

東京大学生産技術研究所 正員 虫明 功臣
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 不飽和帯水分測定法には、テンシオメータ法、電気抵抗法、中性子法など、いくつかの方法が提案されているが、それぞれ長所短所を持っている。そのうち中性子法は深部にわたり非破壊で繰り返し測定できるという利点を持つ。しかし、校正曲線とアクセスチューブ埋設状況によって精度が支配される。筆者らは、関東ローム土中の不飽和帯水分挙動のメカニズム解明の一手段として中性子水分計の試用にあたり、校正試験を行った。また、実際に現地盤に中性子水分計を適用し、そこに埋設してあるテンシオメータから推定される水分量を基に、校正曲線を作成し両者を比較検討するとともに、その適用性を考察した。

2、キャリブレーション 校正試験には、図-1に示す装置を用いた。試験試料は対象とする地盤から採取し、自然乾燥状態から加水しほぼ3段階の含水比に調整した。同じ含水比段階に対して密度の異なる試料を得ることを意図して、3種の締固め方で試料を作成した。供試体の計数率は、図中5箇所計測点（1計測点で1分計測3回）における平均値とし、スタンダード中の計数率との比を求める。これを計数率比（ R_w ）と呼ぶ。供試体中心付近から採取した試料の含水比（ W ）と湿潤密度（ r_t ）から得られる含水量（ W_h ）と計数率比をプロットする。

校正試験結果を表-1に示す。

$$W_h = \frac{W/100}{1 + W/100} \times r_t \quad (g/cm^3)$$

但し、No.11のデータは水中の値である。

試験前、各含水比状態（50, 70, 80 %）において3段階の乾燥密度に対する R_w , W_h が求まり密度補正式が得られると予想したが、試験結果を見ると乾燥密度がほぼ一定となっていた。No.7は試験中、土中水分にムラが生じたと予想されるので残り9個について校正曲線を求めた。（図-2）

$R_w = 0.184 + 1.710 W_h$ — (1) 但し (1) 式は乾燥密度 $r_d = 0.7 \sim 0.8$ に対する校正曲線である。

3、現地盤での計測 計測は当研究所千葉実験所構内で行った。現地には実大規模の浸透施設模型を設置し、雨水流出ならびに浸透水の挙動を継続観測できる計測システムを配備してある。図-3に自然地盤とトレンチ部に設置さ

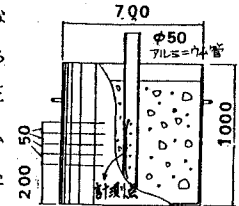


図-1 試験装置

	w	r_t	r_d	W_h	R_w
1	30.86	0.972	0.743	0.229	0.568
2	51.22	1.043	0.690	0.353	0.781
3	51.11	1.078	0.713	0.365	0.808
4	51.98	1.180	0.776	0.404	0.870
5	72.70	1.162	0.673	0.489	0.998
6	73.77	1.295	0.745	0.550	1.143
7	62.40	1.489	0.917	0.572	1.255
8	79.20	1.351	0.754	0.597	1.278
9	79.40	1.474	0.822	0.652	1.282
10	81.70	1.494	0.822	0.672	1.277
11			1.000	1.821	

表-1 校正試験結果

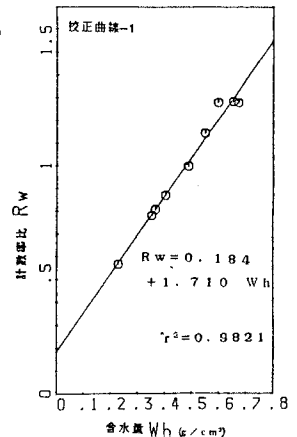


図-2 試料に対する校正曲線

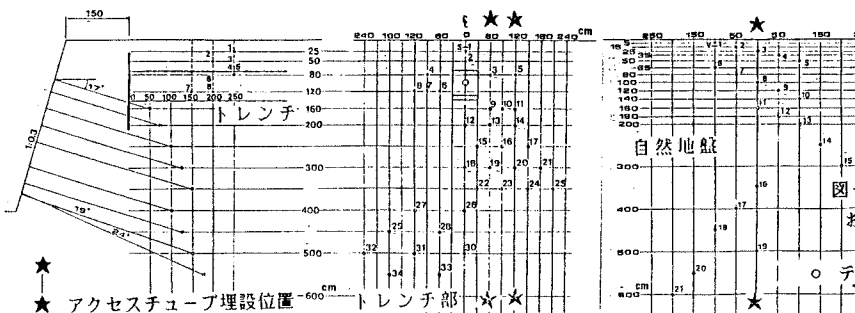


図-3 テンシオメータ設置地点および中性子水分計計測地点

れたテンシオメータの配置ならびに中性子水分計の計測地点を示す。なお、アクセスチューブはアルミニウム管を用い、深度6.5mまで埋設してある。

3-1 土層の概要 現地盤の不攪乱小サンプルから得られた構内土層状態を図-4に示す。表層50cm程度まで黒ボクで覆われ、その下位4.0m付近まで均質な関東ロームが堆積している。5.0m以下は砂混り粘土層で構成されている。

