

抵抗板を設置した空積みブロック模型の 地震時加速度応答特性に関する一考察

向谷光彦*, 末松吉生**, 水越睦視***, 乃村智子*, 松原三郎***

Seismic Accelerative Response of Dry Masonry Block Retaining Wall Structure with a Resistance Plate

Mitsuhiko MUKAITANI*, Yoshio SUEMATSU**, Mutsumi MIZUKOSHI***,
Tomoko NOMURA* and Saburo MATSUBARA***

Abstract

There are two methods of the block retaining wall work, one is the dry masonry block wall structure, and the other is the wet one. The dry masonry block wall structure has the goodness of speed of work and the economically comparison of the wet one. However, dry masonry method has little resistance force against the retaining wall's sliding. We proposed the new method of the dry masonry block retaining wall structure with a resistance plate. This plate makes a passive pressure in the dry masonry block. We investigated seismic accelerative response of the dry masonry block retaining wall structure with a resistance plate using the small size model test apparatus. The apparatus is the one dimensional seismic machine. We discussed the basic study of relation between the input acceleration and the response one. We use 1/10 scale model comparison of the in-situ work. It was clarified from model tests results that the existence of the resistance plate becomes very important to effectively increase the block stability.

Keywords : dry masonry block, retaining wall, resistance plate, accelerative response

1. はじめに

筆者らは、空積みブロックの中空部に滑動抵抗板を設置した静的・動的変形特性について検討し、別報にて報告^{1,2)}した。また、練積みブロックの地震時安定性については、いくつかの研究^{3,4)}がある。本論文では、抵抗板を有する空積みブロックの加速度応答特性について着目し、基本的な検討を加えた。1/10スケールの小型模型を用いて振幅 16mmで1方向に正弦波による単調振動を加え、入力加速度と応答加速度を高速データロガーによりデータ採取し、これによって空積みブロックの動的特性に及ぼす滑動抵

抗体の影響について、経過時間と入力加速度および応答加速度の関係と、これによって生じる位相のずれに関する検討を行った。

2. 試料, 実験装置, 実験の概要

模型は木製で作成し、中詰材（礫 5mm 以下）は現場での 1/10 スケールをそれぞれ想定している。模型にはコンクリートと比重を合わせるために、周囲に鉄板を張り付けてある。図-2.1 にその概略を示す。抵抗板を振動方向に対して直角に設置した標準的な状況を示す。

入力振動は、ダイヤル式で振動数を設定できる小型振動台を使用した。周波数を 3~5Hz まで 0.5Hz 刻みに変化させ、試験体を 10 秒間振動させる。10 秒間振動させた後に停止させた。加速時計は 2 個使用

*香川高等専門学校専攻科

**東栄商興(株)

***香川高等専門学校 建設環境工学科

した。1 つは振動台に剛結し、入力加速度を計測した。もう一方はブロック木枠の天端にピン留めして、応答加速度を計測した。実験開始前には、重力加速度を使用する加速時計によりそれぞれ計測し、重力加速度が 980cm/s^2 に表示されることを確認している。



図-2.1 土槽と模型ブロックの設置状況

抵抗板; 振動方向に対して直角に設置

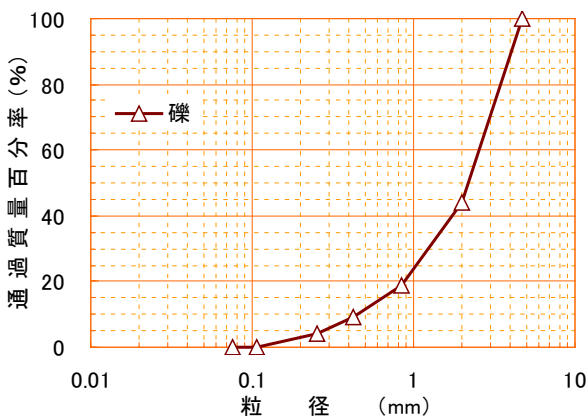


図-2.2 使用した試料の粒径加積曲線

表-2.1 試料の物性値

ρ_s (g/cm^3)	2.640
D_{10} (mm)	2.2
D_{50} (mm)	0.40
U_c (無次元)	6.3
U'_c (無次元)	1.7

滑動抵抗体の有無、滑動抵抗体の設置方向、抵抗体の種類（木板+鉄板、鉄板のみ、木板のみ）、および表面粗度の影響について検討した。実際の地震を想定すれば、擁壁の前後方向だけでなく奥行き方向への入力波も想定しなければならない。したがって、振動方向に対し直角と平行の2方向に抵抗板を設置し、その影響について比較検討を行った。

