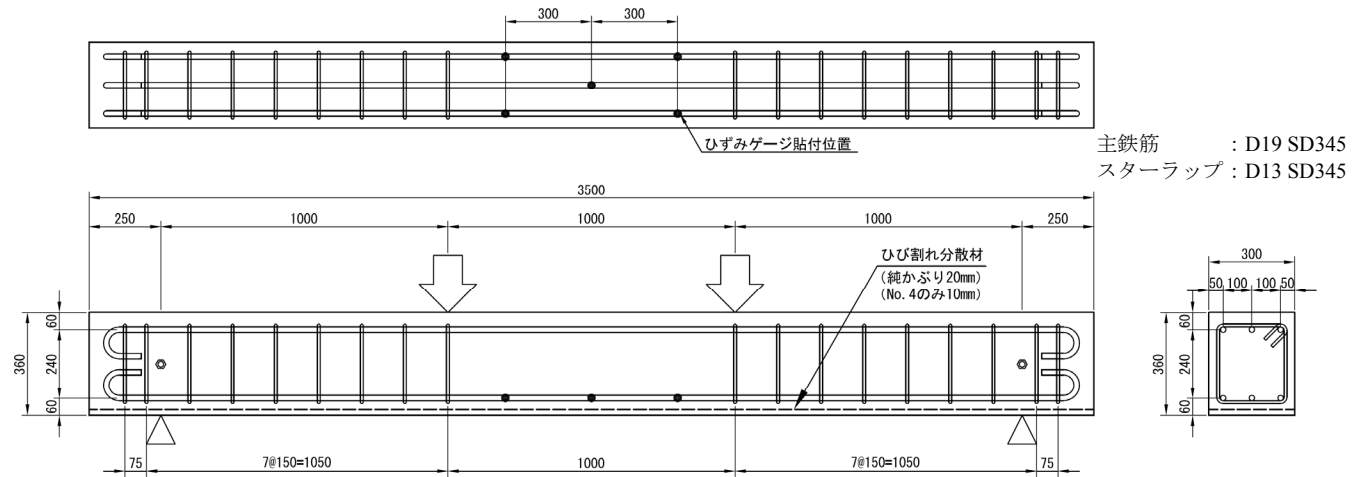


図-1 試験体概要

表-1 実験ケース

No.	ひび割れ分散材	仕様
1	溶接金網	φ 3.2 50×50mm
2	CFRP ロッド	φ 5.0mm×6@50mm
3	CFRP グリッド	4.4mm ² 50×50mm
4	CFRP グリッド	4.4mm ² 50×50mm

※No.1~3 は純かぶり 20mm, No.4 のみ 10mm

表-2 コンクリート強度

ケース	圧縮強度 (N/mm ²)
No.1	36.6
No.2	36.7
No.3	35.0
No.4	36.8

表-3 鉄筋およびひび割れ分散材の物性

材料	強度※ ¹ (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)
D19 SD345	391	191
溶接金網	440 以上※ ²	—
CFRP ロッド	2500※ ³	167※ ³
CFRP グリッド	1400※ ³	100※ ³

※¹ 鉄筋・溶接金網は降伏強度, CFRP は引張強度を表す。

※² 規格値 ※³ メーカー保証値

キーワード 曲げ, ひび割れ幅, ひび割れ分散, かぶり, 溶接金網, CFRP

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター TEL 045-814-7230

3. 実験結果および考察

荷重－たわみ曲線を図－2 に示す．ひび割れ分散材による荷重－たわみ曲線の差異はほとんど見られなかった．図－3 に 4 体のひび割れ図を示す．図中の「平均間隔」は等曲げモーメント区間での底面の主鉄筋位置における平均ひび割れ間隔を示す．No.2 のひび割れ間隔が他よりやや大きかった．また，No.3 と 4 に差異はなく，ひび割れ分散材のかぶりの影響はひび割れ間隔には見られなかった．図－4 に実験から計測されたひび割れ幅と最大鉄筋ひずみの関係を示す．最大鉄筋ひずみとは各荷重における 5 点の鉄筋ひずみの中での最大値を意味し，ひび割れ幅は平均値と最大値の両方を表示している．また，2007 年制定コンクリート標準示方書〔設計編〕²⁾に記載されている以下の曲げひび割れ幅算定式(式(1))によって算出した関係も併せて示している．

$$w = 1.1k_1k_2k_3\{4c + 0.7(c_s - \phi)\}\left\{\frac{\sigma_{se}}{E_s} + \varepsilon'_{scd}\right\} \quad \cdots (1)$$

なお，計算の際には収縮およびクリープの影響は無視して $\varepsilon'_{scd} = 0$ とした．図－4 より，計測された最大曲げひび割れ幅は示方書式による予測値の 1/3～1/2 程度であり，ひび割れ分散材を設置したことにより大幅にひび割れ幅を低減できている．平均ひび割れ幅はいずれも 0.10mm 程度であったが，溶接金網の No.1 が最も小さくなった．これは鋼材である溶接金網が CFRP よりも剛性が高いためではないかと推察される．

