

神戸大学大学院自然科学研究科 学生員 ○梅原 久嗣
 神戸大学工学部自然科学研究科 学生員 森田 寿
 神戸大学工学部 正会員 河井 克之
 (株) セージ 正会員 軽部 大蔵

1. 研究の目的：不飽和土の力学挙動を決定付ける大きな要因として、サクシオンが挙げられる。しかし、サクシオンを除荷し再載荷した後の力学挙動はあまりよく分かっていない。本研究では、飽和度の低い供試体を作製して一次元圧縮試験を行い、その過程でサクシオン除荷履歴を与える。その結果より等塑性体積ひずみ線群を描き、不飽和土の降伏面がどのように変化しているのかを検討する。

2. 試料及び実験方法：本実験では、カタルポを試料として用いた。その物理的性質を表-1に示す。目標含水比15%で作製し、試料全体で均一な含水状態になるように24時間以上密閉状態で保存した湿潤試料約50gをモールドに入れ、1.7kPaで静的に締固めたものを供試体とする。一次元圧縮試験装置を設置した後、排水コックを閉じた状態で間隙水圧計のコックを開き初期間隙水圧(サクシオン)を測定する。供試体の初期サクシオンより大きいサクシオンとして147kPaを加圧板法により載荷する。次に排水コックを開き、上載圧を与え圧密していくが、載荷段階は供試体の排水が落ち着いてから変えた。応力経路はサクシオンを除荷しない経路、上載圧78.4、156.8kPaで除荷する経路の3つを行った。その応力経路を図-1に示す。サクシオンは49kPaずつ3段階に分けて除荷していき、再載荷するときも49kPaずつ3段階に分けて載荷していった。

表-1 試料の物理的性質

G_s	$w_p(\%)$	$w_L(\%)$	I_p
2.7	20.3	33.5	13.2

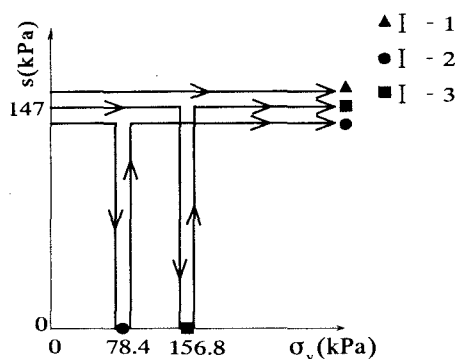


図-1 応力経路

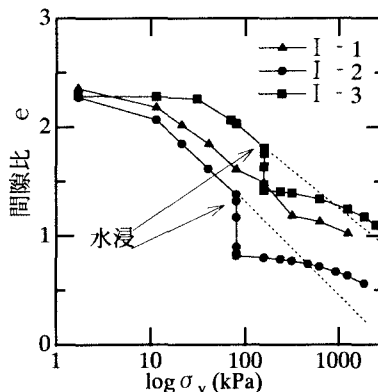


図-2 鉛直応力～間隙比関係

3. 実験結果と考察：図-2に鉛直応力と間隙比の関係

を示す。図よりI-2とI-3はサクシオン除荷履歴を与えた後の $e \sim \log \sigma_v$ 曲線がサクシオン除荷履歴を与える前の $e \sim \log \sigma_v$ 曲線上に載っていないことが分かる。このことから降伏面が拡大しているといえる。また、サクシオン除荷履歴を与える応力が異なると生じるコラプス量にも違いが生じることからコラプス量は応力経路に依存することが分かる。図-3に等塑性体積ひずみ線群を示す。横軸の不飽和土の有効応力 p' は、経験上静止土圧係数 $K_0 = 0.5$ として等方圧に換算している。また、I-2とI-3を比較できるようにするために縦軸、横軸ともそれぞれの降伏応力 p'_0 で割って正規化している。図中の数字は塑性体積ひずみの値で

