



土 木 研 究 所 資 料

第 5 7 8 号

壁の移動と土圧に関する一実験（第3報）

— 切土箇所にあぼす土圧実験及び試算 —

昭和45年3月

建設省 土木研究所

ま え が き

本報告は「土留構造物の設計施工法に関する試験調査」の研究の一部であり、先に報告した土木研究所資料第536号「壁の移動と土圧に関する一実験（第2報）」に関連したものである。

今回は調査実験の対象を、特に山岳部擁壁のような擁壁背面に急峻な山腹地山面が迫っている場合においている。すなわち、山岳部に道路を新設する場合や、一般の道路を拡張する場合には図の(a), (b)に示すような擁壁が施工されることが多く、ほとんどの場合、擁壁の背面に地山面とか旧擁壁面が迫っている。従来このような場合の擁壁を設計する際、その設計の前提となるべき土圧のとり方に確たる方法がなく、普通の場合、すなわち地山面等が擁壁背面近くでない場合のクローン、ランキン土圧を採用しているのが現状である。

第一部では、小型実験箱（高さ1.2 m、幅1 m、奥行2 m）を用いて背面に切土地山面を想定した傾斜板を入れ、その傾斜角、裏込砂との摩擦を変えた土圧実験を行なっている。

第二部では、切土箇所の擁壁に作用する土圧の試算ならびにこれにもとづいて計算された重力式擁壁と建設省標準設計の重力式擁壁との比較を行なっている。

昭和45年3月

施工研究室

伊勢田 哲 也

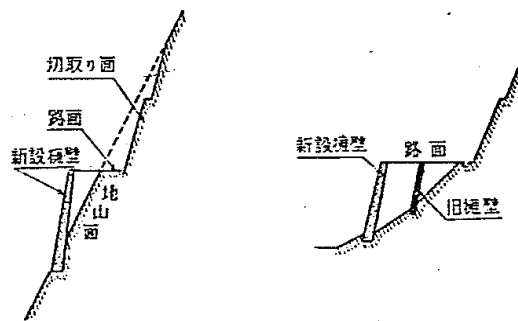
島 津 晃 臣

神 杉 一二三 *

別 府 五 男

宮 越 博 文

* 現在中国地方建設局



(a) 山岳部の擁壁の一例 (b) 道路を拡張する場合の擁壁の一例

目 次

ま え が き

第 一 部 壁の移動と土圧に関する実験

第 一 章	実 験 設 備	1
第 二 章	実 験 方 法	4
	2-1 予 備 実 験	4
	2-2 本 実 験	4
第 三 章	実験に使用した砂の諸量	6
第 四 章	実 験 条 件	9
第 五 章	実 験 結 果	10
第 六 章	考 察	89
	む す び	93

第 二 部 裏込め有限の時の土圧についての一試算

第 七 章	裏込め有限の時の土圧	94
	7-1 土 圧 式	94
	7-1-1 クーロン式	94
	7-1-2 ハンチントンによる簡便法	97
	7-2 くさび法による裏込め有限の土圧	99
	7-3 サイロの内圧	112
第 八 章	標準設計法とくさび法による断面の比較	113
	8-1 壁背面が水平の時(標準設計)	113
	8-2 壁背面が水平の時(くさび法)	125
	8-3 壁背面が1割5分の盛土の時(標準設計)	133
	8-4 壁背面が1割5分の盛土の時(くさび法)	142
	8-5 計 算 結 果	150
第 九 章	考 察	172
	む す び	173

あ と が き 174

(参考資料) 壁の移動による土圧について 175

(Fundamental Fallacy in Earth Pressure Computations)

• By Karl Terzaghi

第一部 壁の移動と土圧に関する実験

第一章 実験設備

土圧測定に使用した砂槽の仕様は次の通りである。

有効容積 高さ 120 cm 巾 100 cm 奥行 200 cm
 受圧壁面積 高さ 115 cm 巾 99 cm
 受圧壁移動量 60 mm

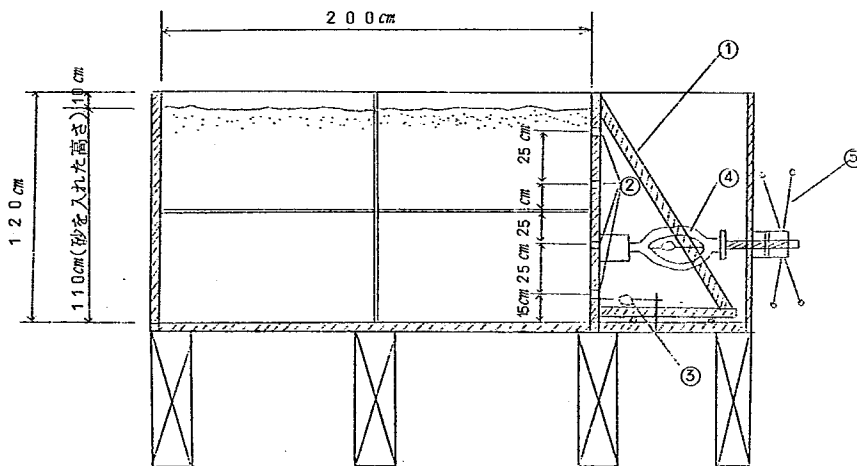


図 1-1 土圧測定用砂槽

- ① 支え型钢（壁の剛性を保持）
- ② 土圧計（4 個）
- ③ ダイヤルゲージ
- ④ ブルーピングリング
- ⑤ スクリューギヤー

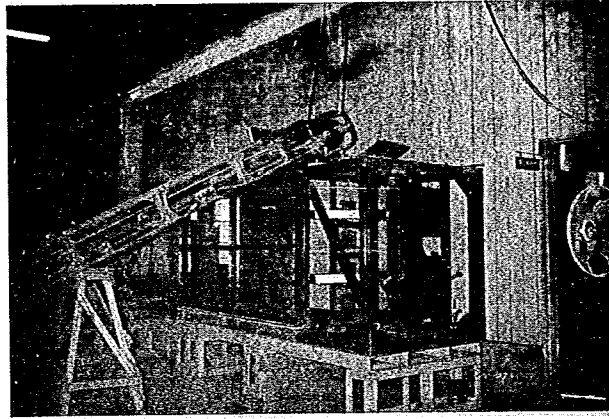


図 1-2 土圧測定用砂槽及び砂入れ用ベルトコンベヤー

砂槽は山型鋼で骨組し、外側は厚さ 1.5 cm のラワン板を張り砂槽内壁はステンレス板を張って仕上げた。受圧壁はラワンの厚さを 4.5 cm とした。砂の移動を観察するために正面壁は厚さ 0.5 cm の透明アクリル板を張った。

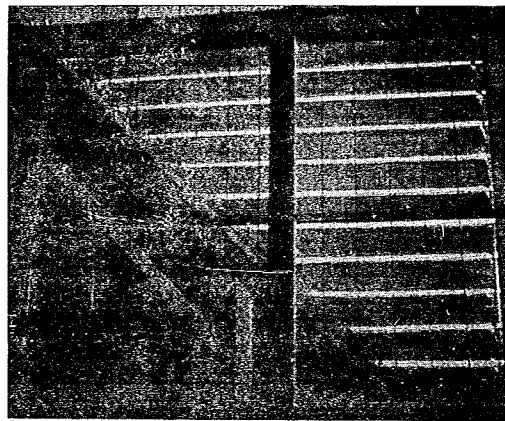
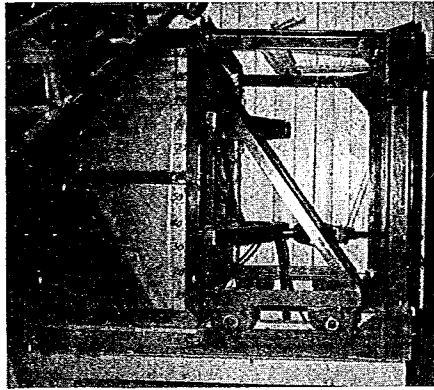


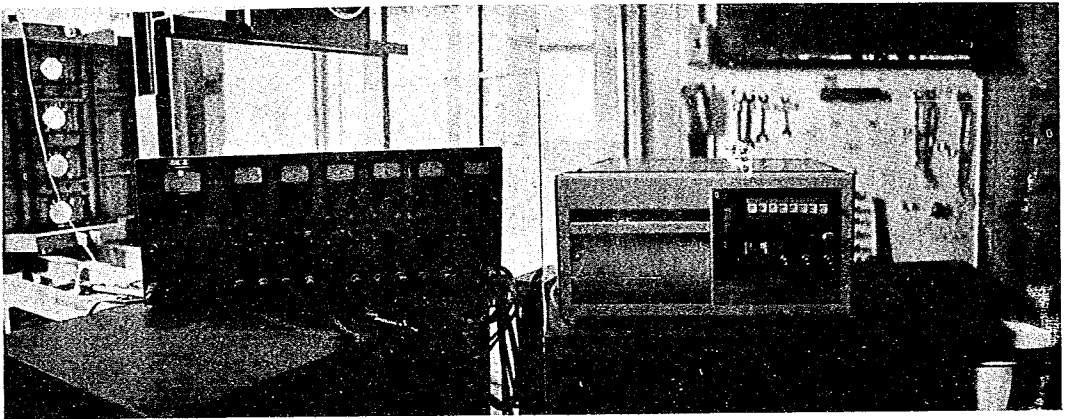
図 1-3 砂槽後部及び傾斜板

土圧計は移動壁中央線上壁底より 15 cm 、 40 cm 、 65 cm 、 90 cm の位置の 4 ケ所に直径 10 cm 、厚さ 5 cm 、容量 0.1 kg の坂田電機製 (PD-100) を取付けた。壁の微動変位を測定するダイヤルゲージとしては尾崎製作所製ビーコック型ダイヤルゲージ (感度 $\frac{1}{100}\text{ mm}$ 、ストローク 10 mm) を使用した。壁に作用す土圧をチェックするために丸東製作所製の容量 1 ton の円型ブルーピングリングを図 1-4 のよう

に使用した。



① 図 1-4 土圧計及びスクリーギヤー 移動壁及びブルーピングリング



。 図 1-5 差動トランス式増幅器とビジグラフ

。 測定は坂田電機製差動トランス式増幅器 (AD-60) と共和電業製ビジグラフ (FR-301) を利用した。(図 1-5)

第二章 実験方法

2-1 予備実験

本実験の前に、移動壁の剛性、砂を砂槽に入れる時に壁を移動させないで支持する方法、砂粒の移動の観測方法、砂の締固めが受圧壁に与える影響等を解決するために予備実験を行なった。

(1) 砂の移動を知るには

スベリ面、砂粒の移動を観察するために砂槽の透明壁に添い高さ10cmごとに厚さ1.5cm、奥行1.5cmの石灰の槽を入れた。

(2) 受圧壁の剛性

図1-1等を示すように、平行移動壁は剛性を保つために型鋼で格子を作り、それに厚さ^{4.5}2cmのラワン板を張りつけた。なお壁頂の撓みをおさえるために支え型鋼を備えたが、砂槽に砂を満たすと壁平行移動開始前に1mm程度の撓みが壁頂において観測された。

(3) 移動壁の平行移動を0に保つには

砂槽に砂を入れる時、図2-1に示した③のダイヤルゲージを常に0に合わせるために⑤のスクリュウギヤーを操作した。

(4) 砂の締固めの影響

砂を一定厚さ入れるごとに、バイブレーションをかけたり踏み固めたりすると、移動量を0に保つことが非常に困難であり、一定の土圧を得る事が出来ないために、砂を入れる方法は図1-2の様にベルトコンベヤーを砂槽にふれない様にして自然落下とした。

(5) 移動壁と砂槽の側壁とのすきま

移動壁と砂槽の側壁との間に摩擦抵抗が発生しない様に約3mmのすきまをとってある。壁移動時にこのすきまから砂がこぼれないように幅10cm程のビニールの帯をすきまの内側にたらしめた。これは摩擦も無く、砂もこぼれ出さず、非常に良い結果を得た。

(6) 壁移動時の底面摩擦

平行移壁は支え型鋼の下に取り付けられた滑車によってなめらかに水平方向に移動するので、移動時の底面摩擦は無視出来る。

(7) 傾斜板の支持

砂槽内に入れる傾斜板は7×7cmの角材2本に厚さ2cmのラワン板を打ち付け、表面にビニールを張りつけて作った。ビニールによる実験が終った後、サンドペーパーを張りつけた。

傾斜板を30°、45°、55°、60°、65°、70°に勾配を正しく保つため型鋼で砂槽にとめた。

2-2 本実験

壁静止時における土圧は、差動トランス式増幅器で測定し、壁移動時の土圧はビジグラフで壁移動量と土圧の変化を記録してから算出した。壁の移動速度は水平方向に1mm/分になるようにスクリュウギヤーにより制御した。壁全体に作用する土圧を測定するために壁底から壁高

の $\frac{1}{3}$ 上がった所にブルーピングリングを取付け、(図 1-1)全土圧の変化と壁移動量との関係を求めた。

土圧計は約 6 回実験を行なうごとに、深さ 2 m の水槽につけたり出したりして性能を検定した。常に 0 点が移動したり較正曲線の傾きが変化した。これは応力によって土圧計受圧板が歪んだことによるとともに温度変化による影響が大きいと思われる。

第三章 実験に使用した砂の諸量

実験に使用した砂は、渡良瀬川産の粗砂である。その性質は次の通りである。

比 重	G_s	2.60
含 水 比	W (%)	0.3
湿 潤 密 度	γ_t (g/cm^3)	1.416
乾 燥 密 度	γ_d (g/cm^3)	1.412
間 隙 比	e	0.84
空気間隙率	V_a (%)	45.28
水 体 積 率	V_w (%)	0.42
土粒子体積率	V_s (%)	54.30
飽 和 度	S_r (%)	0.93

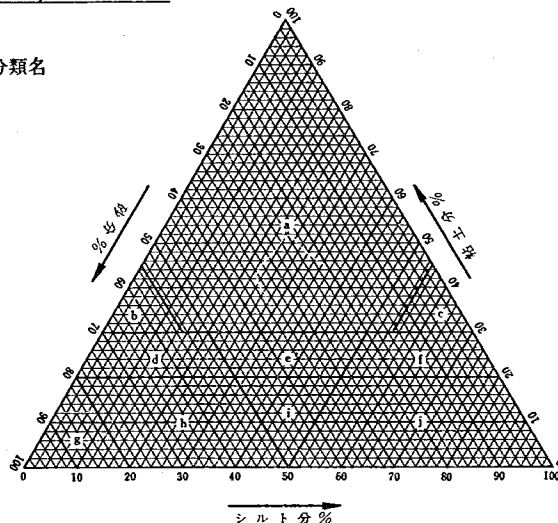
JIS A1204

土の粒度試験結果

報告用紙

調査名・目的 土圧測定に使用した砂2000 μ フルイ通過試料の粒度による土の分類名

- a 粘土
b 砂質粘土
c シルト質粘土
d 砂質粘土ローム
e 粘土質ローム
f シルト質粘土ローム
⑤ g 砂
h 砂質ローム
i ローム
j シルト質ローム



試料番号	レキ分 %	砂分 %	シルト分 %	粘土分 %	最大径 mm	60%径 mm	10%径 mm	均等係数	2000 μ フルイ通過率 %	420 μ フルイ通過率 %	75 μ フルイ通過率 %	三角標記上の記号	三角標記による分類	備考
1	3	97	0	0	3	0.5	0.3	1.67	97	36	0	g	砂	

粒径加積曲線

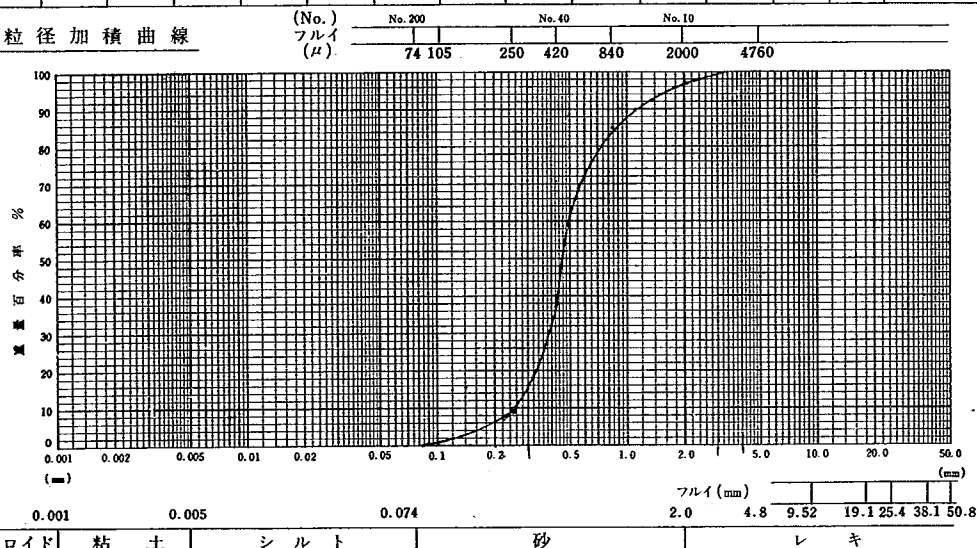
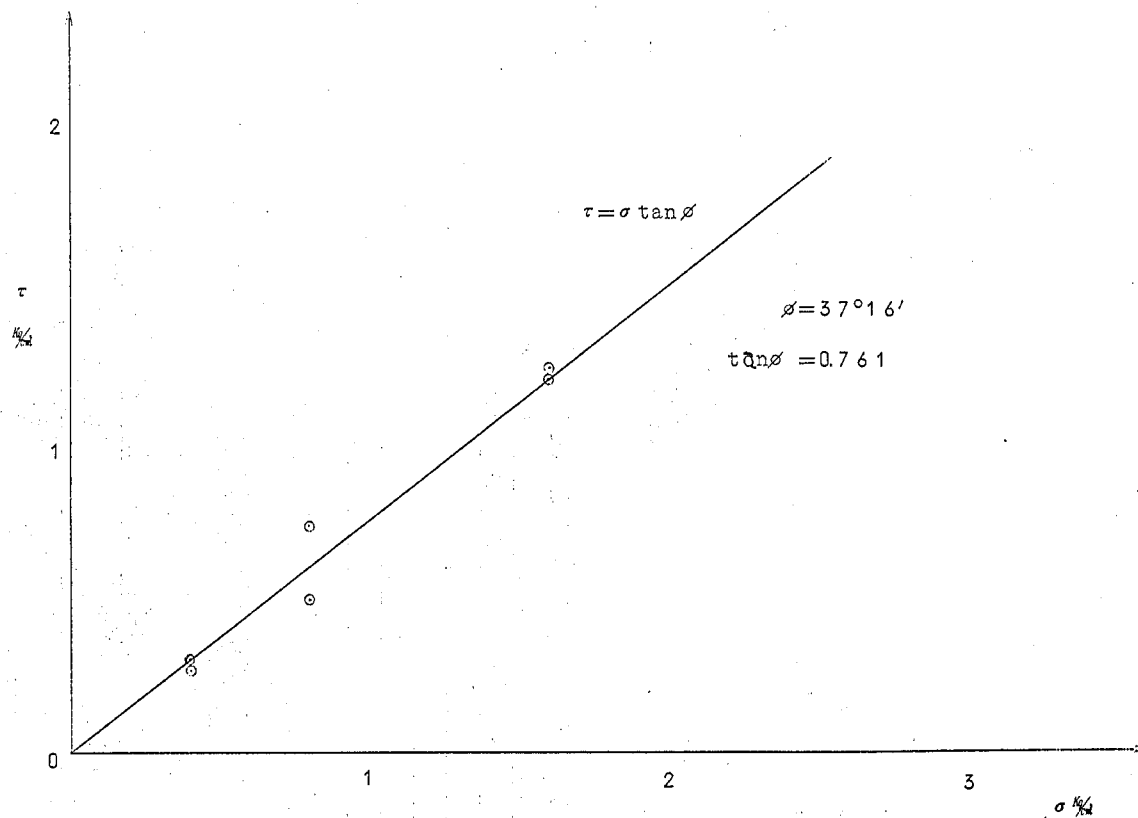


図 3-2 土圧測定に使用した砂の一面剪断試験結果



第 四 章 実 験 条 件

砂槽に何も装置をせず砂のみが平行移動壁にかかる土圧、あるいは砂槽に傾斜板を入れその傾斜板の摩擦（ビニールを張った場合、サンドペーパーを張った場合）を変えて、表 4-1 のように 13 条件における平行移動壁にかかる土圧を実験的にまとめて行くものである。

表 4-1 実験条件一覧表

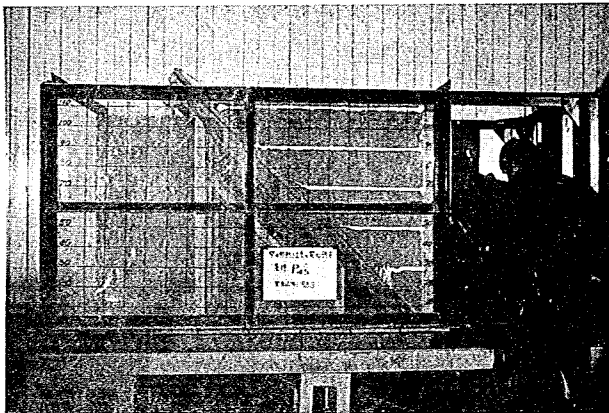
条 件	記 号	実験条件図 (単位 cm)	実 験 条 件 略 説
P 0	×		砂槽に砂を満たし、平行移動壁にかかる土圧を測定
V 30	○		傾斜板にビニールを張った場合 傾斜角 30°
S 30	○		傾斜板にサンドペーパーを張った場合
V 45	△		傾斜板にビニールを張った場合 傾斜角 45°
S 45	△		傾斜板にサンドペーパーを張った場合
V 55	□		傾斜板にビニールを張った場合 傾斜角 55°
S 55	□		傾斜板にサンドペーパーを張った場合
V 60	◎		傾斜板にビニールを張った場合 傾斜角 60°
S 60	◎		傾斜板にサンドペーパーを張った場合
V 65	△		傾斜板にビニールを張った場合 傾斜角 65°
S 65	△		傾斜板にサンドペーパーを張った場合
V 70	□		傾斜板にビニールを張った場合 傾斜角 70°
S 70	□		傾斜板にサンドペーパーを張った場合

第 五 章 実 験 結 果

この実験は昭和42年10月より11月末までの2ヶ月間にわたり行なわれた。1条件に付き平均7回実験が行なわれたが、雨が降って実験用の砂が湿気を含んで良好な土圧を示さなかったのや、砂槽に砂を入れる時に砂の密度が大き過ぎて土圧が過大になった等のものがあり、その中で適当と思われるものを4つ使用することにした。

1. 砂を砂槽に入れる場合に密度を一定にするために、ベルトコンベヤーを砂槽に近づけて、そこからスコップで受けて自然落下とした。
2. 平行移動壁における各角度の測定結果一覧を表5-1-1～表5-1-7に示し、それに基づく分布図を図5-2-1～図5-2-25に示す。

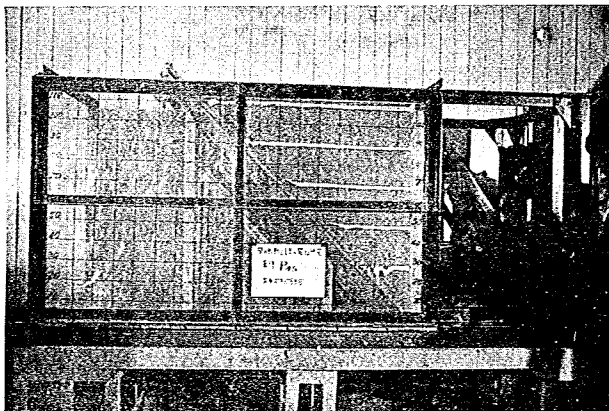
下の写真は傾斜板にビニールを張った場合で、傾斜角45°において平行移動を行なったものである。



$(\frac{0}{100} \text{ mm})$

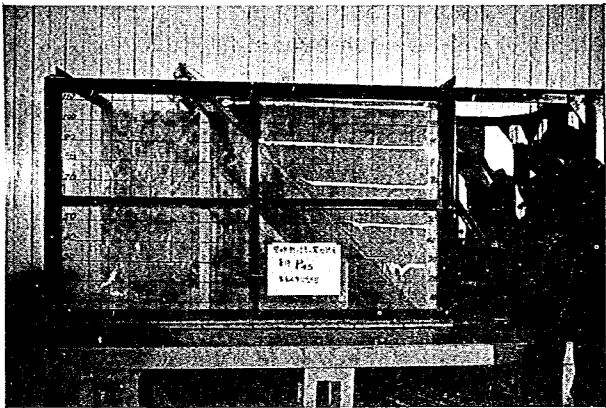
移動開始直前

白線は石灰を帯状に使用して
移動を調べる。



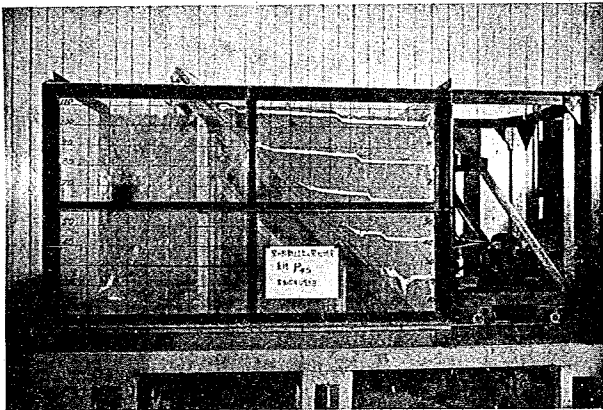
$(\frac{300}{100} \text{ mm})$

3 mm 移動後



$(\frac{500}{100} \text{ kgf})$

5 mm 移動後



5 cm 移動後

破壊角 65° になった。

3. 図5-3-1～図5-3-13に壁の平行移動と土圧の関係を代表的なものを取り出して示す。
4. 表5-4-1～表5-4-4に土圧分布図より求めた全土圧と、ブルーピングリングより求めた全土圧を示し、その相関性を図5-5-1～図5-5-2に示す。
5. 図5-6-1～図5-6-4は土圧分布図より求めた全土圧とブルーピングリングにより求めた全土圧を壁平行移動による土圧の変化で表わし、代表的なものを各角度より取り出して示す。
6. 表5-7-1は全土圧の変化の割合を $\frac{0}{100} \text{ kgf}$ の全土圧を1として示す。
7. 図5-8-1～図5-8-4は $\frac{0}{100} \text{ kgf}$ から $\frac{100}{100} \text{ kgf}$ 移動までの各角度の平均的主働土圧の土圧分布をビニールとサンドペーパーに分けて示す。
8. 表5-9-1～表5-9-3は各土圧測定値を比較するために土圧係数 K ($K = P / \frac{1}{2} \gamma z^2$) を

求めて示す。

9. 表5-10-1～表5-10-2は土圧分布図より壁底から全土圧作用点までの距離を求めて示し、それを図5-11-1から図5-11-2に示す。
10. 表5-12-1～表5-12-2は壁に作用する転倒モーメントを示し、それを図5-13-1～図5-13-2に示す。
11. 図5-14-1～図5-14-4は $\frac{0}{100}$ mmから $\frac{100}{100}$ mm移動までの各角度の平均的主働土圧の土圧分布図に計算した土圧分布を記入して示す。
12. 図5-15-1～図5-15-2は土圧分布図より求めた転倒モーメントに計算して求めた土圧分布図より求めた転倒モーメントを示す。
13. 傾斜板に張り付けた所のサンドペーパー及びビニールの摩擦角、又平行移動壁の土と受圧壁との摩擦角の測定結果を下図に示す。

	受 圧 壁	(V) ビ ニ ール	(S) サンドペーパー
1	24° 30'	23°	31°
2	24°	23° 30'	30°
3	23° 30'	24°	32°
4	24°	21°	31°
5	24° 30'	22° 30'	32°
6	23°	23°	31°
7	23° 30'	23°	30°
平 均	24° 00'	23° 00'	31° 00'

表 5-1-1

壁平行移動時の測定土圧

(単位 g/cm^2)

	壁底より 90 cm (地表より 20 cm) の土圧						壁底より 65 cm (地表より 45 cm) の土圧					
	壁移動量 (1/100 mm)						壁移動量 (1/100 mm)					
実験番号	0	5	20	100	300	500	0	5	20	100	300	500
P ₀ 1	7.7	6.7	7.2	8.8	11.6	15.0	18.8	16.0	15.6	13.2	11.1	11.4
2	4.0	4.0	5.8	7.0	9.0	10.0	16.0	14.0	14.0	11.0	9.0	10.0
3	11.5	10.0	10.5	12.8	18.5	23.0	13.0	13.0	12.0	10.0	9.0	9.5
4	4.8	4.4	4.8	6.4	9.6	11.2	19.2	16.8	15.3	14.4	12.0	12.0
	壁底より 40 cm (地表より 70 cm) の土圧						壁底より 15 cm (地表より 95 cm) の土圧					
	壁移動量 (1/100 mm)						壁移動量 (1/100 mm)					
実験番号	0	5	20	100	300	500	0	5	20	100	300	500
P ₀ 1	33.5	29.0	27.0	22.5	19.0	14.2	48.1	37.5	30.0	20.0	13.5	11.3
2	40.5	36.7	33.5	30.5	24.5	28.0	63.0	55.0	45.0	34.1	30.0	24.0
3	36.0	32.0	32.0	28.0	24.5	23.0	48.7	38.7	35.0	25.0	21.2	15.0
4	39.0	36.0	30.0	27.6	24.0	24.0	74.4	67.2	54.0	42.3	33.6	30.0

表 5-1-2

壁平行移動時の測定土圧

(単位 g/cm^2)

	壁底より90cm(地表より20cm)の土圧						壁底より65cm(地表より45cm)の土圧					
	壁移動量 (1/100mm)						壁移動量 (1/100mm)					
実験番号	0	5	20	100	300	500	0	5	20	100	300	500
V ₃₀ 1	6.2	5.3	7.2	8.5	8.6	11.5	12.8	10.0	9.8	7.9	7.4	7.0
2	8.8	8.0	8.2	10.6	13.2	15.9	22.8	22.4	18.4	17.3	12.8	11.6
3	6.6	5.4	5.7	6.9	9.6	11.1	17.1	15.3	9.6	15.3	12.0	12.3
4	6.3	6.0	6.6	6.6	8.4	10.8	15.9	15.6	15.6	13.8	12.0	10.8
S ₃₀ 1	13.0	12.0	12.8	15.0	20.8	27.5	26.5	24.0	24.0	21.5	21.8	27.5
2	6.5	6.0	5.3	6.5	9.8	11.5	15.0	14.0	12.5	12.5	11.0	12.8
3	9.3	8.0	7.7	7.4	7.5	7.0	29.0	28.0	9.4	9.9	20.3	26.4
4	9.1	8.0	7.5	8.5	11.0	15.0	16.3	14.4	13.0	12.1	12.0	10.5
	壁底より40cm(地表より70cm)の土圧						壁底より15cm(地表より95cm)の土圧					
	壁移動量 (1/100mm)						壁移動量 (1/100mm)					
実験番号	0	5	20	100	300	500	0	5	20	100	300	500
V ₃₀ 1	33.6	29.0	26.1	23.0	24.8	27.3	49.2	40.8	27.2	27.0	17.4	21.6
2	53.6	51.2	41.6	38.2	33.8	38.2	39.6	31.2	34.2	25.1	21.6	16.8
3	27.6	25.8	25.2	24.0	21.2	25.5	82.0	80.0	71.0	56.5	44.0	40.0
4	25.2	22.2	16.8	22.0	20.1	19.8	64.0	60.5	54.0	33.5	32.5	26.5
S ₃₀ 1	40.5	38.3	33.0	31.0	30.0	35.5	37.5	30.5	31.4	21.5	19.0	25.5
2	32.0	30.5	25.0	24.3	24.0	23.0	42.0	39.0	38.0	22.5	11.0	12.0
3	42.5	39.5	33.7	28.4	27.7	30.5	49.3	42.5	34.3	25.1	17.5	25.1
4	32.0	30.5	27.2	26.0	23.0	27.0	55.0	51.5	47.5	28.8	25.0	30.5

表5-1-3

壁平行移動時の測定土圧

(単位 g/cm²)

	壁底より90cm(地表より20cm)の土圧						壁底より65cm(地表より45cm)の土圧					
	壁移動量 (1/100mm)						壁移動量 (1/100mm)					
実験番号	0	5	20	100	300	500	0	5	20	100	300	500
V ₄₅ 1	5.4	4.0	4.0	4.8	4.8	7.2	18.4	17.2	15.2	15.2	13.2	12.0
2	5.1	4.5	5.1	5.1	6.6	7.2	21.0	18.3	18.0	18.0	13.2	13.8
3	7.8	7.5	7.2	9.6	10.8	9.3	16.8	14.7	14.4	13.2	12.0	13.5
4	4.8	3.2	3.2	3.2	3.2	2.4	14.8	12.8	12.8	12.8	12.0	11.6
S ₄₅ 1	6.0	5.4	5.7	7.2	13.8	17.2	16.8	13.8	13.8	11.4	8.4	7.2
2	4.2	3.6	4.5	6.2	7.8	6.0	13.2	11.1	5.4	10.8	9.4	12.6
3	9.0	8.4	8.4	10.5	13.6	12.0	18.0	16.2	15.8	14.4	12.0	14.4
4	9.8	9.6	9.1	10.8	12.0	16.2	21.6	20.4	17.4	13.5	13.2	12.3
	壁底より40cm(地表より70cm)の土圧						壁底より15cm(地表より95cm)の土圧					
	壁移動量 (1/100mm)						壁移動量 (1/100mm)					
実験番号	0	5	20	100	300	500	0	5	20	100	300	500
V ₄₅ 1	36.4	35.2	28.8	30.4	28.8	27.2	118.0	110.9	65.8	81.1	26.4	25.0
2	36.6	33.0	30.6	29.4	29.4	30.6	66.0	61.0	56.0	57.0	46.0	41.0
3	28.5	25.2	24.0	23.4	23.4	21.6	39.0	37.0	38.5	31.0	32.0	36.0
4	30.1	27.2	25.6	24.8	24.8	23.2	122.0	118.8	99.1	106.8	118.7	73.2
S ₄₅ 1	35.4	31.2	30.9	26.4	28.2	23.7	38.0	32.5	30.5	24.0	15.0	32.0
2	18.6	17.1	19.2	58.2	33.6	34.2	31.0	28.5	41.0	24.3	34.0	38.0
3	35.4	32.4	31.2	28.2	25.8	25.9	48.0	41.7	41.0	26.5	11.0	27.0
4	45.7	43.8	37.1	33.0	32.6	24.7	38.0	34.0	33.0	33.0	28.0	28.0

表5-1-4

壁平行移動時の測定土圧

(単位 g/cm²)

	壁底より90cm(地表より20cm)の土圧						壁底より65cm(地表より45cm)の土圧					
	壁移動量 (1/100mm)						壁移動量 (1/100mm)					
実験番号	0	5	20	100	300	500	0	5	20	100	300	500
V55 1	7.2	6.4	9.6	8.4	10.4	12.0	12.4	11.2	15.2	11.2	12.4	11.2
2	7.7	6.4	7.0	8.8	9.6	12.4	16.0	15.8	13.4	12.0	12.8	12.8
3	8.8	8.0	10.4	9.6	13.6	14.4	24.0	20.8	16.8	18.6	17.6	17.6
4	6.6	6.0	6.3	6.3	6.5	8.1	20.4	16.8	16.3	17.9	17.9	17.9
S55 1	6.0	6.0	6.6	9.0	9.6	9.0	13.8	12.3	12.9	12.0	12.5	12.4
2	7.5	7.6	8.4	11.4	14.4	15.6	17.1	15.6	15.8	15.8	17.2	19.2
3	7.8	7.5	7.8	10.2	11.4	13.2	12.6	12.6	12.0	12.0	12.0	12.3
4	9.0	9.0	9.6	12.1	13.5	14.1	12.6	12.3	17.1	15.6	15.3	15.9
	壁底より40cm(地表より70cm)の土圧						壁底より15cm(地表より95cm)の土圧					
	壁移動量 (1/100mm)						壁移動量 (1/100mm)					
実験番号	0	5	20	100	300	500	0	5	20	100	300	500
V55 1	39.3	37.0	51.2	45.2	52.9	52.9	74.8	72.8	94.6	81.6	85.6	75.2
2	47.0	42.3	36.9	38.5	46.1	53.2	79.0	67.0	53.5	46.0	50.0	52.0
3	42.8	41.2	47.0	42.3	46.4	45.8	93.3	84.0	108.0	85.3	80.0	76.0
4	37.8	33.6	29.4	34.8	41.4	42.0	73.0	64.0	49.0	53.0	58.5	59.0
S55 1	27.0	24.9	27.6	27.3	31.8	34.2	42.0	38.0	40.0	32.0	26.7	24.0
2	27.6	25.8	29.2	30.3	36.0	40.5	49.0	46.0	45.5	37.0	27.2	17.3
3	34.5	34.2	33.6	31.5	36.0	39.0	28.3	27.0	30.0	28.5	26.5	29.5
4	31.8	30.6	29.4	31.8	35.4	38.4	27.0	26.0	26.0	17.0	9.5	10.5

表 5-1-5

壁平行移動時の測定土圧

(単位 g/cm^2)

	壁底より 90 cm (地表より 20 cm) の土圧						壁底より 65 cm (地表より 45 cm) の土圧					
	壁移動量 (1/100 mm)						壁移動量 (1/100 mm)					
実験番号	0	5	20	100	300	500	0	5	20	100	300	500
V ₆₀ 1	8.8	7.6	10.6	9.4	9.6	12.8	23.5	20.0	20.1	18.5	16.0	17.0
2	7.5	7.5	9.4	8.7	10.2	10.8	15.3	13.4	21.0	13.4	13.4	13.2
3	7.3	7.3	7.7	8.4	10.1	10.7	13.0	11.9	9.2	10.1	11.0	12.0
4	7.6	6.4	11.2	11.2	10.0	10.4	19.0	17.5	20.5	16.5	17.0	16.0
S ₆₀ 1	6.4	6.4	8.6	8.8	8.0	8.0	19.2	19.2	18.7	17.2	17.1	19.2
2	8.0	8.0	9.6	8.0	6.4	6.4	15.0	15.0	14.0	13.8	13.0	14.0
3	9.6	9.6	8.8	8.6	7.4	7.8	16.0	15.8	15.6	14.8	16.4	15.7
4												
	壁底より 40 cm (地表より 70 cm) の土圧						壁底より 15 cm (地表より 95 cm) の土圧					
	壁移動量 (1/100 mm)						壁移動量 (1/100 mm)					
実験番号	0	5	20	100	300	500	0	5	20	100	300	500
V ₆₀ 1	47.0	44.4	47.1	44.4	42.3	44.7	68.0	57.3	66.6	52.3	41.3	44.0
2	41.1	39.6	55.2	49.2	50.7	51.3	75.5	69.0	79.0	47.0	52.0	43.0
3	50.7	49.3	44.4	49.3	51.2	51.6	93.0	82.7	77.8	82.7	45.3	23.9
4	45.8	43.5	38.8	35.3	37.6	38.8	60.0	50.4	48.8	38.4	35.6	32.8
S ₆₀ 1	28.8	28.6	32.8	36.0	40.0	45.2	31.3	28.5	24.0	21.5	12.5	14.5
2	30.4	30.4	32.0	33.2	40.0	44.8	35.0	35.0	33.7	30.0	28.7	25.0
3	29.6	29.6	33.4	31.8	36.8	43.2	26.4	25.2	28.4	29.4	26.4	23.5
4												

表5-1-6

壁平行移動時の測定土圧

(単位 g/cm^2)

	壁底より90cm(地表より20cm)の土圧						壁底より65cm(地表より45cm)の土圧					
	壁移動量 (1/100mm)						壁移動量 (1/100mm)					
実験番号	0	5	20	100	300	500	0	5	20	100	300	500
V ₆₅ 1	6.6	9.9	9.6	12.0	14.4	11.7	12.3	14.7	15.0	15.3	15.6	11.7
2	10.8	11.1	15.0	9.6	19.8	21.0	15.6	13.5	20.1	13.5	19.5	21.0
3	12.6	12.8	18.0	17.4	19.2	17.8	16.0	14.9	21.7	18.9	18.2	18.9
4	12.0	12.4	16.8	18.0	19.0	17.8	17.4	16.4	23.4	20.4	21.2	22.5
S ₆₅ 1	6.4	7.2	6.4	6.8	7.2	7.2	14.4	14.4	14.8	14.4	12.0	17.5
2	8.0	8.0	10.4	8.8	9.6	11.2	19.2	18.8	20.0	19.2	20.8	21.2
3	10.0	10.0	9.6	8.4	10.4	11.2	12.8	12.0	12.0	12.0	14.4	16.3
4												
	壁底より40cm(地表より70cm)の土圧						壁底より15cm(地表より95cm)の土圧					
	壁移動量 (1/100mm)						壁移動量 (1/100mm)					
実験番号	0	5	20	100	300	500	0	5	20	100	300	500
V ₆₅ 1	44.2	68.3	68.3	57.7	60.0	53.7	26.5	28.0	26.0	30.0	23.5	12.5
2	36.6	32.1	37.8	24.0	40.8	43.2	14.1	11.0	9.5	7.0	12.5	14.8
3	33.0	31.4	38.2	34.9	37.1	38.7	40.6	38.1	44.3	27.2	34.4	33.1
4	51.8	49.5	57.5	55.0	52.5	53.0	10.6	8.4	12.2	8.1	8.1	9.4
S ₆₅ 1	33.6	33.6	38.4	40.4	40.8	43.6	18.0	18.0	16.8	15.6	16.8	18.0
2	43.2	43.2	47.2	48.8	51.6	50.8	22.0	22.0	23.0	23.0	16.0	17.0
3	33.4	33.6	36.8	40.0	42.0	41.6	17.0	16.0	16.6	17.0	16.0	15.5
4												

表5-1-7

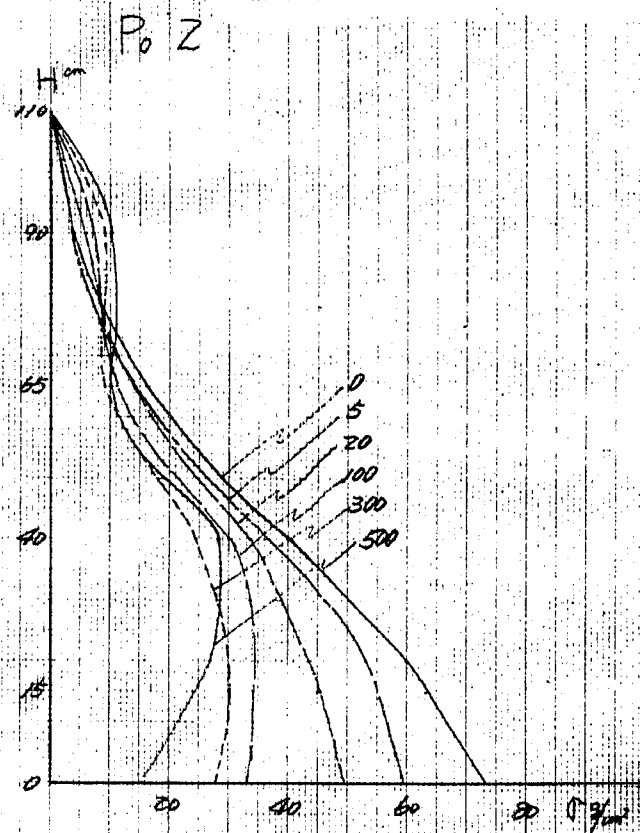
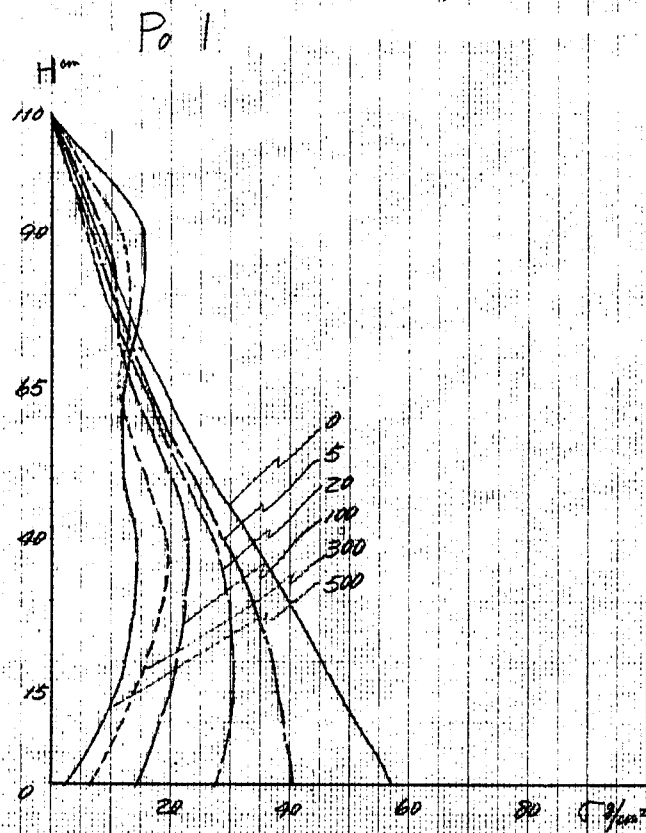
壁平行移動時の測定土圧

(単位 g/cm²)

	壁底より90cm(地表より20cm)の土圧						壁底より65cm(地表より45cm)の土圧					
	壁移動量 (1/100mm)						壁移動量 (1/100mm)					
実験番号	0	5	20	100	300	500	0	5	20	100	300	500
V ₇₀ 1	10.2	10.8	15.3	16.7	20.4	18.8	26.9	25.0	27.2	25.2	23.6	21.3
2	9.9	13.8	13.5	14.4	18.3	18.6	26.6	27.9	28.1	25.8	26.1	25.2
3	8.0	7.3	10.3	10.0	10.0	11.3	15.4	14.4	16.2	15.4	12.6	11.6
4	14.4	14.5	18.2	16.4	19.3	17.5	10.0	9.0	13.0	12.3	13.0	13.0
S ₇₀ 1	12.8	12.8	13.6	12.4	11.2	11.2	19.2	19.2	19.2	17.6	17.2	18.4
2	16.0	16.0	18.4	19.2	20.8	20.0	20.0	20.0	20.0	20.8	22.9	24.0
3	11.2	11.2	12.8	12.4	12.8	12.8	15.6	15.6	16.0	16.2	15.6	16.0
4	13.8	13.6	14.4	15.2	17.6	18.4	29.2	29.2	30.4	31.0	31.0	33.2
	壁底より40cm(地表より70cm)の土圧						壁底より15cm(地表より95cm)の土圧					
	壁移動量 (1/100mm)						壁移動量 (1/100mm)					
実験番号	0	5	20	100	300	500	0	5	20	100	300	500
V ₇₀ 1	39.9	36.3	36.3	33.9	33.6	28.8	7.0	7.3	12.5	7.3	14.5	15.8
2	34.8	35.1	35.1	33.3	36.0	35.4	27.0	23.0	23.0	14.5	23.5	25.0
3	41.5	40.5	38.5	35.0	31.5	28.5	15.0	9.4	13.9	9.4	9.4	10.0
4	16.7	16.3	19.3	20.3	23.3	23.3	9.2	8.3	8.4	7.7	6.7	6.7
S ₇₀ 1	58.4	57.8	57.2	57.6	60.0	58.4	13.0	12.5	11.7	11.0	10.5	10.0
2	37.6	37.6	41.6	40.0	37.6	40.0	8.0	8.0	8.0	8.0	10.0	11.0
3	43.2	43.2	46.4	47.2	48.8	46.4	12.0	12.0	12.0	12.7	13.0	13.0
4	34.8	34.4	37.2	33.6	29.2	30.9	12.0	11.5	11.7	10.0	10.0	10.7

図 5-2-1

土圧計の測定値より求めた平行移動壁に作用する土圧分布

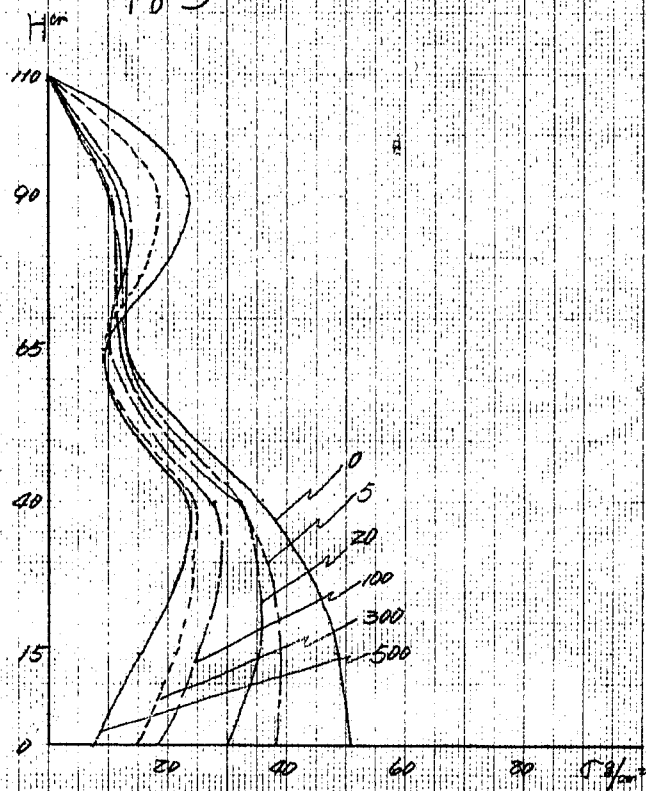


数字は $\frac{1}{100} \text{ m}$ 単位の壁平行移動量を示す

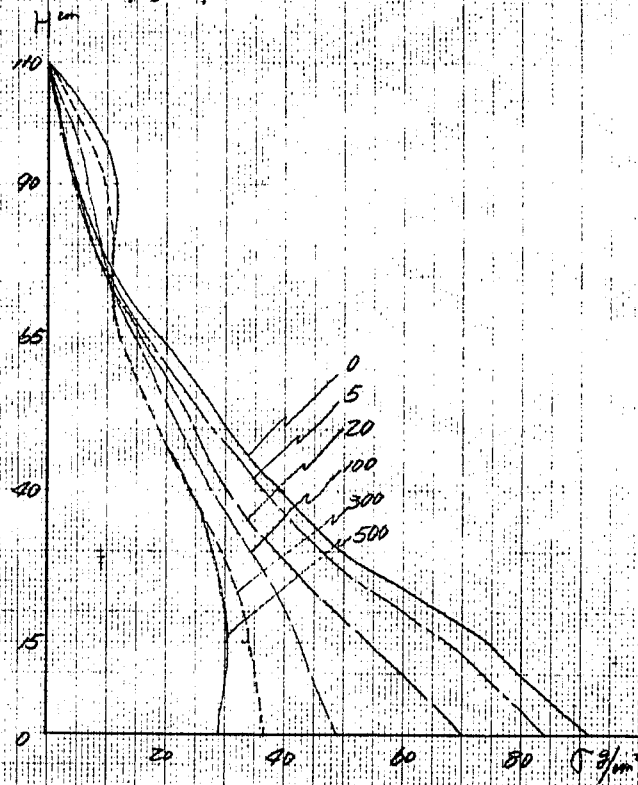
図 5-2-2

土圧計の測定値より求めた平行移動壁に作用する土圧分布

P₀3

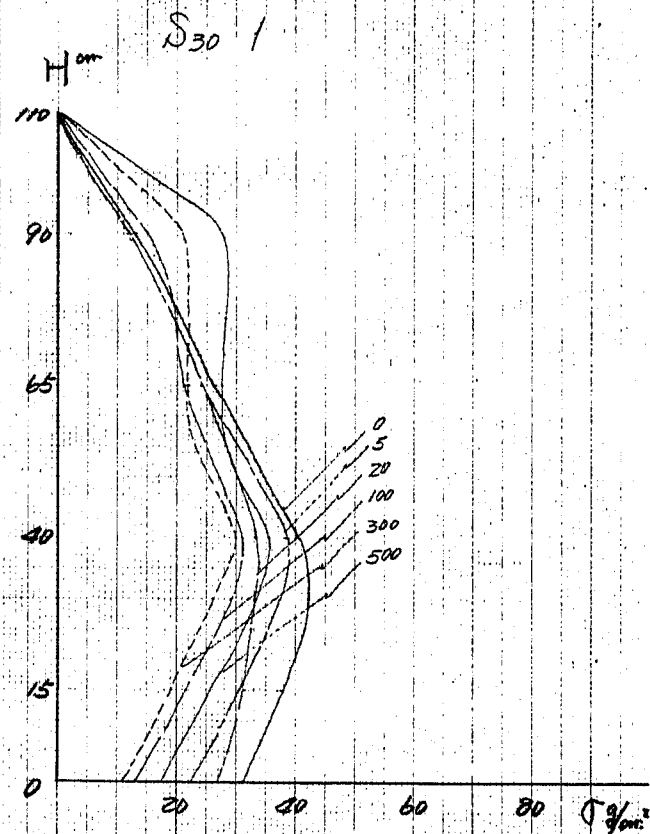
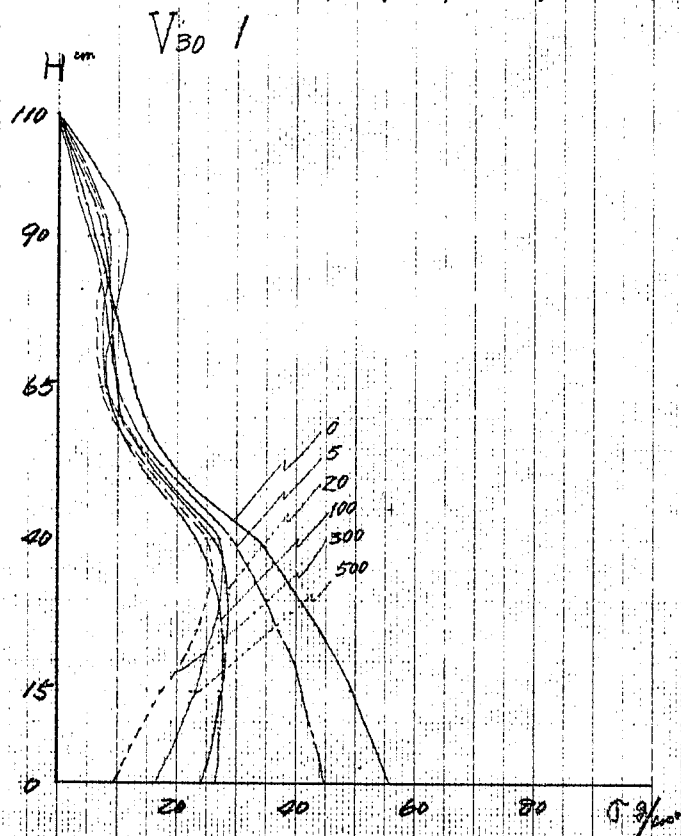


P₀4



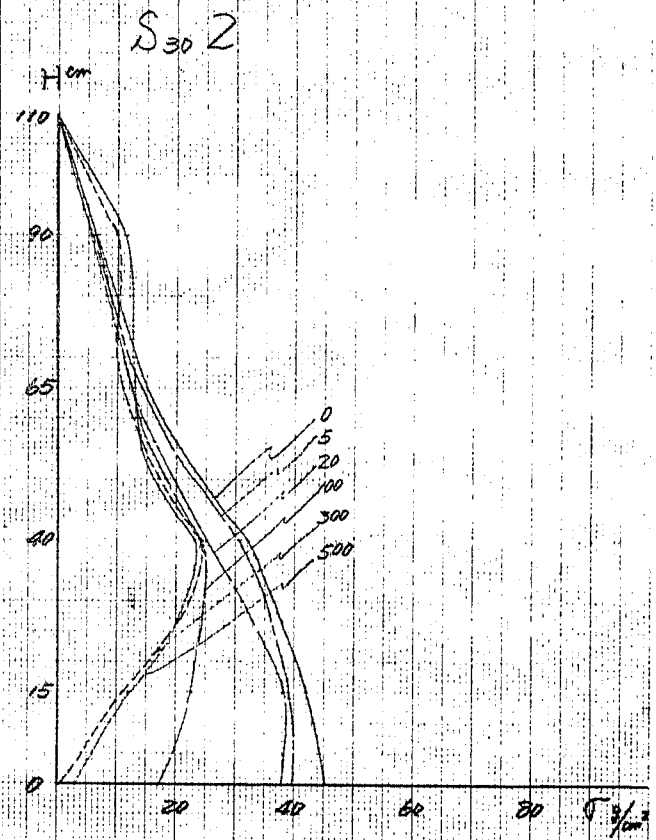
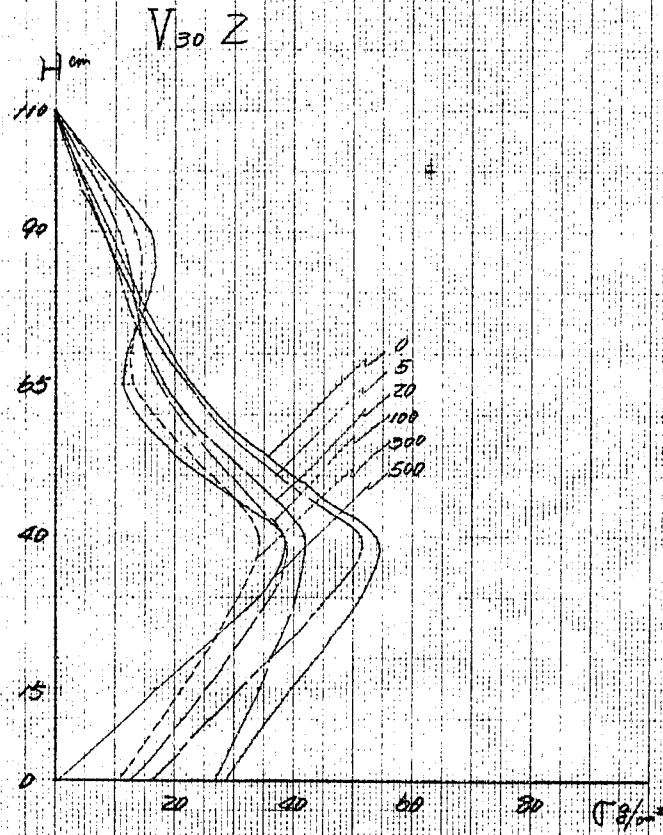
数字は $\frac{1}{100}mm$ 単位の壁平行移動量を示す。

図 5-2-3 土圧計の測定値より求めた平行移動壁に作用する土圧分布



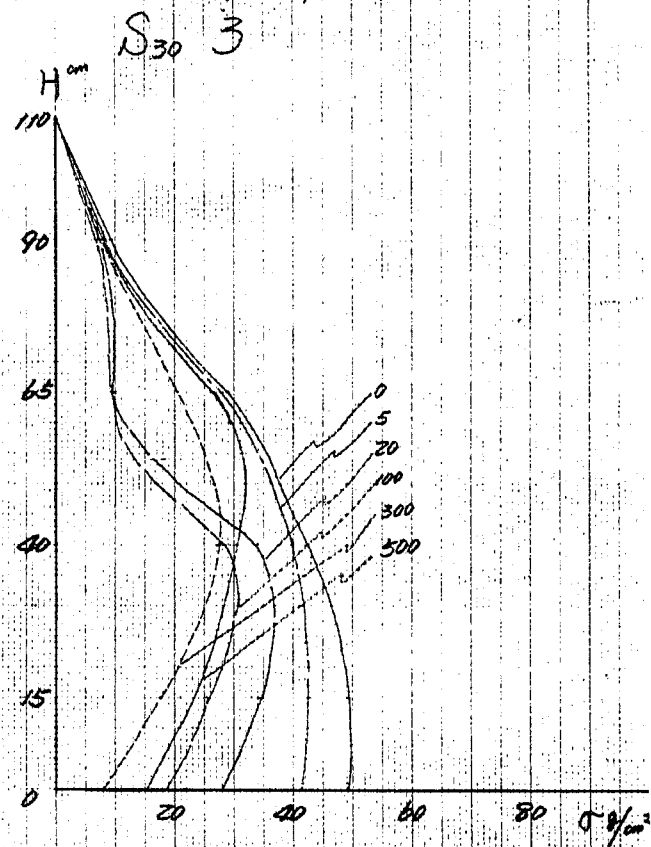
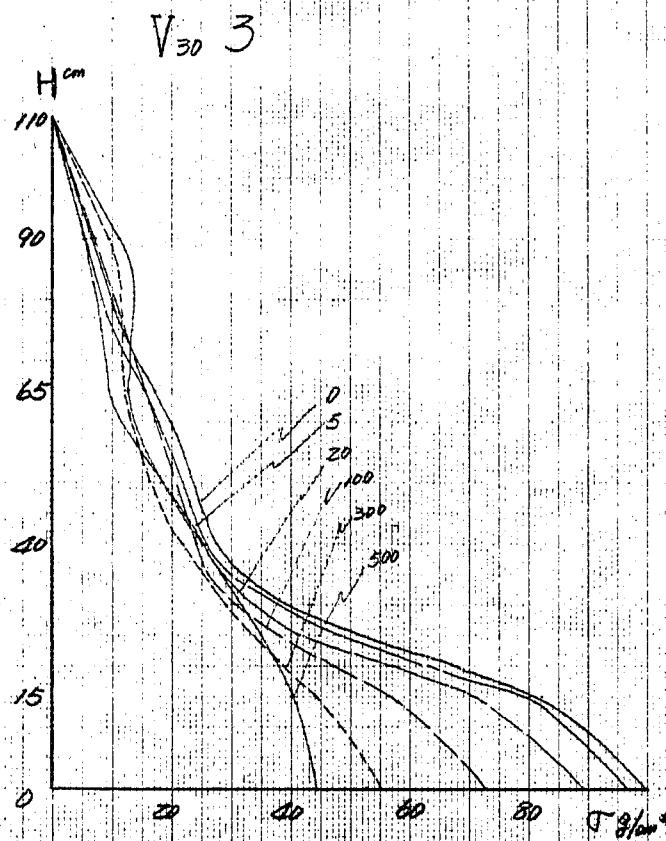
数字は mm 単位の壁平行移動量を示す。

