

水産総合研究センター 震災復興に向けた活動報告集

1

平成24年3月

東日本大震災による漁港施設の 地震・津波被害に関する調査報告 (第1報)



独立行政法人
水産総合研究センター

独立行政法人 水産総合研究センター 水産工学研究所

(株)アルファ水エコンサルタンツ

(株)復建調査設計

目次

調査概要

| | |
|------------------|---|
| 1. 目的 | 1 |
| 2. 調査対象地域および調査日程 | 1 |
| 3. 調査内容 | 1 |

調査結果

| | |
|----------------|----|
| 1. 田老漁港 | |
| 1.1 津波浸水高分布の特徴 | 4 |
| 1.2 施設の被災状況 | 4 |
| 1.2.1 外郭施設 | 4 |
| 1.2.2 係留施設 | 5 |
| 1.2.3 防潮堤 | 5 |
| 2. 山田漁港 | |
| 2.1 津波浸水高分布の特徴 | 17 |
| 2.2 施設の被災状況 | 17 |
| 2.2.1 外郭施設 | 17 |
| 2.2.2 係留施設 | 17 |
| 2.2.3 防潮堤 | 18 |
| 3. 大槌漁港 | |
| 3.1 津波浸水高分布の特徴 | 31 |
| 3.2 施設の被災状況 | 31 |
| 3.2.1 外郭施設 | 31 |
| 3.2.2 係留施設 | 31 |
| 3.2.3 防潮堤 | 32 |
| 4. 大船渡漁港 | |
| 4.1 津波浸水高分布の特徴 | 43 |
| 4.2 施設の被災状況 | 43 |
| 4.2.1 外郭施設 | 43 |
| 4.2.2 係留施設 | 43 |
| 5. 気仙沼漁港 | |
| 5.1 津波浸水高分布の特徴 | 52 |
| 5.2 施設の被災状況 | 52 |
| 5.2.1 係留施設 | 52 |
| 5.2.2 防潮堤 | 53 |
| 6. 志津川漁港 | |
| 6.1 津波浸水高分布の特徴 | 64 |
| 6.2 施設の被災状況 | 64 |
| 6.2.1 外郭施設 | 64 |
| 6.2.2 係留施設 | 65 |
| 6.2.3 防潮堤 | 65 |

| | | |
|--------|------------|-----|
| 7. | 女川漁港 | |
| 7.1 | 津波浸水高分布の特徴 | 76 |
| 7.2 | 施設の被災状況 | 76 |
| 7.2.1 | 外郭施設 | 76 |
| 7.2.2 | 係留施設 | 76 |
| 8. | 石巻漁港 | |
| 8.1 | 津波浸水高分布の特徴 | 86 |
| 8.2 | 施設の被災状況 | 86 |
| 8.2.1 | 外郭施設 | 86 |
| 8.2.2 | 係留施設 | 86 |
| 9. | 関上漁港 | |
| 9.1 | 津波浸水高分布の特徴 | 96 |
| 9.2 | 施設の被災状況 | 96 |
| 9.2.1 | 外郭施設 | 96 |
| 9.2.2 | 係留施設 | 96 |
| 9.2.3 | 追加調査施設 | 97 |
| 10. | 松川浦漁港 | |
| 10.1 | 津波浸水高分布の特徴 | 106 |
| 10.2 | 施設の被災状況 | 106 |
| 10.2.1 | 外郭施設 | 106 |
| 10.2.2 | 係留施設 | 106 |
| 10.2.3 | 追加調査施設 | 107 |
| 11. | 三沢漁港 | |
| 11.1 | 津波浸水高分布の特徴 | 120 |
| 11.2 | 施設の被災状況 | 120 |
| 11.2.1 | 外郭施設 | 120 |
| 11.2.2 | 係留施設 | 120 |
| 11.2.3 | 追加調査施設 | 121 |
| 12. | 銚子漁港 | |
| 12.1 | 津波浸水高分布の特徴 | 132 |
| 12.2 | 施設の被災状況 | 132 |
| 12.2.1 | 係留施設 | 132 |
| | 参考資料 | 132 |

調査概要

1. 目的

平成23年3月11日、三陸沖を震源とするマグニチュード9.0の東北地方太平洋沖地震が発生した。国内観測史上最大となるこの巨大地震は大津波をも引き起こし、未曾有の大災害である東日本大震災を招いた。東日本大震災では地震により東北・関東地方を中心に地盤沈下や液状化、建物の破損・倒壊などの甚大な被害が発生するとともに、各地の沿岸部では津波の来襲により多くの生命・財産が失われた。このうち地震・津波により被災した沿岸部には水産業を基幹産業とする漁業地域が多々存在している。平成23年10月17日現在、国内の水産関係の被害金額は漁港施設8,230億円(319漁港)、漁船1,701億円(25,014隻)、共同利用施設1,249億円(1,725施設)、養殖施設738億円、養殖物575億円となっており、総計1兆2,493億円にも達する(水産庁資料)。特に、漁業生産量が全国シェアの約5割を占める7道県(北海道、青森県、岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県)での水産関係の被災は甚大であり、震災の影響が水産物の安定供給の確保と水産業の健全な発展に対して大きな影を落としている。

現在、水産業の復旧・復興に向けて水産復興マスタープラン(平成23年6月、水産庁)が策定され、実行に移されているところである。本マスタープランでは1.漁港、2.漁場・資源、3.漁船・漁業管理、4.養殖・栽培漁業、5.水産加工・流通、6.漁業経営、7.漁協、8.漁村、(原子力発電所事故への対応)の分野別に復興方針が打ち出されており、水産を構成する各分野を総合的かつ一体的に復興を進めることを目指している。このなかで漁港については漁船の係留や補給、漁獲物の水揚げ、加工・流通などの機能が集積した漁業・水産業の基盤施設であり、被災地域の水産業の再生のためには、その復旧・復興が極めて重要と位置付けられている。被災漁港の復旧・復興を着実に進めると同時に、将来発生が想定される災害への備えを全国展開していくに当たっては、ハードについては災害に対してねばり強い構造物とすることが求められよう。また、ハード対策のみならずソフト対策を併せて講じることにより、防災・減災機能をより強化することが重要であると言える。

東日本大震災により漁港の壊滅的被災が多く発生した要因の1つとして、このたびの巨大地震と大津波が

漁港施設の設計法の範疇を大きく超えたものであったことが挙げられる。災害に対してねばり強い漁港づくりを進めていくためにも、これまでの漁港施設の設計法について検証し、必要に応じて見直しを図っていくことが喫緊に求められている。そこで漁港施設の設計法の検証と見直しを目的に、被災漁港の実態把握と被災メカニズムの解明に取り組むこととなった。調査は現在も継続中ではあるが、現段階で取りまとめたものについて第1報としてここに刊行する。なお、本調査は水産庁委託事業および独立行政法人水産総合研究センター運営費交付金により実施したものである。

2. 調査対象地域および調査日程

東日本大震災による被災漁港は7道県(北海道、青森県、岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県)の319漁港にのぼる。これは漁港漁場整備法(昭和25年法律第137号)に基づき指定された全国2,914漁港のほぼ1割に相当する数である。特に、宮城県(142漁港)と福島県(10漁港)では全漁港が被災し、岩手県(111漁港)でも108漁港が被災するなど東北地方は壊滅的被害を被った。本調査では東北・関東地方の拠点的な被災漁港(その利用範囲が地元の漁業を主とする第1種漁港を除く)のなかから12漁港を選定し、現地調査を実施することとした。調査対象とした漁港は北から南へ順に三沢漁港(青森県)、田老漁港、山田漁港、大槌漁港、大船渡漁港(以上、岩手県)、気仙沼漁港、志津川漁港、女川漁港、石巻漁港、閑上(ゆりあげ)漁港(以上、宮城県)、松川浦漁港(福島県)、鉾子漁港(千葉県)の12漁港である(表-1、図-1)。現地調査は5月末から7月下旬にかけて実施した。

3. 調査内容

地震・津波による漁港施設の被災実態の把握と被災メカニズムの解明を目的に、以下の調査を実施した。

(1) 漁港施設の被災状況調査

調査対象漁港について漁港施設(一部の海岸保全施設を含む)の被災状況を把握するとともに、主要な施設を対象として震災前後の変状について測量による定量的な計測を行った。特に、防波堤の倒壊箇所に関しては、被災メカニズムを把握するためにC3D、AUVを用いたサイドスキャンソナー、マルチビームによる海中調査を併せて実施した。

(2) 津波痕跡高調査

津波の侵入による被災状況を把握するために調査対象漁港周辺の津波痕跡高の計測を行った。本調査を実施したのが震災発生から2ヶ月半から4ヶ月半程度が経過した時点であったことから、調査実施前に既存の調査資料などの収集、把握を行い、これまでに計測されていない箇所を中心に津波痕跡高を計測した。

(3) 常時微動観測による地震特性の調査

地震特性を評価するために、地震の揺れによる係留施設などの被災（沈下、崩壊など）が顕著な箇所において常時微動観測を実施した。また、液状化の発生が考えられる被災箇所についても現地調査により実態把握を試みた。

(4) 水産関連施設の被災状況調査

調査対象漁港およびその周辺にある水産関連施設の被災状況調査を行った。調査対象施設は各地域内の水産市場、水産加工場、製氷施設、冷蔵庫などの今後の復旧・復興に向けて重要となる施設とし、それぞれの施設について被災規模や被災要因、復旧状況などを把握した。

本報告は上記調査項目のうち主に(1)と(2)に関する調査結果の概要を示したものである。本文中では被災の程度が特に著しい岩手県、宮城県、福島県の各漁港の順に記述し、続いて青森県、千葉県各漁港について記した。

●調査グループ（五十音順）

統括：中山哲巖

- ・独立行政法人水産総合研究センター水産工学研究所
浅川典敬、大村智宏、川俣茂、齊藤肇、佐伯公康、
杉松宏一、中山哲巖、南部亮元、森口朗彦、八木宏
- ・(株) アルファ水工コンサルタンツ
市川真吾、奥野正洋、佐々木崇之、佐藤勝弘、佐野朝昭、西敬浩、橋本孝治、林健太郎、堀江岳人
- ・(株) 復建調査設計
佐藤秀政、金子智之、高見慶一、西本敦範、藤井照久

●報告書執筆担当

- 1、2、3、4、12章 八木 宏
- 5、6、7章 西 敬浩
- 8、9、10、11章 大村智宏

表-1 調査対象漁港および調査日程

| 県名 | 種別 | 漁港名 | 調査日程 | |
|-----|-------|-------|-------------|-------------|
| 青森県 | 第3種 | 三沢漁港 | 7月25日, 26日 | |
| 岩手県 | 第2種 | 田老漁港 | 6月6日, 7日 | |
| | 第3種 | 山田漁港 | 6月4日, 5日 | |
| | | 大槌漁港 | 6月2日, 3日 | |
| | | 大船渡漁港 | 5月31日, 6月1日 | |
| | | 志津川漁港 | 6月18日, 19日 | |
| 宮城県 | 第2種 | 関上漁港 | 7月2日 | |
| | | 女川漁港 | 6月20日, 21日 | |
| | 第3種 | 気仙沼漁港 | 6月16日, 17日 | |
| | | 特定第3種 | 石巻漁港 | 6月30日, 7月1日 |
| | | | 松川浦漁港 | 7月3日, 4日 |
| 福島県 | 第3種 | 松川浦漁港 | 7月3日, 4日 | |
| 千葉県 | 特定第3種 | 銚子漁港 | 5月26日 | |

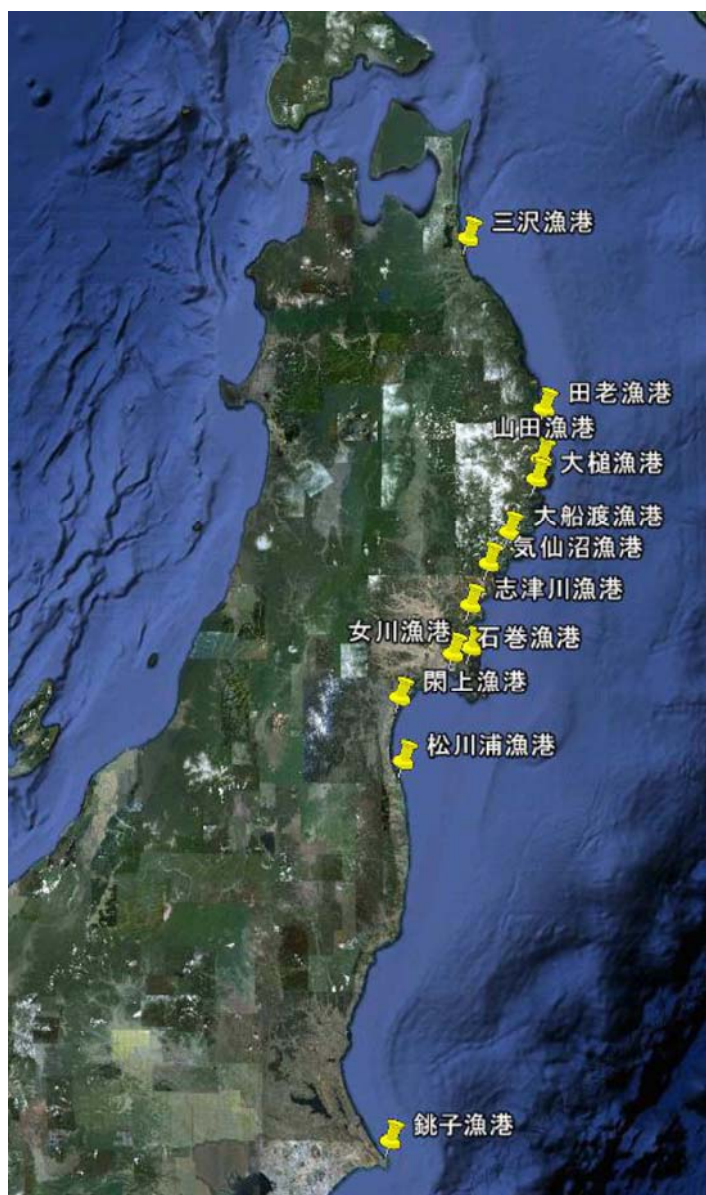


図-1 調査対象漁港位置図*2

調査結果

1. 田老漁港

1.1 津波浸水高分布の特徴

岩手県宮古市田老地区は、岩手県北部の津波浸水高が比較的大きいエリアにあたる(図-1.1)。三陸沿岸のリアス式地形の北端に位置することから、入り江があまり発達しておらず、小さい入り江に外海から津波が直接侵入しやすい構造となっている。田老地区の津波浸水高の分布を調べると(図-1.2)、漁港の南北にあたる山斜面で遡上高が大きく(18~20m)、漁港周辺と破堤した防潮堤の背後で浸水高14~16m程度、田代側上流側で10~11m、破堤しなかった防潮堤および2線堤の背後で8~9m程度と大きく分類される。防潮堤の陸側と海側で6~7mの浸水高に差が認められ、防潮堤に一定の効果があつたと推測される。

1.2 施設の被災状況

先述のように、田老漁港には浸水高14m以上の津波が侵入したために、地域全体として極めて甚大な被災を受けている。漁港施設、海岸保全施設についても、東防波堤、防波堤、漁港南側の係船岸、北防潮堤、陸閘、港内道路・橋梁、荷捌き場、水産加工場などが損壊した(図-1.3参照)。本調査では、代表的な被災箇所として、表-1.1、図-1.4に示す5箇所を選定し、被災の実態とその仕組みの検討を行った。

1.2.1 外郭施設

漁港に隣接するケーソン式の防波堤は、東防波堤、防波堤ともに原型を留めないほどに大きく倒壊していた。それぞれの被災状況は以下の通りである。

(1) 東防波堤

東防波堤(図-1.5、施設延長306.5m)は、基部の2スパンのみを残し、その他のケーソン(約28函)は堤内側に移動・飛散していた(図-1.7、被災延長279.0m)。図-1.9左図は、航空写真による被災後の防波堤周辺の状況を推定されるケーソンの移動方向(ベクトル)とともに表示したものである。防波堤基部周辺、堤頭部周辺は移動距離が小さく、堤幹部中央付近で移動距離が大きい(最大150m程度)傾向が見取れる。飛散したケーソンの天端の向きはそれぞれ異なっており、マウンドから堤内側に転倒、場合によっては回転しながら

移動したことも推定される。3次元サイドスキャンソナー(C3D)による海底地形測量結果によれば(図-1.10)、マウンドの堤内側は地盤高が低下しており、特に、ケーソンの飛散距離が大きかった堤幹部中央付近ではマウンドの天端高が全体的に低下していた(図中矢印)。これは、津波による強い流れによって防波堤背後が洗掘、特に中央部ではマウンドが全体的に流出したものと推測される。最大移動距離が150m以上にもなるケーソンの飛散は、このようなマウンドの洗掘・流出と津波による強い水平力が原因と考えられるが両者の寄与の詳細については今後検討が必要である。一方、防波堤の前面に配置された消波工(消波ブロック8~10t型)は、堤内側および堤外側に広く飛散している状況が確認された。また、本調査時には既に応急工事が開始され、瓦礫(鉄筋コンクリートを5~100cm程度に破碎したもので、不法投棄とならないよう海上保安庁、環境省ほかの手続きを実施)を使って仮防波堤を築造中であった。グラブバケット船などを使い、飛散したケーソンの破壊および回収を行っていた(図-1.7左図)。

(2) 防波堤

漁港南側に位置する防波堤(図-1.6、施設延長123.0m)は、防波堤基部の1スパンで上部工のみ流出、また防波堤先端の2スパンは特に損傷は見受けられなかったが、それ以外のケーソン(約10函)が堤内側に移動・飛散していた(図-1.8参照、被災延長103.0m)。最大移動距離は150m以上であり、堤幹部、特に中央付近で移動距離が大きい傾向があつた(図-1.9右図)。3次元サイドスキャンソナーによる海底地形測量結果によれば(図-1.10)、堤内側で地盤高の低下が発生しており、津波による洗掘が推定される。但し、東防波堤のようにマウンド全体で天端高が大きく低下している箇所はなく、マウンドの洗掘・流出状況は、東側と南側の防波堤で多少異なる傾向が見受けられる。なお、津波第1波来襲直後に撮影された写真には港内にケーソンが飛散している状態が確認でき、津波第1波によって防波堤が倒壊したと推測される。

(3) 沖防波堤(追加調査)

沖防波堤は、北側の傾斜堤部の消波工が津波により流出していた(図-1.11)。岩手県の水中調査結果によると傾斜堤のブロックは堤内側、堤外側の双方に流出している(図-1.12)。防波堤混成堤部およびその前面の消波ブロックには大きな変状は見られなかった。

1.2.2 係留施設

(1) -4.0m 岸壁 (ブロック積式)

漁港南側の南側に位置するブロック積式の岸壁 (図-1.13、4 段積ブロック、施設延長 85.0m) の一部 (被災区間 23.5m) で上部工が傾斜・倒壊 (流出) し、エプロン、裏込材、埋立土が流出している (図-1.14)。田老漁港で重力式岸壁が被災した箇所はこの他にはなく、この場所固有の問題があると推定される。周辺には、消波ブロック (テトラポット) が陸上、岸壁前面に飛散しており、本岸壁の南東側に隣接する船揚場では、消波工に起因すると思われるコンクリート舗装の崩壊も生じていた。また、本岸壁周辺は、防波堤が流出することで船揚場との境界部を中心に強い流速が作用したことも考えられる。このような状況から、被災のプロセスとしては、まず、岸壁の上部コンクリートおよびエプロンが地震もしくは強い津波流速でひび割れが発生・飛散、あるいは津波によるテトラポットの移動衝突などで被災し、その後、引き波時に埋立土が流出、本体ブロックが海側へ倒壊したと推定される。なお、3 次元サイドスキャンソナーの海底地形測量結果は、倒壊した岸壁前面部で、水深が浅く土砂が堆積していることを示しており、これは引き波時の埋立土の流出を裏付けるものと考えられる (図-1.10)。

(2) -4.0m 岸壁 (直立消波ブロック式)

直立消波ブロック式を採用している岸壁 (図-1.15、漁港南側の北側隅角部および南側隅角部) では広い範囲で被災が確認された。このうち北側隅角部 (施設延長:121.0m) については、角部を除き全区間が被災し、西側岸壁は直立消波ブロック 3 段積のうち最上段が (図-1.16 右図)、東側岸壁は最上段と 2 段目が全流出しており (図-1.17 左図)、流出したブロックは背後の漁港用地、田代川に飛散していた (図-1.18)。一方、南側隅角部については西側岸壁で最上段まで全流出していたが、南側岸壁には大きな被災は見られなかった (図-1.16 左図)。直立消波ブロックが流出した岸壁背後は、エプロン、裏込材、埋立土、アスファルト舗装が流出し大きく決壊していた (図-1.17 右図)。

直立消波ブロック式の岸壁は、その構造上内部に海水が浸入する形となっており、強い流れが流入すれば揚圧力でブロックが浮上しやすいため、津波の強い流れにより直立消波ブロックが浮上し、それが流出・飛散したものと推測される。なお、被災の程度は、流出の主因と考えられる流速 (岸壁法線方向成分) の

大きさを反映したものと考えられ、北側隅角部の東側岸壁では、大きな流速により 2 段目まで直立消波ブロックが流出、一方、南側隅角部の南側岸壁では、岸壁に沿う方向に津波による流速が作用したために直立消波ブロック式岸壁でも被災が無かったものと推測される。近隣のブロック積式岸壁は無被災もしくは軽微な被災に止まっているのに対し、直立消波ブロックの被災度合が大きく、これは直立消波ブロック式構造の耐津波特性が低いことを示しており、今後何らかの対策が不可欠と考えられる。

1.2.3 防潮堤

(1) 第 1 線堤東側

第 1 線堤東側 (図-1.19) は全体的に破堤 (倒壊・流出) していた。水門背後 (陸側) には大きな深掘れが生じており押し波時の洗掘によるものと考えられる。周辺にも洗掘が原因と思われる地形変動が防波堤背後に形成されているが、洗掘の程度は後述する第 1 線堤西側ほど大規模ではない。これは東側防潮堤が比較的初期に倒壊したことが原因の一つと考えられる。三面張りの堤防については、越流による裏法尻の洗掘が破堤の原因となることが「海岸における津波対策検討委員会」でも指摘されているが、本防潮堤については洗掘が破堤の主因ではないと考えられる。被災の特徴を以下に示す (図-1.20 参照)。

- ・堤防の波返工は堤防背後に飛散している (図-1.20 最上段)。
 - ・堤防の表法被覆工は海側に倒壊している (本調査時には堤防を構成していたコンクリートはバックホウにより粉砕されていた)。
 - ・西側堤防と異なり、裏法面下部のコンクリート被覆および盛土は残存していることが多い。
 - ・堤体表面のコンクリート被覆が流出し盛土が残存している。
 - ・水門、陸閘、コンクリート隔壁は大きな損傷を受けることなく残存している (堤防前面の橋梁は橋桁が移動、転倒)。
 - ・裏法被覆工天端部の街灯は陸側に折れ曲がっており、天端部では強い陸向き流速が作用したことが推定される。
 - ・自衛隊機の空撮ビデオから、①第 1 線堤西側の方が早く津波が越流している、②第 1 線東側は波返工が破壊され、その上を越流しているように見える。
- 以上から、第 1 線堤東側の被災のプロセスとしては、①押し波時に天端～裏法被覆工が破壊、②一部盛土が流

出、③引き波時に表法被覆工が海側へ転倒したと推定される。

(2) 第1線堤西側（一部被災）

第1線堤西側部分（図-1.21）は破堤しなかったが、裏法被覆工を中心に被災した。被災の特徴を以下に示す（図-1.22）。

- ・一部区間で裏法被覆工（特に下部の被災が顕著）の破損や盛土の流出が発生している（隔壁と残存した盛土により破堤を免れている）。
- ・堤防の表法面に被災の痕跡は確認されなかった。
- ・航空写真、被災直後写真からは堤防背後に大規模な洗掘を確認した（本調査時には既に瓦礫置き場となり、一部埋め戻しも行われており、正確な形状や深さの計測はできなかった）。
- ・河川水門側で堤防洗掘を確認した。津波遡上時に水門を回り込むことで発生したと考えられる。

(3) 第2線堤（追加調査）

堤防上の街灯などを除き大きな被災はほとんどなかった。

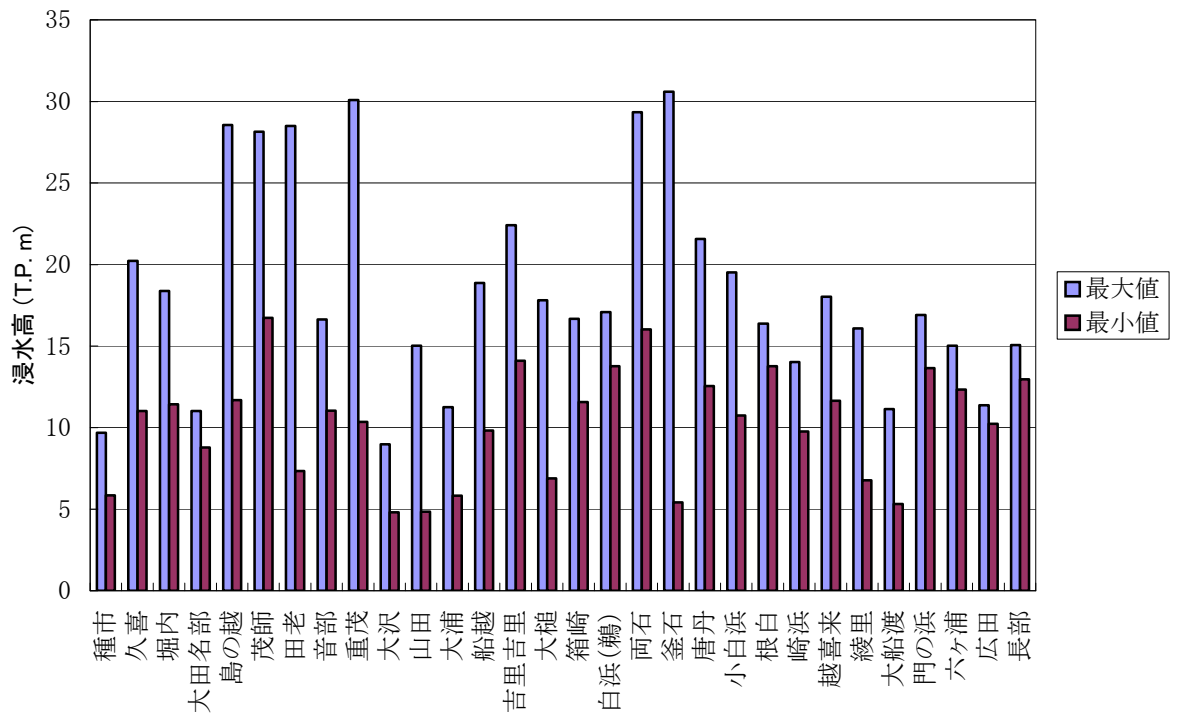
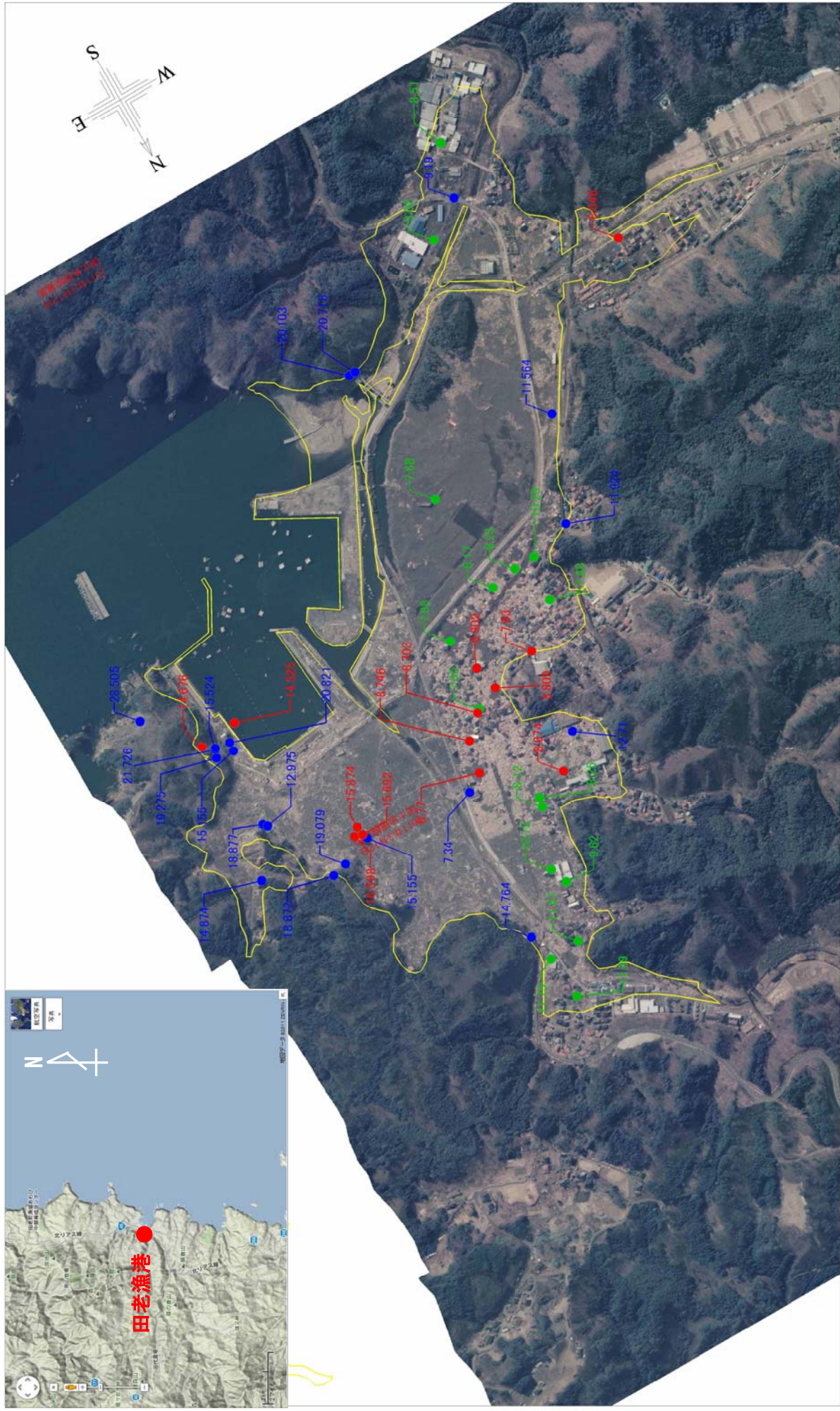


図-1.1 岩手県沿岸の津波浸水高分布 (最大値・最小値) *1



- : 浸水エリア (大阪市立大学)
- : 浸水高
- : 遡上高
- : 浸水高 (水産庁)

0 100 200 400 600 800 1000m

田老漁港

図-1.2 田老漁港周辺の津波痕跡高*1



図-1.3 被災前後の田老漁港（上段：被災前、下段：被災後）*2

表-1.1 田老漁港調査対象施設

| 施設名 | 諸元等 |
|-------------|--|
| 外郭施設 | |
| 東防波堤 | 重力式混成堤(消波工付きケーソン式) 天端高:D.L.+4.5m (非一様断面) |
| 防波堤 | 重力式混成堤(消波工付きケーソン式) 天端高:D.L.+5.0m |
| 係留施設 | |
| -4.0m岸壁 | 重力式係船岸(直立消波ブロック式) 天端高:D.L.+2.3m |
| -4.0m岸壁 | 重力式係船岸(ブロック積式) 天端高:D.L.+2.3m |
| 防潮堤 | |
| 防潮堤 | 堤防(小段あり) [第1堤東側防潮堤] 表法勾配 1:1.0~1:2.0 裏法勾配 1:1.0~1:2.0 天端高:D.L.+10.7m |

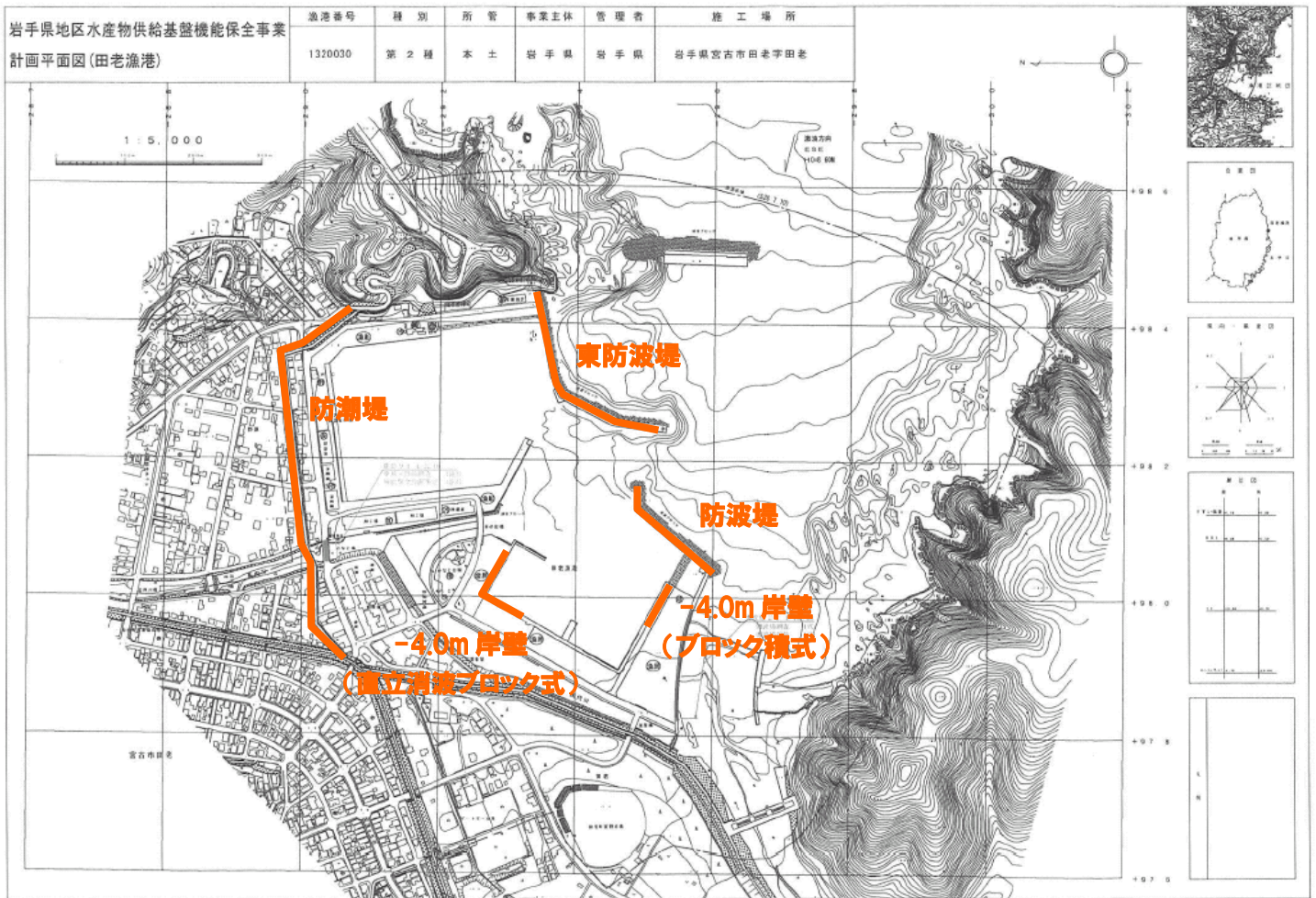


図-1.4 田老漁港の調査対象箇所

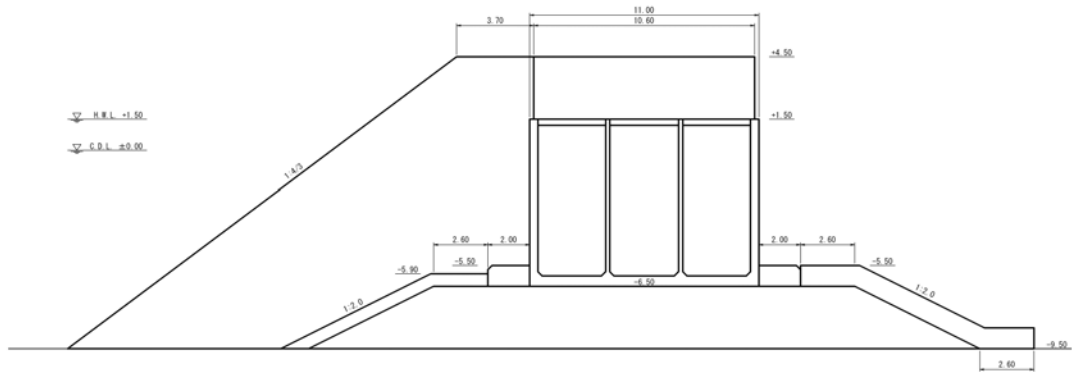


図-1.5 東防波堤断面図

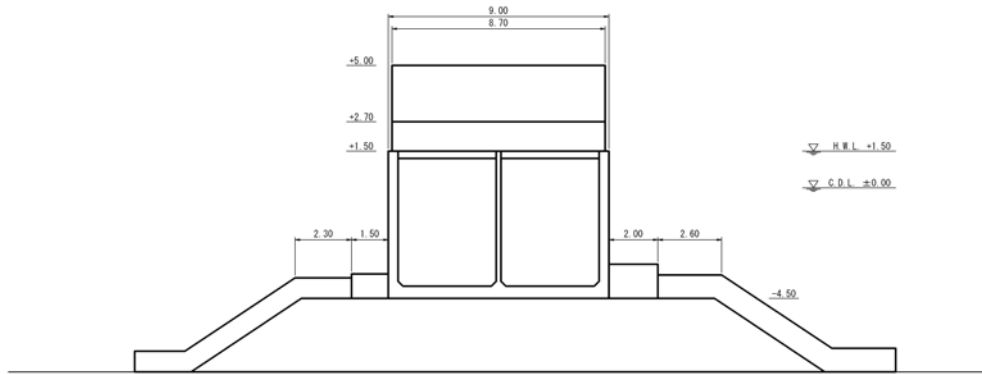


図-1.6 防波堤断面図



図-1.7 東防波堤周辺の被災状況



図-1.8 防波堤周辺の被災状況

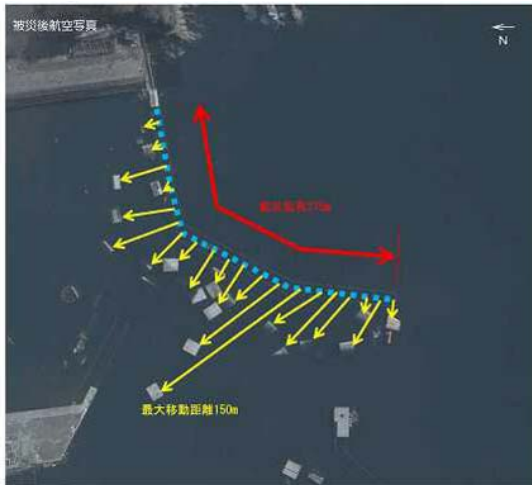


図-1.9 東防波堤（左図）、防波堤（右図）周辺の被災と堤体の移動状況

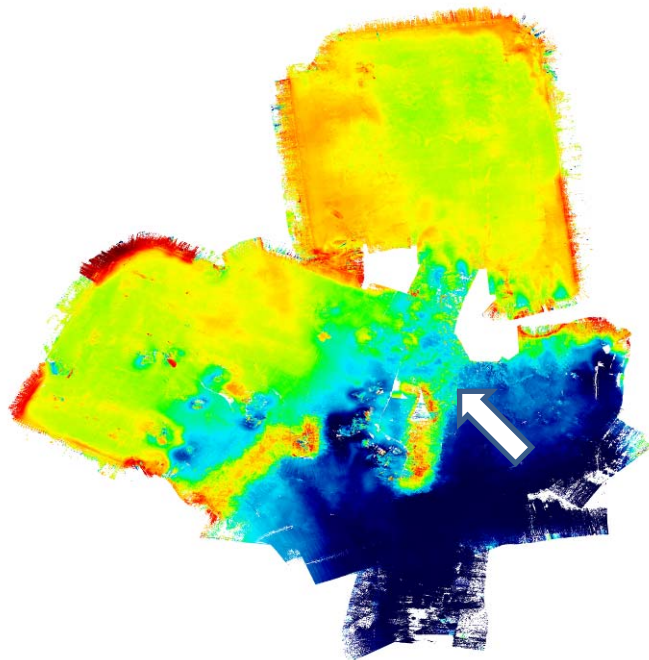


図-1.10 3次元サイドスキャンソナーによる田老漁港の海底地形測量結果（速報値）



図-1.11 沖防波堤周辺の状況

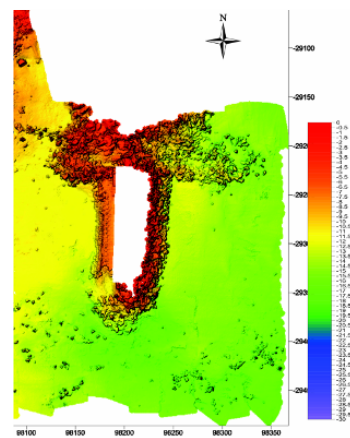


図-1.12 沖防波堤周辺の水中調査結果（岩手県）

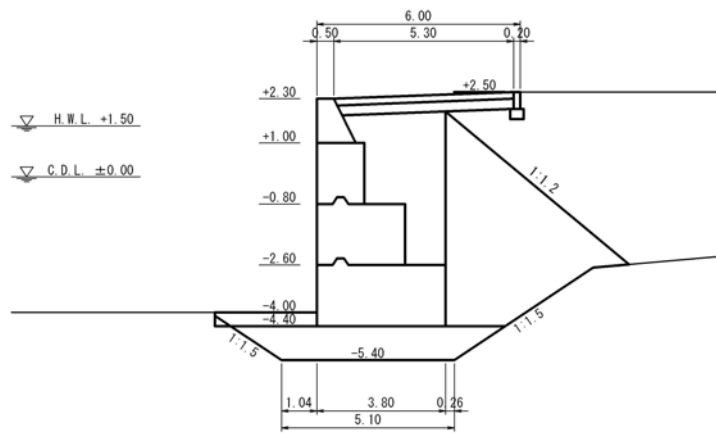


図-1.13 -4.0m 岸壁（ブロック積式）断面図



図-1.14 -4.0m 岸壁（ブロック積式）の被災状況

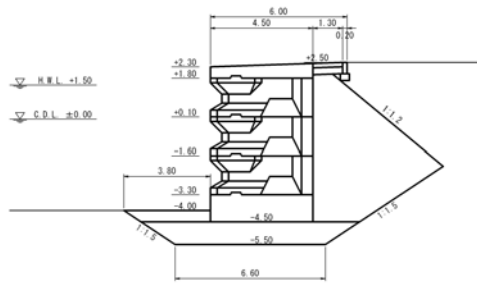


図-1.15 -4.0m岸壁（直立消波ブロック式）断面図



図-1.16 -4.0m岸壁（直立消波ブロック式）の被災状況
（左図：漁港南の北隅角部西側岸壁、右図：南隅角部西側岸壁）



図-1.17 -4.0m岸壁（直立消波ブロック式）の被災状況（漁港南側の北隅角部北側岸壁）

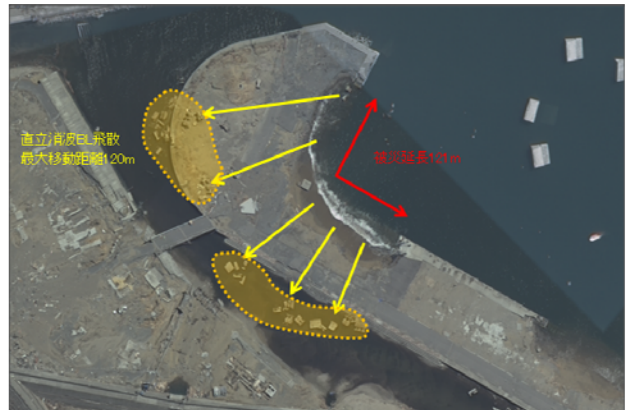


図-1.18 直立消波ブロックの飛散状況
（左図：Ⅲ区間背後、右図：Ⅱ・Ⅲ区間上空から）

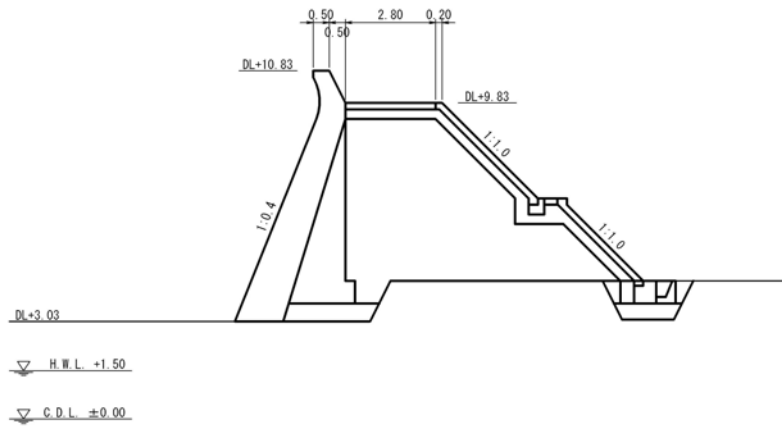


図-1.19 防潮堤（第1線堤東側）断面図



図-1.20 北防潮堤（第1線堤東側）の被災状況
 (上から1段目：被災直後(3/13)に撮影写真(岩手県提供))

