

固定壁に対する砂の振動圧

畑 野 正*

要 旨 基礎において固定され上部においてわずかに変位することのできる壁体の前面に砂があるときの壁体に対する振動圧について実験した。

乾燥砂の場合静圧は振動のつど変化し、かつ最初の三角形圧力分布も大きくくずれてしまうが、壁面上のある点における動圧はその点の加速度とほぼ一定の関係に整理されかつ表面からの深さにはあまり影響されないで壁底からの高さにより大きさがほぼ定まる。また動圧の分布は壁底から上部に到るにつれて大となり、各点における大きさは加速度の 1.2~1.4 乗に比例している。著者はこれらの関係から加速度によって滑り面の定まる Coulomb のクサビを考えこのクサビ部分の質量が壁体に動圧を生ずると説明しようと試みた。

水で飽和した砂の場合静圧は振動によって大きな変化はせず、最初の三角形分布をほぼ保ち動圧も乾燥砂の場合と同様の傾向を示した。また透水係数の相当大きな砂の場合でも動圧振巾は砂表面近くを除き動水圧振巾より小なる値を示し、飽和砂の動圧は動水圧を分離しないで乾燥砂と同様に取扱うと便利であることを示した。

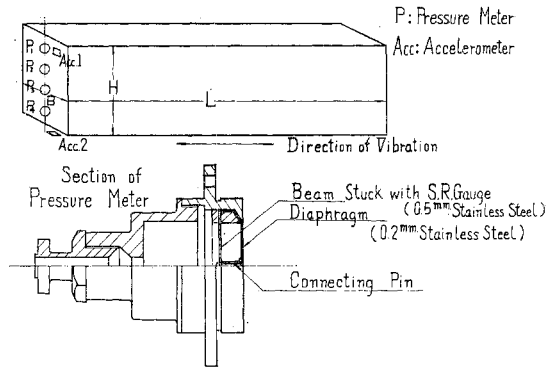
1. 緒 言

ダムのように基礎において固定され上部においてわずかに変位することのできる固定壁の前面に砂がある場合、地震による振動圧がどのように作用するかという問題は古くから取りあげられているが、なおさらに解明して行かなければならない点が多いように思われる。ここに主として実験的に各種の場合を観察して砂の振動圧に関する新しい所見を得たいと考える。

2. 実験の方法

図一に示すような圧力計、加速度計を付した木製箱（内のり長 $L=200$ cm, 高さ $H=50$ cm, 巾 $B=42$ cm, 一側面を透明プラスチック製とした）の外側を型鋼で十分に補強しこれを振動台上にのせる。振動台は四隅を鋼棒でつり、ローラーによる横振れどめを付した鋼製の台で、スプリングを介して、リンクとクランクに連結し、可変速のモ

Fig. 1 Test Arrangement



ーターで運転される。クランクの偏心量を変え、また、強さの異なるスプリングを使用して振巾を任意に変化することができる。振巾と回転数の変化により、大略 3~15 c.p.s. の周波数で 1000 gal 程度までの滑らかな加速度波型を描く sinusoidal 振動をうる。

加速度の測定は振動台および箱上部に設置した非接着型 wire strain gauge による加速度計によって行なった。その感度は実験過程において行なった約 40 回の検定の平均値によって定めたが、それぞれ 2.26 gal/ μ , 2.38 gal/ μ で偏差係数はともに 4% であった。

圧力測定に使用した砂は乾燥した場合として表一に示す細砂、水で飽和した場合として表二に示す透水係数の大きい粗砂の二種類である。乾燥細砂は箱の底部から数 cm の層にいてぬいに積み重ね各 Teat Series にしたがって、その長さ L (200 cm, 50 cm, 25 cm), 高さ H (50 cm, 40 cm, 30 cm) を変化させた。巾 B は常に 42 cm

Table 1 Fine Sand

per cent finer by weight						specific gravity	bulk density	coeff. of permeability
mm 2.00	mm 0.85	mm 0.40	mm 0.25	mm 0.11	mm 0.075			
100	99.9	82.7	37.0	6.3	6.2	2.73	loose 1.33 gr/cm ³	3.8 × 10 ⁻² cm/sec
60% grain size 0.31 mm 10% grain size 0.18 mm Coeff. of uniformity 1.7							compacted 1.61 gr/cm ³	

Table 2 Coarse Sand

per cent finer by weight					specific gravity	bulk density	coeff. of permeability
mm 4.8	mm 2.0	mm 0.85	mm 0.40	mm 0.25			
100	99.95	65.97	0.19	0	2.65	loose 1.50 gr/cm ³	0.26 cm/sec
60% grain size 0.83 mm 10% grain size 0.56 mm coeff. of uniformity 1.5						compacted 1.61 gr/cm ³	

* 正員 工博 電力中央研究所技術研究所

とした。長さ L を 50 cm, 25 cm とするとき箱の内部に鉄製の堅固な隔壁を固定した。

圧力計の配置とその構造の概要は 図-1 に示してある。その受圧板は 40 mm 径, 0.2 mm 厚の不銹鋼で中央のピンを通じて wire strain gauge を貼りつけた 0.5 mm 厚の不銹鋼のビームに連結されている。受圧板中央のたわみは 200 gr/cm^2 の圧力で約 0.03 mm である。受圧板は固定壁面と一致するように装着した。圧力計の検定は箱に装着したまま水を箱に注ぎ水位と圧力計の読みとで行なった。その感度は実験過程において行なった約 30 回の検定における平均値によって定めたが 4 個それぞれ多少の差があり大略 $0.25 \sim 0.41 \text{ gr/cm}^2/\mu$ で偏差係数は 2 ~ 5% であった。

砂を所定の長さ深さに満たみしたのち静的圧力を測定し、次で各種の振動を与えて動的圧力を電磁オシロに記録し、また各振動過程における静圧の変化を振動台を静止して測定した。砂は振動の過程で次第に沈下してくるので適当な時に砂を入れ換えて実験を何回もくり返した。後述する各 Test Series というのは砂を新しく入れ換えて行なった 1 Series の実験である。

振動過程における砂の沈下に関しては箱に砂を入れるとき側面プラスチック板に沿って 15 cm の高さごとに銀砂を水平に入れ、この線の沈下状況により観測した。

乾燥細砂に関しては安息角の実験も行なった。箱の長さを 200 cm としその中央から箱巾 (42 cm) 一様に砂を落下して二等辺三角形の堆を作り安息角を測って次である一定加速度の単弦振動を与えて砂の崩壊が完全に止って平衡を保ってから振動台を静止して安息角を測り、次にさらに大きな一定加速度で振動するという順序で実験を進めた。

