

(株)神戸製鋼所 正員 ○神原 英雄

同 正員 永井 義規

同 井阪 敏文

1. まえがき

鉄筋コンクリート構造における省力化、アプレバ化が促進されており、施工性が良くかつ、強度、靱性に優れた補強材の開発が望まれている。ネジフシ鉄筋はこの要望にマッチした補強筋であり、その実用化研究として、十字型およびT字型接合部の検討を進めてきた。ところで、接合部の形式としてL字型接合部があり、これは他の形式に比し強度的に劣るものである。本研究ではネジフシ鉄筋を用いた機械的定着法によるL字型接合部の性状と従来の鉄筋折曲げ定着法のそれと比較することによって実用性を検討した。さらに、この機械的定着法は、例えば鉄道の高架橋のように同一寸法のものが多数配置される場合には、施工の簡易化によって工期短縮、コストダウン等の利点が期待できる。高架橋では動的荷重が加わるため、疲労性状の検討が不可欠である。そこで、L字型RC構造体の疲労試験を行ない、ネジフシ鉄筋による機械的定着法の有用性を確認することと目的とする。

2. 実験

実験系列を表1に示す。Sシリーズは定着法のちがひによる静的挙動の比較を行なうものであり、DシリーズはL字型接合部の疲労特性と把握するものである。使用した補強筋の機械的性質を表2に示す。コンクリートの設計強度はSシリーズが210 N/cm^2 、Dシリーズが270 N/cm^2 である。試験体の形状および配筋を図1に示す。図2はSシリーズにおける接合部の詳細で、S-Aは柱主筋、梁主筋ともに定着板を用いた機械的定着法を用いている。S-Bは梁主筋はS-Aと同じであるが、柱主筋の定着は定着板と溶接することによって行なった。S-Cは従来の工法であり、柱梁ともに折曲げ定着である。また、Dシリーズの定着法はS-Aと同一である。なお、試験体はすべて梁端での曲げ降伏が先行するよう断面、配筋の設計を行なった。Sシリーズの荷重は梁先端での変位で制御し、 δ_y 、 $2\delta_y$ 、 $3\delta_y$ 、 $4\delta_y$ でそれぞれ5回の正負繰返し荷重を行なった。

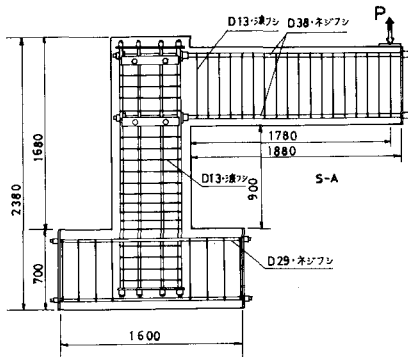


図1 試験体形状および配筋図

表1 実験系列

シリーズ	試験体名	荷重形式	梁	柱	柱梁接合部	定着法
S	S-A	正負繰返し荷重	$b \times D = 420 \times 680$ 主筋: 4-D38 (ネジフシ) $R_s = 0.84$ 応力筋: D13 $R_s = 0.60$	$b \times D = 680 \times 680$ 主筋: 10-D32 (ネジフシ) $R_s = 0.86$ 応力筋: D13 $R_s = 0.25$	主筋: 10-D13 (ネジフシ) $R_s = 0.37$ 応力筋: D13 $R_s = 0.50$	梁主筋: フレット定着 柱主筋: フレット定着 柱梁接合部: フレット定着
	S-B	正負繰返し荷重	同S-A	同S-A	同S-A	梁主筋のみ: フレット定着 柱主筋: 折曲げ定着
	S-C	正負繰返し荷重	同S-A	同S-A	同S-A	柱主筋のみ: フレット定着 梁主筋: 折曲げ定着
D	D-A5	一方向繰返し荷重	$b \times D = 290 \times 470$ 主筋: 4-D25 (ネジフシ) $R_s = 0.83$ 応力筋: D13 $R_s = 0.88$	$b \times D = 500 \times 500$ 主筋: 10-D35 (ネジフシ) $R_s = 1.91$ 応力筋: D13 $R_s = 0.51$	主筋: 10-D13 (ネジフシ) $R_s = 0.51$ 応力筋: D13 $R_s = 0.51$	S-A試験体と同じ
	D-A6	部力片断荷重	同D-A5	同D-A5	同D-A5	同D-A5

表2 補強筋の機械的性質

種類	径・種類	0.2%耐力 (kg/mm ²)	引張強度 (kg/mm ²)	伸び (%)	ヤング率 $\times 10^4$ (kg/mm ²)
ネジフシ異形鉄筋	D38-SD35	39.9	59.4	31.2	2.09
	D35-SD35	39.5	57.5	32.4	2.06
	D32-SD35	40.1	57.5	32.0	2.06
	D25-SD35	40.9	60.0	27.8	2.07
波フシ異形鉄筋	D38-SD35	42.7	59.4	29.9	2.14
	D32-SD35	41.2	59.4	32.0	2.11
	D13-SD30	35.8	54.1	28.1	2.10

