

I-B 296 支承剛性が橋脚の塑性応答に及ぼす影響に関する研究

建設省土木研究所 正会員 高橋 光紀

建設省土木研究所 正会員 大塚 久哲

建設省土木研究所 正会員 運上 茂樹

1. はじめに

ゴム支承は、弾性的に変形に抵抗することができるため、地震時に橋に生じる衝撃的な振動を吸収するとともに、橋脚の損傷を低減し、橋全体としてねばり強い構造とすることが可能になる。ゴム支承の剛性を小さくして固有周期を長くすると地震力が低減するとともに、地震時の変形を橋脚よりも支承で吸収することが可能になり、これによって大地震時の橋脚の損傷程度を制御することが可能になると考えられる。

本文は、ゴム支承の剛性に応じて橋脚の塑性化の程度がどのように変化するかを定量的に把握することを目的として、ゴム支承を有する鉄筋コンクリート橋脚の非線形地震応答解析を行い、その結果をとりまとめたものである。

2. 非線形動的解析手法及び解析モデル

動的解析では、鉄筋コンクリート橋脚躯体の曲げによる非線形の履歴特性を考慮した。履歴特性は、トリリニア型モデルを用いることとし、鉄筋コンクリート構造の繰返し載荷時の剛性低下を考慮できる武田モデルとした。

解析対象としたのは、参考文献1)に示される橋脚（図-1）の橋軸方向である。本橋の上部構造は、4車線、支間長40mの10径間連続鋼1げた橋であり、橋脚は高さ15mの張出し式のT型橋脚である。地盤種別はII種であり、基礎は場所打ち杭を用いた杭基礎である。

解析では、杭基礎と地盤は、等価線形ばねとしてモデル化した。減衰定数としては、道路橋示方書V耐震設計編²⁾に示される減衰定数の参考値とし、橋脚躯体は2%、杭基礎～地盤系には逸散減衰を考慮して20%とした。ゴム支承については、線形のせん断型のばねとしてモデル化し、減衰定数は0%とした。

ゴム支承の剛性に応じて橋脚の塑性化の程度がどのように変化するかを把握するために、支承のせん断ばね剛性を変化させた。解析ケースは、表-1に示す通りであり、ゴム支承の剛性を基本ケースの1/4倍、1/2倍、2倍、4倍の4ケースに変化させた。なお、本来は、ゴム支承の剛性を変化させると固有周期が変化し、設計地震力が変化するので、橋脚の断面や基礎の設計が異なってくるが、ここでは支承の剛性の影響のみをみるために橋脚の特性は一定とした。なお、橋脚の降伏剛性を考慮した場合の基本ケースの固有周期は1.34秒である。

入力地震動としては、兵庫県南部地震により観測されたJR西日本鷹取駅の記録を用いた。なお波形は、JR警報地震計（鷹取、FD番号T09）による。³⁾

3. 解析結果

図-2は、上部構造の重心位置と橋脚天端の水平変位の時刻歴応答波形を示したものである。これによれば、橋脚天端の変位はゴム支承の剛性が1/4の場合には当然ながら長周期化し、逆に4倍にした場合にはわずかではあるが短周期化する。橋脚天端の水平変位については、上部構造の重心位置の振動特性とほぼ同様であるが、剛性が4倍の場合には変位量が大きくなるとともに、入力地震動の主要動の後には約10cmの残留変位が生じている。これは、ゴム支承の剛性が大きくなったために橋脚の塑性変形量が大きくなったことによる。

表-2は、動的解析から求めた最大応答値を示したものである。これによれば、上部構造重心位置での変位は、ゴム支承の剛性が小さくなるに従って大きくなる傾向を有し、剛性が1/4の場合には122cmで、基本ケ

ースに比較して約2倍に大きくなる。一方、剛性が4倍の場合には基本ケースに比較して約70%になる。橋脚天端の変位で見ると、支承の剛性が大きくなるに従って大きくなり、橋脚の塑性率は剛性が1/4の場合には3.07、基本ケースで5.04、剛性が4倍の場合には8.32となる。