飽和砂の実験は箱の長さ L を 50 cm にした場合のみについて行なった。粗砂が完全に乾燥しているときと、完全に水で飽和しているときとの比較を深さ $H = 50 \text{ cm}$ の場合について行ない、また、水のみについての動水圧をも測定した。砂は箱に水を満たし、この中に静かに沈殿させ、水平にならしながら入れた。圧力測定の順序は乾燥細砂の場合と同様である。

3. 実験の結果

乾燥細砂における静土圧の測定結果の一例を 図-2 (a)~(c) に示す。 P_{r0} は最初砂を 50 cm の高さに入れ終わったときの静圧である。 $L=200, 50, 25 \text{ cm}$ の各場合につきおのおの数回の測定結果の平均値、バラツキから検定した結果では各高さにおける静圧には箱の長さ L による差は認められなかった。しかしそのバラツキは相当大きく砂の入れ方特に圧力計付近の砂の粒子の情況により静圧が相当変化するものであることが察せられた。

Fig. 2(a) Static Pressure Development after each Step of Vibration (Dry Fine Sand)

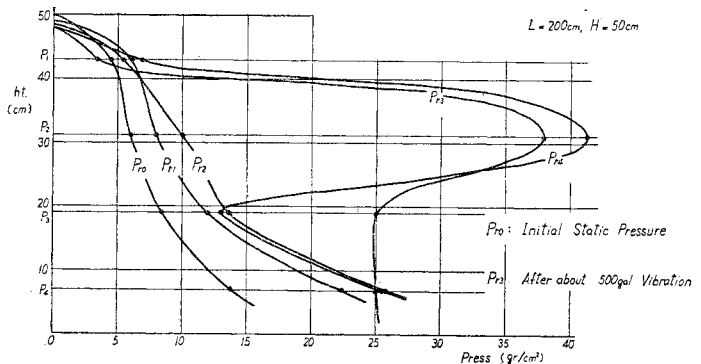


Fig. 2(b) Static Pressure Development after each Step of Vibration (Dry Fine Sand)

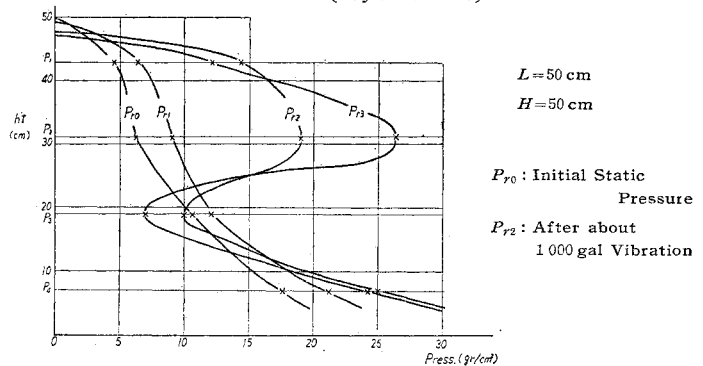
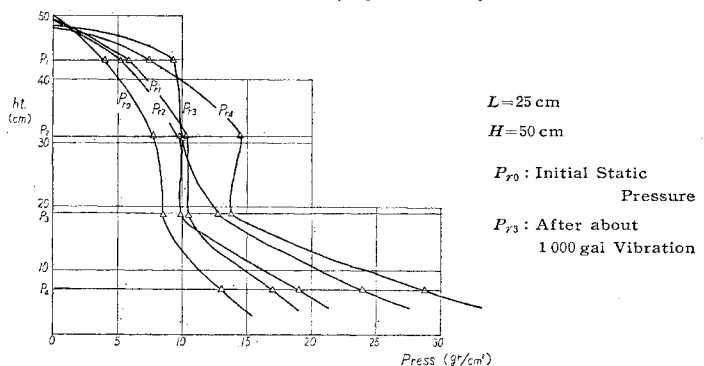


Fig. 2(c) Static Pressure Development after each Step of Vibration (Dry Fine Sand)



次にこれに振動を加えると砂は次第に沈下するが、水平の銀砂の線の沈下から見ると砂の密度の増加は上部ほど大きく、また固定壁に近い部分の沈下のみが特に大きいのが見られた。

$P_{r1} \sim P_{r2}$ は振動加速度を次第に大きくして行く過程で振動台を静止して測った静土圧である。これらの値の絶対値は同じ長さ L の実験でもそのつど相当異なった値を示し圧力計付近の砂粒子の配列密度などのいかににより静土圧がいちじるしく変化することを物語っている。 P_{r2} または P_{r3} は 500~1000 gal 程度の大振動直後の静土圧で P_{r3} または P_{r4} はその後これより小なる加速度で振動したのちの静土圧である。

同じ長さ L の場合につき実験のつど静土圧の絶対値

Fig. 3 Examples of Test Record (Dry Fine Sand)

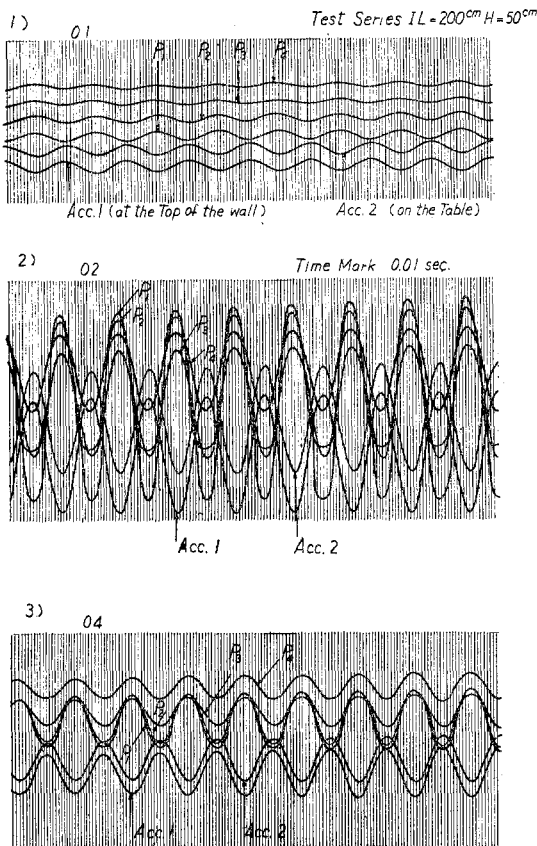


Table 3 Dynamic Pressure-Acceleration Relation (Dry Fine Sand)

