

土 木 研 究 所 資 料

第 1 1 1 6 号

現場擁壁における土圧測定実験

昭和51年 2 月

建 設 省 土 木 研 究 所
施 工 研 究 室

ま え が き

* 近年、山地部の道路建設の増加や、盛土の大形化、更に用地費の高騰等の事情により擁壁や橋台等の土留構造物の大型化、特殊化の傾向は著しい。その結果、道路建設における擁壁の経済的な比重が増大してきただけでなく、その破壊が周囲の生活環境や道路の機能に及ぼす影響から、きわめて高い安全度が求められるに至った。このような擁壁の重要度の増加に伴って、現行の設計施工法に対する経済性、安全性の面からの再検討と合理的設計法の確立が望まれている。

現行の設計法において最も重要な外力である土圧の計算は、ランキン、クーロン、テルツァギ等の方法が適宜用いられるが、その計算法や係数のとり方が統一されておらず、十分合理的な設計法が確立されているとは言い難い。また、実際の現場におけるこれらの計算法の優劣や擁壁の安全性も土圧の実態が解明されていないことから、明らかにされていない。

したがって擁壁の合理的設計施工法の確立のためには、先ず実際の擁壁に作用する土圧の実態を明らかにし、各要因の影響度を把握し、山岳部の高擁壁や切土部の擁壁における背面地形の影響を検討して、施工条件と擁壁の形式に応じた適切な土圧算定法を確立するとともに、施工中の安全性や土圧軽減をも含めた施工法の検討を行なう必要がある。

従来、施工研究室では、室内模型実験槽による土圧測定実験を数多く実施しており、壁面土圧の基本的性状や主働土圧発生のメカニズムおよび周囲の諸条件が土圧に影響する度合い等に関して一定^{1)~5)}の成果を得てきた。しかしながら、この室内実験では、転圧機械や実験壁の弾性的挙動および壁体の傾斜、滑動、沈下等の挙動パターンが実際の現場擁壁と多少異なる。そのため、これらの室内実験データの検証を行ない、壁面土圧の実態を把握するために、実際の擁壁における壁面土圧と壁体の挙動を測定する現場実験を東北技術事務所⁶⁾(実験その1)および四国技術事務所(実験その2)と共同で実施した。

本資料は、これら2つの現場実験の概要を記すとともに、盛土施工後3ヶ月の測定データから施工後の土圧と変位の経時変化や降雨による影響の検討を行ない、現行設計法との比較を行なったものである。

昭和51年2月

機械施工部 施工研究室

千田昌平

中垣光弘

熊谷恒一郎

岡村栄三

足立賢一

目 次

まえがき

1. 実験目的	1
2. 実験方法	2
2-1. 予備調査	2
2-2. 土圧測定実験	3
2-3. 実験データの解析	5
2-4. 結果の検討	7
3. 実験結果(その1)	8
3-1. 概 要	8
3-2. 実験条件	9
3-3. 計測器設置	11
3-4. 測定解析結果	13
4. 実験結果(その2)	15
4-1. 概 要	15
4-2. 実験条件	16
4-3. 計測器設置	18
4-4. 測定解析結果	21
5. 考 察	28
参考文献	38
あとがき	39
付録1. 現場実験データ(その1)	41
付録2. " (その2)	49
付録3. 現場実験写真	59

1. 実験目的

従来、施工研究室では、壁面に作用する土圧の基本的性状を把握する目的で数多くの土圧測定実験を室内模型実験槽において実施してきた。すなわち、昭和41年度～43年度に、高さ1.0mの小型擁壁実験槽において乾燥砂による土圧測定実験を実施したが、この小型擁壁実験のみでは力学的相似性や施工条件、さらに粘着力に問題があるため、昭和44年度以降は高さ6mの大型擁壁実験装置による土圧測定実験を盛土材料その他の条件を変化させて実施してきた。これらの室内実験により土圧の基本的性状や主働土圧発生のメカニズムおよび土圧に影響する要因等の解明に関して一定の成果を納めてきた。これらの室内実験は、実験槽内に裏込材を搬入し、小型機械で締固め、施工時および実験壁移動中の土圧をそれぞれ測定するものであるが、締固め機械や壁面の弾性変位および地盤条件による壁体の傾斜、滑動、転倒の挙動パターン等が実際の擁壁と多少異なる。そのため現場の擁壁に作用する土圧の実態を把握し、不確定な要因を解明し、室内実験データの検証を行なう必要が生じた。

本現場実験は、以上の目的で実施されたものである。実験は、比較的良好な条件の現場を選んで以下の要領で行なった。すなわち現場に新設される擁壁を対象として、その裏込施工時から完成後一定期間までの擁壁の挙動および壁面土圧を測定記録し、壁面土圧の合力、作用位置、分布形状等の一般的性状や周囲の諸条件の影響度を把握するとともに、施工時から盛立完了後における土圧と変位の経時変化を追跡する。さらに、これらの実験結果を従来施工研究室において実施してきた室内擁壁実験の結果と合わせ、現行の設計法に用いられる種々の土圧計算法と比較し、安全性、経済性の観点から検討を加える。

2. 実験方法

2-1 予備調査

土圧測定実験に先立って、土圧の性状に影響する要因として以下の項目について調査を行ない、擁壁、盛土、地盤等の実験条件の概略を把握した。

予備調査項目

- 擁壁の形状寸法
- 基礎構造形式
- 基礎地盤
 - { 地質（柱状図，N 値）
 - { 表土の土質（一般土質試験）
 - { 強度特性（弾性係数，地耐力）
- 盛土
 - { 形状，上載荷重
 - { 土質（一般土質試験）
 - { 施工法（巻き出し厚さ，締固め機械，回数）
 - { 密度，含水比（R I 計器による測定）
- 盛土背面の地山
 - { 地形，地質の概要
 - { 地下水面，その他

上記の項目のうち、擁壁の形状寸法、盛土および背面地山の状態に関するものは、土圧測定データの解析・検討を行なううえで重要なものであり、基礎構造形式および基礎地盤の状態に関するものは、壁体挙動との対応を求めるためのものである。

盛土の土質試験は、土質の一般的特性を知るものの他、特に土圧計算に必要な粘性および内部摩擦角に関するものを重点的に行なった。また、盛土の密度含水比の測定は透過型 R I 密度水分計を用いて各層毎に数点ずつ測定した。

2-2 土圧測定実験

擁壁の壁面に土圧測定のための荷重板をとりつけ、その他の計測器を埋設しつつ、裏込土の盛立てを行ない、裏込施工中から完了後一定期間にわたって壁面土圧、壁体の挙動、盛土の沈下等の経時変化を追跡記録する。同時に、降雨等の自然条件の記録も行なう。各測定項目の詳細とその方法を以下に示す。

測定項目

- 壁面土圧 $\left\{ \begin{array}{l} \text{壁面に垂直な圧力} \\ \text{壁面に平行な壁摩擦力} \end{array} \right\}$ 土圧測定パネルに作用する合力をロードセルで測定
- 壁体の挙動 $\left\{ \begin{array}{l} \text{転倒 — 傾斜計} \\ \text{滑動 — 移動計} \\ \text{沈下 — 移動計} \end{array} \right\}$ または測量機器による方法
- 盛土の状態 $\left\{ \begin{array}{l} \text{沈下と変形…… 沈下計} \\ \text{土中土圧…… 土中土圧計} \\ \text{地下水面…… 間隙水圧計} \end{array} \right\}$

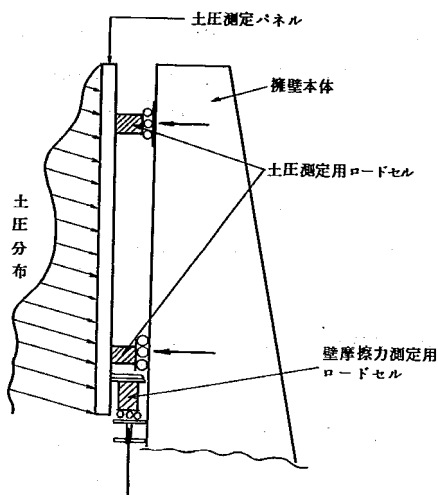
(1) 壁面土圧の測定

土圧の測定は、擁壁背面に上、下2段に設置した測定パネル（荷重板）を用いて行ない、パネル全体に働く荷重をロードセルで受ける方式とした。すなわち、図2-1(a)に示す様に壁面に垂直に作用する土圧を測定パネルの裏側に設置された4つのロードセルで、壁面に平行に作用する壁摩擦力を測定パネル下部に設置された2つのロードセルで測定した。また各ロードセルの底面にはローラを設けて各々に直角な方向への摩擦力を除去している。

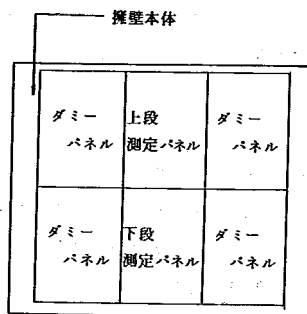
測定パネルの配置は上下2段として土圧の分布をより詳細に測定しており、また測定パネルの表面とその周辺の表面が不連続になるのを防止する目的で両側にそれぞれ2枚のダミーパネルを設けた。（図2-1(b)参照）

(2) 壁体挙動の測定

壁体挙動のパターンは、通常図2-2(a)の様に傾斜、滑動、沈下の3要素に分割される。このうち傾斜角は、壁体に設置した傾斜計で測定した。一方、移動計により水平滑動量を測定する場合、壁体の傾斜による成分がその中に含まれる。この影響を除去する目的で図2-2(b)に示す様に2つの移動計を設置し、これらにそれぞれ異なる方向成分を測定させることにより壁体の沈下量をも測定した。ただし、実験No.1においては、擁壁前面が沼であり移動計が水没する等の悪条件であったため、移動計の設置個数を1とし、その他レベル等の方法により沈下量および移動量の測定をあわせて行なった。

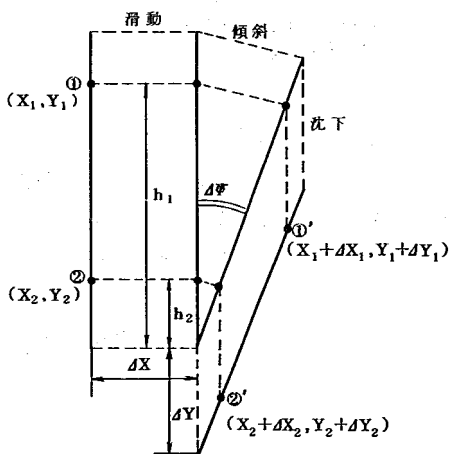


(a) 土圧測定原理

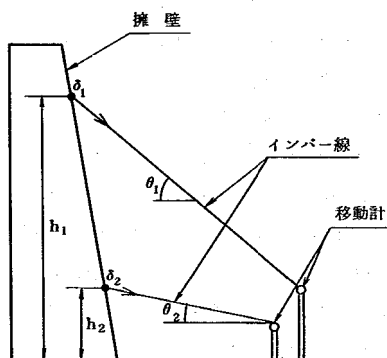


(b) 土圧測定パネルの配列

図-2.1 壁面土圧の測定



(a) 壁体挙動パターン



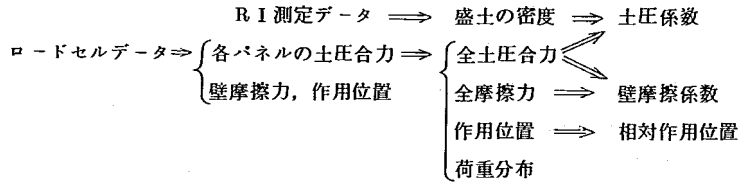
(b) 移動計の設置

図-2.2 壁体挙動の測定

2-3 実験データの解析

(1) 壁面土圧データ

土圧に関する測定データは以下の流れで整理する。



算定式の概略を以下に示す。ただし

$F_1, F_2, \dots, F_{11}, F_{12}$	ロードセルの測定値 (図 2.3 参照)
h_1, h_2, h_3, h_4	ロードセルの取付高さ
a, b	測定パネル寸法
$P, (P_1, P_2)$	土圧合力 (上部パネルおよび下部パネル)
$Q, (Q_1, Q_2)$	壁摩擦力 (" ")
$H, (H_1, H_2)$	土圧合力の作用位置 (上部パネルおよび下部パネル)
P_1, P_2, P_3, P_4	土圧を直線分布とした時の端部荷重強度
L	壁高
ρ_t	盛土の密度
ϕ_H	相対作用位置

○ 壁面土圧

$$P_1 = (F_1 + F_2 + F_3 + F_4) / b$$

$$P_2 = (F_5 + F_6 + F_7 + F_8) / b$$

$$P = P_1 + P_2$$

○ 壁摩擦力

$$Q_1 = (F_9 + F_{10}) / b$$

$$Q_2 = (F_{11} + F_{12}) / b$$

$$Q = Q_1 + Q_2$$

○ 作用位置

$$H_1 = \frac{(F_1 + F_2) \cdot h_1 + (F_3 + F_4) \cdot h_2}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4}$$

$$H_2 = \frac{(F_5 + F_6) \cdot h_3 + (F_7 + F_8) \cdot h_4}{F_5 + F_6 + F_7 + F_8}$$

$$H = \frac{P_1 \cdot H_1 + P_2 \cdot H_2}{P_1 + P_2}$$

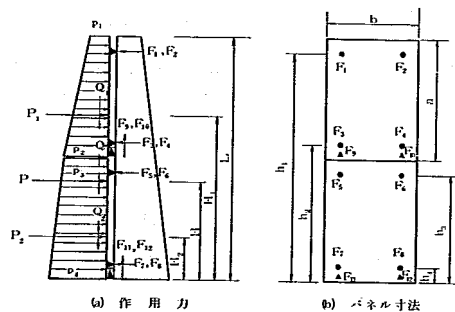


図-2.3 測定パネルに作用する土圧

◦荷重分布

$$P_1 = 2 P_1 (3H_1 - 4a) / a^2$$

$$P_2 = 2 P_1 (5a - 3H_1) / a^2$$

$$P_3 = 2 P_2 (3H_2 - a) / a^2$$

$$P_4 = 2 P_2 (2a - 3H_2) / a^2$$

◦土圧三要素

$$K = 2 \cdot P / \gamma_t \cdot L^2 \quad (\text{土圧係数})$$

$$\delta = \tan^{-1}(Q/P) \quad (\text{壁摩擦角})$$

$$d_H = H/L \quad (\text{相対作用位置})$$

(2) 壁体挙動データ

壁体の挙動は、前述の様に傾斜、滑動、沈下の3要素に分割される。このうち傾斜角 $d\varphi$ については、傾斜計によるデータが得られる。したがって前節に述べた様に、配置された移動計の測定結果から壁体の水平方向の滑動量と沈下量は以下の様に算定される。

壁体が図2-2(a)の様な $(dx, dy, d\varphi)$ の変位をする時、壁体中の2つの点①と②の x 座標、 y 座標の変位量 (dx_1, dy_1) 、 (dx_2, dy_2) は

$$\begin{cases} dx_1 = h_1 d\varphi + dx \\ dy_1 = dy \end{cases} \quad \begin{cases} dx_2 = h_2 d\varphi + dx \\ dy_2 = dy \end{cases}$$

次に壁体上の2点①、②において水平と θ_1 、 θ_2 の角をなす移動量測定ワイヤーの移動量 δ_1 、 δ_2 は

$$\begin{cases} \delta_1 = dx_1 \cos \theta_1 + dy_1 \sin \theta_1 \\ \delta_2 = dx_2 \cos \theta_2 + dy_2 \sin \theta_2 \end{cases}$$

したがって、 δ_1 、 δ_2 、 $d\varphi$ が傾斜計、移動計により得られるため、壁体の水平滑動量 dx 、沈下量 dy は上の6つの式より dx_1 、 dy_1 、 dx_2 、 dy_2 を消去して、以下の様に表わされる。

$$dx = \frac{\delta_1 \sin \theta_2 - \delta_2 \sin \theta_1 - d\varphi (h_1 \cos \theta_1 \cdot \sin \theta_2 - h_2 \cos \theta_2 \cdot \sin \theta_1)}{\cos \theta_1 \sin \theta_2 - \cos \theta_2 \sin \theta_1} \quad (\text{底部})$$

$$dy = \frac{\delta_1 \cos \theta_2 - \delta_2 \cos \theta_1 - d\varphi \cos \theta_1 \cos \theta_2 (h_1 - h_2)}{\sin \theta_1 \cos \theta_2 - \sin \theta_2 \cos \theta_1}$$

ここに、 h_1 、 h_2 移動計ワイヤー固定点①、②の底面からの高さ

θ_1 、 θ_2 " の水平とのなす角

δ_1 、 δ_2 移動計の測定値

$d\varphi$ 傾斜計の測定値

2-4 結果の検討

壁面土圧の実態を把握し、施工研究室で実施して来た室内大型擁壁実験結果と合わせて現行設計法の妥当性を検討すると言う本実験の目的に沿って、以下の項目を設定して実験結果の検討考察を進める。

- (1) 壁の変位と土圧の経時変化
 - 施工後の土圧と変位の時間的挙動
 - 降雨等による土圧の変化
- (2) 盛土の嵩上げや上載荷重による土圧の変化
 - 盛土の嵩上げによる土圧合力と作用位置の変化
 - 任意に設定した上載荷重による土圧の増加
- (3) 室内大型擁壁実験との比較
 - 本実験と類似した条件下での室内実験結果との比較
 - 嵩上げや降雨による影響度の比較
- (4) 現行設計法の妥当性検討
 - 同一条件での土圧の計算と土圧推定精度の検討
 - 滑動力、転倒モーメントの算定と擁壁安定性の検討