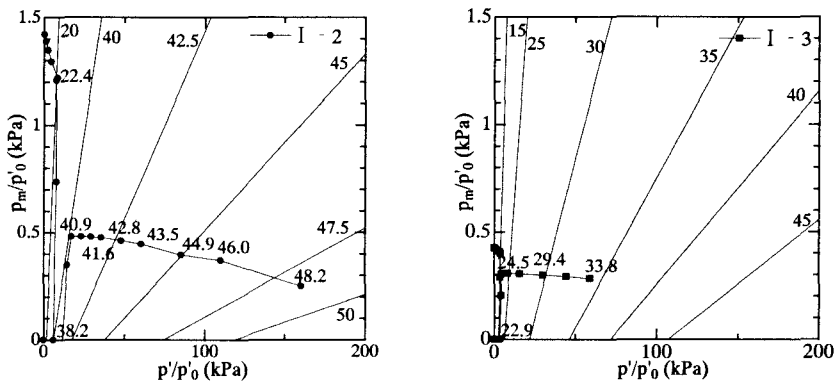


図 - 3 等塑性体積ひずみ線群

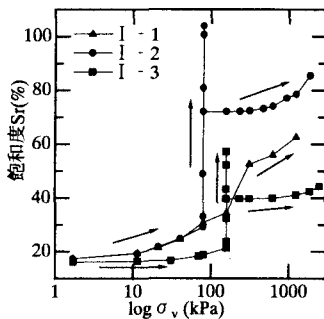


図 - 4 鉛直応力～飽和度関係

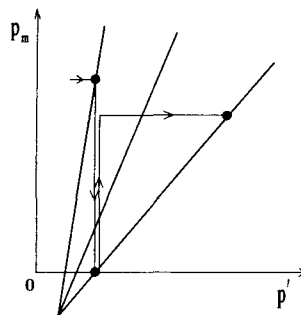


図 - 5 飽和度が完全に回復した場合の $p' \sim p_m$ 関係

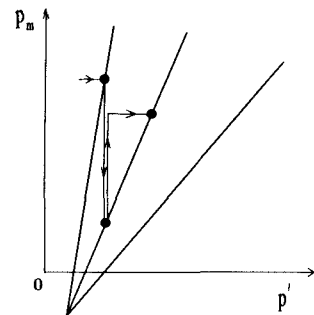


図 - 6 飽和度が完全に回復しない場合の $p' \sim p_m$ 関係

ある。I - 2 の図を見ると、サクシオン除荷前の塑性ひずみが 20 の線とサクシオン除荷後の塑性ひずみが 40 以上の線では傾きの関係がおかしい。塑性ひずみが 40 以上の線を描こうとするなら塑性ひずみが 20 の線を描いたときの支点からもっと下の方に等塑性体積ひずみの支点がなくてはならない。それは I - 3 の図でもいえることで、サクシオン除荷前の塑性ひずみが 15 の線とサクシオン除荷後の塑性ひずみが 25 以上の線でも傾きの関係はおかしい、サクシオン除荷後の塑性ひずみの線を描くためには等塑性体積ひずみの支点を下に下げなくてはならない。このことからサクシオン除荷履歴を与えることで降伏面は変化しているといえる。次に I - 2 のひずみが 5 変わるときの線の幅と I - 3 のそれを比較すると明らかに I - 2 の方が幅は大きい。これより I - 2 の方が降伏線の傾きは小さく降伏面がより大きく拡大しているものと考えられる。また、I - 3 のひずみは I - 2 よりも若干であるが大きい。図 - 4 の I - 2 のように飽和度が完全に回復したとすると、メニスカス水が無くなる為メニスカス応力が消失しコラプスによるひずみが大きく生じる。そのため、降伏面が拡大し圧縮していくと次に降伏するまでの幅が大きくなり、圧縮によるひずみは生じにくくその値も小さくなる。I - 3 のように飽和度が完全に回復しないと、メニスカス水が残っているためメニスカス応力が消失せずコラプスによって生じるひずみ量は小さい。そのため、降伏面の拡大が I - 2 よりも小さく圧縮していても次の降伏までの幅が I - 2 よりも小さいため圧縮によるひずみは大きいと考えられる。これより、等塑性体積ひずみ線群上のひずみの生じ方は飽和度に依存しているといえる。

4. 結論：サクシオン除荷履歴を与えることで生じるコラプスにより、降伏面は拡大する。その時のコラプス量は応力経路に依存し、その後の等塑性体積ひずみ線群上のひずみの生じ方にも影響を及ぼすことが分かった。