

東通原子力発電所1号炉審査資料	
資料番号	A1-CA-0141
提出年月日	2024年2月22日

東通原子力発電所 基準地震動の策定について

2024年2月22日
東北電力株式会社

審査会合におけるコメント

No.	コメント時期	コメント内容	今回ご説明資料の掲載箇所
S232	2023年8月4日 第1178回審査会合	標準応答スペクトルによる地震動を基準地震動として選定する場合、他の入力位置の地震動も含めどのような考え方で選定するのか説明すること。	p.5, 6, 19, 35～37

基準地震動の策定全体フローと本資料の説明範囲

敷地周辺の地震発生状況

- ・ 被害地震
- ・ 敷地周辺で発生したM5.0以上の地震
- ・ 敷地周辺で発生したM5.0以下の地震
- ・ 震源として考慮する活断層

敷地地盤の振動特性及び地盤モデルの策定

- ・ 地質調査、観測記録等による敷地地盤の振動特性の検討
- ・ 経験的グリーン関数法(EGF)に用いる地盤モデル(はざとり地盤モデル)の設定
- ・ 統計的グリーン関数法(SGF)に用いる地盤モデルの設定
- ・ 理論的手法に用いる地盤モデルの設定

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

① 検討用地震の選定, 断層モデルの設定

プレート間地震

海洋プレート内地震

内陸地殻内地震

② 地震動評価

断層モデル手法を用いた地震動評価

応答スペクトルに基づく地震動評価

震源を特定せず策定する地震動

本資料の
説明範囲

基準地震動の策定

「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」の評価結果を踏まえて策定

基準地震動の超過確率の参照

特定震源モデル及び領域震源モデルに基づき地震ハザード評価を実施

※ : 説明済の個所

: 本資料対象範囲外

目次

- 1. 検討概要 4
- 2. 基準地震動の策定 7

- 参考資料 32

- 参考文献 39

1. 検討概要

1. 検討概要 (1) 基準地震動策定に当たっての考え方

基準・ガイドの要求

「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」

- 基準地震動は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」について、解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定すること。

「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」

- 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動は、検討用地震ごとに評価した応答スペクトルを下回らないように作成する必要がある。その際の振幅包絡線は、地震動の継続時間に留意して設定されていることを確認する。
- 断層モデルを用いた手法による基準地震動は、施設に与える影響の観点から地震動の諸特性(周波数特性、継続時間、位相特性等)を考慮して、別途評価した応答スペクトルとの関係を踏まえつつ複数の地震動評価結果から策定されていることを確認する。なお、応答スペクトルに基づく基準地震動が全周期帯にわたって断層モデルを用いた基準地震動を有意に上回る場合には、応答スペクトルに基づく基準地震動で代表させることができる。
- 震源を特定せず策定する地震動による基準地震動は、設定された応答スペクトル(地震動レベル)に対して、地震動の継続時間及び振幅包絡線の経時的変化等の特性が適切に考慮されていることを確認する。また、設定された応答スペクトルに基づいて模擬地震動を作成する場合には、複数の方法(例えば、正弦波の重ね合わせによる位相を用いる方法、実観測記録の位相を用いる方法等)により検討が行われていることを確認する。



東通原子力発電所の基準地震動策定に当たっての考え方

- 応答スペクトル手法による基準地震動は、検討用地震ごとに評価した応答スペクトルを下回らないように設定する。
- 断層モデル手法による基準地震動及び震源を特定せず策定する地震動による基準地震動は、一部の周期帯で応答スペクトル手法による基準地震動を上回るものを採用する。
- なお「全国共通に考慮すべき地震動」のうち標準応答スペクトルに基づく地震動の検討結果は、応答スペクトル手法による基準地震動を下回ることを確認する。

1. 検討概要 (2) 基準地震動の策定フロー

地震動評価		【敷地ごとに震源を特定して策定する地震動】	
プレート間地震	海洋プレート内地震	内陸地殻内地震	
東北地方 太平洋沖型地震	敷地下方 DC型地震※	横浜断層による地震	下北半島中軸部 高速度層の高まりによる地震
○応答スペクトル手法 ・適用範囲外 ○断層モデル手法 ・EGFIによる評価	○応答スペクトル手法 ・Noda et al.(2002)による評価(サイト補正係数考慮) ○断層モデル手法 ・SGFIによる評価	○応答スペクトル手法 ・Noda et al.(2002)による評価 ○断層モデル手法 ・SGFIによる評価	○応答スペクトル手法 ・各種距離減衰式による評価 ○断層モデル手法 ・SGFI及びハイブリッド合成法による評価
2.1 応答スペクトル手法による基準地震動		2.2 断層モデル手法による基準地震動	
<ul style="list-style-type: none"> 応答スペクトル手法による基準地震動は、検討用地震ごとに評価した応答スペクトルを下回らないように設定する。 		<ul style="list-style-type: none"> 断層モデル手法による基準地震動は、一部の周期帯で応答スペクトル手法による基準地震動を上回るものを採用する。 	

【震源を特定せず策定する地震動】	
全国共通に 考慮すべき地震動	地域性を 考慮する地震動
○標準応答スペクトル ・地下構造モデルの特徴等を踏まえた評価 ○2004年北海道留萌支庁南部の地震 ・K-NET港町	○2008年岩手・宮城内陸地震 ・栗駒ダム(右岸地山) ・KiK-net金ヶ崎 ・KiK-net一関東
2.3 震源を特定せず策定する地震動による基準地震動	
<ul style="list-style-type: none"> 震源を特定せず策定する地震動による基準地震動は、一部の周期帯で応答スペクトル手法による基準地震動を上回るものを採用する。 なお「全国共通に考慮すべき地震動」のうち標準応答スペクトルに基づく地震動の検討結果は、応答スペクトル手法による基準地震動を下回ることを確認する。 	

2.4 基準地震動の策定

【応答スペクトル手法による基準地震動】

- 基準地震動 S_s-D1

【断層モデル手法による基準地震動】

- 下北半島中軸部高速度層の高まりによる地震
- 基準地震動 S_s-F1～S_s-F4

【震源を特定せず策定する地震動による基準地震動】

- 2004年北海道留萌支庁南部の地震の検討結果に保守性を考慮した地震動
- 基準地震動 S_s-N1
- 2008年岩手・宮城内陸地震の検討結果に保守性を考慮した地震動
- 基準地震動 S_s-N2～S_s-N4

※: Down-dip Compression

2. 基準地震動の策定

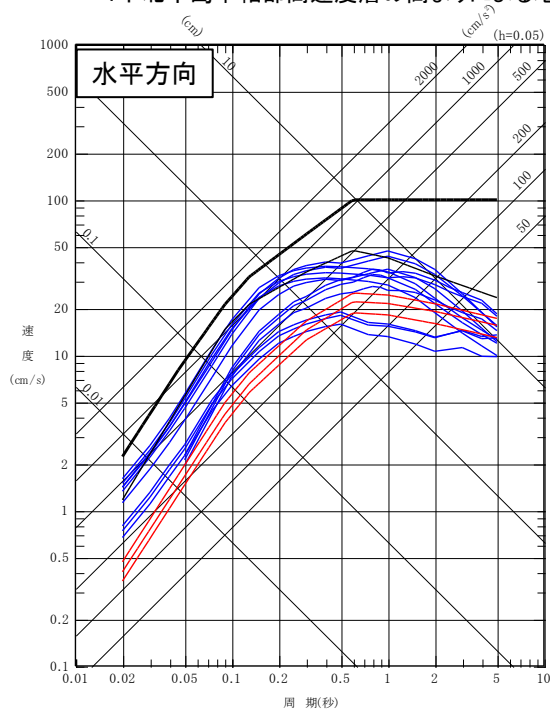
- 2. 1 応答スペクトル手法による基準地震動
- 2. 2 断層モデル手法による基準地震動
- 2. 3 震源を特定せず策定する地震動による基準地震動
- 2. 4 まとめ
- 2. 5 KiK-net一関東(鉛直方向)評価用地震動の設定

2.1 応答スペクトル手法による基準地震動

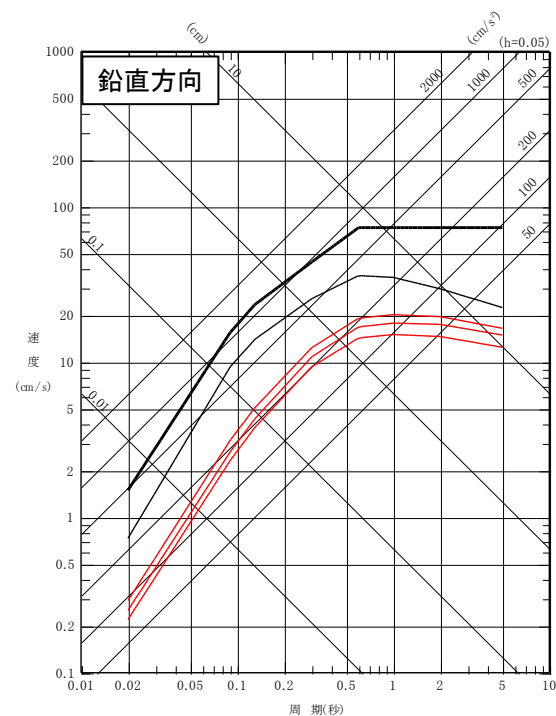
(1) 応答スペクトル

- 応答スペクトル手法による基準地震動は、検討用地震ごとに評価した応答スペクトルを包絡するように設定する。
- なお鉛直方向の設計用応答スペクトルは、水平方向の2/3倍を上回る。

一: 基準地震動Ss-D1H
 海洋プレート内地震
 ー: 敷地下方DC型地震
 内陸地殻内地震
 ー: 横浜断層による地震
 ー: 下北半島中軸部高速度層の高まりによる地震※



一: 基準地震動Ss-D1V
 海洋プレート内地震
 ー: 敷地下方DC型地震
 内陸地殻内地震
 ー: 横浜断層による地震



設計用応答スペクトル		コントロールポイント							
		A	B	C	D	E	F	G	H
Ss-D1H	周期(s)	0.02	0.0455	0.09	0.13	0.3	0.6	1	5
	速度(cm/s)	2.228	8.018	21.057	31.988	59.960	100	100	100

設計用応答スペクトル		コントロールポイント						
		A	B	C	D	E	F	G
Ss-D1V	周期(s)	0.02	0.09	0.13	0.3	0.6	1	5
	速度(cm/s)	1.497	15.442	23.458	43.971	73.334	73.334	73.334

※: 水平方向のみ。

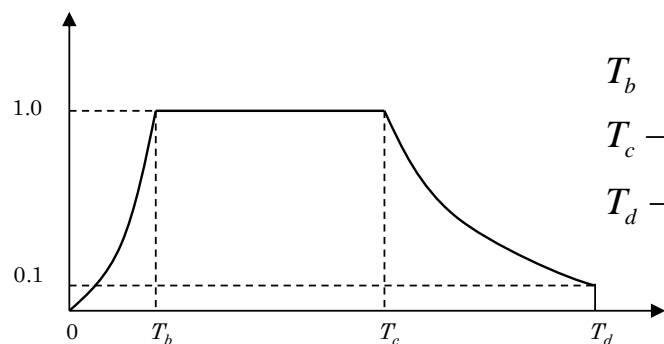
2.1 応答スペクトル手法による基準地震動

(2) 模擬地震波の作成①

➤ 模擬地震波の作成: 振幅包絡線の経時的变化

- 基準地震動Ss-D1の設計用応答スペクトルに適合する模擬地震波は、乱数の位相を持つ正弦波の重ね合わせによって作成するものとし、振幅包絡線の経時的变化については、Noda et al.(2002)の方法に基づき、下記に示す形状とする。
- 振幅包絡線の経時变化については、Noda et al.(2002)に基づき、保守的に継続時間が長くなる設定としている。

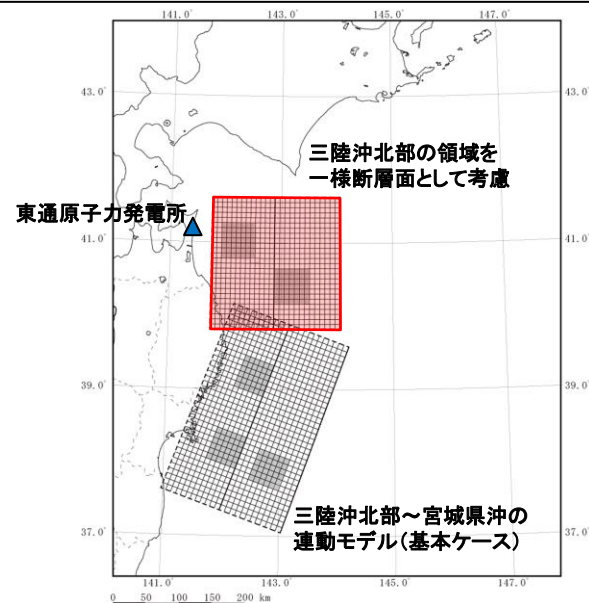
模擬地震波	最大加速度 (cm/s ²)	マグニチュード M	等価震源距離 X _{eq} (km)	振幅包絡線の経時的变化 (s)			備考
				T _b	T _c	T _d (継続時間)	
水平:Ss-D1H	700	8.3	131	16.60	47.50	137.52	Mと等価震源距離X _{eq} は、保守的な設定としてプレート間地震を参考にする。 Mは、2011年東北地方太平洋沖地震の距離減衰式から求まるM、及び地震調査研究推進本部(2004)を参考に設定する(次頁を参照)。 等価震源距離X _{eq} は、東北地方太平洋沖型地震のうち主要動部を生成するSMGA1が位置する三陸沖北部の領域を考慮し設定する。
鉛直:Ss-D1V	470						



$$T_b = 10^{0.5M - 2.93}$$

$$T_c - T_b = 10^{0.3M - 1.0}$$

$$T_d - T_c = 10^{0.17M + 0.54 \log X_{eq} - 0.6}$$



2.1 応答スペクトル手法による基準地震動

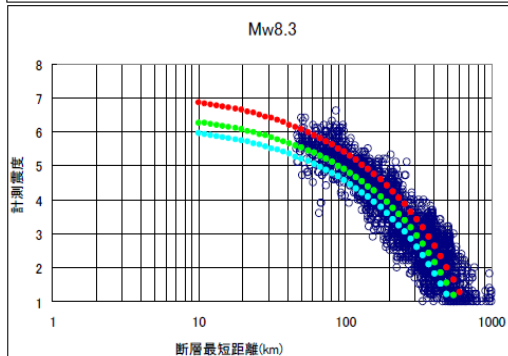
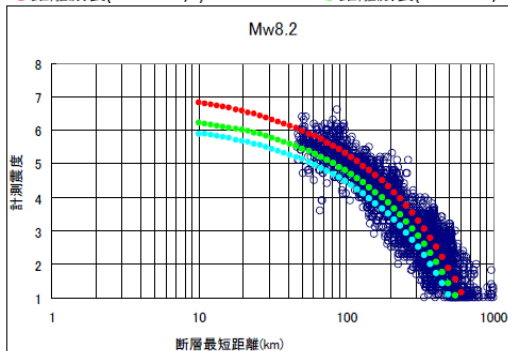
(2) 模擬地震波の作成②

