

地表面載荷重によつて岸壁に作用する横方向 増加土圧合力について

正 員 市 原 松 平*

要 旨 地表面載荷重によつて壁の背面に作用する横方向増加土圧合力が、壁の変位によつてどのように変化するかを、載荷前の種々の裏込土圧状態、並びに裏込処理状態の下で測定し、載荷による増加土圧を主働土圧と関連させた。これらの結果によると、岸壁背後の裏込土砂上に載荷した幅が壁高より小なる面荷重による設計裏込土圧よりの増加土圧は Fröhlich の式に鏡像の原理を応用した式で $\nu=3\sim 4$ の値で計算してよいことを確認した。

1. 緒 言

岸壁背後の水平な裏込土砂上に載荷した場合に載荷前の土圧ないし実験中に定めた一定の基準土圧よりの載荷による増加土圧分布については筆者はすでに前報¹⁾においてあらゆる実験結果に基づいて詳述した。この場合荷重状態、裏込状態を種々に変化させ、また壁は固定壁、移動可能の壁について一連の実験を行い、その結果、増加土圧分布は Fröhlich の理論に鏡像の原理を応用して計算したものとよく一致し、 ν の値は荷重と裏込土砂との硬さの関係で決定されることを示した。

しかしながら重要な一つの問題がまだ取り残されていた。それは無載荷の場合に裏込土砂が完全に塑性状態に移行する程度に壁が変位した場合でも、その変位に相当する裏込土圧よりの載荷による増加土圧分布はいぜんとして前回観察したような分布形状を維持するかどうかという点である。

われわれは岸壁設計に当つて、裏込土圧の値を塑性平衡時の土圧、すなわち主働土圧で算定している。岸壁設計という実用のためには、載荷された場合にこの主働土圧よりの増加量を考える必要がある。

この研究のためには、無載荷の場合、裏込土砂が塑性平衡状態を呈するまで壁を変位させ、土圧を測定し、次に載荷状態で前と同一量だけ壁を変位させて土圧を観測し、後者の値より前者の値を差し引いて増加土圧を決定する必要がある。そうするには土圧測定上よりいつて個々の土圧計を使用するよりも、壁に作用する土圧合力を測定した方が都合よく、また正確でもある。ここでは更に安定した測定値をうるために、土圧によつて壁に作用する回転モーメントを測定した。

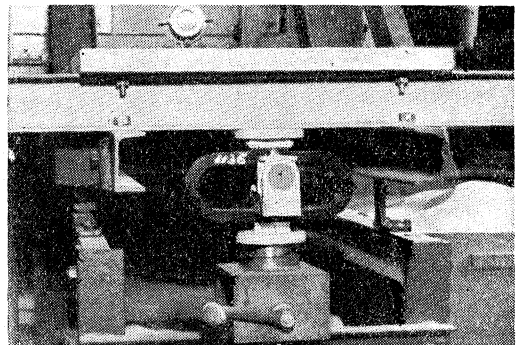
なおここへの一連の実験では裏込の処理状態、並びに裏込の材質を変化させ、更に筆者数年の岸壁土圧の測定結果より判断して、載荷前の裏込の土圧状態も変化させた。またこの実験の結果に基づき、前報¹⁾にのべた大型岸壁実験の測定値に対して再び考察した。筆者は前報²⁾に示した研究に、更にここに示す研究を追加することにより地表面載荷重による土圧を岸壁設計に導入するために確実なる基礎をおくことができ、更に土圧の一般的性質を明確にうかがうことができた。

2. 実験装置、その他

(i) 砂槽、土圧計

砂槽並びに土圧計は前報²⁾に示した壁移動砂槽 (80×70×160 cm) 並びに光学式ループダイナモメーター、光テコ式土圧計を用いた。ただし光テコ式土圧計は壁移動前後の土圧分布の傾向を知るのに使用した。この実験では光学式ループダイナモメーター (写真-1) により壁全体に作用する土圧合力による軸心のまわりの回転モーメントを測定し、砂深を変えることにより、土圧合力並びに軸心より測った合力の着点点を求めた。壁の変位は前報でのべたように、ループダイナモメーターの下のハンドル (写真-1) を回転させて、壁の下端より 23.5 cm 下方にある軸心を中心にして壁を静かに回転させた。安定した測定値をうるために装置にはきわめて剛性と単純さをもたした。テン充した砂の深さを壁高 H とし、壁の中央点の変位量を d としたとき、壁は最大 $d/H=2.8\times 10^{-3}$ まで変位させた。

写真-1 壁移動砂槽に取付けた光学式ループダイナモメーター

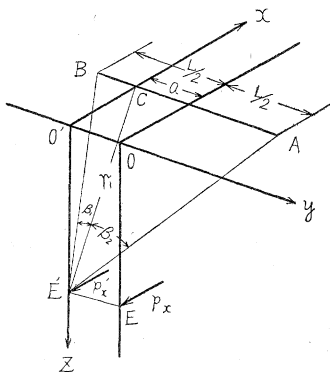


* 運輸技術研究所港湾施設部、構造研究室長

(ii) 裏込土砂, 載荷重

壁の調子をみるため以外の実験は dense sand を主として使用した。ここに dense sand を使用した理由は自然地盤は荷重に対して自然な形で、人工的にかかりに硬くなっているためである。砂は豊浦標準砂を乾燥ないし浸水の状態に処理して用いた。dry dense sand は乾燥砂を砂槽に填充し 20 cm 角の載荷板上に $q=150 \text{ g/cm}^2$ の荷重で砂厚 15 cm ごとに静的に何回もしめ固めたもの、submerged sand は上記載荷板上に $q=200 \text{ g/cm}^2$ の荷重をのせ、dry sand をしめ固めてから水で処理したものである。dense sand を使用したために壁に変位を与えても荷重が転倒することはなかつた。砂深は主として 50 cm より 70 cm まで 5cm ごとに変化させた。またこの実験では裏込材料として粗石を使用したものも行った。粗石としては前報²⁾の実験に使用した径 0.5 cm~1.0 cm の碎石を用い、これを水平に対して 42° の傾斜角で三角形に dense に堆積して用いた。載荷板は $B \times L = 15 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ の剛性載荷板を用い、この上に重錘を積み重ねたことは前報¹⁾の場合と同じである。

