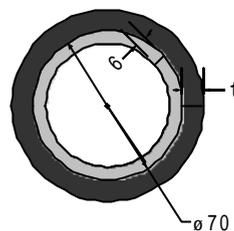


## ゴム鋼併用型耐震緩衝装置をもつ免震橋の地震応答解析

武蔵工業大学 学生会員 高崎 太一  
 武蔵工業大学 正会員 皆川 勝  
 (株)荏原製作所 正会員 藤谷 健

### 1. はじめに

本研究では落橋防止装置の緩衝材として、鋼管を用いることに着目し、その基礎特性を実験及び解析によって検討した。その結果、鋼管はエネルギー吸収効果、衝突力の低減効果が大きく、緩衝材として期待できることがわかった<sup>1),2)</sup>。さらに免震橋に直方体ゴム又は鋼管を緩衝装置として設置した場合の効果を確認するために非線形応答解析を行ったところ、鋼管を単独で緩衝装置として用いると圧壊後の衝突力が急激に増大してしまう欠点を確認された<sup>3)</sup>。そこで、鋼管の圧壊近傍での過度の反力を抑えるために、ゴムと鋼管を併用した緩衝装置を考案し、静的圧縮試験を行った。その結果、鋼管の外側にゴム管を巻く形式の緩衝装置は、それぞれの部材の基本特性から荷重-変位関係を精度良く予測することが可能であり、エネルギー吸収性能も大きいことがわかった。これを踏まえた上でゴム・鋼管併用型緩衝装置を有する免震橋の動的応答解析を行い、その実用性ならびに有効性を検証した。



奥行き：100mm

試験体	t (mm)
O-0	鋼管のみ
O-10	10
O-20	20
O-30	30
O-40	40

図-1 ゴム鋼併用型耐震緩衝装置の寸法及び形状

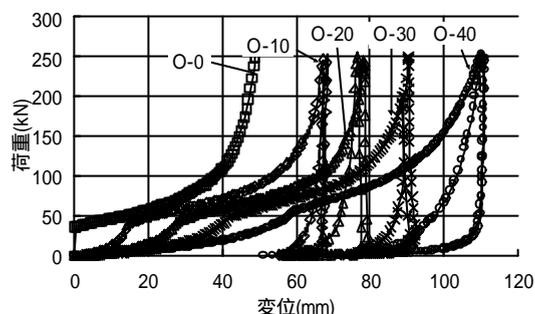


図-2 ゴム鋼併用型耐震緩衝装置の荷重-変位関係

### 2. ゴム鋼併用型耐震緩衝装置について

本研究で想定しているゴム鋼併用型耐震緩衝装置は、鋼管の外側にゴム管を巻いた形式の緩衝装置であり、鋼管の材質はSTKM13A、ゴムの材質はクロロプレンゴム(硬度 $60 \pm 5$ )としている。図-1に寸法及び形状を示し、図-2に実験より得られた荷重-変位関係を示す。但し、比較のため鋼管のみの実験も行った。

図-2より変形形状の推移は以下の3つに分けられる。(Phase) 降伏まではゴムのみが変形しており、剛性は低い。(Phase) 降伏時の変位はゴム厚にほぼ比例し、降伏荷重はゴム厚が厚いほど上昇している。また鋼管の降伏後の剛性もゴムの影響を受けて上昇する。(Phase) 荷重250kN近傍で、鋼管は完全に圧壊するが、直方体形につぶれたゴムの圧縮変位の復元と再変形が生じる。また、鋼管のみと比べ変形量が大きく、降伏後の荷重の上昇を抑制することからエネルギー吸収性能は高いと言える。更に、鋼管の圧壊後もゴムの性質によってある程度のエネルギー吸収性能と耐衝撃性を保有できると考えられる。

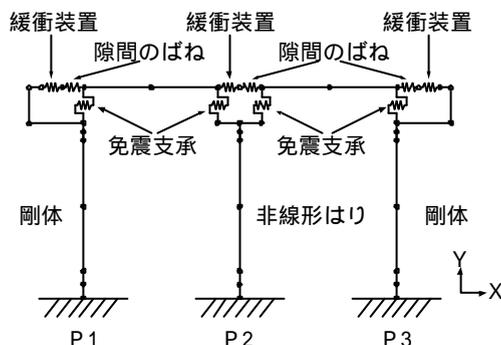


図-3 解析モデル

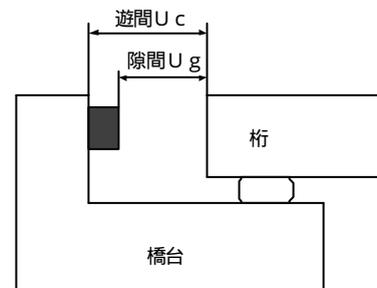


図-4 橋台部の緩衝装置

キーワード：緩衝装置，ゴム管，鋼管，桁衝撃，免震橋，動的応答解析

連絡先：武蔵工業大学工学部土木工学科 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 Tel&Fax: 03-5707-2226

