

土の含水比試験における推奨温度・時間の考察

株式会社新東京ジオ・システム ○高橋 健介、清野 裕丈、村形 悠稀、齊藤 香織

1. はじめに

地盤材料試験や原位置試験において土の含水比の影響は設計、施工において考慮すべき点である。土の含水比試験 (JISA1203:2020)¹⁾は、土の状態を示す目安である。含水比を湿潤質量と乾燥質量から求めるもの(式-1)であり、試験結果の用途は室内試験での供試体作成等、現場の施工・品質管理など多岐にわたる。現在の試験方法(炉乾燥法)は、恒温乾燥炉(以下、乾燥炉)の温度 110±5℃、一定質量になるまでの乾燥時間を 18 時間～24 時間としている。

$$w = \frac{m_a - m_b}{m_b - m_c} \times 100 \quad \dots \text{式-1}$$

ここで、

w: 含水比 (%)

m_a: 試料と容器の質量 (g)

m_b: 乾燥試料と容器の質量 (g)

m_c: 容器の質量 (g)

近年の働き方改革に伴う作業の効率化を考慮した際、乾燥温度の上昇に伴う時間の短縮、一定質量になるまでの乾燥時間の把握が効果的と考えた。

今回の試験では、乾燥炉の設定温度を 100～120℃の 5℃刻みで 5 段階、乾燥時間は、10～26 時間の 2 時間毎に設定し乾燥炉より試料を取り出し、含水比を測定する事により現在の試験方法との差異を検証する。

2. 試験概要

(1) 試料・測定質量の決定

試験を実施する試料は、写真-1 に示す 5 試料とし、別途物理試験を実施した(表-1)。

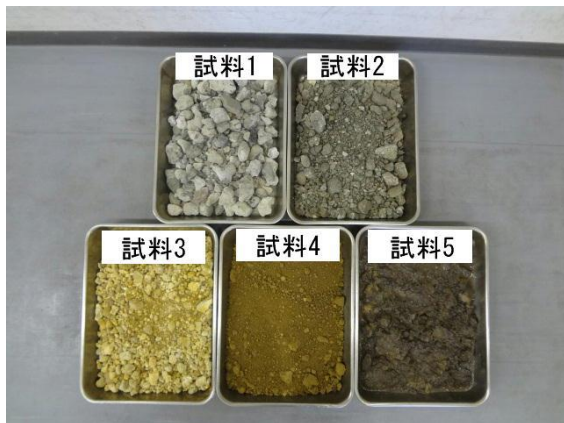


写真-1 土質状況写真

表に示す含水比については乾燥炉の設定温度は 110℃、乾燥時間は 18 時間のものであり、今回の試験の参考にされたい。

表-1 物理試験結果

試験結果/試料名	試料1	試料2	試料3	試料4	試料5
土粒子の密度 Mg/m ³	2.612	2.648	2.470	2.684	2.443
自然含水比 %	8.6	5.8	22.5	13.3	39.9
液性限界 %	NP	31.0	NP	NP	61.0
塑性限界 %	NP	19.8	NP	NP	35.6
塑性指数 I _p	NP	11.2	NP	NP	25.4
礫分 %	89.0	68.4	0.2	9.7	2.7
粗砂分 %	2.9	7.9	3.3	9.0	10.1
中砂分 %	4.9	7.5	8.8	23.9	16.5
細砂分 %	2.0	4.0	15.2	31.4	15.3
シルト分 %	0.8	5.6	52.1	16.7	31.7
粘土分 %	0.4	6.6	20.4	9.3	23.7
均等係数 U _c	14.6	255.2	-	32.5	-
曲率係数 U _{c'}	3.1	12.4	-	3.6	-
最大粒径 mm	37.5	37.5	4.75	19.0	9.5
地盤材料の工学的分類	粒径幅の広い砂まじり礫	粘性土まじり砂まじり礫	砂質シルト	礫まじり細流分質砂	砂質有機質粘土 (高液性限界)
分類記号	(GW-S)	(GS-Cs)	(MS)	(SF-G)	(OHS)

