

III-35 砂質土の構造とせん断強さについて

大阪市立大学工学部 正員 三笠正人

〇高田直俊

木下哲生

1 目的

土の力学的な性質と、これを支配する要素との関係は次のように表わすことができる。

土の力学的性質 = F (土の種類, 密度, 含水比, 土の構造の様式, 応力状態)

これらの要素のうち常組構造の様式を除いたものについては、その力学的性質との関係がかなりの程度まで明らかにされている。構造の様式の影響については、粘土に対し応力履歴の影響が研究され、また構造の働きを示す一つの指標として鋭敏比がとりあげられている。ところが砂については土の種類のほかはわずかに間げき比、あるいは相対密度だけが考慮に入れられているにすぎない。たとえば Terzaghi は N 値がたいたい相対密度で決まると述べており、この考えが一般に広く受け入れられている。砂の場合は粘土に比べて乱さな試験を得にくいなどの理由から、実験的に構造の影響を調べた例が少ないのである。ところで砂を一定の間げき比に締め固める方法はいろいろあるが、その締め固め方法によって構造の様式の違いが生じ、その結果力学的性質にも違いの出ることが予想される。そこでわれわれは試験条件を一定にして締め固め方法だけをいく通りか変え、一面せん断試験と小型支持力試験を行なって砂の力学的性質に対する構造の影響を調べてみた。

2. 一面せん断試験

試験方法 せん断試験機は「土質試験法」改訂版(1969)による改良型一面せん断試験機で、供試体の大きさは直径 6cm, 厚さ 2cm, せん断速度は応力増加速度 $0.25 \sim 0.3 \text{ kg/cm}^2/\text{min}$, 変位速度 $1.0 \sim 1.2 \text{ mm/min}$ である。試験砂として乾燥豊浦標準砂を用いた。締め固め方法は次の3通りである。

① 突き棒による方法 : せん断箱に砂を入れ、せん断箱の上に図-1のような直径 5mm の孔を有する円板を砂に密着して固定し、先を鋭く尖らせた直径 5mm の金属棒で突き固める。……この方法は粒子配列を乱して均一化し、構造を低位化させる。

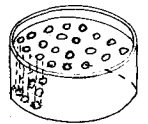


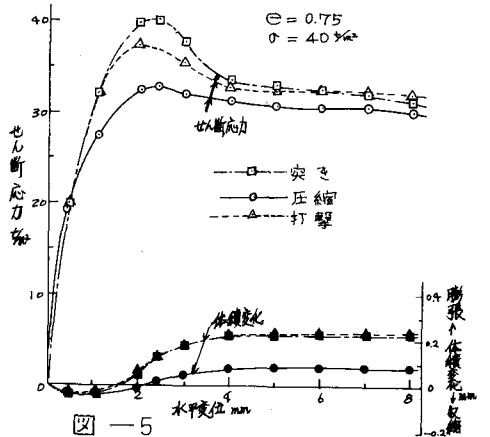
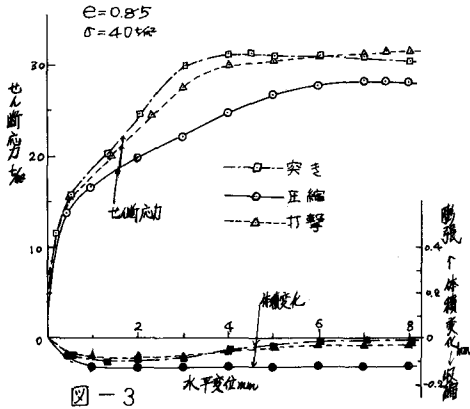
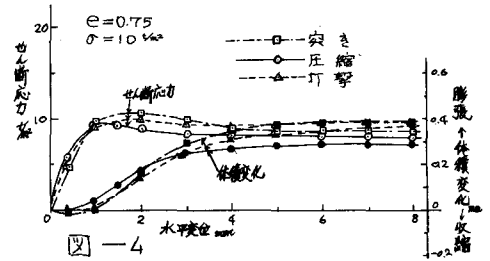
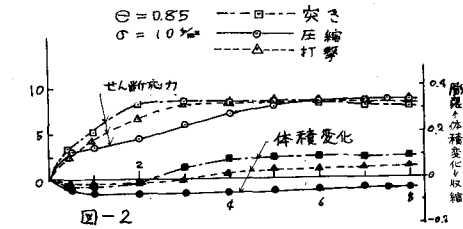
図-1.