3. 実験結果（その1）

3-1 概要

本実験は、福島県会津坂下町字塔寺地内の、東北地方建設局郡山国道工事事務所管内、49号塔寺道路改良工事現場No.117の地点で東北技術事務所と共同で実施したものである。擁壁の延長は83mでこのうち10mのブロック（重力式擁壁、高さ5m）を試験区間とした。（図3-1、図3-2参照）周囲の地形は、片側が斜面で片側は農業用水のため池になっており、2月から8月までは擁壁前面に最高4mまで湛水される。擁壁背面の盛土は、昭和49年12月20日に擁壁の高さまで行ない、施工時およびその後の土圧の変化を測定した。試験区間のみは、その後昭和50年1月17日に1.4mの嵩上げ盛土を行ない、上載荷重による土圧の変化を追跡した。さらに上載荷重による土圧と変位の変化を詳細に検討する目的で、昭和50年9月より前年度の嵩上部分を除去し、再び嵩上げ盛土を施工した。

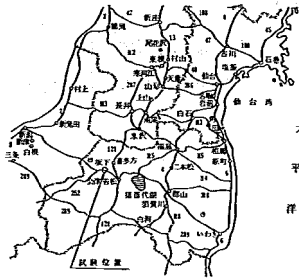


図-3.1 試験位置

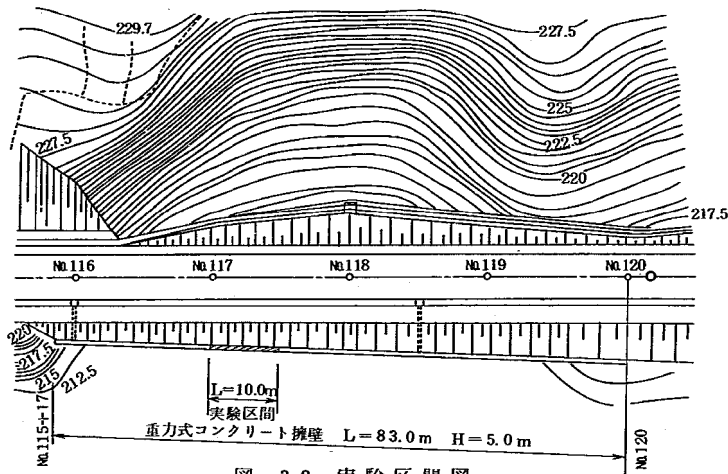


図-3.2 実験区間図

3-2 実験条件

(1) 擁壁および基礎

試験した擁壁は重力式のコンクリート擁壁で図3-3に示すように高さ5.0 m, 底板巾2.5 m, 天端巾35 cm で前面1:0.3の勾配があるもので, 建設省, 土木構造物標準設計図03-CG-11-K11-H5000-N030によるものである。また1ブロックの目地間隔は1.0 mで擁壁には排水孔がない。

擁壁の基礎は, 置換砕石上に厚さ30 cmの栗石を敷き, その上に厚さ10 cmの捨コンを打設したものである。(図3-3参照) これら栗石層および捨コンの巾はいずれも2.7 mである。一方擁壁基礎地盤は, 図3-4に示す様に表土が10~20 cmありその下層は玉石交りの砂礫層となっており, さらにその下部は不整面のやや風化した軟岩層である。以上の地盤のため現位置試験は行なわれなかった。

以下に, この擁壁の設計条件を記す。

- ・単位重量…… コンクリート 2.35 t/m^3
土砂 1.8 t/m^3
- ・許容応力…… コンクリート 40 kg/cm^2
- ・安全度…… 合力の作用点がフーチングの中央 $\frac{1}{3}$ にあること
滑動安全率 2以上
転倒安全率 1.5以上
- ・土圧計算…… テルツァギの計算図表(土質は①, 盛土勾配1:1.5を適用)
水平土圧係数 0.53
垂直 " 0.27

(2) 盛土材料

盛土および背面地山の形状は図3-4に示す通りである。盛土材料は, 擁壁天端の高さまでは真砂土を用いており, その一般物理試験(締固め試験, CBR, 一面せん断試験)現位置試験(RIによる密度及び含水量測定), K値試験等の項目について土質試験を行なった。その結果は付録1-(I)の図表に示すが, 土質分類SW, 比重2.71の真砂土であり, 突固め試験による最大乾燥密度 1.76 g/cm^3 , 最適含水比2.2%, 内部摩擦角(一面せん断試験) $\phi = 39^\circ$, 粘着力 $C = 0.15 \text{ kg/cm}^2$ であった。

(3) 盛土施工

盛立て施工は, 擁壁基礎から5 mの高さ(天端)まで仕上げ厚さ30 cmのまき出し厚で行なった。転圧機械は, 小松D20S(3.5 t級湿地用トラクターショベル, 接地圧 $\approx 0.18 \text{ kg/cm}^2$, キ

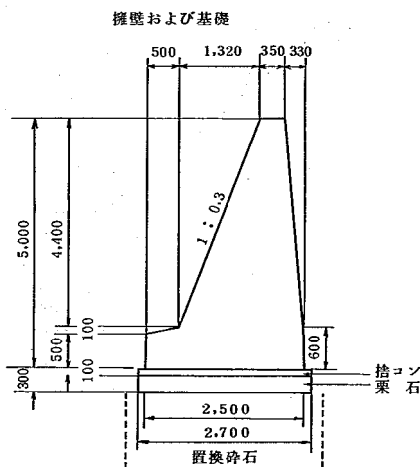


図-3.3 擁壁形状寸法

ャタビラー巾50 cm × 190 cm × 2)を使用し、一層ごとの転圧回数は8回とした。転圧方向は擁壁に平行に行なった。ただし基礎から1.5 m部分は転圧巾の不足のため人力で埋戻した。

また、盛土施工に伴って、締固め施工管理と土圧係数算定のための盛土密度測定を目的として、各層毎の湿潤密度と含水比の測定を行なった。測定は、R I計器(ラジオアイソトープを利用した透過型密度水分測定器)を用いて行ない、各まき出し厚毎(30 cm)に6点、1点につき2回の測定を行なった。R I計器による密度含水比の測定結果を付録1-(2)の表に示すが、盛土全体の平均と標準偏差は以下のとおりである。

湿潤密度 γ_t (g/cm^3) 1.30 ± 0.07

乾燥密度 γ_d (g/cm^3) 1.10 ± 0.06

含水比 w (%) 15.5 ± 0.8

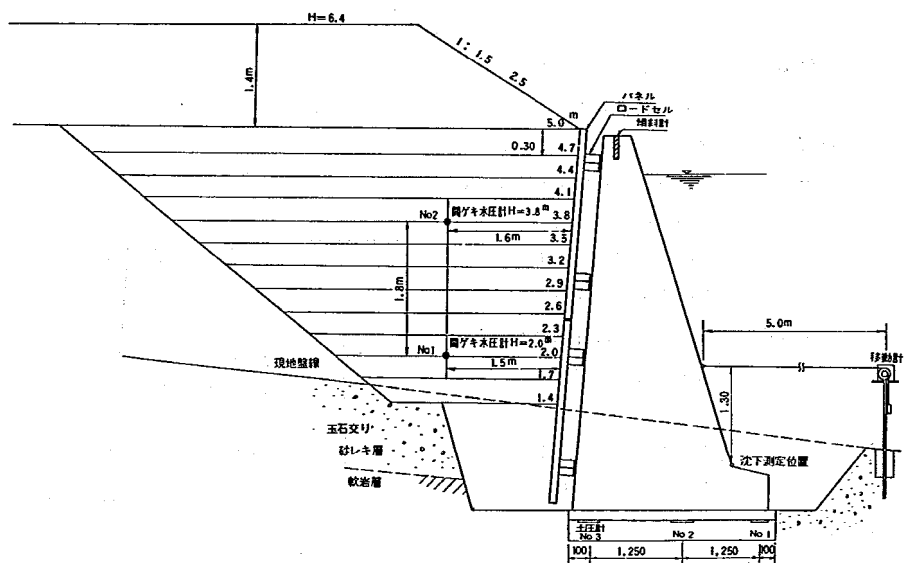


図-3.4 裏込盛土断面

3-3 計測器の設置

土圧測定実験に当初から用いた計測器は以下のものからなる。

- 壁面土圧測定のための荷重板（パネル）とロードセル
- 壁体の挙動測定のための傾斜計，移動計
- 壁体底部の分布を測定するための土圧計
- 地下水面測定のための間隙水圧計

なお50年度以後は盛土の沈下測定のための沈下計を設置した。これらの計器全体の設置の位置を図3-5に示す。また本実験に使用した測定計器の種類，数量，規格を以下に示す。

使用計器一覧

◦ 荷重計	{ 容量 5 t	8 ケ	差動トランス式	
	{ 容量 10 t	4 ケ	"	
◦ 土圧計	容量 5 kg/cm ²	3 ケ	"	(フラットジャッキ)
◦ 傾斜計	" ± 50'	1 ケ	"	
	" 2 kg/cm ²	2 ケ	"	
◦ 間隙水圧計	" 0.5 kg/cm ²	2 ケ	"	
◦ 沈下計	沈下板 ストローク	100 mm	4 ケ	摺動抵抗式
	ステンレスロット		6 本	
	鉄ロット		3 本	
	アンカー		1 ケ	
◦ 切替器	24 チャンネル		1 ケ	
◦ 移動計	防水製		1 ケ	
◦ 測定器	差動トランス式，摺動抵抗式兼用		1 ケ	

土圧測定パネルは図3-6に示す様に巾2 m，長さ2.5 mの鋼板を型鋼で補強した構造のものを上下2段に設置しており，左右にそれぞれ2枚のダミーパネルを測定パネルの表面とその周辺が平面になる様に並べた。

ロードセルはパネル上下端より40～50 cmの補剛材の交点に取りつけられておりその用途および規格は以下のとおりである。

- P_1, P_2, P_3, P_4 , 水平圧力 上段パネル 容量-5 t
- P_7, P_8, P_9, P_{10} , 水平圧力 下段パネル 容量-10 t
- P_5, P_6 , 壁面摩擦力 上段面 容量-5 t
- P_{11}, P_{12} , 壁面摩擦力 下段面 容量-5 t

No 117
GH=213.520
FH=218.028

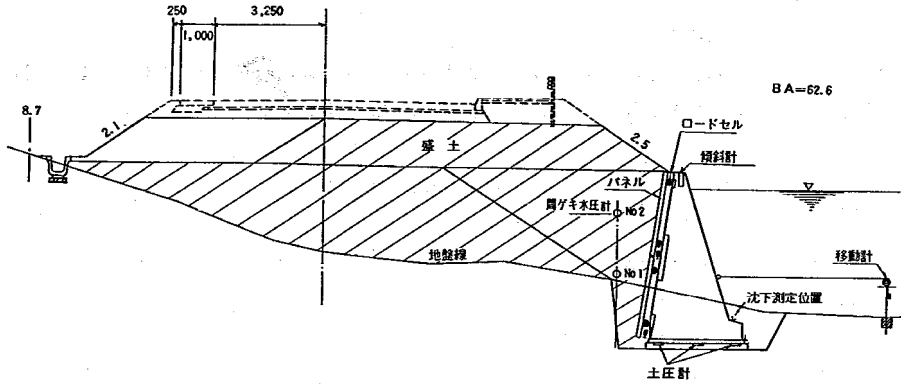


図-3.5 計器設置図

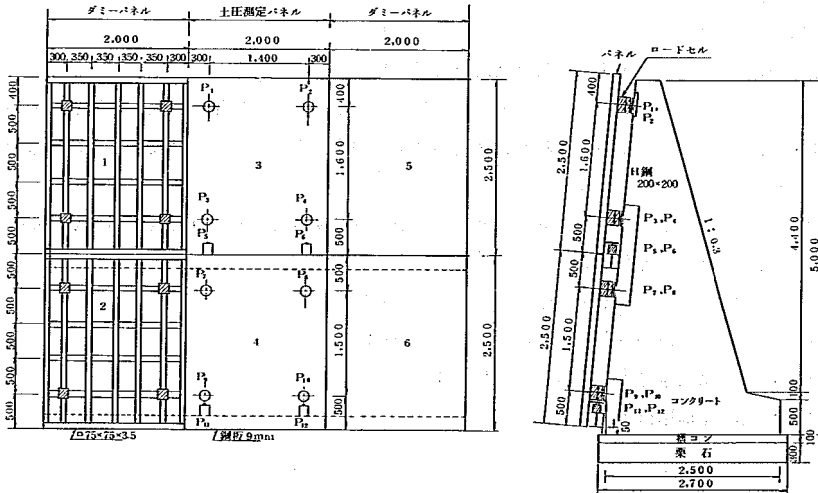


図-3.6 土圧測定パネルの設置

3-4 測定解析結果

本実験は、昭和49年12月に実施した。実験手順として先ず測定器の設置を行ない、その後、裏込材料の盛土、Ri計器による密度水分量測定、施工中の土圧と変位の測定等を行なった。その後の測定は、24時間毎に3回、半月毎に3回の割で行なったのち、毎月1回継続している。盛土は、先ず天端まで撤厚40cmで行ない、盛土の安定をみて1月中旬にさらに1.4mの嵩上げを行なった。本実験の実施工程や測定条件は付録1-(6)の表に示すとうりである。

ロードセルによる壁面土圧と壁摩擦力の測定結果を図-3.7および付録1-(3)の表に示す。この図より、嵩上げ盛土による土圧の増加が上部パネルに集中する傾向が見られる。また、下部パネルの土圧の減少は、盛土内部の水位の上昇等により土粒子が流出し、また土粒子が浮力を受けた結果生じたものと思われる。

ロードセルの各測定値から、壁全体に作用する水平土圧や壁摩擦力、作用位置等を算定し、さらにこれらを無次元化して土圧係数、壁摩擦係数、相対作用位置等を求めた。算定結果を表3-1にまたこのうち土圧合力、作用位置等を図-3.8に示す。これらの算定結果では、盛土水位が低く、嵩上盛土を行なう前の状態で、土圧係数は0.33~0.35、壁摩擦係数は0.60~0.62相対作用位置は0.44~0.49となっており、特に相対作用位置が通常の設計に用いられる値(0.333)を大きく上まわる傾向が見られる。この傾向は図-3.8においても顕著であり、壁面土圧が静水圧分布と異なり台形に近い分布を示しているものと考えられる。

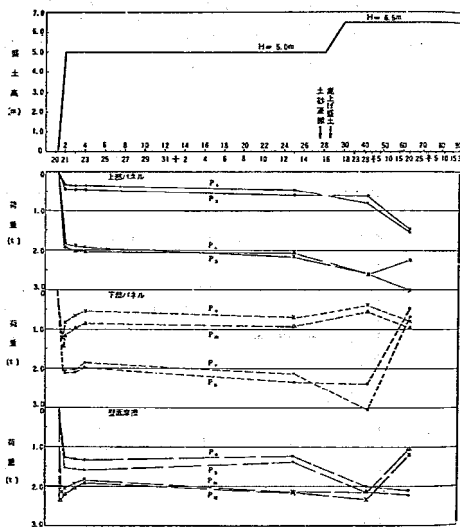


図-3.7 ロードセルの測定

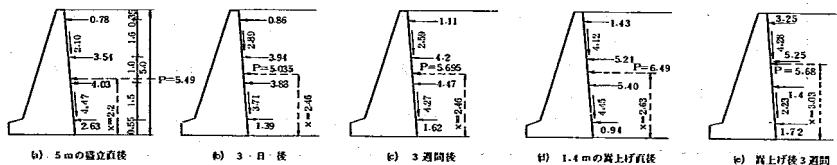


図-3.8 土圧合力と作用位置

移動計および傾斜計等による壁体挙動の測定は、計器の設置不良や積雪等のため若干のトラブルを生じ、十分信頼しうるデータを得るにはいたらなかった。測定結果を図-3.9および付録1-(4)の表に示す。水平移動量は、盛土開始から完了までで約0.7mmであった。傾斜角は6.4mの嵩上げをしたのち13日目(1/30)に設置したものを基準としており、設置後22日間で1'10"

傾斜した。沈下量は、趾の付根の部分で0.6 mm であった。

この間に擁壁の目地部分に特にくい違い等は見られず、大きな変位は生じなかったものと思われる。

盛土中の間隙水圧の測定結果と擁壁底面の土圧計の測定結果を付録1～(5)の表に示す。盛土中の間隙水圧は擁壁前面の沼の水位の上昇に伴って増加する傾向が見られる。なお2月20日現在の沼の水位は擁壁基礎から1.5 mであった。また、擁壁底面の土圧計は同一条件での計器設置が困難であり底面圧力を忠実に測定することはできなかった。

