

助成番号：302

前年、アルバータ大学で3名で行った「凍土内の塩分濃度が熱伝導に与える影響」に関する共同実験結果のとりまとめと発表のため

土 谷 富士夫
開発土木工学研究室

1. 目 的

アルバータ大学工学部土木工学科土質工学研究室の Sego 教授らと、87年に6カ月滞在し共同実験を行ったが、その実験が途中であることから再度打合せを行うためである。

2. 期 間

1988年9月8日から9月23日まで

3. 場 所

カナダ・アルバータ州・エドモントン市

4. 内 容

アルバータ州は北海道とは姉妹州提携を行い、互いに産業、文化、学術等の交流が開始され、これに基づき、大学教官の研究交流を目的としたプログラムがスタートした。第1回目としてアルバータ大学に滞在することが認められたのは1987年の5月であった。そこで、工学部土木工学科の土質工学研究室のモーゲンシュタイン教授のもとで、土の凍結の研究に関する情報を得ることとした。

モーゲンシュタイン教授は土の凍結、凍上に関する権威であり、その研究レベルはカナダ第一と言われている。そして、教授は凍結・凍上に限らず土質工学に関しては世界的権威であり、多忙の身であった。彼の弟子である同研究室のシーゴ教授を紹介してくれた。現在、彼が直接凍上問題を扱っており、多くの大学院生を指導していた。特に、「凍結した土、塩分を含んだ凍土、氷および氷河性 Till の強さと変形」、「不凍結土の擁壁」、および「海岸工学 (Offshore Engineering)」を専門としている。そして、彼は1980年に「Deformation of Ice Under Low Stress」という題目でアルバータ大学から学位を授与されていた。カナダは北方に位置するため、土木関係では土の凍結問題は避けて通れない重要な問題であり、近年は石油開発など寒地資源開発利用でも重大な課題となっている。同研究室で研究が行われた最も興味深い内容を再考すると、第1に永久凍土の問題であった。Morgenstern 教授の指導の基で McRoberts は永久凍土地帯での斜面の安定問題を研究した。次に永久凍土地帯では夏に融解が起るため、Nixon によって融解土の圧密現象が研究された。そして、Pufahl によって融解斜面の挙動、Roggensack によって永久凍土の土質工学的特性が研究

された。

他方、土木的実用問題として重要になってきたのは、凍結、凍上対策である。Weaver は永久凍内の抗基礎の研究を、Konrad は凍上のメカニズムを研究した。この中で最も興味深い研究が Konrad-Morgenstern の凍上理論である。世界的に凍上のメカニズムの研究が行われているが、理論的に不明な部分が多く、土壤中を流れる水と熱の複雑な結合を使って十分に凍上現象を予測することができない状態にある。Konrad 等の研究は、こうした細かな理論は別として、工学的な係数を用いて実際の現地の凍上量を予測するものであった。彼等は、室内実験から分離ポテンシャルと呼ばれる温度勾配に対する水分移動速度を求めることにより、凍上を予測することに成功している。したがって、北海道における土に対しても同様な結果を得られるかどうかは今後実験を行う必要がある。

ところで凍上の問題は別に、アルバータ大学での現在の共同研究は海水を含んだ凍結砂の力学的性質の研究が主流となっている。6カ月の滞在中に論議した内容を示すと、北極海の化石燃料の開発のためであり、氷荷重に耐えることのできる石油井戸の堀削設計と施工の問題である。8m以内の深さであるなら人工島を建造することができる。しかし、海の水深が8mを超すと不可能である。そこで、ケーソンで人工島を建設する試みが検討された。これらの人工島は氷荷重に耐えられるためには多量の砂を充てんする水中置換を必要とする。このため、砂の量を減少させ、この安定性を増大させるため、人工的に砂を凍結することが設計可能であり、この方法が十分に検討されるべきである。塩を含んだ凍結砂はこのような環境に遭遇するため、その性質を決定することは興味深いものとなっている。このため、土質工学研究室の冷凍実験室を多数使用し、塩分濃度の異なる砂の供試体を作り、液体窒素を使用して凍結した。凍結が完了した後に供試土を一定のマイナス温度条件下で圧縮破壊し、その時の圧縮強度を求めることが主目的であった。こうした凍土の力学性試験は、大学院生の Hivon が担当する事となり、私の試験は同一供試土の熱伝導率の測定となった。一般に、土中の塩濃度が増加すると凍結土の力学性は低下すると言われている。何故なら、塩分は凍土の凍結温度を低下させ不凍水量を増加させるからである。もちろん、この不凍水量は供試体の温度の関数ともなって変化する。温度、濃度と強度の関係を求める訳であるが、凍土の熱伝導率も同様な関係を示すと思われる。したがって、塩分を含んだ凍土の熱伝導率が測定できるなら、手間と時間のかかる力学試験はしなくとも容易に推定できると考える。

実験は87年9月に開始されたが、途中でトラブルが発生した。これは私が日本から持参したサーマルプローブのヒータ線が液体窒素の低温のため断線してしまったのである。今回の渡行はそうしたトラブルに対応できるプローブを開発することが目的であった。結論的には、熱伝導実験は日本で行うことになり、カナダから実験用の土を送っていただく事となった。そして供試土はさらに3種に増加する事となった。

このように、土質の実験にはかなりの量の土を必要とするため、政府の許可を必要とする。次に日本で実験を行うには、アルバータ大学と同様な実験装置を必要とするため、現在設計製作が始まっている。我が国では凍上対策として土の中に塩分を投入する方法は取られていないが、いずれ置換材が不足した場合には同様な研究が必要となると思われる。しかし、塩の投入が力学性の低下となると問題となることと、土の融解による塩分の移動が起るため、そのメカニズムについて知る必要があると考えられる。2度に渡るアルバータ大学の滞在によって、寒冷地域の共通の問題を認識すると共に、アルバータ大で積極的に取扱われた研究をこの北海道の寒冷地域に十分に応用できるも

のがあることが確認された。今年度、我が大学とアルバータ大学農林学部を主とした、「寒冷地の農業技術に関する国際シンポジウム」が開催されることは喜ばしい事である。このシンポジウムに参加するアルバータ大学の教授たちについても、今回の渡行で知り合う事ができた。特に、農林学部土壌学教室の Chanasyk 助教授は、アルバータの北方農地帯の Peace River 流域の農業排水、土壌侵食等の興味深い研究を行っていた。冬期間、農地が凍結するなかで、中性子水分計を使用し、長期間の土壌水分の変動を研究しており、我が研究室でも計画中であるが、要求している特別設備費がまだ通過せずにいるため研究が始まらない状態である。