

## 室内力学試験の最近の動向

## A survey of recent techniques in laboratory testings

おお 太 田 ひで 秀 樹\*

## 1. 室内力学試験の位置づけ

設計に用いる解析法は、理想化された地盤や土構造物の単純化された力学的挙動を対象に組み立てられたものである。これに必要な土質諸定数を室内力学試験で求めるには解析法上想定された境界条件のもとで力学試験を行うことが必要である。しかしながら他方、室内試験のすべてを設計上想定された境界条件下でとり行うことが時間的、コスト的に現実的でないという事情があるため、一般に実務的に行われる室内力学試験では、試験方法や試験条件が規準化されている。このことは、永年にわたって多数の技術者が行う建設活動を通して、設計法や力学試験方法の妥当性をマクロに、経験的にチェックしていくうえでも有利である。

図-1はこのような事情を簡単に説明するものとして松尾(1974)<sup>1)</sup>によって示されたものであるが、ここで強調したいのは、通常室内力学試験が地盤の挙動の理想化と試験方法の簡素化・画一化といった二重の単純化のもとに土質諸定数を生み出しているということである。室内力学試験の発展がその根底において地盤の挙動の解析法や設計法の発展と深く関係している点を念頭において、以下に最近の室内力学試験の技術的な動向について概観してみたい。

## 2. 研究発表論文の最近の傾向

ここでは、1980年代に入ってから室内力学試験の動向に重点を置くつもりであるが、それ以前の情報を概括的に

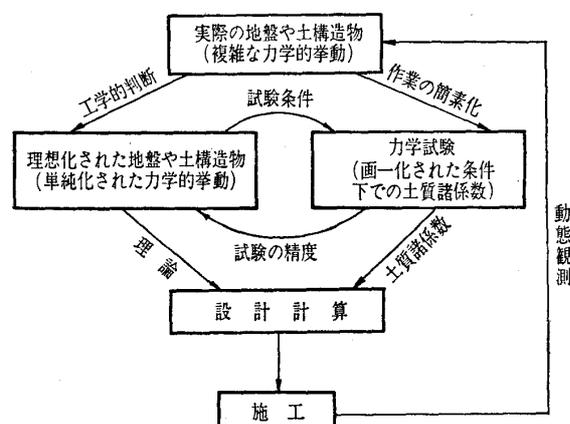


図-1 実際現象と設計および力学試験との関係 (松尾<sup>1)</sup>による)

\*京都大学助教授 工学部

得るには、中瀬・小林(1972)<sup>2)</sup>による動的せん断試験機の現状報告、第20回土質工学シンポジウム——軸および三軸圧縮試験法とその応用——論文集(1975)、第24回土質工学シンポジウム——テーマB：土質試験の新しい方法および計測技術——論文集(1979)、土質工学会編「土質試験法」(第2回改訂版)第6編 第5章特殊せん断試験(1979)などが役に立つ。なかでも土質試験法には1970年代後半までに開発された試験機や試験方法が紹介されているだけでなく、その評価やコメントが簡潔に示されており、力学試験に関するすぐれた現状報告である。

1970年代は新しい室内力学試験機や試験方法の開発が大きな成果をもたらした時期であるが、その間の苦労や努力がいかなるものであったかが、例えば、軽部(1980)<sup>3)</sup>、三田地(1981)<sup>4)</sup>の土質工学会論文賞受賞に際する文章中によくあらわれている。室内力学試験装置の設計や製作だけに焦点をしばった龍岡(1980)<sup>5),6)</sup>、(1982)<sup>7)</sup>、龍岡ら(1982)<sup>8)</sup>、(1983)<sup>9)</sup>による論文が最近出てきたことも試験装置に関する一般的な興味の高まりを示すものと考えられる。

表-1は土質工学会論文報告集、土木学会論文報告集のうち、1980、1981、1982年に掲載された論文で室内力学試験(模型試験を除く)に関するものと、第10回国際土質基礎工学会議論文集(1981)収録の日本人著者による室内力学試験に関する論文などを中心に調査したものである。これにより最近の動向が大雑把にとらえ得るだろうと考えたわけであるが、筆者の思い違いや不注意な読み方のために重要な点を見落とししたり、適当な区分に分類されていない論文があることと思う。このような調査上の不備については御容赦願いたい。

室内力学試験を行うための新しい実験装置や方法にそがれたこれらの論文の著者の努力は非常なものである。それらの努力がそれぞれ異なった見方や意図に基づいているのを見ると、土質工学の複雑さと幅広さを感じさせる。しかしながら、その中でもいくつかの傾向がみられるので、表-1中の論文を読み、またいくつかの実験室を見学した間に感じたことを以下にまとめて列挙する。

## 2.1 動的力学試験

砂の液状化などに関連して土質材料の動的または繰り返力学試験を行うために、三軸装置・単純せん断装置・三主応力独立式三軸装置などに加えられた工夫の数々は目を

## 総 説

表一 最近の我が国における室内力学試験の動向—土質工学会、土木学会論文報告集(1980, 1981, 1982)および第10回国際土質基礎工学会議論文集(1981)等に掲載された論文の調査結果—

