

(Ⅲ - 18) 非排気・非排水条件における不飽和土の等方圧縮

足利工業大学 正会員 ○ 西村 友良
学生会員 佐々木 健一
学生会員 田中 福光
学生会員 野口 典孝

1. まえがき

締固めて施工される道路路床・路盤、盛土などの土構造物は不飽和状態であり、沈下・変形、破壊強度を把握するには設計段階で全応力的に取り扱うと同時に有効応力的に安定解析を行う必要があると考えられる。飽和度と主応力差、平均有効応力、サクシヨン力による状態面の構築へのアプローチ¹⁾が進められているが、統一的に不飽和土の応力・ひずみ関係を説明する有効応力式を見い出すにはさらに実験的研究が必要である。不飽和土の等方応力下での体積ひずみと土中に発生する間隙圧の挙動も不飽和土の工学的性質の中で解明されていない重要な問題であり、本研究では不飽和土に非排気・非排水条件で等方圧縮試験を行い、全応力の変化にともない間隙中に発生する間隙空気圧、間隙水圧の挙動を明白にし、さらに体積ひずみの発生と有効応力成分の拘束圧力およびサクシヨン力との関係について検討を行う。

2. 試料・実験方法

試料はシルト質ロームを13%、23%の含水比に調整した後で、静的に締固めて供試体を作成し、二重セル構造の三軸圧縮試験機を用いて非排気・非排水条件の等方圧縮試験を行った。静的締固め過程の圧縮応力と間隙比の関係は図-1のとおりで、締固め後の供試体の間隙比の大きさは、1.08(含水比13%)と0.98(含水比23%)である。供試体の下端ではA E V値が2.0 kgf/cm²のセラミックディスクを介して間隙圧を間隙空気圧と間隙水圧に分離して間隙水圧のみを測定している。一方、間隙空気圧は供試体上部から三軸室の外部で計測し、測定された間隙空気圧と間隙水圧との差をサクシヨン力として求めている。

3. 等方圧縮時の体積ひずみ、間隙圧の経時変化

等方圧縮試験は供試体に48時間の間、全応力(σ_c)を0.25kgf/cm²から4.0kgf/cm²まで段階的に作用した。等方応力下の不飽和土は構造内の間隙空気や間隙水の排出が出来ない状態にも関わらず、体積収縮を生じ、0.5、1.0、2.0、3.0、4.0kgf/cm²の全応力に対する体積ひずみの経時変化を図-2に示す。全応力の作用した後、1000分までは大きな体積ひずみの増大は生じないが、しかし1000分の時間を越えても間隙の収縮が終了せず体積ひずみが増加している。

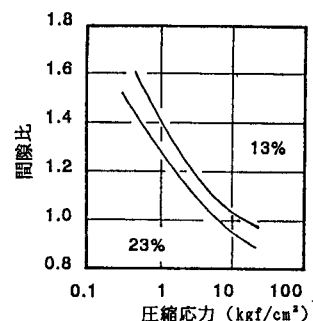


図-1 圧縮応力と間隙比の関係

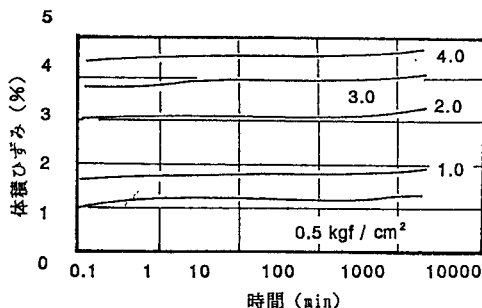


図-2 体積ひずみの経時変化

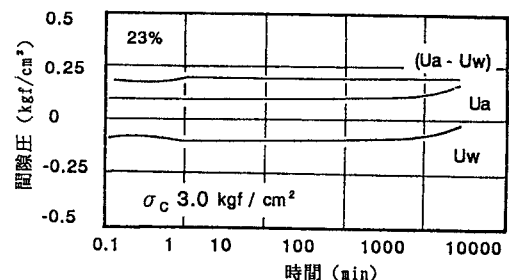


図-3 間隙圧の経時変化

一方、土粒子接点にメニスカスを形成して分布している間隙水²⁾や間隙空気を与える全応力の影響は図-3に示すように時間1000分までは全応力の作用直後の圧力を表し、その後間隙空気圧は増大の傾向にある。また、間隙水圧も間隙空気圧の変化に対応して増加するために、土粒子間に働くサクション力は時間が経過してもほとんど一定の大きさを示している。

