

アイスシェル in トマム

粉川 牧(北海道東海大学)

1. はじめに

「アイスシェル」とは氷を構造材料とする薄肉の曲面版構造のことで、古典的雪氷建築物として知られる「イグルー」や「かまくら」の現代版と言える。「イグルー」は雪や氷のブロックを組積して、「かまくら」は雪積みの山を掘削して、それぞれ造られるのに対して、「アイスシェル」は施工合理性を満足するように、現代的シェル工法を取り入れて2重平面膜と押さえロープから成る型枠空気膜に雪と水を吹き付けて建設される。この「アイスシェル」はその高い力学的性能によって前述の古典的雪氷建築物に比して遥かに大規模なものが可能となり、さらにその構造形態と氷のもつ半透明性テクスチャーは個性的な空間表現を与えることから、「アイスシェル」は積雪寒冷地の冬期間に於ける独自の環境空間を創出する一建築技術として提案されてきた。

研究当初は、構造工学的見地から迅速にして簡便な建設施工方法及び長時間加力及び長期クリープに対する構造安全性に関する実験的且つ理論的検討が進められた^{1), 2), 3), 4)}。そして、ある程度その研究成果が得られた段階で、底面直径10mの小規模アイスドームが冬野菜の長期貯蔵としての実験庫、清酒の低温醸造・貯蔵庫、冬まつりのイベント空間、そして南極観測拠点における作業倉庫といった様々な用途に実施使用され、一歩々々本格的建築空間への適用可能性が高められてきた。

この様な研究経過の状況の中で、一昨年前に長年の課題であった本格的な群建築空間としてのアイスシェルを建設する機会が訪れた。場所は北海道・占冠の(株)ホテル・アルファ・リゾート・トマムの敷地内で、そこでは以来毎冬約3ヶ月間、観光客の為のレジャー施設空間として使用される大小様々な規模のアイスシェルがホテルの従業員の方々によって建設されている。本報告では、ここ2年間に建設された数多くのアイスシェルの内、筆者にとって極めて挑戦的試みであった「異形ドーム」と「底面直径20mドーム」について、その設計・建設施工状況の概要を紹介する。

2. 「異形ドーム」

3次元自由曲面型枠は2重平面膜と押さえロープを組み合わせて容易に得られるという本工法の特長を用いれば、造形的自由度の高いフリー・シェイプ・シェルが可能となる。しかも、その曲面はほぼ一様な内圧下で決定される形であるから、完成後のシェルには主に面内圧縮力が生じ、圧縮に強く引張に弱いという氷の材料特性を活かした力学的合理性に富む構造体が自動的に生成されることになる。ここでは、直径15mの円と同一の面積を有する巴形の2重平面膜を用いて初の「異形ドーム」を実現した。図-1は、ビニールと漁網からなる縮尺1/20モデルについて3次元形状測定機を用いて曲面上の各点のx, y, z座標値を測定している状況を示している。このデーターを用いて自重下に於ける弾性有限要素解析を行ったところ、面内圧縮力の最大がほぼ1kg/cm²で充分設計が可能なることを確認した。図-2は現場での型枠空気膜を示す。膜はP. V. C.、ロープは径10mmのポリプロピレン製を平面射影で直交2方向に網んでいる。最大高さ約4.5m。図-3は、型枠空気膜に散雪散水している状況を示す。除雪機で散布された雪は一種の焼結雪で、さらに散水すると一10

