

第4回雪工学に関する国際会議参加報告

木村 智博*¹ ・ 青山 清道*²

Report on the Fourth International Conference on Snow Engineering

by

Tomohiro KIMURA and Kiyomichi AOYAMA

1. 緒 言

1988年から4年に1度、開催されている標記会議は今回、4回を数え、この20世紀に急速に発展した雪工学の回顧と展望を行う区切り、との位置付けで行われた。そのためか、プロシーディングスに掲載されている論文の中には、当該事項のレビューを行ったものも少なからず含まれており、今後の研究を行うに際し、示唆に富んでいる。

本国際会議の過去の開催地は1988、1992年ともにアメリカのサンタバーバラ、1996年の第3回会議は仙台で記憶に新しく、20世紀最後の今回はノルウェーの首都であるオスロより約500km、北に位置するトロンハイムである。

歴史的建造物が目に付き、その中でも、12世紀に建てられたニグロス大聖堂は圧巻であった。駅から会場となったノルウェー科学技術大学(写真-1)まで歩いて行ける距離でもあり、街全体がこじんまりとしている。アットホームな雰囲気であり、リラックスした気分で会議にのぞむことが出来た。

ノルウェーは北陸地方等と異なり、山間部を除き多雪ではなく、降積雪量の年変動幅もさほど大きくないため、建物の雪荷重設計等を容易に決定しやすい。一方雪氷災害を考えた場合、昼でもうす暗い冬場は、雪崩が発生すれば被害の拡大が懸念され、わが国に劣らず雪崩対策に力を入れている¹⁾。

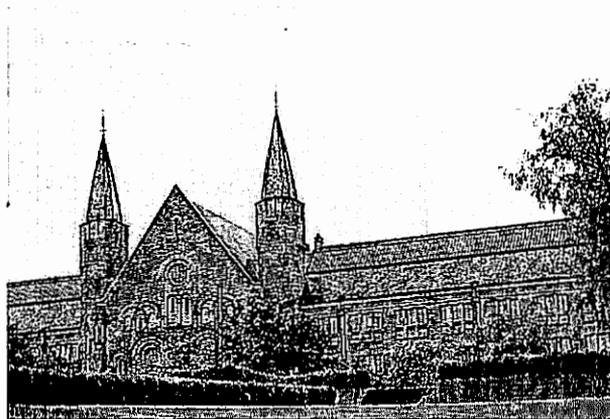


写真-1 会場となったノルウェー科学技術大学

*¹元新潟大学大学院生

*²新潟大学積雪地域災害研究センター

文献1) に示した雪崩対策の指針の中では日本人研究者の論文が引用されており、この分野における長年の蓄積が認められた証左である。

2. 会 議 概 要

標記会議は2000年6月19日から同21日にかけて開催され、参加者はノルウェー、日本人の数が目立った。他には米国、英国、フランス、ドイツ、イタリア等からの登録もあり、同伴者を含め、全体で約80人で、うち、日本人は約30名であった。

会議では基調講演、一般発表、最終日にはクロージング・セレモニーの中で雪工学の回顧と展望と題する話題提供と、それに対するフロアーからの議論が行われた。

一方、ソーシャル・プログラムではウエルカム・パーティー、バンケットの時間が設けられたが、仙台の時に行ったショート・トリップはなかった。ただ、ウエルカム・パーティーの後に会場となった大聖堂に隣接するミュージアムで所蔵する石像、各種彫刻品、美術品の解説が約1時間なされ、しばし、タイム・トリップを楽しみ、歴史の重みを感じた。見学は午後9時頃に終了したものの、白夜のため、辺り一面さんさんと降り注ぐ太陽の景色に触れ、我々日本人にとっては時間的な感覚を忘れさせた。その一方で、冬には殆ど日光が顔を出さない状況に思いを馳せ、雪氷災害が生じた時の機敏な対応をするための方策について議論を行い、ヨーロッパからの参加者と意見交換をした。

3. 研 究 発 表

今回の発表セッションは仙台とほぼ同じであったが、発表数は激減した。前회가100件を超えていたのに対し、70件弱であった。なお、各セッション名は以下に示す通りである。

