2021 年福島県沖の地震における相馬市被災地点 での微動測定と余震観測

森伸一郎¹·江見和泰²·三浦 夢乃³·山田 雅行

¹フェロー 愛媛大学准教授 大学院理工学研究科 (〒790-8577 愛媛県松山市文京町 3) E-mail: mori@ehime-u.ac.jp

²学生会員 愛媛大学 大学院理工学研究科生産環境工学専攻(〒790-8577 愛媛県松山市文京町 3) E-mail: emi.kazuhiro.18@cee.ehime-u.ac.jp

3学生会員 愛媛大学 工学部環境建設工学科 (〒790-8577 愛媛県松山市文京町3番)

E-mail: miura.yumeno.18@cee.ehime-u.ac.jp

4正会員 株式会社ニュージェック (〒531-0074 大阪市北区本庄東二丁目 3-20)

E-mail: yamadams@newjec.co.jp

2021年2月13日23時7分頃に福島県沖の地震(Mj7.3,深さ55km)が発生し,福島県と宮城県の4地点 で震度6強が,21地点で震度6弱が観測された1).相馬市,新地町で震度6強が観測され,両市町では, 常磐自動車道での切土崩壊,相馬港での岸壁被害と液状化,相馬市内の住家被害が生じた.本研究ではこ れらの地点での地盤振動特性の把握,本震時地震動の推定のために,4地点で2回にわたり極短期間の余 震観測を実施した.水平動スペクトルによる卓越振動数は K-NET 相馬より,相馬港の方が小さく,基盤 が深いためと推察された.

Key Words: earthquake, earthquake damage, Observation of aftershocks

1. はじめに

2021年2月13日23時7分頃に福島県沖の地震(Mj7.3, 深さ55km)が発生し,福島県と宮城県の4地点で震度6 強が,21地点で震度6弱が観測された¹⁾.福島県でも震 源に近い浜通りでは,相馬市,新地町で震度6強が観測 された.両市町では,常盤自動車道での切土崩壊,相馬 港での岸壁被害と液状化,相馬市内の住家被害が生じた. これらの地点での地盤振動特性,本震時地震動の推定の ために,本研究では,4地点で2回にわたり極短期間の 余震観測を実施した.

2. 地震被害と余震観測地点

図-1 に防災科研の推定震度分布 ²と余震観測点を示す. 常盤自動車道での切土崩壊があった相馬市黒木宿仙木の 広域農道(EU-1),震度6強が観測された K-NET 相馬の 設置された相馬市河原町児童センターの周辺地盤(EU-2),新地町に位置する相馬港での岸壁被害と液状化が

見られた相馬港第2埠頭(EU-3),相馬市内の推定震度 6 強の領域にあるホテル敷地 (EU-4) の 4 点である. 観 測は、第1回は2月28日23時から3月1日11時、第2 回は3月14日9時から21時の2回,それぞれ観測時間 は12時間であるが、4地点観測状態は前者で7時間、後 者で 6 時間であった. 使用した地震計は固有振動数 2.0 Hzの3成分動コイル型の速度計KVS-300(近計システム) で、データロガーは乾電池駆動の EDR-X7000 (近計シス テム)を用いた.サンプリング振動数は250Hzであり, X成分をNS方向, Y成分をEW方向に併せて設置した. 速度計は地面に設置し、固定はしていない、風カバーを かけて風の影響を受けないようにしている. 写真-1に 相馬市黒木宿仙木での余震観測点 EU-1 と常磐自動車道 の切土崩壊地点との位置関係を示す. 両者は水平距離で 約80m離れている.シームレス地質図³によれば、後 期中新世-鮮新世の堆積岩類である.



図-1 防災科研の推定震度分布 ³と余震観測点



写真-1 相馬市黒木宿仙木での余震観測点 (EU-1)

写真-2に相馬港第2埠頭の観測点(EU-3)を示す.第 2埠頭-5.5m岸壁は2011年東北地方太平洋沖地震で被災 して復旧されたが、今次の地震で岸壁がせり出し、背後 のエプロン部が沈下した⁴. この岸壁はコンクリート方 塊が4段に積まれたもので、背後は方塊下のマウンドの 上に土を入れた背後地盤⁴⁰で、このエプロン部が約30cm 沈下した.**写真-2**ではこの沈下がわかる.

3. 余震観測の結果

表-1 に 2 回の地震観測で得られた M2.2 以上の余震を 示す.1回目の3月1日にM3級の微小地震が観測できた が、2回目の3月14日はM2級であった.地震計の不調 で、1回目はEU-2が、2回目はEU-4が地震計ハンドリン グ上の不備で観測できなかった.K-NET相馬(EU-2)が



写真-2 相馬港第2埠頭の観測点 (EU-3)

表-1 観測された余震 (≧M2.2)

発生日時	М	深さ(km)
2021/03/01 00:11	3.0	54.9
2021/03/01 03:05	3.4	53.7
2021/03/01 03:15	2.6	53.8
2021/03/01 03:58	3.1	58.4
2021/03/01 07:47	3.4	54.5
2021/03/01 10:21	3.2	52.2
2021/03/14 13:38	2.8	49.0
2021/03/14 13:56	2.2	42.0
2021/03/14 14:29	2.7	53.0
2021/03/14 14:49	2.9	51.0
2021/03/14 16:56	2.4	56.0

記号	発生日時	北緯	東経	深さ (km)	М	震央地名
EQ1	2021/3/14 14:49	37°31.9'	141°23.2'	51	2.9	福島県沖
EQ2	2021/3/14 13:38	37°32.9'	141°32.9'	49	2.8	福島県沖
EQ3	2021/3/14 14:29	37°33.0'	141°33.0'	53	2.7	福島県沖

