

ホール舞台スノコ天井リフトアップ工事

嘉本 敬樹・長谷川 祐・麓 哲二

鶴岡市文化会館改築工事において、ホール舞台のスノコ天井を施工するため、6台のジャッキ式吊上げ機械を用いたリフトアップ工事を実施した。本報文では、全体工事概要、リフトアップ工事概要、新たに開発したタブレット端末を用いた通信・連絡・監視システムについて紹介する。

キーワード：リフトアップ、スノコ天井、ジャッキ式吊上げ機械、通信・連絡・監視システム

1. はじめに

本工事は、山形県鶴岡市に位置する鶴岡市文化会館の老朽化に伴う建替工事である。本建物は旧藩校である致道館などの歴史的な文化財が多く残り、大学キャンパスなどが整備された文化エリアに位置している。敷地に沿って流れる内川の向こうに周辺の山々の景色を望むことができる（図—1）。

ここに建設される新文化会館の外観は、複数の屋根と壁が柔らかく重なった形状をしている。この形状は、直線的な形状の構造物よりも周囲への圧迫感を和らげ、周辺の街並みや自然景観との調和を図る狙いがある。館内はホールを中央に配置し、それを取り囲むように多目的ホールや楽屋、練習室、会議室、ラウンジ等が配置された回廊空間となっている。

本報ではホール舞台のスノコ天井を施工するために実施したリフトアップ工事の内容を中心に紹介する。

2. 建物概要

工事名：鶴岡市文化会館改築工事
 建築地：山形県鶴岡市馬場町 11-1 ほか
 発注者：鶴岡市
 設計・監理：妹島・新穂・石川 共同体
 意匠：(株)妹島和世建築設計事務所、(株)新穂建築設計事務所、(株)石川設計事務所
 構造：オーヴ・アラップ・アンド・パートナーズ・ジャパン・リミテッド
 設備：(株)総合設備計画
 施工：竹中工務店・菅原建設・鈴木工務店 共同企業体
 工期：2014年10月20日～2017年8月31日（34.3ヶ月）
 階数：地下1階、地上3階
 構造：RC造・S造 耐力壁付ラーメン構造
 建築面積：6,210 m²
 延床面積：7,886 m²
 最高高さ：29.5 m、最高掘削深さ 9.3 m



図—1 建物完成予想パース

3. 全体工事計画

(1) 敷地条件

図-2にドローンを用いて撮影した敷地の航空写真を示す。敷地中央にホール客席があり、今回スノコ天井のリフトアップ工事を実施したホール舞台（フライタワー）が隣接して配置されている。

敷地いっぱいの建物配置であることから、躯体工事は建物外周部のスラブを補強し、120tクローラクレーンを使用して施工した。

(2) 工事工程

山形県鶴岡市は豪雪地域であることから、冬季の降雪期間の前に、基礎工事、外装工事を完了させる計画としていた（図-3）。今回のリフトアップ工事はトラス鉄骨の建て方が完了した後、ホールの天井設備・仕上げ工事に先立って実施した。

(3) BIMの活用

建物は3次的に複雑な形状をしていることから、BIM（Building Information Modeling）を用いて、設計情報のデザイン・構造・設備を統合した3D-CADのモデル（図-4）を作成し、このモデルをもとに、施工図・製作図を作成、現場での3次元測量と連携した施工計画とした。



