

1. はじめに

本研究は、プラトルージョン法により板状に加工された炭素繊維プレート（以下、プレートと示す）を緊張・定着することにより補強されたRCはりに曲げ疲労载荷を実施し、補強された部材の疲労強度やプレートの付着・定着特性に与える繰返し荷重の影響等について実験検討を行った。

2. 実験概要

表 1 に供試体名称および実験要因を、表 2 にプレートの力学的特性を示す。図 1 に供試体の概要を示す。供試体の寸法は 400×200×3000mm である。プレート緊張に用いた定着具を供試体に固

定するために、支点近傍には幅 90mm、深さ 40mm、長さ 270mm の切り欠きを設けた。定着具および中間定着具は、供試体に予め設置した埋込み金具にアンカーボルトで固定した。プレストレスの導入は本実験用に開発した緊張装置で行い、プレートはエポキシ樹脂系接着剤でコンクリートに接着した。実験に用いたRCはりは、補強前に荷重履歴を受けていないはり（健全はり：TypeN）と、引張鉄筋が降伏するまで曲げ载荷してひび割れを導入したはり（損傷はり：TypeD）の 2 種類とした。シリーズ I の健全はりでプレートを接着補強した I-N-00 供試体以外は、プレートの目標緊張力をプレート保証耐力の 50%として、中間定着具を設置した。载荷条件は支点間距離 2860mm、曲げスパン 300mm、せん断スパン有効高さ比 (a/d)8.31 の対称 2 点集中载荷とした。疲労試験の繰返し载荷速度は 0.5～4Hz とし、正弦波による部分片振り繰返し载荷とした。図 2 にシリーズ I の载荷パターンを示す。シリーズ I では、ひび割れの発生を確認した後、初期上限荷重(26kN)まで静的载荷を行い、上限荷重到達後、下限荷重を 11kN として 200 万回繰返し载荷を行った。その後、上限荷重を 9.8kN ずつ増加して順次 20 万回の繰返し载荷を供試体が破壊するまで行った。シリーズ II の上限荷重は、N-50P 供試体の静的曲げ耐力(126kN)に対する比率が、それぞれ 70、60、50%となるように決定した。下限荷重はシリーズ I と同じ 11kN(8.7%)とした。

表 3 に実験結果を示す。すべての供試体において、プレートは疲労破断しなかった。

シリーズ I B 活荷重に相当する上限荷重 (26.0kN) を 200 万回繰返し载荷しても、プレート補強した RC

表 1 実験要因

シリーズ	供試体名称	ひび割れ導入	補強方法		疲労载荷条件	
			目標緊張量 (kN)	中間定着具	上限荷重 (kN)	下限荷重 (kN)
I	I-N-00	無	11.4 [5%]	無	26.0～85.1	11.0 (8.7%)
	I-D-50P	有	116.8 [50%]	有	(9.8kN ずつ増加)	
II	II-N-50P-70	無	116.8 [50%]	有	88.2 (70%)	11.0 (8.7%)
	II-N-50P-60				75.6 (60%)	
	II-N-50P-50				63.0 (50%)	

[] : プレートの目標緊張力と保証耐力の比率
() : (上限荷重/N-50P供試体の静的曲げ耐力: 126 kN)

表 2 プレートの力学的特性

設計幅 (mm)	50
設計厚 (mm)	2
保証耐力 (kN)	234
弾性係数 (kN/mm ²)	150
破断ひずみ (μ)	15600

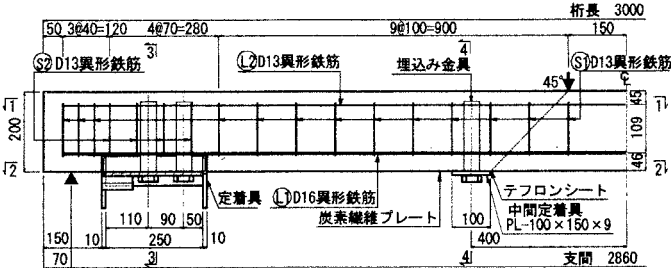


図 1 供試体寸法および補強条件

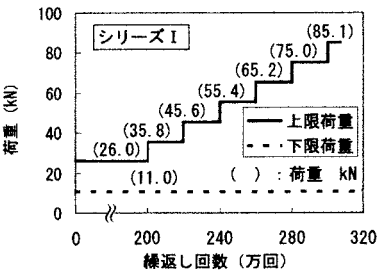


図 2 载荷パターン（シリーズ I）

3. 実験結果および考察

表 3 に実験結果を示す。すべての供試体において、プレートは疲労破断しなかった。

シリーズ I B 活荷重に相当する上限荷重 (26.0kN) を 200 万回繰返し载荷しても、プレート補強した RC

はりは、補強前の損傷程度およびプレート緊張

力に関わらず、疲労に対して十分な安全性を有していた。I-N-00 供試体は、上限荷重 75.0kN

の载荷中に破壊し、破壊時の累積繰返し回数は約 289 万回であった。破壊モードは、引張鉄筋

の疲労破断であり、プレートの剥離は観察されなかった。I-D-50P 供試体では、上限荷重

85.1kNの载荷中に累積繰返し回数約 307 万回で破壊に至り、疲労寿命は I-N-00 供試体より大きかった。破壊モード

はプレートの剥離であり、剥離後の繰返し载荷により、引張鉄筋が疲労破断して最終的な破壊に至った。図 3 にひび割れ幅と繰返し回数の関係を示す。I-D-50P 供試体は、B 活荷重相当の初期上限荷重の载荷中においても、最大ひび割れ幅は増加しなかった。プレートの有効緊張力が大きい場合は、優れたひび割れ抑制効果を発揮することが確認された。

