

地震ハザード評価のための表層地盤の増幅特性に関する研究

長岡技術科学大学 地震工学研究室 皆川敦也

1. はじめに

日本では地震危険度が高く、地震防災対策に関する取り組みが多く行われている。一方で、海外では地盤調査等のデータが十分でなく、地震リスクが適切に評価されていない場合が多い。本研究はヤンゴン市における地震リスク対策に焦点を当てる。ミャンマー中央部にはサガイン断層が縦断しており、また近傍にはプレート境界が存在するため、大地震の発生が懸念されている。地盤の増幅特性は地形区分やボーリング、微動等を用いて評価する。地震による被害には地表面の揺れが大きく影響することが考えられ、地域的分布を評価する表層地盤増幅特性に着目する。既往研究における地盤の増幅特性は、表層地盤における最大速度の評価が主として行われている。我々は最大加速度について評価し、今後の増幅特性に関して有用性ある検討を行うことを目的とする。

2. 検討手法

2.1 データの選択

地盤増幅率は基盤と地表で記録された時刻歴波形の最大振幅の比を用いて算出する。観測記録は加速度時刻歴波形であるため、積分変換により、速度時刻歴波形を算出する。最大加速度と最大速度はそれぞれ(1)、(2)式によって算出し、最大加速度増幅率と最大速度増幅率は(3)式により算出した。

$$A_{max} = \sqrt{NS_{Amax}^2 + EW_{Amax}^2} \quad (1)$$

$$V_{max} = \sqrt{NS_{Vmax}^2 + EW_{Vmax}^2} \quad (2)$$

$$ARV_A = \frac{A_{Smax}}{A_{Bmax}}, ARV_V = \frac{V_{Smax}}{V_{Bmax}} \quad (3)$$

A_{max} : 最大加速度, V_{max} : 最大速度
 NS_{max} : 南北方向最大振幅, EW_{max} : 東西方向最大振幅
 ARV_A : 最大加速度増幅率,
 A_{Smax} : 地表最大加速度, A_{Bmax} : 基盤最大加速度
 ARV_V : 最大速度増幅率,
 V_{Smax} : 地表最大速度, V_{Bmax} : 基盤最大速度

日本において、KiK-net (基盤強震観測網)¹⁾や港湾地域強震観測システム²⁾などにて、鉛直アレー観測

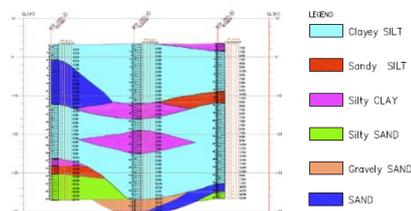


図-1 ヤンゴンのボーリング柱状図

を実施している。KiK-netは全国約700か所に配置され、各観測施設には観測用の井戸が掘削しており、地表と基盤の双方に強震計が設置されている。港湾は港湾関係諸機関の協力の下現在、全国61の港湾に161台の強震計が設置されている。港湾は都市の最も海寄りに位置しており、比較的堆積層の厚い場所に位置している可能性が高い。従って、地震動増幅特性の把握として港湾の記録は有用であると考えられる。

ヤンゴンには、上記のような鉛直アレー観測は行われていないため、日本での地震観測記録を用いることとする。また、増幅率は地震動レベルに影響を受けるため、地震動レベルが異なる複数の地震記録を使用する。日本の記録を用いる際の注意点としては、ヤンゴンの地盤に類似した地点を選定することである。対象とするヤンゴンは複数の川に囲まれた洪水氾濫原に位置する。また、ヤンゴンにおけるボーリング柱状図より、非常に柔らかい地盤であることが分かった。図-1にヤンゴンの柱状図を示す。

2.2 振動数範囲の限定

KiK-netや港湾地域強震記録は加速度時刻歴波形記録が蓄積されている。積分の流れとしては、まず加速度時刻歴波形を高速フーリエ変換によって振動数領域に変換する。そして、振動数領域において、加速度フーリエスペクトルを積分し、速度フーリエスペクトルに変換を行う。積分過程の前に振動数領域の際に実際の地震波と関係のない振動数を除去するため、フィルターを用いて補正をかける。そこで、フィルター補正を行った際の積分変換による振動数の影響等を検討した。

