

(60) CFRP表面張付によるRC梁のせん断補強

極東工業㈱ ○岡田 繁之
 極東工業㈱ 正会員 川内 康雄
 広島工業大学 米倉 亜州夫
 ㈱さとうベネック 正会員 財津 公明

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の寿命は、建設当時では予想できなかった施工方法や材料の欠陥、あるいは社会情勢や自然環境の変化によって、急激に耐久性が失われ全体的に著しく短くなっている。そこで構造物の耐久性を向上させるため、随時設計法の改定が行われ新設構造物に適用されている。

このように、新設構造物については十分な耐久性を持ったものが構築できるものの、既存の構造物については補修および補強対策が必要となっている。加えて、阪神淡路大震災のように、設計時には予想もなかった規模の地震にも見舞われ、従来の耐震設計ではせん断耐力がかなり不足していることが判明し、同規模の地震が発生した場合、各所に脆性的なせん断破壊が起る可能性があることがわかった。現在では、その対策として鋼板接着や炭素繊維シート接着工法などが開発されている。そのなかで炭素繊維は、軽量性や高強度性など優れた性能を多く有していることから、近年特に注目を集めている。

今回は、せん断補強として炭素繊維を格子状に成形したCFRPグリッドをRC梁の側面に取付け、特殊ポリマーセメントモルタルの機械吹付けによる増厚工法で一体化することを考案した。この工法は、施工性や経済性に優れしかも高品質といった特長があり、補強効果が確認されれば、せん断補強工法として十分活用があると考えられる。

ここでは、上記工法およびCFRPシート接着工法によりせん断補強したRC梁の静的載荷実験を行い補強効果を比較検討した。

2. 実験概要

2.1 供試体の種類および材料性状

実験にあたり、まずRC梁を12体製作し、10体にはせん断補強として「CFRPグリッド+吹付け特殊ポリマーセメントモルタル」、「CFRPシート+エポキシ系接着剤」の組み合わせのいずれかの補強工法を施した。また1体は、吹付け特殊ポリマーセメントモルタルのみで増厚した。この供試体について静的載荷試験を行い、梁の変形状、曲げおよびせん断ひびわれ発生状況、CFRPおよびスターループ鉄筋のひずみ性状、終局耐力について測定を行い、その結果について考察を行った。

表-1 供試体の種類

Name	CFRP		接着材料		
	形状	貼付位置			
RC	無し	側面	特殊ポリマーモルタル吹付		
RC-PM					
CR6-PM-8	格子(厚) CR6				
CR6-PM-16					
CR6-PM-24					
CR3-PM-8	格子(薄) CR3				
CR3-PM-16					
CR3-PM-24					
CFS-RIB-S	シート CFS			側面+	アクリル
CFS-EPO-S					エポキシ
CFS-RIB-SU		底面	アクリル		
CFS-EPO-SU			エポキシ		

注) 8、16、24はアンカー本数

上記10体に補強工法を施す際に、「CFRPグリッド」の場合、その効果に影響を与える因子として、CFRPグリッドの断面積、終局時における補強層の剥離防止用アンカーの本数を変化させた。「CFRPシート」の場合、因子として、接着樹脂の種類、シートの貼付け位置を変化させた。製作した供試体の種類を表-1に、CFRPグリッドの材料特性を表-2、吹付け特殊ポリマーモルタルの材料特性を表-3に示す。

表-2 CFRPグリッドの材料特性

種類	CR3	CR6
補強繊維	炭素繊維	
含浸樹脂	ビニルエステル	
比重	1.42	
引張強度 (N/mm ²)	1177	
引張弾性係数 (N/mm ²)	9.81	
断面積 (mm ²)	4.4	17.5
最大荷重 (N)	5.10	20.6
標準重量 (g/m)	6.3	25

表-3 吹付け特殊ポリマーモルタルの材料特性

種類	特性値	単位
材齢	13	日
圧縮強度	28.6	N/mm ²
曲げ強度	7.2	N/mm ²
引張強度	2.3	N/mm ²
付着強度	2.3	N/mm ²
引張弾性係数	23.2×10 ⁴	N/mm ²

2.2 試験装置および荷重方法

荷重装置と荷重方法は、図-1に示すように、スパン1800mmの2点荷重とした。荷重は、単調荷重で破壊にいたるまで荷重した。この時の配筋図・補強図・ゲージ位置図は、図-2に示す。

