

土 木 研 究 所 資 料

発泡スチロールを用いた構造物背面の 土圧軽減工法の大型擁壁実験

平成2年10月

建設省土木研究所
機械施工部土質研究室

「Copyright © (1990) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。」

発泡スチロールを用いた構造物背面の 土圧軽減工法の大規模実験

機械施工部 土質研究室 室長 久楽勝行

研究員 青山憲明

建設省首都国道工事事務所 竹内辰典*

*前土質研究室 研究員

要 旨

新素材・新材料の活用で最近注目されている発泡スチロールを、橋台や擁壁の背面に用いて作用土圧を軽減させる工法が開発されている。しかしながら、どの程度作用土圧が軽減されるのかは未解明なため、設計法が提示されていない。そこで、本報告は高さ6mの擁壁の背面に発泡スチロールを敷設した大規模擁壁実験を実施して作用土圧を解明するとともに、この結果から合理的な設計法を検討したものである。

キーワード：軽量盛土，発泡スチロール，擁壁，土圧，模型実験，

ま え が き

最近、建設分野に新素材・新材料を活用していく試みが注目されており、土構造物への新しい材料を活用して、品質が高く経済的な土構造物が求められている。そこで、超軽量な盛土材料として発泡スチロールブロックを土構造物に適用していくことが検討されており、ノルウェー等では15年以上の実績を有している。我が国でも、発泡スチロールブロックを軟弱地盤上の盛土として使用して、地盤の沈下や側方流動の軽減に用い事例がある。

発泡スチロールの特長は、密度が $2.0 \sim 3.0 \text{ kg/m}^3$ 程度と超軽量であり、強度が $1 \sim 3 \text{ kgf/cm}^2$ 程度あるので盛土材として十分利用できる強度がある。また、大型のブロックに成形されているために、ブロックを積み重ねると容易に自立する性質があるほか、吸水性がなく、耐久性にも優れていることが上げられる。

このため、超軽量性を生かして発泡スチロールは軟弱地盤や地すべり地帯の盛土に利用されることが多いが、擁壁や橋台の背面などに用いて作用土圧を低減させる工法も考えられている。

しかしながら、発泡スチロールを構造物の背面に用いた場合の作用土圧に関しては十分な資料がないため、合理的な設計・施工法が提示されていない。そこで、本報告書は、土圧状況を把握することを目的に実施した構造物背面に発泡スチロールブロックを用いた大型擁壁実験と、この実験結果を考察して構造物背面の作用土圧の算定方法を提示したものである。

目 次

ま え が き

1. 研究目的	1
2. 研究方法	2
2.1 大型擁壁実験	3
2.1.1 実験装置	3
1) 実験壁	3
2) ジャッキ類	3
3) 測定装置および制御装置	8
2.1.2 実験方法	11
1) 実験壁および土槽の準備	11
2) 発泡スチロールの搬入・設置	13
3) 裏込め土の搬入・施工	13
4) 土圧実験	14
5) 裏込め土の搬出	14
2.1.3 実験ケース	15
2.1.4 実験材料	17
1) 発泡スチロールおよび緊結金具	17
2) 裏込め土	19
2.1.5 計測機器と測定項目	19
1) 壁面に作用する土圧	19
2) 発泡スチロールに作用する土圧, 伸縮量	21
3) 裏込め部の底面に作用する土圧	26
4) 実験壁の変位	27
5) 地中すべり面の観察	27
6) 地表面変位および地表面クラックの観察	28
7) 裏込め土の密度および含水比	30
2.1.6 測定結果の整理	31
1) 壁面に作用する土圧	31
2) 発泡スチロールに作用する土圧	33
3) 裏込め部の底面に作用する土圧	33
4) 実験壁の変位	33
3.1.7 実験結果	34
1) 予備実験, 実験ケースA	34

2) ケース B (1)	43
3) ケース B (2)	48
4) ケース B (3)	54
5) ケース C	58
2.1.8 考 察	65
1) 試行くさび法との比較	65
2) 土圧合力の計算	67
3) その他の結果	70
2.1.9 ま と め	74
2.2 作用土圧算定式の提示	75
2.2.1 背面土砂の土圧および水圧	75
2.2.2 側 圧	76
あ と が き	78

1. 研 究 目 的

発泡スチロールを構造物背面に利用して作用土圧を低減する工法について、その作用土圧を把握することと、土圧算定式を提示することを目的として研究を行った。特に、大型擁壁実験では、

①発泡スチロールブロックの設置形状とこれにともなう作用土圧

②上載荷重が作用したときの水平方向土圧の挙動

という視点にたって実験を実施している。

大型擁壁実験で、実大規模に於ける土圧の作用状況を明らかにすることは、今後の設計・施工法の確立を図る上で重要な要素である。

2. 研 究 方 法

本研究では、擁壁背面に発泡スチロールを設置した大型擁壁実験により、構造物背面に作用する土圧を検討した。実験概要は以下の通りである。

通常、擁壁に作用する土圧は、テルツァギー・ベックの土圧図表やクーロン土圧あるいは、試行くさび法などが一般的に用いられている。ここで、擁壁の裏込め材料として発泡スチロールの大型ブロックを用いた場合、単に単位体積重量の軽減というだけではなく、ブロックを積み重ねた場合の自立性などから、発泡スチロール裏込め部自体が一種のブロック集合体として存在することになる。

このような状況において、擁壁などの構造物背面に作用する土圧を算定する場合には、発泡スチロールブロックの設置状況、あるいは裏込め部に作用する外力（例えば、裏込め土砂部から作用する土圧ならびに上載荷重など）が発泡スチロールを介してどのように構造物に作用するかを把握することが重要である。

このようなことから、発泡スチロールの設置形状、上載荷重の有無などを変えたケースについて、高さ 6m の大型擁壁実験装置を用いて、実験擁壁の背面に発泡スチロールブロックを設置して、さらにその背面に地山に相当する土砂を埋戻した模型を築造し、擁壁を移動させながら擁壁背面に作用する土圧等を測定する大型擁壁実験を実施した。

また、これらの実験結果に基づいて、作用土圧算定の考え方を整理してこれを提示することとした。

2.1 大型擁壁実験

2.1.1 実験装置

本実験は、土工実験施設に設けられた大型擁壁実験装置を用いて行っている。

大型擁壁実験装置は、擁壁面を想定した実験壁の移動を行う油圧ジャッキ並びにスクリージャッキ（以下ジャッキ類と言う）および各種の測定装置、制御装置等で構成され、これらは図－2.1に示すように専用の実験ピット（深さ 6.0m、幅 8.0m、長さ 20.0m）内に設置されている。ここでは、本実験に使用したこれらの装置の概要を述べることにする。

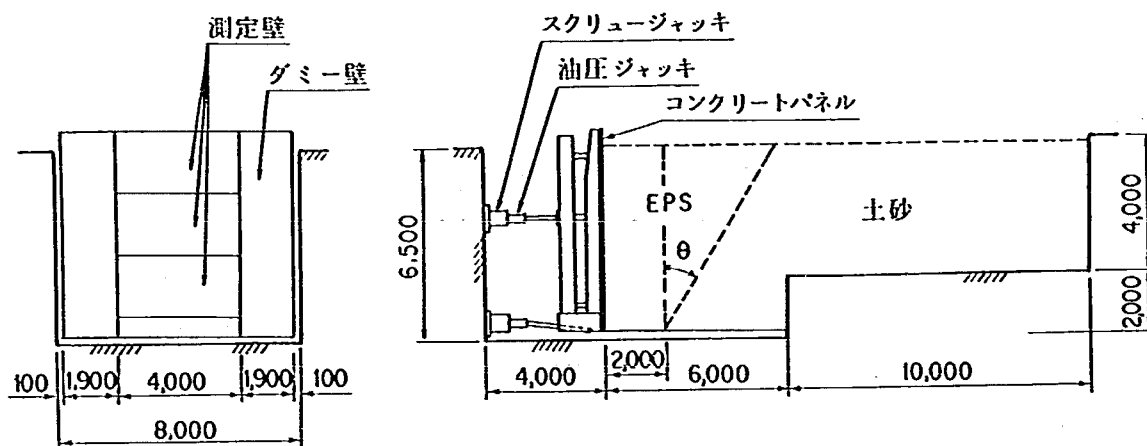
1) 実験壁

実験壁は、図－1.1.1に示すように土圧測定に使用する中央部の測定壁とその両側のダミー壁で構成され、実際の擁壁と同じ状況となるように、その表面はいずれもコンクリートパネルが取付けられている。測定壁はさらに上段、中段、下段に分割され、これらはそれぞれピン結合された水平荷重計を介して支持フレームに支持されている。一方、ダミー壁は土圧測定においてピットの側面の摩擦の影響も少なく、可能な限り二次元の土圧測定を行うことを目的としたもので、直接支持フレームに支持されている。また、実験壁全体は支持フレームおよび連動したジャッキ類によってピットの反力壁に支えられており、ジャッキ類の操作により測定壁およびダミー壁が一体となった移動を行うことが可能である。また測定壁には、土圧分布を把握するための壁面土圧計設置孔がコンクリートパネルの各段に 4 個計 12 個設けられている。写真－1.1.1に大型擁壁実験装置の全景を示す。

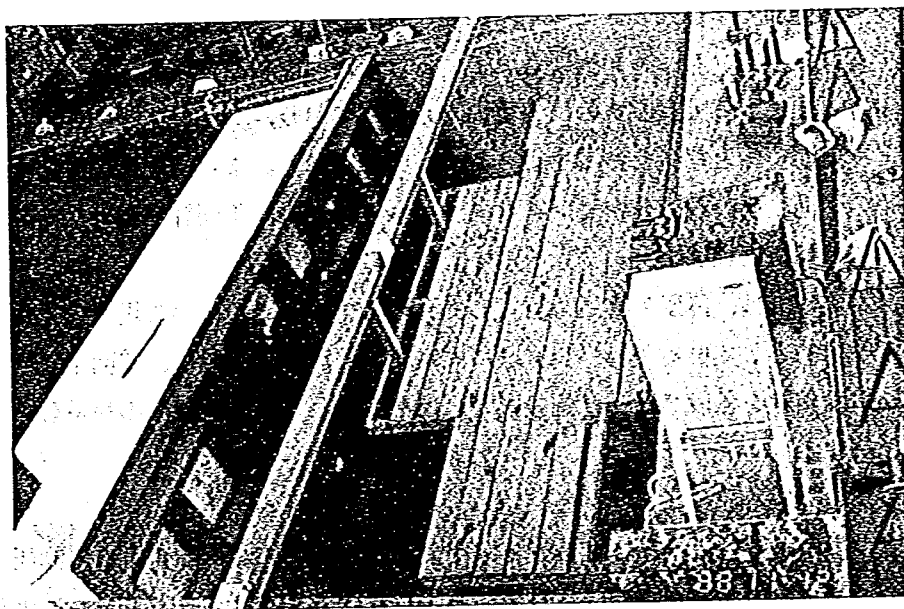
なお、本実験では、擁壁の裏込め材として発泡スチロールを用いる場合の土圧（あるいは側圧）測定を目的としているため、実験壁に固定された荷重計以外に、壁面土圧計設置孔を利用して新たに荷重計を各段 3 個計 9 個設置している。これらは、実験壁の荷重計と区別するため側圧計と称する。

2) ジャッキ類

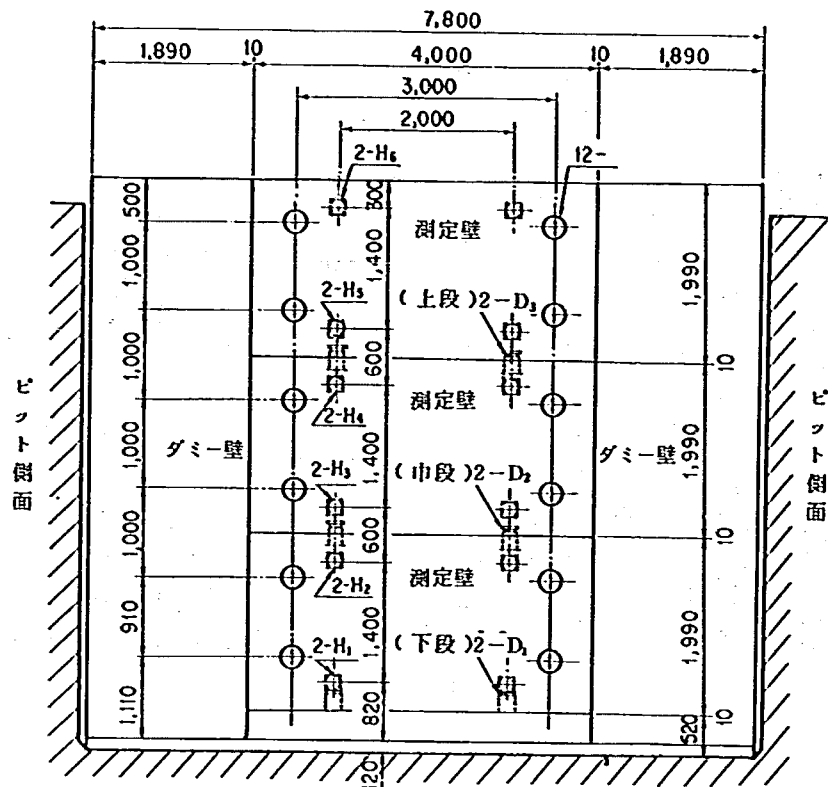
実験壁を固定あるいは移動させるジャッキ類は、図－1.1.2に示すように油圧ジャッキとスクリージャッキの組合せで構成されている。これは、スクリージャッキにより微小な実験壁の移行を行うとともに、油圧ジャッキを併用することによりスクリージャッキと実験壁支持ロッドの接点を常に接触させ、ゆりみが生じないようにするためである。これらのジャッキ類は支持ロッドを介して実験壁最下端（下段）と中央部（上段）をそれぞれ 2 点および 4 点で支持している。油圧ジャッキは下段に容量 60 ton が 2 台、上段に容量 60 ton が 4 台使用されている。一方、スクリージャッキは全て容量が 50 ton で計 6 段使用されているが 0.2 mm 単位での移動量のモニターが可能のほか 100 mm のストロークを有している。さらにジャッキ類は同時および任意の組合せでの作業が可能のため、実験壁の移動形式としては平行移動、下端ヒンジによる回転等が選択できる。写真－1.1.2に上段ジャッキの状況を示す。



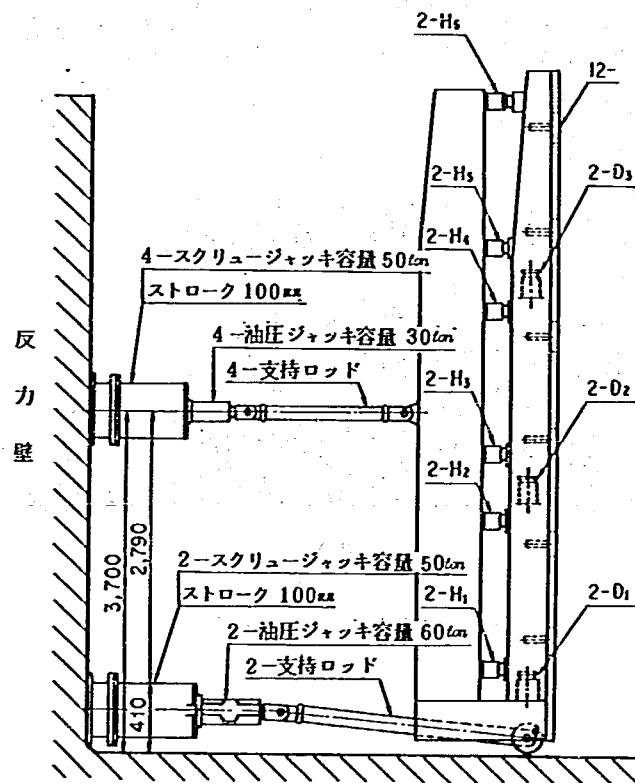
図－1.1.1 実験土槽



写真－1.1.1 大型擁壁実験装置

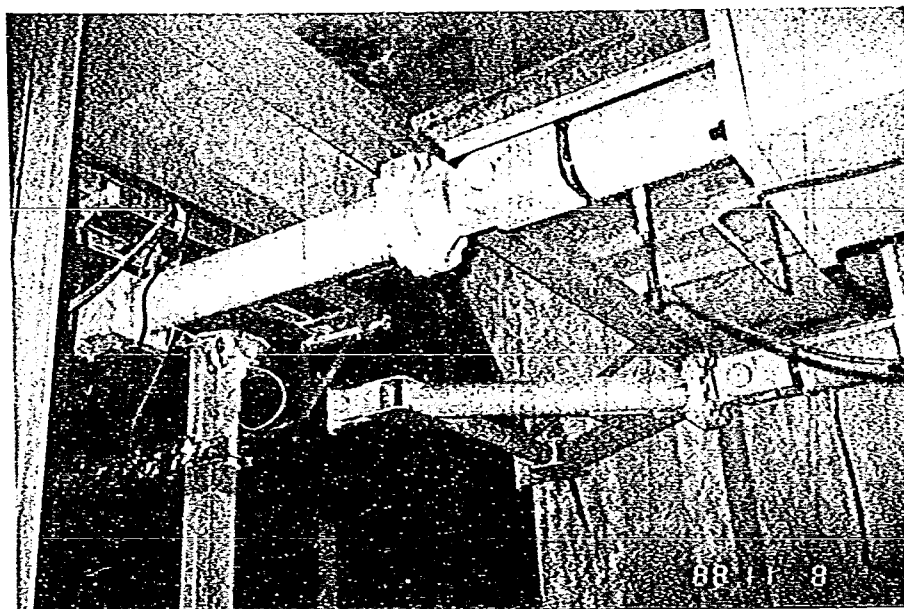


(a) 正面図 (裏込め側より)

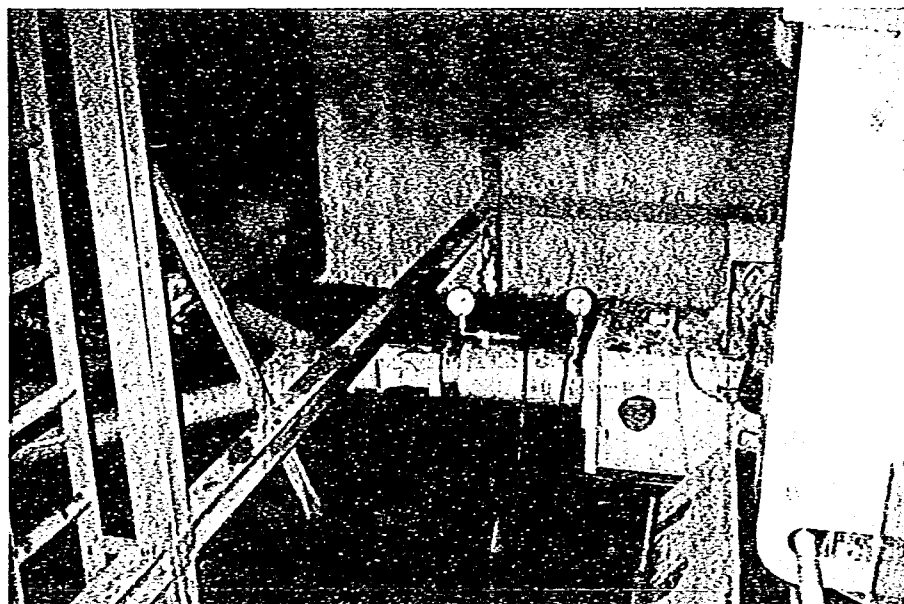


(b) 側面図

図-1.1.2 実験壁



(上段)



(下段)

写真-1.1.2 ジャッキ類

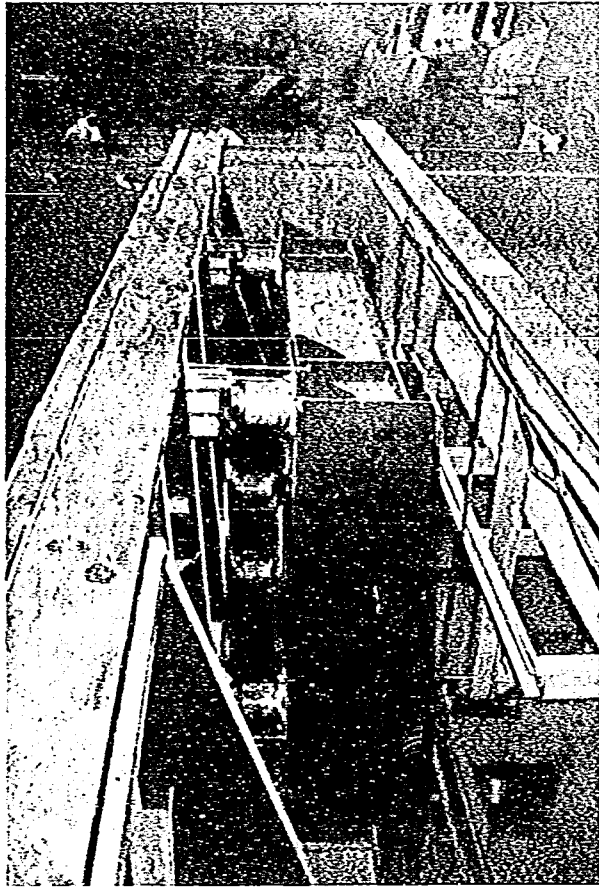


写真- 1.1.3 水平荷重計

3) 測定装置および制御装置

大型擁壁実験装置に用いられている測定装置には荷重計、変位計、側圧計がある。

荷重計は、測定壁に作用する土圧を合力として測定するもので、水平荷重計と鉛直荷重計によりそれぞれ土圧の水平成分および鉛直成分が測定される。これらの荷重計の諸元は表－1.1.1に示すとおりである。その作動原理は差動トランス式である。

また、荷重計は降雨実験等を考慮して防水構造を採用している。写真－1.1.3に水平荷重計、鉛直荷重計の取付け状況を示す。

変位計は、裏込め土施工中の実験壁のたわみ量、実験壁移動時の移動量などを測定するもので、実験壁の上段、中段、下段に各2個設置されている。変位計の諸元は表－1.1.2に示すとおりである。写真－1.1.4に変位計の取付状況を示す。

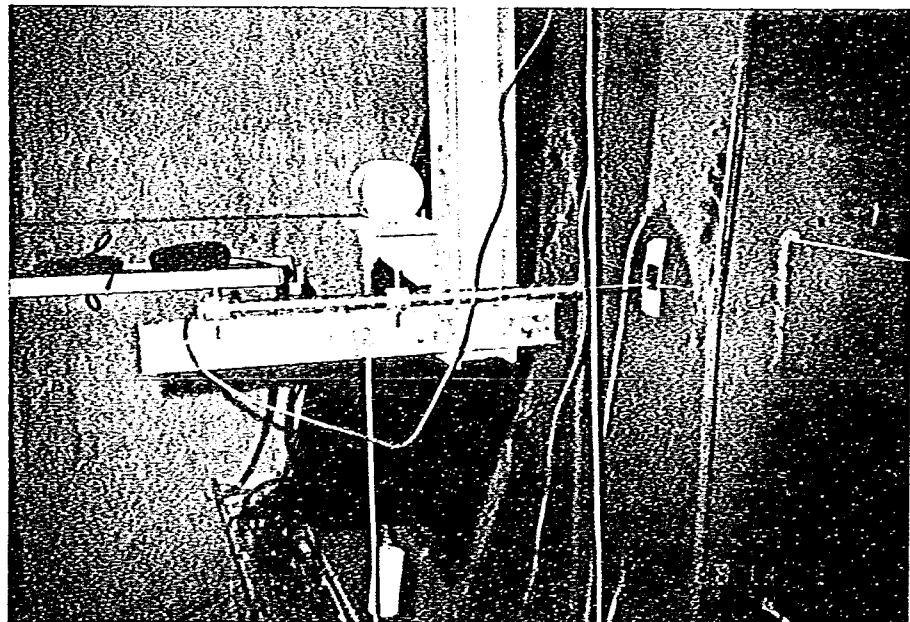
表－1.1.1 荷重計の諸元

	記号*	容量(ton)	個数(台)
水平荷重計	H ₆	10	2
	H ₅	10	2
	H ₄	10	2
	H ₃	10	2
	H ₂	10	2
	H ₁	10	2
鉛直荷重計	D ₃	10	2
	D ₂	20	2
	D ₁	20	2

表－1.1.2 変位計の諸元

項 目	内 容
作動原理	差動トランス式
容 量	200 mm
型 式	M-11-200S

*図－1.1.2の記号を参照



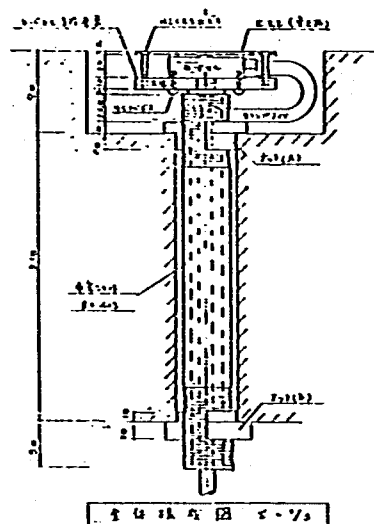
写真－1.1.4 変位計取付状況

側圧計は、実験壁に作用する土圧の分布性状が発泡スチロールを介した場合、比較的小さな値になることを懸念して補助的に設けるもので、9個の荷重計が壁面と同一平面をなすようにコンクリートパネル内に埋込まれ、さらに小型の受圧板を荷重計の受圧部に取付けている。

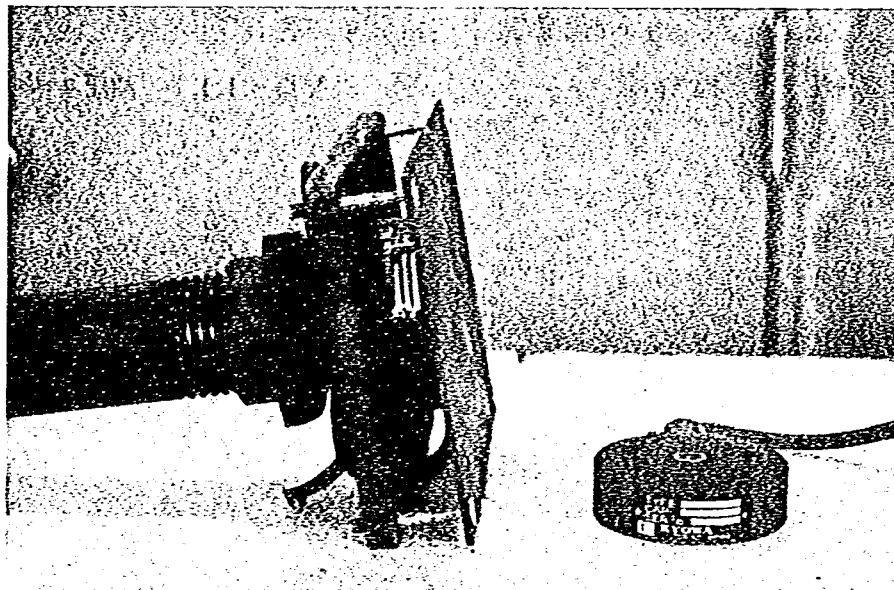
これらの側圧計の諸元は表－1.1.3に示すとおりである。なお、図－1.1.3は側圧計のコンクリートパネルへの取付図を示しており、写真－1.1.6に側圧計の取付状況を示す。

表－1.1.3 側圧計の諸元

項 目	内 容
作動原理	ひずみゲージ式
容 量	500 kgf
型 式	LC-500KF
受 圧 板	15 cm × 15 cm

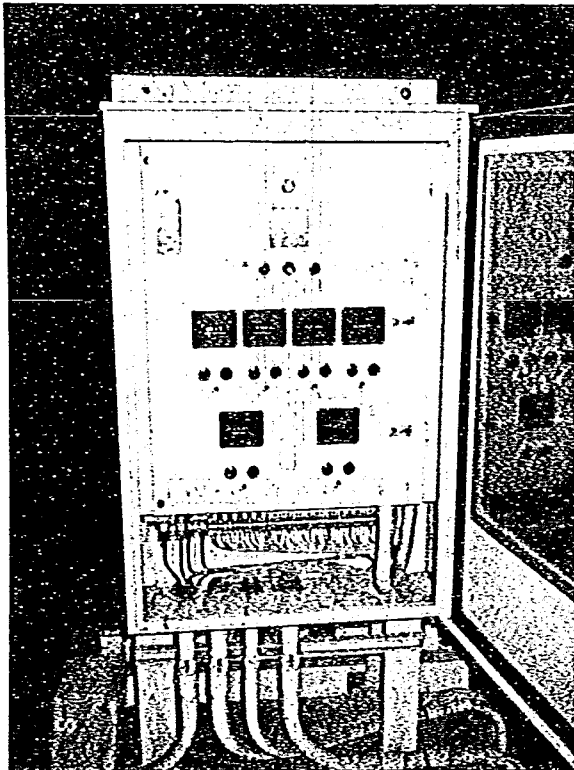


図－1.1.3 側圧計取付図

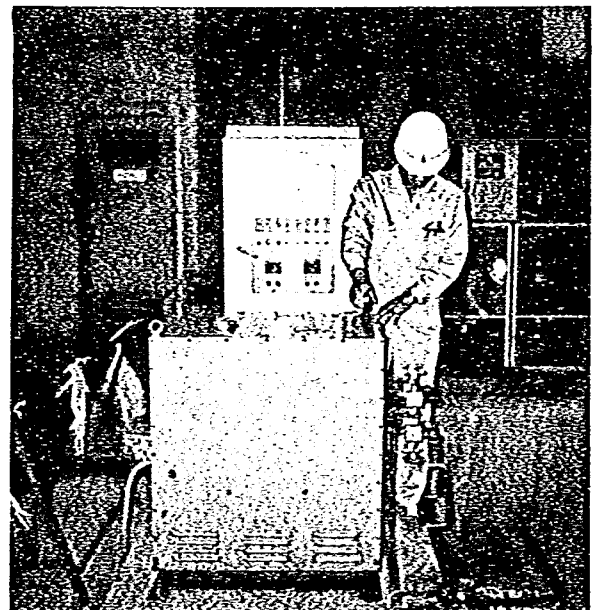


写真－1.1.5 側 圧 計

一方、制御装置には、スクリージャッキの制御スイッチ、電磁カウンター、電源スイッチなどで構成される操作盤および油圧ジャッキの油圧ユニットなどがある。写真－1.1.6、写真－1.1.7にそれぞれ操作盤および油圧ユニットを示す。



