The Japanese Geotechnical Society



# 「不飽和土の工学的性質研究の現状」シンポジウムの報告

不飽和土の工学的性質に関する研究委員会

昭和62年12月5～6日に，標記のシンポジウムが大阪科学技術センターで行われ，両日とも約200名の参加（記名者187名）を得て盛会であった。通常の「委員会シンポジウム」が，主催委員会の研究成果を発表する場を兼ねているのと違って，本シンポジウムは委員会の発足に当たって学会会員間の現状認識を一致させようという，いわば委員会が勉強させていただく側面を持っていた。

シンポジウムは，土質工学会長久野悟郎氏のメッセージ（代読）で始まり，途中に信州大学教授川上浩氏の特別講演をはさみ，47編の発表と非常に活発な討議が2日間続けられ，最後に，土質工学会関西支部幹事長福田護氏から閉会挨拶をいただいた。会場が手狭であったにもかかわらず，終始熱心な発表と討議をいただいたことに謝意を表するとともに，学会調査部および関西支部の方々のご助力に衷心から感謝する次第である。発表と討議は別項（101ページ）に示す8つのセッションに分けて行われた。以下の報告は，各座長による「まとめ」をさらに要約したものである。なお，詳しいプログラムは「土と基礎」Vol. 35, No. 11に，特別講演を含む全論文は，発表論文集に収められている。

## セッションⅠ

このセッションで発表された5件の論文は，いずれも室内力学試験に関するものである。

**1**は，不飽和土の等方圧縮・せん断過程に与えるサクションの影響を実験的に明らかにしている。広い範囲にわたる成果が得られ，サクションが不飽和土の有効なパラメーターとなり得ることを確認している。また，サクション一定条件では，破壊線はせん断時の応力径路に依存しないこと，サクションが強度増加に寄与する効果には限界があることを指摘しており，今後の研究の展開が期待される。**2**は，不飽和土の状態量の計測について詳細な検討を行っている。特に，サクションは正しく測られているかとの疑問に対して説得力のある結論が下されている。また，負の間隙水圧の測定において，フィルター面積中の水分接触面積の大小は測定値に影響しないという，大変興味深い実験結果が報告されている。締固め時の負の間隙水圧の測定では，試験方法に工夫をこらしている。討議としては，長時間計測に伴う問題，供試体表面に凹凸がある場合の体積変化・間隙水圧測定上の問題などが活発に出された。**3**は，豪雨時のしらす斜面の安定性を検討する目的で，乱さない不飽和しらすの力学特性を明らかにしようとするものである。しらす斜面は長時間の降雨を受けても，飽和度は高々70～80％程度の不飽和状態を保つという意外な事実も指摘されている。また，せん断中のサクションは，拘束圧条件にはほとんど影響されず，せん断初期からほぼ一定値を示すという実験結果が示された。これは，しらす特有のものなのか興味がもたれる。また，サクションの有効拘束圧への寄与率についても検討が加えられている。**4**は，まず土粒子モデルを用いて，不飽和土の圧縮機構の考察を行い，水の表面張力による接点力と外力による接点力の関係からコラプス現象を説明している。圧縮試験では，降伏応力と飽和時の挙動・コラプス現象に着目し，不飽和土についても，正規圧密，過圧密といった概念が必要であることをうかがわせる。せん断強度に関しては，水圧計で測定される間隙圧を用いて求めた有効応力表示による破壊線が飽和土のそれとあまり変らないことを示し，これにもとづいて不飽和土の実用上の強度評価法を提案した。この提案について討論が集中したが，ここで測定された間隙圧力は，むしろ間隙空気圧と考えるべきであり，この点に関しては検討の余地があると言えよう。**5**は，長年にわたって進められてきた不飽和土に関する一連の研究を，変形挙動とエネルギー的考察を中心に取りまとめたものである。その内容は多岐にわたっているが，特に注目されるのは，有効応力論議はさておいて，主応力差と縦横ひずみ比で各種の試験結果を整理すると，ユニークな直線関係が得られることを明らかにしている点である。また，**4**とは異なった観点より正規圧密・過圧密の考え方を導入しようとしている。

