

## 第4章 震源断層近傍の地震動上下成分の特性

### 4.1 まえがき

構造物の非線形応答に及ぼす地震動の水平成分の影響に関する研究に比べると、上下成分の影響に関する研究は少ない（例えば、日本建築学会 1998 や原田ら 2010, 児玉ら 2011）<sup>1)~3)</sup>。通常の構造物の耐震設計では、上下方向の設計荷重として水平成分の設計震度または加速度応答スペクトルの50~70%を採用しているものが多い。しかし、震源断層近傍の強震観測記録の蓄積に伴い、水平成分に比べると最大加速度、最大速度の大きい地震動上下成分が観測されてきている。例えば、2008年岩手・宮城内陸地震は逆断層の地震であり、KiK-net 一関西で水平最大加速度  $1435(\text{cm/s}^2)$  に対して上下成分では、断層永久変位を含む  $3866(\text{cm/s}^2)$  の大加速度が観測された。内陸地震の正断層の地震においても断層永久変位を含む強震動上下成分が予測される。

図 4.1.1 と図 4.1.2 は、KiK-net 一関西観測点で観測された地震動加速度波形とその5%減衰定数に対する加速度応答スペクトルを示す。

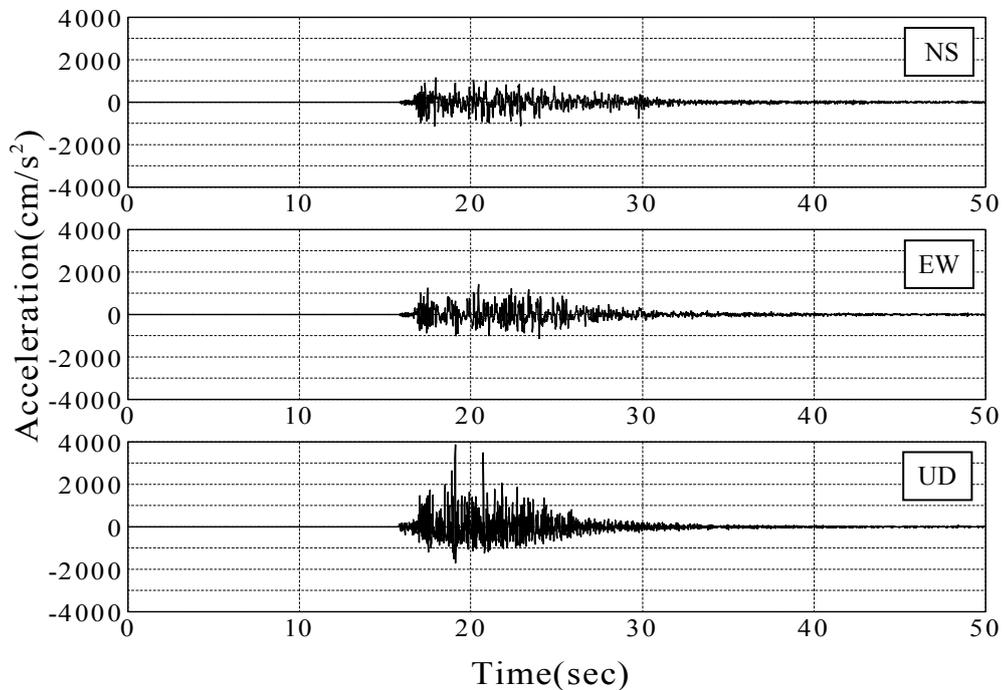


図 4.1.1 2008年岩手・宮城内陸地震において KiK-net 一関西観測点で観測された地震動加速度波形

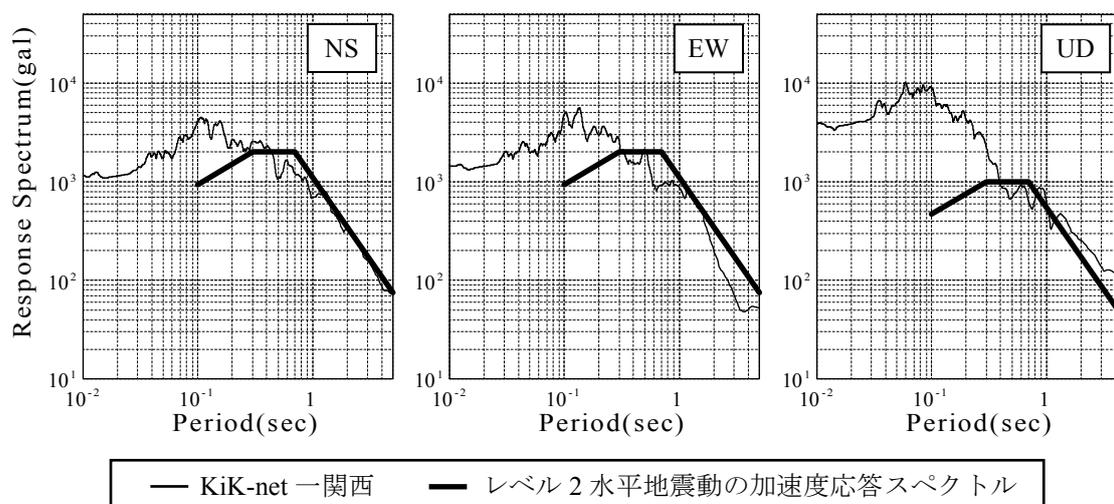


図 4.1.2 KiK-net 一関西観測点で観測された地震動の加速度応答スペクトル（減衰定数  $h=0.05$ ）と道路橋耐震設計用のレベル 2 水平地震動の加速度応答スペクトルとその 50%を上下成分の加速度応答スペクトル

図 4.1.2 の加速度応答スペクトル図には、3 本の直線からなる道路橋耐震設計用の Type II の I 種地盤（内陸型地震動の硬質地盤）におけるレベル 2 水平地震動の加速度応答スペクトルとその 50%を上下成分の加速度応答スペクトルとしてプロットしている。黒細実線が KiK-net 一関西観測点で観測された地震動加速度波形の 5%減衰定数に対する加速度応答スペクトルを、黒太実線が道路橋耐震設計用のレベル 2 水平地震動の加速度応答スペクトルを示している。このような道路橋耐震設計用のレベル 2 地震動の加速度応答スペクトルと比較すると、KiK-net 一関西観測点は逆断層直上に位置しており、水平最大加速度  $1435(\text{cm/s}^2)$ に対して上下成分では、断層永久変位を含む  $3866(\text{cm/s}^2)$ の大加速度が観測されているものの、周期約 0.4 秒より長周期側では、道路橋耐震設計用のレベル 2 水平地震動の加速度応答スペクトルとほぼ同じであり、上下成分ではやや大きめであることがわかる。

そこで本章では、わが国で最近発生した内陸被害地震の震源断層近傍（断層最短距離 20km 以内）における強震観測記録を用いて、道路橋耐震設計指針（日本道路協会 2002）<sup>4)</sup>における地盤分類（I 種、II 種、III 種地盤）により表層地盤特性を考慮して、地震動上下成分と水平成分のフーリエ振幅スペクトル比（ $|V(T)| / |H(T)|$  :  $T$  = 地震動の周期）の平均値と標準偏差の周期特性を求める。また、震源断層の極近傍での観測記録は極めて少ないという現状を補う目的で、逆断層地震を想定した震源断層モデルから理論的に得られる岩盤における震源断層の極近傍（10km 以内）の地震動上下成分と水平成分のフーリエ振幅スペクトル比の特性を求める。以上のような観測記録と断層モ

