

# 東北地方太平洋沖地震とその余震の地震動方向性の検討

八戸工業高等専門学校 学生会員 ○佐々木 優輔  
八戸工業高等専門学校 学生会員 西塚 萌  
八戸工業高等専門学校 学生会員 林 秀幸  
八戸工業高等専門学校 正会員 杉田 尚男

## 1.はじめに

2011年3月11日14時46分頃、宮城県三陸沖を震源として発生した東北地方太平洋沖地震<sup>1)</sup>により東北地方を中心に全国で大きな揺れが観測された。

地震動の研究はこれまで、構造物の固有周期を考慮した地震動の卓越周期の研究が多く行われて来たが、地震動の揺れの方向についての研究はあまりされて来なかった。しかし過去には1995年に起きた兵庫県南部地震のように、一定方向への揺れが卓越したため大きな被害を受けた例もある<sup>2)</sup>。

そこで本研究では東北地方太平洋沖地震の地震データ及び、その余震と呼ばれている同様の震源域から発生した2011年4月7日、2013年9月20日、10月26日、2014年7月12日の地震動のデータについて方向成分ごとに地震応答スペクトル解析を行い、加速度応答値を算出し加速度応答全体の平均値を示す方向を『地震動加速度応答値の平均方向』として定義した。

## 2.解析手法

### 2.1 加速度オービット

全国の強震観測網(K-NET, KiK-net)から得られたデータ<sup>3)</sup>を地震応答解析し、その結果を基にNS, EW, UD方向から2方向を軸に取り、加速度の値をプロットした加速度オービット図を作成し方向性について比較・検討した。

### 2.2 ベクトル合成

加速度オービットの結果を基に NS 方向の N の向きを 0° として時計回りに 5° ずつ、36 方向にベクトル合成を行い各方向の加速度波形を作成する。ベクトル合成の式を(1)に示す<sup>4)</sup>。

$$a(t) = \cos \theta \times a_{NS}(t) + \sin \theta \times a_{EW}(t) \quad (1)$$

### 2.3 加速度応答スペクトルの作成

時刻歴波形について、地震応答スペクトル解析<sup>5)</sup>を行い方向成分ごとに比較する。地震応答解析は 1 質点 1 自由

度系の構造物をモデルとした固有周期ごとの加速度・速度・変位の応答値の最大値を取って繋いだものである。本研究では構造物の応答を考慮するため加速度応答値の結果を用いる。

### 2.4 『地震動加速度応答値の平均方向』の提案

加速度応答スペクトルの結果から、単に一方方向の地震応答解析を行う場合、どの方向を選ぶかによってその結果が大きく異なることがわかった。設計する立場からすると、構造物の設計においてより安全側に立って最大方向を用いるという選択肢もあるが、例えば一自由度系からなる構造物群に一方方向の地震動を入力する場合を考えると、被害推定を行う際、最大方向を用いたのでは被害を過大評価してしまう。

そこで本研究では、被害推定の際に被害の過大評価を防ぐため、加速度応答が全体の平均となる方向『加速度応答値の平均方向』を定義した。

各観測点において方向成分ごとにベクトル合成し、地震応答スペクトル解析を行った値について加速度応答スペクトル値の平均値を算出しグラフ化した。平均加速度を求めるとは地震時の多くの構造物の塑性化を含めた周期をカバーできる 0-3 秒の範囲を用いた。

方向成分ごとに算出した加速度応答値の平均値から方向成分全体の平均値を算出し、グラフ化して交点の座標を『地震動加速度応答値の平均方向』とする。

## 3.解析結果

### 3.1 加速度オービット図の比較

東北地方太平洋沖地震の地震動及びその余震と呼ばれている 4 つの地震動の NS, EW 方向を軸に取った加速度オービットを比較した結果、どの地震動も一定方向への卓越は少なく、オービット図はほぼ円形・楕円形の形を示したため地震動の方向性は弱かったと言える。図 1 と図 2 には築館の本震と余震の加速度オービットを示す。築館の余

キーワード：地震動の方向性、加速度オービット、加速度応答値の平均方向

連絡先：〒039-1104 青森県八戸市田面木字上野平 16-1 電話・FAX0178-27-7313

震を見ると本震と同様に地震動の方向性は弱いことが分かる。本震・余震ともに地震動全体の方向性は弱かったが、観測点によっては方向成分が卓越した地震動も見られ、観測点ごとの特徴が異なることも分かった。