図-2 建物航空写真（2016年8月初旬）

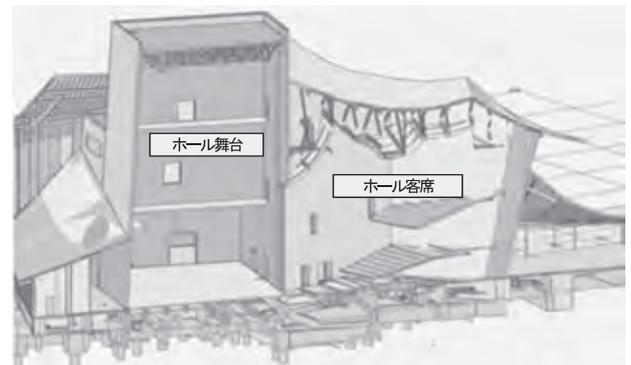


図-4 BIM活用例

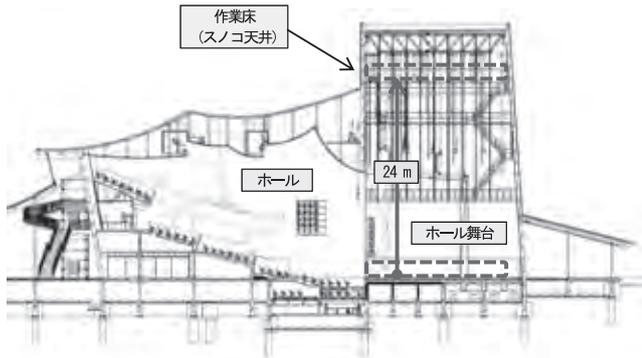


図-3 全体工事工程

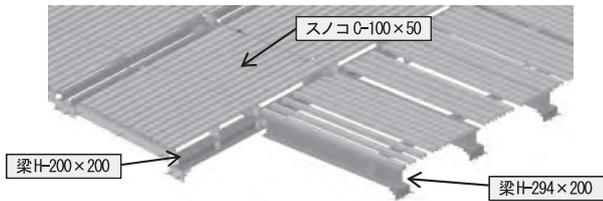
4. リフトアップ工事計画

(1) 舞台スノコ天井の施工条件

ホール舞台の上部には、舞台装置を操作するための作業床（スノコ天井）が設けられている（図一5）。スノコ天井は、鉄骨梁（H-200×200, H-294×200）の上に、軽溝形鋼（C-100×50）を幅500mm、長さ1,600mmのユニットにして敷き並べる仕様となっている（図一6）。

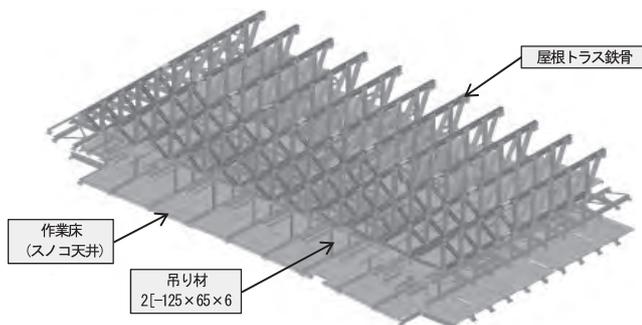


図一5 ホール舞台断面図



図一6 スノコ天井詳細

このスノコ天井はホール舞台屋根スラブを支持する屋根トラス鉄骨から吊り下げる構造（図一7）となっており、屋根トラス鉄骨を構築した後に施工しなければならなかった。また、工程上のクリティカルパスであるホール舞台の外装仕上げ工事に早期着手するためには、屋根コンクリートを先行して打設する必要があったことから、材料の投入は建物内部からに制限さ



図一7 屋根トラス鉄骨, 下段スノコ鉄骨

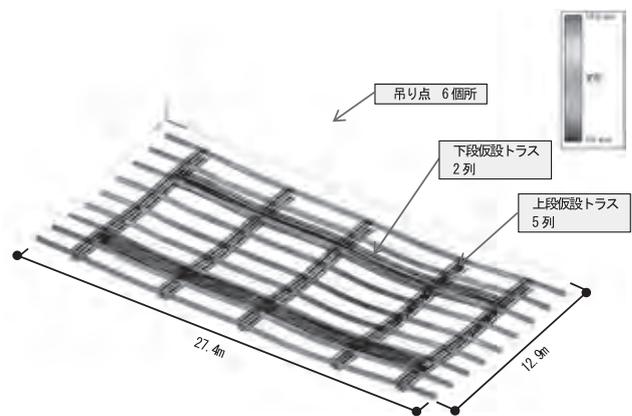
れた。またスノコ天井は1FL+24mのレベルに配置されているため、ホール内部から施工するためには高さ22m程度のステージ足場を架設しなければならず、作業工数増、安全性が懸念された。

これらの課題を解決する為、内外勤が一体となって検討を行った結果、リフトアップ工法を取り入れた以下の施工手順を採用するに至った。

- ①ホール舞台壁躯体構築
- ②屋根トラス鉄骨建方
- ③屋根スラブ構築（デッキ、スラブ CON 打設）
- ④ホール舞台内部で、スノコ天井鉄骨地組
- ⑤スノコ天井 リフトアップ
- ⑥スノコ天井取合部鉄骨建方、設備配管取付、仕上（内部壁面足場を解体しながら施工）

