

I - B 18 曲線高架橋の大地震時非線形挙動における支承条件の影響

北海道大学大学院工学研究科 フェロー 林川 俊郎
 北海道大学大学院工学研究科 ○学生員 佐野 雅章
 新日本製鐵(株) 正会員 大嶽 敦郎
 (株) 開発工営社 正会員 鷺尾 昭夫

1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震において、特に都市高速道路などの橋梁構造物において甚大な被害が数多く生じた。震災後に発刊された道路橋示方書¹⁾によると地震力を分散する機能を持つゴム支承や、エネルギー吸収性能も備えた免震支承を設計の際に採用することを推奨している。また既設高架橋の支承部を再検討する際に、支承条件の違いが高架橋の耐震性能や損傷にどのような影響を及ぼすのか検討しておくべきである。そのために上部構造、支承部および橋脚を1つの構造システムとして、高架橋全体系の動的挙動を調べておく必要がある。また地震動は水平2方向、上下方向の3成分で表されることから、耐震性能向上のため連続高架橋の立体的な非線形応答性状を明らかにすることが不可欠であると考えられる。

そこで本研究では連続曲線高架橋を立体骨組構造にモデル化し、支承条件を考慮した高架橋が大地震を受ける場合の動的挙動を立体的な視点から弾塑性有限変位動的応答解析を行う。支承部は①鋼製可動支承に落橋防止装置や摩擦の影響を考慮した場合、②水平反力分散支承を一方のみ用い、橋軸直角方向は固定とした場合、③免震支承を一方のみ用い、橋軸直角方向は固定とした場合の3通りについて検討する。おもに支承条件および支承の配置方向の違いが連続曲線高架橋全体系の動的な非線形応答に与える影響について、橋脚基部の曲げモーメント—曲率関係に着目し、比較検討を行う。

2. 解析モデル

本研究は図-1に示す2径間連続曲線高架橋を解析モデルとする。上部構造は支間長40m、総重量は約600tfの鋼箱形断面を設定し、解析に際してこれを断面2次モーメントと総重量が等価である鋼断面に換算する。ここでは、そりねじり変形の影響を受けないものとする。

曲率半径Rは100mとし、支承配置の影響を比較するために図-2に示す放射方向に設置する場合と曲線桁の接線方向に設置する場合を考える。鋼製橋脚の配置方向は中央および右側橋脚ともに支承方向と同一とする。すべての橋脚は高さ20mの正方形箱形断面とし、震度法と許容応力度法により設計する。この橋脚の断面諸元を表-1に示す。橋脚断面は幅2.4m、板厚50mmとし、橋脚の基礎は十分剛である場合を考え固定とする。実際の橋脚の設計は支承条件により異なるが、本研究では支承条件の差違が高架橋全体系に及ぼす影響を検討するために橋脚は同一の断面とする。支承部は、水平2方向、鉛直方向、回転3方向のばね要素にモデル化する。

3. 解析方法

本研究は、鋼材の降伏および幾何学的非線形性の影響を考慮したはり柱要素の有限要素法とNewmarkβ法(β=0.25)および修正Newton-Raphson法を併用した平面骨組のための有限変位動的応答解析法を3次元に拡張した解析法を用いる。ここでは部材の面内および面外変形それぞれについて材料非線形性と幾何学的非線形

Keywords : 3次元非線形動的応答解析, 連続曲線高架橋, 支承条件

北海道大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 札幌市北区北13条西8丁目 TEL:011-706-6172 FAX:011-726-2296

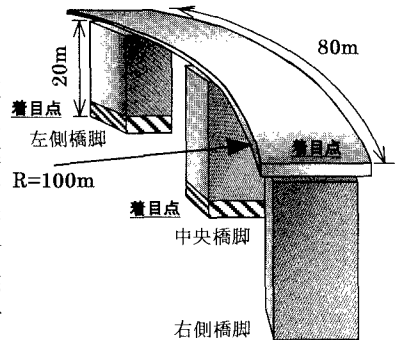


図-1 2径間連続曲線高架橋

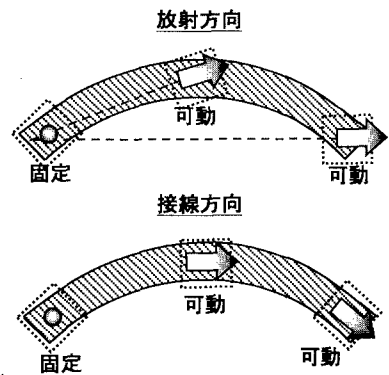


図-2 支承の配置方向

表-1 橋脚の断面諸元

断面	(m ²)	0.4700
断面2次モーメント	(m ⁴)	0.4328
ねじり定数	(m ⁴)	0.6912
単位体積重量	(tf/m ³)	7.85
ヤング係数	(tf/m ²)	2.1×10 ⁷
降伏応力度	(tf/m ²)	24000
ひずみ硬化		0.01