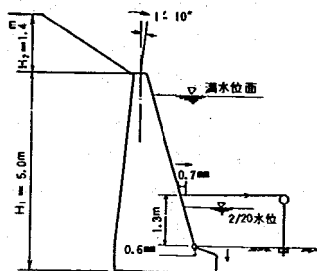


図-3.9 擁壁の変位

表3-1 土圧合力と土圧算定値

月 日		⑧ 12/20 H=5.0	⑩ 12/23 H=5.0	⑫ 1/13 H=5.0	⑬ 1/29 H=6.4	⑭ 2/20 H=6.4
上バネ部	水平圧力(t)	4.32	4.80	5.30	6.64	8.50
	壁摩擦係数(t)	2.10	2.89	2.59	4.12	4.28
下バネ部	水平圧力(t)	6.66	5.27	6.09	6.34	2.86
	壁摩擦係数(t)	4.47	3.71	4.27	4.45	2.23
単位巾当り	水平圧力(t/m)	5.49	5.35	5.70	6.49	5.68
	壁摩擦係数(t/m)	3.29	3.30	3.43	4.29	3.26
	作用位置(m)	2.20	2.46	2.46	2.63	3.03
土圧三要素	水平土圧係数	0.338	0.329	0.351	0.399	0.350
	壁摩擦係数	0.599	0.623	0.602	0.661	0.574
	相対作用位置	0.440	0.492	0.492	0.516	0.606
備 考		盛土直後	3日後	3週間後	嵩上げ直後	水深1.3m

4. 実験結果 (その2)

4-1 概要

本実験は、徳島県小松島市江田町、四国地方建設局徳島工事事務所管内国道55号、徳島南バイパス新勝浦川橋下部第2工事の現場内で四国技術事務所と共同で実施したものである。(図4-1参照)擁壁は重力式で高さ6m、巾10mのブロックを試験区間として用い、盛立は50年9月に擁壁天端まで行ない、壁面土圧、変位等の観測を行なった。また51年度に高さ3mの嵩上げを行なう予定である。

擁壁は、厚い砂礫層の上に設置され、前面の側は水田になっており、盛土の裏側は旧道路盛土の掘削地山面である。

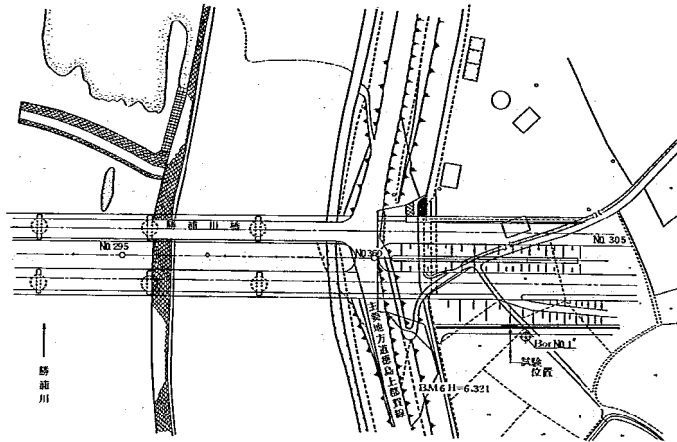


図-4.1 試験位置図

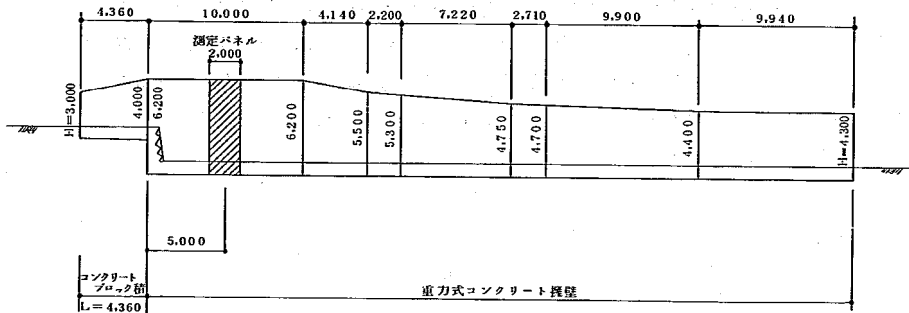


図-4.2 試験区間

4-2 実験条件

(1) 擁壁および基礎

実験を行なった擁壁は、コンクリート製の重力式であり、図-4.3に示すように高さ6.2 m、底版巾3.0 m、天端巾35 cmで、前面が1:0.4の勾配を有する。1ブロックの目地間隔は1.0 mで排水のための水抜孔をもつ。

擁壁の基礎は、表土を約1 m掘削して現われた礫まじり砂質層に厚さ30 cmに礫石を敷きつめたものである。

一方基礎地盤の地質は沖積層、海成作用によって堆積した粘性土層と勝浦川の流積作用による砂質土層で形成されたものである。標準貫入試験の試験地点は擁壁フーチング前端から0.20 mに位置し約1.08 m掘進した。その結果、地層とその土性は付録2-(1)のボーリング柱状図に示したが、その概要をまとめると次の通りである。

- ・表層 水田用土は工事のため掘削され、僅かに0.30 mの混じり粘土層が認められ、滞水(水深0.70 m)している。

中位のコンシステンシーを示している。(N≒5程度)

- ・堆積上部層 河川堆積物(粒径5~30 mmの礫)を主体に粗砂多く、少量のシルト混じる。それらの混在によって密度にバラツキが多い。

層厚7.10 m N=7~47(平均 $\bar{N}=14$)

- ・堆積下部層 海成堆積物を主体とし、有機物、貝殻片混じる。

細砂、微砂層(3.40 m) ゆるい 中位の密度($\bar{N}=12$)

(2) 盛土材料

盛土形状は図-4.4に示すとおりである。このうち昭和50年9月には擁壁天端までの盛立を行なったが、次いで51年度に2.7の嵩上げ盛土部と舗装部分の施工を行なう予定である。

盛土材料としては、天端の高さまでは碎石ダストを用いた。これは碎石を製造する際に生じる粒径5 mm以下の砂礫混合物である。一般物理試験および力学試験の結果は付録2-(2)の図表に示すが、以下に示す力学特性を有する礫混入シルト混り砂(土質分類ML₁)である。

- ・土粒子の比重 2.669
- ・最大乾燥密度 $1.913 \pm 0.021 \text{ g/cm}^3$
- ・最適含水比 $13.13 \pm 0.87 \%$
- ・三軸試験 $\phi = 33^\circ$ $C = 0.13 \text{ kg/cm}^2$
- ・一面せん断試験 $\phi = 45^\circ$ $C = 0.20 \text{ kg/cm}^2$

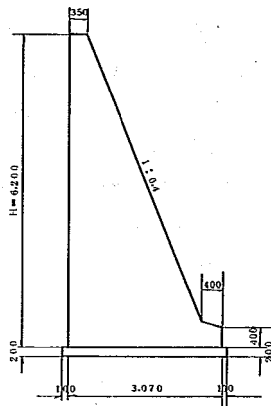


図-4.3 擁壁形状寸法

(3) 盛土施工

盛土施工は、盛土高さ1 mまでは地形の制約のため、まき出し厚約20 cmでソイルコンパクターを用いて行なった。1.5～2.5 mの盛土高さではトラクタショベルによるまき出し、締固めを行ない3.0～6.0 mでは湿地ブルによるまき出しとタイヤローラーによる締固めを行なった。なお、高さ1.0 m以上のまき出し厚は50 cmとし、壁体付近および地山周辺はソイルコンパクターによる締固めを行なった。これらの施工機械の主要諸元を以下に示す。

○ソイルコンパクター

重量 80 kg

振動板 60 cm × 42 cm

振動数 5800 cpm

○湿地ブルドーザ

形式 超湿地

重量 10.5 t

接地圧 0.19 kg/cm²

○トラクタショベル

重量 3.8 t

接地圧 0.38 kg/cm²

○タイヤローラー

形式 自走式

重量 15 t

また、盛土施工に並行して、盛土の品質管理と湿潤密度の把握を兼ね、RI密度水分計による各層毎の測定を実施した。測点数は各層毎3～6点とし、1点につき2回の測定を行なった。RI計器による盛土の密度、水分量の測定結果は付録2～(3)の表に示すが、盛土全体の平均と標準偏差は以下のとおりである。

○湿潤密度 γ_t (g/cm³) = 1.80 ± 0.07

○含水比 w (%) = 8.20 ± 1.11

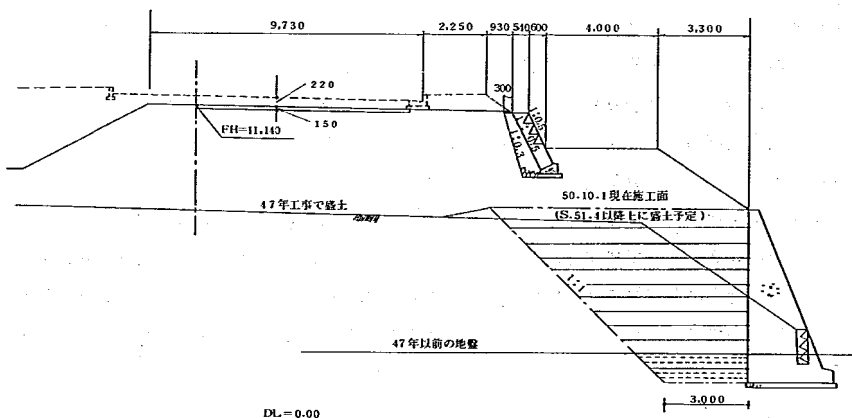


図-4.4 盛土形状

4-3 計測器の設置

本実験においては、壁面土圧、壁体の挙動、壁体底部の土圧変化、盛土の状態の変化等を測定する目的で、以下の様な計測器を設置した。

- 壁面土圧…………… 土圧測定パネルとロードセル
- 壁体挙動…………… 傾斜計、移動計
- 盛土状態…………… 土中土圧計、間隙水圧計、沈下計
- 壁体底面圧力 …… 土中土圧計

これらの計器全体の設置位置を図-4.5に示す。また本実験においては、盛立施工時、およびその後1定期間にわたり打点式自記記録器による連続測定を行なっており、1チャンネルにつき1時間50点のデータが得られた。この測定系統を図-4.6に示す。なお、使用した計器の種類数量、規格は以下のとおりである。

- 荷重計 { 容量 5 t 差動トランス式 8ヶ
 容量 10 t 差動トランス式 4ヶ
- 移動計 ストローク $\pm 25\text{ mm}$ 差動トランス式 2台
- 傾斜計 $\pm 50'$ 差動トランス式 2台
- 土圧計 (フラットジャッキ) 差動トランス式 6ヶ
- 間隙水圧計 (フラットジャッキ) 差動トランス式 1ヶ
- 沈下計 { 沈下板 ストローク 100 mm 摺動抵抗型 3ヶ
 ステンレスロッド $\phi 22\text{ mm} \times 1\text{ m}$ 5本
 スチールロッド $\phi 22\text{ mm} \times 1\text{ m}$ 5本
 アンカー $\phi 30\text{ mm} \times 20\text{ cm}$ 1ヶ
- 切替器 24 ch
- 測定器 差動トランス型 1台
- 土圧測定器 摺動抵抗型 1台
- 打点式自記記録器 24 ch 差動トランス 1台
- 測定器 DV型 差動トランス 1台

土圧測定パネルは図-4.7に示す様に、巾2 m、長さ3 mの鋼板(9 mm 厚)を角パイプ(辺長7.5 cm、肉厚3.2 mm)で補強した構造のものを上下2段に設置しており、両側にそれぞれ2枚のタミーパネルを表面が平面になる様に取り付けられ、その台座はロードセルが、左右均等に荷重を受けもつ様な調整ネジを有する。ロードセルの用途および規格は、実験その1と同様で以下のとおりである。

- $P_1 P_2 P_3 P_4$ 上段パネル水平圧力 5 t
- $P_5 P_6$ 上段パネル壁摩擦力 5 t
- $P_7 P_8 P_9 P_{10}$ 下段パネル水平圧力 10 t
- $P_{11} P_{12}$ 下段パネル壁摩擦力 5 t

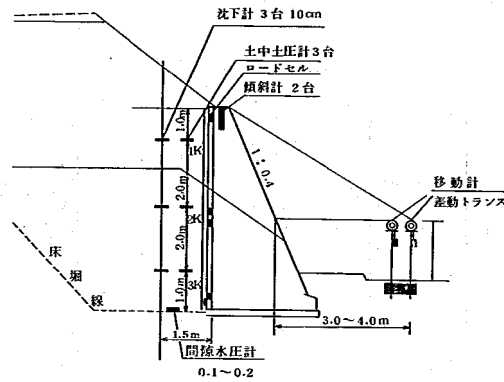


図-- 4.5 測定計器の設置

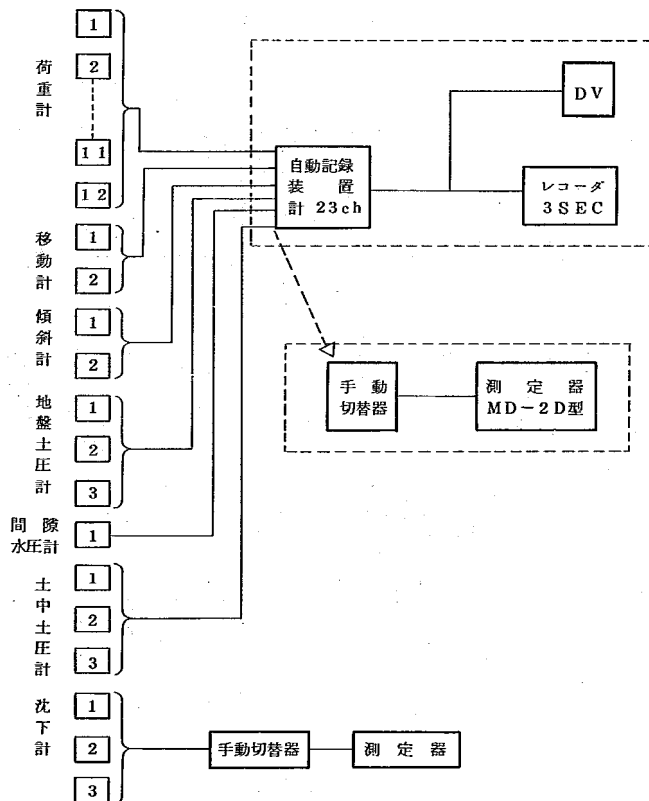


図- 4.6 現場擁壁実験測定系統

4-4 測定解析結果

本実験は、昭和50年9月8日に測定パネルの設置を始め、盛立もパネルの設置にあわせて上下2段にわけて擁壁天端の高さまで実施した。また、その間、移動計、傾斜計の設置、沈下計、土中土圧計、間隙水圧計等の埋設を行なった。さらに盛土の施工に並行して、R I 計器による密度水分量測定および施工時土圧と壁体挙動の測定を行なった。測定頻度は、施工中および施工後3週間は打点式自記記録器により連続的に、その後2ヶ月間は週に1度、その後は月に1度の割合で行なうものとした。

本実験における、盛立施工中から施工後3ヶ月間の全測定データを付録2-(4)の表に、また各データの測定日程と測定条件を付録2-(5)の表に示す。

ロードセル(荷重計)による測定結果から、上下2つの測定パネルに作用する水圧土圧力、壁摩擦力、荷重分布等を算定したものを表4-1に示す。このうち、水平土圧力、壁摩擦力の経時変化を、図-4.8に示す。

上部パネルに作用する水平土圧力は施工後減少し、一方下部パネルに作用する水平土圧力はしだいに増加する傾向を示している。これは、施工後、擁壁が変位するとともに盛土が沈下して落ちついてゆく過程に生じた変化と思われる。また、降雨後かなりの土圧の増加が見られるが1週間程でその影響は消えている。ただし、盛土は砂質土で排水性はきわめて大きなものである。

壁摩擦力は、施工後しだいに増加する傾向がある。これは、盛土の沈下によるものと考えられるが、特に下部パネルにおいてその傾向が著しい。

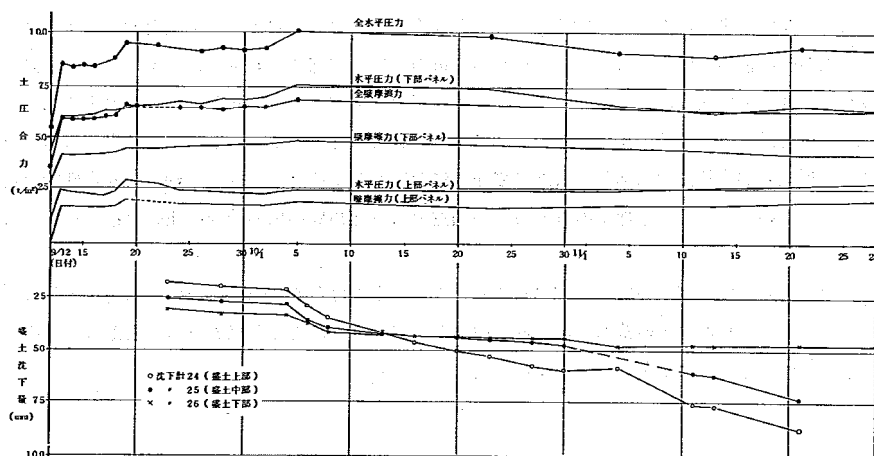


図-4.8 壁面土圧の経時変化

図-4.9は測定パネルに作用する土圧が直線的に変化すると仮定して算定した土圧分布を示す。この仮定はかなり無理なものであるが、図より一応の傾向を見ることができる。この図より施工直後の水平土圧力は上部パネルにかなり作用しているが、しだいに下部パネルの土圧が増加し、3週間後には静水圧分布に近いものに落ちついていると思われる。

