

地下水流速測定へのレーザー流速計の適用について

九州大学工学部 学生員○ 綾 芳光 九州大学大学院 学生員 本村 浩志
 九州大学工学部 正 員 初井 和朗 九州大学工学部 正 員 神野 健二
 九州大学工学部 正 員 上田 年比古 清水建設機技研 正 員 平野 文昭

1. はじめに

近年、地下水流動の解析あるいは地下水汚染の進行状況の解析を行うには、現地での地下水の流動方向や流速を把握することが必要である。本研究では、直径10cmのボーリング孔内に挿入可能なレーザー流速計(以下LDVと略す)を試作し、地下水流速測定へのLDVの適用可能性について検討を行うものである。

2. 試作LDV

図-1には、本研究で使用したボーリング孔内微速度測定用LDVの概略を示す。装置は、光学系と信号処理系で構成されている。本体には、最大直径80mmの円筒形アルミ合金製容器の内部に5mW He-Neレーザー光源を組み込み、また前方散乱光の受光部は本体と連結されている。

信号処理系は、まず散乱粒子が干渉縞を通過することによって生じた散乱光を光ファイバーによりフォトマルチプライヤーに送信して増幅し、シグナルプロセッサーで

電気信号に変換する。次にFFTによりドップラー信号の周波数解析を行い、得られた中心周波数に本装置での換算定数 1.222×10^{-4} (cm/s/Hz)を乗じて流速値を得ることができる。なお、ボーリング孔内では散乱粒子が極めて少なく散乱光強度が微弱になるため、本装置での信号の処理には、散乱光が微弱な場合でも有効な光電子計数法を用いている。

3. 実験装置及び方法

図-2に、実験装置の概略を示す。縦119cm、横120cm、高さ100cmの水槽に、平均粒径0.4mmの十分に湿らせた砂を詰め、その中心にステンレス製網により保護された直径10cmのボーリング孔を設けている。LDVによる流速測定はボーリング孔中心部の水槽底部から39cm上の位置で行っている。散乱粒子には比重3.16、粒径 $0.6 \mu\text{m}$ と $3.0 \mu\text{m}$ のGREEN SILICON CARBIDE(以下GCと略す)を使用している。本実験では不圧浸透流とし、上流側と下流側とに設けたヘッドタンクの高低により浸透流量を変化させている。なお、実験で用いた砂の透水係数は 0.028 cm/s である。

4. 結果及び考察

図-3には、断面平均流速 $V_0=0.0012 \text{ cm/s}$ において、粒径 $3.0 \mu\text{m}$ のGCを使用した場合の信号例と周波数解析結果を示している。ここでの断面平均流速 V_0 は下流側において測定した流量をボーリング孔中心部での断面積で割った値を用いている。図-4はボーリング孔内の流速測定結果を示している。横軸には断面平均流速を、縦軸にはLDVの実測値を度数分布を用いて表している。LDVによって得られたボーリング孔内流速の平均値 V_L は断面平均流速に対応して変化している。図のExpt.1とExpt.2とを比較すると、粒径 $3.0 \mu\text{m}$

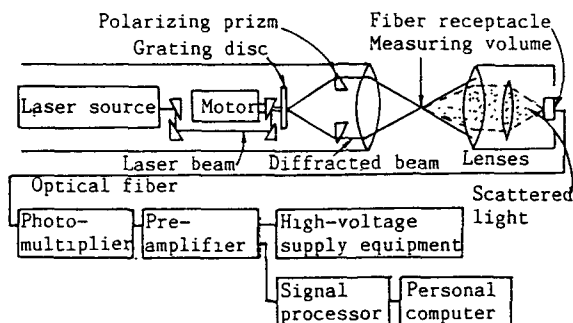
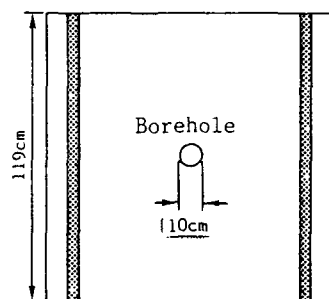
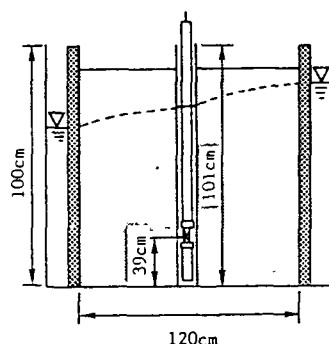


