

## 高耐久性シングルタイプ球面すべり支承の開発

日鉄エンジニアリング(株) 正会員 ○山崎 伸介  
同 野呂 直以  
同 田村 康行

### 1. 目的

アメリカなどの海外の橋梁で多くの実績がある球面すべり支承<sup>1)</sup>について、高耐久性シングルタイプ球面すべり支承を新たに開発した。本報では、支承の耐久性試験、基本性能試験の結果を報告する。

### 2. シングルタイプ球面すべり支承の概要

本開発では、すべり面が1面のシングルタイプ<sup>2)</sup>の球面すべり支承を検討した。コンケイブと呼ぶ凹面部材を上面（桁側）に設置することで、雨水や塵埃の滞留を防ぎやすく、維持管理が容易となる。摩擦材は、耐海水性、耐摩擦性の向上が期待できる摩擦材を新たに開発した。

### 3. 試験項目

摩擦材の耐久性や支承の基本性能を把握するために、以下の試験を実施した。

#### 1) 複合サイクル試験

摩擦材の大気曝露環境下での耐久性を把握するために複合サイクル試験を実施した。試験は JISK56007-9 第9節サイクル腐食試験方法・塩水噴霧／乾燥／湿潤 付属書1 サイクルD を参照し表-1 に記載の条件とした。本条件は、通常大気曝露環境で15～30年に相当する。複合サイクル試験前後に静的摺動試験を実施し支承の基本性能の変化の有無を確認した。

#### 2) 耐摩耗試験（長摺動耐久性試験）

温度変化等による支承部の繰り返し摺動に対する耐摩耗性を確認するために、累積摺動距離8kmの静的繰り返し摺動試験を行い、摺動距離1kmごとに摩擦材摩耗状況、摩擦係数の変化を確認した。

#### 3) 温度依存性試験（低温環境性能試験）

摩擦材の温度依存性、低温環境における摩擦材の耐久性を確認するために、約マイナス30度の環境を模擬し、静的載荷、動的載荷繰り返し試験を行い、同時に摩擦係数の温度依存性も確認した。なお、低温環境は液体窒素を断熱材で囲った試験体に流し込むことで再現した。

#### 4) 速度、面圧依存性試験（動的、高面圧下摺動試験）

一般的に摩擦材は温度のほか、速度、面圧に対する依存性<sup>3)</sup>がある。これらの依存性を確認するために、速度、面圧依存試験について実施した。なお、上述1)、2)試験は試験機の制約により、試験体はスライダ径130mmの小サイズ平面シングルスライダーとし、3)、4)試験はスライダ径200mm、コンケイブ曲率半径4500mmの実物大シングル球面すべり支承とした（図-1 a), b)）。

### 4. 実験結果

#### 1) 複合サイクル試験

複合サイクル試験後の試験体状況を写真-1に示す。試験前後の変位-摩擦係数履歴結果を図-2に示す。試験終了後は、スライダー表面に塩化カルシウムが白く付着していたが、摩擦材面は発錆も無くきれいであった。また、複合サイクル試験前後において、摩擦係数の履歴特性に大きな変化が無いことを確認した。

#### 2) 耐摩耗試験（長摺動耐久性試験）

耐摩耗試験前後の摩擦材表面を写真-2 a), b)に、累積摺動距離7kmから8kmにおける摩擦係数測定結果を

---

キーワード 球面すべり支承、複合サイクル試験、長摺動試験、低温環境、速度、面圧依存性  
連絡先 〒141-8604 東京都品川区大崎1丁目5番1号 日鉄エンジニアリング(株)

図-3 に、変位-荷重履歴曲線を図-4 に示す。写真-2 a), b)に示すように、摩擦材表面は、試験後に摩擦材内の成分が染み出して黒色化しているが、表面は平滑で一様であり、大きな摩耗や損傷は見られなかった。また、図-3, 4 に示すように、摩擦係数は安定して推移しており、履歴曲線も大きな変化は発生していない。

### 3) 温度依存性試験（低温環境下性能試験）

試験は約マイナス 30 度まで実施したが、摩擦材外観上の変化は見られなかった。図-5, 6 には載荷速度 100mm/sec（動的）および 10mm/sec（静的）時の繰り返し摺動載荷時の 20 度を基準とした摩擦係数の温度変化率を示すが、動的載荷時は温度依存性は確認できず、静的載荷時は図-6 に示すように確認できた。

### 4) 速度、面圧依存性試験（動的、高面圧下摺動試験）

図-7 に実験結果から得た面圧 40MPa 基準とした時の摩擦係数の面圧依存式を、図-8 に面圧 30MPa, 60MPa および線形補間した面圧 40MPa の速度依存式を示す。なお、面圧 60MPa, 速度 100mm/sec, 振幅±200mm 時の摩擦係数は  $\mu = 0.029$  (標準偏差 0.004) となった。

