

熊本地震及びその余震の方向性の検討

八戸工業高等専門学校 学生会員 ○三浦 芽依
 八戸工業高等専門学校 学生会員 田澤 祥江
 八戸工業高等専門学校 正会員 杉田 尚男

1. はじめに

2016年4月14日21時26分頃、熊本県熊本地方を震源とした地震動が発生し熊本県を中心に全国の広い範囲で大きな揺れが観測された。そのおよそ28時間後には、本震とされる同地方を震源とした地震動が発生した。気象庁ではこれらの地震動を「平成28年（2016年）熊本地震」と定めている。¹⁾熊本地震による被害は熊本県熊本地方を中心に建造物の倒壊が多く報告されている。

本研究では熊本地震について、防災科学技術研究所によって運用されている全国の強震観測網のデータをもとに²⁾、地震動応答スペクトル解析を行い、観測点ごとの方向性を比較した。さらに熊本地震の速度応答値の平均方向を求め方向性の検討を行なった。建造物を建設する際、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という選択肢もあるが、例えば一自由度系からなる建造物群に一方の地震動を入力しては被害推定を行う場合、最大方向を入力したのでは被害を過大評価してしまう。そこで本研究では、熊本地震の前震、本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震度6弱以上の地震動のデータについて方向成分ごとに地震動応答スペクトル解析を行い、速度応答を算出し、速度応答全体の平均値を示す方向を『地震動速度応答値の平均方向』として定義した。

この地震動速度応答値の平均方向を建造物の設計に取り入れることで、被害推定の際の誤差を少なくし、より正確なものにすることで地震動による被害の低減に寄与できる。

2. 解析方法

2.1 地震動応答スペクトル解析

応答スペクトルとは、時刻歴上の波形から設計上重要になる値の最大値のみを算出したものである。応答スペクトルの示す値は地震動ごとに異なるため、その地震動においてどのような周波数成分が卓越しているかがわかる。一度応答スペクトルが求まると、建造物の固有周期と減衰定数により、その地震動に対する最大応答値を知ることができ、設計示方書で多く用いられる³⁾。

地震動応答スペクトルは、それぞれ固有周期をもつ1自由度系モデルに対して、同一の地震動に対する応答の最大値を縦軸に取り、横軸に固有周期を取り、両者の関係を示したものである。応答値としては、加速度、速度、変位を用いる。

1質点1自由度系の応答は、固有周期 T と減衰比 h によって決まる。これから固有周期ごとに最大値を算出しプロットすれば地震動応答スペクトルが得られる⁶⁾。

以上のように、地震動応答スペクトルでは加速度、速度、変位と、3指標について求めることができるが、本研究では建造物の被害と良い相関があるといわれる速度応答の値を用い検討する。

2.2 36方向成分ベクトル合成

図1に示すように、NS方向のNの向きを 0° として時計回りに 5° ずつ、36方向に軸を移動しそれぞれを基準にベクトル合成を行い、各方向の速度波形を作成する。⁴⁾各観測点において方向成分ごとにベクトル合成し、地震動応答スペクトル解析を行った値について速度応答スペクトルの値の平均値を算出しグラフ化する。

平均速度を求める周期の範囲としては、地震時の多くの建造物の塑性化を起こす周期をカバーできる0~3秒の範囲の平均速度を用いる。

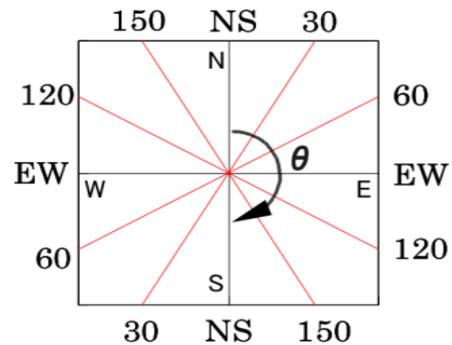


図1 ベクトル合成方法⁵⁾

2.3 地震動速度応答値の平均方向の算出

方向成分ごとに算出した速度応答値の平均値から、方向成分全体の平均を算出する。その値をグラフ化し交点を導き、交点の座標から方向成分を求める。求めた交点の方向成分をその観測地点の『地震動速度応答値の平均方向』と定める。

3. 解析結果

3.1 速度応答スペクトルの比較

熊本地震について、地震動を観測した強震観測網の観測データを方向成分ごとに地震動応答スペクトル解析し、速度応答スペクトルを比較した。

図2,3に熊本地震の本震で最大速度応答を示した熊本県の益城の観測点と、熊本地震の前震で最大加速度応答を示した熊本県の益城の観測点の加速度応答スペクトルを示す。

図にはNS方向とベクトル合成した結果の中から 30° 、 60° ベクトル合成方向の地震動応答スペクトル解析結果について比較して示す。減衰比は道路橋示方書の設計地震動も減衰率5%を使用しているため、ここでは減衰比5%の結果について比較する。グラフはそれぞれ縦軸

Key Words : 地震動の方向性、速度応答スペクトル、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 TEL・FAX : 0178-(27)-7313

に速度応答スペクトル値[Kine]、横軸に周期[秒]を取り、それぞれの方向成分を方向ごとに色分けして示す。図 2 に本震の熊本県の益城の速度応答スペクトル図を示す。益城では、1~2 秒のやや短周期の部分で NS 2 方向波形が卓越していることがわかる。しかし、周期が短くなると方向成分ごとの差は小さくなり、どの方向成分についてもほぼ同じような値を示すことが分かった。

