

ゴム支承の表面亀裂に関する研究

(株)川金コアテック 正会員 鷗野 禎史 東洋ゴム工業(株) 非会員 行本直人

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、ゴム支承が積極的に使われ出し、すでに10年以上が経過している。供用開始から10数年経過したゴム支承において、ゴム支承表面に亀裂が生じているとの報告があり、その詳細調査および原因究明を行った。

2. 橋梁の概要と亀裂調査結果

(1) 橋梁の概要

今回調査を行った橋梁は、15径間連続PC箱桁橋であり、支承は高減衰ゴム支承が使用されている。詳細調査は2月(ゴム表面温度4℃)に行われ、この時亀裂発生が認められた支承位置を図-2に示す。また、ゴム支承の全幅にわたって亀裂が発生している状況を写真-1に示す。端支点におけるせん断ひずみは最大で約36%(水平変位85mm, 総ゴム厚234mm)であった。亀裂発生箇所は、図-1に示すとおり、ゴムの局部ひずみが最大となるせん断変形鋭角部のゴム1層目と上下鋼板との境目付近に亀裂が集中していた。ゴム支承の劣化要因として、オゾン劣化や紫外線劣化およびゴム材料自身の老化があるが、今回の亀裂状況からオゾン劣化が主因であると考えられる。



写真-1 亀裂の状況

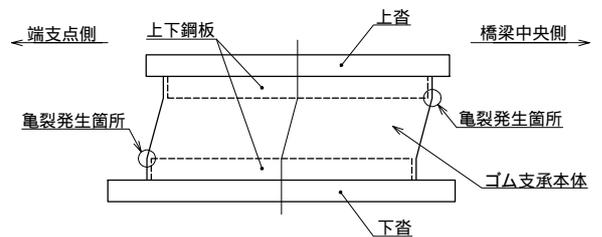


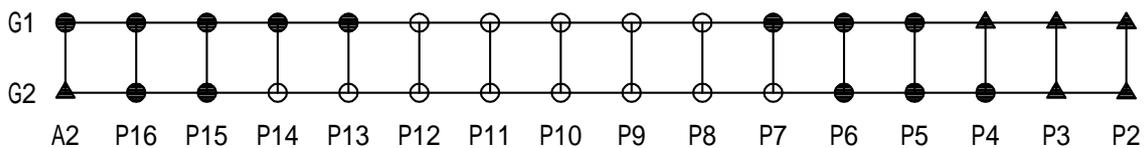
図-1 ゴム亀裂箇所

表-1 ゴム支承製造当時のオゾン劣化試験の条件及び判定基準

試験条件	オゾン濃度:50pphm, 伸長率:20% 温度:40℃, 保持時間:96hr
判定基準	肉眼観察で亀裂のないこと

(2) ゴムの物理的性質

ゴム支承製作当時のゴムの物理的性質は、道路橋支承便覧¹⁾に示される規格値に準拠して検査が行われ、すべて規格値内に収まっている。この時のオゾン劣化促進試験の試験条件および判定基準は、表-1に示すとおりであった。



…亀裂なし, …亀裂あり, …全幅にわたって亀裂あり

図-2 各橋脚におけるゴム支承の損傷状況

3. 亀裂発生要因の検討および結果

最も亀裂の大きかったP2支承の形状は、有効平面寸法で630mm×930mm、ゴム厚18mm×13層(S1=10.43, S2=2.7)であり、これに鉛直荷重として死荷重反力と水平変位85mmを与えた場合のFEM解析を行った結果を図-3に示す。解析の結果、図に示す箇所(実際の亀裂発生箇所と同じ)で最大ひずみ17%が生じていることが確認された。そこで、この局部せん断歪みを基準として、亀裂発生の時期を推定することとした。亀裂

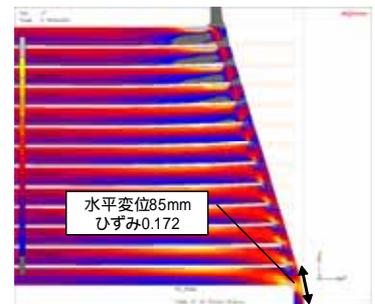


図-3 FEM解析結果

キーワード: ゴム支承, 表面クラック, オゾン劣化
〒520-0012 大阪市北区芝田2丁目6-23 TEL 06-6374-2877

発生時期の推定は、まず温度条件による影響の検証、歪み（伸長率）の違いによる影響の検証、およびオゾン濃度の影響の検証を試験および文献等を用いて行うこととした。なお、試験を行うに当たっては、試験実施期間が長時間に渡ることを考慮して、状況に応じて老化防止剤を用いない配合での促進劣化試験を行うこととした。

