

福島第一原子力発電所

新耐震指針に照らした耐震安全性評価（中間報告） - 建物・構築物 - （コメント回答）

平成21年7月15日
東京電力株式会社



東京電力

TEPCO

【コメント回答】 入力地震動評価法の妥当性確認について

上下方向の入力動評価について、この結果では妥当な評価結果とは言えない。また、データ数が少ないためもっと充実させるべき。

(平成21年6月17日 耐震・構造設計小委員会構造WG会合(第37回))

入力地震動評価法の妥当性確認

敷地内の観測記録を使用し「一次元波動論」による評価の検証を実施した
 入力地震動 2003年5月26日宮城県沖の地震 / (M7.0) O.P.-130mでの観測波
 福島第一原子力発電所において原子炉建屋基礎版上で過去最大加速度を記録した地震

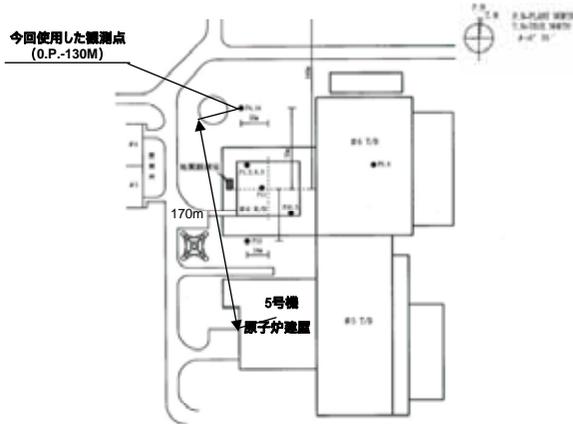


図3-3 福島第一原子力発電所 地震観測点配置図



入力地震動評価法の妥当性確認

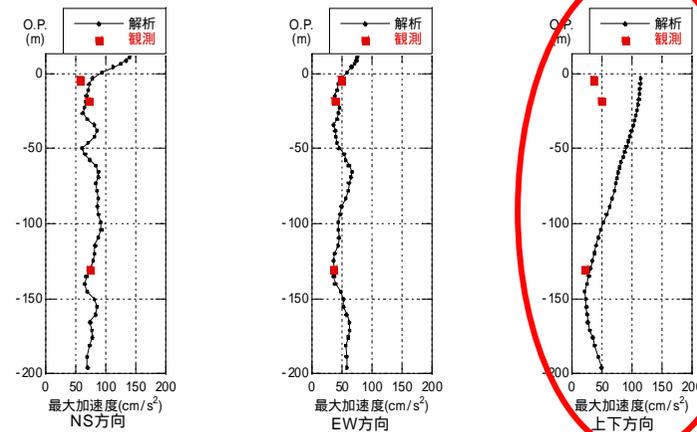


図3-4 地盤の最大応答加速度分布

NS方向、EW方向とも観測波の最大応答にほぼ対応、上下方向は保守的な値となる
 耐震安全性評価に用いる入力地震動の算定に際し、妥当なことを確認した



【コメント回答】入力地震動評価法の妥当性確認について

上下動の入力地震動評価法の妥当性を確認するため、福島第一原子力発電所構内の自由地盤系地震観測装置にて観測された地震観測記録（2003年5月26日の宮城県沖の地震を含む水平方向の最大加速度振幅の大きい11波）によるシミュレーション解析を実施した。