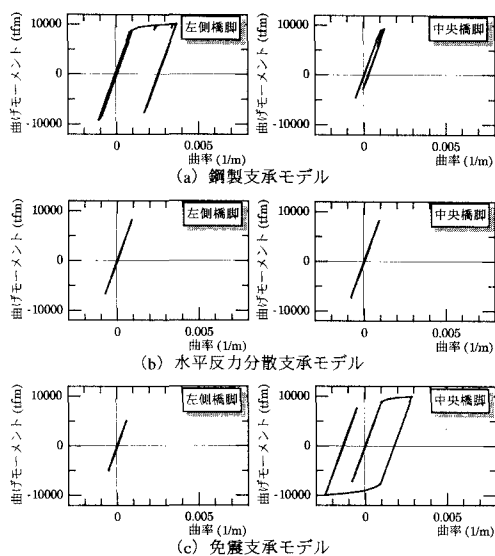


図-3 橋脚基部の曲げモーメント—曲率関係(放射方向)

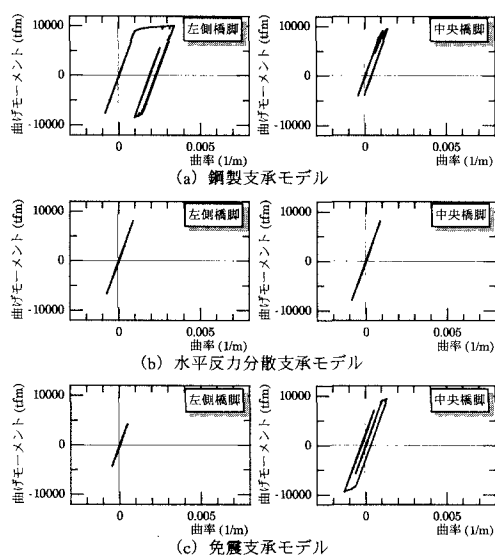


図-4 橋脚基部の曲げモーメント—曲率関係(接線方向)

性を考慮した接線剛性マトリックスを作成し、ねじり変形は線形であると立体骨組の時刻歴応答解析を行う²⁾。また鋼材の応力—ひずみ関係をバイリニア型に理想化し、降伏応力度を 2400tf/m^2 、弾性係数 $2.1 \times 10^4 \text{tf/m}^2$ 、塑性域のひずみ硬化を0.01とする。減衰定数は質量比例型を仮定し、1次の固有振動モードに対する減衰定数 $h=5\%$ を基準とする。入力地震波は兵庫県南部地震 JR 鷹取駅記録を用いる。

4. 橋脚基部の曲げモーメント—曲率関係

曲率半径100mの曲線高架橋の橋脚基部における曲げモーメント—曲率関係を、図-3、図-4に示す。着目点は、図-1の左側橋脚および中央橋脚基部である。縦軸は曲げモーメント、横軸は曲率を表している。

鋼製支承モデルは放射方向と接線方向の履歴ループに特に差はみられず、可動支承を設置した中央橋脚基部より固定支承を設置した左側橋脚基部において特に大きく塑性化していることがわかる。これは左側橋脚が固定支承であるために、可動支承の場合よりも大きな慣性力が橋脚基部に伝達されたためと考えられる。水平反力分散支承モデルは支承の配置方向によらず、左側橋脚基部および中央橋脚基部ともに弾性域にあることがわかる。免震支承モデルの左側橋脚基部は解析モデルの中で最も履歴ループが小さくなっているが、放射方向および接線方向ともに左側橋脚基部よりも中央橋脚基部において大きな履歴ループが現れている。これは中央橋脚が左側橋脚の支承剛性よりも大きな値であるために、より大きな慣性力が中央橋脚基部に集中したと考えられる。放射方向に支承を配置した場合は、接線方向よりも橋脚基部の塑性化が大きいことがわかる。

5. おわりに

本研究は鋼製橋脚を有する連続曲線高架橋を対象とし、支承条件の違いおよび支承の配置方向が高架橋の大地震時動的応答に与える影響について、橋脚基部の曲げモーメント—曲率関係に着目し比較を行った。

鋼製支承モデルにおいては、可動支承を設置した橋脚基部よりも固定支承を設置した橋脚基部で大きく塑性化する傾向がみられた。水平反力分散支承モデルは支承の配置方向によらずに、いずれの橋脚基部においてもほぼ同じような履歴ループがあらわれることがわかった。免震支承モデルは、支承の剛性が高い橋脚基部において履歴ループが大きくなるという傾向がみられた。

以上から支承条件や支承の配置方向の違いによる橋脚基部の応答性状は一様ではなく、それぞれの動的応答特性が現れることがわかった。また、水平反力分散支承や免震支承を設置する場合はそれぞれの支承剛性が高架橋全体の地震時挙動に大きく関わってくると考えられることから、適切な設計および動的解析による検討が必要であると考える。

【参考文献】

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，Ⅱ鋼橋編，Ⅴ耐震設計編，1996.12.
- 2) 林川俊郎・大嶽敦郎・中島章典：レベル2地震動を受ける立体高架橋の非線形応答性状，土木学会北海道支部論文報告集，第54号(A)，pp.146-151，1998.2.