試験装置および試験方法		関連する研究 ( )内は参考文献番号
三軸	静的	Hanzawa et al.(10)(12)(22), Yoshinaka・Yamabe(11), 及川・宮川(13), 板橋・植下(14), Sekiguchi et al.(15), Mori(16), 山口他(17), Shimizu(18), Hanzawa・Kishida(19), 稲田他(20)(31), Kimura・Saitoh(21), 谷本・中村(23), 対馬・及川(24), 吉中・西牧(25), 松岡他(26), 足立・小川(27), 大横(28), 赤井他(29)(33), 内田・村田(30), 足立・林(32), 三浦・山本(34), 足立・森田(35), 高田(36), 大西・安川(37), 松井(38), Oka(39), Adachi et al.(40), Nakai(41), Ohta et al.(42), Tanimoto et al.(43), Hanzawa(44)
	動的繰返し	Ishihara et al.(45)(48)(49), Tatsuoka et al.(46)(52), Kokusho(47), 鈴木・土岐(50)(56), Ishihara・Koga(51), Sasaki・Taniguchi(53), Yasuhara et al.(54), Ishihara・Okada(55), Miura・Toki(57), 大原・山本(58), 片田・伯野(59), 西(60), Kokusho・Esashi(61), Matsui・Abe(62)
直方体三軸		Mitachi・Kitago(63), Haruyama(64), Kitamura(65), Yamada・Ishihara(66)(67), 中井・松岡(68)(69), 諸戸・及川(70), 木村他(71), Matsuoka・Ishizaki(72), Ishihara・Yamada(73), 山内他(74)
単純せん断	静	Hanzawa(75), Yoshimi・Kishida(76)
	動	Tokue et al.(77), Ishihara・Yamazaki(78), Tatsuoka・Silver(79), Tatsuoka et al.(80), 大原・山本(81), Ishibashi et al.(82), 大原他(83)(84)(85), 山内他(86)
一軸		川村他(87), 高志他(88), Adachi et al.(89), Okumura・Matsumoto(90), Kawasaki et al.(91)
一面		Honjo(92), 村山・井上(93), 三笠・高田(94), Mikasa et al.(95)
ベーン		Matsui・Abe(96), Matsuo・Kamon(97)
圧密		Umehara・Zen(98)(103), 稲田・赤石(99), 及川(100), 赤石他(101), Imai(102), 入江他(104), Aboshi et al.(105), Akagi(106)
透水・透気		西田・青山(107), 河野・西垣(108)(110), 駒田他(109)
特殊な装置		Tatsuoka(111), 高志他(112), 茨木(113), 土岐他(114), Sheriff・Ishibashi(115)

見張るものがある。機構上の工夫、試料作製や設置の工夫、更には載荷条件のコントロールなど多岐にわたっての工夫が見られる。地盤の耐震設計に関する考え方が急速に変化してきたことが、オートメ化の技術の普及と相まってその背景となっていると考えられる。

## 2.2 境界条件の多様化

土の構成式に関係した研究を中心として、応力や変形の境界条件を比較的自由にコントロールしようとする工夫がかなりある。特に立方体や直方体の供試体を用いて、平面ひずみ条件とか三主応力(または三主ひずみ)を独立に制御する装置は多彩である。筆者は、中空円筒供試体を用いた単純せん断式の装置で、内外圧を制御する方法が最も多様な境界条件の選定を可能にすると考え、現在公表されている研究成果としてはそれほど目立っていない。

## 2.3 コスト低下とオートメ化

年々減少気味である限られた予算内で試験装置を購入し

たり、また減少しつつある人員で可能な限り多くの実験をとり行うために、試験装置のコストダウンやオートメ化の努力が目立ってきたように思われる。東京大学生産技術研究所の龍岡研が前者の典型例、運輸省港湾技研の小林正樹氏の実験室が後者の例と思う。そのほかにも多くの好例があるだろうが、最近筆者が見る機会を得た実験室の中では特に印象に残った。めまぐるしく変化してゆくマイコン市場をみていると、今後数年のうちには陳腐化してしまったマイコン類が周囲に相当数あられそうに思えるので、その時点で不要になったマイコン類をもらい集めて実験室のオートメ化をはかろうと筆者は考えている。

## 2.4 単純せん断と一面せん断

Bjerrum(ビエラム)(1973)<sup>116)</sup>のモスクワ会議での総括報告やLadd(ラッド)とFoott(フット)(1974)<sup>117)</sup>の論文を読んで、異方圧密を受けた粘土の安定解析に単純せん断や一面せん断を利用すると、よい結果が得られそうだという予感を持っていた人がかなりいたと思われる。にもかかわらず、動的な問題以外に単純せん断を使っている研究が意外に少なく、不思議に思った。同じような意味で、例えば一軸とか標準圧密試験を使って新しい知見を求めようとするような、どちらかといえば現場的な研究の数もそれほど多くない。論文報告集は現場に直結するような研究を発表しにくい要素があるかもしれないと考えて、「土と基礎」を1980, 81, 82年発行の分だけ改めて眼を通してみたが、やはり一軸や標準圧密試験のデーターについて深く議論を展開している論文は多くなかった。

## 2.5 異方圧密

地盤内に等方圧密土などは実際に存在しないのであるから、室内力学試験において異方圧密土を対象とする研究が増えてきても不思議はなからう。従来特に三軸試験において異方圧密が圧倒的に多くならなかったのは、試験にかかる時間と人手の問題が障害になっていたと考えられる。しかしながら、表一に示した研究、特に三軸を用いた研究の中には異方圧密土に関するものが相当数みられる。異方圧密をとり行ううえでの工夫の数々がそれぞれの研究の中でこらされておられ、今後更により工夫が提案されるだろうと感じさせる。また従来であれば圧密試験装置を用いたであろうと思われるような圧密に関する研究が、次第に三軸装置を用いて行われるようになってきていることが、表一1の静的な三軸試験に属する論文数を増加させる原因の一つになっている。

