

兵庫県南部地震により被災した RC 鉄道高架橋の耐震性能照査に関する研究

名古屋工業大学 学生員 ○ 石井浩明

東京大学 学生員 土屋智史

名古屋工業大学 正会員 梅原秀哲

1.はじめに

兵庫県南部地震において、多くの RC 鉄道高架橋が被災し、特にせん断破壊による被害は倒壊したものを含め甚大であった。本研究では、損傷を受けた高架橋と受けなかった高架橋を対象とし、経験的手法により作成された各々の地点での地震加速度波形を入力して、3 次元非線形動的解析手法により高架橋の耐震性能の評価を行った。解析結果と実被害を比較することにより、構造解析手法だけでなく入力地震波の妥当性を検証することを目的とした。

2.解析手法

本研究では、解析ツールとして「COM3-Frame<sup>1)</sup>」を使用した。各時刻において部材に作用するせん断力と曲げモーメントを出力し、せん断力については算定式から得られる耐力と直接比較して破壊判定を行った<sup>2)</sup>。

3.解析対象構造物

対象構造物は、山陽新幹線の下食満 R11 高架橋と第 2 野間高架橋の 2 つとした。いずれも中間梁を有する 2 層 3 径間のラーメン高架橋である。構造図を図 1 に示す。2 つの高架橋は類似したものであるが、第 2 野間は地震による被害は軽微であったが、下食満 R11 は橋脚の中間梁上部でのせん断破壊により落橋に至っている。対象構造物の曲げ耐力とせん断耐力比を表 1 に示す。表中の  $V_c \cdot a / Mu$  の値が 1.0 よりも小さければせん断破壊先行型となる。なお、解析には材料強度として設計強度を用いている。

4.入力地震波

解析に用いる入力地震動の違いは、解析結果に大きな影響を与える。そのため、解析には正確な地震加速度波形を入力することが望まれるが、解析対象構造物位置での正確な地震加速度を入手するのは、現状では困難なことである。本研究では入力地震波として、地震動作成アプリケーション

「WAVE98」により作成した模擬地震動を使用した<sup>3)</sup>。下食満 R11 地点の地震加速度波形を図 2 に示す。なお、各地点での最大加速度は NS、EW、UD 方向の順に下食満では 176.3、184.4、129.2gal、第 2 野間では 198.6、198.6、139.1gal である。

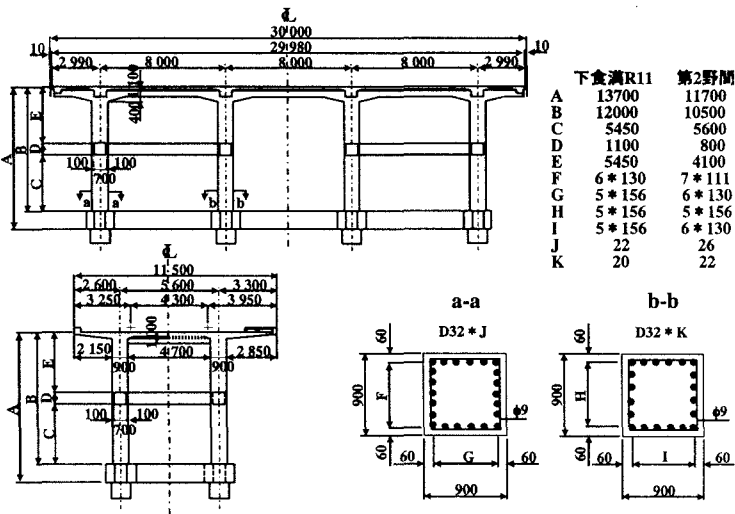


図 1 解析対象構造物

表 1 対象構造物耐力比

|        |     |     | a(cm) | d(cm) | a/d  | $V_c \cdot a / Mu$ | 破壊状況 |
|--------|-----|-----|-------|-------|------|--------------------|------|
| 下食満R11 | C1, | 上 部 | 197.5 | 84    | 2.35 | 0.69               | せん断  |
|        |     | 下 部 | 272.5 | 84    | 3.24 | 0.86               | No   |
|        | C2, | 上 部 | 197.5 | 84    | 2.35 | 0.69               | せん断  |
|        |     | 下 部 | 272.5 | 84    | 3.24 | 0.94               | No   |
| 第2野間   | C1, | 上 部 | 130.0 | 84    | 1.85 | 0.61               | No   |
|        |     | 下 部 | 280.0 | 84    | 3.33 | 0.88               | No   |
|        | C2, | 上 部 | 130.0 | 84    | 1.85 | 0.61               | No   |
|        |     | 下 部 | 280.0 | 84    | 3.33 | 0.95               | No   |

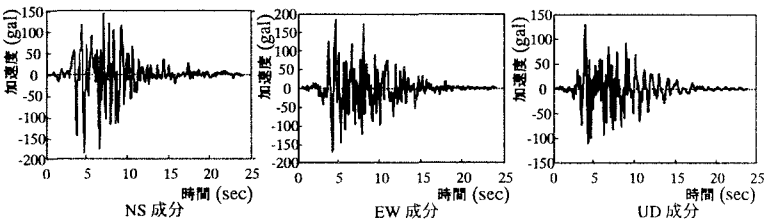


図 2 下食満 R11 地点地震加速度波形

## 5.解析結果

a) 解析結果として C1 橋脚の中間梁上部の作用せん断力とせん断耐力を図 4、5 に示す。他橋脚でも C1 橋脚とほぼ同じ結果が得られたので C1 のみを示すことにする。(図 3)

