

# 熊本城天守閣

08-021-2021 作成  
種別 耐震改修  
建物用途 博物館

発注者 熊本市  
改修設計 株式会社大林組一級建築士事務所  
改修施工 株式会社大林組

所在地 熊本県熊本市  
竣工年 1960年(昭和35年)  
改修竣工 2021年(令和3年)

## ダンパー配置を省スペース化した制震補強

### ●建物概要

建物規模 地上6階・地下1階

建築面積 1,105.36㎡, 延床面積約2,925.28㎡

構造種別 鉄骨鉄筋コンクリート造、鉄筋コンクリート造、一部鉄骨造

構造形式 プレース付きラーメン構造(補強後)

### ●改修経緯

熊本市のシンボルである熊本城天守閣は、昭和35年(1960年)に熊本市制七十周年記念事業として外観を忠実に再現した復元天守である。「平成28年(2016年)熊本地震」において、二度の強い地震により損傷した。公募型の「熊本城天守閣復旧整備事業プロポーザル」にて技術提案を行い、優先交渉権者に選定され、早期復旧を目指した。

復旧整備事業では、外観復旧のほか、耐震補強、博物館としての内部展示を刷新、防災設備の強化、エレベーター・スロープの設置によるバリアフリー対応を行なった。写真1は、復旧整備工事完了後の外観写真。

### ●耐震改修計画

天守閣は、大天守と小天守から構成され、石垣を含む地盤面以下は、「特別史跡 熊本城跡」として国指定特別史跡に指定されており、新設杭設置や既存深礎補強工事が許されない。建物を支持する既存深礎への地震力負担軽減を目的に制震補強を採用した。図1に制震補強概念図を示す。比較的階高の高い下層階に地震エネルギー吸収を期待する制震ダンパーをブレース形状に配置した。地震の損傷が大きかった最上階は、新規の鉄骨を用いて再構築し、方杖形状の制震ダンパーを配置した。低階高の大天守4階と5階は、自社開発の強度型耐震工法を採用した。

100年先も今と変わらぬ熊本市のシンボルであり続けることを見据え、耐震等級Ⅱ類相当(基準法レベルの1.25倍)の耐震性を確保している。

### ●改修技術の説明

通常のダンパー配置は、一つの構面に一つのダンパーしか配置出来ないが、今回採用したクロスダンパーは、一つの構面にブレイキダンパーとオイルダンパーの異なる二つの制震ダンパーを配置出来る。図2にダンパー配置の省スペース化概要を示す。ブレイキダンパーは、中小地震時には高い剛性で耐震性能を向上させ、大地震時には履歴減衰により地震エネルギーを吸収する。オイルダンパーは、中小地震から大地震まで粘性減衰により地震エネルギーを吸収する。

図3に大天守2階のクロスダンパー配置を、図4に階段の区画壁内に配置したクロスダンパーの構造パースを示す。制震ダンパー配置の省スペース化によって、博物館の回遊性を確保した建築計画と必要補強量を満足した構造補強計画の整合を実現した。



写真1 外観全景(復旧整備工事完了後)

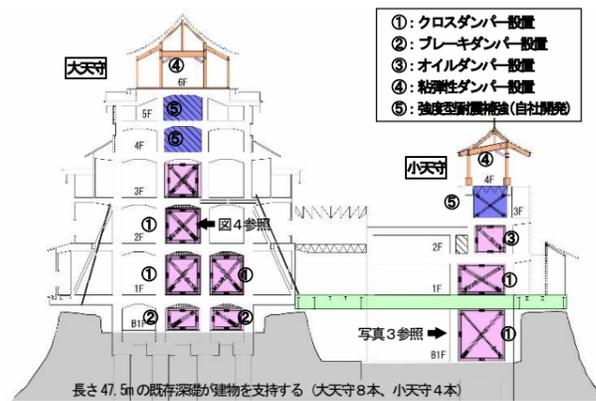


図1 制震補強概念図

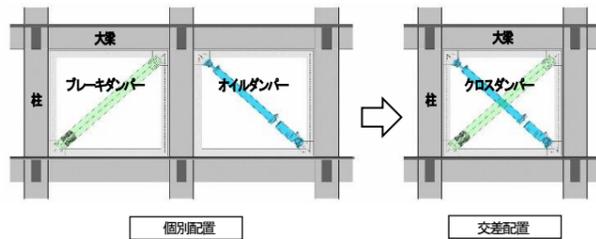


図2 ダンパー配置の省スペース化概要

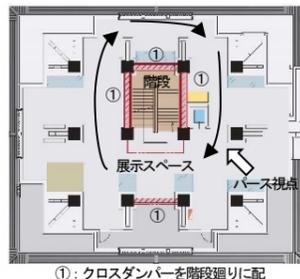


図3 平面図(大天守2階)



