

塩害環境下で長期間供用されたパッド型ゴム支承の圧縮特性評価

国立研究開発法人 土木研究所 正会員 ○井上 崇雅
国立研究開発法人 土木研究所 正会員 青木 康素
国立研究開発法人 土木研究所 正会員 星隈 順一

1. はじめに

平成7年兵庫県南部地震以降、ゴム支承が広く普及する一方で、長期間供用下にあったゴム支承の経年劣化が力学的特性に与える影響などの研究報告もなされてきている¹⁾²⁾。今後、ゴム支承の維持管理を行っていく観点から経年劣化が力学的特性に与える影響を明らかにし、適切に維持管理を実施していくことが求められる。本研究では、経年劣化の影響を評価する臨床的な研究の一例として、塩害環境下で長期供用されたパッド型ゴム支承の力学的特性や材料特性を評価することを目的とし、供用開始から26年経過したパッド型ゴム支承(写真-1)を用いて、圧縮疲労試験及び材料特性試験を実施した。

2. 撤去支承及び試験方法

本研究で対象とした橋梁は、海岸線から220mの塩害環境下に位置する橋梁であり、橋梁形式は、橋長45.0m、幅員16.55mの単純PCポステンT桁橋2連である。回収したパッド型ゴム支承の寸法を図-1に示す。寸法は、橋軸300mm×橋直450mm×全高81mmであり、内部のゴムは単層厚15mmの4層、厚さ8mmの上下ゴム板2枚、厚さ1.6mmの内部鋼板3枚、及び供試体の側面は厚さ5mmの被覆ゴムで構成されている。内部鋼板の材質はSS400、ゴムの種類はクロロプレンゴム(CR)でせん断弾性係数は1.0N/mm²である。圧縮疲労試験の試験条件を表-1に示す。撤去支承設計時のS48道路橋支承便覧⁴⁾において記されていた疲労試験の繰返し回数は3万回であるが、それよりも多い繰返し回数の条件下も含めて圧縮特性の変化を調査するため、本研究では、繰返し回数5万回までは最小圧縮応力度を1.5N/mm²、最大圧縮応力度を5.0N/mm²とする荷重振幅により繰返し载荷を行った。ただし、後述するが、5万回までの繰返し载荷では圧縮ばね定数の変化率が小さかったため、圧縮疲労により最終的にゴム支承本体にどのような損傷が生じ、圧縮特性にどの程度の変化が生じるかを把握するため、あえて荷重振幅における最大圧縮応力度を12.0N/mm²(H16道路橋支承便覧⁵⁾の最大圧縮応力度)にまで引き上げて実験を継続した。また、圧縮疲労試験前、繰返し回数1万回後、5万回後、10万回後のそれぞれの段階で圧縮特性試験を実施した。圧縮ばね定数は、圧縮特性試験における载荷回数3回目の圧縮応力度0.5～5.0N/mm²区間の圧縮変位量に基づいて算定した。さらに、圧縮疲労試験後に支承を切断し、切断面での内部状態の調査を行った。併せて、同じ橋梁に用いられていた別のパッド型ゴム支承を切り出し、ゴム試験片を作製して材料特性の評価を行った。



写真-1 長期間供用されたパッド型ゴム支承

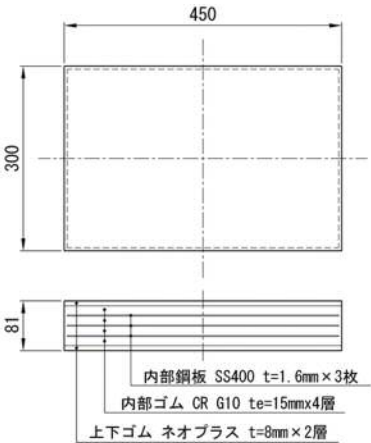


図-1 撤去支承の寸法

表-1 圧縮疲労試験における载荷方法

繰返し回数	荷重振幅
0～5万回	1.5～5.0N/mm ² (鉛直荷重: 191.4～638kN)
5万～10万回	1.5～12.0N/mm ² (鉛直荷重: 191.4～1531.2kN)

3. 試験の結果

圧縮疲労試験前に実施した圧縮特性試験により評価された圧縮ばね定数は、表-2 に示すように設計値に対して 14.1%大きくなっていた。現行の品質管理基準⁵⁾では、試験により測定した圧縮ばね定数が設計値に対して $\pm 30\%$ 以内であることが求められているが、本撤去支承の圧縮ばね定数はその要求水準を満足している。

各繰返し回数後の試験により計測された圧縮ばね定数と試験前の値からの変化率を図-2 に示す。5 万回の繰返し载荷後における圧縮ばね定数は試験前の値から 6%程度低下するに留まった。そこで、前述したような目的意識のため、荷重振幅を大きくして 5 万～10 万回の繰返し载荷を行ったところ、その繰返し载荷の影響により圧縮ばね定数の減少は 12%程度となった。10 万回の繰返し载荷を与えた後に本支承を切断し、内部の状態を観察した結果を写真-2 に示す。内部のゴムについては、内部鋼板端部よりゴム支承の中心側へと向かうき裂が生じていることが確認された。このき裂が圧縮ばね定数を低下させる要因となったと推測されるが、切断調査の結果によれば、本支承では内部鋼板に腐食が生じている状況は確認されない。このように、厳しい塩害環境下に置かれていても、ゴム支承の表面から内部鋼板端部の方へとつながるき裂が生じなければ、内部鋼板の腐食も生じにくくなるものと考えられる。

