

圧縮疲労試験による橋梁用ゴム支承の特性変化に与える低温環境の影響について

寒地土木研究所 正会員 ○佐藤 京
ゴム支承協会 正会員 今井 隆
ゴム支承協会 正会員 原 暢彦
寒地土木研究所 正会員 西 弘明

1. はじめに

ゴム工業便覧¹⁾によるとゴムの疲労とは、疲労破壊の他に塑性流動や非破壊特性の変化という3つに大別される。一般的に着目されているのは、微視的破壊現象の連続化による疲労破壊である。他の2つの現象においても性能が低下し、場合によっては要求性能を下回る原因ともなりうるため、長期供用に対する性能評価を行うことは非常に重要である。ゴムの劣化要因にある化学的反応においては、低温時の挙動等、温度に影響するケースについて検討されているが、ゴム支承の疲労に対する低温影響についての研究報告はない。低温状態におけるゴム支承の温度依存性の研究からゴムの種類によっては大きな影響を受けることから、疲労に対する抵抗性や力学特性等への低温影響を否定できない。

そこで、ゴム支承の特性変化に与える低温影響の検討課題としてゴム支承の疲労に着目した検討を始めた。ここでは、繰返し圧縮疲労試験を行った結果を報告する。

2. 低温影響を考慮した試験

2.1. 試験体概要

疲労に与える低温影響を確認するため低温および常温環境下での繰返し圧縮試験を実施した。試験対象のゴム支承の種類は、RB (CR, NR), HDR, LRB である。試験機の性能によりゴム一次形状係数を小さいが、「JIS K 6411:2012 道路橋免震用ゴム支承に用いる積層ゴム-試験方法」(以下、JIS K 6411) に示されている標準試験体 No.2 に準拠した。図-1

に試験体を示す。

2.2. 繰返し圧縮疲労試験

寒地土木研究所内にある屋外サーボ疲労試験装置により試験を行った。この試験は、JIS K 6411 の繰返し圧縮疲労試験方法を基本としている。図-2 に示すように支承を鉛直に連結し、ゴム支承の鉛直方向が水平となるように支承固定ガイドにゴム支承を配置して雰囲気状態が同一となるよう配慮した。試験条件を表-1 に示す。また、試験機器と試験体配置の関係を図-3 に示す。

また、連結したゴム支承に対する試験であることから載荷点からの順番による影響を排除するために、図-4 に示すように 50 万回毎にゴム支承の配置をローテーションし、配置替えを行い繰返し載荷した。

表-1 繰返し圧縮疲労試験条件

下限荷重 (kN)	316.8 (5.5N/mm ²)
上限荷重 (kN)	691.2 (12N/mm ²)
載荷振動数 (Hz)	2
載荷回数 (回)	200 万
試験時水平ひずみ (%)	70 (19.6mm)

2.3. セン断特性試験

ゴム支承の特性変化を確認するため、繰返し圧縮疲労試験前および載荷回数 50 万回毎にせん断特性を把握するための試験を表-2 の条件のもとで行った。試験は、JIS K 6411 のせん断特性試験を参考にしているが図-3 に示した試験機の制約により、せん断載荷時のゴム支承の回転を許容する条件下での比較である。

