

V-129

炭素繊維接着による床版補強の検討(第2報)

首都高速道路公団 正会員 丸山真佐雄
 首都高速道路公団 塩沢 健次
 (株)オリエンタルコンサルタント 正会員 渡辺 英夫
 (株)オリエンタルコンサルタント 正会員○広瀬 知晃

1. まえがき

損傷した鋼橋RC床版は、縦げた増設工法や鋼板接着工法により補強が行われているが、これらの工法では狭い箱げた内の補強工事は困難である。また、全面鋼板接着工法の場合には、床版下面全体が覆われるため維持管理も難しい。そこで、これらの問題を解決するため、床版下面に格子状に接着でき、柔軟・軽量・高強度でしかも防錆が不要な炭素繊維に着目して、補強工法の検討を行っている。

本報告は、検討結果の第2報であり、損傷したRC床版を想定し、曲げひびわれを入れたRC試験体を上向き作業により炭素繊維で接着補強した場合の曲げ補強効果について述べるものである。

2. 試験概要

(1) RCはりの試験

試験要因は①炭素繊維の種類(接着層数は2層に固定)、②接着範囲、③直角方向の補強材の影響とした。試験体は表-1に示すように標準的な鋼橋のRC床版に合わせて10体作成した(寸法:支間2500*330*180mm)。損傷を考慮するため、炭素繊維接着前に荷重載荷($\sigma_s=1800\text{kgf/cm}^2$)して曲げひびわれを導入した。

炭素繊維の種類はクロス(縦糸・横糸重量比が異なる2種類)、クロス硬化板(表面の仕上げ状態が異なる2種類)、常温硬化型の一方向プリプレグ(1種類)とした。接着の手順は【下地処理】→【プライマー下塗】→【エポキシ樹脂塗布】→【炭素繊維の上向き接着】である。補強量は現行と昭和39年の道路橋示方書との曲げに対する補強鉄筋量の差の相当分とした。載荷方法は支間中央の一点載荷で、漸増繰返しとした。

(2) RCスラブの試験

試験要因は①格子状に接着する場合の接着間隔、②接着位置と仕切板(人工ひびわれ)との位置関係とした。試験体は表-2に示すように実物大のRC床版に合わせて4体作成(寸法:支間2500*3000*180mm)し、実橋RC床版のひびわれを考慮するために、試験体製作時に格子状(300*300mm)に仕切り板を埋設した。

炭素繊維の種類はクロスのみとし、補強層数は2層に固定した。接着と載荷方法はRCはり試験に準じた。

3. 試験結果および考察

(1) RCはりの試験

- ①上向き接着の作業性:エポキシ樹脂による接着作業の直後でも炭素繊維は剥がれ落ちることはなかった。
- ②使用状態における曲げ補強効果(図-1参照):補強試験体の鉄筋応力度が 1400kgf/cm^2 (設計荷重時相当)となる荷重は、無補強試験体の1.3倍程度に増加している。また、補強効果は補強材(エポキシ樹脂で含浸された炭素繊維の硬化板)の引張剛性にほぼ比例していることがわかる。
- ③鉄筋降伏時における曲げ補強効果:使用状態とほぼ同様な補強効果があることがわかる。
- ④直角方向の補強材の影響:直角方向に補強材を挟んでも、引張鉄筋の許容荷重の低減は見られない。
- ⑤破壊までの挙動:全試験体で、引張鉄筋降伏→補強材の剥離(最大荷重)→RCはり→上縁圧壊の順となつた。すなわち、最大荷重は補強材の剥離(付着破壊)で決定され、補強材の全強が発揮されていない。第1報¹⁾では補強材の破断(下向き接着)を生じていたが、今回は上向き接着のため付着強度の低下により剥離を生じたものと推定される。
- ⑥炭素繊維の接着範囲と最大荷重の関係:定着長が確保されていないB-2-2試験体は、接着長の不足により補強材端部からせん断ひびわれが発生して破壊しているため、定着は支点付近まで行うのが適切である。

(2) RCスラブの試験

- ①使用状態における曲げ補強効果(図-2参照):補強試験体の鉄筋応力度が 1400kgf/cm^2 となる荷重は、

無補強試験体の1.4~1.8倍程度に増加している。補強効果は鉄筋降伏まで補強材の引張剛性に比例している。

②格子状に接着した補強材の間隔、接着位置と仕切板との位置関係の影響：補強効果は補強材の引張剛性にはほぼ比例しているため、補強材間隔や位置の影響は小さいものと考えられる。

(3) 補強効果の算定方法

R Cはり試験体について、補強材の材料試験から求めた引張弾性率を用いてR Cの曲げ理論式で算定した応力度を載荷試験値と比較した。その結果、試験値/計算値は、引張鉄筋：平均81%、補強材：平均99%となった。補強材の引張弾性率を適切に設定すれば比較的精度良く応力度を算定できるものと考えられる。

