

第4章 地震動の推定

解析の対象とした構造物を表4.1に示す。

4.1 地震動推定手順

地表面で観測された地震記録を用いて、脱線地点の地震動を推定する。その一般的な推定手順は、以下の通りである。

- Step1：解析対象地点に近い地表面で観測された地震波（これを「基準地震波」と呼ぶ）を選択する。
- Step2：表層地盤の影響を除去するために、基準地震波を基盤面まで引き戻して、基盤面での入射波（2E成分：以後、基盤波と呼ぶ）を算定する。基盤とは、せん断弾性波速度 V_s が700m/s程度の工学的基盤が望ましいが、このような地盤までの調査が実施されて地盤調査結果が得られていない場合は、N値50（ V_s 400m/s程度）の面を基盤面として代

用する。

- Step3：角度補正を行う（EW,NS成分から、線路方向、直角方向に角度補正）。
- Step4：観測点および対象地点の地盤の深層構造や距離減衰特性などの影響を加味するために、余震記録等を用いて振幅を補正する。これを「推定基盤波」と呼ぶ。
- Step5：推定基盤波を用いて、対象地点周辺の表層地盤の動的解析を行い、対象構造物への入力地震動を推定する。

以上の手順を、図4.1に示す。

ただし、各解析対象地点の地盤条件等に応じて、上記プロセスの一部を省略可能な場合もあり、表4.2に示すように、解析対象地点の条件に応じて適宜変更している。

表4.1 解析対象とした構造物

列車番号	対象構造物	構造形式
7932B	第三小田原BI	鋼製橋脚
142B	東久保BI	ラーメン橋台
144B	第一河原町BI	2層ラーメン高架橋
3027B	第一三本木トンネル	トンネル
59B	第一赤林BI	1層ラーメン高架橋
	第二矢巾BI	壁式橋脚

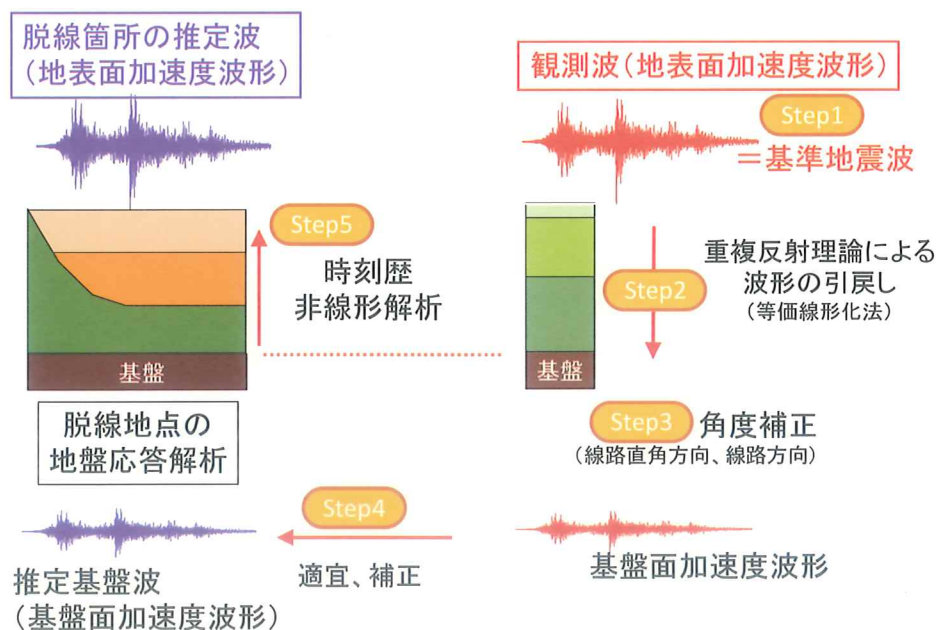


図4.1 観測記録を用いた地震波推定の一般的なプロセス

表4.2 各解析対象地点の地震動の推定総括表

対象構造物	基準地震動	地震動推定プロセス
第三小田原BI	仙台駅	全Step実施
東久保BI	新那須SS	全Step実施
第一河原町BI	新長町SSP	Step1,3,4を実施 Step2：新長町SSPではN50の基盤層が露頭しているので省略 Step5：解析対象地点もN50の基盤層が露頭しているので省略 ※新長町SSPと第一河原町BIの地盤条件がほぼ一致している
第一三本木トンネル	K-NET大和	Step1,2,4を実施 Step3：走行方向がNS方向なので省略 Step5：トンネル内は岩盤中なので省略
第一赤林BI	矢巾駅	全Step実施
第二矢巾BI	矢巾駅	全Step実施

4.2 基準地震波の選定

基準地震波を適切に選定する必要がある。そのためには、

- ①なるべく解析対象地点に近いこと
- ②地震記録に液状化や地形効果など特異な特性が含まれていないこと
- ③ジャストポイントでの土質調査結果（N値，PS検層）があること
- ④余震記録が得られていること（補正に使う。詳細は4.4節を参照）

等が選定条件となる。

解析対象地点の近傍では、それぞれJR沿線地震観測点およびK-NET観測点が複数存在する。例えば脱線地点周辺では図4.2に示すような地点で地震が観測されていた。これらの複数の記録から、上記の①～④を勘案して基準地震波を選定した。表4.3に各解析対象地点近傍の地震観測点およびその概要を、また図4.3には各観測点の地盤条件を示す。なお、最終的に選択された基準地震波を図4.4に示す。

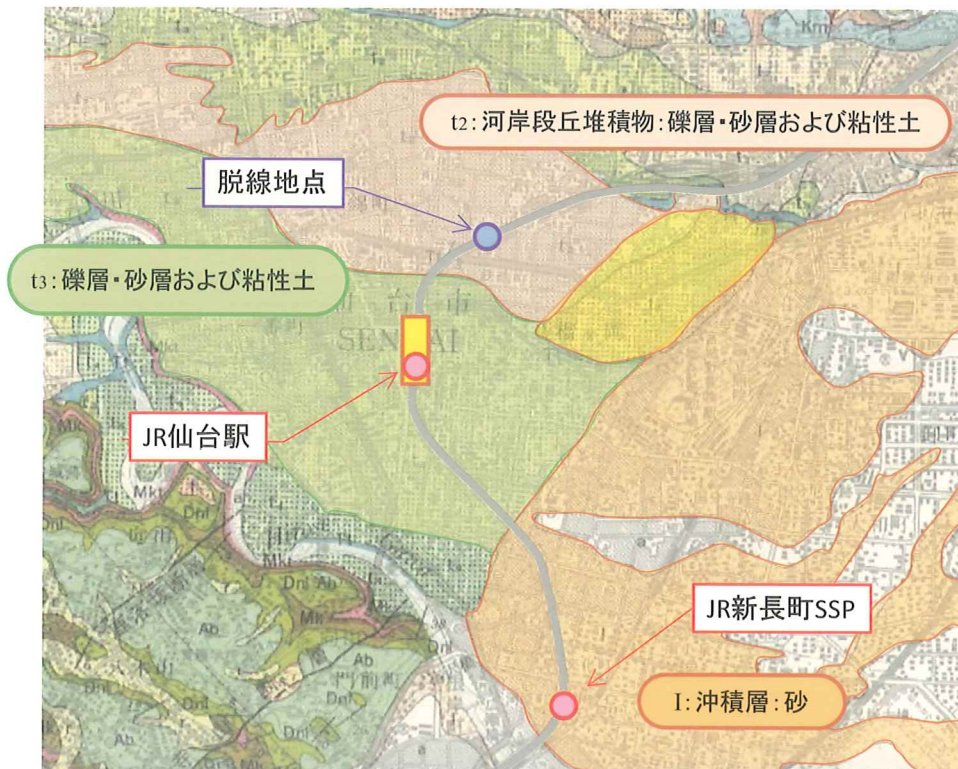


図4.2 解析対象地点と周辺の地震波観測点および地質平面図

表4.3 (その1) 地震動観測点の概要

対象構造物	近傍の地震観測点	地震観測点の特徴
第三小田原BI	JR新長町SSP	<input type="checkbox"/> 脱線地点から約3km。 <input type="checkbox"/> GL-1mからN値50の礫層あり。 <input type="checkbox"/> ジャストポイントではないが近傍の調査結果あり <input type="checkbox"/> 余震記録あり
	○JR仙台駅	<input type="checkbox"/> 脱線地点から約600m。最も脱線地点に近い <input type="checkbox"/> 極表層にN値が5以下の柔らかい層があり、その下は砂礫層が主体。GL-10mに岩盤層。 <u>脱線地点の土質に近い。</u> <input type="checkbox"/> ジャストポイントの土質調査結果あり <input type="checkbox"/> 余震記録あり
	K-NET仙台	<input type="checkbox"/> 脱線地点から遠い <input type="checkbox"/> 軟弱な堆積層が厚く、 <u>地震動の引戻しによる誤差が大きく、不適</u> <input type="checkbox"/> ジャストポイントの土質調査結果あり
東久保BI	○新那須SS	<input type="checkbox"/> 約2km <input type="checkbox"/> GL-7~8mに基盤層、比較的良好な地盤。 <input type="checkbox"/> 建設当時の柱状図が利用可能 <input type="checkbox"/> 余震記録あり
	K-NET黒磯	<input type="checkbox"/> 約8km。 <u>新那須SSに比べて遠い。</u> <input type="checkbox"/> GL-7~8mに基盤層、比較的良好な地盤。 <input type="checkbox"/> ジャストポイントの土質調査結果あり
第一河原町BI	○新長町SSP	<input type="checkbox"/> 約0.4km。解析対象の直近。 <input type="checkbox"/> 表層から良好なレキ層（基盤相当）が出現 <input type="checkbox"/> 建設当時の柱状図が利用可能 <input type="checkbox"/> 余震記録あり
	仙台基地SSP	<input type="checkbox"/> 11km。遠い。 <input type="checkbox"/> 10~30mの軟弱な粘土層・砂質土層が堆積。 <u>地震動の引戻しによる誤差が大きく、不適。</u> <input type="checkbox"/> 建設当時の柱状図が利用可能
	K-NET仙台	<input type="checkbox"/> 約6km <input type="checkbox"/> 軟弱な堆積層が厚く、 <u>地震動の引戻しによる誤差が大きく、不適</u> <input type="checkbox"/> ジャストポイントの土質調査結果あり
第一三本木トンネル	新三本木SSP	<input type="checkbox"/> 約3km。最も対象地点に近い <input type="checkbox"/> 20m以上軟弱な粘性土・砂質土が堆積。 <u>地震動の引戻しによる誤差が大きく、不適。</u> <input type="checkbox"/> 建設当時の柱状図が利用可能
	○K-NET大和	<input type="checkbox"/> 約9km <input type="checkbox"/> 堆積層厚が少なく、GL-7mで強固な岩盤層 <input type="checkbox"/> ジャストポイントの土質調査結果あり <input type="checkbox"/> 余震記録あり

