

鳥取城堀跡が微動特性および地震動に及ぼす影響

(株)ニュージェック 正会員 ○蔭山 太俊
鳥取大学 正会員 野口 竜也
鳥取大学 正会員 香川 敬生

1. はじめに

鳥取市街地には埋め立てられた鳥取城の堀跡が存在し、その埋積物は軟弱だと想定できる。そこで、本研究ではそれが微動特性および地震動に与える影響について、微動観測を実施して検討を行った。

2. 対象地域について

対象地域の表層地盤は、粘土層、砂層などの軟弱層が堆積している¹⁾。また、図1は1857年から測量に着手され1859年に完成した鳥取城下全図²⁾を拡大したもので、用水・船による流通等に利用されていた当時の堀が描かれている。堀跡の存在および資料の豊富さから醇風小学校を主な対象地域とし、この地域の堀跡の深さを3mと想定した。

3. 微動観測および結果

本研究では3成分単点観測を105点、半径0.3~30mの円形アレー観測を7点実施した(図2)。なお、アレー観測記録の解析には微動解析ツールBIDO ver2.0³⁾を利用した。

単点観測により得られたH/Vの例としてNo.15, 87, 103を挙げる(図3)。その他の観測結果も含め、卓越周期は0.8秒程度であり、堀跡の有無による明確な違いがみられなかった。

アレー観測により得られた位相速度分散曲線の例としてNo.103, 87を挙げる(図4)。さらに、推定したNo.103, 87の地下構造を表1, 2に示す。

4. 堀跡と微動特性

今回得られたH/Vの形状が周期0.05~0.3秒付近でフラットなものと同凸のものが存在した。よって、その違いを把握するため、野口他⁴⁾により醇風小学校近辺で推定された地下構造を参考に、堀ありとなしの地盤モデルを設定し、理論H/Vを求めた。なお、この地盤モデルとしては、表層Vs=150m/s、基盤層