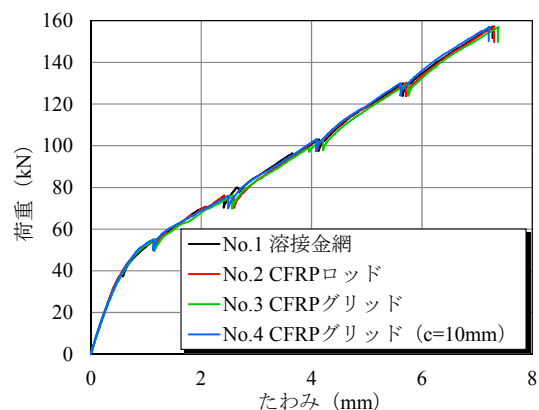
平均ひび割れ幅が最も大きかったのは No.2 の CFRP ロッドであったが，ひび割れ間隔が大きかったことからひび割れ幅も大きくなったものと考えられる．今回使用した CFRP ロッドは節のない形状であり，付着強度の低さがひび割れ間隔，幅の増大に影響したものと考えられる．CFRP グリッドの純かぶりのみが異なる No.3 と No.4 を比較すると，平均・最大ひび割れ幅とも純かぶりの小さい No.4 が小さくなった．このように，ひび割れ間隔では CFRP グリッドのかぶりの影響は見られなかったが，ひび割れ幅では影響が見られた．

4. まとめ

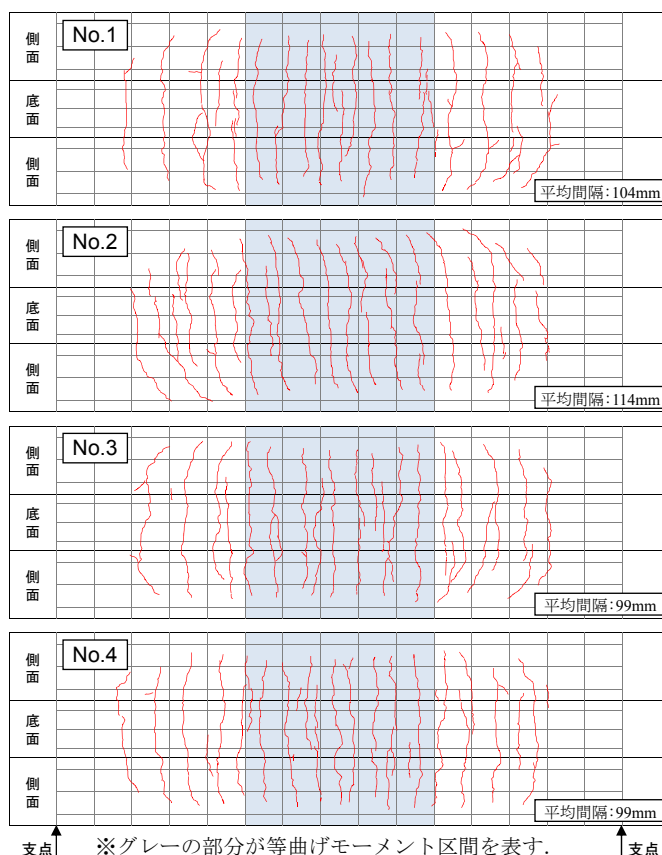
種々のひび割れ分散材を配置することにより，示方書のひび割れ幅算定式での予測値と比較して最大ひび割れ幅を 1/2～1/3 程度へと大幅に低減できることが確認できた．溶接金網が最も効果的であったが，かぶり部に鋼材を配置することは耐久性の問題から現実的ではなく，CFRP でのかぶり，付着の影響などのさらなる検討が必要である．

参考文献

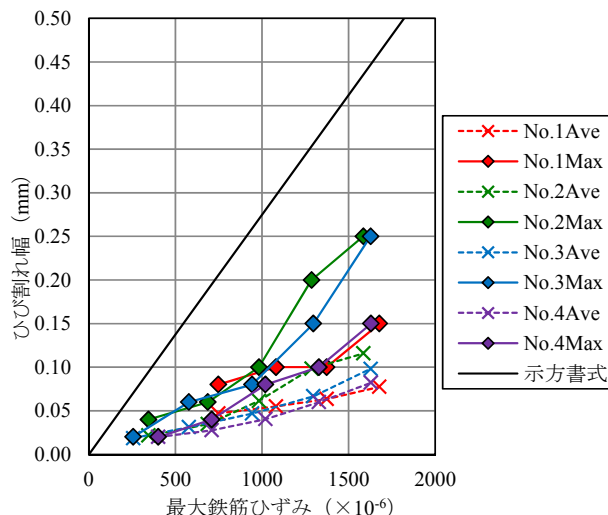
- 1) 趙唯堅，丸山久一：格子状連続繊維補強コンクリートはりの曲げひび割れ幅とたわみ評価，土木学会論文集，No585/V-38，pp.49-61，1998
- 2) 土木学会：2007 年制定コンクリート標準示方書〔設計編〕，2007



図－2 荷重－たわみ曲線



図－3 ひび割れ性状



図－4 ひび割れ幅－最大鉄筋ひずみ関係