

RC 単柱橋脚直接基礎設計における土被り厚の影響に関する一考察

JR 東日本コンサルタンツ株式会社 正会員 ○半澤 祐貴
JR 東日本コンサルタンツ株式会社 正会員 友竹 幸治
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 藤原 寅士良

1. はじめに

鉄道構造物における単柱橋脚直接基礎の設計では、土被りをフーチングの上載荷重として考慮しており、土被り厚の増加に伴い上載荷重が増加し、地震時のフーチング上側引張の曲げモーメントが増加する結果が得られる。フーチングに発生する断面力に対し、土被りによる柱部前面抵抗が大きく影響すると考えられるが、設計では安全側に無視することが多く、その影響は十分に把握できていない。そこで本検討では、単柱橋脚直接基礎の土被りを柱部前面抵抗として考慮し、土被り厚の変化に伴うフーチングの応答値への影響について検討した。

2. 解析の概要

本検討では、2次元骨組解析モデルによる静的非線形解析を実施した。対象構造物の概要を図1に示す。橋脚の柱部高さは22.0m、フーチング高さは3.0mである。また、橋脚断面寸法は3.5m(橋軸方向)×4.0m(橋軸直角方向)、フーチングの平面寸法は、12.0m(橋軸方向)×10.0m(橋軸直角方向)である。その他、対象構造物の「解析条件」を表1、「部材断面諸元」を表2に示す。解析モデルは図2に示す。単柱橋脚直接基礎設計において、地盤の非線形特性を考慮する場合「回転ばねモデル」でモデル化するのが一般的であるが、フーチングに生じる断面力を直接算定できないこと、フーチングを剛体扱いとするためフーチング部材の非線形特性を考慮できないことから、鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物¹⁾(以下、基礎標準)より、

「分布ばねモデル」でモデル化し、地盤及び部材の非線形性を考慮した。地盤の分布ばねモデルは、鉛直地盤ばねをフーチング底面に分布させることで回転抵抗を表現した。図3に「地盤抵抗の非線形特性」を示す。個別の地盤ばねの浮き上り側と押し込み側の塑性化を考慮した非対称のバイリニアモデルで表現した。柱部及びフーチング前面の地盤は埋戻し土を想定し、ばねでモデル化した。柱部とフーチングの非線形特性は、土被りによる柱部前面の地盤抵抗及びフーチング底面の地盤抵抗により、モーメント分布が直線とならないことからM-φ部材として設定した。解析ケースは、土被り厚をパラメータとして設定した。

「解析ケースと土被り厚の関係」を表3に示す。土被り厚

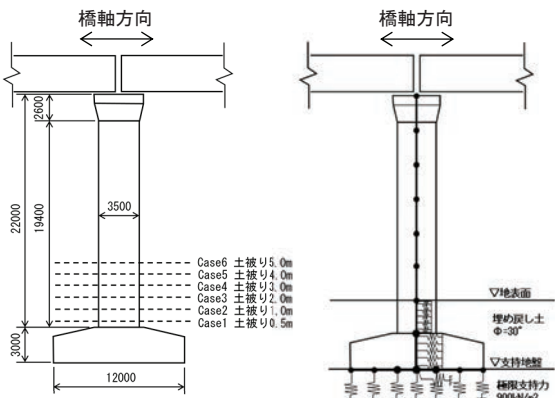


図1 対象構造物の概要 図2 解析モデル

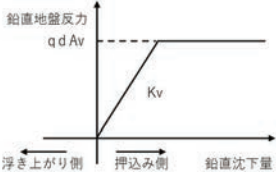


図3 地盤抵抗の非線形特性

表1 解析条件

構造形式	複線用単柱式RC橋脚		
上部工	PC単線箱桁(L=35m)		
検討方向	橋軸方向		
設計水平震度kh	0.15		
く体高	22.0m		
基礎形式	直接基礎		
地盤種別	G2		
G.L.～フーチング下端までの地盤	砂質土 $\phi=30^{\circ}$ (埋め戻し土想定)		
フーチング底面の地盤	粘性土 極限支持力 900kN/m^2		
鉄筋	種類	SD490	
	設計降伏強度	490N/mm^2	
	ヤング係数	200kN/mm^2	
コンクリート	部材の種類	く体、フーチング	
	設計基準強度	28.8N/mm^2	
	ヤング係数	29.5 kN/mm^2	

表2 部材断面諸元

部材	断面寸法(mm)B×H	軸方向鉄筋
く体	4000×3500	主鉄筋 D32-25,27
		側鉄筋(片側) D32-33
フーチング	上側 6903(有効幅)×3000	D20-4(1m幅あたり)
	下側 9781(有効幅)×3000	D25-8,2(1m幅あたり)

キーワード 土被り, 静的非線形解析, 直接基礎

連絡先 〒141-0033 東京都品川区西品川一丁目1番地1号大崎ガーデンタワー14階
J R 東日本コンサルタンツ (株) 技術本部 T E L 03-5435-7626

