

I - B148 2層式鉄筋コンクリートラーメン橋脚の耐震性に及ぼす中層梁の影響

建設省土木研究所 正会員 田崎 賢治  
 建設省土木研究所 正会員 寺山 徹  
 建設省土木研究所 正会員 運上 茂樹

1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震において、鉄筋コンクリート(以下、RCと称す)ラーメン橋脚にも被災を生じた例があったことから、平成8年の道路橋示方書耐震設計編では、非線形域の挙動を考慮した地震時保有水平耐力法によるRCラーメン橋脚の耐震設計法が新たに導入された<sup>1)</sup>。しかし、この設計法は1層式の門形ラーメン橋脚を対象としたものであり、2層式や多柱式などその他の形式のラーメン橋脚に対する適用性については十分検討されていないのが現状である。そこで、本研究では2層式RCラーメン橋脚に対する地震時保有水平耐力法による耐震設計法の開発を目的として、2層式ラーメン橋脚の耐力や変形性能に及ぼす中層梁の影響について解析的に検討したので、その結果を報告するものである。

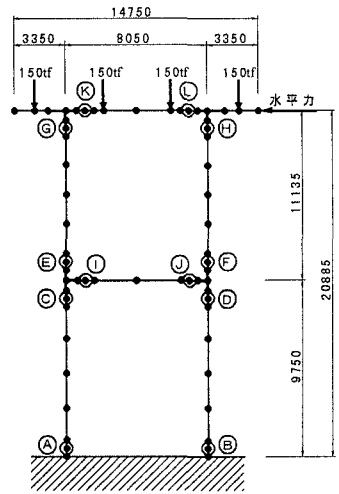
2. 解析方法

1) 水平変位漸増解析

解析対象としたのは既存の2層式RCラーメン橋脚であり、図1のような骨組構造にモデル化した。上部構造は上層梁上で支持され、中層梁は上部構造を支持していない。このRCラーメン橋脚を対象として、上層梁位置に水平変位を静的に漸増させ、水平力-水平変位の関係を求めた。Ⓐ~Ⓛの位置に塑性化が生じるため、ここに、軸力変動を考慮できる完全弾塑性型の曲げモーメント-曲率関係をもつ塑性回転バネを設けた。水平変位を静的に漸増させていくことにより、12個の塑性回転バネのうち、塑性ヒンジとなる6個の塑性回転バネを特定することができる。さらに、それぞれの塑性ヒンジ位置において、回転角が終局塑性回転角 $\theta_{pu}$ に達する時の変位を算出した。図2は、対象とした橋脚の水平力-水平変位の関係を算出した一例を示したものである。図2では、橋脚の各部材が曲げ破壊型となるように、帯鉄筋比を大きく設定した場合について示している。塑性ヒンジは、柱部材の基部(Ⓐ、Ⓑ)、上層梁の両端部(Ⓚ、Ⓛ)、中層梁の両端部(Ⓢ、Ⓣ)に生じ、これら6個の塑性化が生じると橋脚の水平力は一定となる。

ラーメン橋脚全体の耐力、変形性能に及ぼす中層梁の影響を検討するために、以下のように、中層梁の帯鉄筋比 $\rho_s$ および中層梁の降伏剛性 $(EI)_y$ を変化させた。

- ① 中層梁の帯鉄筋比 $\rho_s$  : 0.28~1.77(%)
  - ② 中層梁の降伏剛性 $(EI)_y$  :  $3.85 \times 10^5 \sim 1.05 \times 10^6$  (tf・m<sup>2</sup>)
- なお、②については、中層梁の断面形状と軸方向鉄筋量を変化させているので、部材の降伏剛性のみならず、せん断耐力や曲げ耐力も変化する。



<基本断面形状(b×d)>

柱断面	2.0m×1.8m
上層梁断面	2.0m×(1.7~2.0)m(ハンチ有)
中層梁断面	1.4m×1.4m

図1 骨組モデル

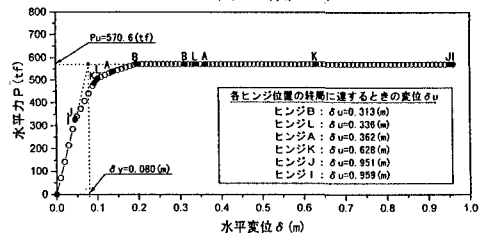


図2 水平力-水平変位関係

キーワード：2層式鉄筋コンクリートラーメン橋脚、中層梁、変形性能、水平変位漸増解析、動的解析

〒305 茨城県つくば市大字旭1番地 TEL 0298-64-4966 FAX 0298-64-4424

## 2) 非線形時刻歴応答解析

図1の骨組モデルを用いて、タイプI、IIの地震動（II種地盤）を入力地震動として動的解析を行った。ここでは、中層梁の影響による各部材の変形性能を把握することを目的としているため、簡易的に各部材の履歴モデルは剛性低下を考慮しない、軸力変動型のバイリニアモデルを用いた。数値計算はNewmarkのβ法を使い、 $\beta=1/4$ とした。また、応答計算の時間刻みは0.005s、粘性減衰マトリクスとしては、降伏剛性を用いたReyleigh減衰とした。

