

平成30年6月15日現在

機関番号：53901

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K14070

研究課題名(和文) 低層建築物の滑り免震構法における地震動種類の最大すべり量への影響

研究課題名(英文) Maximum Slide displacement of sliding basement for low-rise house

研究代表者

山田 耕司 (Yamada, Koji)

豊田工業高等専門学校・建築学科・教授

研究者番号：60273281

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、強震時における建物上部構造の滑動量把握を目的として、固有周期が規定された試験体の滑動実験から最大滑動量の推定法を検討した。その結果、構造物の固有周期、地震動、により、滑動量が変化すること、同一試験体・同一加振波でも滑動の時刻歴が定性的に異なるケースがあること、最大滑動量を発生する滑動時刻歴の最大滑動量の変動係数は0.2程度であること、最大滑動量の推定値は最大滑動量を発生する滑動時刻歴の最大滑動量平均値の1.2倍程度であること、が分かった。また、境の提唱する震度をを用いて告示波相当の地震動を選定し、告示波レベルの地震動による最大滑動量を300mmと推定した。

研究成果の概要(英文)：Traditional Japanese wooden structures are not fixed on the ground, and they slide on stones. Many shaking table tests and parametric analyses have been executed. These reports show the qualitative data on these sliding phenomena of un-anchored traditional structures. The quantitative data on these sliding phenomena is needed for structural design. In this report, I propose the estimation method of the maximum slide response upper limit based on shaking table tests. As a result, another slide displacement occurs on both the same test specimen and the same earthquake motion. The estimated maximum slide displacement is 1.2 times of the average of the maximum slide displacements in one-way.

研究分野：建築構造

キーワード：石場建て 伝統構法木造建物 滑動 振動台試験

1. 研究開始当初の背景

本研究は、低層建築物を基礎・地盤に固定せず、強震動において地盤上を滑ることにより建物に伝わる振動エネルギーを減ずる構造形式の設立を最終目的とした研究の一部である。この構造形式では、強震動で地盤上を滑るため、その滑動量を的確に推定する必要がある。そこで、本研究では、入力地震動の性情による滑動量の変動(平均、変動係数など)を実験により明らかにする。

2. 研究の目的

本研究では、伝統構法木造建築の地震時の最大滑動量を実験を中心として推定する方法を考える。しかし、全てのパラメータに対して実験を行うのは困難であるので、実験を基本としながら理論で得られる定性的特性を検討に加える。最大滑動量に影響を与えるパラメータは、摩擦係数(摩擦面)、上部構造の固有周期・保有耐力・復元力特性、地震動の非定常特性がある。このうち、理論で得られる定性的特性として、上部構造の保有耐力が高い程、滑動が大きいことが分かっている。従って、線形モデルを用いれば、最大滑動量の推定は安全側と考えることができる。なお、地震動特性は、設計法と関連するので本報では言及しない。ただし、上下動も含めた適切な設計用地震動を今後検討する必要がある。残ったパラメータは、摩擦係数(摩擦面)と固有周期となる。そこで本研究では、固有周期が規定された試験体の滑動実験から最大滑動量の推定法を検討する。また、本研究での地震動仮定の範囲(建築基準法)での最大滑動量を示すことができる。

3. 研究の方法

試験体を図1に示す。試験体は合板、根太で作成し、鉄板で重量を調整した(1F:3.36kg, 2F:10.52kg(錘 8.14kg))。復元力として、厚さ2mm、幅10mmもしくは幅15mmのステンレス板を上下に固定して用いた。設計目標固有振動数は、幅10mmのステンレス板1枚(Sus10)で3Hz、ステンレス板2枚(Sus10d)で5Hzであるが、Sweep試験の結果、ステンレス板1枚(Sus10)で2.9Hz(h=2.4%)、ステンレス板2枚(Sus10d)で3.7Hz(h=1.8%)であった。また、幅15mmのステンレス板のSweep試験の結果、ステンレス板1枚(Sus15)で4.2Hz、ステンレス板2枚(Sus15d)で7.2Hzであった。加えて、上層を固定した剛モデル(Fix)も計測した。なお、試験体は実験中に固有振動数が変動したが、その変動幅は10%以内に抑えた。

