

ピロティ崩壊実験の振動台への影響に関する予備試験

○小川 信行¹、佐藤栄児²、清水信行³

¹ 工博 防災科学技術研究所 防災総合研究部三次元震動破壊研究室
(〒305-0006 茨城県つくば市天王台 3-1)

² 工修 防災科学技術研究所 防災総合研究部三次元震動破壊研究室
(〒305-0006 茨城県つくば市天王台 3-1)

³ 工博 いわき明星大学教授 理工学部機械工学科
(〒970-8551 福島県いわき市中央台飯野 5-5-1)

The Full-Scale Earthquake Testing Facility under construction by National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED), Science and Technology Agency (STA) aims to be used for collapse test of real or large size structure models. In order to make clear their failure mechanism the shaking table system has high level performance of control and reproduce target motion with better accuracy. But it is supposed that the motion of shaking table can be affected by dynamic behaviour of test structure, especially in collapse test. These phenomena are known among researchers working for vibration tests but almost of them are not opened for public use because that appearance of those phenomena are often considered as failed test. The authors are conducting vibration tests and research on improvement of control technology of shaking table against dynamic effect of test structure. As one of such test, the authors have conducted the preliminary test to measure effect on shaking table by using a simple model of piloti collapse. This paper reports the outline of the test results.

Key Words: shaking table, collapse test, piloti, dynamic effect, precision control

1. はじめに

現在、実大三次元震動破壊実験施設の建設が科学技術庁防災科学技術研究所で進められている。本装置は阪神・淡路大震災の教訓を受けて、各種構造物の破壊実験を通して耐震性向上技術、耐震補強技術の確立に貢献することが求められている。構造物の破壊機構を精度よく解明するためには、振動台が十分なパワーを持つことと併せて、そのパワーを破壊のために効率的に使えるよう適切な制御を行うことが必須となる。代表的な破壊形態の一つとしてピロティ崩壊があるが、このような崩壊実験を振動台で再現する場合に、振動台がどのような影響を受けるを評価し、制御上考慮すべき事項を明らかにすることが必要である。しかし、これまでこのような試験体破壊が振動台挙動に与える影響に着目した実験は少なくまた公表されていない。通常の破壊実験では、振動台に悪影響を生じたケースは失敗事例として棄却される場合が多いからと思われる。本報告はこのような観点からまず小型振動台とピロティ崩壊を模擬できる簡単なモデルを用いて振動試験を行い、振動台に与える影響についてデータを中心に予備的にとりまとめたものである。

2. 実験装置

(1) 概要

振動台に影響を与える試験体の挙動はさまざま考えられ、弾性試験体でも低減減での共振などが振動台応答のノッチを生ずるなど顕著な影響を与えることが知られている。このような弾性体の場合は、繰り返し加振が可能であるため、制御系に補正特性を持たせることにより、あるいは入力補償を行うことにより比較的簡単に影響低減が可能である。一方、試験体が破壊する場合は、破壊の規模(変動する質量の規模)、破壊の速度(質量あるいは剛性の変化速度)、振動台の加振パワーなどに依存して様々な影響をもたらすことが考えられる。それらの影響を制御手法で完全に補正することは極めて困難と思われるが、影響を低減するための種々の工夫を進めることが、前記建設中のものをはじめ、振動台を有効に活用するために必要である。そのため試験体の破壊が振動台に及ぼす影響をできる限り定量的に把握することがまず必要である。それに基づき、制御だけでなく計測、防護を含めた振動台の利用技術を高めていくことが望まれる。振動台が期待せざる動きをし、実験としては失敗であったデータなどもこのような観点から有効に活用することが期待される。