デルによる理論的方法から求められる地震動上下成分と水平成分のフーリエ振幅スペクトル比の特性を用いて、2008年岩手・宮城内陸地震によるKiK-net一関西の観測地震動特性との関係を整理する。

## 4.2 観測記録に基づく震源断層近傍の地震動上下成分の特性

### 4.2.1 地震動上下成分の評価に用いた地震動観測記録

表 4.1.1 に示すように 2000 年から 2008 年の間に起きた 9 個の被害地震（内陸地震）において、断層最短距離が 20Km 以内の 28 の K-NET 観測点で観測された加速度記録を用いた。表 4.2.1 に示す断層最短距離が 20Km 以内の 28 の K-NET 観測点で観測された加速度記録から、地震動上下成分と水平成分のフーリエ振幅スペクトル比（ $|V(T)|/|H(T)|$ ： $T$  = 地震動の周期）を計算し、その平均値と標準偏差を求めた。このフーリエ振幅スペクトル比の計算では、観測点の表層地盤特性を考慮するために、道路橋耐震設計指針における地盤分類を採用し、I 種（ $T_G < 0.2$ ）、II 種（ $0.2 < T_G < 0.6$ ）、III 種（ $T_G > 0.6$ ）の 3 種類の地盤毎に整理した。ここに、 $T_G$  は地盤の卓越周期を表す。表 4.2.1 の 28 の観測点の地盤分類は各観測点番号の後に（I 種）等で示している。地盤分類毎の観測点数は、I 種地盤で 8、II 種地盤で 13、III 種地盤では 7 地点となっている。なお、水平成分  $|H(T)|$  は東西、南北方向の 2 つの水平成分のフーリエ振幅スペクトルの二乗和平方として計算した。

表 4.2.1 解析で用いた内陸の被害地震と K-NET 観測点と地盤分類

地震名 (発生年月日)	気象庁地震 規模 $M_{JMA}$	断層分類	断層最短距離 20km 以内の K-NET 観測点 (道路橋耐震設計指針での地盤種別)
鳥取県西部地震 (2000/10/06)	7.3	横ずれ断層	TTR007 (Ⅱ種), TTR008 (Ⅲ種), TTR009 (Ⅱ種), SMN015 (Ⅱ種)
芸予地震 (2001/03/24)	6.4	正断層	HRS019 (Ⅲ種), EHM007 (Ⅱ種)
宮城県沖の地震 (2003/05/26)	7.0	逆断層	MYG001 (Ⅱ種), MYG002 (Ⅰ種), IWT008 (Ⅰ種)
宮城県北部の地震 (2003/07/23)	6.2	逆断層	MYG007 (Ⅰ種), MYG010 (Ⅲ種), MYG012 (Ⅲ種)
新潟中越地震 (2004/10/23)	6.8	逆断層	NIG017 (Ⅱ種), NIG019 (Ⅱ種), NIG020 (Ⅱ種), NIG021 (Ⅱ種)
福岡県西方沖地震 (2005/03/20)	7.0	横ずれ断層	FKO006 (Ⅲ種), FKO007 (Ⅱ種)
能登半島沖地震 (2007/03/25)	6.9	逆断層＋ 横ずれ断層	ISK003 (Ⅰ種), ISK005 (Ⅲ種), ISK006 (Ⅰ種)
新潟中越沖地震 (2007/07/16)	6.8	逆断層	NIG016 (Ⅱ種), NIG018 (Ⅲ種)
岩手・宮城内陸地震 (2008/06/14)	7.2	逆断層	AKT023 (Ⅱ種), IWT010 (Ⅰ種), IWT011 (Ⅱ種), MYG004 (Ⅰ種), MYG005 (Ⅰ種)

#### 4.2.2 観測記録に基づく震源断層近傍の地震動上下成分の特性

図4.2.1～図4.2.3は、地盤分類毎の地震動上下成分と水平成分のフーリエ振幅スペクトル比の「平均値」と「平均値＋標準偏差」，「平均値＋2×標準偏差」をプロットしたものである。フーリエ振幅スペクトル比の計算は、バンド幅0.1Hz のパーゼンウインドウによる平滑化を行った。

図4.2.1に示すⅠ種地盤での地震動上下成分と水平成分のフーリエ振幅スペクトル比では、 $T = 0.06$  秒で最大となり、周期が長くなるにつれて減少するが、 $T = 0.13$  秒辺りよりほぼ一定となる傾向が読み取れる。なお、 $T = 0.06$  秒より短周期側のフーリエ振幅スペクトル比は最大値より

も小さくなっている。このような短周期側のスペクトル比の低下については、K-NET観測点の基礎形状と地盤の動的相互作用の影響が現れるものと考えられ（河本 2007）<sup>5)</sup>、自然地盤の地震動とは異なる。したがって、本論文では、 $T = 0.06$  秒より短周期側のスペクトル比は、一定値として与えるものとする。

図4.2.4に式(4.2-1)～式(4.2-3)から求められた地震動上下成分と水平成分のフーリエ振幅スペクトル比の各地盤種別におけるモデルの比較を示す。それぞれ黒実線がⅠ種地盤、青実線がⅡ種地盤、赤実線がⅢ種地盤のモデルを表している。Ⅰ種地盤での地震動上下成分と水平成分のフーリエ振幅スペクトル比の特性は、Ⅱ種地盤とⅢ種地盤での地震動上下成分と水平成分のフーリエ振幅スペクトル比の特性とも同じであることがわかる。しかし、地盤分類が違うと、スペクトル値の最大値や最大値が生じる周期、周期によるスペクトル比の減少率、スペクトル値が一定となる周期が違うことがわかる。フーリエ振幅スペクトル比の平均値の特性でみると、最大値はⅠ種、Ⅱ種地盤で1.4と変わらないが、Ⅲ種地盤では2.3と大きくなっている。最大値が周期とともに減少し始める周期では、Ⅰ種地盤が最も短く0.06秒から減少するが、Ⅱ種とⅢ種地盤ではやや長い0.09秒で減少し始めている。また、減少して一定値となる周期は、Ⅰ種地盤で0.15秒、Ⅱ種地盤で0.25秒、Ⅲ種地盤で1.0秒のように地盤が軟らかくなるにつれて長くなる。なお、地盤種別毎の短周期側を一定値とする妥当性については今後十分に検討しなければならないが、現時点では地盤種別を問わず、適用範囲を  $T = 0.03$  秒～5秒の周期帯とするものとする。

以上のようなスペクトル比の平均値と標準偏差を用いて、スペクトル比の「平均値 +  $m\sigma_{FJ}$ 」（ $\sigma_{FJ}$ ：J種地盤での標準偏差）を、次式のようにモデル化した。

Ⅰ種地盤の地震動上下成分と水平成分のフーリエ振幅スペクトル比：

$$E \left[ \frac{|V(T)|}{|H(T)|} \right] + m\sigma_{F1} = \begin{cases} 1.4 + m\sigma_{F1} & 0.03 \leq T \leq 0.06 \\ (1.4 + m\sigma_{F1}) \left( \frac{0.06}{T} \right)^2 & 0.06 \leq T \leq 0.13 \\ (1.4 + m\sigma_{F1}) (0.46)^2 & 0.13 \leq T \leq 5 \end{cases} \quad (4.2-1)$$

ここに、 $\sigma_{F1} = 0.7$ 。上式で  $m = 0$  とすると、フーリエ振幅スペクトル比の平均値が、 $m = 1$  とすると平均値 + 標準偏差が、 $m = 2$  とすると平均値 + 2 × 標準偏差求められる。

