

しらすを用いたベントナイト混合土の透水特性に関する研究

三井住友建設株式会社 正会員 ○土居 洋一
 宇都宮大学大学院工学研究科 正会員 今泉 繁良
 宇都宮大学工学部技術部 正会員 吉直 卓也
 三井住友建設株式会社 正会員 高橋 直樹

1. はじめに

著者らは、山砂を対象としたベントナイト混合土において、ベントナイトの膨潤を考慮したマクロ間隙比を提案し、これがゼロとなるときのベントナイト添加率を限界添加率と定義した¹⁾。また、ベントナイト添加率の増大に伴い透水係数は小さくなるが、限界添加率以上の添加率においては透水係数の変化が極めて小さくなることを明らかにし、この限界添加率を用いたベントナイト混合土の設計法を示した²⁾。本文では、しらすのような多孔質材料へのマクロ間隙比の概念の適用性について検討し、その修正評価法を示した。

2. ベントナイト混合土の締固め特性および透水特性

ベントナイト混合土の母材として用いたしらすの土質特性を表-1に、粒径加積曲線を図-1に示す。ベントナイトは、表-2に特性を示す米国ワイオミング産のNa型のものである。

表-1 しらすの土質特性

礫分(%)	31.2
砂分(%)	63.7
細粒分(%)	5.1
均等係数 U_c	9.263
曲率係数 U_c'	2.990
土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.443
液性限界 w_p (%)	NP
塑性限界 w_L (%)	NP
最適含水比 w_{opt} (%)	30.9
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.275
透水係数 k (cm/sec)	1.1E-05

図-2に締固め試験結果、表-3にベントナイト添加率ごとの最適含水比および最大乾燥密度を示す。最大乾燥密度は、ベントナイト添加率の増大に伴い小さくなるが、

表-2 ベントナイトの特性

産地	米国
密度 ρ_b (g/cm ³)	2.86
膨潤率	5.84
液性限界 w_p (%)	581
塑性限界 w_L (%)	38
塑性指数 I_p (%)	543

透水試験ではたわみ性壁

透水試験装置を用い、ASTM D5084に準拠して透水係数を計測した。試験では各ベントナイト添加率における最適含水比で締固めた供試体を用い、側圧 $\sigma_c=0.402$ (MPa)、流入圧 $\sigma_{in}=0.392$ (MPa)、流出圧 $\sigma_{out}=0.372$ (MPa)を負荷して飽和させ、流入量と流出量がほぼ一定で、B値が0.95以上になったときを飽和状態とみなして透水係数の計測を開始した。なお、動水勾配は $i=20$ である。

図-3は、透水係数とベントナイト添加率との関係を示したものである。図より、透水係数は、添加率15%付近以上では、添加率を増やしても透水性は大きく減少しないことがわかる。

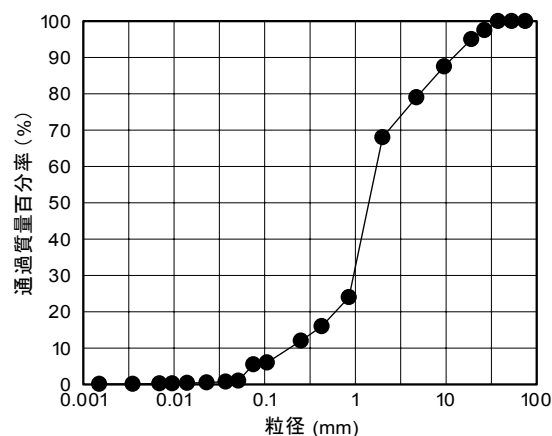


図-1 しらすの粒径加積曲線

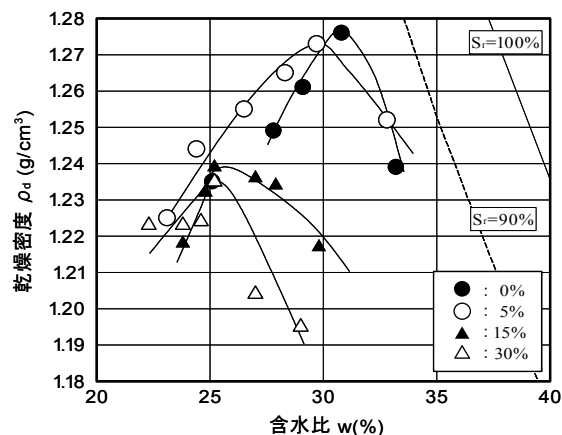


図-2 締固め試験結果

表-3 添加率ごとの締固め特性

添加率 α (%)	最適含水比 w_{opt} (%)	最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)
0	30.9	1.275
5	29.7	1.274
15	25.2	1.240
30	25.4	1.235

キーワード しらす, ベントナイト, 透水係数

連絡先 〒164-0011 東京都中野区中央 1-38-1 三井住友建設(株) 土木本部 土木営業第一部 TEL 03-5337-2380

3. ベントナイト混合土の限界添加率

ベントナイトの膨潤を考慮したマクロ間隙比は、式-1で計算される。

$$e_m = \rho_s \left(\frac{1 + \frac{\alpha}{100}}{\rho_{d \max \alpha}} - \frac{\frac{\alpha}{100} \cdot \beta}{\rho_b} \right) - 1 \quad \text{式-1}$$

