

CFRP板で補強したRCはりの疲労性状

鳥取大学 正員 西林 新蔵

鳥取大学 学員 ○難波 勝彦

鳥取大学 正員 井上 正一

(株) ショーボンド 小俣富士夫

(株) フジタ

井上 祥一

1. まえがき

近年コンクリート構造物の補強法として鋼板接着工法が広く用いられているが、厳しい腐食環境下では鋼板が腐食して機能寿命の低下を引き起こす可能性がある。そこで、本研究では、鋼板の代わりに腐食しないCFRP板を接着したRCはりの静的および疲労試験を行い、強度と変形特性を中心に検討した結果を述べる。

2. 実験概要

使用材料の機械的性質を表-1に、はり供試体の断面形状を図-1に示す。はり供試体は主鉄筋量 $A_s = 2D16 = 3.97 \text{ cm}^2$ としたRCはり、このRCはり下面にCFRP板を接着したはり

(CFRPはり)で、載荷は全てスパン 150 cm の 3 等分点載荷として、静的、疲労の両試験を行った。なお、静的試験は、主鉄筋降伏までは、0.5tf ずつ荷重を増加させる荷重制御を、主鉄筋降伏後はスパン中央たわみを 1/100 mm ずつ増加させるたわみ制御によって行った。一方、疲労試験は繰返し載荷速度 5 Hz で行い、上限荷重比 P_u は疲労試験に先立って行った同一はりの静的終局耐力の平均値 $P_u = 16.6 \text{ tf}$ に対する百分率で、70, 65, 60 %, 26 % (主鉄筋応力 $\sigma_s = 1200 \text{ kgf/cm}^2$ に相当) の 4 水準を選定し、下限荷重比は全て P_u の 10 % とした。なお、疲労試験においては、所定の繰返し回数ごとにコンクリートや主鉄筋、CFRP 板のひずみとたわみを測定した。

3. 結果と考察

3.1 静的試験結果

3.1.1 破壊様式 RC はりは 2 本とも曲げ引張り破壊を、CFRP はりのそれは CFRP 板の剥離によって急激な耐力低下をきたして破壊に至った。

3.1.2 ひずみ分布 図-2、3に、それぞれ、RC、CFRP はりの曲げスパン内横断面のひずみ分布を示す。RC はりのひずみ分布はほぼ線形であるのに対して、CFRP はりのそれはモーメントの増加に伴って曲線形となり、CFRP 板による引張り域の変形抑制の様相が現れている。

3.1.3 荷重-たわみ関係 図-4に、荷重とスパン中央たわみとの関係を示す。CFRP はりの最大耐力時のスパン中央たわみはRC はりのにおける 30 mm の 1/3 程度となり、降伏たわみも明確でないが、許容たわみ $\delta_s = 3 \text{ mm}$ ($=S/500$: S :スパン長 150 cm) とすると、それに相応する CFRP はりの荷重は 7.8 tf で、RC はりのそれより 1.7 tf 程度大きくなっている。

3.1.4 最大曲げひびわれ幅 表-2にRC はりと CFRP はりの最大と平均のひびわれ間隔 (l_{max} , l_{ave})

表-1 使用材料の機械的性質

コンクリート		鉄筋(D16)強度		CFRP 板 (2.3x125x1400mm)		
圧縮強度	弾性係数	降伏点	引張	比重	弾性係数	引張強度
623	$3.68 \cdot 10^6$	3855	5420	1.51	$6.5 \cdot 10^6$	5800

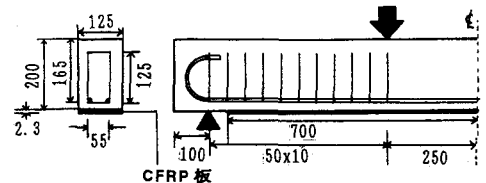
強度、弾性係数の単位は kgf/cm^2 

図-1 断面形状

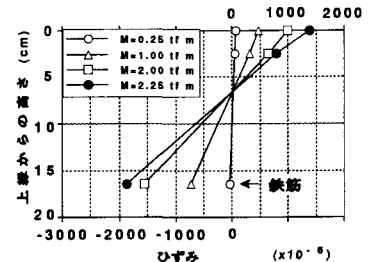


図-2 RC はりの横断面ひずみ分布

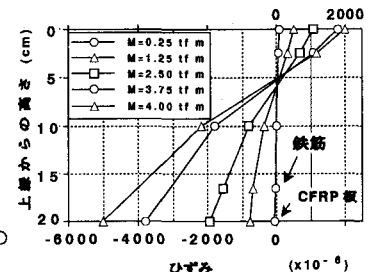


図-3 CFRP はりの横断面ひずみ分布

の実験値を示す。CFRP はりの l_{max} 、 l_{ave} は、それぞれ 8.6 cm と 6.4 cm 程度で、RC はりのそれらよりも小さくなっており、CFRP 板を接着することによってひびわれ分散性がよくなっていることがわかる。