➤ 模擬地震波の作成:Mの設定

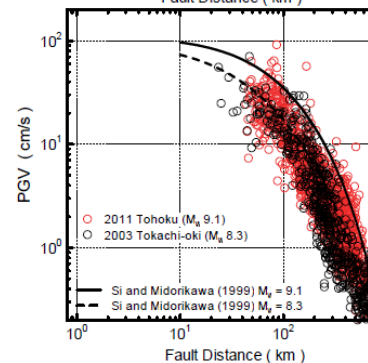
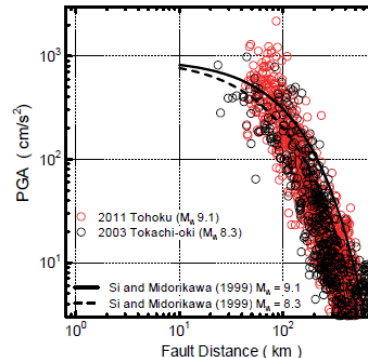
- 内閣府(2012)では、2011年東北地方太平洋沖地震において、距離減衰式から求められる地震規模Mwは「8.2~8.3程度」であり、すべり量や応力降下量など断層運動から求められる地震規模Mw9.0と比べると相当小さい値となっているとしている。
- 司ほか(2016)では、断層最短距離を用いる場合、Mw9クラスの2011年東北地方太平洋沖地震による地震動最大値の平均的強さはMw8クラスのそれと同程度であるとしている。
- 地震調査研究推進本部(2004)では、三陸沖北部の地震を想定した評価として、Mw8.3の震源断層を設定している。

Mw=Mとみなし、M8.3を考慮する。

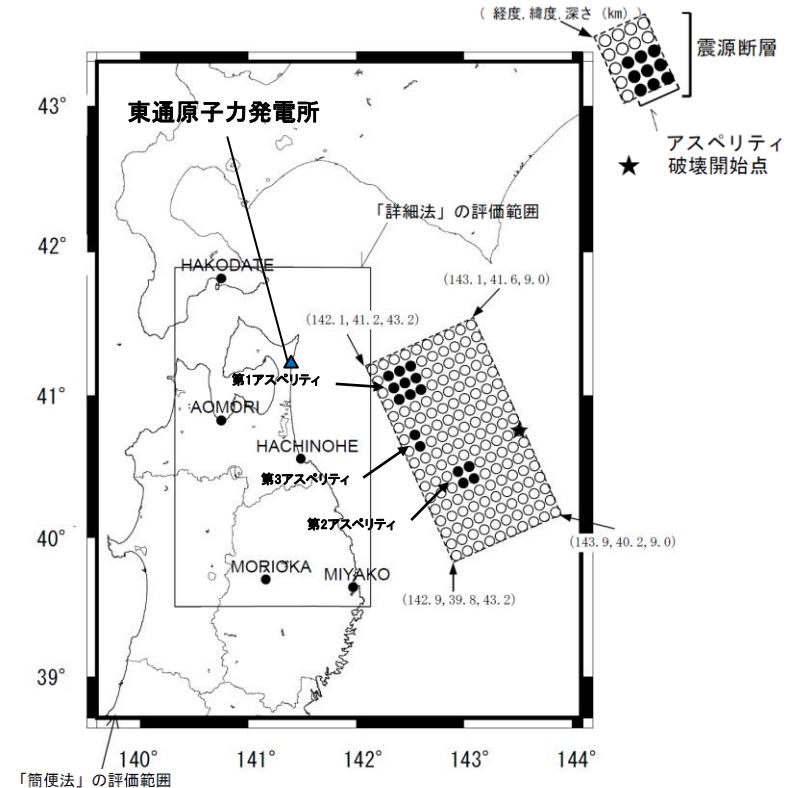
- 東北地方太平洋沖地震の観測震度
- 距離減衰(AVS700m/s)
- 距離減衰(AVS150m/s)
- 距離減衰(AVS400m/s)



2011年東北地方太平洋沖地震の震度の距離減衰〔内閣府(2012)〕



2011年東北地方太平洋沖地震と2003年十勝沖地震のPGA, PGVの距離減衰の比較〔司ほか(2016)〕

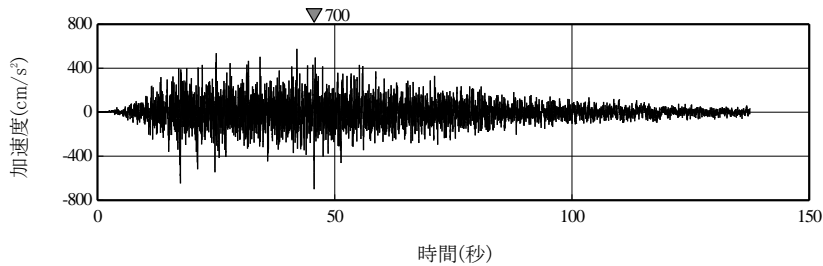


三陸沖北部の地震(Mw8.3)の震源モデル〔地震調査研究推進本部(2004)に加筆〕

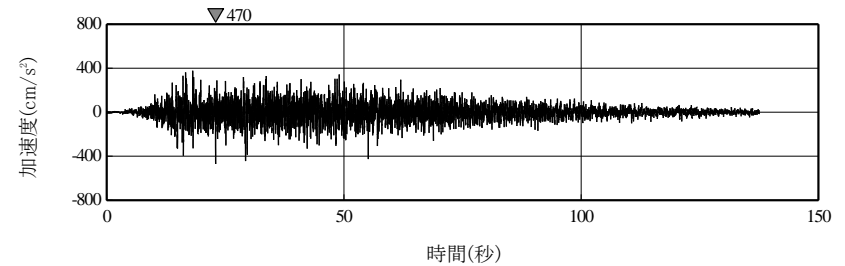
2.1 応答スペクトル手法による基準地震動

(2) 模擬地震波の作成③

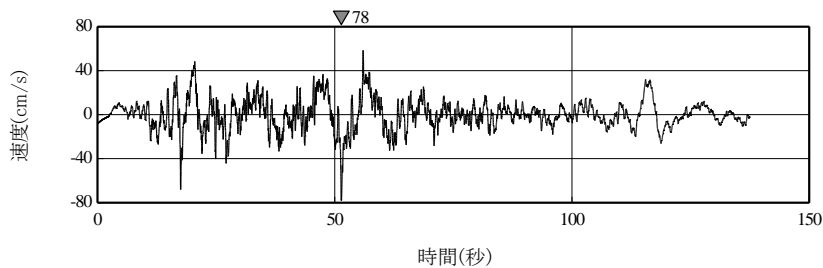
➤ 模擬地震波の作成結果: 加速度・速度波形



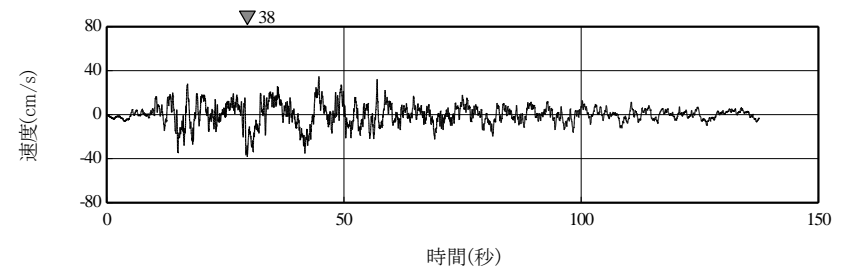
加速度波形(水平方向 Ss-D1H)



加速度波形(鉛直方向 Ss-D1V)



速度波形(水平方向 Ss-D1H)



速度波形(鉛直方向 Ss-D1V)

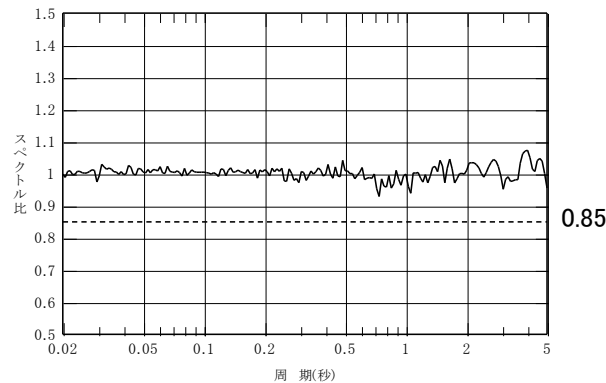
2.1 応答スペクトル手法による基準地震動

(2) 模擬地震波の作成④

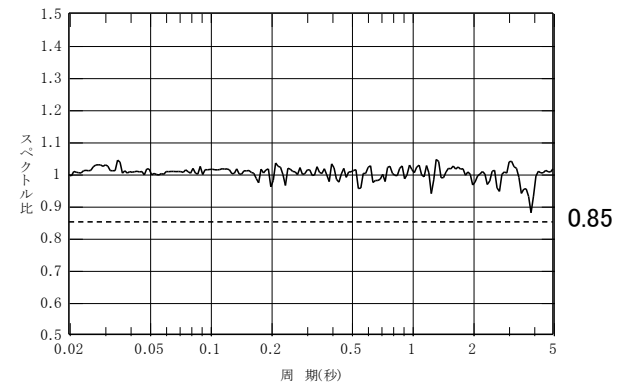
➤ 模擬地震波の作成結果: 適合度の確認

• 作成した模擬地震波が、日本電気協会(2016)に示される以下の適合度の条件を満足していることを確認した。

- ① 目標とする応答スペクトル値に対する模擬地震波の応答スペクトル値の比が全周期帯で0.85以上
- ② 応答スペクトルの強度値の比(SI比)が1.0以上



応答スペクトル比(水平方向 S_s-D1H)



応答スペクトル比(鉛直方向 S_s-D1V)

$$SI \text{ 比} = \frac{\int_{0.1}^{2.5} Sv(T) dt}{\int_{0.1}^{2.5} \bar{S} v(T) dt}$$

ここで、

SI : 応答スペクトル強さ

$Sv(T)$: 模擬地震波の応答スペクトル(cm/s)

$\bar{S}v(T)$: 目標とする応答スペクトル(cm/s)

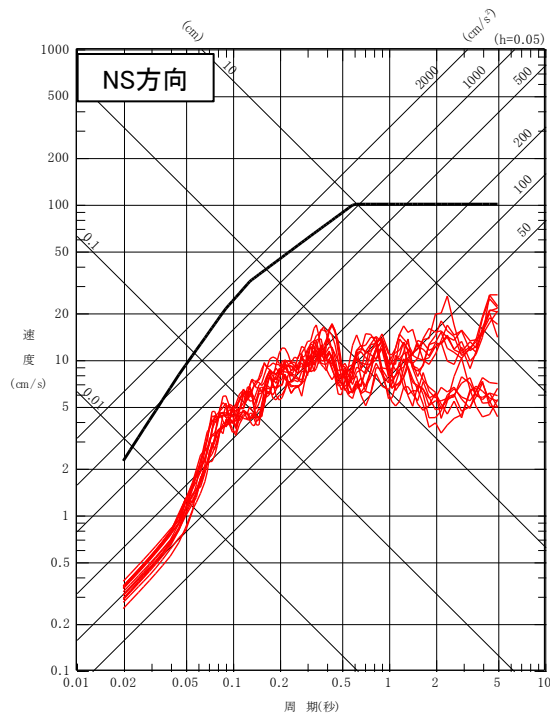
T : 固有周期(s)

