

伝統的木造建築物(三重塔)の振動特性

——真楽寺三重塔の修理前における微動観測——

長野工業高等専門学校 正員 服部秀人 小林 清

信濃伝統建築研究所 和田 勝 信濃建築史研究室 吉澤政己

大林組技術研究所 正員 菊地敏男 奥田 暁 トランス・コスモス 大沼万孫

東京都立大学 正員 岩橋敏広 信州大学名誉教授 島 垣

1. はじめに

我が国の伝統的木造建築物は比較的地震に強いといわれている。筆者らはこれまで、善光寺地震(1847)におけるお寺の被害をもとに、お寺本堂の振動特性や本堂の被害と地震動強度について調べてきた。それら一連の研究を通して、確かに木造のお寺の古い本堂は強震動に対して強いとの印象を抱いている。五重塔については、山辺・金井(1988)が耐震性について考察しており、五重塔が地震で倒壊したという資料が無いことや、関東地震(1923, $M=7.9$)の際、下町の多くの木造家屋が倒壊したにもかかわらず浅草寺の五重塔には被害がなく、今でも語り草になっていると述べている。また、内田ら(1996)が法隆寺五重塔について微動観測を行っている。ここに述べる三重塔は長野県御代田町の有形文化財で、平成12年に修理工事が行われた。修理に先立ち微動観測を実施し、修理後の状態と比較するために修理前の振動特性を調べた。

2. 真楽寺三重塔

真楽寺は浅間山麓にある真言宗の古寺で、山号を浅間山と称し、浅間山鎮静の寺とされている。1万余坪の境内に本堂、庫裏、書院、三重塔、仁王門、観音堂などがある。三重塔は観音堂の東に南を正面として建っている。建築年代は、露盤銘に寛延4年(1751)と有り、18世紀中期と推定されている。塔の規模は、高さが相輪を含めて約22.5m、初重の1辺が12.5尺(3.787m)の計画寸法で、三重塔としては中規模である。各重の通減率は少なく、縁が高く屋根の勾配も急で、江戸時代の三重塔の特徴を有している。

3. 測定方法ならびに結果

振動計の配置を図1に示す。地面2箇所(図中記号N, E, V)で各々NS, EW, UD(図中記号N, E, V)、初重の床を1F、初重上部の梁を2F、以下図のように3F, 4Fとし、各々のF(階)ごとに水平2成分(HS, HE)上下2成分(北側にVN, 西側にVW)を配置した。

(1) 人力加振による共振実験

予備的に常時微動を測定して1次固有振動数が1.5Hzであろうと判断した。1.5Hzにセットしたメトロノームに合わせて、初重の柱を5人で水平に加振して減衰自由振動を測定した。結果の1例を図2に示す。得られた減衰振動から減衰定数を読み取った結果、正面方向(NS)が0.025、側面方向

