

SRC 部材の曲げひび割れ算定式の検討

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○仁平達也 岡本大 谷村幸裕

1. はじめに

2009 年に制定された土木学会の複合構造標準示方書¹⁾ (以下, 示方書) の SRC 部材の曲げひび割れ幅の算定式は, 2007 年のコンクリート標準示方書²⁾ (RC 示方書) を準用している. 以下では, SRC 梁の試験体により曲げひび割れ幅の検討を行った既往の実験結果^{3), 4)}を用いて, 示方書式の適用方法について検討した.

2. 既往の実験概要および結果^{1), 2)}

図-1と表-1に試験体形状と諸元を示す. 載荷方法は対称2点集中載荷で静的単調載荷とした. 曲げひび割れ幅は純曲げ区間において計測し, 曲げひび割れ幅計測時の引張鉄筋の応力度 σ_{se} は, 新たな曲げひび割れが発生せず, 既に発生した曲げひび割れ幅が増加しない応力度であった 150N/mm^2 とした. 表-1に実験結果を示す. 実験値 (W_{exp}) は, ひび割れ計測区間に発生した最大ひび割れ幅である.

3. SRC 部材の曲げひび割れ算定式の検討

示方書³⁾に示されている, RC 示方書を準用した曲げひび割れ幅算定式 (1) を示す. 式内は表面形状の係数 k_1 , コンクリートの品質の係数 k_2 , 引張鋼材の段数の影響を表す係数 k_3 が示されている.

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

w : 曲げひび割れ幅

k_1 : 鋼材の表面形状がひび割れ幅に及ぼす影響を表す係数, 異形鉄筋は1.0とする.

k_2 : コンクリートの品質がひび割れ幅に及ぼす影響を表す係数

k_3 : 引張鋼材の段数の影響を表す係数, 式 (2) による.

n : 引張鋼材の段数

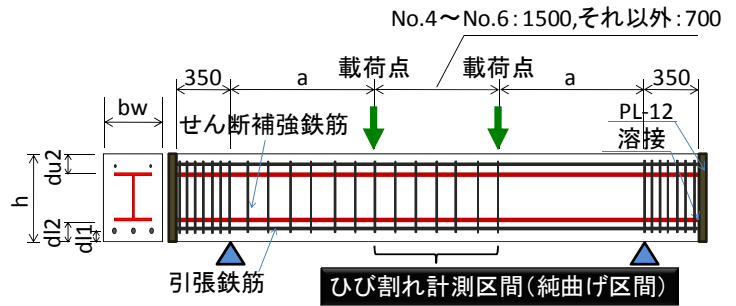


図-1 試験体形状 (単位 mm, 記号は表-1 参照)

表-1 試験体諸元および実験結果 (図-1 参照)^{1), 2)}

No.	bw	h	a	dl1	dl2	Ar	鉄骨形状	f'c	Wexp (mm)
1	600	400	1200	50	70	D29-6	H-220×400×9.0×10	23.9	0.222
2	600	400	1200	50	61	D29-6	H-238×211×9.0×19	24.1	0.161
3	600	400	1200	50	40	D29-6	H-280×100×9.0×40	23.9	0.208
4	300	1000	3000	59	135	D32-3	H-730×200×4.5×40	24.4	0.237
5	300	1000	3000	59	132	D22-3	H-736×200×4.5×43	25.6	0.241
6	300	1000	3000	59	130	D13-3	H-740×200×4.5×45	25.0	0.206
7	300	400	1050	50	114	D32-5	H-212×100×4.5×6	30.5	0.129
8	300	400	1050	50	102	D32-2	H-236×100×4.5×18	31.5	0.196
9	300	400	1050	50	100	D29-2	H-240×100×4.5×20	32.7	0.261
10	300	400	1050	50	108	D22-3	H-224×100×4.5×12	33.8	0.103
11	300	400	1050	50	89	D32-3, D10-2	H-262×100×4.5×31	35.2	0.221
12	300	400	1050	50	114	D32-5	H-212×100×4.5×6	34.9	0.207
13	300	400	1050	50	114	D32-5	H-212×100×4.5×7	35.4	0.172
14	300	400	1050	50	89	D32-3, D10-2	H-262×100×4.5×31	35.4	0.203

※ bw, h, a, dl, : 単位は mm, 鉄骨形状: 全高×全幅×ウェブ厚×フランジ厚 (mm),

Ar: 引張鉄筋量 (径-本), f'c: コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)

キーワード 鉄骨鉄筋コンクリート部材 曲げひび割れ幅

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (財) 鉄道総合技術研究所 コンクリート構造 TEL: 042-573-7281

$$k_3 = \frac{5(n+2)}{7n+8} \quad (2)$$

c : 鉄筋径, c_s : 鋼材の中心間隔, ϕ : 鋼材径

$$w = k \left[4c + 0.7(c_s - \phi) \right] \left(\frac{\sigma_{se}}{E_s} + \varepsilon'_{csd} \right) \quad (3)$$

k_1 : 鋼材の表面形状がひび割れ幅に及ぼす影響を表す係数, 異形鉄筋は1.0とする

応力度算定において, SRC部材内の鉄骨は示方書⁵⁾を参考に図-2のように換算する. 具体的には, 鉄骨をフランジの断面積を有する鉄筋とウェブを高さ方向に50分割した各断面積を有する鉄筋とする. 応力度算定位置は最外縁の引張鉄筋位置とする.

