

高強度鉄筋の重ね継手に関する研究

小 倉 弘 一 郎 *

序

高強度鉄筋の接合法については、

1. 重ね継手 (ボンドを利用した)
2. ガス圧接継手
3. アーク溶接継手
4. その他の特殊継手

などが行われている。高強度鉄筋でとくに太径 (28 mm 以上) にもなると、もはや在来の重ね継手では強度的にも不十分であり、また不経済になると考えられているが、細径あるいは中径の鉄筋では重ね継手でも十分利用可能である。

この研究は、高強度異形鉄筋の重ね継手に関するものであり、つぎの2部に分けられる。

I SD40 (デーコン40) を用いたはりの重ね継手強度試験報告

II 異形鉄筋の重ね継手に関する著者はじめ諸家の実験データのまとめ

1. SD40 の重ね継手強度試験報告⁽¹⁾

1. 目的

重ね継手をもつ鉄筋コンクリートばりの曲げ試験を行ない、引張応力を受けるSD40の適切な重ね継手長さを求める。

2. 実験の概要

(1) 試験体の形状、寸法

供試ばりは1図に示す小形ばりで、はり下ば引張鉄筋の2-D16φを、はりの中央で2本とも重ね継ぎした。重ね長さは20d, 30d, 40dの3種、比較のために継手なしのはりもある。あばら筋は2-7φ-10cm O.C.であばら筋比≒0.5%に当る。2点荷重を加え、均等曲げモーメントの区間で継手強度を調べる。

(2) 供試材の性質

主筋のD16φは規格に合格するデーコン40で、その性質は1表に示す。コンクリートには普通コンクリートを用い、試験時圧縮強度は $F_c = 236 \text{ Kg/cm}^2$ であった。

* 明治大学工学部 建築学科教授

(1) デーコンコンクリートの付着強度実験 小倉弘一郎、亀田登与三郎、
尼崎製鉄委託研究 昭和36年

(3) 実験および繰返し荷重

建設省建築研究所200mm耐圧試験機により通常の方法で実験を行ない、支点に対する荷重点およびスパン中央点のたわみをダイヤルゲージで測定した。供試体各種3個のうち2個は2表に示す特定の継手鉄筋応力と応力零の間に1回ずつ正方向にのみ繰返し、荷重階を高めて破壊させ、残りの1個は各荷重階で5回ずつ正方向に繰返し、荷重階を高めて破壊させた。

1 表 使用鉄筋の性質

鉄筋種別		降伏点 t/cm^2	引張強さ t/cm^2	伸び %
主筋	S D 40 (デーコン40)	4.56	6.21	24.2
補助筋	丸鋼 7φ	3.04	4.49	—
	丸鋼 4φ	—	4.76	—

(4) 実験結果

各供試体についての破壊時の最大荷重と、これに対応する継手鉄筋応力、継手部平均付着強度、破壊原因などを3表に一覧した。

また破壊時のき裂状況の1例を2図に、曲げモーメントと純曲げ区間のたわみの関係の数

例を3図に示す。継手重ね長さで伝えられた鉄筋応力の関係を4図に示す。5図には各種重ね長さごとに、同じ鉄筋引張応力の下のたわみ(純曲げ区間)について、継手ありと継手なしのはりのたわみの比を示し、継手ありの剛性変化の傾向を示した。

2 表 繰返し荷重の荷重階

荷重階	継手鉄筋応力 t/cm^2	荷重 ton
1	1600	2.9
2	2400	4.3
3	2800	5.0
4	3200	5.8
5	3600	6.5
6	4000	7.2
7	4400	7.9

3. 実験結果の要約

(1) 重ね長さ20dの場合は、重ね継手のコンクリートかぶりの割裂破壊で耐力が支配され、30dでは割裂破壊と鉄筋降伏がほぼ同時に起り、40dではかなり厳しい繰返し荷重下でも鉄筋降伏により耐力がきまり、継手破壊は起らなかった。

(2) コンクリート強度 $F_c = 23.6 \text{ kg/cm}^2$ 、SD40下筋重ね継手の条件下で継手重ね長さで伝達鉄筋応力の関係はつぎのようである。

重ね長さ	荷重条件	伝達鉄筋応力 (kg/cm^2)		
		A	B	C
20d		3100	2800	1600
30d		4550	4000	2800
40d		4600以上	4600	4000

