

熱老化やせん断疲労を与えた超高減衰ゴム支承の性能評価
その1 熱老化やせん断疲労を与えた超高減衰ゴム支承の変形性能確認試験

株式会社ブリヂストン 正会員 ○神田智之
株式会社ブリヂストン 正会員 丸山健司

株式会社高速道路総合技術研究所 正会員 稲荷優太郎
株式会社ブリヂストン 正会員 中村昌弘
株式会社ブリヂストン 正会員 近藤誠一

1. はじめに

近年、供用中のゴム支承のオゾン劣化によるひび割れ発生事例¹⁾や、地震によりゴム支承がゴムと内部鋼板の界面及びその付近で破断していたことが報告されている²⁾。本検討では経年劣化がゴム支承の破断特性に及ぼす影響を確認する為に、ひび割れなど外傷がない状況の下で100年相当の熱老化やせん断ひずみ70%×5000回のせん断疲労を与えたゴム支承の性能確認試験を行った。

2. 供試体仕様と熱老化・疲労条件

供試体はブリヂストン製の内部ゴムが G10 の超高減衰ゴム支承（High Damping Rubber-Super：HDR-S）であり、諸元は図1に示す通り、有効面積 400mm×400mm、ゴム層 9mm×6層とした。各供試体の名称と与える劣化条件、及び試験内容を表1にまとめる。供試体を熱老化させる際の促進温度と時間は式1に示すアレニウス則³⁾より算出した。

$$\ln\left(\frac{t_0}{t_y}\right) = \frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_y}\right)$$
 式 1

ここで T_0 ：環境温度、 T_y ：促進温度、 t_0 ：使用期間（h）、 t_y ：促進時間（h）、 R ：気体定数、 E_a はゴムの活性化エネルギーである。熱老化条件は環境温度 23℃×100 年に相当する「促進温度 85℃×3.0 ヶ月」とし、恒温槽にて熱老化させた。せん断疲労は NEXCO 試験条件 418：せん断疲労試験に則り面圧 12N/mm² でせん断ひずみ 70%×5000 回とし、加振周波数 0.014Hz とした。せん断疲労試験はブリヂストン保有の高速 2 軸試験機を使用し、内部ゴムの発熱の影響を抑制すべく、インターバルをとりながら試験を実施した。

3. 試験内容

熱老化やせん断疲労を与えた供試体に対して、表2に示す NEXCO 試験条件 418：変形性能確認試験を実施した。試験機は図2に示すブリヂストンの 32MN 試験機を使用した。測定された荷重-変位関係は試験機の摩擦係数を用いて摩擦補正を行った。変形性能の指標は最大荷重時の変位として破断変位、破断変位をゴム総厚さで除した破断ひずみと、最大荷重を有効断面積で除した破断応力とした。

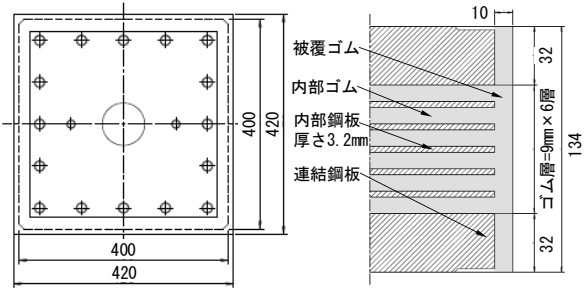


図1 供試体諸元

表1 供試体の水準と試験内容

供試体名称	与える劣化条件	試験内容
基準品①	なし	NEXCO 試験条件 418 せん断変形性能試験
熱老化①	100 年相当熱老化	
せん断疲労①	5000 回せん断疲労	

表2 変形性能確認試験条件

試験順序	175%加振	250%加振	300%加振	破断試験
試験波形	正弦波	正弦波	正弦波	単調载荷
面圧	6 MPa	6 MPa	6 MPa	6 MPa
ひずみ	±175%	±250%	±300%	破断まで
サイクル	11 回	6 回	2 回	-
周波数	0.0045 Hz	0.0045 Hz	0.0045 Hz	-
試験速度	-	-	-	2.0 mm/s

