

甲南高等学校・中学校 講堂

| | | | | | |
|----------------|-------|----------|------------|--------|-----------------|
| 26-019-2024 作成 | 発 注 者 | 学校法人甲南学園 | 所 在 地 | 兵庫県芦屋市 | |
| 種 別 | 耐震改修 | 改修設計 | 株式会社 竹中工務店 | 竣 工 年 | 1978 年（昭和 53 年） |
| 建物用途 | 学校 | 改修施工 | 株式会社 竹中工務店 | 改修竣工 | 2024 年（令和 6 年） |

3D スキャンを用いた計測（以下、3D 計測）と BIM を活用した天井の耐震改修

●建物概要 地上 4 階 建築面積 1,915.39㎡ 延床面積 3,696.09㎡

構造種別 鉄筋コンクリート造（屋根梁：鉄骨造）

構造形式 耐震壁を有するラーメン構造

助 成 金 私立学校施設整備費補助金（文部科学省交付）

●改修経緯

本建物は 1978 年に竣工した地上 4 階建ての学校敷地内にある講堂である（写真-1）。当講堂の天井は、2013 年に改正された天井落下対策に関する法令における特定天井に該当することから、生徒や教職員の方々が安心して利用できるようにするため、天井の耐震改修を実施した。

●耐震改修計画

特定天井の改修にあたり、仕上げ材の延長ではなく構造材として設計施工を行う、信頼性の高い「準構造」として耐震改修を行った。新設補強部材には適切に斜材を設けることで固有周期を 0.1 秒以下とし、水平剛性を確保した（図-1）。新設補強部材の設計用地震力は水平震度 1.0 および鉛直震度 1.0 とし、これら外力が同時に作用しても部材応力度が短期許容応力度以下となるように耐震改修設計を行う計画とした。

本耐震改修計画の最大の特徴は、天井内の 3D 計測を事前に実施し、天井内既設部材の 3D 計測モデルと新設する補強部材の BIM モデルデータ（以下、3D モデル）を事前に重ね合わせ、部材配置検討を行ったことである。天井内には設備ダクトやキャットウォークといった数多くの既設部材があり、これら既設部材を避けた補強部材の設計および限られた時間の中で施工を実施することを目的に、3D 計測を最大限活用した。

●3D 計測と BIM を用いた天井部材の耐震改修設計の流れ

本建物の改修工事設計の流れを以下に示す。まず基本計画時には、既存図書をもとに新設補強部材の配置計画および概略検討を行った。構造検討には、3D モデルの出力が可能である構造解析プログラム Midas を用いた。次に基本設計時にはこれら計画をもとに、スケールや野帳等を用いた一般的な現地実測に加えて 3D 計測を実施した。詳細設計時には、この 3D 計測モデルと新設補強部材の 3D モデルとを重ね合わせることで（図-2）、限られた時間の中で既設部材と新設補強部材の干渉箇所を事前に把握し、配置計画に反映することができた。

●3D スキャンを用いた現地計測

3D スキャンとは、3D レーザースキャナにより既存建物を 3 次元点群データ化する技術である。本建物では、写真-2 に示すように固定型のレーザースキャナを天井内のキャットウォークに設置して計測を行った。約 350㎡ある天井内を 118 か所（図-3）、1 班 3 名にて 1 日で計測し 3 次元データ化した。

