<第9回 学術講演会 2015年3月4日(水)>
日本材料学会 東海支部

# 荷重作用下における橋梁用免震ゴム支承のオゾンクラック発生およびクラック補修性能評価

名古屋大学 ○藤本勝之 廣畑幹人 伊藤義人

# Crack occurrence of bridge rubber bearings with applied load due to ozone and crack repair performance evaluation

## 1 はじめに

橋梁用免震ゴム支承の表面にオゾン劣化に起因するクラックの発生事例[1)]が多数報告されているが，クラックの発生条件については不明な点が多い．本稿では，免震ゴム支承にせん断変形を付与した状態でオゾン劣化促進実験を行い，クラックを発生および進展させる荷重(ひずみ)，温度，オゾン濃度の条件を特定した．さらに，発生したクラックを補修する方法を提案すると共に，補修性能の評価を実施した．

## 2 ゴム支承供試体

ゴム支承供試体の形状および寸法を Fig.1 に示す．幅220mm×奥行き220mm×高さ108mm であり，厚さ10mm の被覆ゴムで側面を覆っている．また，厚さ22mm の上下鋼板2枚，厚さ8mm の天然積層ゴム6層，厚さ3.2mm の補強鋼板5枚により構成されている．用いたゴム材料には老化防止剤が含まれている．また，Fig.2 に示すように，載荷ジグにより積層ゴムの総厚さ (8mm×6 枚=48mm) の 150%に相当するせん断変形 (水平変位72mm) を付与しており，設計死荷重である面圧 6MPa 相当の鉛直荷重153.6kN を載荷している．

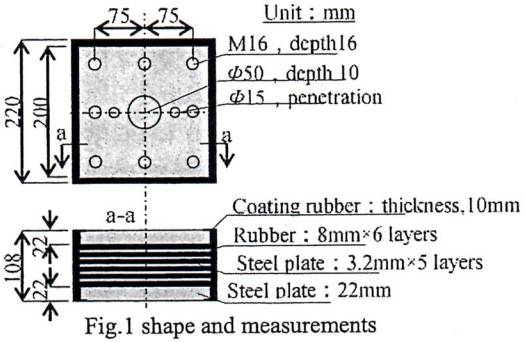



Fig.1 shape and measurements

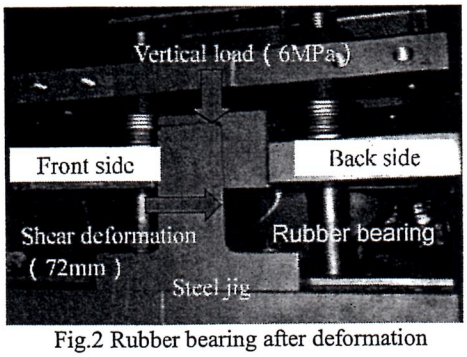



Fig.2 Rubber bearing after deformation

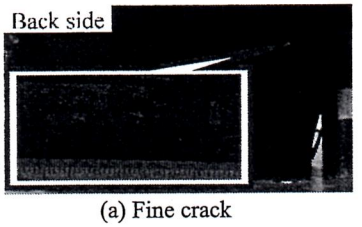
## 3 新規ゴム支承に対するオゾン劣化促進実験

2 で示したゴム支承供試体を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，1 サイクル (96 時間) ごとにクラックの発生有無を確認した[2)]．既往の研究[3)]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，オゾン劣化によるクラックが発生することが報告されている．そこで，最初に低温(-30℃)，高オゾン濃度(150pphm) 条件下において実験を実施した．しかし，5 サイクル経過後もクラックの発生は確認されなかった．既往の研究[3)]の結果を踏まえ開発された老化防止剤は，低温下での表面への滲出性の低下が改善されていることを実験結果は示唆していた．

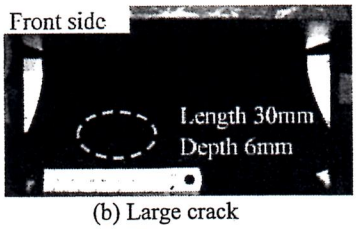
クラック発生条件を明確にするため，温度およびオゾン濃度を種々変化させて実施した実験結果を Table1 に示す．最終的に温度 40℃，オゾン濃度 100pphm の条件で4サイクル経過後，支承表面の引張ひずみ領域に Fig.3 に示す微小クラックと大クラックが発生した．

Table1 Crack occurrence condition

| Condition | (1) | (2) | (3) |
|---|---|---|---|
| Temperature (℃) | -30 | 23 | 40 |
| Ozone density (pphm) | 150 | 50 | 100 |
| Time (hour) | 480 | 192 | 384 |
| Crack (Yes or No) | No | No | Yes |




(a) Fine crack




(b) Large crack

Fig.3 Crack on the surface of rubber bearing

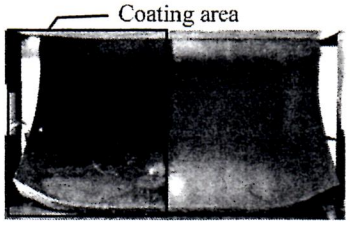



Fig.4 Rubber bearing with repaired crack (Front side)

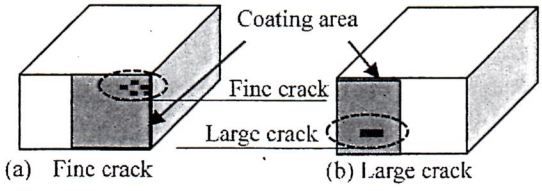



Fig.5 Coating area

## 4 ゴム支承表面のクラックの補修

3 の実験に供したゴム支承の微小クラックおよび大クラックをコーティングにより補修した (Fig.4). 使用したコーティング材は株式会社川金コアテックにより開発された K-Coat-R である.

