

送電用鉄塔における山形鋼主柱材の補強工法に関する研究

その1 座屈試験

正会員 ○高木 峻一*1 同 佐藤 篤司*2
同 神谷 勇成*3 同 薩川 恵一*4
同 中條 貴之*3

送電用鉄塔 主柱材 補強工法
座屈試験 補強効果

1. 背景と目的

送電用鉄塔は形状の特徴より風荷重が支配的であることから、通常は耐震設計を行っていない。しかし、近年では想定される高レベル地震動に対して耐震性評価を行うことが増え、それに伴った部材の強度不足が懸念されている。強度不足が発生した鉄塔全てを建替えるのは経済的な負担が大きいことから、強度不足部材に対する補強工法の確立は非常に重要である。

そこで本研究では、山形鋼鉄塔主柱材を対象とした補強工法の補強効果確認を目的とし、部材座屈試験および有限要素法による数値解析を行う。

2. 補強工法概要

図1に本研究で対象とする補強方法を示す。送電用鉄塔における山形鋼主柱材継手は図中に示すように、重ね継手を用いるのが一般的であるため、構造偏心による付加曲げが作用し、それによる耐力低下が確認されている¹⁾など。そこで、(a)は構造偏心の低減および断面性能の向上を、(b)は断面性能の増加および施工性の向上を期待した補強となっている。

3. 座屈試験

3.1 試験概要

表1に試験体リストを、図2に試験体形状を示す。試験パラメータは補強方法、補強材サイズ、細長比とし、無補強に関しては比較のための継手無し試験体も含めた。

細長比は図2に示すLと既設材の最小断面二次半径よ

り算出し、40, 80, 120とした。試験体の既設材サイズはL150×10とし、補強材サイズは同サイズおよびワンサイズアップを採用した。試験体には実鉄塔を模擬し、溶融亜鉛めっきを施した。図3に試験概要および変位、ひずみ計測位置を示す。変位は軸方向変位(1, 2)、水平方向変位(3~5)および回転角算出用変位(6~9)を測定した。また、部材応力算出用にひずみゲージを図のとおり貼付した。載荷は長柱試験機による単調圧縮載荷とし、載荷芯と上下の既設材図心を一致させて行った。材端条件は材端部で弱軸方向の回転を自由とした。なお、ピン治具回転中心が試験体接触面に一致する機構となっているため、エンドプレート板厚分を含む試験体全長Lが座屈長さとなる。