図 5-2-4 土圧計の測定値より求めた平行移動壁に作用する土圧分布



数字は $\frac{1}{100}$ mm 単位の壁平行移動量を示す

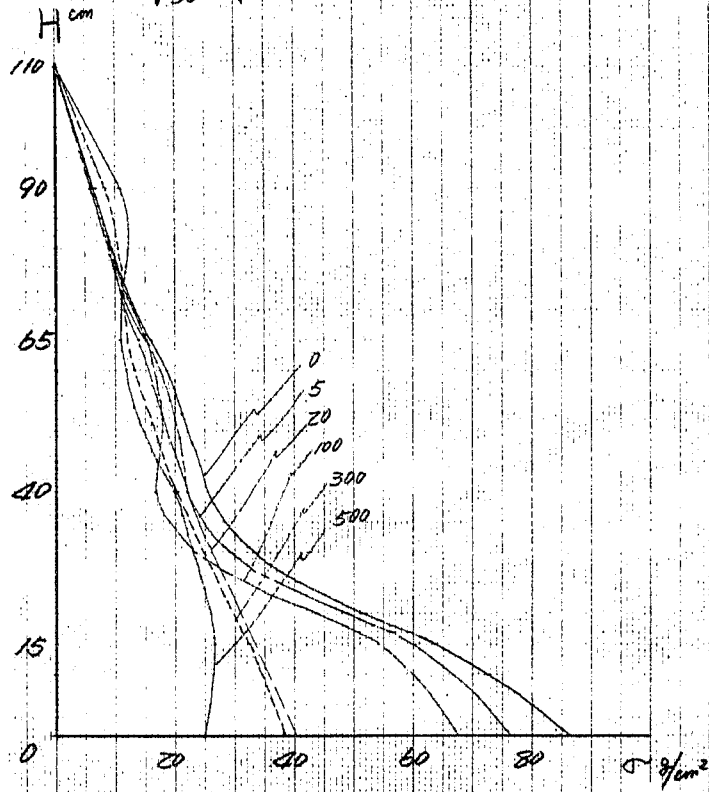
図 5-2-5 土圧計の測定値より求めた平行移動壁に作用する土圧分布



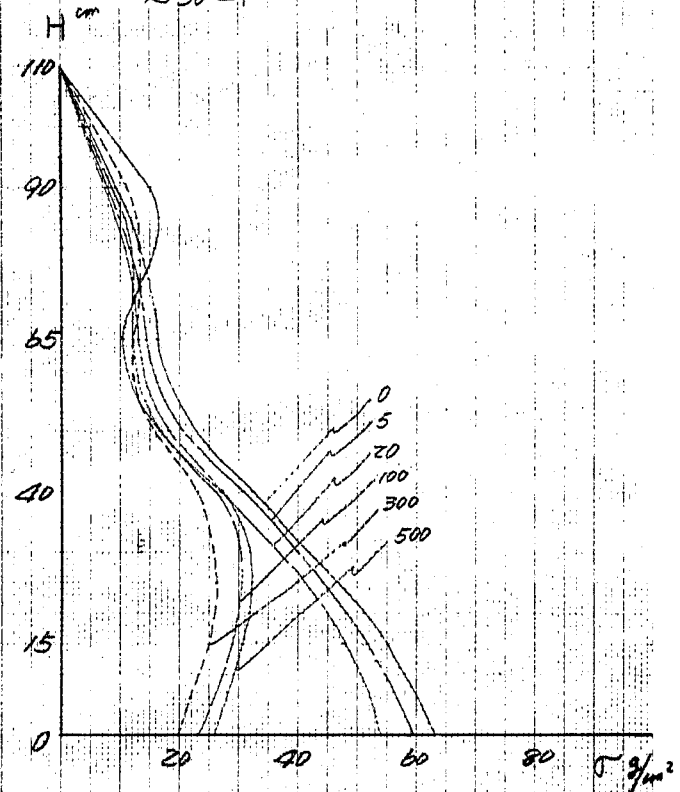
数字は $1/100 \text{ mm}$ 単位の壁平行移動量を示す

図 5-2-6 土圧計の測定値より求めた平行移動壁に作用する土圧分布

$V_{30} 4$

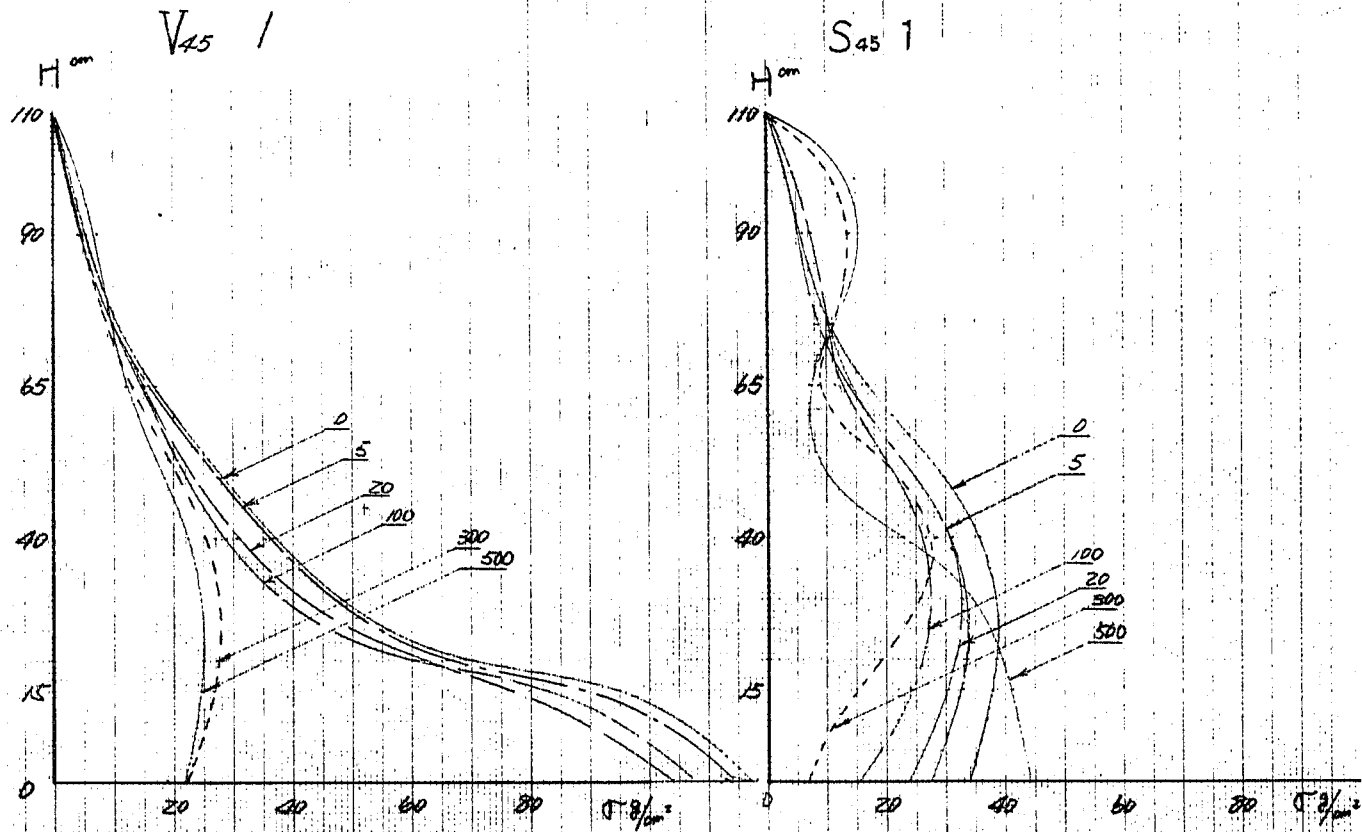


$S_{30} 4$



数字は mm 単位の壁平行移動量を示す。

図 5-2-7 土圧計の測定値より求めた平行移動壁に作用する土圧分布

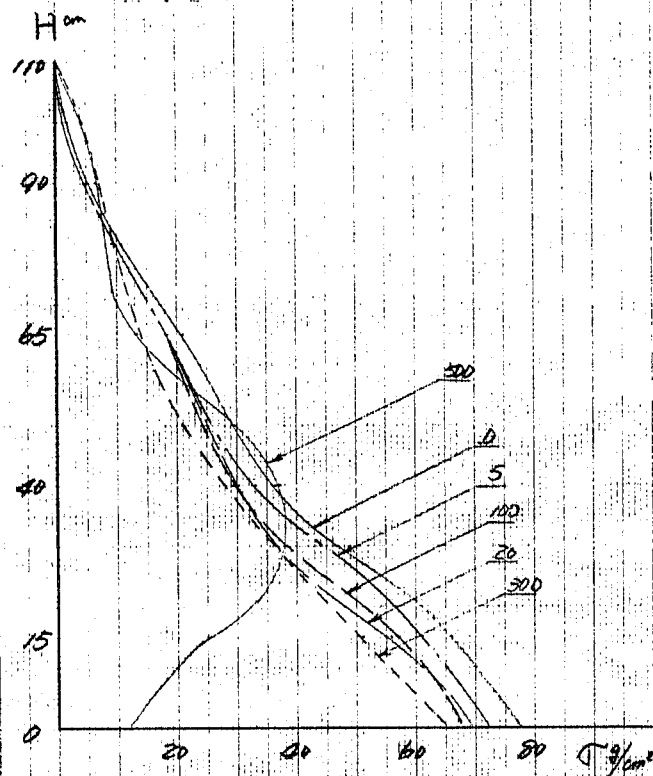


数字は $1/100$ mm 単位の壁平行移動量を示す

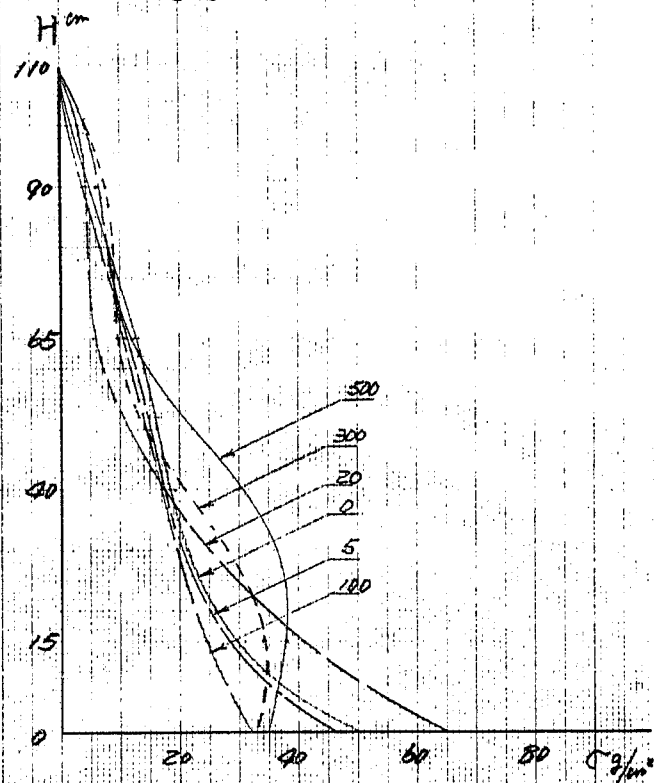
図 6-Z-

5-2-8 土圧計の測定値より求めた平行移動壁に作用する土圧分布

$V_{45} Z$



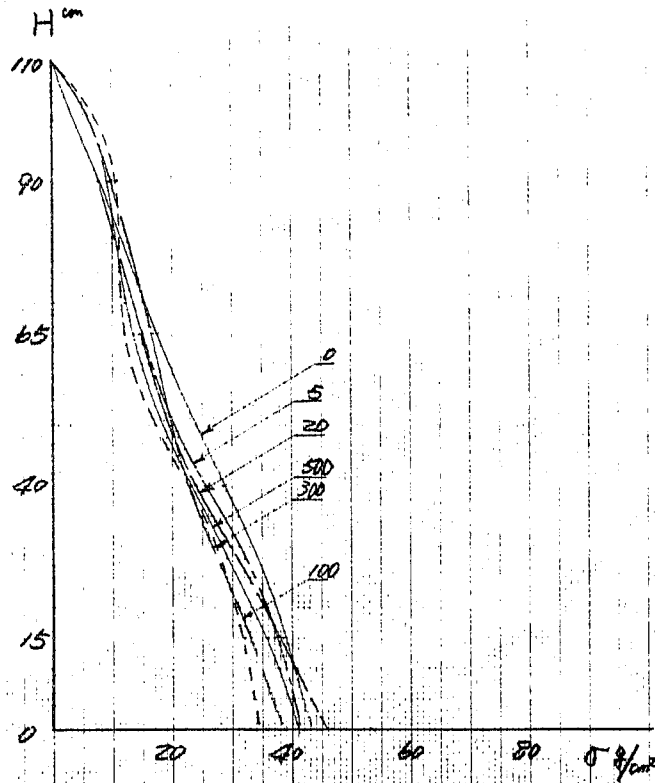
$S_{45} Z$



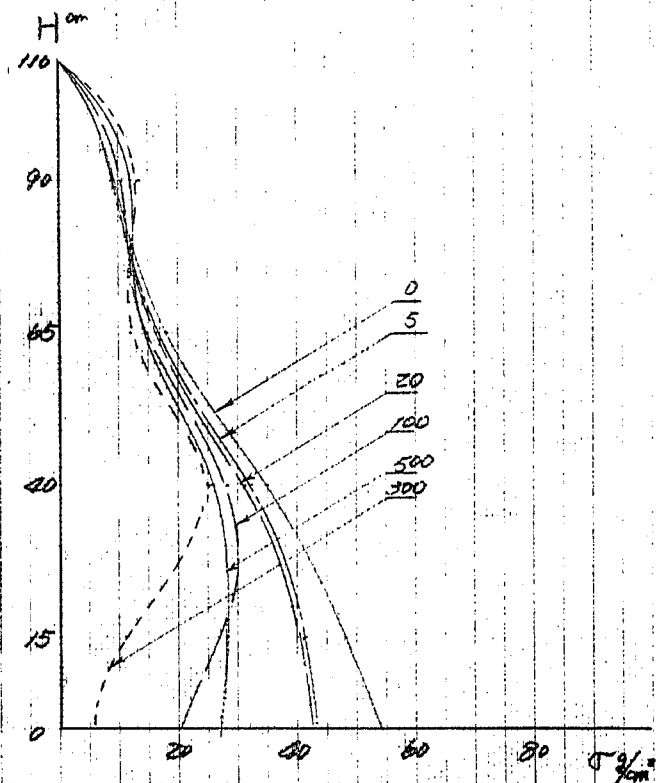
数字は $1/100$ mm 単位の壁平行移動量を示す

図 5-2-9 土圧計の測定値より求めた平行移動壁に作用する土圧分布

$V_{45} 3$



$S_{45} 3$

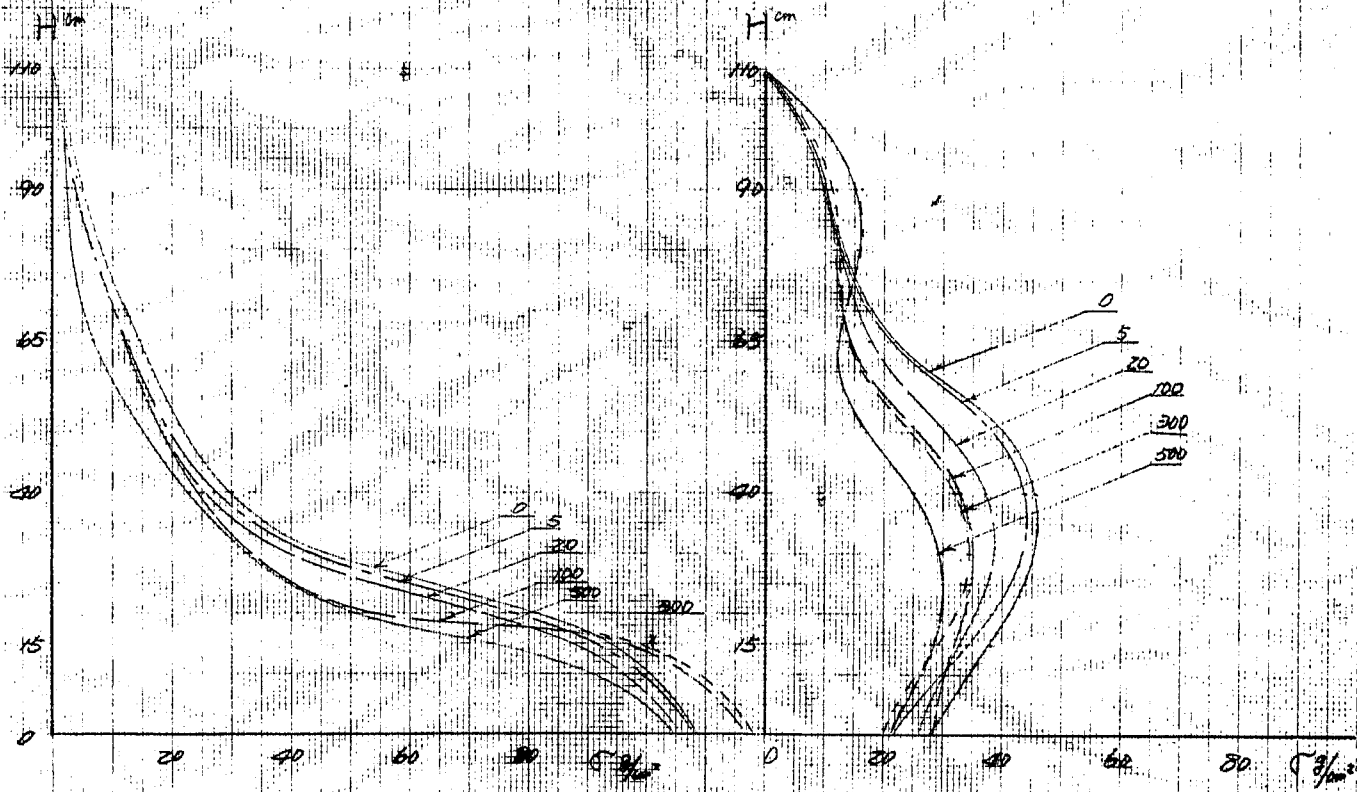


数字は 100 mm 単位の壁平行移動量を示す

図 5-2-10 土圧計の測定値と、~~土~~平行移動壁に作用する土圧分布

V₄₅ 4

S₄₅ 4

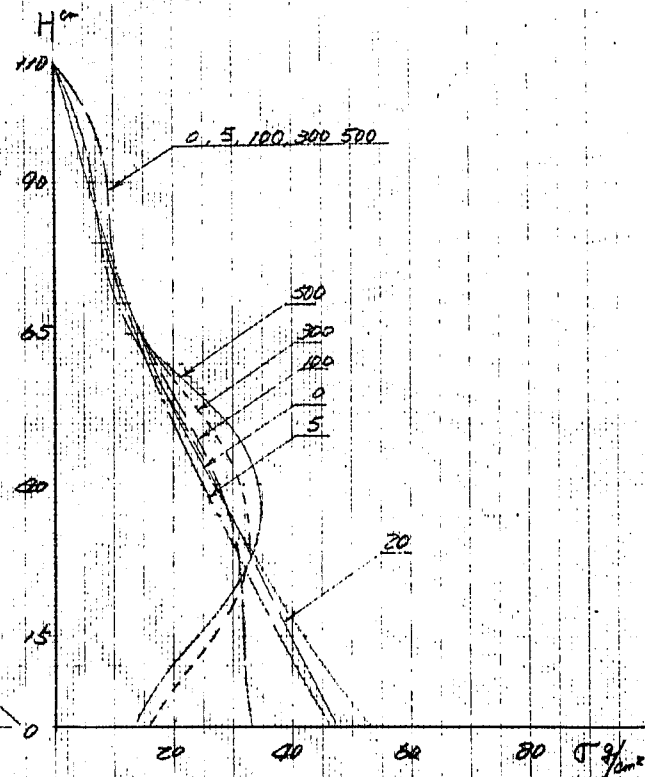
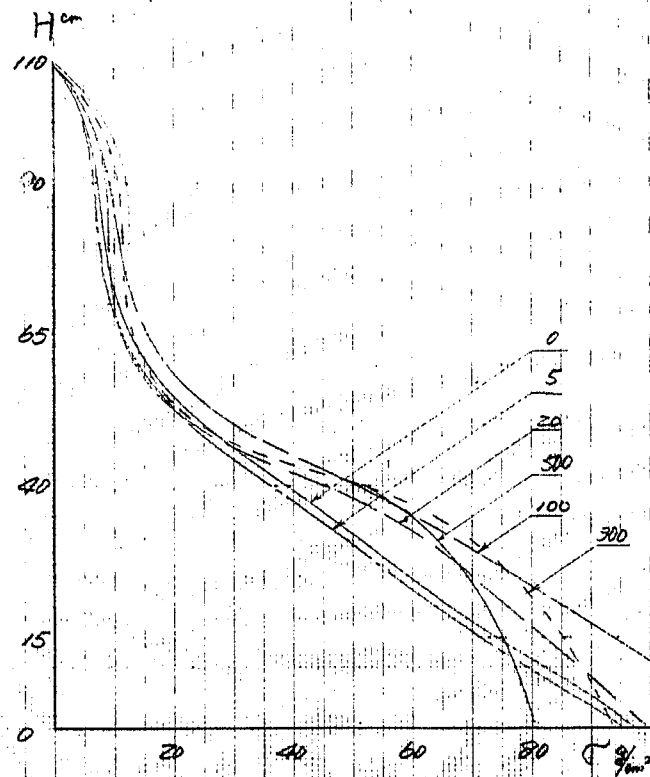


数字は100mm単位の壁平行移動量を示す

図 6-2-1 5-2-11 土圧計の測定値より求めた平行移動壁に作用する土圧分布

V_{55} /

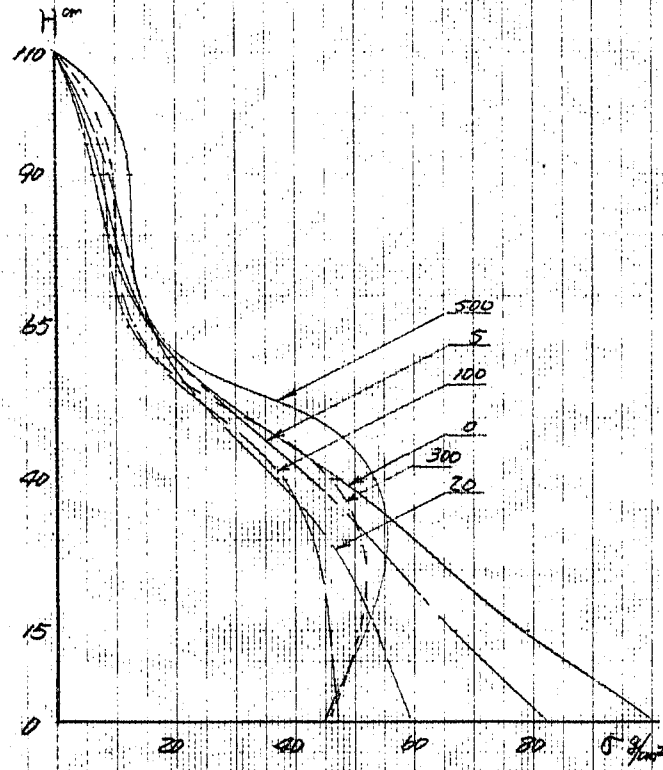
S_{55} /



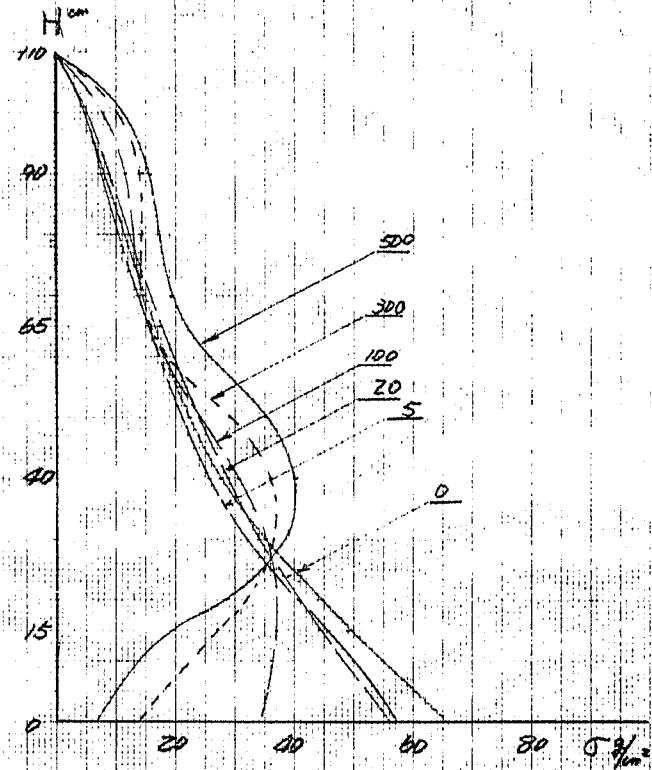
数字は $\frac{1}{100}$ mm 単位の壁平行移動量を示す。

図 5-2-12 土圧計の測定値より求めた平行移動壁に作用する土圧分布

V₅₅ Z

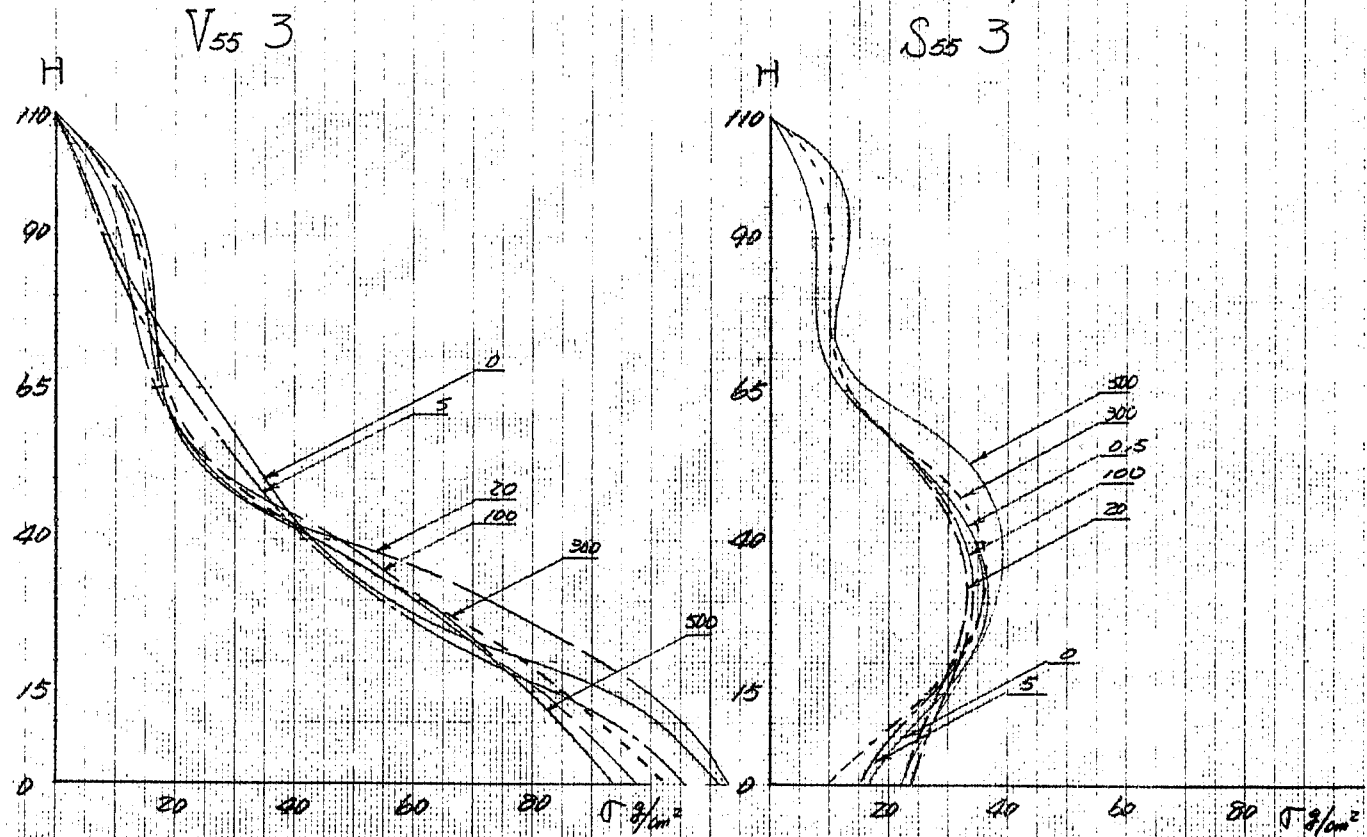


S₅₅ Z



数字は $\frac{1}{100}mm$ 単位の壁平行移動量を示す

図 5-2-13 土圧計の測定値より求めた平行移動壁に作用する土圧分布

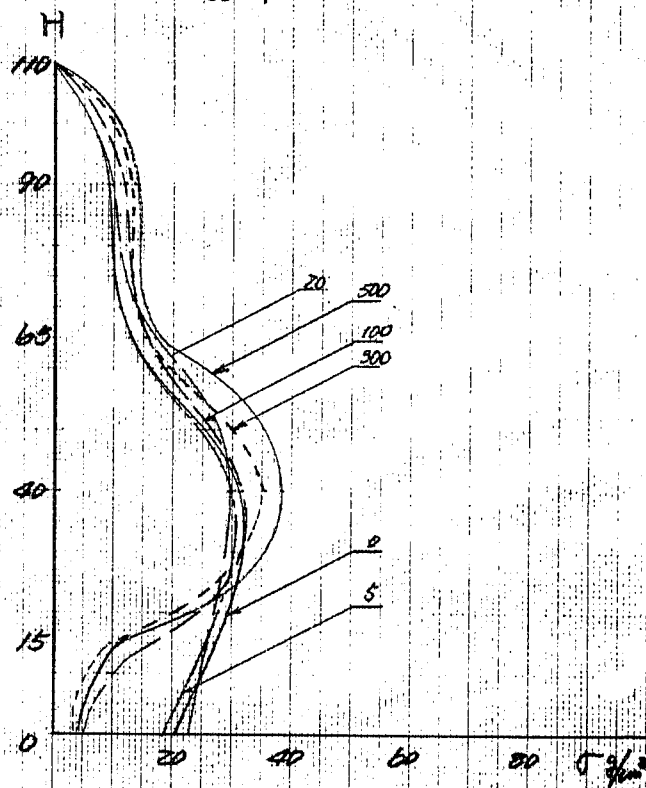
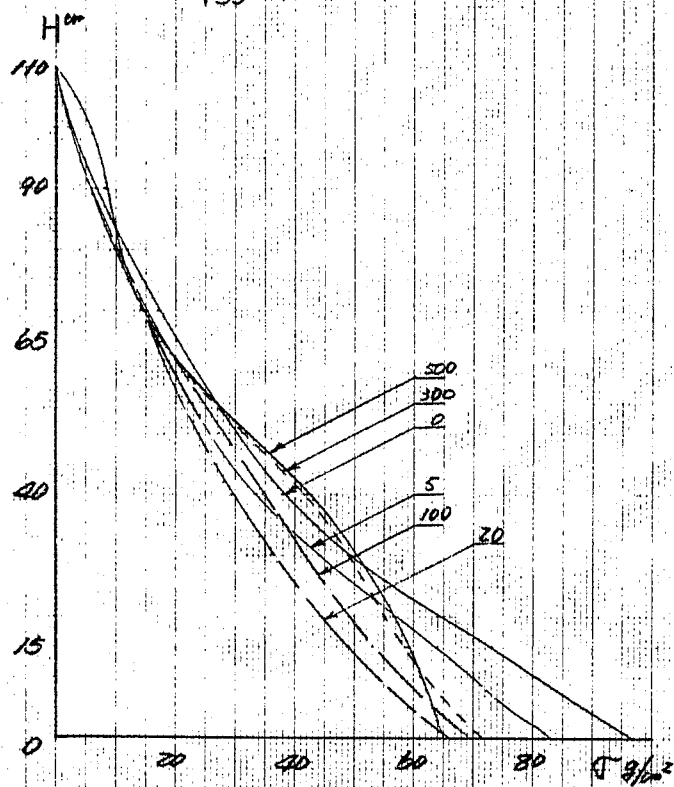


数字は $1/100 \text{ mm}$ 単位の壁平行移動量を示す。

図 6-2-1, 図 5-2-14 土圧計の測定値より求めた平行移動壁に作用する土圧分布

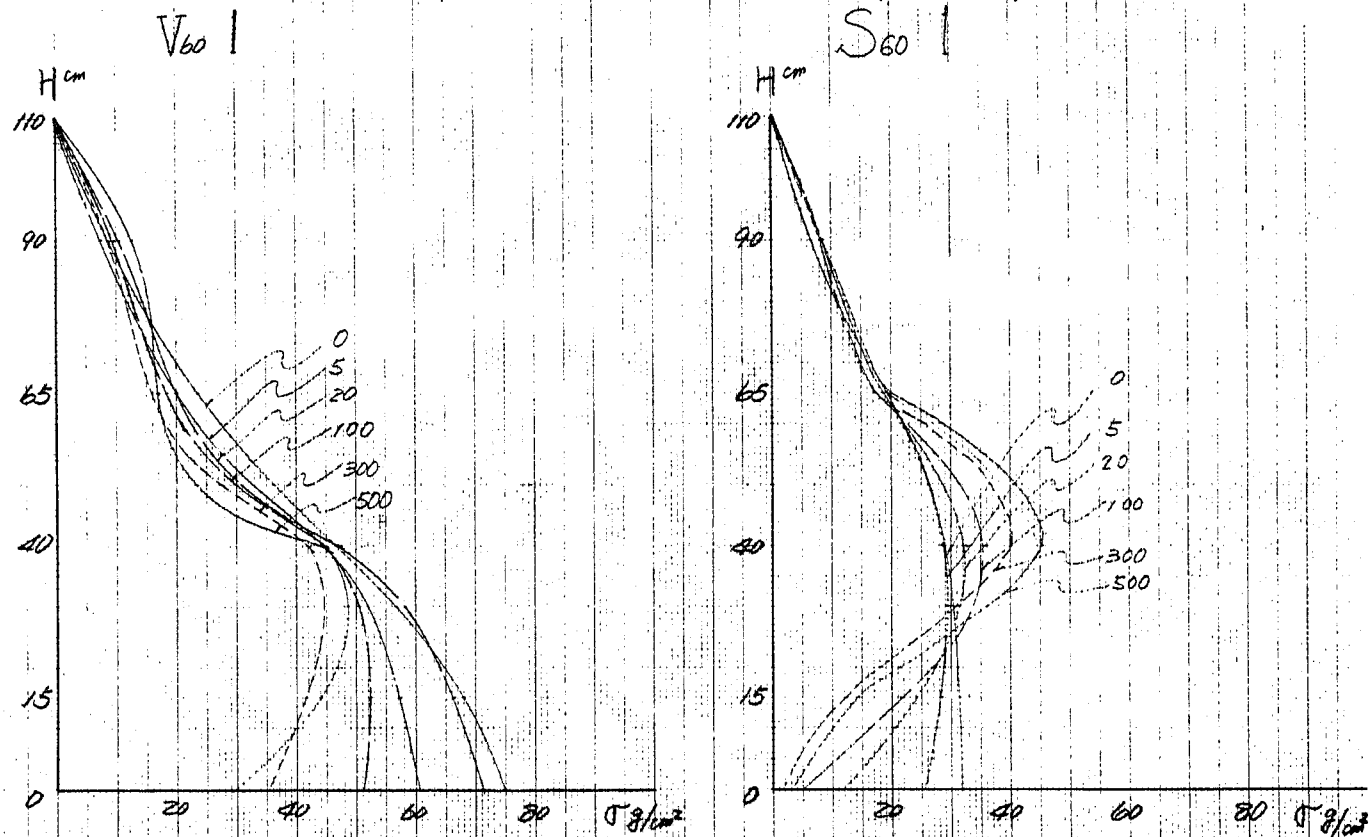
$V_{55} 4$

$S_{55} 4$



数字は $1/100$ mm単位の壁平行移動量を示す。

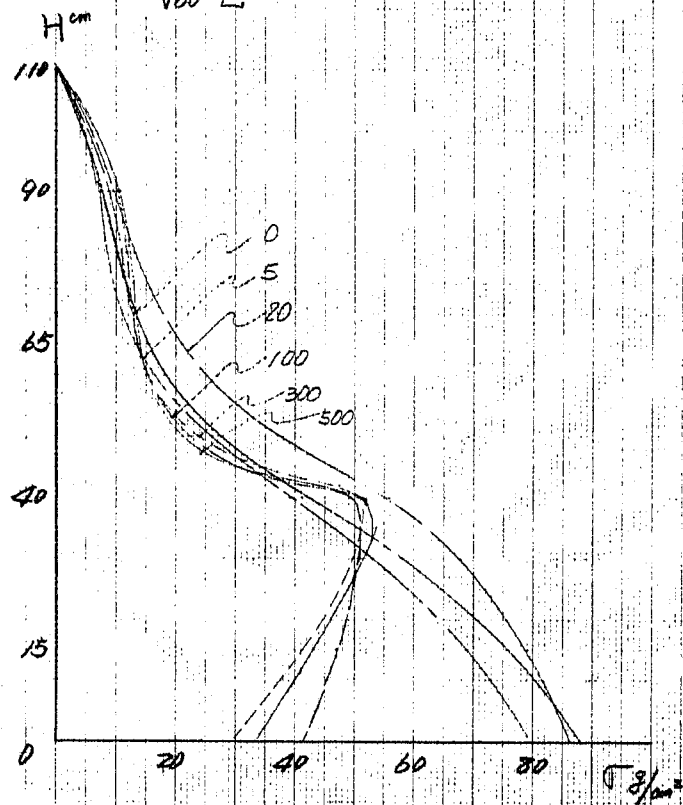
図 5-2-15 土圧計の測定値を求めた 平行移動壁に作用する土圧分布



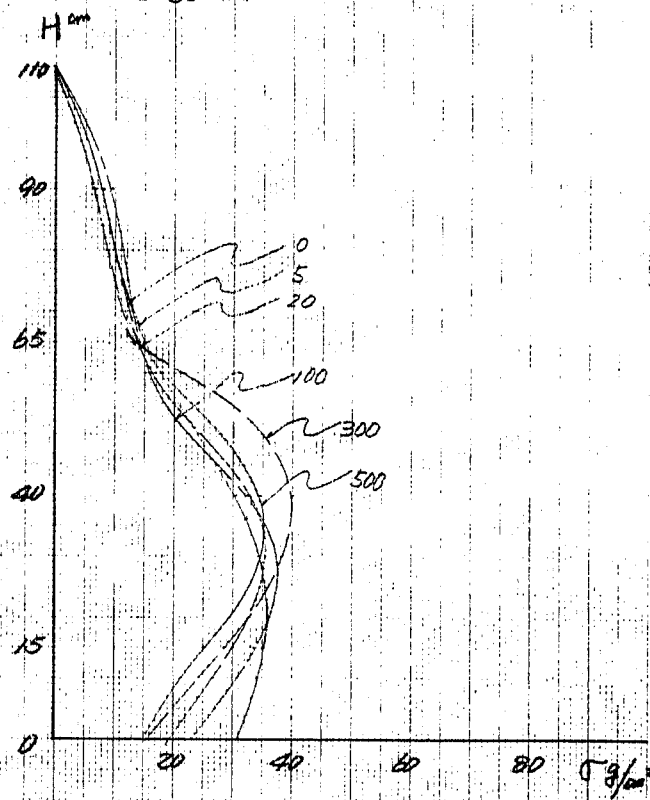
数字は 7100 mm 単位の壁平行移動量を示す。

図 5-2-16 土圧計の測定値を求めた平行移動壁に作用する土圧分布

$V_{60} 2$



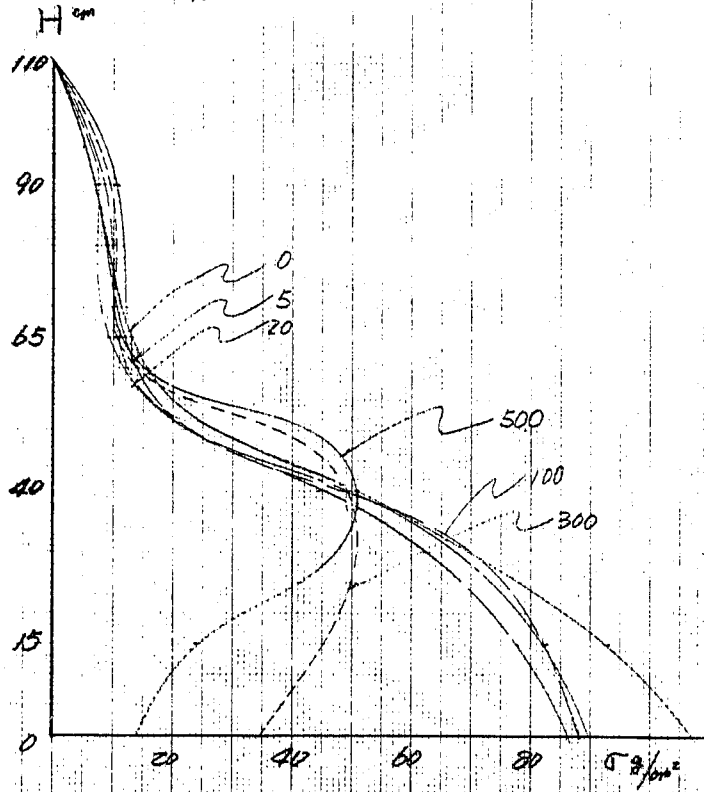
$S_{60} 2$



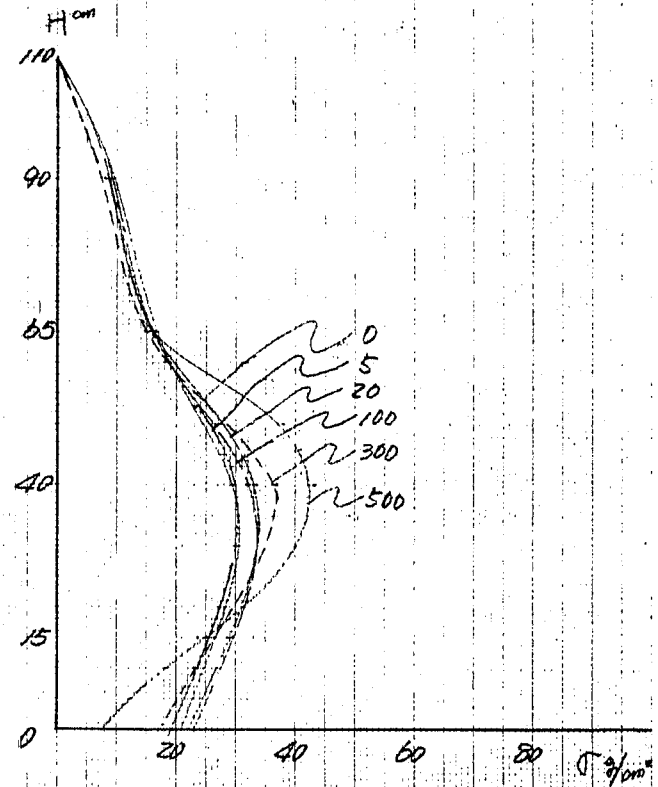
数字は $\frac{1}{100}$ mm 単位の壁平行移動量を示す。

図 5-2-17 土圧計の測定値より求めた平行移動壁に作用する土圧分布

$V_{60} 3$



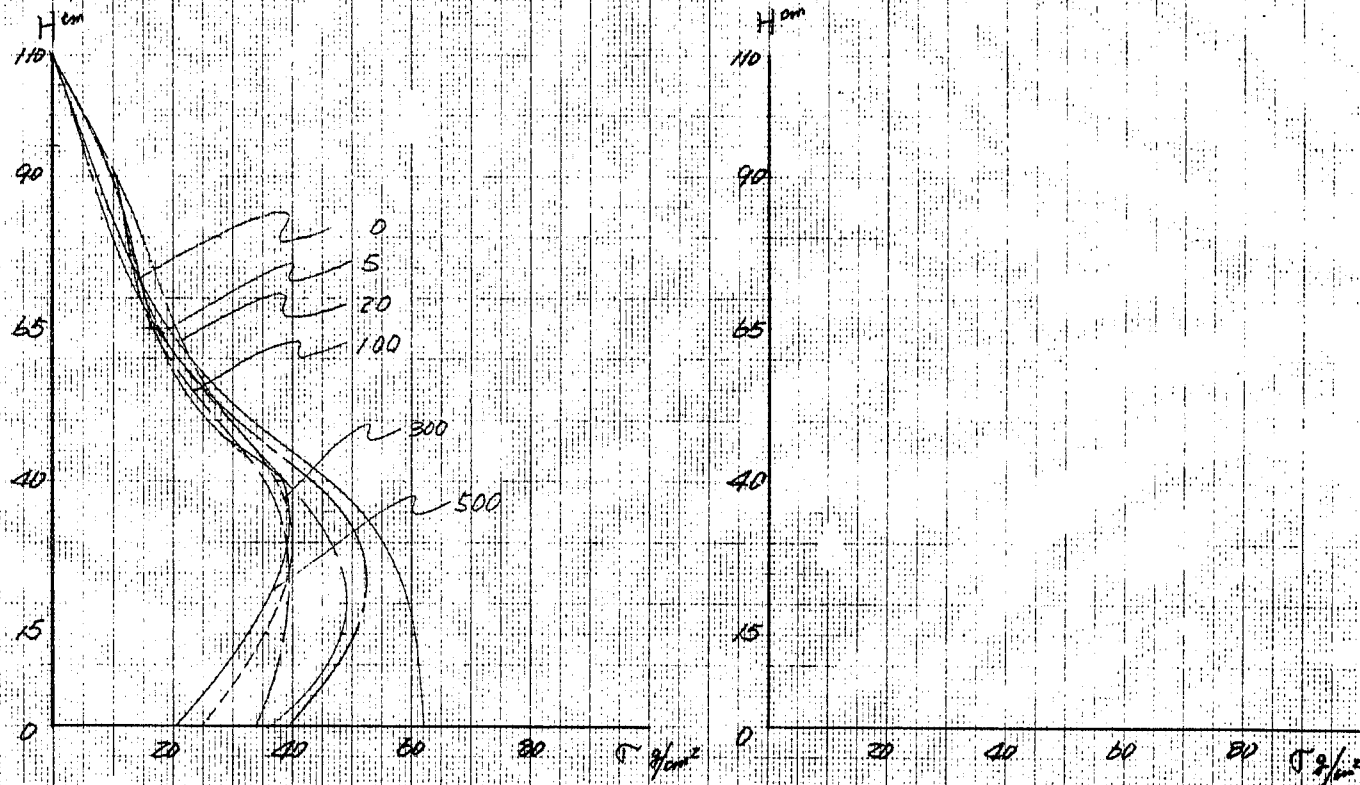
$S_{60} 3$



数字は $\frac{1}{100} \text{ mm}$ 単位の壁平行移動量を示す

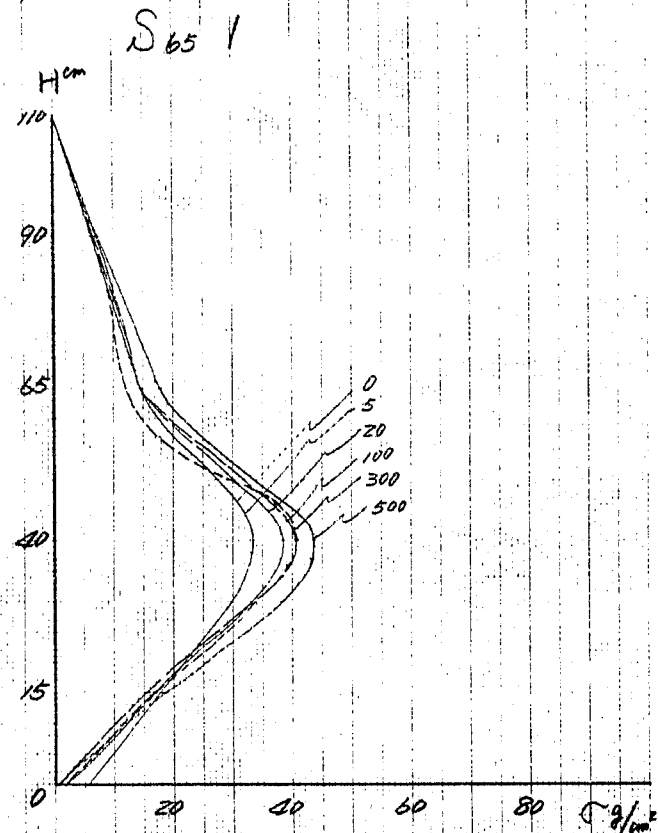
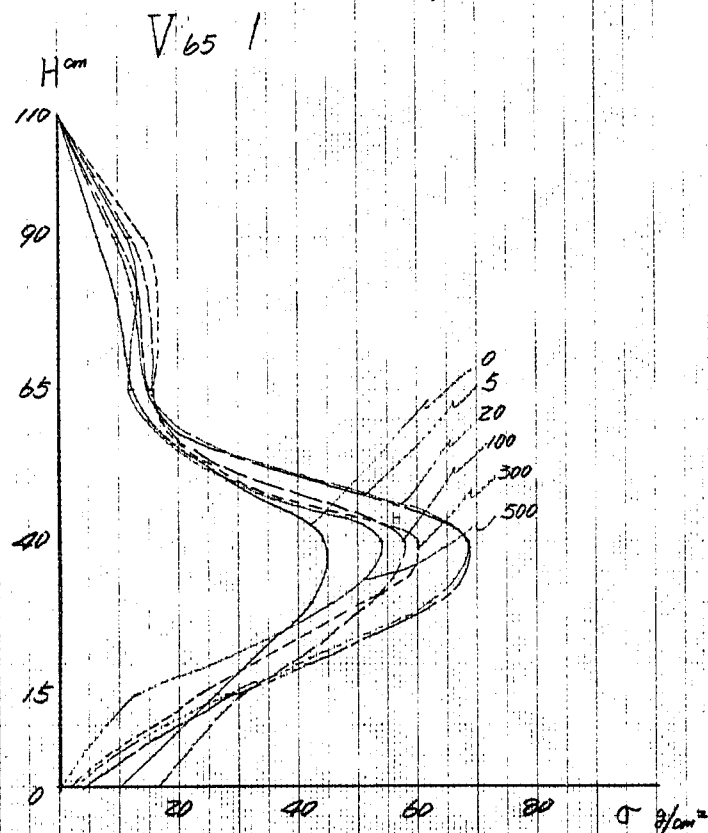
図 5-2-18 土圧計の測定値より求めた平行移動壁に作用する土圧分布

V_{60} 4



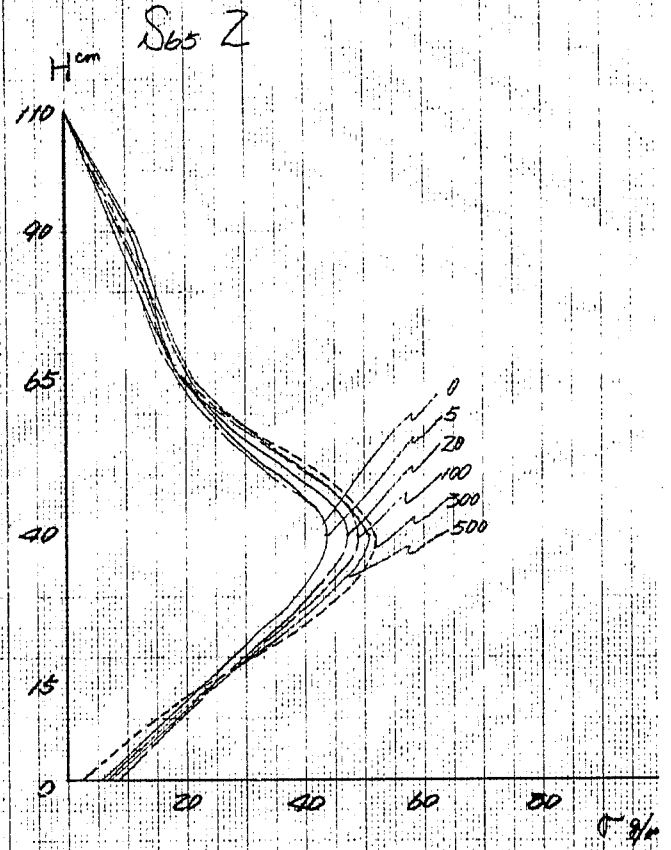
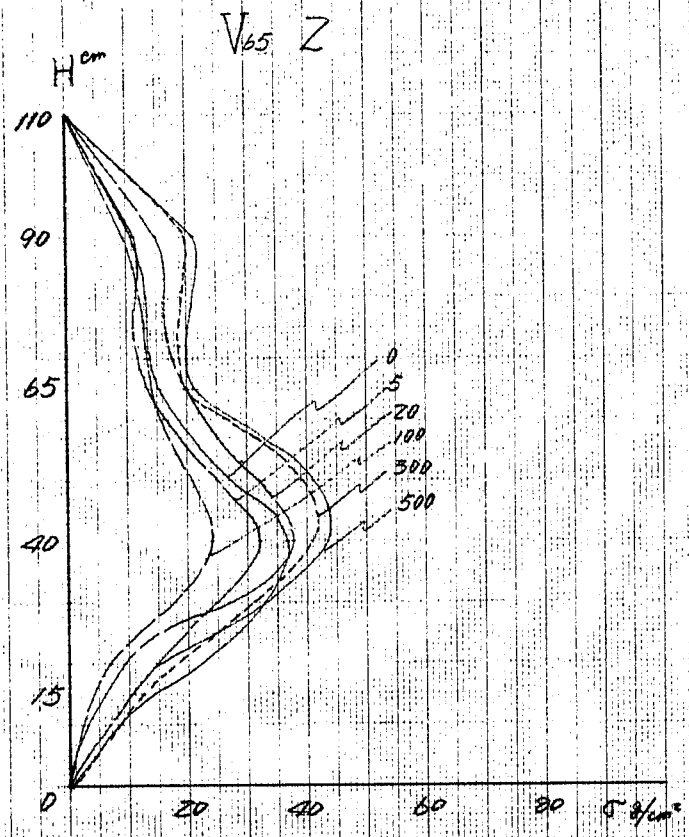
数字は $/100\text{ mm}$ 単位の壁平行移動量を示す

図 5-2-19 土圧計の測定値より求めた平行移動壁に作用する土圧分布



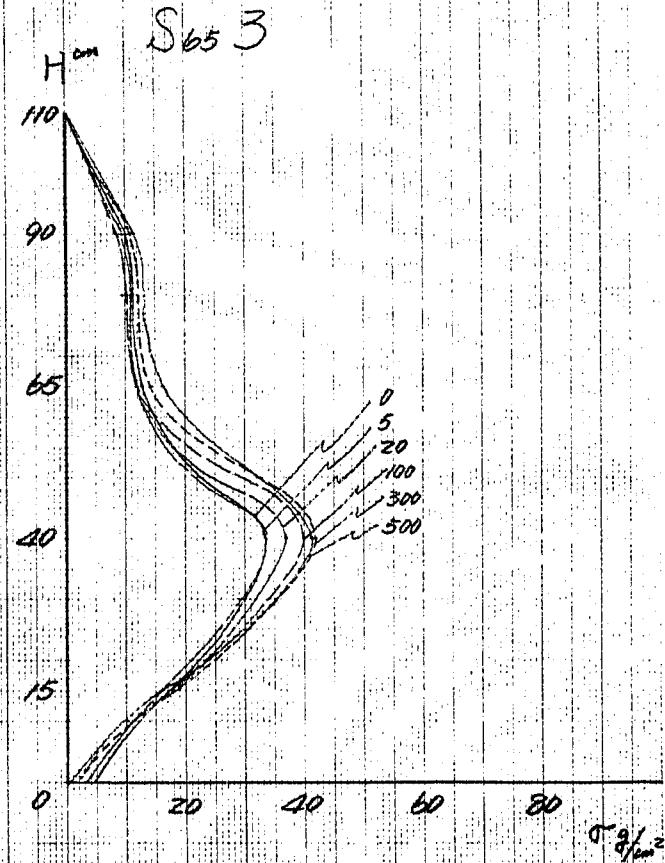
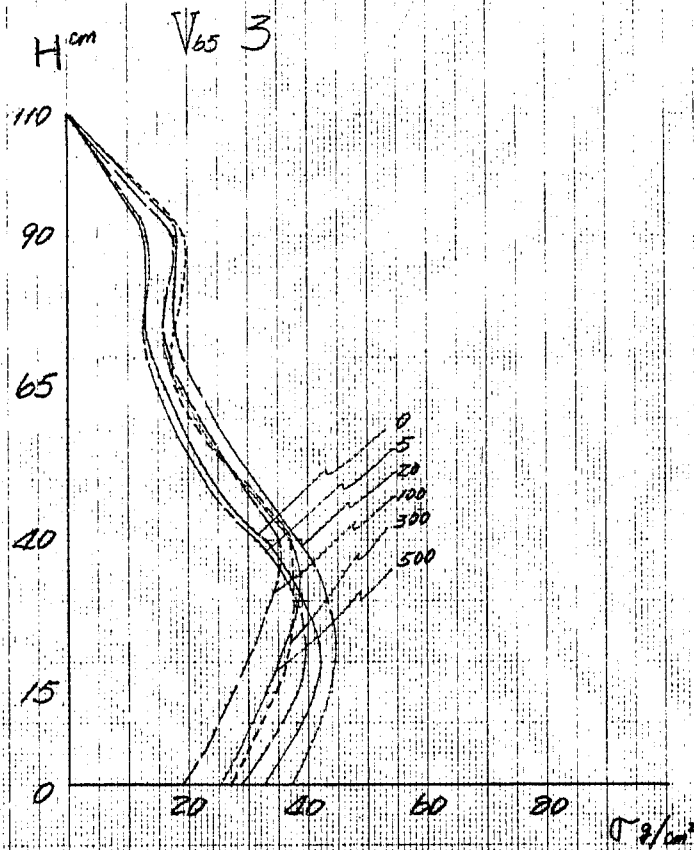
数字は $\frac{1}{100} \text{ mm}$ 単位の壁平行移動量を示す。

図 5-2-20 土圧計の測定値より求めた平行移動壁に作用する土圧分布



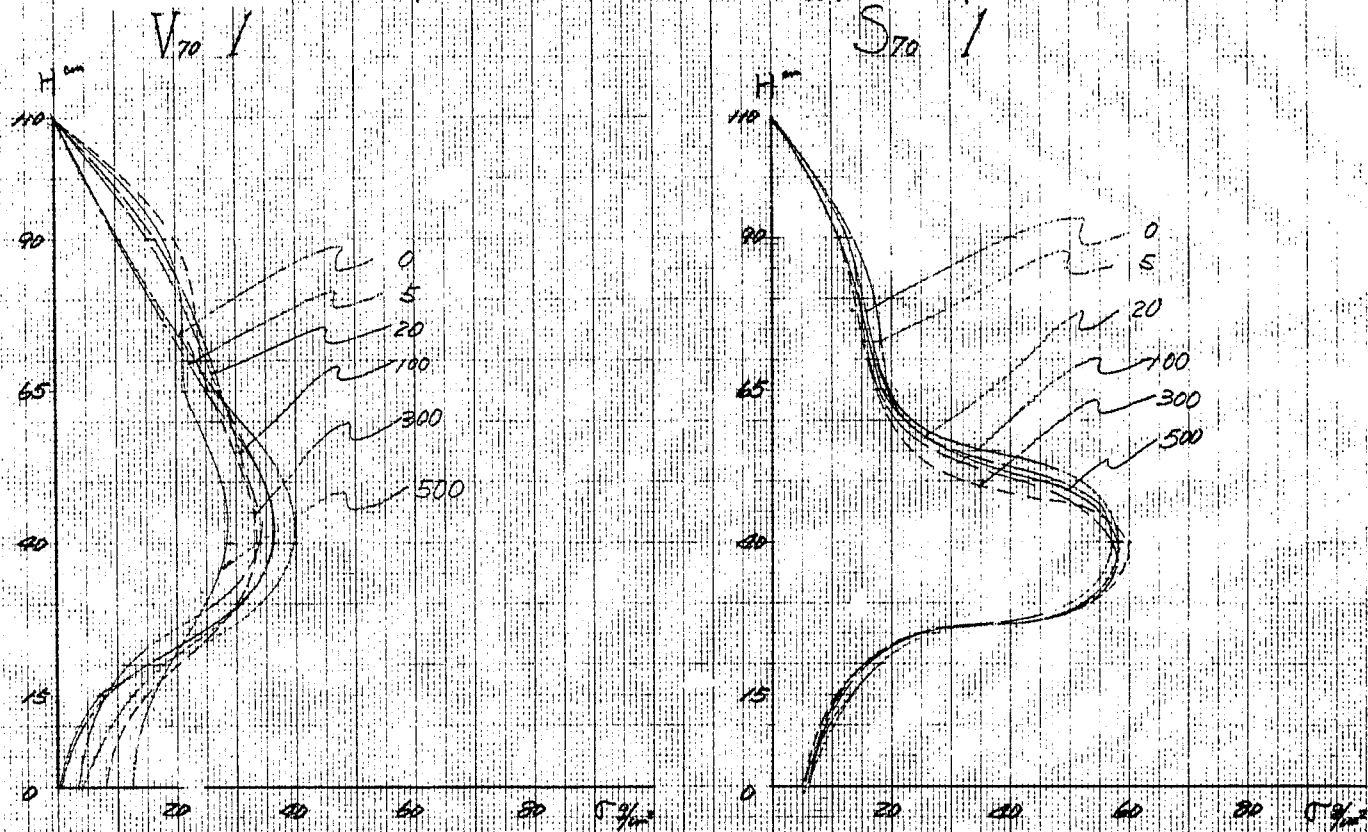
数字は $\frac{1}{100} \text{mm}$ 単位の壁平行移動量を表す

図 5-2-21 土圧計の測定値より求めた平行移動壁に作用する土圧分布



数字は 1/100 mm 単位の壁平行移動量を示す

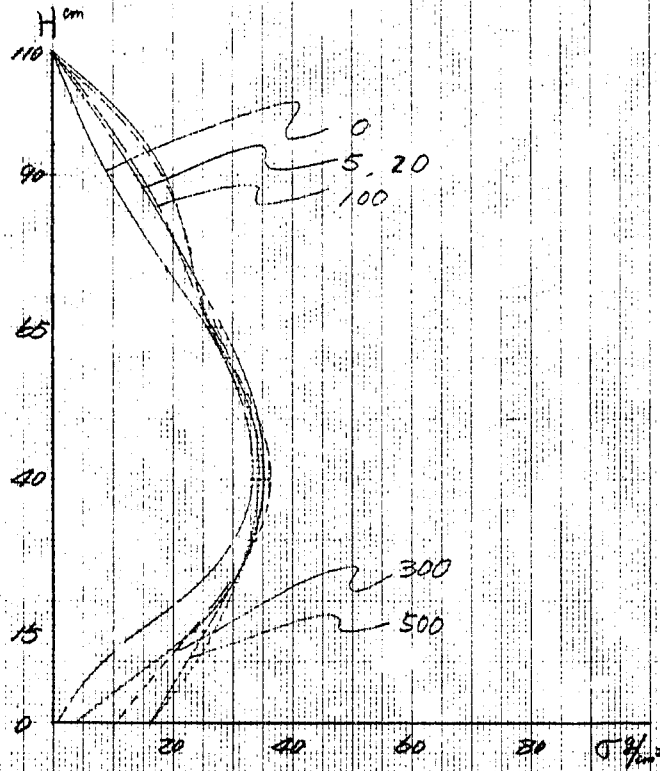
図 5-2-22 土圧計の測定値より求めた平行移動量に作用する土圧分布



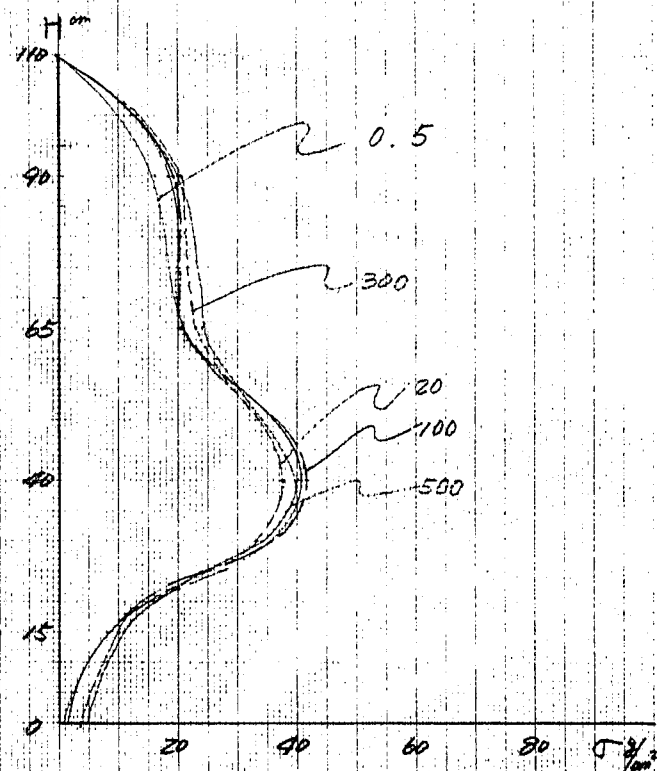
数字は $\frac{1}{100}$ mm単位の壁平行移動量を示す

図 5-2-23 土圧計の測定値より求めた平行移動壁に作用する土圧分布

V_{70} 2

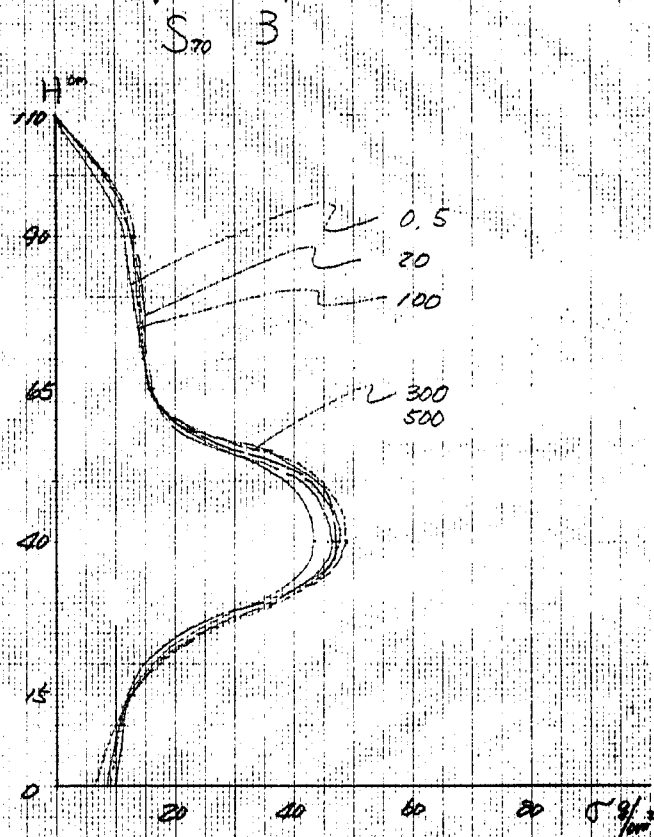
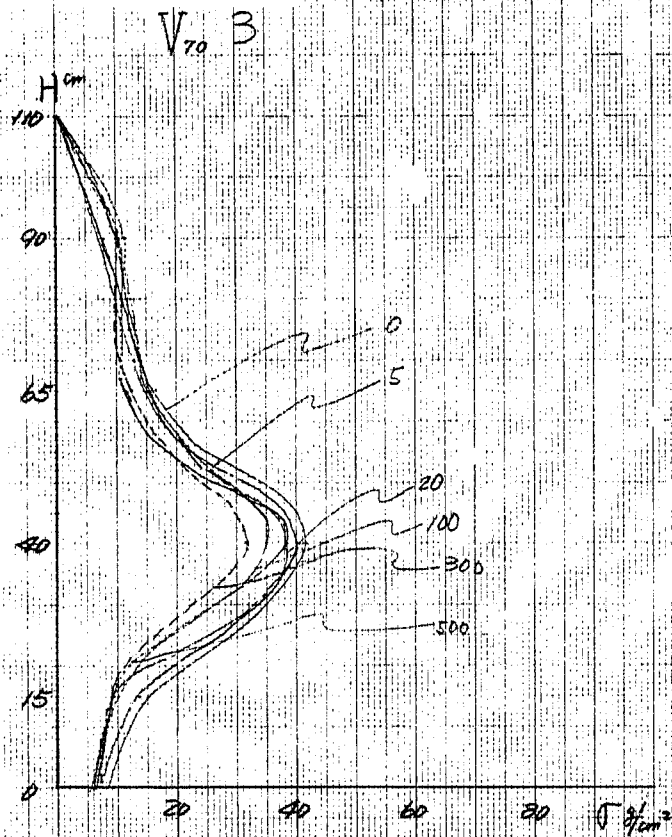


