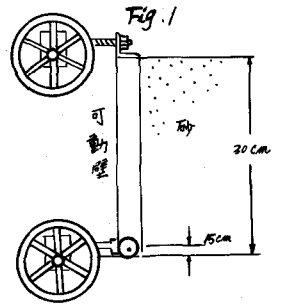


地震時主働土圧についての実験的研究

山口大学 正頁 大原資生

1. 地震時、擁壁に作用する土圧分布に関する問題は耐震工学上の重要な問題の一つである。著者の実験室では最近、この問題に対する従来からの実験方法と改め、地震時に壁が外側に変位するときに作用する土圧の極大値、すなわち地震時主働土圧なるものを測定する実験を行っている¹⁾。ここに発表するものは壁の変位型を種々に変化して、地震時主働土圧を測定し、その結果について考察したものである。

2. 実験装置および方法は次のようである。振動台上の砂箱(鋼板製の内寸法は深さ30cm、幅56cm、長さ100cmである)の中に乾燥砂をつめて水平に振動し、振動方向に直角的端壁面に作用する土圧を測定する。この端壁が図1に示すような可動壁となっており、鉛直方向には下部のローラーで支えられ、水平方向には4本のスピンドルによって支えられている。



この4本のスピンドルは上、下のハンドルを回転することによって前後に動くので、上のハンドルのみを回転するときは上部変位壁、下のハンドルのみを回転するときは下部変位壁、上下を同時に同じように回転すれば平行移動壁となる。

この可動壁の中央鉛直線上に深さ5, 15, 25cmの位置に直径5cmの壁面土圧計をとり付けて壁に作用する土圧を測定した。この土圧計は土圧による検定を行ってある。可動壁の周囲と砂箱とのすき間(1.5mm)にはビニール膜を貼って砂が洩れるのを防いだ。スピンドルのギヤ機構のアソビをとるために可動壁をギヤボックスにギヤ紐の張力で押し付けるようにした。可動壁の最大変位量は1mmとしたが、この測定にはダイヤルゲージと抵抗線ヒズミゲージ応用の変位計を用いた。

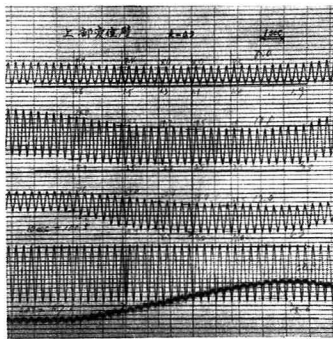
この実験に用いた振動周期は1秒で震度は0~0.4までである。振動台の加速度は台にとり付けられた加速度計によって測定された。これも土圧計も抵抗線ヒズミゲージ応用のもので、これらの出力はすべてペンオシロに同時記録された。

実験はまず、砂箱内に出来るだけ均一に乾燥砂をつめることから始められるが、これはホッパーの中に砂を投入し、それを砂箱上に釣り上げ下の口を開いて布ホースを通して砂箱内に落す。その後、表面をなす。このようにして詰められた砂の単位重量は 1.30 g/cm^3 である。また砂は平均粒径 0.23 mm の豊浦標準砂で、内部マサ角は 38° である。実験では、砂詰め後の静土圧(これを初期静土圧という)を測定し、次に壁を変位して各種の変位型についての静的主働土圧を測定した。動的実験では砂詰め後1回目の振動で0.1, 0.2, 0.3, 0.4の震度を与えた結果を重視して実験を行ったが、所要の震度の振動中に壁を各変位型にしたがって変位速度 $1 \text{ mm}/10 \text{ sec}$ で外側に変位させる。壁の変位量が $0.4 \sim 0.6 \text{ mm}$ 位に達するまでは壁面に作用する各点の土圧極大値は壁の変位量の増加とともに減少するが、増加するが、変位量が $0.4 \sim 0.6 \text{ mm}$ に達すると土圧は一定値に落ち着き、それ以上変位が増大しても土圧値の変化はない。この土圧値を地震時主働土圧とした。

