

平成 23 年 10 月 31 日
国土交通省国土技術政策総合研究所沿岸海洋研究部
国土交通省東北地方整備局港湾空港部

平成 23 年東北地方太平洋沖地震津波による
雄勝港・女川港・荻浜港・石巻港・松島港の海岸保全施設の被害調査報告

1. 目的

平成 23 年（2011 年）3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震及びそれに伴う津波による被害について、海岸保全施設の被害状況を把握し被災原因を検討する必要がある。そこで、雄勝港、女川港、荻浜港、石巻港及び松島港の海岸保全施設等について被害調査を実施し、被害状況の把握を行った。

2. 調査団

国土交通省国土技術政策総合研究所 沿岸海洋研究部 主任研究官 熊谷兼太郎
国土交通省国土技術政策総合研究所 沿岸海洋研究部沿岸防災研究室 研究員 渡邊祐二
国土交通省東北地方整備局 港湾空港部港湾計画課 係長 鮎貝基和

3. 行程

平成 23 年 8 月 30 日（火）

- ・移動 横須賀市→仙台市，東北地方整備局港湾空港部にて打合せ

同 8 月 31 日（水）

- ・移動 仙台市（8:10 発）→石巻市雄勝町
- ・雄勝港の調査（立浜地区，大浜地区，小島地区，伊勢畑・明神地区，唐桑地区及び波板地区）（10:30～16:00）
- ・女川港の調査（大石原地区，横浦地区及び崎山地区）（16:30～18:20）
- ・移動 女川町→仙台市

同 9 月 1 日（木）

- ・移動 仙台市（7:30 発）→女川町
- ・女川港の調査（横浦地区及び高白地区）（10:00～11:20）
- ・荻浜港の調査（小積地区及び荻浜地区）（12:00～13:50）
- ・石巻港の調査（大曲地区）（15:00～15:30）
- ・松島港の調査（海岸前地区）（16:10～16:40）
- ・移動 松島港 仙台市→東京（21:30 着）

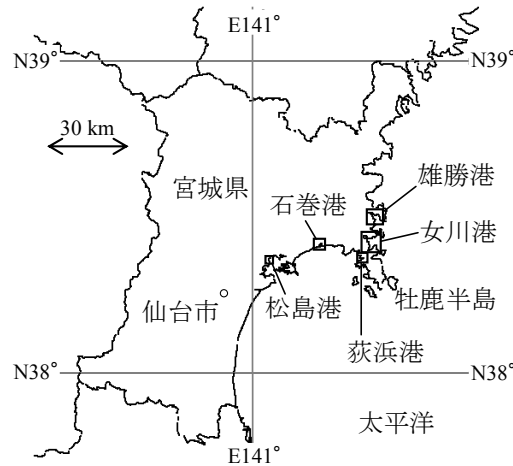


図-3.1 調査対象の港湾の位置図

4. 調査結果

宮城県の5港（雄勝港，女川港，荻浜港，石巻港及び松島港）について，海岸保全施設を中心とした調査を行った．その結果，胸壁は，堤体の上部の切断，漂流物の衝突による欠損，クラック等が生じた施設があった．護岸は，滑動，転倒，堤体土の吸出し，目地開き等が生じていて，特に表のり被覆工及び波返工が海側に転倒している施設が多くみられた．

また，各港で天端高さの測量を行い，元々の設計天端高さと比較をすることで地震に伴う地盤沈下量を求めた．その結果，雄勝港で0.9～1.1m，女川港で1.0m，荻浜港で1.0m，松島港で0.6mの沈下がそれぞれ生じている結果となった．

なお，調査において，施設管理上の名称が「胸壁」となっているにもかかわらず構造形式は護岸構造であるものがみられた．これは，建設当初は護岸（海岸線近傍に作られ前面の土地利用がない）であったが，その後，埋立て等により前面側に物揚場等が設けられ，施設管理上の名称が胸壁に変更された施設である．速報性の観点から現時点では行っていないが，被災原因をより詳細に分析するためには，元々の構造形式に着目した整理・分析を今後行う必要がある．

以下，各港の調査結果の詳細を示す．

4-1 雄勝港

(1) 立浜地区

図-4.1.1に，雄勝港の周辺図を示す．雄勝港は，立浜地区，大浜地区，小島地区，伊勢畑・明神地区，唐桑地区，水浜地区及び波板地区の7地区がある．水浜地区には海岸保全施設がないため，今回の調査はそれを除く6地区で調査を行った．図-4.1.2に，立浜地区の周辺図を示す．同地区には，南側部分に胸壁が設けられるとともに，北端部に護岸が設けられている．

南側部分の胸壁の堤体には，被害は生じていなかった（地点1-a，写真-4.1.1(1)）．ただし，地点1-bの近くの水門は，上部に設けられている操作施設が損壊する被害を受けていた（写真-4.1.2(1)）．また，同地点の胸壁前面側（海側）は，岸壁が海側に変位するとともに舗装部分が陥没していた（写真-4.1.2(2)）．

北端部分の護岸は，地点1-cで，堤体の海側への滑動（写真-4.1.3(1)及び(2)）及び堤体の一部が海側にむかって削りとられるように欠損が生じていた（写真-4.1.3(3)）．また，地点1-dで，護岸の堤体が海側に変位する被害があった（写真-4.1.4(1)及び(2)）．

地点 1-a 及び 1-d で堤体の天端高さの測量を行ったところ、天端高さの測定値はそれぞれ T.P.+2.01m 及び T.P.+2.09m であった (写真-4.1.1(2)及び写真-4.1.4(3))。設計天端高さはどちらも T.P.+3.1m なので、同地区では地震に伴い 1.0~1.1m の沈下が生じた結果となった。



