

京都高速道路2号線（油小路線）の耐震設計の統計分析

阪神高速道路株式会社	正会員	○	寺岡	正人
〃	〃		藤井	康男
〃	〃		足立	幸郎

1. はじめに

阪神高速道路株式会社では、京都市道高速道路2号線（以下油小路線という；京都市南区上鳥羽～京都市伏見区向島の区間（5.9km））について構造物の設計・施工を順次行っている。

油小路線は、若干の設計条件の差異はあるものの、ほぼ同様な橋梁形式の高架橋が連続している。本稿では、これらの耐震設計結果を分析し、現状の道路橋示方書に基づき設計された高架橋の耐震性能を確認することとした。

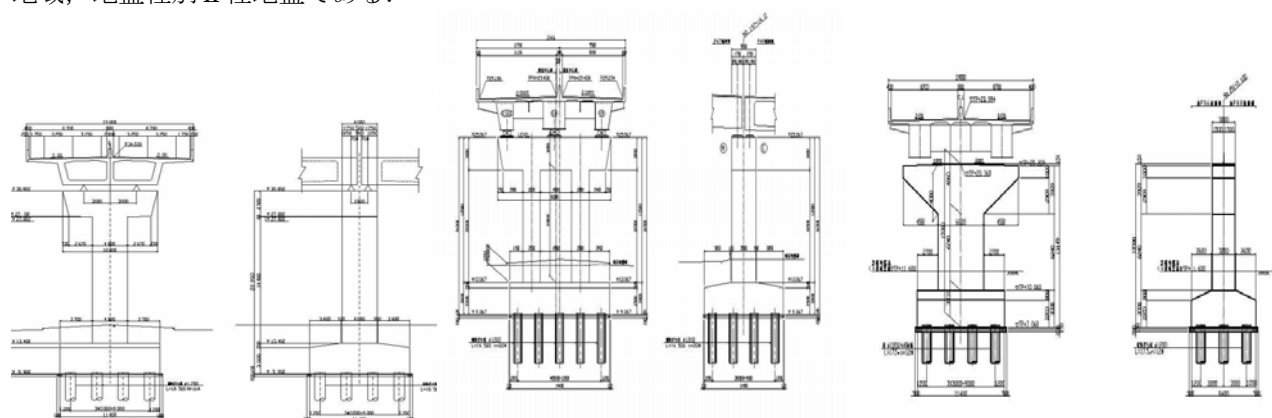
検討対象はRC橋脚を有する橋梁に着目し、表-1の通り選定した。対象橋梁の耐震設計条件は、道路橋示方書に規定される重要度区分B種、地域別補正係数A地域、地盤種別II種地盤である。

表-1 対象とした油小路線RC橋脚の概要

上部工形式	橋長 (m)	支承形式	橋脚形式	橋脚柱形狀
PC4径間連続箱桁	160	免震	单柱	正方形
鋼3径間連続非剛性箱桁	180.5	免震	单柱	正方形
PC2径間連続箱桁	117.5	免震	单柱	正方形
PC7径間連続箱桁	267.5	免震*1	单柱	正方形
PC6径間連続箱桁	282	免震*1	門柱	長方形
鋼3径間連続非合成箱桁	167	免震*1	門柱	長方形
PC5径間連続箱桁橋	257	免震*1	門柱	長方形
PC5径間連続箱桁	267	免震*1	門柱	長方形
鋼3径間連続非剛性箱桁	137.4	機能分離	单柱	長方形*2
鋼8径間連続非合成1桁	137.4	機能分離	单柱	長方形*2

注) *1 は、両端部が機能分離支承であることを示す。

*2 は、長辺/短辺が 2 以上の柱形状の橋脚を示す。
尚、基礎形式は全て場所打杭である。



図一 1 油小路線の代表的な構造物の断面図

2. 統計分析結果

(1) 橋梁の固有周期と地震荷重

油小路線の橋梁の固有周期と地震荷重の関係を調査すると、免震支承は1.8～2.2秒、機能分散支承は1.2～1.5秒であった。尚、免震支承及び機能分離支承を有する橋梁の固有周期は、地震時のせん断剛性の低下を考慮し、等価剛性を用いて評価した。

