

I-B 35 免震支承を用いた連続橋の振動軽減効果の検討

㈱開発工営社 正 員 青地 知也
北見工業大学 正 員 大島 俊之

㈱開発工営社 正 員 松井 義孝
北見工業大学 正 員 三上 修一
北見工業大学 正 員 山崎 智之

1. まえがき

阪神大震災をはじめ、近年各地に起こった地震による被害が数多く報告されている。これらの被害は当初の予想よりも大きく道路、鉄道、橋梁、地下鉄、港湾施設などの多種な土木構造物に大被害を発生させると共に、長期にわたって都市機能を麻痺させた。この様なことから土木構造物の被害原因の調査、地震時挙動の解明および耐震設計の重要性があらためてクローズアップされている。よって本研究では橋梁の耐震問題として、免震支承を有する連続橋の非線形動的応答解析を行うことによって構造の振動減衰効果および耐震特性を調査、検討する。

2. 解析理論

解析には、図-1のような橋脚モデルを用い材料の非線形性として鉄筋コンクリート断面のモーメント-曲率曲線、せん断応力-せん断ひずみ曲線、軸応力-軸ひずみ曲線を算出する。橋脚断面は直径1400mmの円形で外側にφ19の鉄筋が直径1240mmの円周上に48本配置されている。解析にあたってコンクリート部を50分割して解析し、モデル化した。次に免震構造を用いた連続橋を再現するため平面骨組構造によるマトリクス構造解析を行った。Wilsonの θ 法を用い、 $\theta=1.4$ として応答変位、速度及び加速度を求める。

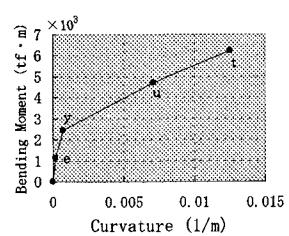
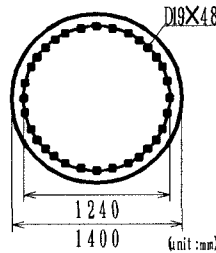


図-1 断面図

図-2 モーメント-曲率曲線モデル

3. 数値計算

3.1 構造のモデル化

今回解析に用いたモデルは図-3に示すように連続橋の全体を簡略化し、橋脚、基礎、桁、の3種類の要素を組み合わせてモデル化をした。このうち橋脚要素のみ非線形要素とし、他の要素は線形とした。各部材の寸法は全長80m、支間長20mの4径間の連続橋とし、橋脚の直径1.4m、高さ4m、支承高さ0.25m、ケーソン基礎の直径2.6m、高さ2mとした。各支承部には免震支承を、各ケーソンと地盤の間には地盤バネを用いた。また減衰定数は免震支承をモード減衰比30%とし、他の要素についてはモード減衰比5%とした。

3.2 入力波形

解析に使用した波形は、周期1 Hz 振幅200gal および400galのSin波と阪神大震災時における神戸市で計測された加速度波形の3種類である。各波形とも基礎要素の各節点部分に刺激係数を乗じた力の量で入力した。解析時間は6sec、解析時間間隔は0.001secとした。

4. 解析結果

図-4は阪神大震災における神戸の地震波を入力したときの水平方向変位の時刻歴応答図である。実線が免震支承の上部での変位をあらわし、破線は免震支承の下部での変位をあらわしている。上部の変位は下部の変位に比べ小さくなり、また周期が少し遅れてきていることがわかる。これは免震支承を用いることによ

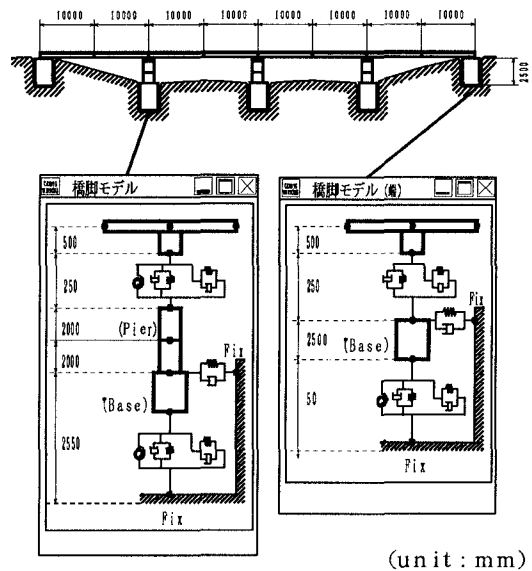


図-3 モデル図

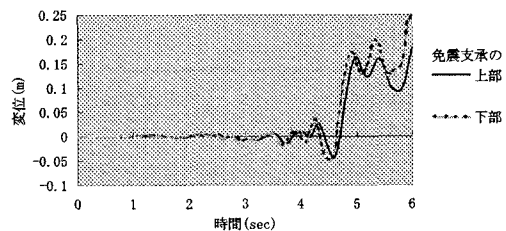


図-4 時刻歴応答変位

ってバネの効果により、ゆっくり振動しているものと考えられる。また、このことから橋梁全体の固有周期が長くなり耐震設計の際に用いられる設計震度を下げることがある。

図-5 (a)、(b)は周期1Hz 振幅400galのSin波を入力したときの水平方向の位相平面である。(a)が免震支承上部の要素、(b)が免震支承下部の要素である。上部の位相平面は一度、負の加速度の方へ大きく膨らむが、しだいに一定の円軌道を通るように収束してくるが、一方下部の位相平面は円軌道に近づくが、ゆがんだ形になる。これは免震支承の免震効果によって振動が早く線形に近づくことを示している。免震支承を用いることにより下部からの影響を軽減し、耐震性のある構造にすることができている。