S_{70} 2



数字は $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ 単位の壁平行移動量を示す

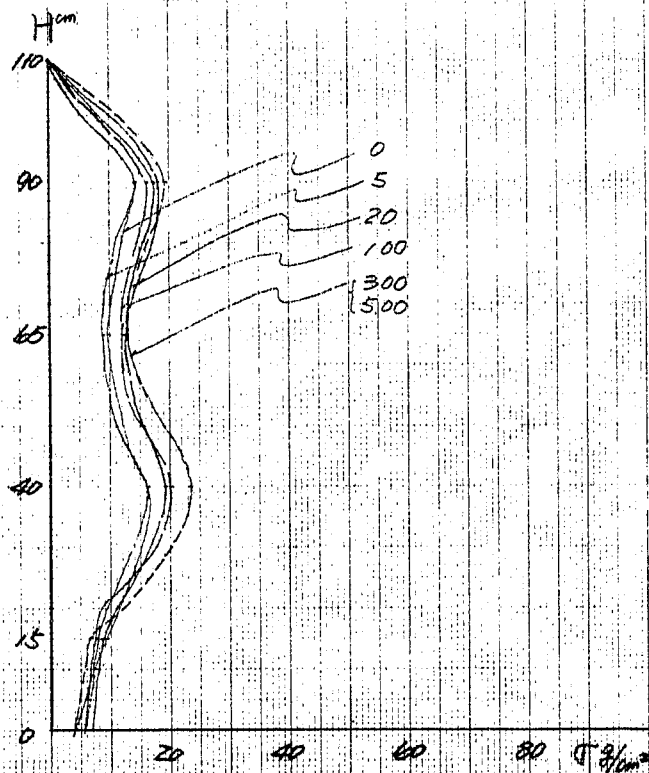
図 5-2-24 土圧計の測定値より求めた平行移動壁K作用する土圧分布



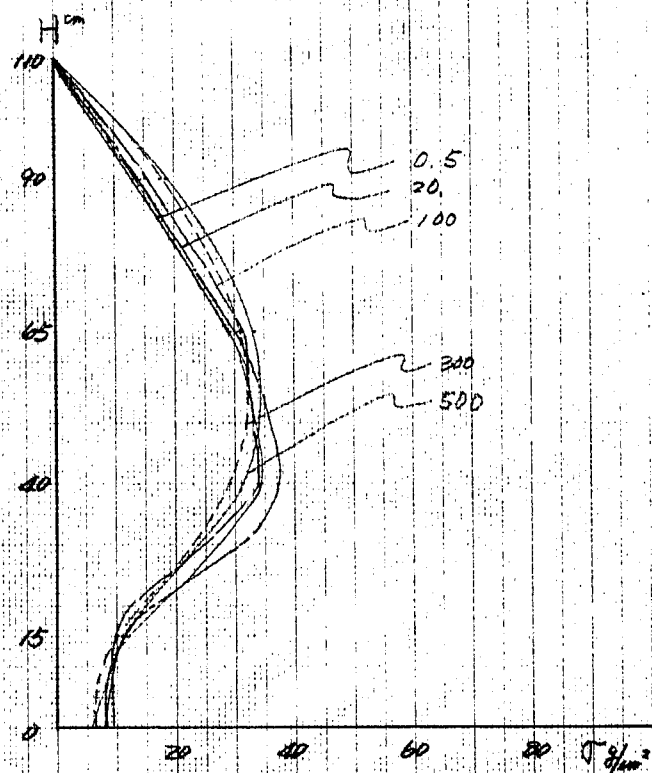
数字は $\frac{1}{100} \text{mm}$ 単位の壁平行移動量を示す

図 5-2-25 土圧計の測定値より求めた平行移動壁に作用する土圧分布

V_{70} 4



S_{70} 4



数字は mm 単位の壁平行移動量を示す

☒ 5-3-1 壁の水平移動と土圧の関係

P. 1

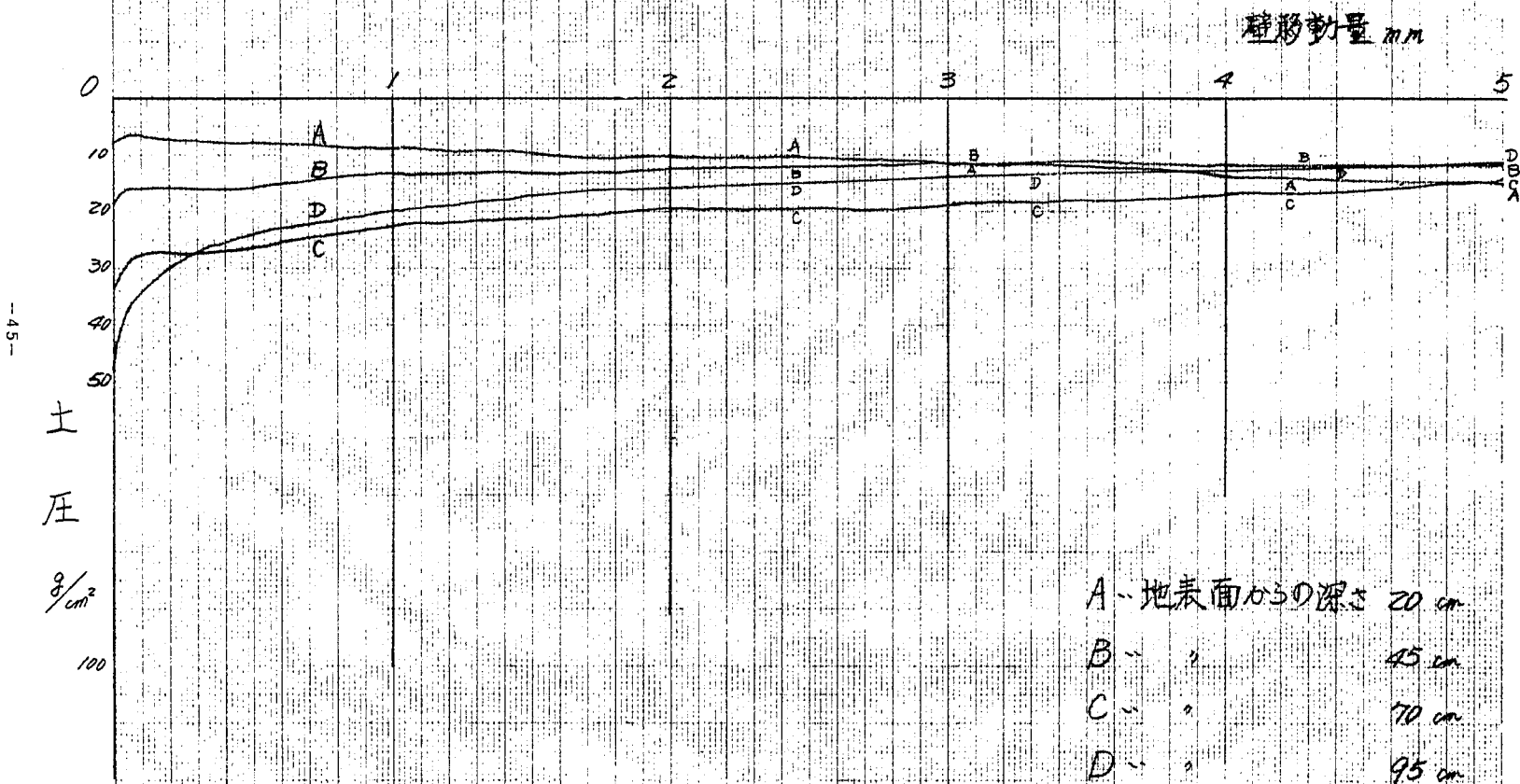


図 5-3-2. 壁の水平移動と土圧の関係

V₃₀ 4

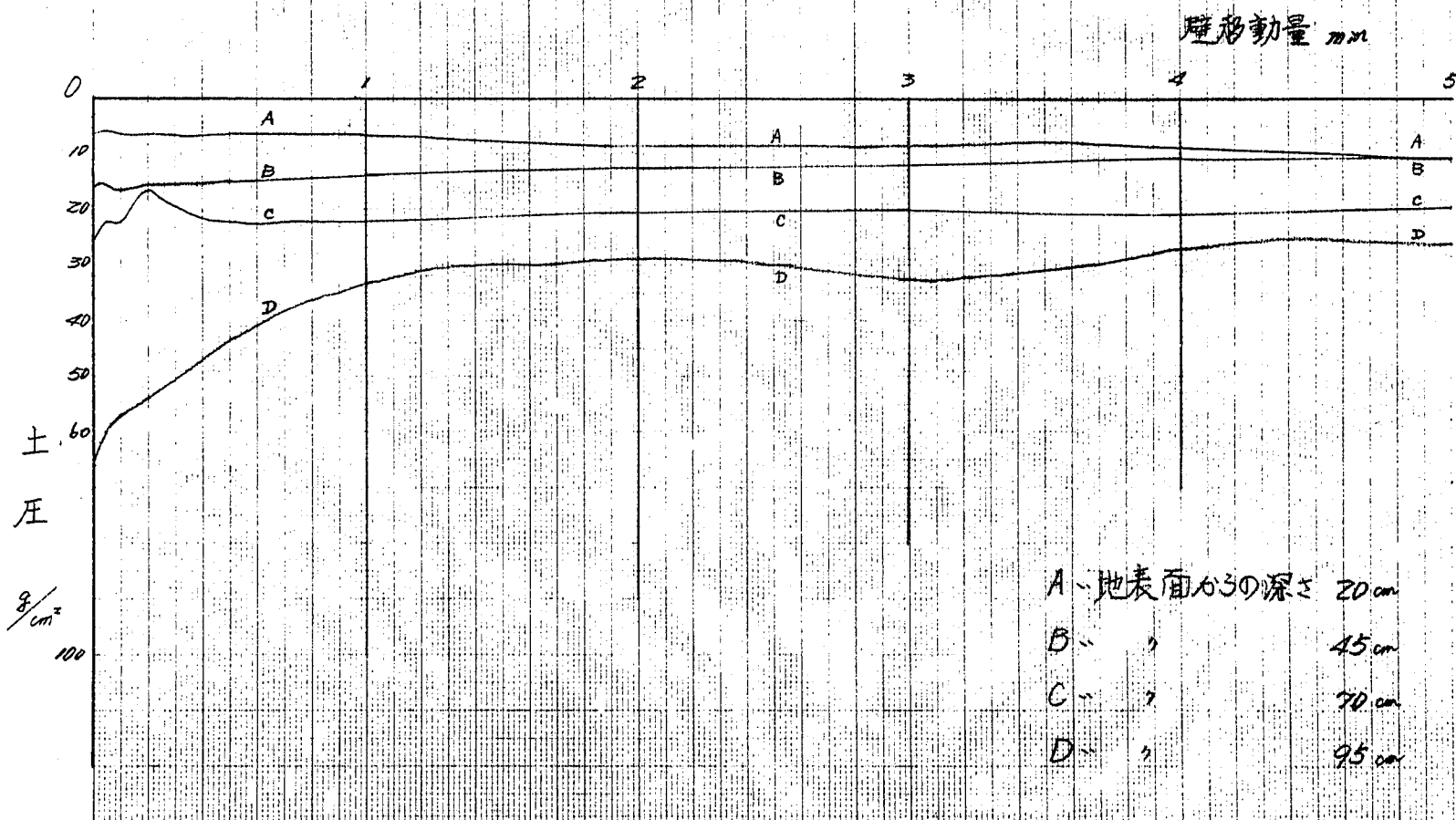


図. 5-3-3 壁の水平移動と土圧の関係

$V_{45} Z$

壁移動量 mm

-47-

土
圧

$\frac{g}{cm^2}$

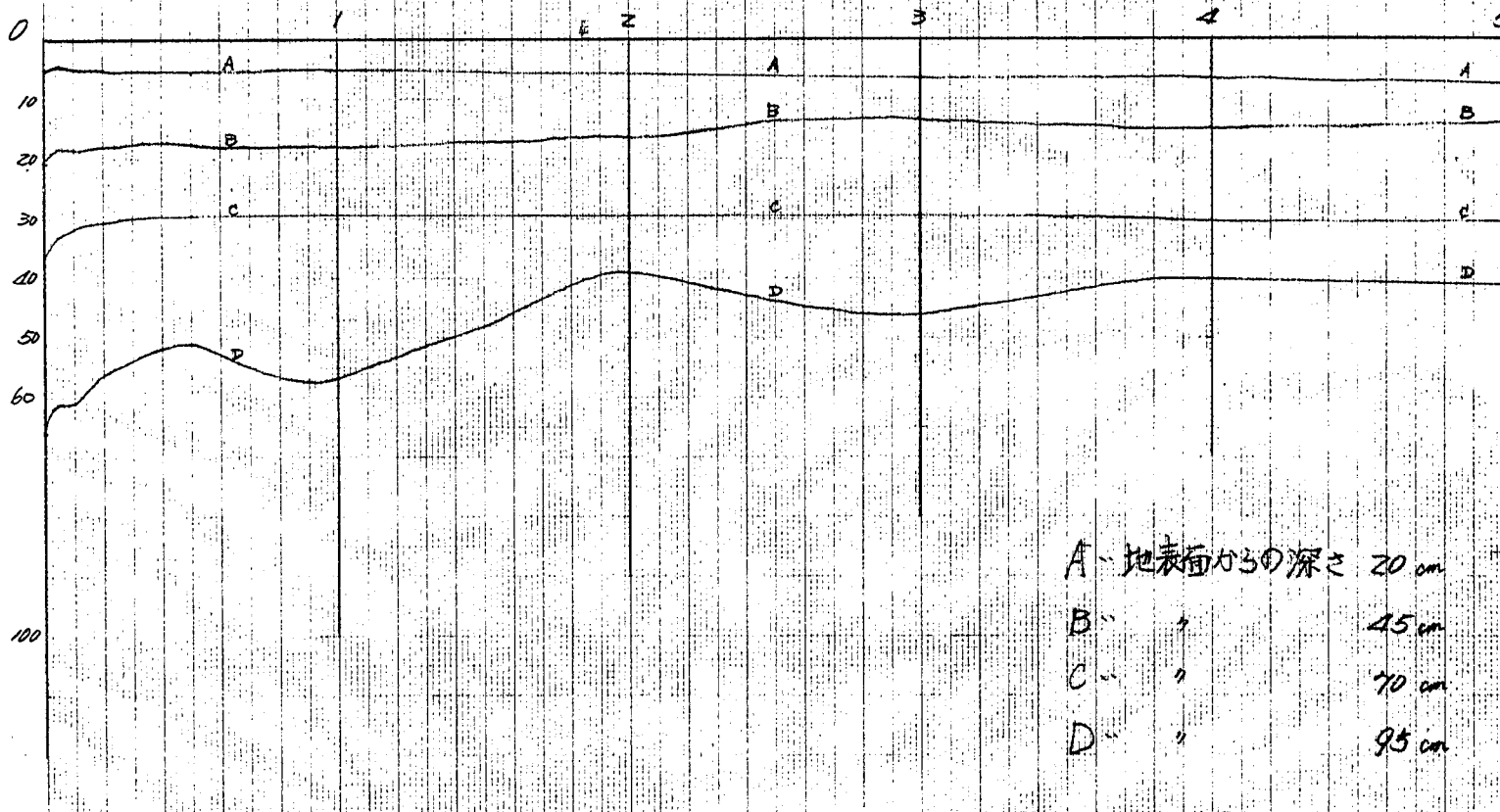
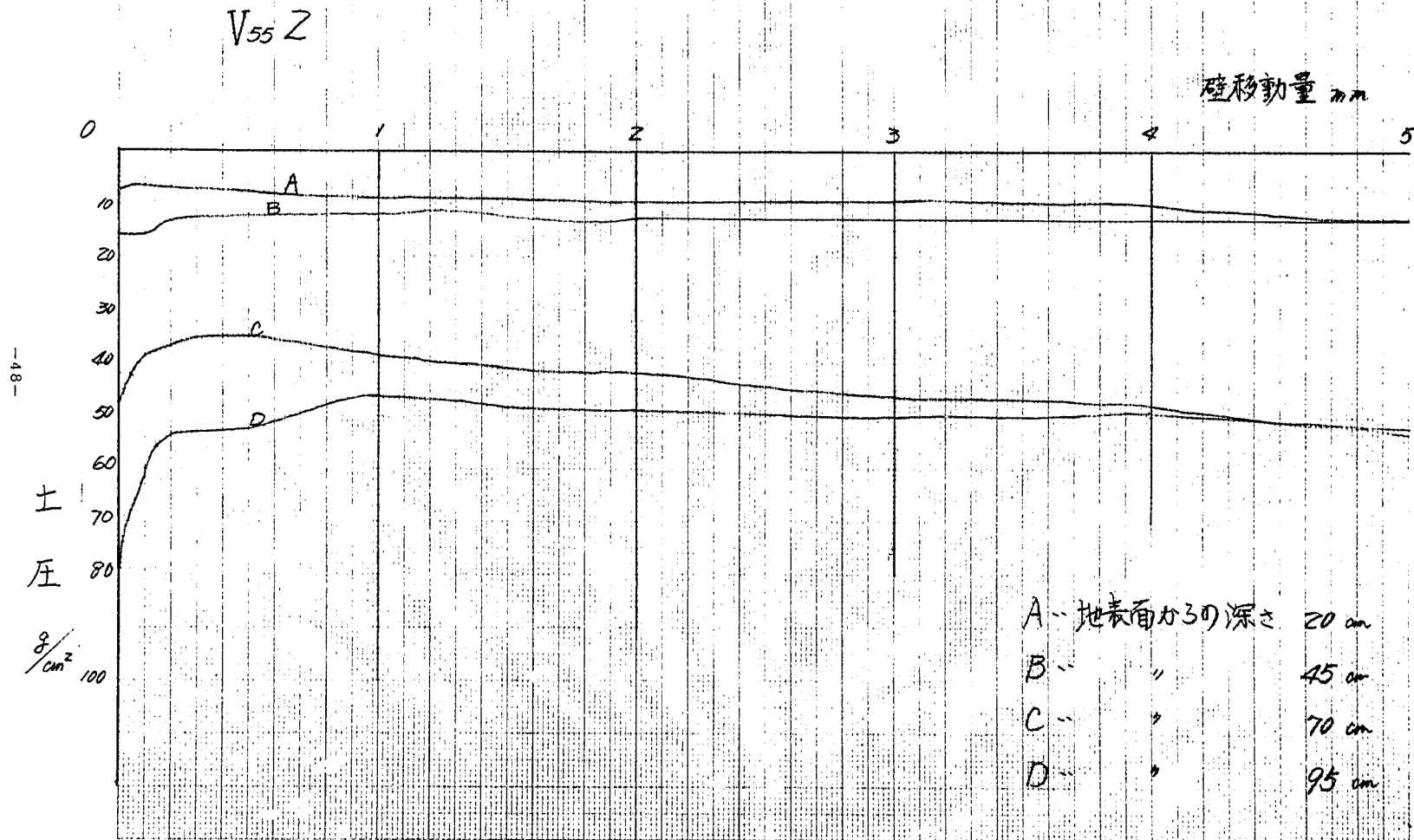
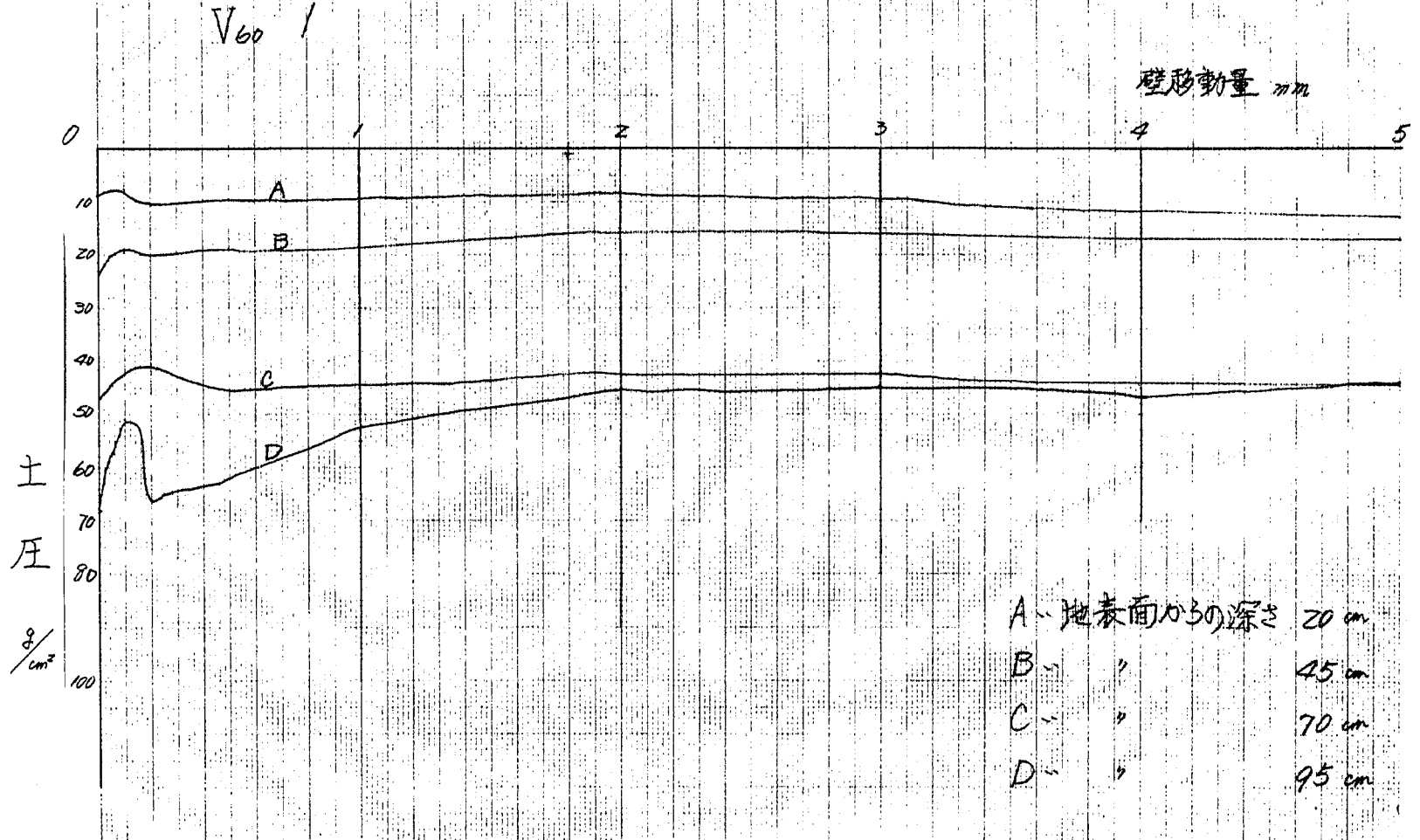


図 5-3-4 壁の水平移動と土圧の関係



A--地表面からの深さ 20 cm
 B-- " 45 cm
 C-- " 70 cm
 D-- " 95 cm

図 5-3-5 壁の水平移動と土圧の関係



□ 5-3-6 壁の水平移動と土圧の関係

V65 3

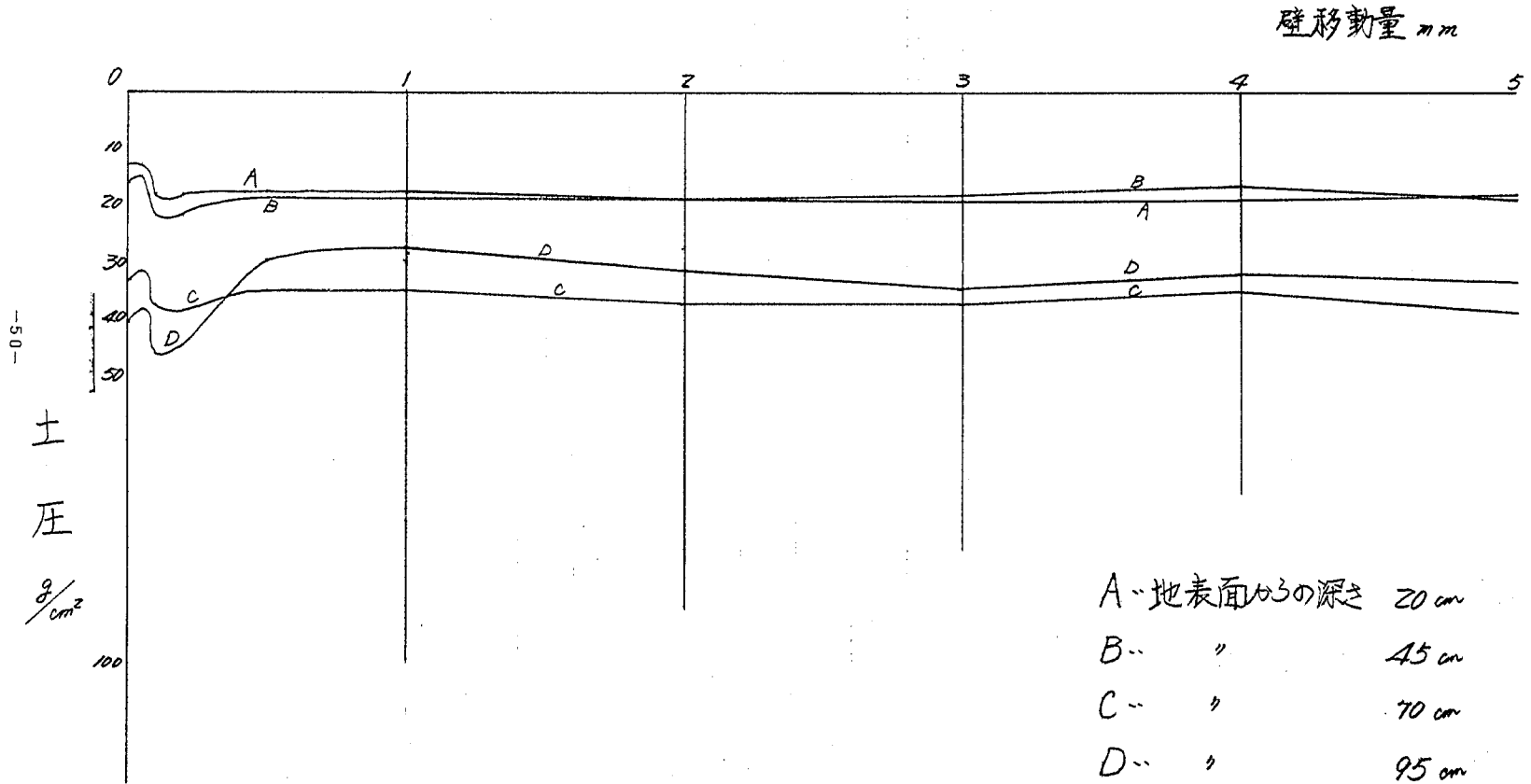


図 5-3-7 壁の水平移動と土圧の関係

V70 3

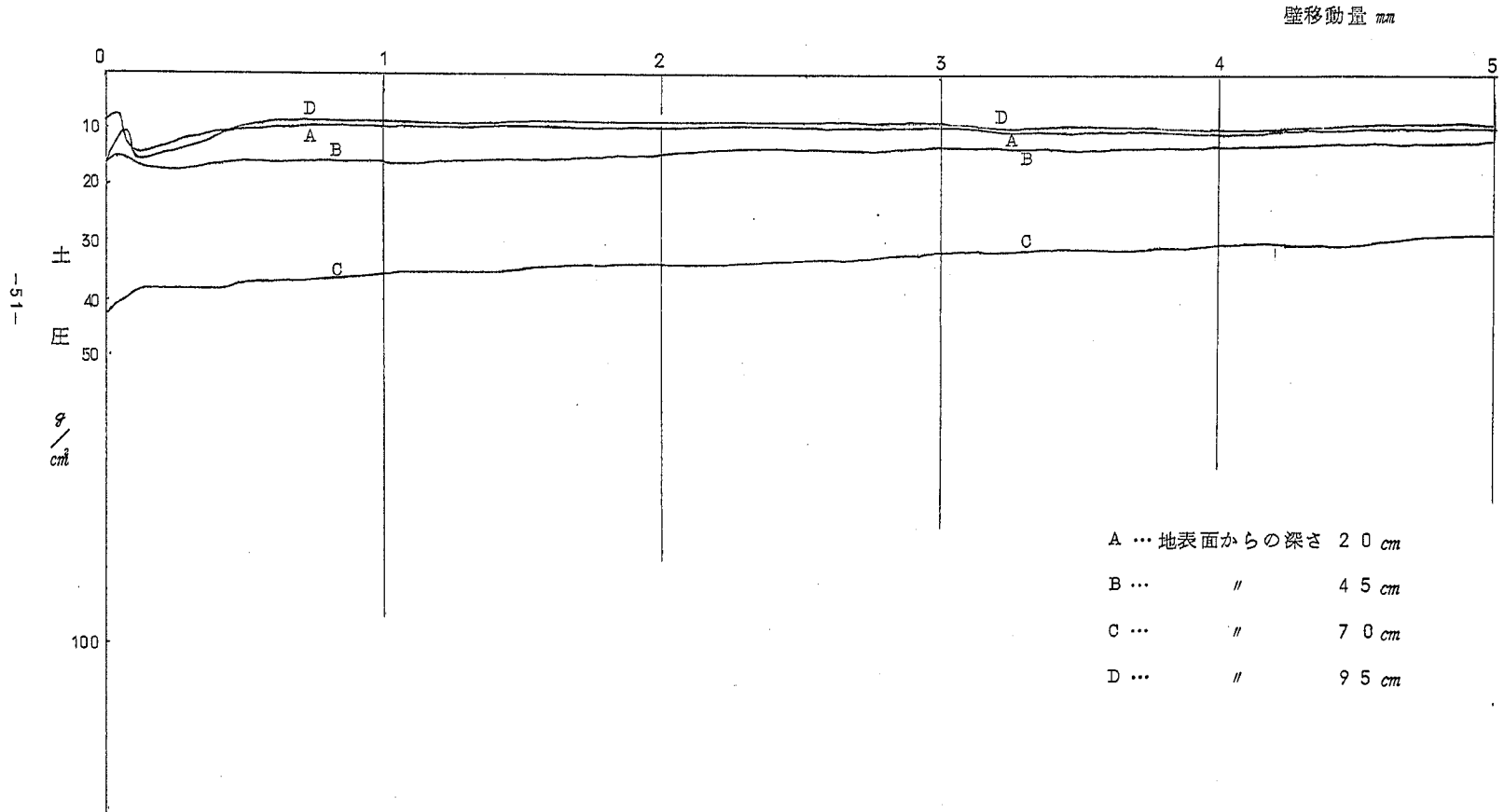


図 5-3-8 壁の水平移動と土圧の関係

S 80 4

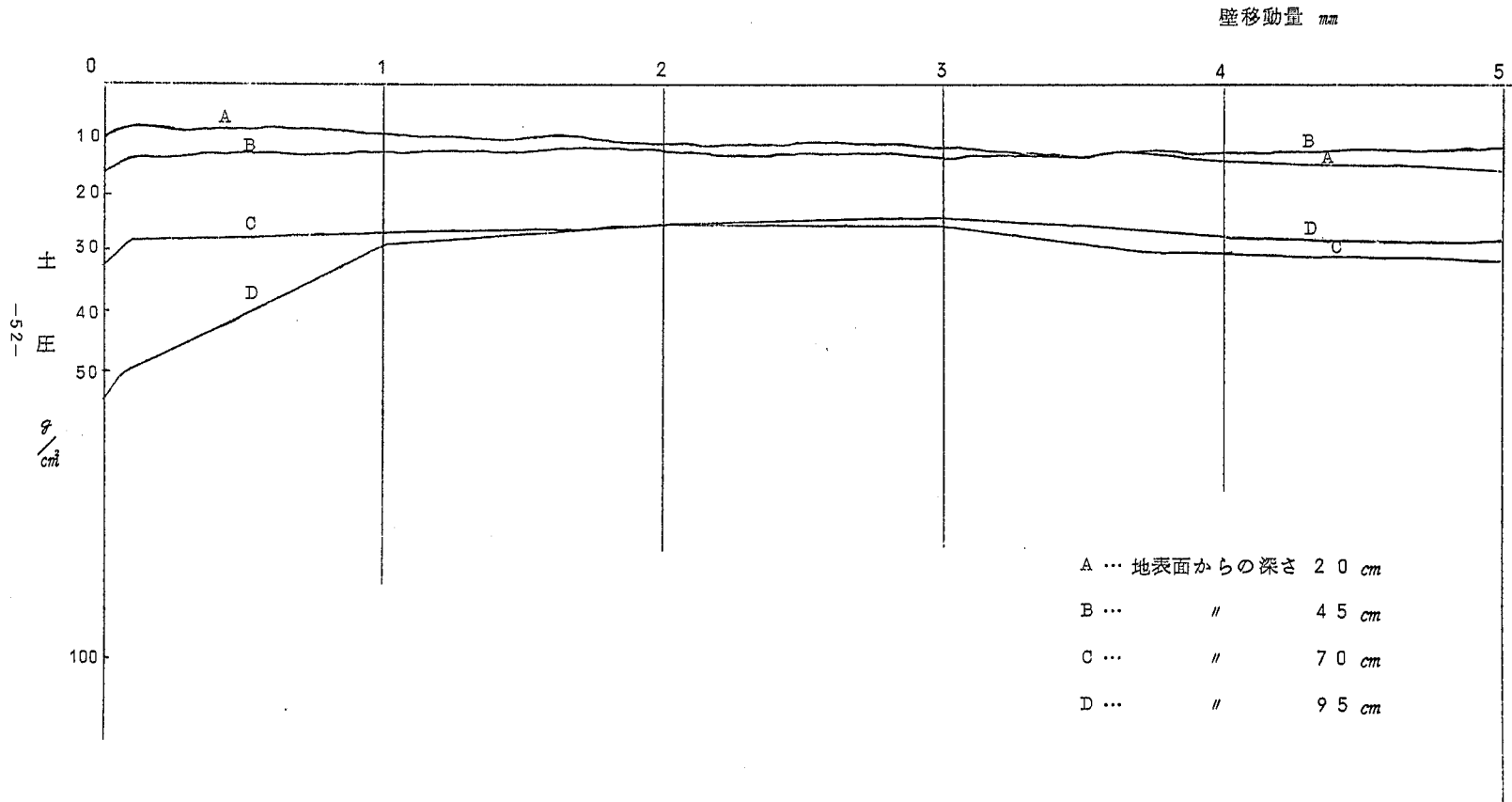


図 5-3-9 壁の水平移動と土圧の関係

S 46 3

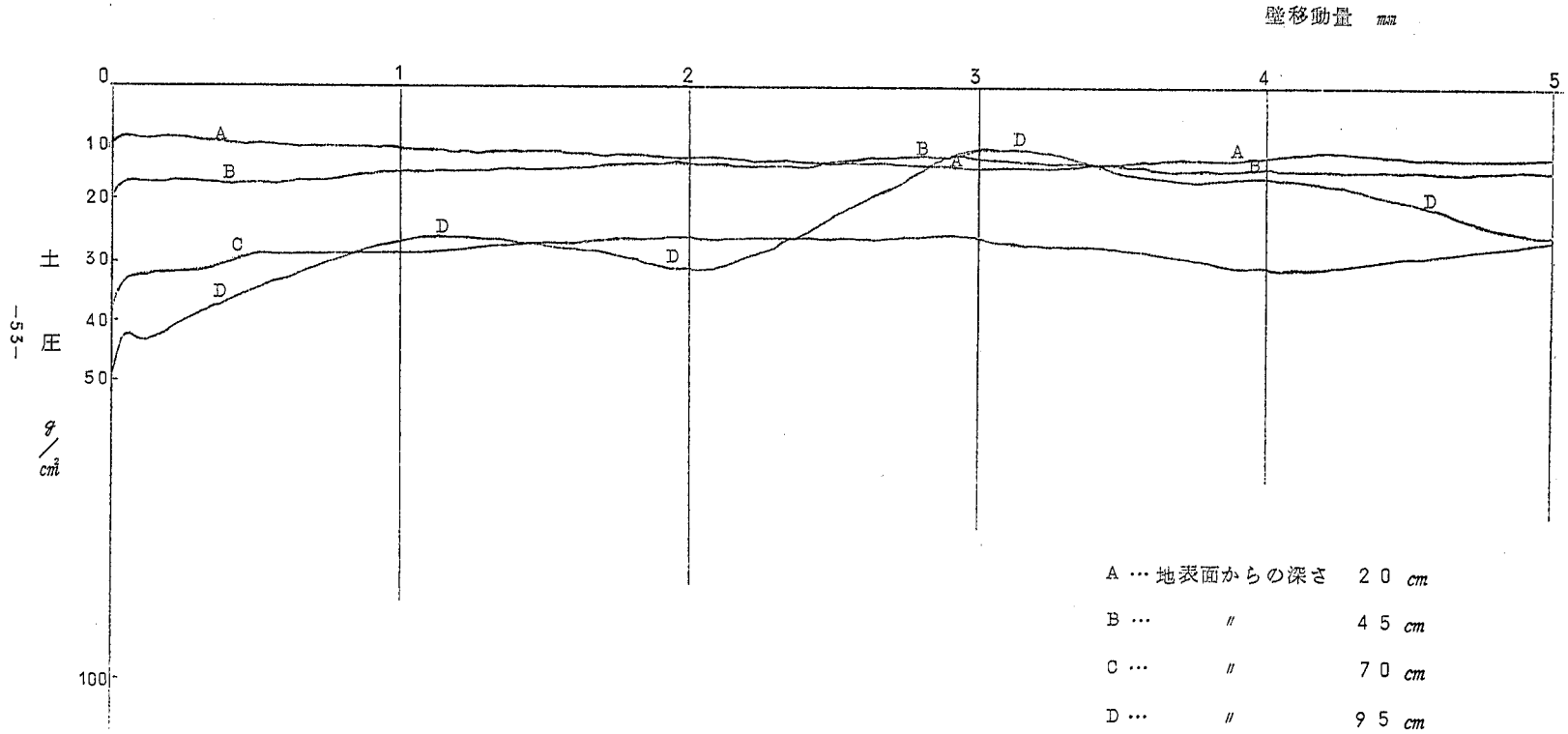


図 5-3-10 壁の水平移動と土圧の関係

S 55 1

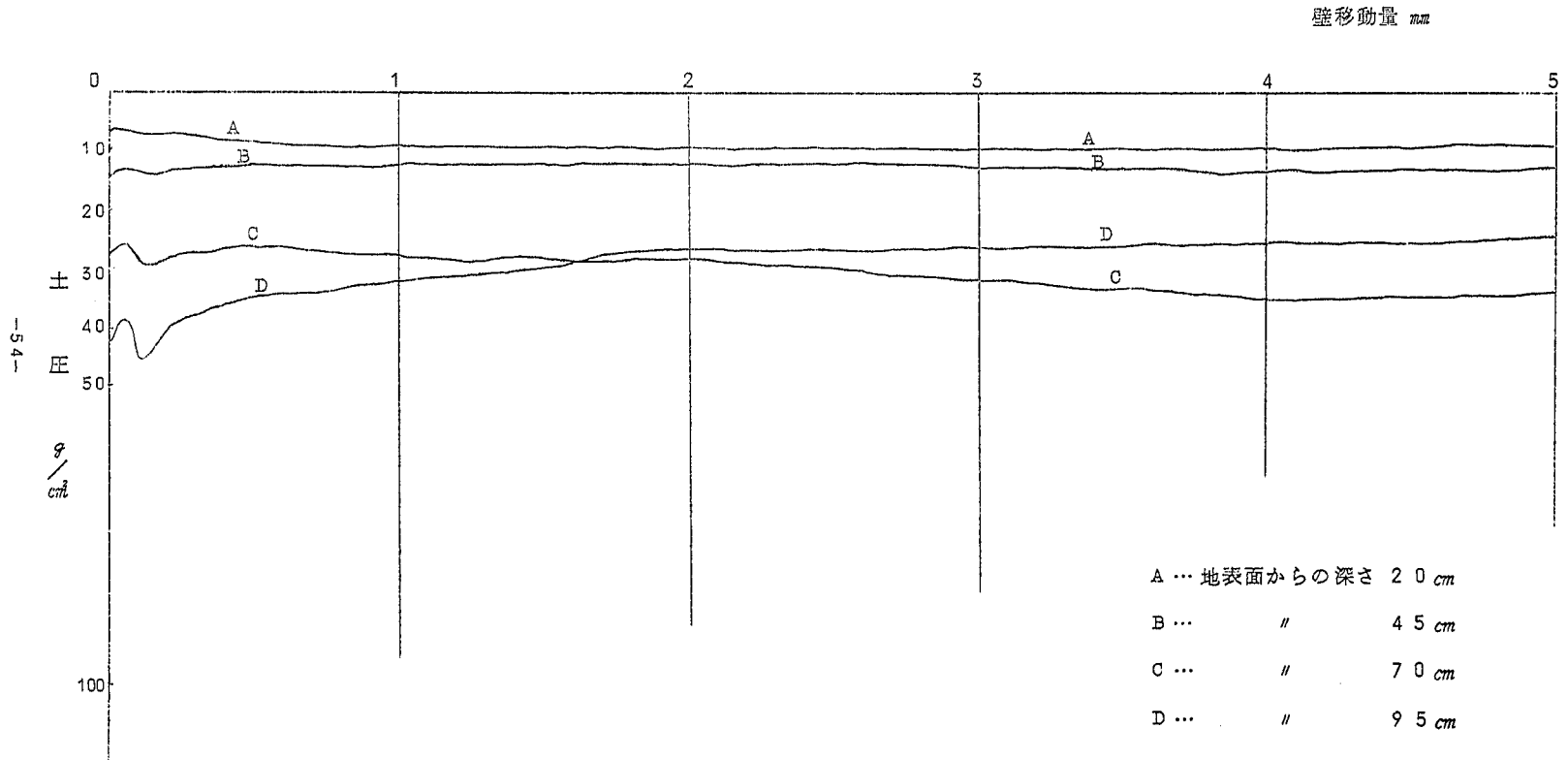


図 5-3-1 1 壁の水平移動と土圧の関係

S 60 2

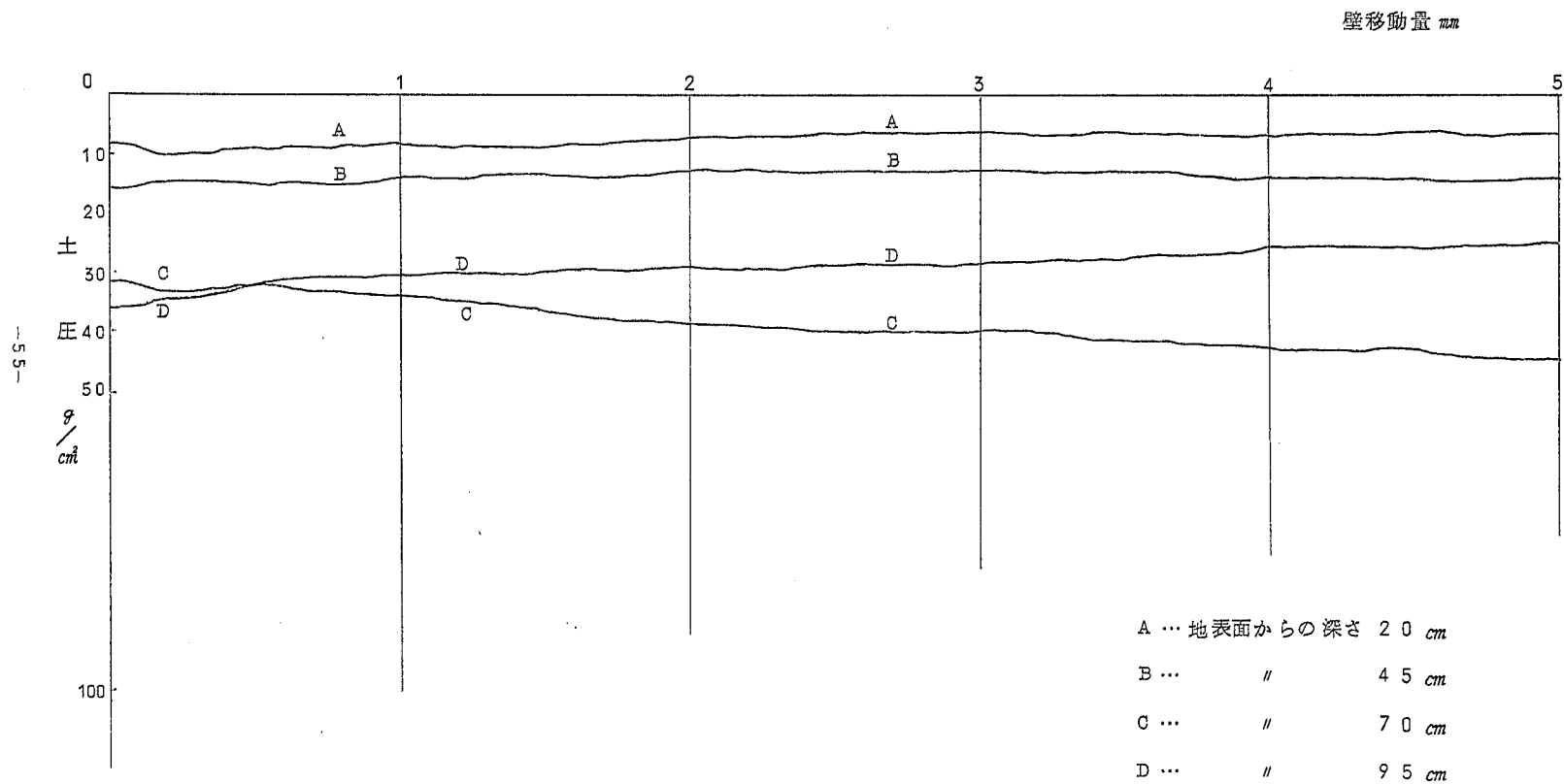


図 5-3-12 壁の水平移動と土圧の関係

S 0 8

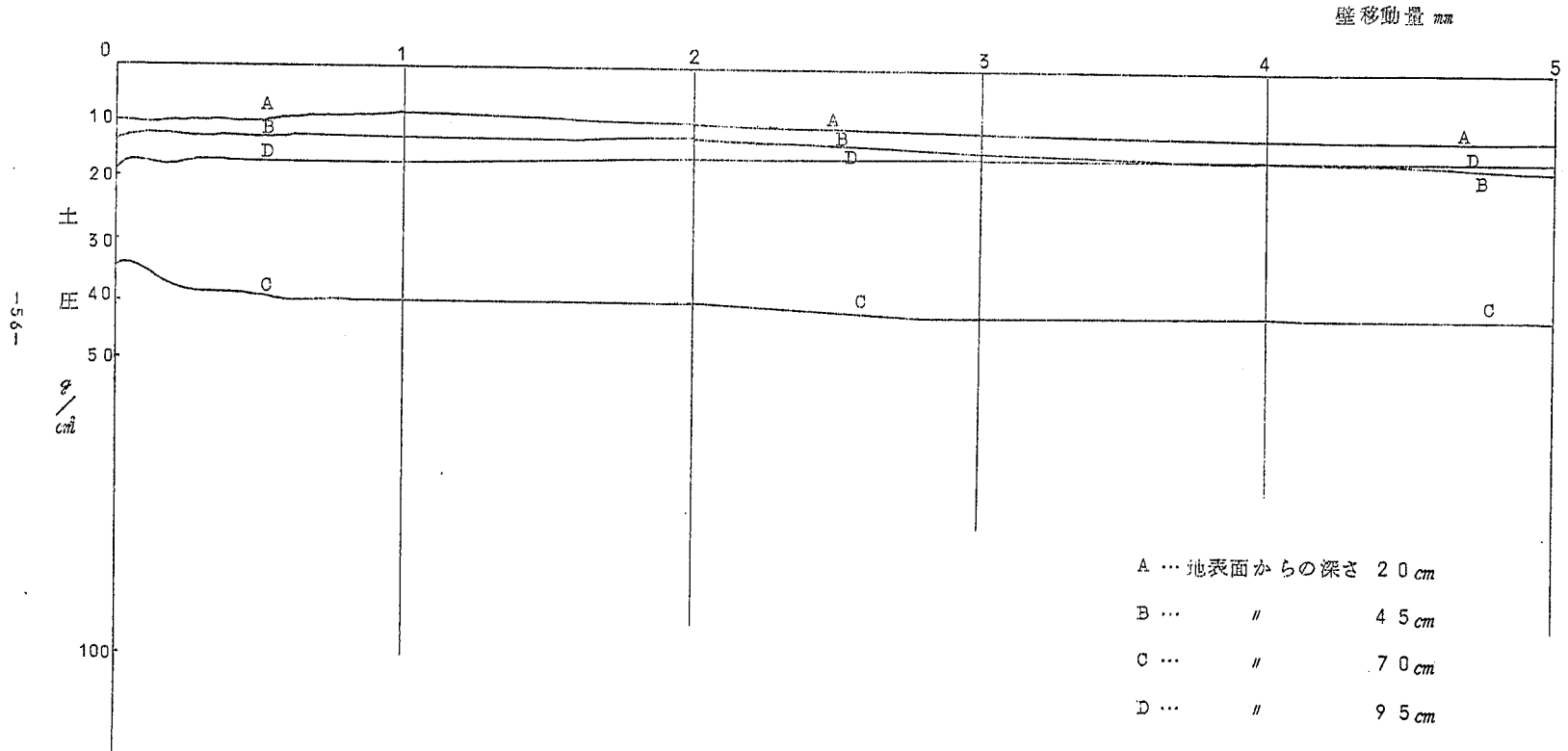


図 5-3-13

壁の水平移動と土圧の関係

S70 2

壁移動量 mm

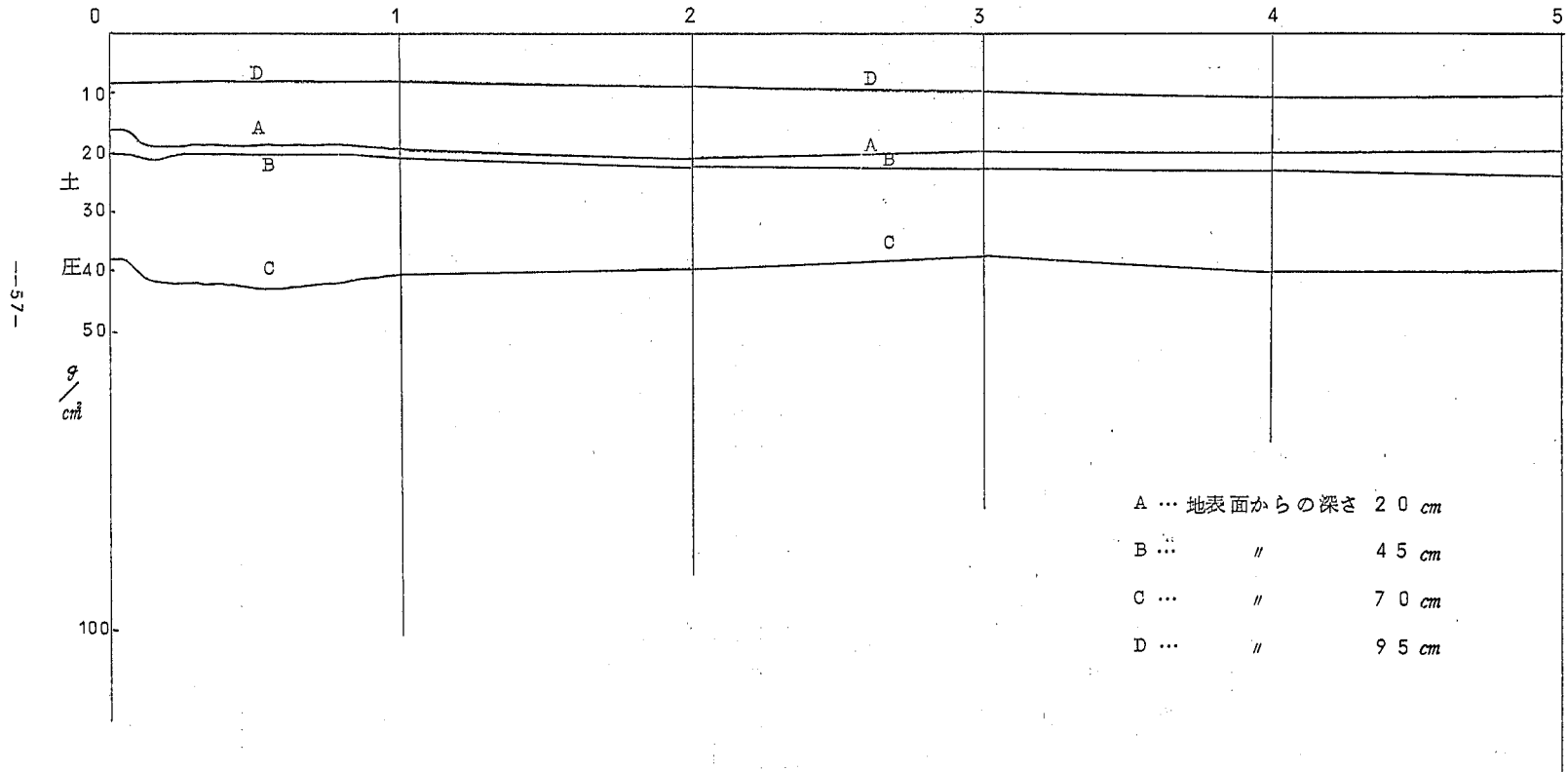


表5-4-1

土圧計により測定した全土圧

ブルーピングリングにより測定した全土圧

(単位 Kg/cm)

実験番号	壁移動量 ($1/100\text{mm}$)						壁移動量 ($1/100\text{mm}$)					
	0	5	20	100	300	500	0	5	20	100	300	500
P_0 1	2.84	2.34	2.00	1.63	1.39	1.24	2.42	1.93	1.81	1.48	1.19	1.21
2	3.28	2.90	2.53	2.18	1.87	1.81	2.32	1.98	1.84	1.62	1.43	1.45
3	2.84	2.45	2.24	2.40	1.82	1.76	2.27	1.84	1.74	1.50	1.36	1.34
4	3.63	3.38	2.81	2.34	2.08	1.68	2.43	2.06	1.84	1.62	1.41	1.41
V_{90} 1	2.75	2.28	2.29	1.71	1.40	1.46	1.81	1.50	1.48	1.31	1.09	1.10
2	3.03	2.77	2.56	2.25	2.02	1.96	2.10	1.81	1.65	1.48	1.33	1.26
3	3.47	3.24	3.05	2.73	2.32	2.02	2.22	2.00	1.79	1.41	1.36	1.17
4	2.98	2.67	2.12	2.41	1.90	1.74	2.17	2.08	1.77	1.43	1.48	1.21
V_{45} 1	3.94	3.84	3.44	3.22	1.80	1.71	2.66	2.17	1.93	1.69	1.69	1.38
2	3.41	3.12	2.87	2.88	2.57	2.11	2.03	1.81	1.73	1.93	1.91	1.62
3	2.42	1.99	2.23	2.14	2.13	2.15	1.79	1.69	1.57	1.53	1.40	1.24
4	3.76	3.66	3.45	3.21	3.24	2.89	2.69	2.27	1.98	1.98	1.89	1.62
V_{55} 1	3.58	3.41	3.85	4.38	4.18	3.85	1.96	2.15	2.08	1.94	1.94	2.00
2	3.99	3.49	3.03	2.62	2.96	3.52	2.00	1.69	1.62	1.94	1.48	1.45
3	4.41	3.98	4.63	4.17	4.31	4.08	2.29	1.91	2.13	2.10	2.08	1.94
4	3.66	3.20	2.72	3.01	3.37	3.39	2.17	1.89	1.74	2.22	1.67	2.06

ブルーピングリングにより測定した全土圧

[illegible]

土圧計により測定した全土圧

(單位 Kg/cm)

- 60 -

土圧計により測定した全土圧

(单位 Kg/cm)

