

土質実験の技術継承について

島野 竜成（函館高専 分析機器・環境技術班）

キーワード：技術継承、密度、含水比、液性限界、塑性限界、圧縮応力、粒度

1. はじめに

平成30年4月より函館高専の土木系技術職員として採用された。今年度は測量実習、土質実験、CAD演習の授業支援を行った。来年度以降もこれらの授業支援を行う。そのため測量や実験の技術の習得が必要である。そこで先輩職員による技術継承が実施された。

今年度は土質実験の技術継承を主に実施した。その内容について報告する。

2. 土質実験の技術継承について

技術継承で行った土質実験は以下の5つである。

① 土粒子の密度・含水比試験

この試験では土の密度と土に含まれる水の割合を求める。

密度試験では以下の項目を測定した。

- ピクノメーターの質量 mf (g)
- 蒸留水で満たしたピクノメーターの質量 ma' (g) とその温度 T' (°C)
- 試料と蒸留水で満たしたピクノメーターの質量 mb (g) とその温度 T (°C)
- ピクノメーターから取り出した試料の乾燥質量 ms (g)

上記の各項目を測定した後、以下の式により土粒子の密度 ρ_s (g/cm³) を算出した。

$$ma = \frac{\rho_w(T)}{\rho_w(T')} \times (ma' - mf) + mf$$

$$\rho_s = \frac{ms}{ms + (ma - mb)} \times \rho_w(T)$$

ここで、

ma : ma' を変換した温度 T における質量 (g)

ρ_w : 水の密度 (g/cm³)

含水比試験では以下の項目を測定した。

- 容器の質量 mc (g)
- 試料と容器の質量 ma (g)
- 乾燥試料と容器の質量 mb (g)

上記の各項目を測定した後、以下の式により土の含水比 (%) を算出した。

$$w = \frac{ma - mb}{mb - mc} \times 100$$

土粒子の密度 ρ_s が 2.695 (g/cm³)、含水比 w が 37.7 (%) であった。

② 土の液性限界・塑性限界試験

この試験では土の液性限界と塑性限界を求める。液性限界とは土が塑性状から液状に移るときの境界の含水比であり、塑性限界とは土が塑性状から半固体状に移るときの境界の含水比である。また、得られた結果から土の性質を判定する。

液性限界試験は以下の手順により実施した。

- 1) 液性限界試験器を調整する。
- 2) 液性限界試験器により落下回数を測定する。
- 3) 試料の含水比を測定する。
- 4) 流動曲線 (図1) を作成し、落下回数が 25 回ときの含水比を読み取り、液性限界 w_L (%) とする。

塑性限界試験は以下の手順により実施した。

- 1) 試料をボール状にし、ガラス板で径 3mm のひも状にする。
- 2) ひもが 3mm のとき千切れなければ再びボール状にし、ひも状にしていく。
- 3) ひもがちょうど 3mm のときに切れればそのときの含水比を測定し、塑性限界 w_P (%) とする。

また以下の式により塑性指数 I_P を算出し、塑性図 (図2) を作成した。

$$I_P = w_L - w_P$$

液性限界は 52.40 (%)、塑性限界は 20.50 (%)、塑性指数は 31.90 (-) であった。

また図2からこの土は CH (高液性限界粘土) であることが判定できる。

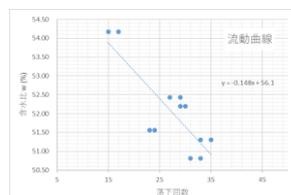


図1 流動曲線

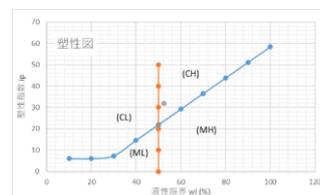


図2 塑性図

③ 突き固めによる土の締固め試験

この試験では土の最適含水比を求める。最適含水比とは土を最も効率的に締め固める含水比である。

試験は以下の手順により実施した。

- 1) 試料をモールドに詰め、ランマーにより3層突き固める。突き固める回数は1層につき25回である。
- 2) 供試体の上部と下部から土を取り出し含水比を

測定する。

- 3) 湿潤密度 ρ_t (g/cm³) と乾燥密度 ρ_d (g/cm³) を以下の式より算出する。

$$\rho_t = \frac{m2 - m1}{V}$$

$$\rho_d = \frac{\rho_t}{1 + \frac{w}{100}}$$

ここで、m1：モールドの質量(g)
 m2：モールド+試料の質量(g)
 V：モールドの容積(cm³)
 w：試料土の含水比(%)

