

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 21 日現在

機関番号：10101

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2013～2014

課題番号：25882001

研究課題名(和文) 都市直下地震における地震基盤回折波を考慮した強震動予測手法の高度化

研究課題名(英文) Improvement of Strong Motion Prediction Method Considering Seismic Basement Diffracted Waves from Shallow Inland Earthquakes

研究代表者

重藤 迪子 (SHIGEFUJI, MICHIKO)

北海道大学・理学(系)研究科(研究院)・非常勤研究員

研究者番号：90708463

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：内陸浅発地震では、震源と堆積層-地震基盤境界面との位置関係により、地震基盤で回折する地震波が励起される可能性がある。本研究では、内陸浅発地震における地震基盤回折波を考慮した強震動予測手法の高度化を目的とし、内陸浅発地震を対象とした強震観測記録の解析と強震動シミュレーションにより、地震基盤回折波の励起について詳細に分析した。地震基盤回折波の生成メカニズムおよびその特徴を明らかにし、強震動予測結果に与える影響を示した。

研究成果の概要(英文)：Seismic basement diffracted waves are generated when the source is located near the sediment-seismic basement interface. In this study, we investigated effects of strong motion records on seismic basement diffracted waves excited by shallow inland earthquakes. We revealed the generation mechanism and characteristics of the seismic basement diffracted waves using strong motion simulation.

研究分野：地震工学

キーワード：強震動 内陸浅発地震 地震基盤回折波 堆積平野 強震動予測

1. 研究開始当初の背景

都市直下で発生する内陸浅発地震は、震源域に人口密集地が近接して位置するため、甚大な被害が予想され、その想定地震では複数のシナリオを立てて適切に評価することが求められる。しかし、震源深さが数 km 以内の地震の地震波の伝播経路は様々であり、地域によっては、既往の強震動予測手法では考慮されていない、地震基盤回折波が強く励起される場合がある。

地震基盤回折波は、震源が堆積層と地震基盤の境界面近くに位置する場合に、境界面への屈折角が臨界角に達し励起される地震波である (Ben-Menahem and Singh, 1981)。地震基盤上面を伝播し、直達波として観測される。さらに、その反射波は直達波の振幅を上回り、最大振幅を与える。地震波速度の境界面で反射する地震波としては、地殻内で多重反射する Lg 波やモホ面で反射する SmS 波が距離 100 km 以上において卓越することが、強震記録の分析から報告され、強震動予測においてその影響を考慮する必要が指摘されている (日本建築学会, 2009)。一方で、地震基盤回折波は、その影響が考慮されていない。しかし、堆積層と地震基盤の境界面で励起されるため、距離数 km~数 10 km の範囲内で観測され、その特異な伝播特性が震源域周辺の地震動に大きな影響を与える可能性がある。

地震基盤回折波を強震記録から抽出するためには、地震波動伝播の様子を連続的に追跡できる観測点密度が必要であり、今まで十分なデータセットが得られず、理論でのみ示されていた。しかし、近年の強震観測網の整備により、空間的に高密度なデータセットが蓄積され、石狩平野の直下で発生した地震では、強震記録から地震基盤回折波の励起が確認されている (Shigefuji et al., 2012)。同様の条件で地震の発生が想定される地域は世界各地にあり、地震基盤回折波が励起する地域性を明らかにし、その影響を考慮することは重要である。

2. 研究の目的

本研究では、内陸浅発地震における地震基盤回折波の励起を考慮した強震動予測手法の高度化を目的とし、地震基盤回折波の励起メカニズムを解明する。

地震基盤回折波は地震基盤上面と震源との距離に依存して励起されるため、地下構造と震源パラメータが励起効率に与える影響を評価する。従来、SmS 波などの反射波を解析して、地震波速度の境界面の位置を推定することは行われてきた。地震基盤回折波の励起を適切に評価することで、同時に強震動予測で重要となる地下構造の地震基盤の上面形状およびその深さの推定が期待できる。

3. 研究の方法

(1) 数値シミュレーションにより、地震基盤回折波の励起メカニズムを明らかにする。

実際の地下構造は 3 次的に不均質であり、地震基盤回折波の励起は各条件において大きく異なる。また、広がりを持った大地震の断層面は、各セグメントから放出される地震波が、地震基盤上面で回折する効率、および卓越周期は各条件で異なることが予測される。そこで、数値シミュレーションから、様々な震源モデルおよび地下構造モデルでの条件下における、地震基盤回折波の特性を把握する。

(2) 強震記録に基づき、地震基盤回折波の解析を行う。内陸浅発地震の強震記録を収集し、(1) の検討結果に基づき、その特徴を分析する。

(3) (2) で収集した、地震基盤回折波が励起している内陸浅発地震に対して、強震動シミュレーションを実施し、地震基盤回折波の励起が強震動に与える影響を評価する。

