

地層処分施設の耐震性評価における静的地震力の設定方法に関する検討（その2）

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 大深度の地下に構築される地層処分施設の耐震性を震度法で評価する場合、静的震度の設定方法が課題となる。震度を深さ方向に低減する既往の方法¹⁾は、地表面の震度を地中に一律に設定する場合に比べれば合理性が見られたものの、地層処分対象深度となる 300m 超の大深度地盤に対しては、地震応答解析結果と大きな乖離が認められた²⁾。そこで、本検討では多数の地下深部の地震観測記録を用いた一次元地震応答解析を追加実施して、地盤に発生する最大せん断応力の分布形状に着目するとともに、地層処分の対象となる大深度地盤の地中震度の換算方法について検討した。

2. 検討方法 検討対象地点は、KiK-net 観測地点の地中地震計設置深度が 200m 程度より深い地点のうち、2011 年東北地方太平洋沖地震ほかの強い地震動の記録を有し、地中の最大加速度が 10Gal 程度以上を目安に選定した 5 地点とした³⁾。これらの検討対象地点について、1 地点につき、10 個以上の地震観測記録を選定して一次元の地震応答解析（弾性解析）を実施した。地盤構造モデルには、KiK-net が公開している S 波速度と、S 波速度に応じて 3%または 5%の減衰定数を設定したモデルを用いた。地盤構造モデルのうち S 波速度と密度の深度方向分布図を図-1 に、検討対象とした 5 地点の地震波形の数などの概要を表-1 に示す。

3. 震度分布の比較 基本的な応答性状として、地中の最大加速度を重力加速度で除して求めた震度を地表面の平均値で正規化した震度分布の一例を図-2 に示す。地中 50m 程度以深では、ほぼ一定値であることが特徴である。また、入力波の振動数特性の違いにより、表層の増幅にばらつきが認められる。図-3 には地中の最大せん断応力の分布形状から換算した震度（以降、等価震度）を地表面の平均値で正規化した等価震度分布を示すが、同様の特徴が認められる。検討対象地点ごとに同様な整理を実施して、等価震度の平均値と標準偏差を求めた結果を、表-2 に示す。既往の方法¹⁾では、地表面の等価震度で正規化した地下深部の等価震度を 0.3 としているが、地震応答解析から求めた本検討結果は、標準偏差を加算しても 0.3 よりもかなり小さい。ただし、既往の方法¹⁾は、保守的な配慮から解析結果のばらつきを包絡するように値を設定しているため、当然の結果とも言える。

4. せん断応力の分布 最大せん断応力の分布形状を踏まえた考察により、本検討のように地中の等価震度には平均値をとることが妥当であることを次に述べる。ここで、5 地点のうち 3 地点は、地震計設置深度でも S 波速度が 1000m/s 程度と小さく、深部で逆転する層がある地点(MYGH05)や、地中地震計設置深度が 200m 程度と浅いために、表層の小さい S 波速度の影響が大きい地点(HRSH01,FKOH09)であるため、等価震度の分布形状に関する考察から除外した。紙面の制約上、図示は省略するが、地中の最大加速度分布形状からも適切で

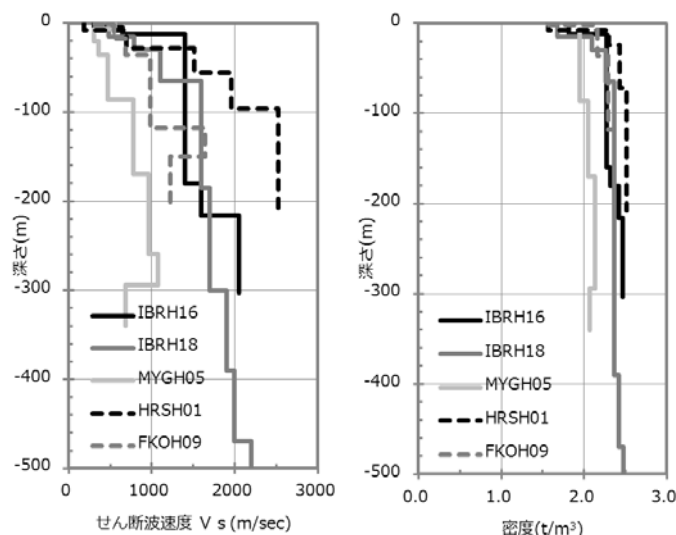


図-1 地盤モデル

表-1 検討対象の KiK-net 地点

KiK-net 観測地点	地震波形の数	最大加速度の範囲(Gal)	最大加速度の地震
IBRH16	13	15.0~115	2011年東北地方太平洋沖地震(M=9.0)
IBRH18	13	9.2~140	2011年東北地方太平洋沖地震(M=9.0)
MYGH05	13	11.5~213	宮城県北部の地震(2003年5月26日)(M=7.0)
HRSH01	14	1.5~106	2001年茨予地震(2001年3月24日)(M=6.4)
FKOH09	14	1.1~43.8	福岡県西方沖地震(2005年3月20日)(M=7.0)

キーワード 地層処分施設, 耐震性評価, 静的地震力, 地中低減, 等価震度

連絡先 〒1080014 東京都港区芝 4 丁目 1 番 2 号 原子力発電環境整備機構 技術部 TEL : (03)6371-4004

はないと判断した.

