

パキスタン北部地震の震源近傍地点における微動計測

飛島建設 正会員 ○池田隆明 東京大学 正会員 小長井一男
 建設技術研究所 正会員 高津茂樹 飛島建設 正会員 沼田 淳紀
 Norwegian Geotechnical Institute (元東京大学) Jörgen JOHANSSON

1. はじめに

2005年10月8日にパキスタン北部のカシミール地方を震源とする M7.6 の地震が発生した(図 1)。地震断層は逆断層タイプで、長さ約 65km、最大の変位量は上下成分で 5.5m、水平成分を含め約 9m と推定されている¹⁾。この地震では、震源断層近傍の地域を中心に多数の被害が発生し、震央に近い Muzaffarabad (ムザファラバード) 市では、家屋の倒壊や斜面崩壊等の被害が多数発生した。地震直後の被害調査²⁾では、家屋の倒壊は強い地震動だけでなく、地盤変動といった地盤災害が原因と考えられるものがいくつか見られた。市街地の復興を進める上では、地盤条件を十分把握する必要があると考えられたが、地盤調査はほとんど行われていないのが現状である。そこで、市街地の地盤条件を明らかにすることを目的に微動観測を実施した。

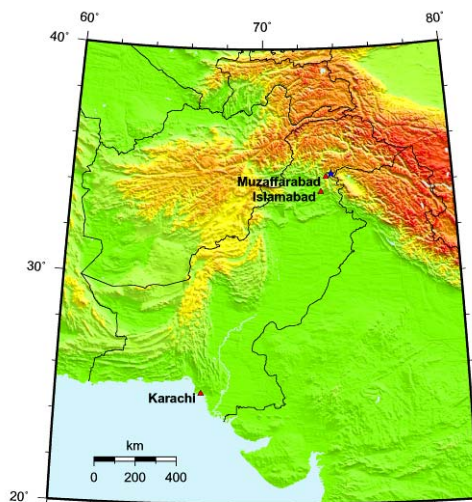


図 1 パキスタン北部地震の震源位置

2. ムザファラバード市内の地形と地震被害

図 2 にムザファラバード市街地の衛星写真³⁾を、図 3 に市街地図を示す。ムザファラバード市はイスラマバードから北北東に約 135km に位置しており、東から流れる Jehlum 川が市街地の南側で北から流れる Neelum 川と合流し南に大きく蛇行している。衛星写真と地表踏査から、市街地は 4 つの段丘(Terrace)から構成されていると考えられた。Terrace 1 は最も東側にあり山地と接している。Terrace 1 と Terrace 2 の境界は南北方向にほぼ直線であり、現在蛇行している Neelum 川が以前には直線的に流れていた痕跡と考えられる。Terrace 3 は市街地の北部の大部分を占め、Terrace 4 は Neelum 川に接している。Terrace 1 の層厚は断崖の高さから約 40m と推定された。