図1 対象地域の堀跡²⁾

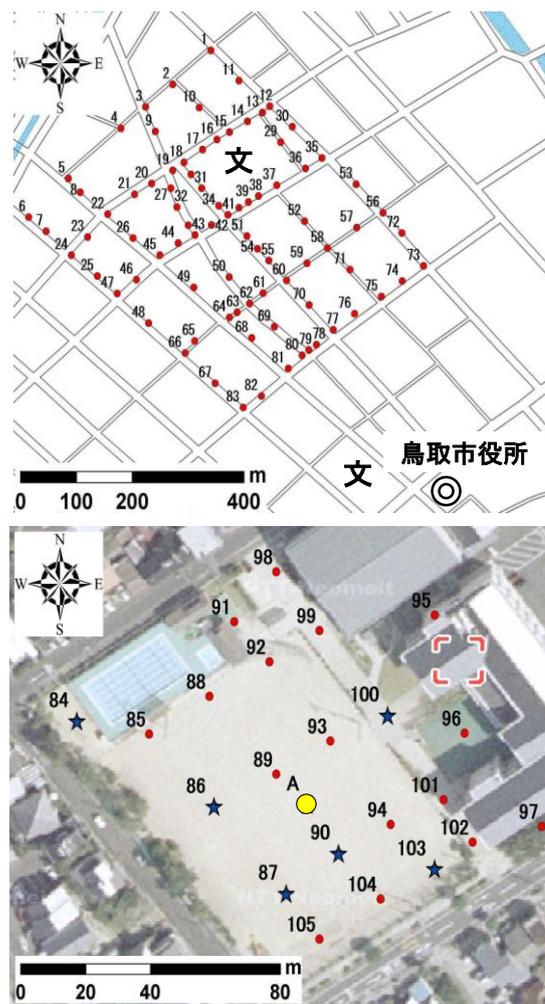


図2 観測点(上)鳥取市街地, (下)醇風小学校内
●単点 ●アレー ★単点およびアレー

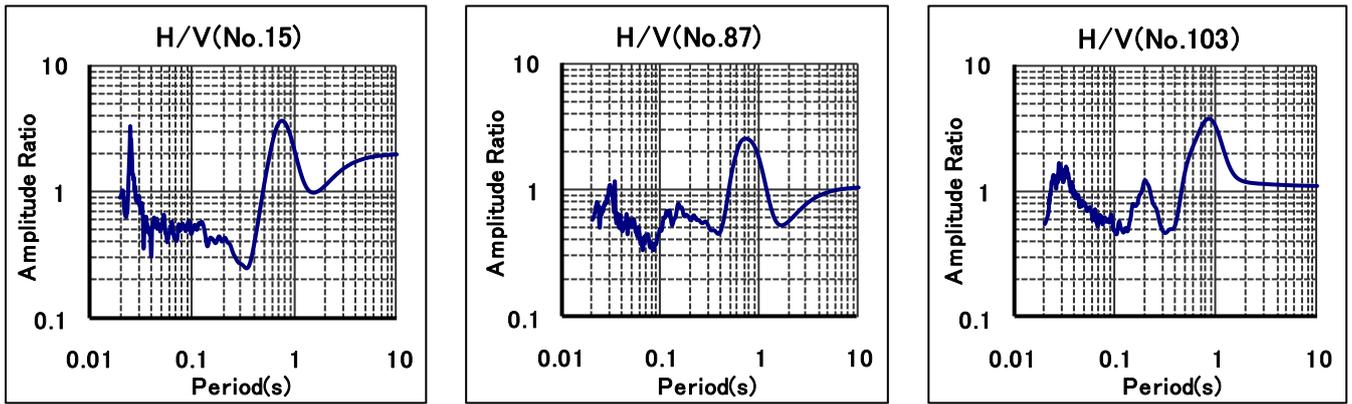


図3 H/Vの例

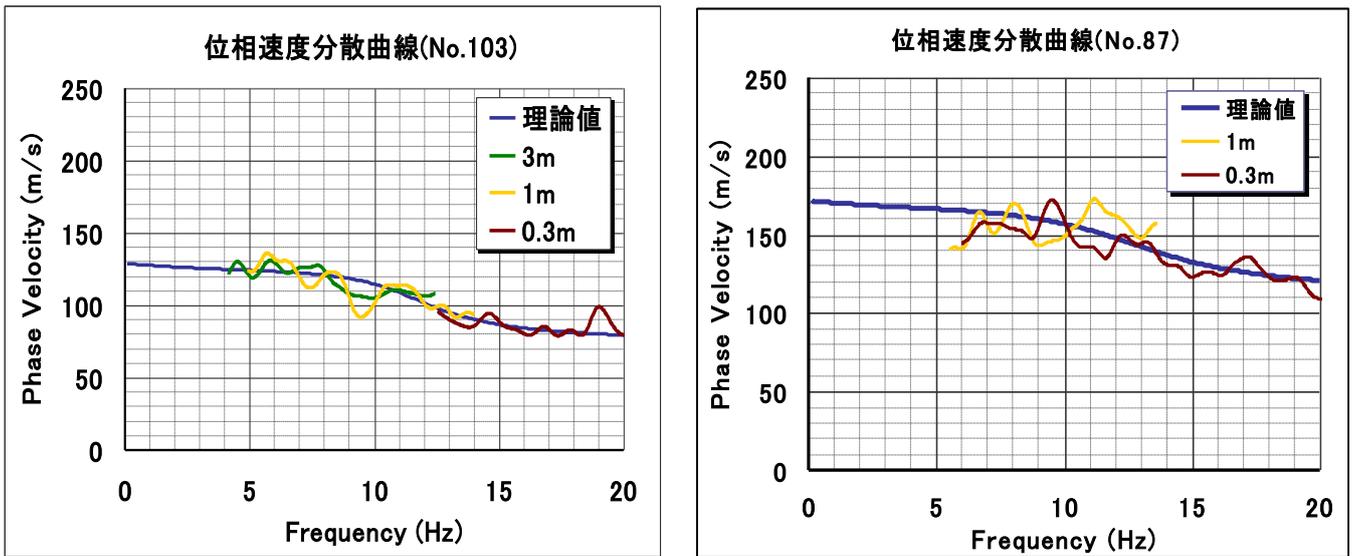


図4 位相速度分散曲線の例

表1 地下構造(No. 103)