シリーズⅡ II-N-50P-70 および II-N-50P-60 供試体の疲労寿命はそれぞれ 19 万回および 65 万回であった。破壊モードはプレートの剥離であった。破壊近傍ではプレートが剥離したことを示す爆音が生じた。その後の繰返し载荷により引張鉄筋が疲労破断し、供試体は最終的な破壊に至った。これに対し、上限荷重が比較的小さい II-N-50P-50 供試体は、200 万回の繰返し载荷を終えても疲労破壊しなかった。図 4 に S-N 曲線とその回帰式を示す。図には「コンクリート標準示方書」

2)に規定されている引張鉄筋の S-N 曲線も示す。縦軸の S_r および S_{min} は、それぞれ荷重振幅と静的曲げ耐力との比および下限荷重と静的曲げ耐力との比である。全ての供試体の破壊モードをプレート剥離と仮定し、S-N 曲線の回帰式を、各供試体の S_r および S_{min} と繰返し回数に基づいてプロットした点を最小二乗法で回帰して求めた。その結果、S-N 曲線の回帰式とプロットした点（実験値）には高い相関関係が認められた。したがって、本研究の範囲においては、この回帰式を用いてプレート補強した RC はりのプレート剥離疲労強度を求めることができると考えられる。一方、各供試体の疲労寿命と引張鉄筋の疲労寿命を比較すると、 $S_r/(1-S_{min})$ が 0.50 以上の場合、鉄筋の疲労寿命の方が幾分小さくなった。これは試験結果と異なるものであり、示方書に規定されている式が疲労寿命を安全側に与えているためである。したがって、プレート補強した RC 部材の曲げ疲労破壊は、構成材料である鉄筋の疲労性状に基づいて推定すると同時に、繰返し载荷に伴うプレートの剥離性状に基づいて推定する必要があると考えられる。本実験において、プレート補強した RC はりの 200 万回疲労強度は静的曲げ耐力の 50% 程度であり破壊モードはプレート剥離であった。

4. 結論

- (1) TL-20 荷重に対して設計された RC はりをプレート補強することにより、B 活荷重相当の繰返し荷重が作用しても、補強前のはりの損傷度およびプレート緊張力に関わらず、十分な耐疲労性能が得られた。
- (2) プレート補強した RC 部材の曲げ疲労破壊は、鉄筋の疲労性状と繰返し载荷に伴うプレートの剥離性状に基づいて推定することが必要である。

参考文献

- 1) 濱田譲、阪上徳行、高木宣章、児島孝之：緊張した連続繊維プレートで補強した RC はりの曲げ特性に関する研究、セメントコンクリート論文集、No54、セメント協会、pp446-453、2001.2
- 2) 土木学会：平成 8 年制定コンクリート標準示方書[設計編]、pp17-44、1996

表 3 実験結果

供試体名	有効緊張力比 (%)	上限荷重 (kN)	下限荷重 (kN)	静的曲げ耐力 (kN)	繰返し回数	破壊モード ^{*)}	
I-N-00	15	75.0	11.0	86	91.4	92461 ^{*)3}	B
I-D-50P	50	85.1		126	123.6	67024 ^{*)3}	P→B
II-N-50P-70	53	88.2		126	125.4	192581	P→B
II-N-50P-60	51	75.6			124.2	647417	P→B
II-N-50P-50	49	63.0			123.0	2000000 ^{*)4}	—

注) 有効緊張力比はプレートの有効緊張力と保証耐力の比率
I-N-00およびI-D-50Pにおいては破壊時における上限荷重と繰返し回数を示す。

*1: 参考文献 1)

*2: 各供試体の有効緊張力比を考慮して、断面分割法の用いて算定した曲げ耐力

*3: I-N-00は累積繰返し回数2892461回、I-D-50Pは3067024回

*4: 200万回で繰返し载荷終了 *5: Pはプレート剥離、Bは鉄筋破断

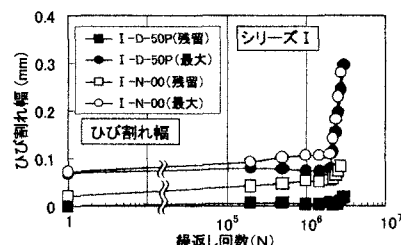


図 3 ひび割れ幅と繰返し回数の関係 (シリーズⅠ)

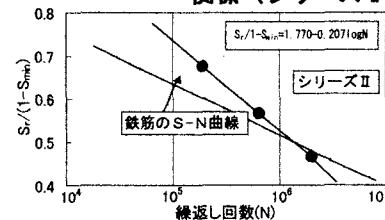


図 4 S-N 線図 (シリーズⅡ)