礎石は、300mm角のみがき御影石(木片と

の静止摩擦係数は0.54)および300×600mm角のみがき御影石(木片との静止摩擦係数は0.46)、300×600mm角の切断面そのままの御影石(以後、切断面と称す。木片との静止摩擦係数は0.60)を用いた(摩擦係数の測定については、付録参照)。

計測はポテンショメータおよび加速度計を用い、加振方向滑動(2ヶ)、加振直交方向滑動(1ヶ)、1階部加振方向(1F-NS)、1階部加振直交方向(1F-EW)、2階部加振方向(2F-NS)、加振方向入力加速度(GL-NS)、の6カ所を測定した。振動台は、S社製SPT2D-20K-85L-50Tを用いている。

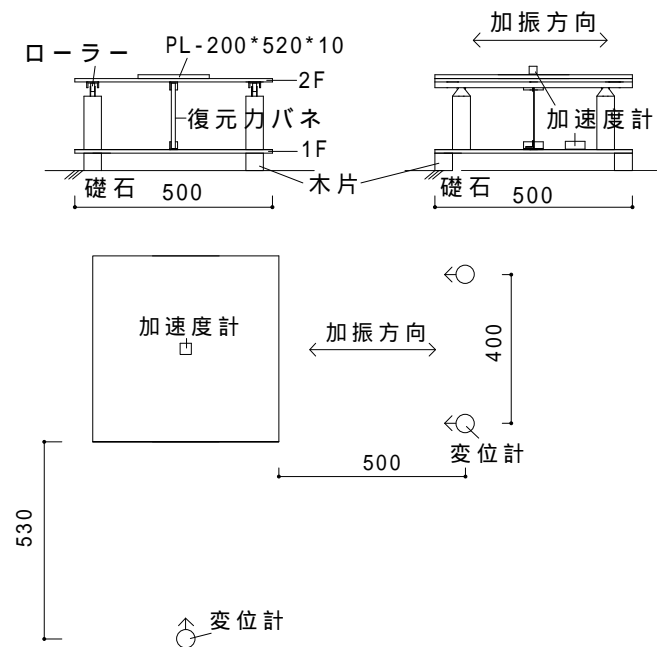


図1 試験体寸法および計測器位置

4. 研究成果

(1) 再現性

今回の実験では、Fixの500gal加振時のように滑動が小さ過ぎるケースもあるが概ね滑動を生じた。ほぼ全ての加振事例において、同一の滑動傾向が見られた。ただし、固有周期と最大滑動量の定性的傾向は読み取れなかった。また、一方向に滑動が進むケースと原点に戻るケースに分かれた。原点に戻るケースにおける変動係数は他のケース(変動係数0.2程度)に比して大きい。一方で、最大滑動量を推測するには一方向に滑動が進むケースが重要である。そこで、一方向に滑動が進むケースのみで平均および変動係数を計算した。結果を表1に示す。表より滑動のパターンを統一すれば、変動係数はほぼ0.2程度になると言える。

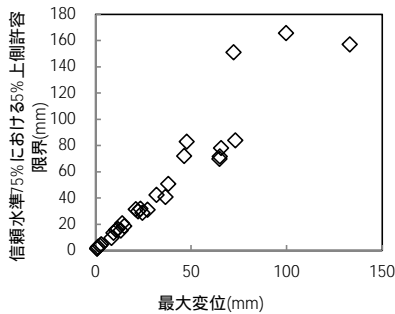
次に滑動の進展する時間を検討する。エルセントロNSのケースでは最大20秒程度、タ

