

差圧計による土砂の粒度分析

岡山市役所 正員 〇山崎 信昭
鳥取大学 工学部 正員 鈴木 幸一
鳥取大学 工学部 正員 道上 正規

1. はじめに 差圧計を用いた土砂の粒度分析法は、土砂試料を沈降管に投入し、土砂を含む水の圧力と含まない水の圧力の差を利用する方法であるため、ごく短時間で分析が終了する利点がある。従来、とりわけ微粒の粗子に対して行なわれてきたこの分析法を、かなり大きな粒径の砂粗子にまで適用しようとした研究に土屋・奥村の研究があるが、適用限界・精度などが十分明らかにされているとはいえない。本研究は、沈降管の諸元と土砂粗子の特性および実験試料の量などと、得られた粒度分析結果との関係から、その適用性について実験的に検討し、この沈降分析法の実用化を図りたいものである。

2. 差圧計を用いた粒度分析法の原理およびその分析装置

差圧計による土砂の粒度分析は、土砂を含む水の密度と土砂を含まない水の密度が、異なるということを利用して、粒度分析を行なおうとするものである。分析装置の概略を示す図-1の記号を用いて原理を説明する。沈降管に土砂試料を投入する前のA点およびB点の圧力 P_A および P_B は、

$$P_A = P_B = \rho g L \quad (1)$$

であり、A・B両点の圧力差はないが、沈降管に土砂を投入すると、 $P_B = \rho g L$ は不変であるが、 P_A は、

$$P_A = (L - \frac{W}{A\rho_s}) \rho g + \frac{W}{A} \quad (2)$$

となる。ただし、 W ：投入土砂重量、 A ：沈降管の断面積、 L ：沈降距離、 ρ ：水の密度、 ρ_s ：土砂の密度である。このときA・B両点間の圧力差 ΔP は、

$$\Delta P = P_A - P_B = (1 - \frac{\rho}{\rho_s}) \frac{W}{A} \quad (3)$$

であるが、土砂投入時からの時間も経過すれば、合計の重さが W である L/t より小さい粗子の砂のみが沈降管中に残るため、

$$P_A = (L - \frac{W'}{A\rho_s}) \rho g + \frac{W'}{A} \quad (4)$$

となり、このときの圧力差 $\Delta P'$ は、

$$\Delta P' = P_A - P_B = (1 - \frac{\rho}{\rho_s}) \frac{W'}{A} \quad (5)$$

となる。このような圧力差の時間変化を記録した一例を示すと図-2のようである。図中の縦軸は、試料投入後一定になった圧力差を100として示している。ここで、沈降距離 L がわかっているし、圧力差は区間 L にある土砂試料の重量

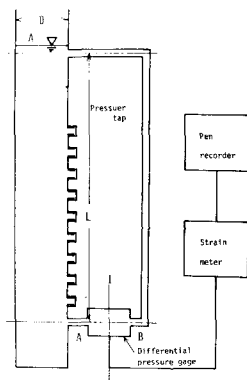


図-1 分析装置概略

に比例しているので、図-2の横軸で表わされる時間も L/t という簡単な沈降速度に換算すれば、縦軸 $\Delta P/\Delta P_0$ は、式(3)および(4)からそれぞれ W/W' であるから、投入土砂試料中のある沈降速度を有した砂の重量割合が直ちに求まる。すなわち沈降速度と砂粒度との関係を知っておけば、得られたこの結果から各粒径の重量割合が求まる。本実験に用いた沈降管は、長さ170cmで内径5cmの透明アクリル管で、沈降距離 L は80cmから170cmまで10cm間隔で変えられるように、所定の位置に圧力取り出しタップが取り付けられている。そして、内径1cmのビニール管で任意点のタップと則10cm以下

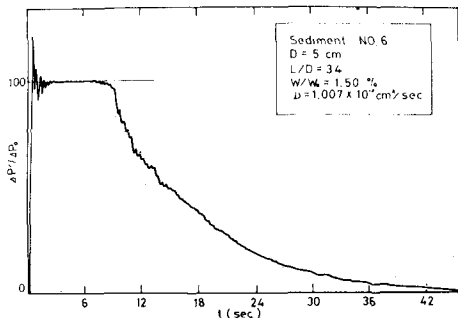


図-2 分析記録の一例

の差圧が測定できる差圧計とを接続させている。(図-1参照)