- 61 -

図 5-5-1

壁全体について土圧計より求めた土圧とリング計より求めた土圧の相関性

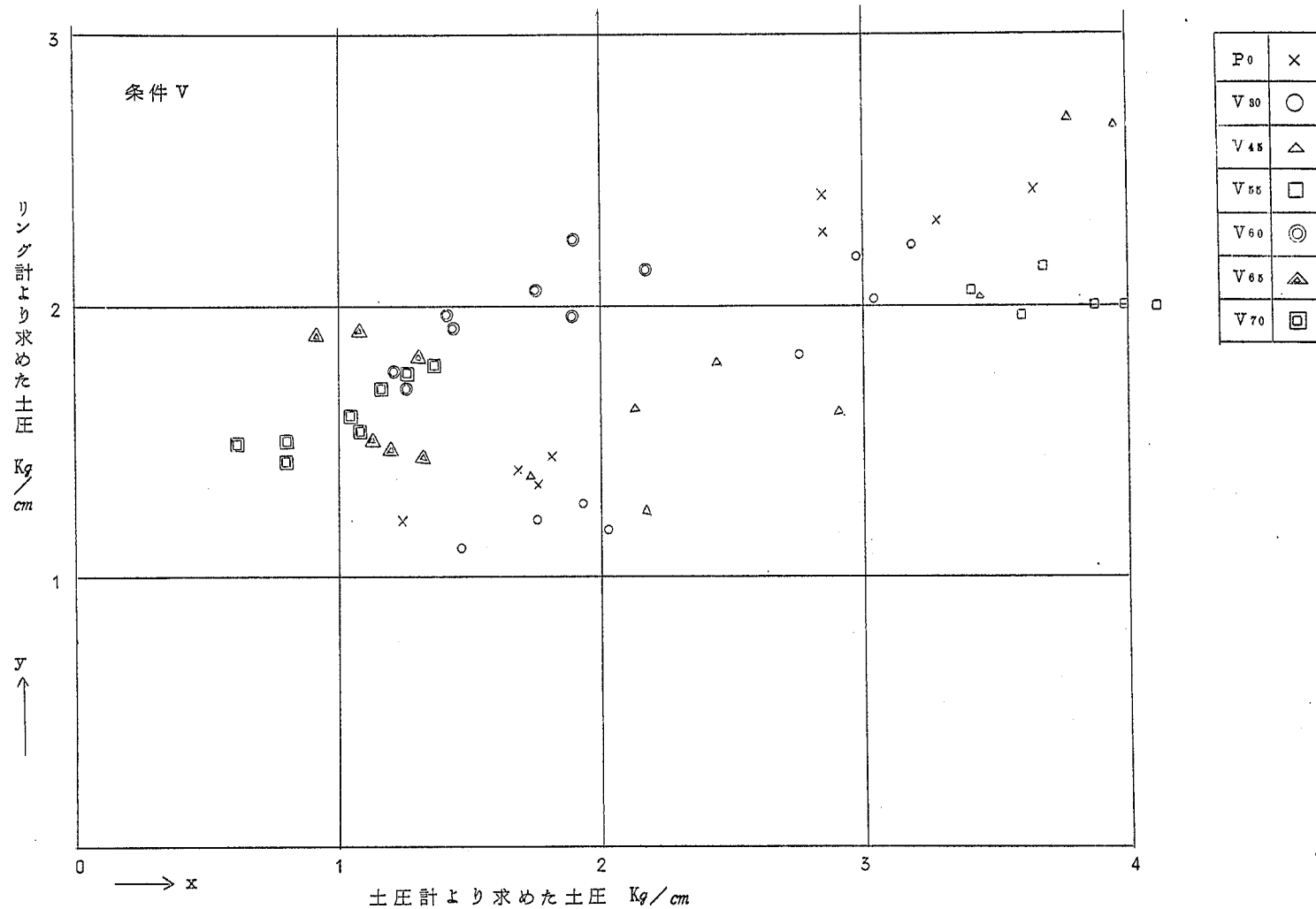


図 5-5-2 壁全体について土圧計より求めた土圧とリング計より求めた土圧の相関性

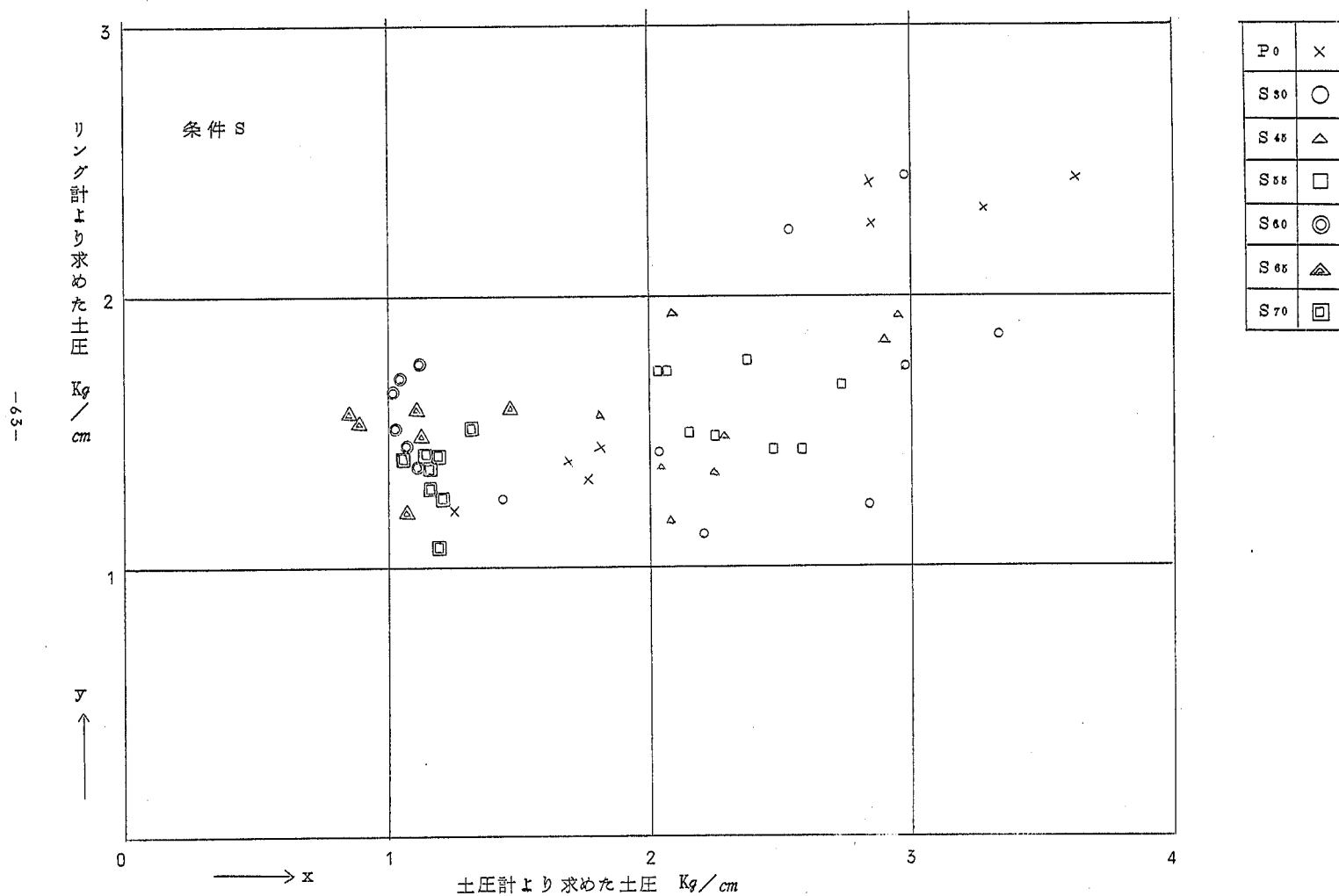


図 5-6-1

壁平行移動による土圧の変化

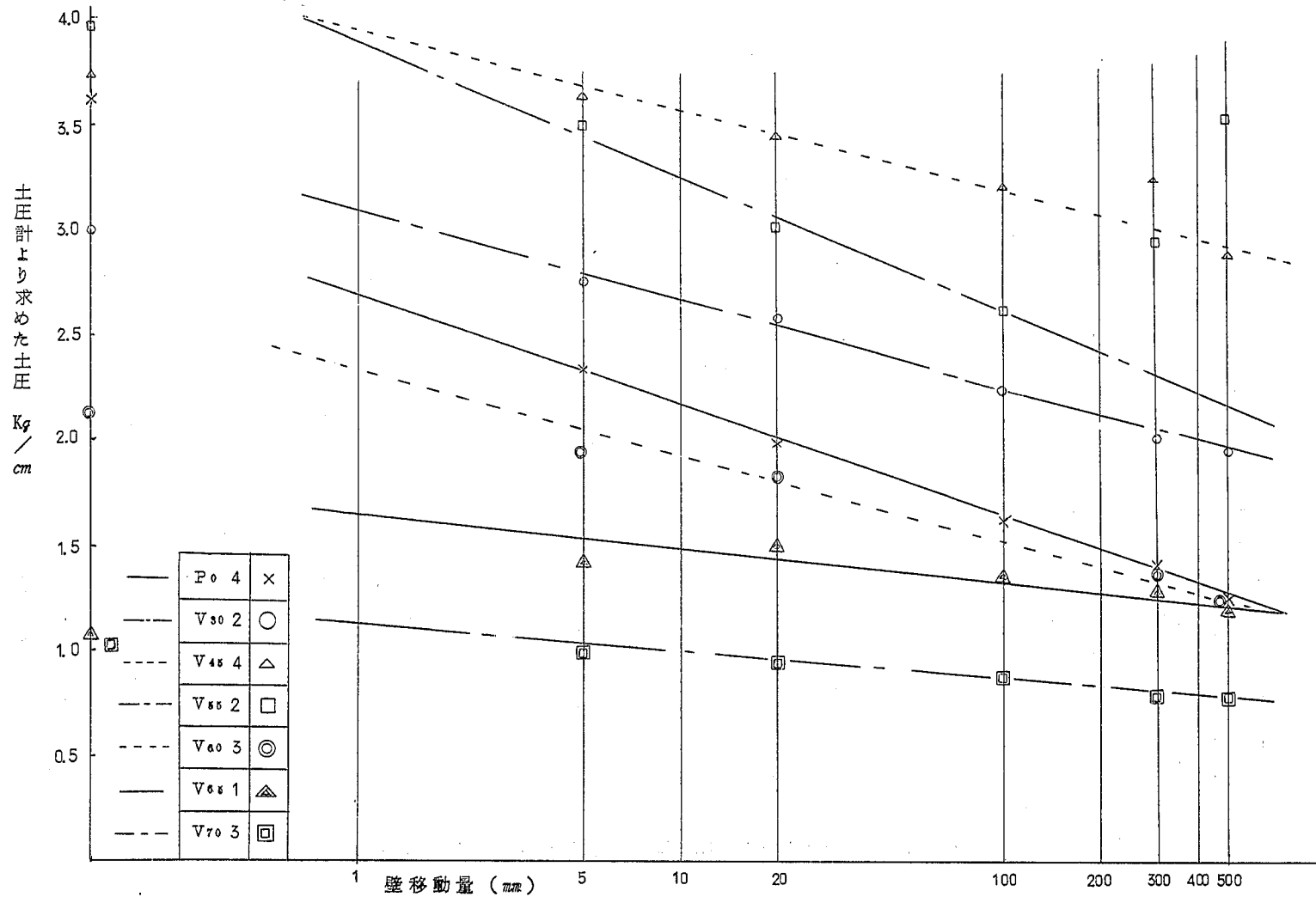


図5-6-2 壁平行移動による土圧の変化

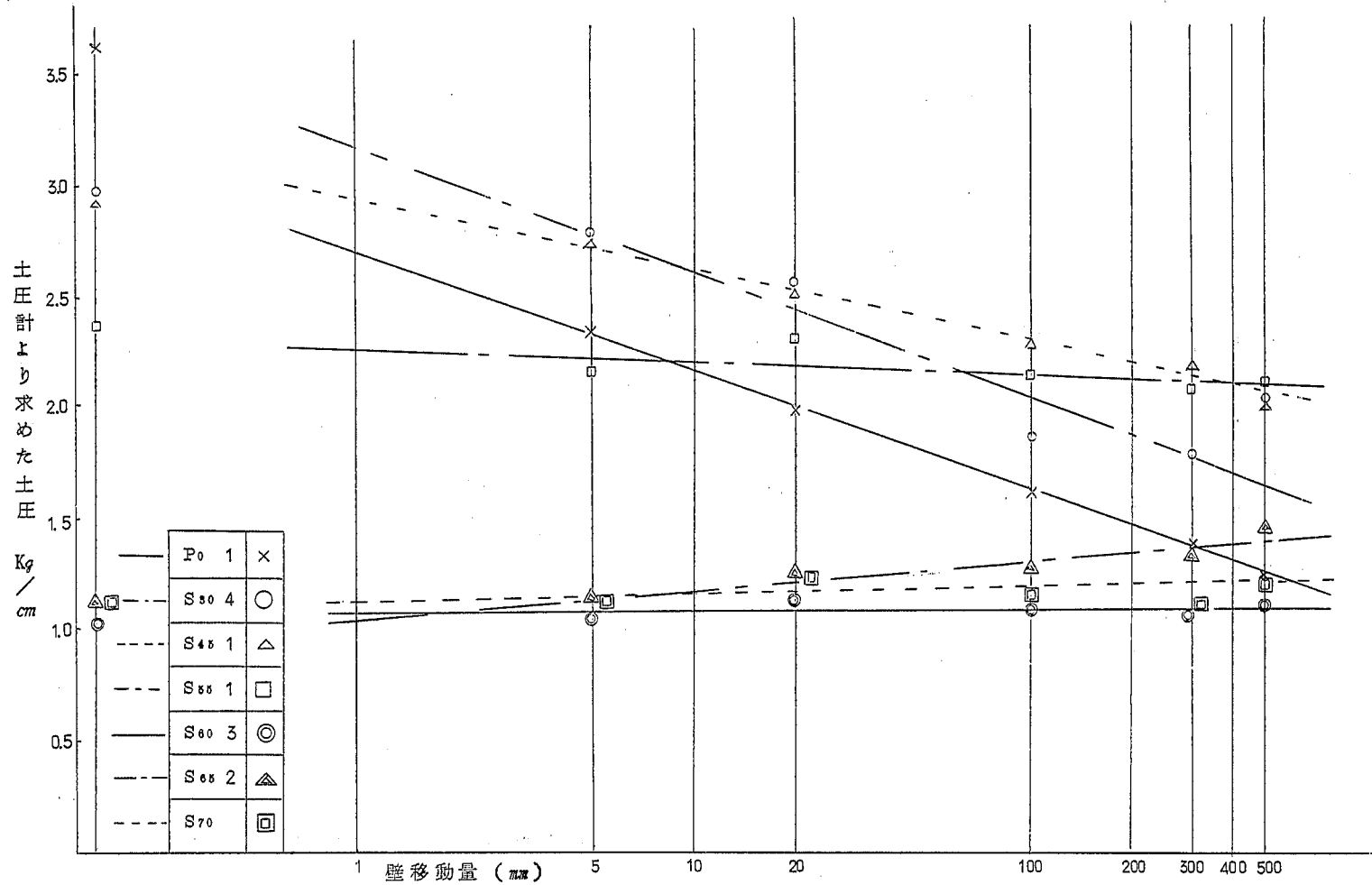


図5-6-3 壁平行移動による土圧の変化

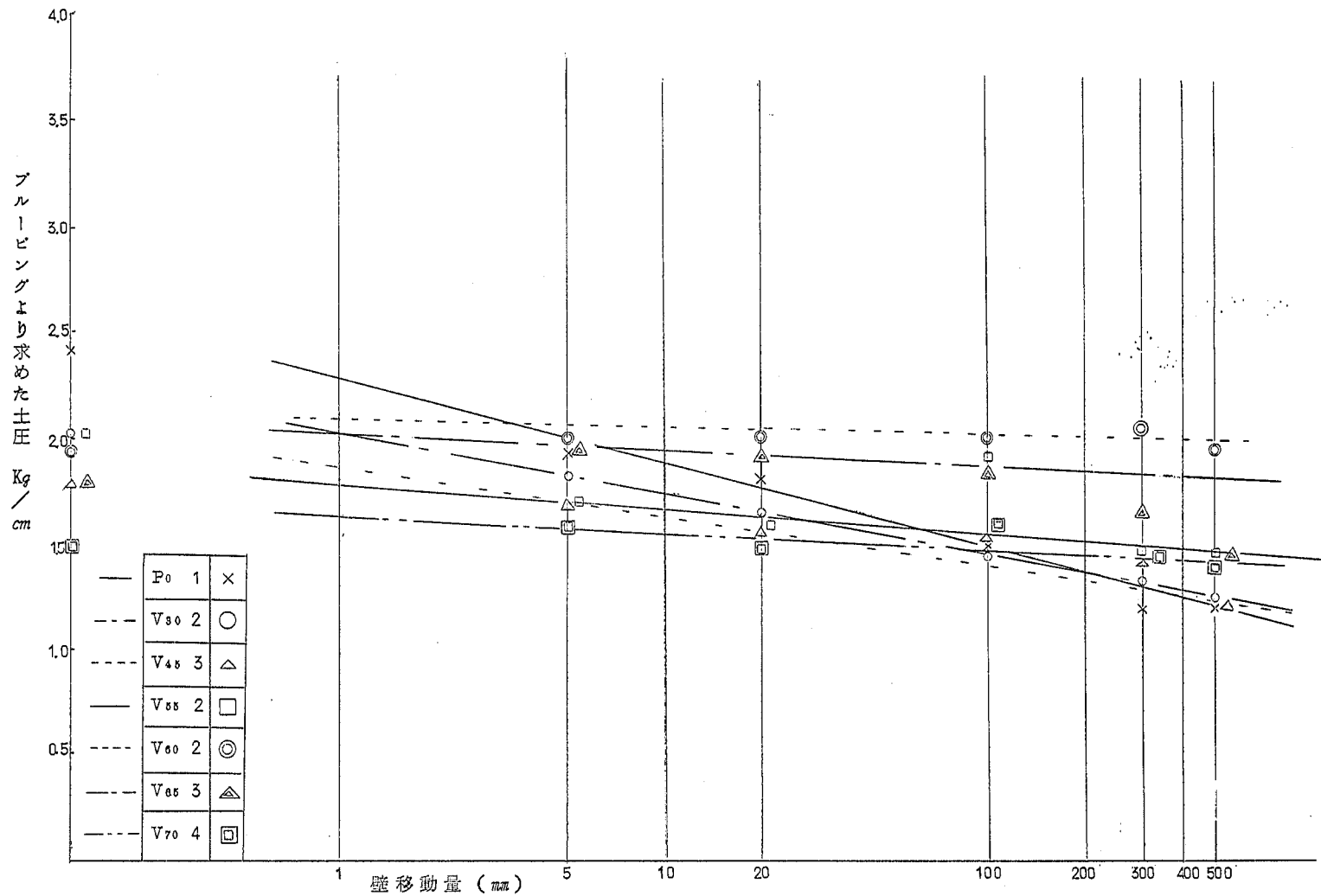


図5-6-4

壁平行移動による土圧の変化

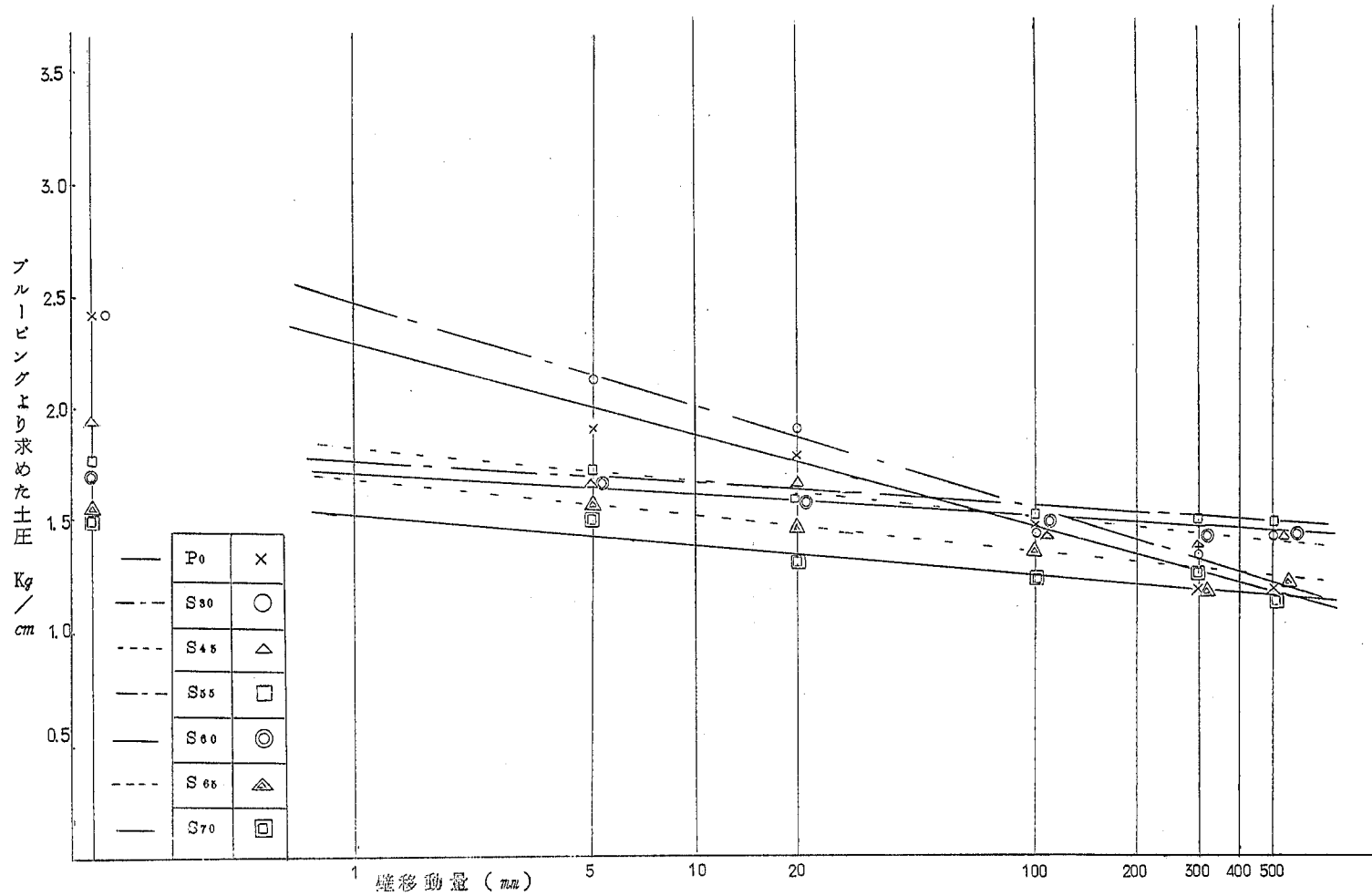


表 5-7-1

壁 移 動 に よ る 土 圧 減 少 の 割 合

実験条件	壁 移 動 量 (1/100 mm)											
	0	5	20	100	300	500	0	5	20	100	300	500
	土 圧 計 に よ る 測 定 の 場 合						ブ ル ー ビ ン グ リ ン グ に よ る 測 定 の 場 合					
P ₀	1.000	0.879	0.762	0.679	0.568	0.514	1.000	0.826	0.767	0.661	0.572	0.572
V ₃₀	1.000	0.919	0.842	0.765	0.641	0.604	1.000	0.889	0.803	0.678	0.635	0.572
V ₄₅	1.000	0.960	0.913	0.872	0.742	0.675	1.000	0.866	0.786	0.778	0.751	0.639
V ₅₅	1.000	0.900	0.910	0.907	0.948	0.947	1.000	0.907	0.899	0.974	0.852	0.885
V ₆₀	1.000	0.906	0.961	0.820	0.716	0.690	1.000	0.900	0.917	0.943	0.878	0.870
V ₆₅	1.000	1.055	1.211	0.972	1.168	1.125	1.000	0.987	1.021	1.019	0.969	0.839
V ₇₀	1.000	0.888	1.030	0.930	1.015	0.995	1.000	0.924	1.002	0.957	0.962	0.957
S ₃₀	1.000	0.865	0.780	0.631	0.598	0.720	1.000	0.862	0.789	0.645	0.604	0.610
S ₄₅	1.000	1.048	0.986	0.878	0.928	0.989	1.000	0.880	0.864	0.820	0.691	0.734
S ₅₅	1.000	1.068	1.120	1.094	1.049	1.155	1.000	0.968	0.908	0.866	0.852	0.852
S ₆₀	1.000	0.984	1.009	1.013	1.003	1.009	1.000	0.988	0.929	0.890	0.858	0.852
S ₆₅	1.000	0.997	1.069	1.087	1.152	1.301	1.000	1.000	0.964	0.907	0.860	0.879
S ₇₀	1.000	1.000	1.050	1.026	0.998	1.017	1.000	0.997	0.946	0.931	0.910	0.882

図 5-8-1 土圧計の測定値より求めた 平行移動壁に作用する土圧分布
各角度の平均的主動土圧分布 ($\frac{0}{100} mm$)

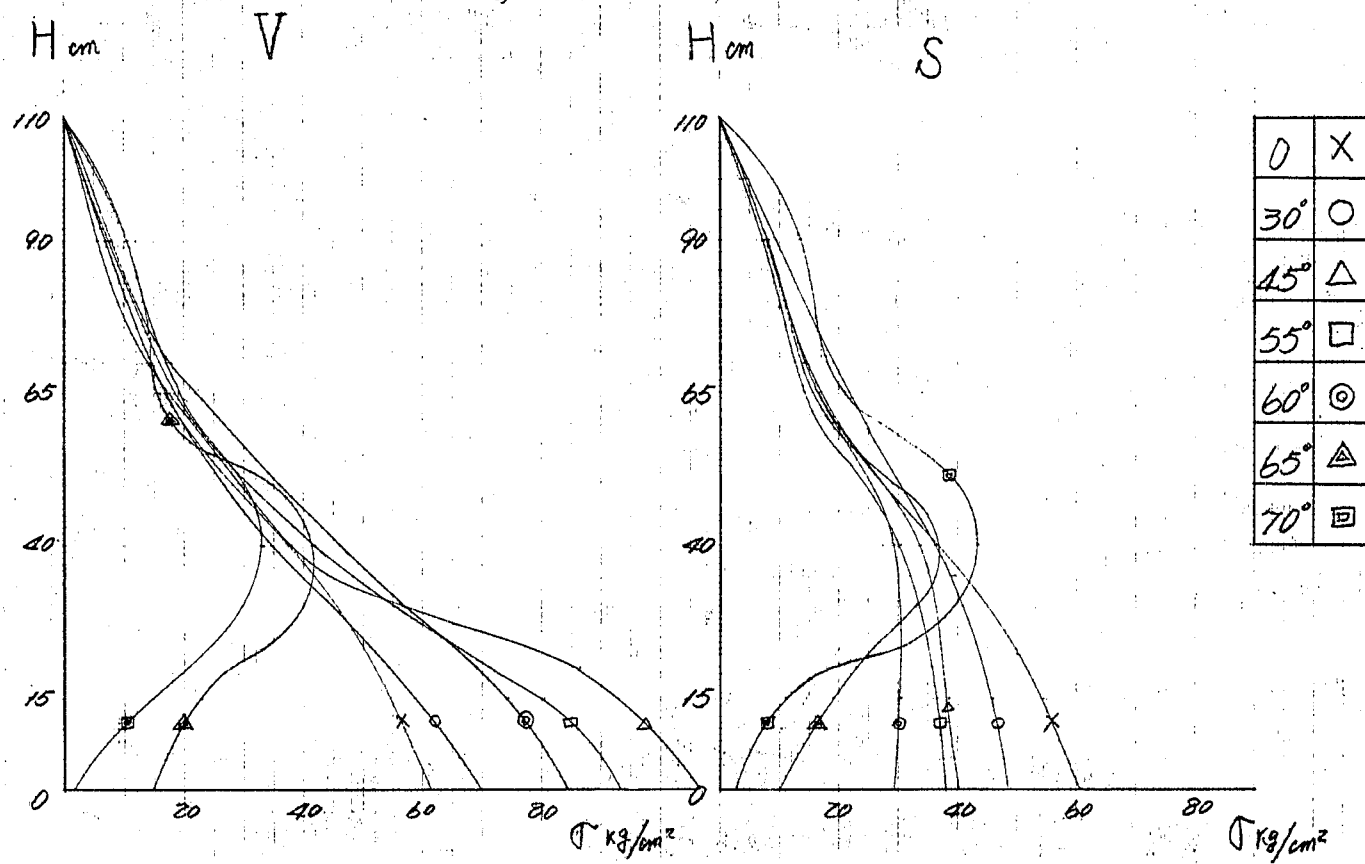


図 5-8-2 土圧計の測定値より求めた平行移動壁に作用する土圧分布
各角度の平均的主動土圧分布 ($\frac{5}{100}$ mm 附近)

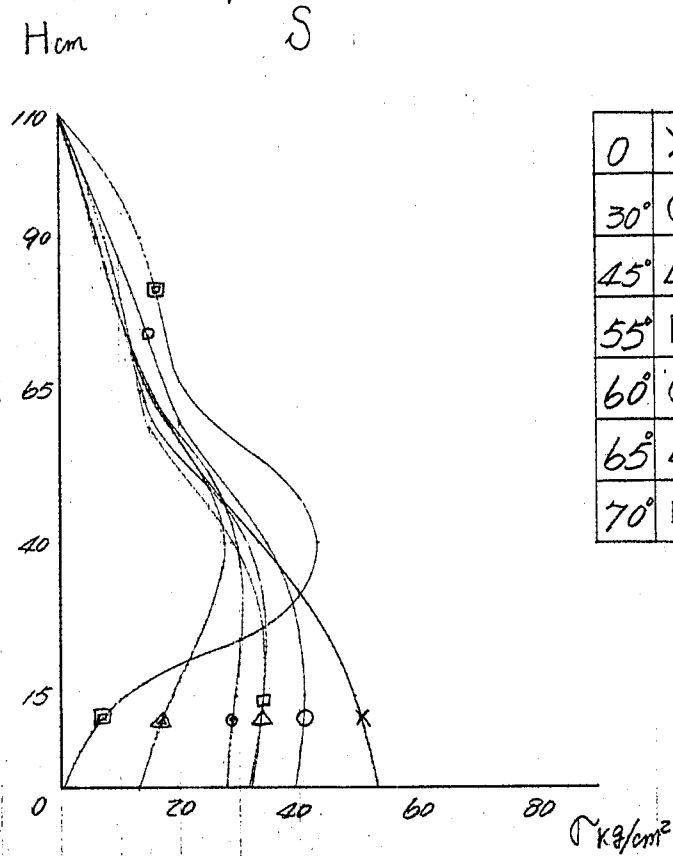
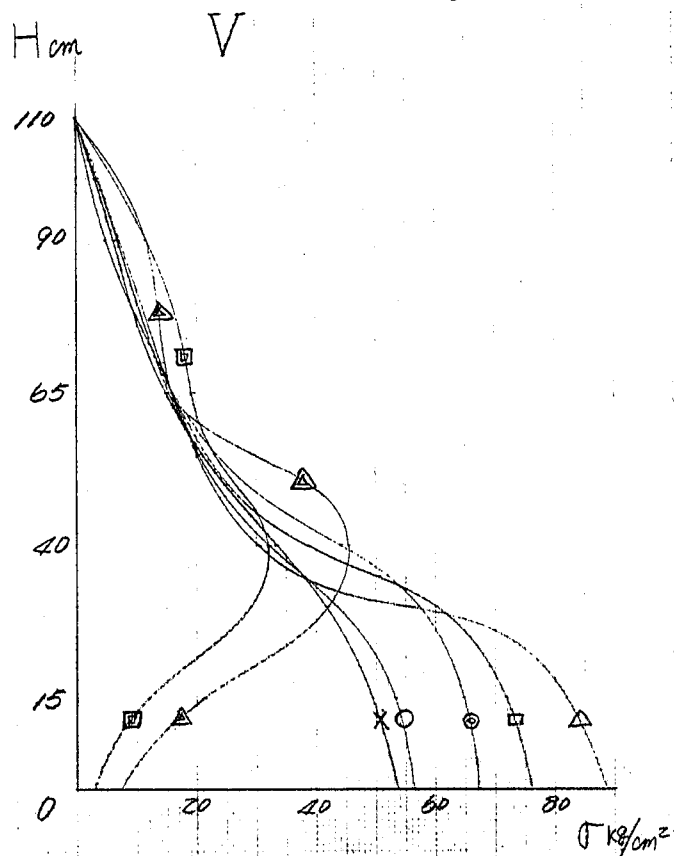


図 5-8-3 土圧計の測定値より求めた平行移動壁に作用する土圧分布
各角度の平均的主動土圧分布 ($\frac{20}{100}$ mm 附近)

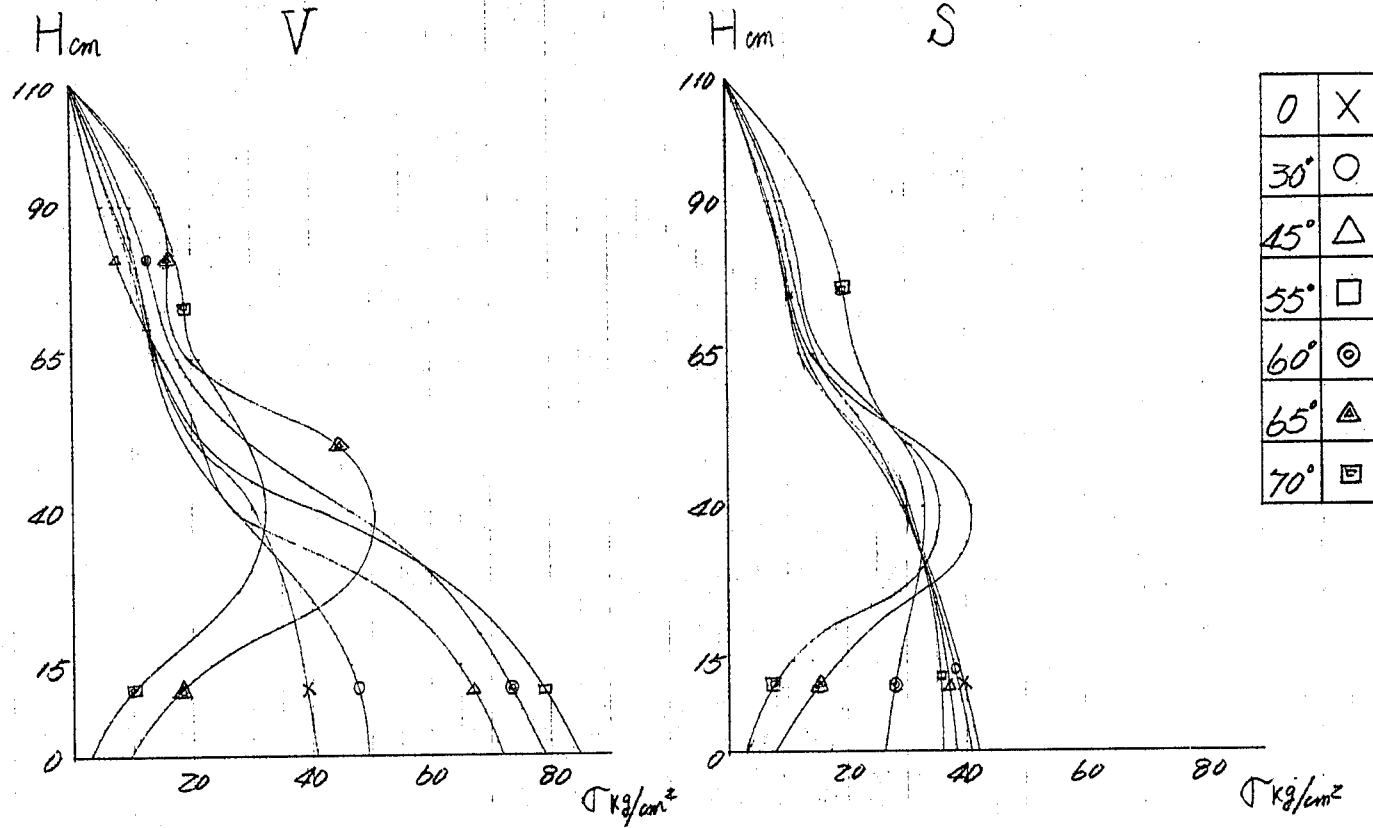


図 5-8-4 土圧計の測定値より求めた平行移動壁に作用する土圧分布
各角度の平均的主動土圧分布 (100 mm 附近)

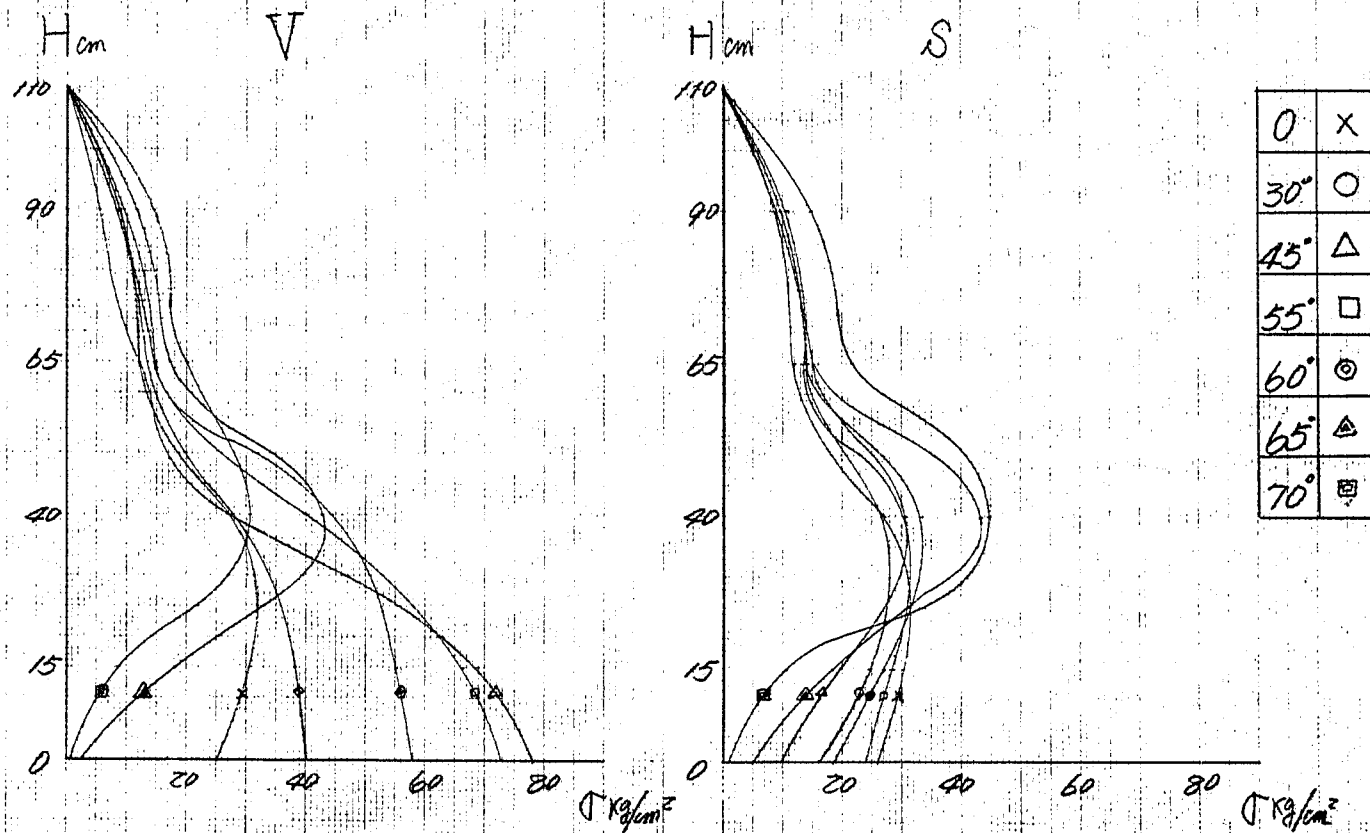


表5-9-1

土 圧 係 数 の 変 化

土圧計により測定した土圧係数

ブルーピングリングにより測定した土圧係数

実験番号	壁移動量 (1/100 mm)						壁移動量 (1/100 mm)					
	0	5	20	100	300	500	0	5	20	100	300	500
P ₀ 1	0.333	0.274	0.235	0.191	0.163	0.146	0.283	0.226	0.212	0.173	0.139	0.142
2	0.384	0.339	0.296	0.255	0.219	0.212	0.272	0.232	0.215	0.190	0.167	0.170
3	0.332	0.287	0.262	0.280	0.213	0.206	0.266	0.215	0.204	0.176	0.159	0.157
4	0.425	0.396	0.328	0.276	0.244	0.197	0.284	0.241	0.215	0.190	0.165	0.165
V ₃₀ 1	0.321	0.267	0.268	0.200	0.164	0.171	0.212	0.176	0.173	0.153	0.128	0.129
2	0.355	0.324	0.299	0.264	0.237	0.224	0.246	0.212	0.193	0.173	0.156	0.147
3	0.406	0.379	0.357	0.320	0.271	0.236	0.260	0.234	0.210	0.165	0.159	0.137
4	0.348	0.312	0.248	0.282	0.222	0.203	0.254	0.243	0.207	0.167	0.173	0.142
V ₄₅ 1	0.461	0.449	0.401	0.376	0.210	0.200	0.311	0.254	0.226	0.198	0.198	0.162
2	0.399	0.366	0.335	0.336	0.300	0.246	0.238	0.212	0.203	0.226	0.224	0.190
3	0.283	0.232	0.261	0.251	0.250	0.251	0.210	0.198	0.184	0.179	0.164	0.145
4	0.440	0.428	0.404	0.375	0.379	0.338	0.315	0.266	0.232	0.232	0.221	0.190
V ₅₅ 1	0.418	0.399	0.451	0.513	0.489	0.450	0.229	0.252	0.243	0.227	0.227	0.234
2	0.466	0.408	0.354	0.307	0.346	0.411	0.234	0.198	0.190	0.227	0.173	0.170
3	0.516	0.466	0.542	0.488	0.505	0.477	0.268	0.224	0.249	0.246	0.243	0.227
4	0.428	0.375	0.318	0.351	0.394	0.396	0.254	0.221	0.204	0.260	0.195	0.241

表5-9-2

土 圧 係 数 の 変 化

土圧計より求めた土圧係数

ブルーピングリングより求めた土圧係数

実験番号	壁 移 動 量 (1/100 mm)						壁 移 動 量 (1/100 mm)					
	0	5	20	100	300	500	0	5	20	100	300	500
S45 1	0.244	0.262	0.237	0.208	0.199	0.268	0.229	0.195	0.198	0.170	0.160	0.173
2	0.212	0.183	0.184	0.185	0.221	0.262	0.184	0.176	0.170	0.150	0.156	0.158
3	0.339	0.301	0.293	0.237	0.269	0.243	0.217	0.187	0.181	0.153	0.125	0.139
4	0.345	0.325	0.295	0.267	0.261	0.238	0.229	0.198	0.193	0.220	0.151	0.160
S55 1	0.277	0.256	0.269	0.252	0.249	0.251	0.207	0.201	0.187	0.179	0.176	0.176
2	0.318	0.294	0.314	0.287	0.265	0.289	0.195	0.187	0.179	0.170	0.167	0.167
3	0.238	0.231	0.247	0.226	0.226	0.263	0.201	0.195	0.184	0.170	0.164	0.170
4	0.239	0.241	0.241	0.283	0.263	0.303	0.201	0.195	0.181	0.179	0.179	0.173
S60 1	0.123	0.123	0.121	0.121	0.115	0.126	0.198	0.193	0.184	0.176	0.167	0.170
2	0.131	0.124	0.125	0.129	0.134	0.122	0.204	0.201	0.190	0.184	0.173	0.176
3	0.120	0.120	0.131	0.127	0.126	0.130	0.193	0.193	0.179	0.170	0.170	0.161
S65 1	0.105	0.105	0.110	0.112	0.107	0.126	0.181	0.184	0.173	0.161	0.139	0.142
2	0.135	0.133	0.145	0.148	0.163	0.171	0.186	0.186	0.179	0.173	0.167	0.170
3	0.101	0.098	0.107	0.106	0.119	0.143	0.184	0.181	0.179	0.165	0.167	0.173
S70 1	0.153	0.153	0.149	0.151	0.139	0.140	0.177	0.177	0.156	0.147	0.145	0.137
2	0.132	0.132	0.139	0.135	0.136	0.136	0.165	0.165	0.165	0.166	0.161	0.151
3	0.123	0.123	0.131	0.133	0.135	0.135	0.165	0.165	0.161	0.158	0.161	0.159
4	0.130	0.130	0.139	0.133	0.129	0.139	0.167	0.165	0.156	0.156	0.145	0.147

表 5-9-3

土 圧 係 数 の 変 化

土圧計より求めた土圧係数

ブルーピングリングより求めた土圧係数

実験番号	壁 移 動 量 (1/100 mm)						壁 移 動 量 (1/100 mm)					
	0	5	20	100	300	500	0	5	20	100	300	500
V60 1	0.220	0.196	0.216	0.184	0.159	0.168	0.262	0.215	0.227	0.227	0.212	0.224
2	0.219	0.200	0.255	0.170	0.161	0.165	0.229	0.241	0.238	0.238	0.243	0.229
3	0.253	0.230	0.213	0.230	0.173	0.146	0.249	0.218	0.224	0.232	0.195	0.198
4	0.203	0.184	0.176	0.150	0.148	0.140	0.241	0.210	0.212	0.229	0.212	0.204
V65 1	0.127	0.167	0.174	0.157	0.149	0.139	0.224	0.238	0.229	0.232	0.238	0.176
2	0.105	0.094	0.111	0.075	0.140	0.140	0.221	0.195	0.224	0.229	0.221	0.173
3	0.151	0.143	0.178	0.141	0.158	0.152	0.212	0.229	0.226	0.215	0.193	0.167
4							0.215	0.198	0.212	0.212	0.193	0.215
V70 1	0.134	0.112	0.136	0.124	0.139	0.125	0.199	0.173	0.204	0.186	0.195	0.181
2	0.142	0.151	0.151	0.131	0.152	0.157	0.205	0.186	0.212	0.181	0.212	0.210
3	0.121	0.115	0.112	0.102	0.091	0.091	0.186	0.164	0.176	0.184	0.159	0.176
4	0.070	0.064	0.082	0.077	0.092	0.092	0.176	0.184	0.176	0.181	0.170	0.167
S30 1	0.350	0.284	0.287	0.259	0.259	0.334	0.204	0.173	0.173	0.147	0.137	0.145
2	0.295	0.272	0.248	0.188	0.145	0.167	0.262	0.232	0.204	0.170	0.159	0.147
3	0.390	0.318	0.248	0.207	0.215	0.257	0.218	0.181	0.164	0.173	0.131	0.131
4	0.348	0.324	0.297	0.219	0.210	0.238	0.284	0.249	0.224	0.171	0.158	0.167

表 5-10-1

土圧分布図より求めた壁底から全土圧作用点までの距離

(単位 cm)

実験番号	壁移動量 (1/100 mm)						実験番号	壁移動量 (1/100 mm)					
	0	5	20	100	300	500		0	5	20	100	300	500
Po 1	34.2	35.5	38.8	43.5	49.0	55.4	Po 3	35.0	37.3	37.7	33.5	47.5	54.9
2	29.8	30.4	31.8	32.1	37.1	41.7	4	29.0	30.0	30.1	32.4	37.0	45.3
Vso 1	30.4	35.9	33.6	36.1	41.3	49.8	Sso 1	41.8	47.2	44.6	47.5	51.4	51.2
2	38.8	40.7	39.0	43.3	45.3	49.1	2	34.1	34.2	33.7	39.2	52.4	49.5
3	27.9	28.7	27.8	30.8	33.4	30.4	3	37.8	43.2	35.3	38.1	46.2	44.6
4	29.0	28.8	34.2	29.9	36.0	40.4	4	33.2	32.5	32.8	38.1	42.1	40.9
V4s 1	26.5	26.3	26.5	26.3	37.3	39.3	S4s 1	42.7	32.7	37.0	40.5	48.3	37.4
2	30.9	30.3	30.9	30.8	34.0	40.1	2	33.0	35.2	29.6	37.0	35.0	34.9
3	32.1	30.1	25.3	29.0	23.8	36.5	3	35.2	36.6	36.6	41.9	33.8	41.6
4	25.6	24.3	24.4	25.8	24.2	21.7	4	40.4	41.4	40.5	39.4	39.4	43.6
V5s 1	28.2	27.8	29.1	27.5	29.1	31.0	S5s 1	32.9	33.9	34.0	38.1	42.8	43.2
2	29.1	29.8	33.3	35.3	36.0	37.5	2	33.0	33.4	34.8	39.1	47.0	47.5
3	30.1	30.6	26.9	31.6	31.1	32.2	3	39.5	39.6	38.7	33.3	40.7	42.5
4	30.6	29.8	32.3	32.0	32.8	33.3	4	40.4	40.8	41.8	47.6	49.9	49.5
V6s 1	31.9	31.2	33.1	35.4	36.6	38.4	S6s 1	39.7	39.7	43.6	43.5	48.0	48.6
2	29.4	29.4	32.2	35.0	36.7	36.4	2	38.6	40.7	38.1	36.9	39.5	41.5
3	27.5	28.2	28.0	28.7	36.1	41.1	3	41.1	41.5	41.1	40.5	40.5	42.6
4	33.1	36.8	37.4	38.0	39.5	40.3	4						

土圧分布図より求めた壁底から全土圧作用点までの距離

[illegible]

図 5-11-1 壁移動による土圧重心位置の変化

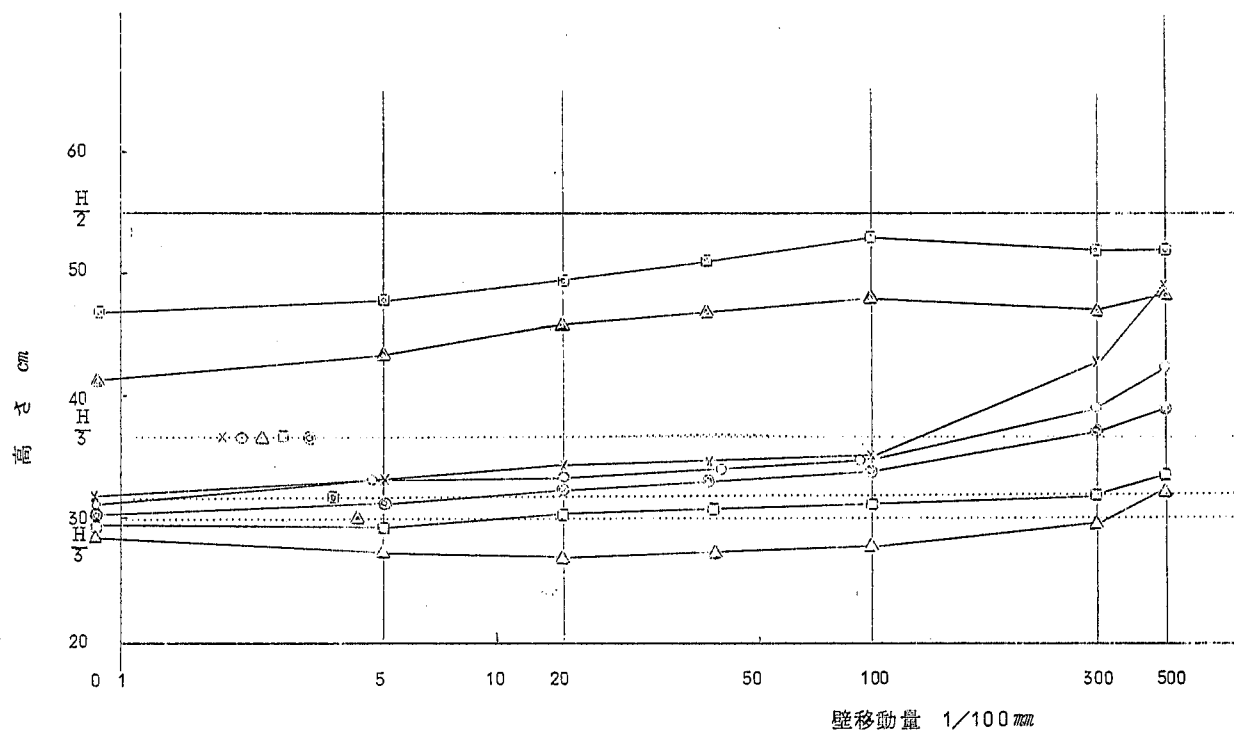
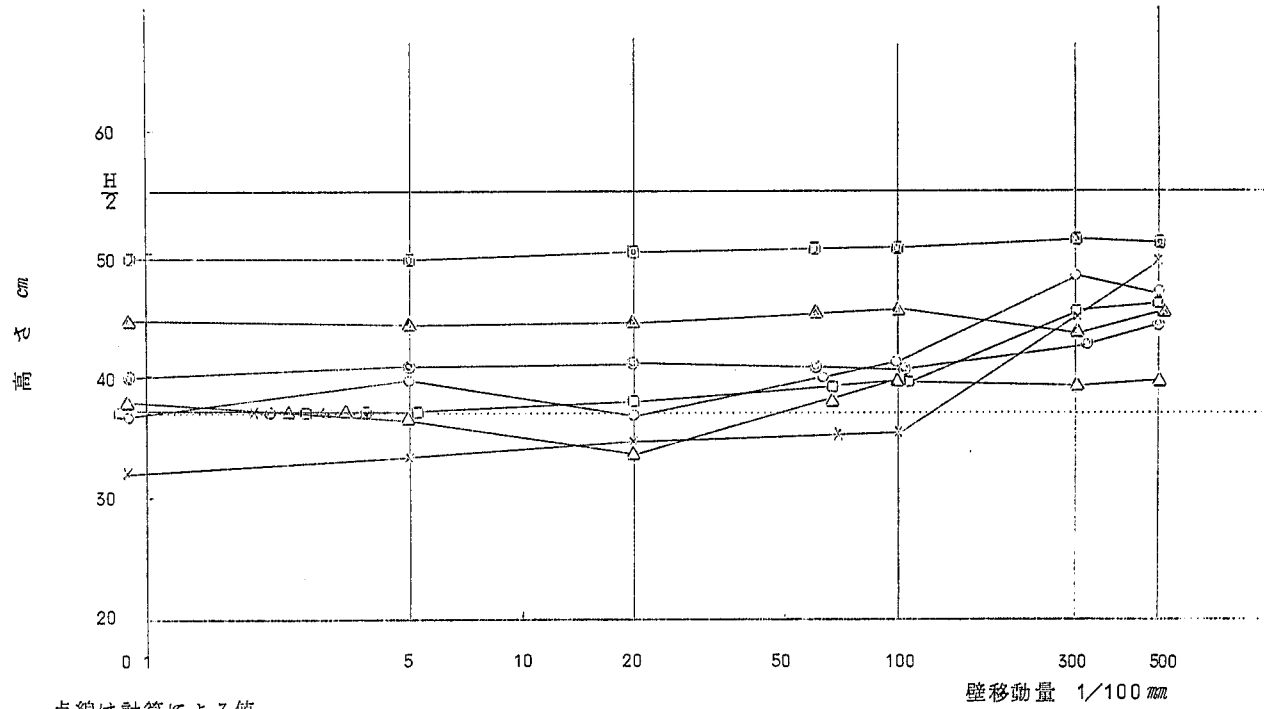


図 5-1 1-2 壁移動による土圧重心位置の変化



点線は計算による値

P 0	S 30	S 45	S 55	S 60	S 65	S 70
X	O	△	□	⊙	⊡	⊞

表 5-12-1 壁に作用する転倒モーメント

(単位 $\text{Kgc}m/cm$)

実験 番号	壁移動量 (1/100mm)						実験 番号	壁移動量 (1/100mm)					
	0	5	20	100	300	500		0	5	20	100	300	500
P ₀ 1	97.3	83.1	77.8	70.9	68.3	68.9	P ₀ 3	99.5	91.4	84.4	80.2	86.4	96.4
2	97.6	88.2	80.6	70.0	69.4	75.5	4	105.2	101.6	84.5	75.9	77.1	76.1
V ₃₀ 1	83.6	81.9	76.8	61.7	57.9	72.8	S ₃₀ 1	124.8	114.6	109.1	105.2	113.7	146.1
2	117.7	112.6	99.8	97.5	91.7	94.1	2	85.8	79.4	71.4	62.9	65.1	70.8
3	96.8	92.9	84.9	84.2	77.2	61.2	3	125.9	119.2	74.8	67.3	84.8	97.9
4	86.2	77.0	72.5	72.1	68.4	70.0	4	98.7	90.0	83.1	71.4	75.4	83.3
V ₄₅ 1	104.5	101.0	91.2	84.6	66.9	67.0	S ₄₅ 1	89.0	73.2	94.9	72.0	82.1	85.6
2	105.4	94.6	88.6	88.4	88.2	84.4	2	59.7	55.1	46.5	58.4	65.9	78.1
3	77.6	59.8	56.4	62.2	50.7	78.4	3	102.2	94.2	91.8	84.8	77.8	86.3
4	96.4	88.8	84.1	76.1	78.4	62.7	4	119.2	115.2	102.0	90.2	87.9	88.8
V ₅₅ 1	100.7	94.9	112.0	120.3	121.4	119.2	S ₅₅ 1	78.0	74.0	78.0	82.0	91.0	92.4
2	116.1	103.8	100.6	92.6	106.5	131.9	2	89.8	83.8	93.6	96.0	106.5	119.3
3	133.0	121.7	124.7	131.7	133.9	131.3	3	80.7	81.6	79.6	80.5	91.4	110.0
4	111.8	95.4	88.0	96.2	110.5	112.9	4	82.1	80.5	88.2	91.9	96.5	111.1
V ₆₀ 1	60.0	52.3	61.0	55.6	49.7	54.9	S ₆₀ 1	41.9	41.9	45.0	45.1	47.3	52.2
2	54.9	50.3	70.1	50.7	50.5	51.2	2	43.3	43.3	40.6	40.8	45.0	43.1
3	59.4	55.4	50.9	56.3	53.3	51.2	3	42.0	42.6	45.8	44.0	43.4	47.2
4	57.5	57.9	56.3	48.8	49.9	48.2	4						

表 5-12-2 壁に作用する転倒モーメント

(単位 $\text{Kgc}m/cm$)

実験 番号	壁移動量 (1/100mm)						実験 番号	壁移動量 (1/100mm)					
	0	5	20	100	300	500		0	5	20	100	300	500
V ₆₅ 1	42.6	61.2	61.7	57.5	55.8	58.7	S ₆₅ 1	39.0	39.0	41.5	43.5	39.6	47.9
2	42.3	39.9	52.2	34.8	64.0	63.9	2	51.6	49.9	55.4	55.4	57.7	64.7
3	49.3	47.8	61.8	56.5	58.5	56.0	3	39.0	37.1	40.8	42.4	46.9	56.8
4							4						
V ₇₀ 1	56.2	52.0	57.3	59.3	63.9	55.4	S ₇₀ 1	62.1	62.1	60.2	60.2	55.8	
2	53.2	60.5	60.5	58.0	62.0	65.2	2	57.8	58.0	64.3	62.0	62.4	61.3
3	45.7	45.3	44.1	42.8	38.5	38.5	3	50.3	50.3	55.4	54.1	55.2	55.2
4	30.8	29.1	39.0	37.4	43.8	43.8	4	56.9	56.9	61.5	60.7	61.8	65.4

図 5-13-1 壁移動による転倒モーメントの変化

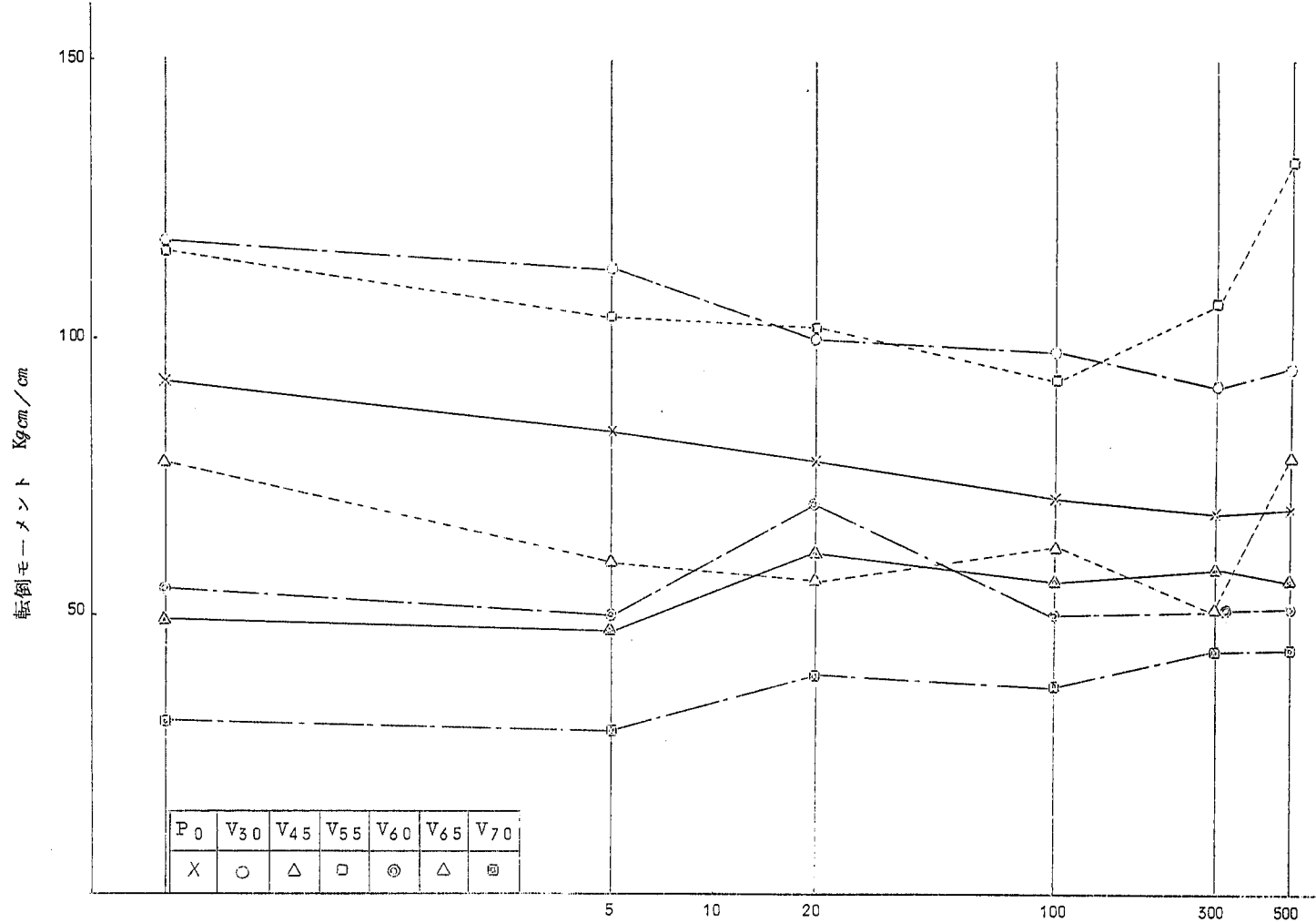


図 5-13-2 壁移動による転倒モーメントの変化

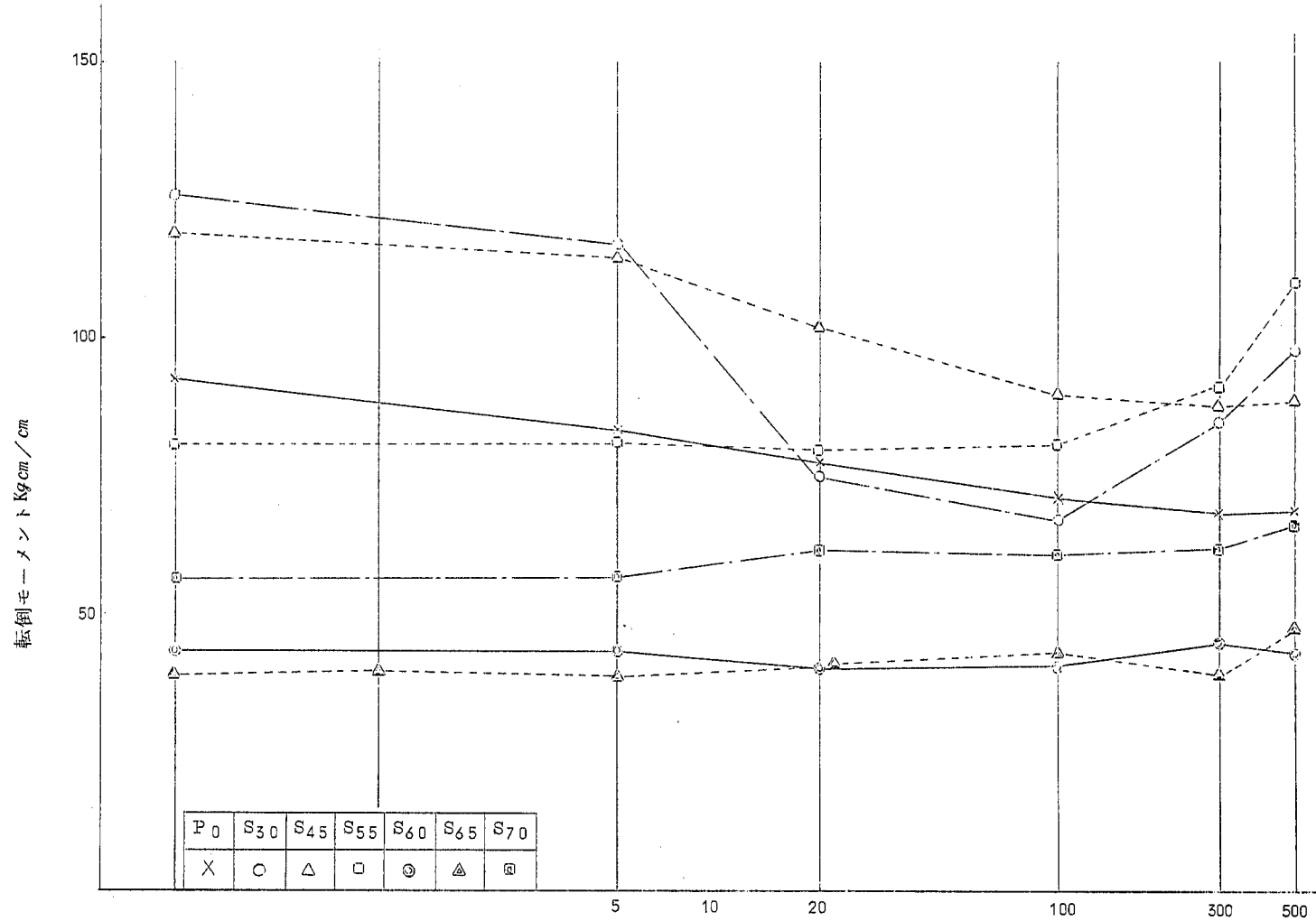


図5-14-1 土圧計の測定値より求めた平行移動壁に作用する土圧分布

各角度の平均的主动土圧分布 ($\frac{0}{100} \text{ mm}$)