4. 研究成果

(1) 数値シミュレーションを実施し、地震基盤回折波の励起メカニズムを明らかにした。さらに、震源モデルと地下構造モデルにおける、地震基盤回折波の励起効率を分析した (図 1, 2, 3)。地震基盤回折波は境界面を水平方向に伝播し、ほぼ臨界角で屈折する。波線理論では評価できないため、内陸浅発地震を対象とした強震動予測の際にはその励起を考慮しないと過小評価につながる恐れがある。地震基盤回折波の有無が強震動予測結果に与える影響を明らかにした。これらの成果は、国内学会で報告している。

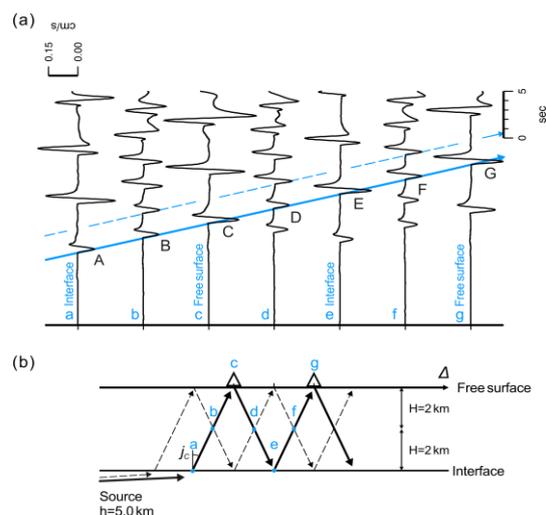


図 1 (a) 地震基盤回折波の伝播の様子 (A~G), (b) 一層+半無限媒質の水平成層構造での波線。単純な震源モデルを仮定。直達波と反射波の見かけ速度は半無限媒質の速度であり、境界面で反射波は振幅が増大する。

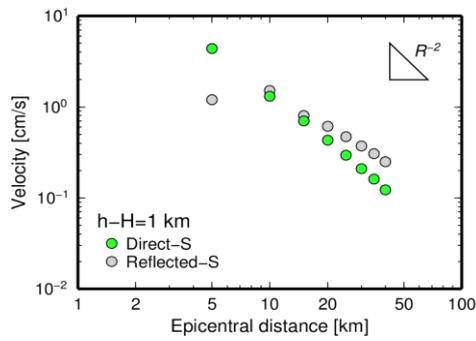


図2 直達波および反射波の距離減衰関係. 震源モデルおよび構造モデルは図1に同じ. 屈折角が臨界角に達し回折波が励起する距離以遠では, 震央距離の自乗で減衰する.

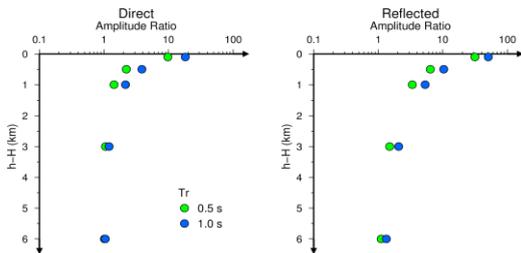


図3 震源と境界面の距離(h-H)に対する地震基盤回折波の励起効率. その振幅は距離の減少に従い指数関数的に増大する. また, 長周期(Tr)ほどその励起効率は高い.

(2) 札幌都市圏が位置する石狩平野北西部の直下で発生した, 2010年石狩地方中部の浅発地震(Mw 4.6)の強震記録を収集・解析し, 地震基盤回折波の励起について確認・分析した. また, 地震基盤回折波が励起される他地域として, ネパール連邦民主共和カトマンズ盆地において, 強震記録の収集・解析を行った.

(3) (2)で収集した, 2010年石狩地方中部の浅発地震を対象に強震動シミュレーションを3次元有限差分法に基づき実施し, 地震基盤回折波の再現性の確認した. 震源モデルは近地強震記録に基づき再決定し, 地下構造モデルは産業技術総合研究所(吉田・他, 2009)を用いた. シミュレーション結果と強震観測記録における地震基盤回折波は調和的である. 境界面と震源深さの距離は約1 kmであり, それより震源位置を深くし, 境界面から離すと地震基盤回折波は励起されない. したがって, 地震基盤回折波が励起される測線下の地震基盤上面深度, その速度構造が概ね適切であることが確認された. さらに, 地震基盤回折波の再現性の有無に関して, 地下構造との関係を詳細に検討した. その結果, 地震基盤と堆積層との境界面において, 直達波が屈折する地点, 反射波が反射する地点の境界面の傾斜角度により励起効率が変化することを示した. この成果は学術雑誌に投稿予定である.