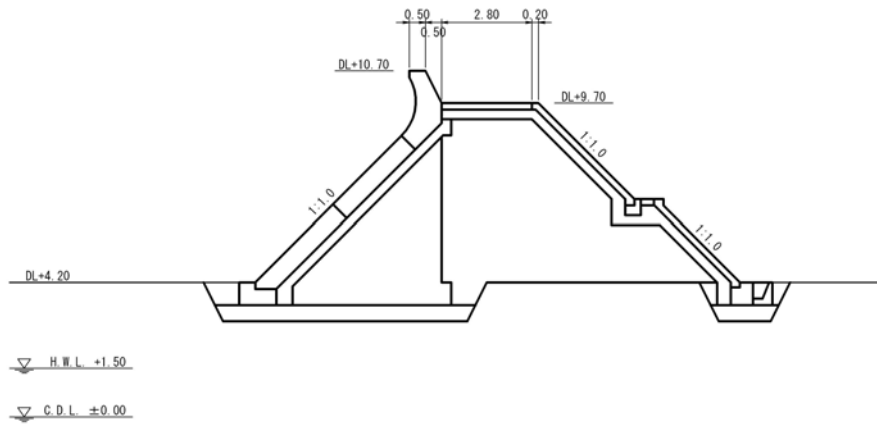


図-1.21 防潮堤（第1線堤西側）断面図



図-1.22 北防潮堤（第1線堤西側）の被災状況
 (左図：被災直後(3/13)に撮影写真(岩手県提供))

2. 山田漁港

2.1 津波浸水高分布の特徴

岩手県山田町山田地区は、湾口部が狭くその背後に内湾が広がっている山田湾の湾奥に位置することからこれまでの津波災害においても津波高が周辺地域と比べ相対的に低い傾向がある。今次津波においても、山田漁港で浸水高8~9m程度と近隣の重茂地区、吉里吉里地区と比べると浸水高が小さい。一方、山田漁港周辺の浸水高分布の特徴を調べると、防潮堤前面の山田漁港で8~9m程度、その背後の山田町市街地で6~7m程度が確認されていて、地盤が低い河川沿いや山田町市街地を中心に津波が山際まで浸入しており、南北方向で比較すると漁港南側で浸水高が多少高い傾向がある(図-2.1)。防潮堤前面の山田漁港(8~9m)とその背後の市街地(6~7m)では2m程度浸水高に差が認められ、防潮堤に一定の効果があつたと推測される。これは、津波来襲時に撮影されたビデオ画像ともおおよそ整合している。

2.2 施設の被災状況

山田町は岩手県内でも町全体が津波により壊滅的な被害を受けた地域の一つであり、そのことは津波前後の衛星画像(図-2.2)でも確認できる。漁港およびその関連施設については、田老漁港のような外郭施設の大規模な倒壊などは見られないものの、係留施設や防潮堤は大きく被災しており、また水産関連施設の被害も大きい。ここでは、代表的な被災箇所として、表-2.1、図-2.3に示す5箇所を選定し、被災の実態とその仕組みの検討を行った。

2.2.1 外郭施設

(1) 南第1防波堤

南第1防波堤(図-2.4、施設延長50.4m)はブロック積式で開口部北側に位置するが、防波堤基部を多少残して堤体延長の約9割が流出していた。残存した基部の端部は破断しており、破断箇所以外にも堤体にヒビが入っている箇所が数カ所確認された(図-2.5、被災延長50.4m)。3次元サイドスキャンソナー(C3D)による海底地形測量結果によれば(図-2.6)、流出した防波堤の堤頭部付近は堤体下部が残存しているものの堤幹部は下部まで流出した様子が見て取れる(図中矢印①)。このことは、津波の強い流速により大きな水平力

が堤幹部を中心に作用し、堤頭部は上部、堤幹部は下部まで堤体が流出、基部付近では破断が生じた可能性を示している。

本施設は、幅の狭い防波堤開口部にあたり元々流速が大きくなりやすい箇所である。対岸の南第2防波堤の先端部は健全であること、南第1防波堤の被災は堤幹部で大きいことを考えると、開口部だけでなく何らかの原因で南第1防波堤側に大きな流速が発生し、それが防波堤を倒壊させたと考えられる。残存した防波堤にはひび割れが確認されていることから、地震などの何らかの要因で防波堤にヒビが入り、それが原因で津波により堤体が流出したことも想定される。

「2.2.3 防潮堤」で後述するように南第1防波堤周辺では背後の防潮堤の被災が大きく、これは南第1防波堤側周辺で大きな流速が発生したことと整合しており、また南第1防波堤の被災が防潮堤の被災に繋がった可能性も否定できない。

(2) 南第1防波堤に隣接する護岸(陸側橋梁部周辺、追加調査)

南第1防波堤に隣接する護岸は陸側が橋梁となっている。橋梁の下(南側)は10m程度(杭式栈橋部分除く)と極めて狭い開口部で護岸の両側が結ばれている。護岸・橋梁の南側にコンクリート構造物が飛散しており(図-2.5上段左図、図-2.7左図)、このことは津波の強い流速により橋梁下(南側)の開口部を構成していたコンクリート構造物が主に南側港内に飛散したものと考えられる。

(3) 内港防波堤(追加調査)

内港防波堤と-4.0m岸壁の接続部(隅角部)では、上部コンクリートが破断・流出していた。元々、内港防波堤と岸壁には隙間があつたようで、この部分を通過する津波の強い流れによって上部コンクリートが破断・流出したものと推定される。なお、この場所は倒壊したテラス型防潮堤の前面であり何らかの影響を与えたことも考えられる。

2.2.2 係留施設

(1) -5.0m岸壁

魚市場前面の-3.0m岸壁(直立消波ブロック)と-4.0m岸壁(栈橋式)に挟まれた矢板式岸壁(-5.0m岸壁(図-2.8)、施設延長205.1m)で施設の大半が損壊していた(被災延長205.1m)。被災箇所では、矢板の海側へ

の傾斜、エプロンおよびアスファルト舗装の破壊消失、裏込材・埋立土の流出がみられた(図-2.9)。なお、確認した範囲ではタイ材は残存しており、背後の控え工に大きな損傷は見られなかった。被災区間は、大きく分けて3箇所(-3.0m岸壁との接合部から北側部分、-4.0m岸壁との接合部から南側部分、さらにその中間部分)に分かれていたが、被災箇所の境界となる残存した岸壁部分の構造は他の岸壁と比べてより堅牢であったと推測される(1箇所はエプロン下部にボックスカルバートが入っていることを目視で確認)。

矢板式岸壁においてこのような被災が発生する仕組みとしては、①地震もしくは津波で上部工が破壊あるいはエプロンのひび割れ破損が発生→②津波による強い流れでエプロンが飛散→③引き波時に土砂(裏込材、埋立土)が流出→④矢板に強い力が作用し岸壁が海側へ倒壊あるいは傾斜したことが考えられる。

また、山田漁港では、田老漁港などで見られた直立消波ブロック式岸壁の倒壊は生じなかった。原因については精査が必要だが、山田漁港の直立消波ブロック式岸壁部分が、外殻施設の最奥部にあたり、津波による流速(岸壁法線方向成分)が大きくなかったことなどが考えられる。

(2) -4.0m岸壁

魚市場前面の栈橋式岸壁(-4.0m岸壁(図-2.10))では、栈橋部と陸岸の接続部分の渡版に飛散している箇所があったものの施設に大きな損傷は見られなかった(図-2.11)。栈橋式岸壁は他の漁港でも被災が小さく津波に対しては強い構造であることが示唆される。3次元サイドスキャンソナーの測深結果から岸壁前面において水深が相対的に大きい部分があることが確認された(図-2.6、図中矢印②)。これは津波引き波時に岸壁から流下する強い流れによって岸壁前面で洗掘が発生したものと考えられる。

(3) -2.0m物揚場

漁港北側に位置する-2.0m物揚場(図-2.12、調査対象の施設延長20.0m)は、旧防波堤(コンクリート単塊式)を活かした改良工事により堤体を拡幅(港内側はブロック積式)して臨港道路および物揚場を整備したものである。今回の津波によって、北側端部の上部工と背後の土砂(裏込材、埋立土)が流出し、端部に大きな損傷が確認された(図-2.13)(被災直後の写真では、先端部のガードレールが存在しており、先端部の崩壊部分その後流出した可能性がある、被災延長20.0m)。対岸の北防波堤の先端部も上部工が倒壊して

おり、北防波堤端部と-2.0m物揚場端部の距離(開口部)は20m程度しかないことから、開口部に発生した津波による強い流れが被災要因の一つとして考えられる。さらに-2.0m物揚場端部には漁船が乗り上げていた。これは、地震に加え、漁船の衝突あるいは乗り上げが構造物の上部工やエプロンの損壊を引き起こした可能性も示している。以上から、-2.0m物揚場の被災過程としては、①津波、地震、漁船の衝突などで上部工やエプロン、アスファルト舗装などが破損→②開口部の津波の大きな流速でコンクリート構造やアスファルト舗装が飛散→③裏込材や埋立土の流出が考えられる。

2.2.3 防潮堤

山田漁港背後に設置されている防潮堤(図-2.14)は基本的に胸壁型(図-2.14左図)であるが、構造形式は多様であり、被災の程度やパターンにも差異が見られる。ここでは、防潮堤全区間を南、中央、北の3区間に分け、それぞれの区間について被災の特徴を整理する(図-2.15参照)。

(1) 南区間(防潮堤南端の第20号門扉から-5.0m岸壁&護岸の基部まで)

南区間は、防潮堤全区間の中でも最も被災が大きかった箇所である(図-2.16)。構造形式は、基本的に台形断面の重力式防潮堤であるが、一部区間(19号門扉~18号門扉)は重力式構造の底部が陸側、海側の2列のH鋼で地盤に固定された構造となっている。被災箇所は、①第19号門扉の南側(3スパン分)から第18号門扉までの連続転倒区間、少し距離を置いて②-5.0m岸壁&護岸基部の陸側と側部防潮堤1スパンの大きく分けて2箇所である。このうち前者は、H鋼で地盤に固定された第19号門扉から第18号門扉までの連続転倒区間で、陸側の多くの底部H鋼が破断、海側ではH鋼が破断せずにそのまま上方に露出していた。転倒、傾斜はすべて陸側向き(押し波の作用)であり、移動距離は小さく、その場で底部陸側を支点として転倒したものと推定される。被災区間両端の陸側はいずれも門扉が飛散しており、陸側周辺は陸側、海側周辺で大きな洗掘が生じていた。

南区間の被災が大きかった要因として、①漁港南側は津波浸水高が比較的高いエリアであること、②被災した南第1防波堤のほぼ正面に当たること、③防潮堤が海に近く津波を減衰させる要素(建造物など)がな

いことなどが考えられる。

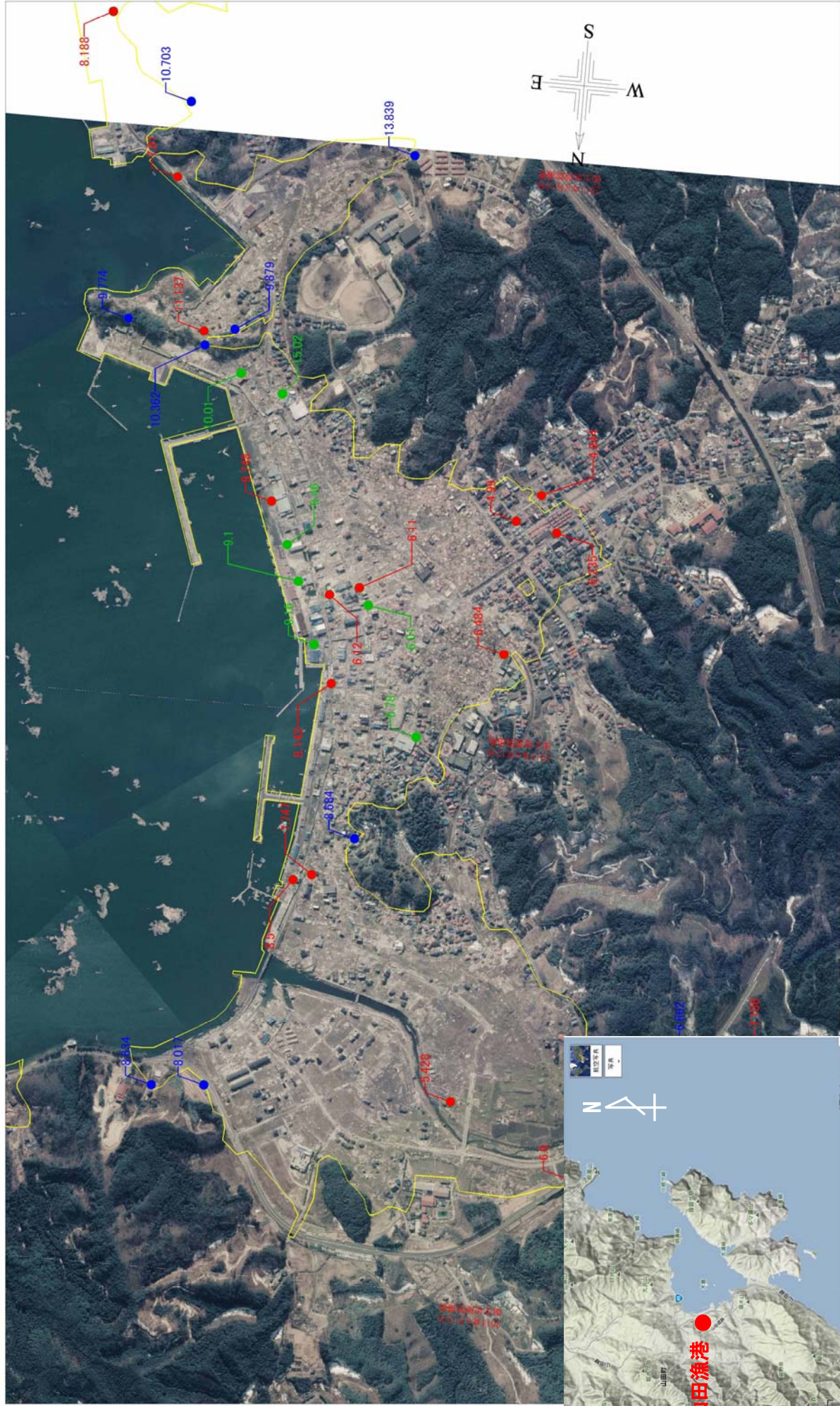
(2) 中央区間（第18号門扉～第7号門扉）

中央区間は、防潮堤全区間の中でも比較的被災が小さかった区間である（図-2.17）。主な被災としては、①防潮堤上部の脱落、②門扉（陸側）側部の防潮堤の倒壊が挙げられる。このうち前者については、第14号門扉の南側と北側の2箇所が発生しており、防潮堤の上部工の一部が堤内側に脱落していた。一方、後者は陸側側部（第10号門扉）が背後に流出していた。この部分は、門扉の戸袋部にあたり、防潮堤が台形断面から比較的幅の狭い矩形断面（擁壁型）に変化している場所でもある。また、防潮堤堤外側には建物がなく津波の流体力が直接作用したことが推定され、このような構造形式および被災箇所の位置が防潮堤の倒壊を起こした要因として考えられる。なお、本被災箇所の堤外側用地では大規模な洗掘が発生しており、引き波時に強い流速が作用したことが推定される（被災箇所堤内側では引き波時の洗掘によって建物も倒壊している）。

中央区間の防潮堤の被災が比較的小さかった要因としては、本区間が東防波堤～護岸&-5.0m岸壁周辺によって囲まれた比較的遮蔽性の高い領域であること、本区間は防潮堤前面に魚市場や水産関連施設などがあり、これらの建造物が防潮堤への流体力を低減させた可能性などが考えられる。

(3) 北区間（第7号門扉から北側）

北区間では、2箇所で大規模な防潮堤の倒壊が確認された（図-2.18）。1つがテラス式防潮堤（図-2.14右図）の区間で、区間は避難路が斜路として防潮堤に設置されている特徴的な構造をしている。防潮堤5スパン分が陸側へ転倒・移動しており押し波の影響が考えられるが、倒壊した防潮堤の基礎側破壊断面を見ると、鉄筋がそのまま上方に伸びており、これは防潮堤が上方に浮上して抜けたことを示唆している。テラス型防潮堤は、斜路部（テラス部）が翼のように防潮堤から横に突き出しており、このような上向きの揚力を受けやすい構造が倒壊の原因となったとも考えられる。もう1箇所は、台形断面の重力式防潮堤の区間（第5号門扉～第4号門扉）であり、陸側部および防潮堤5スパン分が陸側に大きく移動・転倒していた。本区間は、隣接する防潮堤の区間で断面などの変化は見られないが、前面が内港防波堤開口部になっていることから、開口部の津波による強い流速が作用して防潮堤の倒壊が発生したと考えられる。



山田漁港

図-2.1 山田漁港周辺の津波痕跡高*1



図-2.2 被災前後の山田漁港（上段：被災前、下段：被災後）*2

表-2.1 山田漁港調査対象施設

| 施設名 | 諸元等 |
|-------------|---|
| 外郭施設 | |
| 南第1防波堤 | 重力式混成堤(ブロック積式) 天端高:D.L.+2.5m |
| 係留施設 | |
| -5.0m岸壁 | 矢板式係船岸(普通矢板式) 天端高:D.L.+2.5m |
| -4.0岸壁 | 栈橋式係船岸(直杭式) 天端高:D.L.+2.5m (既設のブロック積式岸壁を改良) |
| -2.0m物揚場 | 重力式係船岸(ブロック積式) 天端高:D.L.+2.0m |
| 防潮堤 | |
| 防潮堤 | L型・逆T型・テラス型・胸壁 天端高:D.L.+7.3m(明治三陸津波) [胸壁] 表法勾配 1:0.1 裏法勾配 1:0.2~1:0.5 |

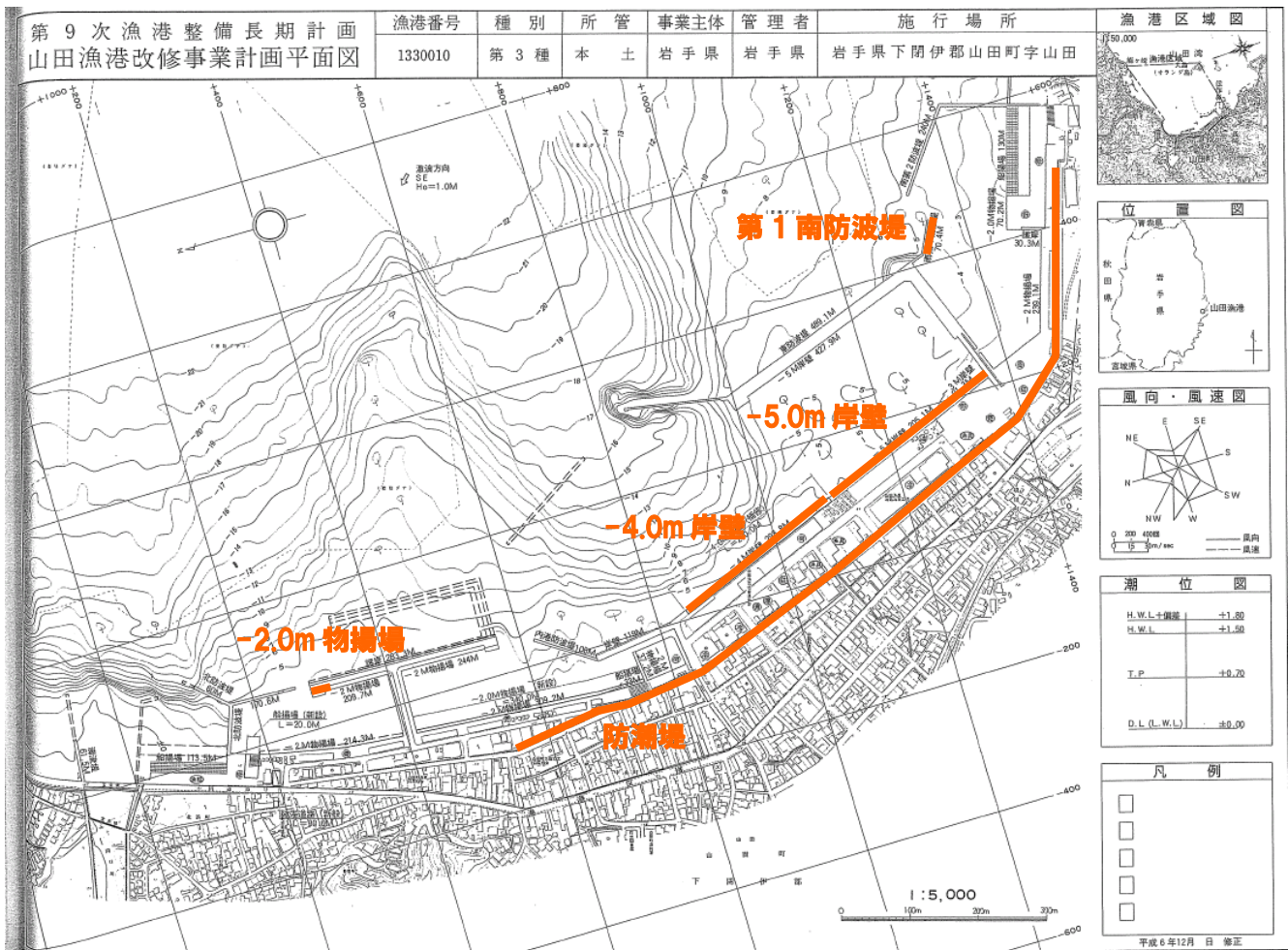


図-2.3 山田漁港の調査対象箇所

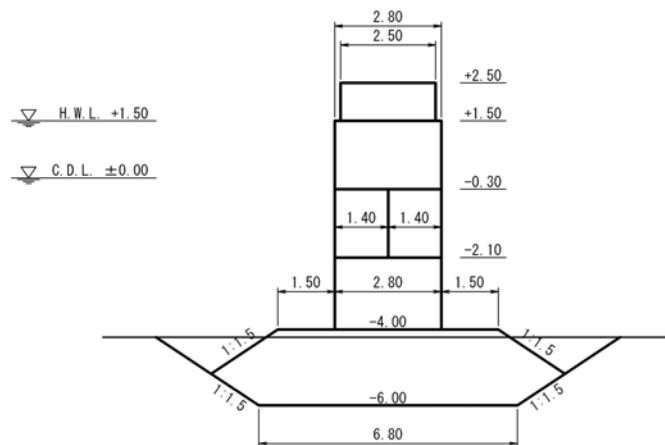


図-2.4 南第1防波堤断面図

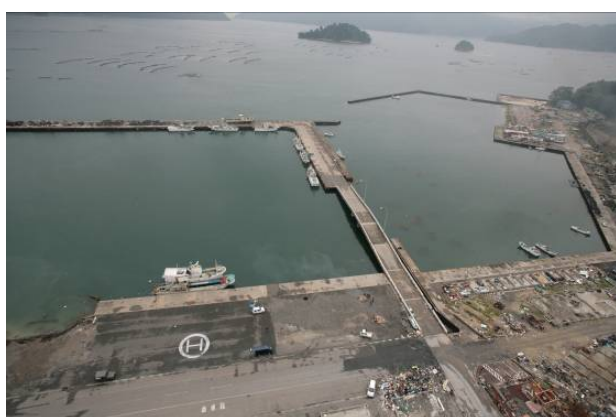


図-2.5 南第1防波堤などの被災状況
 (上段左図：ラジコンヘリ撮影*³、下段右図：テラス型防潮堤前の防波堤)

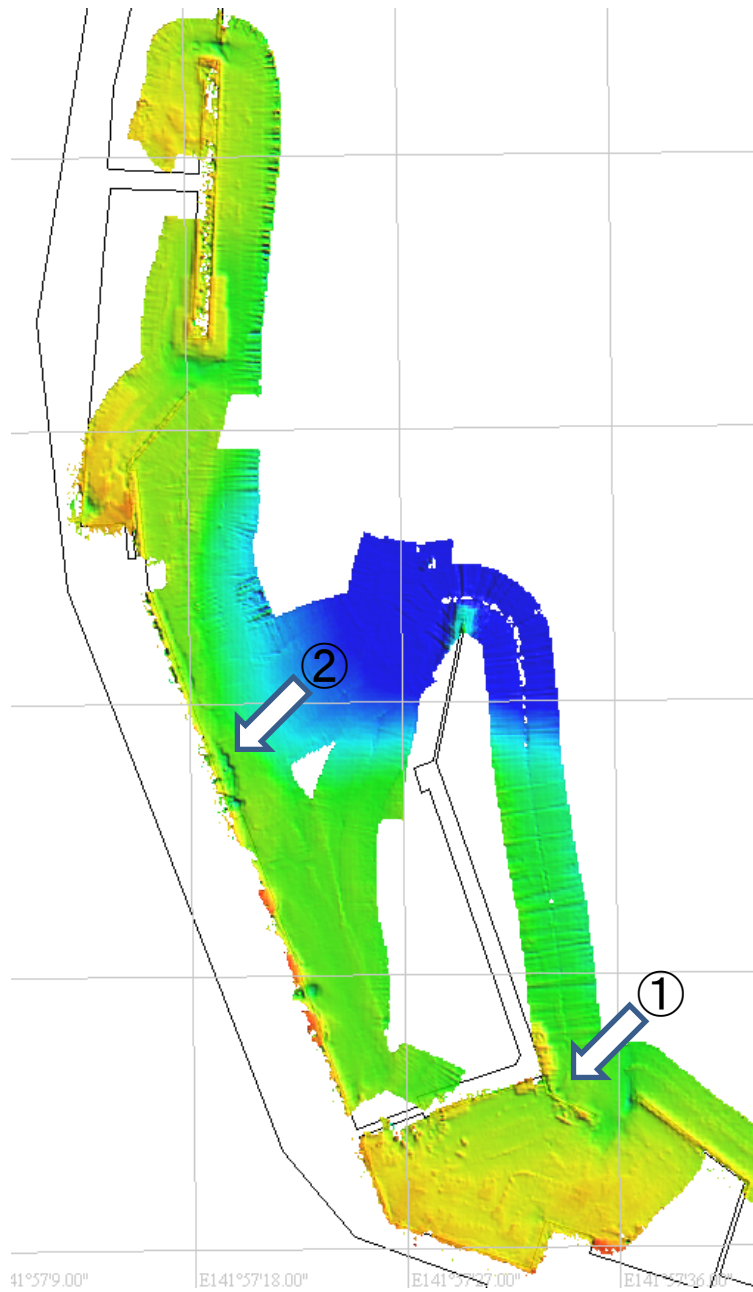


図-2.6 3次元サイドスキャンソナーによる山田漁港の海底地形測量結果（速報値）



図-2.7 南第1防波堤隣接護岸（左図）および内港防波堤（右図）の被災状況

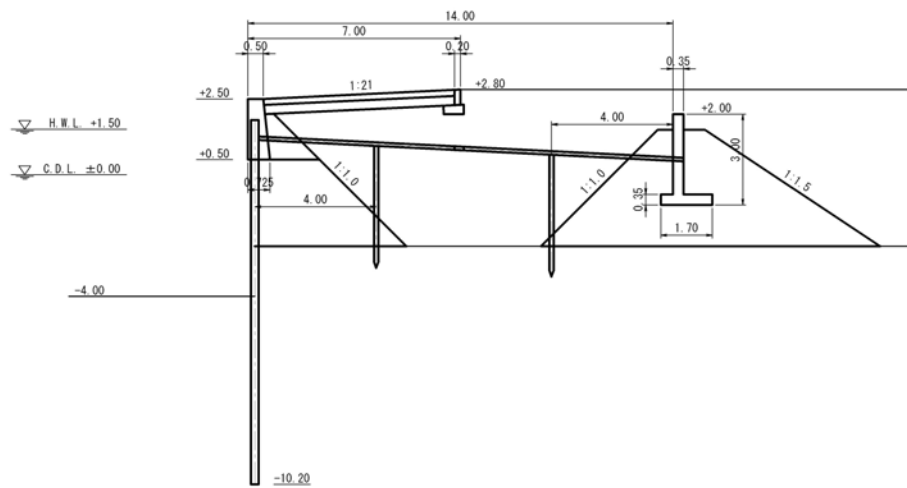


図-2.8 -5.0m 岸壁断面図

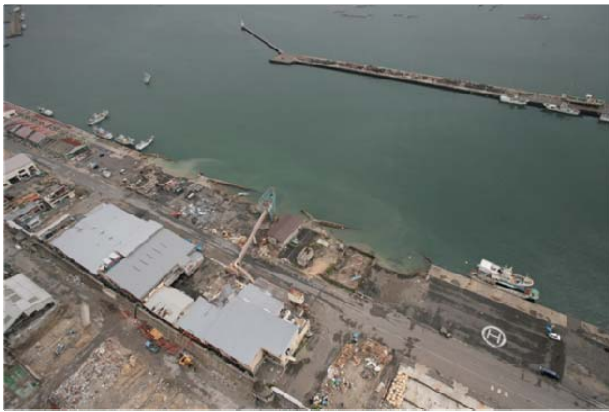


図-2.9 -5.0m 岸壁の被災状況
(上段左図：ラジコンヘリ撮影^{*3})

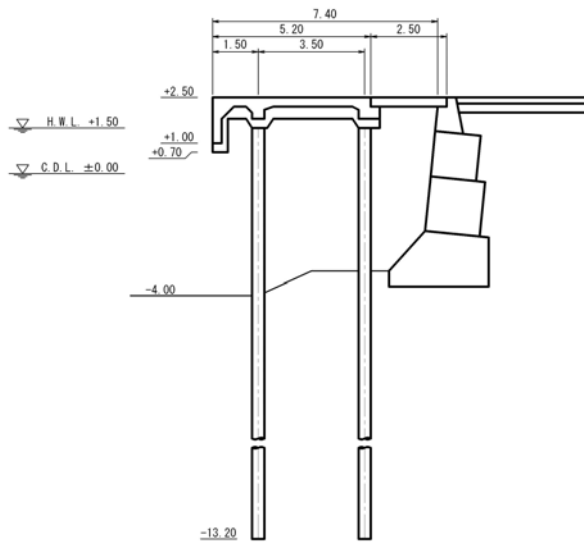


図-2.10 -4.0m 岸壁断面図



図-2.11 -4.0m 岸壁の被災状況

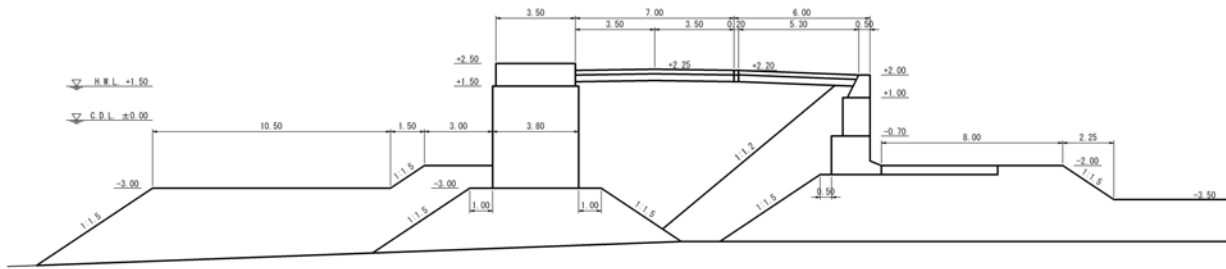


図-2.12 -2.0m 物揚場断面図



図-2.13 -2.0m 物揚場の被災状況
(上段左図：ラジコンヘリ撮影*³)

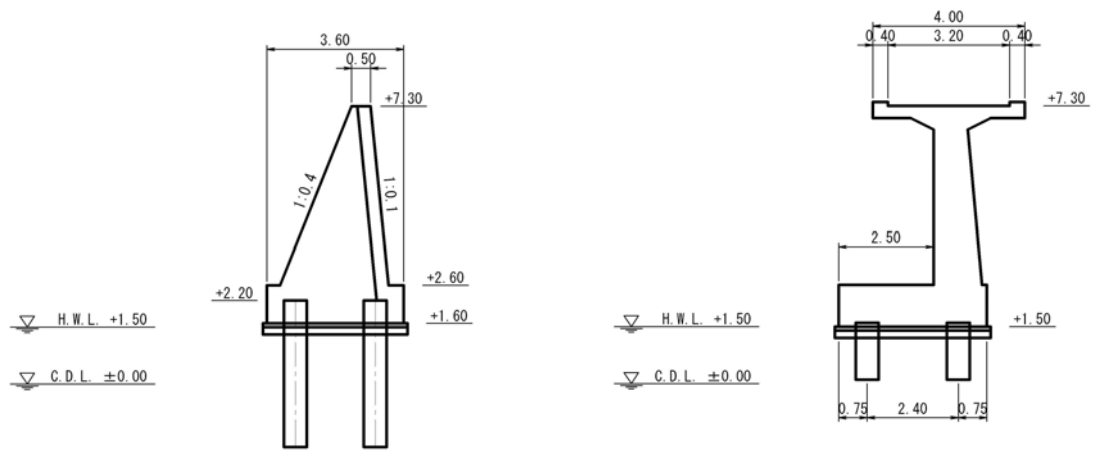


図-2.14 防潮堤断面図 (左図：胸壁、右図：テラス式)



図-2.15 防潮堤の被災箇所
(赤線：台形断面重力式、黄線：矩形断面擁壁部、青線：テラス式)



図-2.16 防潮堤南区間の被災状況
(上から1段目左図：ラジコンヘリ撮影*³)



図-2.17 防潮堤中央区間の被災状況



図-2.18 防潮堤北区間の被災状況

3. 大槌漁港

3.1 津波浸水高分布の特徴

大槌湾の北側に位置する大槌漁港周辺では 10～14m 程度の浸水高が観測されており (図-3.1)、大槌湾に隣接する吉里吉里 (16m)、両石 (21m) と比べると小さい傾向があるが山田湾山田漁港 (8～9m) よりは大きい。浸水域は、大槌湾に流入する 2 つの河川に沿って広がっている。防潮堤前面の漁港周辺 (10～14m) と陸側 (7～12m) では、浸水高に差が認められる。

3.2 施設の被災状況

大槌町は岩手県内でも町全体が津波により壊滅的な被害を受けた地域の一つである (図-3.2)。漁港施設についても、防波堤の流失や倒壊、大規模な防潮堤の倒壊や岸壁の被災が発生しており、水産関連施設の被害も大きい。ここでは、代表的な被災箇所として、表-3.1、図-3.3 に示す 5 箇所を選定し、被災の実態とその仕組みの検討を行った。

3.2.1 外郭施設

(1) 防波堤

調査時における防波堤 (図-3.4 に断面を表示) 周辺の被災状況を図-3.5 に示す。蓬莱島と東大海洋研の前の船溜りを結んでいるブロック積式の防波堤が全体的に流失しており、陸上からは流出したブロックは確認できなかった。防波堤基部には破断した箇所があり (図-3.5 右図)、強い水平力により基部のコンクリートが破断したものと推測される。

