

地下深部の地震動分布に関する基礎的検討

清水建設株式会社 正会員 ○奥村俊彦, 藤川智
原子力発電環境整備機構 フェロー会員 末広俊夫, 正会員 山本陽一, 窪田茂

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分施設は、地下 300m 以深の地下深くに建設される。一般に、地中の地震動が地表の地震動と比較して小さいことは知られているが、地下深部に限定して地中の地震動特性を定量的に検討した事例は少ない。本稿では、地層処分施設の耐震性評価手法を検討するための基礎資料として、防災科学技術研究所の基盤強震観測網（KiK-net）の観測記録に基づき、対象地点における地盤モデルを作成した上で、地盤の一次元応答解析を実施し、地中の地震動の分布についての基礎的な検討を行った。

2. 検討概要

本検討の概要を図-1に示す。まず、全国の KiK-net 観測記録のうち、表-1に示す 5 地震 5 地点、計 9 記録を対象に、地表と地中のフーリエ振幅スペクトル比をターゲットとしてせん断波速度と減衰定数を同定した。この際、減衰は振動数 f に依存する減衰 ($h(f)=h_0\times f^{-\alpha}$) を仮定し、 α は平均的な値とされる 0.7 に固定した。減衰定数の同定結果は、通常用いられる値からかけ離れた値となる場合があるため、①記録ごとに同定された結果に基づく地盤モデル（振動数依存型（同定結果）と記載）に加えて、②減衰定数を振動数 5Hz で 2～8%の範囲に設定したモデル（振動数依存型（2～8%）と記載）、および③防災科学技術研究所で公開されている S 波速度と S 波速度に応じて振動数に依存しない 3%または 5%の履歴減衰としたモデル（履歴減衰と記載）の 3 つのモデルにより地盤の応答解析を実施した。これらの解析結果に基づき、地下深部の地震動（最大加速度および最大せん断ひずみ）の深さ方向の分布性状についてその特徴を検討した。

3. 地盤モデルの比較

地盤モデルとして、2.に記載した①～③の 3 つを地点ごと・記録ごとに作成し、応答解析を実施した。一例として、ひたちなか（IBRH18）における東北地方太平洋沖地震の観測記録を対象とした応答解析結果を比較した例を図-2に示す。観測記録のフーリエスペクトル比との整合は、同定結果に基づくものが最も良く、次いで減衰を丸めた「2～8%」である。履歴減衰は高振動数で振幅を過小評価し、地中の観測記録を入力して得られた地表の加速度波形も小さい。この傾向は、他の地点・他の記録に対してもほぼ同様であった。なお、減衰定数の同定結果は、同じ地点でも記録によって大きく変化する可能性があるため、以下の検討では、②のモデル（振動数依存型（2～8%））の結果を用いる。

