

地下深部の地震動特性に関する基礎的検討

清水建設株式会社 正会員 ○藤川智, 奥村俊彦, 非会員 岡田康男
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は、地下 300m 以深の地下深くに建設される。地中の地震動が地表面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) の観測記録を用いて、地中と地表の最大加速度の関係についての検討を行った。

2. 検討に用いたデータ

全国の KiK-net 観測点のうち、地中の地震計設置位置が 250m 以深の 87 地点を対象とし、地中と地表の観測記録を用いた検討を行った。対象とした KiK-net 観測地点(87 サイト)を図-1 に示す。使用したデータは、各観測地点で観測開始日から東北地方太平洋沖地震以前のマグニチュード 7.0 以上の地震で得られた記録に加えて、東北地方太平洋沖地震の本震 (2011 年 3 月 11 日 14:46, M=9.0), 同日茨城県沖で発生した余震 (2011 年 3 月 11 日 15:15, M=7.6), 4 月 7 日に発生した宮城県沖の地震 (2011 年 4 月 7 日, M=7.2), および 4 月 11 日に福島県浜通で発生した地震 (2011 年 4 月 11 日, M=7.0) で観測された最大加速度 10cm/s²以上の記録である。

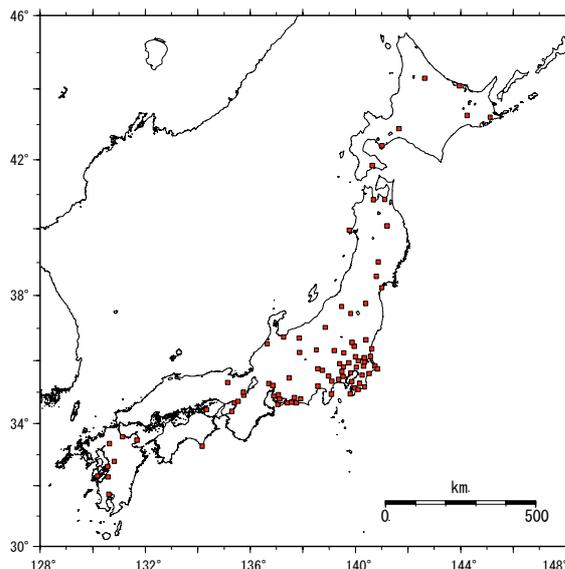


図-1 検討の対象とした地中地震計設置位置が 250m 以深の地点

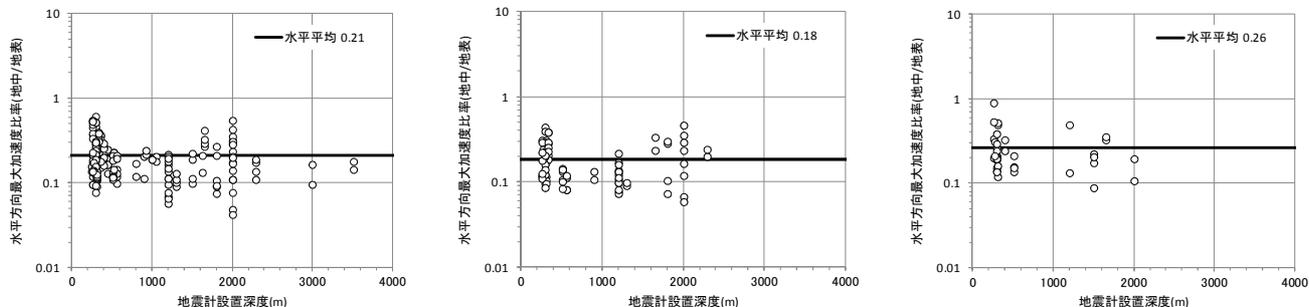
3. 検討方法

上記のデータに基づき、地表に対する地中の最大加速度の比率 (地中/地表) を算定し、地震のタイプを(1)プレート間地震, (2)プレート内地震, (3)内陸地殻内地震の 3 つに分類した上で、地中の地震計設置深度との関係で整理した。

4. 検討結果

4.1 東北地方太平洋沖地震より前の地震に対する結果

地震の発生タイプ毎に算定した水平動の最大加速度比 (地中/地表) と地中地震計の設置深度の関係を図-2 に示す。地震のタイプにより平均値は多少変化するものの、大局的には、地中の最大加速度は地表の 0.2~0.3 倍程度となっている。図には示していないが、上下動の場合には水平動よりもやや比率が大きく、0.3~0.4 倍程度であっ



(1) プレート間地震 (2) プレート内地震 (3) 内陸地殻内地震

図-2 地震タイプで整理した地表に対する地中の最大加速度の比率と地震計設置深度の関係 (東北地方太平洋沖地震より前に発生したマグニチュード 7.0 以上の地震, 水平動)

キーワード 地層処分施設, 地中, 地震動, 最大加速度
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)3820-6549

た. 図-2 から, 今回対象とした 250m 以深のデータに限定すれば, 最大加速度の比率と地震計の設置深度との間に明確な傾向が見られない. 言い換えれば, 250m より深部では, 深さに依存せず, 地中の最大加速度は地表の 1/3~1/5 程度となることを示している. 地中地震計の設置深度以外の指標として, ①地中地震計設置位置のせん断波速度, ②地中から地表の等価なせん断波速度, ③地中から地表の等価な固有周期, ④地中と地表のインピーダンス比の 4 つの指標に対する関係も調べたが, ①~③については最大加速度比との明確な傾向は見いだせず, ④のインピーダンス比のみ, 図-3 に示すように, わずかではあるが「インピーダンス比が大きいほど最大加速度比が小さくなる」傾向が見られた.

