

2015 年度（第 51 回）
水工学に関する夏期研修会講義集

B コース

Lecture Notes of the
51st Summer Seminar on Hydraulic Engineering, 2015
Course B

土木学会
水工学委員会・海岸工学委員会
Committee on Hydrosience and Hydraulic Engineering,
Coastal Engineering Committee,

JSCE
2015 年 8 月
August 2015

2015 年度（第 51 回）
水工学に関する夏期研修会講義集

B コース（海岸・港湾コース）
総合テーマ：沿岸域の防災と減災

- B-1 東日本大震災での港湾災害と港湾における災害対策の展望と課題
横浜国立大学 特任教授 宮本卓次郎
Takujiro MIYAMOTO
- B-2 東日本大震災からの復興まちづくりと防潮堤問題
東北大学 准教授 平野勝也
Katsuya HIRANO
- B-3 防護施設の粘り強さ
中央大学 教授 有川太郎
Taro ARIKAWA
- B-4 港湾・海岸構造物の維持管理の高度化に向けて
北海道大学 教授 横田 弘
Hiroshi YOKOTA
- B-5 緩衝帯を用いた沿岸域の減災と生態系保全の両立
九州大学 准教授 清野聡子
Satoko SEINO
- B-6 沿岸域生態系を活かした震災復興
東北大学 教授 西村 修
Osamu NISHIMURA
- B-7 海岸行政の課題と海岸法の改正
国土交通省 港湾局海岸・防災課長 眞田 仁
Hitoshi SANADA
- B-8 これまでとこれからの沿岸防災・減災
関西大学 教授 河田恵昭
Yoshiaki KAWATA

2015年度（第51回）水工学に関する夏期研修会講義集

水工学シリーズ 15-B-1

東日本大震災での港湾災害と港湾における
災害対策の展望と課題

横浜国立大学 特任教授

宮本卓次郎

土木学会

水工学委員会・海岸工学委員会

2015年8月

東日本大震災での港湾災害と港湾における災害対策の展望と課題

Disasters of Ports by the Great East Japan Earthquake and Prospects and Challenges of Port Disaster Prevention

宮本 卓次郎

Takujiro MIYAMOTO

1. はじめに

2011年3月11日、午後2時46分。東北地方の太平洋沿岸で大規模な地震が発生した。後に、東日本大震災と呼ばれる地震である。

当時、東北地方整備局の港湾、空港を担当する副局長であった私は、仙台のオフィスで職員との打ち合わせの最中だった。そこは駅に近い20階建てのビルの10階であったが、強い揺れは1分以上も続いたように思う。揺れが収まってオフィスを見ると書架から資料が落ち、テレビは店頭するなどの状況であったが職員は無事で、早速、安否確認など定められた手順を始めていた。

そして大津波警報が発令され、地震から約30分程度経過した頃に沿岸部で大規模な津波が襲った。地震直後から進めていた現地事務所の安否確認の連絡の最中に、各現地事務所を津波が襲った。平屋の相馬港の支所の職員は高所避難を終えており、他の事務所は庁舎屋上に避難することで被災を逃れた。

仙台、釜石の事務所では、周辺の住民、関係者の避難を受け入れ、合計で100名余の人命を救うことが出来た。国の事務所が堅牢であった結果であると言えるが、これも来襲する津波があと少し大きければ、どのような結果になっていたかは分からない。

このように沿岸部に立地する港湾関係の全ての現地事務所庁舎は水没し、官用、私有の自動車も被災するなど、劣悪な環境下で現地での災害対応に着手した。一方、仙台の地方整備局本局では、緊急電源装置なども完備した災害対策室は機能したものの、ガス、水道、電気といったライフラインが途絶えたため、災害対策室以外では照明、OA機器の利用などに支障を生じた。特に、現地との連絡については携帯電話も使えない状況で、数の限られた衛星携帯電話しか利用できなかった。

港湾関係業務では、たとえ緊急時の対応であっても、港湾管理者、保安部、地元市町村、関係企業、漁業関係者など、多くの関係者との連絡調整が不可欠である。しかも、このような地元での関係者との調整は現地でしか行えない。このため、港湾空港部では、現地事務所機能の回復・平常化と災害への対応を同時並行して進める必要があった。

