

(Ⅲ - 14) シンガポール等各地沖積粘土のエージングと堆積圧縮曲線

藤堂 博明 正会員 基礎地盤コンサルタンツ海外事業部
寒河江武司 正会員 基礎地盤コンサルタンツ海外事業部
庄司 岳雄 基礎地盤コンサルタンツ海外事業部

はじめに：エージングを受けた正規圧密粘土モデル (Bjerrum, 1967) では地層の堆積期間中、土の要素の有効応力は徐々に増加し、それにしたがって間隙比は堆積曲線に沿って減少するが、一次圧密を終了すると、有効応力一定下で更に間隙比が減少する。Burland (1990) は、間隙指数という概念とともに、これを用いて Bjerrum の堆積曲線と類似してはいるがやや異なる自然堆積粘土地盤の堆積圧縮曲線を提案した。本報告は Bjerrum の堆積曲線、Burland の堆積圧縮曲線と各地の粘土地盤の間隙指数を比較し、エージングとの関係を考察する。

Burland の堆積圧縮曲線：Burland は、スラリー状態の粘土を再圧密して圧密圧力 100kPa と 1000kPa の間隙比を求め、それを基準として図-1 に示すように間隙比を正規化し、間隙指数 (lv) という概念を提案した。更に、多くの粘土の再圧密 e - $\log p$ 曲線を lv - $\log p$ 曲線として表すと $lv = 2.45 - 1.285(\log p) + 0.015(\log p)^3$ という一本の線で表される (ここで p は kPa) ことを見だし、この曲線を ICL (intrinsic compression line) と名付けた。嘉門、森田 (1992) はスラリー状態から再圧密した大阪湾粘土で、これが成り立つことを確認した。

一方、自然堆積粘土は再圧密粘土とは構造が異なるため、その原位置状態の間隙指数は ICL とは異なる位置にプロットされる。しかし多数の粘土地盤から採取された土でしかも塑性図上で A-線より上側にある土の間隙指数は ICL とほぼ平行にしかも非常に狭い範囲にプロットされることを、Burland は報告し、その回帰曲線を SCL (sedimentation compression line、堆積圧縮曲線) と名付けた。図-2 に ICL と SCL を示す。Burland によれば多くの土は、 $lv = SCL \pm 0.3$ の範囲にプロットされるが、例外的にその範囲を越えて SCL の上側及び下側にプロットされる土もある。

Bjerrum の堆積曲線と Burland の堆積圧縮曲線：図-3 に Bjerrum の遅延圧密モデルを示す。Bjerrum の堆積曲線は、地盤が堆積後、一次圧密終了時の曲線と考えられ、その後二次圧密によって間隙比が減少すると、図-3 に 3 年後、30 年後、300 年後として示すような、堆積曲線に平行な e - $\log p$ 曲線が描かれる。Burland の堆積圧縮曲線を Bjerrum のモデルにあてはめると地盤が堆積後数千年経過し、間隙比が減少した時の e - $\log p$ 曲線に相当すると解釈できる。また、Bjerrum の堆積曲線を lv - $\log p$ 面に模式的に表示すると、図-2 に示すように、SCL の上方で SCL に平行する線になるものと考えられる。

各地の粘土の間隙指数：図-4 ~ 7 にスカンジナビア及びカナダ東部のクイッククレイ、大阪湾海底粘土 (神戸沖、Ma13)、東京下町粘土 (羽田沖) 及びシンガポール海成粘土の原位置状態の間隙指数を示す。これらの粘土はセメンテーションが発達し e - $\log p$ 曲線は圧密降伏応力の所の折れ曲がりシャープ

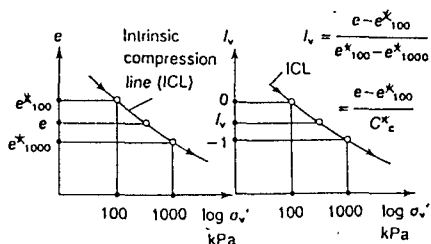


図-1 間隙比の正規化の概念 (Burland, 1990)

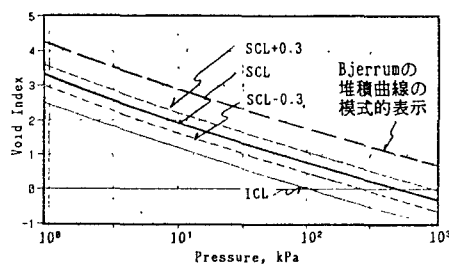


図-2 ICLとSCL

で圧密降伏応力後のカーブは大きく湾曲している。また図にプロットした全てのデータは塑性図上でA-線の上側にある。これらの図から分かるようにクイッククレイはSCLの遙か上方にプロットされ、大阪湾粘土・シンガポール海成粘土はSCL上から下方に分布し、東京下町粘土はSCL上からやや上方に分布する。

