

中性子水分計とテンシオメータによる不飽和帯水分量現地測定と比較

東京大学生産技術研究所

正員 虫明 功臣

東京大学生産技術研究所

正員 小池 雅洋

東急建設株式会社

正員 藤原 道正

東急建設株式会社

正員 屋井 裕幸

1. はじめに

筆者らは、昨年より東大千葉実験所構内のローム地盤で中性子水分計による現地測定を開始している。前報での校正曲線は現地地盤の乾燥密度(δ_d)の範囲外にあること、および、非水浸タイプの校正試験であったため、現地に埋設したアルミニウム製のアクレスチューブ内に水滴が生じた場合、中性子水分計による測定値が過大に評価されることが予想されることから、今回は水浸タイプでの校正試験を行い、密度についても現地に近づけるよう考慮して校正曲線を求めた。本稿では、そうして得られた校正曲線に基づき中性子水分計による現地測定値と、テンシオメータによる同地点での測定値との比較を行った。

2. 中性子水分計の校正試験

2.1. 試験の概要

現地の不飽和帯は図-1に示すように地表0.4mが腐植土で被われ、それより3.5mまでほぼ一様な関東ローム層である。小サンプルで求めたローム層の δ_d は、0.49~0.59の範囲にある。今回、校正試験に使用した試料は、こうした現地から採取したロームである。校正試験は図-2に示す試験装置を用いた。

現地の δ_d に合わせるため、自然乾燥状態にある試料の含水比を基準に、現地で起りうる範囲の3段階の体積含水率に水分量を調整し、同じ含水率に対して $\delta_d=0.5, 0.6, 0.7$ に見合うよう湿潤密度を3段階に制御して9種の供試体を作成した。これが表-1のNo.2~4である。更に、現地では生じない乾燥状態の供試体と飽和状態の供試体も作成し合計11種の試験を行った。表-1に一連の校正試験結果を示す。密度の調整が目標通り行えたのは、加水の少ないNo.2のみである。一般に、ロームでは含水率が高くなると一様な密度にすること、および、現地のような低い密度を再現することが困難である。

2.2. 校正曲線の決定

乾燥密度は、供試体の中央部で採取した約3Kgの

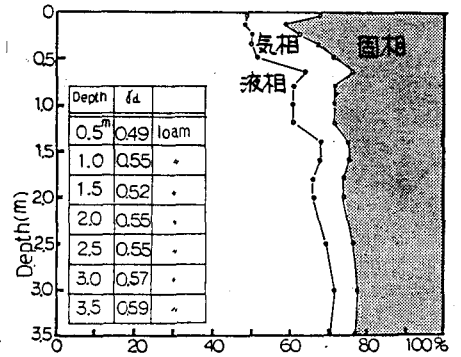
図-1 現地地盤の三相区分と δ_d

表-1. 校正試験結果

No	1	W (%)	δ_r (g/cm ³)	δ_d (g/cm ³)	WH	RW	備考
1	1	50.00	0.957	0.638	31.90	0.846	乾燥
	2	64.97	0.957	0.580	37.69	0.970	加水 1
	3	62.12	1.001	0.617	38.36	1.013	*
	4	62.93	1.155	0.703	44.61	1.188	*
2	1	71.53	1.130	0.659	47.12	1.173	加水 2
	2	75.37	1.161	0.662	49.90	1.218	*
	3	73.38	1.328	0.766	56.21	1.433	*
	4	72.56	1.212	0.702	50.96	1.193	加水 3
3	2	71.60	1.226	0.714	51.15	1.390	*
	3	74.92	1.488	0.851	63.73	1.509	*
5	1	96.88	1.363	0.692	67.05	1.584	飽和

