

# ゴム支承の引張特性試験に基づく解析モデルを用いた橋梁全体系解析によるゴム支承の地震時挙動特性とコンパクト化について

崔 準祐<sup>1</sup>・岩本 周哲<sup>2</sup>・植田 健介<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 九州大学大学院 助教 工学研究院 社会基盤部門 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744)

E-mail:choi@doc.kyushu-u.ac.jp

<sup>2</sup>学生会員 九州大学大学院 修士課程 建設システム工学専攻 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744)

E-mail:iwamoto@doc.kyushu-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 (株) ビービーエム開発本部 (〒103-0027 東京都中央区日本橋3丁目11番1号 HSBC ビルディング 3階)

E-mail:ueda@mgb-gouda.co.jp

橋梁形式の多様化に伴い、地震時において支承部に負反力が生じる可能性があり、支承部にゴム支承が採用されている橋梁構造物においては、ゴムが引張状態となった場合におけるゴムの引張特性を把握しておく必要がある。しかし、これまでゴム支承の引張特性を適切に考慮した橋梁全体系による地震応答解析事例は少なく、ゴム支承に引張力が生じる場合の地震時挙動は未だ不明な点が多い。そこで本研究では、ゴム支承の引張特性が支承部反力に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、過去に実施したゴム支承の引張特性試験に基づいてゴム支承の引張特性に対する解析モデルを提案し、ゴム支承を採用した直線橋と曲線橋を対象として橋梁全体系地震応答解析を行った。現行の設計で用いられている解析モデルを用いた結果との比較により、ゴム支承の引張特性が支承部反力に及ぼす影響を明らかにし、その結果をもとにゴム支承のコンパクト化の可能性について基礎的検討を行った。

**Key Words :** rubber bearing, tensile characteristic, dynamic analysis, compactification

## 1. はじめに

1995年兵庫県南部地震では、多くの橋梁において鋼製支承が被害を受けたことから、それ以降、橋梁に作用する地震力の分散や橋梁の免震化を目的としたゴム系支承を導入した橋梁構造物が急増した(写真-1)。ゴム系支承は水平力および圧縮力には高い耐荷重性能を有しながら、水平方向にはゴムの変形で柔らかく抵抗し、上部構造の慣性力を低減することができる。

ゴム系支承の設計においては、できるだけ上向きの力(引張力)が生じないように配慮して行われるのが一般的であるが、免震構造の形状(特に床版の張り出しが大きな橋、斜橋、曲線橋)によっては、地震時慣性力による上部構造に生じる橋軸回りのモーメントにより、支承部に引張力が生じる可能性が考えられる。ゴム系支承に引張力が生じた場合は、橋梁の各部に予期しない応力が発生する可能性があり、こうしたゴム系支承の引張方向の



写真-1 橋梁に設置されたゴム支承の例

特性を十分に把握する必要がある。

ゴム系支承の力学的特性については、これまでせん断特性や圧縮特性に関する実験は数々行われており、これらの力学的特性は明らかになりつつあるのに対し、引張特性に関しては実験等による研究事例が少なく、十分な

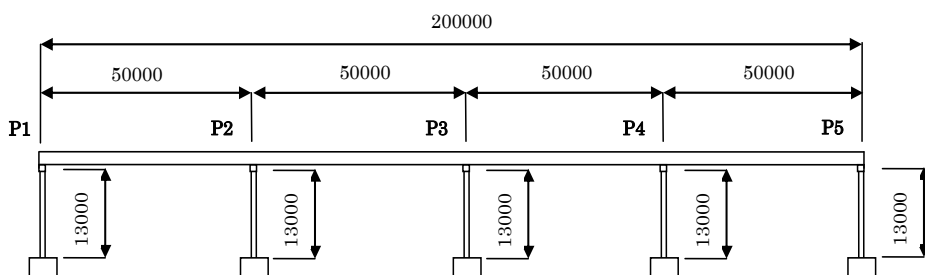


図-1 検討対象橋梁の概略図 (単位: mm)

表-1 主桁の諸元

断面積(m <sup>2</sup> )	0.124
断面2次 モーメント(m <sup>4</sup> )	Iz 0.100
	Iy 0.209
ねじり剛性(m <sup>4</sup> )	0.203

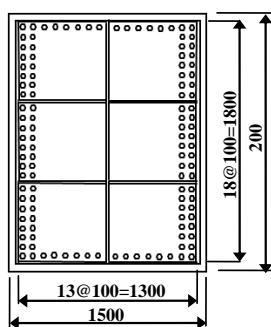


図-2 橋脚柱の断面積 (単位: mm)

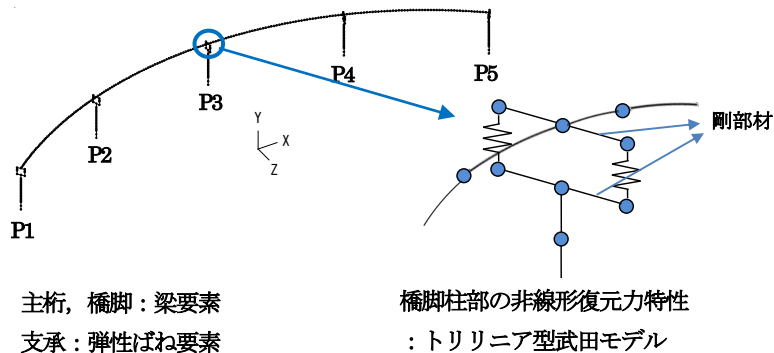


図-3 解析モデル

知見が得られていない。このため、現在のゴム系支承を用いた橋梁の地震応答解析を行う際は、ゴム系支承の引張特性を適切に考慮しておらず、圧縮剛性と引張剛性が等しい等価線形モデルを用いるのが一般的である。しかし、曲線橋のような上部構造の地震時挙動が複雑な橋梁にゴム系支承を採用した場合、橋梁の3次元的な挙動特性により支承部に負反力が生じやすくなるため、現行の解析モデルではゴム支承に作用する地震時反力を精度よく評価することは困難であると考えられる。