② 打撃による方法 : せん断箱に所定重量の砂をゆるく入れ、その上に直径 6cm, 厚さ 2mm の金属円板を置いて、約 80g の金属棒を 2cm の高さから円板上にくり返し落下させて所定の厚さまで締め固める方法。

③ 静的圧縮方法 : せん断箱に $e=0.95$ の最もゆるい状態に砂を入れ、その上に直径 6cm の円板を置いて所定の厚さまで静的に圧縮する。……この方法は粒子配列を最も乱さない方法で間げき比を減少するので構造の低位化は最も少ない。

供試体の間げき比は $e=0.95$ のゆるい状態(この場合は上記の締め固めを要しない)と上記の方法で締め固めた $e=0.85, 0.75, 0.65$ の4通りである。なお $e=0.65$ の間げき比は打撃による方法以外では得られなかった。

試験結果 初期間げき比 $e=0.85, 0.75$ で $\rho=10, 40\%/\text{cm}^3$ の結果を図-2~5 に示した。各図



において締め固め方法による違いがはっきり現われている。まずせん断抵抗はそれぞれの場合も強いから

①の突き棒による方法、②打撃による方法、③静的圧縮による方法の順になっており、また図-2, 3では締め固め方法によって応力-変位曲線の形に特徴ある違いが見られる。タイルレイタニニーではせん断抵抗の大きさの順に変化している。

図-6は締め固め方法に対し、直交するパラメータに、せん断直前の間げき比 ϵ_i とせん断強さ τ_s との関係を示したものである。水平方向の矢印の始点は初期間げき比 ϵ_0 を、矢印の長さは ϵ_0 と ϵ_i との差を示している。構造の低位なもの(突き棒による方法)ほどこの差は大きく、したがって圧縮後の間げき比 ϵ_i は小さくなっている。そしてせん断強さはこのような初期の構造の低位なものほど強くなっている。これは後に示す支持力実験の結果と全く逆であり"構造の高位なものほど強い"という通念に一見反するようであるが、この結果はつまり"一定の有効応力の下では間げき比の小さい方が強い"ということにはほかならず、詳細は省くが、構造の概念とも決って矛盾しないものである。

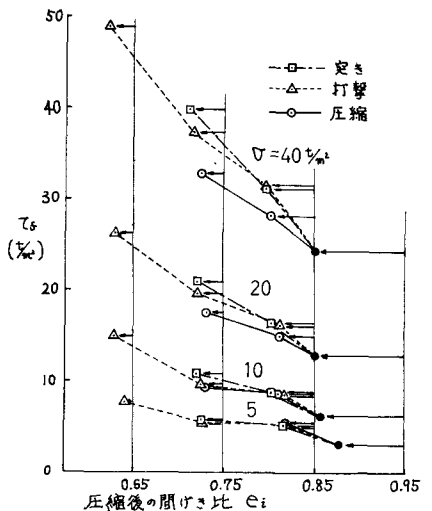
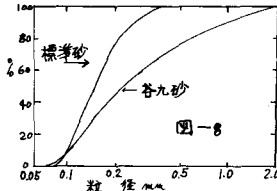


図-6

3. 支持力試験

試験方法 支持力試験は図-7のように長さ31mm、深さ17mm、巾7.5mmの鋼板で両側面がガラスになった容器を用いて2次元的に行なった。載荷板は載荷ロードに剛結されており、載荷速度は毎分2mmの沈下制御方式である。

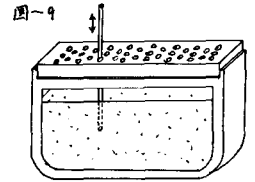
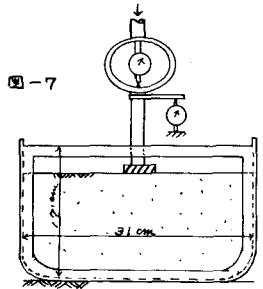
試料はその標準砂と大阪市谷町1丁目
の洪積層から採取して水洗した砂(谷九砂)
で、両者とも乾状態を用いた。粒度分
布を図-8に示す。