## セッションⅡ

本セッションでは，不飽和土の力学的性質を定量的に評価するための基本的な研究が発表された。

**6**は，不飽和土の力学試験方法の問題点を詳細に論じ，続いて三軸$K_0$圧密試験においてサクションを解放した場合の供試体の挙動を解析し，コラップス現象は供試体のせん断破壊に伴う負のダイレイタンシーであるとの見解を表明している。さらに，この試験の結果から現場斜面の崩壊の機構を推論している。なおここで，有効応力は，ビショップの式の$\chi$を1として求めている。**7**は，不飽和土の変形に有効に作用する応力を求めることを目的として，ビショップの式の$\chi$の値を吟味するため，非排水条件で高い間隙空気圧を作用させた状態でせん断試験を行って破壊線を



NII-Electronic Library Service

The Japanese Geotechnical Society



求め，これより低い間隙空気圧が作用した場合におけるサクションの影響を取り出して，$\chi$の値を決定している。本来，$\chi$は0～1の範囲で定義さるべきであるが，実験では比較的湿潤状態の場合，負値が得られている。さらにデーターを蓄積する必要があろう。**8**は，不飽和土の構成式を考察するために，有効応力を平均主応力より間隙空気圧を除いた項($p$)と，サクション($S$)の2つに考え，$p$-$S$-$q$空間内で破壊応力条件等を検討している。また，理論展開においては，$p$をそのまま使用する場合と，$p$にサクションの寄与分を加えた「$p+f(S)$」を使用する場合に使い分けしている。これに加えて，$f(S)$と$S$の関係に放物線近似を仮定して，飽和土用の構成式を不飽和土に拡張しようとしている。**9**は，不飽和土の強度と変形を弾塑性論で解釈するために，破壊基準にFredlund(フレドルンド)らの式を用い，有効応力としては，全応力と新しく定義した等価間隙水圧の差で定義し，サクションを硬化パラメーターとした弾塑性モデルを提案している。さらに，弾性領域における圧縮指数$C_s$がサクションにかかわらず一定であると仮定して，有効応力を増分形で定式化しているため，応力－浸透連成解析へ応用できる。**10**は，中央自動車道の崩壊斜面より採取した試料について，pF試験を行い，また，不飽和土用三軸試験機により，排水・排気試験を行い，全応力に関する強度定数を求めている。さらに非排水・非排気試験より，強度定数を全応力表示，および全応力からサクションを差し引いた応力項について求め，それぞれの強度定数の間に顕著な差が見られなかったとしている。また，現場条件にもとづいて飽和－不飽和浸透解析を行い，降雨と安全率の関係を求めている。

フロアーとの討議としては，供試体のサクションと異方性の関係，間隙空気圧の伝達時間，不飽和土に$\chi=1$を適用する限界などが論じられた。また，**9**については，降雨履歴と降伏面の変化について質問があった。

## セッションⅢ

本セッションは，不飽和土の水浸時の圧縮特性に関する報告が中心であった。ただし，13～16では，強度の変化についても論じられている。基本的には，サクションの消失と沈下の関係，水浸後の$e$～$\log p$関係が吟味されており，また強度特性としては，三軸試験，動的コーン試験を用いて水浸前後の強度変化を吟味している。以下に，主要な討議事項について記す。

1) 実験装置および実験方法について：サクションの測定方法，水浸あるいは浸透の方法に関する討議がなされた。

2) 用語について：水浸，浸水，浸透といった語に関して，統一化あるいは概念の明確化がなされていないことが指摘された。また，コラップスとスレーキングの関係も取りあげられた。

3) サクションの消失と沈下の関係について：沈下の進行について，サクションの消失時あるいは下部から浸水する場合は，完全に水没した時に沈下が安定するという報告が多かったが，例えば，まさ土では，沈下がその後も継続するという事例も出され，サクションと沈下の一義的な関係は確認されるに至っていないことが示された。

4) 水浸後の$e$～$\log p$関係：水浸しない場合の$e$～$\log p$曲線と，水浸後の曲線は，圧力が大きいところで一致するが，この場合，両曲線は，ある角度をなして交わるのか，滑らかに接するのか。また，一致点の飽和度はどうか。

5) 水浸沈下現象と土の構造の関係について：不飽和土が水浸により飽和土になった後でも，その沈下性状は締固め含水比に影響される。また，最大密度に締め固められたある不飽和土は，水浸沈下を起こさなかった。これらの事実は，サクションの消失＝沈下という短絡ではなく，水浸挙動と土の構造等の関係を分析すべきことを示している。

6) 現場との関係について：試料の粒径が水浸沈下特性や動的コーン強度に影響することが示された。それでは，現場においては粒径をいかに調整すべきか，あるいは，粒度分布の影響をどのように評価すべきか。

