

## 距離減衰式に基づく地下深部の地震動評価手法に関する検討

清水建設株式会社 正会員 ○奥村俊彦, 藤川智, 非会員 渡邊航平  
原子力発電環境整備機構 正会員 窪田茂, 末広俊夫, 玉田潤一郎, 藤崎淳

## 1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分施設のように、地下深部に建設される施設の耐震性を検討する際には、地震動をどのように設定するかが課題の一つである。原子力発電所施設に対しては、解放基盤表面で地震動を設定した上で、建屋に入力する地震動を解析により評価するのが一般的であるが、地中施設の場合には、地表付近の解放基盤表面あるいは地下深部の地震基盤で設定した地震動から解析により地中施設位置での地震動を評価する、地中の施設位置での地震動を直接評価する、などの方法が考えられる。本稿では、距離減衰式を用いた地中地震動の直接評価の適用可能性を検討するために、Noda, *et al.*(2002)による応答スペクトル(通称「耐専スペクトル」)に対する地下深部での補正係数を、地中の観測記録に基づいて算定した上で、これを用いて東北地方太平洋沖地震(2011.3.11, M9.0)の応答スペクトルの再現を試みた。

## 2. 検討方法と使用したデータ

地中地震動の耐専スペクトルに対する補正係数の算定方法の概要を図-1に示す。ここで用いる方法は、距離減衰式に対する「サイト係数」の算定と同様であり、地下深部の地震観測点に対して、そこで得られている観測記録の応答スペクトルと、当該地震諸元に対する耐専スペクトル(観測点位置におけるS波速度またはP波速度を考慮した解放状態での地震動の応答スペクトル)との比を算定した上で、個々の記録に対して得られた比の相乗平均値を当該位置における補正係数とするものである。対象とする地点は、地層処分施設の想定設定深度を勘案して防災科学技術研究所のKiK-net観測点のうち地中の地震計設置深度が250m以深の地点とし、マグニチュード5.5以上の地震による10gal以上の観測記録が10記録以上得られている地点に対して補正係数を算定した。

## 3. 補正係数の算定結果

上述した条件により、東北地方太平洋沖地震発生以前の地震の記録を用いて地点ごとの補正係数を算定した。プレート間地震に対する11地点での応答スペクトルの補正係数の評価結果を図-2に示す。水平動に対する結果を見ると、周期1秒以下ではいずれの地点の係数も1を下回っており、周期が長くなるに伴い1に近づく傾向が見られる。上下動の場合も、一部の地点で長周期側での補正係数がやや大きくなっているものの、全般的な傾向は水平動と同じである。ここで算定した補正係数は、図-1に示すように、地中深部の観測点位置における解放状態の応答スペクトルに対する地中の応答スペクトルの比率であり、特に周期1秒以下の短周期においては、解放状態での地震動に対して地中の地震動が顕著に小さくなることが実データより明らかとなった。

## 4. 東北地方太平洋沖地震の応答スペクトルの再現

東北地方太平洋沖地震の発生前の記録に基づいて算定された図-2の補正係数を用いて、地下深部の観測点における東北地方太平洋沖地震の地震動の再現を行った。この際、地震のマグニチュードは、変位マグニチュード(8.4)とモーメントマグニチュード(9.0)の2通りについて検討し、距離を算定するための震源モデルは、図-3に示す(1)防災科学技術研究所(2011)による震源モデル、(2)釜江・川辺(2011)による震源モデルの2つを比較検討した。等価震源距離は、(1)については一様断層を仮定した値、(2)についてはサイトに最も近いアスペリティの

