

複合荷重下における断面形状の異なる RC 柱部材の炭素繊維補強効果に関する実験的研究

九州大学 学生会員 ○田村 康行

九州大学 フェロー 大塚 久哲

九州大学 学生会員 笈島 隆司

1. 目的

コンクリート構造物の補修・補強方法として、強靱かつ軽量であり、優れた施工性を有する炭素繊維シート（以下、CFRP と記す）工法が着目されている。CFRP で補強されたコンクリート部材の曲げやせん断に関する補強は数多く報告されているが、ねじりに関する実験的研究は非常に少ない。本研究では、複合荷重下において断面形状の異なる RC 部材に対して CFRP 補強効果を検討した。

2. 内容

2.1 実験概要

実験に用いた供試体の概略図を図 - 1 に示す。充実断面部材の断面は 400×400mm の正方形断面であり、主鉄筋および帯鉄筋は SD295A、径はそれぞれ D13、D6 を用いた。中空断面部材の断面は 294×798mm の横長方形に 210×210mm の 3 つの中空を有する断面であり、主鉄筋にも D6 を用いた。CFRP には一般的な製品である繊維目付け 200g/m<sup>2</sup> を用いた。

また、検討ケースを表 - 1 に示す。No.1～No.15 は充実断面部材で帯鉄筋間隔 30mm と 60mm および 60mm に CFRP 補強した 3 種類に荷重タイプ 5 種類の計 15 パターンである。No.16～No.23 は中空断面部材で帯鉄筋間隔 60mm と 60mm に CFRP 補強した 2 種類に荷重タイプ 4 種類の計 8 パターンである。本年度は No.12, No.14, No.15 と No.21～No.23 の実験を行った。荷重比率とは複合荷重時の降伏ねじりモーメント，降伏曲げモーメント(Mty, Mby)を純荷重時の降伏ねじりモーメント，降伏曲げモーメント(Mty0, Mby0)で除した値を横軸曲げ，縦軸ねじりで表し，ねじりと曲げの比率を表す。

2.2 実験結果

図 - 2 に純ねじり時の包絡線（ねじりモーメント Mt<sub>θ</sub>ねじり角 θ）を示す。充実および中空断面ともに CFRP 補強すると耐力が向上し，補強効果があると言える。また，降伏後の勾配が大きくなり，最大耐力の時期が遅く靱性の優れた挙動を示した。CFRP 補強は初期剛性に影響は与えないことが明らかである。また，耐力が向上した主な原因として，CFRP 補強を施すとひび割れが分散することであると考えられる。CFRP 補強部材では無補強部材に比べるとひび割れ本数は増加するものの，ひび割れ幅の拡大は抑制されるため，ひび割れのコンクリート内部への進展を遅らせ，部材が一様にねじられることで耐力が向上したと考えられる。それに対し，無補強部材では破壊が進むと一箇所にひび割れが集中し，卓越することでその断面が塑性ヒンジのようにねじられるため耐力が低下するものと考えられる。

図 - 3 に純曲げ時の包絡線（曲げモーメント Mb<sub>δ</sub>曲げ変位 δ）を示す。充実断面部材では耐力が向上したのに対し，中空断面部材では耐力の向