図一. 壁に平行な線荷重によつて、壁面上の任意の一点に生ずる横方向増加土圧 p_x'



Terzaghi の実験³⁾では dry dense sand の場合、壁を $d/H=2.6 \times 10^{-3}$ だけ変位させたときに、裏込砂表面上にすべりによる亀裂を認めたことになつてはいるが、この実験で dry sand, submerged sand とともに壁に Terzaghi の実験と同じ d/H の変位を与えても、砂表面は幾分沈下するだけで亀裂は認められなかつた。なお Terzaghi の実験は壁の下端より $H/3$ 下方の点を中心にして壁を回転させて変位させたものである。

実験は裏込土砂上に載荷して壁を次第に倒し、前述した程度まで壁を変位させ、しかる後に除荷して更に壁を変位させた。除荷後に壁を変位させた場合の軸心のまわりの回転モーメントの値は、壁が同量だけ変位した場合の無載荷の裏込土砂のみによる回転モーメントの値とほとんど同じ程度の値を示した。

3. 面荷重によつて壁面上の任意の一点に作用する横方向増加土圧の基礎式

鉛直な壁の背面 yz 面に平行に置かれた長さ L なる線荷重 AB によつて壁面上の任意の一点 E' に生ずる横方向増加土圧を p_x' とし、図一のように座標軸を定め、線分 AB が荷重強度 q なる等分布線荷重とすれば、増加土圧係数 K_I' は

$$K_I' = \frac{p_x'}{q} = \frac{\nu}{\pi r_1} \sin^2 \psi \cos^{\nu-2} \psi \int_{\beta_1}^{\beta_2} \cos^{\nu} \varphi d\varphi = \frac{\bar{f}_1'' - \bar{f}_1'}{2} \frac{x^2 z^{\nu-2}}{r_1^{\nu+1}} \dots (1)$$

ここに ψ, φ は前報¹⁾と同じ、 β_1 は線分 $E'C$ より y の正の方向に測つたとき、 y の負の方向に測つたとき、 $\beta_1 = \tan^{-1}(a-L/2)/r_1, \beta_2 = \tan^{-1}(L/2+a)/r_1, a$ は線荷重 AB の中央点の x 軸よりの距離。

\bar{f}_1'', \bar{f}_1' は前報¹⁾の式 (5) の $\beta/2$ 代りに β_2, β_1 をそれぞれ代入した \bar{f}_1 の値である。

線分 AB から等距離にある E' 点と同じ深さの点 E に作用する増加土圧係数 K_I は前報¹⁾より

$$K_I = \bar{f}_1 z^{\nu-2} x^2 / r_1^{\nu+1}$$

従つて $K_I' = \frac{\bar{f}_1'' - \bar{f}_1'}{2 \bar{f}_1} K_I \dots (2)$

壁に平行に距離 X に置かれた矩形 ($B \times L$) の等分布荷重による E' 点の増加土圧を p_x' 増加土圧係数を K' とすれば、

$$K' = \frac{p_x'}{q} = \sum_{a=X}^{a=X+B} \frac{\bar{f}_1'' - \bar{f}_1'}{2 \bar{f}_1} K_I \Delta x \dots (3)$$

Δx は分割した帯状荷重の幅である。 AB の線荷重強度が $3/2\{1-4/L^2(y-a)^2\}q$ で示される放物線分布では

$$K_I' = \frac{3}{2} \left(1 - \frac{4a^2}{L^2} \right) \frac{\bar{f}_1'' - \bar{f}_1'}{2} \frac{x^2 z^{\nu-2}}{r_1^{\nu+1}} + \frac{a}{L^2} (\bar{f}_3'' - \bar{f}_3') \frac{x^2 z^{\nu-2}}{r_1^{\nu}} - \frac{1}{L^2} \frac{\bar{f}_2'' - \bar{f}_2'}{2} \frac{x^2 z^{\nu-2}}{r_1^{\nu-1}} \dots (4)$$

\bar{f}_2', \bar{f}_2'' は前報¹⁾の式 (7) の \bar{f}_2 の $\beta/2$ の代りにそれぞれ β_1, β_2 を代入した値、 $\bar{f}_3' = 12/\pi(1 - \cos^{\nu} \beta_1), \bar{f}_3'' = 12/\pi(1 - \cos^{\nu} \beta_2)$ 、線分 AB より等距離にある E' と同高の E 点の増加土圧係数 K_I は前報¹⁾の式 (1) に示した。 K_I' と K_I との関係は次式で示される。

$$K_I' = \frac{\frac{3}{2} \left(1 - \frac{4a^2}{L^2} \right) \frac{\bar{f}_1'' - \bar{f}_1'}{2} + \frac{ar_1}{L^2} (\bar{f}_3'' - \bar{f}_3') - \frac{r_1^2}{L^2} \frac{\bar{f}_2'' - \bar{f}_2'}{2}}{\frac{3}{2} \bar{f}_1 - \frac{r_1^2}{L^2} \bar{f}_2} K_I \dots (5)$$

壁に平行に壁より距離 X に置かれた矩形載荷重 ($B \times L$) が両辺に平行な断面において放物線で示される底面反力をなす場合は、 E' 点における増加土圧係数は

$$K' = \frac{p'_x}{q} = \sum_{x=X}^{x=X+B} K'_l \left\{ \frac{3}{2} - \frac{6}{B^2} \left(x - X - \frac{B}{2} \right)^2 \right\} dx \dots \dots \dots (6)$$

