

東北大学・学生員 佐野 正

東北大学 正 員 三浦 尚

東北大学 学生員 田中 克人

1. はじめに

鉄骨鉄筋コンクリート(SRC)構造は、鉄骨のまわりに異形棒鋼を配置し、コンクリートを打設したもので、力学的には三者が一体とな、外力に抵抗する構造である。SRC構造は、力学的性質および施工面で鉄筋コンクリート(RC)構造に較べて多くの利点を有する反面、鉄骨とコンクリートとの付着性能が劣るため、一般にRC構造よりひび割れ幅が大きいとされている。しかし、SRCの付着性能は、異形棒鋼の配置の仕方あるいは量によって改善し得るものであり、従、て、鉄骨と異形棒鋼との組合せ方が重要な問題となる。

本研究は、最も基本的な断面をもつSRC供試体と鉄骨コンクリート(SC)供試体および通常のRC供試体について引抜き試験および両引き試験を行ない、SRC部材のひび割れ分散性を推定、検討したものである。

2. 実験材料

セメントは早強ポルトランドセメント、細骨材は川砂(比重2.51)、粗骨材は碎石(比重2.86)を使用した。混和剤は、リグニンスルホン酸を主成分とするAE減水剤である。コンクリートの平均圧縮強度は 38.0 N/mm^2 、平均引張強度は 2.8 N/mm^2 。鉄筋は異形棒鋼D13、D25(SD30)、平鋼(SS41)は厚さ9mm、幅75mmである。

3. 実験内容および方法

(i). 引抜き試験

各種鉄筋、平鋼について引抜き試験を行ない、付着応力-ひずみ関係を求める。これより、各鋼材の付着性の良否、また、合成構造としてのSRCに用いる鋼材自体の付着性能を知ることができる。供試体形状を図-1に示す。D25および平鋼は、すべてかばりが等しくなるように作製し、平鋼の場合を除いて、すべてφ6mmの丸鋼により4mmのピッチでスパイラル補強する。また全供試体とも荷重面側に75mmの非付着区間を設けている。すべりは自由端すべりであり、1/1000mmダイヤルゲージで測定する。

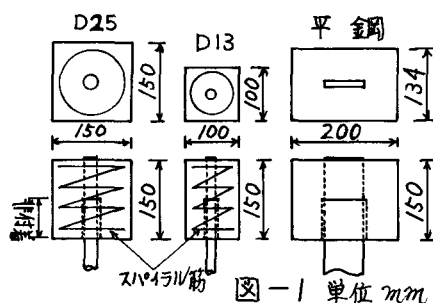


図-1 単位 mm

(ii). 両引き試験

D25および平鋼、そしてD13と平鋼を組合せた鉄骨鉄筋コンクリートについて両引き試験を行ない、最大ひび割れ間隔、ひび割れ幅を測定し付着特性を検討する。供試体形状を図-2に示す。供試体はすべて鋼材比が8.20%となるように作製した。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、荷重を増したとき、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した。ひび割れ幅は供試体表面にコンタクトポイントを設置しておき、精度1/1000mmのコンタクトタイプのひずみ計を用いて鉄筋および鋼材の応力度 400 N/mm^2 から、 1400 N/mm^2 まで 200 N/mm^2 ごとに測定した。(i)(ii)両供試体とも材令1日で成型、実験日まで水中養生(水温 20°C)し、材令7日で60kN引張試験機で載荷した。

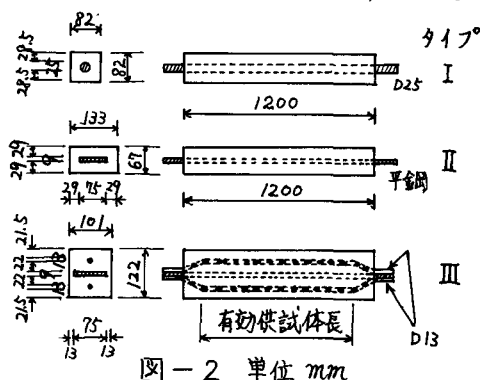


図-2 単位 mm

4. 実験結果

(i) 引抜き試験

引抜き試験の結果を図-3に示す。D25を用いた供試体はコンクリートが割裂し、平鋼を用いた供試体では付着応力があまり高くない時点でコンクリート中から平鋼が引抜けて破壊が生じた。D13を用いた供試体では鉄筋が降伏した。図より同じすべり量で比較した場合、平鋼の付着応力はD13、あるいはD25の付着応力よりかなり小さいことがわかる。これは、平鋼と鉄筋が組合されたSRCでは付着力の大部分が鉄筋によって伝達されるということを示すものと言える。