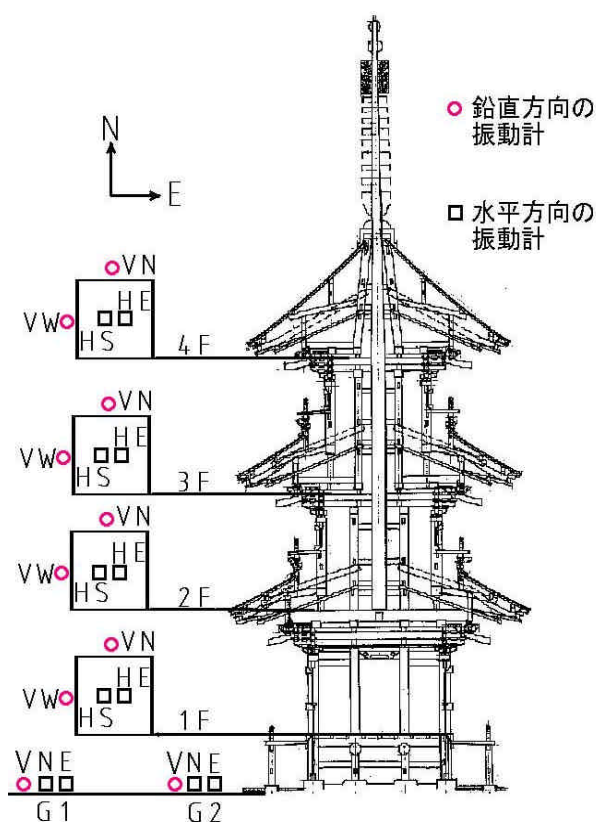


図1 塔の断面および振動計の配置

キーワード：三重塔、常時微動、振動特性、伝統的木造建築物
連絡先：〒381-8550 長野市徳間716 長野工業高等専門学校 環境都市工学科

(EW)が0.024であった。固有振動数は1.49から1.50Hzであった。

(2) 常時微動観測と振動モード

常時微動を約30分観測しスペクトルを求めた。スペクトルの平均化は以下に行った。時間刻み0.01秒でデジタル化して、10.24秒のウィンドーごとにスペクトルを求め、約30分の微動を180個のウィンドーによって平均した。4Fの正面－奥行き方向の水平成分(4FHS)について求めたフーリエ振幅スペクトルを図3に示す。1.5, 2, 4Hz付近にピークが見られる。図4に初重の床面(1F)を基準にした4階(4FHS)のスペクトル比を示す。初重床面に対する各々の階のスペクトル比から振幅倍率と位相差を読み取って描いたモード図を図5に示す。1次モードは1.5Hzに対応したものの、2次モードは4Hz付近のピークに対応したものである。2Hz付近のピークを2次モードと考えなかったのは以下の理由による。すなわち、1次モードは曲げ変形の特徴を示している。2Hz付近のピークに対応したモードはせん断変形の1次モードの形状を示した。このため、1.5Hzと2Hz付近のピークは1次モードに類するものと判断した。この1.5Hzと2Hz付近のピークについては、修理後の測定で更に考察を加える必要があると考えている。

4. おわりに

長野県御代田町の有形文化財、真楽寺三重塔の修理が計画され、修理前後の振動特性を調べる機会が与えられた。13年度に、修理後の測定を行い、地震に強いとされる我が国の木造多重塔の特性を探ってみたい。

謝辞

貴重な文化財の振動測定をお許しいただいた真楽寺ご住職向井深道師はじめ総代の皆様ならびに御代田町教育委員会の皆様に心より御礼申し上げます。

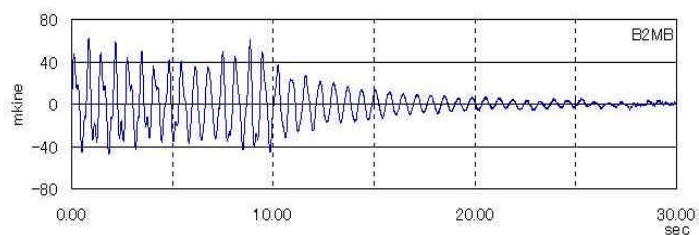


図2 減衰自由振動

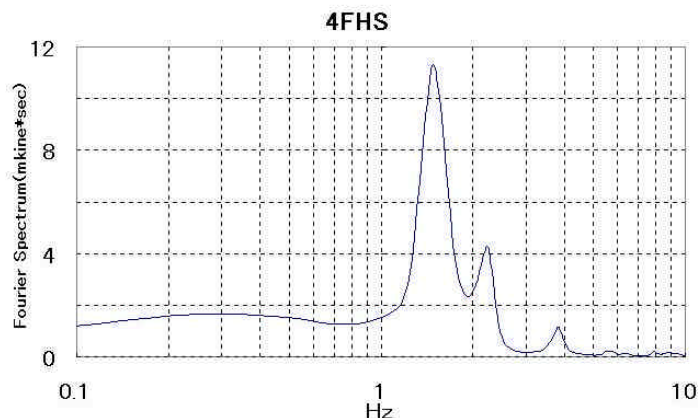


図3 フーリエ振幅スペクトル

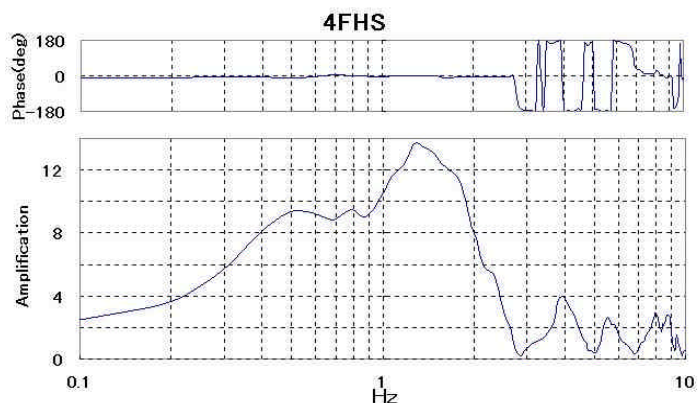


図4 1F基準のスペクトル比

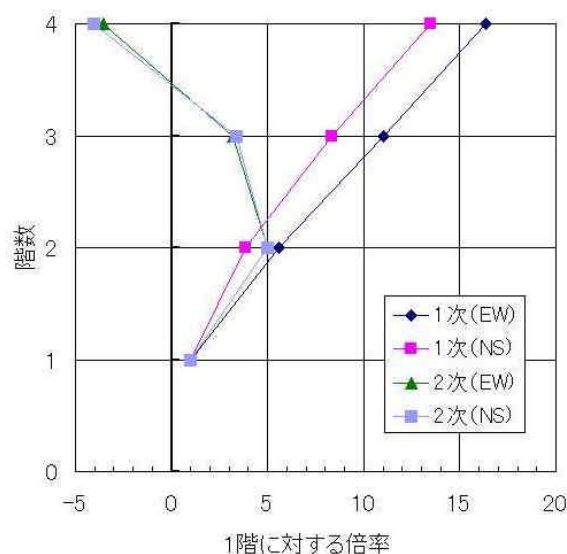


図5 1F基準の振動モード