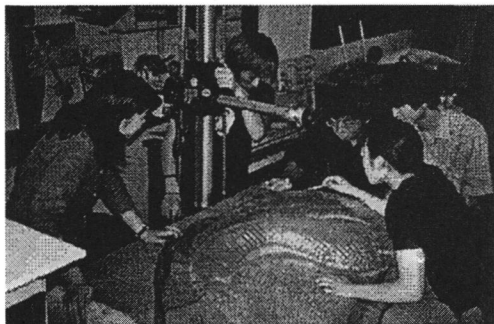


図-1 1/20縮尺モデルの形状測定



図-2 型枠空気膜

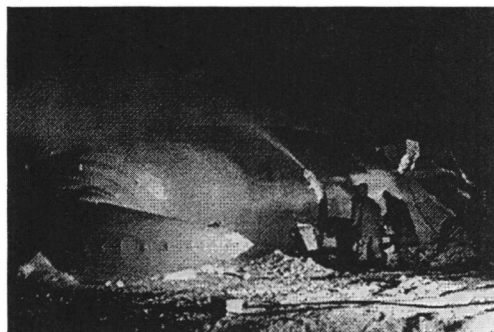


図-3 散雪散水作業

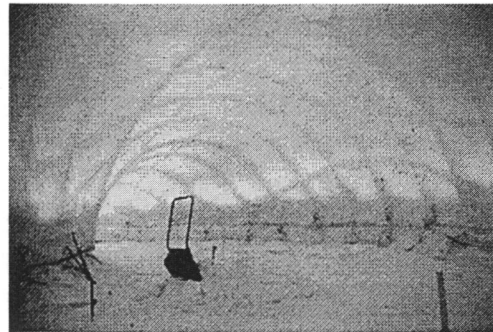


図-4 型枠空気膜除去後の内部空間



図-5 「异形ドーム」は工房として使用

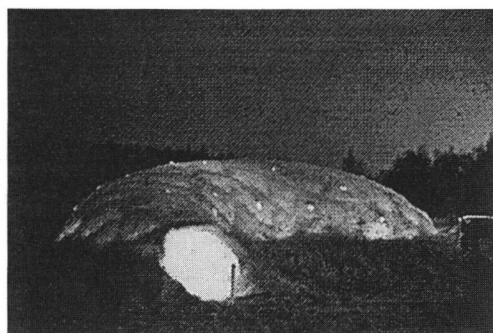


図-6 完成した「异形ドーム」の外観

「异形ドーム」の建設状況

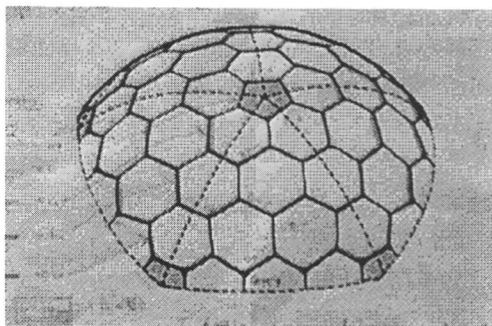


図-7 押さえロープの網目パターン



図-8 型枠空気膜ドーム

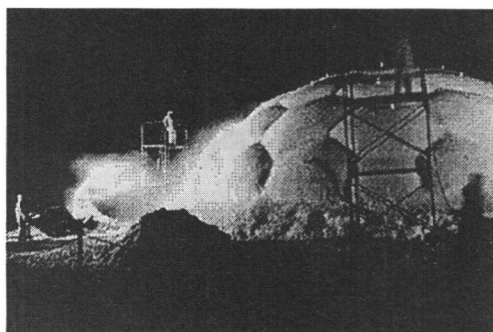


図-9 散雪散水作業

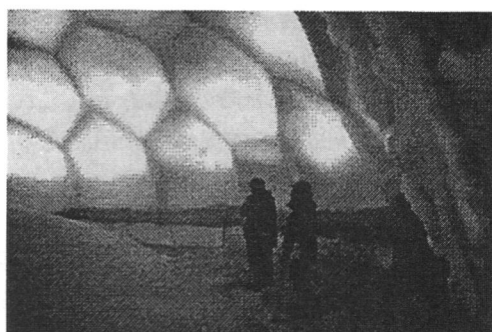


図-10 膜デフレート中の内部

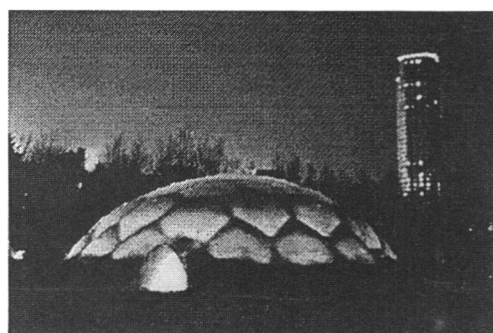


図-11 輝く氷の大殿堂

「底面直径20mアイスドーム」



図-12 完成後の内部

°C以下の外気温の寒気で氷板が変わる。この時、一回当たりの散雪厚はサンドイッチ現象を避けるよう1cm以下とした。板厚が約15cmに達した後、デフレートし膜を除去すると図-4に示すようなリブ補強された氷の薄肉曲面板による半透明性空間が得られる。さらに内装工事を施し、図-5に示すように観光客が氷のグラスを造る工房として使用された。図-6はその時の外観を示す。

3. 「底面直径20mドーム」

1985年1～2月、底面直径20mのアイスドーム建設に挑んだが、稚拙な散雪技術が原因で、完成したドームには材料的及び幾何学的形状不整が見られ、構造性能の大幅な低下が認められた⁹⁾。そこで、今回は万全の態勢で、再度建設を試みた。1999年2月初めに雪氷基礎リングの施工を終え、2月6日～8日の夜間、上部構造の建設を行った。図-7は押さえロープの網目パターンを示したもので、ジオデシック・オルタネイト分割3次を基本にパターンを決定した。使用したロープは径14mm(破断強度3t程度)で、節点間距離は全て同一として構成した。図-8は現場における型枠空気膜構造を示す。