

木造伝統構法で復元された白石城の常時微動測定 —地震による被災と補修を繰り返した建物の固有振動数の変化—

Microtremor measurements of a wooden castle restored by traditional construction
(Part 1) Changes in natural frequencies of buildings repeatedly damaged and repaired by earthquakes



境 茂樹 Shigeki SAKAI*¹・仲野健一 Kenichi NAKANO*²
中村一男 Kazuo NAKAMURA*³・加藤貴司 Takashi KATO*¹

研究の目的

筆者らは木造伝統構法で復元された白石城について、竣工後から地震で被災する度に常時微動測定を行い、その振動特性の変化を把握してきた。木造伝統構法の建物は、木軸の仕口部や土壁の挙動が十分に解明されておらず、適切な振動解析モデルの設定による解析的評価が難しい。そのため、建物の振動特性の把握において、常時微動測定（あるいは人力加振試験）が行われることが多い。常時微動測定を継続的に実施し、経時的な振動特性を把握することは、資料の乏しい木造伝統建築物の設計やその維持補修計画において、重要な基礎資料になると考えられる。

本論文は、2021年と2022年の福島県沖地震によって被災した白石城の災害復旧工事前後で実施した常時微動測定結果に基づき、固有振動数および層剛性の変化を過去の測定結果と比較して考察したものである。

研究の概要

白石城は伝統構法で復元された木造天守で、1992年に建築基準法38条の大臣認定を取得し1995年3月に竣工した。建物規模は、地上3階建て、軒高13.3m、最高高さ16.7m、建築面積287m²、延床面積414m²である。

白石城は2011年3月の東北地方太平洋沖地震（マグニチュードM9.0、白石市で震度6弱）で被災し、翌年の2012年5月～9月に災害復旧工事が行われた。さらに2021年2月、2022年3月の2度にわたる福島県沖の地震（M7.3、M7.4、いずれも白石市の震度5強）に見舞われ再び被災した。この地震後の常時微動測定は、本格的な災害復旧工事が開始される直前の2022年3月24日と、災害復旧工事後の2022年10月12日に実施した。

常時微動測定結果の分析は、3階小屋組の1階に対する伝達関数を算出して行った。その結果、補修前に比べて補修後の伝達関数の1次～3次のピーク振動数が高次側にシフトしていることが認められた。また、図-1に示すように、竣工後の2005年の測定結果を基準として、固有振動数比を算出した。その結果、固有振動数比は過去の地震で被災する度に低下し、補修後にやや回復することを繰り返していることが認められた。さらに、この伝達関数の結果に基づき、建物の層剛性を評価した（図-2）。その結果、2005年の測定結果を基準とした層剛性比は、X方向（東西方向）では3層目が最小となり、また、2011年東北地方太平洋沖地震後の結果よりも、2021年および2022年福島県沖地震後の結果が30～60%まで低下し、補修後には77～91%まで層剛性の回復が認められた。

結論

2021年と2022年の福島県沖の地震で被災した白石城について、地震後と補修後に常時微動測定を行い、伝達関数に基づく固有振動数と層剛性の変化について過去の結果と比較して考察した。その結果、固有振動数は被災後に低下し、補修後に上昇することを繰り返していることが示された。また、建屋の層剛性は、福島県沖の地震後に層剛性は30～60%まで低下したが、補修工事後に77～91%まで回復したと推定された。このように、常時微動測定による固有振動数と層剛性の変化から、地震および補修工事の建物の振動特性に与える影響を定量的に示した。

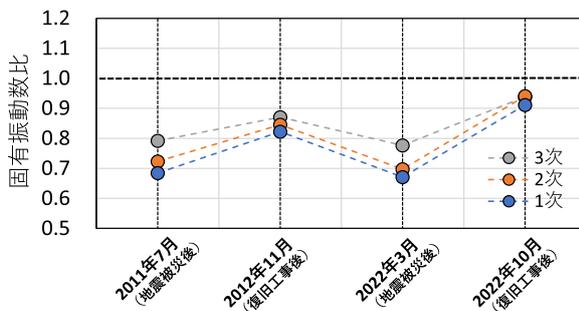


図-1 固有振動数比 (2005年を基準, X方向)

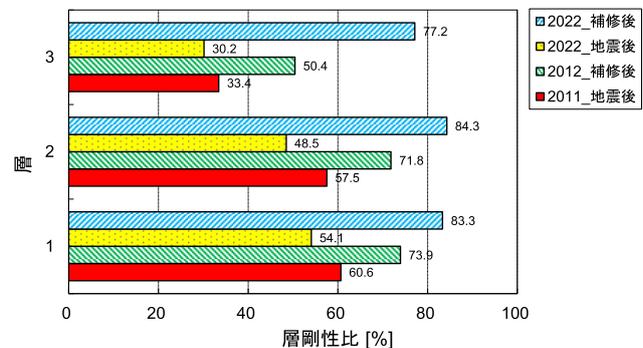


図-2 層剛性比 (2005年を基準, X方向)