

V-515

圧縮力が作用する補強コンクリート供試体の応力-ひずみ曲線

首都高速道路公団 正会員 新垣 博史
 首都高速道路公団 高田 博
 ショーボンド建設 松尾 伸二

1. はじめに

現在、既設鉄筋コンクリート橋脚の耐震性向上の方法は、一般的に鋼板巻立て補強が行われている。しかしながら、鋼板巻立てに使用できる鋼板の厚さは、施工性、加工精度および溶接量等の問題から限界があると考えられる。そこで、鋼板に代わる補強材として、施工性に優れた炭素繊維（以下、CFRPと称す）に着目し、その補強効果についての基礎資料を実験的に求めることとした。本実験では、無筋モルタル柱に鋼板あるいはCFRPを接着させた供試体および鋼板とCFRPを併用した供試体の圧縮試験を行い、応力-ひずみ曲線から、各種補強材によるコンファインドモルタルの強度および変形特性を求めるとともに、鋼板とCFRPの一体性を確認することとした。

2. 実験概要

供試体の形状寸法および実験条件を図-1に示す。供試体は、 $\phi 10 \times 20$ cmの円柱および $15 \times 15 \times 30$ cmの角柱の無筋モルタル柱とし、実験条件は、鋼板巻立て、CFRP巻立ておよび鋼板+CFRP巻立て補強とした。表-1に鋼板およびCFRPの機械的性質を示す。なお、予備試験の結果より、CFRPの継手長は5cmとし、角柱供試体においては、断面の四隅部に半径3cmの面取りを行った。試験は、一軸圧縮試験とし、測定項目は、荷重、変位および補強材のひずみとした。

3. 実験結果

表-2に円柱および角柱供試体の実験結果の一覧を示す。図-2(円柱)および図-3(角柱)に各種補強材を用いた供試体の応力-縦ひずみ曲線の一例を示す。なお、縦ひずみは、供試体上下間の変位から求めたものである。

各供試体の破壊性状は、無補強(No. 1)では、臨界応力に達するとひび割れが発生し、最大応力時に急激な破壊を生じた。鋼板補強(No. 2, 3)では、降伏点以降の応力の増加はほとんどみられず、ひずみのみが増加し、変位量が20mmとなった時点で試験を終了した。CFRP補強(No. 4, 5, 6)も、応力-縦ひずみ曲線に明確な変曲点がみられ、変曲点以降の勾配が緩やかになった。CFRPの破断時が最大圧縮

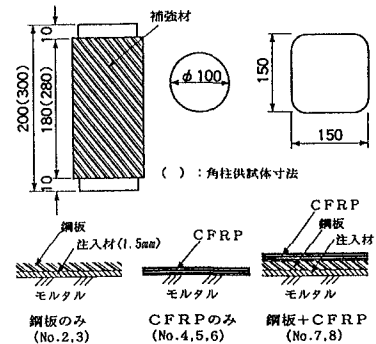


図-1 供試体の形状寸法および実験条件

表-1 使用材料の機械的性質

材料名	厚さ (mm)	降伏点 f_{yh} または引張強度 f_{cf} (kgf/cm^2)
鋼板	円柱 1.60	2690
	2.14	3300
	角柱 1.57	2240
	2.23	2020
CFRP	0.578 (0.167)	11380 (44000)

() は炭素繊維のみの値である
 また、炭素繊維は 300g/m^2 の一方向繊維である

表-2 実験結果一覧

供試体 No.	条 件	円柱供試体			角柱供試体		
		換算厚 ^{*1)} (mm)	最大圧縮応力 (kgf/cm^2)	最大圧縮応力時のひずみ (μ)	換算厚 ^{*1)} (mm)	最大圧縮応力 (kgf/cm^2)	最大圧縮応力時のひずみ (μ)
1	無補強	—	247	2050	—	216	3100
2	鋼板1.6mm	1.60	490 ^{*2)}	— ^{*2)}	1.57	338	4000
3	鋼板2.3mm	2.14	675 ^{*2)}	— ^{*2)}	2.23	374	4350
4	CFRP 1層	2.44	528	12500	2.94	291	7400
5	CFRP 2層	4.89	880	24000	5.87	368	12400
6	CFRP 3層	7.33	1184	32000	8.81	484	21350
7	鋼板1.6mm+CFRP 1層	4.04	723	15200	4.51	399	13100
8	鋼板1.6mm+CFRP 2層	6.49	1046	25000	7.44	534	21000