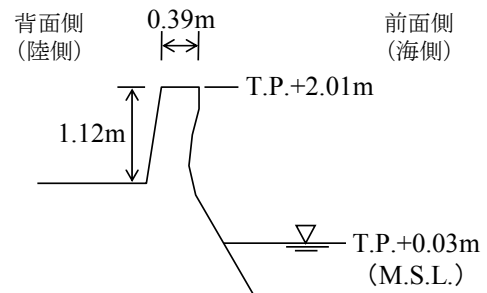
図-4.1.1 雄勝港



図-4.1.2 立浜地区



(1) 被害のなかった胸壁



(2)天端高さの測定

写真-4.1.1 地点 1-a



(1) 水門の操作施設の損壊



(2) 岸壁の変位と舗装部分の陥没

写真-4.1.2 地点 1-b



(1) 滑動した堤体 (海側からみた状況)



(2) 滑動した堤体 (陸側からみた状況)



(3) 欠損している堤体

写真-4.1.3 地点 1-c



(1) 海側に変位した堤体

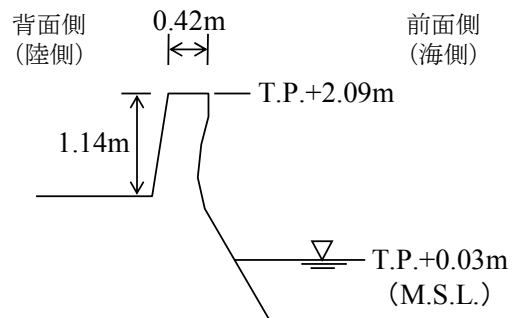


(2) 上空から撮影した写真



(3) 天端高さの測定

写真-4.1.4 地点 1-d



(2) 大浜地区

図-4.1.3 に、大浜地区の周辺図を示す。同地区には、湾を囲むように胸壁が設けられている。東側の区間では、堤体に大きな被害は無かった（地点 1-e、写真-4.1.5）。

中央の区間では、地点 1-f で堤体が延長約 60m にわたって前面側（海側）にむかって倒壊していた。（写真-4.1.6(1)、写真-4.1.7）。背後側（陸側）の道路面は地点 1-f から東にむかって、また、地点 1-f から西にむかって高くなっているため、相対的に地盤高さが小さい地点 1-f 付近に引き波が集中したようである（写真-4.1.6(2)）。

西側の区間では、堤体に大きな被害は無かった。ただし、地点 1-g で背面側地盤が洗掘され、調査時点でその部分に舗装が打ち直されていた。また、前面側の物揚場は約 0.7m の高さだけ応急的に嵩上げされていた（写真-4.1.7(1)）。堤体に設けられたフラップゲートは、完全には閉まらない状態であった（写真-4.1.7(2)）。原因は、土砂の堆積、堤体と前面側地盤の鉛直方向の変位量が異なったこと等によりゲート扉下部が引っかかり閉まらなくなったことが考えられる。



図-4.1.3 雄勝港大浜地区



写真-4.1.5 ほとんど被害のなかった胸壁（地点 1-e）



(1) 倒壊した護岸構造



(2) 護岸構造の断面



注：GoogleEarth で公開されている左の画像は、画面中央の道路など一部が塗りつぶし処理されている

(3) 上空から撮影した写真

写真-4.1.6 地点 1-f



(1) 舗装打ち直しされた背面側地盤と嵩上げされた物揚場



(2) フラップゲート

写真-4.1.7 地点 1-g

(3) 小島地区

図-4.1.4 に、小島地区の周辺図を示す。同地区には、海岸線沿いに護岸が設けられている。地点 1-h では、護岸の堤体に大きな被害はなかったものの、背後側（陸側）地盤の洗掘が生じていた（写真-4.1.8）。

地点 1-i では、護岸の表のりが海側に倒壊するとともに、背後の地盤が流失していた（写真-4.1.9 及び写真-4.1.10）。天端被覆版は、洗掘で失われた道路部分を埋め立てるための基礎材料として応急復旧の際に使用されたようである（写真-4.1.9 の左下の黒い土嚢の下の部分）。

地点 1-j では、すなわち、護岸の表のりが海側に倒壊するとともに、天端被覆板下の堤体土が流失して天端被覆板がそのまま落下していた（写真-4.1.11(1)）。

地点 1-j の堤体の天端高さの測定値は T.P.+2.72m であった (写真-4.1.11(3))。設計天端高さは T.P.+3.6m なので、同地点では地震に伴い 0.9m の沈下が生じた結果となった。



図-4.1.4 雄勝港小島地区



写真-4.1.8 背後側地盤の洗掘 (地点 1-h)



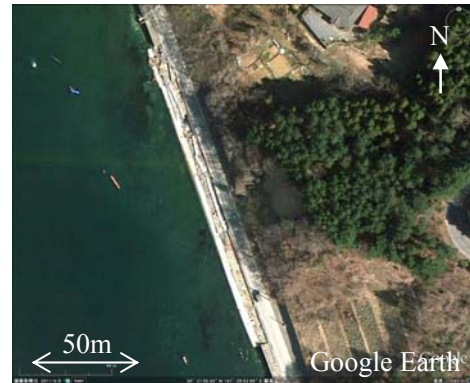
写真-4.1.9 海側に倒壊した護岸 (地点 1-i)



写真-4.1.10 上空からの写真



(1) 海側に倒れた表のり(左)と落下した天端被覆板(右)



(2) 上空から撮影した写真



(3) 天端高さの測定

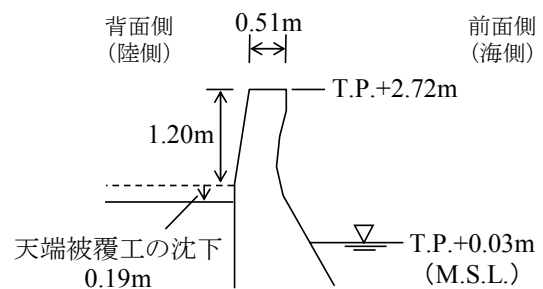


写真-4.1.11 地点 1-j

(4) 伊勢畑・明神地区

図-4.1.5に伊勢畑・明神地区の周辺図を示す。同地区は海岸線沿いに護岸が設けられている。

地点 1-k よりも東側の区間では、護岸に被害はなかった(写真-4.1.12)。地点 1-k では、護岸の表のりが海側に倒壊する被害が生じていた(写真-4.1.13及び写真-4.1.14)。