※基準地震波を○で示す。

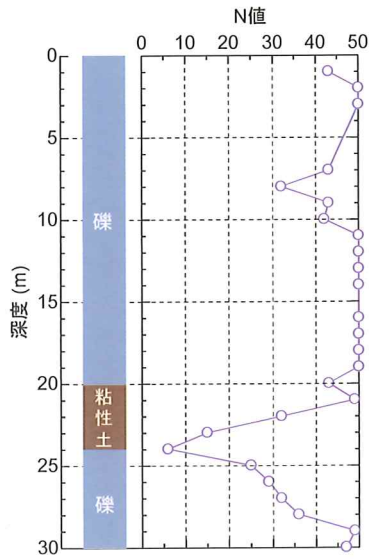
※基準地震波の選択する際にポイントとなった事項を下線で示す。

表4.3 (その2) 地震動観測点の概要

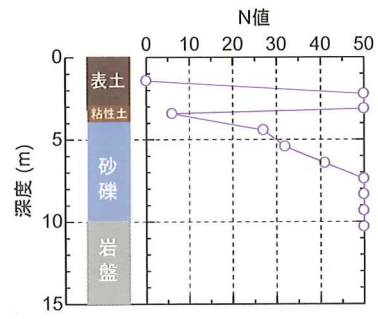
対象構造物	近傍の地震観測点	地震観測点の特徴
第一赤林BI 第二矢巾BI	新盛岡SS	<input type="checkbox"/> 約 5km <input type="checkbox"/> 25m の深さまで N 値 40 が連続する層が存在しない <input type="checkbox"/> ジャストポイントの土質調査結果あり
	KiK-net矢巾	<input type="checkbox"/> 約 5km <input type="checkbox"/> 5m 以深に $V_s=360\text{m/s}$ 以上の層が連続 <input type="checkbox"/> ジャストポイントの PS 検層結果あり
	○矢幅駅	<input type="checkbox"/> 第1赤林から約2km。第2矢巾から約80m。 <input type="checkbox"/> 12m 以降に N 値 50 の連続する層が存在 <input type="checkbox"/> ジャストポイントの土質調査結果あり <input type="checkbox"/> 余震記録あり

※基準地震波を○で示す。

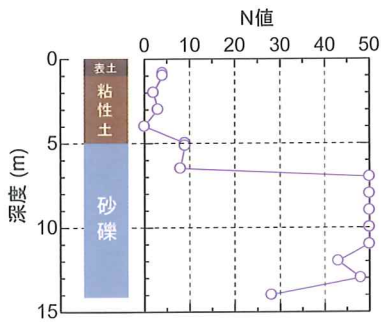
※基準地震波の選択する際にポイントとなった事項を下線で示す。



JR新長町SSP

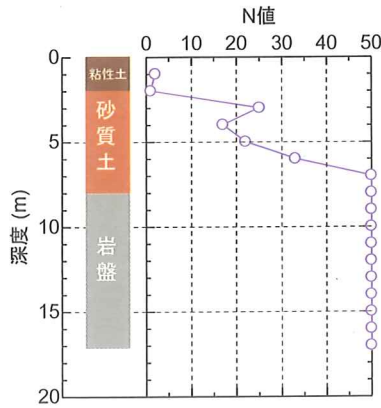


JR仙台駅

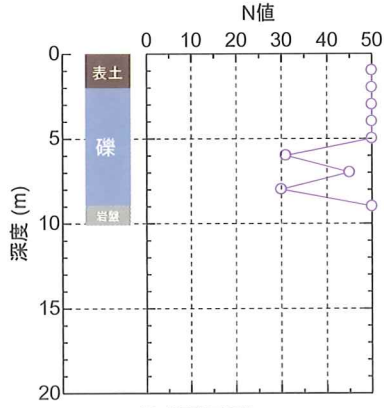


K-NET仙台

(a) 第三小田原BI (脱線地点) 周辺の観測点



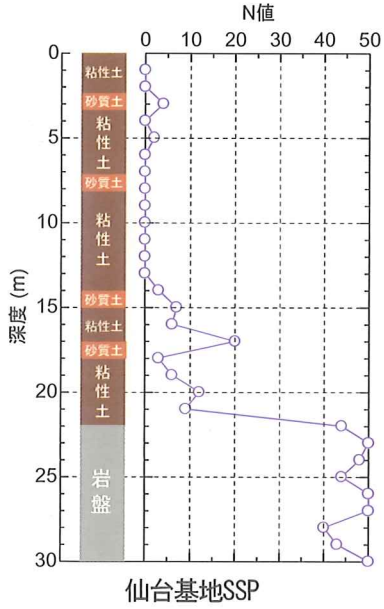
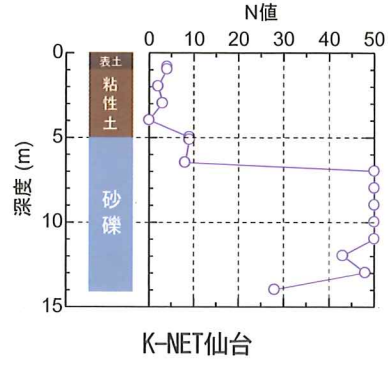
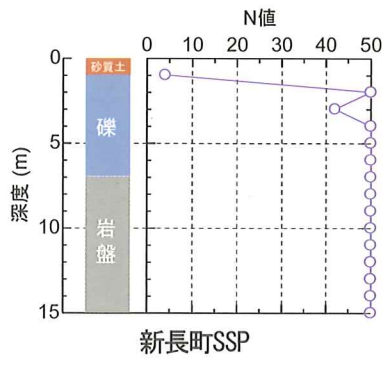
新那須SS



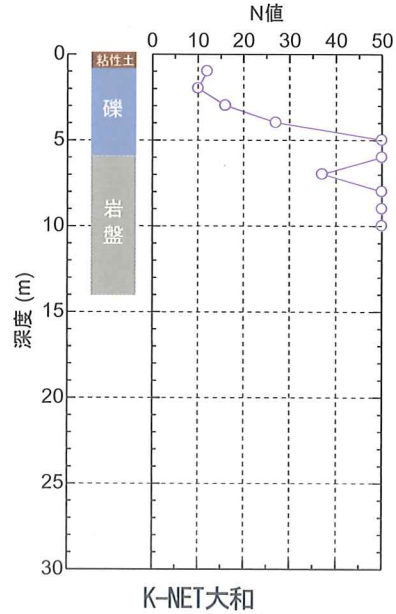
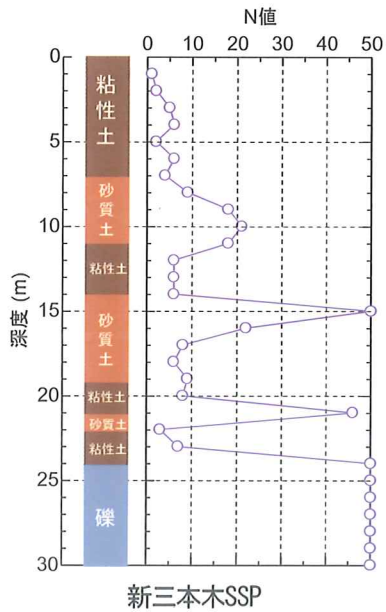
K-NET黒磯

(b) 東久保BI付近の観測点

図4.3 (その1) 本震観測地点の近傍のボーリングデータ

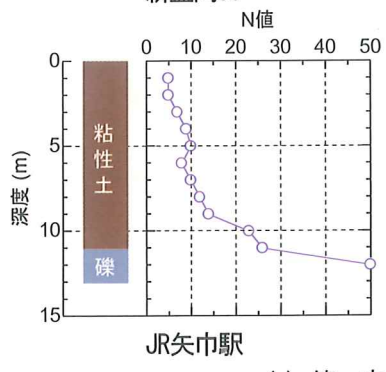
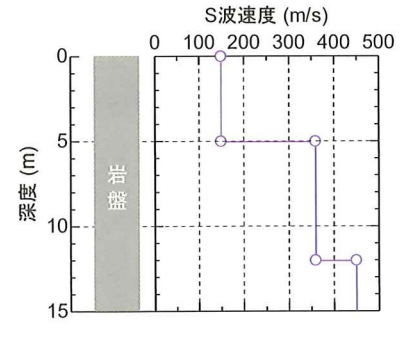
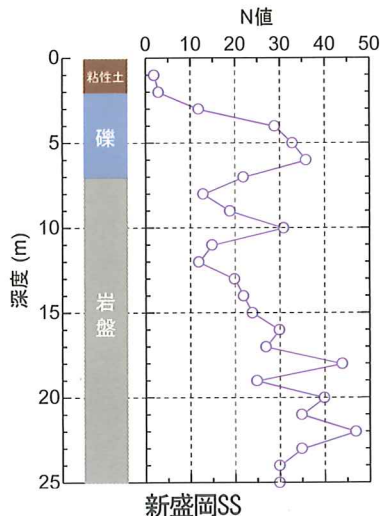