Ⅱ種地盤の地震動上下成分と水平成分のフーリエ振幅スペクトル比：

$$E \left[ \frac{|V(T)|}{|H(T)|} \right] + m\sigma_{FII} = \begin{cases} 1.4 + m\sigma_{FII} & 0.03 \leq T \leq 0.09 \\ (1.4 + m\sigma_{FII}) \left( \frac{0.09}{T} \right)^{1.5} & 0.09 \leq T \leq 0.25 \\ (1.4 + m\sigma_{FII})(0.36)^{1.5} & 0.25 \leq T \leq 5 \end{cases} \quad (4.2-2)$$

ここに、 $\sigma_{FII} = 1.0$ 。

Ⅲ種地盤の地震動上下成分と水平成分のフーリエ振幅スペクトル比：

$$E \left[ \frac{|V(T)|}{|H(T)|} \right] + m\sigma_{FIII} = \begin{cases} 2.3 + m\sigma_{FIII} & 0.03 \leq T \leq 0.09 \\ (2.3 + m\sigma_{FIII}) \left( \frac{0.09}{T} \right) & 0.09 \leq T \leq 1.0 \\ (2.3 + m\sigma_{FIII})(0.09) & 1.0 \leq T \leq 5 \end{cases} \quad (4.2-3)$$

ここに、 $\sigma_{FIII} = 1.3$ 。

図4.2.1～図4.2.3には、観測記録の「平均値」，「平均値＋標準偏差」，「平均値＋2×標準偏差」と，式(4.2-1)～式(4.2-3)を比較しているが，式(4.2-1)～式(4.2-3)は観測記録の特性をよく近似していることがわかる。なお，これらの結果は，今後，被害地震の断層近傍の強震動の記録の蓄積によって，変更されるべきものである。

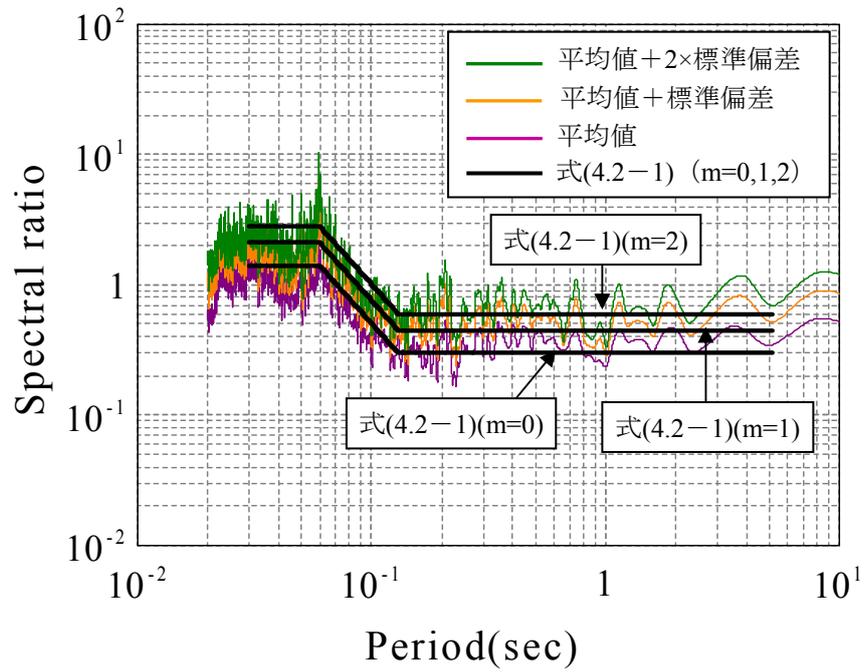


図 4.2.1 地震動上下成分と水平成分のフーリエ振幅スペクトル比 (I 種地盤)

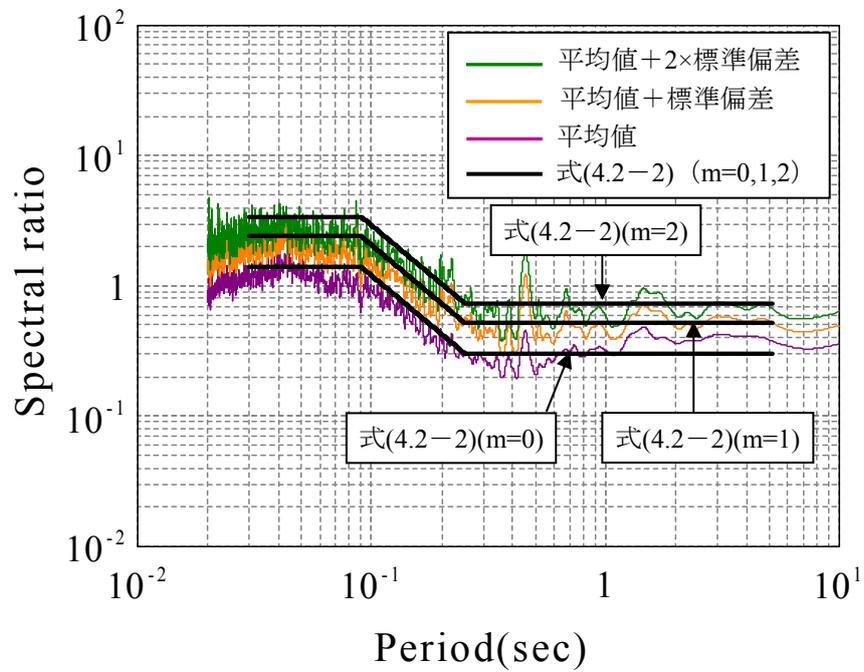


図 4.2.2 地震動上下成分と水平成分のフーリエ振幅スペクトル比 (II 種地盤)

