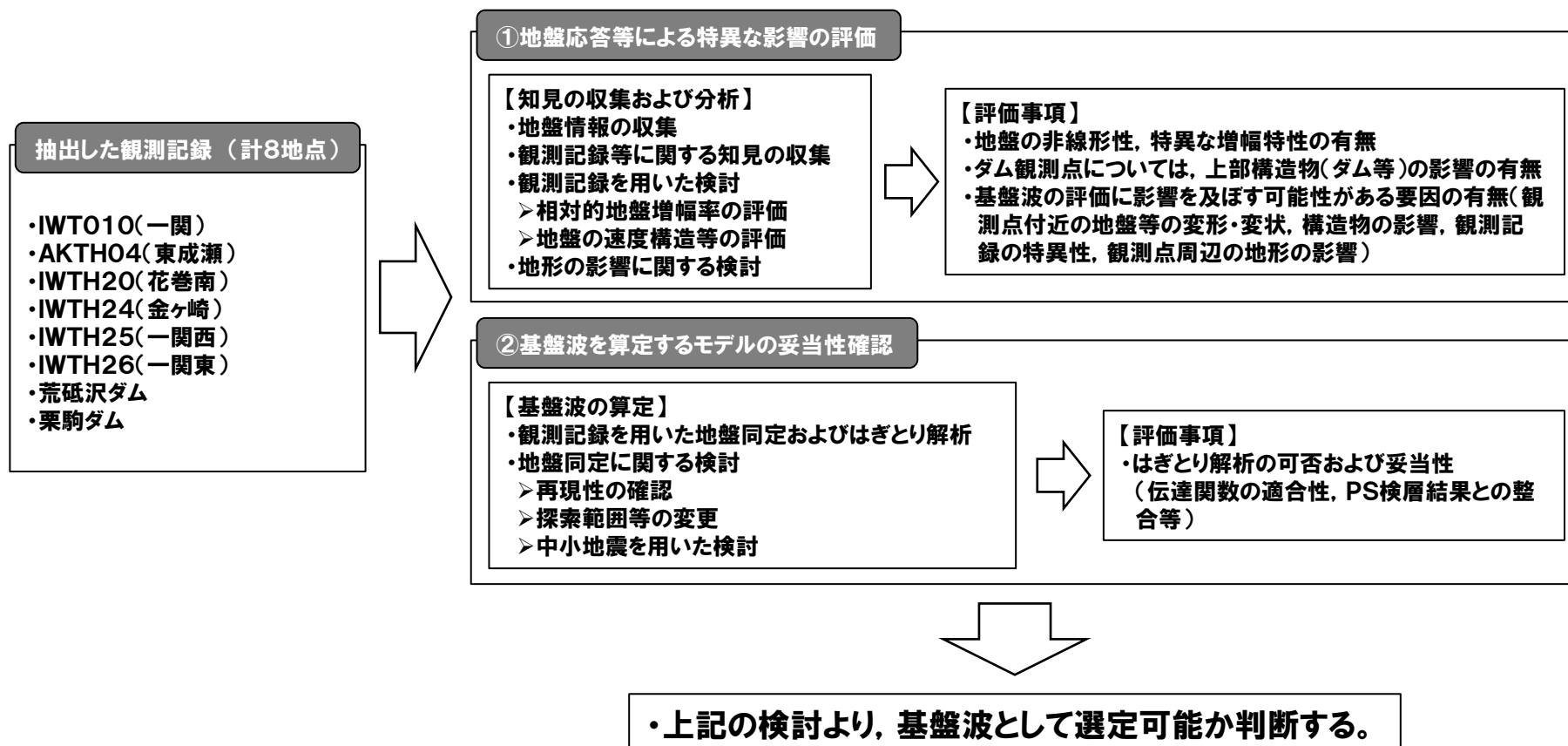


## 2.3 地震観測記録の分析・評価

再掲 (H27.6.12審査会合資料)

- 前項の観測記録の収集において、敷地に及ぼす影響が大きいと考えられるものとして抽出した観測記録について、以下の観点で記録の分析・評価を実施する。
- ・地盤応答等による特異な影響の評価(地盤情報の収集, 各種知見の収集・整理, 相対的地盤増幅率の評価, 地質および速度構造に関する検討, 地形の影響に関する検討)
  - ・基盤波を算定するモデルの妥当性確認(観測記録を用いた地盤同定およびはぎとり解析, 地盤同定に関する検討(再現性の確認, 探索範囲等の変更, 中小地震を用いた検討))

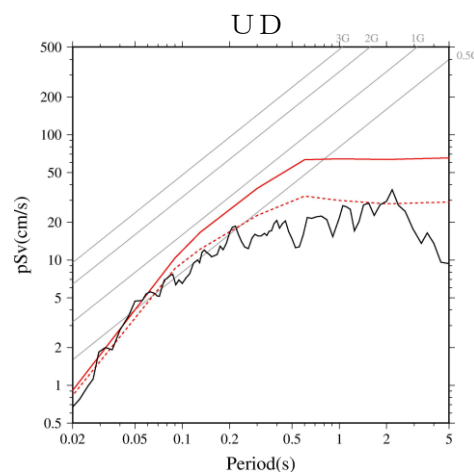
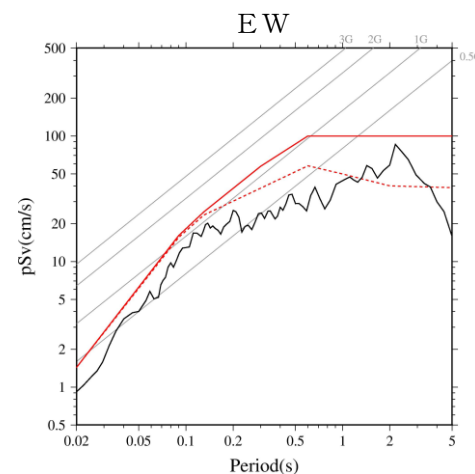
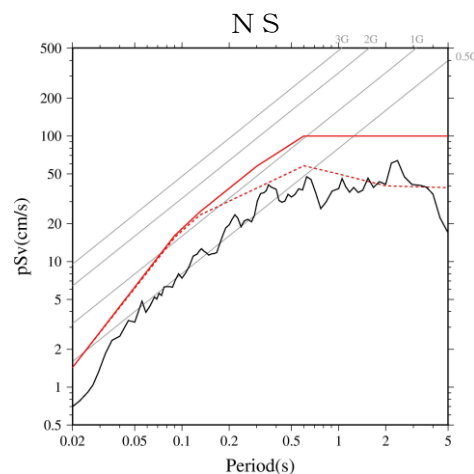
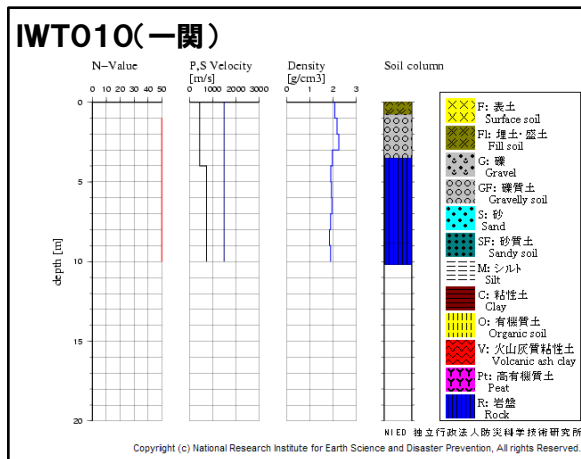


## 2.3 地震観測記録の分析・評価 K-NET観測点

再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## K-NET観測点に関する検討

●K-NET観測点のうち、加藤ほか(2004)の応答スペクトルを上回る観測記録(IWT010(一関))について、地盤情報を収集整理し、基盤地震動としての評価を実施する。



●IWT010(一関)は、表層のVsは430m/sであるが、深さ4mでVs=730m/sの層となっており、観測記録の応答スペクトルは、一部の周期帯で加藤ほか(2004)を上回る。



## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net—関西観測点

再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## KiK-net—関西観測点に関する既往の知見 (Aoi et al. (2008))

- 上向きの地震動の振幅が下向きの2倍以上も大きい上下非対称な地震動は、線形・非線形の波動伝播理論では説明できず、トランポリン上で跳ねている物体の運動に類似していることから、トランポリンモデルを提唱している。
- 弾性的な振る舞いと粒状的な振る舞いの中間的振る舞い(トランポリンモデル)による模擬波形は、一関西観測点(KiK-net)で観測された非常に大きな加速度波形の性質をよく再現していると評価。

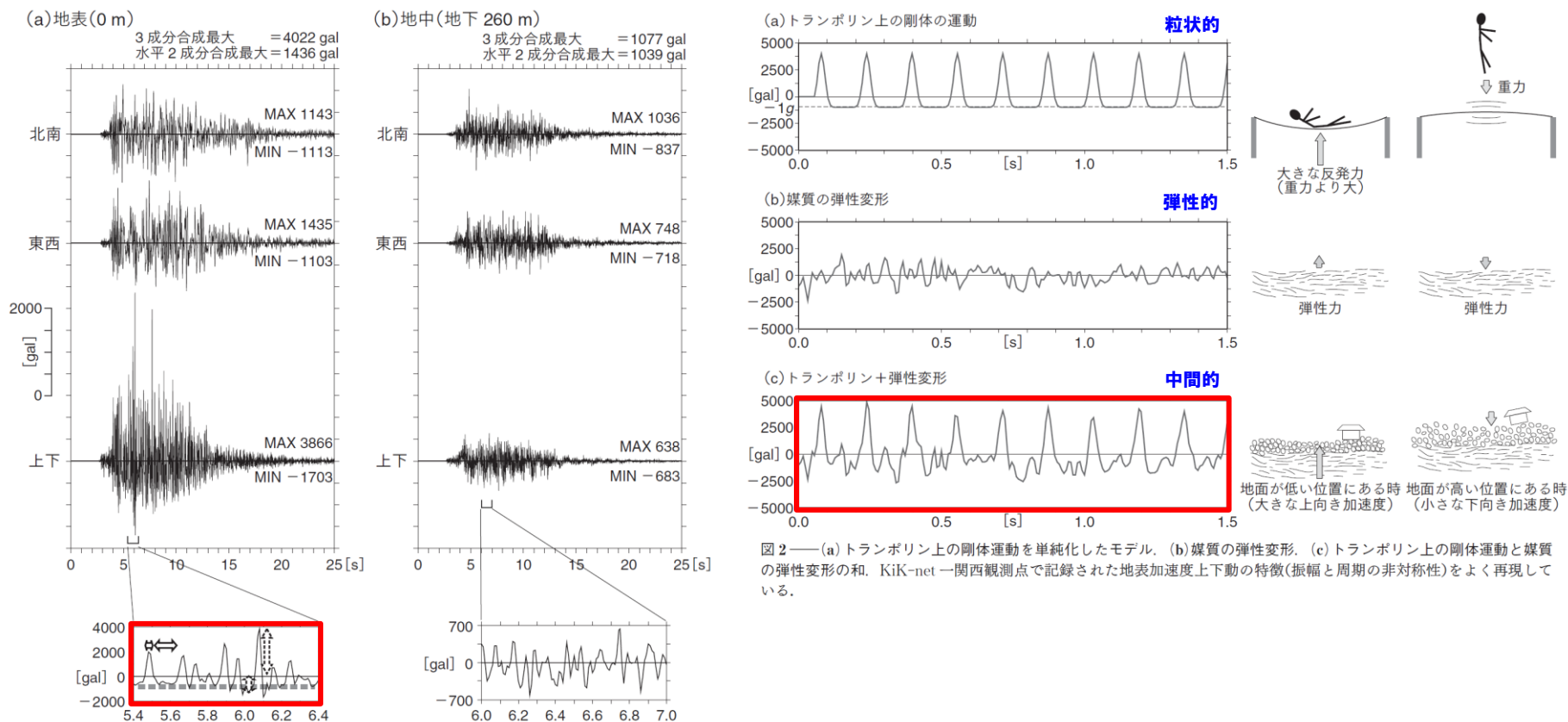


図1—KiK-net 一関西観測点で記録された加速度記録(左は地表, 右は地中-260 m)。波形右側に示したMAX, MINはそれぞれプラス(北, 東, 上)方向, マイナス(南, 西, 下)方向の最大加速度(gal)。最下段は, 下動に関し, 最大値を含む1秒間の波形の拡大図。地表の拡大図中の矢印は振幅(点線)と周期(実線)の非対称性を, 太点線は-1gの頭打ちを示す。

図2—(a) トランポリン上の剛体運動を単純化したモデル。(b) 媒質の弾性変形。(c) トランポリン上の剛体運動と媒質の弾性変形和。KiK-net 一関西観測点で記録された地表加速度上下動の特徴(振幅と周期の非対称性)をよく再現している。

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net—関西観測点

再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## KiK-net—関西観測点に関する既往の知見 (大町ほか(2011))

- 一関西観測点で観測された極めて大きな強震記録(上下動)は、強大な地震動入力によって地震観測小屋がロッキング振動で浮き上がり、地面と再接触した際の衝撃力の影響が強く反映している可能性が高いことを指摘している。
- 観測小屋が基礎の浮き上がりを伴うロッキング応答をする時、基礎と地面と再接触する際の衝撃力で、上向きのパルス状大加速度が発生することを振動台実験と数値解析で確認。
- 2次元FEMを用いて、観測小屋の浮き上がりと地盤との接触を含む非線形解析を行い、地表記録と類似した地震応答解析結果が得られたとしている。

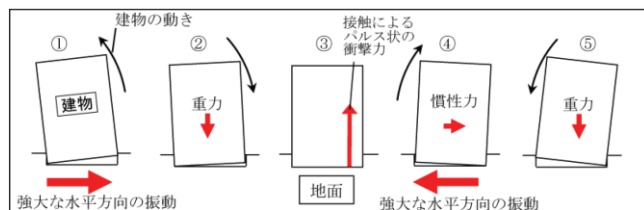
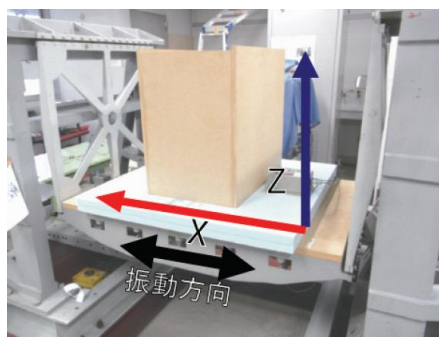


図8 強大な水平入力地震動による浮き上がりを伴うロッキング振動の模式図

## ロッキング振動模式図



振動台実験 模型図と応答加速度結果

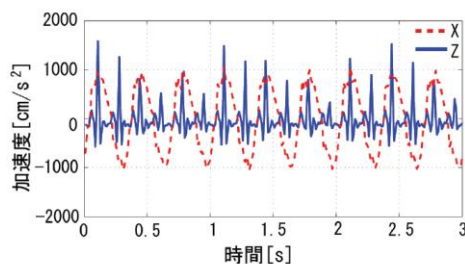


図10 最大加速度900gal入力時の水平方向(X)と上下方向(Z)の応答加速度

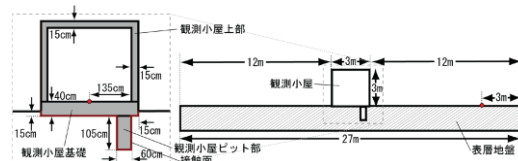


図16 有限要素モデル概要図

	密度 (t/m <sup>3</sup> )	ポアソン比	ヤング率 (GPa)	粘着力	摩擦係数
観測小屋上部	0.85	0.20	6.8	—	—
観測小屋基礎	2.4	0.20	22	—	—
観測小屋ビット部	0.50	0.20	1.9	—	—
表層地盤	1.6	0.33	0.51	—	—
接触面	—	—	—	0	0.50

## 有限要素解析モデル概要図、モデル物性値

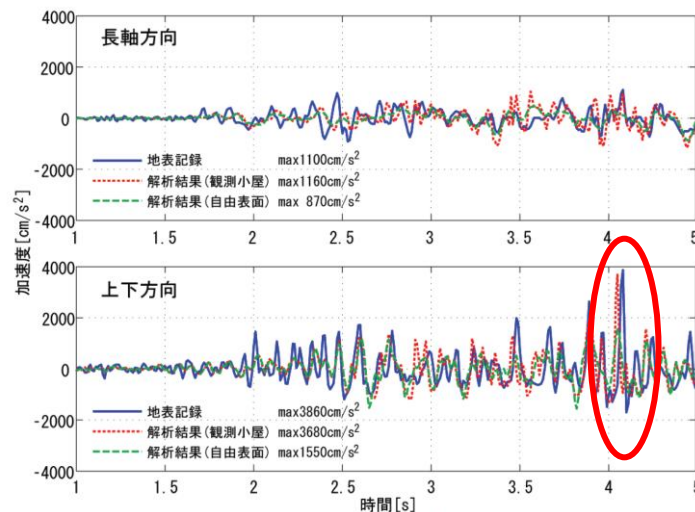


図17 本震の強震時加速度時刻歴の比較

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net—関西観測点

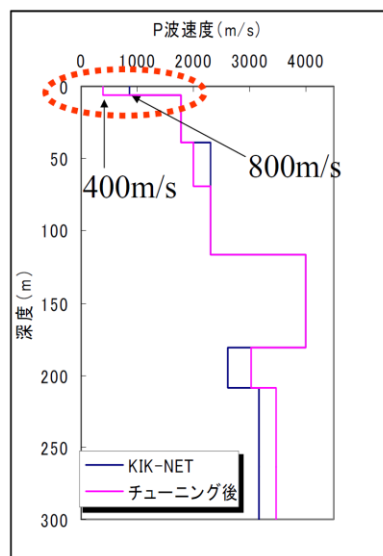
再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## KiK-net—関西観測点に関する既往の知見 (入倉・倉橋(2008))

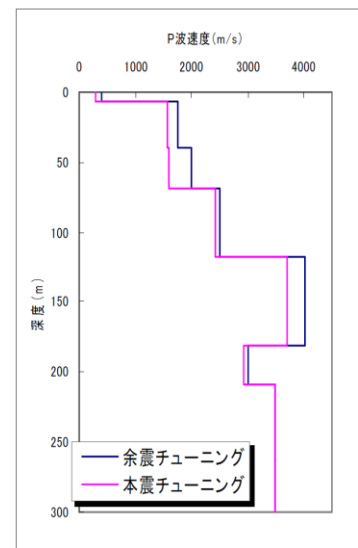
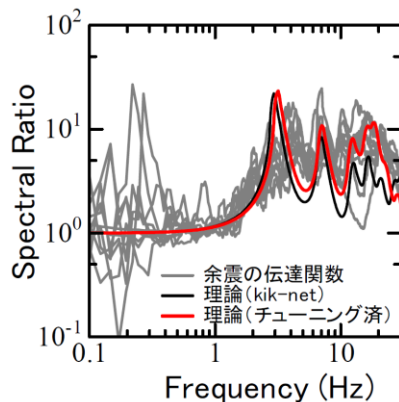
- KiK-netボーリングデータによる理論伝達関数は、観測記録から推定される伝達関数と比較して、高周波帯域で過小評価と考えられるため、余震記録および本震記録を用いて地盤構造を再評価。
- 再評価した地盤モデルから計算された理論伝達関数を用いて、地中記録から地表波形を再現すると観測記録にほぼ対応することを指摘。
- 但し、このモデルでは、観測記録に見られる上下動の非対称性は説明できず、別の要因(トランポリン効果など)を考える必要があるとしている。

主な地盤構造の変更点

第一層のP波速度

850m/s → 400m/s に変更により  
高周波の振幅を大きくする。

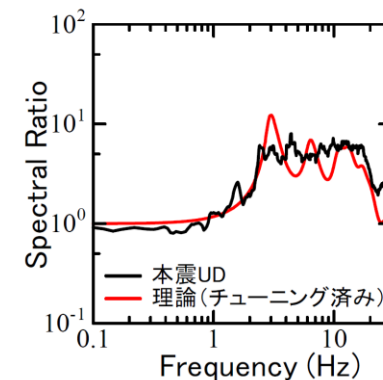
余震記録を考慮した地盤構造の再評価



本震記録を考慮した地盤構造の再評価

振幅を下げるために、Q値を劇的に小さくしている。

各層 Q=10程度



## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net—関西観測点

再掲 (H27.6.12審査会合資料)

●岩手・宮城内陸地震については、IWTH25(一関西)とその他の観測点で観測された本震記録の加速度レベル(短周期側の地震動レベル)に大きな差異がみられることから、それらの要因について、以下の検討方針に基づき詳細検討を実施する。

