

新潟県中越沖地震で舗装被害の見られた柏崎市中心部のせん断波速度構造

愛媛大学 学生会員 ○飯塚 晃史
愛媛大学 フェロー 森 伸一郎

1. はじめに

2007年7月16日に新潟県中越沖地震(M6.8)が発生した。この地震により震度6強を記録した新潟県柏崎市の中心部では、地盤変状に起因する様々な被害が発生し、特に道路・歩道等への舗装被害(地盤亀裂)は他の地域と比べ顕著であった。森ら¹⁾は現地調査を実施し、舗装被害や噴砂位置の詳細調査結果を報告した。

被害の発生原因を解明する上で、地形、表層地盤構造、地下水位を明らかにすることが重要である。そこで、柏崎市新橋と西港町で多チャンネル表面波探査(MASW)を実施した。本論文では、その結果を報告する。

2. 表面波探査概要と解析方法

図-1に柏崎市中心部の表面波探査実施位置図を示す。探査は中央町と新橋で各1測線、西港町で3測線実施した。この内、新橋の1測線(SB-1)と西港町(NM-1, NM-3)の2測線の探査結果に関して報告する。

探査には、McSEIS-SXW(応用地質製)を用いて、1測線につきセンサー24個を2m間隔で配置した。センサーの配置にはランドストリーマーケーブルを使用した。起振はカケヤにより行い、サンプリング間隔1msで1.024秒間測定した。測線長が46mを超える場合には、2mずつ移動しては打撃し連続的に測定した。解析周波数2~500Hz、解析深度20mとした。これにより分散曲線を算出した。分散曲線においてノイズと判断できるものは取り除き、1測線で11~41断面のせん断波速度(V_s)分布を算出した。これに基づき、 V_s 分布の2次元コンター図を描いた。図-2に各地盤断面における表面波探査位置と土質を示す。

3. 柏崎市新橋における地盤のせん断波構造

図-2に測線SB-1の V_s 分布2次元コンター図を示し、図-4に地盤断面の表面波探査位置と土質を示す。この測線は、砂丘南端部より約200m離れた端部に平行に走る概ね東西方向の道路に沿っている。この測線SB-1では、地表から深さ5~10mまでの浅い層で V_s は110~130m/sという低速度であった。 V_s が150m/sを下回るのは軟弱な粘性土か緩い砂の場合が多い。この測線付近で2本の既往のボーリング柱状図がある。これによれば、地表から約4mは粘性土であり、その下10mまでは砂であることがわかる。すなわち、地表面から4mの粘性土層の下には緩い砂層が堆積していることが推察される。この地震が発生した際、強い地震動によりその砂層は液状化したと考えられる。しかし、現地調査¹⁾によれば、測線SB-1周辺では噴砂はほとんど確認されなかった。この事実から、4m以深の砂層が液状化しても、その上の粘性土層によって噴出が抑制され、また、この領域は現地調査¹⁾によれば砂丘南麓の南北圧縮場であったことも抑制に寄与していると考えられる。

4. 柏崎市西港町における地盤のせん断波構造

図-3(a)(b)に測線NM-1とNM-3の V_s 分布2次元コンター図を示し、図-4に地盤断面の表面波探査位置と土質を示す。測線NM-1は、砂丘北端部から北の低地に向かう位置となる。この測線では地表から深さ約5m