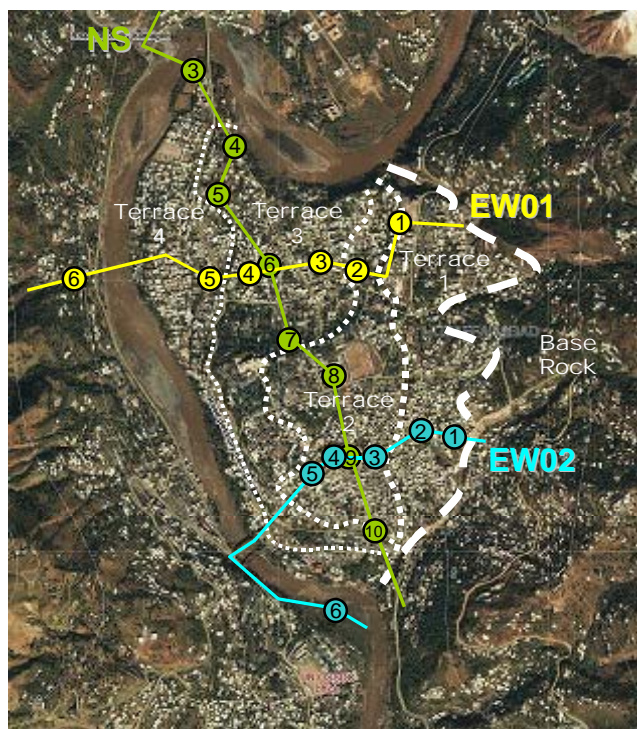


図 2 ムザファラバード市街地の地形と微動の観測線

3. ムザファラバード市内の地震被害

図 3 に JICA による建物の被害状況を重ねて示す²⁾。建物の被害が激しい地域は市街地の東-南側に位置しており、最も被害が激しい地域では被害率が 80% を超える。この地域は Terrace 1 と Terrace 2 の南部に相当する。なお、北側に被害が激しい地域 (No.18) が見られるが、現地調査ではこのような被害は確認されていない。

4. 微動計測結果

微動は、各段丘を横切るように設定した 3 つの測線 (NS、EW1、EW2) に沿って実施した。図 2 に微動の観測線を示す。NS は市街地を南北に縦断した測線で、EW01 と EW02 は北部と南部を横断する測線である。微動計測には、東京測振社製のサーボ型速度計 (VSE15D) とレコーダー (SPC51、SPC35) を使用した。微動の H/V スペクトルを算出し、H/V スペクトルの卓越周期とスペクトル比 (振幅) より地盤条件を推測した。

図 4 に EW02 測線の投影断面図と微動計測地点、各地点での卓越振動数と振幅を示す。下部には被害レベル

キーワード 微動, パキスタン北部地震, 地盤災害, H/V スペクトル, 地震被害

連絡先 〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬 5472 e-mail: takaaki_ikeda@tobishima.co.jp

をあわせて示す。EW02 測線は、被害レベルが高い地域である。

被害レベルが高い EW201 と EW202 の卓越振動数は 3.5Hz と 6.0Hz と比較的的低く、砂礫層が厚く堆積している状況と一致する。1/4 波長則から砂礫層の Vs を推定すると 560m/s となる。この値は別途行った SPAC 法による推定結果と整合する。測線を西に進むにつれ卓越振動数は高くなり、露頭岩盤に近い EW0206 では 25Hz 以下の振動数領域では H/V の明瞭な卓越は見られない。低い卓越振動数と高いスペクトル比の地点は被害レベルが大きい地点と整合する。

5. まとめ

パキスタン北部地震で被害を受けたムザファラバードで微動観測を行い、H/V スペクトルから卓越振動数とスペクトル比を抽出し、地盤条件の推定を行った。今後、同時に行った SPAC 法による解析結果等を併用し、地盤条件の推定精度の向上を行う予定である。