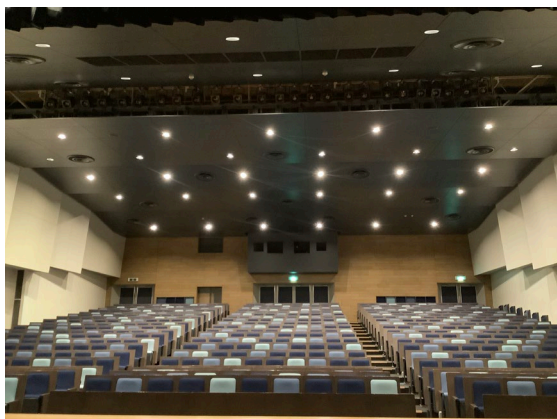


写真-1 甲南高等学校・中学校講堂内観写真

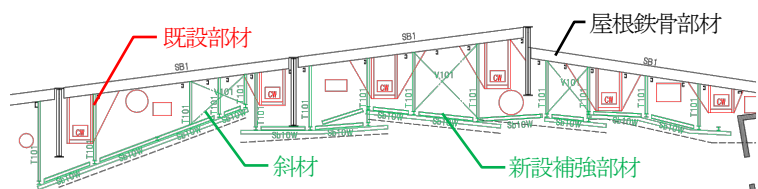


図-1 天井内改修軸組図

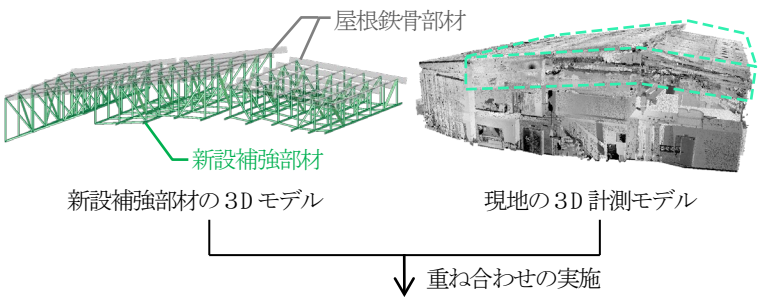


図-2 3D モデルと 3D 計測モデルの重ね合わせ

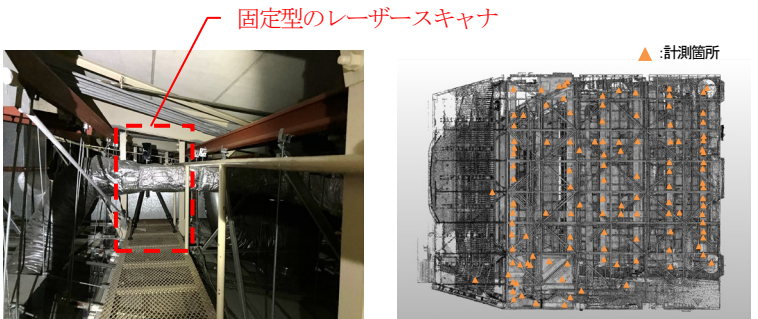


写真-2 3D スキャナの設置状況

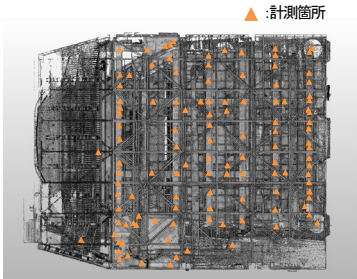


図-3 3D スキャナの計測箇所

| | |
|-----------|---|
| 【要約】 | 高等学校・中学校の講堂における天井落下対策に関する法令に適合させる天井の耐震改修工事である。事前に天井内の 3D スキャンを実施し、既存設備の 3D 計測モデルと新設補強部材の 3D モデルを重ね合わせることで、新設補強部材の既設設備との干渉を減らし、工事期間中の後戻りを減らすことで工期・コスト面でリスク回避を行うことができる。 |
| 【耐震改修の特徴】 | 特定天井の耐震改修、BIM、助成金適用 |
| 【耐震改修の方法】 | 強度向上 靱性向上 免震改修 制震改修 仕上げ改修 天井改修 設備改修 液状化対策 基礎の耐震改修 その他 |

●3D 計測結果と新設補強部材の 3D モデルの重ね合わせ

基本計画時には、新設補強部材の 3D モデルと 3D 計測モデルの重ね合わせから軸組図を切り出し、干渉を確認した（図-4）。3D モデルを重ね合わせることで既設部材との干渉箇所が一目瞭然であった。新設補強部材の配置計画の見直しと重ね合わせを繰り返すことで、スピーディかつ正確な耐震改修設計を実現することができた。

詳細設計時には、図-5 に示すように重ね合わせた 3D モデル上でより詳細に干渉確認を行った。結果、複雑な既設設備ダクトやキャットウォークを避けた位置で新設補強部材を配置できていることがわかる。

●既設天井仕上げ形状の把握

本天井改修では、新設補強部材を建方するため一度天井を解体し、建方完了後に再度天井を復旧した。発注者からの依頼は、既存天井の形状のまま天井を復旧することであった。図-6 には、既存図書における天井の形状と 3D 計測結果の比較を示す。わずかではあるが既存図書と既設天井形状が異なっていたため、発注者と協議の上 3D 計測結果をもとに既設天井形状にあわせた復旧を行うこととした。

●3D 計測と BIM を活用した耐震改修の効果

限られた工期内で改修を行わなければならない工事において、後戻りのない施工の実施は不可欠である。本プロジェクトでは 3D 計測を用いることで、数多くの既設部材の実測を 1 日で完了できた。さらに、事前に 3D モデルとの重ね合わせを実施することで、施工時の後戻りを大幅に削減できた。新設補強部材の施工完了時の状況を写真-3 に示す。既設部材を避けた位置に新設補強部材を配置できている。

