

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

Experimental Study on a Sliding Stability of Dry Masonry Block Retaining Wall Structure
with a Resistance Plate

橋本彰博 Akihiro HASHIMOTO (九州大学大学院工学研究院)
 安福規之 Noriyuki YASUFUKU (九州大学大学院工学研究院)
 末松吉生 Yoshio SUEMATSU (東栄商興(株))
 小松利光 Toshimitsu KOMATSU (九州大学大学院工学研究院)

ブロック積み擁壁の施工には「練積み」と「空積み」がある。環境面や経済性において優れる空積みは中詰材の摩擦でブロックの滑動に抵抗するため、ブロックを一体化する練積みよりも不安視されている。もし、簡単・低コストで練積みを超える滑動抵抗を空積みブロックで実現できれば安全面、施工面、経済面、環境面で大きな優位性が期待できる。筆者らはこうした課題に対応する擁壁として、上・下ブロックの境界部に抵抗板を設置してブロックの滑動抵抗を強化した空積みブロック構造を提案した。鉛直応力載荷型実験を行った結果、滑動に対する抵抗板の効果が確認され、その効果は抵抗板がない場合に比べて2倍以上であることが確認された。

キーワード：空積みブロック，練り積みブロック，抵抗板，受働土圧，滑動抵抗 (IGC : E-5)

1. はじめに

ブロック積み擁壁の施工には「練積み」と「空積み」がある。練積み擁壁では滑動に対する一定の安全率を確保できない場合には基礎底部に突起を設けて滑動抵抗を強化することがある¹⁾。しかし、粘性地盤などでは突起と周辺の地盤との密着性が良くないため突起の効果が半減し、コストも高くなることからこの工法はあまり用いられていない。もし、低コストで簡単に施工ができ、粘性地盤でも突起の効果が発揮できれば安全性と経済性に優れた擁壁の構築が可能になる。一方、環境面や経済性において優れる空積みは中詰材の摩擦でブロックの滑動に抵抗するため、壁高や勾配等の設計条件次第では滑動に対する不安があった。そのため突起を設けたり、かみ合わせ構造にしたりしてブロックを一体化する工法が指導されている²⁾。また、これらと同じ目的でブロックの側面を金物やゴムで連結して滑動抵抗を強化する工法も研究されているが、不安を完全に解消するまでには至っていない^{3), 4)}。もし、簡単・低コストで練積みを超える滑動抵抗が実現できれば安全面、施工面、経済性、環境面で大きな優位性が期待できる。

筆者らはこうした課題に対応する擁壁として、ブロックの上・下境界部に抵抗板を設置し、抵抗板の前面に作用する水平力(受働土圧)でブロックの滑動抵抗を強化した空積みブロック構造を提案するものである。本研究では、鉛直応力載荷型実験を行い、その実験結果から滑動に対する抵抗板の効果を検証し、その効果を評価する。

2. 抵抗板を有する空積みブロック構造の概要

抵抗板を有する空積みブロック構造の概念図を図-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GLの高さは下段ブロックの1/2の高さで、背面土は荷重 q を上載している。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位の抵抗板を垂直に設置し、基礎部には栗石、ブロック内は中詰砕石、背面には裏込砕石の粒状材が充填されている。これらの抵抗板の前面にはブロックの背面土圧と反対方向の水平力(反力)が作用して抵抗板とブロック後壁の間の粒状材が抵抗板とブロック後壁で拘束された状態になることからこの部分を「後部拘束層」と称している。

3. 実験概要

実験の方法は試験体の背面盛土に鉛直荷重を載荷して試験体の背面に水平応力を与える「鉛直応力載荷型実験」である。

図-2に本実験で用いた試験体と実験装置の略図を示す。図中の垂直に段積みされたブロックは背面全体に後壁を有しているため、抵抗板と後壁で形成される後部拘束層はブロックの背面全体に形成されており、ブロックがもたれ式に段積みされ後部拘束層を下半部に形成している概念

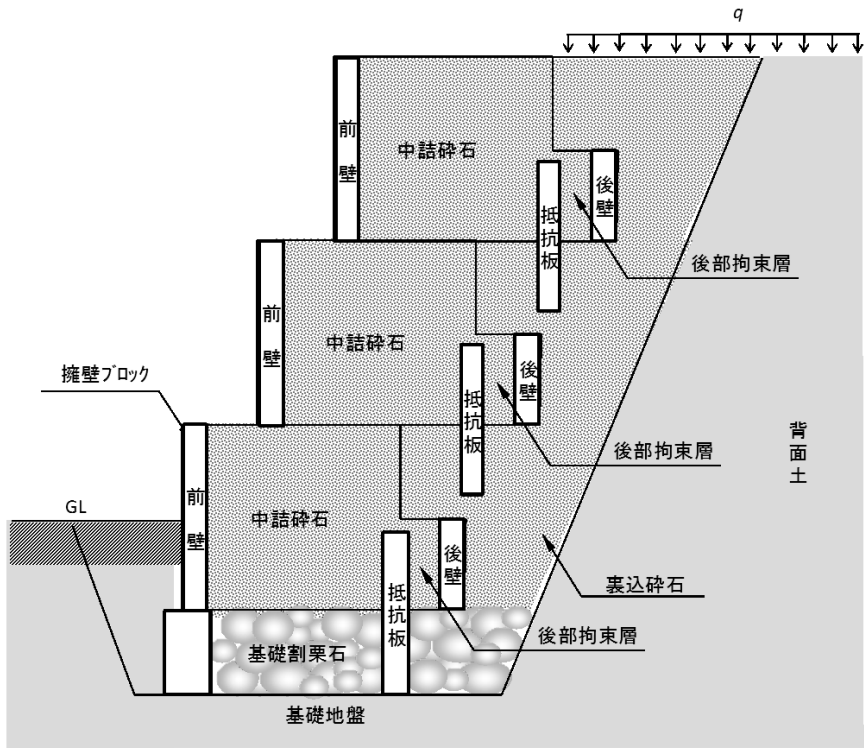


図-1 抵抗板を有する空積みブロック構造の概念図

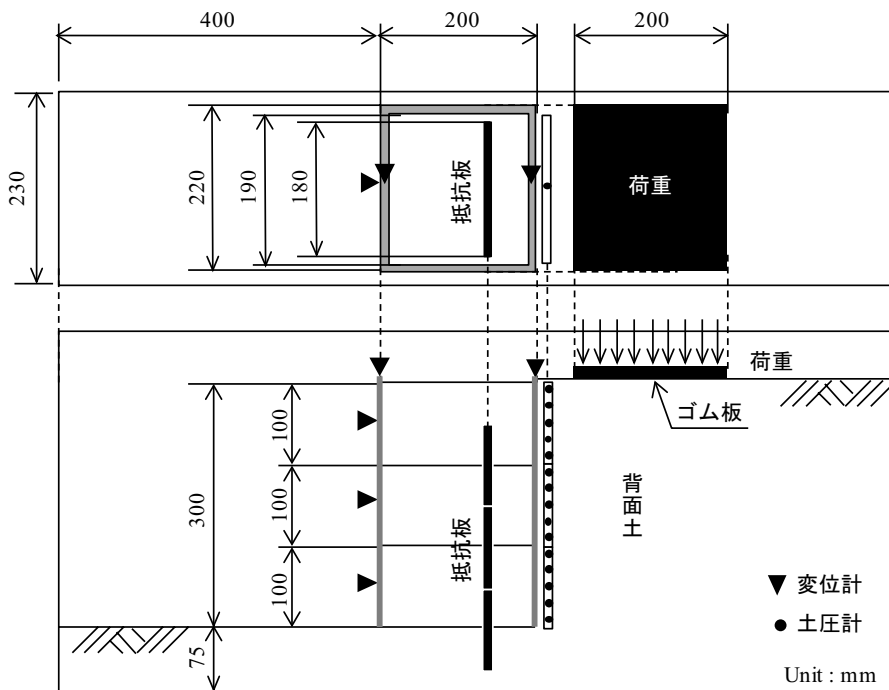


図-2 実験装置図（上：平面図，下：断面図）

図(図-1)とはこの点で異なっている。これは、本構造がもたれ式にも自立式構造にも適応する技術となっているためである。

本実験で用いる模型ブロックは一辺の長さを現物の約1/10とし、厚さ15mmの亚克力板で奥行き220mm、控長さ200mm、高さ100mmのブロック体を作製し、これを3段重ねて壁高300mmの試験体とした。ブロックの控長さ200mm

