ＢＰ支承のすべり性能耐久性に関する実験的検討

（株）川金コアテック　正会員　○姫野岳彦・宮原幸春
西日本高速道路（株）九州支社　今村壮宏・山下恭敬，九州大学大学院　貝沼重信
西日本高速道路エンジニアリング九州（株）　松田哲夫・坂田裕彦
（株）ワイ・シー・イー　岩崎雅紀，オイレス工業（株）　五十嵐隆之

１．はじめに

近年，長期供用に伴う支承部の機能低下に起因し，桁端回りの疲労損傷の報告事例が多く見られる．ここで，採用実績の多い BP.B 支承（図-1）に着目すると，1960 年代に日本国内に導入され，以降，適用実績をふまえながら，一部改良が加えられているものの，すべり材本体は，昭和 48 年の道路橋支承便覧 [1]に規定された充填材入り PTFE が現在でもそのまま採用されている．一方，この支承タイプは，Pot Bearing として，ヨーロッパで開発されたものであり，EU コード [2]には日本基準よりも細かな性能要求が規定されているが，これまでに，このような性能試験結果は国内では公表されていない．このような現状を鑑み，本稿では，EU コードを準用したすべり耐久性試験を実施し，各種すべり材に対する摩擦特性の比較検証結果について報告する．

２．試験方法

本研究では，橋梁用支承部において，すべり挙動が生じる現象のうち，活荷重たわみによる累積すべり距離に着目した．既往の研究では，温度変化による移動量に着目し，例えば，伸縮桁長 60m で温度変化範囲±20℃として，100 年相当の累積距離を算出して，約 1km 程度までの実験報告 [3]がなされている．しかしながら，実橋における活荷重たわみを計測すると，大型車 1 台でのすべり移動量は 0.06mm などと微少であるものの，重交通路線において日交通量を 2000 台／車線とすると，100 年相当で約 4.4km にも及ぶ計算になる．EU コードでは，すべり材への要求性能として，5km または 10km の 2 つのグレードのすべり耐久性試験が規定されており，これまで日本国内で実施されてきた耐久性試験よりも過酷な条件となっている．速度条件なども規定があり，極めて低速な 0.4～2mm/sec と設定されている．このような試験は，非常に長い時間を要し，通常，支承の性能評価に用いている 2 軸載荷装置での実験は現実的ではない．そこで，本研究では，図-2 に示すような「すべり耐久性試験装置」を考案した．これは，一般の縦型の疲労試験装置に合計 6 面のすべり面を設けた治具を設置し，油圧ジャッキにて軸力を導入した状態ですべり摩擦を与える構成としている．このとき，摩擦面

図-1　BP. B 支承構造図

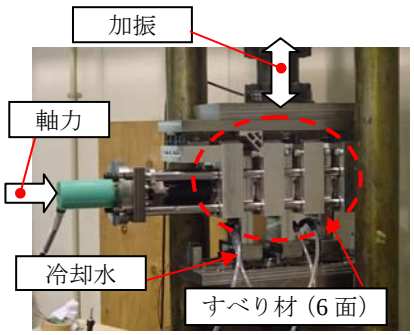

図-2　すべり耐久性試験装置

表-1　試験条件

項目	本実験	EUコード
載荷荷重	132kN（供試体サイズ，面圧から決定）	
面圧	30MPa	0.33fk=30MPa
供試体サイズ	すべり材直径　φ75	すべり材直径　φ75
加振方法	8mm×32万回	10mm×1100回×2，8mm×62500回×2のシリーズを繰り返す
累積摺動距離	4.4km以上（5kmを目標）	5km or 10km
周波数・速度	0.3Hz：正弦波 平均速度2mm/sec	一定速度：0.4mm/sec，変動速度（正弦波）平均2mm/sec
温度	室温	-35℃～+35℃

試験開始前　　3. 4km 摺動後

図-3　すべり材の試験前後の状態（R-PTFE）

表-2　実験供試体諸元

Case名	材料・仕様	備考
R-PTFE	充填材入りPTFE	支承便覧仕様
R-PTFE+G	充填材入りPTFE＋ディンプル＋グリース	支承便覧仕様＋グリース
P-PTFE+G	純PTFE＋ディンプル＋グリース	EUコード仕様
AFRP+SL	繊維強化熱硬化樹脂＋固体潤滑材	新材料
Poly+G	ポリアミド＋ディンプル＋グリース	新材料（＋グリース）
Poly	ポリアミド＋ディンプル	新材料（＋ディンプルのみ）

キーワード　すべり摩擦，BP.B 支承，耐久性，EU コード
連絡先　〒307-0017　茨城県結城市若宮 8-43　（株）川金コアテック　技術研究所デバイスＧ　TEL 0296-21-2202

