

I - B110

免震および非免震鋼製橋脚の耐震安全性

三菱重工工業株式会社 正会員 子林 稔†
名古屋大学大学院 フェロー会員 宇佐美 勉‡

1. 結言

動的解析を基に橋脚の耐震安全性を照査する場合に必要な要求性能として最大応答変位と残留変位がある。そこで、本研究では、コンクリート無充填非免震鋼製橋脚、コンクリート部分充填非免震鋼製橋脚、コンクリート無充填非免震鋼製橋脚、コンクリート充填免震鋼製橋脚の4種類の鋼製橋脚に対する最大応答変位および残留変位をパラメトリック解析から求め、それぞれの保有性能（終局変位、残留変位制限値）と比較することにより種々のパラメータを持つ橋脚の安全性について調べる。

2. 解析モデルおよび入力地震波

橋脚は、補剛箱形断面を仮定し、幅厚比パラメータ R_f が 0.35, 0.40, 0.45 で、細長比パラメータ λ を 0.20 から 0.60 まで 0.05 刻みで設計を行った。各解析モデルについては以下に説明する。

コンクリート無充填非免震鋼製橋脚およびコンクリート部分充填非免震鋼製橋脚

非免震橋脚は支承を剛結と仮定していることから、図1に示したような片持柱の先端に集中質量を有し、水平地震動を受ける1質点1自由度系モデルに置き換え、線形加速度法を用いることによって弾塑性地震応答解析を行った。橋脚の地震時挙動を決定する復元力モデルとして、コンクリートを充填しない鋼製橋脚用およびコンクリートを柱基部に部分充填した鋼製橋脚用に名古屋大学で開発されたトリリニア型の骨格曲線を有するモデル^{1),2)}をそれぞれ使用した。

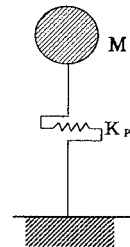


図1 非免震橋脚のモデル

コンクリート無充填免震鋼製橋脚およびコンクリート部分充填免震鋼製橋脚

免震橋脚は、図2に示したような橋脚柱頂部と上部構造物に質点を有し、水平地震動を受ける2質点2自由度系モデルに置き換え、線形加速度法を用いることによって弾塑性地震応答解析を行った。免震支承には、バイリニア型の骨格曲線を有する鉛プラグ入り積層ゴム支承の復元力モデル³⁾、橋脚には、非免震橋脚と同様にコンクリート無充填柱用、コンクリート充填柱用の復元力モデルを使用した。

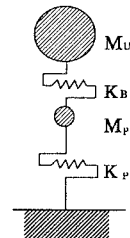
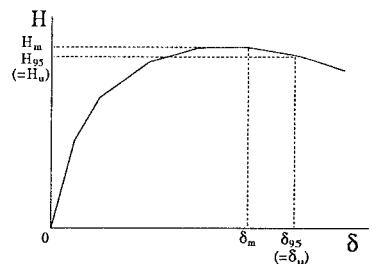


図2 免震橋脚のモデル

また、入力地震波として、平成8年版道路橋示方書・V耐震設計編に規定される地震時保有水平耐力の照査に用いるレベル2タイプII地震波の標準加速度応答スペクトルに適合するように調整された地震波形を使用した。

3. 要求性能と保有性能

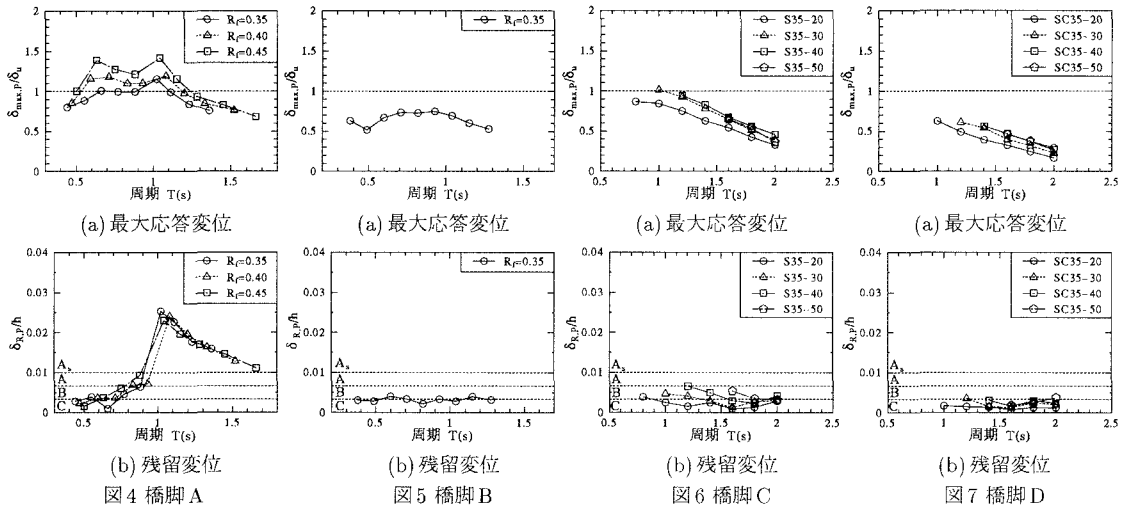
構造設計とは、構造物の有する性能（保有性能）が、入力された外力に対して構造物に要求される性能（要求性能）を上回るようにすることである。本研究では、要求性能として橋脚の最大応答変位 $\delta_{max,P}$ および残留変位 $\delta_{R,P}$ 、対する保有性能として終局変位 δ_u および残留変位制限値を指標として採用する。ここで、 δ_u は、図3に示す繰り返し載荷実験より得られた水平荷重-水平変位履歴曲線の包絡線で、最大水平荷重 H_m の95%の荷重 H_{95} に対応する変位のことである。また、残留変位制限値は、土木学会・鋼構造新技術小委員会・耐震設計研究WGの報告書⁴⁾で提案されている値を使用する。すなわち、重要構造物に対しては「最低限の機能維持」の損傷ランクB ($\delta_{R,P} < h/150$)、最重要構造物に対しては「数日内の補修で復旧可能」の損傷ランクC ($\delta_{R,P} < h/100$) とする。