地盤中で土が受けている異方的な有効応力状態をできれば完全に保ったままで三軸装置または一軸装置に試料をセットし、圧縮・伸長試験に供することができないかと考え、1973年以来少しずつ工夫をこらしながら開発してきた装置があるので、手前みそで恐縮ではあるが、以下にその概要を述べたい。

### 3. 原位置有効応力保存式三軸試験装置

地盤の中で土が受けている異方的な有効応力状態をかえないためには、その土を全く変形させないで地中から採取し、三軸や一軸試験機にセットすればよい。飽和試料の体積変化を防ぐことは比較的容易に行うことができるから、変形をさせないためには、(i)常に非排水状態にして（体積変化を許さず）、(ii)上下方向の試料の伸び縮みが採取から試験に供するまでの間けって生じないように工夫すればよい。こうすれば必然的に試料の横方向変形も生じ得ないわけである。原理は以上のようなものであるが、これを実現可能な範囲内で具体的にを行った例が図-2に説明してある。

図-2の(a) (左側)に上記の原理に従って試作した装置の一例を示す。二重セルを使っているが、これは不飽和土にも適用する目的があったからである。図-2(b) (右側)に試料のセット方法が示してある。順に追って以下に説明する。

- (i) シンウォール・チューブ内に採取された試料が、試料とチューブとの摩擦があるにもかかわらず場合によっては上下方向に伸び出してくることがある。これをできる限り防ぐために、手早くばねを利用して原位置有効上載圧とほぼ等しい圧力を加えておく(図-2(b) (I))。ばねによる載荷後ワックスを用いてシーリングを行い、ワックスが固結してからばねを取りはずすと、試料の伸び出しを多くの場合防げるようである。ただし、砂質土に対しては試料の運搬中、貯蔵中もばねによる載荷を続けた方がよいように感じられた。
- (ii) シンウォール・チューブから試料を抜き出すときに、じかに空中に抜き出さず、鋼製のコンテナに原位置有効上載圧を加えたままの状態に移しかえる(図-2

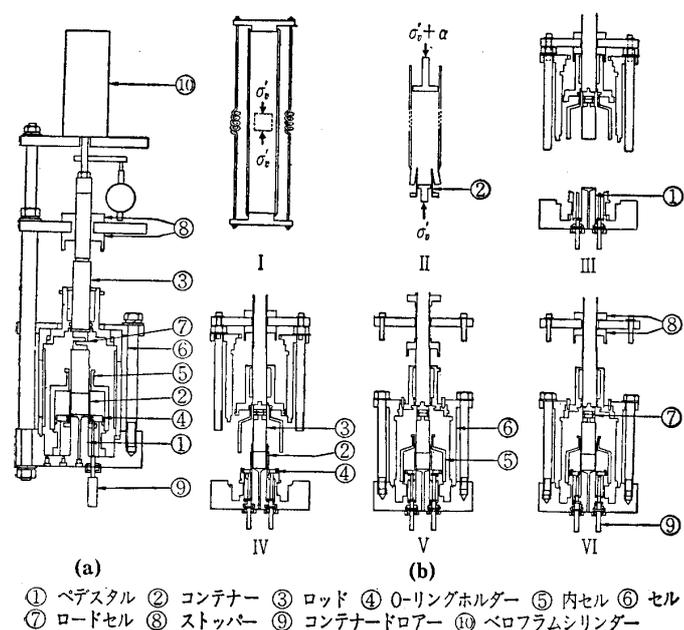


図-2 原位置有効応力保存式三軸試験装置

(b)(II))。

- (iii) 図-2(b)(III)のようにあらかじめ三軸セルを用意しておく。
- (iv) コンテナに移しかえられた試料をコンテナごと三軸ペDESTAL上に図-2(b)(IV)のように設置し、すぐにロッドを下降させて試料上面に密着させた後、ただちにロッド・ストッパーを締めてロッドの上下移動を止める。この間に試料が一時的に上載圧を受けず上下方向に伸びる可能性があるが、コンテナとの摩擦である程度伸びが拘束されているものと期待している。あらかじめロッド下方にはめてあったゴム膜およびO-リングを更に下方にずり下げ、コンテナの外側にゴム膜とO-リングを装着する。
- (v) 図-2(b)(V)のようにセルを設置し、セル中に水を満たしたうえで、原位置で試料が受けていたと推定される有効水平応力を十分に上回るセル圧をかける。しかる後にロッド・ストッパーを緩め、上方から試料に原位置有効上載圧をロッドを介して加える。これはコンテナ内の試料を(IV)の段階で三軸室にセットする短い時間中に生じたかもしれない試料の上下方向の伸び（特に試料上下端はコンテナとの摩擦が期待しにくいので、いくぶんの伸びが考えられる）を再圧密によってもとに戻す目的である。この際セル下方の排水コックは開放しておく。セル圧はゴム膜をコンテナに密着させ、試料からの排水が排水コックの方へ流れ、ゴム膜とコンテナの間にたまらないようにする役目だけをこの段階では果たしている。
- (vi) 再圧密が完了すると図-2(b)(VI)のようにロッド・ストッパーを再び締めてロッドの上下動を防ぎ、排水コックを閉じる。これで、コンテナ内で再圧密された試料の体積変化と上下方向伸びが拘束されたことになり、必然的に水平方向変形も生じ得ない。以上の準備をした後に、コンテナを下方へ引きずりおろす。このとき、試料の上でゴム膜上端がO-リングにより固定されているためゴム膜はコンテナ下降に伴ってセル圧により試料に直接押しつけられる。試料下方でゴム膜をペDESTALに固定しているO-リングはO-リング・ホルダーにより下方へ移動することを妨げられている。このようにして、外側からセル圧によってコンテナにおしつけられていたゴム膜と試料との間にあったコンテナが下方に引き下げられると、試料は直接ゴム膜によって被覆された状態でペDESTALとロッドの間に挟まれたかたちでとり残される。このときロッドにかかる反力、セル圧、試料内の間隙水圧は測定可能であるから、試料の全応力・有効応力状態を知ることができる。原理的にはこのようにして知ることができる有効応力状態（異方的である）が原位置有効応力状態にほかならないことになる。

