

逆L型標識柱の損傷原因究明及び復旧設計

首都高速道路(株) 正会員 ○井田 達郎

首都高速道路(株) 成沢 光弘

(株)オリエンタルコンサルタンツ 正会員 安立 寛

1. はじめに

本線橋脚から張り出されたランプ橋脚に設置されている逆L型標識柱の基部に座屈変形が発見された。他にも、ベースプレートの変形やアンカーボルトの伸び、塗膜割れも確認され、逆L型標識柱の梁部を即日撤去した。当該標識柱は平成14年に設置され、平成20年実施の前回点検では、損傷は確認されていないため、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の影響により損傷した可能性が考えられた。当該橋脚はハイピアで支点を介さないことから、地盤から受ける地震力が標識柱設置位置で増幅しやすい。また、当該標識柱建設時には、風荷重及び死荷重で設計されており、耐震照査は実施していなかった。このため、橋梁特性を考慮した地震時応答解析を行い、損傷原因の究明及び復旧設計を行った。

2. 損傷状況と原因の推定

損傷は、図-1に示す通り、高速側が座屈変形及びそれに伴う塗膜割れ、街路側がベースプレートの変形及び浮上り、アンカーボルトの伸びである。損傷状況から、当該標識柱に対し、橋軸直角方向に外力が作用したことが推測される。実際に、3.11地震は東北地方太平洋沖で発生したため、当該地区へ地震動の入力方向は橋軸方向からである。また、地震エネルギーの大きな「S波」は、波の進行方向と振動方向が垂直であるため、標識柱に働く主な力は橋軸直角方向と考えられる。これは、損傷状況から推測される力の作用方向と一致する。以上から、橋軸直角方向からの地震力の影響により標識柱が損傷したと考えられた。

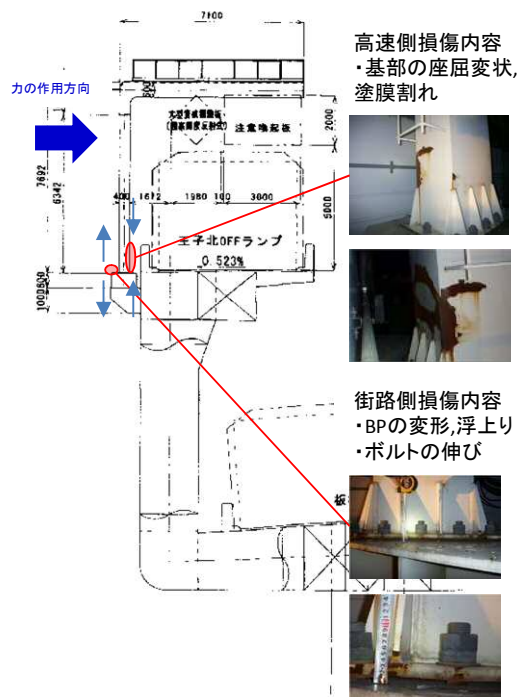


図-1 損傷概要

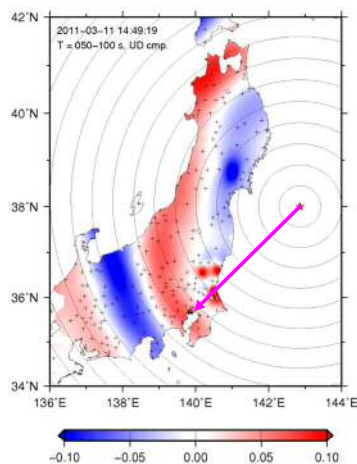


図-2 地震力の作用方向

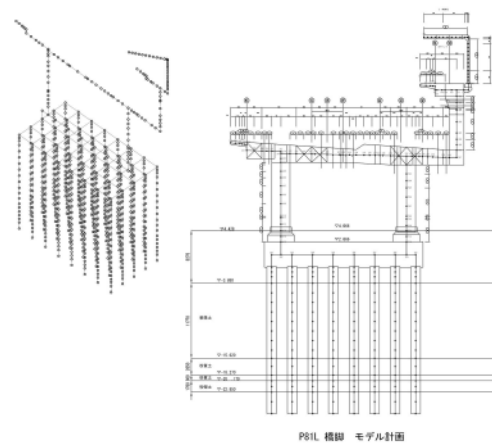


図-3 解析モデル

3. 解析方法

地震波の入射角、橋梁特性による地震力の増幅、地盤条件を正確に再現するため、3次元時刻歴応答解析を実施した。図-3に標識柱の解析モデルを示す。

キーワード 標識柱, 動的解析, 東北地方太平洋沖地震

連絡先 〒102-0093 東京都千代田区平河町 2-16-3 首都高速道路株式会社 西東京管理局 保全設計第一課 井田達郎

TEL 03-3264-8526

地震波は、防災科学技術研究所 強震観測網（以下 K-NET）データから、最も近い観測点として「新宿」「東白髭」を用いることとした。K-NETから地表面波での地震波及び地質データを入手した。観測点は、当該標識柱からそれぞれ6km程度離れており、地盤条件も異なるので、図-4に示す通り、地表面波から基盤面の地震波を推定し、杭モデルから基盤面の地震波を入力した。

