

武蔵工業大学 正員 神山 光男

(1) まえがき

土の電気抵抗は主として土の中に含まれる水分のあり方、その伝導度により規制される。したがってそれらの性質について電気抵抗と含水比、乾燥密度、および全容積に対する空気の占めている容積率(V_a)との関係を求めることが可能ならばである。この関係式を求めることができたので逆にこれを利用して電気抵抗の測定値より間接的に土の含水比を求めることができる。すなわち従来含水量測定については試料を乾燥して含水量を測定する方法と、乾燥しないで測定する方法とがあるが本報告は乾燥しないで含水比を求める方法の一例である。

(2) 実験装置と実験方法

実験装置として主なものは、電圧計、電流計とJISA 1210に規定されている100ccモールド、および2.5kgランマーである。図-1

なお電圧計の測定範囲は0.1~150V 電流計の測定範囲は0.1~100mAのものを使用した。

供試体の作製および試験方法については、試料の準備および試料の使用方法是JISA 1210のa(乾燥法で繰返し法)により、また突固め方法としてはモールドに試料を3層に分け含水比を変えごとに突固め回数、15回のもの、25回のもの、40回の3種とした。

突固めたモールドの中央に極棒(ステンレス製直径3.1mm)をモールドの1/2(63.5mm)貫入しその抵抗値(Ω)を測定する。またその供試体の含水比、および湿潤密度をも測定する。以上の操作を試料の含水比を8~10個変えて同様の試験を繰返す。

(3) 実験結果と考察

A. 実験式について

γ_d , w , V_a と電気抵抗 R とは実験的につぎの基本式が成立する。

$$\frac{R}{\gamma_d} = \gamma_d w f(V_a) \quad \text{--- ①} \quad \left(\text{但し } \gamma_d: \text{乾燥密度}(\% \text{cm}^3), w: \text{含水比}(\%), f(V_a): V_a \text{の関数} \right)$$

さらに実験的に $f(V_a) = a - b V_a$ --- ② が確かめられた。(但し a, b : 定数)

したがって②を①に代入すると $\frac{R}{\gamma_d} = \gamma_d w (a - b V_a)$ であるから $\frac{R}{\gamma_d} = R \gamma_d w - R \gamma_d w V_a \frac{b}{a}$ として $\frac{R}{\gamma_d} = L$, $\frac{R}{\gamma_d} = k$ とすれば

$$L = R \gamma_d w (1 - k V_a) \quad \text{--- ③}$$

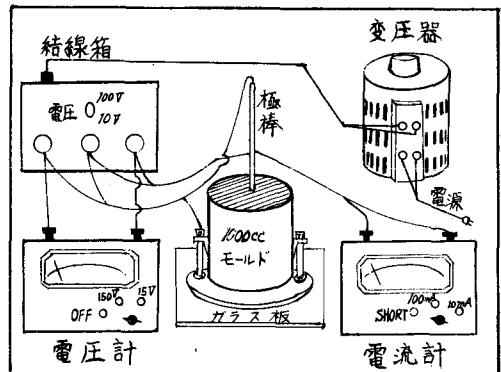
L , k が既知であれば $V_a = 1 - \gamma_d / (G_s + w)$, $\gamma_d = \gamma_s / (1 + w)$ を③に代入し $R \gamma_d G_s = L$, $k R \gamma_d^2 = \beta$ $L G_s = \gamma$ として整理すると(電気抵抗により求められる含水比をJIS規定による含水比と区別するために w' とする)

$$w'^2 \{ L(1 - k) + \beta G_s - \gamma \} + w' \{ L(1 - k) + \beta - 2\gamma \} - \gamma = 0 \quad \text{--- ④} \quad \text{が成立する。}$$

すなわち G_s , γ_d , R , L , k より④によって含水比を求めることができる。

電気抵抗測定配置図

図-1



なお考察のために③より逆に計算による抵抗値 R を求めたがこれは $R=R'$ として

$$R = \frac{e}{\rho_a w} (1 - k V_a) \text{ ---- ⑤ による。}$$

B. 実験結果と考察

測定値を③に代入しその試料固有の定数 e 、 k を最小乗法により求めるのであるが一例として横浜市鶴見区より採取せる試料について試料を4760μフルイを通る程度まで乾燥させ(A方法)試験を行なった測定値ならびに計算結果を表-1に示す。試料の土性については表-2のとおりである。