は対象構造物の設計で考慮した 0.5m を基準として、1.0～5.0m まで 1m おきに 6 ケースの解析を実施した。

3. 解析結果

静的非線形解析による各ケースの荷重-変位曲線を図 4 に示す。土被り厚が厚いほど応答震度が上昇している。土被り厚が薄い Case1, 2 では押込み側地盤が先行降伏し、以降部材の降伏は生じていない。Case3, 4 では地盤降伏後に柱部降伏が生じており、Case5, 6 ではフーチング上側、地盤、柱部の順に降伏している。これは、土被り厚増加に伴う地盤の鉛直支持力の増加、柱部前面抵抗の増加、上載荷重の増加による影響と考える。また、Case5, 6 でフーチング上側が降伏した以降も応答震度が上昇しており、フーチング上側の降伏は構造物の応答震度の上昇に対し大きな影響を与えない結果となった。次に、対象構造物の設計水平震度におけるフーチングの発生モーメントを土被り厚ごとで比較した。図 5 に「土被り厚とフーチング下側引張曲げモーメントの関係」を示す。発生モーメントは土被り厚の増加に伴い減少している。これは上載荷重の増加に伴う、地盤反力の減少と回転抵抗の増加によるものと考えられる。フーチング上側引張に対しては、図 6 に「土被り厚とフーチング上側引張曲げモーメントの関係」を示す。土被り厚 3.0m まではフーチング上側の発生モーメントが増加し、土被り厚 0.5m を基準として最大で 3 割程度増加しているが、土被り厚 3.0m での発生モーメントは、フーチング下側引張鉄筋の 1/6 の鉄筋量を配置した部材降伏耐力(約 12000kN・m)未満となった。さらに土被り厚が大きくなると発生モーメントは減少し、土被り厚 5.0m において土被り厚 0.5m の発生モーメントを下回る結果となった。本検討条件では 3.0m が境界であったが、土被り厚の増加に伴いフーチング上側に生じる曲げモーメントは増加するが、一定の値を超えて柱部前面の抵抗の影響が大きくなると曲げモーメントは減少すると考えられる。

4. まとめ

本検討より下記結果が得られた。

- ・フーチング下側に対して、土被り厚が増加すると発生モーメントは減少する。
- ・フーチング上側に対して、ある土被り厚までは発生モーメントが増加し、一定の土被り厚を超えると土被りによる柱部前面の抵抗が増加することで、発生モーメントが減少する。また、発生モーメントの増加は部材降伏耐力内で収まる程度と考えられる。
- ・直接基礎を設計時の想定より深く床付けする場合に、フーチング上側は下側引張鉄筋の 1/6 以上の鉄筋量を配置しておけば、上載圧増加を考慮して上側鉄筋を増加させる必要はない傾向である。

参考文献

- 1) 公財) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物設計標準・同解説（基礎構造物），2012.1
- 2) 公財) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物設計標準・同解説（コンクリート構造物），2004.4

表 3 解析ケースと土被り厚の関係

Case No.	土被り厚(m)
Case1	0.5
Case2	1.0
Case3	2.0
Case4	3.0
Case5	4.0
Case6	5.0

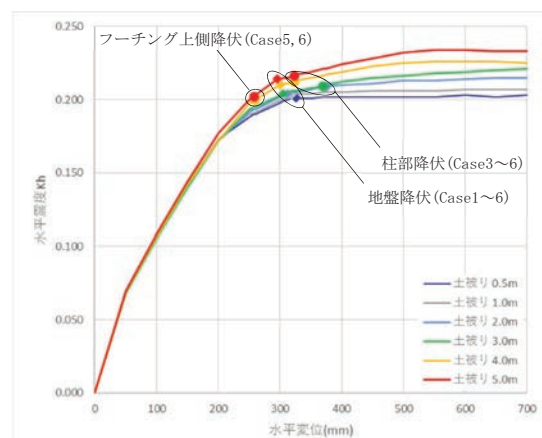


図 4 荷重-変位曲線

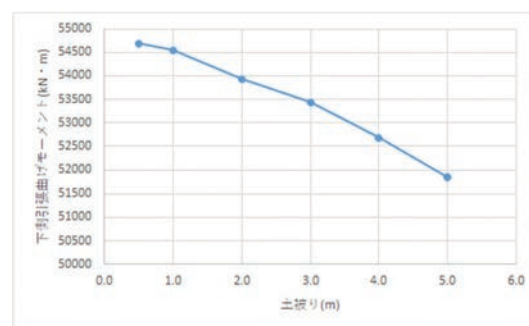


図 5 土被り厚とフーチング下側引張曲げモーメントの関係

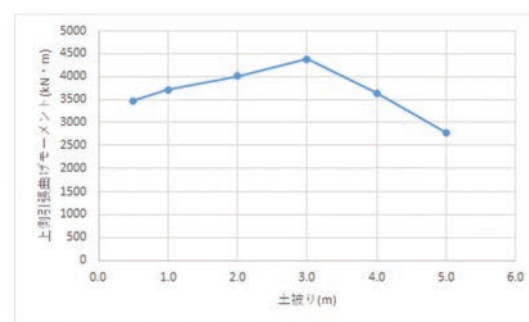


図 6 土被り厚とフーチング上側引張曲げモーメントの関係