ρ (g/cm ³)	V _p (m/s)	V _s (m/s)	層厚(m)
1.4	1500	80	3
1.7	1500	135	∞

表2 地下構造(No. 87)

ρ (g/cm ³)	V _p (m/s)	V _s (m/s)	層厚(m)
1.6	1500	120	4
1.7	1500	180	∞

V_s=500m/sの2層モデルに、堀ありではごく表層にV_s=90m/s、層厚3mの層を追加した。その結果、同周期帯で理論H/Vの形状は、堀なしの場合にフラット、堀ありの場合に凹凸を示し、これを堀跡の有無の手がかりとした。この解析結果を念頭に、周期0.05～0.3秒付近に着目しH/Vの形状の違いをみていく。堀跡が存在するNo. 103は凹凸を示すが、存在しないNo. 15はフラットであり、これらを含め他の点に関しても堀跡の有無は、ある程度判別可能であった。しかし、堀跡が存在しないNo. 87は凹凸を示し、判別できない地点の存在が示唆された。

次に、S波速度構造とH/Vの形状の関係について考察する。まずNo. 103は表1より、1層目のS波速度が80m/sで周辺の粘土層の速度(V_s=120～150m/s程度)に比べ遅く、層厚が3mであり想定した堀跡の深さと一致した。よって、No. 103の直下には堀跡が存在すると推定できる。また、No. 87は表2より、1層目のS波速度が120m/sであり周辺の粘土層の速度とほぼ同等である。よって、No. 87は求めたモデルの1層目が粘土層、2層目がそれ以下の層であり、両者にある程度の速度コントラストがあるためH/Vが凹凸を示したと考えられる。

