

2方向地震力を受ける免震支承の動的特性について

山口大学工学部
山口大学工学部
山口大学工学部

学生員 石田 邦 洋
○正員 中村 秀 明
正員 浜田 純 夫

1. まえがき

構造物に耐震を施すには、(1)構造物自体の強度(耐力)を増加させる。(2)地震による応力を低減させる。の二つの方法がある。構造物の免震という場合は、後者の地震による応力の低減である。橋梁の支承に免震機能をもつものを用いた場合、固有周期の伸長ならびに履歴減衰の効果により、地震時に橋脚(下部工)や橋桁(上部工)にかかる力を低減することができる。これにより橋脚をスレンダーな形状にでき、また温度変化やクリープに伴う橋桁の伸縮に対応できるため、橋桁を長距離にわたってノージョイント化でき、優れた走行性を得ることができる。橋梁などの連続した構造物では、免震支承が水平2方向の力を受ける場合がある。水平2方向地震力を受ける場合の予測解析では、免震要素の2方向非線形特性を適切にモデル化することが不可欠である。そこで本研究では、免震要素の適切なモデル化として、2方向の連成ならびに非線形特性の実用的かつ簡便なモデルとして提案されているMSS(Multiple-Shear-Spring)モデルを用い、免震支承の地震応答解析を行った。

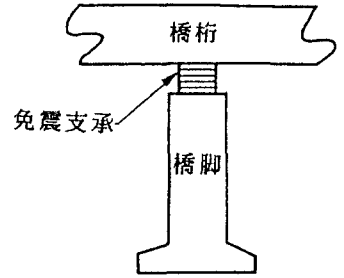


図-1 免震支承

2. 解析モデル

解析モデルは、構造系の剛度が十分に剛であると仮定し、図-2に示すように免震支承のみによって上部工を支持した1質点2自由度モデルにより動的解析を行った。免震支承の弾塑性的なヒステリシスループを図-3に示すようにバイリニア型の復元力特性で表す。解析モデルの諸数値を表-1に示す。また、本解析では、第1剛性のみでの線形モデルによる比較も行った。免震要素は2方向地震力による相互作用を考慮に入れるため、図-2に示すように平面内に多数の非線形バネ(バネ本数n本)を等角度に配することにより全体としての方向性を打ち消すMSS(Multiple-shear-Spring)モデルを用い、バネの本数nならびに減衰定数を変えて計算を行った。応答計算はニューマークβ法(β=1/4)により、減衰は剛性比例により時間刻み0.02secで行った。入力地震動はTAFT波をEW成分をx方向に、NS成分をy方向にそれぞれ同時入力した。

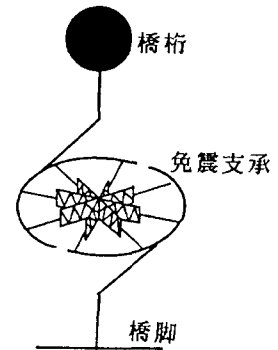


図-2 免震支承モデル化
MSS(Multiple-Shear-Spring)モデル

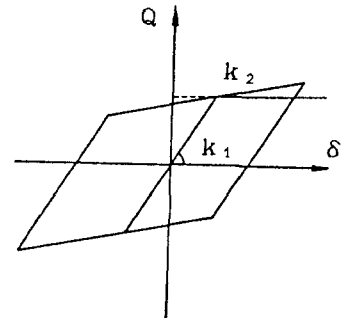


図-3 非線形バネの復元力特性
(降伏変位4cm)

3. 解析結果

表-2に免震部の減衰定数を変化させたときの線形解析に

表-1 解析モデルの諸数値

| | | |
|--------|-------|-----------|
| 第1剛性 | k_1 | 13.38tf/m |
| 第2剛性 | k_2 | 6.69tf/m |
| 上部質点質量 | | 1435t |