フト EW では最大 12 秒程度，JMA-Kobe NS では最大 5 秒程度，BCJ-L2 では最大 45 秒程度，となっている。これは，BCJ-L2 では主要動継続時間が長く，小さな滑動が蓄積された影響と考えられる。この実験の範囲では，主要動継続時間の長短により応答性状が大きく異なると言える。

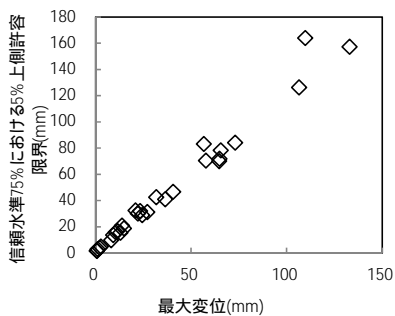
次に最大滑動量の推定値を最大滑動量の 5% 上側許容限界で検討する。図 2 に最大滑動量の信頼率 75% における 5% 上側許容限界を示す。横軸は最大滑動量の平均，縦軸は最大滑動量推定値である。単純に計測事例全てを用いた場合も平均値と推定値に線形性が高いが，一方方向にのみ滑動が進展するデータのみを用いた場合は，本稿の範囲ではほぼ線形となっており，推定値は平均値の約 1.2 倍となっている。

表 1 再計算後の最大滑動量の平均(単位:mm)および変動係数(μ / μ)

Case	入力地震動 (gal)	修正前 μ (/ μ)	修正後 (μ / μ)
Sus10 (2.9Hz)	Taft EW(500)	21.15(0.23)	21.16(0.24)
	Taft EW(700)	47.80(0.35)	56.87(0.17)
Sus10 (3.7Hz)	BCJ-L2(500)	46.46(0.26)	57.98(0.09)
	JMA-Kobe(700)	99.71(0.31)	110.01(0.22)
Fix	BCJ-L2(900)	38.20(0.16)	40.81(0.06)



a) 10 ケのデータをそのまま用いた場合



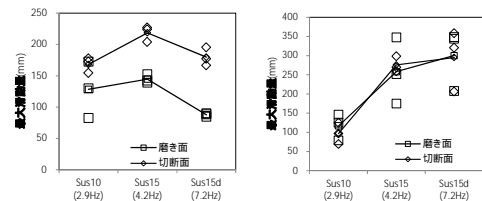
b) 一方方向に滑動が進んだ事例のみで計算した場合

図 2 最大滑動量の信頼率 75% における 5% 上側許容限界

(2) 最大滑動量の定量化

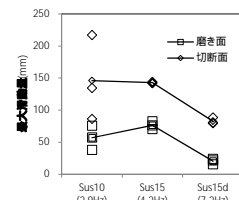
図 3 に最大滑動量および最大滑動量 3 ケ

の平均値を示す。図より，最大滑動量の平均と固有周期の間に関係性が読み取れないこと，切断面（摩擦係数が大きい場合）の方が最大滑動量の平均値および最大値が大きくなる傾向があること，が分かる。図 4 に境震度と最大滑動量の関係を示す。図 4a) より境震度と最大滑動量の平均値に関する関係性は見られないが，図 4b) より境(0.1-1 秒)震度と最大滑動量の平均値の間には，上限を示すことができそうである。図中の破線は，最大滑動量の平均値の上限を仮定した直線である。今，三種地盤における告示スペクトルの境(0.1-1 秒)震度は 5.9 であるので，この直線上では，230mm となる。また，図 4b) 中の破線の 1.2 倍の直線を計測した最大滑動量の最大値と表示すれば図 4c) となる。図より，この推定式はほぼ妥当であると言える。また，三種地盤における告示スペクトルの境(0.1-1 秒)震度は 5.9 であるので，この直線上では，280mm 程度となる。

