

砂の間隙径分布の測定

岐阜大学工学部土木工学科 ○ 佐藤 健
 大同工業大学建設工学科 桑山 忠
 岐阜大学工学部土木工学科 曾場 昭之

はじめに

水銀圧入法は現在のところ最も信頼性の高い細孔径測定の手段であるといわれている。この細孔径の測定範囲は $0.01\mu\text{m}$ ～数 $100\mu\text{m}$ である。しかし水銀圧入法では、一般に細孔の形を円筒と仮定して細孔径を定義しているため、得られる細孔径分布は実際のものとは違い、円筒形をした細孔に対する細孔径であることに注意しなければならない。この論文では、水銀圧入法を用いて粒状材料の間隙径分布を推定する方法を示し、結果の妥当性について考察を加える。試料が粒状体で、各粒子間に間隙が存在する場合には、セラミックなどの成形体の試料とは違って、得られるデータは、細孔径分布と間隙径分布を合わせた分布である。この分布より細孔径と間隙径を区別するのは、困難である。しかし、試料の粒度分布や走査型電子顕微鏡などの情報がわかっている場合にはある程度細孔と間隙の区別ができるものと考えている。粒状体の間隙径分布を測定する場合には、砂のように密度によって間隙径分布も異なるものと考えられる。以上のことより砂の任意の密度の間隙径分布を市販のポロシメーターを用いて推定する方法を開発したので以下に報告する。

間隙径分布の測定

(試料) 使用するポロシメーターの特性により、粒径が大きくなると間隙径も大きくなり、 $60\sim 70\mu\text{m}$ 以上は測定誤差が大きくなることから、豊浦砂を粉砕器を使用して細かく砕いたものを試料として用いた。粒度分布は、 $32\mu\text{m}\sim 53\mu\text{m}$ である。

(粒状材料の測定理論) 砂などの粒状材料は、粒子とその構成する間隙の配列によって骨格構造が構成される。この粒状材料の構造は各々の粒の細孔にはあまり影響されず、間隙径分布によって表現することもでき、粒状材料の工学的性質を決定する重要な要素だと考えられる。粒状材料の間隙径分布を測定するには、粒状材料を成形体にする必要がある。成形体にする手段として、Fig.1に示すような鋼製容器に砂を入れて、容器ごとポロシメーターにかける方法を考えた。こうすることにより、砂の任意の密度の間隙径分布が得られることになる。

(成形体の作成法)

- ①市販の銅管(外径1cm, 内径8mm)を銅管を適当な高さ(1cm程度)に切断し、内容積を求め。
- ②銅管底面に樹脂系の接着剤で金網($74\mu\text{m}$)を貼りつける。
- ③炉乾燥した砂試料を所定の密度になるように銅管に詰め、上端面に樹脂系の接着剤で金網($74\mu\text{m}$)を貼り付ける。
- ④ピンセットを使ってディラトメーター(Fig.2参照)内に砂試料の入った銅管を注意深く静かに置く。
- ⑤ディラトメーター内を真空(0.02mmHg)にし、水銀を所定の位置まで満たす。
- ⑥圧力を少しずつ加えながら、間隙内に入った水銀体積をその都度読み取る。

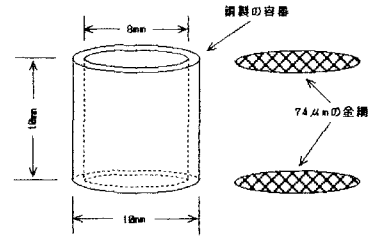
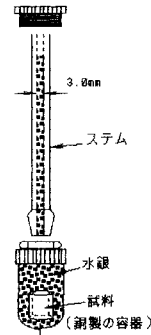


Fig.1 Container for Sand specimen to measure the pore size distribution by mercury intrusion method