そこで本研究では、ゴム支承の引張特性が支承部反力や上部構造の地震時挙動に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、過去に実施したゴム支承の引張特性試験<sup>2)</sup>に基づいてゴム支承の引張特性に対する解析モデルを提案し、地震時支承部に負反力が生じやすい橋梁を対象として橋梁全体系地震応答解析を実施した。検討に際しては、積層ゴム支承を採用した直線橋と曲率半径の異なる3つの曲線橋を検討対象とし、現行の設計で用いられている解析モデルを用いた結果と比較を行った。また、この検討によって得られた結果をふまえ、ゴム支承の引張特性を考慮することによるゴム支承のコンパクト化の可能性について基礎的検討を行った。

## 2. 解析対象橋梁

本研究では、図-1に示すような橋長200mの4径間連続鋼箱桁橋を対象とし、直線橋モデル(以後、モデルA)と曲率半径Rをパラメーターとし、3つの曲線橋(モデ

ルB: R=290m, モデルC: R=150m, モデルD: R=106m)を作成して比較検討を行った。支承はすべて積層ゴム支承を採用し、1支承線上に2個の支承を配置する構造とした。橋脚は図-2に示す断面を有するRC単柱T型橋脚とし、橋脚高は13mとした。主桁の諸元は表-1に示す。

## 3. 解析モデルと解析条件

図-3に対象橋梁の解析モデルを示す。桁及び橋脚は梁要素で、支承部は6方向成分を有するばね要素でモデル化した。支承部については、主桁の接線方向から法線方向に張り出した剛梁と橋脚の張り出し部の剛梁を連結する構造とした。また、本モデルでは橋脚の柱部のみ材料非線形性を考慮しており、非線形復元力特性はトリリニア型武田モデルを使用した。橋脚基部はすべて固定とし、本研究では地盤ばねを考慮していない。入力地震動は、道路橋示方書・同解説V耐震設計編<sup>3)</sup>に記載されている標準波のレベル2地震動タイプII-IIの3波を用いることとした。解析手法はNewmark-β法(β=0.25)による直接積分法を用い、積分時間間隔は0.001秒、減衰はRayleigh減衰により評価した。また、支承の水平、鉛直剛性に関しては、道路橋支承便覧<sup>3)</sup>に基づいて算定した。また、積層ゴム支承の回転条件は、道路橋示方書・同解説V耐震設計編<sup>3)</sup>を参考にし、橋軸回りを固定、橋軸直角回り、鉛直軸回りをフリーとした。

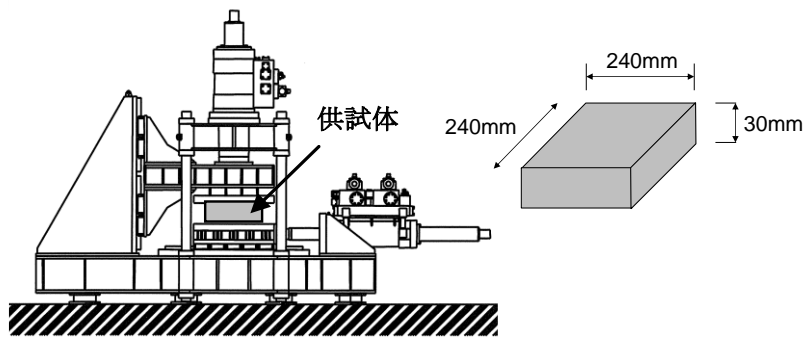
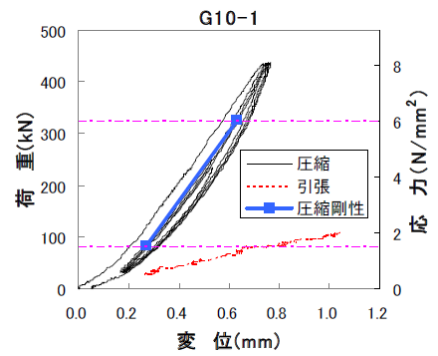
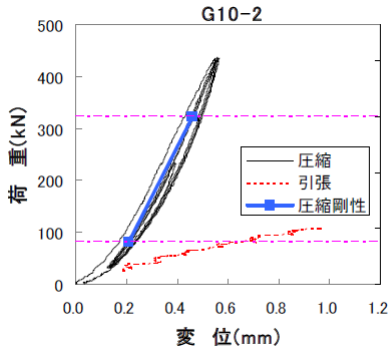


