

RI 密度検層および深浅測量による諏訪湖の底質環境調査

信州大学工学部

正会員 梅崎健夫, 正会員 河村 隆

ソイルアンドロックエンジニアリング(株) 正会員 吉村 貢

1.はじめに 長野県諏訪湖において、自重貫入型 RI 密度検層による底質環境調査を実施し、その測定精度と有効性・適用性について報告した^{1),2)}。その後、音響測深器を用いた深浅測量による底泥の堆積状況の調査が実施された³⁾。本文では、両者の結果を比較し、深浅測量により測定される水深の物理的意味や効率的な調査方法について検討する。

2. 底質環境調査の概要

(1)自重貫入型 RI 密度検層の概要^{1),2)} 2005年11月28日に諏訪湖の6地点(図-1)において、仮設支柱(図-2(a))を組んだ小型船上から、50kgの重りを取付けた RI コーンプローブをワイヤーで吊るし、10cm/s 程度の速度で落下させ湖底に貫入することにより(図-2(b))、RI 密度検層および三成分コーン貫入試験を実施した。さらに、重りを取付けたシンウォールチューブを自重貫入させるサンプリングおよび携帯型音響測深器(周波数:200kHz)を用いた水深の測定も実施した。調査位置のデータは GPS を用いて測定した。

(2)深浅測量の概要³⁾ 2005年11月30日から12月11日において、南北18測線(200m間隔)と東西1測線の全19測線において深浅測量がゴムボート(時速10km程度)を用いて実施された(図-3(a))。200kHzの超音波を水面下約20cmに設置した送受波器によって湖底に向けて発信し、その反射波を受信した(図-3(b))。送信は1秒間に5~10回程度とし、約3秒間(移動距離約10m)の計測データを移動平均して水深データとして収録した。湖岸にGPS固定局(2級および3級基準点)を1ないし2点設置し、DGPSにより調査位置のデータも同時に収録した。

3. 調査結果および考察 図-4に三成分コーン貫入試験および RI 密度検層から得られた測点 No.1における間隙水圧 u 、静水圧 u_0 、鉛直全応力 σ_0 および湿潤密度 ρ_t の深度分布を示す。湖底面および浮泥や底泥の定義は一般に明確でない。本研究では、 u が u_0 分布から変化する深度を浮泥と底泥の境界面(湖底面)として工学的に定義し、採取試料の状態などからその妥当性を示している^{1),2)}。すなわち、定義した湖底面よりも30cm程度上方には、湖水($\rho_w = 1.0\text{g/cm}^3$)よりも ρ_t の大きい部分があり、この部分は懸濁層・浮泥であり、湖底面が底泥上面を表わしている。図中には、深浅測量により測定した水深も示している。本調査においては、音響測深器の測定誤差は $\pm 2\text{cm} \pm (\text{水深}/1000)$ 、DGPS による位置データの誤差は $\pm 2\text{cm}$ であり、測定精度には水温やそのほか塩分なども影響する。また、RI 密度検層に使用した GPS の感度は良好であったが、受信感度の悪い場合の誤差は $\pm 100\text{m}$ 程度である。位置データの誤差を無視すれば、No.1における深浅測量の水深は、底泥の上面よりも4cm浅い深度であると算定される。

図-5に音響測深器により測定した水深に対応する ρ_t と周波数の関係を示す。図中には、有明海において超音波探査装置(200kHzと24kHz)を用いて測定された結果⁴⁾および見かけの密度と周波数の関係(公称値)⁵⁾も示した。200kHzの周波数に対応する ρ_t は場所ごとに異なっており、周波数と ρ_t には一義的な関係は認められない。位置データの誤差を無

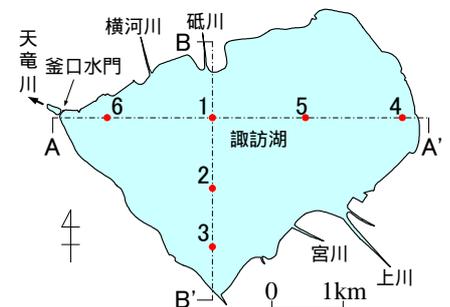
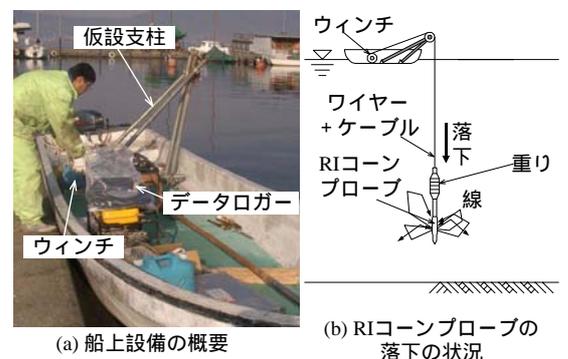