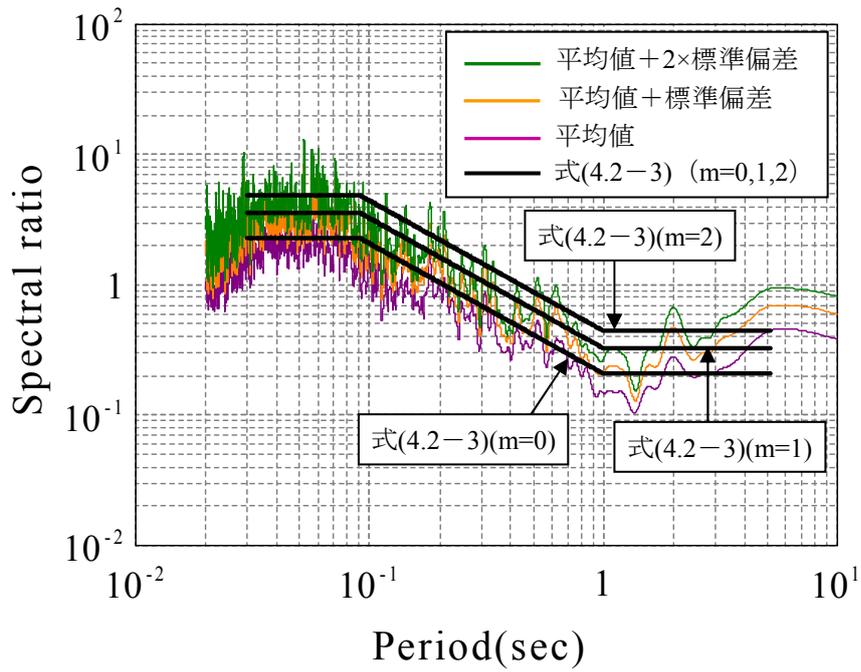


図 4.2.3 地震動上下成分と水平成分のフーリエ振幅スペクトル比（Ⅲ種地盤）

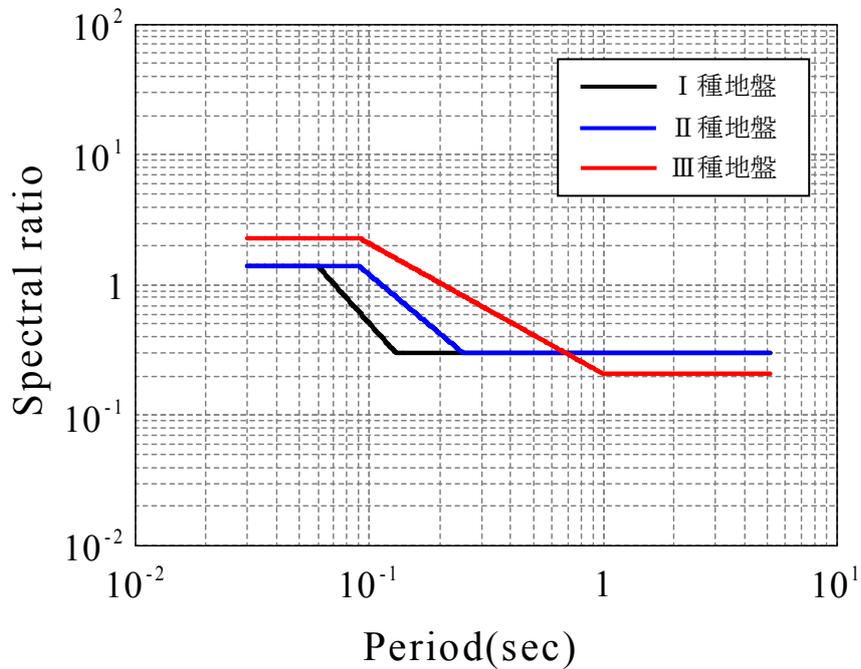


図 4.2.4 各地盤種別における地震動上下成分と水平成分のフーリエ振幅スペクトル比のモデルの比較（ $m=0$  の場合）

## 4.3 断層モデルに基づく震源断層近傍の岩盤における地震動上下成分の特性

### 4.3.1 解析で用いた逆断層・地盤系モデルと地震動作成

ここでは、地震動上下成分が大きくなると考えられる逆断層を想定し、図4.3.1に示すように地盤モデルは逆断層を含む半無限地盤上に1層の表層地盤の厚さ（0km, 0.5km, 1.5km）を変えた3ケースの逆断層・地盤系とした。逆断層のマグニチュードは6.5を想定し、表4.3.1にその逆断層の断層パラメータを示す。また、表4.3.2に地盤の物性値を示す。逆断層の傾斜角 $\delta$ は $30^\circ$ 、 $45^\circ$ と $60^\circ$ の3ケースを仮定した。図4.3.2に示すような震源断層上端の位置を地表面に投影した位置は直線となりこれを断層線という。ここでは、図4.3.2に示すように逆断層の断層線の中央を横断する20kmの直線上（上盤側と下盤側のそれぞれ10km区間）の0.5km, 5km, 10km地点の合計6地点（上盤側と下盤側のそれぞれ3地点）の地震動上下成分と水平成分のフーリエ振幅スペクトル比を計算し（周期0.5秒以上を計算対象領域とした）、その特性を調べた。

地震動の作成としては、第2章で示した運動学的断層モデルと水平成層地盤の剛性行列によって解析的に求められる振動数・波数領域の地震波動場を3重逆フーリエ変換して理論的に断層永久変位を含む地震動波形を合成した。採用した理論的評価法の検証については、第2章で示すように、実現象を再現できる精度の高いものとなっている。

表 4.3.1 解析で用いた逆断層の断層パラメータ

地震モーメント $M_0$ ( $N \cdot m$ )	$2.23 \times 10^{10}$
立ち上がり時間 $\tau$ (s)	0.3
断層の長 $L$ (km)	8.5
断層の幅 $W$ (km)	8.5
断層破壊速度 $v_r$ (km/s)	2.2
断層の走行方向 $\phi$ (°)	0
断層面の傾斜角 $\delta$ (°)	30 or 45 or 60
すべり方向 $\lambda$ (°)	90

表 4.3.2 解析で用いた地盤物性値

物性値	表層地盤			半無限地盤
	Model A	Model B	Model C	
表層地盤厚さ (km)	0	0.5	1.5	—
P 波速度 (km/s)	2.8			6.0
S 波速度 (km/s)	1.6			3.5
密度 ( $kg/m^3$ )	2300			2800
Q 値	150			400