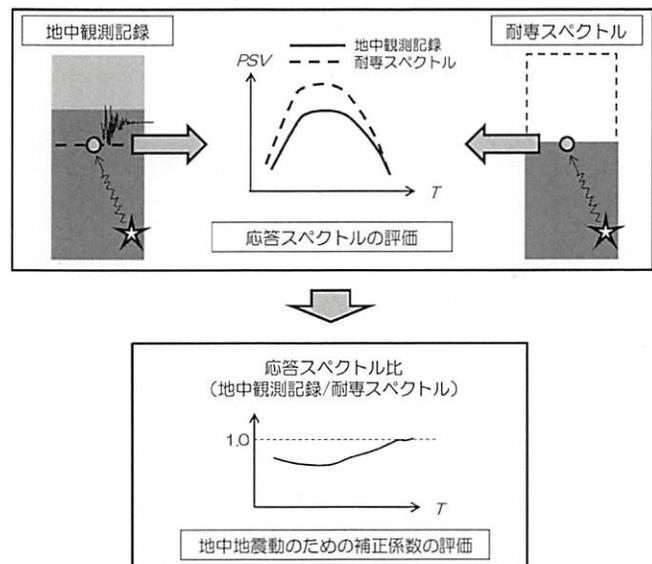


図-1 地中の補正係数の算定方法の概要

キーワード 地層処分施設, 地中, 地震動, 応答スペクトル, 距離減衰式

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島三丁目4-17 清水建設株式会社 技術研究所 TEL : (03)3820-6297

等価震源距離とした。等価震源距離が 200km 以内の 4 サイトについて地中地震観測記録の擬似速度応答スペクトル( $h=5\%$ )と、事前評価された補正係数を用いて求めた応答スペクトルを比較して図-4 に示す。いずれの地点でも、距離の取り方を(2)の最短アスペリティの等価震源距離とした場合には、地中観測記録が比較的良好に再現されていること、短周期成分の推定結果は観測記録の M8.4 と M9.0 の中間的な値、周期 1~5 秒の成分は M8.4 のものに近いことがわかる。

5. おわりに

地中観測記録と耐専スペクトルの比率を補正係数として考慮することにより、地中地震動の応答スペクトルが比較的良好に再現可能であることを示した。当該地点で地中の観測記録がある場合の耐震性検討用地震動の設定方法の一つとして有効と考えられる。

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。記して感謝します。

参考文献

- Noda S., et al.(2002): Response Spectra for Design Purpose of Stiff Structures on Rock Sites, OECD/NEA Workshop
- 防災科学技術研究所(2011)：近地強震記録を用いた 2011 年 03 月 11 日東北地方太平洋沖地震の震源インバージョン解析 ([http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/TohokuTaiheiyo\\_20110311/invansion/](http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/TohokuTaiheiyo_20110311/invansion/))
- 釜江克宏・川辺秀憲(2011)：2011 年東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0) の震源のモデル化 (<http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/jishin/eq/tohoku1/Tohoku-ver1-rev20110601.pdf>)

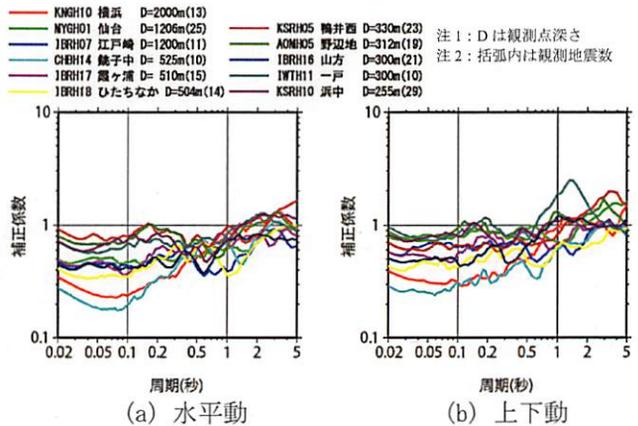


図-2 地中地震動の補正係数の評価結果 (プレート間地震)