応答スペクトル	SI比
水平:S _s -D1H	1.00
鉛直:S _s -D1V	1.00

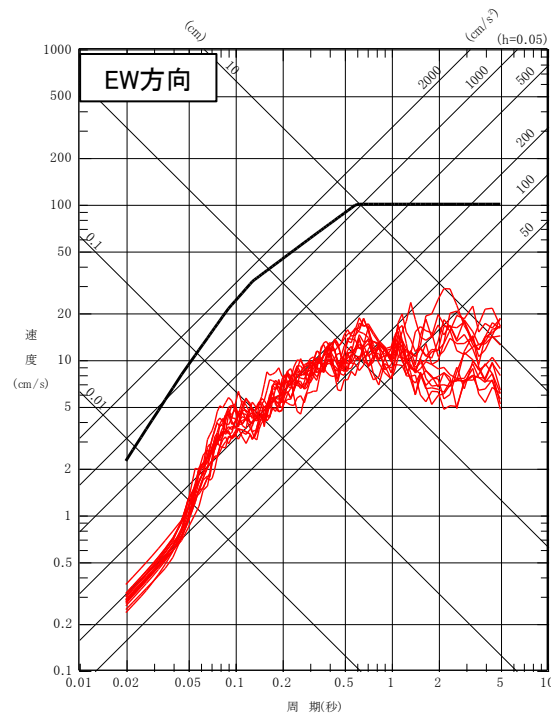
2.2 断層モデル手法による基準地震動 (1)プレート間地震

➤ プレート間地震の断層モデル手法による地震動評価結果は、基準地震動Ss-D1を下回る。

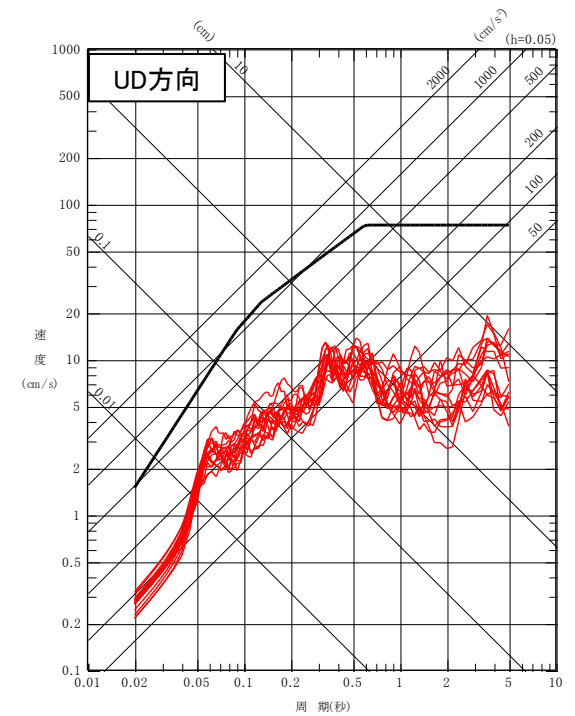
—: 基準地震動Ss-D1H
—: プレート間地震



—: 基準地震動Ss-D1H
—: プレート間地震



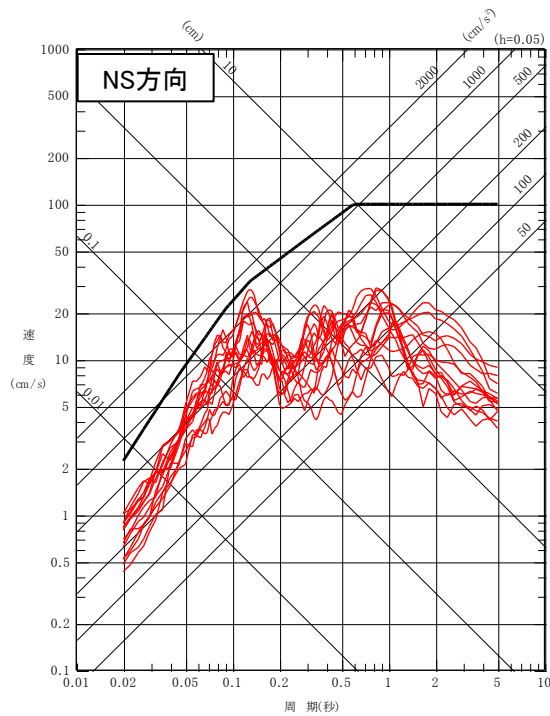
—: 基準地震動Ss-D1V
—: プレート間地震



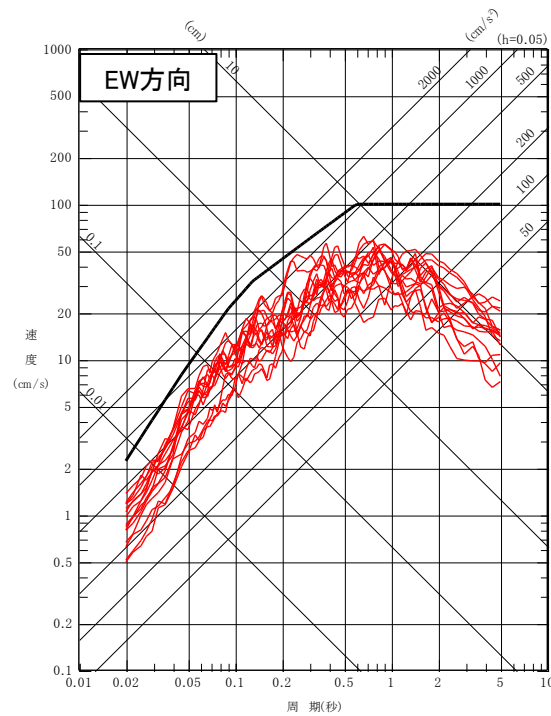
2.2 断層モデル手法による基準地震動 (2) 海洋プレート内地震

➤ 海洋プレート内地震の断層モデル手法による地震動評価結果は、基準地震動S_s-D1を下回る。

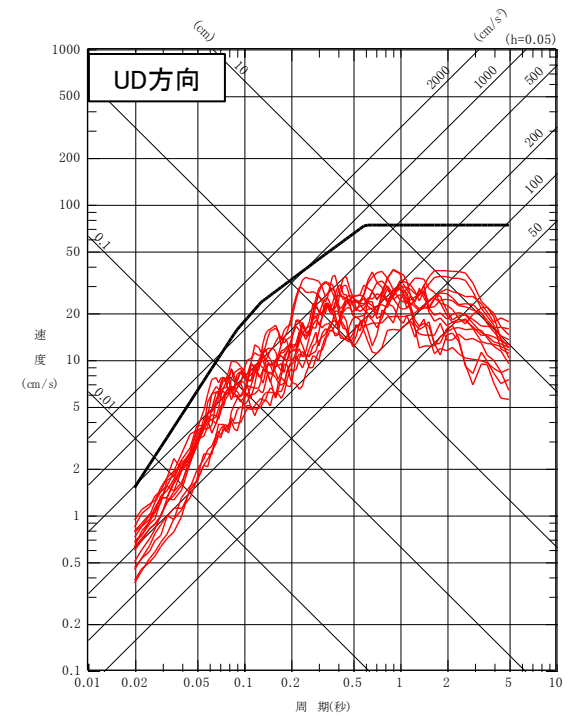
—: 基準地震動S_s-D1H
—: 海洋プレート内地震



—: 基準地震動S_s-D1H
—: 海洋プレート内地震



—: 基準地震動S_s-D1V
—: 海洋プレート内地震

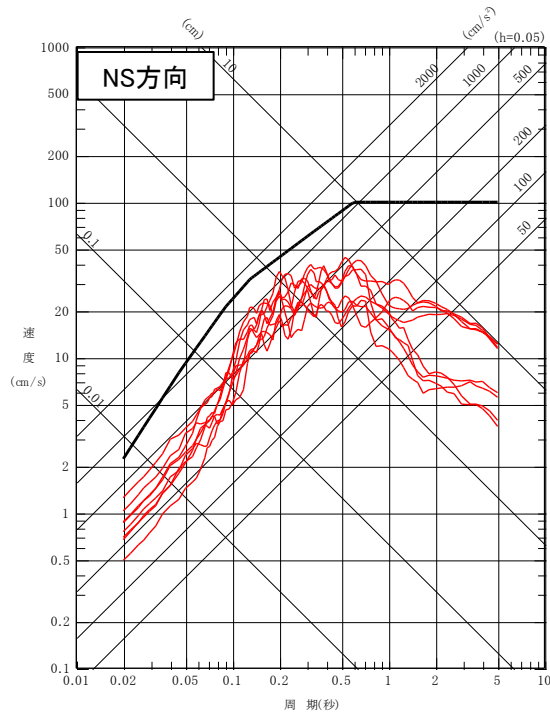


2.2 断層モデル手法による基準地震動

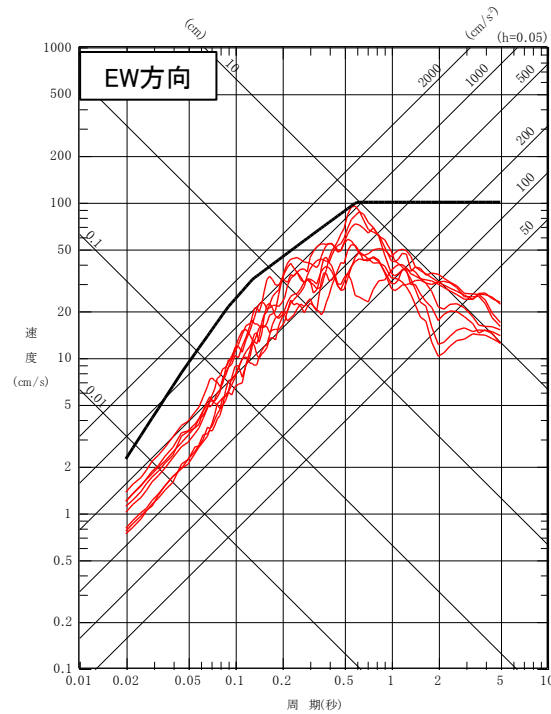
(3)内陸地殻内地震 ①横浜断層による地震

➤ 「横浜断層による地震」の断層モデル手法による地震動評価結果は、基準地震動Ss-D1を下回る。

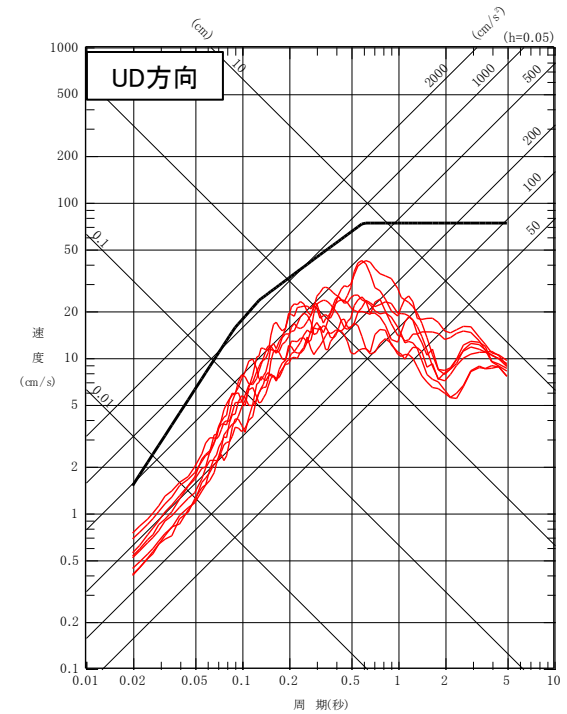
—: 基準地震動Ss-D1H
—: 横浜断層による地震



—: 基準地震動Ss-D1H
—: 横浜断層による地震



—: 基準地震動Ss-D1V
—: 横浜断層による地震



2.2 断層モデル手法による基準地震動

(3)内陸地殻内地震 ②下北半島中軸部高速度層の高まりによる地震 a.応答スペクトル

➤ 「下北半島中軸部高速度層の高まりによる地震」の断層モデル手法による地震動評価結果のうち、基準地震動 Ss-D1を上回るケースを、基準地震動 Ss-F1～Ss-F4として採用する。

一: 基準地震動 Ss-D1H

下北半島中軸部高速度層の高まりによる地震

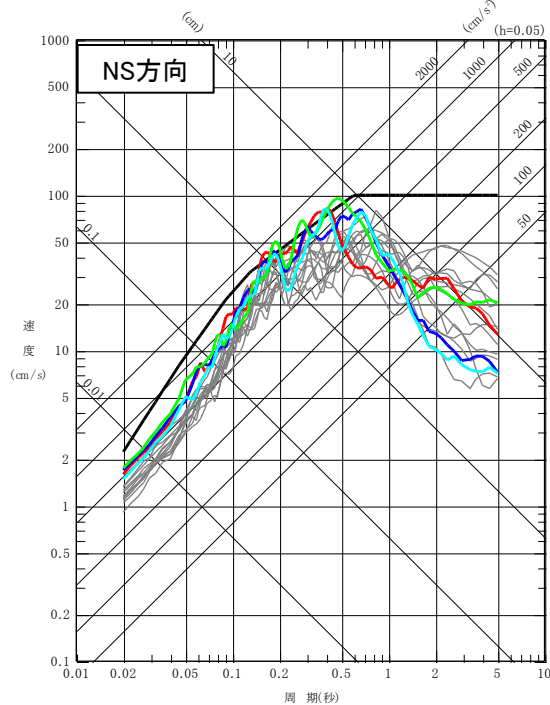
—: 基本ケース・地震規模・断層傾斜角の不確かさ

—: Ss-F1(応力降下量の不確かさ)[破壊開始点1]

—: Ss-F2(応力降下量の不確かさ)[破壊開始点2]

—: Ss-F3(応力降下量の不確かさ)[破壊開始点3]

—: Ss-F4(応力降下量の不確かさ)[破壊開始点4]



一: 基準地震動 Ss-D1H

下北半島中軸部高速度層の高まりによる地震

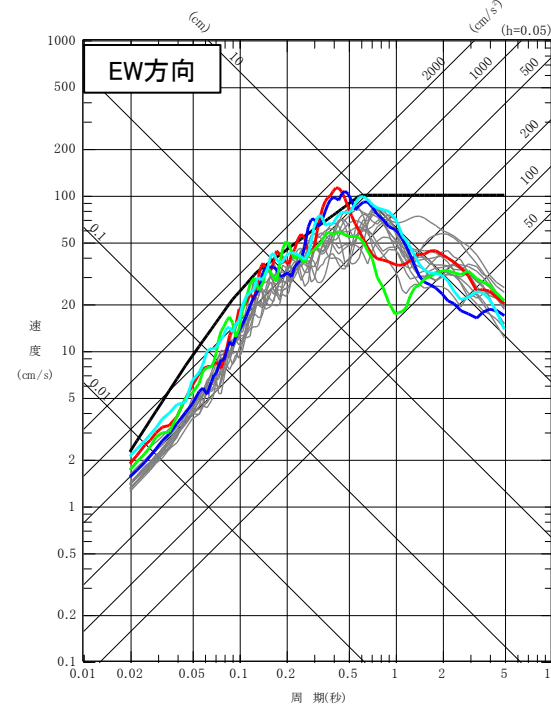
—: 基本ケース・地震規模・断層傾斜角の不確かさ

—: Ss-F1(応力降下量の不確かさ)[破壊開始点1]

—: Ss-F2(応力降下量の不確かさ)[破壊開始点2]

—: Ss-F3(応力降下量の不確かさ)[破壊開始点3]

—: Ss-F4(応力降下量の不確かさ)[破壊開始点4]



一: 基準地震動 Ss-D1V

下北半島中軸部高速度層の高まりによる地震

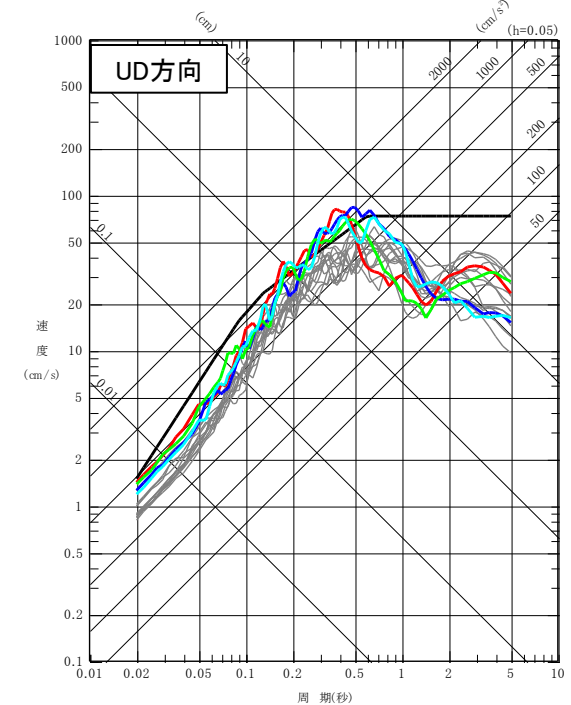
—: 基本ケース・地震規模・断層傾斜角の不確かさ

—: Ss-F1(応力降下量の不確かさ)[破壊開始点1]

—: Ss-F2(応力降下量の不確かさ)[破壊開始点2]

—: Ss-F3(応力降下量の不確かさ)[破壊開始点3]