(c) 第一河原町BI付近の観測点



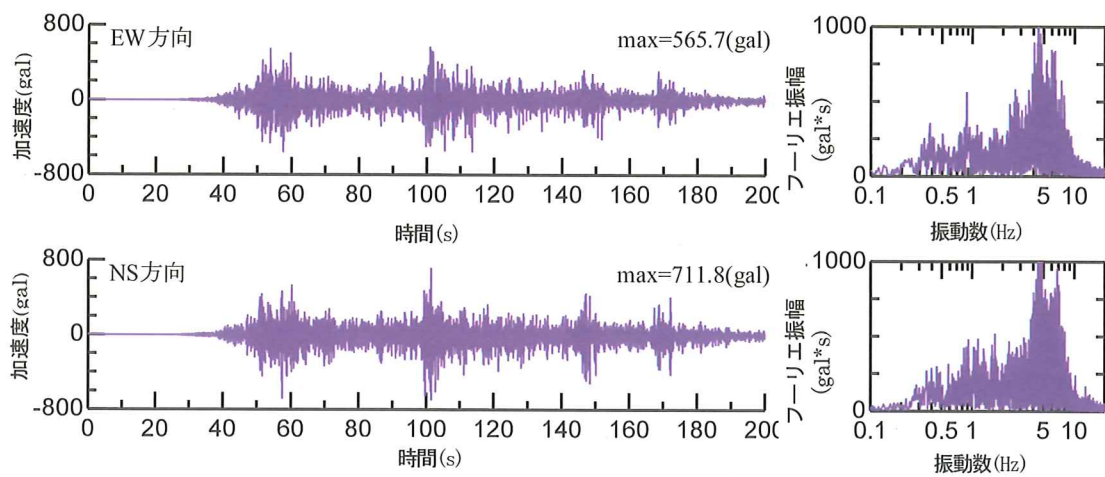
(d) 第一三本木トンネル付近の観測点

図4.3 (その2) 本震観測地点の近傍のボーリングデータ

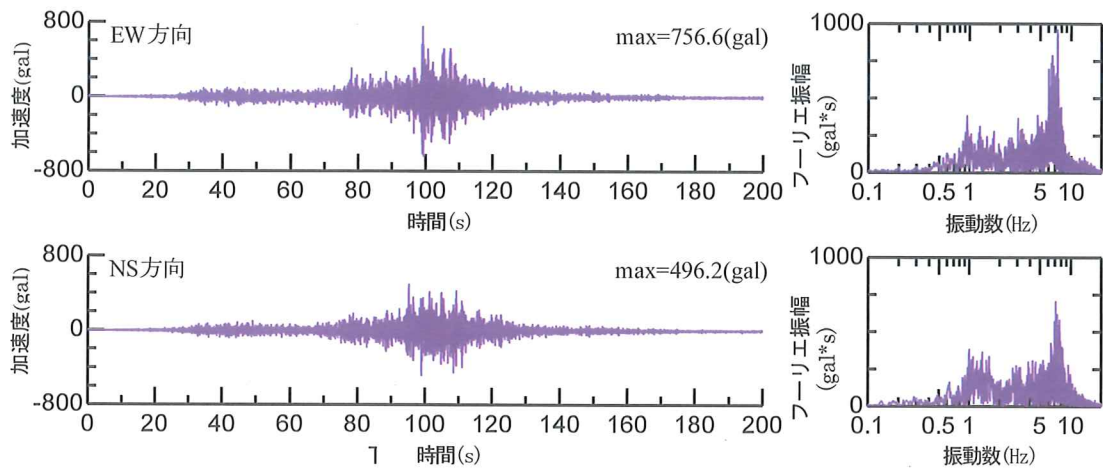


(e) 第一赤林I, 第二矢巾付近の観測点

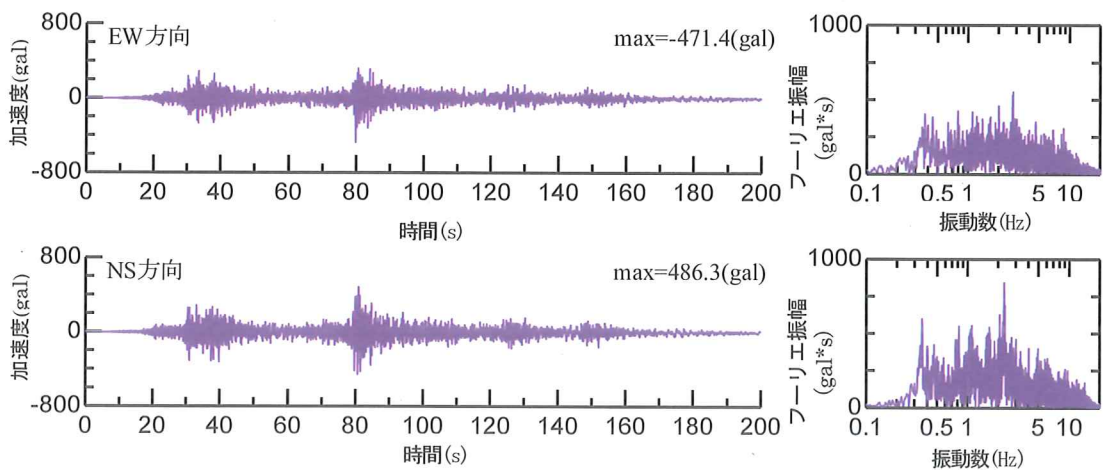
図4.3 (その3) 本震観測地点の近傍のボーリングデータ



(a) 仙台駅



(b) 新那須SS



(c) 新長町SSP

図4.4 (その1) 基準地震波(東西(EW)方向, 南北(NS)方向)

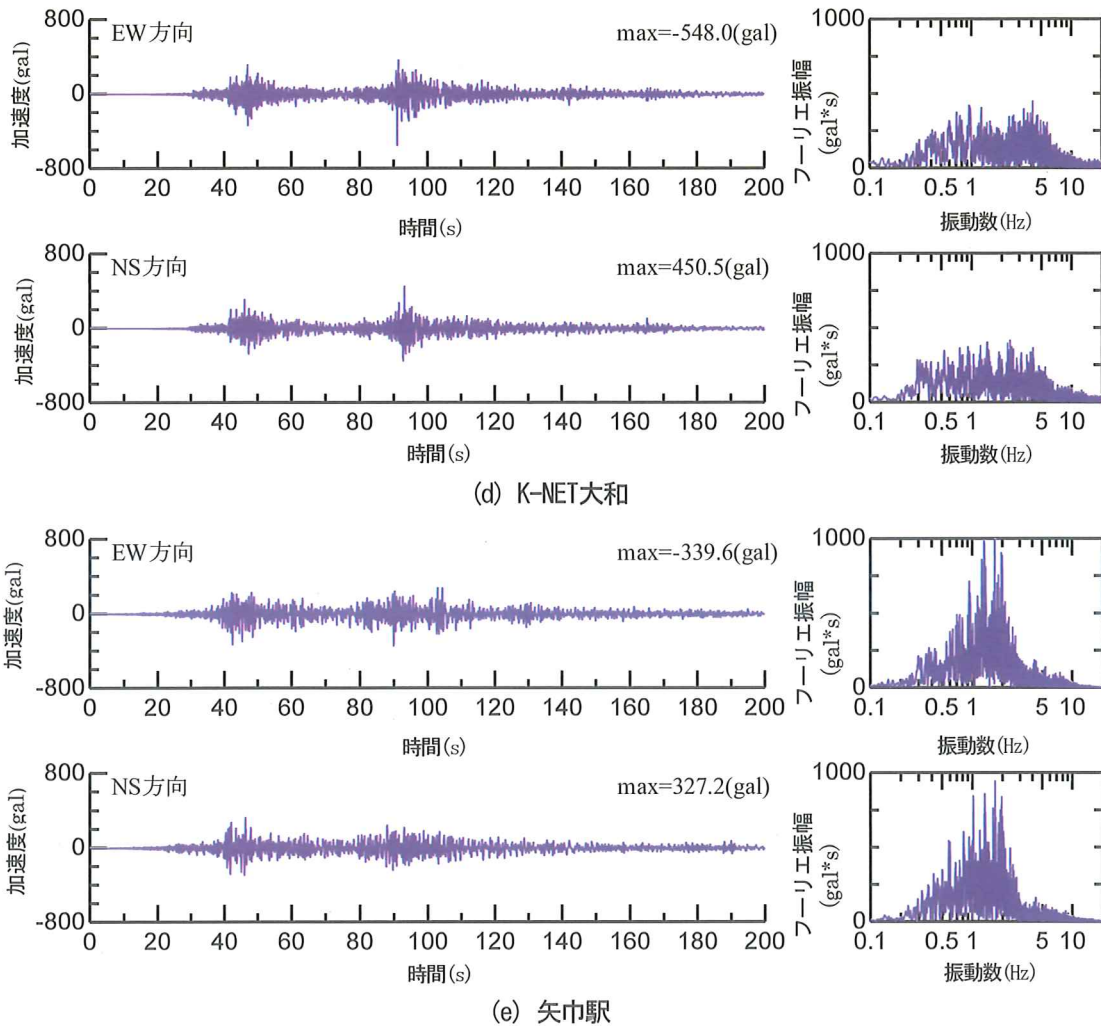


図4.4 (その2) 基準地震波 (東西 (EW) 方向, 南北 (NS) 方向)

4.3 基準地震波の引戻し

地震動は表層地盤により、その特性が著しく変化する。特に振幅レベルが大きい地震の場合には、表層地盤の非線形性の影響が顕著に地震動に含まれてしまう。そこで、観測された地震動から表層地盤の影響を剥ぎ取ることに、基盤位置での地震動を算出する。本来は、せん断波速度700(m/s)の工学的基盤位置まで基準地震波を引戻すことが望ましいが、今回は深い位置までの地盤データが得られておらず、やむを得ずN値50程度の層までとした。

地震動の引戻しは、重複反射理論により行う。重複反射理論は周波数領域での定式化のため、地盤の非線形性の影響を直接的に評価できず、等価線形化法によるものとする。なお、等価線形化の手法は周波数依存型の手法(杉戸らの方法¹⁾)を採用する。

表4.4に解析に用いた地盤モデルの諸元一覧を示す。土のせん断弾性波速度 および土の動的変形特性が解析結果に大きな影響を与えるため、前者はPS検層等の原位試験、後者は振動三軸試験等の室内試験により求める

のが原則である。しかし、今回の検討では、地盤データとしては値と土質分類しか得られていない箇所も多い。そこで、PS検層結果がない場合には、せん断弾性波速度については、

$$V_s = 80 \times N^{1/3} \quad (\text{砂質土, 砂礫土}) \quad (1)$$

$$V_s = 100 \times N^{1/3} \quad (\text{粘性土})$$

により値より換算した²⁾。また、等価線形化法に必要な動的変形特性は、安田・山口の式³⁾をGHE-Sモデル⁴⁾⁵⁾の骨格パラメータでフィッティングしたものを用いた(図4.5)。

上記の方法により、地表面で観測された図4.4の基準地震波(加速度波形)を基盤(N値50程度の層)位置まで引戻した結果を図4.6に示す。例えば、JR仙台駅での観測波の場合、地表面では卓越していた5Hz付近のピークがなくなっており、最大加速度も地表面に対して1/2程度になっている。図4.3からも分かるように、7mより浅い地盤構造による影響を地表面の地震動から剥ぎ取った影響である。

表4.4 基準地震波の引戻し解析に用いた地盤モデル

(a) 仙台駅

No.	深さ (m)	土質	N値	せん断波 速度 Vs(m/s)	単位体積 重量 (kN/m ³)	D50	規準ひずみ
①	0.00~2.60	表土	3	115	17.0	0.020	0.002489
②	2.60~3.60	粘性土	3	144	15.0	0.025	0.002675
③	3.60~7.15	砂礫	30	249	19.0	2.000	0.001296
④	7.15~9.40	砂礫	50	295	20.0	2.000	0.001641
⑤	9.40~	岩盤					