## 5. まとめ

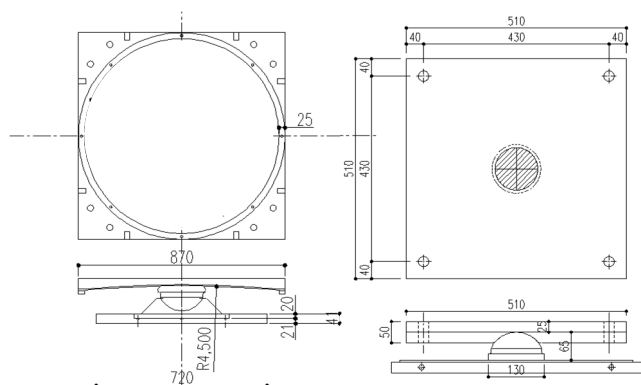
新たに開発した高耐久性シングルタイプ球面すべり支承について、耐久性試験、基本性能試験を実施することと有用な知見を得た。なお、別途、摩擦材については耐オゾン試験も実施し問題ないことを確認している。

## 参考文献

- 1) Ian Backle, et al. Seismic Isolation of Highway Bridge, MCEER-06-SP07
- 2) 大藪宏文ら、シングル球面すべり支承で支持された橋梁の活荷重時挙動に関する研究、構造工学論文集 Vo.66A, 2020 年 3 月
- 3) 高橋良和他、支承部における摩擦特性のモデル化とその評価式に関する検討、応用力学論文集、2005 年 8 月

表-1 複合サイクル試験条件（計 120cyc.(30 日)実施）

| Step | 時間(h) | 温度 (°C) | 条件         |
|------|-------|---------|------------|
| 1    | 0.5   | 35±2    | 塩水噴霧       |
| 2    | 1.5   | 30±2    | 湿潤 95%RH   |
| 3    | 2     | 50±2    | 熱風乾燥 25%RH |
| 4    | 2     | 30±2    | 温風乾燥 25%RH |



a) 実物大シングル試験体 b) 平面シングル試験体  
図-1 試験体概要



写真-1 複合サイクル試験後試験体

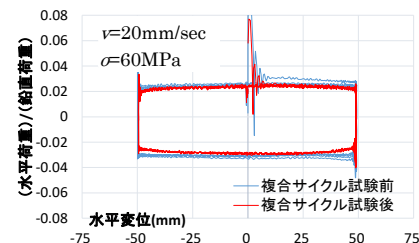


図-2 変位-摩擦係数履歴曲線



a) 試験前



b) 試験後

写真-2 耐摩耗試験前後摩擦材

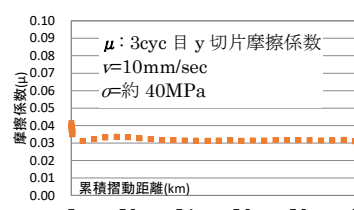


図-3 摩擦係数測定結果(7~8km)

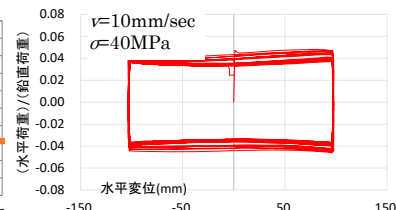


図-4 変位-摩擦係数履歴曲線

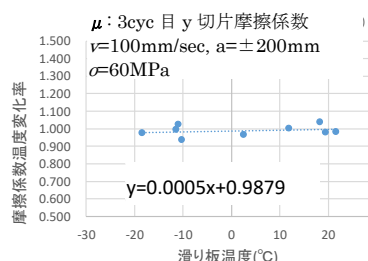


図-5 温度依存結果(100mm/sec)

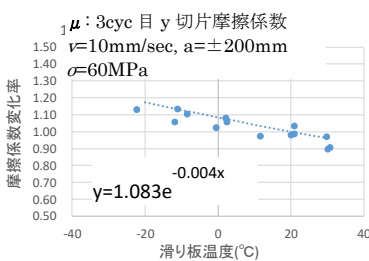


図-6 摩擦係数の温度依存結果

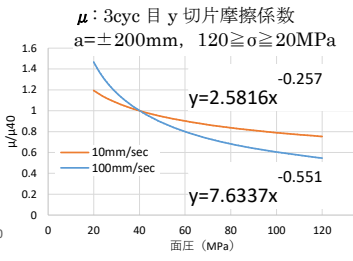


図-7 摩擦係数の面圧依存結果

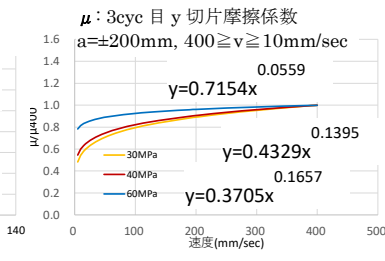


図-8 摩擦係数の速度依存結果