

## 組立補剛された山形鋼支柱材の座屈耐力に関する研究

## - その5. 設計式 -

日大生産工(院)

沼山典史

日大生産工

小松 博

株式会社飯島建築事務所

八木茂治

(株) アイ・ティ・シ・コンサルティング

石井圭吾

## 1. まえがき

アフリカあるいは中東の砂漠地帯では強風の影響等による鉄塔の倒壊が問題となっている。これに対し既存鉄塔の山形鋼支柱材に、平鋼を取付金物により圧着し、溶接あるいは削孔による垂鉛メッキ表層への損傷を与えることのない、簡便で施工性の高い補強方法を提案した。既往研究<sup>1)</sup>では、山形鋼の細長比および取付金物数、補強材である平鋼および支柱材である山形鋼の幅厚比の違いによる耐力、変形性能の差異および補強効果の検討をした。本研究では、既往研究<sup>1)</sup>から得られた結果をもとに、平鋼による山形鋼補強時の座屈耐力曲線を求め、これをもとに設計式の提案を行った。

## 2. 設計式

平鋼による山形鋼補強時の断面二次モーメントの求め方として、次の3通りが想定される。図-2-1は山形鋼と補強材を一体とし、一断面とした場合(以下一体と記す) 図-2-2は山形鋼と補強材の断面を分離とし、山形鋼と補強材の各図心を不一致とした場合(以下不一致分離と記す) 図-2-3は山形鋼と補強材の断面を分離とし、補強材の図心は山形鋼の図心に一致させた場合(以下一致分離と記す)である。表-1に既往の試験体および各断面の詳細を示した。

座屈耐力算定式は細長比によって $\Lambda_1$ を境界線としたオイラー式(1)およびジョンソン式(2)で誘導され、式中のパラメータは式(3)から(6)である。

$$\frac{\sigma_{cy}}{\sigma_y} = \frac{1}{\lambda_c^2} \quad (\lambda_c > \Lambda_1) \quad (1)$$

$$\frac{\sigma_{cy}}{\sigma_y} = 1 - 0.4 \left( \frac{\lambda_c}{\Lambda_1} \right)^2 \quad (0 < \lambda_c \leq \Lambda_1) \quad (2)$$

$\sigma_y$ : 山形鋼の降伏応力度  $\sigma_{cy}$ : 座屈荷重時の応力度

$$\lambda = \frac{l}{i_i}$$

$\lambda$ : 細長比

$l$ : 座屈長さ

$$i_i = \sqrt{\sum_n \frac{I_{in}}{A_{in}}} \quad (4)$$

$i_i$ : 補強時の断面二次半径

$A_{in}$ : 補強時の全断面積

$I_{in}$ : 補強時の断面二次モーメント

$$\lambda_c = \lambda \times \sqrt{\frac{\sigma_y}{\pi^2 E}} \quad (5)$$

$\lambda_c$ : 一般化細長比

$E$ : ヤング係数 205000N/mm<sup>2</sup>

$$\Lambda_1 = \Lambda \times \sqrt{\frac{\sigma_y}{\pi^2 E}} \quad (6)$$

$\Lambda_1$ : 限界一般化細長比

$\Lambda$ : 限界細長比

$$R = \frac{I_V + I_S}{I_V} \quad (7)$$

$R$ : 補強率

$I_S$ : 補強材の図心における断面二次モーメント

$I_V$ : 山形鋼の弱軸に関するモーメント

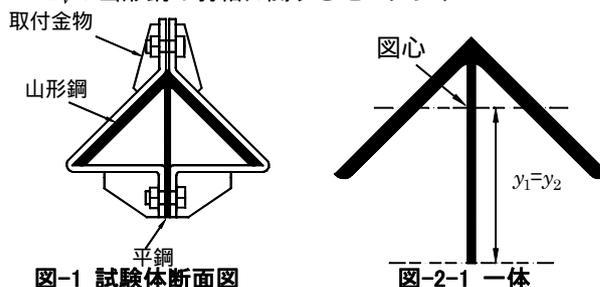


図-1 試験体断面図

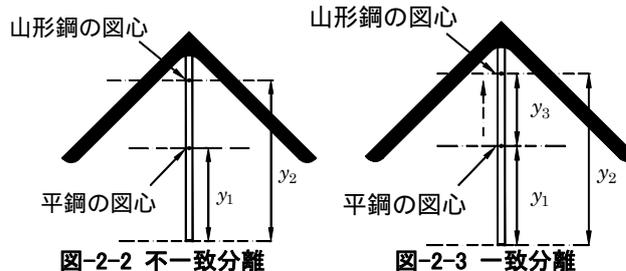


図-2-2 不一致分離

図-2-3 一致分離

Study on Buckling Strength of Angle Steel Compression Members with Built-up Bracing

- Part.5 Evaluation of Strength -

Norifumi NUMAYAMA and Hiroshi KOMATSU

### 3.結果および考察

図-5-1 から図-5-4 に座屈耐力算定式を用いて求めた山形鋼および補強材のサイズによる座屈耐力曲線と既往の実験値を対比したグラフを示す。山形鋼のサイズに関係なく、一体と一致分離の補強率はほぼ同等の結果になっているため、座屈耐力曲線は近似している。また不一致分離は 3 つの補強断面の中では一番低い曲線となっている。実験値に着目すると、限界一般化細長比以下では、どの座屈耐力曲線よりも高く、限界一般化細長比以上では一致分離および一体の座屈耐力曲線を下回り、危険側への評価となる。しかし、不一致分離の座屈耐力曲線においては実験値を下回ることがないことから、安全側に評価することができる。