機能分離支承は、支承を小さくできる特徴があり、コスト縮減が可能な支承であるが、許容される変位は小さく、固有周期が免震支承のそれに比べて若干短くなっている。その結果、免震支承の場合に比較して、設計水平震度が大きくなり、橋脚への影響が懸念されるように思えるが、免震橋梁の橋脚は、最低震度 0.4 で設計されており、支承の違いによる橋脚設計の差異はほとんど生じていない。一方、免震支承を用いた橋梁は、長周期化により上部構造の変位が 40cm 以上と

なっており、伸縮継手が巨大化する事を考慮すると機能分離支承が優位であるとも考えられ、今後の橋梁設計における支承形式の選定時は、橋梁全体の地震時挙動を踏まえた総合的な検討が必要であると考えられる。

(2) 橋脚の終局震度と等価設計水平震度の関係

図-2は、実際の橋脚の終局震度と等価設計水平震度の関係を比較したものである。両者の関係は、多少のばらつきが見られるものの橋軸方向は2割程度、橋直方向は4割程度、平均して3割程度大きな値となっている。一般に、橋脚は許容される塑性率に対し等価設計震度を満足するように設計されているが、実際の橋脚の終局耐力は設計荷重に比較してかなり大きくなっており、安全側の設計となっていることがわかる。