図3 終局変位 δ_u の定義

Key Words : 鋼製橋脚, コンクリート部分充填鋼製橋脚, 免震鋼製橋脚, 弾塑性地震応答解析

† 〒100-8315 東京都千代田区丸の内2丁目5番1号 TEL 03-3212-3111

‡ 〒464-8603 名古屋市中千種区不老町 TEL 052-789-4617



4. 解析結果

図4から図7に各橋脚の弾塑性地震応答解析結果を示す。橋脚A, B, C, Dはコンクリート無充填非免震鋼製橋脚, コンクリート部分充填非免震鋼製橋脚, コンクリート無充填免震鋼製橋脚, コンクリート充填免震鋼製橋脚を意味し, 図6, 図7中の記号は, 最初のSは補剛箱形断面を意味し, 次にCがある場合はコンクリートが充填されていることを意味する。次の2桁の数字は R_F の量を100倍したもの, その次の2桁の数字は $\bar{\lambda}$ の量を100倍したものを示している。また地震応用解析結果は, 入力地震波としてレベル2タイプII地震波のII種地盤用地震波を用いた場合のもので, 道路橋示方書の規定に従い, 3波による地震応答の平均を示している。

橋脚Aは, 周期が約1.3秒以下で最大応答変位に対する損傷度(最大応答変位 $\delta_{max, P}$ と終局変位 δ_u の比)が1.0を上回っており, 危険な応答を示している。また約1.0秒以上では, 残留変位 $\delta_{R, P}$ が大きく生じ, 橋脚は崩壊していると考えられる。すなわち, すべての周期帯の橋脚が, 崩壊の可能性があると考えられる。橋脚Bは, コンクリートの充填により柱基部の局部座屈が抑制され, 橋脚の変形能が向上するため, 最大応答変位に対する損傷度が1.0を下回り安全であると考えられる。また $\delta_{R, P}$ に関しても, コンクリートの充填による残留変位の抑制効果のため, 重要構造物の目標である損傷ランクB以下に至っているが, 最重要構造物の目標である損傷ランクC以下には, 完全には至っていないことが分かる。橋脚Cは, 免震支承を用いて長周期化することにより, 最大変位に対する損傷度を1.0以下に抑えることができる。しかし, 橋脚の細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ が大きい橋脚に対しては, 2.0秒までの長周期化で $\delta_{R, P}$ をCランク以下まで抑えることができていない。橋脚Dは, 橋脚Bと同様, コンクリート充填による変形能の向上と残留変位の抑制効果が現れたため, 同じ免震橋脚である橋脚C以上に最大変位に対する損傷度, 残留変位が低減されていることが分かる。

5. 結言

本研究では各種の鋼製橋脚のパラメトリック解析により安全性の評価を行った。II種地盤のレベル2タイプII地震波に対する結論をまとめると以下になる。

1. コンクリート無充填非免震鋼製橋脚は, すべての周期帯の橋脚が危険な応答を示すことから, コンクリート充填, 免震化等の対策を必要とする。
2. 重要構造物に対しては, 免震化を行う必要はなく, コンクリートを柱基部に部分充填するだけで十分である。
3. 最重要構造物に対しては, 免震橋脚またはコンクリート部分充填免震橋脚とすることにより, 設計指針を満足することができる。

参考文献

- 1) 鈴木森晶, 宇佐勉, 寺田昌弘, 伊藤努, 才塚邦宏: 鋼製箱形断面橋脚の復元力モデルと弾塑性地震応答解析, 土木学会論文集, No.549/I-37, pp.191-204, 1996.10.
- 2) 子林登, 鈴木森晶, 宇佐勉: コンクリート部分充填鋼製橋脚の復元力モデルと弾塑性地震応答解析, 構造工学論文集, Vol43A, pp.859-868, 1997.3.
- 3) 建設省土木研究所: 道路橋の免震設計マニュアル(案), 1992.
- 4) 土木学会・鋼構造新技術小委員会・耐震設計研究WG: 鋼橋の耐震設計指針試案と耐震設計のための新技術, 1996.7.