

RC2層ラーメン構造物の損傷形態の解析

○東北大学 学生員 石川 昌徳
 東北大学 学生員 砂金 伸治
 東北大学 正会員 藤原 稔

1. はじめに

1978年6月の宮城県沖地震や、1995年1月の兵庫県南部地震によってRC2層ラーメン高架橋に大きな被害がもたらされた。その結果、部材の降伏後の挙動によって高架橋全体の耐震性に差が生じることが推測された。

そこで本研究では、RC2層ラーメン高架橋を対象にして、部材の主鉄筋量およびせん断補強筋量の変化が、せん断力による降伏および曲げモーメントによる降伏に与える影響を強震波形を用いて地震応答解析により求めた。この結果に基づき、各部材においていずれの降伏が先行するかの検討を行った。

さらに式(1)を用いて各鉄筋量を上の応答解析と同様に变化させた場合の μ （せん断耐力に対する曲げ耐力の安全度¹⁾、以下曲げ安全度と呼ぶ）をそれぞれ求め、上記の応答結果との関係を求めた。

2. 解析モデル及び解析手法

解析の対象としたラーメン高架橋²⁾は東北新幹線標準設計に基づいた高さ12mの高架橋（以下、標準高架橋と呼ぶ）であり、解析はこれを2質点系にモデル化し解析した。部材モデルにはGibersonモデルを採用しRayleigh減衰を用いた。モーメント分布を材端に剛域を有するモデルで想定し弾塑性特性を定め算定した。時刻歴応答解析の際の数値積分法にはNewmarkの β 法を使用した。モーメント-曲率曲線は平面保持の仮定の基に材料構成則に従い求めた。変位は曲率分布を軸方向に積分することで算定した。履歴特性については、Degrading Tri-linearモデルを基本とした。

入力波形には地盤種（I,II,III種）別毎に計測された兵庫県南部地震の3波形（JMA1,JRT2,EKB3と略）と建設省土木研究所の地震時保有水平耐力の照査に用いる標準加速度波形3波形（NORM1,NORM2,NORM3と略）、およびホワイトノイズ（WHITEと略）の7種の強震波形を使用した。

応答解析では標準高架橋の柱と中層横ばり（以下、中層ばりと略）の主鉄筋量およびせん断補強筋量を変化させた構造に対して、7種の強震波形をそれぞれ入力し、天端部分の最大応答変位、および上柱・下柱・中層ばりの曲げ塑性率・せん断塑性率を算定した。これらの応答結果のうち波形毎の影響が顕著にみられた最大応答変位と中層ばりの曲げ塑性率を図-1および図-2に示す。

この結果より、最大応答変位はEKB3やNORM3といったIII種地盤で応答値が最も大きく、塑性率についてはJMA1,EKB3とNORM2,NORM3とJRT2,NORM1の順の大ききで3通りの傾向に分けられることが言える。以上の結果から実地震波である兵庫県南部地震の3波形のうち、応答変位が大きく損傷も大きいIII種地盤のEKB3と、JMA1,EKB3とは異なった損傷の度合いが見られたII種地盤のJRT2の2波形で解析を進めることとした。

また、曲げ安全度は式(1)で算定したが、この値は小さいほどせん断降伏の先行に対する安全性が低く耐震性が低いことになる。曲げ耐力はコンクリートの終局ひずみから算定し、せん断耐力はコンクリート標準示方書に従って求めた。せん断スパンは柱については全長をせん断スパンとし、中層ばりについては被害状態やひび割れの形態³⁾を考え、梁の端部から中央部までをせん断スパンと仮定した。

$$\mu = \frac{V \cdot a}{M} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 μ ：曲げ安全度、 V ：せん断耐力、 a ：せん断スパン、 M ：曲げ耐力

