

3次元ファイバーモデルによる逆L字形RC・SRC橋脚の地震応答解析

東北大学大学院 正会員 ○内藤 英樹
東北大学大学院 正会員 秋山 充良

鹿島建設(株) 正会員 佐々木敏幸
東北大学大学院 フェロー 鈴木 基行

1. はじめに

都市部では、立地条件等の制約により、常時偏心軸力が作用する橋脚(逆L字形橋脚)が用いられることがある。現行の道路橋示方書¹⁾では、橋軸方向および橋軸直角方向を独立とした地震時保有水平耐力法や時刻歴応答解析による逆L字形RC橋脚の耐震設計が規定されている。逆L字形橋脚では、繰り返し載荷を受けることで偏心方向(橋軸直角方向)に大きな塑性変形が蓄積されるが²⁾、地震波3成分が作用した場合の逆L字形橋脚の地震応答性状は十分に検討されていない。

そこで、本研究では、単純桁および連続桁とした逆L字形RC・SRC橋脚の時刻歴応答解析を行う。特に、従来の1方向のみの動的解析と3方向入力による3次元動的解析の結果を比較することで、これらの解析手法による逆L字形RC・SRC橋脚の応答性状の違いを検討する。

2. 解析概要

表-1 逆L字形RC・SRC橋脚の諸元

		橋脚 高さ (m)	断面 寸法※ (m×m)	軸力 (MPa)	偏心量 (m)	固有周期(sec)	
						橋軸直 角方向	橋軸 方向
RC 橋脚	単純桁	10.0	2.8×3.2	0.84	1.65	0.42	0.35
	連続桁	10.0	4.2×3.2	0.56	1.65	0.39	0.44
SRC 橋脚	単純桁	7.2	2.0×2.0	1.41	3.17	0.46	0.33
	連続桁	7.2	2.0×2.0	1.41	3.17	0.48	0.39

※ 橋軸方向×橋軸直角方向

逆L字形RC・SRC橋脚の諸元を表-1に示す。これらの諸元は参考文献3),4)を参照したが、参考文献3)には逆L字形RC橋脚の上部工に関する詳細な記述がないため、道路橋示方書の地震時保有水平耐力法(I種地盤)による橋脚の応答塑性率が3~4程度となるように上部工重量を別途定めた。さらに、これらの単純桁のRC・SRC橋脚を基に、2径間連続桁の場合も試設計した。ここでは、支承条件に関わらず隣接する橋脚の諸元は同一とした。

連続桁構造の解析モデルを図-1に示す。橋脚・桁は3次元はり要素、支承はバネ要素でモデル化する。橋脚下端は固定条件、柱基部の塑性ヒンジ長⁵⁾はファイバー要素、桁は剛体とした。また、主桁が複数存在する場合には橋脚のねじり変形が拘束されるため、橋脚のねじり変形は無視した⁶⁾。いずれの支承も橋軸直角方向の変位と回転は固定とした。なお、単純桁構造では、図-1に示す橋脚1基のみをモデル化した。

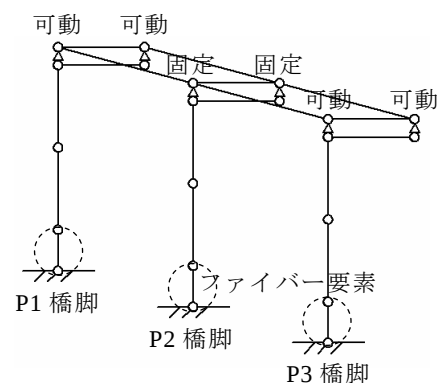


図-1 連続桁構造の解析モデル

コンクリートの応力-ひずみ関係は道路橋示方書のモデル、鉄筋と鉄骨の座屈は考慮せずに応力-ひずみ関係はMenegotto-Pintoモデルを用いた。加速度波形は、1)兵庫県南部地震の神戸海洋気象台(JMA波)、2)兵庫県南部地震のJR鷹取駅(JRT波)、3)十勝沖地震(2005年)の直別(十勝沖波)、で観測されたものである。ただし、上記1),2)の鉛直成分はNS成分の1/3とし、橋軸直角方向にNS成分、橋軸方向にEW成分を入力した。時間刻みは1/200秒、橋脚・桁の減衰は質量比例型減衰5%を仮定した。

3. 逆L字形RC・SRC橋脚の地震応答性状

(1) 単純桁構造

単純桁構造のRC・SRC橋脚の動的解析結果を表-2に示す。また、解析結果の一例として、SRC橋脚の時刻歴応答図を図-2に示す。RCおよびSRC橋脚ともに、JMA波およびJRT波の1方向入力と3

