

豪雪地帯における雪構造物の安全性に関する研究

東北工業大学 学生会員 ○引屋敷 拡
東北工業大学 フェロー会員 今西 肇

1. はじめに

山形県西川町では、月山志津温泉「雪旅籠の灯り」が開催される。この祭りは11年目を迎え、海外からの観光客を含め、毎年2月末～3月初めにかけて、2回の週末（金曜日から日曜日）に多くの人が参加するイベントに成長している。積雪量が5mを超える豪雪地帯で行われるため、雪旅籠の制作は困難を極め、今までは経験と勘によって雪旅籠構造物が作成されてきた。しかし、観光客が雪旅籠構造物の中に入る場合も多く、安全性を考慮しなければならない。

そこで、本研究では雪の強度が、気温や湿度によって大きく左右されることから、その構造安全性を照査する必要があると判断し、FEMを用いた応力と変形の解析を試みた。

2. 解析ソフトについて

本研究では、GTS NX（地盤分野汎用解析システム）を使用し解析を行う。GTS NXは地盤全般およびトンネルエンジニアリングの構造解析のために必要なすべての機能を集積したプログラムである。今回は、雪を地盤材料と同じ粘着力と内部摩擦角を持つ材料として解析を行った。

3. 解析対象構造物

図-1は解析の対象となる雪構造物である。雪構造物の寸法は高さ5m、幅9m、厚さ5mであり、この中に掘削する通路が高さ1.8m、幅1mである。本研究では、雪構造物を4つの層に分割し上から1～3層を1m間隔、4層を2mとして解析を行った。



図-1 平成28年2月に開催された雪旅籠の様子

4. 解析概要

4.1 材料の定義

今回、解析に用いる材料は等方性でありモデルタイプにMohr-Coulombを用いる。また雪の各層共通で、ポアソン比を0.16、内部摩擦角を0°とする。単位体積重量、粘着力、弾性係数を表-1に示す。

今回の解析において、対象地域の雪の強度定数が未確認のため表-1に示すように、粘着力と弾性係数を3つに変化させ感度分析を行った。

表-1 雪の物性値

	単位体積重量 γ_s (kN/m^3)	粘着力C (kN/m^2)	弾性係数E (kN/m^2)
1層	2.5	4 8 12	1600 3200 4800
2層	3	4 8 12	1600 3200 4800
3層	3.5	4 8 12	1600 3200 4800
4層	4	4 8 12	1600 3200 4800

4.2 解析条件

荷重条件として、要素に自重を作用させる。
初期の境界条件は、面に対して直角方向を変位拘束とし、面に平行方向を自由とした。

キーワード：雪旅籠 雪構造物 FEM 西川町

連絡先：〒982-0831 宮城県仙台市太白区八木山香澄町 35-1 東北工業大学都市マネジメント学科 Tel:022-3058-3122

4.3 施工段階

本研究では、高さ 5m、幅 14m、厚さ 5m の積雪から対象となる雪構造物とする掘削作業とした。代表的な施工ステップを図-2 に示す。施工段階は〈雪構造物の周りの掘削〉⇒〈雪構造物の屋根の掘削〉⇒〈通路の掘削〉である。