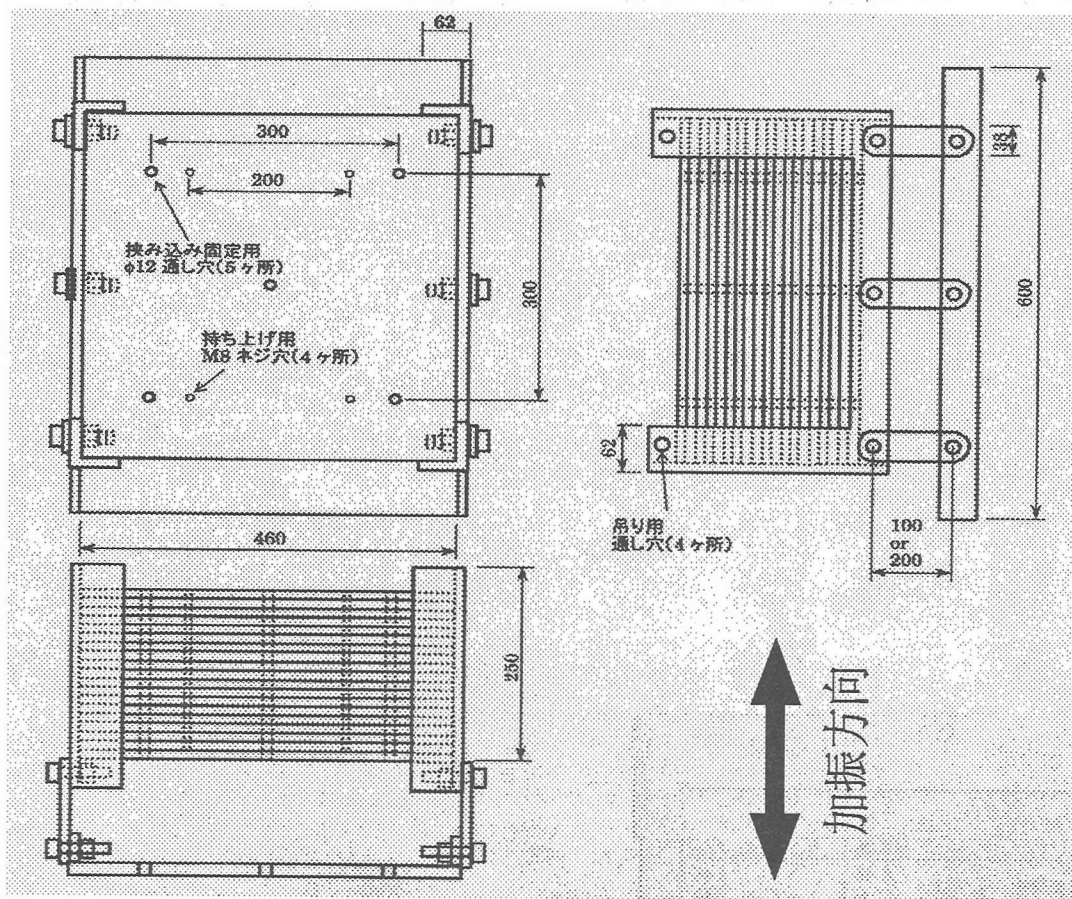


Fig.1 Simple piloti model

試験体の破壊のパターンには種々あるが、その典型としてはいわゆる急激な崩壊に当たるものと急激ではないが弾塑性応答のように非線形挙動を繰り返すものがある。後者については、筆者らを含むグループで精密な反復使用モデルを製作中であり、その内容については本シンポジウムで別途報告されている¹⁾。本実験では、前者を対象に簡単なピロティ型モデルを製作し振動試験を行った。

(2) 試験体の構造

試験体は設置の容易さ、繰り返し試験が可能なることを考慮し上部構造を剛体で作成し、下部ピロティ部は鉄製の脚柱(1階柱相当)を振動台と試験体にそれぞれボルトによるピンで結合した。ピン部のボルトを締めることにより固定され、摩擦によって拘束を与えられる構造にしている。加振によってこの摩擦力を上回る水平慣性力が作用した時点で、剛体は崩落することになる。試験体の概要を図1に示す。上載の剛体重量はケース込みで約400kgfである。脚柱は剛体の両サイ