は、壁高300mmの試験体の破壊モードが転倒にならないように背面土圧合力がブロック底面のミドルサードに入るようにした為である。奥行き220mmは、現物ブロックにおける高さとの比から求めた。試験体と粒状材の相似性については、粒状材が試験体内に適切に充填ができ、直径5mmの土圧計で適切に測定可能で内部摩擦角 ϕ と単位体積重量 γ が同一の粒状材であれば滑動抵抗力の比較・検討は

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

表-1 粒状材の諸元

| | |
|-----------------|---------|
| D ₅₀ | 0.412mm |
| U _c | 1.90 |

表-2 実験ケース

| Case | 抵抗板の設置位置 |
|-------|-------------|
| Case1 | なし |
| Case2 | 背面側 |
| Case3 | 中央 |
| Case4 | ブロック後壁内面に接触 |

十分に可能である。本実験では、蓋付のポリ容器で保管した気乾状態に近い福岡市西戸崎産の海砂(表-1)を用いた。

本実験で用いる抵抗板は、抵抗板の水平応力を測定しないときは厚さ 2.6mm、縦 100mm、横 180mm の鉄板を使用した。鉄板を用いたのは粗度を考慮したためである。試験体の背面に働く水平応力の測定には超小型土圧計(PDA-200KPA)を用い、この土圧計を縦 100mm、横 180mm で厚さ 7mm の板(3mm のアクリル板 2 枚(裏面・中面)と 1mm のアルミ製の板 1 枚(表面)を貼り合わせたもの)に 22mm 間隔で 5 個取り付けられた測定板(写真-1)を作製した。測定板の土圧計はそれぞれ下から NO.1~NO.5 とした。アクリル板を 2 枚にしたのは溝を掘って土圧計のコードを板内に収めるためである。表面をアルミ板にしたのは粗度を考慮したためである。こうした測定板を測定場所のブロックの背面や内面に貼りつけ、抵抗板の水平応力を測定するときには鉄製の抵抗板の代わりにこの測定板を設置して鉛直方向に合計 15 箇所測定した。

変位計は水平変位計を各ブロックの前壁の中央に 1 箇所、鉛直変位計を上段ブロックの前壁と後壁の天端面にそれぞれ 1 箇所設置した。

次に、基礎地盤・試験体・背面盛土地盤からなる実験体の作製手順を説明する。まずブロックを 3 段重ねて土槽内に搬入し、土槽の側壁孔から下段ブロックの両側面の孔(片面 2 箇所)に固定ピンを挿入して試験体をほぼ所定の位置に設置し、更にブロックの前面壁の両端部に高さ 300mm、厚さ 15mm の板(固定片と称す)の小口面を当接させて固定片を土槽に万力で固定し、試験体を固定化することで実験体の作製中に試験体が前方へ移動するのを防止した。抵抗板は既に設置した下段ブロックをベースに、ブロックと抵抗板の間隔を確保するためのジグ(間隔保持棒・保持体と称す)を用いて所定の位置に配置した。このとき、これ以後の作業(締め固めなど)中に抵抗板が沈まないように抵抗板をピアノ線で土槽に吊るした。次に、下段ブロックの底面まで(=抵抗板 1/2 の高さ)粒状材を充填し、ブロックの前側と後側に 2 箇所ずつ粒状材の上から一

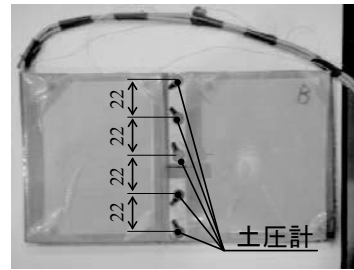


写真-1 土圧センサーを取り付けた測定板

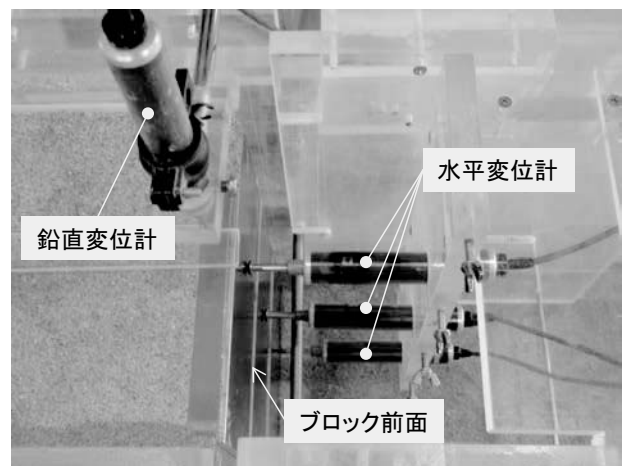
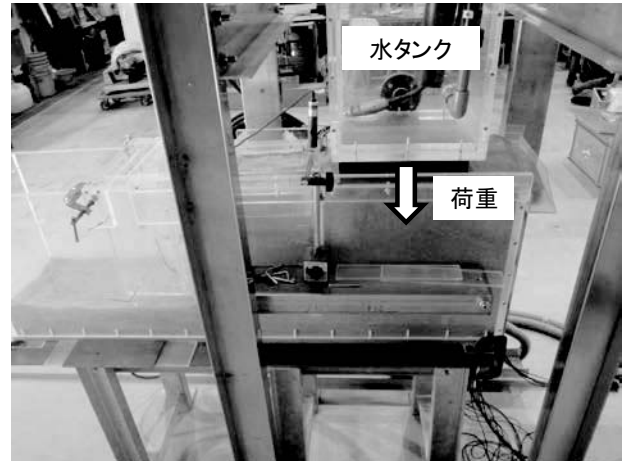


写真-2 実験の様子

箇所当たり 3 秒間振動を与えて基礎地盤を作製した。基礎地盤のGLは下段ブロックの下端面の高さで土槽底面から 75mm、土槽の前壁までの長さはブロックの前面から 400mm である。中詰材は下段ブロック内に設置された抵抗板の天端(=ブロック 1/2 の高さ)まで粒状材を充填し、粒状材の上から 7 秒間振動を与えた。その後、二枚目の抵抗板を一枚目の抵抗板の上に乗せた状態で同様に設置し、二枚目の抵抗板の天端面まで粒状材を充填して 7 秒間振動を与えた。背面土は、ブロック一段毎に粒状材をブロック背面の高さまで充填して粒状材上面の前部と後部に 2 箇所、3 秒間ずつ振動を与えた。このような手順を繰り返して実験体を作製した。また予備試験において、ブロックに粒状材を充填して 7 秒間の振動を与えたときの単位体積重量を