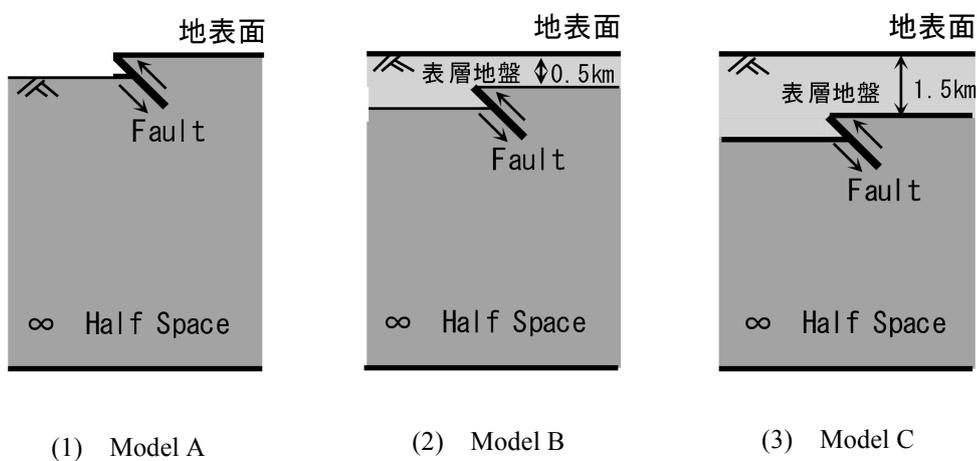


図 4.3.1 解析で用いた逆断層・地盤系モデル

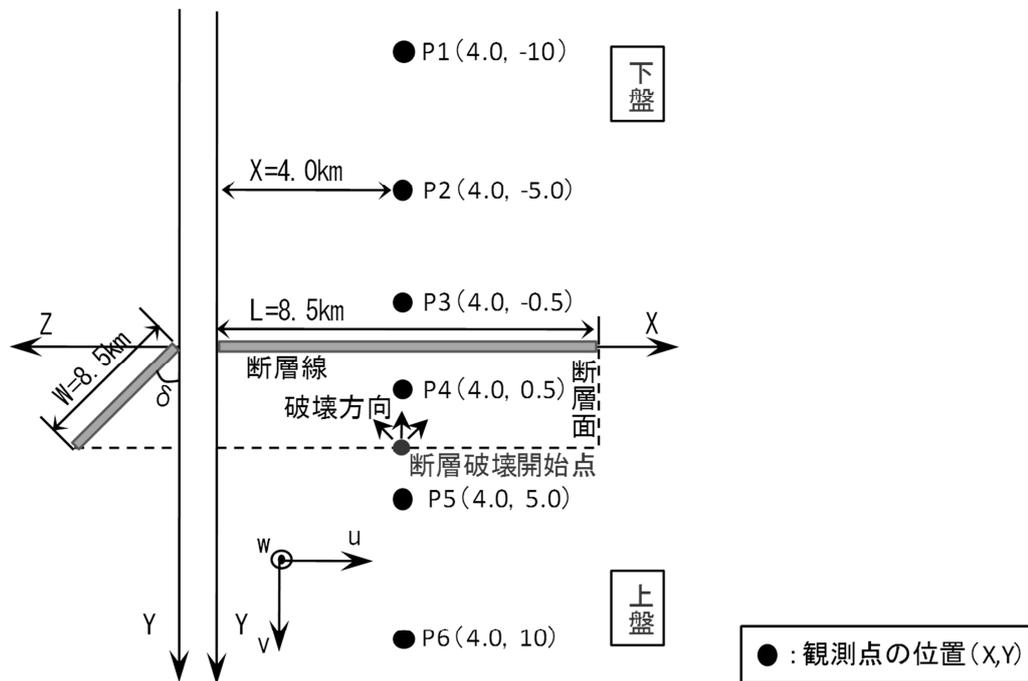


図 4.3.2 震源断層と観測点の位置関係

#### 4.3.2 震源断層モデルによる断層近傍の岩盤における地震動上下成分の計算

図4.3.3～4.3.5は、周期0.5秒から5秒の周期帯における地震動上下成分と水平成分のフーリエ振幅スペクトル比をプロットしたものである。これらの図は、逆断層の傾斜角  $\delta = 30^\circ$  (図4.3.3)、傾斜角  $\delta = 45^\circ$  (図4.3.4) と傾斜角  $\delta = 60^\circ$  (図4.3.5) における上盤と下盤のそれぞれ3地点のフーリエ振幅スペクトル比を示す。また、上段、中段、下段の図は表層地盤の厚さが0km (Model A)、0.5km (Model B)、1.5km (Model C) の3ケースの結果である。各図中の緑実線、青実線、赤実線は、断層線から0.5km、5km、10kmの地点におけるそれぞれの地震動上下成分と水平成分のフーリエ振幅スペクトル比を表わす。

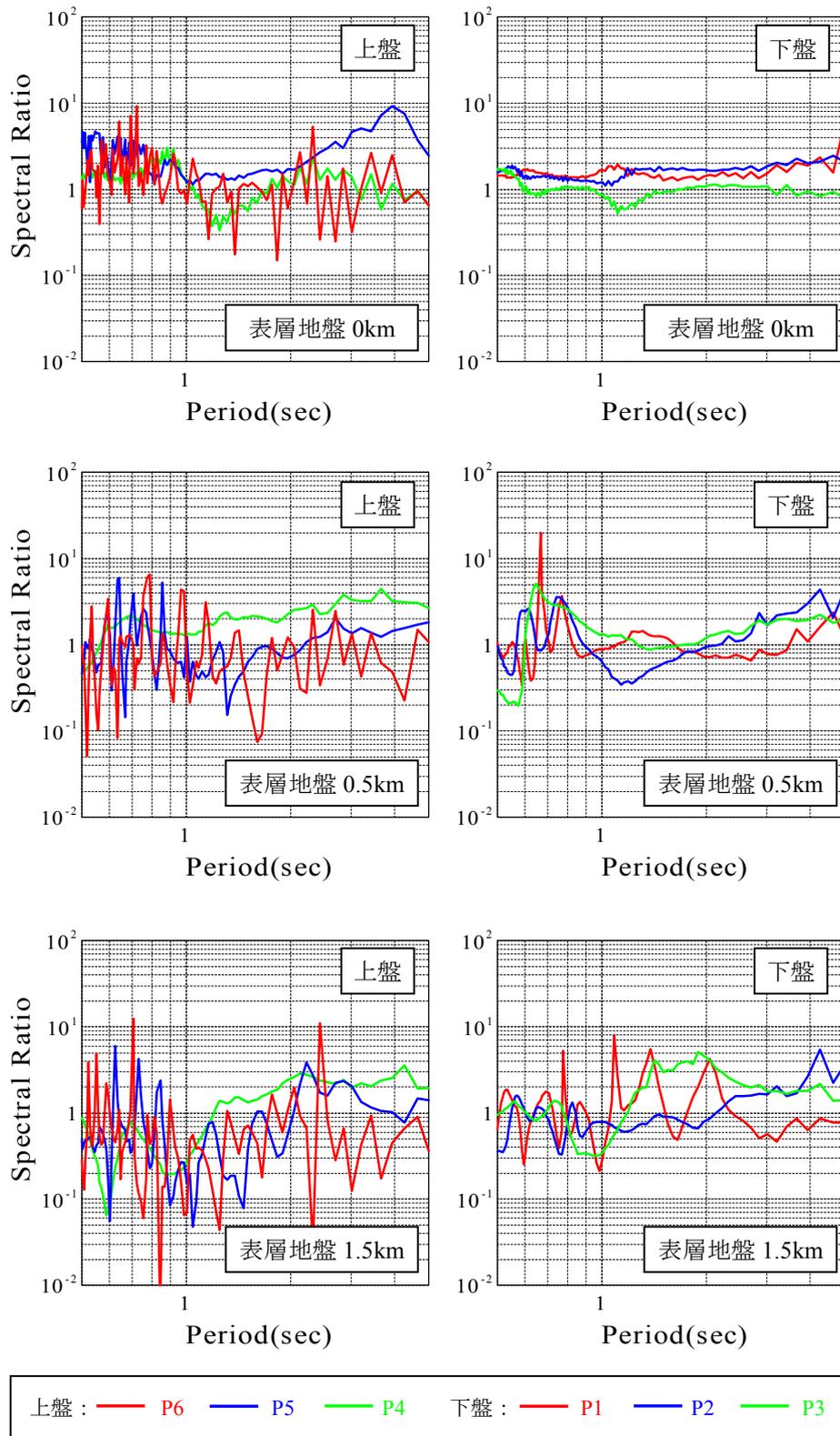


図 4.3.3 逆断層近傍での地震動上下成分と水平成分のフーリエ振幅スペクトル比（傾斜角  $\delta = 30^\circ$ ，上盤と下盤の各 3 地点，表層地盤厚さ 0 km と 0.5km と 1.5km）