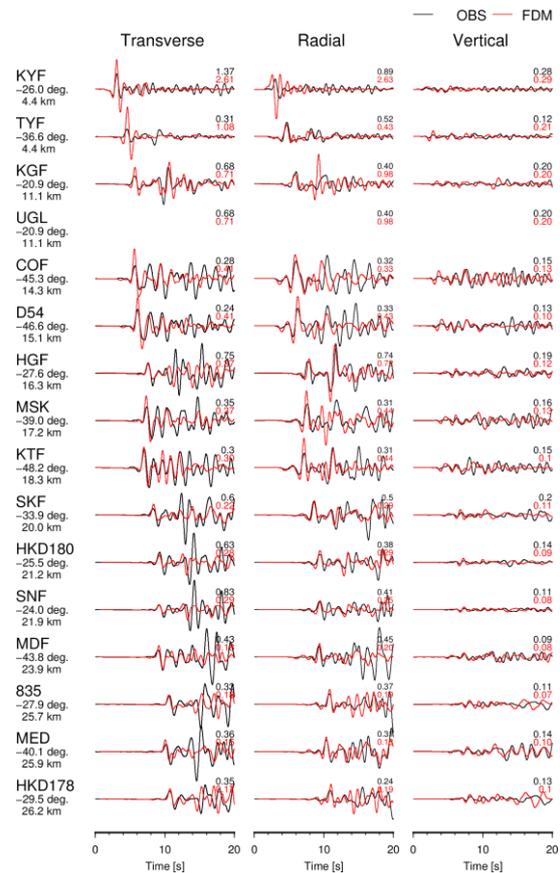


図4 2010年石狩地方中部の地震の強震観測記録とシミュレーション波形の比較. 地震基盤回折波が励起している測線上の観測点を対象としている. 両者には, バンドパスフィルター0.1-1.0 Hzを施している.

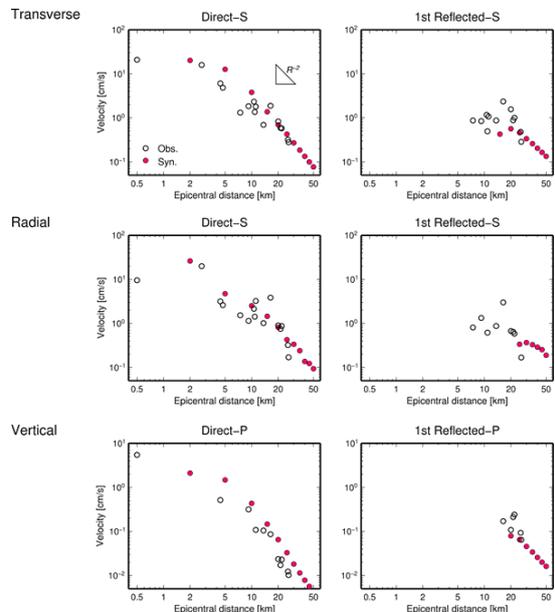


図5 2010年石狩地方中部の地震の強震観測記録とシミュレーション波形の距離減衰関係の比較. 左は直達波, 右は反射波. 両者ともに震央距離の自乗で減衰し, 地震基盤回折波としての特徴を示す.

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 7 件)

- ① Takai, N., M. Shigefuji, S. Bijukchhen, M. Ichyanagi, T. Sasatani, K. Sawada, Y. Dhakal, S. RAJAURE, M. DHITAL, Shallow Underground Structure of Strong Ground Motion Observation Sites in the Kathmandu valley, 7th Nepal Geological congress, 2015年4月7日, Kathmandu (Nepal).
- ② Takai, N., M. Shigefuji, M. Aoki, S. Bijukchhen, T. Sasatani, Y. Dhakal, S. Rajaure and M. Dhital, Strong Motion Observations in the Kathmandu Basin, Nepal, AOGS 11th Annual Meeting, Abstract SE33-A021, 2014年8月1日, ロイトン札幌(札幌市).
- ③ SASATANI, T., M. SHIGEFUJI, N. TAKAI, Diffracted P and S waves Observed in the Sapporo Basin during the 2010 Central Ishikari Earthquake (Mw4.6), International Workshop, New Initiative toward the Advancement of Strong Motion, Site Effect, and Risk Evaluation Studies for Future Mega-Quakes, 2014年3月6日, 京都大学(京都市).
- ④ 重藤迪子・高井伸雄・澤田耕助・青木雅嗣・一柳昌義・笹谷努・Dhakal Yadab・Megh Raj Dhital, ネパール国カトマンズ盆地における強震観測, 日本地震学会2013年度秋季大会, P2-31, 2013年10月8日, 産業貿易センター(横浜).
- ⑤ 高井伸雄・重藤迪子・澤田耕助・青木雅嗣・一柳昌義・笹谷努・Dhakal Yadab・Megh Raj Dhital, ネパール国カトマンズ盆地の強震動評価: 強震観測点の浅部地盤構造と強震記録, 第32回日本自然災害学会学術講演会, 2013年9月24日, 北見工業大学(北見市).
- ⑥ 重藤迪子・笹谷努・高井伸雄, Diffracted SH waveの励起効率の検討, 日本建築学会大会学術講演会, 構造II, 21129, 2013年8月31日, 北海道大学(札幌市).
- ⑦ 重藤迪子・笹谷努・高井伸雄, 札幌直下の浅発地震で観測された特異な地震波, 地盤震動地域交流会, 2013年8月31日, 北海道大学(札幌市).

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]
○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

重藤 迪子 (SHIGEFUJI, Michiko)
北海道大学・大学院理学研究院・非常勤研究員
研究者番号: 90708463

(2) 研究分担者
なし

(3) 連携研究者
なし