Table 1 Specification of small shaking table

項目	
加振台	1m x 1m 750kgf
搭載重量	1tonf
加振力	2tonf(Horiz.), 4tonf × 2(Verti.)
最大変位	± 6cm(Horiz., Verti.)
最大速度	70cm/s(Horiz.), 15cm/s(Verti.)
最大加速度	1G(Horiz., Verti. at max. test weight)
制御	Analogue displacement F/B

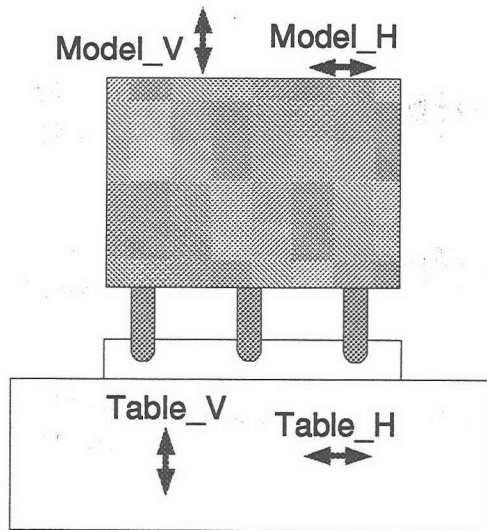


Fig.2 Layout of Acceleration Sensors

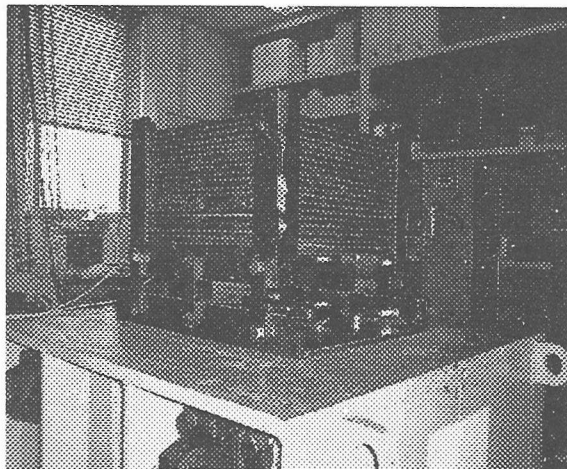


Photo.1 Simple piloti model (at normal standing)

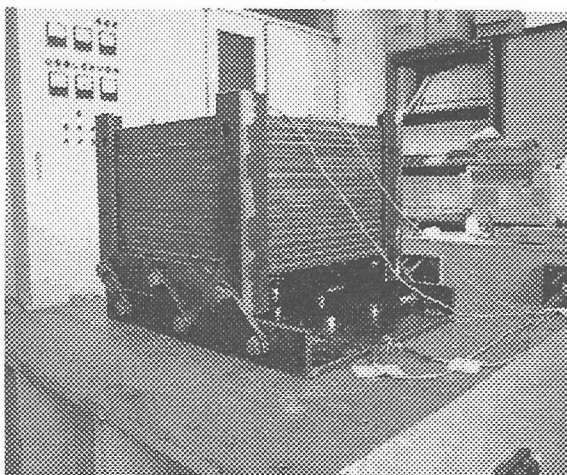


Photo.2 Simple piloti model (after "collapse")

