

V-119 CFRPと鉄筋の複合構造を適用したPC梁の曲げ破壊実験

大成建設(株) 正会員 細谷 学
 大成建設(株) 正会員 田中茂義
 大成建設(株) 正会員 関 文夫

1. はじめに 近年、各種連続繊維を樹脂で固めたFRP (Fiber Reinforced Plastics) 線材が、鋼材に代るコンクリート補強材として期待されている。著者らは、新素材の中でも、特にCFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastics) に注目して、PC構造物への適用に関して研究開発を進めてきた。本実験ではCFRPのPC橋梁への実用化をふまえ、CFRPより線(6-φ12.5mm、マルチタイプ)を曲げ上げ配置した供試体を用いた。これは、PC橋梁の片持ち張出し施工用鋼材としてCFRPを適用することを意図している。

CFRPは、粘りが少なく、塑性域がないため、従来のPC鋼より線のような靱性のある材料とは異なり、脆性的な破壊形態をとる。そこで、引張鋼材をCFRPと鉄筋の複合構造とすれば、線材の破断で設計しても、鉄筋による靱性効果を期待でき、終局時の破壊形態の予測が可能になると考えられる。本実験では、コンクリートの圧縮破壊を先行させた場合¹⁾の挙動を調べた上で、上記の認証を行うことを主目的とし、配筋量の差による保有耐力の比較、及びPC鋼より線を用いた場合との耐力の比較を行った。

2. 実験概要 供試体は、図-1のように高さ70cm、幅37cm、長さ700cmの長方形断面の梁とし、コンクリートの設計基準強度は400kgf/cm²とした。緊張材は、曲げ上げ配置(R=8m、曲げ上げ角度=10度)を行い、導入緊張力は56.5tf (0.65P_u)

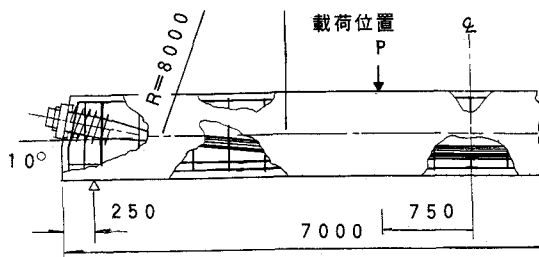


図-1 供試体の一般図

とした。また全ての供試体にグラウト(設計基準強度 200kgf/cm²)を行った。配筋については、軸方向筋の下2段は、各供試体の実配筋量を変えるため、D13~D25を、その他はD13を用いた(図-2)。また、スターラップには、D16を用いた。供試体数は、緊張材の素材、実配筋量、破壊形態を変えて、表-1のように5体とした。ただし、P-2には、PC鋼より線6-φ12.4mmを使用した。荷重方法は、図-1の位置で2点荷重とし、下縁の引張応力度が、0kgf/cm²(設計荷重作用時)及び15kgf/cm²(施工時)に達するまで荷重した後に除荷するというサイクルを繰り返し、その後破壊するまで荷重した。

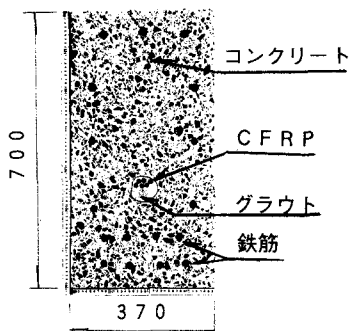


図-2 供試体の断面図

3. 実験結果と考察

①ひび割れ発生荷重 表-2にひび割れ発生荷重の実測値と計算値を示す。計算値は、断面下縁の引張応力度がコンクリートの引張強度と等しくなる荷重とした。コンクリートの引張強度は、 $f_{ct} = 15\text{kgf/cm}^2$ (道立Ⅲコンクリート

表-1 供試体の種類

供試体番号	緊張材の素材	引張鉄筋径	破壊形態
C-1	CFRP	D25	コンクリートの圧壊
S-1	CFRP	D13	CFRP線材の破断
S-2	CFRP	D16	CFRP線材の破断
S-3	CFRP	D19	CFRP線材の破断
P-2	PC	D16	PC線材の降伏

編)と $f_{c2}=36\text{kgf/cm}^2$ (道示V耐震設計編の $1.8\sqrt{f_{ck}}$: f_{ck} はコンクリートの圧縮強度)の2つを用いた。これを見ると初期ひび割れ(ひび割れ幅が 0.04mm 以下)の実測値は、 f_{c1} とほぼ同じ値になっている。また、ひび割れ幅が 0.04mm 以上になったときの荷重と f_{c2} は、ほぼ似た値を示している。