- (1) Snow technology and science
- (2) Structural engineering
- (3) Housing and residential planning
- (4) Transportation

今回の国際会議の特色は、雪氷工学と関連した構造工学、地盤工学等を扱った研究が発表された点にある。また、ITS等に代表される情報科学関連からの参入があった。

構造工学の分野では、ISOやユーロコードを視野に入れた雪荷重の考え方を示した発表が多く、イタリアやウクライナ等の道路や構造物への雪荷重のデータを示した例があった。また、各地の積雪深、雪質、密度等を考慮した設計荷重の考え方を探ったものもあった。さらに、構造物が受ける外乱の評価において、雪に加え、風荷重を視野に入れたり、組み合わせ荷重のシミュレーションを扱ったものも散見された。これに加え屋根雪荷重による構造部材のたわみ、屋根雪落下の衝撃力の評価法に関する提案を示した事例もあった。

地盤工学領域では多変量解析による融雪期の地すべり危険度評価を再検証するためのせん断強度などの実験結果の考察、凍上を受けやすい箇所に設置されているアンカー、雪崩防止施設の維持管理、計画段階での留意点を指摘した研究例が披露された。

一方、雪氷災害を論じる場合、地震多発国では複合災害の観点が不可欠で、積雪期地震防災対策を充実させることが望まれる。積雪寒冷期に地震が発生すれば無雪期にくらべ被害が拡大する。例えば

1993年の釧路沖地震には地盤凍結のためライフライン復旧が遅延した。また、わが国ではスキーレジャー客増加の趨勢（年間1000万人を超える）から、多くの人が被災者になる可能性をもっている。

筆者らは1999年2月26日に秋田、山形県沖で発生した地震を取り上げ、アンケート結果のうち、地域住民の防災意識、避難の状況等についての回答を分析した。多くの住民が地震に対する恐怖心をもっているが、実際には家具の転倒防止などを行っている例が少ない点を指摘した。また、山形県遊佐町の積雪深・気温を例に、震源地に近い海岸部分とそこから2～3 km奥に入った山の麓では値が大きく異なる点を示した。これとは別に避難、誘導を含めた防災対策の現状にも触れ、駐車場が指定避難場所になっている問題点、また、定期的に冬期の避難・誘導訓練を実施する必要性を付け加えた²⁾。

この他、印象に残った発表はアイスランドの研究者による雪崩検知に地震計を用いた例、吹雪の観測、吹きだまりに関する風洞実験、吹きだまりや飛雪のCFDによるシミュレーション等である。アイスランドは火山災害が多く、わが国同様、火山観測、火山性微動のモニタリングに関する体制が整っている。既存の計測器を用いた雪崩検知は経済的であり、しかも精度の点でも問題ないと論じていた。発表全体を通じ、前回の仙台会議よりも計算力学にシフトした感があり、今後は雪崩の三次元での運動解析、沈降力の定量化、変態に伴う雪の力学的性質を精査した研究が期待される。

今回の会議ではまた、道路の除排雪とともに、鉄道関連施設への着雪の影響といった実際問題と、各種計測法を検証した発表が多かった。同時に、厳密な定量評価を行うための手法や計測工学の知見が不可欠であり、同時に、今後の雪氷工学には異分野間交流が必要である。

研究発表を通じて言えることは、理学領域では雪氷物理、気象観測等、また、工学に関しては基礎的実験、モデル化のためのGA、CFD等の検証が目立った。吹雪や雪崩に関する発表もあったが、現地調査結果や断面観測を扱ったものが多く、地盤や土地被覆度、植生などの因子を考慮したものは殆どみられなかった。

これとは別に、雪荷重、屋根雪問題、ISO、CEN等に関連する研究は異分野間交流が活発である。従来より、建築構造学の研究者は雪に関心を持ち、雪氷と建築の連携が緊密である。一方、土木系はASCEを除けば異分野間交流はあまり熱心ではなく、せいぜい凍上関連で散見される程度である。