試料には、5mm以下の乾燥した礫を使用した。粒径加積曲線を図-2.2に、物性値を表-2.1にそれぞれ

示す。

ブロックはベニヤ板で作製し、コンクリートとの比重を合わせるために、鉄板を周囲に貼り付けてあり、その大きさは横 230mm×縦 210mm×高さ 99mmである。土槽はプラスチック製で、内法; 縦 335mm×横 240mm×深さ 215mm の市販の容器を使用した。

抵抗板の大きさの基本形は、横 185mm×縦 99mm×厚さ 10mm のベニヤ板にコンクリートとの比重合わせの鉄板を剛結してある。抵抗板の表面摩擦の有無を調べるために、木や鉄板の表面をサンダーで人工的に凹凸を加えたものを粗面とし、以下そのように称することにする。表-2.2には、今回実施した抵抗板の状態と振動方向に対する設置について、実験ケースをそれぞれ示す。

表-2.2 実験ケース

Case	抵抗板の設置方向; 状況
Case 1	なし
Case 2	直角; 木+鉄板1枚 (滑, 基本形)
Case 3	平行; 木+鉄板1枚 (滑)
Case 4	直角; 木 (粗)
Case 5	直角; 鉄板1枚 (粗)

抵抗板の底面まで試料を容器に充填し、ランマーで十分突き固めた。設定した抵抗板の設置深さ（標準は1/2）まで試料を投入して同様に突き固めた。ブロック底部の高さになると、ブロックを設置して水平性を水準器により確認しながら中空部に試料を投入し充填、突き固めた。ブロックの天端まで試料が充填完了後、再度水準を確認した。なお、抵抗板とブロック枠は密着していない。ブロック段数は1段のみを実施した。その後、上記の方法にて加速時計の点検と設置を行っている。

データ採取は高速データロガーにより行い、サンプリング間隔は 100Hz である。なお、抵抗板なしでは、入力周波数を 3.0, 4.0 及び 5.0Hz とし、それ以外の抵抗板ありでは 4.0, 4.5 及び 5.0Hz とした。これは、予備実験の結果から抵抗板を有する場合には、3.5Hz 以下では残留変位が見られないため、加速度計測は行っていない。

