## 粒度とアッターベルグ限界の組み合わせによる粘性土の物理的性質の表示と圧縮指数

1. はじめに 土の力学的性質との関係を考えると、粘性土の物理的性質 してはアッターベルグ限界に粒度を組合わせるのが有効であることを説明する。

**2. 粒径区分と粒度組成図** 図1は、粒径区分である。粘土とシルトの境 界粒径は、BS・ASTM が 0.002mm で JGS のみが 0.005mm である。シルトの 大きさを再区分しているのは BS のようにヨーロッパ系の基準に多い。ここで は、細粒土の粒径区分として 0.002mm・0.020mm を用い、それぞれの含有 雪 量を CF・MP・CP と表示することとした。図2は、粒度曲線と新しく提案する 粒度組成図 (Grading chart) である。粒度組成図では CF、MP、CP に加えて、  $\alpha$  = CP/CF、 $\beta$  = MP/CF、 $\gamma$  = CP/MP の値を読み取ることができる。(1)の粒, 線が、(2)の粒度組成図では黒丸として表示される。

図 3 は、自然堆積土の粒度である。多摩川沖海底粘土は浮島の TP-20<sub>1</sub> 以深に堆積したもので London Clay<sup>1、2</sup> とほぼ同じ粒度組成であるが、 London Clay の MP が僅かであるが多い。河口堆積の多摩川(浮島 TP -37m 以深)と目黒川の粘性土、及び、Bothkennar Clay<sup>3</sup> については、 CF·MP·CP の含有状態の違いが明確に表示される。Quick clay.1<sup>4</sup> と Drammen clay<sup>5</sup> の MP はほぼ等しいが、CF は異なる。Quick clay.2<sup>6</sup> は、 London Clay より CF が多い。レス土、は、Kansas<sup>7</sup>·Lower Rhine<sup>8</sup>·Roumania<sup>9</sup> の例を示した。粒度組成図上に  $\beta = 2/3$  の線を示した。CF<45 では、 $\beta < 2/3$  である。粒度組成図では、粘性土の粒度構成を明確に 表示できる。

3. アッターベルグ限界と塑性比・塑性比図 粘性土の判別指標としては、 塑性限界、液性限界、塑性指数、活性度などが代表的なものである。他方、 斎藤<sup>10</sup>は、判別指標としての塑性比と塑性比図の有効性について論じてい る。図4、図5、図6は、アッターベルグ限界と塑性比、塑性図及び塑性比図 の関係である。W<sub>L</sub>とPIは、W<sub>p</sub>とP<sub>r</sub>をもちいて、W<sub>L</sub>=W<sub>p</sub>(1+P<sub>r</sub>)、PI=W<sub>p</sub>P<sub>r</sub>となる。 W<sub>p</sub>の等値線は塑性図と塑性比図上で直線、PI等値線は塑性比図上で P<sub>r</sub>= PI/(W<sub>L</sub>-PI)の関係から双曲線になる。図5に示すようにP<sub>r</sub>等値線は、塑性図 上で PI=W<sub>L</sub>P<sub>r</sub>/(1+P<sub>r</sub>)より、原点を通る直線になる。A 線は塑性比図上で P<sub>r</sub>= (0.73W<sub>L</sub>-14.6)/(0.27W<sub>L</sub>+14.6) W<sub>L</sub> ≥ 28.22%、P<sub>r</sub>=6/(W<sub>L</sub>-6) W<sub>L</sub><28.22% よ り2本の双曲線になる。尚、塑性比図では、W<sub>L</sub>=100%と P<sub>r</sub>=1.0 との作図上 の縮尺比は 0.6 とする。

**4. 青森の沖積粘土の例** 図 7、図 8、図 9 は、主として青森県東部地域の 沖積粘性土の例である。図 7 の破線は東京周辺粘性土の例である。東京周 辺粘性土と比較して、CF が少なく MP が多くなるのがわかる。また、図 8・図 9 によれば、ほとんどの土が A 線の下にプロットされる。







粘性土 粒度 アッターベルグ限界 塑性比図 圧縮指数 土の分類 東京都日野市川辺堀之内 188-1 042-843-4842





 $I_{wc} = P_r \cdot (W_1 / 100)$  (1)

保水量指数 I<sub>wc</sub>は、塑性比図上の任意の点(W<sub>L</sub>, P<sub>r</sub>)と縦軸・横軸で囲まれる 面積である。間隙比が土粒子の体積を1として計算するのと同様に、塑性 比は、半固体と塑性体の境界含水比である塑性限界を1として計算する。

