

名城大学土木教室 正会員 柴田道生

名城大学土木教室。正会員 阿河武志

緒言

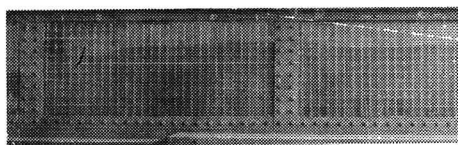
くいの支持力を考える時に、くい周辺の地盤の状況、特にくい先端部(すべり面)を把握する必要がある。この事は、すべり面の範囲がくい先端部において、どのような大きさで発生するかを説明すれば良い。しかし、地盤中のくいの状況を知ることは、仲間困難である。本研究はこのような状況を模型実験によって、くい周辺の地盤変位、先端下部のすべり面が何度の角度において発生するか、くい径の約何倍の範囲(破壊)に影響するかを考察したものである。

実験方法

全面強化プラスチック(厚さ、 10mm) $100\times 55\times 100\text{cm}$ の土槽2槽と $65\times 5.5\times 6.5\text{cm}$ 槽と奥行き 29cm を有した土槽に、各 3.5cm 毎に縦、横に木糸を張り、木糸の上をセロテープを張って行った。(図-1)まず、横に各層毎に、1列目=赤、2列目=砂、3列目=緑、4列目=砂、5列目=青、これを2回ずつくりかえして、これで横の移動量、次に縦には、横の配列を縦にして縦の移動量を測った。

これを用いてスライドで複合してくい貫入時の移動量を測定した。

仮想地盤は川砂を完全に乾燥させて、 0.88mm のフルイで分けて染粉で色をつけて、その場合に全部に色をまぜるのではなく、奥行き 5cm までに色をつけて、残りは砂を用いて各層毎に十分に締めの固めを行った。くいは先端角 30° 、 60° と先端から (1.2cm) 30° flat、 (2.3cm) 60° flatの4本の半割模型(図-2)を用いて、静的(ハンマー)にガラスにピッタリと付着させて各毎 3.5cm 貫入した時の地盤の変位、すなわち何 cm まで縦、横に移動するかを観察した。この実験においてはくい径の間隔を無視して行った。

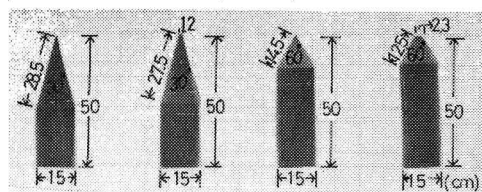


(図-1)

結果および考察

1) くい周辺の地盤の変位

縦、横は1層(3.5cm)を 7mm 間隔(2層おき)でプロットして、先端角 30° 、1層目と2層目の時においては先端角がシャープのために貫入がスムーズで全く、擾乱しておらず縦の層は円錐部と平行に砂を排除しているにすぎない。4層目~打ち止めまではただ2層目



(図-2)

と同様に縦、横が作用している。(fig-1~5), 先端角 30° (flat), 先端をカットしないくいよりも地盤変位が大きく、先端角(flat)の下部において地盤変位の影響が大きく現われている。(fig-6-10) 先端角 60° 、貫入が悪いために横も大きく変位しているか、縦の方がより大きく影響されている。