3. 実験結果と考察

3. 1 空積みブロックの加速度応答に及ぼす抵抗板設置の影響

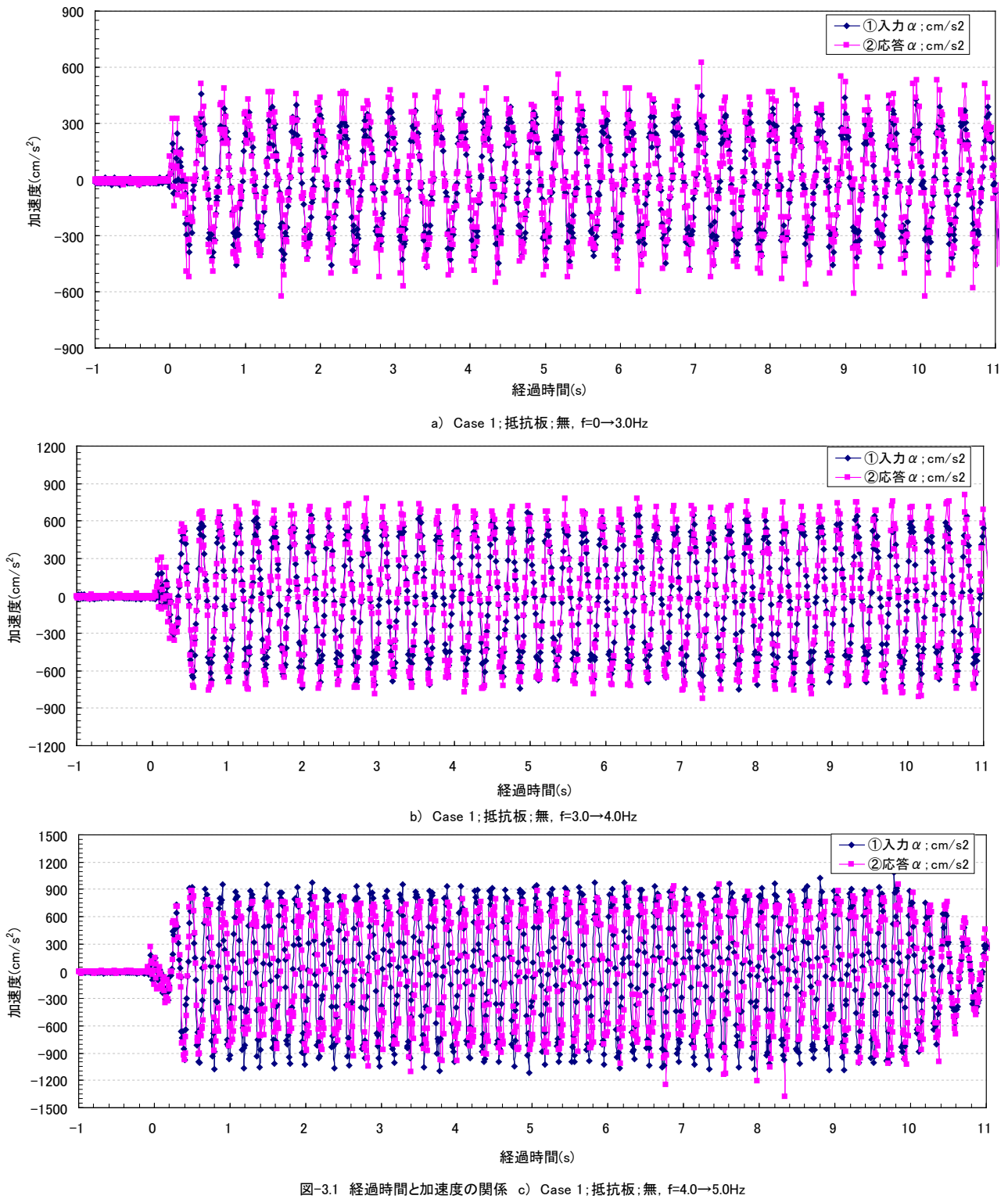


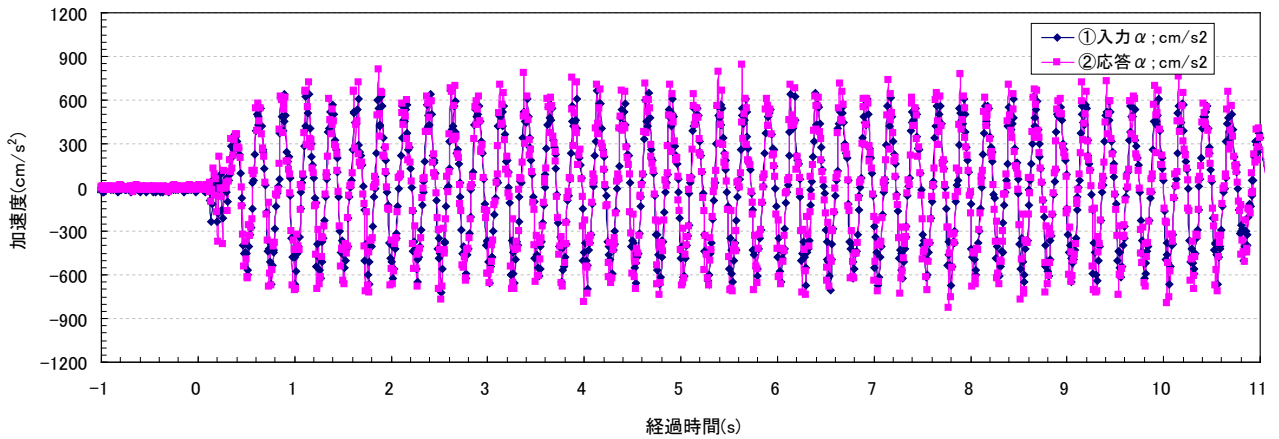
図-3.1 経過時間と加速度の関係 c) Case 1; 抵抗板; 無, $f=4.0 \rightarrow 5.0\text{Hz}$