また、擁壁の単位巾(1 m)当りに作用する水平土圧合力、壁摩擦力、作用位置や、これらを無次元化した水平土圧係数 KH 、壁摩擦係数 $\tan\delta$ 、相対作用位置(d/CH)を表4-2に示す。このうち、 KH 、 $\tan\delta$ 、(d/CH)の経時変化を図

4.10に示す。水平土圧係数は大体0.26~0.28で東北における現場実験の結果(3・4節参照)よりかなり小さくなっている。また壁摩擦係数は大体0.68~0.71で角度で示すと $\delta=35^\circ$ 前後の値となる。

土圧合力の作用位置については、本実験では、これまでの現場実験や施工研究室における室内大型擁壁実験の結果よりも低く、静水圧分布にやや近い値となっている。相対作用位置は0.33~0.36の間を変動しているが、降雨直後等にはかなり高い位置となっている。

壁体の挙動に関しては、傾斜計と移動計による測定結果から算定した傾斜角、水平移動量、沈下量を表4-3に示す。このうち、壁の頂部および底部の水平移動量および沈下量を図-4.11に示す。施工中の壁体の変位は、盛立高さ3 mから6 mの間に、頂部で2.5 mm、底部で0.8 mmの水平移動と2.3 mmの沈下が測定された。その後約3週間で頂部6 mm、底部3 mmの水平移動を生じ落ちつきを見せたが、その後何らかの影響により(おそらく工事中的の車輛や降雨によるものと思われる)更に増加する傾向にある。また擁壁底部に設置した土圧計は、壁の挙動により定性的な変動を生じてはいるが、同一条件での計器設置が困難であるため底面圧力分布の正確な把握をすることはできなかった。

盛土中の間隙水圧の測定値は、全期間を通じて大きな変動はなく、降雨の後でも顕著な上昇は見られなかった。これは盛土の排水性が良好で地形が平坦なことによるとと思われる。また、盛土中の土圧計についても大きな変動は見られなかった。

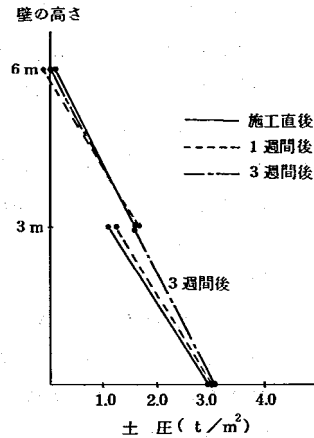


図-4.9 土圧分布

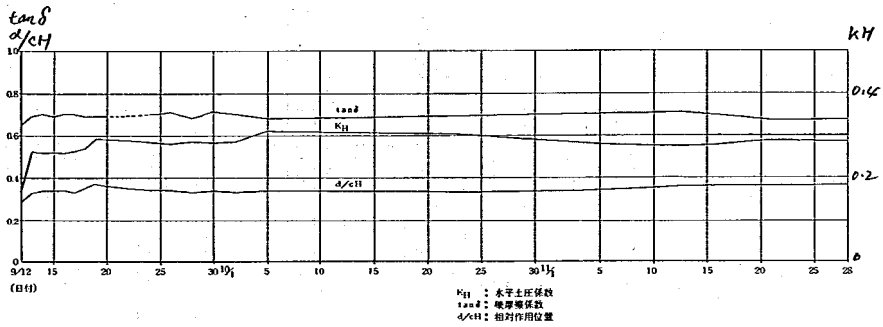


図-4.10 土圧三要素

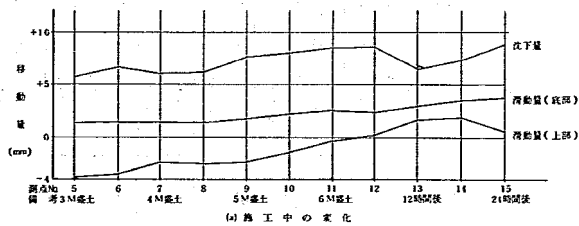
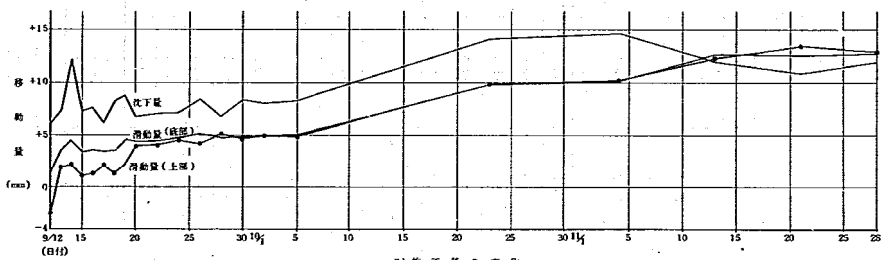


図-4.11 壁体の挙動

表 4-1 測定パネルに作用する土圧 (I)

測定 点	水 平 圧 力 (t)		縦 摩 擦 力 (t)		作 用 位 置 (m)		荷 重 強 度 (t/m)				備 考
	上部パネル	下部パネル	上部パネル	下部パネル	上部パネル	下部パネル	上部上端	上部下端	下部上端	下部下端	
1		(-0.120)				0.87			(0.010)	(-0.091)	2 m 盛立
2		(0)		(0)		(0)			(0)	(0)	
3		1.368		0.701		0.66			-0.310	1.222	
4		1.641		1.154		0.86			-0.164	1.258	
5	0.002	2.503	0.002	1.377	3.49	1.13	-0.001	0.002	0.142	1.452	
6	0.267	3.008	0.068	1.827	3.52	1.20	-0.085	0.263	0.401	1.604	3.5 m
7	0.341	3.543	0.193	2.426	4.00	1.26	0	0.227	0.614	1.748	4.0 m
8	1.114	4.361	0.603	2.953	3.67	1.27	-0.245	0.987	0.785	2.122	4.5 m
9	1.553	5.219	0.905	3.371	3.55	1.32	-0.466	1.501	1.113	2.366	5.0 m
10	2.130	6.013	1.263	3.932	3.75	1.29	-0.355	1.775	1.162	2.846	5.5 m
11	2.509	6.031	1.723	4.130	4.05	1.27	-0.083	1.589	1.085	2.935	6 m 盛立直後 /日後
12	2.524	6.065	1.731	4.123	4.03	1.28	0.050	1.632	1.132	2.911	
13	2.475	6.105	1.715	4.144	3.99	1.28	-0.016	1.666	1.139	2.930	
14	2.514	5.991	1.717	4.170	3.59	1.27	-0.687	2.363	1.078	2.916	
15	2.458	5.782	1.738	4.060	4.10	1.26	0.163	1.475	1.002	2.852	
16	2.390	5.934	1.710	4.097	4.01	1.27	0.015	1.577	1.068	2.888	
17	2.372	6.088	1.710	4.128	3.99	1.28	-0.015	1.581	1.136	2.922	
18	2.390	5.964	1.699	4.149	4.02	1.27	0.031	1.561	1.073	2.902	
19	2.370	5.952	1.732	4.086	4.01	1.27	0.015	1.564	1.071	2.896	
20	2.304	6.089	1.705	4.131	3.93	1.28	-0.107	1.644	1.136	2.922	
21	2.323	6.106	1.692	4.139	3.94	1.28	-0.139	1.642	1.139	2.931	
22	2.379	6.044	1.686	4.165	3.96	1.28	-0.063	1.649	1.128	2.901	
23	2.315	6.157	1.697	4.144	3.94	1.28	-0.092	1.636	1.149	2.955	
24	2.300	6.067	1.681	4.204	3.97	1.28	-0.046	1.579	1.132	2.912	
25	2.302	6.095	1.694	4.144	3.74	1.28	-0.087	1.626	1.137	2.925	

表4-1 測定パネルに作用する土圧 (2)

測定 点	水 平 圧 力 (t)		壁 摩 擦 力 (t)		作 用 位 置 (m)		荷 重 強 度 (t/m ²)				備 考
	上部パネル	下部パネル	上部パネル	下部パネル	上部パネル	下部パネル	上部上端	上部下端	下部上端	下部下端	
26	2.255	6.266	1.740	4.225	3.90	1.29	-0.150	1.654	1.211	2.966	一週間後 降雨直後
27	2.471	6.265	1.749	4.293	4.08	1.31	0.131	1.516	1.294	2.881	
28	3.010	6.433	2.067	4.453	4.12	1.32	0.240	1.766	1.372	2.916	
29	2.893	6.524	2.012	4.455	4.01	1.32	0.019	1.909	1.391	2.957	
30	2.818	6.524	2.002	4.432	3.98	1.32	-0.037	1.916	1.391	2.957	
31	2.797	6.554		4.442	3.98	1.33	-0.037	1.902	1.441	2.927	
32	2.632	6.581	1.908	4.500	3.95	1.32	-0.087	1.842	1.404	2.983	
33	2.458	6.742	1.863	4.568	3.93	1.33	-0.114	1.753	1.483	3.011	
34	2.454	6.639	1.832	4.586	3.98	1.32	-0.032	1.669	1.416	3.009	
35	2.460	6.604	1.840	4.581	3.98	1.32	-0.032	1.673	1.409	2.994	
36	2.455	6.764	1.835	4.657	3.92	1.33	-0.130	1.767	1.443	3.021	
37	2.404	6.843	1.832	4.581	3.87	1.34	-0.208	1.811	1.551	3.010	
38	2.329	6.917	1.822	4.612	3.84	1.35	-0.248	1.803	1.614	2.997	
39	2.344	6.815	1.788	4.675	3.96	1.34	-0.062	1.625	1.544	2.998	
40	2.357	6.637	1.783	4.683	4.00	1.32	0	1.571	1.415	3.008	
41	2.318	6.916	1.793	4.652	3.90	1.34	-0.154	1.700	1.567	3.043	盛立3週間後
42	2.353	6.828	1.773	4.688	3.95	1.33	-0.078	1.647	1.502	3.050	
43	2.379	6.711	1.769	4.686	3.98	1.32	-0.031	1.617	1.431	3.042	
44	2.526	7.535	1.944	4.864	3.94	1.36	-0.101	1.785	1.808	3.215	
45	2.512	7.645	1.950	4.934	3.96	1.37	-0.067	1.742	1.885	3.211	
50	2.454	7.344	1.710		4.00	1.29	0	1.636	1.419	3.476	盛立6週間後
53	2.521	6.541	1.865		3.96	1.29	-0.067	1.747	1.264	3.096	
55	2.683	6.185	1.869	4.398	4.02	1.33	0.035	1.753	1.360	2.763	
56	2.767	6.558	2.013	4.264	4.01	1.36	0.018	1.826	1.573	2.798	
57	2.911	6.323	2.057	4.248	4.04	1.34	0.077	1.863	1.433	2.782	

表 4-2 土圧合力と土圧係数

測点高	全 土 圧			土 圧 三 要 素			壁 体 安 定		備 考
	水平圧力	壁摩擦力	作用位置	土圧係数	壁摩擦係数	相対作用位置	転倒モーメント	滑動力	
5	2506	1579	1.13	0.077	0.55	0.19	2832	2506	3.0m盛立
6	3275	1895	1.39	0.101	0.58	0.23	4552	3275	3.5m "
7	3885	2420	1.15	0.120	0.67	0.19	4468	3885	4.0m "
8	5475	3556	1.76	0.169	0.65	0.29	9636	5475	4.5m "
9	6773	4277	1.83	0.209	0.63	0.31	12395	6773	5.0m "
10	8144	5195	1.93	0.251	0.64	0.32	15718	8144	5.5m "
11	8540	5853	2.09	0.263	0.69	0.35	17849	8540	6m盛立完了
12	8589	5854	2.09	0.265	0.68	0.35	17952	8589	盛立翌日
13	8580	5859	2.06	0.265	0.68	0.34	17676	8580	
14	8505	5888	1.96	0.262	0.69	0.33	16671	8505	
15	8240	5799	2.11	0.254	0.70	0.35	17388	8240	
16	8325	5807	2.06	0.257	0.70	0.34	17149	8325	
17	8460	5838	2.04	0.261	0.69	0.34	17259	8460	
18	8355	5849	2.06	0.258	0.70	0.34	17211	8355	
19	8323	5819	2.05	0.257	0.70	0.34	17063	8323	
20	8394	5836	2.01	0.259	0.70	0.34	16872	8394	
21	8430	5831	2.01	0.260	0.69	0.34	16944	8430	
22	8423	5852	2.04	0.260	0.69	0.34	17184	8423	
23	8472	5841	2.01	0.261	0.69	0.34	17030	8472	
24	8367	5885	2.02	0.258	0.70	0.34	16902	8367	
25	8397	5838	2.01	0.259	0.70	0.34	16878	8397	
26	8522	5930	1.98	0.263	0.70	0.33	16874	8522	
27	8736	6042	2.09	0.270	0.69	0.35	18260	8736	盛立1週間後
28	9444	6520	2.21	0.291	0.69	0.37	20871	9444	
29	9418	6468	2.15	0.291	0.69	0.36	20249	9418	
30	9342	6454	2.12	0.288	0.69	0.35	19806	9342	
31	9351	6640	2.12	0.288	0.60	0.35	19824	9351	
32	9214	6408	2.07	0.284	0.70	0.35	19073	9214	
33	9200	6432	2.02	0.284	0.70	0.34	18584	9200	
34	9094	6419	2.04	0.281	0.71	0.34	18552	9094	
35	9065	6422	2.04	0.280	0.71	0.34	18492	9065	
36	9219	6493	2.02	0.284	0.71	0.34	18624	9219	
37	9247	6314	2.00	0.285	0.68	0.33	18495	9247	
38	9246	6435	1.98	0.285	0.70	0.33	18308	9246	
39	9160	6464	2.01	0.283	0.71	0.34	18412	9160	
40	8995	6466	2.01	0.278	0.72	0.34	18170	8995	
41	9234	6446	1.98	0.285	0.70	0.33	18284	9234	盛立3週間後
42	9182	6461	2.00	0.283	0.70	0.33	18364	9182	
43	9090	6456	2.02	0.280	0.60	0.34	18363	9090	
44	10062	6808	2.01	0.310	0.68	0.34	20225	10062	
45	10158	6885	2.01	0.313	0.68	0.34	20417	10158	
50	9799		1.97	0.302		0.33	19305	9799	
53	9062		2.03	0.280		0.34	18395	9062	
55	8869	6268	2.14	0.274	0.71	0.36	18981	8869	
56	9325	6278	2.15	0.288	0.67	0.36	20050	9325	盛立6週間後
57	9234	6306	2.19	0.285	0.68	0.37	20223	9234	

表4-3 壁体の挙動

測定点	傾斜角(分)	水平移動量(mm)		沈下量(mm)	備 考	測定点	傾斜角(分)	水平移動量(mm)		沈下量(mm)	備 考
		底 部	頂 部					底 部	頂 部		
1	0				擁壁建設直後下部パネル設置	26	-0.70	3.41	2.18	6.12	盛立後1週間
2	-1.98					27	-1.25	3.50	1.32	8.15	
3	-3.15					28	-1.40	4.56	2.12	8.75	
4	-2.25					29	-0.20	4.29	3.94	6.67	降雨直後
5	-3.01	1.31	-3.94	5.62	2.0m盛立 3.0m盛立	30	-0.10	4.20	4.02	6.29	
6	-2.85	1.39	-3.58	6.59	4.0m盛立 5.0m盛立	31	-0.20	4.39	4.04	6.95	
7	-2.15	1.39	-2.36	5.90		32	0	4.25	4.25	6.83	
8	-2.25	1.39	-2.49	6.08		33	-0.10	4.69	4.52	7.06	
9	-2.30	1.65	-2.36	7.61		34	-0.40	4.87	4.18	7.64	
10	-2.05	2.14	-1.45	7.94		35	-0.51	5.08	4.13	8.39	
11	-1.65	2.52	-0.36	8.43	6.0m盛立完了 盛立翌日	36	-0.05	4.82	4.73	7.53	
12	-1.20	2.32	0.23	8.47		37	+0.25	4.69	5.13	6.71	
13	-0.70	2.91	1.68	6.40		38	+0.45	4.55	5.34	7.02	
14	-1.25	3.50	1.87	7.28		39	-0.10	4.79	4.62	8.30	
15	-1.80	3.68	0.55	8.81		40	-0.55	4.99	4.03	8.15	
16	-1.10	3.18	1.69	7.25		41	+0.10	4.76	4.95	7.94	盛立後3週間
17	-0.90	2.50	1.62	6.74		42	-0.05	4.82	4.74	8.40	
18						43	-0.45	4.95	4.16	8.96	
19	-1.50	3.40	0.79	8.11		44	+0.05	4.78	4.87	8.22	
20	-1.05	3.56	1.73	6.68		45	-0.05	4.97	4.88	8.71	
21	-0.90	3.09	0.52	6.36		50	0	9.80	9.80	14.07	盛立後6週間
22	-1.35	3.39	1.03	7.20		53	+0.10	10.06	10.23	14.59	
23	-0.70	3.26	2.03	5.55		55	-0.20	12.64	12.29	11.99	
24	-1.30	3.57	1.30	7.56		56	-0.55	12.56	13.52	10.84	
25	-1.05	3.56	1.73	6.94		57	+0.10	12.76	12.93	11.95	

5. 考 察

(1) 実験結果の比較

実験その1(郡山)は、比較的急な斜面が擁壁に接近している現場で、前面は農業用水のため池で季節により水位が変動すると言う特殊な条件のもとで実施した。一方、実験その2(徳島)は平坦で盛土巾の広い一般的な現場で実施した。この擁壁設置条件の違いから、これら2つの実験結果には、かなり異なった傾向が見られた。実験条件の概要を表5-1に比較する。

