室蘭工業大学
学術資源アーカイブ
Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive

粘性土と砂質土の区分に関する実験的考察

メタデータ	言語: Japanese
	出版者: 室蘭工業大学
	公開日: 2014-07-18
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 沢田, 義男, 朝日, 秀定
	メールアドレス:
	所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/3609

粘性土と砂質土の区分に関する実験的考察

沢田義男・朝日秀定

Some Experimental Considerations on Distinction between Sandy Soil and Cohesive Soil

Yoshio Sawada and Hideyasu Asahi

Abstract

In soil test, remoulded soil and sand-clay mixed soil are distinguished roughly between 'sandy soil' and 'cohesive soil' from appearance. Sometimes, Atterberg limits and triangular soil classification system are applied to the distinction.

We do some experiments on sand-clay mixed soil using direct shear apparatus, oedmeter and permeameter to distinguish soil sample. Four kinds of sand were used in these tests, *i.e.*, Toyoura standard sand and three kinds of Quartz sand in grain size.

The results of investigations are summarized as follows:

1) In initial void ratio and permeability test the soils containing more than 80% sand are sandy soil.

2) Making a comparison between the void ratio for sand phase in soil sample and the maximum void ratio in water, it is found that the soils containing more than 80% Toyoura standard sand and 70% Quartz sand belong to sandy soil.

3) The same results as described in 2) are obtained in shearing test and oedmeter test.

I. 緒　　言

土質試験においては粘性土と砂質土ではその取り扱い方が非常に異なる。たとえば圧密試験ではその理論的仮定から透水性の大きな砂質土には適用されないし，又セン断試験においても試験条件はまるで異なる。そこで粘性土と砂質土の境界を見出すことと，従来よりある区分方法以外の粘性土と砂質土を区分する基本的物性の表現の可能性について砂，粘土混合土を用いて実験的に考察した。

II. 試　　料

本実験に用いた原試料は市販カオリン粘土（石英59%，パイロフェライト26～29%，カオリン鉱物15～12%）と豊浦標準砂（石英＞長石類＞頁岩，安山岩，雲母の細粒）および石英砂（砕いて粒径により三種に分類）である。豊浦標準砂はほとんど円磨又は半円磨の粒子であり，石英砂は尖鋭不定形である。本実験では砂分の影響はその体積割合で考えるべきであると筆者

表—1 原試料の物性

砂名	記号	粒径 (mm)	有効径 (mm)	平均粒径 (mm)	均等係数	比重
豊浦標準砂	T	0.110～0.300	0.165	0.210	1.35	2.63
石英砂	QA	0.177～0.297	0.184	0.233	1.34	2.65
	QB	0.297～0.420	0.309	0.362	1.21	2.65
	QC	0.420～0.500	0.424	0.448	1.10	2.65

らは考えているため風乾した砂と粘土を10% vol. きざみで混合し，この混合土に対し液性限界に相当する水を加え蒸発のない様にして（含水比にして最大0.5% の減少がみられた）24時間静置したものを試料として用いた。

なお原試料の物性は**表-1**に示す通りである。以下の説明において豊浦標準砂をT砂，三種の石英砂を粒径の順にQA, QB, QCとして説明をする。

水分の調整を液性限界にした理由は，早くはCasagrandeに端を発すると思われるが，Hogentoglerの実験より液性限界が粘土含有量に比例するという実験事実とWalker-Holtzの締固め仮定に立ち，更に砂粒子同士の接触によるメニスカス的保水量は微小であるとして液性限界（LL）下においては粘土相の物理的性状が試料によらず同じになり，従って粘土相の工学的性状は統一できるとしたからである。

III. 実　　験

III-1 液性限界測定： JIS（案）1205-1970に従った。

III-2 セン断試験： 一面セン断試験を行なった。セン断速度1 mm/min，垂直荷重を0.2, 0.4, 0.8, 1.6 kg/cm^2，垂直荷重増加速度0.2 kg/cm^2/min，圧密時間は圧密度50% となる時間の20～30倍（圧密試験より推定）に相当する12分間としその直後セン断を開始し，セン断はセン断応力が一定値に落着くか又は変位量が8 mmに達するまで続けた。