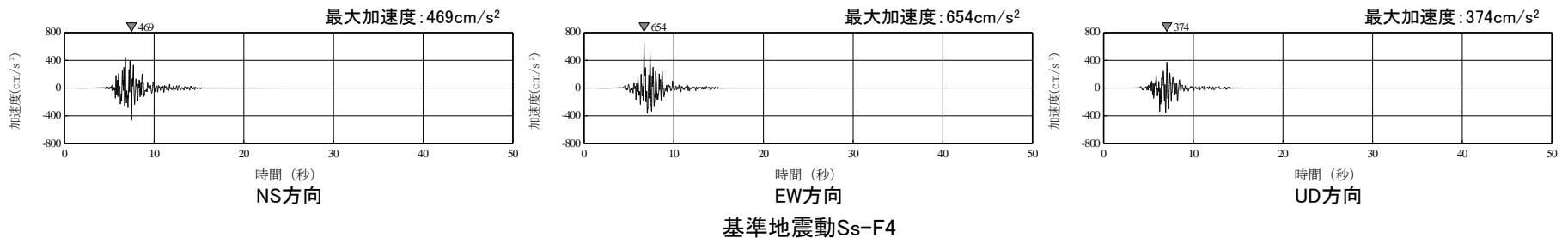
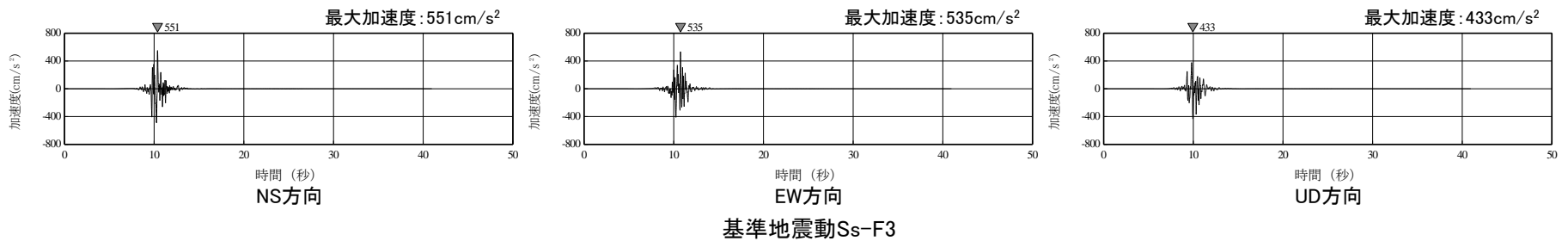
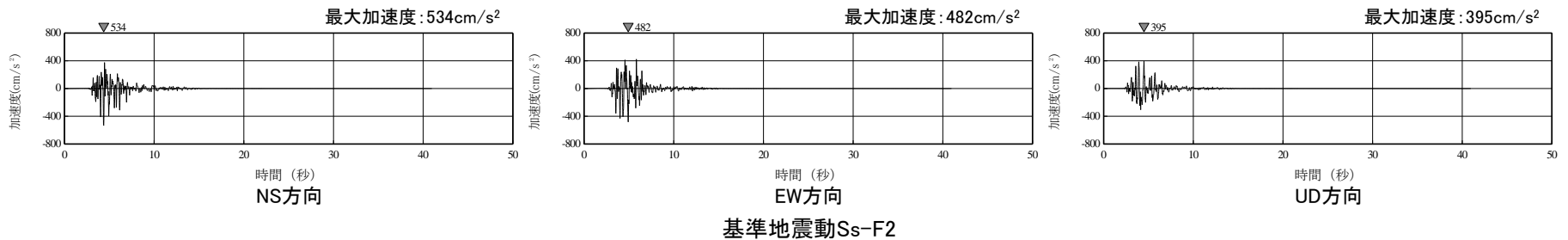
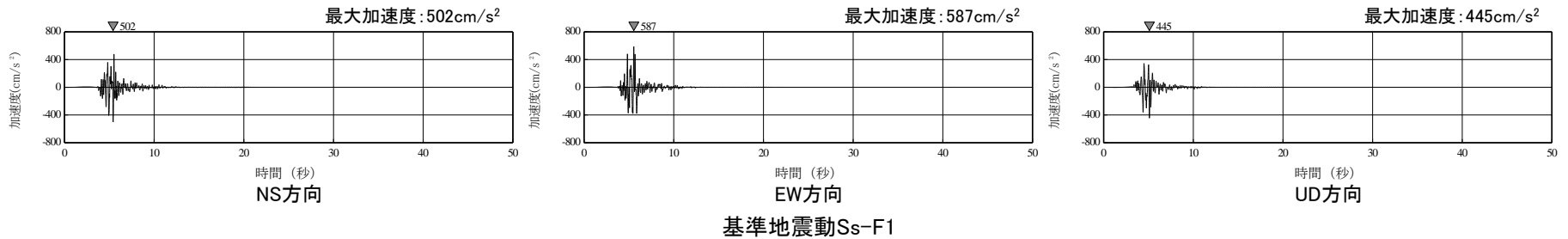
—: Ss-F4(応力降下量の不確かさ)[破壊開始点4]



※: 基準地震動 Ss-D1を下回るケースを本資料p.33～34に示す。

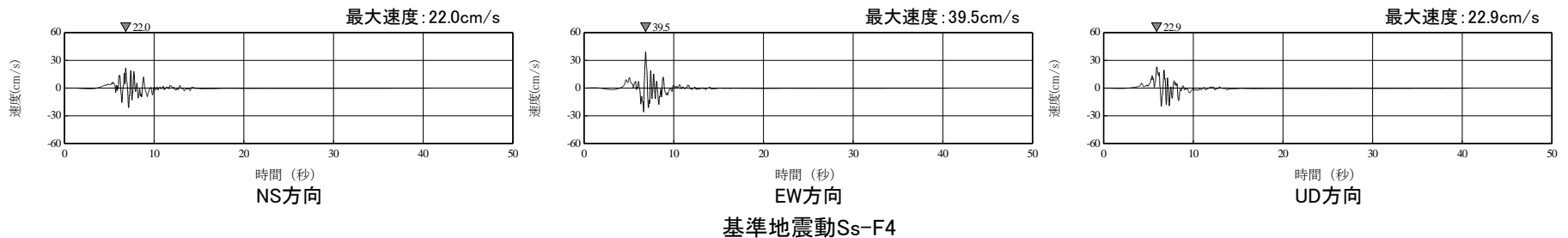
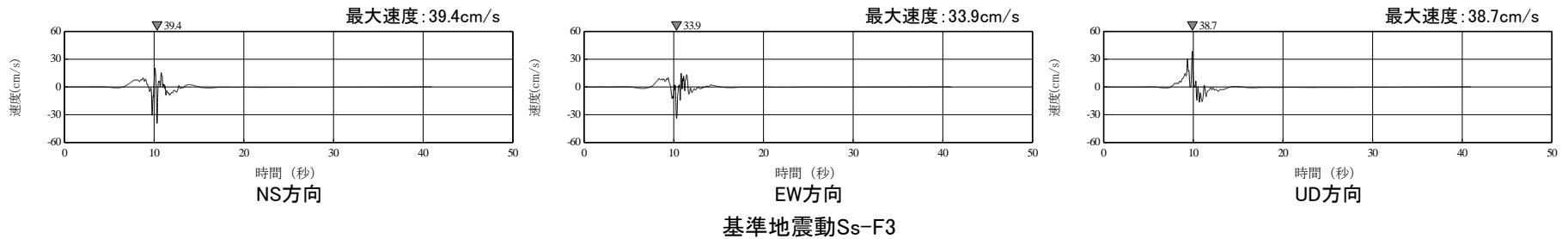
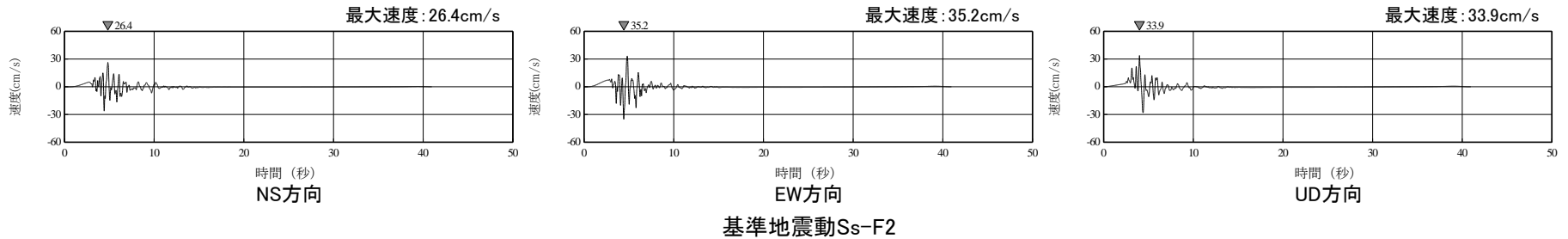
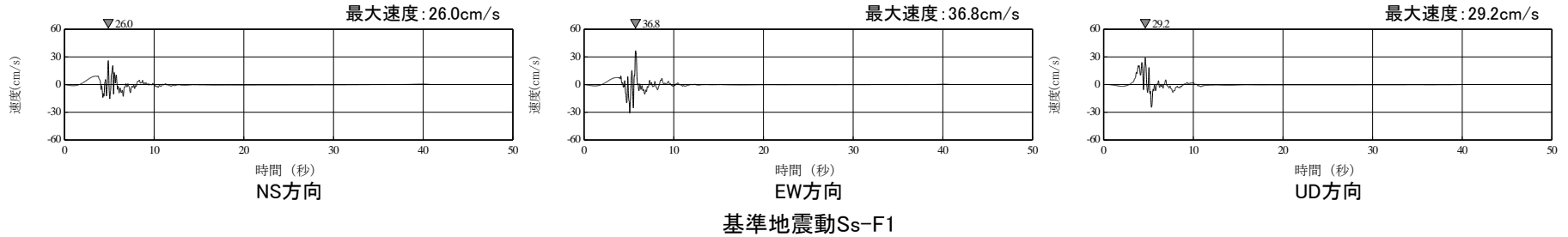
2.2 断層モデル手法による基準地震動

(3)内陸地殻内地震 ②下北半島中軸部高速度層の高まりによる地震 b.加速度波形



2.2 断層モデル手法による基準地震動

(3) 内陸地殻内地震 ② 下北半島中軸部高速度層の高まりによる地震 c.速度波形



2.3 震源を特定せず策定する地震動による基準地震動

(1) 全国共通に考慮すべき地震動

S232

- 震源を特定せず策定する地震動のうち全国共通に考慮すべき地震動と、応答スペクトル手法による基準地震動 S_s -D1を比較する。
- 2004年北海道留萌支庁南部の地震(K-NET港町)の検討結果に保守性を考慮した地震動は、水平方向の一部の周期で基準地震動 S_s -D1を上回ることから、基準地震動 S_s -N1として採用する。
- 標準応答スペクトルに基づく地震動は基準地震動 S_s -D1を下回ることから、基準地震動は S_s -D1で代表する。
- なお、T.P.-282.8m以深の5箇所を入力位置とした場合の解放基盤表面における標準応答スペクトルの評価結果は、基準地震動 S_s -D1を下回る(本資料p.35~37)。

—: 基準地震動 S_s -D1H

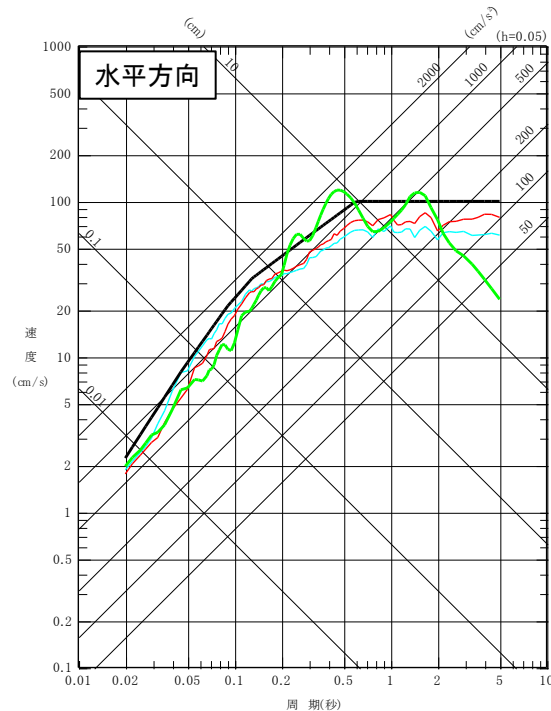
標準応答スペクトルに基づく地震動

—: 標準応答スペクトルに基づく地震動A(T.P.-282.8m入力)

—: 標準応答スペクトルに基づく地震動B(T.P.-2987.8m入力)

2004年北海道留萌支庁南部の地震の検討結果に
保守性を考慮した地震動

—: S_s -N1 [K-NET港町]



—: 基準地震動 S_s -D1V

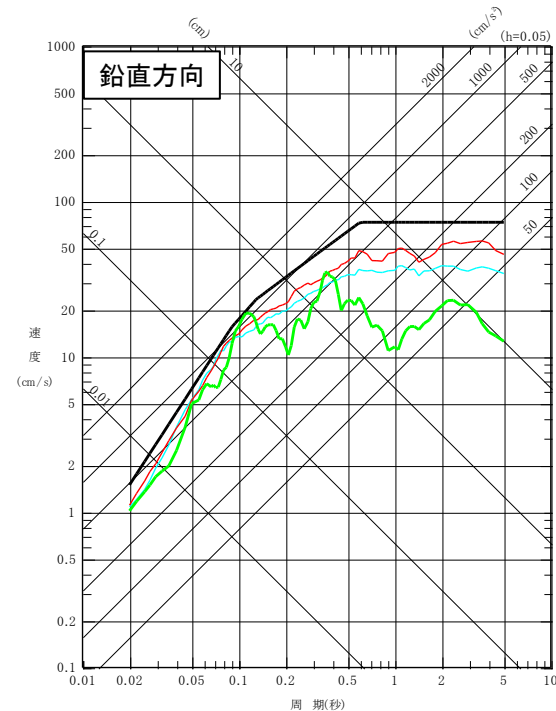
標準応答スペクトルに基づく地震動

—: 標準応答スペクトルに基づく地震動A(T.P.-282.8m入力)

—: 標準応答スペクトルに基づく地震動B(T.P.-2987.8m入力)

2004年北海道留萌支庁南部の地震の検討結果に
保守性を考慮した地震動

—: S_s -N1 [K-NET港町]



2.3 震源を特定せず策定する地震動による基準地震動

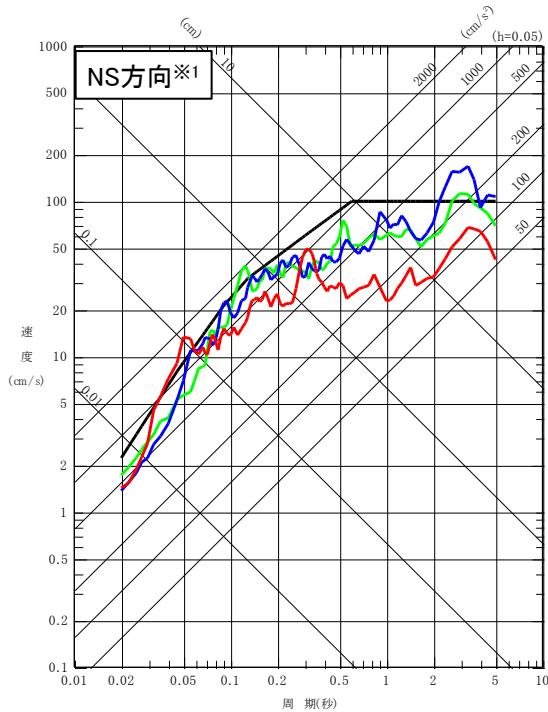
(2) 地域性を考慮する地震動

- 震源を特定せず策定する地震動のうち地域性を考慮する地震動と、応答スペクトル手法による基準地震動Ss-D1を比較する。
- 2008年岩手・宮城内陸地震(栗駒ダム(右岸地山), KiK-net金ヶ崎, KiK-net一関東)の検討結果に保守性を考慮した地震動は、一部の周期で基準地震動Ss-D1を上回ることから、それぞれ基準地震動Ss-N2~Ss-N4として採用する。

一: 基準地震動Ss-D1H

2008年岩手・宮城内陸地震の検討結果に保守性を考慮した地震動

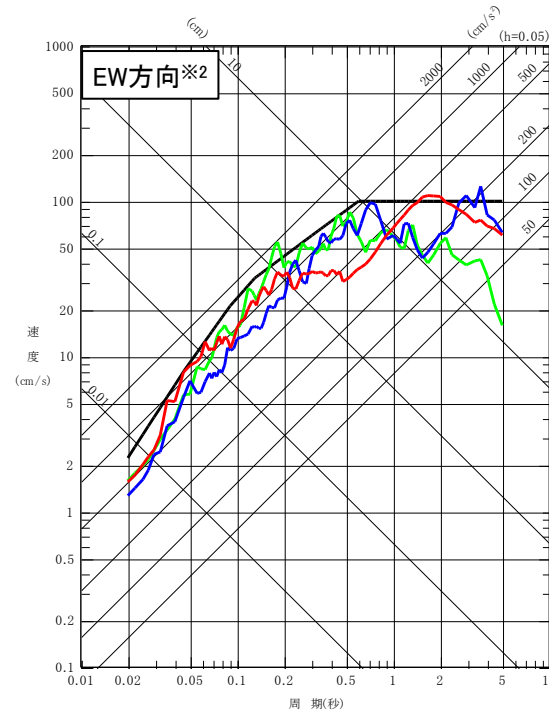
- : Ss-N2 [栗駒ダム(右岸地山)]
- : Ss-N3 [KiK-net金ヶ崎]
- : Ss-N4 [KiK-net一関東]



