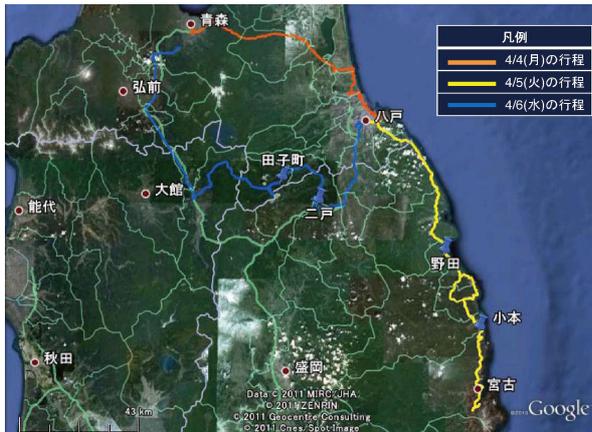
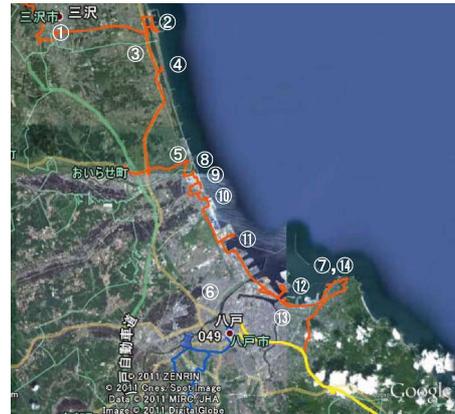


速報：東北地方太平洋沖地震による青森県・岩手県北部の被災状況の調査概要
(本文26～29ページ参照)

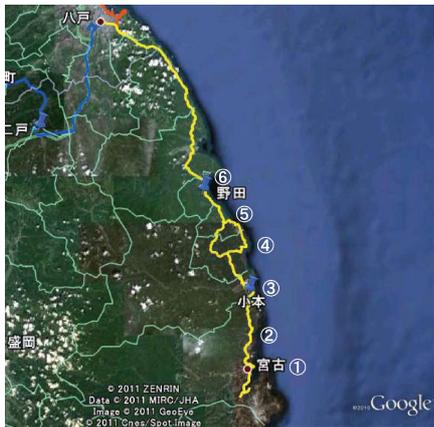


口絵写真—1 a) 青森県・岩手県北部の調査全行程



口絵写真—1 b) 1日目の調査地

- 1日目の調査工程
- ①三沢駅
 - ②三沢漁港
 - ③おいらせ町二川目
 - ④百石海岸
 - ⑤明神川防潮水門
- < Aグループ >
- ⑥馬淵川の河道被害調査
 - ⑦蕪嶋神社
- < Bグループ >
- ⑧市川水産加工団地
 - ⑨五戸川河口
 - ⑩市川船溜
 - ⑪八戸港・上北沼
 - ⑫ポートアイランド
 - ⑬八戸漁港
 - ⑭蕪嶋神社



口絵写真—1 c) 2日目の調査地

- 2日目の調査工程
- ①宮古市、防潮堤、道路、鉄道等の被災状況を広範囲に視察
 - ②田老町、防潮堤、河川堤防、橋梁等の被災状況視察
 - ③小本港、防潮堤、港湾施設、道路等の被災状況視察【※試料採取】
 - ④田野畑村羅賀、防波堤、漁港、その背後の住宅地の被災状況視察
 - ⑤田野畑村平井賀、防潮堤、吹き付け、補強土の被災状況視察
 - ⑥野田村、防潮堤、道路の被災状況視察【※試料採取】



口絵写真—1 d) 3日目の調査地

- 3日目の調査工程
- ①馬淵川堤防、右岸5.3K地点の天端クラックの視察
 - ②二戸市石切所杉ノ沢地区、盛土崩壊現場視察【※試料採取】
 - ③田子町、盛土崩壊現場視察



口絵写真—2 三沢漁港と海水浴場の被害全景(全域において、土砂の侵食、アスファルトの剥離が生じている。写真左は時には、大きな侵食箇所がある。)



口絵写真一三 百石海岸の被害(写真左が海側であり、防波堤前面は、比較的健全であるが、背面は土砂の浸食が顕著である。)



口絵写真一四 宮古市での防波堤背面からの被害状況(写真中央の仮復旧箇所は、津波により破壊されたと考えられ、その周辺の防波堤背面コンクリートの剥離と土砂の浸食・洗掘が顕著である。)