塑性比は塑性状態を示す含水量指数である。任意の P<sub>r</sub>を有する粘土の含有 図 11 C<sub>c</sub>と W<sub>L</sub>の回帰式 量が増えれば W<sub>L</sub> は大きくなる。この事から P<sub>r</sub>・(W<sub>L</sub>/100) は、液性限界の時に土が保有している含水量の指数と考えることが できる。そして、I<sub>wc</sub> が大きいと液性限界時の水の保水量が大きくなる、と同時に圧縮指数も大きくなる。図 10 は C<sub>c</sub>・I<sub>wc</sub>、図 11 は C<sub>c</sub>・W<sub>L</sub>の回帰解析の結果である。土は表 1 の判別指標に基づいて、グループ 1 とグループ 2 の二つに区分した。粒度指 標の CF・CP とアッターベルグ限界(W<sub>L</sub>、W<sub>p</sub>、P<sub>r</sub>、I<sub>wc</sub>、I<sub>L</sub>)の組み合わせで、土のグルーピングを行っている。図中の黒塗記号は、 測定 C<sub>c</sub> が計算値の±20%以上になるものである。測定 C<sub>c</sub> が計算値の±20%以内になる割合は、C<sub>c</sub>・I<sub>wc</sub> で 91.4% (82.8%)、C<sub>c</sub>・ W<sub>L</sub> で 54.3%(79.3%):()はグループ 2。である。W<sub>L</sub>と比較して、C<sub>c</sub>・I<sub>wc</sub>の相関は確実に良い。土のグルーピングを行わなければ、 C<sub>c</sub>・I<sub>wc</sub>の精度が低下するのは明確である。

6. 結論 細粒分の境界粒径として 0.002mm、0.02mm、境界粒径に対するそれぞれの含有量を CF・MP・CP とする粒度組成図は細粒土の粒度の特徴を明確に表現できる。そして、粒度とアッターベルグ限界の組み合わせが、保水量指数(I<sub>w</sub>)による乱さない粘性土の C<sub>e</sub>を精度よく推定することを可能にする。



図6 塑性比図とA線、W<sub>n</sub>・PI・I<sub>wc</sub>の等値線



液性限界(W<sub>1</sub>)

図9 塑性比図(Plastic ratio chart)上の試料土



WL

**引用文献**: I.Gasputer, A., et al. (2007). Geotechnique **57**, No.2, 19–31. 2. Gourvence, A., et al.(2005). Geotechnical Engineering **158**, 25–33. 3. Height, D. W., et al. (1992). Geotechnique **42**, No.2, 303–347. 4. Emdal, A., et al. (2012). Geotechnical Engineering **158**, 25–33. 3. Height, D. W., et al. (1992). Geotechnique **42**, No.2, 303–347. 4. Emdal, A., et al. (2012). Geotechnical Engineering **158**, 25–33. 3. Height, D. W., et al. (1992). Geotechnique **42**, No.2, 303–347. 4. Emdal, A., et al. (2012). Geotechnical Engineering **158**, 25–33. 3. Height, D. W., et al. (1992). Geotechnique **42**, No.2, 303–347. 4. Emdal, A., et al. (2012). Geotechnique **51**, No.2, 303–347. 4. Emdal, A., et al. (2012). Geotechnique **51**, No.2, 303–347. 4. Emdal, A., et al. (2012). Geotechnique **51**, No.2, 303–347. 4. Emdal, A., et al. (2012). Geotechnique **51**, No.2, 303–347. 4. Emdal, A., et al. (2012). Geotechnique **51**, No.2, 303–347. 4. Emdal, A., et al. (2012). Geotechnique **51**, No.2, 303–347. 4. Emdal, A., et al. (2012). Geotechnique **51**, No.2, 303–347. 4. Emdal, A., et al. (2012). Geotechnique **51**, No.2, 303–347. 4. Emdal, A., et al. (2012). Geotechnique **51**, No.2, 303–347. 4. Emdal, A., et al. (2012). Geotechnique **51**, No.2, 303–347. 4. Emdal, A., et al. (2012). Geotechnique **51**, No.2, 303–347. 4. Emdal, A., et al. (2012). Geotechnique **51**, No.2, 303–347. 4. Emdal, A., et al. (2012). Geotechnique **51**, No.2, 303–347. 4. Emdal, A., et al. (2012). Geotechnique **51**, No.2, 303–347. 4. Emdal, A., et al. (2012). Geotechnique **51**, No.2, 303–347. 4. Emdal, A., et al. (2012). Geotechnique **51**, No.2, 303–347. 4. Emdal, A., et al. (2012). Geotechnique **51**, No.2, 303–314. 3. No.2, 11-21. 8. Shultz, E., et al. (2040). DFI Journal **3**, No.2, 11-21. 8. Shultz, E., et al. (2040). Geotechnique **53**, No.1, 61–68. 11. 高藤孝夫, (10, 195). Si and Foundations **15**, No.1, 61–68. 11. 高藤孝夫, (10, 195). Si and Foundations **15**, No.1, 61–68. 11. 高藤孝夫, (10, 195). Si and Foundations **15**, No.1, 61–68. 11. 高禄孝夫, (10, 195). Si and Foundations **15**