

九州産業大学工学部 正員 石堂 稔
 学生員 〇 森 茂 毅
 学生員 田 中 広 行

1. はじめに

摩擦杭などをはじめ、地盤と接する杭材壁面での摩擦抵抗については、種々のデータがあるが、あまりにも範囲が広く、適用にあたって選択に困ることもある。筆者らは先般より乾燥砂の摩擦抵抗について基礎的な研究を行なっているが、やはり杭材の種類と状態によって著しい相違のあることがわかる。ここではその後数種の杭材について一面セン断、三軸圧縮試験機の利用による乾燥砂のみを対象に行つた結果をまとめて報告することにした。

2. 実験

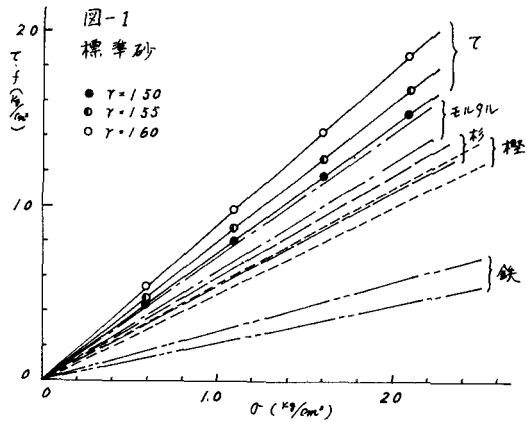
a). 小型一面セン断機を改良して板状にした杭材を下部にあそ、上部箱に砂をつめて杭材の上に直接のせて下部箱を移動し、移動時の試料断面は一定なようにした。

b). 三軸試験機のセル内の $44\text{cm} \times 267\text{cm}$ の砂状試料中央に杭材としての鉄の内棒をあそ上下部共同釜の穴のある金具で保持し、杭頭に荷重をかける。

c). 砂は乾燥状態の標準砂と相馬砂を用いた。

d). 杭材、鉄(さびた状態)、モルタル(比較的滑)、木(杉、桧の滑らかなもの)。

e). セン断速度は両試験とも $1\text{mm}/\text{min}$

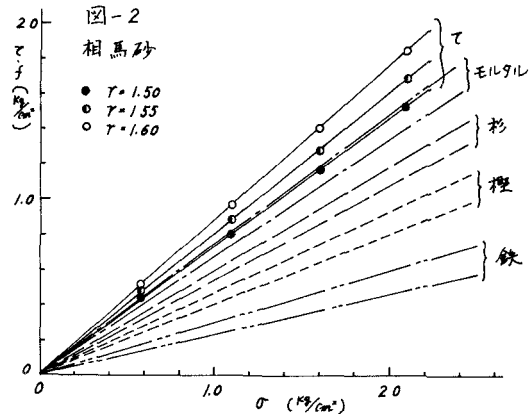


3. 結果および考察

3.1 杭材の種類の影響

図-1, 2は標準砂と相馬砂それぞれ4種の杭材について一面セン断を行つた結果を、 τ - σ の関係で表わした。

各砂にあって、垂直応力 σ が一定のとき摩擦抵抗 τ の大きさはモルタル、杉、桧、鉄の順であり、いずれも砂のセン断抵抗 τ_0 よりはいさゝか大きい値である。モルタルの場合、砂試料とモルタル中の砂は同一粒を使用しており、表面は上げはがらす型研をばすれたまの状態である。したがって砂とのかみ合わせは悪くない。



いと考えてよく、 f はてに近い値となっている。杉と桧とでは表面の状態は同程度に仕上げたものであるが、 f は杉の方が大きい。両者では材質に硬さの相違があるので、 σ が同じであっても軟材では砂粒の材料へのめり込みがありその影響が表れたものといえよう。ここでは表われていないが、もしのがある程度以上に大きくなれば、硬木といえども軟木と同様な現象の生ずることが当然考えられる。枚料の硬度では鉄やモルタルが大きく、したがってめり込み現象も考えられないが、表面の凸凹の状態と砂とのかみ合わせの良否によって図のような f の相違となって表われてくる。

