

地表傾斜と載荷方向を考慮した鉄塔基礎地盤の水平耐力評価法

東電設計(株)
東京電力(株)
香川大学

正会員 岡田浩士 正会員 高橋秀明
正会員 広中 了 正会員 飯島政義
正会員 松島 学

1. はじめに

急峻な山岳地に建設することが多い深礎基礎の水平耐力が、斜面最急勾配方向の水平耐力に対して、荷重方向を考慮することでどの程度上昇するかを評価することを目的として、既報¹⁾に引き続きひずみ軟化を考慮した三次元 FEM 解析 (以下、3D-FEM) を実施し、地表傾斜と載荷方向の関係性を考慮した水平耐力の評価法を検討した。

2. 3D-FEM 概要と水平耐力評価法

(1) 地盤の弾塑性性を考慮した 3D-FEM

本解析手法は、既往の研究で鉄塔基礎地盤の水平載荷実験の結果を適合よくシミュレーションできている²⁾。本研究では図-1 に示すように地表傾斜 30° と 50° の一様斜面に設置された深礎基礎に対して、載荷方向を変化させて数値解析を実施した。図-2 に示すように載荷方向 0° (最急勾配方向) に対する耐力比は、載荷方向が 90° 以上において、山側への載荷が加わり、耐力比は指数的に上昇するため¹⁾、本研究では 0° ~ 90° の載荷方向について詳しく検討した。深礎基礎の施工実績を考慮し、躯体長 L = 10m、躯体径 D = 2.5m とし、地盤物性値は軟岩の N 値 50 (C = 196KN/m², φ = 30 度) を基本ケースとして、表-1 のように設定した。地盤の破壊基準は Mohr-Coulomb の条件を用いた。強度定数 C, φ の内、岩盤の特性を考慮しは塑性化後も一定値とし、強度低下は粘着力 C と塑性せん断ひずみの関係で表現した¹⁾。

(2) 斜面角度と土塊抵抗領域

図-3 に示すように載荷方向角度が 0° ~ 90° の間で大きくなると、斜面角度 θ_i は地表傾斜 φ より小さくなり、水平耐力は大きくなる。斜面角度 θ_i は幾何学的に式(1)で与えられる。

$$\theta_i = \tan^{-1} \left[\frac{\tan \theta}{\sqrt{1 + \tan^2 \theta}} \right] \quad (1)$$

ここに、θ_i; 斜面角度、θ; 載荷方向、φ; 地表傾斜。

深礎基礎の水平耐力を評価するにあたり、3D-FEM 結果の地盤の軟化領域を土塊抵抗領域と定義し、水平力に対して抵抗土塊から極限反力度が決定される地盤バネで支持されるとする。3D-FEM 解析の結果、図-4 に示すように土塊抵抗領域の幅は、躯体径 D に対して、載荷方向 0° で 3 D 程度、載荷方向 90° では 2 D 程度である。載荷方向角度が大きくなると載荷前面の土塊抵抗ポリユ

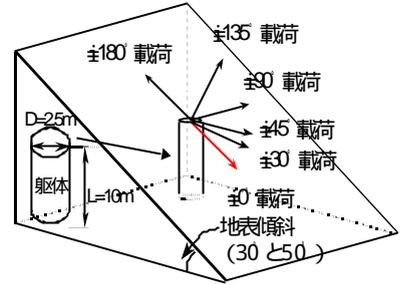


図-1 解析モデル

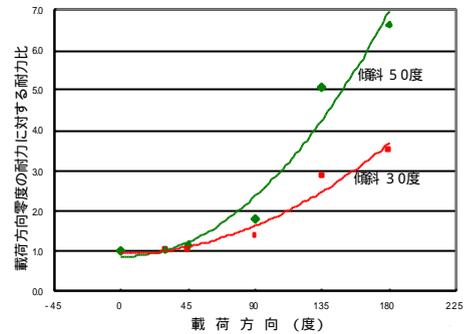


図-2 載荷方向別耐力比

表-1 地盤物性値一覧

物性名称	記号	物性値
標準貫入試験値	N	50
せん断波速度	Vs	200m/s
粘着力	C	196KN/m ²
内部摩擦角		30°
単位体積重量	γ	17KN/m ³
ポアソン比		0.35
せん断剛性	G	67,620KN/m ²
弾性係数	E	176,400KN/m ²