ディラトメーター

Fig.2 Schematic diagram of container being set in dilatometer

結果と評価

粒状体の物質を鋼製容器につめてポロシメーターにかけて得られた間隙径分布の妥当性を評価するには、いくつかの問題点がある。第一に先に述べたように水銀圧入法では間隙径を円筒と仮定しているために得られた間隙径分布はあくまでも任意の圧力に対応する円筒径の間隙径にすぎないこと、つまり間隙の入り口が狭くても内部が広がっている間隙が存在する場合には、小さい間隙が多く存在するという情報しか得られない。第二に試料に高圧がかかるために、粒自身の細孔がつぶれたり

間隙が変形したりする恐れがあることである。第一の問題点は透水性を考えた場合、水銀の通る間隙経路と水が通る間隙経路は同じであると考えられるので、実際の間隙径分布と異なっても問題はないと思われる。むしろ透水性を推定する場合はポロシメーターより得られた間隙径分布を用いるほうがよいかも知れない。

ポロシメーターより得られた間隙径分布の妥当性は、総水銀圧入体積が別に行う土質試験より得られる間隙体積に等しければ間隙径分布は有効であると考えた。これは別の表現をするならばある乾燥密度 γ_d に対する間隙比 e がそれぞれの方法で一致すればよいことになる。Fig.3にその結果を示す。

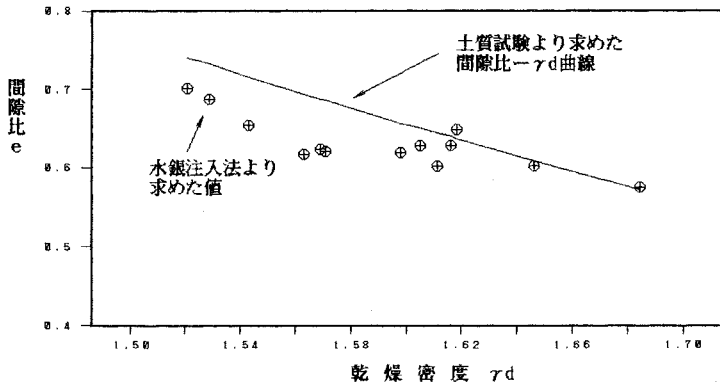


Fig. 3

図中の \oplus 印は、水銀圧入法より得られたものであり、実線は理論曲線である。水銀圧入法では測定限界に近い径の小さい間隙には水銀が侵入しにくいいため、実際の間隙比より測定値が若干小さくなっているものの、概ねよい一致を示していると思われた。以上より粒状材料を容器に詰めて成形体することによって、水銀圧入法が有効に利用できると思われた。 γ_d が1.6付近の間隙径分布をFig.4に示す。砂を粒状のまま測定した結果とかなり異なる分布が得られた。

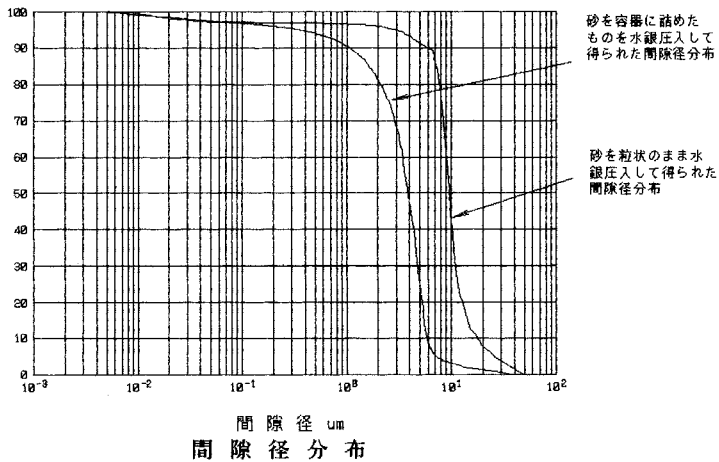


Fig. 4

《参考文献》

竹内 和, 鷺尾一裕; 水銀ポロシメトリー, 耐火物, Vol. 41, No. 6, pp. 297~303, 1989.
 J. Hharnng-Hsein; Pore Size Distribution of Sandy Soils and The Prediction of Permeability, PH.D. Thesis Submitted to Purdue University, 1981.