

釜石鉱山における地震観測結果 その1 地下深部における地震動特性

Earthquake observation at the Kamaishi Mine -Characteristics of seismic ground motion at deep underground-

佐々木 俊二 [1], 佐藤 清隆 [2], 川村 淳 [3], 青木 和弘 [3], 阿部 寛信 [4]

Shunji Sasaki [1], Kiyotaka Sato [2], Makoto Kawamura [3], Kazuhiro Aoki [3], Hironobu Abe [4]

[1] 電中研, [2] 電中研・地盤耐震, [3] サイクル機構・立地, [4] サイクル機構

[1] CRIEPI, [2] Geotech. and Earthq. Eng. Dept., CRIEPI, [3] JNC, Site Plan. Div., [4] JNC

地下深部の地震動特性を明らかにする目的で、釜石鉱山において1990年から1998年まで地震観測を実施し、9年間に344個の地震記録が得られた。観測された地震のマグニチュード(M)、震源距離および震源の深さの平均は、それぞれ4.5、107kmおよび59kmである。これらの地震記録に基づいて地下深部における地震動特性について検討した結果、以下のことが判明した。1) 最大加速度振幅や応答スペクトルは、震源の深さに依存し、震源距離やMが同じであれば、震源が深い地震ほど最大加速度振幅や速度応答スペクトルは大きくなる傾向が認められる。2) 地中の最大加速度振幅は、地表の振幅の約1/2に遞減するが、地中ではほぼ一定である。

1. はじめに

いわゆる地震基盤での地震動特性を明らかにする目的で、釜石鉱山の坑内において1990年2月から1998年3月までおよそ8年にわたり地震観測を行った。以下では、S波速度およそ3km/sの岩盤上で得られた地震記録に基づいて、最大加速度、速度応答スペクトルなど地震動の基本的な特性、および地下深部における地震動の遞減特性について検討した結果について報告する。

2. 観測の概要

K-1～K-7の7点で構成される地震観測網を用いて観測を行った。このうちK-2、K-3およびK-4点を一辺の長さが760m～860mの三角形を形成するようEL.550m坑道に配置して平面アレー観測を実施した。また、K-1、K-5、K-2およびK-6点を地表(EL.865m、EL.725m、EL.550mおよびEL.250m)の各坑道に配置し鉛直アレー観測を行った。超音波を用いた弾性波速度測定によれば、地震観測点周辺の岩盤のS波速度は、K-1点で2.3km/sその他の観測点ではおよそ3km/sである。

観測に用いた地震計は3成分内蔵の加速度計である。地震計からの出力は、K-3点近傍の水圧データ、K-4点近傍に設けた岩盤歪みデータとともにデジタル収録装置に記録した。

3. 観測結果

観測期間中に344個の地震記録が得られた。これらの記録を解析した結果は以下のとおりである。

(1) 観測結果の概要

観測された地震のマグニチュードMの平均は4.5である。このうち、M7以上の地震は、M=8.1(1994年北海道東方沖地震)を含め11個観測された。また、震源距離と震源の深さの平均は、それぞれ107km、59kmである。これらの地震記録の中で最大加速度は、K-1点のEW成分で52galである。K-1点で10galを越える地震は、この地震を含め合計32個観測された。

(2) 最大加速度と震源の深さの関係

震源の深さが30 kmより浅い地震の最大加速度は、既往の距離減衰式の値とほぼ同レベルか下回る傾向にある。しかし、特に震源が60 kmよりも深い地震の場合、最大加速度の観測値は予測値を上回り、震源距離やMが同じであれば、震源が深いほど最大加速度は大きくなる傾向が明瞭に認められる。

(3) 応答スペクトルと震源の深さの関係

釜石鉱山で観測された地震記録から求めた応答スペクトルの平均は、いずれの場合も震源の深さに依存し、震源が60 kmよりも深い地震の速度応答スペクトルが最も大きく、30 km以浅の地震の応答スペクトルが最も小さい。この結果は、先に述べた最大加速度の場合と同様で、震源距離やMが同じであれば、震源が深い地震の速度応答スペクトルは、浅い地震のものに比べて大きいといえる。この原因としては、震源距離やMが同じ場合、震源が深い地震ほど減衰の影響が小さいことが一因としてあげられる。また、伝播経路の影響のほか、震源特性の相違を反映している可能性がある。さらに、気象庁によるマグニチュードの決定方法は、震源の深さが60kmより浅い地震の場合と深い場合とで異なっており、震源が深いほど最大加速度や応答スペクトルが大きくなるのは、マグニチュードの決め方の違いが影響している可能性も考えられる。

(4) 加速度振幅の遞減率

最大加速度振幅と加速度振幅の実効値は、いずれも一部を除き、地表のK-1点から140m地中に位置するK-5点で

およそ1/2に逓減する。しかし、それ以深ではほぼ一定である。実効値の逓減率は、最大加速度振幅の場合よりもばらつきは小さい。

謝辞

本研究は、動力炉・核燃料開発事業団（核燃料サイクル開発機構）からの委託研究として資源素材学会の「地震に関する調査研究委員会（山口梅太郎委員長）」において実施した研究の一部をまとめたものである。同委員会の山口委員長はじめ各委員、および資源素材学会関係者からご支援を賜りました。記して感謝致します。