3-2 pF-水分曲線 各深度毎(図-4中、○印)の小サンプルを用いてpF試験を行い、それぞれのpF-水分曲線が得られている。例として図-5に深度60cm, 300cmの脱水過程でのpF-水分曲線を示す。この曲線を媒介として現地で測定された吸引圧を体積含水率に変換できる。

3-3 計測 図-3の3箇所において深度6.5mから50cm間隔で13深度について計数率を計測した。1深度あたりの計測時間を10秒とし、自然地盤では1深度、2回、トレンチ部では注水試験中の計測であったために水分が時間的に変化すると考えて1回の計測とした。吸引圧はテンシオメータからポテンシオメータを介して、マイクロコンピュータによって5分間隔でディスクに格納されており、その値から各深度に対応するpF-水分曲線を用いて含水量に変換される。図-7に、こうして得られた計数率比と含水量の関係を示す。5.0m以下のデータは土質が違うので較正曲線の推定から除外し、残りの40個のデータより図-7に示す較正曲線が得られた。(破線)

$$Rw = 0.182 + 1.592 Wh \quad (2)$$

4 考察

① 現地盤で求めたRwとWhの関係には、かなりのバラツキがみられるが、その主要因として次のことが考えられる。

a) 深度は一致しているが計測地点とテンシオメータ設置地点は同じでないこと。

b) 各深度のpF-水分曲線は吸引圧pF1.2~2付近で吸水曲線と脱水曲線との水分量に5%程度の相違があるが、今回の水分量の推定には脱水曲線を使用したこと。

② 図-7中に、試料に対する較正曲線(1)が実線で併記されているが、この曲線は同じRwに対して現地較正曲線(2)よりWhに小さな値を与える。前者の乾燥密度は $rd = 0.7 \sim 0.8$ であり、後者のそれは $rd = 0.5 \sim 0.65$ であることが相違の要因であると考えられる。また、同図中の×印は $rd = 1.3 \sim 1.4$ の砂混り粘土層のRw-Whの関係であるが、これが較正曲線(1)および(2)と大幅にはずれているのは、密度および土質の相違によると推察される。

③ 以上の問題はあっても(2)式より $\pm 10\%$ の相対誤差で計数率比から含水量が求められることがわかる。今回は水分の時間的な変化が急激であると予想されたので計数時間を10秒と短くとったが、今後現地で安定したテンシオメータの値が得られる時に、より長い計測時間に対する計測を行うこと、ならびに各深度より直接サンプルを採取し、その含水率と計数率比を対応づけること等により、現地較正曲線の精度向上を図りたい。

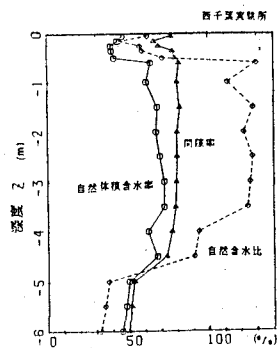


図-4 土層状態

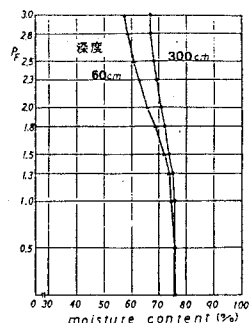


図-5 pF-水分曲線

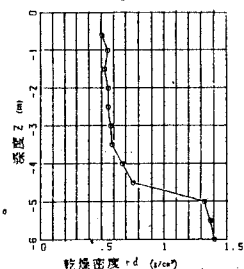


図-6 現地乾燥密度

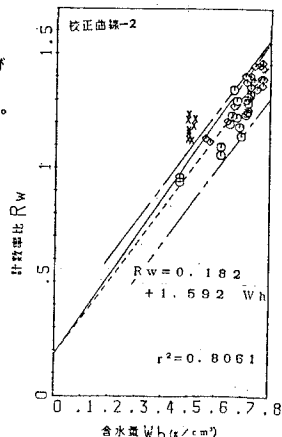


図-7 現地較正曲線