test series	L, H	$P_1(\text{gr/cm}^2 \text{ gal})$	$P_2(\text{gr/cm}^2 \text{ gal})$	$P_3(\text{gr/cm}^2 \text{ gal})$	$P_4(\text{gr/cm}^2 \text{ gal})$
I	$L=230 \text{ cm}$ $H=50 \text{ cm}$	$P_1=0.0104 A_1^{1.181}$	$P_2=0.0029 A_2^{1.831}$	$P_3=0.0034 A_3^{1.243}$	$P_4=0.0031 A_4^{1.256}$
II	$L=200 \text{ cm}$ $H=50 \text{ cm}$	$P_1=0.0088 A_1^{1.211}$	$P_2=0.0032 A_2^{1.856}$	$P_3=0.0026 A_3^{1.826}$	$P_4=0.0028 A_4^{1.788}$
III	$L=50 \text{ cm}$ $H=50 \text{ cm}$	$P_1=0.0100 A_1^{1.157}$	$P_2=0.0032 A_2^{1.268}$	$P_3=0.0031 A_3^{1.283}$	$P_4=0.0024 A_4^{1.267}$
IV	$L=50 \text{ cm}$ $H=50 \text{ cm}$	$P_1=0.0106 A_1^{1.156}$	$P_2=0.0030 A_2^{1.275}$	$P_3=0.0023 A_3^{1.274}$	$P_4=0.0022 A_4^{1.245}$
V	$L=25 \text{ cm}$ $H=50 \text{ cm}$	$P_1=0.0072 A_1^{1.188}$	$P_2=0.0025 A_2^{1.229}$	$P_3=0.0023 A_3^{1.216}$	$P_4=0.0030 A_4^{1.147}$
VI	$L=25 \text{ cm}$ $H=50 \text{ cm}$	$P_1=0.0081 A_1^{1.120}$	$P_2=0.0032 A_2^{1.175}$	$P_3=0.0031 A_3^{1.148}$	$P_4=0.0033 A_4^{1.120}$

Table 4 Dynamic Pressure-Acceleration Relation (Dry Fine Sand)

test series	L, H	$P_2(\text{gr/cm}^2 \text{ gal})$	$P_3(\text{gr/cm}^2 \text{ gal})$	$P_4(\text{gr/cm}^2 \text{ gal})$
III	$L=200 \text{ cm}$ $H=40 \text{ cm}$	$P_2=0.0036 A_2^{1.812}$	$P_3=0.0017 A_3^{1.488}$	$P_4=0.0020 A_4^{1.824}$
IV	$L=200 \text{ cm}$ $H=30 \text{ cm}$		$P_3=0.0021 A_3^{1.418}$	$P_4=0.0028 A_4^{1.245}$

は相当異なるとはいえ全般的に静土圧の変化が図-2の例のごとき傾向にあるということはいうる。すなわち上部半分の圧力特に P_2 の増大はいちじるしい。 P_1 の変化も相当大きいですが、砂の沈下によるかぶりの減少によりかえて圧力値が減る場合がある。500~1000 gal 程度の大振動後の小振動による変化は大きくない。箱の長さによる圧力変化の差は上部半分においてきわめていちじるしく四壁面の摩擦の影響の大きいことを物語っている。

以上のごとき静土圧変化過程における動土圧の記録の一例を図-3に示す。加速度と圧力との波形は全般的に滑車 sinusoidal の形をなし位相差は認められない。しかし加速度が大きくなると砂表面近くの圧力波形は図-3 2) に示すようにその半分のみがくずれている。これは振動圧の半振巾がそのときの静土圧より大きくなるためと解される。前述のごとく動圧測定の過程において静圧は大巾に変化しており、この静圧を中心として正負の半振巾の動圧が加わるのであるから、厳密には振動台が定常振動をしていても圧力は過渡的に変化しているわけであろう。しかし今動圧(半振巾)のみをその測定の加速度との関連で整理して見ると図-4(a)~(d)のようになって静土圧のはなはだしい過渡的変動にくらべて相当規則的な関係があるように見える。同図の中には全く独立の二つの Series の実験結果を並記してあり、またそのおのおのについても番号順に小加速度から大加速度へ再び小加速度へと順次記録した動圧の三往復の経過を示してある。これらと同様に箱の長さを変化した場合について各測定の加速度と圧力とが対数目盛で直線関係にありとしたときの勾配を求めた例を表-3に示す。今この表の値を用いて壁面に対する動圧の深さの

Table 5 Dynamic Pressure-Acceleration Relation (Coarse Sand)

Test Series	L, H	P_1 (gr/cm ² gal)	P_2 (gr/cm ² gal)	P_3 (gr/cm ² gal)	P_4 (gr/cm ² gal)
V Dry	L=50 cm H=50 cm	$P_1=0.0043 A_1^{1.340}$	$P_2=0.00018 A_2^{1.585}$	$P_3=0.000067 A_3^{1.728}$	$P_4=0.00021 A_4^{1.532}$
VI Saturated	L=50 cm H=50 cm	$P_1=0.0086 A_1^{1.107}$	$P_2=0.00075 A_2^{1.445}$	$P_3=0.0015 A_3^{1.828}$	$P_4=0.0019 A_4^{1.290}$

のごとくである。

これらから砂の深さが変化してもある測点の圧力と加速度との関係はあまり変わっていないことがわかる。

方向の分布を描いたものが 図-5 である。

次に長さ $L=200$ cm の場合につき砂の深さを変化した場合につき得られた動圧の大きさを描いたものが 図-6(a)~(c) である。加速度と動圧との関係は 表-4

ないことがわかる。

図-7 は同じ乾燥細砂を使用して測定した安息角と振動台加速度との関係を示してある。最初の二等辺三角錐の底角は 33° で加速度が大となると次第に小なる角度で

Fig. 4(a) Dynamic Pressure-Acceleration (Dry Fine Sand)