図4 2軸試験機と供試体の概要



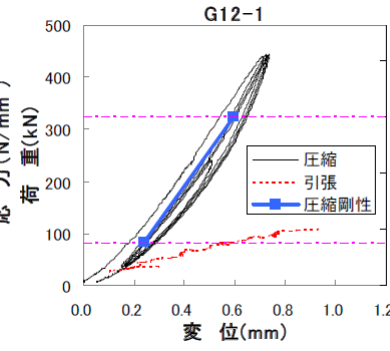
(a) G10-1

(せん断弾性係数:  $1.0\text{N/mm}^2$ )



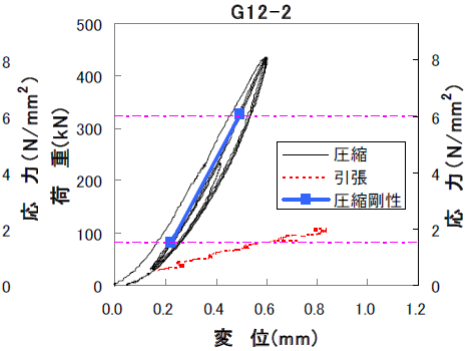
(b) G10-2

(せん断弾性係数:  $1.0\text{N/mm}^2$ )



(c) G12-1

(せん断弾性係数:  $1.2\text{N/mm}^2$ )



(d) G12-2

(せん断弾性係数:  $1.2\text{N/mm}^2$ )

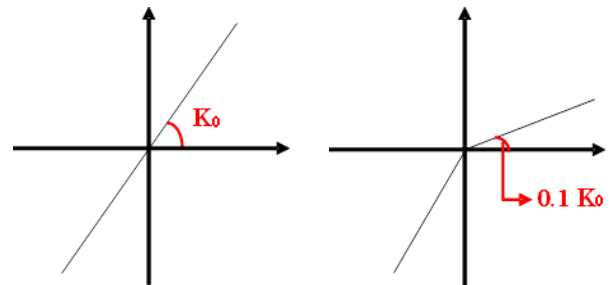
図5 LRBの荷重・変位関係(鉛直方向)

#### 4. 積層ゴム支承の検討モデル

ゴム支承の引張特性が地震時支承部反力に及ぼす影響を確認するため、ここでは現行の設計手法に基づいて従来のモデル(以後、従来モデル)を作成し、本研究で提案するモデル(以後、提案モデル)と比較検討を行うこととした。

従来モデルは、道路橋示方書・同解説V耐震設計編<sup>1)</sup>を参考に、ゴム系支承の引張剛性を圧縮剛性と等しく設定したものである。一方、提案モデルは筆者らが過去に実施したゴム系支承の引張試験<sup>2)</sup>に基づいて引張剛性を設定したモデルである。このゴム系支承の引張試験は、図-4に示す2軸試験機と鉛プラグ入り積層ゴム支承(LRB)を用いて行ったものであり、せん断弾性係数が $1.0\text{N/mm}^2$ および $1.2\text{N/mm}^2$ の供試体を各2体ずつ、計4体について圧縮剛性検証試験、引張破壊試験を行っている。ゴムの引張方向特性を圧縮方向特性と比較できるように、まず各供試体とも最初に圧縮剛性検証試験を行った後に引張破壊試験が行われている。供試体の寸法は $240\text{mm}\times 240\text{mm}\times 30\text{mm}$ (橋軸方向の有効寸法、橋軸直角方向の有効寸法、支承高)でゴム厚が $5\text{mm}$ 、ゴム層数が6層である。この引張試験によって得られたLRBの4つの供試体の荷重変位関係を図-5に示す。

これらの結果から、4つのすべての供試体で圧縮剛性



(a) 従来モデル

(b) 提案モデル

図6 ゴム支承の鉛直方向に対する解析モデル

に比べ引張剛性が小さく、その比率はG12-1とG12-2では $0.144$ と $0.135$ と近い値であったが、G10-1とG10-2では $0.158$ と $0.108$ とばらついており、4つの供試体の圧縮剛性に対する引張剛性の比率は $10\sim 15\%$ であることがわかった。

以上の試験結果を参考とし、本研究では図-6(b)に示すように、ゴム支承の圧縮剛性に対する引張剛性の比率が $10\%$ となる非対称線形モデルを提案し、このモデルを提案モデルとした。この提案モデルを用いることで、ゴム支承に引張力が作用する際、現在用いられている従来モデルに比べ、実際のゴム支承により近い応答特性を得ることが可能であると考えられる。次章から、この従来モデルと提案モデルを用いることで、ゴム支承の引張剛性

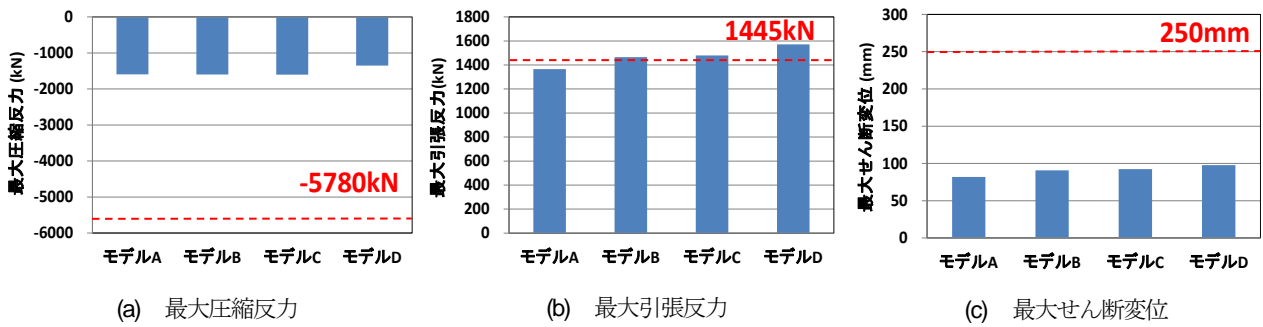


図-7 従来モデルを用いて試設計したゴム支承の照査 (ゴム支承寸法：850mm×850mm×100mm)

