

青森県東南部の台地上における地震動増幅に関する数値検討

○弘前大学 正会員 片岡俊一
元弘前大学大学院理工学研究科 稲葉令子

1. はじめに

著者の一人は、青森県の沖合で起きた地震 (M:5~6) による地震動強さ指標の増幅割合を調べ、青森県南部の台地上で増幅度が大きいこと指摘した¹⁾。その理由として、S波速度、密度ともに小さい火山砕屑物が硬質な地層を覆っている地層構造を挙げている。このような地層構造の場合、強い地震動が作用すると表層の剛性が低下し、加速度の増幅度は指摘した値よりも小さくなると定性的には想像される。しかしながら、将来の地震動予測に際しては、増幅度の低下程度を定量的に把握する必要がある。そこで、青森県東南地域の台地上において、地震動の増幅倍率が入力振幅によってどのように変化するのか、6地点の地下構造を利用し、等価線形解析法を用いて地表の地震動を計算し、その結果から、加速度最大値、速度最大値の増幅倍率を検討した。入力地震動は不確定であることから、6種類のを考え、その平均で評価することとした。

2. 入力地震動

表1に示す6つの地震動を利用した。備考に道路橋とあるのは道路橋の耐震設計における動的解析用のもの²⁾であり、スペクトル振幅が調整されている。エルセントロ波は日本建築センターのHP³⁾、その他は防災科研の強震観測網のHP⁴⁾より入手した。

解析の際の入力レベルは、最大速度で規準化し、0.1cm/s から 50cm/s の間で10段階とした。

3. 対象地点の地下構造

対象地域でS波速度構造が公表されている地点を探して対象地点とした。具体的には、K-NET 三沢

(AOM011)、八戸工業大学(HITECH)⁵⁾、階上町役場

(HASK)⁶⁾、南八戸変電所⁷⁾、上北変電所⁷⁾、八戸市湊町観測点(旧、八戸測候所、JMAH)⁸⁾の6地点である。これらの地点はいずれも数m~20m程度の表層の下にS波速度が400m/s程度の層(以下、工学的基盤)が存在する。そこで、工学的基盤以浅をモデル化した。

層厚とS波は文献の値を利用し、質量密度の記載がない場合は土質から推定した。各地点の線形時の増幅特性(減衰定数=0.02)を図1に示す。基本のピーク振動数は3~5Hzの間にあり、K-NET 三沢が最も高い振動数でピークとなる。

各土質の非線形応答特性は、土質がロームとあるものは岩手ローム⁹⁾の値を利用し、それ以外は土木研究所が提案している標準的なもの¹⁰⁾を利用した。

表1 用いた地震動

No.	地震名	観測点名	備考
1	1978宮城県沖地震	開北橋	道路橋レベル1
2	1995兵庫県南部地震	神戸海洋気象台	道路橋レベル2タイプI
3	2003十勝沖地震	清水道路維持出張所	道路橋レベル2タイプII
4	2011東北地方太平洋沖地震	K-NET社鹿	観測波
5	2003十勝沖地震	K-NET襟裳岬	観測波
6	1940 Imperial 地震	エルセントロ	観測波

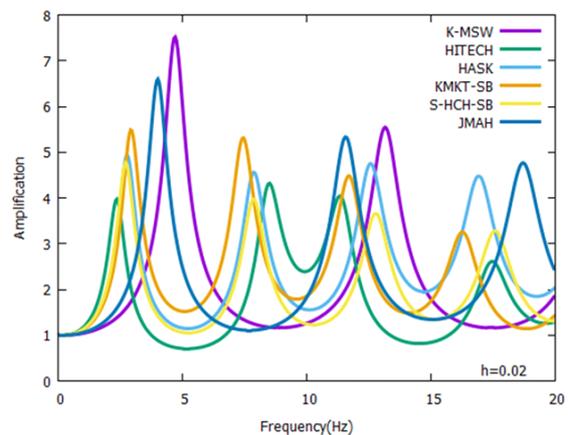


図1 各地点の線形時の増幅特性

キーワード 等価線形解析法, 振幅依存性, 火山砕屑物, 最大地動速度

連絡先 〒036-8561 弘前市文京町3 弘前大学大学院理工学研究科 Tel: 0172-39-3616

4. 結果

K-NET 三沢における計算結果を、横軸を入力最大加速度、縦軸を地表と工学的基盤の最大加速度の比（増幅倍率）として図2に示す。地盤の応答解析は最大速度 50cm/s まで行っているが、図では等価線形化法の適用範囲を考え、表層地盤のひずみが 0.1%以下となった範囲を示している。結果を見ると、小振幅では大きな倍率であるが、数 10cm/s²程度から倍率は低下し、その後は2倍程度で一定値となる。入力が大きくなるにつれて、地表の増幅倍率が小さくなる状況を他地点と比較するために、計算結果に(1)式を最小自乗法で当てはめた。その結果を図中の赤線で示す。

$$y = \frac{a}{x+b} + c \quad (1)$$

各地点毎に計算結果を式(1)で近似し、その結果をまとめて図3に示す。図3を見ると、地点によらず小さな入力加速度では平均的な増幅倍率は5程度であるが、振幅が大きくなると直ぐに低下し、その後は2前後の一定値となる傾向が分かる。