(2), (5) より K'_l/K_l は $L/r_1, a/r_1, \nu$ の関数で一例として $\nu=3$ の場合図-2 に示した。なお $\nu=6, B \times L=15 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}, X=6 \text{ cm}$ の場合、式 (6) で求めた増加土圧係数を図-3 に示した。式 (3), (6) により壁面上で y 軸に平行な線上の各点の土圧を求め、それによる土圧合力を求め、つぎに各深さの土圧合力を加え合せることによって、任意の大きさの面荷重による壁面に作用する土圧合力並びに着力点を求めることができる。またかくして求めた土圧合力と着力点から壁に作用する壁の下方の軸のまわりの回転モーメントを求めると図-6 に示したようになる。

4. 測定結果並びに考察

(i) 壁移動前後の増加土圧分布の比較

前報¹⁾で筆者は大型岸壁実験の結果をのべ、壁が移動しても載荷による増加土圧の分布形状は室内の固定壁の場合と同じであることを示した。いま砂深 60 cm, dry loose sand 上に載荷し、壁を傾けて変位させた場合に光テコ式土圧計によつて壁移動前後の増加土圧を測定して示すと図-4 のようになる。この場合基準土圧は載荷前の裏込土圧である。図-4 より壁を変位させると増加土圧分布の極大値は下方に移動するが、いぜんとして壁体上部の土圧強度が大きいことがわかる。また壁を $d/H=1.2 \times 10^{-3}$ だけ変位させた場合に、壁体下部の増加土圧が負の値をとつた。これは壁の移動によつて裏込土圧自体が減少することによる。このことは大型岸壁実験でも観測された。図-4 は dry loose sand の一例であるが、dense sand の場合には載荷して壁を変位させなくとも、壁体下部の土圧減少が認められた。載荷による壁の微動が土圧に

図-4 壁移動前後の載荷による増加土圧分布の比較 (dry loose sand 基準土圧は載荷前の裏込土圧)

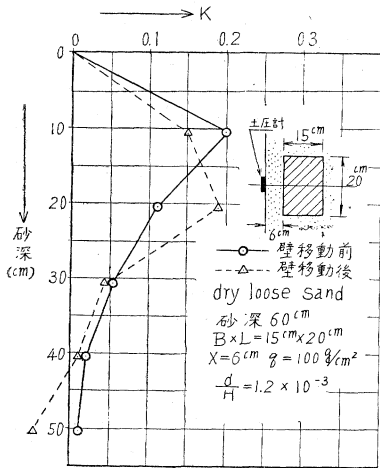


図-2 K'_l/K_l の値

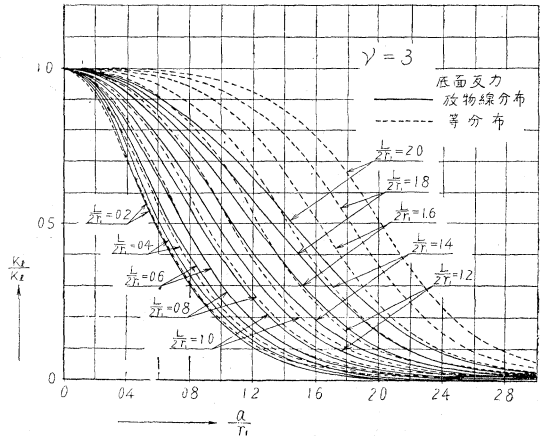
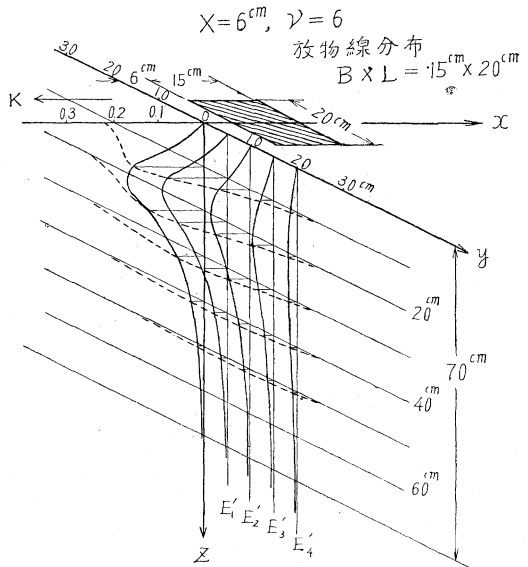


図-3 壁に平行な矩形載荷重によつて壁面上の任意の一点に生ずる横方向増加土圧



(ii) dry dense sand, 裏込土圧が静止土圧の状態に載荷して、その後壁を変位させた場合の増加土圧合力

図-5 に dry dense sand の一例を示した。砂深は 60 cm で図の縦軸には壁の下端より下方 23.5 cm にある軸のまわりの回転モーメント $Rl \text{ kg-m}$ を、横軸には砂テン充時を原点とした壁の変位量をとつた。 R はループダイナモメーターによる読み、 l は軸心とループダイナモメーターとの水平距離である。

無載荷の裏込土砂のみによる測定値は壁の僅かな変位 ($d/H=0.1 \sim 0.2 \times 10^{-3}$) で急激に減少し、ここで Terzaghi²⁾ による最小土圧値に達する。それ以下の壁の変位で、 Rl の値は一定値に落付く。土砂テン充時並びに壁を最大値まで変位させたときに土圧分布が三角形分布になるとすると、この場合それぞれの土圧係数は $K=0.52, K=0.18$

図-5 砂深 60 cm, dry dense sand, 壁の回転モーメントと壁の変位との関係(静止土圧の状態に載荷)