●本震観測記録の加速度レベルが大きいIWTH25(一関西)について、岩手・宮城内陸地震震源近傍の5地点との地盤増幅の相違※を把握する。

●なお、検討に用いる観測記録は、IWTH25(一関西)[地中]の観測記録を用いる。

※ IWTH25(一関西)で得られた観測記録と震源近傍の5地点の観測記録の応答スペクトル比を求め、増幅の相違(相対的地盤増幅率)を評価する。

$$\Delta G(T) = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \log \left[ \frac{Sa_{1,m}(T)}{Sa_{2,m}(T)} \cdot \frac{X_{1,m}}{X_{2,m}} \right]$$

$\Delta G(T)$  :  $Sa_2$ に対する地盤増幅率(相対的地盤増幅率)

$Sa_1(T)$  : KiK-net一関西[地中](IWTH25)

$Sa_2(T)$  : KiK-net一関東[地中](IWTH26)

KiK-net金ヶ崎[地中](IWTH24)

KiK-net東成瀬[地中](AKTH04)

KiK-net鳴子[地中](MYGH02)

栗駒ダム[右岸地山]

$X_1$  :  $Sa_1$ の震源距離

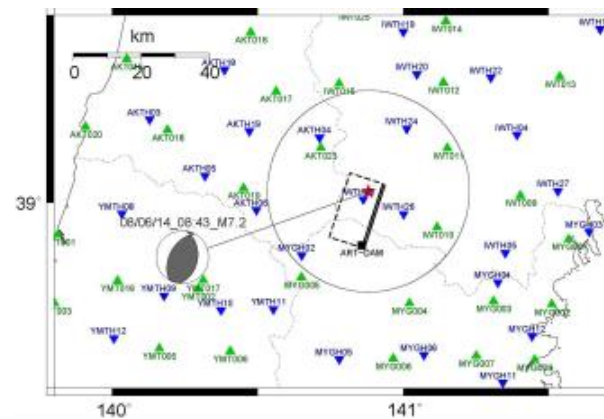
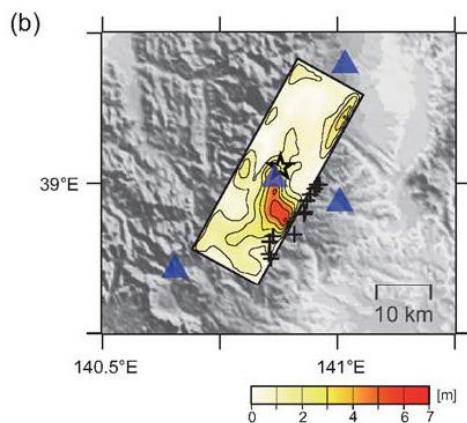
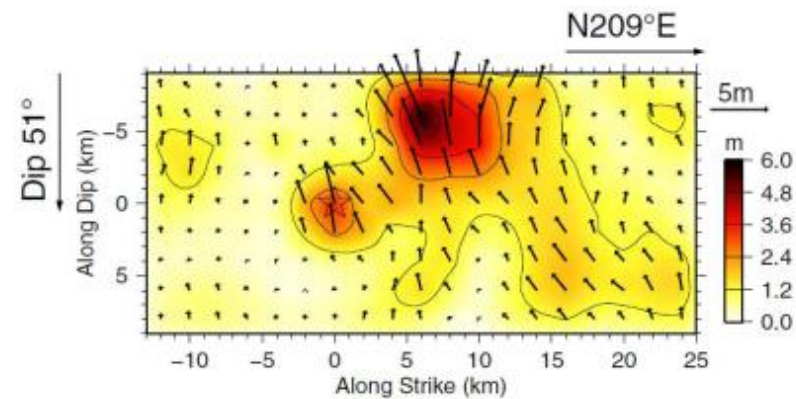
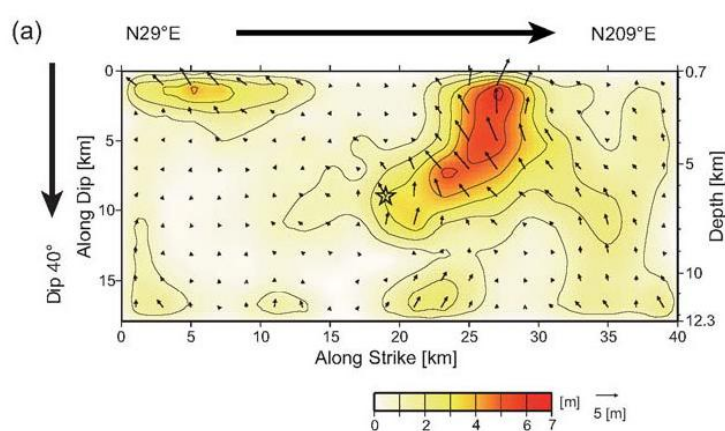
$X_2$  :  $Sa_2$ の震源距離

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net—関西観測点

再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## 岩手・宮城内陸地震本震のアスペリティ位置に関する知見

● 2008年岩手・宮城内陸地震は、震源領域の中心～南側に主なアスペリティがあるとされている。



(1) Suzuki et al. (2010)

(2) Asano and Iwata (2011)

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net—関西観測点

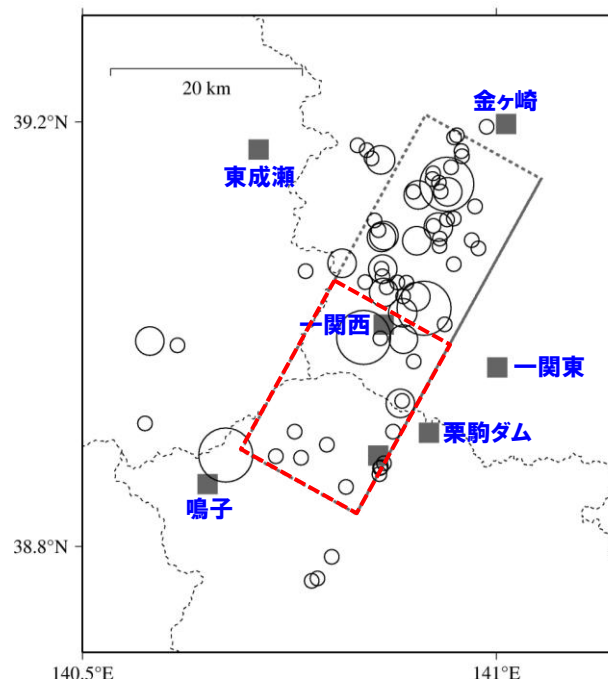
再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## 検討対象地震

- 以下の条件に基づき、検討地震を選定する。
  - ・IWTH25(一関西)で観測記録が得られている2008年～2013年の地震
  - ・ $M \geq 4.0$ の内陸地殻内地震(2008年岩手・宮城内陸地震の本震は除外)<sup>※1</sup>
  - ・検討対象地震の範囲は、本震のアスペリティ位置を踏まえ、本震の震源領域中心～南側の地震<sup>※2</sup>
- 検討地震の震央分布は、以下の赤枠内の通り。(地震諸元は、気象庁による)

※1 一般的な地盤増幅特性を評価するため、中小地震を用いる。

※2 2008年岩手・宮城内陸地震は、震源領域の南側の活動(主なアスペリティは、震源領域の中心～南側)が地震の特徴を主に表しているため、この範囲を検討対象とすることで、本震時の各観測点間の特徴を把握する。

○:  $4.0 \leq M < 4.5$ ○:  $4.5 \leq M < 5.0$ ○:  $5.0 \leq M$

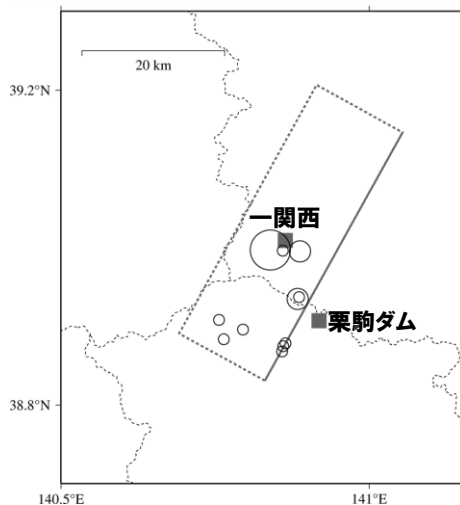


## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net一関西観測点

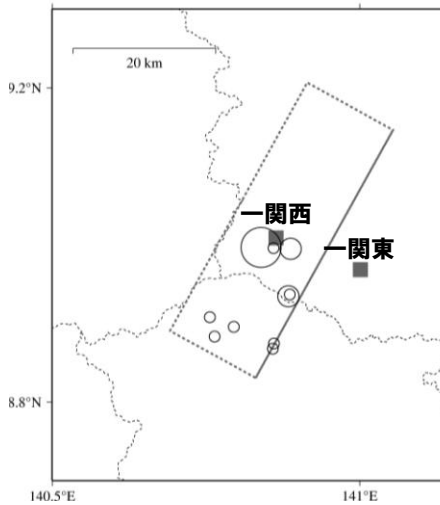
再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## IWTH25(一関西)を対象とした相対的地盤増幅率

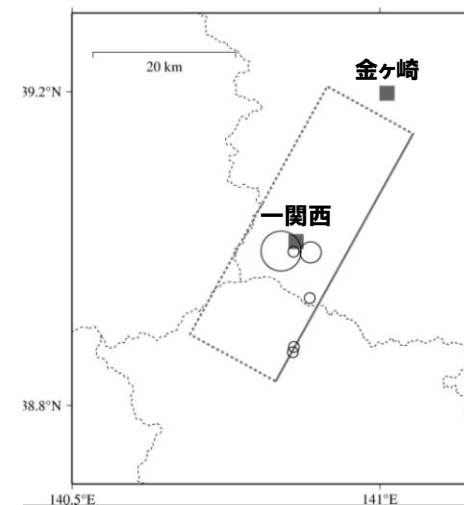
● 震源近傍に位置する5地点を基準としたIWTH25(一関西)の相対的地盤増幅率を評価する。



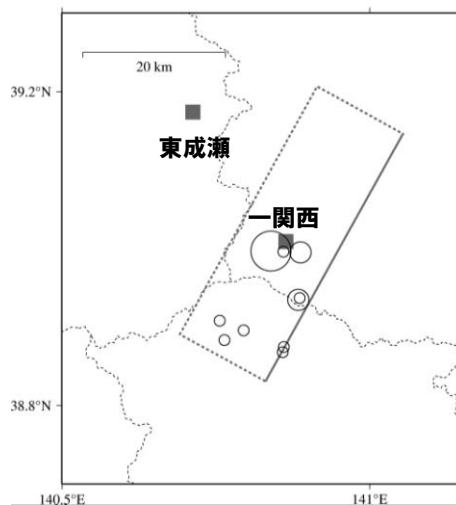
IWTH25(一関西)/栗駒ダム[地山]



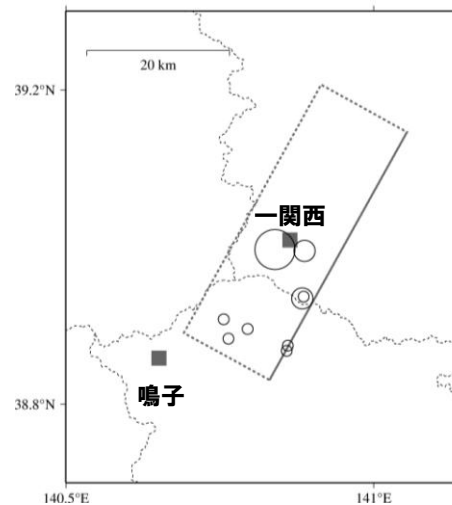
IWTH25(一関西)/KiK-net一関東



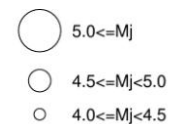
IWTH25(一関西)/KiK-net金ヶ崎



IWTH25(一関西)/KiK-net東成瀬



IWTH25(一関西)/KiK-net鳴子



## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net一関西観測点

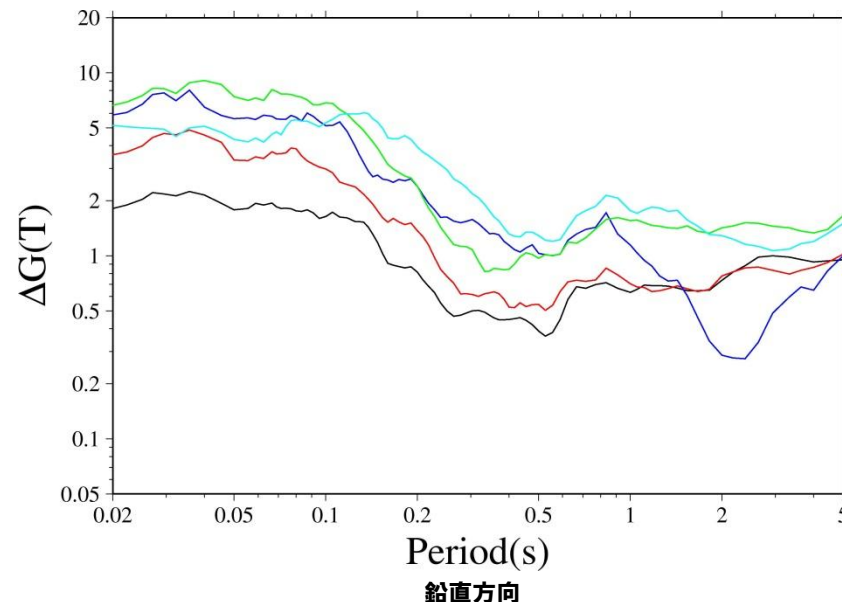
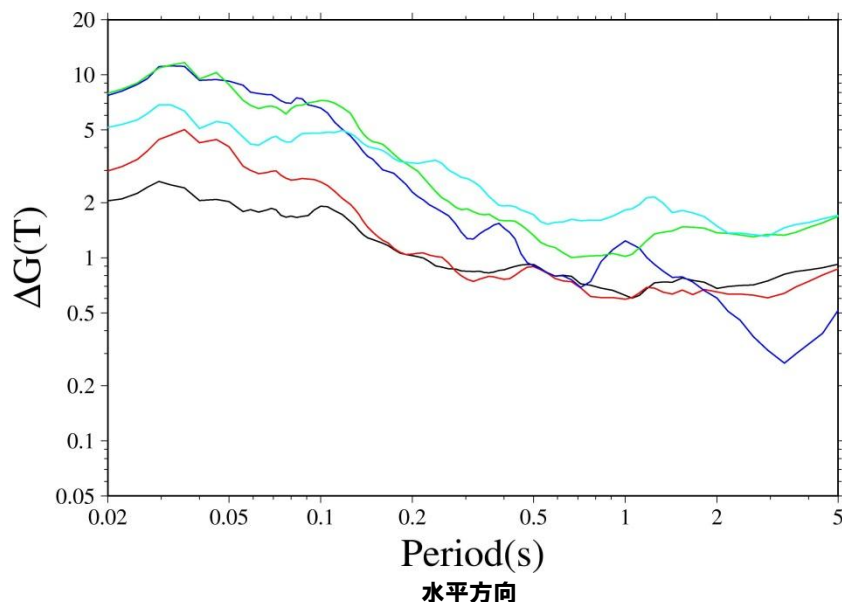
再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## IWTH25(一関西)を対象とした相対的地盤増幅率

● 震源近傍に位置する5地点を基準としたIWTH25(一関西)の応答スペクトル比(=相対的地盤増幅率)は、以下の通り。

一関西[地中]／栗駒ダム[右岸地山]  
 一関西[地中]／KiK-net一関東[地中]  
 一関西[地中]／KiK-net金ヶ崎[地中]  
 一関西[地中]／KiK-net東成瀬[地中]  
 一関西[地中]／KiK-net鳴子[地中]

相対的地盤増幅率は平均を示す



● 震源近傍に位置する5地点と比較し、IWTH25(一関西)は岩手・宮城内陸地震の本震の特徴を踏まえた相対的地盤増幅率が短周期側で大きい傾向※にある。

※ 各観測点における地盤条件(速度構造等)の補正を実施していない。

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net一関西観測点

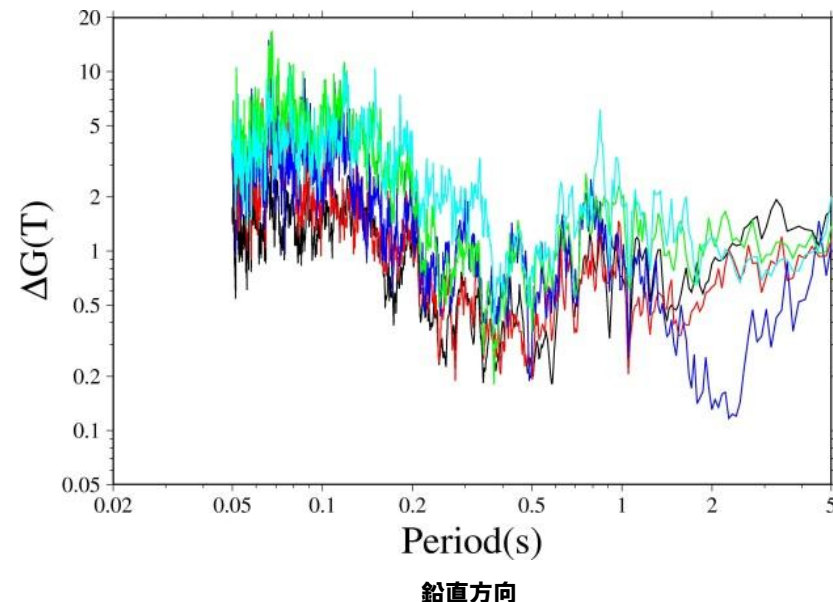
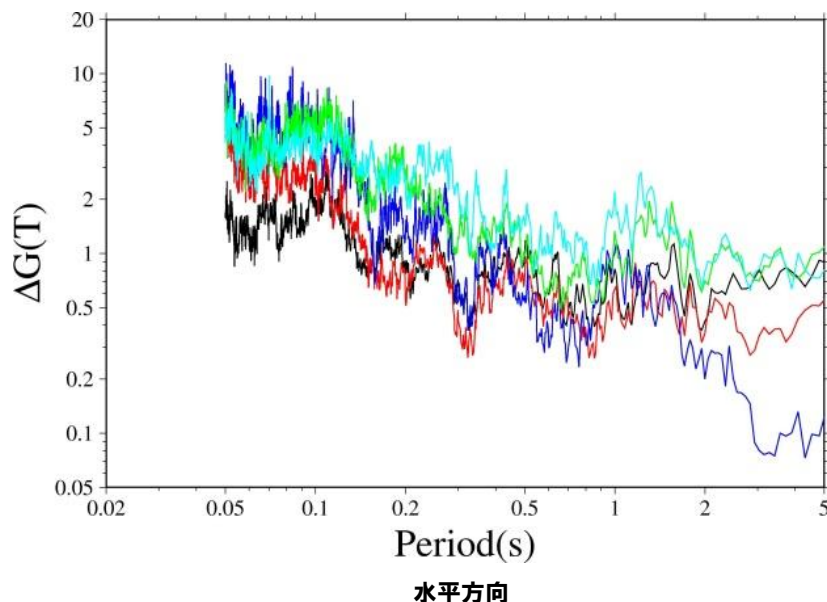
再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## IWTH25(一関西)を対象とした相対的地盤増幅率

- 参考として、フーリエスペクトルを用いて、同様の検討を行った。
- 震源近傍に位置する5地点を基準としたIWTH25(一関西)のフーリエスペクトル比は、以下の通り。

一関西[地中]／栗駒ダム[右岸地山]  
 一関西[地中]／KiK-net一関東[地中]  
 一関西[地中]／KiK-net金ヶ崎[地中]  
 一関西[地中]／KiK-net東成瀬[地中]  
 一関西[地中]／KiK-net鳴子[地中]

フーリエスペクトル比は平均を示す



- 震源近傍に位置する5地点と比較し、応答スペクトル比(=相対的地盤増幅率)と同様にIWTH25(一関西)は岩手・宮城内陸地震の本震の特徴を踏まえたフーリエスペクトル比が短周期側で大きい傾向※にある。

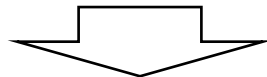
※ 各観測点における地盤条件(速度構造等)の補正を実施していない。

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net—関西観測点

一部加筆修正 (H27.6.12審査会合資料)

