

動的解析による二重滑り支承の性能

住重鐵構工事(株)○正会員 山元 俊哉^{*1)} 正会員 池田 茂 東北大学 名誉教授 倉西 茂^{*2)}
住友重機械工業(株) 正会員 荒居 祐基 JIPテクノサイエンス(株) 大矢 陽介

1. まえがき

1995年1月の兵庫県南部地震の被災状況に対する反省から、我が国の耐震基準が見直され、非常に多くの変形性能に関する実験結果などを基に、強地震に対する動的応答解析手法を用いた耐震設計法が確立されてきた。コンクリートや鋼製の橋脚の降伏後の変形性能により地震エネルギーを吸収することにより、上部工が受ける加速度を抑えるとともに、耐力すなわち橋脚断面を過剰に大きくすることなく、安全性を確保する設計法がとられることとなった。

摩擦型免震支承は、クーロン摩擦により地震エネルギーの伝達を制御して、その結果上部工に生じる加速度応答を低減し、橋脚に作用する地震作用を軽減させる。二重滑り支承は、通常時には、温度や桁のたわみによる伸縮に対して低摩擦係数($\mu=0.2$)で撓動する。一方、兵庫県南部地震のような強地震時には、低摩擦係数の撓動部の可動範囲を越えるため、上桁は中間桁のストッパーに掛かり、中間桁は下桁との撓動面(摩擦係数 $\mu=0.6$)を滑る。この撓動面は、高い摩擦係数のため、通常時には移動することはない。

本文では、摩擦係数の異なる2つの撓動面を有する支承と分散ゴム支承を動的解析によりその性能を比較検討した。

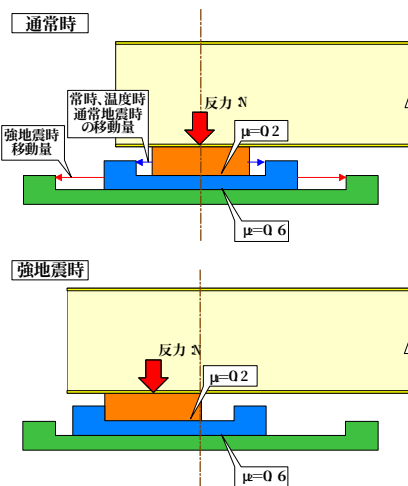


図1 二重滑り支承の概念

2. 摩擦係数とモデル化

撓動面をなす2つの材質により摩擦係数は異なり、鋼-鋼の場合0.35~0.40程度、ニッケル-ニッケルの場合0.7程度、カーボン-鋼の場合、0.2程度である。

ここでは、摩擦係数として、0.2および0.6の2つの摩擦要素を上下・直列に配置し、ストッパーを摩擦要素に並列配置させて解析した(図2)。摩擦要素は、

① DIANA¹⁾ において摩擦界面要素、② TDAP²⁾ においてバイリニアの移動効果・変位-力モデル(図3・上)とした。また、ストッパーは可動範囲を越えて初めて抵抗する非線形バネとした(図3・下)。

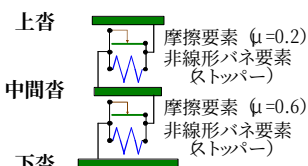


図2 二重滑り支承のモデル化

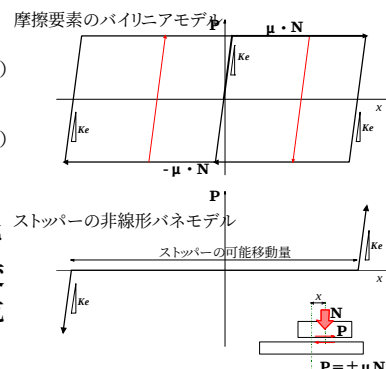


図3 摩擦要素とストッパーのモデル化

3. ストッパーの剛性と上部工の剛性

可動範囲を越えて支承が滑り、ストッパーにふれるとその剛性で変形する。解析においても無限大の剛性では、解を得られない。計算のステップを1/1000秒(結果は1/100秒ごとに出力)として、摩擦界面要素(DIANA)を用いた解析を行った。摩擦界面要素は、面積を有する要素に作用する面圧力と摩擦係数により滑りを判定し、面圧力は複数支承を有するモデルにおいて変化する。解析の対象としたモデルは3主桁・3径間連続桁とし、12個の支承を有しており、ここに示す結果は、摩擦係数0.2の摩擦面のみを有するとしておこなった。