表-2 解析対象地震

表-3 解析地震動の水平動の最大速度の一覧

r										
	最大速度(µm/s)					最大速度比				
	NS			EW			NS		EW	
観測地震	EU-1	EU-2	EU-3	EU-1	EU-2	EU-3	EU2/ EU1	EU3/ EU1	EU2/ EU1	EU3/ EU1
EQ1	128.4	321.2	277.8	167.4	263.3	180.6	2.5	2.2	1.6	1.1
EQ2	76.2	104.4	80.0	88.8	118.1	86.3	1.4	1.0	1.3	1.0
EQ3	26.5	48.6	62.9	37.3	95.2	45.5	1.8	2.4	2.6	1.2
注:略名と観測点 EU-1:宿仙木 EU-2:K-NET相馬 EU-3:相馬港										



図-2 2021年3月14日14:49のM2.9の余震の観測速度時刻 歴 (NS成分)

観測できた記録を中心に述べる. 表-2に3つの解析対象 地震を示す. 震源位置はほぼ同じで,マグニチュードは 2.7~29である.また,表-3にそれら地震の観測地震動 の水平動の最大速度の一覧を示す.EU-1が最も小さく, EU-2またはEU-3が大きい.比率は1.1~2.6倍であり, 岩盤地点に比べて堆積層での振動が増幅していることが わかる.図-2に2021年3月14日14:49のM2.9の余震の 観測速度時刻歴(NS成分)を示す.示す.時刻歴では 時刻を併せてある.P波,S波ともに初動到達の時刻は 位置関係と整合する.時刻歴最大値は,EU-2,EU-3, EU-1の順で321,278,128(µm/s)であり,K-NET相馬が最も



図-3 2021 年 3 月 14 日 14:49 の M2.9 の余震のフーリエスペ クトル (NS 成分)



図-4 2021年3月14日14:49のM2.9の余震のフーリエスペ クトル比(NS成分)

大きく,次いで相馬港,最後が黒木宿仙木の高速道路切 土崩壊地点となり,観測された本震の震度の順である. 図-3にこれらの時刻歴に対応するフーリエスペクトルを 示す.3~4 Hz と 10 Hz 付近にピークを持つが,EU-1 に 比べて EU-2 や EU-3 ではそれらの振動数域で振幅が大き く増幅しているのがわかる.図-4 に EU-1 に対する水平 動のフーリエスペクトル比を示す.EU-2 では 2.8,39 Hz で大きく増幅され,EU-3 では 1.5,1.8 Hz で大きく増幅さ れている.増幅される振動数は EU-2 (K-NET 相馬)よ りも EU-3 (相馬港)の方が小さい.これは基盤までの 深さが深いためであると考えられる.

4. 結論

2021 年 2 月 13 日福島県沖の地震で被害が生じた地点 と地震観測地点の4地点で、地盤振動特性、本震時地震 動の推定のために余震観測を実施した.観測された3地 点の記録を分析して、次のことがわかった.

(1) EU-1 (高速道路切土崩壊の岩盤地点) が最も小さ く, EU-2 (K-NET 相馬) またはEU-3 (相馬港第2埠頭) が大きい.

(2) 増幅される振動数はEU-2(K-NET相馬)よりもEU-3(相馬港)の方が小さい.これは基盤までの深さが深いためであると考えられた.

謝辞:第1回調査は愛媛大学防災情報センターの調査と して行いました.第2回調査は京都大学防災研究所自然 災害研究協議会に調査の支援を受けました.長谷川順一 様には第1回の調査に同行いただき調査の協力を得まし た.地元住民の方からは被害の様子をお聞きしました. 第2回調査では、愛媛大学のネトラP.バンダリ教授の協

参考文献

- 気象庁:令和3年2月13日23時08分頃の福島県沖の地 震について-「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地 震」について(第89報)-,2021.日本道路協会:道 路橋示方書・同解説 IV 下部構造編,pp.110-119, 1996.
- 防災科学技術研究所:令和3年福島県沖を震源とする地震 クライシスレスポンスサイト, http://crs.bosai.go.jp/DynamicCRS/index.html?ap- pid=e27a37203d3f42c4846c7d2122ed3725C. R. ワイリー(富 久泰明訳):工学数学(上), pp.123-140, ブレイ ン図書, 1973.
- 3) 産総研:日本シームレス地質図 https://gbank.gsj.jp/seamless/seamless2015/2d/
- 宮島正悟[他]:平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震による港湾施設等被害報告,国土技術政策総合研究所資料.798,2015.9. https://dl.ndl.go.jp/info.ndljp/pid/10167074

(Received ?, 2021) (Accepted ?, 2009)

MICROTREMOR MEASUREMENT AND AFTERSHOCK OBSERVATION AT THE DAMAGED SITES IN SOMA CITY DURING THE 2021 EARTHQUAKE OFF THE COAST OF FUKUSHIMA PREFECTURE

Shinichiro MORI, Kazuhiro EMI, Yumeno MIURA and Masayuki YAMADA

An earthquake (Mj7.3, Depth=55 km) occurred off the coast of Fukushima Prefecture at 23:07 on February 13, 2021, with an intensity of 6 upper on the Japanese Meteorological Agency scale at four sites in Fukushima and Miyagi Prefectures, and an seismic intensity of 6 lower at 21 sites. The seismic intensity was 6.0 in Soma City and Shinchi Town, and caused the landslide at cut slope in the Joban Expressway, damage to a quay wall and liquefaction in Soma Port, and damage to houses in Soma City. In this study, two aftershocks were observed for a very short period of time at four locations in order to understand the ground vibration characteristics and to estimate the main shock ground motions. The predominant frequency of the horizontal ground motion spectrum is smaller at Soma Port than at K-NET Soma, which may be due to the deeper seismic basement..