口絵写真一五 田老町の防波堤の状況(津波津波により移動、沈下が生じている。)



口絵写真一六 道路橋の被害状況(道路橋が津波により破壊され、陸側に約15m移動している。)

東北地方太平洋沖地震による青森県・岩手県北部の被災状況の調査概要

Reconnaissance Report on Damage in Aomori and Northern Iwate Areas Inflicted by
the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake

片岡 俊一 (かたおか しゅんいち)
弘前大学大学院准教授 理工学研究科

金子 賢治 (かねこ けんじ)
八戸工業大学大学院 准教授

ハザリカ ヘマンタ (はざりか へまんだ)
九州大学大学院教授 工学研究院

笠間 清伸 (かさま きよのぶ)
九州大学大学院准教授 工学研究院

1. はじめに

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震により、青森県三八上北地方および岩手県北部において、震度5強の地震動が観測され、さらに太平洋沿岸部に津波が到達した。これら地震と津波により太平洋沿岸部および内陸部において発生した複合地盤災害に対して、地盤工学会の派遣により東北支部と九州支部で合同調査団を結成し、平成23年4月3日～6日に、青森県および岩手県北部における被害調査を行った。東北支部・九州支部合同一次調査団のメンバーを以下に示す。

- 東北支部
 - 片岡 俊一 (弘前大学, 団長・支部代表者)
 - 金子 賢治 (八戸工業大学, 連絡代表・会計)
 - 池本 栄一 (㈱春秋)
 - 清原 雄康 (八戸高専)
 - 熊谷 浩二 (八戸工業大学)
- 九州支部
 - ハザリカ ヘマンタ (九州大学, 支部代表者)
 - 笠間 清伸 (九州大学, 連絡代表・会計)
 - 末次 大輔 (佐賀大学)
 - 田中 淳 (基礎地盤コンサルタンツ㈱)
 - 豊留 浩人 (応用地質㈱)
 - 矢ヶ部 秀美 (㈱ダイヤコンサルタント)

2. 調査地域と調査内容

調査行程を口絵写真1に示す。1日目の主な調査地は、青森県三沢市三沢漁港と百石海岸、八戸市八戸港と八戸漁港および馬淵川の河道沿いである。2日目は、岩手県北部沿岸部にある宮古市、田老町、小本港、田野畑村羅賀、田野畑村平井賀および野田村を調査した。最終日は、青森県馬淵川の右岸5.3K地点の堤防、岩手県内陸部の二戸市石切所杉ノ沢地区および青森県内陸部田子町を調査した。

本報告では、東北地方太平洋沖地震時に八戸市で観測された地震動の特徴を示すとともに、4月3日から6日の3日間にわたり、青森県太平洋沿岸南部および岩手県沿岸北部を対象に上記調査団が実施した現地被害調査

の概要を報告する。

3. 八戸市における地震動と既往の強震記録との比較

2011年3月11日に起きた2011年東北地方太平洋沖地震(マグニチュード, M: 9.0)では、図1に示すように青森県内および岩手県北部の最大震度は5強であるが、この地域では、これまでに今回の地震動よりも強い地震動を経験している。そこで、八戸市において過去に記録された地震動と今回の地震による揺れを比較してみた。

八戸市では1968年十勝沖地震の記録も得られているが、ここでは同一地点での地震動を比較するという観点から、八戸市庁舎本館における強震観測データを用いた。八戸市庁舎における強震観測は(㈱建築研究所が実施しており¹⁾、1994年三陸はるか沖地震の記録が得られている。建築研究所は、市庁舎の数カ所に強震計を設置しているが、ここでは地下1階の記録を利用した。

比較に用いた地震動に関する諸元をまとめると表1のようなになる。ここでは、2008年7月24日に起きた岩手県沿岸北部の地震も加えて比較する。波形を比較して図2に示す。図を見ると継続時間及び地震動の包絡形

