

総括・一般報告

おり、また計測技術の進歩が不飽和土の三軸試験(59, 63)も可能にしようと考えられる。

この分野の論文で毎回、最多数を占めるのは、関東ロームなど火山灰土の問題である。洪積という地質的には新しい時期に堆積し、結晶化の進まない粘土であるアロフェンの特異な性質によって、その物理化学的性質が、力学的性質を左右する代表的な土であり、また火山国である我が国の各地には最も広く分布しているゆえに、諸外国に比べて進んだ研究の多い分野でもある。

ところで、土の物理化学的性質を左右する因子は多いが、これらを基本的に整理すると、一つは土粒子と水の相互作用であり、二つには、個々の粒子がどのような集合体を形成するかであろう。前者については、更に粘土鉱物と腐植があり、粘土鉱物はまた非晶質、晶質の種別がある。アロフェンの特異性はここに位置づけられる。69, 70, 71はこうしたアロフェンの問題をとりあげているが、前回あるいはそれ以前からの引き続いた研究で、X線回折、走査型電子顕微鏡、示差熱分析、比表面測定といった手法を駆使して貴重な成果をあげている。アロフェンはまた腐植と粘土複合体を作り、これが力学的性質に大きく影響するが、我が国各地の試料をもとに、この問題をとりあげた71の成果が注目される。66は、含水比を迅速に測定する要求に応じて、電子レンジを利用したものであるが、アロフェンは沖積土とは異なる加熱時間特性を持つことを指摘した点が興味深い。腐植のみの問題となると泥炭がある。有機物含有量の指標である強熱減量が自然含水比と比例し、北海道よりは更に分解が進んだ東北泥炭では、圧密沈下特性の初期部分に、粘土と同じ直線部が得られるという74の成果は、今後、有機質土の問題を論ずるとき、粘性土の考え方を更に広げて土粒子と水の相互作用の問題として統一的に論ず

ることの可能性を示唆するものとして注目したい。

次に、土粒子が作る集合体の形成については、土構造の問題でもあるが、物理化学的には、分散・凝集の問題ともいえる。更にまた粒子間結合物質(セメンテーション)の問題も付加される。67は粒度分析にコンピューターの画像処理の手法を導入し、前年に引き続いての報告である。粒度分析は、どの程度に集合体を分散させるかの問題を含み、それがコンシステンシーや自然含水比といった土粒子と水の相互作用の問題ともつながるので、基礎的研究として大いに期待される場所である。72, 73は脱鉄処理の問題をとりあげているが、やはり分散・凝集の基本的問題を含んでいる。特にこれらの研究は、ラテライトなど熱帯土壌を取り扱っているため、海外での土木事業とも関係が深く、基礎的であると同時に直接現場とも関係の深い貴重な研究である。75はシリカアルミナ水和物を生成していくポゾラン反応をとりあげたもので、セメンテーションの問題に貴重な示唆を与えるものと考えられる。同時にまた、こうしたテーマは資源の再利用の問題として、今後ますます重要度を増すであろう。66, 67, 68は含水比や粒度、比重といった基礎的データであるだけに、地味ではあるが重要である。特に68は、間隙水中の塩類濃度の影響を明らかにし、補正式まで提案した貴重な研究で、比重は計算の基礎になる量であるだけにその成果が注目される。土質試験のデータといえ、ばらつきが気になる場所であるが、65は昨年引き続いての発表である。64もまた土質データのばらつきと処理の問題ととらえることができる。地味ではあるが、こうした貴重な成果が、積み重ねられていくことが、土質工学の底辺を支えていることを、改めて深く考えさせられた次第である。

構造・透水性, 浸透・排水

一般報告

徳島大学 山上拓男

- 76 学校屋外運動場の表面かたさに関するモデル実験(その2)(山本・川崎・佐藤)
- 77 既往の試験結果からみた礫まじり土の工学的性質(久楽・三木・岡田)
- 78 乱さないまさ土の浸水劣化特性について(西田・春山)
- 79 粘土の構造を考慮した透水係数について(風間)
- 80 ロックフィルダムのコア材料の透水性の異方性に関する研究(播田・柏木・吉田)
- 81 転圧して締め固められる土構造物の透水試験について(野口・松井・小林・山本)
- 82 地下浸透水の現地測定に関する実験(小松田・平田・