ストッパーの剛性2種類について解析を行い、摩擦面の面圧力(鉛直反力)と変位の関係および上部工の応答加速度を図5に示す。最大応答加速度は、制区域の剛性が10倍となっているCASE 1で58m/s²、CASE 2で22m/s²であり、この影響から摩擦面に働く鉛直反力に違いが生じる。また、ストッパーの剛性差に相当する変位も異なる。なお、せん断力は、ストッパーと摩擦面が並列配置されていることからその合計が橋台・橋脚へ伝達される。

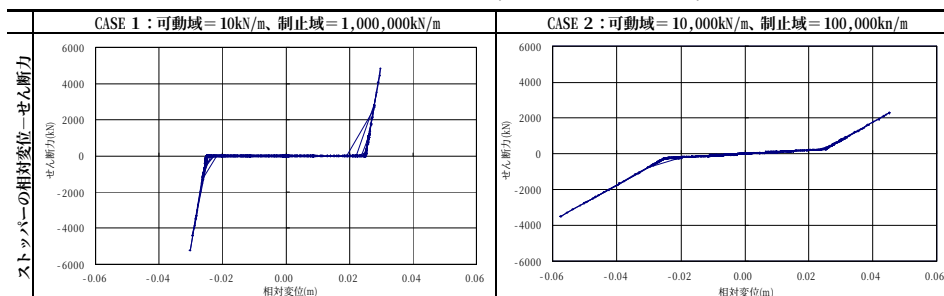


図4 ストッパーの剛性の違い(相対変位-せん断力)

キーワード: 耐震設計、動的解析、免震支承、摩擦、二重滑り支承

連絡先: ^{*1)}〒141-0001 東京都品川区北品川 5-9-41

TEL:03-5449-2742

FAX:03-5449-2744

^{*2)}〒240-0006 横浜市保土ヶ谷区星川 2-16-1-1206

TEL:045-332-8505

FAX:045-332-8505

4. 有効な適用範囲の検討

摩擦力は、鉛直荷重に摩擦係数を掛合わせた力として橋脚に作用し、鉛直荷重に設計震度を掛合わせる地震荷重との関係から摩擦係数と設計震度を比較することもできそうである。分散ゴム支承は、線形バネとしてモデル化され、上部工質量と橋脚バネにゴム支承のバネを加えた剛性で与えられる固有周期の長周期化により応答を低減させる。一方、二重滑り支承は、摩擦による免震効果を期待する。これら2つの支承を橋脚に作用するせん断力と応答変位に関する比較を図6に示す。これより、二重滑り支承は、①ほとんどの範囲で分散ゴム支承より橋脚へ伝達する力が低く、②摩擦係数(0.6)に相当する力がⅠ種地盤で固有周期 $T=1s$ 、Ⅱ・Ⅲ種地盤で $T=2\sim 3s$ 以下の範囲で一定、それ以上で分散ゴム支承程度に低下する。③応答変位についてもほとんど全範囲で小さい。

5. まとめ

解析による検討から、二重滑り支承を用いることにより摩擦係数に相当する水平力で抑止されて下部工に上部工の慣性力を伝達し、地盤種別や固有周期に関するほとんどの

領域で分散ゴム支承に比べて優れた性能を有していることが分った。

また、ストッパーには適当なバネ特性の緩衝機能が必要であり、特に解析上得られる応答加速度が2G程度となるような工夫が必要と思われる。

【特許】

特許申請中 第2001-383761
(申請者：倉西 茂)

【参考文献】

- 1) 日本電子計算; DIANA7 ユーザーマニュアル日本語参考資料、2002.1
- 2) アーク情報システム; TDAPⅢ Windows版 ver2.10 マニュアル、2000.12