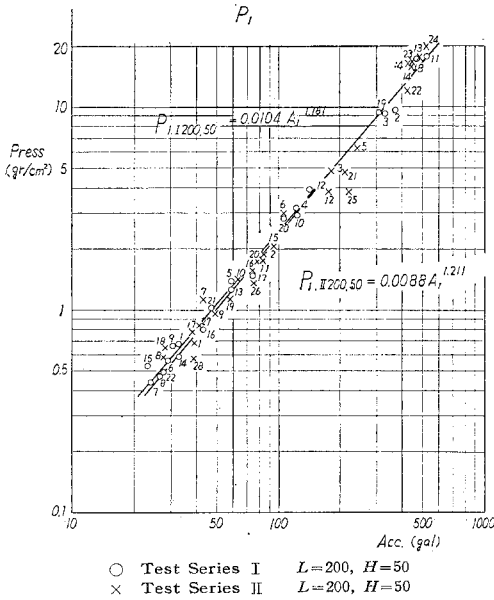


Fig. 4(b) Dynamic Pressure-Acceleration (Dry Fine Sand)

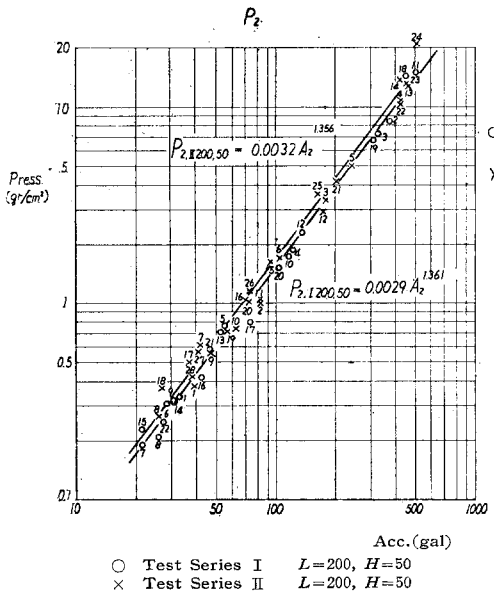


Fig. 4(c) Dynamic Pressure-Acceleration (Dry Fine Sand)

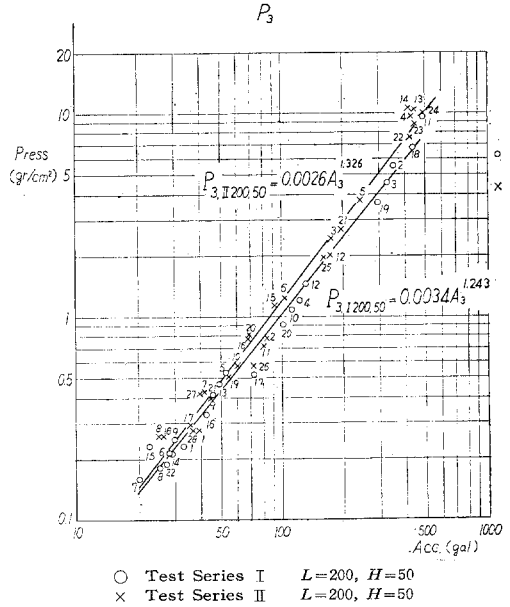


Fig. 4(d) Dynamic Pressure-Acceleration (Dry Fine Sand)

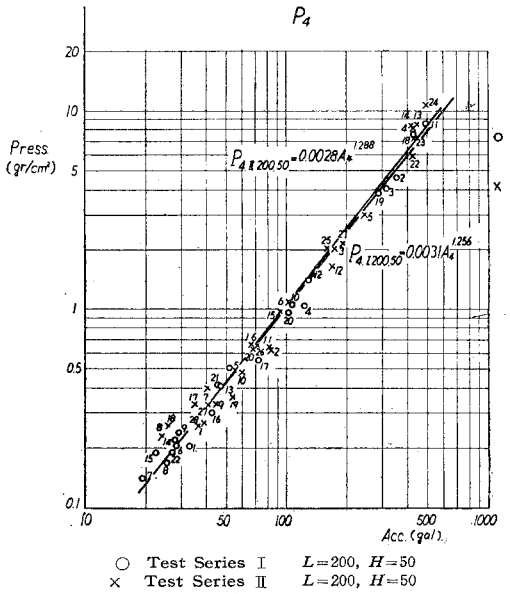


Fig. 5 Dynamic Pressure-Depth Relation at 100 gal~500 gal Acceleration (Dry fine Sand)

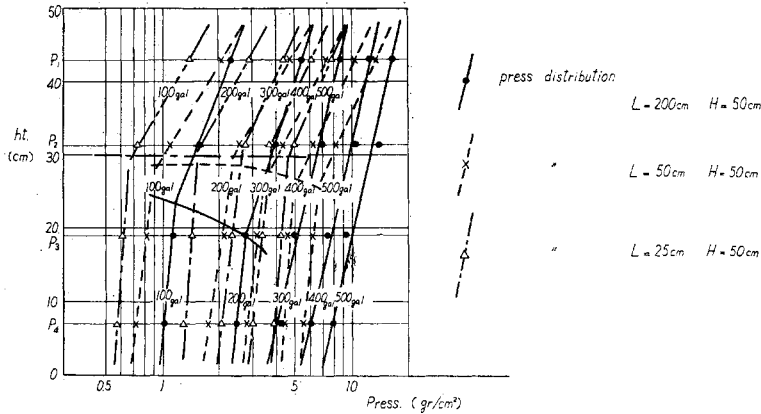


Fig. 6(a)

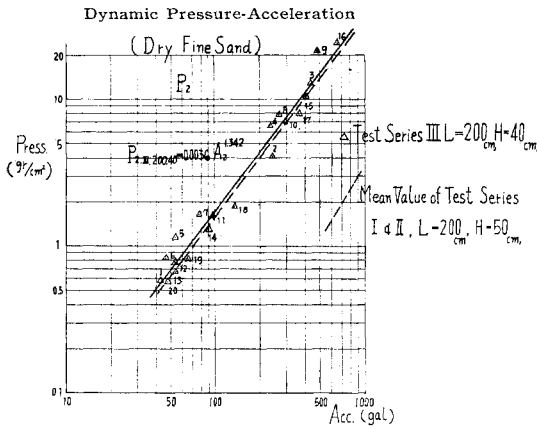


Fig. 6(c)

