

# 抵抗板を設置した空積みブロックの動的変形特性

向谷光彦\*, 末松吉生\*\*, 水越睦視\*\*\*, 乃村智子\*, 岡崎芳行\*\*\*

## Seismic Characteristics of Dry Masonry Block Retaining Wall Structure with a Resistance Plate

Mitsuhiro MUKAITANI\*, Yoshio SUEMATSU\*\*, Mutsumi MIZUKOSHI\*\*\*,  
Tomoko NOMURA\* and Yoshiyuki OKAZAKI\*\*\*

### 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 characteristics 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 influence of the residual displacement of the dry masonry box on materials, position of the box and frequency. We use 1/10 scale model comparison of the in-situ work. We clarified that the influence of the resistance plate makes the residual displacement reduce.

Keywords : dry masonry block, retaining wall, resistance plate, seismic performance

### 1. はじめに

近年、地球規模で異常気象をもたらしている地球温暖化は深刻な国際政治問題に発展しており、世界的に温室効果ガスの削減が求められている。日本政府も2020年までに1990年比25%の削減を目標に掲げており、土木・コンクリート業界においても削減可能な技術が求められている。例えば、国土交通省は、河道計画の技術基準の中で、「今後の河川は治水機能の確保に加えて河岸・水際部が本来有する環境上の機能を確保する視点が重要になる」<sup>1,2)</sup>と通達した。環境機能を付加するためには、護岸堤の内・外を遮断する練積みではなく、連続させる空積み構造が絶対に不可欠である。しかし、空積みブロックは

練積みより滑動抵抗力が不足しやすい等の理由から、あまり積極的には使用されていない。もし、空積みで、練積みと同程度の安全性が確保できれば、河川の生態系や自然環境の保全に貢献でき、CO<sub>2</sub>も確実に削減することが可能になる。また、地震の頻繁化や地球温暖化による異常気象で災害の外力が増大している今日、擁壁分野においても更なる安全性の確保が強く求められている<sup>3,4)</sup>。

そこで本研究では、抵抗板を設置した空積みブロック<sup>5)</sup>の動的特性について調べた。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、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、残留変位に関する検討を行った。

\*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

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。図-2.2 には, 抵抗板を振動方向に対して直角に設置した状況を示す。

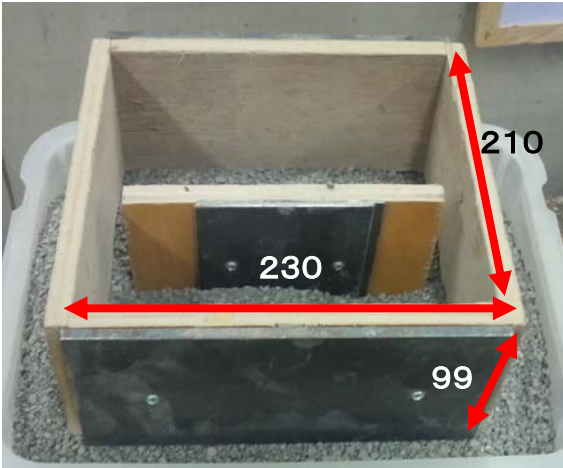


図-2.1 土槽と模型ブロックの設置状況  
抵抗板; 振動方向に対して平行に設置 (単位; mm)