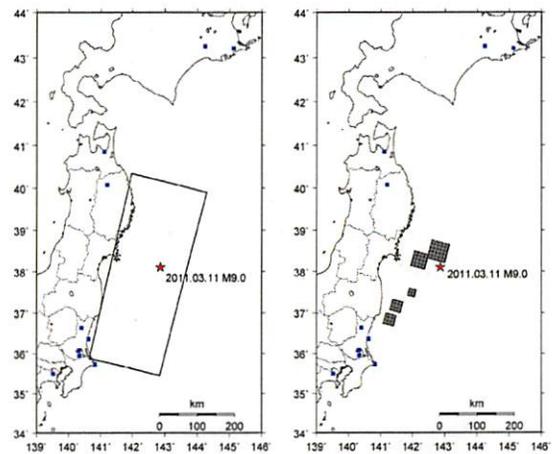


図-3 等価震源距離の算定に用いた震源モデル (1) 防災科研(2011) (2) 釜江・川辺(2011)

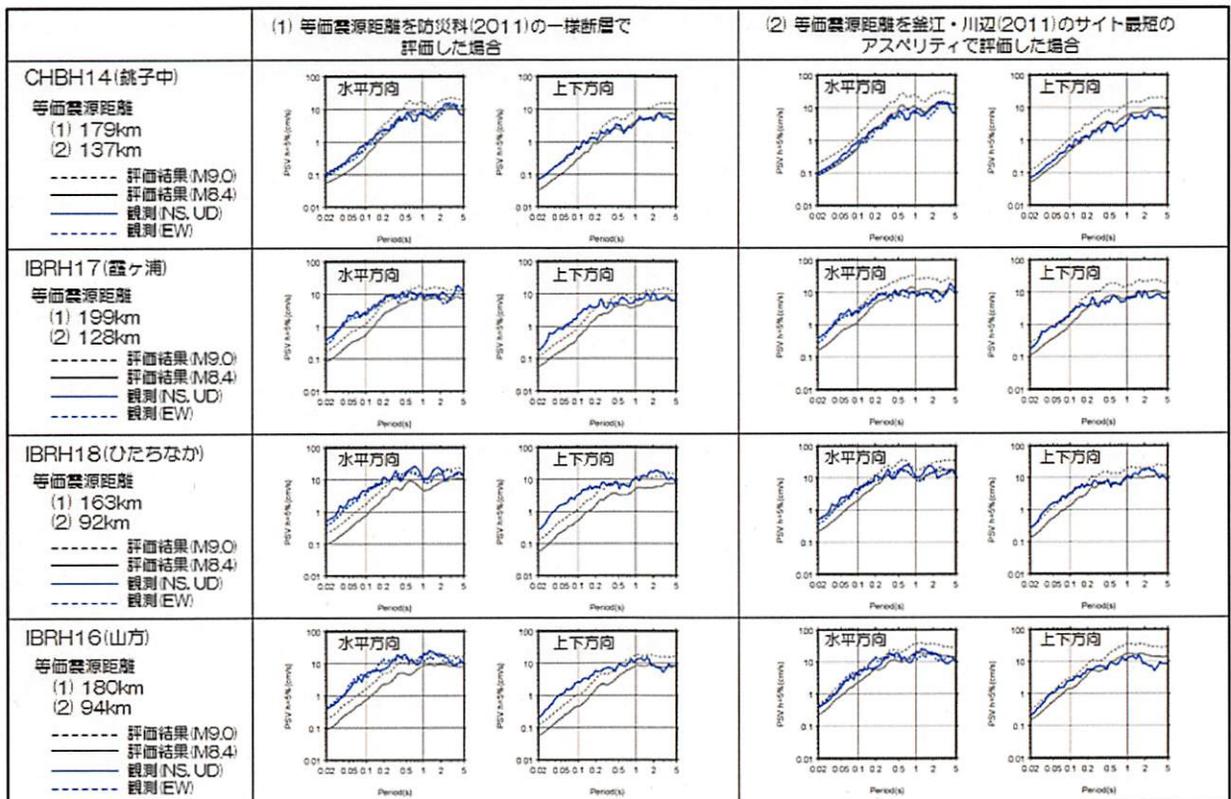


図-4 耐専スペクトルと補正係数による地中地震動の推定結果