# 地盤変位を受ける RC 杭の主鉄筋段落し位置に関する感度解析

鉄道総合技術研究所	正会員	○西村	昌宏,	西岡	英俊,	室野	剛隆
鉄道建設・運輸施設整備支援機構	正会員	米澤	豊司,	清田王	三四郎,	青木-	- <u>-</u> =

#### 1. 目的

軟弱地盤における鉄道杭基礎構造物の耐震設計では,地震時の地盤変位 を考慮する応答変位法が行われている(図-1)<sup>1)</sup>.現状では地震時の地中深 部の杭体損傷程度が未解明であることから,安全側の配慮として地中部の 損傷を出来る限り生じさせない設計となっているため,経済的な鉄筋配置 や鋼管肉厚等の杭体の段落としの設計が困難となっている.著者らは,実 際の地中部の損傷の程度や損傷後の耐力低下が全体系に及ぼす影響を検 証するため,地中部の地盤変位を再現した模型実験およびシミュレーショ ンを実施し,応答変位法での杭体設計の合理化の可能性を確認した<sup>2)</sup>.

これを受けて本稿では,設計実務において段落し位置を変化させて地中 深部の損傷を許容した設計の適用性を検証するため,ラーメン高架橋の設 計事例に対して静的非線形解析による感度解析を行った.

## 2. ラーメン高架橋の概要および地盤条件

対象とする構造物は,高さ13.8mの4径間RCラーメン高 架橋とした.杭形式は,杭径φ=1.5m,杭長L=26.5mの場 所打ち杭(オールケーシング工法)である.図-2に地盤条 件および地盤変位(L2地震動, ヘペクトルⅡ)を示す.地層構成 は,地表面より軟弱地盤層(N=0~3)が約13m堆積し,中間 層に砂層と粘土層(N=5~40),杭支持の砂層(N=50)と続いて いる.耐震設計上地盤種別はG4地盤(普通~軟弱地盤)と判 定される<sup>1)</sup>.地表面の地盤変位は,236mmである.なお, 本解析の照査断面は橋軸直角方向を対象とする.

#### 3. 解析ケース

各ケースの杭の断面諸元と段落し位置を図-3 に示す. CASE-A(元設計)の段落し位置は、応答変位法の曲げモーメ

ント分布形状から $\beta z=3.0(\beta: 杭の特性値, z: 深度) とし,更に定着長$ を確保した位置で重ね継手により鉄筋本数を<math>1/2に減じている.本解析 では,元設計の段落し位置より浅い位置で段落しの影響を把握するため, 段落し位置を $\beta z=2.0$ (CASE-B)および $\beta z=1.5$ (CASE-C)とし,段落し方 法は,ガス圧接により鉄筋径を減じる方法とした.これは,鉄筋本数を 減じる方法の場合,定着長部分での損傷が懸念されるためである.

### 4. 解析結果

#### (1) 慣性力設計

上部工天端の荷重変位関係および損傷図を図-4,杭体の曲げモーメント分布を図-5 に示す.曲げモーメント分布は段落し位置の決定ケース

キーワード 応答変位法,段落し,場所打ち杭

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 基礎・土構造 TEL:042-573-7261



図−1 応答変位法に用いる骨組モデル



#### 図-2 地盤条件および地盤変位





となる引張側杭を記載し た.なお,図-5にはCASE-A, C の杭体の抵抗曲げモー メント M<sub>v</sub>, M<sub>m</sub>を併記し た.慣性力設計では段落し 位置を浅くした場合でも, 地中部に損傷は生じず,荷 重変位関係および杭体の 断面力分布形状について はほとんど変化が無い.

(2) 応答変位法

杭体の曲げモーメント 分布を図-6,損傷図を図-7に示す. CASE-B,Cは, βz=2.0 付近で杭体に損傷を生じるものの局所的な破壊には到って いない. 天端変位や杭頭の損傷程度についてはほとんど変化 が無く,むしろ地中部の断面力は,損傷に伴って他の部位の 曲げモーメントが低下する傾向にある. CASE-C では CASE-B と比べ地中部の損傷範囲が広くなるが、曲率は小さくなる. これらの結果は,地中部の段落し付近にある一定の損傷を許 容した場合でも現行の設計を満足することを示唆している. なお、地中部の損傷を許容する場合、鉄筋腐食等の耐久性の 問題が懸念されるが,海水域等の特殊な環境条件を除けばこ の影響は許容できる範囲と考える.

#### 荷重載荷方向 0.6 0.6 等価固有周期 Teq=1.398 等価固有周期 Teq=1.398se 左+柱下端 左+柱上端 右<del>-柱下端</del> 左⊤柱下端 左-上層梁 左+柱上端 右±柱下端 応答震度 Kh <sup>0.5</sup> 右 =0.493 0.493 05 左−柱 上端 右−柱 上端 柱下端 左−杭顕 左−杭蕻 右左 柱下端 中-上層梁 左-上層梁◆ 上層梁 左 柱上端 04 0.4 降伏震度 降伏震度 左-柱寸端 左-柱卞端 右=柱上端 右--柱上端 순 0.3 中-上層梁 4mm 中⊢上庸梁 左−柱 右−柱 下端 0.2 0.2 左-~0.6m 0m 0.1 0.1 \_\_ 杭頭 5 絶変位 大体带台 OY点(損傷レベル2 OY点(損傷レベ A M点(損傷レベル3) △M点(損傷レベル3) ř 0 0 0 200 600 0 200 400 600 1000 400 800 剛域 ■灰 δ(mm) δ (mm) 損傷レベル1 ■緑 (c) CASE-C (b) CASE-B 損傷レベル2 青









#### 5. まとめと今後の課題

模型載荷実験<sup>2)</sup>および本解析結果から、軟弱地盤での杭体設計において、現状よりも浅い位置で段落しを行 って,設計の合理化(鋼材の縮減)が図られる可能性が確認できた. 今後の実用化に向けては,実験条件を追加 して段落しが可能な限界深度について検討を深めるとともに段落し位置近傍での断面耐力急変点(重ね継手と ガス圧接)での変形性能を部材実験により明確にする必要がある. さらには、慣性力と地盤変位の組合せ方法 の評価精度を向上させた上で、地盤条件の不確定要素に対する安全余裕の考え方を整理する必要がある.

#### 参考文献

1)運輸省監修, (財)鉄道総合技術研究所編:鉄道構造物等設計標準·同解説 耐震設計, 1999.10. 2)米澤,清田,青木,西岡,西村,川西:地盤変位による RC 杭段落し部の損傷に関する検討-その2 静的非線形解析-,第 64 回土木 学会年次学術講演会(投稿中),2009.9.