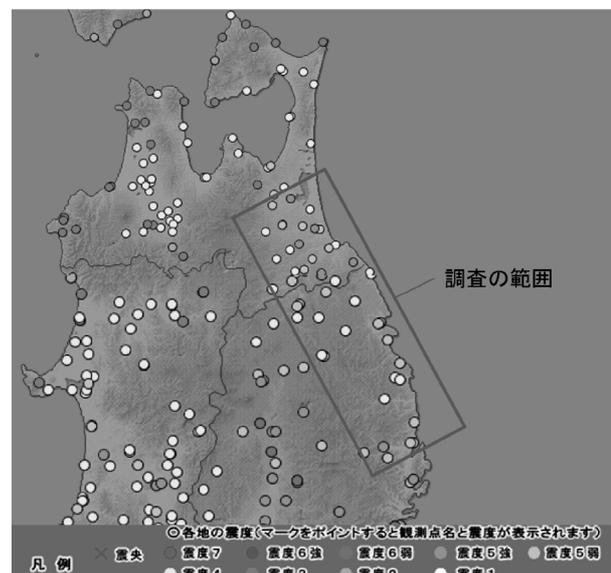
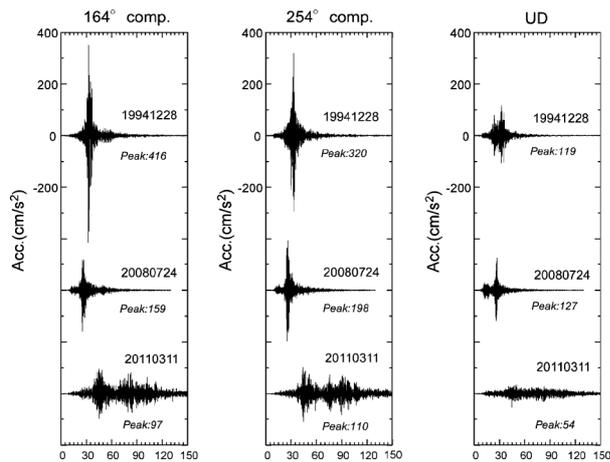


図1 青森県と岩手県北部の震度分布

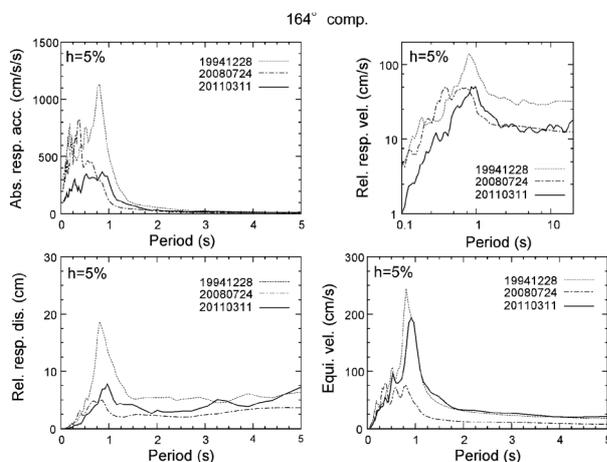
表一 八戸市庁舎の記録に関する地震諸元

年月日	地震名・震源域名	マグニチュード	震源深さ	計測震度相当値	震度(市内最大値)
1994/12/28	三陸はるか沖地震	7.6	0 km	5.8	6
2008/07/24	岩手県沿岸北部	6.8	108 km	4.9	6弱
2011/03/11	東北地方太平洋沖地震	9.0	24 km	4.6	5強

注：計測震度相当値は、地震動記録から計測震度を算出したもの
震度（市内最大値）は1994年当時の八戸市内の震度最大値であり、1994年当時は、震度に強弱の区分はない。



図一 八戸市庁舎で観測された地震動の比較



図一 八戸市庁舎における加速度記録から算出した減衰定数5%の各種応答スペクトル，左上：絶対加速度，左下：相対変位，右上：相対速度，右下：エネルギースペクトル

が大きく異なり、東北地方太平洋沖地震は継続時間が極めて長いことが分かる。図では150秒までを示しているが、東北地方太平洋沖地震の記録時間長は更に長い。また、計測震度に対応して、東北地方太平洋沖地震の振幅が小さいことも見て分かる。

加速度記録のうち、164度方向成分から減衰定数を5%とした応答スペクトルを算出した。その際には、エネルギースペクトルも求め、等価速度としてスペクトル表示した。結果を図一3に示す。エネルギースペクトルを

除く通常の応答スペクトル、つまり1自由度系の最大応答値は三陸はるか沖地震の地震動が広い周期帯域で最大となっている。ただし、周期0.2~0.5秒程度では、岩手県沿岸北部の地震が最大であり、左下に示す変位応答にあっては周期3.2秒付近で今回の地震動が最も大きくなっている。この周期では、右上に示す速度応答スペクトルにおいては定常応答よりも過渡応答の方が大きいようで、変位応答スペクトルのような入れ替わりは起こらない。