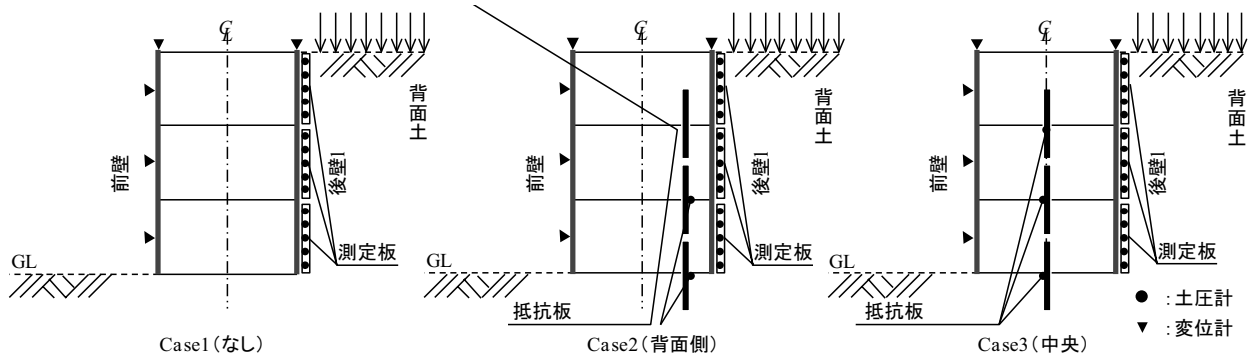


図-3 背面土圧と水平変位に関する実験

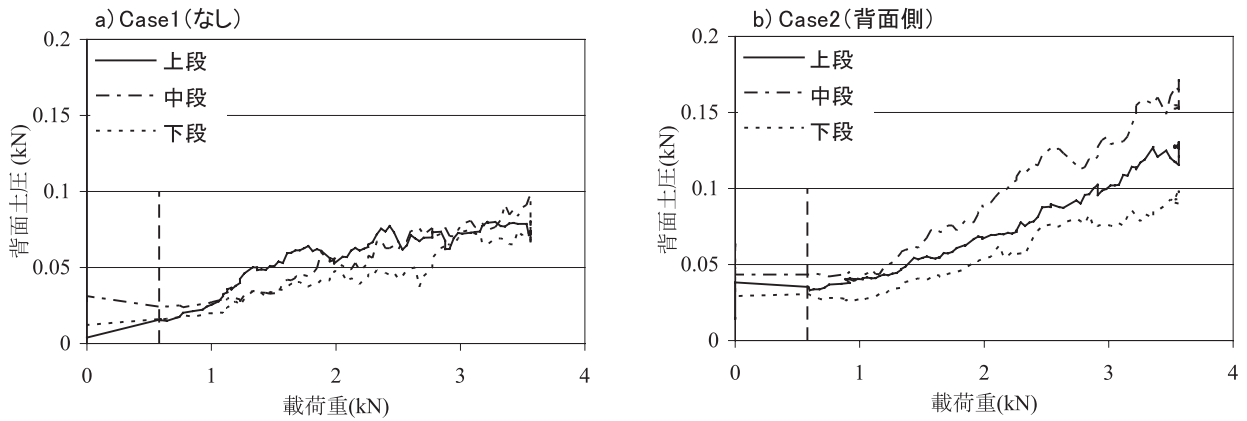


図-4 背面土圧と載荷重の関係

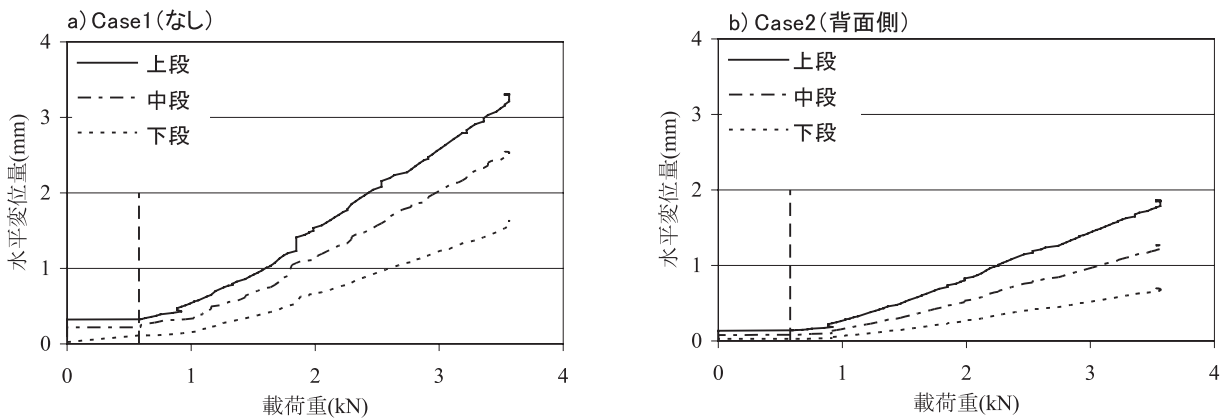


図-5 水平変位量と載荷重の関係

測った。このときの単位体積重量は (17.5kN/m³) であった。

載荷方法について、本実験では試験体の背面土の上に試験体から 50mm 離して置いた横 220mm、縦 200mm、厚さ 50mm のゴム板の上に水タンク (重量 60kg) を垂直に設置して載荷を開始した (写真-2)。そしてタンク内に一定の速度で注水した。タンクが水で満たされた最終時の荷重 (最大荷重) は 3.6kN であった。

実験の開始は、試験体を固定化した固定片および固定ピンを解除 (ストッパー解除と称す) した時であるが、解除する直前に土圧を測定し、水平変位計と鉛直変位計を「ゼ

ロ」に調整した。

本実験では、①背面土圧と水平変位、②抵抗板 (前面) に作用する水平力、③ブロック後壁の内面に作用する水平応力に関する実験を行った。①では抵抗板を試験体の背面側に設置した Case2 (背面側)、中央に設置した Case3 (中央)、抵抗板を設置しない Case1 (なし) の 3 ケース、②では Case2 (背面側)、Case3 (中央)、後壁の内面に接触させた Case4 (後壁内面接触) の 3 ケース、③では Case2 (背面側)、Case1 (なし) の 2 ケースについて実施した (表-2)。

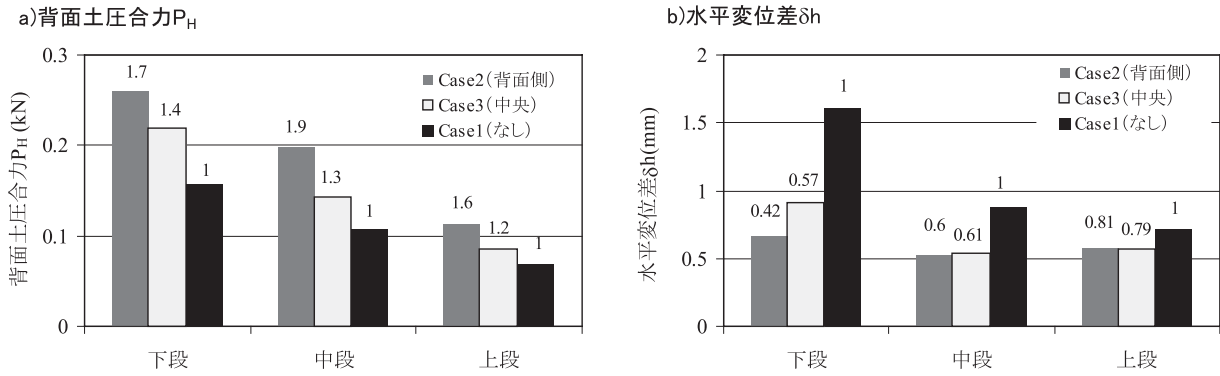


図-6 基点から最終荷重 5 分後までの間に作用した背面土圧合力 P_H (右) および水平変位差 δh (左)

