

横浜国立大学 正会員 池田 尚 治
横浜国立大学 正会員 ○山 口 隆 裕

1. はじめに エポキシ樹脂塗装鉄筋（以下エポ筋という）は鉄筋の表面に200 μ 程度の厚さの樹脂膜が形成されるために異形鉄筋のフシの効果に影響を及ぼし、コンクリートとの付着強度を低下させる。^{1),2)} 本研究ではエポキシ樹脂による異形鉄筋表面の形状の変化を精密に計測してこれを定量化する方法を確立し、これと付着強度との関係を求めてエポ筋の表面形状とコンクリートとの付着強さとの関係について求めるものである。

2. フシ形状の計測と定量化 異形鉄筋のフシの形状を定量化するにはフシの形状を精密に把握することが必要である。計測方法としては図-1に示すように水平および鉛直に変位計を設置し、供試鉄筋を微小距離だけ水平に移動しその都度変位計によって鉄筋の軸方向位置と鉄筋表面の高さを測定し、これをデータレコーダに記録する方式を考案した。1回の水平移動量は0.1mm程度とし、1つのフシについて100点程度のデータを記録することとした。記録したデータはプロッターによって図-2に示すように図化させた。この図から明らかなようにエポ筋の表面は同位置でエポキシ樹脂を除去した母材表面よりも滑らかな形状となっている。フシ形状の定量化については、フシの勾配が大きい程また、フシが高い程付着強度が増大すると考え、勾配を高さ方向に積分し、かつ、フシの間隔 l 等を考慮した次のような無次元式によって形状指数とすることとした。

$$F = (\sum \Delta r_n \cdot \tan \alpha_n) \cdot r / l = (\sum \Delta r_n^2 / \Delta l_n) \cdot r / l \quad (1)$$

ここで、 F ：形状指数、 Δr_n , Δl_n ：図-3参照、 r ：鉄筋周長に対するリブを除いたフシ部分の長さの比、 l ：フシの間隔
形状係数は計測装置中のマイクロコンピュータで演算して求めた。

表-1に引き抜き試験と重ね継手試験に使用した鉄筋の塗膜厚と形状指数を示す。鉄筋はすべてD19で、種類は母材鉄筋とエポ筋それぞれ横フシと斜めフシのものである。表-1の結果

から、母材鉄筋よりエポ筋が、横フシより斜めフシが小さな形状指数を示し、また、同じエポ筋でもメーカー及び膜厚の違いによって横フシにおいては、 $34.2 \times 10^{-3} \sim 43.2 \times 10^{-3}$ 、斜めフシにおいては $23.2 \times 10^{-3} \sim 33.9 \times 10^{-3}$ と値が変動していることが認められた。

3. 引き抜き試験 エポ筋の付着特性を求めるために片側のかぶり b が ϕ （ ϕ は鉄筋径）で埋込長が 5ϕ の供試体³⁾を作製して引き抜き試験を行なった。コンクリートの圧縮強度は、 320 kg/cm^2 と 280 kg/cm^2 であった。

図-4に引き抜き試験より求めた付着強度と形状

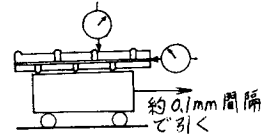


図-1 測定状況

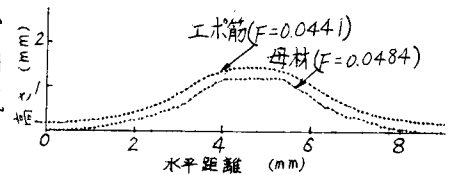


図-2 フシの測定図

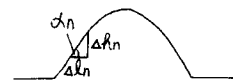


図-3 フシの模式図

表-1 使用鉄筋の塗膜厚と形状指数

No.	記号 ¹⁾	径	r	形状指数:F	エポキシ塗膜厚(μ)	適用
1	N・T	D19	0.943	0.0457		引き抜き
2	〃	〃	〃	〃		
3	N・D	〃	0.933	0.0371		
4	E・T(1)	〃	0.943	0.0342	140~250	
5	E・T(2)	〃	〃	0.0432	210~320	
6	E・T(3)	〃	〃	0.0405	170~290	
7	E・D(3)	〃	0.933	0.0339	130~220	
8	N・T	〃	0.943	0.0457		重ね継手
9	N・D	〃	0.933	0.0371		
10	E・T(4)	〃	0.943	0.0416	140~260	
11	E・D(4)	〃	0.933	0.0232	120~370	
12	E・T(5)	〃	0.943	0.0387	170~300	
13	E・D(5)	〃	0.933	0.0254	170~260	