Table 2 Results of preliminary test

Test No.	Condition	Column	Result
P1-21-001	Fixed	10cm	-
P1-21-003	Fixed	10cm	-
P1-21-005	Released	10cm	Collapse
P2-14-001	Collapsed	10cm	-
P2-14-002	Collapsed	10cm	-
P2-14-003	Fixed	10cm	-
P2-14-006	Released	10cm	Collapse
P2-14-007	Released	10cm	Collapse
P2-15-001	Released	10cm	Tilting
P2-15-002	(continue)	10cm	Tilting
P2-15-003	(continue)	10cm	Collapse
P2-15-004	Release	10cm	Collapse
P2-15-005	Fixed	20cm	-
P2-15-006	Release	20cm	Collapse
P2-15-007	Release	20cm	Collapse
P2-15-008	Release	20cm	Tilting
P2-15-009	(continue)	20cm	Tilting
P2-15-010	(continue)	20cm	Tilting
P2-15-011	(continue)	20cm	Tilting
P2-15-012	(continue)	20cm	NO Collapse
P2-15-013	Release	20cm	Collapse

ド下部に3カ所ずつ設け、加振実験の際には両サイドの中央の脚柱のみ摩擦拘束が作用し、他の脚柱は自重の支持のみとした。また、脚柱長さによる差異が見られるように、ボルトピン間距離が10cm及び20cmの2種類を用意した。

(3) 振動台及び実験方法

試験に用いた振動台は、防災科研所有の小型二次元振動台であり、主な仕様は表1の通りである。本振動台は、制御性能、加振機その他の改造を予定しているが現状は変位フィードバックのみ用いる最もシンプルな制御方式である。また、加振機と振動台の継ぎ手にはリンク及びグリス方式の球面継ぎ手を用いているが、多少のガタがあり、これに伴うノイズが生ずる。試験体の影響を調べる試験にはあまり適さないが、予備試験として改造前の旧式振動台をそのまま用いた。試験体は最大搭載重量に対して約半分の負荷となっている。

加振には、エルセントロNS成分を用い、水平のみの加振とした。本振動台では、幾何学的クロストークは小さいが、振動数が高い場合はこれに伴う上下の加速度もある程度生じた。試験は試験体の脚柱ボルトを締め付け固定状態にした場合、すなわち単純な剛体負

