

III-1

高松城天守台石垣の振動特性について

（株）四国総合研究所	正会員	○斎藤章彦
香川大学工学部	正会員	山中 稔
香川大学工学部	正会員	長谷川修一
香川大学大学院	学生会員	石川照久

1. はじめに

高松城(通称玉藻城)は、天正16年(1588年)に生駒親正によって築城されたが、築城から400年以上経過しており、石材の風化や地震の影響等ではらみだしや石材のずれ、抜けといった現象が発生していることから、石垣が崩れる危険性もあり、現在、石垣の解体修理が行われている。

歴史的建造物としての城壁の耐震性に関する研究の一環として、高松城天守台石垣および周辺地盤の振動特性を把握するため常時微動測定を行ったので、その概要を報告する。

2. 地形・地質の概要

高松城の位置する地区は、高松平野の北端沿岸部にあたり、近隣西方には紫雲山地、東方には屋島山地が控えている。高松城は、旧香東川河口の八輪島付近を埋め立てて築城されている。旧香東川は、紫雲山の東側を流れて当地区周辺に分流して三角州を形成したと思われ、東方に流下する現在の御坊川は、分流によって形成された流路の一つである。

既往のボーリング調査^{1),2)}によれば、当地区は、上位より、沖積礫質土(Ag)、沖積砂質土(As)、沖積粘性土(Ac)が成層している。これらの各層は上位から下位に向かって粗粒土から細粒土へ順次細粒化しており、堆積環境が次第に変化したことが伺える。すなわち、三角州性から扇状地性へと水深が次第に浅くなってきたものと考えられる。

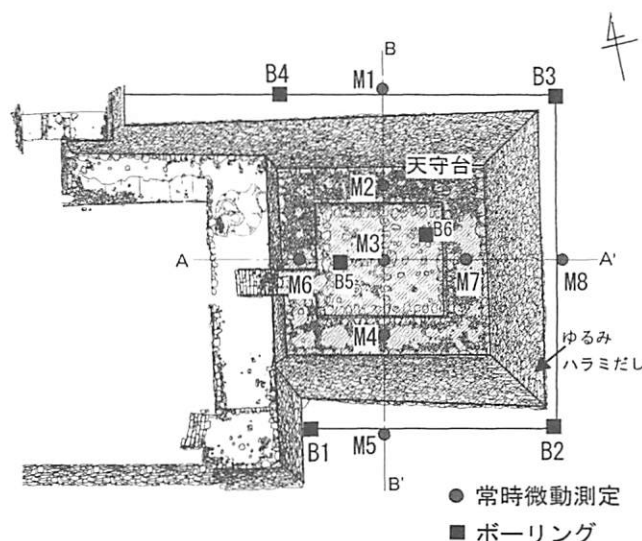
3. 常時微動測定の概要

図・1に微動測定箇所および既往のボーリング位置を示す。微動測定には、サーボ型速度計(VSE-15D)と携帯型記録計(SPC-35N)を使用した。速度計は0.3~30Hzでフラットな利得特性を示す。各測点においてサンプリング周波数100Hzで5分間の測定を行った。測定波形の中からノイズの少ない20.48秒間のデータを10個取り出し、成分ごとのフーリエスペクトルを求めた。さらに、水平上下フーリエスペクトル比(H/Vスペクトル比)を求めた。なお、スペクトルはバンド幅1.0HzのParzenウィンドウにより平滑化を行った。

4. 測定結果および考察

(1)速度フーリエスペクトル

図・2に天守台盛土(M3)、天守台石垣(M4)および周辺地盤(M5)における速度フーリエスペクトルを示す。全点同時測定を行っていないため厳密な比較はできないが、周辺地盤M5点では3Hzを境に低振動数側では水平動が、高振動数側で上下動が卓越している。一方、天守台石垣M4点では、ほぼ全振動数範囲で水平動が卓越している。M5点と比べて上下動はほぼ類似の形状を示すが、水平動ではその形状が異なっている。すなわち、M4点では、5~10Hzで水平動の振幅が大きく、特に石垣直行方向の卓越が顕著である。また、M3点では、ほぼ全振動数範囲で水平動が卓越し、1~3Hzで水平動が大きいのはM4点と同様であるが、5~10Hz付近の卓越はM4点に比べて小さく、水平動は両方向ともほぼ同程度の増幅を示している。このことから、5~10Hz付近