(2) リフトアップ工事概要

スノコ天井鉄骨は剛性が小さく、リフトアップ中に変形してしまう恐れがあった。そこで施工時解析を行った結果から、仮設トラス材を井桁状に架設した上にスノコ天井鉄骨を地組し、仮設トラス材を6点で吊上げる計画とした（図一8）。この仮設トラス材は天井スノコを屋根トラス鉄骨と定着させた後、リフトアップと逆の手順でリフトダウンする計画とした。



図一8 施工時解析結果

またスプリンクラー配管等の設備機器は地組時に先行取付けし、試験及び消防検査までをリフトアップ前に完了させることで高所作業を削減した。

- リフトアップ面積：350 m²（縦 12.9 m, 横 27.4 m）
- リフトアップ重量：53.9 ton（設備, 仮設材含む）
- リフトアップ高さ：22.8 m
- 吊り点数：6ヶ所

(3) リフトアップ装置

リフトアップ装置の全体配置を図-9に示す。

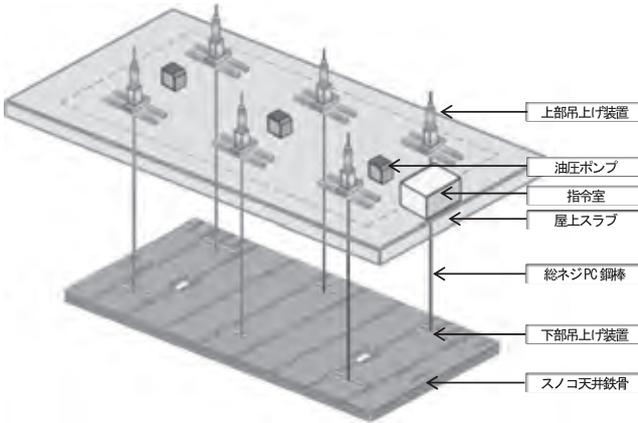


図-9 リフトアップ装置全体配置

(a) 上部吊上げ装置

吊り点数が多いことから、リフトアップ量、相対変位を管理しやすいジャッキ式吊上げ機械（中空型ジャッキ）を採用することにした。1ヶ所あたりの揚荷重量の最大値は、解析結果から100 kN程度であったが、ジャッキの盛り替え回数が少なく、リフトアップ時間を短縮することのできる1,000 kN-1,100 mmストロークの中空型ジャッキを用いる計画とした。

ジャッキの下部には仮設梁を渡し、屋上トラス鉄骨にジャッキ反力が伝わるようにした。仮設梁上にはジャッキ転倒防止機能を備えた台座となるラムチェアを固定し、その上に中空型油圧ジャッキを設置した。設置後は機械高さが約3.0 mと高くなるため、更なる転倒防止対策として枠組足場、控えワイヤーで固縛した。

(b) 下部吊上げ装置

揚体のスノコ天井鉄骨は、上段仮設トラス上に搭載

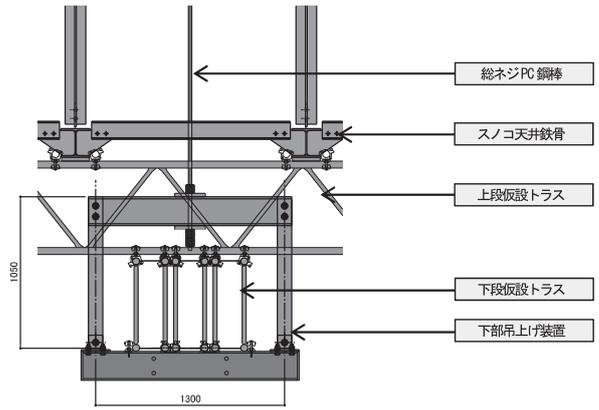


図-10 下部吊上げ装置

してリフトアップさせる。仮設トラスに集中荷重を作用させないようにするため、口型の下部吊上げ装置(図-10)を介して、総ネジPC鋼棒と接続する計画とした。組立作業に揚重機が使用できない場所であったため、人力運搬でき、人手で組立可能なサイズに分割できる仕様とした。