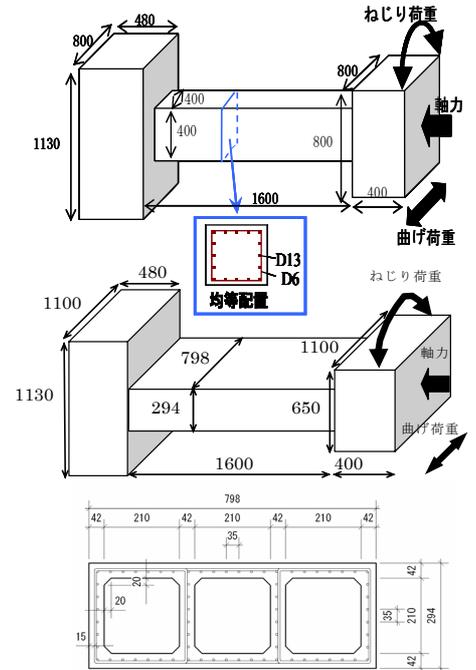


図 - 1 供試体概略図（単位：mm）  
充実断面（上図），中空断面（下図）

表 - 1 検討ケース

No.	軸力 (N/mm <sup>2</sup> )	帯鉄筋		荷重比率		断面 形状
		c/c(mm)	ρs (%)	φ (°)**	荷重タイプ	
1	4.0	30	1.16	90	純ねじり	充実断面
2				78	ねじり卓越型	
3				60	中間型	
4				44	曲げ卓越型	
5				0	純曲げ	
6		60	0.58	90	純ねじり	
7				73	ねじり卓越型	
8				63	中間型	
9				37	曲げ卓越型	
10				0	純曲げ	
11		60+CFRP ≒20	1.74	90	純ねじり	
12				73	ねじり卓越型	
13				61	中間型	
14				40	曲げ卓越型	
15				0	純曲げ	
16	8.0	60	1.24	90	純ねじり	中空断面
17				83	ねじり卓越型	
18				55	曲げ卓越型	
19				0	純曲げ	
20		60+CFRP ≒30	2.48	90	純ねじり	
21				74	ねじり卓越型	
22				27	曲げ卓越型	
23				0	純曲げ	

\*\*ねじり降伏基準

キーワード ねじり せん断 CFRP 3室箱桁 複合荷重 ねじりと曲げの相関

連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 番地 092-802-3374

上は見られなかった. 両断面部材ともに耐力低下までの変形性能は向上した. その原因として, 充実断面部材は CFRP の拘束力でコンクリートのかぶり剥離を抑制できるが, 中空断面部材ではかぶりコンクリートが中空内部に落ちることで脆性的な破壊が生じるためであると考えられる. また, 充実断面部材は完全な曲げ破壊であるが, 中空断面部材は曲げせん断破壊もしくは斜め圧縮破壊に近く, 破壊形式が異なることも要因のひとつであると思われる. (図 - 4)

図 - 5 と図 - 6 に充実断面部材と中空断面部材の降伏および最大時の相関曲線を示す. ねじりと曲げでは降伏の定義が異なるため別イベントとした. ねじり耐力については, 充実および中空断面部材ともに, ねじり卓越型までは耐力の向上が明らかであるが, 荷重比率が小さくなるにつれその効果は減少していき, 曲げ卓越型になると無補強時とほとんど変わらない性状を示す. これは曲げの影響を受け, ねじりに対する補強効果が小さくなったと考えられる. また, 曲げ耐力については, 充実断面部材では, 中間型と純曲げで耐力の向上が見られ, 曲げ卓越型も加えて耐力低下までの変形性能も向上したが, 中空断面部材では曲げ卓越型にも補強効果は見られなかった. その要因としては純荷重時のものと同様のメカニズムだと考えられる. また, 充実断面部材では, 卓越している状態だと卓越していない側の影響を受けず, 純荷重時と同等の性能を示すが, 中空断面部材では卓越している状態でも卓越していない側の影響を受け, 耐力が減少する. それも断面形状の違いと言えるだろう.

3. 結論

CFRP 補強すると, 充実断面部材では純ねじりおよびねじり卓越型はねじり耐力, 靱性が向上した. また, 純曲げおよび中間型では曲げ耐力が向上し, 曲げ卓越型も加えて耐力低下までの変形性能の向上が明らかになった.

中空断面部材では充実断面同様, 純ねじりおよびねじり卓越型はねじり耐力, 靱性が向上したが, どの荷重タイプにも曲げ耐力の向上は見られなかった. しかし, 純曲げ時では耐力低下までの変形性能は向上した.