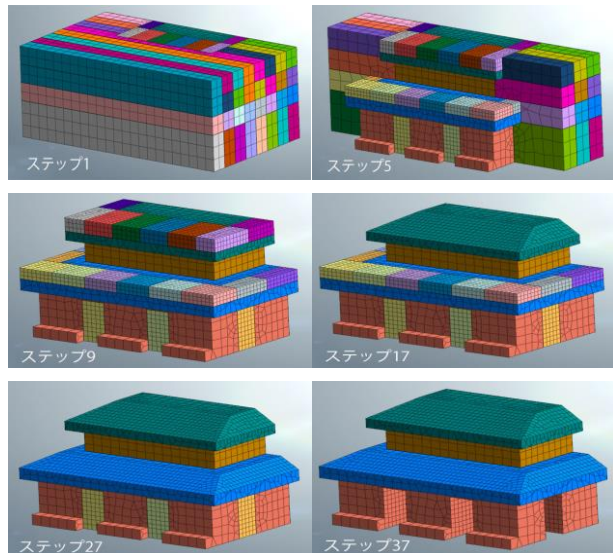


図-2 代表的な施工ステップ

5. 解析結果

今回、構造物の安全性を調べるにあたり、解析結果の最大主応力に着目した。掘削終了時の最大主応力を図-3 に示す。また、掘削終了時の変形量を図-4 に示す。

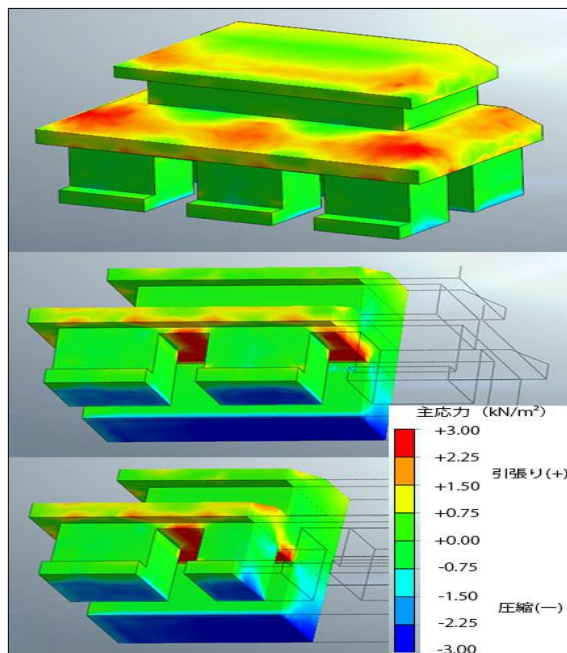


図-3 掘削終了時の最大主応力分布図

図-3 より、1層、3層の屋根の部分や通路天井部に大きい引張り応力が発生していることが確認できる。

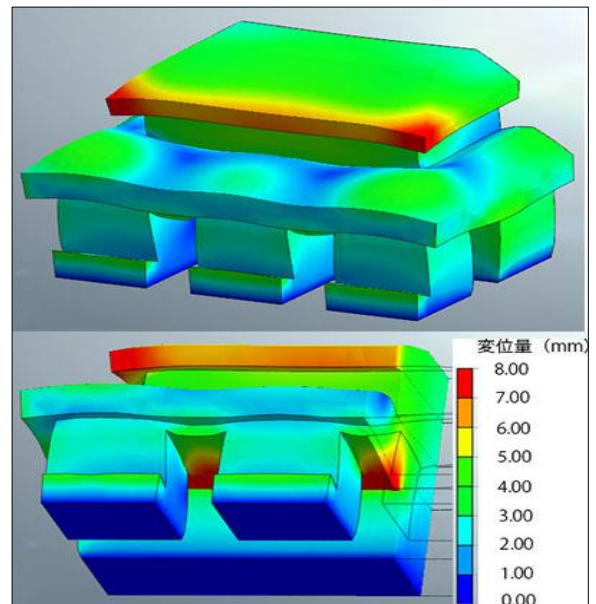


図-4 掘削終了時の変形量分布図

また、図-4 では1層の屋根の角や通路内部天井部に変形の大きいことがわかる。

今回の解析結果では、雪構造物制作により、応力と変形をシミュレーションした。これらより、雪旅籠構造物の応力と変形の集中する場所を特定できた。

6. まとめ

本研究から、FEMによる雪構造物の安全性を照査することが出来た。また、解析結果から雪構造物掘削による変化を3次元的に読み取ることができ、危険箇所をあらかじめ把握することができた。今後は、雪の原位置試験を行い、月山雪の材料特性を明確にし、形の異なる雪構造物の安全性を照査する予定である。これらは、工学的安全性と芸術的価値の確認による雪旅籠の来客安全性の向上になると考える。

7. 謝辞

解析により、月山朝日観光協会並びに、月山志津温泉「雪旅籠の灯り」実行委員会のご協力に感謝する。

参考文献

- (1) 一般財団法人 日本気象協会：雪の重さを考える ～豪雪のまち 新潟県十日町市から～ 2012年2月9日
- (2) 松澤勝・加治屋安彦・伊藤靖彦：地震発生時の斜面積雪の安全率に関する一考察 北海道の雪氷 寒地土木研究所 No.26 (2007)
- (3) 大泉三津夫・藤岡敏夫：斜面積雪の挙動の研究 XIX 積雪のポアソン比 3 低温科学, 物理篇 1984