4. 解析結果

(1) 標識柱断面の曲げに対する照査

風荷重の照査では、発生応力は圧縮側、引張側ともに降伏値内に収まっており、建設時の照査では問題がなかったことが分かる。しかし、3.11地震を再現すると、表-1に示す通り、圧縮側で座屈強度以上の応力が発生し、引張側では降伏値内に収まっており、実際の損傷と一致する。また、地震力の入射方向を変更したケースでは、降伏値内に収まることを確認しており、地震入射方向が大きな影響を持っていたことが分かった。

(2) アンカーボルトの照査

風荷重の照査では、標識柱基部断面と同様、発生応力は降伏値内に収まっている。3.11地震時には、アンカーボルトに最大で風荷重の3倍近い引張応力が発生したが、降伏値内に収まった。ボルトに数mmの伸びが見られることと整合していないが、ボルトのゆるみやそれに伴う応力の片寄り等が線形動的解析では考慮できなかったことが原因と考えている。

(3) 地表面と標識柱基部の変位及び加速度の比較

各部位の地震力による加速度を比較すると（図-5）、橋脚基部で標識柱基部の約2倍の加速度が発生している。地表面付近よりも、標識柱設置位置で変位、加速度が増幅していたことが分かった。このような橋梁構造では、地震力が下部構造と一体となった共振現象により、標識柱基部で応答値が増大することが考えられる。

5. まとめ

地震時応答解析の結果、当該標識柱の損傷は3.11地震によるものであること、また、地震による発生応力は橋梁構造、地震波入射角度、地盤条件等により大きく変動することを確認した。本検討のように橋梁特性を考慮した動的解析を全ての標識柱の設計で行うことは、費用・時間面から容易ではないが、橋梁形式や地盤条件を考慮し、必要に応じて地震時の照査を行うことで安全性を確保する必要があると考える。

参考文献

・ 防災科学技術研究所 強震観測網（K-NET）：<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>

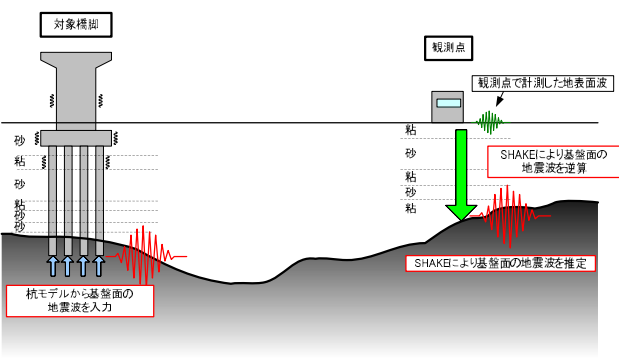


図-4 地震波の変換概念

表-1 照査結果（基部断面）

標識柱に作用する力		曲げモーメント	発生応力	降伏強度	判定
		(kM・m)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	
風荷重 (斜風時)	圧縮側	70.1	26.7	88.0	○
	引張側	175.3	74.7	235.0	○
地震力 (新宿)	圧縮側	272.3	123.3	88.0	×
	引張側	425.9	115.8	235.0	○
地震力 (東白髭)	圧縮側	252.2	99.5	88.0	×
	引張側	358.3	91.6	235.0	○

表-2 照査結果（アンカーボルト）

アンカーボルトに作用する力	発生応力	許容引張応力度	降伏強度	判定
	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	
風荷重(斜風時)	66.0	175.0	235.0	○
地震力(新宿)	165.0	210.0	235.0	○
地震力(東白髭)	137.0	210.0	235.0	○

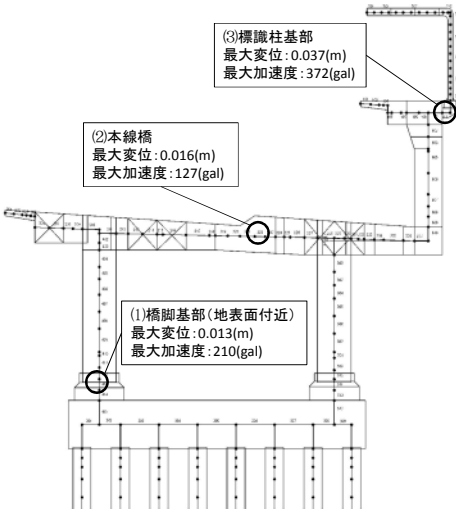


図-5 各部材における変位と加速度