### 3. 解析概要

解析には、3次元動的応答解析システムである TDAP を用い、非線形 2次元骨組時刻歴応答解析を行った。対象構造物は橋脚高さが 20m、支間長 50m の 2 径間の免震橋とし、上部構造は総重量 1300 t の鋼箱桁、下部構造は断面変化が 2 箇所ある鋼製橋脚(断面積 1: 2820cm<sup>2</sup>, 断面積 2: 2270 cm<sup>2</sup>, 断面 2 次モーメント 1: 3.36 × 10<sup>7</sup> cm<sup>4</sup>, 断面 2 次モーメント 2: 2.52 × 10<sup>7</sup> cm<sup>4</sup>)とした。解析モデルを図-3 に示す。緩衝装置は、ゴム厚の影響について比較検討しやすくするために O-0 の場合と O-40 の場合のみを想定し、桁間、橋台部(図-4)の 3 カ所に取り付けた。緩衝装置の荷重-変位関係は、ゴム管と鋼管それぞれ緩衝材 1 個における静的載荷実験のデータを元に 2 つのバネ(非対称トリリニアモデル)で連成してモデル化した。また、緩衝装置と桁の間には、隙間 U<sub>g</sub> と衝突を表現するための仮想的なバネ<sup>1)</sup>を挿入した。

入力地震波には、振幅 250gal, 周波数 1.0Hz の sin 波を使用し、解析時間を 10 秒とした。

### 4. 解析結果及び考察

表-1, 表-2 に遊間 U<sub>c</sub>=15cm とし、緩衝装置を 10, 30 個設置した場合の緩衝装置及び桁の応答結果の最大値を示した。表-1, 表-2 より緩衝装置に生じる衝突力は O-40 より鋼管のみの O-0 の方が大きい。また桁の最大応答加速度も O-0 の方が大きな値を示している。これは衝突力が大きいため応答加速度が大きくなったと考えられる。それに対して応答速度はほとんど変わらない。エネルギー吸収量は O-40 の方が大きい値を示している。緩衝装置の個数が増えると O-0, O-40 とともに衝突力, 応答加速度が増加していることがわかる。これは、個数を増やせば緩衝装置の剛性があがるためだと考えられる。またエネルギー吸収量も個数が増えると増加している。しかし、10 個の場合と比べて O-40 は約 2 倍増加しているが、O-0 は約 1.5 倍しか増加していない。これは鋼管のみの場合だと剛性が高いため変形しにくく、一方ゴムは剛性が低いため変形しやすい。そのため生じる衝突力も小さく、吸収エネルギーも O-0 より大きいと考えられる。

表-1 緩衝装置 10 個の場合の最大応答結果

試験体10個	O-0(鋼管のみ)	O-40
緩衝装置に生じる最大衝突力(MN)	3.4	2.7
緩衝装置の最大エネルギー吸収量(kN・m)	98	132
桁の最大応答速度(m/sec)	0.85	0.86
桁の最大応答加速度(gal)	845	588

表-2 緩衝装置 30 個の場合の最大応答結果

試験体30個	O-0(鋼管のみ)	O-40
緩衝装置に生じる最大衝突力(MN)	7.6	6.7
緩衝装置の最大エネルギー吸収量(kN・m)	152	280
桁の最大応答速度(m/sec)	0.85	0.84
桁の最大応答加速度(gal)	1820	1625

### 5. おわりに

ゴム鋼併用型耐震緩衝装置は、鋼管のみの緩衝装置と比べて衝突力を低減でき、さらにエネルギー吸収効果が大きいといえる。しかし、今回のモデルでは除荷時及び再載荷時におけるゴムの再変形を考慮することはできていない。今後は、モデルの見直しを図り、個数や遊間などの諸条件及び広い範囲の入力地震動に対して解析検討していく。

<参考文献>

- 1) 都築昭夫, 長嶋文雄, 中田宏治, 金子修, 大竹省吾: 鋼製緩衝材の荷重変形特性に関する実験的検討, 鋼構造年次論文報告集, 第 7 巻, pp.9-14, 1999.11.
- 2) 長嶋文雄, 皆川勝, 島田泰至, 寺尾圭史, 佐藤豪: 鋼製緩衝材の荷重変形特性に関する解析的検討, 鋼構造年次論文報告集, 第 7 巻, pp.15-22, 1999.11.
- 3) 皆川勝, 藤谷健, 高寄太一, 長嶋文雄: ゴム又は鋼管製緩衝装置を有する免震橋の地震時挙動に関する研究, 鋼構造年次論文報告集, 第 8 巻, pp.163-170, 2000.11.
- 4) 川島、庄司: 衝突緩衝用落橋防止システムによる桁間衝突の影響の低減効果, 土木学会論文集, No.12/ -46, pp.129-142, 1999.1.
- 5) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, 耐震設計編, 1996.2.
- 5) 鋼橋技術研究会耐震免震研究部会報告書, pp.77-144, 1999.11.