

地盤環境モニタリングへの電導コーンの適用性

東海大学大学院 学 湊 太郎
 東海大学 海洋学部 正 福江正治
 東海大学 海洋学部 牧戸邦浩
 東海大学 海洋学部 若林良一
 興亜開発(株) 森山 登

1. はじめに 有害物質による地盤の汚染が見出された場合、有害物質の種類に応じた各種の浄化対策が講じられる。このとき、講じられた浄化対策の効果と施工中の環境への影響を確認するため、対象とする地盤についてモニタリングを行う必要がある。しかし、現在広く用いられている方法では、必要とする情報を得るために莫大な時間と経費を必要とする。そこで本研究では、地盤情報を手軽に低コストで取得する方法として、福江ほか(1998)ら^{1), 2)}が開発した電導コーンに着目し、その汚染浄化モニタリングへの適用性を検討した。ここでは、重金属などの水溶性物質による汚染を考え、鉛標準液を用いて実験を行った。

2. 実験方法および試料特性 電導コーンの概要を図-1に示す。この装置は、コーンのロッド部に2つの電流電極(A, B)、その間に2つの電位電極(M, N)を取り付け、電流電極から電流を流すことによって電位電極で電位差を測定できる。本研究では、電極間隔 r_M は1.0 cmとした。電流の大きさや周波数を変えた実験から経験的に、電流は0.1 mA, 1000 Hzの交流がよいことを見出した¹⁾。実際には、測定された電位差から、次式¹⁾により地盤の比抵抗値を求めた。

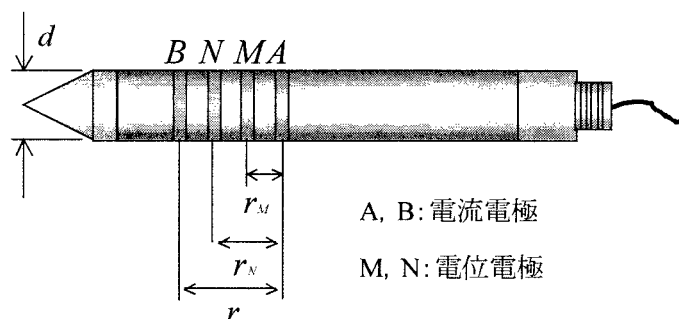


図-1 電導コーンの概要

$$\rho = \frac{\pi^2 \Delta V}{CI} \quad (1) \quad \text{ここに,} \quad C = \frac{1}{(d+r_M)} - \frac{1}{(d+r-r_M)} - \frac{1}{(d+r_N)} + \frac{1}{(d+r-r_N)} \quad (2)$$

である。なお、本研究で用いた電導コーンでは、電極間隔を $r_M=1.0$ cmとしたので $C=9.0$ (m⁻¹)となる。

本研究で用いた実験装置を図-2に示す。本実験では、アクリル製の透水型実験土槽を用いた。これは、2つの水槽の間に土槽を設置し、水槽間の水位差によって土槽内に水が流れるようにしてある。水槽間の水位差は、 $\Delta h=4$ cmになるように設定した。なお、土槽と水槽の間には、直径1 cmの穴を開けて水の出入り口をつくった。さらに、この穴の土槽側に網目の大きさが75 μ mのメッシュを張り、土槽内の珪砂が水槽に入らないようにした。

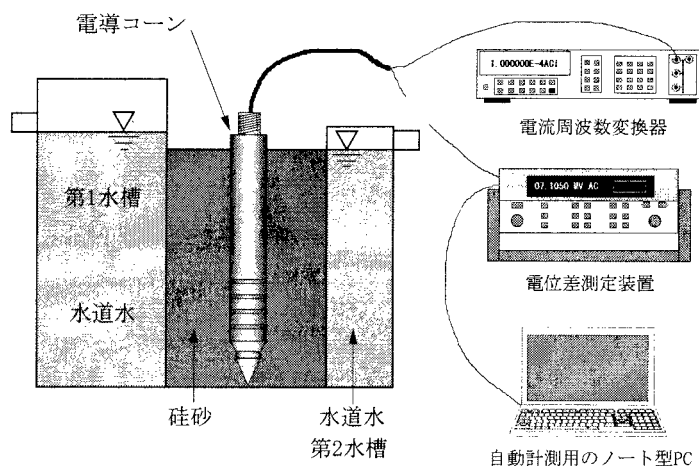


図-2 実験装置の概要

この土槽に水道水を張って土槽の中央に電導コーンを置き、上部より珪砂を水中落下させて砂層を作成した。作成した砂層の間隙比は、 $e=1.13$ であった。また、砂層の透水係数 k を求めたところ、 $k=5.6 \times 10^{-2}$ cm/s