前述の最大粒径を考慮し、地盤工学会基準¹⁾より試料質量を決定する。

試料 1、試料 2: 最大粒径 37.5mm: 試料質量 1000g

試料 3: 最大粒径 4.75mm: 試料質量 30g

試料 4、試料 5: 最大粒径 19.0mm～9.5mm: 試料質量 150g

(2) 試験準備・条件

試験前に試料を均質に調整した後、前述の質量を分取り乾燥炉に入れる。

今回の試験は、室温 20～24℃にて実施、使用する乾燥炉(三洋試験機工業株式会社製)は、空気循環方式は循環送風式、温度制御方式はコンピュータ制御方式である。乾燥炉を前日作動させた場合の余熱を考慮し、前日の運転は行わない。乾燥炉の温度、始動時間を設定し、設定時間毎に乾燥炉より試料を取り出し、室温になるまで冷ます。今回は、全試料取り出し4時間後に質量を測定する。

3. 試験実施

(1) 初期試験結果

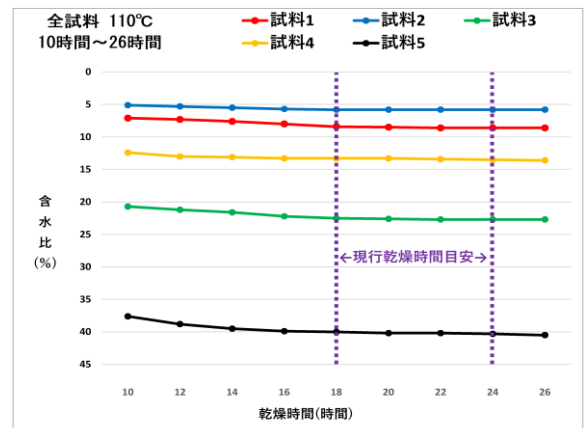


図-1 110℃: 10～26 時間乾燥: 全試料結果図

1 回目の試験は、設定温度を現行基準の 110℃とし設定時間経過後、試料の取り出し・質量測定を行った。

試験結果より、5 試料ともに 10 時間～26 時間の含水比変化の推移は概ね同様の傾向を示す(図-1)。乾燥時間の増加による乾燥質量の増加により、含水比はやや増加するが 18 時間以降の変化はほとんど見られない。これは試料が絶乾状態になったものと考えられる。今回の検証では、一定質量になるまでの乾燥時間の傾向を把握することを目的としているため、以降の試験では 2～8 時間の 4 段階を追加することにより明確な変化を捉えることが出来ると考えた。

(2) 条件変更後の試験結果・設定時間に対する考察

前述の試験結果に 2～8 時間を追加したものを図-2 に示す。

試料名/乾燥時間	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
試料1	4.0	6.4	6.8	7.0	7.1	7.3	7.6	7.9	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6
試料2	4.0	4.4	4.7	4.9	5.1	5.3	5.5	5.7	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
試料3	8.1	16.6	18.8	20.4	20.7	21.2	21.6	22.2	22.5	22.6	22.6	22.7	22.7
試料4	6.7	10.6	11.7	12.1	12.4	13.0	13.1	13.3	13.3	13.3	13.4	13.5	13.6
試料5	9.0	28.8	35.0	36.8	37.6	38.8	39.5	39.8	39.9	40.2	40.2	40.3	40.5

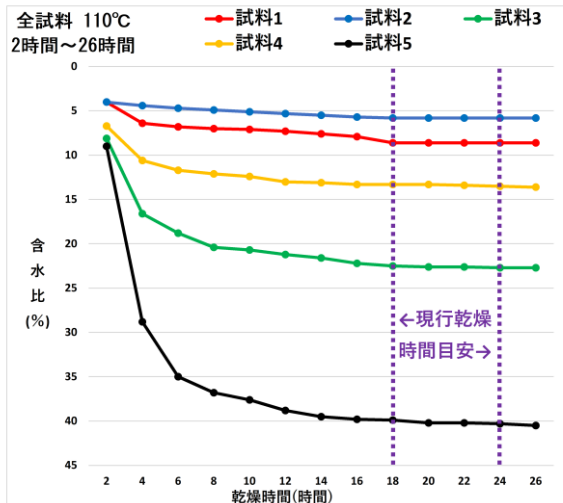


図-2 110℃: 2～26 時間乾燥: 全試料結果図

試料 1、2 は、乾燥時間 4 時間以降の極端な変化は見られない。2 試料ともに、土質は礫質土であり自然含水比が低く細粒分の含有量が少ないため、他の 3 試料と比較し含水比の変化量は少ないものとなったと推測される。

