T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	高摩擦弾性すべり支承の耐風領域における摩擦特性の検討 その 1 弾性すべり支承実験を用いた滑動時の摩擦係数とすべり出し時の摩擦係数の比較
Title(English)	Friction Characteristics of High Friction Elastic Sliding Bearings in Wind Resistant Regions Part1. Comparison of friction coefficients during sliding and sliding out using elastic sliding bearing experiments
著者(和文)	二村夏樹, 佐藤大樹, Alex Shegay, 牧平康也, 三須基規, 稲井慎介, 桑素彦, 川又哲也, 石田琢志, 得能将紀, 丸尾純也
Authors(English)	Natsuki Futamura, Daiki Sato, Alex Shegay, Koya Makihira, Motoki Misu, Shinsuke Inai, Motohiko Kuwa, Tetsuya Kawamata, Takushi Ishida, Masaki Tokunou, Junya Maruo
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 433-434
Citation(English)	, , , pp. 433-434
発行日 / Pub. date	2023, 9
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

日本建築学会大会学術講演梗概集
（近畿） 2023 年 9 月

高摩擦弾性すべり支承の耐風領域における摩擦特性の検討
その 1　弾性すべり支承実験を用いた滑動時の摩擦係数とすべり出し時の摩擦係数の比較

正会員　○二村夏樹*3　同　佐藤大樹*1
同　Alex Shegay*1　同　牧平康也*1
同　三須基規*2　同　稲井慎介*3
同　桑素彦*3　同　川又哲也*3
同　石田琢志*3　同　得能将紀*3
同　丸尾純也*3

耐風設計　高摩擦弾性すべり支承　速度依存性

1　はじめに

高摩擦弾性すべり支承のすべり材には PTFE 材がよく用いられる。PTFE 材は地震応答のように比較的高速度の領域では安定した摩擦係数となる一方で，低速度の領域では速度依存性を有することが知られている [1),2)]。免震建物における風応答は低速度が支配的となるため，弾性すべり支承の低速度領域における速度依存性を適切に評価する必要がある。そこで，本報では弾性すべり支承の動的加振実験により，摩擦係数の速度依存性について検討する。本報その 1 では滑動時の摩擦係数およびすべり出し時の摩擦係数における速度依存性を確認する。

2　変位制御実験概要

弾性すべり支承に対する加振実験（以下，弾性すべり支承実験）およびすべり材に対する加振実験（以下，すべり材実験）の 2 種類を実施した。また，どちらも変位を制御して実験を行った。なお，本報その 1 では弾性すべり支承実験の結果を，その 2 ではすべり材実験の結果を用いて考察を行う。よって，ここでは弾性すべり支承実験に関する詳細を示す。

弾性すべり支承実験のセットアップを図 1 に，試験体詳細を図 2 にそれぞれ示す。試験体のすべり材には直径 90 mm の充填剤入り PTFE を，試験体のゴム部材には天然ゴム系積層ゴムを，すべり板にはステンレス鋼をそれぞれ用いた。中板（図 1）は動的アクチュエーターと繋がっており，中板にはすべり板が取り付けられている。試験体は同じ形状のものを 2 つ用いており，それぞれで中板を挟むように配置した（図 1）。そのため，荷重は試験体 2 体分の値となる。実験ではジャッキを用いて軸力 N_{ES} をかけながら，動的アクチュエーターによって変位 δ_{ES} を制御して加振した。計測項目として，弾性すべり支承変位 δ_{ES}，ゴム変形 δ_E，荷重 $2Q_a$，軸力 N_{ES}，すべり材の温度 θ_s を計測した。また，すべり材の摩擦係数 μ_S，すべり材のすべり板に対する相対変位 δ_S（以下，相対変位）を，測定結果を用いた以下の式によって算出した。