テックフォースなど全国からの応援も得て、現地における被災状況調査、緊急航路啓開などの緊急対応に着手した。

2. 災害の状況

2-1 地震と津波

東北地方の太平洋沿岸部を襲った地震は震度5強から7であった。しかしながら、その揺れの周波数スペクトルを見ると、仙台以北では港湾構造物への影響が大きいと言われている0.3～1ヘルツの周期帯（キラーパルス）のエネルギーが比較的小さかった。一方、小名浜など仙台から南ではキラーパルスのエネルギー量が大きかった。このような揺れの周波数特性の違いによって、地震振動が原因となる被災は仙台以南に多く見られた。



図-1 地震および津波の影響範囲

一方、津波に関しては八戸～小名浜の全ての東北の港湾に甚大な影響を及ぼした。第一線防波堤のほとんどが被災し、かろうじて被災を免れたのは小名浜の台形ケーソン式防波堤のみであった。いずれにせよ、港湾では第一線防波堤の被災を始めとして、津波による様々な被害を生じた。

2-2 地震による被害

1) 防波堤の沈下

石巻港では、地震振動による液状化現象で防波堤が沈下した。この結果、防波堤天端が下がったことで、津波による倒壊を免れるという幸運にも恵まれた。

2) 岸壁の被害

小名浜港などでは、地震動による液状化などによって岸壁構造が変形、倒壊した。

3) 岸壁レールのS字変形

また、岸壁上に設置したクレーンレールも岸壁の変形に追従して被災する他、構造ブロック間の変異のズレを原因とするレールのS字変形も見られた

4) ガントリークレーンなどの被害

地震動と岸壁の変異などによって、岸壁クレーン本体にも甚大な被害を生じた。



写真-1 液状化被害を受けた小名浜港の岸壁

2-3 津波による施設被害

1) 第一線防波堤の被害

世界最大の設置水深によってギネスブックにも登録された釜石港湾口防波堤をはじめ、東北のほとんどの港湾の第一線防波堤が津波によって被災した。

なお、一般の港湾の防波堤は、その施設の設置目的から津波を設計条件とはしておらず、50年確率の高波浪時（ $H_{MAX}=1.5\sim 20m$ 程度）に耐えるものとして設計されており、概して来襲するかもしれない津波に対

2015年度（第51回）水工学に関する夏期研修会講義集

水工学シリーズ 15-B-2

東日本大震災からの復興まちづくりと
防潮堤問題

東北大学 准教授

平野勝也

土木学会

水工学委員会・海岸工学委員会

2015年8月

東日本大震災からの復興まちづくりと防潮堤問題¹⁾

The Conflict between Town Planning and Coastal Levee on Reconstruction from Great East Japan Earthquake and Mega Tsunami Disaster

平野 勝也

Katsuya HIRANO

1. 防潮堤と復興まちづくりの基本的な齟齬

2011年6月に中央防災会議の専門調査会が津波防御水準を事実上定めた²⁾。そこでは、海岸防潮堤といった施設による防災で対応する「頻度の高い津波（以下L1津波）」と、避難路の確保や津波外力の減勢といった、減災で対応する「最大クラスの津波（以下L2津波）」が示された。

今次津波はL2津波である。確かにL2津波を防御しないというのは冷静な判断である。しかし、どれだけ津波の専門家や歴史家が、極めてまれな津波であると進言しても、被災者からすれば、L2津波は現に体験した津波でしかない。いわば時間感覚に大きな齟齬があるのだ。被災地では、今次津波が再び来ても大丈夫だと断言できる復興まちづくりでなければ、とても合意できるような状況ではなかった。そのため、ほとんど全ての被災市町村は、L2津波に対しても安全となる復興まちづくりを目指している。L1津波しか守らないとする中央防災会議、L2津波からも安全な街をつくらうとする被災自治体。根底からずれたままの復興の始まりであった³⁾。

2. 復興まちづくりの主要な目標

今回の復興まちづくりにおいては、大きく4つの目標が存在していると考えている。「防災」、「生業」、「持続可能性」、そして「歴史性」である。新たなまちづくりはL2津波に対しても住居が安全でなければならぬし、災害に強い必要がある。これが「防災」の目標である。L1防潮堤、高所移転、高盛土道路（二線堤）、区画整理等による嵩上げ等を駆使していくことになるが、一般的には移転地が海から遠いほど、無理なく安全性を確保できる。その一方で、その被災地の産業が漁業や水産加工業に依存しているのであれば、できるだけ海に近い、生産性の高いまちづくりが求められる。それが「生業」の目標である。さらに、この復興は、人口減少下のまちづくりであり、いかにコンパクトに集約したまちづくりとなるかが、重要なポイントであり「持続可能性」の目標である。さらには、現代のまちづくりは、住人が愛着や誇りを持てる街を目標としている。その実現のためには、その街の歴史や記憶が極めて重要な役割を果たす。そうしたまちづくりの王道を実現するには、なるべく原位置でなければならない。それが「歴史性」の目標である。