現場の設計には，許容沈下量が設定される。しかし，本来，許容沈下量とはいかなるものか。現場としては，労力をかけても最終的に安定度の高い地盤を造成するのが得策との見解も出された。なお，**16**は発表がなかった。

## セッションⅣ

このセッションでは，締固めに関する問題を取り上げている。

締固め問題は，道路施設や土地造成のための盛土を考えると，到る所で直面している問題といえる。しかし，その取扱いは，これまでの経験によったり，単に最大乾燥密度の何％以上という程度の施工管理を行っていることが多く，締固め土の工学的特性を十分把握し，それにもとづいて管理をしているケースは少ない。やはりそれは，従来の方法で施工しても，大事故を起こしたケースが少なかったためと思う。

このような現場の状況が締固め土の研究を遅らせていて，いまだに工学的に未解明の点が多く残されており，経済的で信頼性のある盛土の設計・施工を行うには，これらの解明が必要であることを多くの人は周知している。

本セッションに含まれる6編の論文は，このような現状をふまえた発表といえよう。**17**は，不飽和状態にある土が水浸した時に示す力学的挙動は，土粒子間に働くサクションの消失に起因するという観点から，締固め土の水浸挙動を予測する方法を提案し，その妥当性を室内の水浸試験と等体積一面せん断試験で検証したものである。**18**は，土の締固め曲線を土粒子比重で無次元化した体積率で表すと，あらゆる土の締固め曲線を統一的に取り扱うことができ，しかも乾燥側の締固め曲線の勾配は土粒子の比重と間



NII-Electronic Library Service

The Japanese Geotechnical Society



隙比で表せ，締固め曲線から力学的情報が得られると述べている。また，間隙水の偏在を前提とすれば，不飽和土の有効応力係数は飽和部分の間隙比から求められると提案している。**19**は，砂と粘土の混合土の締固め強度をCBR試験に類似した貫入試験により測定している。それによると，締固め土の強度は，含水比およびある範囲内の密度に比例し，そのせん断特性は，細粒分含有量30～40％を境に砂質土あるいは粘性土の性質を示す。また，締固め土の構造について提案している。**20**は，土の締固め管理をする上で重要となる，静的に締め固めた場合と，現場で動的に締め固めた場合の力学特性の関係を論じている。いま，両者を圧密試験し，その先行圧縮応力を媒介にして比較すると，まさ土では圧縮特性について相関が認められたが，強度特性については相関は得られなかった。**21**は，造成地盤の締固め管理の主な項目である許容沈下量に対して，供試体の変形係数を，また許容支持力に対して供試体のせん断強さを対応させ，現場で達成さるべき乾燥密度と含水比の範囲を室内試験（圧密試験および等体積一面せん断試験）から決定する方法を提案している。**22**は，いわゆる15点法による締固め管理方法の検討を行っている。すなわち，現場において実現すべき締固め密度と締固め含水比は，室内試験で両者の組合せを15ケース設定すれば求められるという15点法は，現在でもなお有用な方法であると結論している。

## セッションV

本セッションに提出された6編の論文は，主に不飽和土の浸透特性および保水性に関するものである。不飽和および飽和－不飽和浸透解析を実際問題に適用した例は，降雨時の斜面崩壊，洪水時の河川堤防の破壊など非常に多い。これは飽和－不飽和領域に関する浸透の支配方程式を解く数値解析法の発展に依るところが大きく，最近では土粒子骨格の変形を考慮した計算も可能となっている。しかし，この解析法の実際問題への適用に際しては，各現場の不飽和透水係数，水分特性曲線などを求める必要があり，これらのパラメーターの推定精度が実現象を説明できるか否かの支配的要因であることは間違いない。

**24**は，水分特性曲線を推定するBrooks & Corey法（ブルックス・コーリ）およびVan-Genuchten法(ファン ゲノヒテン)の適用性を，砂質土を中心として検討している。その結果，後者の方が全領域に対して適用性が高いこと，および後者において重要なパラメーターは残留体積含水率であることを明らかにしている。**23**は，水分特性曲線に止どまらず，不飽和透水係数を推定するVan-Genuchtenの方法の適用性を検討し，この場合は，飽和体積含水率さえ注意深く求めれば，かなりの精度で推定できることを示している。不飽和透水係数の測定に比べると水分特性曲線の方が広範囲の体積含水率について測定可能であることを考えると，この方法が我が国の土にも適用できるという結論は，今後の不飽和浸透解析の発展にとって貴重であると思われる。**26**は，しらすの不飽和透水係数の測定法を詳細に示しており，また，**27**は水平・鉛直上昇・鉛直下降・十字毛管試験および水平・鉛直平板毛管試験を実施し，それらの結果に基づいて浸透解析手法も提案している。浸透長さと経過時間の関係は指数則で近似できること，および毛管水の増加による土のせん断強さの変化なども明らかにされている。

