

三角鉄塔(三本脚鉄塔)の開発

水場の基礎への適用により建設費をコストダウン

Development of a Trianglar Tower

Reduction of construction costs by use with foundations in water side

(工務部 技術開発G)

77kV級送電用鉄塔の建設コストを低減するため、主柱材を4本から3本に集約し、基礎を1脚削減できる三角鉄塔を開発した。最適形状ならびに構造を検討するとともに、風洞実験や実規模載荷試験を実施し、現行のクレモナ解析を用いた実用的な設計手法を確立した。

(Engineering Section, Electrical Engineering Department)

To reduce the construction costs of 77 kV-class transmission steel towers, we have developed a trianglar tower with three mainposts so as to reduce the ordinary four foundations to three. We have also investigated the optimal form and structure of this steel tower and conducted wind tunnel tests and actual-scale loading tests to establish practical design techniques using the current Cremona analysis.

1 研究の背景と目的

現行の四角断面を有するトラス構造の送電用鉄塔(四角鉄塔)は、長年の研究開発の積み重ねにより、機能性および経済性に優れたものとなっている。しかしながら、さらなる建設コストの低減を図るため、鉄塔だけでなく基礎を含めて検討したところ、基礎引揚力の小さい井筒基礎や場所打杭基礎等において、施工上の限界によりその大きさが決定され、所要の基礎耐力と比較し耐力に裕度を有する場合があることが判明した。そこで、基礎を1脚削減し、1脚あたりの分担荷重を増加させ、裕度をはき出すことにより建設コストの低減が可能な三角断面を有するトラス構造の鉄塔(三角鉄塔)を開発した。

2 三角鉄塔の形状および構造

三角鉄塔の構成部材としては、四角鉄塔に一般的に用いられているアングル鋼材を採用し、断面形状は、設計および施工性の観点から正三角形とし、その一辺が線路と直角となる方向に据え付けることとした。また、根開きについては、基礎引揚力の合計が四角鉄塔と同等になる1.25倍を採用した。腹材取付部には、アングル鋼材の加工を極力少なくするため15度の曲げプレートを用いた。

第1図に、三角鉄塔の断面および腹材取付部の構造を示す。

3 三角鉄塔に作用する風圧荷重

設計風圧荷重を求めるために、第1表に示すパネルモデルおよび塔体モデルを用いて、充実率をパラメータとして風洞実験により風圧係数を求めた。

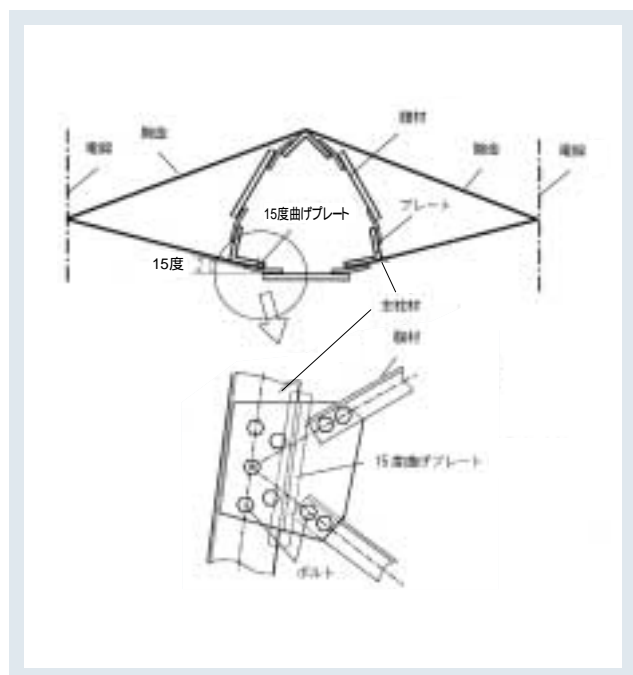
その結果、測定値はANSI/EIA-222-D(アメリカ)に規定されている風力係数に近いことが判明した。

第2図にその結果を示す。

この結果から、実際の設計に用いる風圧荷重は、「電気技術基準の解釈について」に記載されている現行の四角鉄塔「鉄塔 - その他のもの」と同じ等価風圧荷重(鉄塔高40m以下で2,840Pa)を用いればよいことを確認した。

