

マルチステップ変形吸収機構に関する解析的検討

東北大学 学生会員 ○近藤 真弥

東北大学 正会員 運上 茂樹

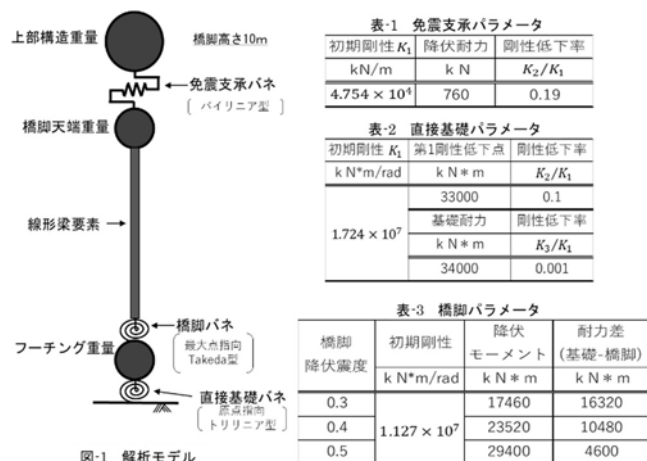
1. はじめに

橋梁構造物の耐震設計では損傷制御部材を橋脚基部など 1 部材に誘導されていたが、想定を超えるような超過地震力が作用した場合に 1 部材による変形吸収には限界がある。本研究では複数の部材で段階的に変形吸収を行い、各部材の損傷程度の低減、および構造物全体としての変形吸収性能の向上を図るマルチステップ変形吸収機構を提案する。ここでは一般的な道路橋を対象に免震支承、橋脚、直接基礎の合計 3 部材に対し段階的に変形吸収を図るこことし、各部材の変形吸収性能を制御するために橋脚の二次剛性をパラメータとした静的プッシュオーバー解析および地震動を入力する動的解析を行った。合計 3 部材で変形吸収を行うことにより、各部材の損傷の低減と構造全体の変形性能の向上が可能であることが示唆された。

2. 解析モデルおよび検討事項

2.1 解析モデル

「平成 9 年道路橋の耐震設計に関する資料」¹⁾における 5 径間連続鋼 I 桁橋の中間部の RC 橋脚を抽出し、汎用構造解析プログラム TDAPIII を用いて図-1 に示すように 3 質点梁バネモデルを作成した。免震支承はバイリニア型モデル、橋脚基部の塑性ヒンジ部は最大点指向 Takeda モデル、直接基礎の浮き上がり



に伴うロッキング変形は原点指向トリニア型モデルをした。また、橋脚躯体部は線形梁要素とし、これらのパラメータは表 1~3 に示す通りである。

2.2 検討事項

本研究では橋脚の二次剛性をパラメータとしてマルチステップ変形吸収機構の実現を検討する。橋脚に二次剛性を付与することにより図-2 に示すように、橋脚降伏後に変形の増加に伴って橋脚の反力を増加させ、基礎の耐力と交差させることで主たる変形を橋脚から直接基礎のロッキング変形に移行させる。ここでは橋脚の降伏震度を表-3 に示すように 3 ケース設定し、各場合について橋脚二次剛性を初期剛性との比で 0.0001 と 0.01 から 0.15 まで 0.01 刻みで 15 段階変化させた合計 16 段階で設定した上で静的プッシュオーバー解析および時刻歴応答解析を行った。

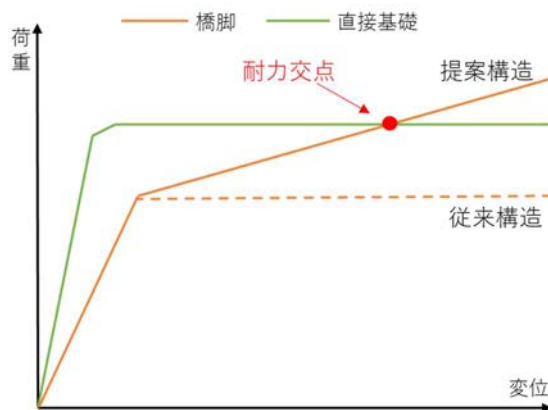


図-2 荷重-変形曲線イメージ

3. 静的プッシュオーバー解析

3.1 解析条件

解析モデルに対して静的震度 0.6 まで 6000 ステップに分割して載荷した。また、橋脚の反力が直接基礎の耐力を超える点で解析を終了している。ここで仮に橋脚の終局変位を橋脚天端で 0.20m と定め、橋脚が終局状態に達する点と基礎との耐力交差が起こる点の関係性を確認した。

キーワード マルチステップ変形吸収機構、耐震設計、免震支承、橋脚、直接基礎、変形性能

連絡先 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 TEL:022-795-7449 FAX: 022-795-7448

3.2 解析結果

静的解析よりいずれのケースも免震支承が初めに降伏し、続いて橋脚が降伏した。図-3 に降伏震度0.4のケースの橋脚-直接基礎間の耐力交差時の橋脚変形量と終局変位の関係を示す。図-3 より橋脚変形量と二次剛性の大きさは反比例の関係にあり、橋脚の二次剛性が低いと耐力交差点に達する前に橋脚が終局変位に達し、直接基礎による変形吸収が実現できないことが分かる。