荷重条件 $\left\{ \begin{array}{l} A = 1 \text{ 回づつの漸増くりかえし荷重} \\ B = 5 \text{ 回づつの漸増くりかえし荷重} \\ C = B \text{ の下で剛性の低下を生じない限度} \end{array} \right.$

(3) 継手が破壊した実験より、継手部の平均付着強度 $\tau_a = 3.9 \text{ Kg/cm}^2$ ($0.165 F_c, 2.54\sqrt{F_c}$) を得た。

(4) 重ね継手では高応力（鉄筋降伏程度）の数回の繰返し応力により、約10%程度の強度低下が見られる。

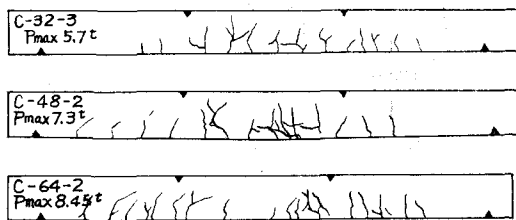
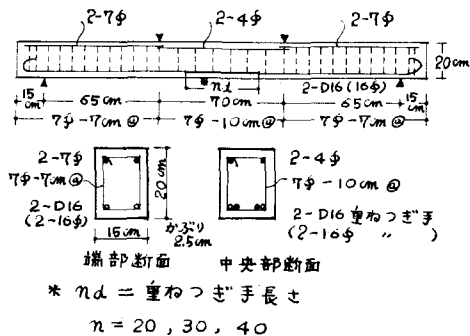
4. 実験データ (1 ~ 5 図, 3 表)

3表 實驗結果一覽

継手 重ね長さ	最大荷重 P ton	M tm	継手鉄筋応力 Kg/cm ²	継手付着強度 Kg/cm ²	破壊原因
20d	5.5	179	3060	39	B.
	5.7	186	3170		B.
	* 5.07	165	2820		B.
	7.8	254	4340		B.
30d	8.6	280	4780	39	B. T.
	* 7.3	237	4050		B.
	8.4	273	4670		T.
	8.95	291	4980		T.
40d	* 8.45	275	4700	30以上 29以上	T.
	7.75	252	4310		T.
継手なし					

