

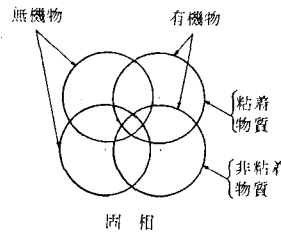
東海大学 海洋 ○ 正 福江正治 大草重康 中村隆昭 藤本雅一

1. はじめに 従来、使用されている土の三相構成モデルにおいて、固相をさらにいくつかに分ける考え方は古くからある。たとえば、Skempton (1953) の提案した土の活性度は、固相を粒径 $2\mu\text{m}$ で粘着成分と非粘着成分に分けて、その粘着成分の塑性指数として定義されている。同様な観点から、Seed ら (1964) は、砂と粘土の混合土について、 $2\mu\text{m}$ 以下の粘土分に対する塑性指数を考えると混合比に無関係にほぼ一定の値となることを見出している。また、Odell ら (1960) は、固相を土粒子と有機物に分けて、その物理・力学特性を評価している。このほか、粘土分を指標として土の物理・力学的性質を論じている研究は多々あるが、これらの考え方は必ずしも一般化していない。

本報告では三相モデルの固相部分を非粘着成分と粘着成分に分けた土の多固相モデルを示し、それから導き出される物理量によって土の性質の再評価について考えてみる。

2. 土の相構成 図1は土の相を大別したものである。ここで重要なことは、含水量が直接土の力学的性質に影響するのは、粘着物質に対してであって、非粘着物質に対してはほとんど影響しないということである。

図1において、粘着成分、非粘着成分についての物理量は次のように表わされる。(福江、大草 1981)。



V_v	V_a	空気・メタンガス等	m_a	m_v
V_w	V_w	水・海水	m_w	
V_{cs}	V_{cs}	粘土・有機物	m_{cs}	m_s
V_{ss}	V_{ss}	シルト・砂・礫 貝殻(有機物)	m_{ss}	
V			m	

図1. 土の相構成モデル

$$\text{非粘着成分の乾燥単位体積質量: } \rho_{ds} = \frac{m_{ss}}{V}$$

$$\text{粘着成分の乾燥単位体積質量: } \rho_{dc} = \frac{m_{cs}}{V}$$

$$\text{非粘着成分の比重: } G_{ss} = \frac{m_{ss}}{V_{ss}\rho_w}$$

$$\text{粘着成分の比重: } G_{cs} = \frac{m_{cs}}{V_{cs}\rho_w}$$

$$\text{単位体積中の非粘着成分の体積: } S = \frac{V_{ss}}{V}$$

$$\text{非粘着成分の間隙比: } e_s = \frac{V - V_{ss}}{V_{ss}} = \frac{V}{V_{ss}} - 1$$

$$\text{粘着成分の間隙比: } e_r = \frac{V - V_{cs}}{V_{cs}} = \frac{V}{V_{cs}} - 1$$

$$\text{粘着成分の含水比: } w_c = \frac{m_w}{m_{cs}}$$

$$\text{非粘着成分と粘着成分の質量比: } M = \frac{m_{cs}}{m_{ss}}$$

$$\text{固相成分に対する粘着成分の質量比: } N(\%) = \frac{m_{cs}}{m_s} \times 100$$

$$\text{非粘着成分に対する粘着成分の体積比: } \lambda = \frac{V_{cs}}{V_{ss}}$$

また、従来使用されている三相モデルによる物理量との関係は次のようになる。

$$\rho_d = \rho_{dc} + \rho_{ds}, \quad \rho_{ds} = \frac{\rho_w G_{ss}}{e_s + 1}, \quad \rho_{dc} = \frac{\rho_w G_{cs}}{e_r + 1}, \quad N(\%) = \frac{M}{M+1} \times 100$$

$$M = \frac{N}{1-N}, \quad e_r = \frac{1-S}{S}, \quad S = \frac{1}{e_s + 1}$$

$$M = \frac{\rho_{dc}}{\rho_{ds}} = \frac{\rho_{dc}}{\rho_{ds}} - 1 = \frac{\rho_w G_{cs}(1+M)}{\rho_w G_{ss}(1+M)} - 1, \quad S = \frac{\rho_c}{\rho_w G_{ss}(1+M)}, \quad e_s = \frac{\rho_w G_{ss}(1+M)}{\rho_d} - 1 = \lambda(e_r + 1) + e_r$$

$$\frac{w}{w_c} = \frac{M}{M+1} = \frac{N}{100}, \quad \lambda = M \frac{G_{ss}}{G_{cs}}$$

$$e_r = e \left(1 + \frac{1}{\lambda} \right), \quad e_s = \frac{e(1+\lambda)}{\lambda} + 1$$