大森・内藤)

76は従来より安全性、快適性の面から学校運動場の表面かたさを追求している継続研究の一環である。本年度はモデル地盤の締固めに用いるべき再現性のある締固め機選定の経緯と、それによる実験結果を報告している。この研究に関しては特筆すべき討論はみられなかった。しかし土質工学の教科書的立場からすれば、特異ではあるが、非常に重要な問題を扱った研究であり、早急に成果を取められ、実際面で活用されんことを期待したい。

77は現実のフィルダム遮水材料の対象となった大粒径の礫を含む各種の礫まじり土の透水性、強度特性を検討したものの。最大粒径が5mmの礫まじり土を用いたこれまでの室内試験の結果とは異なり、細粒土部分の密度と透水係数 k の間にはあまりよい相関がない、しかし粗粒分含有率に伴う c' , ϕ' の変化には共通の傾向が認められる、などの結

論を得た。この研究については“細粒分の含有量と k の関係調べているが、間隙の大小およびその連続性と k の関連性を検討しては(風間)”との示唆があり、今後検討してみたいとの回答があった。

78は乱さないまさ土に浸水、乾燥を繰返し作用させ透水性や強度特性に及ぼす浸水の影響、作用機構を考察したもので大変興味深い研究である。特に浸水履歴に伴う k の変化、あるいは浸水履歴による土構造の変化と強度減少の関連性およびメカニズムの解明に関心が持たれた。自然状態のまさ土はそれ自体既に浸水履歴の影響を受けているのではないかとの質疑に対し、表層においては確かにそうだが、ここで用いた試料はそうした影響のない深部で採取されたものであるとの回答がなされた。

79~81は不かく乱粘土と締固め土の相違はあるが、いずれも k の異方性(鉛直方向 k_v と水平方向 k_h の違い)に注目している点で共通の意識のもとになされた研究である。まず79は不かく乱粘土に対して既に誘導している構造を考慮した透水係数式に理論的、実験的考察を加え、これより限られた条件のもとではあるが k_h/k_v を簡便に算出する式を提案した。その結果、ここで用いた試料に関して k_h/k_v の値は間隙比の減少につれて3程度に及ぶことが示された。本研究は不かく乱沖積粘土を対象としているが、こうした自然状態の土と締固め土とにかかわらず、数値解法の発展の刺激を受けて近年その異方性を定量化せんとする試みが活発であり、この研究も実用化の域まで高められんことが強く望まれる。80はコア材のごとき締固め土の k の異方性を明らかにすべく一辺300mmの立方体モールドを作成し、水平方向の透水性を検討した。81は同様な目的で中空シリンダー型の透水試験装置を試作し、この中で突き固めた試料について放射流れのもとにやはり水平方向の透水性を調べたものである。80では $w_{opt}-2\% < w < w_{opt}$ で $10 < k_h/k_v < 50$ にもなり得ることが、また81では $10 < k_h/k_v < 20$ 程度となることが報じられている。これらの数値に真に信頼性があるならば事は重大である。しかし79~81への“異方性の度合いが大きければらついているのはなぜか(久楽)”,あるいは80, 81への“締固め時の各層間の継ぎ目の処置はどうか(風間)”といった質疑に対し、79はともかく80, 81でなされた回答から判断して、これら二つの実験はようやく緒についたばかりであり、今後のデータの蓄積に待たねばならないとの感を強くした。継続研究に大いに期待したい。

82は飽和度の変化を土の比抵抗の変化としてとらえる多段式地中比抵抗測定器の開発と現地測定結果の一例を示している。得られた初期浸潤等時線の形状はごく常識的なものであり、この装置が今後実務面でどのように活用されるのか、筆者には理解しがたいところであった。

最後に、77~81に対して“試験実施時の飽和度の確認を行っているのか(青山)”という基本事項の質問があり、そ

れぞれ77は室内試験でB値0.96以上、78は図中に明記、79はほぼ完全飽和、80は100%と仮定、81は95%前後、との回答がなされた。

鹿島建設 鈴木音彦

499 福岡市東北部市街地における地下水の動向について(松原・表・徳田・倉持・松本)

500 河床掘削に伴う地下水位低下の推定と実際について(渡辺・竹田・吉田)

