

# 送電鉄塔用深礎基礎の圧縮支持力再評価

深礎基礎のさらなるコンパクト化を目指して

## Revaluation of the Compression Load Bearing Capacity in Deep Foundations for Power Transmission Steel Towers

With the aim of more compact deep foundations

(基幹系統建設センター 技術G)

深礎基礎の圧縮支持力は、付着力の発現メカニズムおよび斜面での支持力特性に不明点があり、これらを定量的に評価することにより、より合理的な設計が可能となる。そこで本研究では、FEM解析および遠心模型実験により深礎基礎の圧縮支持力を再評価し、より合理的な設計手法の構築による基礎のコンパクト化を目指した。

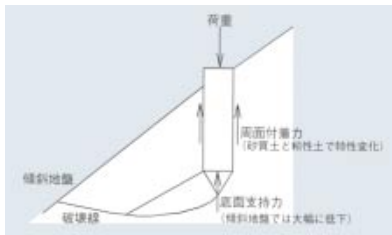
(Technical Section, Transmission and Substation Construction Office)

The role of the compression load bearing capacity of deep foundations is unclear in the mechanism of adherence and bearing capacity characteristics on a slope. Quantitatively evaluating these factors ensures rational designs. In the study reported herein, we reevaluated the compression load bearing capacity of deep foundations by FEM analysis and centrifugal model simulations with the aim of establishing a more rational design approach and thereby realizing more compact foundations.

### 1 背景・目的

深礎基礎は、現状の設計手法において、支持地盤が深い場合には、圧縮支持力で基礎形状が決定される傾向にあり、以下の点で支持力見直しの余地があると考えられる。

圧縮荷重は、基礎体底面支持力と基礎体周面付着力で分担されると考えられるが、両者の分担等の支持機構が確かめられていないので、基礎体底面だけで支持するものとしている。よって、基礎体周面の付着力を評価することにより、基礎体をコンパクト化できる可能性がある。第1図に圧縮支持機構の概念図を示す。



第1図 圧縮支持機構概念図

斜面の影響による支持力低減係数は、極限支持力より求められており、設計荷重レベル（極限支持力の1/3）では低減率が過大に評価されている恐れがある。

本研究では、FEM解析と遠心力模型実験を実施して、深礎基礎の基礎体付着力と傾斜地盤での支持力低減率を再評価した。

### 2 研究の概要

#### (1) 検討手法

本研究では、主たる検討手法としてFEM解析によるパラメトリックスタディーを行い、さらに、その妥当性を評価することを目的として、代表ケースについて遠心力模型実験を実施した。

検討項目および検討条件を第1表に、検討に用いたモデルを第2図に示す。

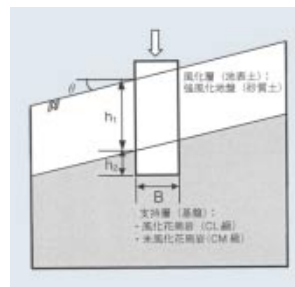
#### (2) 検討結果

##### ア) 周面付着力

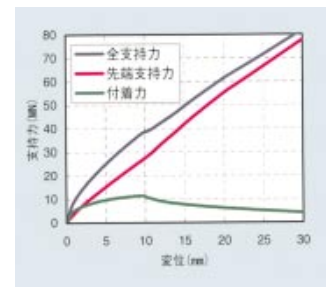
第3図にFEM解析による各支持力成分の荷重 - 変位関係の一例を示す。支持層付着力は変位10mm前後で

第1表 検討条件

検討項目	付着力の影響	斜面の影響
地盤	風化層（地表土）： 強風化地盤（砂質土） 層厚 $h_1 = 5\text{m}$ 支持層（基礎）： ・風化花崗岩（CL級） ・未風化花崗岩（CM級） 2種類	
支持層根入れ長 $h_2$	1m、2.5m、5m	1m
地盤傾斜角	0°	30°、40°
基礎径 B	2.5m	
解析モデル	2次元	3次元



第2図 検討モデル例



第3図 各支持力成分の荷重 - 変位関係 (CL級, 根入れ5m)

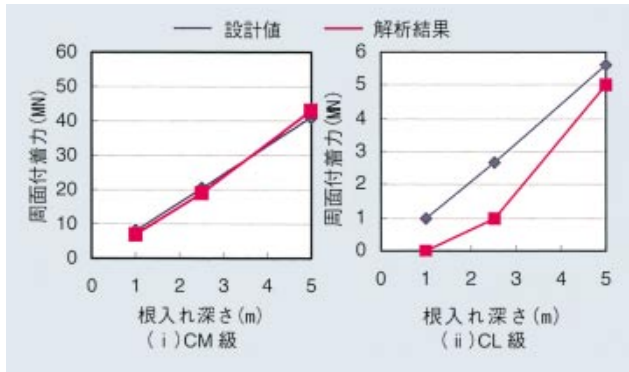
ピークを迎え、その後は変位の増加に伴って残留強度に至っていることがわかる。

第4図に設計値（深礎基礎の引揚支持力の検定で用いられている、モール・クーロンの破壊円から得られるせん断抵抗力度）と解析結果の比較を示す。解析結果は、JEC-127（送電用支持物設計標準）で上部構造物の変位を考慮した場合の目安としている極限変位量25mmでの値である。これを見ると、CM級岩盤では、[設計値 解析結果]の関係となっており、支持層への根入れ深さに関係なくせん断抵抗力度をそのまま採用可能と考える。