以下では, 式(1)の計算値と2章の実験値を比較することとした. 鉄骨引張フランジは引張鋼材であることから, 式(1)においてその影響を考慮する必要があると考える. そこで, 係数 k_3 における鉄骨引張フランジの考慮の有無が, ひび割れ幅の算定結果に及ぼす影響について検討した. 具体的には, 引張鋼材の段数に考慮しないCase1(式(2): $n=1$)と, 考慮するCase2(式(2): $n=2$)により検討した. 両ケースの計算値は, 実験値と, 既往の文献^{3),4)}により適用性が確認され, 現行の鉄道構造物の設計⁵⁾に用いられている式(3)を用いたCase0と比較することとした. なお, ε'_{csd} (コンクリートの収縮およびクリープの影響等によるひび割れ幅の増加を考慮するための数値)はゼロとした.

図-3に実験値-計算値を示す. Case0は実験値/計算値の平均が1.028となった. Case1は実験値/計算値の平均値が0.930となり, 曲げひび割れ幅を実験値よりも大きく算出する, すなわち実験値を過大に評価する結果となった. また, Case1/Case0の平均値は1.105となり, Case1はCase0よりも10%程度過大に評価する結果となった. 一方, Case2は実験値/計算値の平均値が1.023, Case2/Case0の平均値が1.004となり, Case0と概ね同様の結果となった. このことから, 式(1)の係数 k_3 に鉄骨引張フランジの影響を考慮すると, 式(3)とほとんど差異がないこと, 実験値を概ね評価出来ることが分かった.

以上より, SRC部材の曲げひび割れ幅の算定式には, 鉄骨引張フランジを引張鋼材の段数として考慮するRC部材の算定式を適用できることを確認した.

4. まとめ

SRC部材の曲げひび割れ幅算定式は, 鉄骨引張フランジを引張鋼材の段数として考慮したRC部材の算定式を適用できることを確認した.

参考文献 1)土木学会: 複合構造標準示方書, 2009.12 2)土木学会: コンクリート標準示方書【設計編】, 2007.3 3)戸塚信弥, 渡辺忠朋, 佐藤勉: 鉄骨鉄筋コンクリート梁の曲げひび割れに関する実験的研究, 第52回土木学会年次大会年次学術講演概要集, Vol.52, pp.438-439, 1997.9 4)戸塚信弥, 佐藤勉, 渡辺忠朋: SRC梁の曲げひび割れの評価, 鉄道総研報告, Vol.11, No.12, 1997.12 5)鉄道総合技術研究所編: 鉄道構造物等設計標準・同解説複合構造標準示方書, 2002.12

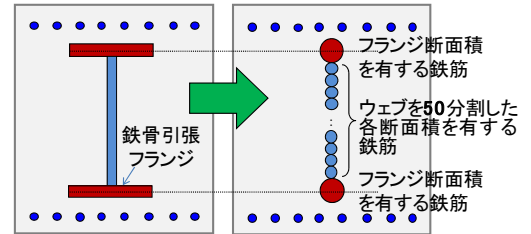
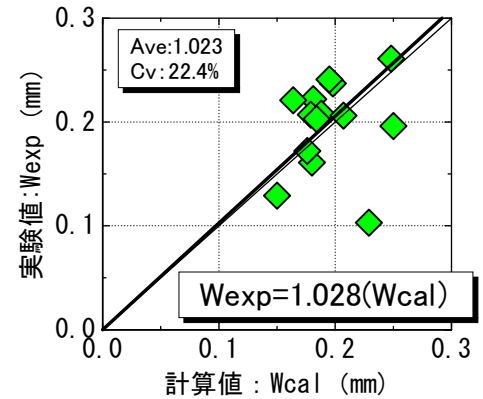
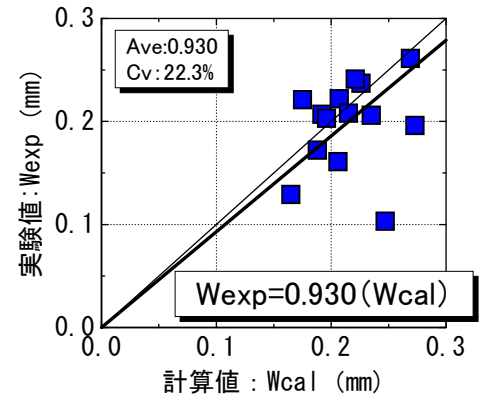


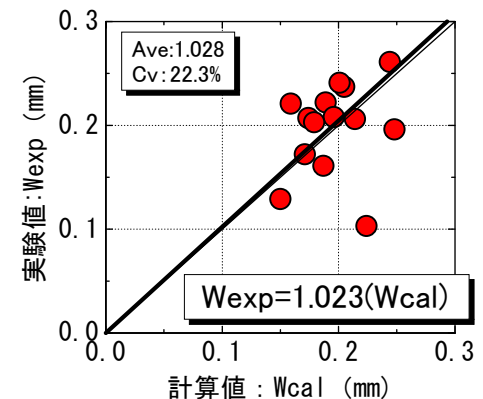
図-2 鉄骨を鉄筋へ換算する方法



a) Case0: 式(3)



b) Case1: 式(1), $n=1$



c) Case2: 式(1), $n=2$

図-3 実験値-計算値