## 総 説

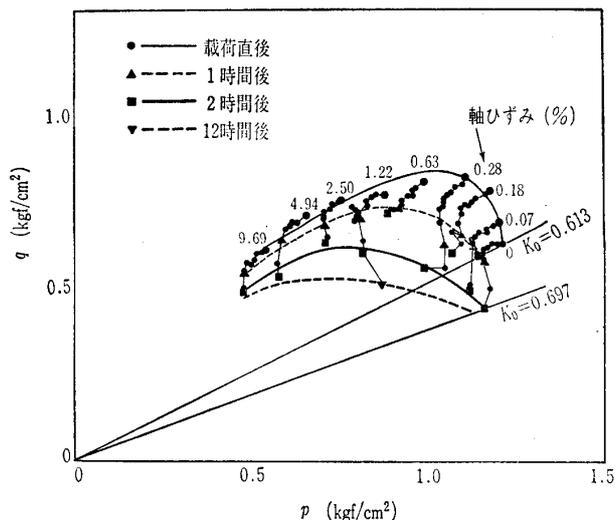


図-3 カオリンを用いた実験結果 (太田・Wroth・柴田<sup>118)</sup>による)

上に述べたことはあくまで原理であって、実際には例えばロード・セルの剛性などによる問題が残る、それほどうまくは話が進まない。このため改良に改良を重ねてきたわけであるが、口絵写真-11に示してあるのもそのうちのいくつかである。現在のところ、室内で圧密した試料に対しては何とか満足すべき成果が上がっている。図-3はその一例を示したものである。この場合実験は段階的に軸荷重を上げ、各段階ごとに2時間の定ひずみレラクゼーションを行わせる荷重方法をとっているが、粘土の力学挙動の時間依存性が意外に大きいことをあらためて感じさせる。

上記の原理は一軸試験にも適用することができる。この場合、試料中の間隙水圧を測定することができないが、再圧密時に与える原位置有効上載圧と、コンテナ引下げ後の軸方向全応力との差が原位置水平有効応力に等しいはずであるから、原位置有効応力を知ることができる。なお一軸装置も試作してみたが、機構が簡単なためか、三軸装置に比べてはるかにうまく行くようである。余り細かい点にこだわらないのであれば、コンテナさえ用意すれば通常の一軸装置を用いても上記の実験を行うことができる。

## 4. おわりに

本文をまとめるに当たって、多くの方々をお願いして実験室を見学させていただいたり、資料を送っていただいたりした。筆者のあつかましい依頼に応じて下さった方々に深く感謝する。また本来ならば実験室の見学や資料等の問い合わせをしなければならぬにもかかわらず、筆者の怠慢と時間的な制約のために直接的な調査をすることができなかった多くの大学・研究機関等がある。このため、重大な見落としがあることと思うが、これらの調査上の不備については御容赦願いたい。

## 参 考 文 献

1) 松尾 稔: 最新土質実験—その背景と役割—, 最新土木工学

シリーズ21, 森北出版, 1974.

