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 2 すべり材実験結果を用いた摩擦係数の速度および面圧依存式の構築
Title(English)	Friction Characteristics of High Friction Elastic Sliding Bearings in Wind Resistant Regions Part.2 Suggestion of velocity- and surface pressure-dependent equations for the friction coefficient using the results of slip material experiments
著者(和文)	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, 二村夏樹
Authors(English)	Koya Makihira, Daiki Sato, Alex Shegay, Motoki Misu, Shinsuke Inai, Motohiko Kuwa, Tetsuya Kawamata, Takushi Ishida, Masaki Tokunou, Junya Maruo, Natsuki Futamura
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 435-436
Citation(English)	, , , pp. 435-436
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 2　すべり材実験結果を用いた摩擦係数の速度および面圧依存式の構築

正会員　○牧平康也*1　同　佐藤大樹*1
同　Alex Shegay*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
同　二村夏樹*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

本報その 1 では弾性すべり支承実験の結果から，滑動時の摩擦係数とすべり出し時の摩擦係数の違いを確認した。

本報その 2 ではすべり材実験の結果を用いて，風応答領域における速度および面圧依存性を考慮した摩擦係数の式を導出する。

2　すべり材実験結果を用いた摩擦特性の検討

2.1　すべり材実験概要

すべり材実験に関して，セットアップを図 1 に，試験体詳細図を図 2 に示す。すべり材には，弾性すべり支承実験と同じ PTFE 材を用いた。また，すべり材実験では弾性すべり支承実験で測定した項目のうち，ゴム変形 δ_E を除くすべての項目を測定した。さらに，ゴム変形が存在しないため常に $\delta_S = \delta_{ES}$ とした。

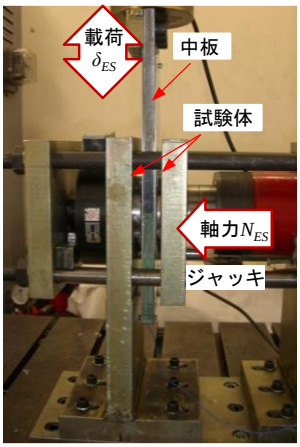


図 1 すべり材実験
セットアップ

図 2 すべり材実験
試験体詳細図

2.2　速度および面圧依存性の確認

すべり材実験の加振条件を表 1 に示す。この実験では，面圧を 10 MPa から 30 MPa まで，最大速度を 0.01 cm/s から 10 cm/s までの範囲で組み合わせて加振条件を作成した。

実験結果の摩擦係数-変位の関係の一例を図 3 に，摩擦係数-速度の関係の一例を図 4 にそれぞれ示す。実験は全て正弦波加振であるため，図 3，4 に示すように変位が 0 のときに最大速度が生じると考えられる。よって，変位が 0 のときの摩擦係数の値をその実験における摩擦係数とすれば，それぞれの加振条件における，最大速度-最大速度時の摩擦係数，という関係値が得られる。なお，変位が 0 となる時刻は複数回存在するため，ここでは耐震設計値の算出でも用いられる 3 サイクル目の値を用いた。

表 1　すべり材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-②-1					0.01
DC-②-2					0.05
DC-②-3					0.1
DC-②-4	4	正弦波	±10.0	10	0.5
DC-②-5					1.0
DC-②-6					5.0
DC-②-7					10.0
DC-③-1					0.01
DC-③-2					0.05
DC-③-3					0.1
DC-③-4	4	正弦波	±1.0	20	0.5
DC-③-5					1.0
DC-③-6					5.0
DC-③-7					10.0
DC-④-1					0.01
DC-④-2					0.05
DC-④-3					0.1
DC-④-4	4	正弦波	±1.0	30	0.5
DC-④-5					1.0
DC-④-6					5.0
DC-④-7					10.0

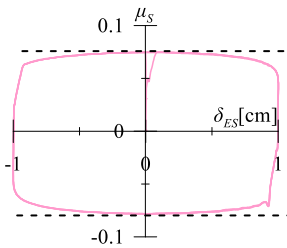


図3 摩擦係数-変位関係
(DC-②-3)

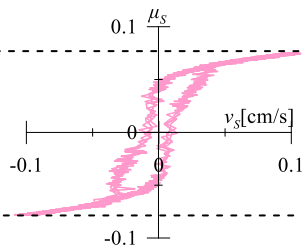


図4 摩擦係数-速度関係
(DC-②-3)

Friction Characteristics of High Friction Elastic Sliding Bearings in Wind Resistant Regions　Part.2 Suggestion of velocity- and surface pressure-dependent equations for the friction coefficient using the results of slip material experiments

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

得られたプロットを，摩擦係数-速度のグラフに全てプロットしたものを図 5 に示す。この図から，摩擦係数は速度および面圧の値に応じて変化することが確認できる。

3　速度および面圧の依存式構築

前章の実験結果のプロットを用いて，摩擦係数の速度および面圧依存式を構築する。式の構築に関しては，まず面圧による違いを確認する。ここで，対象としているすべり材の耐震設計における摩擦係数 μ_{d40}，つまり 40 cm/s における摩擦係数の値については，面圧依存式が $5 \leqq \sigma_{ES} \leqq 40$ の範囲で式(1)のように定まっている [3)]。