(2) 南防波堤

南防波堤 (図-3.6) の被災状況と 3 次元サイドスキャンソナー (C3D) による海底地形測量結果を図-3.7 に示す。元々、鋼管杭式の防波堤 (図-3.6 左図) であったものが、過去の被災に対してケーソン式 (図-3.6 右図) で復旧した経緯があり、場所によって構造形式が異なり、また区間途中に隙間があるなど特徴的な構造となっている。被災箇所は、防波堤全体で 3 箇所であり、このうち 2 箇所 (基部側) が元々隙間があった場所、1 箇所が隙間はないがケーソン式の構造部分に相当している。なお、ここで使用されているケーソン式防波堤には中詰材を海水としており通常の砂と比べ重量が小さく安定度が低い。被災箇所 3 箇所のうち防波堤基部近傍の部分については、堤体先端部が海側に

向かって沈下している (図-3.8)。先端部水深が設計図よりも大きいことから、マウンドが崩れ、防波堤が転倒、沈下した可能性が示唆される。元々、防波堤基部近傍には隙間があったことから、津波による強い流れが隙間部分を中心に発生、強い流れによって背後のマウンドが洗掘され、堤体が倒壊したことが考えられる。

3.2.2 係留施設

(1) 船揚場

本船揚場は、平成 17 年度からの改良工事により、旧防波堤もしくは旧岸壁を埋め殺して整備されたものである (図-3.9、施設延長 173.5m)。海側から①斜路部、②船置部、③アスファルト舗装部、④道路で構成され、北側に水路 (ボックスカルバート) が汀線方向に対して斜めに流入している。船揚場周辺の被災状況を図-3.10 に示す。今回の津波により、①は全体的に、②③④は北側の大半が損壊し、南側の一部が残存している。なお、旧防波堤もしくは旧岸壁を構成する方塊ブロックは一部が流出、旧突堤および水路のボックスカルバートは残存しており (先端部が流出)、旧防波堤もしくは旧岸壁から背後 (②③④) に相当は大きく洗掘されていた (被災延長 173.5m)。このような状況から、船揚場の被災過程としては、押し波もしくは引き波時に①斜路部および②船置部のコンクリート床盤が捲れ、裏込材が流出を開始し、引き波時に②③④に相当する旧防波堤もしくは旧岸壁背後の裏込材が大きく洗掘され前面海域に流出し、船揚場全体として損壊したものと推定される。

なお被災は北側部分 (大槌川からより離れた箇所) で大きいことが特徴であった。航空写真には、背後地 (漁港施設用地および漁港環境整備施設) に津波の流跡痕が確認され、津波が船揚場北側に斜めに浸入もしくは後退したことを示している (航空機から撮影した動画には引き波時に背後から船揚場に斜めに水が流入する様子も確認される)。このような津波の浸入後退挙動が船揚場北側で被災が大きくなった原因の一つと考えられる。

(2) -4.0m 岸壁

-4.0m 岸壁 (図-3.11) 周辺の被災状況を図-3.12 に示す。船揚場南側に隣接する矢板式の-4.0m 岸壁 (施設延長 165.0m) では、岸壁全体で 2 区間 (岸壁延長の半分以上に相当、船揚場側の被災箇所の損壊大) で矢板の海側へのはらみ出し、裏込材の流出、エプロンの

破損や流出が確認され、エプロン背後のアスファルト舗装には剥離した箇所が多数見られた（被災延長115.5m）。被災の形態は、山田漁港の-5.0m岸壁に類似しており、被災過程としては、①地震もしくは津波で上部工が破壊もしくはエプロンのひび割れ破損が発生→②津波による強い流れでエプロンが飛散→③引き波時に土砂（裏込材、埋立土）が流出→④矢板に強い力が作用し岸壁が海側へ倒壊あるいは傾斜したことが考えられる。

3.2.3 防潮堤

大槌漁港背後に設置されている防潮堤は基本的に胸壁型（図-3.13）であるが、被災の程度やパターンは場所によって差異が見られる。ここでは、防潮堤全区間を山付き部を挟んだ西区間（大槌川河口側）と東区間（東大海洋研側）の2区間に分け、それぞれの区間の被災の特徴を整理する（図-3.14）。なお、陸閘は大槌川河口側から順に番号を付けている。

(1) 西区間

大槌川河口近傍（船揚場背後周辺）から東に向けて山付き部まで防潮堤が続く区間であり、大きな被災箇所は①船揚場背後周辺（大槌川河口近傍）と②山付き部への接続部2箇所である。まず船揚場背後周辺では陸閘2～陸閘3～水門にかけて防潮堤が大きく倒壊していた。このうち陸閘2～3の区間は防潮堤が背後（堤内側）に大きく飛散、陸閘3～水門の区間では隅角部から水門に続く箇所で陸側に大きく倒壊していた。防潮堤倒壊箇所では顕著な洗掘が発生しており、洗掘の規模（範囲）は大槌川河口側の陸閘2周辺背後では比較的狭く、陸閘3近傍～隅角部周辺の背後（堤内側）で洗掘範囲が大きい傾向があり、隅角部～水門の区間では防潮堤前面（堤外側）も洗掘していた（図-3.15、図-3.16）。このような洗掘の傾向は、津波の流れの方向・強さ、防潮堤倒壊の時間的なずれなどを反映している可能性がある。すなわち陸閘2周辺では早期に防潮堤が倒壊・飛散したために洗掘の規模が限定的、陸閘3近傍～隅角部周辺では防潮堤の倒壊が遅い、もしくは倒壊しなかったために押し波による洗掘が続き背後の洗掘箇所が大きく発達、隅角部～水門の区間は引き波による堤外側の洗掘も進行したものと考えられる。

上記の被災状況から被災過程を推定すると、倒壊した防潮堤は全体的に堤内側に飛散・倒壊していることから基本的に押し波が防潮堤倒壊の主因であり、押し波時の防潮堤背後の洗掘と強い水平力の作用により堤

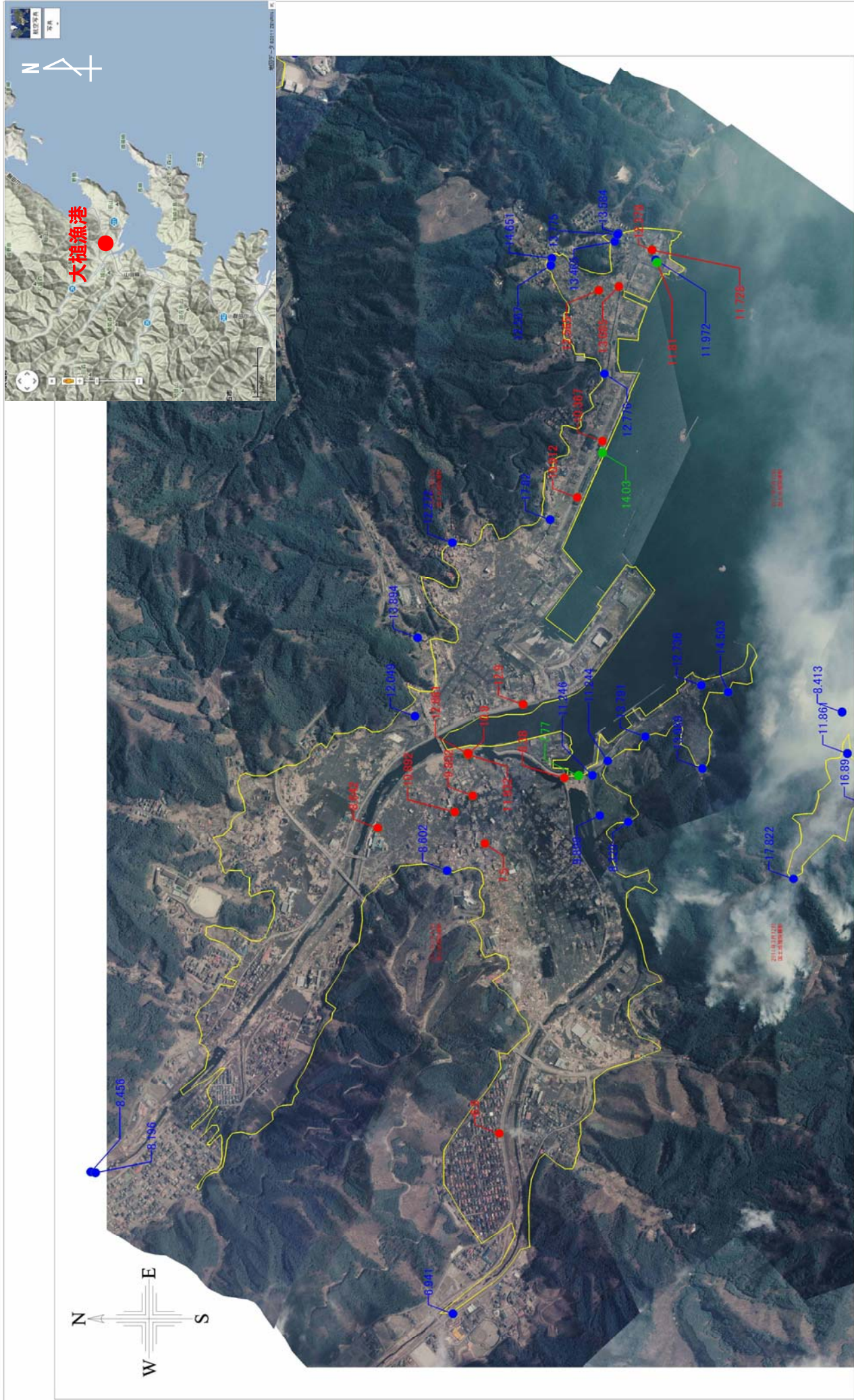
体が倒壊および飛散したものと考えられる。また、倒壊した防潮堤の移動した距離から、船揚場背後で津波の作用が強く、防潮堤が大きく飛散、隅角部～水門は津波の主となる浸入方向に沿う方向であることから堤体の飛散や倒壊の規模が小さいものと考えられる。

なお、山付き部近傍においても陸閘に隣接する区間の2スパン程度で防潮堤が堤内側に倒壊しておりその背後には洗掘が見られた（図-3.16）。

また、その他の特徴として、陸閘の多くは門扉が飛散しており、その前後（堤内側および堤外側）で洗掘が生じていたこと、倒壊していない防潮堤区間でもその背後に洗掘が生じている箇所が確認されたことが挙げられる（図-3.16）。

(2) 東区間

山付き部からその東に向けて東大海洋研前面まで続く防潮堤区間では、区間の東側端にあたる①東大海洋研西側の小河水門側部、②東大海洋研前面の2箇所で大きな被災が確認された。このうち、前者については、小河水門自体に大きな被害はなかったが、隣接する防潮堤の隅角部にあたる箇所が1スパン程度陸側に倒壊しており背後に大きな洗掘が生じていた。東大海洋研前面については、前面の陸閘から東の山（崖）に防潮堤が接続している部分までの区間で防潮堤が陸閘も含め大きく倒壊していた（図-3.17）。防潮堤の倒壊方向はおおよそ陸側で、転倒した防潮堤は被災前の法線より海側に移動しているものもあり、押し波時に転倒したものが、引き波時に海側へ移動した可能性も窺える。海洋研前面の被災区間は、護岸の外側、防波堤の基部の隅角部にあたることから、地形的にも大きな津波が作用した可能性がある。また、防潮堤背後にあたる海洋研の敷地内は、大規模な洗掘が確認された（図-3.17）。



— : 浸水エリア (大阪市立大学)
● : 浸水高
● : 遡上高
● : 浸水高 (水産庁)

大槌漁港



図-3.1 大槌漁港周辺の津波痕跡高*1

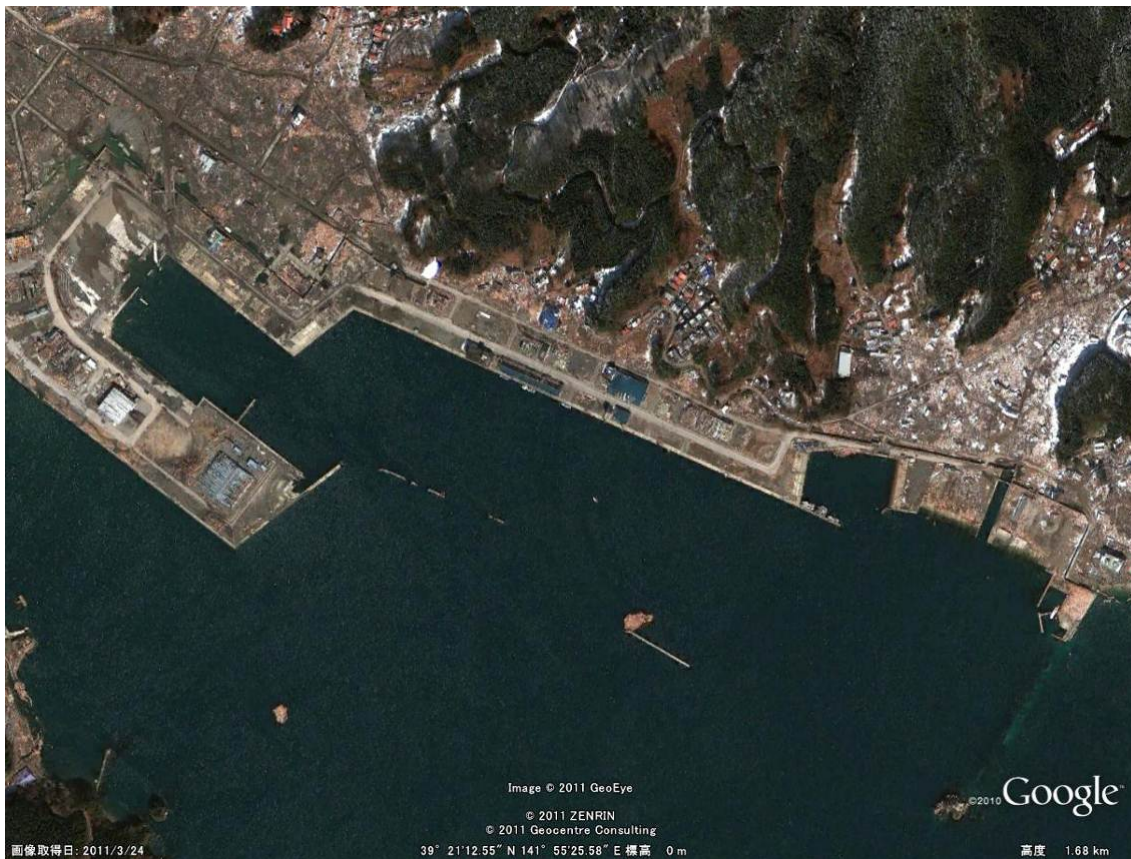


図-3.2 被災前後の大槌漁港（上段：被災前、下段：被災後）*2

表-3.1 大槌漁港調査対象施設

| 施設名 | 諸元等 |
|-------------|--|
| 外郭施設 | |
| 防波堤 | 重力式混成堤(ブロック積式) 天端高:D.L.+2.5m |
| 南防波堤 | 鋼管矢板式 重力式混成堤(セルラーブロック式) 重力式混成堤(ケーソン式) 天端高:D.L.+3.0m、D.L.+3.5m |
| 係留施設 | |
| 船揚場 | 斜路式船揚場 |
| -4.0m岸壁 | 矢板式係船岸(普通矢板式) 天端高:D.L.+2.5m、D.L.+2.0m |
| 防潮堤 | |
| 防潮堤 | 胸壁 天端高:D.L.+7.1m 表法勾配 1:0.2 裏法勾配 1:0.5 |

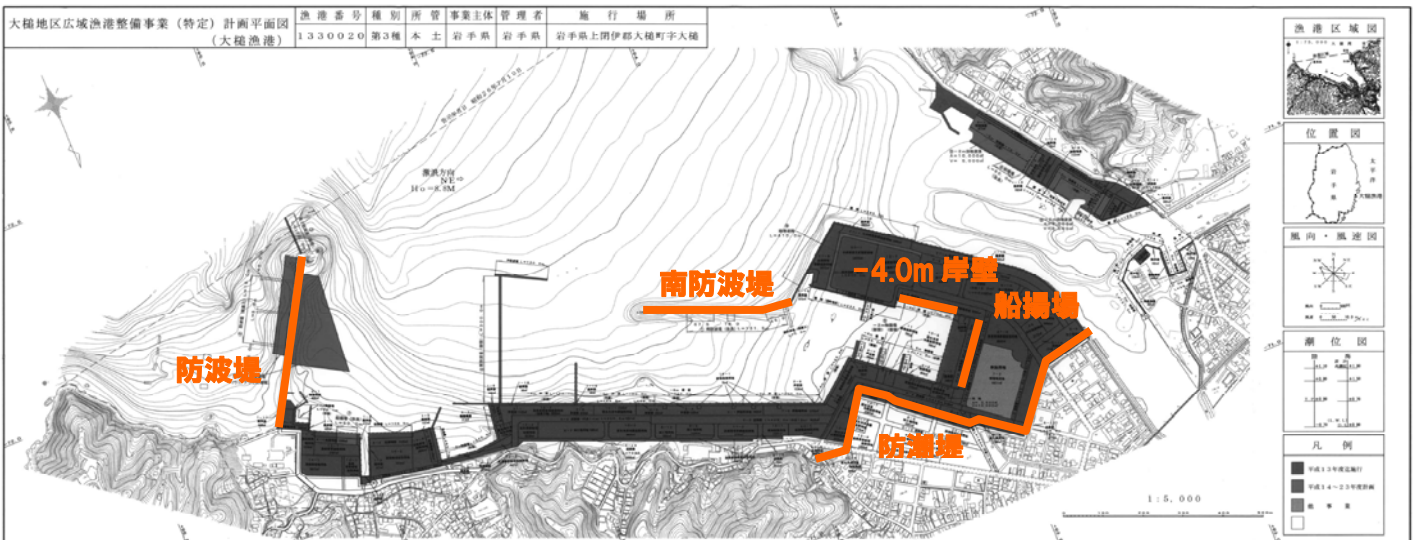


図-3.3 大槌漁港の調査対象箇所

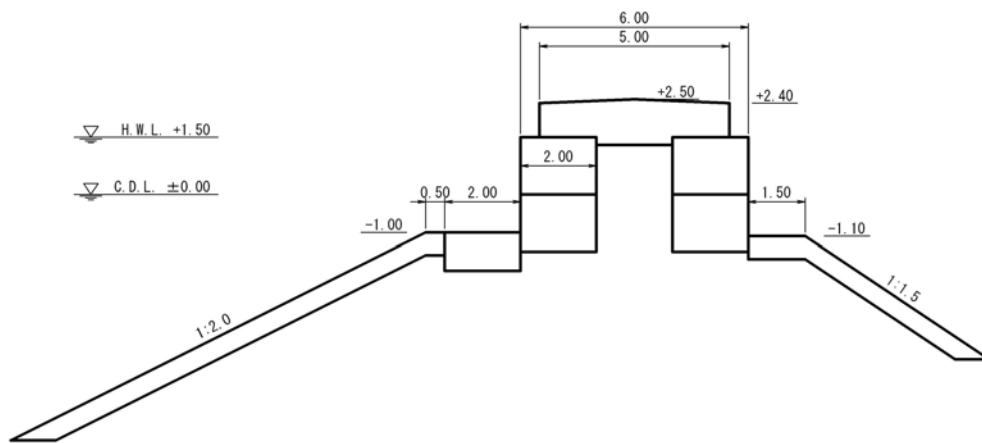


図-3.4 防波堤断面図



図-3.5 防波堤の被災状況

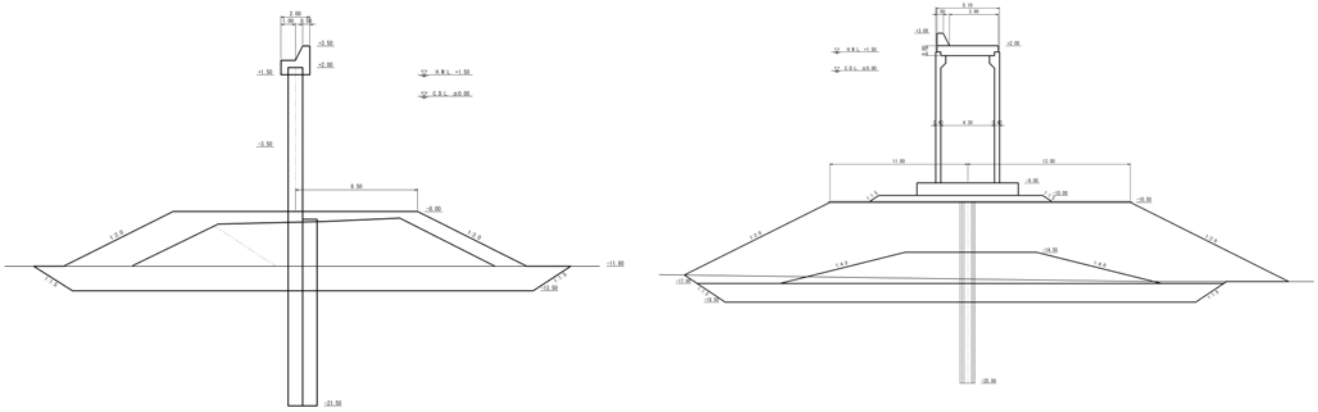


図-3.6 南防波堤断面図
(左図：鋼管杭式、右図：ケーソン式)

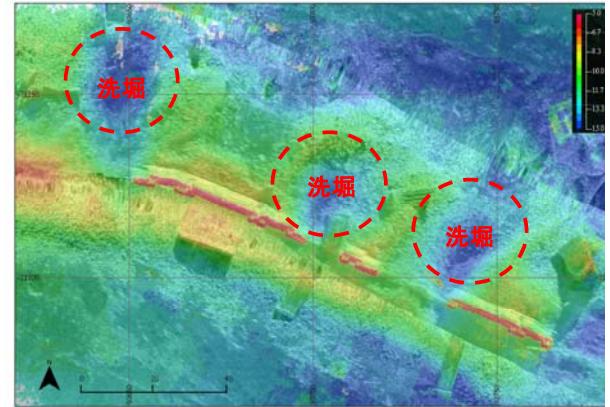


図-3.7 南防波堤の被災状況
(左図：ラジコンヘリ画像*³、
右図：3次元サイドスキャンソナーによる海底地形測量結果)



図-3.8 南防波堤基部付近の被災状況

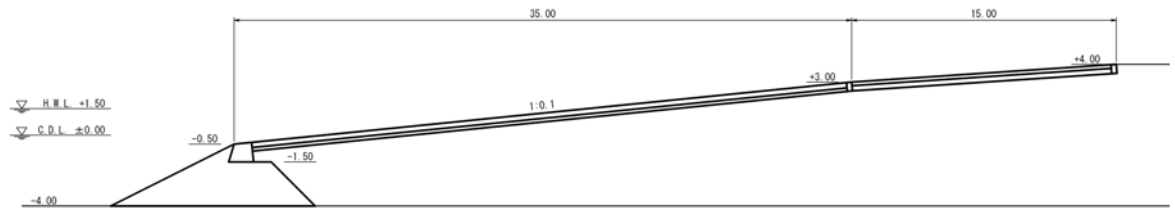


図-3.9 船揚場断面図

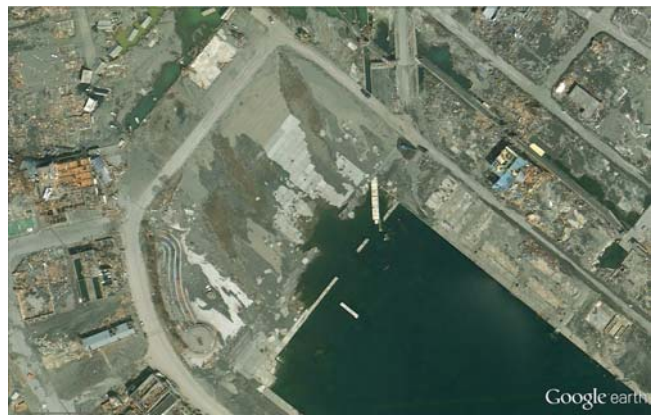


図-3.10 船揚場周辺の被災状況
(下段右図：被災後の衛星写真*²)

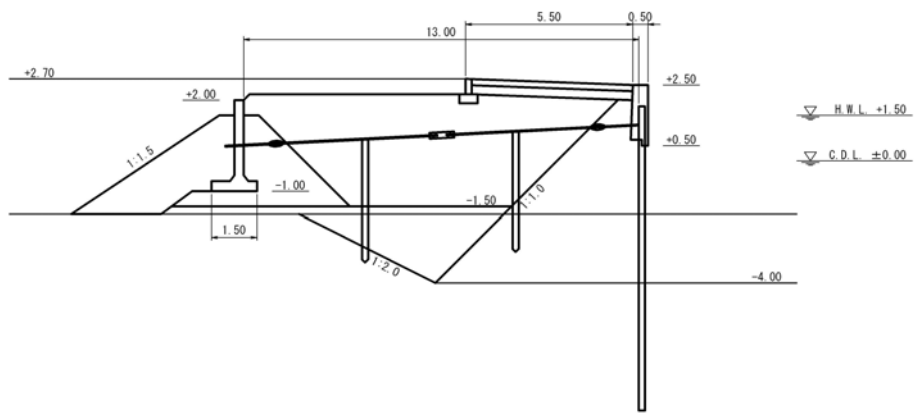


図-3.11 -4.0m 岸壁断面図



図-3.12 -4.0m 岸壁周辺の被災状況

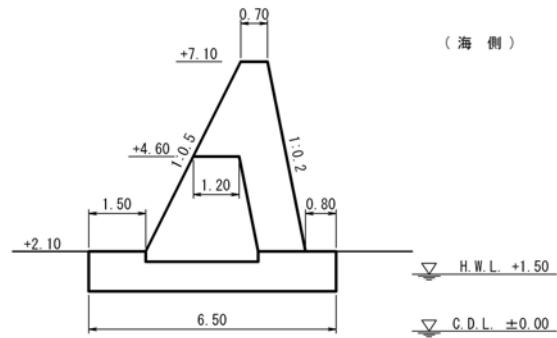


図-3.13 防潮堤断面図



図-3.14 大槌漁港背後の防潮堤位置とその被災区間*2



図-3.15 船揚場周辺の被災前後の状況*2 (左図：被災後、右図：被災前)



図-3.16 防波堤西区間の被災状況
(上から1段目・2段目・3段目左図：船揚場背後周辺、
3断面右図：山付き部周辺、4段目：陸閘周辺における門扉の飛散および前面の洗掘)



図-3.17 防波堤東区間の被災状況
(上段左図：水門に隣接した隅角部、上段右図・下段左図：東大海洋研前面、
下段右図：東大海洋研防潮堤背後の洗掘状況)

4. 大船渡漁港

4.1 津波浸水高分布の特徴

大船渡湾では、湾の南西側に位置する大船渡市街、大船渡漁港、下船渡地区で浸水高が7~9m、湾口側の細浦地区で8~9mであった(図-4.1)。隣接する越喜来(13.8m)、綾里(15.8m)、門の浜(20m)と比べると小さく湾の地形条件や湾口防波堤の効果が考えられる。防潮堤の天端高が低いためかその効果は明瞭に確認できる箇所は見あたらなかった。

4.2 施設の被災状況

大船渡市街は岩手県内でも津波による甚大な被害を受けた地区の一つであるが、漁港施設の被災は市街地と比べると限定的であり、防潮堤については漁港海岸において顕著な被災は見られなかった(図-4.2参照)。被災形態は、防波堤、岸壁ともに今回の震災で発生した典型的なパターンを示している。ここでは代表的な被災箇所として、表-4.1、図-4.3に示す5箇所を選定し、被災の実態とその仕組みの検討を行った。

4.2.1 外郭施設

(1) 防波堤

下船渡地区の防波堤は、最も湾口側に位置する防波堤(図-4.4)で基部から全体的な倒壊・流出が発生していた(図-4.5 上段左)。これに隣接する岸壁のエプロン・裏込材・埋立土も流出、背後に飛散しており、法線のはらみ出しも見られた。これより一つ湾奥側の防波堤(セルラーブロック2段積の混成堤)では、突堤状の基部と先端部の中間が本体工(セルラーブロック)ごと流出しており(図-4.5 上段右)、先端部(Y字型)は湾口側部分が流出していた(図-4.5 中段)。さらにもう一つ湾奥側の防波堤(中央部)は、突堤状の堤幹部には顕著な被災は見られなかったが、先端部(T字型)から湾奥方向に伸びる防波堤部分が基部から全体的に流出していた。この他にも、防波堤には隅角部周辺を中心に随所にヒビ割れ(図-4.5 下段左)、また段差や横ずれが発生しており、津波による大きな水平力が作用したことが推定される。

一方、漁港背後の防潮堤については、閘門も含め顕著な被災箇所は見あたらなかった(図-4.5 下段右)。大船渡湾は防潮堤の天端が岩手県北部より低いため大きな流体力が作用せず、結果として被災が無かったも

のと考えられる。

4.2.2 係留施設

(1) -2.0m 物揚場

本施設は、既設護岸の前面にエプロン幅6mの物揚場を整備したもので、方塊ブロック2段積式の混成堤となっている(図-4.6)。エプロンの不等沈下やひび割れが発生していたが大きな被災は見られなかった。隣接する船揚場両端の2本の突堤には移動・ヒビが生じており大きな水平力が作用したことが推測される(図-4.7)。

(2) -5.0m 岸壁

本施設は、既存の岸壁を冲出しし、背後の埋立てにより漁港施設用地(新市場)を造成中のもので(図-4.8、係船岸の設置水深が深い260m区間はケーソン式混成堤、その他は方塊ブロックおよび直立消波ブロック積の構造)、岸壁工事終了直後に被災を受けた。岸壁の複数箇所での施設のずれ(水平、鉛直、隙間)が発生しており、ずれが大きい箇所は岸壁沖側両端と地盤改良有無の境界(陸側)であった(図-4.9)。湾奥側の陸岸部でエプロンが一部流出、建設中の新市場周辺で洗掘が生じていたが総じて津波による被災は小さく、地震による被災が中心と推定される。応急工事の実施により、方塊ブロックを仮置きした天端の嵩上げや、洗掘箇所の埋戻しが進行中であった。

(3) -4.0m 岸壁・-5.0m 岸壁

被災箇所は、大船渡湾のほぼ中央、珊瑚島の対岸に位置し、隅角部を挟んで湾奥側の-4.0m岸壁(図-4.10)、湾口側の-5.0m岸壁が接続する場所である。両岸壁ともにセルラーブロック2段積式の混成堤で背後にある防潮堤隅角部も近い。被災状況としては、隅角部周辺の40m以上の区間で岸壁が倒壊しており、背後のエプロン、裏込材、埋立土もほぼすべて流出、近接する残存岸壁背後のエプロンにも裏込材、埋立土の流出が見られた(図-4.11)。防潮堤第16号陸閘の少し北側までエプロンの破損や飛散、裏込材の流出が見られる。また、隅角部周辺の被災箇所を除くと-4.0m、-5.0m岸壁共に岸壁法線のはらみ出しは見られない。

被災過程としては、近接する岸壁のエプロンの飛散状況などから、大槌漁港の-4.0m岸壁で示した破壊プロセス(①地震もしくは津波で上部工が破壊あるいはエプロンのひび割れ破損→②津波による強い流れでエプロンが飛散→③引き波時に裏込材、埋立土が流出→

④矢板に強い力が作用し岸壁が海側へ倒壊)が基本と考えられるが、それに加え本施設の立地特性、すなわち岸壁の隅角部であること、前面海域が珊瑚島の縮流効果により強い流れが生じやすい場所であることも重要な要因と推測される。

(4) -3.0m 岸壁 (細浦地区)

細浦地区東岸の岸壁 (図-4.12) で被災が発生していた (図-4.13)。被災箇所は、岸壁の構造形式が栈橋式から重力式に変わる境から北側 24m 程度 (重力式側) の区間で、岸壁の流出や海側への傾斜、エプロンの損壊・流出、裏込材、埋立土の流出が確認された。栈橋式岸壁には特に大きな損傷は見られなかった。近接する未被災の重力式岸壁では、数十メートルの延長でエプロン海側の沈下が確認された。栈橋構造は軟弱地盤で用いられることから、重力式に構造形式が切り替わる周辺の地盤条件は良くないことが推定される。

被災過程としては、先述の岸壁破壊プロセス (①地震もしくは津波で上部工が破壊あるいはエプロンのひび割れ破損→②津波による強い流れでエプロンが飛散→③引き波時に裏込材、埋立土が流出→④矢板に強い力が作用し岸壁が海側へ倒壊)が基本と考えられるが、それに加え地震 (津波) によりマウンドが崩れて岸壁本体が海側に傾いたことを契機に破壊したことも考えられる。

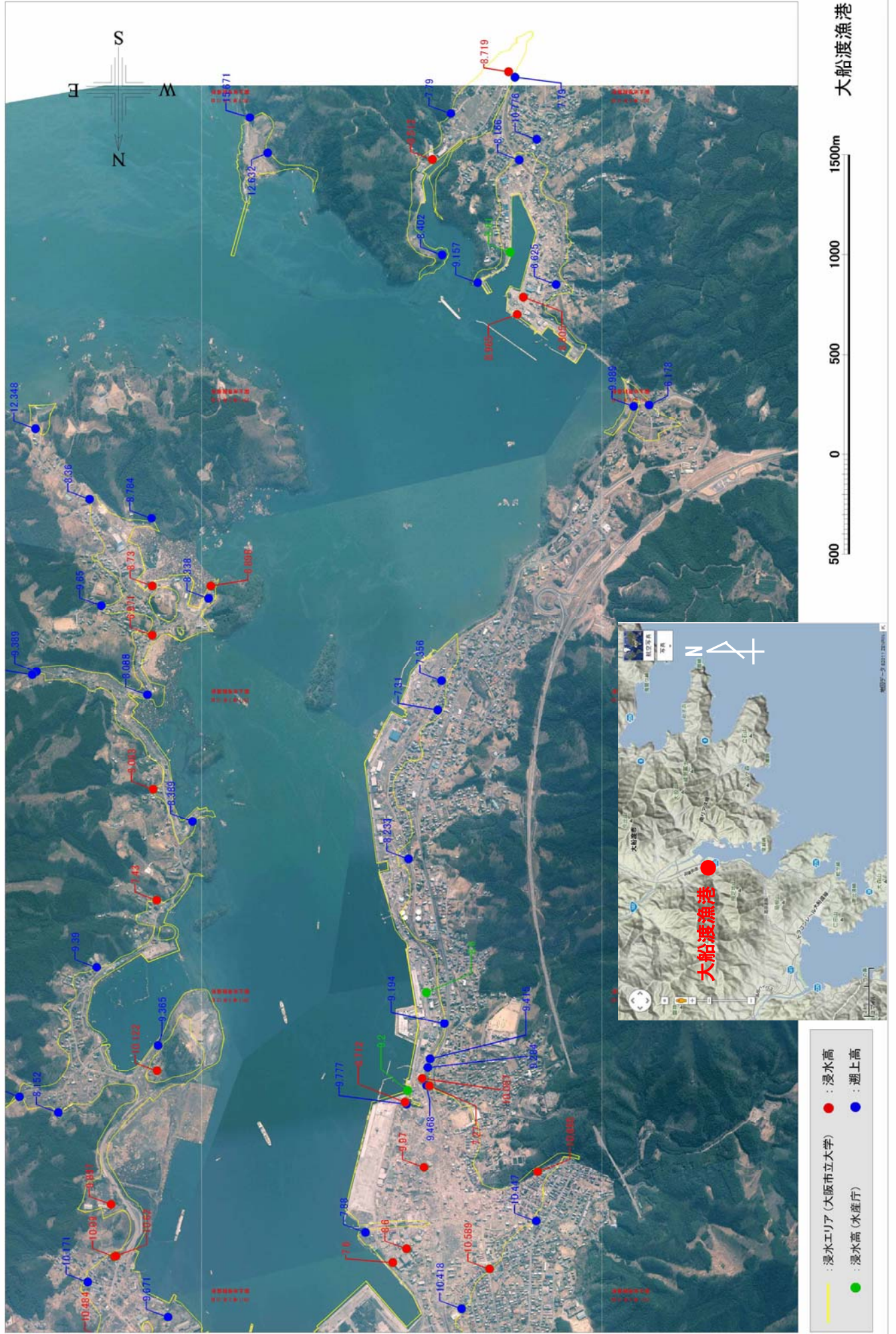


図-4.1 大船渡漁港周辺の津波痕跡高*1

大船渡漁港

500 0 500 1000 1500m

- : 浸水エリア (大阪市立大学)
- : 浸水高
- : 遡上高
- : 浸水高 (水産庁)



図-4.2 被災前後の大船渡漁港周辺*2
 (上から1段目：大船渡地区、2段目：下船渡地区、3段目：細浦地区)

表-4.1 大船渡漁港調査対象施設

| 施設名 | 諸元等 |
|-----------------|---|
| 外郭施設 | |
| 防波堤 | 重力式混成堤(セルラーブロック式) 天端高:D.L.+2.5m |
| 係留施設 | |
| -2.0m物揚場 | 重力式係船岸(ブロック積式) 天端高:D.L.+1.8m |
| -5.0m岸壁 | 重力式係船岸(ケーソン式) 重力式係船岸(直立消波ブロック式) 天端高:D.L.+2.4m |
| -4.0m岸壁・-5.0m岸壁 | 重力式係船岸(セルラーブロック式) 天端高:D.L.+2.4m、D.L.+2.5m |
| -3.0m岸壁(細浦地区) | 重力式係船岸(コンクリート単塊式) 天端高:D.L.+2.2m |

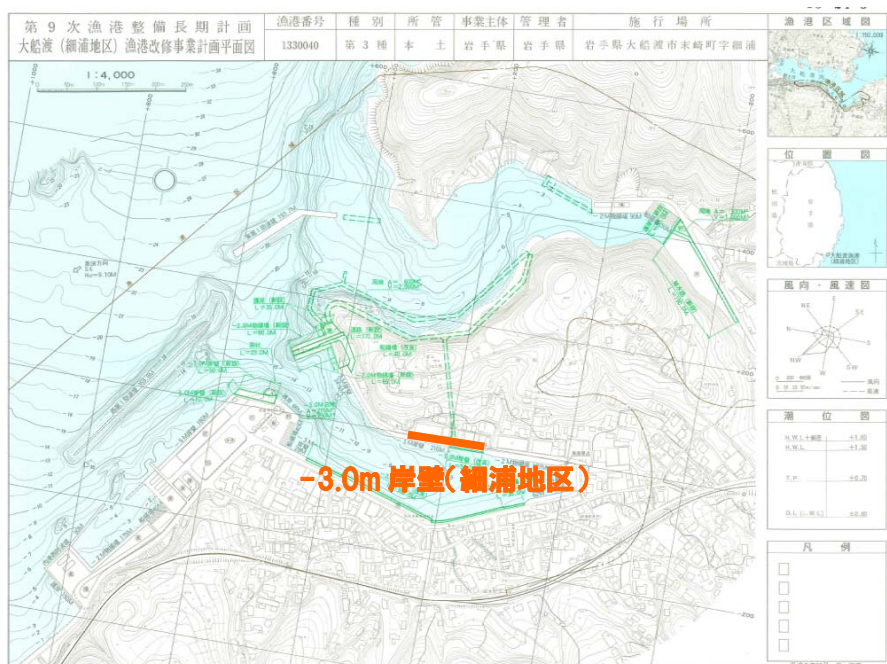
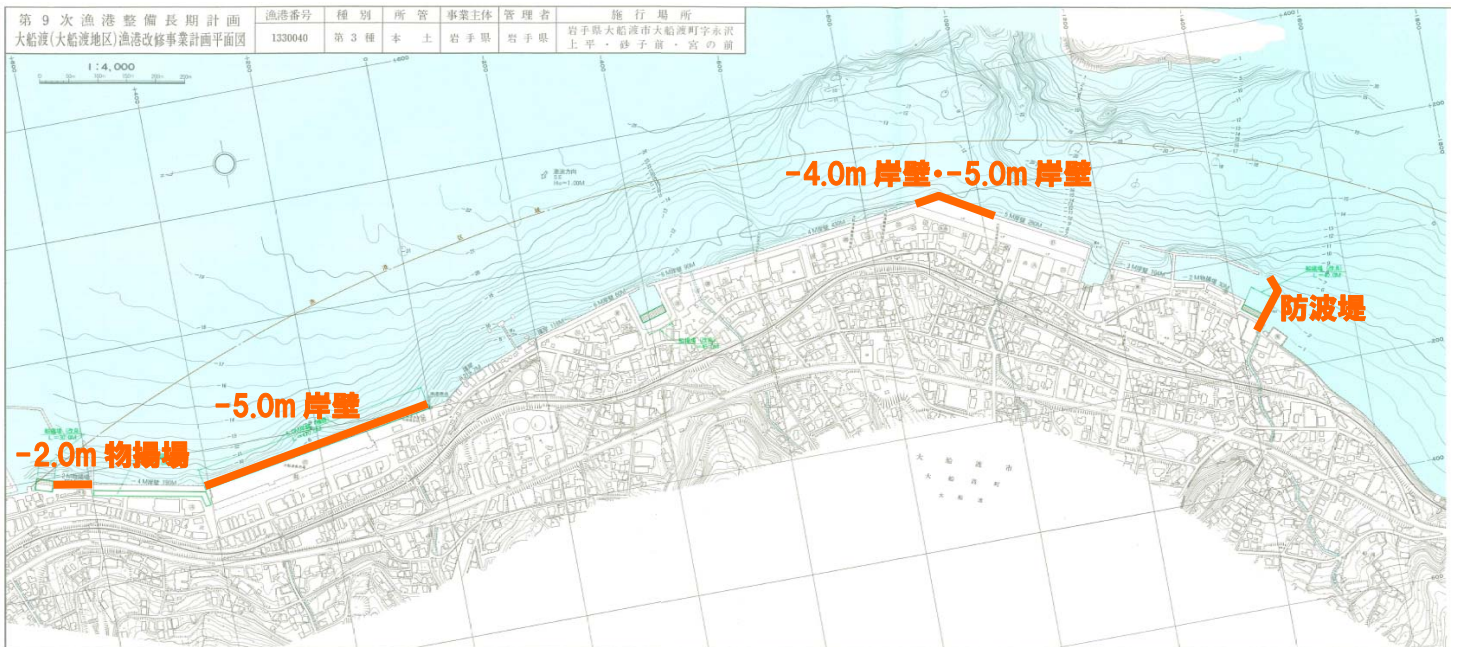