空積みブロックの加速度応答に及ぼす抵抗板設置の影響について調べた。抵抗板の条件; Case1 と 2 について検討した。

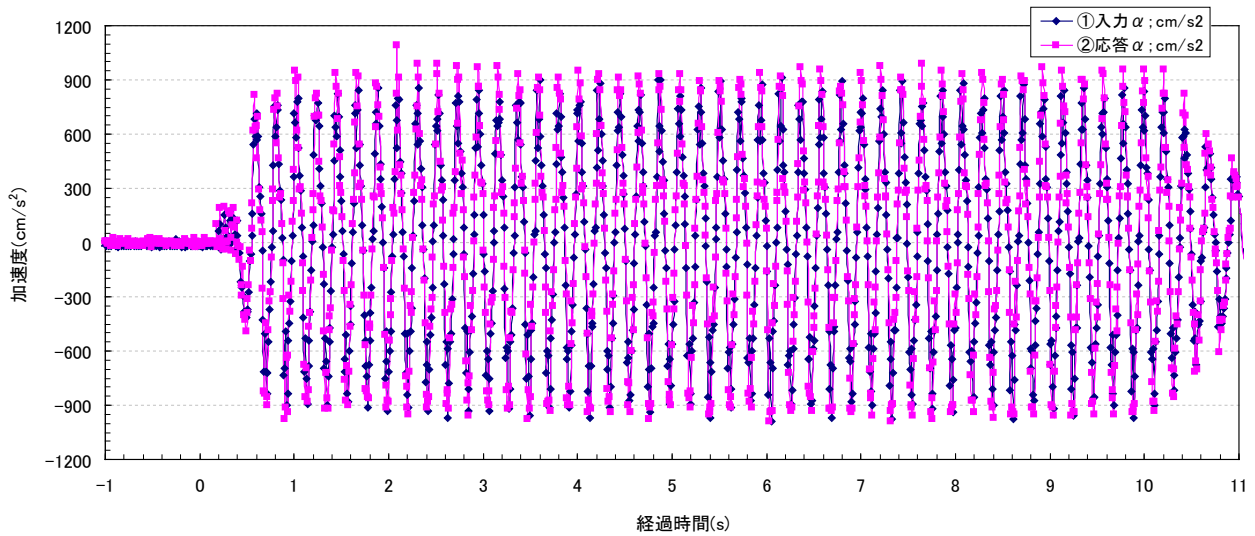
図-3.1 には, Case 1 の抵抗板の無い条件における経過時間と入力・応答加速度の関係について示す。a)図は入力周波数が 3.0Hzであるが, 応答加速度が入力加速度より 150cm/s^2 程度上回って増幅しているこ

とが分かる。このことは, b)図においても同じ傾向を示している。c)図では逆に応答加速度の方が入力加速度より 200cm/s^2 程度小さく, 位相のずれが 0.05 秒程度発生していることが分かる。これは, 基礎地盤上をブロックが滑っている状態であり, いわゆる破壊していることを示している。

