

I-440

実測と数値解析による中国古代木造建築物の動的特性について

○ 岩手大学工学部	学生員	方 東平
岩手大学工学部	学生員	菅原 透
岩手大学工学部	正 員	宮本 裕
岩手大学工学部	正 員	岩崎正二
岩手大学工学部	正 員	出戸秀明

1. まえがき

中国の重要な遺跡を保護する明時代の長安(現在の西安)の城壁の一部である北門の樓閣の振動について研究した。構造物の固有周波数実測と3次元有限要素法(3D FEM)で確認した。

2. 理論

この城壁は1378年に建てられて以来、ずっと壊れずに維持されてきている中国最大の町の防御壁である。その一部である北門の樓閣の大きさは長さ50.6m、巾10.52m、高さ18.14mである。この建物は縦12列横3列の平均直径0.55mの木造円柱で支えられている。その建物は煉瓦の壁で囲われているが、円柱とは接触していない。

実測では加振の信号が、周囲の交通の影響を受けているものとして2つの仮定がなされる。

- (1) 建物の振動はエルゴード性を持つ。
- (2) 周囲の振動はホワイトノイズである。

ホワイトノイズは全周波数成分を持っていて、加速度-周波数曲線から見いだされるピークは、共鳴周波数か構造物の固有周波数である。数値解析では、3次元の有限要素法のプログラムで、梁、板、ばね要素が使われる。

3. 実測

建物の全体の振動モードは、実測の結果に強調されて出てきており、加速度センサーを対称的に設置した所から測定される。選択点は図1、2に示されるとおりで、高さは0.02m, 5m, 10.5mずつである。これらの点はM列の円柱No2とNo11、No4とNo9にある。図3は実測での機材構成である。

一般的に、構造物にはたわみとねじれの2種類の振動がある。建物の対称点にある2つの加速度信号は、FFT解析器に入力される。そして加速度-周波数曲線により固有周波数を得ることができる。たわみの状態とねじれの状態は位相差-周波数曲線で識別することができる。

図4は2つの対称点の加速度-周波数曲線である。最初の2つのピークは1.1Hzと1.7Hzであった。位相差-周波数曲線で解析すると、1.1Hzの位相差は9°、1.7Hzの位相差は176°であった。このことから1.1Hzはたわみの、1.7Hzはねじれの1次固有周波数であることがわかる。

加振器はいつでも古代の建物に使えるものではない。しかし私達が研究した樓閣は例外である。なぜならそれは1983年に再修理されたものだからである。そこで加振器を用いた普通の方法による結果をとる機会があった。図5を見ると図4と同じピークが見られる。しかし出力波形はもつとなだらかである。これはこの方法(交通荷重による振動測定、panting test)が加振が許されない建物では正しい方法であるからである。

4. 数値解析

中国には至るところに木造建築物があるが、通常は数値計算法でそれらの動的特徴を計算しようとしている。図6はこの樓閣のFEMモデルである。拘束点を選んで計算すると、たわみ振動が1.09Hzで、ねじ

れ振動が1.89Hzである。この結果は実測結果と比較するとかなり正確である。

中国古代の建物には、よく巨大な屋根が使われる。それらは分厚く、極端に重い。今回、楼閣の実測は2度行なった。最初の実測は修理の為、屋根がはずされたときである。修理終了後、屋根をつけて2度目の実測をした。最初の試験ではたわみ振動が1.45Hz、ねじれ振動が2.175Hzとなった。ということは屋根の重量がこの楼閣の動的特徴に大きな影響を与えていることになる。

5. 結論

実測と数値解析により、中国の明時代の長安の城壁である北門の楼閣の基本振動は、たわみが1.1Hz、ねじれが1.7Hzであることが分かった。また、重い屋根がこの建物の動的特徴に大きな影響を与えていることが分かる。

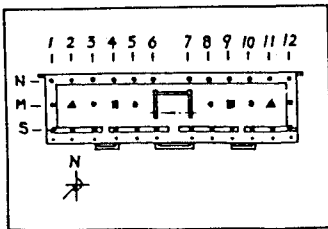


図1 楼閣を上からみた平面図

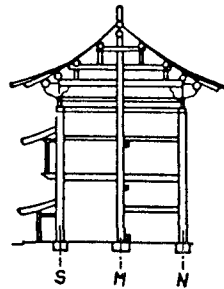


図2 楼閣の側面図

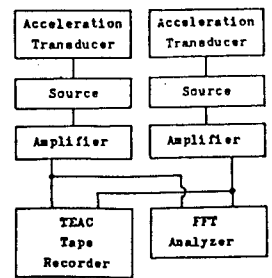


図3 機材構成

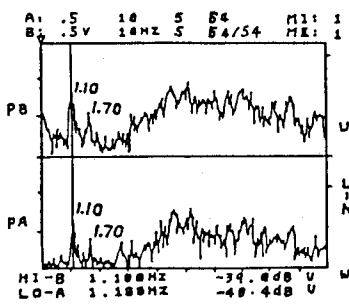


図4 加速度-周波数曲線（加振無し）

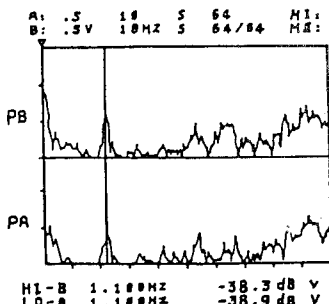


図5 加速度-周波数曲線（加振時）

参考文献

1. 渡辺 昇、宮本 裕：時刻歴地震応答解析法、技報堂出版（1985）
2. Fang dongping, Master's Thesis, Xi'an Jiaotong Univ., China, 4, 1988.
3. Research Group, Scientific Report, Tsinghua Univ., Civil-85-15.
4. Liu XiaoDong, Master's Thesis, Xi'an Jiaotong Univ., China, 6, 1988
5. Yokel F.Y., US Dept. Commer. NSB Bldg. Sci. Serv. 44, Washington DC.

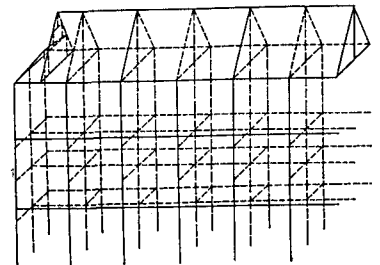


図6 FEMモデル