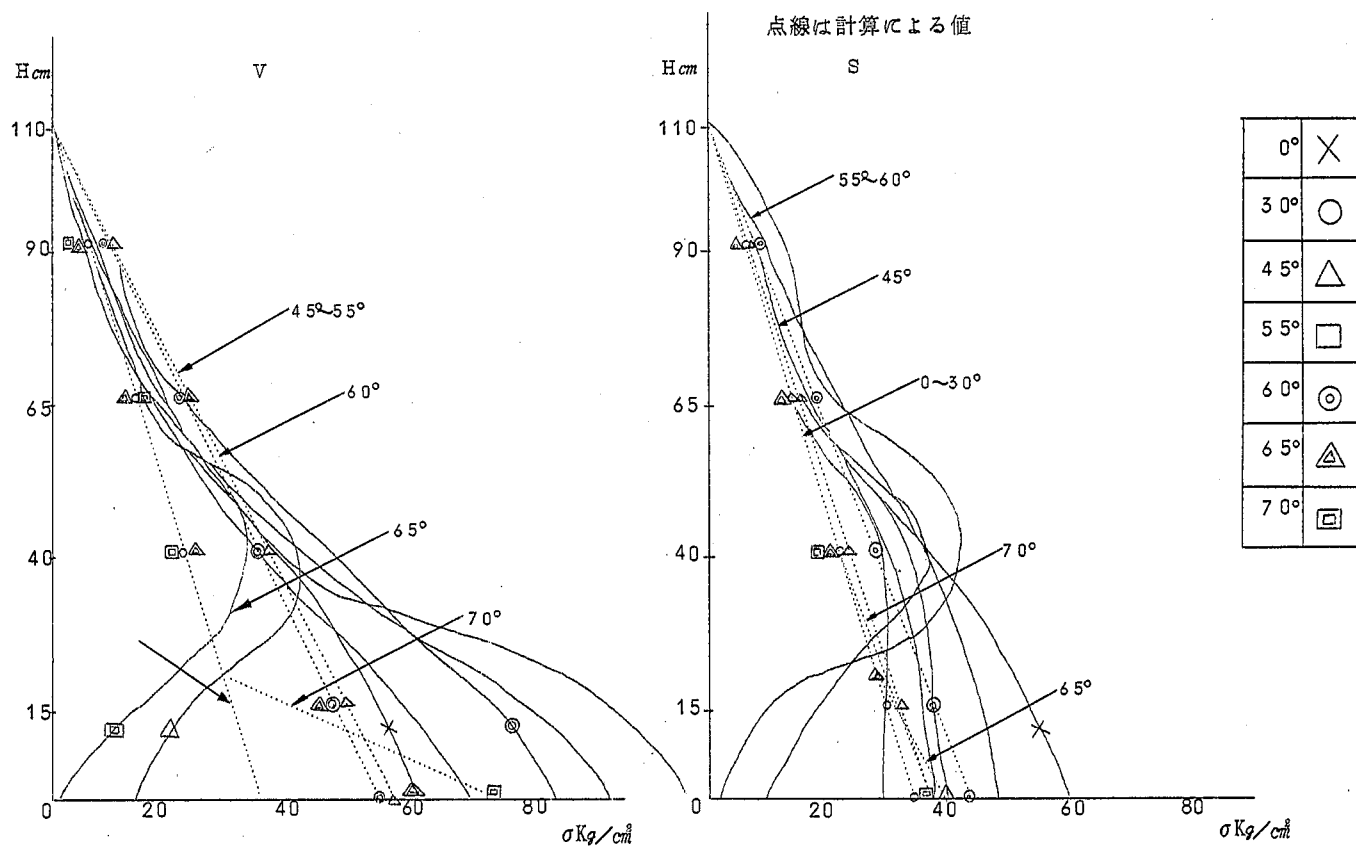
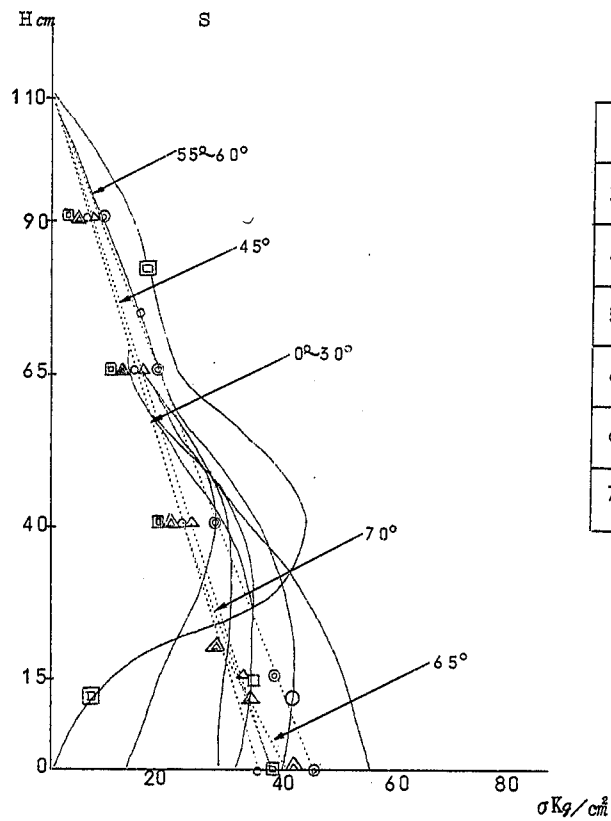
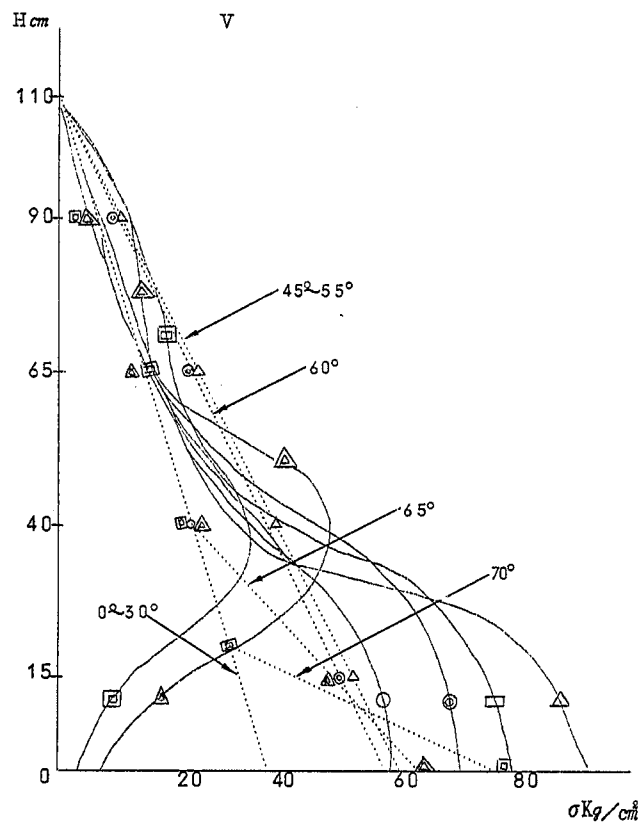


図 5-14-2 土圧計の測定値より求めた平行移動壁に作用する土圧分布

各角度の平均的主動土圧分布 ($\frac{5}{100}$ mm 附近)

点線は計算による値

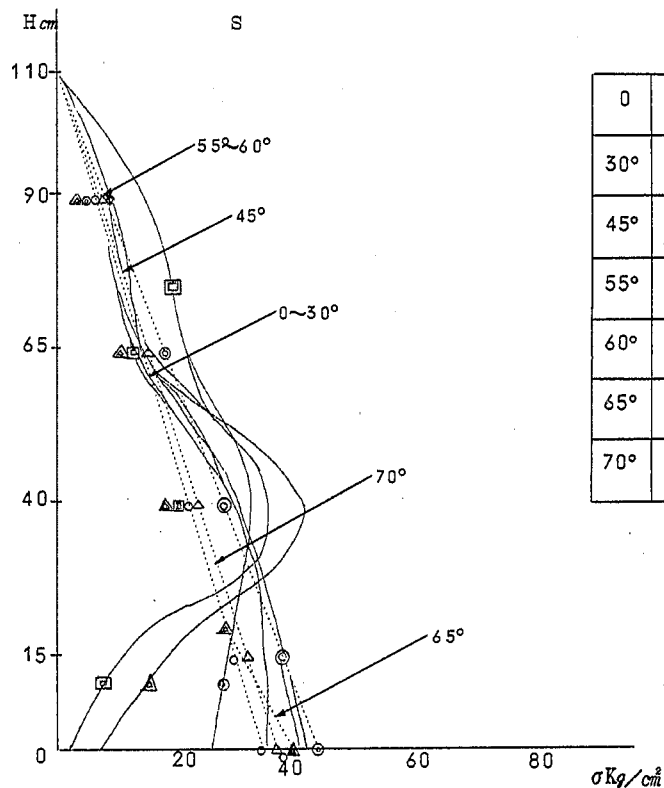
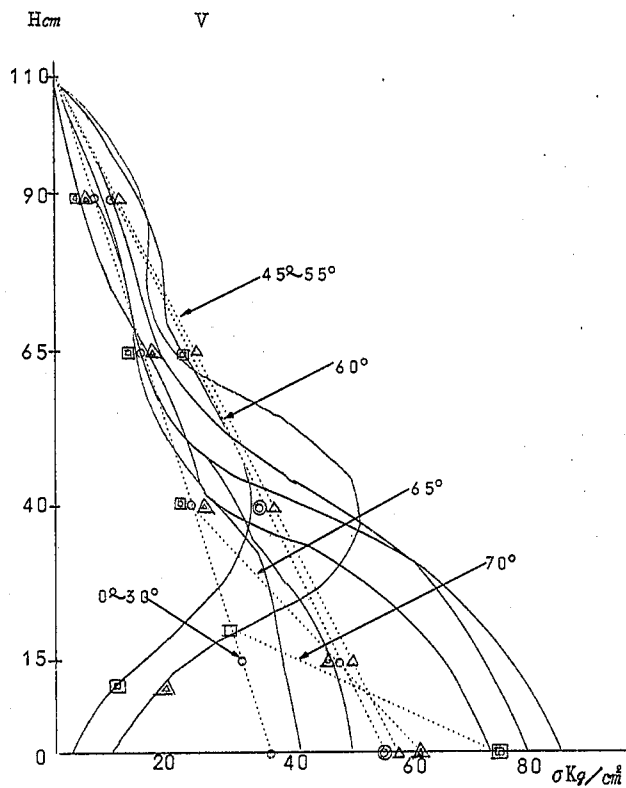


0	×
30°	○
45°	△
55°	□
60°	⊙
65°	▲
70°	⊠

図5-14-3 土圧計の測定値より求めた平行移動壁に作用する土圧分布

各角度の平均的主動土圧分布 ($\frac{20}{100}$ mm 附近)

点線は計算値による。

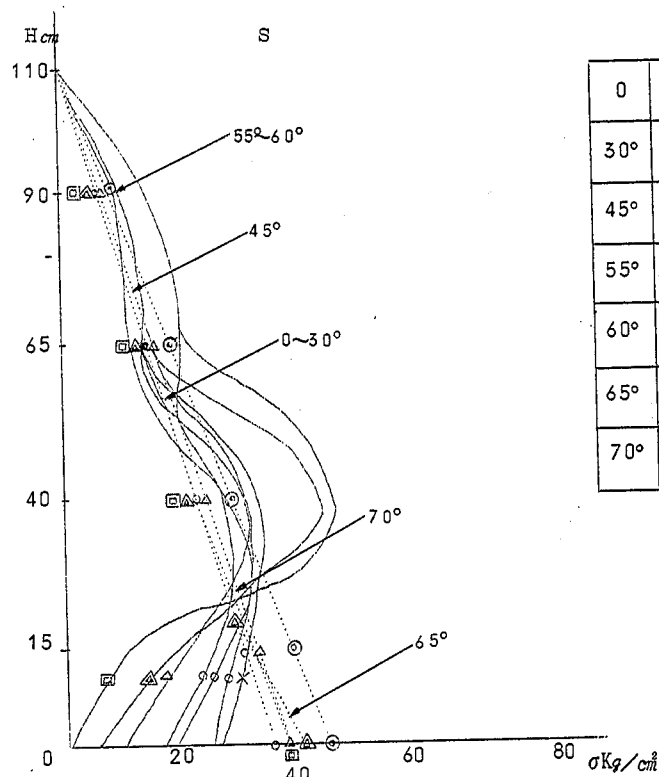
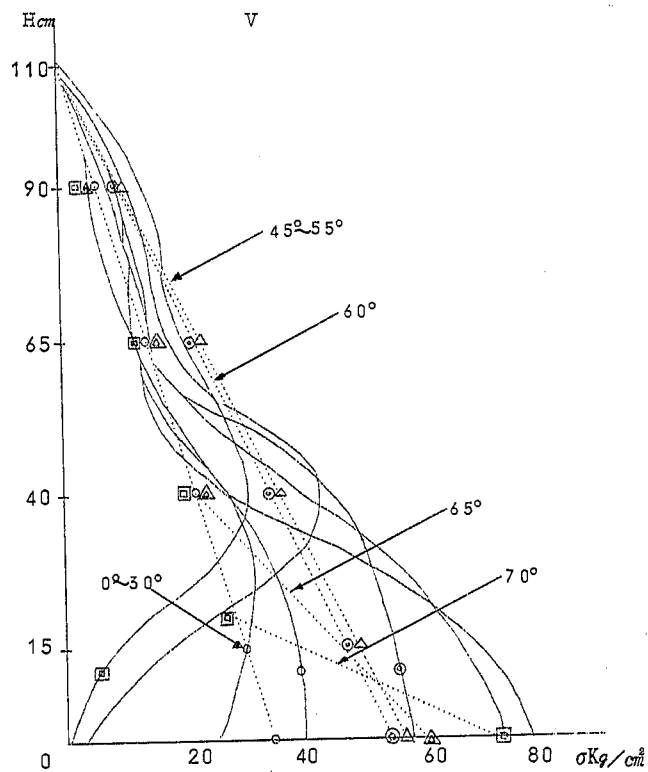


0	×
30°	○
45°	△
55°	□
60°	⊙
65°	▲
70°	⊠

図5-14-4 土圧計の測定値より求めた平行移動壁に作用する土圧分布

各角度の平均的主動土圧分布 ($\frac{100}{100}$ mm附近)

点線は計算値による。



0	×
30°	○
45°	△
55°	□
60°	⊙
65°	▲
70°	⊠

図 5-15-1 壁移動による転倒モーメントの変化

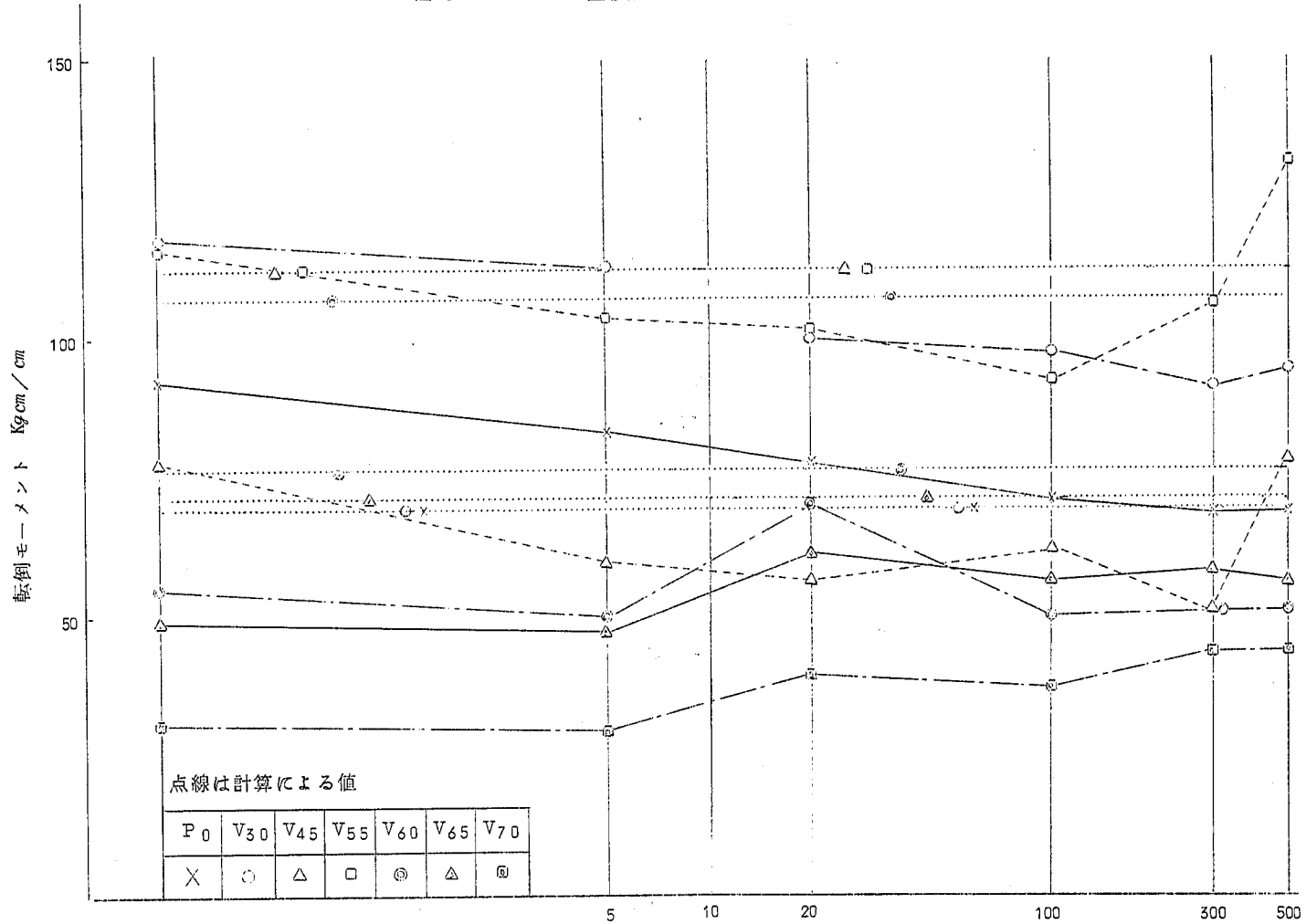
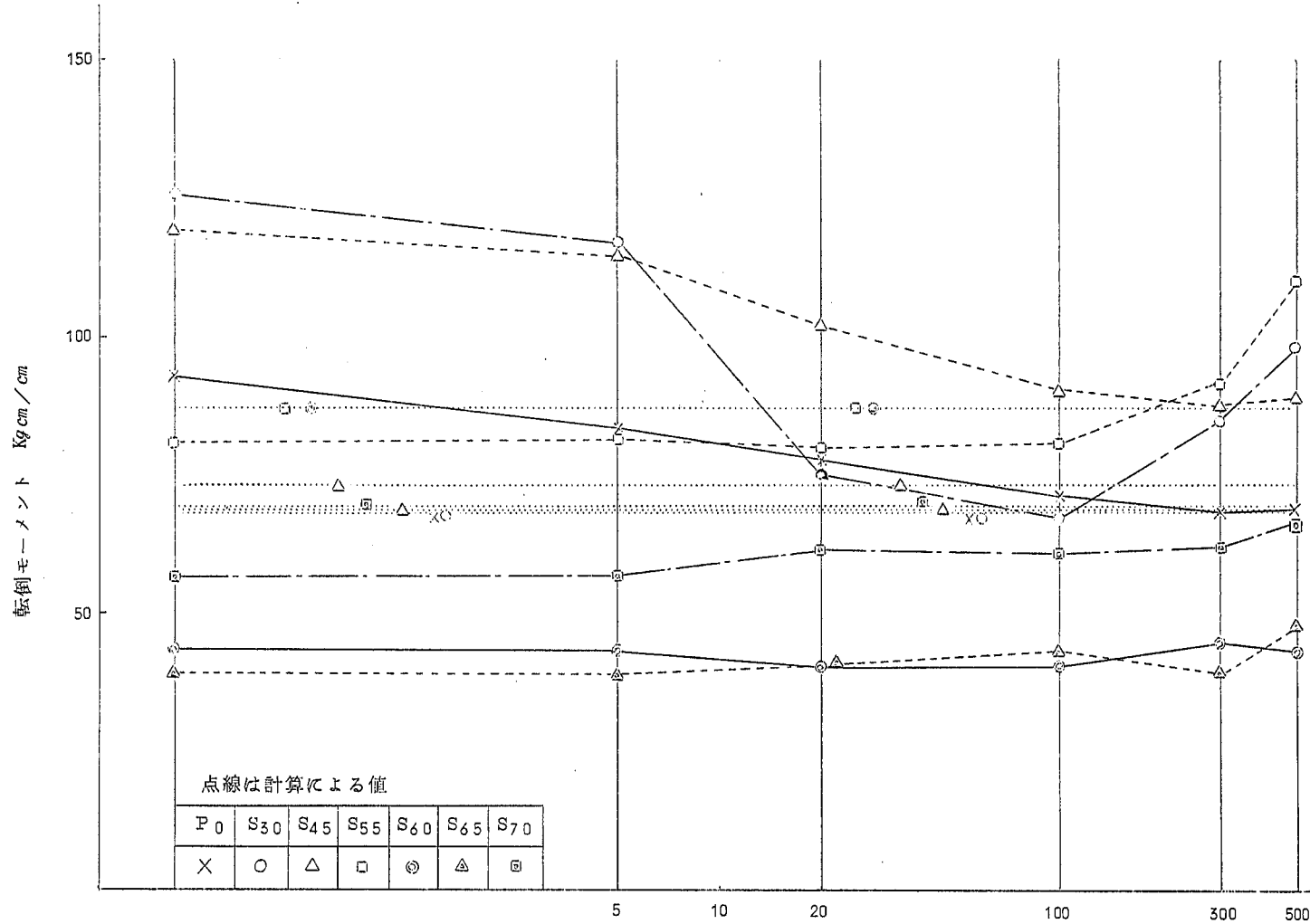


図 5-15-2 壁移動による転倒モーメントの変化



第 六 章 考 察

1. 傾斜板にビニールを張つた場合においては、図 5-8-2 等から 30° , 45° , 55° , 60° の傾斜板を用いた時の土圧分布は下部において傾斜板の無い標準的な場合の土圧を大きく上回っている。

反対に 65° , 70° の場合の土圧分布は下部において標準的な場合の土圧を大きく下回っている。この場合土圧は下から $1/3$ の付近で図のように大きくなり、全体として土圧重心位置が $1/3$ より上つている。

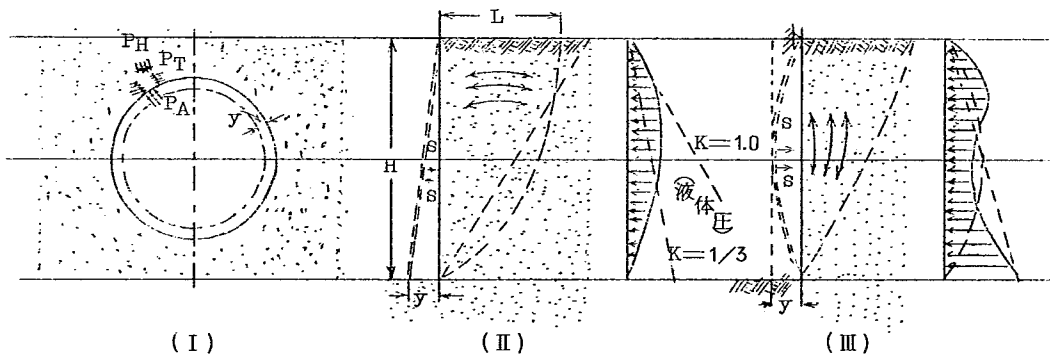
ところで砂の内部摩擦角は 37° であり、砂の破壊角はクーロンの式より約 60° 、砂とビニールの摩擦角は 23° であるので、 30° , 45° , 55° , 60° の場合には砂とビニールの間は非常にスベリやすい状態にあり、砂自身にスベリ面 (60°) よりも早くスベつてしまう結果土圧が大きくなつたものと思われる。

反対にサンドペーパーの場合には、サンドペーパーと砂の摩擦角 (31°) がビニールと砂との摩擦角 (23°) に比して大きく、この様なことは生じていない。

65° , 70° のときは砂自身の破壊角 (60°) よりも傾斜がきついため土圧は小なる傾向を示している。ビニールの場合も、サンドペーパーの場合も、下部では極端に土圧が小さくなり、下から $1/3$ 付近に土圧が集中しているのは興味深いことであり、砂のアーチング等が生じていることも考えられる。

2. 傾斜板にサンドペーパーを張つた場合はビニールの場合とは異なり、傾斜が急になるにつれて土圧は下部において減少している。このことは、砂とサンドペーパーの摩擦が大きいために、ビニールの場合のような現象は生じていないためであろう。ただ、やはり 65° , 70° のときには下部において土圧が極端に減少し、下から $1/3$ 付近に大きな土圧が生じている。

3. 全体的に見ると上部において土圧が弓形をなしており、これもアーチングによるものであるかもしれない。典型的アーチングは一般に次のような場合に生ずるといわれている。



鉛直柱体または水平トンネル
の周囲のアーチング

上端固定、下端変位可能の剛
性の矢板が使用された場合の鉛
直切取部における水平アーチング

撓み易い矢板壁背後の鉛直ア
ーチング

4. 全体的な土圧を比較してみようと思うが、土圧計のみによる結果にはアーチングの影響が入っていると考えられるから、図 5-5-1 から図 5-5-2 において全土圧を得るにはブルーピングリングより求めた土圧測定値を用いるほうが誤差が少ないと考えられる。

このブルーピングリング計よりの全土圧によると、ビニールの場合、作用する全土圧の大きい方からならべると、 0° 、 30° 、 45° 、 55° 、 60° 、 65° 、 70° の順になる。土圧計よりの全土圧によると、 55° 、 45° 、 0° 、 30° 、 60° 、 65° 、 70° の順になる。また、これによる転倒モーメントの大きい順にならべると 30° 、 55° 、 0° 、 45° 、 65° 、 60° 、 70° となる。重心位置の大きい順にならべると、 70° 、 65° 、 0° 、 30° 、 60° 、 55° 、 45° の順になる。

次にサンドペーパーの場合には、ブルーピングリング計からの値は、 0° 、 30° 、 45° 、 55° 、 60° 、 65° 、 70° の順になる。土圧計によると、 0° 、 30° 、 45° 、 55° 、 60° 、 65° 、 70° となり、転倒モーメントの順は、 45° 、 55° 、 0° 、 30° 、 70° 、 65° 、 60° となる。また重心位置の大きい順にならべると、 70° 、 65° 、 60° 、 30° 、 55° 、 45° 、 0° となる。そこでこれを表にまとめると、

	20 100mm 付近の値をとっている	
	傾斜板にビニールを張った場合 (V)	傾斜板にサンドペーパーを張った場合 (S)
ブルーピングリング計よりの全土圧	0° 、 30° 、 45° 、 55° 、 60° 、 65° 、 70°	0° 、 30° 、 45° 、 55° 、 60° 、 65° 、 70°
土圧計により求めた全土圧	55° 、 45° 、 0° 、 30° 、 60° 、 65° 、 70°	0° 、 30° 、 45° 、 55° 、 60° 、 65° 、 70°
土圧計にもとづく転倒モーメント	30° 、 55° 、 0° 、 45° 、 65° 、 60° 、 70°	45° 、 55° 、 0° 、 30° 、 70° 、 65° 、 60°
土圧重心位置 (高い順)	70° 、 65° 、 0° 、 30° 、 60° 、 55° 、 45°	70° 、 65° 、 60° 、 30° 、 55° 、 45° 、 0°

ただし、この順番で最初の方と最後の方には明らかに差があるが真中付近の値は差が小さい。

リング計による全土圧は比較的正確であると考えられ、ビニールの場合も全土圧の大きさは 0° 、 30° 、 45° …… 70° と順序よくなっている。ビニールにおける土圧計による全土圧において 55° 、 45° が先行しているのは、ビニールによるスベリがアーチングを引起すことであるのかも知れない。ただし転倒モーメントに関しては土圧分布図の重心位置により大きく左右され一概に言えない。それから一般にビニールの全土圧の方がサンドペーパーのそれに比して少し大きい結果を与えているが、これだけ傾斜板の摩擦角の違いを考慮すれば当然であろう。

5. 表 5-7-1 の壁の移動による土圧減少割合において移動開始時の土圧はいわゆる静止土圧であり、静止土圧 > 主動土圧と一般に考えられる。壁の移動にもとづく土圧の減少の割合を観察すると $\frac{5}{100}$ mm 移動しただけで土圧が大きく減少し、あとは比較的ゆるやかに減少して行く。 $\frac{5}{100}$ mm 移動した付近ではすでに主動土圧領域に入っていると考えられる。ただし減少割合は 0° 、 30° 、 45° の場合が顕著で、 5 mm 移動時には最初の 60% ぐらいまで減少する。

6. 表 5-9-1 ~ 表 5-9-3 には土圧係数を算出している。

ブルーピングリングによる主動土圧係数値は $0.17 \sim 0.24$ の範囲にあり、傾斜が急になるにつれて減少している。

7. 計算値と実測値の比較

(1) Huntington の簡便法

従来、切土部の土圧の計算方法としてHuntingtonの簡便法がある。この方法の詳細は後に(7-1-2)で述べるが、概略を述べれば図-6-1のように砂の破壊角を λ とすれば、C点から上は $\triangle ABC$ による土圧すなわち通常のクローン土圧が働き、C点から下部になると $\triangle ABD$ のくさびの釣り合いから全土圧Pを求め、先に求めたクローン土圧 P_1 をPから差引いて P_2 を得結局右側のような形の分布図となる。ただこの方法は壁面に生ずる摩擦抵抗力による土圧の減少を考慮していないので実際と合うかどうかは疑問である。

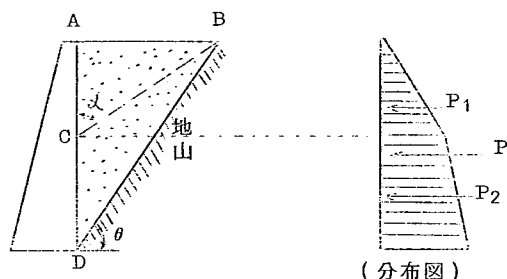


図-6-1

(2) サイロ型土圧分布の一試算法

一般のサイロ内部の圧力分布については(7-3)のように言われている。

今切土部の土圧の問題にこの方法を応用してみる。

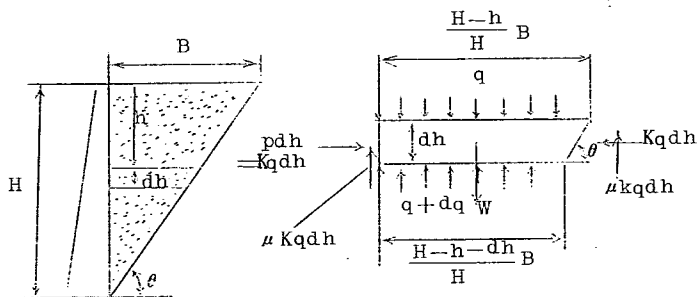


図-6-2

図-6-2のように問題を単純化して斜面による圧力方向成分を無視して土のスライスの重量が斜面に沿って直線的に減少するとすれば、右図の鉛直方向の釣り合いより

$$r \left(\frac{H-h}{H} \right) B dh + \left(\frac{H-h}{H} \right) B q - \left(\frac{H-h}{H} \right) B (q+dq) - 2\mu K q dh = 0$$

上式を $h=0$ で $q=0$ の条件で解いて

$$P = Kq = \frac{KrH}{D-1} \left\{ 1-h/H - (1-h/H)^D \right\}$$

$$P = \frac{KrH^2}{2(D+1)}$$

$$d/H = \frac{D+4}{3(D+2)}$$

$$\text{ここに } D=2\mu K \tan \theta$$

P ; 土圧強度

P ; 土圧合力

d/H ; 相対着力点

γ ; 土の単位体積重量

K ; 主動土圧係数

μ ; 土と壁との摩擦係数 ($=\tan \delta$)

(3) 計算値と実験結果の比較

実験結果の代表的な例は図 5-14-1~4 である。傾斜板の角度が 70° 砂と傾斜板との摩擦角 31° (サンドペーパーの場合に相当) の場合の(1)(2)で示した方法による計算結果を図-6-3に示す。但しこれらの計算値は主動状態を仮定したものであるので、静止土圧分布よりは小であることに注意すべきである。傾斜角が急になつた場合の土圧分布は(2)による分布のように壁面の摩擦抵抗力を考慮した方が実際の分布に近くなるように思われるが、実際の分布型はこの単純なサイロ型分布ではなく、アーチング等の効果が入っていると思われるので今後の解析にはこのような成分を考慮する必要があるだろう。

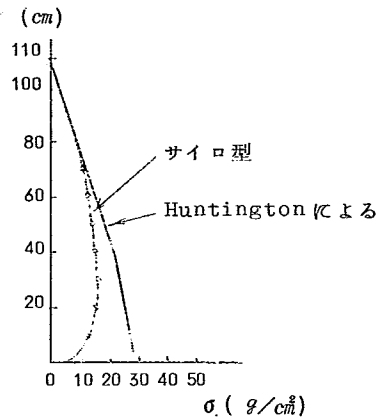


図-6-3 計算による主動土圧分布

(傾斜板角度 70° , サンドペーパーの場合)

む す び

1. 全土圧は 0° , 30° , 45° 70° のように傾斜板の角度が急になるにしたがつて減少する。
2. 傾斜板の摩擦が小の場合, 砂自身の破壊角よりも緩やかなある傾き (傾斜板の) でスベリを生ずることがある。
3. 角度が急の場合, 下部の土圧が極端に減少し, 下から $1/3$ 付近に土圧が集中し, 土圧重心が上昇する傾向がある。又上部においても土圧分布曲線が弓形になり, 土圧の再配分が生じているようである。これは砂の複雑なアーチング現象によるものと思われる。
4. 今回の実験では土圧を測定する手段として4個の壁面土圧計及びブルーピングリングを用いたが, 実験の精度を向上させアーチング等の現象を捕えるようにするため更に多くの土圧計あるいは局所的なバラツキを吸収してしまうような大受圧面を有する土圧測定装置等の開発が望まれる。又実験条件を同一にするために砂の充填方法も一考の要があるように思われる。
5. 土圧の分布型は単純なサイロ型でなくアーチング等の効果も入ってくるので今後の解析に際してこの点の考慮が必要である。

第二部 裏込め有限の時の土圧についての一試算

第七章 裏込め有限の時の土圧

7-1 土圧式

7-1-1 クーロン式

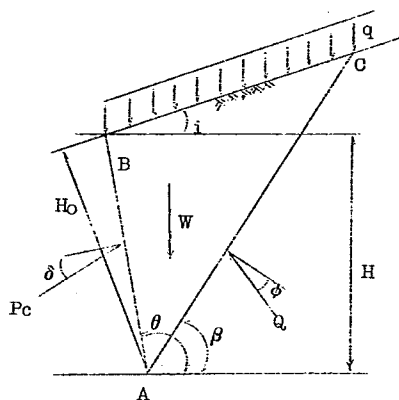


図-7-1-1

θ : 壁背面の傾斜角

i : 地表面勾配

ϕ : 土の内部摩擦角

δ : 土と壁体との摩擦角

W : すべり面 ABC の土塊重量と、地表面 BC 上の荷重の総和

β : 破壊角

$$P_c = 1/2 C_a \left(\gamma + \frac{2q}{H_0} \right) H^2 \quad (1)$$

$$C_a = \frac{\sin^2(\theta - \phi)}{\sin^2\theta \cdot \sin(\theta + \delta)} \left[1 + \frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - i)}{\sin(\theta + \delta) \sin(\theta - i)} \right]^{-2}$$

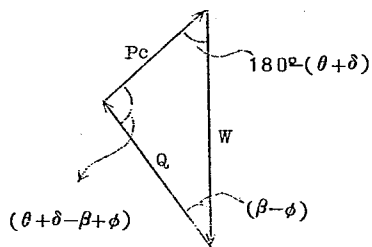
C_a : クーロンの主動土圧係数

γ : 土の単位重量 (t/m^3)

q : 地表面上の等分布荷重 (t/m^2)

H_0 : 壁底 A から地表に下した垂線の長さ (m)

H : 壁高 (m)



$$\tan \beta = \frac{\sin \phi + \sin \theta \sqrt{\frac{\sin(\theta + \delta) \sin(\phi - i)}{\sin(\phi + \delta) \sin(\theta - i)}}}{\cos \phi + \cos \theta \sqrt{\frac{\sin(\theta + \delta) \sin(\phi - i)}{\sin(\phi + \delta) \sin(\theta - i)}}} \quad (2)$$

$$P_c = \frac{\sin(\beta - \phi)}{\sin(\theta + \delta - \beta + \phi)} W \quad (3)$$

種々の ϕ 、 δ 、 i を変えた時の主動土圧係数と破壊角を表-7-1-1 ~ 表-7-1-2 に示す。

表-7-1-1 クーロンの主働土圧係数と破壊角

$\theta = 90^\circ$

ϕ	δ							
	度分秒	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
25°	0°	(24639) 0.4059	0.4307	0.4621	0.5048	0.5723		
	破壊角	$57^\circ 30' 00''$	$55^\circ 36' 22''$	$53^\circ 11' 57''$	$41^\circ 51' 43''$	$44^\circ 30' 53''$		
	5°	0.3865	0.4117	0.4437	0.4876	0.5578		
	破壊角	$55^\circ 55' 56''$	$54^\circ 02' 57''$	$51^\circ 40' 02''$	$48^\circ 24' 30''$	$43^\circ 14' 51''$		
	10°	0.3726	0.3983	0.4309	0.4761	0.5491		
	破壊角	$54^\circ 34' 55''$	$52^\circ 42' 58''$	$50^\circ 22' 11''$	$47^\circ 11' 04''$	$42^\circ 11' 46''$		
	15°	0.3631	0.3893	0.4228	0.4695	0.5456		
	破壊角	$53^\circ 22' 54''$	$51^\circ 32' 13''$	$49^\circ 13' 45''$	$46^\circ 07' 04''$	$41^\circ 17' 26''$		
	20°	0.3754	0.3842	0.4188	0.4672	0.5469		
	破壊角	$52^\circ 17' 10''$	$50^\circ 27' 55''$	$48^\circ 11' 55''$	$45^\circ 09' 37''$	$40^\circ 29' 12''$		
	25°	0.3551	0.3828	0.4187	0.4692	0.5532		
	破壊角	$51^\circ 15' 43''$	$49^\circ 28' 04''$	$47^\circ 14' 38''$	$44^\circ 16' 47''$	$39^\circ 45' 14''$		
30°	0°	(3000) 0.3333	0.3516	0.3737	0.4019	0.4411	0.5045	
	破壊角	$60^\circ 00' 00''$	$58^\circ 38' 31''$	$56^\circ 59' 50''$	$54^\circ 53' 46''$	$51^\circ 59' 12''$	$47^\circ 18' 06''$	
	5°	0.3189	0.3372	0.3595	0.3881	0.4281	0.4934	
	破壊角	$58^\circ 50' 01''$	$57^\circ 28' 50''$	$55^\circ 50' 55''$	$53^\circ 46' 29''$	$50^\circ 55' 23''$	$46^\circ 22' 37''$	
	10°	0.3085	0.3269	0.3495	0.3786	0.4196	0.4870	
	破壊角	$57^\circ 48' 01''$	$56^\circ 27' 19''$	$54^\circ 50' 20''$	$52^\circ 47' 40''$	$50^\circ 00' 00''$	$45^\circ 55' 00''$	
	15°	0.3014	0.3202	0.3432	0.3730	0.4150	0.4850	
	破壊角	$56^\circ 51' 35''$	$55^\circ 51' 30''$	$55^\circ 53' 36''$	$51^\circ 54' 47''$	$49^\circ 10' 31''$	$44^\circ 52' 52''$	
	20°	0.2973	0.3165	0.3400	0.3707	0.4142	0.4871	
	破壊角	$55^\circ 59' 02''$	$54^\circ 39' 41''$	$53^\circ 04' 57''$	$51^\circ 06' 03''$	$48^\circ 25' 12''$	$44^\circ 14' 37''$	
	25°	0.2959	0.3156	0.3399	0.3717	0.4170	0.4936	
	破壊角	$55^\circ 09' 03''$	$53^\circ 50' 32''$	$52^\circ 17' 04''$	$50^\circ 20' 11''$	$47^\circ 48' 45''$	$43^\circ 39' 05''$	
	30°	0.2972	0.3176	0.3439	0.3760	0.4236	0.5046	
	破壊角	$54^\circ 20' 34''$	$53^\circ 02' 59''$	$51^\circ 30' 53''$	$49^\circ 36' 06''$	$47^\circ 02' 10''$	$43^\circ 05' 21''$	

表-7-1-2 クーロンの主働土圧係数と破壊角

ϕ	δ							
		0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
35°	0°	(3.6902) 0.2710	0.2842	0.2998	0.3189	0.3436	0.3785	0.4362
	破壊角	62°30'00"	61°30'19"	60°20'29"	58°55'31"	57°06'24"	54°34'25"	50°27'52"
	5°	0.2604	0.2736	0.2892	0.3084	0.3333	0.3687	0.4878
	破壊角	61°37'20"	60°37'48"	59°28'19"	58°04'03"	56°16'16"	53°46'56"	49°46'33"
	10°	0.2528	0.2661	0.2818	0.3011	0.3265	0.3625	0.4232
	破壊角	60°49'39"	59°50'20"	58°41'19"	57°17'49"	55°31'25"	53°04'42"	49°10'08"
	15°	0.2478	0.2612	0.2771	0.2968	0.3226	0.3596	0.4223
	破壊角	60°05'26"	59°06'27"	57°57'57"	56°35'18"	54°50'20"	52°26'12"	48°37'12"
	20°	0.2450	0.2587	0.2749	0.2951	0.3216	0.3598	0.4250
	破壊角	59°23'35"	58°24'59"	57°17'04"	55°55'21"	54°11'51"	51°50'18"	48°06'44"
	25°	0.2445	0.2585	0.2752	0.2960	0.3234	0.3631	0.4312
	破壊角	58°43'18"	57°45'03"	56°37'48"	55°17'03"	53°35'05"	50°16'11"	47°37'57"
	30°	0.2460	0.2605	0.2778	0.2994	0.3280	0.3696	0.4416
	破壊角	58°03'30"	57°05'52"	55°59'20"	54°39'39"	52°59'18"	50°43'06"	47°10'13"
	35°	0.2497	0.2648	0.2829	0.3059	0.3357	0.3797	0.4564
	破壊角	57°23'46"	56°26'42"	55°20'59"	54°02'26"	52°23'49"	50°10'25"	46°43'00"

()内は受働土圧係数

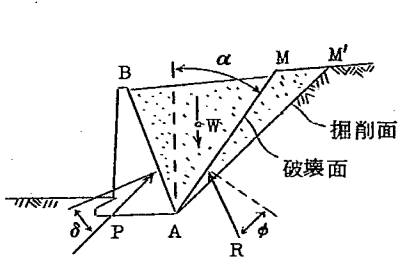
7-1-2 ハンチントンによる簡便法

ランキン、クーロン公式による土圧計算は、裏込材料が等質で（裏込半無限）、擁壁のうしろに十分な距離がありこの裏込め材内部で破壊面が生じるように仮定されている。

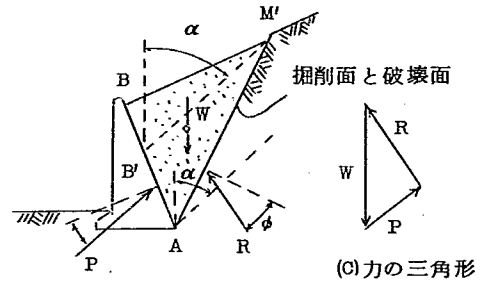
一般に行われる土圧計算では図-7-1-2(a)と(d)の中で、掘削面を越えて破壊面が生じる状態を仮定している。図-7-1-2(b)と(c)の中で、もし斜面（地山）が安定し破壊面を形成しないならば、掘削面にすべりが生じる。一般的な土圧理論はこのような例には適用できない。結合力のない掘削された自然の堆積物（土）が締め固められると剪断抵抗力は自然の堆積物（土）のそれに次第に近づくであろう。このような掘削された土の勾配は内部摩擦角で安定し、破壊^面は裏込を通して形成される。一般の土圧理論はこのようなケースに適用できる。粘着性の自然堆積物（土）の場合剪断抵抗力は同じ堆積物が裏込として使用された場合より高い値をもっているであろう。それで自然堆積物（土）の斜面は攪乱土の斜面よりも、急な勾配まで安定するのが普通である。これから述べるものは掘削される以前、内部摩擦と粘着力を土が所有し、掘削された後内部摩擦を有し、それらが裏込めとして使用された時に限られる。

図-7-1-2(b)の中に示される場合の主働土圧の計算の方法は簡単で破壊面の位置は掘削面である。その位置は既知ですべり面を求める為の計算の必要はない。すべりは土圧の作用下にわずか前方に壁が動くとして掘削面に生じる。であるから裏込の材料の剪断抵抗は地山の剪断抵抗よりは低い。破壊面は裏込材料とすぐに接近した掘削面を通る。土の重さはよく知られているように計算する事が出来る。(c)のPとRの方向は三角形楔法で求められる。図-7-1-2の(c)の中でAV鉛直面に対する主働土圧は、地表面に平行であると仮定した時同じ方法により計算することができる。図-7-1-2の(b)でB'M'線は^{裏込材の}破壊面に等しく鉛直に対してとればよい。B'B面に沿つての圧力は一般的な土圧理論によつて明らかなように内側破壊面B'M'から求めら求められる。点B'以下の圧力は土圧理論によつて与えられた圧力よりも小さい。だからABに沿つた全圧力Pの分布は三角形でない。Pの作用点はABの1/3点より上である。この位置は式(4)より求められる。

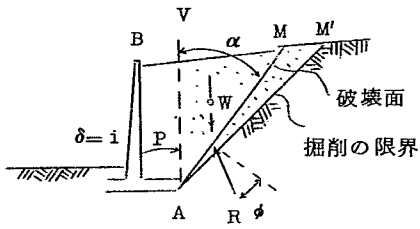
図-7-1-2



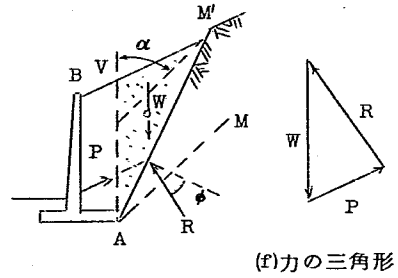
(a)裏込内にできる破壊面



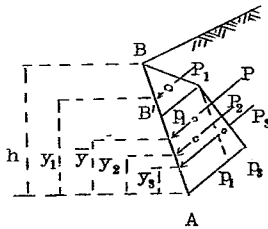
(b)掘削面に沿うすべり面



(d)裏込内にできる破壊面



(e)掘削面に沿うすべり面



AとB' , B'とBにおける圧力分布

$P_1 = \text{クローン土圧}$

$$P_1 = 2 R_1 / BB' \quad P_2 = R_1 \cdot B' A \quad R_3 = P - P_1 - P_2$$

$$P_3 = 2 P_3 / AB$$

$$\bar{y} = \frac{P_1 \cdot y_1 + P_2 \cdot y_2 + P_3 \cdot y_3}{P} \quad (4)$$

7-2 くさび法による裏込め有限の土圧

擁壁が図-7-2-1のような壁背面が垂直 ($\theta = 90^\circ$) で地表面に等分布荷重が載荷された時、すべり面、ACのすべり角 β (破壊角)を変化させた時、クーロンの三角形楔法による土圧 P が地表面勾配 i 、土の内部摩擦角 ϕ 、壁背面と土との摩擦角 δ によりクーロンの主働土圧に対しどれ程の減少をするものであるか、表-7-2-1の条件で計算してみた。

計算式は7-1-1の(3)式による。

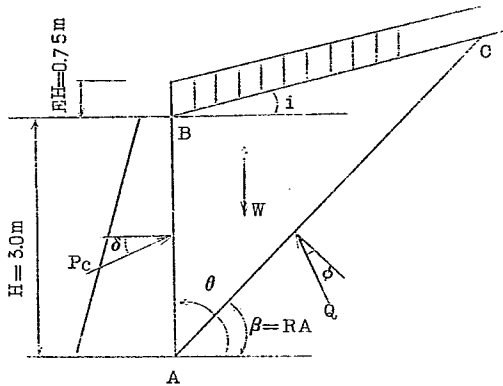


图 - 7 - 2 - 1

表-7-2-1

ϕ	δ	i	$E H^{(m)}$	$E W^{(t/m)}$
35°	0°	0°	0	1.80
〃	〃	10°	0	1.80
〃	〃	20°	0	1.80
〃	〃	30°	0	1.80

ϕ	δ	i	$E H^{(m)}$	$E W^{(t/m)}$
35	0°	0°	0.75	1.80
30	0°	0°	0.75	1.80
25	0°	0°	0.75	1.80
34°30'	$\phi/2$	33°41'	0	1.80

ϕ	δ	i	$E H^{(m)}$	$E W^{(t/m)}$
25°	0°	0°	0	1.80
〃	〃	10°	0	1.80
〃	〃	20°	0	1.80

ϕ	δ	i	$E H^{(m)}$	$E W^{(t/m)}$
25	25°	0°	0	1.80
〃	〃	10°	0	1.80
〃	〃	20°	0	1.80

壁背面 $\theta = 90^\circ$ 壁高 $H = 3.00 \text{ m}$ 土の単位体積重量 $E W = 1.80 \text{ t/m}^3$

これらの計算結果を表-7-2-2～表-7-2-8と図7-2-2から図7-2-5に示した。

土換算高 $E H$ は Page 114 の (3) 参照

表-7-2-2 破壊角の変化による土圧

$\phi=25^\circ$ $\delta=0^\circ$ $i=0^\circ$ $C=0.4059$
 $H=3.00m$ $EH=0.0m$ $EW=1.8t/m$ $Pc=3.287t$

RAc	RA	W1 ^t	W2 ^t	P ^t	$\frac{P}{Pc}$
57°30'0"	40°	0	9.653	2.587	0.787
	42°30'	◇	8.840	2.787	0.848
	45°	◇	8.100	2.948	0.897
	47°30'	◇	7.422	3.074	0.935
	50°	◇	6.797	3.169	0.964
	52°30'	◇	6.215	3.236	0.987
	55°	◇	5.672	3.275	0.996
	57°30'	◇	5.160	3.287	1.000
	60°	◇	4.677	3.275	0.996
	62°30'	◇	4.217	3.236	0.984
	65°	◇	3.777	3.169	0.964
	67°30'	◇	3.355	3.074	0.935
	70°	◇	2.948	2.948	0.897
	72°30'	◇	2.554	2.787	0.848
	75°	◇	2.170	2.587	0.787

$\phi=25^\circ$ $\delta=0^\circ$ $i=10^\circ$ $C=0.4621$
 $H=3.00m$ $EH=0.0m$ $EW=1.8t/m$ $Pc=3.743t$

RAc	RA	W1	W2	P	$\frac{P}{Pc}$
53°11'37"	41°	0	11.689	3.352	0.896
	44°	◇	10.261	3.533	0.944
	47°	◇	9.040	3.652	0.976
	50°	◇	7.977	3.720	0.994
	53°	◇	7.039	3.743	1.000
	56°	◇	6.201	3.726	0.995
	59°	◇	5.444	3.672	0.981
	62°	◇	4.752	3.581	0.957
	65°	◇	4.115	3.453	0.923
	68°	◇	3.524	3.286	0.878
	71°	◇	2.969	3.075	0.822
	74°	◇	2.446	2.814	0.752

表-7-2-3 破壊角の変化による土圧

$\phi=25^\circ$ $\delta=0^\circ$ $i=20^\circ$ $C=0.5723$
 $H=3.00\text{m}$ $EH=0\text{m}$ $EW=1.8\text{t/m}$ $Pc=4.635\text{t}$

RAc	RA	W_1^t	W_2^t	P^t	$\frac{P}{Pc}$
44°30'53"	37°30'	0	20.081	4.452	0.961
	40°	〃	17.048	4.568	0.987
	42°30'	〃	14.664	4.624	0.998
	45°	〃	12.735	4.635	1.000
	47°30'	〃	11.136	4.613	0.995
	50°	〃	9.785	4.563	0.984
	52°30'	〃	8.624	4.489	0.969
	55°	〃	7.612	4.395	0.948
	57°30'	〃	6.718	4.280	0.923
	60°	〃	5.921	4.146	0.894
	62°30'	〃	5.202	3.992	0.861
	65°	〃	4.549	3.817	0.824
	67°30'	〃	3.951	3.620	0.781
	70°	〃	3.398	3.398	0.733
	72°30'	〃	2.885	3.148	0.679
	75°	〃	2.405	2.866	0.618

$\phi=35^\circ$ $\delta=0^\circ$ $i=0^\circ$ $C=0.2710$
 $H=3.0\text{m}$ $EH=0\text{m}$ $EW=1.8\text{t/m}$ $Pc=2.195\text{t}$

RAc	RA	W_1^t	W_2^t	P^t	$\frac{P}{Pc}$
62°30'00"	45°	0	8.100	1.428	0.651
	47°30'	〃	7.422	1.645	0.749
	50°	〃	6.797	1.821	0.830
	52°30'	〃	6.215	1.960	0.892
	55°	〃	5.672	2.064	0.940
	57°30'	〃	6.160	2.137	0.970
	60°	〃	4.677	2.181	0.994
	62°30'	〃	4.217	2.195	1.000
	65°	〃	3.777	2.181	0.994
	67°30'	〃	3.355	2.137	0.974
	70°	〃	2.948	2.064	0.940
	72°30'	〃	2.554	1.960	0.892
	75°	〃	2.170	1.821	0.830

表-7-2-4 破壊角の変化による土圧

$\phi=35^\circ$ $\delta=0^\circ$ $i=10^\circ$ $C=0.2998$
 $H=3.00m$ $EH=0m$ $EW=1.8t/m$ $Pc=2428t$

RAc	RA	$W1^t$	$W2^t$	P^t	$\frac{P}{Pc}$
60°2'29"	40°	0	12.221	1.069	0.440
	42°30'	◇	10.946	1.441	0.593
	45°	◇	9.834	1.734	0.714
	47°30'	◇	8.853	1.963	0.808
	50°	◇	7.977	2.137	0.880
	52°30'	◇	7.188	2.266	0.933
	55°	◇	6.471	2.355	0.970
	57°30'	◇	5.813	2.408	0.992
	60°	◇	5.207	2.428	1.000
	62°30'	◇	4.643	2.417	0.995
	65°	◇	4.115	2.376	0.979
	67°30'	◇	3.619	2.306	0.950
	70°	◇	3.150	2.206	0.909
	72°30'	◇	2.704	2.075	0.855
	75°	◇	2.278	1.911	0.787

$\phi=35^\circ$ $\delta=0^\circ$ $i=20^\circ$ $C=0.3436$
 $H=3.0m$ $EH=0m$ $EW=1.8t/m$ $Pc=2783t$

RAc	RA	$W1^t$	$W2^t$	P^t	$\frac{P}{Pc}$
57°06'24"	40°	0	17.048	1.492	0.536
	42°30'	◇	14.664	1.931	0.694
	45°	◇	12.735	2.246	0.807
	47°30'	◇	11.136	2.469	0.887
	50°	◇	9.785	2.622	0.942
	52°30'	◇	8.624	2.719	0.977
	55°	◇	7.612	2.770	0.995
	57°30'	◇	6.718	2.783	1.000
	60°	◇	5.921	2.761	0.992
	62°30'	◇	5.202	2.708	0.973
	65°	◇	4.549	2.626	0.944
	67°30'	◇	3.951	2.518	0.905
	70°	◇	3.398	2.380	0.855
	72°30'	◇	2.885	2.214	0.796
	75°	◇	2.405	2.018	0.725

表-7-2-5 破壊角の変化による土圧

$\phi=35^\circ$ $\delta=0^\circ$ $i=30^\circ$ $C=0.4362$
 $H=3.0m$ $EH=0m$ $EW=1.8t/m$ $Pc=3.533t$

R Ac	RA	W_1^t	W_2^t	P^t	$\frac{P}{Pc}$
50°27'52"	40°	0	30.946	2.707	0.766
	42°30'	◇	23.895	3.146	0.890
	45°	◇	19.165	3.379	0.956
	47°30'	◇	15.736	3.494	0.989
	50°	◇	13.184	3.533	1.000
	52°30'	◇	11.159	3.518	0.996
	55°	◇	9.520	3.465	0.980
	57°30'	◇	8.163	3.381	0.957
	60°	◇	7.015	3.271	0.926
	62°30'	◇	6.028	3.138	0.888
	65°	◇	5.169	2.984	0.845
	67°30'	◇	4.410	2.809	0.795
	70°	◇	3.732	2.614	0.740
	72°30'	◇	3.122	2.396	0.678
	75°	◇	2.568	2.154	0.610

$\phi=25^\circ$ $\delta=25^\circ$ $i=0^\circ$ $C=0.3551$
 $H=3.0m$ $EH=0m$ $EW=1.8t/m$ $Pc=2.876t$

R Ac	RA	W_1^t	W_2^t	P^t	$\frac{P}{Pc}$
51°15'43"	40°	0	9.653	2.537	0.882
	42°30'	◇	8.840	2.681	0.932
	45°	◇	8.100	2.781	0.967
	47°30'	◇	7.422	2.843	0.989
	50°	◇	6.797	2.872	0.999
	52°30'	◇	6.215	2.873	1.000
	55°	◇	5.672	2.847	0.990
	57°30'	◇	5.160	2.797	0.973
	60°	◇	4.677	2.724	0.940
	62°30'	◇	4.217	2.629	0.914
	65°	◇	3.777	2.514	0.874
	67°30'	◇	3.355	2.377	0.826
	70°	◇	2.948	2.218	0.771
	72°30'	◇	2.554	2.038	0.709
	75°	◇	2.170	1.834	0.638

表-7-2-6 破壊角の変化による土圧の変化

$\phi=25^\circ$ $\delta=25^\circ$ $i=10^\circ$ $C=0.4187$
 $H=3.0m$ $EH=0m$ $EW=1.8t/m'$ $Pc=3.391t$

RAc	RA	W_1^t	W_2^t	P^t	$\frac{P}{Pc}$
47°14'38"	37°30'	0	13706	3.038	0.896
	40°30'	◇	12221	3.212	0.947
	42°30'	◇	10946	3.320	0.979
	45°	◇	9384	3.376	0.996
	47°30'	◇	8853	3.391	1.000
	50°	◇	7977	3.371	0.994
	52°30'	◇	7188	3.322	0.980
	55°	◇	6471	3.248	0.958
	57°30'	◇	5813	3.150	0.929
	60°	◇	5207	3.032	0.894
	62°30'	◇	4643	2.895	0.854
	65°	◇	4115	2.739	0.808
	67°30'	◇	3619	2.564	0.756
	70°	◇	3150	2.371	0.701
	72°30'	◇	2704	2.158	0.636
	75°	◇	2278	1.925	0.568

$\phi=25^\circ$ $\delta=25^\circ$ $i=20^\circ$ $C=0.5532$
 $H=3.0m$ $EH=0m$ $EW=1.8t/m'$ $Pc=4.480t$

RAc	RA	W_1^t	W_2^t	P^t	$\frac{P}{Pc}$
39°45'14"	37°30'	0	20.081	4.452	0.994
	40°	◇	17.048	4.480	1.000
	42°30'	◇	14.664	4.448	0.993
	45°	◇	12.735	4.372	0.976
	47°30'	◇	11.136	4.266	0.952
	50°	◇	9.785	4.135	0.923
	52°30'	◇	8.624	3.986	0.890
	55°	◇	7.612	3.820	0.853
	57°30'	◇	6.718	3.641	0.813
	60°	◇	5.921	3.448	0.770
	62°30'	◇	5.202	3.244	0.724
	65°	◇	4.549	3.027	0.676
	67°30'	◇	3.951	2.799	0.625
	70°	◇	3.398	2.557	0.571
	72°30'	◇	2.885	2.302	0.514
	75°	◇	2.405	2.033	0.454

表-7-2-7 破壊角の変化による土圧の変化

$\phi=35^\circ$ $\delta=0^\circ$ $i=0^\circ$ $C=0.2710$
 $H=3.0m$ $EH=0.75m$ $EW=1.8t/m$ $Pc=3.293t$

RAc	RA	$W1^t$	$W2^t$	P^t	$\frac{P}{Pc}$
62°30'00"	40°	4.827	9.653	1.267	0.384
	42°30'	4.420	8.840	1.746	0.530
	45°	4.050	8.100	2.142	0.650
	47°30'	3.711	7.422	2.468	0.749
	50°	3.398	6.797	2.732	0.830
	52°30'	3.108	6.215	2.940	0.893
	55°	2.836	5.672	3.096	0.940
	57°30'	2.580	5.160	3.206	0.974
	60°	2.338	4.677	3.271	0.993
	62°30'	2.108	4.217	3.293	1.000
	65°	1.889	3.777	3.271	0.993
	67°30'	1.678	3.355	3.206	0.974
	70°	1.474	2.948	3.096	0.940
	72°30'	1.277	2.554	2.940	0.893
	75°	1.085	2.170	2.732	0.830

$\phi=30^\circ$ $\delta=0^\circ$ $i=0^\circ$ $C=0.3333$
 $H=3.0m$ $EH=0.75m$ $EW=1.8t/m$ $Pc=4.046t$

RAc	RA	$W1^t$	$W2^t$	P^t	$\frac{P}{Pc}$
60°00'00"	40°	4.827	9.653	2.553	0.631
	42°30'	4.420	8.8408	2.940	0.727
	45°	4.050	8.100	3.256	0.805
	47°30'	3.711	7.422	3.510	0.868
	50°	3.398	6.797	3.711	0.917
	52°30'	3.108	6.215	3.862	0.955
	55°	2.836	5.672	3.967	0.980
	57°30'	2.580	5.160	4.029	0.996
	60°	2.338	4.677	4.046	1.000
	62°30'	2.108	4.217	4.029	0.996
	65°	1.889	3.777	3.967	0.980
	67°30'	1.678	3.355	3.862	0.955
	70°	1.474	2.948	3.711	0.917
	72°30'	1.277	2.554	3.510	0.868
	75°	1.085	2.170	3.256	0.805

表-7-2-8 破壊角の変化による土圧

$\phi=25^\circ$ $\delta=0^\circ$ $i=0^\circ$ $C=0.4059$
 $H=3.0m$ $EH=0.75m$ $EW=1.8t/m$ $Pc=4.931t$

R Ac	RA ^t	W1 ^t	W2 ^t	P ^t	$\frac{P}{Pc}$
57°30'00"	40°	4.827	9.653	3.880	0.787
	42°30'	4.420	8.840	4.181	0.848
	45°	4.050	8.100	4.422	0.898
	47°30'	3.711	7.422	4.612	0.935
	50°	3.398	6.797	4.754	0.964
	52°30'	3.108	6.215	4.853	0.984
	55°	2.836	5.672	4.912	0.996
	57°30'	2.580	5.160	4.931	1.000
	60°	2.338	4.677	4.912	0.996
	62°30'	2.108	4.217	4.853	0.984
	65°	1.889	3.777	4.754	0.964
	67°30'	1.678	3.355	4.612	0.935
	70°	1.474	2.948	4.422	0.898
	72°30'	1.277	2.554	4.181	0.848
	75°	1.085	2.170	3.880	0.787

$\phi=34^\circ30'$ $\delta=\phi/2$ $i=33^\circ41'$ $C=0.5683$
 $H=3.0m$ $EH=0m$ $EW=1.8t/m$ $Pc=4.603t$

R Ac	RA	W1 ^t	W2 ^t	P ^t	$\frac{P}{Pc}$
40°46'28"	40°	0	4.6928	4.594	0.998
	42°30'	◇	3.2421	4.572	0.993
	45°	◇	2.4288	4.457	0.968
	47°30'	◇	1.9067	4.301	0.934
	50°	◇	1.5421	4.123	0.896
	52°30'	◇	1.2721	3.931	0.854
	55°	◇	1.0635	3.730	0.810
	57°30'	◇	8.968	3.522	0.765
	60°	◇	7.602	3.307	0.718
	62°30'	◇	6.457	3.085	0.670
	65°	◇	5.480	2.858	0.621
	67°30'	◇	4.635	2.623	0.570
	70°	◇	3.892	2.380	0.517
	72°30'	◇	3.233	2.129	0.463
	75°	◇	2.642	1.868	0.406