**25**は，自然斜面から採取したまさ土の風化度と保水性および非晶物質の関係を論じている。この場合，風化度は，比表面積と強熱減量を指標としているが，まさ土のサクションが飽和度，非晶質物質および比表面積（この2乗に比例する）に支配されることを明らかにしている。これらの事柄は，まさ土の工学的性質の研究にとって重要であろう。**28**は，土の間隙のモデル化に関する研究で，従来の提案モデルを改良して不飽和土の力学的特性に重要な影響を与えるpF値および体積含水率への適用を試みている。豊浦砂および粒径0.2mmのガラスビーズを用いた試験結果と，モデルの数値実験の結果は，体積含水率が低い範囲を除けば一致した。このモデルの一層の発展に期待したい。

討議は定刻を15分以上超過してもつきなかった。話題の中心は，土粒子骨格の変形を考慮した飽和－不飽和浸透解析法，およびその工学的意義，不飽和透水係数の測定法，水分特性曲線のヒステリシスなど，いずれも問題の核心に迫るものであった。

## セッションVI

6件の発表があった。はじめの2件は，飽和度が土の動的性質に与える影響を扱い，他は不飽和浸透現象を，主として実験的に研究した成果である。

**29**は，弾性波速度，弾性定数と飽和度との関係を理論的，実験的に調べ，$B$値を弾性波速度から推定できること，飽和度が完全飽和状態から僅かに低下するだけでP波速度が著しく低減することを示した。**30**は，飽和度が砂の繰返しせん断強度に与える影響について，中空ねじりせん断試験結果を解析した研究で，飽和度を完全飽和から70％に下げることにより強度が3倍にもなり，液状化対策としての可能性が示唆された。**31**は，鉛直砂柱の透気性を実験的に調べたもので，透気性はダルシー型で表現でき，この場合，透気係数は飽和度に影響されること，また透気により間隙水圧は上昇し，サクション分布も変化して不飽和浸透を惹起していることなどが観察された。**32**は，降雨浸透の基礎実験で，乾燥および湿潤砂への一定降雨，湿潤砂への溜水浸透の3つの試験で計測した間隙空気圧と間隙水圧の分布の経時変化についての定性的傾向を報告した。**33**は，不飽和透水係数や水分特性曲線に関して，試験法の相違による差，定数パラメーターを50％粒径と関連づけた提案，土壌水分移動速度が実流速にほぼ等しいという検証を報告し



NII-Electronic Library Service

The Japanese Geotechnical Society



た。34は，三軸供試体の下端における吸排水量とサクションの測定および供試体の体積変化の計測により，水分保持曲線と不飽和透水係数が求められるという不飽和三軸透水試験方法を提案したものである。

討論の概要は次のようであった。30に対して，ガスの種類は影響するか，また液状化対策として地中に空気を注入した場合，安定するかという問題が提起された。また，空気注入による地盤のダンピング性状などへの悪影響の懸念に対しては，飽和度の低下によるせん断弾性係数の変化は少ないという報告が紹介された。31に対して，始動勾配が大きい原因が問われ，これに関連して細粒土の複雑な透気現象について意見が交された。また，論文中の用語「微閉塞」の意味は「微通気」であるとされた。最後に，時間がとれなかったが，33には，段波状に水分が伝達するとした解析に対して，34には，ほかの発表にも関連して不飽和透水係数の定義に関連して質疑があった。これらについては，「土と基礎」21巻8号で宇野が，また32巻3号で長谷川氏が述べているが，しかし，さらに今後何らかの議論の必要性を感じさせた。

