

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

菊池 実

1. まえにかき

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があげられる。本文はエポキシ樹脂被覆鉄筋の重ね継ぎを用いたRC桁の曲げ載荷試験を行ない、重ね継ぎの基礎性状を知るとともにRC桁の挙動、耐力に及ぼす影響を調べたものである。

2. 実験の方法

RC桁は矩形断面で、かぶり厚を $C = 4.5\text{ cm}$ と一定にし、鉄筋径($\phi = 13\text{ mm}$, 22 mm , 32 mm)、コンクリート圧縮強度($f_c = 180\text{ kg/cm}^2$, 300 kg/cm^2 , 450 kg/cm^2)、重ね継ぎ長($L = 5\phi$, 10ϕ , 15ϕ , 28ϕ , 継ぎなし)、鉄筋の表面処理(エポキシ樹脂被覆、無処理)を変えて計50桁製作した。

主鉄筋はSD30横フ型、2本で、塗装厚は $\phi 13\text{ mm} \sim 160\text{ }\mu\text{m}$ 、 $\phi 22\text{ mm}$ 、 $\phi 32\text{ mm} \sim 180\text{ }\mu\text{m}$ である。曲げ試験はそれぞれ支間の $1/3$ 点に載荷したが、一樣曲げモーメント部に重ね継ぎを設けた。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。

コンクリートの配合を表-1に示す。RC桁及び圧縮強度用供試体は1日で脱型し、秋令28日まで散水養生を行なった。

荷重は 0.2 t 毎増加したが、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にむとし、ひびわりのひびわれ幅発生荷重まで5回くりかえし後、破壊まで載荷した。

3. 実験結果

重ね継ぎ長の短いものは、継ぎ部のかぶりコンクリートに主筋にそった縦方向ひびわれが生じ発生する付着破壊により、また長いものは鉄筋の降伏現象により破壊した。同一重ね継ぎ長であり、ともコンクリート強度が高くなるに従い付着破壊から降伏現象となったり、エポキシ樹脂被覆鉄筋では付着破壊、無処理鉄筋では降伏現象というものもあった。付着破壊の場合、破壊の直前までたわみ、鉄筋径、コンクリート系などは鉄筋の降伏現象により破壊したものとほとんど差は認められなかった。

図-1は鉄筋の降伏現象によりRC桁が破壊するに必要な重ね継ぎ長とコンクリート平均圧縮強度の関係である。 $\phi 13\text{ mm}$ の場合鉄筋径が小さいだけでなく、鉄筋径に対するかぶり厚(かぶり

表-1 コンクリートの配合

設計基準強度 (kg/cm^2)	粗骨材の 最大寸法 (mm)	スラブ厚 (cm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	コンクリート 平均強度 (kg/cm^2)
180	20	8	2.8	60	217
300	20	8	2.2	41	338
450	20	8	1.9	36	456

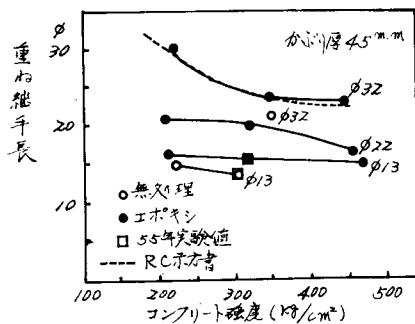


図-1 コンクリート強度と重ね継ぎ長

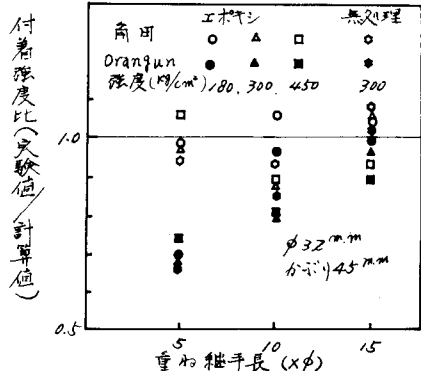


図-2 付着強度比と重ね継ぎ長

り4.5cm、鉄筋の水平のあき5.8cm)が大きいため、コンクリート強度は重ね継手長にあまり大きな影響を及ぼさなかったようである。一方鉄筋径が大きくなるに従い、 ϕ/d も小さくなり、特に $\phi 32\text{mm}$ ではコンクリート強度の影響が著しくなっている。また現行コンクリート標準示方書による重ね継手長と $\phi 32\text{mm}$ 筋がほぼ一致している事が注目される。現行示方書は鉄筋径などにより、重ね継手長を変えていないので、鉄筋径が大きくなるに従い安全率に余裕が少なくなっているものと考えられる。エポキシ樹脂被覆鉄筋の重ね継手長は無処理筋に比し、 $\phi = 32\text{mm}$, $f_c = 300\text{kg/cm}^2$ の場合約10%大きくなっている。