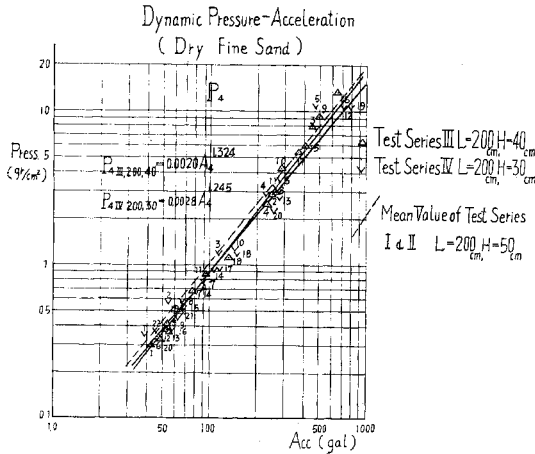
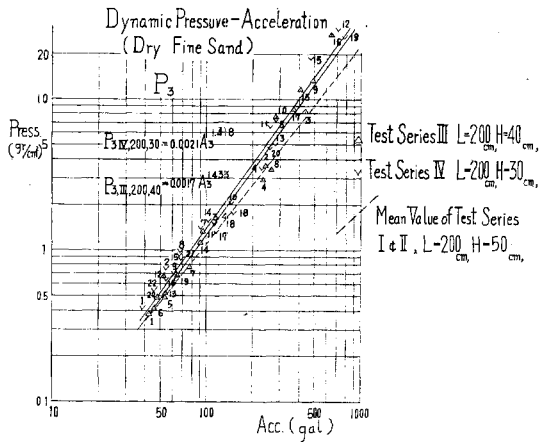


Fig. 6(b)



ほぼこの直線上にのっているのが見られる。

次に飽和粗砂の場合の振動過程における静圧の変化の一例を 図-8(a) に示す。図-8(b) は 同じ砂を乾燥したときの静圧変化の一例で、乾燥細砂の場合と同様大巾の変化をすると同時に実験 Series によって絶対値に相当の差が見られる。これに反し飽和粗砂では圧力分布、圧力絶対値に大きな変化は見られず、振動とともに徐々に圧力が増大しているのみである。砂面の沈下は乾燥砂の場合と反対に固定壁付近でかえって少ない。すなわち水の存在により壁面付近の砂の粒子の移動は制限せられ全般的に密度の増大のみが生ずるのである。

動圧を前述と同様に表現したものが 図-9(a)~(d) である。乾燥粗砂、飽和粗砂および水の場合の三者を並記してある。ここに飽和粗砂の場合は特に Test Series VI および VI' と 2 Series 別の記号で書いてあるが、これは水の中に砂を入れ第 1 回の振動実験を行なうと必ずその初期に異常に高い動圧が記録されることを示したものである。この異常動圧は水の中に砂を入れて振動し始め大きな加速度に達するまで生ずるがそれ以後

平衡を保つようになる。厳密には上部において斜面勾配は小となり、頂点では水平になってしまうが、ここに安息角としておおよそ高さの半分以下の部分の平均傾斜角をとった。図中の直線は静止の場合の安息角 33° の点と 980 gal における安息角 0 の点を結んだもので実験値が

Fig. 7 Angle of Repose-Acc. of Table (Dry fine Sand)

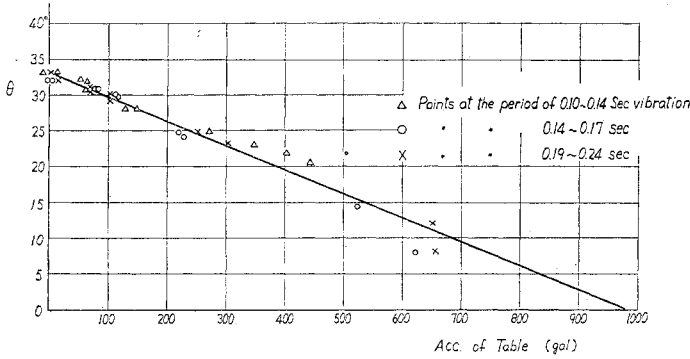


Fig. 8 (a) Static Pressure Development after each Step of Vibration (Saturated Coarse Sand)

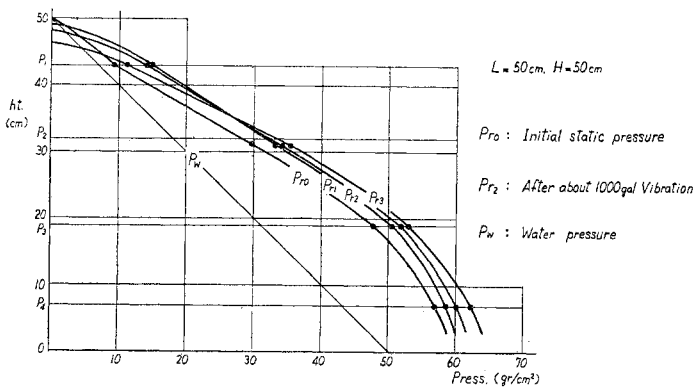
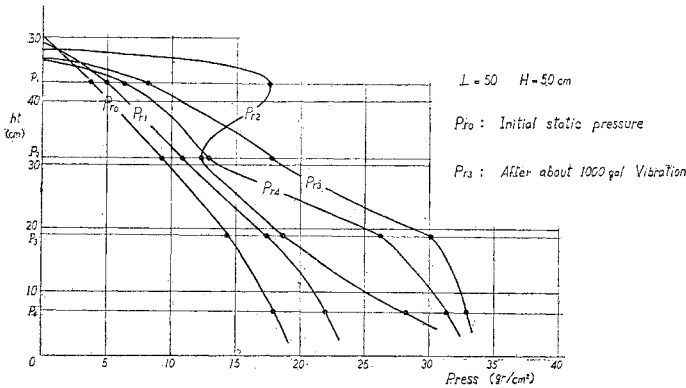


Fig. 8 (b) Static Pressure Development after each Step of Vibration (Dry Coarse Sand)



の振動くり返しに対しては生じない。図中および表-5に動圧と加速度の関係式を示すが、この異常圧を除いてVIおよびVI'の両者をふくめた場合の計算式である。水の場合の動水圧は図に明らかのように完全に加速度の一乗に正比例しており、その絶対値も箱の中の動水圧の理論値にほぼ一致している。図-10は図-9の結果を用いて動圧と深さの関係を図示したものである。

なおここに示したほか、2.5~5.0 mmの小砂利について完全に水を飽和した場合の動圧と同じ場合に圧力計

の前面にスクリーンを配して砂利中に伝達して来る動水圧のみを記録したが、透水係数約1 cm/secのこの小砂利中を伝播する動水圧は図-10中の水の場合の動水圧とほぼ同じになり、また水と砂利の圧力を一緒に記録した動圧は同じく図-10中の飽和粗砂よりやや大きいのが本質的にはほぼ同様の結果が得られた。図-11は水深50 cmの水中に25 cmの深さだけ粗砂を入れて得られた動圧加速度関係式を用いて描いた動圧と深さの関係図である。この場合上半分の動水圧は水深25 cm、長さ50 cmの箱の中の動水圧理論値とほぼ一致している。

