

V-238 送電用鉄塔基礎における限界状態設計法と許容応力度設計法の比較

東京電力(株) 正会員 矢野 康明

東京電力(株) 正会員 奥山 一夫

東電設計(株) 正会員 松島 学

1. はじめに

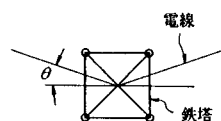
送電用鉄塔基礎の設計に限界状態設計法を導入することを目的として、限界状態設計法と許容応力度設計法との比較を行った。両設計法の比較は、許容応力度設計法によって設計された基礎体が有している構造物係数 γ_i の値を逆算（キャリブレーション）により求め、その特性を検証することにより行うこととした。

2. 検討方針

送電用鉄塔基礎の特徴は、風荷重や電線張力により圧縮荷重または引揚荷重を受けること、図-1に示す鉄塔型により基礎荷重に占める変動荷重と固定荷重の比率が異なること等が挙げられる。また、基礎の形式は、地形・地質条件等により直接基礎、くい基礎、深礎基礎等から選別されている。

ここでは図-2に示すようなくい基礎の、「床板の曲げ」「押・引抜きせん断」「くいの曲げ」の断面破壊の終局限界状態について、鉄塔型や荷重の作用条件（圧縮・引揚時）をパラメータとした検討結果を報告する。

構造物係数 r_i の値を逆算する手順は、図-3に示すとおりである。ここで、安定計算については、限界状態設計法による検討を別途検討することとし、断面計算の限界状態の検討における構造物係数を対象とした。



鉄塔型	水平角度 θ
PA	0~5°
PB	10°~15°
PC	30°~35°
PG	40°~45°
PK	50°~60°

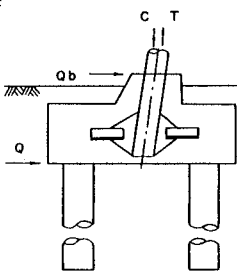


図-1 鉄塔型の種類

図-2 くい基礎

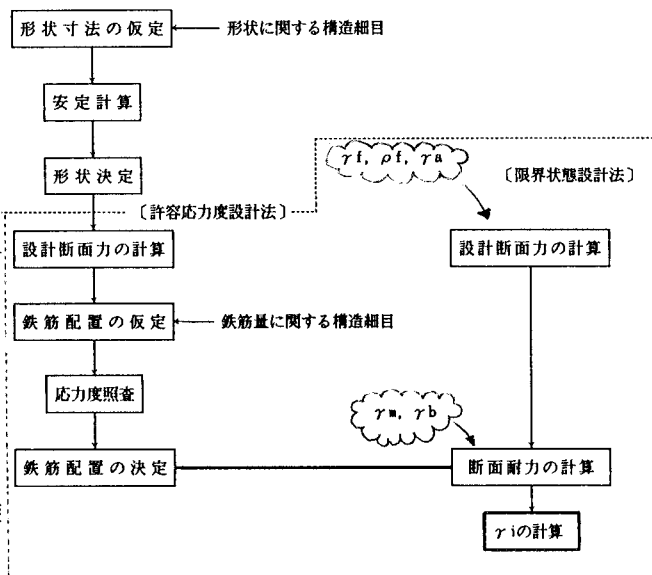


図-3 構造物係数 r_i の計算手順

3. 部分安全係数の設定

部分安全係数は、計算された断面が許容応力度設計法によるものと同等程度となるよう次に示す方法により求めることとし、構造物係数以外の部分安全係数を表-1 (a) (b) のように設定した。

① データを収集し統計処理によって求める。

	荷重修正係数 ρf		荷重係数 τf		荷重組合せ係数
記号	ρf_D : 固定荷重 (重量、張力など)	ρf_L : 変動荷重 (固定荷重)	τf_D : 固定荷重 (固定荷重)	τf_L : 変動荷重 (固定荷重)	ψ
係数值	1.0	1.2	1.0	1.2	1.0

- ② コンクリート標準示方書に推奨されている値の適用性を検討して求める。

- ③ 構造物係数 γ_i については許容応力度設計法による計算結果（断面諸元）と限界状態設計法によるものが同一の結果となるようにキャリブレーションによって求める。

