

ベアリング部材にポリアミド樹脂を用いたコンパクト型支承の検証試験

日本鑄造(株) 正会員 ○ 染谷 優太
(株)川金コアテック 正会員 鵜野 禎史

正会員 原田 孝志
非会員 大塚 美穂

正会員 石山 昌幸
非会員 林 祉青

1. はじめに

筆者らは、PSB (Polyamide Spherical Bearing) 支承を提案している¹⁾。この PSB 支承は、回転機能と水平機能を担う部位(図 1 に示すすべり板と球座すべり板)に、ポリアミド樹脂を用いていることが特徴の一つである。ポリアミド樹脂は、PTFE より機械強度が高く、耐摩耗性、そして耐候性などに優れており、これまでに、その性能や耐久性に関する多くの報告が行われている^{例え ば 2), 3)}。しかし、それらの多くは BP.B 支承の構造によるものである。そこで、提案する PSB 支承構造で実施したすべり性能と圧縮性能の検証試験について述べる。

2. 試験体形状

試験体の形状と外観を図 1、写真 1 に示す。試験体は、鉛直荷重支持部材(φ190 のすべり板、φ210 の球座すべり板)にポリアミド樹脂を用いた実物大の 1,250kN 支承である。すべり板の相手面は BP.B 支承と同様に No.2B 相当に仕上げた冷間圧延ステンレス鋼板(JIS SUS316)とした。

3. 試験の種類と条件

すべり性能は依存性試験と耐久性試験により、圧縮性能は特性試験と耐久性試験で検証した(以降、すべり性能を検証した依存性試験を「面圧速度」、耐久性試験を「摺動耐久」、そして圧縮性能を検証した特性試験を「圧縮特性」、耐久性試験を「圧縮耐久」と記す)。試験条件を表 1 に示す。いずれの試験も試験体を二軸試験機に設置して行った。

すべり性能検証のうち、面圧速度は本構造で採用する許容支承応力度 45MPa の依存性確認を主目的として行った。加振変位は ±100mm、加振波形は正弦波、そして加振繰返し数は定常 11 回とした²⁾。摺動耐久は、橋梁の常時の温度伸縮を想定して、鉛直荷重 45MPa を作用させた状態で 5km の摺動⁴⁾を与えた場合の摩擦係数とすべり板の形状の変化を確認するために行った。摩擦係数は摺動距離 0.4m ごとに、すべり板の形状は 1km の摺動ごとに測定した。また、摺動耐久の前後で特性試験を実施して基本特性を確認した。

圧縮性能検証のうち、圧縮特性は本構造での鉛直荷重と鉛直変位の関係を確認するために実施した。圧縮特性の実施後は、活荷重の変動荷重による圧縮特性および耐久性を確認するため、圧縮応力度範囲を 13.5~45MPa として圧縮耐久を実施した。圧縮応力度範囲は、安全側の評価が得られるように死荷重比率を 30%として設定した。荷重繰返し数は、道路橋支承便覧⁵⁾に規定されているゴム支承の圧縮疲労試験を参考に 200 万回とした。圧縮耐久中の特性を確認するため 50 万回ごとに特性試験を実施し、圧縮たわみ量と試験体高さを測定した。試験体高さ測定時の荷重は 0kN である。

4. 試験結果

面圧速度と特性試験の摩擦係数の算出は、既往の研究²⁾を参考にした。具体的には、各加振回数で得られる水平変位 0mm 時の水平荷重の正側と負側の値をその時の鉛直荷重で除した値の平均とした。

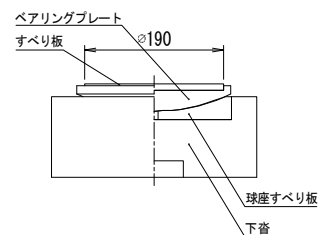


図 1 試験体形状



写真 1 試験体外観

表 1 試験条件

すべり性能		面圧 (MPa)	速度 (mm/s)	変位 (mm)	回数
面圧速度		9	100	±100	11 (漸増漸減 各 1 波)
		27	300		
		45	500		
摺動耐久	特性試験	27	500	±100	11 (漸増漸減 各 1 波)
	疲労試験	45	10	±100	12,500

