

RC2層ラーメン構造の耐震性能に及ぼす 中層ばりの力学的特性

東北大学 学生員 ○田中 慎介
東北大学 学生員 武田 篤史
東北大学 学生員 井林 康
東北大学 正会員 鈴木 基行

1. まえがき

本研究では、RC2層ラーメン構造物を対象に中層ばりの力学的特性がRC2層ラーメン構造物の地震時挙動に及ぼす影響、特に中層ばりが終局を迎えた後のラーメン構造物の挙動について解析的に検討することを目的とした。

2. 解析モデル

本研究で、対象としたのは東北新幹線標準設計のRC2層ラーメン高架橋である（図-1）。柱の軸方向鉄筋比は1.17%、および中層ばりの圧縮および引張鉄筋比はともに0.803%であった。せん断補強鉄筋比は柱および中層ばりともに0.25%であった。このRC2層ラーメン高架橋を基礎固定型の2質点系にモデル化を行い、マトリクス法により解析した。数値積分法は、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。なお計算の刻み時間は0.002秒であり、安定を確認した後に用いた。入力地震波は兵庫県南部地震において神戸海洋気象台（I種）および東神戸大橋（III種）で記録された波形を用いた。なお本研究では中層ばりが終局を迎えた後の構造物の挙動を把握したいため、構造物が崩壊に至らないように、それぞれの地震波を最大加速度が300galになるように拡大・縮小して用いた。

本研究では、中層ばりの終局後の解析も行うために、部材の終局状態を部材がせん断降伏した時、あるいは部材が有する変形能を越える変形をした時と定義した。部材の変形能については、土木学会阪神大震災調査研究特別委員会韧性評価WGによる韧性率評価式¹⁾を用いて算定した。

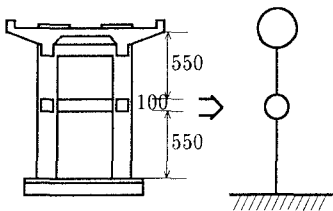


図-1 解析対象高架橋およびモデル (cm)

3. スケルトンカーブおよび復元力特性

高架橋の挙動を考えるにあたり、部材断面の曲げモーメント-曲率関係においては、テトラリニア型²⁾のスケルトンカーブを持つ剛性劣化型モデルとした²⁾（図-2）。降伏後剛

性 k_p は一般によく用いられている降伏剛性 k_y の0.05倍とし、終局後の剛性 k_d は耐力低下が表現できる町田ら²⁾の提案した式を用いた。

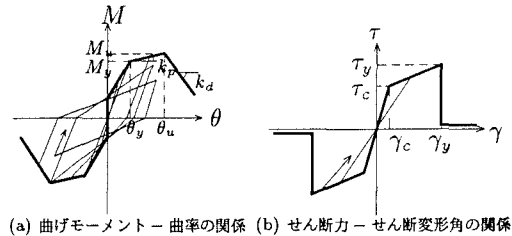


図-2 スケルトンカーブおよび履歴法則

せん断力-せん断変形角関係についてはトリリニア型のスケルトンカーブを持つ原点指向型モデルを採用した。降伏点以降のせん断力の剛性は0と仮定して解析を行った。さらにせん断力による変形量は曲げによる変形量と独立させて算定し、最終的に曲げとせん断による変形量を加えて部材の変形量とした。

4. 天端最大応答変位-曲げせん断耐力比の関係

柱の軸方向鉄筋比およびせん断補強筋比は標準高架橋のまま一定とし、中層ばりの軸方向鉄筋比を0.484%から1.196%まで変化させ、そのそれぞれについてせん断補強筋比を0.1%から0.5%に変化させ解析を行った。すなわち中層ばりの曲げせん断耐力比（せん断耐力/曲げ耐力）を0.50から2.37まで変化させて解析を行った。地震波に神戸海洋気象台を用いた時の結果を図-3（黒塗り部分は中層ばりがせん断降伏していることを示す）に示す。中層ばりの曲げせん断耐力比がある値以下であれば中層ばりがせん断降伏をおこし、脆性的に破壊することがわかる。この時、中層ばりはせん断降伏後モーメントやせん断力を負担しなくなるため、柱に大きな負担がかかり、天端最大応答変位の急増を招くことになる。また、中層ばりの曲げせん断耐力比を大きくして、部材に十分な韧性を持たせることにより曲げ降伏先行型の降伏形態に移行させれば、天端最大応答変位が減少することがわかる。しかし、中層ばりの軸方向鉄筋比が一定であれば中層ばりのせん断補強筋比を一定値以上増やしても天端最大応答変位の低減効果はなくなることがわかる。