図-2.2 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

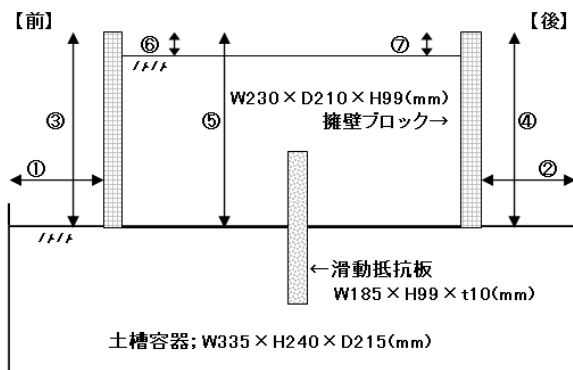


図-2.3 試験体と計測位置の概略図

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 4~5Hz 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。その後, ①ブロックと土槽間の水平距離 (前方), ②ブロック天端と土槽地表面の高さ (前方), ③ブロックと土槽間の水平距離 (後方), ④ブロック天端と土槽地表面の高さ (後方), ⑤ブロック天端と土槽地表面の高さ (中央), ⑥ブロック天端とブロック内地表面の高さ (前方), および⑦ブロック天端とブロック内地表面の高さ (後方) の計 7ヶ所で変位の測定を行った。図-2.3 に試験体と計測位置の概略図を示す。

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) 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。それぞれの周波数間での累積変位を計測し, その増分を算出した。

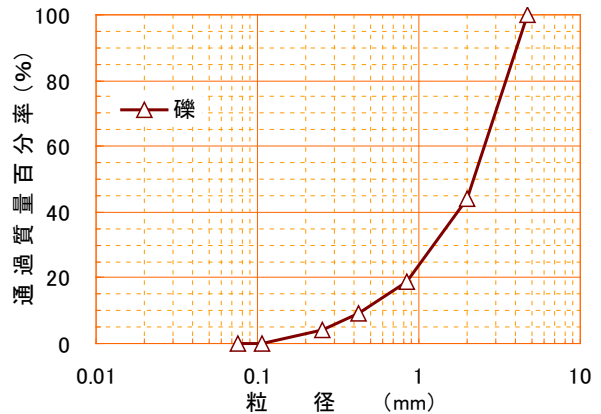


図-2.4 使用した試料の粒径加積曲線

表-2.1 試料の物性値

$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	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

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-2.4 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

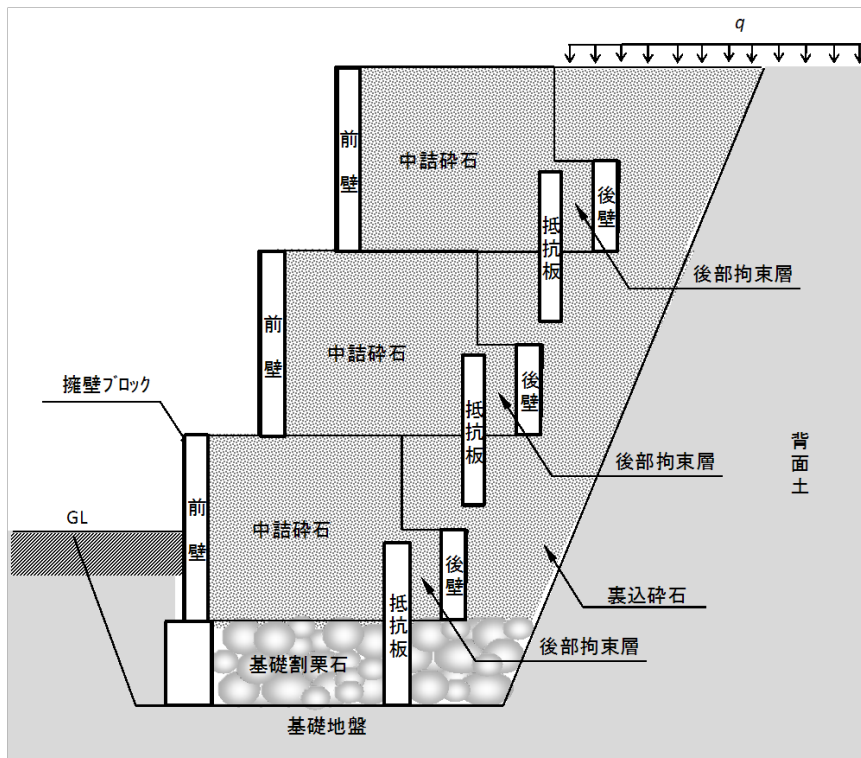


図-3.1 抵抗板を有する空積みブロック構造の概念図

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；鉄板1枚（滑）
Case 5	直角；鉄板2枚（滑）
Case 6	直角；木（滑）
Case 7	直角；鉄板1枚（粗）
Case 8	直角；木（粗）
Case 9	平行；鉄板1枚（滑）
Case 10	平行；鉄板2枚（滑）

