

I - B 123

3 成分地震動を受ける曲線高架橋の非線形挙動解析

北海道大学大学院 フェロー 林川 俊郎
 新日本製鐵(株) 正 会 員 大嶽 敦郎
 宇都宮大学工学部 正 会 員 中島 章典

1. はじめに

先の兵庫県南部地震では数多くの土木構造物が甚大な被害を受けた。特に、橋梁構造物の橋脚に関しては鋼製橋脚にも大きな損傷が見受けられた。地震動は水平2方向および上下方向の3成分を有するため、曲線高架橋では3次的に複雑な非線形挙動をするものと考えられる。したがって、高架橋全体の耐震性を向上させるためには、その立体的な非線形挙動を捉える必要がある。

そこで本研究では、高架橋を立体骨組にモデル化し、支承条件を考慮した曲線高架橋全体系が大きな地震動を受ける場合の動的挙動を立体的な観点から考察を行うものである。

2. 解析モデル

本研究では、図1に示す2径間連続曲線高架橋を対象とした。曲線高架橋は構造的に3次元的な広がりを持ち、支承条件が高架橋全体系の挙動へ複雑に影響すると考えられる。上部構造は支間長 40m、総重量約 600tf の合成桁として断面を設定し、曲率半径は 100m とした。支承配置の影響を比較するため、鋼製支承の配置方向については、図2に示すように曲線桁の接線方向に可動支承を設置する場合と、温度変化に伴う曲線桁の伸び変形を放射方向に許すように可動支承を設置する場合の2通りを考える。

各橋脚は高さ 20m の正方形箱形断面を有する等断面鋼製橋脚とした。橋脚の設計条件は、実際には支承条件によって異なるが、本研究では、支承条件の差が高架橋全体系に及ぼす影響に着目し、同じ断面諸元の橋脚を用いることとする。

高架橋全体系モデルの支承は、水平2方向、鉛直方向、回転3方向のばね要素にモデル化し、水平2方向（橋軸、橋軸直角方向）には次の支承条件に応じて非線形のばね特性を導入した。なお、鉛直ばねは十分大きなばね定数を設定し、回転ばねには十分小さなばね定数を設定した¹⁾。

(1) **基本モデル** 左側橋脚上を鋼製固定支承、中央、右側橋脚上を鋼製可動支承とした場合。ここで可動支承は橋軸方向に水平地震力を橋脚にほとんど伝達しないものとし、橋軸直角方向には固定の条件を満たすように設定した。

(2) **摩擦と移動制限装置の影響を考慮した鋼製支承モデル** 基本モデルの鋼製可動支承に対して、図3に示すように摩擦と移動制限装置(0.1m)の影響を考慮した場合。

(3) **免震支承モデル** すべての支承を図4のようなバイリニア型の復元力特性を持つ免震支承に設定した場合。

ここで採用した弾塑性有限変位動的応答解析法は、鋼材の降伏および幾何学的非線形性の影響を考慮した平面骨組のための動的解析を立体構造に拡張した方法である。ここでは部材の面内、面外曲げ変形それぞれについて材料非線形性と幾何学的非線形性を考慮した接線剛性マトリクスを作成し、立