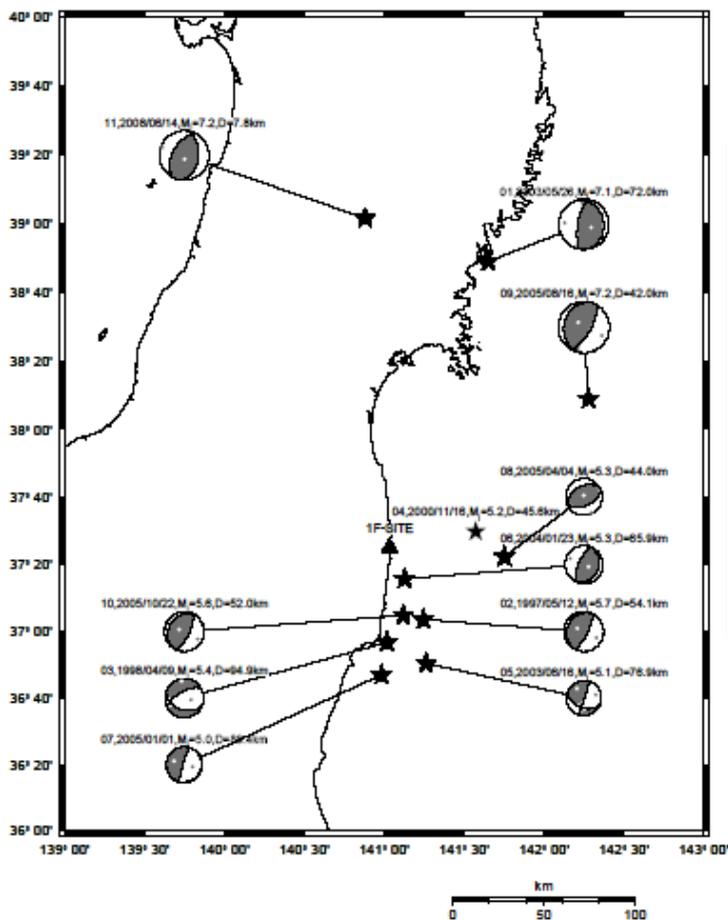


表 -1 観測記録の諸元表

No	発生日時	発生場所	震源距離	震源深さ	マグニチュード	最大加速度振幅 (cm/s ²) 1
1	2003年5月26日18:24:33.4	38° 49.2'N 141° 39.0'E 宮城県沖	180km	72.0km	M:7.1	65.0
2	1997年5月12日07:59:38.2	37° 3.6'N 141° 14.7'E 福島県沖	70km	54.1km	M:5.7	15.0
3	1998年4月9日17:45:39.1	36° 56.7'N 141° 1.0'E 福島県沖	108km	94.9km	M:5.4	9.8
4	2000年11月16日18:31:43.3	37° 29.7'N 141° 34.3'E 福島県沖	67km	45.6km	M:5.2	13.3
5	2003年6月16日18:34:04.7	36° 50.4'N 141° 15.7'E 茨城県沖	102km	76.9km	M:5.1	4.5
6	2004年1月23日18:01:31.3	37° 15.7'N 141° 7.6'E 福島県沖	69km	65.9km	M:5.3	10.1
7	2005年1月1日05:13:49.0	36° 47.0'N 140° 59.0'E 茨城県沖	114km	89.4km	M:5.0	8.5
8	2005年4月4日02:57:10.2	37° 22.3'N 141° 45.2'E 福島県沖	78km	44.0km	M:5.3	26.7
9	2005年8月16日11:46:25.7	38° 8.9'N 142° 16.6'E 宮城県沖	143km	42.0km	M:7.2	37.7
10	2005年10月22日22:12:46.7	37° 4.7'N 141° 7.2'E 福島県沖	64km	52.0km	M:5.6	12.2
11	2008年6月14日08:43:45.3	39° 1.7'N 140° 52.8'E 岩手県内陸南部	180km	7.8km	M:7.2	16.2

1：最大加速度振幅は水平方向O.P.-200mのものを記載

【コメント回答】 入力地震動評価法の妥当性確認について

一次元波動論によるシミュレーション解析を以下の条件により実施した。

O.P.-200mの観測記録E+Fを同じ位置に入力する。
シミュレーション解析は等価地盤による線形解析とする。

なお、前回のWGでは5号機原子炉建屋から約170m離れた場所での地震観測記録（O.P.-130m）を用いたが、今回は、解放基盤表面（O.P.-196m）に近いレベルでの観測記録が得られている、炉心位置から約260m離れた地点の自由地盤系観測位置での観測記録（O.P.-200m）を用いている。

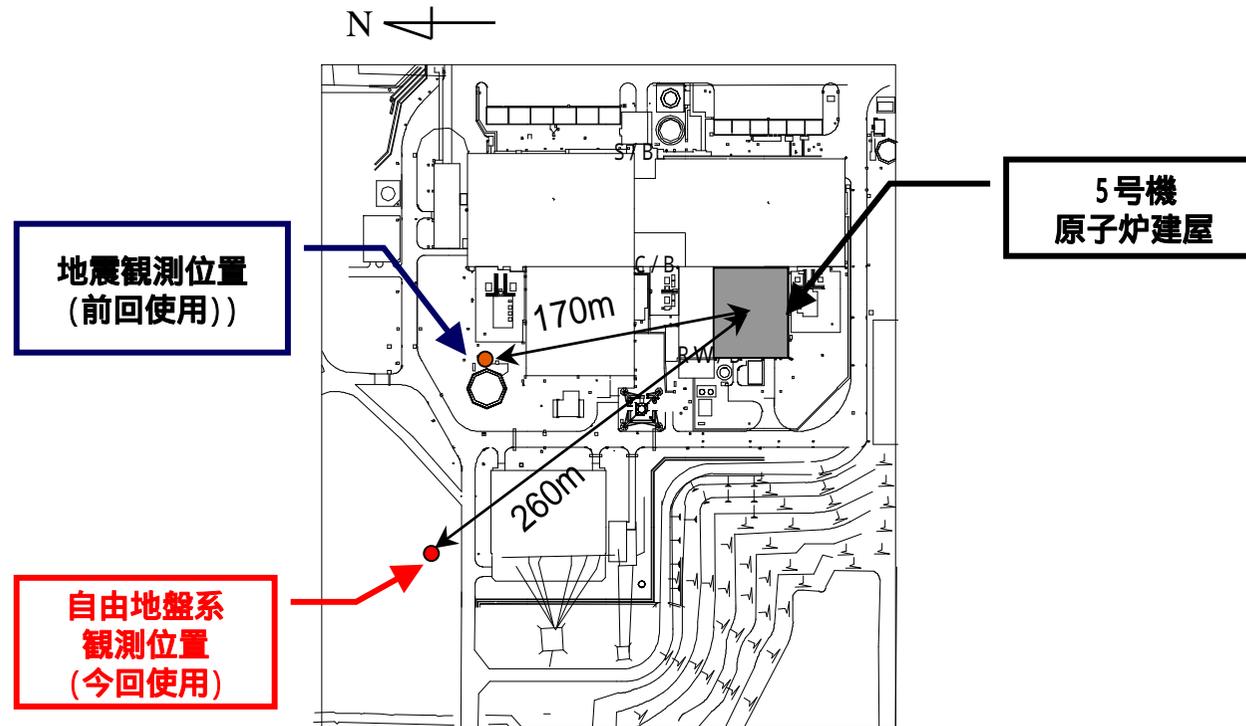


図 -2 福島第一原子力発電所 地震観測点配置図

【コメント回答】 入力地震動評価法の妥当性確認について

シミュレーション解析の結果を図 -4に示す。地盤の応答加速度分布は概ねシミュレートできているが、一部大きめの値を算定しているものがある。大きめの値となるのは、およびの地震であり、図 -3に示す比較的遠方の地震である。