3. 解析結果

(1) 主鉄筋量の増加がせん断降伏および曲げ降伏に与える影響

標準高架橋の柱・中層ばりそれぞれの主鉄筋量を0%から+60%まで10%おきに増加させ、各波形毎に200,400,600,800galで解析を行った。この場合、

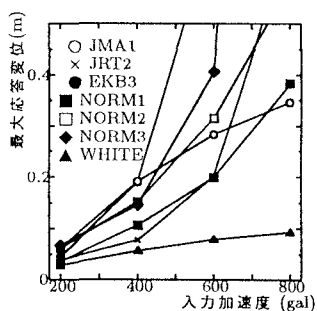


図-1 最大応答変位

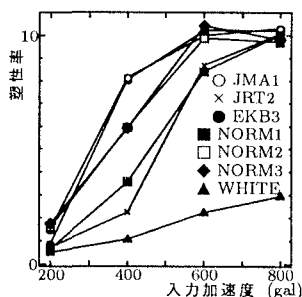


図-2 中層ばりの曲げ塑性率

柱のせん断力による降伏はみられず、中層ばりのせん断力による降伏が先行するものを表-1にまとめた（○印がせん断降伏が先行するもの）。

この解析結果より中層ばりにおいては柱の主鉄筋量の増加にかかわらず曲げ安全度 μ が1.12～1.13を下まわるとせん断降伏が先行することが分かった。

(2) せん断補強筋量の増減がせん断降伏および曲げ降伏に与える影響

標準高架橋の主鉄筋断面積の増加では柱のせん断力による降伏がみられなかったので、主鉄筋量を増加させたものについてさらにせん断補強筋量を-50%,0%,100%,200%増減させ同様の解析を行った。このうち、中層ばりの主鉄筋を増加せず柱のみ+60%増加させさらにせん断補強筋量を増減した高架橋について、柱のせん断降伏が先行するものを表-2にまとめた。

中層ばりの主鉄筋量を増加せず柱のみ+30%増加した高架橋においては、柱のせん断補強筋量を-50%としたところ、 $\mu = 0.72$ となり、それについ

ては柱のせん断降伏の先行が見られなかった。しかし表-2より柱について $\mu = 0.63$ でせん断降伏の先行が認められたため、柱については曲げ安全度 μ が0.72を下まわるとせん断降伏が先行することが分かった。

4. まとめ

主鉄筋量の増加に関しては、柱の主鉄筋量にかかわらず中層ばりの主鉄筋量を+50%以上増加すると、中層ばりのせん断降伏の先行が見られ、その場合の曲げ安全度は $\mu = 1.13$ であった。

せん断補強筋量の増減に関しては、柱が-50%、中層ばりが+100%と+200%の変化で柱についてせん断降伏の先行がみられ、この時の曲げ安全度は $\mu = 0.72$ という小さい値を示した。これは、RC2層ラーメン高架橋の各構成部材のせん断スパン長の定義が影響していると考えられる。

表-1 主鉄筋量の増加の中層ばりせん断降伏の先行

増加率	柱→	0%	20%	40%	60%
中層梁↓	μ	1.2	1.05	0.94	0.85
0%	1.57				
10%	1.45				
20%	1.35				
30%	1.26				
40%	1.19				
50%	1.13	○	○	○	○
60%	1.07	○	○	○	○

表-2 せん断補強筋量の増加の柱せん断降伏の先行

増加率	柱→	-50%	+0%	+100%	+200%
中層梁↓	μ	0.63	0.85	1.30	1.75
-50%	1.05				
+0%	1.57				
+100%	2.61	○			
+200%	3.65	○			

参考文献

- 1) 土木学会コンクリート委員会：阪神大震災とコンクリート構造物の耐震設計、土木学会全国大会研究討論会資料、1995.9
- 2) 砂金伸治ほか：地盤を考慮したRC構造物の地震応答解析、土木学会東北支部概要集、1994.3
- 3) 鈴木基行ほか：宮城県沖地震によるRCラーメン高架橋被害の解析的研究、土木学会論文集、1987.8