(b) 新那須SS

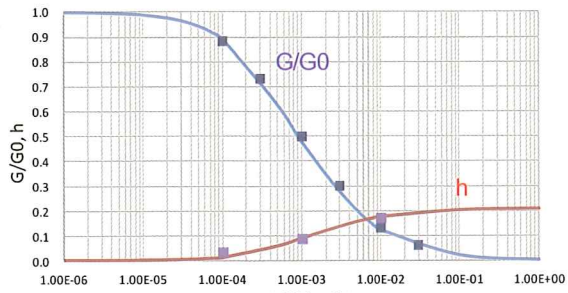
No.	深さ (m)	土質	N値	せん断波 速度 Vs(m/s)	単位体積 重量 (kN/m ³)	D50	規準ひずみ
①	0.00~2.00	粘性土	1	100	15.0	0.025	0.002244
②	2.00~7.00	砂質土	24	231	18.0	0.150	0.001863
③	7.00~8.00	砂質土	50	295	20.0	0.150	0.002131
④	8.00~	岩盤					

(c) K-NET大和【PS検層結果】

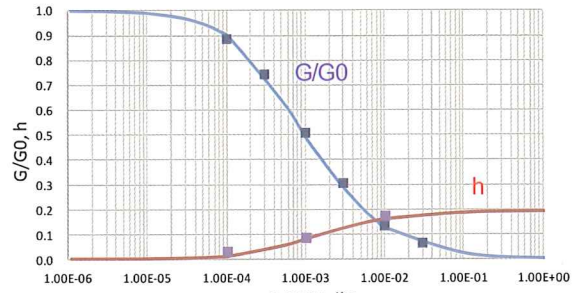
No.	深さ (m)	土質	N値	せん断波 速度 Vs(m/s)	単位体積 重量 (kN/m ³)	D50	規準ひずみ
①	0.00~0.50	シルト	12	140	15.8	0.025	0.001937
②	0.50~1.00	礫質土	12	140	15.8	2.000	0.000559
③	1.00~2.00	礫質土	10	290	20.3	2.000	0.000659
④	2.00~3.00	礫質土	16	290	20.3	2.000	0.000799
⑤	3.00~7.00	礫質土	50	360	20.6	2.000	0.001323
⑥	7.00~						

(d) 矢巾駅

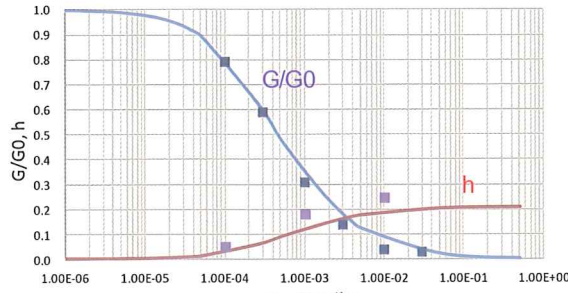
No.	深さ (m)	土質	N値	せん断波 速度 Vs(m/s)	単位体積 重量 (kN/m ³)	D50	規準ひずみ
①	0.00~2.00	粘性土	5	171	15.0	0.025	0.002244
②	2.00~4.00	粘性土	8	200	15.0	0.025	0.002557
③	4.00~5.00	粘性土	10	215	16.0	0.025	0.002907
④	5.00~6.00	粘性土	8	200	15.0	0.025	0.003080
⑤	6.00~9.00	粘性土	12	229	16.0	0.025	0.003346
⑥	9.00~11.00	砂質土	24	233	18.0	0.150	0.002311
⑦	11.00~	砂礫					



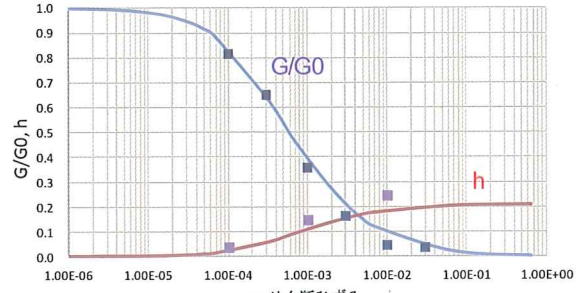
γ:せん断ひずみ
No. 1層



γ:せん断ひずみ
No. 2層

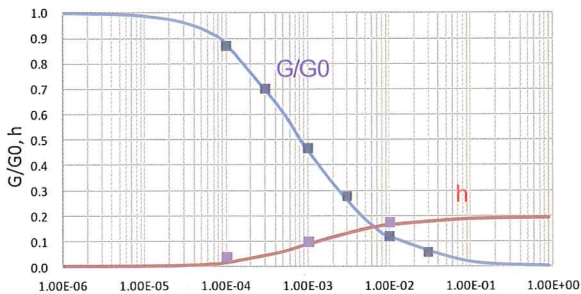


γ:せん断ひずみ
No. 3層

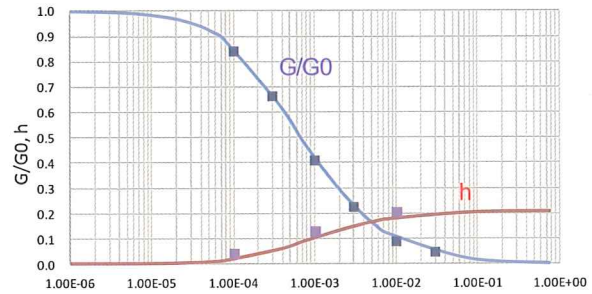


γ:せん断ひずみ
No. 4層

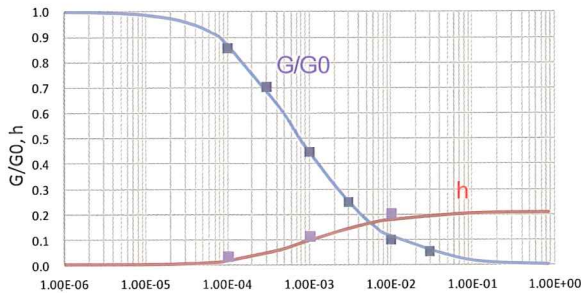
(a) 仙台駅



γ:せん断ひずみ
No. 1層



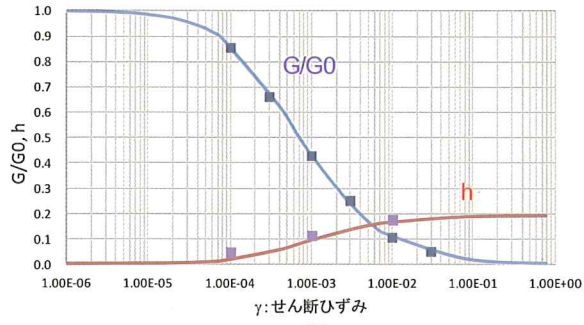
γ:せん断ひずみ
No. 2層



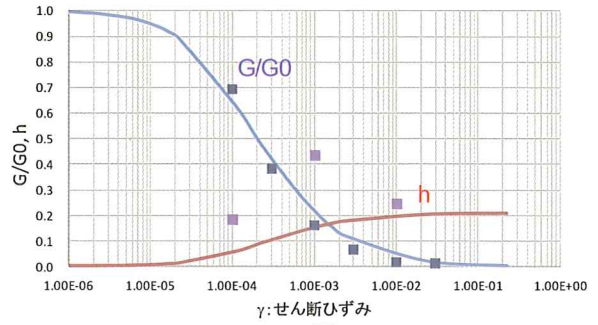
γ:せん断ひずみ
No. 3層

(b) 新那須SS

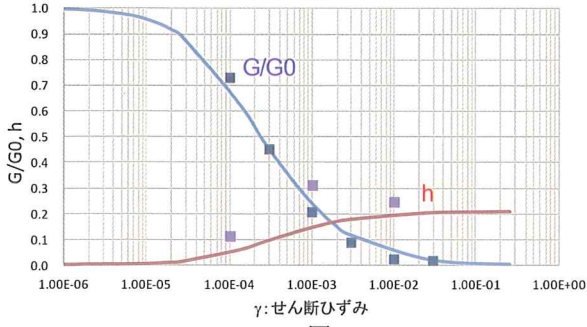
図4.5 (その1) 解析に用いた動的変形特性
(図中■は安田・山口式で求めた値, 実線はGHESモデルでフィッティングした値)



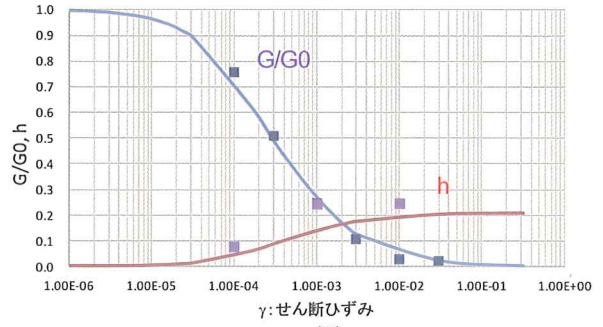
No. 1層



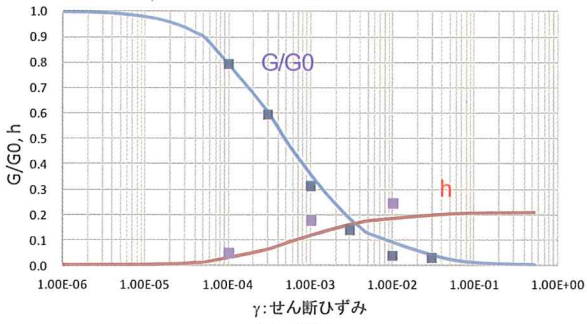
No. 2層



No. 3層



No. 4層

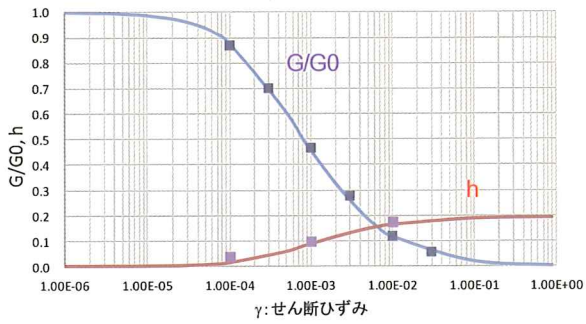


No. 5層

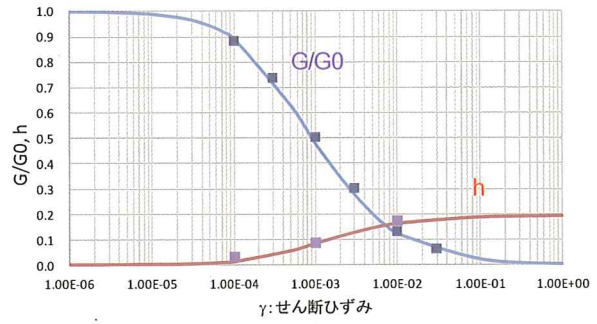
(c) K-NET大和

図4.5 (その2) 解析に用いた動的変形特性

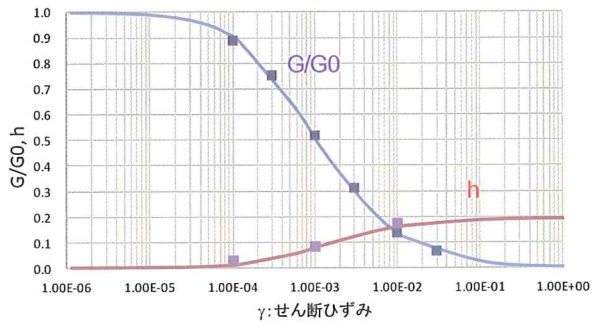
(图中■は安田・山口式で求めた値, 実線はGHESモデルでフィッティングした値)