- 2) 中瀬明男・小林正樹: 動的せん断試験機の現状, 土と基礎, Vol. 20, No. 7, pp. 69-72, 1972.
- 3) 軽部大蔵: 論文賞を受賞して, 土と基礎, Vol. 28, No. 8, pp. 65-66, 1980.
- 4) 三田地利之: 論文賞を受賞して, 土と基礎, Vol. 29, No. 8, pp. 73-74, 1981.
- 5) 龍岡文夫: 動的室内試験, 地質と調査(1980-2), pp. 11-18, 1980.
- 6) 龍岡文夫: 振動三軸試験, 地質と調査(1980-4), pp. 24-30, 1980.
- 7) 龍岡文夫: 土質せん断試験機の設計と製作—3軸試験機1—, 地質と調査(1982-3), pp. 45-49, 1982.
- 8) 龍岡文夫・佐藤剛司: 土質せん断試験機の設計と製作—3軸試験機2—, 地質と調査(1982-4), pp. 45-49, 1982.
- 9) 龍岡文夫・佐藤剛司・大河内保彦・高居 剛・山田真一: 土質せん断試験機の設計と製作—3軸試験機3—, 地質と調査(1983-1), 1983.
- 10) Hanzawa, H., Matsuda, E., Suzuki, K. and Kishida, T.: Stability analysis and field behaviour of earth fills on an alluvial marine clay, Soils and Foundations, Vol. 20, No. 4, pp. 37-51, 1980.
- 11) Yoshinaka, R. and Yamabe, T.: Strength criterion of rocks, Soils and Foundations, Vol. 20, No. 4, pp. 114-126, 1980.
- 12) Hanzawa, H., Matsuda, E. and Hirose, M.: Evaluation of sample quality of sandy soil obtained by the modified Bishop sampler, Soils and Foundations, Vol. 20, No. 3, pp. 17-31, 1980.
- 13) 及川 洋・宮川 勇: 乱さない泥炭の非排水せん断特性について, 土質工学会論文報告集, Vol. 20, No. 3, pp. 91-100, 1980.
- 14) 板橋一雄・植下 協: 乱さない洪積熱田砂の力学的特性, 土質工学会論文報告集, Vol. 20, No. 3, pp. 101-109, 1980.
- 15) Sekiguchi, H., Nishida, Y. and Kanai, F.: Analysis of partially-drained triaxial testing of clay, Soils and Foundations, Vol. 21, No. 3, pp. 53-66, 1981.
- 16) Mori, H.: Study on the properties of soils in the northern coast of Tokyo Bay using a self-boring pressuremeter, Soils and Foundations, Vol. 21, No. 3, pp. 83-98, 1981.
- 17) 山口晴幸・三田地利之・北郷 繁: 練返し飽和粘性土の非排水応力-ひずみ-強度挙動に及ぼす二次圧密の影響, 土質工学会論文報告集, Vol. 21, No. 3, pp. 123-131, 1981.
- 18) Shimizu, M.: Factors affecting the measurement of volume change of cohesive soils in drained triaxial tests, Soils and Foundations, Vol. 21, No. 2, pp. 121-128, 1981.
- 19) Hanzawa, H. and Kishida, T.: Fundamental considerations on undrained strength characteristics of alluvial marine clays, Soils and Foundations, Vol. 21, No. 1, pp. 39-50, 1981.
- 20) 稲田倍徳・赤石 勝・寒河江健也: 強度増加率に関する一考察, 土質工学会論文報告集, Vol. 21, No. 1, pp. 139-145, 1981.
- 21) Kimura, T. and Saitoh, K.: The influence of disturbance due to sample preparation on the undrained strength of saturated cohesive soil, Soils and Foundations, Vol. 22, No. 4, pp. 109-120, 1981.
- 22) Hanzawa, H., Kishida, T. and Matsuda, E.: Stability analysis with the effective stress method for embankments constructed on an alluvial marine clay, Soils and Foundations, Vol. 22, No. 3, pp. 32-46, 1982.
- 23) 谷本喜一・中村潤一: 三軸せん断中の土のAE特性に関する研究, 土質工学会論文報告集, Vol. 22, No. 3, pp. 137-144, 1982.
- 24) 対馬雅美・及川 洋: 泥炭性有機質土の強度とダイレイタンスーについて, 土質工学会論文報告集, Vol. 22, No. 2, pp. 133-141, 1982.
- 25) 吉中龍之進・西牧 均: 軟岩の支持力に関するモデル実験と