## 3. 解析結果

### 1) 水平変位漸増解析

図3は、中層梁の帯鉄筋比 $\rho_s$ を変化させた場合の各塑性ヒンジ位置におけるせん断力とせん断耐力の比を示す。グラフの縦軸は、せん断力 $S$ をせん断耐力 $P_s$ で除した $S/P_s$ とし、 $S/P_s=1.0$ を基準として破壊形態を判定することができる。これによると、中層梁の帯鉄筋比 $\rho_s$ が1.77%で、すべての部材が曲げ破壊型 ( $S/P_s \leq 1.0$ ) となる。

図4は、中層梁の断面を変化させた場合の各塑性ヒンジ位置におけるせん断力とせん断耐力の比を示したものである。これによると、中層梁の剛性を大きくするだけでは、中層梁がせん断破壊型から曲げ破壊型に移行することはない。また、中層梁の剛性が大きくなると、柱基部の $S/P_s$ が大きくなる傾向があり、本解析断面では、左柱基部が曲げ破壊型からせん断破壊型となった。これは、中層梁の剛性を大きくすると、構造全体の終局耐力 $P_u$ が大きくなるためと考えられる。

### 2) 非線形時刻歴応答解析

図5, 6は、それぞれタイプIとタイプIIの地震動に対して、中層梁の降伏剛性を変化させた場合のII種地盤における各塑性ヒンジ位置の最大曲率 $\phi_{max}$ を示したものである。グラフの縦軸は、最大曲率を各断面の終局曲率で除した $\phi_{max}/\phi_u$ を表す。ここで、応答値は3波形の入力地震動に対する平均値を用いている。図5に示すタイプI地震動に対しては、中層梁以外のほとんどの部材が非線形域に達しておらず、 $\phi_{max}/\phi_u$ は1.0を大きく下回っている。また、図6に示すタイプII地震動に対しては、中層梁の剛性を大きくすることで、柱部材を $\phi_{max}/\phi_u \leq 1.0$ とすることが可能である。

## 4. まとめ

本検討結果をまとめると以下の通りとなる。

- ①既存の橋脚断面に対して、帯鉄筋比を大きくすることで各部材は曲げ破壊型となるが、特に、中層梁は、かなり多くの帯鉄筋量が必要となる。
- ②中層梁の剛性を変化させても、中層梁自身の破壊モードは変更できず、断面によっては柱部材の破壊モードが変わる可能性がある。
- ③動的解析結果から、中層梁の剛性を大きくすると、各部材の塑性化した断面の応答曲率が小さくなる。

今後は、さらにパラメータ解析を行い、ラーメン構造全体系の大地震時の挙動を把握すると同時に、全体構造系としての終局状態の検討を行っていく予定である。

参考文献 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震設計編, 平成8年12月

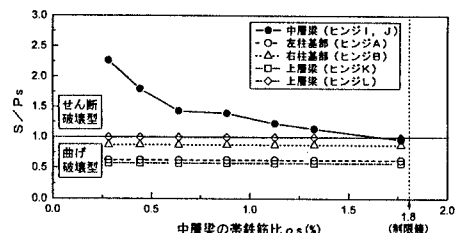


図3 中層梁の帯鉄筋比と $S/P_s$ の関係

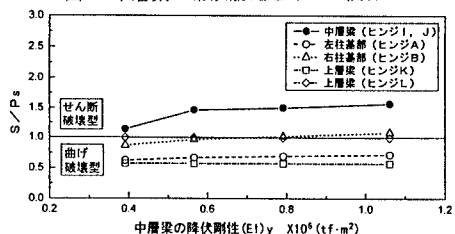


図4 中層梁の降伏剛性と $S/P_s$ の関係

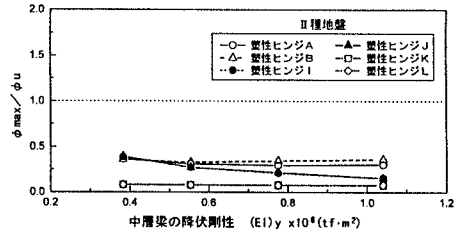


図5 中層梁の降伏剛性と $\phi_{max}/\phi_u$ の関係(タイプI)

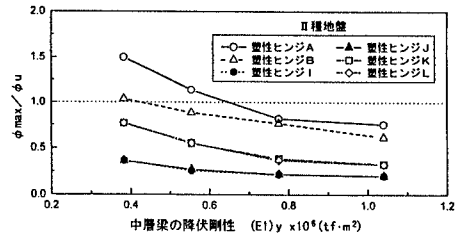


図6 中層梁の降伏剛性と $\phi_{max}/\phi_u$ の関係(タイプII)