地点 1-l の周辺では、護岸の表のりが長さ約 500m 連続的に海側に倒壊していた(写真-4.1.15)。

地点 1-k の堤体の天端高さの測定値は T.P.+3.15m であった(写真-4.1.11(3))。設計天端高さは T.P.+4.1m なので、同地点では地震に伴い 1.0m の沈下が生じた結果となった。



図-4.1.5 雄勝港伊勢畑・明神地区



写真-4.1.12 被害のない護岸



(1) 海側に倒壊した表のり



(2) 堤体断面の拡大写真



(3) 天端高さの測定

写真-4.1.13 地点 1-k

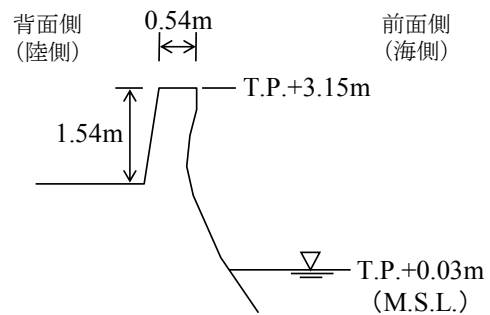




写真-4.1.14 上空から撮影した写真（地点 1-k）



(1) 海側に倒壊した表のり



(2) 上空から撮影した写真

写真-4.1.15 地点 1-l

(5) 唐桑地区

図-4.1.6 に、唐桑地区の周辺図を示す。同地区は海岸線沿いに護岸が設けられている。

地点 1-m では、護岸の天端被覆板が 15cm 沈下していた（写真-4.1.16）。

地点 1-n では、護岸の天端被覆板下の堤体土が吸い出され、天端被覆板が落下・傾斜していた（写真-4.1.17(1)）。表のりは倒壊していなかったが、法線直行方向に出入りが発生しており、隣り合う堤体同士で法線直行方向に最大 10cm 程度のずれが生じていた（写真-4.1.17(2)）。法線方向の目地開きも発生しており、最大 13cm の目地開きが生じていた（写真-4.1.17(3)）。また、クラックが堤体に多数生じていた。

地点 1-o では、護岸が失われるとともに背後側の地盤が流出していた（写真-4.1.18(1)及び(2)）。また、同地点を含めて同地点の北側約 100m の区間で護岸が倒壊している。

地点 1-p では、海岸沿いの地盤高の低い場所に位置していた家屋群を守るように護岸が設けられていたが、護岸の流失または海側への倒壊が発生していた（写真-4.1.19(1)）。周囲よりも相対的に地盤高が小さいため、引波の流れが集中して地盤が流出したことが考えられる。家屋は基礎だけを残してそれより上部は完全に失われていた（写真-4.1.19(2)）。写真-4.1.19(3)に、上空から撮影した写真を示す。また、同地点を含めて同地点の北側約 200m の区間で護岸が倒壊している。



図-4.1.6 雄勝港唐桑地区



写真-4.1.16 沈下した天端被覆板 (地点 1-m)



(1) 法線が入りしている堤体と落下・傾斜している天端被覆板



(2) 目地開き



(3) 目地開きの拡大写真 (上からみた状況)

写真-4.1.17 地点 1-n



(1) 流失した護岸及び地盤



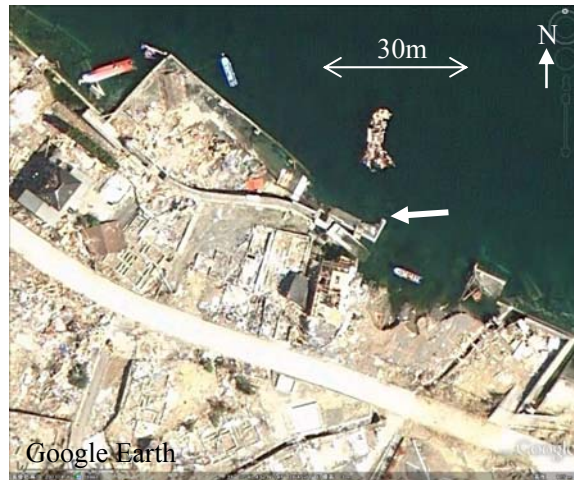
(2) 上空から撮影した写真

写真-4.1.18 地点 1-o



(1) 護岸の被害状況

(2) 基礎だけを残した家屋



(3) 上空から撮影した写真

写真-4.1.19 地点 1-p

(6) 波板地区

図-4.1.7 に、波板地区の周辺図を示す。同地区は、幅 20～40m 程度の砂浜の背後側（陸側）に胸壁が設けられている。

胸壁の被害はほとんど無かった（地点 1-q, 写真-4.1.20(1)）。ただし、地点 1-r に設けられている展望施設の階段脇には幅約 4cm のひび割れが生じていた（写真-4.1.21）。また、同施設では転落防止柵が破壊される被害も発生していた。

地点 1-s では、水門の上部に設けられた操作施設が損壊していた（写真-4.1.22）。

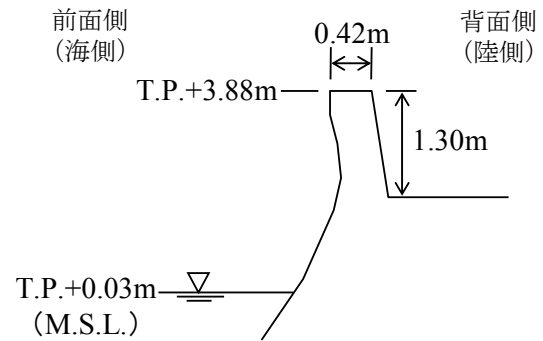
地点 1-q の堤体の天端高さの測定値は T.P.+3.88m であった（写真-4.1.20(2)）。設計天端高さは T.P.+4.8m なので、同地点では地震に伴い 0.9m の沈下が生じた結果となった。



図-4.1.7 雄勝港波板地区



(1) 被害がほとんど無い護岸



(2) 天端高さの測定

写真-4.1.20 地点 1-q



写真-4.1.21 クラックの発生 (地点 1-r)