一方、最大速度の増幅倍率を最大加速度と同様に整理したものが図4である。八戸工業大学と K-NET 三沢では、入力振幅が大きくなるにつれて倍率がやや低下しているものの、全体的には各地点では入力振幅によらず倍率は2~3でほぼ同じ値となり、また地点間の差異も小さい。

5. まとめ

火山砕屑物が表層を覆う、青森県東南地域の台地上で、地震動の増幅倍率が大幅入力時にどのようになるのか、等価線形解析法を用いて計算した。加速度の増幅倍率は入力振幅が大きくなるにつれて小さくなるのに対し、速度の増幅倍率は入力によらず、ほぼ一定となった。

参考文献 1) 片岡・山本：地震動記録に基づく青森県内の強震観測点のサイト増幅度，日本地震工学会論文集，

7, No.2, 110-129, 2007 2) <https://www.road.or.jp/dl/tech.html> (2020年3月31日確認) 3)

<https://www.bcj.or.jp/download/wave/> (2020年3月31日確認) 4) <https://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>

(2020年3月31日確認) 5) 滝田・他：八戸工業大学地盤の地震応答特性，構造工学論文集，42B, 541-552, 1996. 6) 片岡：2008年7月24日に発生した岩手県沿岸北部の地震の際に震度6弱を観測した青森県内の観測点の震動特性，平成20年度北東北国立3大学連携推進研究プロジェクト 岩手・宮城内陸地震被害調査研究報告書，106-111, 2009. 7) 藤野・大上：三陸はるか沖地震波による2変電所の地盤増幅率について，三陸はるか沖地震シンポジウム論文集，八戸工業大学，9-13, 1998. 8) 片岡：気象庁八戸市湊町観測点の地下構造推定，土木学会東北支部令和元年度技術研究発表会梗概集，CS12-17, 2020. 9) 運輸省

鉄道局監修鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計，1999. 10) 建設省土木研究所：地盤地震時応答特性の数値解析法-SHAKE:DESRA-，土研資料第1778号，1982

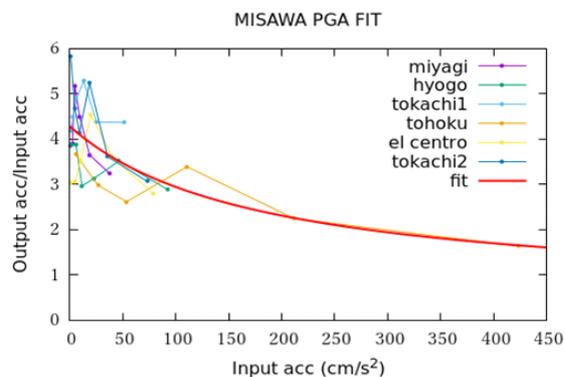


図2 AOM011での加速度増幅倍率

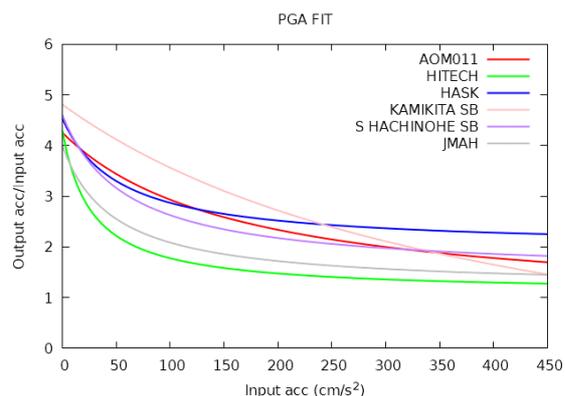


図3 全対象地点の加速度増幅倍率

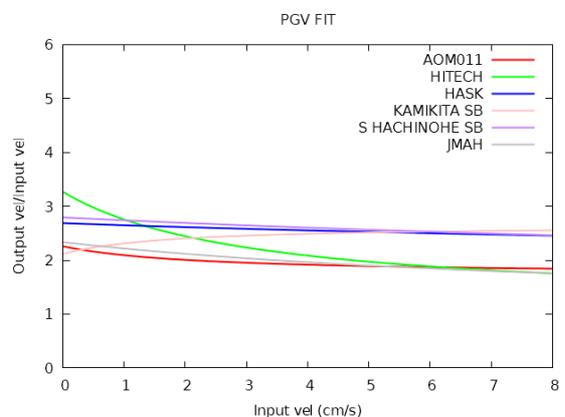


図4 全対象地点の速度増幅倍率