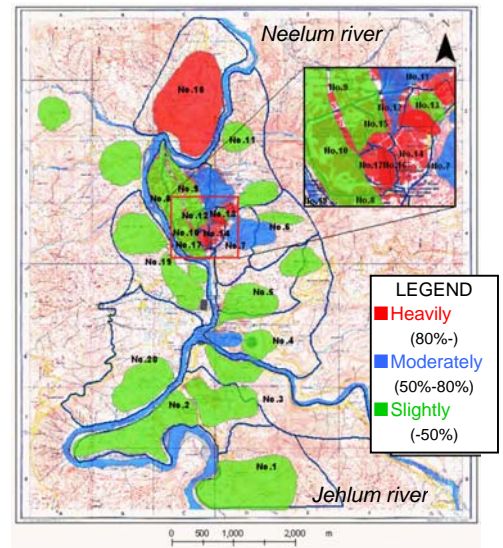
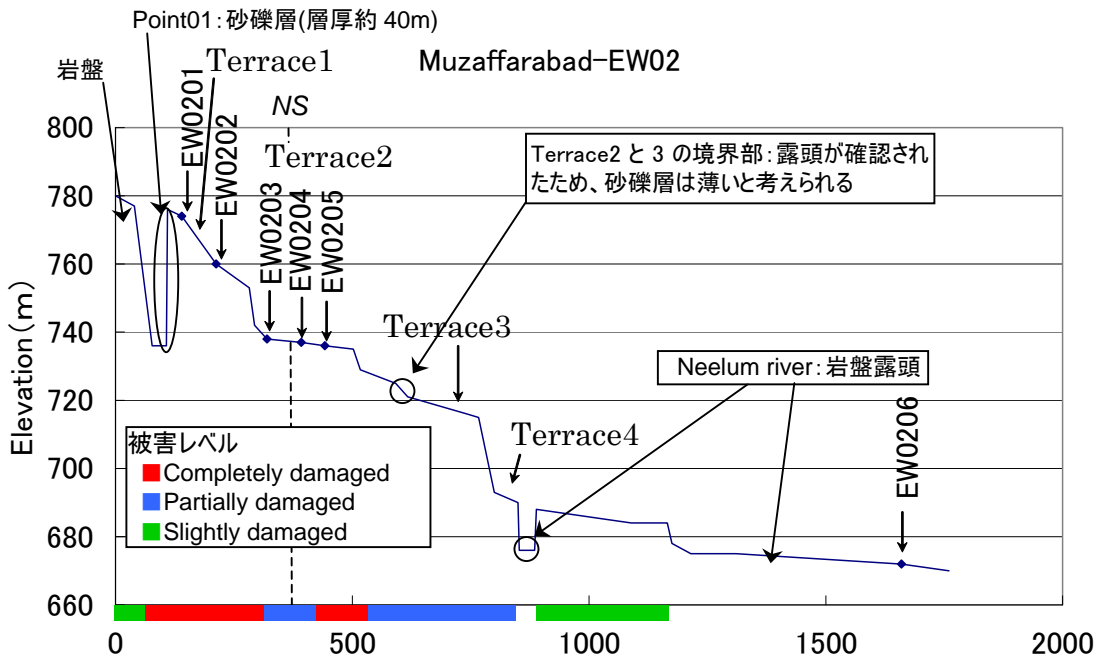
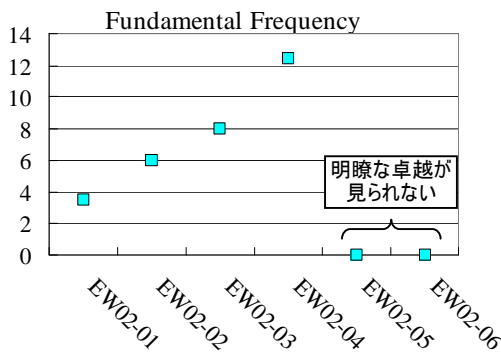


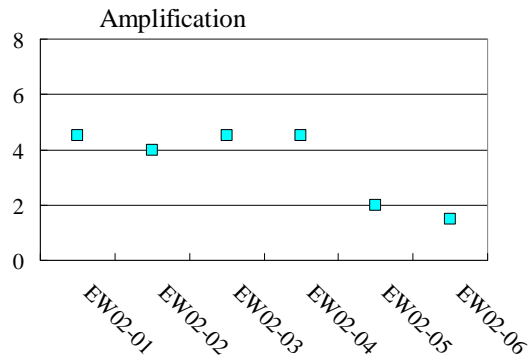
図3 ムザファラバードの市街地図と建物の被害状況



(a) EW02 測線の投影断面図



(b) 卓越振動数



(c) H/V スペクトル比

図4 EW02 測線の投影断面図と H/V スペクトル解析結果

参考文献: 1) 産業技術総合研究所: http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2006/pr20060203/pr20060203.html, 2) 土木学会・日本建築学会: http://www.jsce.or.jp/report/36/report/kashmir_quick_report_jsce.pdf, 3) UNOSAT, <http://unosat.web.cern.ch/unosat/asp/>, 4) JICA: The urgent development study on rehabilitation and reconstruction in Muzaffarabad city in the Islamic Republic of Pakistan, 2007.

謝辞: 本調査は国際建設技術協会の建設分野 NGO 専門家派遣支援事業および、科学技術振興調整費(活褶曲地帯における地震被害データアーカイブの構築と社会基盤施設の防災対策への活用法の提案、研究代表者: 小長井一男)の一環として実施いたしました。微動観測では JICA パキスタン事務所、飛鳥建設パキスタン事務所、ERRA、ムザファラバード市の協力を得ました。