

総 括

という観点からは、依然として発達の可能性のある分野である。異方性の導入、内部変数の発展則、全く新しい構成モデルの提案もありうる。新しい合理的なモデルの提案とともに、様々に異なる定式化について、より統一的な記述を試みることも必要である。一方では新しい構成モデルの提案がなされ、それと同時に俯瞰的な視点からの統一化がなされなければならない。数多くのモデルが混在し未整理の状態では、大きな発展は望めない。新しい構成モデルの提案の方が、論文としては評価を受けやすいのであるが、構成モデルの整理を目的とする研究にも相応の評価を与えることが必要になろう。

有限要素法に代表される非線形問題を対象とする数理モデル（保存則と構成モデルから構成される支配方程式

+初期値、境界値）の中で、構成モデルが果たす役割も明確に意識されなければいけない。対象とする数理問題（例えば、盛土と掘削の違い）と使用する構成モデルの相性の問題も明確にされなければいけない。現在の構成モデルおよび数値解析のレベルでは、すべての問題に対して適用できるオールマイティモデルは存在しない。目的に合致した構成モデルの選択がどうしても必要になる。このためには、ある構成モデルの得手／不得手を合理的にかつ公平に評価することも今後なされなければいけない。かなり複雑化してきた構成モデルであるが、今後の正常な発展のためには、この辺りで整理をし、構成モデルと数理解析システムの在り方に明確な評価を与える努力が必要となっているように強く感じている。

ディスカッションセッション6 土の凍上に関する実験結果・試験方法

総 括 4. 地盤挙動；凍結・凍上

総 括

北見工業大学 鈴木 輝之

地盤の温度が低下すると、土中の水分が凍結して土は固化する。これが土の「凍結」である。土が凍結する時、温度・水分・土質の条件が揃えば凍結面付近に移動して来る水分によりアイスレンズが造成され、土の体積が増加する。これが土の「凍上」である。このように、土の「凍結」と「凍上」は別の現象を表す用語である。このセッションの基本的キーワードは「土の凍結」であり、それが生じた時に強度の増加や、冷熱エネルギーの蓄積など工学的に取り上げられている幾つかの現象が生じるが、その中の一つが「凍上」である。

近年、土の凍結に関連する研究課題は着実に発展して来ているが、工学的研究の大きな流れとしては、地盤凍結工法や液化天然ガス地下式貯槽などの設計に代表される「人工凍結分野」と、寒冷地における道路や土留め擁壁などの構造物に対する凍上被害対策を中心とする「自然凍結分野」が挙げられる。表一1は以上のような考え方で発表論文を分類してみたものである。19編の論文のうち10編はディスカッションセッション6「土の凍上に関する実験結果、試験方法・エンジニアリング」で発表され、9編は一般セッション「凍結・凍上」で発表された。

地盤工学会では平成14年度中の完成を目指して土の凍上試験方法の基準化が進められており、本ディスカッションセッションは間もなく公示される基準案に対する最後のディスカッションの場として設けられたものである。ディスカッションセッションでは、凍上試験に結びつく課題の研究発表7件（591～597）および凍上試験そのものに関する研究発表3件（598～600）が行われた。また、小野（北海学園大学）、伊豆田（㈱精研）両副座長から凍上試験法基準化の背景の説明と基準案の

表一1 研究内容の分類（19編）

項 目	発表 件数	内 容
理論・解析	5	巨視的凍上理論に基づく有限要素解析（582）、不凍水（588）、アイスレンズ（589）、凍上基礎理論（590）、凍結時の側方変位（595）
凍上試験	3	側方摩擦（589, 599）、凍結方式の影響（600）
人工凍結分野	5	圧密促進工法（583）、三次元熱解析（584）、凍結膨張対策、吸収孔（594）、三軸凍上（596, 597）
自然凍結分野	6	冬期土工（585）、粒状体の熱伝導率（586）、凍結期熱流観測（587）、ベントナイト混合土の凍上（591）、舗装の凍上（592）、擁壁の凍上（593）

解説が行われ、活発な討議がなされた。その中で、試験の報告事項として比表面積を入れてはどうかという提案がなされた。これに対して現時点の基準としてこの提案が妥当であるかどうかの議論があったが、現在設定しようとしている基準は将来的にも完成した普遍のものではなく、今後の研究を通してより進歩させていく余地のある試験法であることを示唆した意見として重要であると考ええる。

引き続き一般セッション(582～590)では、土の凍結・凍上に関連した幅広い研究発表が行われた。この中で、巨視的凍上理論の定式化（582）、凍結の圧密促進工法への適用（583）、廃棄物の凍上対策材料への利用（586）など、凍結・凍上問題の新しい広がりが見られた。

本文中では研究の目的に応じて発表課題を分類してきたが、土の「凍結・凍上」の理論は一つである。たとえば、今回進められている凍上試験方法の基準化では、人工凍結分野を主な対象とした「凍上量予測のための土の凍上試験方法」と、自然凍結分野を主な対象とした「凍上性判定のための土の凍上試験方法」の二つの基準とし

