

鋼柱部材の CFRP による全体座屈強度向上に関する実験的研究

ものづくり大学 学生会員 ○菊地 新平, 正会員 大垣 賀津雄, 栗原 大輔
新日鉄住金マテリアルズ株式会社 正会員 秀熊 佑哉, 小林 朗
長岡技術科学大学 正会員 宮下 剛, 長野工業高等専門学校 正会員 奥山 雄介

1. はじめに

現在，設計活荷重や地震荷重の改定以前の橋梁に使われている鋼部材は，耐荷力が不足しているケースが見受けられる．とりわけ地震時における鋼製柱の設計には全体座屈と局部座屈の 2 種類を考慮する必要があり，その補強は容易ではない．

一方で，鋼部材の補強工事には重機や専用機械を使うためコストと時間を要する．そこで，本研究は，近年開発が行われている炭素繊維(CFRP)シートによる鋼板の補強工法に着目し，CFRP シートを鋼板に貼付けた供試体の圧縮実験を行い，鋼製柱の全体座屈強度向上効果を明らかにした．本研究は，今後の鋼製柱の補強設計に資することを目的とする．

2. 実験概要

本実験供試体を，図 1 に示す．その鋼材の材料諸元は表 1 に示す通りである．表 2 に示すように，供試体長さ L を 3 種類として耐荷力を調査した．また，それぞれの長さの供試体において，貼付け範囲，CFRP シートの種類，初層の高伸度弾性パテ(以下，パテ)の有無を変えた 8 種類の補強を行った．試験状況を図 2 に示す．

これらの供試体の圧縮試験を行い，耐荷力の増加状況を調査した．CFRP シートの枚数は表裏それぞれ 5 枚であり，表 3 に示す材料諸元のものを用いた．

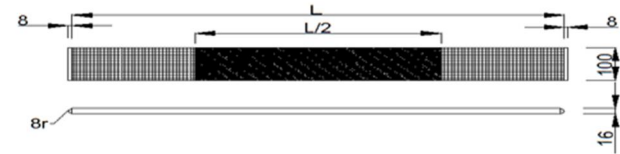


図 1 実験供試体・CFRP シート貼付範囲

表 1 鋼材材料諸元

弾性係数 (N/mm ²)	降伏応力 (N/mm ²)	幅 (mm)	厚さ (mm)
205000	283	100	16



図 2 試験状況

表 3 CFRP シートの材料諸元

CFRP シート	弾性 係数 (N/mm ²)	対鋼材 弾性 係数比	引張 強度 (N/mm ²)	幅 (mm)	設計 厚 (mm)	施工 厚 (mm)
高弾性	657000	3. 20	1900	100	0. 143	0. 643
中弾性	423000	2. 06	2900	100	0. 165	0. 665

注) C F R Pシート 1 枚の値である。

表 2 供試体パラメータと実験結果

供試体				L=400 mm			L=700 mm			L=1000 mm		
CASE	貼付け 範囲	CFRP シート	パテ	道示 計算値 (kN)	終局荷重 (kN)	増加率 (%)	道示 計算値 (kN)	終局荷重 (kN)	増加率 (%)	道示 計算値 (kN)	終局荷重 (kN)	増加率 (%)
CASE0	なし	なし	なし	235	261	—	105	146	—	58	70	—
CASE1	全体 L	高弾性	あり	296	409	57	158	230	58	91	126	80
CASE2			なし	304	399	53	160	278	90	92	143	104
CASE3		中弾性	あり	288	445(1. 55)	70	147	252(1. 71)	73	81	113(1. 40)	61
CASE4			なし	283	436	67※	147	248	70	83	115	64
CASE5	部分 L/2	高弾性	あり	297	402	54	158	174	19	90	93	33
CASE6			なし	301	345	32※	159	193	32※	92	109	56
CASE7		中弾性	あり	283	369	41	145	196	34	82	89	27
CASE8			なし	289	362(参考)	39※	147	262	74※	84	103	47

注) 増加率はCASE0に対する増加比率である。表中、計算値は3.3節に後述する通り、道路橋示方書²⁾(以下、道示)の耐荷力である。終局荷重の()内数値は道示計算値との比を示している。また、※はCFRPシートが剥がれた供試体である

キーワード 炭素繊維シート，鋼製柱，全体座屈，補強，耐荷力
連絡先 〒361-0038 埼玉県行田市前谷 333 番地 ものづくり大学 TEL048-564-3851

