

東北地方太平洋沖地震における地震動周期帯の検討

八戸工業高等専門学校専攻科 建設環境工学専攻 学生会員 ○戸久世 昂真

八戸工業高等専門学校専攻科 建設環境工学専攻 学生会員 古川 裕也

八戸工業高等専門学校 建設環境工学科 正会員 杉田 尚男

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日午後 2 時 46 分ごろ、宮城県沖で発生した超巨大地震によって、東北地方を中心に東日本の広い範囲で激しい揺れに襲われた。その後、4 月 7 日の午後 11 時 32 分にも同様の震源から巨大地震が発生した。これらの地震を受け、以前から変更の兆しがあった道路橋示方書の設計地震動が改定された。

そこで本研究は、3 月 11 日に発生した海溝型地震と 4 月 7 日に発生したプレート内の断層のずれによる地震動波形から地震応答スペクトル解析を行い、周期帯が全国でどのような分布をしているか調査し、各減衰比の地盤の卓越周期を解析した。

同様に道路橋示方書 V の設計地震動との比較も行い、2012 年 12 月 7 日に同様の震源から発生した大地震についても解析を行い、両地震とも比較した。

2. 解析手法

3 月 11 日と 4 月 7 日、12 月 7 日の地震動について、それぞれの時刻歴データをフーリエ変換して、卓越周期を求める。その結果解析された卓越周期を各周期帯域に分類し、日本白地図に図化する。

2.1 地震動に対する応答

質量 m 、減衰係数 c 、剛性 k を有する 1 質点 1 自由度系に地震が作用した場合、地盤が $\ddot{x}_e$ の加速度を持って動くとき運動方程式は次のようにならわされる。

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = -m\ddot{x}_e \quad (1)$$

ここで、 $-m\ddot{x}_e$ は時々刻々変化しながら質点に作用する力 $F(t)$ である。

$$-m\ddot{x}_e = F(t) \quad (2)$$

とすると、式(2.1)は次のようになる。

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F(t) \quad (3)$$

これは任意の力が質点に作用した場合の運動方程式であるから、ここから微分方程式論より重畳積分を用いて、地震動が作用した時の任意時刻における質点の相対変位 $x(t)$ 、

速度、変位を算出する。

2.2 地震応答スペクトル

応答スペクトルは、時刻歴上の複雑な波形を成分ごとに抽出したものである。その形状は、地震動ごとに異なり、どのような周波数成分が優勢であるかがわかる。

そこで、固有周期の異なる質点系群に地震が作用した時の最大応答値を、固有周期ごとに表したものが地震応答スペクトルである。図 1 に実例を示す。

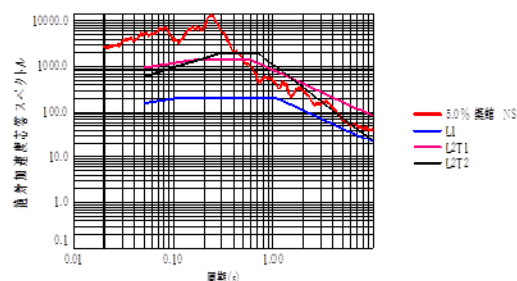


図 1 応答スペクトル図

3. 解析結果

3.1 加速度

図 2 に加速度卓越周期帯日本地図解析結果の 3 月 11 日の例を示す。同様な地図を 4 月 7 日についても作成した。両地震とも短周期の卓越周期が非常に多くさらに広範囲で観測された。これからわかるように 2 つの地震の違いとして、3 月 11 日の地震は震源から離れるにつれ長周期の卓越周期が多く観測されたが、4 月 7 日の地震は 4 秒以下の比較的短い周期しか観測されず長周期と言える卓越周期は観測されなかった。

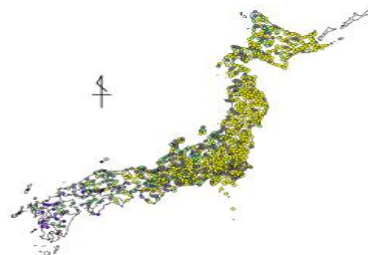


図 2 3 月 11 日の加速度卓越周期帯日本地図²⁾³⁾

キーワード 東北地方太平洋沖地震, 応答スペクトル, 卓越周期, 設計地震動

住所 青森県八戸市田面木字上野平 16-1, 電話・FAX 番号 0178-27-7313

3.2 変位

図3に変位の結果の3月11日の例を示す。変位では両地震とも長周期の卓越周期が多く観測された。短周期については3月11日については少なかった。4月7日については震源付近で2~4秒の卓越周期が観測され少し離れると長周期が卓越し、さらに震源から離れると再び2~4秒の卓越周期が観測された。