3.2 砂の種類の影響

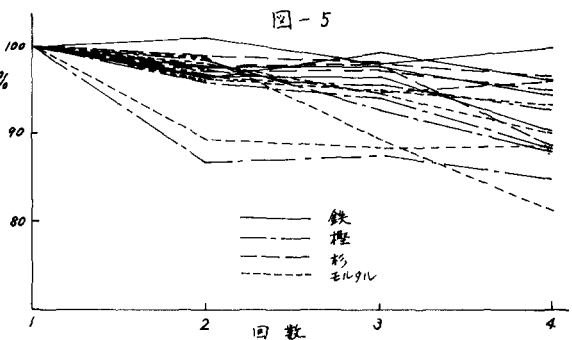
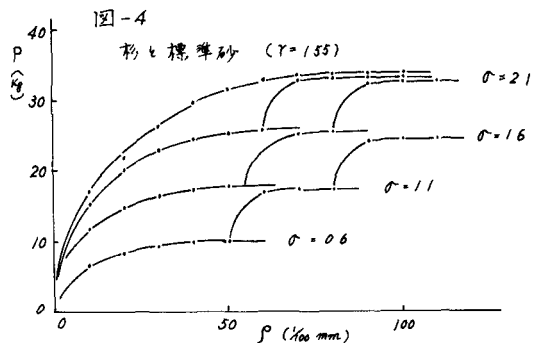
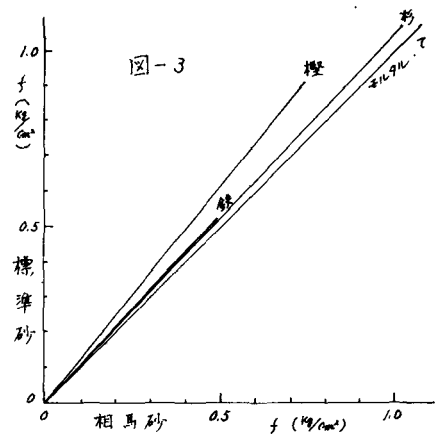
相対的に粗い砂と細い砂として上記2種の砂を使用した(均等係数は両砂とも1.56程度)。砂の抵抗では密度を等しくすると両砂に大きな違いはないようであるが、各枚料に対する f の値には多少の差がみられる。図-3は両砂の抵抗を各枚料ごとに比較したものである。モルタルを除いて、 f の比はての比に対して、相馬砂の方が標準砂より常に小さくなることがわかる。

ここではこの差を砂と杭の接触壁面にあける粒子の有効な接触面積の差に起因するものと考えた。すなわち砂の間接キ比が一定であっても、接触面の間接キ比は粗粒なものほど大きくなると考えられそれに相応して f は小さくなると思われる。

3.3 段階荷重の影響

図-4はある垂直応力のもとでセリ断を行ない、極限抵抗に至った後セリ断を停止することなく垂直応力を増加し、こ

れを数段連続して行ったときの荷重-変位関係の一例を示したものである。当初から同一応力でセリ断したときの極限抵抗と、その応力を数段に分けたときの抵抗とでは後者の方が小さくなる。しかもその分割回数が多くなるほど低減率が大きくなる。各枚種、各応力での結果をまとめて、分割回数と極限抵抗の低減の割合を示すと、図-5のようになる。一回でセリ断されるときは、初期状態に応じた値を示すが、その後の応力増加時にはすでにオリエントされた状態での抵抗しか示さないことに



なる。この実験では回数の多いものほど大きなセン断変位を与えているので、それだけ接触面での、オリエンテーションは進んでいることになる。

打込み杭の場合を考えると、杭周囲では浅いところほど非常に大きな相対変位を起してあり、先端では小さい。その割合で上記のようなオリエンテーションは進み、低減率も浅い所ほど大きいといえる。室内で締固めて得られる値は図-5 から考えて実際の値より少くとも1割程度は大きな値になっているものと考えることが出来る。しかしセン断を停止した後改めてセン断されるとその抵抗がどのようなものであるかは、ここでは確かめていない。

3.4 三軸試験機による鉄杭の値

砂粒の外径は4.4cmとして、鉄棒の径は1.0cm, 1.5cm, 2.0cmの3種をつかった。この径を変えたのは鉄棒の径が小さ過ぎると、試料にかかる側圧が水平方向のアーチ作用などで減少するかどうかをみることに、および変位が杭径によってどう変わるかをチェックすることにあつた。図-6は側圧 σ_2 の変化に対し、杭頭での押込力 P を求め、 $f = \frac{P}{\sigma_2 L}$ とあり、全周囲の平均摩擦抵抗を求めた一例を示した。杭径の小さいときは、中、大のものより小さな値を示し、中と大ではほとんど差がないといえる。上下部のガイドの摩擦や杭表面状態は同程度と考えてよいので、小さな杭のときは側圧が中、大の杭のときのように接触面に有効に伝達されなかつたとも考えられる。この傾向は密度が変っても全く同様であつた。その大きさを比で平均して $\frac{f_{1.5}}{f_{2.0}} = 3/5$ に近く、このような試験ではできるだけ大きな径を使う方がよいと思われる。