一: 基準地震動Ss-D1H

2008年岩手・宮城内陸地震の検討結果に保守性を考慮した地震動

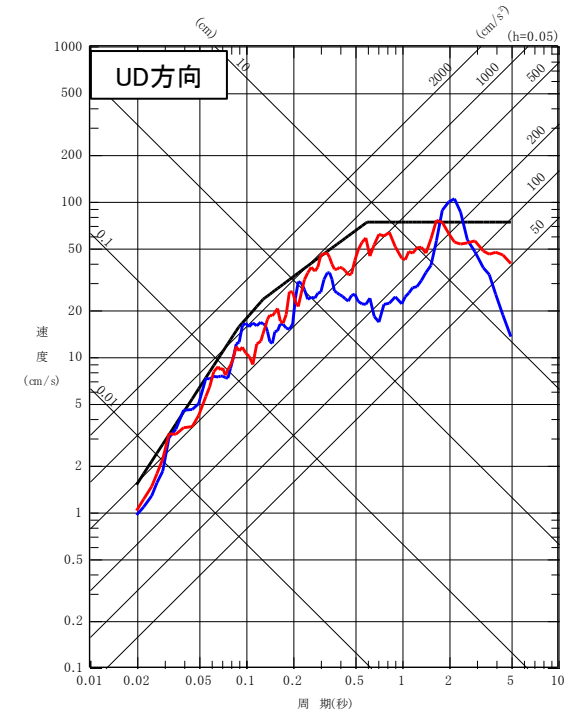
- : Ss-N2 [栗駒ダム(右岸地山)]
- : Ss-N3 [KiK-net金ヶ崎]
- : Ss-N4 [KiK-net一関東]



一: 基準地震動Ss-D1V

2008年岩手・宮城内陸地震の検討結果に保守性を考慮した地震動※3

- : Ss-N2 [栗駒ダム(右岸地山)]
- : Ss-N3 [KiK-net金ヶ崎]

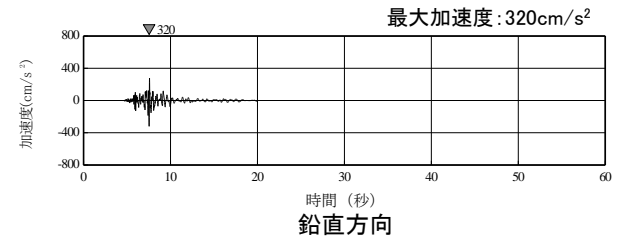
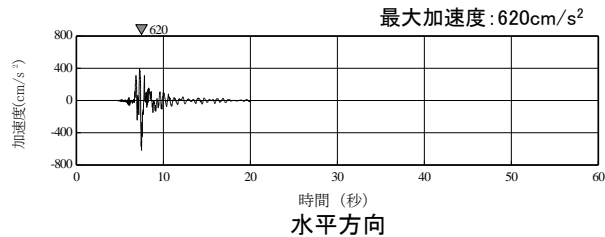


※1: 栗駒ダムはダム軸方向 ※2: 栗駒ダムは上下流方向

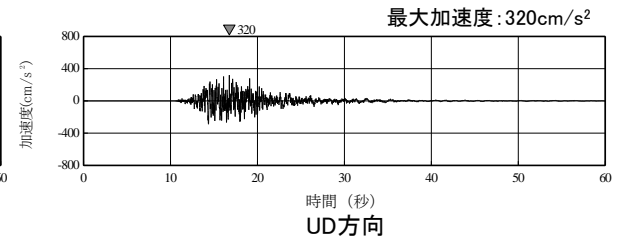
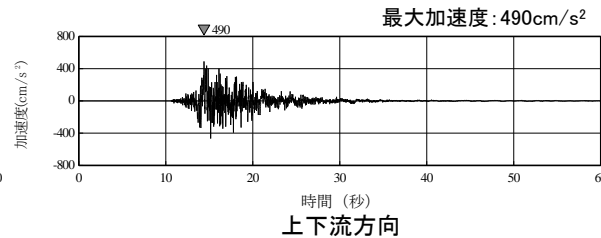
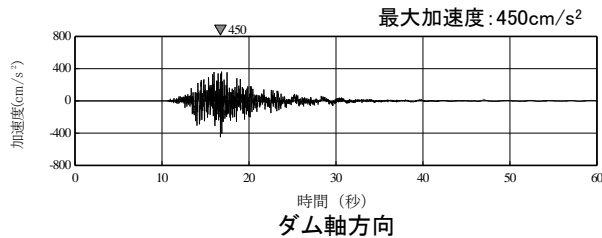
※3: KiK-net一関東の基準地震動は水平方向のみ策定。鉛直方向は、別途、評価用地震動を設定(本資料p.27, 30)。

2.3 震源を特定せず策定する地震動による基準地震動

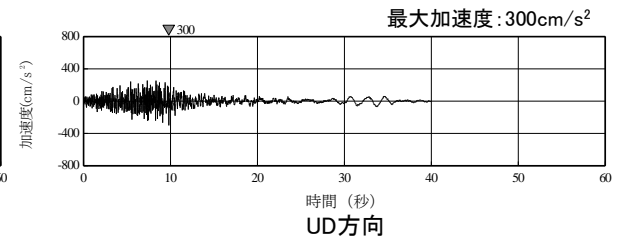
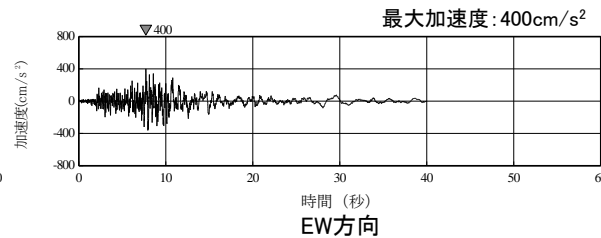
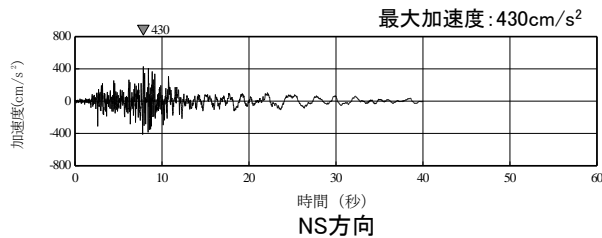
(3) 震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 ① 加速度波形



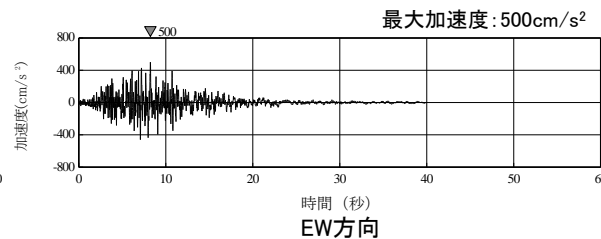
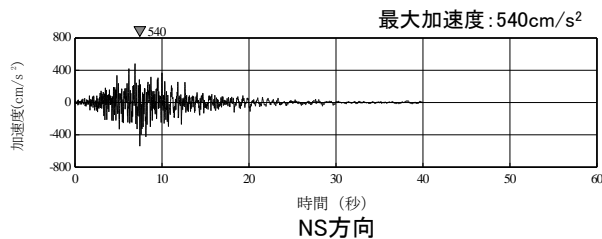
基準地震動Ss-N1



基準地震動Ss-N2



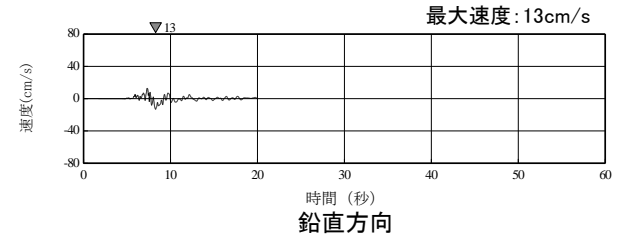
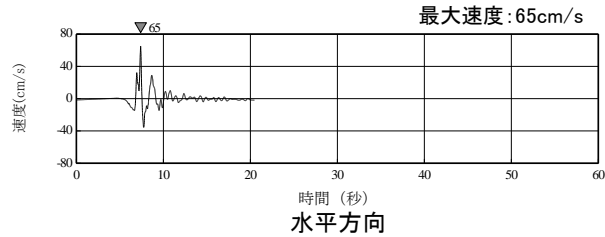
基準地震動Ss-N3



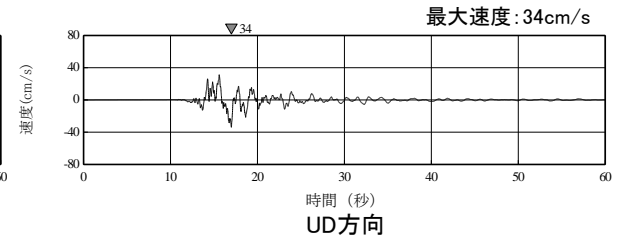
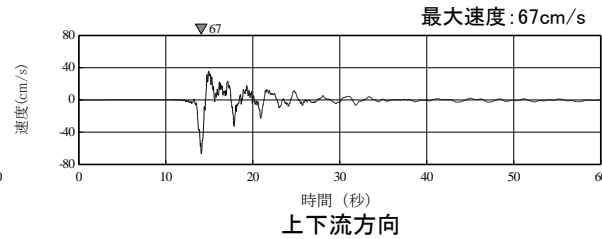
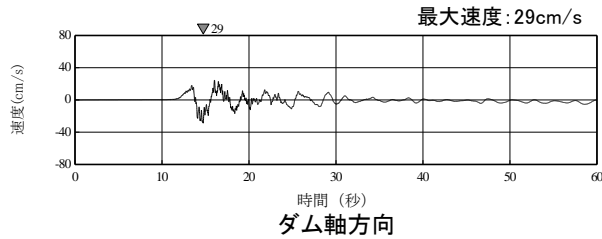
基準地震動Ss-N4

2.3 震源を特定せず策定する地震動による基準地震動

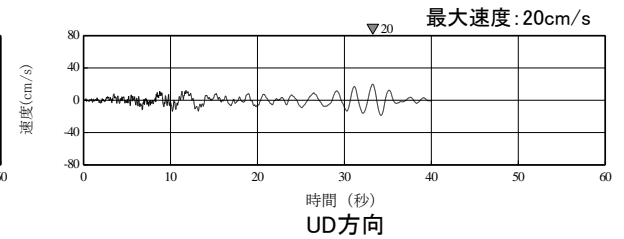
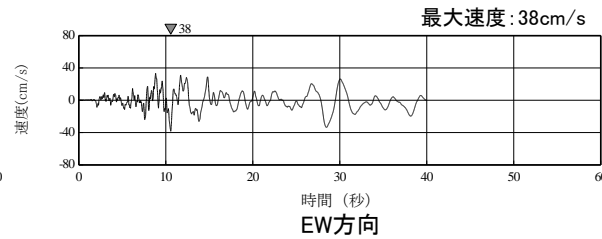
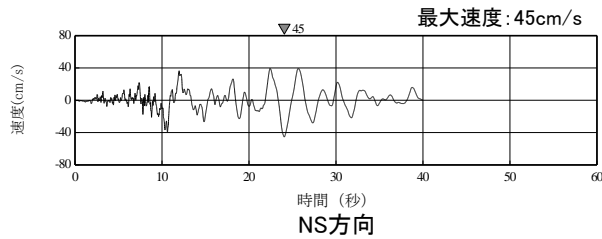
(3) 震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 ②速度波形



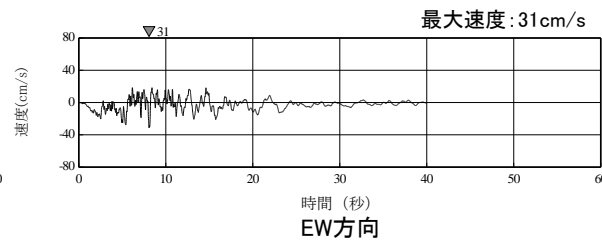
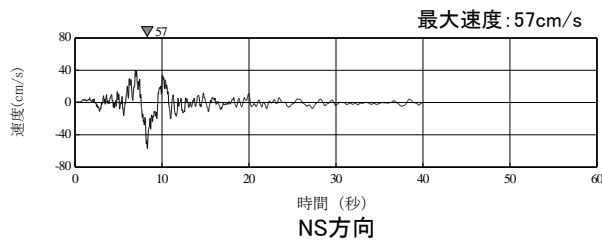
基準地震動Ss-N1



基準地震動Ss-N2

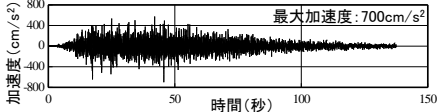
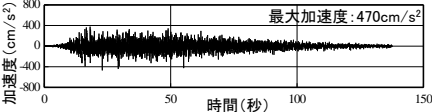



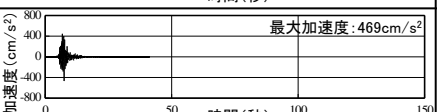
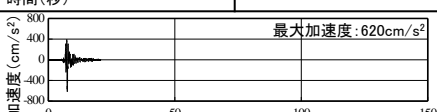
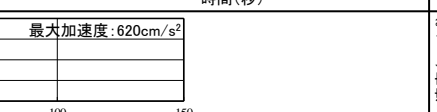
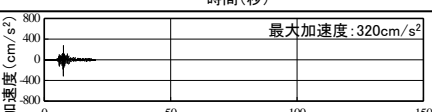
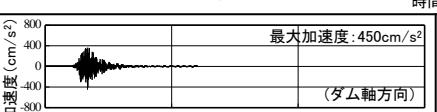


