

橋梁用ゴム支承の被覆ゴムの耐オゾン性に関する研究
その2：被覆ゴムの耐オゾン性評価とオゾン劣化対策検討

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 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 神田智之

1. はじめに

ゴムは様々な要因により劣化する材料であるが、屋外で使用されるゴム製品の場合、その1で述べたように特に耐オゾン性は重要である(図1)。ゴム支承表面に発生したオゾンクラックが内部まで進展することで支承内部が劣化し、長期的には支承性能に影響を及ぼす懸念がある¹⁾。この為、ゴム支承の被覆ゴムには高い耐オゾン性が必要であり、材料の選定時にこの点を考慮すべきである。本検討では現行の被覆ゴム耐オゾン性の基準とFEM解析から設定した試験条件にて被覆ゴムの耐オゾン性試験を行った。さらに試験結果から被覆ゴムに適したゴムの化学的特性を考察した。

2. 被覆ゴムの耐オゾン性試験

試験対象はEPDM(エチレンプロピレンゴム)を主材料とする被覆ゴムとした。試験条件は表1に示す現行の耐オゾン性の基準を包含し、図2に示すFEM結果より最大表面ひずみが66%程度であること踏まえ、以下の通り設定した。

- ・試験機：ブリヂストン所有 オゾンウェザーメータ
- ・試験方法：JIS K 6259-1 静的オゾン劣化試験
- ・試験温度：40℃、-30℃
- ・オゾン濃度：200pphm
- ・試験時間：384hr
- ・引張ひずみ：50%、80%
- ・試験片形状：JIS K 6251 ダンベル状1号(図3)

3. 試験結果

試験結果を表2に、試験後の試験片外観を図4に示す。全ての水準で肉眼にて亀裂の発生は認められず、この被覆ゴムは現行の耐オゾン性基準を全てクリアするといえる。比較対象として天然ゴム(NR)における試験後の試験片外観を図5に示す。NRではEPDM系被覆ゴムの試験より低いオゾン濃度にもかかわらず、より短時間で試験片に亀裂や破断が生じており、ゴム種により耐オゾン性に明確な違いがあることがわかる。

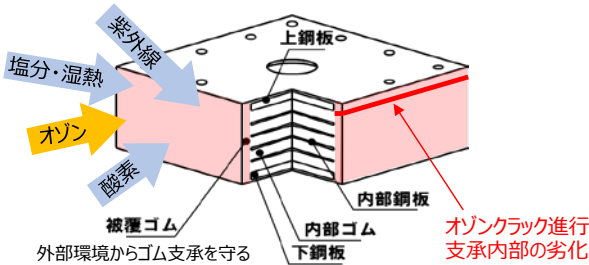


図1 ゴムの劣化要因と被覆ゴムの役割

表1 現行の耐オゾン性基準

基準	オゾン濃度	試験温度	試験時間	引張ひずみ
道路橋支承便覧 (平成16年4月)	50 pphm	40℃ -30℃	96 時間	20%
NEXCO施工管理要領 (平成29年7月)	50 pphm	40℃ -30℃	96 時間	50%
首都高設計施工要領 (平成27年6月)	200 pphm	40℃ -10℃	96 時間	80%
JIS K 6259 (シビア条件) (平成29年3月)	200 pphm	40℃	96 時間	50%

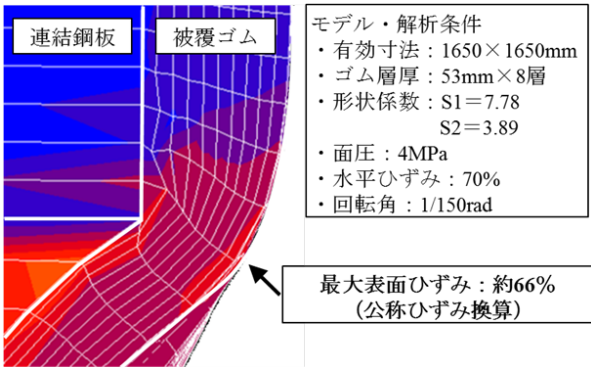


図2 FEMによる表面ひずみ解析結果

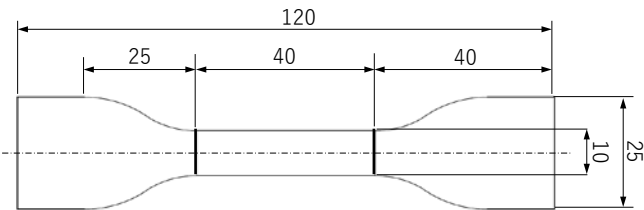


図3 JIS K 6251 ダンベル状1号 試験片

表2 EPDM系被覆ゴムの耐オゾン性試験結果

オゾン濃度	試験温度	試験時間	引張ひずみ	評価結果
200 pphm	40℃	384時間	50%	亀裂の発生なし
			80%	亀裂の発生なし
	-30℃	384時間	50%	亀裂の発生なし
			80%	亀裂の発生なし