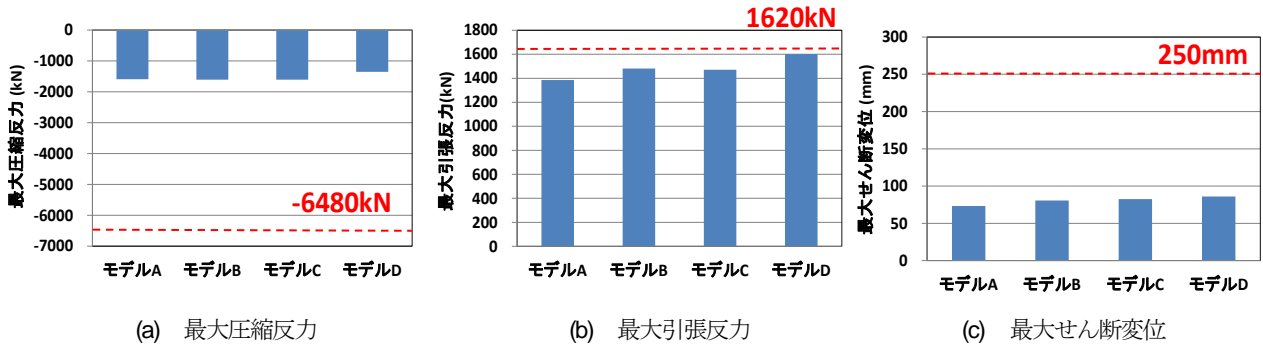


図-8 従来モデルを用いて試設計したゴム支承の照査 (ゴム支承寸法：900mm×900mm×100mm)

の違いにより、その地震応答解析の結果にどのような影響を及ぼすのか、地震応答解析の結果をもとに考察を行った。

## 5. 地震応答解析の結果

### (1) 従来モデルを用いたゴム支承の試設計

従来モデルと提案モデルを用いたゴム支承の地震時応答を比較する前に、まず従来モデルに基づいてゴム支承の試設計を行った。試設計については、道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編<sup>3)</sup>に記載されている、支承部の反力照査に基づいて行うこととした。まず、検討対象橋梁の全体系地震応答解析を行い、それにより得られた結果を道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編<sup>3)</sup>に記載されているゴム支承の照査に関する式に代入することで、ゴム支承の照査項目である、圧縮反力、引張反力、せん断変位を対象橋梁に設置されているすべてのゴム支承に対して算出し、その中で最も大きな値を許容値と比較した。そして、試設計を行うゴム支承が道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編<sup>3)</sup>に記載されている許容値を満たす最小のサイズとなるよう、ゴム支承寸法を変化させながら繰り返し検討を行った。こうしたゴム支承の試設計を橋梁モデルごとに行い、直線橋モデルと曲線橋モデルでそれぞれのゴム支承のサイズを決定した。

#### (a) 直線橋モデルの場合

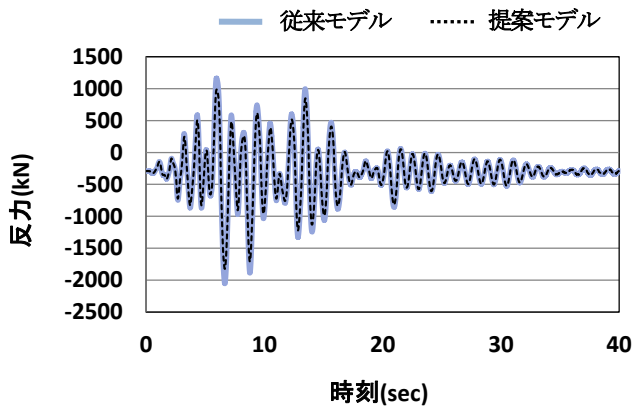
モデル A (直線橋) に対して試設計を行った結果、

850mm×850mm×100mm の寸法を有するゴム支承に対してその許容値を満たすことができたため、従来モデルを用いた場合の直線橋に設置することが可能なゴム支承の最小寸法は 850mm×850mm×100mm である。図-7 に 850mm×850mm×100mm の寸法を有するゴム支承の各応答値と許容値の比較を示す。また、すべてのモデルにおいてゴム支承の許容値に対して最も厳しくなるのが引張反力の許容値であることから、ゴム支承に生じる引張反力がゴム支承の寸法を決定する上で重要な照査項目であることがわかる。また、圧縮反力と、せん断変位については、引張反力ほど許容値に対して厳しくなく、現在の設計においては十分な余裕があることが確認された。

