

X線透過法による土の密度の推定

鳥取大学工学部 学員 ○石井俊郎

鳥取大学工学部 正員 木山英郎

鳥取大学工学部 正員 藤村 尚

鳥取大学工学部 正員 西村 強

1. まえがき

土試料を乱さずに内部の局所的な密度差を推定する方法を確立することは、降下床モデルなどの模型実験における地盤の変形やサンプリングチューブ内の品質評価ならびに試験体の選定に有用¹⁾⁻³⁾である。本研究は、X線透過写真のフィルム濃度から、土の密度の推定法を確立しようとするものである。

2. X線透過試験法

使用したX線装置は、最大管電圧280kV、管電流5mAの携帯式のものである。X線の撮影は図-1に示すように、モールドに締め固めた土試料を試作の透過度計とともにフィルム上に並べて行なった。ある物質を透過した後のX線の強度は、一般に、次式で表される。

$$I = I_0 e^{-\mu \rho z} \quad (1)$$

ここに、 I : 物質を通過したX線の強さ、 I_0 : 物質に入射する以前のX線の強さ、 e : 自然対数の底、 μ : 質量吸収係数、 ρ : 物質の密度、 z : X線の透過距離。

写真濃度 a は、フィルムに当るX線の強さに比例すると考えると、比例定数を K として、 $a = KI$ と表され、式(1)より、

$$a = KI_0 e^{-\mu \rho z} \quad (2)$$

上式において、 $a_0 = KI_0$ とおき、濃度係数 a_0 と呼ぶことにする。これは、X線出力(kV、照射時間、照射距離、出力変動)、現像条件(フィルム、現像時間、温度、疲労など)によって変化する。そのため、常に同一試料を同じ条件で撮影することは難しく、 a は異なって現れる。そこで、鉄製のプレートもしくは階段状の透過度計を用いて、相対的なフィルム濃度を求めることにした。鉄板のフィルム濃度を a_f 、試料のフィルム濃度を a_s とすると、式(1)より a_f 、 a_s は次式で表される。

$$\left. \begin{aligned} a_f &= a_{0f} e^{-\mu_f' \rho_f z_f} \\ a_s &= a_{0s} e^{-\mu_s' \rho_s z_s} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

ここに、 a_{0f} : 鉄板の濃度係数、 a_{0s} : 試料の濃度係数、 μ_f' : 鉄板の質量吸収係数、 μ_s' : 試料の質量吸収係数、 ρ_f : 鉄の密度、 ρ_s : 試料の密度、 z_f : 鉄板の厚さ、 z_s : 試料の厚さ。

式(3)より試料の密度 ρ_s は、

$$\rho_s = \frac{1}{\mu_s'} \cdot \frac{\mu_f' \rho_f z_f - \ln \frac{a_s/a_{0s}}{a_f/a_{0f}}}{z_s} \quad (4)$$

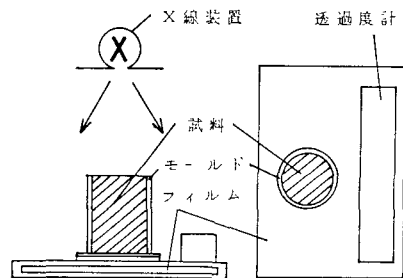


図-1 X線透過試験概略

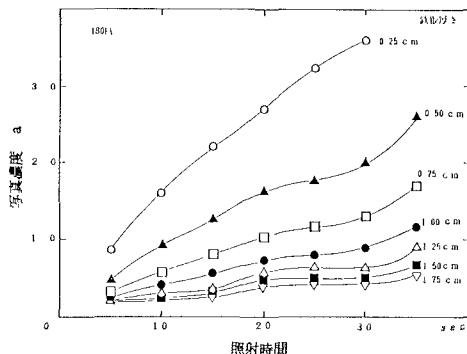


図-2 写真濃度と照射時間の関係

上式の μ_s' 、 μ_f' 、 a_{0s} 、 a_{0f} を決定できれば、上式より ρ_s を求めることができる。図-2は厚さの異なる鉄板のフィルム濃度と照射時間の関係を示す。鉄板の厚さにより曲線形状が異なる。図-3には、現像液の温度によるフィルム濃度への影響を、図-4には、現像液の新旧によるフィルム濃度への影響を調べた結果を示す。このように、 a_0 は種々の条件によって変化し、決定することは難しい。