501 揚水試験結果の整理方法に関する研究(河野・西垣・河相)

502 原位置透水試験法の適用範囲に関する研究(河野・西垣・福谷)

503 中性子水分計の室内透水試験への適用に関する研究(河野・西垣・延山)

504 止水矢板の効果判定についての一実施例(井根・渡辺・橋本)

505 クイックサンド現象の弾塑性数値解析について(続報)(山上・春本・滝)

506 塩分の移流・拡散・吸着現象の数値解析(嘉門・青木・内山)

507 数値解析による揚水試験の考察(宇野・新井・西本)

508 飽和・不飽和浸透解析に関する2,3の数値実験(続報)(山上・田内)

509 境界要素法による地下水揚水量に対する一考察(倉野・林・藤岡)

510 境界要素法による非ダルシー浸透問題の解析(山上・岡田)

今回担当する論文は、499~510の12編であるが、この12編の内容を、一つの観点に立って分類すると、広域地下水に関するもの5編(499~503)と浸透問題のシュミレーション解析に関するもの6編(504~505, 507~510)および塩分の移流・拡散・吸着に関するもの1編(506)の3群に分けられる。また別の観点に立って分類すると地下水調査法に関するもの2編(499~500)、透水試験法および試験結果の解析法に関するもの5編(501~504, 507)、塩分の移流・拡散・吸着現象の解析法に関するもの1編(506)、浸透解析法に関するもの4編(505, 508~510)の4群に分けられる。以下に各報告の概要を述べる。

499は福岡平野の東北部で海岸線に平行なルートで現在建設中の福岡市地下鉄の地下構造物が、この地域の地下水流動に与える影響を地下水位変動と水質変化の長期観測によって把握しようとしている調査の中間報告であるが、現状は地盤を形成する土層との対応で地下水位が潮汐の影響を受ける範囲や塩分拡散の状況を把握できるようになってきていることを示している。この調査は報告の範囲では理学的目的で実施されているようにうかがえたが、いずれは工学的目的が設定されるものと思われる。500は河川の河床が掘削などによって低下した場合の周辺地域の地下水流

一般報告・総括

動の変化について、事前調査結果に基づいた予測と、事後の調査で得られた事実との比較を行い、その対応性の良好なことから、提案している支配式やモデル化の方法、境界条件の設定法および水位観測法などを含めた予測手法の妥当性を報告している。この報告も 499 と同じく理学的観点に立ったものであるが、この手法は工学的利用も十分可能と思われるものであり、その方面への展開が期待される。501 は揚水試験結果をコンピューターを用いて自動的に、客観的に解析し、帯水層定数を求める方法について報告したものである。揚水試験結果の代表的解析法として Theis (タイス) と Jacob (ヤコブ) の方法があるが、これらの方法は観測結果を両対数紙あるいは片対数紙上に整理して、標準曲線と重ね合わせるか、直線の勾配から帯水層定数を求めるものである。この報告では、揚水試験の計測が自動化される傾向に対応するための観測結果から帯水層定数を自動的に求める方法を詳細に述べるとともに、実際の揚水試験結果をこの手法で解析した場合と、60名の人々によって人為的手法で解析した場合の結果を対比させ、その誤差についても述べている。揚水試験結果の人為的解析法に個人差が入ることは古くからいわれており、多くの研究者がその対策に苦心しているが、この報告は比較的容易に取り扱うことができる方法を提案しているもので、今後、広く水平展開されるものと考えられる。502 は地下水面下の地盤に対する単孔式原位置透水試験法に関し、その解析式を再整理して相互関係や適用性を述べるとともに、有限要素法による浸透解析モデルを用いて、各解析法の妥当性や地盤の異方性および不均質性について考察した結果を報告したものである。ここでは単孔式原位置透水試験法として、オーガー孔法、ピエゾメーター法、チューブ法を取り上げ、これらの方法によって求められた地盤の透水係数の信頼度が低いという評価の根拠を試験方法と解析方法に分類し、解析方法について検討した結果、それぞれ試験法の特性を十分知った上で利用すれば測定結果の信頼度が高まるものであることを報告している。503 は室内での不飽和浸透実験に必要な試料中の局所的な土中水分量の経時変化を計測する手法として、新しく中性子線を利用する方法を開発し、従来のガンマー線を用いる方法よりも高い精度が得られることを示す報告である。この研究は降雨の浸透による斜面崩壊などのように、土中に水が浸透することによって生ずる土構造物の崩壊予知の研究のための基本的なものの一つであり将来の発展が期待される。

