土木学会第51回年次学術講演会（平成８年９月）

V-476　炭素繊維によるRC橋脚の耐震補強に関する実験的検討

大林組　正会員　大野　了
大林組　正会員　大内　一

1．まえがき

兵庫県南部地震では，構造物がこれまでにない甚大な被害を受け，鉄筋コンクリート（以下，RCと略記す。）橋脚では倒壊に至ったものもある。RC橋脚の耐震補強工法には，「RC巻立て工法」，「鋼板巻立て工法」があるが，筆者らは，炭素繊維による既存RC橋脚の耐震補強工法の研究開発[1),2)]を実施し，実用化に至っている。本報告は，橋脚基部を炭素繊維で補強することにより，曲げ耐力の増加および曲げ靭性の増大を図ることを目的とし，橋脚基部の補強に対する炭素繊維の適用性を正負交番載荷試験により検討したものである。

2．実験概要

試験体は，既存のRC橋脚の1/3スケールとした。図-1に基準となる無補強の試験体の形状･寸法および配筋を，図-2に補強概要をそれぞれ示す。No.2試験体は，曲げ耐力増加型試験体とし，部材材軸方向に炭素繊維シート4枚を貼付け，鋼板を介してフーチングにアンカーボルトで定着している。また，曲げ靭性を確保するために，柱下端から1.5D（D：柱せい）の範囲の帯筋方向に炭素繊維シート2枚を，それ以外の範囲は最小帯筋量を満足させるために炭素繊維シート1枚を巻付けている。No.3試験体は，曲げ靭性増大型試験体とし，帯筋方向にだけ，No.2試験体と同様に炭素繊維シートを巻付けている。

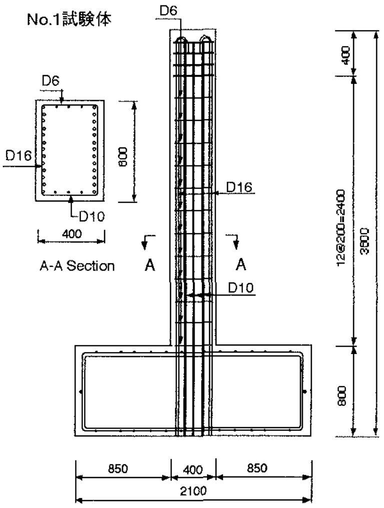

図-1 試験体の形状･寸法および配筋

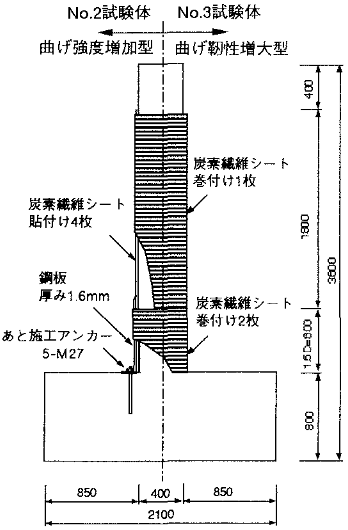

図-2 補強概要

使用したコンクリート，鉄筋，鋼板およびCFRPシート（炭素繊維シートを樹脂で硬化させたものを称す。）の材料試験結果を表-1に示す。また，載荷方法は，主鉄筋の降伏変位δyの整数倍の変位振幅で変位制御による水平正負交番載荷とした。

3．実験結果

実験結果の一覧を表-2に，各試験体の荷重～変位関係を図-3にそれぞれ示す。表および図中には，計算値も併せて示すが，計算には，各材料の材料試験結果を用い，コンクリートの応力～ひずみ関係は，復旧仕様に基づき炭素繊維の拘束効果を考慮してモデル化し，鉄筋および鋼板はひずみ硬化の影響を考慮した応力～ひずみ関係とした。また，曲げ引張材としてのCFRPシートは，弾性体として応力～ひずみ関係をモデル化した。

表-1 材料試験結果 (kgf/cm^2)

		圧縮強度	割裂強度	弾性係数
コンクリート		426	35.4	2.47×10^5
		降伏強度	引張強度	弾性係数
鉄筋	D16	3913	5870	2.04×10^6
	D10	3454	5121	1.97×10^6
	D6	3504	4899	2.08×10^6
鋼板		2783	3800	2.20×10^6
CFRPシート			28000	2.56×10^6

3.1 破壊性状

No.1試験体は，基部の主鉄筋降伏後，せん断ひび割れが急激に発生し，荷重が低下した。No.2試験体は，鋼板が局部的に座屈したが，耐力の低下はなく，6δyの負載荷時に主鉄筋の座屈が顕著となり，荷重が低下した。No.3試験体は，7δyの正載荷時に主鉄筋の座屈により荷重が低下した。

