

RC2層ラーメン構造物の地震時挙動に及ぼす部材降伏過程の影響

東北大学 学生会員 丸中孝通
 東北大学 学生会員 田中慎介
 東北大学 正会員 鈴木基行

1. はじめに

RC 2層ラーメン構造物を対象に部材の降伏過程が構造物全体の耐震性に及ぼす影響を解析的に検討することを目的とした。すなわち、降伏した箇所、その過程を地震応答解析により検討し、これらが高架橋の天端最大応答変位などに及ぼす影響について検討した。

2. 数値解析方法

解析対象としたのは東北新幹線標準設計，RC 2層ラーメン高架橋である。

柱の軸方向鉄筋比は 2.44%，中層ばりの圧縮および引張鉄筋比はともに 0.80% である。本研究では，部材をせん断降伏させないことを前提としたため，せん断補強鉄筋として D13 を 10cm 間隔で配し，これを基準の高架橋とした。解析を行った構造物モデルは，この基準高架橋に対して中層ばりの軸方向鉄筋比を 1.0 倍，1.3 倍，1.6 倍，1.9 倍，2.2 倍と変化させたものを用いた。せん断補強鉄筋比は基準の高架橋の各部材の耐力比（せん断耐力 / 曲げ耐力）と同一になるようにそれぞれ増減させることとした。（中層ばり耐力比=1.20）

部材断面の曲げモーメント-曲率関係（図-1）は，テトラリニア型スケルトンカーブを持つ耐力低下型モデルとした。曲げ耐力は，部材断面の最外縁歪がコンクリートの終局歪 3500 μ に達するか，最外縁引張鉄筋応力度が鉄筋の引張強度に達した時とした。また，部材の有する変形能を越える変形をした時を終局状態とし，部材の終局変位は，荷重-変位関係の包絡線において，荷重が降伏荷重を下回らない時の最大変位とした¹⁾。

質量を均等に並列フレームで負担させると仮定し，基礎固定型の 2 質点系にモデル化を行い，それをマトリクス法で解析した。数値計算は，Newmark の β 法を用いて $\beta = 1/6$ の線形加速度法により計算した。初期減衰としては，粘性減衰系の Rayleigh 減衰を用いた。なお，減衰定数 h_s は 1 次，2 次ともに 0.02 と仮定した。入力地震波は，兵庫県南部地震で記録された JMA

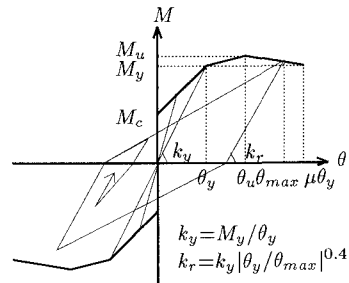


図-1 曲げモーメント-曲率関係

波形：神戸海洋気象台 NS 成分 最大加速度 818gal(I 種地盤)，EKB 波形：東神戸大橋 N78E 成分 最大加速度 327gal(III 種地盤) を用いた。

3. 解析結果

解析対象構造物モデルに対し JMA 波形，EKB 波形をいろいろな最大加速度に拡大縮小して入力し，解析を行った。解析は最大入力加速度を増加させて上柱か下柱のいずれかが終局状態に至った段階で終了した。まず，部材の降伏過程は表-1 に示す。これより鉄筋比を増減させることで降伏過程が変化することがわかる。

次に，その時の天端最大応答変位に及ぼす降伏過程の影響について検討した結果を図-2，図-3 に示す。これらの図において，解析を終了した最大入力加速度に着目すると，中層ばりの軸方向鉄筋比，せん断補強鉄筋比を増加させることで柱はより大きい外力まで耐えることができることがわかる。しかし，図-2，図-3 を比較すると同じ最大加速度を入力して各部材を損傷させても入力地震波形によって天端最大応答変位など構造物の応答が異なることがわかる。この原因としては，地震動の特性と構造物の損傷に伴う固有周期の増加の関係が考えられる。図-2 では，最大入力加速度が比較的大きくなると，天端最大応答変位はあまり増加しなくなるが，図-3 では JMA 波形を入力した時とは異なり，最大入力加速度を増加させ損傷させるにつれ，天端最大応答変位は

Key Words: RC 2層ラーメン, 耐震性, 天端最大応答変位, 降伏過程

〒 980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 東北大学工学部土木工学科構造設計学研究室 TEL 022(217)7449

