

V-265

FRPを補強材として用いたCPCはりのせん断性状

群馬大学 大学院 学生会員 中島規道
 群馬大学 工学部 正会員 辻 幸和
 埼玉県松伏町役場 斎藤 等

1. まえがき

繊維強化プラスチック(FRP)は、その耐食性の高さから鉄筋に代わる補強材として関心を集めているが、鉄筋と比較して弾性係数が小さいことから、FRPで補強したはりのたわみや曲げひびわれ幅が、RCはりより大きくなるとともに、せん断耐力も低下する。本研究は、FRPはりのせん断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. 供試体及び実験方法

FRPは、ガラス繊維(G)、炭素繊維(C)、両者を併用したもの(CG)の3種類で、それぞれ繊維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を使用した。また、比較のための鉄筋はD10を使用した。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、骨材は群馬県渡良瀬川産の川砂(比重=2.61, F.M.=2.77, 吸水率=2.81%)と、川砂利(比重=2.62, F.M.=6.29, 吸水率=1.23%)をそれぞれ使用した。配合は水結合材比を60%, 単位膨張材料を30および45kg/m³, 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、幅が15cm, 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。養生は材令21日まで水中養生とした。その後気中放置し、材令28日で曲げ強度試験を行った。その間、同バッチで打ち込んだA法一軸拘束体の膨張ひずみと、各供試体の補強材に生じた膨張ひずみを測定した。曲げ強度試験においては補強材のひずみ、たわみ、曲げひびわれ幅を測定した。ひびわれ幅は、供試体側面の引張補強材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、他の実験で用いた引張側にのみ補強材を配置した普通コンクリートのはりを採用した。

3. 引張補強材のひずみ

引張補強材のひずみと荷重との関係の例を図-2に示す。ガラス繊維を用いた場合であるが、RCはりと同様に膨張材を用いて補強材にあらかじめ引張ひずみを与えたはりは、同一外力モーメントに対応する引張ひずみの増加分が小さくなることが確かめられた。しかしながら、その減少程度は、初期引張ひずみに比べて大きくなっており、この点はRCはりとは異なる。

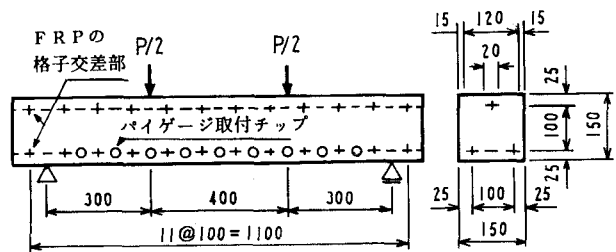


図-1 断面諸元と載荷方法

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E _f (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

表-2 セン断破壊荷重と斜めひびわれ発生荷重

補強材・ ()内は単位膨張材 量 kg/m ³	圧縮 強度 kgf/ cm ²	引張補 強材初 期引張 ひずみ μ	引張縁 ケミカル プレス レス kgf/cm ²	斜めひ びわれ 発生 荷重 tf	破壊 荷重 tf	せん断応力度 kgf/cm ² ()内E _f 考慮					曲げ引張 破壊荷重 の計算値 tf
						実測値	計算値 ① 軸力考慮 せず	計算値 ② 軸力考慮・ 曲げ引張基準	計算値 ③ 軸力考慮・ せん断基準 1	計算値 ④ 軸力考慮・ せん断基準 2	
G (0)	272	0	0.0	3.2	3.2	8.5	8.5 (4.8)	—	—	—	7.2
G (30)	393	211	1.98	3.9	4.3	11.5	9.6 (5.2)	9.7 (5.2)	9.8 (5.3)	9.9 (5.4)	7.5
G (45)	313	283	2.14	4.6	5.2	13.9	8.9 (4.8)	9.0 (4.9)	9.1 (4.9)	9.3 (5.0)	7.3
CG (0)	272	0	0.0	4.0	4.0	10.7	9.1 (5.1)	—	—	—	7.3
CG (30)	397	297	1.38	5.3	5.3	14.1	10.3 (5.8)	10.4 (5.9)	10.5 (5.9)	10.6 (6.0)	7.6
CG (45)	313	243	2.55	5.2	6.4	17.1	9.5 (5.4)	9.6 (5.4)	9.7 (5.5)	9.9 (5.6)	7.4
C (0)	272	0	0.0	3.4	3.8	10.1	7.4 (5.3)	—	—	—	6.4
C (30)	367	77	0.24	4.0	4.5	12.0	8.1 (5.8)	8.2 (5.8)	8.2 (5.8)	8.2 (5.8)	6.6
C (45)	348	527	4.60	5.5	5.5	14.7	8.0 (5.7)	8.2 (5.9)	8.5 (6.0)	8.7 (6.2)	6.8
鉄筋 (0)	283	0	0.0	—	※ 5.1	13.6	8.1	—	—	—	4.2
鉄筋 (30)	367	80	0.23	—	※ 6.0	16.0	8.8	8.9	8.9	8.9	4.3
鉄筋 (45)	348	280	9.70	—	※ 6.6	17.6	8.7	9.4	9.6	9.6	4.3

※：曲げ引張破壊

ケミカルプレストレスの導入により、引張ひずみの増加分が小さくなることから、CPCはりの曲げひびわれ幅およびたわみも減少した。

4. セン断性状

せん断破壊荷重と斜めひびわれ発生荷重を表-2に示す。ケミカルプレストレスの導入により、いずれの荷重も増加している。これはケミカルプレストレスによりひびわれ幅が減少して骨材のかみ合わせが向上したこと、せん断力を負担するコンクリートの圧縮部分が増加したことが原因と思われる。なお、RCはりにおいては、破壊時まで斜めひびわれは発生しなかった。

破壊時におけるせん断応力度の実測値と計算値を表-2に示す。計算には土木学会コンクリート標準示方書の式を用い、FRPの弾性係数 E_f を考慮した場合、ケミカルプレストレスによる軸力を考慮した場合の計算値についても示している。軸力を考慮し曲げ引張破壊モーメントを基準とした計算値が②である。実測値に比べ、計算値では軸力を考慮したことによる応力度の増加は小さい。

また、FRPはりの破壊形式よりせん断破壊モーメントを基準とすべきであると思われる。このため①の値から求めたモーメントを基準とした計算値が③である。さらに弾性係数の違いによる影響を考慮した①の値から求めた計算値が④である。その結果、若干ではあるが実測値との適合性は向上した。表中GおよびCGの膨張材量45kg/m³の計算値が30kg/m³の計算値に対して小さくなっているが、これは45kg/m³の圧縮強度が小さかったことが計算値に表れたものである。

5. 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、せん断性状を改善できることが確かめられた。その効果は、コンクリート標準示方書で示されているせん断耐力式において補強材の弾性係数の相違を考慮して得られる増加分よりも大きくなった。

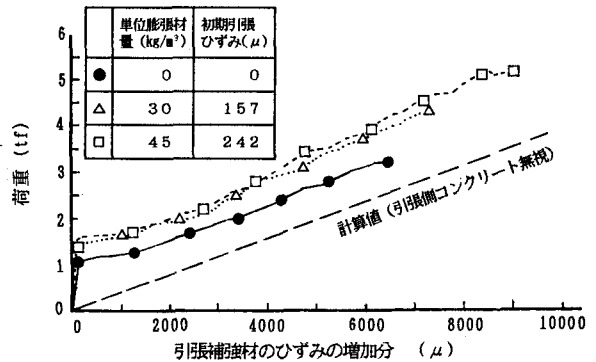


図-2 引張補強材のひずみと荷重との関係 (G-FRP)