3. 沈降速度と砂粒径 本分析法は、沈降速度から粒径を知るという過程を経るため、測定すべき白然砂における沈降速度と粒径との関係を明らかにする必要がある。その関係を示したのが図-3であるが、粒径が、用いた白然砂は粒径0.1mm程度までは球の沈降速度とほとんど差は見られないが、粒径が0.1mm以上になると差が顕著であることが認められる。この原因は、土砂粒子の形状係数 S_f が、 $d \leq 0.1\text{mm}$ では砂前後であるが、 $d=0.3\text{mm}$ で $S_f=0.66$ というように、粒径が大きくなるほど砂粒子の形が球状から離れるためと、抵抗係数 C_D が球に比して大きくなるためと考えられる。

4. 諸要素の影響と分析結果 土砂濃度の影響は、図-4に示しているように、沈降管中の水の重量に対して最大2%まではほとんどないと考えてよい。また、沈降管長の影響については、図-5から言えるように、沈降距離 L と管径 D との比 L/D は20以上必要だと考える。なお、これらの図の横軸はReynolds数($=\rho u d / \mu$)； ρ ：砂粒子の沈降速度， d ：砂粒径， μ ：水の動粘性係数)をとっている。投入土砂濃度を2%以内、 $L/D > 20$ という条件と、実験的に求めた図-3の砂粒子と沈降速度との関係を用いて、任意に混合した白然砂の粒径分析を行った結果の一例を図-6に示す。実験はフルイによる分析結果であり、丸印で示しているのが本方法による分析結果である。これを見てわかるように、両者にはそれほど大きな差はなく、差圧計を用いた本分析法は、十分に実用に耐えうるものと考えられる。

5. まとめ 最後、実験結果に基づいて本分析法の留意事項を簡単にまとめると、1)土砂濃度は最大2%までとするが、通常1%程度が適当。2) L/D は20以上必要である。3)水温の影響は、実用上無視しうる。4)圧力取り出し点と水面との距離は、極力0に近づける。などである。今後の課題としては、図-3の沈降速度と砂粒径との関係で、特に、大粒径の砂の沈降速度の詳細な検討が必要であると思われる。

(参考文献)

1)土屋、奥村：「差圧計による土砂の沈降分析について」

京大防災研究所年報第9号 昭43 PP.417—425.

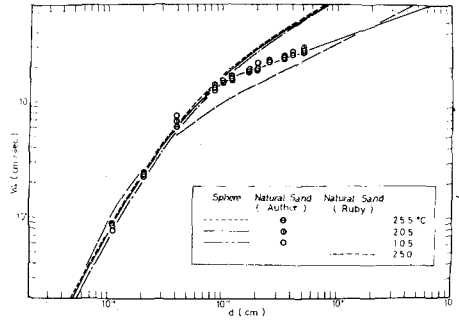


図-3 沈降速度と砂粒径

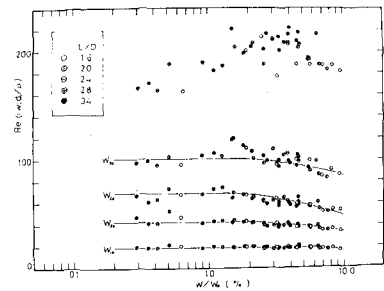


図-4 濃度とRe数との関係

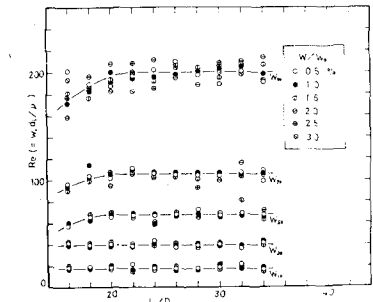


図-5 L/D とRe数との関係

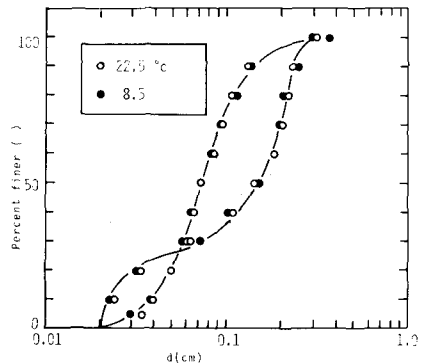


図-6 分析結果