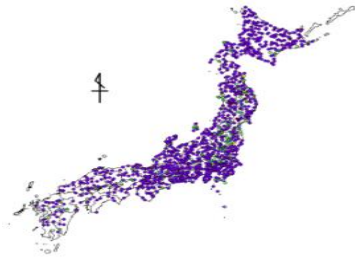


図3 3月11日の変位卓越周期帯日本地図²⁾³⁾

3.3 設計地震動

図4に築館で観測された3月11日の地震と設計地震動との比較した図を示す。同様の解析を4月7日と翌年12月7日の地震についても行った。震源付近の観測点において3月11日と4月7日の地震では短周期で設計地震動を超える結果となった。

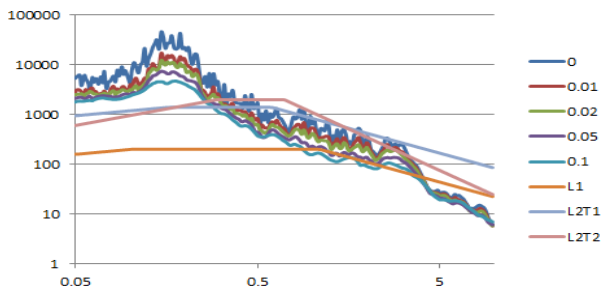


図4 設計地震動との比較(MYG0041103111446)

4. まとめ

東北地方太平洋沖地震では周期1秒以下の波に比べ周期1~2秒の波が弱かった。一般に大規模な地震は周期1秒以上が多くなり、短周期も減衰されていくため広範囲には観測されにくかった。しかし本研究の結果、東北地方太平洋沖地震では1秒以下の卓越周期が顕著であり、さらに震源から離れた場所でも多く見られたため通常と異なっていると言える。

解析結果を検討していくと、3月11日に仙台で観測された地震動の波形を、2008年の岩手・宮城内陸地震や、同じプレート境界で発生した2005年の宮城沖地震と比較すると図6のように本地震で観測された地震動の継続時間は非常に長かったことがわかる。これは、震源断層の長さがおおよそ500kmにも及ぶため、震源断層が破壊し終わるまでにかかる時間が長いことが原因である。

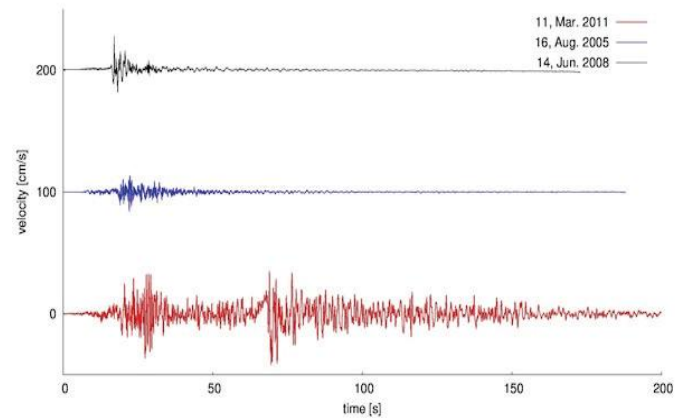


図5 2005年宮城沖地震、2008年岩手・宮城内陸地震と本地震との速度波形の比較

また、解析結果から判断すると、加速度についてはどちらの地震も震源から離れるにつれ周期が長くなった。変位については3月11日の地震の短周期がさほど見られなかったのに比べ、4月7日の地震は震源付近で短周期が顕著に見られた。これにより一般に本震と呼ばれている3月11日の地震と余震と呼ばれている4月7日の地震では性質が異なることが本研究からあきらかになった。

その後発生した12月7日の巨大地震については、3月11日と同様の震源位置であったが、設計地震動の改定を迫るようなものではなかった。

5. あとがき

東北地方太平洋沖地震では津波による構造物の被害が多かったが、それだけで構造物の倒壊等¹⁾が起こったとは言い難い。今後は本研究結果をもとに地盤に伝播した卓越周期と構造物の固有周期調査し、地震動そのものが構造物にどのような影響をもたらすか調査する必要がある。また構造物の設計地震波は周期について考慮されていないため、周期を考慮した設計地震波の設定を検討する必要がある。

6. 謝辞

防災科学技術研究所の強震観測網(K-NET, KiK-net), 日本建築学会の記録を利用させていただきました。気象庁より発表された震度情報を利用させていただきました。記して感謝致します。

7. 参考文献

- 1) 日本建築学会 2011年東北地方太平洋沖地震災害調査速報, 2011
- 2) 防災科学技術研究所 強震ネットワーク
- 3) 防災科学技術研究所 基盤強震観測網