微小クラックの補修は脱脂，プライマー塗布，CSM コーティング (CSM を主成分としたコーティング材の塗布) の順に行った．プライマー塗布，CSM コーティング共に乾燥時間は 30 分程度である．また，コーティング塗布範囲は，後述のオゾン劣化促進実験で補修の有無による差異を確認するため，Fig.5(a) に示すようにクラックが発生した面の半分のみとした．

大クラックの補修はざぐり，脱脂，プライマー塗布，穴埋め，研磨，脱脂，プライマー塗布，CSM コーティングの順に行った．クラック部分のざぐりではグラインダーを用いた．また，微小クラックと同様，プライマー塗布，CSM コーティングの乾燥時間は 30 分程度である．コーティング塗布範囲も，微小クラックと同様にクラックが発生した面の半分にのみ塗布している (Fig.5(b)).

## 5 補修後のゴム支承に対するオゾン劣化促進実験

4 で示した補修を施したゴム支承 (以降，補修後ゴム支承と称す) と新規のゴム支承を用いて，3 と同じ条件でオゾン劣化促進試験を実施した．

クラックは 1 サイクル終了後に新規ゴム支承表面の引張ひずみ領域に発生した．また，2 サイクル終了後，補修後ゴム支承の未補修部においてクラックが発生した．補修後ゴム支承の補修部において，新たなクラックはオゾン劣化促進実験終了後まで発生しなかった．

## 6 繰り返し載荷実験

オゾン劣化促進実験前のゴム支承と，オゾン劣化促進実験によりクラックが発生したゴム支承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±84mm を 3 回繰り返し載荷，鉛直方向：圧縮応力 12MPa を 3 回繰り返し載荷) の結果を Fig.6 に示す．オゾン劣化促進実験により表面の被覆ゴムから発生したクラックは新規，補修後共に内側のゴム層に到達していなかったため，ゴム支承供試体の繰り返し荷重—変形曲線は健全状態とほぼ同じであった．

## 7 まとめ

荷重と環境因子(オゾンおよび温度) がゴム支承表面のクラック発生に及ぼす影響を明らかにすると共に，発生したクラックの補修効果を検討するため，一連のオゾン劣化促進実験を実施した．得られた主な知見を以下に示す．

(1) 40℃，オゾン濃度 100pphm の条件下で，新規ゴム支承表面の引張ひずみ領域にクラックの発生，進展を確認した．

(2) 発生したクラックをコーティング補修した補修後ゴム支承の補修部はオゾン劣化促進実験終了後まで新たなクラックの発生はなく，補修による耐オゾン性の向上を確認した．

(3) オゾン劣化促進実験により表面の被覆ゴムから発生したクラックは内側のゴム層に到達していなかったため，新規ゴム支承および補修後ゴム支承共に，剛性，繰り返し荷重—変形曲線は健全状態とほぼ同じであった．

## 参考文献

1) 鵜野禎史，行本：土木学会第 64 回年次学術講演会，VI-385(2009).
2) Shen, W. et al.：第 8 回日本材料学会学術講演会 (東海支部) 講演論文集，pp.9-10 (2014).
3) 杉本ら：土木学会論文集 No. 693，VI-53，pp. 73-86 (2001).

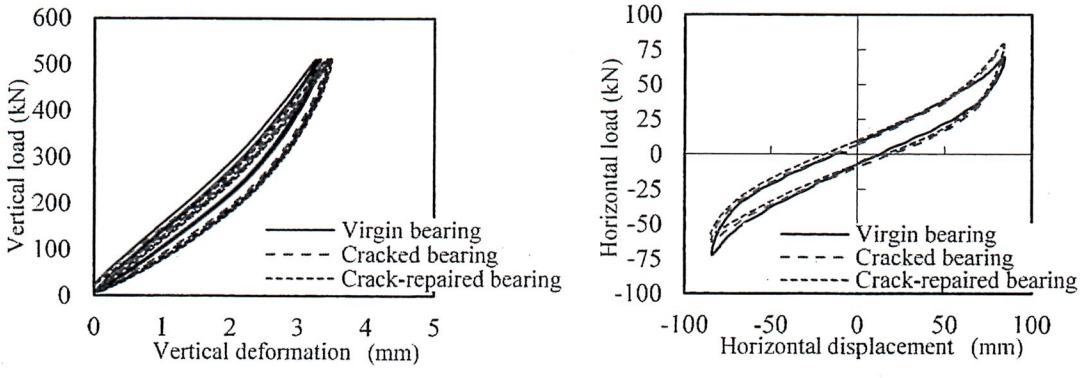



Fig.6 The result of loading test