III-3 圧密試験： 土質工学会セン断試験法委員会案に従った。

IV. 結果および考察

IV-1 初期状態

A) 含水比（液性限界からの考察）

圧密試験に用いられた試料を例に示す。試料に対する液性限界（LL）の測定が砂分70% 以上においては極めて困難になる。そこで本実験では横瀬の研究[1]にも見られる様に砂分60% 以下の砂分—含水比の関係を延長して含水比とした（**図-1**）。この図からも砂分70% 付近に何等かの基本的変化点があることが暗示される。

さてここで砂相の水分保有力が僅小であると仮定し，粘土相に対する含水比 (ω_c) を次の様に定義した。

$$\omega_c = \frac{W_\omega}{W_c}$$

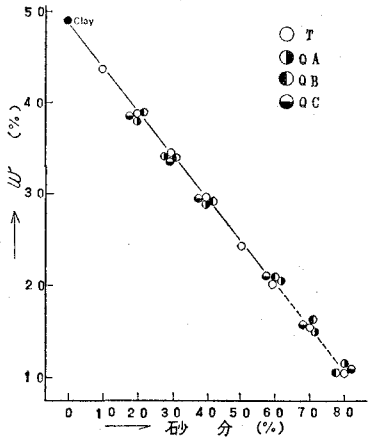
ここに用いられる文字は **図-2** に示す通りである。この式で定義された粘土相に対する含水比 ω_c を砂分との関係で **図-3** に示す。これより砂粒子の影響による保水性がわずかながらみられるが，一応粘土相の水分による力学的性状は一定化できたとした。

B)　初期間ゲキ比

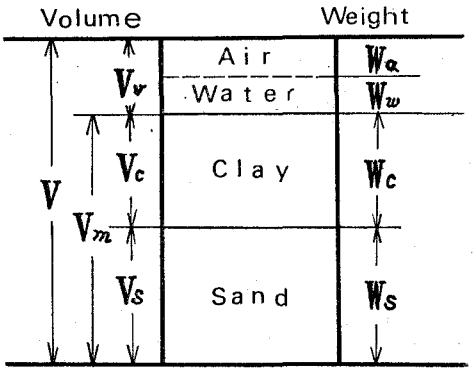
混合土の初期間ゲキ比をセン断試験を例に **図-4** に示す。各試料の粘土相に対する間ゲキ比 (e_c) を次式で定義する。

$$e_c = \frac{V_v}{V_c}$$

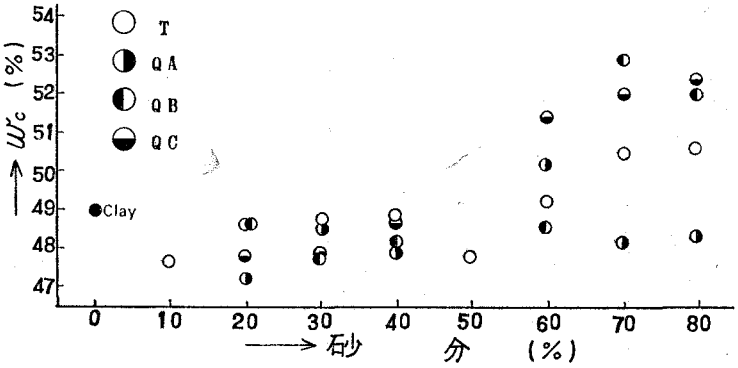
各試料について粘土相に対する初期間ゲキ比を **図-5** に示す。これらの図より砂分 80% 以