Case 2 は, 木に鉄板を貼り合わせて振動方向に対して直角に抵抗板を設置した標準型の構造における



a) Case 2: 抵抗板; 有(木+鉄板1枚)-直角-滑, $f=0 \rightarrow 4.0\text{Hz}$



b) Case 2: 抵抗板; 有(木+鉄板1枚)-直角-滑, $f=4.0 \rightarrow 4.5\text{Hz}$

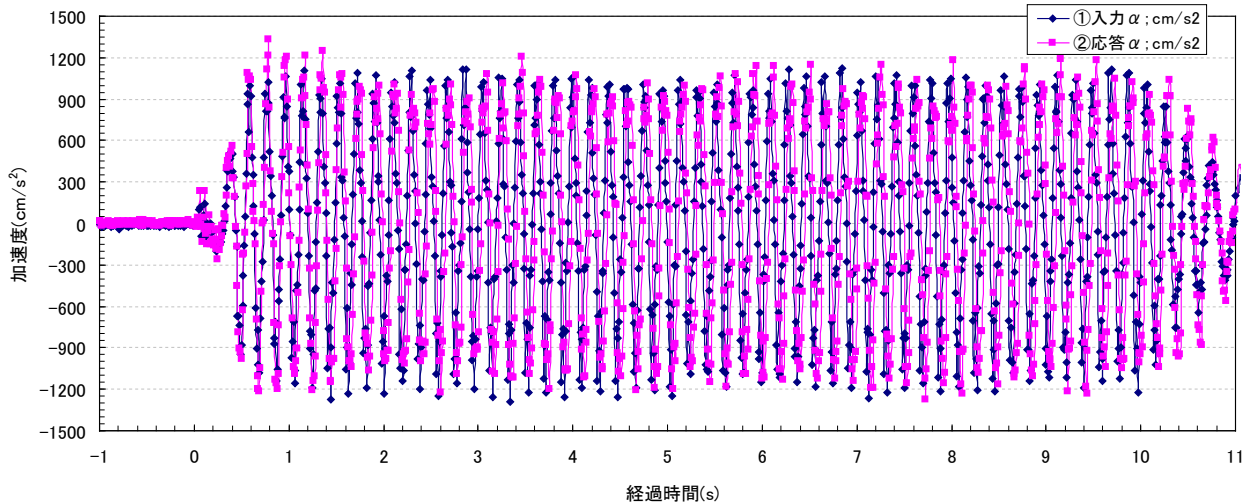


図-3.2 経過時間と加速度の関係 c) Case 2: 抵抗板; 有(木+鉄板1枚)-直角-滑, $f=4.5 \rightarrow 5.0\text{Hz}$

結果である。図-3.2にはその経過時間と入力・応答加速度の関係を示す。a)図とb)図より、入力加速度が4.5Hz以下では、入力加速度と応答加速度に差はなく、地盤とブロックが一体となって移動していることが分かる。c)図では、応答加速度が入力加速度より 150cm/s^2 程度小さくなっており、位相のずれも

0.05秒程度発生している。この現象は、図-3.1c)でも見られたことと同様であり、ブロックの耐震性が失われ、ブロック底部と基礎地盤の間で一面せん断的に破壊したものと考えられる。抵抗板を設置することで、抵抗板無しの結果と比較してブロックの耐震性が向上していることが分かる。ただし今回は、