締め固め方法は次の4通りである。

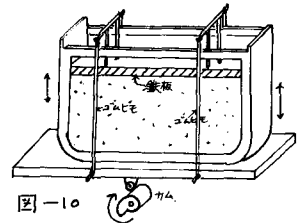
① 突き棒による方法：図-9のよ

うに容器の上に1cm間隔に直径1.1cmの孔を4息にあげた板と置き、先
を鈍く尖らせた直径1cmの棒で1孔づつ順に突いて締め固めていき、
その後表面をなす(1次の2)で用いる締め固め用の鉄板とラニマー
で表面をなすとするは弛んだ分を締める。ラニマーは5cmの高さから
1回だけ落下させるものとした。



② 打撃による方法：容器に所定量の砂を入れ、その上に長さ31cm
巾25cm、厚さ1.8cm、重量3.7kgの鉄板を置き、2kgのラニマーを15cm
の高さから鉄板の上へ落下させて、砂層が所定の厚さになるまで打撃
を与える。

③ 振動締め固めによる方法：図-10のように落下高1cmのカムを利用
した締め固め装置を用い、砂層の上に2)の方法で用いた鉄板を置いて
容器をセットし、所定の砂層厚になるまで落下させる。



④ くり返し圧縮による方法：容器に所定量の砂を入れ、その上に鉄板を置いて圧縮試験機で
の上から1cmの力で圧縮し、所定の層厚になるまで載荷、除荷をくり返す。

この実験では向げき比をせん断試験と同様0.95, 0.85, 0.75, 0.65の4通りで行なった。e=0.95の
場合は標準砂、谷九砂とも上記の締め固めを要しない。載荷板の巾は1cmと3cmである。1つれの砂も
くり返し圧縮の方法ではe=0.65の向げき比は得られず、標準砂では振動締め固めによる方法によっ
てもこの向げき比は得られなかった。

試験結果 図-11(a),(b),(c),(d)および図-12(a),(b),(c),(d)に標準砂と谷九砂の向げき比e=0.85,
0.75の場合の荷重-沈下曲線を示した。これらに就いてせん断試験と同様に締め固め方法による差が
はっきりと出てくるが、締め固め方法の影響は先のせん断試験の場合と全く逆になっており、圧縮に
よる締め固め方法が一番強く、突き棒による方法が一番弱くなっている。特に突き棒による方法では
他の3通りの方法に比較して極端に弱く、かつ荷重-沈下曲線にピークが出ていない。

このような結果は次のように説明できる。先に述べたように、突き棒による締め固めが砂粒子の
最も激しい移動を伴って低位の構造を与え、逆に圧縮による締め固めは土粒子の移動が少なく、よ
り高位な構造を与える。支持力試験ではせん断試験のような、まず供試体全体に一定の直圧力を加え
るというプロセスはない。したがって同じ向げき比でより低位な構造のもとではせん断強度は当然小
さく、支持力もまた小さくなるのである。

図-13は標準砂に就いて4通りの締め固め方法に対し、載荷中Bをパラメーターとして向げき比と
支持力の関係を示したものである。せん断試験の場合と同様に向げき比が小さくなるにつれて、

