

経年劣化を模擬したゴム支承の性能確認試験 その1 劣化を模擬した鉛プラグ入りゴム支承の性能評価

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 丸山健司
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 中村昌弘

1. はじめに

近年、供用中のゴム支承においてオゾン劣化によるひび割れ発生事例¹⁾や、地震により損傷した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⁾。これらの経年劣化と考えられる損傷が発生した際の対応要否を検討するため、経年劣化を有するゴム支承の残存耐力を把握する必要がある。本検討ではゴム支承の経年劣化が性能に及ぼす影響を確認する為に、経年劣化として、ゴム支承表面のひび割れと内部ゴムと内部鋼板の接着性低下を模擬した鉛プラグ入りゴム支承に対して性能確認試験を行った。

2. 模擬劣化試験体の仕様

試験体は内部ゴムがNR G10 からなる鉛プラグ入りゴム支承であり、表1に示す通りとした。試験体はひび割れを模擬して連結鋼板端部の全幅に深さ20mmの切れ込みを設けた試験体とゴムと内部鋼板のはがれを模擬して鉛プラグを含む内部鋼板面積に対して1/4, 1/2, 全面の未接着部を設けた2種類を作製した。模擬劣化の内容を図1に示す。

3. 試験内容

試験機は内部鋼板寸法400mmの試験体では2MN油圧サーボアクチュエータ、内部鋼板寸法600mmの試験体では5MN静的油圧ジャッキを使用した(図2)。試験条件はNEXCO 試験方法418 に従い表2に示す通りとした。測定された荷重-変位関係の生データは別途測定した試験機の摩擦係数と鉛直荷重を用いて摩擦補正を行った。性能変化の指標は等価剛性、等価減衰定数、破断ひずみ、破断応力とした。破断ひずみは最大荷重時の変位をゴム総厚さで除して算定し、破断応力は最大荷重とゴムと内部鋼板が接着されている部分の面積より算出した。

表1 試験体仕様

試験体	400-通常	400-1/4はがれ	400-1/2はがれ	400-全面はがれ	600-模擬ひび割れ
内部鋼板寸法(mm)	400×400	400×400	400×400	400×400	600×600
ゴム1層厚(mm)	9	9	9	9	20
ゴム層数	6	6	6	6	6
鉛プラグ径(mm)	φ 57.5	φ 57.5	φ 57.5	φ 57.5	φ 85.0
鉛プラグ本数	4本	4本	4本	4本	4本
一次形状係数S1	11.11	11.11	11.11	11.11	7.50
二次形状係数S2	7.41	7.41	7.41	7.41	5.00
被覆ゴム厚さ(mm)	10	10	10	10	10
模擬劣化内容	なし	有効面積1/4はがれ	有効面積1/2はがれ	有効面積全面はがれ	ひび割れ深さ20mm

表2 試験条件 (NEXCO 試験方法 418)

試験体	400-通常品～はがれ品				600-模擬ひび割れ品			
	2MN油圧サーボアクチュエータ				5MN静的油圧ジャッキ			
試験順序	1	2	3	4	1	2	3	4
試験名称	175%加振試験	250%加振試験	300%加振試験	破断試験	175%加振試験	250%加振試験	300%加振試験	破断試験
試験波形	正弦波	正弦波	正弦波	単調載荷	三角波	三角波	三角波	単調載荷
鉛直面圧(MPa)	6	6	6	6	6	6	6	6
試験ひずみ	±175%	±250%	±300%	破断まで	±175%	±250%	±300%	破断まで
サイクル数	11	6	2	-	11	6	2	-
周波数(Hz)	0.005			-	-	-	-	-
試験速度(mm/sec)	-	-	-	0.5程度	1.0程度			0.5程度

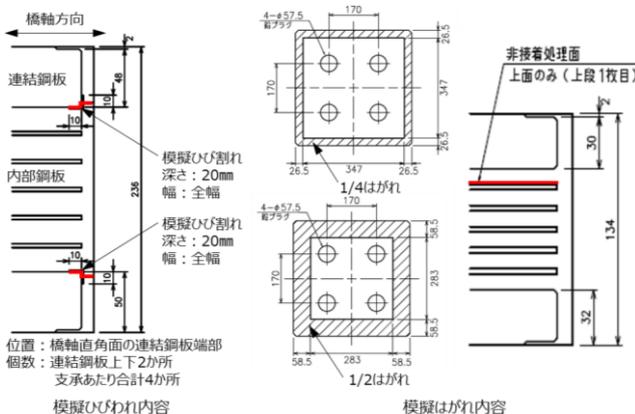


図1 模擬劣化の内容

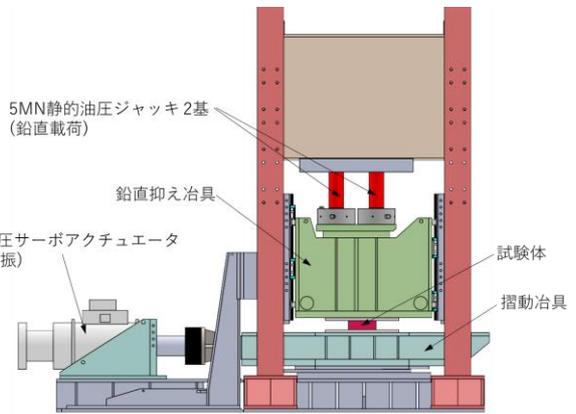


図2 試験機概要(2MN油圧サーボアクチュエータ取付け時)