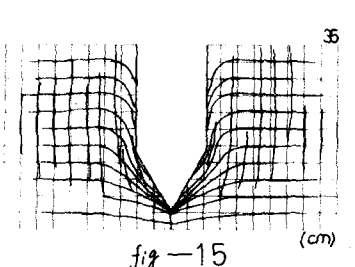
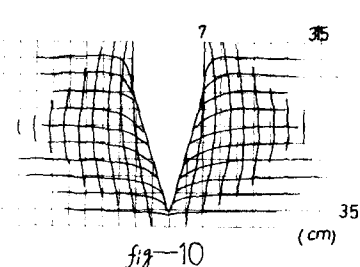
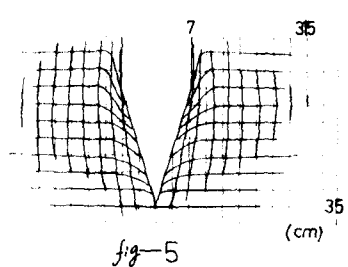
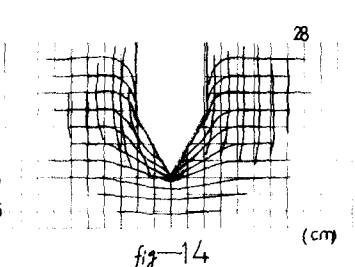
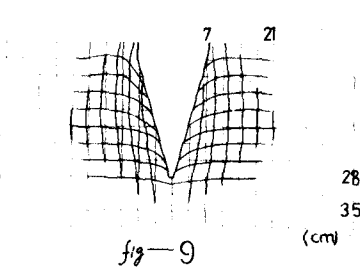
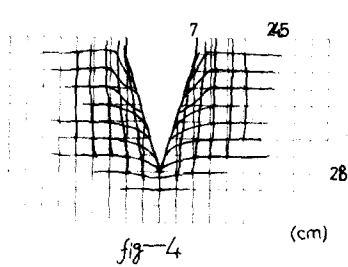
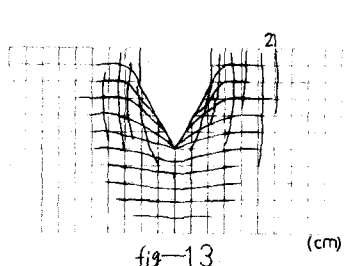
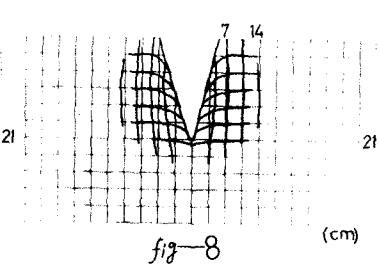
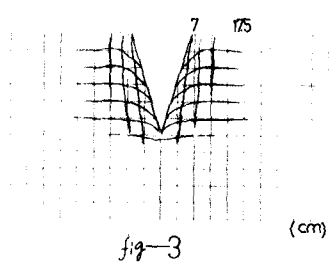
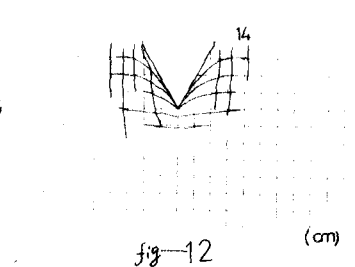
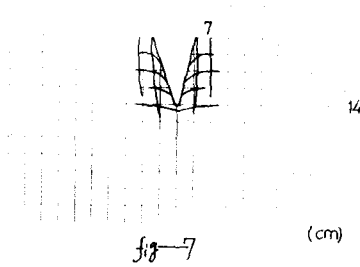
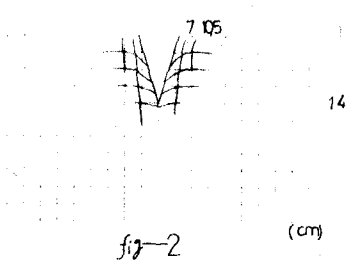
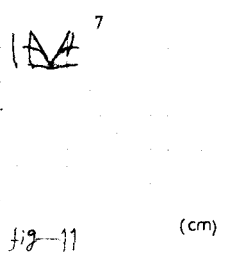
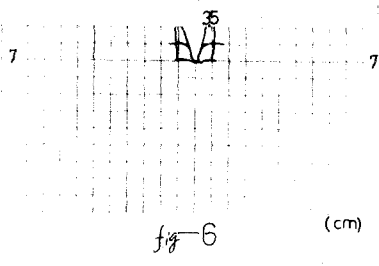
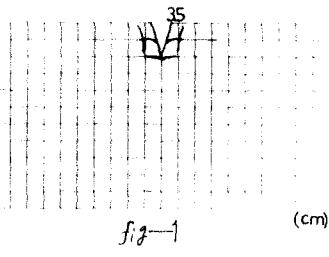




fig-16

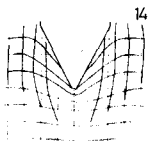


fig-17

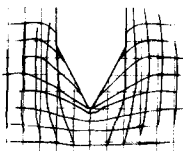


fig-18

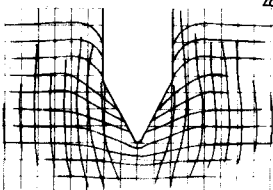


fig-19

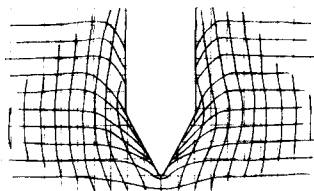


fig-20

先端角30°と比較して、みると先端の先に勾配が非常に大きい上体で貫入している。又、下部の影響が大きく作用している。それはfig-7とfig-13を見る。fig-3は下部には4層目の1層が変位しているためにfig-13においては11層まで大きく影響を受けて、同じ4層目においては先端角30°ですべり面が発生していないのに、一方の先端角60°は完全になめらかなすべり面が発生している。打ち止めfig-5とfig-15においても地盤の擾乱度が明らかに異なる。先端角60°(flat)貫入2層の先端60°のカットでは下部の地盤変位が全く異なっている。打ち止めはfig-20においても縦、横の影響の差が図から明らかである。

2) くい径による影響範囲

先端角30°、60°、先端角(flat) 30°、60°これからのくい径による移動量はくい径の4~5倍の範囲に移動する。すなわちくい径の影響は静的、動的に貫入する場合においてとりわけ関係しないのである。この事は、くいが貫入する時、くいの体積(元々rodを入)を横に排除し、円錐長においては地盤の擾乱度が横より大きく、一度圧縮されて(せん断)すべり面を発生してその土粒子を上方に押し上げる。この2つの作用において、くい径による影響(破壊領域)は4~5の範囲に定められる。先端角30°の場合、鋭角、fig-5、先端角60°の場合、鈍角、fig-15、先端角(flat)の場合、fig-10、先端角60°の場合、鈍角、fig-15、先端角(flat)の場合、fig-20これらの影響は表-1に示す。

