



雪堆積場の雪山底部に設置する貯蔵庫の強度確認に関する基礎実験

メタデータ	言語: jpn 出版者: 北海道開発技術センター 公開日: 2012-08-30 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 溝口, 光男, 鈴木, 邦康, 大築, 和夫, 小野, 孝之, 長田, 勉, 橋本, 良明 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/1595

2007年12月12,13,14日

CTC07-I-003

雪堆積場の雪山底部に設置する貯蔵庫の強度確認に関する基礎実験

溝口光男*, 鈴木邦康*, 大築和夫**, 小野孝之**, 長田勉**, 橋本良明**
*室蘭工業大学工学部建設システム工学科
**国策建設株式会社

Primary experiment on the strength warehouse installed in the bottom of snow mound in snow accumulation field
Mitsuo MIZOGUCHI*, Kuniyasu SUZUKI*, Kazuo OHTSUKI**, Takayuki ONO**, Tsutomu NAGATA**, Yoshiaki HASHIMOTO**
*Muroran Institute of Technology
**Kokusaku Corporation

COLD
REGION
TECHNOLOGY
CONFERENCE 2007

1. はじめに

冬期間の道路除排雪によってできる雪堆積場の雪山の雪を断熱・保冷材として利用することを想定し、雪山の底部に低温貯蔵庫を設置して利用する雪氷冷熱エネルギー利用が考えられている。このような、雪山の底部に設置される貯蔵庫には、貯蔵庫上の雪荷重および雪山製作中に使われるブルドーザーの荷重が加わることであり、これらの重みに耐えられる建築構造物とする必要がある。しかし、国内において雪山底部に設置した建築構造物の強度に関する研究は見当たらず、長期にわたる雪山の構造的な性質は明らかになっていない。

本実験は、支柱や梁が無く、構造的にシンプルで鋼材量も少なく、建設価格も安くなるベンダー式建築物の雪山底部貯蔵庫への転用の可能性を検討することを目的としている。本論文では、実際にベンダー式貯蔵庫を用いて、貯蔵庫が雪山から受ける圧力、貯蔵庫の変形およびひずみ度に関する長期モニタリング（期間：2006年3月17日～7月18日）を行った結果について報告する。

2. 研究方法

2.1 試験体

試験体は、図-1に示すように屋根材に板厚4mmの鋼板で製作されたデッキプレート（JIS G3352規格品）を用いたアーチ形状をした貯蔵庫である。寸法は幅6,000mm、高さ4,275mm、奥行き4,000mmであり、脚部は四角形に組まれたH形鋼（H-150×150×7×10）に溶接された波形鋼板にボルトで接合されている。屋根材のデッキプレートは、下部の1,000mmが直線状で、その上部が半径3,000mmの弧状のアーチとなっており、アーチ頭頂部で4.5mm厚の鋼板によって接続している。デッキプレート