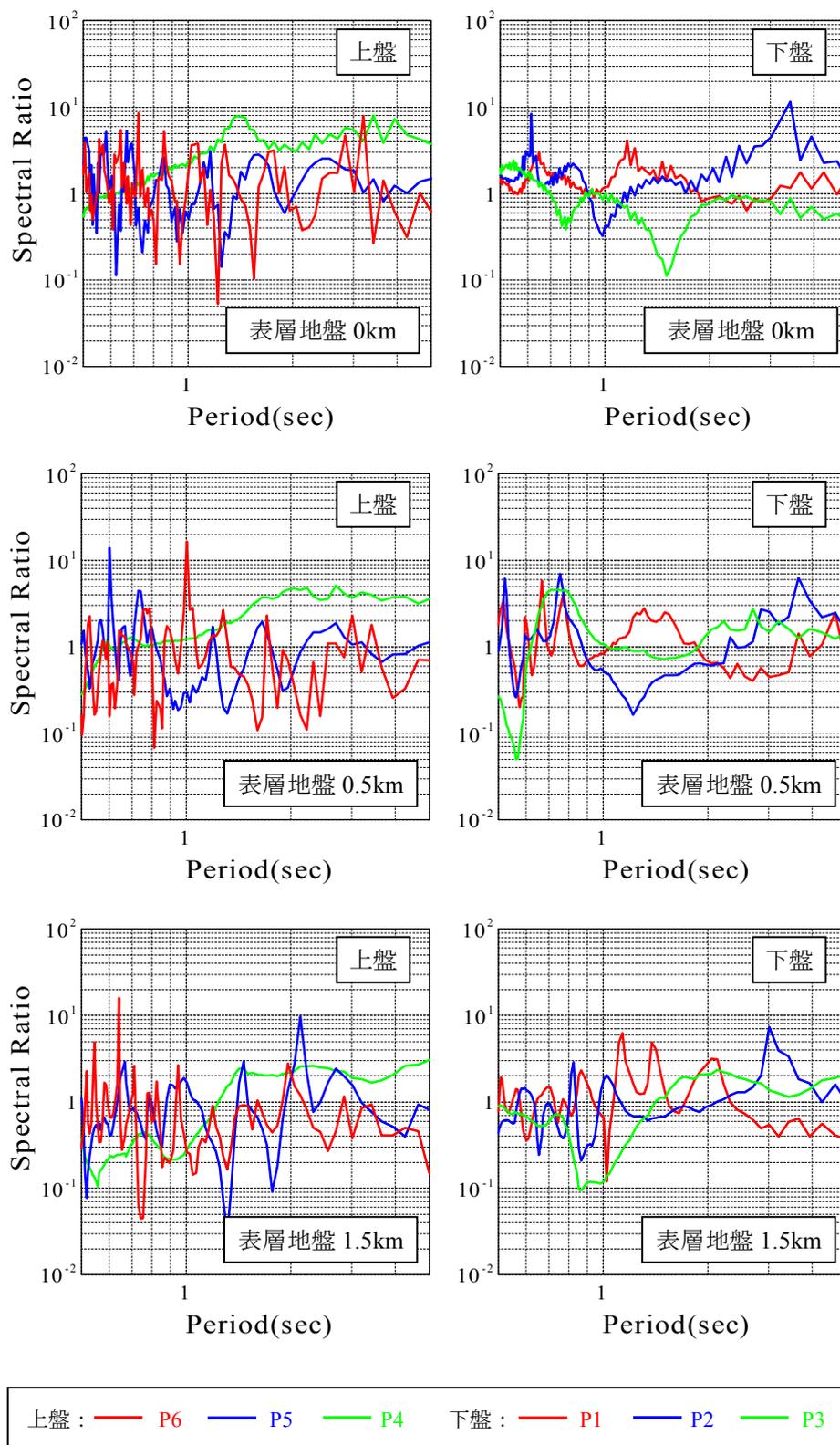


図 4.3.4 逆断層近傍での地震動上下成分と水平成分のフーリエ振幅スペクトル比（傾斜角  $\delta = 45^\circ$ ，上盤と下盤の各 3 地点，表層地盤厚さ 0 km と 0.5km と 1.5km）

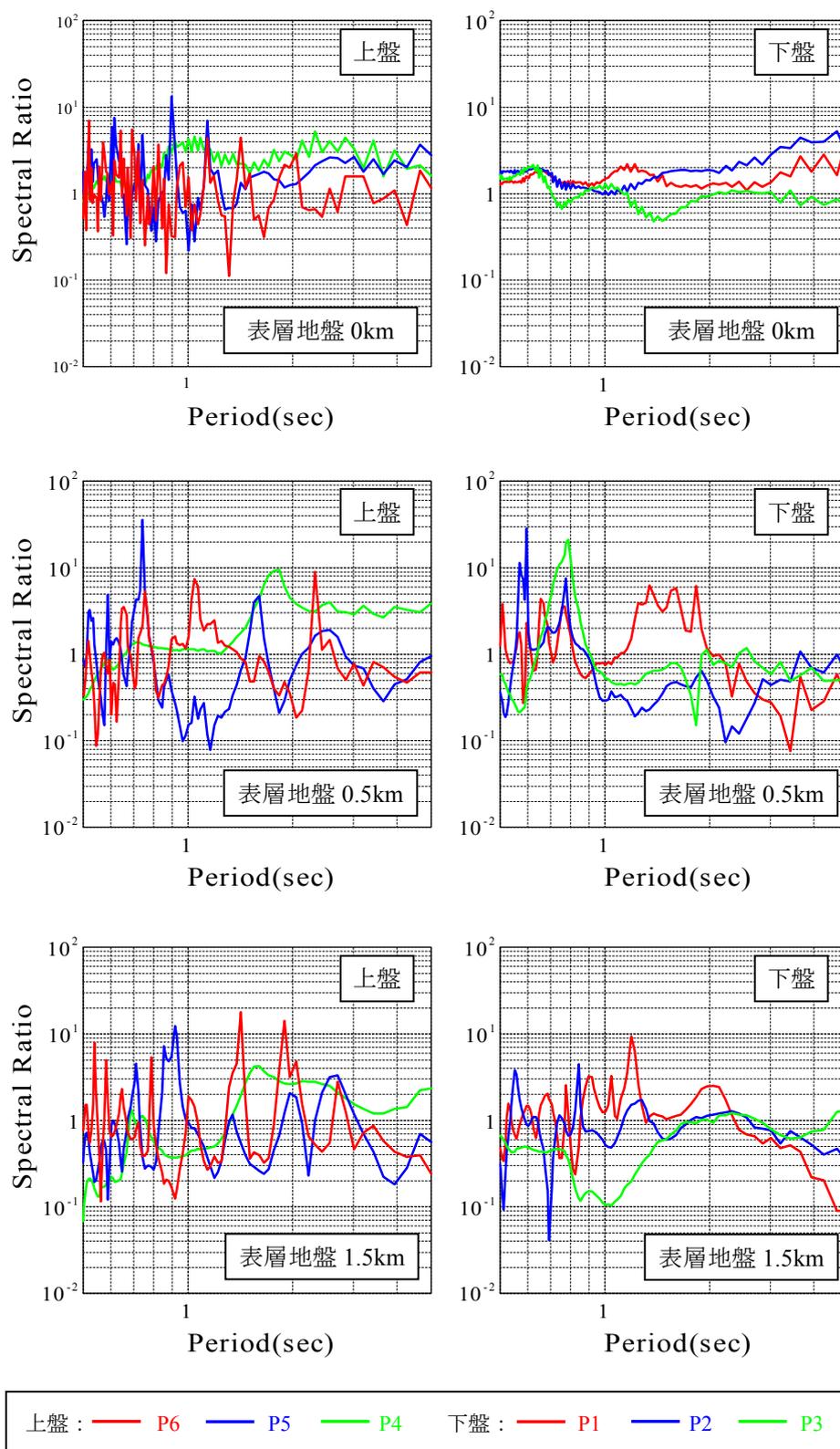


図 4.3.5 逆断層近傍での地震動上下成分と水平成分のフーリエ振幅スペクトル比（傾斜角  $\delta = 60^\circ$ ，上盤と下盤の各 3 地点，表層地盤厚さ 0 km と 0.5km と 1.5km）

### 4.3.3 震源断層モデルによる断層近傍の岩盤における地震動上下成分の特性

図4.3.3～4.3.5より，表層地盤の厚さと逆断層の傾斜角に依らず共通的なフーリエ振幅スペクトル比の特徴は，上盤側と下盤側でその特徴が異なることである．すなわち，上盤では，断層線からの距離が近い0.5kmと5kmの2地点の地震動上下成分と水平成分のフーリエ振幅スペクトル比（緑色と青色の実線）は1以上（特に1.0秒以上の周期帯）となる周期帯が多くなるが，断層線から10kmと遠くの地点のフーリエ振幅スペクトル比（赤の実線）は1以下の周期帯が多くなる．しかし，下盤では，断層線からの距離が少し遠い5kmと10kmの2地点のフーリエ振幅スペクトル比（青色と赤色の実線）は，1以上または1以下の周期帯が不規則に現れているのに対し，極近い0.5kmの地点（緑色の実線）のみで，1以下の周期帯が多くなっている（表層地盤の厚さが0kmの場合には1以下であり，表層地盤の厚さが大きくなるにつれ1以上の周期帯が現れている）．