$$\mu_S(t) = Q_a(t) / N_{ES}(t) \quad (1)$$

$$\delta_S(t) = \delta_{ES}(t) - \delta_E(t) \quad (2)$$

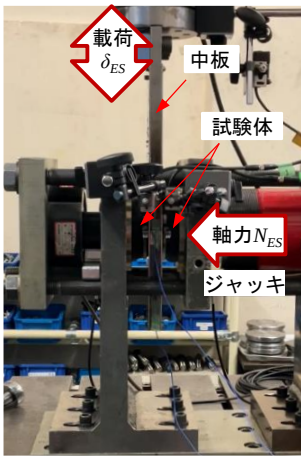


図 1 弾性すべり支承実験セットアップ

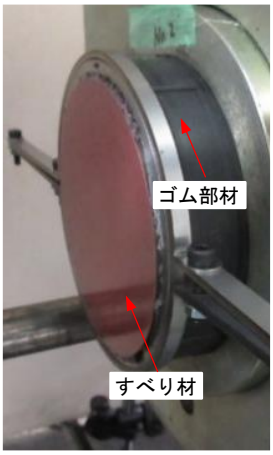


図 2 弾性すべり支承実験試験体詳細図

3　滑動時の摩擦係数とすべり出し時の摩擦係数の比較

弾性すべり支承の変位制御加振実験における加振条件の一覧を表 1 に示す。この実験では，面圧 20MPa の三角波を，振幅 10 cm となるように変位制御で加振させた。弾性すべり支承の試験体は面圧 20MPa においてすべり出し，そのときの変位は約 1 cm 前後である。なお，速度 0.1cm/s および 0.5cm/s の加振条件は 1 サイクル終了直前の荷重がすべり出し後の荷重とほぼ一致し安定していると考えられたため，1 サイクルのみ加振した。一方，速度 40cm/s の加振条件は試験機制御の都合で 1，2 サイクル目までは変位制御で設定した最大変位に到達しない可能性があったため，8 サイクル加振した。その他の実験は，全て 4 サイクル加振した。

これらの加振条件すべてにおける摩擦係数 μ_s-変位 δ_{ES} のグラフを図 3 に示す。この図において，すべり材が初めてすべり出すまでを青い線で，すべり出してからを桃色の線でそれぞれ示している。

Friction Characteristics of High Friction Elastic Sliding Bearings in Wind Resistant Regions　Part1. Comparison of friction coefficients during sliding and sliding out using elastic sliding bearing experiments

*FUTAMURA Natsuki*3, SATO Daiki*1, SHEGAY Alex*1*
*MAKIHIRA Koya*1, MISU Motoki*2, INAI Shinsuke*3*
*KUWA Motohiko*3, KAWAMATA Tetsuya*3. ISHIDA Takushi*3,*
*TOKUNO Masaki*3, MARUO Junya*3,*

表 1　弾性すべり支承実験の加振条件一覧

実験名	サイクル数	波形	振幅 [cm]	面圧 [MPa]	速度 [cm/s]
DC-①-1	1	三角波	±10.0	20	0.1
DC-①-2					0.5
DC-①-3	4				1.0
DC-①-4					2.0
DC-①-5					5.0
DC-①-6					10.0
DC-①-7					20.0
DC-①-8	8				40.0

ここで，すべり出す直前の摩擦係数を μ_{ss}，滑動時の摩擦係数を μ_{sd} とする。各加振条件において，μ_{sd} については滑動時全ての値となる。よって，ここでは耐震設計でも用いられる，加振が安定したと考えられる 3 サイクル目における変位 δ_{ES} が 0 になったときの摩擦係数の値を，その加振条件での μ_{sd} の代表値とする。ここで，上述の通り速度 0.1 cm/s および 0.5 cm/s の加振条件では 1 サイクルのみ加振させているため，3 サイクル目の値が存在しない。ただし，前述したように低速度の実験では加振の最初と最後の荷重がほぼ一致し，1 サイクル目から安定していると考えられるため，1 サイクル目での値を代表値とした。なお，実験では三角波加振を行ったため，速度は常に同じ絶対値であり，どの時刻の値を代表値としても滑動時の摩擦係数の速度依存性には影響しないと考えられる。

μ_{ss} と μ_{sd} を比較すると，図 3 より高速度領域においては両者に大きな差が生じる一方，低速度領域においては両者がほとんど一致していることが確認できる。低速度領域を主に扱う耐風設計では，μ_{sd} を用いても μ_{ss} と比較してそこまで大きな差が生じず，かつ μ_{ss} を用いるよりも安全側となることが考えられる。さらに，μ_{ss} はすべり出す直前の一瞬の値であり，値のばらつきが大きくなることが想定される。以上より，耐風設計では滑動時の摩擦係数 μ_{sd} を用いることが望ましいと考えられる。

4　まとめ

本報その 1 では，弾性すべり支承実験の結果を基にすべり出し時の摩擦係数と滑動時の摩擦係数の違いについて検討し，両者の差は速度の増加に応じて増大することを確認した。風応答速度の領域では滑動時の摩擦係数を用いてもすべり出す直前の摩擦係数とほぼ一致し，また値のばらつきも少ないことから，耐風設計では滑動時の摩擦係数を用いる方が望ましいことを示した。

