

鉄筋コンクリートラーメン高架橋の地震時の挙動解析

名古屋工業大学 学生員 ○太田 智久
同 上 正会員 梅原 秀哲

1.はじめに

平成7年に発生した兵庫県南部地震により、多くの鉄筋コンクリートラーメン高架橋が被災し、特にせん断破壊による被害は倒壊したものを含めて甚大であった。本研究では、兵庫県南部地震で被災した鉄筋コンクリートラーメン高架橋を対象として、経験的手法により作成された高架橋地点の地震加速度を用いて3次元非線形動的解析を行い、高架橋の地震時の挙動を推定した。そして、解析結果と実被害を比較することで、構造解析手法と入力地震加速度の妥当性を検証し、実被害との不一致の要因について検討した。

2.解析手法

本研究では、解析ツールとして COM3-Frame¹⁾を使用した。高架橋は、線材要素とした橋脚と弾性体を仮定した3次元立体要素のスラブからなるモデルとした。各橋脚基部を固定点としてそこに地震加速度を入力した。解析では、各時刻における変位履歴と部材に作用するせん断力が求められる。橋軸方向と橋軸直角方向のせん断力の平方和を作用せん断力とし、この値と算定式から得られるせん断耐力を時刻歴で比較することで、高架橋の地震時のせん断に対する安全性を評価した。なお、解析に用いた材料強度は震災後の抜き取り試験の値を使用した。

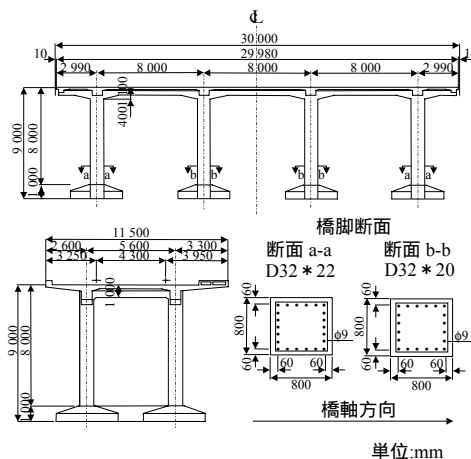


図1 第1野間 R7 高架橋構造図

3.解析対象高架橋

解析対象高架橋は山陽新幹線の高架橋の中で、兵庫県南部地震によりせん断破壊した高架橋と、せん断破壊しなかった高架橋とした。例として、第1野間 R7 高架橋の構造図を図1に示す。この高架橋は高架橋高さが8.0mの1層ラーメン構造で、耐力比は1.0を下回っており、せん断破壊先行型と予想できる。実被害は2径間分の柱のうち、

3本が柱上部、1本が柱下部のせん断破壊であった。また、解析対象とした高架橋の一覧を表1に示す。

4.入力地震加速度

本研究では3種類の入力地震加速度を使用した。その一覧と地震加速度作成に使用したプログラムを表2に示す。地震加速度の作成手順は、始めに各高架橋地点の緯度・経度から工学的基盤面の地震加速度(水平方向2成分と上下方向1成分)を得る。次に、水平方向成分については各高架橋地点の地盤特性(N値等)を考慮して地盤の地震応答解析を行い、地表面相当の地震加速度を得る。これを入力地震加速度とした。なお、隣接している高架橋は、同一の地震加速度を入力した。

表1 解析対象高架橋

高架橋	高架橋高さ(m)	構造形式	耐力比 ^{*1)}	実被害	高架橋の相違点
下食満	R10 10.0	1層	1.16	橋脚MC ^{*2)}	1層と2層構造 橋脚高さ
	R11 10.5	2層	0.60	中間梁上部橋脚SA	
第1野間	R7 8.0	1層	0.86	橋脚SA	橋脚高さ 材料強度
	R12 8.5		1.02	橋脚MC	
神呪	R1 8.7	1層	1.01	橋脚MC	橋脚高さ 橋脚断面
	R2 7.1		0.92	橋脚SA	
阪水	R4 11.4	2層	0.61	橋脚SB	橋脚高さ
	R5 11.1		0.60	中間梁下部橋脚SA	
時友	R11 12.9	2層(異径間)	0.56	中間梁上部橋脚SA	異径間と通常の構造 橋脚高さ
	R12 13.4	2層	0.67	橋脚MC	

*1:せん断と曲げの耐力比。この値が1.0より小さくなるとせん断破壊先行型と予想される。

*2:Sはせん断、Mは曲げによる被害。Aは破壊、Bは破損、Cは損傷。

表2 入力地震加速度

地震波	工学的基盤面	地表面
A波	KBPR3 ²⁾	FDEL ³⁾
B波	WAVE98 ⁴⁾	FDEL
C波	WAVE98	SHAKE ⁵⁾

Key word:鉄筋コンクリートラーメン高架橋、兵庫県南部地震、動的解析、せん断

〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学社会開発工学科 Tel 052-735-5502 Fax 052-735-5503

5. 解析結果および考察

解析結果の例として、第1野間 R7 高架橋と笹原 R12 高架橋の橋脚における作用せん断力とせん断耐力の経時変化を図2に示す。また、表3にその他の解析結果の一覧を示す。