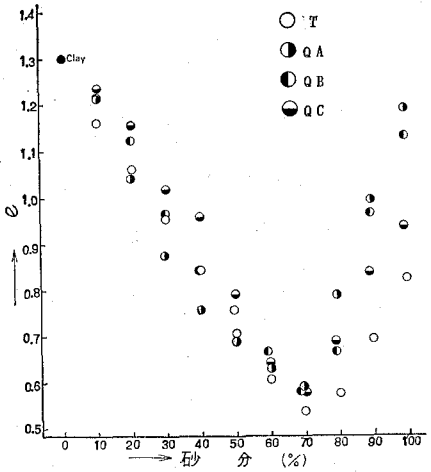
図—1　混合土の初期含水比



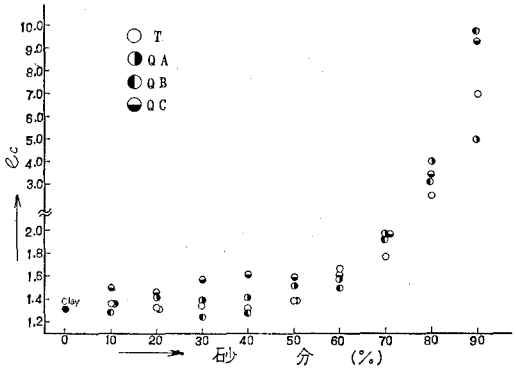
図—2　四相に区分した混合土の模式図



図—3　粘土相に対する初期含水比



図—4 混合土の初期間ゲキ比



図—5 粘土相に対する初期間ゲキ比

上より間ゲキ比が著しく増している。粘土相に対する含水比が一定であり，締固めエネルギー自体に変化はないと思われるにもかかわらず粘土相に対する間ゲキ比が増大していることは砂粒子が接触による間ゲキを構成し間ゲキ比を増大させているものと考えられるが，後述の様に確認はできなかった。

IV-2 セン断試験

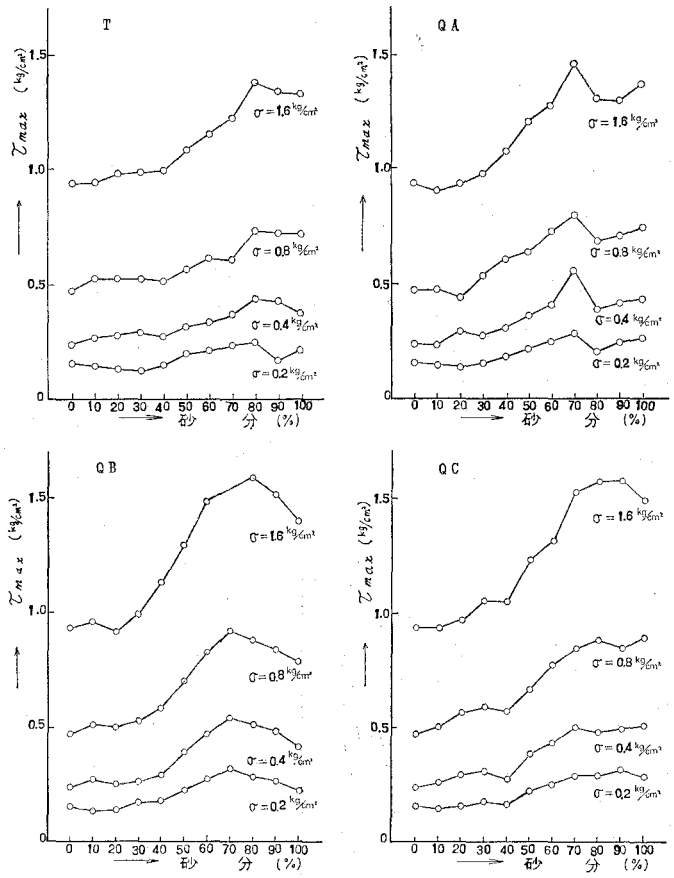
A) セン断強度

各試料に対する砂分—セン断強度の関係を**図-6**に示す。T砂では砂分80%，QA, QB砂では砂分70%に明らかなピークが認められる。QCについては不明である。又T砂では砂分30%，QA, QB, QC砂では砂分40%の試料に変化点を見ることができ，鈴木等の豊浦標準砂についての実験報告[2)]と一致するが他の実験からは明確な結果は得られていない。但し砂種によりこの点が異なることは明らかである。