写真－1.1.6 操作盤



写真－1.1.7 油圧ユニット

2.1.2 実験方法

本実験では、擁壁背面に発泡スチロールを用いた場合に、その設置形状に伴う土圧の作用状況を把握することを実験の目的としているが、それらの実験工程は共通する部分が多いため、ここでは基本的な実験方法について述べることにする。

本実験では、静止状態における土圧と主働状態における土圧の測定を行い、一部のケースでは載荷重による水平土圧への影響を測定している。

まず、実験壁をジャッキ類により固定した状態で、敷砂等の土槽の準備を行う。発泡スチロールの搬入、設置と裏込め土の搬入、敷均しを繰返し所定の断面の裏込め土圧を施工する。これらの作業と併行して実験壁に作用する土圧、発泡スチロール背面に作用する土圧、実験壁の変位等の測定を行う。このようにして得られた土圧は静止状態の土圧に近いものと考えられる。

次に、実験壁の拘束を解除し、ジャッキ類の制御より実験壁を水平方向に徐々にゆるませながら土圧を測定し、主働土圧の測定を行う。以下に、これら一連の実験工程の概要を示す。

1) 実験壁および土槽の準備

実験壁は、ジャッキ類を用いて最大限に押し出すとともに、裏込め盛土の施工に伴う実験壁の変位を防止するために、ジャッキ類により固定する。裏込め盛土は、発泡スチロールの他に川砂（洗い砂）を用いるため土槽底面には排水用のジオテキスタイルを敷設している。また、土槽底面は、15 cm敷砂層を設け、ソイルコンパクターによる転圧を行っている。

さらに、裏込め土と土槽側壁との摩擦を少なくするために、土槽側壁をポリエチレンフィルムで覆っている。図-1.2.1に土槽の準備状況を示す。また、写真-1.2.1に土槽側壁の状況を示す。

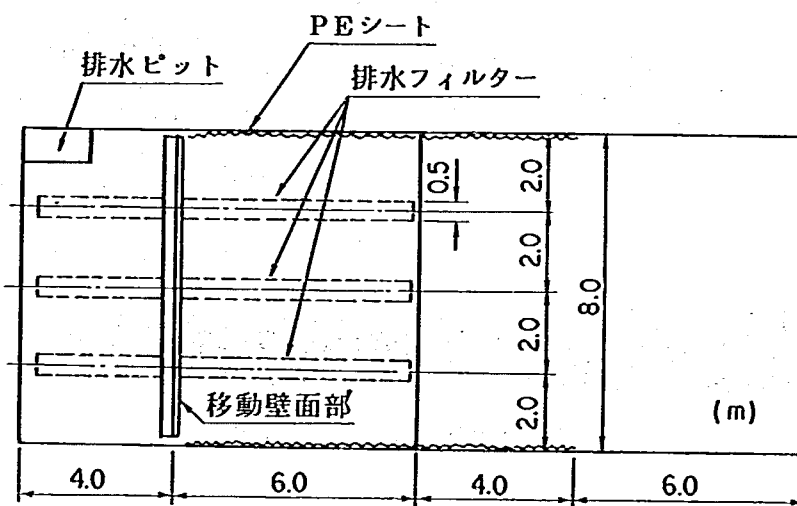


図-1.2.1 土槽の準備

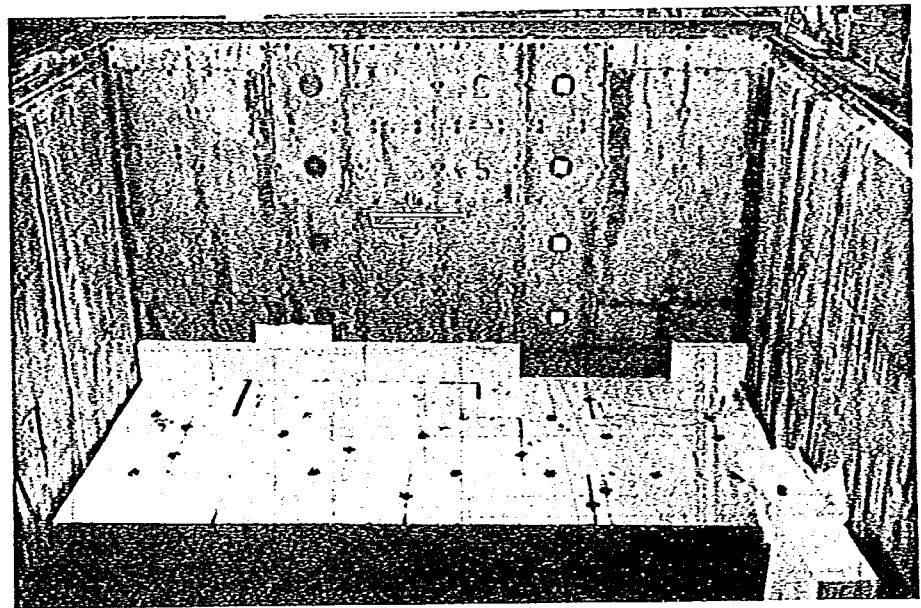
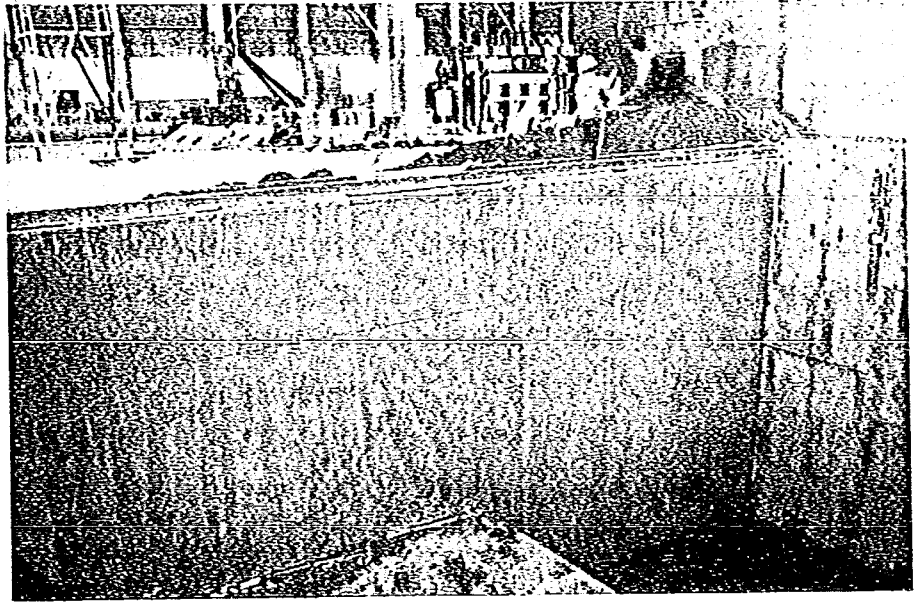
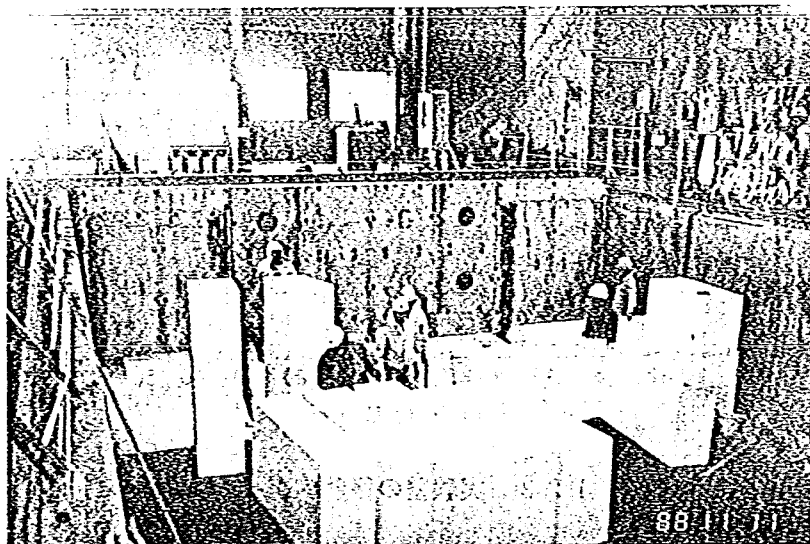


写真- 1.2.1 土槽側壁の状況

2) 発泡スチロールの搬入・設置

発泡スチロールは、所定の形状に切断された大型ブロックを、あらかじめ作成しておいた配置図に従って設置する。ブロックの配置は相互の目地が重ならない配置とし、ブロック相互は緊結金具で固定する。各層は、高さ 50 cm 毎の立上りとなり、各層のブロック配置完了後、裏込め土の施工を行う。写真－ 1.2.2 に発泡スチロールの設置状況を示す。

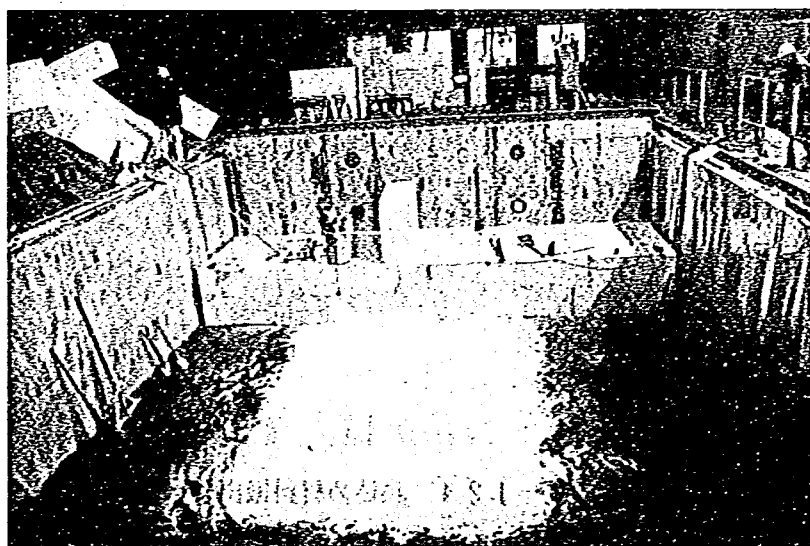


写真－ 1.2.2 発泡スチロールの設置状況

3) 裏込め土の搬入・施工

裏込め土は、バケットを用いて搬入し、人力によるまき出しを行う。

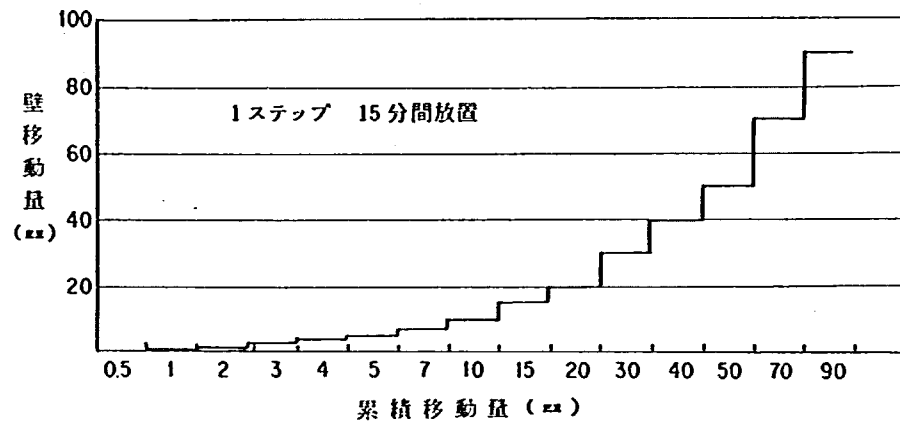
裏込め土の施工条件は全てのケースがゆる詰めであるため転圧は行っていない。なお、裏込め土の施工状況を把握するために R1 による密度および含水比の測定を各盛土ごと (50 cm) に行っている。また、すべり面測定のための石灰の散布を盛土 1 m ごとに行っている。写真－ 1.2.3. に石灰の散布状況を示す。これら一連の作業を各盛土高ごとに行い、あわせて土圧等の測定を行い所定の裏込め盛土を完成させる。



写真－ 1.2.3 石灰の散布状況

4) 土圧実験

盛土完成後の土圧等を測定した後、所定の実験条件の下で実験壁を主働変位させる。変位のピッチは、移動量が5mmまでが0.5mm～1mm、5mm～20mmまでが5mmとし、最終移動量90mmまで変位させる。また、各変位ごとの時間間隔は15分とし、この間に実験壁に作用する土圧および変位量等の測定を行う。図－1.2.3に実験壁の移動パターン図を示す。

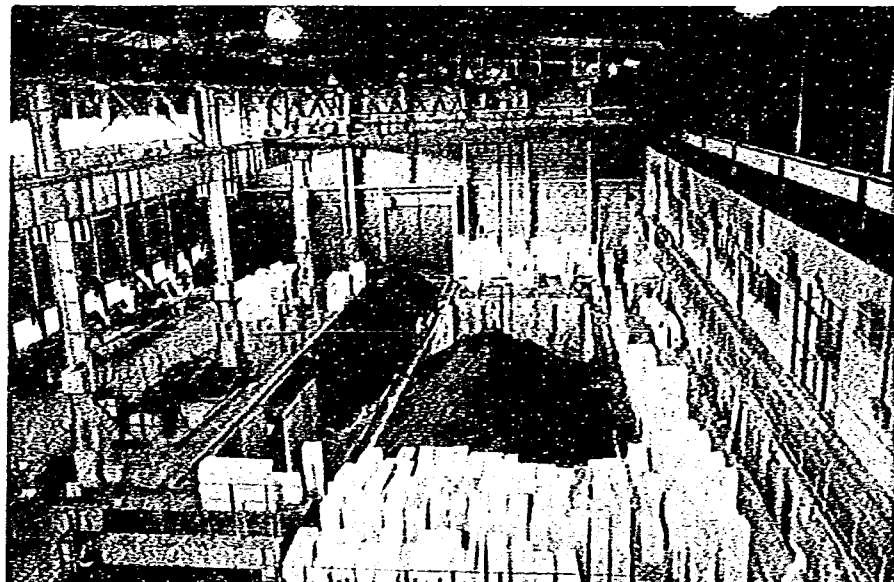


図－1.2.3 実験壁の移動パターン図

5) 裏込め土の搬出

土圧実験終了後、裏込め土の一部を掘削し、予め散布した石灰によるすべり面測定層の変位状況によりすべり面の測定を行う。

測定後、バケットにより裏込め土を搬出し、あわせて発泡スチロールブロックも緊結金具をはずして搬出し、実験が終了する。写真－1.2.4に裏込め材料の搬出状況を示す。



写真－1.2.4 裏込め材料搬出

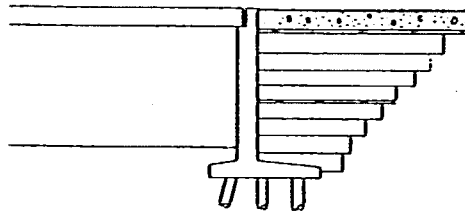
2.1.3 実験ケース

通常、盛土部擁壁の土圧の算定は、テルツァギー・ベックの土圧図表やクーロン土圧あるいは試行くさび法などが一般に用いられている。ここで、擁壁の裏込め材料として発泡スチロールの大型ブロックを用いた場合、単に単位体積重量の軽量化ということではなく、ブロックを積み重ねた場合の自立性などから裏込め部自体が一種のブロック集合体として存在することになる。

このような状況において、擁壁などの構造物背面に作用する土圧を算定する場合、裏込め部の発泡スチロール設置形状あるいは、裏込め部に作用する外力（例えば、裏込め土砂部からの土圧、上載荷重など）が発泡スチロールを介してどのように構造物背面に作用するかを把握することは重要なことである。

このようなことから、本実験は、表-1.3.1に示すように発泡スチロールの設置形状、上載荷重の有無を組合せた6ケースについて行った。このうち、最初の1ケースは計器の作動状況、裏込め土砂部の変状形態、実験壁の移動状況など基本的な要素をチェックする予備実験として位置付けている。

●橋台裏込め



●盛土の拡張

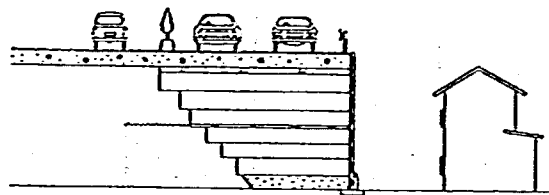


図-1.3.1 発泡スチロールの設置形態

表-1.3.1 実験ケース一覧表

項目	予備実験	ケース A	ケース B (1)	ケース B (2)	ケース B (3)	ケース C
模式図						
実験目的	・EPS鉛直形状による土圧の低減効果 ・計器の作動状況	・同左 ・計測機器設置方法の検討 ・底面土圧計、伸縮計の追加設置	・ケースAの発生すべり面までEPSを設置 ・逆台形形状による土圧の低減効果	・載荷重作用時の土圧低減効果 (形状はケースB(1)と同様)	・載荷重による側圧の発生程度確認 ・0.5～2mまで段階載荷	・台形形状による土圧の低減効果
施工期間	88年11月4日～11月21日	'88年12月7日～12月16日	'88年12月20日～1月21日	'89年1月13日～1月21日	'88年12月20日～1月11日	'89年1月23日～2月6日
移動実験	1988年11月16日	1988年12月12日	1989年1月12日	1989年1月17日	1989年1月11日	1989年1月30日
EPS形状	敷幅	天端2m、底面2m	天端2m、底面2m	天端6m、底面2m	天端6m、底面2m	天端1m、底面5.5m
	θ	90°	90°	56.3° (33.7°)	56.3° (33.7°)	39.8°
材料	EPS	93.6m³	100.6m³	200.7m³	200.7m³	160.0m³
	砂	508.9m³ $\gamma_s=1.517\text{tf/m}^3$ w=9.2%	501.9m³ $\gamma_s=1.459\text{tf/m}^3$ w=8.3%	401.7m³ $\gamma_s=1.457\text{tf/m}^3$ w=8.4%	437.9m³ ($\gamma_s=1.472\text{tf/m}^3$) (w=8.1%)	472.9m³ ($\gamma_s=1.464\text{tf/m}^3$) (w=8.2%)
移動実験	壁移動量 (mm)	0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10, 20, 50, 70, 100	0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90	0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 7	0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 15, 25, 35, 45	0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 70, 90
			各ステップ15分間放置	4日間放置後ケースB(2)を続けて実施 各ステップ15分間放置	静止状態で側圧を測定 各ステップ15分間放置	各ステップ15分間放置

2.1.4 実験材料

1) 発泡スチロール及び緊結金具

発泡スチロールは、石油精製によって生じるスチレンモノマーの重合から得られるビーズ状のポリスチレンを主原料としている。発泡の形態により型内発泡法と押出し発泡法とに区別されているが、いずれの方法も発泡剤を加えたポリスチレンを加熱混合した後、ブロック状またはボード状の発泡体を形成する。本実験では、型内発泡法により製造された大型ブロックを用いている。図-1.4.1は、型内発泡法によるブロック体の成形工程を示している。また、実験では単位体積重量 20 kgf/m^3 の発泡スチロールを用い、標準的な形状は 2 m (たて) $\times 1 \text{ m}$ (よこ) $\times 0.5 \text{ m}$ (厚さ) である。表-1.4.1に実験に用いた発泡スチロールの諸元を示し、図-1.4.2に一軸圧縮試験による応力-ひずみ曲線を示す。

なお、以下の図表中においては発泡スチロールをEPS (Expanded Polystyrol) と略す。発泡スチロールの各ブロックは縦横方向に目地が重ならないように各段の配置を行い、それぞれのブロックを図-1.4.3に示す緊結金具で連結している。

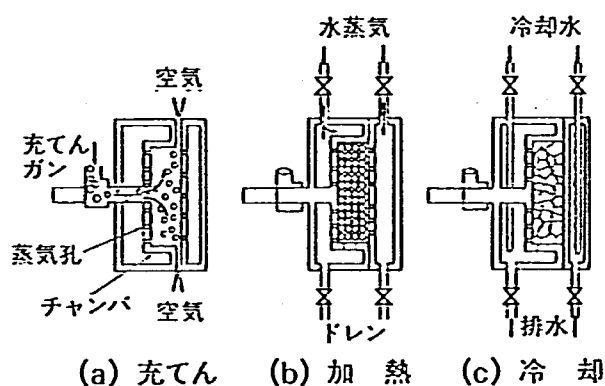


図-1.4.1 大型ブロック形成工程(型内発泡法)

表-1.4.1 発泡スチロールの諸元

項 目	内 容
製 造 法	型内発泡法
単位体積重量	20 kgf/m^3
圧 縮 強 度	1.32 kgf/cm^2 (5%ひずみ)
形 状	$2,000 \times 1,000 \times 500 \text{ (mm)}$
燃 焼 性	自己消火性

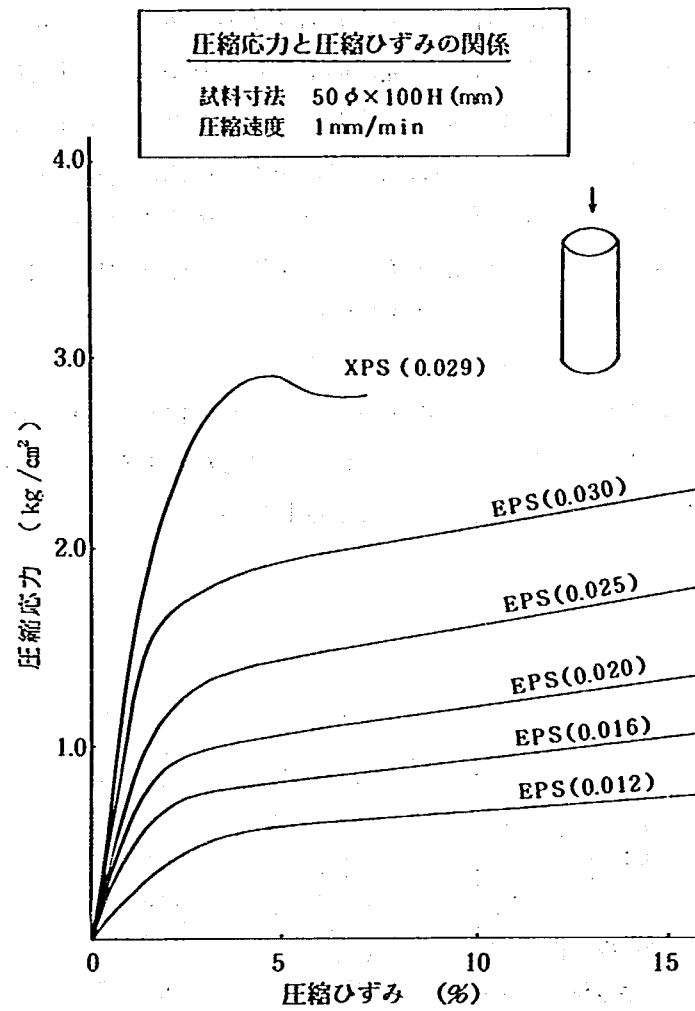


図-1.4.2 発泡スチロールの圧縮試験結果

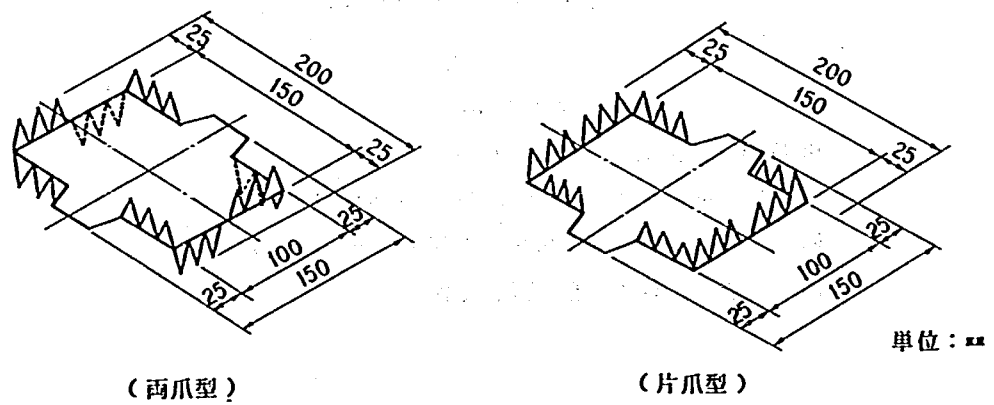


図-1.4.3 緊結金具

2) 裏込め土

本実験では、発泡スチロール背面部に裏込め土を用いて盛土を行っている。裏込め土は、近似的に ϕ 材料として扱うことのできる粗砂（川砂）を用いている。

表－1.4.2に裏込め土の室内試験結果を示す。

表－1.4.2 室内試験結果

試 験 項 目		測 定 値
粒 度 試 験	礫 分 (2,000 μm 以上)	2%
	砂 分 (74 ~ 2,000 μm)	96%
	シルト・粘土分 (74 μm 以下)	2%
	最 大 粒 径	4.76 mm
	均 等 係 数 U_c	2.98
	曲 率 係 数 U_c'	1.04
	比 重 G_s	2.696
	含 水 比 w_n	6.3%
締固め試験	試 験 方 法	1・1・b
	最 適 含 水 比 w_{opt}	10.9%
	最大乾燥密度 $\rho_{d\max}$	1.606 t/m ³
せん断試験	試 験 条 件	C D
	粘 着 力	0.05 kgf/cm ²
	せん断抵抗角	31.3°

2.1.5 計測機器と測定項目

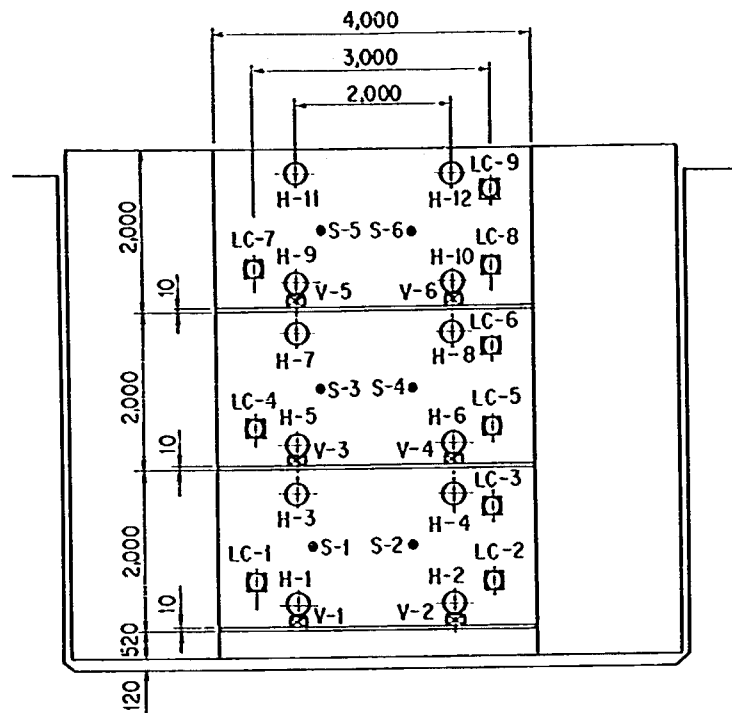
本試験で測定の対象とした項目は次に示すとおりである。

- 1) 壁面に作用する土圧
- 2) 発泡スチロールに作用する土圧、伸縮量
- 3) 裏込め部の底面に作用する土圧
- 4) 実験壁の変位
- 5) 地中すべり面の観察
- 6) 地表面の変位および地表面クラックの観察
- 7) 裏込め土密度および含水比

以上、これらの項目における測定方法を示す。

1) 壁面に作用する土圧

壁面に作用する土圧は、実験壁の各パネル（上、中、下段）に作用する土圧ならびに実験壁全体に作用する土圧合力として測定するため、荷重計を用いて行った。荷重計は水平方向、鉛直方向に設置されており、それぞれの土圧の水平成分、鉛直成分を測定する。これらの測定結果は「1.3.6 測定結果の整理」に示した方法に従って整理している。図－1.4.1に実験壁の計器配置図を示す。また、実験壁にはパネル前面の土圧分布を測定するための側圧計が設置されており、これを用いた壁面土圧の測定も行った。写真－1.5.1に側圧計の取付け状況を示す。



計測器	記号	設置数
水平荷重計	H-1 ~ H-12	12ヶ
鉛直荷重計	V-1 ~ V- 6	6ヶ
実験壁変位計	S-1 ~ S- 6	6ヶ
側圧計	LC-1 ~ LC- 9	9ヶ