また、既往の実験でのひずみ分布より、補強材の図心と曲げ応力の反曲点がほぼ一致しているため、山形鋼と補強材の図心は不一致と考え、軸方向力が補強材には作用せず、山形鋼に作用することから断面は分離していると考えられる。このことから不一致分離の座屈耐力曲線で山形鋼補強時の座屈耐力を評価することができるということが検証できた。

### 4.まとめ

山形鋼補強時の座屈耐力を算定したが、実験値が座屈耐力曲線を下回ることはなかった、山形鋼と補強材の断面を分離とし、山形鋼と補強材の各図心を不一致とした場合の断面二次モーメントを用いることで、安全側に評価することができる。

### 参考文献

- 1) 沼山典史・小松博：組立補剛された山形鋼支柱材の座屈耐力に関する研究 その 4 幅厚比と補強効果 日本大学生産工学部第 44 回学術講演会，2011，pp.587～588

表-2 各断面詳細

山形鋼		L120×8	L100×10	L100×10	L75×6	
補強材		PL-125×6	PL-100×4.5	PL-110×6	PL-90×4.5	
補強時の全断面積	$A_t$ (mm <sup>2</sup> )	24.39	23.5	25.6	12.78	
	一体	$y_1$ (mm)	87.84	72.9	79.9	65.55
		$y_2$ (mm)				
	不一致分離	$I_t$ (mm <sup>4</sup> )	222.79	141.07	197.86	84.85
補強率		2.1	1.96	2.74	4.47	
一致分離		$y_1$ (mm)	62.5	50	55	45
		$y_2$ (mm)	107.08	78.12	88.12	72.87
一致分離	$I_t$ (mm <sup>4</sup> )	179.24	109.5	133.55	46.34	
	補強率	1.69	1.52	1.85	2.44	
	不一致分離	$y_1$ (mm)	62.5	50	55	45
		$y_2$ (mm)	107.08	78.12	88.12	72.87
不一致分離	$y_3$ (mm)	45.28	28.12	33.12	27.87	
	$I_t$ (mm <sup>4</sup> )	240.35	145.08	204.91	77.8	
	補強率	2.26	2.02	2.85	4.09	

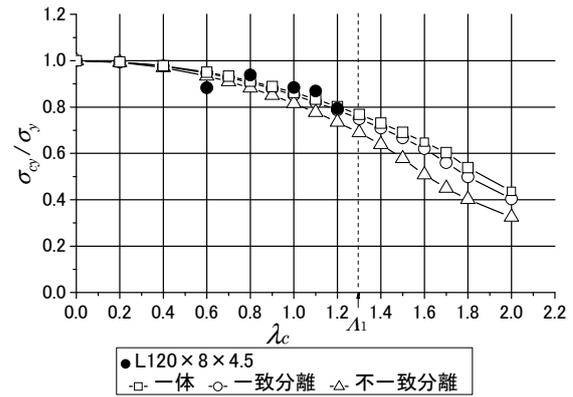


図-5-1 山形鋼補強時の座屈耐力L120×8(125×4.5)

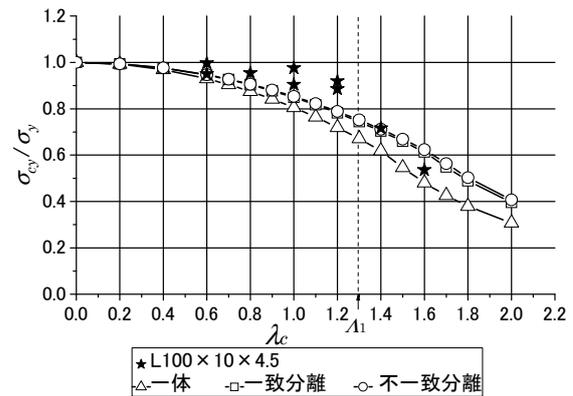


図-5-2 山形鋼補強時の座屈耐力L100×10(100×4.5)

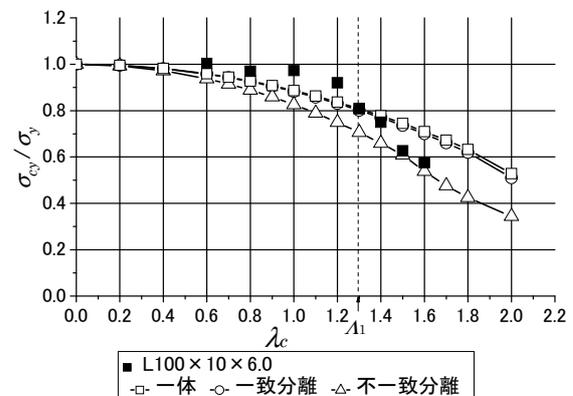


図-5-3 山形鋼補強時の座屈耐力L100×10(110×6.0)

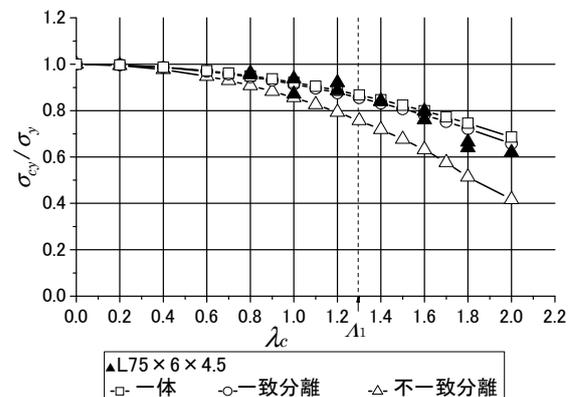


図-5-4 山形鋼補強時の座屈耐力L75×6(90×4.5)