て提案されている。技術的にはこの二つの基準を一つにすることは可能であり、委員会の段階では一つの案としての基準化も検討されたが、実務サイドでの実態と使いやすさを考慮して二つの基準としたものである。一つの理論の下にある研究分野を目的に応じて分類する必要があるのは、その研究分野が未成熟なためとも思われる。将来的には研究が進み実務的な見地からも、上記のような分類の必要が無くなってくることを期待したい。

「人工凍結分野」に地域性がないことは言うまでもない。また、「自然凍結分野」においても、山間地まで開発が進んだ現在では、北海道などの寒冷地域に限られたローカルな課題ではなくなっている。地球規模で見ても陸地の70%は何らかの凍結を受け、その内20%は永久凍土地帯と言われている。建設事業の国際化とも相まって「地盤凍結」の技術はますますその必要性が高くなると思われる。

ディスカッションセッション7 地盤環境振動の予測と制御方法

総 括

岡山大学 竹宮 宏和

1. 報 告

DS7は、「地盤環境振動の予測と対策の新技術に関する委員会」が提案して実行されたものである。

テーマ「地盤環境振動のイノベーションは図れるか？」の下で前半セッションの地盤環境振動の予測と後半セッションの制御方法について、まず各発表者からのプレゼンテーションがあり、その後、それらの内容を踏まえたディスカッションを行った。今回の発表内容別の分類をすれば、予測手法に関しては、全7編（論文番号953～959）いずれも振動源から受振点までの地盤内の波動伝播に注目したものであった。対策工法では、全9編（論文番号960～968）の内、発生源に関係した論文と地盤内の伝播性に関係したものがそれぞれ4～5編を占めており、受振点に関するものが1編あった。

地盤環境振動の予測では、計測データに基づく経験式から数値シミュレーションの方向へ進んでおり、二次元から三次元、その近似である二.五次元のモデル化手法がコンピューター・ソフトとパソコンの発達で容易にできるようになったことによる。しかし予測指標として、加速度、速度の物理量をとっているにもかかわらず、それらから変換して振動レベル（デシベル表示）を踏襲していることへの議論があった。それは(1)予測精度の向上と現状規制値評価とのギャップをいかに解消するか、(2)予測モデルの適切な使い分けについてのディスカッションとなった。予測手法の高度化は、地震工学で地盤と構造物の動的相互作用を扱ってきたステート・オブ・アートがそのまま、人工振動源に対する構造物から地盤への振動伝播解析に応用できること、その際、対象とする振動のレベルと振動数帯域には、当然、振動源特性を反映した差があり、そのためのシミュレーション・モデルの段階で扱う波動の再現性を考慮した注意が必要とされる。またどの物性データに特に留意すれば、妥当な結果を出すことができるのか、モデル化に取り込む地盤領域は表層からどの程度の深さまで必要ななどにフォーカスが当てられていた。

地盤環境振動の制御方法について、地震工学との対比

表一 研究内容の分類 (16編)

項 目	発表 件数	内 容
振動予測	7	高架交通振動 (953), 振動予測システム (954), 起振機実験と解析 (955), 高速列車走行時の数値解析 (956), 道路交通振動 (957), 列車振動対策シミュレーション (958), 高架振動と沿線振動対策 (959)
振動対策	9	波動遮断壁工の解析 (960), 中空壁と空溝工の実験 (961), WIB工の実測 (962), 遮断壁工の実験 (963), オーバーレイ舗装と実測 (964, 965), 土のう工と実測 (966, 968), 軽量盛土工の数値解析 (967)

の上で、耐震、免震という概念に対してどのような技術用語が使われればよいのかの議論があった。従来の機械や風による建物内の環境振動では、制振、除振、防振という概念の技術用語がある。地盤内波動を扱っていくには減振という言葉では、どうだろうと今後の環境振動対策への積極的な方向付けをするためのディスカッションが持てた。振動対策からは、コスト対効果の大きなもの、施工制約の小さいものが当然望まれる。そして個別検討から一般化設計への公式化がステート・オブ・アートから誘導できないだろうかとの振動対策設計への期待があった。その場合、ユーザーのための透明性を持った性能表示を目指して、対策効果の表示情報を統一化できることが同時になされる必要がある。もちろんそうした前提として、多くのコンピューター・シミュレーション検討結果があること。そのための解析を試行することへの積極性を示していくことが肝要であるとの意見があった。

2. 研究ならびに技術動向

環境振動評価に関して、振動源、伝播媒体、受振側と分類された下で、これまでに多くの研究成果、業務報告があり、「地盤環境振動の予測と対策の新技術に関する委員会」では、過去10年に遡って文献調査をしており、200編余の抄録を作成している。これらから指摘できることは、地盤振動が大きな要素であるにもかかわらず、力学的な評価が最小限に留まって、それも現実の状況をよく取り入れたものであったと言いがたい。調査委員会が発足して以来、この点を指摘して研究会活動を継続して来た。最近のコンピューター・シミュレーショ