キーワード：橋梁，ゴム支承，経年劣化，性能変化，鉛プラグ入りゴム支承

連絡先 〒194-8508 東京都 町田市 忠生 1-4-1 TEL:042-791-1943

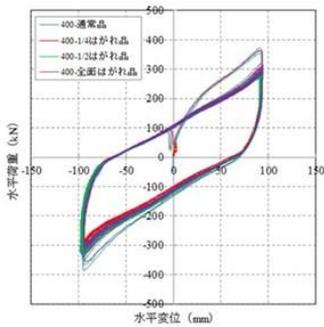


図3 400-175%加振

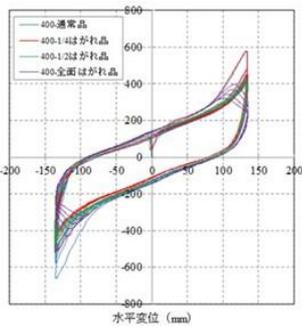


図4 400-250%加振

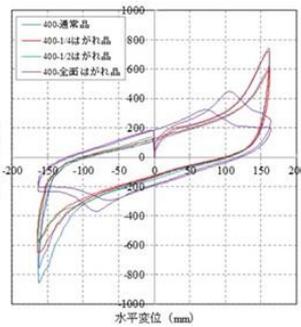


図5 400-300%加振

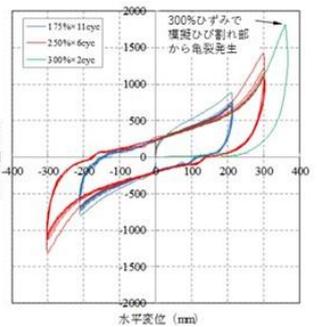


図6 600-模擬ひび割れ加振

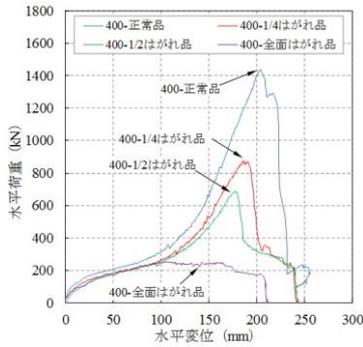


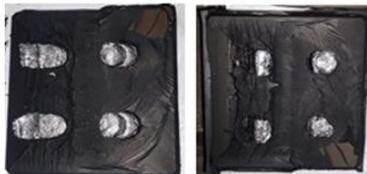
図7 400-破断試験

表3 試験結果まとめ

試験体	等価剛性: K_{eq} (kN/mm)		等価減衰定数: H_{eq}			破断変位 (mm)	破断ひずみ	破断荷重 (kN)	破断応力 (MPa)	
	設計値	測定値	設計値	測定値	設計値 差異					
400-通常品	3.045	3.057	+0.4%	0.177	0.184	+0.008	204.0	3.78	1439.6	9.6
400-1/4はがれ品	3.045	2.894	-5.0%	0.177	0.192	+0.015	186.6	3.45	878.4	8.0
400-1/2はがれ品	3.045	2.992	-1.7%	0.177	0.195	+0.019	176.7	3.27	688.7	9.9
400-全面はがれ品	3.045	2.978	-2.2%	0.177	0.188	+0.012	-	-	-	-
600-模擬ひび割れ品	-	-	-	-	-	-	360.4	3.00	1809.4	5.6



(A) 破断状況



(B) 破断面上側 (C) 破断面下側

図8 400-通常品



(A) 亀裂発生状況



(B) 亀裂部拡大 (C) ひび割れ部

図9 600-模擬ひび割れ品



(A) 破断状況



(B) 破断面上側 (C) 破断面下側

図10 400-1/2 はがれ品

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3~7に、試験結果より求めた基本性能と破断性能を表3にまとめる。また破断試験における試験体の破断状況や破断断面を図8~10に示す。今回の模擬劣化では、通常品と模擬劣化品で基本性能に大きな差は無かった。一方、はがれ面積の増加に伴い破断ひずみは低下し、全てはがれ部分にて破断に至った。また、模擬ひび割れ試験体ではひずみ300%でひび割れ部分から大規模な亀裂が発生した。これらの結果からひび割れやはがれといった経年劣化が破断の起点となり、支承の破断性能に影響を与えたと考えられる。

5. まとめ

ひび割れとゴムと内部鋼板のはがれを模擬した鉛プラグ入りゴム支承の性能を評価した結果、通常品対比で基本性能には大きな差が無かった。一方でこれらの模擬劣化により破断ひずみは低下し、劣化部分が破断の起点となる可能性があることが示された。実環境で経年劣化したゴム支承ではゴム物性の経年変化やゴムと鋼板の接着性の低下により性能が低下する可能性がある³⁾ため、今後は実環境での経年劣化を考慮した検討を行う必要がある。

【謝辞】本論文中の試験に関して、ゴム支承協会には多大な協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表する。

【参考文献】

- 1) 鶴野ら：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 vol59A, 2013
- 3) 坂本ら：積層ゴム支承における内部鋼板とゴムの接着層の劣化特性評価, 土木学会第 72 回年次学術講演会概要集, pp.1155-1156, 2017.