

3 軸方向圧縮プレストレスによるPC部材の耐力及び靱性の改善

広島大学 正会員 ○米倉 亜州夫
広島大学 正会員 田澤 栄一
広島大学 学生員 周 平

1. はじめに

鋼管またはCFRPパイプ内にコンクリートを打設し、軸方向に内部コンクリートのみにプレストレスを与えると、拘束体のコンファインド効果によってコンクリートは三軸方向に拘束され、強度及び靱性が大幅に増大する。本研究では、拘束体の種類、プレストレスをパラメータとし、三軸方向に圧縮拘束されたプレストレストコンクリート梁の曲げ挙動について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 曲げ載荷試験用供試体

曲げ載荷用供試体としては図-1 及び図-2 に示す内径 50mm×長さ 350mm×厚さ 2mm（グループ 1 と称す）でパイプ軸方向と直角方向又は±45° の方向に4層づつ炭素繊維シートを交互に巻いて作製した CFRP パイプを利用したもの及び内径 154mm×長さ 1800mm×厚さ 3.5mm のパイプ（グループ 2 と称す）で長手方向と繊維の方向のなす角度が内側から±10° 及び90° の2方向で4層積層して巻いたCFRPパイプを利用したものの2種類である。そしてパイプ内にモルタル又はコンクリートを打設して円断面図心位置に PC 鋼棒を 1 本配置して緊張し、アンカープレートがパイプ内のコンクリートのみに当たるようにして、圧縮応力がパイプには直接作用せず、コンクリートのみに作用するようにした。

内径 150mm の大型供試体の場合、パイプ内面にアスファルトを塗布してパイプとコンクリートとの付着を妨げ、プレストレッシングの際、パイプに座屈が生じないようにした。また、それぞれの内径の CFRP パイプ供試体と比較するため鋼管の場合についても検討した。すなわち、内径 43mm×長さ 350mm×厚さ 2.4mm および内径 154mm×長さ 1800mm×厚さ 5.5mm の鋼管を用いた。これらの CFRP パイプや鋼管の力学的性質を表-1、表-2 及び表-3 に示す。PC 鋼棒は内径 50mm の場合φ 13mm の C 種 1 号であり、内径 150mm の場合φ 32mm の C 種 1 号である。

3. 試験結果および考察

表-4 に供試体グループ 1 の記号を示す。図-3 及び図-4 にスパン 30cm の三軸拘束を受けた PC 梁の曲げ載荷荷重とたわみとの関係を示す。図-3 に示すように、供試体 3B と供試体 1 に用いた CFRP パイプの厚みが両方とも 2mm であるが、供試体

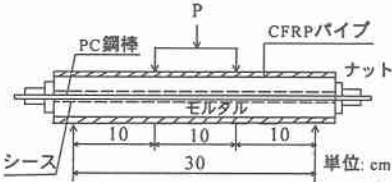


図-1 供試体グループ 1 の載荷方法

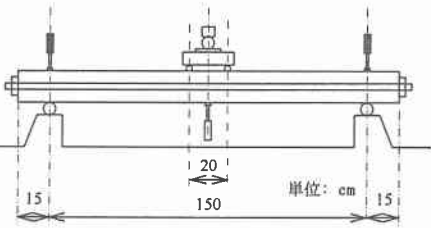


図-2 供試体グループ 2 の載荷方法

表-1 供試体グループ 1 の CFRP シートの機械的性質

繊維の角度	引張弾性係数 (KN/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	伸び率 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)	曲げ弾性係数 (KN/mm ²)
0°	127.49	2647.8	1.7	1471.0	147.1	127.49
90°	7.85	63.7	1.1	—	—	—

表-2 供試体グループ 2 の CFRP パイプの機械的性質

積層方法	軸方向			周方向		
	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (KN/mm ²)	ポアソン比	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (GPa)	ポアソン比
±10°/90°	586	74.6	0.105	692	61.7	0.171

表-3 鋼管から切り出した試験片の引張試験結果(グループ 2)

鋼管の内径	厚み (mm)	引張強度 (N/mm ²)	降伏強度 (N/mm ²)	弾性係数 (KN/mm ²)	ポアソン比
154mm	5.5	427	247	199	0.27

表-4 供試体グループ 1 の記号

3B - 60,		φ9 - 10	
拘束体の種類	有効	PC鋼棒	偏心
1, 2, 3B: CFRP	プレスト	の直径	距離
パイプ, S: 鋼管	(MPa)	(mm)	(mm)

