

## 5. 地盤中の物質移動

### 【地盤浸透（不飽和土）①】

京都大学 小山倫史

#### 1. はじめに

本報告では、地盤中の物質移動 地盤浸透(不飽和土)①のセッションで発表された合計8編の論文(No. 524-531)について総括する。

#### 2. 研究及び技術動向

豪雨時の斜面、堤防などの土構造物の安定性評価において、不飽和土への雨水浸透挙動の正確な把握は重要である。本セッションの前半4編(No. 524-527)では、室内試験および原位置計測により、地盤パラメータ(ここでは、締固め度)(524)、間隙空気の挙動(525-526)及び加振履歴(527)が不飽和浸透特性に与える影響について評価したものが発表された。特に、不飽和土の浸透特性を評価する上で、間隙空気の挙動(間隙空気圧の発生)を正確に把握することの重要性が示された。また、室内試験のみならず、実現場においても間隙空気圧を計測する方法が確立されつつあるといえる。さらに、加振履歴を与えた模型盛土への散水試験(527)に関しては、実験の再現性に関する議論があったが、地震と降雨による複合災害のメカニズム解明に向けた新たな試みであると言え、今後、更なるデータの収集による現象の把握および数値解析手法による評価手法の確立が必要であると思われる。

また、土の不飽和水分特性の違いによるキャピラリーバリアを積極的に活用した盛土式廃棄物貯蔵施設が注目されており、後半4編(No. 528-531)では、キャピラリーバリアの長期持続安定性評価について、試験施工及び数値解析によって検討したものが発表された。キャピラリーバリアシステムを構成する材料の選定(ここでは、貝殻の利用を検討)(529)や、キャピラリーバリアの形状(勾配や層厚)、変形特性及び降雨外力(降雨強度)がキャピラリーバリアの性能に与える影響について議論がなされた(530-531)。また、キャピラリーバリアの性能評価において、現場計測・モニタリング、数値解析が果たす役割は大きく、それぞれ手法の確立が重要であると考えられる。

#### 3. まとめ

近年、想定外の外力(主に、降雨や地震)による地盤災害の増加に伴い、想定外の外力下での不飽和浸透現象の把握がますます重要になってきている。そのためには、間隙空気の挙動を直接解く解析手法や間隙空気圧の計測・モニタリング手法の開発が重要であると考えられる。

### 【地盤浸透（不飽和土）②】

岐阜大学 神谷浩二

#### 1. はじめに

本セッションでは、河川堤防の安全性や土壌汚染対策などに関連して、不飽和地盤内における間隙水や間隙空気(ガス)の挙動の評価・表現法に関する報告があった。

#### 2. 研究技術の動向

不飽和浸透流やガス輸送などの数値解析手法について、水分特性曲線などの入力パラメータが解析の再現精度に影響するとの観点から、パラメータの測定や特性について発表された。特に、河川堤防の耐浸透に対する照査では、飽和・不飽和浸透流解析のために、対象土質の水分特性曲線や不飽和透水係数のパラメータを的確に設定することが要求される。これらパラメータは試験によって設定されるべきであるが、実務的には、多くの土質に対する試験に時間と労力を要するため、粒度などの物性からパラメータを簡易的に推定する方法を確立するなどの工夫も望まれる。また、パラメータの関数モデルとして多用される van Genuchten モデルの適用性、パラメータによる感度解析といった課題も残る。

一方、河川堤防のモニタリングの重要性を認識して、降雨等による堤防内部の水分量変化を空間的に把握する手法が発表された。これは、比抵抗値の変化を調べることによるものであるが、従来から用いられる水分計(TDRやADRなど)やテンシオメータでの点での測定に比べ、広範に堤防の様子を測定できる特徴がある。今後、室内レベルでの検討が実用的なものに発展されることが期待される。また、モニタリングデータの活用として、含水量変化による堤防の安全性への影響について明確にしなければならない。

#### 3. まとめ

不飽和地盤の浸透問題では、数値解析手法が高度化してきたが、原位置観測などによる現象解明や各種パラメータの測定法などといった基本的な部分のこれまでの研究をあらためて点検することも必要と思われる。

### 【地盤浸透（飽和土）】

名古屋工業大学 前田健一

#### 1. はじめに

本セッションの発表は、飽和土の透水性、浸透破壊および内部侵食を対象とし、実験及び数値解析を用いた内容である。土の内部構造やその変化が浸透挙動に及ぼす影響について着目している。

