

斜面上の大口径深礎の設計と解析的検討の比較

リテックエンジニアリング(株) 正会員 ○山本英雄 井出香澄
鹿島建設(株) 正会員 山崎啓治
中日本高速道路(株) 正会員 萩原直樹

1. はじめに

斜面上に建設される道路橋の大口径深礎の設計は、『斜面上の深礎基礎設計施工便覧』¹⁾(以下、設計基準)に準拠し行われ、杭径、杭長および基礎本体の配筋に着目した設計上の支配要因は、一般に表-1、図-1のとおりである。設計基準に準拠した設計では、地盤抵抗を節点ばねでモデル化し、基礎本体を1次元化したフレーム解析により杭体や地盤ばねの応答値を算定するが、地盤ばねの設定には安全側の仮定が含まれる。詳細は別報²⁾を参照されたい。

本報文では、設計基準に準拠した計算(以下、設計計算)結果と、現況地形から再現した初期応力場に現地地盤物性を与え直接評価した3次元弾塑性解析結果を、レベル2地震時において比較し報告する。

2. 検討に用いたモデル橋脚基礎の概要

検討に用いた橋脚基礎は、新東名高速道路河内川橋工事にて施工中の上り線P3橋脚とし、杭径 $\phi=16\text{m}$ および杭長 $L=35\text{m}$ を有し、基礎底面は礫岩(C L~CM)に支持される(図-2および図-3)。

3. 3次元弾塑性解析による評価の概要

①3次元的に分布する地層構成を考慮した初期地山応力の再現、②深礎掘削、③基礎本体の構築、④基礎設計用橋脚下端断面力(レベル2地震時)载荷、のステップを考慮した有限差分法による3次元弾塑性解析を行い、地盤内応力度を現地地盤強度で直接評価した。解析手法の詳細は別報²⁾を参照されたい。

4. 基礎本体挙動の比較

基礎本体挙動の比較を図-4および図-5に示す。基礎上部の水平変位量に設計計算と3次元弾塑性解析との差がみられる。基礎天端では、設計計算では42mmであるのに対し、3次元弾塑性解析では24mmの結果となった。鉛直変位に大きな差は見られない。

表-1 斜面上の大口径深礎の設計上の支配的要因

設計項目	杭 径	杭長および基礎本体の配筋
考慮すべき荷重状態	常時およびレベル1地震時	レベル2地震時
支配的な作用	常時(温度時等) 鉛直荷重が主 斜面山側方向载荷	レベル2地震時 水平荷重が主 斜面谷側方向载荷 ※斜面山側方向载荷時は杭径が大きい
支配的な照査項目	杭底面の鉛直地盤反力度	杭前面の水平地盤反力の上限値 基礎本体の降伏曲げモーメント 基礎本体のせん断耐力



図-1 深礎の载荷方向

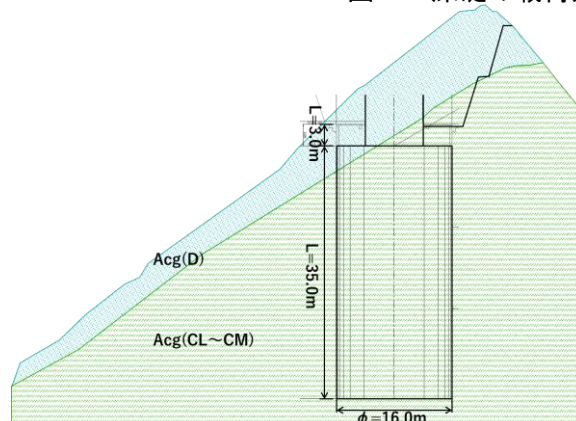


図-2 構造一般図(フレーム解析)

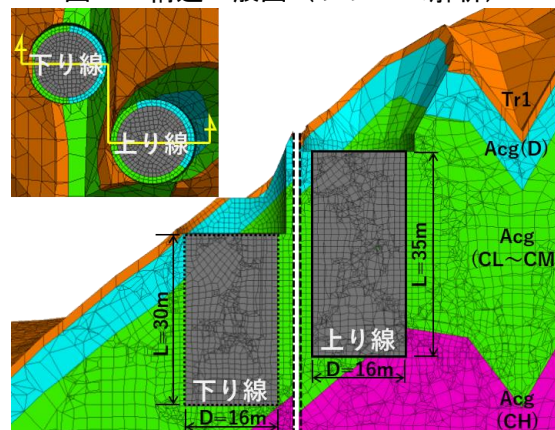


図-3 モデル断面図(3次元解析)

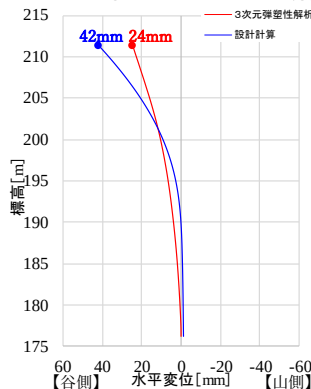


図-4 水平変位

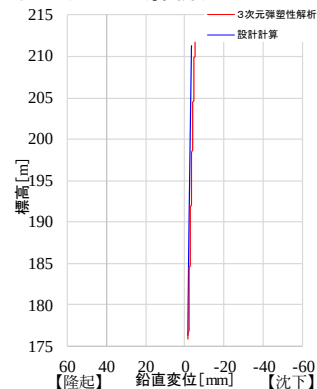


図-5 鉛直変位

キーワード 大口径深礎, 設計基準, レベル2地震時, 3次元弾塑性解析

連絡先 〒107-0052 東京都港区赤坂 6-4-2 赤坂 MS ビル リテックエンジニアリング TEL03-6229-6851

5. すべり土塊の比較

極限水平支持力算出時のすべり面を規定する諸数値の比較、3次元弾塑性解析でのすべり土塊の様子を表-2、図-6および図-7に示す。設計計算と3次元弾塑性解析とで諸数値に差はない。設計計算では、すべり土塊の範囲を塑性化領域として地盤ばねを取り去り、塑性化後抵抗力を外力として作用させている。3次元弾塑性解析では全域弾性地盤領域となっており、すべり面以浅の水平方向地盤反力度が異なる（図-8）。