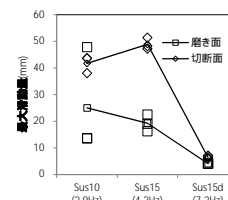


a) K-NET 笠間 NS

b) K-NET 鉾田 EW



c) K-NET 古川 EW

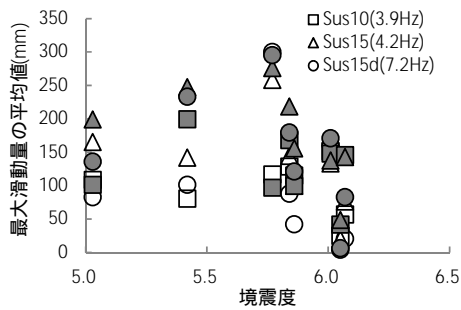


d) K-NET 小川 NS

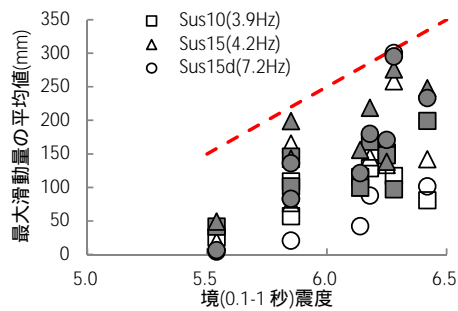
図 3 最大滑動量および平均値(実線:平均値)

(3) まとめ

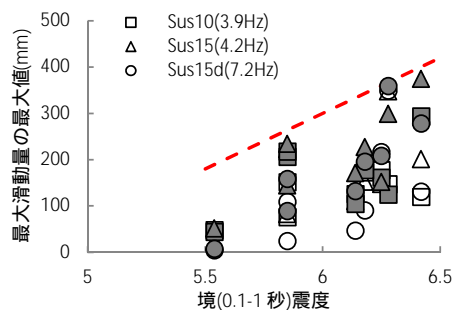
構造物の固有周期，地震動，により，滑動量が変化すること，同一試験体・同一加振波でも滑動の時刻歴が定性的に異なるケースがあること，最大滑動量を発生する滑動時刻歴の最大滑動量の変動係数は 0.2 程度であること，最大滑動量の推定値は最大滑動量を発生する滑動時刻歴の最大滑動量平均値の 1.2 倍程度であること，が分かった。また，境の提唱する震度を用いて告示波相当の地震動を選定し，告示波レベルの地震動による最大滑動量を 300mm と推定した。



a) 境界震度と最大滑動量の平均値



b) 境界(0.1-1 秒)震度と最大滑動量の平均値



c) 境界(0.1-1 秒)震度と計測した最大滑動量の最大値

図4 境界震度と最大滑動量の関係 (: 磨き面, : 切断面)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

山田耕司: 1階質量比の石場建て建物の最大滑動量への影響, 構造工学論文集, 査読有, Vol.63.B, pp.595-602, 2017.3

山田耕司: 石場建て建物の最大滑動量の実験的推計に関する検討, 構造工学論文集, 査読有, Vol.62.B, pp.307-314, 2016.3

〔学会発表〕(計 4 件)

山田耕司: 木造住宅の直接基礎の滑動による地震入力低減に関する検討, 日本地震工学会 年次大会 2017, pp.3-20, 2017.11

山田耕司: 基礎滑り発生時の木造住宅必要充足率, 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), pp.493-494, 2017.09

山田耕司: 1階質量比の石場建て建物の最大滑動量への影響, 東海支部研究報告集, 第55号, pp.93-96., 2017.2

山田耕司: 石場建て建物の最大滑動量の実験的推計に関する検討, 東海支部研究報告集, 第54号, pp.133-136., 2016.2

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等:

<http://www.arch.toyota-ct.ac.jp/%7Ekyamada/15K14070.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山田 耕司 (YAMADA Koji)

豊田工業高等専門学校・建築学科・教授
研究者番号: 60273281

(2) 研究分担者: なし

(3) 連携研究者: なし

(4) 研究協力者: なし