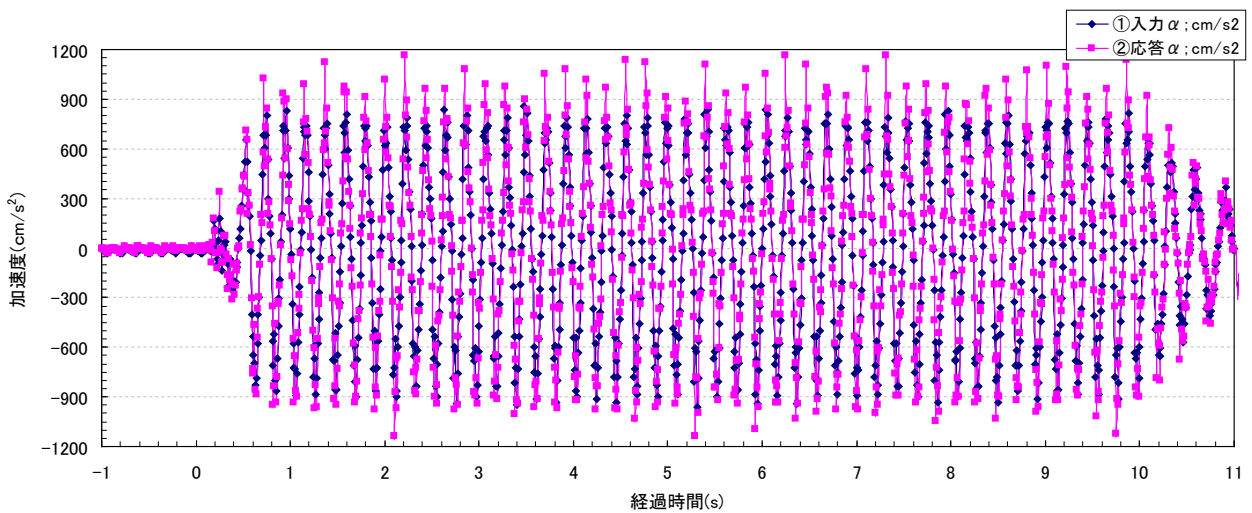


図-3.3 経過時間と加速度の関係 Case 3: 抵抗板; 有(木+鉄板)-平行-滑, $f=4.0 \rightarrow 4.5\text{Hz}$

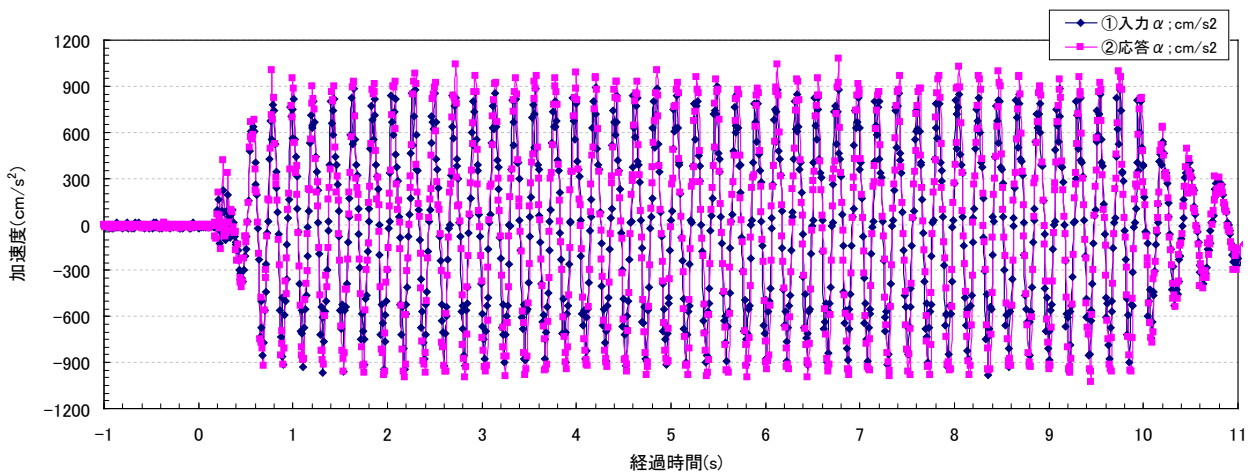


図-3.4 経過時間と加速度の関係 Case 4: 抵抗板; 有(木)-直角-粗, $f=4.0 \rightarrow 4.5\text{Hz}$

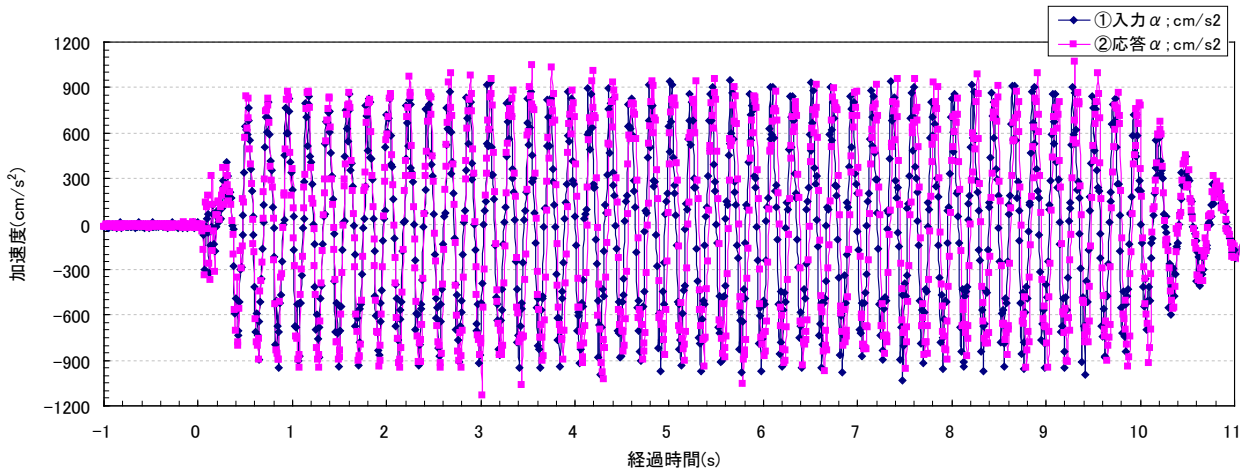


図-3.5 経過時間と加速度の関係 Case 5: 抵抗板; 有(鉄板1枚)-直角-粗, $f=4.0 \rightarrow 4.5\text{Hz}$

設定した入力周波数が両条件で同一でないため、今後のさらなる検討が必要である。

3. 2 空積みブロックの加速度応答に及ぼす抵抗板設置方向の影響

空積みブロックの加速度応答に及ぼす抵抗板設置方向の影響について、Case 3 として検討した。図-3.3 には、入力周波数 4.5Hz、実際の入力加速度 900cm/s^2 程度の条件下における経過時間と入力・応答加速度の関係を示す。図-3.2b)図との比較から、抵抗板を平行に設置すると入力加速度より応答加速度の方が

150cm/s²程度大きく、振動が増幅していることが分かる。ただし、位相差は見られないことから、抵抗板は基礎地盤と一体になって振動しているものの、上部では振動の増幅現象が発生しているものと推察される。このように抵抗板の向きが異なることで、耐震性能に違いが出るのが分かる。振動方向に対して抵抗板を平行に設置するという事は、実際には奥行き方向の地震動を想定していることになる。抵抗板を設置することにより、ブロックの前後方向ほどではないが、奥行き方向にもかなりの耐震性が期待できることを示唆しているものと考えられる。