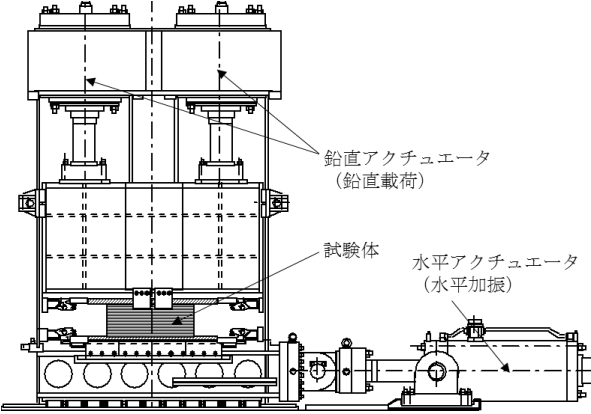


図2 試験機概要（32MN試験機）

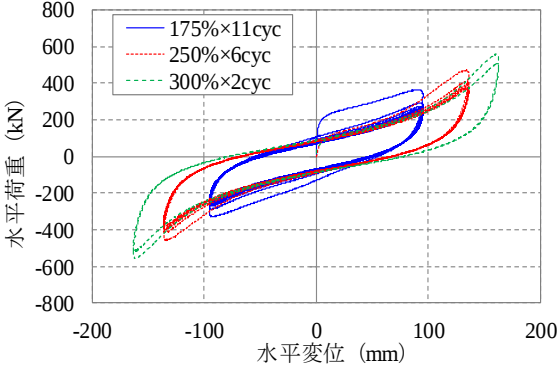


図3-1 基準品① 荷重-変位関係

4. 試験結果・考察

加振試験と破断試験の荷重-変位関係を図3に示す。さらに破断試験より得られた破断性能を表3にまとめる。175%～300%の加振試験ではいずれの供試体も破断や荷重低下といった異常は認められなかった。さらに、破断試験では熱老化①とせん断疲労①のいずれの供試体も破断ひずみは400%以上であり、基準品①の破断ひずみ518%に対して1割程度低下したが、道路橋支承便覧やNEXCO構造物施工管理要領に規定されるせん断変形性能である300%を上回る水準であることを確認した。破断荷重と破断応力も基準品①に比べて、変化は1割程度の範囲内であり、顕著な差異は見られなかった。

破断試験における破断面を図4に示す。熱老化やせん断疲労を与えていない基準品①が上から3層目のゴム層内、熱老化①は上から2層目のゴム層内、せん断疲労①は上から1層目のゴム層内で破断に至った。いずれの供試体も破断起点はゴム層内であり、ゴム強度よりもゴムと内部鋼板の接着力が大きいことがこのような破断形態となった理由だと考えられる。

これらの結果から、被覆ゴムに損傷が無ければ、100年相当の熱老化や、せん断ひずみ70%×5000回のせん断疲労があっても、ゴムと鋼板の接着力はゴム強度より高く保たれており、破断特性に顕著な差は無いと考えられる。

5. まとめ

本検討ではブリヂストン製HDR-Sを供試体とし、被覆ゴムに損傷が無い状態で100年相当の熱老化やせん断ひずみ70%×5000回のせん断疲労を与え、せん断変形性能を確認した。その結果を以下にまとめる。

- 熱老化やせん断疲労を与えた供試体では300%までの加振試験にて荷重-変位関係の異常は無かった。また、両供試体とも破断ひずみは400%以上であることを確認した。
- いずれの供試体も破断状況はゴム層での破断であり、これはゴムの強度より鋼板とゴムの接着力が高いことに起因すると考えられる。
- 被覆ゴムにひび割れや外傷が無ければ、熱老化やせん断疲労がゴム支承の破断特性に与える影響は小さいと考えられる。

【参考文献】

- 1) 鵜野ら：ゴム支承の表面亀裂に関する研究, 土木学会第64回年次学術講演会概要集, pp.769-770, 2009.
- 2) 曾田ら：東北地方太平洋沖地震により破断した積層ゴム支承の性能試験, 構造工学論文集 vol.59A, 2013
- 3) 社団法人日本ゴム協会：設計者のための免震積層ゴムハンドブック, 理工図書, 2001.