●設計者コメント

本建物では、文化祭から卒業式までの 5 か月間での確実な施工というお客様ニーズに応えるため、天井改修工事において 3D 計測を実施し、3D モデルと重ね合わせる手法を導入した。新築工事では一般的となった BIM の重ね合わせを改修工事に応用することで、期中における後戻りを大幅に削減し、工期・コスト面での大幅なリスク回避を行うことができた。この手法は他の改修工事にも適用でき、今後の活用が期待できる。

●施工者コメント

3D スキャンを用いた設計検討データをもとに、後戻りのない安全作業を実施した。結果として、限られた工期内で特定天井改修工事を無事に完成することができ、お客様ニーズに応えることができた。

●発注者コメント

講堂の特定天井については、以前から地震発生時の天井脱落の危険性が懸念されていましたが、この度の改修工事で天井（非構造部材含む）の耐震性能が強化されたことにより、講堂利用者の安全性が大きく高められました。

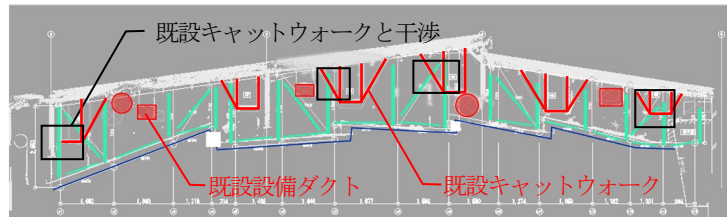


図-4 基本計画時の 3D モデルとの重ね合わせ状況（軸組図）

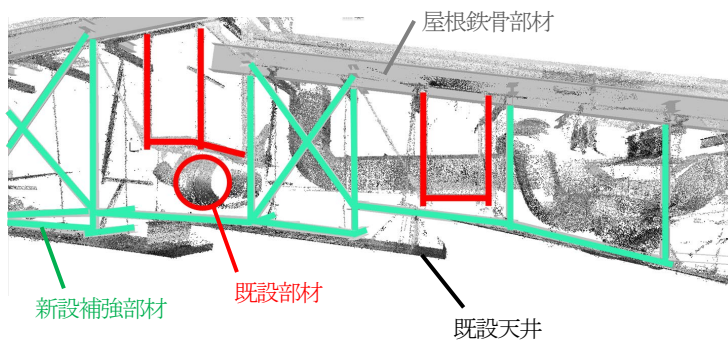


図-5 詳細計画時の 3D モデルとの重ね合わせ状況

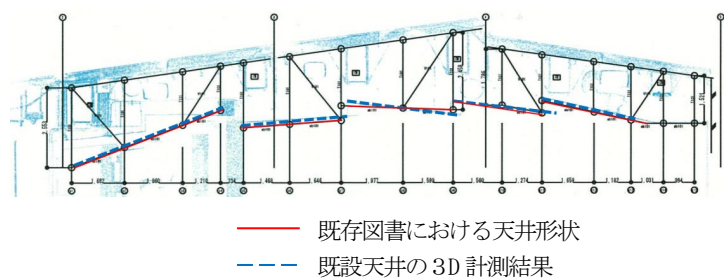


図-6 天井形状の重ね合わせ状況

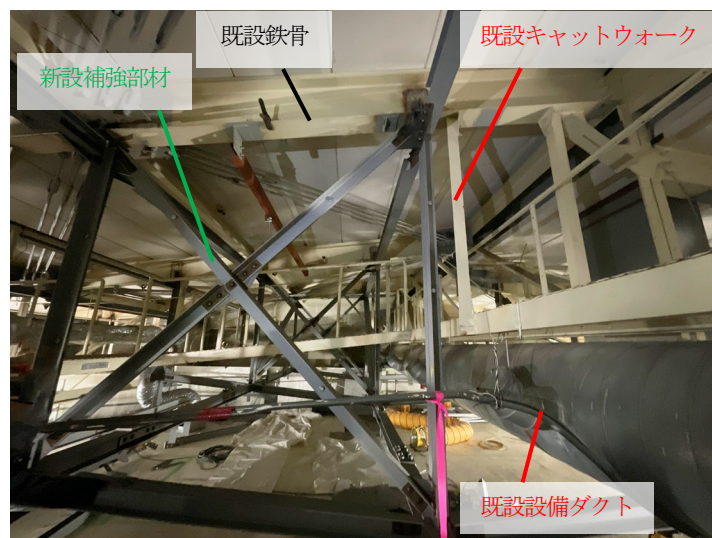


写真-3 新設補強部材施工完了状況