表－1 (b) 部分安全係数

	構造解析係数 γ_a	材料係数		部材係数 γ_b
		γ_{mc} :コンクリート	γ_{ms} :鉄筋	
床板の曲げ	1.0	1.4	1.0	1.05
床板の引抜きせん断	1.0			1.15
くいの曲げ	1.4			1.15

4. 構造物係数 γ_i の検討

構造物係数 γ_i は以下の手順により算出することとした。求められた構造物係数には、本来有している意味合いの他に、許容応力度設計法とのキャリブレーション係数としての意味合いも含んでいると考える。

- ① 許容応力度設計法による断面耐力 (R_{ad}) と断面力 (S_{ad}) の比 α を次式のように定義する。

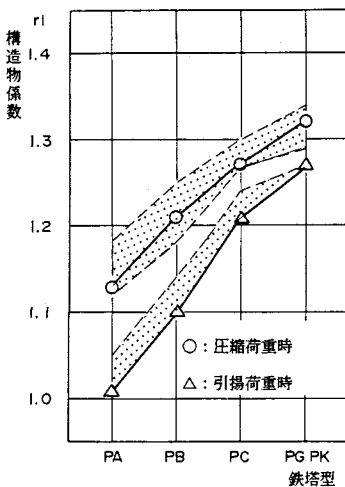
$$\alpha = R_{ad} / S_{ad}$$

ここで、 α が実用の鉄筋配置、構造細目を満足しつつ、1.0 に近づくように断面設計を行う。このようにして得られた断面設計の結果は、 α の安全裕度を有していることとなる。

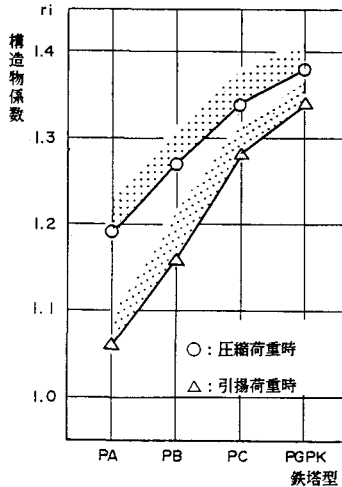
- ② この断面に対して限界状態設計法でキャリブレーションすることとし、構造物係数 γ_i は限界状態設計法による断面耐力 (R_d) と断面力 (S_d) により次式で表されたとした。なお、構造物係数以外の部分安全係数は、表－1 に示した値を用いる。

$$\gamma_i = (R_d / S_d) / \alpha$$

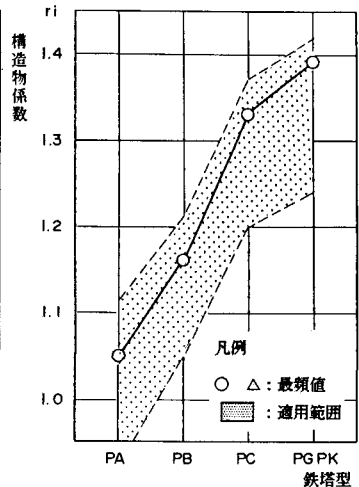
「床板の曲げ」「押・引抜きせん断」「くいの曲げ」の逆算により求められた構造物係数の値は、図－4 (a) (b) (c) に示すとおりである。



(a) 床板の曲げ



(b) 床板の押引抜きせん断



(c) くいの曲げ

5. まとめ

図－4 キャリブレーションにより求められた構造物係数 γ_i

許容応力度設計法では、不確実性が異なる固定成分と変動成分に同じ安全度を与えているのに対して、限界状態設計法では、荷重の不確実性の違いを荷重係数で相応に評価し、変動成分に対する荷重係数を固定成分に対するものよりも大きくしていることから、この荷重成分比が異なるとキャリブレーションによる構造物係数 γ_i が変化することが明らかとなった。

これは、水平角度の大きい鉄塔 (PA→PG) ほど、また引揚荷重時より圧縮荷重時の方が基礎に作用する荷重の変動荷重成分の占める割合が小さくなっているとともに、構造物係数 γ_i が大きくなっていることにより判断される。