4. 抵抗板の滑動抵抗に関する評価

4.1 背面土圧と水平変位に関する実験

背面土圧と水平変位の実験は Case 1 (なし), Case 2 (背面側), Case 3 (中央) の 3 ケースで行った (図-3)。実験開始から最終荷重の 5 分後までの荷重と背面土圧の結果を図-4 に、図-5 に荷重と各段の水平変位量の結果を示す。図中の点線は荷重開始 (0.59kN) を示している。ここでの背面土圧は、測定板に配置された 5 個の土圧計で測定された水平応力の平均値にブロックの背面積を掛けて算出されたものである。図-4 および図-5 より、いずれのケースも荷重重の増加とともに各段の背面土圧ならびに水平変位量は増加していることが確認できる。しかしながら、その増加率に着目すると Case 2 (背面側) の方が Case 1 (なし) に比べて背面土圧の増加率は大きいにもかかわらず、水平変位量の増加率は小さく抑えられている。

4.2 滑動に対する抵抗板の効果とその評価

同じ土圧に対して壁体の水平変位量が小さいほどブロックの滑動がより効果的に抑えられていることを意味することから、滑動に対する抵抗板の効果を背面土圧合力と水平変位の関係から検討する。ここで採りあげる背面土圧と水平変位は、静止状態にあった試験体がストッパーの解除でこれまで作用していた背面土圧 (静止状態での土圧) がリセットされたとき、即ち静止状態での土圧が低下した後、増加に転じる処を「基点」とし、この基点から最終荷重の 5 分後までの背面土圧合力と水平変位差である。最終荷重時を 5 分後としたのは注水速度および荷重の伝播には時間を要することを考慮したためである。背面土圧合力 P_H とは、ブロックの底面を滑らせる力として各ブロックに作用する土圧の和をいう (例えば中段のブロックの底部に着目する時は中段と上段の背面土圧の和)。水平変位差については、上・下に重なる上段側のブロックと下段側のブロックの変位量の差 (相対変位量) を上段側ブロックの水平変位差とする。最下段では最下段ブロックの水平変位量が水平変位差である。そして「基点」から最終荷重 5 分後までの背面土圧合力 P_H と水平変位差 δh について棒グラフにまとめたのが図-6 (a), (b) である。棒グラフ上に示した数

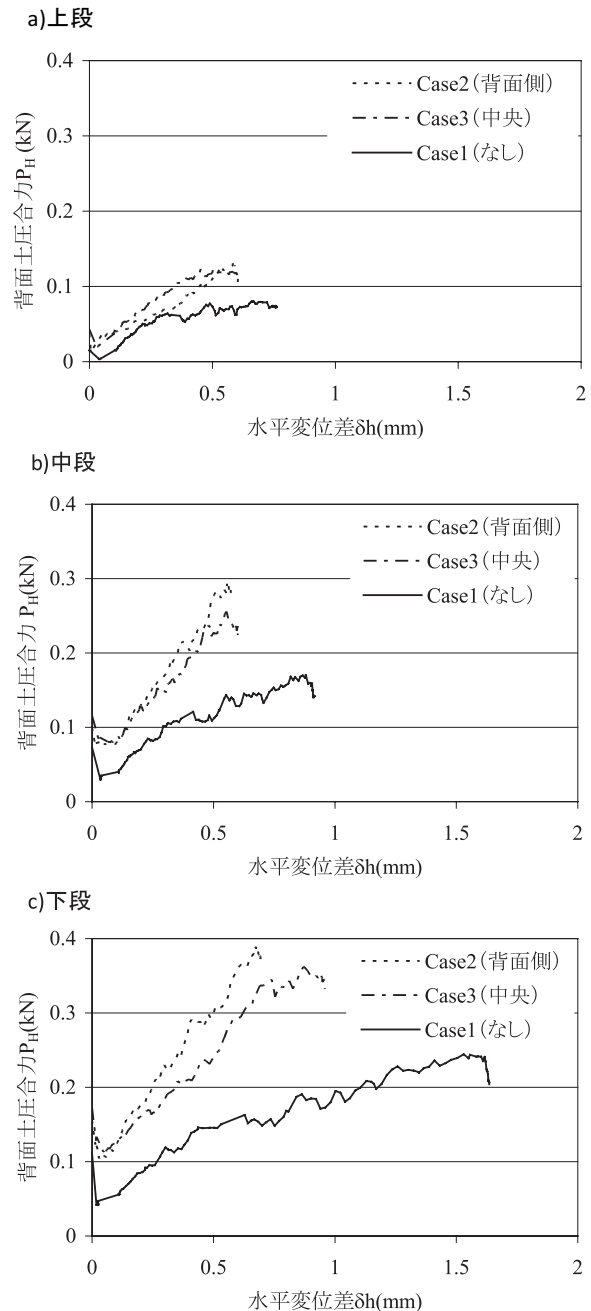


図-7 背面土圧合力 P_H と水平変位差 δh の関係

値はCase1 (なし) の各段の背面土圧合力, 水平変位差の値でCase2 (背面側), Case3 (中央) の値を除いたもので, Case1 (なし) を基準「1」としたときの他ケースの割合を示す. 図より, 抵抗板を設置したケースの方が背面土圧合力 P_H は大きくなっているにもかかわらず水平変位差 δh は小さく抑えられ, 例えばCase2 (背面側) の下段ではCase1 (なし) と比較して1.7倍の背面土圧合力 P_H が働いているにもかかわらず, 水平変位差は半分以下に抑えられている. また, 抵抗板の位置は中央よりも背面側に設置した方が滑動に対する抵抗板の効果は大きいことが分かる.

ここで, 各ケースの下段ブロックを滑らせる力となる背面土圧合力 P_H と水平変位差 δh の関係を図-7に示す. 図より, 抵抗板 (なし) に比べて抵抗板を設置しているケースは背面土圧合力 P_H の増加に対する水平変位差 δh の発生が小さいことが確認できる. 中段・上段においても下段と同様に背面土圧合力 P_H の増加に対する水平変位差 δh の発生が小さい. そこで, 水平変位差 δh に対する背面土圧合力 P_H の増加率から抵抗板の効果を評価することにした. まず, 背面土圧合力 P_H を $\gamma H^2 B/2$ (γ : 単位体積重量(=17.5kN/m³), H : 試験体高さ, B : ブロックの幅) で, 水平変位差 δh をブロックの奥行き D でそれぞれ無次元化した (図-8). そして「基点」から最終荷重5分後までの間の無次元水平変位差に対する無次元背面土圧合力の関係からその勾配 θ を算出した. (図-8中の●). その結果を図-9に示す. 図-9中に記載されている数字は, Case1 (なし) における各段位の θ の値で他の2ケースの θ の値を除いて算出した値を示しており, その結果は以下の通りであった.

1. 下段における Case2 (背面側) の滑動に対する抵抗力の評価は Case1 (なし) の3.9倍, Case3 (中央) では2.5倍であった. また, 抵抗板の位置は中央より背面側に設置した方が滑動抵抗力は大きかった.

2. 抵抗板を有する試験体の各段位での評価は, Case2 (背面側) では下段: 3.9倍, 中段: 3.1倍, 上段: 2.0倍. Case3 (中央) では下段: 2.5倍, 中段: 2.2倍, 上段: 1.5倍で Case2, Case 3とも下段位ほど滑動抵抗力は大きかった.

