

西安地域の地盤および古建築物の動的応答特性

Seismic Characteristics of The Surface Ground and The Ancient Structure of X'ian, China

○岩楯徹広¹, 小田義也², 車 愛蘭³

Takahiro IWATATE¹, Yoshiya ODA and Ailan CHE³

¹(財)地震予知総合研究振興会・首都大学東京

ADEP/Tokyo Metropolitan University

²首都大学東京

Tokyo Metropolitan University

³上海交通大学

Shanghai Jiaotong University, China

This paper present the seismic characteristics of the surface ground and the ancient structures of Xi'an of China obtained from the micro tremor measurements and seismic explorations tests performed at Xi'an city.

From these data, the resonant frequencies of the ground structure of Xi'an city and the resonant frequencies of the ancient structures (Drum tower, Bell tower and Rampart of Xi'an castle) were examined.

And, moreover the seismic characteristics of the ancient structure was estimated by 2-D FEM model due the observed earthquake data in Japan. The calculated results agree well with the experimental ones.

These results were usable for the disaster mitigation of Xi'an city.

Keywords :Xi'an city, Micro tremor Measurement, Seismic characteristic of Ancient structures

1. まえがき

本研究は、首都大学と中国西安交通大学・上海交通大学との共同研究¹⁾の一環として、西安地域の地盤と歴史的な文化財(古建築物)の耐震安全性を、常時微動観測、物理探査および動的応答解析により検討したものである。

2. 常時微動観測

常時微動観測は、西安市の鼓楼(高さ33m)、鐘楼(高さ36m)、西安城壁(高さ12m)の東門、西門の城楼・箭楼(高さ30m)の6つの古建築物を対象に行なった。各建築物とも、1F:地表面、2F:城壁上端および3F(4F):建物階上にセンサーを配置し、同時観測し、水平方向2方向(NS&EW)と上下方向(UD)の卓越振動数と振動モードを調べた。また、地盤では、各建築物の周辺6地点で、水平2方向(H)と上下方向(V)を同時観測し、H/Vスペクトルにより、地盤の卓越振動数を評価した。

2.1 解析結果(表1)

(1)地盤の振動特性 すべての観測点で、明確のピークが得られなかった(図3)。西安地域の表層地盤は、風積黄土が長い年月堆積したもので、表層と基盤の物性に明瞭なコントラストが無いと考える。(2)東門の城壁上に在る城楼(DM-2)と城壁から独立している箭楼(DM-2)の1次卓越振動数(NS)は、それぞれ、2.93Hz、2.95Hzとなった(図4)。また、箭楼の増幅率(4F/1F)は、NS方向、EW方向とも同じ(8倍)であるが、城楼(3F/1F)では、城壁と並行するNS方向と直交するEW方向で大きな差があり、それぞれ2倍と13倍となった。

(3)鐘楼(ZHR)と鼓楼(GR)の1次卓越振動数(NS)は、

それぞれ4.70Hz、3.13Hzとなった。(4)また、鐘楼(正方形断面)の増幅率(3F/1F)は、NS方向とEW方向でほぼ同じで8倍(図5)となったが、鼓楼(矩形断面:NS=3.5xEW)の応答倍率(3F/1F)は、NS方向とEW方向では大きな差があり、NS方向が8.6倍、EW方向が7.4倍となった。

3. 物理探査

西安交通大学構内の表層地盤で屈折法地震探査(45mの測線上に、2.5m、5m間隔に13点)を実施した。その結果、表層地盤は、ほぼ均質で一層構造であり、せん断波速度は、 $V_s=233\text{m/s}$ となった。

4. 動的応答解析

鼓楼を対象に、一次元、二次元モデル(図6)を作成し動的応答解析を実施した。鼓楼の諸元、物性値は、既往の研究²⁾に基づき設定し、また、地盤構造モデルは、物理探査結果より設定した。

(1)固有値解析により得られた固有振動数は、3.16Hz(1次元モデル)、3.07Hz(2次元NSモデル)、3.36Hz(2次元EWモデル)となり、常時微動観測値(3.13Hz)と良い一致が見られた。

(2)解析で得られた振動モードを観測値と比較すると良い一致が見られた(図7)。

(3)これらの結果より、解析モデルの妥当性が検証され、西安地域の地盤および古建築物の耐震性を評価することが出来た。

参考文献 (1)岩楯徹広, 車 愛蘭 中国西部地域の地震応答特性に関する総合研究その(二)東京都立大学総合都市研究,2002,3, (2)俞 茂宏 西安古城壁研究, 西安交通大学出版社,1994

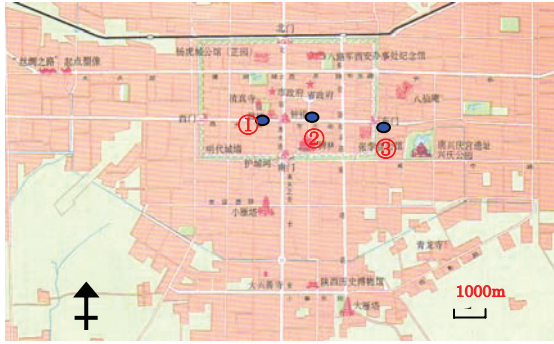


図 1 西安市の歴史的文化財



図 2-①西安市鼓楼



図 2-②西安市鐘樓

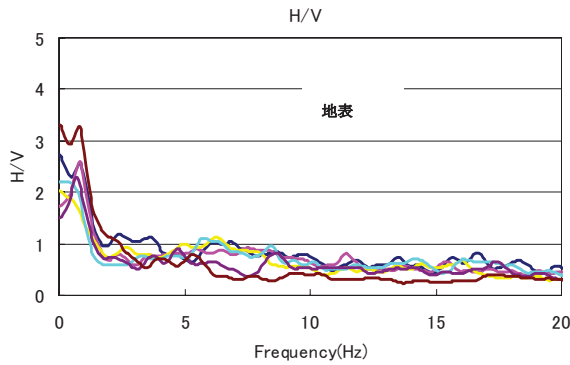


図 3 西安市地盤の卓越振動数(H/V スペクトル)