写真-4.1.22 損壊した水門の操作施設 (地点 1-s)

4-2 女川港

(1) 大石原地区

図-4.2.1 に、女川港の周辺図を示す。図-4.2.2 に、そのうちの大石原地区の周辺図を示す。同地区には、幅 25～35m 程度の物揚場の陸側に胸壁が設けられている。

同地区の南側部分には、胸壁の堤体に被害はみられなかった（地点 2-a、写真-4.2.1）。ただし、地点 2-b の水門の上部に設けられた操作施設の手すりが損壊していた。

北側部分では、地点 2-c で長さ 10m の区間で胸壁の上部が折れていて、折れた部分は背後側に倒れていた（写真-4.2.3(1)及び(2)）。写真-4.2.3(3)に、切断面を示す。切断の一因として施工時の打ち継ぎ面で切断されたことが考えられるが、通常の施工では打ち継ぎ面を水平にするが、折れた部分の切断面の高さは南端が天端下 0.78m、北端が天端下 1.08m で北方向に次第に下がっていた（図-4.2.3）。従って、この可能性は小さいと考えられる。それ以外でこのような形状で切断が生じる原因としては、1) 漂流物が衝突した可能性、2) 地震動または経年劣化によりひび割れ等の弱面が存在していた可能性、3) 背面側で生じた土砂崩れと津波により作用した力との複合的な影響等が考えられるが、詳細は不明である。なお、折れた部分の前面側（海側）及び背面側（陸側）の地盤の洗掘は生じていなかった。

地点 2-c で堤体の天端高さの測量を行ったところ、天端高さの測定値は T.P.+2.95m であった（写真-4.2.3(4)）。設計天端高さは T.P.+4.0m なので、同地点では地震に伴い 1.0m の沈下が生じたことになる。なお国土地理院の暫定値¹⁾では、女川町中心部（大字女川浜字大原）の地盤沈下量は 0.89m である。今回の測定値はこれに比べ沈下量が約 0.1m 大きくなった。その原因として測定地点の違い、調査時刻の潮位として天文潮位を用いたことに伴う誤差等が考えられる。



図-4.2.1 女川港

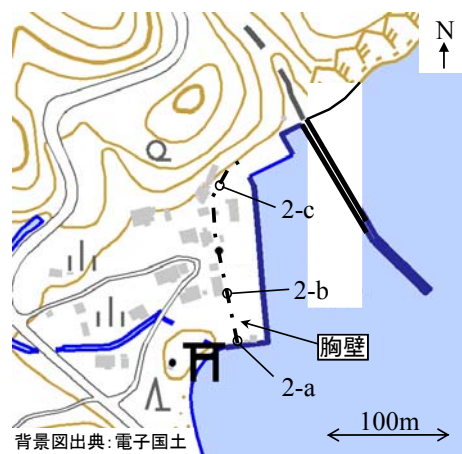


図-4.2.2 女川港大石原地区



写真-4.2.1 地点 2-a



写真-4.2.2 水門の操作施設（地点 2-b）



(1) 海側からみた状況



(2) 陸側からみた状況



(3) 切断面



(4) 天端高さの測定

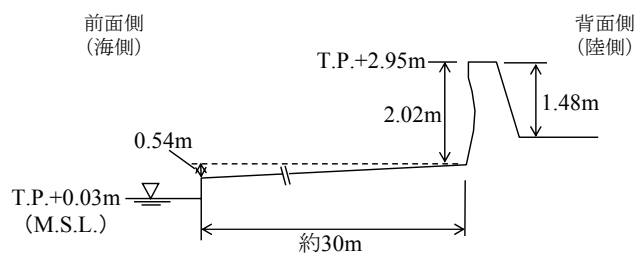
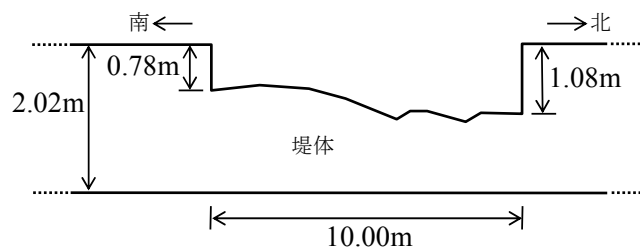


写真-4.2.3 上部が折れた堤体 (地点 2-c)

前面側(海側)から見た状況



(注) 水平方向と高さ方向の縮尺を変えて図化している

図-4.2.3 折れた部分のスケッチ (地点 2-c)

(2) 横浦地区

図-4.2.4に、横浦地区の周辺図を示す。同地区は、南側部分は護岸があり、北側部分は幅30～35m程度の物揚場の陸側に胸壁が設けられている。

南側部分は、地点2-dで、水門に隣接（陸から海にむかって右側）する護岸の堤体が流失し海側に散乱していた。また、背後側地盤が広範囲に流出していた（写真-4.2.4(1)及び(2)）。なお、水門には被害がなかったようである。堤体の天端高さの測量を行ったところ、天端高さの実測値はT.P.+3.03mであった（写真-4.2.4(3)）。設計天端高さはT.P.+4.0mなので、同地点では地震に伴い1.0mの沈下が生じたことになる。

同地区の北側部分は、胸壁の堤体に被害は生じていなかった（地点2-e、写真-4.2.5）。

住民からのヒアリングによると、海岸近傍の山の斜面に祀られた二渡神社（地点2-f、写真-4.2.6(1)）に住民1名が避難したとのことである。そして、海岸と神社とをつなぐ参道階段のうち上から三段を残して、津波により浸水したとのことである。写真-4.2.6(2)で調査員の立つ場所が、この証言の津波が最大で到達した場所（最大遡上位置）である。調査時間の制約により水準測量を行うことができず、以下のとおり概算の遡上高を推定した：

