

荷重および環境因子作用下における免震ゴム支承のき裂発生に関する基礎的研究

名古屋大学大学院 フェロー会員 ○伊藤義人
 名古屋大学大学院 正会員 廣畑幹人
 名古屋大学大学院 汪 深

1. はじめに

供用開始から数年経過した免震ゴム支承の表面にき裂が発生する事例が報告されている¹⁾。き裂発生の主要因はオゾン劣化であると推定されているが、き裂の発生条件については不明な点が多々ある。本稿では、荷重および環境因子（オゾン、温度）がゴム支承の表面き裂発生に及ぼす影響を検討するために実施した一連の環境促進実験の結果について報告する。

2. 小型試験片によるき裂発生条件の特定

老化防止剤を含むあるいは含まない天然ゴムを用いて、図-1に示す JIS K 6521, 3号試験片を作製し、伸長ジグを用いてひずみを付与した状態でオゾン発生器付恒温槽（温度範囲-30~+50℃, 最高オゾン濃度 150pphm）内に設置し、480 時間保持した。24 時間毎に試験片を槽内から取り出し、き裂の発生有無を確認した。既往の研究²⁾では、低温環境下においてゴム支承表面の耐候性保護膜が氷結等の作用により欠落すると共に、耐候性保護材（老化防止剤）の表面への滲出性が低下するため、オゾン劣化によるき裂が発生することが報告されている。本実験では、低温（-30℃）、高オゾン濃度（150pphm）条件下において、老化防止剤を含まない試験片はひずみ量に関係なく実験開始から 2 時間程度でき裂が発生し破断した。一方、老化防止剤を含む試験片は 480 時間の実験終了後もき裂の発生は確認されなかった（表-1, 条件(1)）。既往の研究²⁾の成果を踏まえ、低温下での表面への滲出性を改良した老化防止剤の効果が顕著に現れたことを実験結果は示唆していた。

老化防止剤を含む試験片を対象に、き裂の発生条件を明確にするため、比較的高温の条件でひずみ量およびオゾン濃度を種々変化させて実施した実験結果を表-1に示す。常温（23℃）でオゾン濃度 100pphm の条件(5)において、ひずみ量が大きくなる程、早期にき裂が発生することがわかった（き裂の状況：図-1, 写真）。

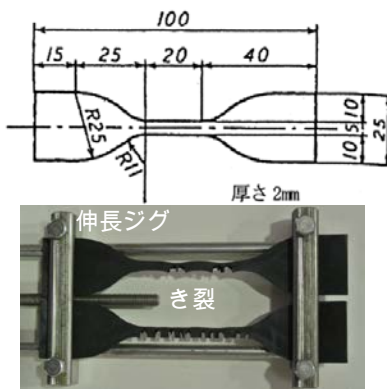
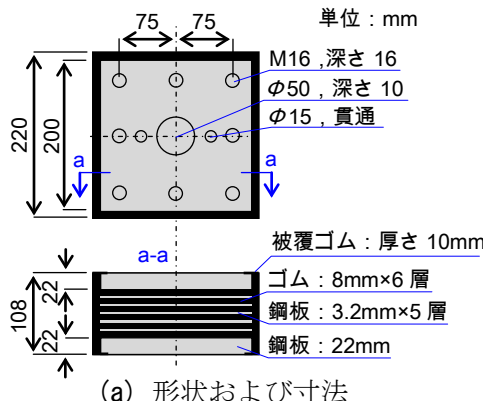


図-1 小型試験片 (JIS K 6521, 3号)



(a) 形状および寸法



(b) 変形付与状況

表-1 小型試験片のき裂発生条件（老化防止剤あり）

条件	(1)			(2)			(3)			(4)			(5)		
温度 (°C)	-30			-15			0			23			23		
オゾン濃度(pphm)	150			150			150			50			100		
ひずみ (%)	0	40	75	0	40	75	0	40	75	0	40	80	0	40	80
時間 (hour)	480			96			96			24			192		
き裂発生	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-

