

孔あき鋼板を補強材に用いた梁部材のひび割れ幅に関する一考察

鹿島建設(株) 正会員 ○末長 清也
 鹿島建設(株) 正会員 玉野 慶吾
 鹿島建設(株) 正会員 平 陽兵
 鹿島建設(株) フェロー会員 山野辺 慎一

1. はじめに

鉄筋の代わりに鋼板を曲げ補強材とした鉄骨コンクリート（以下、SC）部材は、鉄筋コンクリート（以下、RC）部材とした設計がなされることが多い。しかし、曲げひび割れ幅の算定においては鋼板と鉄筋とではコンクリートとの付着機構が異なるため、RC 部材の曲げひび割れ幅算定式を SC 部材にそのまま適用するのは難しい。そこで、孔あき鋼板を引張鋼材に用いた SC 梁部材を対象に曲げ試験を実施し、ひび割れ幅の算定に関する検討を行った。

2. 実験概要

試験ケースを表-1 に、試験体概要の一例を図-1 に示す。試験体は形状が 300×500×4,500mm の梁部材で、引張鋼材を異形鉄筋とした RC 試験体のほか、間隔が異なる 1 列の孔を設けた孔あき鋼板(幅 200mm, 厚さ 12mm, 孔径 75mm)を配置した SC 試験体の計 4 体とした。両者は引張鋼材比が同程度になるようにした。ただし、孔あき鋼板は孔を控除した断面積である。鉄筋と鋼板の降伏強度はそれぞれ 400N/mm², 410N/mm² であり、コンクリートの圧縮強度は 47.7N/mm² である。載荷は、等曲げ区間が 1250mm, 支間長が 4100mm の 2 点載荷で行った。計測は、等曲げ区間に鋼材ひずみゲージを 1 体あたり約 10 点取り付け、同区間の試験体底面にパイ型変位計を取り付けた。

3. 実験結果および考察

図-2 に荷重-変位関係の包絡線と断面計算結果を併せて示す。いずれの試験体においても、50~100kN 程度で曲げひび割れが発生した後、荷重の増加に伴ってひび割れ本数が増え、概ね 200~250kN 時点でひび割れ発生が定常状態になった。300kN 以降、SC の剛性が小さくなっているが、コンクリートとの付着の違いが影響している可能性がある。

載荷荷重 250kN 時点の等曲げ区間内におけるひび割れ幅および間隔の平均値を表-2 に、ひび割れ図を図-3 に示す。本諸元では SC は RC よりひび割れ幅および間隔が大きく、孔間隔が大きくなるに従ひひび割れ間隔が増大する傾向であった。一方、ひび割れ図からはひび割れ発生位置と孔位置に明確な相関関係を見られなかった。このことから、ひび割れ間隔は孔間隔が影響する可能性があるが発生位置を孔位置から推定するには至らなかった。

表-1 試験ケース

ケース	引張鋼材	材質	孔間隔	鋼材比(%)
RC	異形鉄筋	SD345 D22	—	1.15
SC150	孔あき 鋼板	SM490A t=12mm	150mm	1.11 (孔控除 断面)
SC225			225mm	
SC350			350mm	

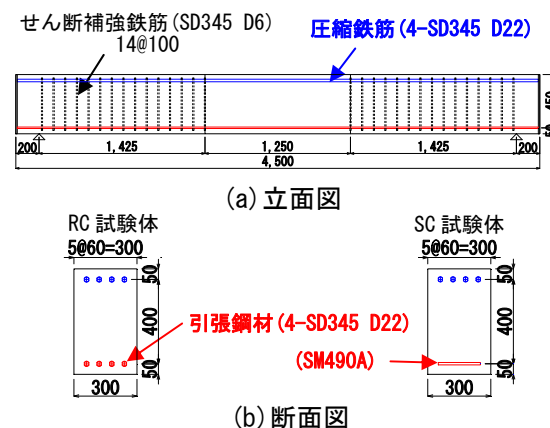


図-1 試験体概要

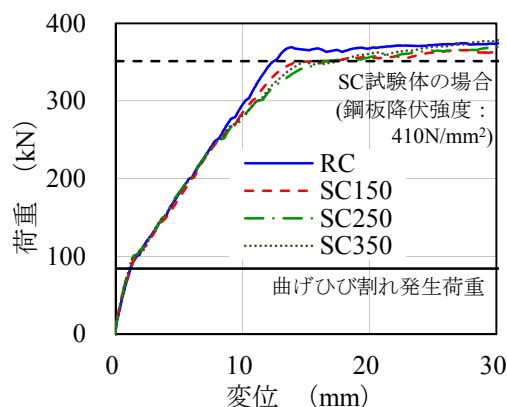


図-2 荷重-変位関係

キーワード 孔あき鋼板, ひび割れ幅, ひび割れ間隔

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所土木構造グループ TEL042-489-8438

4. 孔あき鋼板を用いた梁部材のひび割れ幅算定式

孔あき鋼板を引張鋼材に用いた場合のひび割れ間隔は、前述の実験でも示されるとおり孔間隔が影響していると考えられる。これは、鋼板とコンクリートの付着が孔を貫通したコンクリートから得られるため、異形鉄筋のように連続的ではなく離散的であることが要因と考えられる。ここでは、孔が直列に1つずつ配置された鋼板を引張鋼材として用いて、かぶりが一般的なRC梁部材と同程度である梁部材を対象にひび割れ幅算定式を検討した。