注 *各荷重階で5回づつ繰返し漸増加力

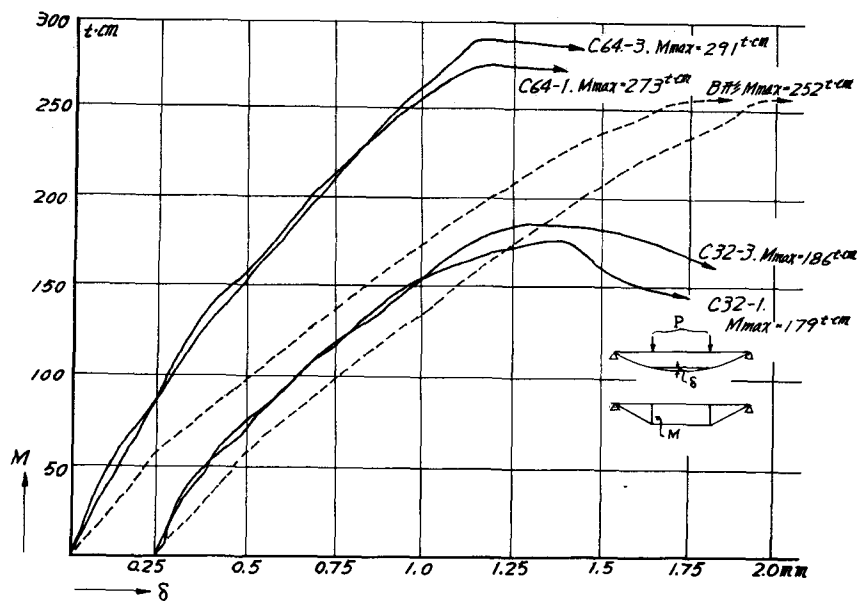
破壊原因：B.=つぎ手破壊（コンクリートかぶり割裂） T.=鉄筋降伏破壊



1 図 供試体形状、寸法

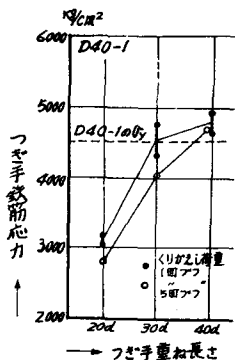
2 図 破壊時きれつ

上より重ね長さ 20d, 30d, 40d

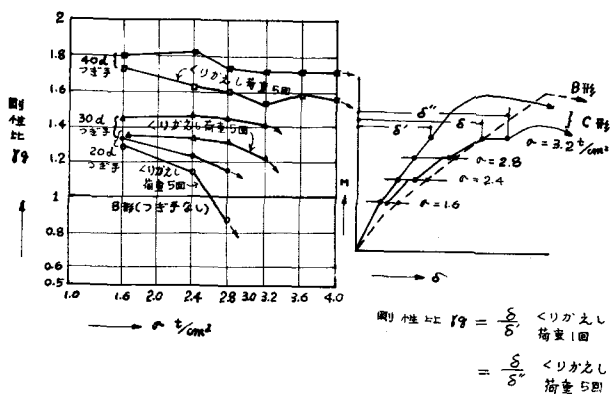


3図 曲げモーメントとたわみの関係

(C64-1,3 = 重ね長さ 40d のはり)
 (C32-1,3 = 重ね長さ 20d のはり)
 B形 = 継手なしのはりの平均値



4図 継手重ね長さと鉄筋応力



5図 継手をもつはりとは継手のないはりの同荷重下の剛性比 (たわみの逆比)

2. 異形鉄筋の重ね継手強度データ

筆者はかつて、旧SSD49(よこふし形)の重ね継手について、正負交替荷重下の耐力を主眼とした実験⁽²⁾を行ったが、そのデータをも含めて、最近の高張力異形鉄筋の重ね継手に関する諸家^{(3),(4)}の実験データにつき、重ね継手強度および継手における付着強度の観点よりまとめたので以下に示す。

データをまとめる上に、付着強度はコンクリートの圧縮強度の平方根にほぼ比例する性質を利用して異った F_c の下での強度データを $F_c = 225 \text{ Kg/cm}^2$ の場合にルート補正、すなわち $\sqrt{\frac{225}{F_c}}$ 倍した。ただし継手が付着破壊した場合についてこの補正を行ない、鉄筋が降伏破壊した場合はこの補正は行わない。

(1) 継手の重ね長さで伝達する鉄筋引張応力

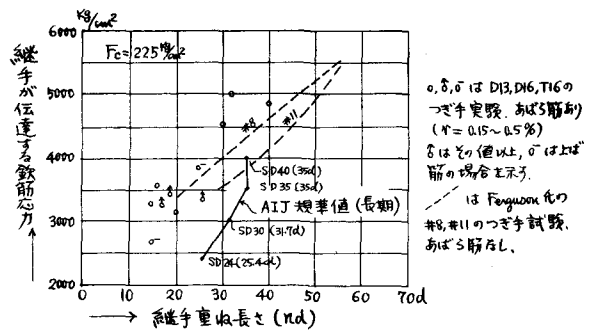
6図に、異形鉄筋D13, D16, T16(トリコン)に関するデータ(個々のプロットは同種の数個のデータの平均値)と、米国の高強度異形鉄筋(SD40, SD50級)の#8, #11など太径鉄筋に関する傾向線(Ferguson氏による)を記入した。

鉄筋のサイズが、D13より#11(D35に相当)の範囲で、同じ重ね長さ比 nd をもつ場合、太い鉄筋ほど継手強度(伝達鉄筋応力度)は小さくはなるが、米国のACI新規準でいう直径に1次反比例するほど不利ではないようである。

また、この図中には、建築学会の現行の鉄筋コンクリート計算規準によるSD24~SD40の所要継手長さに対応する規格最小降伏点の関係を示した。SD40では、#11程度に太くなると、やゝ危険のように見えるが、#11の実験値は、あばら筋のない場合であり、あばら筋をかければ強度は増すから一概に危険とはいえない。

(2) 継手の重ね長さで継手部平均付着強度

7図に、前記の6図に対応させて継手の重ね長さで、継手破壊時の平均付着強度との関係を示す。重ね長さが長くなると著しく付着強度が低下する。これは継手における付着応力の不均等分布によるものである。(付着応力は継手の両端部で大きく、中央部分では小さくなる)