$$\mu_{d40}(\sigma_{ES}) = 0.094(-0.4388\ln(\sigma_{ES}) + 2.3094) \qquad (1)$$

なお，σ_{ES} はすべり材に作用する面圧（MPa）を表す。この式を用いて，各種実験結果を基準化する。

基準化については，各種プロットの摩擦係数を，その実験における面圧を式(1)に代入した $\mu_{d40}(\sigma_{ES})$で除すことによって行う。以下，除した後の値を摩擦係数比と呼ぶ。図 5 に示したすべてのプロットに関して，摩擦係数比を算出した結果を図 6(a)に示す。図 6(a)から，面圧の値が違う場合においても速度が同じであれば，摩擦係数の値は $\mu_{d40}(\sigma_{ES})$を用いた基準化によってほとんど一致していることが確認できる。よって，$\mu_s / \mu_{d40}(\sigma_{ES})$に関する速度依存式を構築すれば，面圧および速度両方の依存性を考慮した摩擦係数の式を構築できると考えられる。

式の構築について，まずは摩擦係数比の最低値を定める。図 6(a)における低速度領域を拡大したものを図 6(b)に示す。ここでは，筆者らが文献 4)にて行った弾性すべり支承の静的載荷実験の結果も同時に示している。静的載荷実験の範囲では摩擦係数比の最低値が 0.33 と推定されたため，式の構築においては速度がほぼ 0 のときの摩擦係数比を 0.33 とする。

この値と基準化後のプロットを用いて，速度依存式を構築する。基準化後のプロットは各速度に対してそれぞれ 3 つずつ存在するため，それぞれの摩擦係数比を平均する。平均して得られたプロットに対して最小二乗法を適用し，かつその式が速度 0 において 0.33 を通るような式を算出すると，以下の式(2)が得られる。

$$\mu_s/\mu_{d40} = 0.33 + 0.57(v_S)^{0.21} \qquad (2)$$

この式によって，任意の面圧および速度での摩擦係数の値を算出することが出来る。　ただし，文献 3)に示すように，耐震設計値 $\mu_{d40}(\sigma_{ES})$は 10 cm/s 以上での摩擦係数を示しており，これ以下の速度では $\mu_{d40}(\sigma_{ES})$を下回る，つまり摩擦係数比が 1 以下となるように設定している。よって，耐震設計との連続性を考慮し，摩擦係数比がほぼ 1 となる $v_s = 2.2$ を境界として値を変えた，以下の式(3)によって式を改良した。式(3)と摩擦係数比のプロットを図 7 に示す。この式から，耐震設計と連続的に耐風設計における摩擦係数の値を算出できる。

$$\mu_s/\mu_{d40} = \begin{cases} 0.33 + 0.57(v_S)^{0.21} & (0.01 < v_S < 2.2) \\ 1 & (v_S \geqq 2.2) \end{cases} \qquad (3)$$

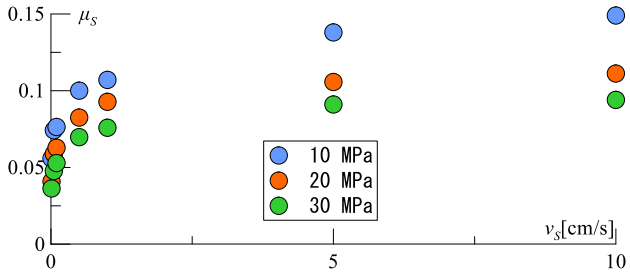
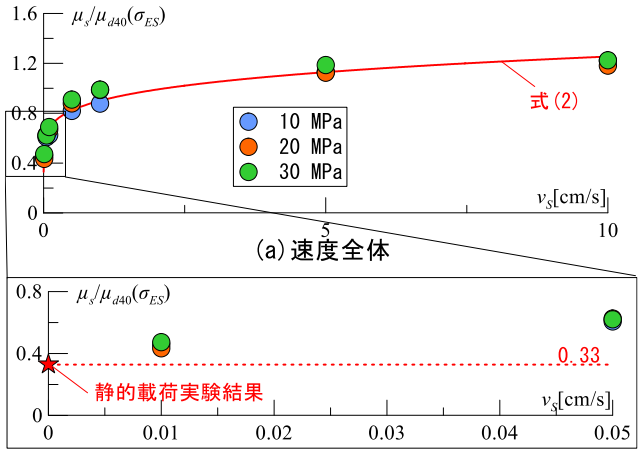


図 5　実験結果における摩擦係数-速度の関係



(a) 速度全体

(b) 低速度領域拡大

図 6　摩擦係数比-速度の関係

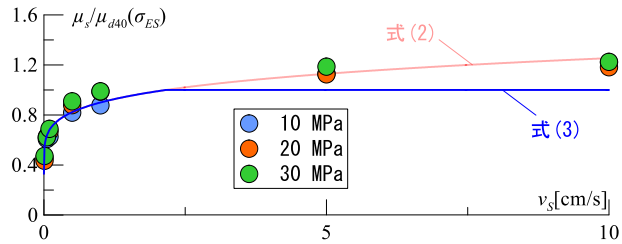


図 7　摩擦係数比-速度における式の改良前後比較

4　まとめ

本報その 2 ではすべり材実験の結果を用いて摩擦係数の詳細な依存性を確認した。その結果，任意の面圧および速度における摩擦係数を算出できる，耐震設計と連続性を持つ式を構築した。

今後は，本報で得られた速度依存式を用いて弾性すべり支承の解析モデルを構築し，解析により実現象を高精度に再現した結果を得られるようにする。

謝辞および参考文献はその 1 にまとめて示す。

*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