## KiK-net—関西観測点 まとめ

- Aoi et al. (2008)は、一関西観測点において非常に大きな加速度(上下動)が記録されたことに加えて、上向き地震動の振幅が下向きの2倍以上も大きいという、明瞭に上下非対称な波形形状を示していることを指摘し、このような現象を説明するために、地盤が示す挙動をトランポリンのような性質をもつものとして説明する新しい物理モデルを提示している。
- 大町ほか(2011)は、一関西観測点の地表で観測された極めて大きな強震記録(上下動)は、地震観測小屋がロッキング振動で浮き上がり、地面と再接触した際の衝撃力の影響が強く反映している可能性が高いと指摘。
- 入倉ほか(2008)は、余震記録および本震記録より地中地震計設置層から地表までの理論伝達関数を評価し、地中の観測記録から地表の地震動を推定している。推定された地表の地震動は、ほぼ観測記録に対応するが、観測記録に見られる上下動の非対称性は説明できず、別の原因(例えば、トランポリン効果など)を考える必要があると指摘。
- 観測記録に関する検討より、IWTH25(一関西)は、本震震源域南部で発生する地震に対して、他の観測点よりも大きく増幅する地域と考えられる。



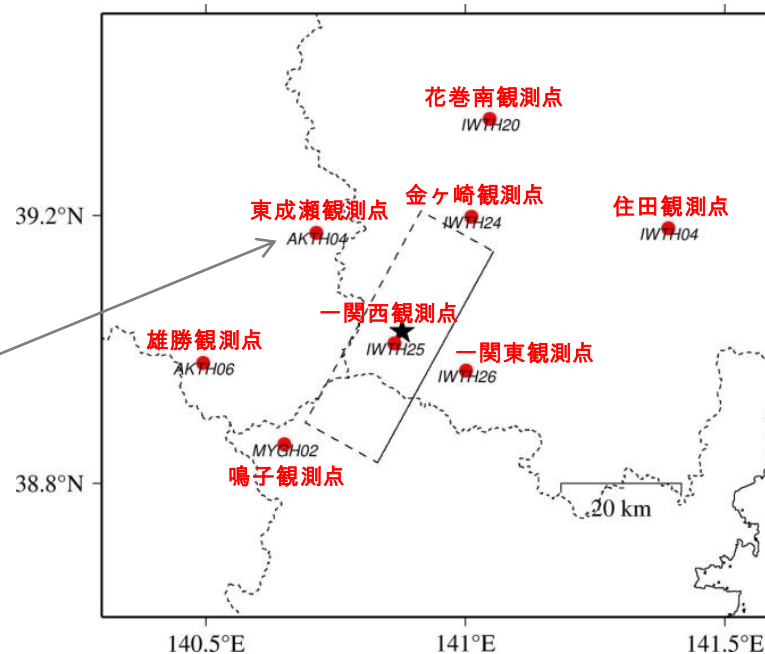
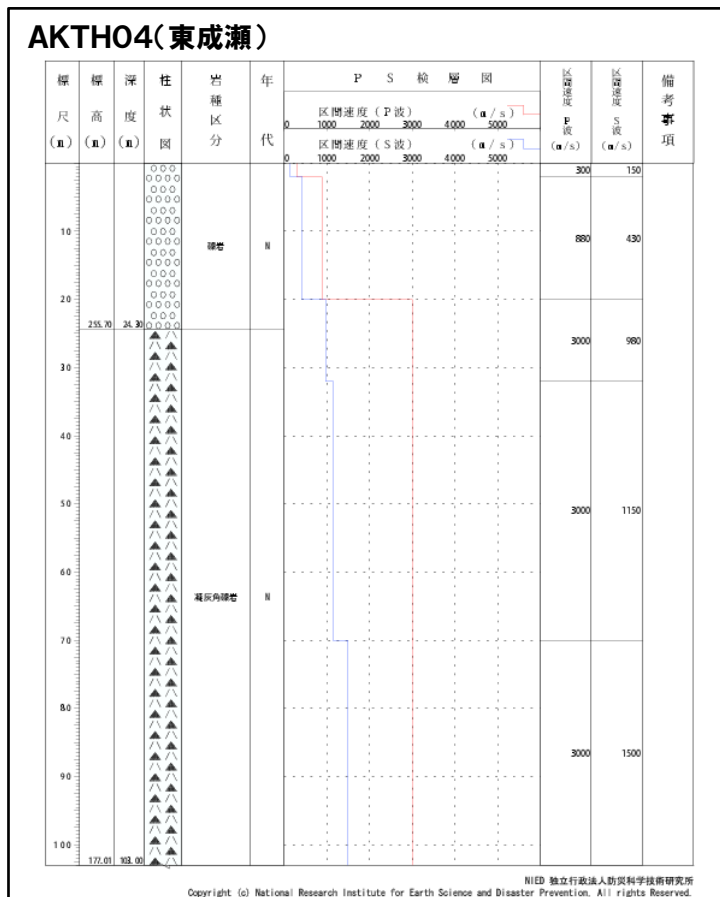
- IWTH25(一関西)については、地表記録にトランポリン効果、ロッキング振動の影響などが含まれており、観測記録の伝達関数を用いた地盤同定によるはぎとり波の算定は困難と考えられる。また、IWTH25(一関西)が本震震源域南部で発生する地震に対して、他の観測点よりも大きく増幅する地域と考えられる。
- トランポリン効果、ロッキング振動の要因や大加速度が発生した要因を特定するため、地盤構造等の調査、調査結果を踏まえたはぎとり解析、および震源特性を踏まえた検討が必要である。それらの検討には相応の期間が必要であり、現時点で信頼性の高い基盤地震動の評価は困難である。

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net東成瀬観測点

再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## KiK-net東成瀬観測点に関する検討

●KiK-net観測点のうち、加藤ほか(2004)の応答スペクトルを上回る観測記録(AKTH04(東成瀬))について、基盤地震動を評価することを目的とした観測記録のはざとり解析を実施する。



## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net東成瀬観測点

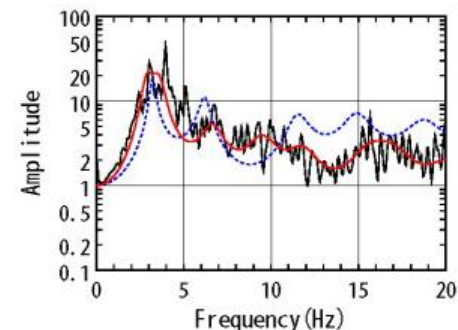
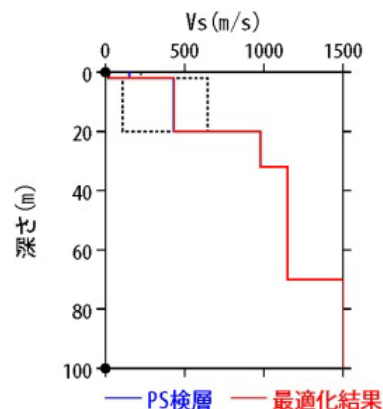
再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## AKTH04(東成瀬)

- AKTH04(東成瀬)の観測記録について、KiK-netボーリングデータを初期値として、観測記録の伝達関数を再現できるように地盤同定を実施。
- 得られた地盤モデルは、水平方向において表層のVsが極端に小さい。また、上下方向においては、観測記録の伝達関数を再現できていない。

地盤同定結果(水平)

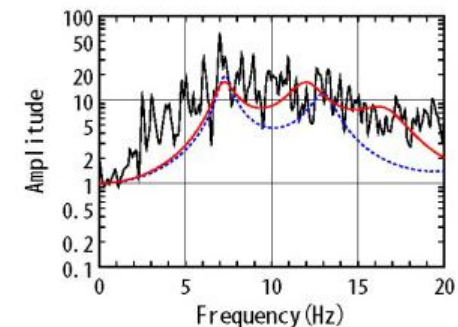
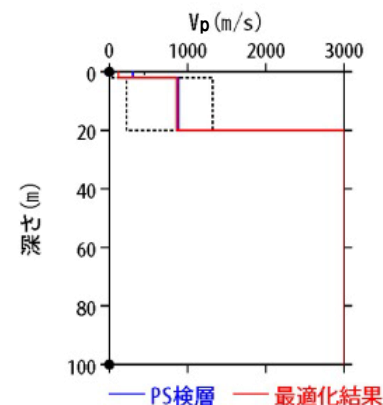
No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm <sup>3</sup> )	S波速度(m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	$\alpha$
1	2	0	1.64	150	15	225	25	0.17	0.142	0.283
2	18	2	1.64	430	108	645	433	1.01		
3	12	20	2.22	980	980	980	980	1.00		
4	38	32	2.22	1150	1150	1150	1150	1.00		
5	30	70	2.22	1500	1500	1500	1500	1.00		
6	—	100	2.22	1500	1500	1500	1500	1.00		



伝達関数の比較(水平)

地盤同定結果(上下)

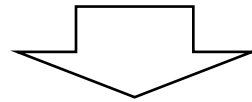
No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm <sup>3</sup> )	P波速度(m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	$\alpha$
1	2	0	1.64	300	30	450	116	0.39	0.078	0.000
2	18	2	1.64	880	220	1320	861	0.98		
3	12	20	2.22	3000	3000	3000	3000	1.00		
4	38	32	2.22	3000	3000	3000	3000	1.00		
5	30	70	2.22	3000	3000	3000	3000	1.00		
6	—	100	2.22	3000	3000	3000	3000	1.00		



伝達関数の比較(上下)

## AKTH04(東成瀬)観測点に関する詳細検討

●AKTH04(東成瀬)観測点については、2008年岩手・宮城内陸地震の本震記録を用いて、観測記録のはざとり解析のための地盤同定を実施したが、得られた地盤モデルは、水平方向において表層のVsが極端に小さいことや上下方向において観測記録の伝達関数を再現できていないことから、信頼性の高い基盤地震動の評価は困難であると判断している。



●上記の検討を踏まえ、観測記録のはざとり解析のための地盤同定について、検討条件を変えた以下の検討を行った。

- 本震を用いた地盤同定に関する検討(再現性の確認)
- 本震を用いた地盤同定に関する検討(探索範囲等の変更)
- 中小地震を用いた地盤同定に関する検討
- 地形の影響に関する検討

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net東成瀬観測点

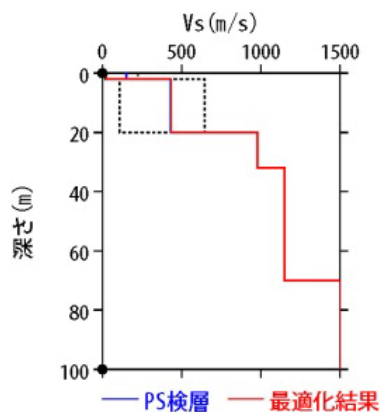
再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## AKTH04(東成瀬) 本震を用いた地盤同定に関する検討(再現性の確認)

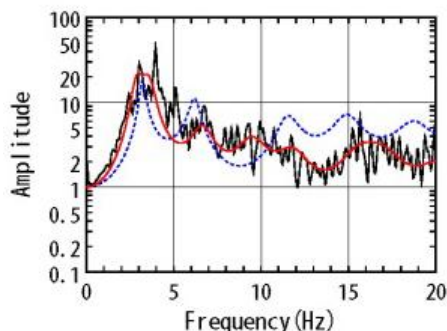
- 観測記録を用いた地盤同定により得られた地盤モデル(水平)を用いて、応答スペクトルの再現性を確認した結果、NS方向については地表記録が概ね再現できているが、EW方向については地表記録の短周期側が再現できていない。

地盤同定結果(水平)

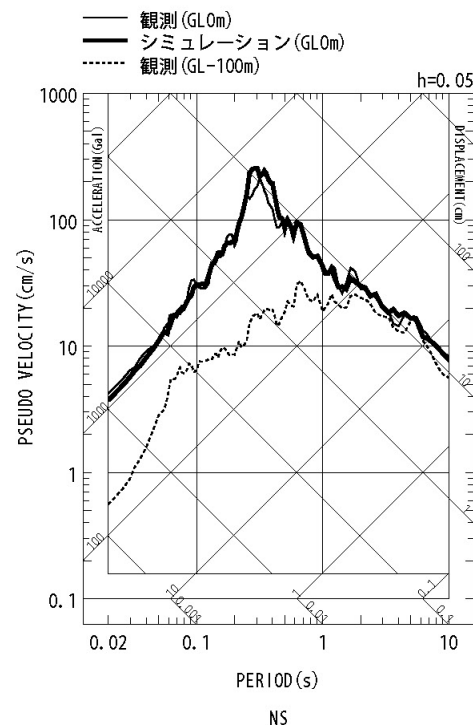
No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm <sup>3</sup> )	S波速度(m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	$\alpha$
1	2	0	1.64	150	15	225	25	0.17	0.142	0.283
2	18	2	1.64	430	108	645	433	1.01		
3	12	20	2.22	980	980	980	980	1.00		
4	38	32	2.22	1150	1150	1150	1150	1.00		
5	30	70	2.22	1500	1500	1500	1500	1.00		
6	—	100	2.22	1500	1500	1500	1500	1.00		



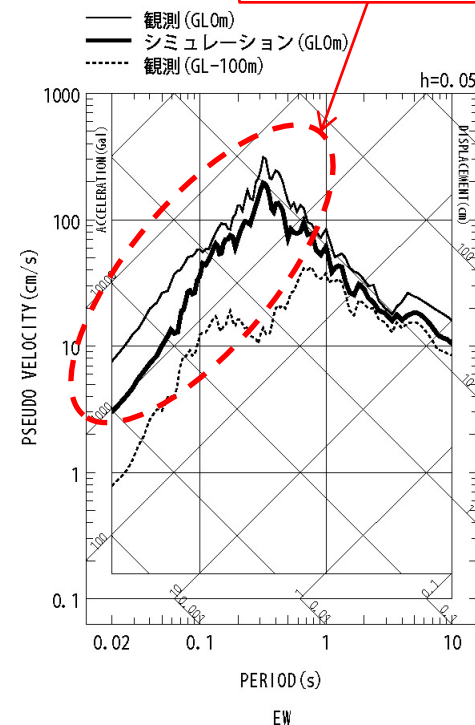
伝達関数の比較(水平)



黒: 観測記録  
赤: 最適化結果  
青: PS 検層



応答スペクトルの比較(水平)



短周期側が再現  
できていない



## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net東成瀬観測点

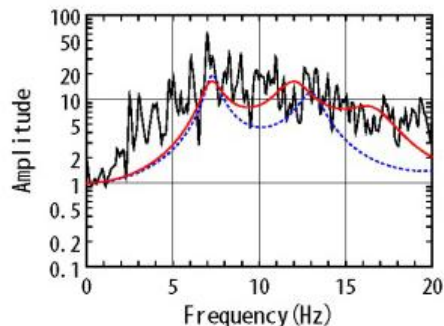
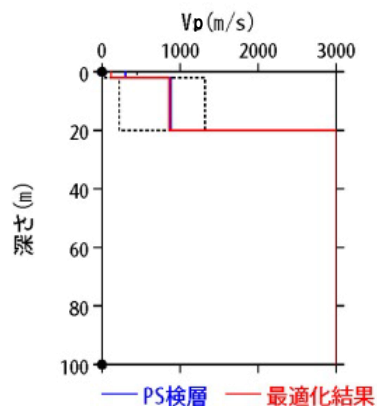
再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## AKTH04(東成瀬) 本震を用いた地盤同定に関する検討(再現性の確認)

- 観測記録を用いた地盤同定により得られた地盤モデル(上下)を用いて、応答スペクトルの再現性を確認した結果、地表記録の短周期側が再現できていない。

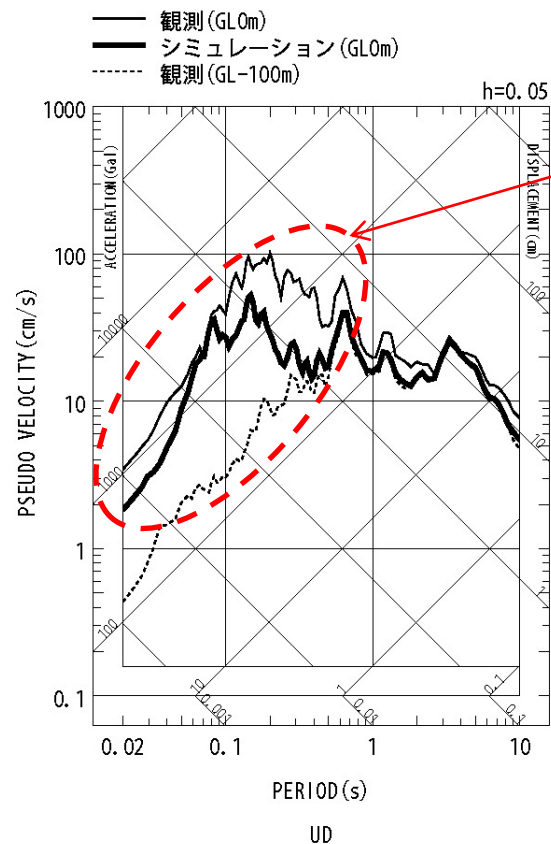
地盤同定結果(上下)

No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm <sup>3</sup> )	P波速度(m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	$\alpha$
1	2	0	1.64	300	30	450	116	0.39	0.078	0.000
2	18	2	1.64	880	220	1320	861	0.98		
3	12	20	2.22	3000	3000	3000	3000	1.00		
4	38	32	2.22	3000	3000	3000	3000	1.00		
5	30	70	2.22	3000	3000	3000	3000	1.00		
6	—	100	2.22	3000	3000	3000	3000	1.00		



黒: 観測記録  
赤: 最適化結果  
青: PS 検層

伝達関数の比較(上下)



短周期側が再現  
できていない

応答スペクトルの比較(上下)

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net東成瀬観測点

再掲 (H27.6.12審査会合資料)

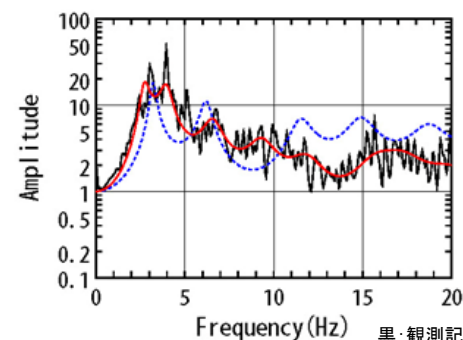
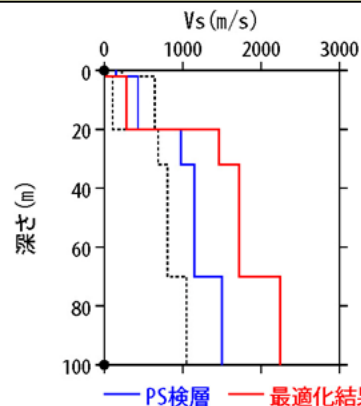
## AKTH04(東成瀬) 本震を用いた地盤同定に関する検討(探索範囲等の変更)

- 観測記録を用いた地盤同定(水平)により得られた地盤モデルは、表層のVsが極端に小さくなっていることから、Vsの探索範囲を変更したケースおよび減衰定数の同定範囲を変更したケースについて地盤同定結果を整理した。
- 得られた地盤モデルは、従来の同定結果と同様、表層のVsが極端に小さくなっている。

地盤同定結果(水平)

No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm <sup>3</sup> )	S波速度 (m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	$\alpha$
1	2	0	1.64	150	15	225	25	0.17	0.093	0.088
2	18	2	1.64	430	108	645	283	0.66		
3	12	20	2.22	980	686	1470	1465	1.49		
4	38	32	2.22	1150	805	1725	1719	1.49		
5	30	70	2.22	1500	1050	2250	2243	1.50		
6	—	100	2.22	1500	1050	2250	2243	1.50		

No. 3~6層をPS検層値で固定

↓  
No. 3~6層を同倍率で変動

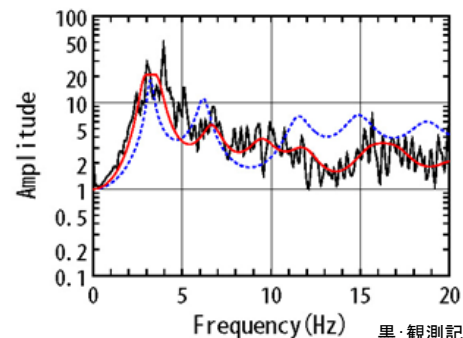
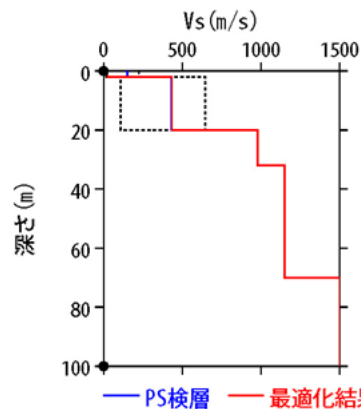
伝達関数の比較(水平)