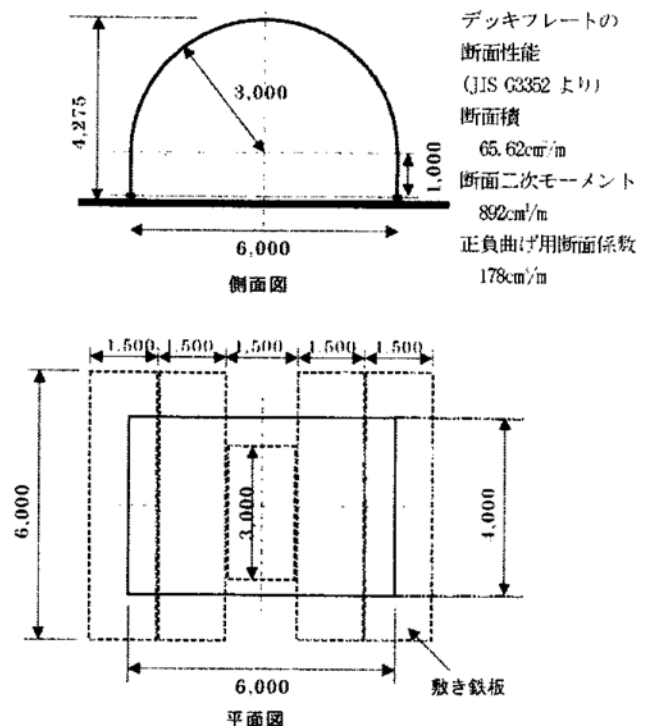


図-1 試験体形状と寸法（単位：mm）

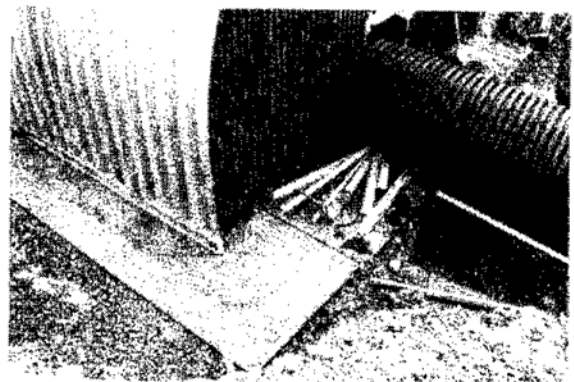


写真-1 基礎の状況

の接続にはすべて高力ボルトが使われているが、防水のためワッシャーとともにパッキンを挟み込んでおり、所定のトルクでは締めつけられていない。

基礎は、写真-1のように地盤面上にバラストを約300mm敷き、その上に厚さ約20mmで大きさ約1,500mm×6,000mmの鋼板を4枚並べたものとし、その上に試験体を載せている。

2. 2 雪山の築造

雪山は、2006年3月17日に高さ7m(貯蔵庫の上、約3m)まで、0.5mごとに貯蔵庫周囲の雪高さがほぼ均等となるように、写真-2のようにバックホーを用いて貯蔵庫の四方から雪を寄せて製作した。雪山の高さが7mに達した後、3月22日にブルドーザーを使用して高さ9mまでの雪山とし、その後は、ブルドーザーとバックホーを利用して4月27日までに高さ10mの雪山とした。なお、雪山製作後、融雪水を処理するために雪山の周囲には写真-3に示すような深さ約1m、底面幅約0.5m程度の排水溝を設けている。

2. 3 計測方法

貯蔵庫が雪山から受ける圧力の計測には、写真-4のような直径6mmの圧力センサー3個を1組として使用し



写真-2 雪山製作状況



写真-3 雪山周囲の排水溝

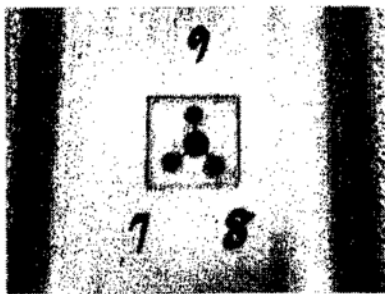


写真-4 圧力センサー

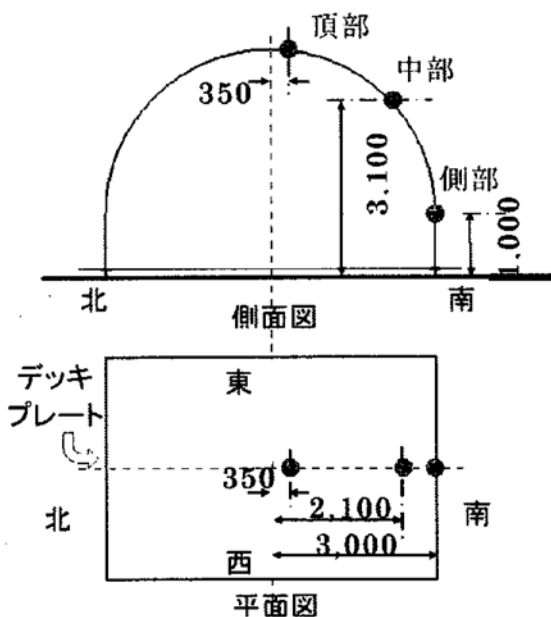


図-2 圧力センサー設置位置 (単位: mm)

