

鉄骨鉄筋コンクリートのひび割れ特性に関する研究

東北大学 学生員 ○ 佐野 正
東北大学 正 員 三浦 尚
東北大学 佐野 真

1 目的

鉄骨とコンクリートとを組み合わせた鉄骨コンクリート (SC) は、鉄筋コンクリート (RC) に比べて、付着性が著しく劣るという欠点をもつ。そのために実際には、鉄骨鉄筋コンクリート (SRC) として用いられている場合が殆どである。しかし SRC の付着に関する研究は、今なお十分に進められているとは言えない。そこで本研究は、SRC 供試体、SC 供試体及び RC 供試体について、一般に用いられている付着の試験方法、即ち引抜き試験、両引き試験及び梁試験を行い、各供試体のひび割れ特性を推定するものである。又、各試験方法から算出される平均付着応力度の関係を調べることで、最も簡便な引抜き試験の結果から、両引き・梁両試験の結果を、推定することを試みた。

2 実験概要

(1) 材料 使用鋼材は異形棒鋼 D13・D25 と、厚さ 9 (mm) 幅 75 (mm) の平鋼。セメントは早強ポルトランドセメントを使用した。供試体は、材令 1 日で脱型後、水中養生 (水温 21°C) し、材令 7 日で実験を行った。コンクリートの平均圧縮強度は 380 (kg/cm²)、平均引張強度は 30 (kg/cm²) である。

(2) 引抜き試験 供試体形状を図-1 に示す。D25 及び平鋼を用いた供試体は、かぶりか等しくなるように作製し、平鋼を除いて φ6 (mm) の丸鋼でスパイラル補強する。60 t 引張試験機で引抜き試験を行い、付着応力度—すべり関係を求める。すべりは自由端すべり量とし、1/1000 (mm) ガイヤルゲージで測定する。

(3) 両引き試験 供試体形状を図-2 に示す。60 t 引張試験機で両引き載荷し、最大ひび割れ間隔・最大ひび割れ幅を推定する。最大ひび割れ間隔はあらかじめノッチを設けた供試体を両引きして荷重を増した時、ノッチ以外の断面にひび割れの発生するノッチ間隔と、ノッチ以外の断面にひび割れの発生しないノッチ間隔を求めることにより推定する。ひび割れ幅は、供試体表面にコンタクトポイントを添付しておき、精度 1/1000 (mm) のコンタクトタイプの歪計を用いて、鋼材応力度が 400 (kg/cm²) から 1400 (kg/cm²) まで 200 (kg/cm²) ごとに測定した。

(4) 梁試験 供試体形状を図-3 に示す。200 t 圧縮試験機で曲げ試験を行い、SC 梁では引張側フランジ部、SRC 梁では鉄筋の鋼材応力度が 1400 (kg/cm²) となる時の、最大ひび割れ幅と最大ひび割れ間隔を推定する。但し最大ひび割れ間隔の推定・最大ひび割れ幅の測定は、両引き試験の手順に従う。ひび割れ幅は、SC 梁では引張側フランジ位置、SRC 梁では鉄筋位置で測定した。

3 結果

(1) 引抜き試験 引抜き試験の結果を図-4 に示す。

(2) 両引き試験 鋼材に作用する最大引張応力度を 1400 (kg/cm²) とした時の両引き試験の結果を表-1 に示す。

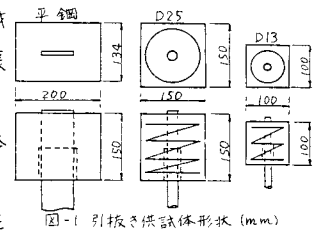


図-1 引抜き供試体形状 (mm)

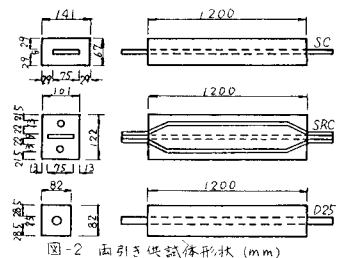


図-2 両引き供試体形状 (mm)

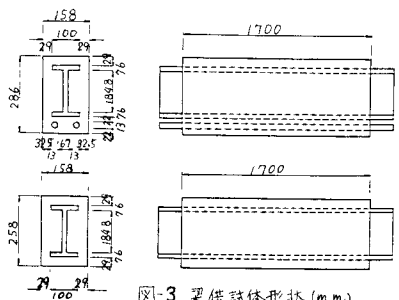


図-3 梁供試体形状 (mm)

メ、平均付着応力度 $\bar{u}$ を次式から求め 併記する。

$$\bar{u} = 2 A_c \sigma_s / \ell \cdot L_{max} \quad -① \quad \text{但し、} A_c: \text{コンクリート断面面積。} \sigma_s: \text{コンクリートの引張強度。} \ell: \text{鋼材周長。}$$

