

すべり型免震支承の摩擦特性実験

国土交通省横浜港湾空港技術調査事務所 正員 正岡 孝, 押田 和雄
財団法人沿岸開発技術研究センター 正員○祐保 芳樹
セントラルコンサルタント株式会社 正員 糸井 誠

1. はじめに

東京都品川区城南島から中央防波堤外側埋立地を經由して江東区若洲に至る東京港臨海道路は、現在、城南島から中央防波堤外側埋立地までの第一期区間が完了し、中央防波堤外側埋立地から若洲に至る第二期区間を計画画中である。本橋はこの道路が横断する東京港第3航路上に計画された橋長 760m（支間長 160m+440m+160m）の鋼3径間連続トラス橋である。

本橋の計画では、地震力を低減するために中間支点部の支承にすべり型免震支承を用いる計画とした。すべり型免震支承は、テフロン板（PTFE板）とステンレス板の間のすべり摩擦による減衰効果を期待した構造である。

すべり型免震支承の解析では、図-1に示すような完全弾塑性型の支承バネモデルが用いられるが、このバネモデルでは、すべりが始まる時の水平荷重を鉛直反力の変化と無関係な値としており、図-2に示すような鉛直反力の変動が大きくなる本橋では、摩擦力の変化を考慮できず、十分な解析精度が確保できない可能性がある。また、テフロン板の摩擦係数は、面圧や載荷速度によって変化することが知られているが、設計に用いる数式や定数は確立されたものがない。本検討では、16個の供試体を対象に面圧や載荷速度を変化させた合計1024回の正弦波載荷試験を実施し、すべり型免震支承の面圧や速度依存性等の摩擦特性を把握した。

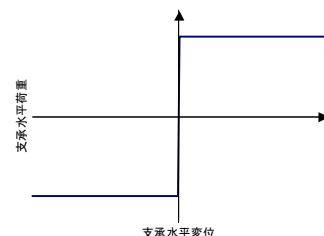


図-1 支承バネモデル

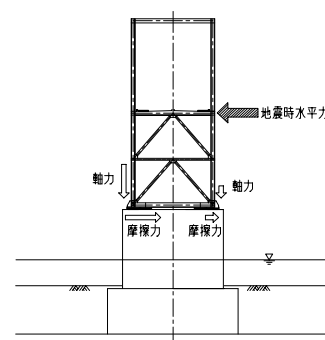


図-2 死荷重反力の変動

2. 試験概要

1) 供試体

供試体には、試験機の載荷能力から、許容鉛直反力1750kNの荷重支持板を用いた。テフロン（PTFE）材料は、摩擦係数0.15、および、0.10相当の2種類の製品を対象とした。図-3に支承の概要図を示す。

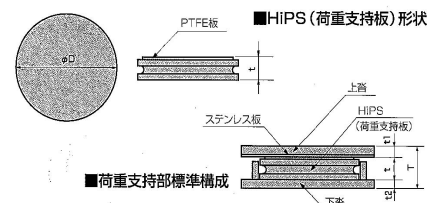


図-3 すべり型免震支承

2) 正弦波載荷試験装置

正弦波載荷試験装置は、図-4に示すように、鉛直方向に最大加力3000kNの静的油圧ジャッキ、水平（せん断）方向に最大加力400kN、最大加振速度80kine（800mm/s）のサーボジャッキを取り付けた構造となっている。

3) 載荷試験ケース

面圧載荷ケースは、5 N/mm²から40 N/mm²までの間で8種類、速度載荷ケースは、0.5kineから試験機の最大能力である80kineまでの間で8種類を設定し、合計64ケースの載荷試験を実施した。

4) 摩擦係数の測定

加振回数は、伊津野らが実施した載荷試験¹⁾を参考に4振幅とし、摩擦係数の測定は、図-5に示す○印の位置で行なった。各試験の摩擦係数は、他と比べ大きな値を示す1振幅目（1、2回目）の測定結果を省略し、2～4振幅（3～8回目）の測定結果の平均値を採用した。

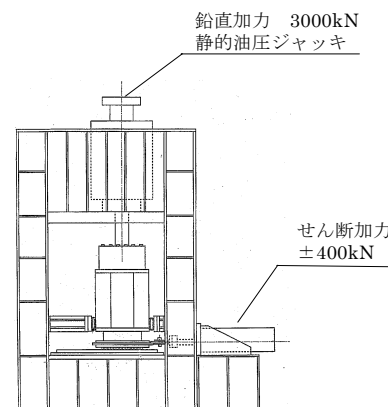


図-4 正弦波載荷試験装置

キーワード 免震支承, 摩擦係数, 二軸載荷

連絡先: 〒231-0003 横浜市中区北仲通5丁目57番地 国土交通省横浜港湾空港技術調査事務所設計室 TEL 045-211-7450

3. 試験結果と考察

荷重試験の結果は、図-6～9に示す通りである。

図-6, 7は、すべり支承の速度依存性を示すものである。過去の研究成果同様に、速度の増加とともに摩擦係数が指数関数的に大きくなり、やがて一定値に漸近する傾向が確認できる。ただし、80kineまで荷重速度が増加するとやや摩擦係数が低下した。