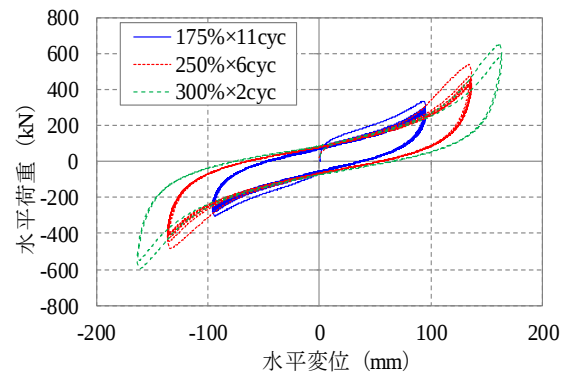


図3-2 熱老化① 荷重-変位関係

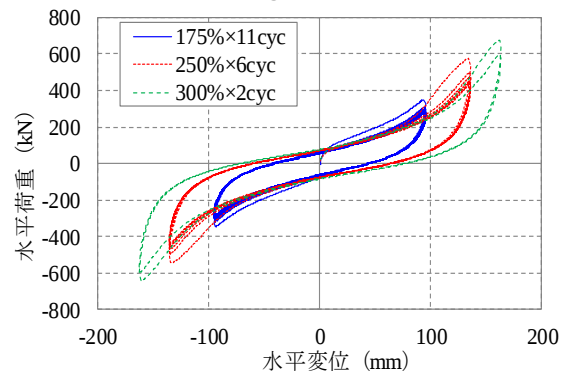


図3-3 せん断疲労① 荷重-変位関係

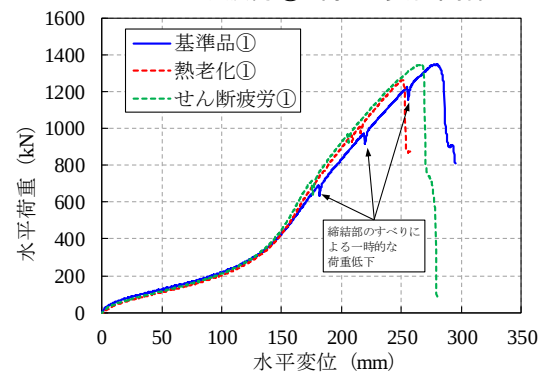


図3-4 破断試験 荷重-変位関係

表3 破断試験結果

供試体	破断変位 (mm)	破断ひずみ (%)	破断荷重 (kN)	破断応力 (MPa)
基準品①	279.7	518	1347.4	8.42
熱老化①	250.8	464	1263.8	7.90
せん断疲労①	266.3	493	1347.6	8.42

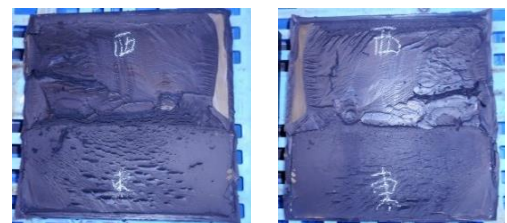


図4-1 熱老化① 破断面

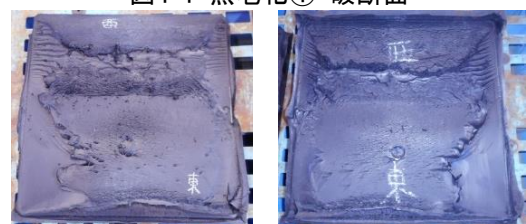


図4-2 せん断疲労① 破断面