- 数值解析, 土木学会論文報告集, No. 304, 1980.
- 26) 松岡 元・中井照夫・石崎 仁: 空間滑動面に基いた異方性の応力・ひずみ関係, 土木学会論文報告集, No. 304, pp. 105-111, 1980.
  - 27) 足立紀尚・小川豊和: 堆積軟岩の力学特性と破壊規準, 土木学会論文報告集, No. 295, pp. 51-63, 1980.
  - 28) 大槓正紀: 正規圧密粘性土の変形特性に及ぼす応力経路履歴の影響, 土木学会論文報告集, No. 316, pp. 97-109, 1981.
  - 29) 赤井浩一・大西有三・李 徳河: 多段階三軸試験とその飽和軟岩への適用について, 土木学会論文報告集, No. 311, pp. 93-102, 1981.
  - 30) 内田一郎・村田重之: 浸透水圧を受ける砂のせん断強度について, 土木学会論文報告集, No. 310, pp. 89-95, 1981.
  - 31) 稲田倍穂・赤石 勝・張 恵文: 等価応力に基づく正規圧密飽和粘土の体積変化に関する考察, 土木学会論文報告集, No. 306, pp. 35-43, 1981.
  - 32) 足立紀尚・林 正之: 軟岩の力学特性に及ぼす不連続面の影響, 土木学会論文報告集, No. 305, pp. 97-110, 1981.
  - 33) 赤井浩一・大西有三・八嶋 厚: 三軸圧縮状態の堆積軟岩の破壊とエネルギー消散に関する考察, 土木学会論文報告集, No. 321, pp. 123-130, 1982.
  - 34) 三浦哲彦・山本紀之: 粒子破砕領域における砂の降伏曲線について, 土木学会論文報告集, No. 326, pp. 83-90, 1982.
  - 35) 足立紀尚・森田栄治: 不連続面を有する軟岩の力学挙動と破壊規準, 土木学会論文報告集, No. 320, pp. 99-111, 1982.
  - 36) 高田直俊: ゴム膜貫入の影響を考慮した粗粒材の非排水三軸試験, 土と基礎, Vol. 30, No. 12, pp. 11-17, 1982.
  - 37) 大西有三・安川郁夫:  $K_0$  圧密三軸試験, 地質と調査 (1980-4), pp. 31-35, 1980.
  - 38) 松井家孝: 大型三軸試験, 地質と調査 (1980-4), pp. 36-40, 1980.
  - 39) Oka, F.: Prediction of time-dependent behaviour of clay, Proc. of 10th ICSMFE, Vol. 1, pp. 215-218, 1981.
  - 40) Adachi, T., Ogawa, T. and Hayashi, M.: Mechanical properties of soft rock and rock mass, Proc. of 10th ICSMFE, Vol. 1, pp. 527-530, 1981.
  - 41) Nakai, T.: Analyses of soil-footing and soil-wall interaction, Proc. of 10th ICSMFE, Vol. 2, pp. 205-208, 1981.
  - 42) Ohta, H., Hata, S., Fukagawa, R., Onoue, K., Yasuda, S. and Morita, Y.: Estimation of in-situ deformability of soils, Proc. of 10th ICSMFE, Vol. 2, pp. 533-536, 1981.
  - 43) Tanimoto, K., Nakamura, J. and Fudo, R.: Application of acoustic emission in in-situ test, Proc. of 10th ICSMFE, Vol. 2, pp. 573-576, 1981.
  - 44) Hanzawa, H.: Improvement of a quick sand, Proc. of 10th ICSMFE, Vol. 3, pp. 683-686.
  - 45) Ishihara, K., Troncoso, J., Kawase, Y. and Takahashi, Y.: Cyclic strength characteristics of tailings materials, Soils and Foundations, Vol. 20, No. 4, pp. 127-142, 1980.
  - 46) Tatsuoka, F., Yasuda, S., Iwasaki, T. and Tokida, K.: Normalized dynamic undrained strength of sands subjected to cyclic and random loading, Soils and Foundations, Vol. 20, No. 3, pp. 1-16, 1980.
  - 47) Kokusho, T.: Cyclic triaxial test on dynamic soil properties for wide strain range, Soils and Foundations, Vol. 20, No. 2, pp. 45-60, 1980.
  - 48) Ishihara, K., Kawase, Y. and Nakajima, M.: Liquefaction characteristics of sand deposits at an oil tank site during the 1978 Miyagiken-oki earthquake, Soils and Foundations, Vol. 20, No. 2, pp. 97-111, 1980.
  - 49) Ishihara, K., Shimizu, K. and Yamada, Y.: Pore water pressures measured in sand deposits during an earthquake, Soils and Foundations, Vol. 21, No. 4, pp. 85-100, 1981.
  - 50) 鈴木輝之・土岐祥介: 繰返し三軸試験における乾燥砂の残留体積変化, 土質工学会論文報告集, Vol. 21, No. 4, pp. 131-139, 1981.
  - 51) Ishihara, K. and Koga, Y.: Case studies of Liquefaction in the 1964 Niigata earthquake, Soils and Foundations, Vol. 21, No. 3, pp. 35-52, 1981.