図 -5, 図 -6に、近傍および遠方の地震の観測記録および解析結果の加速度応答スペクトル図を、図 -7に近傍および遠方の地震の伝達関数を示す。

図 -5, 図 -6に示す加速度応答スペクトルは、近傍、遠方でそれぞれ異なった傾向を示している。近傍の地震は、比較的短周期成分が大きい、遠方の地震は長周期成分が比較的大きくなっており、解析結果の応答スペクトルに大きなピークが確認できる。

一方、図 -7に示す伝達関数は近傍、遠方で同様の傾向を示しており、観測記録と解析結果で固有振動数は概ね整合しているものの、長周期の固有振動数において、解析結果が観測記録を大きく上回る結果となった。

これらのことから、シミュレーション解析においては、長周期成分の割合が大きい遠方の地震の場合は増幅が大きく、観測記録と解析結果の乖離が大きくなったと考えられる。

観測記録と解析結果の乖離の原因については、観測記録が必ずしも鉛直下方入射ではないこと、散乱の影響を受けていること、表面波の影響などが考えられるが、今後の中長期的な課題として取り組んでいく。

比較的遠方の地震

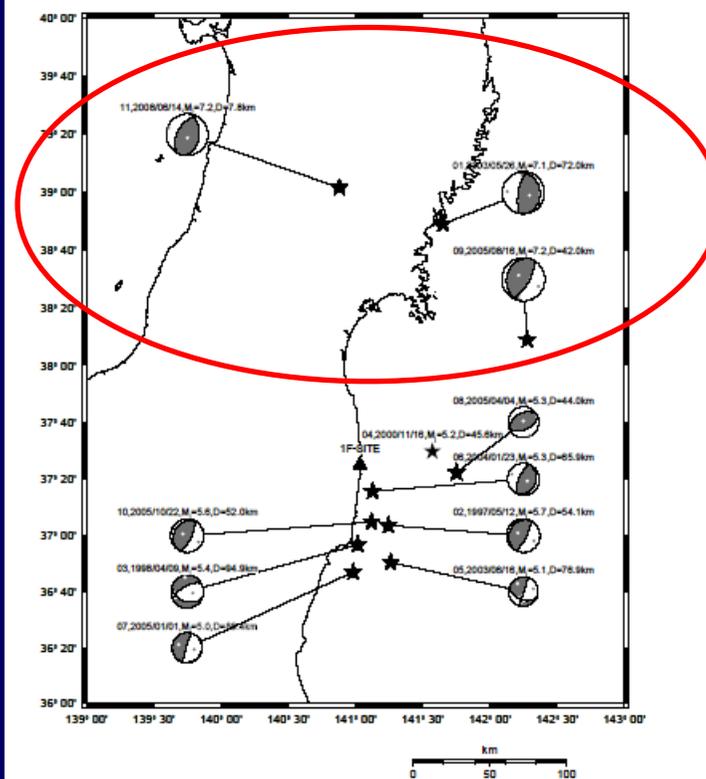


図 -3 観測記録の震源位置図

【コメント回答】 入力地震動評価法の妥当性確認について

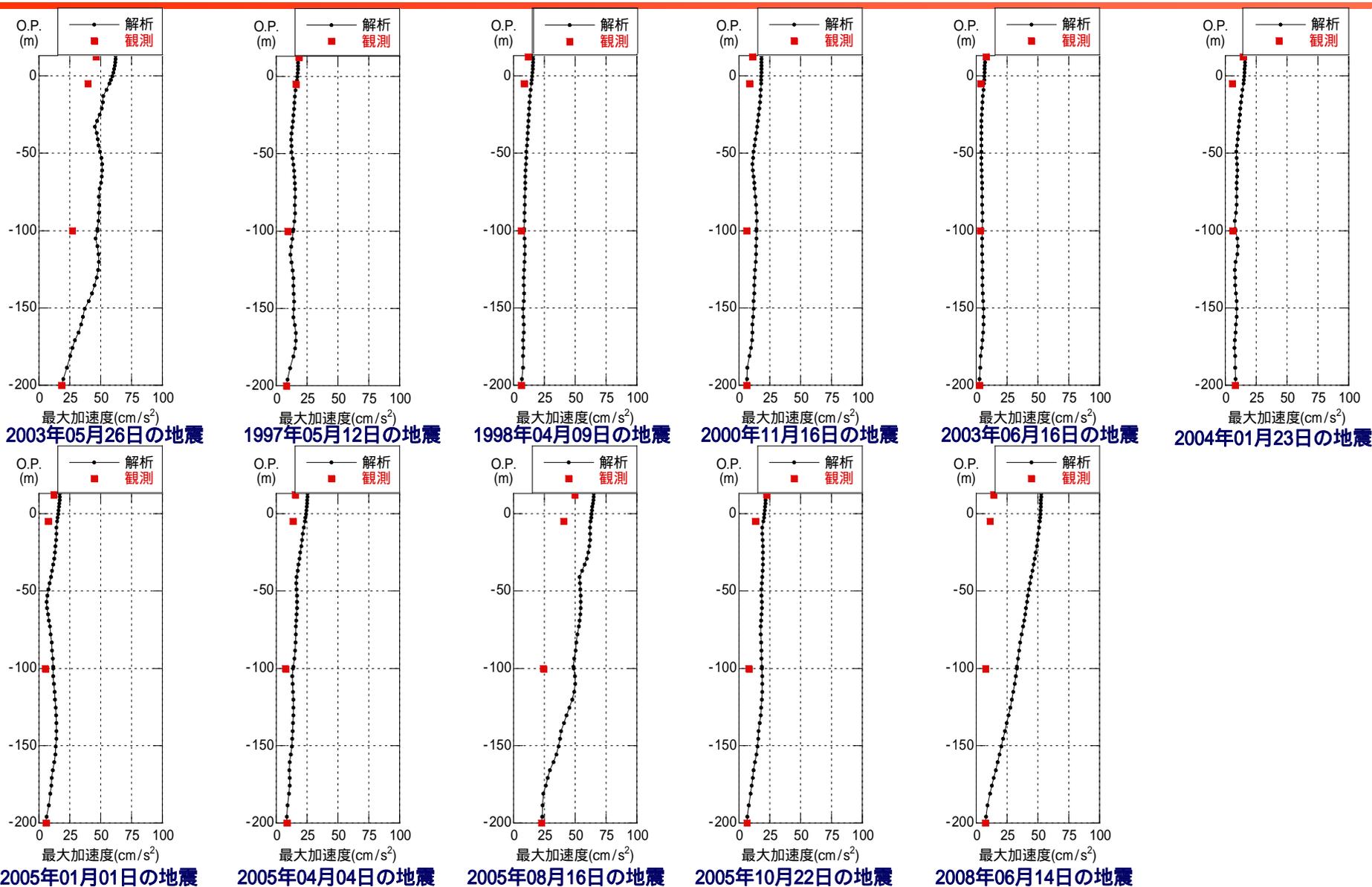


図 -4 地盤の最大応答加速度分布 (UD方向)

【コメント回答】 入力地震動評価法の妥当性確認について

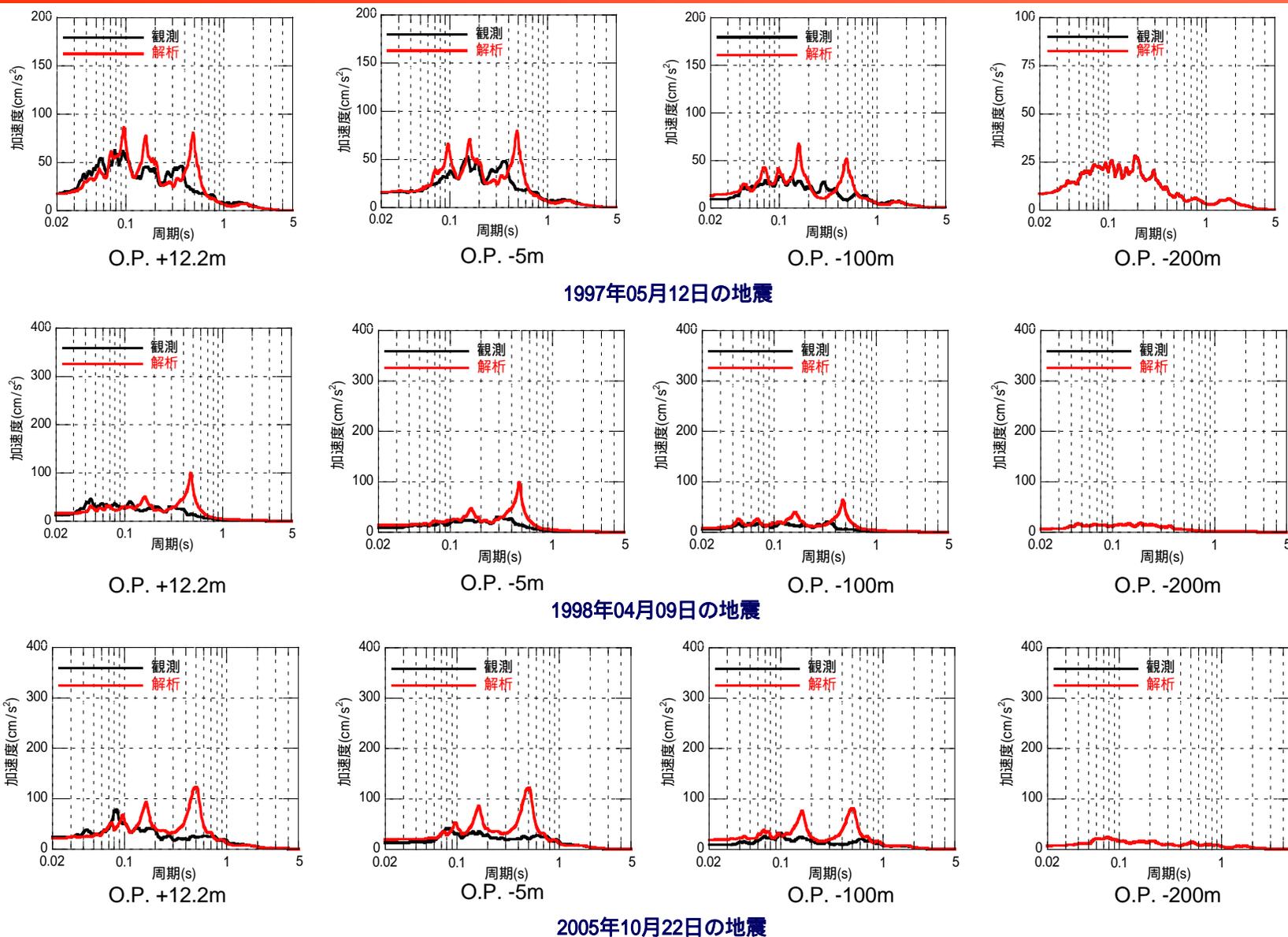


図 -5 加速度応答スペクトル図 (近傍の地震)

