

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	強震記録に基づく経験的地盤増幅特性を用いた地震動の即時予測手法に関する研究
Title(English)	A study on method for rapid prediction of earthquake ground motions using empirical site amplification factors based on earthquake motion data
著者(和文)	宮腰寛之
Author(English)	Hiroyuki Miyakoshi
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11228号, 授与年月日:2019年6月30日, 学位の種別:課程博士, 審査員:山中 浩明,田村 哲郎,盛川 仁,松岡 昌志,淺輪 貴史,海江田 秀志
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11228号, Conferred date:2019/6/30, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	環境理工学創造	専攻	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	宮腰 寛之		指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	山中 浩明	
			指導教員 (副)： Academic Supervisor (sub)		

### 要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は、「強震記録に基づく経験的地盤増幅特性を用いた地震動の即時予測手法に関する研究」と題し、以下の5章により構成されている。

第1章「序論」では、地震で発生するS波が地表に到達する直前に警報を出すという早期地震警報に関する既往研究を概観し、直下で発生する地震では、早期地震警報の余裕時間の確保が難しくなること、多様な鉄道構造物を対象にした警報のためには地表のS波の振動数特性も予測する必要があること等を指摘している。これらの現状の早期地震警報の問題点を踏まえて、地震基盤での地震記録のP波スペクトルを用いた地表でのS波スペクトルの即時予測手法を構築するという本研究の目的を述べている。

第2章「地震動のP波スペクトルを用いた即時予測の考え方」では、本研究で検討する実現可能な即時予測の考え方について述べている。直下の地震の際には、地震基盤に至る深層ボーリング孔に設置された地中地震計による記録のP波部分の5秒間のデータを即時予測に利用することによって、既存の方法である地表で観測されるP波に基づく警報に比べて、余裕時間が1秒程度長くなることを示している。つぎに、地中で観測されるP波の記録に基づいて、地表のS波スペクトルを予測するために、地中と地表の地震計で得られている過去の地震記録を用いて地震基盤でのP波とS波のスペクトル比および地震基盤と地表のS波のスペクトル比を求めている。大地震時には、地震基盤で観測したP波スペクトルに、上記の2つのスペクトル比を乗じることによって地表でのS波スペクトルを経験的に評価できることを示している。堆積層が厚い首都圏中心部の地点では、地震基盤と地表のS波スペクトル比が予測結果に大きな影響を及ぼしていること、個々の地震による震源特性と伝播経路特性の違いによる地震基盤でのP波とS波のスペクトル比の変動が大きいことなどの観測スペクトル比の特徴を明らかにしている。

第3章「強震記録に基づく経験的地盤増幅特性の評価」では、首都圏において公開されている地震記録と鉄道沿線で得られている地震記録にスペクトル分離法を適用し、S波とP波の経験的な地盤増幅特性を0.5から10Hzの振動数帯域で評価している。分離した震源特性・伝播経路Q値・地盤増幅特性のそれぞれについて、既往研究の結果と大きな矛盾がないことを確認した後に、地盤増幅特性と地形・地質等との関係を明らかにしている。堆積層が厚い首都圏中心部の観測点では、S波の地盤増幅特性が第2章で検討した地震基盤と地表でのS波スペクトル比と類似しており、S波の地盤増幅特性を地震基盤と地表でのS波スペクトル比の代わりに用いることができる。また、地震観測点と予測対象地点の間における地震基盤での地震動特性の変化の程度を明らかにするために、経験的地盤増幅特性により地表の地震動を地震基盤に引き戻し、地震基盤での地震動特性の空間的な広がりの特徴を検討している。首都圏中心部での地中地震観測点から約20km以内の距離に位置する地点では、地震基盤でのP波の特性の空間的な変化は少なく、即時予測結果に与える影響が小さいことを示している。

第4章「首都圏の鉄道輸送に影響を与えた地震による即時予測手法の検証」では、過去に首都圏の鉄道輸送に影響を与えた被害地震の際に、鉄道沿線で観測された地震記録に基づく早期地震警報の発令状況と本研究で提案する手法に基づく予測結果を比較し、提案手法の有用性を検討している。関東地方で発生したM6程度の2地震では、従来の早期地震警報よりも早い時刻で地表のS波スペクトルを予測でき、その予測スペクトルが多くの振動数帯域で観測値の0.5～2倍であることを明らかにしている。また、2011年東北地方太平洋沖地震でも、上記の2地震と同等の精度で予測できているが、従来の方法による早期地震警報の発令時刻よりも予測した時刻が遅いとの結果となり、規模の大きい海溝型の地震に対しては、提案手法の有効な適用が難しいために、従来の方法との併用が有効であることを示している。

第5章「結論」では、本研究で得られた成果を総括し、今後の課題について述べている。

以上を要するに、本論文では、堆積層が厚い地域での早期地震警報への利用を目的として、地震基盤で観測したP波スペクトルに、経験的に評価した地震基盤でのP波とS波のスペクトル比とS波の地盤増幅特性を乗じて、主要動の到着までの限られた時間内に地表のS波スペクトルを予測する手法を構築し、過去の鉄道の早期地震警報事例を用いた検証により、その有用性を明らかにしたものである。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。  
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)  
Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	環境理工学創造	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 Doctor of	( 工学 )
学生氏名 : Student's Name	宮腰 寛之		指導教員 (主) : Academic Supervisor(main)	山中 浩明	
			指導教員 (副) : Academic Supervisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

A method to predict S-wave spectra on ground surface using P-wave spectra observed in seismic bedrock was constructed for an application to earthquake early warnings in this thesis.

The warnings using P-waves observed by deep borehole seismometers installed in the seismic bedrock were expected to be issued about 1 s earlier than existing warning systems using P-waves observed by surface seismometers. In this method, the S-wave spectra on the surface could be empirically estimated by multiplying P-wave spectra obtained by P-wave records of 5 s observed in the seismic bedrock by both an averaged spectral ratio of S-wave to P-wave in the seismic bedrock and an averaged S-wave spectral ratio of the surface to the seismic bedrock.

Empirical site amplification factors of both S- and P-waves at frequencies of 0.5-10 Hz were evaluated by applying the spectral separation method to many earthquake records including observations near railway lines in the Tokyo metropolitan area. The S-wave site amplification factors from the analysis were similar to the S-wave spectral ratios of the ground surface to the seismic bedrock. The site factors could be used for the proposed method instead of the S-wave spectral ratios in the area with thick sedimentary layers. Furthermore, we investigated spatial variation of the P-waves in the seismic bedrock obtained by dividing the P-waves on the surface by the empirical P-wave site amplification factors. The spatial variation of the P-wave in seismic bedrock is small with less influence on the prediction in the area within 20 km from the observation points of P-waves in the seismic bedrock in the Tokyo metropolitan area.

The effectiveness of the proposed method was confirmed by comparing the prediction result with past earthquake early warnings based on the data observed near the railways during 3 earthquakes which stopped the railway operation in the Tokyo metropolitan area. The S-wave spectra on the surface could be estimated earlier than the conventional earthquake early warning method for the 2 earthquakes of magnitude about 6 which occurred in the Kanto area. The amplitudes of the estimated S-wave spectra are in the range 0.5 to 2 times the observation values in many frequencies for the 3 earthquakes.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意 : 論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).