表-2 実験結果一覧

		ひび割れ発生時		主筋降伏時		最大荷重時		終局時	
		荷重 (tf)	変位 (mm)	荷重 (tf)	変位 (mm)	荷重 (tf)	変位 (mm)	荷重 (tf)	変位 (mm)
No.1	実験値	3.29 (-3.02)	2.30 (-2.18)	12.52 (-13.46)	23.09 (-24.84)	14.96 (-14.87)	47.91 (-96.11)	14.69 (-14.87)	95.78 (-96.11)
	計算値	3.13	2.0	13.42	23.7	14.49	51.0	14.47	54.9
	比	1.05 (0.96)	1.15 (1.09)	0.93 (1.00)	0.97 (1.05)	1.03 (1.03)	0.94 (1.88)	1.02 (1.03)	1.74 (1.75)
No.2	実験値	3.48 (-3.53)	1.83 (-2.40)	14.80 (-14.63)	22.35 (-21.15)	18.15 (-18.79)	108.78 (-108.87)	18.06 (-18.79)	130.56 (-108.87)
	計算値	3.30	2.0	15.81	23.4			18.31	141.4
	比	1.05 (1.07)	0.92 (1.20)	0.94 (0.93)	0.96 (0.90)			0.99 (1.03)	0.92 (0.77)
No.3	実験値	3.68 (-3.53)	2.42 (-2.46)	12.43 (-13.11)	21.00 (-22.62)	15.62 (-16.22)	130.74 (-130.98)	15.62 (-16.22)	130.74 (-130.98)
	計算値	3.13	1.8	13.37	23.9			15.69	147.6
	比	1.18 (1.13)	1.34 (1.37)	0.93 (0.98)	0.88 (0.95)			1.00 (1.03)	0.89 (0.89)

3.2 荷重および変位性状

No.1試験体と比較して，補強した試験体の終局耐力は，No.2試験体が1.23～1.26倍に，No.3試験体が1.06～1.09倍にそれぞれ増加している。各試験体の荷重の実験値と計算値を比較すると，各荷重の実験値と計算値は近似している。

また，No.1試験体と比較して，補強した試験体の終局変位は，No.1試験体の靭性率（終局変位を降伏変位で除した値）が4.0であるのに対し，No.2,No.3試験体のそれは，6.0となっている。各試験体の変位の実験値と計算値を比較すると，主鉄筋降伏変位は，ほぼ一致しているが，No.1試験体の終局変位は，実験値が計算値よりも大きくなり，No.2,No.3試験体のそれは，実験値が計算値よりもやや小さくなる。これは，終局変位の計算値がコンクリートの圧壊により規定しているが，No.1試験体では，帯筋が少なくコンクリートの終局ひずみが小さく算出されるためであり，No.2,No.3試験体では，実験が主鉄筋の座屈で終局状態となっているためと考えられる。

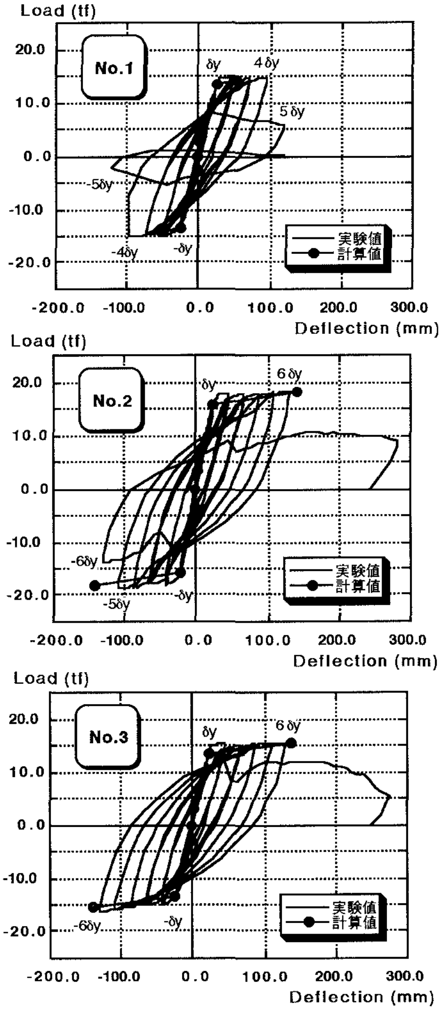

図-3 各試験体の荷重～変位関係

4. まとめ

炭素繊維によるRC橋脚の補強は，耐力の増加，変位の増大が認められ有効であることがわかった。また，試験体の耐力は，本手法により適切に評価できるが，変位については，主鉄筋の座屈を含めた変位の算定法を検討する必要がある。

【参考文献】

1) 木村，小畠，大野：炭素繊維シートとコンクリートとの付着･定着性状に関する研究　構造工学論文集Vol.41B，1995.3
2) 小畠，岡野，大野：炭素繊維による既存RC橋脚の耐震補強に関する研究（その３）大林組技術研究所報No.51，1995.8