以上の主要な4つの目標は、被災地の状況や復興計画によって相矛盾する状況を引き起こす。その矛盾をいかに小さくするかが、復興計画立案の要点であり、合意形成の要点でもある。なぜならこれらの目標は被災者の思いそのものでもあるからだ。

3. 宮城県の防災事業の特徴

個別の事例に言及する前に、宮城県の防災事業の特徴について指摘しておこう。まず、L1防潮堤整備に対する宮城県知事の姿勢である。2013年7月8日の定例記者会見にそれが象徴的に現れている。村井嘉浩知事

は記者の防潮堤を下げないのかという質問に対して、L1 津波高が科学的根拠に基づいていることを強調し、根拠に基づかない妥協はできないとした上で、以下のように答えている⁴⁾。

「L1 の津波が来たときに『あの堤防があったおかげで命を救うことができた』、<中略>『岩手県はやった(防潮堤の高さを下げた)。青森もやった。宮城だけやらない』と言われて、決して愉快なことは一つもないのですけれども、私はこれから生まれてくる子供たちのために、子孫のために、県知事はやらなくてはならないと思っていますので、そこはかたくなにこだわりたいと思います。」

こうした知事の姿勢は合意形成に少なからぬ影響を与えたと思う。その一方で、宮城県は科学的根拠がつく松島等のケースでは L1 防潮堤高そのものを特殊計画高として当初から下げていたり、守るべきものが無いケースについて、事業の取りやめや現況復旧を決定したり、海岸管理者として無駄な事業とならないような相当の努力を当初から重ねてきているのも付け加えておく。

次に、宮城県の河川の災害復旧では、河口水門を設けない方針が採られた。これは、一つには発災時に河口水門を閉めに向かった水防団の方が犠牲になられたこと、岩手県と比して L1 防潮堤高が低く、低平地の土地利用強度も大きくないため、河口水門を設置するよりも、L1 防潮堤と同じ高さの背水堤を河川に整備した方が建設費用からも維持管理費用からも有利になることに起因している。そのため、平地に大きく割って入るコンクリート張りの背水堤も、十分に利便性や環境・景観の面から検討する必要がある(図1)。

視点②小泉小学校(南側丘陵地)

※セットバックしたイメージ



視点③小泉大橋



図1 気仙沼市津谷川背水堤のフォトモンタージュ

出典：第2回三陸南沿岸・石巻海岸地区環境等検討懇談会資料

<http://www.pref.miyagi.jp/soshiki/kasen/keikan.html>

2015年度（第51回）水工学に関する夏期研修会講義集

水工学シリーズ 15-B-3

防護施設の粘り強さ

中央大学 教授

有川太郎

土木学会

水工学委員会・海岸工学委員会

2015年8月

防護施設の粘り強さ

Tsunami-Resistant Design for Protective Structures

有川 太郎

Taro Arikawa

1. はじめに

2011年の太平洋沖地震による巨大津波は、防波堤、海岸堤防などの防護施設の高さを乗り越えて、もしくはそれらを破壊して、背後地域に甚大な被害を生じさせた。この出来事は、これまでの防災の概念を一変させ、ハード対策の限界を示したといっても過言ではない。その一方で、防護施設による防護効果は地域ごとに異なるものの、背後地域への津波エネルギーの浸入を減少させたことも数値シミュレーションから明らかになっている。そこで、本稿では、津波による防護施設の被災メカニズムを説明するとともに、津波に対する粘り強い構造の方向性について議論するものである。

2. 防護施設の被災状況

防護施設として、防波堤、胸壁、海岸堤防(台形断面の三面張り構造)の3つの防護施設の東日本大震災における被災状況を確認する。各被害の詳細について、防波堤については、主として高橋ら(2011)¹⁾や国交省港湾局(2013a)²⁾を、胸壁については、熊谷ら(2014)³⁾や国交省港湾局(2013b)⁴⁾を、海岸堤防については、渡邊ら(2012)⁵⁾、漁港施設においては、八木ら(2015)⁶⁾がとりまとめている。