試料 3、4、5 の土質は、砂質土～粘性土であり、前述の 2 試料と比較し、自然含水比が高く細粒分の含有量が多いために含水比の変化量も多いものとなったと推測される。

設定温度 5 段階・5 試料の試験を実施したが、試料毎に含水比の差は見られたものの、変動傾向は同様の傾向であり一定質量になる乾燥時間は最低でも 18 時間は必要であると考えられる。

(3) 設定温度に対する考察

現在の設定温度に定められている理由として、土中の水分のうち吸着水が 100℃以上ではじめて蒸発するためである²⁾から設定最低温度を 100℃、また乾燥炉内の循環用ファンの風量が大きいと、乾燥した試料が飛散し、

測定値に影響を及ぼすことがある²⁾ため設定最高温度を 120℃とした。代表に試料 1 の試験結果を図-3 に示す。

設定温度/乾燥時間	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
100℃	2.9	4.6	5.0	5.4	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.2	6.2	6.3	6.3
105℃	4.0	5.0	5.6	5.9	6.3	6.6	6.8	6.9	7.2	7.6	7.7	7.7	7.7
110℃	4.0	6.4	6.8	7.0	7.1	7.3	7.6	7.9	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6
115℃	4.2	6.8	7.5	7.8	8.0	8.3	8.4	8.5	8.7	8.9	9.0	9.1	9.1
120℃	4.5	7.0	7.8	8.2	8.5	8.7	8.9	9.0	9.1	9.2	9.3	9.4	9.4

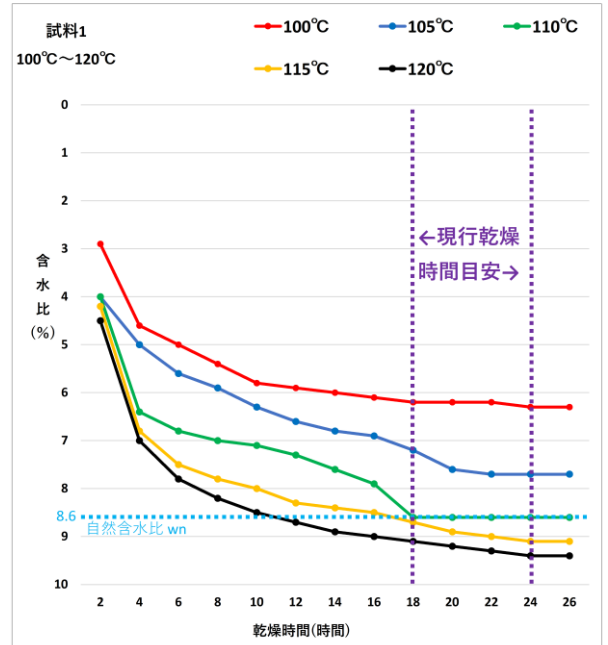


図-3 試料 1: 2～26 時間乾燥: 全温度結果図

設定温度 100℃では、乾燥炉の構成上 100℃を超過しないように ON-OFF を繰り返し運転するため、乾燥時間が増加した場合でも 105℃の含水比には及ばない。

設定温度 105℃は現行規定の範囲内であるが 110℃と約 1%程度、含水比に差が見られる(図-3)。設定温度 115℃では、110℃より早く乾燥する傾向であるが、一定質量を維持しているとは言えない。設定温度 120℃の乾燥速度は予想通り一番早い乾燥炉の運転中は乾燥質量が増え続ける結果であった。単純な温度上昇に伴う質量変化の可能性もあるが、前述した循環用ファンの影響が大きいと考えられる。

4. まとめ

今回の試験により、現在の試験方法が最適であると再認識することが出来たが、試験機関により設定温度・乾燥時間にはバラツキがあると考えられるため、含水比試験結果に、設定温度・乾燥時間を記入することが効果的であると考えられる。

《引用・参考文献》

- 1) 地盤工学会編(2020):地盤材料試験の方法と解説[第一回改訂版], pp. 121～131,
- 2) 地盤工学会編(2022):土質試験 基本と手引き, pp. 20,