2.3 関係式の構築

速度増幅率を加速度増幅率に変換するための関係式は、選定した地震観測記録をそれぞれ横軸に算出した速度増幅率、縦軸に変換前の加速度増幅率をプロットし、最小二乗法を用いて線形近似により算出した。

3. 検討結果

鉛直アレー観測が行われている KiK-net を用いて事前検討を行った。関係式の算出は選定地点の地盤条件やフィルター区間によって決定されると判断できることが確認できた。しかしながら、KiK-net の地震計は比較的固い地盤に設置されているということから、港湾の地点を選定することとした。全体として比較的データ数の多い、関東、中部、東北、北海道地方の観測点を使用する計画とした。また、基盤の有無が増幅率算出に影響していることが確認できたため、ボーリング柱状図に岩盤の記載がある 7 地点を選定した。図-2 に検討地点を示す。また、表-1 に示すように、ヤンゴン市の地盤との類似を考慮し表層厚の分類を行った。

フィルター補正区間の決定は、①建物の固有振動数(1.0-5.0Hz)、②地盤の固有振動数(1.1-3.3Hz)、③加速変換時の影響振動数(2Hz 以上は高振動数が顕著となる)を考慮し、0.5-5.0Hz、0.6-4.0Hz、0.5-10Hz の 3 種類を用いた。フィルターの補正幅によって、結果に相違がみられた。高振動数を考慮した結果としては、傾きが大きくなる傾向にあり、振幅の大小によって増幅率に変化が少ないことから、非線形性の影響を受けにくい振動数の評価であることが分かった。よって、本研究において 0.5-10Hz の補正幅を提案する。また、ヤンゴン市の地盤との類似を考慮し、検討地点の表層厚の分類を行った。ヤンゴン市の適応式として、表層厚 15m 以上のフィルター 5.0-10Hz による算出結果を用いることとした。図-3 に表層厚 15m 以上の関係式を示し、式(1)にヤンゴン市の適応式を示す。ARA は ARV の約 1.1 倍となる傾向にあり、速度よりも加速度の増幅率の方が過大評価となることが分かった。また、表層厚が浅いほど、この傾向が大きくなる結果も得られた。

$$ARA = 1.1ARV - 0.10 \quad (1)$$



図-2 検討地点

表-1 表層厚の分類

表層厚	地点名	観測記録数	表層厚(m)
15m以上	常陸那珂	33	18.5
	宮古	7	45.0
	浦河	17	9.5
15m以下	下田	3	11.5
	御前崎	3	5.5
	釜石	34	7.5
	相馬	41	6.0

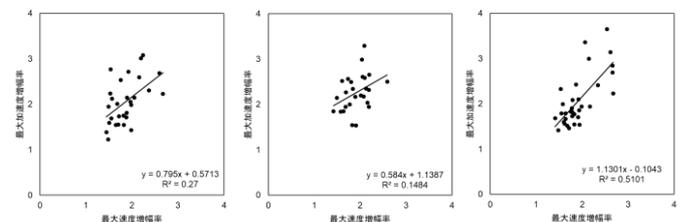


図-3 関係式_表層厚 15m 以上

(左から 0.5-5.0Hz, 0.6-4.0Hz, 0.5-10Hz)

4. まとめ

本検討は面的な評価を行う上で有効であると考えられる。しかし信頼性や精度を考慮する上では、現地調査による情報が必要である。今後地震防災対策のための情報の蓄積と地震調査の普及が必要となるだろう。

本研究成果は、面的な地盤の脆弱性を扱う増幅率という指標に対して、加速度を用いた地震評価が関わりを持つための検討として有用であると考えられる。

参考文献

- 1) 防災科研 K-NET, KiK-net (NIED K-NET, KiK-net)
<https://www.doi.org/10.17598/NIED.0004>
- 2) 港湾地域強震観測システム
<https://www.eq.pari.go.jp/kyosin/>