6図 継手の重ね長さで伝達鉄筋応力

図中に、建築学会の鉄筋コンクリート計

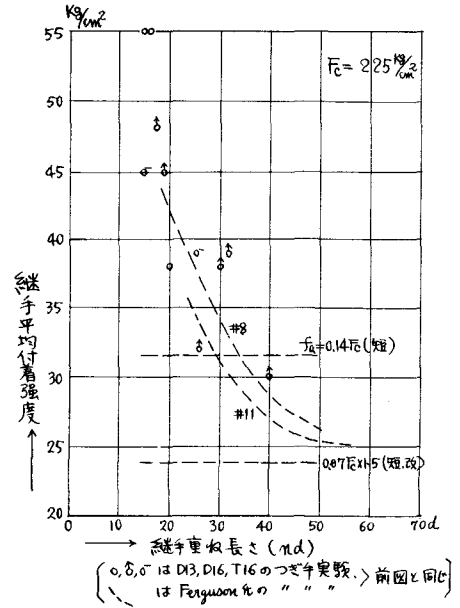
算規準による継手の短期許容付着応力度を記入した。実験値が、短期許容付着応力度を下廻る部分もでてくる。一見、危険のように見えるが、鉄筋の長期、短期許容応力度の比と付着のそれとの関連から、

- (2) 武藤清、小倉弘一郎：繰返し応力を受ける新形異形鉄筋継手の耐力その1, 2, 3 昭和27年5月、28年3月、6月、建築学会論文報告集
- (3) 渡辺義郎：異形三角鉄筋コンクリートばりの曲げ試験、昭和38年1月
- (4) P.M.Ferguson, J.E.Breen: Lapped Splices for High Strength Reinforcing Bars., Jour. of A.C.I. 1965-4, 9

実際の継手長さは長期の許容付着応力できまり、短期は使われないのではほぼ安全である。この不合理を除くためには短期の許容付着応力を長期の1.5倍として、図中の下方の線のように改めておけばよい。

(3) 交番繰返し荷重による付着強度の低下

Iの実験にも示されているが、重ね継手に大きな繰返し応力が加わる時は、付着強度は低下する。例えば鉄筋の降伏応力に相当する応力を数回、正負にくりかえすことにより付着強度は10%程度は低下する。継手のないRC部材ではこのようなことは認められない。繰返し応力の大きさと回数に関連させて、今後、研究すべき問題と思われる。

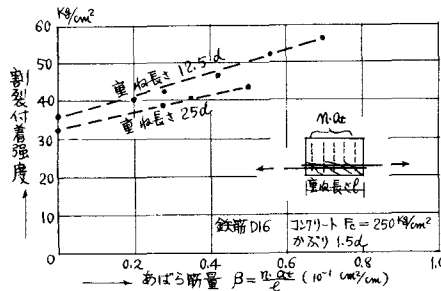


7図 継手の重ね長さと平均付着強度

(4) 重ね継手におけるあばら筋の効果

重ね継手においては、鉄筋に沿うコンクリートかぶりの割裂破壊(splitting failure)が起る。この破壊は非常に瞬間的で、脆性的なものである。この破壊を阻止し、あるいは粘りをもたせるにはあばら筋の利用、あるいはフックの利用が有効である。

8図は、筆者のかつての研究⁽⁵⁾で、引張形式の継手強度試験データであるが、あばら筋量の増加によって著しく継手強度が高まり、また靱性を増大させることが予期された。とくに付着応力が大きく、割裂が生じ易い重ね継手の起点付近にあばら筋を集中配置することが効果的と思われる。(1),(2)に引用したFerguson氏の実験では、あばら筋比 $N \div 0.1\%$ 、 0.2% で、継手付着強度がそれぞれ20%、50%上昇した例があると報告されている。



8図 あばら筋量と継手の(割裂)付着強度

(5) 小倉弘一郎、龜田登与三郎：引張形式による異形鉄筋の重ね継手強度試験、昭和39年10月、建築学会論文報告集103号

謝辞 本研究の才1部は旧尼崎製鉄株式会社の委託研究として、仲威雄博士を主査とする研究グループによって行われたものの一環である。当時の研究グループ各位に厚く御礼申し上げます。