

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	弾性すべり支承に対する平均成分を有する正弦波荷重制御加振実験 その1 実験概要および荷重・速度とスリップ現象との関連性の検証
Title(English)	Sinusoidal Load-Controlled Excitation Tests with Average Component for Elastic Sliding Bearing Part1. Experimental outline and verification of the relationship between load, speed and slip phenomenon
著者(和文)	崎谷俊太, 佐藤大樹, 牧平康也, 三須基規, SHEGAY ALEX, 稲井慎介, 桑素彦, 川又哲也, 得能将紀, 丸尾純也
Authors(English)	Shunta Sakiya, Daiki Sato, Koya Makihira, Motoki Misu, Alex Shegay, Shinsuke Inai, Motohiko Kuwa, Tetsuya Kawamata, Masaki Tokunou, Junya Maruo
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造II, , pp. 819-820
Citation(English)	, 構造II, , pp. 819-820
発行日 / Pub. date	2024, 8
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

弾性すべり支承に対する平均成分を有する正弦波荷重制御加振実験

その1 実験概要および荷重・速度とスリップ現象との関連性の検証

耐風設計 高摩擦弾性すべり支承 荷重制御実験

正会員	○崎谷俊太* ¹	同	佐藤大樹* ¹
同	牧平康也* ²	同	三須基規* ³
同	Alex Shegay* ⁴	同	稲井慎介* ⁵
同	桑素彦* ⁵	同	川又哲也* ⁵
同	得能将紀* ⁵	同	丸尾純也* ⁵

1 はじめに

弾性すべり支承の摩擦係数は風応答のような低速度領域において著しく低下することが確認されている¹⁾。摩擦係数は弾性すべり支承の滑動に関わるため、風力を受けた際に従来の設計では滑動しないという判定がなされたケースにおいても、実際は滑動が発生し、結果的に変位が想定以上に増大する現象（以下、スリップ現象）の発生が予想される²⁾。これは、平均成分を持つ風方向風力で特に顕著であると考えられる。筆者らは文献2)にて荷重制御実験を実施し、スリップ現象による変位増大を確認している。しかし、文献2)では限られた加振条件での実験に留まっていた。そこで、本報では弾性すべり支承に対して平均成分を有する長時間の正弦波荷重制御加振実験を実施し、スリップ現象による変位増大がどのパラメータに依存して変化するかを検証する。本報その1では、荷重制御加振実験の概要を示した後、速度および荷重とスリップ現象との関連性を確認する。

2 荷重制御実験概要

2.1 試験体セットアップと測定内容

図1に弾性すべり支承実験の試験機セットアップを、図2に試験体詳細図をそれぞれ示す。試験体のすべり材には直径90mmの充填剤入りPTFEを、試験体のゴム部材には総厚4mm、水平剛性 $K_E = 10.3 \text{ kN/cm}$ の天然ゴム系積層ゴムをそれぞれ用いた。中板(図1)は動的アクチュエータと繋がっており、中板にはステンレス鋼の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、アクチュエータの荷重 F_a 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によって F_a を制御して加振した。計測項目として、アクチュエータ変位 u_a 、ゴム変形 u_E 、荷重 F_a 、軸力 N_{ES} およびすべり材の温度 θ_S を計測した。