3. 3 空積みブロックの変形に及ぼす抵抗板の表面粗度の影響

空積みブロックの加速度応答に及ぼす抵抗板の表面粗度の影響について、Case 4と5として調べた。図-3.4にCase 4、図-3.5にはCase 5の入力周波数が4.5Hzの結果について、それぞれ示す。双方とも入力加速度に比べて応答加速度が100cm/s²程度大きく増幅していることが分かる。ただし、Case 5の鉄板1枚では、位相のずれが0.05秒程度みられ、ブロック全体として破壊に近づいていることが分かる。対照的にCase 4では位相のずれは見られない。これらの結果より、抵抗板は中込材に対してある程度の厚さがある方が耐震性向上に寄与することが分かった。

また図-3.2b)と図-3.4を比較すると、ほぼ等しい波形を示していることから、今回の方法によって表面粗度を向上させても、加速度応答や位相のずれにはあまり影響がないことが明らかになった。

3. 4 空積みブロックの変形に及ぼす入力周波数と入力加速度、応答加速度、及び位相差の関係

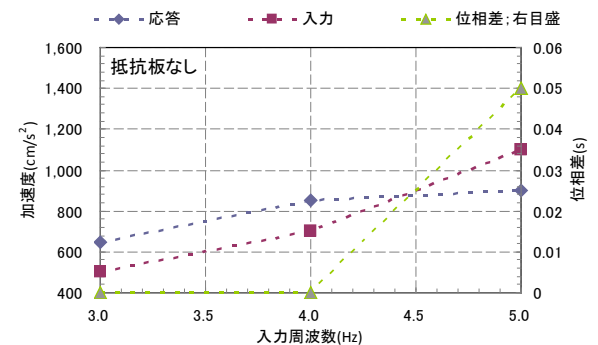


図-3.6 入力周波数と加速度および位相差の関係 (抵抗板なし)

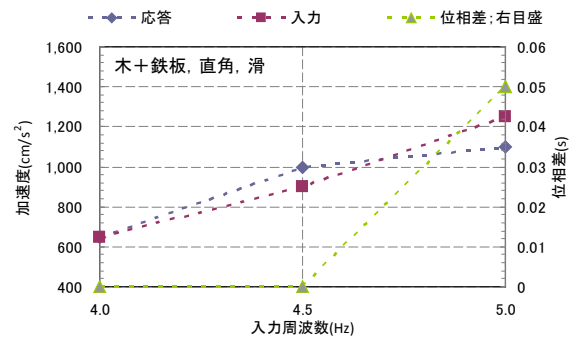


図-3.7 入力周波数と加速度および位相差の関係 (抵抗板有り; 木+鉄板, 直角, 滑)

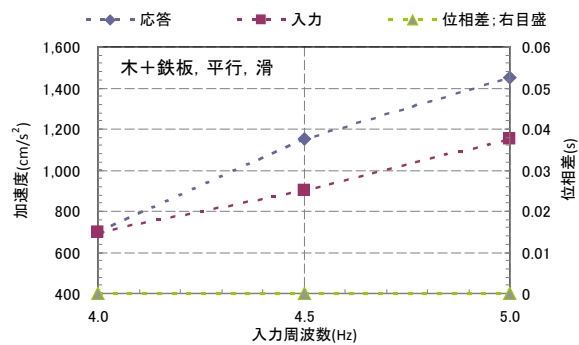


図-3.8 入力周波数と加速度および位相差の関係 (抵抗板有り; 木+鉄板, 平行, 滑)

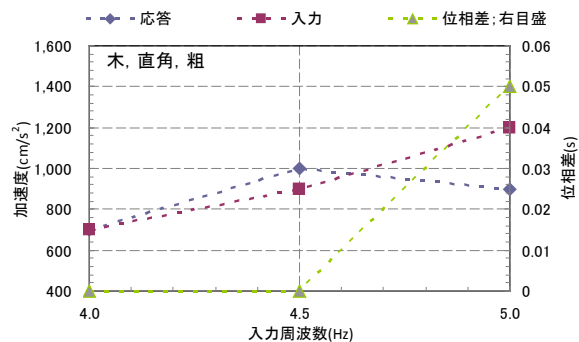


図-3.9 入力周波数と加速度および位相差の関係 (抵抗板有り; 木, 直角, 粗)