3. 多固相モデルからの物理量と土の特性 図2(a)は締め固め回数15回で締め固めた混合土の圧縮指数と含水比の関係である(鬼塚、吉武、1980)。混合比M(砂、シルト分に対する粘土含有量)が異なると、 $c_c \sim w_c$ 関係は異なる。すなわち、鉱物組成が同じ土についても、その質量比が異なれば三相モデルによる限り別の土として取り扱わなければならない。これを四相モデルで考えてみると、図2(b)のように、 $c_c \sim w_c$ 関係は混合比が異なる土においても全く同一の土として扱える。このことは、Mがある程度以上の土については、四相モデルで考えるとき粘質土として力学特性を统一的に評価できることを示している(福江、大草、1981)。

図3は 砂-ベントナイト混合土にNaCl溶液を加えたときの塑性指数-粘土含有量関係である。この傾向はCaCl₂溶液を加えた場合も同じである。したがって、Seedら(1964)の定義した活性度を使用すれば、混合比に無関係に活性度はほぼ一定となる。このことは、粘質土については、粘着成分-間隙溶液系における相互作用がその力学作用を決定づけ、さらに粘着成分についての物理量を考えることによって、混合比の異なる土を统一的に扱うことが可能なことを暗示している。

4. おわりに 従来使用されている土の三相構成モデルに基づく物理量は、土の特性を表わす上に極めて有効な場合とそうでない場合がある。少なくとも、土の力学的性質を统一的に評価するには必ずしも向いているとは思えない。今後、さらに多固相モデルによる土の再評価が必要である。

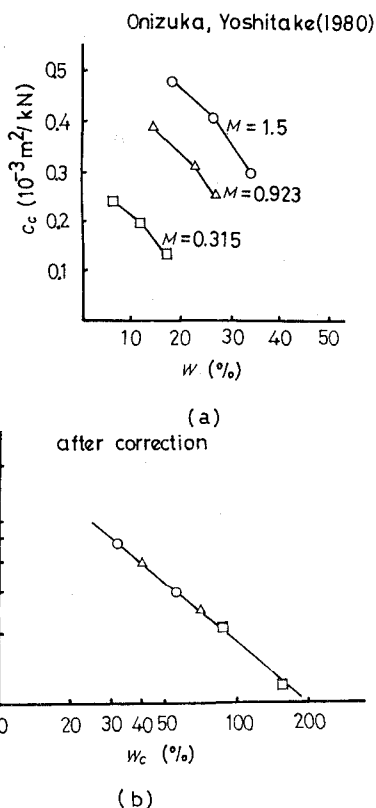


図2 締め固め土の圧縮指数と含水比の関係(鬼塚、吉武、1980)

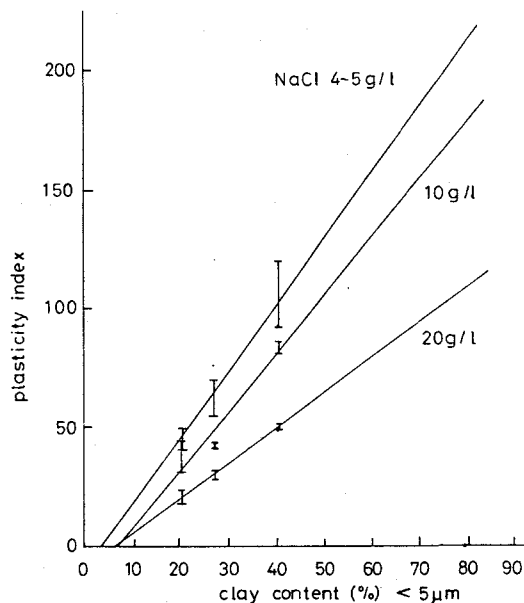


図3 粘土含有量と塑性指数

参考文献 福江正治、大草重康(1981)、砂と粘土の混合土の工学的性質の新しい評価方法について、東海大学紀要海洋学部14, 247~261
鬼塚克志、吉武茂樹(1980)、締め固めた混合土の圧縮および強度異方性について、第15回土質工学研究発表会、465~468

Odell, R.T. et al(1980) Relationships of Atterberg Limits to some other properties of Illinois soils. Proc. Soil Scie. Society of America, 24, 4, 297-300. Seed, H.B. et al(1964) Fundamental aspects of the Atterberg Limits. Jour. SMFE, ASCE, 90, SM6, 75-105. Skempton, A.W. (1953) The colloidal activity of clay. Proc. 3rd Int. Conf. SMFE, 1, 57-81