4.3 上段と中段ブロックの水平変位差の差分量の変化

図-10(a), (b)はCase1 (なし) とCase2 (背面側) の上段と中段ブロック, 中段と下段ブロックとの上・下境界面における水平変位差と荷重の結果である. 図-10(a)のCase1 (なし) の上段と中段ブロックの水平変位差の差分量は荷重に比例して増加したが, Case2 (背面側) では荷重が増加しても差分量は増加していない (図-10(b)). これらの結果より, 抵抗板には上・下に重なるブロックを一体化する働きがあることが分かった. これは抵抗板の前面に作用する水平力(受働土圧)によるものと考察される.

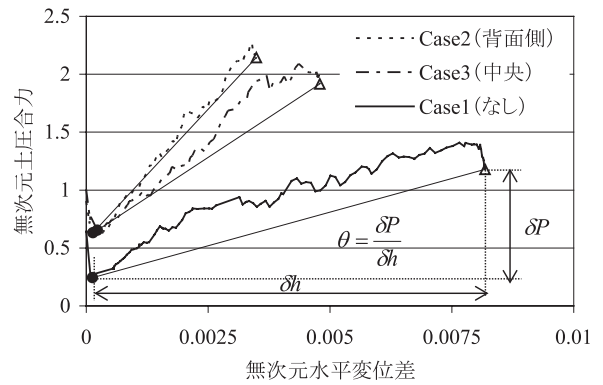


図-8 無次元化された背面土圧合力と水平変位差の関係 (下段) と θ の定義 (●は基点, △は最終荷重5分後の値を示す)

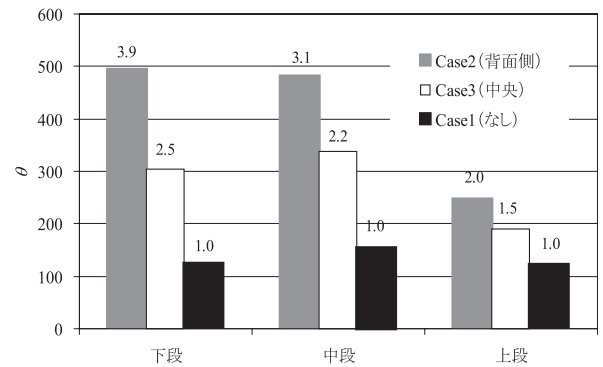
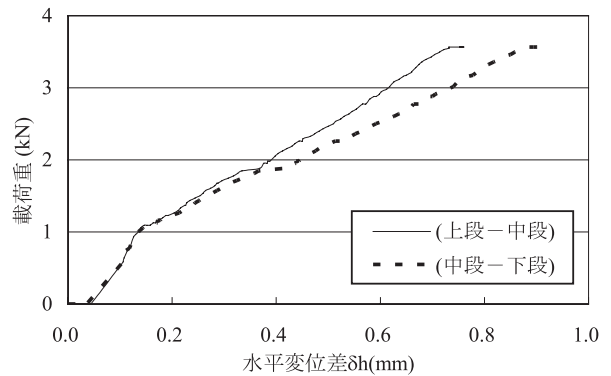


図-9 滑動抵抗に対する抵抗板の定量評価

a) Case1 (なし)



b) Case2 (背面側)

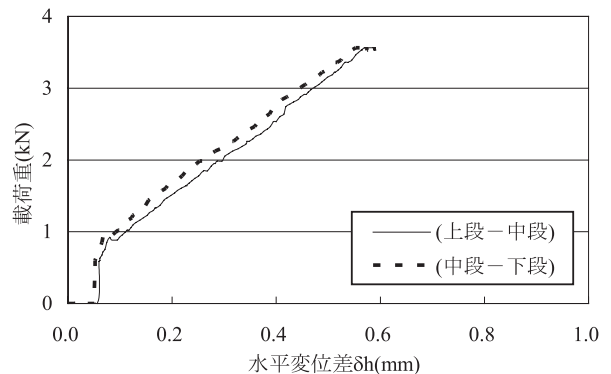


図-10 水平変位差 δh と荷重の関係

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

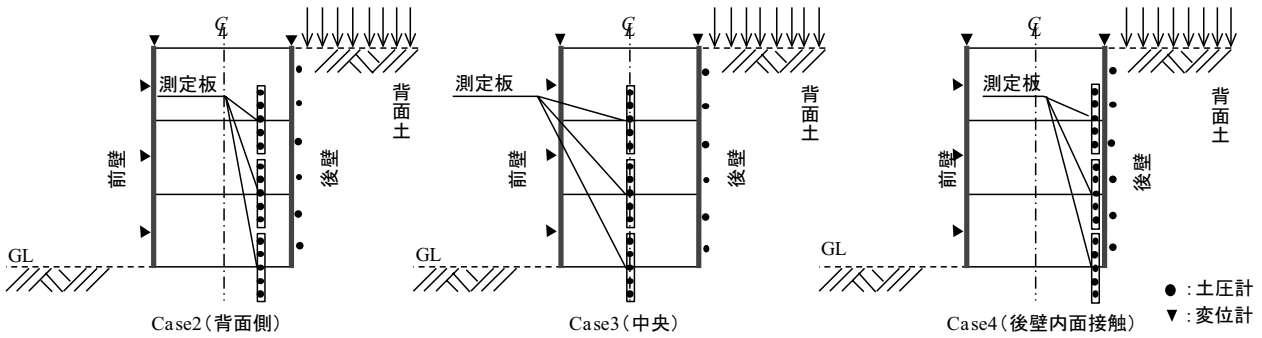


図-11 抵抗板（前面）に作用する水平力に関する実験

5. 抵抗板(前面)に作用する水平力に関する実験

4章において、抵抗板には試験体の滑動を抑制する効果があることが確認された。これは抵抗板に作用した受働方向の水平力（本論文上では受働土圧と呼ぶ）によるものと考えられる。そこで5章では、抵抗板の前面に作用する水平力を測定した。ここでの試験体はCase2（背面側）、Case3（中央）、後壁の内面に接触させ後部拘束層が形成されないCase4（後壁内面接触）の3ケースとし、抵抗板には測定板を用いた（図-11）。測定した水平応力の平均値に抵抗板の面積を掛けて算出した抵抗板一枚当りの水平力と各段ブロックの水平変位量の結果を図-12に示す。下段（図-12(c)）における受働土圧はCase2（背面側）0.24kN、Case4（後壁内面接触）0.23kN、Case3（中央）0.19kNの順に大きく、水平変位量はCase2（背面側）0.62mm、Case4（後壁内面接触）0.78mm、Case3（中央）0.90mmの順に小さかった。つまり、受働土圧が大きいほど水平変位量は小さくなった。中段においても（図-12(b)）下段と同様、受働土圧はCase2（背面側）0.20kN、Case4（後壁内面接触）0.16kN、Case3（中央）0.13kNの順に大きく、水平変位量はCase2（背面側）1.2mm、Case4（後壁内面接触）1.4mm、Case3（中央）1.5mmの順に小さかった。上段（図-12(a)）においても同様な傾向を示していた。これらの結果から以下のことが分った。

1. 抵抗板には水平力（受働土圧）が作用しており、その水平力（受働土圧）はCase3（中央）よりもCase2（背面側）の方が大きく、上段位よりも下段位の方が大きかったことから、受働土圧は抵抗板の前面に作用する中詰材の土塊量とその土被り圧に準じていることが分った。
2. 後部拘束層を有するCase2（背面側）と後部拘束層を形成しないCase4（後壁内面接触）では、Case2（背面側）の方の受働土圧が大きいことが分った。これは後部拘束層内の粒状材の影響によるものと考えられる
3. 受働土圧が大きいほど水平変位量が小さく、滑動抵抗力は大きいことが確認された。
4. ストッパーを解除する前の静止状態においても抵抗板には水平力が作用しており、実験体の準備中から抵抗板には水平力が生じていたことが分った。