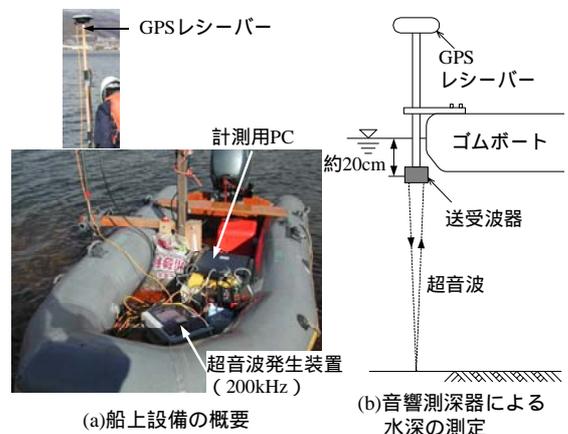
図-1 調査地点の概要



(a) 船上設備の概要

(b) RIコーンプローブの落下の状況

図-2 自重貫入型 RI 密度検層による底質環境調査



(a) 船上設備の概要

(b) 音響測深器による水深の測定

図-3 深浅測量の概要

キーワード：閉鎖性水域，環境調査，底質環境，密度検層，音響測深，コーン貫入試験

住所：〒380-8553 長野市若里 4-17-1 信州大学工学部社会開発工学科，TEL&FAX:026-269-5291

視し、深浅測量だけの誤差を考慮すれば、 ρ_t の誤差は $\pm 0.007\text{g/cm}^3$ 程度以下である。

図-6 に深浅測量の結果の一例 (BB'測線) を示す。No. 3 においては、その前後約 50m の範囲において音響測深による水深データが欠損していたため、考察から除外することとした。

図-7 に音響測深器により測定した水深 h_{US} と水底面 (底泥上面) の水深 h_{RI} を直接比較して示す。有明海 No.1 のデータもあわせて示す。両者の差 ($h_{RI} - h_{US}$) は、諏訪湖 No.1 では 4cm, No.2 では -2cm, No.5 では -43cm, 有明海 No.1 では 4cm である。一方、RI 密度検層と同時にを行った携帯型音響測深器の場合は、諏訪湖 No.1 では 0cm, No.2, No.3 および No.5 ではいずれも -10cm である。200kHz の超音波により測定される水深は、水底面 (底泥上面) を測定しているものと解釈される。音響測深器を用いた深浅測量は、底泥の堆積状況の長期的な変動を把握するための調査としては、工学的には有効である。

4. まとめ 得られた主な知見は以下の通りである。

- (1) 200kHz の超音波により測定される水深における湿潤密度は一定の値ではない。この水深は、底泥 (浮泥層下部において土粒子の骨組構造が十分に発達した部分) の上面 (水底面) の水深を測定しているものと解釈される。
- (2) 音響測深器 (200kHz) を用いた深浅測量は、底泥の堆積状況の長期的な変動調査としては、工学的には有効である。諏訪湖の底泥の堆積状況 (年平均堆積速度 $1 \sim 3\text{cm}^6$) の調査においては、深浅測量の精度等を考慮すれば、約 10 年間の調査が効率的であろう。1981 年の測量結果との比較により、最近 24 年間の底泥の平均堆積層厚は 51cm であるとの結果が得られた³⁾。
- (3) 底泥の短期的なより詳細な変動調査や水質に影響を及ぼす懸濁層・浮泥の状況を調査するためには、自重貫入型 RI 密度検層が有効である。

謝辞：諏訪湖の底質調査にあたり、長野県土木部河川課 (当時) 三原文雄氏、金子哲也氏、長野県諏訪建設事務所 (当時) 長澤 徹氏および (株)モテキ 田中裕治氏のご協力を頂いた。また、調査の一部は、文部科学省科学研究費補助金 (基盤研究(B)(2), No. 15360250) および (独) 科学技術振興機構 平成 17 年度重点地域研究開発推進事業「シーズ育成試験」(課題番号 04-436) の援助を受けた。付記して、感謝の意を表わします。