一方、右下に示すエネルギースペクトルでは様相が異なり、周期1秒以上では今回の地震と三陸はるか沖地震の等価速度はほぼ等しいか、今回の地震の方がやや大きくなっている。これは、今回の地震動の方が構造物により多くのエネルギーを与えたことを示している。

4. 災害調査結果

4.1 青森県三沢市三沢漁港および百石海岸

口絵写真一2に、三沢漁港および海水浴場の全景を示す。三沢漁港は、砂浜海岸に作られた第3種漁港であり、港の南側には海水浴場が整備されている。また、漁港の背後には、防潮林が設置されていた。三沢漁港周辺には、約6~7mの津波が到達したと思われる。三沢漁港が砂浜海岸に立地することから、一様な津波が漁港と海水浴場の全域に到達し、広域的に被害が生じているのが特徴であった。その中でも、津波による構造物の損壊、津波・引き波による広域的な土砂浸食やアスファルト・ブロックのめくれが顕著であった。また、津波集中部において、局所的な洗掘が生じていた。例えば、写真一1に示すように、コンクリート歩道と砂地盤の境界部における土砂浸食が顕著であり、1m程度の深度まで浸食している箇所があった。さらに、陸上部には、津波とともに運ばれた土砂が厚く堆積しており、その一部は、防潮林にまで到達していた。

口絵写真一3に、百石海岸の防波堤上から防波堤前面と背面を写した状況を示す。百石海岸は、三沢漁港から2km程度南に位置する海岸である。口絵写真に示すように、防波堤前面が比較的健全なのに対して、背面は土砂の浸食が顕著であり、防波堤のほぼ全長にあたって被害を受けていた。例えば、写真一2に示すように防波堤背面の枠工内の土砂が、深く浸食を受けている箇所もあった。

4.2 青森県八戸市八戸港および八戸漁港

八戸港は、5万トン級の貨物船に対応した水深14m岸壁を有する青森県内最大規模の港湾である。八戸港には、総延長3500mの東北有数の規模を誇る北防波堤が設置されている。港湾空港技術研究所の報告²⁾によれば、八戸港およびその周辺には、それぞれ6.4mと8.4mの津波が到達したと考えられる。八戸港への津波が小さくなったのは、八戸港に設置された防波堤の効果によるものと考えられるが、北防波堤の一部は津波後に海中に水没していた。八戸港では、地震よりむしろ津波による被害が顕著であった。護岸が、津波と引き波で破壊や洗掘



写真一 三沢海水浴場での浸食



写真三 港内道路の浸食



写真二 百石海岸の被害状況（枠工の中が大きく浸食）



写真四 八戸港のアスファルトの剥離

されていた。写真一三に示すように港内の道路ではアスファルト舗装下の土が流失していたり、写真一四に示すように道路のアスファルトが剥離している箇所があった。

4.3 青森県馬淵川の河道沿い

馬淵川は、岩手県北部および青森県南部を流れる一級河川であり、八戸市街地を流れ八戸市大字河原木で太平洋に注ぐ河川である。河口付近に八戸港がある。地震により生じた津波は、河口付近で約6～7mの高さとなり、河口から10.5km付近まで津波が河道を遡上した。青森県河川国道工事事務所の資料によれば、河口から2.4km地点までの津波の平均的な速度は約7m/sであった。津波が河口から100m程度の範囲で河川堤防を越えたため、河川堤防の両面が浸食を受けていた。また、津波が河道を遡上したため、馬淵大堰の一部が破損し、河川法面の損傷や護岸の破損などが発生しており、河川の高水敷に土砂が厚く堆積した。例えば、津波と引き波によって発生したと思われる、写真一五～一六に示すような蛇籠の移動および水路破損が発生していた。津波の遡上速度が、河川の流下速度を超えたため、このような河川施設の被害が発生したものと考えられる。

4.4 岩手県宮古市および田老町

宮古市は、調査実施期間中においても瓦礫の撤去や行方不明者の捜索中であったため、調査を行うことが困難

であった。口絵写真一四には、宮古湾内の最奥部となる金浜第6地割で撮影した防波堤を示す。宮古湾は、リアス式海岸のため、湾奥部において津波高さが高くなったことが予想される。写真一七に示したように、防波堤の一部が津波により破壊され、現在仮復旧が行われていた。破壊された箇所を中心に、防波堤背面保護コンクリートの剥離および背面土砂の洗掘が顕著であった。

