



K-NET鉛直アレ観測点における三次元的地震応答

トムプソン, エリック
田中, 泰雄
ベイズ, ロウリー
ケイマン, ロパート

(Citation)

神戸大学都市安全研究センター研究報告, 14:139-141

(Issue Date)

2010-03

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/81011321>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/81011321>



K-NET 鉛直アレー観測点における三次元的地震応答

THREE-DIMENSIONAL SITE RESPONSE AT KIK-NET DOWNHOLE ARRAYS

エリック・トムプソン

Eric M. Thompson

田中 泰雄

Tanaka Yasuo

ロウリー・ベイズ

Laurie G. Baise

ロバート・ケイエン

Robert E. Kayen

概要: 日本における地震の強震動計測としては防災科学研究所の基盤強震ネット (KiK-net) 観測網が有名である。この KiK-Net 観測で、2003 年の十勝沖地震計測結果を分析してみると、北海道の2計測点 (TKCH08 大樹 TKCH05 本別) から、地盤条件によっては強い3次元効果が現れていると考えられた。この推定に達した理由は、以下のものである。これらの観測地点ではマグニチュードが8であった2003年の十勝沖地震の0.4g以上の計測と、それ以外の地震による数多くの計測が得られている。このため、両地点での計測結果を分析すると、大樹のTKCH08ではSH波の伝播による一次元解析で計測結果が説明できたが、本別のTKCH05ではSH波の伝播による一次元解析で説明できず、何らかの地盤の不均一性(3次元効果)を考える必要があると考えた。

以上の仮説を検証するため、表面波探査手法であるSASW計測法を用いて、両地点において地盤のVs波の深度分布を、地震計設置位置の近傍(300m以内)で現地計測し、上記の仮説の検証を試みた。2009年に現地でSASW計測を行った結果、地震計設置位置の近傍(300m以内)でのVs波の深度分布は両地点では大きく異なり、大樹のTKCH08では地盤の不均一性は少なく、本別のTKCH05では近傍地盤の不均一性が大きいことが分かった。このSASW計測結果を用いて、再び十勝沖地震の応答解析を行った結果、大樹のTKCH08では地盤の非線形応答を特定することが出来たが、本別のTKCH05計測では非線形応答と三次元効果の両方が混合していると結論された。すなわち、地盤の三次元効果が地震応答解析に与える影響は、非線形生が与える効果と同じくらい重要であり、一次元解析が行われる前に、これらの効果を検討する必要性を示唆している。

キーワード 地盤不均一性 地震 応答解析 SASW計測 KiK-net

1. はじめに

筆頭著者のE. Thompsonは、2009年夏期の3ヶ月、都市安全研究センターの外国人研究員として滞在したが、この期間を利用して、北海道東部地区においてKiK-net地震観測地点でSASW計測を実施し、既存の十勝沖地震計測結果と合わせて、地盤の三次元効果について検証した。その調査結果の一部を、2010年2月開催の東京工業大学での国際会議で研究論文を発表した(文献1)が、本文はその結果の概要をとりまとめたものである。なお、この研究の実施に当たっては、鳥取大学工学部の香川教授及び防災科学研究所の青井主任研究員の協力を得ている。

2. KiK-net 観測結果

まず、今回検討した北海道の2計測点(TKCH08 大樹 TKCH05 本別)について、過去の比較的震度の低い地震計測結果から経験的伝達関数(ETF)を求めたもの、2003年の十勝沖地震について、基盤と地表面での記録から伝達関数を求めたもの(Mainshock)、さらに地震計設置時の地盤速度検層データを基に基盤地震記録から地表面への伝達関数を1次元理論を用いて理論計算した伝達関数(SHID)の3つの結果を求めた。その結果は、図-1に示すとおりである。

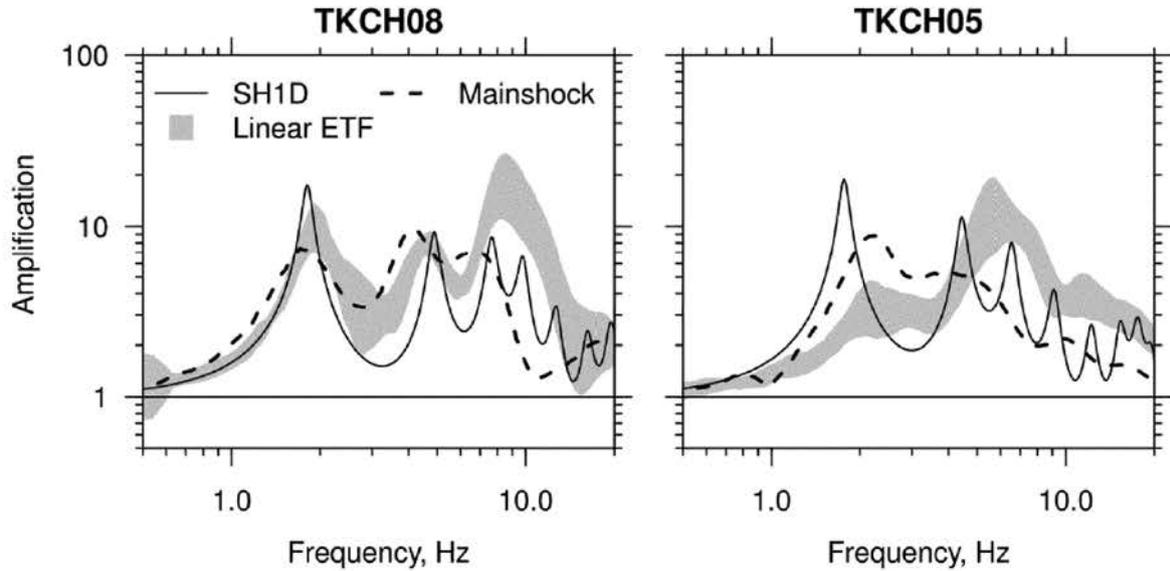


図-1 TKCH08 大樹 TKCH05 本別についての地震計測結果の伝達関数（過去の低震度記録 ETF、本震記録の Mainshock、本震記録の1次元理論解析 SH1D）