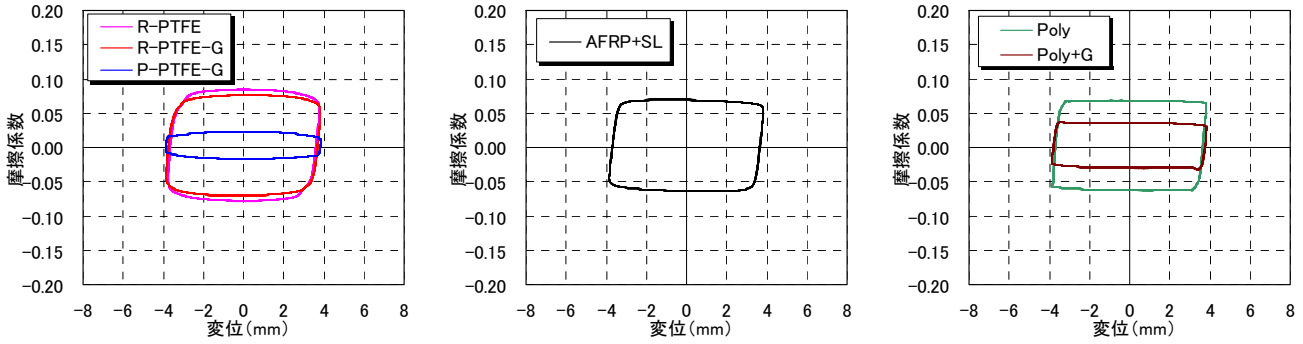

図-4　摩擦特性（2.5km 到達時の荷重-変位関係）

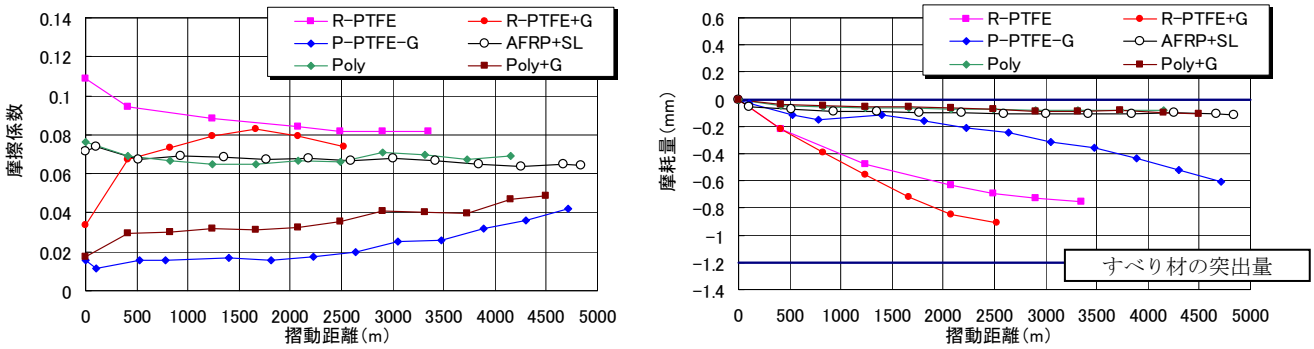

図-5　最大摩擦係数と平均摩耗量

の温度上昇を避けるために，治具の内部に冷却水を循環させる構造を採用して常時冷却を行い，実験の際には，外気温+10℃程度を目安にモニタリングしながら載荷を実施した．**表-1** に EU コードと今回の試験条件の対比を示す．今回，耐久性試験用に試験装置を構築したが，後述する試験体数を実施するための時間的な制約から，完全には EU コードには準拠できていない点に留意が必要である．

３．実験供試体の選定

本試験に用いたすべり材の諸元を**表-2** に示す．充填材入り PTFE は，現在，日本国内で多く採用されている仕様であり，PTFE にガラス繊維などの補強材が充填されている．純 PTFE はヨーロッパの標準仕様であり，補強材を含有せず，表面のディンプル加工（くぼみ）部にグリースを充填させたすべり材である．これに加えて，近年，新しく提案されている材料として，繊維強化熱硬化樹脂材のすべり面に PTFE 系固体潤滑材を埋め込んだ仕様の AFRP+SL，および硬度の高いポリアミド樹脂にワックスを含浸させた仕様の Poly と Poly-G を試験対象とした．

４．実験結果

本実験の結果を**図-3～5** にそれぞれ示す．なお，摩擦係数と摩耗量は，すべり材 6 枚の平均値で示している．

充填材入り PTFE（R-PTFE）では，2.5km 到達付近までに摩耗量が非常に多く発生したため，実験を中止した．このような過度な摩耗（**図-3**）は，これまでに得られている知見 [3)]と比べても特異な点が見られるため，この原因については，継続して検討を加えているところである．次に，同一試験条件下での各すべり材の特性を比較すると，摩擦係数（**図-4**）については，純 PTFE（P-PTFE-G）が全累積すべり距離の間で，もっとも低い値を示している．一方で，充填材入り PTFE（R-PTFE）は総じて比較的大きな抵抗値を示しており，すべり距離によって摩擦係数が変化していく傾向が見られる．それに比べて，繊維強化すべり材（AFRP+SL）やポリアミド（Poly）は非常に安定した挙動を示している．また，摩耗量（**図-5**）については，充填材入り PTFE でもっとも多く，これは摩擦抵抗値が大きいために材料の損傷も早いものと考えられる．一方で，硬度の高い AFRP+SL や Poly などは摩耗量が非常に少ない特徴がある．P-PTFE-G は摩耗量の増加が見られるものの，100 年後に相当する約 5km の摺動に対しても，すべり材の突出量 1.2mm に比べて板厚の減少は小さいことが分かる．このように，摩擦係数と摩耗量の相関性の確認は非常に重要であり，支承性能を長期に渡り期待するには，適切な材料の選定が必要であると考えられる．

５．まとめ

可動支承条件には工場出荷時の摩擦特性をベースにした性能を考慮していることが多いが，近年では，解析技術が進歩し，支承の構成式を取り込める環境が整っている．したがって，本研究のように，国内のみの実績・基準にとらわれることなく，広い視点での支承部性能の評価・提案が必要となっている．BP.B 支承による摩擦力は地震力の慣性エネルギーの低減に寄与できることから，本稿が今後の研究の一助になれば幸いである．

参考文献　1) 日本道路協会：道路橋支承便覧，1973，2) BS EN1337-2:2004，Structural bearings – Part 2:Sliding Elements，3)鵜野ら：密閉ゴム支承板支承の耐久性に関する研究（１），土木学会第 59 回年次学術講演会，I-513，平成 16 年 9 月