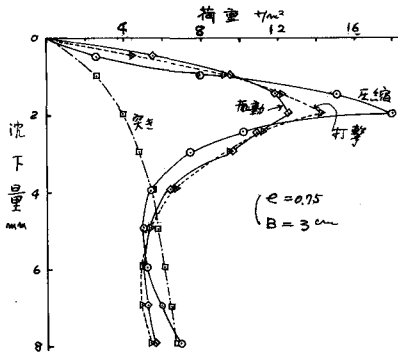


図-11(a) 標準砂

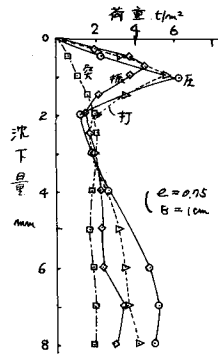


図-11(b) 標準砂

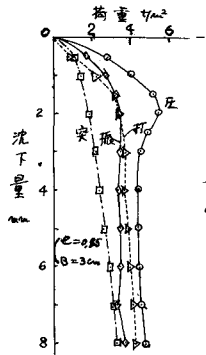


図-11(c) 標準砂

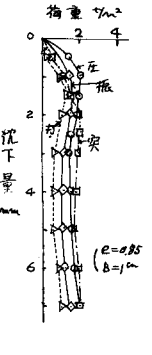


図-11(d) 標準砂

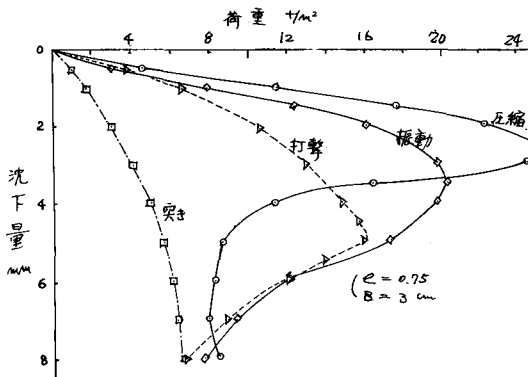


図-12(a) 谷九砂

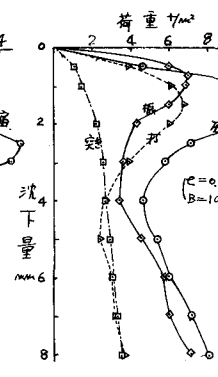


図-12(b) 谷九砂

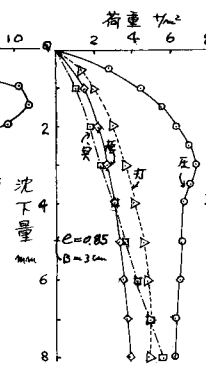


図-12(c) 谷九砂

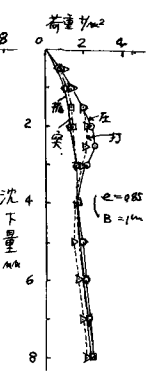


図-12(d) 谷九砂

しめ固め方法の影響が大きくなって来る。谷九砂のデータは省くが全般的に同じ傾向が見られた。

4 まとめ

締め固め方法の違いによる砂の構造様式の差が、せん断特性と支持力に全く異なる影響を与えるという面白い結果を得たが、それぞれ一応の説明はつけることが出来る。たゞ、このように場合にはよって逆の傾向を示すという点だけを見て、砂の構造の効きを定量的に実問題に生かすにはかなりの困難が予想される。しかしそれにはせよ砂において構造の効きを無視できないこと、むしろ相対密度と同等に評価すべきもの（粘土の構造を表わす鋭敏比と同様に）であることは明らかと言えよう。実用的にも原理的にも今後考へる観点からとり組んで行かねばならない問題であるといえよう。

最後にこの研究に対して山田孝治君（現日本工管）および山本光治君（現神戸市）の協力を得たことに謝意を表します。

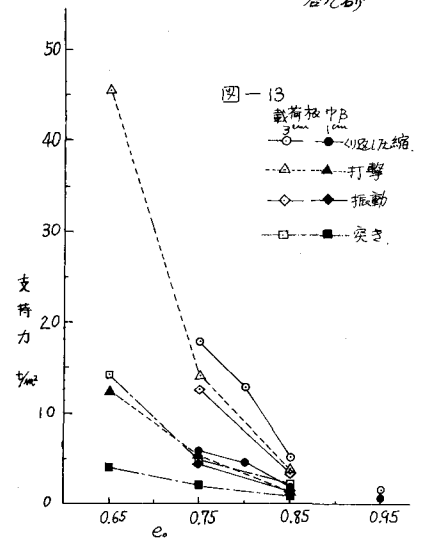


図-13 谷九砂
載荷板巾B
3cm 15cm
●○ 圧縮
△ 打撃
◇ 振動
□ 突き