【コメント回答】 入力地震動評価法の妥当性確認について

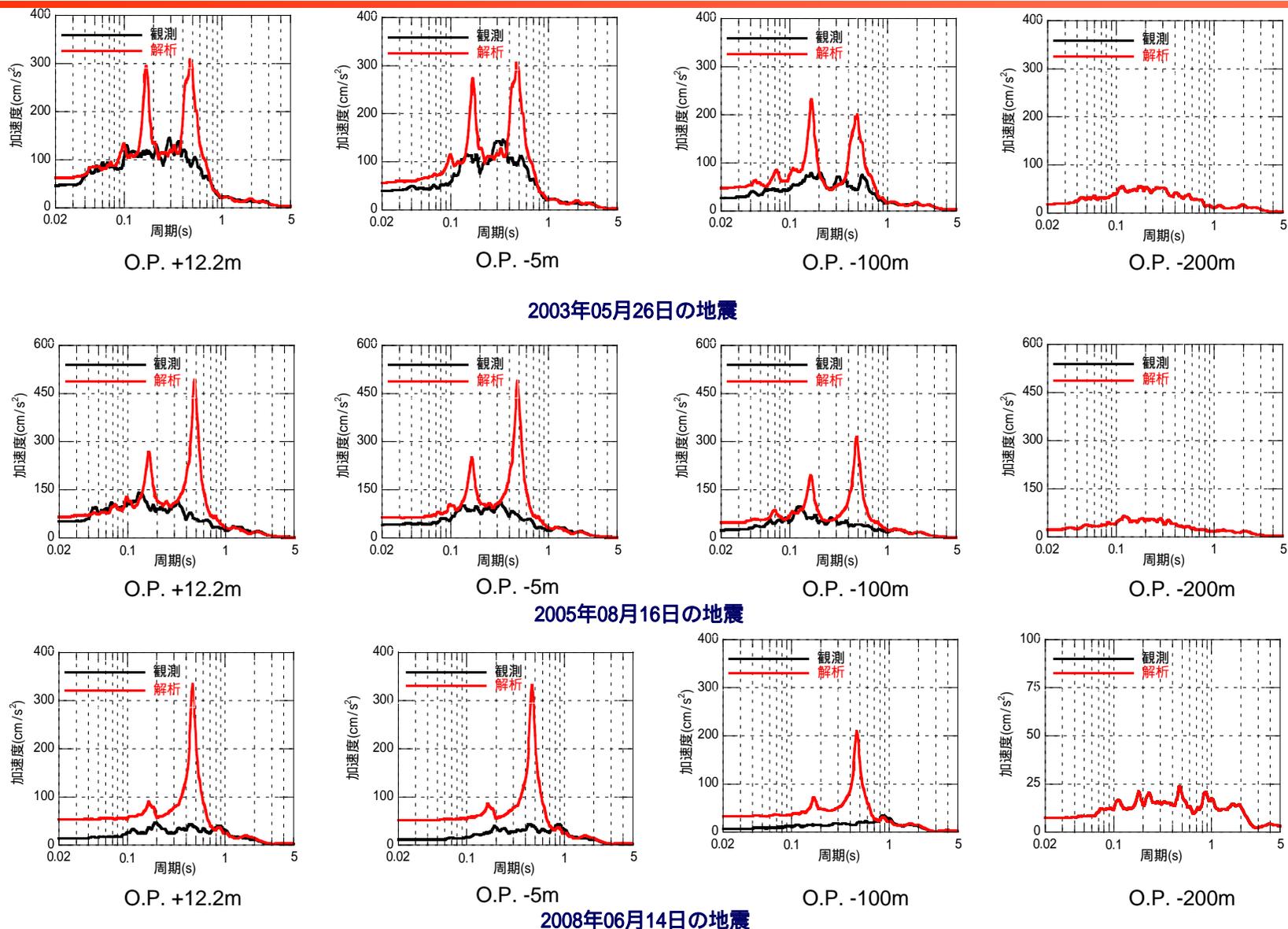
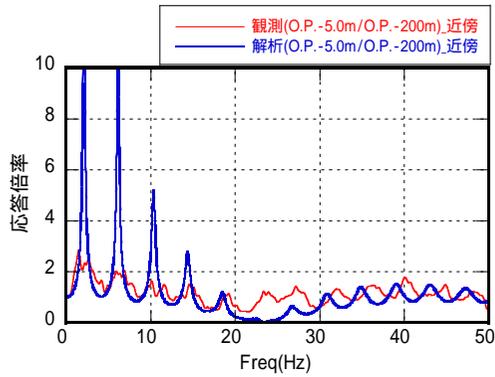
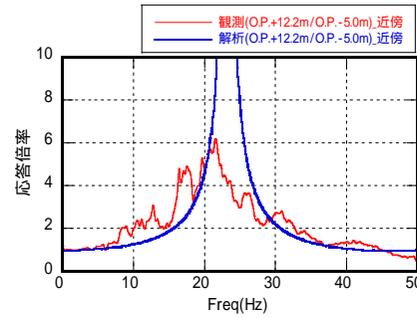