図-7-2-2 破壊角の変化による土圧の減少

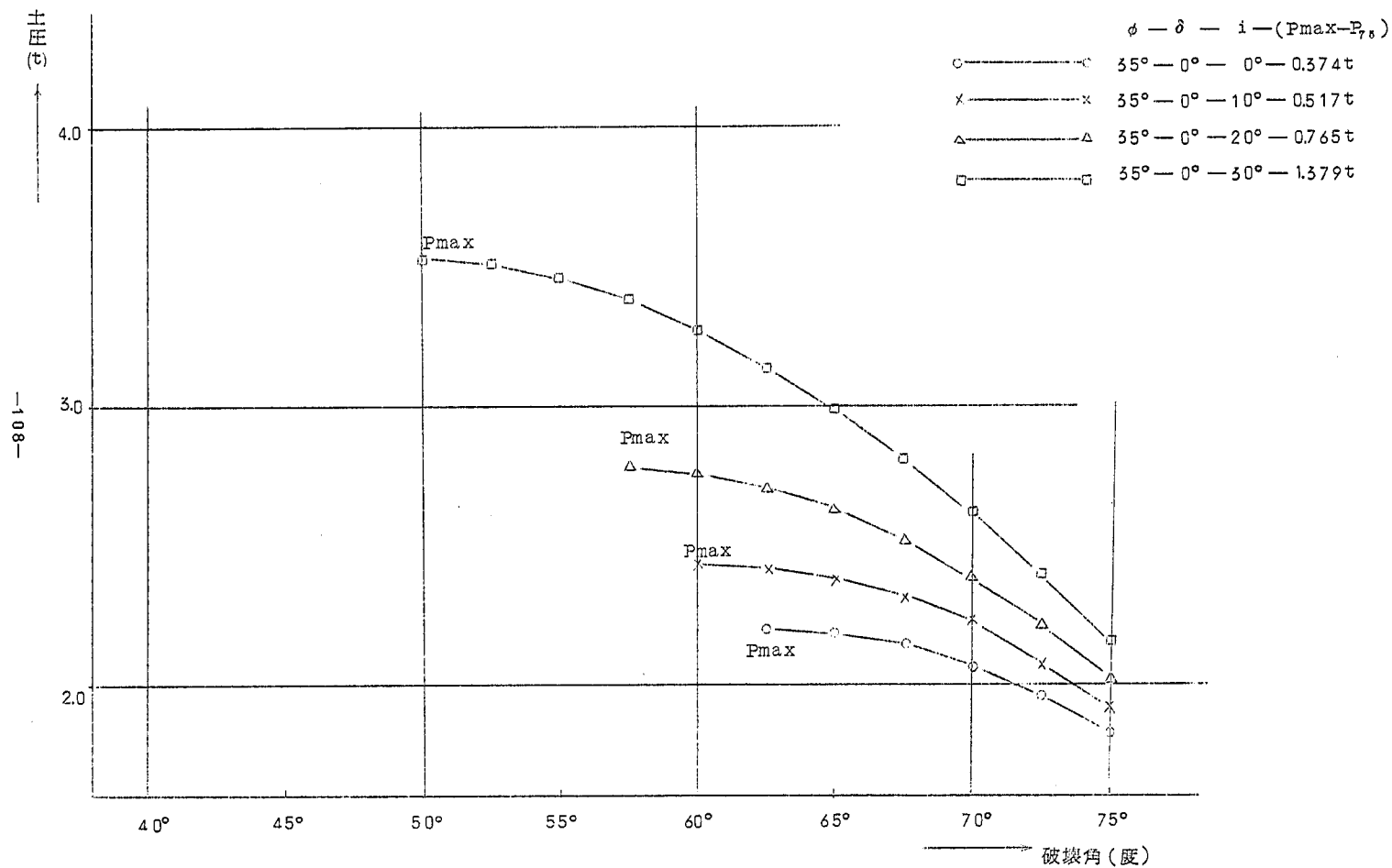


図-7-2-3 破壊角の変化による土圧の減少

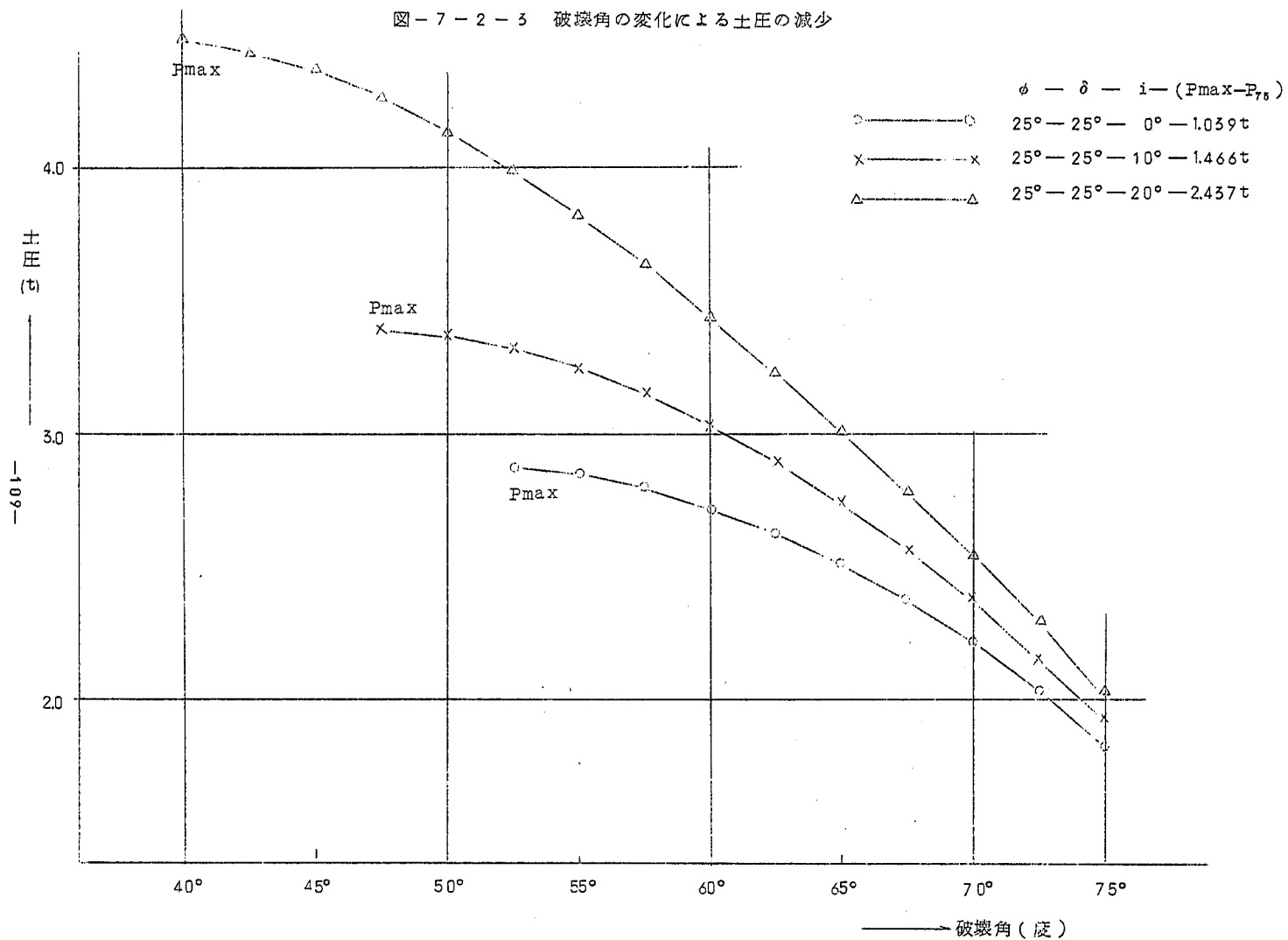


図-7-2-4 破壊角の変化による土圧の減少

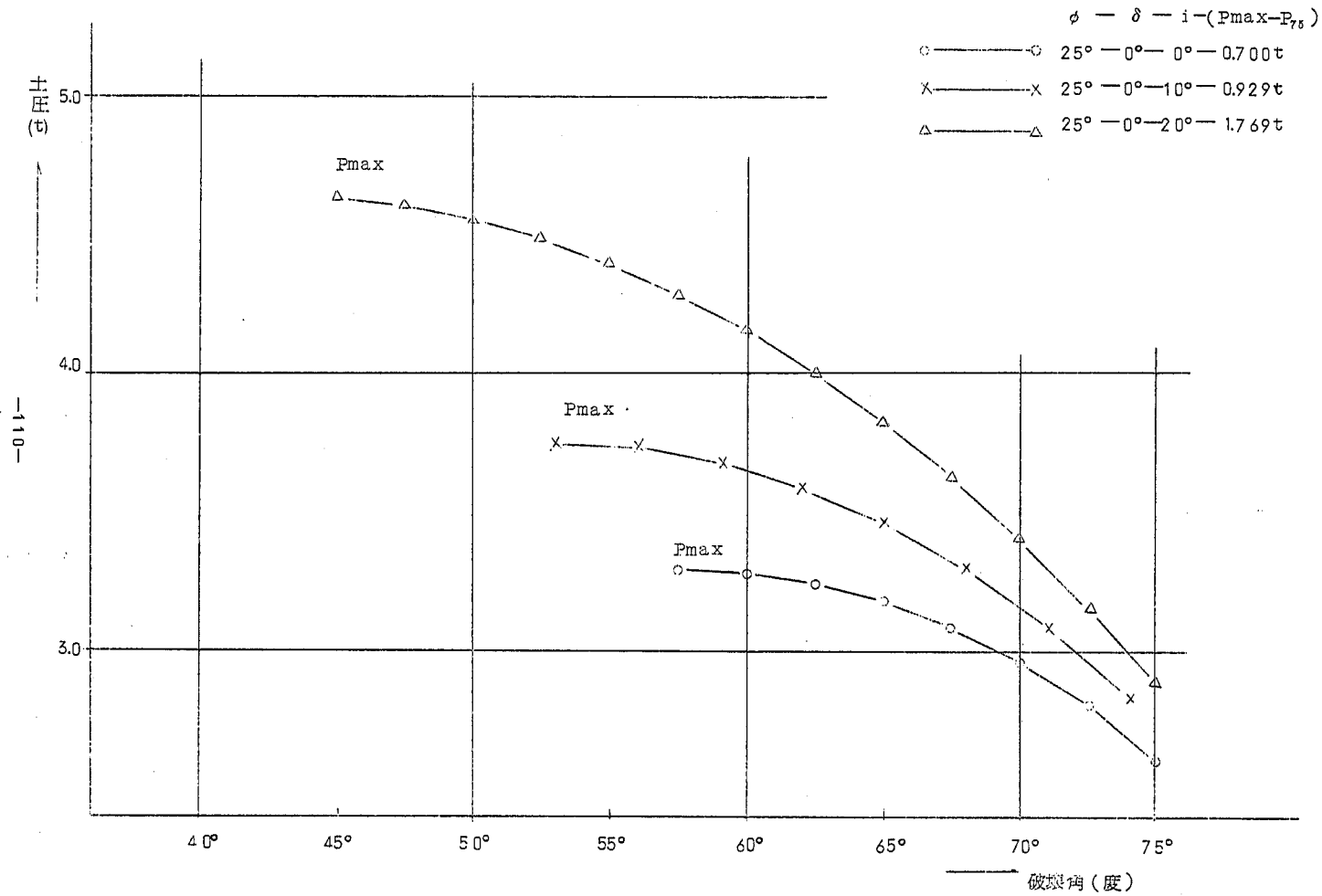
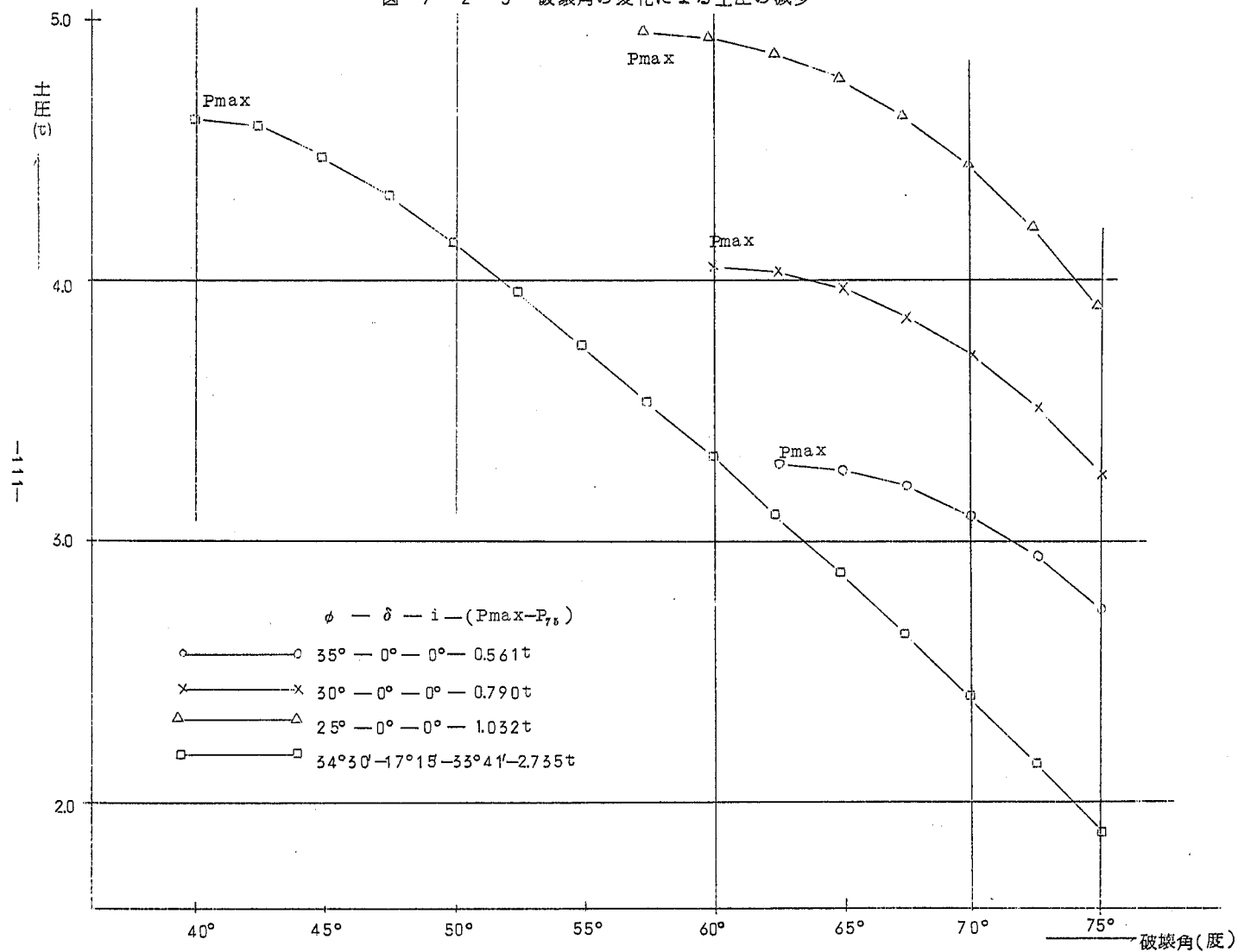


図-7-2-5 破壊角の変化による土圧の減少



7-3 サイロの内圧

穀物を入れるサイロやビンに対して行われた観測によると、底や側壁に作用する圧力は深さに比例しないことが実験よりわかった。

図-7-3-4は Jamison によつて報告されたものである。サイロの大きさは深さ20.4 m、水平断面3.6 m × 4.1 mのもので、鉛直圧力 P_v と水平圧力 P_h とは水圧式圧力計で測定され、圧力計は、図-7-3-4のように、サイロの底との側壁の下部に取り付けられた。その隣りの図は観測した圧力を測点上の穀物の深さ h の函数として表わしたものである。この実験に使用された穀物の単位重量は 0.8 g/cm^3 で、その安息角は $\alpha_R = 28^\circ$ であつた。図-7-3-4によれば、鉛直圧力も水平圧力も h の増加にしたがつて増大しているが、その増加の割合が次第に小さくなつていくことに気付くであろう。これは側壁と小麦との摩擦による剪断応力 S が、 h の増加にしたがつて増大するためである。この剪断応力 S は小麦の全深さに沿つて働くもので水平圧力の函数である。また水平圧力は、その深さにおける鉛直圧力の函数である。サイロの底に働く鉛直圧力は、小麦の全深さに沿つて作用する剪断圧力の為減少される。小麦の深さが図-7-3-4にてわかるようにサイロの底から12.2 mに達した時、即ち近似的にサイロの巾の3倍に達した時、水平ならびに鉛直圧力の測定値がもはや増加しなくなつた事に気付くであろう。この高さは、上に追加された小麦の重量とそのため下部の側壁に生ずる剪断応力の増加分とが釣り合う点に相当し、この高さはサイロ幅の函数である。

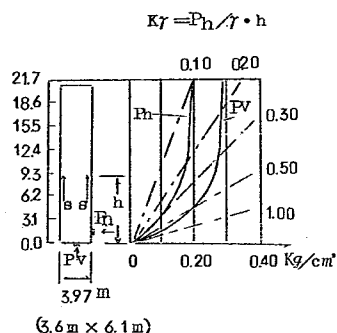


図-7-3-4 小麦を充満した木製サイロの
圧力測定結果

実際に測定されたサイロの水平圧力と鉛直圧力の比は、深さ h に応じて幾分増加し、 $K_n = P_h / P_v = 0.5.4$ から $K_n = 0.6.4$ まで達した。然るに係数 K_r は深さの増大につれて減少する事が明白である。これは習慣的に K_r を便宜上 $P_h / \gamma h$ とし鉛直圧力は液体の圧力すなわち上からの全重量 $P_v = \gamma h$ に等しいと仮定して計算しているからである。この仮定は正しくない。鉛直力も変化し $P_v = \gamma h$ とはならないから実際の K の値にはならないのである。

第八章 標準設計法とくさび法による断面の比較

8-1 壁背面が水平の時（標準設計）

1. 背面状態

擁壁背面が水平の時、地表面に T-1.20 荷重を載荷

2. 設計条件

表-8-1

	(kg/m ²) 単位重量	(kg/cm ²) σ_{ta}	(kg/cm ²) σ_{ca}	(kg/cm ²) σ_{ra}
土	1,800			
コンクリート	2,350	1	40	5

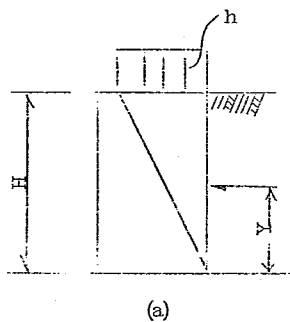
σ_{ra} : コンクリートキイ部

σ_{ta} : 擁壁内の内部応力

1) 荷 重

(1) 土 圧

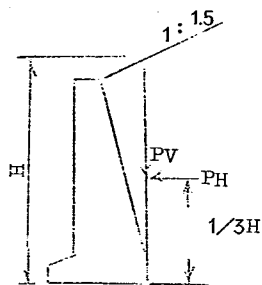
擁壁背面に作用する土圧についてはテルツアギーの土圧公式に従い、背面土質を3種についてそれぞれの土圧係数により土圧力を水平と垂直分力（背面水平の時、考慮しない）に分けて算出した。



$$P_H = 1/2 \times K_H \times EW \times H^2$$

$$Y = H \times (H + 3h) / (3(H + 2h))$$

図-8-1



(b)

図-8-1

$$P_V = 1/2 \times K_V \times EW \times H^2$$

$$P_H = 1/2 \times K_H \times EW \times H^2$$

EW: 土の単位重量

K_H : 土圧係数 (水平)

K_V : 土圧係数 (垂直)

(2) 土の種類

- (a) 細かな土粒子を含まない粗粒子、非常に透水性大
(きれいな砂または砂利)
- (b) シルト系の粒子を含む為に透水性の低い粗粒土
- (c) 石やこまかいシルト質をもった残積土および粘土を顕著に含んだ粗粒土

土圧係数 表-8-2

土の種類	背面水平	背面盛土	
	水平 (K_H)	水平 (K_H)	垂直 (K_V)
(a)	0.28 (34° 00')	0.53 (34° 30')	0.27
(b)	0.33 (30° 40')	0.62 (33° 48')	0.36
(c)	0.40 (26° 00')	0.70 (37° 57')	0.43

() 内はクーロンの土圧公式を用いた時の土圧に相当する土の内部まさつ角

(3) 過載荷重

壁背面が水平の時、土に換算して75cmの過載荷重 (T-120に相当する活荷重で1.35t/m²の垂直力) を考えた。

$$2.0 \text{ t} / (7 \text{ m} \times 2.75 \text{ m}) = 1.04 \text{ t/m}^2$$

$$\text{衝撃 (30\%)} \text{ を含めて } 1.04 \times (1 + 0.3) = 1.35 \text{ t/m}^2$$

$$\text{土に換算して } 1.35 \text{ t/m}^2 / 1.8 \text{ t/m}^2 = 0.75 \text{ m}$$

2) 設計条件及び安全率

1. 合力の作用点が中央 1/3 以内にある事
2. 転倒の安全率 1.5 以上
3. 滑動の安全率 2.0 以上

3) 滑動抵抗の算定法

滑動の安全率を2.0以上とする為、ベース中央にキーを設け、キー前面の受働土圧を考えた。
 この場合滑動抵抗力はキーの高さに相当する地中でのランキンの受働土圧係数 ($\delta = 0^\circ$ の時クーロン式は同じ) を考えた。(土の内部まざつ角は表-8-2の()の値)

キー断面でのコンクリート許用せん断応力度を 5 kg/cm^2 とする。

3. 設計計算

1) 断面形状

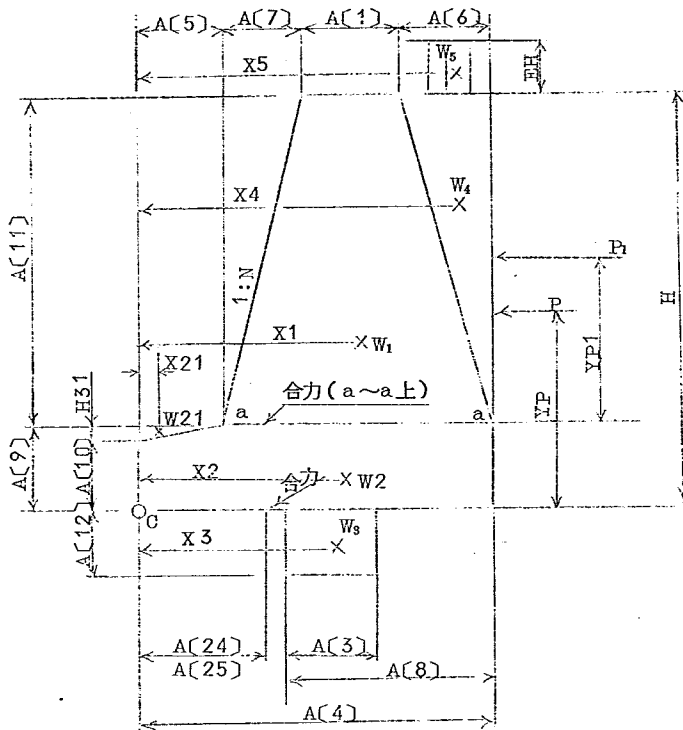


図-8-2

2) 計算の繰り返しと断面形状

高さHを3.0mから1.0mおきに6.0mまで

受働土圧係数(CI)はCが0.28の時3.5372、C=0.33の時

CI=3.00、C=0.40の時 CI=2.5672

一般形状を最初次のように仮定する。

表-8-3

	A(7)	H31
$H \leq 3.0$	0.35	0.05
$3 < H \leq 5$	0.60	0.10

$$A(5)=0.1 \times H$$

$$A(1)=0.35$$

$$A(3)=0.3$$

もし(I) 合力の作用点が中央 1/3 を越えた時

(II) 擁壁内部で 1 kg/cm^2 以上の引張応力を生じた時

(III) 滑動安全率が 2.0 以下の時

(IV) 転倒安全率が 1.5 以下の時

(V) キイ部のせん断応力度が 5.0 kg/cm^2 を越えた時

にはそれぞれ自動的に断面を増して上記の条件を満足するまで計算を繰り返す。

3) 安定計算

(1) 重量の算定

$$W1 = (A70) \times (A11) \times 1,175 \quad (A70 = A(1) + A(2))$$

$$W2 = A(11) \times A(4) \times 2,350 \quad W21 = H31 \times A(5) \times 1,175$$

$$W3 = A(3) \times A(12) \times 2,350 \quad W4 = A(6) \times A(11) \times EW/2$$

$$W5 = A(6) \times EW \times EH \quad A(26) = W1 + W2 + W3 + W4 + W5 - W21$$

(2) 擁壁前面点 O より各重心までの距りの算定

Y 軸に関するもの

$$YP = H(H + 3 \times EH) / (3(H + 2 \times EH))$$

$$Y = (2.0 \times A(1) + A(2)) \times A(11) / (3(A(11) + 2 \times EH))$$

$$YP1 = A(11)(A(11) + 3 \times EH) / (3(A(11) + 2 \times EH))$$

X 軸に関するもの

$$X1 = (A(1)^2 + A(1) \times A(2) + A(2)^2) / (3 \times A70) + A(7) \times Y / A(11) + A(5)$$

$$X2 = A(4) / 2.0 \quad X21 = A(5) / 3.0 \quad X3 = A(4) / 2.0$$

$$X4 = A(4) - A(6) / 3.0 \quad X5 = A(4) - A(6) / 2.0$$

(3) 土圧の算定

$$P = EW/2 \times C \times ((H + EH)^2 - EH^2)$$

$$P1 = EW/2 \times C \times ((A(11) + EH)^2 - EH^2)$$

(4) モーメントの算定

$$MX = (W1 \times X1) + (W2 \times X2) + (W3 \times X3) + (W4 \times X4) + (W5 \times X5) - (W21 \times X21)$$

$$MXL = MX - (W3 \times X3)$$

$$MP = P \times YP$$

$$MP1 = P1 \times YP1$$

(5) 合力の作用点

$$A(24) = (MX - MP) / A(26) \quad (A(24) > \frac{A(4)}{3})$$

$$A(25) = (MXL - MP) / (A(26) - W3) \quad (A(25) > \frac{A(4)}{3})$$

(6) 断面 a ~ a における応力度の算定 (図-8-3(a))

$$X11 = X1 - A(5) \quad X41 = X4 - A(5) \quad X51 = X5 - A(5)$$

$$MX1 = W1 \times X11 + W4 \times X41 + W5 \times X51$$

$$WT = W1 + W4 + W5$$

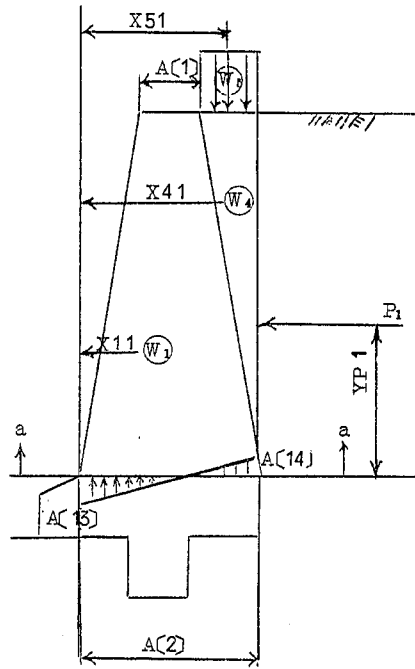
$$EX1 = (MX1 - MP1) / WT \quad E1 = A(2) / 2.0 - EX1$$

$$A(13) = WT / A(2) \times (1.0 + 6.0 \times E1 / A(2))$$

$$A(14) = WT / A(2) \times (1.0 - 6.0 \times E1 / A(2))$$

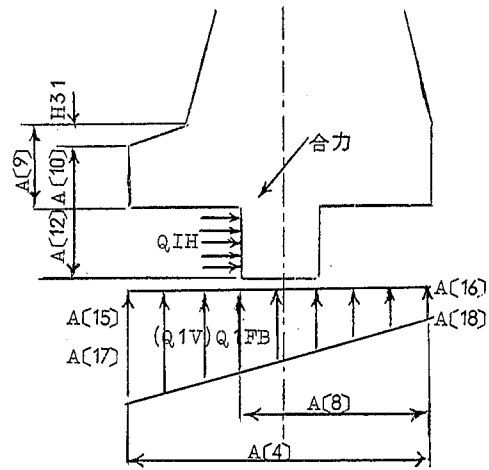
$$A(14) > -10000 \text{ (} 1 \text{ kg/cm}^2 \text{ 以下)}$$

a ~ a 断面応力度算定図



(a)

地盤反力算定図



(b)

() 内はキイのない時

(7) 地盤反力の算定 (図-8-3(b))

$$\begin{aligned} E &= A[4] / 2.0 - A[24] & EL &= A[4] / 2.0 - A[25] \\ A[15] &= A[26] / A[4] \times (1.0 + 6.0 \times E / A[4]) \\ A[16] &= A[26] / A[4] \times (1.0 - 6.0 \times E / A[4]) \\ A[17] &= WL / A[4] \times (1.0 + 6.0 \times EL / A[4]) \\ A[18] &= WL / A[4] \times (1.0 - 6.0 \times EL / A[4]) & WL &= A[26] - W3 \end{aligned}$$

(8) キイに加わる応力度の算定

$$\begin{aligned} Q1FB &= A[16] + (A[15] - A[61]) \times A[8] / A[4] \\ Q1V &= (A[15] + Q1FB) / 2.0 \\ Q1H &= Q1V \times C1 & C1 &= \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \quad \phi : \text{摩擦角} \\ A[19] &= Q1H \times A[12] / A[3] \\ A[19] &\geq 50,000 \text{ (} 5 \text{ kg/cm}^2 \text{より大)} \end{aligned}$$

(9) 安全率の算定

$$\begin{aligned} TEIKO &= Q1H \times A[12] + (Q1FB + A[16]) \times A[8] \times 0.5 / 2.0 \\ A[22] &= TEIKO / P \quad (SLIDE \geq 2.0) \\ A[23] &= WL \times 0.5 / P \\ A[20] &= MX / (MP + Q1H \times A[12]^2 / 2.0) & A[20] &\geq 1.0 \\ A[21] &= MXL / MP \end{aligned}$$

4) 数量計算

(1) コンクリート

$$\begin{aligned} A[28] &= A70 \times A[11] / 2.0 + A[9] \times A[4] - A[5] \times H31 / 2.0 \\ A[29] &= A[28] + A[12] \times A[3] \end{aligned}$$

(2) 型枠

$$\begin{aligned} A[30] &= A[9] + A[10] + \sqrt{A[7]^2 + A[11]^2} + \sqrt{A[6]^2 + A[11]^2} \\ A[31] &= A[30] + 2.0 \times A[12] \end{aligned}$$

5) 壁は前面垂直と背面垂直の二通り

6) 記号説明

H : 壁全高 (m)
 C1 : 受働土圧係数 (ランキン)
 G : 土圧係数 (テルツァギー) (K_H)
 N : 壁前面勾配
 EW : 土の単位重量 (kg/m^3)
 EH : 載荷荷重の土換算高 (m)
 A[1] : 天端幅
 A[2] : 壁底幅 (a ~ a 面)
 A[3] : キイの厚さ
 A[4] : 壁下端幅 (base width) or 底板幅

A〔5〕 : 底版突出し長さ
 A〔6〕 : 背面の水平長さ
 A〔7〕 : 前面の水平長さ
 A〔8〕 : 底版の背面より突起の前面までの長さ
 A〔9〕 : 底版の厚さ
 A〔10〕 : 底版の厚さ
 A〔11〕 : 壁 高
 A〔12〕 : キイ深さ
 A〔13〕 : 壁の内部応力 (kg/cm^2)
 A〔14〕 : "
 A〔15〕 : 地盤反力 (前面 kg/m^2)
 A〔16〕 : " (背面 ")
 A〔17〕 : " (前面キイなし ")
 A〔18〕 : " (背面キイなし ")
 A〔19〕 : キイの剪断応力度 (kg/cm^2)
 A〔20〕 : 転倒安全率
 A〔21〕 : " (キイなし)
 A〔22〕 : 滑動安全率
 A〔23〕 : " (キイなし)
 A〔24〕 : 前面より合力の作用点までの距り
 A〔25〕 : " (キイなし)
 A〔26〕 : 全重量
 A〔27〕 : 不足水平抵抗力
 A〔28〕 : コンクリート量 (キイなし)
 A〔29〕 : "
 A〔30〕 : 型枠面積 (キイなし)
 A〔31〕 : "

7) プログラム例 I (背面垂直)

データー (H, C, C1, EW, EH, NP) を与えるとよい。

(NP=1)

```

begin
  real H,C,C1,Ew,EH; integer NP; array A[1:31];
  procedure GWALL(C,C1,Ew,EH,NP,A);
  value H,C,C1,Ew,EH,NP;
  real H,C,C1,Ew,EH; integer NP; array A;
begin
  real p,P1,A70,A9,W1,W2,W3,W4,W5,WL,W21,Y,YP,YP1,X1,X2,X3,X4,X5,X11,X21,X41,X51,MX,MX1,MXL,MP,MP1,H31,
    E,E1,EX1,EL,01FB,01V,01H,TEIKO,WT,N;
  if H<3.0 then begin A[9]=0.35; H31=0.05; end else begin A[9]=0.6; H31=0.1; end;
  A[4]=0.5*H; A[1]=0.35; A[3]=0.3; A[5]=0.1*H; A[11]=H-A[9]; - 10-
  N=0.0;
  21: A[7]=N*A[11];
    A[2]=A[4]-A[5]; A9=A[2]-A[1]; A[8]=(A[4]+A[3])/2.0; A[6]=A[2]-A[1]-A[7];
    A70=A[1]+A[2]; A[12]=0.3; A[10]=A[9]-H31;
    P=Ew/2.0*(C+(H+EH)*2-EH*2);
    P1=Ew/2.0*(C*(A[11]+EH)*2-EH*2);
    W1=A70*A[11]*1175.0; W2=A[9]*A[4]*2350.0; W21=A[5]*H31*1175.0;
  22: W3=A[12]*A[3]*2350.0; W4=A[6]*A[11]*Ew/2.0; W5=A[6]*Ew*EH; A[26]=W1+W2+W3+W4+W5-W21; WL=A[26]-W3;
    Y=(2.0*A[1]+A[2])*A[11]/(3.0*A70);
    YP=H*(H+3.0*EH)/(3.0*(H+2.0*EH)); - 20-
    YP1=A[11]*(A[11]+3.0*EH)/(3.0*(A[11]+2.0*EH));
    X1=(A[11]*2+A[1]*A[4]+A[2]*2)/(3.0*A70)+(A[7]*Y)/A[11]+A[5];
    X2=A[4]/2.0; X3=A[4]/2.0; X4=A[4]-A[6]/3.0; X5=A[4]-A[6]/2.0; X21=A[5]/3.0; X11=X1-A[5];
    X41=X4-A[5]; X51=X5-A[5];
    MX=W1+W2+W3+W4+W5-X5-W21-X21;
    MXL=MX-W3-X3; MP=P*YP; MP1=P1*YP1; A[24]=(MX-MP)/A[26]; A[25]=(MXL-MP)/WL;
    if A[24] < A[4]/3.0 then begin A[4]=A[4]+0.05; go to Z1; end;
  23: MX1=W1+W4+W5-X41+W5-X51; WT=W1+W4+W5;
    EX1=(MX1-MP1)/WT; E1=A[2]/2.0-EX1;
    A[13]=(WT/A[2]*(1.0+6.0*E1/A[2]))/10000.0; - 30-
    A[14]=(WT/A[2]*(1.0+6.0*E1/A[2]))/10000.0;
    if A[14] < -1.00 then begin A[4]=A[4]+0.05; go to Z1; end;
  24: E=A[4]/2.0-A[24]; EL=A[4]/2.0-A[25];
    A[15]=A[26]/A[4]*(1.0+6.0*E/A[4]);
    A[17]=WL/A[4]*(1.0+6.0*EL/A[4]);
    A[16]=A[26]/A[4]*(1.0+6.0*E/A[4]);
    A[18]=WL/A[4]*(1.0+6.0*EL/A[4]);
    01FB=A[16]+(A[15]-A[16])*A[8]/A[4];
    01V=(A[15]+01FB)/2.0; 01H=01V*C1;
    TEIKO=01H*A[12]+(01FB+A[16])*A[8]*0.25; - 40-
    A[19]=01H*A[12]/A[3]/10000.0;
    A[27]=2.0*P-WL*0.5; A[22]=TEIKO/P; A[23]=WL*0.5/P;
    if A[22] < 2.0 then begin A[12]=A[12]+0.05; go to Z2; end;
    if A[19] > 5.0 then begin A[3]=A[3]+0.05; go to Z1; end;
    A[20]=MX/(MP+01H*A[12]*2/2.0); A[21]=MXL/MP;
    if A[20] < 1.5 then begin A[4]=A[4]+0.05; go to Z1; end;
  25: A[28]=A70*A[11]/2.0+A[9]*A[4]-A[5]*H31/2.0;
    A[29]=A[28]+A[12]*A[3];
    A[30]=A[9]+A[10]+SWRT(A[7]*2+A[11]*2)+SWRT(A[6]*2+A[11]*2);
    A[31]=A[30]+2.0*A[12]; - 50-

```

```

    IF A[6]>0.00 THEN BEGIN N:=N+0.01; GO TO 21; END;
    IF NP=0 THEN GO TO END;
SPACE(30); OUTO(6,'*****DESIGN OF GRAVITY TYPE RETAINING WALL*****');
CRLF(3);
SPACE(35); OUTO(6,'*****CONDITION*****');
CRLF(1);
OUTO(6,'      SLOPE OF FRONT N=''); OUTPUT(1.6,'2D.3D',N); CRLF(1);
SPACE(20); OUTO(6,'TOTAL HEIGHT=''); OUTPUT(1.6,'2D.2D',H); SPACE(5);
OUTO(6,'*****COEFFICIENT OF EARTH PRESSURE=''); OUTPUT(1.6,'2D.3D',C); CRLF(4);
SPACE(40);
- 60-
OUTO(6,'*****SECTION*****'); CRLF(2);
OUTO(6,'CROWN WIDTH=''); OUTPUT(1.6,'2D.3D',A[1]); SPACE(12);
OUTO(6,'WALL WIDTH(LOW)=''); OUTPUT(1.6,'2D.3D',A[2]); SPACE(16);
OUTO(6,'THICKNESS OF KEY=''); OUTPUT(1.6,'2D.3D',A[3]); CRLF(3);
OUTO(6,'BASE WIDTH=''); OUTPUT(1.6,'2D.3D',A[4]); SPACE(5);
OUTO(6,'DISTANCE OF FRONT BACE=''); OUTPUT(1.6,'2D.3D',A[5]); SPACE(5);
OUTO(6,'HORIZONTAL LENGTH OF SLOPE(BACK)=''); OUTPUT(1.6,'2D.3D',A[6]); CRLF(2); SPACE(16);
OUTO(6,'HORIZONTAL LENGTH OF SLOPE(FRONT)=''); OUTPUT(1.6,'2D.3D',A[7]); CRLF(2); SPACE(1);
- 70-
OUTO(6,'TEIBAN NO HAIKEN YORI TOKKI NO ZENMEN MADE NO NAGASA=''); OUTPUT(1.6,'2D.3D',A[8]); SPACE(5);
OUTO(6,'THICKNESS OF BASE(BACK)=''); OUTPUT(1.6,'2D.3D',A[9]); SPACE(5);
OUTO(6,'THICKNESS OF BASE(FRONT)=''); OUTPUT(1.6,'2D.3D',A[10]); CRLF(2); SPACE(20);
OUTO(6,'HEIGHT OF WALL=''); OUTPUT(1.6,'2D.3D',A[11]); SPACE(21);
OUTO(6,'DEPTH OF KEY=''); OUTPUT(1.6,'2D.3D',A[12]); CRLF(3); SPACE(40);
OUTO(6,'*****VOLUME*****'); CRLF(2); SPACE(15);
OUTO(6,'C O N C R E T E (KEY LESS)=''); OUTPUT(1.6,'2D.4D',A[28]); SPACE(13);
OUTO(6,'C O N C R E T E =''); OUTPUT(1.6,'2D.4D',A[29]); CRLF(2); SPACE(20);
OUTO(6,'FORM AREA (KEY LESS)=''); OUTPUT(1.6,'2D.4D',A[30]); SPACE(10);
OUTO(6,'FORM AREA=''); OUTPUT(1.6,'2D.4D',A[31]); CRLF(3); SPACE(40);
- 80-
OUTO(6,'*****S*T*L*E*S*S*****'); CRLF(2);
OUTO(6,'EXTREME FIBER STRESS AT FRONT IN THE WALL(LOW)=''); OUTPUT(1.6,'2D.3D',A[13]); SPACE(18);
OUTO(6,'EXTREME FIBER STRESS AT BACK IN THE WALL(LOW)=''); OUTPUT(1.6,'2D.3D',A[14]); CRLF(2); SPACE(25);
OUTO(6,'REACTION AT FRONT END=''); OUTPUT(1.6,'2D.3D',A[15]); SPACE(30);
OUTO(6,'REACTION AT BACK END=''); OUTPUT(1.6,'2D.3D',A[16]); CRLF(2); SPACE(15);
OUTO(6,'REACTION AT FRONT END(KEY LESS)=''); OUTPUT(1.6,'2D.3D',A[17]); SPACE(20);
OUTO(6,'REACTION AT BACK END (KEY LESS)=''); OUTPUT(1.6,'2D.3D',A[18]); CRLF(2); SPACE(24);
OUTO(6,'SHEARING STRESS OF KEY=''); OUTPUT(1.6,'2D.3D',A[19]); CRLF(3); SPACE(38);
OUTO(6,'*****SAFETY FACTOR*****'); CRLF(2);
- 90-
OUTO(6,'T E N T O =''); OUTPUT(1.6,'2D.3D',A[20]); SPACE(5);
OUTO(6,'T E N T O (KEY LESS)=''); OUTPUT(1.6,'2D.3D',A[21]); SPACE(5);
OUTO(6,'S L I D I N G =''); OUTPUT(1.6,'2D.3D',A[22]); SPACE(5);
OUTO(6,'S L I D I N G (KEY LESS)=''); OUTPUT(1.6,'2D.3D',A[23]); CRLF(2); SPACE(15);
OUTO(6,'TEIBAN NO ZENMEN YORI GORYOKU NO SAYOTEN MADE NO NAGASA='');
OUTPUT(1.6,'2D.3D',A[24]); CRLF(2); SPACE(5);
OUTO(6,'TEIBAN NO ZENMEN YORI GORYOKU NO SAYOTEN MADE NO NAGASA(KEY LESS)='');
OUTPUT(1.6,'2D.3D',A[25]); CRLF(2); SPACE(56);
OUTO(6,'GROSS WEIGHT=''); OUTPUT(1.6,'2D.4D',A[26]); CRLF(2); SPACE(42);
OUTO(6,'FUSOKU SUIHEI TEIKO RIYOKU=''); OUTPUT(1.6,'2D.4D',A[27]); CRLF(2); SPACE(10);
- 100-

```

FACOM 270-20/30 ALGOL LIST V-1 L-004 012344 DATE 44/ 2/28 PAGE 3

```
OUTO(6,'*****DOATU P=''); OUTPUT(1,6,'2B5ZD.3D',P); OUTO(6,'*****');
OUTO(6,'*****DOATU P1=''); OUTPUT(1,6,'2B5ZD.3D',P1); OUTO(6,'*****');
CRLF(13);
```

```
END :
end:
- REA : READ(H,C,C1,E,EH,NP);
      GWALL(H,C,C1,E,EH,NP,A); go to REA;
end:
```

- 110-

*****DESIGN OF GRAVITY TYPE RETAINING WALL*****

SLOPE OF FRONT = 0.440
TOTAL HEIGHT = 3.00
*****CONDITION*****
***COEFFICIENT OF EARTH PRESSURE = 0.280

*****SECTION*****
CROWN WIDTH = 0.350 WALL WIDTH(LOW) = 1.450 THICKNESS OF KEY = 0.300
BASE WIDTH = 1.750 DISTANCE OF FRONT BASE = 0.300 HORIZONTAL LENGTH OF SLOPE(BACK) = 0.013
HORIZONTAL LENGTH OF SLOPE(FRONT) = 1.113
TEIBAN NO HAJMEN YORI TOKKI NO ZENMEN MADE NO NAGASA = 1.025 THICKNESS OF BASE(BACK) = 0.350 THICKNESS OF BASE(FRONT) = 0.300
HEIGHT OF WALL = 2.650 DEPTH OF KEY = 0.300

*****VOLUME*****
CONCRETE (KEY LESS) = 2.9900 CONCRETE = 3.0800
FORM AREA (KEY LESS) = 6.1743 FORM AREA = 6.7743

*****STRESS*****
EXTREME FIBER STRESS AT FRONT IN THE WALL(LOW) = 0.860 EXTREME FIBER STRESS AT BACK IN THE WALL(LOW) = -0.093
REACTION AT FRONT END = 7832.730 REACTION AT BACK END = 383.769
REACTION AT FRONT END(KEY LESS) = 7711.875 REACTION AT BACK END (KEY LESS) = 262.917
SHEARING STRESS OF KEY = 2.225

*****SAFETY FACTOR*****
TENTATIVE = 1.682 TENTATIVE (KEY LESS) = 2.059 SLIDING = 2.348 SLIDING (KEY LESS) = 1.026
TEIBAN NO ZENMEN YORI GORYOKU NO SAYOTEN MADE NO NAGASA = 0.611
TEIBAN NO ZENMEN YORI GORYOKU NO SAYOTEN MADE NO NAGASA (KEY LESS) = 0.603
GROSS WEIGHT = 7189.426
FUSOKU SUIHEI TEIKO RIYOKU = 3315.035
*****DOATU P = 3402.000*****DOATU P1 = 2771.372*****

8-2 壁背面が水平の時(くさび法)

背面地山が 7.5° の地表面を有し地山に沿ってすべりが生じるものと仮定した。地山と裏込との摩擦角のとり方が問題になってくるがここでは8-1の状態と土質を同じくした。従つてテルツァーの土圧係数がクーロンの式を用いた時の内部摩擦角に相当する内部摩擦角を使用した。即ち8-1において2設計条件の1)荷重(1)土圧の項において次のようになる。

(1) 土 圧

KHの土圧係数と同じくする為、壁と背面の摩擦角 δ を零にしKHに相当する土の内部摩擦角を取り、クーロンの楔法による力の三角形より土圧を求めた。土圧分布は7-1-2のヘンチントン法による。

(2) 土の種類

8-1に同じ

表-8-4

土の種類	ϕ	C	C1	RA
(a)	$34^\circ 00'$	0.283	3.537	$62^\circ 00'$
(b)	$30^\circ 40'$	0.324	3.082	$60^\circ 20'$
(c)	$26^\circ 00'$	0.390	2.561	$58^\circ 00'$

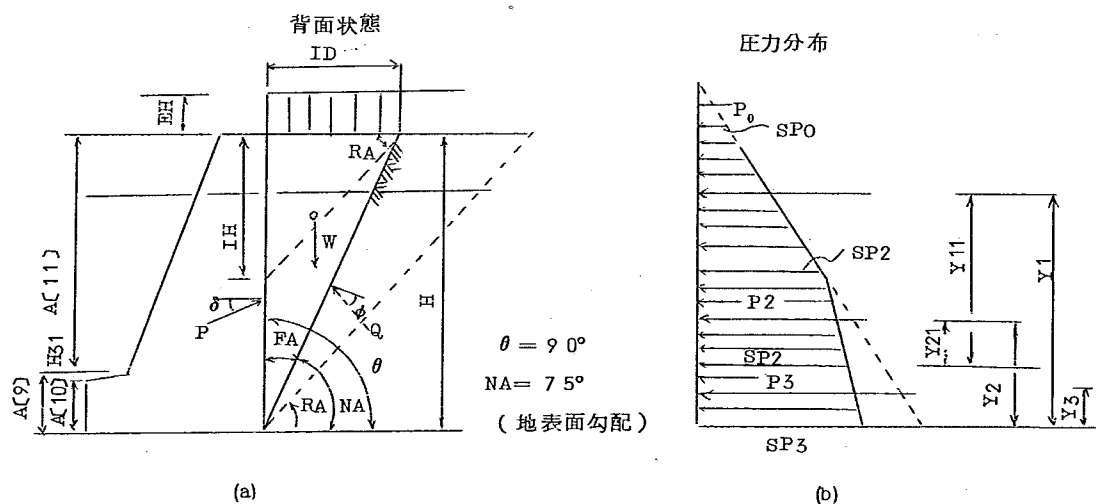
ϕ : 内部摩擦角

C : 主働土圧係数

C1 : 受働土圧係数

RA : クーロンの破壊角(β)

(7-1-1の(2)による)



土圧計算

$$ID = H \times \tan FA \quad IH = ID \times \tan RA \quad AR = (ID \times H) / 2$$

$$W = AR \times EW + ID \times EH \times EW$$

$$P = W \times \sin(NA - \phi) / \sin(\theta + \delta - NA + \phi)$$

$$P_0 = 1/2 \times EW \times EH^2 \times C \quad SP_0 = EW \times EH \times C$$

$$P_1 = 0.5 \times EW \times ((IH + EH)^2 - EH^2) \times C$$

$$SP1 = C \times EW \times (IH + EH)$$

$$DP = P - P_1 - P_0$$

$$SP3 = (2 \times DP) / (H - IH) - SP1$$

$$DP1 = SP3 - SP1$$

$$DP2 = \frac{DP1 \times (A[11] - IH)}{(H - IH)}$$

$$SP2 = DP2 + SP1$$

$$P2 = \frac{(SP1 + SP2)}{2} \times (A[11] - IH)$$

$$P3 = \frac{(SP2 + 3P3)}{2} \times A[9]$$

圧力の作用点

$$Y1 = IH/3 \times \frac{(2 \times SP_0 + SP1)}{(SP_0 + SP1)} + (H - IH)$$

$$Y2 = \frac{(A[11] - IH)}{3} \times \frac{(2 \times SP1 + SP2)}{(SP1 + SP2)} + A[9]$$

$$Y3 = A[9]/3 \times \frac{(2 \times SP2 + SP3)}{(SP2 + SP3)}$$

$$Y11 = Y1 - A[9]$$

$$Y21 = Y2 - A[9]$$

以下

1. 背面状態

2. 設計条件

3. 設計計算

- 1) 断面形状
- 2) 計算の繰り返し
- 3) 安定計算
- 4) 数量計算
- 5) 壁型
- 6) 記号
- 7) プログラム例Ⅱ

を 8-1 に準じる。

プログラムデーター (H、PHI、N、EW、EH、NP) を与える。

(PHI = ϕ 、PN = 1)

```

begin
  real H,PHI,E,EH;      integer Np;      array A[1:31];
  procedure GWALL(H,PHI,E,EH,NP,A);
  value H,PHI,E,EH,NP;

  real H,PHI,E,EH;      integer Np;      array A;
  begin
    integer THETA,DELTA,OMEGA,RADEG,DEGL,MIN,MIN1,SEC;
    real S1,S2,S3,S4,S5,S6,S7,S8,S9,S10,S11,C2,C7,IN1,R,RAR,RA,MM,IN2,C,IN3,C1,NA,FA,TA1,TA2,ID,IH,AR,Y,W,
      P,P1,P0,DP,DP1,DP2,SP0,SP1,SP2,SP3,P2,P3,Y1,Y2,Y3,Y11,Y21,F1,SF1,DF,SF2,SF3,F2,F3,V1,V11,V3,V2,
      - 10-
    SECS;
    A70,A9,W1,W2,W3,W4,W5,WL,W21,X1,X2,X3,X4,X5,X11,X21,X41,X51,MX,MA1,MA,MP,MP1,H31,E,E1,E21,YA;
    EL,OFB,OLV,OLH,TEIKO,WT,N;
    if H<3.0 then begin A[1]=0.35; H31=0.05; end else begin A[9]=0.6; H31=0.1; end;
    THETA=90; DELTA=0; OMEGA=0; Y=3.141519/180;
    S1=SIN((THETA-PHI)*Y); S2=SIN(THETA*Y); S3=SIN((THETA+DELTA)*Y); S4=SIN((PHI+DELTA)*Y);
    S5=SIN((PHI-OMEGA)*Y); S6=SIN((THETA-OMEGA)*Y); S7=SIN(PHI*Y); S8=SIN((THETA+PHI)*Y);
    S9=SIN((THETA-DELTA)*Y); S10=SIN((PHI+OMEGA)*Y); S11=SIN((THETA-OMEGA)*Y);
    C2=COS(THETA*Y); C7=COS(PHI*Y);
    IN1=SQRT((S3*S5)/(S4*S6)); R=(S7+S2*IN1)/(C7+C2*IN1); - 20-
    RAR=ARCTAN(R); RA=(180/3.141519)*RAR; RADEG=ENTIER(RA*0.01);
    DEGL=ENTIER(RA); MM=RA-FL0AT(DEGL); MIN=ENTIER((60*MM)+0.01); MIN1=ENTIER(60*MM);
    SECS=(60*MM)-FL0AT(MIN1); SEC=FIX(SECS*60);
    IN2=(1+SQRT((S4*S5)/(S3*S6))); C=S1T2/(S2T2+S3*IN2T2);
    IN3=(1-SQRT((S4*S5)/(S3*S6))); C1=S8T2/(S2T2+S9*IN3T2);
    A[4]=0.5*H; A[11]=0.35; A[3]=0.3; A[5]=0.1*H; A[11]=H-A[9];
    N=0.01
  Z1 : A[7]=N*A[11];
    A[2]=A[4]-A[5]; A9=A[2]-A[1]; A[8]=(A[4]+A[3])/2.0;
    A[6]=A[2]-A[1]-A[7]; A70=A[1]+A[2]; A[12]=0.3; - 30-
    A[10]=A[9]-H31;
    NA=75; FA=90-N*H; TA1=SIN(FA*Y)/COS(FA*Y); TA2=SIN(RAR)/COS(RAR);
    ID=(H*TA1); IH=ID*TA2; AR=ID*H*0.5; W=E*AR+[D*EH*E];
    P=(W*SIN((NA-PHI)*Y))/(SIN((THETA+DELTA-NA+PHI)*Y));
    P0=0.5*E*EH*2*C; SP0=E*EH*C;
    if A[11]>IH then go to J1 else go to J2;

  J1 : P1=0.5*E*W*((IH+EH)T2-EHT2)*C; DP=P-P0-P1; SP1=E*W*(IH+EH)*C;
    SP3=(2*DP)/(H-IH)-SP1; DP1=SP3-SP1;
    DP2=((A[11]-IH)*DP1)/(H-IH); SP2=SP1+DP2; P2=(SP1+SP2)*0.5*(A[11]-IH); - 40-
    P3=(SP2+SP3)*0.5*A[9]; Y1=(IH/3)*((2*SP0+SP1)/(SP0+SP1))+ (H-IH);
    Y2=((A[11]-IH)/3)*((2*SP1+SP2)/(SP2+SP1))+A[9];
    Y3=(A[9]/3)*((2*SF2+SP3)/(SP2+SP3));
    Y11=Y1-A[9]; Y21=Y2-A[9]; go to J3;
  J2 : F1=0.5*E*W*((A[11]+EH)T2-EHT2)*C;
    SF1=E*W*(A[11]+EH)*C; DF=P-P0-F1; F2=0.5*E*W*((IH+EH)T2-(A[11]+EH)T2)*C;
    SF2=E*W*(IH+EH)*C; SF3=(2*DF)/(H-IH)-SF2; F3=0.5*(SF2+SF3)*(H-IH);
    V1=((A[11]/3)*((2*SP0+SF1)/(SP0+SF1))+A[9]); V11=V1-A[9];
    V2=((IH-A[11])/3)*((2*SF1+SF2)/(SF1+SF2))*(H-IH); V3=((H-IH)/3)*((2*SF2+SF3)/(SF2+SF3));
    J3 : W1=A70*A[11]*1175.0; W2=A[9]*A[4]*2350.0; W21=A[5]*H31*1175.0; - 50-

```

```

Z2 : W3=A[1]*A[3]*2350.0;      W4=A[6]*A[11]*EW/2.0;  W5=A[6]*EW*EH;
      A[26]=W1+W2+W3+W4+W5-WZ1;      WL=A[26]-W3;
      YX=(2.0*A[11]+A[2])*A[11]/(3.0*A70);      X1=(A[1]*2+A[1]*A[2]+A[2]*2)/(3.0*A70)+(A[7]*YX)/A[11]+A[5];
      X2=A[4]/2.0;  X3=A[4]/2.0;  X4=A[4]-A[6]/3.0;  X5=A[4]-A[6]/2.0;  X21=A[5]/3.0;  X11=X1-A[5];
      X41=X4-A[5];  X51=X5-A[5];
      MX=W1*X1+W2*X2+W3*X3+W4*X4+W5*X5-W21*X21;
      MXL=MX-W3*X3;
      if A[11]>1H then go to J4 else go to J5;
J4 : MP=P1*Y1+P2*Y2+P3*Y3;
      MP1=P1*Y11+P2*Y21;

      go to J6;
J5 : MP=F1*V1+F2*V2+F3*V3;      Mp1=F1*V11;
J6 : A[24]=(HX-MP)/A[26];  A[25]=(MXL-MP)/WL;
      if A[24] < A[4]/3.0 then begin A[4]=A[4]+0.05; go to Z1; end;
Z3 : MX1=W1*X11+W4*X41+W5*X51;  W1=W1+W4+W5;
      EX1=(MX1-MP1)/WL;  E1=A[2]/2.0-EX1;
      A[13]=(WT/A[2]*((1.0+6.0*E1/A[2]))/10000.0;
      A[14]=(WT/A[2]*((1.0-6.0*E1/A[2]))/10000.0;
      if A[14] < -1.00 then begin A[4]=A[4]+0.05; go to Z1; end;
Z4 : E=A[4]/2.0-A[24];  EL=A[4]/2.0-A[25];

      A[15]=A[26]/A[4]*(1.0+6.0*E/A[4]);
      A[17]=WL/A[4]*(1.0+6.0*EL/A[4]);
      A[16]=A[26]/A[4]*(1.0-6.0*E/A[4]);
      A[18]=WL/A[4]*(1.0-6.0*EL/A[4]);
      Q1FB=A[16]+(A[15]-A[16])*A[8]/A[4];
      Q1V=(A[15]+Q1FB)/2.0;  Q1H=Q1V*C1;
      TE1K0=Q1H*A[12]+(Q1FB+A[16])*A[8]*0.25;
      A[19]=Q1H*A[12]/A[3]/10000.0;
      if A[11]>1H then go to J7 else go to J8;
J7 : A[27]=2.0*(P1+P2+P3)-WL*0.5;

      A[22]=TE1K0/(P1+P2+P3);
      A[23]=WL*0.5/(P1+P2+P3);  go to J9;
J8 : A[27]=2.0*(F1+F2+F3)-WL*0.5;
      A[22]=TE1K0/(F1+F2+F3);
      A[23]=(WL*0.5)/(F1+F2+F3);
J9 : if A[22] < 2.0 then begin A[12]=A[12]+0.05; go to Z2; end;
      if A[19] > 5.0 then begin A[3]=A[3]+0.05; go to Z1; end;
      A[20]=MX/(MP+Q1H*A[12]*2/2.0);  A[21]=MXL/Mp;
      if A[20] < 1.5 then begin A[4]=A[4]+0.05; go to Z1; end;
Z5 : A[28]=A70*A[11]/2.0+A[9]*A[4]-A[5]*H31/2.0;

      A[29]=A[28]+A[12]*A[3];
      A[30]=A[9]+A[10]+SQRT(A[7]*2+A[11]*2)+SQRT(A[6]*2+A[11]*2);
      A[31]=A[30]+2.0*A[12];
      if A[6]>0.00 then begin N=N+0.01; go to Z1; end;
      if NP=0 then go to END;
SPACE(30);  OUT0(6,'*****DESIGN OF GRAVITY TYPE RETAINING WALL*****');
CRLF(3);
SPACE(35);  OUT0(6,'*****CONDITION*****');
CRLF(1);
OUT0(6,'      SLOPE OF FRONT N='');  OUTPUT(1.6,'2D.3D'*N);

```

- 60-

- 70-

- 80-

- 90-

- 100-

```

CRLF(1);
SPACE(20); OUTO(6, 'TOTAL HEIGHT H='); OUTPUT(1,6,'2D,2D',H); SPACE(5);
OUTO(6, 'COEFFICIENT OF EARTH PRESSURE(CTIV) C='); OUTPUT(1,6,'2D,3D',C); CRLF(1);
SPACE(80); OUTO(6, ' (PASSIVE) C1='); OUTPUT(1,6,'2ZD,3D',C1); CRLF(3);
SPACE(40);
OUTO(6, '*****SECTION*****'); CRLF(2);
OUTO(6, 'CROWN WIDTH A[1]=''); OUTPUT(1,6,'2D,3D',A[1]); SPACE(12);
OUTO(6, 'WALL WIDTH(LOW) A[2]=''); OUTPUT(1,6,'2D,3D',A[2]); SPACE(16);
OUTO(6, 'THICKNESS OF KEY A[3]=''); OUTPUT(1,6,'2D,3D',A[3]); CRLF(3);
OUTO(6, 'BASE WIDTH A[4]=''); OUTPUT(1,6,'2D,3D',A[4]); SPACE(5);
- 110-

OUTO(6, 'DISTANCE OF FRONT BASE A[5]=''); OUTPUT(1,6,'2D,3D',A[5]); SPACE(5);
OUTO(6, 'HORIZONTAL LENGTH OF SLOPE(BACK) A[6]=''); OUTPUT(1,6,'2D,3D',A[6]); CRLF(2); SPACE(16);
OUTO(6, 'HORIZONTAL LENGTH OF SLOPE(FRONT) A[7]=''); OUTPUT(1,6,'2D,3D',A[7]); CRLF(2); SPACE(1);
OUTO(6, 'TEIBAN NO HAIMEN YORI TOKKI NO ZENMEN MADE NO NAGASA A[8]=''); OUTPUT(1,6,'2D,3D',A[8]); SPACE(5);
OUTO(6, 'THICKNESS OF BASE(BACK) A[9]=''); OUTPUT(1,6,'2D,3D',A[9]); SPACE(5);
OUTO(6, 'THICKNESS OF BASE(FRONT) A[10]=''); OUTPUT(1,6,'2D,3D',A[10]); CRLF(2); SPACE(20);
OUTO(6, 'HEIGHT OF WALL A[11]=''); OUTPUT(1,6,'2D,3D',A[11]); SPACE(1);
OUTO(6, 'DEPTH OF KEY A[12]=''); OUTPUT(1,6,'2D,3D',A[12]); CRLF(3); SPACE(40);
OUTO(6, '*****VOLUME*****'); CRLF(2); SPACE(15);
- 120-

OUTO(6, 'CONCRETE (KEY LESS) A[28]=''); OUTPUT(1,6,'2D,4D',A[28]); SPACE(13);
OUTO(6, 'CONCRETE A[29]=''); OUTPUT(1,6,'2ZD,4D',A[29]); CRLF(2); SPACE(20);
OUTO(6, 'FORM AREA (KEY LESS) A[30]=''); OUTPUT(1,6,'2ZD,4D',A[30]); SPACE(10);
OUTO(6, 'FORM AREA A[31]=''); OUTPUT(1,6,'2ZD,4D',A[31]); CRLF(3); SPACE(40);
OUTO(6, '*****STL*E*5*S*****'); CRLF(2);
OUTO(6, 'EXTREME FIBER STRESS AT FRONT IN THE WALL(LOW) A[13]=''); OUTPUT(1,6,'2D,3D',A[13]); SPACE(8);
OUTO(6, 'EXTREME FIBER STRESS AT BACK IN THE WALL(LOW) A[14]=''); OUTPUT(1,6,'2D,3D',A[14]);
CRLF(2); SPACE(25);
OUTO(6, 'REACTION AT FRONT END A[15]=''); OUTPUT(1,6,'-2ZD,3D',A[15]); SPACE(30);
OUTO(6, 'REACTION AT BACK END A[16]=''); OUTPUT(1,6,'-2ZD,3D',A[16]); CRLF(2); SPACE(15);
- 130-

OUTO(6, 'REACTION AT FRONT END(KEY LESS) A[17]=''); OUTPUT(1,6,'-2ZD,3D',A[17]); SPACE(20);
OUTO(6, 'REACTION AT BACK END (KEY LESS) A[18]=''); OUTPUT(1,6,'-2ZD,3D',A[18]); CRLF(2); SPACE(24);
OUTO(6, 'SHEARING STRESS OF KEY A[19]=''); OUTPUT(1,6,'2D,3D',A[19]); CRLF(3); SPACE(38);
OUTO(6, '*****SAFETY FACTOR*****'); CRLF(2);

OUTO(6, 'TENTO A[20]=''); OUTPUT(1,6,'2D,3D',A[20]); CRLF(1);
OUTO(6, 'TENTO (KEY LESS) A[21]=''); OUTPUT(1,6,'2D,3D',A[21]); SPACE(5);
OUTO(6, 'SLIDING A[22]=''); OUTPUT(1,6,'2D,3D',A[22]); SPACE(5);
OUTO(6, 'SLIDING(KEY LESS) A[23]=''); OUTPUT(1,6,'2D,3D',A[23]); CRLF(2); SPACE(15);
OUTO(6, 'TEIBAN NO ZENMEN YORI GORYOKU NO SAYOTEN MADE NO NAGASA A[24]='');
- 140-

OUTPUT(1,6,'2D,3D',A[24]); CRLF(2); SPACE(5);
OUTO(6, 'TEIBAN NO ZENMEN YORI GORYOKU NO SAYOTEN MADE NO NAGASA(KEY LESS) A[25]='');
OUTPUT(1,6,'2D,3D',A[25]); CRLF(2); SPACE(56);
OUTO(6, 'GROSS WEIGHT A[26]=''); OUTPUT(1,6,'2ZD,3D',A[26]); CRLF(2); SPACE(42);
OUTO(6, 'FUSOKU SUIHEI TEIKO RIYOKU A[27]=''); OUTPUT(1,6,'2ZD,3D',A[27]); CRLF(2); SPACE(10);
CRLF(1);
OUTO(6, 'THETA=''); OUTPUT(1,6,'2ZD,D',THETA); SPACE(5);
OUTO(6, 'DELTA=''); OUTPUT(1,6,'2ZD,5D',DELTA); SPACE(5);
OUTO(6, 'PHI=''); OUTPUT(1,6,'2ZD,5D',PHI); CRLF(1);
OUTO(6, 'RA RADEG DEG1 MIN MIN1 SEC'); CRLF(1);
- 150-