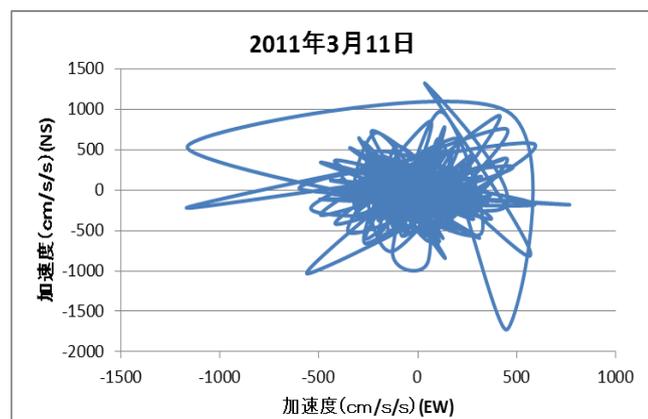


図1 築館の加速度オービット(本震)  
(観測点番号 MYG0041103111446)

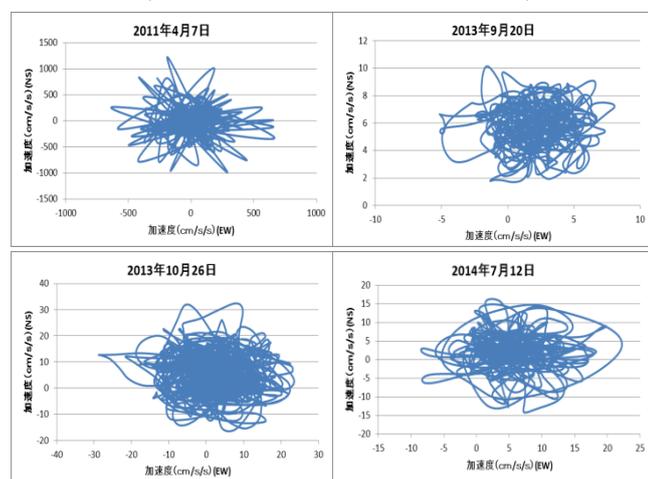


図2 築館の加速度オービット(余震)  
(観測点番号 MYG0041103111446)

### 3.2 加速度応答スペクトルの比較

加速度応答スペクトルは同じ地震動でも観測点によって最大値を示す方向及び値が異なる結果が得られた。また多くの観測地点で 0.5 秒以下の短周期で地震動が卓越する結果が得られた。観測点によって方向成分ごとの加速度応答値の差が大きい観測点と小さい観測点が見られたものの、地震動全体の傾向としては 5 つの地震動とも方向成分ごとの加速度応答スペクトルの差が小さい観測点が多く、方向性が弱い地震動であったと言える。

### 3.3 平均方向の比較

各観測地点の加速度応答スペクトルの方向成分ごとの平均値から全体の平均を算出して得た『地震動加速度応答値の平均方向』の結果から、各観測地点で平均方向が2つ

以上得られた。

観測結果から平均方向は観測点によって多少のずれがあり、観測点同士の場所が比較的近い場合でも同様に多少のずれが見られた。これは各観測点の地盤特性による違いだと考えられる。

白地図上に各観測点の平均方向を示した。2 方向あるうち一方は全体的に西北西－東南東方向を示し、もう一方はその方向と垂直な方向を取る傾向が見られた。

このような傾向は他の 4 つの地震動でも得られた。このことから、それぞれ発生の日時やメカニズムが異なる場合でも同様の震源域から発生した地震動であれば加速度応答値の平均方向は同じ傾向を示すことが言える。

## 4.まとめ

東北地方太平洋沖地震及びその余震の方向性について検討した結果、観測地点によって加速度オービットに違いはあるが、方向性の弱い地震動であることが分かった。また方向成分ごとの加速度応答スペクトルの結果から『地震動加速度応答値の平均方向』を定義した結果、地図上の観測点全体で西北西－東南東の方向とそれに垂直な方向に平均方向をとる結果が得られた。余震においても同じような傾向が得られたことから、各観測点の加速度応答値の平均方向は同様の震源域から発生した地震動であれば似たような傾向を示すと言える。この結果を構造物の設計に取り入れることで被害推定をより正確なものにし、今後起こる地震動に対する構造物被害の低減に寄与できると考える。

## 5.参考文献

- 1) 気象庁:平成 23 年 3 月 11 日 14 時 46分頃の三陸沖の地震について(第2報), 報道発表資料, 平成 23 年 3 月 11 日 16 時 20 分.
- 2) 野津厚, 井合進, Wilfred D.IWAN: 震源近傍の地震動の方向性に関する研究とその応用, 港湾技術研究所報告, 第 40 巻, 第 1 号, pp.107-167, 2001.
- 3) 防災科学技術研究所 強震観測網(K-NET, KiK-net), <http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>
- 4) 酒匂教明, 安達俊夫: 二方向入力を受ける飽和砂地盤の地震応答特性, その 3.二方向入力と一方向入力の比較, 日本建築学会大会学術梗概集 B-1 分冊, pp.445, 2002.
- 5) 吉川弘道, 北本廣平: 構造物の動的弾性応答と応答スペクトル, 旧武蔵工業大学研究論文, 2001.