図 -6 加速度応答スペクトル図（遠方の地震）

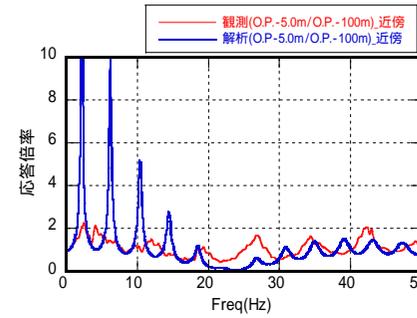
【コメント回答】 入力地震動評価法の妥当性確認について



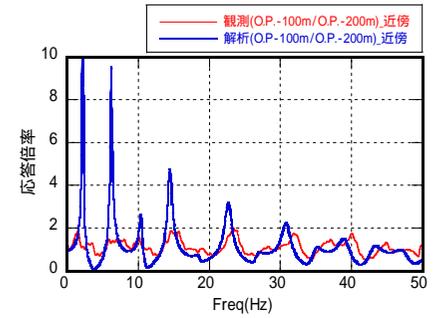
伝達関数 (O.P. -5m/O.P.-200m) の比較 (近傍8波の平均値)



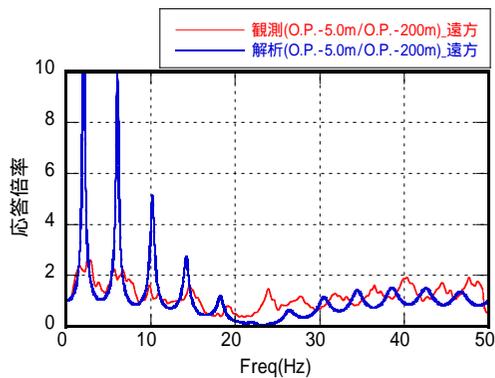
伝達関数 (O.P. +12.2m/O.P.-5m) の比較 (近傍8波の平均値)



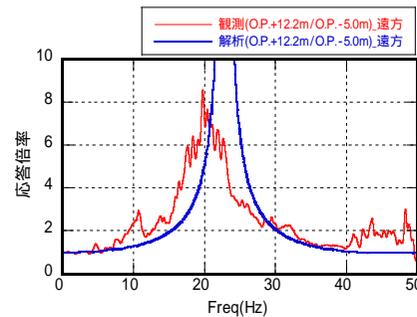
伝達関数 (O.P. -5m /O.P. -100m) の比較 (近傍8波の平均値)



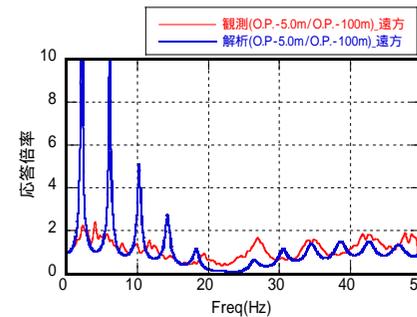
伝達関数 (O.P. -100m/O.P.-200m) の比較 (近傍8波の平均値)



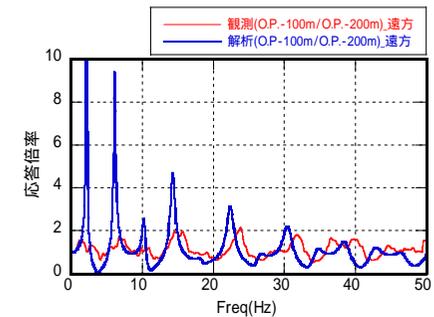
伝達関数 (O.P. -5m/O.P.-200m) の比較 (遠方3波の平均値)



伝達関数 (O.P. +12.2m/O.P.-5m) の比較 (遠方3波の平均値)



伝達関数 (O.P. -5m /O.P. -100m) の比較 (遠方3波の平均値)



伝達関数 (O.P. -100m/O.P.-200m) の比較 (遠方3波の平均値)

図 -7 伝達関数図 (UD方向)

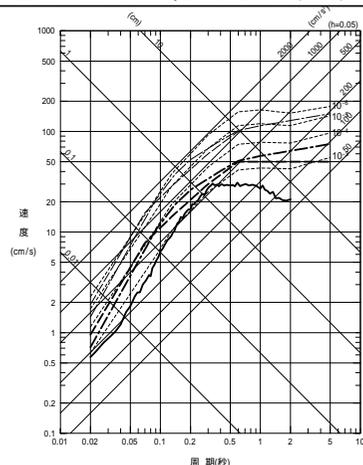
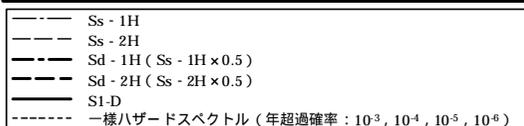
【コメント回答】ハザードスペクトルについて

- 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動と、震源を特定せず策定する地震動とで、異なる一様ハザードスペクトルとの比較をしているが、一様ハザードスペクトルは敷地ごとにひとつ求まるものではないのか。
- この図に示されているS1-Dは、他のスペクトルと同じくターゲットスペクトルで記載すべきではないか。