各々の実験における測定結果については、既に3-4節および4-4節にその概要を述べたが、一般的な条件のもとで実施した実験その2における土圧の経時変化は以下のとおりである。

- ① 水平土圧力は施工後しだいに増加する傾向にあるが、特に下部パネルの増加が著しい。これは盛土が沈下してゆく過程に生じたもので、長期間ののち一定値(一定の巾)に落ちつくものと思われる。
- ② 壁摩擦力の施工後の増加はかなり著しい。これも盛土の沈下により測定パネルが下方に押し下げられる結果であり、盛土の落ちつきとともに増加はとまるものと思われる。
- ③ 土圧合力の作用位置は次第に下降する傾向を示し、降雨期間中を除けば、壁高の約 $\frac{1}{3}$ で静水圧分布に近い分布形状かと思われる。ただし、盛立後3ヶ月において、盛土上部は約90mm沈下しており(5ヶ月後には約200mm)土圧の作用高さの減少分を換算すると、土圧の作用位置はやや上昇する。

表5-1 実験条件の比較

実験条件	実験 その1	実験 その2
擁壁形式	○重力式コンクリート擁壁、高さ5m。	○重力式コンクリート擁壁、高さ6.2m、土圧測定部6.0m。
地形・地下水	○地山面が、擁壁に接近し、特に底部では、裏込部分の巾はかなり狭い。 ○擁壁前面が農業用水池であり、季節によっては天端から1mの高さまで水位が上昇する。	○裏込部分を十分に開削しており、背面地山の影響は問題ないと思われる。 ○前面は水田であるが、満水状態でも水位は測定パネルの底部に達しない。
地盤条件	○軟岩上に、置換碎石と栗石の層をしきならしたものの。	○砂礫層(N=10)上に置換碎石と栗石の層をしきならしたものの。
盛土材料	○真砂土(土質分類SW) ○一面センダン試験 $\phi=39^\circ$ $C=0.15\text{ kg/cm}^2$	○碎石ダスト(粒径5mm以下の砂礫混合物)、土質分類ML ○一面センダン試験 $\phi=45^\circ$ $C=0.20\text{ kg/cm}^2$ ○3軸試験 $\phi=33^\circ$ $C=0.13\text{ kg/cm}^2$
盛土施工法	○3.5t級湿地用トラクタショベル、接地圧 0.18 kg/cm^2 にて30cmまき出し8回転圧、ただし底部1.5mは人力埋戻し。 ○湿潤密度 1.30 g/cm^3 含水比15.5%	○高さ1mまでは20cmまき出し、ソイルコンパクター締固め。 ○それ以後は3.5t級トラクタショベルと15t級タイヤローラによる50cmまき出し、6回転圧。 ○湿潤密度 1.80 g/cm^3 含水比8.2%

一方実験その1においては、施工直後に下部パネルのロードセルの測定値がすべて減少する傾向にあり、このため施工後の土圧合力や壁摩擦力の経時変化に特異な傾向が現われ、土圧の作用位置がきわめて高い（壁高の0.44～0.50）ものとなった。その後、壁前面の用水池の水位の低い期間、実験その2と同様に水平土圧力・壁摩擦力とともに増加しているが、水位の上昇により再び急激な変化が始まっている。これらの土圧測定値の変動は、以下の原因が複合して生じたものと思われる。

- ① 底部付近の締固め不足（地山面が接近して重機の進入不可）や、パネルのすき間からの砂の流出による壁付近の盛土のゆるみ。
- ② 盛土水位の上昇による測定値の減少（測定パネルでは水圧の測定は出来ず、浮力分だけ土圧が減少すると考えられる。）
- ③ 盛土内の水位の変動に伴う盛土の沈下や砂の流出。

(2) 施工時の土圧

盛土の施工時には転圧機械による圧縮力が加えられるが、その一部が施工後も残留する可能性があるため、施工中および施工直後における壁面土圧の性状は、擁壁および盛土が安定状態に達したものと異なった様相を示すと考えられる。2つの現場実験における盛土施工中の壁面土圧の性状を表5-2および表5-3に示す。

盛土高が低い場合には、水平土圧力や壁摩擦力が小さく、作用位置も低いことは言うまでもない。しかしながら、これを測定時点での盛土高さに換算すると、土圧係数および相対作用位置は、いづれも、盛立完了時の値を越えている。室内擁壁実験においてもこれと類似した傾向が見られた。したがって、施工時の土圧に対する締固め施工の影響は以下の様に考えられる。

- ① 施工初期の盛土が低い状態では、盛土自体の土圧に対する転圧機械の残留圧縮力の占める割合が大きいため、土圧係数は大きく、作用位置が高くなっている。
- ② 盛土が高くなるに従って、盛土自体の土圧が支配的となり、また壁体の変位等も生じるため、土圧係数は低減し、作用位置もさがり、施工中の土圧や転倒モーメントが施工後のものを上回る程ではない。
- ③ 施工後もこの傾向は若干残るが、砂質土で行なった限りでは、比較的短期間で設計上問題となる程の大きさではない。ただし、粘性を有する盛土や壁高の低い場合、さらに擁壁の変位が制約を受ける場合には、この影響はさらに大きくなると考えられる。

表 5 - 2 施工中の土圧の変化（現場実験その 1）

測点 NO	盛土高さ m	水平土圧力 t/m	壁摩擦 力 t/m	作用位置 m	水平土圧係数	壁摩擦係数	相対作用位置
①	1.4	1.07	0.87	0.94	0.07(0.84)	0.81	0.19(0.67)
②	2.0	1.15	0.66	0.78	0.07(0.44)	0.57	0.16(0.39)
③	2.6	1.90	0.96	1.16	0.12(0.43)	0.51	0.23(0.45)
④	2.9	2.52	1.23	1.47	0.16(0.46)	0.49	0.29(0.51)
⑤	3.5	2.97	1.68	1.55	0.18(0.37)	0.57	0.31(0.44)
⑥	4.1	4.10	2.23	1.85	0.25(0.38)	0.54	0.37(0.45)
⑦	4.4	4.88	2.67	2.02	0.30(0.39)	0.55	0.40(0.46)
⑧	5.0	5.49	3.29	2.22	0.34(0.34)	0.60	0.44(0.44)

※（ ）内は盛土高さに換算した値である。

表 5 - 3 施工中の土圧の変化（現場実験その 2）

測点 NO	盛土高さ m	水平土圧力 t/m	壁摩擦 力 t/m	作用位置 m	水平土圧係数	壁摩擦係数	相対作用位置
③	2.0	1.368	0.701	0.66 m	0.04(0.38)	0.51	0.11(0.33)
④	2.5	1.641	1.154	0.85	0.05(0.29)	0.70	0.14(0.34)
⑤	3.0	2.506	1.379	1.13	0.08(0.31)	0.55	0.19(0.38)
⑥	3.5	3.275	1.895	1.39	0.10(0.30)	0.58	0.23(0.40)
⑦	4.0	3.885	2.620	1.15	0.12(0.27)	0.67	0.19(0.29)
⑧	4.5	5.475	3.556	1.76	0.17(0.30)	0.65	0.29(0.39)
⑨	5.0	6.773	4.277	1.83	0.21(0.30)	0.63	0.31(0.37)
⑩	5.5	8.144	5.195	1.93	0.25(0.30)	0.64	0.32(0.35)
⑪	6.0	8.540	5.853	2.09	0.26(0.26)	0.69	0.35(0.35)

※（ ）内はその時の盛土高に換算した値

(3) 締固めの程度と土圧

盛立施工時の締固めが不十分であると、盛土の密度は減少するにもかかわらず、壁面の土圧は増加する傾向が室内大型擁壁実験において見られた。これは盛土の強度が減少し自立能力が低下することによると思われるが、土圧係数に換算するとかなりの増加になる。

本報告に示す2つの現場実験では、地形上の制約や締固め機械の相違から締固めの程度にかなり差があると思われる。現場実験および室内大型実験の結果を締固めの程度と比較したものを表5-4に示す。この表において、室内実験では不十分な締固めとして入力による足締めを行なったためかなり極端な差が出ており、土圧係数は十分な締固めを行なったものに対して2倍近くの値となっている。現場実験その1では、地形上の制約から締固めに小型のトラクタショベルを用い底部付近は入力によるなど十分な締固めを行なったとは言えない。一方、現場実験その2では、小型トラクタショベルと15t級のタイヤローラの組合せにより良好な締固めを行なった。そのため、室内擁壁実験ほど極端ではないが、締固めの程度による土圧係数の有意な差が現われている。

表5-4 締固めの程度による土圧の変化

実験番号	現 場 実 験		室 内 実 験			
	その 1	その 2	NO. 6	NO. 15	NO. 16	NO. 20
土 圧 係 数	0.39~0.41	0.32~0.34	0.18~0.19	0.16~0.17	0.20~0.21	0.40~0.42
壁摩擦係数	0.60~0.62	0.68~0.70	0.51~0.55	0.42~0.44	0.43	0.43
相対作用位置	0.44~0.49	0.33~0.37	0.41~0.42	0.37~0.36	0.46	0.42
締固めの程度 $\gamma_t(\text{g/cm}^3)$ $w(\%)$	粗な締固め $\gamma_t=1.30$ $w=15.5$	密な締固め $\gamma_t=1.80$ $w=8.2$	密な締固め $\gamma_t=1.95$ $w=5.5$	密な締固め $\gamma_t=1.93$ $w=5.8$	密な締固め $\gamma_t=1.97$ $w=6.1$	粗な締固め $\gamma_t=1.61$ $w=6.5$
備 考	壁 高 5 m 嵩上げ前まで	壁 高 6 mm	壁 高 6 m 盛立後まもなく の静止状態で測 定	壁 高 6 m 背面に地山面接 近。 盛立後まもなく の静止状態で測 定	壁 高 5 m 嵩上げ前の静止 状態	壁 高 5 m 嵩上げ前の静止 状態

(4) 降雨による土圧の増加

降雨時における壁面土圧は、常時に比較してかなり増加すると考えられるが、その原因としては以下のものが挙げられる。

- ① 盛土の密度の増加と浸透圧
- ② 盛土が流動性を帯びることによる自立能力の低下(φの減少)
- ③ 盛土内部の水圧の増加(水位上昇)

このうち、②によるものは擁壁背後の盛土の嵩上げが高い場合に、③によるものは地下水の流出する斜面や沢部に設置される擁壁において特に重要なものであり、平坦な地形上で良好な盛土材料を用い排水処理を行なった場合には、①によるものが支配的と考えられる。

施工研究室において実施してきた室内大型擁壁実験において、降雨装置を用いて数ケースの実験を行ない、良好な排水性のもとでの降雨による土圧の変化を検討したが、その増加は大きなものではなかった。

現場実験(その2)において、盛土完了の1週間後に60mm/30分の降雨があり、その後の土圧と変位を連続的に測定した。現場は平坦な地形であり、盛土材料は少量のシルト分を含んだ礫混り砂のため排水性はきわめて良好である。ロードセルの測定結果から算定した上下の土圧測定パネルに作用する水平土圧力と壁摩擦力の変化を図-5.1に示す。これらの測定値および現場の観察結果から降雨の土圧への影響について以下の傾向が見られた。

降雨による影響は先ず上部パネルに現われ、翌日にはピークに達し、その後減少して1週間後には降雨前の状態にもどる。上部パネルにおけるピーク時の増加は、水平土圧力で33%、壁摩擦力で22%である。

下部パネルの変化は上部パネルに比べ遅くゆるやかであり、2~3日で増加はとまるが、1週間程度では殆んど減少しない。下部パネルに作用する土圧の降雨による増加分は水平土圧力、壁摩擦力ともに8~9%である。

全土圧合力は上部パネルの変化のため翌日にピークを生じてしだいに減少するが、下部パネルのため、降雨前の状態まで回復はしていない。ピーク時における増加率は水平土圧力、壁摩擦力ともに10%程度である。

施工直後であったため盛土の沈下は続いていたが、降雨によって沈下が促進されたと思われる。また、擁壁底部に設置した間隙水圧計は、降雨の2日後に約0.02 kg/cm²の増加を見せたが、これは地下水位にして20cmの増加にすぎない。

以上のことから、本実験における盛土の排水性はきわめて良好で、間隙水圧の増加も殆んど見られず、降雨中および降雨後まもなくの土圧の増加は、主として①盛土の密度の増加等によるものと考えられる。また、下部パネルにおいて土圧が降雨前の状態まで減少しないのは、降雨により盛土の沈下が促進され、土圧の下部集中の傾向が早まった結果と考えられる。

降雨前後の土圧合力、水平土圧係数、水平土圧力による転倒モーメント等の算定値を表5-5に示す。水平土圧係数は水平土圧力の変化に比例し、0.26~0.29まで約10%の増加を示している。ま

た、水平土圧力による転倒モーメントは、上部パネルの土圧の増加により降雨の翌日に最大となっている。その増加率は24%でその時土圧の作用位置は壁高の0.37まで上昇している。

以上、検討の結果、降雨による土圧の増加は、室内大型擁壁実験の結果に比べてかなり大きなものであるが、壁体をきわめて危険な状態におとし入れる程ではなく、良好な設置条件のもとでは殆んど問題はないと思われる。

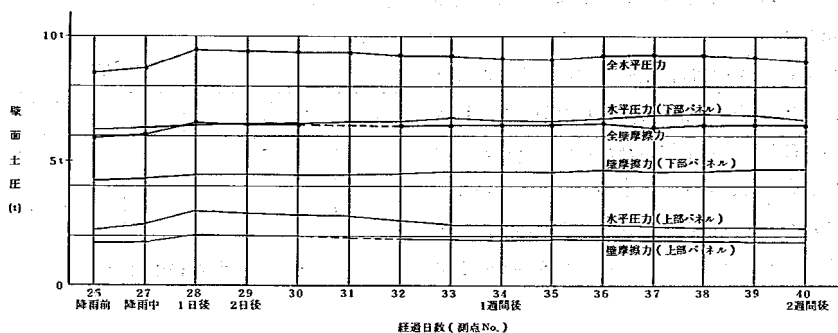


図-5.1 降雨による土圧の変化

表5-5 降雨による土圧の変化

NO	記事	水平土圧力 t/m	壁摩擦力 t/m	作用位置 m	水平土圧係数	壁摩擦係数	相対作用位置	転倒モーメント $t \cdot m$
㉔	降雨前日	8.522	5.930	1.98	0.263	0.70	0.33	16.87
㉕	降雨中	8.736	6.042	2.09	0.270	0.69	0.35	18.26
㉖	翌日	9.444	6.520	2.21	0.291	0.69	0.37	20.87
㉗	3日後	9.342	6.434	2.12	0.288	0.69	0.35	19.81
㉘	1週間後	9.065	6.422	2.04	0.280	0.71	0.34	18.49
㉙	2週間後	9.234	6.446	1.98	0.285	0.70	0.33	18.28

(5) 壁の変位と土圧

壁面に作用する土圧は、壁面の変位に伴って生ずる盛土内部のセン断抵抗により変動する。

(図-5.2 参照)

この変化は、壁面が盛土側に移動する場合と盛土から押されて遠ざかる場合とで全く異なったものとなる。クーロンやランキンの土圧理論では、前者を受働土圧状態、後者を主働土圧状態としてい

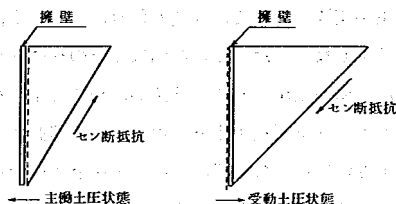


図-5.2 壁の移動と盛土内部のセン断抵抗

るが、これらの理論において盛土を弾塑性体と考えた場合の壁の移動と土圧の関係は、図-5.3の様を考えられている。室内大型擁壁実験においては壁面を順次移動させた場合の土圧の変化(主働状態)を測定してきた。各移動量での土圧係数を図-5.4に示すが、図-5.3の傾向と類似した傾向を示している。

現場実験その1では、基礎地盤が良好であったため、壁体の変位は殆んど見られなかった。比較的ゆるい砂礫層上に設置された現場実験その2の擁壁においては、盛土施工中から盛土完了後3ヶ月間でかなりの変位が見られた。すなわち、盛土施工中に天端で2.5 mm、底部で0.8 mmの水平

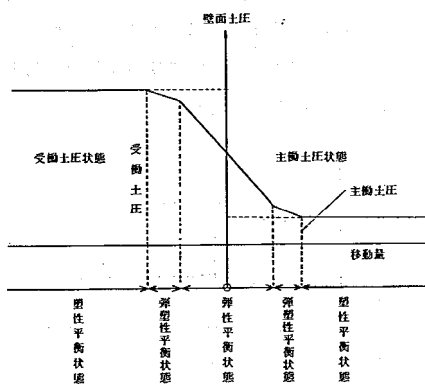


図-5.3 壁の移動と土圧

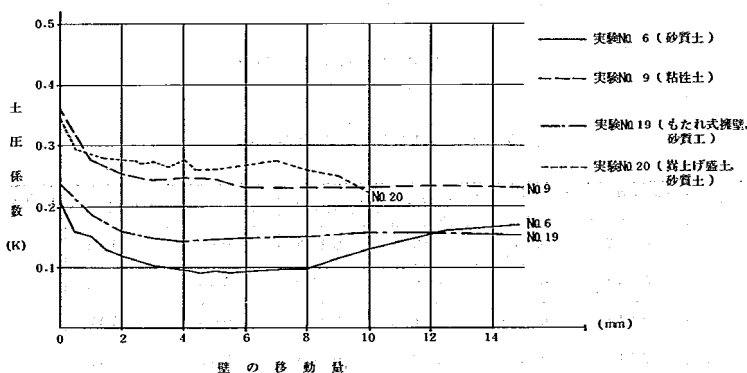


図-5.4 室内擁壁実験における壁の移動と土圧

移動を生じ、さらにその後3週間で、天端で6 mm、底部で3 mm、の水平移動を生じた。壁体の変位モードとしては、滑動、傾斜、沈下が同時に起っており、特に支配的なものはなかった。