第1野間 R7 高架橋は、A波の解析結果はせん断補強筋間隔が30cmの部分(橋脚の中間部)で作用せん断力がせん断耐力を上回っており、せん断破壊するという結果となった。B波・C波の解析結果は、着目点の全ての部分でせん断破壊するという結果となった。実被害では、2径間分の柱のうち、3本が柱上部、1本が柱下部のせん断破壊であるので、解析結果と実被害はせん断破壊するという点では一致したが、破壊箇所は一致しなかった。不一致の要因として、実構造物に材料強度の

ばらつきがあることが考えられる。解析では、材料強度を一定として入力しているが、実構造物には材料強度にばらつきが存在し、地震時に材料強度が弱い箇所で破壊した可能性が考えられる。その他に、基礎構造物の影響を考慮していない等の高架橋のモデル化も不一致の要因として挙げることができる。

笹原 R12 高架橋の解析結果は、いずれの地震波においてもせん断補強筋間隔が30cmの部分でせん断破壊するという結果となった。実被害では、橋脚の曲げによる軽微な損傷であるので、解析結果と実被害は不一致であった。不一致の要因として、入力地震加速度が実際の地震加速度より過大であった可能性が考えられる。また、高架橋のモデル化も不一致の要因として挙げることができる。

下食満 R10 高架橋・神呪 R2 高架橋・阪水 R5 高架橋は、いずれの地震波においても解析結果と実被害が一致した。下食満 R11 高架橋・時友 R11 高架橋は、いずれの地震波においてもせん断破壊は一致したが、破壊箇所は一致しなかった。不一致の要因として、材料強度のばらつき・高架橋のモデル化が考えられる。神呪 R1 高架橋・阪水 R4 高架橋・時友 R12 高架橋は、いずれの地震波においても解析結果と実被害は一致しなかった。不一致の要因として、入力地震加速度の精度・高架橋のモデル化が考えられる。隣接する高架橋で、一方の高架橋の不一致の要因が地震加速度の精度である場合、もう一方の高架橋も地震加速度について検討する必要がある。また、解析結果と実被害が一致した高架橋もモデル化について検討する必要がある。

6. まとめ

本研究では兵庫県南部地震により被災した鉄筋コンクリートラーメン高架橋の地震時の挙動解析を行った。解析結果と実被害が一致する高架橋もあったが、一致しない高架橋もあった。解析結果と実被害が一致しない高架橋は、不一致の要因の検討を行うとともに、全ての高架橋についてモデル化の検討を行う必要がある。

- 【参考文献】 1) Maekawa, K. et al: Path-dependent three-dimensional constitutive laws of reinforced concrete -formulation and experimental verifications-, Structural Engineering Mechanics, Vol5, No6, pp.743-754, 1997.
 2) 古本吉倫、杉戸真太、梅原秀哲: 強震動予測モデル(EMPR)による兵庫県南部地震のシミュレーション、文部省科学研究費特定領域研究「都市直下地震」第3回都市直下地震災害シンポジウム論文集、171-174、1998。
 3) 杉戸真太、合田尚義、増田民夫: 周波数依存性を考慮した等価ひずみによる地盤の地震応答解析法に関する一考察、土木学会論文集、No.493/II-27, pp.49-58、1994。
 4) 安中正、山崎文雄、片平冬樹: 気象庁 87 型強震記録を用いた最大地動及び応答スペクトル推定式の提案、第24回地震工学研究発表講演論文集、pp.161-164、1997。
 5) P.B.Schnabel, J.Lysmer and H.B. Seed: SHAKE a computer program for earthquake response analysis of horizontally layered site, EERC, 72-12、1972。

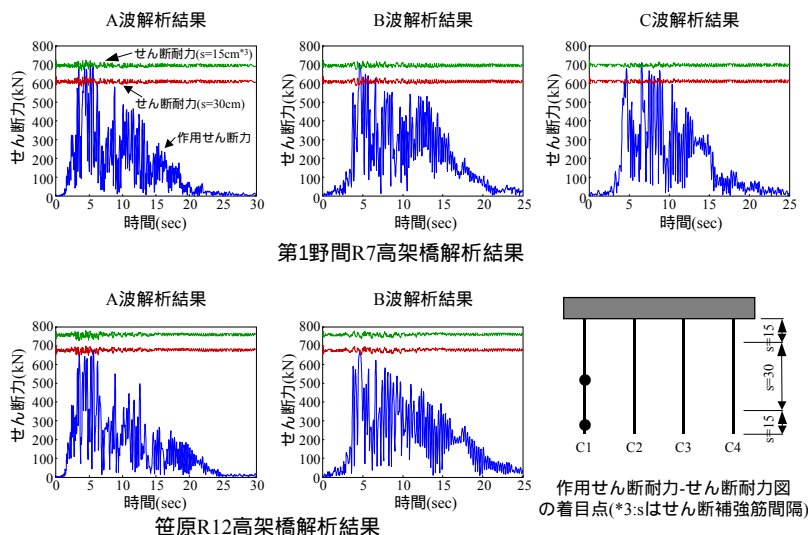


図2 第1野間 R7 高架橋・笹原 R12 高架橋解析結果

表3 解析結果と実被害

高架橋 地震波	下食満		第1野間		神呪		阪水		時友	
	R10	R11	R7	R12	R1	R2	R4	R5	R11	R12
A波	○ ^{*4}			×	×	○	×	○		×
B波	○			×	×	○	×	○		×
C波	○			△	×	○	×	○		×

*4: ○は一致、 △はせん断破壊は一致したが破壊箇所は不一致、 ×は不一致。