図-4.3 大船渡漁港の調査対象箇所
(上段：大船渡地区、下段：細浦地区)

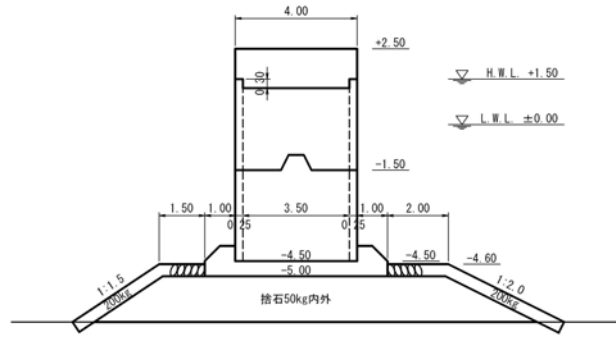


図-4.4 防波堤断面図



図-4.5 防波堤（大船渡地区）の被災状況

（上から1段目・2段目・3段目左図：防波堤、3段目右図：漁港（大船渡地区）背後の防潮堤）

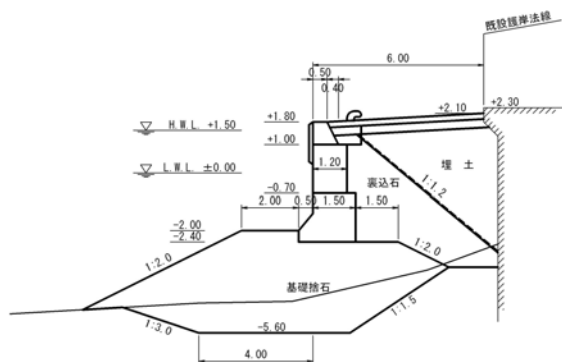


図-4.6 -2.0m 物揚場断面図



図-4.7 -2.0m 物揚場周辺の被災状況
(左図：物揚場の沈下、右図：隣接する船揚場突堤のひび割れ)

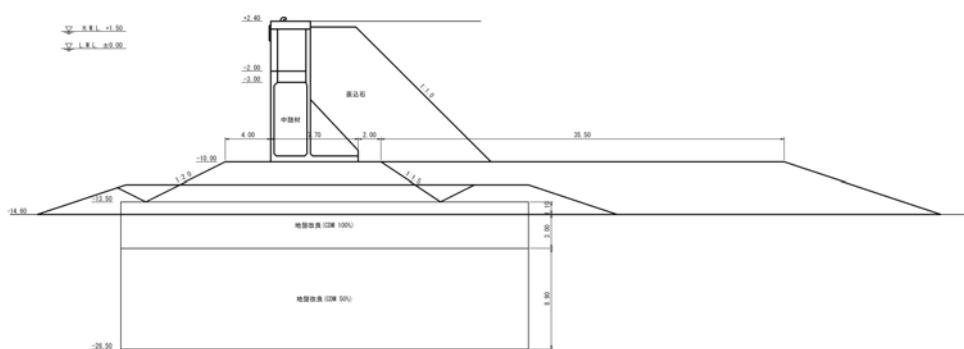


図-4.8 -5.0m 岸壁断面図



図-4.9 -5.0m 岸壁の被災状況
(左図：エプロンの飛散および洗掘状況、右図：施設法線のずれ)

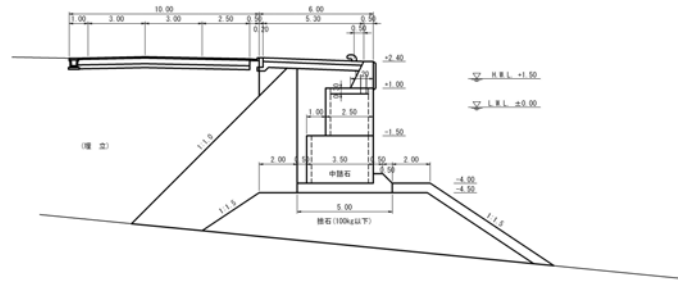


図-4.10 -4.0m 岸壁断面図



図-4.11 -4.0m 岸壁・-5.0m 岸壁の被災状況

(上から1段目図：岸壁倒壊箇所、2段目：被災箇所背後の防潮堤、
3段目：衛星画像による被災箇所の震災前後の比較*2 (左図：被災後、右図：被災前))

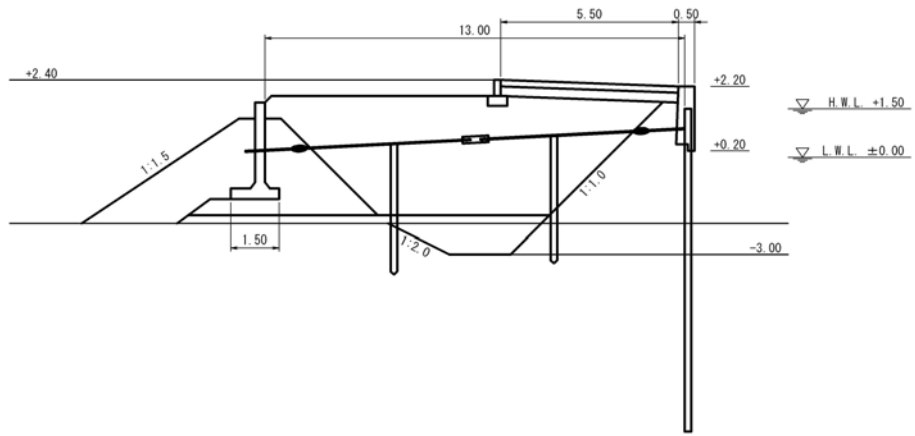


図-4.12 -3.0m 岸壁（細浦地区）断面図



図-4.13 -3.0m 岸壁（細浦地区）の被災状況

5. 気仙沼漁港

5.1 津波浸水高分布の特徴

宮城県沿岸の主要な漁港の浸水高の最大値・最小値を図-5.1に示す。

気仙沼湾は、湾口が震央に向かって開けた形状であるが、気仙沼漁港は湾奥に位置するため、漁港周辺の浸水高は比較的小さい。さらに、気仙沼漁港周辺の浸水高の分布を詳細に調べると、南側沿岸部は浸水高が6~14mと高く、この要因としては湾口が震央方向を向いており、津波が南側から侵入したためと考えられる(図-5.2)。また、漁港の市場前岸壁の対岸にある峰ヶ崎においても、浸水高が10~16mと他の調査地点に比べ高くなっている(図-5.2)。これらの浸水高の分布状況と被災状況を照らし合わせた結果、峰ヶ崎対岸の-6.0m岸壁背後の被害が特に甚大であることから、津波は南から侵入して峰ヶ崎に襲来し、その後、峰ヶ崎に沿う方向に進行方向を変え、岸壁に直な方向から侵入して、さらに岸壁に沿って湾奥にも進行したと考えられる。

5.2 施設の被災状況

本漁港の主な施設は岸壁であるが、地震による地盤沈下の被害と、津波による被害の両方の被災を受けている(図-5.3)。また、漁港施設に加えて、漁港の背後地に多数あった水産加工場および関連施設は津波により壊滅的な被害を受けた。地震および津波による被害も甚大であったが、同時に火災も発生したことから水産関連施設には、火災の痕跡も確認された。本調査では、代表的な被災施設として岸壁を中心に、表-5.1、図-5.4に示す6箇所を選定し、被災の実態とその仕組みの検討を行った。

5.2.1 係留施設

(1) -6.0m岸壁(魚市場前地区、地盤改良有り)

本施設はケーソン式の岸壁(図-5.5)で、全延長(施設延長220.0m)で地震の液状化による沈下が確認された。また、すでに応急復旧が施されており、漁船の係留に備えて嵩上げ(約0.8m)が行われていた(図-5.6)。そのため、本体工の損傷の程度を直接視認することは困難であった。しかし、法線の傾きではなく、復旧方法も、沈下した岸壁の上に直接H鋼を設置し、嵩上げを行っていることから、本体工の損傷は軽微なもの

であったと考えられる。

(2) -6.0m岸壁(魚市場前地区、地盤改良無し)

本施設は栈橋式の岸壁(図-5.7)で、一部区間において地震発生以前から改修工事により、上部工が撤去されていた。そのため、津波を減衰させる施設の機能が十分に発揮されず、背後地は直接的な被害を受けたと見られる。今回の調査結果において、この区間の背後地は他施設の背後地より、津波による浸水被害が顕著であった(図-5.8上段左図)。

上部工が残存している区間については、背後地への浸水被害は撤去区間に比べ少ないが、渡版が飛散する被害を受けている。今回の調査では、飛散した渡版が岸壁周辺では確認できなかったことから、津波で流出したと考えられ、津波の流体力が強大であったことが推察される(図-5.8上段右図)。

岸壁本体の被害について、渡版の飛散以外には大きな被害が確認されなかった。しかし、岸壁に設置された上屋は大きな被害を受けており、ほとんどの施設が津波により流出あるいは倒壊している。残存している施設の一部は、主に、柱などの骨格部分で、壁や屋根など津波の外力に対し、面で抵抗する構造物は流出している。また、残存している柱についても、木材や網など様々な種類の漂流物が引っかかっており、津波の流体力が強大であったことが確認できた。さらに、残存している柱の一部は湾曲しており、その湾曲方向が湾口から湾奥側へ向いていることから、主に押し波によって上屋が破壊されたと考えられる(図-5.8下段)。

(3) -6.0m岸壁(魚市場前)

本施設はケーソン式の岸壁(図-5.9)で、全延長(施設延長285.0m)で地震の液状化による沈下が確認された。ただし、沈下量に関しては、それぞれの構造部位で異なっており、段差やエプロンの勾配が途中で変化していた。具体的に、ケーソン上部のエプロンの沈下量が、他の部位と比較すると最も小さく、そのために海側では上部工とエプロンの間に段差が生じ、一部区間では隙間も確認することができた(図-5.10左図)。ケーソン部より陸側については、排水工までの区間でのエプロンの沈下が著しく、ケーソン部から排水工の区間が急勾配になっている(図-5.10右図)。エプロンの勾配が途中から急峻になっているので、現在は応急復旧として、フォークリフトの運搬路用に嵩上げが行われている(図-5.10右図)。ただし、エプロンの急勾配については、震災前からも確認されていたという情報もあるため、確認が必要である。

(4) -6.0m 岸壁 (南町地区)

本施設は栈橋式の岸壁 (図-5.11) で、計画水深は他の岸壁と同様であるが、重力式に比べ本体工への被害は小さかった。この要因は、本体工が杭式であるので、津波の作用面が重力式と比較すると小さかったためと考えられる。

具体的な被災状況としては、隣接する-6.0m 岸壁 (魚市場前) と接続する区間と隅角部の中央付近で岸壁法線が海側へ 4° 程度斜っており地震による被災と考えられる (図-5.12 上段左図)。本体工の杭が傾斜したことで、背後の渡版が落下する被害も確認された。また、その他の区間でも地震による被害と考えられる渡版の落下や、津波による陸側への飛散も確認できた (図-5.12 上段右図)。渡版の飛散に関しては、ほとんどの渡版が陸側に飛散していることから、津波の揚圧力によって浮上し、押し波によって陸側へ飛ばされたと考えられる。その他の被害としては、岸壁背後の土留壁の沈下が顕著であり、重力式などと同様に地震による液状化が原因と考えられる。また、一部の区間では、上部工が破損している被害が確認できた (図-5.12 下段)。破損状況から地震や津波による著癖的な被災ではなく、津波で漂流した船などが衝突したことで破損したと考えられる。

(5) -6.0m 岸壁 (魚市場前地区)

本施設は普通矢板式の岸壁 (図-5.13) であるが、今回の調査対象施設の中において最も被害が大きかった施設である。これは、津波が気仙沼湾に侵入した後、岸壁対岸にある峰ヶ崎に沿う方向に進行方向が変わり、波向きが岸壁法線に垂直方向になって直接的に岸壁に津波が作用したためと考えられる。このことは、岸壁背後の住宅地が甚大な被害を受けていることと、被災後の航空写真で、その跡地に水溜りが多数点在すること、さらに被災時のビデオ映像などからも確認できる (図-5.14 上から 1 段目)。

また、被災時のビデオ映像から、津波 1 波目の来襲後には津波は湾奥方向へと拡大し、岸壁法線に沿って津波が進行していく様子が確認できた。この岸壁法線に沿った流れが原因と考えられるが、岸壁前面は大きな洗掘されていて、前面の水深を計測したところ-9.0m 程度であり計画水深-6.0m に比べると、約 3m 洗掘されていた。この洗掘により、本体矢板が海側へ傾いて施設の法線も大きく蛇行していた (図-5.14 上から 2 段目左図)。また、岸壁背後はエプロンを含め、広範囲で洗掘されており控え杭やタイロッドまで露出していた。

これは、津波によってエプロンが流出し、さらに裏込材・埋立土が洗掘されたことに加え、矢板本体が傾斜することによる裏込材・埋立土の流出が原因と考えられる。そのため、一部のエプロンが残存している区間においても、それを支える裏込材・埋立土が流出し空洞化していることが確認できた (図-5.14 上から 2 段目右図)。

さらに、岸壁本体と共に、岸壁背後にあった上屋についても大きな被害を受けていた。大部分の上屋が基礎ごと流出しているか、あるいは上屋が残存している場合でも、周辺が大きく洗掘されて基礎部分が沈下し、上屋が傾いており、その機能を失っていた (図-5.14 上から 3 段目)。この原因としては、津波の外力が特に大きかったことと、さらに建物と建物の間が狭窄部となって津波の流速が増加し、洗掘が助長されたことが考えられる。

5.2.2 防潮堤

本施設は胸壁型の防潮堤であり、天端高 (D.L. +3.70m) はチリ地震津波によって決定しているが、内陸側に設置されているので施設自体の地盤から 2.0m 程度である。施設の被害状況としては、施設法線の若干のズレや、陸側の門扉の流出などが確認できたが、本体工の被害は軽微である。これは施設自体の高さがあまり高くなかったことに加え、基礎杭が設置されており構造的に強固であったことが要因として考えられる。しかし、防潮堤の堤内側は大きく洗掘されており、越流した津波によって洗掘したと考えられる (図-5.15)。

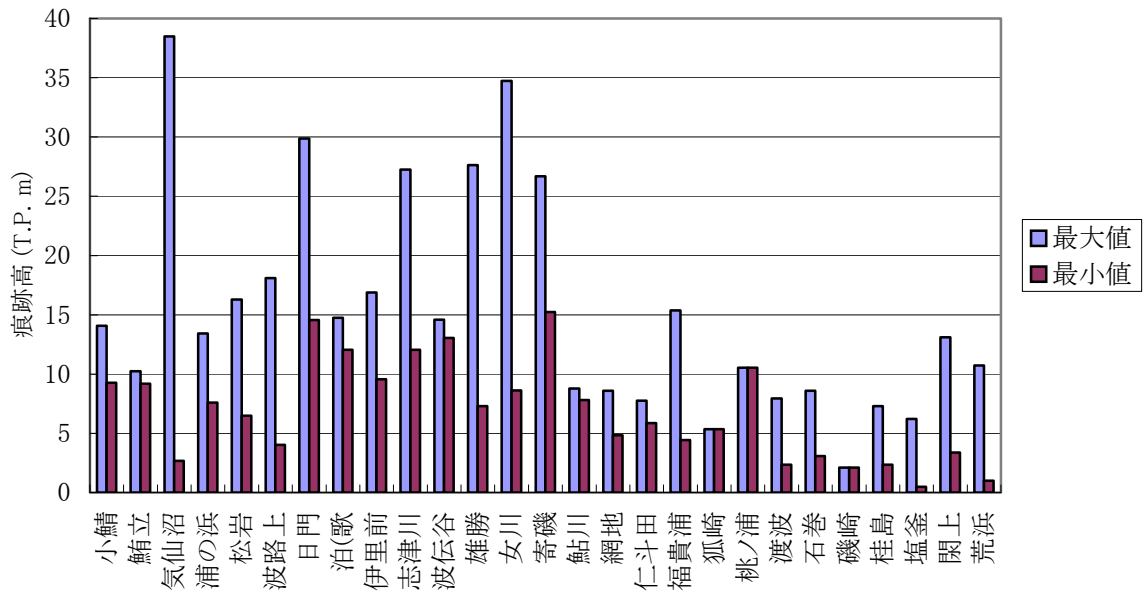
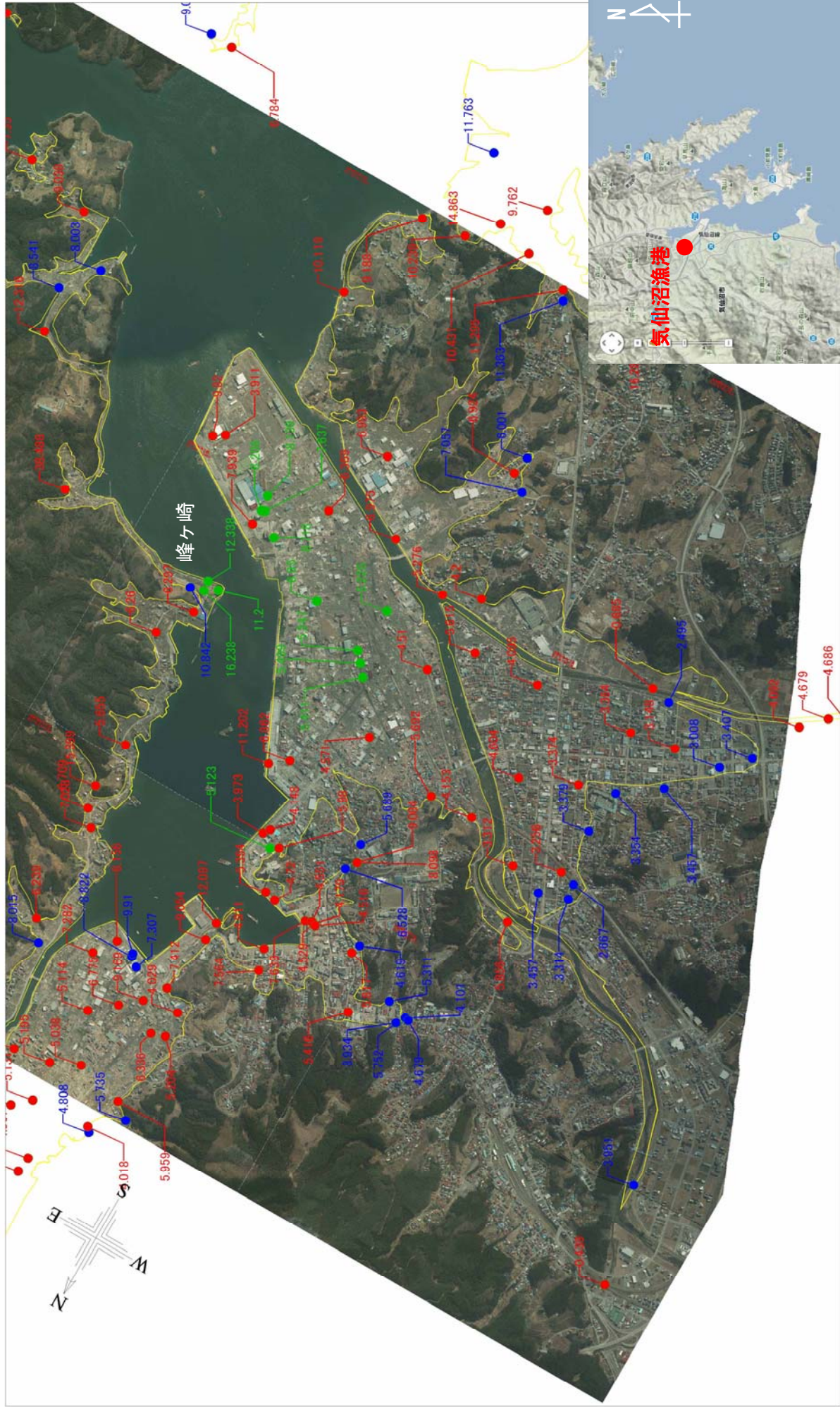


図-5.1 宮城県沿岸の津波浸水高分布（最大値・最小値）*1



- : 浸水エリア (大阪市立大学)
- : 浸水高
- : 遡上高
- : 浸水高 (水産庁)

図-5.2 気仙沼漁港周辺の津波痕跡高*1

気仙沼漁港

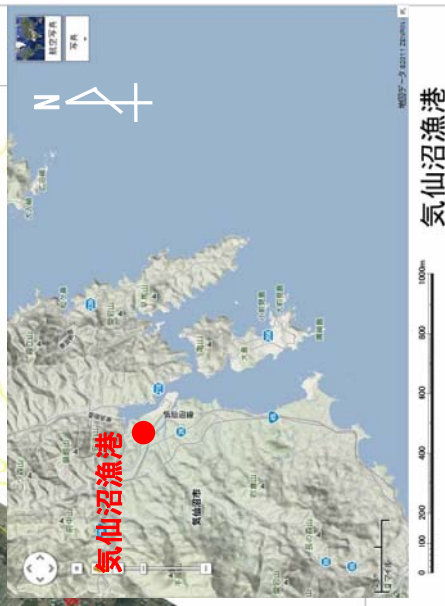




図-5.3 被災前後の気仙沼漁港（上段：被災前、下段：被災後）

表-5.1 気仙沼漁港の調査対象施設

| 施設名 | 諸元等 |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| 係留施設 | |
| -6.0m岸壁 (魚市場前地区, 地盤改良有り) | 重力式係船岸(ケーソン式) 天端高:D.L.+2.5m |
| -6.0m岸壁 (魚市場前地区, 地盤改良無し) | 栈橋式係船岸(直杭式) 天端高:D.L.+2.5m |
| -6.0m岸壁 (魚市場前) | 重力式係船岸(ケーソン式) 天端高:D.L.+2.5m |
| -6.0m岸壁 (南町地区) | 栈橋式係船岸(直杭式) 天端高:D.L.+2.5m |
| -6.0m岸壁 (魚市場前地区) | 矢板式係船岸(普通矢板式) 天端高:D.L.+2.5m |
| 防潮堤 | |
| 防潮堤 | 胸壁 天端高:D.L.+3.7m (チリ地震津波高+余裕高) |



図-5.4 気仙沼漁港の調査対象箇所

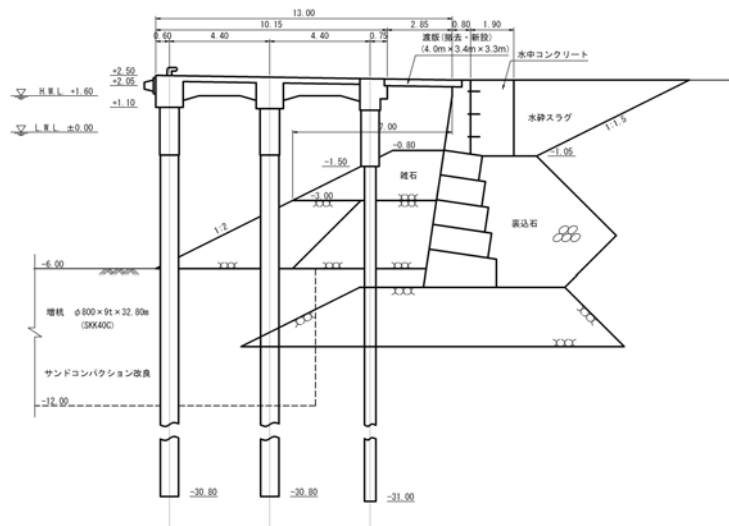


図-5.5 -6.0m岸壁（魚市場前地区、地盤改良有り）断面図



図-5.6 -6.0m岸壁（魚市場前地区、地盤改良有り）の復旧状況

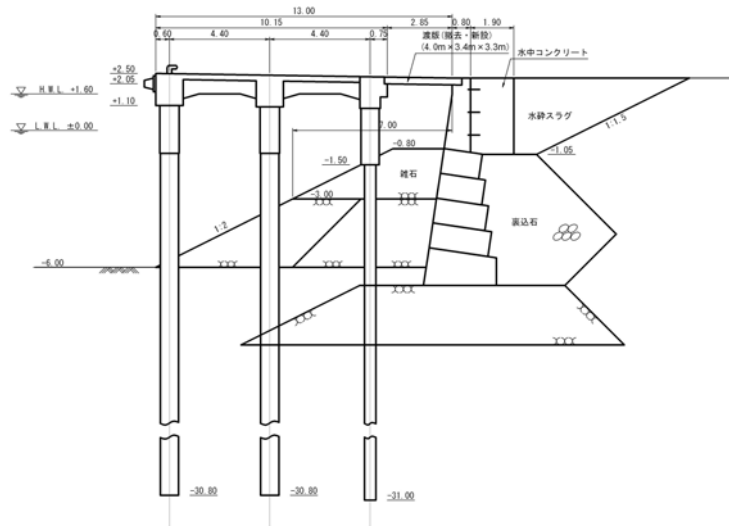


図-5.7 -6.0m 岸壁（魚市場前地区、地盤改良無し）断面図

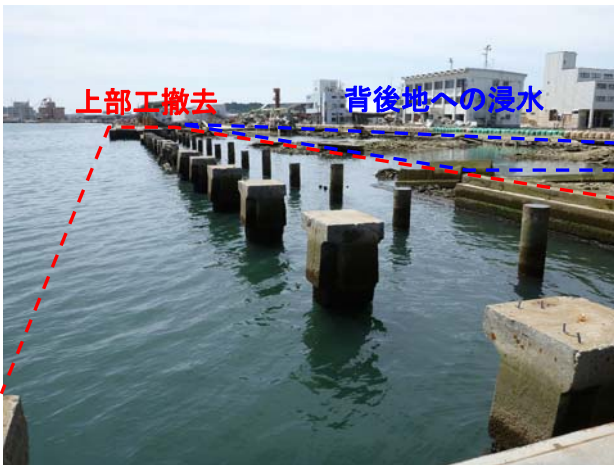


図-5.8 -6.0m 岸壁（魚市場前地区、地盤改良無し）の被災状況（上段右図：上部工撤去区間、上段左図・下段：上部工残存区間）

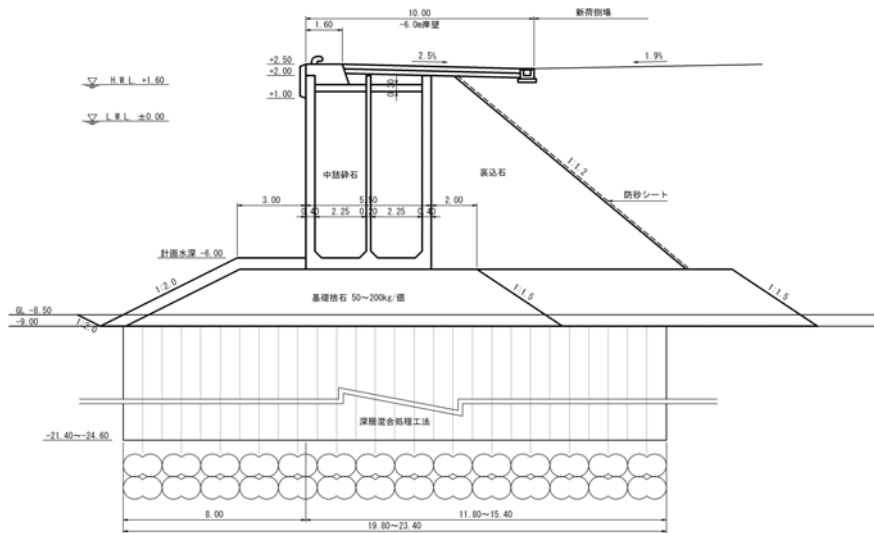


図-5.9 -6.0m岸壁（魚市場前）断面図

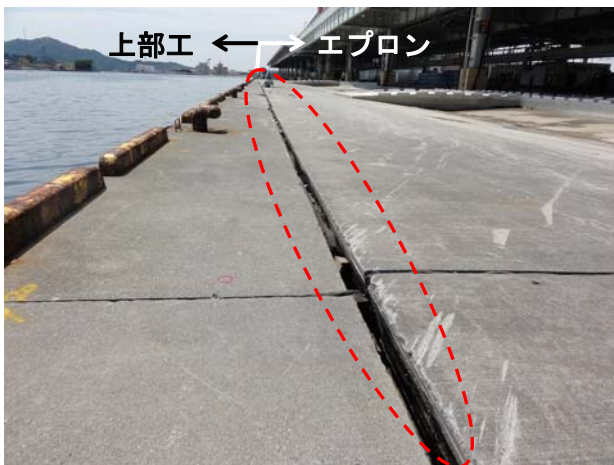


図-5.10 -6.0m岸壁（魚市場前）の被災状況

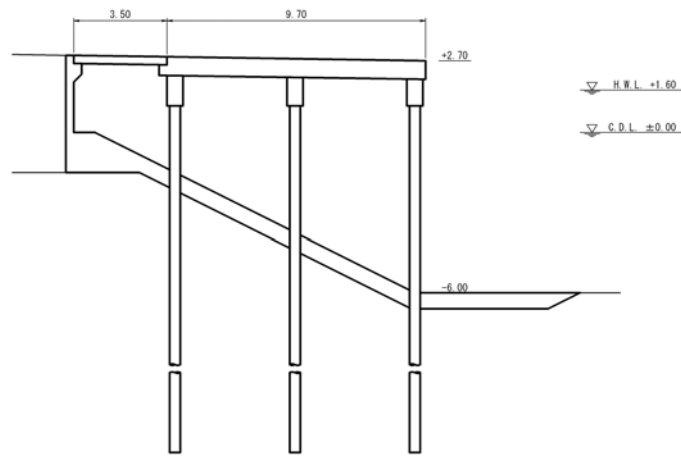


图-5.11 -6.0m 岸壁（南町地区）断面图

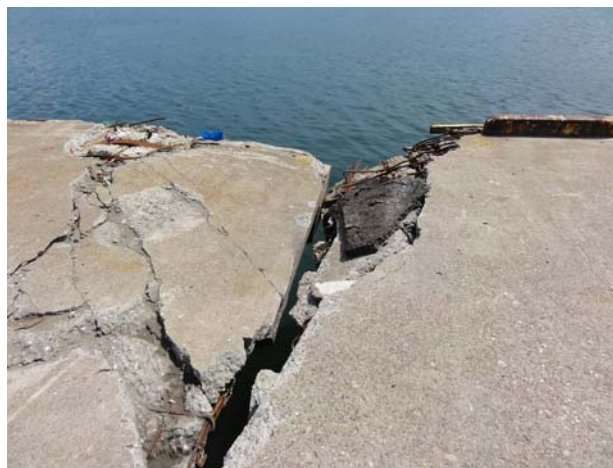


图-5.12 -6.0m 岸壁（南町地区）の被災状況

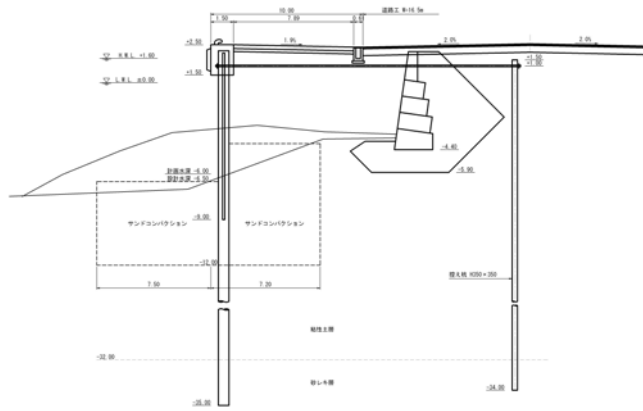


図-5.13 -6.0m 岸壁（魚市場前地区）断面図



図-5.14 -6.0m 岸壁（魚市場前地区）の被災状況
（上から1段目：ラジコンヘリ撮影*3）



図-5.15 防潮堤の被災状況

6. 志津川漁港

6.1 津波浸水高分布の特徴

志津川湾は、震央から見て北西に位置し湾口は東側が開けた形状の湾であり、津波は湾の東側から西側へ進行したと考えられる。南三陸町にある志津川漁港は、その湾奥に位置し、漁港周辺の浸水高の特徴としては、南三陸町市街地から見て南西部の林地区の漁港で13～19m程度と高い値となっている(図-6.1)。また、市街地前面にあり本調査対象箇所である本浜・大森地区周辺は15m程度の浸水高で林地区に比べて若干低い値となっている(図-6.1)。以上から、津波は湾口(東側)から湾奥(西側：林地区)へ進行し、陸地にぶつかって北側(本浜・大森地区)へ向きを変えたと考えられる。本浜・大森地区の漁港は港形が南側に開けているため、津波が漁港正面から来襲したと考えられる。さらに、漁港脇を流れる八幡川周辺の浸水高は内陸でも高い傾向が確認でき、津波が河川を遡上したことが考えられる。これは、津波来襲時に撮影されたビデオ映像からも確認できる。

6.2 施設の被災状況

南三陸町は津波による被害が甚大であったが、それに加え、地盤沈下も顕著である。そのため、満潮時では係留施設が冠水する区間もある(図-6.2)。また、今回の調査範囲である本浜・大森地区では、外郭施設の防波堤が津波により大きく被災している。本調査では、代表的な被災箇所として、表-6.1、図-6.3に示す5箇所を選定し、被災の実態とその仕組みの検討を行った。

6.2.1 外郭施設

本浜地区にある東防波堤、南防波堤はそのほとんどが津波により流出している状況である。また、大森地区の防波堤に関しても、先端部で堤体が流出する被害を受けている。それぞれの防波堤の被災状況は以下の通りである。

(1) 東防波堤

本施設はブロック積式の防波堤(図-6.4)であるが、全延長(施設延長279.3m)で地震の液状化による沈下が確認できた(図-6.5上段)。さらに、津波によって基部側が特に損傷しており、陸上調査では詳細な被災状況の把握が困難であった。そのため、基部側から先

端部まで3次元サイドスキャンソナー(C3D)による水中調査を行った(図-6.6)。その結果、陸上から確認できない基部側周辺では、本体工が流出したような形跡が確認できないことから、本体工は沈下あるいは転倒したと考えられる。また、先端部については、陸上調査の目視で本体工が傾斜していることが確認できた。これとC3Dの海底地形測量結果と比較すると、東防波堤と南防波堤の港口部で水深が深くなっていることが確認できた。これは、港口部が狭窄部となり、流速が増加し基礎が洗掘されたと考えられ、それに伴い本体工が傾斜したと考えられる。

また、本施設の横には新井田川が流れており、本施設の基礎部に隣接して新井田川防潮水門が設置されている。漁港横の八幡川の河口にも同様に、八幡川防潮水門が設置されているが、水門は隣接する施設と比較すると基礎部から強固な構造で建設されており、津波による被害は概ね少ない。しかし、水門が破壊されないことで、津波が水門周辺から越流し、水門両脇で大規模な洗掘が発生していた。このメカニズムにより、東防波堤の基部側背後地も、大きく洗掘され被害が甚大であった(図-6.5下段)。また、東防波堤の法線についても、南側から進行してきた津波を誘導する形状となったと考えられ、押し波時には東防波堤に沿って津波が背後地へ浸水したと考えられる。

(2) 南防波堤

本施設はコンクリート単塊式の防波堤(図-6.7、施設延長208.0m)で、護岸と接続する基部(約26m)を残して、それより先端側は倒壊、流出していた(図-6.8)。残存した基部側についても、パラペットが飛散しており、その残骸を陸側で確認できた(図-6.8)。本施設は、フラットな既設上部工にパラペットを設けることで嵩上げた断面であり、そのために上部工とパラペットの接続部が構造上の弱部となりやすく、津波により飛散したと考えられる。

基部側以外の堤幹部、堤頭部については、陸上調査による被災状況の確認が困難なため、3次元サイドスキャンソナーで取得した海底地形側結果から、基部側と同様に堤幹部、堤頭部側でも内港側にパラペットの残骸と見られる形跡が確認できた。また、本体工については、南防波堤設置箇所周辺が浅くなっているため、設置箇所周辺で沈下あるいは倒壊していると考えられる(図-6.9)。

(3) 防波堤(大森地区)

本施設は陸側の護岸と接続している施設で、基部側

がコンクリート単塊式の防波堤（図-6.10、施設延長185.5m）で、先端部が斜杭式の防波堤（施設延長256.1m）となっている。

最初にコンクリート単塊式の防波堤の被災状況について、隣接する護岸の起点部でパラペットの飛散が確認できた（図-6.11 上段左図）また、根固方塊と被覆ブロックについても流出していることが陸上部から確認できたが、流出したブロックの行方については陸上部から確認できなかった。3次元サイドスキャナーの海底地形測量結果では、防波堤の前面で水深が浅くなっている箇所があり、これが飛散したブロックだと考えられ、ブロックは引き波により沖側へ流されたと推察される（図-6.12）。

次に斜杭式の防波堤の被災状況について、先端部において堤頭部を残し、上部工と本体工の杭が流出していた（図-6.11）。3次元サイドスキャナーの海底地形測量結果より、隅角部から先端部の区間の水深が-10.0m程度と深くなっており、本体工の杭周辺が大きく洗掘されていることが確認できる（図-6.12）。また、この流出区間と隣接している区間では、港外側の上部工が破断し、本体工の杭と共に流出していることが確認できた（図-6.11 下段左図）。残存している杭についても、基礎地盤が大きく洗掘されているので十分な根入れを確保できていないと考えられ、非常に不安定な状態だと推察される。その他に、上部工が残存している区間でも、港内側にクラックを多数確認できた（図-6.11 下段右図）。3次元サイドスキャナーの海底地盤測量結果では、東防波堤と南防波堤の港口から沖側へ向けて水深が深くなっており、引き波時には、この箇所を津波が沖向きへ進行したと考えられる（図-6.12）。本施設の隅角部から先端までの法線は、津波の進行方向に対し垂直であるので、津波の作用が大きかったと考えられる。その結果、杭周辺が大きく洗掘され、さらに港外側の杭が沖側へ押されることで上部工が沖側へ傾斜し、流出または上部工にクラックが発生したと考えられる。

