低摩擦すべり材の性能確認試験

日本鋳造株式会社　正会員　○石山　昌幸，原田　孝志
同上　　正会員　　山﨑　信宏，朝倉　康信

１．はじめに

一般的に橋梁用すべり支承に用いられるすべり材とその相手面は，四フッ化エチレン樹脂板(以下，PTFE)とステンレス板(以下，SUS)の組合せである．PTFE の摩擦係数は，クーロンの摩擦の法則に示される材料固有値とはならず各種条件に依存するが，これまでの研究開発により，死荷重相当においては 0.1 程度とされている．

近年，既設橋梁の耐震補強などに伴い，上部構造と下部構造とを切り離し，地震時の慣性力を下部構造へ伝達させない機構を求める場合があり，これには，さらに低い摩擦係数を有するすべり材の適用が必要となる．

そこで本研究では，低摩擦すべり材の組合せとして，特殊充填材入りすべり板と PTFE コーティングを施したステンレス板(以下，SUS+PTFE)を開発し，それら組合せによる性能確認試験を行った．

２．性能確認試験

(1)試験体と試験項目

試験体は，特殊充填材入りすべり板と SUS+PTFE とした(**写真 1** 参照)．特殊充填材入りすべり板の形状は，反力 1500kN 相当の実大モデルであるφ260mm×厚さ 4mm の LF260 試験体，φ90mm×厚さ 4mm の LF90 試験体，そして厚さ 7mm の平板形状を有する LFt7 試験体の３種類とした．これら試験体により実施した試験項目および条件を**表 1** に示す．

(2)面圧／速度依存性試験

PTFE と SUS を組合せた場合の摩擦特性は，その試験結果などから荷重条件ならびに加振条件に依存した傾向を示すことがすでに報告されている[1)など]．そこで，LF260 試験体を用いて**表 1** に示す試験条件により特殊充填材入りすべり板の面圧および速度依存性を確認した．試験は二軸試験機により実施し，試験機の関係上，**表 1** に示す加振回数にスロースタートおよびスローストップを追加した．試験状況を**写真 2** に示す．なお，加振波形は正弦波である．摩擦係数の算出には，得られた履歴曲線の Y 切片絶対値を適用した．ただし，スロースタートおよびスローストップならびに繰り返し載荷を加える中から初回の履歴曲線の部分は，静摩擦や試験機等の影響を含みやすいため特性値算出から除き，2～10 波の平均を摩擦係数としている．

面圧依存性の試験結果を**図 1** に示す．摩擦係数は面圧を大きくするにつれて低下しており，面圧 20N/mm^2 時では，いずれの加振速度においても 0.05 以下となった．摩擦係数の傾向は，PTFE と SUS の組合せと同様であった．

図 2 に速度依存性の試験結果を示す．試験は，二軸試験機の最大能力である 120kine まで加振した．摩擦係数は，

表 1　試験項目

試験項目	試験体名称	面圧 (N/mm^2)	加振速度 (kine)	加振変位 (mm)	加振回数 (回)
面圧依存性試験	LF260	5,10,20,30	10,40,120	±100	10
速度依存性試験	LF260	20,30	0.4,1,10,40,80.120	±100	10
静的耐久性試験	LF90	30	1	±15	36500
動的耐久性試験	LF90	20	20	±50	100
促進耐候性試験	LFt7	34.3	4.17	-	-
恒温恒湿試験	LF90	20	20	±50	10