2.1. 防波堤

2.1.1. 一般防波堤

一般防波堤の被災状況について表-1(国交省港湾局(2013a)²⁾)に示す。一般防波堤では、津波波力によって滑動・倒壊したと考えられるものもあるが、越流洗掘や堤頭部周りの洗掘による被災も多い。

表-1 防波堤の被災状況と被災形態 (国交省港湾局(2013a)²⁾)

港名	地区	施設名	主な被災状況	津波高(m)	港名	地区	施設名	主な被災状況	津波高(m)
八戸	八太郎	北/基部	消波ブロック移動	6.2	宮古	出崎	出崎	滑動、倒壊	8.5
	八太郎	北/中央部	港内マウンド洗掘	6.2		竜神崎		堤頭部が洗掘・倒壊	7.5
	八太郎	北/ハネ部	滑動	6.2		藤原	藤原	堤頭部が洗掘・倒壊	8.5
	外港	中央	暫定堤頭部が洗掘・倒壊	6.2		藤原	(II)	堤頭部が洗掘・倒壊	8.5
	外港	第二中央/先端部	暫定堤頭部が洗掘・倒壊	6.2		藤原	宮古木材港南	ケーソン等滑動、滑落	8.5
	外港	第二中央/中央部	被覆ブロック・割石の散乱	6.2		藤原	宮古木材港北	地殻変動による沈下	—
久慈	半崎	波除堤	滑動、倒壊	8.5		神林	神林北	ケーソン等滑動、滑落	8.5
	湾口	南・北堤	洗掘	—		藤原	藤原埠頭船溜	ケーソン等滑動、滑落	8.5
相馬	本港	沖	ケーソン等滑動、滑落	14.38	藤原	第1波除堤	地殻変動による沈下	—	
相馬	本港	沖	ケーソン等滑動、滑落	14.38					

それは、設計対象としては津波より高波のほうが大きいことが多く、東日本大震災による津波であったとしても、設計された高波の高さを超えない、もしくは、超えて越流が増えたとしても、高波の波圧を上回らないか、越流をすることで波力が軽減されるか、というような状態であったことが推測される。一方で、津波の周期は高波と比べて長いため、越流や堤頭部などの流れが発生した場合、その作用時間が長く、一旦変形すると、その変形量が大きくなり被災するということに対する対策が不十分であった。

2.1.2. 湾口防波堤

釜石(図-1)、大船渡、女川など湾口防波堤には、大きな津波の作用に加え、港口からの津波の浸入を防ぐために、港口を狭くしており、港内水位上昇が抑えられ、港外・港内の水位差がつきやすい状況であった。そのため、後述するが、多くは、港内・港外の水位差により滑動したと考えられる。

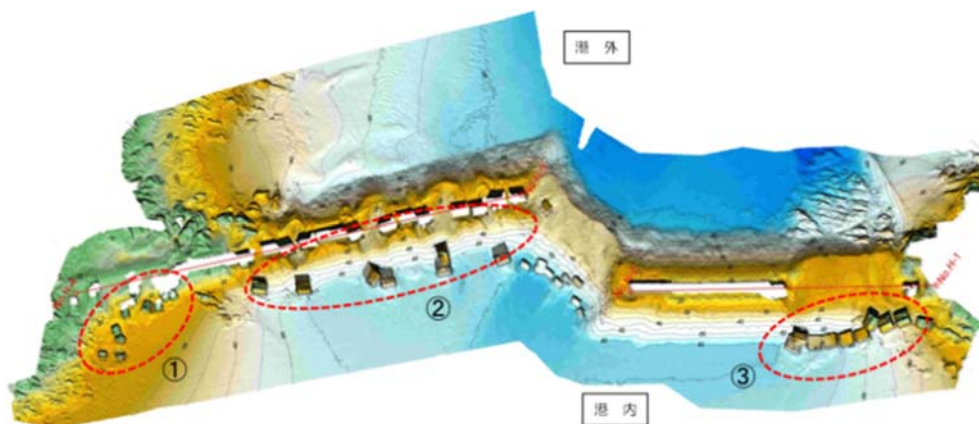


図-1 釜石湾口防波堤の被災状況（東北地方整備局提供）

2.1.3. 被災率

PIANC(2013)⁷⁾は、設計波高と津波高の比と被災率との関係を示している(図-2)。被災率は、各港湾における第一線防波堤について、被災程度に関係なく災害査定の対象となる被災が生じる防波堤の延長の割合（＝被災延長／総延長）としている。実線は、以下の対数正規分布の累積分布関数で表現されている。