3. 実験結果および考察

3. 1 終局荷重

実験結果は表 2 に記載した通りである。いずれの供試体も無補強の終局荷重より耐荷力向上効果が得られた。全体貼りと部分貼りを比べると、全体貼りの方が補強の増加率が高いことがわかる。高弾性シートは繊維の座屈が生じやすく、全体貼りの場合の補強効果は、53~104%とばらつきが大きい、一方、中弾性シートは 61~73%と安定性がある。

道示²⁾の耐荷力曲線と実験結果の比較を図 3 に示す。CFRP 補強した供試体の細長比は CFRP の厚み分を鋼換算として剛性を考慮している。また、部分貼りは、無補強部が CFRP 補強部へと断面形状が変わる部分での座屈が多く

みられたため、座屈応力は座屈荷重に対し鋼材の断面積で除しており、全体貼りの CASE もそれに従っている。

3. 2 破壊状況

今回の実験ではパテの有無で補強強度に差が生じた。L=1000mm では、パテ有の CASE の方が、パテ無と比べ補強強度は低くなった。しかし、L=400mm では、パテ有の方が、パテ無より補強強度が高くなっている。表 2 に示した通り、パテがある供試体よりもパテがない供試体の方が補強強度が高い CASE が見られるものの、図 4 に示すように、パテが無いとシートがはがれて急激に耐荷力が低下する危険性があり、パテ有供試体が最適補強と考えられる。

3. 3 強度の評価方法

強度の評価方法は道示²⁾の式を用いる。この際、断面 2 次半径の計算は、表 3 に示した CFRP 設計厚を鋼換算、加算して計算を行う。

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{\pi} \times \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \times \frac{\ell}{r} \quad (1) \quad \text{ここで}$$

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{cr}/\sigma_y &= 1.0 & (\bar{\lambda} \leq 0.2) \\ \sigma_{cr}/\sigma_y &= 1.109 - 0.545\bar{\lambda} & (0.2 < \bar{\lambda} \leq 1.0) \\ \sigma_{cr}/\sigma_y &= 1.0/(0.773 + \bar{\lambda}^2) & (1.0 < \bar{\lambda}) \end{aligned} \right\} (2)$$

ℓ : 部材長さ L(mm), r : 断面 2 次半径(mm)
 E : ヤング係数(N/mm²), σ_y : 降伏点(N/mm²)
 σ_{cr} : 座屈応力(N/mm²)

上記(1),(2)式で評価した道示計算値は、全 CASE において実験値と比較して安全側の評価が得られることがわかる。

4. まとめ

CFRP シートを鋼板に貼付けた供試体の圧縮実験を行った結果、以下の知見が得られた。

- (1) パテがないと圧縮中にシートがはがれ、急激に耐荷力が低下する場合がある。
- (2) CFRP 補強された鋼製柱の全体座屈耐荷力は、式(1),(2)により安全側に評価できる。

【参考文献】

- 1) (株)高速道路総合研究所：炭素繊維シートによる鋼構造物の補修・補強工法、設計・施工マニュアル、2013. 10
- 2) 社団法人日本道路協会：道路橋示方書Ⅱ鋼橋編、丸善株式会社、2012. 3

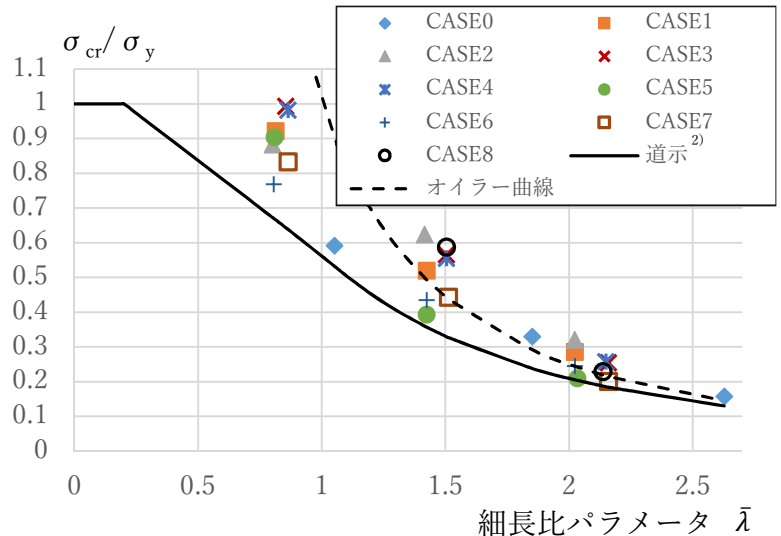


図 3 耐荷力曲線



図 4 CFRP 剥離状況(L=400:CASE4)