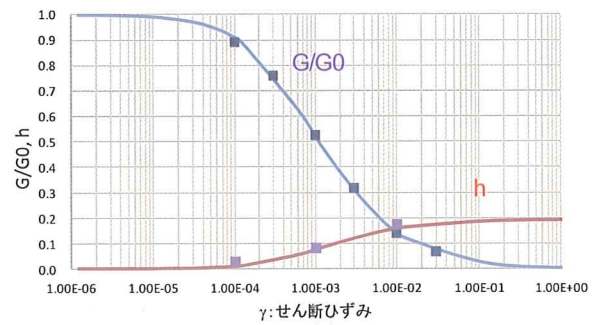
γ:せん断ひずみ
No. 1層



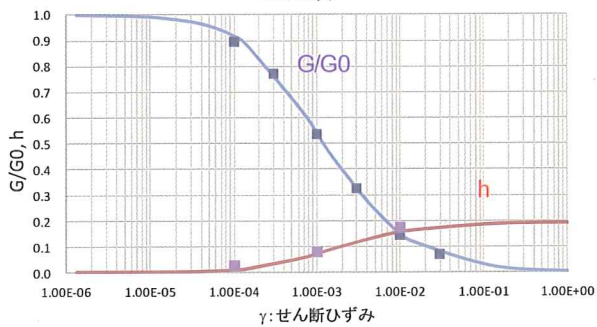
γ:せん断ひずみ
No. 2層



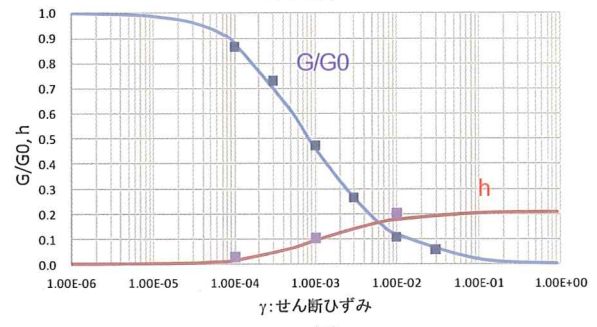
γ:せん断ひずみ
No. 3層



γ:せん断ひずみ
No. 4層



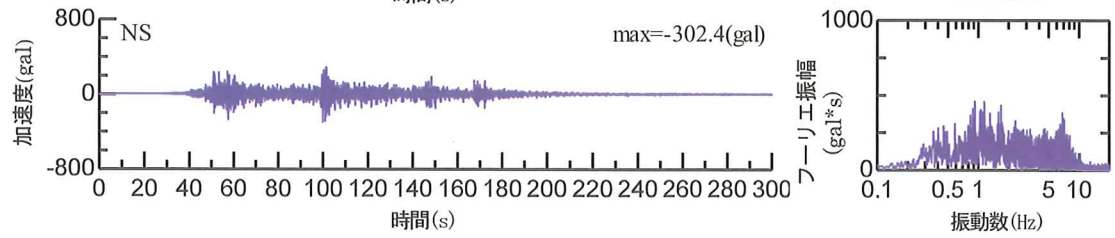
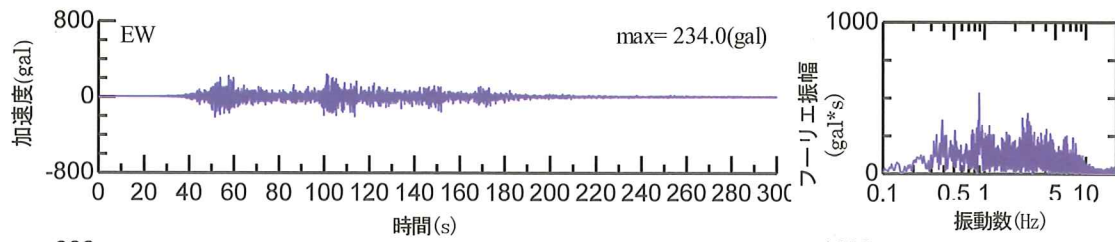
γ:せん断ひずみ
No. 5層



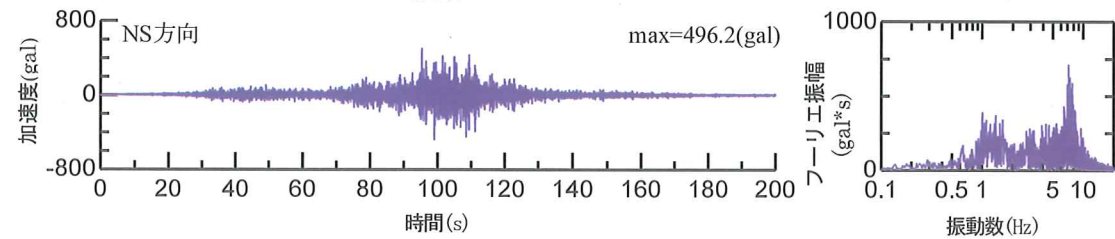
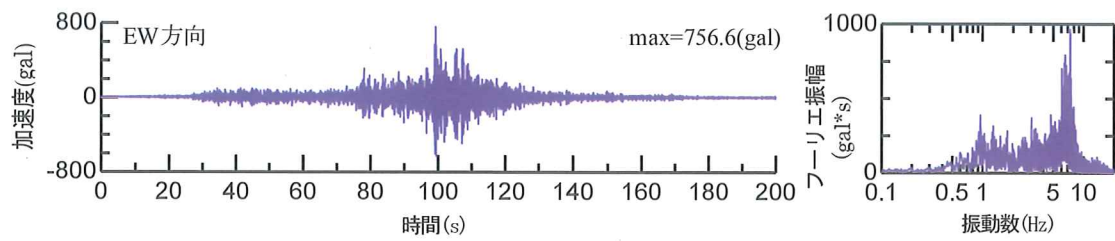
γ:せん断ひずみ
No. 6層

(d) 矢巾駅

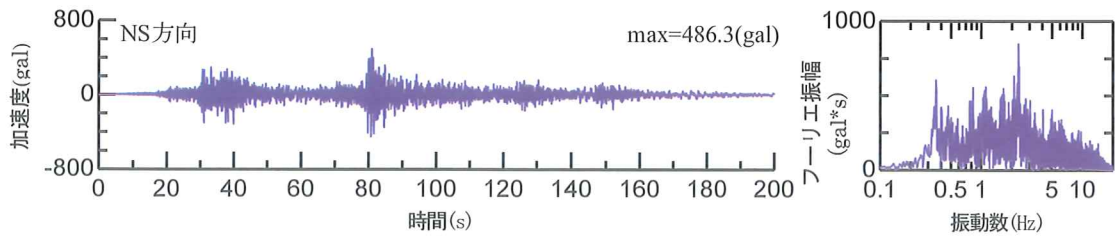
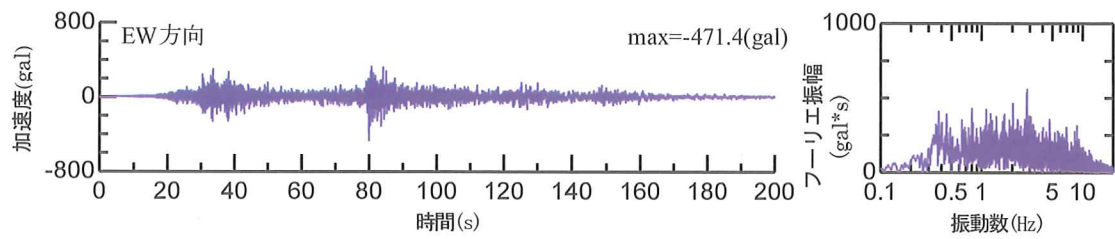
図4.5 (その3) 解析に用いた動的変形特性
(図中■は安田・山口式で求めた値, 実線はGHESモデルでフィッティングした値)



(a) JR仙台駅



(b) 新那須SS



(c) 新長町SSP

図4.6 (その1) 基準地震波を基盤位置まで戻した波形

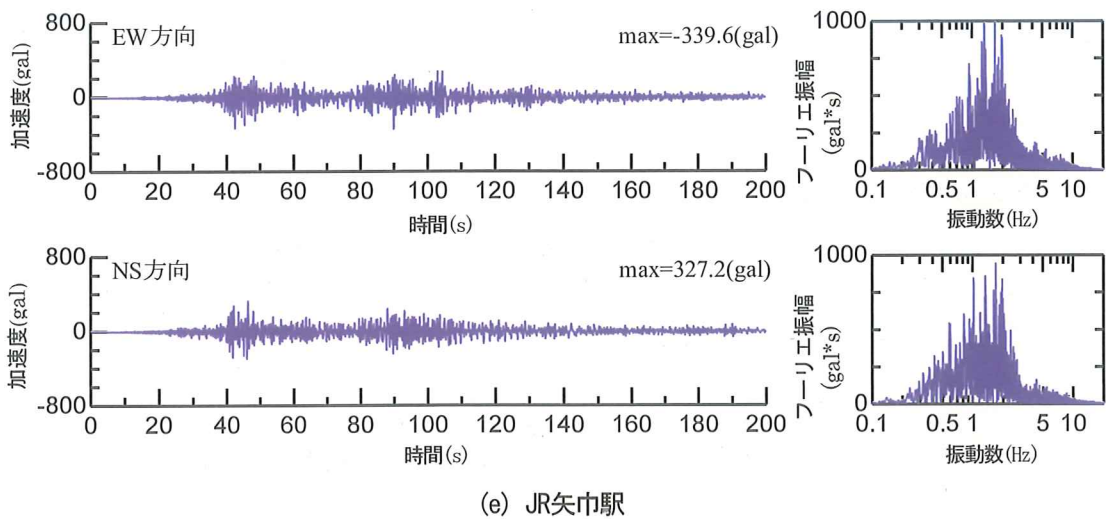
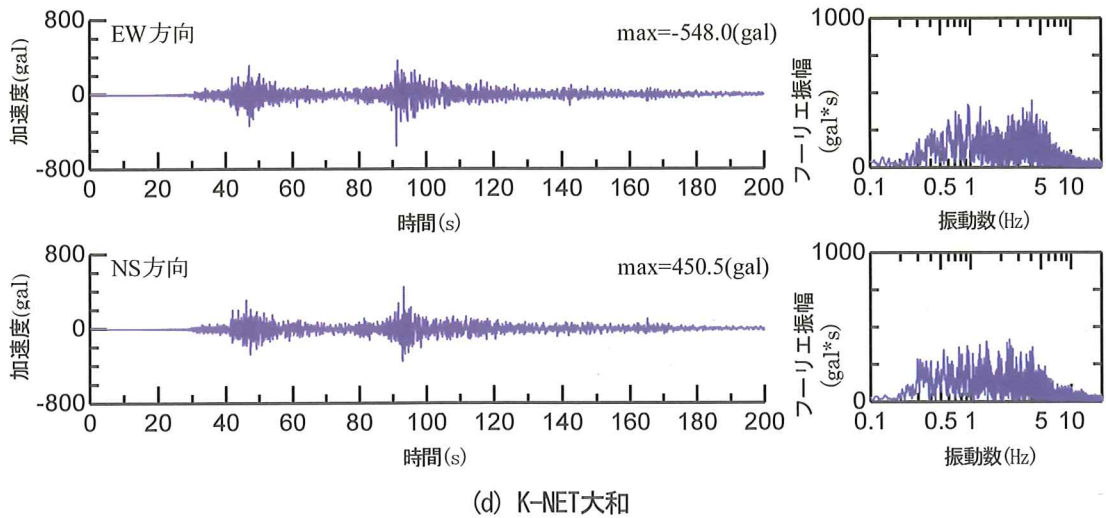