504 は防潮堤基礎部に打ち込まれた遮水用矢板の遮水効果の定量的評価を行うための解析手法として、矢板背面の観測孔の水位変動測定結果を潮位変動を考慮した周波数分析を行うことによって成功した例についての報告である。505 は浸透流に起因して土構造物が変形しつつ破壊に至る現象の解析法の開発の一環として、矢板の回りの浸透場に対して非線形弾塑性数値解析を試み、弾塑性解析手法とし

ての接線剛性法に伴う数値誤差の軽減化、および載荷過程・除荷過程の選択に改良を加えた方法と結果についての報告である。506 は海浜沿岸地域における地下水の過度の揚水による地下水の塩水化を阻止するための地下水揚水制御を行う必要性に対し、その方法検討の基本事項の一つである海水浸入による塩分の移流・拡散・吸着現象をモデル地盤を設定し、有限要素法により解析検討した例につき、手法と結果を報告したものである。この解析結果として土粒子の吸着による影響が大であることが明らかになった。507 は揚水試験時の水位低下曲線には水理境界条件や地盤帯水層の条件が影響して種々のパターンが現れることは Jacob 整理法による整理図で分類されて知られているが、整理図にない型の水位低下パターンについて、井戸容量、境界条件と帯水層定数の組み合わせの結果として生ずるものであることを数値解析結果から説明できることの報告である。508 は有限要素法による飽和・不飽和領域を一体とした浸透解析について、実用的立場から興味のもたれると思われる事項として、典型的な外水位上昇時と降下時の堤体内浸透問題を例にとり、数値実験における比水分容量行列の対角化の当否、時間積分の中央差分と後退差分法による差異、要素分割の粗密の効果、タイムステップの大小の影響などを実測値との比較で検討した結果の報告である。509 と 510 はいずれも境界要素法の浸透問題への導入に関する報告であり、509 は井戸の揚水解析に用いた場合の解析例を有限要素法による解析結果と比較した報告であり、510 は非ダルシー浸透問題への適用性の検討の一環として行った拘束流れに関する内容について、解析方法と解析例を報告したものである。

総括

岐阜大学 宇野尚雄

構造・透水性部門の7編、浸透・排水部門の12編について総括する内容は、合計19編を分類して、A. 構造・透水性の77, 79, 80, 81, B. 透水現象の解析の505, 508, 509, 510, C. 原位置透水試験の501, 502, 507, D. 地下水流動の499, 500, 504, E. 透水現象の計測技術の503, 82, F. 特殊問題の76(表土の含水状態と硬さ), 78(浸水による土の強度低下:劣化), 506(塩分の移動・拡散・吸着)に大別してみる。

Aの構造・透水性では透水係数を土の構造、粒径、間隙比、等々の関数として表現したい願望が基本にあり、従来から Hazen (ヘイゼン) 式, Terzaghi (テルツァーギ) 式等が提案されている。これに対して77は礫まじり土であるため 74 μm 以下の細粒分含有率を支配的因子とみだてた試みの適用性を調べたものであるが、討議で示された風間の見解に賛成である。79~81に共通の異方透水性については、それぞれ試料、状態、試験法が異なっていて一概に論ぜられない。しかし80, 81の新装置による検討は興味深い反面、

等方性試料による検定が必要ではなからうか。また青山の指摘のように、試料の飽和度とその分布も気になりである。部分的に低飽和度のゾーンが影響するからである。79は数年来の成果で完成に近いとみられる(形状係数の設定法の指針が欲しい)が、構造を反映した配向度によるパラメーター OF という量を導入して興味深い成果を収めている。すなわち異方性を表現するために構造表現因子をもってされている点は高く評価されよう。一方、透水試験データを整理すると、透水係数 k と間隙比 e の間に、 $\log k \sim e$ の直線的関係が砂質土でも粘性土でも報告されているので、この理論的究明を踏まえた研究も期待される。