$$F(\eta, H_{1/3}) = \Phi \left[\frac{\ln(\eta/H_{1/3}) - \mu}{\sigma} \right]$$

ここで、 $H_{1/3}$ は設計時における有義波高、 η は防波堤前面の津波高、 μ および σ はパラメタ($\mu = 0.0386$, $\sigma = 0.279$)となる。これをみると、設計波高と防波堤前面の津波高が同程度以上になると、被災が大きくなっている。これは、ほぼ同程度の波力が作用することになるためと考えられる。一方で、その状態でも 100%にならないのは、背後の水位上昇、津波と高波との波圧の作用の差によるものと思われる。

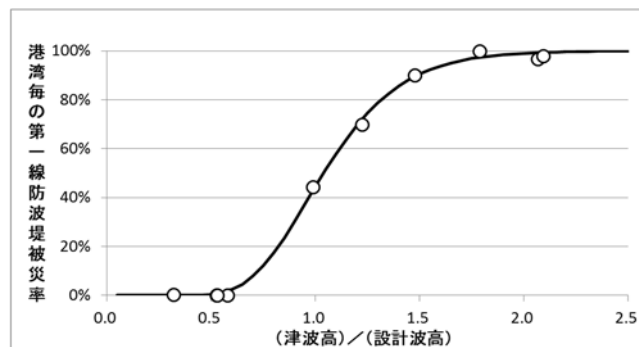


図-2 各港湾の第一線防波堤被災率(PIANC, 2013⁷⁾)

2015年度（第51回）水工学に関する夏期研修会講義集

水工学シリーズ 15-B-4

港湾・海岸構造物の維持管理の
高度化に向けて

北海道大学 教授

横田 弘

土木学会

水工学委員会・海岸工学委員会

2015年8月

港湾・海岸構造物の維持管理の高度化に向けて

Toward Advancement of Maintenance for Port, Harbor, and Coastal Facilities

横 田 弘

Hiroshi YOKOTA

1. はじめに

社会基盤施設を有効活用し、長寿命化させることが近年非常に重要になってきている。これは、社会基盤施設を構成する構造物の高齢化と経年劣化の進行による事故や災害の発生への懸念、および維持費や更新費の低減要請などに起因する。長寿命化を図るためには、維持管理の時代に対応した意識の変化と制度や技術の確立が必要であり、それに基づいた維持管理の着実な遂行が求められている。

港湾構造物（以下、「港湾の施設」も「港湾構造物」と記す）は、海上物流の要として日々の生活や経済活動を支える重要な役割を担う港湾の最も礎となるインフラである。また、海岸構造物（以下、「海岸保全施設」も「海岸構造物」と記す）は、背後地を高潮や津波等から防護し、同様に住民の安全・安心とともに国土の保全や経済活動を支えるインフラである。これらはいずれも供用期間中に求められる役割や機能を果たしていくことが求められる。そのためには、新設の構造物では性能保持と耐久性に裏付けられた供用設計の実施が求められ、既存の構造物では、当初設計での考え方を踏襲しつつ戦略的かつ計画的な維持管理の実施が求められる。

この目的のために筆者らは港湾・海岸構造物のライフサイクルマネジメントのシステム構築のための検討を進めている。このシステムでは、構造物の計画、設計から撤去、更新までの各段階での作業の連携を確実にするとともに、維持管理において、点検・診断、予測、評価、判定、対策の各技術の高精度化と高信頼性を目指すものである。ライフサイクルマネジメントを適切に実施することで、構造物の機能や性能の確保とともに、ライフサイクルコストの縮減、構造物の資産価値の向上等が実現できる。

本稿では、ライフサイクルマネジメントの視点から、港湾・海岸構造物の維持管理の高度化に向けた実務的な調査・研究の事例について示す。まず、構造物の維持管理上の特徴と現状を述べ（2章）。次に、ライフサイクルマネジメントの枠組みについて概説する（3章）。紙面の関係から、ライフサイクルマネジメントを構成する要素のうち、点検・診断における選択と集中（4章）、性能評価における確率的考察（5章）および予測モデルとその影響（6章）について示す。最後に、要求性能レベルの向上（7章）への対応についても言及する。