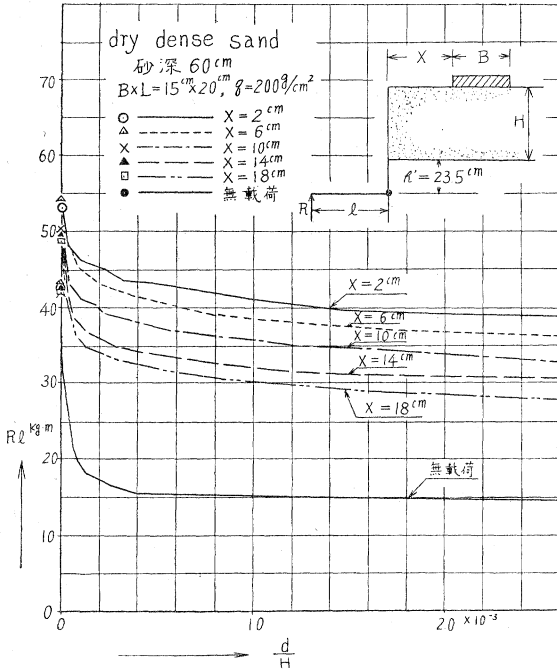
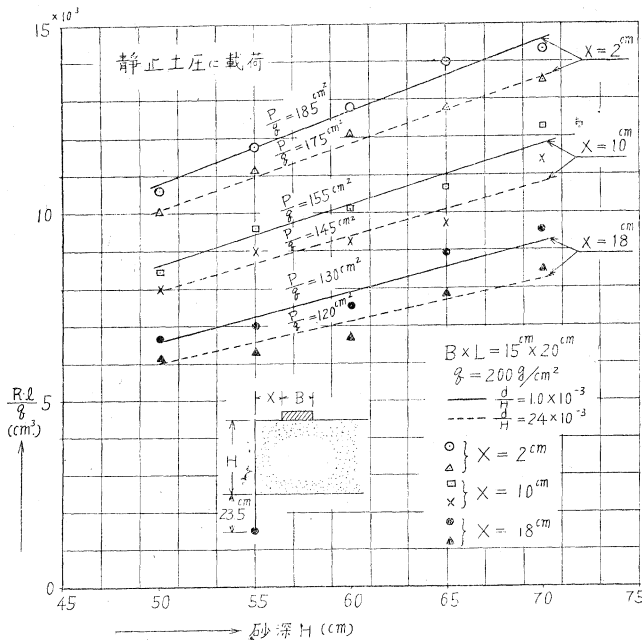


図-7 RI/q と砂深 H との関係(静止土圧に載荷)

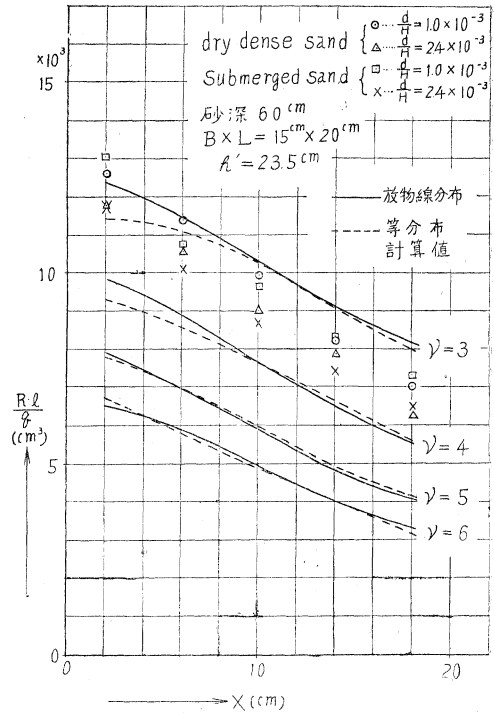


として△印, ○印で示すと図-6 の値がえられる。同じ図に示した実線, 並びに点線は前節3でのべた計算値である。図-6 で実測値は載荷距離が変化した場合に計算値に従って変化していることがわかる。

図-6 の値より増加土圧合力並びに着力点を求めるために, 同一載荷重で砂深を変化させて実験して測定値を比較した。すなわちこの場合には壁高 H が変化してしまうので, 砂深 60 cm の場合と同じ回転角度をえる位

図-6 砂深 60 cm, dry dense sand, 裏込土圧よりの増加土圧による壁の回転モーメント RI/q と X との関係

□, ×印は submerged sand の測定値



である。

載荷して壁を変位させた場合は, 無載荷の場合程急激に測定値は減少しない。このことはきわめて特筆すべきことでこれは荷重によつて壁面に押し出された土砂は壁の変位について移動するためと考えられる。

壁の各変位時の RI の差は載荷による各増加土圧によつて壁に作用される回転モーメントを示すことになる。この値は載荷して壁を変位させないときよりも, 壁を $d/H = 0.1 \sim 0.2 \times 10^{-3}$ 程度変位させたときの方が大きく, 更に壁を変位させるに従つて次第に減少する。

以下壁の変位が最大値付近に達した $d/H = 2.4 \times 10^{-3}$ の点と, 中間程度の変位をした $d/H = 1.0 \times 10^{-3}$ の点の測定値について考えることにする。

いま図-5 で上記両位置における載荷, 無載荷の RI の差を q で除した値を RI/q

置の測定値と比較した。 R/q と砂深 H との関係は図-7に示した。図に示した d/H の値は砂深60cmの場合の値で、他の砂深ではこれと同じ回転角度の位置の測定値を示す。