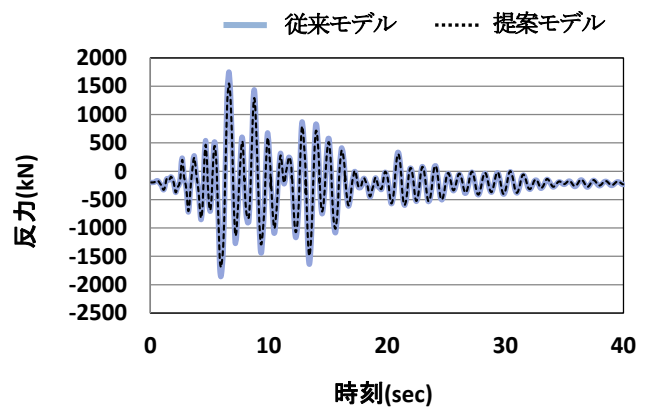
#### (b) 曲線橋モデルの場合

曲線橋モデルの B～モデル D に対して試設計を行った結果、900mm×900mm×100mm の寸法を有するゴム支承に対して許容値を満たすことができたため、従来モデルを用いた場合に曲線橋に設置することが可能なゴム支承の最小寸法は 900mm×900mm×100mm となった。図-8 に 900mm×900mm×100mm の寸法を有するゴム支承の各応答値と許容値との比較を示す。また、曲線橋も直線橋と同様に、ゴム支承の寸法を決定する上で最も厳しい条件となるのは引張反力の許容値であり、圧縮反力と、せん断変位については、ゴム支承の許容値に対して十分な余裕があることが確認された。

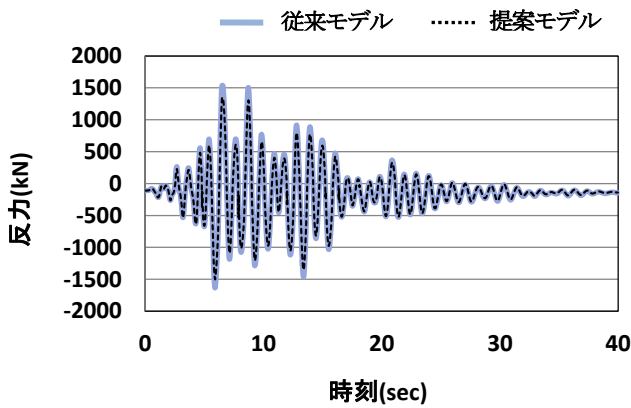
### (2) 従来モデルと提案モデルのゴム支承の鉛直方向反力比較



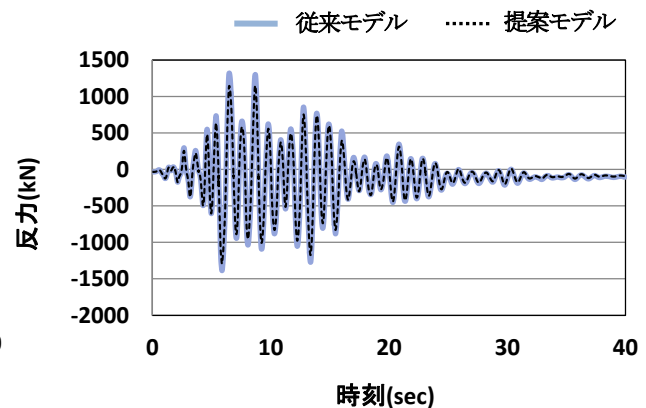
(a) モデル A (ゴム支承寸法: 850mm×850mm×100mm)



(b) モデル B (ゴム支承寸法: 900mm×900mm×100mm)

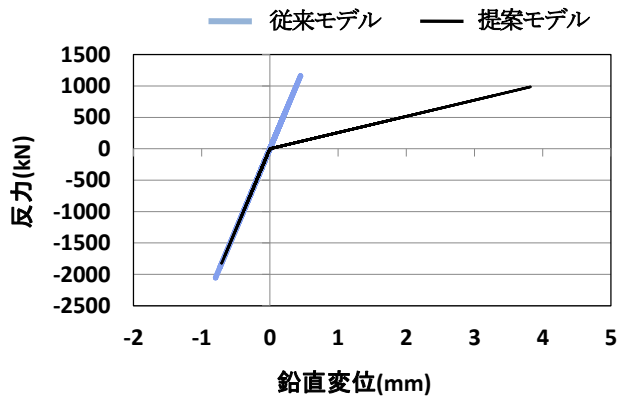


(c) モデル C (ゴム支承寸法: 900mm×900mm×100mm)

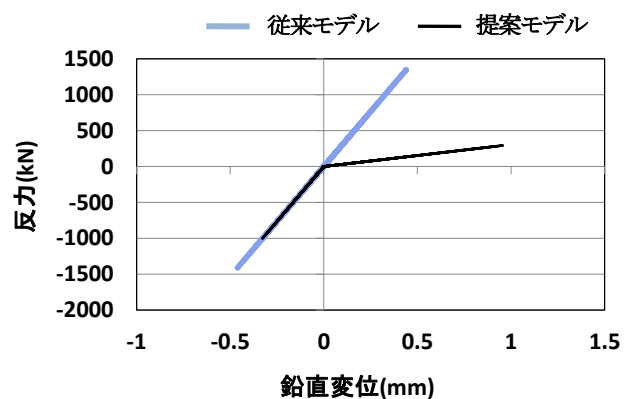


(d) モデル D (ゴム支承寸法: 900mm×900mm×100mm)

図-9 ゴム支承の鉛直方向反力の時刻歴応答 (P1 外側支承)



(a) モデル A (ゴム支承寸法: 850mm×850mm×100mm)