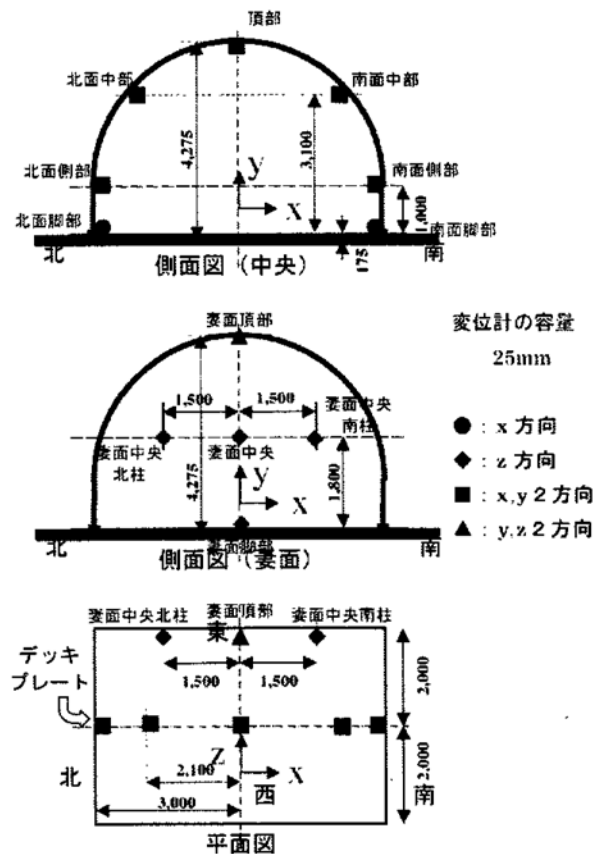


図-3 変位計設置位置 (単位: mm)

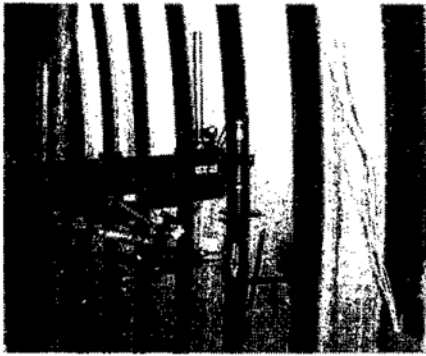


写真-5 変位計の取付け

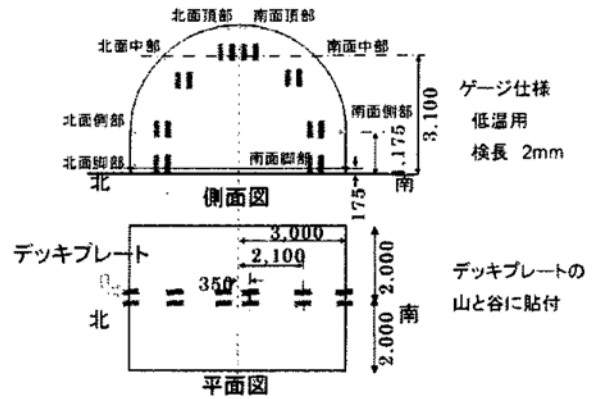


図-4 ひずみ計測位置 (単位: mm)

た。圧力センサーの貼付位置は、図-2に示すように貯蔵庫南面中央部の下から高さ1m, 3.1m およびアーチの頂部からアーチに沿って350mm 南側の3箇所とした。

貯蔵庫の変形は、図-3に示すように貯蔵庫のアーチ桁行き中央部の変形12ヶ所と妻面の変形6ヶ所の合計18ヶ所を、容量25mmのひずみ抵抗式変位計で計測した。これらの変位計測は、貯蔵庫内の基礎地盤上に前述の敷き鋼板とは独立に置いた鋼板上に組立・設置した計測フレームに写真-5のように変位計を取り付け、貯蔵庫内側表面の変位計測位置に溶接した鋼棒を標点として行った。

貯蔵庫のひずみ度の計測は、図-4に示すようにアーチ桁行き中央部の貯蔵庫内側表面で、デッキプレートの山と谷を対として8ヶ所に検長2mmの低温用ひずみゲージを写真-6のように貼付して行った。