本実験では弾性すべり支承の荷重 F_{ES} 、弾性すべり支承の速度 v_{ES} をそれぞれ以下の式によって算出した。ここ

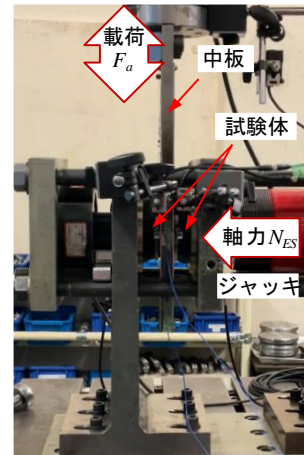


図1 実験セットアップ

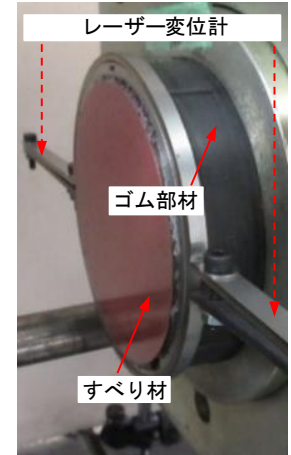


図2 試験体詳細

で、 t は実験における任意の時刻(s)を表す。なお、弾性すべり支承実験において弾性すべり支承変位 u_{ES} はアクチュエータ変位 u_a と等しい。

$$F_{ES}(t) = 0.5F_a(t) \quad (1)$$

$$v_{ES}(t) = \frac{d}{dt} u_{ES}(t) \quad (2)$$

2.2 荷重条件

実験での加振条件の一覧を表1に示す。本実験ではスリップ現象による変位増大を確認するために、風方向風力を模擬した、平均成分と変動成分の双方を持つ力を設定した。また、風応答と同程度の速度となるように荷重を行った。

正弦波の振幅 A_r は、風力の変動成分の最大荷重 Q'_{max} を用いて以下の式(3)により算出される³⁾。さらに、 Q'_{max} は風力の最大荷重 Q_{max} から平均成分 \bar{Q} を引いた式(4)によって算出される。

$$A_r = 0.5Q'_{max} \quad (3)$$

$$Q'_{max} = Q_{max} - \bar{Q} \quad (4)$$

ここで、 Q_{max} はガストファクター G_f を用いて以下の式(5)のように表される。

$$Q_{max} = G_f \bar{Q} \quad (5)$$

Sinusoidal Load-Controlled Excitation Tests with Average Component for Elastic Sliding Bearing Part1. Experimental outline and verification of the relationship between load, speed and slip phenomenon

SAKIYA Syunta*¹, SATO Daiki*¹, MAKIHIRA Koya*²
MISU Motoki*³, Alex SHEGAY*⁴, INAI Shinsuke*⁵
KUWA Motohiko*⁵, KAWAMATA Tetsuya*⁵
TOKUNO Masaki*⁵, MARUO Junya*⁵

$G_f = 2.1$ と仮定して(3)~(5)式を変形すると、以下の式(6)が得られる。

$$A_r = 0.55\bar{Q} \quad (6)$$

正弦波の平均荷重、変動荷重をそれぞれ式(6)の条件で設定し加振を行うことで、実際の風方向風力が作用しているという状況を模擬できると考えられる。

3 実験結果

実験では、まず平均成分の力を静的に载荷し、目標の荷重に到達した後、正弦波の変動荷重を载荷した。加振時間については残留変位を明確にするため、一律で 10 分間とした。ただし、変位計の測定範囲は 10 cm が上限であるため、本実験では u_{ES} の最大値が 9 cm を上回った場合、その時点で実験を終了した。

図 3 に本加振条件における荷重比-速度の関係を示す。ここで、荷重比とは载荷荷重 F_{ES} の最大値を耐震設計で用いられる、 $v_{ES} = 40 \text{ cm/s}$ における滑動荷重 F_{d40} で除したものである。本報で行った加振実験は、すべて荷重比が 1.0 を下回っており、耐震設計で考えると滑動が発生しないと想定している範囲である。上述の通り、本報その 1 では荷重比および速度を変数として加振条件を設定した。

図 4 に各実験結果における変位 u_{ES} の時刻歴波形を示す。

表 1 加振条件一覧

実験名	波形	面圧 [MPa]	最大荷重		最大速度 [cm/s]
			[kN]	(荷重比)	
LC-①	正弦波	20	10.71	0.90	0.5
LC-②			8.33	0.70	
LC-③		20	10.71	0.90	1.0
LC-④			8.33	0.70	
LC-⑤		20	10.71	0.90	2.0
LC-⑥			8.33	0.70	