B) 垂直変位とセン断応力

セン断試験において用いられた最大垂直荷重1.6 kg/cm^{2}における垂直変位とセン断応力の関係を**図-7**に示す。図中○印と○印の間は水平変位量0.33 mmをあらわす。

T砂では砂分80%，QA, QB, QC砂においては砂分70%以上の試験にそれ以下のものとは曲線の性向に差異が見られ著しい膨張を示す。なおQB，QC砂には砂質土とも粘性土ともつかない傾向を示す砂分60%の曲線がある。又特徴的なものとしてT砂のセン断応力が低下しているが同様の傾向は他の試料にはみられない。この原因は明確にはできなかったが，T砂が他砂と比べて粒子形状が円磨されている，あるいは砂粒子の岩質の相違などが理由に考えられる。又試料によっては砂分20%くらいから膨張が現われているが，このことが鈴木等[2)]の変化点と結びつくかどうかは今後の検討課題としたい。



図—6 砂分—セン断強度

IV-3 圧密試験

A) 体積圧縮係数

体積圧縮係数 (m_v) を次式で定義する。

$$m_v = \frac{\Delta\varepsilon}{\Delta P}$$

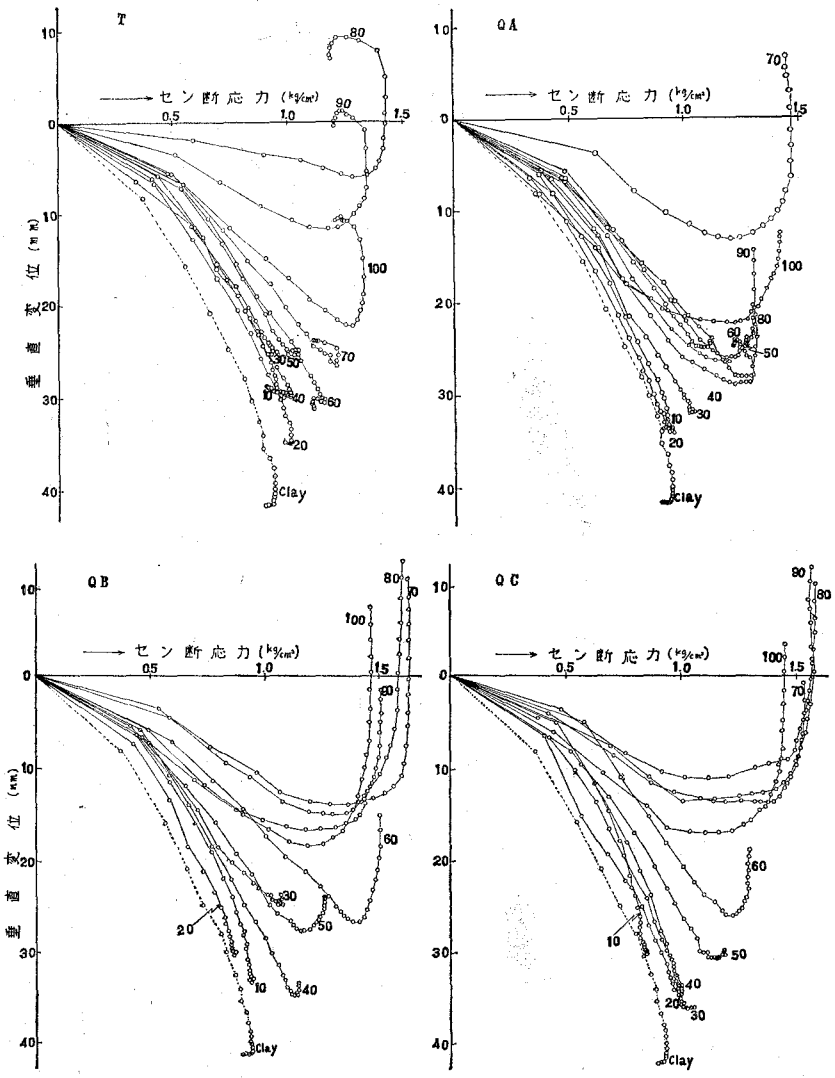
