

伝統的木造住宅の垂れ壁付き構面振動台実験
その6 柱脚摩擦実験と振動台実験との比較検討

正会員 ○和田 幸子*¹ 同 中川 貴文*² 同 五十田 博*³
同 岡部 実*⁴ 同 河合 直人*⁵ 同 桂川 晋*⁶

伝統的木造住宅 垂れ壁付き独立柱 柱脚
動的実験 摩擦

1. はじめに

2008 年に実施された伝統的木造住宅の垂れ壁付き独立柱構面の振動台実験¹⁾において、柱脚と礎石を固定せずに加振した結果、柱脚と礎石間で滑り現象が認められた。この滑り現象の詳細な特性を把握するため、柱脚摩擦実験を実施した。本報では、柱脚摩擦実験の結果を報告するとともに、その結果を振動台実験結果と比較する。

2. 実験概要

振動台実験で使用した柱の柱脚部を 200mm の長さに切断し、その柱 2 本を 1400mm の間隔で配置して、L 型金物及び V 字金物を用いて桁と連結した試験体を 3 体準備した。そして試験体を振動台実験で使用した礎石の上に固定せずに設置した。礎石の下部は、振動台実験と同様にロードセルを設置した。試験体図を図 1、写真 1 に示す。

加振は動的アクチュエータを用いた。桁と加力器具を M16 ボルト 4 本で、アクチュエータと接続した。加振時には、桁上に錘(鋼材)を載荷した。

3. 実験パラメータ

実験パラメータは、加振波・速度・錘の重量とした。加振波は sin 波と三角波とした。速度は sin 波のある頂部から次の頂部までの移動時間 T と移動距離 L で設定し(図 2 参照)、10、20、40、80kine と、それぞれ 5 回繰り返した。三角波は速度一定の 1 回繰り返した。錘は振動台実験における柱 1 本当たりの負担重量(6kN)を参考に、本実験が柱 2 本であるため、12kN を基準に 1/2 の 6kN、1.5 倍の 18kN を目標としたが、用意した錘の都合上、12kN は 13kN となった。また、1 体につき実験パラメータを変更し繰り返し加振するため、加振順序の影響が考えられる。そのため、速度は sin 波の場合に 10、20、40、80、80、40、20、10kine の順で 2 往復した。錘は、1 体目は錘が軽い順、2 体目は錘が重い順、3 体目は 13kN から開始し、実験順序を考慮した。実験パラメータを表 1 に示す。

4. 実験結果

各加振における動摩擦係数を式 1) で算出した。水平力はロードセルで計測した値、鉛直荷重は試験体重量+錘の重量とした。まず、sin 波による動摩擦係数の時刻歴波形を図 3 に示す。柱脚が滑り出す瞬間、すなわち最大静止摩擦係数は一時的に大きくなっている。一度滑り出すと速度が速くなるにつれて動摩擦係数は小さくなっていることがわかる。ここでの sin 波の正負 5 回繰り返しのうち、初回から 4 回目までの押し引き(図 4 矢印部分)の平

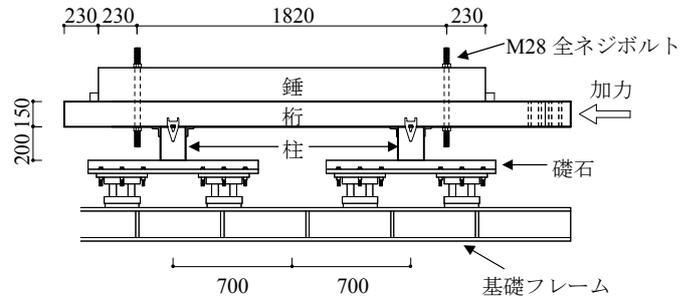


図 1 試験体図



写真 1 試験体設置状況

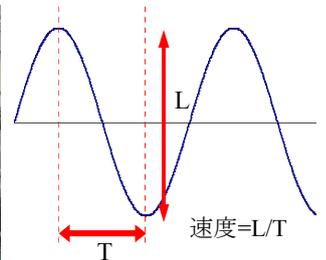


図 2 速度の設定方法

表 1 加振パラメータ

錘	6kN、13kN、18kN
加振波	sin波(5回繰り返し)、三角波(1回)
速度	10kine、20kine、40kine、80kine
実験順序	速度 sin波(10,20,40,80,80,40,20,10kine) →三角波
	錘 1体目 ①6kN ②13kN ③18kN
	錘 2体目 ①18kN ②13kN ③6kN 錘 3体目 ①13kN ②18kN ③6kN