今回の発表の中には環境負荷が少ない斜面对策、道路管理について扱ったものがある。道路の融雪システムで従来のロードヒーティングに加え、地熱の利用を試みたもので融雪とコストの面から両立しうる、との発表もあった。この論文は機械工学と応用地質学との連携がうまく機能した例である。

今後の雪工学の発展には異分野交流に加え、地域活性化などを視野に入れる必要がある。以上の点から、建築や土木の計画系、社会科学領域からの参入が期待される所である。

4. 環境に配慮したノルウェーの雪対策

研究発表やその後の議論で、ノルウェーの雪対策に関心を示す参加者が多かった。というのも、雪崩対策、斜面防災には、環境や景観を考慮した総合的な防災対策が講じられているからである。ノルウェーは北陸地方とは異なり、降積雪の年変動の幅が小さく、平地では雪は少ないが、寒さは厳しい。ただ、2000年3、4月の大雪はインパクトが大きかった。

ここで、ノルウェーのニュースを専門に扱う<http://www.nornews.com/information/vol10.htm> (出所：ノルウェー・ニュース)に掲載された記事を参考に、筆者らの現地調査を紹介する。

2000年4月1日発行

◆◇ノルウェー北部は記録的豪雪に見舞われ、降雪量は2.14m、200人以上が緊急避難

2000年の冬期はトロンソ、フィンマーク等で記録的な豪雪となった。地元警察は住民に緊急避難を呼びかけ、200人以上が家を離れた。降雪量は2.14mに達し、3月の降雪量としては過去最高。また、1997年4月の最高記録に迫る量である。北部地方の降雪は6月まで続いた。

このことは、筆者らがオスロからトロンハイムまでの約500kmの移動においてもうなずけた。写真-2は車窓から撮影したものであり、オスロから350kmほど北上した地点の様子である。また、オスロから西に向かうベルゲンまで行く途中のフロム線沿線では全層雪崩が頻発していた。

一方、オスロを中心に南部の降雪は比較的少なく、我々が訪問した6月には残っている雪も殆ど溶けかけていた。なお、トロンハイムとの気温差は5℃前後であった。

今回、ノルウェーで見聞した雪崩対策の一つを取り上げる。同国はフィヨルド地形を擁しており、雪を斜面の下に落下させる方法を探っている場合が多い。具体的には、メキシコ湾流が流れ込んでいる温度の高い海水を雪崩防止池として斜面の下方に設けている。海水を埋設管で引き込む形態を探っているので環境に配



写真-2 車窓から見られた全層雪崩

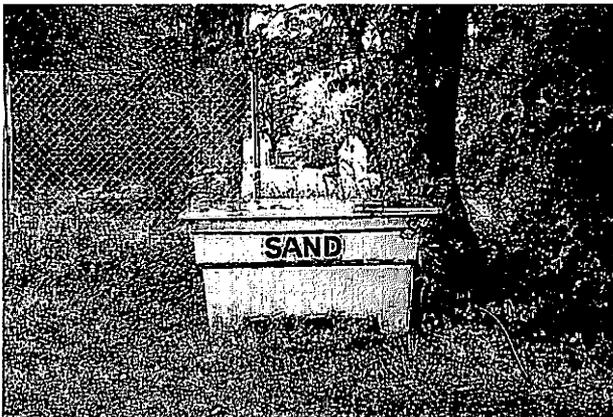


写真-3 地方道の至る所に設置されているサンドボックス（トロンハイム）

慮し、しかも経済的である。こうした自然条件を活かした方法は大いに学ぶべきところがある³⁾。

また、冬期の道路運用に関しては、塩化物散布と併用し、道路の至る所に砂を詰め込んだ箱が設置されている（写真-3）。現地の話では、塩化物を大量に散布すると生態系への影響が大きく、砂を運転者の自己責任において捲く、とのことである。このことは前述した文献1)に触れられている。他の防雪施設では、スノーシェッド、スノーフェンスの設置状況等を視察し

た。構造自体はシンプルであるが、景観や生態系に配慮している。また、前述の文献1)では、道路施設的设计・計画段階の留意点、気象観測の実施法等が詳細に記述されている。文中では雪対策と環境保全の両立に向けた取り組みが紹介され、フィヨルド地形を考慮している点、アースアンカーによる法面保護について言及する等、ノルウェーならではの対策工を知るうえで役に立つ。