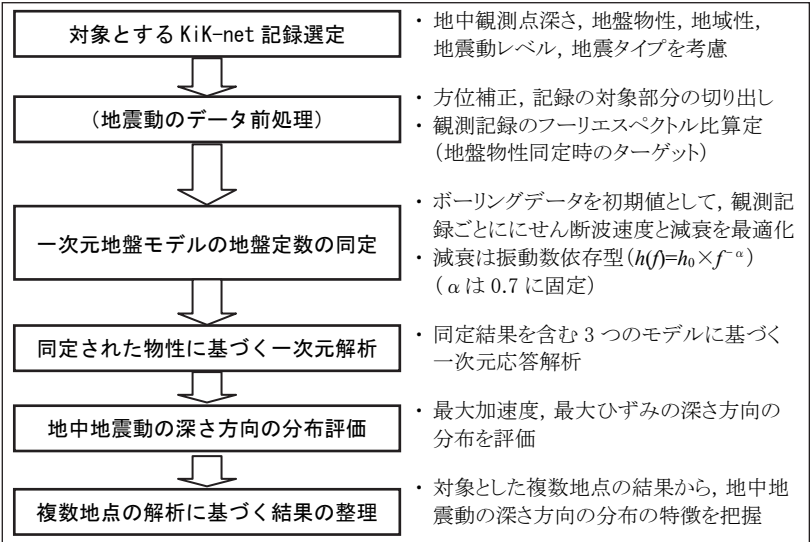


図-1 検討の概要

表-1 検討の対象とした地震と観測地点の概要

地震タイプ	地震	地点 (記号、地中観測点深さ)	地点の 震度
プレート間	2011 年東北地方太平洋沖 (Mw=9.0, 最大震度 7)	山方 (IBRH16, 300m)	6 弱
		ひたちなか (IBRH18, 504m)	6 弱
		小野田 (MYGH05, 337m)	5 強
プレート内	2001 年芸予地震 (M=6.7, 最大震度 6 弱)	三原 (HRSH01, 205m)	5 強
	2011/4/7 宮城県沖 (M=7.2, 最大震度 6 強)	山方 (IBRH16, 300m)	4
		小野田 (MYGH05, 337m)	5 強
地殻内	2005 年福岡県西方沖地震 (M=7.0, 最大震度 6 弱)	玄海 (FKOH09, 200m)	5 弱
	2011/4/11 福島県浜通 (M=7.0, 最大震度 6 弱)	山方 (IBRH16, 300m) ひたちなか (IBRH18, 504m)	5 弱 5 弱

4. 地下深部の地震動分布の特徴

今回実施した応答解析結果は、複数の地点における複数の地震動に対するものであるため、相互に比較するために、以下の基準化を考えた。まず、深さ方向については、地表からの深さをそのまま用いる場合に加えて、せん断波速度が 700m/s 以上となる最も浅い層の上端を各地点で揃えた場合も検討した。最大加速度の分布については、最深部の最大加速度で基準化した。また、最大せん断ひずみについては、①最大値で基準化する、②最深部の最大加速度で基準化する、③地表の SI 値で基準化する、の 4 ケースを考えた。

図-3 は地中の最大加速度、図-4 には最大せん断ひずみの深さ方向の分布を 5 地点 9 地震について重ね描いたものである。これらの図から、地中の最大加速度については、Vs700m 以上の層の上端から 100m 以深でほぼ一定の値であることがわかる。また、最大せん断ひずみについてもほぼ同様の傾向が認められるが、地震動の周波数特性が反映される SI 値で基準化することにより、最大加速度で基準化した場合よりも分布の変動が明らかに小さくなっていることがわかる。

5. おわりに

振動数依存型の減衰を考慮した複数地点の一次元応答解析結果を実施し、地中の地震動の分布性状を検討した。その結果、硬い地盤内の地下深部では最大加速度や最大せん断ひずみが地表付近に比べて顕著に小さく、適切な地震動指標で基準化することによりほぼ一定値になること、また、最大せん断ひずみは、地震動の最大加速度で基準化するよりも SI 値で基準化することにより変動が小さくなる傾向が認められた。