Bの解析に関する報告は変形考慮の505、時間差分のとり方を検討した508、境界要素法を適用した509、510である。これらはそれ自体重要な研究であるが、コンピュータプログラムが通常の論文には現れがたく、理解しがたい面がある。いずれ解析成果が簡単な数式表現に整理されると、実用的即戦力となるのだがなあ……というのが筆者の願望である。

Cの原位置試験に関する3編はいずれも過去の実績経験の反省に立った問題点説明を意図している。特に502の単孔式現場透水試験の研究は井戸の目詰まりなど精度的に問題があるとされてきた試験法に対して、数値解析による現象の解明を意図したもので、その適用性を究明するうえで有用であると考えられる。一方、多孔式揚水試験の501、507は視点こそ違いますが、前者がデータ解析時の人為的誤差を除去する手法の開発に関する研究であり、後者は未解明の水位低下パターンを数値解析により究明したものである。いずれも揚水試験による帯水層定数の正確な推定を意

図して、望ましい研究動向であろう。

Dは地下水流動に関する調査・解析であり、特に新しい手法ではないが、解析結果(予測値)に終わることなく観測データと対比していこうとした事例的研究報告は必要である。これらの蓄積のうえで、解析パラメーターの妥当性、推定法、境界条件の設定方法が明確になるであろうと期待される。

Eは計測技術として503の中性子水分計、82の地中比抵抗測定器が報告された。503は同一著者らの作成したガンマー線手法と対比して中性子線の利用の方が精度的によいことを示し、サクシオン～含水比の関係の測定例を示し、間隙比変化の生じる透水場でも有用なこと、したがって、圧密・膨潤現象にも利用が期待できるとしている。しかし検定曲線の準備、装置の特殊性もあるので、容易に利用できるように改良していただくと好都合である。82は土の比抵抗測定による含水状態の推定であるが、農業土木分野でも検討されてきて、土の密度、水質等に左右されやすいとされてきた手法なため今後の検討に期したい。2件とも含水状態の計測であるが、将来はサクシオンの測定法も開発が必要ではなからうか。

Fの特殊問題は“特殊”という意味でなく、一編ずつのものが3件という意味である。78の浸水劣化は工学的に重要な問題で、不飽和土の力学の研究の進展とも呼応して浸水が土に与える不安定要因の評価、表現の開発が望まれている。また506に関連して、実際の土中では塩分の蓄積があるのではないか(汚染されると容易に塩分濃度が下がらない傾向のこと)の意見も聞かれ、吸着・拡散によりどの程度説明し得るか、今後説明が期待されよう。

圧縮、圧密

一般報告

広島大学 吉国 洋

83 側液体積一定型三軸 K_0 圧密装置とその適用(網干・渡・新舎・劉)

84 空圧載荷に伴う圧密試験法の問題点(今井・望月・藤崎)

85 飽和粘土の三軸圧密試験法(安原・平尾・三輪)

86 ある海底土の動水勾配制御圧密試験結果(村田・熊谷)

87 繰返し圧密試験における応力増分比と時間の及ぼす影響(陶野・桑原)

88 繰返し応力下における粘性土の圧密沈下解析(桑原・陶野)

89 電磁誘導式深度別沈下計の開発とその応用について(谷口・楠見・中島・斉藤・辻本)

83は K_0 三軸圧密試験装置の開発報告である。 K_0 三軸圧

密には二つの方法がある。一つは供試体の側方変位をゼロに保つよう軸圧または側圧を制御する方法、今一つは供試体と同径のピストンを使い側液の体積を一定に保つ方法である。前者は、工学的に要求される精度での制御が困難なこと、慣れを必要とし、ルーティンワークの試験になりがたい。この点、後者は制御を必要としないので試験そのものは易しい。しかしこの特質を全うするためには側液の体積をきびしく一定に保たねばならない。そのため体積一定のための工夫について討論は集中した。

84は標準圧密試験におけるレバー載荷方式を空気圧載荷方式に変えようとする試みであり、試験装置の縮小化と自動化にねらいがある。載荷装置に要求されるものは圧密圧の安定性であろう。この空気圧載荷装置では、圧密圧が小さいとき多少圧密圧に変動が見られるが、圧密試験の結果から見ると、レバー載荷のそれと大差なく、実用的に十分満足できるという。この載荷システムの場合、圧密圧の変動はエアーレギュレーターの精度、ペロフラムシリンダー