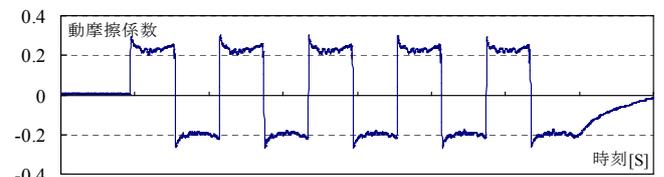


図 3 動摩擦係数時刻歴波形(3 体目、6kN、sin 波 1 回目)

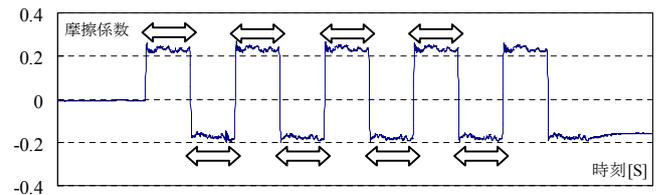


図 4 動摩擦係数算出方法

均値をその加振における動摩擦係数とすることにした。
各加振で得られた動摩擦係数を図5に示す。

$$\mu = \frac{F}{N} \quad \text{式1)} \quad \begin{array}{l} \mu : \text{動摩擦係数} \\ F : \text{水平力[kN]} \quad N : \text{鉛直荷重[kN]} \end{array}$$

各試験体の動摩擦係数は、0.3 から 0.5 程度まで大きくばらついているが、相対的には速度が速くなるにつれて、さらに錘を重くするにつれて、小さくなる傾向が見られた。速度が速くなると動摩擦係数が小さくなるのは、sin波の1波内の時刻歴においても、その傾向が見られた。2体目、3体目は1体目と比較して錘の影響が顕著に現れており、実験順序の影響も考えられる。

5. 振動台実験結果との比較

各実験における動摩擦係数-滑り速度関係を図6に示す。振動台実験における動摩擦係数は、ロードセルで計測した水平力を鉛直荷重(試験体重量+錘の重量)で除した値とした。滑り速度は、柱脚の絶対変位量を微分して求めた。柱脚摩擦実験では、三角波は速度一定のため、設定速度=滑り速度となるが、sin波は速度一定でないため、変位を微分し滑り速度を算出し、その最大速度を滑り速度とした。sin波の設定速度に対する最大速度を表2に示す。

振動台実験と柱脚摩擦実験の動摩擦係数はほぼ同値を示した。滑り速度が速くなるほど動摩擦係数は小さくなる傾向が見られ、実験結果はほぼ一致していると言える。

6. まとめ

柱脚と礎石間で見られた滑り現象の詳細を把握するため、柱脚摩擦実験を実施し、振動台実験結果と比較した。動摩擦係数は、0.3~0.5 程度の間で変化すること、振動台実験と柱脚摩擦実験において、速度が速くなるにつれて小さくなる傾向があること、が明らかとなった。また、各試験体と実験順序によってばらつきが見られた。

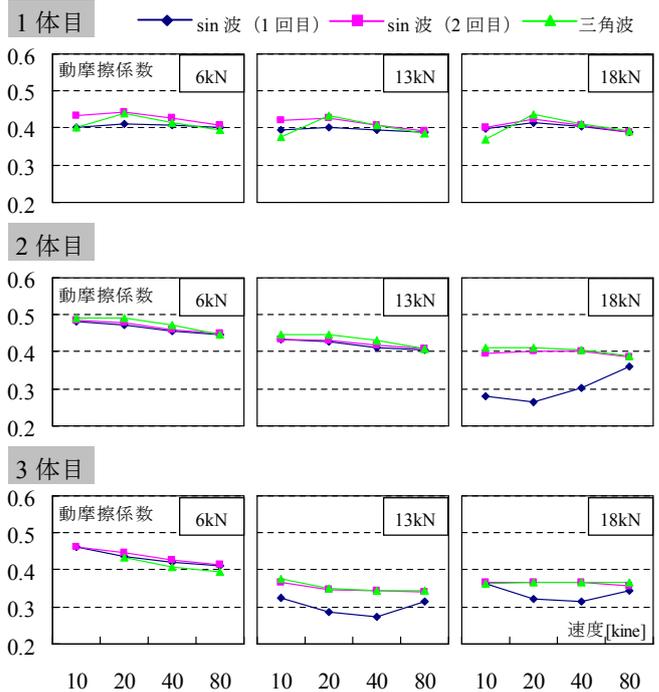


図5 各加振における動摩擦係数

表2 sin波の設定速度に対する最大速度

設定速度[kine]	最大速度[kine]
10	26
20	33
40	64
80	123

参考文献

- 1) 和田幸子, 中川貴文, 五十田博, 岡部実, 河合直人, 箕輪親宏: 伝統的木造住宅の垂れ壁付き壁構面振動台実験 その1~3, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2008.9