4. 考察と結論

以上の実験結果から明らかにされたことを要約しこれに対する考察を述べて見ると大略次のごとくである。

(a) 乾燥砂の場合固定壁に対する静土圧は深さに比例してほぼ三角形分布をする。振動をうけると全般的に静土圧は増大するが特に上部の圧力増大はいちじるしく三角形分布の型はくずれる。またその増大の状況は不規則で変化がはげしい。これは壁面付近の砂粒子の状況が振動のつど変化し、静土圧を決定する大きな要素がこの壁面付近の砂粒子の配列状況によるものであることを察せしめる。

(b) 飽和砂の場合は乾燥砂の場合と異なって最初の三角形分布の静土圧は振動によって大きくは変化しない。これは飽和水の存在が壁面付近の砂粒子の乱れを防ぐためである。

(c) 乾燥砂の動圧は不規則な静圧の変化状況にくらべて非常に規則的である。振動経過に関せず加速度と動圧との間にはほぼ一定の関係が見出される。これ

は動圧が壁面付近の砂粒子の状況のみによって定まるものでないことを示すものであろう。また図-5より壁面の摩擦が動圧の大きさ分布に大きな影響をもつことが察せられる。動圧対数値の深さに対する勾配を見ると箱の長さLが短かいほど勾配変曲点は上部に移っており砂粒子の運動が上部においてのみいちじるしいことがわかる。長さLが長くなり、加速度が大きくなると深部まで砂の十分な運動がおきており、深さ50 cmで長さ200 cmの場合固定壁の対向面の影響がほとんどないと考えてよいだろう。

Fig. 9(a)

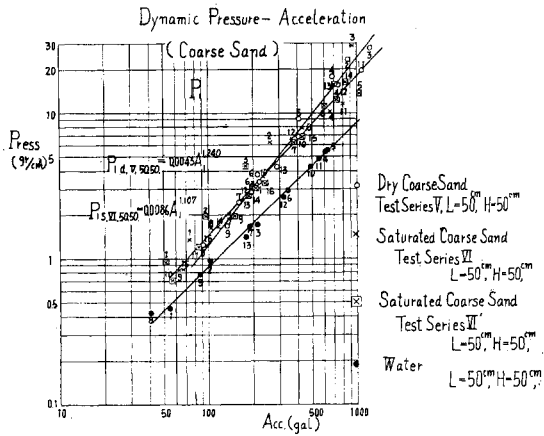


Fig. 9(c)

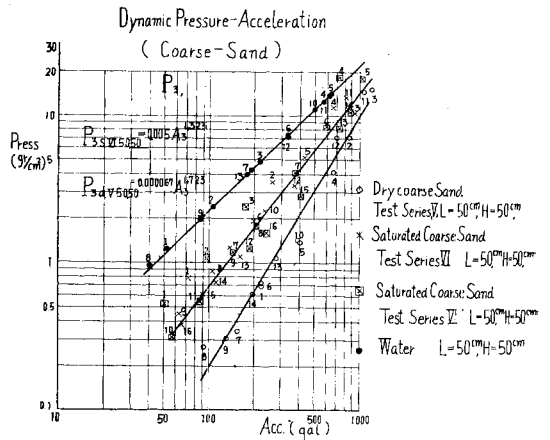


Fig. 9(b)

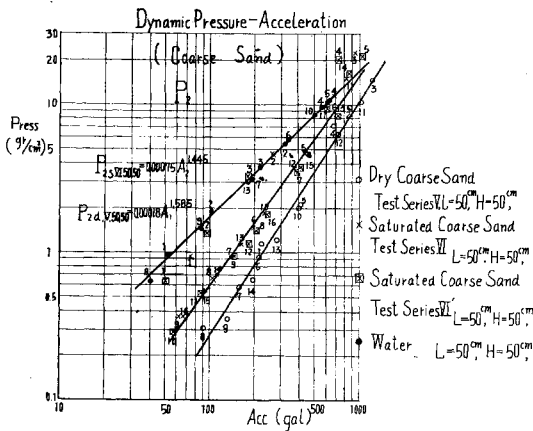
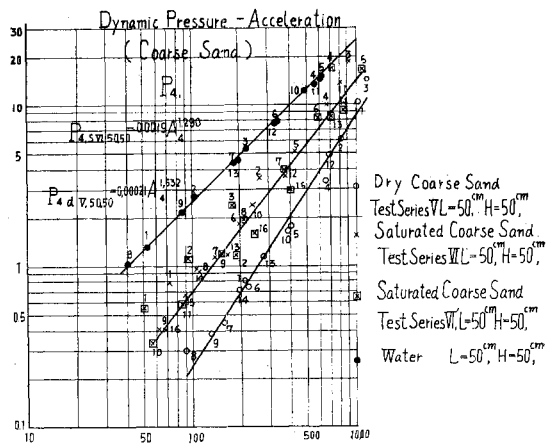


Fig. 9(d)

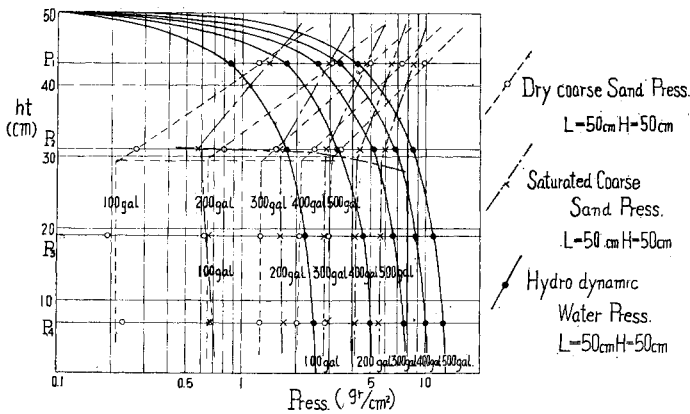


図一六に示すように、ある測点における動圧の大きさが、その点より上の砂の深さに大きな影響をうけないと

いうことは動圧を生ずる機構を説明する重要な一つの要素であろう。

Fig. 10

Dynamic Pressure - Depth Relation
at 100 gal ~ 500 gal Acceleration
(Coarse Sand)