4. ゴムの耐オゾン性に関する考察

ゴムのオゾン劣化メカニズムは図 6 に示すようにゴムの分子鎖内の二重結合とオゾンが反応し、分子鎖が切断されることで発生する²⁾。オゾン劣化を防ぐために屋外で使用するゴムには老化防止剤が添加される。老化防止剤は時間とともにゴム表面に析出し保護膜を形成することでゴムをオゾン劣化から守る。しかし寒冷地では老化防止剤の析出速度が遅くなる上に保護膜が冰雪の作用で欠落することや、保護膜が厚すぎると変形に追従できず割れることでオゾンクラックが発生する例が報告されている^{3, 4)}。

ゴムの耐オゾン性の観点から分類すると、(A) 本質的に高い耐オゾン性を有するもの、(B) 本質的に耐オゾン性が良好で配合により優れるもの、(C) 本質的に耐オゾン性に劣りオゾン防止剤を必要とするものに大別される。EPDM の分子構造は図 7 であり、分子鎖に二重結合が無いため前述の分類 (A) に属し²⁾、耐オゾン性は図 8 の様に実用上無限大とされている⁵⁾、このように EPDM 系被覆ゴムはその主材料である EPDM の化学的特性に起因して高い耐オゾン性を有している。

5. まとめ

- (1) ゴム支承に求められる耐候性の中でも、被覆ゴムの耐オゾン性が特に重要である。
- (2) EPDM 系の被覆ゴムに対して、耐オゾン性試験を行い亀裂なしとなった。これは被覆ゴムの主材料である EPDM が高い耐オゾン性を有することに起因する。
- (3) FEM による支承表面ひずみ 66%より小さいひずみでも二重結合を有するゴムはオゾンクラックを生じる。
- (4) 被覆ゴムには高い耐オゾン性が求められるため、分子鎖に二重結合が無く、本質的に耐オゾン性の高い材料を使用することが望ましい。

【参考文献】

- 1) 林ら:経年劣化積層ゴム支承の耐震性能低下原因に関する一考察, 土木学会第 70 回年次学術講演会概要集, pp.1111-1112, 2015.
- 2) 長谷川嘉彦:日本ゴム協会誌, Vol.38, No.10, pp.912-921, 1965.
- 3) 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.
- 4) 岩瀬ら:橋梁用ゴム支承に用いられるワックスの低温特性とオゾン劣化への影響, 土木学会第 71 回年次学術講演会概要集, pp.331-332, 2016.
- 5) 日本ゴム協会編:ゴム工業便覧 第 4 版, 日本ゴム協会, 1994.1

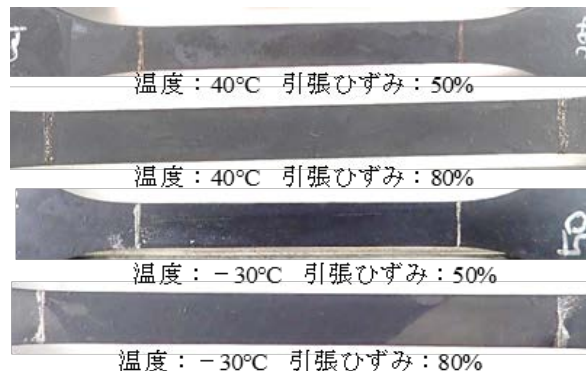


図 4 EPDM 系被覆ゴムの試験片外観



オゾン濃度: 50pphm, 温度: -30°C, 試験時間: 144 時間

図 5 NR の試験片外観

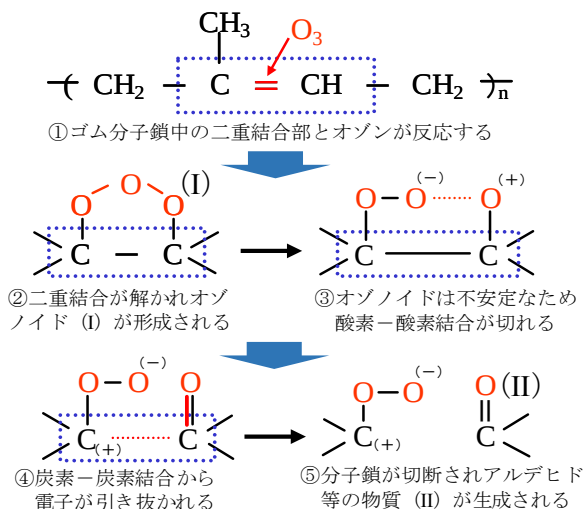


図 6 ゴムのオゾン劣化メカニズム

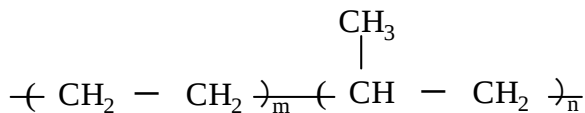


図 7 EPDM の分子構造

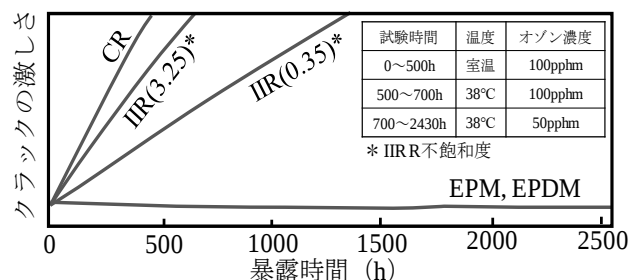


図 8 各種ゴムの耐オゾン性⁵⁾