黒:観測記録  
赤:最適化結果  
青:PS検層

地盤同定結果(水平)

No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm <sup>3</sup> )	S波速度 (m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	$\alpha$
1	2	0	1.64	150	15	225	25	0.17	0.180	0.367
2	18	2	1.64	430	108	645	435	1.01	0.127	0.250
3	12	20	2.22	980	980	980	980	1.00		
4	38	32	2.22	1150	1150	1150	1150	1.00		
5	30	70	2.22	1500	1500	1500	1500	1.00		
6	—	100	2.22	1500	1500	1500	1500	1.00		

全層一定で同定

↓  
No. 1層とNo. 2層以深で分割

伝達関数の比較(水平)

黒:観測記録  
赤:最適化結果  
青:PS検層

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net東成瀬観測点

再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## AKTH04(東成瀬) 本震を用いた地盤同定に関する検討(探索範囲等の変更)

- 観測記録を用いた地盤同定(上下)により得られた地盤モデルは、観測記録の伝達関数を再現できていないことから、Vpの検索範囲を変更したケースおよび減衰定数の同定範囲を変更したケースについて地盤同定結果を整理した。
- 得られた地盤モデルは、従来の同定結果と同様、観測記録の伝達関数を再現できていない。

地盤同定結果(上下)

No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm <sup>3</sup> )	P波速度 (m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	α
1	2	0	1.64	300	30	450	55	0.18	0.091	0.000
2	18	2	1.64	880	220	1320	958	1.09		
3	12	20	2.22	3000	2100	4500	4227	1.41		
4	38	32	2.22	3000	2100	4500	4227	1.41		
5	30	70	2.22	3000	2100	4500	4227	1.41		
6	—	100	2.22	3000	2100	4500	4227	1.41		

No. 3~6層をPS検層値で固定



No. 3~6層を同倍率で変動

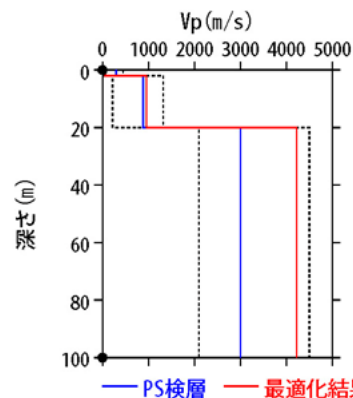
地盤同定結果(上下)

No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm <sup>3</sup> )	P波速度 (m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	α
1	2	0	1.64	300	30	450	109	0.36	0.370	0.183
2	18	2	1.64	880	220	1320	947	1.08	0.036	1.000
3	12	20	2.22	3000	3000	3000	3000	1.00		
4	38	32	2.22	3000	3000	3000	3000	1.00		
5	30	70	2.22	3000	3000	3000	3000	1.00		
6	—	100	2.22	3000	3000	3000	3000	1.00		

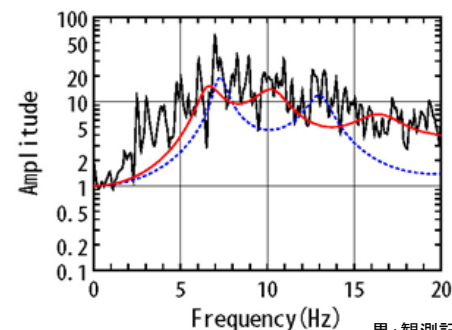
全層一定で同定



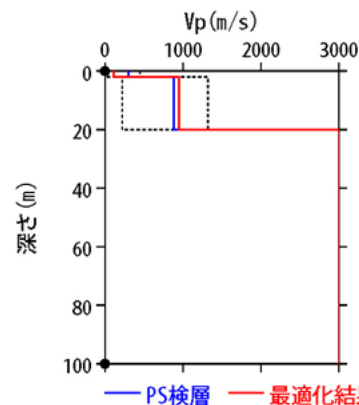
No. 1層とNo. 2層以深で分割



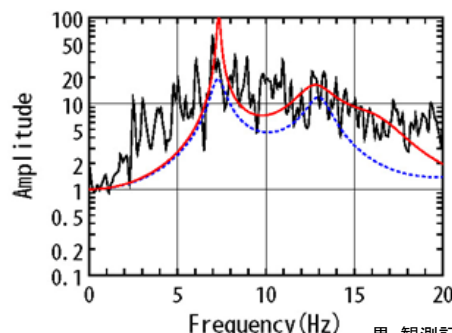
— PS検層 — 最適化結果

黒:観測記録  
赤:最適化結果  
青:PS検層

伝達関数の比較(上下)



— PS検層 — 最適化結果

黒:観測記録  
赤:最適化結果  
青:PS検層

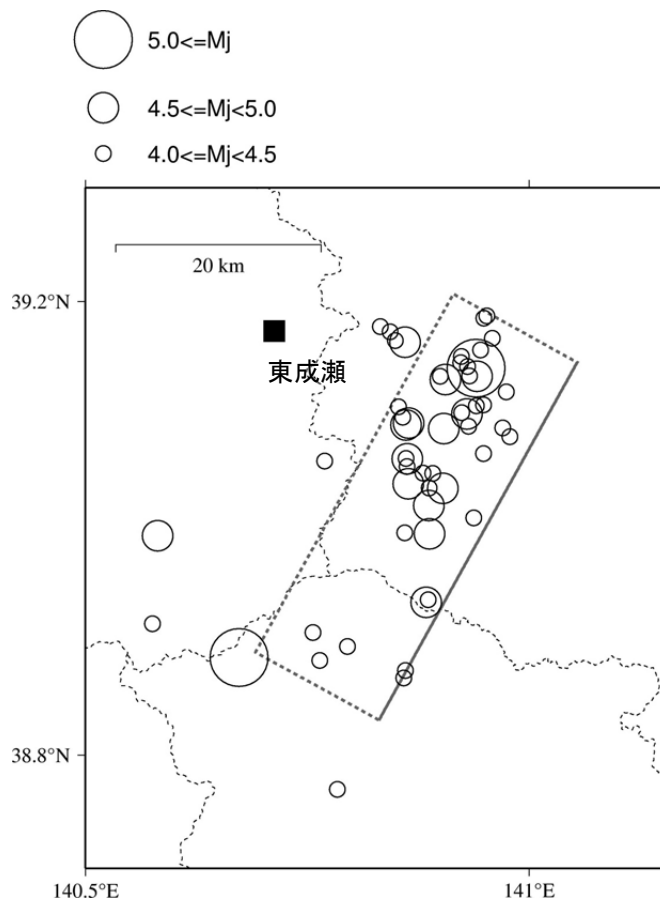
伝達関数の比較(上下)

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net東成瀬観測点

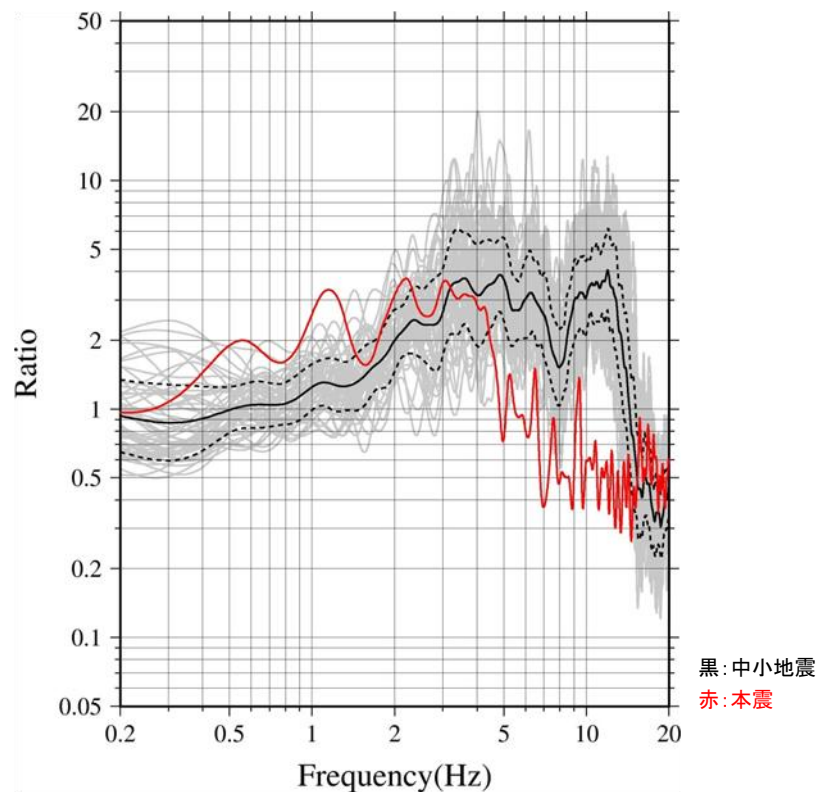
再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## AKTH04(東成瀬) 中小地震を用いた地盤同定に関する検討

- 2008年岩手・宮城内陸地震の本震および中小地震の地表記録を用いてH/Vスペクトルを算定した。
- 中小地震と比べて本震では、5Hz程度より高周波数側(短周期側)においてH/Vスペクトルの低下がみられることから、本震記録に地盤の非線形性の影響が含まれていると考えられる。



検討地震の震央分布



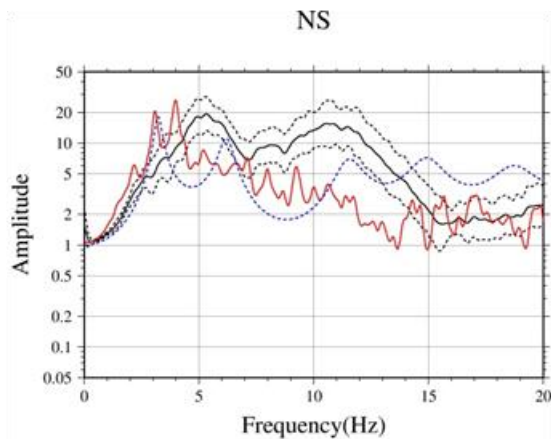
H/Vスペクトル

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net東成瀬観測点

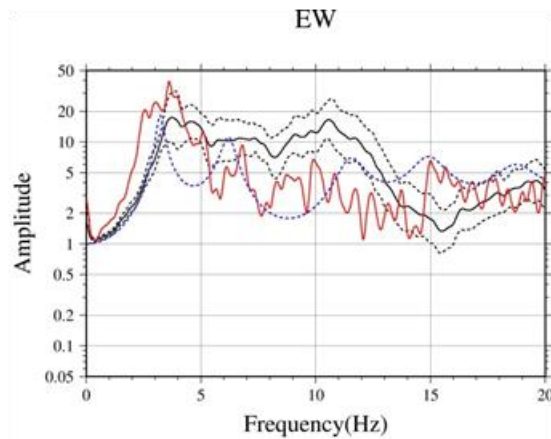
再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## AKTH04(東成瀬) 中小地震を用いた地盤同定に関する検討

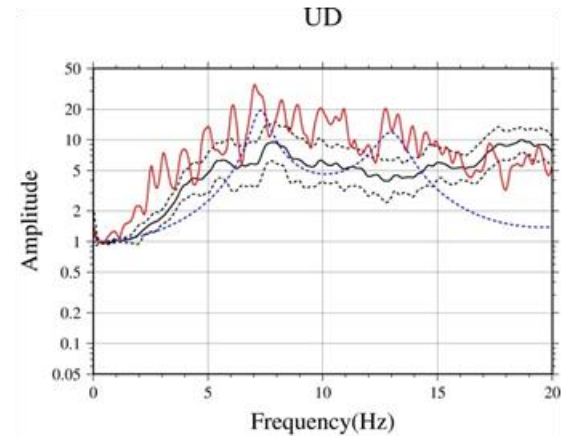
- 2008年岩手・宮城内陸地震の本震および中小地震について、地表記録と地中記録の伝達関数を算定した。
- NS方向とEW方向について、中小地震と比べて本震では、5Hz程度より高周波数側(短周期側)において倍率が小さくなっており、10Hz弱においてその傾向は顕著である。
- UD方向について、中小地震と比べて本震では、全体的に倍率が大きくなっている。
- 本震による伝達関数と中小地震による伝達関数および中小地震による伝達関数とPS検層結果による伝達関数の傾向が大きく異なることから、中小地震による伝達関数を用いた地盤同定により、本震のはぎとり解析のための地盤モデルを作成することは困難と考えられる。



NS方向



EW方向



UD方向

黒: 中小地震  
赤: 本震  
青: PS 検層

伝達関数

2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net東成瀬観測点

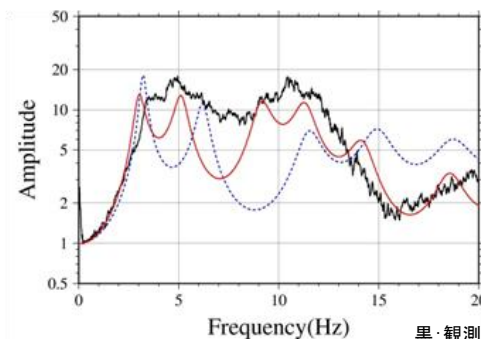
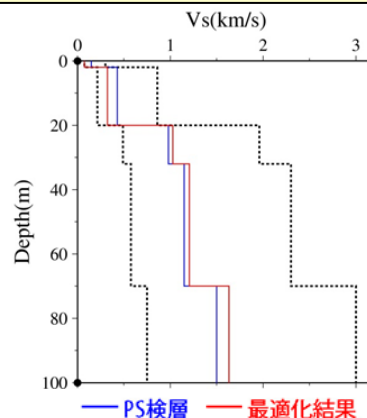
再掲 (H27.6.12審査会合資料)

AKTH04(東成瀬) 中小地震を用いた地盤同定に関する検討

- 中小地震による伝達関数を用いた地盤同定により、本震のはぎとり解析のための地盤モデルを作成することは困難と考えられるが、念のため、中小地震を用いて線形領域における地盤同定を実施した。
- 得られた地盤モデル(水平)は、水平動の観測記録の伝達関数を再現できていない。
- 表層のVsは、いずれのケースも概ね探索範囲の下限であり小さくなっている。また、No. 1層の探索範囲の下限を変更したケースでは、深部において、VsがPS検層結果と乖離している。

地盤同定結果(水平)

No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm <sup>3</sup> )	S波速度 (m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	h <sub>0</sub>	α
1	2	0	1.64	150	75	300	75	0.50	0.145	0.464
2	18	2	1.64	430	215	860	322	0.75		
3	12	20	2.22	980	490	1960	1028	1.05		
4	38	32	2.22	1150	575	2300	1206	1.05		
5	30	70	2.22	1500	750	3000	1633	1.09		
6	—	100	2.22	1500	750	3000	1633	1.09		



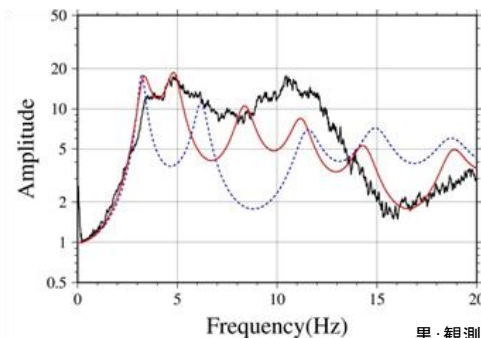
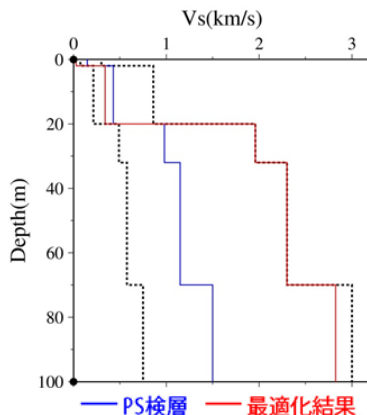
伝達関数の比較(水平)

黒:観測記録  
赤:最適化結果  
青:PS 検層

地盤同定結果(水平)

No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm <sup>3</sup> )	S波速度 (m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	h <sub>0</sub>	α
1	2	0	1.64	150	15	300	30	0.20	0.160	0.511
2	18	2	1.64	430	215	860	340	0.79		
3	12	20	2.22	980	490	1960	1960	2.00		
4	38	32	2.22	1150	575	2300	2300	2.00		
5	30	70	2.22	1500	750	3000	2825	1.88		
6	—	100	2.22	1500	750	3000	2825	1.88		

No. 1層の下限を変更



伝達関数の比較(水平)

黒:観測記録  
赤:最適化結果  
青:PS 検層

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net東成瀬観測点

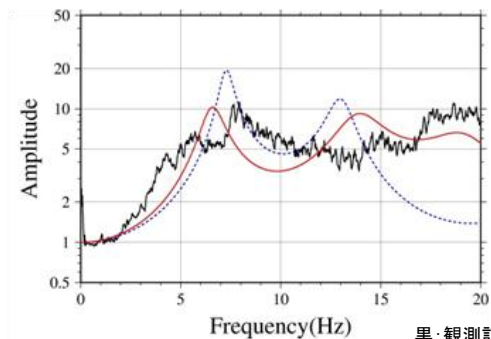
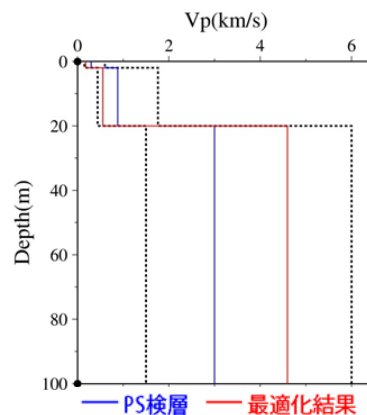
再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## AKTH04(東成瀬) 中小地震を用いた地盤同定に関する検討

- 得られた地盤モデル(上下)は, 上下動の観測記録の伝達関数を再現できていない。
- 深部において, 得られたVpがPS検層結果と乖離している。

地盤同定結果(上下)

No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm <sup>3</sup> )	P波速度 (m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	h <sub>0</sub>	α
1	2	0	1.64	300	150	600	178	0.59	0.089	0.000
2	18	2	1.64	880	440	1760	555	0.63		
3	12	20	2.22	3000	1500	6000	4597	1.53		
4	38	32	2.22	3000	1500	6000	4597	1.53		
5	30	70	2.22	3000	1500	6000	4597	1.53		
6	—	100	2.22	3000	1500	6000	4597	1.53		



伝達関数の比較(上下)

黒: 観測記録  
赤: 最適化結果  
青: PS 検層

- 中小地震を用いた線形領域における地盤同定は, 水平動・上下動ともに観測記録の伝達関数を再現できていないことから, 1次元波動論によるはぎとり解析の適用が困難である。