キーワード 免震ゴム支承, き裂, オゾン, 温度, ひずみ

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 TEL 052-789-3905

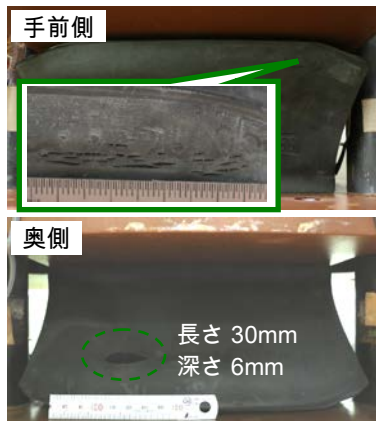
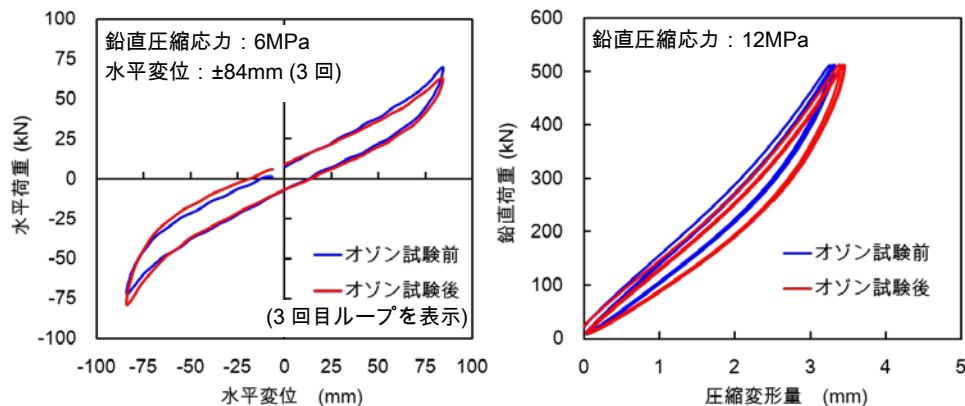


図-3 支承供試体のき裂



(a) 水平方向載荷

(b) 鉛直方向載荷

図-4 支承供試体の載荷実験結果

3. 支承供試体を用いたオゾン劣化実験

小型試験片による実験結果を踏まえ、ゴム支承供試体を用いたオゾン劣化実験を実施した。実験供試体の形状および寸法を図-2 に示す。厚さ 8mm の天然ゴム 6 枚と厚さ 3.2mm の鋼板 5 枚を交互に積層し、支承の上下には厚さ 22mm の鋼板を設置している。支承の側面は厚さ 10mm のゴムで被覆している。鋼製ジグにより、支承供試体に圧縮荷重およびせん断変形を付与した状態で保持した(図-2 (b))。圧縮荷重は公称応力で 8MPa、せん断変形量は総ゴム厚 (8mm×6 枚=48mm) の 150% (72mm) である。

変形を付与した支承供試体をオゾン発生器付恒温槽内に設置し、96 時間毎に供試体表面を観察しながら 480 時間保持した。老化防止剤を含まない供試体は、 -30°C 、オゾン濃度 150pphm の条件で実験開始後、2 時間程度で表面全体に微細なき裂が発生した。一方、老化防止剤を含む供試体は表-1 に示す(1)~(5)の全条件において、480 時間経過後も表面なき裂は発生しなかった。その後、 40°C 、オゾン濃度 100pphm の条件で実験を実施した結果、384 時間経過後に支承表面の引張ひずみ領域に線状なき裂の発生、進展を確認した(図-3)。

4. 支承供試体の載荷実験

オゾン劣化実験前の支承供試体と、オゾン劣化実験によりき裂が発生した支承供試体に対して実施した載荷実験(水平方向：鉛直圧縮応力 6MPa 負荷下で水平変位 $\pm 84\text{mm}$ を 3 回作用、鉛直方向：圧縮応力 12MPa を 3 回作用)の結果を図-4 に示す。オゾン劣化実験により表面の被覆ゴムから発生したき裂は内側のゴム層に到達していなかったため、支承供試体の剛性、耐荷力および変形性能は健全状態とほぼ同じであった。

5. まとめ

荷重および環境因子(オゾンおよび温度)がゴム支承の表面き裂発生に及ぼす影響を検討するため、一連の環境促進実験を実施した。得られた主な知見を以下に示す。

- (1) -30°C 、オゾン濃度 150pphm の条件で、老化防止剤を含まない小型試験片はひずみ量に関係なく 2 時間程度でき裂が発生し破断した。老化防止剤を含む試験片は、ひずみ量に関係なく 480 時間経過後もき裂は発生しなかった。 23°C 、オゾン濃度 100pphm の条件では、老化防止剤を含む試験片は、ひずみ量が大きくなる程き裂が早く発生した。
- (2) 40°C 、オゾン濃度 100pphm の条件で、384 時間経過後に支承供試体表面の引張ひずみ領域に線状なき裂の発生、進展を確認した。
- (3) オゾン劣化実験により表面の被覆ゴムから発生したき裂は内側のゴム層に到達していなかったため、支承供試体の剛性、耐荷力および変形性能は健全状態とほぼ同じであった。

謝辞

本研究の一部は、平成 24、25 年度国土交通省建設技術研究開発助成を受けて行った。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 鶴野禎史, 行本直人: 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, VI-385 (2009)。
- 2) 杉本ら: 天然ゴム支承の低温耐候性に関する研究, 土木学会論文集 No. 693, VI-53, pp. 73-86 (2001)。