図- 1.5.1 実験壁計器配置図

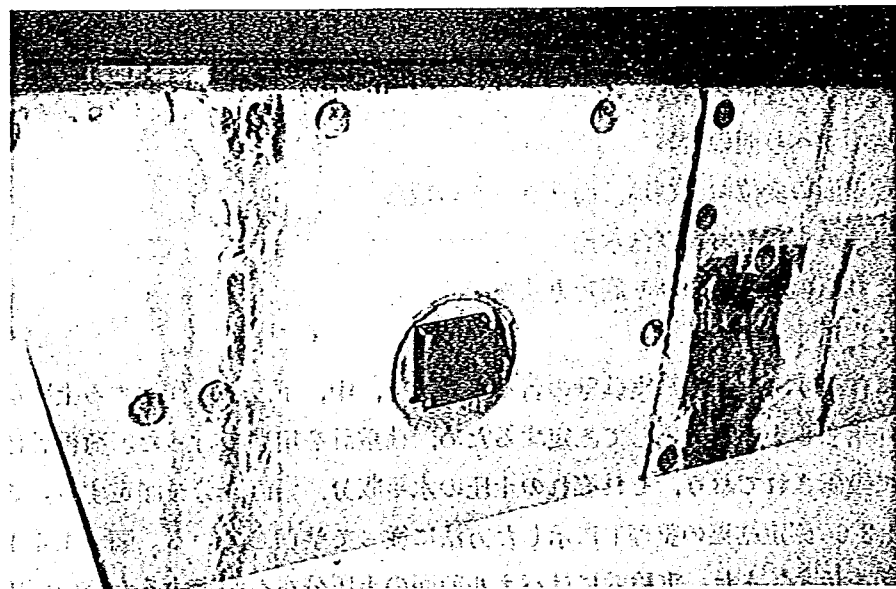


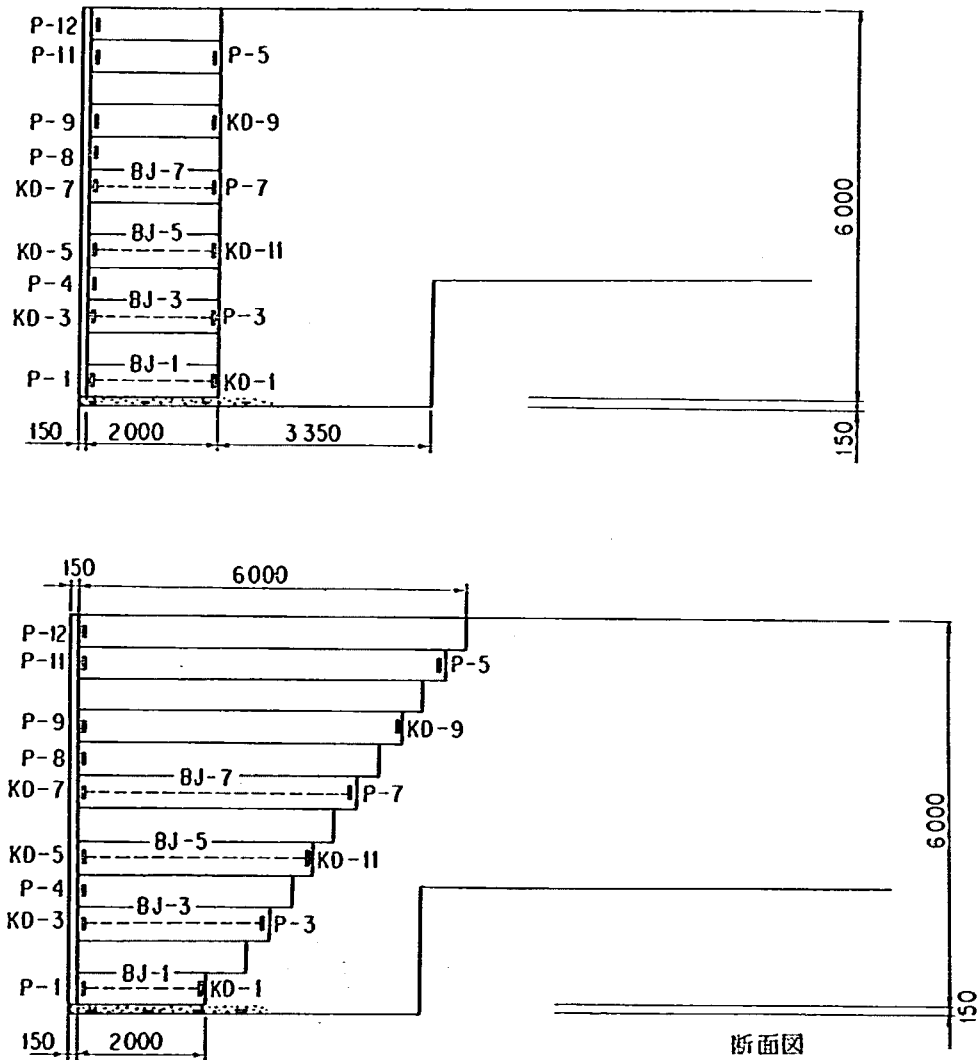
写真- 1.5.1 側圧計取付状況

2) 発泡スチロールに作用する土圧、伸縮量

裏込め土の盛立て時および実験壁の移動時を通して、発泡スチロール背面に作用する土圧および発泡スチロール前面に作用する土圧ならびに土圧作用時の発泡スチロールの伸縮量を測定するため、土圧計、伸縮計を用いて行った。なお、土圧計は形状の異なる2種類の計測器を用いている。

図-1.5.2に発泡スチロール部の全体計器配置図を示す。また、表1.5.1に土圧計および伸縮計の諸元を示す。

図-1.5.3, 図-1.5.4, 図-1.5.5に土圧計および伸縮計の設置図を示す。また、これらの設置状況写真を写真-1.5.2～写真-1.5.7に示す。



計 測 器	記 号	設置数
土圧計(KDタイプ)	KD-1 ~ KD-11	6
土圧計(Pタイプ)	P-1 ~ P-12	9
伸 縮 計	BJ-1 ~ BJ-7	4

図-1.5.2 発泡スチロール部の計器配置図

表- 1.5.1 土圧計および伸縮計の諸元

項 目		内 容
土圧計(KD)	作 動 原 理	ひずみゲージ式
	容 量	1 kgf/cm ²
	型 式	KD-1CS
土圧計(P)	作 動 原 理	ひずみゲージ式
	容 量	1 kgf/cm ²
	型 式	P325 S-1 (φ25)
伸 縮 計	作 動 原 理	ひずみゲージ式
	容 量	20 mm
	型 式	BJ-20A

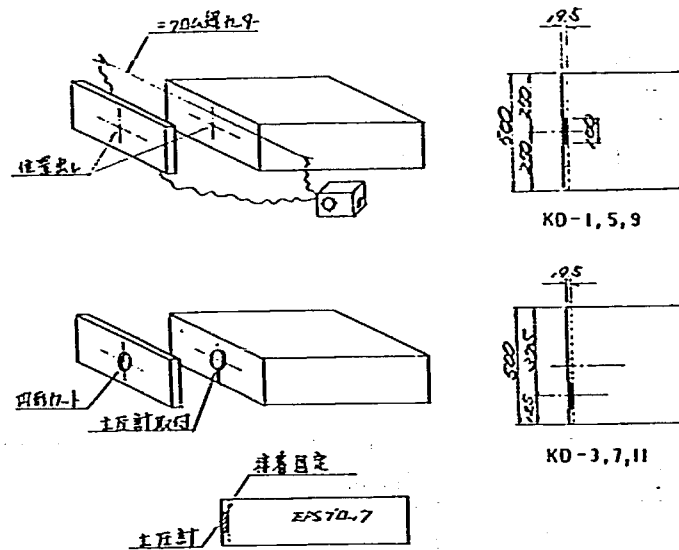


図- 1.5.3 土圧計設置図 (KDタイプ)

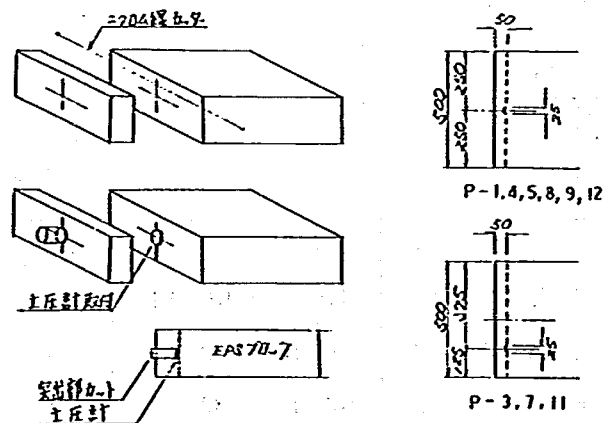


図- 1.5.4 土圧計設置図 (Pタイプ)

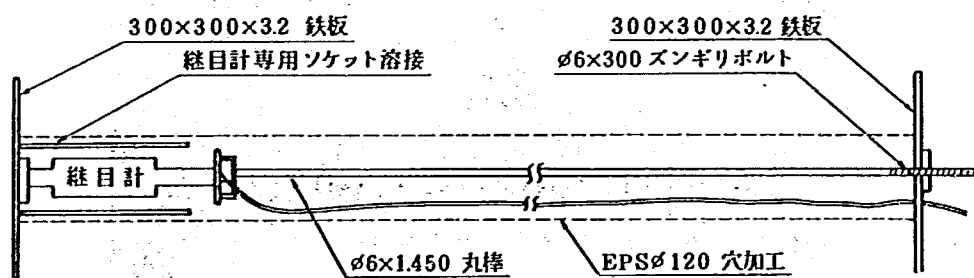
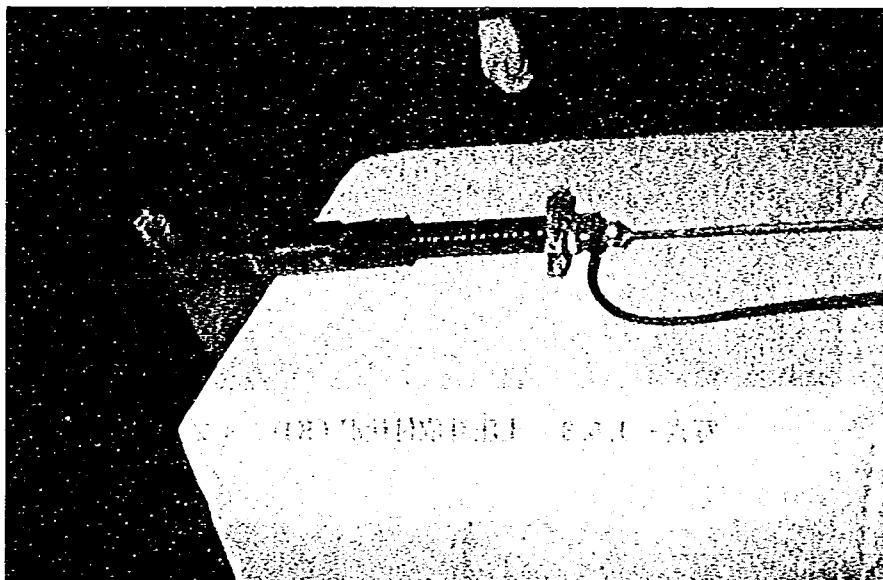
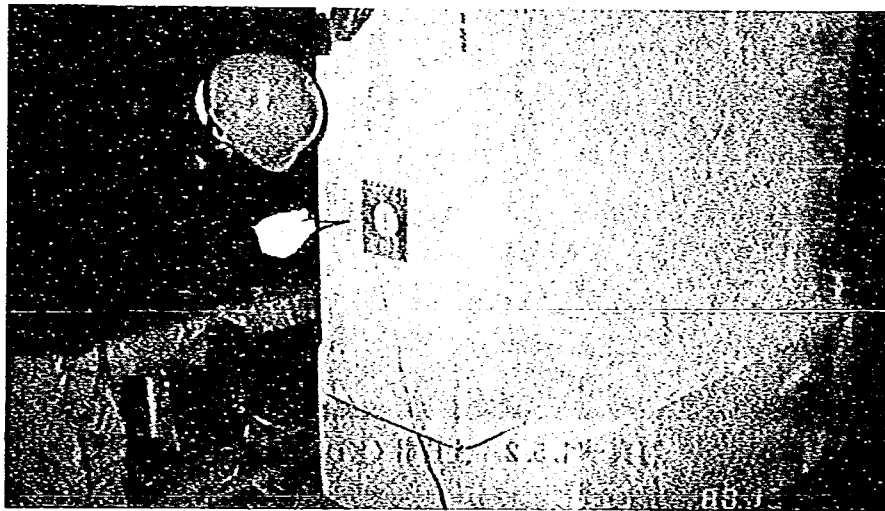


図-1.5.5: 伸縮計詳細図

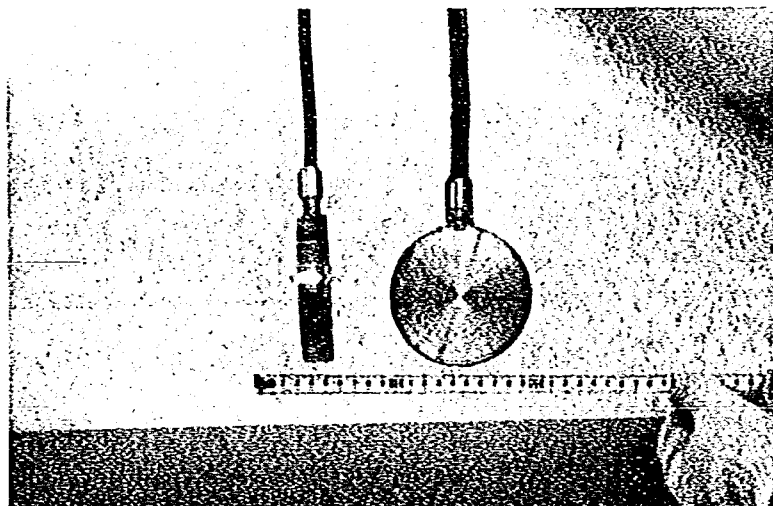


写真- 1.5.2 土圧計 (KDタイプ)

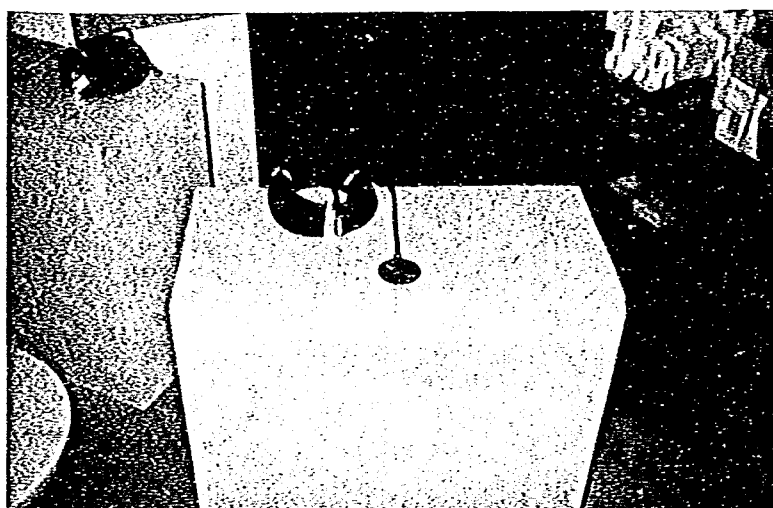


写真- 1.5.3 土圧計取付状況 (KDタイプ)

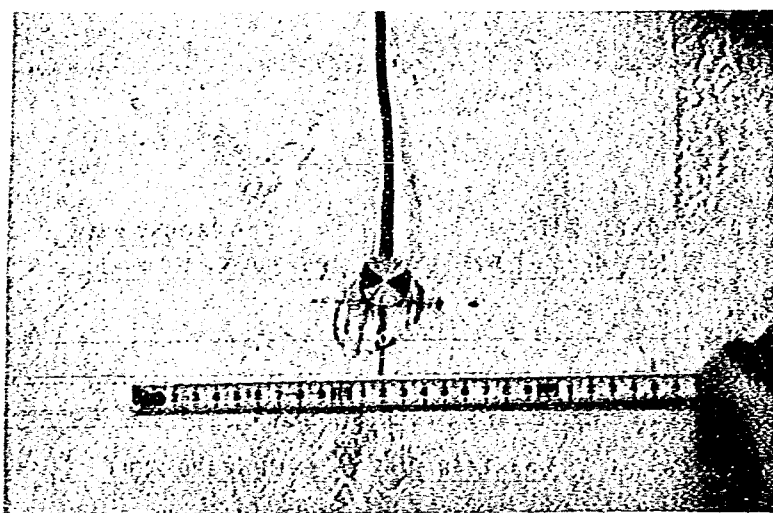


写真- 1.5.4 土圧計 (Pタイプ)

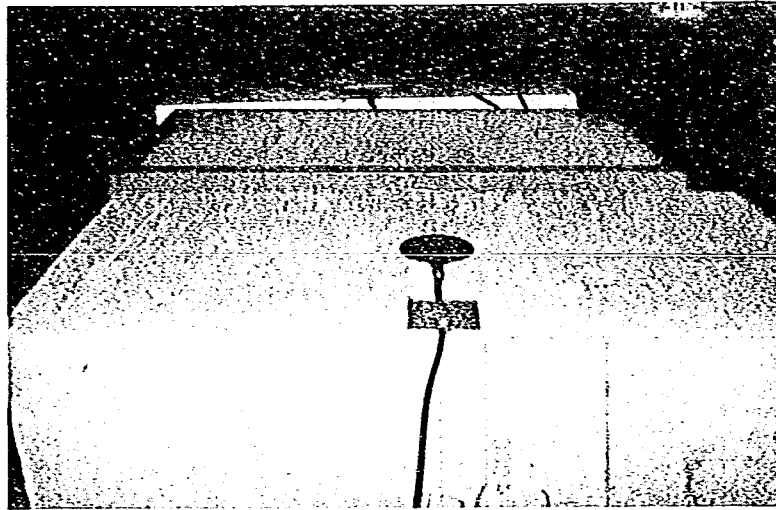


写真-1.5.5 土圧計取付状況(Pタイプ)

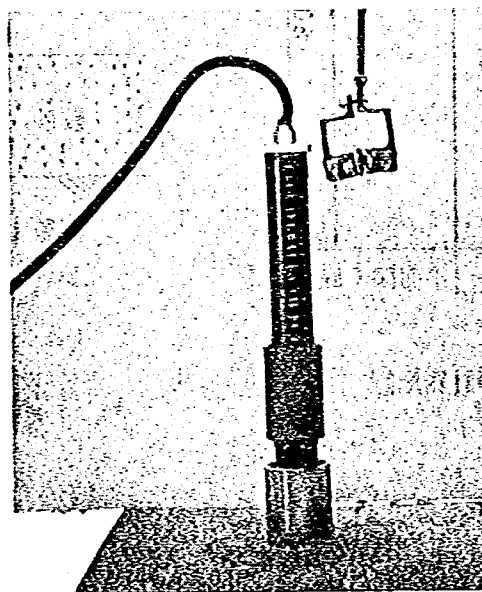


写真-1.5.6 伸 縮 計

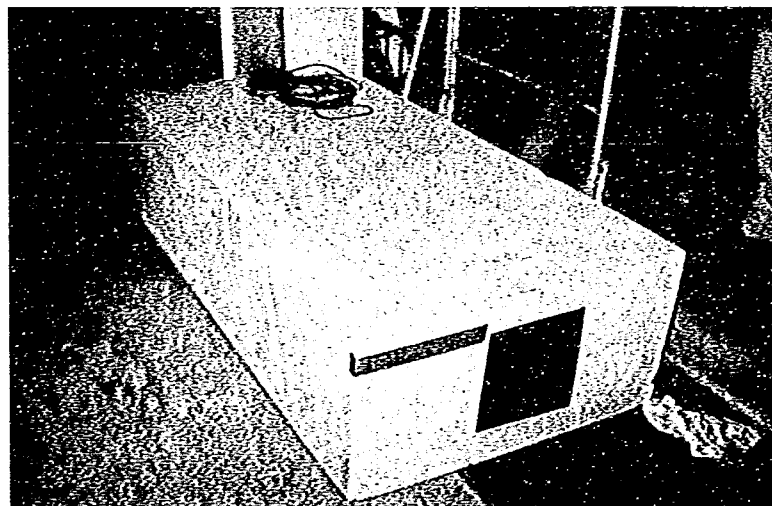
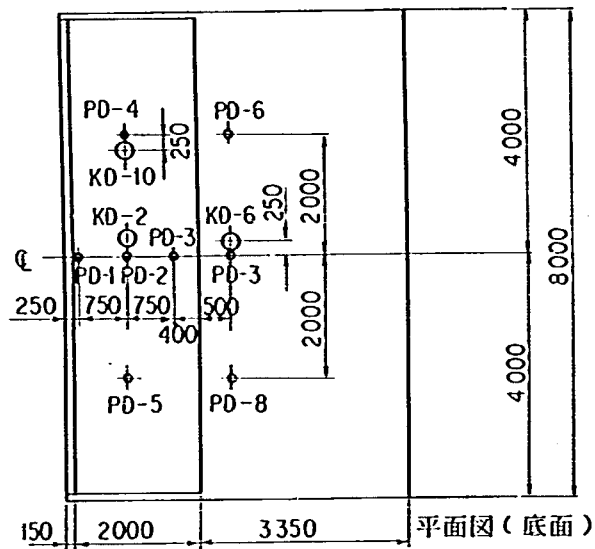


写真-1.5.7 伸縮計取付状況

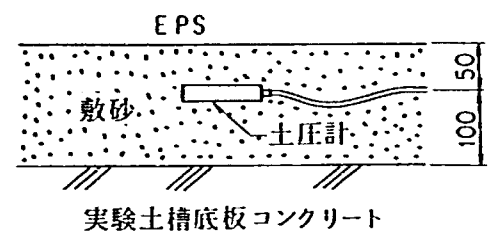
3) 裏込め部の底面に作用する土圧

裏込め部すなわち、発泡スチロール底面部と裏込め土底面部に作用する鉛直土圧を測定するため、土圧計を行いて行った。

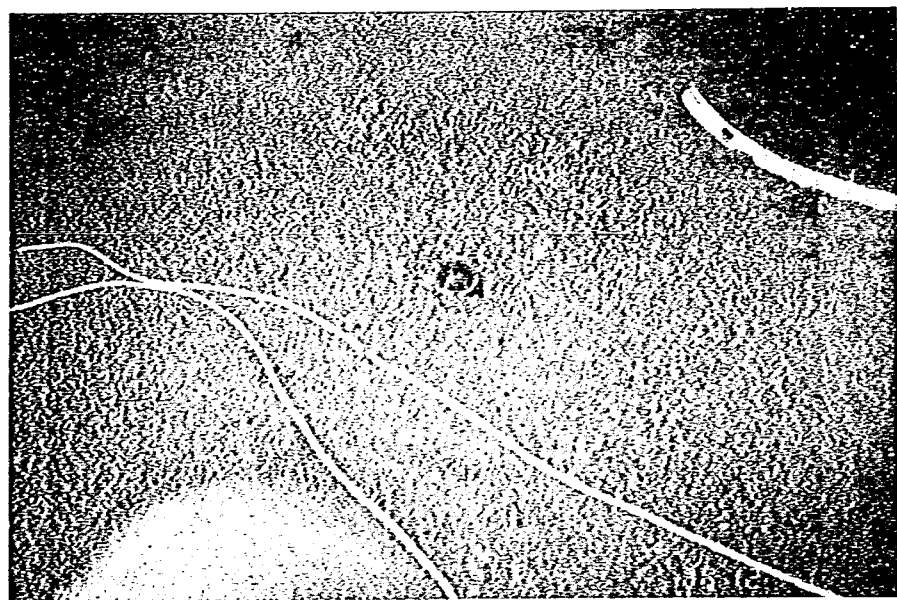
土圧計は土槽中心線上およびその両側に配置している。図－1.5.6、図－1.5.7に底面部の計器配置図を示す。また、写真－1.5.8に底面部土圧計の設置状況を示す。



図－1.5.6 底面部の計器配置



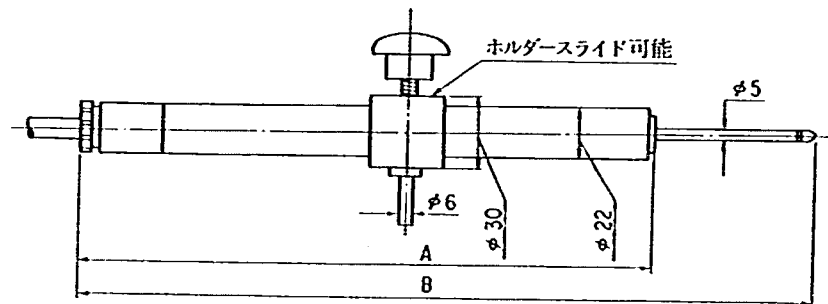
図－1.5.7 設置図



写真－1.5.8 土圧計の設置状況

4) 実験壁の変位

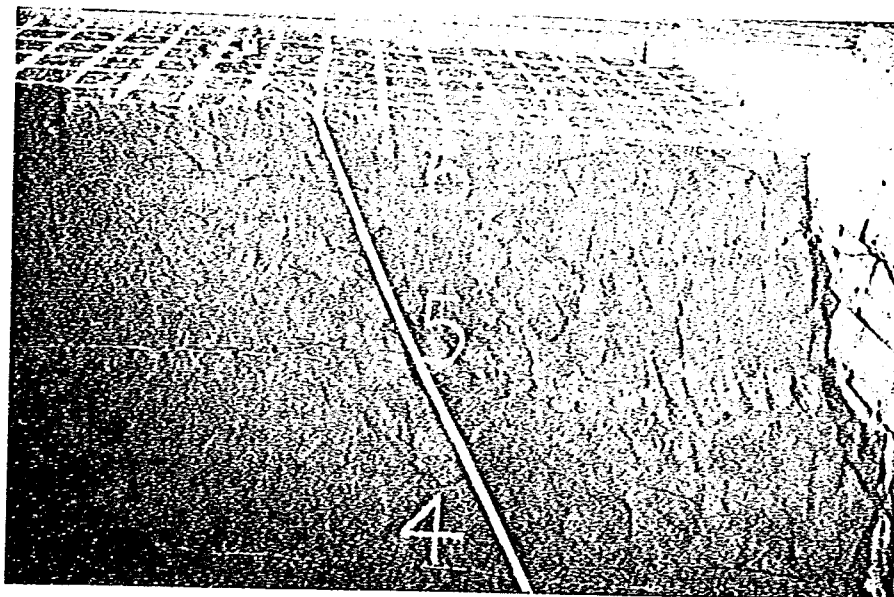
実験壁の変位は、実験壁背面に設置された変位計によって測定した。変位の測定は、実験壁の固定状態および設定した壁移動量の確認を目的として裏込め材料搬入開始から実験壁の移動終了時まで土圧測定と同時に行った。変位計の配置は、図－1.5.2に示しているため、図－1.5.8に計器図を示す。



図－1.5.8 変 位 計

5) 地中すべり面の観察

実験壁の移動に伴い裏込め土中に生じるすべり面の発注状況を、裏込め部施工中に所定の盛土高さごとに設けた石灰層によって測定した。すなわち、すべり面の発生により石灰層に段差が生じるが、実験終了後、裏込め土を掘削し、段差の状況を直接測定するものである。写真－1.5.9にすべり面の発生状況を示す。

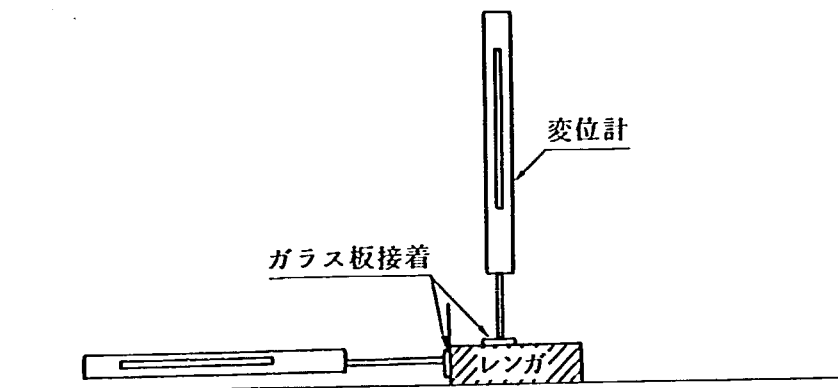


写真－1.5.9 すべり面発生状況

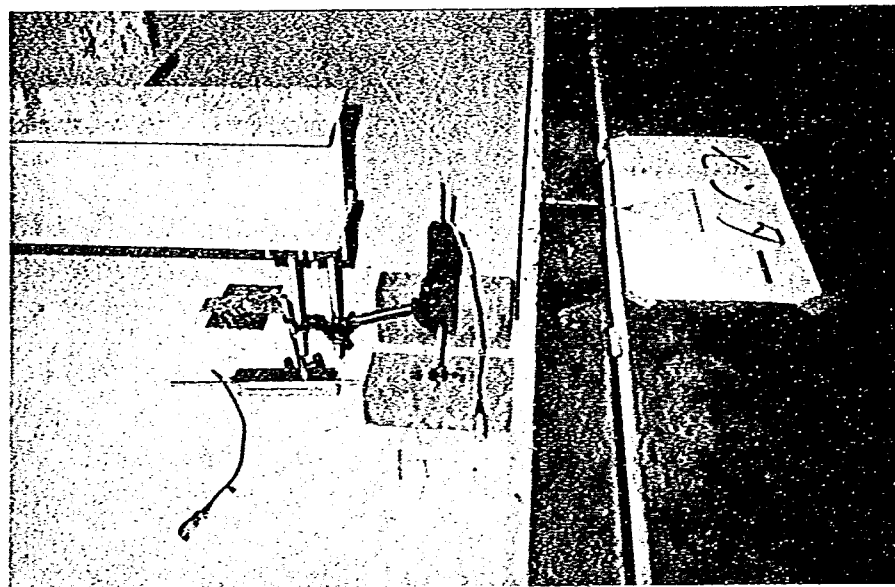
6) 地表面変位および地表面クラックの観察

裏込め土の主働すべり面の発生に伴う裏込め部の地表面変位および地表面クラック発生状況の観察を行った。

地表面変位は、発泡スチロール部を含む地表面（土槽中心線上）にターゲット（レンガ）を設置し変位計を水平および鉛直方向に取付けて測定した。変位計の反力材としてはH型鋼を用いている。また、地表面クラックは裏込め土部分に一辺 50 cm のメッシュ枠を石灰により作成し、クラックの発生状況を観察した。図－1.5.9 に地表面変位計の設置図を示す。写真－1.5.10 に地表面変位計の設置状況、写真－1.5.11、写真－1.5.12 に地表面メッシュの状況を示す。