また、風向と部材に発生する応力の関係についても測定した。第3図にその測定結果の一例を示す。

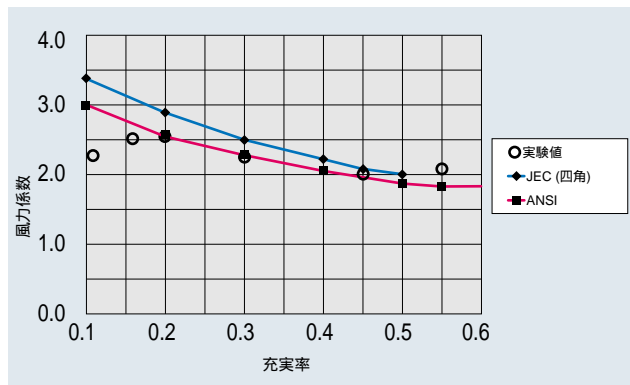
最小応力と最大発生応力との差が小さいことから最大発生応力を用いて設計すれば斜風設計を不要とできることがわかった。



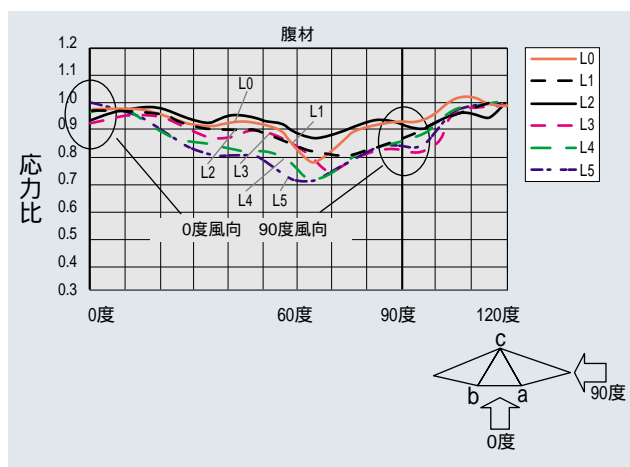
第1図 三角鉄塔の断面および腹材取付部の構造

第1表 モデル試験体の充実率

モデル種類	充実率	記号
2パネルモデル (縮尺率1/3)	0.11	L1
	0.20	L2
	0.30	L3
	0.45	L4
	0.55	L5
塔体モデル (縮尺率1/30)	0.16	L0



第2図 充実率と風力係数との関係(各種規格値と測定値の比較)



第3図 風向と発生応力との関係

4 三角鉄塔の設計手法

三角鉄塔に各種の想定荷重を加えたとき、各部材に発生する応力を、立体構造物の詳細な解析が可能な「立体解析」と現行の設計手法に用いている「クレモナ解析」とにより比較した。その結果、両者の解析値がよく一致することから「クレモナ解析」が使用できることを確認した。第2表に結果の一例を示す。

また、実規模鉄塔を用いた荷重載荷試験においても、解析値の妥当性を検証している。

第2表 立体解析とクレモナ解析との比較(鉄塔頂部に荷重を載荷した場合)

載荷荷重 方向	脚	立体解析応力分担率			クレモナ解析応力分担率		
		線路直 角方向	線路 方向	鉛直 方向	線路直 角方向	線路 方向	鉛直 方向
線路直角 方向	a	0.47	0.23	2.55	0.42	0.14	2.55
	b	0.47	-0.23	-2.55	0.42	-0.14	-2.55
	c	0.07	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00
線路方向	a	0.23	0.20	-1.47	0.14	0.25	-1.47
	b	-0.23	0.20	-1.47	-0.14	0.25	-1.47
	c	0.00	0.60	2.94	0.00	0.50	2.94
鉛直方向	a	-0.04	-0.02	0.33	0.00	0.00	0.33
	b	0.04	-0.02	0.33	0.00	0.00	0.33
	c	0.00	0.04	0.33	0.00	0.00	0.33

5 適用効果

三角鉄塔を77kV級2回線の標準的な鉄塔に適用することにより井筒基礎では、最大5百万円/基程度、場所打ち杭基礎では最大3百万円/基程度のコスト効果が期待できる。これらの検討を踏まえ、平成10年下期に岡崎支店管内77kV栄屋乳業矢作線2基(ACSR/AC80mm² 2回線)に適用した結果、鉄塔重量についても四角鉄塔より10%程度軽量化することができ、全体で約3百万円程度の建設コスト低減ができた。第4図に栄屋乳業矢作線第2号鉄塔に適用した三角鉄塔を示す。

建設を終えた三角鉄塔は、全面と後面で重なる部材数も少なくなるため、四角鉄塔と比較して、見た目にはすっきりとした外観となり、景観調和の面でも優位であることを確認した。

今後は、三角鉄塔の一層の普及と標準化を図るため仕様書ならびに設計の手引きを作成する予定である。



第4図 三角鉄塔(栄屋乳業矢作線 第2号鉄塔)