

北海道開発局土木試験所 正員 太田 利隆

同上 正員 服部 健作

同上 正員 福井 晃

1. まえがき

エポキシ樹脂被覆鉄筋は現在最もすぐれた防食工法の1つとして注目されているが、設計上の問題点として、付着強度の低下があげられる。本実験は重ね継手を有するRC桁の静的曲げ載荷試験を行ない、横方向鉄筋の、桁の耐力、性状に及ぼす影響について調べたものである。

(以後、エポキシ樹脂被覆鉄筋をE鉄筋、無処理鉄筋をN鉄筋と略す)

2. 実験方法

RC桁は矩形断面で、かぶり2φ、重ね継手長15φと一定にし、主鉄筋径($\phi=13^{\text{mm}}$, 22^{mm} , 32^{mm})、横方向鉄筋比(主筋の、10, 20, 30, 50, 100%)、横方向鉄筋間隔(7.5φ, 3.5φ, 2φ)等を選び、表-1の各シリーズごとに8桁、合計32桁作成した。主鉄筋はSD30横フシ型、2本で、エポキシ樹脂の塗装厚はφ6^{mm}で200μ、φ9、φ16、φ32^{mm}で190μ、φ22^{mm}で180μ、φ13^{mm}で170μであった。曲げ試験はスパン3mとし、それぞれ1/3点で載荷し、一様曲げモーメント部に重ね継手を設けた。せん断スパン部にはスターラップを配筋し、せん断破壊の防止を行なった。スターラップ筋は無処理である。荷重は0.1又は0.2^t毎増加させたが、ひびわれ発生時及び最大ひびわれ幅0.2^{mm}、0.3^{mm}に達した時、荷重を0に戻し、各々のひびわれ幅発生荷重まで5回繰返した後、破壊まで載荷した。表-2にコンクリートの配合を示す。

3. 実験結果

コンクリート強度が大きい、また主鉄筋径の小さい桁は鉄筋の降伏現象により破壊に至り、その他の桁は縦ひびわれが発生した後に破壊に至る付着破壊を示した。付着破壊した桁は全て、最初に底面に縦ひびわれが発生した。破壊形状を図-1に示す。図-2に荷重たわみ図、図-3に荷重鉄筋歪図を示す。たわみ、鉄筋歪は横方向鉄筋の小さな桁では横方向鉄筋の無い桁と類似した形状を示し、たわみ、鉄筋歪に何の徴候もなく、急激に破壊している。また横方向鉄筋比が大きくなるに従い鉄筋歪に大きな変化がないのに、破壊直前たわみが急激な増大を示している。このような、たわみの急激な増大は重ね継手の無い桁のように降伏破壊する桁で見られる特徴であるが、それは鉄筋の降伏に伴う現象であり、たわみと鉄筋歪は一語に急激な増大を示す、しかし4回の横方向鉄筋を有する桁では、鉄筋は降伏しておらず、たわみだけが急激な増大を示す。これは、主鉄筋がすべりだした後の耐力の保持に横方向鉄筋が有効であるための現象と考えられる。図-4は横方向鉄筋比32%と同一の桁で横方向鉄筋間隔を変えた荷重たわみ関係であるが、横方向鉄筋間隔の小さい桁が大きな変形を示している。次に、横方向鉄筋の効果 U_{st} は、実験結果から直接推定するのは困難なため、横方向鉄筋の無い場合の計算値 U_c を実験値より引差したものを U_{st} として、それに対して検討を加える事とした。

表-1 試験桁区分

シリーズ名	主鉄筋		横方向鉄筋	
	処理区分	処理区分	処理区分	表面形状
A	N鉄筋	N鉄筋	異形	
B	E鉄筋	〃	変鋼	
C	〃	〃	異形	
D	〃	E鉄筋	〃	

表-2 コンクリートの配合

コンクリート 設計強度 (kg/cm ²)	スランプ (cm)	空気量 (%)	w/c (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
					C	W	S	G	AE剤
300	8.0	4.5	55	47	270	147.6	902	1017	0.945

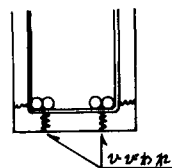


図-1 破壊形状

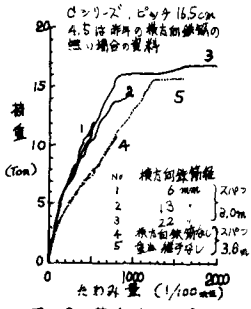


図-2 荷重たわみ図

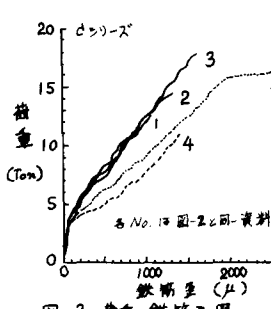


図-3 荷重鉄筋歪図

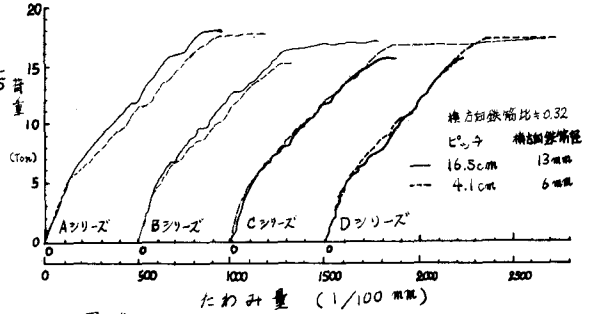


図-4

$$u_o = u_c + u_{st}$$

$$u_c = 100\sqrt{f_c} / (L/\phi + 20 \cdot \phi / \sqrt{C}) \quad \text{--- (1) 角田の式}$$