4.2 東北地方太平洋沖地震の本震と余震に対する結果

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震では, 多数の強震記録が得られ, また, その後発生した広義の余震には, プレート間地震のみならずプレート内地震と陸地地殻内地震が含まれる. そこで, 本震と代表的な余震について, 前節 4.1 と同様の検討を行った.

図-4 は, 本震の地表と地中の最大加速度 (水平成分) の関係を示したものであり, 「+」は全地点, 「○」は地中深度 250m 以深の地点を表している. 250m 以深の場合の傾向は, より浅いデータを含んだ場合と同様の傾向にあることがわかる.

図-5 および図-6 は, 本震と代表的な余震に対して, 地中と地表の最大加速度の比を地中地震計設置深度との関係で示したものである. いずれの地震についても, 前節 4.1 で示した結果と同様に, 地中の地震計設置深度と最大加速度比の間に明確な傾向が見られない. 各地震における比の平均値は, 本震で 0.32, 茨城県沖の地震で 0.31 と, 図-2 に示した東北地方太平洋沖地震以前のプレート間地震の平均的な比率よりはやや大きい, データが得られている地点が異なることもあり, この理由が地震規模や地震動の振幅に依存するものなのかは現時点では不明である.

5. おわりに

本稿では, KiK-net で観測された地震動のデータに基づき, 地表に対する地中の最大加速度の比を算定し, 地中地震計の設置深さとの関係を調べた. この結果, 大局的に見れば, 250m より深部では地中の最大加速度が地表の 1/3~1/5 程度となること, また, その値は深さに依存せずほぼ一定であることが示された.

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. 記して感謝します.

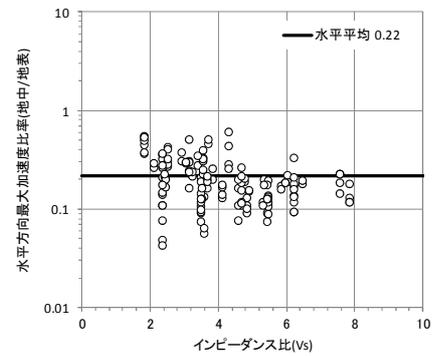


図-3 東北地方太平洋沖地震より前に発生したプレート間地震 (M≥7) の最大加速度の比と地中と地表のインピーダンス比の関係

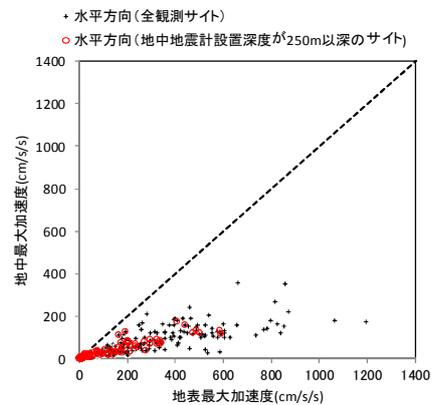


図-4 東北地方太平洋沖地震の地表と地中の最大加速度の関係

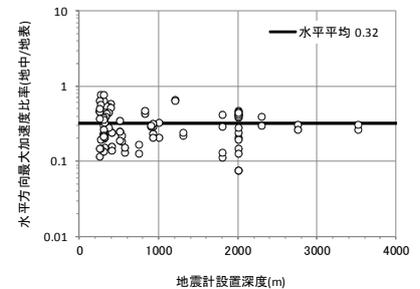
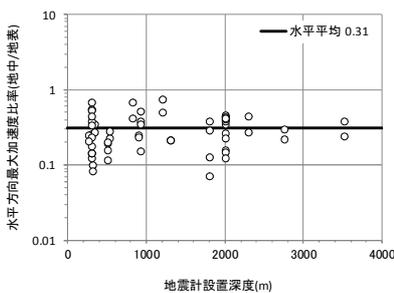
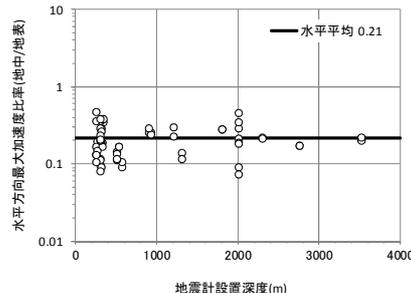


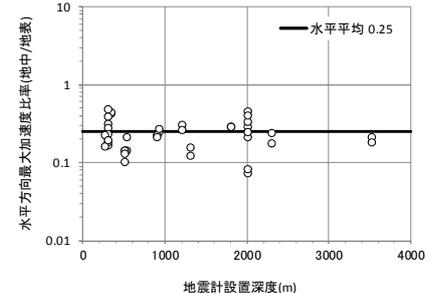
図-5 東北地方太平洋沖地震の最大加速度の比率と地中地震計設置深度の関係



(1) 茨城県沖の地震 (2011.3.11, M=7.6)



(2) 宮城県沖の地震 (2011.4.7, M=7.2)



(3) 福島県浜通の地震 (2011.4.11, M=7.0)

図-6 代表的な余震における地表に対する地中の最大加速度の比率と地震計設置深度の関係