＜概算の遡上高の推定＞

- ・胸壁の天端高さは、参道階段の下から2段目の高さ（鳥居の立つ面を0段目、そこから上に1段目、2段目・・・と数える。以下同様とする。）とほぼ等しい（写真-4.2.6(3)）。
- ・参道階段の段数は79段である。津波が到達した上から4段目（「上から三段を残」すことから）は76段目に相当する。従って、津波が到達した高さは、胸壁の天端高さに参道階段の74段分の高さを加えた値である。
- ・参道階段1段分の高さを求めるため、参道の下部（鳥居近く）、中腹、上部（神社近く）の計3箇所段1段の高さを測定した。その結果はいずれも0.19mであった。そこで、参道階段の平均的な高さを1段あたり0.19mとする。
- ・以上より、同地区の二渡神社（N38°24'25.53"，E141°28'11.28"）の最大遡上高さは

胸壁の天端高さ[T.P.+3.03m]+74段×0.19m/段=[T.P.+17.09m]（図-4.2.5）。

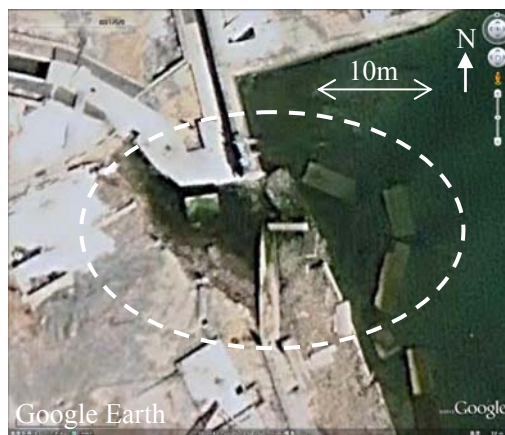
東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループの速報値²⁾によると、同地区では海岸保全施設背後の集落（N38°24'21.94"，E141°28'5.45"，位置は図-4.2.4を参照）で浸水高T.P.+14.64mである。この値と比較すると、上で推定した遡上高は2.45m大きい。浸水高と遡上高とを比較すると通常は遡上高の方が大きくなることから、両者の値は整合的な関係にある。



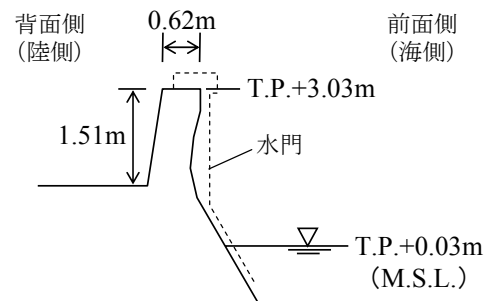
図-4.2.4 女川港横浦地区



(1) 堤体及び背面側地盤が流出した護岸



(2) 上空から撮影した写真



(3) 天端高さの測定

写真-4.2.4 地点 2-d



(1) 海側からみた状況



(2) 陸側からみた状況

写真-4.2.5 被害がなかった胸壁 (地点 2-e)



(1) 海岸近傍の山の神社と参道階段



(2) 津波の最大遡上位置 (矢印位置)



(3) 胸壁の天端と参道階段との比較



(4) 神社から鳥居を見下ろした状況

写真-4.2.6 二渡神社 (地点 2-f)

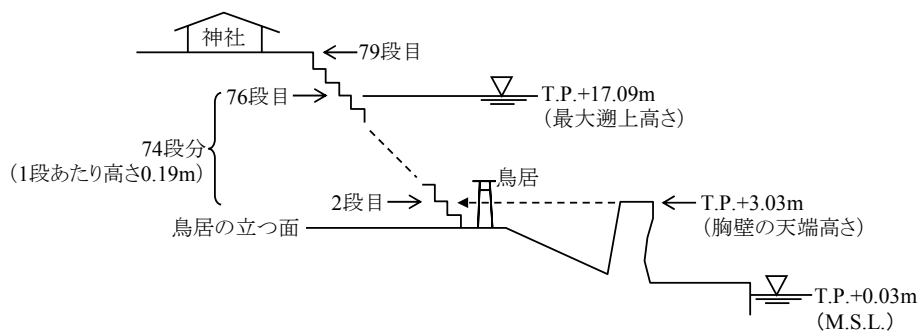


図-4.2.5 最大遡上高さ

(3) 高白地区

図-4.2.6 に、高白地区の周辺図を示す。同地区は、幅 25~45m 程度の物揚場の陸側に湾を囲むように胸壁が設けられている。

同地区の胸壁には被害がみられなかった（地点 2-g, 写真-4.2.7）. ただし, 地点 2-h の胸壁下部のフラップゲートは, 蓋下部付近に土砂が堆積し閉まっていなかった（写真-4.2.8）.

地点 2-i の前面側の岸壁は, 法線がはらみだすとともに舗装が陥没していた（写真-4.2.9(1)及び(3)). 堤体の天端高さの測定値は T.P.+3.02m であった（写真-4.2.9(2)及び(3)). 設計天端高さは T.P.+4.0m なので, 同地点では地震に伴い 1.0m の沈下が生じたことになる.