(c) 総ネジPC鋼棒

吊り材には総ネジPC鋼棒を採用した。1本当たり長さ3.0 m、重量9.0 kg、直径22 mmのPC鋼棒を支点当り11本連結し、リフトアップの進捗に伴い人力で取外す計画とした。鋼棒の連結にはカプラジオイントを用いたが、リフトアップ中の振動で緩んで外れるリスクがあったため、上下に緩み止めナットを設けたほか、カプラに対して鋼棒が確実に締め込まれているか目視確認できるように、鋼棒に必要締め込み量を着色して管理した。また追加の安全措置として、ビニルテープを巻付けて緩み止め措置を施した。

1ステップ(1 m)毎のジャッキ盛り替えステップを図-11に示す。このステップを23回繰り返して22.8 mをリフトアップした。

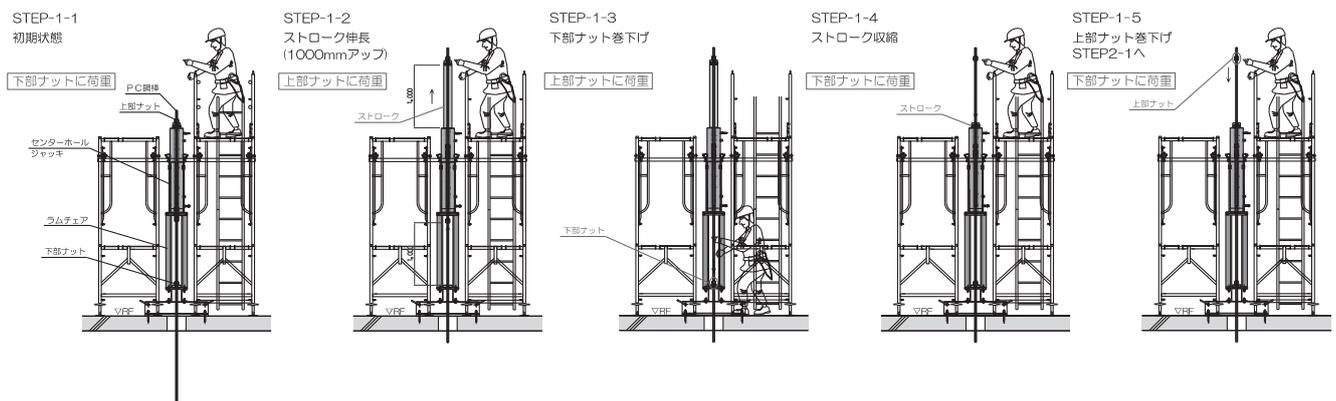


図-11 ジャッキ盛り替えステップ (1ステップ毎)

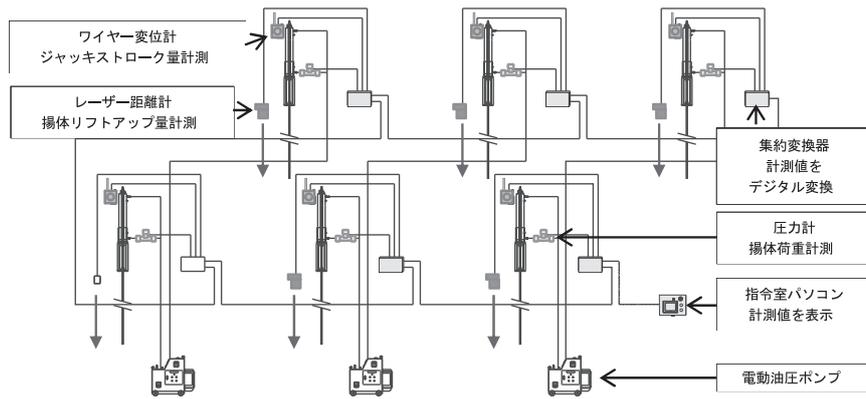


図-12 計測機器および油圧システム図

(d) 制御・計測管理

リフトアップ作業中のスノコ鉄骨の変形を許容値内におさめ、かつ安全に作業を行うため、各計測項目に管理値を設けて計測管理した。事前の解析結果から、揚体の相対偏差を1次管理値 50 mm 以内、2次管理値を 75 mm 以内と設定すると共に、支点当りの揚荷重量は偏荷重抑止のため地切り荷重の ± 30% 以内とした。各計測器のデータは、屋上に設けられた指令室の計測管理画面に集中表示させた (図-12)。指令室では計測結果をもとに都度状況を判断し、次の作業指示を操作班や作業監視班へ伝達した。