図 2-③西安市東門城樓



図 2-④西安市東門箭樓

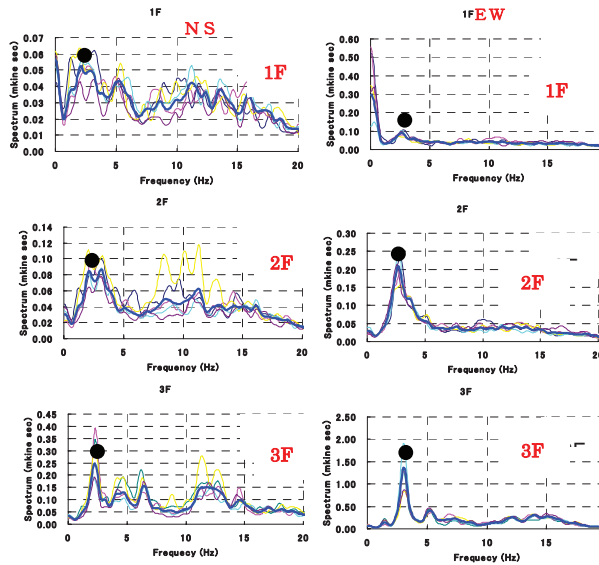


図 4 西安市東門城樓(1F、2F、3F)の卓越振動数

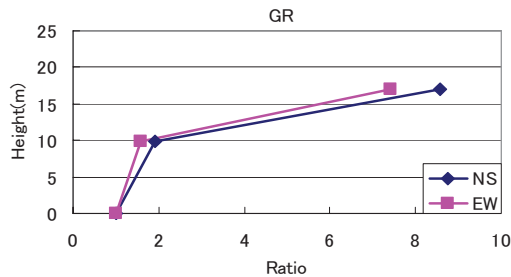


図 5 西安鼓楼の増幅特性(微動観測)

表 1 西安市古建築物の震動特性(卓越振動数)

高さ(m) DM-1 (Hz) 同時観測				高さ(m) XM-1 (Hz) 同時観測			
	NS	EW	T-NS T-EW		NS	EW	T-NS T-EW
1F	2.54	2.83	3.22 2.93	1F	2.73	3.03	2.83 3.03
2F(12m)	2.44	3.03	2.83 3.03	2F(12m)	2.83	2.73	2.73 3.03
4F(23m)	2.64	3.61	2.64 3.61	3F(19m)	2.93	3.03	2.93 3.03
高さ(m) DM-2 (Hz) 同時観測				高さ(m) XM-2 (Hz) 同時観測			
	NS	EW	T-NS T-EW		NS	EW	T-NS T-EW
1F	3.125	2.93	2.73 3.03	1F	3.03	2.64	2.25 2.64
2F(12m)	2.73	3.03	2.83 3.125	2F(12m)	2.44	2.83	2.15 2.83
3F(19m)	1.95	3.91	1.86 3.91	3F(19m)	2.34	3.125	2.34 3.125
高さ(m) GR-1 (Hz) 同時観測				高さ(m) ZHR-1 (Hz) 同時観測			
	NS	EW	T-NS T-EW		NS	EW	T-NS T-EW
1F	2.64	2.93	2.83 2.73	1F	6.44	6.54	3.32 3.125
2F(8m)	2.83	2.83	3.03 2.83	2F(8m)	5.57	5.57	3.81 3.42
3F(20m)	3.32	3.125	3.32 5.18	3F(23m)	4.59	4.98	4.39 4.59

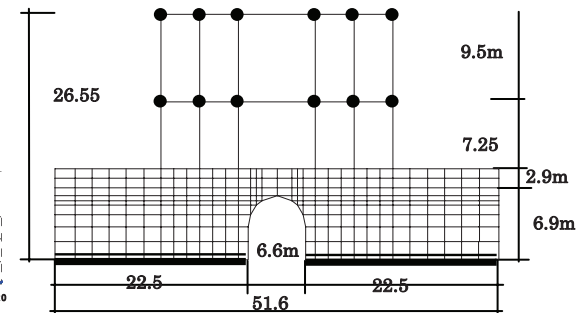


図 6 西安鼓楼の 2 次元 FEM モデル(EW 断面)

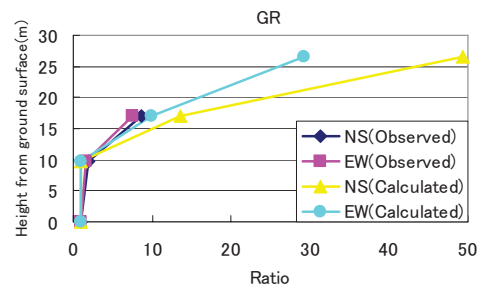


図 7 西安鼓楼の応答特性(実測値と解析値の比較)