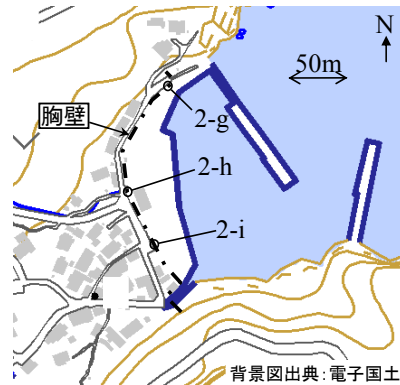


図-4.2.6 女川港高白地区



写真-4.2.7 被害のなかった胸壁（地点 2-g）



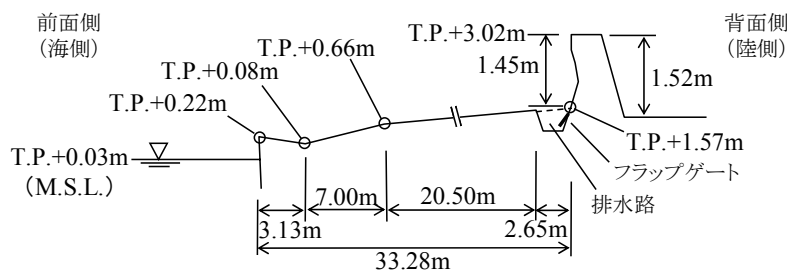
写真-4.2.9 地点 2-h



(1) 陥没した舗装



(2) 天端高さの測定



(3) 地点 2-i をとおり岸壁法線に直交する方向の縦断図

写真-4.2.8 地点 2-i

4-3 荻浜港

(1) 小積地区

図-4.3.1に、荻浜港の周辺図を示す。牡鹿半島の西側のつけ根に位置し石巻湾に面する荻浜港には、小積地区、有田浜地区及び荻浜地区の3地区がある。有田浜地区には海岸保全施設がないため、今回の調査は小積地区及び荻浜地区を対象とした。図-4.3.2に、小積地区の周辺図を拡大して示す。同地区は、荻浜港の再奥部に位置している。北側部分に南北方向に延びる護岸が設けられている。また、南側部分に東西方向に延びる胸壁が設けられている。

北側部分では、地点3-aから地点3-bの区間にかけて、護岸の波返し工及び盛土部が失われていた(写真-4.3.1(1)~(3))。最も湾奥の地点3-aには背後の陸域から湾に注ぐ水路が設けられていたが、その南隣部分に引き波の流れが集中し、護岸が破壊されたようである(写真-4.3.1(5))。護岸の背後地盤は、流れで地盤が削り取られ崖状となっていた(写真-4.3.1(4))。

地点3-bでは、台船が護岸に乗り上げていた(写真-4.3.2)。付近の道路沿いには1933年昭和三陸地震津波について記録する石碑があった(写真-4.3.3)。碑文の内容は「地震があったら津波の用心 忘るな火の元の注意 先に老幼続いて避難第一」である。

南側部分では、胸壁の堤体に被害はみられなかった(地点3-c, 写真-4.3.4)。

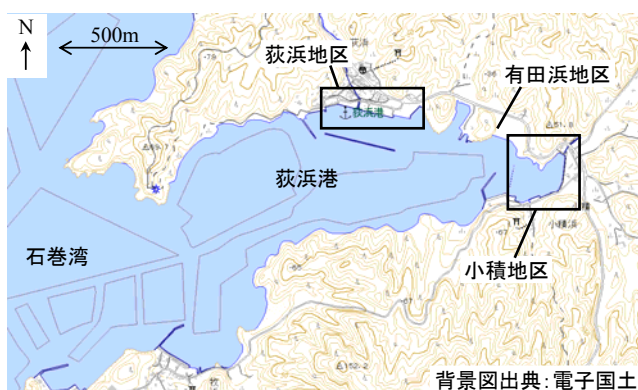


図-4.3.1 荻浜港

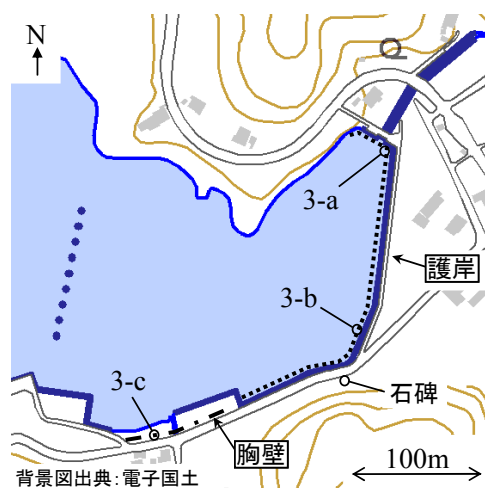
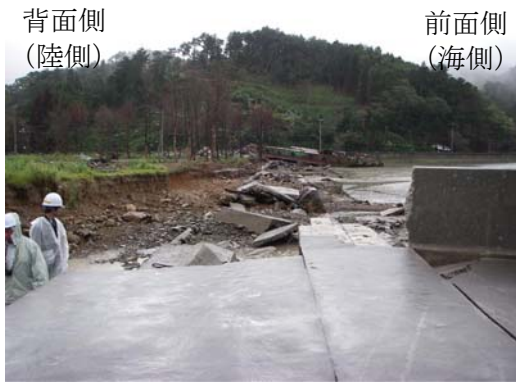
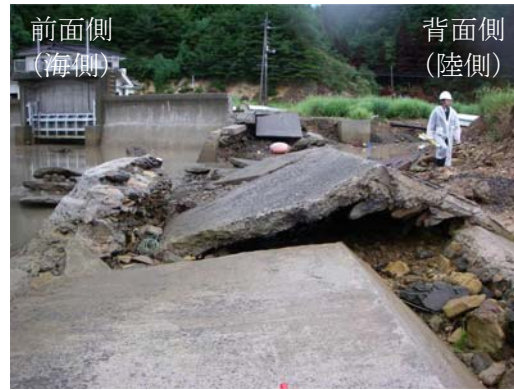


図-4.3.2 荻浜港小積地区



(1) 地点 3-a から 3-b をみた状況



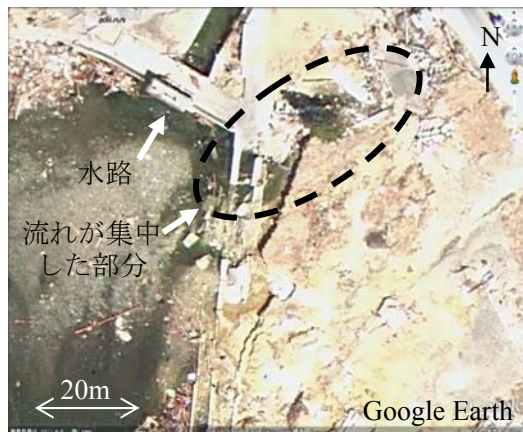
(2) 傾いた天端被覆板



(3) 地点 3-b から 3-a をみた状況



(4) 崖状になった背後地盤



(5) 上空から撮影した写真

写真-4.3.1 地点 3-a



写真-4.3.2 護岸に乗り上げた台船 (地点 3-b)



