

# 同一支承構造内で回転機構と弾性支持機構を分離させたハイブリッド支承の開発

川口金属工業（株） 正会員 ○姫野 岳彦， 鶴野 禎史  
 同上 非会員 比志島 康久， 本間 慶一  
 同上 正会員 谷 憲一

## 1. はじめに

橋梁用ゴム支承には橋桁の回転変位に追随する機能が要求されることから、地震時水平力分散あるいは免震設計を行う際のバネ設定に制約が生じ、耐震設計上の適切な固有周期が実現できないケースや場合によっては過度にゴム厚が厚くなり、座屈安定性の確保が困難となるケースなどが存在している。このような問題点を解決する手段の一例としては機能分離型支承と呼ばれる構造形式などが挙げられるが、この支承システムの場合、支点部構成が主桁下に設置される鉛直支承（鉛直荷重支持および回転変位追随機能を担い、一般にすべり支承が用いられる）と主に横桁下に設置される地震時水平力を受け持つ復元力装置（一般に積層ゴム）の2種類の支承が必要となることから、従来構造と比べると桁下空間が煩雑となりやすく、支承取付け部周辺の補強材片量の増大や施工性の低下などの懸念が指摘されている。

そこで、筆者らは機能分離型支承と同様にゴム支承から回転変位による制約を解放しつつも、2種類の支承を用いずに、同一支承構造内でこれを実現（ハイブリッド化）することで、耐震設計上の自由度の向上という目標を達成させ、なおかつ、施工性についても従来と同一工法が採用可能な支承形式を考案し、その実用化に向けての基礎的な性能検証実験を行った。本稿では、その一部について概要を紹介する。

## 2. ハイブリッド支承の構造

開発した支承構造を図-1に示す。これは従来の積層ゴム構造の上部にBP.B支承（密閉ゴム支承板支承）として多くの実績を有する密閉ゴムによる回転機構を設けた点に特徴があり、上部工のたわみによる回転変位に対してポット内の密閉ゴムが静水圧状態でこれに追随する機能を備えている。本支承構造によるメリットを列記すると、

- 1) ゴム支承を回転変位から解放することで、形状設定の自由度が向上し、周期設定を任意に行うことが可能となる。
- 2) 積層構成を多層化することができるため、鉛直剛性が飛躍的に向上し、交通振動発生等の懸念が低減される。

3) 耐震補強等で桁遊間の制約が顕著な場合、ゴム剛性を高めた弾性ストッパーとして機能させ、地震時応答変位を抑制することも可能である。

4) 支承構成が一体構造となっているため、桁下空間が煩雑とならず、従来手法により設計・施工が可能である。

5) 積層ゴム本体のスリム化が図れるため、BP.B機構部を加味しても、ゴム支承に比べ、コスト低減が期待できる。などが挙げられる。

## 3. 回転追随性能確認試験

本支承構造が目指す回転吸収機構の独立化を実験的に確認するために、設計反力 200t による試設計結果を基に供試体（積層ゴム形状：□470、 $t_e=5\text{mm} \times 7$ 層）および図-2に示す回転載荷試験装置を製作し、回転挙動の計測を行った。

試験は鉛直荷重を試験装置上部の油圧ジャッキにより載荷させ、また積層ゴムに70%のせん断ひずみを生じさせた状態に保ち、載荷アーム先端を鉛直加振することによって供試体に回転変位を与えた。また、測定項目は積層ゴム上面および回転中心となるピンの位置での回転変位量とした。

