

地震時水平力分散ゴム支承の品質機能に関する現状

レールウェイエンジニアリング 正 保坂鐵矢， オイレス工業 正 石川恵三
 ○パシフィックコンサルタンツ 正 松尾 仁， トーニチコンサルタント 正 久保武明

1. はじめに 1995 年の兵庫県南部地震以降，耐震性向上が求められ鋼・複合橋梁においては，地震時水平力分散機能を有する連続橋梁が着実に増えている．鉄道橋で行った一体成形タイプの積層ゴム支承に関する一連の試験¹⁾は，列車荷重載荷と温度及び地震時を想定した支承機能品質を確認して，地震時水平力分散支承の実用化に至った．そして，現在までに約 20 橋の水平力分散支承を用いた鋼鉄道橋が建設されている．本稿では，鉄道橋に用いる地震時水平力分散ゴム支承の実橋への適用における品質保証の現状について報告する．なお，地震時水平力分散ゴム支承の支承機能に求める品質とは『ゴム支承本体の耐力』『水平力分散機能』『列車走行安全性』である．

2. 鋼鉄道橋における水平力分散ゴム支承の要求品質項目 鉄道橋に用いる水平力分散ゴム支承は，想定される耐久年数にわたって前記 3 つの機能が要求される．この機能の確保を確認するために行なってきた各種試験内容の例を表 - 1 および表 - 2 に示す．

表 - 1 鋼鉄道橋用ゴム支承の要求品質特性と確認試験の例（一般的事項）

要求品質特性		品質確認内容	試験条件
ゴム支承 本体の耐力	列車走行 安全性	< 回転変形下におけるせん断・圧縮疲労試験 > 列車走行時における繰返し荷重を想定し，一定回転角を与えた状態で列車速度および列車荷重振幅を変化させて支承特性の変化を確認する．	鉛 直 荷 重：死荷重～全反力 せん断ひずみ：50～70% 回 転 角：1/250 繰 っ 返 し 回 数：200 万回
		< 一定せん断圧縮疲労試験 > 列車走行時における繰返し荷重を想定し，せん断変形一定下で列車速度および列車荷重振幅を変化させて支承特性の変化を確認する．	鉛 直 荷 重：死荷重～全反力 せん断ひずみ：70% 繰 っ 返 し 回 数：300 万回
	水 平 力 分散機能	< 低速せん断疲労試験 > 温度変化による桁の伸縮に伴う，低速度のせん断変形による支承特性の変化を確認する．	鉛 直 荷 重：全反力 せん断ひずみ：±70% 加 振 速 度：0.02cm/sec 程度 繰 っ 返 し 回 数：5000 回
		< 地震時のせん断変形性能 > 大地震を想定した限界変形性能を確認する．	鉛 直 荷 重：列車単線載荷時反力 せん断ひずみ：±150%，±250% 繰 っ 返 し 回 数：5 万回
		< 除荷時の水平変位復元性 > 桁変形に伴う支承のせん断変形後の，支承の復元特性について確認する．	鉛 直 荷 重：列車単線載荷時反力 せん断ひずみ：80%程度

表—2 鋼鉄道橋用ゴム支承の要求品質特性と確認試験の例（製品基本特性）

要求品質 特 性	品質確認内容	備 考
列車走行 安全性	< 圧縮ばね定数の確認 > ：対象・全数量 常時，L1 地震時荷重を載荷した時の圧縮変位量が規定値内であることを確認する． 荷重：各々の全荷重、活荷重	・設計規定値から外れた場合は，走行シミュレーション解析を行ない評価する． ・規定値：試験値の 20% 以内
水 平 力 分散機能	< せん断ばね定数の確認 > ：対象・全数量 常時，地震時相当変位（設計値および規定値）における製品のせん断ばね定数が規定値内であることを確認する． 荷重：各々の鉛直 + 水平荷重	・規定値：70%，150%，250% 以下でせん断変形に対し設計値の ±10% 以内．
	< 大変形時、支承の健全性の確認 > ：対象・全数量 L2 地震時相当変位（設計値および 250% 若しくはハードニングを考慮）において支承が健全であることを確認する． 荷重：各々の鉛直 + 水平荷重	・L2 地震時相当変位の水平加振力が試験機能力を越える場合には試験時変位を当該工事毎に別途協議する．

表 - 1 は支承を製作する会社が有していなければならないゴム支承の製作上の品質である．鋼・複合鉄道橋は応力振幅が大きいことから列車荷重載荷を想定した支承部に生じる折れ角や，回転を模した状態で 200 万回の標準的

キーワード：鉄道橋，地震時水平力分散ゴム支承，品質保証

連絡先 〒163-0730 東京都新宿区西新宿 2-7-1 Tel:03-3344-0712 Fax:03-3344-0806
 〒326-0327 栃木県足利市羽刈町 1000 Tel:0284-70-1811 Fax:0284-70-1815

繰り返し載荷による支承の耐久性や鉛直及び水平せん断バネ等が所定の品質を確保できる製作システムを完備していなければならない．表 - 2 は橋梁毎に製作する支承製品の製品品質要求である．なお，最近の橋梁の大型化に伴い，製作上の制限から複数に分割して一支承とする分割一体支承や，製品試験ができない大型支承の品質，地震の洗礼を受けた外観上損傷が少ない支承の支承機能の検証方法と支承取替え有無の判定基準等々，解明していない要求品質項目がある．