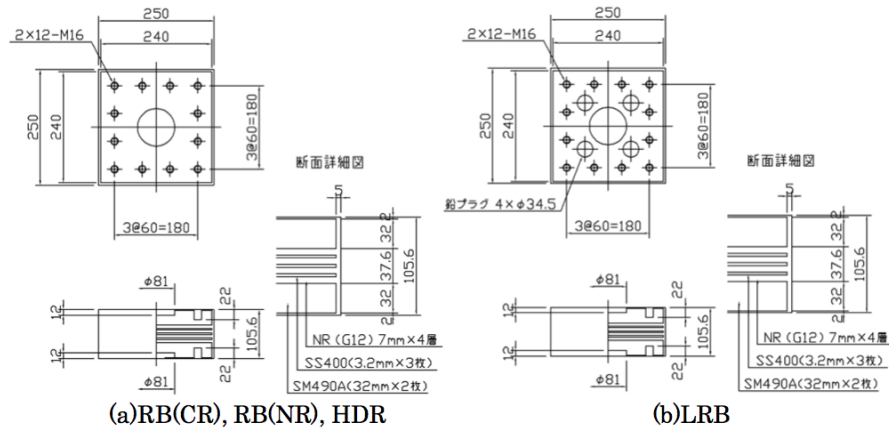


図-1 試験体

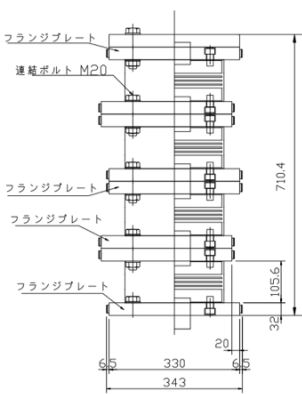


図-2 試験体の試験時状態側面図

キーワード ゴム支承, 疲労載荷, 疲労劣化, 寒冷

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34 寒地土木研究所寒地構造チーム TEL011-841-1698

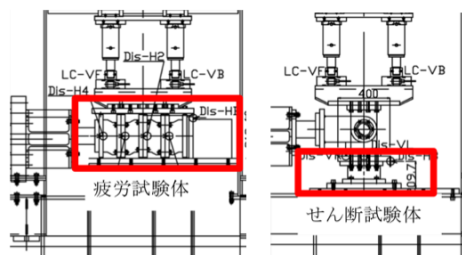


図-3 試験毎の試験体配置図

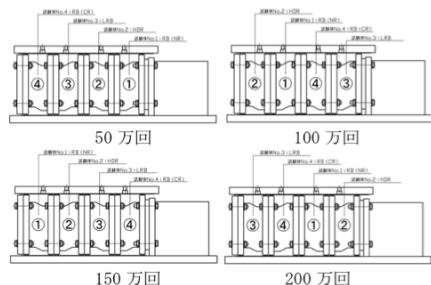


図-4 試験体ローテーション配置図

表-2 せん断特性試験条件

繰返し回数(回)	5(RB), 11(HDR, LRB)
鉛直荷重 (kN)	345.6 (6N/mm ²)
せん断ひずみ振幅(%)	175 (±49mm)
載荷振動数(Hz)	0.05 (一部 0.1Hz)

3. 試験結果と考察

3.1. 等価剛性

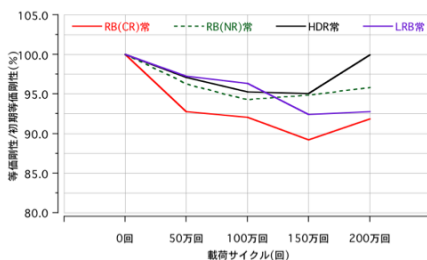
RB(CR)とRB(NR)は、履歴ループ3回目のせん断試験結果を特性値とし、HDRおよびLRBは、履歴ループ2回目から11回目の等価剛性を単純平均した結果を特性値としている。図-5に各載荷サイクル後の等価剛性の変化を初期等価剛性からの低下率として、常温時試験をa)、低温時試験をb)に示す。

常温時では、RB(CR)では50万回、RB(NR)とHDRは100万回、LRBは150万回を超えた載荷サイクルにおいて等価剛性の低下率が概ね一定となる傾向がうかがえる。200万回後の等価剛性の低下率は、どの支承でも90%を下回らず鉛直疲労載荷試験の等価剛性に与える影響は大きくない。これに対して低温時試験においては、RB(CR)の試験に載荷サイクルに対するばらつきが確認されるものの他の支承においては概ね載荷サイクルの増加とともに等価剛性が低下する傾向が示された。200万回後の等価剛性の低下率は、減衰性能を有する免震系ゴム支承の剛性が90%を下回ることが確認できる。