2. 構造物の維持管理上の特徴

2.1 港湾構造物

港湾構造物の維持管理は、港湾法に規定される「港湾の施設の技術上の基準」¹⁾に基づいて行われている。現行の基準は、2007年4月に改訂・施行されており、そこでは性能規定化の思想が導入されたとともに維持管理に関する事項も充実された。これは、港湾構造物に求められる性能を明確に規定し、それを設計供用期間中に要求水準以上に保つことを、当初設計および供用中の維持管理の両者で実現しようとするものである。つまり、将来の維持管理に配慮した当初設計を実施し、その考えに基本的に基づいた維持管理を実施することになる。そのために、構造物の設置者は計画的な点検や想定される補修方法等を規定した維持管理計画を策定し、管理者はそれに基づいて維持管理の行為を進めていくことになる。さらに、ライフサイクルコスト

の縮減等を意図して予防保全計画²⁾を策定する。この予防保全計画は、構造物単位で策定している維持管理計画の内容を踏まえつつ、港湾単位で俯瞰的な視点に立った老朽化対策の検討が可能とするものである。構造物の重要性、変状の状況や利用状況等を総合的に勘案したうえで、個々の構造物をどのように維持管理・更新していくかなどの対応方針を定め、変状への対策を講じる構造物の優先順位等を設定する。

2013年6月に港湾法の一部改正が行われ、「技術基準対象施設の維持は、定期的に点検を行うことその他の国土交通大臣が定める方法により行わなければならない」という規定が導入された。合わせて、「港湾の施設の技術上の基準を定める省令」および「技術基準対象施設の維持に関し必要な事項を定める告示」の改正も行われ、点検・診断の方法等が規定された。これを具現化し、港湾構造物の点検・診断の頻度および方法等の考え方をより詳細に示すガイドライン³⁾が2014年7月に新たに制定され、現在に至っている。

2.2 海岸構造物

海岸構造物に対しても、2014年6月に改正された海岸法において、海岸管理者の海岸構造物に関する維持・修繕の責務が明確された。また、予防保全の観点から維持・修繕に関する技術的基準を主務省令で定めることになった。海岸構造物も同様に、予防保全の導入などにより適切かつ効率的に維持管理を行うことで、構造物の長寿命化を図り、ライフサイクルコストの縮減に取り組む必要がある。そのためには、維持管理行為を義務づけるだけでなく、具体的な運用方法を定めた技術的基準の整備や取り組みを推進することが求められ、その一つとして、2014年3月に「海岸保全施設維持管理マニュアル～堤防・護岸・胸壁の点検・評価及び長寿命化計画の立案～」⁴⁾が制定された。このマニュアルは、以下の項目についてその標準的な手法を提示するものである。

- ・点検の選択と集中および重点点検箇所の抽出
- ・防護機能の確保に重要な視点の明確化
- ・引継ぎを考慮した点検結果等の記録、保存
- ・巡視（パトロール）と定期点検による点検システムの構築
- ・予防保全に資する健全度評価の基準見直し
- ・長寿命化計画の定義づけと策定の単位
- ・劣化予測結果にもとづく修繕時期の検討
- ・ライフサイクルコストの縮減および点検・修繕等の費用の平準化

また、このマニュアルでは、予防保全の考え方を導入して適切な維持管理を行うことで長寿命化を目指すとしている。長寿命化を図ることにより、防護機能を確保できること、大規模な対策等を実施する必要性が小さくなること、長期的にみるとライフサイクルコストが少なく済むことなどの効果を期待している。

3. ライフサイクルマネジメント

港湾構造物や海岸構造物において戦略的な維持管理を行うにあたっては、構造物に変状が生じることを前提とし、「事後保全」から「予防保全」へとその思想を転換することが必要である。また、予防保全は、長寿命化を可能とする重要なキーワードでもある。港湾構造物や海岸構造物は、海中や地中に埋没している部分が多いことなどから、陸上の構造物と比較して維持管理上の困難が伴うことが多い。また、構造物が環境条件の厳しい沿岸域に位置しており、外力の作用のみならず材料劣化やそれによる性能低下が生じやすい。そのため、構造物の建設時にその重要性（代替性）や維持管理の難易度に応じて所要の耐久性を付与するとともに、予防保全に立脚した計画的な維持管理を行うことで、構造物が保有すべき機能や性能を保持しなければならない。

