

拡散波動場理論に基づくイタリア・アマトリーチェの地盤震動特性 Ground motion characteristics at Amatrice, Italy, based on Diffuse field concept

○長嶋史明・川瀬 博・Daniela Famiani

○Fumiaki NAGASHIMA, Hiroshi KAWASE, Daniela Famiani

In 2016 several large earthquakes occurred at the central part of Italy and caused heavy damage. Amatrice is one of the heavily damaged areas and many researchers investigated the damaged building and subsurface structure. On Engineering Strong-Motion database, there is the temporal ground motion observation data in Amatrice downtown. We calculated Horizontal-to-Vertical spectral ratio (HVR) of those ground motions and identified the subsurface structures to investigate the ground motion amplification factor in downtown. The amplification factor near downtown has lower frequency peak than the outside of downtown. The difference may be one of the reason of heavy damage.

1. はじめに

地震による被害・リスク評価においては予測地震動が実際に到来しうるものであり、評価対象構造物の振動特性が十分な妥当性をもつことが必要となる。地震動予測では予測対象地域において実際の地盤震動を観測しその震動特性を再現可能なモデルを作成することで、よりリアリティのある地震動予測が可能となる。評価対象構造物に関しても個々の構造物で観測を行いモデルを作成すればより真に近い評価が得られるが無数にある構造物を実測するのは現実的ではなく、設計値などを代表値とし安全率を見こんだ評価や耐震性能にばらつきを考慮して確率的に評価することが一般的である。

我々は地震動評価の精度向上を目的として、日本の強震動観測網 (K-NET, KiK-net) で得られた記録を用いて、拡散波動場理論に基づき地震動の水平上下スペクトル比 (HVR) を用いた地盤構造同定および地震動予測を行っており、多くの地点で良好な結果を得ることができた。地震計 1 台を用意できれば簡便に高精度の震動特性を推定できることから、日本ほど観測網が整備されておらず地震リスク評価も不十分な諸外国で有効な手法になると判断し、諸外国の記録に対して適用しその有用性を示すことで本手法の海外での普及を進めている。2016 年 8 月 24 日や 10 月 30 日にイタリア中央部で発生した地震によって多くの物的・人的被害が発生した。Amatrice 地区は被害が大きく多くの研究者が建物被害調査や地盤調査を行って

り、Engineering Seismic-Motion database (ESM)²⁾ に貴重な臨時余震観測記録が公開されている。我々はその余震観測記録に拡散波動場理論を適用し、Amatrice 地区の地盤震動特性を評価する。

2. Amatrice 地区での余震観測

Amatrice 地区は山間部の小さな堆積部に位置し東西に 1.5km ほどの長さで、西側で多くの建物被害が発生している。常設観測点 AMT は堆積部外北西に設置されており、臨時余震観測点は堆積部内外に配置され中央を南北に横切るように 4 点と堆積部中央から東に 2 点設置されている。設置期間は 2016 年 10 月後半から 11 月中旬までである。またこれらの観測点ではダウンホール PS 検層や表面波探査が行われており、深くても 100m までの Vs 構造や Vp 構造が得られている。

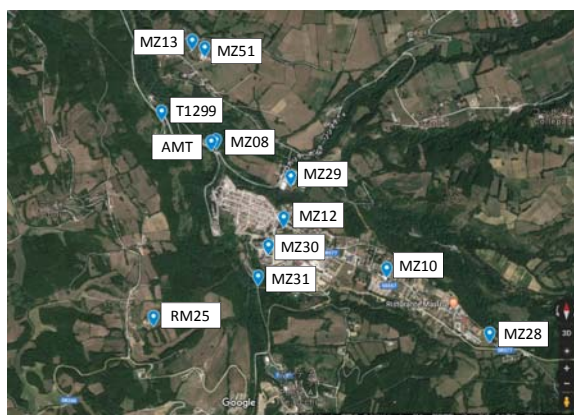


図 1 Amatrice 地区の地震計配置図

観測地震記録から S 波部を切り出し HVR を求めた。拡散波動場理論に基づく地震動 HVR は地盤の水平方向と上下方向の増幅特性の比となり、HVR のピークは水平方向の増幅特性と対応し HVR の谷は上下方向の増幅特性と対応する。常設観測点の AMT や近傍の観測点 MZ08 では HVR に大きな山谷は無く水平上下ともに増幅の少ない観測点と考えられる。堆積部を南北に走る測線では市街地内の MZ12 や MZ30 は HVR の 2Hz まわりにピークを持ち、この増幅特性が建物被害に影響した可能性が考えられる。

