

[67] 重ね継手の補強方法に関する実験的研究

重ね継手の補強方法に関する実験的研究

正会員 辻 幸和 (群馬大学工学部)
 正会員 ○辻 正哲 (東京理科大学)
 正会員 出 雲 淳一 (東京大学大学院)
 P.F.C.コンバ (東京大学大学院)

1. まえがき

重ね継手は施工が簡単なこともあって、D51のような太径鉄筋に適用することも含め、既に多くの貴重な研究成果が報告されているが、補強方法およびその効果に関してはまだ不明な点も多い。

本研究では、重ね継手をスターラップと3種類のらせん鉄筋とにより補強した、2種類のはり供試体における実験結果を報告するものである。そしてこれまでほとんど報告されていない、重ね継手部分における軸方向引張鉄筋に直角な方向の変形を実測して、この変形の拘束効果を各補強方法について検討する。

2. 実験の概要

本実験では、軸方向引張鉄筋にD25を用いた小型はり供試体(15×30×210cm)18体と、D51太径鉄筋を用いた小型はり断面形状のほぼ相似な大型はり供試体(30×60×540cm)4体を作製した。それぞれの形状、重ね合わせ長さ l および補強方法等を、図-1、表-1および表-2に示す。

小型はり供試体では、重ね長さ l 、コンクリートの強度および継手の補強方法を要因とした。重ね長さは10φと20φの2種類、コンクリートの圧縮強度は、土木学会コンクリート標準示方書に規定されている下限値をやや下回るものと400kg/cm²以上のものの2種類とした。継手の補強方法は、スターラップを併用した3種類のらせん鉄筋とスターラップのみの4種類を用いた。スターラップはD10を重ね継手部分に20cmのピッチで、重ね長さ10φおよび20φとも2本ずつ配置した。

3種類のらせん鉄筋の形状を図-2に示す。小型はり供試体では交互巻、等径巻および等径二重巻らせん鉄筋とも、φ5mmの丸鋼を

表-1 小型はり供試体の種類と実験結果

供試体名	補強の種類	重ね長さ l/ϕ	破壊荷重 (t)	破壊状況	圧縮強度 (kg/cm ²)
H	—	—	19.5	Y, C	431
HA-20	A	20	21.0	Y, C	
HB-20	B		20.7	Y, C	
HC-20	C		20.3	Y, C	
HD-20	D		18.7	Y, C	
HA-10	A	10	20.4	Y, C	
HB-10	B		19.6	Y, C	
HC-10	C		20.0	Y, C	
HD-10	D		11.0	B	
L	—	—	17.9	Y, C	
LA-20	A	20	17.9	Y, C	
LB-20	B		17.8	Y, C	
LC-20	C		17.8	Y, C	
LD-20	D		11.5	B	
LA-10	A	10	11.1	B	
LB-10	B		11.0	B	
LC-10	C		12.0	B	
LD-10	D		7.0	B	

* A: 交互巻らせん鉄筋 B: 等径巻らせん鉄筋
 C: 等径二重巻らせん鉄筋 D: らせん鉄筋無し
 ** Y: 鉄筋降伏 C: コンクリート圧壊
 B: 継手破壊

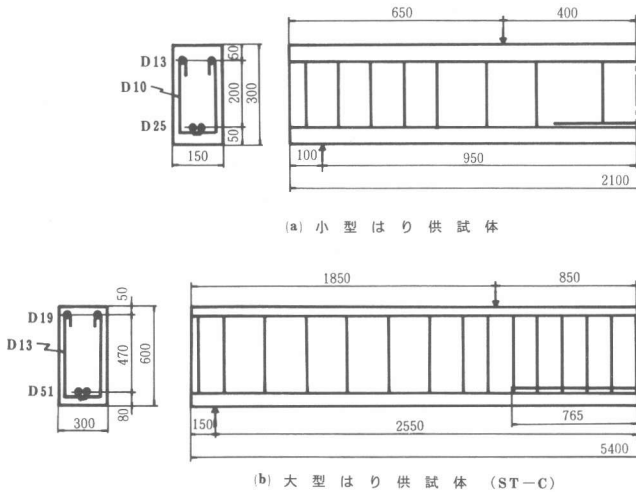
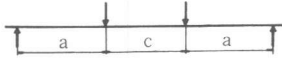


図-1 供試体の形状

表一 大型はり供試体の種類と実験結果

供試体名	補強の種類	重ね長さ ℓ/ϕ	*** a	*** c	破壊荷重 (t)	破壊モーメント (t-m)	繰り返し回数 (回)	破壊状況	** 圧縮強度 (kg/cm ²)
ST-A	A	15	185	140	40.0	37.0(37)	3	Y, C	370
ST-B	B	15	185	140	12.0	11.1(26)	1	B	
ST-C	D	30	170	170	48.9	41.6(98)	5	Y, C	
ST-D	-	-	170	170	50.0	42.5(100)	2	Y, C	