(平成21年6月17日 耐震・構造設計小委員会構造WG会合(第37回))

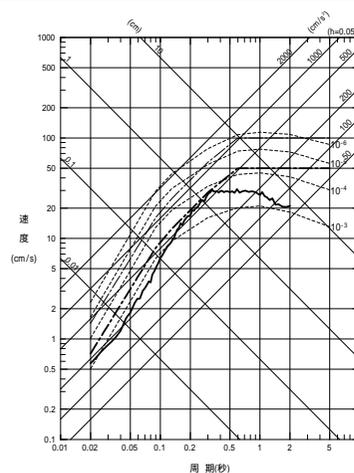
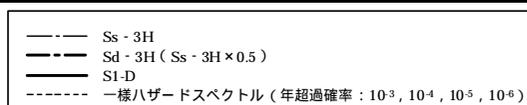
(参考資料) 弾性設計用地震動Sdの設定について

弾性設計用地震動Sdは、基準地震動Ssによる安全機能維持をより確実なものとする観点から、弾性設計用地震動Sdと基準地震動Ssの比率(Sd/Ss)を0.5とし、旧耐震設計指針における基準地震動S₁(最大加速度振幅180cm/s²)の応答スペクトルを下回らないよう配慮し設定した。



参図 - 1 弾性設計用地震動Sdの年超過確率

(敷地ごとに震源を特定して策定する地震動)



参図 - 2 弾性設計用地震動Sdの年超過確率

(震源を特定せず策定する地震動)

【コメント回答】ハザードスペクトルについて

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動については、日本原子力学会(2007)の方法に基づき試算した敷地における地震動の一樣ハザードスペクトルと比較しているが、震源を特定せず策定する地震動については、同方法に基づき試算した敷地における内陸地殻内地震の領域震源モデルによる地震動の一樣ハザードスペクトルと比較している。

「耐震設計審査指針」⁽¹⁾によると、震源を特定せず策定する地震動は、「敷地周辺の状況等を十分考慮した詳細な調査を実施しても、なお敷地近傍において発生する可能性のある内陸地殻内の地震の全てを事前に評価しうるとは言い切れないことから、敷地近傍における詳細な調査の結果にかかわらず、全ての申請において共通的に考慮すべき地震動である」とした上で、「地表に明瞭な痕跡を示さない震源断層に起因する震源近傍の地震動について、確率論的な評価等を必要に応じて参考とすることが望ましい。」とされている。

したがって、震源を特定せず策定する地震動に対する一樣ハザードスペクトルは、内陸地殻内における震源断層を対象としたものである必要がある。このため、本検討においては、内陸地殻内地震の領域震源モデルによる地震動の一樣ハザードスペクトルと比較している(図 -1, 図 -2)。

なお、敷地における地震動の一樣ハザードスペクトルと基準地震動 S_s 及び $0.5 \times S_s$, S_1-D の比較を図 -3に示す。

(1) 発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針(平成18年9月19日, 原子力安全委員会決定)

【コメント回答】ハザードスペクトルについて

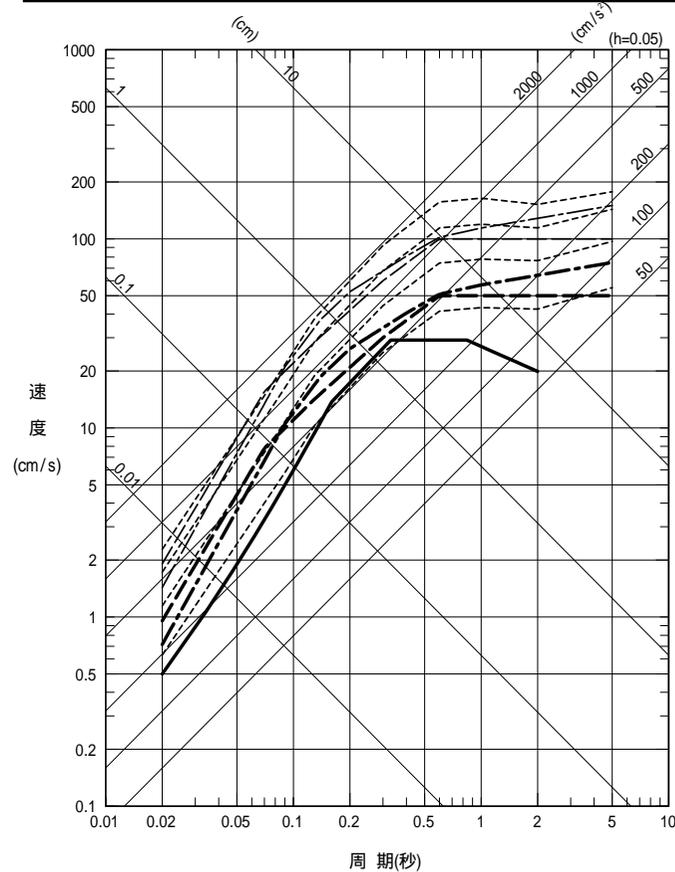
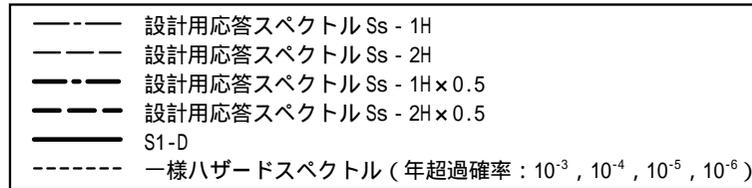