表-2 ひび割れ発生荷重

供試体番号	実測値(t)		計算値(t)	
	初期ひび割れ	ひび割れ幅 0.04 以上	f_{c1}	f_{c2}
C-1	12.02	20.24	12.65	18.89
S-1	11.02	13.69	12.36	17.82
S-2	9.46	19.96	12.42	18.02
S-3	9.28	19.88	12.48	18.27
P-2	11.90	20.00	15.54	21.18

②曲げ破壊荷重 表-3に曲げ破壊荷重の実測値と計算値を示す。計算に使用したコンクリートと鉄筋の強度は、強度試験の結果を用いた。CFRPの引張強度には、強度試験の結果(Pa)と破断保証強度(Pu)の2つを用いて計算した。P-2は、実測値と計算値がほぼ一致しているが、CFRPを用いた供試体は、Paで計算した場合、計算値の約9割の荷重で破壊した。また、Puで計算した場合でも、実測値が計算値を少し下回った。Pa、Puの値は、1本のより線を直線上に引張って試験したものであるが、マルチ及び曲げ上げ配置による強度低下があったためと思われる。また、S-1、S-2、S-3について、下2段の引張鉄筋量と破壊荷重の関係を図-3に示す。これより、鉄筋量にほぼ比例して荷重が増加することがわかる。実測値が計算値を下回ったのは、6本のより線の緊張力にばらつきがあるためと思われる。そのため、曲げ破壊耐力を算定する際には、CFRPの引張強さを、 $0.9P_u$ 程度を規定する必要があると思われる。

表-3 曲げ破壊荷重

供試体番号	計算値(t)		実測値(t)
	Pa使用	Pu使用	
C-1	99.56	99.24	92.20
S-1	60.47	57.60	55.06
S-2	70.79	68.00	63.76
S-3	81.10	77.49	75.59
P-2	72.23		70.04

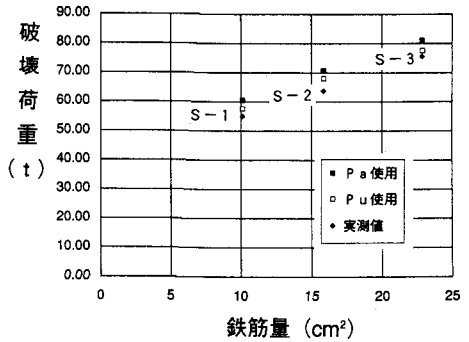


図-3 引張鉄筋量と破壊荷重の関係

③荷重変形関係 図-4に荷重と変形の関係を示す。S-1、S-2、S-3は、線材が破断した際に少しの衝撃があったものの、P-2と似た靱性のある破壊となった。また、鉄筋量が多いほど破壊耐力が大きく、変形量も多い。C-1は、破壊耐力は大きいが変形量は少なく脆性的な破壊形態となった。これは、引張鉄筋の靱性を十分に生かす前にコンクリートが圧壊したためである。これより、線材の破断による破壊でも、鉄筋量を調節することで、かなりの靱性を期待することができる。また、コンクリートの圧壊と線材の破断が同時に起こるような鉄筋量を設定することにより、経済的な設計が可能と思われる。

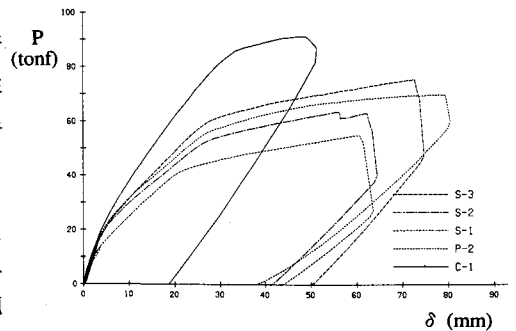


図-4 荷重と変形の関係

4. あとがき 本論文では、曲げ破壊実験の結果を報告したが、この他にCFRPの定着体の開発、緊張管理手法、線材の破断耐力試験等を行い、設計、施工上の諸問題に対して研究、検討を加えた。これらの研究の結果は、本年、PCラーメン橋梁(支間長75m、中央ヒンジ)に実用化する予定である。

参考文献

1) 山下、木内、犬飼、岩崎:新素材によるPC橋一新宮橋の建設、プレストレストコンクリート Vol.31, No2, Mar. 1989