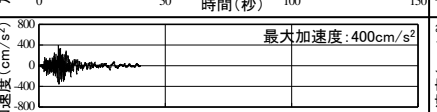





基準地震動Ss-N3



基準地震動Ss-N4

2.4 まとめ (1)最大加速度値

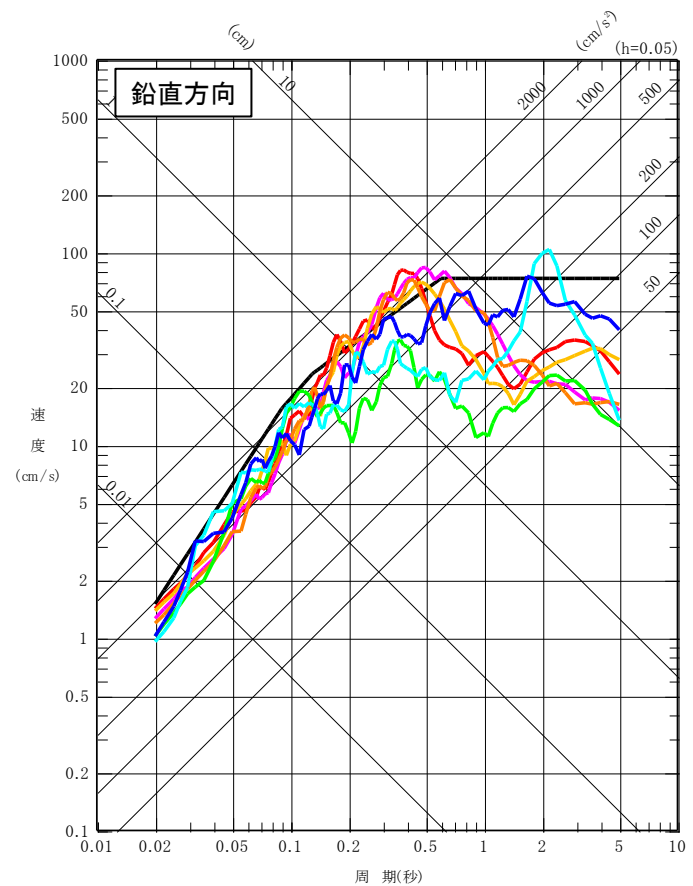
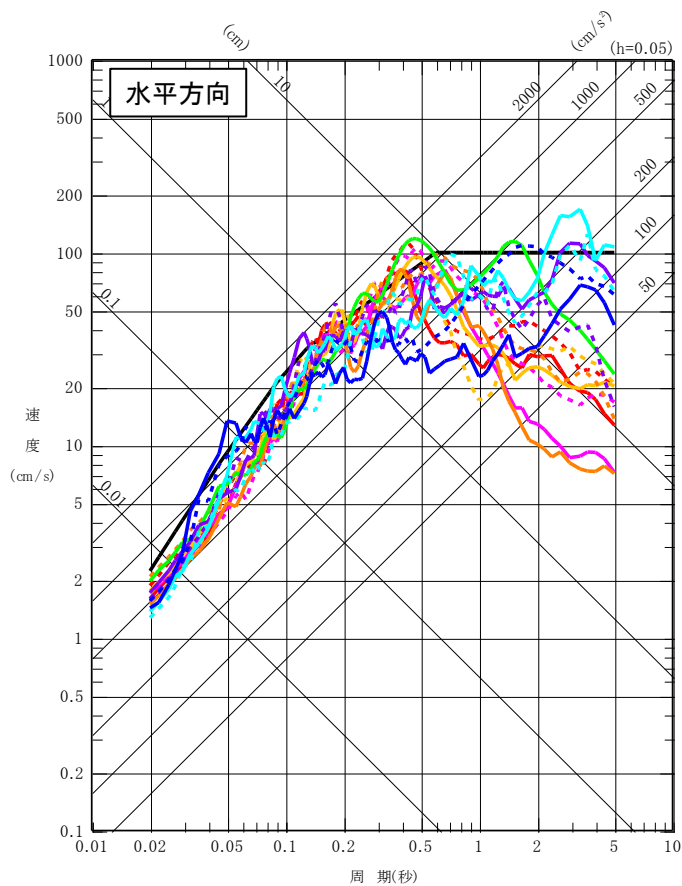
基準地震動		水平方向		鉛直方向
		NS方向	EW方向	
Ss-D1	応答スペクトル手法による基準地震動			
Ss-F1	断層モデル手法による基準地震動 下北半島中軸部高速度層の高まりによる地震 (応力降下量の不確かさ)[破壊開始点1]			
Ss-F2	断層モデル手法による基準地震動 下北半島中軸部高速度層の高まりによる地震 (応力降下量の不確かさ)[破壊開始点2]			
Ss-F3	断層モデル手法による基準地震動 下北半島中軸部高速度層の高まりによる地震 (応力降下量の不確かさ)[破壊開始点3]			
Ss-F4	断層モデル手法による基準地震動 下北半島中軸部高速度層の高まりによる地震 (応力降下量の不確かさ)[破壊開始点4]			
Ss-N1	2004年北海道留萌支庁南部の 地震の検討結果に保守性を考慮した 地震動[K-NET港町]			
Ss-N2	2008年岩手・宮城内陸地震の 検討結果に保守性を考慮した地震動 [栗駒ダム(右岸地山)]			
Ss-N3	2008年岩手・宮城内陸地震の 検討結果に保守性を考慮した地震動 [KiK-net金ヶ崎]			
Ss-N4	2008年岩手・宮城内陸地震の 検討結果に保守性を考慮した地震動 [KiK-net一関東]			— ※

※: KiK-net一関東の基準地震動は水平方向のみ策定。鉛直方向は、別途、評価用地震動を設定(本資料p.27, 30)。

2.4 まとめ (2)応答スペクトル①

- : Ss-D1
- : Ss-F1
- : Ss-F2
- : Ss-F3
- : Ss-F4
- : Ss-N1
- : Ss-N2
- : Ss-N3
- : Ss-N4

- : Ss-D1
- : Ss-F1
- : Ss-F2
- : Ss-F3
- : Ss-F4
- : Ss-N1
- : Ss-N2
- : Ss-N3

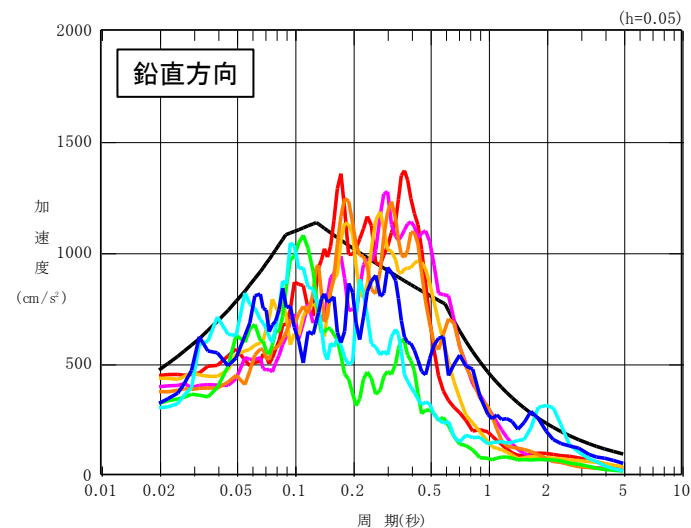
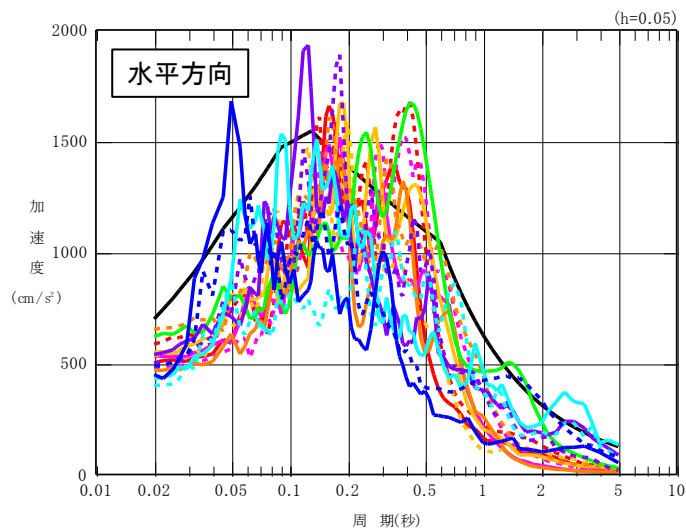


※: 実線: NS方向 (Ss-N2はダム軸方向),
点線: EW方向 (Ss-N2は上下流方向)

2.4 まとめ (2)応答スペクトル②

- : Ss-D1
- : Ss-F1
- : Ss-F2
- : Ss-F3
- : Ss-F4
- : Ss-N1
- : Ss-N2
- : Ss-N3
- : Ss-N4

- : Ss-D1
- : Ss-F1
- : Ss-F2
- : Ss-F3
- : Ss-F4
- : Ss-N1
- : Ss-N2
- : Ss-N3



※: 実線: NS方向 (Ss-N2はダム軸方向),
点線: EW方向 (Ss-N2は上下流方向)

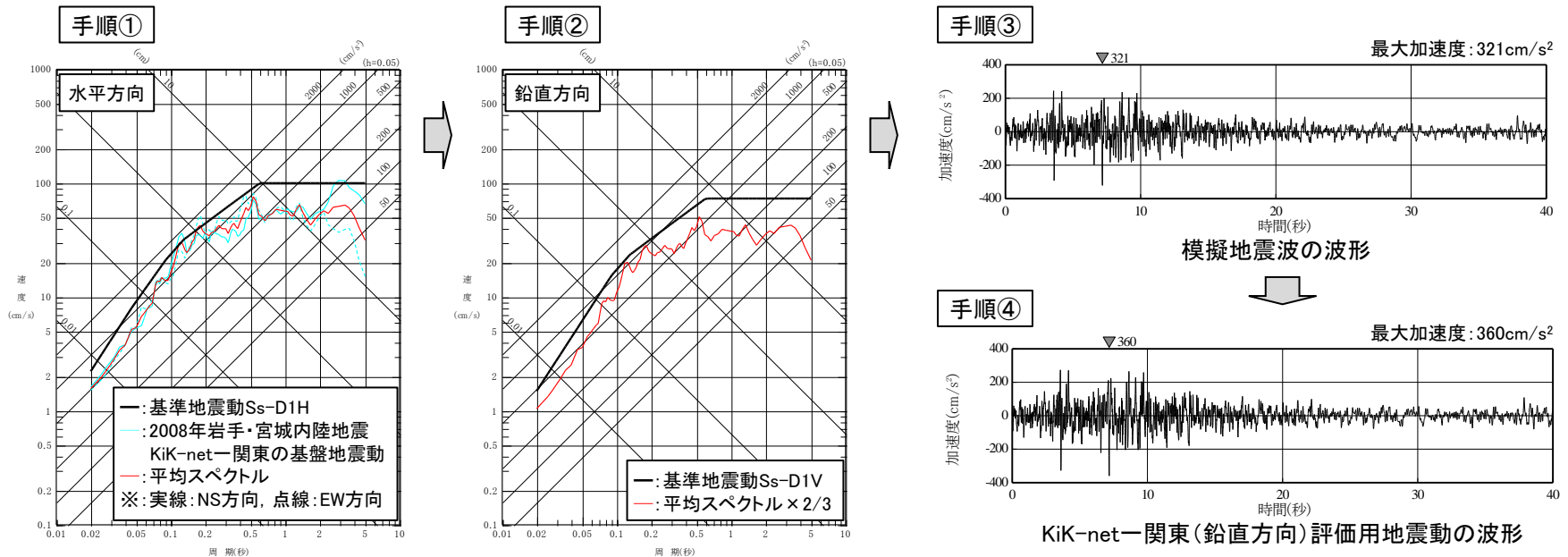
余白

2.5 KiK-net一関東(鉛直方向)評価用地震動の設定 (1)設定方法

- KiK-net一関東(鉛直方向)は、信頼性の高い基盤波を評価することが困難なことから、水平方向の地震動のみを基準地震動として策定しているものであり、鉛直方向の地震動については、基準地震動として考慮していない。
- 基準地震動S_s-N4は、水平方向の地震動のみであることから、水平方向及び鉛直方向の同時入力評価が必要となる基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価等、並びに水平方向と鉛直方向の地震力を組合わせた影響評価において、以降に示す地震動(以下、「KiK-net一関東(鉛直方向)評価用地震動」という)を用いる。

KiK-net一関東(鉛直方向)評価用地震動の設定方法

- ① KiK-net一関東観測点のNS方向及びEW方向の基盤地震動の応答スペクトルを平均し、平均スペクトルを作成する。
- ② 2008年岩手・宮城内陸地震の各地点の地震動がNoda et al.(2002)により概ね評価可能であることを踏まえ(p.28, 29参照), Noda et al.(2002)における水平方向と鉛直方向の応答スペクトル比を参考に、一般的な水平方向の地震動に対する鉛直方向の地震動の比が2/3であることを考慮し、平均スペクトルを2/3倍した応答スペクトルを設定する。
- ③ KiK-net一関東観測点における2008年岩手・宮城内陸地震の鉛直方向地中記録の位相を用いて、設定した応答スペクトルに適合する模擬地震波を作成する。
- ④ 基準地震動S_s-N4の最大加速度は、NS方向:540cm/s², EW方向:500cm/s²であり、これらの2/3がそれぞれ360cm/s², 333cm/s²となることから、作成した模擬地震波の最大加速度を360cm/s²とした地震動をKiK-net一関東(鉛直方向)評価用地震動とする。KiK-net一関東(鉛直方向)評価用地震動は基準地震動S_s-D1を一部の周期で上回る(p.30)。

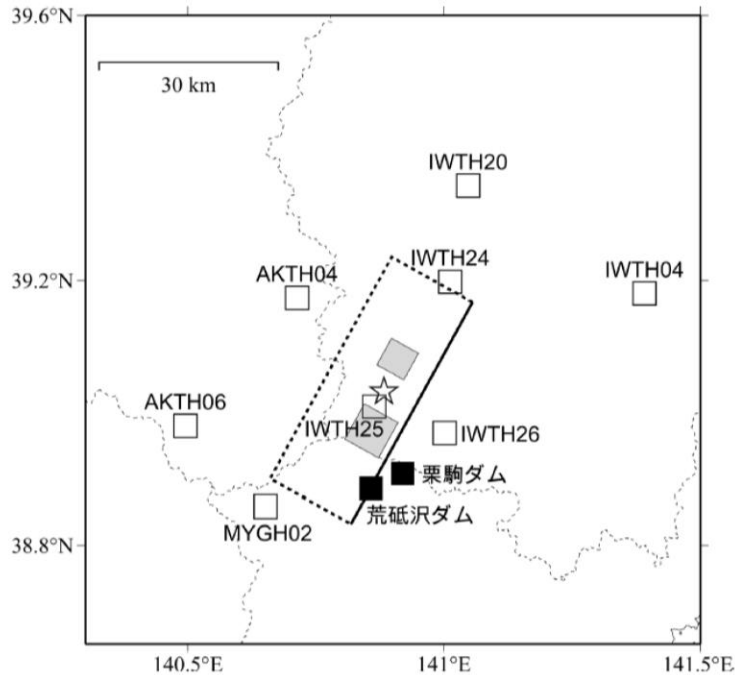


2.5 KiK-net一関東(鉛直方向)評価用地震動の設定

(2)岩手・宮城内陸地震のNoda et al.(2002)適用性に関する検討①

- 2008年岩手・宮城内陸地震の観測記録について、電力共通研究ではざっと解析を行った結果を照合し、本地震がNoda et al.(2002)*で評価可能か確認を行う。