よる応答の最大値を示す。また表-3、表-4にはバネ本数がそれぞれが2本（ x 方向、 y 方向）、8本のときの非線形解析による応答の最大値を示す。非線形解析では、バネの塑性化に伴うエネルギーの損失があるため、加速度、速度、変位ともに線形解析に比べ小さな値となっている。しかしながら、免震部の減衰が大きくなれば線形解析と非線形解析の差は小さくなる。また、バネの本数8本の場合は2本の場合に比べ応答値は若干小さな値になっている。表-5にはMSSモデル（減衰5%）に用いるバネの本数を変化させたときの最大応答値の違いを示す。

バネの本数が2本の

場合（ x 、 y 方向の連成なし）と4本（ x 、 y 方向の連成あり）の場合では、明らかに応答に違いがみられ、連成を考慮した方が応答値が小さくなる傾向がある。しかしバネの本数が4、6、8の場合には、それ程大きな差はなく、計算の時間、メモリの容量等を考えると $n=4$ 本でも十分に2方向の連成効果を表すことができる。

4. あとがき

本研究は、免震要素の2方向連成非線形特性を簡便なモデルでモデル化するために、MSSモデルを用いて地震応答計算を行った。その結果、4本の水平バネを用いることにより、2方向の連成ならびに非線形特性を表現できることがわかった。今後このモデルを用いて、多質点の全体モデルについて解析を行う予定である。

【参考文献】

1)和田 章、広瀬景一：2方向地震を受ける無限均等ラーメン構造の弾塑性応答性状、日本建築学会構造系論文報告集第399号、1985年5月pp.37~47

表-2 TAFT波入力時の応答最大値（線形）

| 減衰 | NS | | | EW | | |
|-----|----------|----------|--------|----------|----------|--------|
| | 加速度(gal) | 速度(kine) | 変位(cm) | 加速度(gal) | 速度(kine) | 変位(cm) |
| 0% | 179 | 32.0 | 9.11 | 196 | 27.1 | 8.40 |
| 5% | 160 | 22.4 | 5.25 | 176 | 19.5 | 5.77 |
| 10% | 151 | 19.4 | 4.78 | 169 | 16.9 | 4.54 |
| 15% | 146 | 18.3 | 4.35 | 162 | 15.9 | 4.13 |

表-3 TAFT波入力時の応答最大値（非線形 バネ本数 $n=2$ ）

| 減衰 | NS | | | EW | | |
|-----|----------|----------|--------|----------|----------|--------|
| | 加速度(gal) | 速度(kine) | 変位(cm) | 加速度(gal) | 速度(kine) | 変位(cm) |
| 0% | 165 | 23.8 | 5.89 | 178 | 19.4 | 5.69 |
| 5% | 158 | 20.4 | 5.28 | 172 | 17.9 | 4.92 |
| 10% | 149 | 19.4 | 4.79 | 162 | 16.8 | 4.50 |
| 15% | 145 | 18.3 | 4.36 | 162 | 15.9 | 4.13 |

表-4 TAFT波入力時の応答最大値（非線形 バネ本数 $n=8$ ）

| 減衰 | NS | | | EW | | |
|-----|----------|----------|--------|----------|----------|--------|
| | 加速度(gal) | 速度(kine) | 変位(cm) | 加速度(gal) | 速度(kine) | 変位(cm) |
| 0% | 159 | 22.0 | 5.92 | 178 | 20.7 | 6.38 |
| 5% | 152 | 19.5 | 4.72 | 173 | 17.1 | 5.12 |
| 10% | 148 | 18.8 | 4.44 | 167 | 16.3 | 4.52 |
| 15% | 145 | 18.0 | 4.17 | 161 | 15.8 | 4.15 |

表-5 バネの本数による応答の違い（減衰5%のとき）

| | $n=2$ | | $n=4$ | | $n=6$ | | $n=8$ | |
|----------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| | NS | EW | NS | EW | NS | EW | NS | EW |
| 加速度(gal) | 158 | 173 | 152 | 172 | 152 | 173 | 151 | 173 |
| 速度(kine) | 20.4 | 17.9 | 19.6 | 17.0 | 19.6 | 17.0 | 19.5 | 17.1 |
| 変位(cm) | 5.28 | 4.92 | 4.77 | 5.06 | 4.73 | 5.10 | 4.72 | 5.12 |