## 2. 研究および技術の動向

浸透破壊は、古くからの地盤工学らしい課題の一つとして数多くの発表がされてきた。矢板周りの破壊はその典型である。浸透地盤が半無限でなく有限である場合についても長く議論されてきた。セッションの議論で興味深かったのは、局所的な変状、砂の吹き出しのような現象等、破壊をどのように定義づけるのか、というものであった。土構造物の性能を考える場合、この議論は重要と思われる。

パイピングや内部浸食の解析による見える化の試みも徐々に進みつつある。パイプ状の局所的破壊の進行は、教科書にもイラストが描かれている。しかし、これらを目撃、確認された事実があるのか、という問いに明確な答えがあるのであろうか。また、細粒分の移動による局所破壊の進行も着目されつつある（他のセッションでも見られた）。従来論文や古い教科書でも指摘された現象である。この研究への動機づけが、いろんな発表で異なっているようである。どうしてもこの効果を入れないと説明できない破壊現象があるから、よくよく実験を観察するとこの現象がカギだと思われたからというグループと、なんとなく潮流となってきたからというグループが、見受けられた。着眼点とリアリティの間に乖離がないよう研究を展開していく必要性を痛感した。

サンプリングした土の透水性の異方性についても丁寧な実験の報告があった。初期の内部構造によって、どの程度の異方性が生じるのかという課題は、地盤の成り立ちという重要な課題と結びつき、さらなるデータの蓄積と分析が必要といえる。また、従来から、浸透によってせん断破壊が生じるという視点はあったが、せん断変形の局所化が浸透特性にどのように影響するかを直視した発表があった。透水性の局所化と誘導異方性といえる。これはエネルギー開発という地盤工学の対象の拡大が新しい視点をもたらした例である。さらに、低い透水係数の測定を試みる透水試験方法の開発についても議論された。一般的に透水係数はバラつくもの、とよく言われるが、そのバラツキの原因や程度について統計学的議論が案外されていないことも指摘された。

## 3. おわりに

本セッションでの発表は、いわゆる古くて新しい内容であり、新たなパラダイムを求めて、いままで何となく勝手に思い込んでいた問題を新たな視点で見直した内容であったと感じる。ここ数年においても先駆的研究は多くある。セッション内でも指摘されたことでもあるが、原稿が2頁という制限があっても、他の研究者の研究は真摯に引用しあうことが今後のこの分野の発展にとっては重要と考えられる。

## 【地下水流動・地下水調査】

長岡技術科学大学 磯部公一

### 1. はじめに

地盤中の物質移動 地下水流動・地下水調査のセッションでは7編の論文が発表された。これらの論文は、地下水保全とその有効利用、都市部の地下建設時の効率的な地下水対策や斜面安定対策など用途はそれぞれ異なるものの、主たる研究目的は精度よく地下水の流れを把握、評価することにあった。本稿では、興味深い発表を中心に本セッションを総括する。

### 2. 研究および技術動向

発表された7編の論文のうち、現地調査や現場実験によるアプローチ方法のものが3編、新しい数値解析手法の開発など数値解析によるものが4編という内訳となっている。その中でも、メッシュフリー法を応用した、不整合メッシュ集合体を用いた浸透流解析システムは、実務上十分な精度を有しながらも、メッシュ生成にかかる労力、煩わしさを大幅に軽減できるなど、その有効性が示された。今後の実務レベルでの適用、活躍が大いに期待される。また、数値流体力学（CFD）と粒状体個別要素法（DEM）を組み合わせた二次元数値解析手法によるセメント系グラウトの注入過程のシミュレーションでは、室内グラウト注入実験を解析対象として、目詰まりの発生機構に関して納得しやすい再現結果が示された。同手法への期待の表れか、実現場への適用展開に関する質問が挙がるなど、活発な議論が行われた。

一方、地下水の流れを把握し、有効利用していくためには、透水係数とその空間的分布、水質や水温が重要な手掛かりになること、地下水流れがある場合でも通常の揚水試験の解析法が実務上十分な精度で適用可能であること、段階注水試験による不飽和帯水層の透水係数の把握が可能であることなど、実務レベルで大変有益な研究成果が示された。更なるデータの蓄積と信頼性の向上を今後の研究成果として期待したい。

### 3. ま と め

本セッションは、最終日の最終セッションに行われたため、会場は発表者とその関係者がほとんどを占める状況であったことから、果たして活発な質疑応答、議論が展開されるかと心配された。しかしながら、その心配は杞憂であった。建設会社、建設コンサルタントの若手からベテランまでの実務経験者を中心に、活発な質疑応答、有意義な議論が行われ、あっという間に時間が経過することとなり、座長として非常に楽をさせて頂けた。改めて、本セッションの発表討議に積極的に参加頂いた皆様に感謝の意を表したい。