ライフサイクルマネジメントとは、計画・設計段階から供用段階を経て撤去・更新段階に至るまでの構造物の総合的な管理を効果的に実施するための技術の体系である。単一の構造物を対象とすることもあれば、複数の構造物群を対象とすることも可能である。港湾や海岸の構造物に限らず、どのような社会基盤施設で

2015年度（第51回）水工学に関する夏期研修会講義集

水工学シリーズ 15-B-5

緩衝帯を用いた沿岸域の減災と
生態系保全の両立

九州大学 准教授

清野聡子

土木学会

水工学委員会・海岸工学委員会

2015年8月

緩衝帯を用いた沿岸域の減災と生態系保全の両立

Coastal Buffer Zones Ensure Compatibility of Disaster Risk Reduction and Ecosystem Conservation

清野 聡子
Satoquo SEINO

1. 日本の沿岸で「緩衝帯」を考える－自然保護区の設定による減災

(※本章は日本沿岸域学会研究討論会 2014 に投稿した講演概要を、一部修正したものである.)

1.1 はじめに

日本の沿岸計画では防災と自然保護との両立は困難とされている。しかし「緩衝帯」の設定により生態系や景観が守られ、人間の安全保障にもつながる場合もある。宮城県気仙沼市の津谷川河口・小泉海岸の砂浜の震災復興を事例に、海岸保全区域の利活用の検討を行う。生態系を活かした減災 ECO-DRR は、国際的には標準的な考え方になりつつある。

1.2 宮城県気仙沼市小泉地区の建設予定の堤防と空間管理上の課題

東北の震災復興における海岸構造物の災害復旧事業において、宮城県気仙沼市小泉（中島）海岸と津谷川下流域では、最大級の防潮堤が建設予定である（図-1.1）。堤体は、高さ 14.7m、底地幅 90m 強、3 割勾配である。津波遡上予測区域まで堤防が計画され、河口の低平地は囲いこまれる予定である（図-1.2）。

この事業は防潮堤の巨大さや技術上の課題が指摘されているが、海岸、河川、道路（国道、高速道路）、農地、漁業、環境と河口特有の分断管理や輻輳する利用が一因で再調整が困難との考えが行政側にある。この事業には、日本の海岸管理制度の課題が集約されているが、通常時から事業間調整が難航している河口域の海岸の問題が、災害後、大規模に起き、行政は調整不能に陥った。

この事業計画の見直しについて、2013 年 9 月に海岸防災工事のあり方に問題意識をもつ地域市民、研究者の間で議論され、同年 10 月には有志の協働で代替案を作成し検討している。提案先は地域、市・県・国行政、関心をもつ人々である。



図-1.1 宮城県気仙沼市小泉海岸・津谷川河口（2013 年 10 月 17 日撮影 K.W.）

「線から面へ！個別の災害復旧の集合から統合的な減災事業への代替案」(図-1.3, 図-1.4)として、小泉海岸～津谷川流域平野部までを視野に入れた減災の検討を行った。

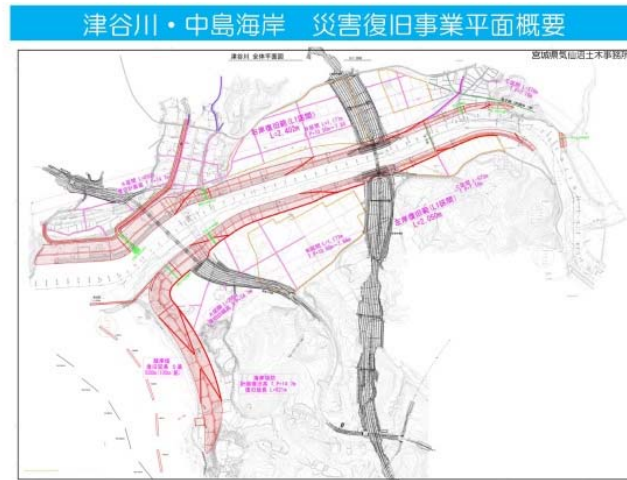


図-1.2 宮城県気仙沼市中島地区小泉海岸設計図 (宮城県気仙沼土木事務所 WEB)

