

東北地方太平洋沖地震及びその余震の方向性について

八戸工業高等専門学校 学生会員 ○古川 裕也

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 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た超巨大地震が発生し、東北地方を中心に広い範囲で未曾有の大災害に見舞われた¹⁾。

地震動の研究においてはこれまで、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。しかし実際に過去には、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観測されている。1995年に起きた兵庫県南部地震では、法線が東西方向のケーソン式大型岸壁が、南北方向のケーソン式大型岸壁よりも明らかに大きな被害を受けた研究結果が得られている²⁾。

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年の4月7日、2013年の9月20日、10月26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

地震応答解析結果を用いて全国から無作為に抽出した観測点について、それぞれ NS, EW, UD 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³⁾。

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

2.3 加速度応答スペクトルの比較

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。検討に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。

2.4.1 『地震動加速度応答値の平均方向』の算出

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周期は地震時の多くの構造物の塑性化をカバーできる 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』と定義する。平均値と交わる方向成分が 2 方向以上ある場合は、どの方向を平均方向にするか判断は難しいが地震被害推定の際の被害率などのアウトプットを平均するなどの対処方法が考えられる。

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3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, 4つの地震動とも一定方向への卓越は少なく, 方向性が弱い地震動であったと言える。ただ観測点によっては方向成分が卓越した地震動も見られ, 観測点ごとに特有の傾向があることがわかった。

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。しかし地震動全体の傾向としては4つの地震動とも方向成分ごと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。

4つの地震動の観測点ごとの傾向を比較した結果, 仙台・石巻・一関など特定の観測点では, 他の観測点と異なり方向成分が強く, 固有周期も長い周期で卓越する傾向が得られた。

3.3 平均方向の提案

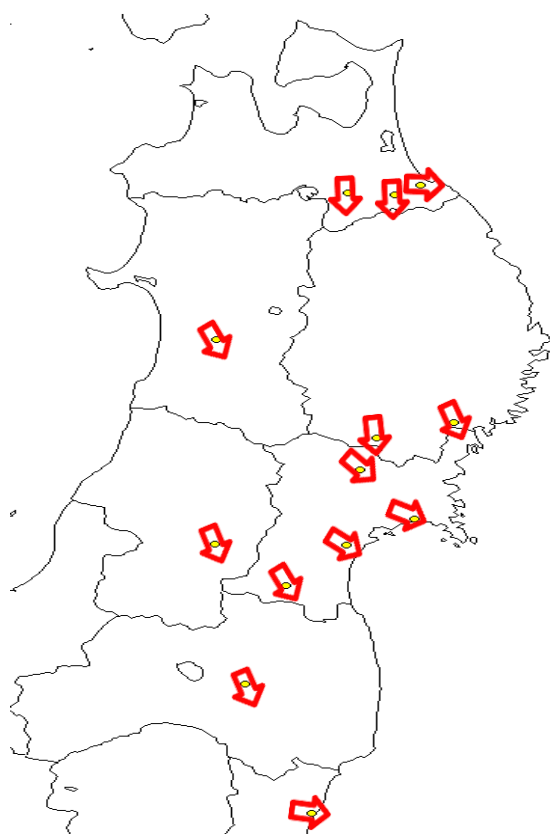


図1 東北地方太平洋沖地震の平均方向

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。そこで東北地方太平洋沖地震の各観測点の平均方向のうち最大の平均方向を図1に示す。

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ることがわかった。これは各観測点の地盤特性による違いだと考えられる。

東北地方太平洋沖地震は西北西－東南東方向への断層のずれ⁵⁾によって起こったが, 図1の最大平均方向はそれとほぼ同じ方向を示すという結果が得られた。さらに最小の平均方向は最大の平均方向とほぼ垂直な方向を取り, プレート境界に沿った方向と言える。

このような傾向は他の3つの地震動でも得られた。これにより同様の震源域から発生した地震動では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, 観測地点によって方向成分ごとの値の差が大きい観測点と小さい観測点があることがわかった。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, 東北地方太平洋沖地震の発生機構である西北西－東南東への断層のずれと同じ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。この結果から各観測点の加速度応答値の平均方向はプレートの位置に関係があると言える。この結果を構造物の設計に取り入れることにより, 被害推定をより正確なものにすることによって地震動による被害の低減に寄与できる。

6. 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) 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。
- 4) 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。
- 5) 気象庁:平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の概要, 気象庁技術報告, 第133号, 2012。