図－1.5.9 地表面変位計設置図



写真－1.5.10 地表面変位計設置状況

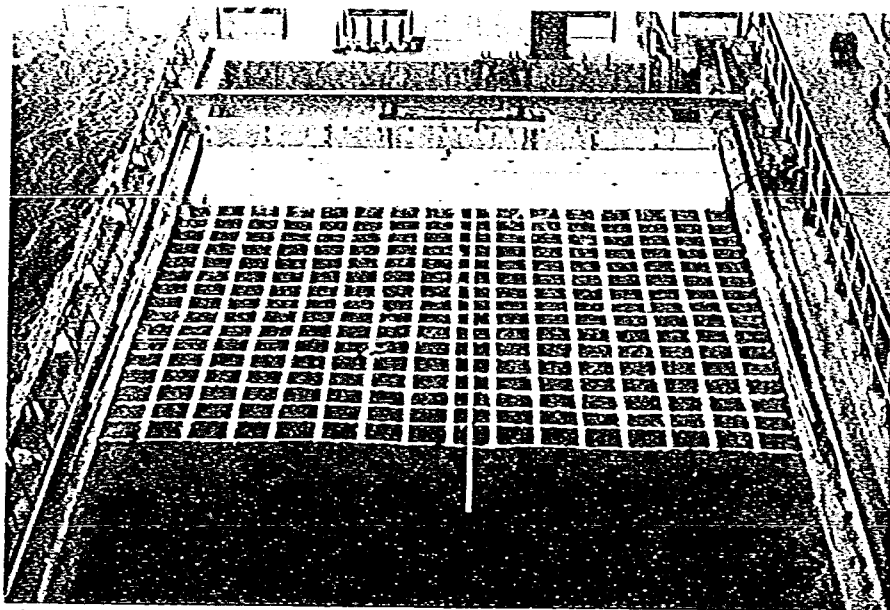


写真-1.5.11 地表面メッシュ

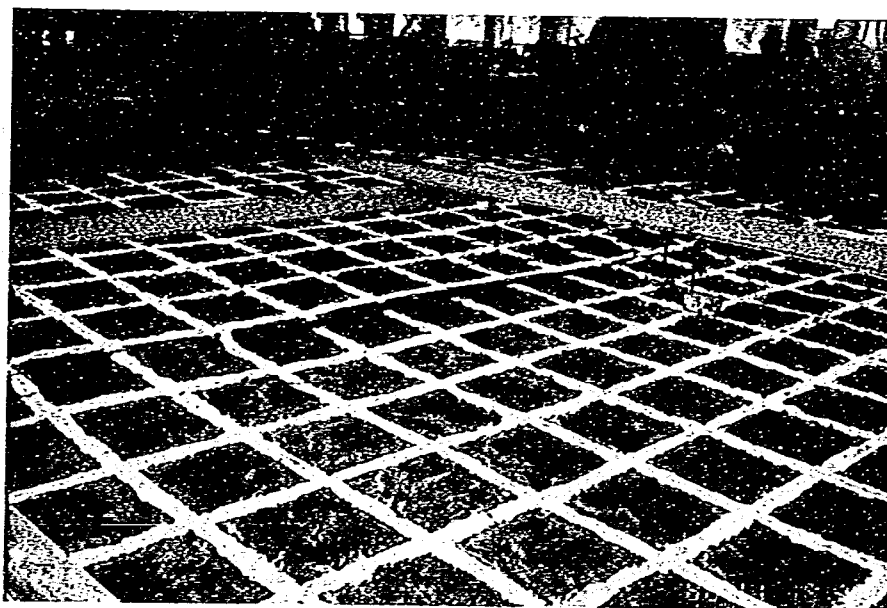


写真-1.5.12 地表面クラック

裏込め土の密度は、発泡スチロール背面に作用する土圧を推定する上で重要な要素である。本実験では、所定の盛土高さごとに含水比と併せて密度測定を行った。なお、これらの測定は R I 水分密度計で行っている。図-1.5.10に R I 水分密度計による測定位置を示し、写真-1.5.13に測定器を示す。

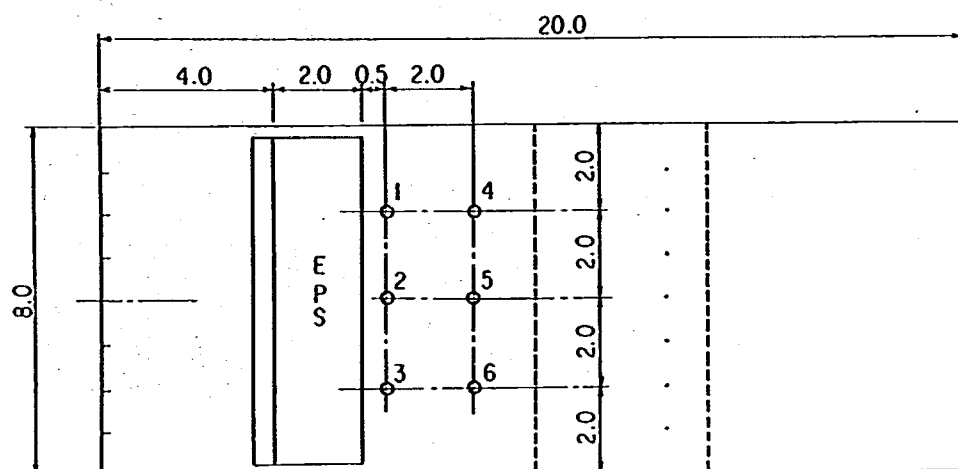


写真-1.5.13 RI測定器

2.1.6 測定結果の整理

実験開始から終了までの間、継続して測定されるのは次に示す項目である。

- 1) 壁面に作用する土圧
- 2) 発泡スチロールに作用する土圧
- 3) 裏込め部の底面に作用する土圧
- 4) 実験壁の変位

1) 壁面に作用する土圧

実験壁に作用する土圧は、実験壁背面に設置されている荷重計と実験壁パネルに取付けた側圧計の両者によって測定しているが、本試験では、実験壁荷重計の測定結果に基づいて壁面に作用する土圧の実態を把握することにした。これは、側圧計を用いた土圧の測定においては、発泡スチロールブロックの直立面に対してコンクリートパネルの微妙な不陸が測定値に比較的大きな影響を与え、全土圧をかならずしも精度よく推定できないこと、側圧計の取付状況によりプレロードが作用した状況になってしまうこと、コンクリートパネル面と側圧計受圧板とを精度よく一律に配置することが困難なことなどの問題が生じたためである。これらの問題に対して実験壁荷重計を用いた場合は測定壁を介して全土圧荷重の測定を行うことが可能である。したがって、本実験では側圧計の測定結果は参考程度にとどめている。

本実験では、荷重計の測定結果について次の2通りの方法に従って整理した。

i) 上, 中, 下段の各パネルごとの水平土圧

発泡スチロール背面の各位置に作用する水平土圧と発泡スチロールを介した実験壁各パネルに作用する水平土圧と比較するために、測定した荷重力を各パネル面積で除した水平土圧とした。

$$\text{各パネルごとの水平土圧 (tf/m}^2\text{)} = \frac{\text{荷重計による測定値 (tf)}}{\text{パネル面積 (m}^2\text{)}}$$

ii) 実験壁全体に作用する土圧合力

図-1.6.1に示す実験壁に作用する力の釣り合いにおいて、水平荷重計および鉛直荷重計による測定値をそれぞれ $H_1 \sim H_{12}$, $V_1 \sim V_6$ とすれば、図-1.6.1の記号を参考にするとともに実験壁の幅が4.0mであることを考慮して

$\Sigma H = 0$ の条件から、土圧の水平成分 P_H は

$$P_1 = \frac{H_1 + H_2}{4} \dots\dots\dots P_6 = \frac{H_{11} + H_{12}}{4} \quad (\text{tf/m})$$

$$P_H = P_1 + P_2 + \dots\dots\dots + P_6 \quad (\text{tf/m})$$

$\Sigma V = 0$ の条件から、土圧の鉛直成分 P_V は

$$P_V = \frac{V_1 + V_2 - (V_3 + V_4) + (V_3 + V_4) - (V_5 + V_6) + (V_5 + V_6)}{4}$$
$$= \frac{V_1 + V_2}{4} \quad (\text{tf/m})$$

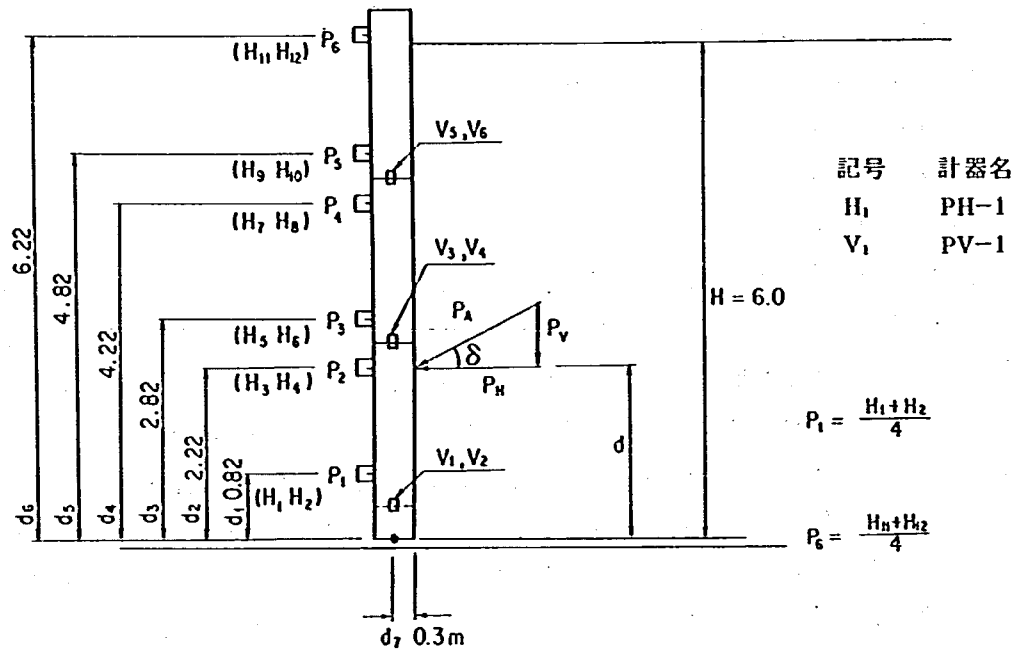


図-1.6.1 実験壁に作用する力の釣合い

また、0点まわりのモーメントの釣合い $\Sigma H = 0$ の条件から、土圧合力の作用高さ d は

$$d = (P_1 \cdot d_1 + P_2 \cdot d_2 + P_3 \cdot d_3 + P_4 \cdot d_4 + P_5 \cdot d_5 + P_6 \cdot d_6 + P_V \cdot d_7) / P_H$$

さらに以上の整理結果を用いて、壁摩擦角 δ 、相対作用位置 d/H 、土圧係数 K_A などを次式により算出した。

$$\delta = \tan^{-1} \frac{P_V}{P_H}$$

$$d/H = d/H$$

$$K_A = \frac{2P_A}{\gamma_t \cdot H^2}$$

ここに

H : 壁高 (m)

γ_t : 盛土の単位体積重量 (tf/m³)

2) 発泡スチロールに作用する土圧

発泡スチロールに作用する土圧は、背面すなわち裏込め土によって発生する土圧と発泡スチロール前面すなわち実験壁コンクリートパネルと接する地点の土圧を測定しているが、本実験では以下の理由により発泡スチロール前面の土圧計測定結果は参考値にとどめている。

- ・実験壁コンクリートパネル面と発泡スチロール計器取付面が必ずしも一体となって接しないため測定値にバラツキが大きい。
 - ・コンクリートパネル面と発泡スチロール計器取付面との隙間にスライス状の発泡スチロールを入れた結果、挿入厚さによって測定値が異なる。
 - ・発泡スチロールに取付けた土圧計のタイプ（主に直径が異なる）によって測定値が異なる。
- なお、発泡スチロール背面に取付けた土圧計の測定結果は、背面に作用する水平土圧として採用した。

3) 裏込め部の底面に作用する土圧

底面に作用する土圧は、敷砂内に設置した土圧計の測定値を鉛直土圧として用いた。

4) 実験壁の変位

実験壁の変位量（移動量）は、各パネルに2箇所ずつ設置された6箇所の変位計による測定結果の平均値を採用した。

なお、全データのグラフ化は煩雑ともなるため計器の作業状況等も勘案して最も信頼性の高い測定値をとりまとめることにした。

全ケースを通して土圧等の整理に用いた計測値は以下のようである。

○発泡スチロール背面に作用する水平土圧

土圧計 No. KD-1, KD-11, KD-9 の測定値

○壁面に作用する水平土圧

実験壁の各パネル（中、下段）ごとに設置されている水平荷重計の土圧換算値

○土圧合力

実験壁に設置されている水平荷重計、鉛直荷重計の測定値から算出した計算値

○裏込め部に作用する鉛直土圧

土圧計 No. PD-1, PD-2, PD-3, PD-7 の測定値

土圧計 No. KD-2, KD-6 の測定値

○発泡スチロールの伸縮量

伸縮計 No. BJ-1, BJ-3, BJ-5, BJ-7 の測定値

○実験壁移動量

あらかじめ設定した呼称移動量、または変位計の平均値

2.1.7 実験結果

1) 予備実験, 実験ケース A

予備実験およびケースAは、擁壁背面に裏込め材として発泡スチロールを設置する場合の設置形状が壁面土圧に及ぼす影響の検討を目的とした一連の実験の中で、裏込め土の土圧、すべり面等の基本的な状況を把握するためのものである。

実験壁は、擁壁または橋台を想定した直壁とし、敷砂を施工後、底面、天端とも巾2mの直立形状に発泡スチロールに設置している。

裏込め盛土は川砂を用い、施工条件はゆる詰め状態である。図-1.7.1に実験断面および計器配置図を示す。

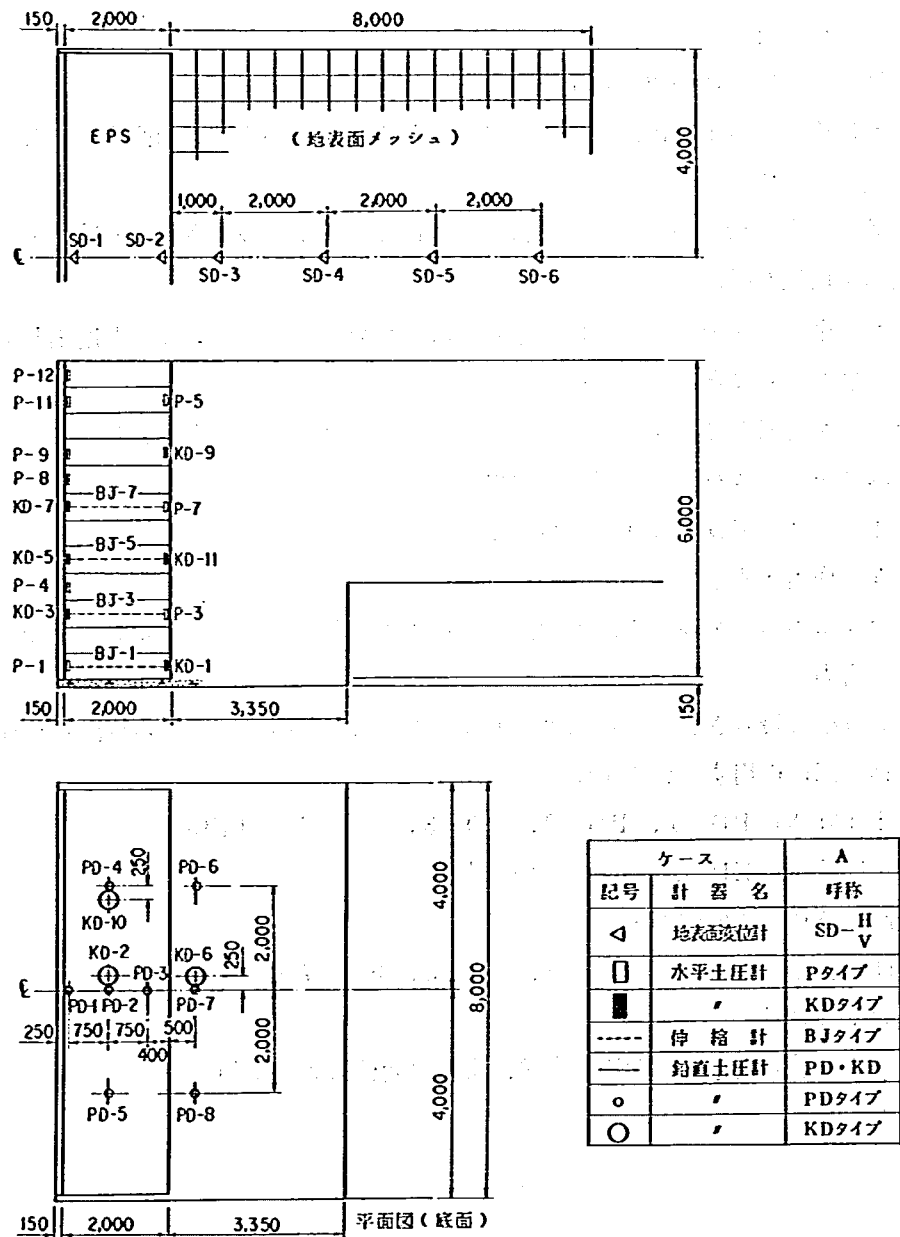


図-1.7.1 ケースA 計器配置図

(1) 水平土圧

図-1.7.2(予備実験), 図-1.7.3(ケースA)に代表的な計測位置での裏込め盛土施工時(以下施工時)および実験壁移動時(以下移動時)の水平土圧を示す。これらの図より, 以下のことが認められる。なお, 以下の説明において発泡スチロールをEPSと略して示す。

- ① EPS背面に作用する水平土圧は, 盛土高さとともに増加するが, 予備実験では底面部に近づく程大きくなるのに対し, ケースAでは底面部より中央部が大きな値を示している。
- ② 実験壁に作用する水平土圧は, EPS背面部と同様に盛土高さとともに増加するが, 増加傾向はEPS背面部ほど著しくない。
- ③ 実験壁作用土圧は, EPS背面土圧に比較して, 上パネルで12~16%, 中パネルで28~42%, 下パネルで33~46%となり平均して1/2程度になっている。この傾向は, 予備実験およびケースAにおいても同様である。
- ④ 移動時の土圧は移動量の増加とともに土圧は減少するが, 一定の土圧に収束するのにEPS背面では10~20mmの移動量を要するのに対し, 実験壁背面では5~10mmの移動量で収束する。
- ⑤ 移動時の土圧について予備実験およびケースAを全体的に比較した場合移動量10mmで概ね一定の土圧に収束しているため, この時点の土圧を主働土圧と判断することができる。

図-1.7.4(予備実験), 図-1.7.5(ケースA)は, 盛土完了時を静止土圧とし実験壁を10mm移動した時点の土圧を主働土圧としてEPS背面と実験壁面の水平土圧を再整理したものである。また, 両図には試行くさび法によって算定した水平土圧の分布もあわせて記入している。これらの図より, 以下のことが認められる。

試行くさび法による土圧の算定

計算条件: 裏込め土砂の単位体積重量	1.47 tf/m ³
内部摩擦角	30°
粘着力	0 tf/m ²
盛土高さ	6m

- ◆ 予備実験におけるEPS背面の主働土圧は計算値とよく一致しているのに対して、ケースAにおけるEPS背面の主働土圧は盛土高2m付近で計算値の2倍程度の値を示している。これは、図-1.7.3に示した移動時水平土圧の分布でも判るように移動量30mm程度まで土圧が増加する傾向を示しEPS背面への土圧の作用条件が予備実験とは異なっていることを示している。
- ◆ 壁面に作用する主働土圧は予備実験およびケースAともに壁面中央部から下部にかけて $0.6 \sim 0.8 \text{ tf/m}^2$ を示し、ケースAにおけるEPS背面主働土圧のデータバラツキの影響を受けていない。
- ◆ 壁面に作用する主働土圧は試行くさび法による計算値に比較して、上パネルで27%、中パネルで58%、下パネルで45%低減している。

これらの要因としては、EPS底面部に作用する摩擦抵抗およびEPS自体の圧縮変形あるいは盛土施工時の実験壁変位などが想定される。

表-1.7.1に裏込め盛土完了時の実験壁各パネルの変位量を示す。

表-1.7.1 盛土完了時の実験壁変位量(mm)

	上パネル	中パネル	下パネル	全平均
予備実験	0.64	1.14	1.54	1.10
ケースA	1.27	3.74	7.17	4.05

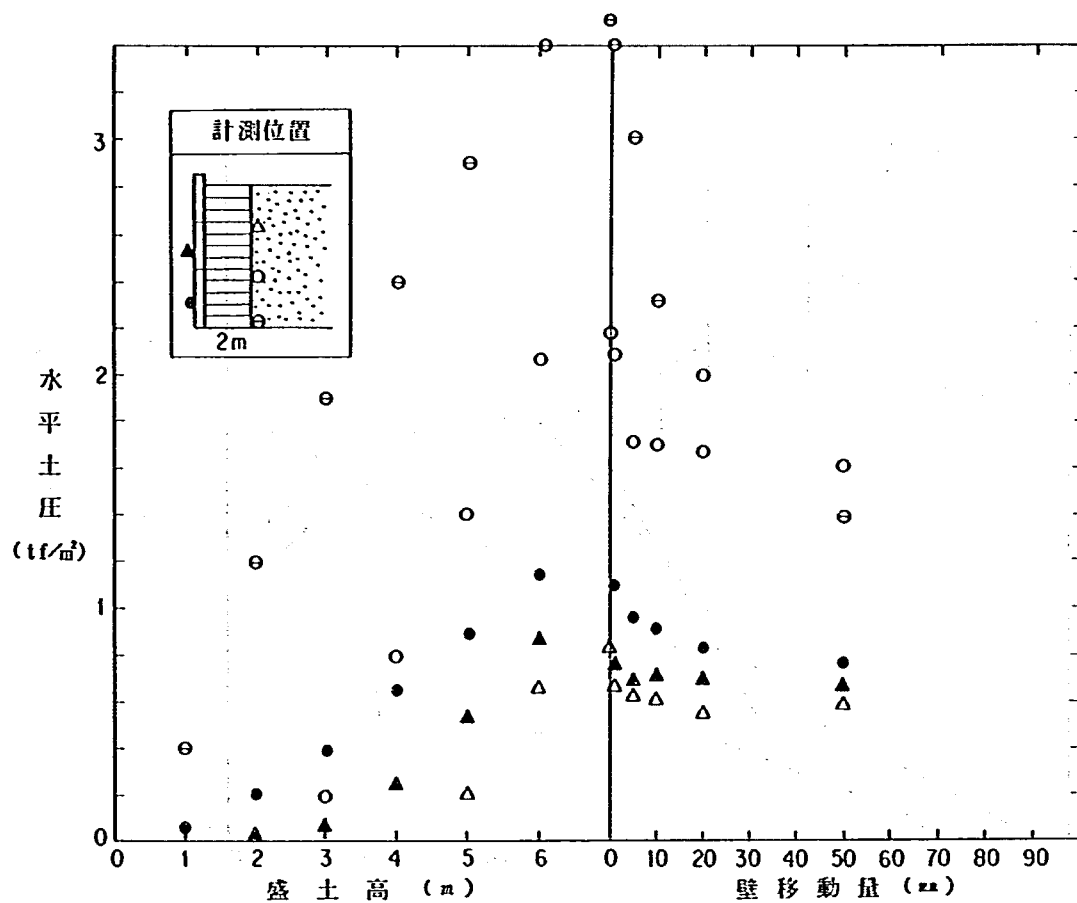


図-1.7.2 施工時および移動時の水平土圧(予備実験)

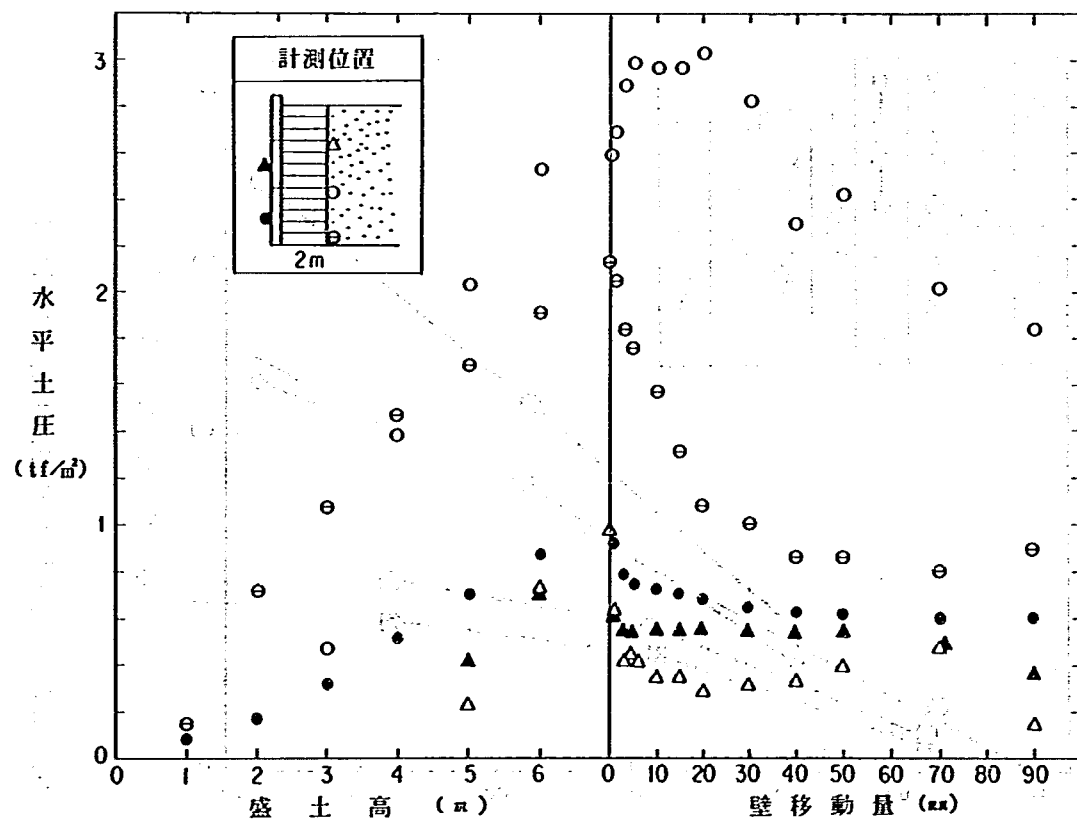


図-1.7.3 施工時および移動時の水平土圧(ケースA)

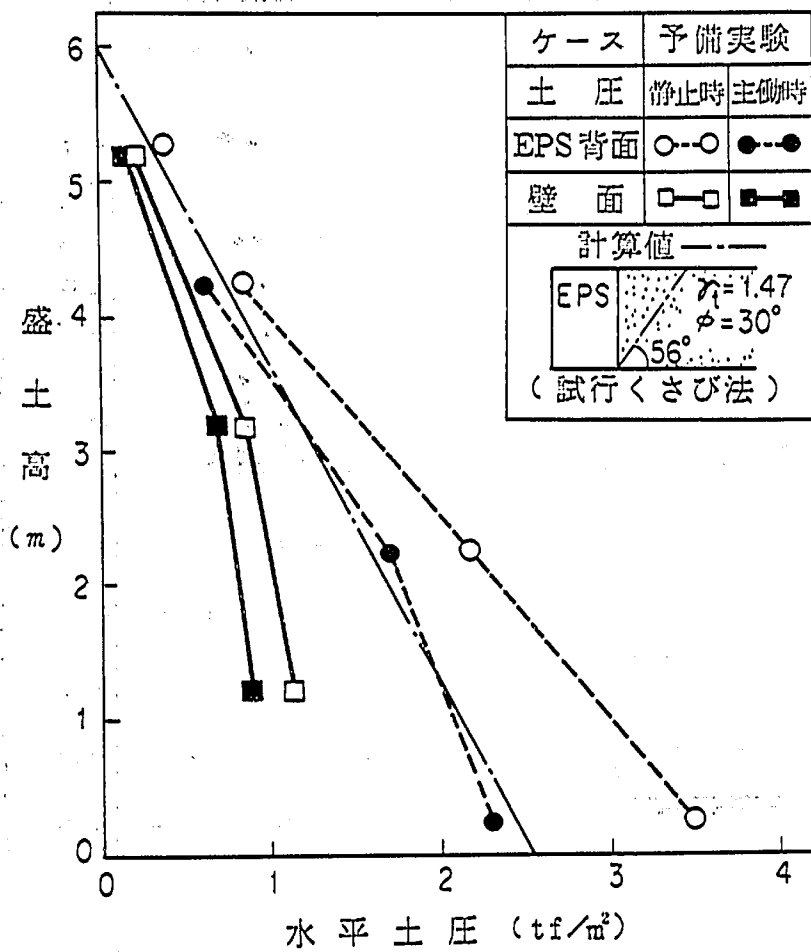


図-1.7.4 静止および主働土圧分布(予備実験)