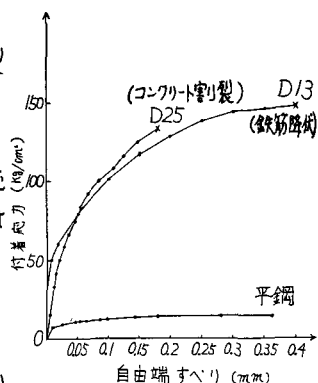


図-3 引抜き試験結果

(ii) 両引き試験

両引き供試体のひび割れ試験の結果を表-1に示す。これは、鋼材に作用する最大応力度を 1400 kg/cm^2 とした時の結果である。これより、各供試体の最大ひび割れ間隔はタイプIで 19 cm 、タイプIIで約 60 cm 、タイプIIIで 23 cm と推定される。

ここで、両引き試験では最大ひび割れ間隔と付着応力との間には次式のような関係がある。

$$L_{\max} = 2 \cdot A_c \cdot \sigma_s / l \cdot \bar{\mu} \quad \text{--- ①}$$

ただし、 $L_{\max}$ ：最大ひび割れ間隔、 A_c ：コンクリート断面積

σ_s ：コンクリートの引張強度、 l ：鋼材の周長、

$\bar{\mu}$ ：区間 $L_{\max}/2$ における付着応力の平均値

表-1 ひび割れ試験結果

ひび割れ間隔	16cm	18cm	19cm	20cm	25cm	● ひび割れ発生 ○ ひび割れ発生しない ○：どっちともいえない
タイプI	○	○	○	○	○	

ひび割れ間隔	40cm	45cm	50cm	55cm	60cm	65cm	70cm	75cm
タイプII	○	○	○	○	○	○	○	○

ひび割れ間隔	20cm	21cm	22cm	23cm	24cm	25cm
タイプIII	○	○	○	○	○	○

上式より求めた平均付着応力を最大ひび割れ間隔とともに表-2の(1)に示す。これより、平鋼に鉄筋を付加することで付着性能を改善し、ひび割れ分散性を良くすることができるとわかる。

次に、SRCの両引き試験より得られるひび割れ幅をもとに引抜き試験からSRCの平均付着応力を推定し両引き試験の結果と比較してみる。

表-2 平均付着応力

(1)内は最大ひび割れ間隔

ここで $L_{\max}$ に近い長さの両引き供試体で、ひび割れが入る瞬間の鋼材に作用する荷重 P とコンクリートの引張破壊ひびき E_{xu} との関係は次式のようにある。

$$P = (E_s A_s + E_c A_c) \cdot \epsilon_{xu} = \sigma_s (A_c + \eta A_s) \quad \text{--- ②}$$

ただし、 E_s 、 E_c ：鋼材およびコンクリートのヤング率、 A_s 、 A_c ：鋼材およびコンクリートの断面積、 $\epsilon_{xu} = 2.5 \times 10^{-4}$ 、 $\eta = E_s / E_c (=19)$ とする。②式より、ひび割れが入る時の鋼材応力度は 875 kg/cm^2 である。そこで、 $L_{\max}$ に近い両引き供試体に発生するひび割れにおいて、 875 kg/cm^2 に対応するひび割れ幅 S を求めると、

そのひび割れ幅の1/2は引抜き試験で測定されるすべり量 S' に近いであろう。従って図-3より $S/2$ なるすべり量に対応するD13と平鋼の平均付着応力を求め、それを次式に代入してSRCとしての平均付着応力を求める。

$$\bar{\mu} = (\mu_1 A_1 + \mu_2 A_2) / (A_1 + A_2) \quad \text{--- ③}$$

μ_1 、 μ_2 ：引抜き試験より求まる平鋼、D13の平均付着応力、 A_1 、 A_2 ：平鋼、D13の付着表面積。ここで、実測値 $S = 20$ より③式を用いて $\bar{\mu}$ を求め、結果を表-2の(2)に示す。また、すべり量 $S/2$ で得られた平均付着応力より①式を用いて

計算した $L_{\max}$ を(1)内に示す。これより鉄筋では1割程度の誤差で引抜き試験より最大ひび割れ間隔、平均付着応力を推定できるようである。しかし、平鋼、SRCでは誤差の割合が大きくなっている。これは引抜き試験での 75 mm という付着長が局所的な付着応力を求めるのには長すぎる、その他に起因するものと思われる。

付着応力	(1) 両引き (kg/cm²)	(2) 引抜き (kg/cm²)	両者の比 (2)/(1)
タイプI (鉄筋)	23 (19cm)	26 (17cm)	1.13
タイプII (平鋼)	5 (60cm)	7 (43cm)	1.40
タイプIII (SRC)	12 (23cm)	17 (16cm)	1.42

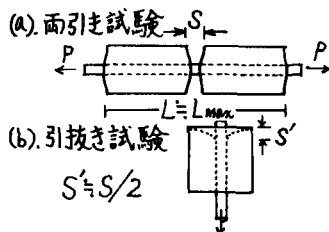


図-4