図・1 天守台および周辺地盤における測定箇所

は天守台の卓越振動数を反映していることが推察される。

(2)微動のH/Vスペクトル比

表層地盤と基盤の速度コントラストが大きい場合には、常時微動の水平・上下スペクトル比（H/Vスペクトル比）でもって地盤の卓越振動数を検出できることが知られている³⁾。図-3に天守台および周辺地盤におけるH/Vスペクトル比を示す。M5点では、2Hz付近に明瞭なピークが認められ、これが地盤の卓越振動数に対応することがわかる。他の箇所(M1, M8)でもほぼ同様であった。一方、天守台では、2Hz付近と8Hz付近にピークが見られることから、前者は基礎地盤と盛土の連成振動の卓越振動数に、後者は天守台の卓越振動数に相当すると考えられる。このように、天守台と周辺地盤とではほぼ同じ卓越振動数を示すことから、周辺地盤は天守台直下の基礎地盤より緩い地盤であることが推察される。これは、後述のボーリング結果とも調和的である。なお、図示はしないが、東側の石垣M7点における卓越振動数は、5Hz程度と他の石垣箇所と比べて若干低くなっており、このような常時微動による卓越振動数の違いから石垣の相対的な健全性を把握できる可能性が示唆される。

(3)天守台石垣のゆるみとの関係

沖積礫質土および砂質土の平均N値は、天守台周辺地盤では6～19と比較的小さく緩いが、天守台直下地盤では32～46とよく締まっている。この理由として、盛土荷重による圧密の影響に加えて、元々地盤の良好な（礫が多い）箇所であった可能性が考えられる。

天守台南東隅の石垣のゆるみやハラミだしの理由として、南東隅に位置するB2点のボーリング結果をみると、沖積礫質土の平均N値が6程度と他の箇所が9～15であるのに比べて小さいことが考えられる。

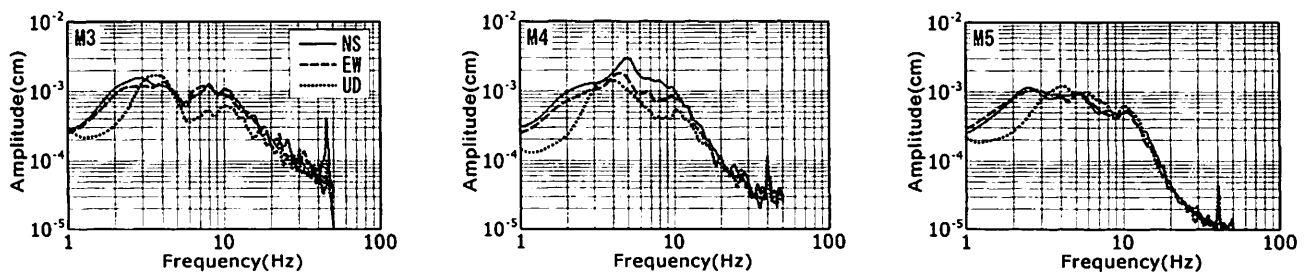


図-2 M3,M4,M5点における速度フーリエスペクトル

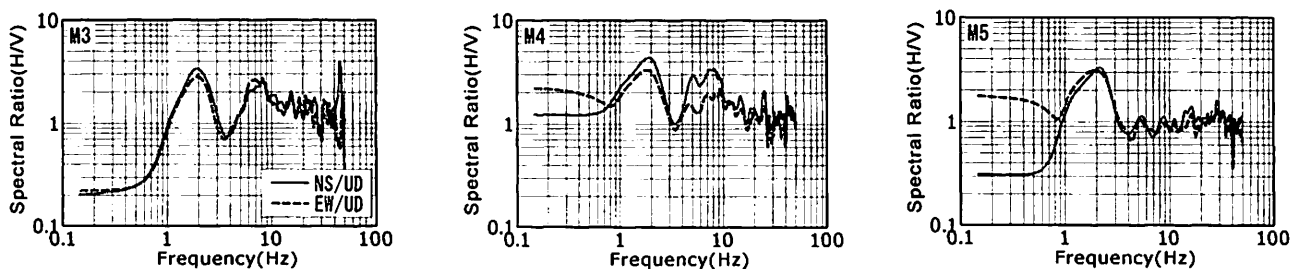


図-3 M3,M4,M5点におけるH/Vペクトル比

5. まとめ

以上、常時微動測定により、高松城天守台および周辺地盤の振動特性を把握することができた。今後は、石垣修復後の微動観測により、天守台のより詳細な振動特性を把握し、耐震性評価のための基礎資料の蓄積を行う予定である。

謝辞:微動測定にあたり、高松市教育委員会大嶋主査からは、貴重な調査データをご提供いただくとともに、便宜をはかっていただきました。ここに記して感謝の意を表します。

[参考文献]

- 1) (株)日建土木工務所:玉藻城天守閣敷地土質調査報告書, 昭和39年1月
- 2) 高松市都市開発部公園緑地課・(株)空間文化開発機構:史跡高松城天守台石垣解体工事实施設計業務委託, 地耐力調査報告書, 平成18年12月
- 3) 中村 豊, 上野 真:地表面震動の上下成分と水平成分を利用した表層地盤特性推定の試み, 第7回日本地震工学シンポジウム講演集, pp.265-270, 1986.12