図-9は膜面への散雪散水作業の状況を示す。ビテ足場を2段組みにしてその上から頂点近傍への散水を行った。板厚が約15cmに達した後、膜をデフレートしている時の状況を図-10に示す。人間のスケールに比して内部空間は途轍もなく大きく迫力あるものに感じられた。図-11はライト・アップした時の外観を示し、これより良質の氷でドームが造られていることが確認された。図-12は完成後の内部状況を示したもので簡易コンサートホールとして使用された。

4. おわりに

本研究はスパン20～30m級のアイスシェル実現に向けて1980年にスタートした。爾来20年、30m級のアイスドーム建設はあと一歩というところまで来た。大規模なアイスシェルが実際に建築空間として使用される為には構造安全性に対する十分な保証が不可欠である。実現の為に、今後もフィールド実験を重ねて大規模アイスシェルに関する施工技術の改良とクリープ崩壊挙動の解明をさらに進めて行くことが肝要と思われる。

主既発表文献

- 1) 「Ice Shell Structure の研究 第1報 短時間加力によるIce Domeの力学的性状、第2報 スパン2mΦ Ice Dome のクリープ破壊実験、第3報 Ice Dome の軸対称クリープ座屈解析」、北海道東海大学芸術工学部紀要 3. 4合併号(1982/1983)、5号(1984)
- 2) 「アイスドームのクリープ崩壊実験」、第33回応用力学連合講演会(1983)
- 3) 「A FIELD STUDY ON ICE SHELL」、IASS (DORTMUNT, 1984)
- 4) 「EXPERIMENTAL STUDIES ON ICE SHELL IN ASAHIKAWA」、Cold Regions Science and Technology, 11(1985)
- 5) 「スパン20mアイスドーム建設の試み」、雪氷48巻2号(1986)
- 6) 「雪と水でアイスドームを造る」、科学朝日2(1987)
- 7) 「Construction and Creep test of 15-m span ice dome」、IAHR (Sapporo, 1988)
- 8) 「Ice Shell-Contemporary "Igloo" or "Kamakura"」、Structural Morphology (Nottingham, 1997)