4.まとめ

(1)上向き接着により、炭素繊維を格子状に接着することができた。

(2)支間2.5mのR C床版の場合、炭素繊維を2層程度接着することによって、使用状態の引張主鉄筋の応力度を30%以上低減できることがわかり、曲げ補強への適用の見通しが得られた。

(3)曲げ補強効果は、補強材の材料定数を設定することにより、R Cの曲げ理論で算定できることがわかった。今後の課題：実橋振動下での接着性・付着強度、炭素繊維接着による疲労寿命の延命効果の確認

[参考文献] 1) 菊池・一樹・渡辺「炭素繊維接着による床版補強の検討」、土木学会第46回年次学術講演会

表-1 R Cはり試験体の種類と試験結果

単位:t f

シリーズ	炭素繊維の種類	補強層数、範囲 ℓ / L	補強材		引張鉄筋		最大荷重	
			引張剛性	引張耐力	許容荷重	降伏荷重	荷重	破壊形式
A:RC基準	—	—			2.4	4.5	5.2	上縁圧壊
B	B-1-1 クロス織30:横20	2層 $\frac{2300}{2500}=0.92$	2000	17.4	3.0	5.6	8.0	補強材剥離
B	B-1-2 " 織100:横1	"	2400	22.4	3.2	5.9	8.0	"
ク	B-2-1 "	2層 $\frac{1726}{2500}=0.69$	"	"	3.3	5.8	7.9	"
口	B-2-2 "	2層 $\frac{1150}{2500}=0.46$	"	"	3.3	6.0	6.8	補強材端部せん断破壊
ス	B-3-1 "	2層 $\frac{2300}{2500}=0.92$ (支間直角方向に 1層サット)	"	"	3.2	6.3	8.4	補強材剥離
B-3-2 "	(支間直角方向に 2層サット)	"	"	"	3.2	5.6	8.7	"
C	C-1-1 硬化板30:横20 硬化板:なし成形	"	1900	20.6	3.1	5.9	8.7	"
薄板	C-1-2 硬化板:ビーフライ成形	"	"	20.2	3.4	6.0	9.1	"
D:UDテープ	常温硬化型UDテープレジ	"	1400	18.8	2.7	5.1	7.6	"

注1)引張剛性=補強材断面積×引張強度(tf)・引張鉄筋許容荷重:鉄筋応力度1400kgf/cm²となる荷重

引張耐力= " ×引張弾性率(tf)・ " 降伏荷重: " 3500 "

注2)補強範囲:L=はり支間(2500mm), ℓ =接着長

表-2 RCスラブ試験体の種類と試験結果

単位:t f

シリーズ	炭素繊維の種類	補強方法					補強材		引張鉄筋		最大荷重	
		層数	幅	隙間	接着位置	引張剛性 (tf/m)	引張耐力 (tf/m)	許容荷重	降伏荷重	荷重	破壊形式	
A:RC基準	—	—	—	—	—	—	—	7.3	21.5	39.2	上縁圧壊	
B	B-1 クロス織100:横1	2 cm	20 cm	10	仕切り板直上	5150	47.1	11.6	29.5	38.3	補強材剥離	
ク	B-2 "	2	20	10	仕切り板間	4510	41.7	12.8	30.3	40.5	"	
口	B-3 "	2	20	20		3220	29.8	10.1	28.0	40.0	"	

注1)引張耐力=(全補強材断面積×引張強度)/(全補強幅)(tf/m)・引張鉄筋許容荷重:鉄筋応力度1400kgf/cm²となる荷重

引張剛性=(" ×引張強度)/(")(tf/m)・ " 降伏荷重: " 3500 "

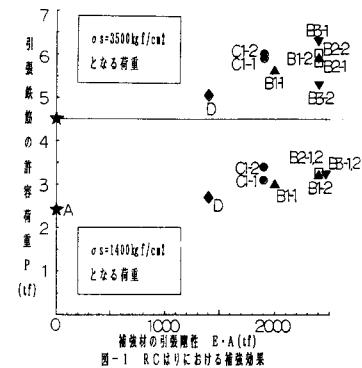


図-1 R Cはりにおける着効果

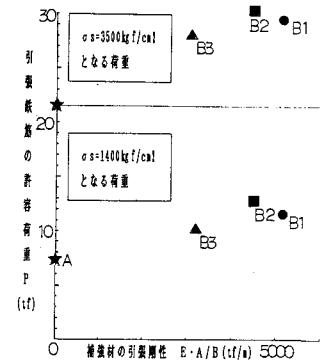


図-2 RCスラブにおける着効果