現場実験においては、壁の移動に対し、室内大型擁壁実験(図-5.4)に見られた様な土圧の変化は生じなかった。この原因は以下の様に考えることができる。まず、室内実験における壁面の移動は、壁の土圧に対する抵抗が、極めて小さな状態で短時間のうちに行なわれる。そのため、盛土中のセンダン抵抗が十分作用し、壁の移動により土圧は敏感に変化する。

実際の擁壁においては、壁面土圧と擁壁の抵抗力が平衡を保っており、施工時の圧縮力や盛土の沈下等により土圧が増加すると、壁体がしだいに変位を生じて土圧を軽減し、土圧と抵抗力が平衡状態に達すると落ちつくと考えられる。したがって室内実験における様な土圧と壁の移動量の明確な関係は見られず、その変化もゆるやかに生じると思われる。

(6) 現行設計法との比較

クーロン公式、ランキン公式、テルツァギの経験図表を用いて、本現場実験と同一条件で土圧計算を行ない、さらに安定計算により、転倒モーメントや地盤反力等を算定して、実測値との比較を行なった。数値計算は以下に示す条件で、各実験について6ケース実施した。

- ・テルツァギ法(1)……テルツァギの土質分類①による
- ・テルツァギ法(2)……テルツァギの土質分類②による
- ・クーロン法(1)……内部摩擦角 ϕ に三軸試験結果を用いる
- ・クーロン法(2)……内部摩擦角 ϕ に一面セン断試験結果を用いる
- ・ランキン法(1)……内部摩擦角 ϕ に三軸試験結果を用いる
- ・ランキン法(2)……内部摩擦角 ϕ に一面セン断試験結果を用いる

安定計算に用いた式を以下に示す。

$$M_r = P_H \cdot h - P_v \cdot b \quad (\text{A点における転倒モーメント})$$

$$d = \frac{W \cdot x_0 - M_r}{W + P_v}$$

$$e = \frac{b}{2} - d$$

$$q_{\max} = \begin{cases} \frac{P_v + W}{b} \left(1 + \frac{6e}{b} \right) & (e \leq \frac{b}{6}) \\ \frac{P_v + W}{3d} & (e > \frac{b}{6}) \end{cases}$$

ただし

P_H : 水平土圧力 (単位巾当り)

P_v : 壁摩擦力 (単位巾当り)

h : 土圧の作用高さ

W : 擁壁の自重 (単位巾当り)

b : 擁壁の底面巾

x_0 : 擁壁の重心位置

d : 土圧と自重の合力が底面と交差する位置 (地盤反力の重心)

e : 土圧と自重の合力の通過位置の偏心距離

$q_{\max}$: 地盤反力の最大値

M_r : A点における外力による転倒モーメント

数値計算の結果を表5-6および表5-7に示す。これより各設計算法の土圧計算精度と壁体の安定を実測値と比較すると以下のとおりである。

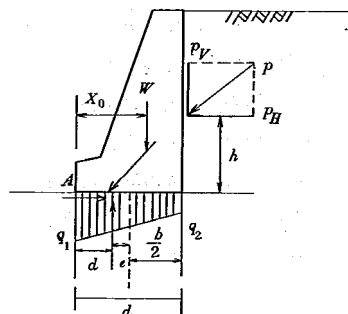
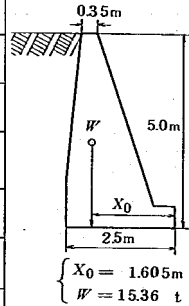


図-5.5 擁壁の安定計算のための諸数値

- ① 水平土圧力の推定に関しては、砂質土による本実験による限りでは、テルツァギ、三軸試験結果によるクーロン、ランキン法ともに、妥当な精度を有すると考えられるが、一面セン断試験結果を用いると過小な値となる。
- ② 壁摩擦力については、盛土表面が平坦な場合には、テルツァギ法、ランキン法ともに作用しないものと考えている。クーロン法では、一般に壁摩擦角 $\delta = \frac{2}{3}\phi$ としてこれを推定しているが、実測値はこれをはるかに越えている。
- ③ 土圧の作用位置は、現行設計法ではすべて壁高の $\frac{1}{3}$ としている。これに対し実測値によれば、地山面形状、盛土の施工法、その他の条件により種々の値が出ているが、一般に壁高の $\frac{1}{3}$ よりは高めにしている。
- ④ 外力による転倒モーメントは、実測値では壁摩擦力が非常に大きいため、水平土圧力によるものと相殺して、比較的小さくなっている。テルツァギとランキン法では壁摩擦力を考慮していないため、実測値に対してかなり過大な値となっている。しかしながら、この実測値はいずれも施工後3週間の盛土の沈下が続いている状態のものであり、盛土が十分落ち着いた後も同程度の壁摩擦力が期待できるかどうかは現段階では不明である。
- ⑤ 垂直方向力（底面反力）は壁摩擦力により種々の計算法で異なった値となる。この中で壁摩擦力の最も大きい実測値が最大となつてはいるが、重力式擁壁では自重によるものがその大部分を占めている。
- ⑥ 地盤反力の最大値は、偏心量 e の違いによってかなりの差を生じており、若干の計算条件の変更により大きく変動するものと考えられる。したがって、地盤反力の計算に当っては、複数個の設計条件を設定する等により、この様な不確定な変動の影響を補う必要がある。

表 5-6 土圧計算法と実測値の比較 (実験その 1)

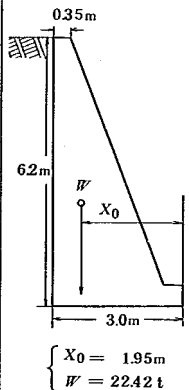
比較項目 \ 計算法	実 測 値	テルツァギ (1)	テルツァギ (2)	クーロン (1)	クーロン (2)	ランキン (1)	ランキン (2)
土圧							
水平土圧力 ($P_H, t/m$)	5.70	5.88	6.88	4.58	3.14	5.42	3.70
壁 摩 擦 力 ($P_v, t/m$)	3.43	0	0	1.67	1.33	0	0
算 定 値							
作 用 位 置 ($h \cdot m$)	2.46	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67
壁 体 の 安 定							
外力による転倒モーメント ($M_T, t \cdot m$)	5.96	98.2	114.9	36.4	2.05	9.05	6.18
垂直方向力 ($W+P_v, t$)	18.79	15.36	15.36	17.03	16.69	15.36	15.36
地盤反力の重心位置(d) (m)	1.00	0.97	0.86	1.23	1.35	1.02	1.20
偏 心 量 (e) (m)	0.25	0.25	0.39	0.02	0.10	0.23	0.05
最大地盤反力 (q_{max}) (t/m^2)	12.03	10.27	11.89	7.14	8.28 (盛土側)	9.54	6.88
備 考	盛土施工後3週間	土質分類 1	土質分類 2	$\phi = 30^\circ$ $\delta = 20^\circ$	$\phi = 39^\circ$ $\delta = 23^\circ$	$\phi = 30^\circ$	$\phi = 39^\circ$



※ クーロン(1), ランキン(1)における ϕ , δ は推定値である。

表 5-7 土圧計算法と実測値の比較 (実験その 2)

比較項目 \ 計算法	実 測 値	テルツァギ (1)	テルツァギ (2)	クーロン (1)	クーロン (2)	ランキン (1)	ランキン (2)
土圧							
水平土圧力 ($P_H, t/m$)	9.00	8.49	9.90	7.99	6.57	9.55	5.56
壁 摩 擦 力 ($P_v, t/m$)	6.47	0	0	3.23	3.79	0	0
算 定 値							
作 用 位 置 ($h \cdot m$)	2.02	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
壁 体 の 安 定							
外力による転倒モーメント ($M_T, t \cdot m$)	-1.68	16.92	19.80	6.29	1.50	19.10	11.12
垂直方向力 ($W+P_v, t$)	28.89	22.42	22.42	26.67	26.21	22.42	22.42
地盤反力の重心位置(d) (m)	1.57	1.20	1.07	1.40	1.61	1.10	1.45
偏 心 量 (e) (m)	0.07	0.30	0.43	0.10	0.11	0.40	0.05
最大地盤反力 (q_{max}) (t/m^2)	10.98 (盛土側)	11.96	13.90	10.67	10.66 (盛土側)	13.45	8.22
備 考	盛土後3週間	土質分類 1	土質分類 2	$\phi = 33^\circ$ $\delta = 22^\circ$	$\phi = 45^\circ$ $\delta = 30^\circ$	$\phi = 33^\circ$	$\phi = 45^\circ$



参 考 文 献

1.	壁の移動と土圧に関する実験	土木研究所資料 第232号	昭和42年 2月	建設省土木研究所 施工研究室
2.	壁の移動と土圧に関する実験(第2報)	土木研究所資料 第536号	昭和44年11月	建設省土木研究所 施工研究室
3.	壁の移動と土圧に関する実験(第3報) 一切土箇所に及ぼす土圧実験及び試算一	土木研究所資料 第578号	昭和45年 3月	建設省土木研究所 施工研究室
4.	Mohrの応力円とLameの応力楕円の 性質と土圧解析への応用	土木研究所資料 第600号	昭和45年 9月	建設省土木研究所 施工研究室
5.	大型擁壁実験1一切土部擁壁に作用する 土圧実験(No.1~No.3)一	土木研究所資料 第673号	昭和46年 9月	建設省土木研究所 施工研究室
6.	道路付橋構造物設計施工法に関する試験 調査報告書 東技49. 11. 18	擁壁に関する調 査報告書II	昭和50年 3月	東北地方建設局 東北技術事務所
7.	大型擁壁実験一2一	土木研究所資料 第994号	昭和50年 7月	建設省土木研究所 施工研究室
8.	大型擁壁実験装置と土圧実験概要	土木技術資料 16-10	昭和49年10月	建設省土木研究所 施工研究室
9.	山岳擁壁の土圧に関する実験	第27建設省技 術研究会講演概 要	昭和49年	建設省土木研究所 施工研究室
10.	大型擁壁実験一3一	土木研究所資料 第1096号	昭和51年 2月	建設省土木研究所 施工研究室

あ と が き

本実験は、実際の擁壁に作用する土圧と壁体の挙動を測定し、壁面土圧や壁体変位の性状を把握するとともに、室内大型擁壁実験結果や種々の土圧計算法による数値計算結果と比較し、現行設計法の土圧推定精度や壁体の安定について検討を行なうものである。

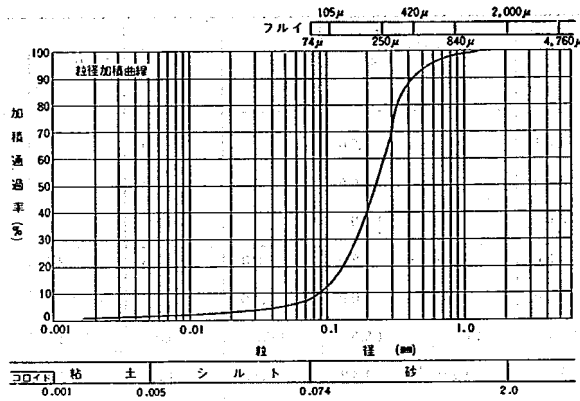
本報告では、擁壁天端までの施工中とその後、約3ヶ月間のデータについて解析を行なったが、土圧と変位は、その後も変動が続けている。実験対象となった擁壁では、いつれもその後盛土の嵩上げを行なっているため、盛土の嵩上げによる土圧の増加や土圧の長期的な変化についてはあらためて報告する予定である。

最後に、本実験に協力していただいた東北地方建設局郡山国道工事事務所および四国地方建設局徳島工事事務所の職員各位に対し深く謝意を表します。

付録 1 . 現場実験データ(その 1)

- (1) 盛土材料の土質試験結果
- (2) 盛土の密度, 含水比
- (3) 土圧測定データ (ロードセル)
- (4) 傾斜計, 移動計データ
- (5) 底面土圧および間隙水圧データ
- (6) 実 験 工 程

(1) 盛土材料の土質試験結果



盛土材料の粒度

盛土材料の性質

試験項目		値
土質分類		SW(真砂)
比重		2.711
粒	2,000 μ フルイ通過重量百分率(%)	100
	420 μ フルイ通過重量百分率(%)	89
	75 μ フルイ通過重量百分率(%)	8
コテンシス	液性限界(%)	NP
	塑性限界(%)	—
1-1-a 突固め	最大湿潤密度(g/cm^3)	1.756
	最大乾燥密度(g/cm^3)	1.437
	最適含水比(%)	22.2

土質試験結果

項目		値
湿潤密度 γ_t (g/cm^3)		1.30
乾燥密度 γ_d (g/cm^3)		1.10
含水比 w (%)		18%
K 値 (kg/cm^3)		—
C B R (%)		4.9~14.3 9.2
せ強ん 断さ	c (kg/cm^2)	0.15
	ϕ (°)	38°~40°
三 軸	c (kg/cm^2)	—
	ϕ (°)	—
ポアソン比		—

(注) γ_t , w の測定は R I の測定による値

(2) 盛土の密度，含水比

測点 盛土高	試験項目	1	2	3	4	5	6	平均	標準 偏差
2.0 m	γ_t	141		126		130		132	0.08
	γ_d	119		106		109		111	0.07
	w	15.6		15.9		16.2		15.9	0.3
2.6 m	γ_t	120	130	129	120	133	121	126	0.06
	γ_d	100	108	109	100	112	100	105	0.06
	w	16.7	16.9	15.5	16.7	15.8	17.4	16.5	0.7
3.2 m	γ_t	141	129	142	123	134	121	132	0.09
	γ_d	119	109	119	104	113	103	111	0.07
	w	15.6	15.5	16.2	15.4	15.7	14.9	15.6	0.4
3.8 m	γ_t	126	129	118	118	121	119	122	0.05
	γ_d	107	109	100	100	103	101	103	0.04
	w	15.1	15.5	15.3	15.3	14.9	15.1	15.2	0.2
4.4 m	γ_t	133	130	129	134	136	132	132	0.03
	γ_d	112	111	109	113	117	112	112	0.03
	w	15.8	14.6	15.5	15.7	14.0	15.2	15.1	0.7
5.0 m	γ_t	133	137	137	134	134	138	136	0.02
	γ_d	113	116	117	113	115	119	116	0.02
	w	15.0	14.6	14.6	15.7	14.2	13.8	14.8	0.7

γ_t : 湿潤密度

γ_d : 乾燥密度

w : 含水比

(3) 土 圧 測 定 デ ー タ (ロードセル)

測定 NO	測 定 月 日	時 刻	盛土 高さ (m)	記 事	上 段 パ ネ ル						下 段 パ ネ ル						備 考
					水 平 圧 力				壁 摩 擦 力		水 平 圧 力				壁 摩 擦 力		
					P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8	P 9	P 10	P 11	P 12	
①	49年12月19日	13:00		チェッ ク							0	0	0	0	0	0	
②		14:00	0									0.31	0.32	0.70	0.81	0.84	0.90
③		12. 20	11:00		2.0							0.23	0.20	0.83	1.03	0.63	0.69
④		"	12:00		2.6	0	0	0	0	0	0	0.86	0.82	0.96	1.16	0.97	0.95
⑤		"	13:30		2.9	0	0	0.27	0.29	0	0.04	1.18	1.13	0.99	1.18	1.21	1.20
⑥		"	14:30		3.5	0	0	0.34	0.37	0.06	0.05	1.53	1.46	1.02	1.21	1.61	1.64
⑦		"	15:30		4.1	0	0	1.17	1.17	0.30	0.36	1.75	1.71	1.10	1.30	1.86	1.94
⑧		"	16:30		4.4	0.07	0.10	1.64	1.70	0.61	0.64	1.90	1.82	1.16	1.37	1.98	2.10
⑨	12. 21	17:30	5.0		0.33	0.45	1.75	1.79	1.17	0.93	2.05	1.98	1.20	1.43	2.15	2.32	
⑩		12. 22	11:00	"	積雪10cm	0.34	0.45	1.83	1.90	1.51	1.27	2.08	2.10	0.82	1.15	2.05	2.17
⑪		12. 23	10:30	"		0.37	0.46	1.91	2.00	1.54	1.31	2.02	2.10	0.65	0.98	1.94	2.03
⑫	50年 1月13日	10:30			0.37	0.49	1.93	2.01	1.56	1.33	1.89	1.99	0.54	0.85	1.81	1.90	
⑬		11:00	"		0.49	0.62	2.15	2.05	1.37	1.22	2.12	2.35	0.70	0.92	2.13	2.14	
⑭		1月29日	11:00	6.4	積雪20cm	0.80	0.63	2.60	2.61	2.12	2.00	3.01	2.39	0.39	0.55	2.31	2.14
⑮	2月20日	11:30	"	積雪50cm	1.78	1.47	3.01	2.24	2.19	2.08	0.67	0.47	0.76	0.96	1.18	1.05	1月17日 嵩上げ盛土