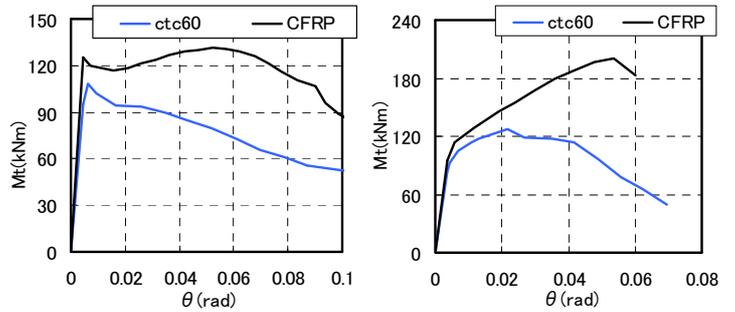


図 - 2 充実断面純ねじり (左図), 中空断面純ねじり (右図)

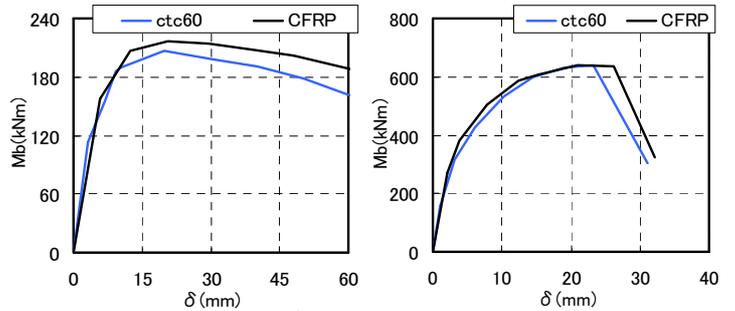


図 - 3 充実断面純曲げ (左図), 中空断面純曲げ (右図)



図 - 4 純曲げ時破壊状況: 充実断面 (左図), 中空断面 (右図)

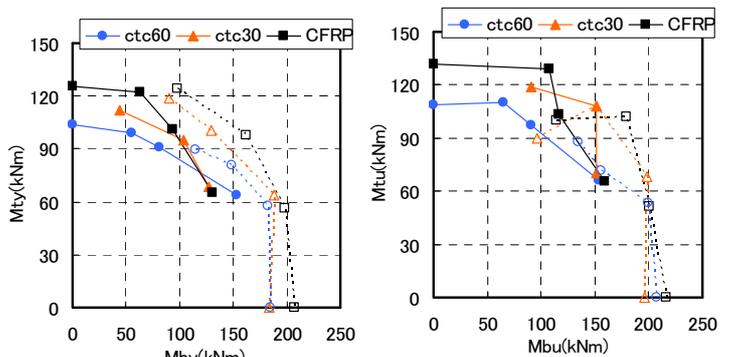


図 - 5 充実断面相関曲線 (左図: 降伏), (右図: 最大)

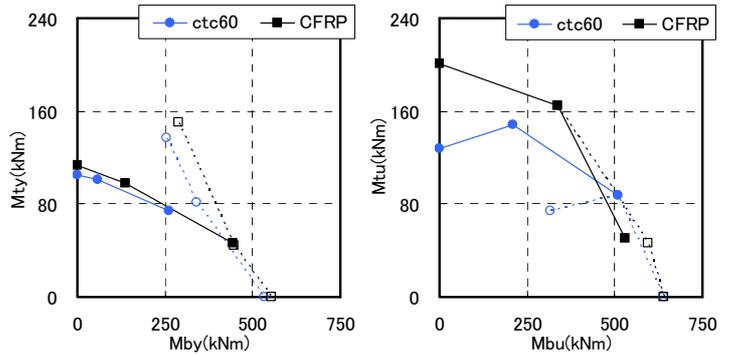


図 - 6 中空断面相関曲線 (左図: 降伏), (右図: 最大)

実線: ねじり基準, 点線: 曲げ基準