下食満 R11 高架橋では、作用せん断力がせん断耐力にかなり接近していることがわかる。もし実構造物のコンクリートと鉄筋の強度が設計強度よりも高ければ、曲げ耐力が鉄筋の降伏強度におおよそ比例して増加するのに対して、せん断耐力はコンクリートが受け持つ耐力において圧縮強度の 1/3 乗で増加するので、せん断破壊による倒壊の危険性が高くなると推測できる。

一方、第 2 野間高架橋では作用せん断力はせん断耐力に達しておらず、両者の差は大きい。材料強度が設計強度より高くても倒壊の危険性はないようである。実挙動でも同じ傾向が見られ、中間梁上部での解析結果は正しいと言えよう。

b) 次に中間梁下部での解析結果を図 6、7 に示す。両橋脚ともに作用せん断力がせん断耐力を越えている。これは実挙動と一致しない。これについては解析モデルと入力地震動にその原因があると思われる。解析モデルについては、橋脚と中間梁の接合部および橋脚基部において鉄筋の引き抜きを考慮しなかったことや、橋脚の下部に直接地震動を入力したため基礎部を考慮しなかったこと、さらに隣接した高架橋との相互作用を無視したことが挙げられる。また入力地震動については、EW 方向と橋軸方向を同一として扱ったことが考えられる。

## 6.まとめ

山陽新幹線の高架橋について 3 次元非線形動的解析を行った結果、中間梁上部の橋脚のせん断破壊に対しては解析結果は被災状況と一致したが、中間梁下部のせん断破壊に対しては一致しなかった。

今後は神戸エリアのできるだけ多くの RC 構造物に対して解析を行う予定である。そしてその解析結果を実構造物の被災状況と比較することにより、精度のよい入力地震動の推定方法や構造解析手法を確立することを目指している。

- 【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, Vol.5, No.6, pp.743-754, 1997.  
 2) 二羽淳一郎、山田一字、横沢和夫、岡村甫: せん断補強鉄筋を用いない RC はりのせん断強度式の再評価、土木学会論文集、No.372 V5, pp.167-176, 1986.8  
 3) 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.

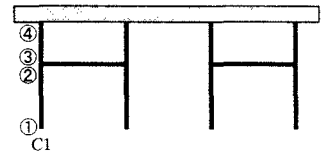


図3 解析結果着目位置

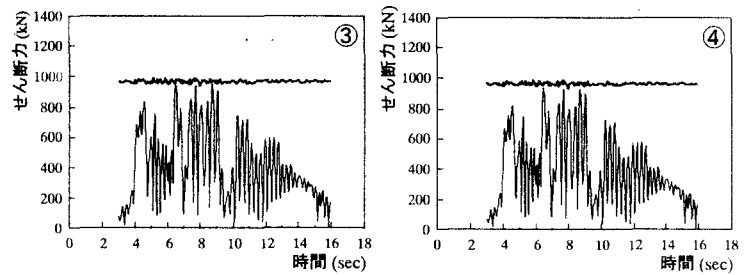


図4 下食満R11 中間梁上部

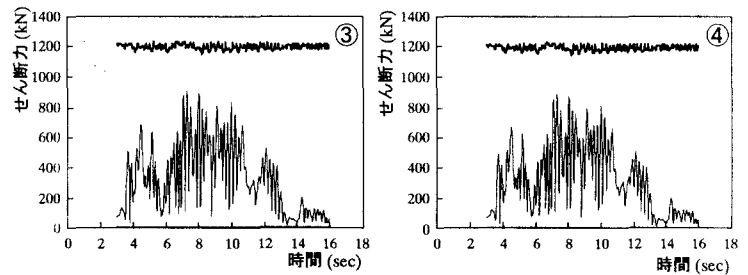


図5 第2野間中間梁上部

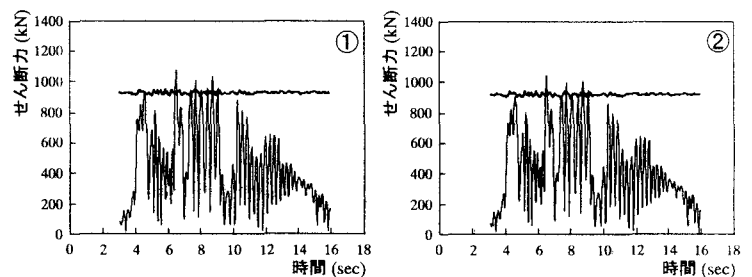


図6 下食満R11 中間梁下部

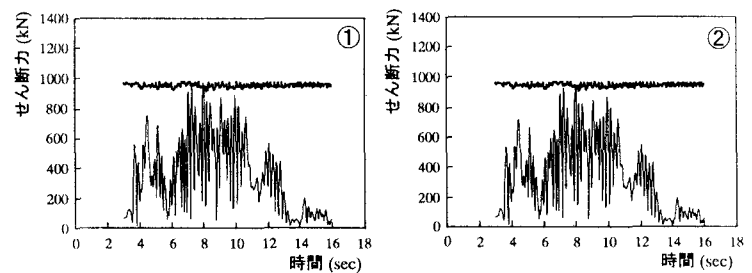


図7 第2野間中間梁下部