但し ε: 圧縮ヒズミ, P: 有効応力

土質力学では体積変化が大きいため次の様にヒズミ変化を考える。

$$\Delta\varepsilon = \frac{V_1 - V_2}{\frac{1}{2}(V_1 + V_2)}$$

但し V_1: 荷重前の体積, V_2: 荷重後の体積

試料中の間ゲキを粘土相が保有するものとして体積変化（間ゲキの減少）を粘土相に対するヒズミとして全ヒズミを考えると，粘土相に対するヒズミ変化は



図—7　垂直変位—セン断応力

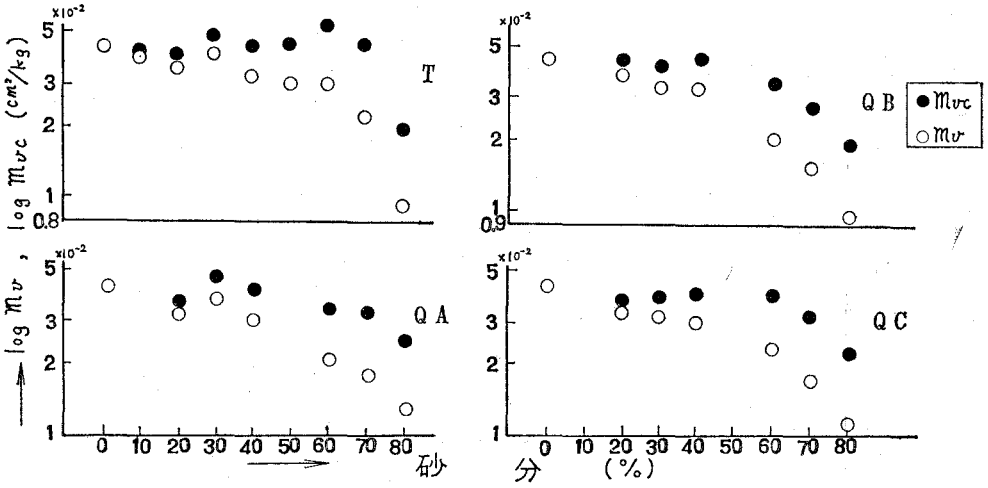
$$\Delta\varepsilon_c = \frac{V_1 - V_2}{\left\{\frac{1}{2}(V_1+V_2) - V_s\right\}}$$

これより粘土相の圧縮係数を

$$m_{vc} = \frac{\Delta\varepsilon_c}{\Delta P}$$

と定義する。砂分と m_v, m_{vc} について図-8 に示す。m_v についてみると T 砂では 70%, QA, QB, QC 砂とも砂分 60% から圧縮性に変化が生じ小さくなっている。