図4.6 (その2) 基準地震波を基盤位置まで引戻した波形

4.4 解析対象地点における基盤波の補正

断層から発生した地震波は図4.7に示すような過程を経て地表面に到達する。ここで、基準地震波の観測点と解析対象地点とは表4.3から分かるように1km程度しか離れていない場合が多く、その場合には、「震源特性」と「伝播経路特性」はほぼ同一として考えてもよい。しかし、両地点の堆積層の地盤構造は場合によって大きな差があると考えられ、その結果として「サイト特性」が異なることが予想される。そこで、この違いによる影響を剥ぎ取るために、4.3節に示したように「地表面波形の引戻し」が行われる。しかし、今回は数10mまでしか引戻しができず、サイト特性の剥ぎ取りが不十分であると思われる。そこで、4.3節で得られた基盤波に対して下記に示す方法により補正を加えた。

① 解析対象地点では、表4.5に示す期間において余震観測を実施した。詳しくは第3章を参照のこと。

表4.5 余震観測日時

対象構造物	余震観測日時
第三小田原BI	3/31 14:00～4/1 9:00
東久保BI 14P (4Pで実施)	4/6 17:30 ～ 4/7 9:00
第一河原町BI (第二河原町BIで実施)	4/1 17:30 ～ 4/2 9:00
第一三本木トンネル	4/7 17:00 ～ 4/8 9:00
第一赤林BI (第二下矢次BIで実施)	4/14 11:30 ～ 4/15 9:00
第二矢巾BI (第三矢巾BIで実施)	4/13 19:00 ～ 4/14 9:00

※余震観測の時期や周辺の制約条件などにより、解析対象構造物そのもので余震観測を行うことができなかった箇所もある。
()内は実際に余震観測を行った地点である。

② 地震記録には、震源特性・伝播特性・サイト特性が含まれるが(図4.7参照)、ある余震において2点A、Bで同時に波形が得られた場合には、震源特性

と伝播特性は同一であり、両者の波形の主たる違いはサイト特性のみに起因すると解釈できる。

③ 本検討では、4.3節に示すように地震動の引戻しを行い、10m程度（N値50より浅い）の表層地盤による増幅特性の違いの影響は剥ぎ取っているが、それより深い地点の増幅特性の違いを除去するには至っていない（図4.8参照）。

④ そこで、解析対象地点および基準地震波観測点の余震記録をフーリエ変換し、その比率を算定した（図4.8参照）。これが、両地点のサイト特性による差（増幅率の比）と考えることができる。図4.9に両地点のフーリエ振幅スペクトル比を示す。

ただし、表層地盤の非線形性の影響を除外するために、余震記録はいずれも基盤位置まで引き戻した波形で上記の処理を行った。波形の引戻しは、前述の4.3節と同様の方法によった。

⑤ 基準地震波を基盤に引戻した波形に、このフーリエ振幅比を乗じることで、解析対象地点の基盤波（推定基盤波）を得ることができる。

上記のプロセスを経て推定された解析対象地点の推定基盤波の加速度波形を図4.10に示す。なお、この波形はいずれも線路直角方向に方向補正を施してあり、車両進行方向の左側を正方向と定義している。

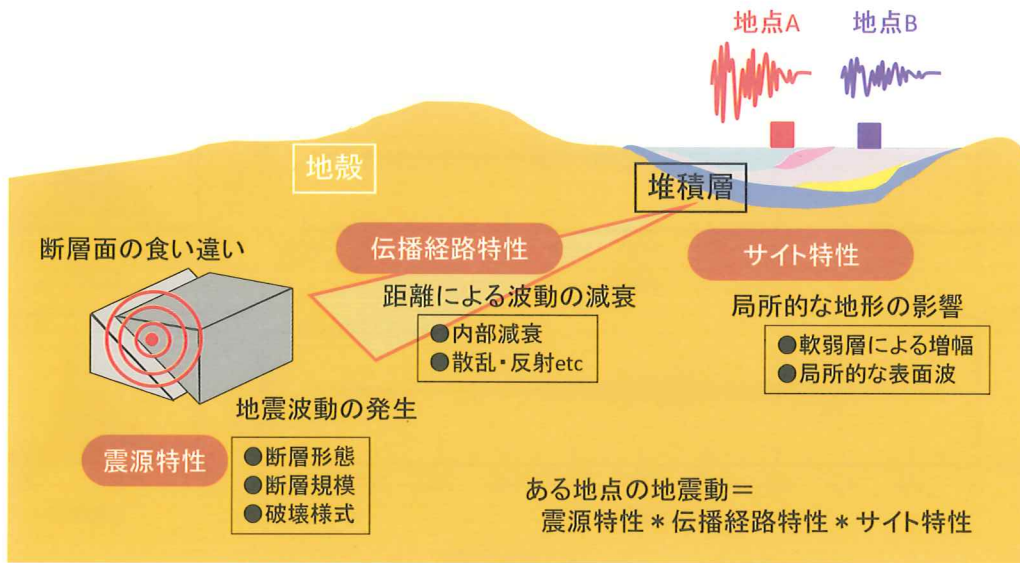


図4.7 地震波が観測点に伝達するまでの概念図

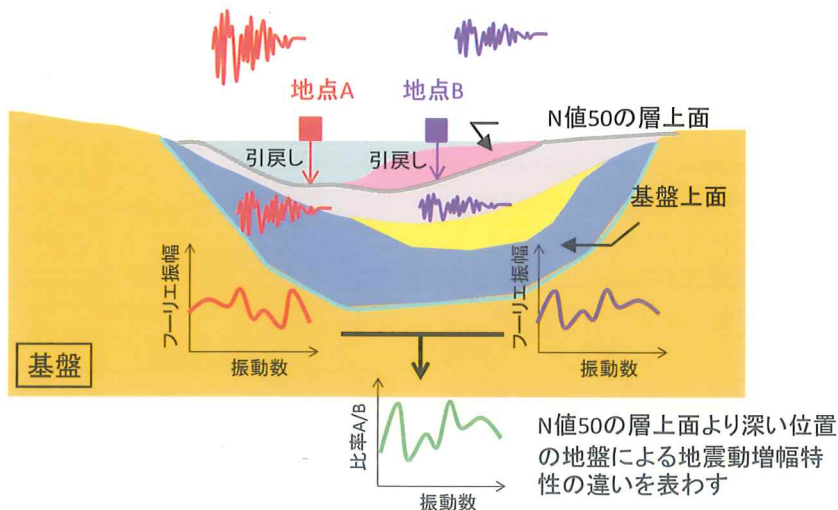
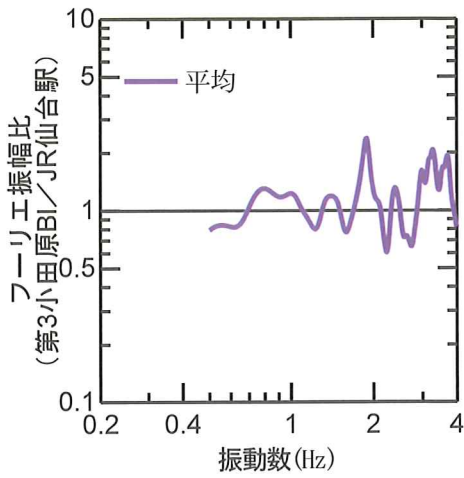
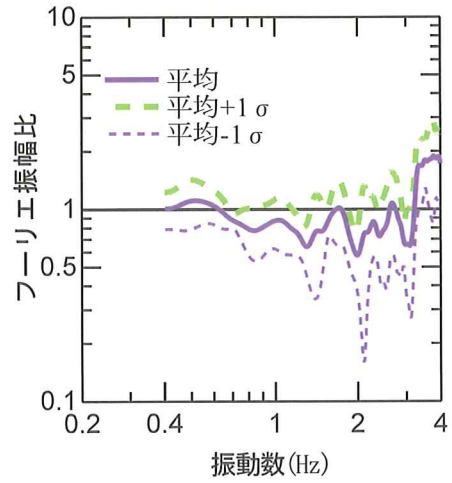