ここに、 α はベントナイト添加率(%), β はベントナイト膨潤率, ρ_s は土粒子密度(g/cm^3), ρ_b はベントナイトの密度(g/cm^3), $\rho_{d \max \alpha}$ は α (%)におけるベントナイト混合土の最大乾燥密度(g/cm^3)である。

式-1により算出されたマクロ間隙比とベントナイト添加率との関係を図-4に示す。これらの関係において、マクロ間隙比=0となるベントナイト添加率、すなわち限界添加率は33%と評価される。しかし、図-3の透水試験結果では、添加率15%付近から透水係数の変化が認められない。この添加率15%の値は、マクロ間隙比の概念から求めた限界添加率よりも小さいことは明らかである。これは、しらすのような多孔質な火山灰質土では、土粒子内にベントナイトの膨潤では埋めることのできない微細な間隙が存在しているが、式-1に示す限界添加率は、このような間隙を充填するものとして計算していたと考えられる。そこで、このような試料に対しては、従来のマクロ間隙比の式を修正した修正式を提案する。

いま、図-5に示すような示相図を考える。土粒子内の微細な間隙の体積を γV_s とし、この間隙はベントナイトの膨潤では満たすことができないとする。このとき、通水を許すマクロ間隙比は、式-2で表される。式-2を変形すると式-3を得る。なお、各定数は式-1と同一である。係数 γ については、表面乾燥飽和状態での含水比から評価する。用いたしらすの場合、 $\gamma=0.391$ となる。式-3を用いて算出した修正マクロ間隙比とベントナイト添加率との関係を図-4に示す。この時の限界間隙率は18%となり、図-3から判断される15%よりわずかに大きな値となる。

$$e'_m = \frac{V'_0}{V_s} = \frac{V - V_s - \beta V_b - \gamma V_s}{V_s} \quad \text{式-2}$$

$$e'_m = \rho_s \left(\frac{1 + \frac{\alpha}{100}}{\rho_{d \max \alpha}} - \frac{\frac{\alpha}{100} \cdot \beta}{\rho_b} \right) - (1 + \gamma) \quad \text{式-3}$$

4. おわりに

多孔質材料であるしらすを母材に用いたベントナイト混合土に対するマクロ間隙比の概念の適用性について検討し、その修正式を提案した。提案式により、マクロ間隙比の概念が、多孔質材料へも適用可能になるものとする。

参考文献

- 1) 三ヶ田能：たわみ性壁透水試験装置を用いたベントナイト混合土の評価，平成12年度土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集 vol.28 2001 pp.904-905.
- 2) 横山能史，土居洋一他：たわみ性壁透水試験装置を用いたベントナイト混合土の評価，第4回環境地盤工学シンポジウム論文集，pp.303-306，2001.

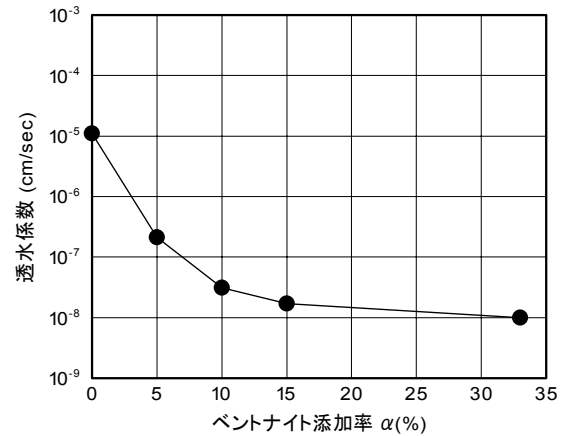


図-3 透水係数とベントナイト添加率との関係

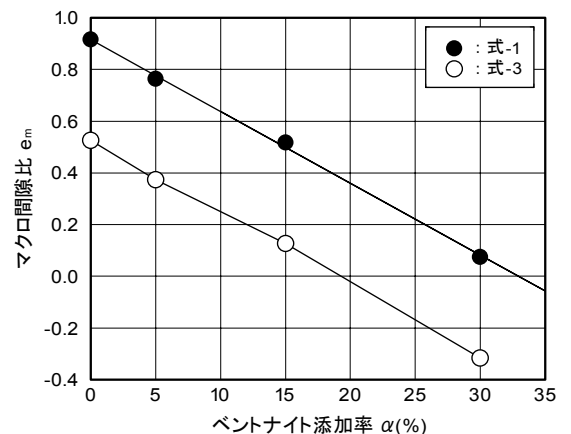


図-4 マクロ間隙比とベントナイト添加率との関係

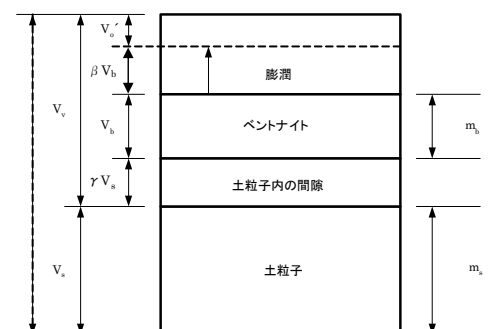


図-5 土粒子内の間隙を考慮した示相図