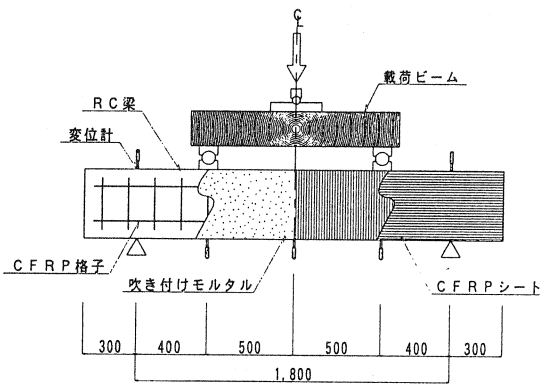


図-1 供試体の荷重方法

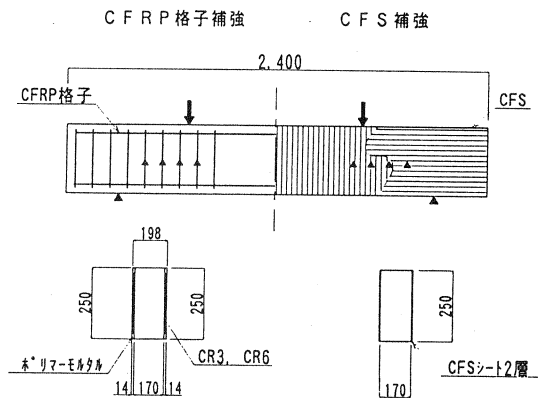


図-2 配筋図・補強図・ゲージ位置図

3. 実験結果

3.1 補強効果

各供試体のひびわれ発生荷重、終局耐力およびRC供試体からの補強効果を図-3に示す。これより、CFRPグリッドによって補強したRC梁は、そのCFRPグリッドの種類によらず、終局耐力が3割程度大きくなっていることがわかる。

特に、図中の○で囲まれている部分に注目した場合、終局耐力の増大分よりはるかに大きい割合で、曲げおよび斜めひびわれ発生荷重の増大分の割合が大きい。これが、今回のCFRPグリッドによるせん断補強効果に見られる大きな特徴である。つまり、終局耐力で示される補強耐力より、実際の補強効果が高いといえる。

3.2 終局状態における単位CFRP総体積あたりの補強効果

炭素繊維量と樹脂量の和をCFRP総体積で表した場合、グリッド、シートによる各補強供試体において、終局状態における補強効果は、表-4のようになる。この表中においてそれぞれの供試体における増加耐力の基準となる供試体は、カーボンシート補強供試体の場合が無補強RC供試体、カーボングリッド補強供試体(CR3, CR6)がRC-PM供試体である。つまり、表中のCFRPグリッド補強の増加耐力には、吹付け特殊ポリマーモルタルによる耐力の増大分は含まれていない。よって、補強材の相違による補強効果を比較することができる。

このCFRP総体積量に対する増加耐力の割合を、補強効率と考えた場合、図-4のようになる。この図においては、グラフの傾きが大きいほどCFRP使用量に対する補強効率が良いこととなる。

3.3 たわみ抑制効果

図-5にCFRPの形状別の支間中央の荷重-たわみ曲線を示す。これよりCFRPグリッド補強供試体およびRC-PM供試体との間に大きな傾きの差は見られないが、無補強供試体と比較した場合には、その傾きが約20%程度大きくなっている。しかし、終局たわみの増大作用は、RC-PM供試体とCFRPグリッド補強供試体を比較した場合、CR3については9%、CR6については34%となっている。またCFRPシート補強供試体については、無補強供試体と比較して7%程度大きくなっている。

3.4 スターラップ降伏荷重の計算値と実測値の比較

コンクリート標準示方書におけるせん断耐力の算定式において、せん断耐力 V_y はスターラップ降伏時の荷重である。また、 V_c は斜めひびわ

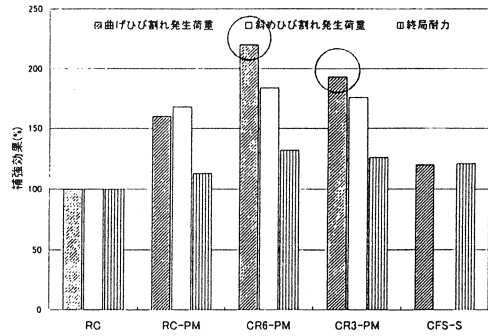


図-3 耐力および補強効果

表-4 CFRP総体積当りの補強効果

CFS	I*キ アクリル	CFRP+	CFRP	無補強供試体	補強供試体	増加耐力	単位補強
		樹脂の厚さ (mm)	総体積 (cm ³)	の終局耐力 (kN)	の終局耐力 (kN)	(kN)	効果 (kN/cm ³)
	I*キ	1.28×2= 2.56	3072	450	538	88	0.03
	アクリル	0.67×2= 1.34	1608	450	557	107	0.07
CR3		1.10	95	510	537	27	0.3
CR6		4.00	380	510	563	53	0.1