という値を得た。砂層の作成が終了した後、鉛標準液から所定の濃度に希釈した溶液を第1水槽に加え、砂層内に鉛溶液を透過させた。このとき、土槽内の電導コーンによって砂層の電位差を測定し、鉛溶液の透過による比抵抗値の変化を求めた。さらに、測定される電位差がほぼ一定な値に達した後、水道水を第1水槽から加え、砂層からの鉛溶液の排出に伴う比抵抗値の変化を求めた。本研究で用いた硅砂の特性を表-1に示す。

表-1 試料特性

土粒子密度 (g/cm ³)	D ₁₀ (mm)	D ₆₀ (mm)
2.646	0.22	0.36

3. 実験結果と考察 図-3

に、時間経過に伴う比抵抗値の変化の例を示す。この図から、鉛の濃度が高い場合に、比抵抗値は測定の初期に 255~265 Ω・m の値であるが、時間の経過に伴って次第に減少し一定値に近づくのわかる。それから、さらに時間が経過すると、比抵抗値が増大し測定の初期とほぼ同じ値になる。

土の電気伝導は間隙水中

に生じる現象であり、間隙水中のイオン濃度に依存する。すなわち、イオン濃度が高ければ土の比抵抗値は減少し、イオン濃度が低ければ土の比抵抗値は増大する。時間の経過に伴って、Pb²⁺イオンがモデル地盤内に運ばれると、電導コーン周辺のイオン濃度が増大する。このとき、時間の経過に伴って比抵抗値は減少する。さらに水の流れが継続されると、イオンの供給がない限り、電導コーン周辺のイオン濃度は時間とともに減少する。このとき、比抵抗値は増大する。図-3に示される時間経過に伴う比抵抗値の変化は、このような理由によるものである。

図-3を見ると、鉛の濃度が 0.5 ppm までは比抵抗値が大きく減少するが、0.1 ppm では比抵抗値の減少が見られない。このことから、電導コーンによって存在が確認できる鉛の濃度は、0.5 ppm までであるということがわかる。さらに、モデル地盤の比抵抗値が、最終的に初期の比抵抗値とほぼ同じ値になることから、水の流れによって、ほとんどすべての電解質がモデル地盤外に輸送されるものと考えられる。

4. おわりに 本研究では、電導コーンを用いる方法について、その汚染浄化モニタリングへの適用性を検討した。ここでは、重金属などの水溶性物質による汚染を考え、水溶性物質の例として鉛標準液を用いて実験を行った。その結果、砂地盤の間隙中における電解質の濃度変化が、比抵抗値の変化として得られることがわかった。また、電導コーンによって、0.5 ppm の濃度までは鉛の存在を確認することが可能であるということがわかった。これらのことから、地下水揚水法などによる汚染浄化のモニタリング技術として、電導コーンを用いた方法を適用することが可能であると考えられる。

<参考文献>1) 福江, 田屋, 松本, 酒井: 電導コーンの開発とその応用, 土木学会論文集, No.596/III-43, pp.283-293, 1998. 2) M. Fukue, T. Minato, M. Matsumoto, H. Horibe and N. Taya : Use of a resistivity cone for detecting contaminated soil layer, Engineering Geology, Vol.60, pp.361-369, 2001.

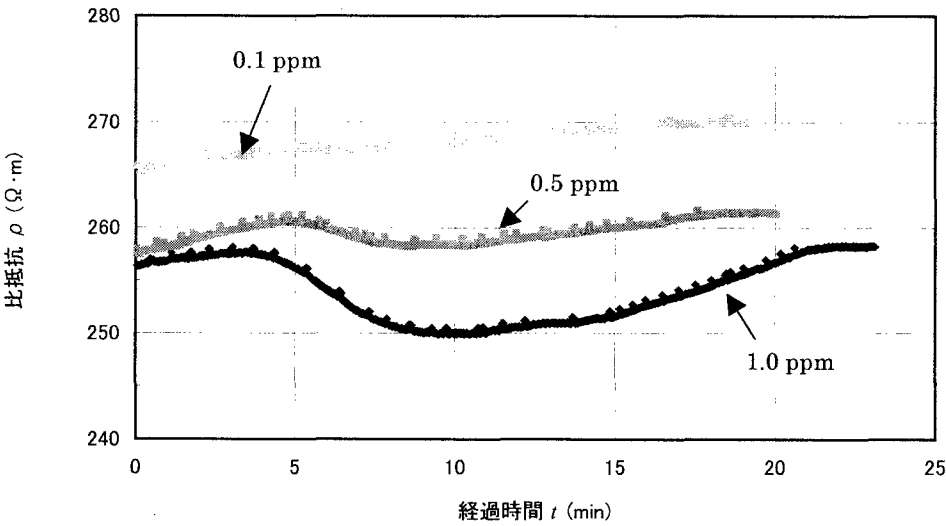


図-3 時間に伴う比抵抗値の変化