(e) 通信・連絡・監視システム

今回新たな取り組みとして、指令室に表示される計測管理画面を、携帯電話網を使用してタブレット端末にも表示できるようにした。また、従来はトランシーバを用いて指令室と監視班が会話により行っていた状況報告を、タブレット端末のタッチ操作で行えるようにした。これにより、事前段取り作業時間の短縮とコストの低減を図れると共に、指令室への状況報告を確実なものとし、作業の進捗を関係者全員が共有できるようになった (図-13)。

5. リフトアップ実施状況

リフトアップ工事は2016年8月4日、約5時間をかけて実施した。途中揚体の変位差が1次管理値を超えたため、ジャッキ操作による微調整を行ったが、変位差の調整はこの1回のみであった。

リフトアップ完了後、屋根トラス鉄骨と吊り材にて定着し、8月19日、仮設トラス材のみをリフトダウンし、工事は無事に完了した。実施状況を写真-1 から写真-7 に示す。



写真-1 仮設トラス、スノコ天井地組状況

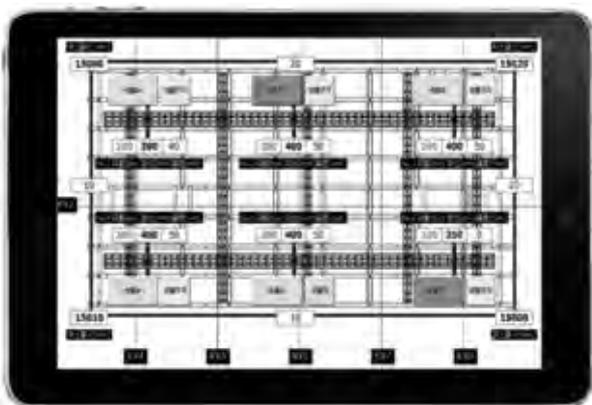


図-13 タブレット端末表示画面例



写真-2 スノコ天井地組完了状況



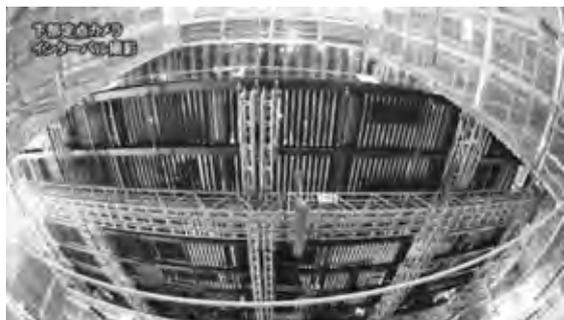
写真一三 屋上階 リフトアップ装置配置状況



写真一四 上部吊上げ装置



写真一五 リフトアップ指令室



写真一六 リフトアップ状況 (途中)



写真一七 リフトアップ状況 (完了)

6. おわりに

ジャッキ式吊上げ機械を用いたホール舞台スノコ天井リフトアップ工事の概要，新たに取り入れた通信・連絡・監視システムについて報告した。

最後に今回の工事で得られた成果を以下に示す。

- ①作業性の良い1Fレベルでスノコ鉄骨，設備配管の地組みを行うことで，鉄骨建方を安全かつ精度良く行うことができた。
- ②鉄骨建て方用の大型クレーンを使用せずスノコ天井を施工したことで，屋上床コンクリートを先行して打設でき，クリティカルパスである外装仕上工事に早期着手できた（13日の工程短縮）。
- ③大型クレーンの使用回数を最小限にすることで，CO₂排出量の削減，近隣に対する騒音を低減できた。

謝 辞

本工事を行うにあたりご尽力をいただいた鶴岡市をはじめ関係各位に感謝の意を表す。

JICMA

【筆者紹介】



嘉本 敬樹 (かもと けいじゅ)
株竹中工務店
大阪本店技術部 機械電気グループ
グループ長



長谷川 祐 (はせがわ ゆたか)
株竹中工務店
東京本店 東日本機材センター
主任



麓 哲二 (ふもと てつじ)
株竹中工務店
東京本店 東日本機材センター
担当