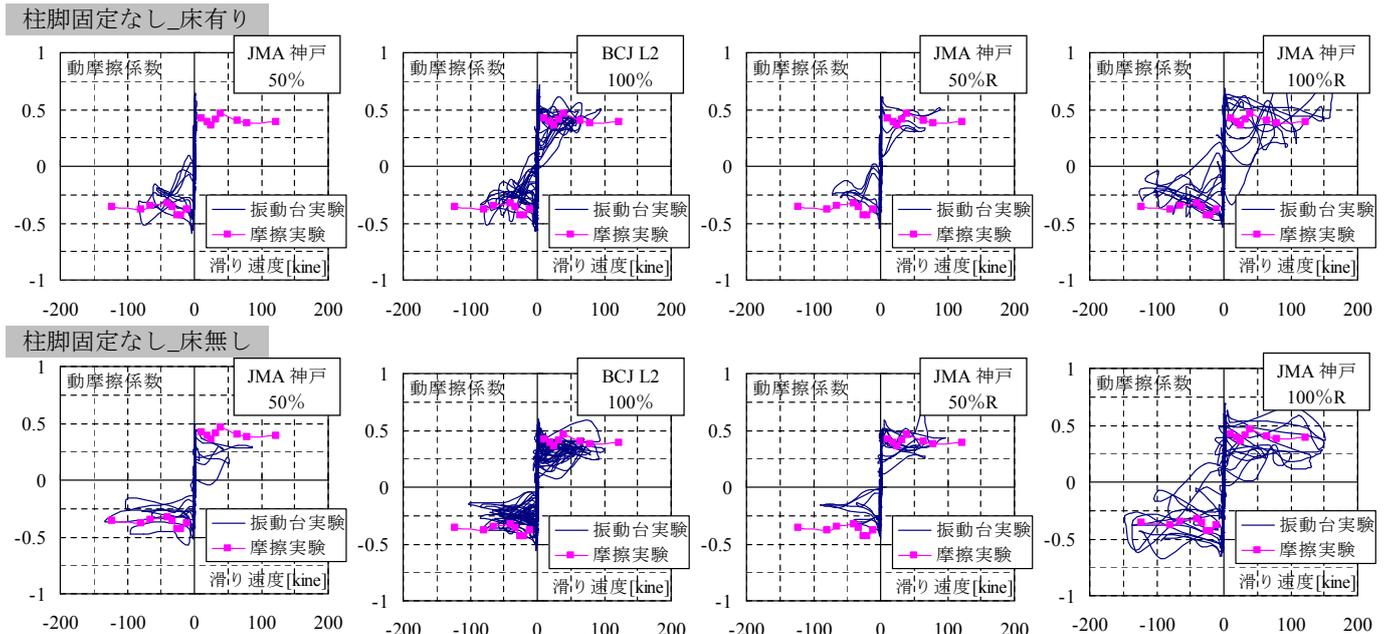


図6 動摩擦係数-滑り速度関係

*1 トヨタホーム株式会社
*2 建築研究所 材料研究グループ 研究員 博士(農学)
*3 信州大学工学部 准教授 博士(工学)
*4 ベタリービングつくば建築試験研究センター 主席試験研究役 農修
*5 建築研究所 構造研究グループ 上席研究員 博士(工学)
*6 信州大学大学院 修士課程

*1 TOYOTA HOME Company
*2 Research Engineer, Dept. of Building Materials and Components, BRI, Dr. Agr.
*3 Associate professor, Shinshu Univ, Dr. Eng.
*4 Center for Better Living Tsukuba Building Research and Testing Lab, Ms Agr.
*5 Chief Research Engineer, Dept. of Structural Engineering, BRI, Dr. Eng.
*6 Graduate Student, Graduate School of Engineering, Shinshu Univ.