*1) 換算厚=CFRP厚さ $\times f_{cf}/f_{yh}$ 、*2) 圧縮応力の最大値が不明

応力となった。円柱および角柱供試体とも、CFRPの破断は継手部以外で生じたが、角柱供試体ではコーナー部で破断した。鋼板+CFRP補強(No. 7, 8)は、CFRP破断までは、CFRPのみと同様な応力-縦ひずみ曲線であった。しかし、CFRPが部分的に破断後、鋼板のみの応力程度まで荷重が低下するものの、急激な破壊は生じず、CFRPの破断の範囲が徐々に進行した。

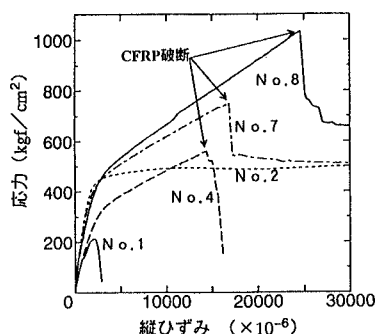


図-2 応力-縦ひずみ曲線
(円柱供試体)

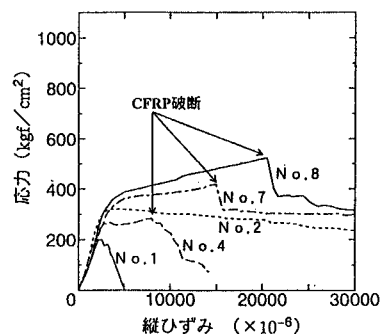


図-3 応力-縦ひずみ曲線
(角柱供試体)

鋼板+CFRP補強供試体(No. 7)に、ひずみゲージを鋼板面とCFRP面の同一箇所に貼付した応力-横ひずみ曲線を図-4に示す。円柱と角柱供試体とも、CFRPと鋼板は同一の応力-横ひずみ曲線を示しており、一体化して挙動していることが確認された。

表-2、図-2および図-3より、補強方法に関わらず、補強量が増加すると、最大圧縮応力および最大圧縮応力時のひずみが増加し、さらに、変曲点以降は同一応力におけるひずみは小さくなる傾向が得られた。また、鋼板+CFRP補強供試体は、鋼板とCFRPが一体となっていることから、CFRP破断までの応力およびひずみは鋼板補強(No. 2)とCFRP補強(No. 4)を足し合わせた値とほぼ同じとなった。

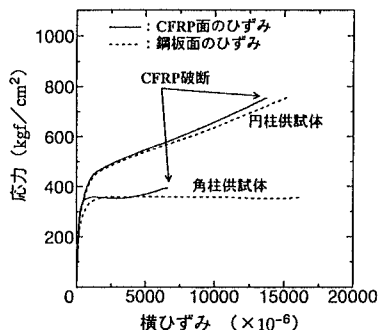


図-4 応力-横ひずみ曲線(No. 7)

図-2および図-3の補強材の違いについて、変曲点以降の応力-縦ひ

ずみとの関係を比較すると、鋼板補強のみの供試体(No. 2, 3)の応力の増加(角柱は減少)は僅かであるのに対して、CFRPを用いた補強供試体(No. 4, 5, 6, 7, 8)では、応力の増加が認められた。これは、降伏点を有する鋼板と、降伏点がなく引張強度が鋼板の10倍を有するCFRPの材料特性の違いであると考えられる。また、終局ひずみについては、大きな伸び能力(15%)を有する鋼板補強の供試体(No. 2, 3, 7, 8)が、CFRPのみを用いた供試体(No. 4, 5, 6)より大きくなる結果を得た。

円柱供試体の方が角柱供試体よりも、補強量の増大にともなう圧縮応力およびひずみの増加が顕著であり、拘束効果が大きいことが認められた。また、変曲点以降の圧縮応力は、円柱供試体は大きく増加するが、角柱供試体については若干増加している程度である。

4. まとめ

本実験の範囲で得られた結果をまとめると、以下のとおりである。

- ① 補強方法に関わらず、補強量が増加すると、拘束効果が増加する。
- ② 円柱供試体の方が角柱供試体と比較し、拘束効果が大きい。
- ③ 鋼板+CFRP巻立て供試体は、鋼板とCFRPが一体となっていることから、CFRP破断までの応力およびひずみは鋼板補強とCFRP補強を足し合わせた値とほぼ同じとなった。また、CFRP破断後、鋼板補強の応力レベルまで荷重が低下するが、急激な破壊は生じず、ひずみが増大するという特長を有する。

5. 今後の課題

復旧仕様のコンクリートの応力-ひずみ曲線は最大圧縮応力後、下降勾配があるが、本実験においては、上昇勾配の傾向がみられた。これは、コンクリート供試体に対する拘束鋼材量(CFRP含む)の比率の違い等の理由が考えられる。今後は復旧仕様の式を導いたときの供試体条件等を踏まえた上での実験を行い、その結果に基づき鋼板とCFRPを併用した補強の応力-ひずみ関係式を検討する必要がある。