

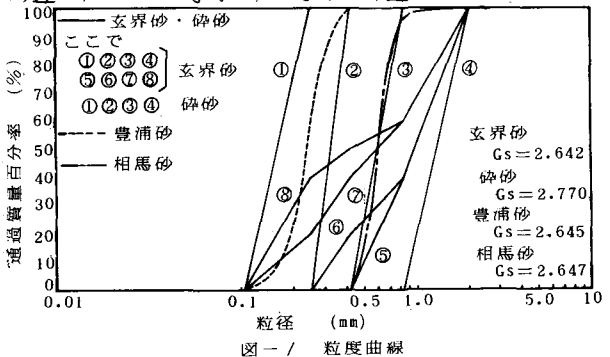
III-35

砂の最大・最小間隙比について

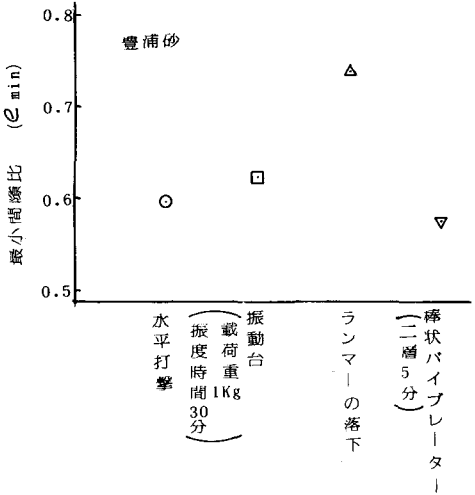
九州産業大学 工学部 正 石堂 稔 正 永吉 亨
学○山下啓明 山下修二
吉田孝司

1, まえがき 現在では、砂地盤の締り具合を定量的に表わす指数として相対密度(D_r)が用いられている。相対密度(D_r)は、 $D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$ の関係式で定義されているので、その値を決定するには砂の最大・最小間隙比を求める必要がある。その試験法としては、基準化委員会によって、ロート法、水平打撃法が一般に推奨されている。また、砂の最大・最小間隙比は、同じ試験法によっても粒度・粒子形状の違いによって異なることが一般的に認められている。そこで、本文では、試験法の違い、粒径、均等係数、粒子形状の違いが、最大・最小間隙比に及ぼす影響について検討した。

2, 試料および試験方法 使用した試料は、玄界砂(玄界灘の海底より採取した砂)、砕砂(福岡県遠賀郡産の安山岩)、豊浦砂、相馬砂の4種類の砂を用いた。その内、玄界砂については、4種類の粒径($C_u=1.3 \sim 1.5$)、または、粒度分布に調整した試料を用い、砕砂については、玄界砂と同様に4種類の粒径に調整した試料を用いる。各試料の粒度曲線および比重は図一に示す。



試験方法: 最初に最大・最小間隙比に及ぼす試験法の影響を検討するため、試料に豊浦砂、容器に突固め用モールド(1000cc)を用いて次のような試験を行った。最大間隙比試験はスプーン法・ロート法について、最小間隙比試験は、水平打撃法・振動台による方法・ランマーの落下による方法・棒状バイブレーターによる方法について行った。ロート法のロートは、広口径が140mmで吐出口が64.5mm, 95.5mm, 124.5mmと3種類の異なるプラスチック製ロートと基準化委員会が推奨するロートの計4種類を用いた。次に、最大・最小間隙比に及ぼす粒径、均等係数、粒子形状の影響を検討するため、試料に図一に示す全試料、容器に突固め用モールドを用いて、最大間隙比はロート法、最小間隙比は水平打撃法によって求めた。ロート法のロートは、広口径140mm、吐出口124.5mmのプラスチック製ロートを用いた。



3, 結果および考察 図一2は、上述した各種試験法で求めた e_{min} の値を示したものである。この図より、棒状バイブレーターによる e_{min} が最も小さく、水平打撃、振動台、ランマーの順で大きくなるのがわかる。ところが、各試験後に粒度試験を行ったところ、水平打撃法を除く他の3方法においては粒子破砕が生じていた。それは、棒状バイブ

表一 / ロート法・スプーン法による e_{max} (豊浦砂)

試験法	測定回数	平均	標準偏差	変動係数
スプーン法	5	0.987	0.0025	0.0025
ロート法	$\phi = 6.45\text{mm}$	0.984	0.0008	0.0008
	$\phi = 9.55\text{mm}$	0.990	0.0021	0.0021
	$\phi = 12.45\text{mm}$	0.992	0	0
基準ロート12mm	5	0.980	0.0016	0.0016