6.2.2 係留施設

(1) 本岸壁（本浜町、南町）

本施設は、ブロック積式の区間と栈橋式（図-6.13）の区間がある（図-6.14）。

最初にブロック積式の岸壁の被災状況について、全延長で岸壁本体が沈下していることが確認できた。各構造部位に関して、本体工および上部工は、階段区間

を除き顕著な被害は確認できなかった（図-6.15 上段左図）。しかし、エプロンや背後地では、エプロンの流出、洗掘などの大きな被害を受けていた。特に、防潮堤の前面と陸閘部の前後で洗掘が顕著であった（図-6.15 上段右図）。この要因として、防潮堤前面では、引き波時に防潮堤を越流した津波によって前面が洗掘されたと考えられる。また、陸閘部では、門扉が流出することで津波の流入、流出口となり、さらに狭窄部であることから流速が増加し前後が洗掘されたと考えられる。また、栈橋式との境界である隅角部においても、エプロンと背後地が広範囲に渡り流出し、冠水する被害が確認された（図-6.15 下段）。

次に、栈橋式の護岸の被災状況について、ブロック積式と同様に地震による沈下が確認できた。また、重力式との境界である隅角部についても、重力式と同様に広範囲における背後地の流出が確認された。この箇所において、岸壁前面と背後の水深を計測したところ、前面が-2.0m、背面が-4.4mと前面側が浅く、背後側が深くなっていることが確認できた。この隅角部背後には八幡川が流れているが、その河口には八幡川防潮水門が設置されていて、この水門周辺から岸壁背後まで洗掘の被害が顕著であった（図-6.16）。これは、東防波堤基部にある新井田川防潮水門周辺においても同様の被害を確認したが、本施設の場合、引き波時に構造上強固な水門が堰となり、押し波時に遡上した津波が水門の脇から岸壁背後地の方向へ越流し、その結果、広範囲の洗掘が発生したと考えられる（図-6.16 下段左図）。さらに、その際に岸壁背後で洗掘された土砂が、岸壁前面に堆積したことで、背面側より前面側の水深のほうが浅くなったと考えられる。

その他の被害としては、津波による渡版の飛散が確認された（図-6.16 下段右図）。

6.2.3 防潮堤

本施設の構造形式は胸壁（図-6.17）で、新井田川防潮水門と八幡川防潮水門と接続している。被害が大きい箇所は、水門周辺部、陸閘部、隅角部であった。水門周辺に関しては、東防波堤および本岸壁（本浜町、南町）の項で述べたように、構造上強固な水門が堰となり、水門周辺から津波が越流することで、防潮堤の基礎部が洗掘され、堤体が転倒および倒壊する被害を受けていた（図-6.18 上段）。また、陸閘部に関しては、陸閘が流出した後、その区間が津波の流入、流出口となり、かつ狭窄部であることから、流速が増加し、堤

外・堤内側の両方で洗掘の被害が顕著であった（図-6.18 下段左図）。また、隅角部においても、津波が収斂しやすく、本体工が倒壊しており、そのために防潮堤周辺は大きく洗掘されていた（図-6.18 下段左図）。

本施設のほとんどの区間が胸壁の構造形式であるが、一部の区間で三面張りの区間がある。三面張りの区間は胸壁の区間に比べ、基礎部の洗掘の被害が軽微であった。構造形式が胸壁の場合、地盤から天端までの高低差が大きいため、越流した津波による基礎部の洗掘の被害が甚大であった。しかし、三面張りの場合、地盤から天端までの間に小段が設けられており、そのことで高低差が小さくなり、比較的洗掘の被害が軽微であったと考えられる（図-6.18 下段右図）。

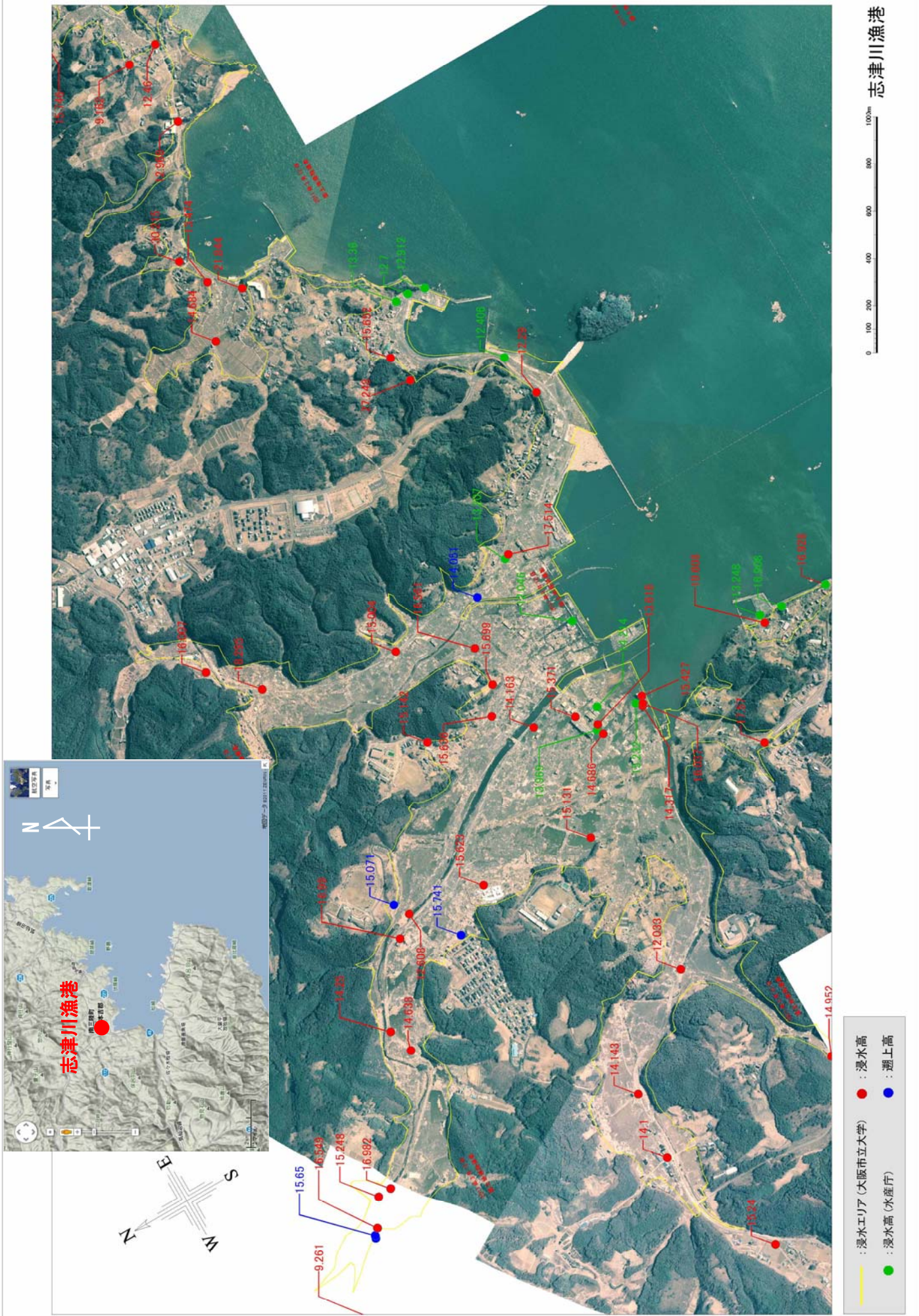


図-6.1 志津川漁港周辺の津波痕跡高*1



図-6.2 被災前後の志津川漁港（上段：被災前、下段：被災後）

表-6.1 志津川漁港調査対象施設

| 施設名 | 諸元等 |
|------------------|---|
| 外郭施設 | |
| 東防波堤 | 重力式混成堤(ブロック積式) 天端高:D.L.+3.0m |
| 南防波堤 | 重力式混成堤(コンクリート単塊式) 天端高:D.L.+3.5m |
| 防波堤 (大森地区) | 重力式混成堤(コンクリート単塊式) 天端高:D.L.+3.5m 矢板(斜杭式) 天端高:D.L.+3.5m |
| 係留施設 | |
| 本岸壁 (本浜町, 南町) | 重力式係船岸(ブロック積式) 天端高:D.L.+2.5m 栈橋式係船岸(直杭式) 天端高:D.L.+2.1m |
| 防潮堤 | |
| 防潮堤 | 胸壁 天端高:D.L.+5.5m |

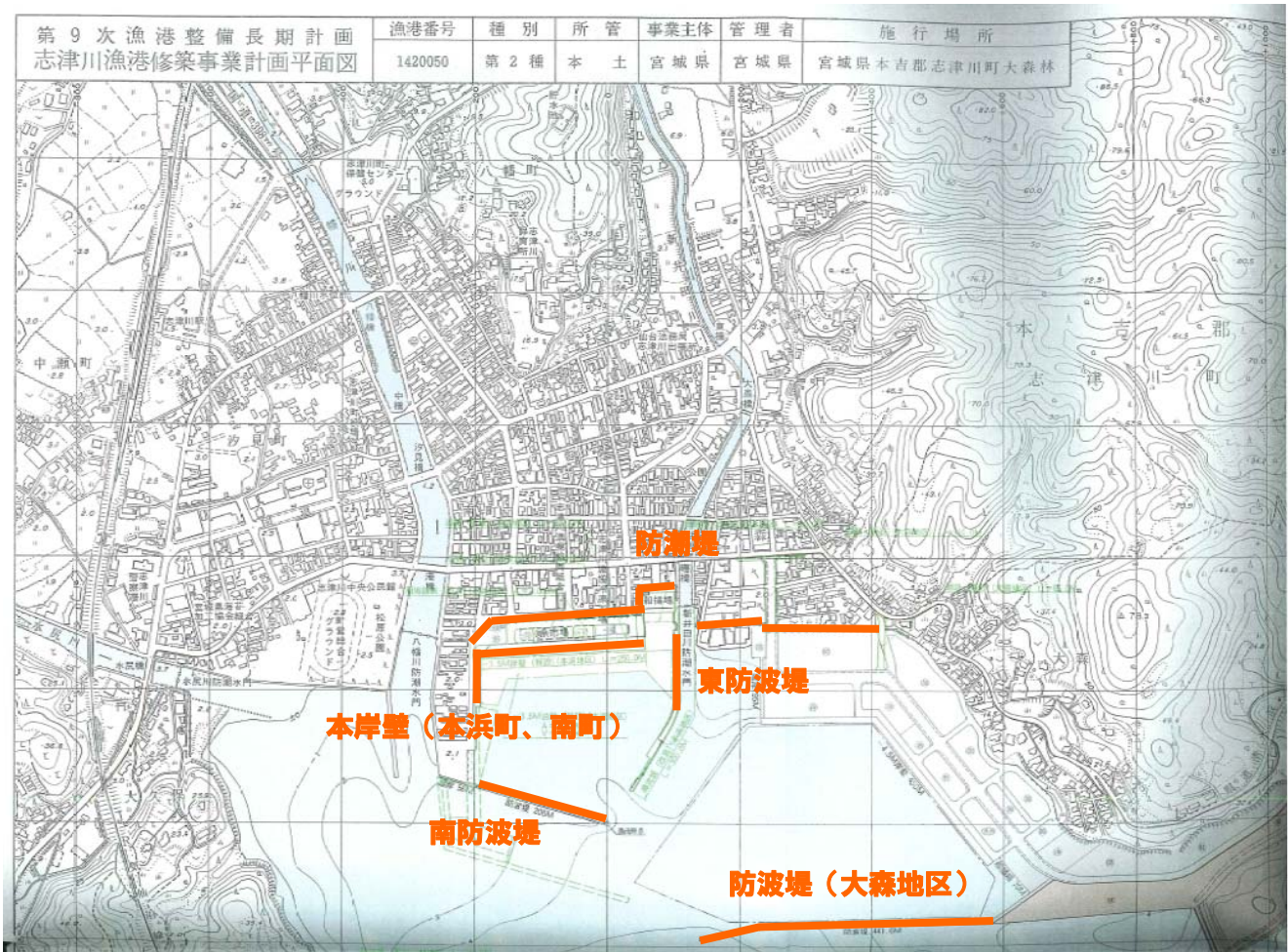


図-6.3 志津川漁港の調査対象箇所

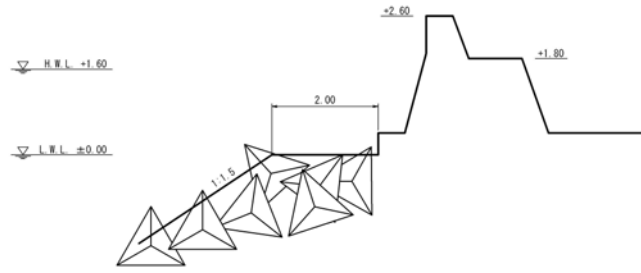


図-6.4 東防波堤断面図



図-6.5 東防波堤付近の被災状況
(上段左図：ラジコンヘリ撮影*³)

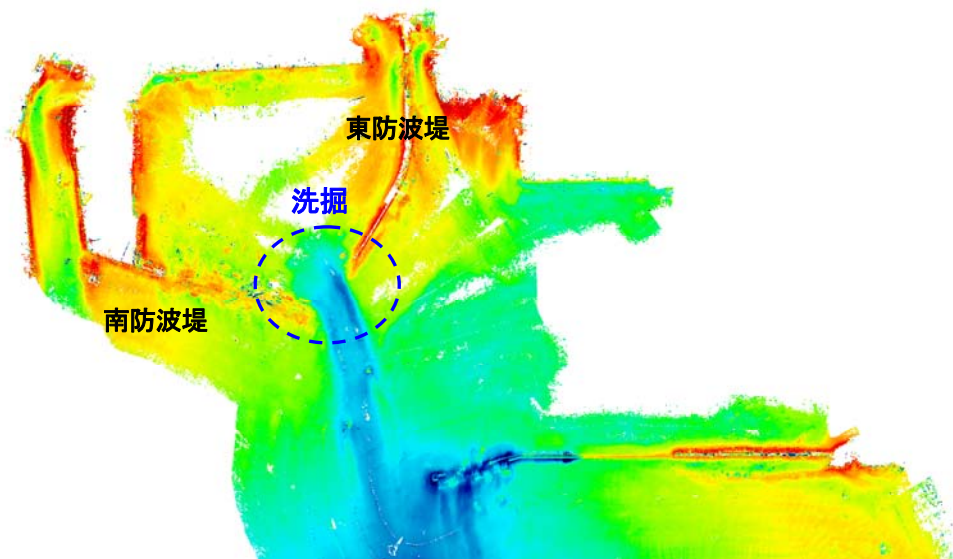


図-6.6 東防波堤付近の3次元サイドスキャンソナーの海底地形調査結果

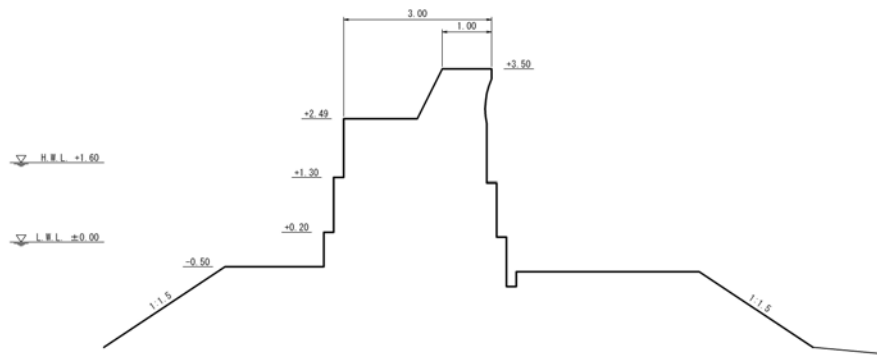


図-6.7 南防波堤断面図



図-6.8 南防波堤の被災状況

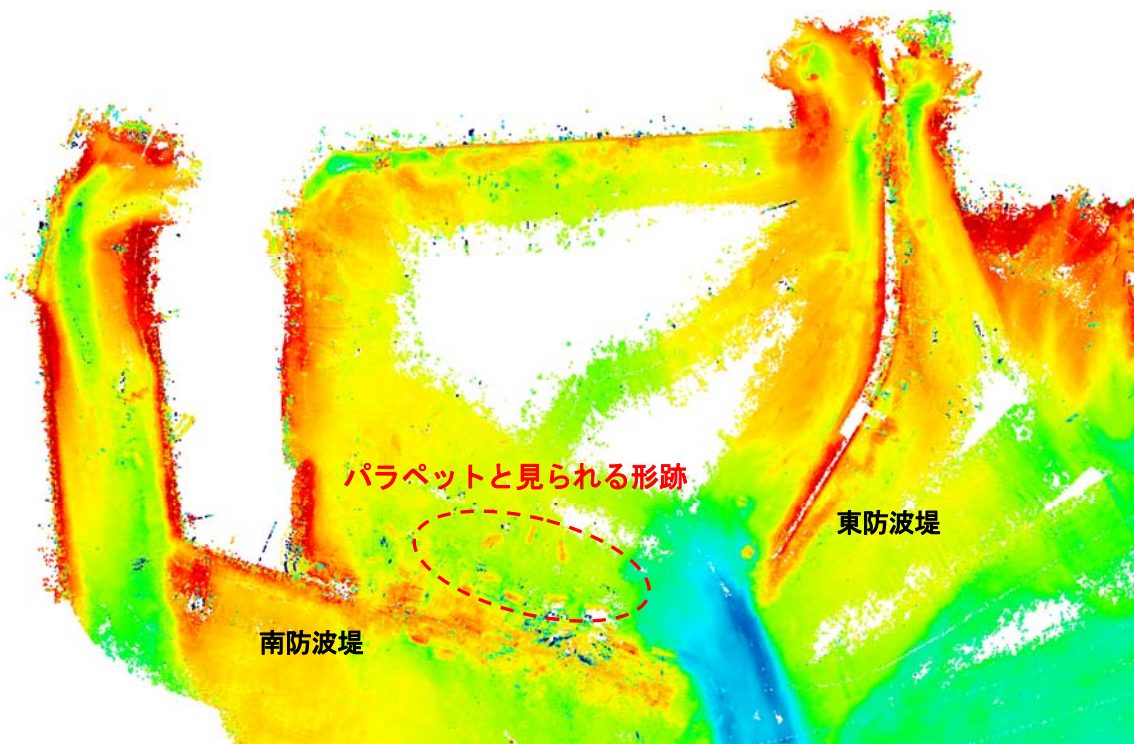


図-6.9 南防波堤付近の3次元サイドスキャナーによる海底地形測量結果

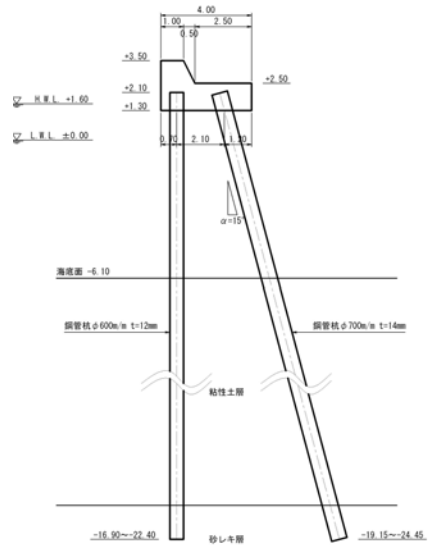


図-6.10 防波堤（大森地区）断面図（斜杭式）



図-6.11 防波堤（大森地区）付近の被災状況
（上段右図：ラジコンヘリ撮影*3）

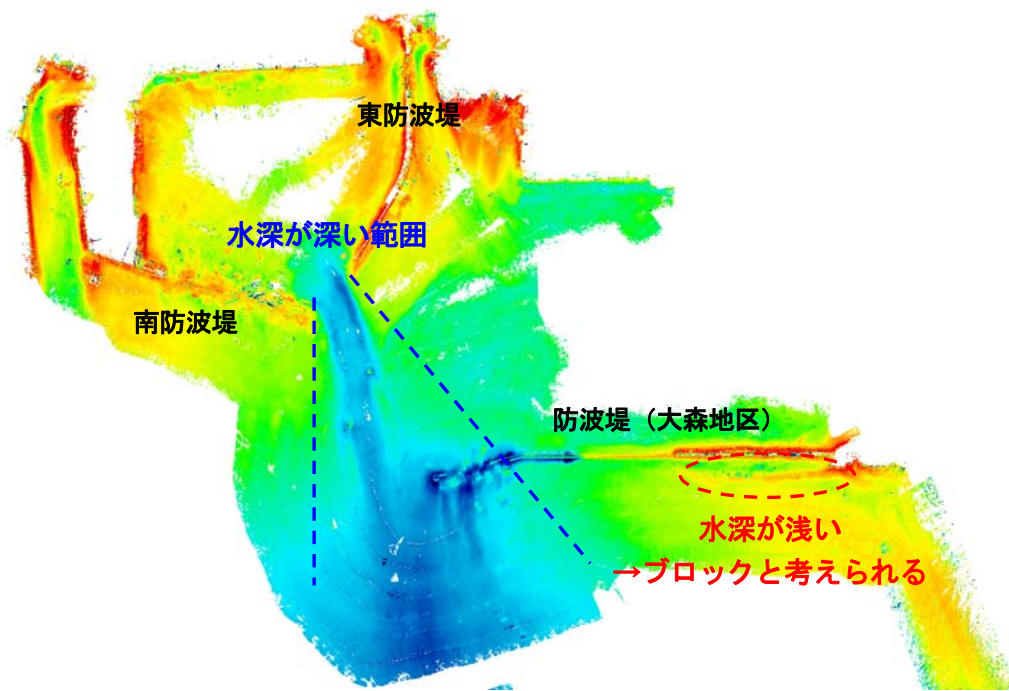


図-6.12 防波堤（大森地区）付近の3次元サイドスキャナーによる海底地形測量結果

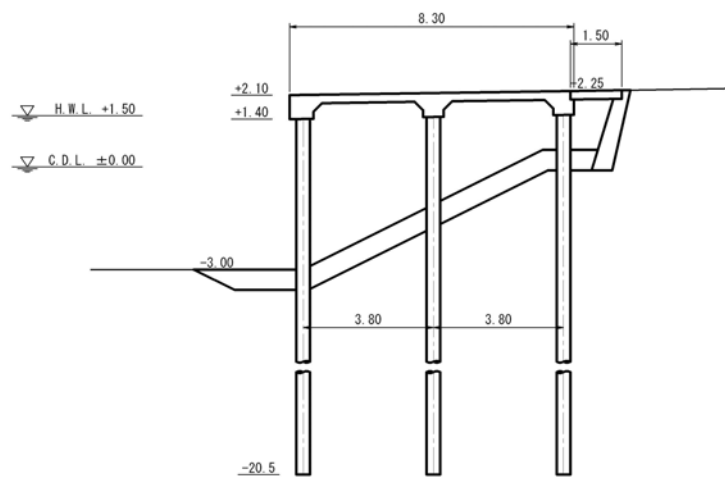


図-6.13 本岸壁（本浜町、南町）断面図（栈橋式）



図-6.14 本岸壁（本浜町、南町）の被災状況（ラジコンヘリ撮影*³）



図-6.15 本岸壁（本浜町、南町）ブロック積式区間の被災状況



図-6.16 本岸壁（本浜町、南町）栈橋式区間の被災状況
（上段：ラジコンヘリ撮影^{*3}）

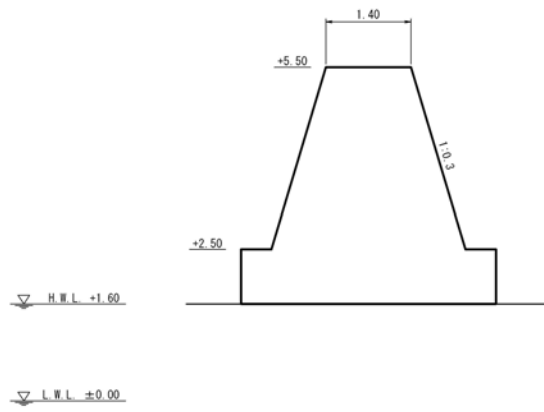


図-6.17 防潮堤断面図（胸壁）

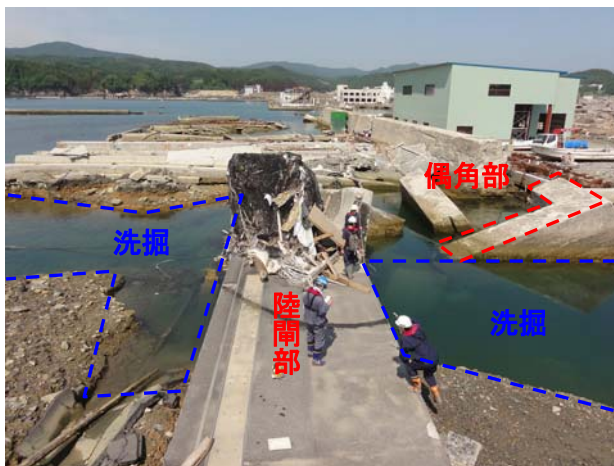


図-6.18 防潮堤付近の被災状況
(上段：ラジコンヘリ撮影*³)

7. 女川漁港

7.1 津波浸水高分布の特徴

女川湾は、湾口が東側を向いており、かつ震央から見てほとんど西側に位置することから、湾口が震央に向かって開いた状況であった。さらに、女川湾の湾口部には、島などの害物がないため、津波の影響を直接的に受けたと考えられる。漁港周辺の浸水高の特徴としては、15m～20m程度の浸水高が、女川町全体で確認された。また、女川町は背後が山間部となっているので、その山間部で高い遡上高が記されており、34m以上という非常に高い遡上高も記されている(図-7.1)。津波来襲時のビデオ画像からも、押し波時は水位が漁港全体で々に上していき、引き波時は漁港全体において湾口へ流出する様子が確認された。

7.2 施設の被災状況

女川町は南三陸町と同様に、地震と津波の両方による被害が甚大であった。津波の被害に関しては、湾口にあった防波堤が基部2スパン程度のみを残し、堤幹部、堤頭部が倒壊していた(図-7.2)。また、地震の被害に関しては、岸壁のエプロンの沈下や本体矢板のはらみ出しが確認された。本調査では、代表的な被災箇所として、表-7.1、図-7.3に示す5箇所を選定し、被災の実態とその仕組みの検討を行った。

7.2.1 外郭施設

(1) 南防波堤

本施設は、ケーソン式の防波堤(図-7.4)で津波による被害が顕著で、陸上部との取り付け部および基部側の2スパン程度を残し、堤幹部、堤頭部は倒壊、流出していた(図-7.5)。防波堤基部にある採石場でのヒアリング結果で、津波の押し波時は除々に水位が上したものの防波堤の倒壊は確認されず、引き波時に陸側から順々に堤外側へ倒壊したという情報があった。3次元サイドスキャナー(C3D)による海底地形測量を見ても、堤外側に散した堤体が確認でき、ヒアリング結果と一致した(図-7.6)。

7.2.2 係留施設

本漁港の岸壁は地震により大きな被害を受けているが、その中で、宮ヶ崎取付岸壁・大原岸壁、-5.5m岸

壁、-7.0m岸壁およびの岸壁については津波による被害も顕著であった。それぞれの被災状況は以下の通りである。

(1) 宮ヶ崎取付岸壁・大原岸壁

本施設は、栈橋式の岸壁(図-7.7)で津波による被害が甚大であった(図-7.8)。特に、隅角部では本体工が流出しており、また背後地も大きく洗掘されていた(図-7.8)。残存している区間においても、前面の水深が-7.5m程度で計画水深-5.5mに比べ2m程度深くなっていた。さらに、残存している岸壁背後の建物周辺でも洗掘が顕著であった。陸上部の調査では、倒壊した本体工および洗掘された土砂は、背後地で確認されなかったことから引き波時に沖側に流出したと考えられる。3次元サイドスキャナーの海底地形測量結果と比較すると、隅角部前面の水深は-4m程度と浅くなっていることから、陸上部から流出した土砂が岸壁前面に堆積したと考えられ、この区間は、主に引き波時によって大きく被災したと考えられる(図-7.9)。

(2) -5.5m岸壁

本施設は岸普通矢板式の岸壁(図-7.10)であるが、地震の被災が顕著であり、全延長で液状化による沈下が確認された。この沈下後に、津波によってエプロンが飛散し、裏込材・埋立土が流出したと考えられる。最も被害が大きい場所は市場前で、本体工とエプロンが沈下し、常時冠水しているため、現況では岸壁としての機能を失っていた(図-7.11上から1段目)。また、荷捌場の区間も沈下が顕著で、エプロンの飛散や上屋の屋根が落下するなどの被災を受けていた(図-7.11上から2段目)。この区間も沈下は著しいが、冠水するほどではなく、一部の区間で応急復旧の嵩上げが行われており、調査期間においても漁船の係留が確認された(図-7.11上から3段目)。

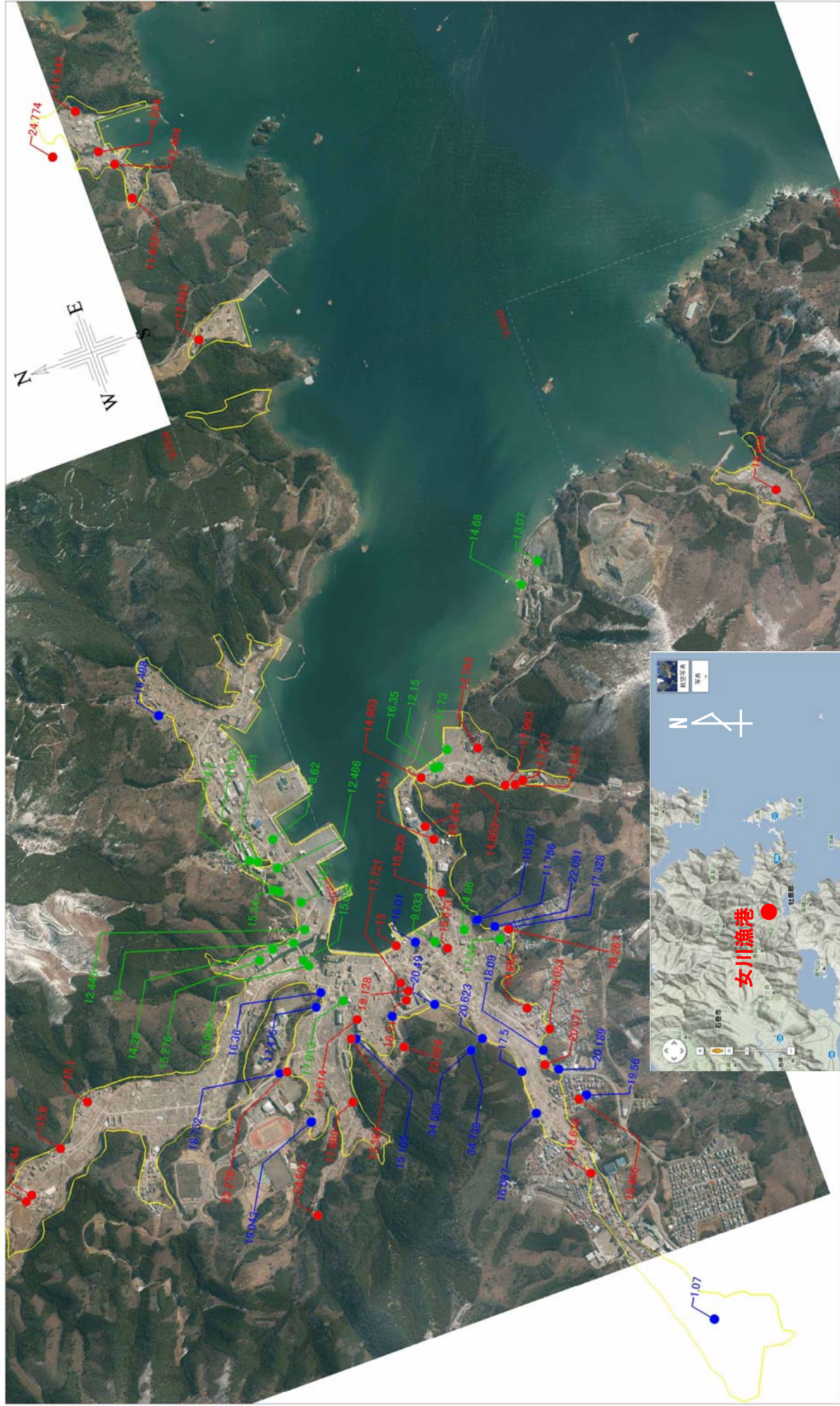
(3) -7.0m岸壁

本施設は普通矢板式の岸壁(図-7.12)で、-5.5m岸壁と同様に地震による液状化で本体工およびエプロンが沈下しており、津波によってエプロンが飛散し、裏込材・埋立土が流出したと考えられる(図-7.13)。特に、頭先端部の沈下が著しく、本体工、エプロンともに沈下し、常時冠水していた(図-7.13上段右図)。その他の区間では、エプロンや背後地の舗装が広範囲で飛散していることから、沈下後に津波によって被災したと考えられる(図-7.13)。この岸壁の港湾岸壁側は、瓦礫置き場として利用されていたため、エプロン

や背後地の被害状況を直接確認することはできなかった。しかし、法線がたわんでいることから、裏込材・埋立土の流出など本体工が被災していると考えられる（図-7.13 下段右図）。

(4) の 岸壁

本施設はブロック積式の岸壁（図-7.14）であるが、他の岸壁同様に地震の液状化による沈下が全延長で確認された（図-7.15）。特に、エプロンの沈下が顕著で、津波による飛散も一部区間で確認された（図-7.15）。飛散したエプロンは背後地に散らしていたことから、押し波時に飛散したと考えられる。また、角部で本体工の倒壊と流出が確認された（図-7.15 下段）。3次元サイドスキャンの海底地形測量結果を確認したところ、岸壁付近では飛散した本体工を確認することはできなかった（図-7.16）。陸上調査においても、背後地で飛散した本体工は確認されなかったことから、津波の引き波時に流出し、さらに背後地の埋立土も流出したと考えられる。



- : 浸水エリア (大阪府立大学)
- : 浸水高
- : 遡上高
- : 浸水高 (水産庁)

女川漁港

図-7.1 女川漁港周辺の津波痕跡高*1



図-7.2 被災前後の女川漁港（上段：被災前、下段：被災後）

表-7.1 女川漁港の調査対象施設

| 施設名 | 諸元等 |
|--------------|--------------------------------|
| 外郭施設 | |
| 南防波堤 | 重力式混成堤(ケーソン式) 天端高:D.L.+5.5m |
| 係留施設 | |
| 宮ヶ崎取付岸壁・大原岸壁 | 栈橋式係船岸(直杭式) 天端高:D.L.+2.5m |
| -5.5m岸壁 | 矢板式係船岸(普通矢板式) 天端高:D.L.+2.7m |
| -7.0m岸壁 | 矢板式係船岸(普通矢板式) 天端高:D.L.+2.7m |
| 鷺の神岸壁 | 重力式係船岸(ブロック積式) |

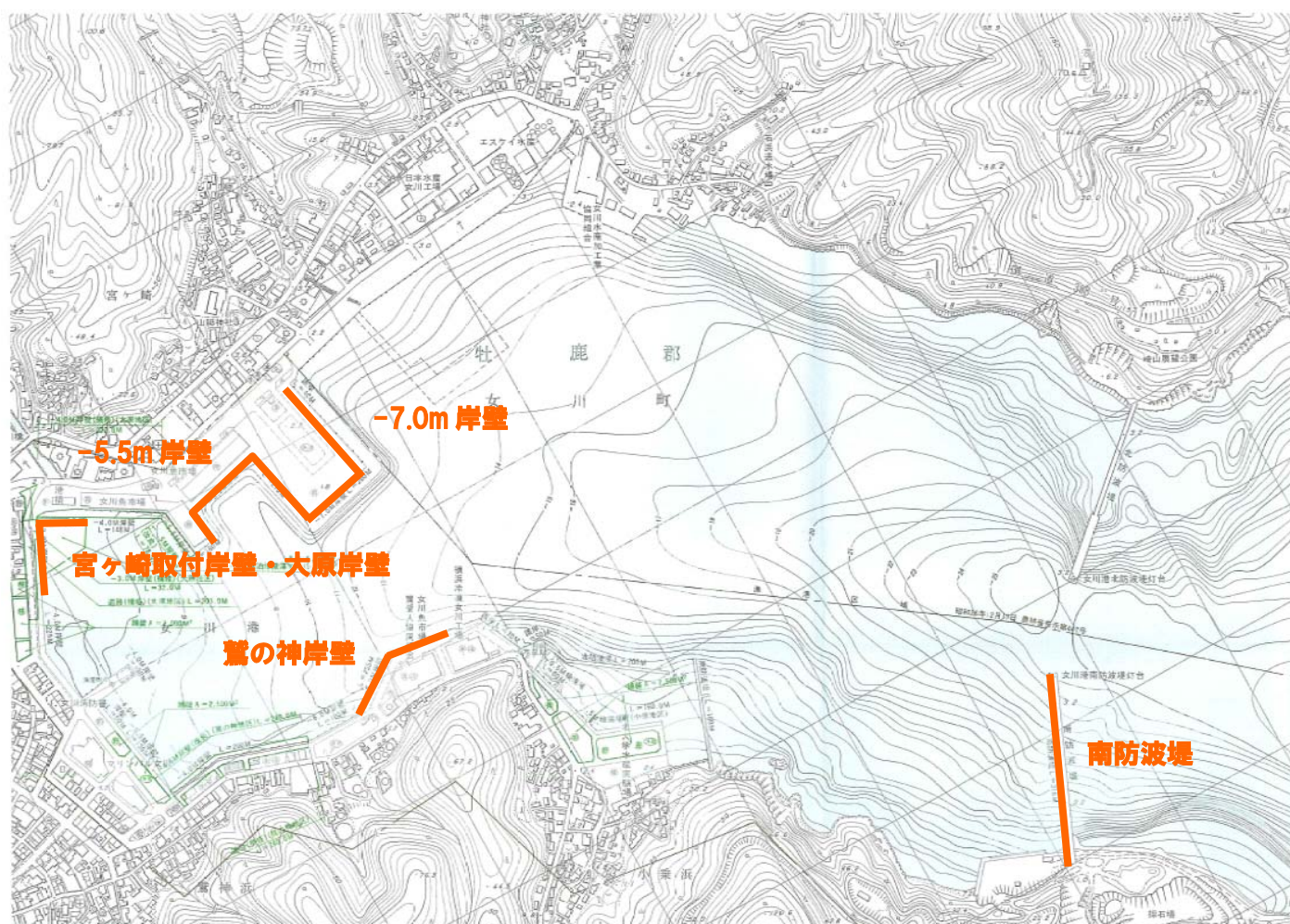


図-7.3 女川漁港の調査対象箇所

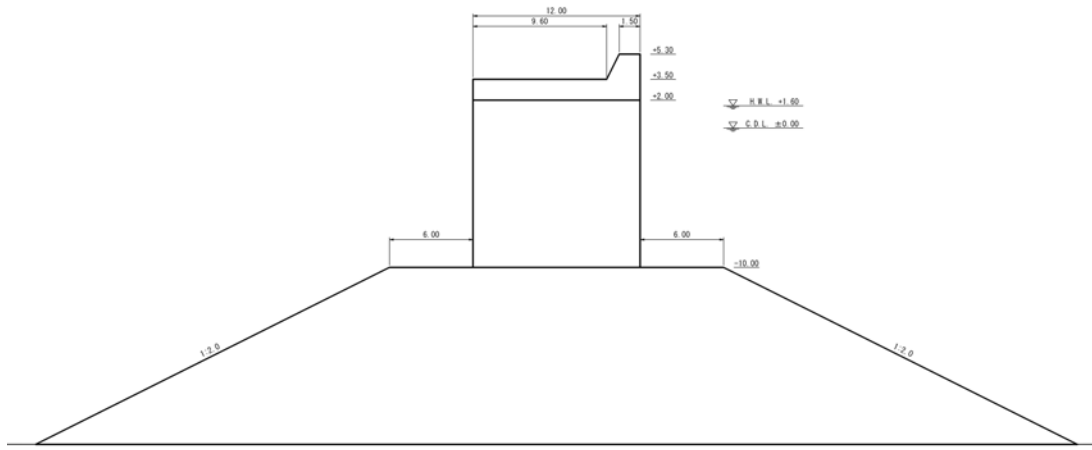


図-7.4 南防波堤断面図



図-7.5 南防波堤の被災状況

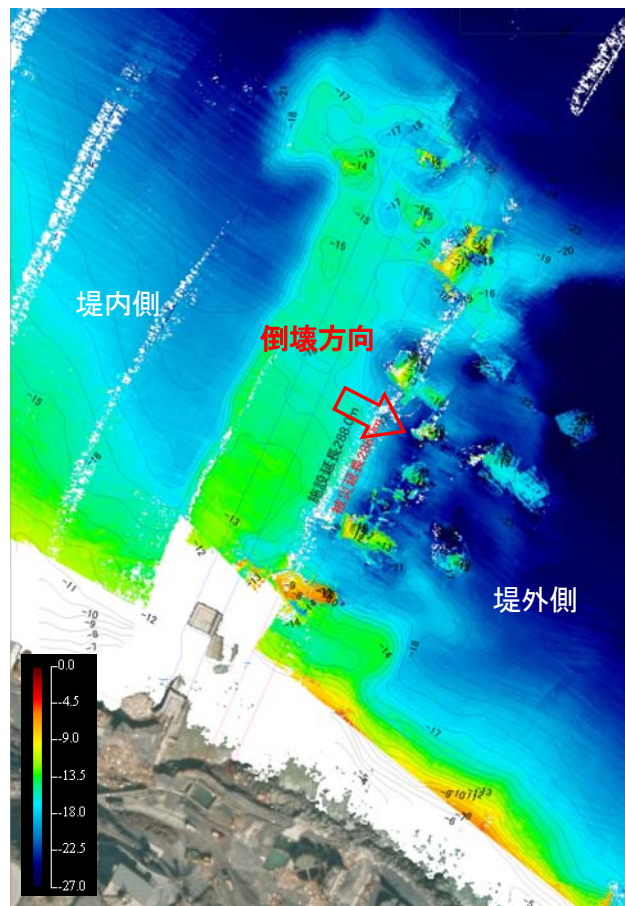


図-7.6 南防波堤付近の付近の3次元サイドスキャナーによる海底地形測量結果

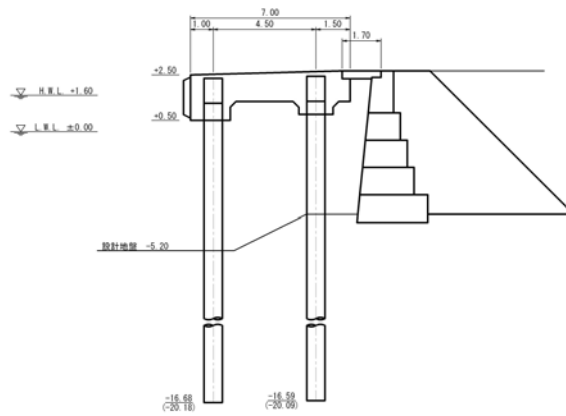


図-7.7 宮ヶ崎取付岸壁・大原岸壁断面図



図-7.8 宮ヶ崎取付岸壁・大原岸壁の被災状況
(左図：ラジコンヘリ撮影*³)