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net東成瀬観測点

再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## AKTH04(東成瀬) 地形の影響に関する検討

●AKTH04(東成瀬)観測点は、少し小高い丘の上にあり、すぐ後ろは急な崖地形となっているとされている。この地形の影響について、傾向を概略検討する。

## (参考)地震観測点の状況

引用元:<http://www.eqh.dpri.kyoto-u.ac.jp/~masumi/eq>

京都大学防災研究所山田真澄:岩手・宮城内陸地震被害調査報告

観測小屋



## 東成瀬 (KiK-net AKTH04)



観測点は少し小高い丘の上にある。  
すぐ後ろは急ながけになっている。

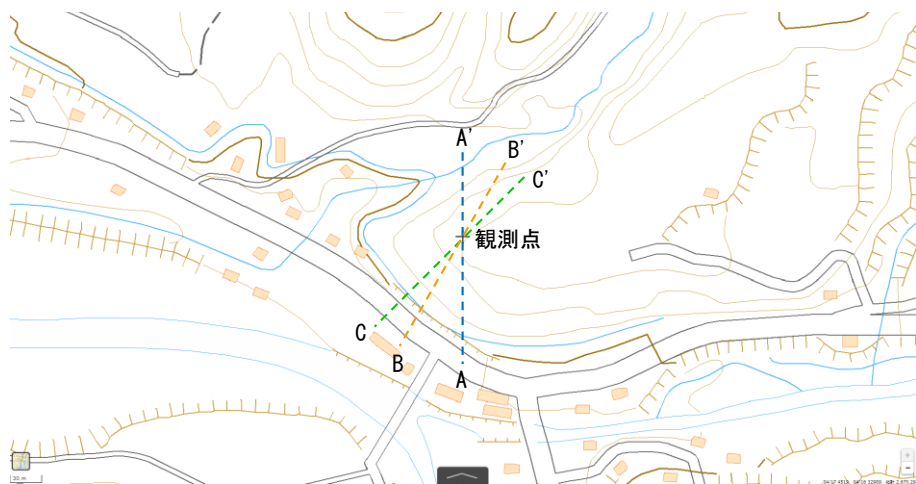


## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net東成瀬観測点

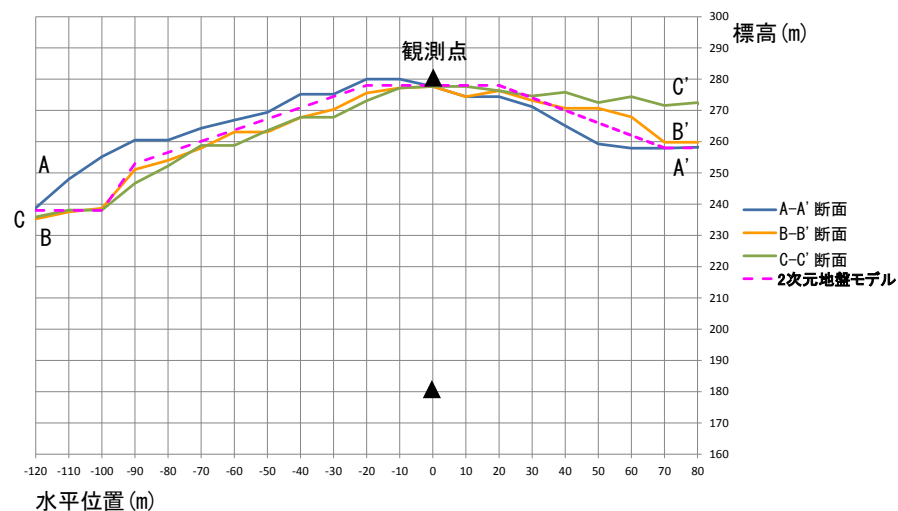
再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## AKTH04(東成瀬) 地形の影響に関する検討

●AKTH04(東成瀬)観測点は、周囲が崖地形となっていることから、国土地理院の数値標高モデル(DEM)を用いた複数の断面を確認し、周辺地形を簡易的に考慮した2次元地盤モデルとする。



平面図  
(国土地理院・電子国土Webに加筆)



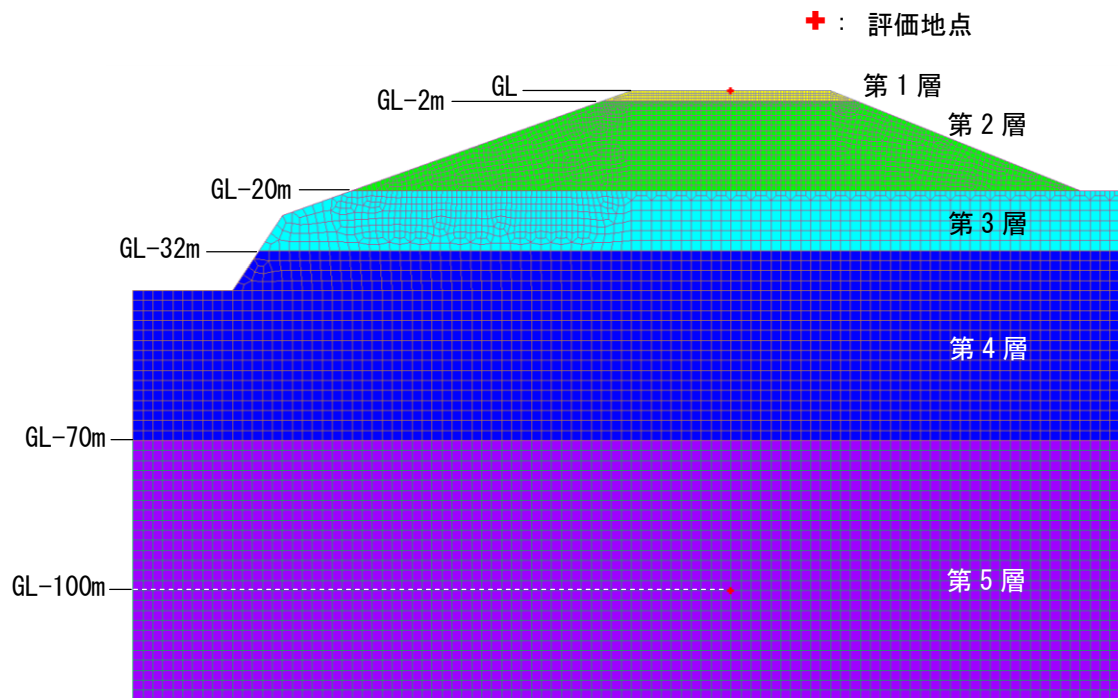
断面図

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net東成瀬観測点

再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## AKTH04(東成瀬) 地形の影響に関する検討

- 2次元地盤モデルは、地震観測点におけるPS検層結果の層境界を用いて、観測点周辺の地形を簡易的に考慮した2次元FEMモデルとする。
- 地中観測点位置(GL-100m)に対する地表観測点位置の伝達関数( $2E/E+F$ )を算出し、地震観測点位置の1次元地盤モデルによる伝達関数と比較する。



2次元地盤モデル

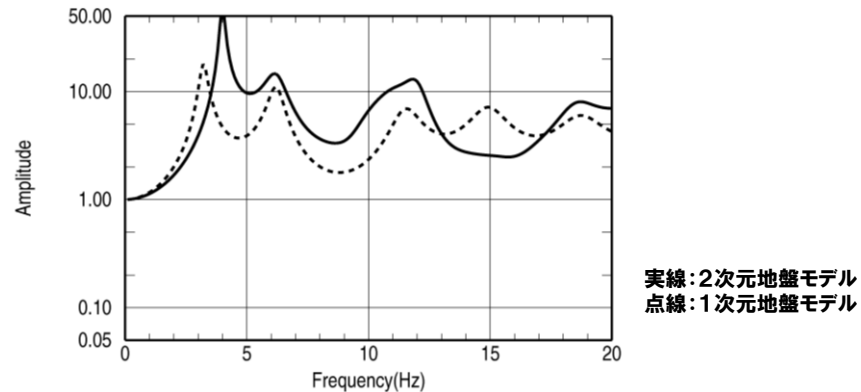
地盤物性値

	P波速度 $V_p$ (m/s)	S波速度 $V_s$ (m/s)	密度 $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )
第1層	300	150	1.64
第2層	880	430	1.64
第3層	3000	980	2.22
第4層	3000	1150	2.22
第5層	3000	1500	2.22

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net東成瀬観測点

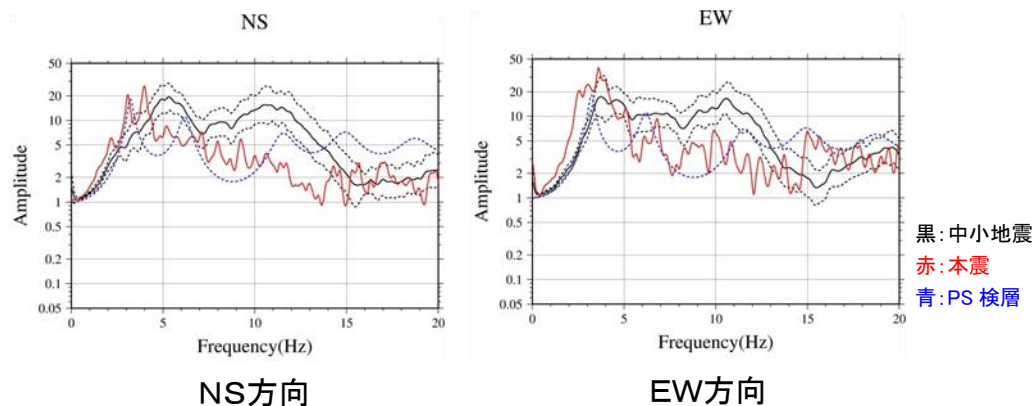
再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## AKTH04(東成瀬) 地形の影響に関する検討



伝達関数 (GL(2E)/GL-100m(E+F))

- 2次元地盤モデルと1次元地盤モデルの伝達関数を比較すると、5Hzおよび10Hz付近で2次元地盤モデルの結果が大きく、15Hz付近では2次元地盤モデルの結果が小さくなっており、1次元地盤モデルと差異がみられることから、AKTH04(東成瀬)観測点の観測記録には、周辺地形による影響が含まれているものと考えられる。
- なお、中小地震の観測記録にみられる5Hz付近および10Hz付近で伝達関数が大きくなる傾向と同様に、2次元地盤モデルの5Hzおよび10Hz付近で伝達関数が大きくなっている。



観測記録の伝達関数(地表/地中)

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net東成瀬観測点

一部加筆修正 (H27.6.12審査会合資料)

## KiK-net東成瀬観測点 まとめ

## 【本震記録を用いた検討】

- AKTH04(東成瀬)観測点について、本震記録を用いて観測記録のはぎとり解析のための地盤同定を実施した結果、得られた地盤モデルのうち水平方向については、表層のVsが極端に小さい。また、上下方向については、観測記録の伝達関数を再現できていない。

## 【詳細検討】

## ①本震記録を用いた検討

- ・本震記録を用いた地盤同定により得られた地盤モデルを用いて、応答スペクトルの再現性を確認した結果、水平および上下ともに地表記録を再現できていない。
- ・探索範囲等を変更し地盤同定を実施した結果、得られた地盤モデルのうち水平方向については、従来の同定結果と同様に表層のVsが極端に小さい。また、上下方向については、観測記録の伝達関数を再現できていない。

## ②中小地震記録を用いた検討

- ・本震および中小地震の地表記録を用いたH/Vスペクトルより、本震記録に地盤の非線形性の影響が含まれていると考えられる。
- ・中小地震を用いて線形領域における地盤同定を実施した結果、得られた地盤モデルは、水平・上下とも観測記録の伝達関数を再現できていないことから、1次元波動論によるはぎとり解析の適用が困難である。

## ③地形の影響に関する検討

- ・2次元地盤モデルと1次元地盤モデルの伝達関数に差異がみられることから、AKTH04(東成瀬)観測点の観測記録には、周辺地形による影響が含まれているものと考えられる。

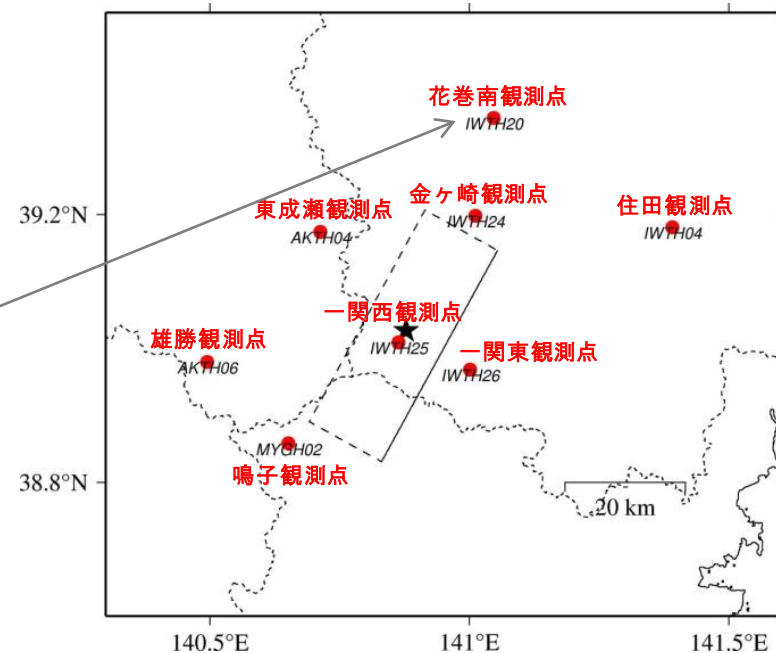
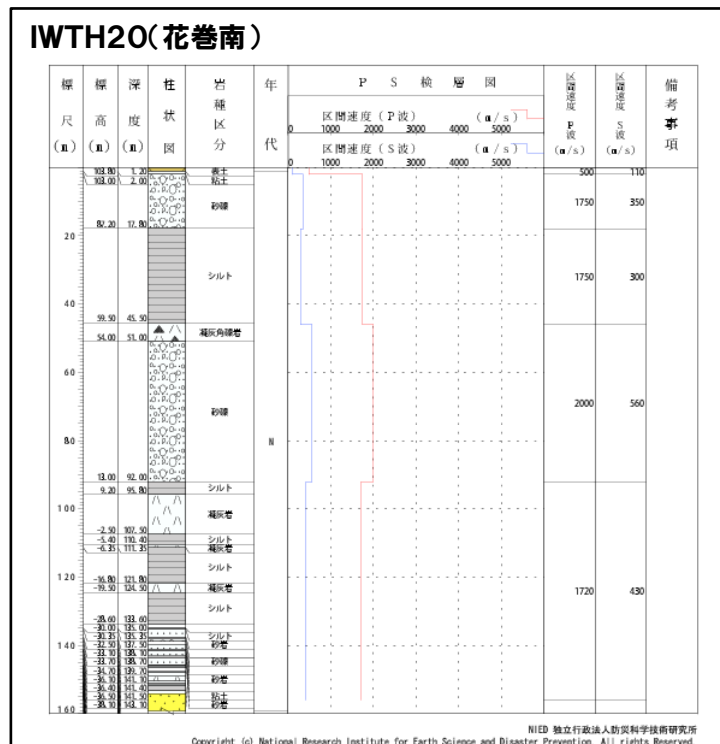
- AKTH04(東成瀬)については、観測記録に地盤の非線形性の影響、周辺地形による影響が含まれており、観測記録と整合する地盤モデルが同定できず、地表記録も再現できていないことから、現時点で信頼性の高い地盤地震動の評価は困難である。

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net花巻南観測点

再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## KiK-net花巻南観測点に関する検討

●KiK-net観測点のうち、加藤ほか(2004)の応答スペクトルを上回る観測記録(IWTH20(花巻南))について、基盤地震動を評価することを目的とした観測記録のはざとり解析を実施する。



## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net花巻南観測点

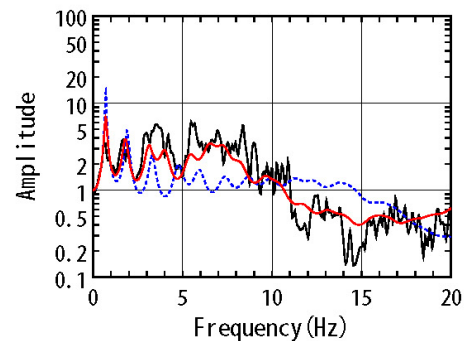
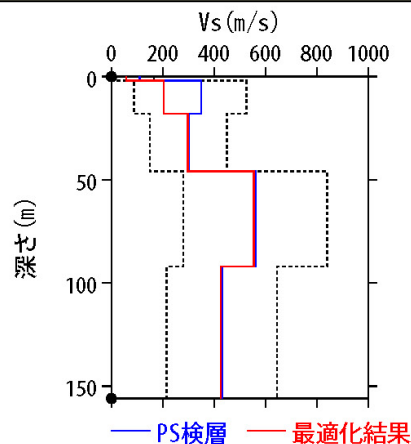
再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## IWTH20(花巻南)

●IWTH20(花巻南)の観測記録について、KiK-netボーリングデータを初期値として、観測記録の伝達関数を再現できるように地盤同定を実施。

地盤同定結果(水平)

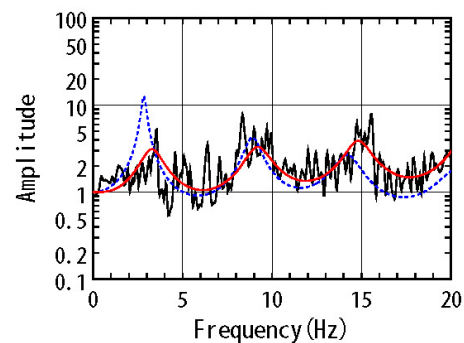
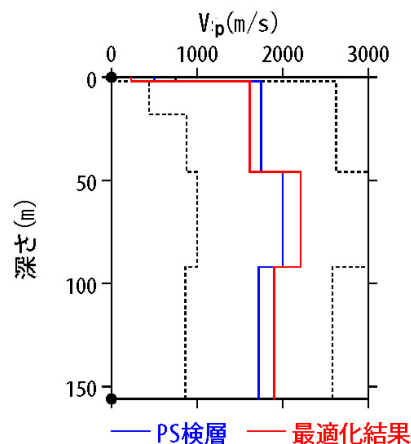
No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm <sup>3</sup> )	S波速度 (m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	$\alpha$
1	2	0	1.64	110	11	165	57	0.52	0.093	0.269
2	16	2	1.78	350	88	525	203	0.58		
3	28	18	1.78	300	150	450	298	0.99		
4	46	46	1.91	560	280	840	555	0.99		
5	64	92	1.77	430	215	645	426	0.99		
6	—	156	1.77	430	215	645	426	0.99		



伝達関数の比較(水平)

地盤同定結果(上下)

No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm <sup>3</sup> )	P波速度 (m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	$\alpha$
1	2	0	1.64	500	50	750	231	0.46	0.709	1.000
2	16	2	1.78	1750	438	2625	1613	0.92		
3	28	18	1.78	1750	875	2625	1613	0.92		
4	46	46	1.91	2000	1000	3000	2210	1.11		
5	64	92	1.77	1720	860	2580	1900	1.10		
6	—	156	1.77	1720	860	2580	1900	1.10		



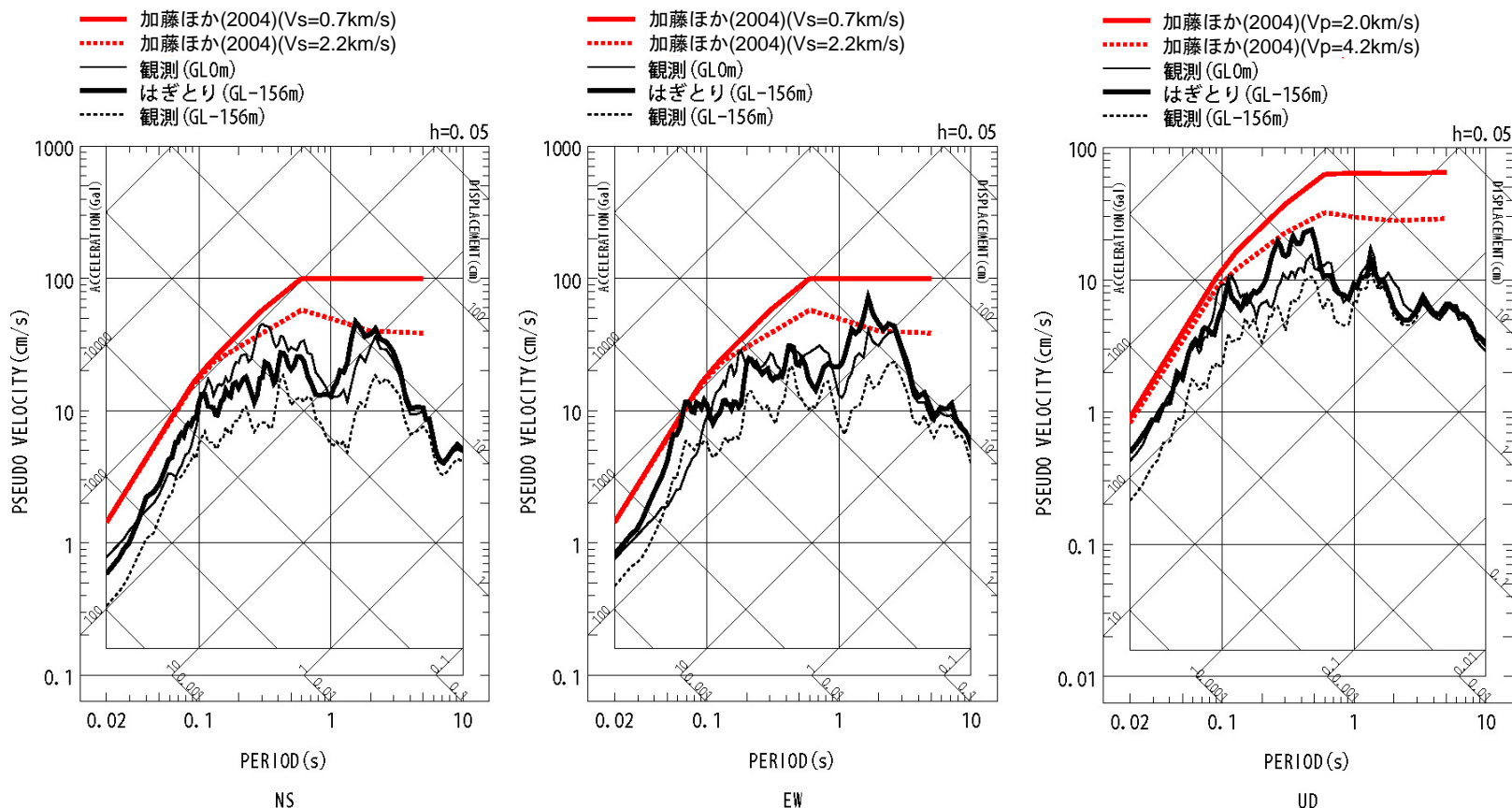
伝達関数の比較(上下)