また動圧をその点の加速度と関係づけた式が加速度の一乗以上に比例した型であるということは同じく動圧を生ずる機構を説明する重要な要素と考えられる。

以上のごとき結果を総合して著者は動圧の発生機構を古典的な Coulomb の土クサビの立場で説明するのも一つの方法ではないかと考える。すなわち壁の固定端をとる滑り面を想定しこの滑り面と固定壁の間のクサビの質量が壁間の加速度と同一の加速度で圧力を生ずるのである。今ある点の動圧を P_d とすると

$$P_d = \kappa \rho g c b \dots \dots \dots (1)$$

と考えるのである。ここに

κ : 震度, ρ : 密度, c : 常数, b : その点におけるクサビの水平巾

クサビの水平巾 b は砂の深さ, 長さ, 加速度などにより複雑に影響される。今長さの十分長い場合の動圧 図-4, 図-6 の圧力値を用いて (1) 式から逆に cb の値を計算すると 図-12 をうる。図-7 において得られた安息角をこの砂の内部摩擦角に等しいと想定して, 各加速度における固定壁下端をとる滑り面を描くと 図-12 の点線のごとくなる。両者のさらにより近似を得るためには内部摩擦角について深さの影響, 動的要素などさらに検討を要することが多い。

(d) 水が完全に飽和しているときの動圧はその加速度との間に乾燥砂の場合と同様の関係を示すが動圧振巾は大きくなり, 一方加速度に対する増加の割合は少しく小となる。しかし透水係数が 10^{-1} cm/sec 程度の砂はもちろん 1 cm/sec 程度の小砂利で動水圧が空げきを通じて完全に伝達されると考えられる場合でも水ばかりの場合の動水圧振巾より小さい。すなわち動水圧振巾に砂の動圧振巾を加えたものを飽和砂の動圧振巾とする必要はなく実用上は飽和した砂の動圧として取扱うのがよい。

また砂が水中に沈殿している場合の動水圧は沈殿した砂の表面までの水深をとって考えればよい。

しかし振動初期における異常動圧発生の機構, 動圧の大きさの決定などは将来に残された課題である。

Fig. 11
Dynamic Pressure-Depth Relation
at 100gal ~ 500gal Acceleration
(Submerged Coarse Sand)

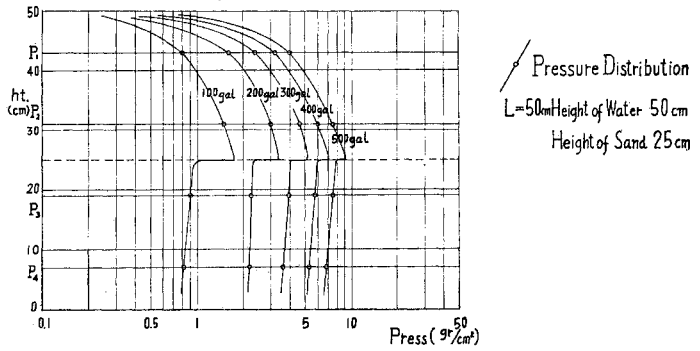
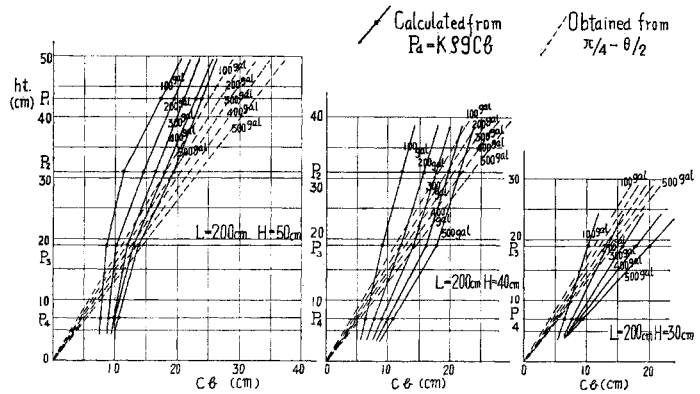


Fig. 12 Assumed Shape of Wedge



(原稿受付: 1961.8.24)

EXPERIMENTAL STUDY ON THE SEISMIC PRESSURE OF SAND TO THE FIXED WALL

By Dr. Eng., Tadashi Hatano, C.E. Member

In case of a fixed wall such as a dam, which is fixed at its foundation and which is able to displace slightly at its upper section, the problem of how the seismic pressure of the sand actuates has been long before pursued by some number of researchers.

However, there are still many points that have to be clarified on this subject. Herein observations on various cases by conducting tests were made. And the writer thereby wishes to derive a new concept concerning the seismic pressure of the sand.

A wooden box (inner dimension is such that L (length) = 200 cm, B (width) = 42 cm, H (height) = 50 cm provided with pressure meter and accelerometer was used for the tests. This box which has outside reinforced sufficiently by steel angles is placed on the shaking table.

The dry sand was piled forming layers of several cm. from bottom of the box. According to the respective test series, its, length L (200 cm, 50 cm, 25 cm) and depth H (50 cm, 40 cm, 30 cm) were changed. A time of setting L as 50 and 25 cm, a rigid separating steel wall was fixed inside the box.

The static pressure was measured after filling the sand to the predetermined length and depth. Then by giving various kinds of vibrations, the dynamic pressures were recorded. Also the variation of static pressure during the process of the respective vibrations was measured by setting the shaking table still,

Moreover the test of angle of repose was conducted as to the dry fine sand. The test of saturated coarse sand was conducted for the case of length of the box L as 50 cm. The comparison was made between the case of the sand being completely dry and that of the sand being completely saturated by water as to the case of the depth $H = 50$ cm.

Also the hydrodynamic pressure was measured for water only.

The points clarified from these tests are the

following.

(a) In case of dry sand the static sand pressure against the fixed wall is proportionate with the depth and approximately forms the triangular distribution. If sustaining the vibration although the static pressure increases in general, the pressure increases at the upper section is particularly conspicuous resulting in the collapse of the form of triangular distribution. Also the condition of this increase is irregular involving severe variation. That is presumably due to the fact that the condition of the sand particles near the wall face changes every time the vibration occurs, and that the element which decides the static pressure is governed by the condition of the arrangement of sand particles near the wall face.

(b) In case of saturated sand which differs from the case of dry sand, the static sand pressure of the initial triangular distribution does not vary extensively by the vibration. The writer considers that this is because the existence of the saturated water prevents the disorder of the sand particles near the wall face.