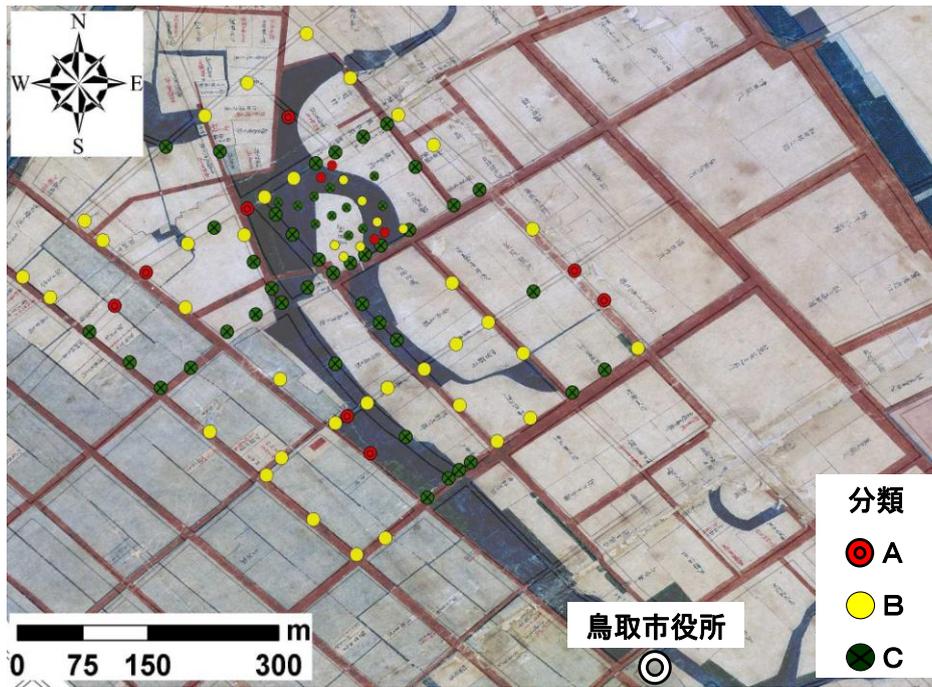


図5 H/V分布図と堀跡²⁾の関係

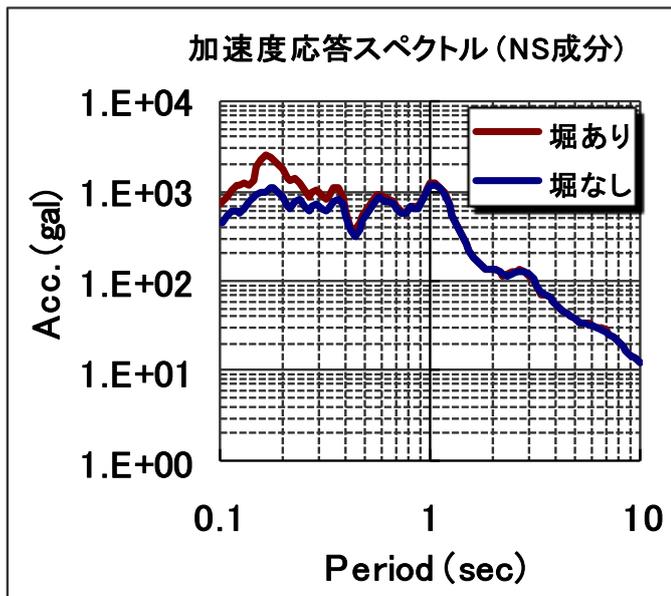


図6 加速度応答スペクトル(NS成分)

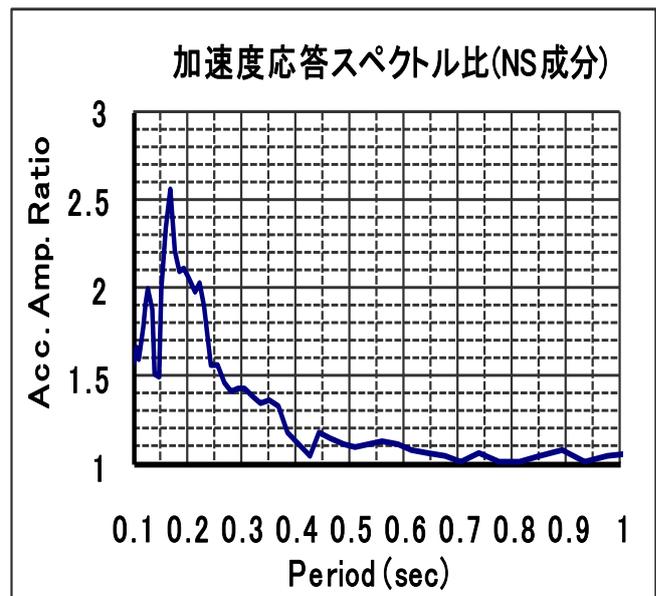


図7 加速度応答スペクトル比(NS成分)

以上より、H/Vが凹凸を示す観測点は堀跡上以外でも存在することがわかったが、堀跡上のNo. 103は特に明瞭な凹凸を示し、同様な形状を示すのはH/Vの山および谷のピーク振幅比の差が0.5程度あるときである。この条件に該当する観測点は12点と全体の約1割しか存在せず、その多くが図1において堀跡上である。つまり、堀跡の存在によってH/Vの形状変化が起こり、周期0.05~0.3秒付近で凹凸