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。

### 3. 抵抗板を有する空積みブロック構造の滑動抵抗力発現のメカニズム

抵抗板を有する空積みブロック構造の概念図を図-3.1 に示す。本構造は、前壁・後壁及び前壁と後壁をつなぐ左・右の側壁を有し、底版がない、高さ 0.5～1mのブロックを段積みする空積みブロック構造である。地盤面GLの高さは最下段ブロックの 1/2 の高さに相当し、背面土にはアスファルト舗装や車両などに起因する荷重；qが上載されている。基礎部と最下段ブロック及び上・下ブロックの境界面に高さ 0.35～0.5m程度の抵抗板を擁壁の前後方向に対しては直交して設置する。基礎部は栗石、ブロック内は中詰砕石、背面は裏込砕石等の粒状材で形成されており、抵抗板とブロック後壁との間に粒状材の詰まった部分が形成される。壁体に背面土圧 $P_A$ が作用す

ると、ブロック底部の潜在すべり面の土粒子がせん断されて移動する。それと同時に土粒子間に摩擦抵抗力 $T$ が生じ、ブロックも変位する。この際、抵抗板の前面には抵抗板の変位方向とは逆方向の水平力が作用し、かつブロック前壁底面から抵抗板の前面間の底面部分はブロックの潜在すべり面とはならないことから、抵抗板背面の上半部とブロック後壁間の土塊の間隙は密になり、潜在すべり面上の土粒子のせん断ひずみが増加して体積が膨張する（正のダイレイタンス）。こうした土塊の体積膨張により、抵抗板背面の上半部に水平力が集中して抵抗板が前方に変位する。抵抗板が前方に変位すると、抵抗板に作用する抵抗板前面の土塊、即ち抵抗板の前面および同土塊の潜在すべり面で囲まれた土塊をすべり面に沿ってずり上げようとする力が生じる。これに対して、土塊がずり上がらないように同土塊のすべり面上に反力 $R$ 、抵抗板の前面には反力 $P$ (最終的には受働土圧 $P_p$ )が作用してこれらの力 ( $P_A$ ,  $T$ ,  $P_p$ ) が釣り合い状態となる。その結果、抵抗板前面の反力 $P$ が後部拘束層の土塊を介してブロックの後壁内面に伝播され、抵抗板の前面の受働土圧 $P_p$ とブロック底部の摩擦抵抗力 $T$ が連動して背面土圧に抵抗する滑動抵抗力が発現する。これが、本構造の滑動抵抗発現のメカニズムである<sup>5)</sup>。