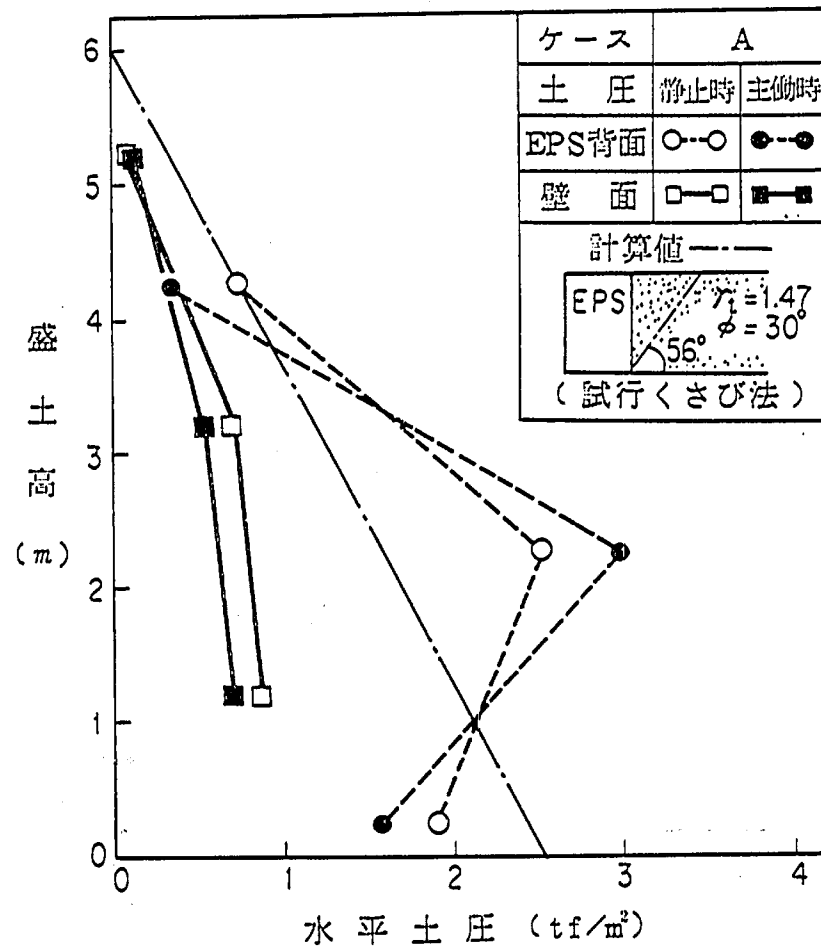


図-1.7.5 静止および主働土圧分布(ケースA)

(2) 底面に作用する鉛直土圧

図-1.7.6にEPS部および裏込め土砂部の鉛直土圧を示す。この図より、以下のことが認められる。

- ◆ EPS部の鋭直土圧は盛土高さ6mmにおいて、EPS中央部でEPS自重($0.02 \times 6 = 0.12 \text{ tf/m}^2$)とほぼ同様の値を示すが、実験壁あるいは土砂部近傍ではEPS背面からの鉛直土圧の影響を受け 1.3 tf/m^2 となっている。EPS部には図-1.7.1に示したように計7箇所の土圧計を設置しておりその全平均土圧は 0.96 tf/m^2 である。
- ◆ 土砂部の鉛直土圧は盛土高さ6mにおいて、 $6 \sim 8 \text{ tf/m}^2$ の値を示しており土砂部の土かぶり圧($1.47 \times 6 = 8.82 \text{ tf/m}^2$)と比較的よく一致している。
- ◆ 移動時のEPS部鉛直土圧は、移動量5mmまで減少傾向を示すが、10mm以降は一定の値に収束している。
- ◆ 移動時の土砂部鉛直土圧は、EPS部と逆の傾向を示し移動量5mmまでは増加し、10mm以降は若干のバラツキはあるものの漸増傾向を示す。

(3) EPS伸縮量

図-1.7.7にEPS層の1段目(0.25m)、3段目(1.25m)、5段目(2.25m)、および7段目(3.25m)に実験壁と直角方向に設置した伸縮計の測定結果を示す。この図より、以下のことが認められる。

- ◆ 盛土立上り時の伸縮量は、3段目(底面から1.25m)が5mm程度と最も大きく他は3mm程度である。これをひずみ量(伸縮量/EPS設置長)に換算すると $0.14 \sim 0.27\%$ となる。
- ◆ 移動時の伸縮量は移動量の増加に伴って減少(圧縮変形が回復)し、この傾向は70mmの移動量まで継続する。なお、7段目(底面から3.25m)の伸縮量は5mmの移動量まで減少(回復)傾向を示すが10mm以降は一定の値に収束している。

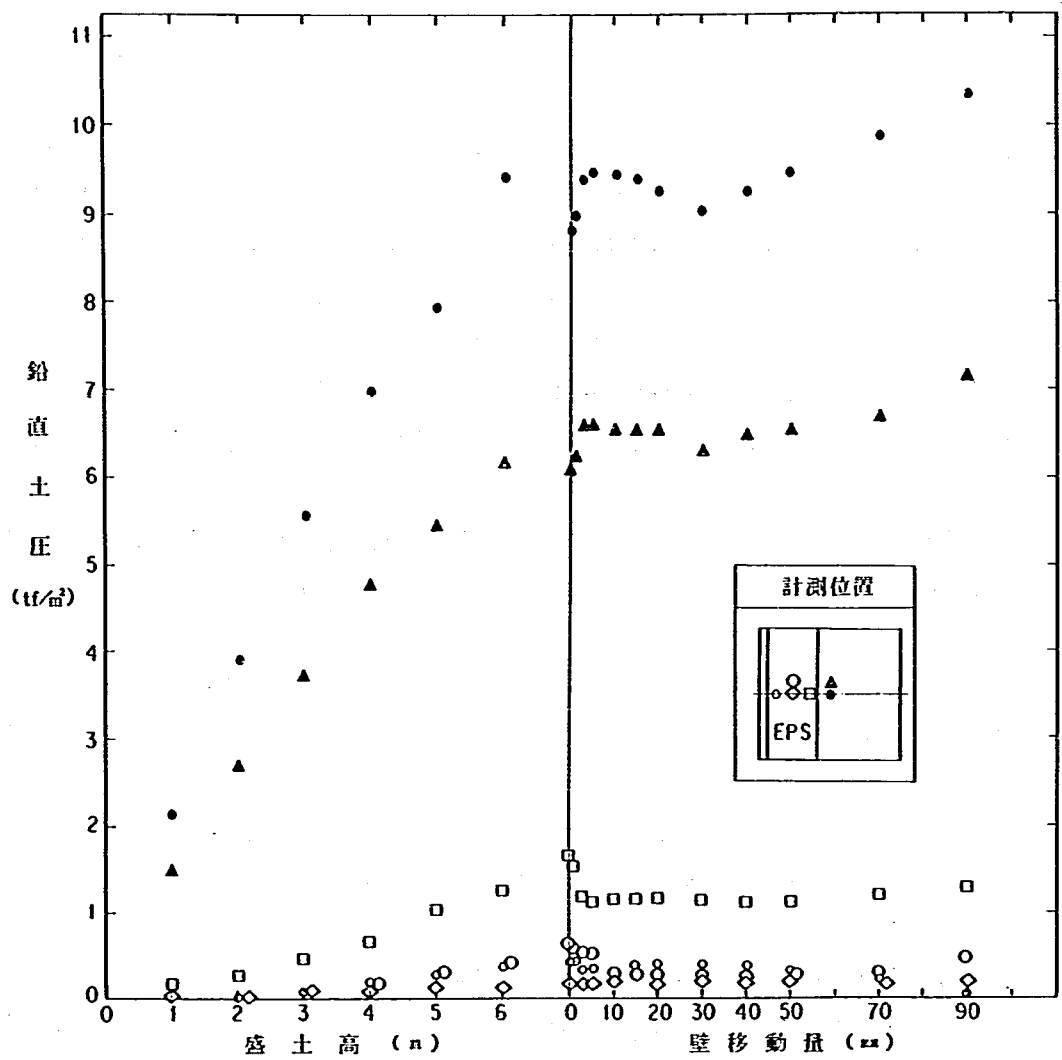


図-1.7.6 施工時および移動時の鉛直土圧(ケースA)

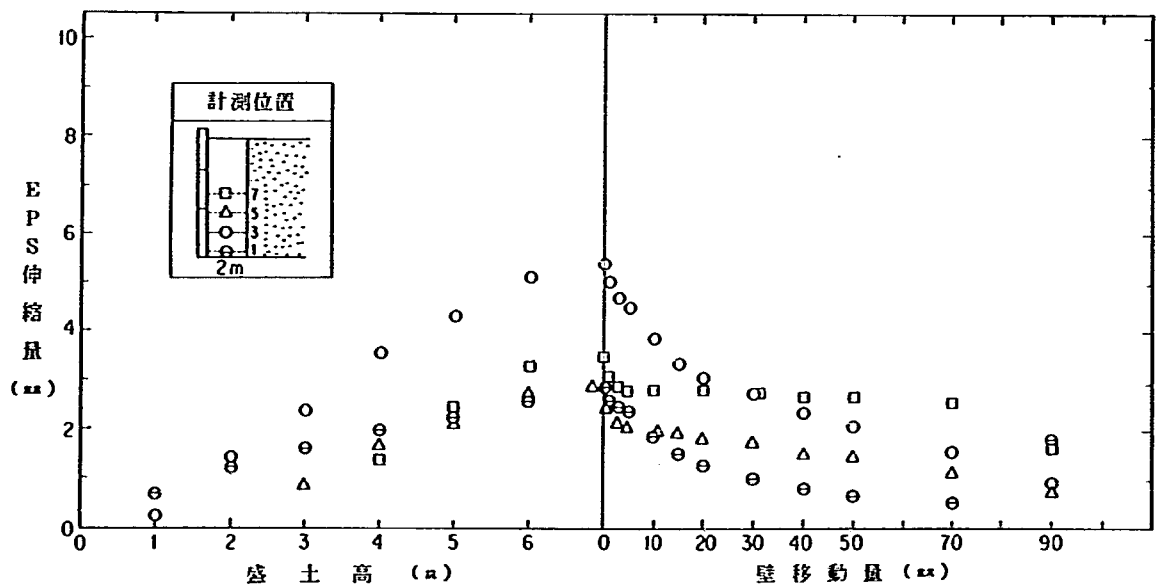


図-1.7.7 施工時および移動時のEPS伸縮量(ケースA)

(4) 地表面クラックおよび地中変位の観測

図－1.7.8は、実験壁の移動に伴って裏込め土砂部に発生した地表面クラックおよび地中変位の観測結果を示している。この図より、以下のことが認められる。

地表面クラックは、5 mm移動時からヘアークラックが次第に発生し、最終移動量(90 mm)終了時にはEPS背面から4～5 mの範囲にわたって集中して発生している。このうち、EPS背面から4 m付近に発生したクラックは最も大きなものとなり巾3 cm、段差10 cm程度にも発達している。

移動実験終了後、地表面の沈下を測定した結果、EPS背面直後で18～20 cm、背面から4 m地点で9～10 cm、6 m地点で3～4 cmとなりその影響はEPS背面から7 m地点まで及んでいる。(図－1.7.8 (a)参照)

移動実験終了後、裏込め土砂部の開削によって地中変位観測層(石灰層)の変形状況を観察している。

図－1.7.8(b)は、地中変位観測層の変形状況および最終移動後のEPS各設置面を基準とした場合の変位量を示している。

地中変位観測層に大きな変状が認められた箇所は概ね直線で結ぶことが可能であり、その延長線は上述した地表面メインクラックの位置に合致する。

これをEPS下端から発生した直線すべり面と仮定すると、すべり面と水平面とのなす角度は $52^{\circ} \sim 56^{\circ}$ となる。

この角度は、試行くさび法を用いて算出したすべり面角度(56°)とよく一致する。

また、地表面クラックが集中して発生した最も外側(EPS背面より6 m)の位置とEPS下端とを結んだ直線すべり面の角度は 42.5° となる。

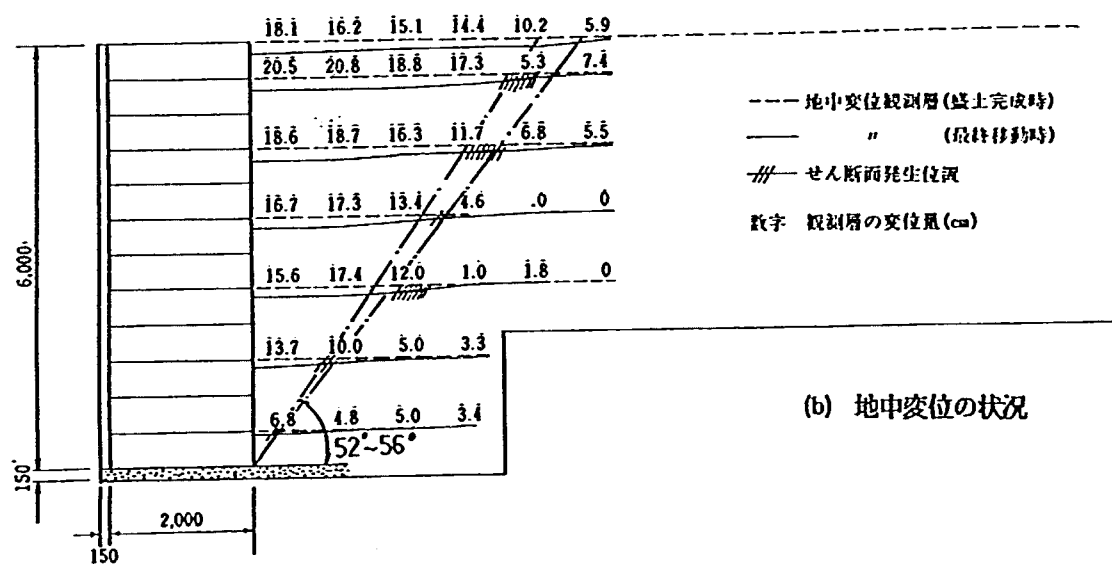
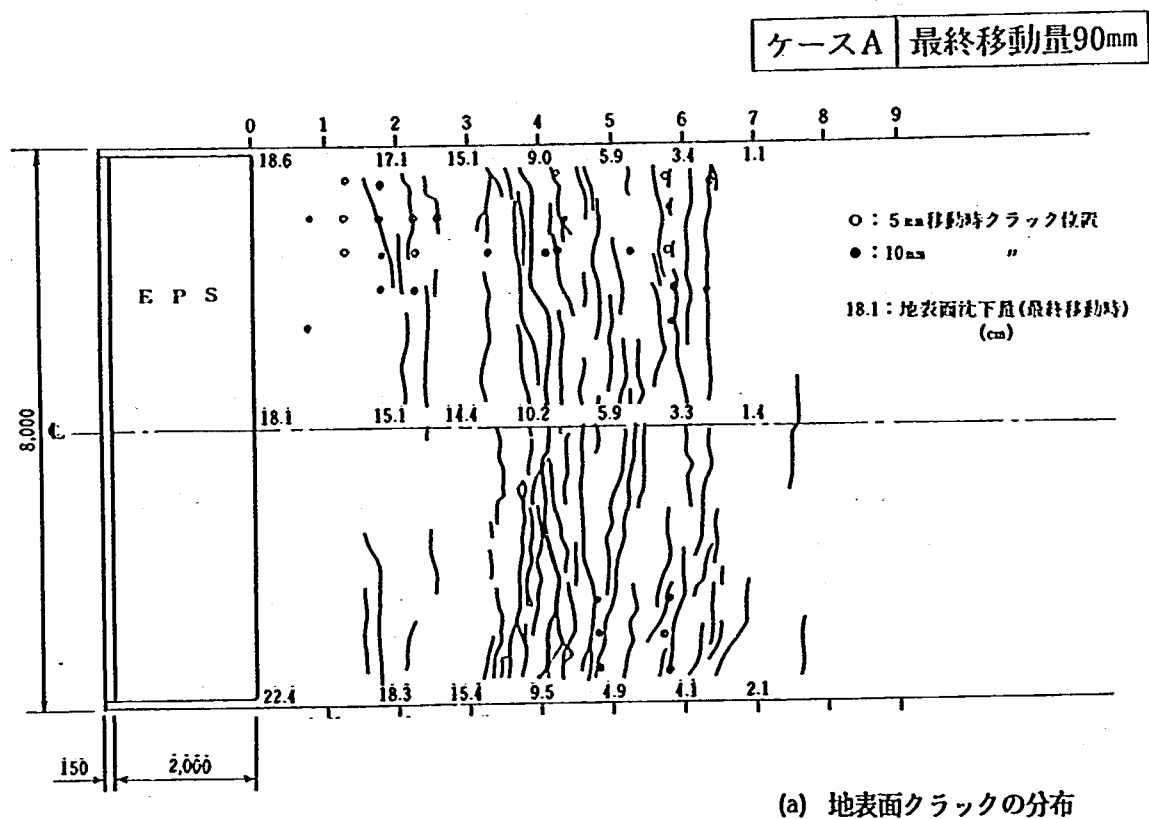


図-1.7.8 地表面クラックおよび地中変位の発生状況(ケースA)

2) ケース B (1)

本実験は、実験ケースAにおける実験壁移動実験により発生した主働すべり面の位置まで発泡スチロールの設置範囲を拡張したもので、発泡スチロールの背面土圧をほぼ塑性平行状態に近づけた状態での壁面土圧に及ぼす影響の検討を目的としたものである。

実験ケースAでは、実験壁から6～8mの間に地表面クラックが集中して発生している。また、地中すべり面は、上段部で実験壁より5～6mの位置、中段部で4～4.5mの位置、下段部で2～3mの位置に発生し、ほぼ直線すべり面が想定された。

従って、実験ケースB(1)は、発泡スチロールの設置を最上部で6m、最下部で2mの逆台形形状とした。なお、裏込め土の施工条件は、ゆる詰め状態である。

図-1.7.9に実験断面および配置図を示す。

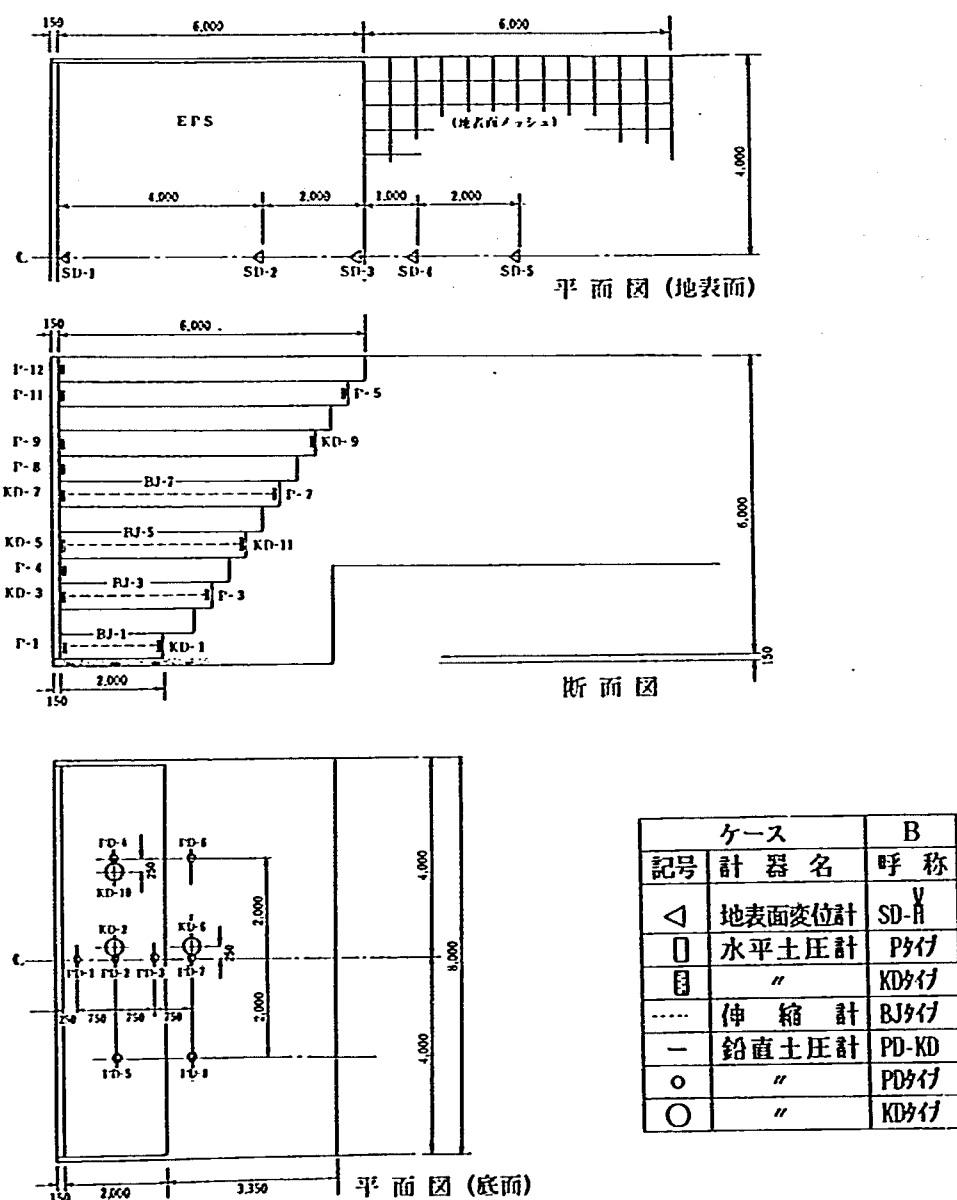


図-1.7.9 ケースB(1)計器配置図(ケースB(2), ケースB(3)も同様)

(1) 水平土圧

図－1.7.10に代表的な計測位置での施工時および移動時の水平土圧を示す。なお、本ケースは移動実験終了後に連続してケースB(2)の移動実験を行う都合上、水平土圧が一定値に収束した時点（移動量7mm）で移動実験を終了している。この図より、以下のことが認められる。

- ◆ EPS背面に作用する水平土圧は、ケースAに比較して大幅に減少している。測定位置による差はあまりなく盛土立上り時で0.7～1.0 tf/m²程度である。
- ◆ 実験壁に作用する水平土圧は、EPS背面作用土圧とはほぼ同じ傾向で増加してゆき、盛土立上り時点で0.4～0.6 tf/m²程度である。
- ◆ 盛土立上り時の実験壁作用土圧は、EPS背面作用土圧に比較して、上パネルで11%、中パネルで60%、下パネルで61%となる。
- ◆ 移動時の土圧は移動量の増加とともに土圧は減少するが、移動量5～7mmにおいて一定の土圧に収束したため、7mm移動時の土圧を主働土圧と判断している。

図－1.7.11は、盛土完了時を静止土圧とし、7mm移動時の土圧を主働土圧としてEPS背面と実験壁水平土圧を再整理したものである。また、図には、試行くさび法によって算定した水平土圧の分布も合せて記入している。この図より、以下のことが認められる。

- ◆ EPS背面に作用する主働土圧は、試行くさび法による計算値とよく一致する。
- ◆ 壁面に作用する主働土圧は、壁面中央部から下部にかけて0.2～0.3 tf/m²となる。また、これらの値は、試行くさび法による計算値に対して、上パネルで60%、中パネル75%、下パネルで29%となる。

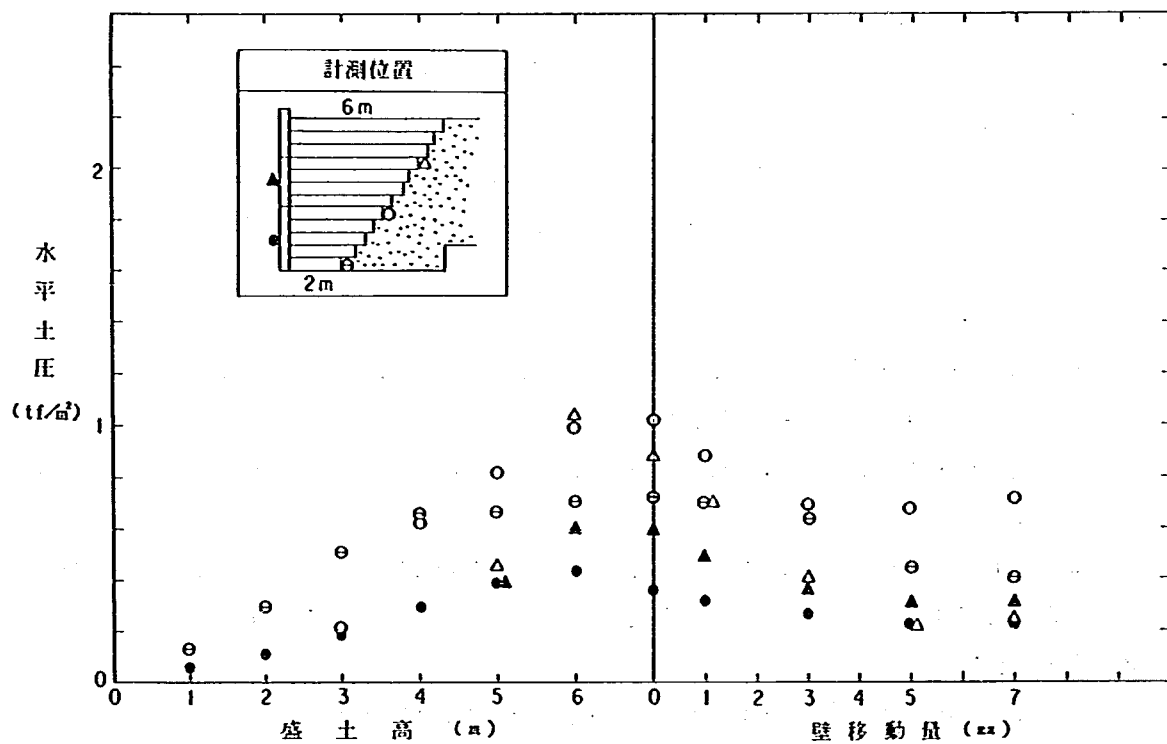


図-1.7.10 施工時および移動時の水平土圧(ケースB(1))

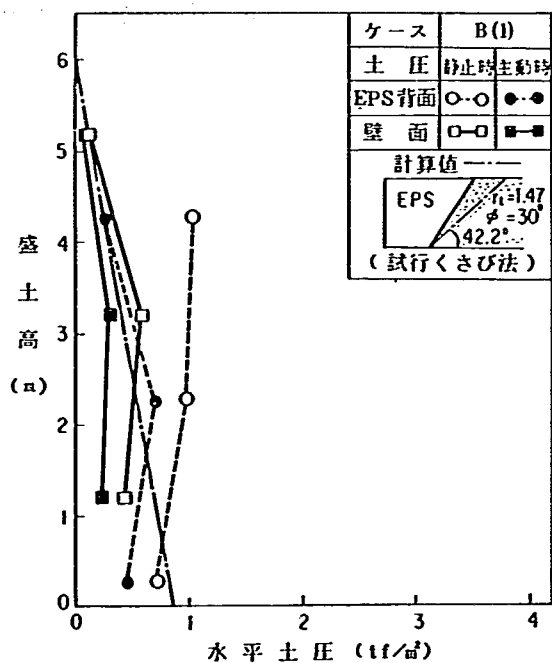


図-1.7.11 静止および主働土圧分布 (ケースB(1))

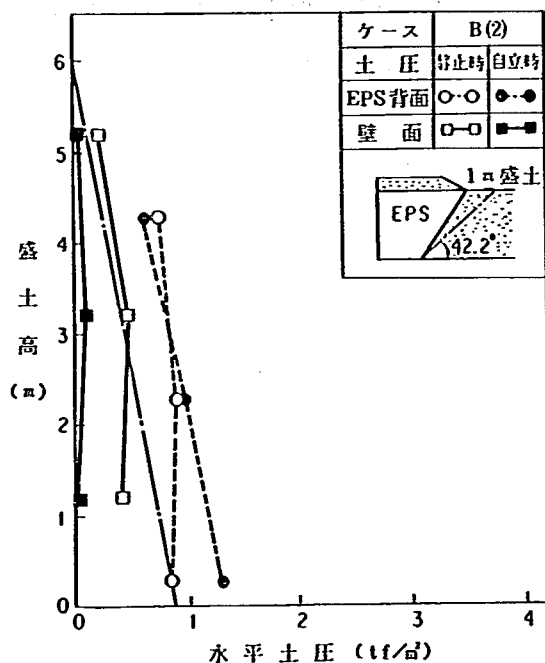


図-1.7.15 静止および自立時の土圧分布 (ケースB(2))

