

地震動の方向性から見た東北地方太平洋沖地震とその余震の検討

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 高嶋 ともの
八戸工業高等専門学校 正会員 杉田 尚男

1. はじめに

これまでの地震動の研究は、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きたが、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 1995 年 1 月 17 日に発生した兵庫県南部地震では、一定方向に揺れが卓越したために被害が大きくなっている¹⁾。このように方向性が強いことによる被害拡大が考えられるため、地震動の方向性も被害推定の際に重要だと言える。

近年、日本で発生した地震の中で最も大きかったものに東北地方太平洋沖地震が挙げられる。東北地方太平洋沖地震は 2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分頃、宮城県三陸沖を震源とした超巨大地震であり、東北地方を中心に全国の広い範囲で大きな揺れが観測された。気象庁ではこの地震動を「平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震」と定めこれに伴う災害を東日本大震災と称している²⁾。

本研究では、東北地方太平洋沖地震とその余震(2011 年 4 月 7 日, 2013 年 9 月 20 日, 同年 10 月 26 日, 2014 年 7 月 12 日)について方向性の検討を行なった。

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³⁾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 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⁴⁾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。

2.3 『地震動加速度応答値の平均方向』の提案

加速応答スペクトルの結果から、単に一方向の地震応答

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。構造物を設計する際、設計側の立場で考えると安全側に立って加速度応答が最大の方角を用いる選択肢もあるが、例えば一自由度系からなる構造物群に一方向の地震動を入力しては被害を過大評価してしまう⁵⁾。そこで本研究では、被害推定を行う場合を想定し、『地震動加速度応答値の平均方向』を定義した。平均方向は文字通り、ある地震動強さ指標が全方向の平均とすることが考えられるが、どの指標が平均となる方向とすべきかが問題となる。そこで、0-1 秒, 1-2 秒, 2-3 秒, 0-3 秒の平均加速度応答, 最大加速度応答の 5 つの指標を考え、ある指標の平均方向の値とそれ以外の指標の値の誤差を比較した。

方向成分ごとに算出した加速度応答値の平均値と方向成分全体の平均値を算出し、その両者をグラフ化する。二つのグラフの交点を導き、交点の座標から方向成分を求める。求めた方向成分をその観測点の『地震動加速度応答値の平均方向』と定める。

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。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。

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

キーワード：地震動の方向性、加速度応答スペクトル、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

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 各指標の平均方向の比較

0-1秒、1-2秒、2-3秒、0-3秒の平均加速度応答、最大加速度応答の5つの指標のうち、1つの指標を用いて算出した平均方向について、その方向の他4指標の値との相対誤差を算出してプロットした。そして相対誤差の絶対値を平均したものを平均誤差として算出した。図1に0-3秒平均加速度応答の平均に対する他指標の誤差を示す。平均方向を求める際の指標の違いに伴う誤差は、大きい場合50%近くになることもあるが、平均誤差は7.94%であった。

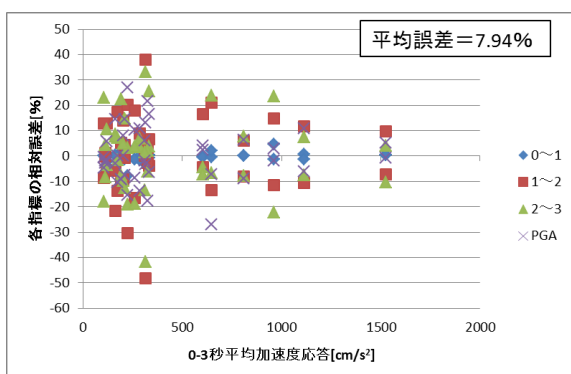


図1 0-3秒平均加速度応答の平均誤差

3.4 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。

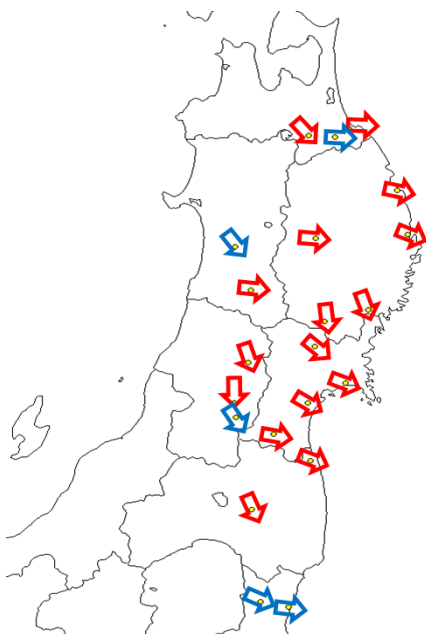


図2 東北地方太平洋沖地震の平均方向

解析結果から平均方向はほぼ一定の方向を向くことがわかった。しかし観測点ごとに見ると、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。

日本白地図上に各観測点の平均方向を図化した結果を図2に示す。2方向あるうち一方は図2のように西北西―東南南東方向を示し、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と言える。

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、平均方向1は北北東―南南西方向、平均方向2は西北西―東南東の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一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) 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.
- 2) 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.
- 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) 大崎順彦: 新・地震動のスペクトル解析入門, 鹿島出版会, pp.138, 2011.
- 5) 境有紀, 熊本匠: 地震動の方向性の定量的な検討と地震被害推定のための平均方向の提案, 日本地震工学論文集, 第10巻, 第5号, 2010.