```

```

OUTPUT(6,6,'ZD.3D.3ZD.7BZD.7BZD.6BZD.7BZD',RA*HADEG*DEG1,MIN,MIN1,SEC);      CRLF(1);
OUTO(6,6,'NA=');      OUTPUT(1,6,'82ZD.3D',NA);      SPACE(5);
OUTO(6,6,'FA=');      OUTPUT(1,6,'82ZD.3D',FA);      SPACE(5);
OUTO(6,6,'ID=');      OUTPUT(1,6,'ZD.3D',ID);      SPACE(5);
OUTO(6,6,'IH=');      OUTPUT(1,6,'ZD.3D',IH);      SPACE(5);
CRLF(1);
OUTO(6,6,'P=');      OUTPUT(1,6,'4ZD.3D',P);      SPACE(5);
OUTO(6,6,'P0=');      OUTPUT(1,6,'4ZD.3D',P0);      SPACE(5);
OUTO(6,6,'SP0=');      OUTPUT(1,6,'4ZD.3D',SP0);      CRLF(1);
IF A[11] IH then go to J10 else go to J11;

J10 : OUTO(6,6,'A[11]=');      OUTPUT(1,6,'ZD.3D',A[11]);      SPACE(10);      - 160-
OUTO(6,6,'IH=');      OUTPUT(1,6,'ZD.3D',IH);      CRLF(1);
OUTO(6,6,'P1=');      OUTPUT(1,6,'4ZD.3D',P1);      SPACE(5);
OUTO(6,6,'SP1=');      OUTPUT(1,6,'83ZD.5D',SP1);      SPACE(5);
OUTO(6,6,'DP=');      OUTPUT(1,6,'4ZD.5D',DP);      SPACE(5);
OUTO(6,6,'P2=');      OUTPUT(1,6,'4ZD.4D',P2);      SPACE(5);
OUTO(6,6,'SP2=');      OUTPUT(1,6,'4ZD.3D',SP2);      SPACE(5);
OUTO(6,6,'P3=');      OUTPUT(1,6,'4ZD.3D',P3);      SPACE(5);
OUTO(6,6,'SP3=');      OUTPUT(1,6,'4ZD.3D',SP3);      CRLF(1);
OUTO(6,6,'DP1=');      OUTPUT(1,6,'4ZD.3D',DP1);      SPACE(5);
OUTO(6,6,'DP2=');      OUTPUT(1,6,'4ZD.3D',DP2);      SPACE(5);      - 170-
OUTO(6,6,'Y1=');      OUTPUT(1,6,'2ZD.3D',Y1);      SPACE(5);
OUTO(6,6,'Y2=');      OUTPUT(1,6,'2ZD.3D',Y2);      SPACE(5);
OUTO(6,6,'Y3=');      OUTPUT(1,6,'2ZD.3D',Y3);      SPACE(5);
OUTO(6,6,'Y11=');      OUTPUT(1,6,'2ZD.3D',Y11);      SPACE(5);
OUTO(6,6,'Y21=');      OUTPUT(1,6,'2ZD.3D',Y21);      CRLF(1);      go to J12;
J11 : OUTO(6,6,'A[11]=');      OUTPUT(1,6,'2ZD.3D',A[11]);      SPACE(5);
OUTO(6,6,'IH=');      OUTPUT(1,6,'2ZD.3D',IH);      CRLF(1);
OUTO(6,6,'F1=');      OUTPUT(1,6,'5ZD.3D',F1);      SPACE(5);
OUTO(6,6,'SF1=');      OUTPUT(1,6,'5ZD.4D',SF1);      SPACE(5);
OUTO(6,6,'DF=');      OUTPUT(1,6,'5ZD.4D',DF);      SPACE(5);
OUTO(6,6,'F2=');      OUTPUT(1,6,'5ZD.4D',F2);      SPACE(5);
OUTO(6,6,'SF2=');      OUTPUT(1,6,'5ZD.4D',SF2);      SPACE(5);
OUTO(6,6,'F3=');      OUTPUT(1,6,'5ZD.4D',F3);      SPACE(5);
OUTO(6,6,'SF3=');      OUTPUT(1,6,'5ZD.4D',SF3);      CRLF(1);
OUTO(6,6,'V1=');      OUTPUT(1,6,'2ZD.3D',V1);      SPACE(5);
OUTO(6,6,'V2=');      OUTPUT(1,6,'2ZD.3D',V2);      SPACE(5);
OUTO(6,6,'V3=');      OUTPUT(1,6,'2ZD.3D',V3);      SPACE(5);
OUTO(6,6,'V11=');      OUTPUT(1,6,'2ZD.3D',V11);      CRLF(1);
OUTO(6,6,'*****');      SPACE(20);      - 180-
OUTO(6,6,'*****');      CRLF(10);
J12 : OUTO(6,6,'*****');      SPACE(20);
OUTO(6,6,'*****');      CRLF(10);

END ;
end;
REA : READ(H,PHI,EH,EP,NP);
      GALL(H,PHI,EH,EP,NP,A);      go to REA;
end;

```

*****DESIGN OF GRAVITY TYPE RETAINING WALL*****

*****CONDITION*****
 SLOPE OF FRONT N= 0.400
 TOTAL HEIGHT H= 3.00 ***COEFFICIENT OF EARTH PRESSURE(ACTIV) C= 0.283
 (PASSIVE) C1= 3.537

*****SECTION*****
 CROWN WIDTH A[1]= 0.350 WALL WIDTH(LOW) A[2]= 1.400 THICKNESS OF KEY A[3]= 0.300
 BASE WIDTH A[4]= 1.700 DISTANCE OF FRONT BASE A[5]= 0.300 HORIZONTAL LENGTH OF SLOPE(BACK) A[6]= 0.010
 HORIZONTAL LENGTH OF SLOPE(FRONT) A[7]= 1.060
 TEIRAN NO HAIMEN YORI TOKKI NO ZENMEN MADE NO NAGASA A[8]= 1.000 THICKNESS OF BASE(BACK) A[9]= 0.350
 THICKNESS OF BASE(FRONT) A[10]= 0.300
 HEIGHT OF WALL A[11]= 2.650 DEPTH OF KEY A[12]= 0.300

*****VOLUME*****
 CONCRETE (KEY LESS) A[28]= 2.9062 CONCRETE A[29]= 2.9962
 FORM AREA (KEY LESS) A[30]= 6.1542 FORM AREA A[31]= 6.7542

*****S*T*L*E*S*S*****
 EXTREME FIBER STRESS AT FRONT IN THE WALL(LOW) A[13]= 0.880 EXTREME FIBER STRESS AT BACK IN THE WALL(LOW) A[14]= -0.107
 REACTION AT FRONT END A[15]= 8087.616 REACTION AT BACK END A[16]= 400.806
 REACTION AT FRONT END(KEY LESS) A[17]= 7963.414 REACTION AT BACK END (KEY LESS) A[18]= 276.389
 SHEARING STRESS OF KEY A[19]= 2.301

*****SAFETY FACTOR*****
 T E N T O A[20]= 1.695
 T E N T O (KEY LESS) A[21]= 2.128 S L I D I N G A[22]= 3.065 S L I D I N G(KEY LESS) A[23]= 1.303
 TEIRAN NO ZENMEN YORI GORYOKU NO SAYOTEN MADE NO NAGASA A[24]= 0.593
 TEIRAN NO ZENMEN YORI GORYOKU NO SAYOTEN MADE NO NAGASA(KEY LESS) A[25]= 0.586
 GROSS WEIGHT A[26]= 7215.320
 FUSOKU SUIHEI TEIKO KIYOKU A[27]= 1871.758

THETA= 90.0 DELTA= 0.00000 PHI= 34.00000
 RA MADEG DEG1 MIN MIN1 SEC
 62.000 62 61 60 59 60
 NA= 75.000 FA= 15.000 ID= 0.804 IH= 1.512
 P= 2829.958 PU= 143.122 SP0= 381.659
 A[11]= 2.650 IH= 1.512
 P1= 1158.385 SP1= 1150.92736 DP= 1528.44995 P2= 1202.1963 SP2= 961.305 P3= 326.254 SP3= 903.004
 DP1= -247.919 DP2= -189.617 Y1= 2.118 Y2= 0.936 Y3= 0.177 Y11= 1.768 Y21= 0.586

8-3 壁背面が1割5分の盛土の時(標準設計)

1. 背面状態

擁壁背面が盛土で1:1.5の時

2. 設計条件

8-1の表-8-1に同じ

1) 荷重

(1) 土圧

8-1の図-8-1の(b)状態

(2) 土の種類

8-1に同じ

(3) 過載荷重

8-1に同じ

2) 設計条件及び安全率

8-1の条件及び安全率に同じ

3) 滑動抵抗の算定法

8-1に同じ

3. 設計計算

1) 断面形状

背面が1割5分の盛土の時断面形状は次のようになり8-1に準ずる。

2) 計算の繰り返しと断面形状

高さHを3mから1mおきに6mまで計算

土圧係数は、水平土圧係数 $C=0.53$ の時、垂直土圧係数 $C1=0.27$ $C2=3.6125$ は
受動土圧係数(ランキン式による)

$C=0.62$ の時 $C1=0.36$ $C2=3.5372$ $C=0.70$ の時 $C1=0.45$ $C2=3.3917$

とする。以下8-1に同じ(表-8-3)

3) 安定計算

(1) 重量の算定

$$W1 = A7 \times H2 \times 1175 \quad (A7=A1+A2)$$

$$W2 = H1 \times A4 \times 2350 \quad W3 = H3 \times A3 \times 2350$$

$$W21 = A5 \times H31 \times 1175 \quad W4 = A6 \times H2 \times 900$$

$$W5 = A6 \times H4 \times 900 \quad W = W1+W2+W3+W4+W5-W21$$

(2) 壁前面点Cより各重心までの距りの算定

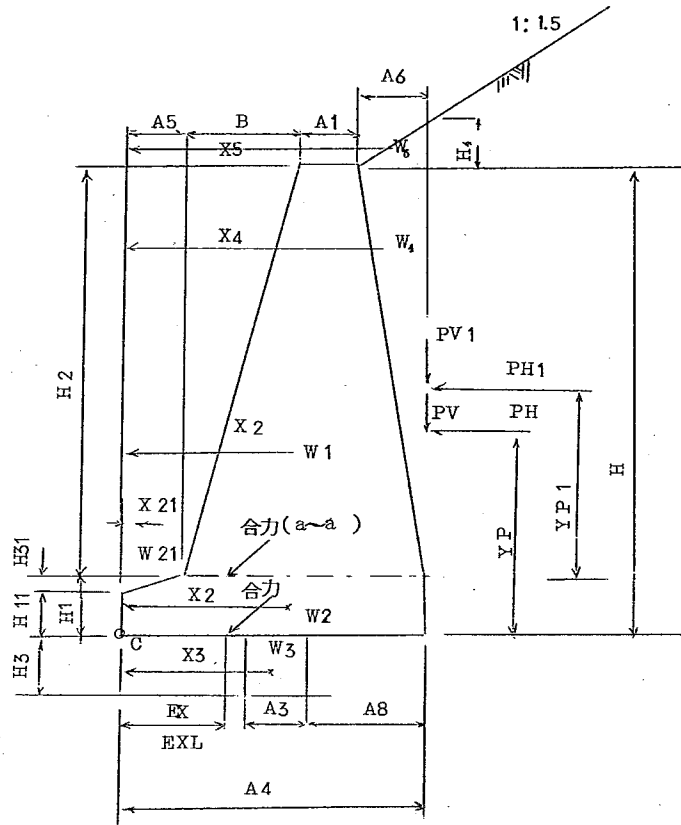


図-8-5

$$Y = (2.0 \times A1 + A2) \times H2 / (3.0 \times A7)$$

$$YP = (H + H4) / 3.0 \quad YP1 = (H2 + H4) / 3.0$$

$$X1 = (A1^2 + A1 \times A2 + A2^2) / (3.0 \times A7) + (B \times Y) / H2 + A5$$

$$X2 = X3 = A4 / 2.0 \quad X4 = X5 = A4 - A6 / 3.0 \quad X21 = A5 / 3.0$$

(3) 土圧の算定

$$PH = 900 \times C \times (H + H4)^2 \quad PH1 = 900 \times C \times (H2 + H4)^2$$

$$PV = 900 \times C1 \times (H + H4)^2 \quad PV1 = 900 \times C1 \times (H2 + H4)^2$$

(4) モーメントの算定

$$MOX = (W1 \times X1) + (W2 \times X2) + (W3 \times X3) + (W4 \times X4) + (W5 \times X5) - (W21 \times X21)$$

$$MOXL = MOX - (W3 \times X3)$$

$$\begin{aligned}MOP &= PH \times YP & MOP1 &= PH1 \times YP1 \\MOPV &= PV \times A4 & MOPV1 &= PV1 \times A2\end{aligned}$$

(5) 合力の作用点

$$\begin{aligned}EX &= (MOX + MOPV - MOP) / WP & (WP &= W + PV) \\EXL &= (MOXL + MOPV - MOP) / WPL & (WPL &= WL + PV)\end{aligned}$$

(6) 断面 a ~ a における応力度の算定 (図 - 8 - 6(a))

$$\begin{aligned}X11 &= X1 - A5 & X41 &= X4 - A5 & X51 &= X5 - A5 \\MOX1 &= (W1 \times X11) + (W4 \times X41) + (W5 \times X51) \\WT &= W1 + W4 + W5 + PV1 \\EX1 &= (MOX1 + MOPV1 - MOP1) / WT \\E1 &= A2 / 2.0 - EX1 \\QA &= (WT / A2 \times (1.0 + 6.0 \times E1 / A2)) / 10000 \\QB &= (WT / A2 \times (1.0 - 6.0 \times E1 / A2)) / 10000 \\QB &> -10000 \text{ (1Kg/cm}^2 \text{ 以下)}\end{aligned}$$

(7) 地盤反力の算定 (図 - 8 - 6 - (b))

$$\begin{aligned}E &= A4 / 2.0 - EX & EL &= A4 / 2.0 - EXL \\Q1F &= (WP / A4 \times (1.0 + 6 \times E / A4)) \\Q1FL &= (WPL / A4 \times (1.0 + 6 \times EL / A4)) \\Q1B &= (WP / A4 \times (1.0 - 6 \times E / A4)) \\Q1BL &= (WPL / A4 \times (1.0 - 6 \times EL / A4))\end{aligned}$$

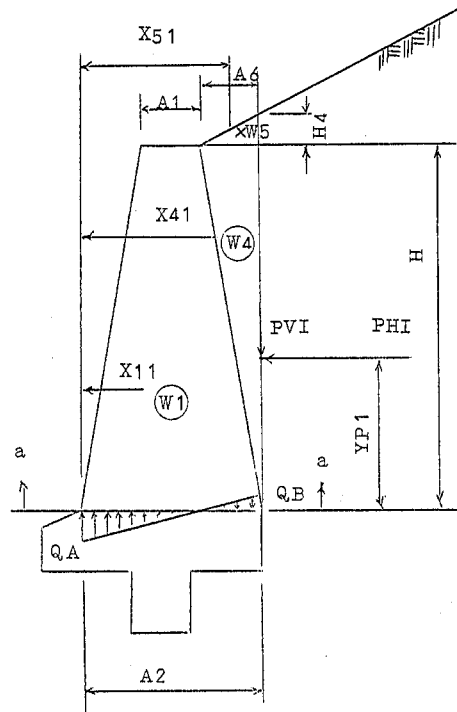
(8) キイに加わる応力度の算定

$$\begin{aligned}Q1FB &= Q1B + (Q1F - Q1B) \times A8 / A4 & Q1V &= (Q1F + Q1FB) / 2.0 \\Q1H &= Q1V \times C2 & C2 &= \left(\frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \right) \quad \phi: \text{内部摩擦角} \\SS &= (Q1H \times H3 / A3) / 10000 \\SS &\geq 5 \text{ (Kg/cm}^2 \text{)}\end{aligned}$$

(9) 安全率の算定

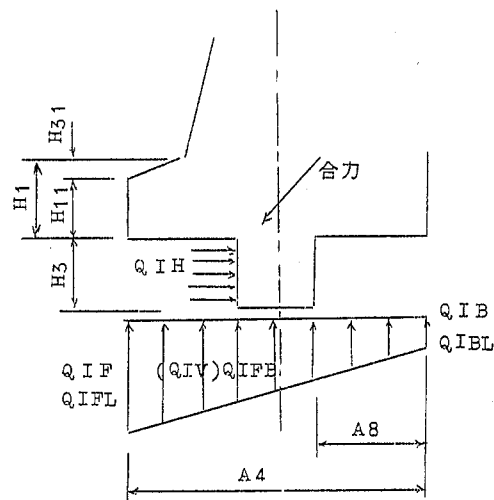
$$\begin{aligned}TEIKO &= Q1H \times H3 + (Q1FB + Q1B) \times A8 \times 0.5 / 2.0 \\TEIKOL &= 2.0 \times PH - WL \times 0.5 \\SLIDEL &= WL \times 0.5 / PH \\SLIDE &= TEIKO / PH \\TENTO &= (MOX + MOPV) / (MOP + Q1H \times H3^2 / 2.0) \\TENTOL &= (MOX + MOPV) / MOP\end{aligned}$$

a-a 断面应力度算定图



(a)

地盤反力算定图



(b)

$$TENT\bar{O} \geq 1.5$$

$$SLIDE \geq 2.0$$

4) 数量計算

(1) コンクリート

$$V1 = A7 \times H2 / 2.0 + H1 \times A4 - A5 \times H3 / 2.0$$

$$V2 = V1 + H3 \times A3$$

(2) 型枠

$$KATA1 = H1 + H11 + \sqrt{(B^2 + H2^2)} + \sqrt{(A6^2 + H2^2)}$$

$$KATA2 = KATA1 + 2.0 \times H3$$

5) 壁は前面垂直 ($N = 0.0$) と壁背面垂直

6) 記号説明

H : 壁全高(m)

C2 : 受働土圧係数

C1 : 垂直土圧係数 (K_v)

C : 水平土圧係数 (K_H)

N : 壁前面勾配

EW : 土の単位重量 (Kg/m^3)

A1 : 天端幅

A2 : 壁底幅 (a ~ a 断面)

A3 : キイの厚さ

A4 : 壁下端幅 or 底版幅

A5 : 底版突出し長さ

A6 : 壁背面水平長さ

B : 壁前面水平長さ

A8 : 底版の背面より突起の後面までの長さ

H1 : 底版の厚さ

H11 : 底版の厚さ

H2 : 壁高

H3 : キイ深さ

QA : 壁の内部応力 (Kg/cm^2)

QB :

Q1F : 地盤反力 (前面 Kg/cm^2)

Q1B : 地盤反力(背面 Kg/cm^2)
 Q1FL : ◇ (前面キイなし ◇)
 Q1BL : ◇ (背面キイなし ◇)
 SS : キイの剪断応力度(Kg/cm^2)
 TENTO : 転倒安全率
 TENTOL : ◇ (キイなし)
 EX : 前面より合力の作用点までの距り
 EXL : ◇ (キイなし)
 W : 全重量
 TEIKOL : 水平不足抵抗力
 V1 : コンクリート量(キイなし)
 V2 : ◇
 KATA1 : 型枠面積(キイなし)
 KATA2 : ◇

7) プログラム例 (背面垂直)

データー (H、C)

H、Cを与える。

```

begin
  real H,A1,A3,A4,A5,H1,H2,A8,A2,A9,C,C1,C2,PH,PH1,PV,PV1,B,T,A6,A7,H4,W1,W2,W3,W4,W5,WL,Y,YP,YP1,
    X1,X2,X3,X4,X5,MOX,MOXL,MOP,MOP1,MOPV,MOPV1,X11,X41,X51,MOX1,WPL,EX,EX1,E,EL,W1F,W1FL,
    Q1B,Q1FB,SLIDEL,Q1V,Q1H,TEIKO,TEIKOL,SLIDE,TENTO,V1,V2,KATA1,KATA2,H3,EXL,H31,W21,X21,IENTOL,WT,E1,QA,
    QB,SS,H11,N1;
  START: READ(H,C);
  if H=0.0 then go to 5 else go to J;
  J:   A1=0.35;   N=0.0;
  Z:
    A3=0.3;   A4=0.5*H1;   H3=0.3;
    if H=3.0 then begin H1=0.35; H31=0.05; end else begin H1=0.6; H31=0.1; end;
    H2=H-H1;   B=N*H2;   A5=0.1*H1;
  Z1:
    A2=A4-A5;   A9=A2-A1;   A8=(A4+A3)/2.0;
    H11=H1-H31; A7=A1+A2;   A6=A2-A1-B;   H4=A6/1.5;
    if C=0.53 then
      begin
        C1=0.27; C2=3.6125;
      end else
        if C=0.62 then
          begin
            C1=0.36; C2=3.5372;
          end else
            if C=0.7 then
              begin
                C1=0.43; C2=3.3917;
              end;
            PH=900.0*C*(H+H4)*T2;   PH1=900.0*C*(H2+H4)*T2;
            PV=900.0*C1*(H+H4)*T2;   PV1=900.0*C1*(H2+H4)*T2;
            W1=A7*H2*1175.0;   W2=H1*A4*2350.0;   W21=A5*H31*1175.0;
          - 30-
        Z11:
          W3=H3*A3*2350.0;   W4=A6*H2*900.0;   W5=A6*H4*900.0;
          W=W1+W2+W3+W4+W5-W21;   WL=W-W3;
          Y=(2.0*A1+A2)*H2/(3.0*A7);
          YP=(H+H4)/3.0;   YP1=(H2+H4)/3.0;
          X1=(A1T2+A1*A2+A2T2)/(3.0*A7)+(B*Y)/H2+A5;
          X2=X3=A4/2.0;   X4=X5=A4-A6/3.0;   X21=A5/3.0;
          MOX=W1*X1+W2*X2+W3*X3+W4*X4+W5*X5-W21*X21;   MOXL=MOX-W3*X3;
          MOP=PH*YP;   MOP1=PH1*YP1;   MOPV=PV*Y4;   MOPV1=PV1*A2;
          X11=X1-A5;   X41=X4-A5;   X51=X5-A5;
          - 40-
          MOX1=W1*X11+W4*X41+W5*X51;   MP=W+PV;   PL=WL+PV;
          EX=(MOX+MOPV-MOP)/WP;   EXL=(MOXL+MOPV-MOP)/WPL;
          WT=W1+W4+W5+PV1;
          if EXA4/3.0 then go to 22 else begin A4=A4+0.05; go to Z1; end;
        Z2:
          EX1=(MOX1+MOPV1-MOP1)/WT;   E1=A2/2.0-EX1;   QA=(WT/A2*(1.0+6.0*E1/A2))/10000.0;
          QB=(WT/A2*(1.0+6.0*E1/A2))/10000.0;
          if QB=1.00 then go to 23 else begin A4=A4+0.05; go to Z1; end;
        Z3:
          E=A4/2.0-EX1;   EL=A4/2.0-EXL;
          - 50-

```

```

01F=WP/A4*(1.0+6.0*E/A4); 01FL=WP/A4*(1.0+6.0*EL/A4);
01B=(WP/A4*(1.0+6.0*E/A4)); 01BL=WP/A4*(1.0+6.0*EL/A4);
01FB=01B+(01F-01B)*A8/A4; 01V=(01F+01FB)/2.0;
01H=01V+C2; SS=(01H*H3)/A3/10000.0;
TEIKO=01H*H3*(01F+01B)*A8*0.25; SLIDEL=WL*0.5/PH;
TEIKOL=2.0*PH-WL*0.5; SLIDE=TEIKO/PH;
if SLIDE>2.0 then go to Z41 else begin H3=H3+0.05; go to Z11; end;
Z41:
if SS<5.0 then go to Z4 else begin A3=A3+0.05; go to Z1; end;
Z4:
TENTO=(MOX*MOPV)/(MOP+01H*H3/2.0);
TENTOL=(MOX*MOPV)/MOP;
if TENTO>1.5 then go to Z5 else begin A4=A4+0.05; go to Z1; end;
Z5:
V1=A7*H2/2.0+H1*A4-A5*H3/4.0; V2=V1+H3*A3;
KATA1=H1+H1*SQRT(012+H212)+SQRT(A62+H212); KATA2=KA1A1+2.0*H3;
if A6>0.0 then begin H=N+0.01; go to Z; end;

SPACE(20); OUT0(6,'*****DESIGN OF GRAVITY TYPE RETAINING WALL*****'); CRLF(2);
SPACE(35); OUT0(6,'*****CONDITION*****'); CRLF(1);
- 70-

OUT0(6,'N='); OUTPUT(1.6,'2D.3D',N);
SPACE(20); OUT0(6,'H='); OUTPUT(1.6,'2D.3D',H);
SPACE(5); OUT0(6,'COEFFICIENT OF EARTH PRESSURE C='); OUTPUT(1.6,'2D.4D',C); CRLF(3);
SPACE(40); OUT0(6,'*****SECTION*****'); CRLF(1);
OUT0(6,'A1='); OUT1(6,'N',A1); SPACE(1); OUT0(6,'A2='); OUT1(6,'N',A2);
SPACE(1); OUT0(6,'A3='); OUT1(6,'N',A3); SPACE(1); OUT0(6,'A4='); OUT1(6,'N',A4);
SPACE(1); OUT0(6,'A5='); OUT1(6,'N',A5); SPACE(1); OUT0(6,'A6='); OUT1(6,'N',A6);
SPACE(1); OUT0(6,'A8='); OUT1(6,'N',A8); CRLF(1);
OUT0(6,'B ='); OUT1(6,'N',B); SPACE(1); OUT0(6,'H1='); OUT1(6,'N',H1);
SPACE(1); OUT0(6,'H11='); OUT1(6,'N',H11); SPACE(1); OUT0(6,'H2='); OUT1(6,'N',H2);
- 80-

SPACE(1); OUT0(6,'H3='); OUT1(6,'N',H3); SPACE(1); OUT0(6,'A8=');
OUT1(6,'N',A8); CRLF(2);
SPACE(40); OUT0(6,'*****VOLUME*****'); CRLF(1); OUT0(6,'CONCRETE='); OUT1(6,'N',V1);
SPACE(5); OUT0(6,'CONCRETE2='); OUT1(6,'N',V2); SPACE(5); OUT0(6,'MULD1=');
OUT1(6,'N',KATA1); SPACE(5); OUT0(6,'MULD2='); OUT1(6,'N',KATA2); CRLF(2);
SPACE(40); OUT0(6,'*****STRESS*****'); CRLF(1);
OUT0(6,'0A='); OUT1(6,'N',0A); SPACE(1); OUT0(6,'0B='); OUT1(6,'N',0B);
SPACE(1); OUT0(6,'01F='); OUT1(6,'N',01F/10000.0); SPACE(1); OUT0(6,'01B=');
OUT1(6,'N',01B/10000.0); SPACE(1); OUT0(6,'01FL='); OUT1(6,'N',01FL/10000.0); SPACE(1);
OUT0(6,'01BL='); OUT1(6,'N',01BL/10000.0); CRLF(1); OUT0(6,'KEY='); OUT1(6,'N',SS);
- 90-

CRLF(2); SPACE(38); OUT0(6,'*****SAFETY FACTOR*****'); CRLF(1);
OUT0(6,'T E N T O='); OUTPUT(1.6,'3D.3D',TENTO); SPACE(1); OUT0(6,'T E N T O L=');
OUTPUT(1.6,'3D.3D',TENTOL); SPACE(4); OUT0(6,'SLIDE='); OUTPUT(1.6,'3D.3D',SLIDF);
SPACE(3); OUT0(6,'SLIDEL='); OUTPUT(1.6,'3D.3D',SLIDEL); SPACE(3); CRLF(1);
OUT0(6,'GORIYOKU EX='); OUT1(6,'N',EX); SPACE(2); OUT0(6,'GORIYOKU FAL=');
OUT1(6,'N',EXL); SPACE(4); OUT0(6,'WEIGHT='); OUT1(6,'N',W); SPACE(3);
OUT0(6,'TEIKOL='); OUT1(6,'N',TEIKOL); CRLF(3);
OUT0(6,'PH='); OUT1(6,'N',PH); OUT0(6,'PH1='); OUT1(6,'N',PH1);
OUT0(6,'PV='); OUT1(6,'N',PV); OUT0(6,'PV1='); OUT1(6,'N',PV1); CRLF(10);
go to START;
- 100-

S;
end;

```

*****DESIGN OF GRAVITY TYPE RETAINING WALL*****

N= 0.330 H= 3.000 *****CONDITION*****
COEFFICIENT OF EARTH PRESSURE C= 0.5300

*****SECTION*****
A1= .3500000E+00 A2= .1200001E+01 A3= .3000000E+00 A4= .1500000E+01 A5= .2999999E+00 A6= -.2449799E-01 A8= .8999996E+00
B = .8744993E+00 H1= .3500000E+00 H11= .3000000E+00 H2= .2650001E+01 H3= .5000000E+00 A8= .6000004E+00

*****VOLUME*****
CONCRETE1= .7571250E+01 CONCRETE2= .2661249E+01 MOLD1= .6070678E+01 MOLD2= .6690678E+01

*****STRESS*****
@A= .9720375E+00 @B= .1035857E+00 @1F= .8300804E+00 @1B= .2844684E+00 @1FL= .8159809E+00 @1BL= .2703691E+00
KEY= .2604458E+01

*****SAFETY FACTOR*****
T E N T O = 1.755 T E N T O L = 2.242 SLIDE= 2.315 SLIDEL= 0.705
GORIYOKU EX= .6276157E+00 GORIYOKU EXL= .6244391E+00 WEIGH1= .6195867E+04 TEIKOL= .5500582E+04

PH= .4246383E+04 PH1= .3303573E+04 PV= .2163254E+04 PV1= .1685500E+04

*****DESIGN OF GRAVITY TYPE RETAINING WALL*****

N= 0.370 H= 4.000 *****CONDITION*****
COEFFICIENT OF EARTH PRESSURE C= 0.5300

*****SECTION*****
A1= .3500000E+00 A2= .1500000E+01 A3= .3000000E+00 A4= .2000000E+01 A5= .3999999E+00 A6= -.7997513E-02 A8= .1150000E+01
B = .1257998E+01 H1= .6000000E+00 H11= .5000000E+00 H2= .3400001E+01 H3= .5499999E+00 A8= .8500004E+00

*****VOLUME*****
CONCRETE1= .4495000E+01 CONCRETE2= .4599999E+01 MOLD1= .8125270E+01 MOLD2= .8825277E+01

*****STRESS*****
@A= .1143336E+01 @B= .1774238E+00 @1F= .1144863E+01 @1B= .3214560E+00 @1FL= .1132929E+01 @1BL= .3091195E+00
KEY= .4087677E+01

*****SAFETY FACTOR*****
T E N T O = 1.796 T E N T O L = 2.176 SLIDE= 2.033 SLIDEL= 0.692
GORIYOKU EX= .8128183E+00 GORIYOKU EXL= .6096146E+00 WEIGH1= .1078556E+05 TEIKOL= .9953930E+04

PH= .7611668E+04 PH1= .5496840E+04 PV= .3877645E+04 PV1= .2800280E+04

8-4 壁背面が1割5分の盛土の時(くさび法)

裏込が、壁と背面地山(RA)75°の地表面(掘削面)にはさまれ、地山が安定していて地山の掘削面に沿つてすべりが生じるものと仮定した。これは7-1-2のところに述べた通りである。すべり面に沿う裏込めと地山との摩擦角と、壁と裏込めとの摩擦角の扱い方が問題になるが、これらは8-1の状態の土質と同じくした。従つてテルツアギーの土圧係数がクーロンの式を用いた時の内部摩擦角に相当する内部摩擦角を使用した。 δ は内部摩擦角の1/2にした。

1. 背面状態

擁壁背面が盛土で1:1.5の盛土の時

2. 設計条件

8-1の表-8-1に同じ

1) 荷重

(1) 土圧

テルツアギーの土圧係数 K_H に相当するようなクーロン式を用いた時の内部摩擦角を考え $\delta = \phi/2$ にし、その時の土圧係数を表-8-5に示す。土圧はクーロンの楔法による力の三角形より求め土圧分布は7-1-2のハンチントン法による。

表-8-5

土の種類	ϕ	δ	G	G_1	RA	i
a	34°30'	17°15'	0.568	3.612	40°46'	33°41'

ϕ : 内部摩擦角

δ : 壁と裏込めとの摩擦角

G : 主働土圧係数

G_1 : 受働土圧係数

RA : クーロンの破壊角(β)

i : 地表面勾配(1:1.5)

2) 土の種類

土の種類(b)(c)についてはクーロン式は $\phi < i$ の為適用できないので使用しなかつた。

3) 過載荷重

8-1に同じ

3. 設計計算

1) 断面形状

8-3の断面に同じ(図-8-5)

2) 計算の繰返しと断面形状

高さ 3 m から 1 m おきに 6 m まで計算

土圧係数は表-8-5 のものを使用した。

一般形状は 8-1 の表-8-3 と同じであり、断面の繰返しとも 8-1 に準ずる。

3) 安定計算

(1) 重量の算定

8-3 に同じ

(2) 壁前面 C 点より各重心までの距離の算定 圧力の作用点は (3) により、他は 8-3 に準ずる。

(3) 土圧の算定

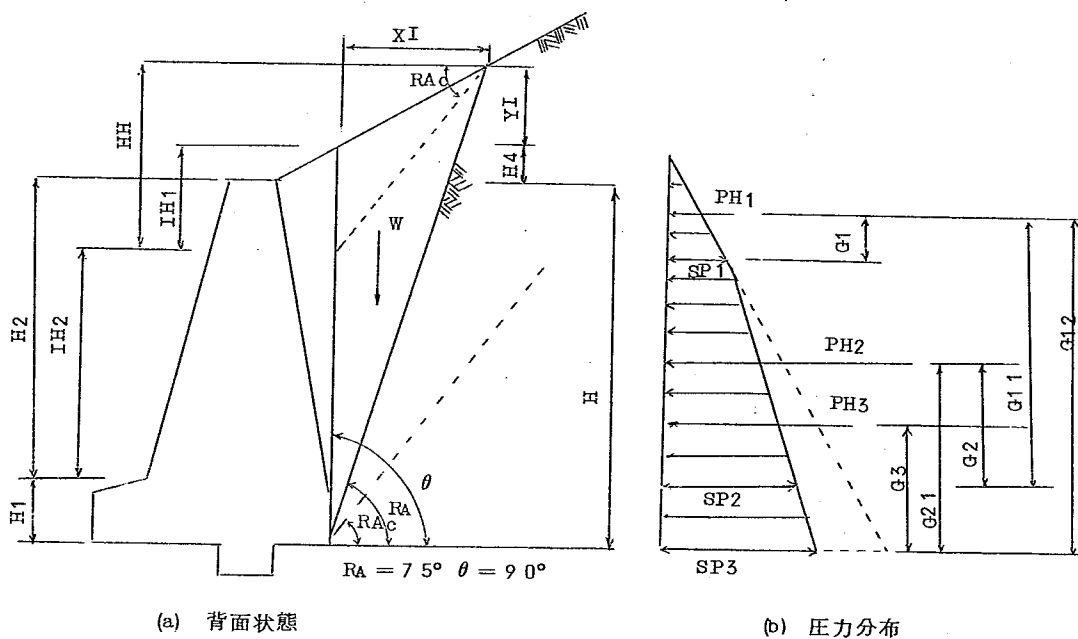


図-8-7

土圧力

$$YI = ((H + H4) \times T2) / ((1/T1) - T2)$$

$$XI = ((H + H4) + YI) \times T2$$

$$\text{但し } T1 = \tan i, T2 = \tan(90^\circ - RA)$$

$$AR = ((H + H4) \times XI) / 2.0$$

$$WC = AR \times EW$$

$$P_0 = (WC \times \sin(RA - \phi)) / \sin(\theta + \delta - RA + \phi)$$

$$HH = XI \times \tan RA_c$$

$$IH1 = HH - YI \quad IH2 = (H + H4) - IH1$$

$$P1 = 0.5 \times EW \times IH1^2 \times C$$

$$PH1 = P1 \times \cos \delta \quad PV1 = P1 \times \sin \delta$$

$$SP1 = (2 \times PH1) / IH1$$

$$DP = P_0 - P1$$

$$DPH = DP \times \cos \delta \quad DPV = DP \times \sin \delta$$

$$SP3 = (2 \times DPH) / (IH1 + IH2 + H1) - SP1 \quad DSP = SP3 - SP1$$

$$DSP1 = (DSP / (IH2 + H1)) \times IH2$$

$$SP2 = SP1 + DSP1$$

$$SPC = EW \times C \times (H + H4) \times \cos \delta$$

$$PH2 = (SP1 + SP2) \times IH2 / 2.0$$

$$P2 = PH2 / \cos \delta$$

$$PV2 = P2 \times \sin \delta$$

$$PH3 = ((SP1 + SP3) \times (IH2 + H1)) / 2.0$$

$$PV3 = DPV$$

$$PH = PH1 + PH3$$

$$PV = PV1 + PV3$$

圧力の作用点

$$G1 = IH1 / 3.0$$

$$G11 = G1 + IH2$$

$$G12 = G1 + IH2 + H1$$

$$G2 = ((2 \times SP1 + SP2) / (SP1 + SP2)) \times (IH2 / 3)$$

$$G21 = G2 + H1$$

$$G3 = ((2 \times SP1 + SP3) / (SP1 + SP3)) \times ((IH2 + H1) / 3.0)$$

(4) モーメントの算定

$$MOX = (W1 \times X1) + (W2 \times X2) + (W3 \times X3) + (W4 \times X4) + (W5 \times X5) - (W21 \times X21)$$

$$MOXL = MOX - W3 \times X3$$

$$MOP = PH1 \times G12 + PH3 \times G3$$

$$MOP1 = PH1 \times G11 + PH2 \times G2$$

$$MOPV = PV1 \times A4 + PV3 \times A4$$

$$MOPV1 = PV1 \times A2 + PV2 \times A2$$

(5) 合力の作用点

$$EX = (MOX + MOPV - MOP) / WP \quad WP = W + PV1 + PV3$$

$$EXL = (MOXL + MOPV - MOP) / WPL \quad WPL = WL + PV1 + PV3$$

(6) a ~ a 断面における応力度の算定

$$X11 = X1 - A5 \quad X41 = X4 - A5 \quad X51 = X5 - A5$$

$$MOX1 = (W1 \times X11) + (W4 \times X41) + (W5 \times X51)$$

$$WT = W1 + W4 + W5 + PV1 + PV2$$

(7) 地盤反力の算定

(8) キイに加わる応力度の算定

(9) 安定率の算定

4) 数量計算

5) 壁の型

6) 記号の説明

これらは 8-3 に同じである。

7) プログラム例

データー (H、EW、D1、M1、D2、M2、D3、M3、D4、M4、RA、C、C1、N)


```

OUTO(6,'A1='); OUT1(6,'N',A1); SPACE(1); OUTO(6,'A2='); OUT1(6,'N',A2);
SPACE(1); OUTO(6,'A3='); OUT1(6,'N',A3); SPACE(1); OUTO(6,'A4='); OUT1(6,'N',A4);
SPACE(1); OUTO(6,'A5='); OUT1(6,'N',A5); SPACE(1); OUTO(6,'A6='); OUT1(6,'N',A6);
SPACE(1); OUTO(6,'A8='); OUT1(6,'N',A8); CRLF(1);
OUTO(6,'B ='); OUT1(6,'N',B); SPACE(1); OUTO(6,'H1='); OUT1(6,'N',H1);
SPACE(1); OUTO(6,'H11='); OUT1(6,'N',H11); SPACE(1); OUTO(6,'H2='); OUT1(6,'N',H2);
SPACE(1); OUTO(6,'H3='); OUT1(6,'N',H3); SPACE(1); OUTO(6,'A8=');
OUT1(6,'N',A8); CRLF(2);
SPACE(40); OUTO(6,'*****VOLUME*****'); CRLF(1); OUTO(6,'CONCRETE1='); OUT1(6,'N',V1);
SPACE(5); OUTO(6,'CONCRETE2='); OUT1(6,'N',V2); SPACE(5); OUTO(6,'MOLD1=');
- 110-
OUT1(6,'N',KATA1); SPACE(5); OUTO(6,'MOLD2='); OUT1(6,'N',KATA2); CRLF(2);
SPACE(40); OUTO(6,'*****STRESS*****'); CRLF(1);
OUTO(6,'QA='); OUT1(6,'N',QA); SPACE(1); OUTO(6,'QB='); OUT1(6,'N',QB);
SPACE(1); OUTO(6,'Q1F='); OUT1(6,'N',Q1F/10000.0); SPACE(1); OUTO(6,'Q1B=');
OUT1(6,'N',Q1B/10000.0); SPACE(1); OUTO(6,'Q1FL='); OUT1(6,'N',Q1FL/10000.0); SPACE(1);
OUTO(6,'Q1BL='); OUT1(6,'N',Q1BL/10000.0); CRLF(1); OUTO(6,'KEY='); OUT1(6,'N',SS);
CRLF(2); SPACE(38); OUTO(6,'*****SAFETY FACTOR*****'); CRLF(1);
OUTO(6,'T E N I O ='); OUTPUT(1.6,'3D.3D',TENTOL); SPACE(1); OUTO(6,'T E N I O I =');
OUTPUT(1.6,'3D.3D',TENTOL); SPACE(3); OUTO(6,'SLIDE='); OUTPUT(1.6,'3D.3D',SLIDE);
SPACE(3); CRLF(1);
- 120-
OUTO(6,'GORIYOKU EX='); OUT1(6,'N',EX); SPACE(2); OUTO(6,'GORIYOKU EXL=');
OUT1(6,'N',EXL); SPACE(4); OUTO(6,'WEIGHT='); OUT1(6,'N',W); SPACE(3);
OUTO(6,'TEIKOL='); OUT1(6,'N',TEIKOL); CRLF(10);
go to START;
S;
end;

```

*****DESIGN OF GRAVITY TYPE RETAINING WALL*****

N= 0.210 *****CONDITION*****
H= 3.000 COEFFICIENT OF EARTH PRESSURE C= 0.5683
COEFFICIENT OF EARTH PRESSURE C1= 3.6126

NATURAL ANGLE RA= 75.00 RAPTURE ANGLE RAC= 40 46

D1 M1 D2 M2 D3 M3 EW PHI DELTA OMEGA
34 30 17 15 33 41 1800 34.500 17.250 33.683

X1 Y1 AK MC PO IM1 IM2 G1 G11 G12 G2 G21 G3 H4 HM
1.008 0.767 1.510 2718.108 1921.297 0.102 2.043 0.034 2.927 3.277 1.061 1.411 1.180 0.004 0.809
P1= .5357697E+01 PH1= .5116707E+01 PV1= .1588779E+01 DP= .1915939E+04 DPH= .1829760E+04 DPV= .5681555E+03
PV2= .4480095E+03 PH2= .1442827E+04 PH3= .1773785E+04 PV3= .5681555E+03
SP1= .9998648E+02 SP2= .8973643E+03 SP3= .9938223E+03 SPL= .2926550E+04

*****SECTION*****
A1= .3500000E+00 A2= .8999977E+00 A3= .3000000E+00 A4= .1199997E+01 A5= .2999999E+00 A6= .5501794E-02 A8= .7099991E+00
B= .5564995E+00 H1= .3500000E+00 H11= .3000000E+00 H2= .2650001E+01 H3= .3000000E+00 A8= .4499999E+00

*****VOLUME*****
CONCRETE1= .2068745E+01 CONCRETE2= .2158744E+01 MOLD1= .6007811E+01 MOLD2= .6607810E+01

*****STRESS*****
QA= .1134928E+01 QB= .1735278E+00 Q1F= .7677246E+00 Q1B= .1701620E+00 Q1FL= .7501004E+00 Q1BL= .1525368E+00
KEY= .236812E+01

*****SAFETY FACTOR*****
T E N I O= 1.507 T E N T O L= 2.261 SLIDE= 4.747 SLIDE= 1.362
GORIYOKU EX= .4725713E+00 GORIYOKU EXL= .4675949E+00 WEI641= .5027570E+04 TEIXOL= .1134767E+04

*****DESIGN OF GRAVITY TYPE RETAINING WALL*****

N= 0.240 *****CONDITION*****
H= 4.000 COEFFICIENT OF EARTH PRESSURE C= 0.5683
COEFFICIENT OF EARTH PRESSURE C1= 3.6126

NATURAL ANGLE RA= 75.00 RAPTURE ANGLE RAC= 40 46

D1 M1 D2 M2 D3 M3 EW PHI DELTA OMEGA
34 30 17 15 33 41 1800 34.500 17.250 33.683

X1 Y1 AK MC PO IM1 IM2 G1 G11 G12 G2 G21 G3 H4 HM
1.343 1.021 4.078 4820.371 3407.282 0.136 3.053 0.045 3.898 4.498 1.420 2.020 1.624 0.011 1.158
P1= .9501534E+01 PH1= .9074153E+01 PV1= .2817599E+01 DP= .3397781E+04 DPH= .3244948E+04 DPV= .1007583E+04
PV2= .7534131E+03 PH2= .2426387E+04 PH3= .3148574E+04 PV3= .1007583E+04
SP1= .1331224E+03 SP2= .1126316E+04 SP3= .1280973E+04 SPL= .3897291E+04

*****SECTION*****
A1= .3500000E+00 A2= .1149999E+01 A3= .3000000E+00 A4= .1549994E+01 A5= .3999999E+00 A6= .1600391E-01 A8= .9249969E+00
B= .8159993E+00 H1= .6000000E+00 H11= .5000000E+00 H2= .3400001E+01 H3= .3000000E+00 A8= .6242976E+00

*****VOLUME*****

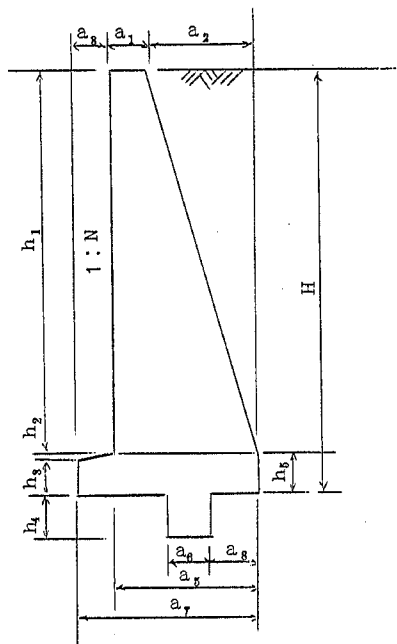
8-5 計算結果

断面の記号を計算時記号から改めて、壁背面が水平の時の記号を図-8-8-Aに示し、壁背面が盛土の記号を図-8-8-Bに示した。次に計算結果を背面水平(標準設計)を表8-6から表8-9に、背面水平(くさび法)の結果を表8-10から表8-13に、背面が盛土の時の標準設計を表8-14から表8-15に、背面が盛土の時くさび法を表8-16から表8-17に示した。各図表の条件記号は初めの2字が高さを表わしSあるいはWは、標準設計、くさび法の設計法を表し、a、b、c、は土の種類を表わし各々の種類について土圧係数に関係がある。

標準設計とくさび法の数量比の関係を、背面水平、背面盛土の時のものを表8-18から表8-20に示した。なお、高さによる数量の増加の割合や、標準設計とくさび法の数量比のうちコンクリート量と型枠面積とについて図-8-9から図-8-12に背面水平と、背面盛土にわけて示した。

图-8-8-A 各部記号(背面水平)

壁前面垂直



壁背面垂直

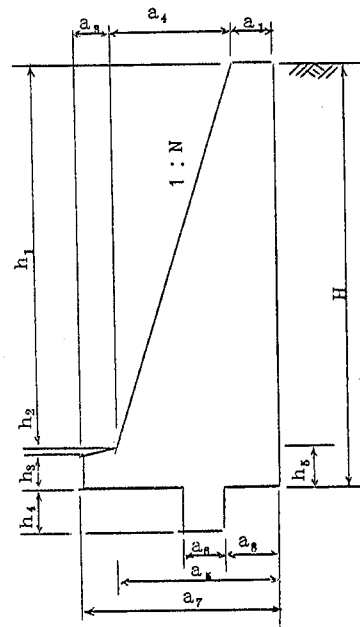
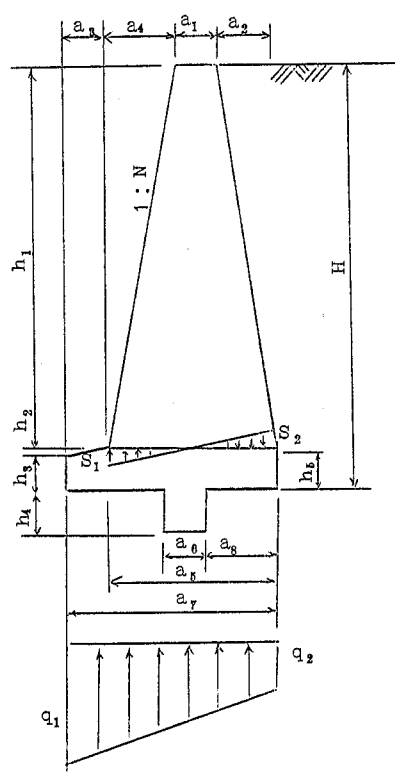


図-8-8-B 各部記号(背面盛土)

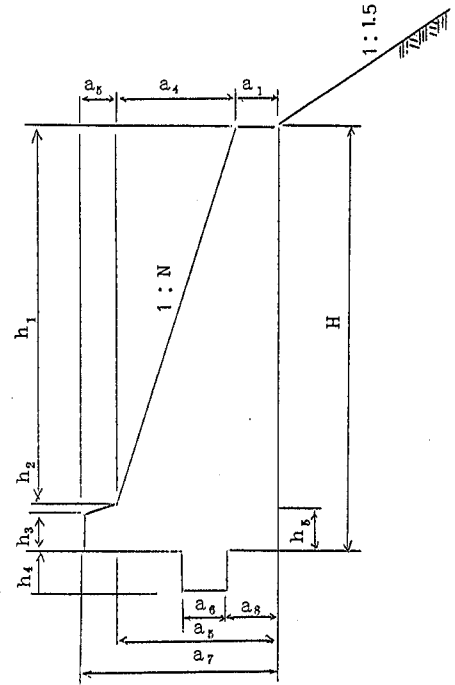
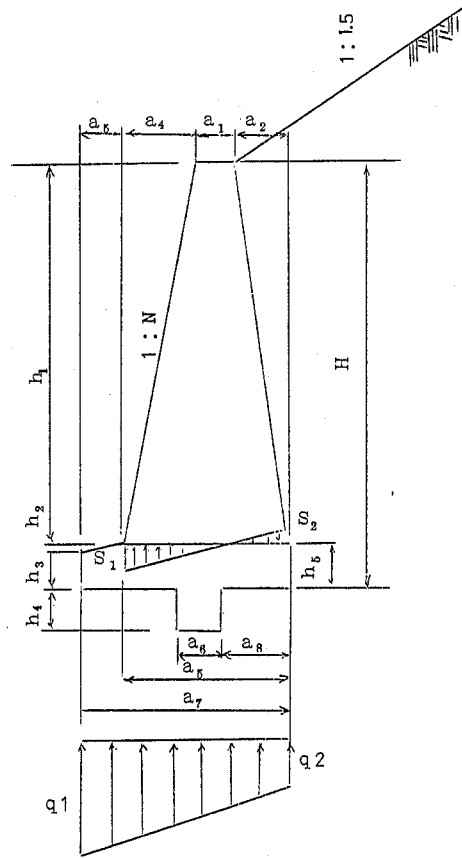
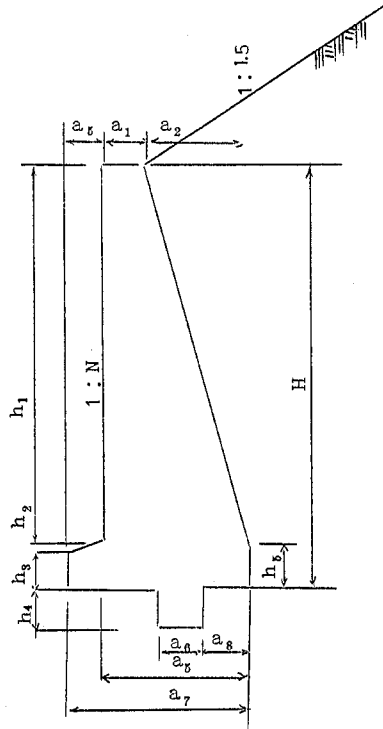


表-8-6 各部寸法(背面水平、標準設計)

(単位: mm)

条 件	H	N	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	a ₈	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	h ₅
3Hsa	3000	0.00	350	950	300	0	1300	300	1600	650	2650	50	300	300	350
	3000	0.42	350	0	300	1113	1450	300	1750	725	2650	50	300	300	350
3HSb	3400	0.00	350	1100	300	0	1450	300	1750	725	2650	50	300	300	350
	3000	0.48	350	0	300	1272	1600	300	1900	800	2650	50	300	400	350
3Hsc	3000	0.00	350	1300	300	0	1650	300	1950	725	2650	50	300	300	350
	3000	0.57	350	0	300	1510	1850	300	2150	925	2650	50	300	550	350
4Hsa	4000	0.00	350	1350	400	0	1700	300	2100	900	3400	100	500	300	600
	4000	0.43	350	0	400	1462	1800	300	2200	950	3400	100	500	350	600
4HSb	4000	0.00	350	1500	400	0	1850	300	2250	975	3400	100	500	300	600
	4000	0.49	350	0	400	1666	2000	300	2400	1050	3400	100	500	450	600
4Hsc	4000	0.00	350	1750	400	0	2100	300	2500	1100	3400	100	500	400	600
	4000	0.56	350	0	400	1904	2250	300	2650	1175	3400	100	500	650	600

N: 壁前面勾配

(上段 壁前面垂直
下段 壁背面垂直

表-8-7 各部寸法(背面水平、標準設計)

(单位: mm)

条 件	H	N	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	a ₈	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	h ₅
5HSa	5000	0.00	350	1700	500	0	2050	350	2500	1100	4400	100	500	300	600
	5000	0.43	350	0	500	1892	2200	350	2700	1175	4400	100	500	400	600
5HSb	5000	0.00	350	1950	500	0	2300	350	2800	1225	4400	100	500	350	600
	5000	0.47	350	0	500	2068	2400	350	2900	1275	4400	100	500	550	600
5HSc	5000	0.00	350	2250	500	0	2600	400	3100	1350	4400	100	500	450	600
	5000	0.55	350	0	500	2420	2750	450	3250	1400	4400	100	500	800	600
6HSa	6000	0.00	350	2050	600	0	2400	400	3000	1300	5400	100	500	300	600
	6000	0.41	350	0	600	2214	2550	450	3150	1350	5400	100	500	500	600
6HSb	6000	0.00	350	2350	600	0	2700	450	3300	1425	5400	100	500	400	600
	6000	0.47	350	0	600	2538	2850	500	3450	1475	5400	100	500	700	600
6HSc	6000	0.00	350	2700	600	0	3050	500	3650	1550	5400	100	500	550	600

N: 壁前面勾配

(上段 壁前面垂直
下段 壁背面垂直)

表-8-8 各数量と安全率(背面水平、標準設計)

条 件	(m)	(m ²)	地 盤 反 力		応 力		安 全 率		土 圧 (t)		SS (Kg/cm ²)
	コンクリート	型 枠	q ₁ (t/m ²)	q ₂ (t/m ²)	S ₁ (Kg/cm ²)	S ₂ (Kg/cm ²)	滑 動	転 倒	P	P _i	Fu (t)
3 H S a	2.829	6.715	12.607	0.138	1.697	-0.360	3.678	1.669	3.402	2.771	3.563
	2.739	6.115	12.475	0.006			1.467	2.342			1.812
	3.080	6.774	7.833	0.384	0.860	-0.093	2.348	1.682	3.402	2.771	2.225
	2.990	6.174	7.712	0.263			1.026	2.059			3.315
3 H S b	3.080	6.769	12.821	0.147	1.650	-0.310	2.782	2.391	4.009	3.266	3.059
	2.990	6.169	12.700	0.026			1.389	1.878			2.451
	3.361	7.040	7.914	0.314	0.826	-0.078	2.235	1.585	4.009	3.266	2.526
	3.241	6.240	7.766	0.165			0.940	2.041			4.251
3 H S c	3.415	6.852	13.006	0.205	1.596	-0.252	2.083	2.066	4.860	3.959	2.644
	3.325	6.252	12.897	0.097			1.303	2.463			3.385
	3.825	7.450	7.609	0.717	0.746	-0.009	2.118	1.570	4.860	3.959	0.350
	3.600	6.350	7.428	0.536			0.881	2.155			5.439
4 H S a	4.815	8.758	15.997	0.448	2.010	-0.346	2.954	1.999	5.543	4.198	4.480
	4.725	8.158	15.896	0.348			1.538	2.452			1.727
	5.060	8.901	10.639	0.122	1.045	-0.096	2.219	1.682	5.543	4.198	3.453
	4.955	8.201	10.562	0.010			1.045	2.013			5.292
4 H S b	5.160	8.816	16.643	0.016	2.010	-0.343	2.257	2.058	6.534	4.948	3.912
	5.077	8.216	16.549	-0.078			1.478	2.397			3.803
	5.550	9.186	10.648	0.161	0.993	-0.061	2.047	1.643	6.534	4.948	3.759
	5.415	8.286	10.516	0.029			0.968	2.025			6.741
4 H S c	5.765	9.124	16.951	0.061	1.948	-0.280	2.139	2.024	7.920	5.998	4.530
	5.645	9.324	16.838	-0.051			1.325	2.453			5.548
	6.185	9.700	10.726	0.230	0.948	-0.026	2.063	1.516	7.920	5.998	4.672
	5.990	8.397	10.553	0.057			0.888	2.040			8.810

上段 壁前面垂直 キイあり SS : キイ応力度
 " " " キイなし Fu : 不足水平抵抗力
 下段 壁背面垂直 キイあり
 " " " キイなし

表-8-9 各数量と安全率(背面水平、標準設計)

条 件	(m^3) コンクリート	(m^2) 型 枠	地 盤 反 力		応 力		安 全 率		土 圧 (t)		SS(Kg/cm^2) Fu (t)
			$q_1(t/m^2)$	$q_2(t/m^2)$	$S_1(Kg/cm^2)$	$S_2(Kg/cm^2)$	滑 動	転 倒	P	P_1	
5 HS a	6.890	10.817	19.432	0.346			2.495	2.097			4.643
	6.785	10.210	19.335	0.250	2.667	-0.576	1.525	2.412	8.190	6.542	3.894
	7.345	11.096	12.344	0.276			2.022	1.719			3.928
	7.205	10.290	12.222	0.154	1.362	-0.183	1.020	2.000	8.190	6.542	8.025
5 HS b	7.608	11.013	19.708	0.457			2.165	2.159			4.649
	7.485	10.313	19.605	0.355	2.573	-0.481	1.448	2.479	9.652	7.710	5.333
	7.958	11.462	12.752	0.079			2.009	1.604			4.698
	7.765	10.362	12.596	-0.097	1.348	-0.171	0.940	1.972	9.652	7.710	10.229
5 HS c	8.505	11.342	20.188	0.414			2.017	2.141			4.587
	8.325	10.442	20.051	0.278	2.503	-0.411	1.347	2.518	11.700	9.346	7.644
	9.105	12.122	12.559	0.542			2.064	1.529			4.551
	8.745	10.522	12.299	0.282	1.241	-0.083	0.874	2.041	11.700	9.346	13.178
6 HS a	9.315	12.876	22.801	0.279			2.176	2.158			4.754
	9.195	12.276	22.707	0.185	3.323	-0.808	1.514	2.388	11.340	9.390	5.510
	9.915	13.336	14.511	0.227			2.128	1.959			4.500
	9.690	12.336	14.343	0.060	1.751	-0.315	1.000	1.656	11.340	9.390	4.338
6 HS b	10.365	13.189	23.120	0.487			2.122	2.165			4.862
	10.185	12.389	22.992	0.359	3.192	-0.667	1.441	2.464	13.365	11.066	7.465
	11.030	13.867	14.474	0.415			2.130	1.580			4.817
	10.680	12.467	14.235	0.177	1.646	-0.238	0.950	1.984	13.365	11.066	14.299
6 HS c	11.643	13.634	23.750	0.429			2.101	2.102			4.826
	11.340	12.537	23.555	0.234	3.104	-0.590	1.340	2.497	16.200	10.692	10.692

上段 壁前面垂直 キイあり SS:キイ応力度
 〃 キイなし Fu:不足水平抵抗力
 下段 壁背面垂直 キイあり
 〃 キイなし

表-8-10 各部寸法(背面水平、くさび法)

(単位: mm)

	H	N	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	a ₈	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	h ₅
3H ^W / _a	3000	0.00	350	900	300	0	1250	300	1550	625	2650	50	300	300	350
	3000	0.40	350	0	300	1060	1400	300	1700	700	2650	50	300	300	350
3H ^W / _b	3000	0.00	350	1000	300	0	1350	300	1650	675	2650	50	300	300	350
	3000	0.44	350	0	300	1166	1500	300	1800	750	2650	50	300	300	350
3H ^W / _c	3000	0.00	350	1150	300	0	1500	300	1800	750	2650	50	300	300	350
	3000	0.50	350	0	300	1325	1650	300	1950	725	2650	50	300	350	350
4HW _a	4000	0.00	350	1250	400	0	1600	300	2000	850	3400	100	500	300	600
	4000	0.42	350	0	400	1428	1750	300	2150	925	3400	100	500	300	600
4HW _b	4000	0.00	350	1400	400	0	1750	300	2150	925	3400	100	500	300	600
	4000	0.46	350	0	400	1564	1900	300	2300	1000	3400	100	500	350	600
4HW _c	4000	0.00	350	1600	400	0	1950	300	2350	1025	3400	100	500	300	600
	4000	0.52	350	0	400	1768	2100	300	2500	1100	3400	100	500	450	600

N: 壁前面勾配

(上段 壁前面垂直

下段 壁背面垂直

表-8-11 各部寸法 (背面水平, くさび法)

(単位: mm)