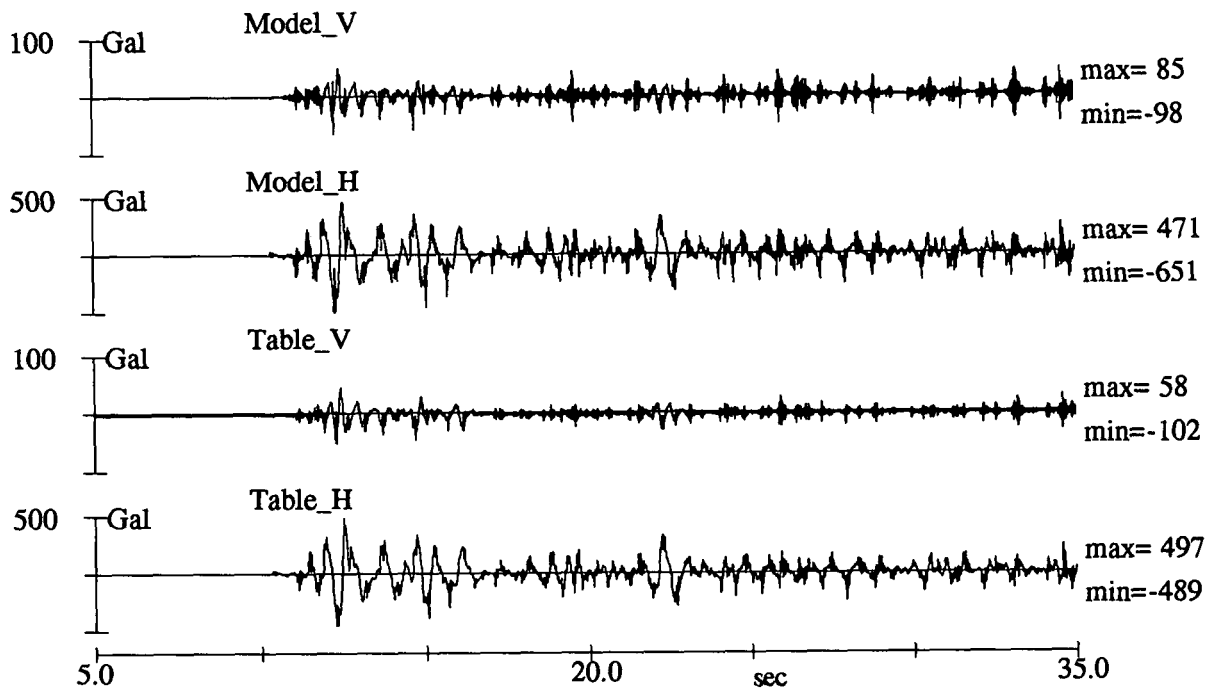


Fig.3 Response waves (at fixed condition)

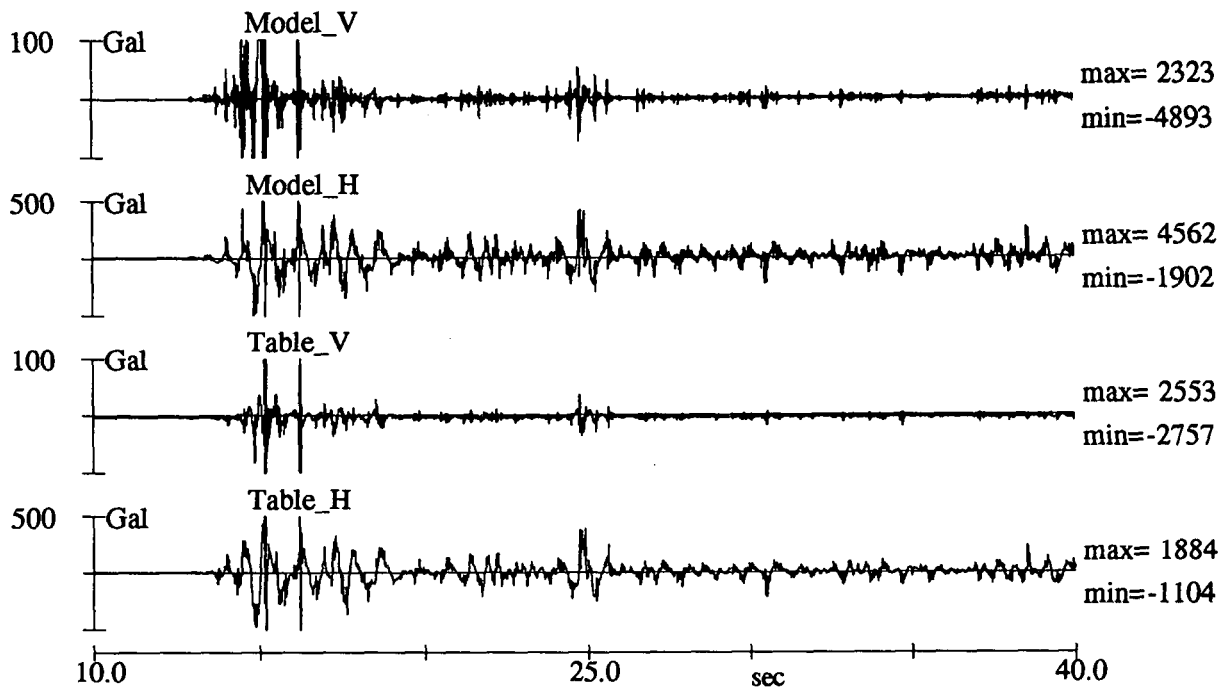


Fig.4 Response waves (at collapse condition)

荷に近い場合の加振を行い、次いで中央脚柱ピンボルトをやや緩めた状態で加振した。応答の計測には加速度計を用い、図2のように配置した。データ収録は2.5kHz サンプリングによりデジタルデータとして

