

地中音響振動の観測

Monitoring of underground sound and vibration concurrent with seismic motions

二井 義則[1]

Yoshinori Nii[1]

[1] 産総研

[1] AIST

1. まえがき

兵庫県南部地震の際には、地震直前に多くの人が地鳴りのような音を聞いているとの報告があること、また、茨城県筑波地区は地震に伴う地鳴りが聞こえる場所としてよく知られていること、等から、研究所内の地電流観測グループに協力し、地中音響信号の地震直前予知への適用可能性を調べる目的で、1997年に地中音響信号の観測システムを構成し、観測を行ってきた。本報告では観測例を紹介する。

2. 観測システム

当該観測システムは、地中50mの孔底(地下水中)に近接して設置したハイドロホン及び地震計(強震計)をセンシングツールとする記録装置と解析装置で構成されるもので、産業技術総合研究所つくば東事業所構内(茨城県つくば市)に設置した。ハイドロホンの設置されている地層は飽和した砂礫層である。観測システムが設置されている場所から約300m程度離れて、片側2車線の交通量の多い道路がある。地中孔は砂で埋め戻し、ハイドロホンは、保護枠に固定し、保護枠中は地下水のみで満たされるようにした。

記録装置は、ハイドロホンと地震計の信号を250Hzで同時サンプリングしてハードディスクに書き込み、1時間毎のファイルとして保存し、計14日分のデータが常時記録装置中にあるように構成した。また、14日間(3分間の平均)、1日(1分間の平均)及び1時間(1秒間の平均)の実効値データを作成し、これらがCRT上でモニターできるようにした。記録装置中の14日間のデータは必要に応じて解析装置に移し、任意部分をスペクトログラム解析することができる。ハイドロホンの計測系の低域カットオフ周波数は0.2Hzであるが、風による地下水圧変動等の影響を受けるため、観測する帯域を1.5Hz以上として風の影響を避けたデータも記録している。記録装置の高域のカットオフ周波数は、100Hzとした。

3. 観測データの特徴

14日間、1日及び1時間のハイドロホン信号の時刻歴データ(実効値)は、パルス状もしくはスパイク状の波形に見える。これらの信号は発生地震の情報と対応付けできるものと、地震情報と関連付けられない数多くの信号に分けられる。地震情報はマグニチュードM2程度以上しか収集できないので、より小さな地震との関係は明確でないが、地震情報と関連付けできない信号も、M2以下の小さな地震であると考えられる。

ハイドロホン信号と地震計信号の時刻歴波形を比較すると、ハイドロホン信号は地震計出力に比較してSN比よく記録されている。また、地震波形は、初動部分が明確だが小さいのに対し、ハイドロホン信号は初動が大きく、明瞭に記録されている、といった反面、地震計で観察される主要動部分が明瞭でない等の特徴がある。ハイドロホン出力が地震波形と異なるこのような特徴を持つのは、疎密波である初動の到達で飽和した土が圧縮される際、水は非圧縮性であることに加え土の透水性が小さいため、地下水が高圧になるのに対し、剪断波や表面波の場合には圧縮の効率が疎密波ほどでないため、と思われる。なお、地震動が収まった後も比較的長時間ハイドロホン信号は高いレベルを維持している点も指摘できる。このようなハイドロホンのセンシング上の特徴によるものと思われるが、地中設置ハイドロホン信号は、例えば北海道東方沖地震のような遠方の中規模程度の地震による信号も、極めて明瞭に記録されている。

また、ハイドロホン信号のスペクトル解析結果を見ると、直下の地震による信号中には、100Hzまでの成分が(明らかにそれ以上の成分も)含まれている。震源が遠くなるに伴い高周波数成分は小さくなる。北海道、東北方面からの信号は、距離に依存するが、比較的高い周波数成分を含んでいるのに対し、西からの地震信号中には超低周波数域の成分しか見られない、といった特徴も指摘できる。

4. まとめ

地中設置ハイドロホンは、人工的な振動のある場所でも、地震計に比較し格段にSN比の優れた観測データを与えることが分かった。また、今回の観測により、直下の地震の場合、地震波による地下水圧変動中には、100Hz程度までの、さらにそれ以上の周波数成分を有することも分かった。