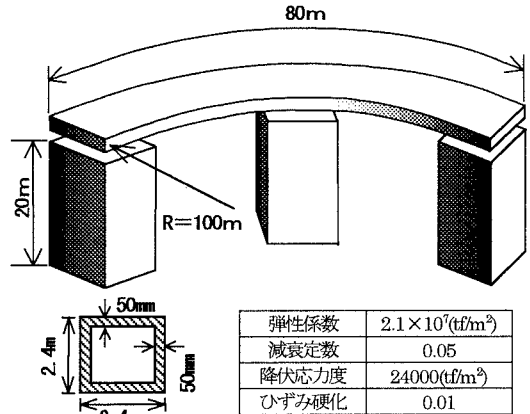


図1 2径間連続曲線高架橋

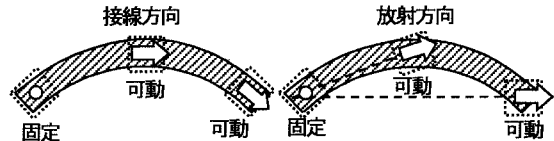


図2 支承配置方向

表1 支承回転角

支承配置	左側橋脚	中央橋脚	右側橋脚
接線方向	22.918°	0°	-22.918°
放射方向	22.918°	11.459°	0°

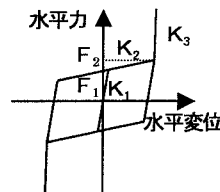


図3 鋼製可動支承モデル

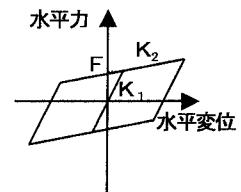


図4 免震支承モデル

表2 支承モデルの剛性(単位: tf/m)

	基本モデル		鋼製支承モデル		免震支承モデル	
	左	中/右	左	中/右	左/右	中
K_1				5000	2165.2	5723.4
K_2	100000	1.0	100000	1.0	403.3	1355.6
K_3				100000	—	—
F_1	—	—	—	11.5	30.3	44.1
F_2				11.6		

体骨組の時刻歴応答解析を行った。入力地震波には兵庫県南部地震J R鷹取駅記録の3成分を用いた。

Keywords ; 曲線高架橋, 立体解析, 弾塑性有限変位, 支承条件, 支承配置

北海道大学大学院工学研究科 〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目 TEL:011-706-6172 FAX:011-757-8159

3. 解析結果

(1) 上部構造の応答変位

動的応答解析によって得られた曲線高架橋モデルの上部構造右端における応答変位の軌跡を図5に示す。縦軸は橋軸直角方向変位、横軸は橋軸方向変位である。左側は支承の配置方向が接線方向、右側は放射方向の軌跡である。

基本モデルの応答は、支承配置の影響がよく現れている。特に放射方向の場合は直線橋に近い応答を示している。免震支承モデルの応答は軌跡が大きくなり、支承配置の差異がほとんど見られない。また、橋軸直角方向変位が大きく、伸縮装置の設計が問題になると考えられる。

(2) 曲げモーメント-曲率関係

左側橋脚基部の曲げモーメント-曲率関係(橋軸方向)を図6に示す。左側は接線方向、右側は放射方向のそれぞれの応答である。基本モデル、接線方向の場合は、上部構造の水平地震力が各方向に分散されるため履歴ループは小さくなる。放射方向の場合は左側橋脚に水平力が集中するため、大きな履歴ループを描く。鋼製支承モデル、放射方向の場合は摩擦と移動制限装置の影響によって中央、右側橋脚に水平力が伝達されるため、左側橋脚に伝達される水平力が低減し、履歴ループが小さくなる。しかし、接線方向の場合は中央、右側橋脚に水平力が伝達されているにもかかわらず、履歴ループの大きさは変わらない。免震支承モデルの曲げモーメント-曲率関係は支承部のエネルギー吸収によって、橋脚に作用する水平力が低減され弾性範囲内の応答を示している。

4. おわりに

本研究では2径間連続曲線高架橋を対象とし、その支承条件と配置方向が高架橋全体系の動的非線形挙動に与える影響について比較検討した。

その結果、曲線高架橋は支承条件、支承配置等によって挙動が大きく変化することがわかった。鋼製可動支承に摩擦と移動制限装置の影響を考慮しない場合は、接線方向に可動支承を設置したときに水平地震力が各方向に分散され、放射方向に可動支承を設置したときに直線高架橋に近い挙動を示すことがわかった。また、移動制限装置の影響を考慮した可動支承を接線方向に配置した場合は、固定支承を有する橋脚に作用する地震力が低減されない可能性があることもわかった。免震支承はエネルギー吸収能力を備えているため橋脚の設計の観点からは最も有利であつ