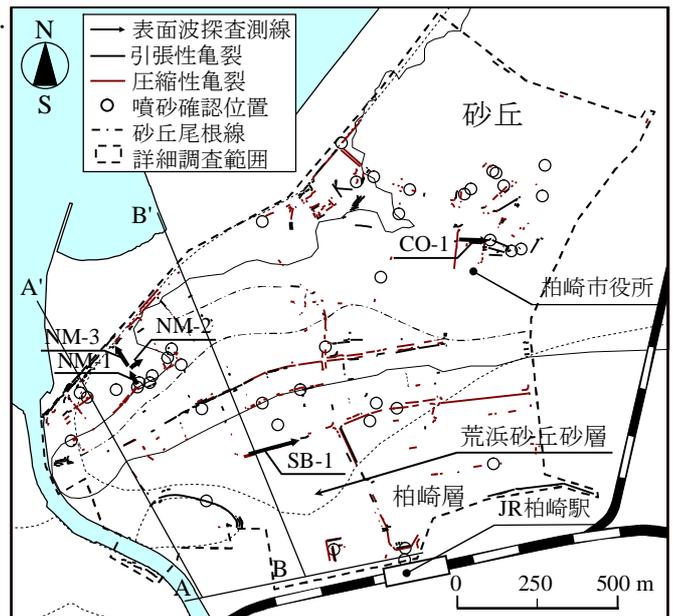


図-1 柏崎市中心部の表面波探査実施位置¹⁾²⁾³⁾⁴⁾

キーワード 表面波探査, せん断波速度, 地震, 舗装, 2007年新潟県中越沖地震

連絡先 790-8577 愛媛県松山市文京町3 愛媛大学大学院理工学研究科 mori@dpc.ehime-u.ac.jp

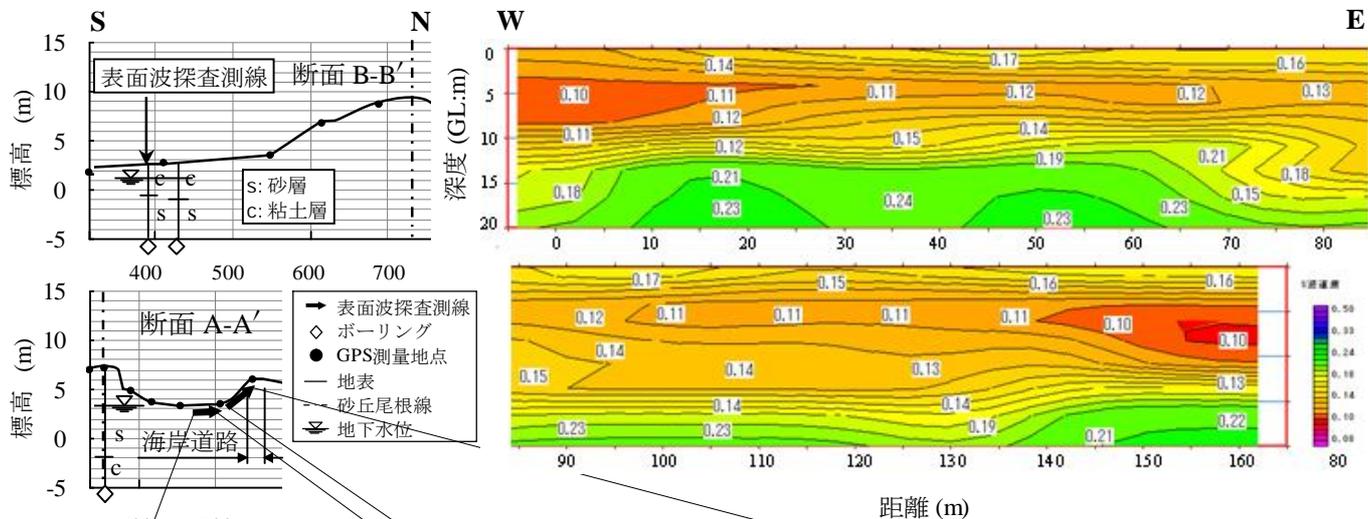


図-2 測線 SB-1 のせん断波速度分布 2次元コンター図 (測線長 162 m)

図-4 地盤断面の表面波探査位置と土質

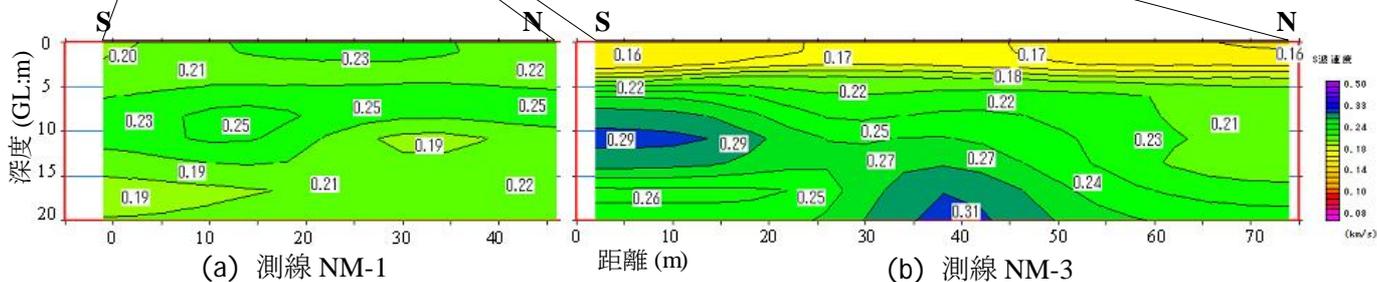


図-3 測線 NM-1,3 のせん断波速度分布 2次元コンター図 (測線長 46 m, 74 m)

までの浅い層で $V_s=200\sim 230$ m/s であり、砂層と考えられるので密な砂である。また、その下は $V_s=250$ m/s であり、深い部分ではやや小さくなるが、締まった砂層であると考えられる。一方、測線 NM-3 は、NM-1 のさらに北に位置し、測線の北端部は海岸道路となり北ほど標高が高くなり、地表から深さ約 3 m までの浅い層で $V_s=160\sim 180$ m/s で、その下は急激に増加し、 $V_s=220\sim 260$ m/s である。すなわち、締まった砂の上に中密の砂が堆積しているという構図である。したがって、液状化するような地盤ではない。海岸道路の法肩を遷急線とし、そこに亀裂が多く発生したが、この測線では亀裂はなかった。このような締まった地盤では、地盤変状は起こっていない。

5. 結論

柏崎市新橋と西港町において表面波探査を実施した結果わかったことは次の通り。

- (1) 新橋では、深さ 5~10 m までの浅い層で V_s が 110~130 m/s という低速度である。
- (2) 地表面から 4 m 下に堆積している緩い砂層が液状化したが、表層の粘土層や南北圧縮場であったことにより、噴出が抑制されたため噴砂がほとんど確認されなかったと考えられる。
- (3) 西港町では深さ約 3~5 m までの浅い層で $V_s=200\sim 230$ m/s もしくは $V_s=160\sim 180$ m/s であり、その下の層は $V_s=220\sim 260$ m/s である。この地盤の表層に密もしくは中密の砂が堆積しているために、地盤変状が発生しなかったと考えられる。

謝辞：本研究で用いた既往の土木測量結果とボーリングデータは、柏崎市自然環境浄化センターの便宜によるものである。関係者の皆様にはお世話になりました。記して深く感謝いたします。

参考文献：1) 森 伸一郎, 飯塚 晃史, 河田 皓介, 河野 幸一：2007 年新潟県中越沖地震における柏崎市中心部の地盤変状と地形の関係, 日本地震工学会大会-2007 梗概集, pp492-493, 2007. 2) 飯塚 晃史, 森 伸一郎：2007 年新潟県中越沖地震における柏崎市中心部の舗装被害のメカニズムの考察, 第 43 回地盤工学研究発表会 (印刷中), 2008. 3) 国土地理院：25,000 分の 1 地形図小千谷近傍 16 号, 1912. 4) 旧通商産業省工業技術院地質調査所：50,000 分の 1 地質図幅柏崎 7-37, 1995.