

地表面の敷設コンクリートによる基礎の支持力への影響評価

中央復建コンサルタンツ(株) 正会員 ○樋口美紀恵

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 今村 年成

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 室野 剛隆

1. はじめに

供用中の鉄道高架橋では、高架下利用を目的として地表面にコンクリートやアスファルトが敷設されている場合がある。このような敷設物は、構造物基礎にとって地震時の地盤抵抗要素となり、基礎の支持力を向上させる効果があると考えられる。本研究では、合理的な耐震性能評価の確立を念頭に置き、地盤と構造物を一体でモデル化した3次元有限要素法(DGPILE-3D)¹⁾を用いて静的非線形解析を実施することで、地表面に敷設されたコンクリート(以下、“敷設コンクリート”)が基礎の支持力に与える影響について検討したので、その結果を報告する²⁾。

2. 解析モデルと解析ケース

検討対象構造物は図1に示す直接基礎橋脚である³⁾。地盤条件は地表面からフーチング底面までを埋戻し層とし、その直下を支持地盤と仮定した。また、解析ケースによっては地表面に厚さ50mmの敷設コンクリートが存在するものとした。地下水位についてはフーチング底面よりも十分深い位置に存在するものと仮定して、間隙水圧の影響は考慮しないこととした。

解析には地盤と構造物を一体でモデル化した3次元FEMを用いた。解析領域は構造物の変形が解析結果に影響を及ぼさないだけの十分広い領域を確保し、境界条件は底面を固定境界、側面を鉛直ローラー境界とした。なお、計算の効率化の観点から構造物の対称性を考慮して解析領域は半断面とした。柱のモデル化は気中部を通常のビーム要素とし、地中部は地盤との接触条件を表現するためにビーム要素とソリッド要素からなるハイブリッド要素¹⁾でモデル化した。なお、検討では主に基礎の支持力向上のメカニズムに着目するため、解析の便宜上、構造物と敷設コンクリートの部材特性は線形弾性体とした。地盤要素は弾塑性体として、土の構成則にはtj-sand model⁴⁾を用いた。ここでは、仮想地盤をモデル化しているため、土質パラメータは既往の研究結果⁴⁾を参考に初期間隙比(e_0)に応じて設定した。荷重方法は、自重解析の結果を初期断面力として構造物天端(上部工質点)に慣性力を作用させた。1step当たり25kNの荷重増分解析とした。

解析ケースの一覧を表1に示す。コンクリートの敷設範囲による影響を確認するため、敷設範囲を変化させた4ケースについて解析を行った。敷設無しの場合(Case1)を基本ケースとして、柱背面側に敷設した場合(Case2)、柱前面側に敷設した場合(Case3)、地表面全面に敷設した場合(Case4)とした。

3. 解析結果および考察

(1) 構造物の変形に対する影響

構造物天端での荷重変位曲線を図2に示す。Case2～4は敷設コンクリートによって水平変位が抑制されることが分かる。このうち、Case2はCase1とほぼ同じ初期剛性を示すものの、水平荷重1000kN付近か

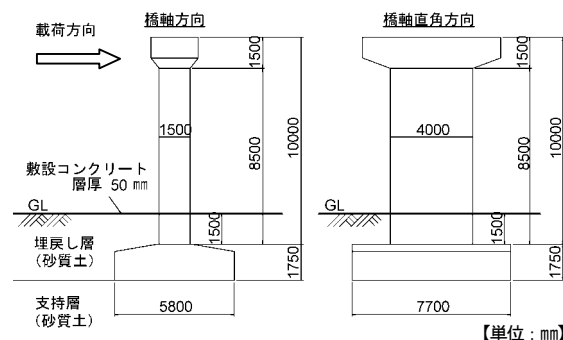


図1：検討対象構造物

表1：解析ケース

ケース名		地表面のコンクリートの敷設範囲 (柱周辺平面図)	■ 柱 □ コンクリート □ 土
Case1	無し	載荷方向	
Case2	柱背面	載荷方向	
Case3	柱前面	載荷方向	
Case4	全 面	載荷方向	

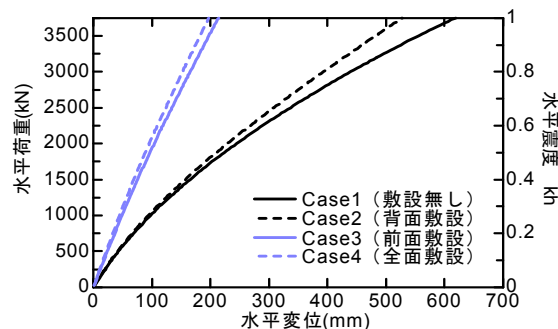


図2：荷重変位曲線（構造物天端）

キーワード 敷設コンクリート、基礎、支持力、既設構造物、耐震性能評価

連絡先 連絡先：〒533-0033 大阪市東淀川区東中島4-11-10 TEL：06-6160-2312 FAX：06-6160-1205

ら荷重増加に伴って徐々に変位が抑制されている。一方、Case3 は荷重直後から変位が著しく抑制されており、敷設範囲によって異なる抵抗メカニズムを示すことが分かる。ただし、今回の計算では、敷設コンクリートは線形弾性体として取り扱っているが、実現象としてはCase3 やCase4 では敷設コンクリートに座屈や圧縮領域と引張領域の間でのひび割れが生じる可能性がある。そのため、必ずしもこのような大きな水平抵抗を発現する訳ではないことに留意する必要がある。