(c) The dynamic pressure of the dry sand is extremely regular when compared with the condition of irregular variation of the static sand pressure. Regardless of the vibration process an approximate constant relation can be detected between the acceleration and dynamic pressure. And the magnitude of this dynamic pressure was approximately determined by the height from the wall base without being influenced much by the depth from the surface. Also the dynamic pressure at a point on the wall became larger as it shifted from the wall base to the top section. The magnitude of this dynamic pressure was approximately in proportion with the 1.2~1.4 order power of acceleration of the respective point.

The writer conceiving the Coulomb's wedge which is determined by the sliding plane, made attempt to explain that the mass of this wedge

section produces the dynamic pressure on the wall.

(d) Although the dynamic pressure when the water is completely saturated shows the same relation with its acceleration as that of the case of dry sand, on the other hand the amplitude of the dynamic pressure becomes larger as well as its rate of increase against acc. becomes slightly small.

However the dynamic pressure amplitude is smaller than the hydrodynamic pressure of the

water only even for the case of large coeff. of permeability of sand. In other words, there is no need of setting the sum of hydrodynamic pressure amplitude and the dynamic pressure amplitude of the sand as the dynamic pressure amplitude of the saturated sand.

Also the dynamic pressure of the case the sand is settled in the water is better to conceive by selecting the water depth down to the surface of the settled sand.

土木学会論文集編集委員

委員長	丸安隆和	副委員長	林泰造	委員	竹間弘	委員	増田重臣
委員	浅川美利	委員	倉西茂胤	委員	土屋昭彦	委員	松尾新一郎
"	坂田隆一	"	佐川嘉昭	"	土屋雷藏	"	室町忠彦
"	石橋金一郎	"	佐藤昭彦	"	中山謙治	"	柳田尚典
"	色部誠	"	相良正次	"	永盛峰雄	"	山川尚典
"	内田一郎	"	多谷虎男	"	西片守	"	山本稔晴
"	川島賢一	"	高瀬信忠	"	西原巧	"	山本保晴
"	北川英夫	"	高橋国一郎	"	長谷川五郎	"	吉村真事
"	久野悟郎	"	高橋裕	"	林正道	幹事	西脇威夫
"	久保慶三郎	"	立松俊彦	"	平嶋政治		
"	倉田進	"					

昭和 37 年 4 月 15 日印刷
昭和 37 年 4 月 20 日発行

土木学会論文集 第 80 号

定価 150 円 (〒 20 円)

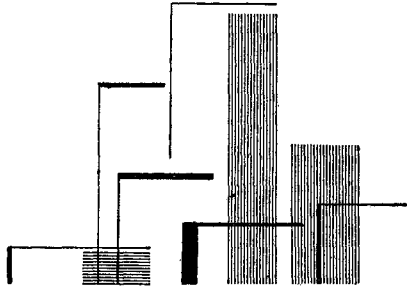
編集兼発行者 東京都新宿区四谷一丁目 社団法人 土木学会 末森猛雄
印刷者 東京都港区赤坂溜池 5 株式会社 技報堂 大沼正吉

発行所 社団法人 土木学会 振替東京 16828 番
東京都新宿郵便局区内 新宿区四谷一丁目 電話 (351) 代表 5138 番

最も良い最も経済的なコンクリートを造る…

ポゾリス

セメント分散剤



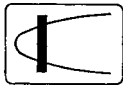
あらゆるコンクリート構造物にポゾリスは素晴らしい効果を示しております

完備したコンクリート試験室・各種データと共にテクニカル・サービスマンが皆様の御用命をお待ちいたしております



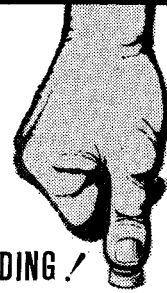
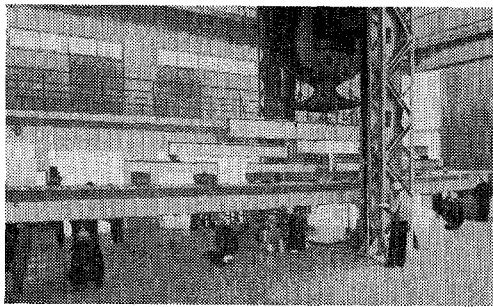
日曹マスタービルダーズ株式会社

本社 東京都千代田区大手町2の4(新大手町ビル) 電話(211)代表2781
 大阪営業所 大阪市東区北浜2の90(日産生命会館内) 電話(202)代表3294
 5月中旬本社移転予告 東京都港区赤坂丹後町10(エムバイヤビル)



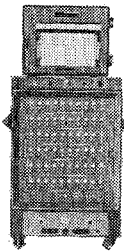
一営業品目一

- 抵抗線歪計
- オシログラフ自動現像機
- 抵抗線歪測定器
- 船用軸馬力計
- 電磁オシログラフ
- その他



AUTOMATIC
 ...RECORDING!

あなたはスイッチを入れるだけ



静的歪多点自動測定装置
 (ASB型+STRY型)

■あとは、共和の静的歪多点自動測定装置が、初期バランス・多点切換操作・歪測定記録を自動的にこなします。ゲージ断線・短絡などバランス不能のときは、その点のプザーによって事前にバランス不能点を知ることができます。60点の歪測定はわずか90秒！すべて自動的にスピーディに行うので時間・人員ともに大巾に節減することができます。■誌名ご記入の上、カタログ御請求下さい！

株式会社

共和電業

(旧社名 共和無線研究所)
 本社 東京都港区芝西久保町一丸番地
 電話 東京(五〇)代表一四四四番
 営業所 大阪・名古屋・福岡
 出張所 札幌

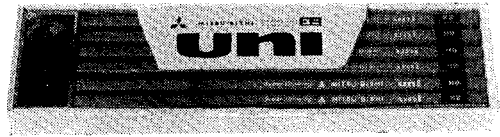
長い線でも
同じ細さに

かき始めも 先端がくずれない
途中でかき減りが少ない

6H→6B14硬度 1ダース ¥600



uni



 三菱鉛筆 

ウノサワ
ポンプ
ブロー



製作品目

渦巻ポンプ
暖房用ポンプ
真空ポンプ
ルーツブロー
空気力輸送機

株式会社
宇野澤組鐵工所

本社及び渋谷工場 東京都渋谷区山下町62
電話 東京(441)2211(代)
玉川工場 東京都大田区矢口町945
電話 東京(738)4191(代)