図 -1 「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の設計用応答スペクトルと敷地における地震動の一様ハザードスペクトルの比較 (福島第一、水平方向)

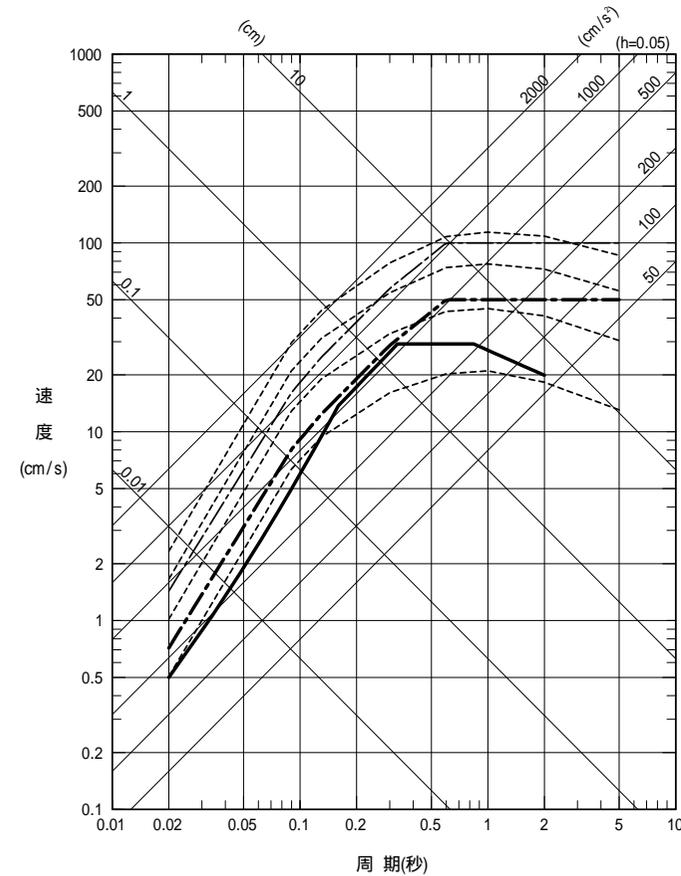
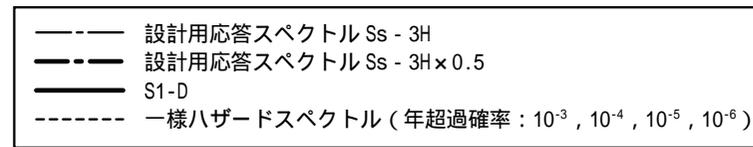


図 -2 「震源を特定せず策定する地震動」の設計用応答スペクトルと敷地における内陸地殻内地震の領域震源モデルによる地震動の一様ハザードスペクトルの比較 (福島第一、水平方向)

【コメント回答】ハザードスペクトルについて

- 設計用応答スペクトル Ss - 1H
- 設計用応答スペクトル Ss - 2H
- 設計用応答スペクトル Ss - 3H
- 設計用応答スペクトル Ss - 1H×0.5
- 設計用応答スペクトル Ss - 2H×0.5
- 設計用応答スペクトル Ss - 3H×0.5
- S1-D
- 一様ハザードスペクトル (年超過確率: 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6})

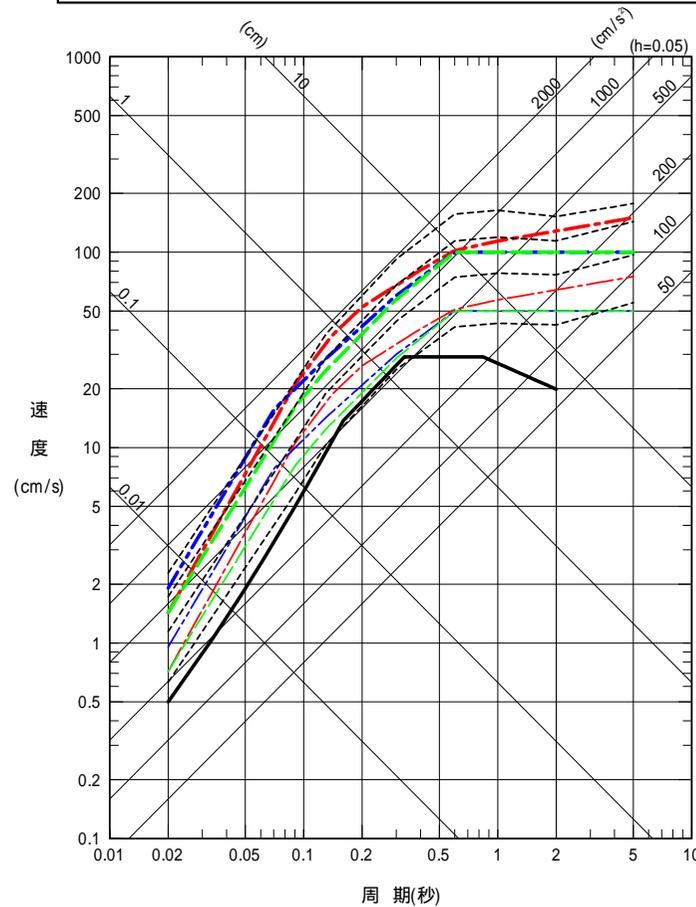


図 -3 設計用応答スペクトルと敷地における地震動の一樣ハザードスペクトルの比較 (福島第一、水平方向)