すなわち粘土相に関する間ゲキ比が荷重に比例する値に減少して，Walker-Holtz の仮定

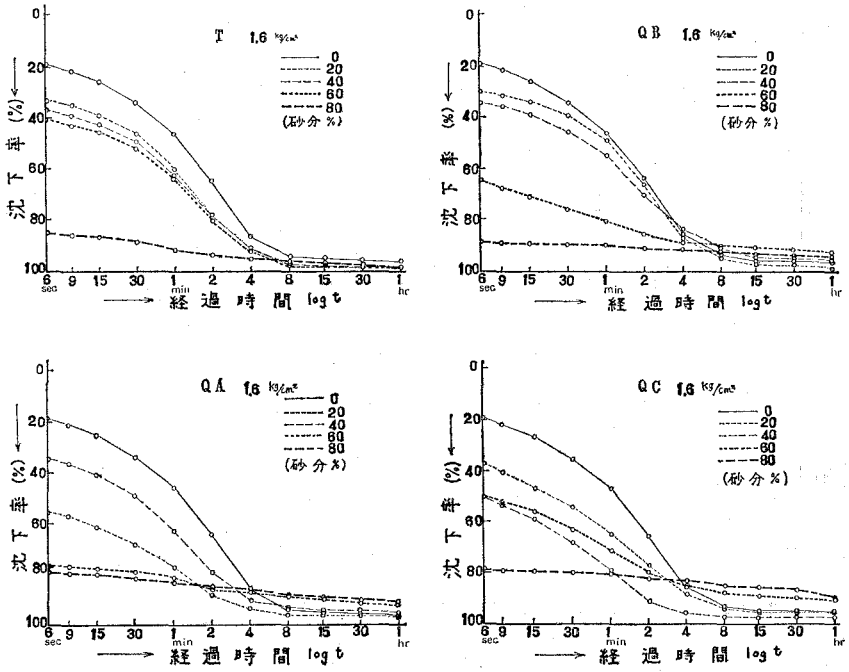


図—8　砂分—体積圧縮係数

が成立するのは，m_{vc} についてみると，T, QA 砂では砂分 80%，QB, QC 砂では砂分 70% 以上で減少しているので，T，QA 砂では砂分 70% 以下，QB，QC 砂では砂分 60% 以下ということになる。

B)　沈下の経時的変化

一般に間ゲキ比が大きくなれば透水性が大となり，従って沈下速度も大きくなる。今回の

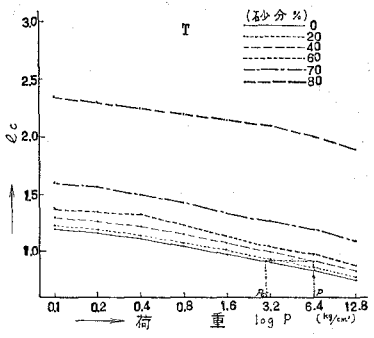


図—9　沈下の経時変化

実験の様に間ゲキが水で飽和されていない条件の下で透水性にかかわる問題を論ずるのは早計であるが，加重24時間後の沈下量に対する経時割合を荷重1.6 kg/cm² を例に示す（**図-9**）。この図よりT砂は砂分80%，石英砂は砂分70%以上にその性向に差違がみられる。

C） 粘土相による荷重分担

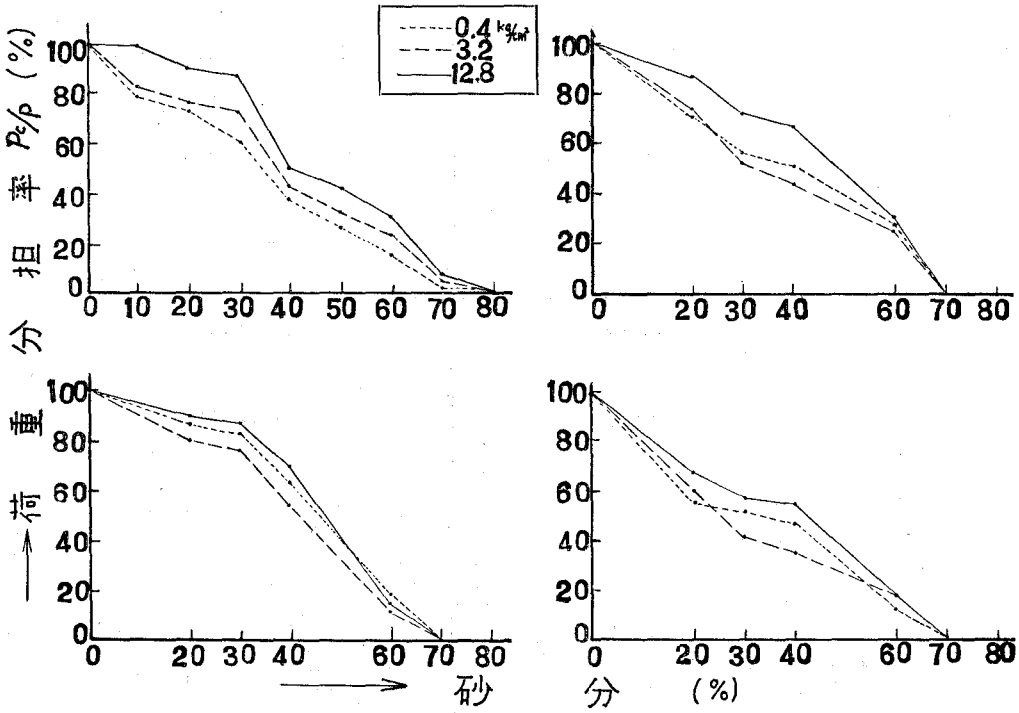
粘土相に対する間ゲキ比と荷重の関係をT砂を例に**図-10**に示す（説明の都合上一部の砂分量のものは除いてある）。ここで，粘土に対する間ゲキ比は外力について1対1の対応関係にあると考えると，ある砂分の試料の粘土相についてのある荷重での間ゲキ比と同一の間ゲキ比を有する粘土のみの実験による荷重値は結局その混合土における粘土相が分担する荷重と仮定できる。そこで倉田等[3]も示した様に，砂分割合と荷重分担の割合を**図-11**に示した。この図より粘土相が荷重を分担するのは，T砂で砂分80%まで，QA，QB，QC砂では粒径に関係なくいずれも砂分70%までであった。