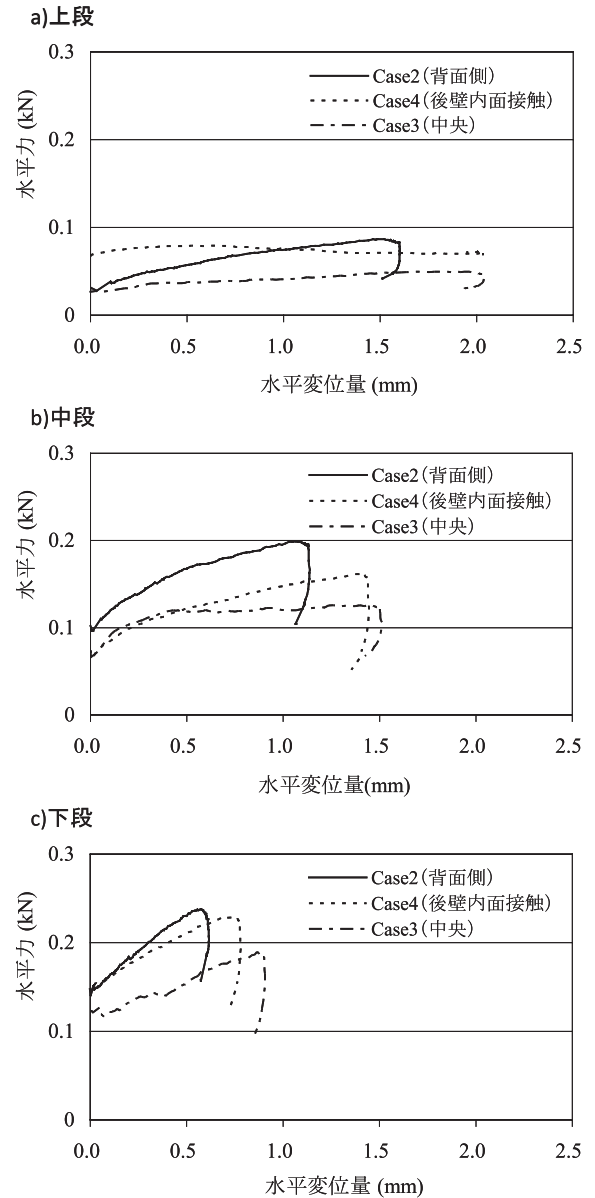


図-12 抵抗板に作用した水平力と水平変位量の関係

6. 後壁内面に作用する水平応力に関する実験

5章までにおいて、滑動に対する抵抗板の効果は抵抗板に作用した受働土圧であることが確認されたことから、こ

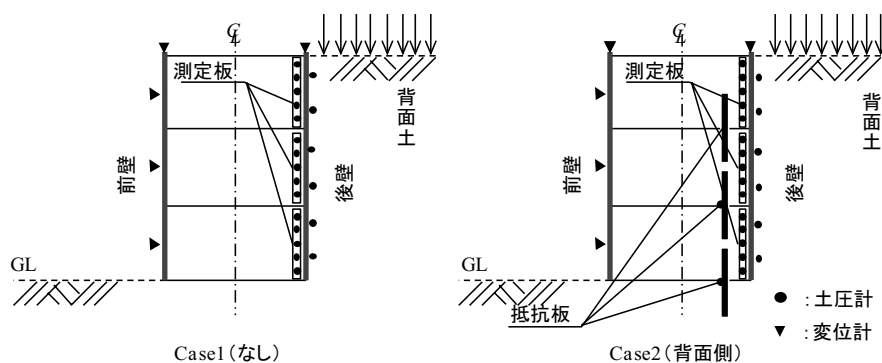


図-13 ブロック後壁内面に作用する水平応力に関する実験

これらの受働土圧はブロックの後壁内面に伝播されるものと考えられる。そこで 6 章では、ブロックの後壁内面に作用する水平応力（内面水平応力と称す）を測定した。ここでの試験体は Case1（なし）と Case2（背面側）の 2 ケースとし（図-13）、測定した内面水平応力から、内面水平応力とせん断応力と滑動抵抗の相関関係を探った。

図-14 は Case1（なし）の実験開始から載荷期を経て載荷重を 100% 除荷した除荷時までの内面水平応力と水平変位差の結果である。この実験は最終載荷（3.6kN）に達したとき試験体が一瞬にすべり出し、ストッパーに支えられて静止したケースである。図-14(c) の下段ブロックの内面水平応力は、ブロックがすべり出す直前に記録した NO.1 の 22kPa が最大で、次は NO.2、上位の NO.4 と NO.5 は 5kPa 以下と小さかった。NO.1 の内面水平応力が 22kPa に達すると、それまで 1.9mm 変位していたブロックは一瞬にすべり出しストッパーに支えられて静止した。このときのブロックの水平変位差 3.7mm であった。図-14(b) の中段では NO.2 の 14kPa が最大で、次は NO.1 の 10kPa、NO.4 と NO.5 は 5kPa 以下と小さかった。図-14(a) の上段でも NO.1 の 7.5kPa が最大で、次は NO.2、NO.4 と NO.5 は 2kPa 以下であった、つまり、Case1（なし）の内面水平応力は全ての段位でブロックの上・下段境界面より上側の NO.1 と NO.2 が大きく下側の NO.5 は極めて小さかった。また、ブロックが滑り出す直前の水平変位差は 0.9mm であった。図-15 はこの時の試験体に作用した背面土圧合力と水平変位差の結果である。最終載荷時（3.6kN）の背面土圧合力は 0.14kN であった。但し、ここでの背面土圧はブロックの背面の上から 1/3、下から 1/3 の処に 2 か所、計 6 か所の土圧計で測定したものである（4 章での背面土圧は計 15 か所）。

図-16 は Case2（背面側）に作用した内面水平応力と水平変位差の結果である。図-16(c) の下段ブロックの実験開始時における NO.1 の内面水平応力は 13.3kPa で、最終載荷時（3.6kN）には約 100kPa まで増加した。NO.2 は 75kPa から 50kPa に減少し、NO.3 は 27kPa から 35kPa に増加し、上位の NO.4、NO.5 は 2kPa と極端に小さかった。このときのブロックの水平変位差は 0.8mm で抵抗板（なし）の半分以下であった。図-16(b) の中段ブロックの内面水平応力は NO.2 の 26kPa が一番大きく、増分量では NO.3 より NO.1 が 2 倍以上大きかった。NO.5 は終始 0.3kPa 未満と極端に