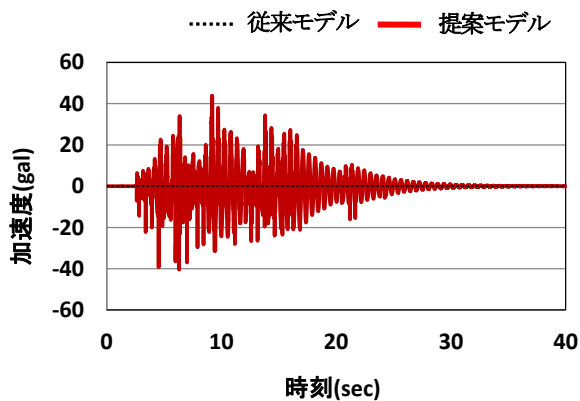
(b) モデル D (ゴム支承寸法: 900mm×900mm×100mm)

図-10 ゴム支承の鉛直方向の履歴曲線 (P1 外側支承)

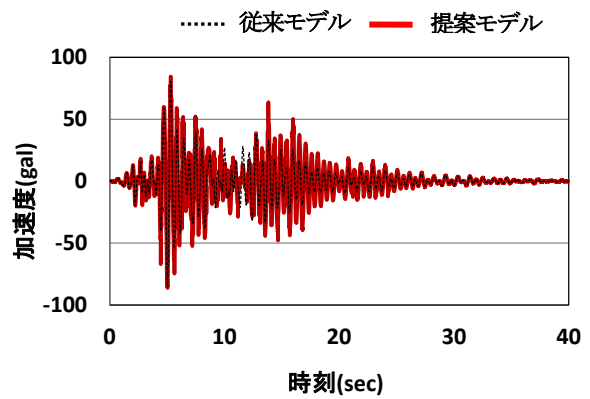
本節では、前節でモデル A (直線橋) に対してゴム支承の許容値を満たすことのできた 850mm×850mm×100mm の寸法を有するゴム支承と、曲線橋モデルの B~モデル D に対してゴム支承の許容値を満たすことのできた 900mm×900mm×100mm の寸法を有するゴム支承のそれぞれに対し、従来モデルと提案モデルを用いて地震応答解析を行い、ゴム支承の圧縮反力と引張反力の時刻歴応答を両モデルで比較した。本検討で用いた地震動は、レベル 2 地震動タイプ II-II-1 とし、入力方向は図-3

に示す Z 軸方向とした。

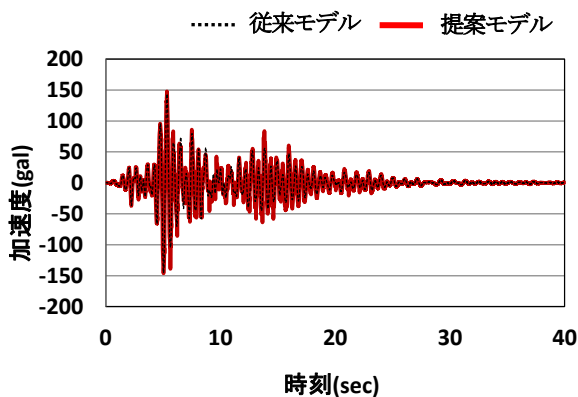
モデル A~モデル D の P1 外側支承における従来モデルと提案モデルのゴム支承の鉛直方向反力の時刻歴応答を図-9 に示す。これらの結果から、全ての橋梁において圧縮反力、引張反力ともに提案モデルの応答が小さくなることがわかった。その応答差は、モデル A において圧縮側 233kN、引張側 175kN、モデル B においては圧縮側 164kN、引張側 204kN、モデル C においては圧縮側 133kN、引張側 190kN、モデル D において圧縮側 95kN、



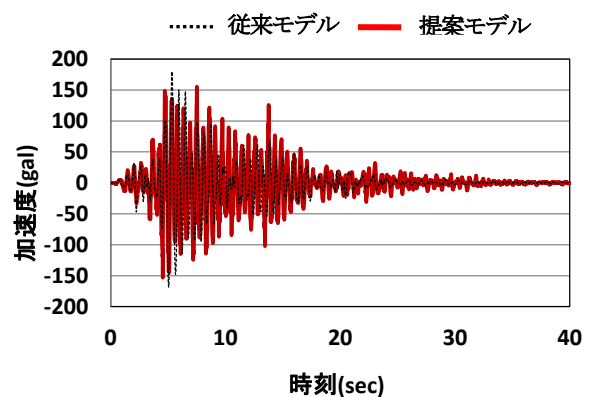
(a) モデル A (ゴム支承寸法 : 850mm×850mm×100mm)



(b) モデル B (ゴム支承寸法 : 900mm×900mm×100mm)



(c) モデル C (ゴム支承寸法 : 900mm×900mm×100mm)



(d) モデル D (ゴム支承寸法 : 900mm×900mm×100mm)

図-11 上部構造の鉛直方向の時刻歴加速度応答比較 (P1, P2 支承の中間点)

引張側 171kN である。このような応答傾向は他の支承部において同様にみられたが、このように提案モデルの方で引張反力の応答が小さくなったのは、提案モデルでは従来モデルよりも引張剛性を小さく設定していることが原因と考えられる。また、圧縮反力においても提案モデルの応答が小さくなったのは、図-10 に示すゴム支承の鉛直方向の履歴曲線の結果から、ゴム支承の引張側の挙動変化が圧縮側の挙動にも影響を与え、従来モデルと提案モデルとで圧縮側の応答が変化したと考えられる。