図—10 荷重—粘土相に対する間ゲキ比

IV-4 透水試験

透水試験の結果は初期間ゲキ比の結果とよく一致をみせており，いずれも砂分70%で透



図—11 粘土相による荷重分担率

水性は最小となっている（図-12）。

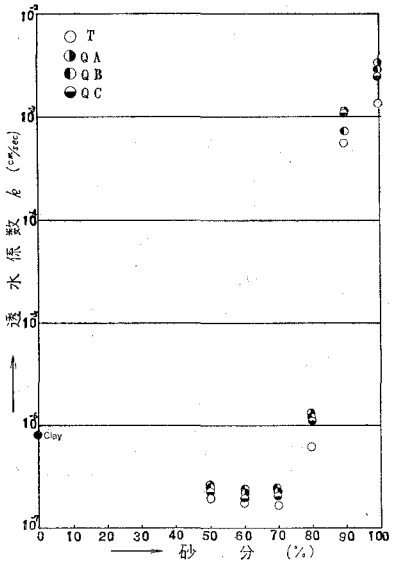
IV-5　砂の水中最大間ゲキ比と砂相に対する間ゲキ比

各砂の水中最大間ゲキ比を測ってみると表-2の様になった。そこで試料の砂相以外の間ゲキや粘土相は空ゲキと仮定して試料の砂相に対する間ゲキ比を定義する。

表—2　砂の水中最大間ゲキ比

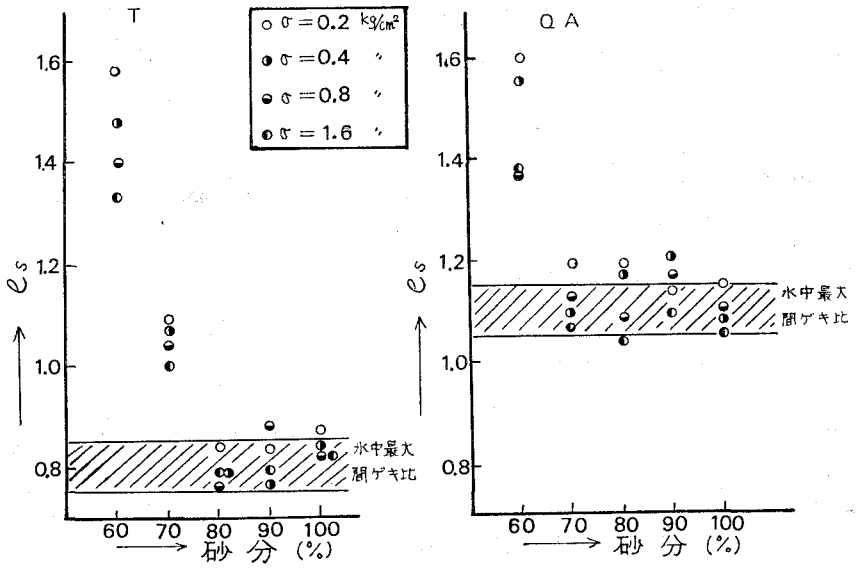
試料砂	T	QA	QB	QC
水中最大間ゲキ比	0.8±0.05	1.1±0.05	1.1±0.05	1.1±0.05