$$u_c = 88.6\sqrt{f_c} / (L/\phi + 18.5\phi / \sqrt{C}) \quad \text{--- (2)}$$

横方向鉄筋の無い場合の計算値 u_c は既述の研究より、 N 鉄筋に対して(1)式、 E 鉄筋に対して(2)式を使用した。ここで u_o ; 付着強度 u_c ; 重ね継ぎによる付着強度, u_{st} ; 横方向鉄筋による付着強度への増分, f_c ; コンクリート強度, L ; 重ね継ぎ長, ϕ ; 主鉄筋径, C ; 鉄筋のかぶりと鉄筋間のあさの半分のうち小さい方の値。

図-5, 図-6は横方向鉄筋の効果を表わす因子として、それぞれ、横方向鉄筋比, $A_{st}/S\phi$ とし、 u_{st} との関係を描いたものである。(A_{st} ; 横方向鉄筋断面積, S ; 横方向鉄筋間隔)。両者とも同様の傾向にあるが、横方向鉄筋間隔か断面積の性状に影響を有することを考慮して u_{st} を表わす因子として $A_{st}/S\phi$ を採用する。 $A_{st}/S\phi$ の増大と共に u_{st} が増大する傾向があるが、鉄筋の表面形状、表面処理の違いによる差異は見られなかった。以上の関係を線形回帰すると以下ようになる。

$$u_{st} = 10.5 \sqrt{f_c} \cdot A_{st}/S\phi \leq 1.5 \sqrt{f_c} \quad \text{--- (3)}$$

今回の試験荷では横方向鉄筋は全て破断しておらず、降伏に達していないと考えられるため、 u_{st} を表わす因子として横方向鉄筋の降伏点(f_y)を含まない形としたが、 f_y を含む評価法としてはOrangunの提案式があり、図-6にこれを併記する。(3)式はOrangunの式で f_y を 500 kg/cm^2 とした場合に相当している。図-7は、実験値と計算値の付着強度を比較したものである。その結果、付着強度比(実験値/計算値)1.03, 標準偏差0.13と大変良い関係が得られた。

4. 結び

以上の結果、エポキシ樹脂被覆鉄筋を使用した重ね継ぎに対する横方向鉄筋の性状が明らかになってきた。しかし横方向鉄筋間隔の影響等についてまだ不明な点もあり、今後検討を要すると考えられる。

(参考文献)

- 1) C.O. Orangun, J.O. Jirsa, J.R. Breen; A Reevaluation of Test Data on Development Length and Splices, ACI Journal, Mar. 1977
- 2) 角田 高隆; 異形鉄筋の重ね継ぎにおける空着付着強度に関する研究, 土木学会北海道支部論文報告集第38号, 昭和57年2月。
- 3) 太田 康郎, 植村; エポキシ樹脂被覆鉄筋の重ね継ぎについて, 第38回年次学術講演会概要集V: 昭和58年9月, pp 33~34。

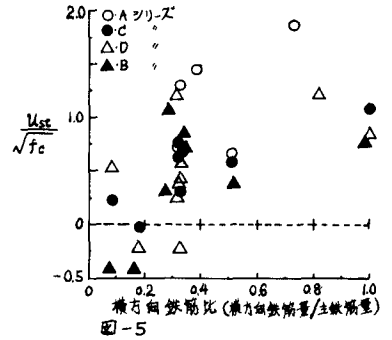


図-5

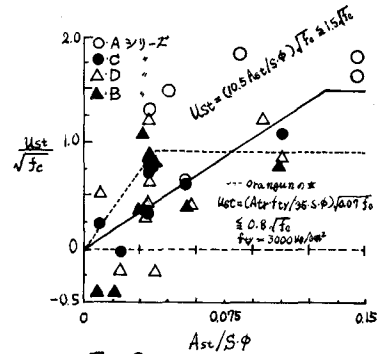


図-6

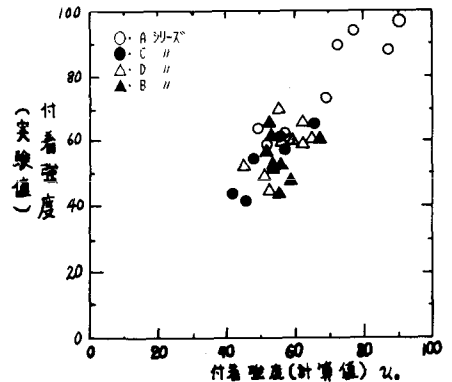


図-7