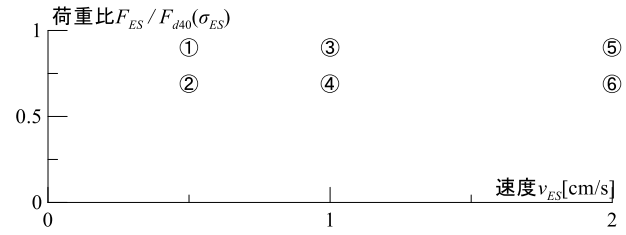


図 3 加振条件の荷重比と速度の関係

どのケースでも u_{ES} の最大値は 10 分以内に 9 cm に到達しているものの、到達時間は高荷重比、低速度のケースほど早いことから、スリップ現象による変位増大の進行は荷重比が大きいほど、また速度が低いほど早くなることが確認された。

4 まとめ

本報その 1 では、長時間加振実験の概要を示した。また、スリップ現象による変位増大と速度、荷重との関係性を検証した。スリップ現象による変位増大の傾向は F_{ES} と F_{d40} の比が大きいほど、また速度が低いほど早いことが示された。

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。本論文をまとめるにあたり、SWCC 株式会社の土屋諒恭氏には実験においてご教示を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 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: 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, 日本建築学会学術講演梗概集, 構造-II, pp. 433-434, 2023.9
- 2) 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, pp. 485-488, 2023.2
- 3) 免震建築物の耐風設計指針(2023), 日本免震構造協会, 2023.3

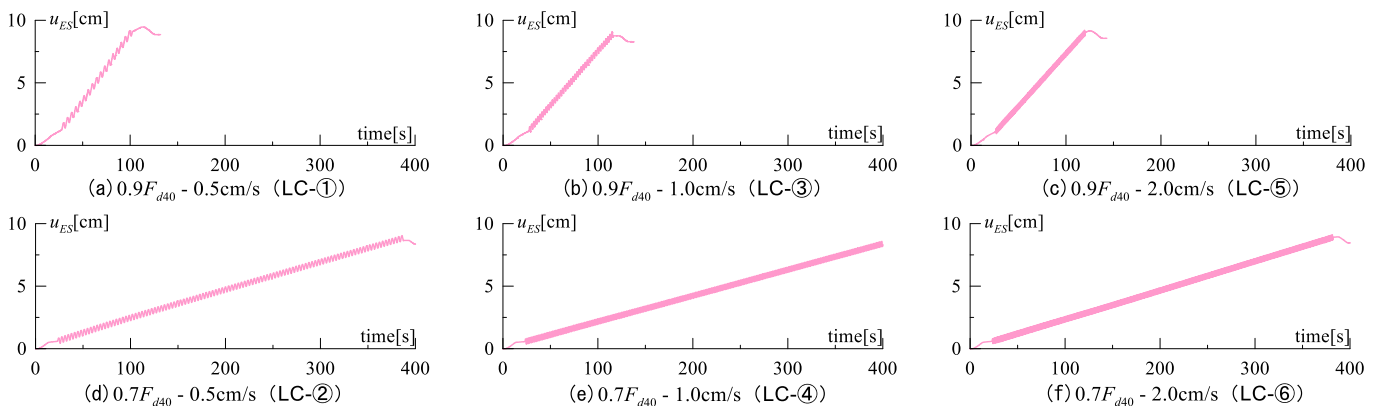


図 4 実験結果の変位時刻歴波形

*1 東京工業大学
*2 元東京工業大学
*3 SWCC 株式会社
*4 オークランド大学
*5 戸田建設株式会社

*1 Tokyo Institute of Technology
*2 Former Tokyo Institute of Technology
*3 SWCC Corporation
*4 University of Auckland
*5 TODA Corporation