3. 密度の推定法

そこで、これらの問題に対応するため、図-5に示す鉄製透過度計を試作した。これを、試料とともに、フィルム上に並べて撮影する。まず、試料の写真濃度を測定する。つぎに、この透過度計の中から試料濃度と等しい濃度の点を探し出し、鉄の厚さを求める。すなわち、試料のX線透過量を鉄の厚さに置き換える。そこで鉄のX線透過量を I_f 、試料のそれを I_s とすると式(1)より次式が成立する。

$$\left. \begin{aligned} I_f &= I_0 \cdot e^{-\mu_f' \cdot \rho_f \cdot Z_f} \\ I_s &= I_0 \cdot e^{-\mu_s' \cdot \rho_s \cdot Z_s} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

式(5)より ρ_s を求めるに際し、上式中の未知数は、 ρ_s 、 μ_s' 、 μ_f' の3つである。いま、 ρ_s は実測により既知とし、また、 μ_s' と μ_f' の比 μ_s'/μ_f' を未知数に置くことにする。実験により、この値を決定できれば、式(5)から ρ_s を次式のように求める。

$$\rho_s = \frac{\rho_f \cdot Z_f}{(\mu_s'/\mu_f') \cdot Z_s} \quad (6)$$

図-6は、乾燥砂について、 μ_s'/μ_f' と Z_s の関係を示したものである。両者の関係は、X線の照射時間、試料の密度、現像液の温度等によらず一定である。また、 μ_s'/μ_f' の値は、 Z_s の増加とともに、大きくなっているのがわかる。

参考文献

- 1) 善功企他；サンプリングチューブ内のX線透過試験、第18回土質工学研究発表会、S58
- 2) 西尾宣明他；X線写真による埋設管周辺地盤の挙動の研究、第15回土質工学研究発表会、S55
- 3) 中島秀雄他；X線写真を利用したパイピングの現象の観察、第20回土質工学研究発表会、S60

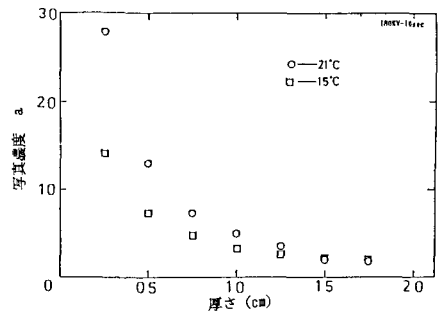


図-3 現像液の温度によるフィルム濃度への影響

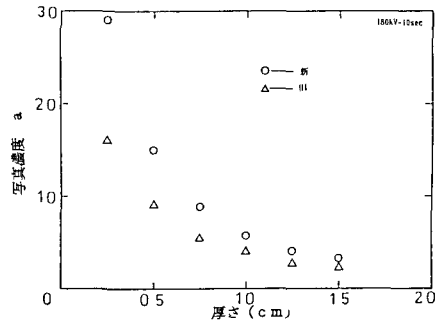


図-4 現像液の新旧によるフィルム濃度への影響

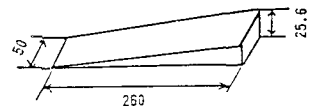


図-5 くさび型透過度計

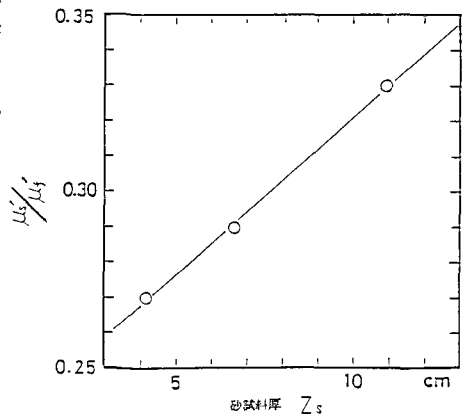


図-6 μ_s'/μ_f' と Z_s の関係