図4.3.3～4.3.5に示すように，逆断層・地盤系モデルを想定し理論的方法によって求めた地震動上下成分と水平成分のフーリエ振幅スペクトル比は，上盤と下盤並びに，表層地盤の厚さと逆断層の傾斜角，断層線からの距離によって変わるが，約0.5秒以上の周期帯において，スペクトル比が1以上の周期帯があることがわかる．例えば，図4.3.4の表層地盤厚さ1.5kmのP4地点（断層線から500m地点，図4.3.2参照）の水平成分（v方向）と上下成分（w方向）の変位波形は，図4.3.6に示すように大きな上下変位波形が求められている．このことは，2.2で示した既往の強震観測記録に基づく平均的なスペクトル振幅比が周期約0.5秒以上では全て1以下であることとは異なるため，特に，逆断層近傍のように地震動上下成分が水平成分よりも大きくなる場合には，震源断層・地盤系モデルによる理論的方法から地震動を評価する必要性を示している．

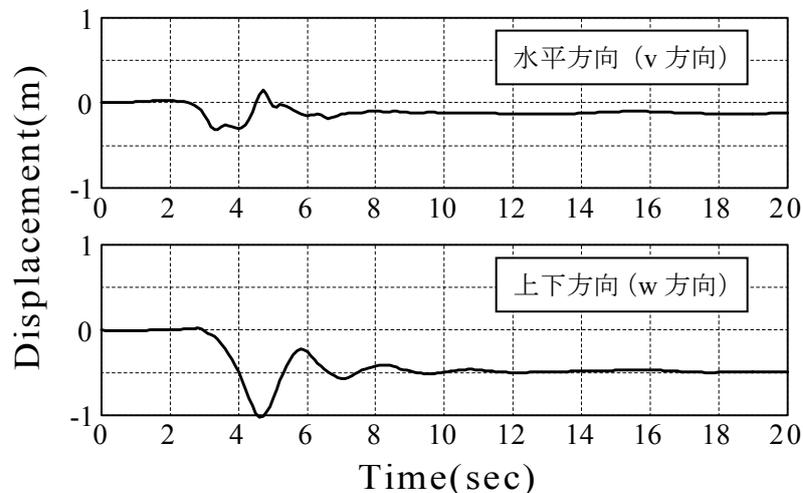


図 4.3.6 断層面の傾斜角  $\delta = 45^\circ$  ，表層地盤厚さ 1.5km の P4 地点における変位波形

#### 4.4 2008年岩手・宮城内陸地震による KiK-net 一関西の観測地震動上下成分の特性と震源断層モデルによる特性の比較

ここでは、4.3で示した震源断層モデルによる地震動上下成分の特性と2008年岩手・宮城内陸地震によるKiK-net一関西の地表面での観測地震動上下成分の特性を比較する。

まず、0.5秒以上の周期帯を対象として、KiK-net一関西の地表面での観測地震動加速度波形から振動数領域における積分を行なって求めた変位波形と震源断層モデルによる変位波形の比較を行なった。その結果を図4.4.2に示す。断層モデルによる変位波形は、断層による岩盤の永久変位を含む変位波形の特性をよく再現していることがわかる。なお、ここで用いた逆断層・地盤系モデルとしては、KiK-net一関西の観測点が、震源断層上に位置するため、最も近いアスペリティを参考にモデル化した（Suzuki et al 2010）<sup>6)</sup>。半無限地盤内の逆断層を仮定し、それらの断層パラメータと地盤物性値を表4.4.1と表4.4.2に示す。また、震源断層のすべり時間関数は、表4.4.1と表4.4.2に示す断層パラメータと地盤物性値を固定して、すべり時間関数のみを未知数として、マルカート法（中川ら 1982）<sup>7)</sup>を用いて、KiK-net一関西の観測変位波形と計算変位波形の3成分の振動数領域での誤差の二乗和が最小になるように推定した（図4.4.1）。

表 4.4.1 KiK-net 一関西での観測記録との比較で用いた逆断層の断層パラメータ

	断層①	断層②
地震モーメント $M_0$ ( $N \cdot m$ )	$1.48 \times 10^{18}$	$5.55 \times 10^{17}$
断層の長 $L$ ( $km$ )	5.6	2.1
断層の幅 $W$ ( $km$ )	7.7	
断層破壊速度 $v_r$ ( $km/s$ )	2.8	
断層の走行方向 $\phi$ ( $^\circ$ )	209	
断層面の傾斜角 $\delta$ ( $^\circ$ )	50	48
すべり方向 $\lambda$ ( $^\circ$ )	104	

表 4.4.2 KiK-net 一関西での観測記録との比較で用いた逆断層の地盤の物性値

物性値	表層地盤	半無限地盤
表層地盤厚さ ( $km$ )	0.4	—
P 波速度 ( $km/s$ )	3.0	6.0
S 波速度 ( $km/s$ )	1.8	3.5
密度 ( $kg/m^3$ )	2300	2800
Q 値	150	400