写真-4.3.3 昭和三陸地震津波の石碑



写真-4.3.4 被害のなかった胸壁 (地点 3-c)

(2) 荻浜地区

図-4.3.3 に、荻浜地区の周辺図を示す。同地区は、幅 30~55m 程度の港湾施設の陸側に胸壁が設けられている。

地点 3-d では、胸壁に被害はなかった (写真-4.3.5)。

地点 3-e では、9.82m の長さで胸壁の上部が折れていて、折れた部分は前面側 (海側) に落ちていた。折れた部分は、ちょうど盛り土部分の天端より上にある部分である (写真-4.3.6(1)及び(2))。また、胸壁の背後にあった家屋群はほとんど全ての家屋が流失していた (写真-4.3.6(3))。

地点 3-f では、胸壁に被害はなかった (写真-4.3.7)。

地点 3-e の護岸の天端高さの測定値は T.P.+3.48m であった (写真-4.3.6(2))。設計天端高さは T.P.+4.5m なので、同地点では地震に伴い 1.0m の沈下が生じたことを示す結果になった。

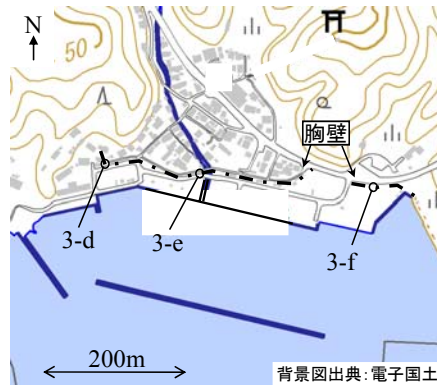


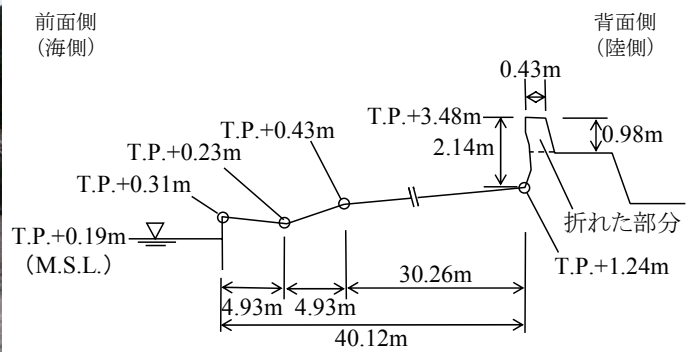
図-4.3.3 荻浜港荻浜地区



写真-4.3.5 被害のなかった胸壁 (地点 3-d)



(1) 上部が折れた堤体（前面側からみた状態）



(2) 天端高さの測定



(3) ほとんど全ての家屋が流失した胸壁の背後

写真-4.3.6 地点 3-e



写真-4.3.7 被害のなかった胸壁 (地点 3-f)

4-4 石巻港大曲地区

図-4.4.1に、石巻港の周辺図を示す。石巻港には、大曲地区、釜地区、内港地区及び雲雀野地区がある。今回の調査は、胸壁構造の海岸保全施設の被害が報告されていた大曲地区を対象とした。同地区の防潮施設は海岸保全施設ではなく港湾施設であるが、海岸保全施設と構造が類似して被害状況が参考となると考え調査した。図-4.4.2に、同地区の周辺図を拡大して示す。同地区は、幅 10～15m 程度の港湾施設の陸側に胸壁が設けられている。

地点 4-a では、船舶が乗り上げていた場所の胸壁の堤体が破壊されていた (写真-4.4.1(1))。写真-4.4.1(2)に、船舶が撤去される前の乗り上げた状況を示す (この写真の撮影日は平成 23 年 3 月 30 日とのことである)。同地点で護岸の天端高さの測定を行ったところ、天端高さの測定値は T.P.+2.31m であった (写真-4.4.1(3))。

地点 4-b では、胸壁の背後の天端被覆板とともに堤体土が洗掘されていた (写真-4.4.2)。

地点 4-c では、胸壁の一部で欠損が生じていた (写真-4.4.3)。なお、地点 4-a と地点 4-b の天端高さはほぼ等しいが、地点 4-b と地点 4-c の天端高さを比較すると地点 4-c は地点 4-b よりも 1m 程度低くなっている (写真-4.4.4)。

地点 4-d では、水路沿いの地盤が流失して、水路の両岸の地形が大きく変化していた (写真-4.4.5(1)及び(2))。



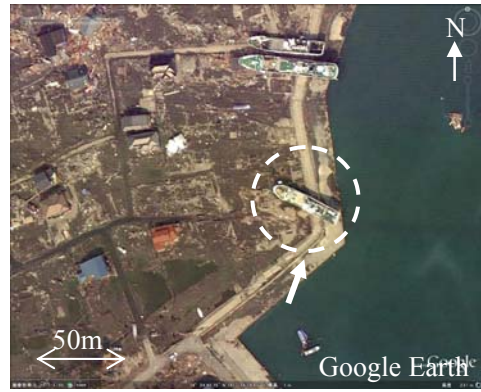
図-4.4.1 石巻港



図-4.4.2 石巻港大曲地区



(1) 破壊された胸壁 (船舶は撤去済み)



(2) 船舶の乗り上げ状況 (撤去前)



(3) 天端高さの測定

写真-4.4.1 地点 4-a

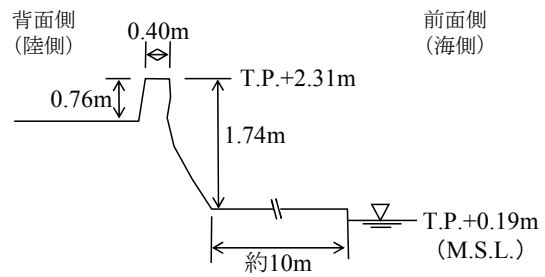


写真-4.4.2 地点 4-b



写真-4.4.3 地点 4-c



写真-4.4.4 地点 4-b の天端高さ (奥の矢印) と 4-c の天端高さ (手前の矢印) との比較



(1) 水路沿いの地盤



(2) 上空から撮影した写真

写真-4.4.5 地点 4-d

4-5 松島港海岸前地区

図-4.5.1に、松島港の周辺図を示す。松島港には、海岸前地区、東浜地区及び福浦島がある。海岸保全施設は海岸前地区及び東浜地区にあるが、今回の調査では、胸壁の被害が報告されていた海岸前地区を対象とした。図-4.5.2に、同地区の一部を拡大して示す。同地区は、幅3～5m程度の港湾施設の陸側に胸壁が設けられている。

