

鋼短柱の CFRP 補強に関する基礎研究

環境社会基盤工学課程 4年 鋼構造研究室

20327785 Batbaatar Nyamdorj

1. 研究背景

上路トラス橋の引張部材である桁端部の下弦材や支間部の斜材は応力余裕があり、部材断面が小さいケースが多い。よって、その部材では地震時の圧縮力により局部座屈が発生することが多いため、耐震補強が必要とされる。現在、鋼短柱の耐震補強においては、高力ボルトを用いた当て板工法が従来工法であり、いくつかの問題がある。それに対して、従来工法と比較してより効果的な炭素繊維シート接着工法 (CFRP 工法)¹⁾を耐震補強工法として用いることが望まれている。

2. 研究目的

本研究では、上路トラス引張部材を模した矩形断面柱を CFRP シートで補強した供試体に圧縮実験を行った。この結果から、CFRP の補強による局部座屈の発生の防止のために、補強時の剛性の向上、応力の低減効果、鋼材の破壊の挙動、水平シートを用いた場合での剛性の理論値と一致しているかなどの検討を行う。また、水平シートは補強に関して役割は明確でないことから、この補強に関しての役割を検討する。

3. 実験概要

3.1 試験体概要

表-1 に矩形断面柱試験体を示す。実験では計 13 体の供試体を用いた。無補強時の各試験体を道示の耐荷力曲線から、ウェブとフランジの終局状態が局部座屈または降伏と判定される。ここで、局部座屈が発生する面に CFRP シートで補強を行った。また、補強の方法としては以下の 3 つ

のケースとする。

1. 鉛直方向のみでの補強
2. 鉛直方向と同数の CFRP で水平方向も補強
3. 鉛直方向の半数の CFRP で水平方向も補強

表-1 矩形断面柱試験体一覧

試験体	板厚 t(mm)		無補強時 終局状態		補強(鉛直/水平)	
	ウェブ	フランジ	ウェブ	フランジ	ウェブ	フランジ
n	6	6	降伏	降伏	-	-
a	4.5	4.5	座屈	座屈	-	-
a1					6/0	6/0
a2					6/6	6/6
a3					6/3	6/3
b	6	4.5	降伏	座屈	-	-
b1						6/0
b2						6/6
b3						6/3
c	4.5	6	座屈	降伏	-	-
c1					6/0	
c2					6/6	
c3					6/3	

3.2 補強量の算出

CFRP の積層数は載荷軸方向の剛性を持つとされた鉛直シートの枚数のみで算出した。さらに、局部座屈と判定された面に対して、幅厚比が $R \leq 0.7$ となるようにシート数を決定した。それで、補強後の板厚を次の式 (1) で計算した。

$$t = t_s + \frac{E_{cf}}{E_s} \cdot t_{cf} \cdot n \cdot C_n \quad (1)$$

ここで、

t : 補強後の板厚 (R=0.7 となる板厚)

t_s : 補強する鋼板厚

E_{cf} : 炭素繊維シートの弾性係数

E_s : 鋼材の弾性係数

t_{cf} : 炭素繊維シートの 1 層当りの設計厚

n : 炭素繊維シートの積層数

C_n : 応力低減係数

4. 実験結果

4.1 荷重—鉛直変位関係

A シリーズの荷重—鉛直変位のグラフを図-1に示す。図1より、無補強時の弾性域の荷重の増加傾向は理論値とほぼ合っており、補強時の荷重増加も一致していることがわかる。また、水平シートで補強した供試体と鉛直方向シートのみで補強した供試体の荷重増加の傾向は同じである。それは、水平シートは鋼材の剛性に直接的に効果がないことがわかる。また、他のシリーズにもこの結果が確認された。

4.2 最大荷重と座屈荷重

表-2 に各試験体の最大荷重と座屈荷重の結果を示す。表を見ると、補強により各荷重が増大することがわかる。さらに、水平シートで補強した供試体はいずれの荷重に対しても増大していることが見られる。また、水平シートを半数にしても補強効果があまり低下しないこともわかる。

4.3 荷重とひずみ

図-2 に荷重と縦方向ひずみ関係を示す。なお、Aシリーズの先行座屈荷重面を対象とした。図を見ると、補強された各試験体が補強時の理論値と合っていることがわかる。これにより、補強によって応力が低減していると言える。

5. まとめ

今回の実験では、矩形断面柱をCFRPシートで補強したことにより、最大荷重、座屈荷重、応力低下などに対して補強効果があることがわかった。また、水平シートを用いることで、より効果的であることもわかった。

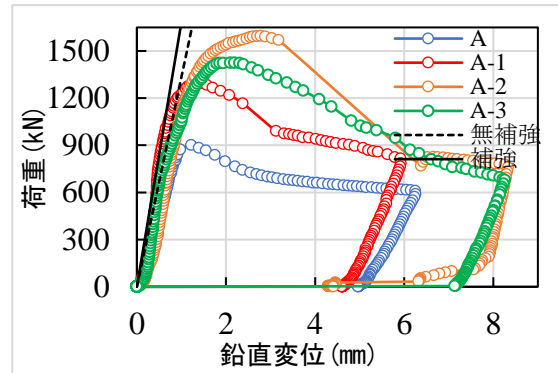


図-1 荷重—鉛直変位 (Aシリーズ)

表-2 試験結果一覧

試験体	最大荷重	座屈荷重	試験体	最大荷重	座屈荷重
	Pmax (kN)	Pcr (kN)		Pmax (kN)	Pcr (kN)
N	1388.82	1098	B	1143.54	832
A	901.26	714	B1	1363.2	1019
A1	1291.2	955	B2	1589.58	1165
A2	1594.58	1105	B3	1498.62	1139
A3	1423.56	1096			

試験体	最大荷重	座屈荷重
	Pmax (kN)	Pcr (kN)
C	1161.78	918
C1	1436.62	1031
C2	1608.2	1233
C3	1542.68	1140

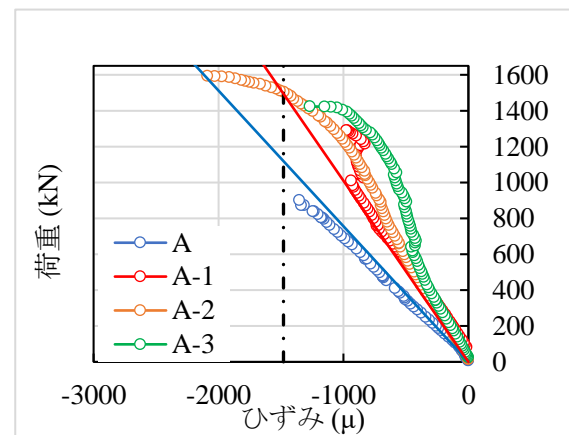


図-2 荷重—載荷軸方向ひずみ関係

参考文献

- 1) (株)高速道路総合技術研究所, CFRP シートによる補修・補強に関する共同研究, 2021