

短スパン橋梁用薄型ポットベアリングの実橋における耐久性

京橋メンテック(株)	正会員	○山田 不二彦	京阪電気鉄道(株)	大塚祐一郎
レールテック(株)	正会員	松本 健太郎	大鉄工業(株)	正会員 山口 善彰
大鉄工業(株)	正会員	鳥山 正吾	京橋メンテック(株)	正会員 並木 宏徳

1. はじめに

社会資本の老朽化に伴ってメンテナンスの必要性は高まっているが、橋梁において上部工の荷重を下部工に伝達するベアリングは経年劣化が激しくメンテナンスの必要性が高い部材であり、多数の橋梁において取替え工事が実施されている。ポットベアリングは密閉ゴム支承板支承あるいはBPB支承とも呼ばれ、鉛直荷重を伝達する際にシリンダー内に置かれた弾性体に変形して上部工の回転変形に追従する荷重伝達機能を持ち、高度の耐久性を有する形式のベアリングであるが、薄型ポットベアリングは特に補修交換用に開発された形式である。上沓および下沓が従来のような鑄鉄(鋼)製では無く、鋼板を組み合わせた構造であるので設計の自由度が高く、異なる形式のベアリングを用いていた橋桁にも容易に取り付けることができる利点がある。

薄型ポットベアリングでは、シリンダーを上沓下部に穿って弾性体のゴムとピストンの役割をするステンレス製円盤を収容し、円盤が下沓の上に載る構造を有し、円盤と下沓上面に配置した薄いステンレス板との滑り相対変位で橋桁の気温変化に対応する構造で、鋼材とクロロプレンゴムという汎用材料だけを用いて構成されていることもあって、従来のものに比べて経済性も優れた形式である。

実際の橋梁に初めて用いられたのは2000年で、供用後約12年を経て滑り機能をモニターした結果と、最も劣化し易いと考えられたステンレス滑り板を取り出して検査した結果を報告する。

2. 鉄道橋供用下における薄型ポット沓の機能

ベアリングのモニタリング手法として、水平変位を計測することによって滑り機能を推定する方法が著者等によって提案されている¹⁾。ここではその手法を用いて薄型ポットベアリングの滑り機能を調べた。

図1は桁端の水平変位を高精度変位計で計測している模様を示したもので、橋脚を固定端として水平変位を上下二箇所計測する。水平変位計測結果より、桁中央の鉛直変位を計算し、設計値と比較してベアリングの機能をモニターすることができる。

図2は7両編成の電車通過時に観測された水平変位で、桁中央方向変位を正としている。電車荷重が作用すると、上方に設置されたセンサー1は桁中央方向に、下方に設置されたセンサー3は桁端方向に変位し、列車通過後は両方共ほぼ原点に戻っている。桁支間長 $L=13.42\text{m}$ 、桁高 $h=1,356\text{mm}$ 、桁下端からセンサー1までの鉛直距離は 750mm 、センサー3までは 38mm 、などの条件より最大値について桁中央の鉛直たわみを計算すると 2.39mm となった。60t 電車荷重通過時の活荷重によるたわみは設計計算書によると 4.53mm であり、本計測結果から約 31.8t の電車が通過したと推定されるが、この値は従来の計測結果から妥当と考えられ、滑り機能が正常に作動していることが示される。



図1. 桁端の水平変位計測状況

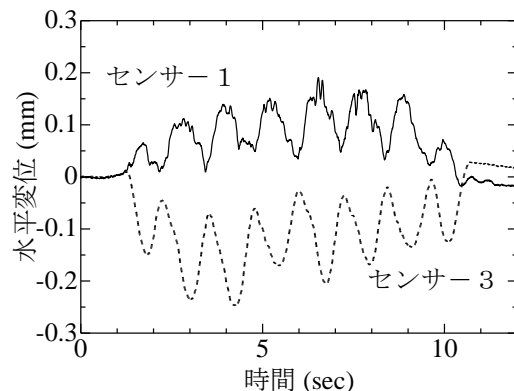


図2. 桁端の列車通過時水平変位

キーワード ポットベアリング、滑り機能、桁端変位、摩耗

連絡先 〒536-0022 大阪市城東区鳴野西2丁目2-21 京橋メンテック(株) TEL06-6961-6173

3. ステンレス滑り板の摩耗状況

薄型ポットベアリングでは上沓内の16mm厚ステンレス製円盤と下沓上面に配置した3mm厚ステンレス板とが水平方向に滑り相対変位する。検査のために取り出した滑り板の表面は図3.に示すように円形の支圧板と接触している部分に茶色に汚染されている領域があり、電車のブレーキ錆等が隙間から侵入したように見える。

