鉄道高架橋の地震時性能に関する考察

東日本旅客鉄道㈱	東北工事事務所	正会員	○小塩	美香
東日本旅客鉄道㈱	東北工事事務所	正会員	中村	光宏
東日本旅客鉄道㈱	東北工事事務所	正会員	田附	伸一
東日本旅客鉄道㈱	構造技術センター	正会員	鈴木	健一

1. はじめに

鉄道構造物でよく用いられる地中梁を有さない1 柱1杭式高架橋(以下、パイルベント高架橋)につ いては,2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地 震を受けた後も一定の耐震性能を保持し,軽微な損傷 にとどまった事例が確認されている.

本稿では、東北地方太平洋沖地震の被害を受けたパ イルベント高架橋の静的非線形解析を行い、構造物の 変位や損傷状況に関して、被害調査の結果と比較した. 本稿はこれらの結果について報告するものである.

2. 解析方法

2.1 解析モデル

対象構造物の寸法を図-1 に示す.場所打ち杭を有 する高架橋構造物であり,橋軸直角方向に2列存在す る杭は、φ=1,900mm, L=3.1mの根巻き鋼管と、φ =1,300mm, L=15mの杭で構成している.対象構造物 付近はG3 地盤に区分される.





2.2 解析手法

鉄道総合技術研究所の 2 次元骨組解析ソフト JRSNAP を用いて図-2 に示すように構造物のモデル 化を行った.静的非線形解析では地震力を静的な力 (慣性力)に置き換えて構造物に作用させる変位増分 解析を行う.入力条件は,基礎の支持力修正係数(α f) 1.0,材料修正係数(ρm) 1.0として,解析モデル は,直接基礎の底面抵抗は柱直下に地盤バネを,地盤 前面抵抗はフーチングおよび柱地中部に水平バネを 考慮した.



図−2 構造物のモデル

用いた地震波は、東北地方太平洋沖地震発生時に構造物から北北東方向に 1.5 km 程度離れた箇所の地表面で観測された地震波である(図-3).構造物の固有周期は T_{eq}=0.736s のため、線路直角方向(EW)方向については、加速度 500gal で共振する.構造物の応答変位算定にあたっては、観測地震波の加速度を震度に換算した値 0.51 (=500gal/980gal)を用いた.



図-3 対象構造物付近で観測された地震波

3. 結果

3.1 構造物の変位

図-4 に杭頭における静的非線形解析の結果を示す. 観測地震波の震度 0.51 における杭頭の応答変位は 32.9mm であり,スラブ天端では 76.0 mm であった(表 -1).

現地調査における地表面は、図-5 に示すように、 構造物の周囲の埋戻し土が陥没していた. 杭頭の推定 水平変位量は, 陥没幅(400mm)を全体の基準として、 根巻き鋼管から柱前面までの幅(350mm)を差し引い たときの値から算出した. 推定水平変位量は概ね 50mm 程度となり, 解析結果の杭頭変位 32.9mm より も若干大きい結果であった.



図-4静的非線形解析の結果(杭頭)

表-1 変位の結果

地震波	観測地震波	
スラブ天端変位	76.0 mm	
杭頭変位	32.9 mm	





図-5 現地調査における地表面の陥没状況

3.2 構造物の損傷状況・損傷範囲

図-4 の静的非線形解析の結果から,観測地震波の 震度 0.51 に至るまでに,柱上端が損傷レベル2に達 する結果であった.当該構造物の損傷の結果を表-2 に示す.当該構造物は,く体先行降伏である.また, 損傷レベルの判断基準は,損傷レベル1(ひび割れが 発生し降伏に至るまで),損傷レベル2(降伏してか ら最大荷重程度を維持するまで),損傷レベル3(降 伏荷重を維持するまで)である.

現地調査における対象高架橋の柱の損傷状況を図 -6 に示す.ひび割れ状況については、柱を高さ方向 に3区分し、上から上端部・中間部・下端部として損 傷状況を確認した.柱部材の損傷状況の展開図より、 ひび割れは水平方向にほぼ全周発生しており、東西南 北による差異は見られなかった.解析は線路直角方向 (東西)で検討しているため、東西方向の柱に着目し た.柱上端付近にひび割れが最も多く、中間部から下 端にかけて減少し、ひび割れの幅は 0.1mm~0.2mm 程 度であった.

現地調査と解析結果は、両者とも損傷程度が概ね一 致する結果であった.



表-2 損傷の結果

4. まとめ

本稿では,鉄道高架橋が地震時に有する地震時性能 を把握するため,構造物をモデル化し,東北地方太平 洋沖地震発生時の観測地震波を対象として被害解析 を行った.静的非線形解析の結果と被害調査の結果を 比較すると,変位は被害調査の方が若干大きい結果と なったが,損傷レベルは概ね一致することが確認され た.