間隙指数の分布位置と粘土のエージング：ICLとSCLの違いが土の構造の違いによって生ずるように、土の構造の違いにより $lv-\log p$ 面上での間隙指数のプロットの位置が異なる。シンガポール海成粘土と東京下町粘土の分布位置には明らかな違いがあり、両者の間には構造上の違いが有るものと思える。足立ほか(1990)も両者の構造の違いを指摘している。大阪湾海底粘土とシンガポール海成粘土の間隙指数分布位置は近く、その構造が近似していることを示唆している。両者の物理特性もまた良く似ていることは別報で示した(Todo, 他, 1993)。

多数の粘土地盤の間隙指数がSCLの極近傍に分布することから、SCLを自然堆積粘土地盤の代表的堆積圧縮曲線と考えることが出来る。SCLより下方に分布する粘土は、Bjerrumの遅延圧密モデルをあてはめると、二次圧密による間隙指数の減少がきわめて大きい粘土ではないかと思われる。これに対し、SCLよりやや上方にプロットされる東京下町粘土は二次圧密による間隙指数の減少は通常よりやや少ないであろう。東京下町粘土がSCL上方に分布する理由は今後の検討課題である。

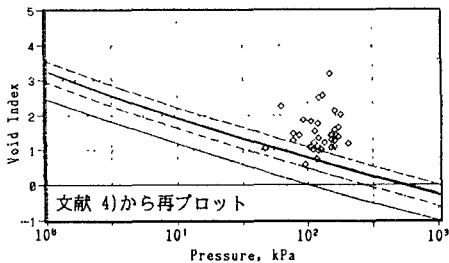


図-6 東京下町粘土の間隙指数

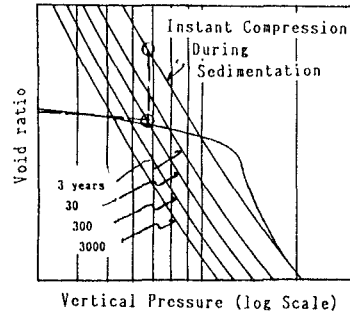


図-3 遅延圧密モデル (Bjerrum, 1967)

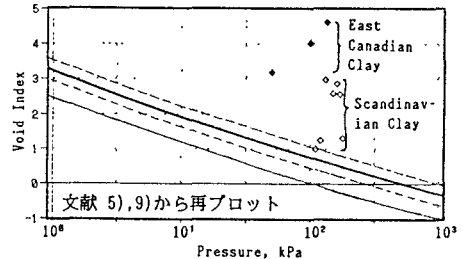


図-4 スカンジナビア及びカナダ東部のクイッククレイの間隙指数

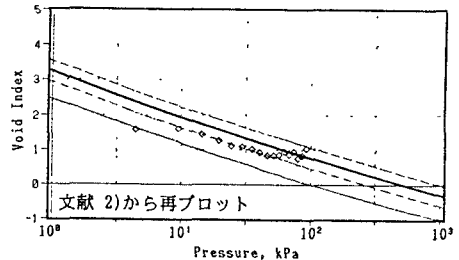


図-5 大阪湾海底粘土 (神戸沖, Ma13) の間隙指数

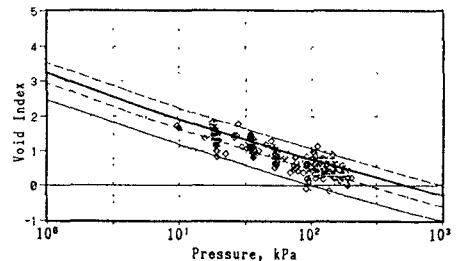


図-7 シンガポール海成粘土の間隙指数

参考文献

- 1) 足立、園田、中道、吉江、小林 (1990)、「東京下町粘土とシンガポール海成粘土との比較 (その2)」、第25回土質学会;
- 2) 大阪湾海底の地盤研究会編 (1990)、「大阪湾海底地盤」;
- 3) 嘉門、森田 (1992)、「大阪湾洪積粘土の圧密特性の正規化」、土木学会第47回年次学術講演会;
- 4) 建設省計画局、東京湾総合開発協議会編 (1969)、「東京湾周辺地帯の地盤」;
- 5) Bjerrum L., Tien-Hsing Wu (1960), "Fundamental Shear Strength Properties of the Lilla Edet Clay", Geotechnique, Vol. 10;
- 6) Bjerrum L. (1967), "Engineering Geology of Norwegian Normally Consolidated Marine Clays as Related to Settlement of Buildings", Geotechnique, Vol. 7;
- 7) Burland J.B. (1990), "On the Compressibility and Shear Strength of Natural Clays", The Thirtieth Rankine Lecture, Geotechnique, Vol. 40, No. 3;
- 8) Crawford C.B. (1963), "Cohesion in an Undisturbed Sensitive Clay", Geotechnique, Vol. 23;
- 9) Mesri G., Godlewski P.M. (1977), "Time- and Stress- Compressibility Interrelationship", Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE Vol. 103, No. GT5;
- 10) Sangrey, D.A. (1972), "Naturally Cemented Sensitive Clay", Geotechnique, Vol. 22, No. 1;
- 11) Todo, Sagae, Adachi (1993), "Compressibility Model for Highly Sensitive Singapore Marine Clay", Proceeding of Eleventh Southeast Asian Geotechnical Conference, (to be published).