(4) 傾斜計，移動計データ

測定 No	測定月日	時刻	盛土高さ	記 事	移動量測定		傾斜量測定		沈下量測定		備 考
					移動量 (m)	累 計 (mm)	傾斜角	累 計	沈 下 (mm)	累 計 (mm)	
1	4 9.1 2.1 9	14:00	0						0	0	傾斜計故障
2	1 2.2 0	11:00	2.0						0	0	
3	"	12:00	2.6		0.0				0	0	
4	"	13:30	2.9		-0.2	-0.2			0	0	
5	"	14:30	3.5		0.0	-0.2			0	0	
6	"	15:30	4.1		0.0	-0.2			0	0	
7	"	16:30	4.4		-0.1	-0.3			0	0	
8	"	17:30	5.0		-0.4	-0.7			0	0	
9	1 2.2 1	14:00	"	積雪10 cm					0	0	傾斜計設置
10	1 2.2 2	11:00	"						0	0	
11	1 2.2 3	10:30	"						0	0	
12	5 0. 1.1 3	11:00	"						0.60	0.60	
13	1.2 9	11:00	6.4	積雪20 cm			00'-00"				
14	2.2 0	11:30	"	積雪50 cm			1'-00"	1'-10"			

(5) 底面土圧および間隙水圧データ

測定 No	測定月日	時刻	盛土高さ	記 事	土 圧			間 隙 水 圧		備 考
					No. 1	No. 2	No. 3	No. 1	No. 2	
1	4 9.1 2.1 9	14:00	0	チェック	0.0	0	0	0		1月13日沼の湛水 始める。 1月17日嵩上げ 水位は擁壁基礎の高 さ 水位基礎から1.5 m
2	1 2.2 0	11:00	2.0		0.37	0.64	0.20	0.013		
3	"	12:00	2.6		0.37	0.63	0.09	-		
4	"	13:30	2.9		0.37	0.63	0.17	0.018		
5	"	14:30	3.5		0.39	0.65	0.18	0.017		
6	"	15:30	4.1		0.41	0.67	0.18	0.018		
7	"	16:30	4.4		0.43	0.69	0.17	0.018	0	
8	"	17:30	5.0		0.45	0.70	0.17	0.018	0.004	
9	1 2.2 1	14:00	"	積雪10 cm	0.46	0.71	0.17	0.018	0.011	
10	1 2.2 2	11:00	"		0.49	0.73	0.17	0.017	0.010	
11	1 2.2 3	10:30	"		0.47	0.71	0.17	0.018	0.011	
12	5 0. 1.1 3	11:00	"		0.52	0.76	0.19	0.018	0.011	
13	1.2 9	11:00	6.4	積雪20 cm	0.87	0.92	0.20	0.017	0.011	
14	2.2 0	11:30	"	積雪50 cm	0.90	0.86	0.24	0.051	0.012	

(6) 実 験 工 程

年 月 日	気 温			降水量 mm	積 雪 cm	時 刻	測定No	盛 土 高 cm	備 考
	9 時	最 高	最 低						
49. 12. 19	1	1	-1	8	28	13:00	0	0	チェック
						14:00	1	0	"
49. 12. 20	1	1	1	2	40	11:00	2	2.0	施工時土圧
						12:00	3	2.6	"
						13:30	4	2.9	"
						14:30	5	3.5	"
						15:30	6	4.1	"
						16:30	7	4.4	"
						17:30	8	5.0	"
49. 12. 21	1	1	1	18	45	14:00	9	"	静止土圧
49. 12. 23	1	3	1	0	38	11:00	10	"	"
49. 12. 23	-1	7	-1	0	27	10:30	11	"	"
50. 1. 13	1	12	1.5	5	105	11:00	12	"	"
50. 1. 17	-0.5	2	-1.5	0	85	—	—	6.4	1.4 m嵩上げ盛土
50. 1. 29	-2	-0.5	-4	10	80	11:00	13	"	静止土圧
50. 2. 20	-1	3.5	-4.2	0	93	11:30	14	"	"

付録 2 . 現場実験データ(その 2)

- (1) 地盤調査ボーリング柱状図
- (2) 盛土材料の土質試験結果
- (3) 盛土の密度含水比
- (4) 各実測データ
- (5) 測定工程表

(1) 地盤調査ボーリング柱状図

層別	試験長 (m)	地盤高 (m)	孔内水位 (m)	標準貫入試験 (回)	土質別試験長 (m)				備 考
					礫混じり 粘土	シルト質砂	細 砂	砂 礫	
第 1	10.80	2.26	水中 (水深) 0.70	13	0.30	1.70	1.70	2.10	

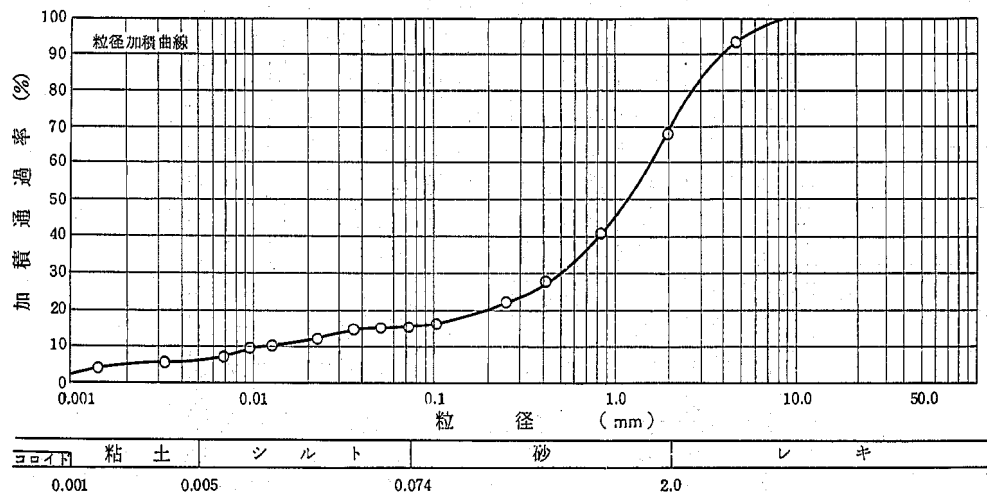
標 尺 (m)	標 高 (m)	深 度 (m)	孔内水位 (m)	層 厚 (m)	柱 状 図	色 調	土 質 名	観 察	相 対 密 度 及 コン シ ス テ ン シ ー	標準貫入試験										試 料 採取 方法	試 料 深 度 (m)	
										深 度 (m)	N 値 回	10cm毎の 打撃回数				N 値						
												10 cm	20 cm	30 cm	0	10	20	30	40			50

	+1.96	0.30		0.30			茶 灰 礫混じり粘土		中位の	0.15	7	2	5	2								
									ゆるい	0.65	8	3	1	2	8							
									締まつた	1.65	18	5	5	8								
									中 位	2.65	12	4	4	4								
								φ5~30%前後の円礫、亜角礫にて、全体にシルト少量、粗砂やや多く混じる		3.15	12	3	4	4	4							
									ゆるい	3.65	7	4	2	1								
									締まつた	4.65	21	7	7	7								
									やや締まつた	5.65	19	8	6	5								
	-5.14	7.40		7.10					密 な	6.65	47	15	14	18								
									ゆるい	7.65	9	3	2	5	1							
									締まつた	8.65	20	4	6	10								
	-6.84	8.10		1.70			暗 灰 細 砂	シルト、小礫、腐植物少量混じる		9.65	10	3	2	4	4							
									堅 い	9.65	10	3	2	4	4							
									"	10.50	10	3	2	4	4							
	-8.54	10.80		1.70			暗 灰 シルト質砂	腐植物、貝殻片混じる														

(2) 盛土材料の土質試験結果

試料番号		1	2	3	全試料 (1+2+3)
深 さ m		~	~	~	~
粒 度 特 性	レキ分 (2000 μ 以上) %				32
	砂分 (74~2000 μ) %				53
	シルト分 (5~74 μ) %				9
	粘土分 (5 μ 以下) %				6
	最大粒径 mm				4.76
	均等係数 U_c				145.5
	曲率係数 U'_c				130.9
特 性 コ ン シ ス テ ン シ 性	液性限界 w_L %				219.0
	塑性限界 w_p %				16.27
	塑性指数 I_p				5.63
分 類	日本統一分類				ML
	土質名				レキ混入 シルト混り砂
土粒子の比重 G_s					2.669
自 然 状 態	含水比 w %	7.79 8.04	7.05 7.61	7.25 7.82	8.53
	湿潤単位体積重量 γ_t g/cm ³	1.800 1.800	1.804 1.804	1.789 1.794	
	間隙率 e	0.598 0.602	0.592 0.592	0.600 0.604	
	飽和度 S_r %	34.75 35.65	34.45 34.30	32.24 34.55	
	一試面セン断験	※試験の条件	UU	UU	UU
	粘着力 c kg/cm ²	0.20	0.20	0.18	
力 学 特 性	セン断抵抗角 ϕ 度	47°0'	45°0'	43°30'	
	三試軸圧縮験	※試験の条件	UU	UU	UU
	粘着力 c kg/cm ²	0.12	0.20	0.06	
突固め試験	セン断抵抗角 ϕ 度	33°30'	33°30'	33°20'	
	最大乾燥密度 $\gamma_{d \max}$ g/cm ³	1.907	1.896	1.932	
透水試験	最適含水比 %	13.26	13.92	12.20	
	透水係数 K_{em}/sec	2.63×10^{-3}	2.59×10^{-3}	2.66×10^{-3}	

備考 1, 2, 3, の含水比 w % 上段 セン断試験より
下段 三軸試験より



(3) 盛土の密度，含水比

層	層厚 [m]	施 工 機 械	R・I 測 定 ナ ン バ ー						平 均	標準偏差	備 考
			1	2	3	4	5	6			
1	0.5	人力まき出し コンパクター締固め	1.713		1.654		1.691		1.69	0.03	転圧巾が狭くトラクタシヨベルの進入不可 能。
			1.630		1.571		1.598		1.60	0.03	
			5.1		5.3		5.8		5.40	0.36	
2	1.0	人力まき出し コンパクター締固め	1.638		1.656		1.634		1.64	0.01	"
			1.513		1.514		1.494		1.51	0.01	
			8.3		9.4		9.4		9.03	0.64	
3	1.5	トラクタシヨベルまき出し しめ固め コンパクターで周辺締固め	1.853		1.874		1.941		1.89	0.05	トラクタシヨベルの進入は可能だがタイヤ ローラは不可能。
			1.698		1.723		1.780		1.73	0.04	
			9.1		8.8		9.0		8.97	0.15	
4	2.0	"	1.797		1.806		1.858		1.82	0.03	"
			1.667		1.671		1.722		1.6	0.03	
			7.8		8.1		7.9		7.93	0.15	
5	2.5	"	1.934		1.908		1.813		1.89	0.06	"
			1.787		1.767		1.670		1.74	0.06	
			8.2		8.0		8.6		8.27	0.31	
6	3.0	トラクタシヨベルまき出し タイヤローラ締固め(4往復) コンパクター締固め(2往復)	1.829		1.748		1.854		1.76	0.09	転圧巾広く、タイヤローラによる締固め実 施。
			1.685		1.604		1.710		1.67	0.06	
			8.6		9.0		8.4		8.67	0.31	
7	3.5	ブルドーザまき出し タイヤローラ締固め(4往復) コンパクター締固め(")	1.809	1.823	1.791	1.875	1.809	1.767	1.81	0.04	"
			1.669	1.685	1.654	1.725	1.673	1.625	1.67	0.03	
			8.5	8.2	8.3	8.7	8.1	8.7	8.42	0.26	
8	4.0	"	1.933	1.814	1.775	1.865	1.909	1.972	1.88	0.07	"
			1.790	1.682	1.660	1.740	1.784	1.846	1.75	0.07	
			8.0	7.9	6.9	7.2	7.0	6.8	7.30	0.52	
9	4.5	"	1.885	1.788	1.781	1.708	1.817	1.803	1.80	0.06	"
			1.716	1.641	1.634	1.560	1.661	1.638	1.64	0.05	
			8.1	9.0	9.0	9.5	9.4	10.1	9.18	0.67	
10	5.0	"	1.874	1.837	1.830	1.839	1.681	1.718	1.80	0.09	"
			1.708	1.676	1.668	1.674	1.527	1.560	1.64	0.07	
			9.7	9.6	9.7	9.7	10.1	10.1	9.82	0.22	
11	5.5	"	1.835	1.779	1.823	1.759	1.801	1.699	1.78	0.05	"
			1.685	1.642	1.687	1.622	1.679	1.600	1.65	0.04	
			8.9	8.3	8.1	8.5	7.3	6.2	7.88	0.98	
12	6.0	"	1.781	1.648	1.801	1.759	1.781	1.725	1.75	0.06	"
			1.659	1.526	1.683	1.647	1.671	1.717	1.63	0.06	
			7.4	8.0	7.0	6.8	6.6	6.7	7.08	0.53	

$$\gamma_t (\text{g/cm}^3) = 1.80 \pm 0.07$$

$$w (\%) = 8.20 \pm 1.11$$

R・I 測定点



擁壁側

x x x
No.1 No.3 No.5
x x x
No.2 No.4 No.6

(4) 算 定 デ - タ - 表 (1)

計 器	チェン ネル	設置位置	校正係数	初期値	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
荷 重 計	1	上段右上(H)	5495	520					0	4	46	82	33	286	626	582	528	539	648	528	489	500	533
	2	■ 左上(H)	5888	450					0	0	96	96	48	222	677	689	629	737	749	623	569	683	617
	3	■ 右下(H)	5495	765					0	305	107	1102	1613	1937	2014	2047	2063	2063	1882	1981	2014	1931	1942
	4	■ 左下(H)	5747	820					5	224	414	948	1414	1816	1701	1731	1731	1690	1638	1649	1672	1667	1649
	5	下段右上(H)	11496	450		(0)	175	386	819	1053	1322	1626	2058	2292	2269	2269	2304	2257	2140	2211	2281	2246	2222
	6	■ 左上(H)	11274	510	(-45)	(0)	45	190	767	1048	1375	1714	2232	2446	2368	2435	2458	2368	2232	2356	2446	2368	2356
	7	■ 右下(H)	10929	645	(-109)	(0)	1208	1240	1689	1896	2180	2672	3066	3601	3645	3634	3645	3601	3481	3568	3634	3557	3557
	8	■ 左下(H)	11634	520	(-87)	(0)	1309	1466	1733	2001	2210	2711	3084	3688	3781	3793	3804	3758	3711	3735	3816	3723	3769
	9	上段右下(V)	5208	1220					5	78	68	656	1016	1333	1667	1698	1661	1823	1719	1667	1661	1750	1682
	10	■ 左下(V)	5236	1130					0	215	319	550	796	1194	1780	1765	1770	1613	1759	1767	1649	1783	
	11	下段右上(V)	5236	1460		(0)	686	1141	1356	1843	2403	2932	3346	3896	4074	4063	4084	4110	3990	4032	4063	4084	4042
	12	■ 左下(V)	5236	1230		(0)	717	1168	1398	1812	2450	2974	3398	3969	4187	4184	4205	4231	4131	4163	4194	4215	4131
傾斜計	13	右	1'	3810	0	-110	-180	-125	-180	-160	-120	-130	-140	-120	-110	-80	-30	-60	-110	-30	-60	-90	-100
	14	左	1'	4800	0	-285	-450	-324	-422	-410	-310	-320	-290	-220	-160	-110	-190	-250	-190	-120	-200	-200	
移動計	15	上 部	0.5mm	3440					(0)	0.85	1.45	1.45	2.43	3.38	4.55	5.05	5.25	5.05	5.20	5.20	5.25	5.30	
	16	下 部	0.5mm	4260					(0)	0.15	0.45	0.45	0.65	1.25	1.80	1.80	2.60	2.95	2.90	2.70	2.80	2.80	275
土 圧 計	17	上	0.01081	590						(0)	0.022	0.039	0.057	0.077	0.087	0.087	0.090	0.087	0.087	0.090	0.090	0.090	
	18	中	0.02186	670							0.022	0.039	0.057	0.077	0.087	0.087	0.090	0.087	0.087	0.090	0.090	0.090	
	19	下	0.03297	700			0.100	0.155	0.214	0.257	0.290	0.330	0.386	0.439	0.462	0.468	0.468	0.475	0.472	0.468	0.471	0.481	0.485
	20	前	0.0537	420	0.247	0.612		0.545	0.568	0.564	1.402	1.428	1.445	1.477	1.332	1.332	1.332	1.375	1.385	1.385	1.391	1.402	1.428
	21	中	0.05347	365	0.762	1.345		1.318	1.310	1.238	1.297	1.318	1.329	1.393	1.382	1.398	1.404	1.393	1.377	1.398	1.414	1.393	1.398
	22	後	0.0534	375	0.772	1.396		1.386	1.399	1.594	1.642	1.631	1.594	1.546	1.541	1.557	1.562	1.562	1.562	1.562	1.567	1.573	1.589
間隙水圧計	23	下	0.00535	500		(0)		0.017	0.026	0.021	0.027	0.029	0.027	0.030	0.025	0.026	0.026	0.027	0.026	0.023	0.024	0.021	0.021
沈下計	24	上	1mm	2160																			
	25	中	1mm	5100							(0)												
	26	下	1mm	3480				5.65	8.55	10.20													