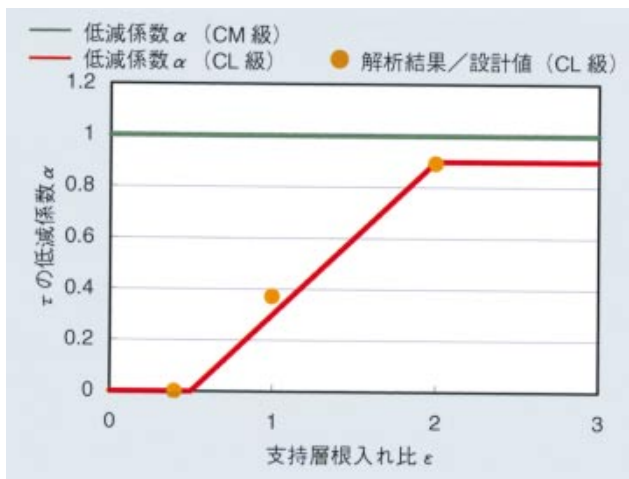
一方CL級岩盤では、解析値が計算値を下回るため、補正が必要となる。

第5図に、第4図より得られる解析結果と設計値の比、およびそれにより設定した低減係数を示す。

以上によって、深礎基礎側面付着力の圧縮支持力への寄与度合を岩種、支持層根入れ深さなどによって明確化できたことから、圧縮支持力 $q_{ca}$ は下式の通り求



第4図 周面付着力の設計値・解析結果 (25mm変位時)



第5図 せん断抵抗力の低減係数

めることが可能となった。赤枠で囲った部分が今回新たに設定した支持層における側面付着力を表し、CM級以上の岩盤においては低減係数 = 1、CL級岩盤では、支持層根入れ比に応じ、を低減させることとした。

$$q_{ca} = \left\{ \frac{1}{1.5n} \left( q_d + \frac{\cdot D \cdot \ell_i \cdot \cdot}{\cdot D^2 / 4} - u \cdot D_f \right) + u \cdot D_f \right\}$$

支持層がCM級 (N 300) の場合  
= 1

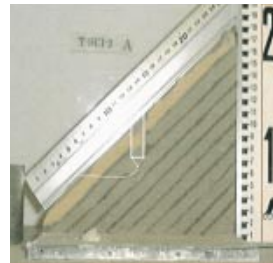
支持層がCL級 (N 100) の場合  
= 0 (0 0.5)  
= 0.6 × - 0.3 (0.5 2)  
= 0.9 (2 )

$$= \frac{\ell_i}{D}$$

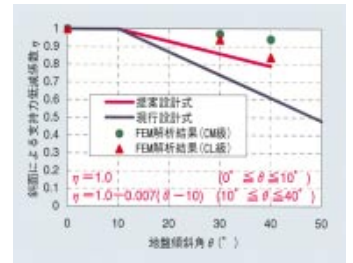
- ： 斜面による支持力低減係数
- n : 降伏支持力に対する安全率
- u : 地盤の平均単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)
- D<sub>f</sub> : 基礎体の有効根入れ長 (m)
- q<sub>d</sub> : 先端支持力度 (kN/m<sup>2</sup>)
- D : 基礎直径 (m)
- ℓ<sub>i</sub> : 支持層根入れ深さ (m)
- ： せん断抵抗力の低減係数
- ： 極限せん断抵抗力度 (kN/m<sup>2</sup>)
- ： 支持層根入れ比

### イ) 斜面による支持力低減係数

第6図に遠心模型実験後の地盤変位の様子を、第7図に斜面による支持力低減係数の提案式を示す。低減係数は、付着力の検討と同様に変位量25mmでの値を用いて評価し、より安全側の評価をするためCL級岩盤における結果より決定した。本提案式によれば、現行の支持力を最大で30%向上させることができる。



第6図 遠心模型実験後の地盤変位 (CL級, 40°)



第7図 斜面による支持力低減係数の提案式

## 3 効果

現行の設計手法では、圧縮支持力を大きくするために拡底型深礎基礎となる場合でも、今回の圧縮支持力再評価によって、支持層根入れ部分の付着力を支持力として見込み、さらに、斜面による支持力低減係数についてもこれを見直すことにより、拡底が不要となる場合がある。現状の拡底型深礎基礎をストレートの深礎基礎とすることで、1~5%程度のコストダウンを図ることができる。(第2表)

第2表 コストダウン効果

		現 行	提 案
形 状			
	サイズ	CL級 2.5m (拡底部分 3.5m) Df 32m	2.5m Df 33.5m
コスト比	CL級	1.00	0.99
	CM級	1.00	0.95

## 4 今後の展開

新しい設計手法では、深礎基礎の圧縮支持力向上を図ることができ、基礎体のコンパクト化により1~5%程度のコストダウンが可能となる。今後275kV上越火力線の基礎設計に反映するとともに、架空送電用深礎基礎設計手引に反映し、標準化を図る。



執筆 / 川澄智宏  
Kawasaki.Tomohiro@chuden.co.jp