ノルウェーの各都市では岩盤が露出しており、切り斜面を保護するロックボルトが目立ち(写真-4)、日本の大都市の軟弱地盤と著しい対比を感じた。ただ、切り岩盤の問題点として、経年変化に伴って、岩盤の亀裂に雨水や融雪水がしみ込み、冬期間の凍結により、定着部分の緩みをきたし、春先に岩盤崩落につながる事が挙げられる。したがって、ロックボルトの定期点検は欠かせない。なお、わが国と異なり、凍上被害が深刻であり、各防災施設の維持管理をこまめに行っている、とのことである。

一方、防災施設と同様、中山間地域の各種施設を敷設する際、北欧やドイツ等の多くのヨーロッパ諸国は周囲の景観との調和に配慮している(ガラスハウス, 写真-5)。また、写真-6は斜面を利用した分別収集ゴミ施設である。環境先進国のドイツでさえ、街中に金属製のゴミ箱が設置され、周

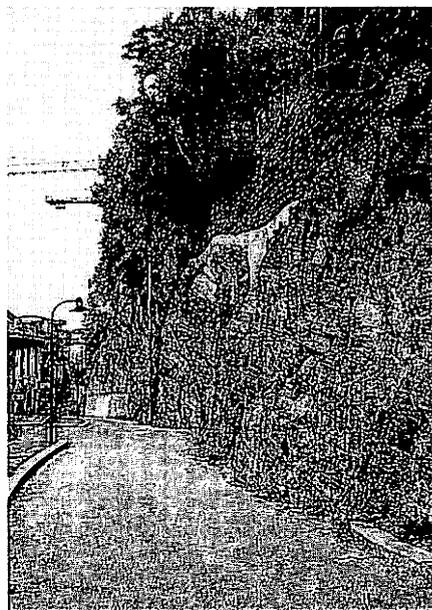


写真-4 ロックボルトが施された切り斜面(ベルゲン)



写真-5 環境に配慮したガラスハウス(フロム)



写真-6 斜面を利用したゴミ収集施設(ベルゲン)

圃の景観と合致していない例が見られる。自然条件を活かした防災施設が望まれ、法面緑化工法等を一層、取り入れるべきであると実感した。

5. 結 べ り に

研究発表では雪氷物理やCFD等、最先端の事例も紹介された。また、456頁にわたる今回の論文集に目を通してもらえば明らかであるが、ISO関連の話も多く、各種構造物の品質保証・性能設計に関心が高いことがうかがえる⁴⁾。ただ、前回の仙台会議の方が雪氷工学特有の諸課題、例えば吹雪対策、冬期の路面管理、凍上対策、気象学的な分析に基づく研究発表が多かった。

本会議のクロージング・セレモニーの討論で、今後の雪氷工学は幅広い視点を有するべきであり、各層からの参入を期待する旨の発言があった。次回の2004年の開催地は決定していないが、この領域は学際的事業であることから、異分野からの人達が議論に加わることを期待したい。

今回の国際会議に参加し、さらに自然豊かなノルウェーを見聞し、雪対策においても、環境や景観にいつそう配慮しなければならないことを改めて痛感した。

文 献

- 1) Norwegian Public Roads Administration (2000) : *SNOW ENGINEERING FOR ROADS* (About snow avalanches and drifting snow).
- 2) Kimura, T. and Aoyama, K. (2000) : Perspective of earthquake disaster mitigation in snow season (Case study of earthquake at Yuza Town, Yamagata Prefecture, Japan), *Proc. of International Conference on Snow Engineering* (ICSE・4), A. A. Balkema, 89-92.
- 3) 青山清道 (1995) : 雪崩対策施設と景域計画およびビオトープ, 日本雪工学会誌, vol.11, No. 3, 197-202.
- 4) Erik Hjorth-Hansen, Ivar Holand, Sveinung Løset and Harald Norem (2000) : Snow Engineering Recent Advances & Development, *Proc. of International Conference on Snow Engineering* (ICSE・4), A. A. Balkema.