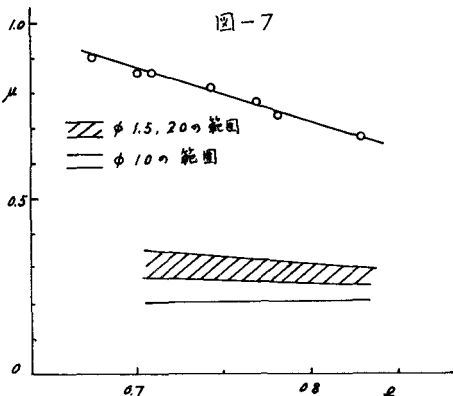
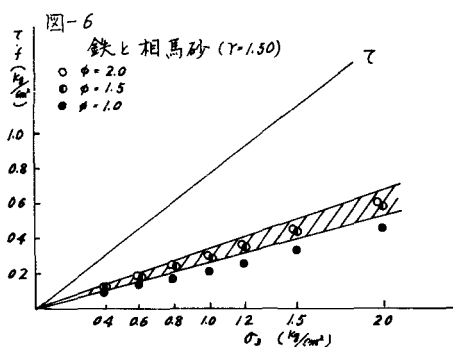
また $\mu = \frac{f}{\sigma_2}$ として得られた摩擦係数の値を同じキ比との関係を示すと図-7のようになる。

3.5 μ の値

砂のセン断抵抗係数 $\tan \phi$ と壁面での摩擦係数 μ の関係を $\mu = \beta \tan \phi$ ($\beta \leq 1$) で表わし、一面セン断、三軸試験の結果から μ および β の値を求めると次の表のようになる。鉄杭については、両試験での杭杭表面が完全に同一条件であつたかに多少の問題はあろうが、一面セン断の値は三軸的に行なつたときの値と近似しているので、全体的にこれらの絶対値は安全側として信頼してよいと思われる。

表-1 μ および β の値

	材料	標準砂		相馬砂	
		μ	β	μ	β
一面セン断	珉タリ	0.65~0.75	0.83	0.65~0.75	0.89
	杉	0.60~0.65	0.71	0.55~0.60	0.70
	樺	0.48~0.55	0.65	0.40~0.48	0.53
	鉄	0.25~0.31	0.36	0.22~0.30	0.35
三軸	鉄(1)	——	——	0.20~0.26	0.30
	鉄(2)	——	——	0.27~0.41	0.37



3.6 セン断変位について

三軸試験による鉄枝の代表例をあげると図-8
のようである。図-8(1)は杭径 2.0 cm, 密度 1.55 g/cm^3
での側圧の影響を示しているが, σ_3 が増加する
とピークに至る変位量は幾分大きくなるが, 初期
のある変位(約 0.1 mm) までは荷重の増加率が大き
い。したがって側圧は塑性変位に対してはある
程度の影響をもつが弾性変位にはほとんど関係し
ないといえる。

図-8(2)は側圧, 杭径を一定にしたときの密度の
影響を示してあり, 密度の低下とともにピーク変
位が大きくなる。すなわち初期の粒子間隔が一つ
の要素であることがわかる。

図-8(3)は密度, 側圧を一定にしたときの杭径の
影響を示している。この場合杭径の影響が上記の
2要素よりもはるかに表われている。いさ実験
結果を杭径に対する比で考えるとピーク時の変位
は, 小, 中, 大の径の順に 2.0%, 3.3%, 3.5% とな
っている。しかしもし砂柱が水平方向のアーチ作
用による壁面での応力低下があるとすれば, 図-1
の傾向が追加されることになり, この比は各杭と
も近似した値になる可能性がある。

一面セン断試験結果についてもほとんど同様の傾向がある。例えば図-4 の曲線と 図-1 の曲線の
傾向は同じことを示している。

4. おまけ

選定した試験の条件が限られており, これだけで全てを推論することはできないが, 乾燥砂の特性
として一つの傾向を知ることが出来る。また実際の地盤では乾燥していることは少ないので, 湿潤か
ら飽和に至る状態での検討も進める必要がある。

参考文献

- 石堂, 砂と杭枝との周面摩擦係数について 第24回 年次学術講演会
Poxyondy, Skin friction between various soil and construction materials.
Geotechnique Vol. 6 1961