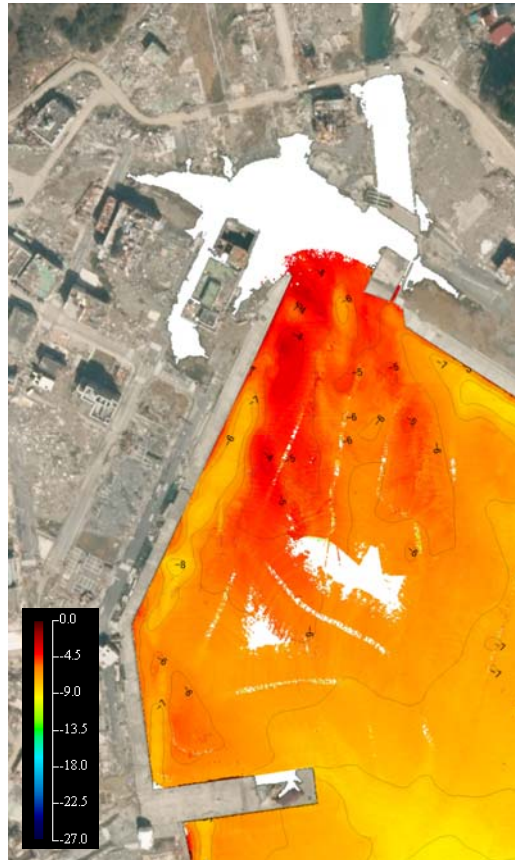


図-7.9 宮ヶ崎取付岸壁・大原岸壁付近の付近の3次元サイドスキャナーによる海底地形測量結果

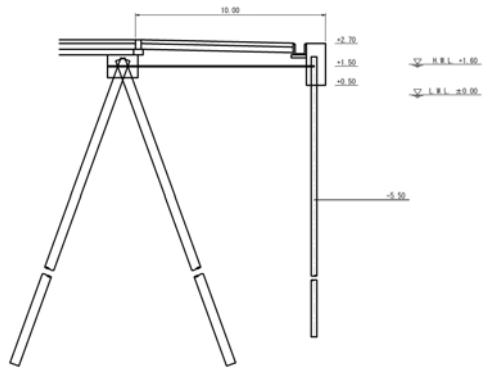


図-7.10 -5.5m 岸壁断面図



図-7.11 -5.5m 岸壁付近の被災状況
 (上から1段目：市場前の状況、2段目・3段目：荷捌場付近の状況)

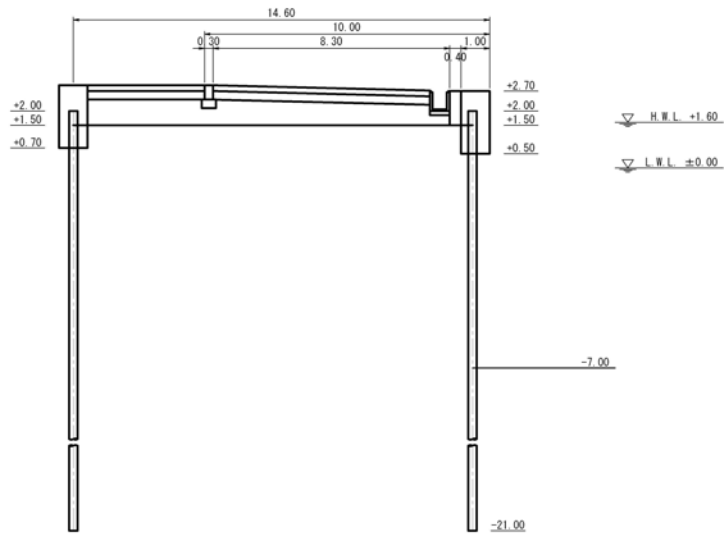


図-7.12 -7.0m 岸壁断面図



図-7.13 -7.0m 岸壁の被災状況

(上段左図：ラジコンヘリ撮影*3、上段右図：埠頭先端部の被災状況

下段右図：港湾岸壁側の被災状況)

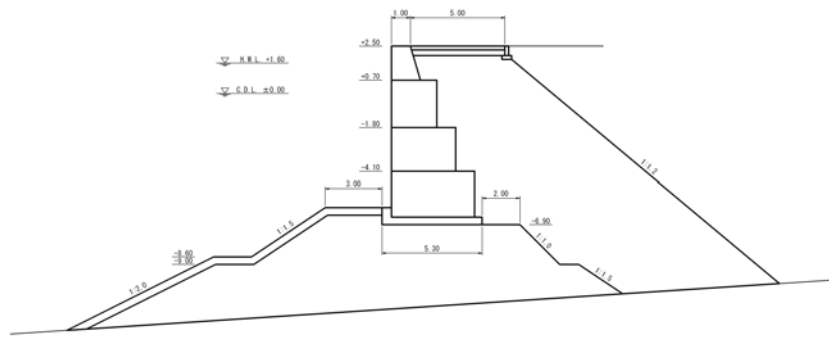


図-7.14 鷺の神岸壁断面図

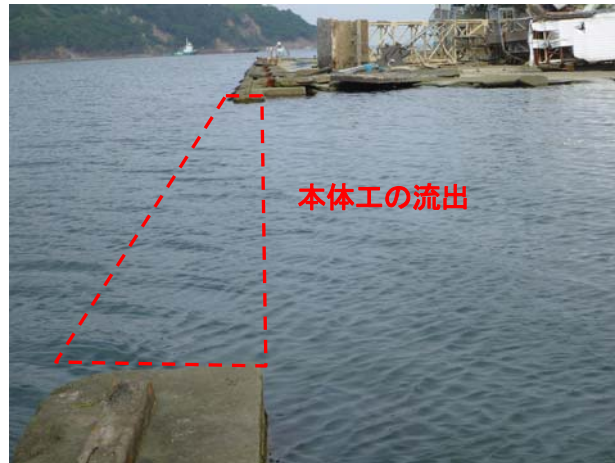


図-7.15 鷺の神岸壁の被災状況

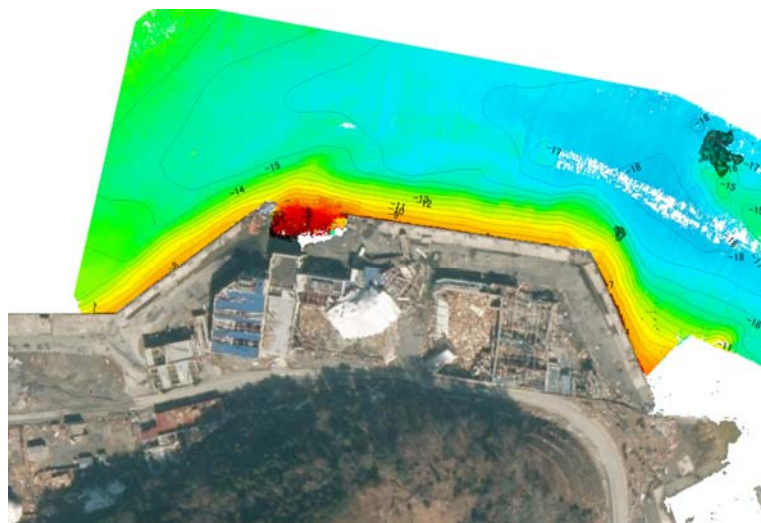


図-7.16 鷺の神岸壁付近の付近の3次元サイドスキャナーによる海底地形測量結果

8. 石巻漁港

8.1 津波浸水高分布の特徴

石巻漁港周辺の津波浸水高は三陸沿岸のそれより小さく、最大で8m程度が記されている(図-8.1)。この理として石巻湾では半島が津波に対する遮蔽効果を果たしたことが考えられる。浸水高分布の特徴としては海側の浸水高が大きく、陸側に向かうにつれて小さくなる傾向が認められる。ここでは漁港の横を流れる旧北上川周辺において陸側でも大きな浸水高が記されているが、これは旧北上川を津波が遡上したことに起因するものと推察される。

8.2 施設の被災状況

石巻漁港は地震と津波の双方の作用により甚大な被災を被った(図-8.2)。今回の調査では外郭施設と係留施設を中心に代表的な被災箇所として表-8.1、図-8.3に示す5箇所を選定し、被災の実態とその仕組みの検討を行った。

8.2.1 外郭施設

漁港の西端に位置し旧北上川に沿う西護岸および漁港東端に位置する用地護岸について、各々の被災状況を以下に記す。

(1) 西護岸

西護岸北側の最上流部では護岸下部には被災は見られなかったものの、コンクリートの継目を境とする上部堤体の漁港内(東方向)への飛散が認められた(図-8.4 上段)。ここでは用心鉄筋が上方に抜けた状況が確認されており、津波による浮力・揚圧力の作用により上部工が被災を受けたことが推測される。また、最上流部を除く上流部では護岸下部を含む堤体が漁港の内側に倒壊していた。この上流部での被災は押し波時に発生したものと推察される。一方、護岸の中間部から下流部では護岸下部を含むほぼ全堤体が消失していた。被災直後に撮影された映像から堤体は川側(西側)に倒壊・飛散していたことが確認されており、中間部から下流部までの被災は引き波時に発生したことが推測される。また、中間部の南側から下流部にかけては護岸前(川側)の根固工が損壊しており、護岸の背後地に大きな洗掘が認められた(図-8.4 上段)。なお、本調査時には既に応急工事により被災区間に土のうが積みれるとともに周辺の洗掘部分の埋め戻しも行われ

ていた。崩壊した護岸も粉碎されるなど被災直後とは状況を異にしていた。

(2) 用地護岸

用地護岸(図-8.5)では-7.0m岸壁の接続部周辺が被災しており、コンクリート舗装の剥離・飛散が見られた(図-8.6)。ここでの被災原因としては①津波による洗掘によりコンクリート舗装下の埋土が流出することで舗装が沈下・損壊し、併せて②津波の流れにより舗装が剥離して飛散したことが想定される。非舗装部では洗掘深1m程度の洗掘が発生しており、護岸基部の被覆石は岸壁との接続部および護岸から南に伸びる東防波堤の流出部付近で大きく流出・飛散していた。また、護岸の背後地では大規模な沈下が確認された。給施設では基礎部が強固に築造されていたためか、施設自体の損傷度合いはその他の施設と比較して小さいことがわかった。さらに、護岸の陸側の門扉には特に被災は認められなかった。

津波の来襲方向については護岸の金製手すりの破損状況や木の倒壊方向から断すると、漁港に対して南東方向から侵入したことが推測された。また、東防波堤では沖側の一部区間が消失しており、想定した津波の侵入方向から断すると、東防波堤は漁港内に転倒・飛散していることが推測された。3次元サイドスキャンソナーによる海底地形測量結果(図-8.7)からみ取れる東防波堤の飛散方向と、想定した津波の侵入方向との関係は概ね一致しているようであるが、今後、数値計結果と併せて詳細な検討を進めていくことが重要と考える。

8.2.2 係留施設

東側地の北に位置する市場前-7.0m岸壁および南向かいの西防波堤(区)背後の-7.0m岸壁、頭部の-6.0m岸壁について、それぞれの被災状況を以下に述べる。

(1) 市場前-7.0m岸壁

調査時における市場前-7.0m岸壁(図-8.8)およびその背後施設の被災状況を図-8.9に示す。陸揚げおよび出漁備を目的に整備された普通矢板式構造の岸壁(施設延長804.9m)では、両端部を除くほぼすべての区間で本体工には特に大きな損傷は認められなかった。ただし、東側の岸壁法線に若干のはらみ出しが見られた。また、岸壁背後のエプロンや漁港施設用地では大きな沈下や傾斜が確認された。地震に起因すると考え

られる岸壁背後の地盤沈下は西側で小さく、東側では大きい傾向であった。一方、岸壁の西側端部の近辺でははらみ出しが生じており、他方の東端部では岸壁の本体工やエプロン、裏込材、埋立土の流出が確認された。岸壁の背後に立地する荷捌き所や製氷・給水施設、給水施設、倉庫、水産加工場などについても広範囲にわたり被災が確認された。なお、本調査時には地盤沈下により高潮位時に冠水が見られ、応急工事として道路の嵩上げが実施されていた。

(2) 西防波堤（区）背後の-7.0m岸壁

調査時における西防波堤（区）背後の-7.0m岸壁（図-8.10）周辺の被災状況を図-8.11に示す。西防波堤は消波ブロック被覆堤として整備されたが、その港内側に直立消波ブロック（航波による反波の低減が設置目的であると考えられる）が置かれ、さらにその背後に栈橋式岸壁（場所により断面形状は異なり、一部では軟弱地盤対策が施されている）が配置されている。本調査時には栈橋の港内側法線に特に損傷は認められず、岸壁前面の水深も計画水深と比較して大きないはなく係船可能な状態であった。一方、栈橋の防波堤側では不等沈下が発生しており、栈橋の先端部（東端）でも沈下が見られた。また、岸壁上のほとんどの街灯が津波の流れにより大きく曲がっている様子が確認された。これら街灯の傾斜方向は概ね北西方向であったが、一部には港外方向のものや破断したものも存在した。さらに、直立消波ブロックについては東側の先端部では大きな変状が見られなかったものの、西側では法線のずれや最大1m程度の港内側への傾斜が認められた。他方、防波堤については特に大きな損傷は認められず、消波ブロックの港内側への転落が1つ確認されただけであった。この西防波堤および背後の-7.0m岸壁に特に大きな損傷が見られなかったことは、図-8.7に示す3次元サイドスキャンソナーによる海底地形測量結果からもわかる。なお、防波堤の天端上に瓦礫が集積している西側区間（漁船も打ち上げられていた）とそうでない東側区間が確認された。

(3) -6.0m岸壁

図-8.12は調査時における-6.0m岸壁周辺の被災状況を示したものである。このうち図上段は頭東側の-6.0m岸壁（東側地）に関するものであり、下段は頭西側の-6.0m岸壁（西側地）のものである。これら東西の岸壁ともに普通矢板式構造として整備された。まず、給水施設を備えた頭東側の出漁備岸壁ではエプロンや背後地で大きな沈下が確認された。こ

の南側の岸壁法線では特に大きなはらみ出しは認められなかったものの、北側では顕著であることが確認された。他方、頭西側の岸壁においてもエプロンや背後地の沈下が見られたが、東側岸壁の沈下量と比較するとその程度は小さいものであった。西側岸壁の法線には特に大きなはらみ出しは認められず、漁船の係留に使用されていた。なお、頭では一部に洗掘が見受けられた。

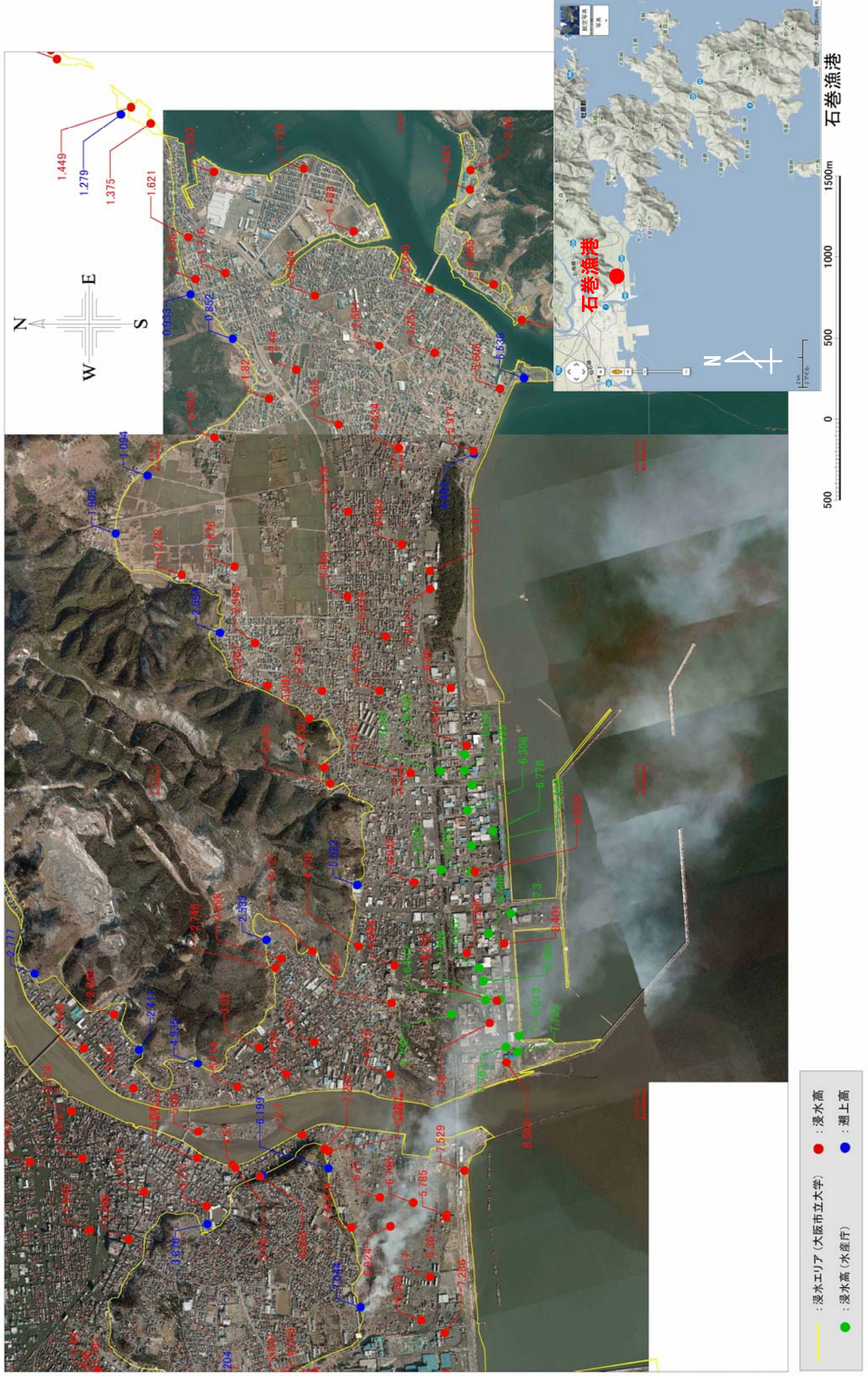


図-8.1 石巻漁港周辺の津波痕跡高*1

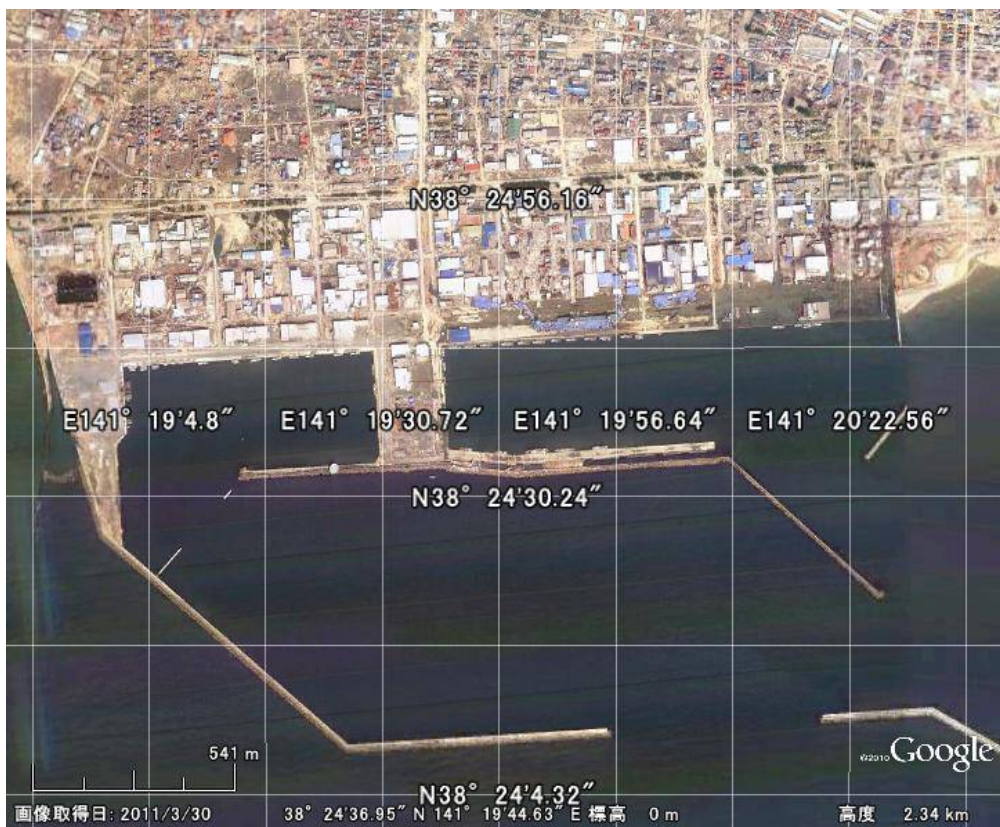
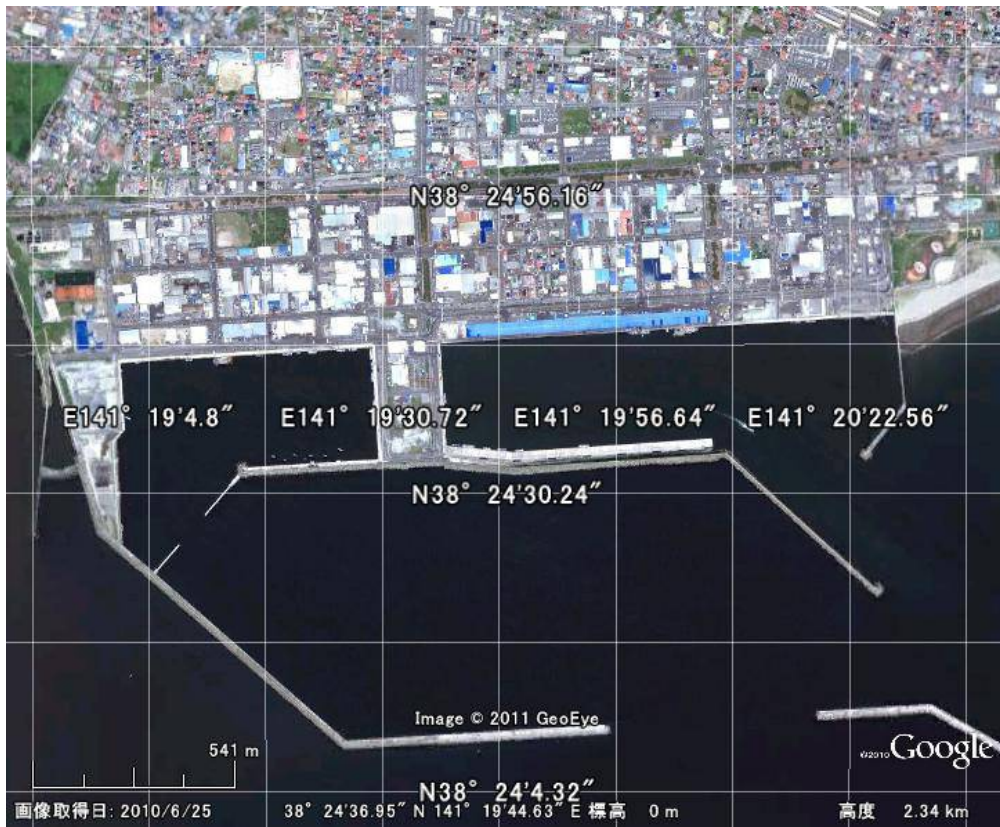


図-8.2 被災前後の石巻漁港（上段：被災前、下段：被災後）*2

表-8.1 石巻漁港の調査対象施設

| 施設名 | 諸元等 |
|---------------------|-------------------------------------|
| 外郭施設 | |
| 西護岸 | |
| 用地護岸 | 天端高:D.L.+4.6m |
| 係留施設 | |
| 市場前-7.0m岸壁 | 矢板式係船岸(普通矢板式) 天端高:D.L.+2.7m |
| 西防波堤(I区間)背後の-7.0m岸壁 | 栈橋式係船岸(直杭式) 天端高:D.L.+2.75~+3.00m |
| -6.0m岸壁 | 矢板式係船岸(普通矢板式) 天端高:D.L.+2.7m |

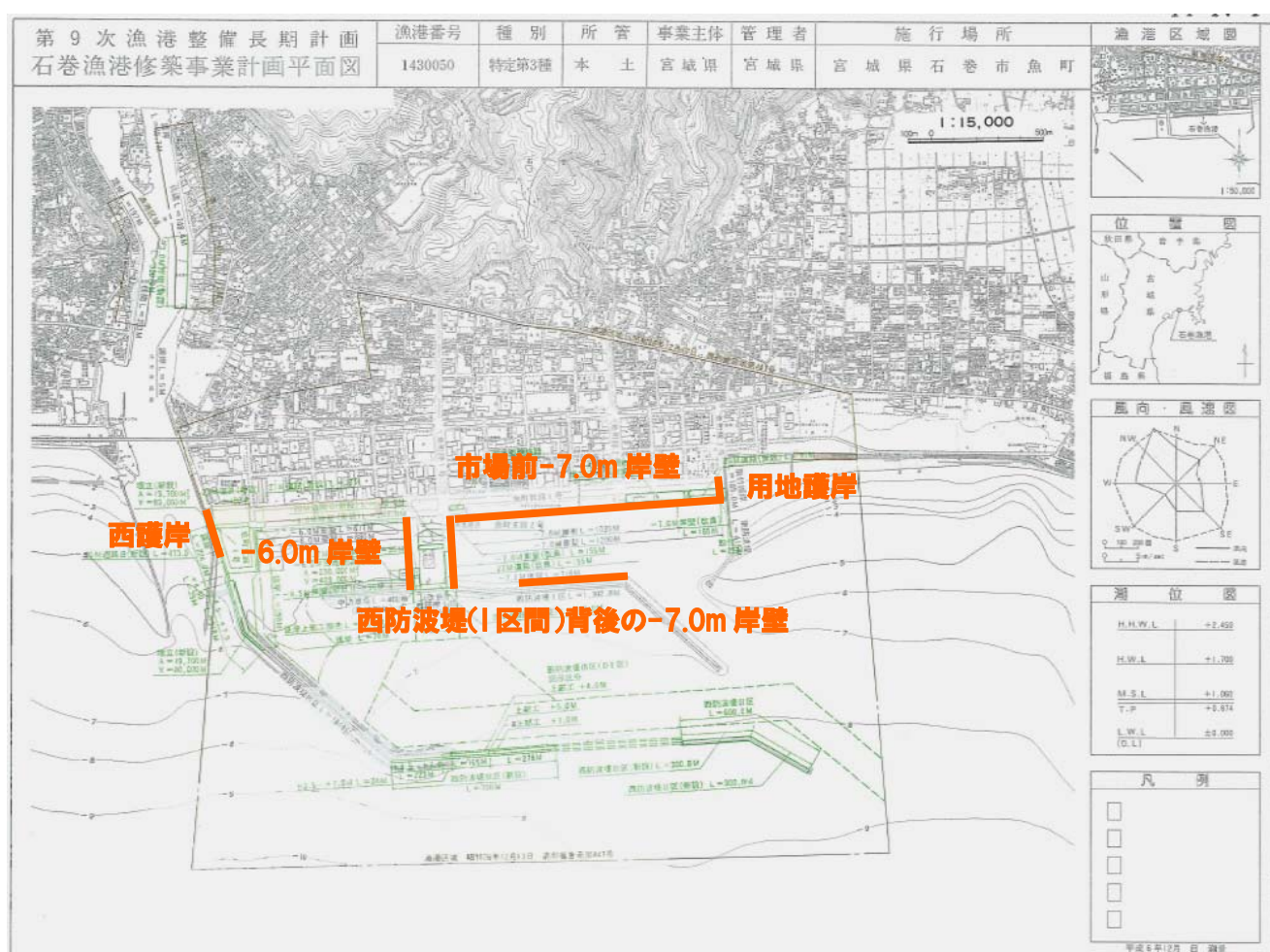


図-8.3 石巻漁港の調査対象箇所



図-8.4 西護岸周辺の被災状況

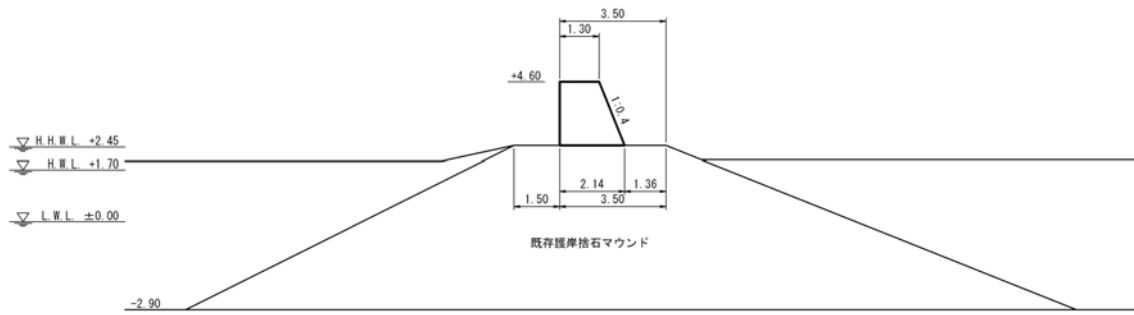


図-8.5 用地護岸断面図



図-8.6 用地護岸周辺の被災状況

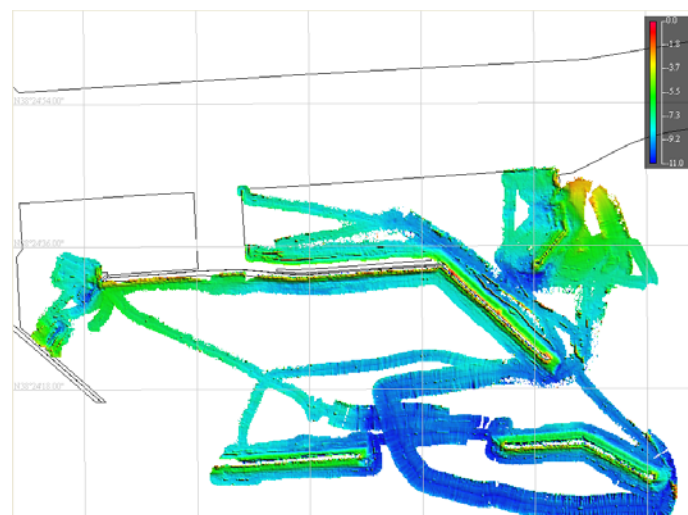


図-8.7 3次元サイドスキャンソナーによる海底地形測量結果（速報）

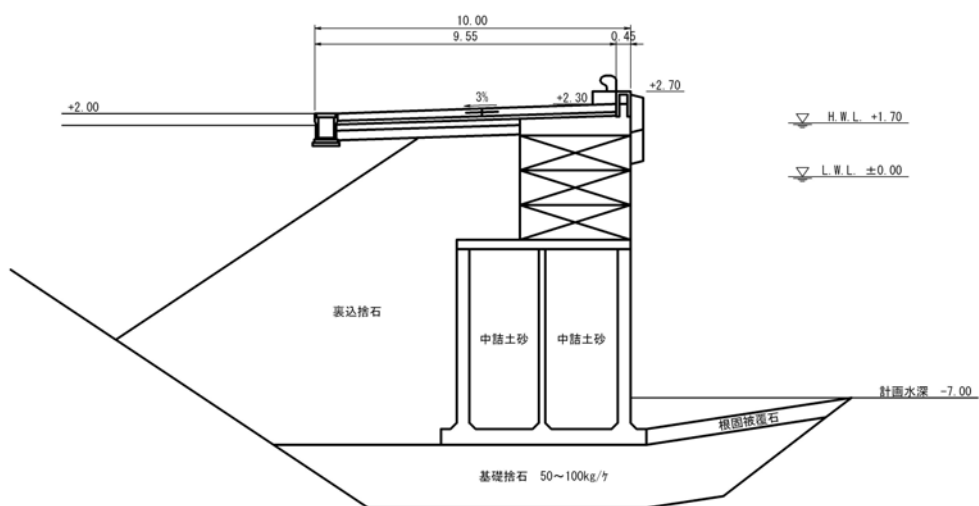


図-8.8 市場前-7.0m 岸壁断面図



図-8.9 市場前-7.0m 岸壁周辺の被災状況

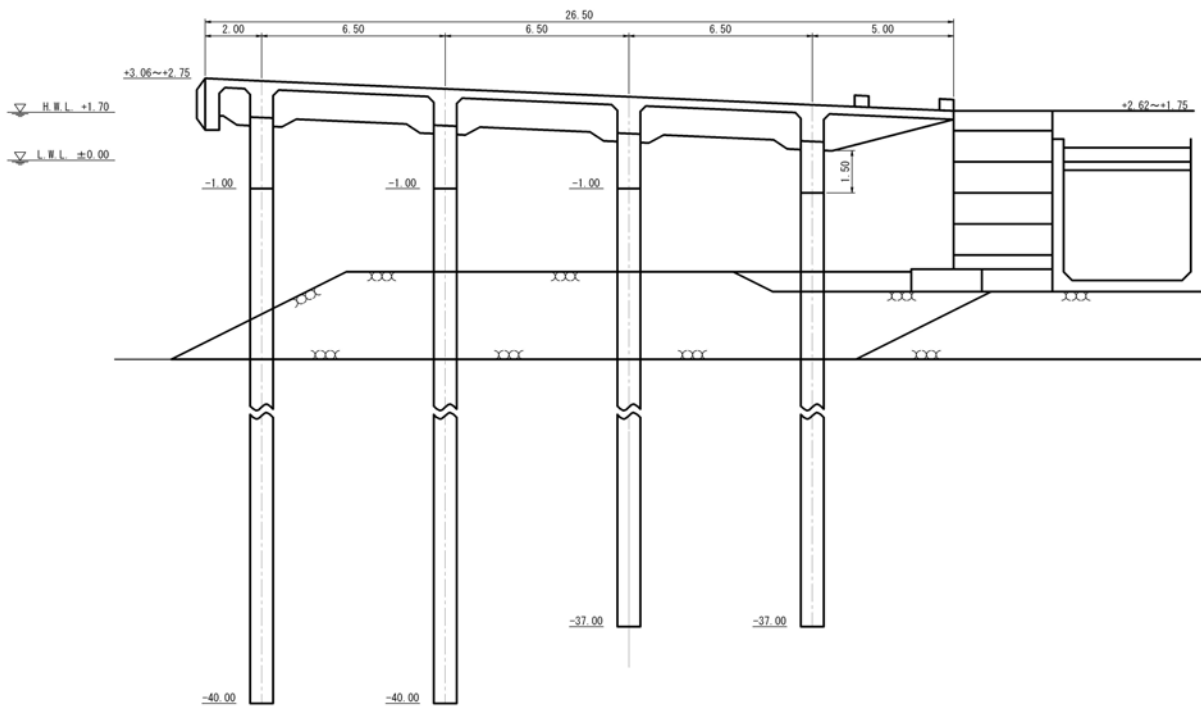


図-8.10 西防波堤（I区）背後の-7.0m岸壁断面図



図-8.11 西防波堤（I区）背後の-7.0m岸壁周辺の被災状況



図-8.12 -6.0m 岸壁周辺の被災状況

9. 閑上漁港

9.1 津波浸水高分布の特徴

宮城県南部沿岸での浸水高は宮城県北部や岩手県のそれと比較すると小さいものの、砂浜域に立地する閑上漁港周辺では最大で約10mにも達している(図-9.1)。また、海岸線の背後ではなだらかな地形が続くことから、内陸側の広範囲に渡って津波による壊滅的被害を被った。図からは太平洋に面した閑上浜で大きな浸水高が記されており、陸側に進むにつれて小さくなる傾向が認められる。閑上漁港の魚市場では約10mの浸水高が確認されており、航路に沿って津波が侵入してきたことが推察される。

9.2 施設の被災状況

閑上漁港では防波堤に特に大きな損傷は見受けられなかったものの、港内の護岸や岸壁などでは被災が確認された(図-9.2)。そこで本調査では代表的な被災箇所として表-9.1、図-9.3に示す5箇所を選定し、被災の実態とその仕組みの検討を行った。また、漁港の横を流れる名取川の河川堤防などでも被災が確認されたことから追加の調査を行った。

9.2.1 外郭施設

(1) A 護岸

調査時におけるA護岸(図-9.4)周辺の被災状況を図-9.5に示す。A護岸(施設延長367.2m)のうち中央の一部区間(被災延長143.6m)では直立消波ブロックの消失が認められた。最下部の直立消波ブロックの有無は目視確認できなかったものの、3段積みの直立消波ブロックすべてが津波により流出した可能性が考えられた。これらの直立消波ブロックは周辺で確認できなかったことから、港内の水面下に散らばっているものと推測される。一方、消失した護岸背後の臨港道路や場のアスファルト舗装では大規模な洗掘が見られた。護岸の本体工は海側(航路側)に傾斜し、背後地では地盤沈下も認められた。また、被災区間から1~2スパン離れたコンクリート部に津波の強い流れに起因すると推測される多少の水平変位(角部にヒビ)が見受けられた。さらに、港奥側の端部でも津波が原因と推察される多少の変位や段差が発生していた。護岸の背後地では側溝などが港奥側に多数飛散している様子も確認された。

A護岸の直立消波ブロックの被災メカニズムとしては①津波により河川堤防が破堤して名取川から漁港内に津波が流入し、直立消波ブロックに強い流れが作用して流出した、②北防波堤を越流した津波が漁港内に流入し、強い流れにより直立消波ブロックが流出したなどのいくつかのシナリオが推定される。現地では電柱や木などの倒壊方向から津波の流れの方向が推測できることもあり、津波の再現計を実施することにより詳細な検討を進めていくことが重要であると考えられる。