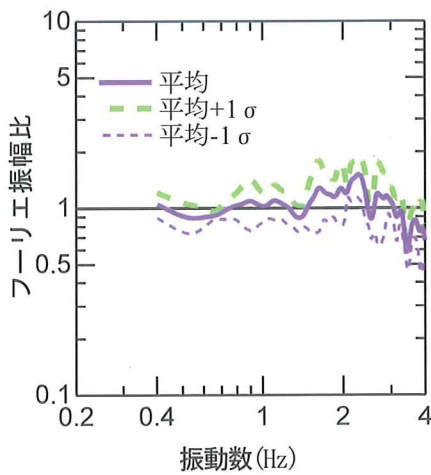
図4.8 N値50の層よりも深い地盤による地震増幅特性の違いを表わす概念図



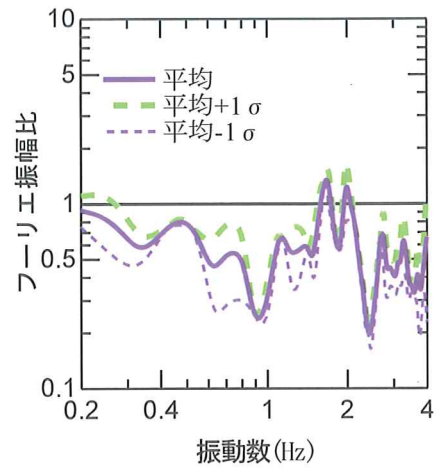
(a) 第三小田原B1/JR仙台駅



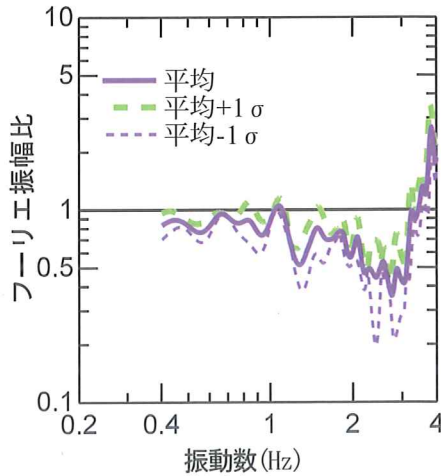
(b) 東久保B1/新那須SS



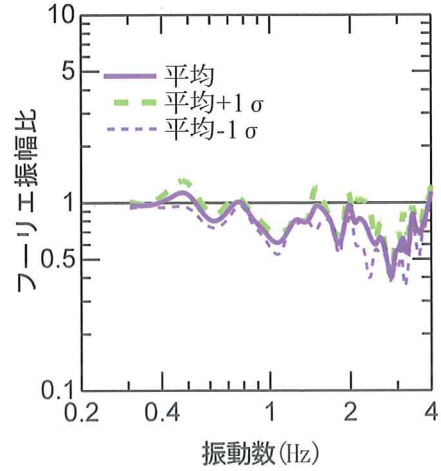
(c) 第一河原町B1/新長町SSP



(d) 第一三本木トンネル/K-NET大和



(e) 第一赤林B1/KiK-net矢巾



(f) 第二矢巾B1/KiK-net矢巾

図4.9 解析対象地点および基準地震動観測点の余震記録のフーリエ振幅スペクトル比

(低振動数成分についてはノイズの影響が大きいいため補正には用いない)

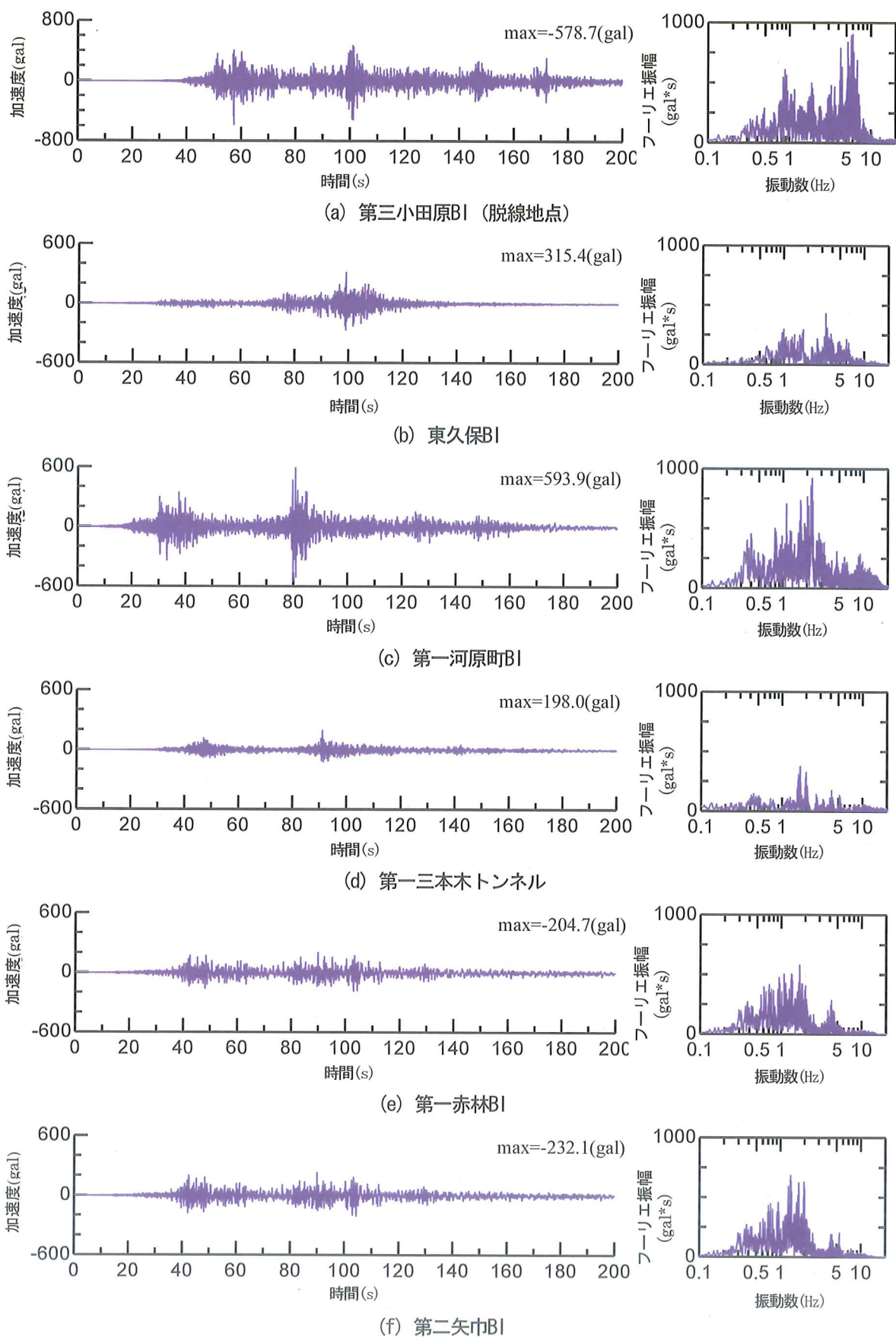


図4.10 解析対象地点における推定基盤波 (線路直角方向)

4.5 解析対象地点における地表面地震動

東北新幹線地質図（日本国有鉄道仙台新幹線工事局）から当該地点近傍の土質調査結果を抽出した。N値および土質分布を図4.11に示す。

図4.11に示す解析対象地点の地盤条件を参考にして、地盤を図4.12に示すような1次元せん断ばね系モデルに置換し、時刻歴動的な非線形解析により、地表面での地震動を算定した。下端には粘性境界要素を配して反射波を吸収した。本震の振幅レベルが非常に大きいことから、土は強い非線形性を示す。そこで、本検討では、高精度に土の非線形性を表現可能なGHE-Sモデル³⁾を採用した。GHE-Sモデルは小ひずみ～大ひずみ領域まで土の動的変形特性を満足することが出来るとともに、土のせん断強度も考慮することが可能なモデルであり、せん断応力 τ ～せん断ひずみ γ 関係の骨格曲線を

$$\frac{\tau}{\tau_f} = \frac{\frac{\gamma}{\gamma_r}}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \left(\frac{\gamma}{\gamma_r} \right)} \quad (2)$$

で表すとともに、Masing則の相似則を制御することで履

歴曲線が紡錘型からS字型へ変化する特性を自動的に考慮したモデルである。ここに、 C_1 、 C_2 は補正係数で

$$\begin{aligned} C_1(x) &= \frac{C_1(0) + C_1(\infty)}{2} + \frac{C_1(0) - C_1(\infty)}{2} \cdot \cos \left\{ \frac{\pi}{\alpha/x + 1} \right\} \\ C_2(x) &= \frac{C_2(0) + C_2(\infty)}{2} + \frac{C_2(0) - C_2(\infty)}{2} \cdot \cos \left\{ \frac{\pi}{\beta/x + 1} \right\} \end{aligned} \quad (3)$$

で表わされる。このモデルには、 $C_1(0)$ 、 $C_2(0)$ 、 $C_1(\infty)$ 、 $C_2(\infty)$ 、 α 、 β という6個のパラメータが存在し、これらの各パラメータは、本来は土の室内試験（ねじりせん断試験または動的三軸試験）で得られる動的変形特性から求めるのが望ましいが、今回の検討では試験結果がない。そこで、様々な地盤に対するGHE-Sモデルの標準的な値をモデル化した「一般化パラメータ」³⁾を用いた。その他の主要パラメータの設定方法を表4.6に、解析に用いた地盤パラメータ（第三小田原BI地点）を表4.7に示す。

得られた地表面地震動を図4.13に示す。

表4.6 地盤の動的解析条件の総括

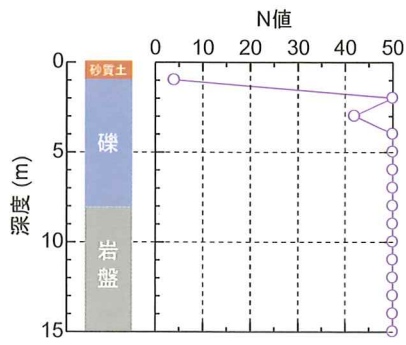
解析パラメータ	設定方法
土の構成則	GHE-Sモデル
構成則パラメータ	一般化パラメータ ⁴⁾
規準ひずみ γ_r	安田・山口の式 ²⁾ から設定
減衰	福島・翠川の V_s と Q^{-1} 値の関係 ³⁾ を元にRayleigh減衰を設定

表4.7 脱線地点の表層地盤モデル

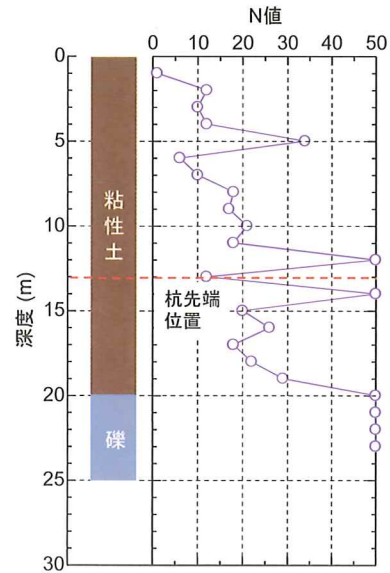
No.	深さ (m)	土質	N値	せん断波速度 V_s (m/s)	単位体積重量(kN/m ³)	非線形モデルパラメータ	
						規準ひずみ	GHE-Sパラメータ
1	1.0	砂質土 ^{*1)}	50	300	20	0.00019	一般化パラメータ
2	8.0	砂礫	50	300	20	0.00034	
3	15.0 ^{*2)}	岩盤	50	300	20	0.00037	

*1) 地盤調査によると1mだけN値が5以下の非常に軟弱な砂層が存在するが、この層をモデル化すると計算上はこの層のみが過大な振動をしてしまい実情と異なると思われるため、下層と同じ物性値を与えた。