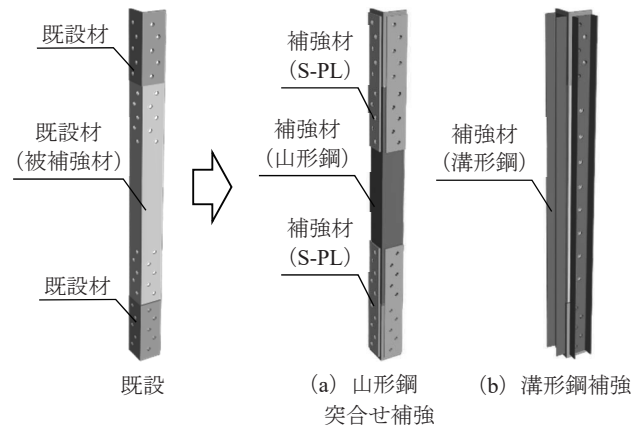


図1 補強工法

表1 試験体リストおよび試験結果

No.	試験体条件						試験結果						
	既設材	補強方法	補強材	細長比 λ	補強材細長比 $re \lambda^{**}$	備考	λ_c	座屈耐力 $e P_{cr}$ (kN)	補強効果	$e \sigma_{cr} / \sigma_y$	終局状態		
1	L150 × 10	無補強	-	40	-	継手無し	0.61	1353.1	-	0.99	ねじれ座屈		
2				80	-	継手無し	1.22	833.8	-	0.61	曲げ座屈		
3				120	-	継手無し	1.82	417.9	-	0.31	曲げ座屈		
4				40	-		0.61	853.5	-	0.62	曲げ座屈		
5				80	-		1.22	536.1	-	0.39	曲げ座屈		
6				120	-		1.82	333.0	-	0.24	曲げ座屈		
7		山形鋼突合せ補強	L150×10	40	5		0.59	1077.7	1.26	0.39	曲げ座屈		
8				80	35		1.18	1224.2	2.28	0.45	曲げ座屈		
9				120	75		1.78	724.0	2.17	0.26	曲げ座屈		
10			L175×12	40	5		0.55	1157.4	1.36	0.37	曲げ座屈		
11				80	30		1.08	1345.1	2.51	0.44	曲げ座屈		
12				120	65		1.61	910.0	2.73	0.29	曲げ座屈		
13				溝形鋼補強	[-125×65 ×6×8	120	161		1.30	1035.5	3.11	0.43	ねじれ座屈(山形鋼)
14						120	9	綴り有り	1.30	1256.3	3.77	0.52	曲げ座屈, 局部座屈

** 補強材取付けボルト群図心間距離/補強材細長比

3.2 試験結果

表 1 に試験結果を示した。一般化細長比 λ_c は既設材と補強材の断面積加重平均から算出した降伏耐力と補強前の λ (L /既設材最小断面二次半径) より求め、座屈応力度 σ_{cr} は座屈荷重 eP_{cr} を既設材と補強材の合成断面積で除した値とした。

図 4 に荷重と鉛直変位の関係、写真 1 に代表的な終局状態を示す。継手の有無に着目すると、細長比が大きくなるにつれて継手偏心による耐力低下の影響は小さくなっている。補強効果に着目すると、細長比 80 以上の場合、偏心なし無補強試験体の耐力よりも補強後耐力の方が高くなり、大きな補強効果が得られている。一方、細長比 40 では補強効果が 1.26~1.36 と小さい。これは細長比が小さい場合に発生しているねじれ座屈に対し、本補強工法のねじれ拘束効果が小さいためと考えられる。

図 5 にひずみ計測結果より求めた既設材と補強材の応力分担を示す。細長比 80 以上ではやや補強材の応力分担が多いが、細長比 40 ではほぼ既設材のみで応力を負担していることがわかる。