(a)　すべり材

(b)　SUS+PTFE

写真 1　試験体

写真 2　試験状況

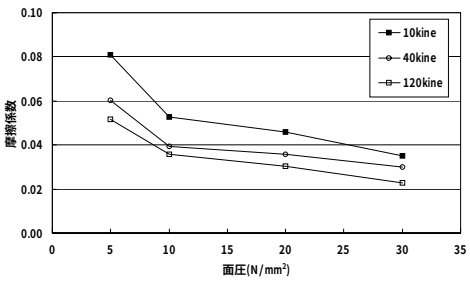

図 1　面圧依存性

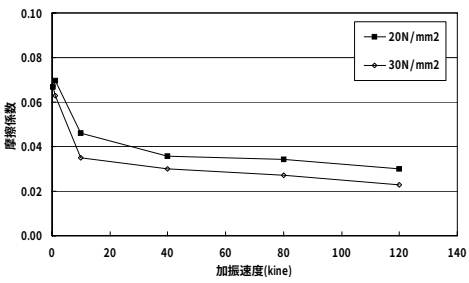

図 2　速度依存性

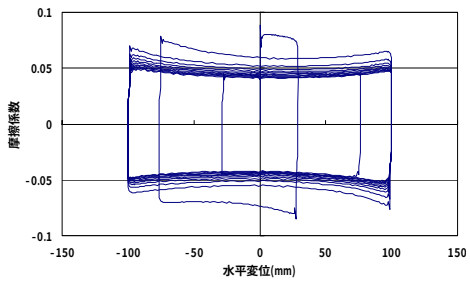

図 3　履歴曲線
(面圧 20N/mm^2,10kine)

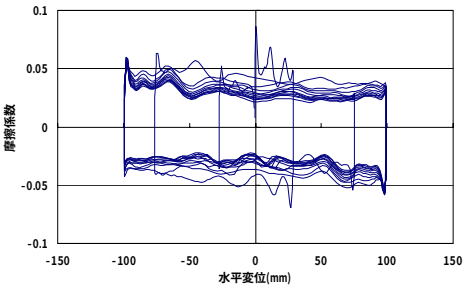

図 4　履歴曲線
(面圧 20N/mm^2,120kine)

キーワード：すべり支承　低摩擦すべり材　摩擦係数　地震力遮断機構
連絡先：〒210-9567 神奈川県川崎市川崎区白石町 2-1 日本鋳造株式会社 TEL:044-355-5033 FAX:044-333-4575

面圧 20N/mm² の時で 0.03～0.07 程度となっており，加振速度を速めるにつれ低下する傾向を示した．これは，PTFE と SUS の組合による傾向と異なるものである．**図 3** に面圧 20N/mm²，加振速度 10kine の履歴曲線を示す．加振変位が大きくなるにつれ，すなわち，加振速度が遅くなるにつれ摩擦係数の大きくなる“鼓型履歴曲線”となった．一方，**図 4** に示す面圧 20N/mm²，加振速度 120kine の履歴曲線は，若干波打ちが見られるものの，矩形に近い形となった．これは，速度依存性の変化率が，低速域と高速域において異なるためと考えられる．

(3)静的／動的耐久性試験

すべり材の中には，繰り返し変位を受けると，その途中で摩擦係数の変化するものがある．そこで，二軸試験機により，LF90 試験体を用いて，静的ならびに動的な耐久性試験を実施し，その変化を確認した．なお，摩擦係数の算出には，得られた履歴曲線の Y 切片絶対値を適用した．

静的耐久性試験条件は，面圧 30N/mm²，三角波による加振速度 1kine，振幅±15mm，加振回数 36500 回である．試験結果を**図 5** に示す．試験の途中で試験機を止めているため，再スタート後の摩擦係数に立ち上がりが見られるが，その値は 0.05 以下であり，0.04 程度に収束した．

動的耐久性試験は，面圧 20N/mm²，正弦波加振速度 20kine，振幅±50mm，加振回数 100 回の試験条件により実施した．**図 6** に試験結果を示す．初回の摩擦係数は 0.06 程度であるが，その後，加振回数ごとに摩擦係数は減少し，0.025 程度に収束した．

以上より，静的および動的耐久性は十分に有していると考えられる．

(4)促進耐候性試験／恒温恒湿試験

耐候性評価のために行った試験項目および条件を**表 2** に示す．促進耐候性試験は，水分と温度に加え紫外線による摩擦係数の変化を確認，恒温恒湿試験は，水分と温度の影響を確認した．

促進耐候性試験は，LFt7 試験体を用いて，サンシャイン・カーボン・ウェザーメーターにより行った．LFt7 試験体は，特殊充填材入りすべり板を平面形状とし，その厚みを 7mm としている．400 時間ごとに実施した特性試験は，相手摺動材として SUS+PTFE（外径φ10mm×内径φ6.85mm）を使用し，特殊充填材入りすべり板を回転させて行った（**図 7** 参照）．摩擦係数は，その時の摩擦反力を鉛直荷重で除すことにより得ている．**図 8** に摩擦係数と促進時間の関係を示しているが，摩擦係数は 0.04～0.05 程度で安定しており，変化は小さかった．