## セシッョンVII

本セッションでは不飽和問題の応用研究として7編の論文が報告された。内容は，不飽和土の凍上，斜面安定および現場における間隙水圧測定の3つに大別される。

35は，不飽和粘性土の凍上に関するもので，地下水面から水の供給のないクローズドシステムでも凍上が起こり得ることを室内試験により明らかにした。36は，斜面への降雨に伴う表層崩壊に対する安定性の経時変化に関するもので，まず実験により浸水に伴う物性値と強度定数の関係および水分特性曲線等を求めておき，次に不飽和浸透解析を行って各浸透段階における安全率を計算した。崩壊時間の計算値は，実際とよい相関を示した。37は，飽和・不飽和浸透解析と斜面安定解析を有限要素法により連成解析した研究で，安定解析には浸水に伴う浸透力と強度低下が考慮されている。解析事例として，模型斜面と長崎豪雨に伴う崩壊が取り上げられている。38は，洪水時の堤体浸透に伴う間隙水圧の変化および土の強度低下に着目した研究で，5種類の土質断面モデル，透水性状，初期状態における飽和度と粘着力，外水位条件等を仮定して解析し，その結果にもとづき実際の堤防の安全性を評価した。39は，原地盤のサクションを安定的かつ長期にわたって測定する方法の開発事例，および安定解析を全応力法と有効応力法の両方で行った事例を紹介し，結論として，従来の斜面の変位観測に加えて，間隙水圧測定を取り入れるべきこと，急傾斜切取斜面の安定解析に有効応力法が有効であったと述べている。40は，降雨に伴う斜面内間隙水圧の変化を観測し，これをもとに，崩壊発生時期の予測法を論じたものである。斜面内のサクションは，表層部で大きくなり，また降雨日数を反映すること，したがって初期間隙圧と崩壊発生までの連続降雨量の関係を求めておけば，崩壊の発生が推定できるとしている。41は，実大不飽和盛土の降雨による崩壊実験および三軸圧縮試験により盛土の安全性を検討したもので，三軸圧縮強度を用いて安定計算を行えば，盛土の安全性の推移を比較的よく説明できるとしている。

討議は非常に活発であったが，特にサクション計の埋設許容時間，気圧補正，温度ドリフトに関する討議，および安定解析に伴う問題として，初期応力および初期含水比分布の設定法，山頂付近の境界条件，不飽和地盤に対する全応力法の適否などが中心であった。

## セッションVIII

本セッションでは，現場計測，施工事例に関する6編の報告がなされた。

42は，不飽和帯中の放射性廃棄物の地下貯蔵・処分法の開発を念頭に置きながら，石室を持つ古墳の長期物質保存性について検討している。基本的な考えは，不飽和帯中の流れは，異なった毛管力を持つ土層を組み合わせることにより制御できるというもので，望ましい古墳モデルを提案している。43は，入念なボーリング調査の後施工された大規模な造成盛土の2年間にわたる沈下量・地下水位観測結果と予測値を比較し，不飽和土層の圧縮過程について考察を加えている。クリープ沈下と水浸沈下について討議がなされた。44は，3つの試験盛土の計測と解析結果であり，各盛土は不織布により種々の方法で補強されている。多数点で変位と間隙水圧を数年間にわたって測定し，また，人工豪雨実験も行った。解析は，不織布の補強効果，極限釣合法による安定解析について行い，サクションの影響についても言及している。45は，発表者らが開発している円板引抜き試験を不飽和地盤に適用し，同時に行った一面せん断試験結果との比較により，引抜き試験の原位置試験法としての有用性を明らかにしている。討議として，実用化の見通し，経済性などについての質問がなされた。46は，まさ土地帯における大規模造成地の盛土材の試験と設計および施工法と動態観測結果について述べている。フロアーから，設計に際しての地下水面の評価，のり面の安定性の評価法，および現時点（完成後4年）での降雨時の排水状況等について質問があった。47は，地下水位低下工法を併用したトンネル工事における地下水位ならびに切羽面の含水比変化を準三次元地下水解析ならびに鉛直二次元飽和－不飽和浸透解析により求めている。さらに，三軸圧縮試験により含水比と力学定数の関係を求め，切羽の安定性について考察を加えている。フロアーから，粘着力あるいはせん断抵抗角が最大となる含水比が存在するかという質問があった。

（文責：軽部大蔵）



NII-Electronic Library Service

The Japanese Geotechnical Society



## セッション プログラム

### セッションⅠ 座長：阿部廣史

① サクションを用いた不飽和土の力学的挙動の評価(村田秀一)
② 不飽和砂質土の三軸試験における状態量の計測(筧 正人)
③ 乱さない不飽和しらすのせん断特性(岡林 巧)
④ 締固め土の圧縮とせん断に関する2,3の特性(八木則男)
⑤ 不飽和土の力学的挙動に関する考察(綿引恵一)