4. 全応力と体積ひずみ、サクション力の関係

Bishop³⁾の提案した有効応力式によると不飽和土の有効応力は外的作用の拘束圧力($\sigma_c - u_a$)とサクション力($u_a - u_w$)で構成され、有効応力の増大が不飽和土にひずみを与えると考えられる。拘束圧力が増加すると図-4のように体積ひずみが増加している。しかし、体積収縮が生じても図-5、6のように間隙空気圧や間隙水圧はほとんど増加・減少を示さないで図-7に見られるようにサクション力は全応力の大きさに関わらずほぼ一定の大きさであり、サクション力が体積ひずみに影響を与えていないといえる。

5. まとめ

非排気・非排水状態で全応力を作用すると不飽和土の有効応力成分の拘束圧力は増大するが、サクション力は全応力に影響されない。よって等方圧縮下の体積ひずみは拘束圧力の増加による有効応力の増加によって生じる。

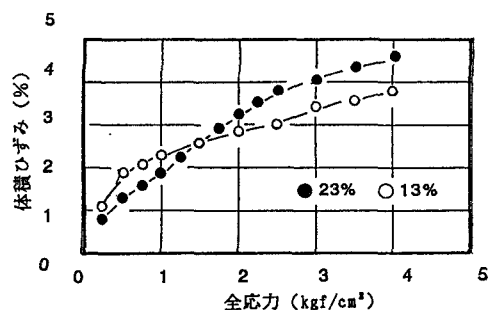


図-4 全応力と体積ひずみの関係

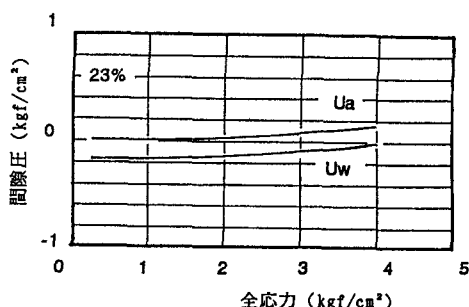


図-5 全応力と間隙圧の関係

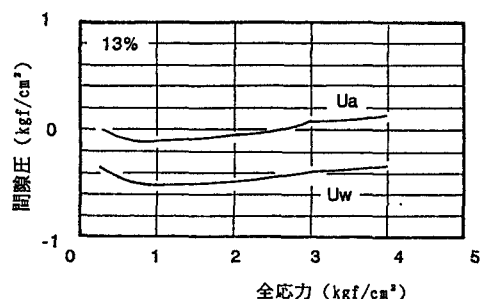


図-6 全応力と間隙圧の関係

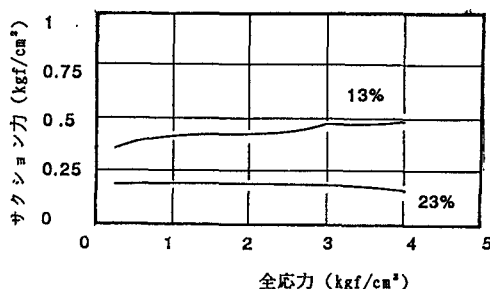


図-7 全応力とサクション力の関係

参考文献 1)Toll, D.G.: A framework for unsaturated soil behaviour, Geotechnique, Vol. 40, No. 1, pp. 31-44, 1990. 2)軽部大蔵, 加藤正司: 不飽和土中の間隙水の分布模型, 不飽和地盤の調査・設計・施工に関する諸問題シンポジウム発表論文集, pp. 103-110, 1993. 3)Bishop, A.W. and I. B. Donald: The experimental study of partly saturated soil in the triaxial apparatus, Proc. 5th Int. Conf. SMFE, Vol. 1, pp. 13-21, 1961.