なお、図-3 にゴム支承の表面からの老化防止剤残量を示しているが、表面からの距離が 15mm 付近から表面に向かって減少していることがわかる。これはオゾン劣化が進行しているためと考えられるが、この範囲内には被覆ゴムが設置されており、内部のゴムへのオゾン劣化進展の影響は小さく抑えられたと考えられる。図-4 に示した表面からの溶存酸素量においても、表面からの距離 25mm 付近から表面にかけて増加している。これは酸化が進行しているためであるが、この範囲内についても被覆ゴムが含まれていることから、老化防止剤残量と同様に内部のゴムに対する影響は小さく抑えられたと考えられる。

4. まとめ

本研究では、塩害環境下で長期供用されたパッド型ゴム支承を対象に、圧縮疲労試験及び材料特性試験を行い、経年劣化が圧縮特性に及ぼす影響について検討した。本研究で使用したゴム支承では、実橋より取り出した状態での圧縮特性は、機能低下がほとんど生じていない結果であった。また、繰返し圧縮疲労の影響による最終的なゴム支承の損傷モードとしては、内部鋼板の端部周辺のゴム部から支承の中心部の方へとき裂が進展する形態となることが確認できた。

謝辞 本研究で検証に用いたパッド型ゴム支承は、国土交通省東北地方整備局秋田河川国道事務所のご協力により提供して頂いた。ここに記して謝意を表するものである。

参考文献 1)篠原聖二，星隈順一：地震により損傷した鉛プラグ入り積層ゴム支承の特性評価に関する実験的研究，土木学会論文集 A1 (構造・地震工学) (公社)土木学会，Vol.71 No.4，PP.587-599，2015。2)林訓裕，足立幸郎，五十嵐晃，党紀，濱野真彰，東出知大：積層ゴム支承の経年劣化損傷が残存性能に与える影響検討，第 17 回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，PP.197-202，2014。3)大門大，中山裕昭，水谷明嗣，林田慈大，鈴木森晶，後藤芳顕：経年劣化により損傷したゴムダンパー (HDR-S) の耐震性能の確認試験および考察，第 18 回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，PP.487-492，2015。4)(社)日本道路協会：道路橋支承便覧，1973。5)(社)日本道路協会：道路橋支承便覧，2004。

表-2 圧縮疲労試験前の圧縮ばね定数

測定値	設計値 ^{注)}	対設計値
kN/mm		%
549	481	+14.1

注)設計値は当時の基準⁴⁾で算出

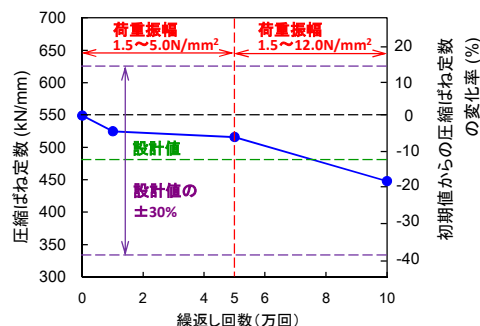


図-2 各繰返し回数後における初期値からの圧縮ばね定数と変化率

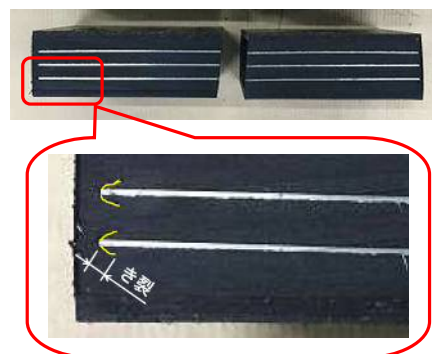


写真-2 圧縮疲労試験後の内部状態

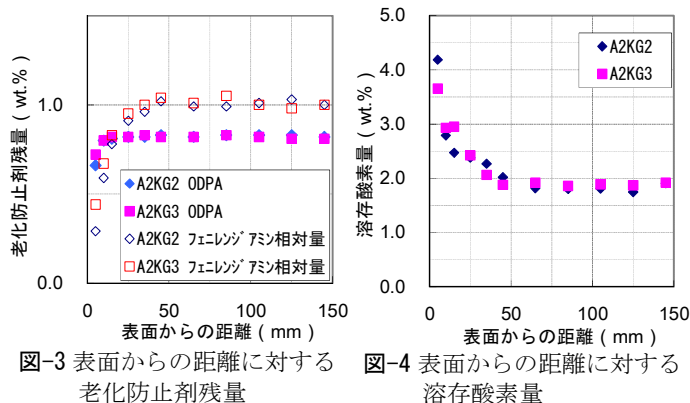


図-3 表面からの距離に対する老化防止剤残量

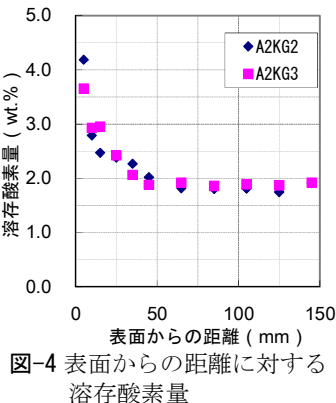


図-4 表面からの距離に対する溶存酸素量