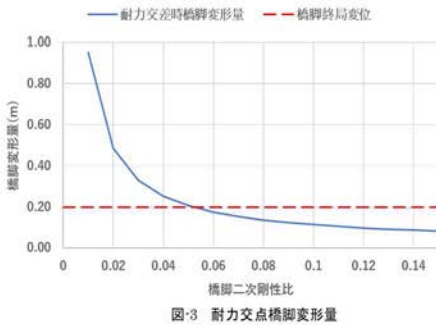


図-3 耐力交点橋脚変形量

4. 時刻歴応答解析

4.1 解析条件

入力地震動として道路橋の耐震設計におけるレベル2地震動I種地盤タイプIおよびタイプIIを用い、超過地震力を想定し、必要に応じて各地震動の入力倍率を変更して解析を行った。また積分方法は加速度一定 Newmark β 法とし、減衰は1次および3次モードから定まる Rayleigh 減衰を設定した。

4.2 解析結果

ここでは一例としてタイプII地震動(1)を等倍および2倍で作用させた場合における橋脚二次剛性なし（従来構造想定）、橋脚二次剛性比0.05, 0.10, 0.15の場合の計4ケースの各部材の履歴曲線を示す。図-4より地震動の等倍を作用させた場合には橋脚二次剛性比のいずれの場合も直接基礎は線形状態であり、免震支承と橋脚の2部材でエネルギー吸収を行っていることが分かる。図-5より超過地震力として、地震動の2倍を作用させた場合には、従来構造を想定したケースでは免震支承と橋脚の2部材で変形吸収を行っているが、橋脚に二次剛性を付与したケースでは橋脚の反力の増加に伴い、直接基礎の反力が最大

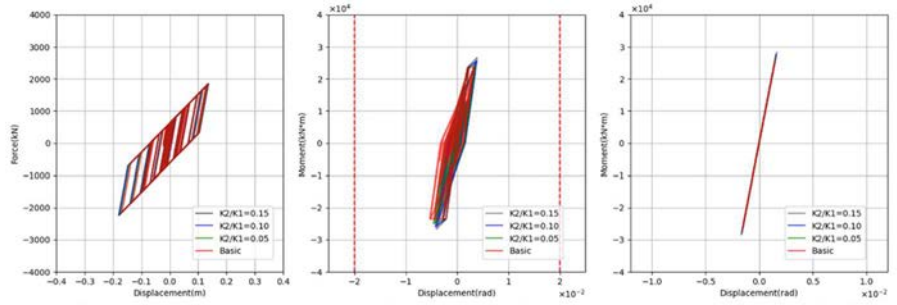


図-4 等倍の地震動を作用させた場合の各部材の履歴曲線(左:免震支承, 中央:橋脚, 右:直接基礎)

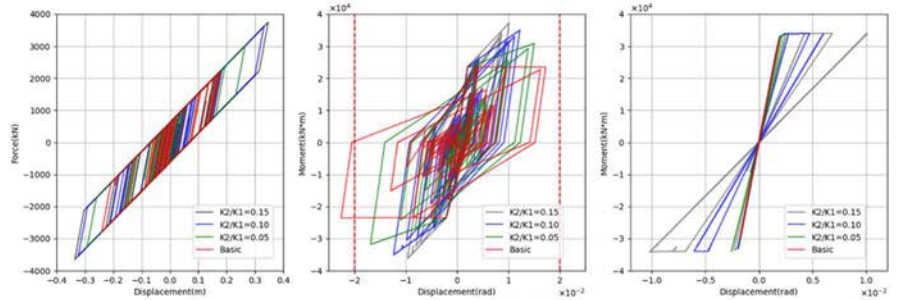


図-5 2倍の地震動を作用させた場合の各部材の履歴曲線(左:免震支承, 中央:橋脚, 右:直接基礎)

耐力に達し直接基礎によるエネルギー吸収も発生し合計3部材でのエネルギー吸収が実現していることが確認できる。また、橋脚の二次剛性の発現に伴い免震支承の変位の増大によるエネルギー吸収量も増加していることが分かる。図-6に地震動2倍とした場合で3部材での変形吸収が実現した場合の各部材の最大変形量を示す。橋脚に二次剛性を付与することにより橋脚と直接基礎による変形はトレードオフの関係となること、免震支承によるエネルギー吸収量も増すこと分かる。

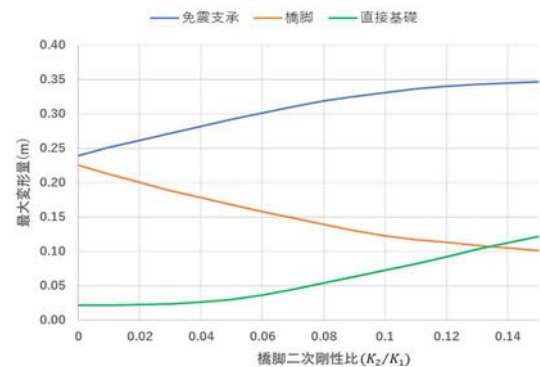


図-6 各部材最大変形量

5. まとめ

橋脚に適切な二次剛性を付与することで免震支承、橋脚、直接基礎の合計3部材による変形吸収が実現し、橋脚の損傷量の低減、構造全体での変形吸収性能の向上が期待できることが示された。

参考文献

- 1) 社団法人 日本道路協会:道路橋の耐震設計に関する資料, 1995