図-5 に、荷重と最大曲げひびわれ幅 (W_{max}) との関係を示す。同一荷重作用時における CFRP はりの W_{max} は、RC はりのそれより極めて小さいこと、許容最大曲げひびわれ幅を 0.1 mm と規定した場合の荷重は、CFRP はりで 7.8 tf、RC はりで 6.1 tf となり、CFRP 板の接着はひびわれ幅制御に極めて有効であることがわかる。

3.2 疲労試験結果

3.2.1 破壊様式 荷重回数 200 万回以内で破壊した CFRP はりの疲労破壊様式は、静的試験と同様の CFRP 板の剥離による破壊であった。なお、上限荷重比の大小为破壊様式に及ぼす影響は、 $P_s=65$ 、60% においては、曲げスパン内から、 $P_s=70\%$ では CFRP 板端部から、CFRP 板が剥離することである。

3.2.2 $P(N)-N$ と $P_s-\bar{N}$ 線式 図-6 は、各荷重比ごとの疲労寿命 N と、式 (1) より算定される生存確率 $P(N)$ との関係を対数正規確率紙上にプロットしたものである。

$$P(N) = 1 - r / (L + 1), \quad t = \Phi^{-1}(P(N)) \quad (1)$$

ここに、 r は供試体総数 L の疲労寿命 N を小さい順に並べたときの序数で、 t は標準正規変量である。

図より、プロット点はほぼ直線上にあり、各荷重比における疲労寿命の分布は対数正規分布に従うといえる。このとき、 $P(N)=0.5$ ($t=0$) に相応する N の値が平均疲労寿命 $\bar{N}$ を表す。図-7 は、CFRP はりの $P_s-\bar{N}$ 関係を示したもので、参考のため、コンクリート圧潰型の破壊をした RC はり (D25-400) と、主鉄筋破断型の疲労破壊をした RC はり (D19-400) に対する $P_s-\bar{N}$ 線式も併記している¹⁾。CFRP はりの 200 万回疲労強度は $P_s=57\%$ となり、主鉄筋破断とコンクリート圧潰型の疲労破壊を示したはりの疲労強度の中間の値を示す。

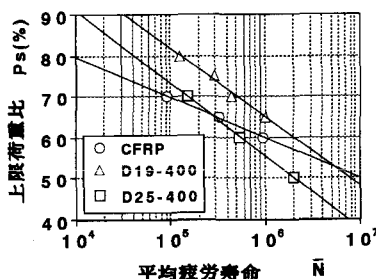


図-7 $P_s-\bar{N}$ 線図

3.2.3 繰返し荷重下のたわみ 図-8 にスパン中央たわみと載荷回数との関係を示す。上・下限荷重作用時のたわみは、いずれも載荷回数の増加に伴い増大していることがわかる。

参考文献 1) 西林、井上、大谷：水中における鉄筋コンクリートはりの疲労寿命に関する研究、土木学会第 41 回年次学術講演会講演概要集、第 5 部、pp. 311-312、1986。

表-2 最大と平均曲げひびわれ間隔 (l_{max} , l_{ave})

はりの種類	l_{max} (cm)	l_{ave} (cm)
RC はり	13.3	9.7
CFRP はり	8.6	6.4

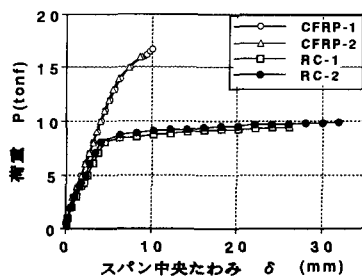


図-4 荷重-スパン中央たわみ 関係

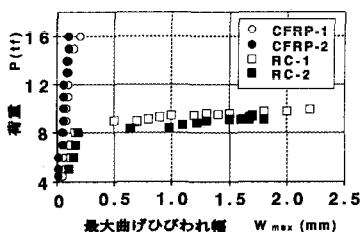


図-5 荷重-最大曲げひびわれ幅関係

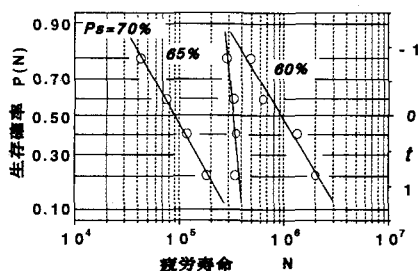


図-6 $P(N)-N$ 線図

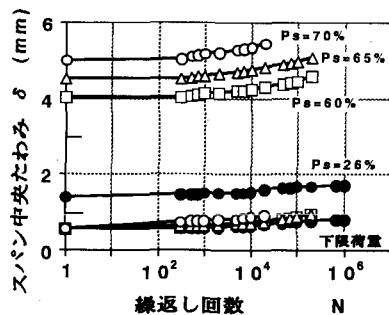


図-8 スパン中央たわみ-繰返し回数関係