

(V-23) FRPで補強したCPCはりの曲げ性状

群馬大学 大学院 学生会員 斎藤 等
 群馬大学 工学部 正 会 員 辻 幸和
 群馬大学 工学部 中島 規道

1. まえがき

近年、鉄筋に代わる補強材として、腐食を起こさない繊維補強プラスチック（FRP）が注目されているが、FRPは鉄筋と比較して弾性係数が小さいことから、FRPで補強したはり（以下FRPはりと呼ぶ）のたわみやひびわれ幅はRCはりより大きくなり、せん断耐力も低下する。本研究は、FRPはりの曲げ性状の改善を目的として、膨張材によりケミカルプレストレスを与えたCPCはりの、曲げ強度試験を行った結果を報告するものである。

2. 供試体および実験方法

使用したFRPは3種類で、ガラス繊維(G)、炭素繊維(C)、両者を併用したもの(CG)を、ビニルエステル樹脂で被覆し、10cmピッチの格子状に成形したものである。なお、比較のためのRCはりにはD10の鉄筋を用いた。それらの力学的特性を表-1に示す。

セメントは普通ポルトランドセメント、骨材は群馬県波良瀬川産の川砂（比重=2.61, F.M.=2.77, 吸水率=2.81%）と川砂利（比重=2.62, F.M.=6.79, 吸水率=1.23%）をそれぞれ用いた。配合は、W/Cを60%、単位水量を168kg/m³、細骨材率を45%、スランプを5cm、空気量を4%とした。供試体は材令21日まで水中養生、その後曲げ強度試験の材令28日まで気中放置とした。その間、同バッチで打ち込んだA法一軸拘束器具の膨張ひずみと、コンクリートの膨張により補強材に生じた引張ひずみを測定した。

供試体は、幅が15cmで高さが15cmの矩形断面で、引張縁から25mmの位置に2本、圧縮縁から25mmの位置に1本それぞれ補強材を配置した（図-1参照）。4種類の補強材に対して、単位膨張材量を1m³あたり30kg、45kgに変えた合計8体について曲げ強度試験を行い、補強材のひずみ、たわみ、曲げひびわれ幅等を測定した。曲げひびわれ幅は、供試体側面の引張補強材の重心位置にパイゲージを取り付けて測定した。なお、膨張材の効果を計る基準となるはりは、他の実験で用いた補強材を引張側のみに配置した普通コンクリートのはりを採用した。

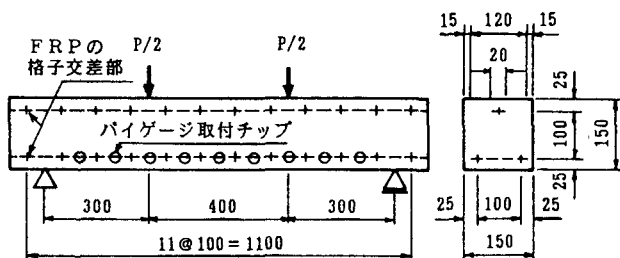


図-1 断面諸元と載荷方法

表-1 各補強材の力学的特性

補強材の種類	繊維の種類	繊維束の本数(本)	繊維含有率(%)	見かけの断面積 (mm ²)			引張耐力 (kgf/本)	引張強度、降伏点強度 (kgf/cm ²)	弾性係数 (kgf/cm ²)	引張剛性 (kgf)
				繊維束	樹脂	総断面				
FRP	G	36	37	31.5	53.6	85.1	4880	5730	0.295×10 ⁶	0.250×10 ⁶
	CG	C=9, G=36	C=4, G=30	35.6	69.1	104.7	4960	4740	0.334×10 ⁶	0.348×10 ⁶
	C	32	26	14.6	41.6	56.2	4290	7630	0.673×10 ⁶	0.381×10 ⁶
鉄筋	(SD35 D10)			—	—	71.3	3820	3770	1.86×10 ⁶	1.33×10 ⁶