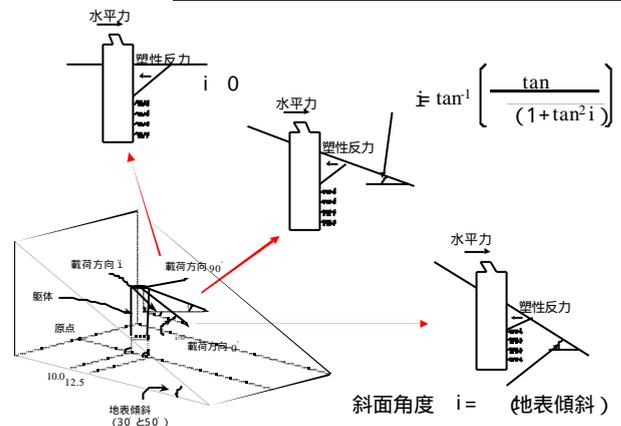


図-3 傾斜角度の定義

キーワード：深礎基礎，三次元弾塑性 FEM 解析，地表傾斜，載荷方向，斜面角度

連絡先：〒110-0014 東京都台東区東上野 3-3-3 TEL03-4464-5251 FAX03-4464-5290

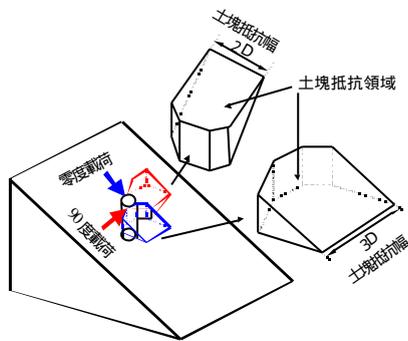


図-4 土塊抵抗領域の比較

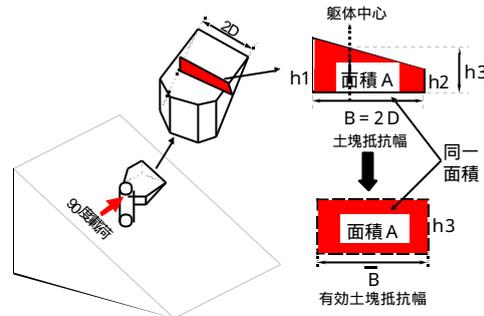


図-5 有効土塊抵抗幅の定義

ームが大きくなるが、3次元的に土塊抵抗領域が拘束を受けるため、土塊抵抗幅は小さくなる傾向にあった。土塊抵抗領域は3次元的な広がりがあるため、載荷方向 90° において、図-5 に示すように土塊中央部の台形面積 A と等価な矩形面積に置き換え有効土塊抵抗幅 \bar{B} を式(2)に定義した。さらに載荷方向 30° と 45° の有効土塊抵抗幅を求めると、図-6 に示すように地表傾斜に関わらず載荷方向角度の増加に伴って若干上に突で低下する傾向を示した。

$$\bar{B} = \frac{A}{h3} = \frac{B \times (h1 + h2)}{2 \times h3} \quad (2)$$

ここに、 \bar{B} ; 有効土塊抵抗幅、B ; 土塊抵抗幅、A , h1 ~ h3 ; 図-5 中の面積及び長さ。

(3) バネモデルによる検討結果

(1)で設定した地盤物性値よりバネの極限反力度を設定し、バイリニア型の弾塑性バネとした。前述の土塊抵抗領域と載荷方向の斜面角度を考慮した物理的なバネモデルでは、載荷方向角度の増加に伴い斜面角度と土塊抵抗幅が同時に減少する。ここで、斜面角度の現象は耐力が大きくなる要因で、土塊抵抗幅の減少は耐力が小さくなる要因であるため、本手法は両者の相殺により載荷方向 45 度までの耐力増加が小さいことを 3D-FEM と同様に表現できる。