次に前震の熊本県の益城の観測点の速度応答スペクトルを図 3 に示す。前震は本震とは波形が異なり周期が 0.5~1 秒の短周期で NS2 方向波形が卓越した軌跡が得られた。最大値を示す方向成分は NS 方向と 150° ベクトル合成方向となり本震と同じ方向成分であった。観測結果から、同じ熊本地震の地震動でも観測点や周期が異なると最大値を示す方向成分が異なることがわかった。このため、最大方向を設計の際に用いる場合、周期ごとに変わる等のリスクがあるため、被害率推定に多大な誤差が生じてくると言える。

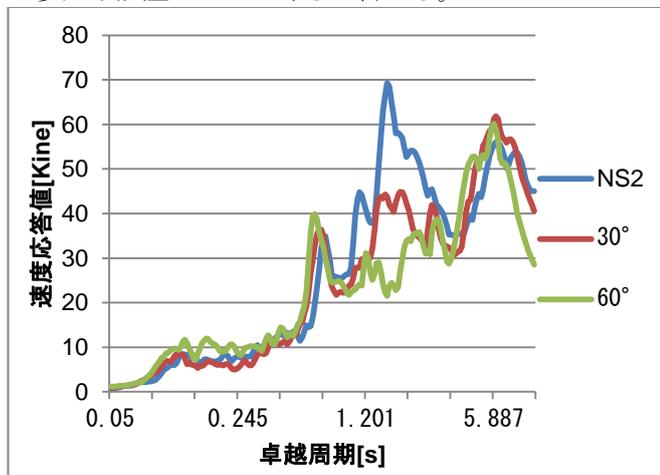


図 2 益城(KMMH16) 201604160125

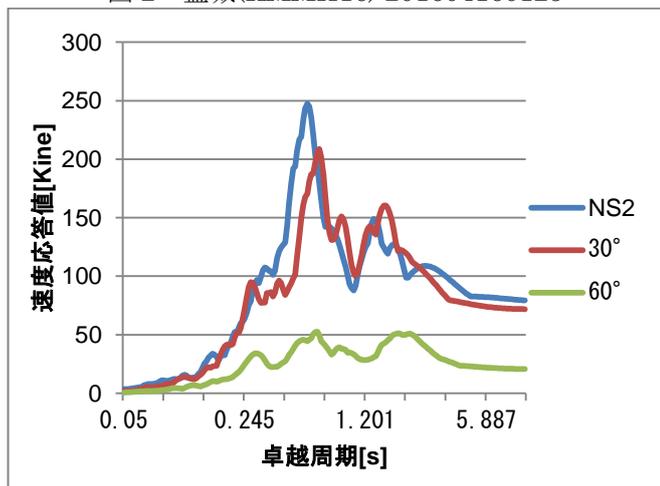


図 3 益城(KMMH16) 201604142126

3.2 速度応答値の平均方向の図化

上記に示した方向成分ごとの速度応答図からわかるように、速度応答値の平均方向はどの観測点においても複数存在する。速度応答値の平均方向を確定させるには被害率等のアウトプットが必要になるが、ここではその情報が得られていない。そこで、各観測点で得られた速度応答値の平均方向の値の NS 方向成分から

のずれが最小の方向成分及び最大の方向成分の値をピックアップし、図 4 に示すように日本白地図上に方向を矢印で示した。

最小の平均方向を図化した図 4 の結果から、多くの観測点でほぼ北東から東北東方向を最小の平均方向にとるという結果が得られた。熊本地震の前震は、北北西-南南東方向への断層のずれによる地震動だったが、最小の平均方向はその方向にほぼ直交する方向をとる結果が得られた。

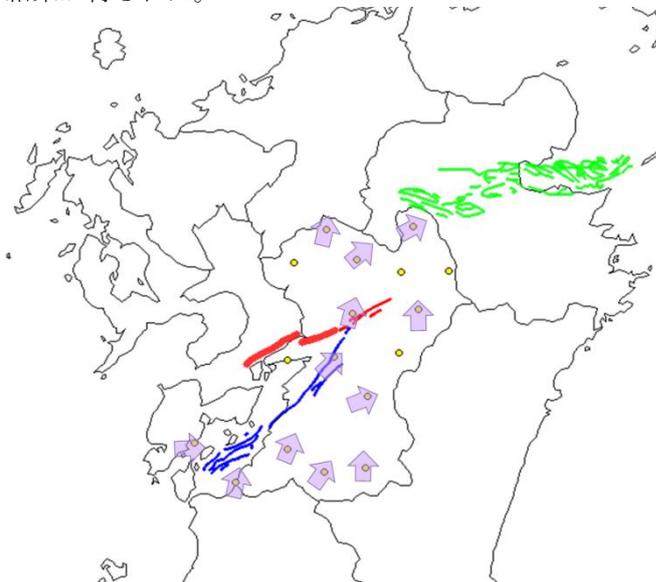


図 4 各地域の最小平均方向 201604160125

4. まとめ

本研究では、熊本地震の地震動の方向性を検討するため、地震動速度応答値の平均方向を求めることを目的として研究を進めて来た。その結果として、前震の熊本県における解析結果は発振機構と同じ方向と、それに直交する方向で地震動速度応答値の平均方向を取るという結果が得られたが、本震では発振機構や断層帯と同じ方向とそれに直交する方向で地震動速度応答値の平均値を取るという結果は得られなかった。

参考文献

- 1) 気象庁、平成 28 年 4 月 14 日 21 時 26 分頃の熊本県熊本地方の地震について（第 4 報）、報道発表資料、平成 28 年 4 月 15 日 10 時 30 分
- 2) 防災科学技術研究所 強震観測網(K-NET, KiK-net)
- 3) 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
- 4) 大堀道弘、第 3 回：強振動予測で対象となる周期範囲、日本地震学会、強振動地震学基礎講座
- 5) 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
- 6) 近藤由樹、地震動に対する応答スペクトルとフーリエスペクトル、旧武蔵工業大学、コンクリート研究室研究論文、2002