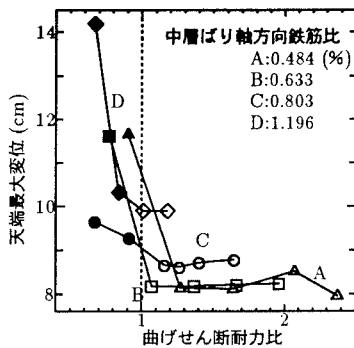


図-3 中層ばりの曲げせん断耐力比 - 先端最大応答変位の関係

5. 時刻歴による部材の破壊メカニズム

中層ばりがせん断降伏する時としない時の柱と中層ばりの曲げ塑性率および吸収エネルギーの分担割合の時刻歴変化の過程を図-4~7に示す。これらは、中層ばりの軸方向鉄筋比が1.196%、せん断補強筋比が0.2%でIII種地盤でとれた地震波を用い、5.6秒で中層ばりがせん断降伏を起こしているものと中層ばりの軸方向鉄筋比が0.803%、せん断補強筋比が0.3%でI種地盤でとれた地震波を用いたものである。中層ばりがせん断降伏を起こすとすぐに柱の塑性率が大きく変化し、次第に残留変位が大きくなっていることがわかる。また構造物全体が吸収したエネルギーに対する各部材が吸収したエネルギーの割合は、中層ばりがせん断降伏するまでは中層ばりもエネルギー吸収に寄与しているが、せん断降伏後は柱のみでエネルギーを吸収していることがわかる。

6. まとめ

本研究では、中層ばりの曲げせん断耐力比を変化させ中層ばりの降伏形態や中層ばり降伏後の構造物全体の挙動について検討を行った。その結果次のような結論が得られた。

1. 中層ばりの曲げせん断耐力比がある値以下であれば、中層ばりはせん断降伏する。
2. 中層ばりがせん断降伏を起こすと急激に柱の塑性率が変化するようになり、先端最大応答変位および残留変位が増大する。
3. 中層ばりの軸鉄筋比が一定であれば、せん断補強筋比を一定値以上増やしても先端最大応答変位の減少は望めない。

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.
- 2) 町田篤彦・陸好宏史・鶴田和久: 地震力を受ける鉄筋コンクリートラーメン構造物の弾塑性応答に関する研究, 土木学会論文集, 第378号, pp.117-126, 1987.2.

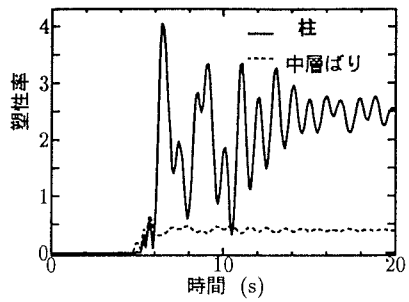


図-4 塑性率の時刻歴変化(中層ばりがせん断降伏する場合)

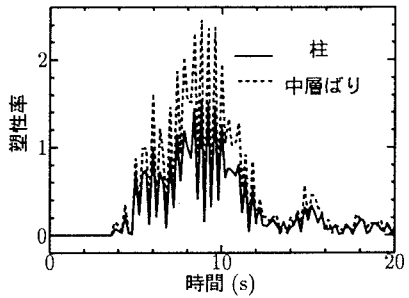


図-5 塑性率の時刻歴変化(中層ばりがせん断降伏しない場合)

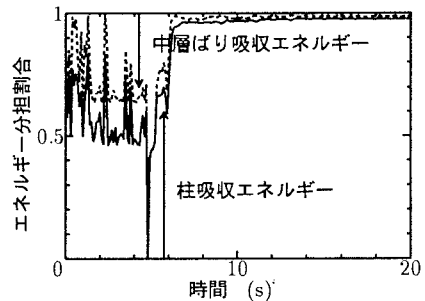


図-6 エネルギー分担割合の時刻歴変化(中層ばりがせん断降伏する場合)

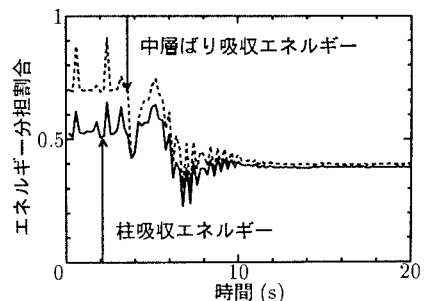


図-7 エネルギー分担割合の時刻歴変化(中層ばりがせん断降伏しない場合)