先端角	縦	横	平均
30°	4.2	4.1	R=4.15
30°(カット)	4.43	4.2	R=4.32
60°	4.66	4.43	R=4.55
60°(カット)	4.9	4.66	R=4.8

表-1 (cm)

3) 先端下部のすべり面
この実験において、明らかな事は先端角30°の場合においてはすべり面が発生しておらず、ただくいが貫入していくとくい先端部の体積を横に排除するのみで、すべり面は完全に発生しない。先端角60°~flatまですべり面が発生する。先端角60°の場合には完全に、すべり面が発生しており、このすべり面は不連続点(α)=円錐部長に最も関係してくる。αが大きくなれば徐々に水平、すなわちflatに近くなっていくと砂粒子が円錐長と平行に圧縮変形されて、砂粒子が膨張し、降伏点に達してせん断され、このせん断力が一連してすべり面の形成になる。しかしくい径による影響においては静的、動的には関係しないが、すべり面においては静的、動的に大いに関係するのである。静的においてもαを境にしてすべり面が発生する。

fig-14, 15, fig-19, 20

4) 先端角 flat のくについて

先端角 30°, 60° の場合については実験と理論を比較して先端支持力が大であることを説明する。

$$y = u \sin 2\pi \frac{x}{\lambda} \quad \text{---- (1)}$$

$$u_s = 0.0009172 (\sin \xi x - \sinh \xi x) - 0.0009345 (\cos \xi x - \cosh \xi x) \quad \text{---- (2)}$$

$$u_b = 0.0004354 (\sin \xi x - \sinh \xi x) - 0.0004475 (\cos \xi x - \cosh \xi x) \quad \text{---- (3)}$$

(2), (3) 式に(1)式を代入して地盤の圧縮変形を求める。但し、 $E = 1 \times 10^{10} \text{ kg/cm}^2$ $\rho = 1.6 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$
 $L = \frac{\pi D^4}{64}$ $S = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2$ $P = 2\pi f$ $f = \frac{(4.73)^2 r}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{E}{\rho} (1 + \frac{D^2 \rho^2}{\pi^2})}$ $\gamma' = 2.5$ $\xi^4 = \frac{\rho S}{EI} P^2$, $\lambda = TV_s$ より
 $\lambda_0 = 13.2 \text{ cm}$ $\lambda_0 = 30 \text{ cm}$ の条件を使て地盤の圧縮変形 y の値を求める。

先端角 30° $r = 1.2 \text{ cm}$ すると $\frac{r}{L} = \frac{1.5}{1.2} = 12.5$, $e^{\xi L} = 12.5$, $\xi L = \log_e 12.5 = 2.22$ (第1表) 地盤の圧縮変形 y の値 (cm)

先端角 60° $r = 2.3 \text{ cm}$ すると $\frac{r}{L} = \frac{1.5}{2.3} = 6.5$, $e^{\xi L} = 6.5$, $\xi L = \log_e 6.5 = 1.87$

$\xi^4 = \frac{\rho S}{EI} P^2$ これから求めて(2)(3)式に代入する

30° の先端角の場合 $\xi = 0.0722 \text{ cm}^{-1}$, $P = 23.749$, $f = 3.7818$

60° の先端角の場合 $\xi = 0.1043 \text{ cm}^{-1}$, $P = 104.154$, $f = 16.5851$

地盤の圧縮変形を計算すると、次の第2表の数値が得られる。すなわち圧縮変形量は先端角度 60° の方が著しく大きくなっている。この事は圧縮変形量が大い事は地盤の密度を粗にして擾乱度が大いので、先端角度 60° の方が先端支持力が大であることを意味する。

結論

くい周辺の地盤変位、くい径の影響、すべり面もすべてはくい端における土の圧密および排除に対する地盤の抵抗すなわち先端抵抗に起するものである。くい先端抵抗を減少すれば、地盤変位、くい径の影響、すべり面もおのずから影響されるのである。この先端抵抗を小さくするのは、くい先端角度を減少すればよいことになる。

先端角が小さければ貫入がスムーズで地盤の擾乱度が小さく、先端支持力が大である。一方、先端角が大であれば貫入が悪くすなわち

地盤の圧密、擾乱度が大きくなることは地盤の降伏が早く発生(極限応力状態)し、せん断、つまりすべりを起し、圧縮変形量が大であり、先端支持力が小さくなる。以上のことから先端角度が小さいほど支持力が大いといえる。

あとがき

この実験で、遠山哲、田中賢一、野村幹夫諸氏の助けをえたことを附記して謝意を表す。

参考文献

柴田道生、阿河武志、くい先端角度の相連における地盤応力、第6回土木工学学会研究発表会

柴田道生、阿河武志、くい先端部地盤の破壊領域について(その1)昭和46年土木学会年次総会

柴田道生、先端角の差異によるくいの先端支持力について昭和46年土木学会年次総会