KiK-net の地中観測波形を用いた一次元地震応答解析による地中の最大せん断応力分布を図-4に示す. 入力地震波ごとに地震動の大きさが異なり単純に比較できないので, 先に示した等価震度と換算前の震度との比率を考慮して補

正した最大せん断応力を用いている. 東北地方太平洋沖地震の入力波の場合, 一見して, 「平均値+標準偏差」の線を上回る場合があるが(IBRH16), 深度 200m 程度までであり, さらに深部ではこの傾向は逆転し, 一定の傾きで増加する線を上回ることは考えにくい. したがって, 地中地震計設置深度が GL-507m の地点(IBRH18)の結果から, 等価震度の平均値を考慮すれば, 標準偏差の加算を考慮しなくても問題ない.

5. おわりに 本検討を踏まえれば, 将来, 調査サイトにおいて綿密な地震観測を実施し, サイトの震動特性を十分に把握することで, より合理的な地中震

度を設定できると考える. その際, 地盤の S 波速度が 1000m/s を下回らず, 少なくとも地中地震計の設置深度が 300m より深い地盤であることが目安になる.

謝辞: 防災科学技術研究所の KiK-net の地震観測記録を使用しました.

参考文献

- 1) 地中地震動の深さ方向の低減特性とその定式化, 電力中央研究所報告: U88022, 1988
- 2) 地層処分施設の耐震性評価における静的地震力の設定方法に関する検討, 土木学会第 68 回年次学術講演会講演概要集 I -008, pp.15-16, 2013
- 3) 地下深部の地震動分布に関する基礎的検討, 土木学会第 68 回年次学術講演会講演概要集 I -006, pp.11-12, 2013

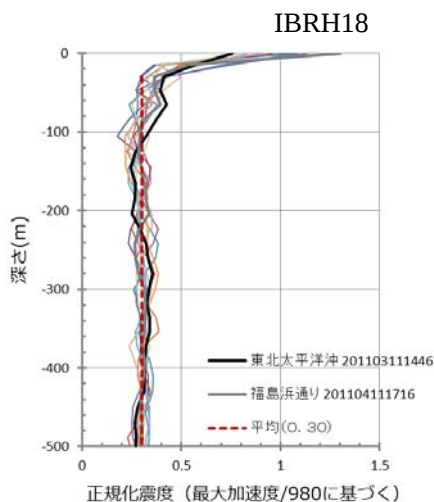


図-2 地中の最大加速度に基づく震度を地表面の平均値で正規化した震度分布

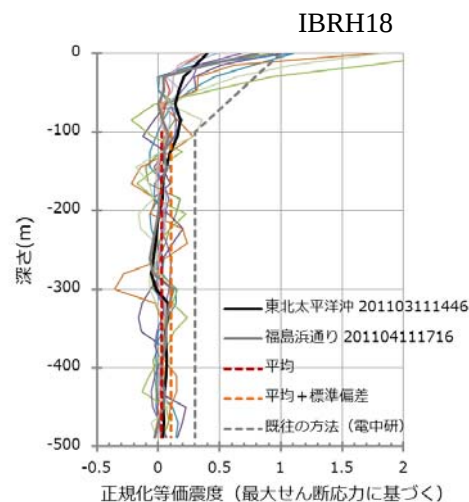


図-3 地中の最大せん断応力に基づく等価震度を地表面の平均値で正規化した震度分布

表-2 正規化した等価震度の平均値と標準偏差

KiK-net 観測地点	平均値	標準偏差	平均値+標準偏差	平均値+2×標準偏差
IBRH16	0.037	0.151	0.188	0.339
IBRH18	0.028	0.075	0.103	0.179
MYGH05	0.094	1.113	1.208	2.321
HRSH01	0.155	0.242	0.397	0.639
FKOH09	0.097	0.171	0.268	0.439

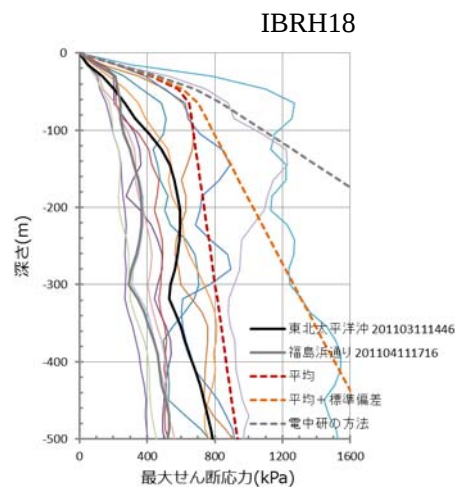
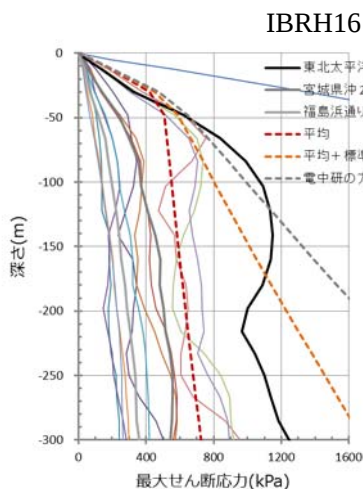


図-4 正規化した最大せん断応力分布