恒温恒湿試験は，LF90 試験体を用いて，恒温恒湿槽により行った．二軸試験機による特性試験の摩擦係数算出には，得られた履歴曲線の Y 切片絶対値を適用した．**図 9** に摩擦係数と促進時間の関係を示す．2000 時間に至まで計 7 回の摩擦係数を測定しており，その平均は 0.04 程度となった．

よって，今条件における耐候性の影響はほぼないと考えられる．

３．まとめ

地震力遮断機構への適用として，特殊充填材入りすべり板と SUS+PTFE との組合せを開発し，低摩擦すべり材としての性能確認試験を行った．その結果，面圧を高くするほど，加振速度を速くするほど，摩擦係数は減少する傾向を示した．また，耐久性を十分に有しており，耐候性による摩擦係数の影響も小さかった．

以上から，特殊充填材入りすべり板と SUS+PTFE の組合せは，低摩擦すべり材としての性能を満足しているものと考える．

参考文献

1) 阪神高速道路公団，日本支承協会：約 15 年を経過した既設支承の PTFE・SUS 間すべり基本特性，土木学会第 60 回年次学術講演会，平成 17 年 9 月

表 2　耐候性試験条件

試験名	試験機	条件	
促進耐候性試験 (JIS D 0205)	サンシャイン･カーボン･ウェザーメーター	温度83°C 湿度50%	1200時間(摩擦試験)
恒温恒湿試験	恒温恒湿槽	温度65°C，湿度95%，2000時間	

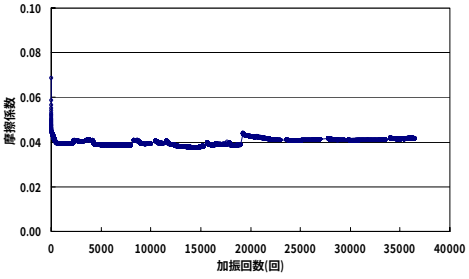

図 5　静的耐久性試験
(面圧 30N/㎟,1kine)

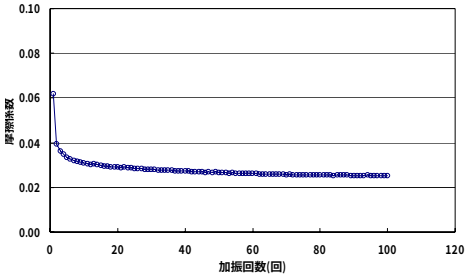

図 6　動的耐久性試験
(面圧 20N/㎟,20kine)

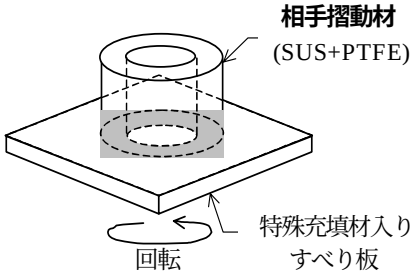

図 7　促進耐候性試験体

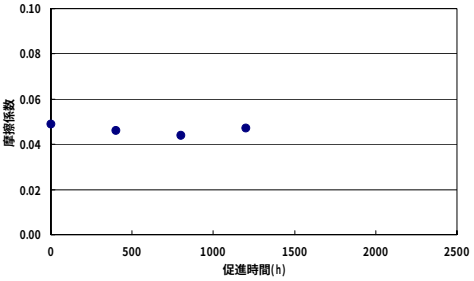

図 8　促進耐候性試験
(摩擦係数と促進時間の関係)

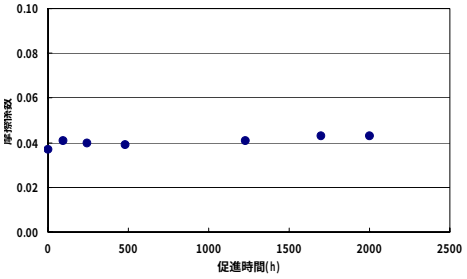

図 9　恒温恒湿試験
(摩擦係数と促進時間の関係)