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net花巻南観測点

再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## IWTH20(花巻南)

●地盤同定により得られた地盤モデルを用いて、IWTH20(花巻南)のはぎとり解析を実施。



●IWTH20(花巻南)は、概ね妥当な地盤モデルを作成でき、はぎとり解析を実施した結果、一部の周期帯で加藤ほか(2004)を上回る結果となった。

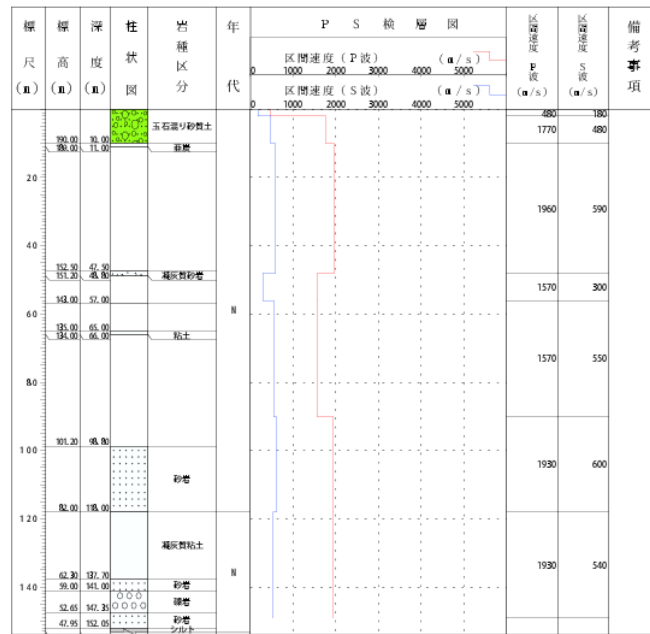
## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net金ヶ崎観測点

再掲 (H27.6.12審査会合資料)

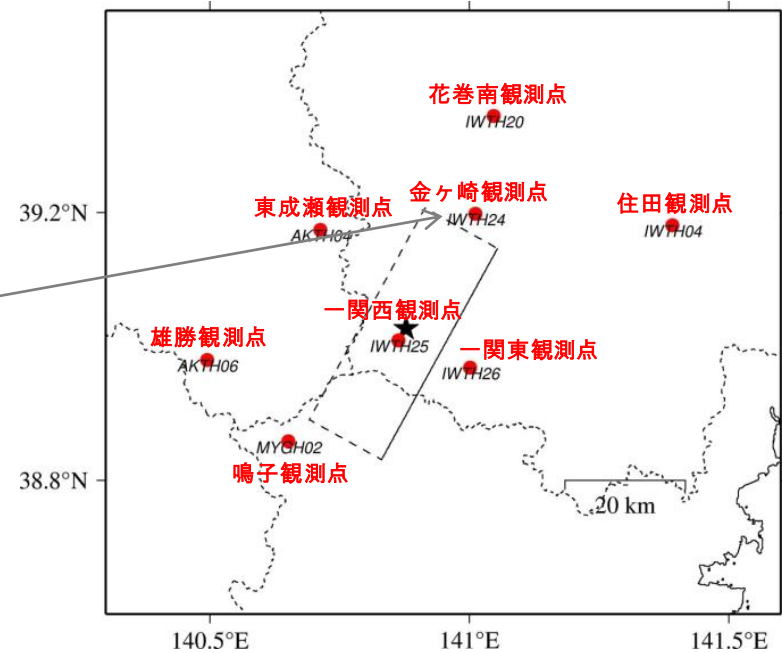
## KiK-net金ヶ崎観測点に関する検討

- KiK-net観測点のうち、加藤ほか(2004)の応答スペクトルを上回る観測記録(IWTH24(金ヶ崎))について、基盤地震動を評価することを目的とした観測記録のはぎとり解析を実施する。

IWTH24(金ヶ崎)



NIED 独立行政法人防災科学技術研究所  
Copyright (c) National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention. All rights Reserved.





## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net金ヶ崎観測点

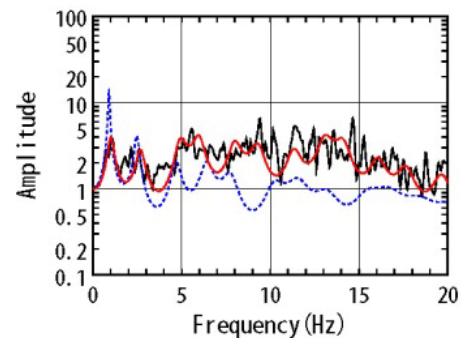
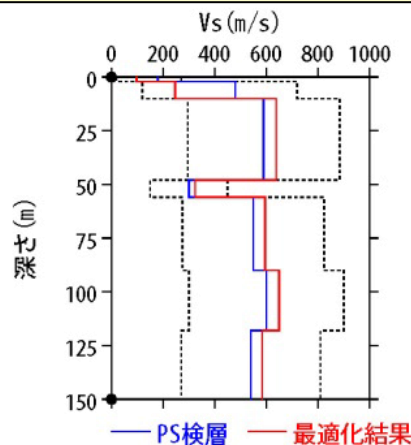
再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## IWTH24(金ヶ崎)

●IWTH24(金ヶ崎)の観測記録について、KiK-netボーリングデータを初期値として、観測記録の伝達関数を再現できるように地盤同定を実施。

地盤同定結果(水平)

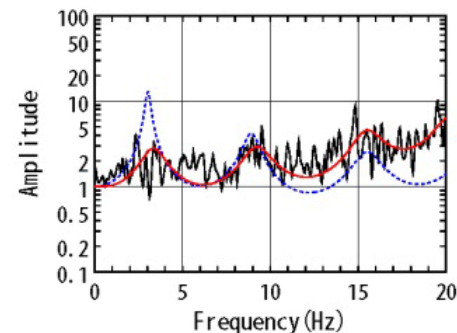
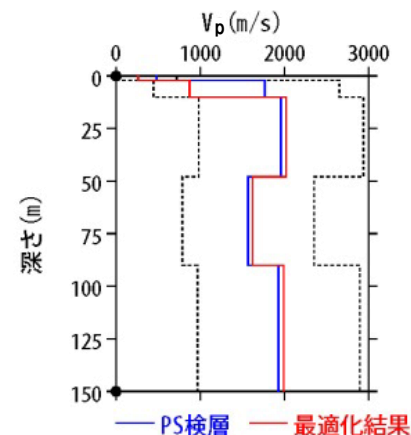
No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm <sup>3</sup> )	S波速度(m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	$\alpha$
1	2	0	1.64	180	18	270	97	0.54	0.174	0.682
2	8	2	1.79	480	120	720	247	0.51		
3	38	10	1.89	590	295	885	638	1.08		
4	8	48	1.68	300	150	450	324	1.08		
5	34	56	1.68	550	275	825	595	1.08		
6	28	90	1.87	600	300	900	649	1.08		
7	32	118	1.87	540	270	810	584	1.08		
8	—	150	1.87	540	270	810	584	1.08		



伝達関数の比較(水平)

地盤同定結果(上下)

No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm <sup>3</sup> )	P波速度(m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	$\alpha$
1	2	0	1.64	480	48	720	262	0.55	0.812	1.000
2	8	2	1.79	1770	443	2655	871	0.49		
3	38	10	1.89	1960	980	2940	2021	1.03		
4	8	48	1.68	1570	785	2355	1619	1.03		
5	34	56	1.68	1570	785	2355	1619	1.03		
6	28	90	1.87	1930	965	2895	1990	1.03		
7	32	118	1.87	1930	965	2895	1990	1.03		
8	—	150	1.87	1930	965	2895	1990	1.03		



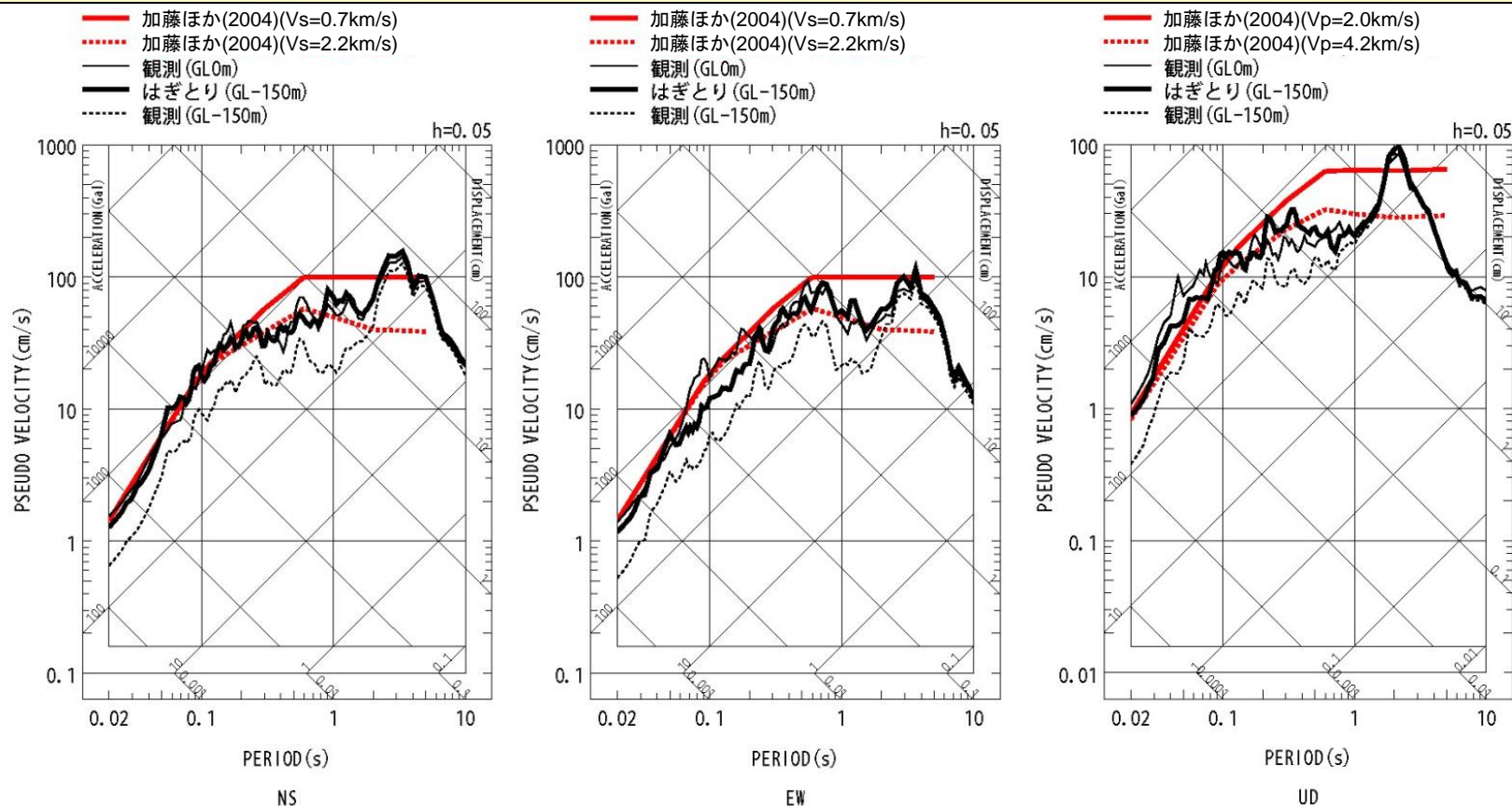
伝達関数の比較(上下)

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net金ヶ崎観測点

再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## IWTH24(金ヶ崎)

●地盤同定により得られた地盤モデルを用いて、IWTH24(金ヶ崎)のはぎとり解析を実施。



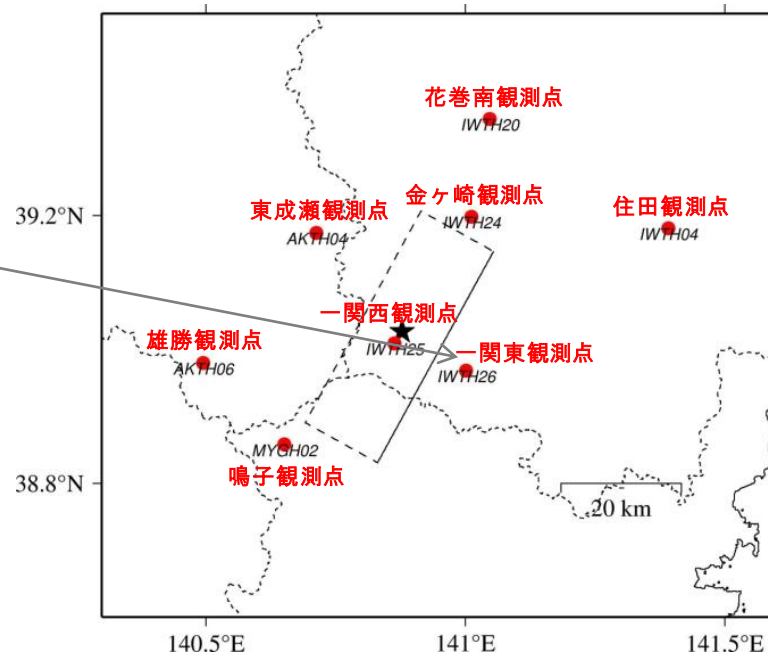
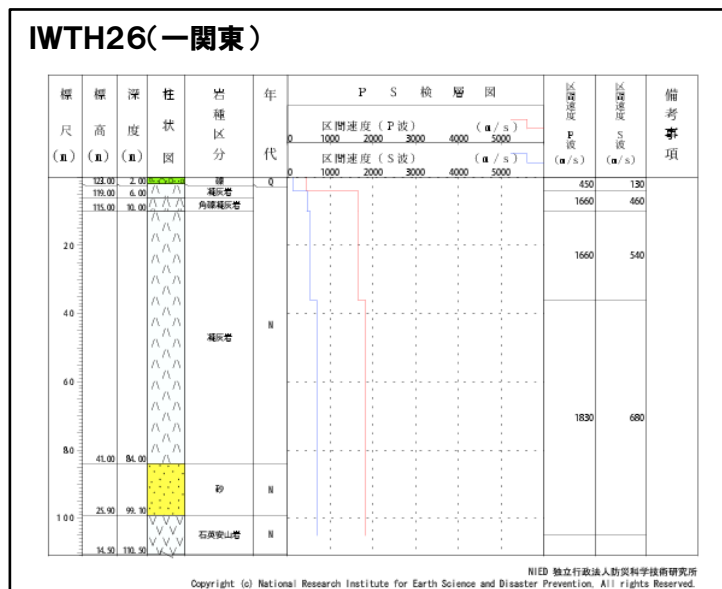
●IWTH24(金ヶ崎)は、概ね妥当な地盤モデルを作成でき、はぎとり解析を実施した結果、一部の周期帯で加藤ほか(2004)を上回る結果となった。

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net—関東観測点

再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## KiK-net—関東観測点に関する検討

- KiK-net観測点のうち、加藤ほか(2004)の応答スペクトルを上回る観測記録(IWTH26(一関東))について、基盤地震動を評価することを目的とした観測記録のはざとり解析を実施する。



## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net—関東観測点

再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## IWTH26(一関東)

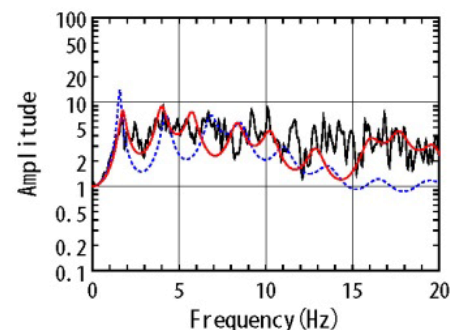
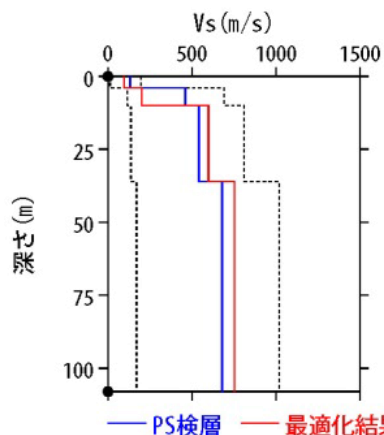
- IWTH26(一関東)の観測記録について、KiK-netボーリングデータを初期値として、観測記録の伝達関数を再現できるように地盤同定を実施。
- 得られた地盤モデルは、上下方向において観測記録の伝達関数を再現できていない。なお、水平方向は、本震記録による伝達関数に一定の整合がみられる。

地盤同定結果(水平)

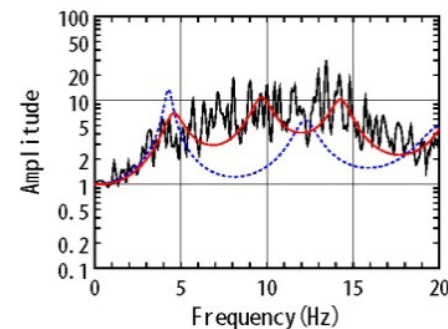
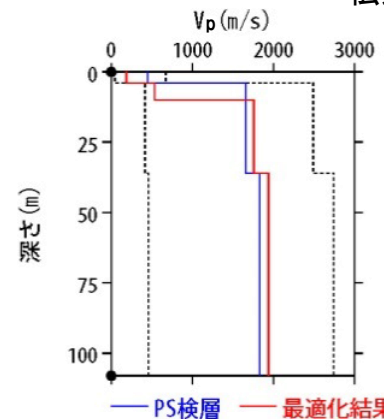
No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm <sup>3</sup> )	S波速度(m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	$\alpha$
1	4	0	1.64	130	13	195	95	0.73		
2	6	4	1.73	460	115	690	200	0.43		
3	26	10	1.73	540	135	810	598	1.11	0.139	0.543
4	72	36	1.82	680	170	1020	752	1.11		
5	—	108	1.82	680	170	1020	752	1.11		

地盤同定結果(上下)

No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm <sup>3</sup> )	P波速度(m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	$\alpha$
1	4	0	1.64	450	45	675	186	0.41		
2	6	4	1.73	1660	415	2490	534	0.32		
3	26	10	1.73	1660	415	2490	1759	1.06	0.559	1.000
4	72	36	1.82	1830	458	2745	1940	1.06		
5	—	108	1.82	1830	458	2745	1940	1.06		



伝達関数の比較(水平)



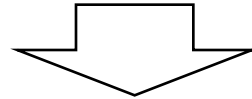
伝達関数の比較(上下)

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net—関東観測点

再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## IWTH26(一関東)観測点に関する詳細検討

●IWTH26(一関東)観測点については、2008年岩手・宮城内陸地震の本震記録を用いて、観測記録のはぎとり解析のための地盤同定を実施したが、得られた地盤モデルは、上下方向において観測記録の伝達関数を再現できていないことから、信頼性の高い基盤地震動の評価は困難であると判断している。



●上記の検討を踏まえ、観測記録のはぎとり解析のための地盤同定について、検討条件を変えた以下の検討を行った。

- 本震を用いた地盤同定に関する検討(再現性の確認)
- 本震を用いた地盤同定に関する検討(上下動の探索範囲等の変更)
- 中小地震を用いた地盤同定に関する検討
- 地形の影響に関する検討

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net—関東観測点

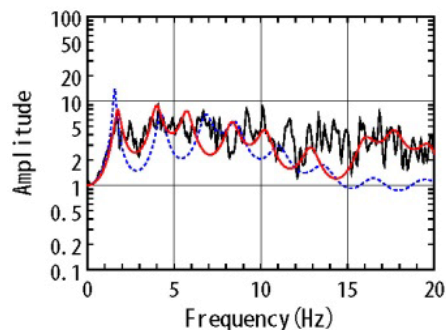
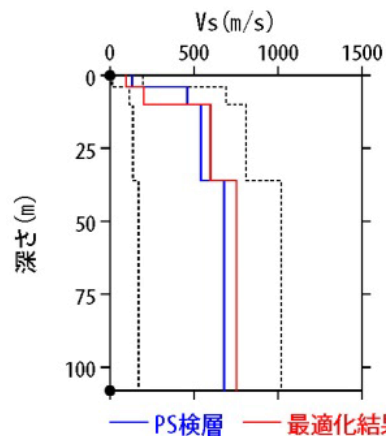
再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## IWITH26(一関東) 本震を用いた地盤同定に関する検討(再現性の確認)