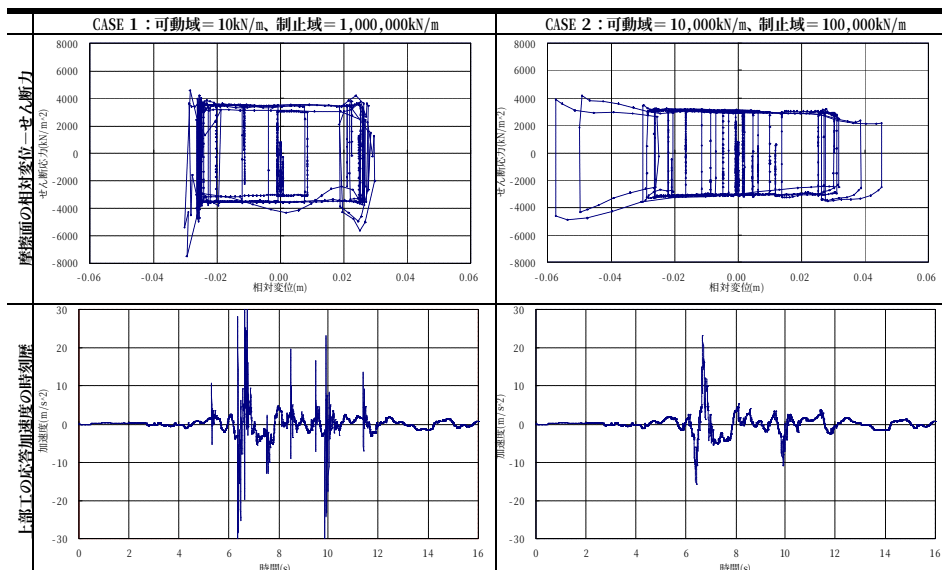
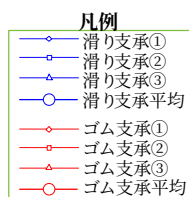


図5 ストッパーの剛性の違いによる摩擦面の変位—せん断力および上部工の応答加速度

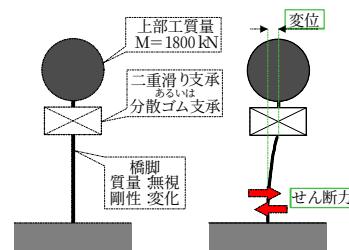


図6 比較検討の解析モデル図

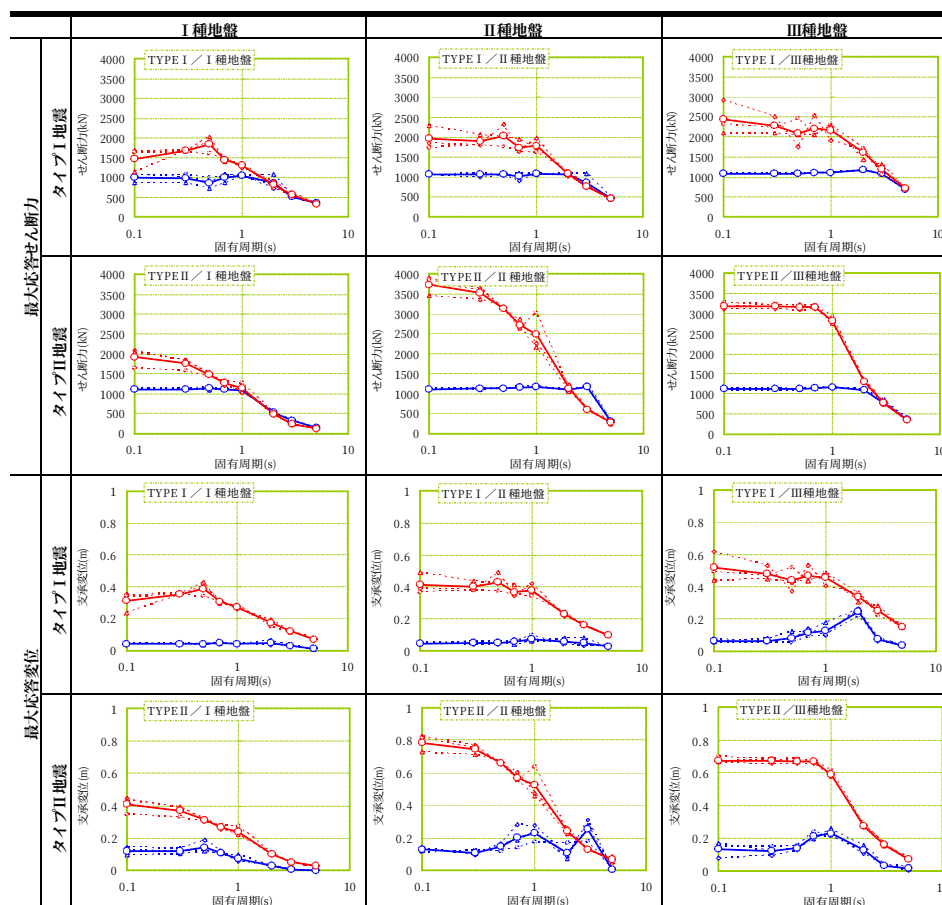


図6 二重滑り支承と分散ゴム支承の固有周期、地盤種別、入力地震動に対する応答の比較