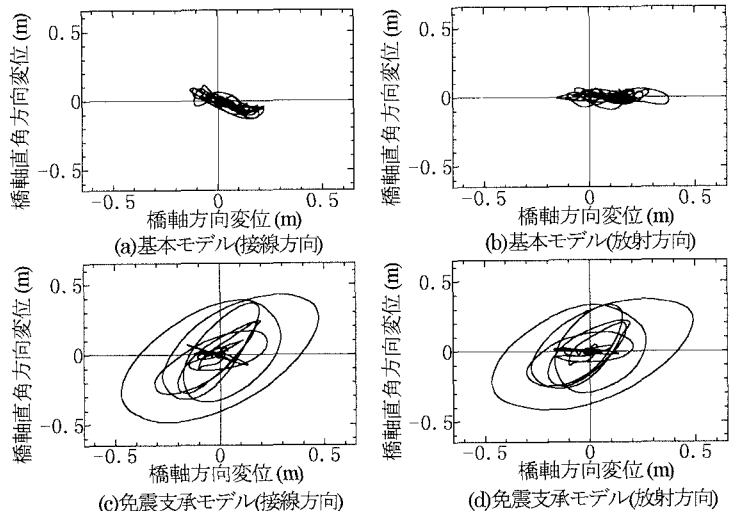


図5 上部構造応答変位の軌跡

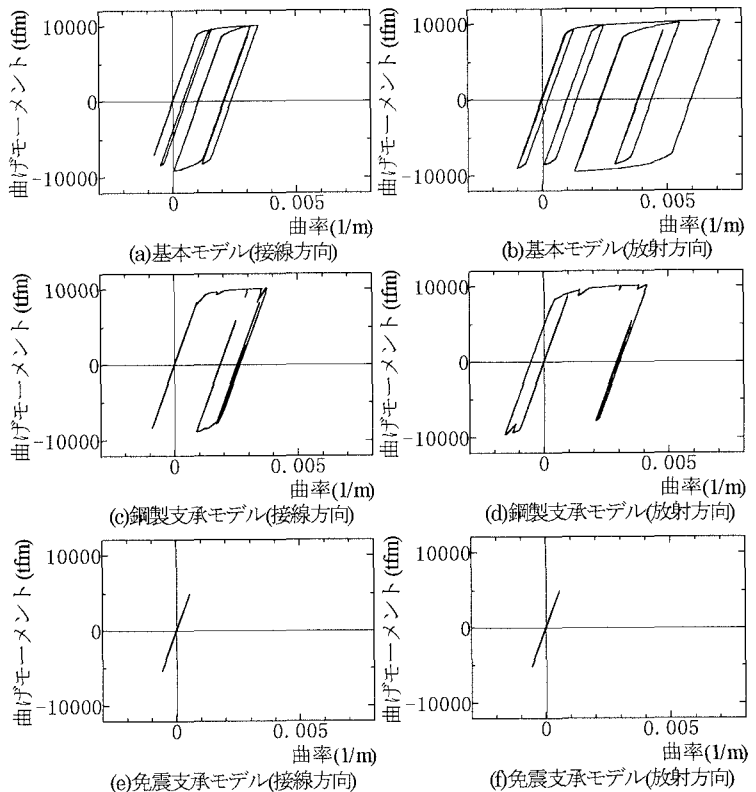


図6 左側橋脚基部の曲げモーメント-曲率関係

た。ただし、伸縮装置の挙動が問題になると考えられる。

参考文献

- 1) 中島・大嶽・安波：上部構造の支承条件を考慮した高架橋の大地震時挙動に関する研究。鋼構造年次論文報告集，第4巻，pp. 9-16，1996. 11.
- 2) 渡邊・杉浦・北根：地震時における橋梁構造物の3次元動的挙動。構造工学論文集，Vol. 43A，pp. 897-906，1997. 3.