  - 52) Tatsuoka, F., Iwasaki, T., Tokida, K. and Kon-no, M.: Cyclic undrained triaxial strength of sampled sand affected by confining pressure, Soils and Foundations, Vol. 21, No. 2, pp. 115-120, 1981.
  - 53) Sasaki, Y. and Taniguchi, E.: Shaking table tests on gravel drains to prevent liquefaction of sand deposits, Soils and Foundations, Vol. 22, No. 3, pp. 1-14, 1982.
  - 54) Yasuhara, K., Yamanouchi, T. and Hirao, K.: Cyclic strength and deformation of normally consolidated clay, Soils and Foundations, Vol. 22, No. 3, pp. 77-91, 1982.
  - 55) Ishihara, K. and Okada, S.: Effects of large preshearing on cyclic behaviour of sand, Soils and Foundations, Vol. 22, No. 3, pp. 109-125, 1982.
  - 56) 鈴木輝之・土岐祥介: 繰返し応力を受ける乾燥砂の体積変化に及ぼすせん断履歴の影響, 土質工学会論文報告集, Vol. 22, No. 2, pp. 113-122, 1982.
  - 57) Miura, S. and Toki, S.: A sample preparation method and its effect on static and cyclic deformation-strength properties of sand, Soils and Foundations, Vol. 22, No. 1, pp. 61-77, 1982.
  - 58) 大原資生・山本哲朗: 動的三軸による液状化試験におけるゴム膜貫入量の影響について, 土質工学会論文報告集, Vol. 22, No. 1, pp. 127-135, 1982.
  - 59) 片田敏行・伯野元彦: オンライン実験による液状化地盤の非線形振動解析, 土木学会論文報告集, No. 318, pp. 21-28, 1982.
  - 60) 西 好一: 非排水繰返し荷重下における飽和砂の弾・塑性挙動と構成式, 土木学会論文報告集, No. 319, pp. 115-128, 1982.
  - 61) Kokusho, T. and Esashi, Y.: Cyclic triaxial test on sands and coarse materials, Proc. of 10th ICSMFE, Vol. 1, pp. 673-676, 1981.
  - 62) Matsui, T. and Abe, N.: Behaviour of clay on cyclic stress-strain history, Proc. of 10th ICSMFE, Vol. 3, pp. 261-264, 1981.
  - 63) Mitachi, T. and Kitago, S.: Undrained triaxial and plane strain behaviour of saturated remoulded clay, Soils and Foundations, Vol. 20, No. 1, pp. 13-28, 1980.
  - 64) Haruyama, M.: Anisotropic deformation-strength characteristics of an assembly of spherical particles under three dimensional stresses, Soils and Foundations, Vol. 21, No. 4, pp. 41-55, 1981.
  - 65) Kitamura, R.: Mechanical properties of particulate material under general stress conditions, Soils and Foundations, Vol. 21, No. 3, pp. 67-82, 1981.
  - 66) Yamada, Y. and Ishihara, K.: Undrained deformation characteristics of loose sand under three-dimensional stress conditions, Soils and Foundations, Vol. 21, No. 1, pp. 97-107, 1981.
  - 67) Yamada, Y. and Ishihara, K.: Yielding of loose sand in three-dimensional stress conditions, Soils and Foundations, Vol. 22, No. 3, pp. 15-31, 1981.
  - 68) 中井照夫・松岡 元: 3主応力下の土のせん断挙動に関する統一的理解, 土木学会論文報告集, No. 303, pp. 65-77, 1980.
  - 69) 中井照夫・松岡 元: 任意応力経路下の土の変形挙動に関する統一的理解, 土木学会論文報告集, No. 306, pp. 23-34, 1981.
  - 70) 諸戸靖史・及川 研: 相異なる三主応力下における砂のせん断強さ, 土木学会論文集, No. 319, pp. 207-210, 1982.
  - 71) 木村 孟・斉藤邦夫・日下部治・司代 明: 砂地盤の支持力ならびに変形性状に対する異方性の影響について, 土木学会論文報告集, No. 319, pp. 105-113, 1982.
  - 72) Matsuoka, H. and Ishizaki, H.: Deformation and strength of anisotropic soil, Proc. 10th ICSMFE, Vol. 1, pp. 699-702, 1981.
  - 73) Ishihara, K. and Yamada, Y.: Liquefaction tests using a true triaxial apparatus, Proc. 10th ICSMFE, Vol. 3, pp. 235-238, 1981.