9.2.2 係留施設

閑上漁港の内港西側に位置する魚市場前-3.5m岸壁および当岸壁の東向かいにある-3.5m岸壁、外港北側の-3.0m岸壁、外港南側の-5.0m耐震岸壁について、それぞれの被災状況を以下に記述する。

(1) 魚市場前-3.5m岸壁

調査時における魚市場前-3.5m岸壁周辺の被災状況を図-9.6に示す。本岸壁構造は魚市場前の120.0m区間が棧橋式(図-9.7)であり、その両隣の北側130.7m区間と南側200.0m区間が普通矢板式となっている。棧橋本体では特に目立った損傷は認められなかったものの、棧橋背後の土留壁のはらみ出しやエプロンの沈下・破損、埋立土の出し、側の破損、渡版の飛散が確認された。また、矢板式岸壁の海側への傾斜や地震の影響によるものと推察されるエプロン舗装の沈下・破損が見られた。特に、魚市場の両サイド近辺(棧橋式から矢板式に変わる場所)ではエプロンや漁港施設の崩壊、地盤沈下、大規模な洗掘が顕著に認められた。魚市場の北側では給施設の周辺がほぼ壊滅しており、他方の南側ではエプロンが損壊・消失していた。さらに、洗掘や出しにより矢板の控え工上部が露出(タイロッドは破断しておらず岸壁のはらみ出しは小さい)していた。魚市場の建物2階では崩壊が見られ、津波の作用流体力や船などの衝突により発生したものと推測される。

(2) -3.5m岸壁

調査時における-3.5m岸壁周辺の被災状況を図-9.8に示す。普通矢板式と棧橋式(図-9.9)により構成される本岸壁では特に大きな変状は見られなかった。しかし、岸壁の北端では海底から岸壁天端までが8.5m計測されたにもかかわらず、南端でのそれは3.6m、中央では3.4mしかなかった。岸壁水深が浅くなった主な原因としては地震による地盤沈下や津波による砂による

って生じたことが考えられる。

(3) -3.0m 岸壁

調査時における-3.0m 岸壁周辺の被災状況を図-9.10 に示す。ここは閑上フッシャーリーナ（漁船とプレジャーボートの利用調整を目的に整備されたプレジャーボート用施設）として使用されていた。単塊式および普通矢板式（図-9.11）により構成される本岸壁では特に大きな変状は見られなかった（浮棧橋部は確認できず）。しかし、海底から岸壁天端までが岸壁の南端で4.4m、中央付近2箇所それぞれ4.5m、4.2mしか計測されず浅くなっていたことが確認された。この原因としては先の-3.5m 岸壁で述べた理と同様に地震による地盤沈下や津波による砂によるものと推察される。

(4) -5.0m 耐震岸壁

調査時における-5.0m 耐震岸壁（図-9.12）周辺の被災状況を図-9.13 に示す。普通矢板式の本岸壁は耐震性を高めるために地盤改良にC（サンドコンパクションパイル）を採用して整備されたこともあって特に大きな変状は見られなかった。しかし、海底から岸壁天端までが岸壁の北端で9.4m計測されたものの、中央付近では4.5m、南端付近では4.7mしかなく浅くなっていた。これもやはり地震による地盤沈下や津波による砂が主たる原因となって生じたものと推察される。なお、本調査時には岸壁の背後は瓦礫の仮置き場として利用されていた。

9.2.3 追加調査施設

当初に選定した5箇所以外の施設として、閑上漁港の北側を流れる名取川の河川堤防と漁港の主防波堤・防波堤に当たる南防波堤、北防波堤を採り上げて、それぞれの被災状況を以下に述べる。

(1) 河川堤防

図-9.14 は調査時における河川堤防周辺の被災状況を示したものである。漁港と隣接する名取川の河川堤防は破堤しており、調査時には土のうやブロックによる応急工事が終了していた。この破堤部は河川が多少湾曲する部分に当たり、河川を遡上した津波が越流しい場所であったことが推察される。また、堤防の構造形式が変わる部分であることから構造上弱であったことも考えられる。一方、河川堤防と南導流堤の接続部の南側では洗掘深1.6m程度の所的な洗掘が発生しており、アスファルト舗装および埋立土の流出や側の飛散が確認された。堤体の下部では空洞が発生

しており、漁港内の洗掘部と河川とが繋がった状態になっていた。これは津波が河川堤防を越流した際に発生した洗掘が原因であると考えられる。さらに、名取川と閑上漁港の切部では港内側の老化した岸壁で沈下やずれが見受けられた。

(2) 南防波堤・北防波堤

調査時における南防波堤・北防波堤周辺の被災状況を図-9.15 に示す。南防波堤・北防波堤はともに消波ブロック被覆堤として整備されたものであるが、両方ともに本体工に特に大きな損傷は見られなかった。また、消波ブロックおよび被覆ブロックの沈下や損傷も顕著には認められなかった。この理としては両防波堤に津波が来襲した際の作用流体力が設計波（波を対象とする30年確率波）の作用流体力を下回ったためであると考えられる。しかし、設計波は沖波元でも波高6mであり、図-9.1に示した閑上漁港周辺の津波浸水高から断すると両防波堤に作用した津波の波高はこれを大きく超える値であったことが推察される。波と津波の違いや防波堤の設置水深、周辺地形の影響を考えると波高の大小だけではできないものの、両防波堤が津波に耐えたことの検証は今後の設計法の検討に当たり有用であると言えよう。今後、津波の数値計の実施により施設の耐波安定性に関する詳細な検討を進めていくことが重要と考える。

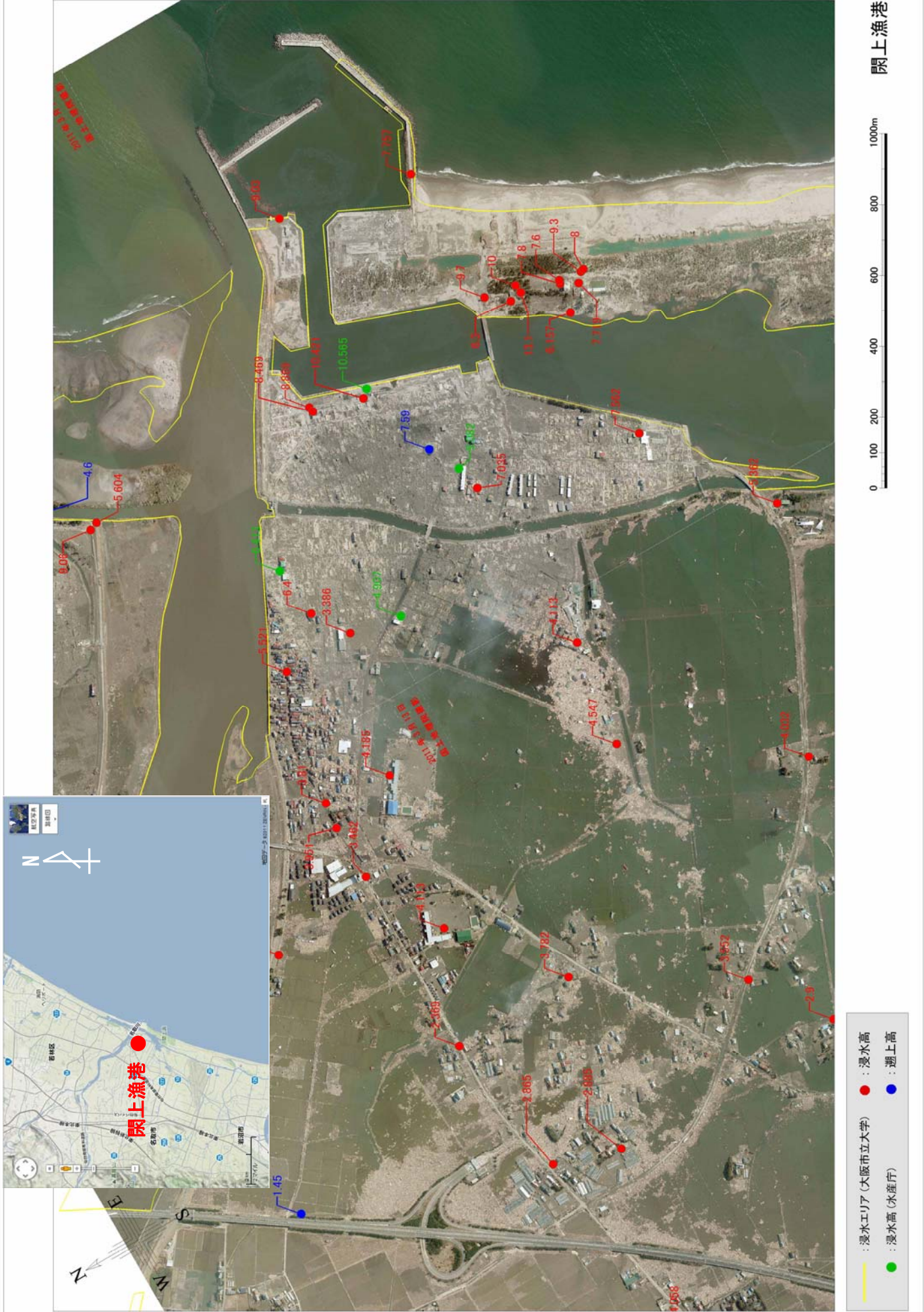


図-9.1 関上漁港周辺の津波痕跡高*1



図-9.2 被災前後の関上漁港（上段：被災前、下段：被災後）*2

表-9.1 閉上漁港の調査対象施設

| 施設名 | 諸元等 |
|-------------|---|
| 外郭施設 | |
| A護岸 | 直立型重力式(直立消波ブロック積式) 天端高:D.L.+3.0m |
| 係留施設 | |
| 魚市場前-3.5m岸壁 | 栈橋式係船岸(直杭式) 矢板式係船岸(普通矢板式) 天端高:D.L.+2.3m |
| -3.5m岸壁 | 栈橋式係船岸(直杭式) 矢板式係船岸(普通矢板式) 天端高:D.L.+2.3m |
| -3.0m岸壁 | 重力式係船岸(コンクリート単塊式) 矢板式係船岸(普通矢板式) 天端高:D.L.+2.1m (浮栈橋部あり) |
| -5.0m耐震岸壁 | 矢板式係船岸(普通矢板式) 天端高:D.L.+2.50~+2.72m |

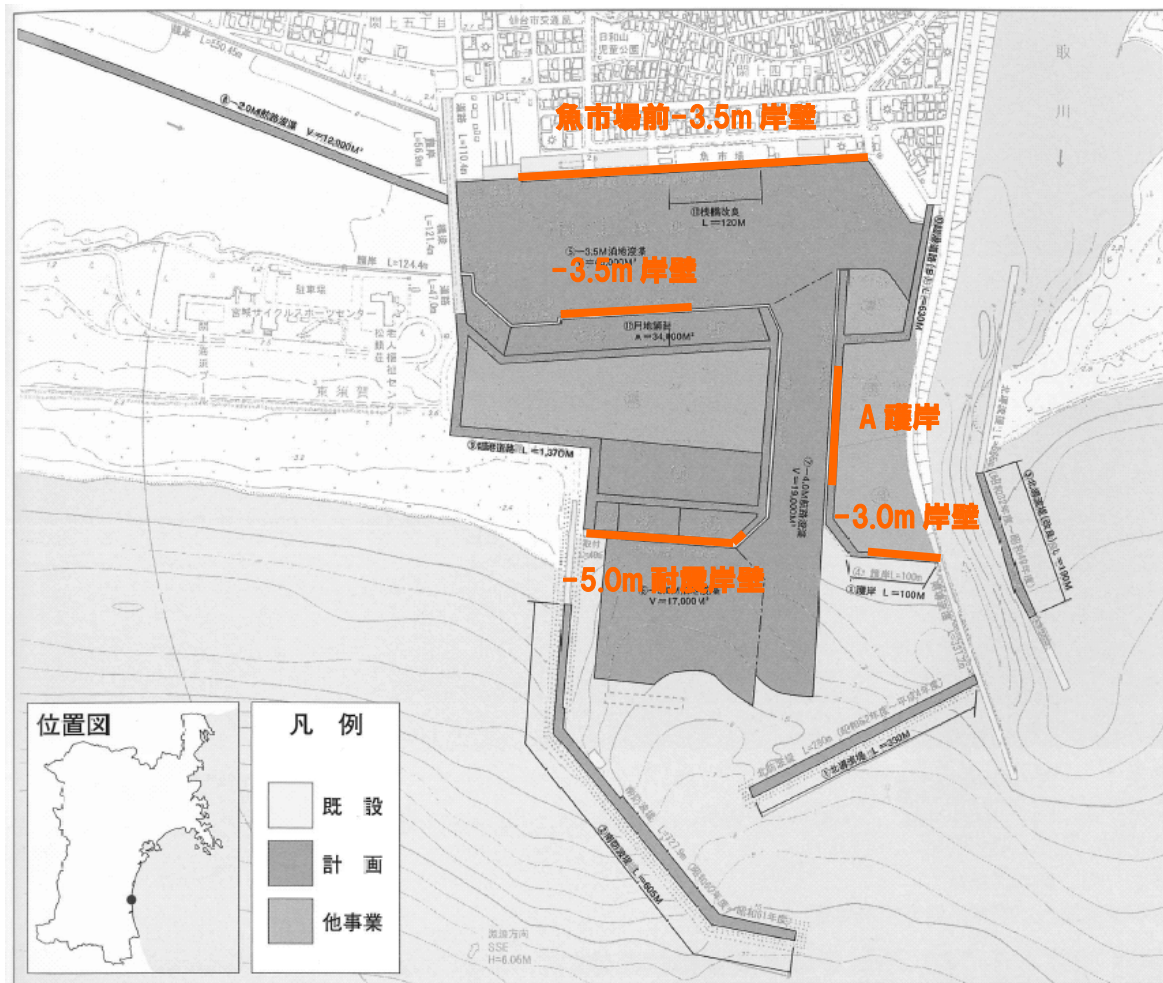


図-9.3 閉上漁港の調査対象箇所

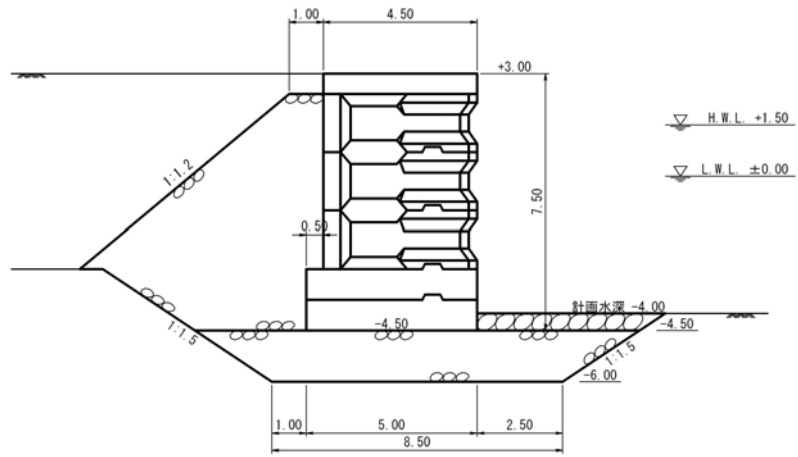


図-9.4 A 護岸断面図



図-9.5 A 護岸周辺の被災状況



図-9.6 魚市場前-3.5m 岸壁周辺の被災状況

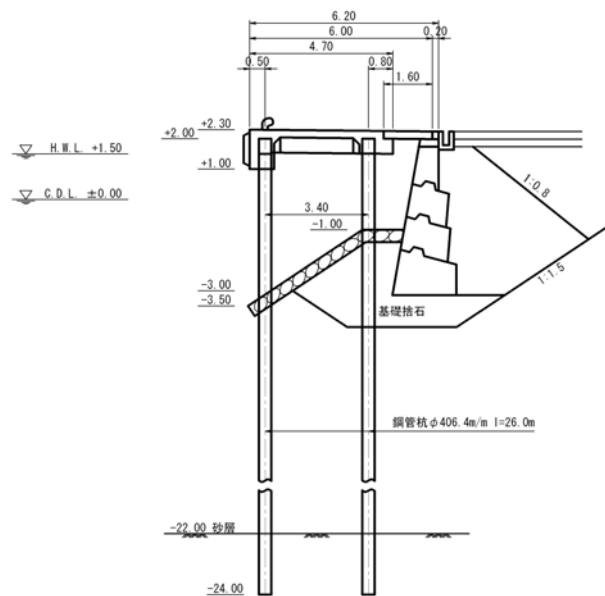


図-9.7 魚市場前-3.5m 岸壁断面図 (栈橋式)



図-9.8 -3.5m 岸壁周辺の被災状況

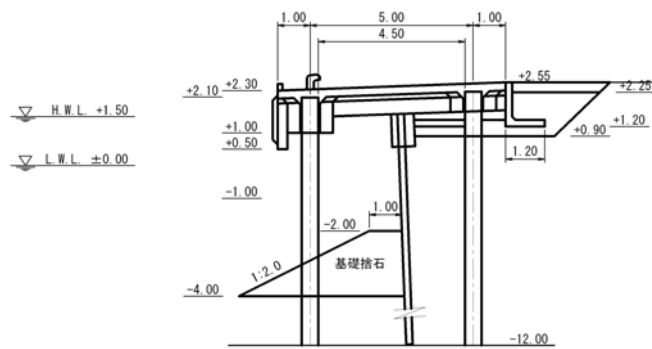


図-9.9 -3.5m 岸壁断面図（栈橋式）



図-9.10 -3.0m 岸壁周辺の被災状況

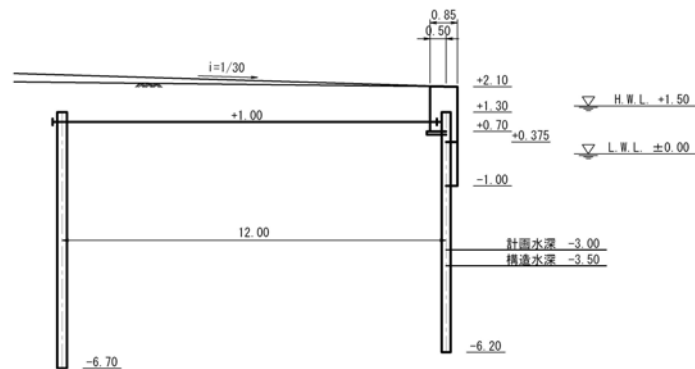


図-9.11 -3.0m 岸壁断面図（普通矢板式）



図-9.15 南防波堤・北防波堤の被災状況
(上段：南防波堤、下段：北防波堤)

10. 松川浦漁港

10.1 津波浸水高分布の特徴

松川浦漁港における津波浸水高（遡上高）は最大で約10mを記しており、漁港周辺でも比較的大きい傾向が見られる（図-10.1）。松川浦漁港の北部に位置する相港の背後地でも最大で10m程の浸水高が確認されている。また、松川浦内（浸水高3.4～4.5m程度）と太平洋側の漁港背後地（で浸水高9.5～11.2m程度）では浸水高が大きく異なるという特徴を有する。

10.2 施設の被災状況

本調査では津波来襲後の衛星写真（図-10.2）から外郭施設と係留施設を中心に、代表的な被災箇所として表-10.1、図-10.3に示す5箇所を選定した。現地調査では選定した5箇所以外であっても被災が確認された施設について追加調査を実施し、被災の実態とその仕組みの検討を行った。

10.2.1 外郭施設

松川浦漁港の西側に位置する第4護岸および松川浦と太平洋を繋ぐ航路より東側の地を形成する新南防波堤から第2護岸までの区間について、それぞれの被災状況を以下に記述する。

(1) 第4護岸

調査時における第4護岸（図-10.4）周辺の被災状況を図-10.5に示す。ブロック積式構造の第4護岸では護岸中央から広範囲にわたり堤体の用地側（西側）への飛散・転倒が確認された。被災区間のうち陸側（南西側）では主に上部工の飛散が、他方の海側（北東側）では下部工を含めた堤体の転倒が多く確認された。後者の区間では下部の方塊ブロックと合わせて転倒したものや下部工を残して上部工のみ転倒したものが混在して見られた。また、護岸背後の漁港施設用地が洗掘されており、特に護岸の未被災区間の背後地において大きな洗掘が生じる傾向が認められた。さらに、護岸背後にあったタンクが流出し、タンクの1つは市場建物付近に流されていた。これらのことから津波は隣接する相港方向（北側）から来襲し第4護岸に侵入したものと推察される。その他、護岸前面の被覆ブロックには大きな変状は見られなかった一方で、護岸西に隣接する海岸の離岸堤（消波ブロック）の移動・飛散が確認された。また、護岸から沖に伸びる波除堤

も消失していた。なお、調査時には応急工事により被災区間に土のうや消波ブロックが配置されていた。

(2) 新南防波堤から第2護岸までの区間

調査時における新南防波堤（図-10.6）から第2護岸までの区間周辺の被災状況を図-10.7に示す。本区間は新南防波堤および第2防波堤（Ⅰ工区、Ⅱ工区）（図-10.8下図）、第1防波堤（Ⅰ工区、Ⅱ工区）（図-10.8上図）、防波護岸、第2護岸により構成される。まず、南防波堤との接続部付近の新南防波堤では消波ブロック被覆堤の消失や沈下、飛散が確認された。また、第2防波堤（施設延長100.0m）では第1防波堤（施設延長195.0m）側の一部区間を除いて大半は崩壊・消失していた。さらに、防波護岸（施設延長145.0m）から第2護岸（施設延長148.6m）基部付近までは一部を残して崩壊・消失しており、防波護岸の矢板上部工や控え工、タイ材が一部残存し露出している状況が見られた。

き取り調査では津波は東側より来襲したとの証言が得られたが、これらの被災状況からも東側から侵入した津波により被災を受けたことが推察される。また、図-10.9に示す3次元サイドスキャンソナーによる海底地形測量結果からは被災区間からの土砂流入などで-3.0m地内が浅くなっていることがわかる。なお、調査時には護岸の被災区間の一部において被覆ブロックや土のうを配置した応急工事が実施されていた。

10.2.2 係留施設

松川浦漁港の北西部に位置する-4.0m岸壁とこれに続きL字を成す-3.0m第4岸壁、松川浦と太平洋を繋ぐ航路より東側の地内の-3.0m岸壁と-4.0m岸壁について、各々の被災状況は以下のとおりである。

(1) -4.0m岸壁

調査時における-4.0m岸壁（図-10.10）周辺の被災状況を図-10.11に示す。直立消波ブロック4段積みにより構成される本岸壁では広範囲にわたる本土工やエプロン舗装の破損・流出に加えて、裏込材や埋立土の流出が認められた。このうち護岸と波除堤が接合する岸壁の西端では端部を中心に護岸や波除堤、岸壁の崩壊や転倒、飛散が見られた。また、岸壁東側の2.3程度の区間では直立消波ブロックが消失（飛散場所は不明）しており、背後の漁港施設用地は津波により大規模にり取られていた。さらに、岸壁の残存区間の東側隅角部では本土工が残存していたものの、一部エプロンが崩壊するとともに裏込材や埋立材も流出し、下

部で海側と通じた状態となっていた。

(2) -3.0m 第4岸壁

調査時における-3.0m 第4岸壁(図-10.12)周辺の被災状況を図-10.13に示す(アスファルト舗装やグレーチングは補修され、市場建物も修復工事中であった)。L字を成す本岸壁構造は頭部の東側はL型ブロック式(隅角部のみ直立消波ブロック式)であり、地の南側は直立消波ブロックの4段積みとなっている。このうちL型ブロック式岸壁では多少のはらみ出しが見られたものの、係船に際し特に支は生じないようであった。また、L字を成す岸壁隅角部にある直立消波ブロック式の21.6m区間は崩壊しており、ボックスカルバートが残存する付近から隅角部までを土のうやコンクリート殻などを使って応急工事を実施していた。さらに、地奥の岸壁の一部67.8m区間において直立消波ブロックやエプロンの消失と背後への飛散が見られた。ただし、残存区間の直立消波ブロックには特に大きな損傷は認められず、瓦礫の引き揚げ場所として使用されていた。また、東に隣接する船揚場のコンクリート舗装には大きな被災は見られなかった。

(3) -3.0m岸壁・-4.0m岸壁

調査時における-3.0m岸壁周辺の被災状況を図-10.14に示す。本施設は東の-3.0m地を囲む普通矢板式(隅角部のみ直立消波ブロック式)岸壁として整備されたものである。まず、東の防波護岸の港内側に当たる-3.0m岸壁工区(施設延長145.0m)の被災度合いが最も大きく、一部を残してほぼ消失していることが確認された。また、地奥の-3.0m岸壁工区(施設延長203.0m)では上部工が海側に傾斜し、エプロンの破損や沈下、流出、裏込材・埋立材の出しが認められた。これは地震による地盤沈下や津波による出しによるものと推察される。本工区ではエプロンのコンクリート舗装とアスファルト舗装の接合部で洗掘が発生し、アスファルト舗装部では直立消波ブロックの飛散も確認された。一方、-3.0m地の両隅角部の直立消波ブロックについては東側隅角部ではほぼすべてが残存していたものの、西側では上部工と最上段の直立消波ブロックの流出や背後への飛散が見受けられた。併せて背後地では大きな洗掘の発生が認められた。さらに、中央頭部の-3.0m岸壁工区(施設延長140.0m)では岸壁のはらみ出しやエプロンの破損・沈下が見られ、これに続く第1護岸(施設延長55.0m)でも岸壁のはらみ出しが確認された。

次に、調査時における-4.0m岸壁周辺の被災状況を

図-10.15に示す。普通矢板式(隅角部のみ直立消波ブロック式)の本岸壁は-3.0m地に隣接する-4.0m地を囲むように整備された。まず、中央頭部の-4.0m岸壁工区(施設延長140.0m)では岸壁のはらみ出しやエプロンの破損・沈下が見られた。併せて中央頭部ではエプロンのコンクリート舗装とアスファルト舗装との接合部を中心に洗掘が確認された。洗掘度合いは中央頭部-3.0m岸壁工区よりも-4.0m岸壁側の方が大きく、-4.0m岸壁側では比較的長い区間にわたりコンクリート版の飛散が見られた。一方、-4.0m地の東側隅角部の被災の程度は小さかった。また、地奥の-4.0m岸壁工区(施設延長145.0m)においても岸壁のはらみ出しやエプロンの沈下、アスファルト舗装の剥離が見受けられた。さらに、本工区の背後では斜張橋の橋部で大規模な洗掘(洗掘深は2.5m程度)の発生が確認されるとともに、橋部周辺の漁港環境整備施設も大きく被災していた。なお、-4.0m地の波除堤は両側ともに流失しており、地西側の護岸先端では大きな洗掘が認められた。-4.0m地の護岸背後の水施設ではインターロッキングが広範囲にわたり剥がれ散している状況が見られた。

-3.0m岸壁・-4.0m岸壁の被災状況からは東方向から来襲した津波(押し波)により施設が被災したことが推察される。

10.2.3 追加調査施設

当初に選定した5箇所以外として松川浦漁港(外港)の南東に位置する松川浦漁港海岸保全施設(大堤防)と松川浦内の各地区の漁港の各々の被災状況について、以下に記述する。

(1) 松川浦漁港海岸保全施設(大堤防)

図-10.16は調査時における松川浦漁港海岸保全施設(大堤防)周辺の被災状況を示したものである。大堤防(施設延長1,243m、天端高D.L.+7.06m、平成4年11月着工、平成7年3月成)は三面張り構造として築造されたものであり、堤防の背後に道路が整備されていた。被災状況としては堤防の背後において大規模な洗掘が発生し、裏法面と道路の崩壊が認められた。ここでは道路護岸を構成する鋼矢板はほぼすべてが消失していた。また、大堤防の破堤区間は約270mに及び、この破堤箇所を通じて太平洋と松川浦内のあいだで海水が流出入する状況であった(松川浦内の環境変化がされる)。ただし、破堤箇所の近辺では表法面や天端の被覆材が一部原形を留めていた。さら

に、表法面の被災が上部だけに留まった区間や堤防の前面にある消波ブロック（離岸堤）の若干の飛散も確認された。なお、調査時には破堤部を ため切るために堤防の海側に石材を投入して仮設道路を建設していた。大 堤防の被災のメカニズムとしてはまず①津波が堤防を越流して裏法面の侵 壊や破損、洗掘が発生し、続いて②堤体内の盛土の侵 壊・流出に波及してゆき、最終的に③表法面が倒壊し破堤に 変わったものと推察される。

(2) 松川浦地区

図-10.17は調査時における松川浦地区周辺の被災状況を示したものである。被災箇所は防波堤の先端と中間の2箇所、防波堤の基部に接する護岸部で確認された。このうち防波堤の先端は灯台も含めて倒壊・流出したことが確認された（福島県水産試験場相 支場で撮影されたビデオ映像からも確認できる）。また、防波堤の中間位置で被災した2箇所では天端のコンクリートの流出と角部の破損が見られた。さらに、護岸部では護岸の倒壊や背後の埋立土の流出が認められた。ビデオ映像では港内外の流速差が大きいように見え、強い港外側の流れにより洗掘を受けて施設が被災したことが推測される。なお、当地区の基本施設の損傷度合いは比較的軽微であったことから、被災を免れた漁船が係船されていた。

(3) 部地区

図-10.18は調査時における 部地区周辺の被災状況を示したものである。本地区では岸壁エプロンや船揚場斜路のコンクリート舗装の流出が認められた。津波の痕跡については明瞭には確認できなかったものの、最大水位は相 双葉漁業協同組合の建物の屋根近くまで ったもようであった。また、当地区に近い海岸堤防は津波により大きな被災を受けて所々で破堤が見られるとともに、堤防の背後地では広範囲にわたり防潮林（松林）の倒木・流失が認められた。さらに、当地区では係留していた漁船がすべて流出したとの情報が得られた（調査時に岸壁に係留していた漁船は 無であった）。

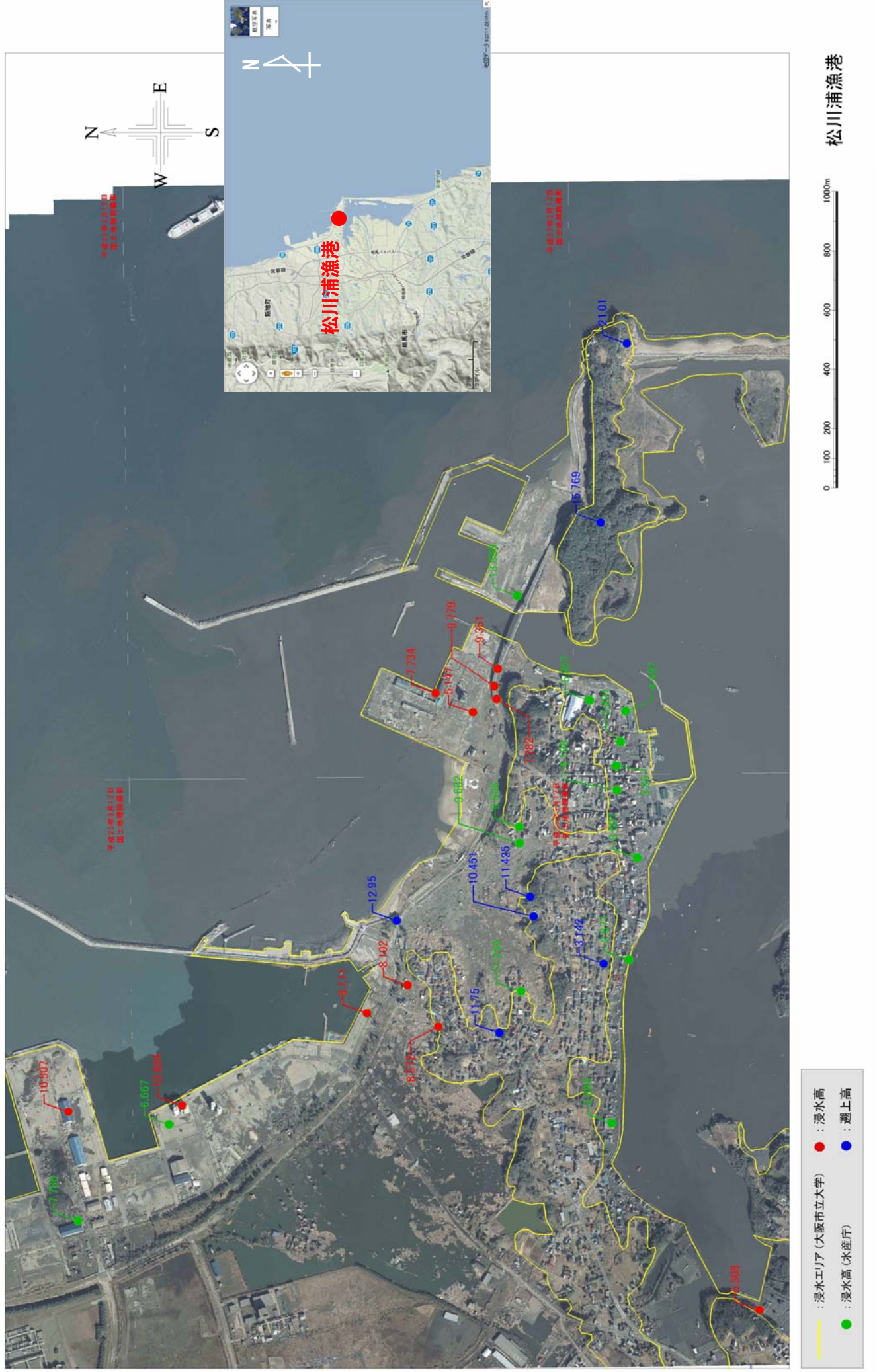


図-10.1 松川浦漁港周辺の津波痕跡高*1



図-10.2 被災前後の松川浦漁港（上段：被災前、下段：被災後）*2

表-10.1 松川浦漁港の調査対象施設

| 施設名 | 諸元等 |
|---|---|
| 外郭施設 | |
| 第4護岸 | 直立型重力式(ブロック積式) 天端高:D.L.+4.5m |
| 新南防波堤 第2防波堤(I工区、II工区) 第1防波堤(I工区、II工区) 防波護岸 第2護岸 | 重力式混成堤(消波工付き) 天端高:D.L.+4.5m(本體工) 天端高:D.L.+5.1m(消波工) |
| 係留施設 | |
| -4.0m岸壁 | 重力式係船岸(直立消波ブロック式) 天端高:D.L.+2.5m |
| -3.0m第4岸壁 | 重力式係船岸(L型ブロック式) 重力式係船岸(直立消波ブロック式) 天端高:D.L.+2.5m |
| -3.0m岸壁・-4.0m岸壁 | |