(2) 底面に作用する鉛直土圧

図-1.7.12にEPS部および裏込め土砂部の鉛直土圧を示す。この図より、以下のことが認められる。

- ◆ EPS部の鉛直土圧は盛土高さ6mにおいて、EPS中央部で $0.02 \sim 0.3 \text{ tf/m}^2$ を示すのに対して、土砂部近傍では 1.4 tf/m^2 を示しEPS背面からの土圧の影響を受けていることが判る。
- ◆ 土砂部の鉛直土圧は、盛土高さ6mにおいて、 $1.7 \sim 2.7 \text{ tf/m}^2$ である。
- ◆ 移動開始時の土圧が施工完了時の土圧より $1 \sim 2 \text{ tf/m}^2$ 増加している。これは、本ケースの施工完了後、2m載荷盛土(ケースB(3))を行い、盛土撤去後ケースB(1)の移動実験を開始したため、ゆる詰め状態である裏込め土に載荷盛土の影響が及んだものと思われる。
- ◆ 移動時の鉛直土圧は、裏込め土砂部あるいは土砂近傍のEPS部では実験壁の移動に伴って減少してゆくが、EPS中央部では、盛土立上り時の値とほぼ同様である。

(3) EPS伸縮量

図-1.7.13にEPS各層のうち1段目(0.25m)、3段目(1.25m)、5段目(2.25m)、および7段目(3.25m)に実験壁と直角方向に設置した伸縮計の測定結果を示す。この図より、以下のことが認められる。

- ◆ 盛土立上り時の伸縮量は1段目が2.3mmであるのに対し、3～7段目が7～8mmである。これをひずみ量に換算すると1段目が0.13%、3～7段目が0.18～0.26%となる。
- ◆ 移動時の伸縮量は、移動に伴って圧縮変形が回復し、5～7mmの移動量で一定の値に収束する。

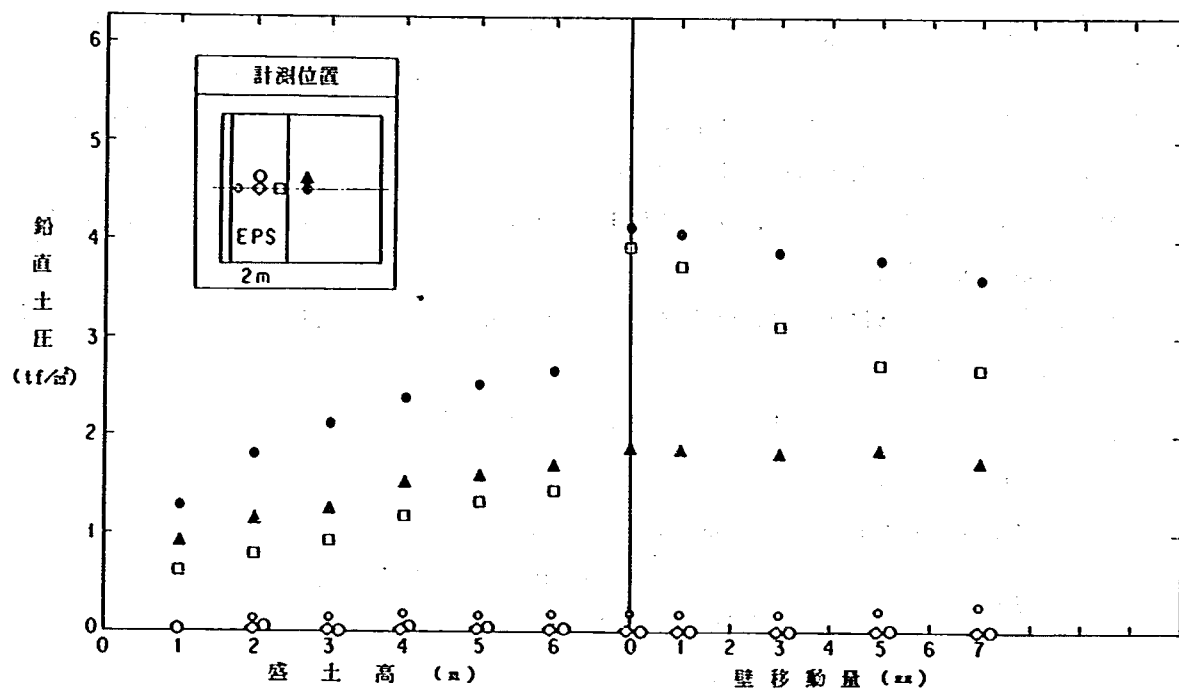


図-1.7.12 施工時および移動時の鉛直土圧(ケースB(1))

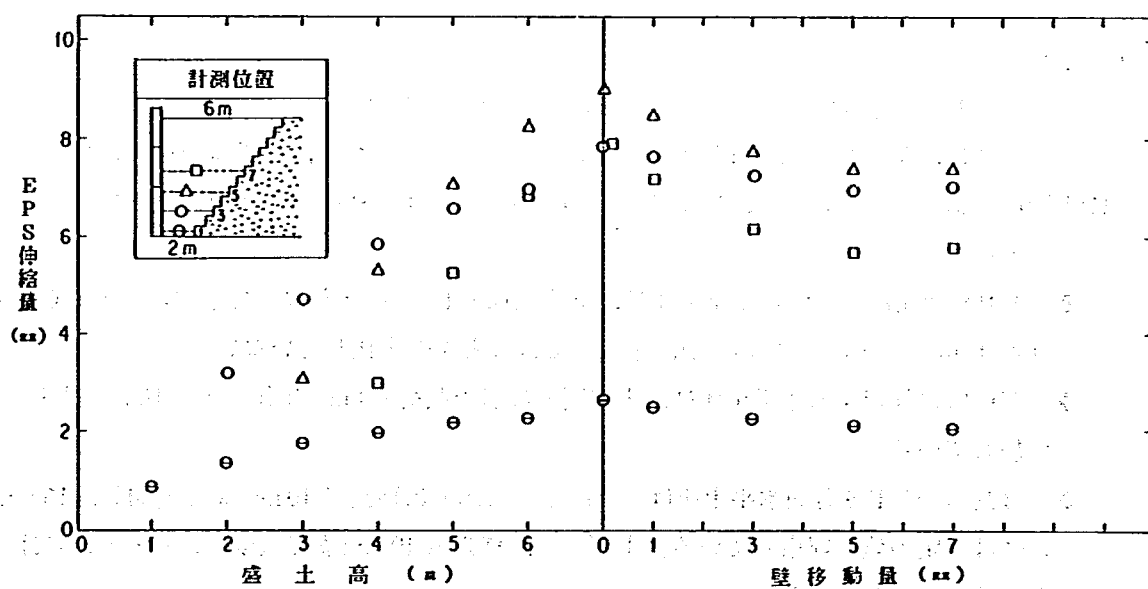


図-1.7.13 施工時および移動時のEPS伸縮量(ケースB(1))

3) ケース B(2)

本実験は、実験ケース B(1)の実験壁移動時の挙動を踏まえて実施したもので、載荷重による発泡スチロール部の押え効果が壁面土圧に及ぼす影響を検討の目的としたものである。また、実施工においても発泡スチロール上面にはコンクリート板や路盤材などの舗装が行われるため、これらの荷重を想定した上載荷重を載荷した。

発泡スチロールの設置状況は、ケース B(1)と同様の逆台形形状である。裏込め土の施工条件は、ゆる詰め状態である。

なお、実験ケース B は(1)、(2)、(3)と区分しているが、これらの実験進捗状況は表-1.7.2 に示すとおりである。

表-1.7.2 実験ケース B の実験順序

実験順序	内 容
実験ケース B (1)	裏込め材施工，盛土完成
実験ケース B (3)	0.5～2m の段階盛土による水平土圧等測定 実験壁は静止状態
—	2m 上載盛土撤去
実験ケース B (1)	上載盛土なし 移動実験（最大移動量 7mm）
—	移動実験終了後 3 日間放置（土圧の回復）
実験ケース B (2)	1m 上載盛土実施
”	移動実験（最大移動量 90mm）
”	1m 上載盛土撤去
—	裏込め材撤去（形状はケース B (1)）

(1) 水平土圧

図-1.7.14 に代表的な計測位置での移動時の水平土圧を示す。

本ケースは、ケース B(1)の移動実験終了後に実施しているため、施工時の状況はケース B(1)と同様である。したがって、以下には、盛土載荷時および移動時の状況に限ってとりまとめることにする。

- ◆ EPS 背面に作用する水平土圧は、盛土載荷（1m）にともなって上部と下部で 0.1～0.2 tf/m² 程度増加しているが、中央部ではほとんど変化していない。
- ◆ 実験壁に作用する水平土圧は、上記同様に盛土載荷（1m）に伴って 0.15 tf/m² 程度増加している。
- ◆ 移動時の EPS 背面水平土圧は、下部と中央部では移動量 10mm まで増加し、15mm 以降は一定の値に収束している。上部では、移動量 10mm まで減少し、15mm 以降は一定の値に収束している。
- ◆ 移動時の実験壁水平土圧は、移動量 10mm までに急激低下し 15mm 以降はほとんど土圧が作用していない。
- ◆ 本ケースの移動実験では、移動量 15mm において裏込め部の EPS 集合体が自立した。

図-1.7.15は、盛土載荷(1m)完了時を静止時とし、実験壁を15mm移動した時点、すなわち自立時の土圧をEPS背面と実験壁面について再整理したものである。この図より、以下のことが認められる。

- ◆ 盛土載荷完了後(静止時)のEPS背面に作用する水平土圧は、盛土高さに影響されずほぼ一様に 0.8 tf/m^2 作用していたが、実験壁の移動に伴い土かぶり圧に対応した分布形状となった。
- ◆ 自立時にEPS背面に作用する水平土圧は、試行くさび法による計算値と比較して 0.4 tf/m^2 程度大きくなっている。これは、盛土載荷重および載荷重がゆる詰め状態の裏込め土砂部へ及ぼす影響あるいは移動に伴うすべり面の誘発などが原因として考えられる。

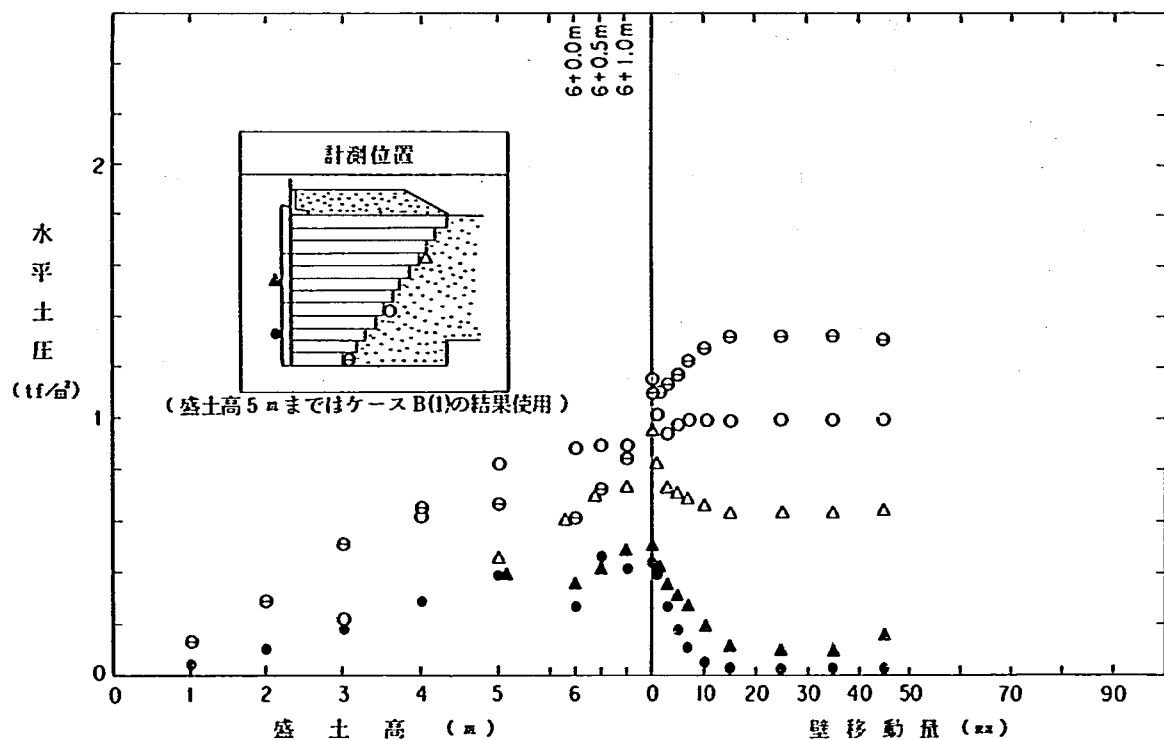


図-1.7.14 施工時および移動時の水平土圧（ケースB(2)）

(2) 底面に作用する鉛直土圧

図－1.7.16にEPS部および裏込め土砂部の鉛直土圧を示す。この図より、以下のことが認められる。

- ◆ EPS部の鉛直土圧は、盛土載荷(1.47 tf/m^2)に伴って $0.5 \sim 1.18 \text{ tf/m}^2$ 増加している。EPS部には図－1.7.9に示したように計7箇所の土圧計を設置しているが、移動実験直前の全平均土圧は 1.55 tf/m^2 となり盛土載荷重としてはほぼ一様に作用していることが判る。
- ◆ 土砂部の鉛直土圧は、盛土載荷に伴って 0.8 tf/m^2 程度増加している。
- ◆ 移動時のEPS部鉛直土圧は、実験壁近傍の土圧が急激に増加する反面、土砂部近傍の土圧は減少してゆく傾向を示している。これらの土圧変化は、移動量10mmまで顕著で、15mm以降はほぼ一定値に収束する。
- ◆ 移動時の裏込め土砂部鉛直土圧は、いずれも移動量10mmまで増加し、EPS部同様に15mm以降は一定値に収束する。

(3) EPS伸縮量

図－1.7.17にEPS 1段目、3段目、5段目および7段目設置した伸縮計の測定結果を示す。この図より、以下のことが認められる。

- ◆ 盛土載荷に伴う伸縮量の変化はほとんど見られない。
- ◆ 移動時の伸縮量は、移動に伴って圧縮変形が急激に回復する。1, 3, 5段目までは移動量は15mm以降はほぼ一定値に収束するが、7段目は移動量25mm以降に一定値になる傾向を示している。

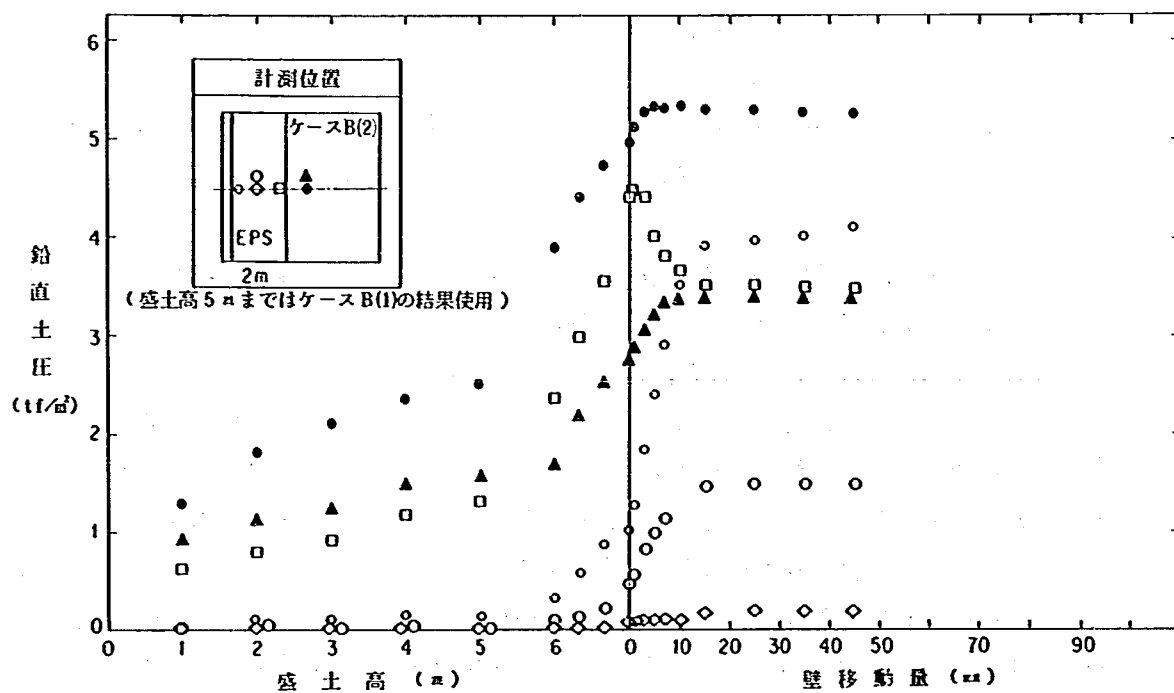


図- 1.7.16 施工時および移動時の鉛直土圧 (ケース B (2))

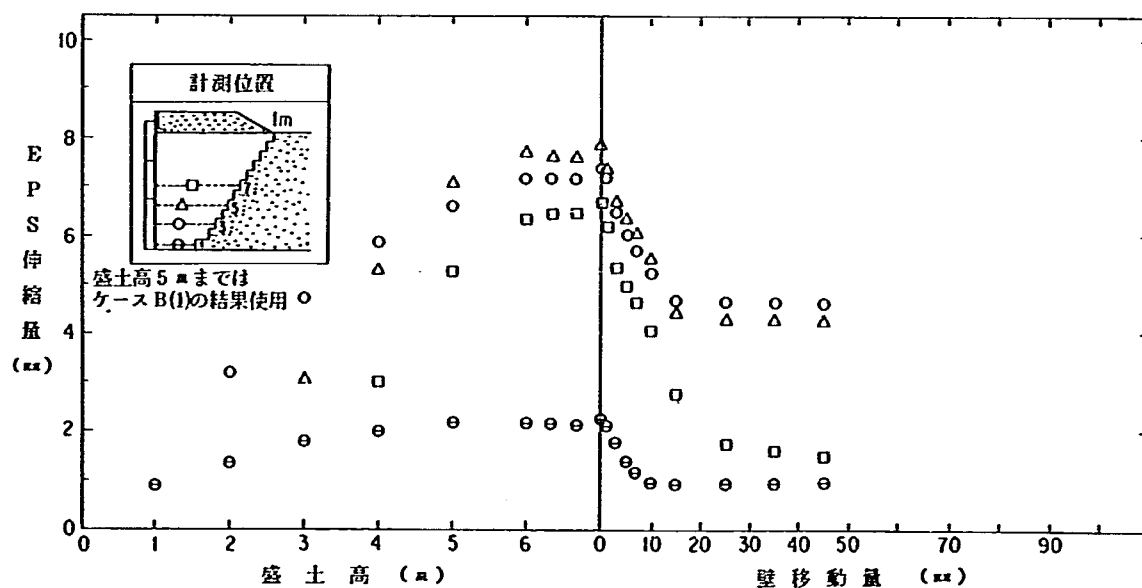


図- 1.7.17 施工時および移動時の EPS 伸縮量 (ケース B (2))

(4) 地表面クラックおよび地中変位の観測

図－1.7.18は、実験壁の移動に伴って裏込め土砂部に発生した地表面クラックおよび地中変位の観測結果を示している。

地表面クラックは5mm移動時からヘアークラックが発生し、最終移動量(45mm)終了時はEPS背面から2mの位置に比較的連続した一条のクラックが観測された。(図－1.7.18(a)参照)

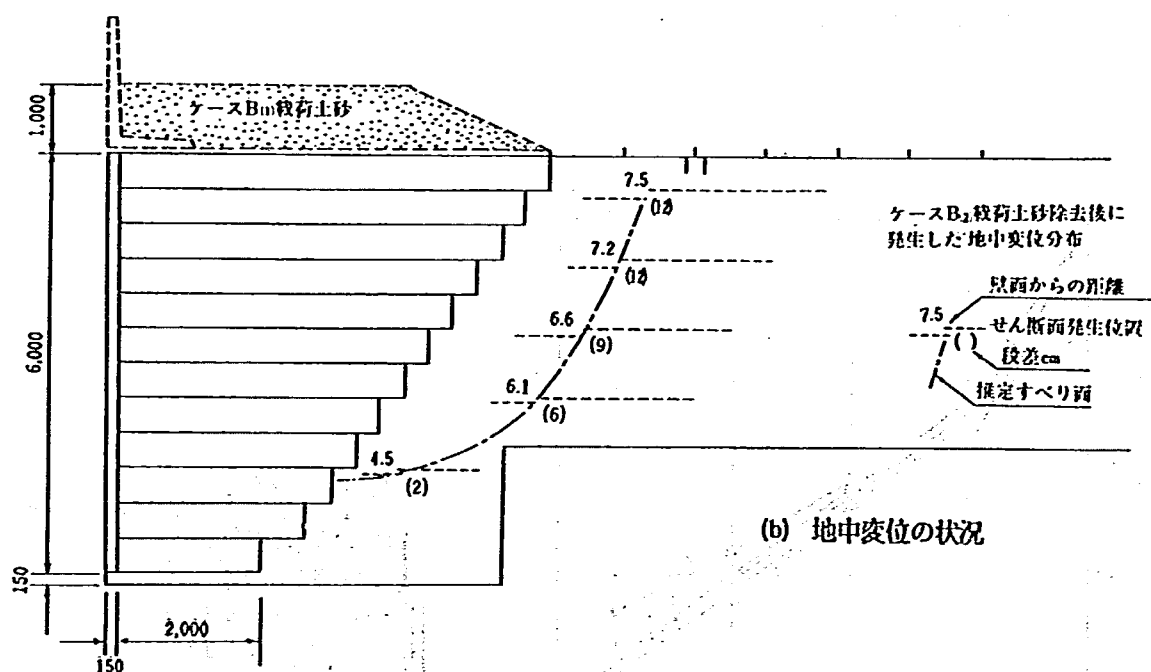
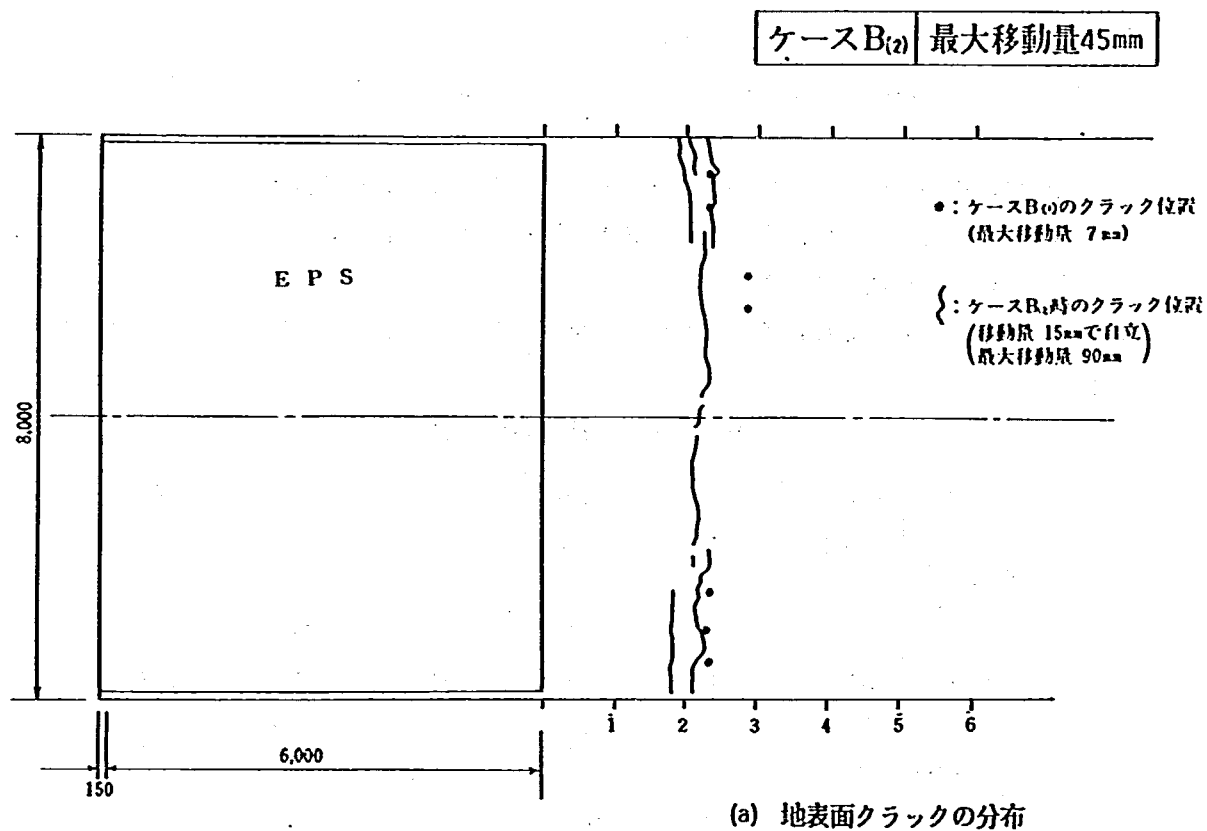
移動実験終了後、裏込め土砂部の開削によって地中変位観測層の変形状況を観測している。

図－1.7.18(b)は、地中変位観測層の変形状況を示したものであるが、図中には、せん断面発生位置(壁面からの距離)、段差、推定すべり面を示している。

図－1.7.18(b)は、実験壁とEPS自立面とのあいだにすき間(4cm)がある状態で
で載荷土砂を除去した時、EPS部が実験壁側へ全体移動した状態の変位である。
したがって、ケースB(2)移動実験により生じた地中変位と考えるよりもケースB(1)
で生じた地中変位と考えるほうが妥当であろう。

地中変位観測層に大きな変状が認められた箇所は直線で結ぶことが可能であるが、下部(底面より1.5m)は円弧すべり面状となる。これは、土槽形状の影響によるものと思われる。

図－1.7.18(b)に示した推定すべり面で囲まれる面積は、試行くさび法によって求めた土くさび(水平面となす角度 42.25°)面積とほぼ一致する。



図－1.7.18 地表面クラックおよび地中変位の発生状況

3) ケース B (3)

本実験は、一連の実験壁移動実験とは異なり、実験壁は固定状態とし、载荷重（鉛直応力）が作用した場合の壁面土圧に及ぼす影響を検討の目的としている。

従って、実験は、静止土圧状態を初期値とし、载荷段階に応じた水平応力の増加分を測定している。

载荷は、川砂で行い、载荷高さは0.5m、1m、1.5m、2mの4段階としている。なお、発泡スチロールの設置形状は、実験ケースB(1)と同様の逆台形形状である。また、裏込め土の施工条件は、ゆる詰め状態である。

表－1.7.3に盛土载荷に伴うEPS面の沈下量を示す。また、これらの結果を図－1.7.19に示す。

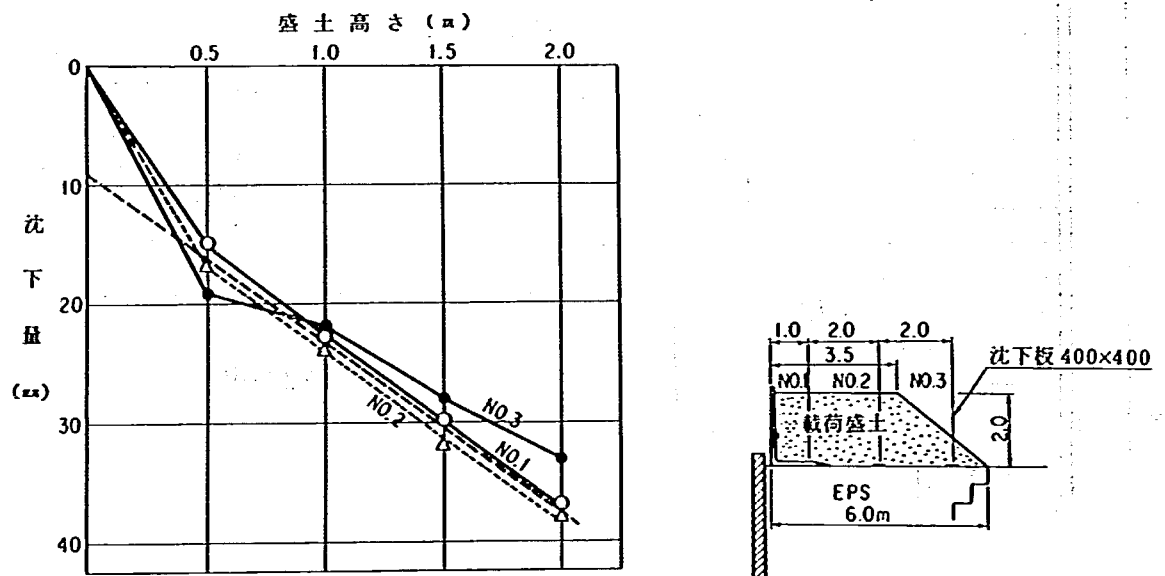
表－1.7.3 沈下量測定結果

盛土高 (m)		0.5	1.0	1.5	2.0	徐荷
沈下量 (mm)	No 1	15	23	30	37	20
	No 2	17	24	32	38	25
	No 3	19	22	28	33	—
No 1, 2 平均		16	23.5	31	37.5	22.5
みかけのひずみ量 (%)		0.27	0.39	0.52	0.63	0.35
EPS ひずみ量 (%)		0.08	0.24	0.37	0.47	—

みかけのひずみ量とは、EPSブロック相互の微小すき間を含んだものの

$$= (\text{測定沈下量}) / (\text{EPS高})$$

EPS ひずみ量とは、(測定沈下量－9mm) / (EPS高) とする。



図－1.7.19 盛土载荷による地表面の沈下

(1) 水平土圧

図－1.7.20に載荷段階ごとの水平土圧の増分を示す。また、表－1.7.4は載荷重とそれに伴って発生する水平土圧の比率をまとめて示している。

表－1.7.4 載荷重と水平土圧の比率

盛土	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	平均
上パネル	0	0.02	0.04	0.06	0.03
中パネル	0.192	0.15	0.13	0.11	0.15
下パネル	0.216	0.14	0.11	0.09	0.14
全平均	0.14	0.10	0.09	0.09	0.11
中,下パネル平均	0.20	0.14	0.12	0.10	0.14