## 総 説

- 74) 山内豊聡・巻内勝彦・林 重徳・重光 達・藤畑定生：一般応力型圧縮試験機による粘土の応力・変形特性，九大工学集報(56-1)，pp.31-37, 1983.
- 75) Hanzawa, H.: Undrained strength and stability analysis for a quick sand, *Soils and Foundations*, Vol.20, No.2, pp.17-29, 1980.
- 76) Yoshimi, Y. and Kishida, T.: Friction between sand and metal surface, *Proc. 10th ICSMFE*, Vol.1, pp.831-834, 1981.
- 77) Tokue, T., Hayashi, M. and Kitahara, Y.: Dynamic deformation and failure characteristics of rockfill material subjected to cyclic shear loading under vertical vibration, *Soils and Foundations*, Vol.20, No.4, pp.1-17, 1980.
- 78) Ishihara, K. and Yamazaki, F.: Cyclic simple shear tests on saturated sand in multi-dimensional loading, *Soils and Foundations*, Vol.20, No.1, pp.45-59, 1980.
- 79) Tatsuoka, F. and Silver, M.: Undrained stress-strain behavior of sand under irregular loading, *Soils and Foundations*, Vol.21, No.1, pp.51-66, 1981.
- 80) Tatsuoka, F., Muramatsu, M. and Sasaki, T.: Cyclic undrained stress-strain behavior of dense sands by torsional simple shear test, *Soils and Foundations*, Vol.22, No.2, pp.55-70, 1982.
- 81) 大原資生・山本哲朗：振動台による飽和砂の再液状化特性に関する実験的研究，土質工学会論文報告集，Vol.22, No.2, pp.123-132, 1982.
- 82) Ishibashi, I., Sherif, M.A. and Wen-Loh Cheng: The effects of soil parameters on pore-pressure-rise and liquefaction prediction, *Soils and Foundations*, Vol.22, No.1, pp.39-48, 1982.
- 83) 大原資生・山本哲朗・滝本邦彦：繰返しせん断を受ける飽和粘土の間隙水圧について，土木学会論文報告集，No.297, pp.127-130, 1980.
- 84) 大原資生・山本哲朗・生田裕彦：繰返しせん断履歴を受けた飽和粘土のせん断強度について，土木学会論文報告集，No.315, pp.75-82, 1981.
- 85) 大原資生・山本哲朗・小串利勝：異方圧密飽和粘性土の動的強度について，土木学会論文報告集，No.328, pp.153-156, 1982.
- 86) 山内豊聡・巻内勝彦・赤星哲也・大坪正和：繰返し単純せん断装置による粘土の応力・ひずみ状態，九大工学集報(55-6), pp.603-610, 1982.
- 87) 川村満紀・柳場重正・小泉 徹：骨材および繰返し荷重波形がソイルセメントの圧縮疲労に及ぼす影響，土質工学会論文報告集，Vol.20, No.1, pp.93-101, 1980.
- 88) 高志 勤・生瀬孝博・山本英夫・岡本 純：砂凍土の一軸圧縮強さに関する実験的研究，土木学会論文報告集，No.302, pp.79-88, 1980.
- 89) Adachi, K., Todo, H. and Mizuno, H.: Quality of samples of soft cohesive soil, *Proc. 10th ICSMFE*, Vol.2, pp.409-412, 1981.
- 90) Okumura, T. and Matsumoto, K.: Marine auto sampler and sample quality, *Proc. 10th ICSMFE*, Vol.2, pp.537-540, 1981.
- 91) Kawasaki, T., Niina, A., Saitoh, S., Suzuki, Y. and Honjo, Y.: Deep mixing method using cement hardening agent, *Proc. 10th ICSMFE*, Vol.3, pp.721-724, 1981.
- 92) Honjo, Y.: A probabilistic approach to evaluate shear strength of heterogeneous stabilized ground by deep mixing method, *Soils and Foundations*, Vol.22, No.1, pp.23-38, 1982.
- 93) 村山朔郎・井上 治：砂のせん断時における砂粒子の移動特性，土木学会論文報告集，No.309, pp.79-89, 1981.
- 94) 三笠正人・高田直俊：大型直接せん断試験，地質と調査(1980-4)，pp.41-45, 1980.
- 95) Mikasa, M., Mochizuki, A. and Matsumoto, T.: Stability test of a rockfill dam by centrifuge, *Proc. 10th ICSMFE*, Vol.3, pp.475-478, 1981.
- 96) Matsui, T. and Abe, N.: Shear mechanisms of vane test in soft clays, *Soils and Foundations*, Vol.21, No.4, pp.69-80, 1981.
- 97) Matsuo, S. and Kamon, M.: Soil stabilization by multivalent cations, *Proc. 10th ICSMFE*, Vol.3, pp.735-738, 1981.
- 98) Umehara, Y. and Zen, K.: Constant rate of strain consolidation for very soft clayey soils, *Soils and Foundations*, Vol.20, No.2, pp.79-95, 1980.
- 99) 稲田倍穂・赤石 勝：ダイレイタンシーを考慮した一次元圧密解析，土質工学会論文報告集，Vol.20, No.2, pp.117-127, 1980.
- 100) 及川 洋：双曲線近似による二次元圧密沈下量の一評価方法について，土質工学会論文報告集，Vol.21, No.3, pp.107-116, 1981.
- 101) 赤石 勝・稲田倍穂・白子博明：一次元圧密における排水距離と圧密係数，土質工学会論文報告集，Vol.21, No.3, pp.132-136, 1981.
- 102) Imai, G.: Experimental studies on sedimentation mechanism and sediment formation of clay materials, *Soils and Foundations*, Vol.21, No.1, pp.7-20, 1981.
- 103) Umehara, Y. and Zen, K.: Consolidation characteristics of dredged marine bottom sediments with high water content, *Soils and Foundations*, Vol.22, No.2, pp.40-54, 1982.
- 104) 入江恒爾・荒井克彦・竹内成和：不飽和泥岩の吸水膨張機構，土質工学会論文報告集，Vol.22, No.2, pp.142-148, 1982.
- 105) Aboshi, H., Matsuda, H. and Okuda, M.: Preconsolidation by separate-type consolidometer, *Proc. 10th ICSMFE*, Vol.3, pp.577-580, 1981.
- 106) Akagi, T.: Effects of mandrel-driven sand drains on soft clay, *Proc. 10th ICSMFE*, Vol.3, pp.581-584, 1981.
- 107) 西田一彦・青山千彰：不かく乱まさ土のバイビング現象，土質工学会論文報告集，Vol.21, No.2, pp.141-150, 1981.
- 108) 河野伊一郎・西垣 誠：室内透水試験法に関する2,3の考察，土質工学会論文報告集，Vol.22, No.4, pp.181-190, 1982.
- 109) 駒田広也・中川加明一郎・北原義弘・林 正夫：水封式燃料地下貯蔵用空洞周辺地盤の浸透流に関する検討，土木学会論文報告集，No.300, pp.69-80, 1980.
- 110) 河野伊一郎・西垣 誠：不飽和砂質土の浸透特性に関する実験的研究，土木学会論文報告集，No.307, pp.59-69, 1981.
- 111) Tatsuoka, F.: A simple method for automatic measurement of volume change in laboratory tests, *Soils and Foundations*, Vol.21, No.3, pp.104-106, 1981.
- 112) 高志 勤・生瀬孝博・山本英夫：土の間隙水の粘性増加による凍上抑制に関する実験的研究，土木学会論文報告集，No.298, pp.77-85, 1980.
- 113) 茨木龍雄：非粘性土の室内 CBR に関する実験的研究，土木学会論文報告集，No.320, pp.113-122, 1982.
- 114) 土岐祥介・三浦清一・谷沢房郎：砂の力学特性と静的コーン貫入特性の相関に関する実験的研究，北海道大学工学部研究報告111号，pp.1-12, 1982.
- 115) Sherif, M.A. and Ishibashi, I.: Overconsolidation effects on  $K_0$  values, *Proc. 10th ICSMFE*, Vol.1, pp.785-788, 1981.
- 116) Bjerrum, L.: Problems of soil mechanics and construction on soft clays and structurally unstable soils (collapsible, expansive and others), State-of-the-Art Report, Session 4, *Proc. 8th ICSMFE*, Vol.3, pp.109-159, 1973.
- 117) Ladd, C.C. and Foott, R.: New design procedure for stability of soft clays, *Proc. ASCE*, Vol.100, GT7, pp.763-786, 1974.
- 118) 太田秀樹・Wroth, C.P.・柴田 徹：原位置有効応力保存式の三軸試験装置について，第24回土質工学シンポジウム発表論文集，pp.165-172, 1979.

(原稿受理 1983.4.22)