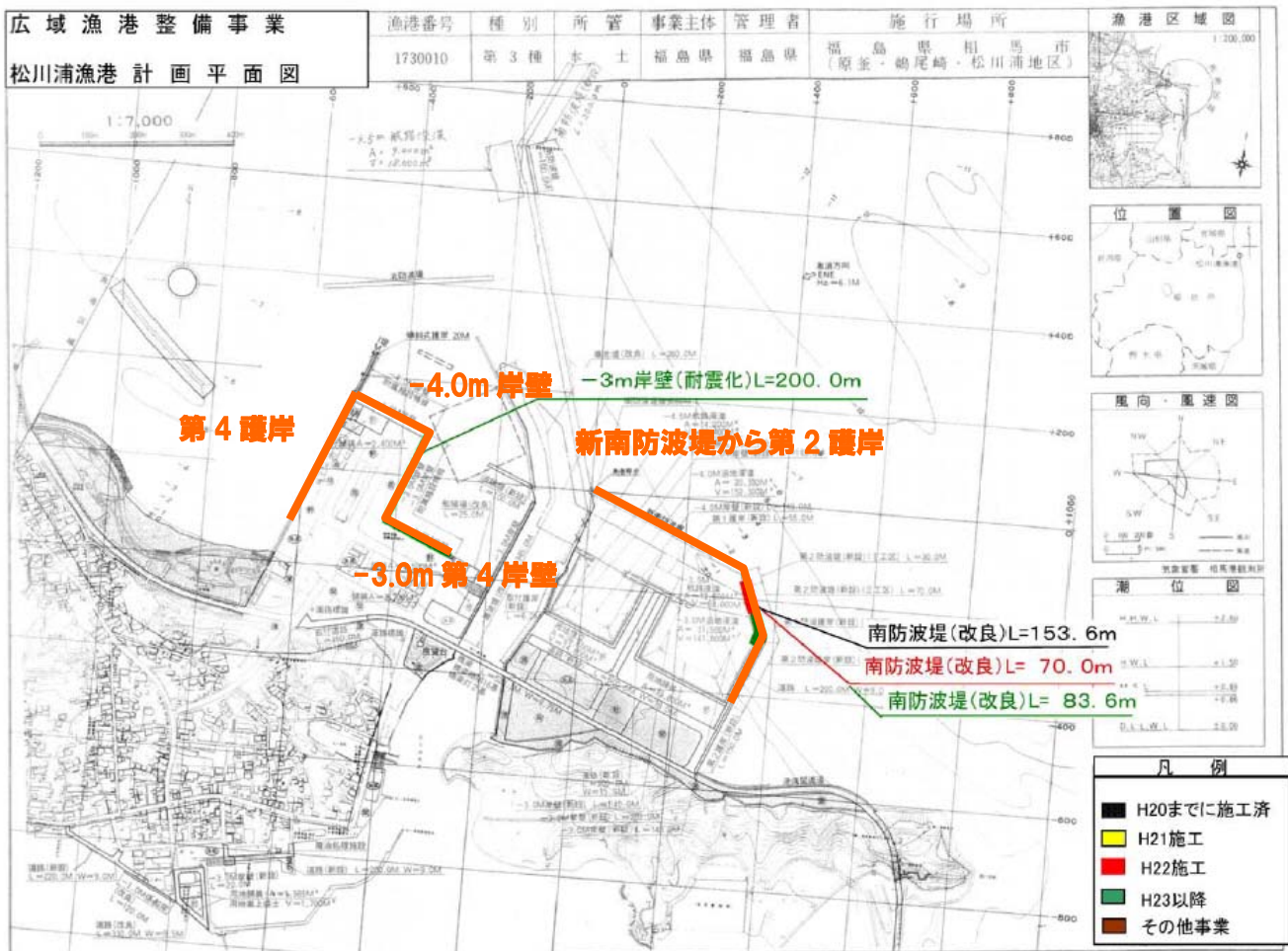


図-10.3 松川浦漁港の調査対象箇所

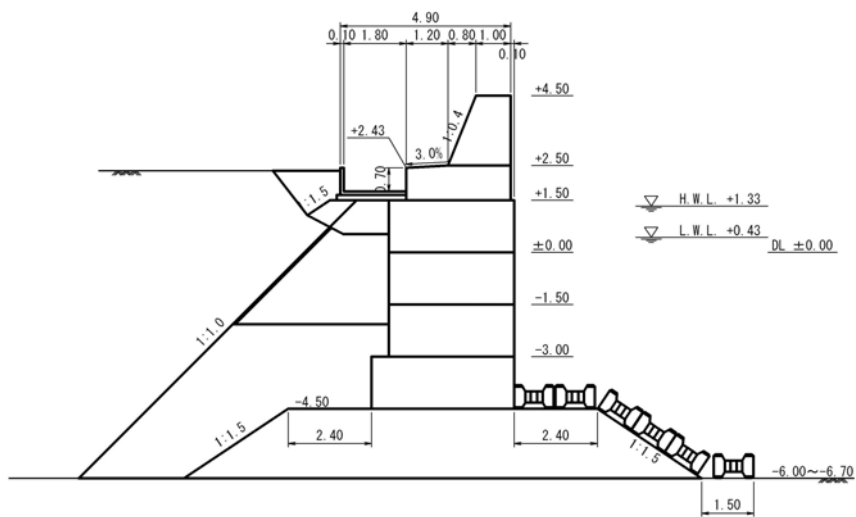


図-10.4 第4護岸断面図



図-10.5 第4護岸周辺の被災状況

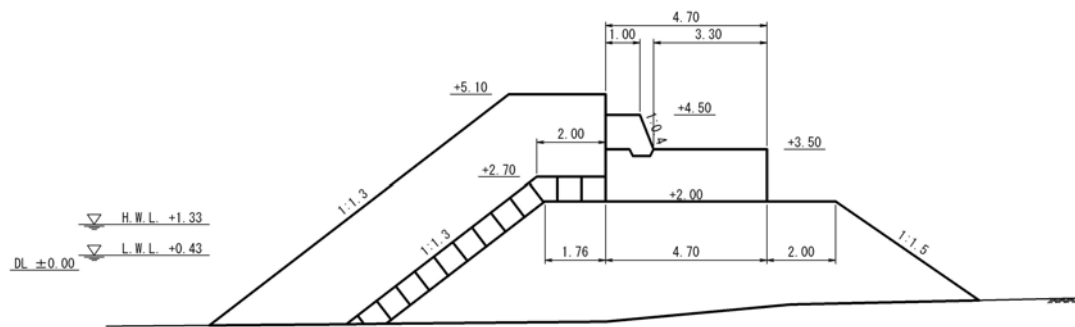


図-10.6 新南防波堤断面図

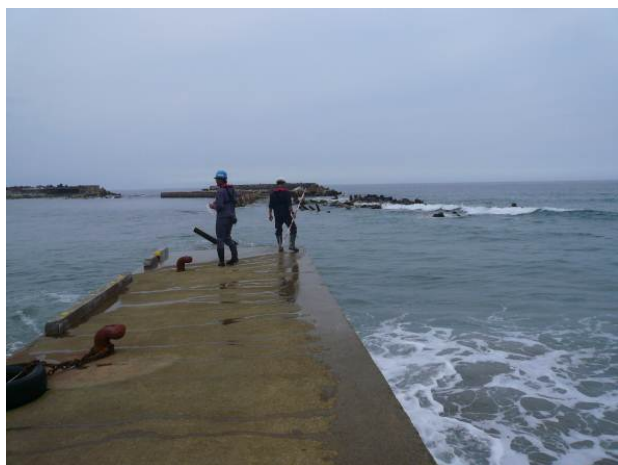


図-10.7 新南防波堤から第2護岸までの区間周辺の被災状況

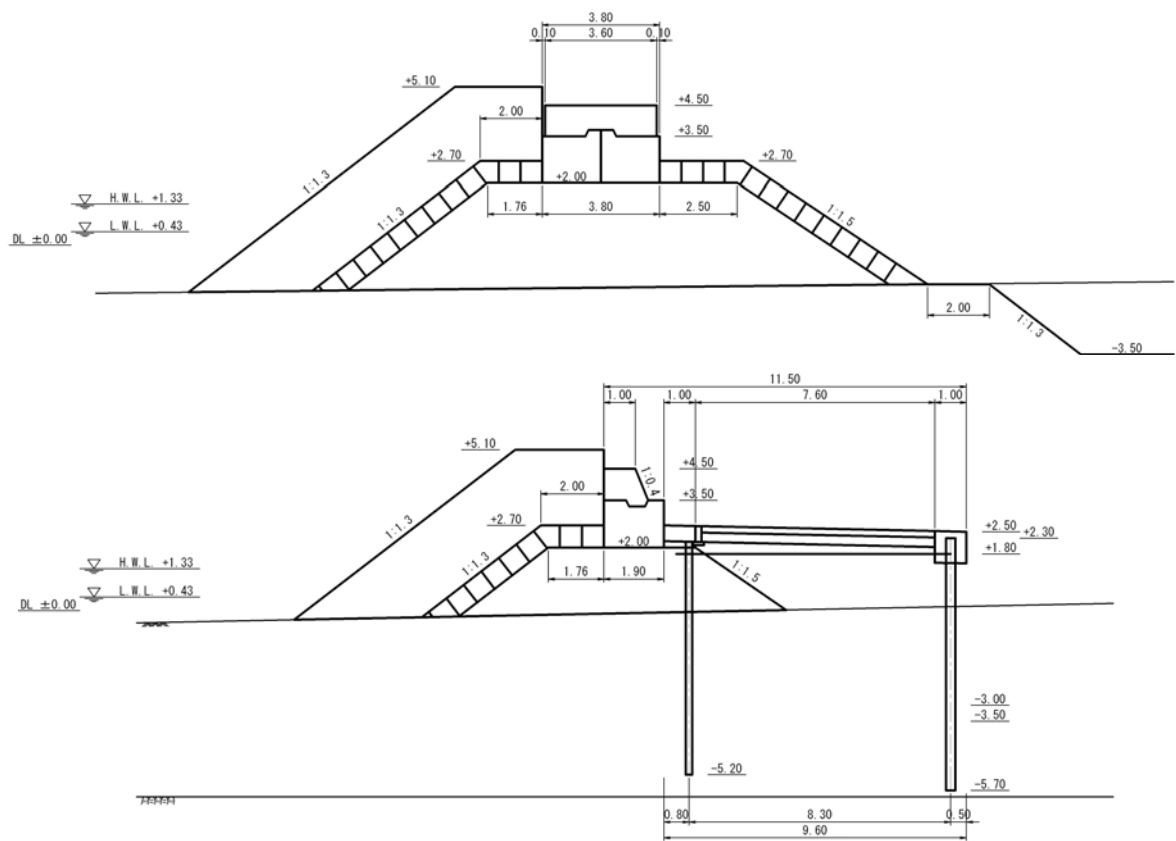


図-10.8 防波堤断面図（上：第1防波堤、下：第2防波堤）

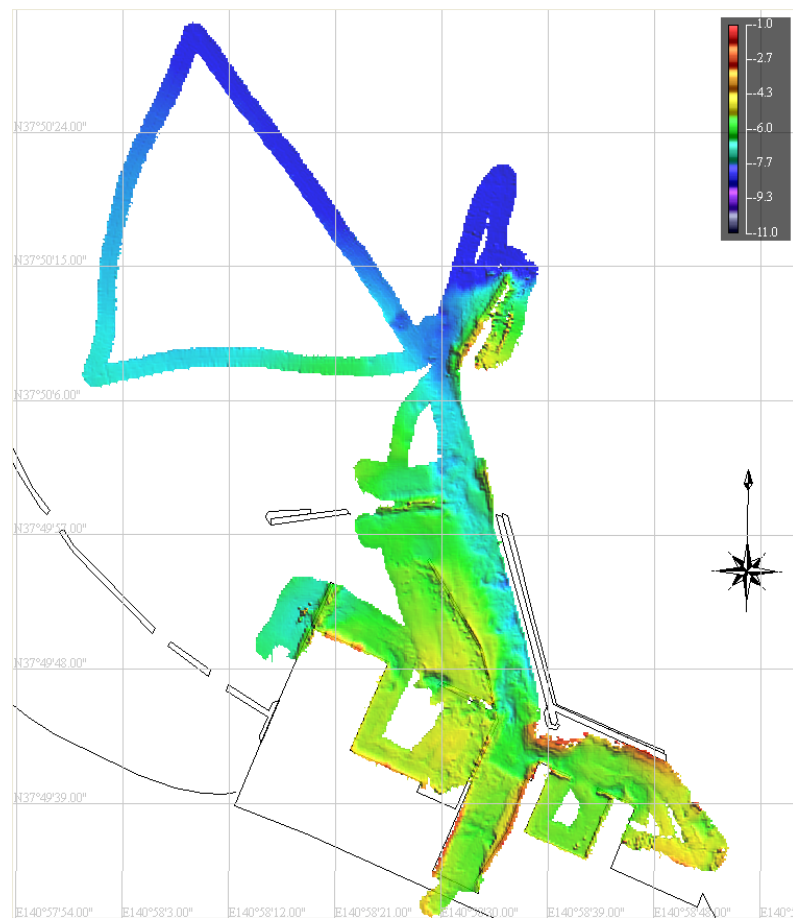


図-10.9 3次元サイドスキャンソナーによる海底地形測量結果（速報）

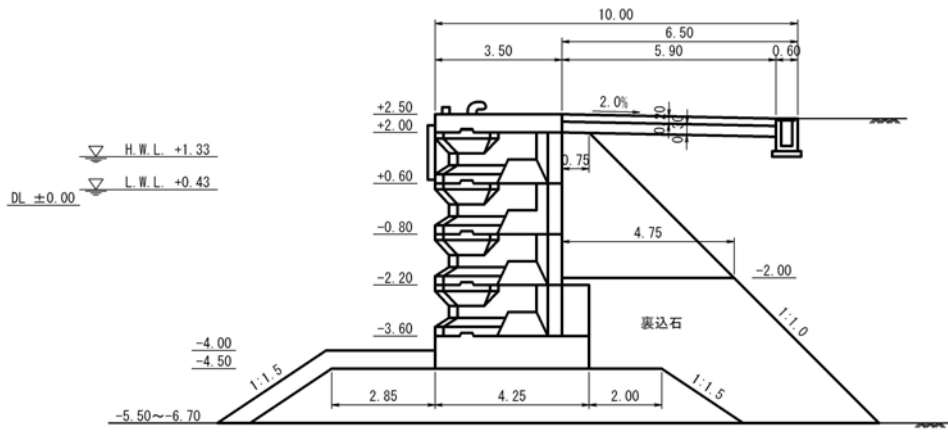


图-10.10 -4.0m 岸壁断面图

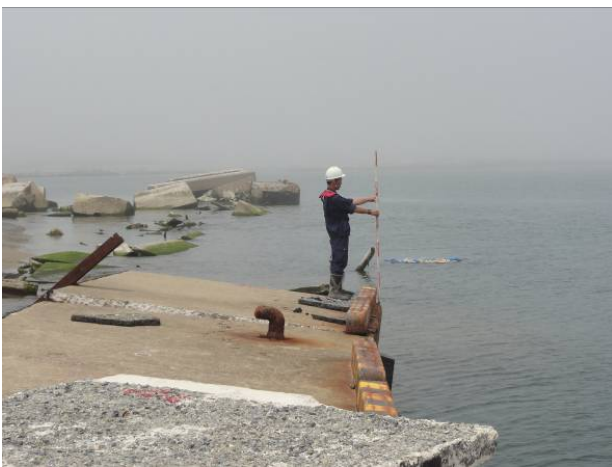


图-10.11 -4.0m 岸壁周辺の被災状況

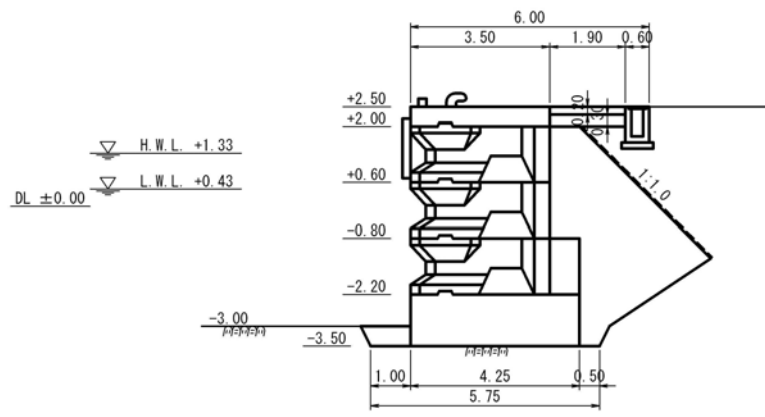


图-10.12 -3.0m 第4岸壁断面图



图-10.13 -3.0m 第4岸壁周辺の被災状況



図-10.14 -3.0m 岸壁周辺の被災状況



図-10.15 -4.0m 岸壁周辺の被災状況



図-10.16 松川浦漁港海岸保全施設（大洲堤防）周辺の被災状況



図-10.17 松川浦地区周辺の被災状況



图-10.18 磯辺地区周辺の被災状況

11. 三沢漁港

11.1 津波浸水高分布の特徴

三沢漁港は太平洋に面する砂浜域に立地しており、港の背後には防保安林がされている。三沢漁港周辺における津波浸水高については最大で10m程度が確認された(図-11.1)。図からは防保安林周辺における漁港区域背後の浸水高と漁港区域外のそれとを比較すると、漁港背後の浸水高の方が低いことが見て取れる。このことから漁港施設が津波の減衰に寄与した可能性が示唆される。

11.2 施設の被災状況

三沢漁港の被災前後の衛星写真を図-11.2に示す。本調査では三沢漁港の代表的な被災箇所として表-11.1、図-11.3に示す5箇所を選定した。現地調査では選定した5箇所以外の施設においても被災が確認されたことから、これら5箇所と併せて被災の実態とその仕組みの検討を行った。

11.2.1 外郭施設

三沢漁港の中央地に位置する中防波堤と北端に当たる北護岸、南側の主防波堤に相当する外南防波堤について、それぞれの被災状況は以下に述べる。

(1) 中防波堤

調査時における中防波堤(図-11.4)周辺の被災状況を図-11.5に示す。直立消波ブロック式の中防波堤(施設延長181.0m)の被災状況としては先端部の約30m区間の消失が認められた。陸上からの調査では流出部を目視で確認することはできなかったが、港奥側(西側)に流出し水したものと推測された(調査時にポンデンが複数設置されていた所)。これについては後日図-11.6に示す3次元サイドスキャンソナーによる海底地形測量結果から確認することができた。残存部の先端はコンクリートブロックが破断した状態ではなかったことから、直立消波ブロックのニットに移動・流出し被災したものと推察される。また、残存部先端の直立消波ブロックの2スパン程度では先端に進むにつれて水深が深くなり、残存部先端の港外側では水底から天端までが9.9mもあった。この原因としては津波により洗掘されたことによるものと推定される(図-11.6)。さらに、中防波堤の基部の護岸ではコンクリート舗装のうちの1版が剥がれて北西方向に移動し

て裏返しになっている状況が見られた。護岸基礎の流出(上部工の一部が梁の状態で残存)や手すりの北方向への倒壊も確認された。

(2) 北護岸

調査時における北護岸(図-11.7)周辺の被災状況を図-11.8に示す。北護岸(施設延長294.5m)の本体工と消波ブロックには特に大きな損傷は見受けられなかった。しかし、護岸背後の道路や漁港施設用地では津波が護岸を越流した際に発生したと推察される舗装の剥離や洗掘が認められた。洗掘は防保安林前の道路まで広範囲に及んでおり、護岸の天端が低い西側区間で大規模であることが確認された。また、護岸背後のブロックードでも洗掘が見られ、仮置きされていた被覆ブロックや消波ブロックの一部では移動・飛散が確認された。さらに、護岸北側の砂浜では津波による侵痕や一部の消波ブロックの飛散・埋もれも見受けられた。

(3) 外南防波堤

調査時における外南防波堤(図-11.9)周辺の被災状況を図-11.10に示す。外南防波堤(施設延長650.0m)の先端から200m程度までの区間の3箇所で大端上のコンクリート版の剥離や移動・転倒が認められた。移動方向は概ね北方向であり、飛散したコンクリート版の中には破壊やひび割れが見られない無傷の1版も確認された(無傷のコンクリート版は長さ8.3m幅7.5m高さ0.5m、量は約70トンの無筋コンクリート製)。また、剥離しなかったコンクリート版の中にもひび割れが発生したものが見られた。さらに、防波堤の港内側の被覆ブロックが50m程度にわたり消失し、その背後の消波ブロックが移動・沈下している箇所や被覆石が飛散した箇所が確認された。これらの被災は津波が防波堤を越流した際に作用した浮力・揚圧力によりコンクリート版や被覆ブロックなどが浮き、強い流れによって移動・飛散したことが原因であると推察される。

11.2.2 係留施設

三沢漁港の南端に位置する船揚場と北側地内の-4.0m岸壁(用地護岸)について、それぞれの被災状況を以下に述べる。

(1) 船揚場

調査時における船揚場(図-11.11)周辺の被災状況を図-11.12に示す。総延長150.0mの船揚場のうちレールより西側96.2m区間の斜路法先付近において張り

ブロックの飛散が認められた。これらの被災は港内側から侵入した津波の影響も考えられるものの、主として津波が南護岸を越流し斜路に流れ込んだ際に張りブロックに浮力・揚圧力が作用してめくれが発生したものと推察される。また、被災発生区間の背後では漁船の上げ下ろし用の機 やレールが被災するとともに、臨港道路（C 道路）では大規模洗掘の発生が確認された。他方、東側の斜路では特に損傷は確認されなかった。

(2) -4.0m 岸壁（用地護岸）

調査時における-4.0m 岸壁（用地護岸、**図-11.13**）周辺の被災状況を**図-11.14**に示す。本施設は道路（施設延長 119.0m）両端に岸壁本体工とエプロンを備えたものであり、矢板式構造として整備された。本岸壁の先端から背後の控え矢板までの区間で被災が確認された。被災状況としては先端の矢板および上部工が内側にくの字に倒壊し、舗装や裏込材の流出が認められた。また、エプロンのコンクリート舗装は落下しタイ材に引っかかっており、控え矢板付近の上部工にはひび割れや内側への若干の変位も見られた。さらに、**図-11.6**に示した海底地形測量結果からもわかるように本施設の先端周辺では大規模な洗掘が発生していた。先端における海底から天端までの距離は約 9m あり、矢板の根入れ付近まで洗掘されたことが推察される。本施設の被災は津波の来襲により先端付近で大規模な洗掘が発生し、これにより先端の矢板の根入れ下部から裏込材が 出されることによって、矢板や上部工、舗装の損傷につながったものと考えられる。なお、被災区間以外では岸壁法線やエプロン、道路に特に変状は認められなかった。

11.2.3 追加調査施設

当初に選定した 5 箇所以外として三沢漁港の南護岸と漁港区域内の漁港海岸（三沢ビードルビーチ）について、各々の被災状況を以下に記す。

(1) 南護岸

図-11.15は調査時における南護岸周辺の被災状況を示したものである。護岸の本体工には特に被災は見られなかったものの、護岸本体を挟んだ南北の両側で大規模な洗掘の発生が認められた。洗掘は護岸に沿って細長く見られ、 所的に洗掘規模の大きい箇所の存在が確認された（船揚場の被災区間の背後から西側 300m 程度の区間で発生していた）。最大洗掘深は約 2m にも

んでおり、海岸側よりも漁港内側の方が洗掘規模の大きいことも 明した。また、 所的な大規模な洗掘は護岸の上部工が途切れた周辺で生じていた。さらに、海岸側の消波ブロック設置区間で洗掘深が大きい箇所や、漁港内側では護岸の天端を乗り越えて落下したと推測される消波ブロックが確認された。

(2) 漁港海岸（三沢ビードルビーチ）

図-11.16は調査時における漁港海岸（三沢ビードルビーチ）周辺の被災状況を示したものである。海岸環境整備施設については建物や街灯などが破損しており、アスファルト舗装やインターロッキングのめくれや飛散が散見された。これら構造物の飛散・倒壊の方向は概ね北方向であった。また、海岸内では顕著な 砂も確認された。一方、漁港海岸の南端の突堤では岸側基部付近の北側で大きな洗掘が見られた。ここでの最大洗掘幅は 16m 程度であり、最大洗掘深は約 2.6m であった。突堤では多くの手すりが北向きに倒壊していたものの、本体工や上部工、被覆ブロック、消波ブロックには特に大きな変状は見られなかった。



図-11.1 三沢漁港周辺の津波痕跡高*1



図-11.2 被災前後の三沢漁港（上段：被災前、下段：被災後）*2

表-11.1 三沢漁港の調査対象施設

| 施設名 | 諸元等 |
|---------------|------------------------------------|
| 外郭施設 | |
| 中防波堤 | 重力式混成堤(直立消波ブロック式) 天端高:D.L.+2.6m |
| 北護岸 | 重力式混成堤(消波工付き) 天端高:D.L.+5.1m |
| 外南防波堤 | 重力式混成堤(スリットケーソン式) 天端高:D.L.+8.6m |
| 係留施設 | |
| 船揚場 | 斜路式船揚場 |
| -4.0m岸壁(用地護岸) | 矢板式係船岸(普通矢板式) 天端高:D.L.+2.1m |

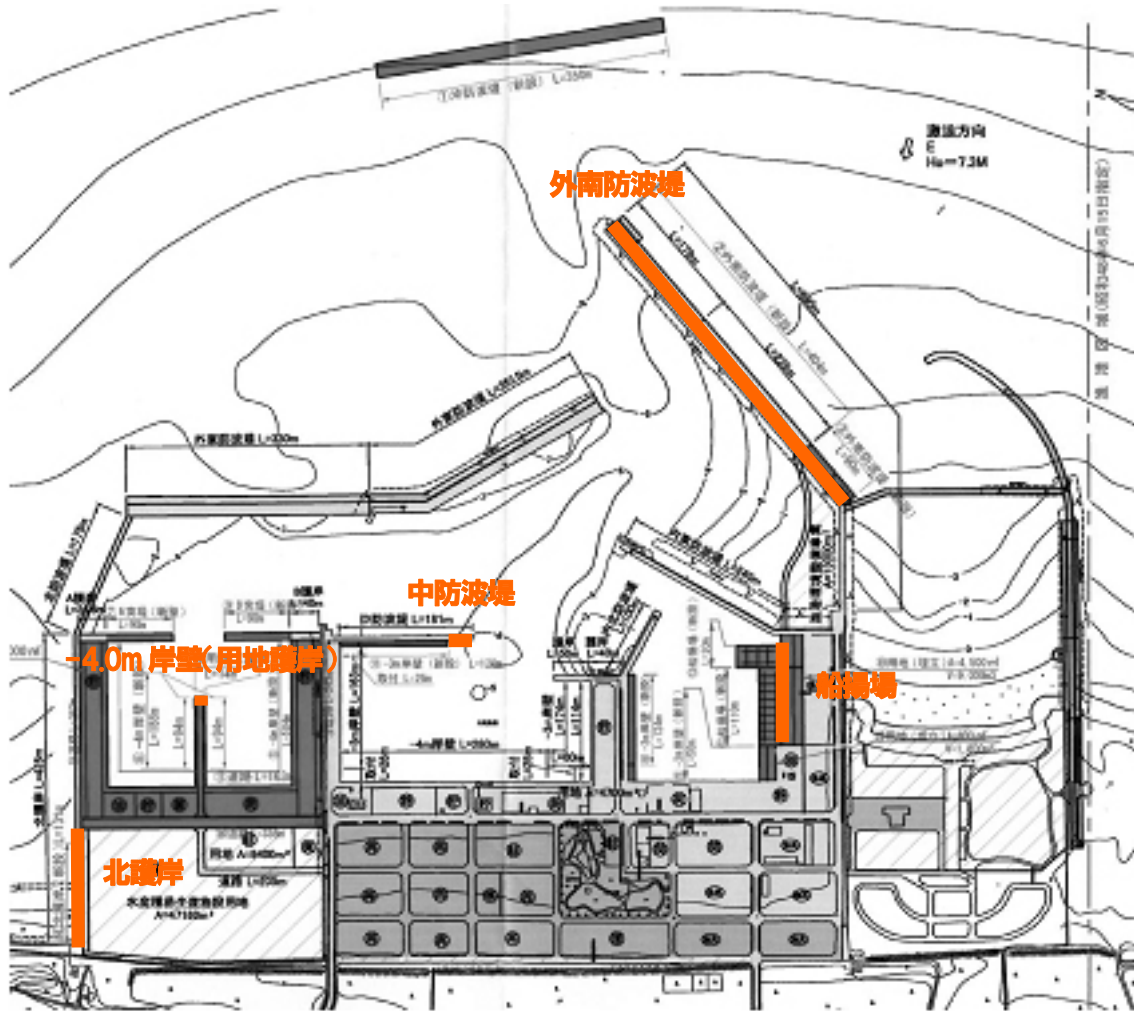


図-11.3 三沢漁港の調査対象箇所

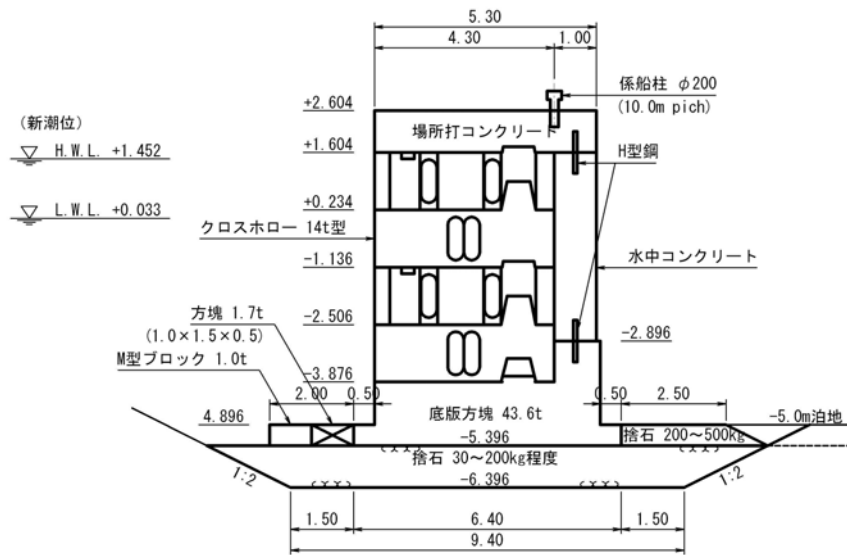


図-11.4 中防波堤断面図

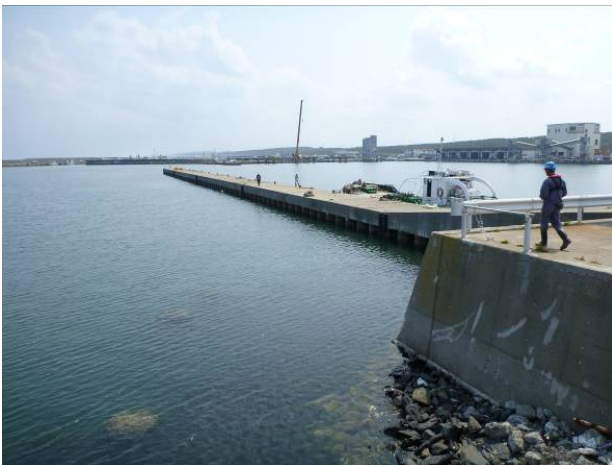


図-11.5 中防波堤周辺の被災状況

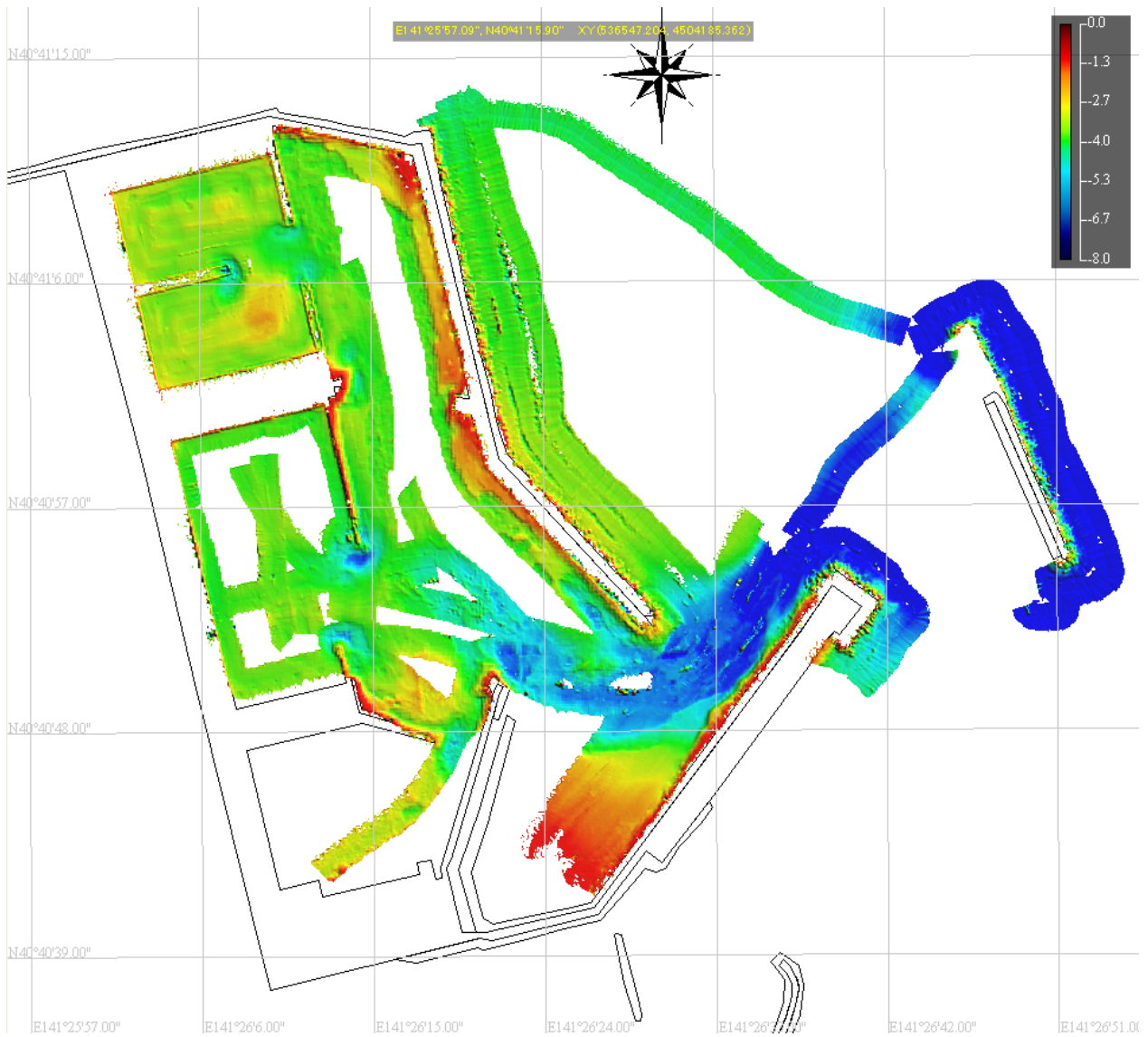


図-11.6 3次元サイドスキャンソナーによる海底地形測量結果（速報）

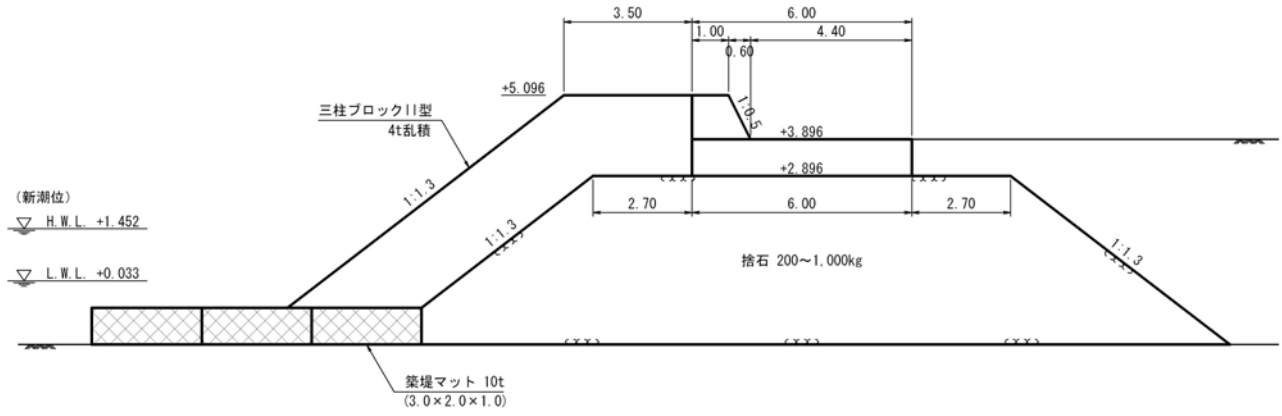


図-11.7 北護岸断面図



図-11.8 北護岸周辺の被災状況

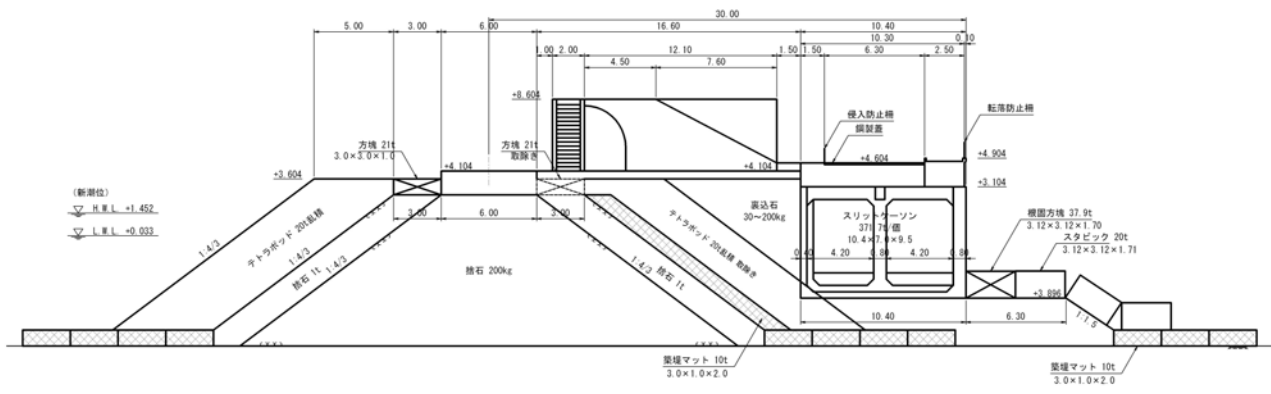


図-11.9 外南防波堤断面図

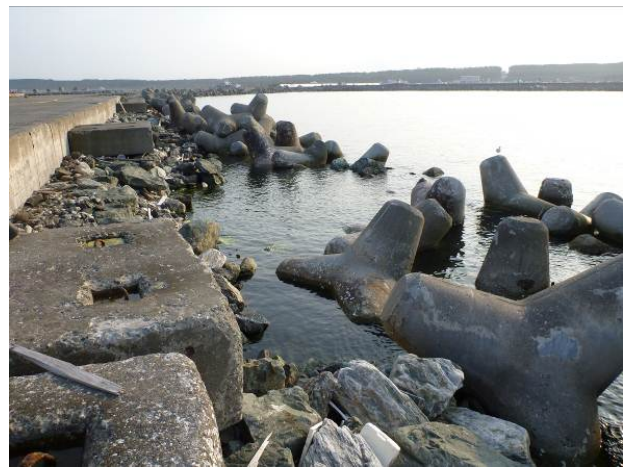


図-11.10 外南防波堤周辺の被災状況

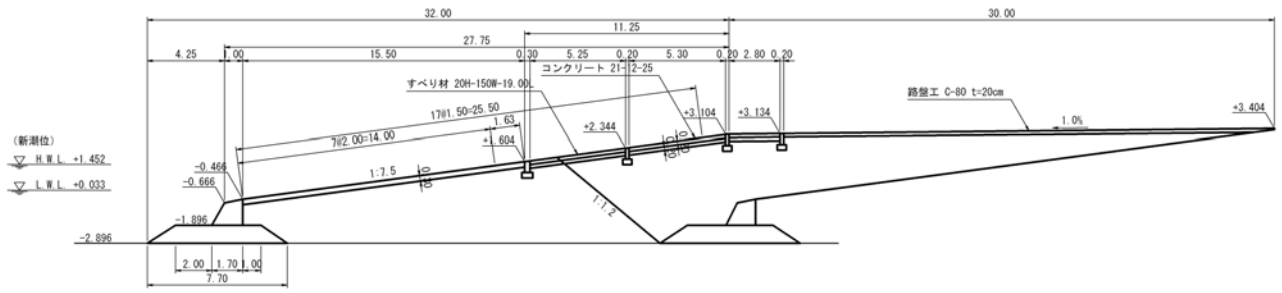


図-11.11 船揚場断面図



図-11.12 船揚場周辺の被災状況

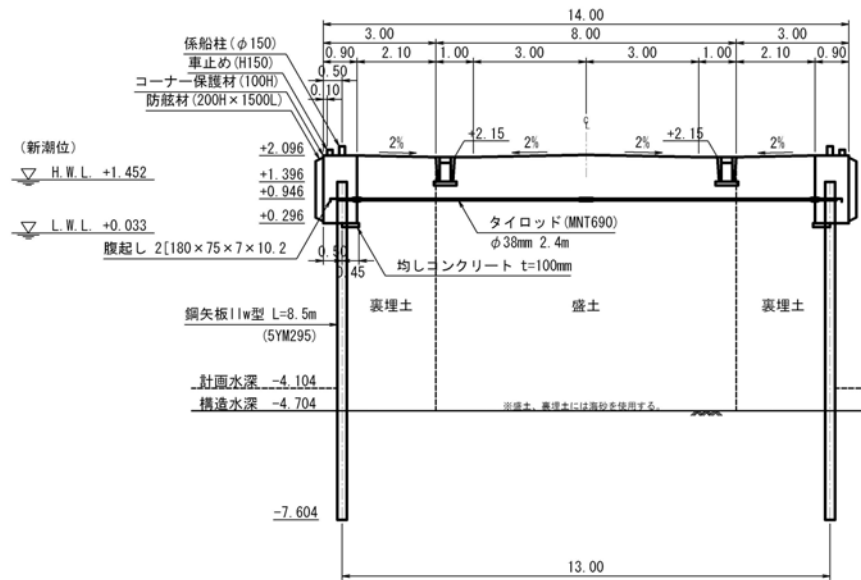


図-11.13 -4.0m岸壁（用地護岸）断面図

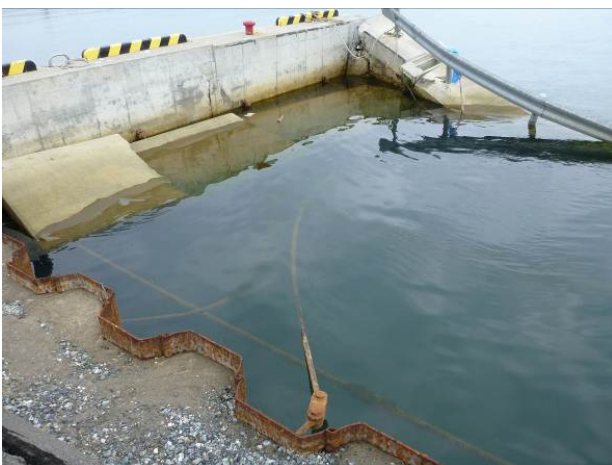


図-11.14 -4.0m岸壁（用地護岸）周辺の被災状況



図-11.15 南護岸周辺の被災状況



図-11.16 漁港海岸（三沢ビードルビーチ）周辺の被災状況

12. 銚子漁港

12.1 津波浸水高分布の特徴

銚子漁港は、今回の調査対象では最も南に位置し、震源からも いため津波高は低かった (図-12.1)。銚子漁港背後で浸水高 3m 程度、利根川河口対岸の波崎漁港でも 4m 以下であった。銚子漁港については、防波堤による津波高低下 (減災効果) が指摘されているが正確な評価のためには数値シミュレーションも含めた

は検討が必要と考えられる。なお、利根川河口には津波の遡上が確認されている。

12.2 施設の被災状況

銚子漁港では、津波遡上により魚市場などの水産関連施設に浸水被害が生じている (図-12.2 上段左図)。また、地震による第 1 市場の柱の被災や河口内防波堤部の沈下などが確認されている (図-12.2 上段右図) が津波による顕著な被災は見られなかった。そこで、ここでは隣接する波崎漁港の被災状況を示す。

12.2.1 係留施設

(1) 岸壁 (波崎漁港)

波崎漁港岸壁で津波によると思われる被災を確認した。被災箇所は、漁港開口部側の岸壁先端部で岸壁の一部が倒壊・流出していた (図-12.2 下段)。周辺では、エプロン (アスファルト舗装) の流出および洗掘が生じており、津波が岸壁を乗り越えたことが確認される。被災過程としては、先述の岸壁破壊プロセス (①地震もしくは津波で上部工が破壊あるいはエプロンのひび割れ破損→②津波による強い流れでエプロンが飛散→③引き波時に裏込材、埋立土が流出→④矢板に強い力が作用し岸壁が海側へ倒壊) が基本と考えられ、開口部の津波による強い流れによる先端部が被災したものと推定される。

参考資料

- 1: 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループより引用
- 2: 〃より引用
- 3: 国際気象海洋 (株)・(株) スカイサーベイより供



銚子漁港

図-12.1 銚子漁港周辺の津波痕跡高*1



図-12.2 銚子漁港および波崎漁港周辺の被災状況
(上段左図：銚子第3魚市場への浸水被害、上段右図：銚子第1市場の地震被災、
下段：波崎漁港の被災状況)