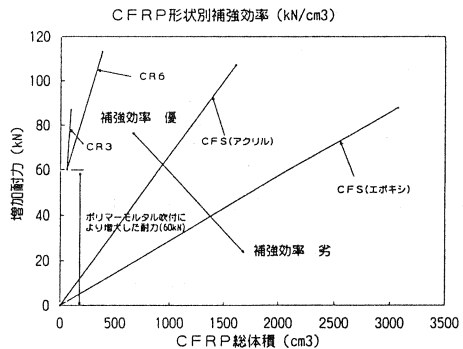


図-4 CFRP形状別補強効果

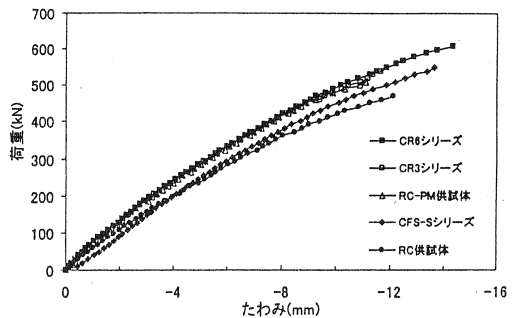


図-5 支間中央部 荷重-たわみ曲線

れ発生荷重、 V_c' はポリマーモルタルによる増
 V_s はスターラップによる増分、 V_s' はC
FRPグリッドを鉄筋換算したものの増分であ
る。この計算結果を表-7に示す。また、()
内の値は実測値である。

表-7 計算値と実測値の比較 (kN)

	V_c	V_c' <small>(RC+PMによる増分)</small>	V_s	V_s' <small>(CFRPによる増分)</small>	V_y	終局耐力
RC		0		0	307 (323)	451
RC-PM	156	26	151		333 (362)	510
CR3	(123)	(29)	(200)	36	368 (362)	568
CR6				141	474 (365)	594

この表より、CFRPグリッド補強を行った
ことによる V_y の実測値に大きな差はなく、ま
た計算値と実測値にも差はない。よって、CF
RPグリッドは補強効果にほとんど関与してい
ないことがわかる。しかし、終局耐力は、スタ
ーラップ降伏後も増加している。つまり、CFRPグリッドのせん断補強効果は、スターラップ降伏付近か
ら現れていることがわかる。

※()内は、実測値を示す。

4. おわりに

本論文は、既設RC構造物(PC構造物も含む)を、CFRPグリッドを吹付けによる特殊ポリマーモルタルによって、せん断補強した場合の補強効果を実験的に検討したものである。

本研究によって得られた成果を要約すれば以下ようになる。

- ① どの補強供試体に関しても、15%~35%のせん断補強効果が見られた。しかし、CFRPの使用量に大きな差異があるため、単位CFRP総量当りの補強効果を考慮した。その結果、CFRPグリッドによる補強効率は、CFRPシートによる補強効率の約40~100%高いことが明らかとなった。
- ② CFRPグリッド補強において、終局耐力の増大よりも、さらに大きな割合(60~120%)で曲げおよび斜めひびわれ発生荷重が増大していることがわかった。
- ③ CFRPグリッド補強供試体は、無補強供試体と比較した場合には、そのたわみ抑制効果が約20%程度みられる。
- ④ CFRPグリッドの補強効果発現時期が、スターラップ降伏荷重付近であることが判明した。

最後に、今回の研究を行うにあたりご協力頂いた関係者各位に紙面をかりて謝意を表します。

参考文献

- 1) 小野 敦・米倉亜州夫：CFRP表面張付によるRC梁のせん断補強効果，土木学会中国支部第51回研究発表会(平成11年度)，P.601~602，1999.6
- 2) 町田篤彦編：大学土木 鉄筋コンクリート工学，オーム社出版局，1998.4.10