表－1.7.4によると上パネルでは、0.03倍、中、下パネルでは0.14倍水平土圧が増加することが判る。また、全平均では、0.10倍となる。

なお、2m盛土載荷時の実験壁の変位は0.4mmであるため、ほぼ固定状態にあると考えてよい。

(2) 底面土圧

図－1.7.21に載荷段階ごとの底面土圧の分布を示す。

EPS部のうち土砂近傍付近はほぼ載荷重と同様な測定結果を示している。これは、載荷盛土の中心に土圧計が位置していることから伺える。

(3) EPS伸縮量

図－1.7.22にEPS 1段目、3段目、5段目および7段目に設置した伸縮計の測定結果を示す。この図より、以下のことが認められる。

- ◆ 盛土載荷に伴う伸縮量は、1段目、3段目では変化はほとんど見られない。5段目、7段目では若干増加する傾向が見られるが何れも1mm以内である。

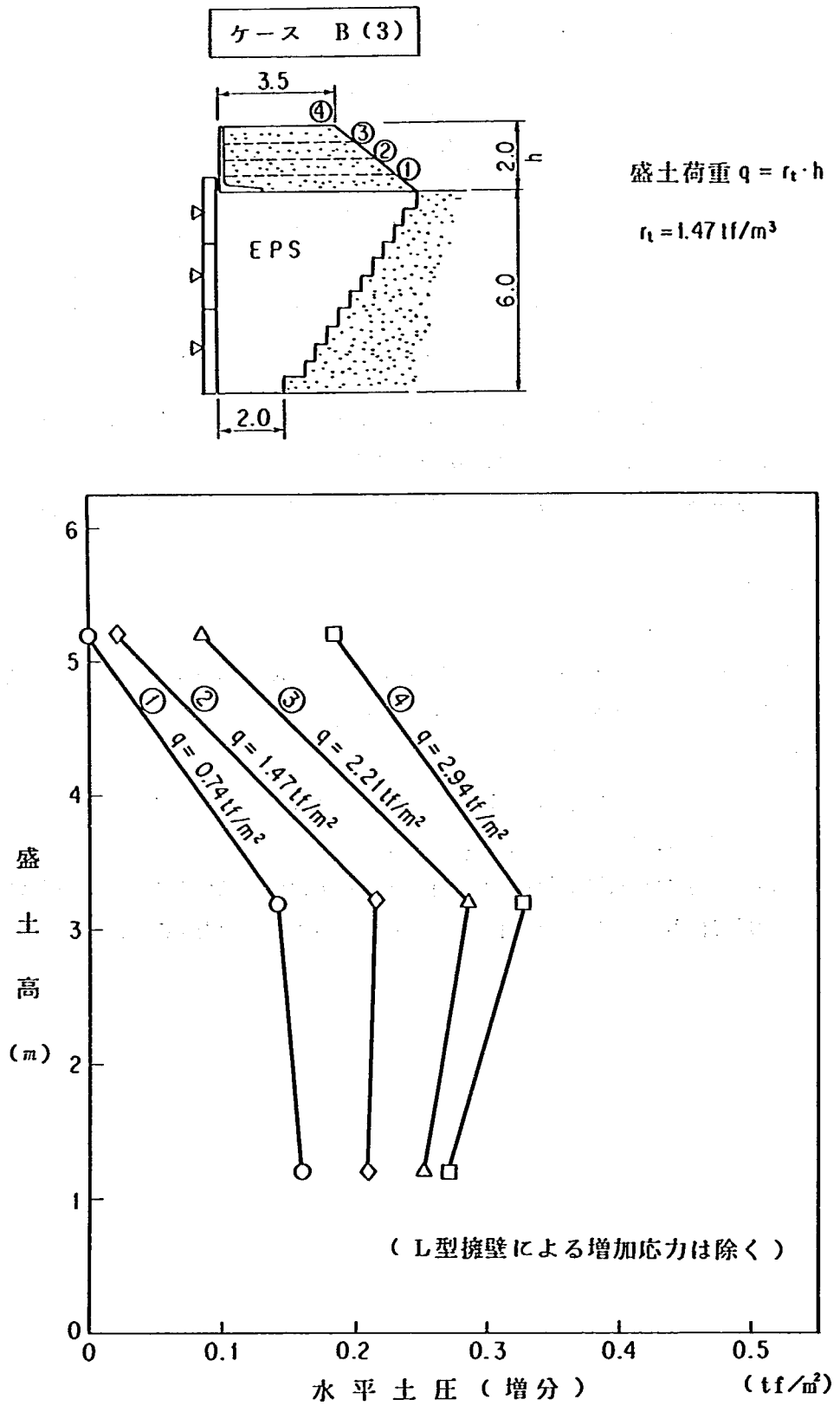


図- 1.7.20 载荷盛土による水平土圧の増加 (ケース B(3))

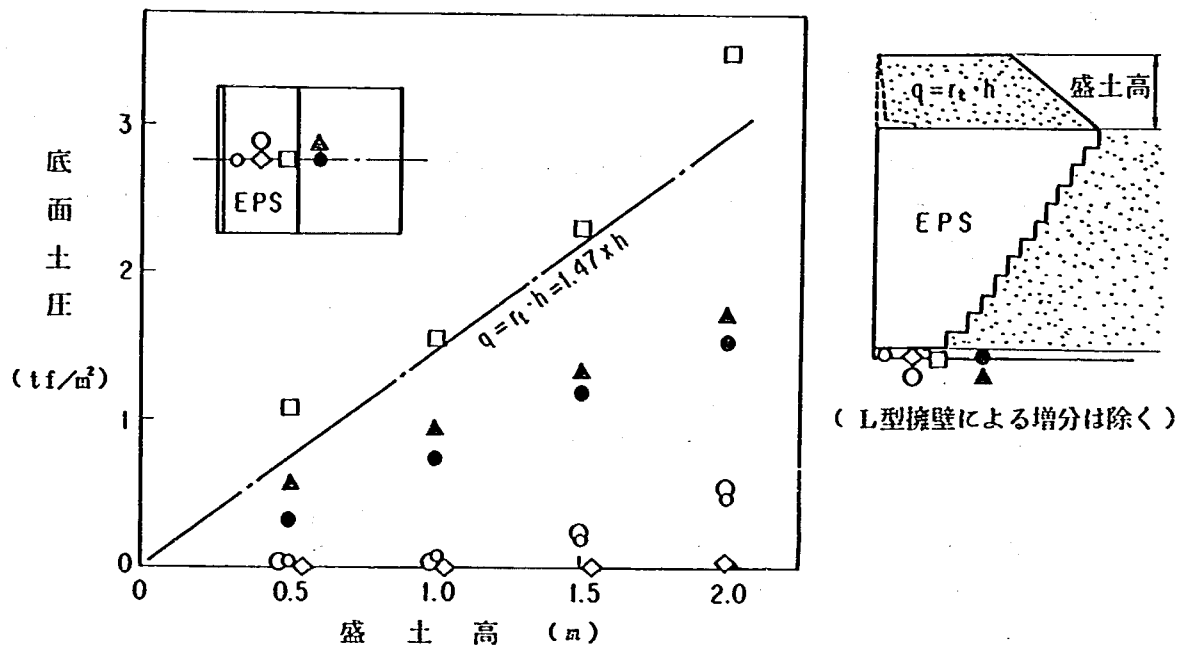


図-1.7.21 底面土圧

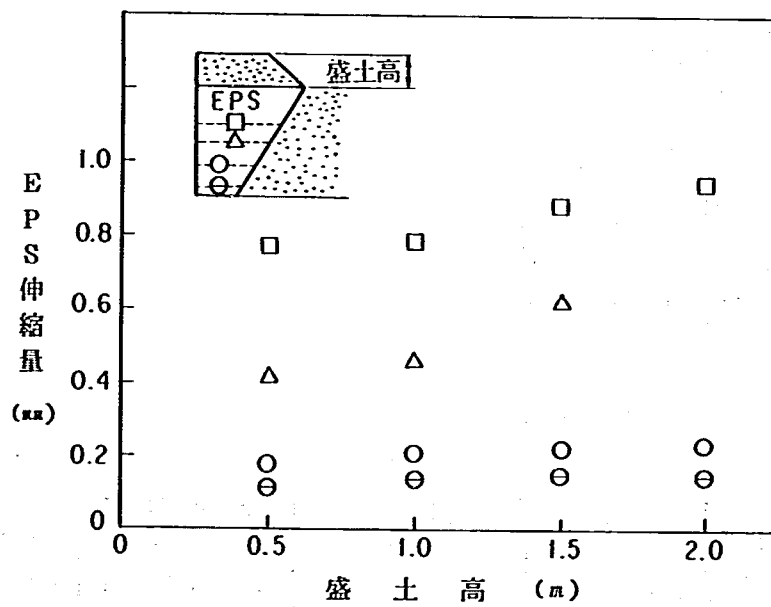


図-1.7.22 EPS伸縮量

4) ケース C

本実験は、裏込め材としての発泡スチロールを正規台形状に設置した場合の壁面土圧に及ぼす影響を検討の目的としている。これは実験ケース B(2)を実施した結果を踏まえたもので、載荷重によって発泡スチロール設置部の底面摩擦が比較的有効に作用することなどを想定して底面部の敷設幅を大きくし、上部を小さくした台形状としている。なお、裏込め土の施工条件はゆる詰め状態である。

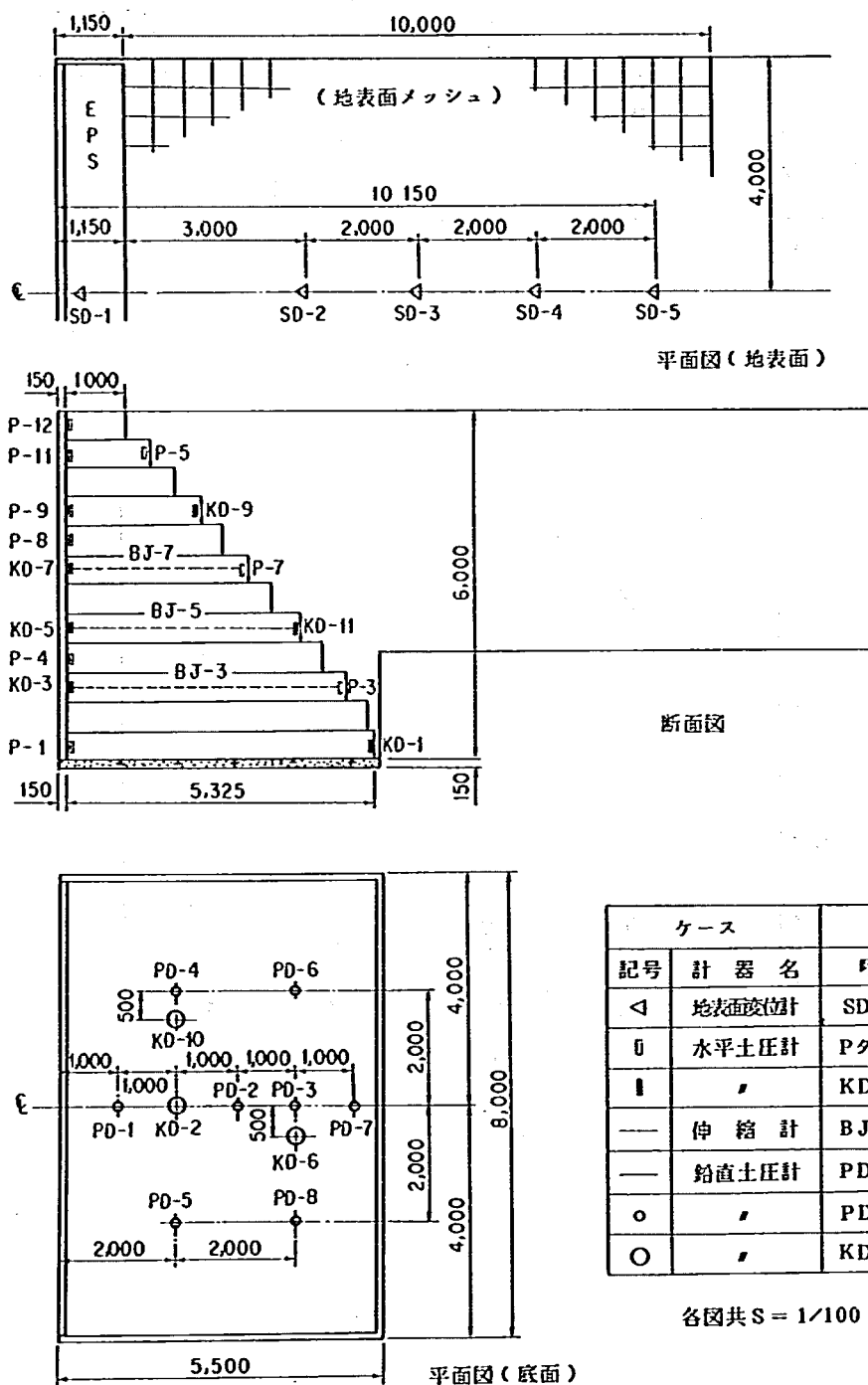


図-1.7.23 ケースC計器配置図

(1) 水平土圧

図-1.7.24に代表的な計測位置での施工時および移動時の水平土圧を示す。この図より、以下のことが認められる。

- ◆ EPS背面に作用する水平土圧は、中央部が最も大きく 2.2 tf/m^2 程度である。上部は 0.8 tf/m^2 程度であるが、下部は土槽形状の影響を受けほとんど土圧は変化していない。
- ◆ 実験壁に作用する水平土圧は、中、下パネルとも同様な値を示し $0.5 \sim 0.8 \text{ tf/m}^2$ 程度である。
- ◆ 移動時の土圧は、移動量の増加とともに土圧は減少するが、EPS背面のうち、上部では、10 mm程度の移動で一定値に収束するのに対して、中央部では20 mm以降に一定値に収束する。また、実験壁土圧は、移動とともに急激に減少し20 mm以降はほとんど土圧が作用していない。
- ◆ 本ケースの移動実験では、移動量30 mmにおいて裏込め部のEPS集合体が自立した。

図-1.7.25は、盛土完了時を静止時とし、実験壁を30 mm移動した時点、すなわち自立時の土圧をEPS背面と実験壁面について再整理したものである。また、図には試行くさび法によって算定した水平土圧の分布もあわせて記入している。この図より、以下のことが認められる。

- ◆ 試行くさび法による計算結果は、静止時土圧とよく一致する。

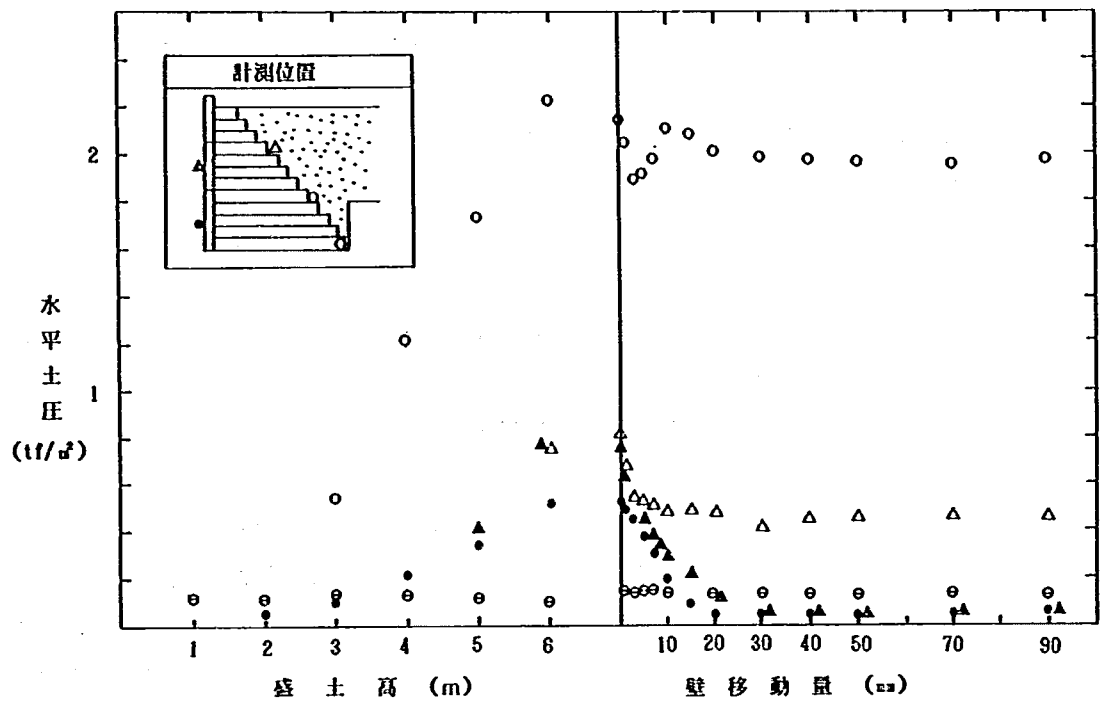


図- 1.7.24 施工時および移動時の水平土圧 (ケース C)

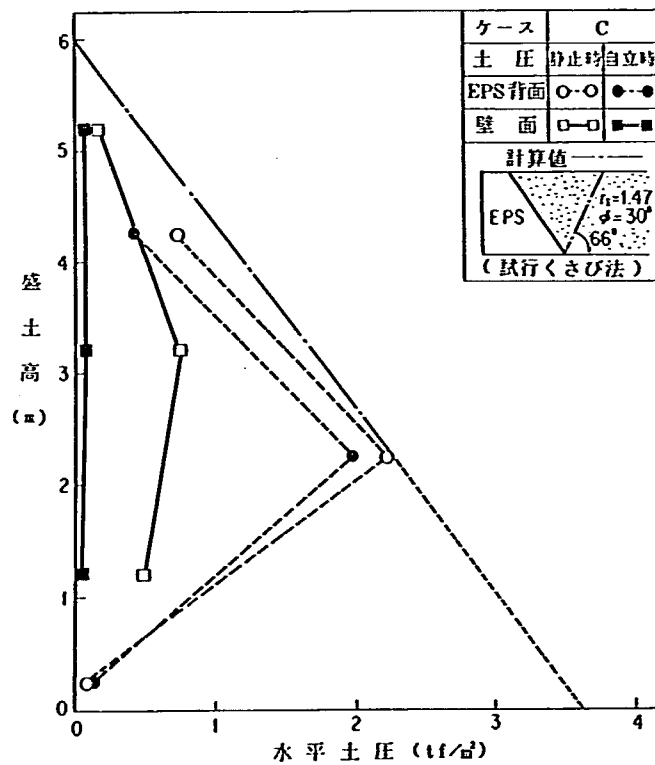


図- 1.7.25 静止時および自立時の土圧分布 (ケース C)

(2) 底面に作用する鉛直土圧

図-1.7.26にEPS部の鉛直土圧を示す。なお、ケースCはEPSの設置形状から底面部は全てEPS部となっている。この図より、以下のことが認められる。

- ◆ 施工時の鉛直土圧は、盛土立上りとともに増大し、かつ実験壁から離れるにしたがって大きくなる。実験壁から最も離れた地点で土かぶり圧は 6 tf/m^2 ($1.47 \times 4 = 5.88 \text{ tf/m}^2$)程度になるが測定値は 3.3 tf/m^2 と約半分である。
- ◆ 底面には図-1.7.23に示したように計11箇所の土圧計を設置しているが、盛土完了後の全平均土圧は 2.3 tf/m^2 である。
- ◆ 移動時の鉛直土圧は、実験壁近傍では、移動量7mm程度までは減少し、移動量30mmまで再び増加する傾向を示す。中央部では移動量30mmまで増加傾向を示し、以降一定の値となる。

また、実験壁から最も離れた地点すなわち土かぶりが大きな地点では移動量20mm程度まで徐々に減少し、30mm以降は一定値に収束する。

すなわち、いずれの地点もEPSが自立した移動量30mm以降は一定値に収束している。

(3) EPS伸縮量

図-1.7.27にEPS 3段目、5段目、7段目に設置した伸縮計の測定結果を示す。以下のことが認められる。

- ◆ 盛土立上り時の伸縮量は、下段から上段にかけて大きくなり3段目で3.7mm、5段目で7.3mm、7段目で8.9mmとなる。
これをひずみ量に換算すると3段目が0.07%、5段目が0.19%、7段目が0.29%となる。
- ◆ 移動時の伸縮量は、移動に伴っていずれの位置も圧縮変形が急激に回復する。移動量が30mmに達するとほぼ一定値に収束する。

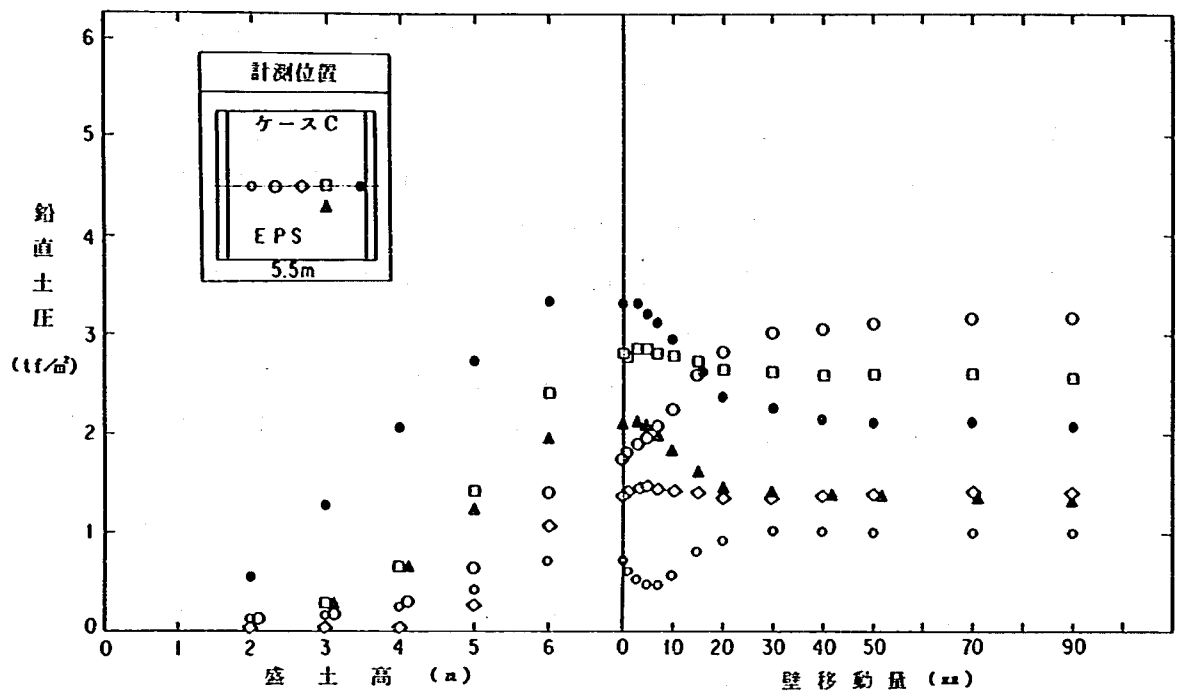


図- 1.7.26 施工時および移動時の鉛直土圧 (ケース C)

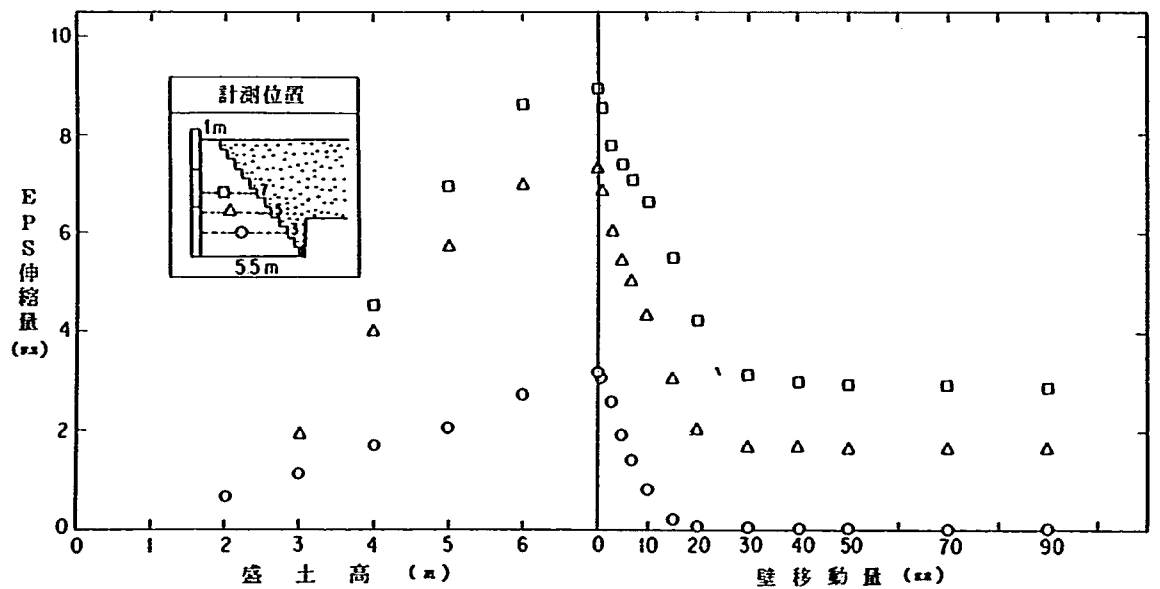


図- 1.7.27 施工時および移動時のEPS伸縮量 (ケース C)

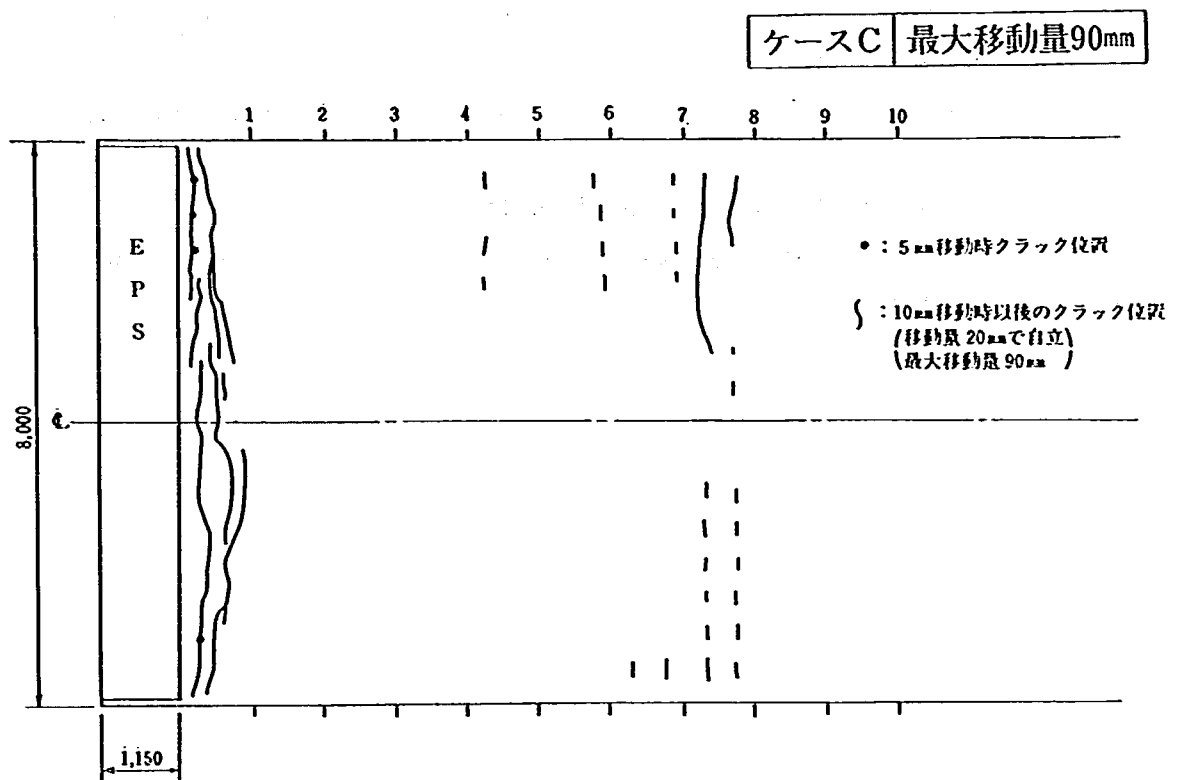
(4) 地表面クラックおよび地中変位の観測

図-1.7.28は、実験壁の移動に伴って裏込め土砂部に発生した地表面クラックおよび地中変位の観測結果を示している。

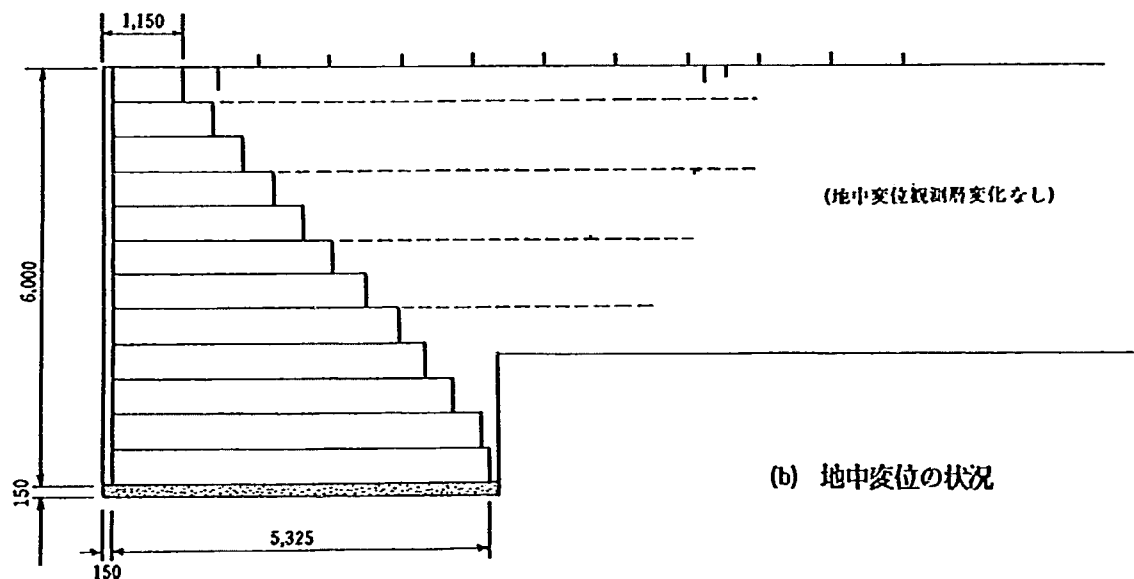
地中面クラックは、5 mm 移動時からヘアークラックが発生し、移動量20 mm以降比較的連続したクラックとなった。