3. 図2, 3が動的実験でのペンオシロの記録の一例である。5本の線は上から3本が5, 15, 25cm

の深さの土圧で、4本目が振動台の加速度、5本目が壁の変位である。図2は上部変位壁で、ほぼ下端を回転中心として上端が外側に1mm変位した場合の記録である。

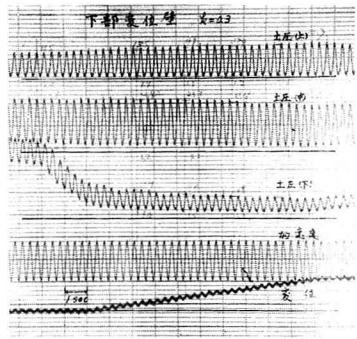
Fig. 2



この場合の特徴としては壁が変位するにしたがって、土圧極大値(脈動の山の値)はそれぞれの深さの点でも減少することと、深さ25cmの

点の土圧振幅が増加することである。図3は下部変位壁で壁はほぼ上端を回転中心として下端が外側に1mm変位した場合の記録であり、壁が変位するにしたがって深さ25cmの点の土圧極大値は減少するが、深さ5、15cmの土圧は逆に増加する傾向が見られるのが特徴である。

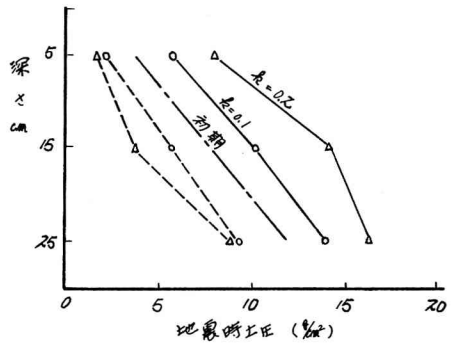
Fig. 3



これと同じ現象は平行移動壁でも見ることが出来る。

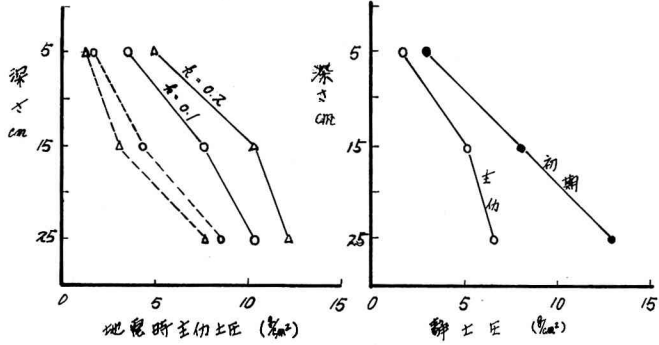
図2、3からわかるように、壁の変位がある値以上に行ると土圧値も定常的になり、一定値に落ち着く。これを地震時主働土圧として、これらの記録から求め、深さ方向の分布として示したのが図4～8である。

Fig. 4 完全固定壁



実線が土圧の極大値、点線は極小値である。両者の間が土圧振幅である。また、前述のように動的実験に先立って静的主働土圧の測定も行ったので、図5、7、8にはその結果も併せて掲げた。静的と動的とを比較すると両者の間には土圧振幅がないのとあるのとがいは勿論あるけれども、静的の主働土圧のもつ特徴は地震時主働

Fig. 5 上部変位壁



土圧にも生きているということが出来る。これらの中で図6は上部変位弾性支持壁に作用する地震時主働土圧分布であり、他にくらべて最も三角形分布に近いものとなっている。この場合の土圧の位相は台加速度とほぼ180°に近い位相差があるが、地震時主働土圧ということでは他の壁と同様に整理した。これらの地震時主働土圧の分布から、その土圧合力を計算してみた。この土圧分布自体がそれぞれの深さでの測定値によって作られたものであるため、そこから合力を計算するのはかなり大雑把なことではあるが、砂表面での土圧は零として一應計算を行ってみた。その結果得られたのが図9である。

これで見ると完全固定壁に作用する地震時土圧(これは壁が変位しない場合の土圧であるので、主働土圧ではない)は別に於て考えてよいので、地震時主働土圧の合力は壁の変位型によっては大きい方が