はり供試体の膨張量の計算方法については、仕事量の概念に基づく簡便な方法が提案されている。本研究では、膨張ひずみの計算にこの方法を採用した。水中養生が終了する材令21日における、はり供試体の膨張量の計算値と実測値を、表-2に示す。RCはりの場合、鉄筋量の少ない圧縮側の方が、引張側より膨張量は大きい。しかしFRPはりの場合、圧縮側の膨張量は引張側より小さく、計算値との誤差は大きくなっている。圧縮側は補強材を1本だけ用いており、FRPはりでは格子交差部の突起の長さが十分でなかったため、コンクリートと補強材の間に滑りが生じたものと思われる。

表-2 材令21日のはり供試体の膨張量
(単位膨張材量45kg/m³)

補強材	A法膨張量(μ)	圧縮補強材(μ)		引張補強材(μ)	
		計算値	実測値	計算値	実測値
G	180	579	192	371	283
CG	180	487	185	319	243
C	353	911	438	601	527
鉄筋	353	489	360	319	280

4. 引張補強材のひずみ

曲げ強度試験時における引張補強材のひずみと荷重の関係を図-2に示す。ケミカルプレストレスの効果により、同一荷重でのひずみは基準のはりより減少している。また、図中には材令28日における補強材の初期引張ひずみを示した。一般に使用状態における引張補強材のひずみの減少量は、膨張により生じた初期引張ひずみと等しいとされている。しかしながら、図中における減少量は、引張補強材の初期引張ひずみを大きく上回っており、従来の理論との違いが認められた。なおRCはりでは、初期引張ひずみとほぼ等しい分だけ減少した。

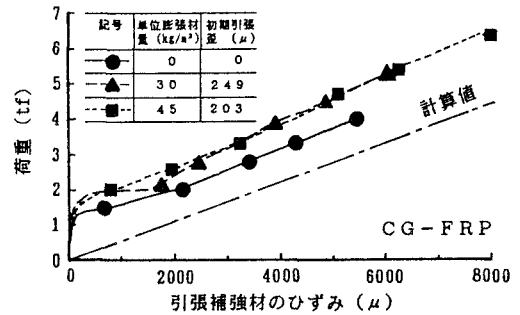


図-2 引張補強材のひずみ

5. 曲げひびわれ幅

引張補強材のひずみと同様に、同一荷重における曲げひびわれ幅は減少している(図-3参照)。その減少量は、引張補強材のひずみの減少量にほぼ見合った量であると思われるが、データのばらつきにより明確には断言できない。

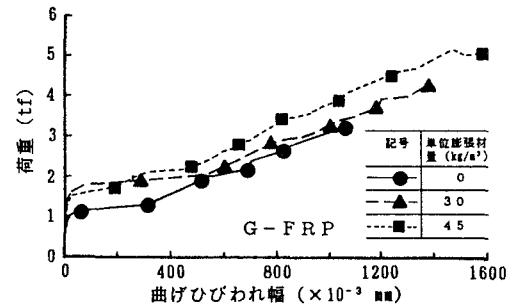


図-3 平均曲げひびわれ幅

6. たわみ

はり中央のたわみと荷重の関係を、図-4に示す。たわみにおいてもケミカルプレストレスの効果は現れており、曲げひびわれ発生後においてははりの剛性が上昇していることが認められる。図中には、引張側のコンクリートを無視した、基準のはりの計算値も示した。膨張材の使用により、はりの剛性は向上していることがわかる。

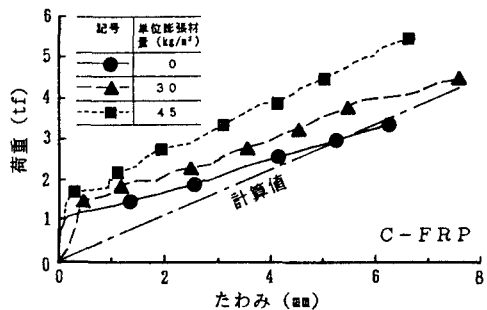


図-4 はり中央のたわみ

7. まとめ

FRPで補強したはりについても、膨張材を用いてケミカルプレストレスを導入することにより、はりの曲げ性状が改善されることが、実験により確かめられた。