図4 構造パース

【要約】 熊本市による「熊本城天守閣復旧整備事業プロポーザル」にて技術提案を行い、優先交渉権者に選定され、早期復旧を目指した。地盤面以下は、国指定特別史跡に指定されており、建物を支える既存深礎に作用する地震力の低減を図るため制震補強を採用している。上層階の工事を先行する足場の掛け方の工夫や遠くからでも工事進捗が見られる半透明の仮囲いなど、復興のシンボルとして着実に進む復旧を日々伝えることが出来た。

【耐震改修の特徴】 震災復興、短工期施工、高耐震性能、資産価値向上

【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

### ●復興のシンボルとしての復旧計画

天守閣は上階に向かって床が縮小していく特殊な形状です。耐震補強を組み込んだ複雑な主架構、展示スペースをはじめとした内装仕上げ、バックスペースにコンパクトに集約された各種設備と供給ルートなど、様々な角度から非常に複雑で高度な納まり検討が必要でした。そこで、BIM(図5)や既存躯体の点群データを統合して活用することで、問題点を早期に可視化し、工期短縮を実現しました。

復興のシンボルとして、熊本市内の遠くからでも見ることが出来る大天守上層階の工事を先行着手した。写真2に示すように上階でセットバックする建物形状に対し、開口部を貫通させた鉄骨構台を設けて工事足場を設置する工夫をした。また、工事足場を半透明のメッシュで覆い、遠くからでも工事進捗を見られるようにすることで着実に進む復興を日々伝えることが出来た。

### ●制震改修の効果

図6の立体フレームモデルを用い、レベル2告示波と熊本地震波(熊本気象台観測波)を対象に時刻歴応答解析を実施した。地震エネルギー吸収分担率(図7)を確認すると、50~60%程度を制震ダンパーで負担しており、主架構(柱・はり)の負担を大きく低減し、制震補強の効果を確認出来た。最大層間変形角(図8)も設計クライテリアの1/100以下となることを確認している。

### ●設計者コメント

小天守地下1階のクロスダンパーは、写真3に示すようにダンパー自体を露出し、来場者が最新の耐震補強技術を間近に見ることが出来るデザインとなっている。図9にクロスダンパー姿図、図10にブレイキダンパー構成を示す。

省スペースで制震効果を発揮するクロスダンパーは、新築、耐震改修を問わずに今後も採用していきたい。

### ●施工者コメント

熊本地震直後、熊本の多くの方々を勇気づけるため、早期復旧が最重要課題であり、工期短縮を図るべく設計と施工の同時進行のプロジェクトとなった。緊急性、新技術の採用、石垣土木部門との連携が求められたが、多くの関係者の支援により無事に完成させることができた。

### ●発注者コメント

世間からの注目を浴びる中、また工期が短い中、期待以上の設計提案、施工方法の工夫等により早期復旧を果たすことができた。工事中も城内の特別公開への協力や工事進捗の外部掲示等、観光客を意識した工事を行っていただいた。復興のシンボルとして相応しい工事であった。



図5 BIM納まり確認



写真2 大天守上階足場(工事着手時)

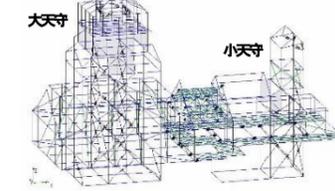


図6 立体応答解析モデル

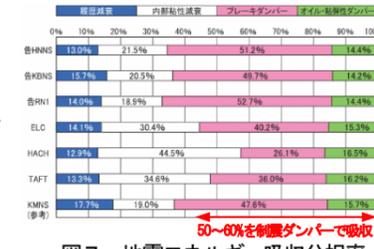


図7 地震エネルギー吸収分担率

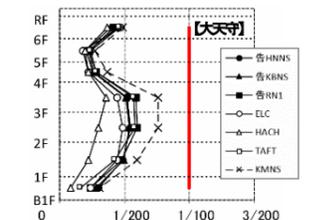


図8 最大層間変形角

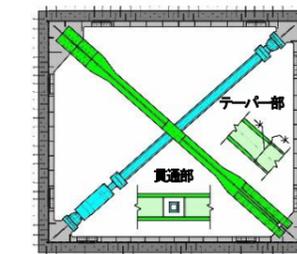


図9 クロスダンパー姿図

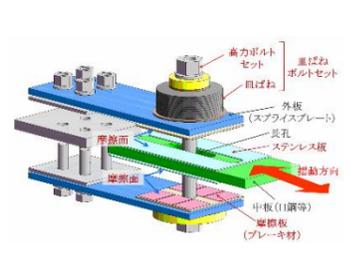


図10 ブレイキダンパー構成



写真3 クロスダンパー設置状況(小天守地下1階)