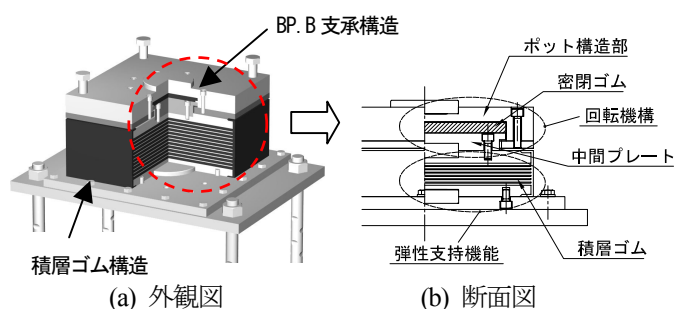


図-1 ハイブリッド支承の構造

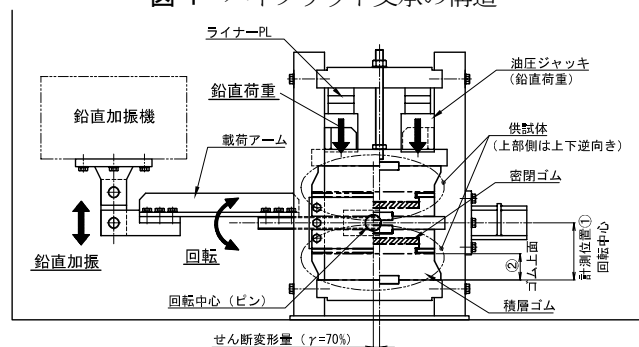


図-2 回転載荷試験装置の概要

キーワード ゴム支承、回転機構、密閉ゴム、機能分離型支承、コスト縮減

連絡先 〒332-8502 埼玉県川口市宮町18-19 川口金属工業（株）技術本部技術一部 TEL 048-259-1154

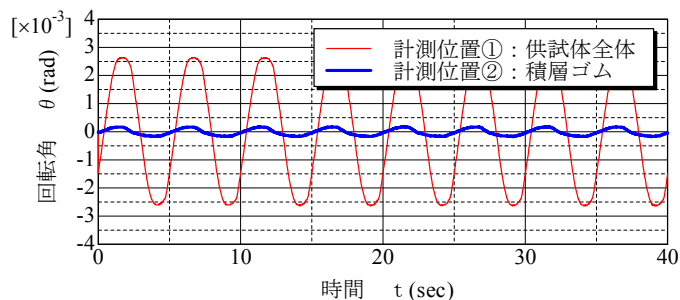


図-3 回転変位計測結果

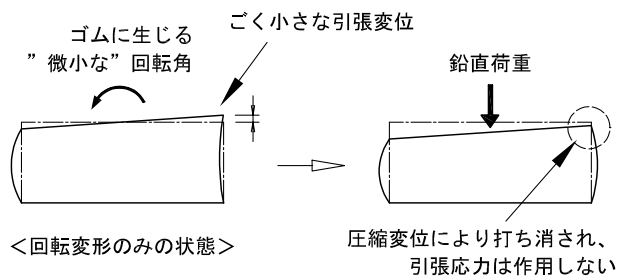


図-4 積層ゴムにおける微小回転量の吸収機構

図-3 に正弦波による正負交番载荷を行った試験期間のうち任意区間における計測結果を示す。この図から供試体全体に生じた回転角は積層ゴムにはほとんど伝達されず、密閉ゴムの変形により吸収されていることが分かる。また、この積層ゴムの回転量は全体の 1/10 以下と非常に小さく、このとき生じたゴム端部の引張側となる変位量 (-0.05mm) は、別途測定を実施した積層ゴムの圧縮特性を加味すると、鉛直荷重によるゴム自体の圧縮変位量によって図-4 に示すように相殺されるため、局所的な引張応力が発生することはない、ゴム自体は回転変位の影響から解放されて、安定した挙動を示すことが確認された。

#### 4. 水平バネ特性確認試験

次に地震時における弾性支持機能の検証を考え、死荷重相当の鉛直荷重を载荷させた状態で供試体に水平変位を与えて、荷重-変位関係の計測を行った。図-5 に試験結果を示すが、この図から本支承は安定した水平バネ特性を有しており、また、その値は通常のゴム支承に用いられる設計式から求まる特性値と良く一致していることが分かる。

#### 5. 試設計による効果検証

以上により本支承の基本特性が想定通り発揮されることが実験的に検証できたため、ここでは設計的な効果を把握するために実際の試設計を通して、従来支承構造を使用した場合とのコスト比較を行った。

想定した橋梁は7径間連続鋼5主鈑桁橋であり、従来型のゴム支承による分散設計を行ったときの固有周期は 0.96 秒であった。ここで、対象橋梁の架設箇所がⅡ種地盤上に

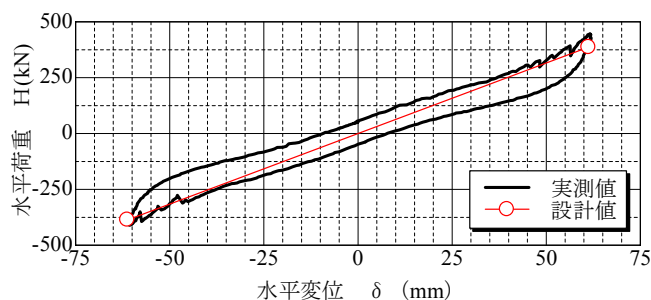


図-5 水平特性計測結果

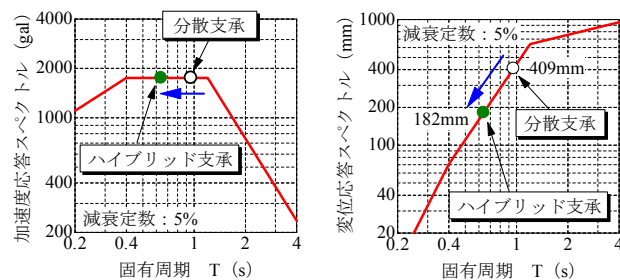


図-6 1自由度系の応答スペクトル／Ⅱ種地盤・タイプⅡ

表-2 支承コストの比較

| 支承タイプ         | 支点位置 | 積層ゴム部の形状                 | 支承全体コスト比 |
|---------------|------|--------------------------|----------|
| 分散支承<br><従来型> | 端支点  | □720, $t_e=35 \times 5$  | 1        |
|               | 中間支点 | □820, $t_e=35 \times 4$  |          |
| ハイブリッド<br>支承  | 端支点  | □610, $t_e=11 \times 12$ | 0.67     |
|               | 中間支点 | □710, $t_e=13 \times 7$  |          |

位置していることから図-6 に示す1自由度系の加速度および変位応答スペクトルを参考に、支承のバネ特性を硬くし短周期化を図ることにより、慣性力を増加させずに応答変位を低減させることを目標として、ハイブリッド支承による試算を行った。

その結果、固有周期は 0.64 秒となり、このときの断面形状(表-2)を比較すると、ハイブリッド支承を適用することによって、ゴム形状が非常にコンパクトとなり、支承全体としても約 30%のコスト低減効果が確認できた。

#### 6. 今後の課題

ハイブリッド支承は例えば重心位置の高いトラス橋や橋脚基部における免震化など大きな回転変形を伴う条件下に対する適用性も期待できる。また、積層ゴムの多層化が可能であるため、その破断限界性能の向上等の可能性も秘めている。

これらのことから、今後は、地震力と回転変位を同時に作用させたハイブリッド応答実験や従来ゴム支承よりも積層構成を高めた1次形状係数の高い積層ゴムの限界状態把握等について研究開発を進めていく予定である。