●観測記録を用いた地盤同定により得られた地盤モデル(水平)を用いて、応答スペクトルの再現性を確認した結果、NS方向およびEW方向については地表記録が概ね再現できている。

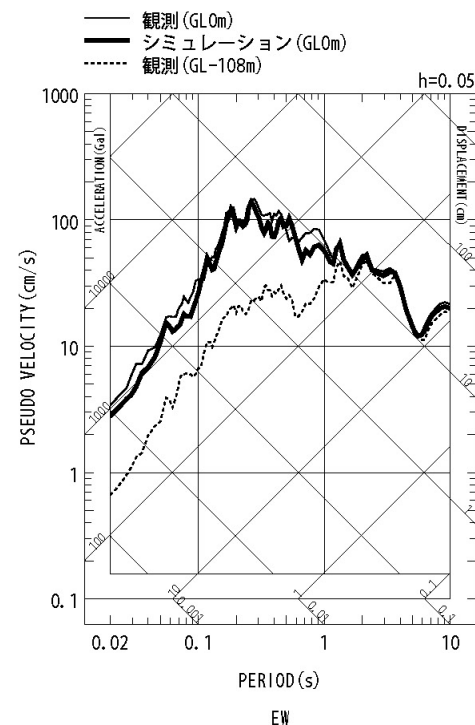
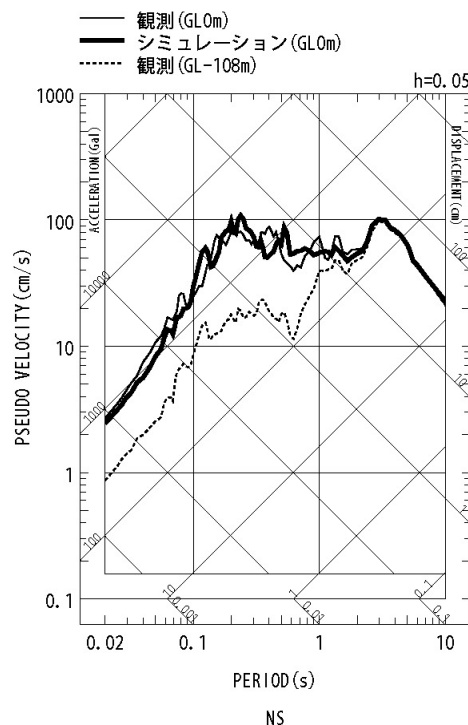
地盤同定結果(水平)

No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm <sup>3</sup> )	S波速度(m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	$\alpha$
1	4	0	1.64	130	13	195	95	0.73		
2	6	4	1.73	460	115	690	200	0.43		
3	26	10	1.73	540	135	810	598	1.11	0.139	0.543
4	72	36	1.82	680	170	1020	752	1.11		
5	—	108	1.82	680	170	1020	752	1.11		



黒: 観測記録  
赤: 最適化結果  
青: PS 検層

伝達関数の比較(水平)



応答スペクトルの比較(水平)

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net—関東観測点

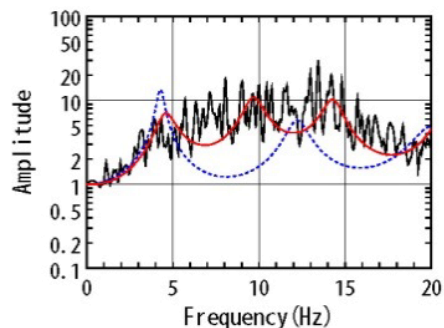
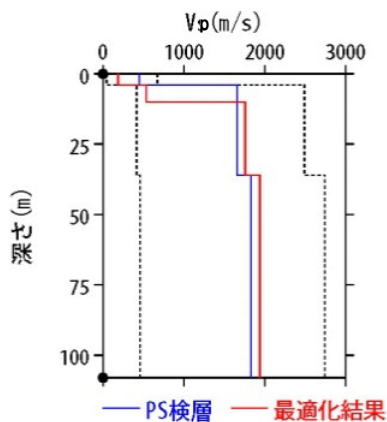
再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## IWITH26(一関東) 本震を用いた地盤同定に関する検討(再現性の確認)

- 観測記録を用いた地盤同定により得られた地盤モデル(上下)を用いて、応答スペクトルの再現性を確認した結果、地表記録の周期0.1~0.2sにみられるピークが再現できていない。

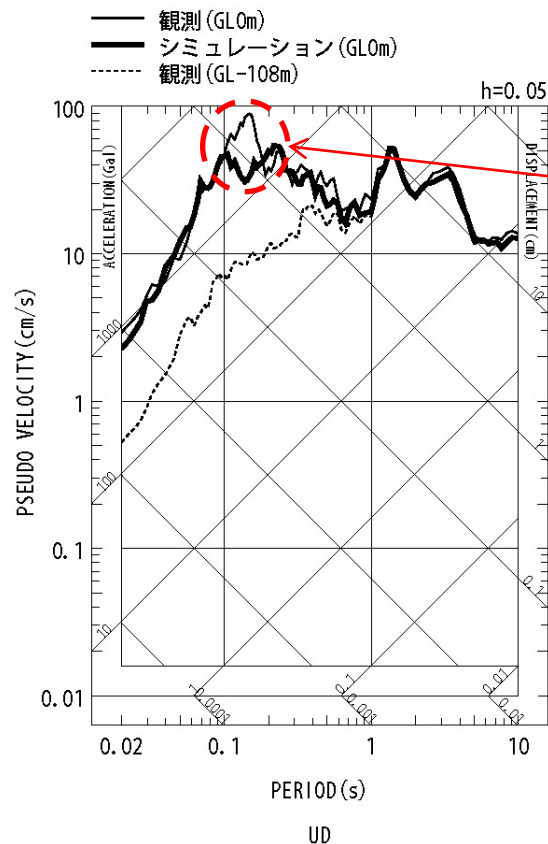
地盤同定結果(上下)

No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm <sup>3</sup> )	P波速度 (m/s)				減衰定数		
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	$\alpha$
1	4	0	1.64	450	45	675	186	0.41		
2	6	4	1.73	1660	415	2490	534	0.32		
3	26	10	1.73	1660	415	2490	1759	1.06	0.559	1.000
4	72	36	1.82	1830	458	2745	1940	1.06		
5	—	108	1.82	1830	458	2745	1940	1.06		



黒: 観測記録  
赤: 最適化結果  
青: PS 検層

伝達関数の比較(上下)



応答スペクトルの比較(上下)

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net—関東観測点

再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## IWTH26(一関東) 本震を用いた地盤同定に関する検討(上下動の探索範囲等の変更)

- 観測記録を用いた地盤同定(上下)について、伝達関数の周波数約7Hz付近の再現性を向上させるため、 $V_p$ の探索範囲を変更し、再度同定を実施した。
- 従来の同定結果と比べて、2Hz~4Hz付近の再現性は低下しており、観測記録の伝達関数を再現できていない。
- また、得られた地盤モデルの2~5層の $V_p$ は、PS検層結果と比べて大きく評価されている。

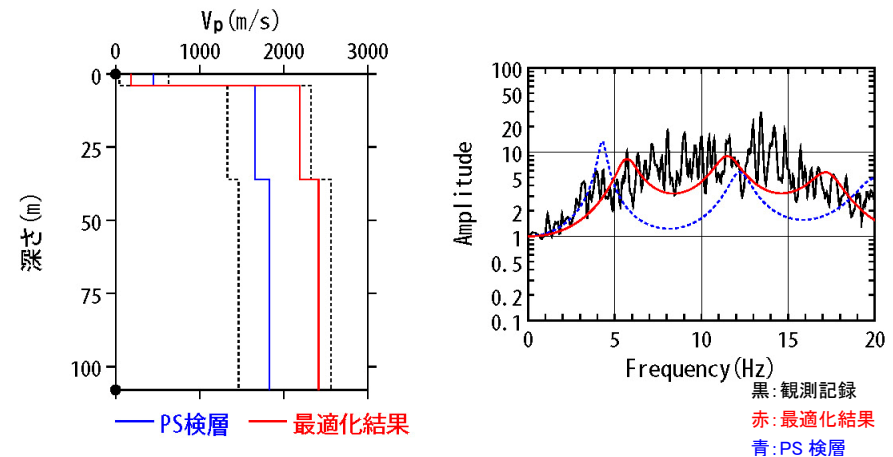
地盤同定結果(上下)

No	THK (m)	DEP (m)	Den ( $g/cm^3$ )	P波速度(m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	$\alpha$
1	4	0	1.64	450	45	630	184	0.41		
2	6	4	1.73	1660	1328	2324	2190	1.32		
3	26	10	1.73	1660	1328	2324	2190	1.32	0.331	0.654
4	72	36	1.82	1830	1464	2562	2415	1.32		
5	—	108	1.82	1830	1464	2562	2415	1.32		

No. 3~5層を同倍率で変動



No. 2~5層を同倍率で変動



伝達関数の比較(上下)

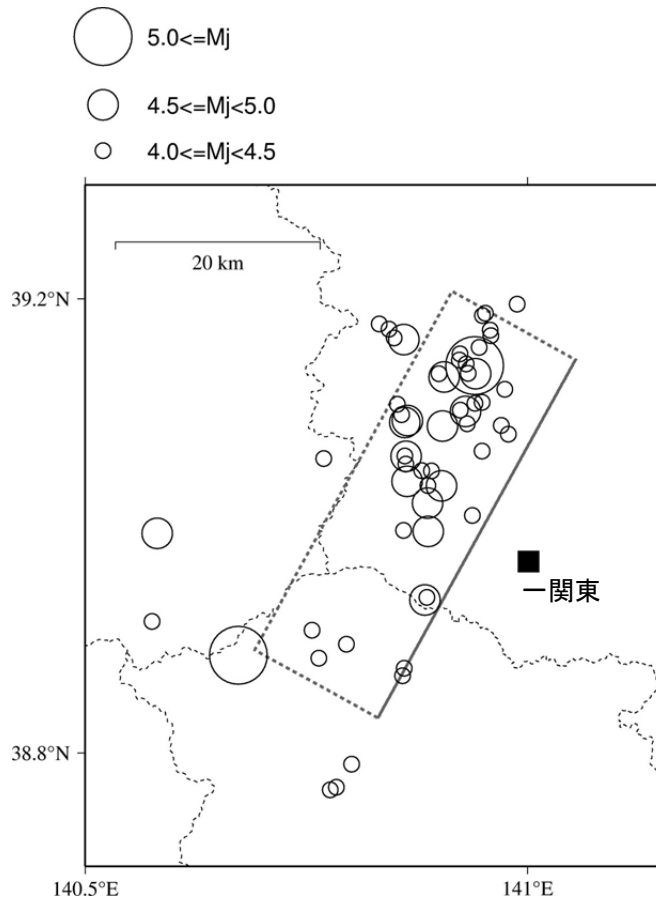


## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net一関東観測点

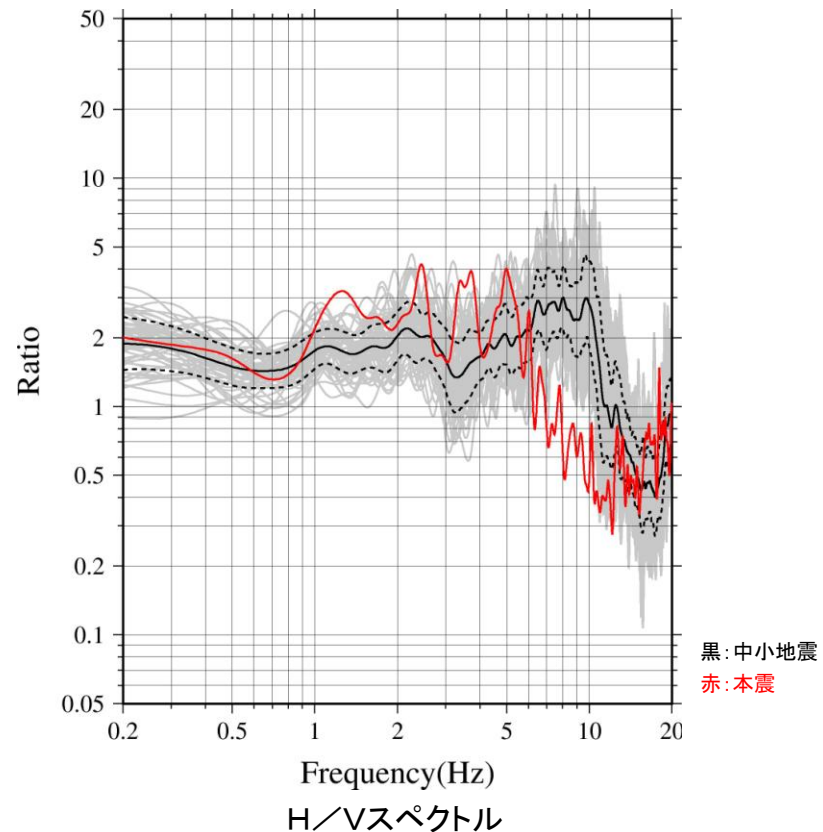
再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## IWTH26(一関東) 中小地震を用いた地盤同定に関する検討

- 2008年岩手・宮城内陸地震の本震および中小地震の地表記録を用いてH/Vスペクトルを算定した。
- 中小地震と比べて本震では、5Hz程度より高周波数側(短周期側)においてH/Vスペクトルの低下がみられることから、本震記録に地盤の非線形性の影響が含まれていると考えられる。



検討地震の震央分布

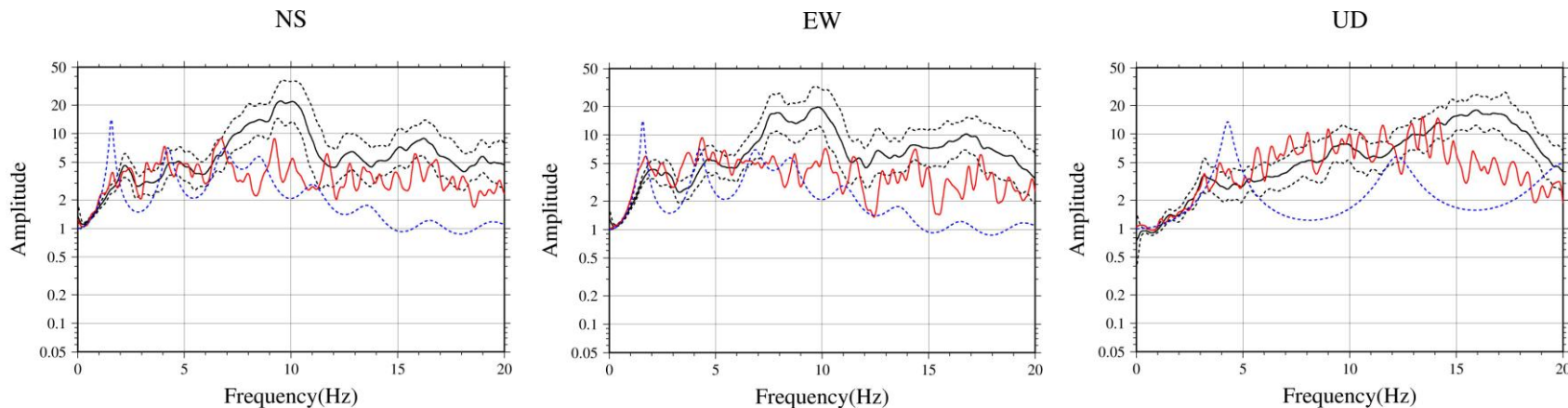


## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net—関東観測点

再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## IWITH26(一関東) 中小地震を用いた地盤同定に関する検討

- 2008年岩手・宮城内陸地震の本震および中小地震について、地表記録と地中記録の伝達関数を算定した。
- NS方向とEW方向について、中小地震と比べて本震では、5Hz程度より高周波数側(短周期側)において倍率が小さくなっており、10Hz弱においてその傾向は顕著である。
- UD方向について、中小地震と比べて本震では、15Hz程度より高周波数側(短周期側)において倍率が小さくなっている。
- 本震による伝達関数と中小地震による伝達関数の傾向が大きく異なることおよび中小地震による伝達関数とPS検層結果による伝達関数が本震とPS検層結果の関係よりさらに乖離していることから、中小地震による伝達関数を用いた地盤同定により、本震のはぎとり解析のための地盤モデルを作成することは困難と考えられる。



NS方向

EW方向

UD方向

伝達関数

黒: 中小地震

赤: 本震

青: PS 検層

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net一関東観測点

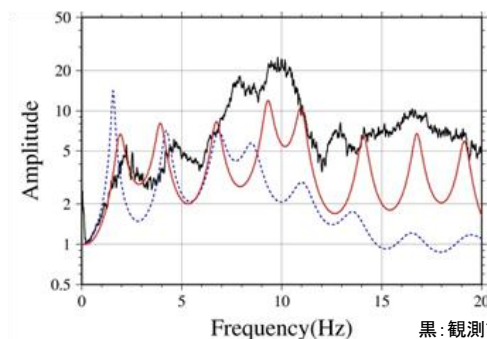
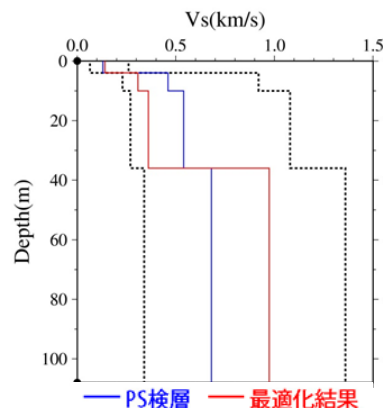
再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## IWTH26(一関東) 中小地震を用いた地盤同定に関する検討

- 中小地震による伝達関数を用いた地盤同定により、本震のはぎとり解析のための地盤モデルを作成することは困難と考えられるが、念のため、中小地震を用いて線形領域における地盤同定を実施した。
- 得られた地盤モデルは、水平・上下とも観測記録の伝達関数を再現できていない。

地盤同定結果(水平)

No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm <sup>3</sup> )	S波速度 (m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	h <sub>0</sub>	α
1	4	0	1.64	130	65	260	141	1.08	0.241	1.000
2	6	4	1.73	460	230	920	308	0.67		
3	26	10	1.73	540	270	1080	361	0.67		
4	72	36	1.82	680	340	1360	974	1.43		
5	—	108	1.82	680	340	1360	974	1.43		

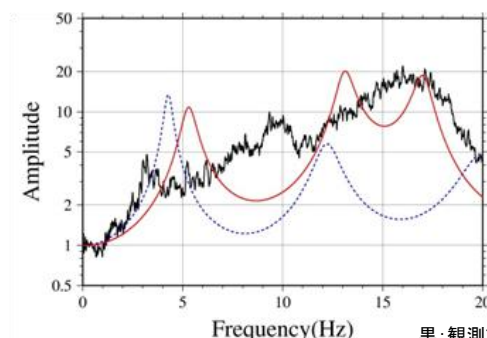
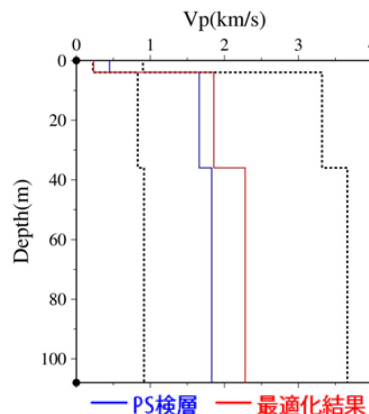


伝達関数の比較(水平)

黒:観測記録  
赤:最適化結果  
青:PS検層

地盤同定結果(上下)

No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm <sup>3</sup> )	P波速度 (m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	h <sub>0</sub>	α
1	4	0	1.64	450	225	900	236	0.52	0.297	0.850
2	6	4	1.73	1660	830	3320	1857	1.12		
3	26	10	1.73	1660	830	3320	1857	1.12		
4	72	36	1.82	1830	915	3660	2279	1.25		
5	—	108	1.82	1830	915	3660	2279	1.25		



伝達関数の比較(上下)

黒:観測記録  
赤:最適化結果  
青:PS検層

- 中小地震による伝達関数を用いた線形領域における地盤同定は、水平動・上下動ともに観測記録の伝達関数を再現できていないことから、1次元波動論によるはぎとり解析の適用が困難である。