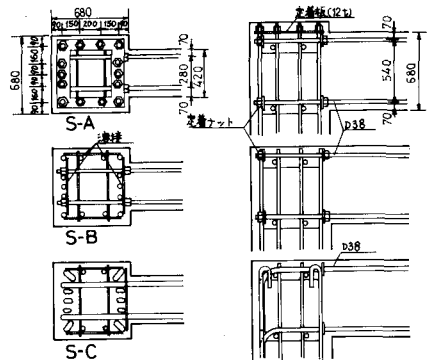


図2 仕口部詳細

Dシリーズは 10^7 回の疲労強度を求めるため、電気油圧式疲労試験機を用いて部分片振載荷とした。

3. 実験結果および考察

Sシリーズ実験結果の一覧を表3に示す。同表より、S-Cの接合部せん断ひびわれ荷重を除くと各ひびわれ荷重は実験値と計算値が比較的一致している。

また、最大荷重はいずれも梁の降伏荷重計算値を上回っている。さらに、S-AはS-Bより約16%大きな最大荷重となっているがこれは、柱上部の定着板によるパネルゾーン内のコンクリートの拘束効果が大であったことによるものと考えられる。履歴曲線は3体ともほぼ同様であり、S-Aの例を図3に示す。履歴曲線の包絡線は典型的な曲げ降伏型であり、 $3\delta_y$ の変位振幅まで荷重の低下が認められない。また、ループ形状は逆S字型を示し、同一振幅の2回目以降にスリップ現象が著しい。これは接合部内での梁主筋の付着劣下によるものであろう。つぎに、ひびわれ性状に關しては、S-A、S-Bはほぼ同一であったが、S-Cのみは接合部パネルゾーンに梁の折曲げ筋にそうひびわれが顕著であった。最終破壊性状は梁端における梁主筋の降伏による曲げ破壊であった。

結局、3体とも静的挙動には大差なく、また、ネジフシ鉄筋による機械的定着法は最終破壊までその機能を十分に発揮しており、実用性が立証できた。

つぎに、6種類の応力レベルで行なった疲労試験により得られたS-N曲線を図4に示す。鉄軸の鉄筋応力全振幅は、梁主筋に貼付したひずみゲージより求めた。また、同図には比較のため鉄筋素材の疲労試験結果もプロットしている。さて、梁主筋の 10^7 回および 2×10^6 回の疲労強度はそれぞれ 16.5 kg/mm^2 、 19.5 kg/mm^2 である。また、部材中の梁主筋と素材のS-N曲線がほぼ同一であることから、コン

クリート中での疲労強度の低下はほとんどないものと考えられる。各試験体の梁のひびわれ発生本数は3~4本であり、その分布は応力レベルによる差異はなく、また、接合部パネルゾーン内にはひびわれは発生していなかった。破壊は作用応力が最大となる接合部梁端に発生し、引張側の梁主筋が破断していた。また、梁主筋の疲労クラックはフシのツケ根から発生していた。

4. むすび ネジフシ鉄筋を用いた機械的定着法は、 $3\delta_y$ 以上の大変形の繰返し載荷においても破壊せず、従来の折曲げ定着法と比較しても同等以上の力学的性状を示すことがわかった。さらに、ネジフシ鉄筋のコンクリート構造物中での1000万回疲労強度は 16.5 kg/mm^2 が得られ、本定着法は疲労を考慮する必要がある構造物への適用が可能であることが立証された。

謝辞：本研究の動的実験の実施にあたり、日本国有鉄道 構造物設計事務所 宮崎修輔主任技師の御指導をいただきました。ここに深く感謝の意を表します。

表3 実験結果一覧表

試験体名	コンクリート強度 f_c (kg/cm 2)	梁曲げ耐力発生荷重 (t)		柱曲げ耐力発生荷重 (t)		梁せん断耐力発生荷重 (t)		接合部せん断耐力発生荷重 (t)		梁主筋引張降伏荷重 (t)		最大荷重 (t)
		exp.	cal.	exp.	cal.	exp.	cal.	exp.	cal.	exp.	cal.	
S-A	210	5.7	7.9	10.7	14.2	23.4	24.3	20.7	20.2	29.7	28.4	33.7
S-B	188	8.7	7.9	14.7	13.4	23.4	23.5	20.7	19.6	27.8	28.2	29.1
S-C	264	7.7	7.9	10.7	15.9	26.7	26.1	23.5	21.8	32.4	30.6	34.0

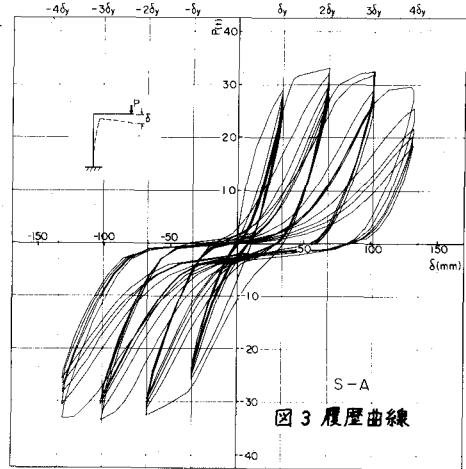


図3 履歴曲線

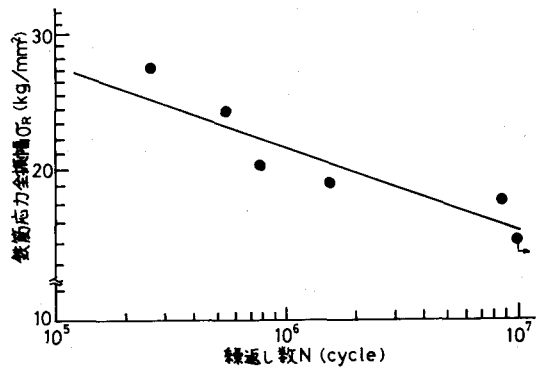


図4 S-N線図