図-6 (a)～(c)は周期1Hz 振幅200galのSin波を入力したときのモーメント-曲率曲線を示したもので、基礎から左橋脚の1/2までの要素をNo.12、左橋脚1/2から左橋脚上端部までの要素をNo.11、左免震支承上部から上部工までの要素をNo.9とした。橋脚根元に当たる要素No.1は曲げモーメントにより完全に塑性化している。次の要素No.2も塑性化し始めている。免震支承の上にある要素No.3は部材の結合部であるにも関わらず小さなモーメントを示しており、弾性に近い範囲であることがわかる。せん断力-せん断ひずみ曲線についても同様の傾向がみられる。これらのことは免震支承を用いると、大きく長周期で揺れることによって地震力を逃がしているからだと思われる。

次に図-7、図-8は神戸の地震波の加速度スペクトルのグラフと平成2年道示・保有耐力レベル震度と復旧仕様・照査用震度を比較したグラフに免震支承のある場合と無い場合の1次の固有周期をプロットしたものである。これから解るように免震支承の効果によって構造全体の固有周期が長周期化されたことによって設計震度が下がることを示している。

5. まとめ

これまでに得たデータをとりまとめ検討してみた。以下にその結果をまとめる。

- (1)免震支承を用いることによって固有周期が長周期化し、橋梁がゆっくりと揺れることによって設計震度を下げ、耐震性能を向上させることが確認できた。
- (2)同様に免震支承を用いることによって橋脚にかかる応力を減少させ塑性化を防ぐ働きがあることが確認できた。

今後の課題として、軸応力、せん断力、曲げモーメントの連成を考慮したモデルを考え降伏判定をすることが必要である。また2次元の解析モデルを3次元の解析に拡張する必要があると考えている。

参考文献

- 1) 大島俊之、三上修一、小倉祐介、佐藤昌史：段落とし部を有するRC橋脚の強震時非線形挙動と歪みエネルギー、構造工学論文集 Vol41A、pp745-754、1995
- 2) 檜山義満、久保明英、鈴木祐二、池田隆：石狩川橋の設計・施工-多径間連続PC橋の振動試験-、第25巻、11月号 pp2-11、1991

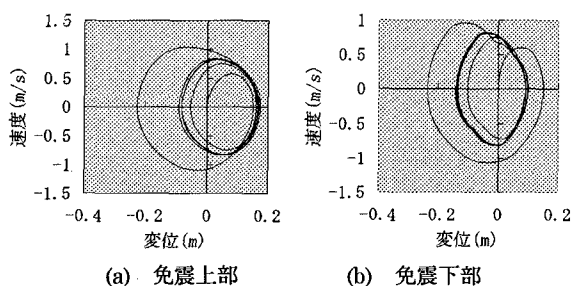


図-5 位相平面

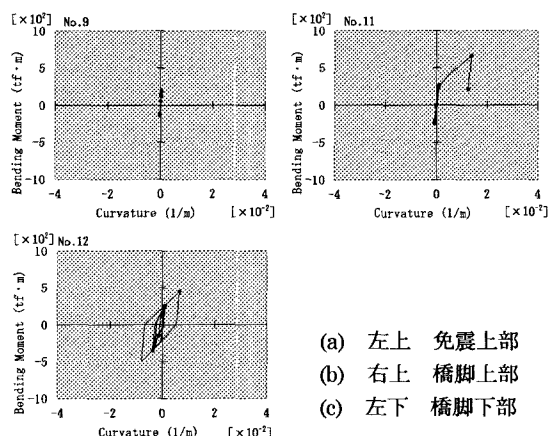


図-6 モーメント-曲率曲線

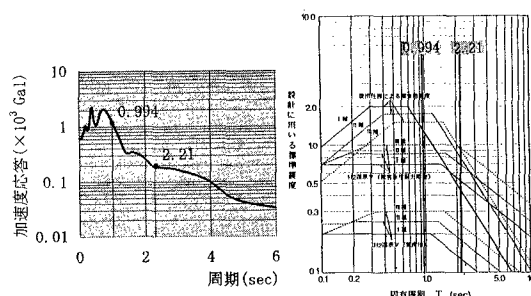


図-7 加速度応答スペクトル

図-8 設計震度