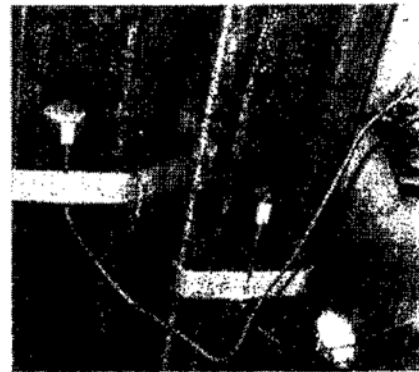


写真-6 ひずみゲージの貼付状況

3. 実験結果

3. 1 貯蔵庫が受ける圧力

図-5に、雪山から貯蔵庫が受ける圧力と雪山高さとの関係を示す。また、図-6に実験期間中の圧力の変化を示す。なお、図の圧力の符号は、引張を正、圧縮を負としている。

貯蔵庫各部の圧力は、センサーが雪に覆われると雪山高さ7mまでは雪山高さにほぼ比例して徐々に大きくなっている。雪山高さ7mの値をみると、側部で約2kPa, 中部で約5kPa, 頂部で約3kPaであり、最も大きい中部でも雪の単位容積重量(6.6kN/m³)から貯蔵庫頂部より上に深さ3mの雪山があると仮定して求められる圧力の1/4程度の大きさである。

実験期間中の圧力最大値は、6月18日に頂部で13kPa程度であり、貯蔵庫頂部より上に深さ6mの雪山があると仮定して計算される圧力の約1/3となっている。

3. 2 変形状況

図-7および図-8に貯蔵庫各部の鉛直変位と南面の水平変位の雪山高さとの関係をそれぞれ示す。図の変位

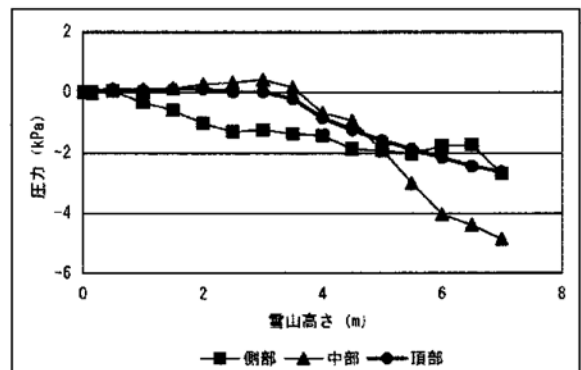


図-5 圧力と雪山高さの関係

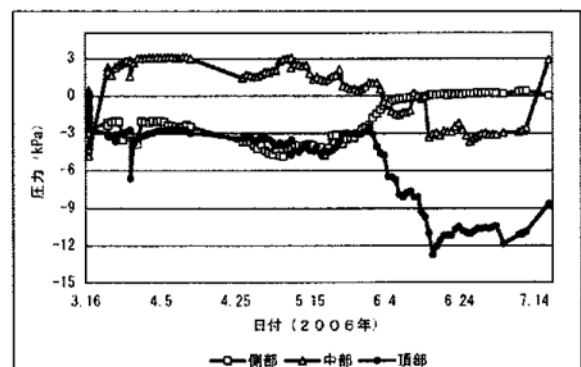


図-6 実験期間中の圧力の推移

の符号は、鉛直変位では上方向への変位を正、下方向への変位を負とした。水平変位では、貯蔵庫の外側方向への変位を正、内側方向への変位を負としている。

図-7をみると、貯蔵庫各部の鉛直変位は雪山高さにほぼ比例して大きくなっており、側部、中部に比べて頂部の鉛直変位の増加が貯蔵庫全体が雪に埋まって以降で大きくなっている。また、各部の変位の差が比較的小さいことから、貯蔵庫全体が基礎部分で沈下していると考えられる。

図-8をみると、貯蔵庫各部の水平変位は、側部と脚部では雪山高さが高くなるにつれて外側へ変形している。雪山が貯蔵庫よりも高くなると、雪荷重の影響でアーチが上部から押されることとなり、アーチ側部が外側に膨らむように変形すると考えられる。