$$e_s=\frac{(V-V_s)}{V_s}$$

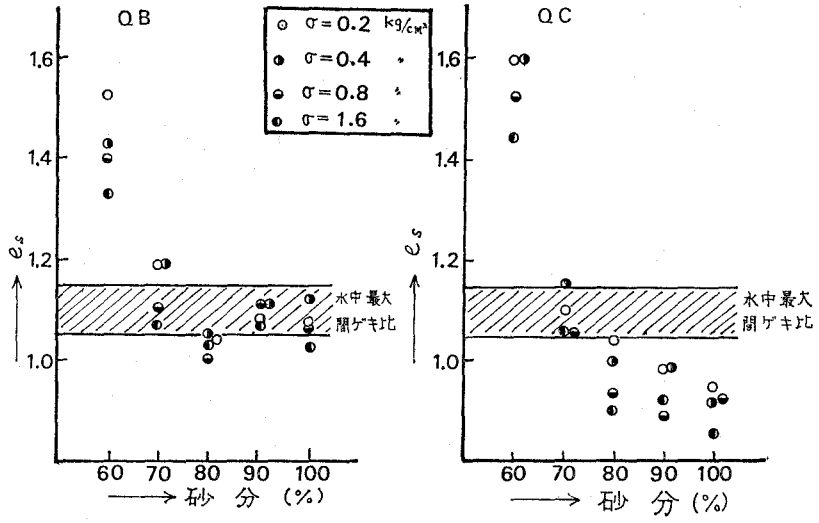


図—12　砂分割合—透水係数

砂相に対する間ゲキ比をセン断試験における試料について計算し，図-13に示した。この図より試料の砂相に対する間ゲキ比は，T砂では砂分80%以上，QA，QB，QC砂では砂分70%以上を含む試料でほぼ等しい。このことからこれらの砂分以上で砂粒子の接触がある可能性は充分である。なお顕微鏡観察を行なった場合，接触点が同一面上にあることは極めて稀であるために砂のみにおいても接触は確認できなかった[4]。圧密試験結果については大荷重下では粒子間ゲキが狭められ水中最大間ゲキ比以下のものもあらわれるが，同上の結果が得られている。



図—13(a)　砂分割分—外力分担



図—13(b) 砂分割合—外力分担

V. 結　　言

以上を結論すると

1) 初期間ゲキ比に関する区分としては透水性からも砂分 80% 以上の試料は砂質土とされる

2) 初期間ゲキ比に支配される砂相に対する間ゲキ比は，水中最大間ゲキ比との比較により豊浦標準砂の試料では砂分 80% 以上，石英砂では 70% 以上が砂質土とされる

3) セン断試験，圧密試験でもほぼ同様の結果を得た

4) 試料中の砂分の水中最大間ゲキ比を測定し，供試体試料の砂相に対する間ゲキ比とこの水中最大間ゲキ比の比較において砂質土と粘性土に分け得る

更に又今後の問題として

5) 砂粒子形状，構成粒子の岩質の相違による影響の解明

6) 同一間ゲキ比（供試体作成過程において加えられるエネルギーの大小による問題も含まれる）試料による砂分の影響の解明

7) 砂分割合について，より密な混合割合の試料について実験を行なう

などについて今後更に実験を進める予定である。

終わりに原試料の分析鑑定を本学開発工学科白幡浩志助教授に，また平野富佐夫，佐藤潔，星野実の諸君に全面的御協力を頂いたことを記し，心から謝意を表する次第である。

【日本鉱業会北海道支部研究発表講演会 (1974 年 6 月，札幌) にて発表】

(昭和 49 年 5 月 20 日受理)

参 考 文 献

1) 横瀬広司： 土と基礎, **13** (12), 3 (1965).
2) 北郷　繁・鈴木輝之他： 土質工学会北海道支部技術報告資料, **12**, 29 (昭和 47 年).
3) 倉田　進・藤下利男： 運輸技術所報告, **11** (9), 1 (1960).
4) 沢田義男・鈴木節夫： 開発技報, **14**, 18 (1972).