4. まとめ

ゴム支承を有する鉄筋コンクリート橋脚の非線形地震応答解析によりゴム支承の剛性に応じた橋脚の塑性化の程度について検討した。本検討結果によれば、ゴム支承の剛性によって橋脚の塑性化の程度が変化し、ゴム支承の剛性が低いほど塑性率は小さくなる。本解析では、支承の剛性を1/4にすると塑性率は約60%に、2倍の剛性になると塑性率は約1.6倍に大きくなるとともに、地震後には約10cmの残留変位が生じた。このようにゴム支承の剛性をどのように選ぶかによって橋脚の塑性化の程度を制御することが可能であることが明らかになった。今後、剛性と塑性化の程度を定量的に評価し、合理的な設計法を検討していきたい。

参考文献

- (社)日本道路協会：「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様」の準用に関する参考資料（案）、平成7年6月
- (社)日本道路協会：道路橋示方書Ⅴ耐震設計編、平成2年2月
- NAKAMURA, Yutaka: "Waveform and its Analysis of the 1995 Hyogo-ken-nanbu Earthquake", JR Earthquake Information No. 23c, Feb. 1995, Railway Technical Research Institute

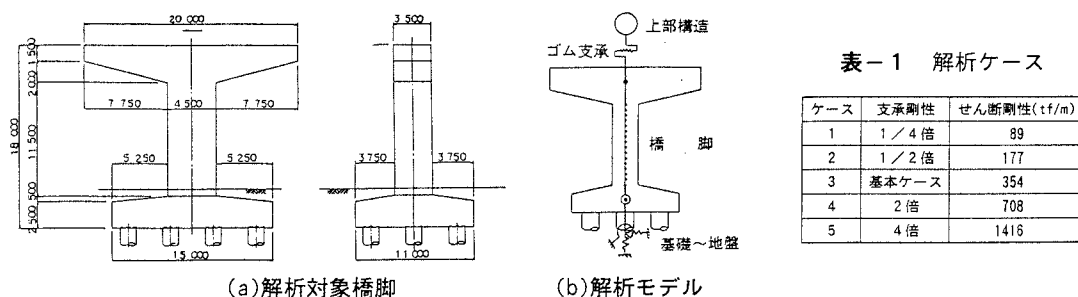


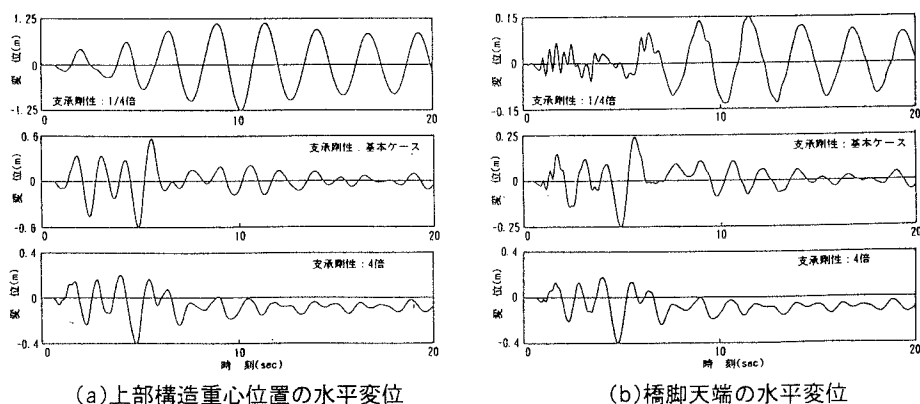
表-1 解析ケース

ケース	支承剛性	せん断剛性(tf/m)
1	1/4倍	89
2	1/2倍	177
3	基本ケース	354
4	2倍	708
5	4倍	1416

(a)解析対象橋脚

(b)解析モデル

図-1 解析対象橋脚とその骨組モデル



(a)上部構造重心位置の水平変位

(b)橋脚天端の水平変位

図-2 時刻歴応答波形

表-2 非線形動的解析結果

ケース	支承剛性	上部構造重心位置		橋脚天端	
		加速度(gal)	変位(cm)	変位(cm)	塑性率
1	1/4倍	741.0	122.0	13.0	3.07
2	1/2倍	982.0	88.4	24.7	5.84
3	基本ケース	982.0	57.2	21.3	5.04
4	2倍	846.0	47.6	34.0	8.04
5	4倍	727.0	39.8	35.2	8.32