重ね継手は鉄筋とコンクリートの付着強度により応力が伝達されるが、付着強度は鉄筋径、かぶり厚、コンクリート強度、横方向の補強など数多くの因子に影響されるばかりでなく、その相互関係によっても変化する。重ね継手長を考へる場合これら因子の影響を考慮した付着強度 f_o をもとめ、 $L = \alpha \phi / 4 f_o$ (ただし α =鉄筋応力係数)などにより算定するのがよいと考えられる。ここではOrangunらの式と、これを改良した角田らの式により、その適用性を検討した。横方向鉄筋のない場合に対する式は次のようである。

$$f_o = (1.2 + 3\% + 50\%) (0.07 f_c)^{0.5} \quad \text{Orangun 式}$$

$$f_o = 100 \sqrt{f_c} / (L/d + 20 \phi / \sqrt{e}) \quad \text{角田式}$$

図-2, 3は付着強度比(実験値/計算値)と重ね継手長の関係である。Orangunらの式では、鉄筋径、重ね継手長の変化により付着強度比も変化する。特に鉄筋径が大きくなり重ね継手長が小さい場合付着強度が大きくなり算定される傾向にあり、危険側となる可能性がある。しかし実際の構造物の重ね継手長はほとんどの場合20φ以上であるので実用的には十分と考えられる。一方角田らの式は、鉄筋径、重ね継手長のいずれの変化に対してもよい近似を与えている。

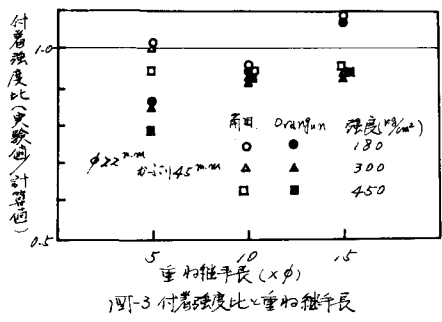
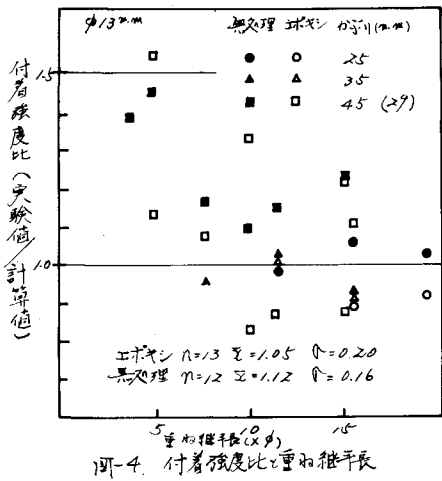


図-4はφ13について、角田式による付着強度比と重ね継手長の関係をプロットしたものである。φ13mm筋の場合、実験では付着強度に対するコンクリート圧縮強度の影響は少なかったが、計算式ではコンクリート圧縮強度による補正を行なっているため、値が大きくなったものもある。エポキシ樹脂被覆鉄筋と無処理鉄筋の差はほとんどなく、危険率5%による検定においても有意差は認められなかった。重ね継手部の付着破壊はコンクリートのひびわれ発生により生ずること、鉄筋径が小さいと付着強度が大きいため表面状態の差がでにくかったことなどが原因と考えられる。



付着破壊した全RC桁の付着強度比を表-2に示す。鉄筋径が小さいものが多いが、たこともあり、エポキシ樹脂被覆鉄筋と無処理鉄筋の差はOrangunらの式で9%、角田らの式で4%とあまり大きいものなかった。

4. あとがき

エポキシ樹脂被覆鉄筋の重ね継手長について検討をくわえてきたが、更に横方向補強や疲労について実験を続けたいと考えている。(参考文献)

- 1) C.O. Orangun, J.O. Jirsa, J.E. Green; A Reevaluation of Test Data on Development Length and Splices, ACI Journal, Mar. 1977
- 2) 角田・高橋; 異形鉄筋の重ね継手における付着強度に関する研究, 工学会北海道支部論文報告集第3号, 昭和57年2月。

表-2 付着強度比(実験値/計算値)

	エポキシ樹脂被覆鉄筋			無処理鉄筋		
	個数	平均値	標準偏差	個数	平均値	標準偏差
Orangun式	37	1.00	0.25	12	1.10	0.20
角田式	37	1.02	0.16	12	1.06	0.12