3Bにおいては、プレストレスを大きく増やしても終局荷重及びたわみは増大しなかった。一方、供試体 1 は、プレストレスを増やすと、終局たわみはほとんど変化しないが、終局荷重が増大した。これは、供試体 1 の CFRP パイプの外側及び内側の CFRP シートの炭素繊維の配置が $0^\circ/90^\circ$ の 2 層であり、外側と内側の CFRP シートの付着は供試体 3B の場合よりよい。供試体 3B の CFRP パイプの外側及び内側の CFRP シートの炭素繊維の配置がそれぞれ $0^\circ/90^\circ$ 、 $+45^\circ/-45^\circ$ であり、外側と内側の CFRP シートの弾性係数が異なるため、破壊時、引張縁における CFRP パイプの外側の CFRP シートは内側のより早く最大引張ひずみに達したためである。図-4 に、PC 鋼棒が供試体の断面中心位置か又は断面中心から 10mm を離れた位置に配置した場合、供試体 3B-30, $\phi 9$ -10 と供試体 3B-30, $\phi 30$ はほぼ同じような挙動を示した。一方、炭素繊維の方向が梁軸に対して $+45^\circ/-45^\circ$ の方向に配置してある供試体 2-30, $\phi 9$ -10 及び供試体 2-30, $\phi 30$ の曲げ挙動は鋼管で拘束した供試体 S-30, $\phi 9$ -10 及び供試体 S-30, $\phi 30$ の場合と非常に類似し、大きな変形を示す。たわみはスパンの 1/10 以上にも達している。このことは、CFRP パイプの繊維の角度を適切に選択すれば、CFRP パイプで拘束した PC 梁は大きな変形能力を有することを示唆している。図-5 に供試体グループ 2 の荷重-たわみ関係を示す。図-5 に示すように、供試体を表す記号の数字は梁の軸方向に導入したプレストレスを指すものである。CFRP パイプを用いた梁では、プレストレスを増やしても終局荷重はほとんど増大しなかった。これは、これらすべての供試体は、梁圧縮部の荷重作用点の位置で CFRP シートが輪切り状に支圧破壊を生じたためである。一方、鋼管で拘束した供試体では、鋼管の下縁が降伏するまでいずれの供試体も、荷重の増加につれ、荷重-たわみ曲線がほぼ同一の勾配で上昇し、鋼管が降伏すると、曲げ剛性が急に低下している。その後、供試体は、鋼管のひずみ硬化により変形しながら、荷重が徐々に上昇していき、載荷装置のクリアランスの限界までしか載荷できなかった。その時のたわみがスパンの 1/10 にも達するような大変形能力は通常の RC や PC 梁にはないものである。グループ 2 に使用した鋼管が厚いため、プレストレスの大きさによる曲げ変形状への影響は顕著に現れなかった。又、図-5 に、CFRP パイプ又は鋼管で拘束した供試体の終局荷重は、いずれも、拘束体なしの梁の場合より大きい。

4. 結論

- (1) 通常の鉄筋コンクリート梁又はプレストレスコンクリート梁と比べて、CFRP パイプ又は鋼管で拘束した PC 梁では、曲げ耐力又は変形能力が大きく改善できた。
- (2) CFRP パイプの繊維の角度を適切に選択すれば、CFRP パイプで拘束した PC 梁は高靱性を呈することが分かった。

参考文献

周、米倉、田澤と森本：三次元拘束による PC 部材の曲げ特性、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.2, pp731-736, 1996.

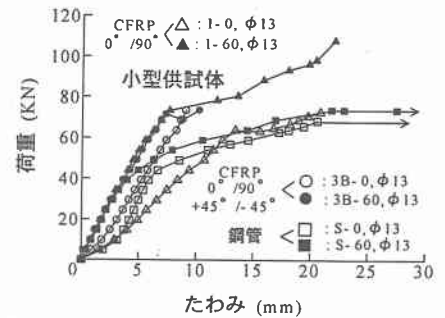


図-3 グループ 1 の荷重-たわみ関係

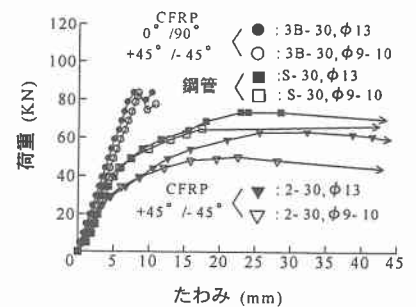


図-4 グループ 1 の荷重-たわみ関係

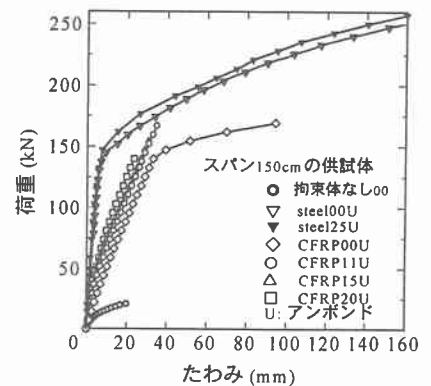


図-5 グループ 2 の荷重-たわみ関係