4. 結論

山形鋼鉄塔主柱材補強について座屈試験を行い、提案した補強工法の補強効果を確認した。

【参考文献】1) 佐藤 他：偏心継手を有する山形鋼部材の曲げ座屈耐力，日本建築学会構造系論文集，第 81 巻，第 726 号，2016.8

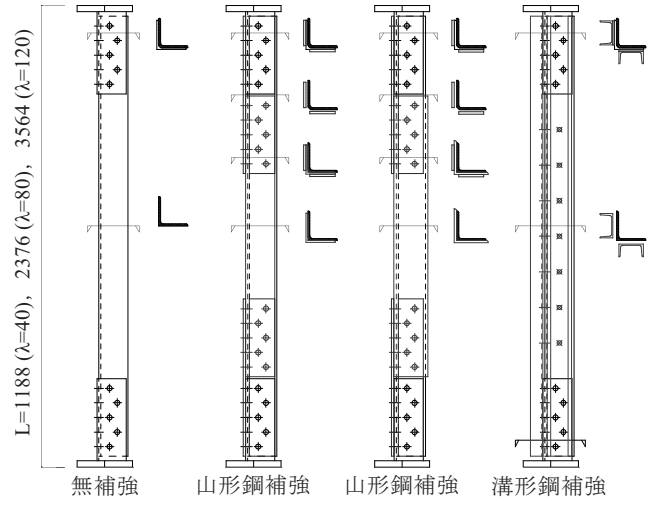


図 2 試験体形状

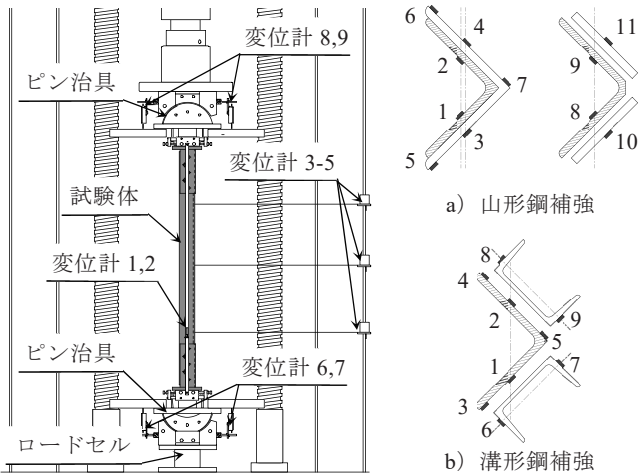


図 3 試験概要および変位、ひずみ計測位置

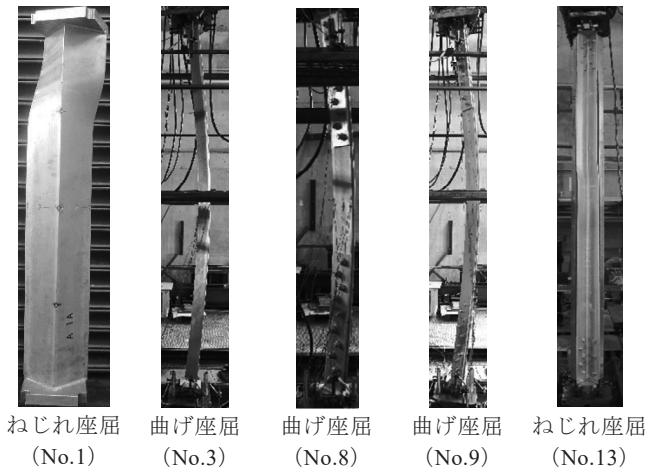


写真 1 終局状況例

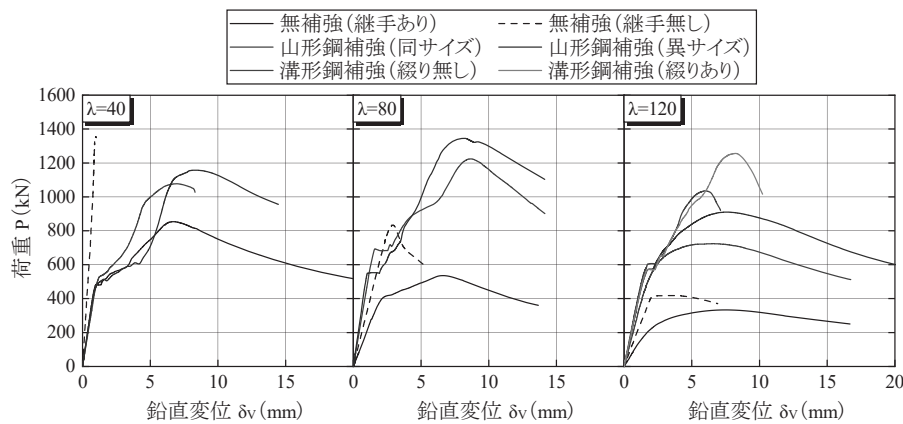


図 4 荷重 P-鉛直変位 δ_v 関係

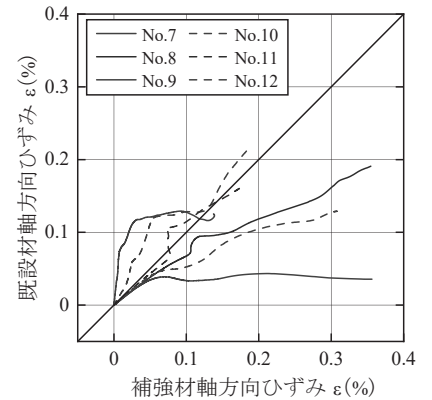


図 5 応力分担状況

*1 株式会社巴コーポレーション
*2 名古屋工業大学 准教授・博士 (工学)
*3 愛知工業大学
*4 愛知工業大学 教授・博士 (工学)

*1 TOMOE Corporation
*2 Associate Prof., Nagoya Institute of Technology, Dr.Eng.
*3 Aichi Institute of Technology
*4 Prof., Aichi Institute of Technology, Dr.Eng.