Case2 について、地表面の鉛直変位分布およびフーチング上面の土要素の鉛直応力分布をそれぞれ図3、図4に示す。図3より、柱前面側では基礎の回転によって地盤が沈下するのに対して、柱背面側では地表面がフーチング中心から約6mの範囲に渡って隆起している様子が確認できる。また、図4より、持ち上げられた敷設コンクリートがカウンターウエイトとなって基礎の回転抑制に寄与していることが分かる。

Case3 について、柱の変形モードを図5に示す。荷重増加に伴って地表面(柱と敷設コンクリートとの接点)を支点として構造物の変位が生じており、構造物に作用する水平力が敷設コンクリートで負担されていることが分かる。

(2) 効果発現のメカニズム

上記解析結果から、効果発現のメカニズムとしては次の2つが考えられる。

- ①回転抑制効果(図6参照)：柱背面のコンクリートがカウンターウエイトの役割を果たすことで基礎の浮き上がりを抑制する効果である。荷重レベルの小さい範囲では効果が無く、基礎の変形がある程度進行して、背面側のコンクリートが持ち上がることで効果が発現される。
- ②水平抵抗効果(図7参照)：柱前面側の敷設コンクリートが突っ張りの役割を果たすことで基礎の滑動を抑制する効果である。柱と敷設コンクリートとの接点が支点となることで効果が発現される。

4. おわりに

敷設コンクリートが地震時の基礎の支持力に与える影響について、3次元FEMを用いた静的非線形解析を実施した。支持力向上のメカニズムとして、①基礎の回転に伴うカウンターウエイト効果と②基礎の滑動に伴う突っ張り効果の2つがあることを確認した。これら2つの効果は、基礎の変形が回転モードが卓越するか滑動モードが卓越するかによって支配されるものと思われる。

謝辞：本研究を進める上で、解析モデルの設定などにおいて名古屋工業大学の張鋒教授に多大なご指導、ご助言を賜りました。ここに、紙面をお借りして深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Feng Zhang, Makoto Kimura, Teruo Nakai and Takuya Hoshikawa : Mechanical Behavior of Pile Foundations Subjected to Cyclic Lateral Loading up to the Ultimate State, Soils and Foundations, Vol.40 No.5, pp.1-17, 2000.
- 2) 室野, 今村, 樋口 : 地表面の敷設物が地震時の基礎の支持力に与える影響評価, 第9回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造物の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, pp.117-122, 2006.
- 3) 鉄道総合技術研究所 : 鉄道構造物等設計標準・同解説耐震設計 設計計算例 鉄筋コンクリート橋脚(直接基礎), 2001.
- 4) Nakai, T. : An Isotropic Hardening Elastoplastic Model for Sand Considering the Stress Path Dependency in Three-Dimensional Stress, Soils and Foundations, Vol.29 No.1, pp.119-137, 1989.

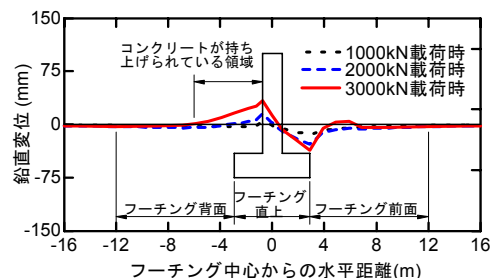


図3：地表面の鉛直変位分布 (Case2)

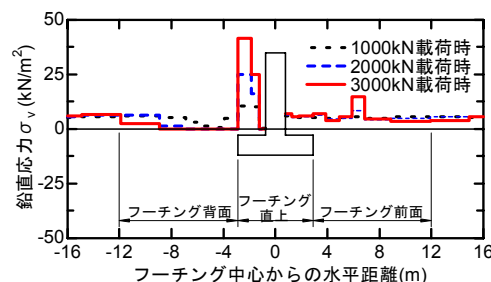


図4：フーチング上面の土要素の鉛直応力分布 (Case2)

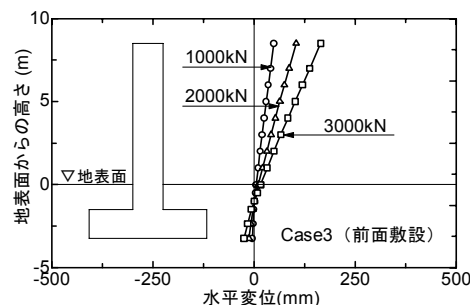


図5：柱の回転モード (Case3)

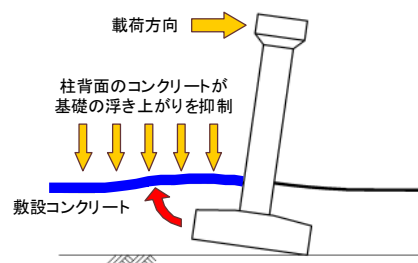


図6：回転抑制効果のメカニズム

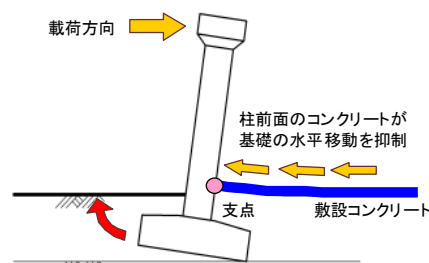


図7：水平抵抗効果のメカニズム