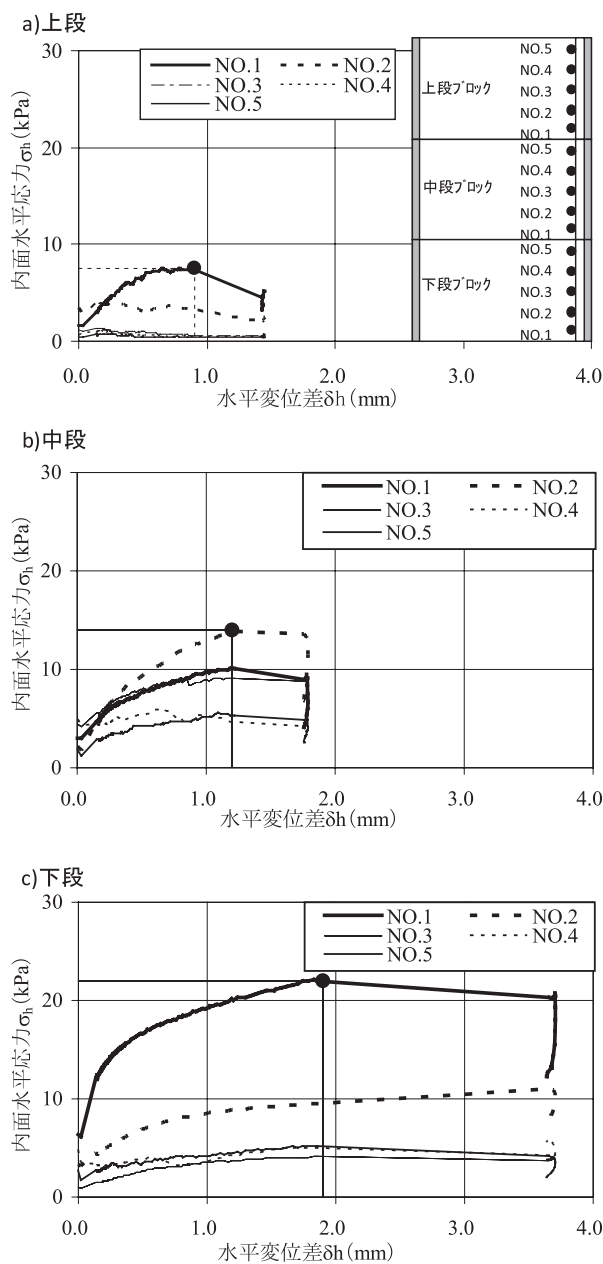


図-14 ブロック後壁内面に働く水平応力 σ_h と水平変位差 δh の関係（Case1（なし）、図中の●はブロックが滑り出した値を示す）

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

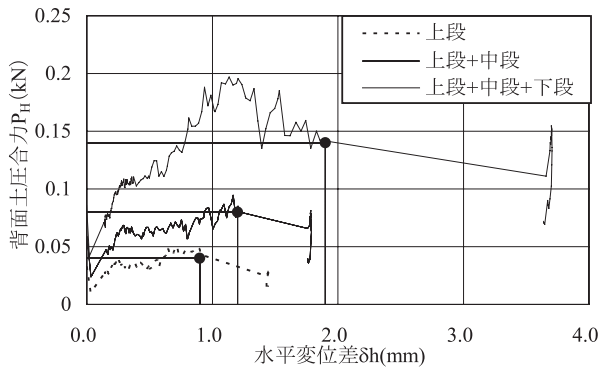


図-15 背面土圧合力 P_H と水平変位差 δh の関係 (Case1 (なし), 図中の●はブロックが滑り出した値を示す)

小さかった。このときの中段ブロックの水平変位差は 0.56mm で抵抗板 (なし) の半分以下であった。図-16(a) の上段ブロックでも中段ブロックと同様な傾向であった。つまり, Case1 (なし) と同様に内面水平応力は全ての段位においてブロックの上・下境界部の上側 (NO. 1, NO. 2) で大きく, 下側の NO. 5 では極端に小さかった。図-17 はこの時の試験体に作用した背面土圧合力と水平変位差の結果である。最終載荷時 (3.6kN) における背面土圧合力は 0.3kN で抵抗板 (なし) の約 2 倍であった。これらの結果より, 以下のことが確認された。

1. Case1 (なし) の各段の内面水平応力 σ_h の最大値は下段 22kPa, 中段 14kPa, 上段 7.5kPa で, 上段の 7.5kPa を 1 とすると, その比率は 2.9 対 1.9 対 1 の関係にある (図-18)。一方, ブロック底面における垂直応力 σ_v は下段 5.25kPa, 中段 3.5kPa, 上段 1.75kPa で, その比率は粒状材の土被り圧の 3 対 2 対 1 の関係にある (図-19)。つまり, 各段の内面水平応力 σ_h の最大値と垂直応力 σ_v の関係はほぼ同じ比率にあつて, 最大せん断応力が $\tau_f = \sigma_v \tan \phi$ であることから, 内面水平応力とブロックすべり面のせん断応力は相関関係にあることが確認された。

2. 内面水平応力が大きいほど水平変位差は小さく, 背面土圧合力が大きいことから, 内面水平応力とブロックの滑動抵抗は相関関係にあることが確認された。これはブロックの滑動抵抗が大きいほど水平方向の変位が抑制されて後壁内面で水平方向の応力が増加すると考えられる。

3. 上記の 1, 2 より, 内面水平応力とせん断応力と滑動抵抗は相関関係にあることが確認された。

4. 内面水平応力は, Case2 (背面側), Case1 (なし) とともに全ての段位で上・下境界面より上側の NO. 1, NO. 2 が大きく, 下側の NO. 5 は極端に小さかった。これはブロックの変位によって上・下境界面より上側の粒状材がせん断されて粒状材にせん断変形が生じ, これらのせん断変形が生じた粒状材がブロックの変位に伴って変位するためには他の粒状材の上を乗り越えることが必要となるためである⁹⁾。その結果, せん断変形した粒状材の相対的な変位によって体積が膨張したためと考えられる (ダイレイタンシー現象)。反対にせん断応力が増加しないすべり面より下

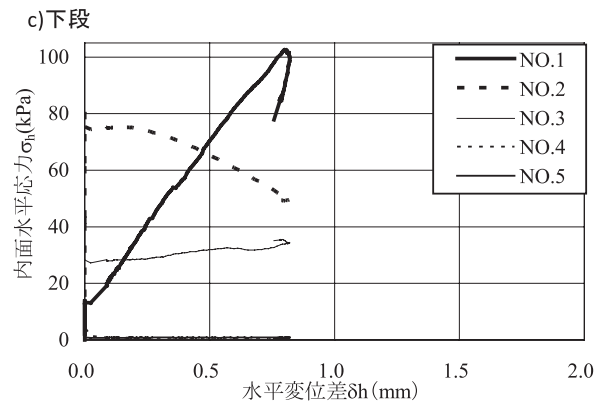
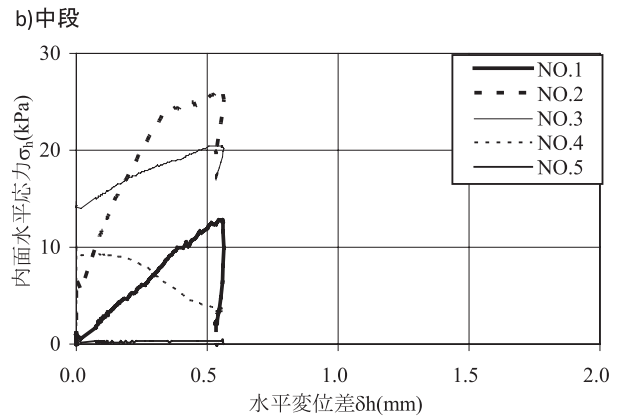
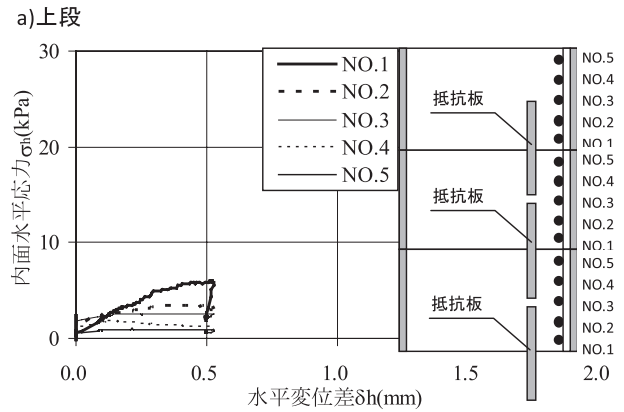