### (3) 従来モデルと提案モデルの上部構造の鉛直方向加速度応答の比較

本節では前節と同様に、モデル A (直線橋) に対してゴム支承の許容値を満たすことのできた 850mm×850mm×100mm の寸法を有するゴム支承と、曲線橋モデルの B~モデル D に対してゴム支承の許容値を満たすことのできた 900mm×900mm×100mm の寸法を有するゴム支承それぞれに対し、従来モデルと提案モデルを用いて地震応答解析を行い、上部構造の加速度応答が従来モデルと提案モデルでどのように異なってくるかについて比較検討を行った。モデル A~モデル D の P1, P2 支承の中間点における上部構造の鉛直方向の時刻歴加速度応答を図-11 に示す。

#### (a) 直線橋モデルの場合

モデル A (直線橋) に対して検討を行った結果、上部構造の加速度応答を従来モデルと提案モデルで比較したところ、従来モデルでは応答加速度応答がほとんど生じていないのに対し、提案モデルでは従来モデルに比べるとその応答がかなり大きいことが確認された。これは、提案モデルにおけるゴム支承の引張剛性が小さいことから、その影響を大きく受け、上部構造が揺れやすくなり、従来モデルと提案モデルの応答差が生じたと考えられる。また、曲線橋に比べると、上部構造に発生する橋軸回りのモーメントが従来モデル、提案モデルともに小さく、上部構造に生じる加速度応答が小さくなったと考えられる。

#### (b) 曲線橋モデルの場合

モデル B~モデル D に関して、上部構造の加速度応答を従来モデルと提案モデルで比較したところ、従来モデル、提案モデルともに直線橋に比べその応答が大きい結果となった。これは、曲線橋の方が直線橋よりも上部構造に大きな橋軸回りのモーメントが発生しており、上部構造に大きな応答加速度が生じているためであると考えられる。また、曲線橋では、直線橋の場合と比べると従来モデルと提案モデルで上部構造の加速度応答に大きな差がみられなかったが、これは、直線橋の場合におい

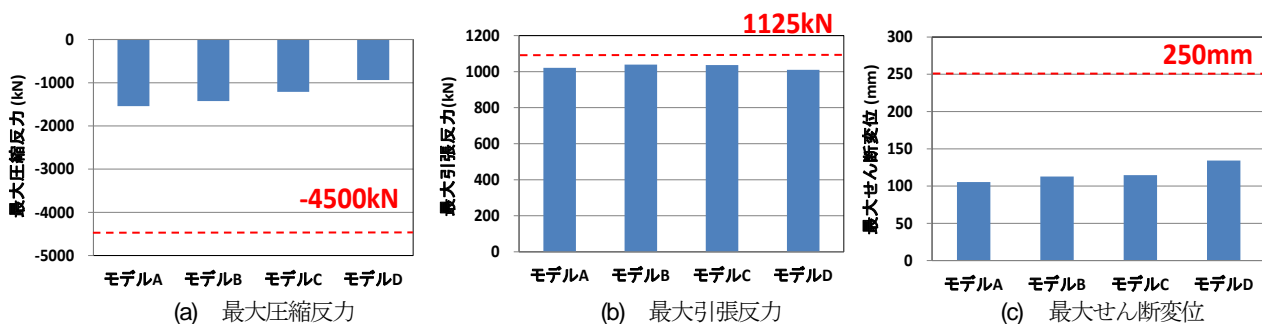


図-12 提案モデルを用いてコンパクト化したゴム支承の照査（ゴム支承寸法：750mm×750mm×100mm）

ては、上部構造に発生する橋軸回りのモーメントがほとんど発生しておらず、ゴム支承のモデル化の違いによる影響が大きく現れていなかったのに対し、曲線橋の場合は、上部構造に発生する橋軸回りのモーメントが上部構造に与える影響が大きく、ゴム支承のモデル化の違いによる影響がほとんどみられなかったためと考えられる。

#### (4) ゴム支承のコンパクト化

これまでの検討では、提案モデルを用いて地震応答解析を行ったところ、従来モデルを用いた解析結果に比べ、ゴム支承の鉛直方向反力において圧縮側、引張側ともに応答が小さく評価されることが明らかとなった。これはゴム支承の引張剛性を低く設定したことにより引張側の地震時応答が低く評価されたためであるが、このようなゴム支承の引張特性を設計に取り入れると、従来の設計手法に基づくゴム支承のサイズよりコンパクト化できると考えられる。そこで、本節では、対象橋梁に採用したゴム支承に対し、提案モデルを用いた地震応答解析を行い、ゴム支承がどれくらいのサイズまでコンパクト化でき、ゴム支承の体積がどの程度まで軽減できるかについて基礎的検討を行った。

検討の流れは、5.(1)にて述べた従来モデルを用いてゴム支承の許容値を満たすゴム支承サイズを決定するにあたり、前節と同様に様々な寸法を有するゴム支承に対して地震応答解析を行った。その際、(1)の検討において決められたゴム支承の寸法が直線橋モデルと曲線橋モデルで異なったため、本項の検討でもそれぞれ分けて考えることとし、それぞれの橋梁モデルにおいて提案モデルを用いた場合照査基準を満たすことのできるゴム支承の寸法を算定した。