謝辞

本報告は，戸田建設株式会社，SWCC 株式会社および東京工業大学佐藤研究室の共同研究の成果の一部をまとめたものです。ここに感謝の意を表します。

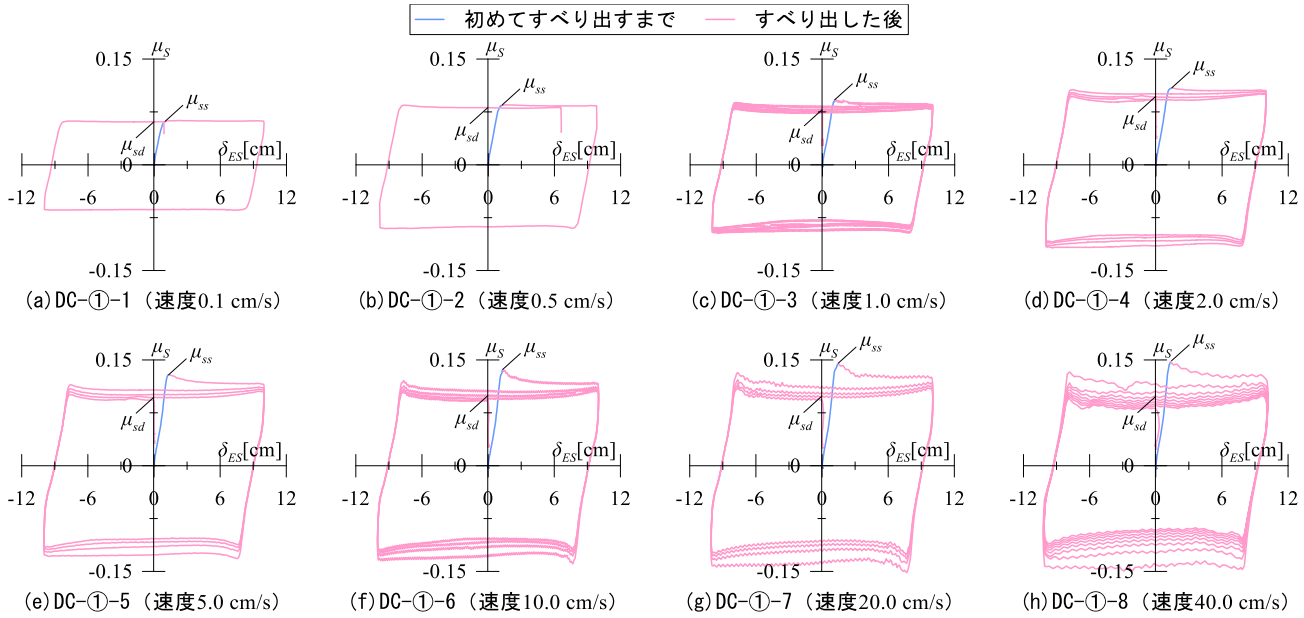
参考文献

1)免震建築物の耐風設計指針，日本免震構造協会，2012.9

2)二村夏樹，佐藤大樹，稲井慎介，平井宏幸，石田琢志，桑素彦，得能将紀，丸尾純也：高摩擦弾性すべり支承を有する超高層免震建物に対する時刻歴風応答解析を用いたクリープ性を考慮した簡易風応答評価，日本建築学会技術報告集，第 28 巻，第 68 号，pp.85-90，2021.6

3)昭和電線ケーブルシステム株式会社技術資料，昭和電線ケーブルシステム株式会社

4) 牧平康也，佐藤大樹，Alex Shegay，三須基規，稲井慎介，桑素彦，川又哲也，石田琢志，得能将紀，丸尾純也：高摩擦弾性すべり支承における水平クリープ現象に関する実験的検討 － 縮小試験体を用いた荷重制御加振実験 －，日本建築学会関東支部研究報告集，2023.2



(a) DC-①-1（速度0.1 cm/s）　(b) DC-①-2（速度0.5 cm/s）　(c) DC-①-3（速度1.0 cm/s）　(d) DC-①-4（速度2.0 cm/s）

(e) DC-①-5（速度5.0 cm/s）　(f) DC-①-6（速度10.0 cm/s）　(g) DC-①-7（速度20.0 cm/s）　(h) DC-①-8（速度40.0 cm/s）

図 3　弾性すべり支承実験の摩擦係数-変位の関係

*1 東京工業大学
*2 SWCC 株式会社（旧　昭和電線ケーブルシステム株式会社）
*3 戸田建設株式会社

*1 Tokyo Institute of Technology
*2 SWCC Corporation
*3 TODA Corporation