- 4) 締固め曲線(図3)を作成し、グラフの凸部を最適含水比とする。

図3より最適含水比は20.02(%)、最大乾燥密度は1.61(g/cm³)であった。

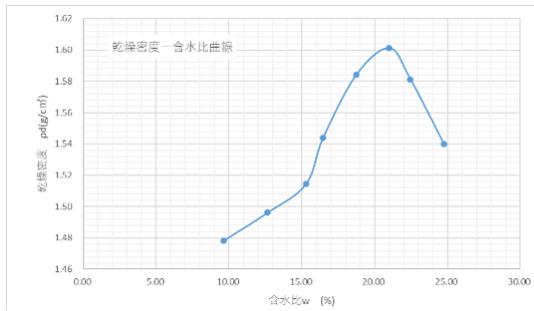


図3 締固め曲線

④ 土の一軸圧縮試験

この試験では自立する供試体に対して拘束圧が作用しない状態で圧縮し、土の一軸圧縮強さ q_u (kN/m²) や非排水せん断強さ s_u (kN/m²) を求める。

試験は以下の手順により実施した。

- 1) 高さ12(cm)、直径5(cm)の円柱供試体を作成する。
- 2) 毎分1(%)の圧縮ひずみが生じる割合で圧縮する。
- 3) 応力-ひずみ曲線(図4)を作成する。

q_u を図から求め、 s_u を以下の式から算出した。

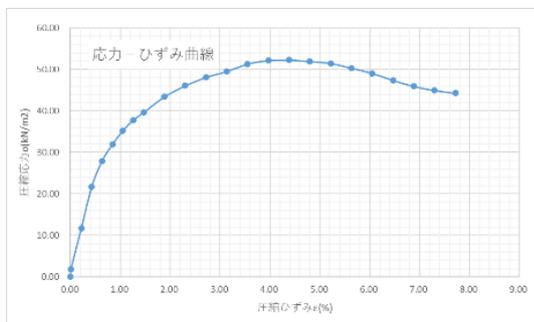


図4 応力-ひずみ曲線

$$\tau = \sigma \tan \Phi_u + s_u$$

$$\sigma = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cos 2\theta$$

$$\tau = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3) \sin 2\theta$$

ここで、 τ ：せん断力(kN/m²)
 σ ：圧縮応力(kN/m²)
 Φ_u ：内部摩擦角(°)
 s_u ：非排水せん断強さ(kN/m²)
 σ_1 ：最大主応力(kN/m²)
 σ_3 ：最小主応力(kN/m²)
 θ ：破壊時の傾斜角(°)

図4より一軸圧縮強さ q_u は52.27(kN/m²)であり、非排水せん断強さ S_u は13.90(kN/m²)であった。

⑤ 土の粒度試験

この試験では土を構成する土粒子の粒径の分布である粒度を分析し、土の分類および特徴を調査する。また粒度とその特徴が一目で分かるように粒径加積曲線を作成する。

75(μ m)以上のものはふるいを使ったふるい分析で、それ以下のものは水中での沈降する速度により分類する沈降分析で分析する。今回はふるい分析のデータはあったため、沈降分析のみ実施した。

試験は以下の手順により実施した。

- 1) 浮標の読みが1.0000になるまで沈降分析を行う。
- 2) ふるい分析と沈降分析の結果から粒径加積曲線を作成する。
- 3) 得られた結果から土の分類を行う。

粒径加積曲線は図5のようになった。粒径0.075(mm)~75(mm)の土粒子が75.2(%)と半分以上を占めており、粒径2(mm)~75(mm)の礫分29.8(%)よりも0.075(mm)~2(mm)の砂分45.4(%)のほうが多いことからこの土は砂質土であると分類した。また粒径0.075(mm)未満の細粒分が24.8(%)と15(%)を超えており、礫分も15(%)を超えていることからこの土は細粒分質礫質砂であると分類した。

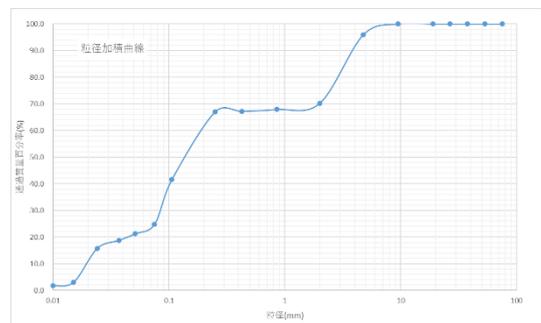


図5 粒径加積曲線

3. まとめ

技術継承を行ったことで授業支援に必要な技術を習得できた。本年度は実験実習に対して理解が及ばず、学生の疑問に答えられないこともあった。次年度からは対応できるのではないかと感じている。今後も技術の向上に努め、授業支援や日々の業務に発揮したい。