#### 4. 実験結果と考察

##### 4. 1 空積みブロックの変形に及ぼす抵抗板設置方向の影響

計測位置①に着目し、空積みブロックの変形に及ぼす抵抗板設置方向の影響について調べた。抵抗板の条件；Case1,2及び3について検討した。

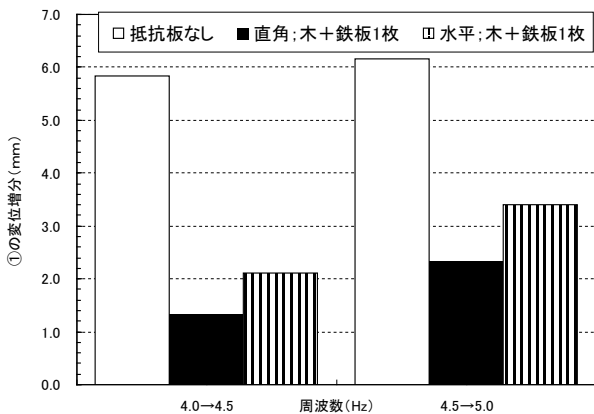


図-4.1 入力周波数と計測位置①の変位増分の関係

図-4.1より抵抗板なしにおいては、入力周波数が4.0Hzから4.5Hzに増加すると、5.8mm程度の変形が発生している。これに対して、抵抗板を振動方向に対して直角に設置すると、1.2mm程度と抵抗板なしに比べて80%程度に変形が抑制されていることが分かる。同様に、抵抗板を水平方向に設置しても2.1mm程度になり、60%程度に変形が抑制されていることが分かる。入力周波数が4.5Hzから5.0Hzに増加した場合を見ても、抵抗板なしに比べてそれぞれ35%と50%程度に変形が抑制されていることが明らかになった。これらのことから、通常地震時の擁壁安定で検討されている前後方向だけでなく、いわゆる奥行き方向においても、抵抗板の設置により抵抗板なしよりも変形抑制効果が発現されることが明らかになった。

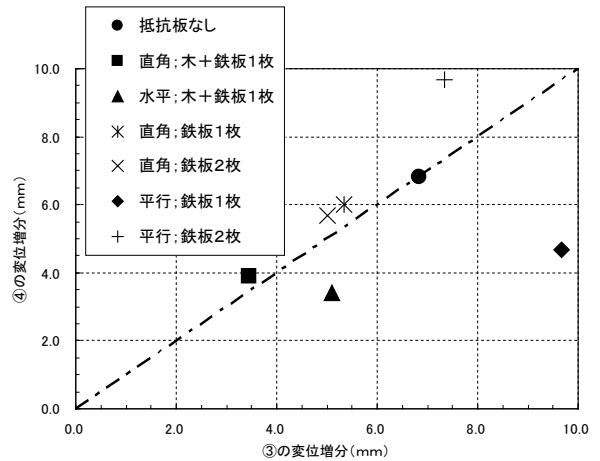


図-4.2 計測位置③と④の変位増分の関係

(入力周波数;4.5Hzから5.0Hzに増加)

##### 4. 2 空積みブロックの沈下形体に及ぼす抵抗板設置方法の影響

空積みブロックは、地震時に水平のまま沈下・上昇するのではなく、むしろ不等沈下による影響が考えられる。最下段のブロックが傾くと、擁壁の転倒に関する安定性が失われることにつながる。したがって、加振後のブロックと地表面との高さの相違である計測位置②と④の関係を調べることによって、ブロックの傾きを数値化できると考えた。抵抗板の条件；Case1,2,3,4,5,9及び10について検討した。

図-4.2より抵抗板の鉄板1枚と鉄板2枚をそれぞれ振動方向に水平に設置した条件で、変形の相違が大きくなっていることが分かる。最も差違の大きな

鉄板 1 枚を水平に設置した条件下では、計測位置③で 9.7mm、計測位置④で 7.7mm であり、2mm の差が見られる。したがって、2/230 より 30 秒程度の傾きが生じている。抵抗板が鉄板 1 枚や 2 枚の場合、試料の粒径に対して薄く、水平方向に設置した場合には、振動によって抵抗板が沈降していることを実験後に確認している。つまり、抵抗板の厚さについても、中詰材と比較してあまり薄くならない程度の形状に設定しておく必要がある。振動により抵抗板が初期設定位置から外れていくにつれて、ブロックも不等沈下を起こしたものと考えられる。

#### 4. 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

計測位置①に着目し、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調べた。抵抗板の条件；Case1,2,4,5,6,7 及び 8 について検討した。