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net一関東観測点

再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## IWTH26(一関東) 地形の影響に関する検討

●IWTH26(一関東)の観測点は、観測小屋背後が急な法面となっている。この地形の影響について、傾向を概略検討する。

(参考)地震観測点の状況

観測小屋

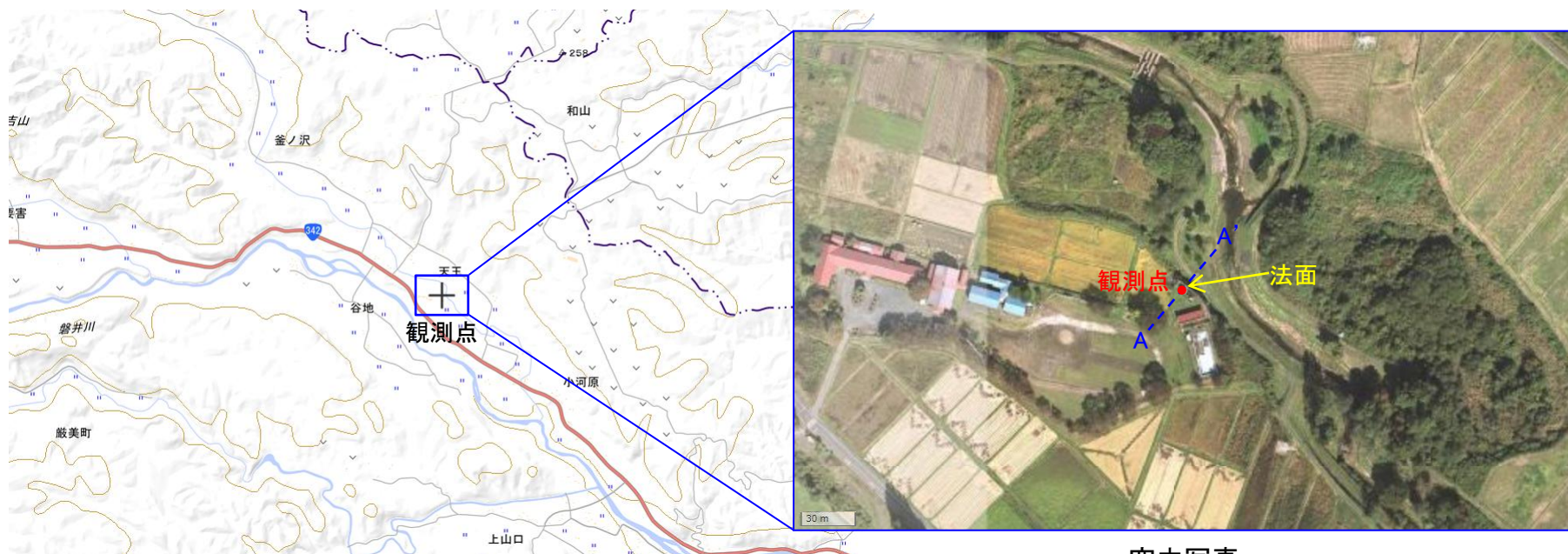


## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net一関東観測点

再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## IWTH26(一関東) 地形の影響に関する検討

●IWTH26(一関東)の観測点は、観測小屋背後の法面を簡易的に考慮した2次元地盤モデルを作成し検討を行う。



平面図  
(国土地理院・電子国土Webに加筆)

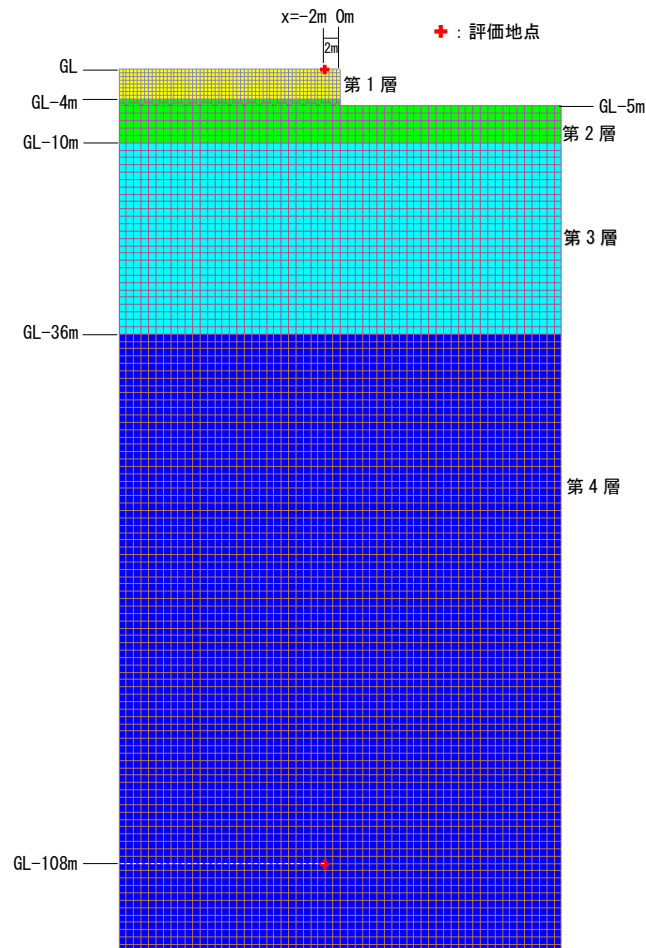
空中写真  
(国土地理院・電子国土Webに加筆)

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net—関東観測点

再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## IWTH26(一関東) 地形の影響に関する検討

- 2次元地盤モデルは、地震観測点におけるPS検層結果の層境界を用いて、観測小屋背後の法面を簡易的に考慮した2次元FEMモデルとする。
- 地中観測点位置 (GL-108m) に対する地表観測点位置の伝達関数 ( $2E/E+F$ ) を算出し、地震観測点位置の1次元地盤モデルによる伝達関数と比較する。



2次元地盤モデル

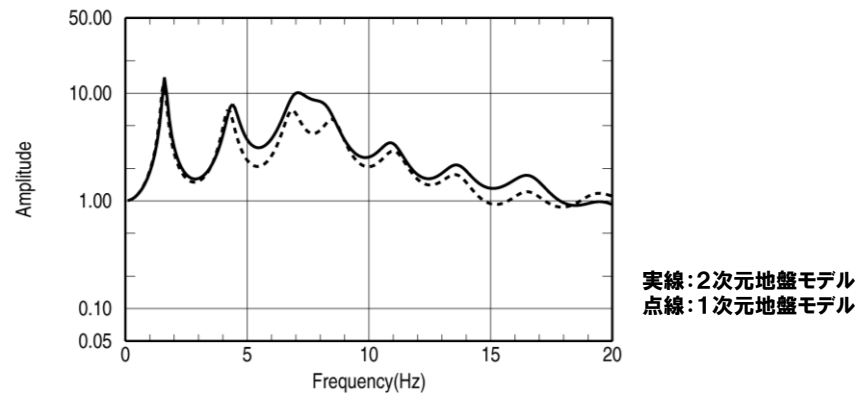
地盤物性値

	P波速度 $V_p$ (m/s)	S波速度 $V_s$ (m/s)	密度 $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )
第1層	450	130	1.64
第2層	1660	460	1.73
第3層	1660	540	1.73
第4層	1830	680	1.82

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net—関東観測点

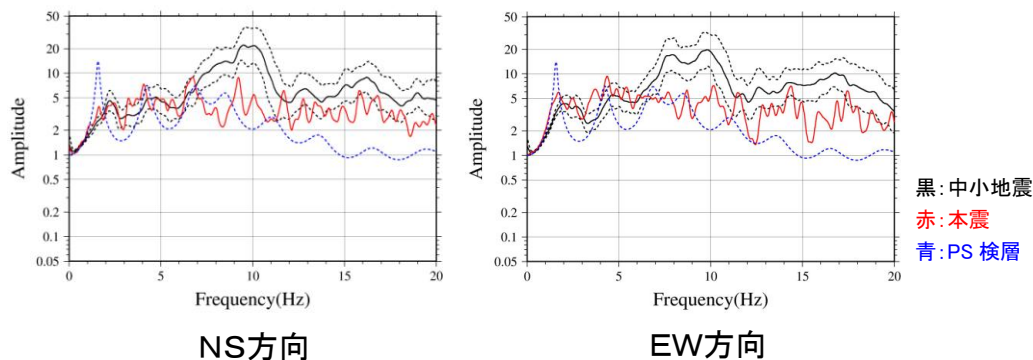
再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## IWTH26(一関東) 地形の影響に関する検討



伝達関数 (GL(2E)/GL-108m(E+F))

- 2次元地盤モデルと1次元地盤モデルの伝達関数を比較すると、5Hz程度より高周波数側(短周期側)で2次元地盤モデルの結果が大きくなっており、1次元地盤モデルと差異が若干みられることから、IWTH26(一関東)観測点の観測記録には、周辺地形による影響が一部含まれていると考えられる。
- なお、中小地震の観測記録にみられる10Hz弱で伝達関数が大きくなる傾向と同様に、2次元地盤モデルの7～8Hzで伝達関数が大きくなっている。



観測記録の伝達関数(地表/地中)

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net—関東観測点

一部加筆修正 (H27.6.12審査会合資料)

## KiK-net—関東観測点 検討のまとめ

## 【本震記録を用いた検討】

- IWTH26(一関東)観測点について、本震記録を用いて観測記録のはざとり解析のための地盤同定を実施した結果、得られた地盤モデルは、上下方向において観測記録の伝達関数を再現できていない。

## 【詳細検討】

## ①本震記録を用いた検討

- ・本震記録を用いた地盤同定により得られた地盤モデルを用いて、応答スペクトルの再現性を確認した結果、水平方向については、地表記録が概ね再現できており、上下方向については、地表記録を再現できていない。
- ・探索範囲を変更し地盤同定を実施した結果、得られた地盤モデルは、上下動の観測記録の伝達関数を再現できていない。また、得られた地盤モデルの $V_p$ は、PS検層結果と比べて大きい。

## ②中小地震記録を用いた検討

- ・本震および中小地震の地表記録を用いた $H/V$ スペクトルより、本震記録に地盤の非線形性の影響が含まれていると考えられる。
- ・中小地震を用いて線形領域における地盤同定を実施した結果、得られた地盤モデルは、水平・上下とも観測記録の伝達関数を再現できていないことから、1次元波動論によるはざとり解析の適用が困難である。

## ③地形の影響に関する検討

- ・2次元地盤モデルと1次元地盤モデルの伝達関数に若干の差異がみられることから、IWTH26(一関東)観測点の観測記録には、周辺地形による影響が一部含まれていると考えられる。

- IWTH26(一関東)観測点については、観測記録に地盤の非線形性の影響、周辺地形による影響が含まれており、上下方向において観測記録の伝達関数を再現できていないことから、現時点で信頼性の高い基盤地震動の評価は困難である。

- しかしながら、水平方向は、本震記録による伝達関数に一定の整合がみられ、地表記録を概ね再現できている。



## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net—関東観測点

再掲 (H27.6.12審査会合資料)

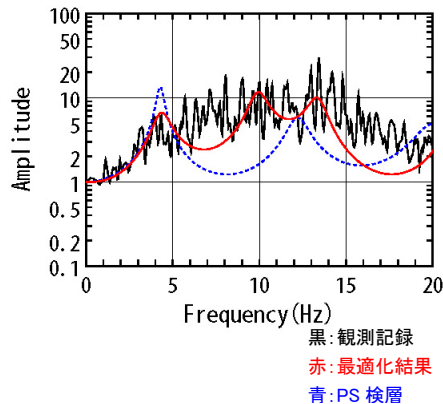
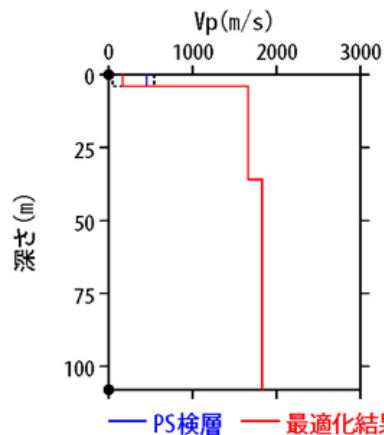
## IWITH26(一関東) 補足検討(上下動のPS検層結果を用いた検討)

- これまでの検討より、上下方向の観測記録の伝達関数を再現できていないことから、地盤同定により得られた地盤モデルの物性値の妥当性が確認できない状況である。
- 現時点で把握可能な地盤物性値は、PS検層結果のみであることから、PS検層結果を反映した地盤同定を実施する。
- 得られた地盤モデルは、伝達関数および地表記録の応答スペクトルの周期0.1~0.2sにみられるピークが再現できていない。また、従来の同定結果と比べて伝達関数および地表記録の再現性は、同様の傾向であるが、応答スペクトルのごく短周期では若干向上している。

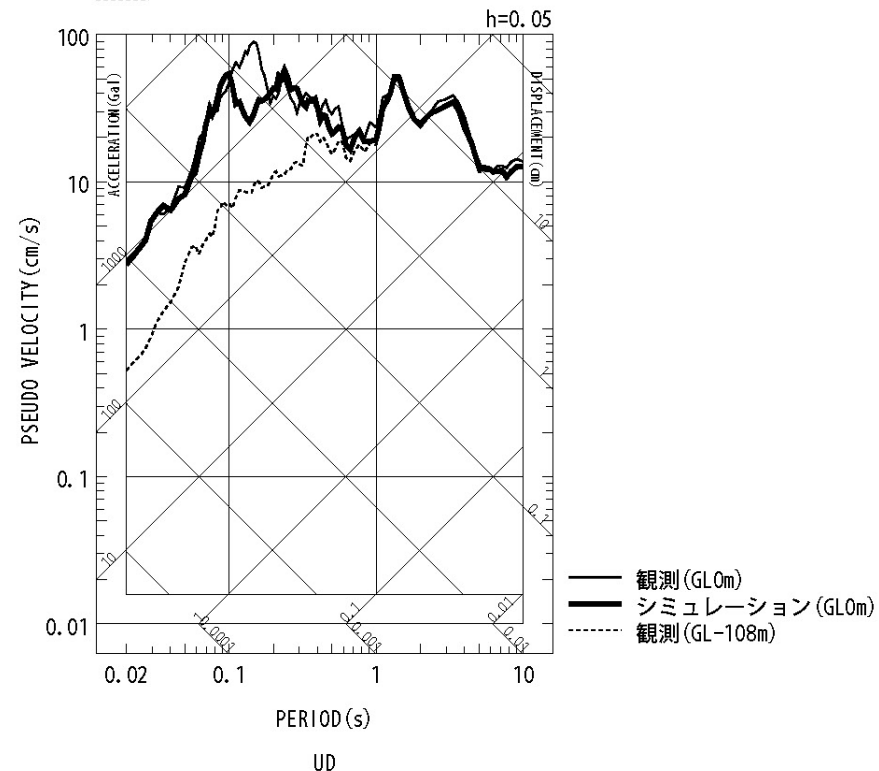
地盤同定結果(上下)

No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm <sup>3</sup> )	P波速度 (m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	a
1	4	0	1.64	450	45	540	164	0.36		
2	6	4	1.73	1660	1660	1660	1660	1.00		
3	26	10	1.73	1660	1660	1660	1660	1.00	0.531	1.000
4	72	36	1.82	1830	1830	1830	1830	1.00		
5	—	108	1.82	1830	1830	1830	1830	1.00		

No. 2~5層をPS検層値で固定



伝達関数の比較(上下)



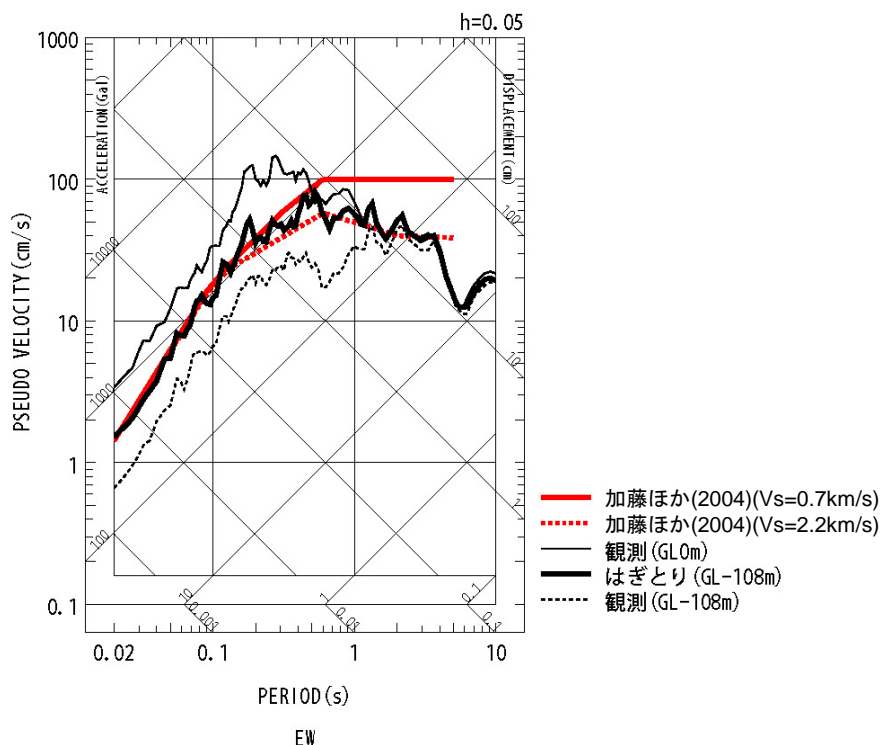
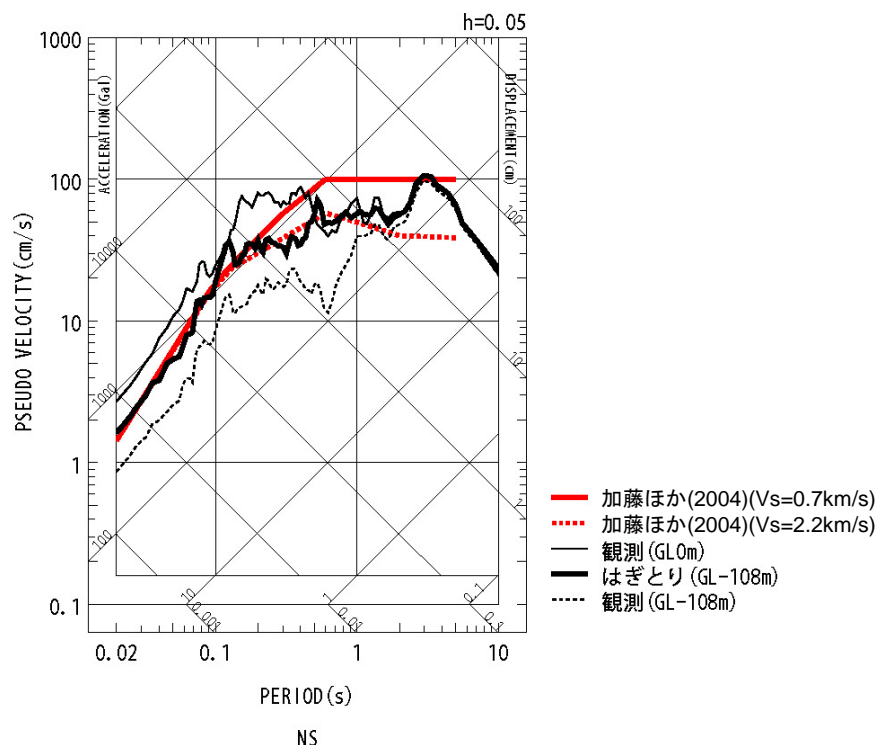
応答スペクトルの比較(上下)

## 2.3 地震観測記録の分析・評価 KiK-net—関東観測点

再掲 (H27.6.12審査会合資料)

## IWTH26(一関東) これまでの検討を踏まえた現時点における当社の判断

- IWTH26(一関東)観測点については、上下方向において観測記録の伝達関数を再現できていないことから、信頼性の高い基盤地震動の評価は困難である。
- しかしながら、水平方向は、本震記録による伝達関数に一定の整合がみられ、地表記録を概ね再現できていることから、これまでの検討で得られた地盤モデルを用いて、水平方向のはぎとり解析を実施する。



- IWTH26(一関東)について、地盤同定により得られた地盤モデルを用いて水平方向のはぎとり解析を実施した結果、一部の周期帯で加藤ほか(2004)を上回る結果となった。