なお、実験期間中の各部の変位は、変位量が変位計の容量を超えてしまったことや、貯蔵庫内の多湿環境で変位計が故障してしまったため、十分なデータが得られなかった。

3. 3 ひずみ度

貯蔵庫各点のひずみ度の実験期間中の変化を図-9、図-10に示す。図はデッキプレート凹凸のうち貯蔵庫内側凸部のひずみ度であり、符号は引張を正、圧縮を負としている。デッキプレートの降伏ひずみ度は使用鋼材の降伏点規格値 295N/mm^2 からヤング係数を $2.05 \times 10^5\text{N/mm}^2$ として求めると 1440μ となる。

図をみると、雪山製作時(3月22日、雪山高さ9mまで製作)のひずみ度は最大でも 500μ 弱で降伏ひずみ度の1/3以下である。また、ブルドーザーが載る前後のひずみ度にはほとんど変化が無く、雪山製作時点では貯蔵庫は十分な余力を残していると考えられる。実験期間中のひずみ度の変化をみると、内側のひずみ度の最大は引張が6月3日に南面頂部で 601μ 、圧縮が5月25日に北面側部で -1367μ として計測されている。圧縮の値は降伏ひずみの95%程度の値であり、ほぼ降伏に近いひずみが発生している。図をみると、4月14日から4月26日で何れのひずみも大きくなっている。これは、3月22日に9mまで雪山を製作後、4月18日から4月21日にかけて雪寄せを行って雪山を10mまで高くしたことによるものと考えられる。