さらに参考文献1)の方法を用いて、引抜き試験の結果から両引き試験の最大ひび割れ間隔、最大ひび割れ幅及び平均付着応力度を計算したものを、表-1の()内に記す。

(3)梁試験 SRC梁の鉄筋応力度を、 $1400(\text{kg}/\text{cm}^2)$ とした時の梁試験結果を表-2に示す。SC梁については、ノッチ間隔を60(CM)、55(CM)、50(CM)として曲げ試験を行ったが、いずれもノッチ以外の断面にひび割れが発生した。ノッチ間隔が50(CM)の時には、ノッチ間隔のほぼ中央にひび割れが発生し、引張側フランジの応力度が $1400(\text{kg}/\text{cm}^2)$ の時点でのひび割れ幅は、 $148 \times 10^{-3}(\text{mm})$ であった。従って、SC梁の最大ひび割れ幅はこの値の2倍近く、又最大ひび割れ間隔は、両引き試験での結果(60CM)より、かなり小さいと推定される。

次に文献1)と同様の方法に従い、引抜き試験の結果から、SRC梁のひび割れ分散性の検討を試みる。中立軸以下、幅Bの矩形断面について考える。SRC梁の最大ひび割れ間隔 L_{max} は、鉄筋での平均付着応力度 $\bar{u}_1$ 、フランジでの平均付着応力度 $\bar{u}_2$ 、ウェブでの平均付着応力度 $\bar{u}_3$ を用いて、次式のように表わされる。

$$L_{max} = \phi b A_c / (\bar{u}_1 \ell_1 + \bar{u}_2 \ell_2 + \bar{u}_3 \ell_3) \quad -② \quad \text{ここで、} \ell_1 \cdot \ell_2$$

・ ℓ_3 :それぞれ中立軸以下の鉄筋・フランジ・ウェブの周長。 ϕb :コンクリートの曲げ引張強度。 $\bar{u}_i$ の算出法は文献1)の通りである。 $\bar{u}_2$ は、ひび割れが断面内で直線的に増加すると考え $\bar{u}_i$ の算出の際に仮定した最大ひび割れ幅 w_i に、 a/d を掛けたものを仮想ひび割れ幅 w として、同様に算出する。(図-5(α)参照)又 $\bar{u}_3$ は図-5(α)に示されるような立体の体積 V を計算し、それを中立軸以下のウェブの付着表面積 A で割り、 $\bar{u}_3 = V/A$ として求める。ここに U :引抜き試験より求める $w/2$ のすべり量に対応する付着応力度。 a :中立軸よりフランジ中央までの高さ。一方 鉄筋レベルでの最大ひび割れ幅は、

$$w_{max} = L_{max} \{ (\phi_s + \phi'_s) - n \phi \} / 2 E_s \quad -③$$

より求まる。ここに、 ϕ_s :C-C断面での鉄筋応力度。 ϕ'_s :B-B断面での鉄筋応力度。 n :ヤング係数比。 E_s :鋼材のヤング率。 ϕ'_s の値は、B-B断面で全断面有効として、

(鋼材が負担する曲げモーメント M_s) = (全曲げモーメント M) - (コンクリート断面が負担する曲げモーメント M_c) なる関係より求まる M_s より計算する。

ϕ :B-B断面で コンクリートの引張応力度の分布を三角形とした場合の 鉄筋位置でのコンクリート応力度。(図-5(β)参照)

②、③式を用いて計算した結果を表-2に示す。又 実測した L_{max} の値を代入して計算したひび割れ幅を ()内に示す。この結果より 計算値は実測値より2割程度小さいことがわかる。このことから梁においても、引抜き試験との補正係数を求めることができるならば、引抜き試験の結果から梁試験の結果を推定することができる。ことがわかる。

参考文献1) 三浦 佐野 田中 「鉄骨鉄筋コンクリートのひび割れ分散性に関する研究」

昭和58年度 セメント技術年報

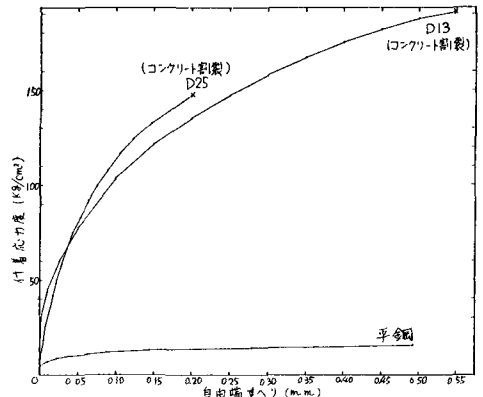


図-4 引抜き試験結果

表-1 付着性能の比較
()内は計算値

タイプ	平均付着 応力度 (kg/cm^2)	最大ひび 割れ間隔 (CM)	最大ひび 割れ幅 ($\times 10^{-3}\text{mm}$)
SRC	12.1 (12.2)	23 (22.7)	141 (120)
平鋼	5.1 (5.1)	約60 (60.3)	313 (330)
鉄筋	22.9 (22.9)	19 (19.0)	93 (100)

表-2 SRC梁のひび割れ分散性

	実測値	計算値
最大ひび割れ 間隔(CM)	25	19.8
最大ひび割れ 幅($\times 10^{-3}\text{mm}$)	80	74 (93)

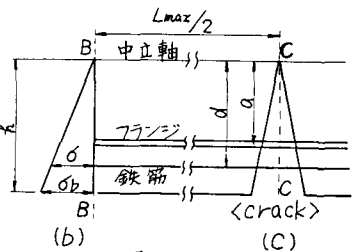
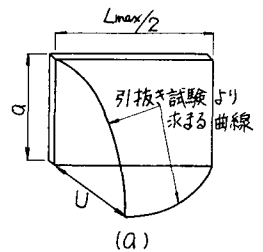


図-5