収録したが、結果の表示には適宜サンプリングを落として使用した。

写真1、2に振動台とモデルの設置状況(「崩壊」前と「崩壊」後)を示した。

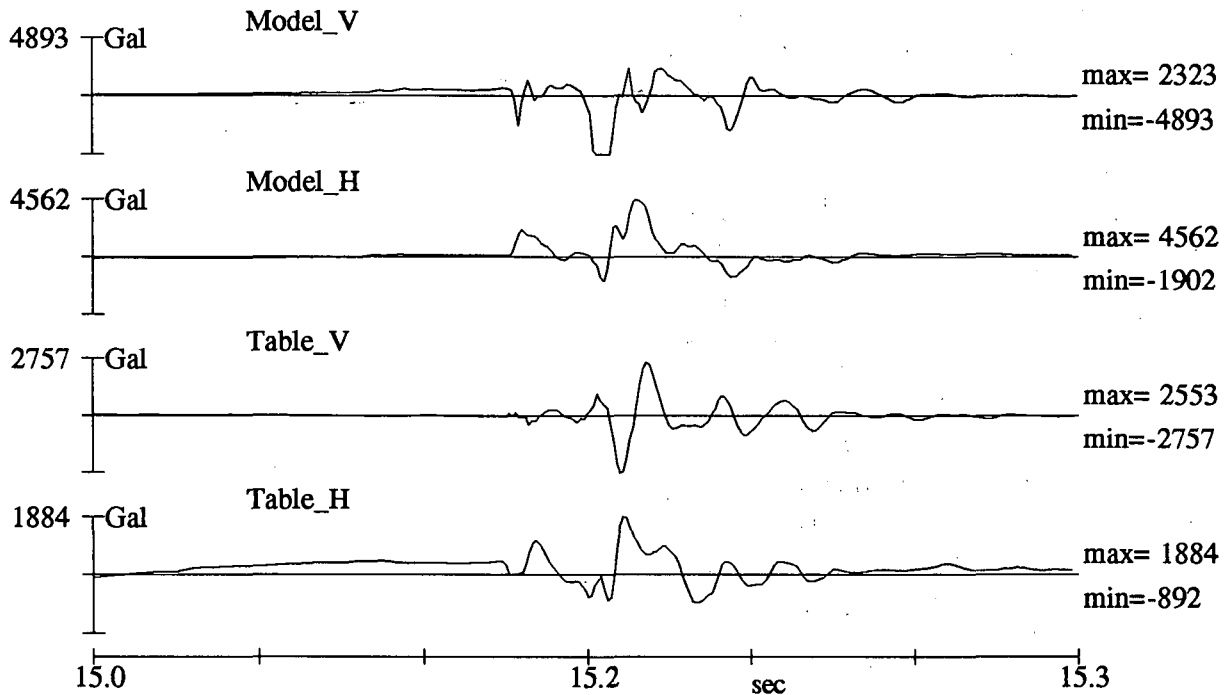


Fig.5 Response waves (part of spike shock of Fig.4)

3. 実験結果概要

表2に今回行った予備試験のリストと結果を示す。時間的制約もありごく限られたケースにとどまった。表中 **continue** とあるのは、摩擦拘束がやや強く傾斜するにとどまった場合にそのまま再加振を行ったものである。また、**Tilting** は傾斜した状態で摩擦拘束にとどまったケースである。

図3、4に加振波形例を示す。図3は、試験体を固定して落下しないようにした場合(P1-21-003)の振動台と試験体の応答加速度である。概形をみるためにここでは平均操作により100Hzサンプルとしている。また、図4は落下が起こったケース(P1-21-005)である。図4では、主要部とその後の部分で2回大きな衝撃状の応答を示しており、これを除く他の部分では、多少影響をうけているようにも見られるが波形の基本形状はほぼ同一である。衝撃状の加速度は2Gから4G近くに達しているが、脚柱20cmの場合は、さらにこの値が大きくなっている。このように幾つかの衝撃が発生するが、実験上は破壊が開始する主要動部分で発生するものが問題となりうる。図4の主要動付近での最初のスパイク部を拡大したものが図5である。本図は1kHzのサンプリングデータを用いている。わずかな時間であるがモデルの挙動から振動台に影響が及んでいくのが示されている。しかし、細部の挙動は本データのみでは不明で今後の試験、データ分析を行っていく予定である。