図-7で特筆すべきことは各載荷距離、各壁の変位に応じて測点が同一直線上に並ぶことである。このことは砂深を50cmより20cm上昇させても、 R/q は増加した砂深のみに比例すること、すなわち増加土圧合力 P は一定で、壁の回転軸より測つた着点の高さ h のみが増加することを意味する。従つてこれらの直線の勾配は各裏込土圧よりの増加土圧合力を荷重強度で除した P/q の値を示すことになる。これらの値を図面中に併記したが、一目して明瞭なことは壁が変位すると増加土圧合力が減少することである。 $R/q = P/q \cdot h$ であるから図-7の直線で示した R/q の値より着点 h を求めると、砂深60cmの場合に図-8がえられる。実線、点線は前節3で求めた計算値であるが、 $d/H = 1.0 \times 10^{-3}$ の位置における増加土圧合力並びに着点の高さは実用上 $\nu = 3$ に従つて変化し、壁が変位するに従つて着点の高さが降下することがわかる。この場合 $d/H = 2.4 \times 10^{-3}$ 付近では $\nu = 3$ と4の中間程度の増加土圧量を示すとみてよい。

載荷して壁を微動($d/H = 0.2 \times 10^{-3}$)させたときは上述した $d/H = 1.0 \times 10^{-3}$ に比して R/q は10%程度上昇し、増加土圧合力は $\nu = 3$ による値よりも大きい。

(iii) dry dense sand, 裏込土圧が最小土圧の状態に載荷してから壁を変位させた場合

図-9は裏込土圧が最小土圧の状態に載荷してから壁を変位させた測定値の代表的一例(砂深 $H = 65$ cm)を示す。図の a 点は載荷直後の測定値、 b 点は載荷して壁変位後除荷前の測定値、 c 点は除荷後の値をそれぞれ示す。結局 c 点は残留土圧が壁のモーメントにおよぼす影響を示したもので、壁を更に d 点まで変位させたときに残留土圧が全く消失することを示す。砂深60cmの測定値を基準にして図-7と同じ関係の図-10がえられ、更に図-11の結果がえられるが、この値は静止土圧に

図-8 砂深60cm, 各壁の変位の位置における裏込土圧よりの増加土圧合力並びに着点(静止土圧に載荷)

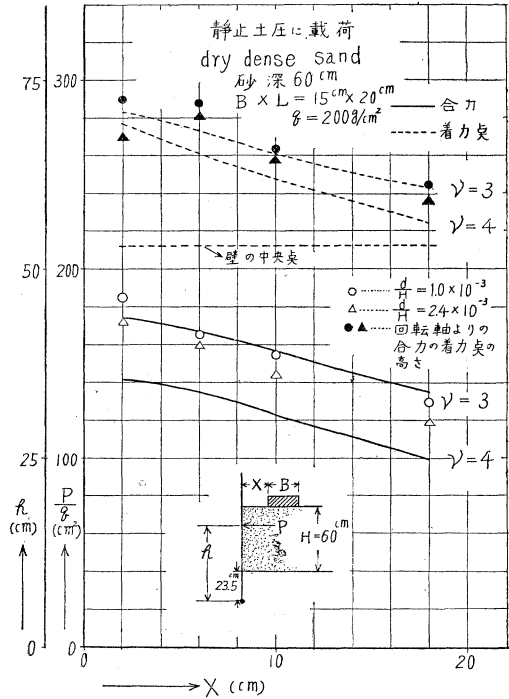
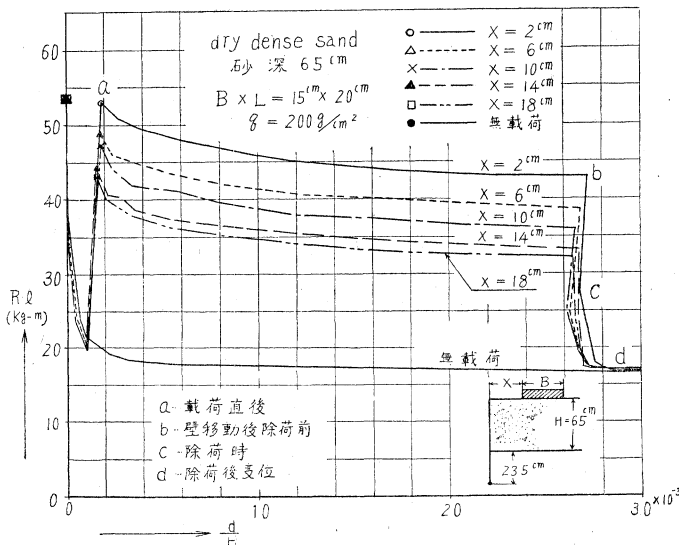


図-9 裏込土圧が最小土圧の状態に載荷して壁を変位させた場合の測定値 ($H = 65$ cm)