この原因としては、柱として設計された主鉄筋（橋軸、橋直方向）の配筋に制約があることが考えられる。

キーワード 高架橋梁の耐震性, 統計分析

連絡先 〒604-8152 京都市中京区烏丸通錦小路上ル（烏丸中央ビル 6F）TEL075-223-1779 FAX075-223-5898

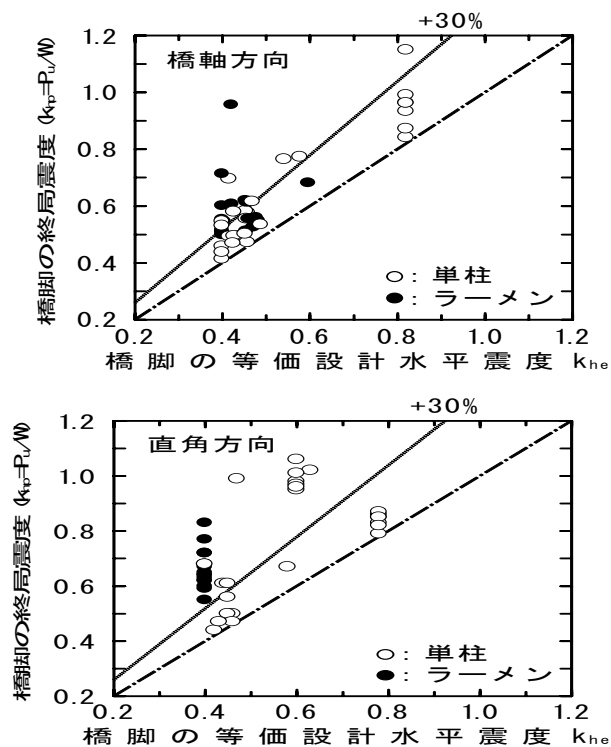


図-2 橋脚の終局震度と等価設計水平震度の関係

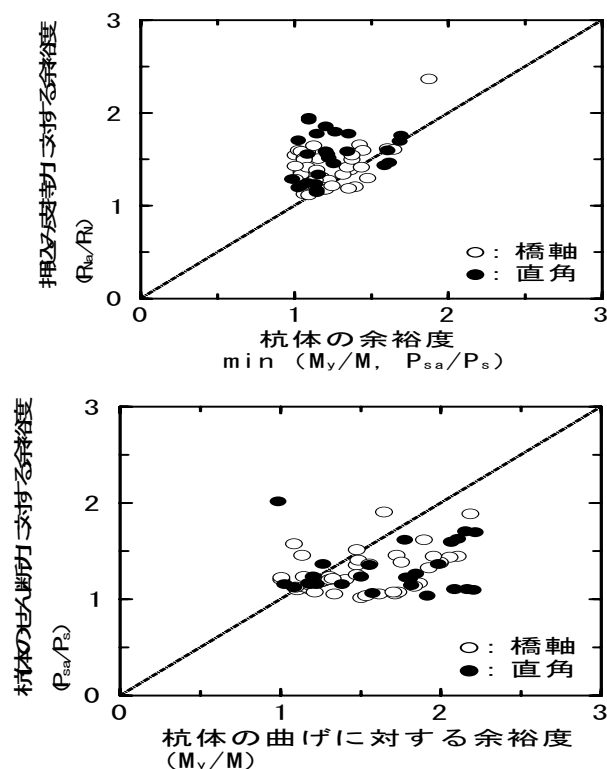


図-3 杭基礎の耐震性（余裕度）

(3) 杭基礎の耐震性（余裕度）

道示Vの基礎の設計では、橋脚柱基部の終局曲げ耐力または地震時の荷重を基礎上面位置に作用させ、杭体に生じる曲げモーメントが降伏曲げモーメント以下にあること、杭体のせん断力がせん断耐力以下にあること、杭先端の押込み力が支持力以下にあることをそれぞれ確認し、地震時の耐震性を評価している。

図-3では、その時の余裕度をもとに、最終的な杭体の損傷形態を推測している。地震時の杭先端の押込み力と押込み支持力の比と杭体の断面力（曲げ、せん断力）と許容断面力（降伏曲げ、せん断耐力）の比から判断すると、杭体の損傷・破壊形態としては、曲げ破壊よりも先にせん断破壊する結果となっている。一方、油小路線全般の地盤支持力が高いことから、押込み側の支持力が失われるよりも先に、杭体が損傷・破壊して終局に至る可能性が高い事が分かる。尚、橋軸と橋軸直角方向の基礎の破壊形態には明確な差が認められなかった。

(4) 支承と橋脚及び基礎の耐力の比較

各部の耐力の大小関係を確認することは、レベル2地震動あるいはそれ以上の地震が作用した場合の橋梁の損傷・破壊過程を推測するための重要な指標となる。

図-4の縦軸に、支承の降伏耐力と橋脚の終局耐力比を示すと、そのほとんどが1を下回っていることから、支承の降伏耐力が橋脚の終局耐力よりも小さいことがわかる。ここで、支承の降伏耐力とは、支承本体（積層ゴム、LRB）破断時の耐力ではなく、支承の取付部の応力度が降伏応力度に達する時の耐力である。

図-4の横軸に基礎の降伏耐力と橋脚の終局耐力比を示すと、そのほとんどが1を上回っていることから、橋脚の終局耐力が基礎の降伏耐力よりも小さいことが

分かる。

以上の事から、支承と橋脚と基礎の耐力比の関係は概ね一つの領域（支承<橋脚<基礎）に収まることが分かる。

4. まとめ

油小路線の統計分析を行い、以下の事が分かった。

- (1) 今回分析した橋梁の固有周期は1.5～2.0秒で、機能分離支承の方が免震支承よりも短くなる傾向となった。
- (2) 設計後の多くの実際の終局耐力は、設計荷重よりも、平均して3割程度大きくなっている。
- (3) 杭基礎のレベル2以上の地震力が作用した際の破壊形態は、せん断破壊する傾向がみられた。
- (4) 橋梁の損傷・破壊順序は概ね支承、橋脚、基礎の順となっている。

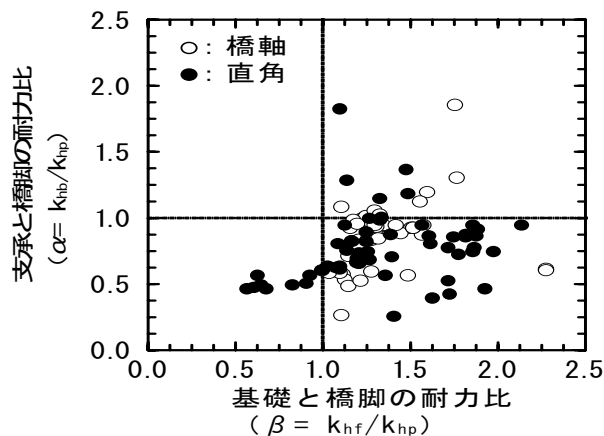


図-4 支承と橋脚及び基礎の耐力の比較