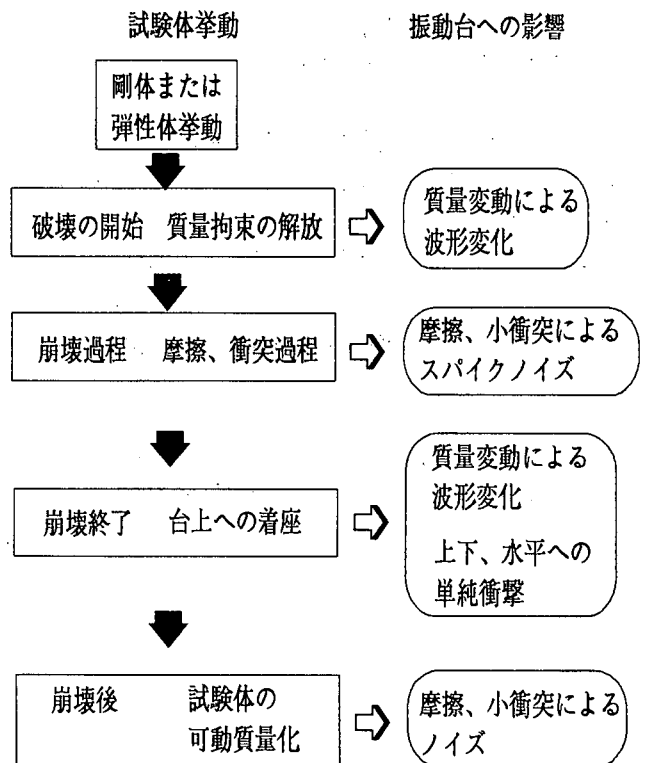


Fig.6 Failure process and effect on table motion

上記のように本試験のモデルは摩擦を伴うものの極めてシンプルであり、このため台への影響も単純な衝撃状のものとなっている。しかし、子細にみればその影響過程は図6のようなものと考えられる。破壊の過程は、このようなシンプルな質量変動、摩擦、衝突などの過程が複雑に組み合わさるものと思われ、それらの個々の影響を定量的に評価することがまず必要と思われる。このような破壊に伴う影響のうち、本実験のように崩壊が始まった時点から後の衝突などによる影響は、計測系への影響は別として試験の目的をそれほど阻害するものではない。しかし、最初の破壊時点、上記実験でいえば摩擦拘束が切れて滑りはじめる時点での影響は、試験体の崩壊開始点の確認などのためには重要であり、振動台への影響も最小限にしたい。この点は、今後本研究の中で進めていく課題と考えている。崩壊開始後の振動台への影響はノイズにおおわれた計測データの処理、振動台周辺防護の観点からは取り組むべき課題であろう。

4. 結言

今回は観察的な予備試験にとどまったが、今後試験体に定量性を持たせるための改善を行い、破壊の速度なども調整しながら振動台への影響を調べることが必要である。また、実験結果に基づくシミュレーションも併せて実施していく予定である。

謝辞: 本研究は科学技術庁科学技術振興調整費による総合研究「構造物の破壊過程解明に基づく生活基盤の地震防災性向上に関する研究」の一環として行われているものであり、関係各位に感謝する次第である。また、本実験は柴田碧博士の助言に基づくものでありこの場をかりて感謝申しあげる次第である。

参考文献

1) 清水信行, 他: 振動台加振手法研究用の非弾性挙動実現模型の製作(本シンポジウム論文集)