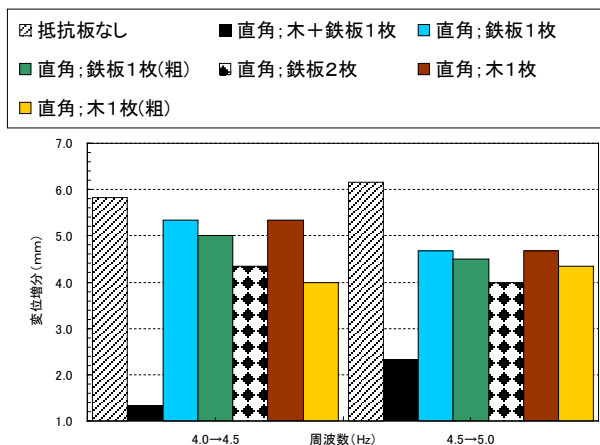


図-4.3 入力周波数と計測位置①の変位増分の関係

図-4.3 より表面粗度を増加させただけでも、同条件の表面が滑らかな場合に比べて多少の抑制効果が増加していることが分かる。このことは、抵抗板の製作においても、表面粗度を向上させた凹凸状のコンクリートを使用する方が擁壁全体の滑動抵抗力をより強固なものにできる可能性があることを示唆している。

#### 4. 4 空積みブロックの変形に及ぼす抵抗板の埋設量の影響

計測位置①に着目し、空積みブロックの変形に及ぼす抵抗板の埋設量の影響について調べた。抵抗板の条件；Case2 について検討した。埋設量が 1/2 を標

準として、2/3 とは埋設量が大きくなり、1/3 とは埋設量が小さくなることを意味している。

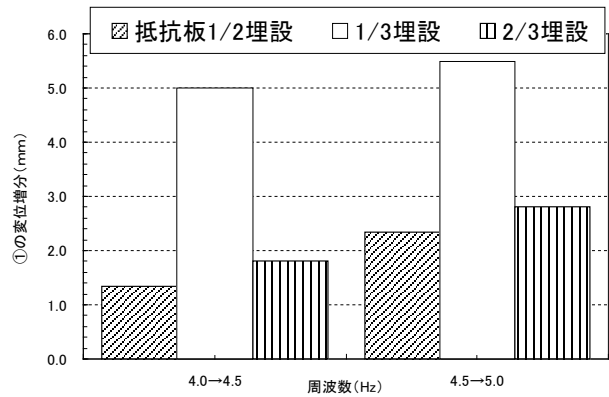


図-4.4 入力周波数と計測位置①の変位増分の関係

図-4.4 より、埋設量は 1/2 が最も効果的であることが分かる。埋設量を小さくすると、受動土圧が十分発現することができなくなり、変形が大きくなったものと思われる。最下段の抵抗板は、むしろ埋設量を多めに設定しておくなどの施工上の配慮が必要であることを示しているものと考えられる。

#### 5. まとめ

小型振動台を用いて、様々な条件における抵抗板を設置した空積みブロックの動的特性について模型土槽を作成し、その変形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方向の影響について検討し、擁壁の前後方向に対して直角に設置する方が、変形を抑制できることを明らかにした。また、擁壁の奥行き方向に対する地震動を想定して、抵抗板を振動方向に水平に設置しても、ある程度の変形抑制効果があることが明らかになった。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。

2) 空積みブロックの沈下形体に及ぼす抵抗板設置方法の影響について検討し、中詰材の粒径と比較して抵抗板の適切な厚さを確保することで、不等沈下を抑制できることが明らかになった。抵抗板が中詰材に対して薄い時には、擁壁の奥行き方向の耐震性が著しく失われることが分かった。

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、抵抗板の表面粗度を粗くすることによって、滑動抵抗力を向上できる可能性を示唆した。実際には、抵抗板は表面を滑らかに仕上げたものより、表面粗度を有する凹凸状のコンクリートの方が抵抗板には適していることが明らかになった。

4) 空積みブロックの変形に及ぼす抵抗板の埋設量の影響について検討し、埋設量は抵抗板の半分かそれ以上を確保する方が、滑動抵抗力が大きいことが明らかになった。施工上、抵抗板の埋設量を半分から2/3程度に設定すべきとの見解を示した。

#### 参考文献

1) 道路土工 擁壁工指針, 社団法人日本道路協会, pp. 74-75, 1999.

2) 道路土工 擁壁工指針, 社団法人日本道路協会, p. 82, 1999.

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.

5) 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.