※等価震源距離の算定のための震源モデルとしては、JNES(2014)シナリオ3を用いる。



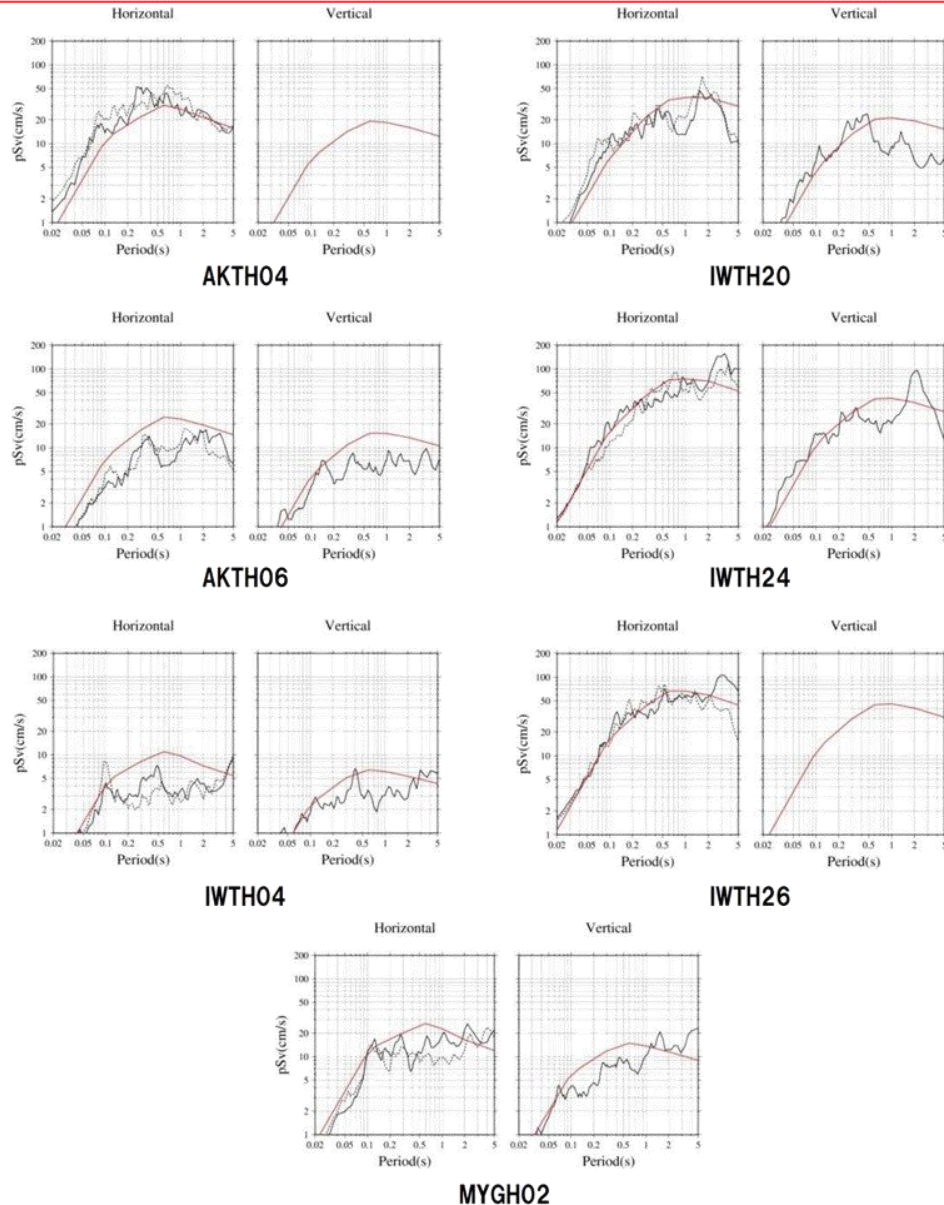
記録 No.	観測点	dep. (m)	Vsb (m/s)	Vpb (m/s)	地表PGA(Gal)			Xeq (km)	はぎ とり	
					NS	EW	UD		H	V
1	AKTH04 東成瀬	100	1500	3000	1318	2449	1094	24.0	△	×
2	AKTH06 雄勝	100	1100	2560	180	186	140	32.7	○	○
3	IWTH04 住田	106	2300	4000	126	159	115	48.0	○	○
4	IWTH20 花巻南	156	430	1720	249	240	136	34.7	○	○
5	IWTH24 金ヶ崎	150	540	1930	503	435	342	17.3	○	○
6	IWTH25 一関西	260	1810	3180	1143	1433	3866	11.1	—	—
7	IWTH26 一関東	108	680	1830	888	1056	927	17.0	○	×
8	MYGH02 鳴子	203	2205	5370	254	230	233	23.1	△	○

※:一関西については、先の検討よりサイト特性の影響がありうる事から、本検討からは除外

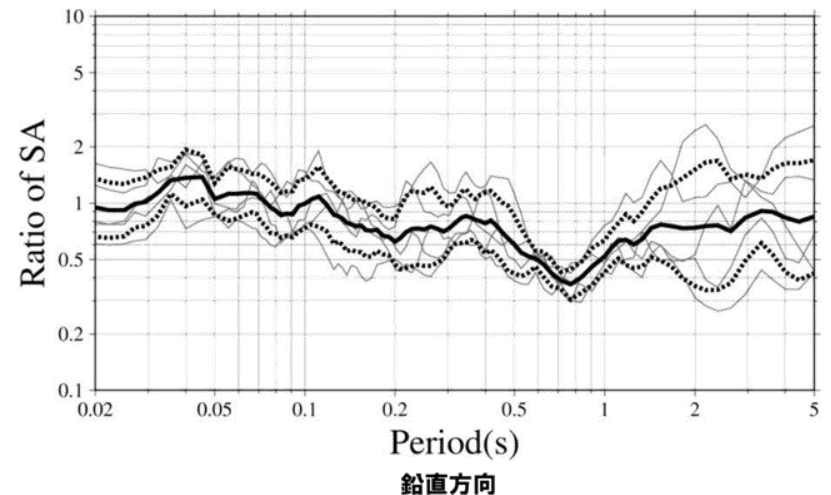
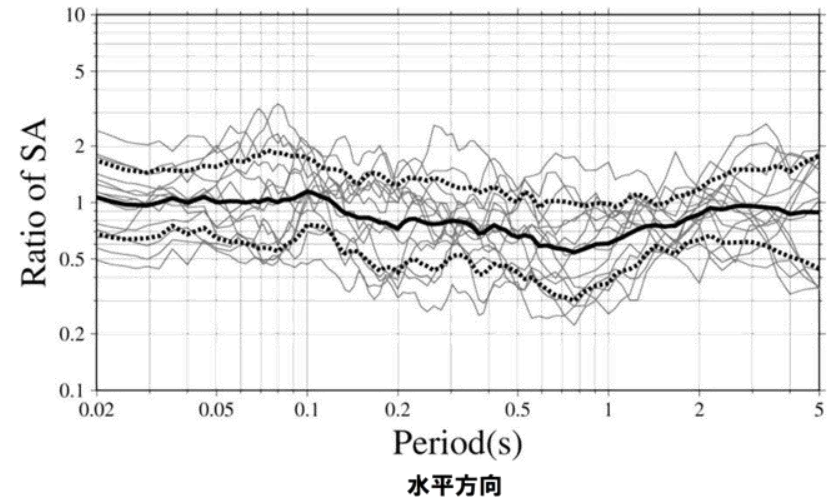
※:Vs, Vplは、各地点の地中観測点深度におけるPS検層結果を用いる

2.5 KiK-net一関東(鉛直方向)評価用地震動の設定

(2) 岩手・宮城内陸地震のNoda et al.(2002)適用性に関する検討②

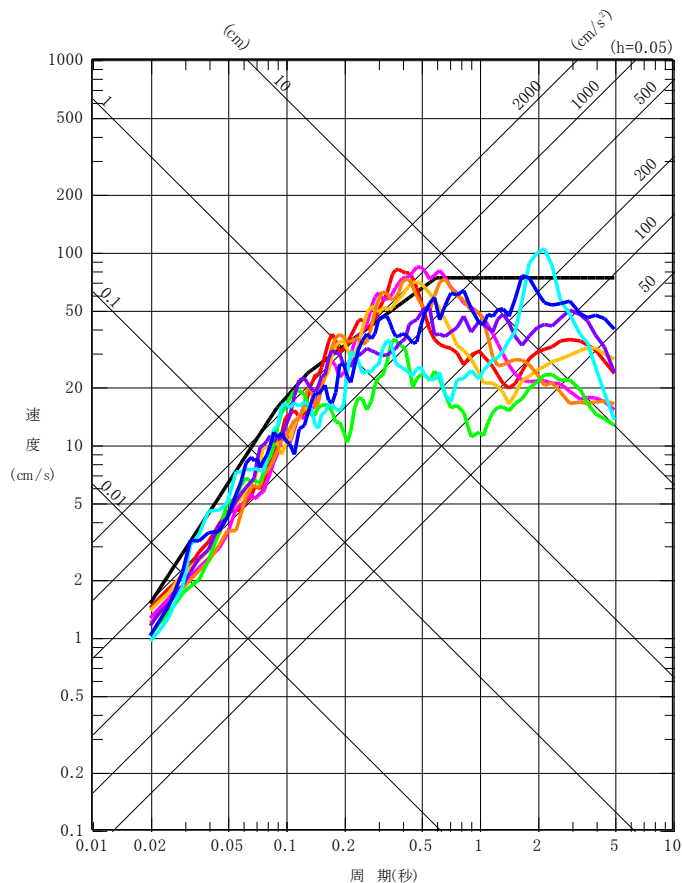


➤ 2008年岩手・宮城内陸地震については、ばらつきはあるものの、Noda et al.(2002)で概ね評価可能。

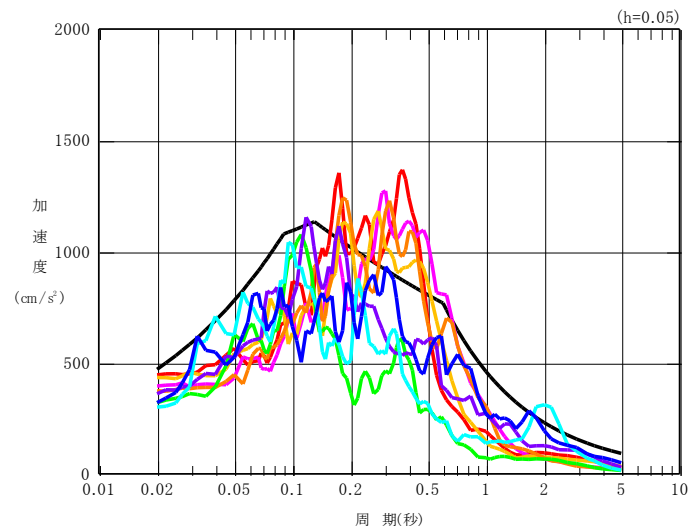


2.5 KiK-net一関東(鉛直方向)評価用地震動の設定 (3) 応答スペクトル

- : Ss-D1
- : Ss-F1
- : Ss-F2
- : Ss-F3
- : Ss-F4
- : Ss-N1
- : Ss-N2
- : Ss-N3
- : KiK-net一関東 評価用地震動



- : Ss-D1
- : Ss-F1
- : Ss-F2
- : Ss-F3
- : Ss-F4
- : Ss-N1
- : Ss-N2
- : Ss-N3
- : KiK-net一関東 評価用地震動



KiK-net一関東 評価用地震動と基準地震動Ssの応答スペクトル(鉛直方向)

余 白

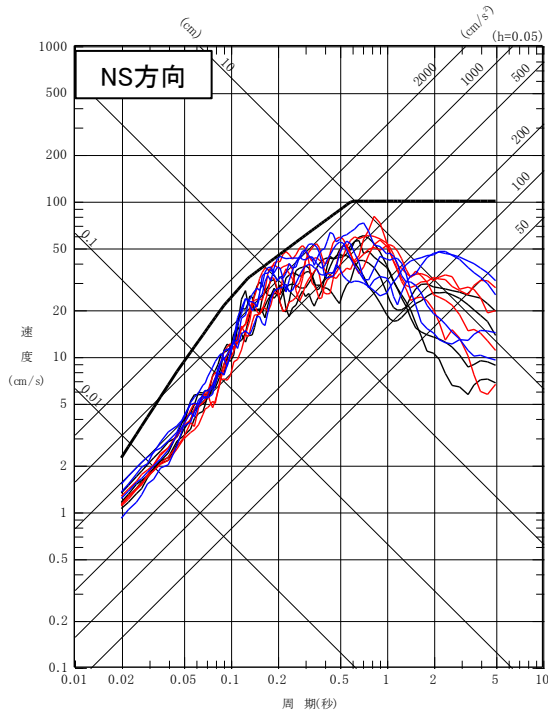
參考資料

参考資料①

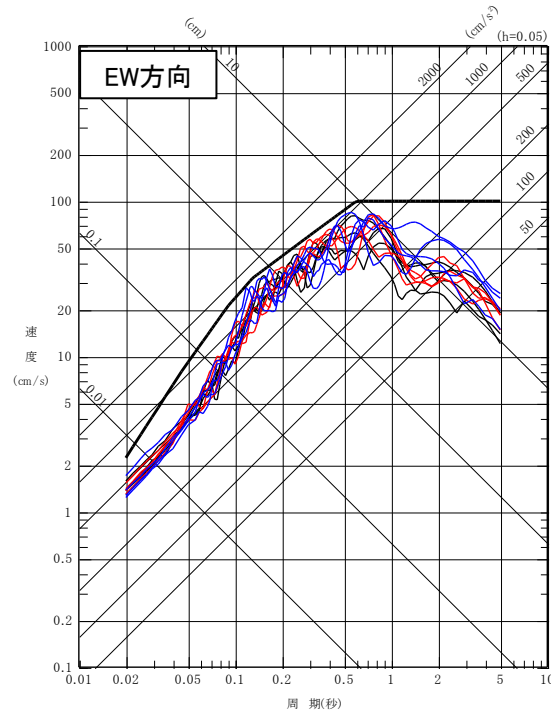
内陸地殻内地震(下北半島中軸部高速度層の高まりによる地震)と基準地震動S_s-D1の比較①

- 「下北半島中軸部高速度層の高まりによる地震(ケース1~3)」の断層モデル手法による地震動評価結果は、基準地震動S_s-D1を下回る。

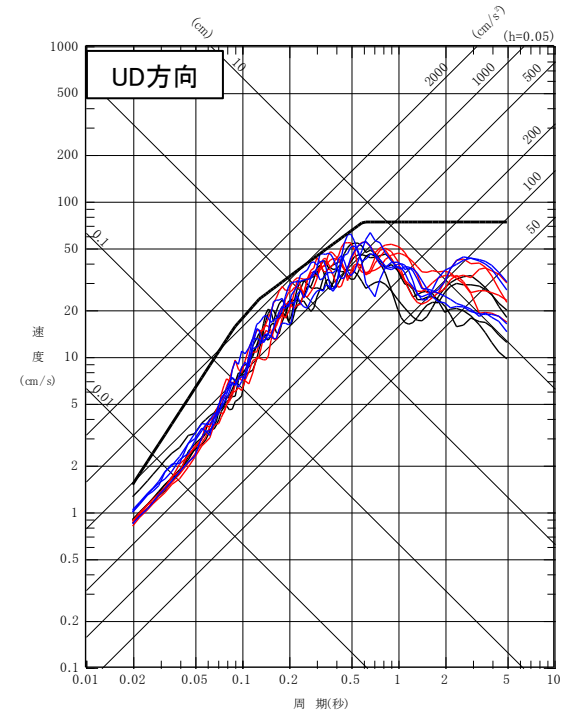
一: 基準地震動S_s-D1H
 下北半島中軸部高速度層の高まりによる地震
 一: 基本ケース(ケース1)
 一: 地震規模の不確かさ(ケース2)
 一: 断層傾斜角の不確かさ(ケース3)



一: 基準地震動S_s-D1H
 下北半島中軸部高速度層の高まりによる地震
 一: 基本ケース(ケース1)
 一: 地震規模の不確かさ(ケース2)
 一: 断層傾斜角の不確かさ(ケース3)



一: 基準地震動S_s-D1V
 下北半島中軸部高速度層の高まりによる地震
 一: 基本ケース(ケース1)
 一: 地震規模の不確かさ(ケース2)
 一: 断層傾斜角の不確かさ(ケース3)