図-8, 9は、面圧依存性を示すものである。やはり過去の研究成果同様に、面圧の増加とともに摩擦係数が指数関数的に減少する傾向が確認された。

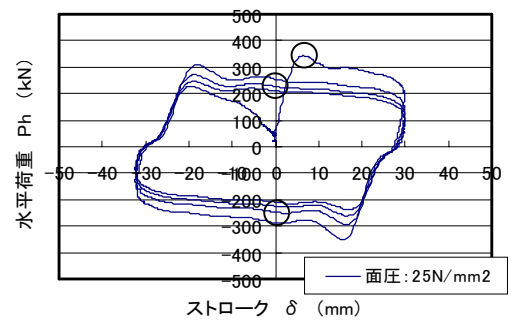


図-5 荷重-変位履歴曲

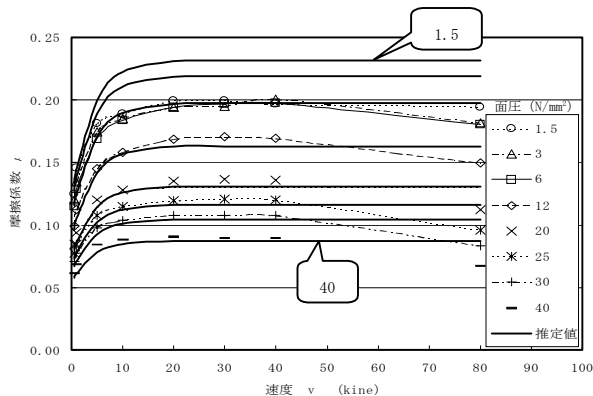


図-6 速度依存性 (供試体A)

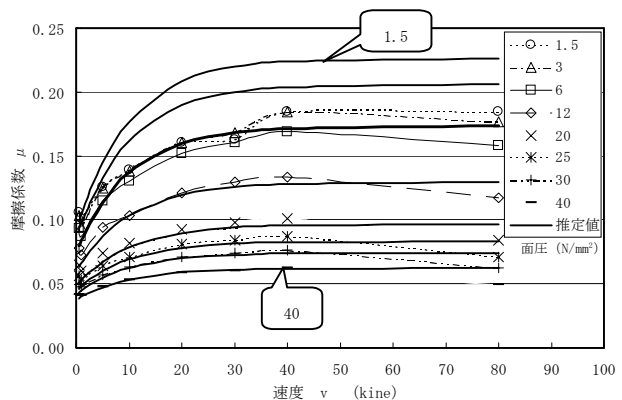


図-7 速度依存性 (供試体B)

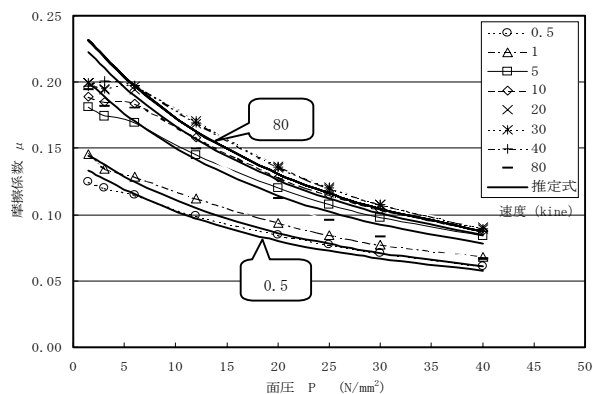


図-8 面圧依存性 (供試体A)

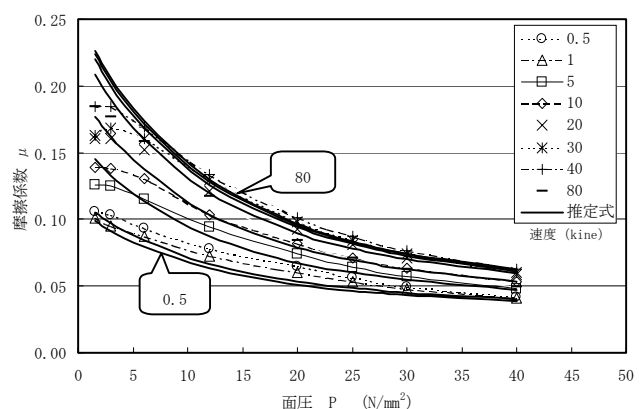


図-9 面圧依存性 (供試体B)

4. 支承バネモデルの設定

荷重試験の結果より、すべり型免震支承は、速度、面圧依存性ともに指数関数的な変化を示しており、面圧、速度項ともに自然対数を用いた式-1を用いてモデル化した。

$$\text{摩擦係数: } \mu(P, V) = [s' \{ \beta - \exp(-nV) \} \{ 1 - \exp(-kP) \} / P + \alpha] \quad (\text{式-1})$$

ここに、Fは摩擦力(kN), Aは接触面積(cm²), Vはすべり速度(cm/s), Pは面圧(kN/cm²),

μ は摩擦係数, s' , n , k , α , β は材料パラメーターである。

図-6～9には式-1を用いたフィッティングの結果を併記したが、低面圧部で試験結果とややズレるが、主な面圧である12～20kN/mm²の範囲では試験結果に比較的よく近似させることができた。

5. おわりに

本検討においては、東京工業大学 日下部治教授、および独立行政法人土木研究所 運上上席研究員をはじめとする東京港臨海大橋（仮称）構造検討調査 耐震・基礎工構造検討分科会の委員の方々にご審議、ご指導をいただきました。ここに謝意を表します。

i 「橋梁の機能分離型免震すべり支承に関する実験的研究」第10回日本地震工学シンポジウム論文集, 1998.11, 伊津野和行, 袴田文雄, 佐藤大輔, 中村一平