(1)温度依存性の検証

温度依存性確認試験として、老化防止剤：なし、温度：+40℃、0℃、伸長率：5%～150%(6 ケース)、オゾン濃度：50pphm、時間：3h、5h、12h の試験条件により劣化促進試験を実施した。試験の結果 0℃では伸長率150%×12hでも亀裂が発生しなかったのに対し、40℃では伸長率20%×3hで亀裂が確認された。

(2)ひずみ依存性の検証

東洋ゴム工業で行ったゴム歪みとクラック発生時間の関係を図-4に示す。このグラフより歪み17%、20%、30%、40%時のクラック発生時間を読み取ることとした。表-2に歪みとクラック発生時間および促進倍率結果を示す。なお、促進倍率算定の基準となる歪みは、解析結果より17%とした。

(3)オゾン濃度依存性の検証

図-5に示すグラフ²⁾は、オゾン濃度とクラック発生時間の関係を示したものであり、このグラフよりオゾン濃度3pphm～100pphm時のクラック発生時間を読み取ることとした。なお、図中DOPDは老化防止剤を示しており、NR+DOPDのグラフより求めた。表-3にオゾン濃度とクラック発生時間および促進倍率結果を示す。なお、促進倍率算定の基準となるオゾン濃度は3pphmとした。

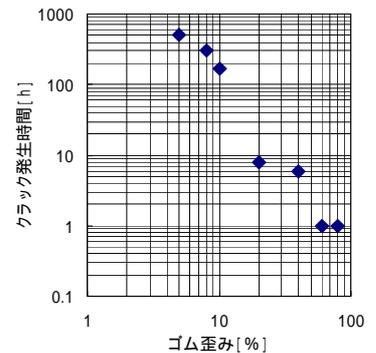


図-4 ゴム歪みとクラック発生時間

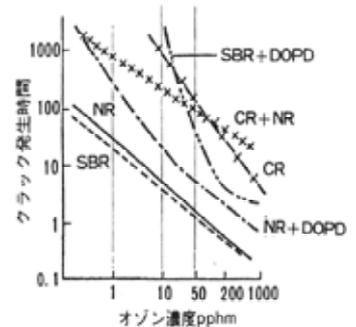


図-5 オゾン濃度とクラック発生時間

表-2 歪みとクラック発生時間の関係

ゴム歪み (%)	クラック発生時間(h)	促進倍率
17	30	1.0
20	21	1.4
30	7.5	4.0
40	3.8	7.9

表-3 オゾン濃度とクラック発生時間の関係

オゾン濃度 (pphm)	クラック発生時間(h)	促進倍率
3	68	1.0
10.5	16	4.3
50	5.4	12.6
100	3	22.7

(4)現ゴム配合によるオゾン劣化促進試験による検証

亀裂が生じた被覆ゴムと同配合のゴムを用いて、試験歪み17～40%の4 ケースについて、温度40℃、オゾン濃度100pphmによるオゾン劣化促進試験を実施し、亀裂発生時間を求めた。試験の結果を表-4に示す。

(5)亀裂発生時間の推定

以上の検証結果を基に、(4)で行った試験結果より算出した亀裂発生予測値の結果を表-5に示す。なお、亀裂発生時間は、次式により求めた。

$$\text{支承での亀裂発生予測値(年)} = \text{歪み} \times \text{促進倍率} \times (12/4)^{\text{注1)}} \times 1 / 365 \text{日} / 24\text{h}$$

注1)最大歪み発生期間を年間4ヶ月とした。

表-4 各歪みにおける亀裂発生時間

試験歪 (%)	亀裂発生時間							備考
	70h	90h	140h	180h	300h	400h	500h	
17	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	
20	NC	NC	NC	NC	NC	×		case-a
30	NC	NC	NC	×				case-b
40	NC	×						case-c

NC：亀裂無し ×：亀裂発生

表-5 支承での亀裂発生予測値

試験歪 (%)	促進倍率	試験濃度	促進倍率	亀裂発生時間	支承での亀裂発生予測(年)	備考
20%	1.4	100pphm	22.7	300-400	3.2-4.4	
30%	4	100pphm	22.7	140-180	4.3-5.6	
40%	7.9	100pphm	22.7	70-90	4.2-5.5	
(参)20%	1.4	50pphm	12.6	96以上	0.6以上	便覧規格値

表-2参照 表-3参照 表-4参照

4. まとめ

今回の試験等の結果より、ゴム支承表面に発生した亀裂は、オゾン劣化が主因であり、5年程度で発生することがわかった。

【参考文献】1)道路橋支承便覧，日本道路協会，平成3年7月，2)ゴムの劣化・老化・破壊とその防止対策，経営開発センター出版部，昭和57年5月