単位 荷重計 土圧計
傾斜計 分間隙水圧計
移動計 沈下計

(4) 算 定 デ - タ - 表 (2)

計 器	チャネル	設置位置	校正係数	初期値	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
荷 重 計	1	上段右(上)	54.95	5.20	473	434	484	429	445	434	374	621	846	637	593	565	484	429	478	473	412	374	297
	2	左(上)	59.88	4.50	479	539	569	539	575	539	491	737	922	778	695	719	641	587	647	653	569	479	449
	3	右下(上)	54.95	7.65	1997	2019	2063	2008	1931	1986	1997	1942	2426	2492	2481	2437	2371	2225	2118	2118	2217	2261	2206
	4	左下(上)	57.47	8.20	1661	1655	1644	1655	1649	1644	1649	1144	1828	1879	1868	1874	1770	1678	1667	1678	1713	1695	1707
	5	下段右(上)	116.96	6.50	2292	2304	2281	2339	2304	2304	2398	2354	2550	2538	2526	2620	2550	2620	2550	2538	2632	2690	2749
	6	左(上)	112.74	5.10	2446	2469	2446	2492	2458	2469	2582	2672	2717	2841	2830	2819	2864	2999	2920	2897	2999	3055	3100
	7	右下(上)	109.29	6.45	3612	3612	3568	3645	3568	3590	3645	3645	3668	3645	3656	3645	3667	3689	3668	3668	3710	3776	3798
	8	左下(上)	116.34	5.20	3828	3828	3793	3839	3804	3828	3909	3839	3932	4025	4037	4025	4084	4177	4142	4107	4188	4165	4188
	9	上段右下(下)	52.08	1.220	1656	1646	1703	1641	1713	1646	1708	1797	2187	2114	2073	510	2031	1974	1974	1917	1864	1802	1818
	10	左下(下)	52.36	1.130	1754	1738	1670	1754	1649	1744	1702	1702	1948	1911	1932	1885	1785	1754	1691	1765	1806	1864	1828
	11	下段右(下)	52.36	1.460	4058	4063	4105	4074	4131	4068	4147	4210	4356	4356	4325	4330	4409	4466	4477	4472	4576	4472	4519
	12	左下(下)	52.36	1.230	4205	4215	4226	4215	4278	4220	4304	4377	4550	4555	4540	4555	4592	4671	4697	4691	4740	4691	4707
傾 斜 計	13	右	1'	38.10	-0.90	-0.60	-0.90	-0.30	-0.70	-0.60	-0.30	-0.90	-1.00	-0.20	-0.10	-0.10	0	-0.10	-0.20	-0.30	-0.10	0	0
	14	左	1'	48.00	-1.20	-1.20	-1.80	-0.10	-1.90	-1.50	-1.10	-1.60	-1.80	-0.20	-0.10	-0.30	0	-0.10	-0.60	-0.80	0	0.50	0.90
移 動 計	15	上 部	0.5mm	3.440	5.25	4.90	5.20	4.85	5.40	5.40	5.30	5.75	6.75	7.10	6.90	7.30	7.40	7.75	7.80	8.20	8.20	8.05	8.40
	16	下 部	0.5mm	4.260	3.10	2.70	2.80	2.95	3.00	3.10	3.10	2.95	3.95	4.20	4.15	4.30	4.25	4.65	4.70	4.85	4.80	4.80	4.75
土 圧 計	17	上	0.01081	5.90	0.102	0.101	0.103	0.104	0.105	0.104	0.108	0.129	0.124	0.129	0.129	0.129	0.133	0.142	0.143	0.142	0.142	0.143	0.144
	18	中	0.02186	6.70	0.090	0.087	0.092	0.092	0.092	0.094	0.094	0.094	0.094	0.094	0.094	0.094	0.094	0.098	0.094	0.094	0.094	0.094	0.094
	19	下	0.03297	7.00	0.481	0.478	0.486	0.488	0.488	0.488	0.495	0.495	0.495	0.495	0.498	0.498	0.501	0.518	0.514	0.511	0.511	0.511	0.504
	20	前	0.0537	4.20	1.434	1.412	1.434	1.439	1.446	1.466	1.500	1.482	1.525	1.504	1.520	1.498	1.525	1.520	1.509	1.498	1.493	1.466	1.428
	21	中	0.05347	3.65	1.409	1.414	1.409	1.420	1.409	1.414	1.441	1.420	1.457	1.489	1.510	1.420	1.521	1.521	1.494	1.527	1.575	1.559	1.585
間 隙 水 圧 計	22	後	0.0534	3.75	1.615	1.626	1.642	1.669	1.701	1.765	1.930	1.914	1.962	1.994	2.149	1.994	1.936	1.946	1.946	1.941	1.925	1.930	1.930
	23	下	0.00535	5.00	0.021	0.020	0.021	0.029	0.022	0.021	0.021	0.021	0.022	0.042	0.026	0.023	0.031	0.029	0.026	0.022	0.020	0.027	0.021
沈 下 計	24	上	1mm	21.60													18.10					20.30	
	25	中	1mm	51.00													25.90					27.80	
	26	下	1mm	54.8													31.20					33.80	

単位 荷 重 計 傾 斜 計 移 動 計 土 圧 計 間 隙 水 圧 計 沈 下 計

(4) 算 定 デ - タ - 表 (3)

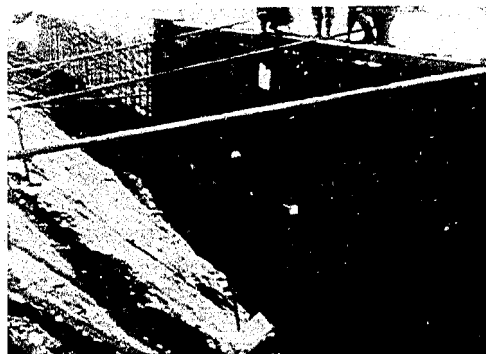
計 器	ゲ-ン ネ-ル	設置位置	校正係数	初期値	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
荷 重 計	1	上段右上(H)	5.495	5.20	4.29	4.56	3.74	4.07	4.56	4.87	4.34					4.95			4.12		5.06	4.95	5.71
	2	" 左上(H)	5.988	4.50	6.05	6.59	5.15	6.11	6.35	5.81	6.65					6.59			6.95		8.26	8.50	9.28
	3	" 右下(H)	5.495	7.65	2.041	1.997	2.105	2.052	2.041	2.388	2.327					1.986			2.107		2.036	2.041	2.173
	4	" 左下(H)	5.747	8.20	1.615	1.603	1.644	1.638	1.626	1.598	1.598					1.770			1.828		2.000	2.149	2.149
	5	下段右上(H)	11.676	6.50	2.737	2.538	2.725	2.649	2.585	3.018	3.088					2.351			2.316		2.211	2.468	2.374
	6	" 左上(H)	11.274	5.10	2.976	2.909	3.055	3.021	2.943	3.484	3.540					3.427			2.825		2.943	3.157	2.965
	7	" 右下(H)	10.929	6.45	3.765	3.721	3.863	3.798	3.754	4.071	4.126					4.246			3.776		3.426	3.557	3.492
	8	" 左下(H)	11.634	5.20	4.153	4.107	4.188	4.188	4.142	4.499	4.537					4.665			4.165		3.793	3.932	3.816
	9	上段右下(V)	5.208	1.220	1.864	1.859	1.766	1.835	1.818	1.920	1.969					1.651			1.908		1.755	1.854	1.870
	10	" 左下(V)	5.236	1.130	1.712	1.707	1.822	1.712	1.722	1.970	1.932					1.770			1.822		1.984	2.173	2.246
	11	下段右上(V)	5.236	1.460	4.571	4.576	4.550	4.582	4.576	4.733	4.807					オーバー			4.577		4.163	4.126	4.167
	12	" 左下(V)	5.236	1.230	4.780	4.791	4.754	4.796	4.796	4.995	5.063					オーバー			オーバー		4.634	4.403	4.330
傾 斜 計	13	右	1'	3.810	-0.10	-0.30	0	-0.10	-0.40	0	-0.10					0			0		-0.20	0.20	-0.10
	14	左	1'	4.800	-0.10	-0.80	0.20	0	-0.50	0.10	0					0			0.20		-0.20	0.90	0.30
移 動 計	15	上 部	0.5mm	3.440	8.65	8.55	8.60	8.70	8.55	8.70	9.00					1.610			1.675		1.695	1.730	1.745
	16	下 部	0.5mm	4.260	4.75	4.75	4.80	4.80	4.75	4.80	4.95					9.80			10.10		1.255	1.280	1.280
土 圧 計	17	上	0.01081	5.90	0.147	0.144	0.144	0.141	0.133	0.143	0.125					0.086			0.084		0.082	0.081	0.074
	18	中	0.02186	6.70	0.098	0.098	0.096	0.096	0.096	0.096	0.098					0.107			0.068		0.103	0.109	0.096
	19	下	0.03297	7.00	0.508	0.511	0.511	0.511	0.511	0.518	0.554					0.511			0.524		0.511	0.422	0.386
	20	前	0.0537	4.20	1.396	1.396	1.385	1.380	1.343	1.359	1.343					1.353			1.343		1.369	1.407	1.402
	21	中	0.05347	3.65	1.596	1.548	1.468	1.634	1.553	1.591	1.612					1.617			1.639		1.575	1.650	1.740
間隙水圧計	22	後	0.0534	3.75	1.909	1.882	1.872	1.829	1.930	1.845	1.829					1.599			1.610		1.583	1.621	1.573
	23	下	0.0535	5.00	0.029	0.026	0.020	0.019	0.026	0.070	0.059					0.031			0.025		0.030	0.061	0.036
沈 下 計	24	上	1mm	2.660					2.660		2.660	3.510	4.210	4.640	5.060	5.300	5.780	5.980	4.815	7.580	7.660	8.760	8.870
	25	中	1mm	5.100					2.910		3.660	4.000	4.260	4.380	4.480	4.530	4.660	4.790	オーバー	6.130	6.210	7.330	7.430
	26	下	1mm	3.48					3.400		3.740	4.200	4.340	4.380	4.420	4.480	4.480	4.480	4.880	4.790	4.810	4.800	4.810

単位: 荷 重 計: kg
傾 斜 計: 分
移 動 計: mm
土 圧 計: kg
間隙水圧計: mm
沈 下 計: mm

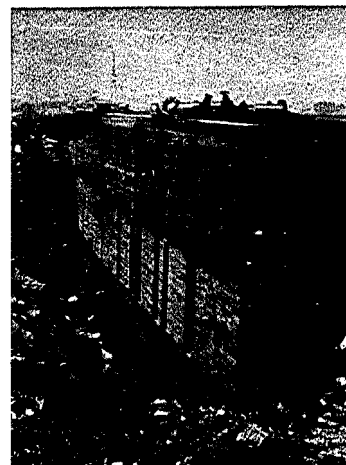
(5) 測定工程表

測点番号	日 時	記 事	測点番号	日 時	記 事	測点番号	日 時	記 事
1	7/8 15:30	傾斜計設置	21	9/15 6:00		41	10/2 12:00	
2	9/10 9:00	下部パネル設置	22	9/15 12:00		42	10/3 12:00	
3	9/10 16:30	盛土高2.0m	23	9/16 0:00		43	10/4 12:00	盛土沈下測定
4	9/10 18:00	■ 2.5m	24	9/16 12:00		44	10/5 12:00	
5	9/11 17:20	■ 3.0m上部パネル設置	25	9/17 0:00		45	10/6 12:00	自記記録計取りはずし
6	9/11 18:30	■ 3.5m	26	9/17 12:00		46	10/8	盛土沈下のみ測定
7	9/12 10:10	■ 4.0m自記記録計設置	27	9/18 12:00		47	10/13	■
8	9/12 11:15	■ 4.5m	28	9/19 15:00	前日夕方30分で60mmの 雨量 24時間停電	48	10/16	■
9	9/12 13:40	■ 5.0m	29	9/20 12:00		49	10/20	■
10	9/12 14:20	■ 5.5m	30	9/21 12:00		50	10/23 11:00	全測定
11	9/12 18:00	■ 6.0m盛立完了	31	9/22 12:00		51	10/27	盛土沈下のみ測定
12	9/13 0:00	10/8迄自記記録計による測定	32	9/23 12:00	ロードセル MS→M 移動計修理	52	10/30	■
13	9/13 6:00		33	9/24 12:00		53	11/4 12:30	全測定
14	9/13 12:00		34	9/25 12:00		54	11/11	盛土沈下のみ測定
15	9/13 18:00		35	9/26 12:00		55	11/13 14:00	全測定
16	9/14 0:00		36	9/27 12:00		56	11/21 11:00	■
17	9/14 6:00		37	9/28 12:00		57	11/28 14:20	■
18	9/14 12:00		38	9/29 12:00	盛土沈下測定			
19	9/14 18:00		39	9/30 12:00				
20	9/15 0:00		40	10/1 12:00				

付録 3 . 現場実験写真



(a) 実験 (その1)



(b) 実験 (その2)

写真1 現場概要



(a) ロードセル取付



(b) 測定パネル

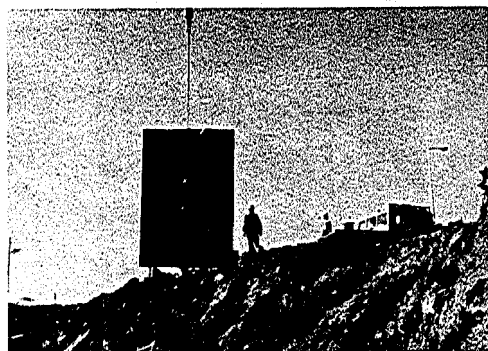


(c) 測定パネル設置

写真2 測定パネル設置(実験その1)



(a) 測定パネル

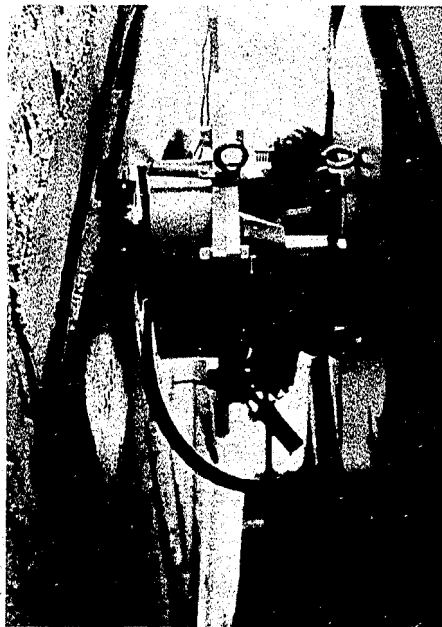


(b) 設置



(c) 位置決め

写真3 測定パネル設置(実験その2)



(a) 水平方向（調整ネジ付）



(b) 水平および鉛直方向

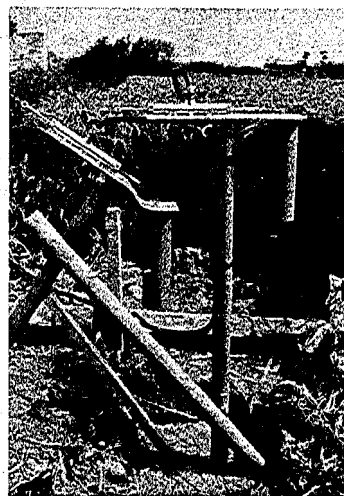
写真4 ロードセル（荷重計）



(a) 間隙水圧計

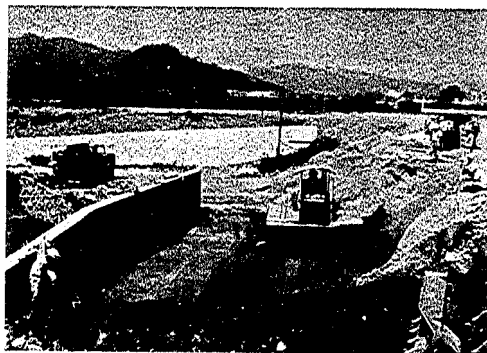


(b) 沈下計

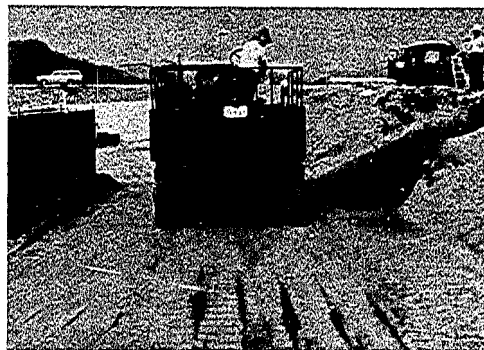


(c) 移動計

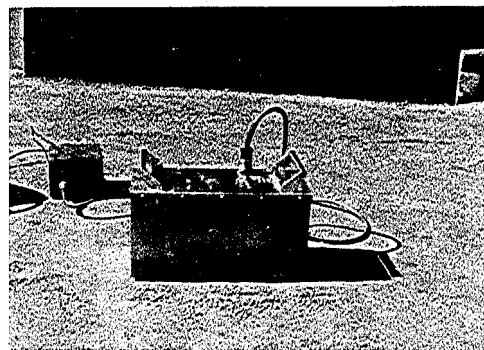
写真5 測定器設置



(a) 湿地ブルによるしきならし



(b) タイヤローラによる転圧



(c) R I 計器による品質管理

写真6 盛土の施工