RC部材のひび割れ間隔 (l_{st}) は、一般に式 (1) で示されるが¹⁾、ここでは、係数 α を用いてコンクリート引張強度 (f_t) と付着強度 (τ_{pmax}) で表現されると定義する。

$$l_{st} = \frac{2kf_t A_e}{\tau_{pmax} U} = \alpha \frac{f_t}{\tau_{pmax}} \quad (1)$$

ここで、 k はコンクリートの引張応力分布に関する係数、 A_e はコンクリートの有効断面積、 U は鉄筋付着周長である。

孔あき鋼板の付着強度は、かぶりが比較的薄い孔あき鋼板の付着力を検討した緒方らの実験²⁾から式 (2)、(3) で求められるとすると、ひび割れ間隔は式 (4) で表現することが出来る。

$$P_s = 0.01 f'_c \cdot 2A_s \quad (2)$$

$$P_{ob} = 0.13 f'_c \cdot A_o \quad (3)$$

$$l_{st} = \alpha \cdot \frac{1}{0.01 + 0.065n} \cdot \frac{f_t}{f'_c} \quad (4)$$

ここで、 P_s は鋼板部の付着力、 f'_c はコンクリートの圧縮強度、 A_s は鋼板片面の表面積、 P_{ob} は開口部の付着力、 A_o は開口面積、 n は開口面積比 (A_o/A_s) を表す。

係数 α を求めるために、実験結果のプロットを図-4 に示す。実験結果は概ね直線状に位置し、近似直線から係数 $\alpha=48.7$ が得られた。以上から、ひび割れ幅算定式として式 (5) が得られる。

$$w = l_{st} \cdot (\varepsilon_{se} + \varepsilon'_{csd}) = \alpha \cdot \frac{1}{0.01 + 0.065n} \cdot \frac{f_t}{f'_c} \cdot (\varepsilon_{se} + \varepsilon'_{csd}) \quad (5)$$

ここで ε_{se} は鋼材ひずみの増加量、 ε'_{csd} はコンクリートの収縮およびクリープ等によるひび割れ幅の増加を考慮するための数値を表す。

5. まとめ

孔あき鋼板を引張鋼材に用いた梁試験体の載荷実験を行った結果、孔間隔がひび割れ間隔に影響を及ぼす可能性があることが示され、実験結果をもとに孔あき鋼板を用いた梁部材のひび割れ幅算定式を提案した。今後、孔形状、かぶり厚さおよびコンクリート強度などをパラメータとした実験を行い、提案式の精度を高めるとともにその付着機構に着目し、検討していく予定である。

参考文献

- 1) 角田：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.9，1970
- 2) 緒方，村山，沖本，今西：鋼製エレメントとコンクリートとの付着性能に関する研究，コンクリート工学年次報告集，Vol.16，No.2，1994

表-2 ひび割れ幅および間隔

(250kN 時点)			
ケース	ひび割れ幅 (mm)	ひび割れ間隔 (mm)	ひび割れ発生本数
RC	0.17	112	8
SC150	0.26	139	6
SC225	0.27	166	4
SC350	0.53	266	3

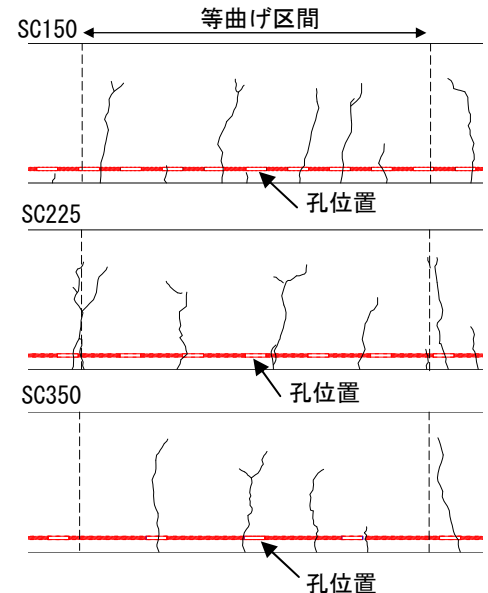


図-3 ひび割れ図 (250kN 時点)

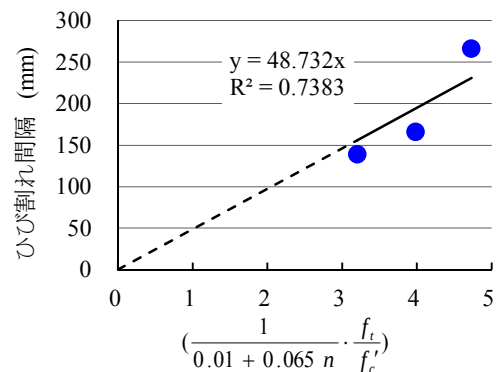


図-4 ひび割れ間隔と係数の関係