謝辞：防災科学技術研究所 KiK-net の観測記録を使用しました。

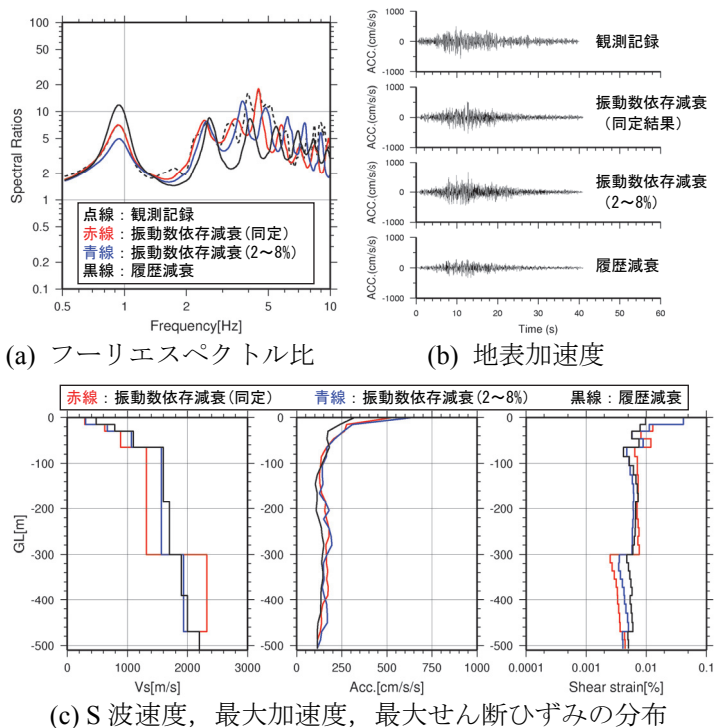


図-2 3つのモデルによる一次元応答解析結果の比較例
(ひたちなか(1BRH18), 東北地方太平洋沖地震)

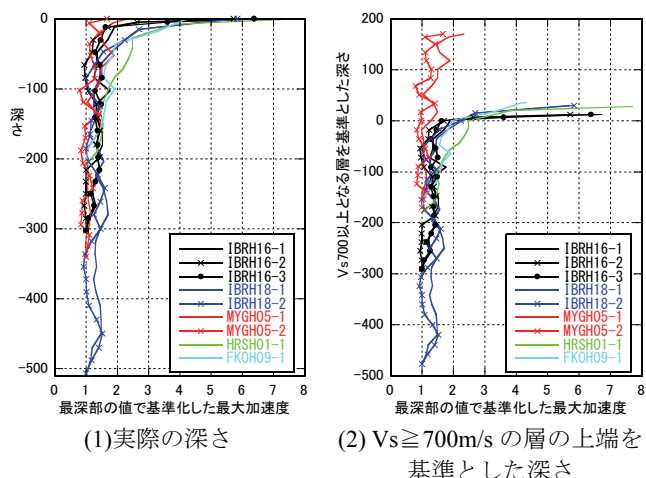


図-3 最深部の値で基準化した最大加速度の分布

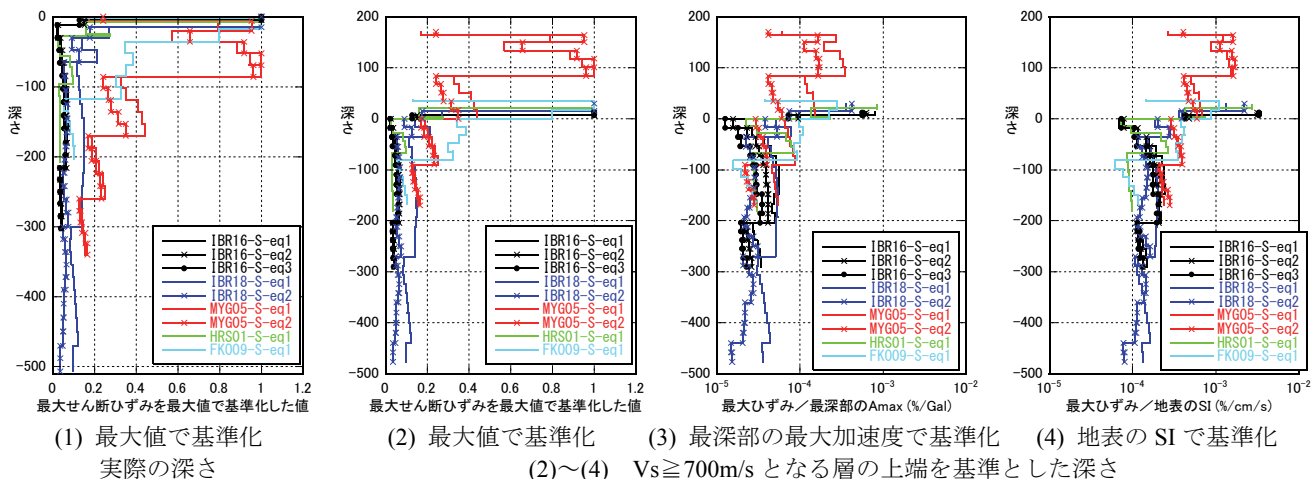


図-4 最大ひずみの分布