レーターについて最も顕著に見られ、このことが原因で水平打撃法による $e_{\min}$ より小さな値が得られたものと思われる。最小間隙比とは、粒子破碎を起こさず最も締った状態を求める試験であるということを考慮すると、基準化委員会が推奨する水平打撃法は妥当であると言える。表-1は、スプーン法と上述した4種類のロートを用いたロート法において、それぞれ5回測定を行った時の平均 $e_{\max}$ 、標準偏差、変動係数を示したものである。表-1より、ロート法(4号)の結果が他の結果より全ての点で優れていることがわかる。スプーン法がロート法(4号)より劣っている原因としては、注入時間が長く、注入する時スプーン側面から試料がこぼれ落下高さゼロでないものが生じることが考えられる。また、基準化委員会では、ロートの形状及び吐出口の口径を規定しているが、この結果より、吐出口の口径がほぼ D_{50} であれば形状には余り囚われる必要がないと言える。図-3は、 $e_{\max}$ ・ $e_{\min}$ と C_u の関係を示したものである。これより、 $e_{\max}$ ・ $e_{\min}$ は、 C_u が増加する程減少傾向にあり、その減少傾向は、 $C_u \geq 5.0$ 以後でゆるやかになることがわかる。このような傾向は、Smithの関係図からもわかるように C_u が増加すると粒子間接点数が多くなるため生じたものと思われる。従来数人の研究者によって、これと同様の傾向が認められているが、いずれも、 C_u の影響が過大なるように思える。同図より、 $e_{\min}$ の方が C_u の影響は大きいことがわかる。これは、従来の傾向と異なる。図-4は、Roundnessをパラメーターとして $e_{\max}$ ・ $e_{\min}$ と粒径 D_{50} の関係を示したものである。Youd、立本は、 $e_{\max}$ ・ $e_{\min}$ と粒径の関係について、なんの関係も見えないと述べているが、この図からは、同一 R において、 $e_{\max}$ ・ $e_{\min}$ は D_{50} が増加する程減少傾向にあり、その減少傾向は、 $D_{50} \geq 0.4$ 以後でゆるやかになることがわかる。 D_{50} が及ぼす影響は、 $e_{\min}$ の方が大きく、角どばった粒子程大きいことがわかる。また、同図より、同一 D_{50} において、 $e_{\max}$ ・ $e_{\min}$ は R が小さくなる程増加傾向にあることがわかる。粒子の角どばりの影響は、 D_{50} が小さい程大きいことがわかる。以上のようなことから、実用設計において、試験以外で $e_{\max}$ ・ $e_{\min}$ を求める場合、従来のように、粒形、均等係数と $e_{\max}$ ・ $e_{\min}$ の関係および粒径、均等係数と $e_{\max}$ ・ $e_{\min}$ の関係というように2つの要素との関係だけではなく、それぞれの関係図に粒径および粒形の上記したような傾向を考慮して推定した方がより精度よく推定できると考えられる。

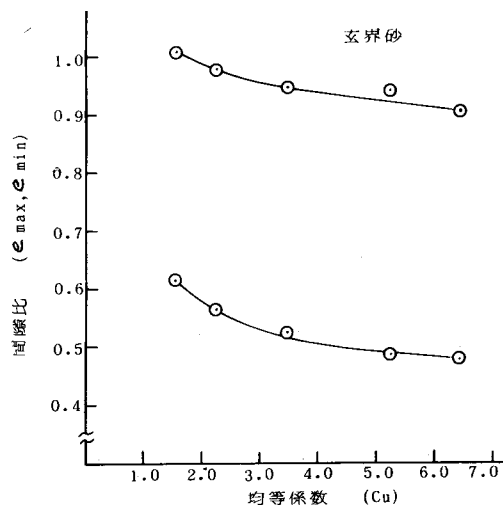


図-3 C_u と $e_{\max}$ ・ $e_{\min}$ の関係

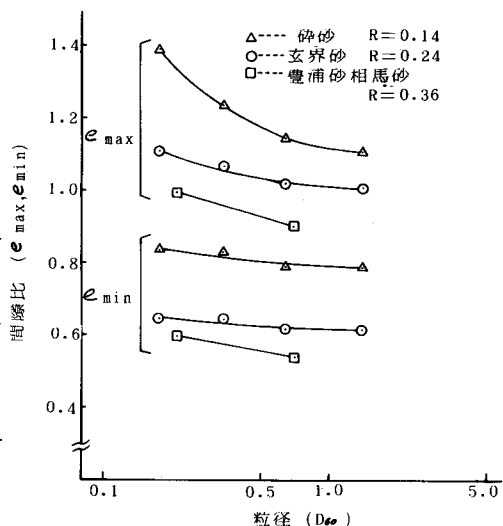


図-4 D_{50} ・ R と $e_{\max}$ ・ $e_{\min}$ の関係

4. あとがき 最大・最小間隙比試験は、基準化委員会が推奨する水平打撃法・ロート法が妥当であると言える。しかしロート法は、ロートの吐出口がほぼ D_{50} の口径であれば形状は余り影響がないと言える。また、粒径、均等係数、粒形と $e_{\max}$ ・ $e_{\min}$ の関係は、傾向としてはわかりつつあるが、それらの関係をより普遍的なものにするためには、多数の試料のデータを収集する必要がある。

参考文献 最上武雄編著「土質力学」技報堂

立本 勉 砂質土の粒度粒形などが最大・最小間隙比におよぼす影響について
T. L. Youd Factors Controlling Maximum and Minimum Densities of Sands