条 件	H	N	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	h1	h2	h3	h4	h5
5HWa	5000	0.00	350	1650	500	0	2000	350	2500	1075	4400	100	500	300	600
	5000	0.40	350	0	500	1760	2100	350	2600	1125	4400	100	500	350	600
5HWb	5000	0.00	350	1750	500	0	2100	300	2600	1150	4400	100	500	300	600
	5000	0.45	350	0	500	1980	2300	300	2800	1250	4400	100	500	450	600
5HWc	5000	0.00	350	2000	500	0	2350	300	2850	1275	4400	100	500	350	600
	5000	0.49	350	0	500	2156	2500	350	3000	1325	4400	100	500	600	600
6HWa	6000	0.00	350	2050	600	0	2400	400	3000	1300	5400	100	500	300	600
	6000	0.39	350	0	600	2106	2450	400	3050	1325	5400	100	500	400	600
6HWb	6000	0.00	350	2150	600	0	2500	350	3100	1375	5400	100	500	300	600
	6000	0.43	350	0	600	2322	2650	400	3250	1425	5400	100	500	500	600
6HWc	6000	0.00	350	2450	600	0	2800	400	3400	1500	5400	100	500	400	600
	6000	0.49	350	0	600	2646	2930	450	3550	1550	5400	100	500	700	600

N : 壁前面勾配

上段 壁前面垂直

下段 壁背面垂直

表-8-12 各数量と安全率(背面水平,くさび法)

条件	コンクリート (m³)	型枠 (m²)	地盤反力		応力		安全率		SS (kg/cm²)	土圧 (t)			
			q1 (t/m²)	q2 (t/m²)	S1 (kg/cm²)	S2 (kg/cm²)	滑動	転倒	Fu (t)	Pw-P-p0	P1	P2	P3
3HWa	2.745	6.699	12.804	0.130	1.725	-0.390	4.721	1.683	3.625	2.687	1.158	1.202	0.326
	2.655	6.098	12.667	-0.006			1.826	2.394	0.468				
	2.996	6.754	8.088	0.400	0.880	-0.107	3.065	2.695	2.301	2.687	1.158	1.202	0.326
	2.906	6.154	7.963	0.276			1.303	2.128	1.871				
3HWb	2.913	6.732	12.955	0.085	1.699	-0.362	3.804	1.818	3.191	3.038	1.200	1.449	0.367
	2.823	6.132	12.867	-0.044			1.754	2.411	0.743				
	3.163	6.795	8.151	0.278	0.863	-0.103	2.444	1.758	2.007	3.038	1.200	1.449	0.367
	3.074	6.195	8.034	0.160			1.223	2.098	2.345				
3HWc	3.164	6.789	13.217	0.051	1.663	-0.322	2.845	1.988	2.683	3.702	1.259	1.847	0.441
	3.074	6.189	13.099	-0.066			1.653	2.443	1.230				
	3.343	6.963	8.296	0.129	0.839	-0.095	2.054	1.746	1.692	3.702	1.259	1.847	0.441
	3.325	6.263	8.169	0.002			1.123	2.068	3.111				
4HWa	4.585	8.723	16.346	0.153	2.106	-0.443	3.683	1.924	4.565	4.469	1.803	1.887	0.779
	4.495	8.123	16.240	0.047			1.822	2.408	0.794				
	4.930	8.778	10.620	0.239	1.064	-0.119	2.430	1.796	2.967	4.469	1.803	1.887	0.779
	4.840	8.188	10.521	0.140			1.282	2.076	3.206				
4HWb	4.930	8.777	16.426	0.290	2.064	-0.382	2.983	2.073	3.993	5.040	1.858	2.285	0.876
	4.840	8.177	16.328	0.192			1.769	2.473	1.158				
	5.290	8.943	10.611	0.360	1.022	-0.082	2.223	1.814	3.014	5.040	1.858	2.285	0.876
	5.185	8.243	10.504	0.252			1.232	2.110	3.853				
4HWc	5.390	8.858	16.693	0.273	1.997	-0.331	2.256	2.213	3.358	5.960	1.938	2.924	1.044
	5.300	8.258	16.603	0.183			1.670	2.513	1.949				
	5.780	9.232	10.789	0.267	0.986	-0.061	2.435	1.767	3.256	5.960	1.938	2.924	1.044
	5.645	8.332	10.662	0.141			1.143	2.104	5.059				

上段 壁前面垂直 キイあり SS : キイ応力度
 " " " Fu : 不足水平抵抗力
 下段 壁背面垂直 キイあり Po : 0.143t
 " " " キイなし

表-8-13 各数量と安全率(背面水平,くさび法)

条 件	コンクリ -ト(m³)	型 枠(m²)	地 盤 反 力		応 力		安 全 率		SS(Kg/cm²)	土 圧 (t)			
			q1(t/m²)	q2(t/m²)	S1(Kg/cm²)	S2(Kg/cm²)	滑 動 転 倒	Fu(t)	Fu(t)	Pw=P-P0	P1	P2	P3
5HWa	6.750	10.799	19.141	0.755			3.059	2.160	4.603				
	6.645	10.192	19.042	0.657	2.673	-0.582	1.846	2.509	1.027	6.670	2.577	3.109	0.984
	7.048	10.939	12.664	0.256			2.270	1.782	3.530				
	6.925	10.239	12.553	0.146	1.434	-0.833	1.238	2.030	5.085	6.670	2.577	3.109	0.984
5HWb	7.015	10.835	19.912	0.079			2.451	2.135	4.785				
	6.925	10.235	19.831	-0.002	2.718	-0.627	1.720	2.407	2.097	7.514	2.645	3.740	1.107
	7.620	11.225	12.463	0.440			2.200	1.760	4.521				
	7.485	10.325	12.350	0.327	1.349	-0.172	1.184	2.070	1.111	7.514	2.645	3.740	1.107
5HWc	7.730	11.033	20.265	0.108			2.109	2.190	4.708				
	7.625	10.332	20.178	0.021	2.634	-0.542	1.632	2.460	3.243	8.873	2.745	4.753	1.320
	8.255	11.600	13.166	0.025			2.145	1.649	4.511				
	8.045	10.400	13.001	-0.090	0.350	-0.174	1.098	2.026	7.952	8.873	2.745	4.753	1.320
6HWa	9.315	12.876	21.909	1.359			2.651	2.323	4.631				
	9.195	12.276	21.815	1.265	3.228	-0.713	1.863	2.585	1.270	9.290	3.480	4.624	1.186
	9.520	13.096	14.622	0.210			2.157	1.766	4.081				
	9.360	12.296	14.559	0.087	1.807	-0.360	1.208	1.991	7.412	9.290	3.480	4.624	1.186
6HWb	9.630	12.913	22.986	0.387			2.144	2.246	4.748				
	9.525	12.312	22.906	0.308	3.310	-0.795	1.724	2.446	2.385	10.459	3.562	5.540	1.336
	10.220	13.378	14.851	0.154			2.088	1.727	4.474				
	10.020	12.378	14.686	0.009	1.744	-0.318	1.144	1.994	8.935	10.459	3.562	5.540	1.336
6HWc	10.675	13.229	20.265	0.108			2.107	2.190	4.708				
	10.515	13.433	20.179	0.022	2.634	0.022	1.632	2.460	3.243	12.343	3.682	2.011	1.593
	11.325	13.914	15.148	0.102			2.084	1.649	4.726				
	11.010	12.514		-0.107	1.659	-0.258	1.074	2.006	11.408	12.343	3.682	2.011	1.593

上段 壁前面垂直 キイあり SS : キイ応力度
 " " なし Fu : 不足水平抵抗力
 下段 壁背面垂直 " あり Po : 0.143t
 " " なし

表-8-14 各部寸法 (背面盛土, 標準設計)

(单位: mm)

条 件	H	N	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	h1	h2	h3	h4	h5
3HSa	3000	0.00	350	1100	300	0	1450	300	1750	725	2650	50	300	300	350
	3000	0.33	350	0	300	875	1200	300	1500	600	2650	50	300	300	350
4HSa	4000	0.00	350	1650	400	0	2000	450	2400	975	3400	100	500	350	600
	4000	0.37	350	0	400	1260	1600	300	2000	850	3400	100	500	350	600
5HSa	5000	0.00	350	2200	500	0	2550	750	3050	1150	4400	100	500	450	600
	5000	0.38	350	0	500	1670	2000	450	2500	1025	4400	100	500	500	600
6HSa	6000	0.00	350	2750	600	0	3100	1200	3700	1250	5400	100	500	600	600
	6000	0.39	350	0	600	2106	2450	850	3050	1100	5400	100	500	700	600

N: 壁前面垂直

上段 壁前面垂直

下段 壁背面垂直

表-8-15 各数量と安全率 (背面盛土, 標準設計)

条 件	コンクリ ート (m³)	型 枠 (m²)	地 盤 反 力		応 力		安 全 率		SS (Kg/cm²) Fu (t)	土 圧 (水 平) t		土 圧 (垂 直) t	
			q1 (t/m²)	q2 (t/m²)	S1 (Kg/cm²)	S2 (Kg/cm²)	滑 動	転 倒		P _H	P _H ¹	P _V	P _V ¹
3Hsa	3.080	6.770	1.578	-0.019	1.996	-0.380	2.413	1.602	4.535	6.648	5.460	3.387	2.782
	2.990	6.170	1.566	-0.007			0.780	1.997	8.109				
	2.661	6.691	0.830	0.204	0.972	0.104	2.315	1.755	2.604	4.246	3.309	2.163	1.686
	2.571	6.091	0.816	0.270			0.705	2.242	5.501				
4Hsa	5.572	8.979	2.150	-0.025	2.479	-0.380	2.128	1.696	4.828	12.407	9.659	6.320	4.921
	5.415	8.279	2.135	-0.009			0.782	2.001	15.109				
	4.500	8.885	1.145	0.321	1.143	0.177	2.033	1.796	4.088	7.612	5.497	3.878	2.800
	4.495	8.125	1.133	0.309			0.692	2.176	9.954				
5Hsa	8.522	11.319	2.702	-0.040	3.338	-0.595	2.207	1.587	4.768	19.947	16.417	10.162	8.364
	8.185	10.419	2.676	-0.014			0.773	2.003	24.469				
	6.870	11.207	1.384	0.383	1.569	0.104	2.219	1.682	4.734	11.855	9.173	6.039	4.673
	6.645	10.207	1.364	0.362			0.655	2.137	15.946				
6Hsa	12.225	13.760	3.263	-0.064	4.202	-0.815	2.486	1.634	4.918	29.269	24.957	14.911	12.714
	11.505	12.559	3.217	-0.017			0.768	2.012	36.069				
	9.585	13.478	1.653	0.431	2.402	-0.001	2.212	1.656	4.713	17.164	13.902	8.744	7.082
	9.195	12.277	1.622	0.401			0.629	2.099	23.529				

上段 壁前面垂直 キイあり SS : キイ応力度
 " キイなし FU : 不足水平抵抗力
 下段 壁背面垂直 キイあり
 " キイなし

表-8-16 各部寸法 (背面盛土, くさび法)

(単位: mm)

条 件	H	N	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	h1	h2	h3	h4	h5
3HWa	3000	0.00	350	750	300	0	1100	300	1400	550	2650	50	300	300	350
	3000	0.21	350	0	300	556	900	300	1200	450	2650	50	300	300	350
4HWa	4000	0.00	350	1150	400	0	1500	300	1900	800	3400	100	300	300	600
	4000	0.24	350	0	400	816	1150	300	1550	625	3400	100	300	300	600
5HWa	5000	0.00	350	1500	500	0	1850	400	2350	975	4400	100	300	300	600
	5000	0.24	350	0	500	1056	1400	300	1900	800	4400	100	300	300	600
5HWa	6000	0.00	350	1950	600	0	2300	450	2900	1225	5400	100	300	300	600
	6000	0.25	350	0	600	1350	1700	300	2300	1000	5400	100	300	300	600

N : 壁前面勾配

上段 壁前面垂直

下段 壁背面垂直

表-8-17 各数量と安全率 (背面盛土, くさび法)

条 件	コンクリート (m³)	型 枠 (m²)	地 盤 反 力		応 力		安 全 率		SS (Kg/cm²)	土 圧 Po
			q1 (t/m²)	q2 (t/m²)	S1 (Kg/cm²)	S2 (Kg/cm²)	滑 動	転 倒		
3HWa	2.493	6.654	1.183	-0.069	1.773	-0.451	5.018	1.564	3.482	2.622
	2.403	6.054	1.167	-0.054			1.602	2.307	0.966	
	2.158	6.609	0.768	0.174	1.135	-0.174	4.747	1.502	2.369	1.921
	2.069	6.008	0.750	0.153			1.362	2.261	1.135	
4HWa	4.355	8.689	1.661	-0.022	2.297	-0.587	3.772	1.758	4.754	4.862
	4.265	8.089	1.650	-0.011			1.591	0.196	1.842	
	3.550	8.597	1.139	-0.062	1.513	-0.347	3.724	1.535	3.329	3.407
	3.460	7.997	1.125	-0.048			1.280	1.981	2.274	
5HWa	6.345	10.749	2.068	-0.016	3.075	-0.857	3.090	1.862	4.450	7.706
	6.222	10.149	2.056	-0.004			1.537	2.160	3.305	
	5.055	10.625	1.390	-0.025	2.069	-0.602	2.882	1.592	3.983	5.343
	4.965	10.025	1.1379	-0.014			1.177	1.882	4.074	
6HWa	9.000	12.841	2.406	-0.097	3.700	-0.972	2.576	2.023	4.670	11.408
	8.865	12.241	2.395	-0.086			1.544	2.238	4.809	
	6.975	12.666	1.565	-0.060	2.479	-0.730	2.322	1.687	4.470	7.707
	6.885	12.066	1.555	-0.050			2.134	1.891	6.176	

上段

壁前面垂直

キイあり

" なし

下段

壁背面垂直

キイあり

" なし

SS : キイ応力度

Fu : 不足水平抵抗

抗力

条 件	水 平 土 圧 (t)			垂 直 土 圧 (t)		
	PH1	PH3	PwH	Pv1	Pv2	PwV
3HWa	0.007	2.420	2.427	0.002	0.776	0.778
	0.005	1.724	1.179	0.002	0.568	0.570
4HWa	0.013	4.492	4.505	0.004	1.438	1.442
	0.009	3.149	3.158	0.003	1.008	1.111
5HWa	0.021	7.111	7.132	0.006	2.279	2.285
	0.014	4.934	4.938	0.004	1.580	1.584
6HWa	0.003	10.522	10.525	0.009	3.374	3.383
	0.020	7.112	7.132	0.006	2.279	2.285

{ 上段 壁前面垂直
下段 壁背面垂直

表-8-18 標準設計とくさび法との数量比 (背面水平)

条 件	土 圧 (t)		$\frac{P_w}{P_s}$	コンクリート (m³)		$\frac{CV_w}{CV_s}$	型 枠 (m²)		$\frac{MOLD_w}{MOLD_s}$
	Pw	Ps		CVw	CVs		MOLDw	MOLDs	
3H a	2.687	3.402	0.790	2.745	2.829	0.970	6.699	6.715	0.998
				2.655	2.739	0.969	6.098	6.115	0.997
	"	"	"	2.996	3.080	0.973	6.754	6.774	0.997
				2.906	2.990	0.972	6.154	6.174	0.997
3H b	3.038	4.009	0.758	2.913	3.080	0.946	6.732	6.769	0.995
				2.823	2.990	0.944	6.132	6.169	0.994
	"	"	"	3.163	3.361	0.941	6.795	7.040	0.965
				3.074	3.241	0.948	6.195	6.240	0.993
3H c	3.702	4.860	0.762	3.164	3.415	0.927	6.789	6.852	0.991
				3.074	3.325	0.925	6.189	6.252	0.990
	"	"	"	3.343	3.825	0.874	6.963	7.450	0.935
				3.325	3.600	0.924	6.263	6.350	0.986
4H a	4.469	5.543	0.806	4.585	4.815	0.952	8.723	8.758	0.996
				4.495	4.725	0.951	8.123	8.158	0.996
	"	"	"	4.930	5.060		8.788	8.901	0.987
				4.840	4.955	0.977	8.188	8.201	0.998
4H b	5.040	6.534	0.772	4.930	5.160	0.955	8.777	8.816	0.996
				4.840	5.077	0.953	8.177	8.216	0.995
	"	"	"	5.290	5.550	0.953	8.943	9.186	0.974
				5.185	5.415	0.958	8.243	8.286	0.995
4H a	5.960	7.920	0.753	5.390	5.765	0.935	8.858	9.124	0.971
				5.300	5.645	0.939	8.258	8.324	0.992
	"	"	"	5.780	6.185	0.935	9.232	9.700	0.952
				5.645	5.990	0.942	8.332	8.397	0.992

上段段 壁前面垂直 キイあり
 " " " なし
 下 段 壁背面垂直 " あり
 " " " なし

表-8-19 標準設計とくさび法との数量比 (背面水平)

条 件	土 圧 (t)		$\frac{P_w}{P_s}$	コンクリート量 (m³)		$\frac{CV_w}{CV_s}$	型 枠 (m²)		$\frac{MOLD_w}{MOLD_s}$
	Pw	Ps		CVw	CVs		MOLDw	MOLDs	
5H a	6.670	8.190	0.814	6.750	6.890	0.980	10.799	10.817	0.998
				6.645	6.785	0.979	10.192	10.210	0.998
	"	"	"	7.048	7.345	0.960	10.939	11.090	0.986
				6.925	7.205	0.961	10.239	10.290	0.995
5H b	7.514	9.652	0.778	7.015	7.608	0.922	10.835	11.013	0.983
				6.925	7.485	0.925	10.235	10.313	0.992
	"	"	"	7.620	7.958	0.958	11.235	11.462	0.980
				7.485	7.765	0.963	10.325	10.362	0.996
5H c	8.873	11.700	0.758	7.730	8.505	0.904	11.033	11.342	0.972
				7.625	8.325	0.916	10.332	10.442	0.989
	"	"	"	8.255	9.105	0.907	11.600	12.122	0.957
				8.045	8.745	0.920	10.400	10.522	0.989
6H a	9.290	11.340	0.819	9.315	9.315	1.000	12.876	12.876	1.000
				9.195	9.195	1.000	12.276	12.276	1.000
	"	"	"	9.520	9.915	0.960	13.096	13.336	0.982
				9.360	9.690	0.966	12.296	12.336	0.996
6H b	10.459	13.365	0.782	9.630	10.365	0.929	12.913	13.189	0.979
				9.525	10.185	0.935	12.312	12.389	0.994
	"	"	"	10.220	11.030	0.927	13.378	13.867	0.965
				10.020	10.680	0.938	12.378	12.467	0.993
6H c	12.343	16.200	0.762	10.675	11.643	0.664	13.229	13.634	0.809
				10.515	11.340	0.672	13.430	12.537	0.824

{ 上段 壁前面垂直 キイあり
 " " " なし
 { 下段 壁背面垂直 " あり
 " " " なし

表-8-20 標準設計とくさび法の数量比(背面盛土)

条 件	土圧(水平)(t)		PwH	土圧(垂直)(t)		PwV	コンクリート(m³)		CVw	型 枠 (m²)		MOLDw
	PwH	PsH	PsH	PwV	PsV	PsV	CVw	CVs	CVs	MOLDw	MOLDs	MOLDs
3Ha							2.493	3.080	0.809	6.654	6.770	0.983
	2.427	6.648	0.365	0.778	3.387	0.230	2.403	2.990	0.804	6.054	6.170	0.981
							2.158	2.661	0.811	6.609	6.691	0.988
	1.179	4.246	0.278	0.570	2.163	0.264	2.069	2.571	0.805	6.008	6.091	0.986
4Ha							4.355	5.572	0.782	8.689	8.979	0.968
	4.505	12.407	0.363	1.442	6.320	0.228	4.265	5.415	0.788	8.089	8.279	0.977
							3.550	4.600	0.772	8.597	8.825	0.974
	3.158	7.612	0.415	1.111	3.878	0.286	3.460	4.495	0.770	7.997	8.125	0.984
5Ha							6.345	8.522	0.745	10.749	11.319	0.950
	7.132	19.947	0.358	2.285	10.152	0.225	6.222	8.185	0.760	10.149	10.419	0.974
							5.055	6.870	0.736	10.625	11.207	0.948
	4.938	11.855	0.417	1.584	6.039	0.262	4.965	6.645	0.747	10.025	10.207	0.982
6Ha							9.000	12.225	0.736	10.841	13.760	0.933
	10.525	29.269	0.340	3.383	14.911	0.227	8.865	11.505	0.771	10.241	12.559	0.975
							6.975	9.585	0.699	12.666	13.478	0.940
	7.132	17.164	0.415	2.285	8.744	0.261	6.885	9.195	0.749	12.066	12.277	0.983

{ 上段 壁前面垂直
 { 下段 壁背面垂直

図-8-9 高さによる数量の増加(背面水平)

土の種類(a)

- 標準設計 前面垂直
 X—X くさび法 "
 △—△ 標準設計 背面垂直
 □—□ くさび法 "

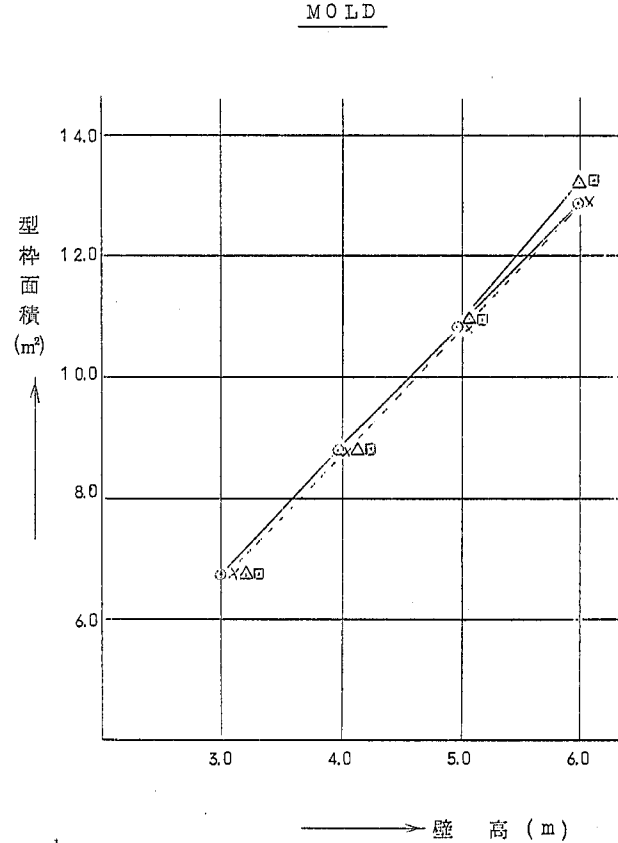
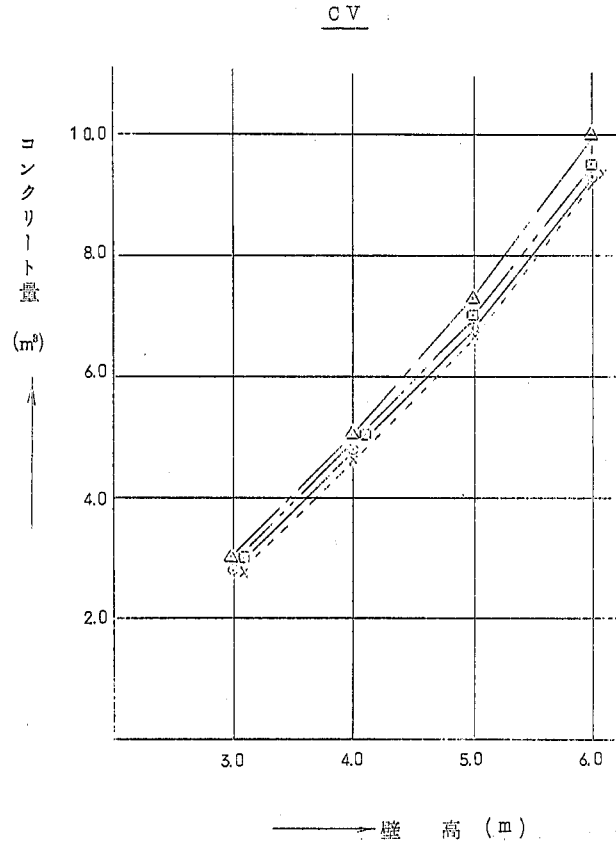


図-8-10 高さによる数量の増加(背面水平)

土の種類(b)

- 標準設計・前面垂直
- ×—× くさび法 "
- △—△ 標準設計 背面垂直
- くさび法 "

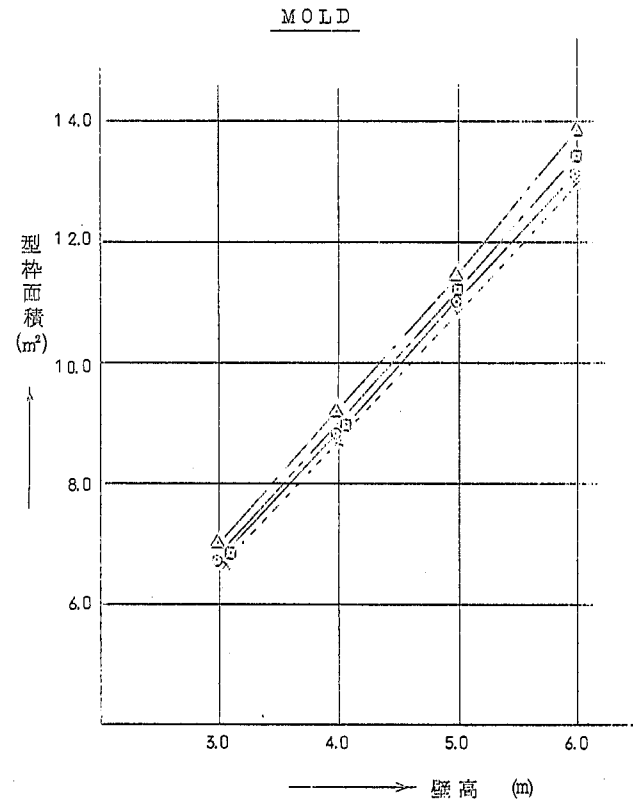
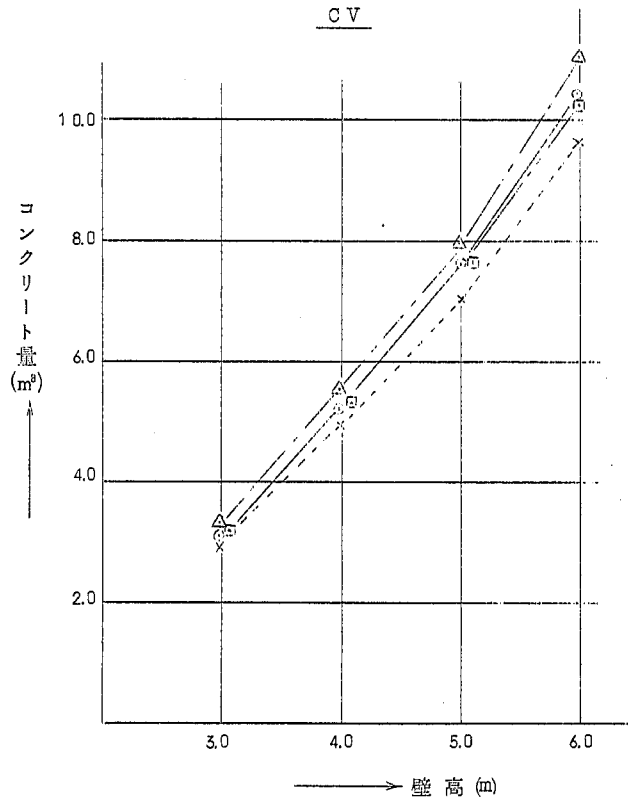
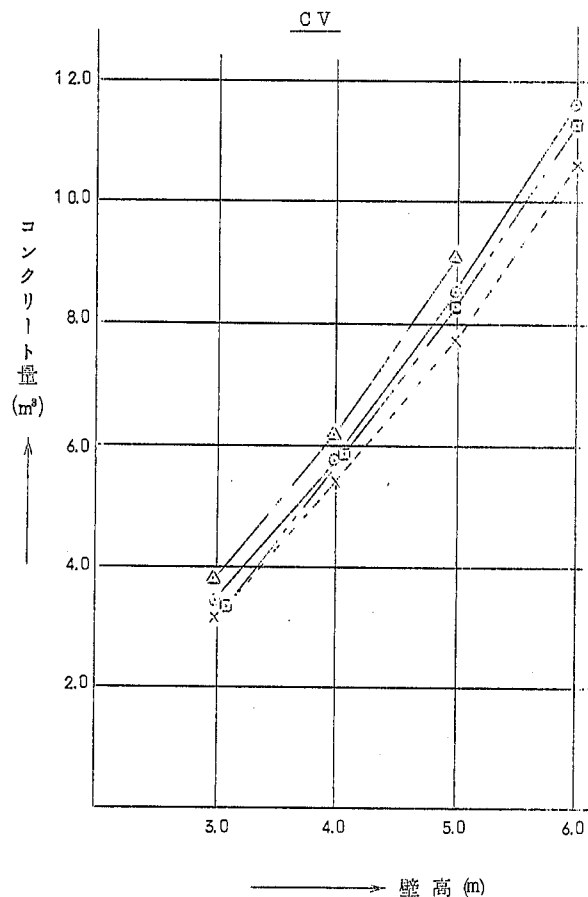


図-8-11 高さによる数量の増加 (背面水平)



土の種類 (c)

○ — 標準設計 前面垂直
 × — くさび法 " "
 △ — 標準設計 背面垂直
 □ — くさび法 " "

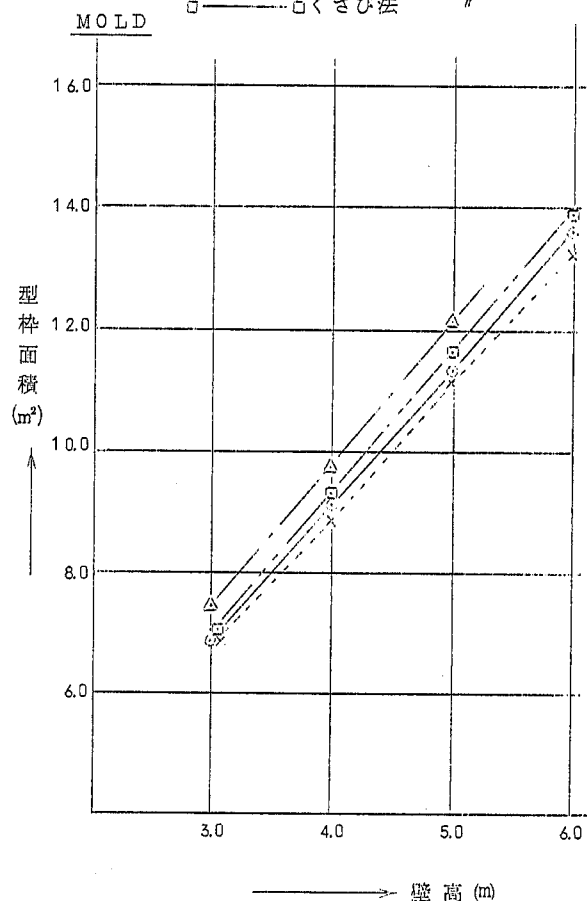


図-8-12 高さによる数量の増加(背面盛土)

土の種類(a)

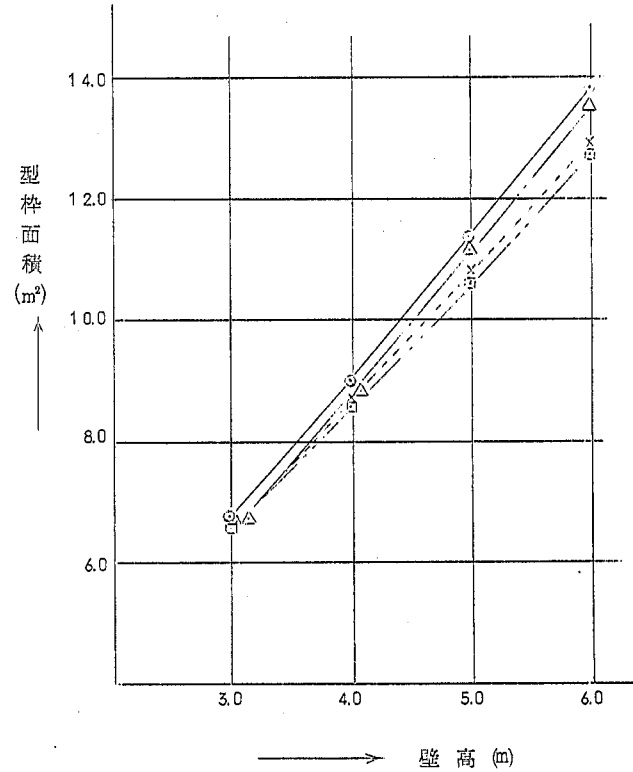
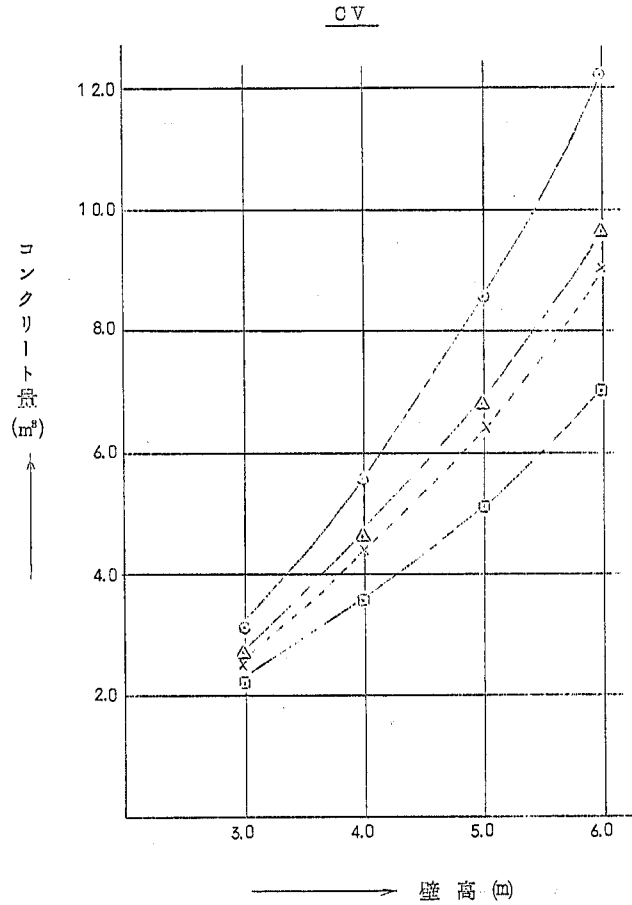
○—○ 標準設計 前面垂直

×—× くさび法 "

△—△ 標準設計 背面垂直

□—□ くさび法 "

MOLD



第九章 考 察

1. くさび法による裏込有限の土圧

図-7-1-2の(a)と(b)のような、破壊面が裏込め内にできるクーロンの主働状態と地山の堀削面が裏込めの破壊面を越えてすべり面に相当する場合、土圧の減少は、内部摩擦角 ϕ が 25° の時(図-7-2-1の状態)で表-7-2-2, 表-7-2-3, 図-7-2-4に示すように、地表面勾配 i が 0° , 即ち地表面水平の時は安定した地山がすべり面に相当する 75° の時の土圧 P_{75} , クーロンの主働状態が半無限土塊の時の土圧 P_c にくらべて P_{75} はクーロンの土圧 P_c の約 80% である。又同じ状態で地表面勾配 i が 10° , 20° と大きくなるにつれクーロンの土圧 P_c の約 75% , 65% と減少する。

内部摩擦角 ϕ が大きく 35° の時クーロンの土圧 P_c とすべり面が地山の 75° に相当する時の土圧 P_{75} 割合は地表面勾配 i が 0° , 10° , 20° , 30° の時表-7-2-3~表-7-2-5と図-7-2-5に示すようにそれぞれ約 83% , 79% , 73% , 61% となる。これらは壁と裏込めとの摩擦角 δ が 0° の時であつたが δ が土の内部摩擦角 ϕ に等しいとした時の P_c に対する減少の割合は表-7-2-5~表-7-2-7と図-7-2-3に示すようにクーロン土圧 P_c に対し地表面勾配 i が 0° , 10° , 20° の時($\phi=25^\circ$, $\delta=25^\circ$), それぞれ約 64% , 57% , 45% と減少する。上に述べた事は圧力の分布が深さに対し一次比例するものとされたものであり(ハンチントン法によれば途中分布形がかわるが)壁の移動による土圧の減少の考慮はされていない。

2. 標準設計とくさび法による断面比較

壁の移動による土圧の分布の変化と土圧の減少について参考資料や第7章に述べられているが、ここでは裏込め有限の時の土圧をくさび法で求めハンチントン法による土圧分布形とした時と標準設計との重力式擁壁の比較について述べる。

地表面水平の時、土圧が標準設計にくらべて各高さ約 20% の減少があつても(表-8-18, 表-8-19)コンクリート量(CV), 型枠面積(MOLD)は、標準設計の約 99% でわずか 1% 弱の減少にすぎない。型枠面積については断面が変化してもそれ程大きく変化するものでないからこれはうなづけるがコンクリート量(CV)は、土圧の減少が8章について述べたように差程大きく減少してないからわずか 1% 弱にすぎなかつたのである。キイのない場合も同じである。

背面盛土(地表面勾配がある時)表-3-8-20に示してあるようにコンクリート量(CV)の減少は高さ 3m から 6m において標準設計の 20% から 30% の減少がありキイのない時も同じような減少割合である。この時不足水平抵抗は大幅に減少する。型枠面積の減少は盛土の時も差程かわらない。このコンクリート量の減少は3章の3-4について述べたように土圧が減少するからである。

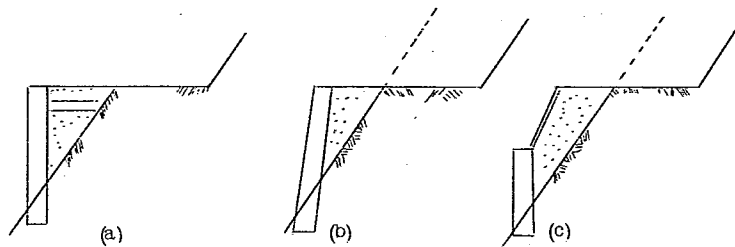
(図-8-9~図-8-12)

む す び

擁壁が裏込有限の時クーロンのくさび法にて土圧を求めた場合、土圧は地表面が水平である時にわず
かしか減少しないが地表面勾配が大きくなるにつれて土圧は減少する。内部摩擦角 ϕ が小さければその
減少の割合も大きい。壁と裏込めとの摩擦角 δ の値による影響は、土圧は小さくなり同じような減少の
割合である。

これらの事を考慮して標準設計とくさび法との断面の比較を行つた場合、地表面が水平の時コンクリ
ート量、型枠面積はかわらないが地表面に勾配のある時、コンクリート量は高さ 3 m から 6 m になるに
つれて標準設計の 20~30% 減少する。

断面が土圧が小さく滑動よりも転倒の安全率によつて支配を受けやすいから裏込め有限状態の擁壁は



(a) 擁壁にたなをつけた棚式擁壁

(b) もたれ式擁壁

のような転倒モーメントに抵抗するような型、

(c) 盛土面を法面保護工した壁高の低い型

の方がより経済的な断面となるであろう。

参考文献

土質力学

土質力学 (チエボタリオフ)

土質力学 (テルツァギ, ベック)

擁壁の設計

土圧と擁壁と石積

土木研究所資料

建設技術標準化資料

Earth Pressures And Retaining Walls (P98~104)

By Whitney Clark Huntington

Proceeding International Conference On Soil Mechanics

And Foundation Engineering (第1回 1936)

当 山 道 三 著

石 井 靖 丸 訳

小 野 薫 外共訳

栗 原 利 栄 藤 森 哲 } 共著

小 池 晋 手 塚 民之祐 }

良 本 正 勝 著

あ　と　が　き

小型実験装置を用いて、切土箇所における土圧性状を一応得ることが出来たが、装置の制約から定性的な域を脱していない。また裏込土の種類や締固め度、排水性の問題や、土の相似則の問題も残されており、今後は土の材料としての基礎的な実験と、大規模な模型実験による定量的な検討が必要となってくるであろう。

また、土圧の試算についても、一応クーロンのくさびのつり合いの考え方を利用したが、実際にはこの他にサイロ作用やアーチング等の影響も考えられ、これらの効果を設計計算にとり入れることの検討も必要となろう。

施 工 研 究 室

参 考 資 料

A Fundamental Fallacy in Earth pressure computations
by Dr karl Terzaghi

(to be presented at a meeting of the Boston Society of
Civil Engineers on May 20, 1936)

「土圧計算における根本的な誤り」の訳

(参 考 資 料)

A Fundamental Fallacy In Earth Pressure Computations.

By Karl Terzaghi

(I) 砂中におけるランキン理論と自然応力状態

全ての土圧計算の一般的な方法は、ランキンとクーロンの土圧理論のどちらかに基をたどる事ができる。ランキン理論が、広く使用されるようになって初めて理論圧力分布に類似しない分布が問題にされるようになった。

ランキン理論によれば わずかな変位でも砂中の剪断により崩壊が十分に生じる。これは砂の堆積が平衡破壊の境界に存在する事で仮定される。

この仮定を当然の事と考えれば無限な水平地表面の土塊中の応力状態に力学の法則をとり入れてみると次のような事を導く事が出来る。

このような土塊の各点において水平圧力 σ_h と鉛直圧力 σ_v の比は一定で $kr = \tan^2(45^\circ - \phi/2)$ に等しく ϕ は土の内部摩擦角である。これらの応力状態に相当すれば簡単に「ランキン応力状態」と呼ばれる kr の値は砂中における横圧力に 単位重さが砂のそれに等しい液体中の横圧力との比を表わしている。同時に kr は無限な水平地表面の土塊の中に k と仮定する事が出来るところの最少値を表わしている。それ故 kr は主働土圧係数と言われる。添字 r はランキン応力状態に相当する事を示す。地表面深さに一次比例して鉛直圧力が增大するから kr は一定で、砂のあらゆる面に作用する圧力は図 1-o に示されるように深さに直接比例して静水圧分布に増大する。

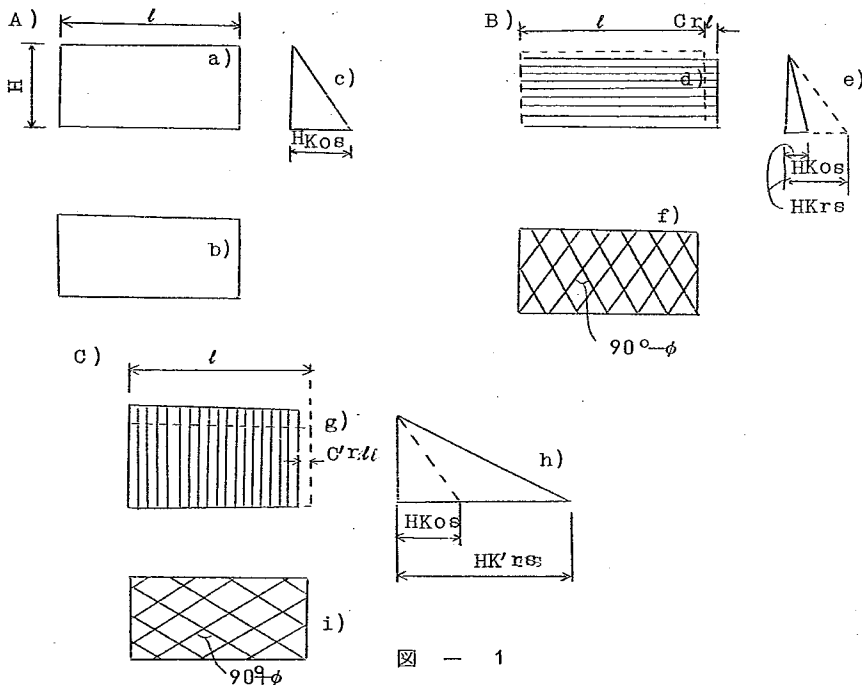


図 - 1

3 状態 A, B, C, の図は, 断面における圧力の静水圧分布をもつ砂中の応力状態である。

A = 自然応力状態 B = ランキンの主動応力状態 C = ランキン受働応力状態

d と g に示す変形図は あきらかに A 状態から B と C に移るのに必要とする変位を示す。図 - e と h は鉛直圧力に相当する変化を表わしている。そして f と i は セン断面の二つの状態を示す。

砂中におけるもっとも小さい側面の変位は, 水平に対し $45^\circ + \phi/2$ の角度で起る。剪断面の縦線の 2 状態に沿って剪断する事になり破壊が十分生じる。この事から水平変位は すべりが生じる事で推測されるから変位要素は理論に表われない。

再びランキン理論に従えば 無視しうる側面圧縮は, 土塊中の土圧係数 k_r から $k_r' = \tan^2 (45^\circ + \phi/2)$ に増大する。さらに側面圧縮により二つの状態に沿って面の 2 方向にスライディングが生じ, 水平に対し $45^\circ - \phi/2$ の角で起る。

まず ランキンの仮定が満足されるかどうか見出す為に我々は後に証明されるように 沈澱作用の自然過程, あるいは別の方法, そのどちらかで砂の水平層の応力状態を初めに仮定した。そこで図 - 1 B と C に示されるように, この状態がランキン応力状態のどちらか一つに変化するかも知れない事から調べてみる。もし沈澱物や人工的な方法により形成された砂の層が, 形成の過程を通じ連続して存続する個々の層により地域をおおわれているとすれば層上の重さが増大するので厚さは減少する。図 - 1 - a に示されるように, 壁の側面摩擦が完全になく, 容器に砂を填充する間に, たわみと動きが側面壁にないならば同じような応力状態に議論を展開させる事が出来る。容器に充たされている中の応力状態は自然応力状態と呼ばれ, 人工的に動かされる以前自然の砂の堆積のそれと一致する。数多くの実験により次の結論が導かれた。

この応力状態は, 二つの極端なランキン値 k_r と k_r' の間の中間の静水圧的な値をもつ k_0 がランキン応力状態と見る事を示す。 k_0 の値は自然土圧係数と呼ばれ k_0 の値は一定である。即ち地表面下の深さに一次的に比例して増大する砂中を通し水平面の圧力は一定である。 k_0 の値は次のような値が得られた。

$$\text{Dense sand } k_0 = 0.4 \sim 0.45$$

$$\text{Loose sand } k_0 = 0.45 \sim 0.50$$

図 - 1 - 1 に示す自然応力状態から B の主動土圧のランキン状態に変化する。そうなるには側方に拡大されるに適した条件を砂に与えねばならない。即ち容器の一方の壁が図 - 1 - d に示されるように原型より平行にたわむ事が許される事により達成される。しかしながら k_0 から k_r への軽減は, 側壁で, 直接に制限された砂の移動により生じた。何故ならば, 容器の底と裏込の下層との間の摩擦は, 容器の全容器の拡がりから拡大しようとするのをさまたげるからである。

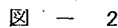
この事から応力状態の修正が行なわれてもよいが, 容器の底と裏込の下層との摩擦は完全に除かれねばならない。

一方土塊を通し k_0 から k_r へ減じる為の側方拡がりの全量は, 砂中の応力一歪に関係する事から決める事ができる。この拡がりを実験的な値 c_r (全幅の数倍の長さのある中で) に等しい。 c_r の値は砂の密度により定まる。箱の中に詰められた c_r の値はだいたい $0.015 \left(= \frac{\text{変位量}}{\text{壁 高}} \right)$ でルーズ

・上述されたように自然推積砂はもっぱら自然応力状態である。この自然応力状態からランキンの主働応力状態に変化させるには、100フィート以内の広さの砂床において砂を15フィートの距離で等横拡がりの機会を与えられねばならない。このような重要な拡がりの可塑性は自然には起り得ない。この事から図一1-BとCに示される応力状態はランキン土圧理論に存在するのみである。

(2) クーロン理論

満たされた砂の横さえの後退はつねに壁裏の下端へりを通る。図-2のa, c斜面に沿うすべりを生じる。このクーロン理論の現象は二つの異なる仮定におかれた二つの部分に分けられる。第1部分は全土圧に關係があり図-2-aの破壊面a-cは平面で、この面に沿う剪断抵抗は十分可動性があるという仮定を含む。この仮定を基に計算される全土圧Eは、手短かにクーロン土圧と呼ばれる。



クーロン理論に従って、すべりくさびの境界に沿った応力の分布を示す。 a, B の横座標 CX はクーロン状態を確立する為に必要な最少横拡がりを示す。

そのクーロン土圧は仮想擁壁背面の主働土圧を与える。この土圧計算で仮定なしに、図-2-aのクサビ abc の中に応力状態を見いだす事ができる。結果として壁について土圧 E の分布関係が与えられる。クーロン部分の第2の部分は、側面支えの背面に作用する横圧力の分布に関係がある。これに関連してクーロンは簡単に深さに比例して水圧分布のように圧力が増大すると言う事を仮定した。クーロンはこの仮定が満足される事を試みている事をしなかった。破壊面の曲率は非常に小さいと言う事が示され、擁壁と砂堀削面の支柱の横たわみはくさび図-2-aの ac 境界に沿って剪断抵抗の大部分が少くとも動員 (*mobilize*) されるに十分な量である。支え壁の背面に作用する側圧の圧力分布に関してクーロン理論の第2の仮定の妥当性を認める為に裏込の応力状態を壁のたわみから調べてみる事が必要である。

完全に堅固な壁の裏込めの応力状態は、図-1-Aの自然応力状態とほとんど同一であると仮定される事ができる。もし壁が水平方向のたわみに従って動けば壁の裏側の砂の側圧は減少する。今ある限界値を越えて拡がるや否や弾性の性質と裏込めの深さにより図-2-aの ac 斜線に沿うすべりが生じる。壁の動きの外方向 ac の左側は徐々に自然応力状態から最少横圧力 (主働土圧) にうつりかわりが生じる。 ac の右側で壁の動きの外方向に生じる横拡がりは、事実上零である。これは砂の側面境界が拡がりからさまたげようとするからである。この事はランキンの仮定と対称的で、壁のたわみにより自然応力状態から内部摩擦が完全に動員されるクーロン手働土圧にうつりかわり厳密な局部化が生じる。横拡がり図-2-aのくさび abc を通じて主働土圧になる為に土圧係数が減少する為に必要であり、図-2-aの ab と aB 線の間の距離で示してあるように、壁の頂点方向に裏込めの下より増大する。図-2-aの aB と ab 線間距離を通じて砂の拡がり下へりを中心に側壁の回転により生じる。横拡がりが生じたあと土圧係数は abc くさびを通じて K_c に等しくなる。 K_c の値は、あらい壁の裏込めの主働土圧係数を表わしている。それは同じランキンの K_r の値よりもつねに小さい。もし壁のうしろが完全に摩擦のないものとすれば K_c は K_r に等しくなる。くさび abc を通じて K_c の一定値は図-2-1-2 aの aB 上に横圧力の静水圧分布として作用する。

図-3-aは壁のたわみの理想的な関係を表わしている。圧力の中心位置と壁の下へりのまわりのかたむきによってたわむところの土圧係数 K の関係を表わす。壁の背面は完全に摩擦がないように支えられている。砂と壁との摩擦を小さくするのは覚乱の影響を最少にする為である。図の横線は裏込めの深さ H とたわみの長さを分数で表わしている。図表の下線は圧力の中心位置と裏込めの深さ H の関係を分数で表わしている。回転による傾きが壁になりあわせる砂の内部摩擦の動員と同時に生じてから裏込めの深さの $1/3$ に等しい高さで圧力の中心位置を伴い完全に静水圧分布になる。上の図の $C'k$ 曲線の縦線は静水圧比 K に等しくなる。 $C'k$ 曲線の形は砂の応力とひずみの間の関係について実験的に判断される。その曲率は砂のひずみが応力に相当するよりも高い割合で増大する事の事実による。

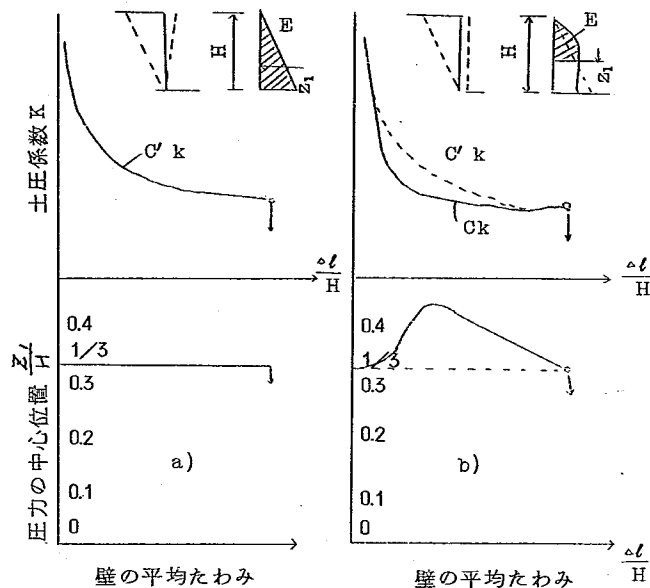


図 - 3

右の方の図でその原型を平行に移動させたり、左の方の図で傾かせる事により側方を支えられた壁の土圧中心位置と（下図縦線）まさつのない土圧係数 K （上図の縦線）と平均たわみ（下図の横線）の関係である。斜線の面積は土圧の分布を表わし全土圧はクーロン値になる。

(3) 静水圧分布をしない土圧分布とアーチ効果

図-3-aに示される図は土圧係数が同じ割りで各点で減少するところの例である。この状態が満足される為には横支えは下へりのまわりに傾くことによりたわまねばならない。一方図-4の a_1b_1 に示されるように全高さに対し外方へ動くのを伴い横方向へたわむならば次のような事が起る。即ち壁の外方向へ動く早い段階にその下の部分の土圧係数その最少値 K_c は図-4の $a'b'c'$ くさびの $a'd'e$ なる極端な下部分の横たわみに関係するところに依る。くさびの上の部分 $b'c'd'e'$ の同じ段かいでは、横拡がりの最初の状態まで $K > K_c$ と言うのを伴う。くさびの下部分のだいたんな横拡がりは、くさび $b'c'd'e'$ が沈下するに起因する所のくさびの上の境界 $d'e'$ から d_1e_1 位置への沈下を伴う。この下降により図-4の $c'e'$ 面に沿って砂の摩擦が動員される。かつて $a'c'$ に沿う摩擦抵抗は十分動員され、全土圧はくさび $a'b'c'$ の応力状態もおそく無視され理論的クーロン値と仮定されるであろう。

い。

一方壁の原位置に平行にたわむならば例として図-3-bに示されるように、非常に小さい水平変位はくさびが横境界の間に位置している砂の沈下を生じるに十分であろう。沈下が図-4に示されるようにせまい区域に摩擦抵抗を動員するにも拘わらずくさびの上の部分の拡がりはおお不完全である。この現象はじょうご型の bin の応力状態と比較される。このような bin の底がたわむのを許されるならば bin の壁に沿う剪断応力はたとえ bin の一定な横拡がりがなくとも最大値を仮定する。

(4) 静水圧分布をしないとみなされる経験的データー

クーロン理論に従えば、いくらかのカット面支柱を含む背面上の砂の圧力は深さ方向に直接水圧のように増大するであろう。

H. G. Moulton により提案され 1916 年ニューヨークの Flatbush-Avenue で M. Miller が直接に測定した結果を図-5-aに示したものである。土圧は鉛直方向に 55 フィート水平方向に 22 フィートの測定範囲で盛土が及ぼすたわみから計算された。図-5-a の点線 a-b は土圧の分布を静水圧理論により示したものである。

これらの実験は 1934 年 engineering news record に教章に述べられている。

実験は、両方とも径 0.54 寸の締め固め状態が効果ある砂で行われた。二種類の適切な結果が図-5-bに示されている。図-5-bに示されるように I は裏込めの下方向内に 1.67 フィートの深さに位置する水平軸のまわりの傾きによりたわむ壁である。II は図-5-cに示されるように原位置に平行に壁が外方向へ動く。

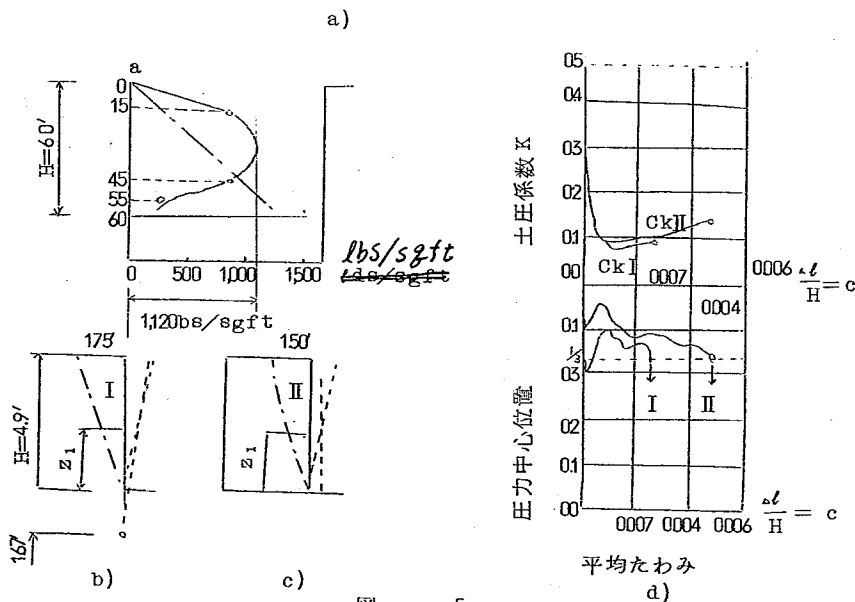


図 - 5

静水圧分布をしない圧力分布

- a) Newyork flat bush Arenue で支柱に作用する横圧力の分布
- b) と c) (I)と(II)に二つの異った試験で代表的な壁の動き方である。
- d) 横軸は壁の平均たわみの間の関係で上図の縦線は土圧係数, 下図の縦線は圧力の中心位置
矢印の I と II は実験 I と II におけるすべりを示す。

理論的な図-3 b と実験の図-5-d と比較すれば、これらの二つの図が事実上同一で本質的に関係がある事を認める。この全くの一致は理論的な図-3-b が基本であると言う理由の経験的確認と見なす事ができる。加えて図-5-d に示されるデーターの解析から次の結論が導かれた。即ち最大アーチ効果は、全土圧が図-5-d に土圧係数 K として表わされ、最少値と仮定されると同時に発展する圧力中心の高い位置に表われる。側面を支えられている砂の全圧力の最少値はクーロン値に一致する。それ故に図-5-d に示される事実はクーロン値が土圧の静水圧分布に全く関連しない事を明示する。外側へ壁のたわみは、わずかな原因で最大アーチ効果を生じる為に必要とされる。しかし一様に圧力は増大する。この事実は図-5-d に示される矢印の所でスリップがくさびの境界に沿う剪断抵抗の減少に先行することになる。圧力中心の一番高い位置は壁の動きの型により異なる。

シリーズ II は原位置より壁に平行に動かすのでくさびの頂上の幅はシリーズ I のそれより 1.5% 小さい。全圧力の最少値は両シリーズとも同じである。二つのケースで上へりのたわみがくさびの上幅の 1.5% に近づくにもかかわらず壁の平均たわみは異なる。この事からスリップは図-4 の最少距離 CoH まで生じない。この二つの試験でこの CoH の距離は $0.005H$ に等しい。一方土圧係数 K は単に壁の平均たわみによるように思われる。これに関連して図-5-d の曲線 CkI と $CkII$ の間には壁の下へりのまわりの傾きによってたわむ側面支えの完全なまざつのない理想的な例に相当する図-3-a の $C'k$ 曲線に類似性はどちらも無い。

(5) 砂による側面土圧のクーロン理論の妥当性の制限

前に述べられたようにクーロン理論の妥当性はある最少値を越える支えの横たわみの状態に制限される。クーロン値の砂の全横圧力を生じる為に必要とするたわみは横圧力の静水圧分布を満足する為に必要とするたわみよりもより小さい。この事により完全な横拘束の状態からクーロンによって述べられた状態へのうつりかわりの過程で二つのはっきりした状態は区別される事ができる。

図-1-b で、最初の段階の間原位置 a から a_1b への横ささえの進展に伴い土圧は初めの $Ko \cdot 1/2 H^2 \cdot s$ からクーロン値 $Kc \cdot 1/2 \cdot H^2 \cdot s$ に減少する。これらのうつりかわりは自然にそして砂の密度と支えの高さにより定まるところのある距離を通じて壁の平均たわみを必要とする。密な砂でこれらの距離は $0.0005H$ に等しい事をみいだす。図-6 にこれらの距離は A 点の横軸にあらわされる。であるから点 A の壁の高さの $1/2$ に位置している。その横軸は横ささえの下へり a の位置にもかかわらず平均たわみを表わしている。横ささえの a b 位置に対して静水圧分布と実際の間の相違の重大性は、 Cu/cm 比の値で増大する。

第 2 段階として図-6 位置 a_1b から a_2B への壁の進展が続けば、横圧力の静水圧分布でない分布から実際に全横圧力の値が連続あるいはわずかに増大する。壁の上へりが B 点に達すると圧力分布は極

とんど静水圧分布になり同時に斜めの $a-c$ 破壊面に沿ってすべりが生じる。

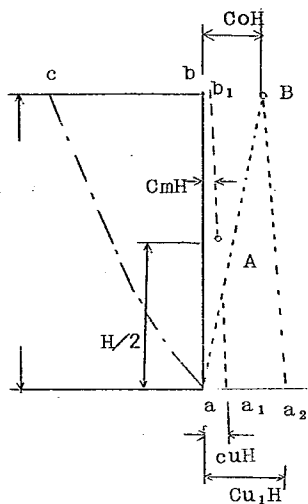


図 - 6

クーロン理論の妥当な状態

壁が $a-b$ から A 点を通りある位置まで動く間全横圧力は自然からクーロン値に減少する。さらにこの状態で横圧力の分布は静水圧分布でない。 B 点を通りある位置までに外方向へ動く間横圧力の分布は全圧力が実際不変のままである間、徐々に静水圧分布になる。

壁のさらにいくらかのたわみで不変あるいは全横圧力の増大は砂構造物の進行性崩壊によるのである。図-6の $a-b$ 位置から a_2-B に壁の進展に関連して移動する間応力状態の変化は $a-b-c$ 域に制限される。 $a-b-c$ 域の $a-c$ 境界の左側での応力状態は壁の全進展の間変化しない。ルーズな状態のある砂で横圧力の分布状態は砂に追いついて最初の段かいからほとんど静水圧分布のように見える。

理論的なクーロン土圧を得る為に必要な壁の平均たわみ CmH は $0.0005H$ よりも大きい。

傾きやすべりにより擁壁のいくらかの破壊は図-6の B 点を通じて壁背面の上へりの変化を伴う。

この事は静水圧分布でない分布から横圧力の静水圧分布へのうつりかわりに自動的に関係している。それ故図-6に示される事はもし裏込めが乾燥砂よりなり図-6の $b-B = CoH$ の距離を通じて壁の上へりがたわむならば壁に作用する横圧力の計算は現方法でよい。一方カット面の支柱のような横ささえに作用する砂の横圧に関して図-6の B 点の左側で横ささえの上へりの位置に関連する静水圧分布でない分布は実際重要な要素になる。この型の支えに作用する静水圧分布の仮定は避けがたいエラーを生じる。壁に作用する圧力分布と圧力の大きさはとるに足りない変位の重要な効果によるが横動きのいくらかの型にできる非常に堅固な擁壁を使う事によりこの課題について実験上のデータは得る事ができる。

(6) 結 論

1. ランキンの土圧理論の根本的な仮定は砂質土の応力と歪の間の知られている関係と矛盾する。
2. 他の古典理論から結果が得られたとしたら砂を支えて横ひろがりに関してある状態が満足されれば実際に受け入れる事ができる。
3. 砂の全圧力は壁の平均たわみがある最少値 $C_m H$ を越えなければ理論値として仮定されない。ここに H は裏込の深さであり C_m は自然にそして砂の密度による値の係数である。密な砂の C_m の値は 0.0005 の大きさをルーズな砂では大きな値である。
4. 横支えの背面に作用する砂の圧力分布は図-~~6-1~~に示される壁のたわみが $a B = C_0 H$ の横軸で決定される値を各点で越えなければ理論に一致しない。密な砂の C_0 の値は 0.005 の大きさである。カット面の柱の上部でこの状態はめったに満足されないそれでカット面に盛土され横支えに作用する現実と理論の圧力分布の間には一致する事を期待できない。