を示すと考えられる。それにともない、0.2秒付近に2次卓越周期と思われるピークが現れることがわかった。

これらの結果を基にしたH/Vの分類を以下とし、図5を作成した。

- A) H/Vの山および谷のピーク振幅比の差が0.5以上あり、凹凸が明瞭なもの。
- B) 分類A以外でH/Vが凹凸を示すもの。

C) H/V がフラットとなるもの。

5. 堀跡と地震動

堀跡が地震動に及ぼす影響を検討するため、既存の工学基盤波形を1次元の表層地盤モデルに鉛直下方向から入射させ、堀なしと堀ありの時系列波形を求めた。その際、表層地盤の非線形応答を考慮するため、SHAKEを用いた。結果、堀なしに比べ堀ありの主要動が全体的に増幅し、最大加速度は堀なしが351.83 gal、堀ありが575.31 galとなり、堀跡があることで約1.6倍増幅した。

また、地震時にどのような構造物が影響を受けるか検討するため、加速度応答スペクトル(図6)を求め、その堀ありのスペクトルを堀なしのスペクトルで除し、加速度応答スペクトル比を求めた(図7)。その結果、堀跡の存在が特に固有周期約0.1~0.3秒の構造物へ大きな影響を与え、堀なしの場合と比べ応答値が2倍以上の周期帯が存在する。図8を参考にすると、約0.1~0.3秒の固有周期を有する構造物として一般的な木造家屋や学校等が挙げられる⁵⁾。つまり、堀跡上にそれらの構造物がある場合、地震被害が拡大する可能性がある。

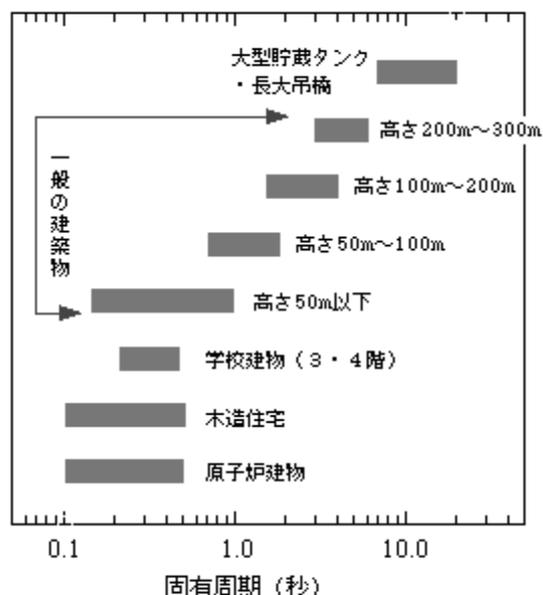


図8 建物の固有周期⁵⁾

6. まとめ

本研究のまとめは以下である。

- (1) 鳥取市街地において、本研究で得られたH/Vの1次卓越周期による堀跡有無の区別はつけられなかった。ただし、軟弱な堆積層の堀跡が存在することで、H/Vの0.2秒付近に2次卓越周期が現れる。
- (2) 醇風小学校において極小アレーで堀跡の存在を推定でき、その構造は表層から層厚が約3mの埋め立て土で、S波速度は約80m/sであると推定できた。
- (3) 堀跡が存在することで地震動が増幅することがわかった。特に周期0.1~0.3秒という2次卓越周期付近の地震動が増幅し、地震時に堀跡上の構造物が被害を受けやすくなると考えられる。

参考文献

- 1) 木山英郎, 藤村尚編者(1996): '96 鳥取地盤図, (社)地盤工学会中国支部
- 2) 伊藤康晴, 鳥取市歴史博物館編集(2010): ここはご城下にござるー因州鳥取の城下町再発見ー, 鳥取市歴史博物館
- 3) 長郁夫: BID0 ver2.0, <http://staff.aist.go.jp/ikuo-chou/BID0/2.0/bidodl.html>
- 4) 野口竜也, 西田良平, 岡本拓夫, 平澤孝規(2003): 人工地震・微動・重力観測による鳥取平野の地盤構造の推定, 土木学会地震工学論文集 CD-ROM, Vol.27, No.197.
- 5) 社団法人日本地震学会: <http://wwwsoc.nii.ac.jp/ssj/>