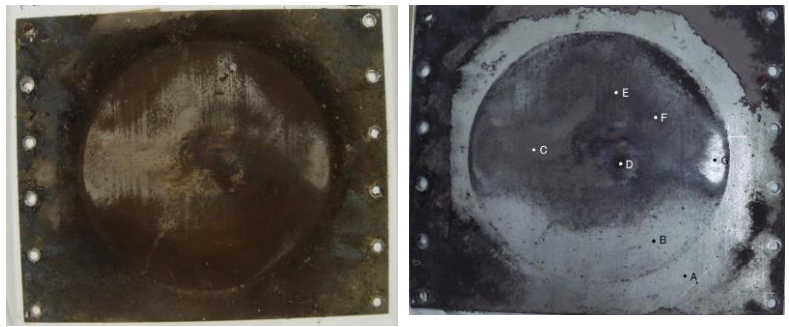


図3. 滑り板の取り出し時および表面清掃後写真

表面の汚れを清掃した後は固着した黒色の錆状の汚れが残る領域があるが、表面は滑らかで摩耗や腐食はほとんど無い。なお滑り板は全体として中央が凸状に変形しており、これは下沓が下部突起の溶接によりひずんだまま供用したため、そのために支圧板との接触が局部的になって錆の侵入が発生したものと推定される。なお現在の仕様では、溶接後下沓上部を機械加工して平面に仕上げている。

4. ステンレス滑り板の耐久性に関する考察

薄型ポットベアリングの滑り板に用いている SUS304 は大気中で殆ど腐食減厚しないが、ピンディスク型摩擦摩耗試験結果では比摩耗量 $K=62 \times 10^{-14} \text{ m}^2/\text{N}$ 程度であったという報告²⁾がある。接触面圧 P は設計計算書より、摺動速度 V は図2より8秒間で延べ約3.5mm滑るとして速度を計算し、摺動時間 T は1列車当たり8secで、一日200列車が12年間として、ホルムの法則に従って滑り板の摩耗量を推定すると以下の通りである。

$$\text{摩耗量 } W(\text{mm}) = K P V T = 62 \times 10^{-14} (\text{m}^2/\text{N}) \times 20.9 (\text{N}/\text{mm}^2) \times 0.44 (\text{mm}/\text{sec}) \times 7 \times 10^6 (\text{sec}) = 33 \text{mm}$$

滑り板の滑り条件が通常のピンディスク型摩擦摩耗試験と大きく異なる点は、接触面圧が高く、滑り速度が小さく、摺動が間欠的で時間間隔が長いという点であろうが、観察された摩耗量が計算値に比して極端に小さいのはそれだけが理由では無いと考えられる。本橋で用いた仕様では上沓の孔径200mm、支圧板の直径198mmであり、周囲に1mmの隙間を設けている。活荷重による桁端水平変位は本橋では最大でも0.5mm程度であり、この隙間の間で変位することが十分可能であり、弾性体のゴムが変形して桁たわみに起因する微小振動を吸収しているのではないかと推定される。

滑り板が微小振動を受けない場合でも、気温変化に対応する桁の伸縮による滑りには対応している筈である。桁の温度変化が毎日20℃あるとして可動端側ベアリングの摩耗量を上と同様にホルムの法則に従って計算する。接触面圧 P は死荷重時の値とし、摺動速度 V は20℃に対応する桁伸縮量3.22mmが一日に動くとし、摺動時間 T は12年間とすると、

$$W(\text{mm}) = 62 \times 10^{-14} (\text{m}^2/\text{N}) \times 3.42 (\text{N}/\text{mm}^2) \times 3.73 \times 2 \times 10^{-5} (\text{mm}/\text{sec}) \times 3.78 \times 10^8 (\text{sec}) = 6.0 \times 10^{-8} (\text{mm})$$

と非常に小さくステンレス滑り板がホルムの法則に従った摩耗を生じても殆ど減厚はない。

5. まとめ

薄型ポットベアリング供用後12年を経て、健全度を調査するために桁端の橋軸方向水平変位を計測してベアリングが固着せず正常に桁変形に追従していることを確認した。

更に最も劣化が激しいと考えられたステンレス滑り板を取り出して摩耗状態を調べた結果、接触面の摩耗は殆ど無いことが明らかとなり、高い耐久性を有することが示された。

今後は摺動形態を分析して、耐久性を保持することが可能な限界条件、特に適用可能な支間距離を確認することが課題であると考えている。

参考文献

- 1) H.Namiki, "Health monitoring via horizontal displacement at the end of steel girders", Bridge Maintenance, Safety, Management, Resilience and sustainability, pp.272, Taylor & Francis Group, 2012
- 2) (有) エス・アイ・テクノ シリコロイ技術研究所, <http://www.silicolloy.co.jp/silicolloyitemap.html>