Fig. 6 上部変位 弾性反荷壁

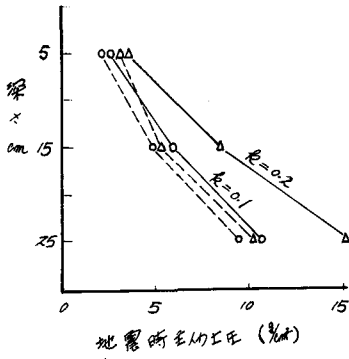


Fig. 7 平行移動壁

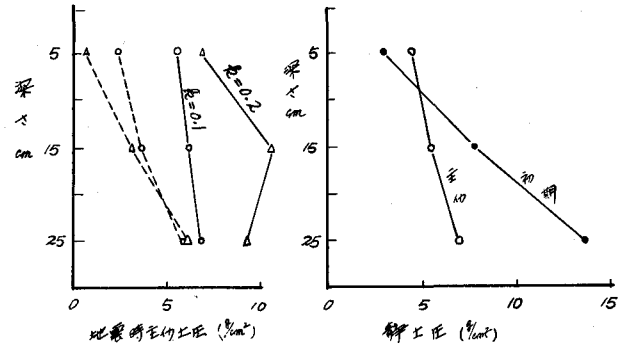


Fig. 8 下部移動壁

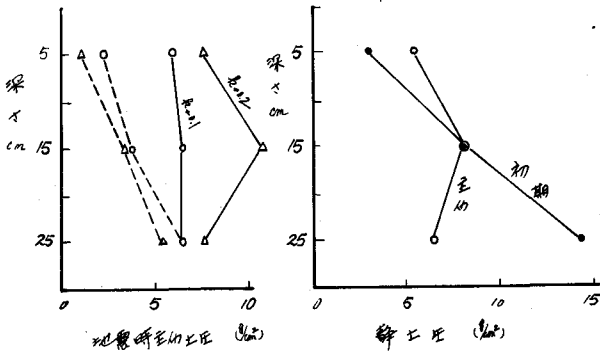
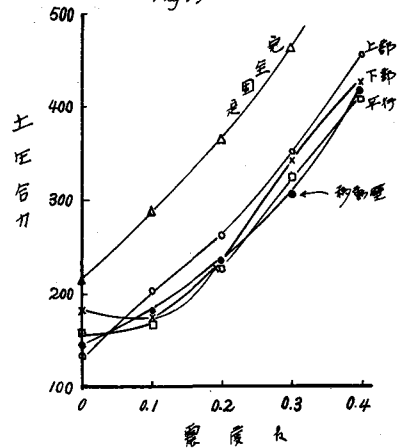


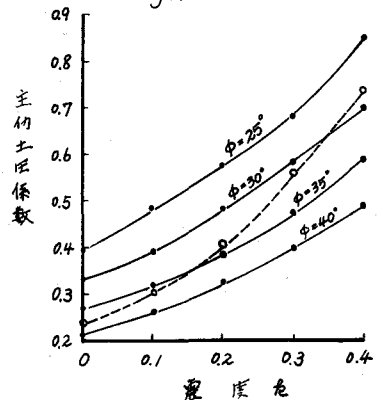
Fig. 9



はいと考えてよいようである。深さ分布が異なるので、その合力の着点はそのとれと異なり、壁の下端から壁高の35%から45%の間にある。

この結果からみると、地震時主動土圧は、与えらる振動の条件が一定であれば土圧として壁面に加えられるエネルギーは壁の変位型にかわりなくほぼ一定であり、その深さ分布が壁の変位型によってちがうのは土圧再配分が生じているためと考えることも出来る。図9の可動壁の地震時主動土圧合力の平均値として、この値を $\gamma h/2$ (γ : 砂の単位重量, h : 壁全高) で除したものを地震時主動土圧係数として示しているが図10(点線)である。この図に内部マツ角中を $25^\circ \sim 40^\circ$ としたときの物部-周部公式の値を実線に入れて両者の対応をみた。この結果、地震時主動土圧合力を求めるには内部マツ角を震度1あたり約 2.5° 減らせて物部-周部公式を用いるとよいといえる。