なお、4月14日から4月26日の間は、データロガーの停止により計測データがなく、作業日とデータの変化日が一致していない。

3. 4 応力

貯蔵庫北面の各点の曲げモーメントの実験期間中の変化を図-11に示す。この曲げモーメントは、デッキプレート凹凸部のひずみ度から計算した。また、実験期間中

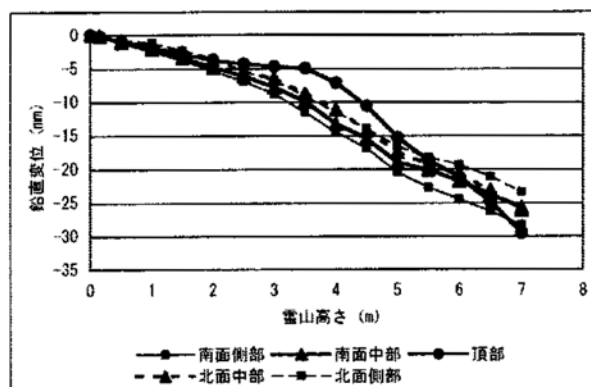


図-7 鉛直変位と雪山高さの関係

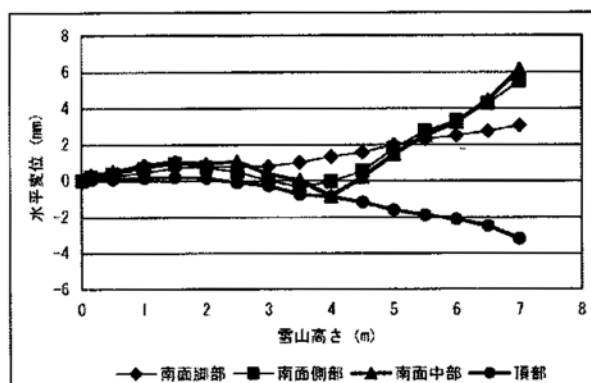


図-8 南面の水平変位と雪山高さの関係

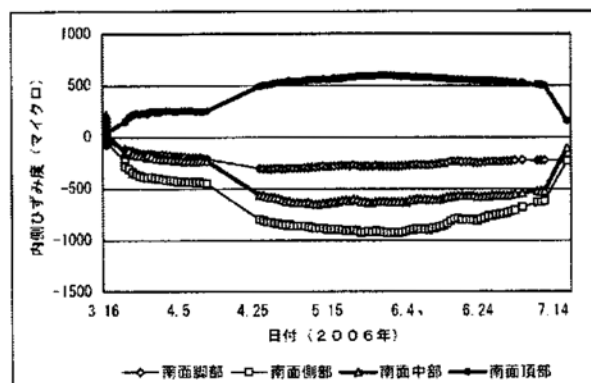


図-9 実験期間中の南面の内側ひずみ度の推移

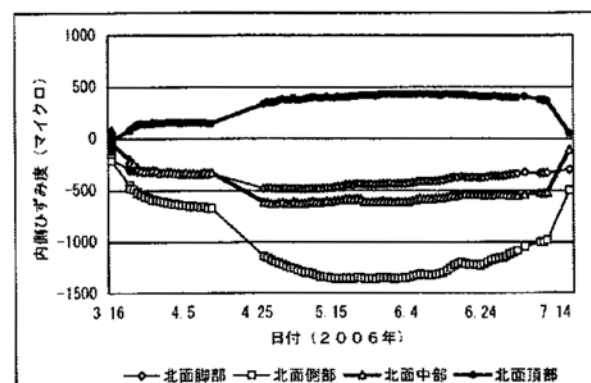


図-10 実験期間中の北面の内側ひずみ度の推移

の最大曲げモーメント発生時のモーメント図を図-12に示す。貯蔵庫は雪山から不等分布荷重を受けているので曲げモーメントは直線的な変化ではないが、図-12ではこれを直線として庫外側が引張を正として示した。

曲げモーメントの最大値は5月25日に北面側部に発生し、その値は43.7kN・m/mであった。この値は、デッキプレートの降伏モーメント52.5kN・m/mの83%に相当し、このときのモーメント分布は南面と北面でほぼ対称となっている。

4. まとめ

実験結果として、下記のような点が明らかになった。

- 1) 雪山から貯蔵庫が受ける圧力は、貯蔵庫上部では雪山高さにほぼ比例して大きくなる。ただし、その圧力値は貯蔵庫上の雪重量による圧力計算値の1/5程度の値となった。
- 2) 貯蔵庫の変形状況をみると、地盤上に30cm程度のバラストを敷いた上に20mm厚の鉄板を載せた簡易な基礎では雪重量によって地盤沈下が起こり、貯蔵庫全体が沈下する。
- 3) 貯蔵庫各部のひずみ度は、雪山高さ9mにおいても最大で降伏ひずみ度の1/3程度であり、雪山築造時には貯蔵庫には十分な余力がある。
- 4) 雪山の築造中に貯蔵庫上にブルドーザーが載ることによる影響は、雪山高さが7mのときには、圧力センサー、変位およびひずみ度についてはほとんど影響が見られない。

上記の結果には、地盤沈下による影響も含まれており、今後は地盤沈下の無い場合の実験を行うとともに、ベンダー式構造物の雪山底部貯蔵庫への転用について、更に検討をしていく予定である。

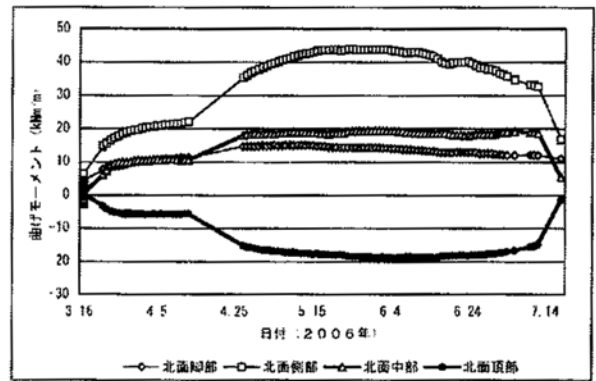


図-11 実験期間中の曲げモーメントの推移

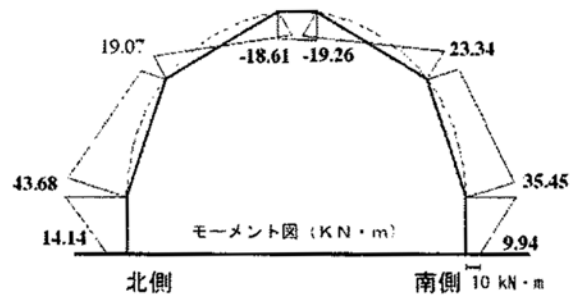


図-12 最大モーメント時のモーメント図