注：1) 記号は（N：母材鉄筋，E：エポ筋）・（T：横フシ，D：斜めフシ）（(1)～(5)：エポ筋の種類）を表わす。

指数の関係を示す。ここで付着強度は、自由端すべり指数 (λ/ϕ : λ はすべり量) が 5×10^{-3} のときの平均付着応力度 $\tau_o(0.005)$ と最大荷重時の平均付着応力度 $\tau_o(max)$ の2つで表わした。図-4より $\tau_o(0.005)$ と形状指数 F とはほぼ直線関係となっていることがわかる。ただし、 $\tau_o(max)$ と F との関係については斜めフシの場合が若干ずれている。これは、供試体が横方向鉄筋で補強されているために斜めフシの場合でもコンクリートにたてひびわれが発生した後になお付着抵抗が増大することによるものと思われる。この引抜き試験の結果ではエポ筋と母材鉄筋との $\tau_o(0.005)$ の割合および $\tau_o(max)$ の割合は、横フシの場合、それぞれ 90%、94%であり、斜めフシの場合はそれぞれ 89%、93%であった。なお、コンクリート強度の差については $\sqrt{f_c}$ の比を掛けて正規化した。

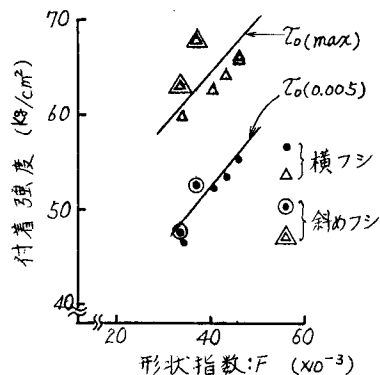


図-4 付着強度-形状指数の関係

4. 重ね継手試験 エポ筋の重ね継手の強度と形状係数の関係、およびエポ筋の重ね継手の設計方法を検討するために、有効高さ27cm、幅15cmの断面を有する鉄筋コンクリートはり供試体を用いて実験を行なった。重ね合せ長さは15φ、25φ、30φとし、重ね合わせ部分には横方向鉄筋を全く配置せず、かつ、かぶりを1φとした最もきびしい条件とした。コンクリートは材令7日の呼び強度が150 kg/cm²の早強のレデーミクストコンクリートを用いた。試験時の圧縮強度は215 kg/cm²であった。実験の結果すべての供試体は重ね継手部で破壊した。図-5に実験による

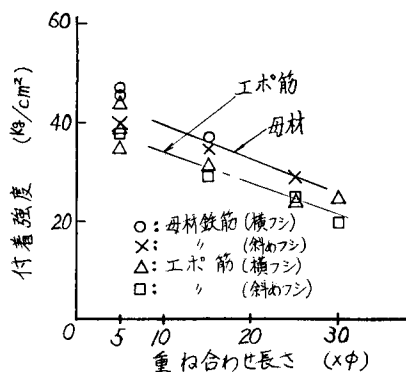


図-5 付着強度-重ね合わせ長さの関係

付着強度と重ね合せ長さとの関係を示す。図中で $L=5\phi$ の位置にプロットしてある値は前項の引抜き試験の付着強度 $\tau_o(0.0025)$ の値であって、これも含めて付着強度と重ね合せ長さの関係は直線関係にあり、重ね合せ長さが長い程付着強度がやや低下することがわかる。これは継手部に横方向鉄筋が配置されていないために継手部に沿うひびわれの伝播が容易だからだと思われる。エポ筋の重ね継手の強度は母材鉄筋のその80%程度であるが30φで斜めフシの場合には付着強度が20 kg/cm²であって母材鉄筋の場合の80%未満になると推測される。

5. まとめ (1) 鉄筋のフシ形状を精密に計測しそれを形状指数として定量的に表わす方法を考案し、これによってエポ筋の塗膜の影響を定量的に把握した。(2) 形状指数を知ることにより異形鉄筋の付着強度を知ることができるので重ね継手の耐力や引抜き耐力を形状指数を求めることによって推定することができる。(3) 用いた付着試験方法により重ね継手の耐力を求めることができる。(4) エポ筋の付着強度は形状指数に支配されることから塗膜厚を一定とすれば細径の鉄筋程付着強度が小さくなるものと思われる。

謝辞：本研究の実施に当っては卒業研究の課題とした山下英俊君⁴⁾(間組) および森下豊技官の参加協力を得た。ここに深甚の謝意を表する。なお本研究は文部省科研総合研究(A) (No. 58350027, 研究代表者 小林一輔 東大教授)の一環として行なった。供試鉄筋は土木学会の委員会を通じ安泊川鉄工建設(株)より提供されたものを使用した。

- 参考文献 1) 小林, 伊藤, 武若: エポキシ樹脂塗装鉄筋に関する実験的研究, JCI 論文, No. 83. 2-1
2) 小林, 森下, 高橋: エポキシ樹脂塗装鉄筋の重ね継手長に関する実験的検討, JSCE 第38回年誌, V-137, 昭和58年
3) 池田: 鉄筋コンクリート部材における鉄筋とコンクリートとの応力伝達に関する研究, JSCE 論文報告集, 第307号, 1981年3月
4) 山下: エポキシ樹脂塗装鉄筋とコンクリートの付着特性, 横浜国立大学卒業論文, 昭和59年3月