Fig. 10



4. 図10のような結果は以前にも述べた通りである¹⁾が、内部マツ角中が振動中に減少するか、どうかは明確でない。その点についての資料をうるために次のような実験を行った。その一つは振動による砂の安息角の変化の測定である。これについては過去に著者も、²⁾ 正圧港湾投玩でも行ったことが

いづれも砂箱の中に砂の斜面を作り、その斜面の傾斜方向の水平振動を与之る場合の実験である。こゝでは主として斜面傾斜方向と垂直な方向の水平振動を与之て振動による慣性力が斜面の安定条件に直接影響しないような状態での実験を行った。その結果を図11の θ_H で示した。

θ_H は従来の方法による結果である。安息角と内部マサツ角とが等しいということでは無いが、この結果よりみると θ_H の減少は震度0.1当り約 2° 位とほつて いることがわかる。

もう一つの実験は可動壁面に平行な方向の振動を与之る場合の上部変位壁に作用する地震時主動土圧の測定である。この場合は土圧振幅は殆ど生じないが、主動土圧は測定される。そして、その値は深さ震度によって異なる。その結果は図12に示した。すなわち、震度が大きくなるほど主動土圧の値は大きくなる。この結果から主動土圧係数を逆算して、それと震度との関係と示したのが、図13である。

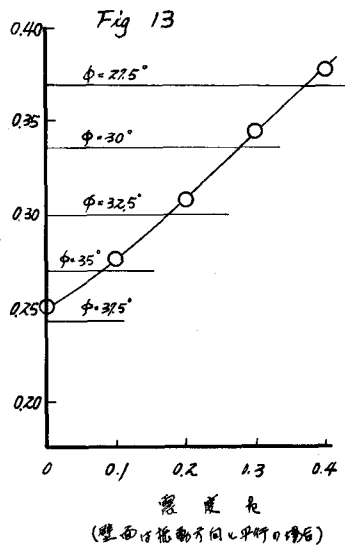
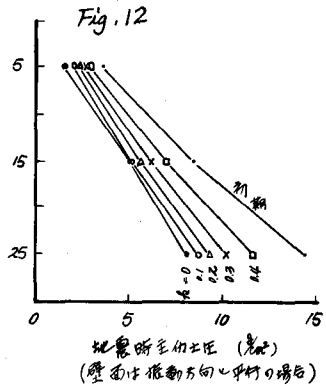
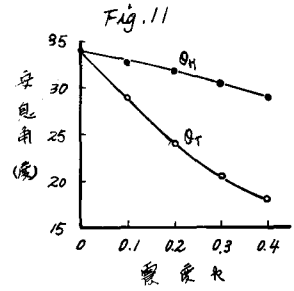
こゝから内部マサツ角の減少は震度0.1当り約 2.5° といった結果が得られる。

5. 以上が地震時主動土圧についての実験結果であるが、

- a. 壁の変位型のちがひによって、その土圧分布はかゝり異なるが、その合力はほぼ一定である。
- b. その合力の値は内部マサツ角と震度0.1当り 2.5° 減少するとして物部一周公式で計算した値と一致する。

といったことが一應の結論といえる。しかし各変位型についての土圧分布を理論的に求めることが出来ないので、著者は実験値から各変位型の平均的土圧分布のパターンを定め、壁を上中下の3部分に分けて土圧の配分率なるものを定めてみる。それか次表である。

	上部	中央部	下部
上部変位壁	0.21	0.36	0.43
平行移動壁	0.30	0.37	0.33
下部変位壁	0.36	0.38	0.26
上部変位弾性支持壁	三角形分布		



附記: この実験には本学大学院 前原 博君の助力を得た。こゝに謝意を表す。

参照: 1. 日本地震工学シンポジウム (1966) 論文集 P.115
 2. 九大工学集報 24巻1号 (1955) P.21