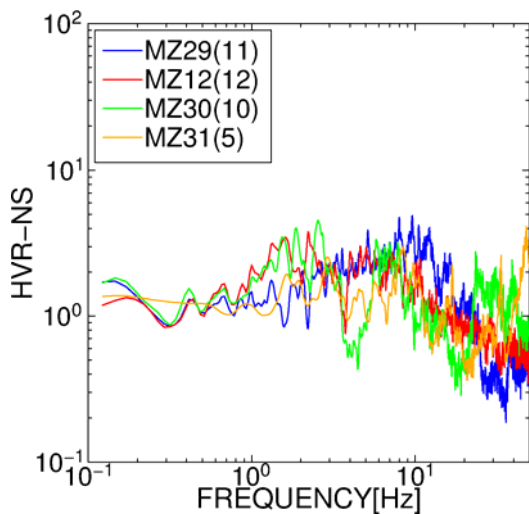


図 2 南北測線の地震動 HVR (NS 方向)

3. Amatrice 地区での地盤構造同定

拡散波動場理論に基づき、観測 HVR を再現する地盤構造を同定する。観測 HVR と理論 HVR の残差を最小にする地盤構造をハイブリッドヒューリスティック法を用いて探索し、各層の $V_s \cdot V_p \cdot$ 層厚を同定する。結果を図 3 に示す。

同定構造の水平方向の増幅特性を図 4 に示す。堆積部の MZ12 や MZ30 では水平増幅特性の 3Hz 前後が MA29 や MZ31 より大きくなっている。堆積部上の観測点に見られる 3Hz 前後の増幅特性が Amatrice 地区の建物被害の一因になった可能性がある。

4. まとめ

我々は地震動の拡散波動場理論に基づきイタリア Amatrice 地区の地盤震動特性について検討を行った。建物の集まる堆積部には増幅特性の 3Hz 前後にピークが見られ、これが建物被害の一因に

なった可能性が考えられる。今後は 8 月や 10 月の本震時の Amatrice の市街地の地震動予測を行う。その後、どの程度の耐震性能を持った建物ならば観測された被害率を再現できるのか検討を行い、Amatrice 地区の建物の実耐震性能の推定を行う。

参考文献

1) Luzi L, Puglia R, Russo E & ORFEUS WG5 (2016). Engineering Strong Motion Database, version 1.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Observatories & Research Facilities for European Seismology. doi: 10.13127/ESM

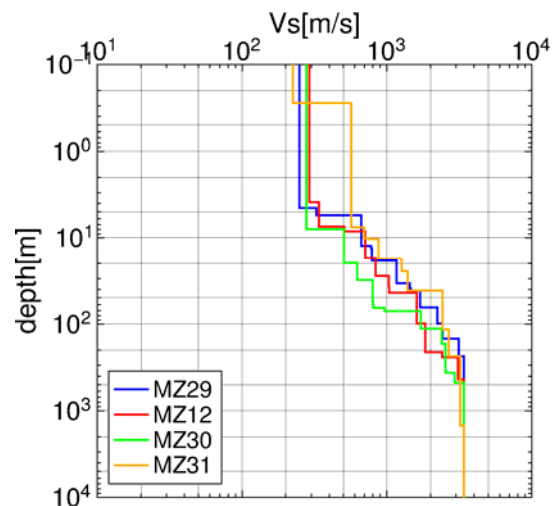


図 3 南北測線の同定構造

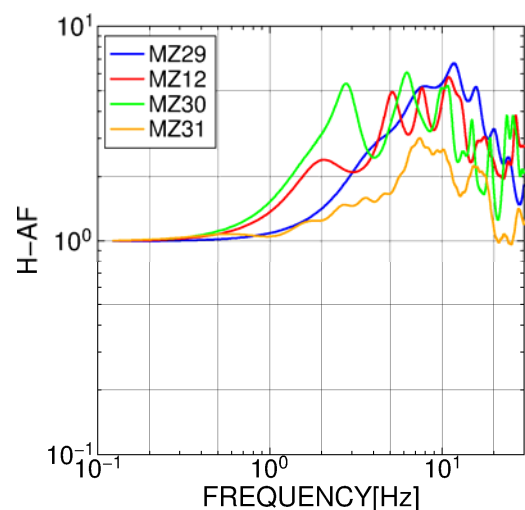


図 4 同定構造の水平増幅特性