### セッションⅡ 座長：西垣 誠

⑥ 不飽和土の負の間隙水圧とコラプス現象(阿部廣史)
⑦ 不飽和土の有効応力の吟味(楠見和紀)
⑧ 不飽和土の構成式(軽部大蔵)
⑨ 不飽和土の力学的挙動に対する弾塑性論的解釈と解析(向後雄二)
⑩ 飽和度の変化に伴う不飽和土の強度特性に関する研究(鈴木 壽)

### セッションⅢ 座長：綿引恵一

⑪ 不飽和泥岩土の圧縮特性について(田中泰雄)
⑫ 盛土地盤の浸水に伴う沈下とその解析(福田 護)
⑬ 不飽和土の工学的性質とサクションの関係(鬼塚克忠)
⑭ 締固めた硬質粘土の水浸沈下特性および動的コーン強度(片岡昌裕)
⑮ 撹乱・不撹乱灰土の水浸ならびに浸透水の作用による強度低下(村田重之)
⑯ 毛管上昇水による締固め土のせん断強さ低下について(丹野忠幸)

### セッションⅣ 座長：佐藤勝英

⑰ 締固めた不飽和土の水浸時挙動の予測に関する研究(建山和由)
⑱ 不飽和土の締固め機構について(大北康治)
⑲ 貫入抵抗による締固め土の強度と構造の評価について(柴田英明)
⑳ 静的・動的締固め土の圧縮・強度特性(西原 晃)
㉑ 土の締固め—管理基準と品質管理—(太田秀樹)
㉒ 締固め特性と盛土施工管理(岩崎好規)

### セッションⅤ 座長：鈴木 壽

㉓ 不飽和土の浸透特性の評価に関する考察(西垣 誠)
㉔ 2,3の砂質土の水分保持特性(柘植浩史)
㉕ まさ土のサクションにおよぼす土粒子破砕について(久保井利達)
㉖ 乱したしらすの不飽和（毛管）透水係数の評価について(藤本 廣)
㉗ 毛管水を含んだ土の土質工学的性質(日比野忠史)
㉘ 土の間隙のモデル化に関する一考察(北村良介)

### セッションⅥ 座長：宇野尚雄

㉙ 砂および砂礫の弾性波速度に与える飽和度の影響(西尾伸也)
㉚ 飽和度が砂の繰返しせん断強度に与える影響(田中敬三)
㉛ 砂質土の透気性に関する実験的研究(小川隆幸)
㉜ 地盤内への降雨浸透に関する基礎実験(梅田美彦)
㉝ 不飽和浸透特性に関する基礎的検討(河西 基)
㉞ 不飽和土の透水試験の試み(中川加明一郎)

### セッションⅦ 座長：青山千彰

㉟ 不飽和粘性土の凍上特性について(小川正二)
㊱ 降雨に伴う砂質土の強度低下と斜面の不安定化(風間秀彦)
㊲ 浸透力と飽和度上昇による強度低下を考慮した斜面の有限要素解析(棚橋由彦)
㊳ 洪水時の堤防の安定性変化(杉井俊夫)
㊴ 原位置における不飽和土の間隙水圧測定について(岩崎公俊)
㊵ 降雨による斜面崩壊予測のための地盤内サクションの測定(矢田部龍一)
㊶ 雨水の不飽和浸透に伴う盛土の安定性(吉岡 淳)

### セッションⅧ 座長：北村良介

㊷ 古墳遺物残存状態の解析を基にした不飽和帯中の長期物質保存性の検討(渡辺邦夫)
㊸ 造成盛土地盤の沈下性状(宮下高昭)
㊹ 不織布で補強した関東ロームの試験盛土の降雨時の挙動(山内裕元)
㊺ 円板引抜き試験による不飽和土の強度の推定と盛土施工管理への適用(正垣孝晴)
㊻ まさ土による高盛土の施工事例(斉藤国臣)
㊼ 滞水砂質地山におけるトンネル切羽の安定性について(河田孝志)


## 不飽和土の工学的性質研究の現状シンポジウム発表論文集 好評発売中！

上記で報告されておりますシンポジウムの発表論文集が土質工学会から発売されております。
川上 浩教授の「特別講演」，1編当たり6～12ページからなる47編の「論文内容」が掲載されております。

**B5判 370ページ 会員特価 5,000円 定価 6,500円**

送料 350円／冊 62年12月発行
編集・発行：社団法人 土質工学会

**問い合わせ・注文先：社団法人 土質工学会 販売係**




NII-Electronic Library Service