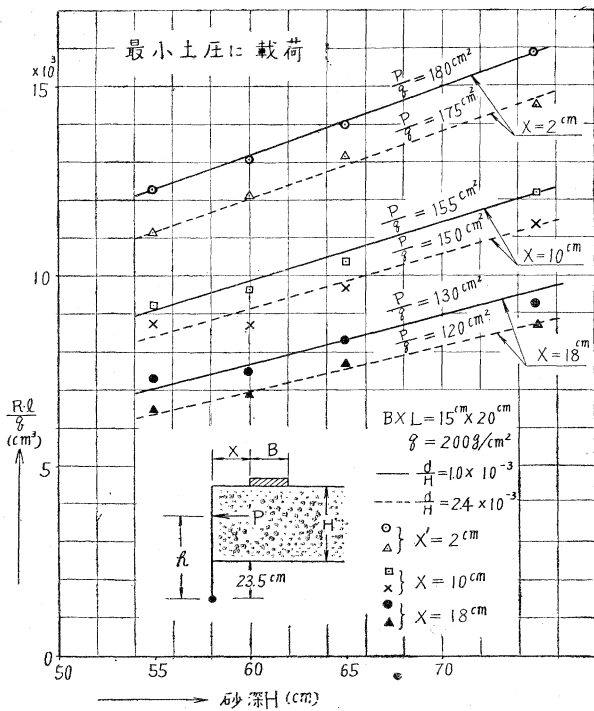


載荷した図-8の結果とほとんど同じである。

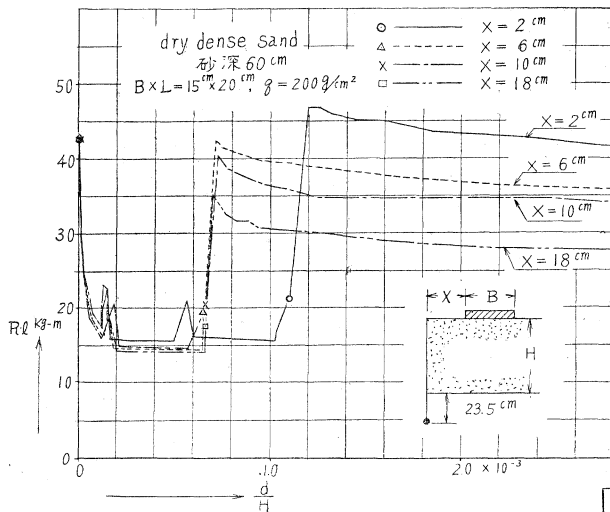
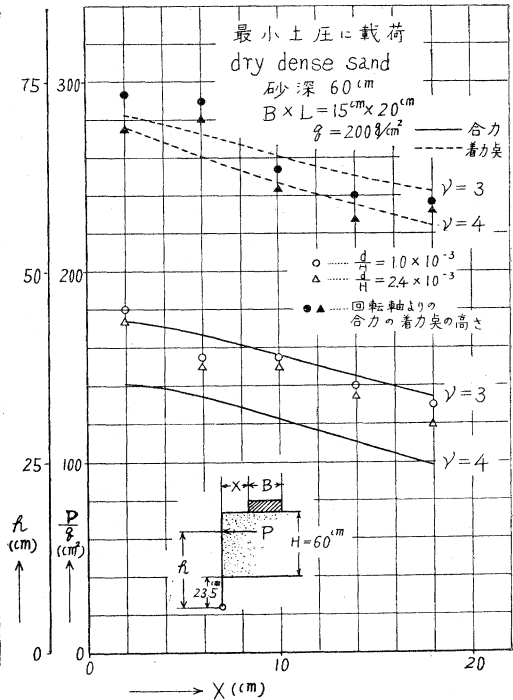
(iv) 無載荷で壁の変位を中止させ、20~24時間放置した裏込土砂上に載荷後壁を変位させた場合

図-12に示すように無載荷で壁の変位を中止させ、そのまま放置しておく、減少した裏込土圧は増加してくる。この現象は大型岸壁実験⁶⁾並びにTerzaghi³⁾の実験でも観測された。自然岸壁は崩壊時の土圧よりもこの程度の土圧増加をきたしているものと考えられる。図-12では壁の移動を中止させて20~24時間壁をそのまま放置して置いた。この期間ループダイナモメーターの原点が温度変化によつて移動したので図-13に示す補正量で、計器の読みを補正した。

図一10 Rl/q と砂深 H との関係 (最小土圧に載荷)



図一11 砂深 60 cm, 各壁の変位の位置における裏込土圧よりの増加土圧合力並びに着力点 (最小土圧に載荷)



図一12 壁の変位を中止させてから、20時間放置後載荷して壁を変位させた場合の測定値

壁変位の位置の裏込土圧を基準にとれば、大体同じ形状と大きさを有することがわかる。

γ) 浸水した裏込砂上に載荷した場合

測定値を図一15 に示した。壁を変位させたときの荷重の傾きを防ぐために $q=100 \text{ g/cm}^2$ で実験をした。この実験は dry dense sand を砂槽にテン充してか

増加した裏込土圧値(図で○印, △印等を示す)よりの Rl/q と載荷距離 X との関係を示すと 図一14 のようになる。この値は前2項と比較すると Rl/q の値は小である。これは増加した裏込土圧を基準にしたためであつて、この場合もこれより減少している壁変位中の裏込土圧を基準にすれば前2項の値とほとんど一致する。

以上 (ii), (iii), (iv) 項の実験より dense にテン充した裏込土砂では、載荷前の裏込土圧の状態のいかんにかかわらず、載荷して壁をある程度変位させたときの増加土圧は同じ