宮古市田老町は、リアス式海岸の湾の奥に位置し、過去何度も津波被害を受けているため、総延長2.5kmで高さ10mの防潮堤を設置していた。東北支部・四国支部の合同調査団によれば、18mの高さの津波が襲来したと報告されている。このようなことから、口絵写真一五～一六および写真一八に示すように、津波の直接的な力により、防波堤ならびに道路橋が陸側に移動していた。また、防波堤の背面の保護コンクリートが剥離し、防波堤の背面にある建物には、非常に広範囲に被害が生じていた。

以上のことから、津波・引き波の衝撃力の評価、津波作用時における防波堤の安定性、引き波による土砂浸食・洗掘、津波に土粒子が混合することによる力学的影響および残害物の処理などに関する二次調査の必要性を感じた。

4.5 内陸部（岩手県二戸市および青森県田子町）

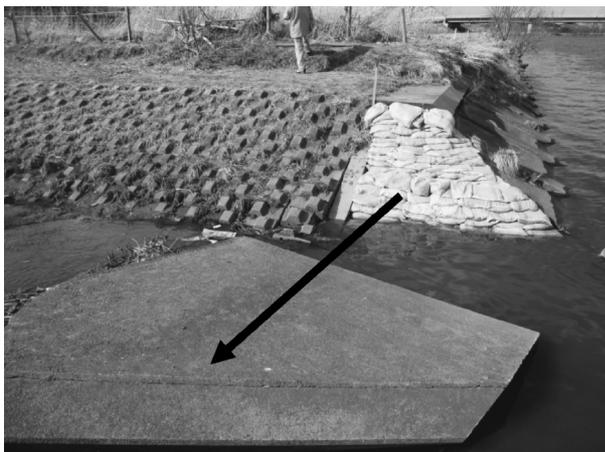
二戸市の盛土崩壊では、地震動により擁壁が転倒した



写真一5 蛇籠の移動 (写真奥が河口)



写真一7 宮古市での防波堤の損壊箇所 (写真左が海側)



写真一6 水路の破損 (写真奥が河口)



写真一8 田老町の防波堤の被害状況

ため、盛土が崩壊し、盛土上にあった住宅が22 m 水平移動した（個人の所有する土地および財産であったため写真の掲載を控えた）。崩壊規模は、崩壊長さ約19 m、崩壊幅約16.5 m、崩壊深さ約5 mであった。擁壁背面の地盤材料は軽石混じりの火山灰土であり、盛土内の軽石は、地下水により一部風化し粘性土化していた。また、調査当日にも湧水がみられたことから、地下水が豊富な箇所であり、擁壁背面の土の液状化に起因して大きな地盤流動が発生した可能性が考えられる。周辺には、泥濘化した飛沫が飛んだ痕跡が残されていた。

田子町における盛土崩壊では、地震動で盛土が動いて護岸擁壁が転倒し、背後の住宅に若干の傾斜が認められた（個人の所有する土地および財産であったため写真の掲載を控えた）。崩壊規模は、崩壊長さ約20 m、崩壊幅約15 m、崩壊深さ約5 mであった。擁壁裏から軽石混じりの土が流出していたことから判断すると、盛土材料が、軽石混じりの火山灰土の可能性もある。また、常時湧水が豊富な箇所盛土が飽和していた可能性がある。

以上のように、内陸部において、継続時間の長い地震動の影響により、若干の地盤被害がみられた。

5. まとめ

青森県および岩手県北部では、直接的な地震動よりもむしろ、津波が主たる要因であると考えられる複合的な

地盤災害が顕著であった。今回の第一次調査の結果、他の分野と連携しつつ以下のような第二次調査が必要であると考えられる。

- ① 防波堤の地盤工学的崩壊メカニズムに関する詳細調査（引波、侵食・洗掘、地震と津波）
- ② 津波・引波に含まれる土砂が防波堤などの土木構造物に与える影響の詳細調査
- ③ 残害物の処理方法および環境への影響に関する詳細調査（最近の情報によると岩手県についてはリサイクルを模索している模様）。

謝辞

3日間の調査および本報告の取りまとめにあたり過大な協力をいただいた団員全員に感謝したい。また、ここでは、(独)建築研究所が実施している強震観測のデータを利用していただいた。今回の地震に対する対応を含めこれまでの永続的な努力に対して、記して謝意を示したい。

参考文献

- 1) <http://smo.kenken.go.jp/ja/smn> (2011年3月18日確認)
- 2) <http://www.pari.go.jp/files/items/3463/File/p20110323-2.pdf> (2011年4月20日確認)

(原稿受理 2011.4.27)