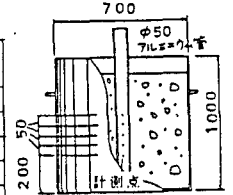


図-2. 校正試験装置

W: 含水比 WH: 体積含水率
 δ_d : 乾燥密度
 δ_r : 湿潤密度
 RW: 中性子水分計計数比率

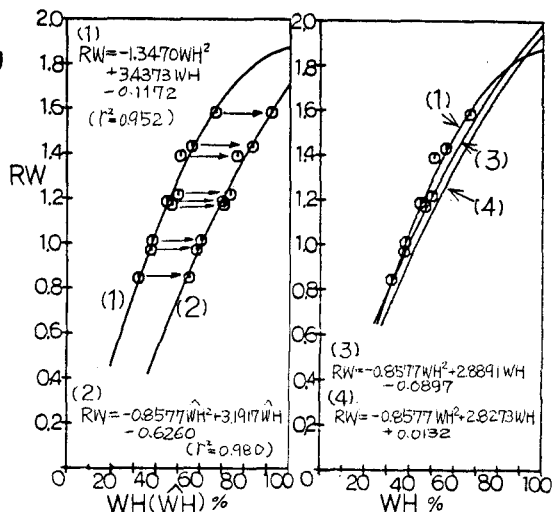


図-3 密度補正および校正曲線

試料を炉乾燥することによって求めたが、前述したように特に含水率の高いローム土では一様な供試体を作成することが極めて困難であったために、サンプリングの代表性にも疑問が残った。表-1において、乾燥密度の評価に疑問の持たれるNo.4-1, No.4-3は校正曲線を決定するデータからは除外した。残り9個のデータから最小二乗法により校正曲線を求めると図-3の(1)のようになり、相関係数は0.952であった。次に密度補正として、 WH を等価含水率($\hat{WH}$)、 $\hat{WH} = WH + \alpha \gamma_d$ と与え、係数 α を変化させ RW と $\hat{WH}$ の関係を同様に最小二乗法から求め、その中で最も相関性のよくなる α の値から RW と $\hat{WH}$ の関係式を求めると、図-3の(2)式ようになる。 $\alpha = 0.36$ 、相関係数 0.980である。実際に現地測定に使用する校正曲線は、現地地盤の深度毎に異なる γ_d を用いた、 $\hat{WH} = WH + 0.36 \gamma_d$ の式を(2)に代入し、 RW と WH の関係として求められる校正曲線である。現地地盤の γ_d の最小値($\gamma_d = 0.49$)と最大値($\gamma_d = 0.59$)を例に求めた校正曲線が図-3の(3)、(4)式である。

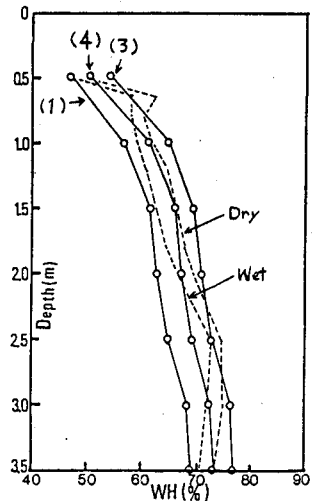


図-4 各校正曲線とテンシオメータ測定値との比較

3. テンシオメータ測定値との比較

図-4に深度別のテンシオメータ記録から推定した WH と中性子水分計計数率比に校正曲線(1),(3),(4)を適用して得られた WH を示す。テンシオメータによる測定値は直接に観測される吸引圧をpF-水分曲線により水分量に換算した。pF-水分曲線に脱水と吸水によるヒステリシスがあり、両者の差は4%程度である。中性子水分計による水分量は、密度補正を行った(3)(4)の値の方が、テンシオから求めた水分量に近づいている。 γ_d 0.1の差は4%程度の水分量の差として表われている。

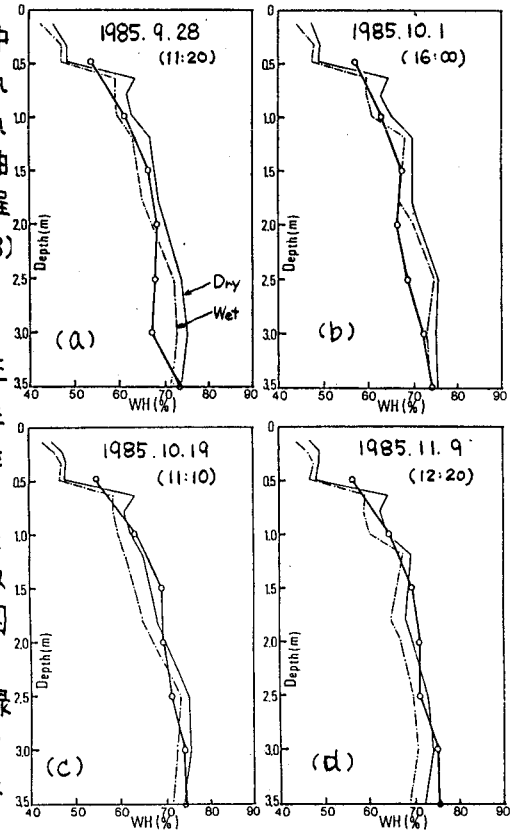


図-5 中性子水分計とテンシオメータの測定比較

図-5(a)~(d)に、各深度のローム土の γ_d を使用した校正曲線による水分量とテンシオメータからの水分量とを比較した例を示す。中性子水分計の測定範囲は、稜源から約30cm内とされている。このことを考慮すれば、いずれの例においても、2m以内では、テンシオメータによる推定範囲と中性子水分計による水分量の値がほぼ対応している。したがって、テンシオメータ記録から水分量の量的評価が可能であると半断される。図-5(a),(b)において深度2.5, 3.0mでは、両者の間に最大7%程度の差がみられる。深度2.5, 3.0mのテンシオメータ記録は観測期間を通じてほとんど変化を示さず、カップの埋設、マノメータ部の空気発生、あるいはポテンシオメータの感度など、テンシオメータ側に問題があると考えられる。

テンシオメータは安価に自動計測ができるという長所をもっているが、種々の難点があり推定される水分量の妥当性の評価がそれ自体では難しい。中性子水分計は、自動観測が困難であるが、これを併用することによって、より精度が高い不飽和帯水分量に関する資料が得られる。/文献 1). 虫明・小池・藤原・屋井・現地における中性子水分計とテンシオメータによる土中水分測定と比較。土木学会第40回年次講演要集 昭和60年9月。