図-1 ボーリング孔内微速度測定用LDVの光学系及び信号処理系



(a) Plane View



(b) Side View

図-2 実験水槽

の粒子の方が種々の断面平均流速に関して粒径 $0.6\mu\text{m}$ よりも V_L の測定値に変動が小さい。したがって散乱粒子としてGCを用いる場合には、 $3.0\mu\text{m}$ の粒子の方が適しているといえる。なお、本実験での最小流速は $8.3\times 10^{-3}\text{cm/s}$ であり、現場での一般的な地下水流速範囲より大きいが、本装置により地下水流速測定が可能になるものと考えられる。

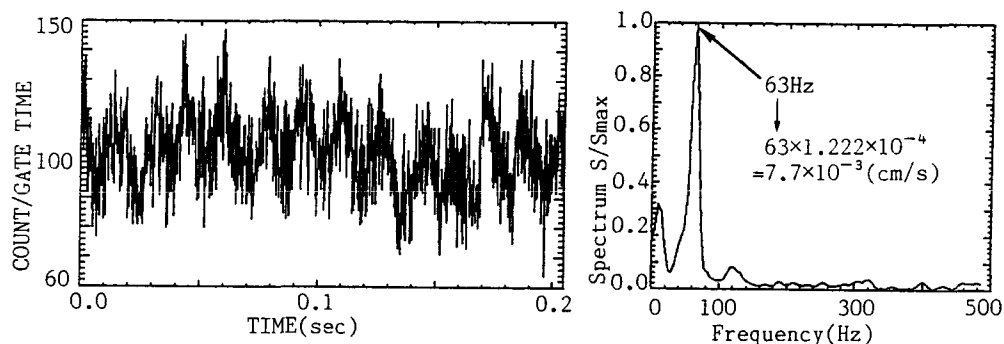


図-3 粒径 $d_p=3.0\mu\text{m}$ のGCを用いた場合の出力信号例と周波数解析結果

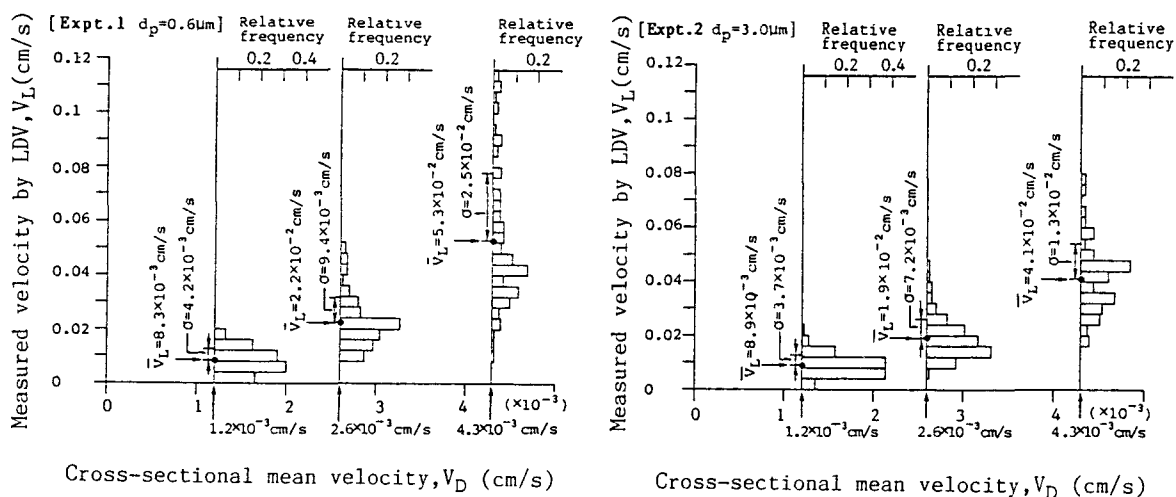


図-4 ボーリング孔内の流速測定結果

(Expt.1:トレーサ-粒子 $d_p=0.6\mu\text{m}$, Expt.2:トレーサ-粒子 $d_p=3.0\mu\text{m}$)

5. おわりに

本研究ではボーリング孔内微速度測定用LDVを用いて微流速測定を行い、 $8.3\times 10^{-3}\text{cm/s}$ までの微流速が測定可能であることを実証した。散乱粒子としてGCを用いる場合は $0.6\mu\text{m}$ の粒子よりも $3.0\mu\text{m}$ の粒子の方が測定値の変動が小さいことが判った。したがって流体の流れに追従するより最適な粒子を使用すればさらに測定値の変動を小さくすることが可能であると考えられる。また本試作装置の改良点として、レーザー光源に関しては 5mW では散乱光強度不足であるため、より強力なレーザーを使用することが必要である。また、測定点付近のLDVによる形状の影響を少なくするには前方散乱型よりも後方散乱型の方が適していると言える。