

I - B147

3次元非線形地震応答解析による都市高架橋の支承の損傷要因分析

住友重機械工業（株） 正会員 山平喜一郎
大阪大学 フェロー 西村宣男

1. はじめに

兵庫県南部地震によって大きな被害を受けた都市高架橋では、橋桁の支承付近での損傷が多く見られた。これらを詳細に検討すると、まず支承の取付ボルトが引張力によって破断し（写真1、図1）、橋桁が支承から離れて自由な挙動をしたために、橋桁と支承が相互に傷つけ合ったことが解る。特に鋼橋の下フランジ側で支承が貫通する等の損傷が顕著であった。（写真2）

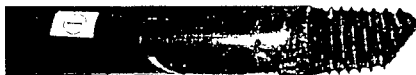


写真1 破断した取付ボルト
（中間支点530トン可動支承用M42）

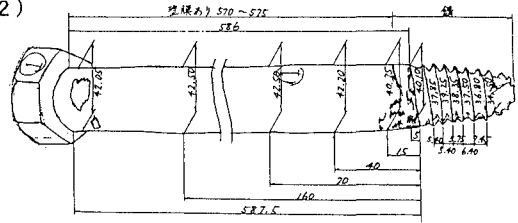


図1 破断した取付ボルトのスケッチ
（中間支点530トン可動支承用M42）

損傷の第一原因である支承取付ボルトの破断が何故生じたのかを究明するため、被害のあった都市高速道路の一部の区間を取り出して構造物全体の3次元非線形地震応答解析を実施した。その結果は支承取付ボルトの引張切断という被害の実態を説明できるものであり、今後の橋梁の耐震設計上も十分に考慮する必要があるので、ここに報告する。

2. 解析対象橋梁と解析モデル

図2の全体一般図に示すように、鋼製2層ラーメン橋脚4基と3径間連続鋼床版箱桁2連を解析対象橋梁とし、図3に示すようにモデル化を行った。支承に関しては被害にあった鋼製の固定・可動支承（モデルa）と改良案としてのゴム製免震支承（モデルb）の2種類のモデルを作成して解析を行った。

（1）解析条件と解析モデル

- 基礎；ケーソン基礎（8×15×24.5m）
- ケーソン基礎（8×15×33m）
- ケーソン基礎（8×15×26.5m）
- ケーソン基礎（8×15×16m）
- 橋脚；鋼製2層ラーメン橋脚4基
- 上部構造；3径間連続鋼床版箱桁2連
- 支承；鋼製可動・固定支承（モデルa）
- 免震支承（モデルb）