圧縮性能		面圧 (MPa)	周期 (sec)	回数
圧縮特性		0.5~45 (0 $\sigma_a \sim \sigma_a$)	100	3
		0.5~45 (0 $\sigma_a \sim \sigma_a$)	100	3
圧縮耐久	特性試験	0.5~45 (0 $\sigma_a \sim \sigma_a$)	100	3
	疲労試験	13.5~45 (0.3 $\sigma_a \sim \sigma_a$)	0.5	200 万

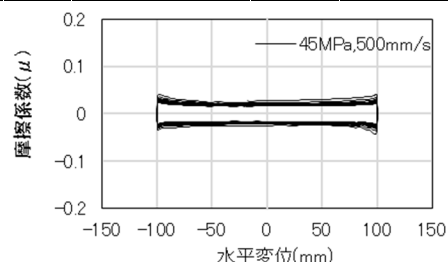


図 2 履歴曲線

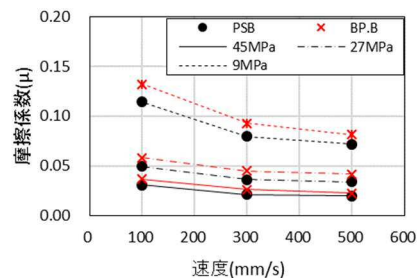


図 3 摩擦係数と面圧速度

キーワード：ポリアミド樹脂、すべり支承、高面圧、すべり性能、圧縮性能

連絡先：〒210-9567 神奈川県川崎市川崎区白石町 2-1 日本鑄造(株) TEL: 044-355-5033 FAX: 044-333-4575

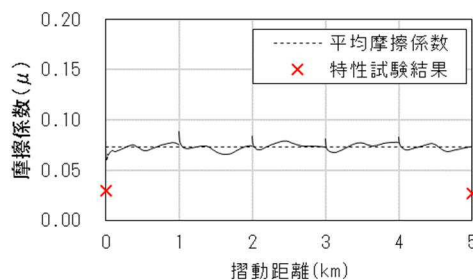


図4 摩擦係数と摺動距離

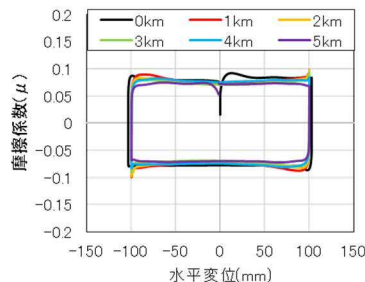


図5 履歴曲線

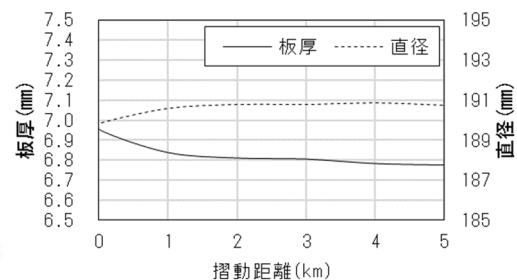


図6 すべり板の形状変化と摺動距離

面圧速度で得られた面圧 45MPa, 最大加振速度 500mm/s の履歴曲線を図 2 に示す. 地震時を想定した加振速度で, 本構造が問題なく対応することを確認した. 図 3 は, 摩擦係数と面圧速度の関係を示している. ここで示す摩擦係数は, 定常加振 2~11 回の平均値である. 図中には, 比較のために BP.B 支承構造で実施した試験結果も示している. 面圧が大きいほど, かつ速度が速いほど摩擦係数は低くなる傾向を示した. この傾向は, BP.B 支承構造でも同様である. 摺動耐久で得られた摩擦係数と摺動距離の関係を図 4 に示す. 摩擦係数は安定しており, その平均は 0.07 程度であった. 摺動距離 1km ごとに摩擦係数が若干上昇しているのは, すべり板の寸法測定のためにすべり面を切り離したことによる影響と考えられる. また, 摺動耐久前後に実施した基本特性で, 得られた摩擦係数に変化は見られない. 図 5 は, 摺動耐久前と摺動距離 1km ごとに実施した基本特性により得られた履歴曲線を示している. 摺動距離を長くしても, 摺動耐久前の履歴曲線と変わらずに安定していることが分かる. 摺動距離とすべり板の形状変化の関係を示したものが図 6 である. 摺動距離 1km 付近までに 0.15mm 程度減少しているものの, その後, 急激な変化は見られない. 摺動耐久後のすべり板の板厚減少は 0.2mm 程度であった. 直径も摺動距離 1km 付近までに 0.1mm 程度の増加が見られたが, その後の変化は見られなかった. このことから, 本構造は十分なすべり機能を有していると考えられる.