Key Words：逆L字形橋脚，3次元ファイバー解析，地震応答性状

連絡先：〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 TEL：022(795)7449 FAX：022(795)7448

表－2 動的解析による最大応答変位

		単純桁構造				連続桁構造			
		RC 橋脚		SRC 橋脚		RC 橋脚		SRC 橋脚	
		橋軸 直角方向	橋軸方向	橋軸 直角方向	橋軸方向	橋軸 直角方向	橋軸方向	橋軸 直角方向	橋軸方向
JMA 波	1 方向入力	162	50	113	53	156	145	85	58
	3 方向入力	191	148	113	54	165	169	64	50
JRT 波	1 方向入力	107	54	57	55	84	87	52	52
	3 方向入力	78	85	83	64	102	98	46	69
十勝沖波	1 方向入力	103	125	39	64	104	155	39	89
	3 方向入力	184	169	210	112	91	159	77	113

(単位: mm)

方向入力の最大応答変位に大きな差異はなかった。しかし、十勝沖波を入力した場合には、特に偏心量の大きい SRC 橋脚で 3 方向入力の軸直角方向の応答変位が大きくなった。十勝沖波では大きな加速度が多数回繰り返されるため、2 軸曲げを考慮した 3 次元動的解析では、偏心方向(橋軸直角方向)に大きな塑性変形が蓄積される結果となった。

(2) 2 径間連続桁構造

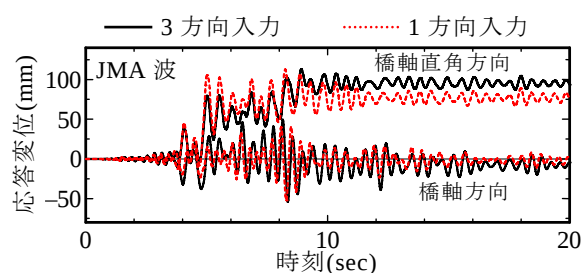
図－1 の解析モデルによる 2 径間連続桁構造の動的解析結果を表－2 に示す。また、解析結果の一例として SRC 橋脚の時刻歴応答図を図－3 に示す。図－1 の支承条件では 3 方向入力でも P1, P3 橋脚には 2 軸曲げによる大きな損傷が生じない。連続桁構造では、主桁を介して隣接する P1, P3 橋脚が P2 橋脚の橋軸直角方向の応答を抑制するため、繰り返し回数の多い十勝沖波でも 3 方向入力の動的解析は単純桁構造のような大きな塑性変形は生じなかった。しかし、異なる橋脚の諸元に対して、2 軸曲げの影響と隣接する橋脚の影響を適切に評価するためには、桁・橋脚をモデル化した 3 次元動的解析が必要である。

4. まとめ

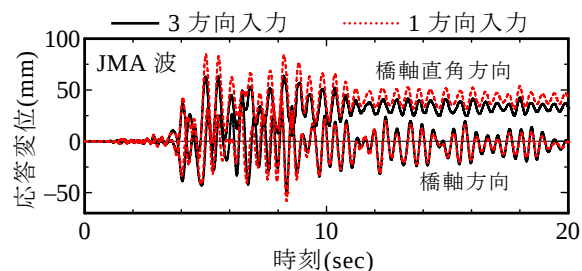
本研究では、逆 L 字形 RC・SRC 橋脚の時刻歴応答解析を行った。これらの解析結果より、単純桁構造では、繰り返し回数の多い地震波に対して 2 軸曲げの影響により橋脚が偏心方向に大きく傾いた。一方、連続桁構造では、主桁を介して隣接する橋脚が応答を抑制するため、橋脚の偏心方向への傾きは単純桁ほど大きくならなかった。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 耐震設計編，2002。
- 2) 永田聖二ら：逆 L 字型 RC 橋脚の地震応答特性に関する実験的検討，構造工学論文集，Vol.52A，pp.425-436，2006。
- 3) 臺原直ら：道路橋の耐震設計に用いる入力地震動の位相と非線形応答の関係，第 3 回地震時保有耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，pp.303-308，1999。
- 4) 村田二郎ら：鉄骨鉄筋コンクリート土木構造物の設計，オーム社，1976。
- 5) 内藤英樹ら：正負交番荷重を受ける SRC 柱の塑性曲率分布のモデル化および軸方向鉄筋の座屈に着目した靱性能評価，構造工学論文集，Vol.51A，pp.1415-1424，2005。
- 6) 後藤芳顕ら：橋軸方向地震力を受ける逆 L 形鋼製橋脚の終局挙動と設計，土木学会論文集，No.675/I-55，pp.313-330，2001。



図－2 SRC 橋脚(単純桁)の応答変位



図－3 SRC 橋脚(連続桁)の応答変位