3．鉄道橋用分散シューの製作実績による特性評価 列車走行性や分散機能に関する支承機能品質としてのせん断ばね定数の設計値に対する実測値の比率の状況を表したグラフを図 - 1 に，圧縮ばね定数の実測値から形状のパラメータを消去して求めた弾性係数に相当する係数の分布を図 - 2 に示す．水平力分散に直接関わる水平剛性は，対設計値 $\pm 10\%$ 以内を確保し比較的安定した要求品質特性を満足しているものと判断している．なお，これらのバラツキは設計にも反映させ，設計と製作の整合を図っている．しかし，橋軸直角方向の拘束として 1.5mm の小さな遊間を有するサイドブロックが水平力分散機能に与える影響を支承全体構造の構造細目として考慮することは機能確保に忘れてはならない項目である．また，列車走行安定性に関わる圧縮ばね定数については，設計値に対し若干の誤差を有するが，実橋梁モデルによる列車走行シミュレーションを実施することにより走行安定性を確認している．しかし，図 - 2 に示すように圧縮ばね定数の実測値は設計値（理論値）より大きい傾向が確認されているため，同計算式の見直しが今後の課題と考えている．

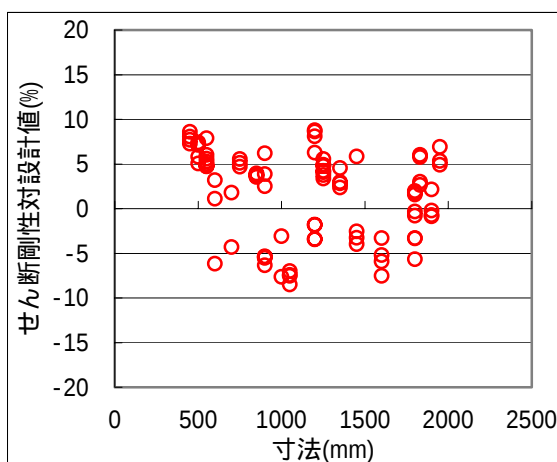


図 - 1 せん断剛性試験結果（対設計値）

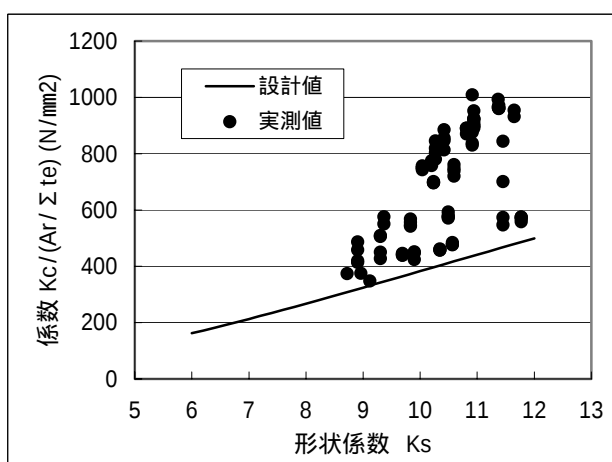


図 - 2 圧縮バネ定数試験結果（対設計値）

4．まとめ 鉄道橋に用いる分散シューの品質保証を図るため，過去 10 年以上にわたり各種の実験や試験をもとに実用化した支承は安全性優先であった．圧縮ばね等は解析値とまだまだ大幅に相違があるが，現時点では品質要求を満足できる水準までになっているものと考えている．

最近，鉄道の高速化は著しい速さで進み，これに伴い列車走行性や乗り心地など，要求性能は時と共に高い精度が求められている．高性能化支承の採用は支承本体の品質のみの精度アップは可能であるが，上下部工一体になってはじめて所定の機能が満足できるもので，現在の技術レベルでは橋脚下部工や地盤諸元の信頼性，レールや道床等の橋軸方向の抵抗力等，解析上まだまだ明確にされていない事項がある．経済性のみ求める余り不用意に高性能化支承の適用は注意すべきであろう．

なお，本文をまとめるにあたりパシフィックコンサルタンツ八巻康博課長・武居秀訓氏，日本交通技術金木隆部長，八千代エンジニアリング荒木信博氏，オイレス工業伊関治郎氏・川原壮一郎氏・竹ノ内勇氏の協力を頂いています．

【参考文献】1) たとえば，日本鉄道建設公団：鋼構造物の設計施工に関する調査研究：報告書．平成 3 年 3 月～平成 5 年 3 月 2) 日本鉄道建設公団：鋼鉄道橋に用いる地震時水平力分散シュー設計施工の手引き（案），平成 11 年 3 月 3) 保坂，松尾，伊関，池永：地震時水平力分散機能を有するゴム支承の構造的検討，土木学会年次学術講演会，2003.9 4) 保坂，市川，伊関，池永：鋼鉄道橋に使用するゴム支承の実験的研究，構造工学論文集，1998.9 5) 保坂，久保，松尾，手塚：地震時水平力分散ゴム支承を用いた鋼・複合橋梁の分散機能に関する解析的検討，土木学会年次学術講演会，2004.9