*** 記号 表一と同じ



用いてそれぞれ20mmのピッチで配置した。交互巻らせん鉄筋とは、らせん鉄筋内部へのコンクリートの行き渡りを改善するために考案されたもので¹⁾、円形のからせん鉄筋の間にはほぼ楕円形のからせん鉄筋を配置したものである。楕円形のからせん鉄筋の長径は円形のからせん鉄筋の直径にほぼ等しく、短径は長径の約1/2である。等径巻らせん鉄筋は、直径が一定の従来からのものである。また、等径二重巻らせん鉄筋は、らせん鉄筋の直径は一定であるが2本の鉄筋を用いて造った等径巻らせん鉄筋であって、1本の鉄筋のピッチが等径巻らせん鉄筋の2倍となり、交互巻らせん鉄筋にほぼ等しいものである。

大型はり供試体では、スターラップとらせん鉄筋でそれぞれ補強した。スターラップで補強したはりは、重ね長さが30φ、らせん鉄筋で補強した場合は15φとした。交互巻と等径巻の2種類のからせん鉄筋を用い、らせん鉄筋の直径はφ5.25mmのもので、15mmピッチと密に配置した。また小型はり供試体と異なり、重ね継手区間にはスターラップを配置しなかった。これら4体を一度に打込み、同様な養生を行った。

鉄筋の引張試験結果は表一に示す通りである。

3. 小型はり供試体の実験結果

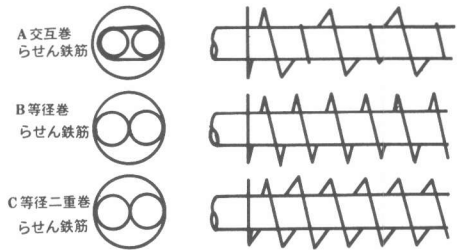
軸方向引張鉄筋にD25を用いた小型はり供試体の破壊荷重および破壊状況は、表一に示す通りである。そして、破壊荷重を重ね継手の補強方法別に整理して示したのが、図一3である。

コンクリートの圧縮強度が431kg/cm²の場合には、重ね長さ ℓ が20φおよび10φともらせん鉄筋を併用して補強すれば、継手のないはりとはほぼ同等の耐力を有し、10φでも十分な継手効率を得ることができた。しかしながら、圧縮強度が176kg/cm²と極端に小さいはりでは、らせん鉄筋を併用すると、重ね長さが20φでは100%の継手効率を有するが、10φの重ね長さでは60%程度に低下している。同じらせん鉄筋による補強でも、コンクリート

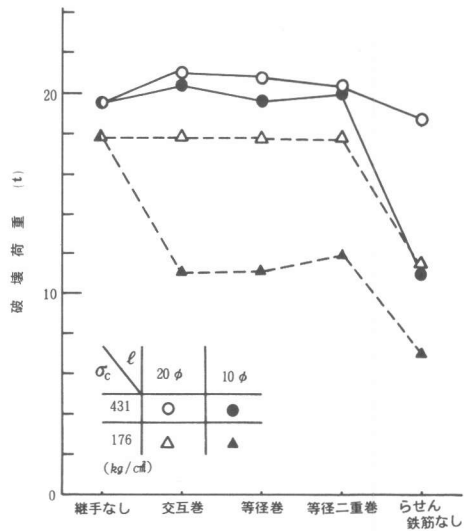
表一 鉄筋の引張試験結果

種類	降伏点 (kg/mm ²)	引張強度 (kg/mm ²)	
D 25	34.1	53.2	小型はり 供試体
D 10	38.8	59.6	
φ 5.0*	36.9	41.1	
D 51	38.0	58.0	大型はり 供試体
D 13	36.1	56.5	
φ 5.25*	33.3	51.7	

* 実測値



図一 らせん鉄筋の種類および形状



図一 重ね継手の補強方法と破壊荷重

の強度により継手効率が異なってくるのである。

継手効率が約60%に低下した場合であっても、交互巻、等径巻および等径二重巻らせん鉄筋の間にはほとんど差違は認められない。3種類のらせん鉄筋は同等の補強効果をもつものと考えられる。

スターラップだけを配置したはりでは、重ね長さ ℓ を 20ϕ とつても、低強度のコンクリートでは65%に継手効率が低下した。土木学会RC示方書による所要の重ね長さを求めると、 $\sigma_{sa} = 1800 \text{ kg/cm}^2$ のとき 32ϕ であることから、横方向鉄筋比で0.48%のスターラップを配置しても重ね長さが不足したためと考えられる。