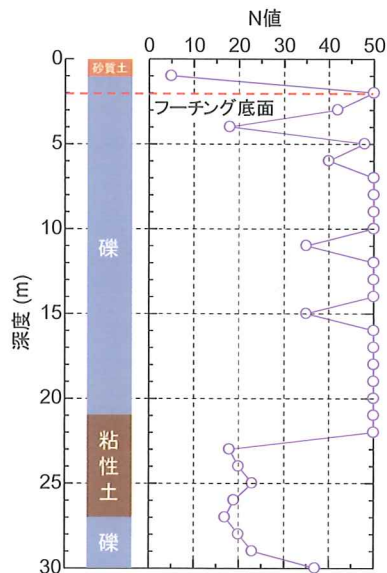
*2) 推定基盤波は岩盤層上面で定義された波形であるが、当該箇所の杭は深さGL-12(m)まで根入れされていることから、地震動の入力位置をGL-15mとした。



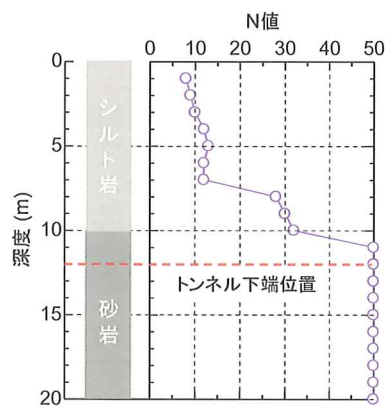
(a) 第三小田原B1 (脱線地点)



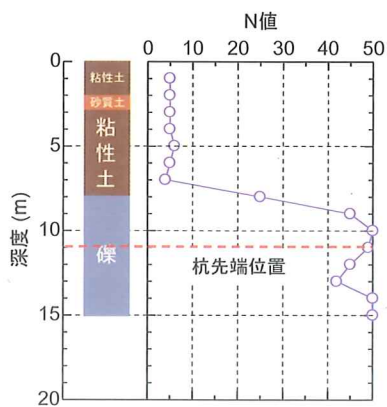
(b) 東久保B1



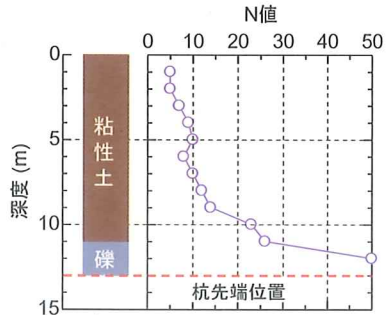
(c) 第一河原町B1



(d) 第一三本木トンネル



(e) 第一赤林B1



(f) 第二矢巾B1

図4.11 解析対象地点のボーリングデータ

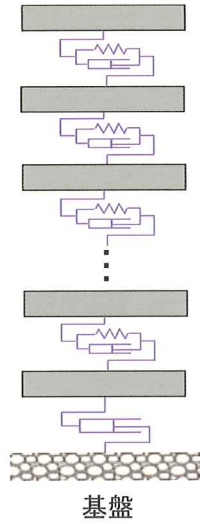
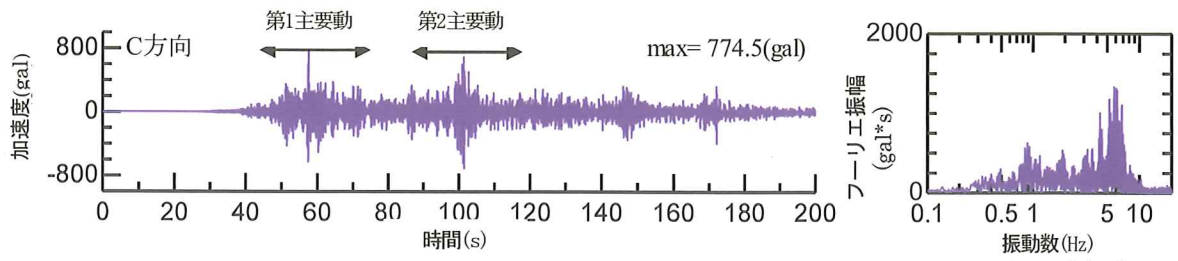
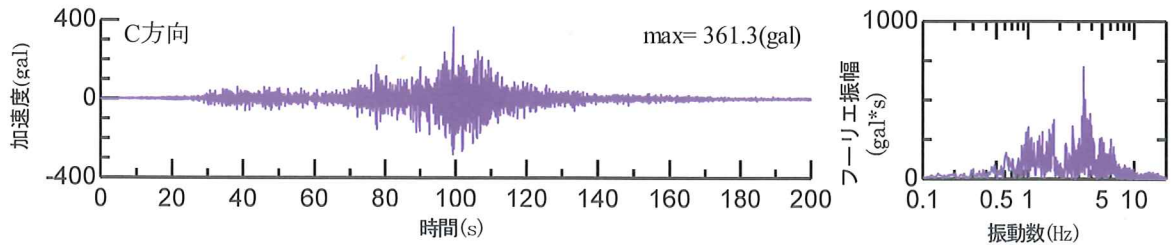


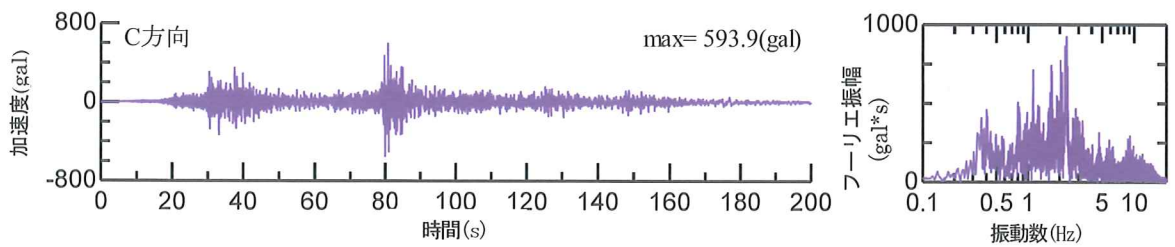
図4.12 セン断ばね系モデルによる地盤の1次元モデル (概念図)



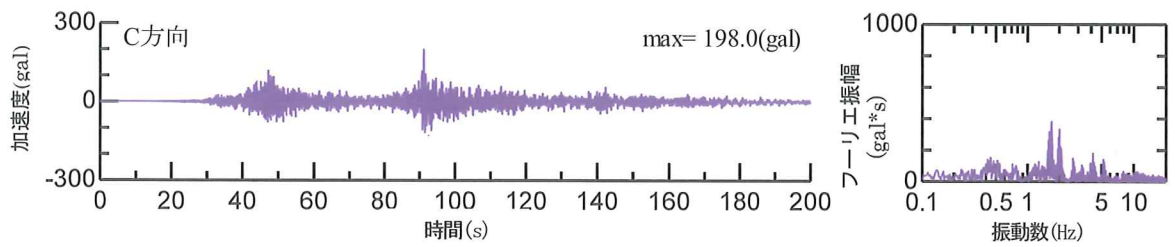
(a) 第三小田原BI



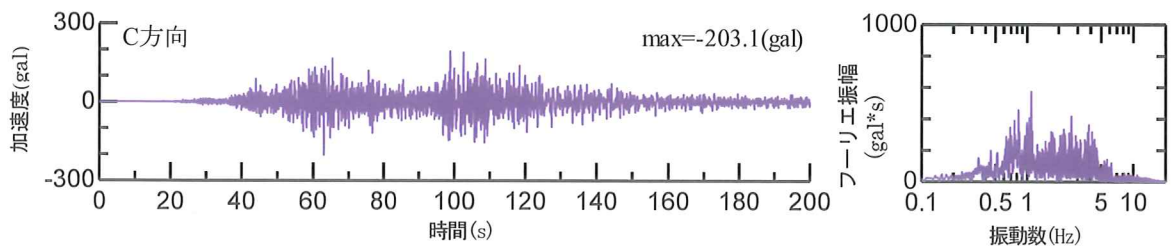
(b) 東久保BI 4P



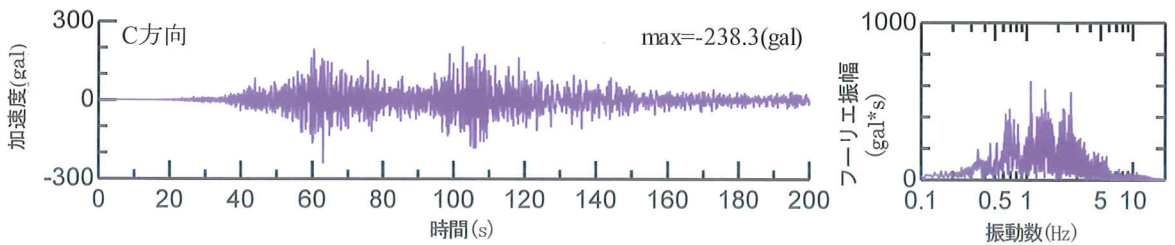
(c) 第一河原町BI



(d) 第一三本木トンネル



(e) 第一赤林BI



(f) 第二矢巾BI

図4.13 解析対象地点における地表面地震動
(加速度波形とそのフーリエ振幅スペクトル)

4.6 4章のまとめ

脱線箇所および非脱線箇所について、地震動の推定を行った。

脱線地点の第三小田原BIでは、今回の解析対象地点の中で最も加速度が大きく、地表面で約700(gal)程度であったと推定された。また、この地点では短周期成分が卓越する特徴を有していた。また、第一河原町BIも大きな地震動が作用したものと推定された。この2つの高架橋は仙台付近に位置しており、震源域からの距離が他の地点より近いことなどにより地震動が大きかったと思われる。

東久保BI、第一赤林BI、第二矢巾BIでは、地表面で200~350(gal)程度の加速度であったと推定されたが、震源からの距離が遠いことなどが影響していると思われる。

第一三本木トンネルでは、地盤が強固であり、地震動は増幅されず、今回の解析対象地点の中では最も小さな地震動であった。

4章の参考文献

- 1) 杉戸真太, 合田尚義, 増田民夫: 周波数特性を考慮した等価ひずみによる地盤の地震応答解析法に関する一考察, 土木学会論文集, No493/III-27, pp.49-58, 1994.
- 2) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計, 丸善, 1999.
- 3) 安田進, 山口勇: 種々の不攪乱度土における動的変形特性, 第20回土質工学研究発表会講演集, pp.539-542, 1985.
- 4) 室野剛隆, 野上雄太: S字型の履歴曲線の形状を考慮した土の応力~ひずみ関係, 第12回日本地震工学シンポジウム論文集, 2006.
- 5) 野上雄太, 室野剛隆: S字型履歴曲線を有する土の非線形モデルとその標準パラメータの設定, 土木学会地震工学研究発表会論文集, Vol.30, 2009.
- 6) 福島美光, 翠川三郎: 周波数依存性を考慮した表層地盤の平均的なQ-1値とそれに基づく地盤増幅率の評価, 日本建築学会構造系論文集, vol.460, 1994.