図一13 光字式ループダイナモメータの温度補正

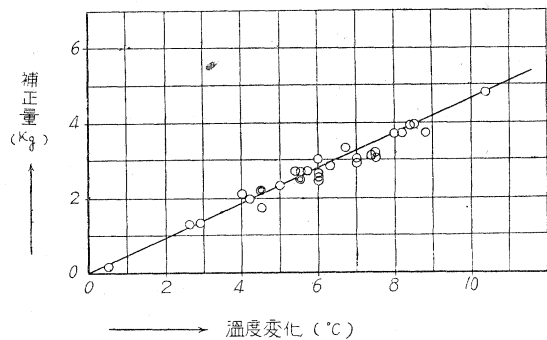
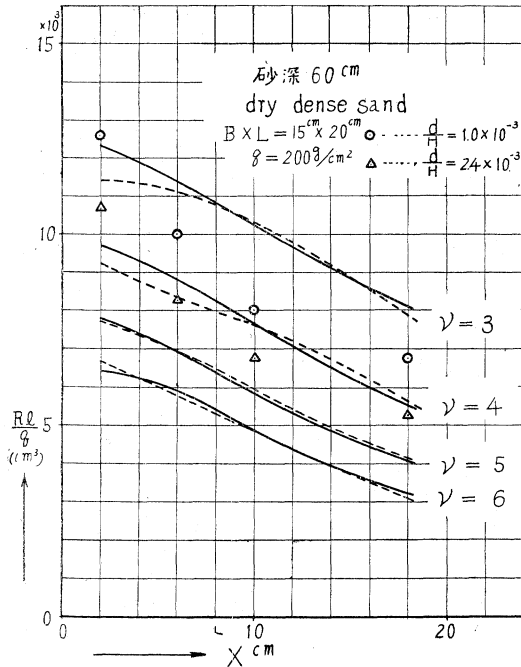
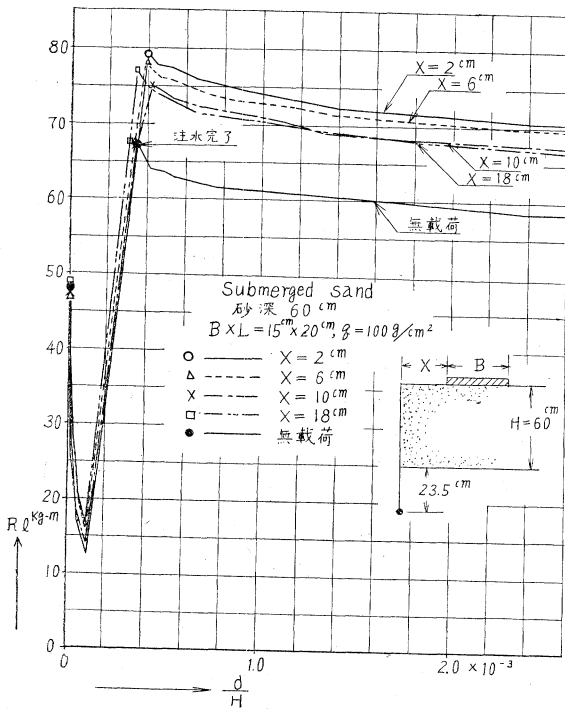


図-14 壁の変位を中止させてから載荷した場合、増加した裏込土圧よりの増加土圧による Rl/q と X との関係



田港第2岸壁の場合に $B \times L = 100 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}$, $q = 220 \text{ g/cm}^2$ の荷重で測定値は $\nu = 4$ で計算した値に比較的によく一致することを示した。図-17(a) に再びこれを示したが、この場合の裏込の基準土圧は当日実験開始前の朝の壁体上部で残留土圧が最も減少している場合の土圧をとった。残留土圧の性質並びにそれらの測定値におよぼす影響については前報¹⁾でのべた。

図-15 submerged sand の測定値



ら壁を $d/H = 0.1 \times 10^{-3}$ だけ変位させてから砂槽を完全に浸水させ、しかる後に再び壁を変位させた。最大変位時における土圧係数は $K = 0.19$ である。 Rl/q と X との関係は図-6 に□印, ×印で併記したが dry dense sand の場合と大差がないことがわかる。

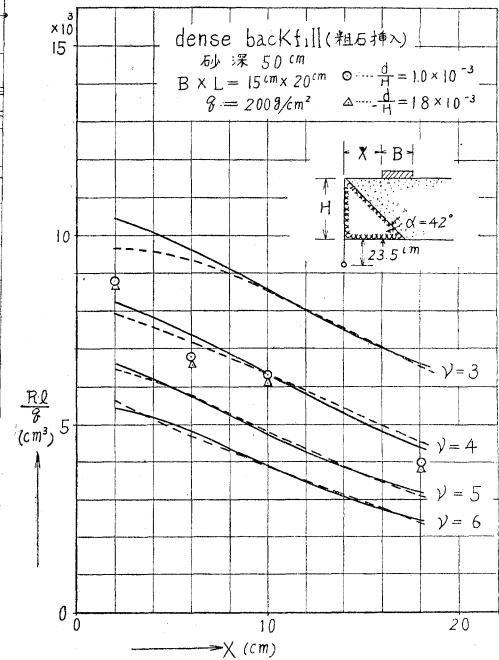
(vi) dense な粗石を有する裏込砂上に載荷した場合

この場合砂深は $H = 50 \text{ cm}$ で実験した。載荷による壁の回転モーメントの増加量 Rl/q と載荷距離 X との関係を図-16 に示した。前項までの値は壁を最大限度に変位させて $\nu = 3$ と 4 の中間程度であつたものが、粗石を入れたために図-16 でわかるように $\nu = 4$ 程度にまで減少させた。粗石は面荷重による横方向増加土圧に対しても、これを軽減させる効果がある。

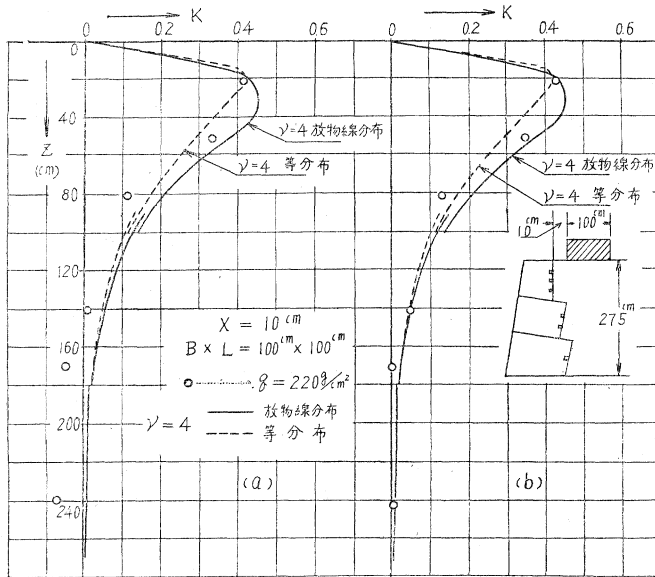
5. 大型岸壁実験値に対する再考察

前報¹⁾ において筆者は酒田港、宇部港における大型岸壁実験値の一部を示し、載荷によつて壁体下部の土圧はむしろ載荷前の土圧よりも減少すること、この理由は載荷によつて壁体の変位するためであるとのべた。この場合筆者は下部の土圧の減少には無関係に壁体上部の増大した土圧によつて土圧分布を決定し、酒