メインクラックの発生位置は、EPS背面直後1m以内である。

移動実験終了後、裏込め土砂部の開削によって地中変位観測層の変形状況を観察した結果、変状は認められなかった。



(a) 地表面クラックの分布



(b) 地中変位の状況

図- 1.7.28 地表面クラックおよび地中変位の発生状況

2.1.8 考 察

1) 試行くさび法との比較

通常、盛土部の擁壁に作用する土圧合力は試行くさび法により算定されている。

ここでは、実験で実施した一連のケースについて EPS 背面土圧および主働すべり面の妥当性を検討するために試行くさび法を用いて計算を行った。

表-1.8.1 に計算結果をまとめて示している。計算結果のうち、単位体積重量は実験施工時に得られた RI 密度測定結果の平均値を用い、内部摩擦角については室内試験による三軸試験 (CD) 結果を用いている。また、ケース C は EPS 設置部の下部 2m が土槽で拘束されているため盛土高さ 6m と 4.5m の 2 ケースについて計算を行っている。

裏込め土砂のすべり面と水平面とのなす角度については、予備実験およびケース A で実施した地中変位観測結果と非常によく一致している。これは、裏込め土砂が ϕ 材料でかつ施工条件がゆる詰めであったことによると思われる。

表-1.8.1 に示した以外に、代表的な土質条件についてすべり面と水平面とのなす角度を計算した結果を、表-1.8.2 にまとめて示す。

表-1.8.2 計算によるすべり面とのなす角度 (試行くさび法)

土 質 名	礫 質 土	砂 質 土	シルト・粘性土	実 験 砂
γ	2.0	1.9	1.8	1.47
ϕ	35	30	25	30
角 度	58.95°	56°	53°	56° (52°~56°)*

γ : 単位体積重量 (t/m³), ϕ : 内部摩擦角°

*: ケース A の実験結果

表-1.8.1

項 目		ケース A	ケース B	ケース C	ケース C
模 式 図 埋込め土: 1.47 tf/m ³ $\phi: 30^\circ$ $\tan \phi: 0.6$					
驅 体 (tf/m ³)				EPS (0.02)	EPS (0.02)
すべり面のなす角度 ω°		56°	42.25°	66°	65.8°
土 圧	最大土圧 (t/m)	7.87	2.71	19.89	11.26
	水平土圧 (t/m)	7.392	2.632	10.873	6.120
	鉛直土圧 (t/m)	2.691	0.640	16.660	9.450
土圧係数		0.297	0.102	0.752	0.756
滑動安全率 F_s		-	-	0.941	0.950
転倒 e (m)		-	-	0.074	0.076
(B/6 以内)		-	-	(0.917)	(0.733)
底面 反力度 (tf/m ²)	$Q_{\max}$	-	-	3.35	2.431
	$Q_{\min}$	-	-	2.85	1.974
	形 状				

2) 土圧合力の計算

3.5.7 実験結果の項で述べてきた水平土圧は、土圧計による実測値あるいは荷重計による各パネルごとの土圧換算値である。

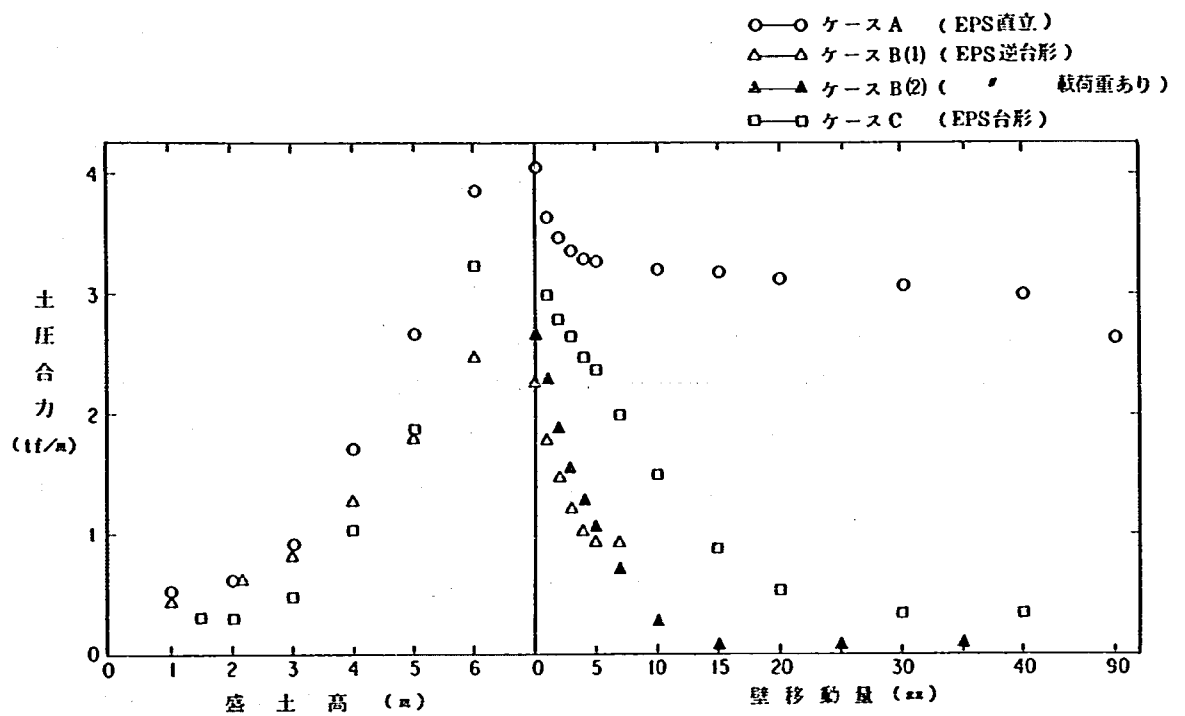
本実験で用いた大型擁壁実験装置は、実験壁全体に作用する土圧合力を求めることが可能である。ここでは、「3.2.6 実験結果の整理」に示した方法によって各ケースの土圧合力を求めている。

図-1.8.1に各ケースの土圧合力を示す。また、参考として図-1.8.2～図-1.8.4に土圧係数、壁摩擦係数、相対作用位置の算定結果を示す。

移動実験では、作用土圧が一定の値に収束する時点の土圧を主働状態の土圧としているため、表-1.8.3に各ケースごとの壁面に作用する主働土圧合力とEPS背面に作用する土圧合力（試行くさび法による計算値）をまとめて示すことにする。なお、ケースB(2)とケースCは自立のときの状態を示す。

表-1.8.3 土圧合力の比較

	項 目	ケース A	ケース B (1)	ケース B (2)	ケース C
壁 面	移 動 量 (mm)	10	7	15 (自立時)	30 (自立時)
	土圧合力 P_A (tf/m)	3.22	0.91	0.09	0.35
	水平成分 P_H (tf/m)	2.99	0.91	-0.01	0.33
	鉛直成分 P_V (tf/m)	1.20	-0.07	-0.09	0.10
E P S 背 面	土圧合力 P_A' (tf/m)	7.87	2.71	2.71	11.26
	水平成分 P_H' (tf/m)	7.39	2.63	2.63	6.12
	鉛直成分 P_V' (tf/m)	2.69	-0.64	-0.64	9.45
比 率	P_A / P_A'	0.41	0.34	0.03	0.03
	P_H / P_H'	0.40	0.35	0.004	0.05
	P_V / P_V'	0.45	0.11	0.14	0.01



図－1.8.1 実験壁に作用する土圧合力

表－1.8.4 に壁面作用土圧の土圧係数，壁摩擦係数，相対作用位置を各ケースごとにまとめて示す。

表－1.8.4 土圧係数等の比較

項 目	ケース A	ケース B(1)	ケース C	土 砂
移動量 (mm)	10	7	30	$r^t = 1.47$ $\phi = 30^\circ$
土 圧 係 数	0.118	0.035	0.013	0.297
壁 摩 擦 係 数	0.401	-0.073	0.314	0.364
相対作用位置	0.410	0.386	0.577	0.333

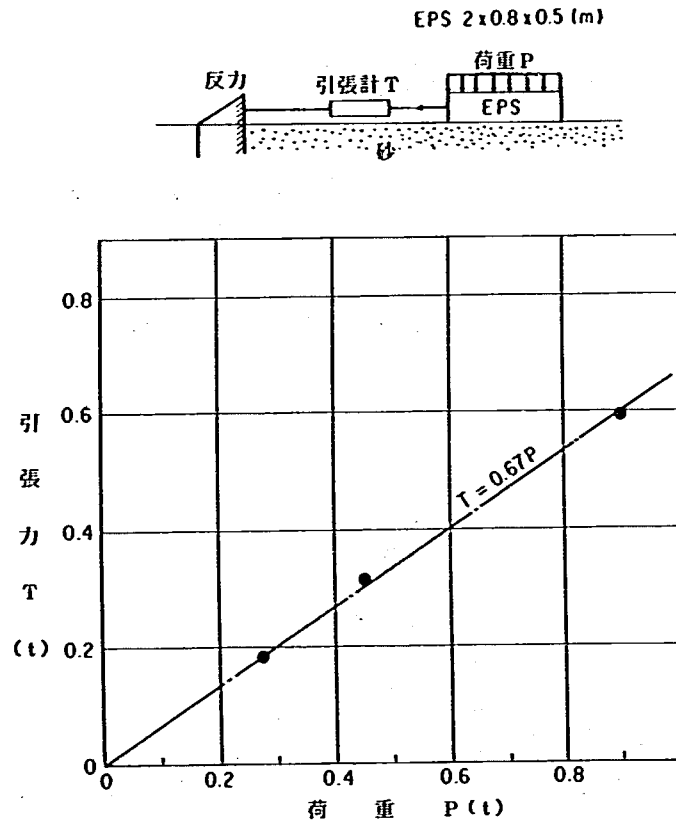
3) その他の結果

(1) 摩擦係数の測定

EPS ブロックと砂との摩擦係数を把握するため、実験に用いた砂を用いて摩擦係数の測定を行った。

図－1.8.5 は測定方法の概要と測定結果を示したものである。

実験の結果、引張力 (T) = 0.67 ・ 荷重 (P) の関係式が得られ摩擦係数は 0.67 であることが分かった。



図－1.8.5 摩擦係数の測定

(2) 底面作用土圧の比較

表－1.8.5 に盛土立上り時の底面に作用する土圧をまとめて示す。

(3) 伸縮量の比較

表－1.8.6 に盛土立上り時の EPS 伸縮量をまとめて示す。表－1.8.6 には、伸縮計設置位置に作用する水平土圧を示し、それに対応する応力－ひずみ曲線より読み取ったひずみ量も参考として記入している。

(4) EPS 水平変位の比較

図－1.8.5 に移動実験時の EPS 頭部変位と実験壁上パネルの水平変位を対比して示す。

図によると、ケース B(2)、ケース C では、移動時の途中から EPS 頭部変位とパネル変位が同調せず、EPS が自立していることを示している。

表-1.8.5 底面土圧の測定結果 (6m盛土時)

ケース	ケース A				ケース B(1)				ケース B(2)				ケース B(3)				ケース C													
模式断面																														
	EPS部		土砂部		EPS部		土砂部		EPS部		土砂部		EPS部		土砂部		EPS部													
	点検 土圧 (P.キ)	点検 土圧 (P.キ)	点検 土圧 (P.キ)	点検 土圧 (P.キ)	点検 土圧 (P.キ)	点検 土圧 (P.キ)	点検 土圧 (P.キ)	点検 土圧 (P.キ)	点検 土圧 (P.キ)	点検 土圧 (P.キ)	点検 土圧 (P.キ)	点検 土圧 (P.キ)	点検 土圧 (P.キ)	点検 土圧 (P.キ)	点検 土圧 (P.キ)	点検 土圧 (P.キ)	点検 土圧 (P.キ)	点検 土圧 (P.キ)	点検 土圧 (P.キ)	点検 土圧 (P.キ)										
	1	0.42			1	0.30			1	1.02			1	0.48			1	0.73			P 4	5.69								
	2	0.20	2	0.62	P 7	0.84	2	0.02	2	0.04	P 7	2.66	2	0.08	2	0.48	P 7	3.98	2	0.02	2	0.50	P 7	1.53	2	1.39	2	1.29	P 6	2.75
	3	1.66			P 6	6.06	3	1.43			P 6	1.68	3	4.41			P 6	2.75	3	3.49			P 6	1.72	3	2.81		2.10	P 10	0.54
	4	1.59	10	1.94	P 6	6.44	4	0.04	10	0.22	P 6	2.41	4	0.51	10	2.29	P 6	4.23	4		10		P 6		7	3.31	6			
	5	0.32			P 8	2.16	5	0.29			P 8	2.77	5	2.04			P 8	2.03	5				P 8							
	Aライン平均 (EPS部)	0.725		t/m ²		Aライン平均 (EPS部)	0.423		t/m ²		Aライン平均 (EPS部)	1.498		t/m ²		Aライン平均 (EPS部)			t/m ²		Aライン平均			2.022		t/m ²				
	Bライン平均 (EPS部)	0.934		t/m ²		Bライン平均 (EPS部)	0.122		t/m ²		Bライン平均 (EPS部)	1.080		t/m ²		Bライン平均 (EPS部)			t/m ²		Bライン平均			2.030		t/m ²				
	全平均 (EPS部)	0.964		t/m ²		全平均 (EPS部)	0.32		t/m ²		全平均 (EPS部)	1.547		t/m ²		全平均 (EPS部)	1.122		t/m ²		Cライン平均			2.965		t/m ²				
全平均 (土砂部)	2.125		t/m ²		全平均 (土砂部)	2.38		t/m ²		全平均 (土砂部)	3.998		t/m ²		全平均 (土砂部)	1.625		t/m ²		全平均			2.310		t/m ²					
									1m載荷								2m載荷時の増分													

表-1.8.6 伸縮量の測定結果(6m盛土時)

項 目	ケース A				ケース B				ケース B(1)				ケース C		
設 置 図															

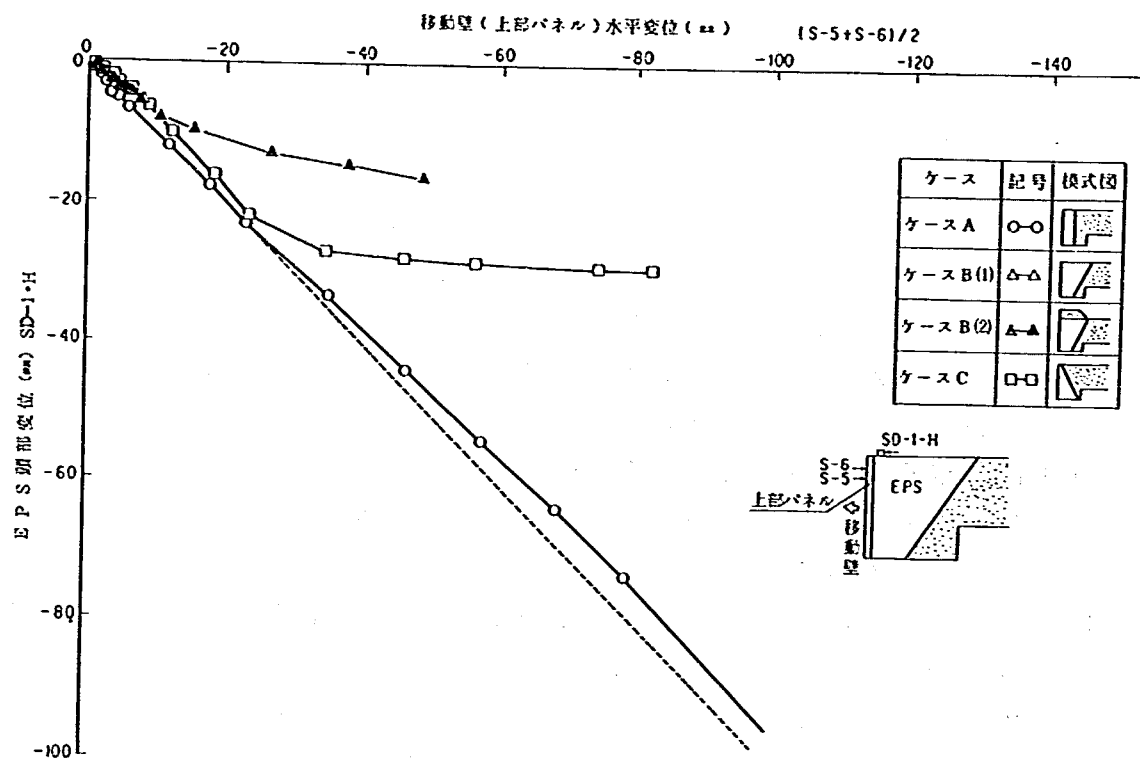


図-1.8.6 盛土立上り時のEPS伸縮量

2.1.9 まとめ

大型擁壁実験装置を用いた土圧測定実験を通して、EPSの設置形状や載荷盛土が土圧に及ぼす影響を検討した。これらの検討の結果得られた事項を要約すると次のとおりである。

1) EPSの設置形状について

- a) EPSを擁壁等の構造物裏込め材として用いると、通常の土砂を用いる場合より土圧は軽減される。
- b) EPSを底面巾2mの直立形状に設置した場合、壁面に作用する土圧は、EPS背面に作用する土圧の1/2程度になる。これは、底面の摩擦による影響が考えられるが、今後、数値解析などによって検討する必要がある。
- c) EPS背面形状を、EPS直立形状の移動実験で生じたすべり面と等しくなるように積み重ねた場合（底面巾2m、天端巾6mの逆台形形状）、壁面に作用する土圧は大幅に減少（0.2～0.3 tf/m²）する。
- d) 上記、c)の形状に上載荷重を載荷すると、EPSブロック集合体の拘束効果およびEPS底面の摩擦抵抗の増大により、背面土圧に対するEPS集合体の安定が大きくなる。
- e) EPS設置の形状を、ブロック集合体自体を滑動や転倒に対して安定である形状、すなわち台形形状にすると壁面に作用する土圧を大幅に低減することができる。

2) 上載荷重の影響について

- a) EPS上部に上載荷重を作用させた場合、変位が収束されている壁面の水平土圧は、上載荷重の0.1倍程度となる。（EPS設置形状は逆台形形状）
- b) 上記、a)の状態で壁面を移動させた場合、EPS背面の地山が安定もしくは盛土の安定勾配、すなわち、EPS背面土圧を極力小さくできる場合、EPSブロック集合体は自立することができる。

以上に述べたことは、いずれも大型擁壁実験装置を用いた一連の土圧測定実験によって明らかになったものである。実際の構造物に、これらの結果をそのまま適用するには問題を伴う事項もあるが、設計・施工を進めて行く上で有効な知見が得られたものと思われる。

2.2 作用土圧算定式の提示

発泡スチロールブロックを擁壁や橋台の背面等に用いて水平土圧を低減する場合の作用土圧の考え方を、今回の実験に基づいて以下に示す。

擁壁や橋台などの抗土圧構造物に作用する荷重は、次に示すものが考えられる。

- ① 発泡スチロール背面の土砂による土圧および水圧 (P_a)
- ② 発泡スチロールブロック上部に荷重が載荷したときに作用する側圧 (q_s)
- ③ 自重 (W_s)
- ④ 発泡スチロールブロックの浮力 (U)
- ⑤ 地震時荷重
- ⑥ その他

この中で、①背面土砂による土圧 (P_a) および②上載荷重によって生じる側圧 (q_s) は、抗土圧構造物の設計において重要な荷重であるが、設計において明確にされていない。特に、側圧に関しては、ノルウェーでの設計では側圧が 1 tf/m^2 作用するとしているが、建設後7年を経た橋台の背面に積み上げた発泡スチロールブロックと躯体の間に当初からの隙間が確認されており、側圧はほとんど発生しなかったという事例が報告されている。このため、今回の大型擁壁実験の結果から、背面土砂による土圧 (P_a) と上載荷重による側圧 (q_s) の算定方法の提示を行う。

2.2.1 背面土砂の土圧および水圧 (図-2.1.1, 図-2.1.2)

積み上げた発泡スチロールブロック背面の土砂が自立しない場合には、背面土砂による土圧が発泡スチロールブロックを介して、構造物に作用すると考えられる。実験結果によると、予備実験およびケースAの水平土圧の分布 (図-2.1.1, 2.1.2) から、擁壁に作用する水平土圧は発泡スチロール背面で計測した水平土圧よりかなり小さな値になっている。このことは、背面土砂による土圧が直接擁壁に作用しているのではなく、発泡スチロール底面での土砂との摩擦や発泡スチロールブロックの圧縮変形などの影響を受けて、背面土砂による土圧が直接壁面に作用していないと考えられる。

しかし、設計において提示する背面土砂による作用土圧は、発泡スチロールと土との摩擦や発泡スチロールの圧縮変形などによる影響を入れないで、直接擁壁に作用するものとする。このため、壁面に作用する土圧を低減するためには、ケースBのように背面土砂の勾配を緩くすることがよい。土圧に関して、発泡スチロールを用いた土圧低減工法の特徴を最大限有効に活用するには、背面土砂が安定勾配になるように、掘削・整形して発泡スチロールを積み上げることが望ましい。

一方、周辺条件より掘削・整形ができず、地山安定勾配より急に発泡スチロールを積み上げる場合には、試行くさび法により求まる土圧が発泡スチロール背面に作用すると考える。また、その作用位置は壁高の $1/3$ とする。

水圧に関しては、水位上昇が考えられる場合には、これを考慮する。しかし、水位上昇は、浮力による浮き上がりの問題が生じるので、排水ドレーンなどの設置で水位の上昇が生じない様にするのが望ましい。

2.2.2 側 圧 (図-2.2.1)

発泡スチロールの側圧は、使用目的を考慮して設定する必要がある。概略的には、今回の実験結果 (ケース B (3), 図-2.2.1) から、側方の変形が拘束された状態で発泡スチロール上部の上載荷重の 0.1 倍程度の側圧が深さ方向に一様に分布荷重として発生するものとする。

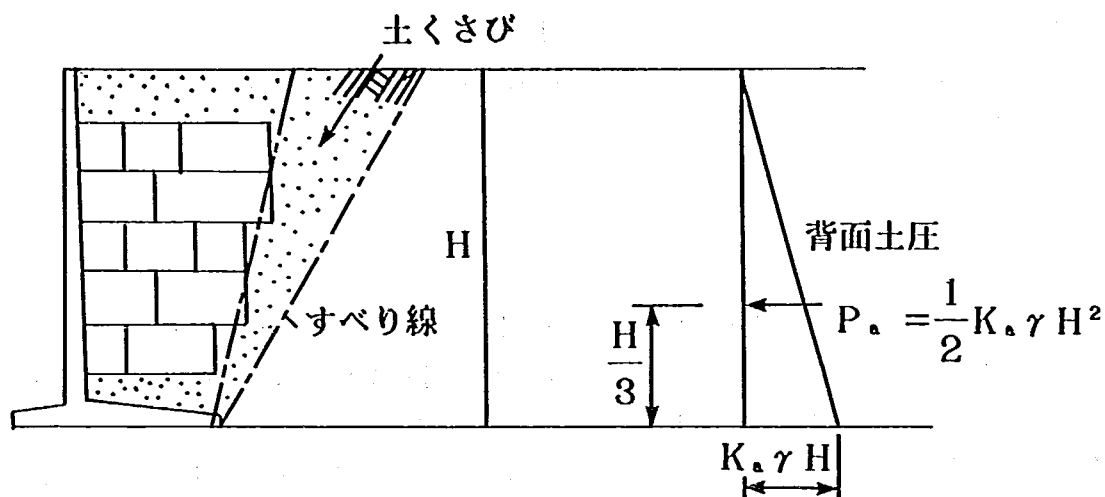


図-2.1.1 背面盛土が安定しない場合の土圧

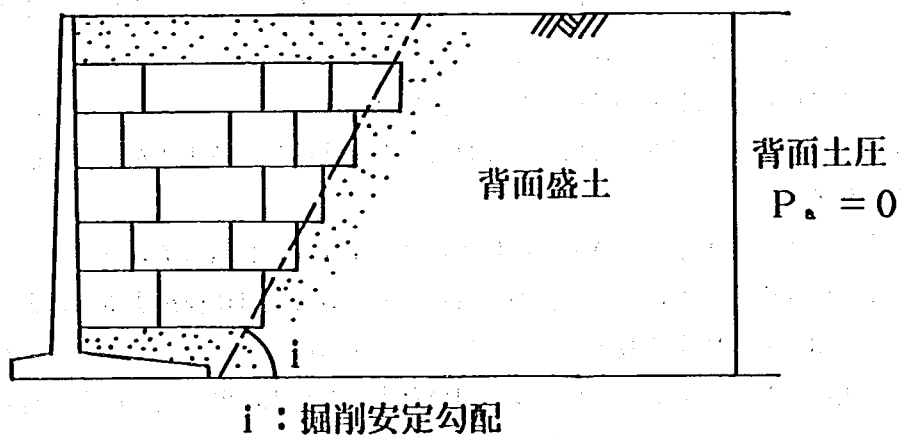


図-2.1.2 背面盛土が安定している場合

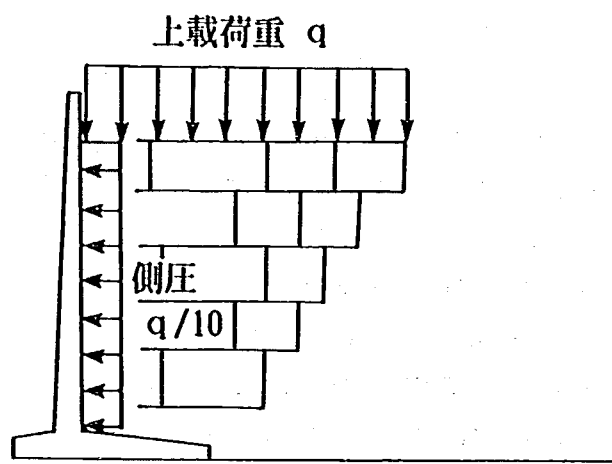


図- 2.2.1 上載荷重により側圧

あ と が き

橋台や擁壁などの抗土圧構造物の背面に発泡スチロールブロックを裏込め材として用いる工法は、構造物への作用土圧の低減だけでなく、支持力の不足している地盤上に構築する場合や急傾斜地において構築する場合にも有効な工法と考えられる。しかし、構造物にどの程度の土圧が作用しているかは明確にされておらず、設計においては合理的な設計が提示されていなかった。そこで、今回の大型擁壁実験を実施した結果、構造物に土圧がどの程度作用するかを明らかにすることができた。さらに、実験結果に基づいて、作用土圧算定方法の提示を行うことができた。

今回の提示した作用土圧算定方法は、実験で認められた上載荷重による押さえ効果、あるいは発泡スチロール底面での摩擦などは考慮しておらず、安全サイドにたったものであるといえる。

今後の課題としては、試験施工及び実施工における動態観測によって実際の構造物の挙動や作用土圧の計測を行って提示された土圧算定方法の適用を検討していく必要がある。

最後に、本実験の実施に際してご協力いただいた発泡スチロール土木工法開発機構の関係各位に感謝いたします。

81
50

ISSN 0386-5878

土木研究所資料第2894号

平成2年10月(1990)

機械施工部 土質研究室 室長 久楽勝行

研究員 青山憲明

建設省首都国道工事事務所 竹内辰典*

*前土質研究室 研究員

要旨 新素材・新材料の活用で最近注目されている発泡スチロールを、橋台や擁壁の背面に用いて作用土圧を軽減させる工法が開発されている。しかしながら、どの程度作用土圧が軽減されるのかは未解明なため、設計法が提示されていない。そこで、本報告は高さ6mの擁壁の背面に発泡スチロールを敷設した大型擁壁実験を実施して作用土圧を解明するとともに、この結果から合理的な設計法を検討したものである。

キーワード：軽量盛土発泡スチロール、擁壁、土圧、模型実験、

郵便はがき

41円切手を
はって下さ

3 0 5 - □ □

建設省土木研究所

機械施工部土質研究室 御中

茨城県つくば市大字旭一番地

No. 08

No. 08

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第2894号

発泡スチロールを用いた構造物背面の
土圧軽減工法の大型擁壁実験 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名 印

土木研究所資料第2894号