第 I 部門 送電鉄塔の耐荷力特性に関する解析的研究

大阪市立大学工学部 学生員 〇畠中 彬 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 松村 政秀 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 北田 俊行 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 山口 隆司

1. 本研究の背景および目的

電線・鉄塔・地盤からなる架空送電線路の設計に は、台風による損壊防止、鉄塔の大規模化、超高圧 化などにより、十分な信頼性と安全性とが要求され る.数値解析により送電鉄塔の耐荷力特性を評価す る場合には、送電鉄塔を構成する山形断面や円筒形 断面の部材を、簡単のため、剛性と断面積とが等価 な矩形断面部材としてモデル化することが多い.し かし、このとき、部材への作用軸力の偏心や、局部 座屈の影響が考慮できないため、送電鉄塔の正確な 耐荷力評価が困難であると考えられる.

本研究では,送電鉄塔を構成する山形断面鋼部材 の作用軸力の偏心や,板の座屈に着目して,送電鉄 塔の耐荷力を数値解析により検討する.

2. 圧縮を受ける等辺山形鋼の弾塑性有限変位解析 2.1 解析モデル

送電鉄塔を構成する山形断面鋼部材のモデル化が, 部材の座屈耐力に及ぼす影響を,等辺山形断面鋼部 材を,i)剛性と断面積とが等価な矩形断面のはり-柱要素でモデル化した beam1, ii) beam1 に作用軸 力の偏心を考慮した beam2, iii)剛性と断面積とが 等価な山形断面のはり-柱要素とした beam3,および, iv)全て板要素で忠実にモデル化した shell,の4種 類の解析モデルで検討する.表-1には,断面寸法を, 図-1には,解析モデルの断面を示す.鋼材の材料定 数には,主柱材に一般的に用いられる SS540 材とし た.支持条件は両端ピン支持とし, beam2, beam3, および shell は偏心圧縮状態を再現している.なお, 初期不整には,部材全体の初期たわみを考慮した.

表-1	解析モ	デル	の寸	法
-----	-----	----	----	---

		$A \times B$	t	断面積	断面二次モーメント(mm⁴)		細長比パラメータ		偏心量(mm)	
		(mm)	(mm)	(mm^2)	I_{y}	I_z	λ	偏心の考慮	e,	e _z
bea sh	am3 1ell	120 × 120	8.0	1856	2.61 × 10 ⁶	2.61 × 10 ⁶	1.17(長さ3.3m)	<u>する</u> する	57.7	0.27
bea	am 1	0172017	E 1					しない		-
bea	am2	91./ × 91./	5.1					する	57.7	0.27



2.2 解析結果

山形鋼の基準耐荷力曲線¹⁾上に本解析結果をプロ ットし図-2 に示す. beam3 と shell は同じ耐荷力で あり,ほぼ基準耐荷力曲線上に位置する. beam2 は 偏心載荷の影響で beam1 と比べて,耐荷力は低下す る.

図-3には、軸方向圧縮荷重と軸方向変位との関係 を示す. beam3 と shell とを比べると、最大荷重は 等しいが最大荷重となる時の変位が異なっている. これは、山形断面鋼部材の板曲げにより、角部が直 角に保たれない影響によると考えられる.以上より、 山形鋼部材では、作用軸力の偏心の考慮が、正確な 耐荷力評価に必要であることがわかる.



Akira HATANAKA, Masahide MATSUMURA, Toshiyuki KITADA and Takashi YAMAGUCHI



3. 簡易鉄塔モデルの弾塑性有限変位解析

3.1 解析モデル

高さが 17m, 脚部間隔が 3.9m の山形鉄塔を対象 とした.図-4には,構成部材である山形断面鋼部材 を,剛性と断面積とが等価な矩形断面のはり-柱要 素でモデル化した解析モデル A,主柱材の一部を beam3 とした解析モデル B,同じく,主柱材の一部 を shell とした解析モデル C の概略を示す.斜材お よび,水平材の断面寸法を表-2に示す.部材の材料 定数は主柱材が SS540材,斜材と水平材が SS400材 である.主柱材基部の支持条件は完全固定とし,図 -4 中の丸印を付した基礎部はコンクリートが巻き 立てられているため,剛体と仮定した.



図-4 鉄塔解析モデル

表-2 断面寸法

部材	A × B (mm)	t (mm)	断面積 (mm ²)	断面二次モーメント I,,I,(mm ⁴)
斜材(山形断面)	50.0 × 50.0	4.00	204	0.00.11.04
斜材(矩形断面)	38.0×38.0	2.53	384	9.26×10^{-1}
水平材(山形断面)	60.0×60.0	4.00	161	1.00×10^{5}
水平材(矩形断面)	45.9×45.9	2.53	404	1.63 × 10

3.2 荷重の載荷方法

送電鉄塔には、電線に作用する風荷重が鉄塔腕金 を介して主に部材軸力として主柱材に伝達される. このような状況を想定して、図-5 に示すように、*x* 軸方向に作用させるパターン1および、*x=y*の方向 に作用させるパターン2の2種類の水平荷重を主柱 材上端に作用させる.



3.3 解析結果

表-3 には,鉄塔頂部の最大水平荷重と鉄塔脚部の 最大鉛直反力との関係を示す.鉛直反力は,引き抜 きを正,押し込みを負とし,作用水平荷重は4点の 合力である.解析モデルAの最大鉛直反力および, 最大水平荷重は解析モデルB,Cの約1.2~1.4倍と なる.これは圧縮側の主柱材の座屈変形によるもの である.また,パターン1の最大水平荷重はパター ン2の約1.4倍である.

表-3 解析結果

(a) バターン 1						
	最大水平荷重	最大鉛直反力(kN)				
	(kN)	脚部1,2	脚部3,4			
解析モデルA	337	731	-731			
解析モデルB	245	539	-521			
解析モデルC	260	575	-575			

最大水平荷重 最大鉛直反力(kN) (kN)脚部1 脚部2,4 脚部3 解析モデルA 229 761 -6.7 -747 解析モデルB 617 -497 -542 173 解析モデルC 179 654 -49.8 -566

(b) パターン2

4. まとめ

本研究では、山形断面鋼部材のモデル化およびその座屈挙動に着目して、送電鉄塔の耐荷力解析を行った。その結果、部材のモデル化および偏心圧縮状態の考慮が、部材および鉄塔の耐荷力に及ぼす影響が無視できないことがわかった。また、鉄塔モデルでは x 軸方向よりも、x=y 方向に水平荷重を載荷する方が最大水平荷重は小さくなる。

参考文献

 日本道路協会:道路橋示方書・同解説,Ⅱ.鋼橋 編,平成14年3月