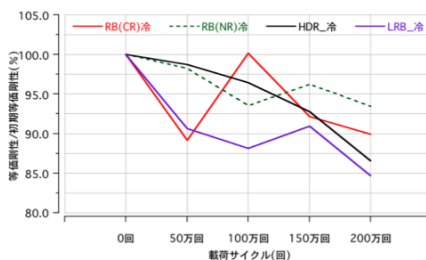
3.2. 圧縮バネ定数

せん断特性試験時、鉛直荷重6(N/mm²)を載荷した際の鉛直変位と荷重のデータより圧縮バネを算定し、疲労載荷サイクル毎の変化を整理した。図-6に初期圧縮バネ定数を基準とした載荷サイクル後の圧縮バネ定数の低下率として、常温時試験をa)、低温時試験をb)に示す。

a)に示した常温時試験を考察する。試験結果では、50万回の疲労試験によって圧縮バネ定数の低下が確認できる。その低下率は60%から80%とゴム支承により異なるものの、その

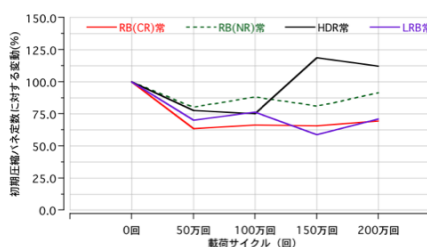


a) 常温時試験 (試験時平均気温 25°C)

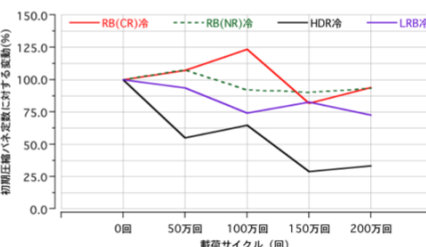


b) 常温時試験 (試験時平均気温 -5°C)

図-5 繰返し圧縮試験を受けたゴム支承の等価剛性の変化



a) 常温時試験 (試験時平均気温 25°C)



b) 常温時試験 (試験時平均気温 -5°C)

図-6 繰返し圧縮試験を受けたゴム支承の圧縮バネ定数の変化

後の載荷サイクルにおける低下率は概ね安定しており、常温における載荷サイクルの増加と圧縮バネ定数の関係に相関性は低いものと考えられる。なお、HDRの試験において150万回を境界として異なる傾向が示されている。これは鉛直載荷に用いた油圧ポンプの故障に伴う代替機の仕様によって、載荷途中から油の吐出量が多くなり載荷速度が急激に早くなることに起因していると推察している。

次にb)に示した低温時試験について考察する。載荷サイクルと初期バネ定数に対する変動が100万回後の試験まで緩やかに変化し、その後の載荷サイクル数に対して概ね低下率が一定となることが確認でき、常温時試験と類似した傾向である。この低下率は、HDRを除き常温時試験の傾向と類似していると思われる。これに対してHDRは、50万回以降より他の支承より低下率を大きく、200万回では40%程度の低下率が確認できる。

これらの結果からHDRとLRBは、低温時繰返し圧縮試験により等価剛性の変動が常温時よりも大きいことが確認されたことと、HDRでは圧縮バネが比較的大きく低下することから低温環境がゴム支承の特性に与える影響を否定できない。

4. おわりに

ゴム支承の疲労に着目した検討として、常温時および低温時ゴム支承の繰返し圧縮試験を行い、せん断剛性と圧縮バネ定数に関する初期特性からの変化について考察した。

今後は、繰返し試験を行った試験体の内部損傷についても調査を行い寒冷環境におけるゴム支承の性能低下に関する評価など耐震性確保といった観点から検討を継続し報告する予定である。

参考文献

- 1) 日本ゴム協会: ゴム工業便覧, 1994.
- 2) 日本道路協会: 道路橋支承便覧 平成16年4月, 2004.