重ね継手部分の軸方向引張鉄筋と直角に交わるスターラップ下側に貼ったワイヤストレーンゲージより求めたひずみと荷重との関係を示した例が図-4である。これらのひずみには、軸方向鉄筋ははり下面へ押し下げる力に抵抗する分も含まれるが、はり幅方向の変形を表わす指標にとることができる。

重ね長さが 20ϕ で高強度のコンクリートの場合、3種類のらせん鉄筋を併用したはりのひずみは、らせん鉄筋の種類にかかわらず、破壊まで荷重とほぼ直線的に増加し、破壊直前で 300×10^{-6} 程度の値となった。この値は継手のないはりの 200×10^{-6} より少し大きい程度である。

これに対し、らせん鉄筋の補強がないはりでは、破壊荷重の約半分程度まではらせん鉄筋で補強したものとほぼ同様なひずみ性状を示すが、荷重が増加するとひずみの増加速度が速くなり、破壊直前では約 1200×10^{-6} を示した。両者の差がらせん鉄筋による補強効果であって、破壊荷重はほぼ等しくとも、高応力下においてはらせん鉄筋による直角方向の変形の拘束効果が顕著に認められるのである。重ね長さを 10ϕ にすると、らせん鉄筋で補強しても上述のらせん鉄筋のないはりと同様なひずみ性状を示した。そして、このような現象が、強度が 176 kg/cm^2 で重ね長さが 10ϕ のはりでは顕著となることは、図-4からも明瞭である。

4. 大型はり供試体の実験結果

軸方向引張鉄筋にD51を用いたはりの重ね継手部分における、はり幅方向の変形を図-4と同様に求めた例が図-5である。D13のスターラップを重ね長さ 30ϕ の区間に 15 cm ピッチで補強したはりの継手端部と中央部におけるスターラップ下側のひずみ、および、重ね長さ 15ϕ を $\phi 5.25 \text{ mm}$ の交互巻らせん鉄筋で補強した継手端部における円形部分のらせん鉄筋のひずみをそれぞれワイヤストレーンゲージより求めたものである。

この図より、太径鉄筋の重ね継手においても図-4と同様なひずみ性状を示すことが認められる。特に、継手

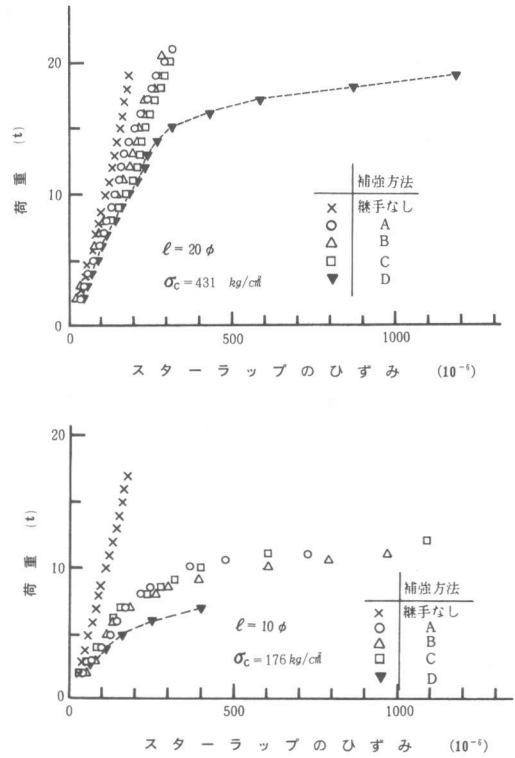


図-4 はり幅方向の変形

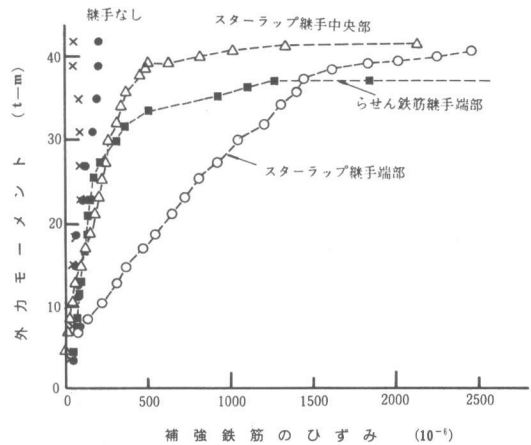


図-5 重ね継手の補強鉄筋のひずみと荷重との関係

端部のスターラップのひずみが低応力の段階から大きくなってきている。

図-6は、横軸にスターラップの位置をとり、荷重段階をパラメーターにとり、はり幅方向のスターラップのひずみ分布を示したものである。コンクリートの引張力を無視した弾性計算による ($n = 7$) 軸方向引張鉄筋の応力度が 2000 kg/cm^2 の荷重段階でも、大塚らの両引き試験によるリングテンションのひずみ分布と同様に²⁾ 重ね継手端部の値が大きく、中央部に近づくに従って小さくなってきている。この傾向は、荷重を増加して上記の鉄筋応力度が降伏点の 3800 kg/cm^2 程度になるに従って顕著となる。この間の継手中央部のひずみの増加は微小である。しかしながら、引張主鉄筋の降伏後は、継手中央部のひずみも急増し、最終的にすべてのひずみが降伏点以上となって破壊に至った。