表-1の $(R'/R-1) \times 100$ の欄(以下これを R のerrorという) 測定値ならびに計算結果の一例 表-1

の絶対値平均は3.6%であるが実験を行なった15

試料の平均は6.8%である。

つぎに突固め回数

別にそれぞれ e 、 k を求め

司様に R のerrorを求め

ると15試料についての

平均は突固め回数15回の

とき7.2%, 25回が5.7%, 40回が7.5%となる。

一般的にA方法の場合試料をかきり空気乾燥

した状態から試験を行なうので試料を突固める

さい試料が飛散し十分な突固めを行なうことが

できず極棒を貫入させるにしても供試体がバサ

バサの状態であるため極棒周辺に空気を生ず

ることがあり抵抗値にかかりの誤差を生じる結

果となる。

土の電気伝導は土中の水の電気を伝え土粒子

そのものはほとんど電気を通さないから含水比

が小さい場合には抵抗値は極めて大となりその

抵抗値が前述の極棒の貫入による誤差を含むとする時、それらの測定値をも包括して e 、 k を求めた場合 R の

errorも必然的に大きくなる。したがって後述するように施工管理のための含水比は、ほとんどの場合最適含

水比より大であるので e 、 k 算出についてA方法でなく最適含水比付近より試験を行ない(B方法) R のerrorについ

て検討すると15試料の平均は3.9%となる。突固め回数別については15回4.0%、25回3.6%、40回4.1%と

なりB方法の R のerrorはA方法の概略 $\frac{3}{5}$ 程度となる。A、B方法ともに突固め回数別による R のerrorは15

回、40回はほとんど同じであるが25回の僅の良好な結果を示す。JIS規定により求めた含水比 w と④により求

められる含水比 w' を統計するに表-1の $(w'/w-1) \times 100$ の絶対値平均は2.6%であるが R のerrorが $\pm 5\%$ 以内であれば

は $(w'/w-1) \times 100$ は概ね $\pm 4\%$ 以下となり含水量測定についての許容誤差の範囲と見做すことができる。

4. まとめ

例えば施工管理などのように連続的に含水量を測定する必要がある場合には一度 e 、 k を求めておけば乾燥する時間と必要とせずに直ちに含水比を求めることができる。 e 、 k 、 w' 算出についてはB方法により、また突固め回数については回数による影響はあまり明確ではないが一応25回とすることの望ましい。

最後に本研究にさいし種々協力して頂いた目黒区二技術員をはじめ平論作業に従事した当時の学生諸君に謝意を表します。

土性 表-2

自然含水比 (%)	60.5
砂 分 (%)	52
シルト分 (%)	33
粘土分 (%)	15
均等係数	50.0
曲率係数	1.1
塑性限界 (%)	24.4
塑性指数 (%)	55.5
塑性指数	18.9
三角座標分類	砂質0-4
日本統一分類	SC

N (回)	w (%)	k (kg/cm)	R (Ω)	R' (Ω)	$\frac{R'-R}{R} \times 100$ (%)	w' (%)	$\frac{w'-w}{w} \times 100$ (%)
15	33.06	0.999	14061.1	14298.1	1.7	33.34	0.8
25	32.84	1.002	16402.1	14245.9	-13.1	30.82	-6.2
40	32.69	0.976	17863.2	17750.5	-0.6	32.68	0
15	36.12	1.058	7899.7	8237.6	4.3	36.94	2.3
25	35.44	0.998	12273.1	12381.7	0.9	35.62	0.5
40	35.65	1.026	9898.9	10185.7	2.9	36.11	1.3
15	39.64	1.072	6197.4	6498.2	4.9	41.00	3.4
25	39.24	1.053	6999.3	7278.0	4.1	40.21	2.3
40	39.26	1.062	6638.1	6938.0	4.5	40.35	2.8
15	45.16	1.131	3915.6	4122.1	5.3	46.76	3.5
25	44.75	1.130	3978.1	4134.0	5.2	46.37	3.6
40	44.93	1.148	3713.4	3895.7	4.9	46.43	3.3
15	50.57	1.222	2474.6	2579.5	4.2	52.28	3.4
25	49.79	1.261	2258.6	2349.5	4.0	51.38	3.2
40	50.44	1.211	2582.2	2681.8	3.9	51.92	2.9
15	56.83	1.377	1530.4	1485.9	-2.9	55.41	-2.5
25	56.45	1.385	1512.6	1471.7	-2.7	55.09	-2.4
40	56.12	1.398	1487.7	1435.8	-3.5	54.47	-2.9
15	63.15	1.499	1049.1	1016.7	-3.1	61.39	-2.8
25	62.45	1.495	1076.6	1039.1	-3.5	60.40	-3.3
40	62.84	1.499	1053.7	1021.5	-3.1	61.15	-2.7
15	67.69	1.510	945.0	926.2	-2.0	66.32	-2.0
25	66.79	1.506	970.5	945.1	-2.6	65.15	-2.5
40	66.34	1.527	939.6	914.3	-2.7	64.66	-2.5
15	68.43	1.523	909.5	892.5	-1.9	67.16	-1.9
25	68.54	1.518	916.2	897.9	-2.0	67.30	-1.8
40	68.42	1.528	902.9	884.2	-2.1	67.01	-2.1

N: 突固め回数, w, k , R: 測定値, R': ⑤による。
w': ④による $G_s = 2.658$ $e = 5104.86$ $k = 1.8248$