図のように、TKCH08 大樹 では3つの結果に整合性があるが、TKCH05 本別の計測結果では整合性が非常に悪いことが明らかである。

次に両地点での地盤の不均一性を調査するため、KiK-net 観測点地点の300m以内で表面波探査 SASW を実施した。その

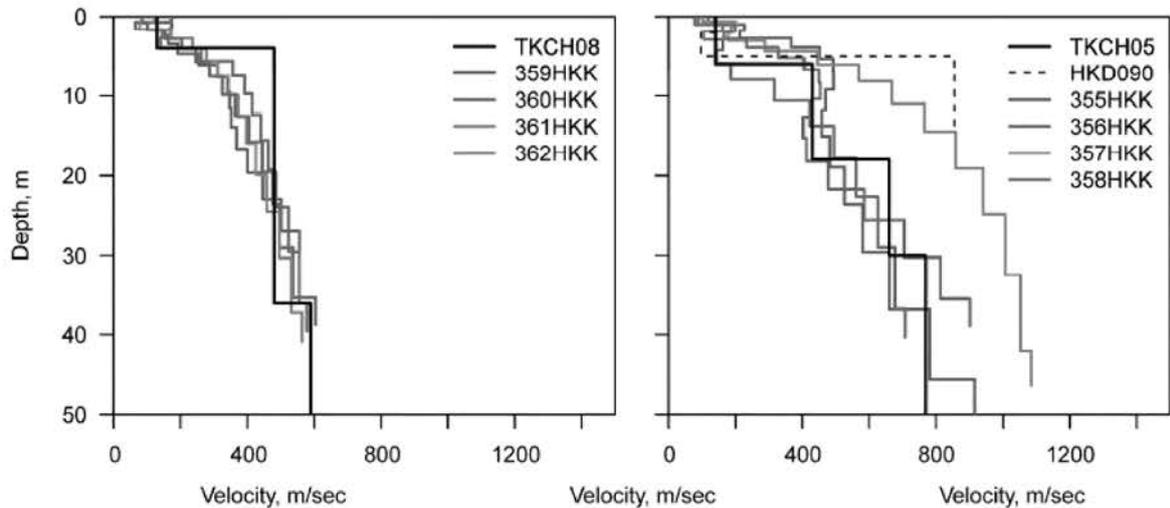


図-2 TKCH08 大樹 TKCH05 本別についての SASW 計測結果

結果に基づき、地盤の深度方向の速度分布の違いを示したものが図-2である。図のように、TKCH05 本別の計測結果は KiK-net 観測点地点付近の地盤の不均一性が強く表れており、これは図-1に示した地震記録を1次元解析することに不具合があることを支持する結果となっている。

参考文献

1) Eric M. Thompson, Yasuo Tanaka, Laurie G. Baise, and Robert E. Kayen (2010): “THREE-DIMENSIONAL SITE RESPONSE AT KIK-NET DOWNHOLE ARRAYS”, JOINT CONFERENCE PROCEEDINGS, 7th International Conference on Urban Earthquake Engineering (7CUUE) & 5th International Conference on Earthquake Engineering (5ICEE), Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan

THREE-DIMENSIONAL SITE RESPONSE AT KIK-NET DOWNHOLE ARRAYS

Eric M. Thompson
Tanaka Yasuo
Laurie G. Baise
Robert E. Kayen

Abstract:

Ground motions at two Kiban-Kyoshin Network (KiK-net) strong motion downhole array sites in Hokkaido, Japan (TKCH08 in Taiki and TKCH05 in Honbetsu) illustrate the importance of three-dimensional (3D) site effects. These sites recorded the M8.0 2003 Tokachi-Oki earthquake, with recorded accelerations above 0.4 g at both sites as well as numerous ground motions from smaller events. Weak ground motions indicate that site TKCH08 is well modeled with the assumption of plane SH waves traveling through a 1D medium (SH1D), while TKCH05 is characteristic of a poor fit to the SH1D theoretical response. We hypothesized that the misfit at TKCH05 results from the heterogeneity of the subsurface. To test this hypothesis, we measured four S-wave velocity profiles in the vicinity (< 300 m) of each site with the spectral analysis of surface waves (SASW) method.

This KiK-net site pair is ideal for assessing the relative importance of 3D site effects and nonlinear site effects. The linear ground motions at TKCH05 isolate the 3D site effects, as we hypothesized from the linear ground motions and confirmed with our subsequent SASW surveys. The Tokachi-Oki time history at TKCH08 isolates the effects of nonlinearity from spatial heterogeneity because the 3D effects are negligible. The Tokachi-Oki time history at TKCH05 includes both nonlinear and 3D site effects. Comparisons of the accuracy of the SH1D model predictions of these surface time histories from the downhole time histories indicates that the 3D site effects are at least as important as nonlinear effects in this case. The errors associated with the assumption of a 1D medium and 1D wave propagation will be carried into a nonlinear analysis that relies on these same assumptions. Thus, the presence of 3D effects should be ruled out prior to a 1D nonlinear analysis. The SH1D residuals show that 3D effects can be mistaken for nonlinear effects.