圧縮特性により得られた荷重繰返し数 3 回目の圧縮応力度と圧縮たわみ量の関係を図 7 に示す. 図中には, 圧縮特性後に実施した圧縮耐久時の基本特性結果も示している. 45MPa 載荷時の圧縮たわみ量は 0.4~0.45mm 程度, 死荷重比率を 60%と仮定した場合, 死荷重から最大荷重までの圧縮たわみ量は 0.1mm と非常に小さい. 圧縮たわみ量と荷重繰返し回数の関係を図 8 に示す. 試験後の圧縮たわみ量と荷重除荷後の残留変形率の変化はほとんどなく, 繰返しの載荷回数に対して安定した結果が得られた. また, 試験後の試験体の外観に変状は見られず, 健全な状態であることを確認した. このことから, 本構造は十分な鉛直支持機能を有していると考えられる.

5. まとめ

面圧速度では, 地震時を想定した加振速度で安定した摺動性能を示した. 摺動耐久では, 5km の摺動を経験しても摩耗量は約 0.2mm と小さく, 平均摩擦係数は 0.07 程度で 0.1 以下を示した. また, 摺動耐久前後に実施した基本特性で摩擦係数に変化は見られなかった. 圧縮特性では, 死荷重比率を 60%と仮定した場合の死荷重から最大荷重までの圧縮たわみ量が 0.1mm 程度と非常に小さいことを確認した. その後, 荷重繰返し数 200 万回の圧縮耐久を経験しても圧縮性能に変化は見られず, 試験体の外観にも変状は見られなかった. 以上のことから, PSB 支承は, 支承に求められる水平移動機能と鉛直力支持機能を満足すると考える. 今後, 限界圧縮性能と回転機能の検証試験を行う.

6. 参考文献

- 1) 鶴野禎史, 他: ベアリング部材にポリアミド樹脂を用いたコンパクト型支承の提案, 土木学会第 72 回年次学術講演会, 2017.9 (投稿中).
- 2) 土木研究所, 他: すべり系支承を用いた地震力遮断機構を有する橋梁の免震設計法マニュアル (案). 平成 18 年 10 月
- 3) 大廻聡, 他: 長大橋に用いる大型 BP・B 支承のポリアミド樹脂を用いたすべり板の補修 (その 2), 土木学会第 68 回年次学術講演会, VI-445, pp.889~890, 平成 25 年 9 月.
- 4) BS EN1337-2: 2004 Structural bearings – Part 2: Sliding Elements.
- 5) 日本道路協会: 道路橋支承便覧, 平成 16 年 4 月.

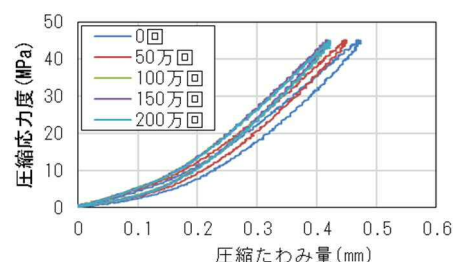


図7 圧縮応力度とたわみ量

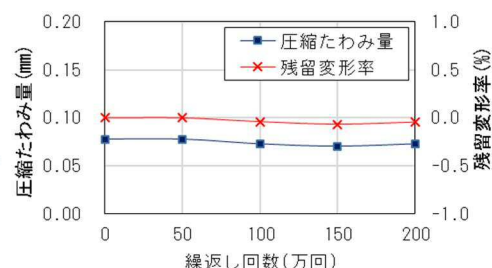


図8 圧縮たわみ量と繰返し回数