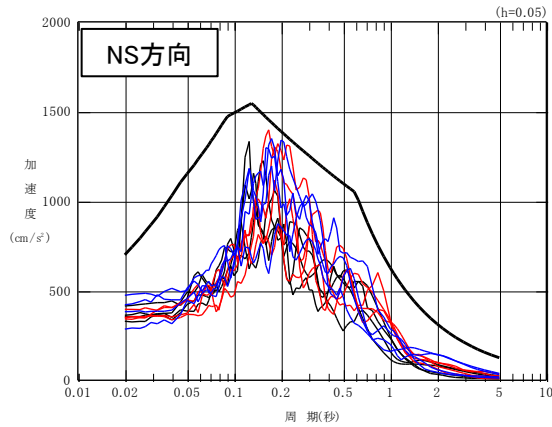


参考資料①

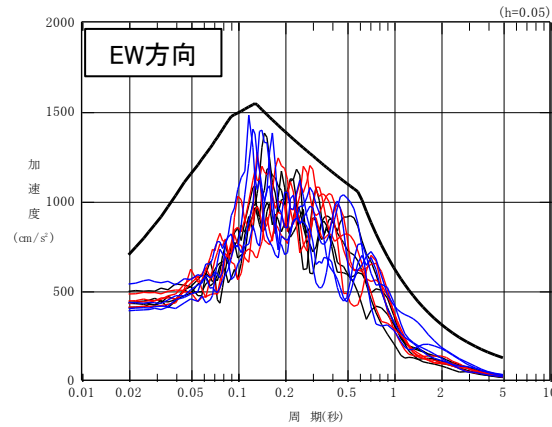
内陸地殻内地震(下北半島中軸部高速度層の高まりによる地震)と基準地震動S_s-D1の比較②

- 「下北半島中軸部高速度層の高まりによる地震(ケース1~3)」の断層モデル手法による地震動評価結果は、基準地震動S_s-D1を下回る。

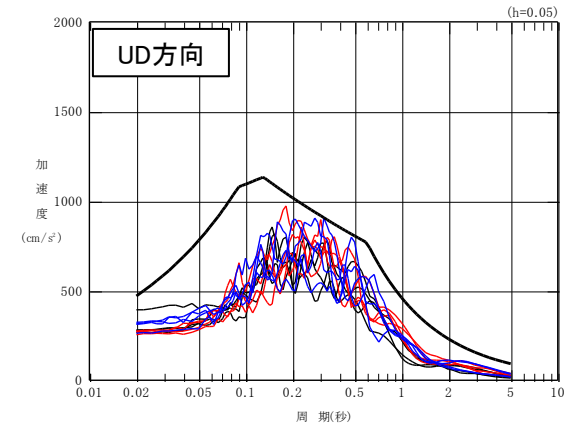
一: 基準地震動S_s-D1H
 下北半島中軸部高速度層の高まりによる地震
 一: 基本ケース(ケース1)
 一: 地震規模の不確かさ(ケース2)
 一: 断層傾斜角の不確かさ(ケース3)



一: 基準地震動S_s-D1H
 下北半島中軸部高速度層の高まりによる地震
 一: 基本ケース(ケース1)
 一: 地震規模の不確かさ(ケース2)
 一: 断層傾斜角の不確かさ(ケース3)



一: 基準地震動S_s-D1V
 下北半島中軸部高速度層の高まりによる地震
 一: 基本ケース(ケース1)
 一: 地震規模の不確かさ(ケース2)
 一: 断層傾斜角の不確かさ(ケース3)



標準応答スペクトルの各入力位置による解放基盤表面における地震動

(1)地盤補正に用いる地下構造モデル

S232

- 一様乱数の位相特性を用いた標準応答スペクトルに適合する模擬地震波(水平方向, 鉛直方向)について, 地下構造モデルの T.P.-282.8m以深の5箇所を入力位置とした場合の解放基盤表面(解放基盤表面の振動特性を代表する位置)における地震動を評価した結果の応答スペクトルと基準地震動 S_s -D1の比較を次頁以降に示す。

地盤補正に用いる地下構造モデル

T.P. (m)	層厚 (m)	密度 (t/m^3)	V_s (m/s)	V_p (m/s)	Q_s	Q_p
+2.0	—	—	—	—	—	—
-7.0	9.0	2.24	1300	2250	$1.23f^{0.74}$	$2.33f^{0.50}$
-62.0	55.0	2.24	1790	3060	$1.23f^{0.74}$	$2.33f^{0.50}$
-82.8	20.8	2.72	1800	3340	$1.23f^{0.74}$	$2.33f^{0.50}$
-106.0	23.2	2.72	1800	3340	$1.23f^{0.74}$	$2.33f^{0.50}$
-166.0	60.0	2.30	1910	3350	$8.91f^{0.94}$	$5.55f^{0.50}$
-190.0	24.0	2.30	2030	3360	$8.91f^{0.94}$	$5.55f^{0.50}$
-252.0	62.0	2.30	2100	3390	$8.91f^{0.94}$	$5.55f^{0.50}$
-282.8	30.8	2.33	2090	3690	$8.91f^{0.94}$	$5.55f^{0.50}$
-574.8	292.0	2.44	2390	3690	100	100
-1495.8	921.0	2.45	2460	3750	100	100
-2441.8	946.0	2.48	2590	3960	100	100
-2987.8	546.0	2.50	2680	4160	100	100
	∞	2.63	3340	5800	150	150

解放基盤表面の
振動特性を
代表する位置

入力位置

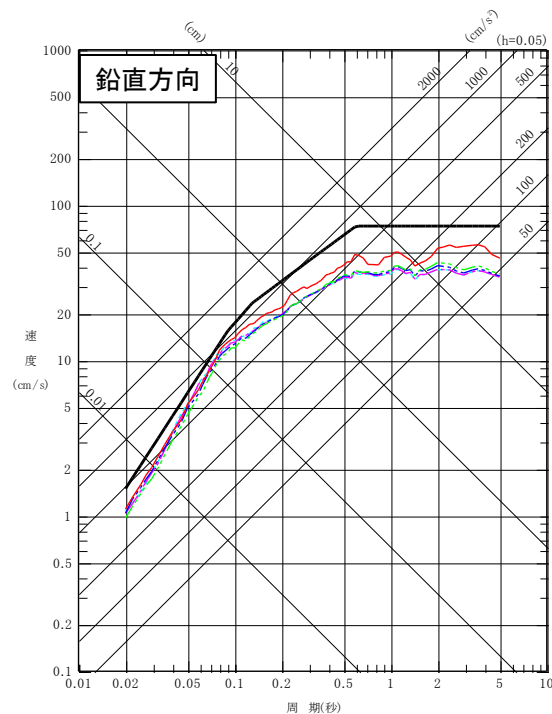
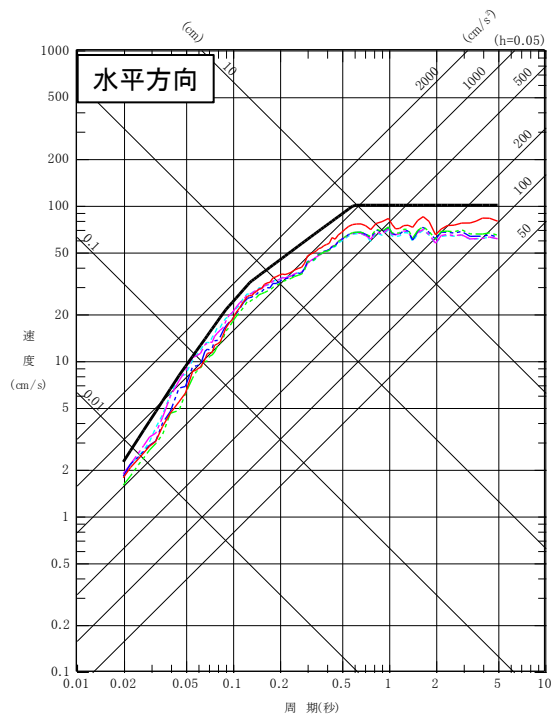
標準応答スペクトルの各入力位置による解放基盤表面における地震動

(2) 応答スペクトル①

➤ 標準応答スペクトルに適合する模擬地震波の各入力位置による解放基盤表面における地震動の評価結果は、応答スペクトル手法による基準地震動 S_s -D1を下回る。

- : 基準地震動 S_s -D1H
- : T.P.-282.8m ($V_s=2390$ m/s) 位置に入力*
- : T.P.-574.8m ($V_s=2460$ m/s) 位置に入力*
- : T.P.-1495.8m ($V_s=2590$ m/s) 位置に入力
- : T.P.-2441.8m ($V_s=2680$ m/s) 位置に入力
- : T.P.-2987.8m ($V_s=3340$ m/s) 位置に入力

- : 基準地震動 S_s -D1V
- : T.P.-282.8m ($V_p=3690$ m/s) 位置に入力*
- : T.P.-574.8m ($V_p=3750$ m/s) 位置に入力*
- : T.P.-1495.8m ($V_p=3960$ m/s) 位置に入力
- : T.P.-2441.8m ($V_p=4160$ m/s) 位置に入力
- : T.P.-2987.8m ($V_p=5800$ m/s) 位置に入力



各入力位置による解放基盤表面における地震動(応答スペクトル)

※: 高振動数側(20Hz以上)にフィルター処理を実施(ゆがみ除去)。

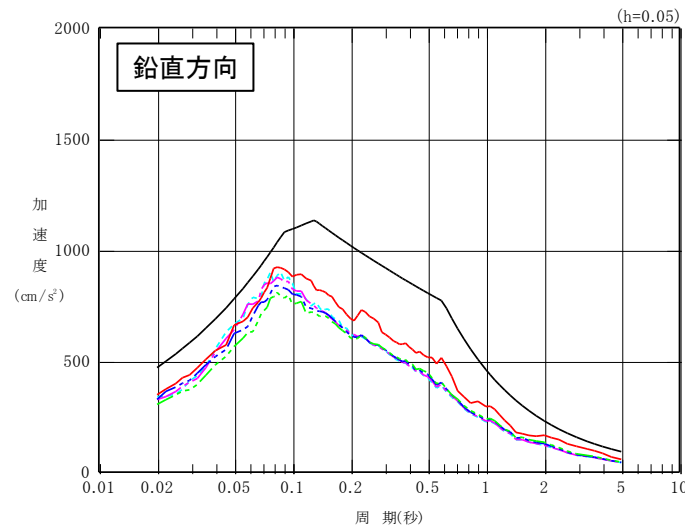
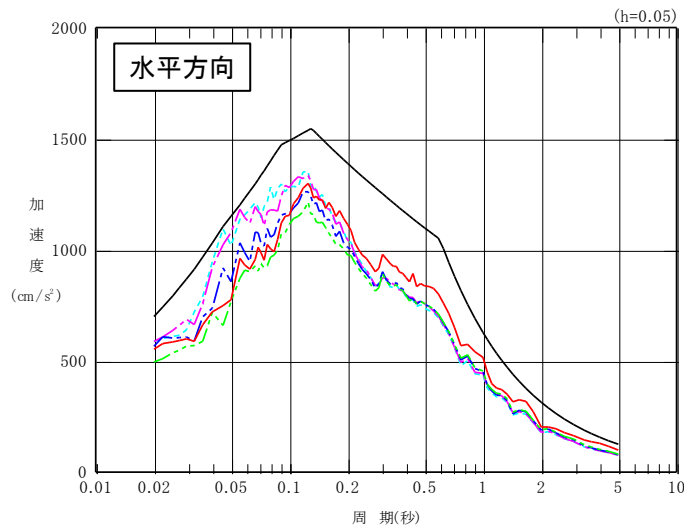
標準応答スペクトルの各入力位置による解放基盤表面における地震動

(2) 応答スペクトル②

➤ 標準応答スペクトルに適合する模擬地震波の各入力位置による解放基盤表面における地震動の評価結果は、応答スペクトル手法による基準地震動S_s-D1を下回る。

- : 基準地震動S_s-D1H
- : T.P.-282.8m (V_s=2390m/s) 位置に入力※
- : T.P.-574.8m (V_s=2460m/s) 位置に入力※
- : T.P.-1495.8m (V_s=2590m/s) 位置に入力
- : T.P.-2441.8m (V_s=2680m/s) 位置に入力
- : T.P.-2987.8m (V_s=3340m/s) 位置に入力

- : 基準地震動S_s-D1V
- : T.P.-282.8m (V_p=3690m/s) 位置に入力※
- : T.P.-574.8m (V_p=3750m/s) 位置に入力※
- : T.P.-1495.8m (V_p=3960m/s) 位置に入力
- : T.P.-2441.8m (V_p=4160m/s) 位置に入力
- : T.P.-2987.8m (V_p=5800m/s) 位置に入力



各入力位置による解放基盤表面における地震動(応答スペクトル)

※: 高振動数側(20Hz以上)にフィルター処理を実施(ゆがみ除去)。

参考資料③

設置変更許可申請時との基準地震動の比較

設置変更許可申請時(H26.6)				審査結果を反映					
基準地震動		最大加速度(cm/s ²)			基準地震動		最大加速度(cm/s ²)		
		NS方向	EW方向	UD方向			NS方向 (ダム軸方向)	EW方向 (上下流方向)	UD方向
Ss-1	応答スペクトル手法による基準地震動	600		440	Ss-D1	応答スペクトル手法による基準地震動	700		470
—	—	—	—	—	Ss-F1	断層モデル手法による基準地震動 下北半島中軸部高速度層の高まりによる地震 (応力降下量の不確かさ)[破壊開始点1]	502	587	445
—	—	—	—	—	Ss-F2	断層モデル手法による基準地震動 下北半島中軸部高速度層の高まりによる地震 (応力降下量の不確かさ)[破壊開始点2]	534	482	395
—	—	—	—	—	Ss-F3	断層モデル手法による基準地震動 下北半島中軸部高速度層の高まりによる地震 (応力降下量の不確かさ)[破壊開始点3]	551	535	433
—	—	—	—	—	Ss-F4	断層モデル手法による基準地震動 下北半島中軸部高速度層の高まりによる地震 (応力降下量の不確かさ)[破壊開始点4]	469	654	374
—	—	—	—	—	Ss-N1	2004年北海道留萌支庁南部の地震の 検討結果に保守性を考慮した 地震動[K-NET港町]	620		320
—	—	—	—	—	Ss-N2	2008年岩手・宮城内陸地震の 検討結果に保守性を考慮した 地震動[栗駒ダム(右岸地山)]	450	490	320
—	—	—	—	—	Ss-N3	2008年岩手・宮城内陸地震の 検討結果に保守性を考慮した 地震動[KiK-net金ヶ崎]	430	400	300
—	—	—	—	—	Ss-N4	2008年岩手・宮城内陸地震の 検討結果に保守性を考慮した 地震動[KiK-net一関東]	540	500	—

参考文献

1. Noda, S, K. Yashiro, K. Takahashi, M. Takemura, S. Ohno, M. Tohdo and T. Watanabe (2002) :RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES, OECD-NEA Workshop on the Relations Between Seismological Data and Seismic Engineering Analysis. Oct. 16-18, Istanbul
2. 地震調査研究推進本部(2004) :三陸沖北部の地震を想定した強震動評価について
3. 内閣府(2012) :南海トラフの巨大地震による震度分布・津波高さについて(第一次報告), 南海トラフの巨大地震モデル検討会
4. 司宏俊, 瀧藤一起, 三宅弘恵(2016) :プレート境界巨大地震の地震動距離減衰特性 —伝播特性に着目した検討—, 日本地震工学会論文集, 第16巻, 第1号(特集号)
5. 日本電気協会(2016) :原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-2015
6. 独立行政法人原子力安全基盤機構(2014) :基準地震動策定のための地震動評価手引き:震源極近傍の地震動評価