（2）非線形性の考慮

- 鋼製橋脚（バイリニア型）
- 移動制限装置付き可動支承（非線形弾性型）
- 免震支承（バイリニア型）

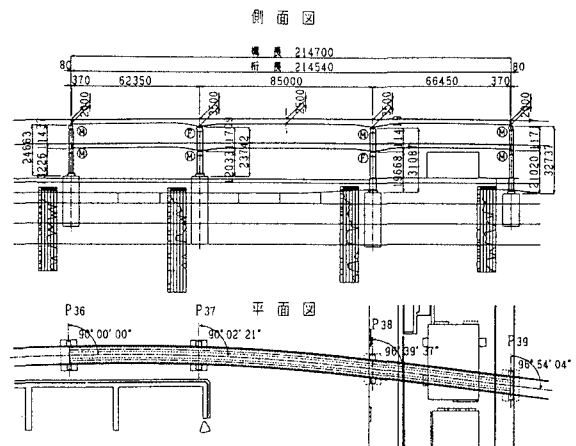


図2 全体一般図

キーワード：非線形動的解析、地震応答、都市高架橋、支承、耐震設計

連絡先：〒541-0041 大阪市中央区北浜4-5-33（住友ビル） TEL 06-223-7491, FAX 06-223-7495

(3) 入力地震波形

J R 鷹取駅（Ⅱ種地盤）で観測されたN-S成分、E-W成分、U-D成分

(4) 解析ケース

ケース1；固定・可動支承、橋軸方向加震

ケース2；固定・可動支承、橋軸直角方向加震

ケース3；固定・可動支承、上下方向加震

ケース4；固定・可動支承、3方向同時加震

ケース5；免震支承、橋軸方向加震

ケース6；免震支承、橋軸直角方向加震

ケース7；免震支承、上下方向加震

ケース8；免震支承、3方向同時加震

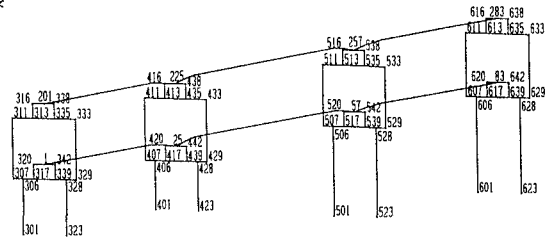


図3 解析モデル

3. 解析結果と考察

支承条件を固定・可動とした場合の解析結果を図4に、免震支承とした場合の解析結果を図5に示す。

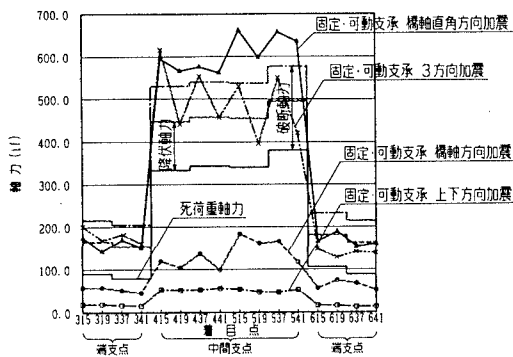


図4 固定・可動支承の鉛直軸力

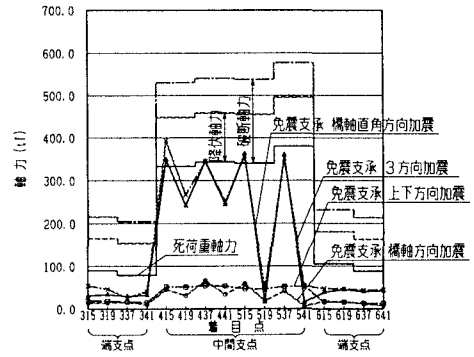


図5 免震支承の鉛直軸力

取付ボルトは、震度法により鉛直方向震度0.1で設計されており、1支承当たり端支点でM30（S35CN）が4本、中間支点でM42（SS41）が4本用いられている。これらの降伏軸力は75tfと115tf、破断軸力は126tfと197tfである。

橋軸直角方向地震動による固定・可動支承の場合の支承位置での鉛直方向軸力は、モデルaの端支点で129tf～201tf、中間支点で396tf～617tfが発生しており、中間支点では、死荷重反力を差し引いても降伏強度はもとより、引張強度を遙かに越えた軸力が作用している。免震支承の場合では、端支点で26tf～54tf、中間支点で47tfから393tfの軸力となり、発生軸力が小さくなっている。

実際の施工では死荷重が作用した状態で取付ボルトを締め付けているため、地震力が作用する前の死荷重状態ですでにボルトには張力が作用していたと考えられる。また4本のボルトには不均等な力が作用することも考えられるため、上記の計算値よりも大きな引張力が作用する可能性がある。

また1本でもボルトが破断すれば、残ったボルトの負担率が増え、次々に連鎖反应的に破断ボルトが増えていくことになる。実際に、解析対象とした橋梁では端支点を含めて全ての取付ボルトが破断していた。

4. まとめ

本研究では、支承取付けボルト等の設計に関しては、橋軸直角方向の地震入力に対する全体構造システムの挙動を考慮して慎重に行う必要があることを明らかにした。上記結果から鋼製可動・固定支承を用いる場合とゴム製免震支承を用いる場合では、設計震度等を区別するべきであると考えられる。

謝辞：この研究は土木学会関西支部「阪神・淡路大震災調査研究委員会鋼構造分科会（委員長：福本 孝士 福山大学教授）」での活動を基に実施したことを付記する。