図-16 ブロック後壁内面に働く水平応力と水平変位差の関係 (Case2 (背面側))

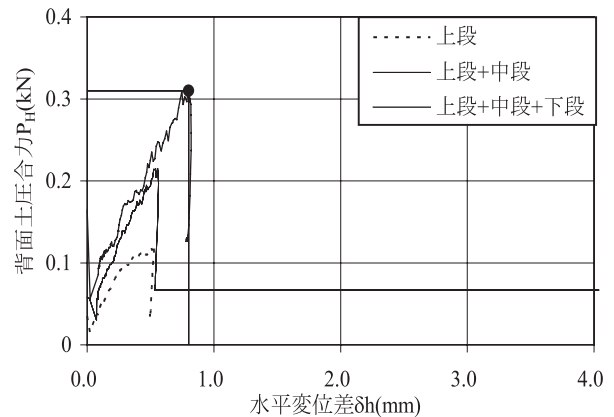


図-17 背面土圧合力 P_H と水平変位差 δh の関係 (Case2 (背面側), 図中の●は最終載荷時の値を示す)

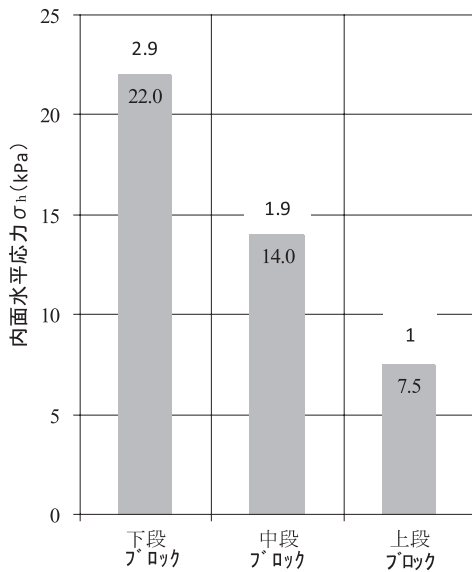


図-18 最終荷重時における各ブロックの後壁内面に働く水平応力 σ_h の最大値

側に位置する粒状材は他の粒状材の上を乗り上がることがないため粒状材の相対的な位置が変化しないためと考えられる。

5. 前章の2.で「後部拘束層を形成するCase2（背面側）が後部拘束層を形成しないCase4（後壁内面接触）より受働土圧が大きいのは後部拘束層内の粒状材の影響によるものと考えられる」としていたが、上記4.より、それは粒状材のせん断変形によるダイレイタンスー現象によるものであると考えられる。

7. まとめ

抵抗板を有する試験体の背面に鉛直荷重を載荷する鉛直応力載荷型実験を実施した結果、以下のことが確認できた。

1. 抵抗板を有する空積みブロックの試験体は全ての段位において抵抗板のない場合よりも背面土圧は大きく、水平変位量・差が小さかったことから、滑動に対する抵抗板の効果が確認された。
2. 抵抗板（なし）の各段位での滑動抵抗力の評価をそれぞれ1としたとき、抵抗板（背面側）の滑動抵抗力の評価値は下段3.9倍、中段3.1倍、上段2倍であった。
3. 抵抗板をブロックの中央に配置した抵抗板（中央）の滑動抵抗力の評価値は下段2.5倍、中段2.2倍、上段1.5倍であった。
4. 抵抗板の位置は中央より背面側に設置した方が滑動抵抗力は大きかった。
5. 受働土圧は抵抗板（中央）よりも抵抗板（背面側）

壁高: (H)
 粒径材の単位体積重量: (γ) = 17.5kN/m³

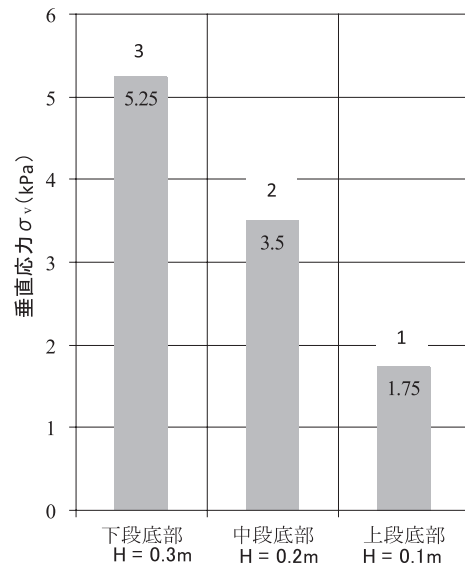


図-19 各ブロックの底部に働く鉛直応力 σ_v

の方が大きく、上段位よりも下段位の方が大きかったことから、受働土圧は抵抗板の前面に作用する中詰材の土塊量と土被り圧に準じていることが分かった。

6. 抵抗板（なし）の上段と中段の水平変位差の差分量は載荷重に比例して増加したが、抵抗板（背面側）は載荷重が増加しても差分量は増加しなかった。そして、この時の抵抗板には水平力（受働土圧）が作用して抵抗板（なし）よりも背面土圧合力が大きかった。これらのことから、抵抗板に作用する水平力（受働土圧）がブロックの変位を抑制して上・下のブロックを一体化していることが確認された。

7. 抵抗板（なし）が滑ったときの各段の内面水平応力 σ_h の最大値はブロックのすべり面上の垂直応力 σ_v とほぼ同じ3対2対1の関係にあつて、最大せん断応力は $\tau_f = \sigma_v \tan \phi$ であることから、内面水平応力とブロックすべり面のせん断応力と相関関係にあることが確認された。

8. 内面水平応力が大きいほど水平変位差は小さく、背面土圧合力が大きいことから、内面水平応力とブロックの滑動抵抗は相関関係にあることが確認された。

9. 内面水平応力はブロックすべり面のせん断応力と、またブロックの滑動抵抗力と相関関係にあつて、かつブロックの上・下境界面より上側が大きく、下側は極端に小さかったことから、上・下段境界面より上側の後部拘束層が背面土圧に対応していることが確認された。言い換えると、上・下段境界面より下側の後部拘束層は土圧に対応しないことが確認された。これは、背面土圧の増加とともにブロックが変位すると背面土圧が上・下境界面より上側の（＝該ブロックでは下側）後部拘束層内の粒状材に伝播され、同粒状材にせん断変形が生じて体積が膨張（ダイレイタンスー現象）したためと考察される。

10. 抵抗板を後壁に接触させる抵抗板（後壁内面接触）よりも接触させないで後部拘束層を形成する抵抗板（背面側）の方が受働土圧は大きかった。これも後部拘束層の粒状材のダイレイタンシー現象によるものと考察される。

なお、上記 10. 11. の「後部拘束層内の粒径材のダイレイタンシー現象」に関しては、内面水平応力（6 章）と相対する抵抗板の背面側に作用する水平応力を測定し、後部拘束層内全体の水平方向の応力とその分布を把握することにより、これらの応力と受働土圧との関係、またブロックの鉛直変位量との関係を精査し、本構造のメカニズムを解明する中で明らかにしていく予定である。

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) 渕 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) 渕 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) 地盤工学入門，社団法人地盤工学会，p.84，2000.

(2012 年 6 月 29 日 受付)