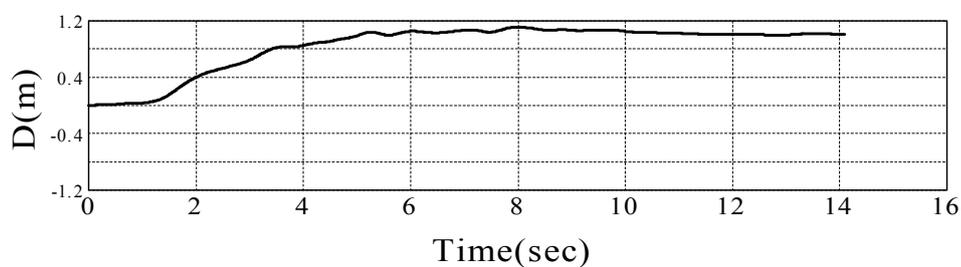


図 4.4.1 2008 年岩手・宮城内陸地震による KiK-net 一関西での観測記録の再現に用いたすべり関数  $D$

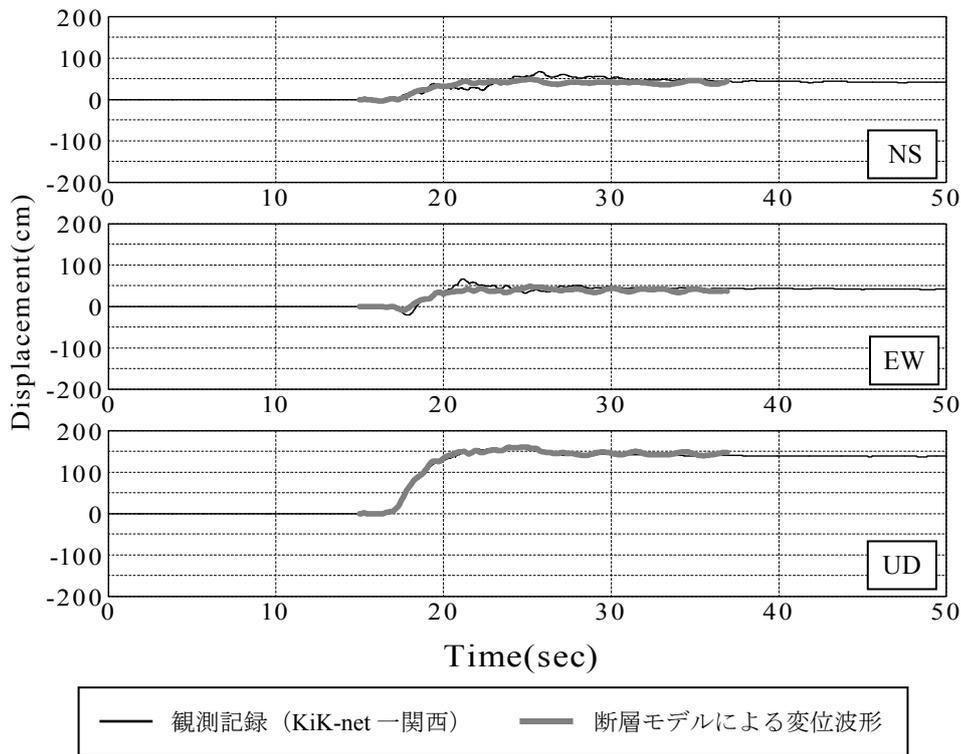


図 4.4.2 2008 年岩手・宮城内陸地震による KiK-net 一関西での地表面観測加速度記録の積分で求めた変位波形と断層モデルによる変位波形の比較

次に、2008 年岩手・宮城内陸地震による KiK-net 一関西の地表面観測加速度記録と、断層モデルによる変位波形（図 4.4.2）それぞれの地震動上下成分と水平成分のフーリエ振幅スペクトル比を計算し、その比較を図 4.4.3 に示す（黒実線は KiK-net 一関西の観測加速度記録、赤実線は断層モデルによる変位波形より計算したフーリエ振幅スペクトル比となる）。図 4.4.3 の左は地震動上下成分と水平 NS 成分のフーリエ振幅スペクトル比を、右は地震動上下成分と水平 EW 成分のフーリエ振幅スペクトル比を表している。その結果は図 4.4.3 に示すように観測記録の特性を再現している。ただし、周期 3 秒～4 秒では観測記録の特性が大きく現れているものの、その他の周期帯では断層モデルによるスペクトル振幅比は、やや観測記録の特性よりも大きめとなっている。この原因は、図 4.4.2 に示す変位波形の比較からわかるように断層モデルによる水平変位波形は観測波形よりもやや過小評価しているため、地震動上下成分と水平成分のフーリエスペクトル振幅比では、断層モデルによる結果の方が大きめに評価されることによる。一般に、図 4.4.2 に示すような波形の再現性はあるといえるが、図 4.4.3 に示すスペクトル振幅比ではこの程度の違いが見られる。そのため、断層パラメータや地盤モデルを変えてより精度の高い再現を試みる必要がある。

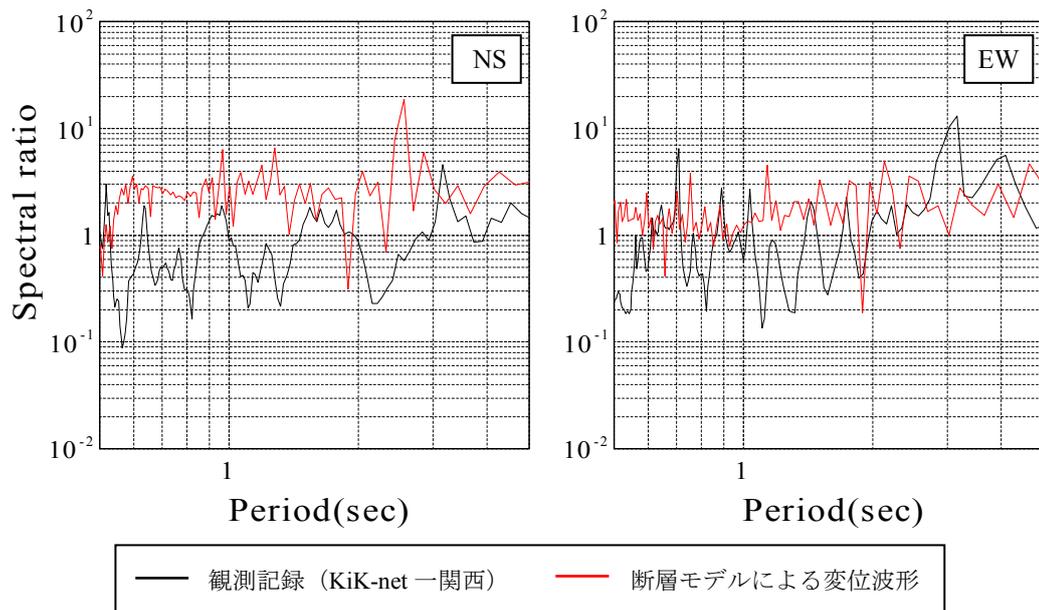


図 4.4.3 2008 年岩手・宮城内陸地震による KiK-net 一関西の地表面での観測加速度記録と断層モデルによる地震動上下成分と水平成分(左: NS 成分, 右 EW 成分)のフーリエ振幅スペクトル比の比較

#### 4.5 まとめ

本章では、わが国で最近発生した内陸被害地震の震源断層近傍（断層最短距離 20km 以内）における強震観測記録から、地震動上下成分と水平成分のフーリエ振幅スペクトル比を求め、特性のモデル化を行ない、その評価式を提案した。また、断層近傍の観測記録の不足を補うために、震源断層・地盤系モデルによる理論的地震動作成方法を用いて、地震動上下成分と水平成分のフーリエ振幅スペクトル比を求め、その特性を評価した。得られた結果を以下に列記する。

- (1) 強震観測記録から、表層地盤特性（道路橋耐震設計指針の地盤分類：Ⅰ種、Ⅱ種、Ⅲ種地盤）を考慮して、地震動上下成分と水平成分のフーリエ振幅スペクトル比の平均値と標準偏差の周期特性の評価式を求めた。
- (2) 震源断層近傍の強震動観測記録を補完する目的として逆断層・地盤系モデルによる理論的に作成した地震動上下成分と水平成分のフーリエ振幅スペクトル比を求め、上盤と下盤でその特性が異なることを明らかにした。また、表層地盤の厚さと逆断層の傾斜角、断層線からの距離によって変わることを示した。

- (3) 波形合成法を用いて、2008年岩手・宮城内陸地震によるKiK-net一関西観測点で観測された地震動加速度波形から求めた変位波形を再現し、観測記録の地震動上下成分特性と震源断層モデルによる再現した地震動上下成分の特性を比較し、理論的方法による地震動上下成分の特性の再現についての検討し、考察した。

## 参考文献

- 1) 日本建築学会編：多次元入力地震動と構造物の応答,日本建築学会, 1998.
- 2) 原田隆典, 野中哲也, 児玉喜秀, 中村真貴：震源断層近傍の地震動上下成分の解析と上路式鋼アーチ橋の非線形応答挙動, 第13回日本地震工学シンポジウム論文集, 日本地震工学会, pp.4256-426, 2010.
- 3) 児玉喜秀, 原田隆典, 野中哲也, 中村真貴, 宇佐美勉：逆断層近傍における上路式鋼トラス橋の応答特性, 構造工学論文集, 土木学会, Vol.57A, pp.454-466, 2011.
- 4) 社団法人日本道路協会：道路橋指方書・同解説, V 耐震設計編, 2002.
- 5) 河本悠歩：地震観測記録に及ぼす地震計基礎形状及び周辺環境の影響に関する研究－構造物と地盤との動的相互作用解析に基づいて－, 名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻博士前期課程研究論文  
(<http://www.sharaku.nuac.nagoya-u.ac.jp/~fukuwa/paper-pdf/aij2007/kawamoto.pdf>) , 2007.
- 6) Suzuki, W., Aoi, S., and Sekiguchi, H. : Rupture process of the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku, Japan, Earthquake derived from near-source strong-motion records, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 100, No. 1, pp.256-266, 2010.
- 7) 中川徹, 小柳義夫：最小二乗法による実験データ解析, 東京大学出版会, pp.95-104, 1982.