図-7 は地表傾斜 30° の 3D-FEM とバネモデルの耐力比である。斜面角度と有効土塊抵抗幅によるバネモデル解析の結果と 3D-FEM は同傾向の水平耐力の増分を評価することができた。図-8 は地表傾斜別に載荷方向 0° に対する 90° の耐力比であり、3D-FEM とバネモデル解析は同傾向の耐力比の増分を評価でき、本手法の妥当性を確認した。

3. おわりに

ひずみ軟化を考慮した 3D-FEM 結果の地盤の軟化領域を水平耐力の土塊抵抗領域と考え、地表傾斜と載荷方向を考慮した斜面角度に応じた深礎基礎の水平耐力がバネモデルにより評価できた。

参考文献 ; 1) 岡田浩士他 : 地表傾斜と載荷方向を考慮した鉄塔基礎地盤の水平耐力, 土木学会第 54 回年次学術講演会, -A433,1999.9.

2) 高橋秀明他 : 斜面上の深礎基礎に関する中規模載荷実験の三次元 FEM 解析, 土木学会第 54 回年次学術講演会, -B382,1999.9

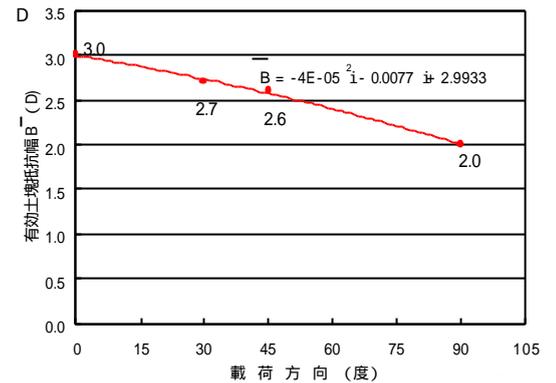


図-6 載荷方向別有効土塊抵抗幅

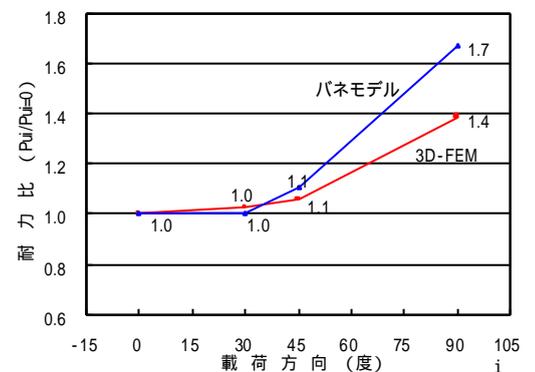


図-7 耐力比の比較 (地表傾斜 30°)

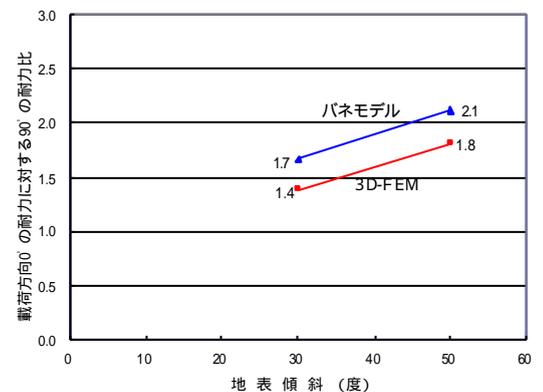


図-8 バネモデルと 3D-FEM の比較