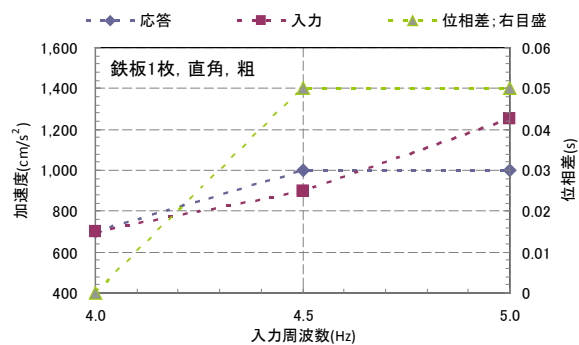


図-3.10 入力周波数と加速度および位相差の関係 (抵抗板有り; 鉄板1枚, 直角, 粗)

上記、3.1～3.3 の考察と表示していなかった実験結果を加え、入力周波数と入力加速度、応答加速度、及び位相差の関係について総合的な検討を加える。

図-3.6～3.10には、各条件下における入力周波数と入力加速度、応答加速度、及び位相差の関係についてまとめたものである。図-3.7～3.10より、いずれの条件においても抵抗板を設置すると4.0Hzでは入力加速度と応答加速度が等しく、位相差も見られないことから、ブロックが抵抗板とともに基礎地盤と強固に一体化していることが分かる。図-3.6の抵抗板なしの結果から、入力周波数が3.0Hzにおいて、既に応答加速度が入力加速度を上回って、増幅していることが分かる。

4. まとめ

小型振動台を用いて、様々な条件下における抵抗板を設置した空積みブロック模型土槽を作成し、その地震時加速度応答特性に及ぼす影響について検討した。得られた結論は、以下のとおりである。

1) 空積みブロックの変形に及ぼす抵抗板設置の影響について検討し、抵抗板が無ければ入力周波数；3.0Hz、実際の入力加速度； 500cm/s^2 程度で既に 150cm/s^2 の応答加速度の増幅が見られる。一方、抵抗板を設置することで入力周波数；4.0Hz、実際の入力加速度； 700cm/s^2 程度までは応答加速度の増幅や位相のずれは見られない。入力周波数；4.5Hz、実際の入力加速度； 900cm/s^2 程度において、はじめて 100cm/s^2 の応答加速度の増幅が見られるものの、位相のずれは無かった。これらの結果より、空積みブロックに抵抗板を設置することで、抵抗板の無い空積みブロックと比較して、耐震性が高いことが明らかになった。

2) 空積みブロックの加速度応答に及ぼす抵抗板の設置方向の影響について検討し、振動方向に直角に設置したもののだけでなく平行に設置したものについても、ある程度の耐震性を有することが分かった。従来、擁壁の地震時安定性については、擁壁の前後方向のみが議論されてきた。今回新たな試みとして擁壁に対して奥行き方向の安定性にも検討を加えた。これらの結果から、擁壁の現実的な耐震性評価を実験的に明らかにできる可能性があることを示唆した。

3) 空積みブロックの変形に及ぼす抵抗板の表面粗度の影響について検討し、抵抗板の表面粗度は加速度応答特性には、影響を及ぼさないことが明らかになった。なお、抵抗板の厚さは中込材の粒径に対してある程度の厚さを有する方が効果的であることが分かった。

参考文献

- 1) 向谷光彦, 末松吉生, 水越睦視, 乃村智子, 岡崎芳行: 抵抗板を設置した空積みブロックの動的変形特性, 香川高等専門学校研究紀要, 4号, pp. 73-78, 2013.
- 2) 橋本彰博, 安福規之, 末松吉生, 小松利光: 抵抗板を有する空積みブロック構造の滑動抵抗とその評価, 公益社団法人地盤工学会中国支部論文報告集, 地盤と建設, Vol. 30, No. 1, pp. 27-37, 2012.
- 3) 瀧靖文, 長友克寛, 松山哲也, 松原三郎: ブロック積み擁壁模型の動的安定性に及ぼす背面土の影響, 土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集, 12巻, 6号, pp. 386-387, 2006.
- 4) 瀧靖文, 長友克寛, 松山哲也: ブロック積擁壁の連結法が動的挙動に与える影響, コンクリート工学年次論文集, Vol. 29, No. 3, pp. 523-528, 2007.