地点 5-a では、胸壁の表面に貼り付けられた厚さ約 8cm の化粧板が剥がれコンクリート製基部が一部で露出していた（写真-4.5.1(1)）。

地点 5-b では、胸壁の堤体に空隙が生じていて応急的に板があてられていた（写真-4.5.2）。調査時刻（平成 23 年 9 月 1 日 16:15 頃）は満潮に近く海面が比較的高かったため、堤体に生じた空隙から海水が浸入し胸壁の背後に広範囲に水溜りができていた。

地点 5-a 付近で胸壁の天端高さの測量を行った。なお、上述のとおり胸壁の表面に貼り付けられた厚さ約 8cm の化粧板が一部で剥がれてコンクリート製基部が露出していた。施設の元々の設計天端は、化粧版の上面ではなくコンクリート製基部の上面である。そこで、化粧版上面の高さを測量し、その値から 0.08m を差し引きコンクリート製基部上面の高さを求めた。その結果、同地点の護岸の天端高さの測定値は T.P.+1.51m であった（写真-4.5.1(2)）。設計天端高さは T.P.+2.1m なので、同地点では地震に伴い 0.6m の沈下が生じたことを示す結果になった。



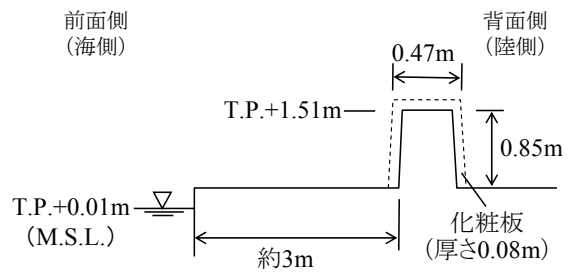
図-4.5.1 松島港



図-4.5.2 松島港海岸前地区



(1) コンクリート製基部が一部で露出した胸壁



(2) 天端高さの測定

写真-4.5.1 地点 5-a



写真-4.5.2 空隙のできた胸壁 (地点 5-b)

付録 調査地点の緯度・経度

港湾名	地区名	地点名	緯度 (N) *	経度 (E) *
雄勝港	立浜地区	1-a	38°30'22.18"	141°30'58.83"
〃	〃	1-b	—	—
〃	〃	1-c	38°30'33.32"	141°30'51.58"
〃	〃	1-d	38°30'34.96"	141°30'50.98"
〃	大浜地区	1-e	38°30'46.93"	141°30'49.33"
〃	〃	1-f	38°30'48.67"	141°30'44.82"
〃	〃	1-g	38°30'47.90"	141°30'38.84"
〃	小島地区	1-h	38°30'57.62"	141°29'09.90"
〃	〃	1-i	38°31'01.47"	141°29'05.78"
〃	〃	1-j	38°31'03.80"	141°29'04.41"
〃	伊勢畑・明神地区	1-k	38°31'14.87"	141°28'39.03"
〃	〃	1-l	38°31'15.41"	141°28'22.88"
〃	唐桑地区	1-m	—	—
〃	〃	1-n	38°31'04.00"	141°28'29.64"
〃	〃	1-o	38°30'55.43"	141°28'38.04"
〃	〃	1-p	38°30'47.93"	141°28'44.96"
〃	波板地区	1-q	38°29'20.37"	141°29'26.60"
〃	〃	1-r	—	—
〃	〃	1-s	—	—
女川港	大石原地区	2-a	—	—
〃	〃	2-b	—	—
〃	〃	2-c	38°24'01.37"	141°27'57.17"
〃	横浦地区	2-d	38°24'20.93"	141°28'10.69"
〃	〃	2-e	—	—
〃	〃	2-f	38°24'25.53"	141°28'11.28"
〃	高白地区	2-g	—	—
〃	〃	2-h	—	—
〃	〃	2-i	38°25'27.03"	141°27'47.01"
荻浜港	小積地区	3-a	—	—
〃	〃	3-b	38°22'21.71"	141°27'31.03"
〃	〃	3-c	—	—
〃	荻浜地区	3-d	—	—
〃	〃	3-e	38°22'35.64"	141°26'51.53"
〃	〃	3-f	—	—
石巻港	大曲地区	4-a	38°24'39.57"	141°14'41.45"
〃	〃	4-b	—	—
〃	〃	4-c	38°24'37.76"	141°14'38.19"
〃	〃	4-d	—	—
松島港	海岸前地区	5-a	38°22'11.41"	141°03'47.97"
〃	〃	5-b	—	—

* GPS 測定機 (GARMIN 製 GPSmap 60CSx) を用いて緯度及び経度を測定した。測定精度は3~5m程度である。

参考文献：

- 1) 国土地理院：GPS 連続観測から得られた電子基準点の地殻変動・市町村ごとの地殻変動量(暫定), <http://www.gsi.go.jp/chibankansi/chikakukansi40005.html>, 平成 23 年 10 月 3 日時点の情報.
- 2) 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ, <http://www.coastal.jp/ttjt/>, 平成 23 年 10 月 28 日時点.

謝 辞： 本調査の実施にあたり，宮城県土木部港湾課及び国土交通省東北地方整備局港湾空港部港湾計画課の各位にお世話になりました．ここに記して，御礼を申し上げます．

連絡先： 国土交通省国土技術政策総合研究所 沿岸海洋研究部 沿岸防災研究室
主任研究官 熊谷兼太郎
住所: 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1
電話: 046-844-5024 fax: 046-844-5068 E-mail: kumagai-k27n@ysk.nilim.go.jp