表-1 部材の降伏過程

中層ばり軸鉄筋比 (引張鉄筋比)	部材の降伏過程
1.0 倍 (0.80%)	中層ばり → 下柱 (下側) → 上柱 (上側)
1.3 倍 (1.04%)	下柱 (下側), 中層ばり : ほぼ同時 → 上柱 (上側)
1.6 倍 (1.28%)	下柱 (下側) → 中層ばり → 上柱 (上側)
1.9 倍 (1.52%)	下柱 (下側) → 中層ばり, 上柱 (上側) : ほぼ同時
2.2 倍 (1.76%)	下柱 (下側) → 上柱 (上側) → 中層ばり

増大している。JMA 波形を入力した場合には、基準高架橋の1次固有周期は0.43~0.95sまで変化しており、加速度応答スペクトル(図-4)のピークの範囲からずれた範囲まで変化している。つまり、早い時期に部材が降伏して固有周期が延びることで、固有周期は応答が大きくなる範囲からはずれ、それ以降の地震動による構造物の応答は低減する。したがって、図-2 からわかるように、中層ばりを先に降伏させて固有周期を増加させる方が耐震設計上望ましいと考えられる。しかし、さらに高加速度入力にすると波形の最初の段階の損傷で大きく塑性化してしまうため、応答変位が急激に大きくなると思われる。そのため、設定地震力に対して各部材の耐力を十分確保した上で中層ばりを先に降伏させる必要があるといえる。逆にEKB波形を入力した場合は、部材が損傷して固有周期が延びても応答が大きい範囲内にあるために、構造物の応答は減少しない。よって、このような場合には、中層ばりと柱をほぼ同時に降伏させるようにし、できる限り各部材を損傷させないようにする必要があると思われる。

4. 結論

1. 中層ばりの耐力を上げると柱はより大きな地震力に耐えることができる。
2. 部材が塑性化することにより、構造物の固有周期が変化し、天端最大応答変位に影響を及ぼす。
3. 地震動の特性によって構造物の応答が異なるため、想定される地震動に対して適切に各部材の降伏過程を変化させることが望ましい。

参考文献

1) 土木学会: 阪神淡路大震災被害分析と靱性率評価式, コンクリート技術シリーズ No.12,1996.7.

JMA 波形

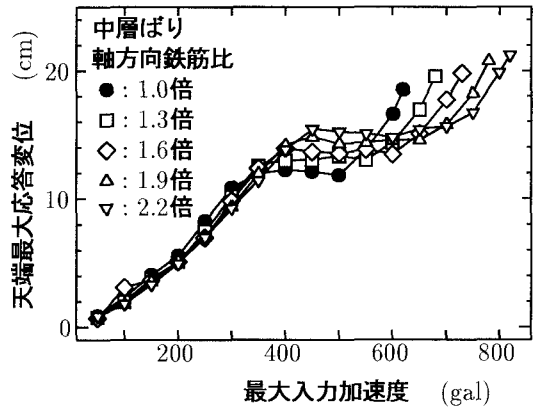


図-2 最大入力加速度と天端最大応答変位の関係

EKB 波形

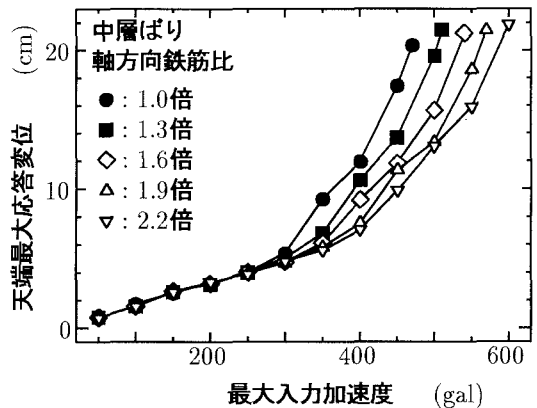


図-3 最大入力加速度と天端最大応答変位の関係

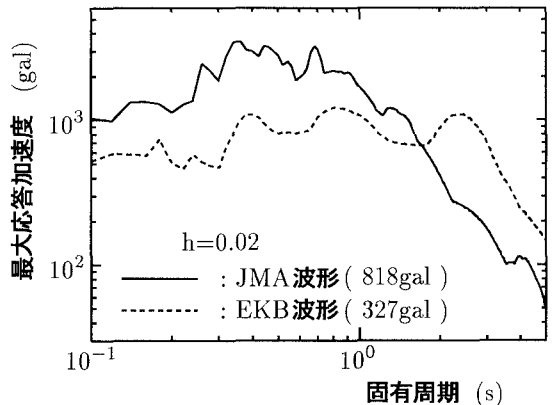


図-4 加速度応答スペクトル