直線橋モデルのモデルAと曲線橋モデルのモデルB～モデルDに対してコンパクト化の検討を行った結果、750mm×750mm×100mmの寸法を有するゴム支承に対してはゴム支承の各許容値を満たすことができた。図-12に750mm×750mm×100mmの寸法を有するゴム支承の各応答値と許容値の比較を示す。直線橋モデルでは、従来モデルで許容値を満たすことのできた最小寸法が

850mm×850mm×100mmであったため、本検討で対象とした直線橋モデルの場合は、提案モデルを用いることでゴム支承体積を約20%カットすることが可能であることがわかった。また、曲線橋の場合、従来モデルで許容値を満たすことのできた最小寸法が900mm×900mm×100mmであったため、本検討で対象とした曲線橋モデルの場合は、提案モデルを用いることでゴム支承体積を約30%カットすることができた。

以上の結果から、ゴム支承の引張特性を考慮した解析モデルを用いることで、ゴム支承の体積を20%～30%程度コンパクト化することが可能であり、より経済的なゴム支承の設計が可能であると考えられる。

## 6. まとめ

本研究では、過去に実施したゴム支承の引張試験を参考にゴム支承の引張特性に対する解析モデルを提案し、直線橋と曲線橋の地震応答解析モデルに適用して解析を実施し、現行の設計に用いられている従来モデルに比べ、支承部反力や上部構造の地震時応答がどのように変化するかについて検討を行った。また、その結果を踏まえ、提案したゴム支承の解析モデルを用いた場合、ゴム支承のコンパクト化の可能性について基礎的検討を行った。本研究で得られた知見を以下に示す。

### (1) 従来モデルと提案モデルのゴム支承の鉛直方向反力比較

ゴム支承に対して従来モデルと提案モデルを用いた橋梁全体系地震応答解析により支承部の鉛直方向反力を比較したところ、どちらの橋梁モデルにおいても圧縮反力、引張反力ともに従来モデルより提案モデルの応答が小さく評価された。このような結果になったのは、提案モデルでは従来モデルよりも引張剛性を小さく設定していること、また、ゴム支承の引張側の挙動変化が圧縮側の挙動までに影響を及ぼしたことが原因と考えられる。

## (2) 従来モデルと提案モデルの上部構造の加速度応答の比較

直線橋モデルにおいては、従来モデルと提案モデルの応答差が大きくなっており、ゴム支承のモデル化の違いによる影響が大きく現れた。一方、曲線橋モデルでは、従来モデルと提案モデルとで、その応答差は大きくみられなかったが、これは曲線橋モデルでは上部構造に生じる橋軸回りのモーメントが直線橋より大きくなったことが原因として考えられ、ゴム支承のモデル化の違いによる影響は直線橋ほど大きくないことがわかった。また、直線橋と曲線橋の上部構造の加速度応答を比較すると、従来モデル、提案モデルともに曲線橋の方がその応答が大きくなる結果となったが、こうした傾向は支承部の反力応答にも同様な傾向が現れた。

## (3) ゴム支承のコンパクト化について

本検討で対象とした橋梁モデルに対し、提案モデルに基づいてゴム支承の試設計を行うと、直線橋の場合は従来モデルに比べゴム支承の体積を約20%、曲線橋の場合はゴム支承の体積を30%程度軽減することが可能である

ことが明らかとなった。また曲線橋の場合、地震時上部構造のねじり挙動により支承部の鉛直方向反力が大きくなる傾向にあるため、コンパクト化ができるゴム支承のサイズは直線橋より大きくなることが明らかとなった。

## 参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，2012.
- 2) 植田健介，星隈順一，岡田太賀雄，塚淳一：鉛プラグ入り積層ゴムの引張特性に関する研究，土木学会第65回年次学術講演会，pp.65-66，2010.
- 3) (社)日本道路協会：道路橋支承便覧，2004.
- 4) 大塚久哲，栗木茂幸，池永雅良：引張力を受ける鉛プラグ入り積層ゴムの引張特性に関する実験，構造工学論文集，vol.48A，pp.843-850，2002.

# TENSILE BEHAVIOR AND COMPACTIFICATION OF RUBBER BEARING USING ANALYTICAL MODEL BASED ON EXPERIMENTS ON TENSILE CHARACTERISTICS OF RUBBER BEARINGS

Joon-Ho CHOI, Hirosato IWAMOTO and Kensuke UEDA

On January 17<sup>th</sup> 1995, a great earthquake occurred on south of Hyogo prefecture in Japan and many steel bearings in the bridge structures were damaged. From the damage, rubber bearing has been developed for dispersing the seismic force of superstructure in bridge structure system. Generally, rubber bearing has highly resistance for horizontal and compressive force subjected to earthquake loadings. However, there are few the previous studies for the tensile characteristic and the analytical model of the rubber bearing.

In this study, base on the experiments which has been conducted to clarify the tensile behavior of the rubber bearing, the analytical model for the tensile characteristic of the rubber bearing was proposed. Time series analyses using the analytical model for a straight bridge model and 3 horizontal curved bridges which the tensile force could be occurred in the rubber bearing subjected to ground motion were carried out. From the analyses, the vertical reaction forces of rubber bearings using the proposal analytical model were larger than those using the current design model, due to lower tensile stiffness in analytical proposal model. From the analytical results, series analyses using the proposal model for the compactification of the rubber bearing were carried out.