らせん鉄筋のひずみの測定結果を図-7に示す。ばらつきが大きいのが、図-6と同様な傾向を示し、最終的にほとんどすべてのらせん鉄筋が降伏して破壊していることが認められる。

大型はり供試体の破壊荷重および破壊状況等を表-2に示す。交互巻らせん鉄筋およびスターラップで重ね継手を補強したはりは、引張鉄筋の降伏後、繰返し荷重中に上述したように補強鉄筋が降伏して破壊したが、破壊直前のコンクリート圧縮緑のひずみは両者とも継手のないはりと同様に 2000×10^{-6} 以上を示し、十分な耐力を持っていたと考えられる。なお、交互巻らせん鉄筋で補強したはり、最終的に継手部分で破壊させることを目的として、大塚らのトラスアナロジー²⁾ により計算した補強量の約95%のらせん鉄筋を配置したものである。

従来の等径巻らせん鉄筋も交互巻と同量配置したが、らせん鉄筋のピッチが 15 mm と極端に狭くしたため、コンクリートの行き渡りが不十分となり、交互巻らせん鉄筋の $1/3$ の荷重で破壊した。交互巻らせん鉄筋も同じピッチであったが、楕円のらせん鉄筋が交互に配置されているため、らせん鉄筋内部へのコンクリートの行き渡りが良好となり、所要の継手効率が得られた。

5. あとがき

軸方向引張鉄筋が D25 および D51 の重ね継手部分に、3種類 のらせん鉄筋とスターラップで補強したはり供試体の実験を行い、それぞれの補強効果を引張鉄筋に直角な方向の変形の実測値より検討を加えた。

本研究は、東京大学樋口芳朗教授の御指導のもとに行われたものである。ここに謹んで感謝の意を表します。実験の実施には、足利工業大学佐藤喜悦職員および卒業研究生橋本和正、室田弘之両氏のご援助を得た。なお、本研究は、昭和54年度および55年度文部省科学研究費補助金(試験研究(1))を受けて行ったものである。ここに厚くお礼申し上げる。

文献1) 樋口、辻、出雲、山尾、浅野: 重ね継手の緊結および補強方法と強度の関係, セメント技術年報, 33 1979年。

2) 後藤、大塚: 太径異形鉄筋の重ね継手に関する研究, 日本コンクリート工学協会, 鉄筋の継手および定着の設計施工に関するシンポジウム発表文集, 1976年3月

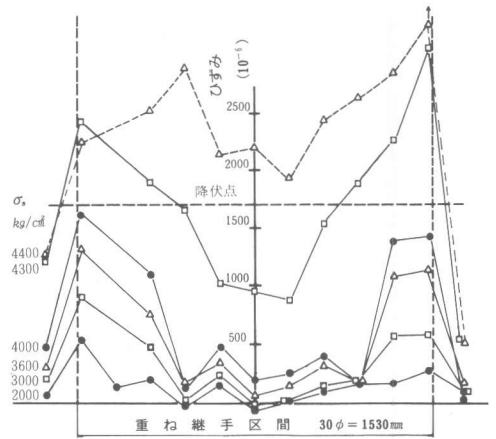


図-6 はり幅方向のスターラップのひずみ分布

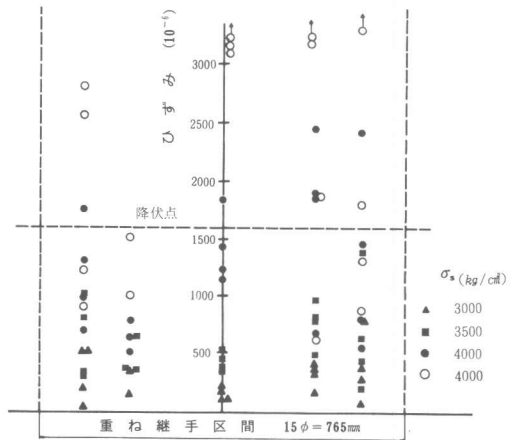


図-7 らせん鉄筋のひずみ分布