【参考文献】1) 梅崎健夫ほか：RI 密度検層による底質環境および埋立処分場の圧密特性の評価，土と基礎，Vol.54, No.5, pp.13-15, 2006。2) 梅崎健夫ほか：RI 密度検層による諏訪湖における底質環境調査，第 41 回地盤工学研究発表会，2006 (印刷中)。3) 長野県諏訪建設事務所：平成 17 年度国補河川浄化に伴う業務委託 (測量委託) (1) 諏訪湖 岡谷市・諏訪市・下諏訪町・諏訪湖 報告書，2006。4) 梅崎健夫ほか：RI 密度検層による有明海における底質環境調査，第 41 回地盤工学研究発表会，2006 (印刷中)。5) (株)マルイ，(株)カイジョー：超音波探査装置 C-85 取扱説明書。6) 安田 聡ほか：湖沼汚染底質の浄化手法に関する研究，平成 4 年度国立機関公害防止等試験研究成果報告書 pp.50(1)-(20), 1993。

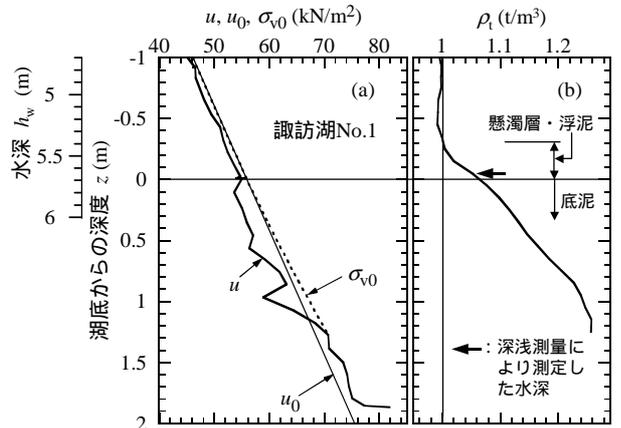


図-4 三成分コーン貫入試験および RI 密度検層の主な結果の一例

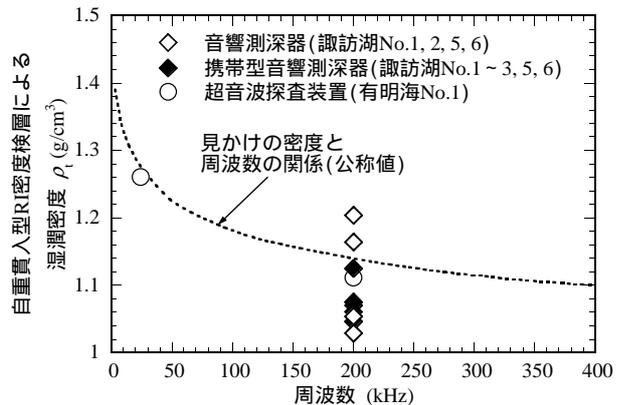


図-5 湿潤密度と周波数の関係

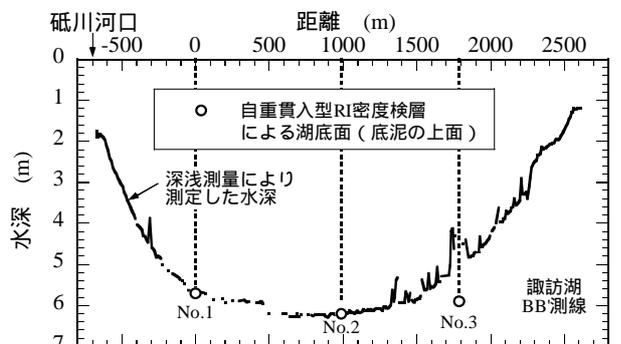


図-6 深浅測量の結果の一例

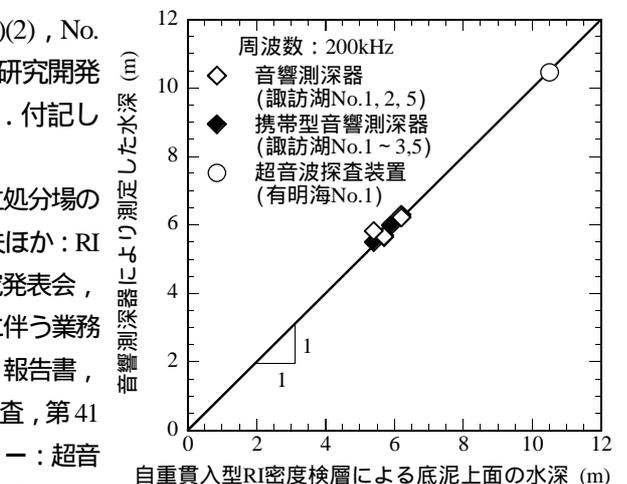


図-7 音響測深器による水深と水底面 (底泥上面) の水深の比較