

地震動評価のための岩石コアを用いた室内試験による減衰評価の適用性 Attenuation measurements by laboratory tests using rock core samples for earthquake ground-motion estimation

佐藤 浩章^{1*}, 野口 科子¹, 岡田 哲実¹

Hiroaki Sato^{1*}, Shinako Noguchi¹, Tetsuji Okada¹

¹ 電力中央研究所

¹ Central Research Institute of Electric Power Industry

はじめに

岩盤の減衰評価は、地震学では震源特性の評価、建築・土木工学では硬質地盤上の構造物の耐震設計用入力地震動を評価するサイト特性に重要となる。地震観測から得られる地表に近い岩盤の減衰は亀裂や不均質によって高減衰 (Low Q) となることが知られており [例えば Abercrombie(1997)], 耐震設計においては実際の岩盤の状況 (亀裂や不均質等) に応じて付加される減衰効果を適切に評価できることが望ましい。そのための一つの方策として、顕著な亀裂や不均質が存在しない岩石コアによる減衰を測定するとともに、実際の岩盤で地震波により評価される減衰との差異を明確にして、それらを岩盤の状況に応じて整理することが有効と考えられる [佐藤 (2012)]。

そこで本稿では、岩石コアの減衰測定として、同一の岩石コアに対して実施した超音波計測による減衰測定結果と一軸圧縮の繰り返し変形試験による応力ひずみの履歴曲線から得られる減衰測定結果に基づき、地震動評価のための減衰評価における岩石コア試験の適用性を検討した。

岩石コアの室内試験

試験に用いた岩石コアは、GL-131 m ~ -132 m (標高約-10 m) の位置で採取された白亜紀後期から古第三紀の江若花崗岩 (花崗斑岩) で、佐藤・岡田 (2011) で用いられたコアと同一で、直径 50 mm、高さ 100 mm の円筒形の供試体 4 本 (湿潤密度 2.6g/cm³) である。

(1) 超音波計測試験

超音波計測は、100 kHz の捻り波による S 波タイプの発振器を用い、供試体の上下に発振器と受振器をグリセリンペーストを用いて接着して実施した。発振器への入力電圧は 900 V、供試体に対しては 1 MPa の一軸載荷条件下で計測を行った。受振波はサンプリング間隔 100 MS/s で収録し、128 回スタックした波形を減衰評価に用いた。超音波計測の結果、S 波速度は約 3000m/s であった。

(2) 一軸圧縮繰り返し変形試験

一軸圧縮繰り返し変形試験は、無拘束圧状態で空圧サーボ載荷装置を用いて、周波数 0.1Hz の正弦波の繰り返しにより実施した。なお、応力ステップは 10 通り、ひずみレベルで 4×10^{-7} から 2×10^{-4} の範囲である。データは、ひずみレベル 10^{-6} 以下ではひずみゲージの出力を 20 倍に、 10^{-5} 以上では出力を 10 倍に増幅して、データロガーにて 10Hz のローパスフィルター処理を施して収録した。

減衰評価結果

超音波計測による受振波形を用いた減衰評価は、パルスライズタイム法 [Gladwin and Stacey(1974)] とスペクトル比法 [Toksoz et al.(1978)] を用いた。パルスライズタイム法では、入射波のライズタイムを発振器と受振器を接触させて得た受振波から求め、係数 C を 0.293 [佐藤・岡田 (2012)] として減衰を評価した。スペクトル比法では、減衰が既知の同サイズの供試体としてアルミニウム (Q=150000[Zamanek and Rundnik(1961)]) をリファレンスとして用い、アルミニウム供試体と岩石コア供試体による受振波のスペクトル比を用いた。4 つの供試体に対する減衰は、パルスライズタイム法で減衰定数 $h=0.009 \sim 0.014$ ($Q_s=37 \sim 54$)、スペクトル比法で $h=0.011 \sim 0.02$ ($Q_s=25 \sim 47$) となり、ほぼ同様の評価結果が得られた [佐藤・岡田 (2012)]。

一軸圧縮繰り返し変形試験による応力ひずみ関係については、ひずみが 2×10^{-5} より小さいレベルでは各供試体ともに繰り返し変形による履歴ループが不安定な形状となり、減衰評価が難しいことが分かった。それ以上のレベルでは、ひずみに対して増加する減衰定数のひずみ依存性がみられ、得られたひずみ範囲において最小の 2.6×10^{-5} で 4 つの供試体に対して $h=0.008 \sim 0.01$ ($Q_s=50 \sim 63$) が得られた。この結果を超音波計測による結果と比較すると、超音波計測のひずみレベルはこれを大きく下回るものであるが、概ね同様の結果が得られたと位置づけられる。このことは、使用した波の対象周波数が、超音波計測で 100kHz、一軸圧縮繰り返し変形試験で 0.1Hz であることから、微小ひずみ域では周波数によらずほぼ同じ減衰の測定結果が得られる可能性を示唆するものである。

以上から、地震動評価 (0.1 ~ 20Hz) を目的とした微小ひずみ域での減衰測定として、超音波計測を用いた測定も有効であると考えられる。今後は、岩石コアによる微小ひずみ域の減衰と岩盤地点における地震 (弱震) 記録による減衰の評価結果から、岩石コアとは異なる実際の岩盤地点に特有の顕著な亀裂や不均質に伴う減衰の付加効果について検討する。

Japan Geoscience Union Meeting 2013

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SSS33-P31

会場:コンベンションホール

時間:5月19日 18:15-19:30

謝辞：岩石コアは日本原子力発電(株)より提供を受けた．計測ではダイヤコンサルタントの納谷氏にご協力いただいた．関係各位に謝意を表します．

キーワード: 岩石コア, 減衰測定, 超音波計測, 一軸圧縮繰り返し試験, 地表に近い岩盤, 地震動評価

Keywords: rock core sample, attenuation measurement, ultrasonic wave measurement, cyclic uni-axial compression test, near surface rock, earthquake ground-motion estimation