図-16 dense な粗石を有する裏込土砂上に載荷した場合、 Rl/q と X との関係



図一17 酒田港第2岸壁の測定値, (a) 載荷前の基準土圧よりの増加土圧, (b) 載荷によつて壁が移動し減少した裏込土圧よりの増加土圧



この場合、載荷した為に基準土圧よりの増加土圧合力は $\nu=4$ で示される値よりも小である。この理由は載荷したために壁が微動し、載荷しても土砂が壁面に移動しない壁体下部並びに載荷地点より離れた壁の背面では基準土圧よりもかえって土圧を減少させるためである。載荷した場合下部の土圧計 ($z=242$ cm) では土圧が 17 g/cm^2 だけ減少し、その点の土圧強度は $p=52 \text{ g/cm}^2$ を示した。いまこの値がこの壁の変位時における裏込土圧値であるとみなし、かつ砂深 z なる壁面上では基準土圧より $17z/242 \text{ g/cm}^2$ だけ減少した値が裏込土圧値であるとして、それよりの増加量を考えると図(b)に示した値がえられる。図(b)に示した値は一層よく $\nu=4$ で計算した分布曲線に一致する。

(a) (b) 両図で示した測定値に同一の ν の値があてはまるのは、載荷による壁体上部の土圧増加量が、壁体上部の裏込土圧値に比して大きく、この位置の裏込土圧値が僅かに変化しても増加土圧分布曲線に大きな影響を与えないためである。かくして前報¹⁾で基準土圧よりの壁体上部の土圧増加量で決定した ν の値は実用上、その変位時における裏込土圧値よりの増加土圧をあらわしているといえる。

壁がもつと変位した場合には主働土圧よりの増加量がえられるが (b) 図で決定した増加土圧は実用上主働土圧よりの増加量とみなしても大差ないであろう。

6. 結語

ここで示した載荷重による増加土圧の実験は載荷重の幅が壁高に対して比較的の小なる場合である。この実験では無載荷で壁を最大限度まで変位させたとき、dry dense sand, submerged sand とともに土圧係数は $k=0.18$ 程度であった。裏込土砂は幾分沈下し、この程度の変位で裏込土圧は主働土圧を示しているものと考えられる。

(1) この実験で発見した特筆すべきことは、裏込土砂が無載荷時に主働土圧に減少する程度にまで壁が変位しても、載荷によつて壁面に押し出された土砂は壁の変位について移動し、この土砂の移動のおよぶ範囲では土圧は静止土圧として取り扱つてよいことを知つたことである。なお載荷によつて土砂の移動のおよばない壁の背面では土圧は主働土圧であると考えられる。

(2) 裏込土圧が静止土圧を示す状態に載荷した場合、壁に微小変位 ($d/H=0.1\sim 0.2\times 10^{-3}$) を与え、裏込土圧が最小土圧を示すとき、増加土圧によつて生ずる壁の回転モーメントの大きさは極大値に達する。壁に更に変位を与えるに従つて、裏込土圧よりの増加土圧による壁の回転モーメントは次第に減少する。

(3) dense な裏込土砂が乾燥状態であつても、浸水した状態であつても、また載荷前の壁の背後の土圧状態がいかなる状態であつても、載荷して壁をある程度 ($d/H=1.0\times 10^{-3}$) 変位させると、その変位に相当する裏込土圧よりの増加土圧並びに着力点は $\nu=3$ で計算した値に落付く。更に壁を変位させ、 $d/H=2.4\times 10^{-3}$ 程度の変位で増加土圧合力は減少し、着力点は下降し、 $\nu=3$ と 4 による計算値の中間程度の値を示す。この値は主働土圧よりの増加土圧である。

(4) 裏込に粗石を入れた場合には ν の値を減少させる。 $B\times L=15 \text{ cm}\times 20 \text{ cm}$, $q=200 \text{ g/cm}^2$ の載荷重で $\nu=4$ 程度の値を示す。

(5) 前報¹⁾の大型岸壁実験で増加土圧分布を決定した ν の値は、載荷による主働土圧よりの土圧増加量を示す ν の値とみてもよい。岸壁では、壁高に対して幅が比較的の小さい面荷重による設計裏込土圧よりの増加土圧を $\nu=3\sim 4$ で粗石を入れた場合には $\nu=4$ 程度で算定してよい。

終りに当り筆者はこの研究に御指導を賜つた京大教授村山朔郎博士、学習院大学教授近藤正夫博士、並びに研究の当初より絶えず激励下さつた恩師石原藤次郎博士に対して深厚の謝意を表し、なお実験製図に多大の労を

とられた研究室の大津留喬久技官，打越哲郎，東海林孫三，落合淳一の諸君に感謝する。

参 考 文 献

- 1) 市原松平：地表面載荷重によつて岸壁に作用する横方向土圧の分布について，土木学会誌 40 卷 5 号，昭和 30 年 5 月
- 2) 市原松平：裏込粗石による岸壁背後に作用する土圧軽減について，土木学会論文集 29 号，昭和 30 年 12 月
- 3) K. Terzaghi : Large Retaining Wall Tests, Eng. News-Record, Vol 112, 1934, pp. 136~140
- 4) 市原松平：剛性載荷板荷重による砂層中の鉛直増加土圧の分布について，土木学会誌 40 卷 4 号，昭和 30 年 4 月
- 5) K. Terzaghi : A Fundamental Fallacy in Earth Pressure Computations, Proc. 1 st I. C. S. M. and F.E. Vol 2, pp 328~336
- 6) 市原松平：宇部港 9 m 岸壁模型実験報告書，第 4 港湾建設局，昭和 28 年

(昭.31.5.15)