表-2 すべり土塊に関する比較

	設計計算	3次元弾塑性解析
表層および支持層面の角度（度）	37	37
すべり面の広がり角度 β （度）	42.3	42
すべり面と鉛直面のなす角度 α （度）	83	75
杭前面でのすべり土塊の深さZ（m）	14.5	14.0

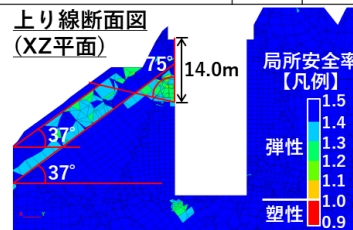


図-6 すべり面断面図

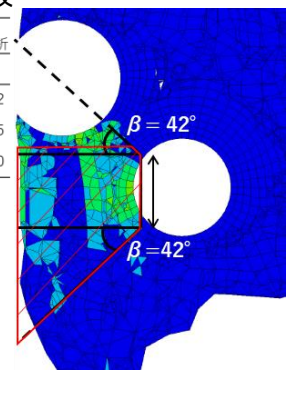


図-7 すべり面平面図

6. 基礎周囲のせん断地盤反力度の比較

鉛直方向せん断地盤反力度の比較を図-9に示す。設計計算では、基礎前面での深さ8m以深で上限値 ($q_y=300\text{kN/m}^2$) に達している。3次元弾塑性解析では、基礎前面において、礫岩 (CL~CM) 上部で設計計算を超える地盤反力度が発生し、深度方向に減衰している。

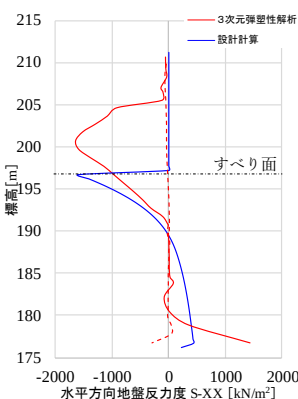


図-8 水平方向地盤反力度

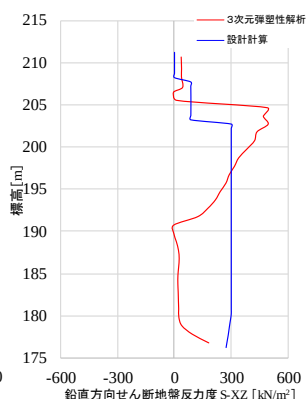


図-9 鉛直方向せん断地盤反力度

7. 基礎本体の断面力の比較

基礎本体の断面力の比較を図-10～図-12に示す。基礎本体上部では、設計計算の断面力が3次元弾塑性解析の値を上回り、基礎本体下部では、3次元弾塑性解析の断面力が設計計算の値を上回る結果となった。基礎本体上部における塑性化領域の評価の違いと、基礎底面における基礎本体と支持地盤のモデル化の違い（点支持と面支持）が影響しているものと考えられる。

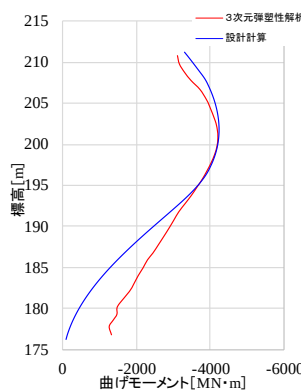


図-10 曲げモーメント

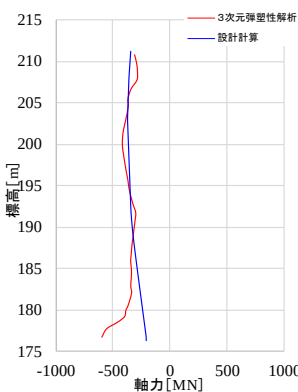


図-11 軸力

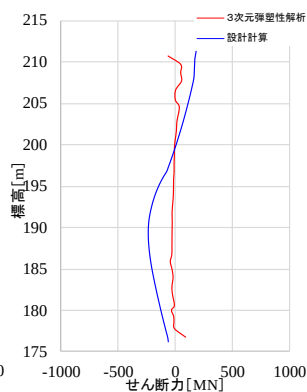


図-12 せん断力

8. おわりに

斜面上に建設される道路橋の大口径深礎について、レベル2地震時における設計基準に準拠した設

計と、解析的検討を比較し報告した。設計計算では、すべり土塊の範囲を塑性化領域と評価して水平支持力を低下させているのに対し、地盤内応力度を現地地盤物性で直接評価した3次元弾塑性解析では、すべり土塊の範囲でも地盤の塑性化が見られず、基礎本体挙動や基礎本体断面力に違いがあることを確認した。また、基礎本体と支持地盤のモデル化の違いが、基礎本体断面力に影響を与えることを確認した。モデル橋脚基礎のような斜面上に建設される大規模な大口径深礎では、3次元解析を行うことで合理的な設定が経済的な設計に繋がり、本検討のような解析による実挙動の予測事例の蓄積が重要と思われる。

参考文献

- 1) 日本道路協会：斜面上の深礎基礎設計施工便覧，2012.4.
- 2) 井出ら：斜面上の大口径深礎の隣接杭の影響に関する解析的検討，第75回年次学術講演会，土木学会，2020.9