災害復旧代替案 沿岸・流域の統合・創造的な復興

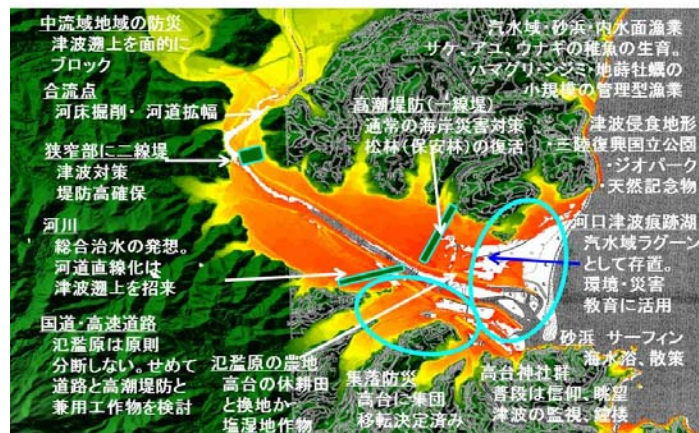


図-1.3 線から面へ！個別の災害復旧の集合から統合的な減災事業への代替案

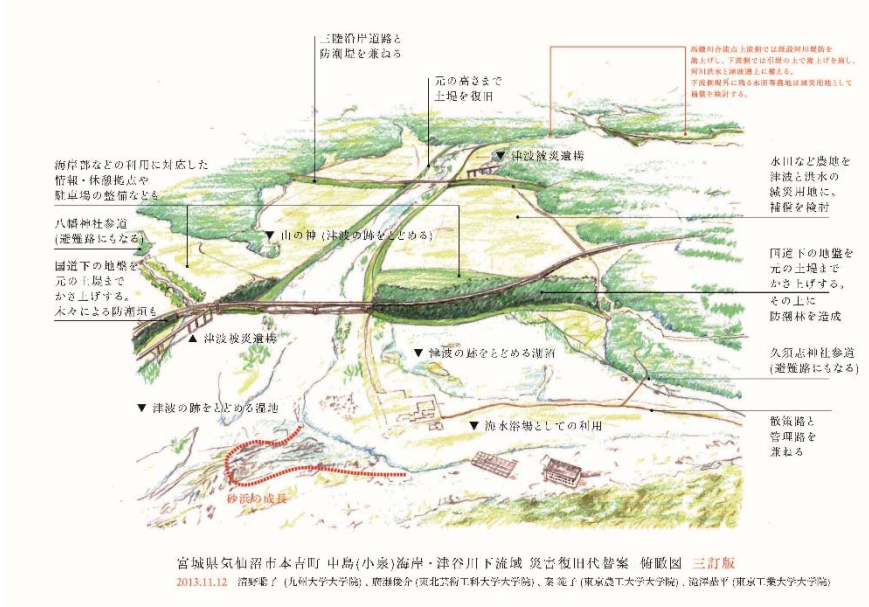


図-1.4 線から面へ！個別の災害復旧の集合から統合的な減災事業への代替案の俯瞰図

2015年度（第51回）水工学に関する夏期研修会講義集

水工学シリーズ 15-B-6

沿岸域生態系を活かした震災復興

東北大学 教授

西村 修

土木学会

水工学委員会・海岸工学委員会

2015年8月

沿岸域生態系を活かした震災復興

Reconstruction from the Earthquake and Tsunami Disaster Keeping and Using Coastal Ecosystem Services

西村 修

Osamu NISHIMURA

1. はじめに～今回の震災を経験して～

東日本大震災が発生した2011年3月11日、私は大学の1階にある応接室で、山形県庁の人から最上川の水質汚濁について相談を受けていた。突如激しく揺れ始め、経験したことの無い大きな揺れとなり、少し弱まったかと思うとまた大きく揺れ、とても長さを感じる地震だった。前の月ニュージーランドで起こったカンタベリー地震では建物が崩落し、日本人も被害にあったことが連日報道されていた。その映像が浮かび、崩落だけは勘弁してくれと必死だったことを今でも鮮明に覚えている。揺れが弱くなるのを待って建物の外に出たものの地面は断続的に揺れ続け、安否確認もままならなかった。「大津波警報が出た」というワンセグを見ていた学生の叫びも、そのとき山の上のキャンパスで混乱していた私には重要な情報ではなく、津波の被害がこれほどまで甚大であることなど予想もしなかった。

もう二度とあのような大震災は経験することがないだろう。私の人生は長くて残り50年、対して今回の大震災は千年に一度なのだから。また、震災経験者としてそう思いたい気持ちもある。しかし、そう考えることが「想定外」への扉を開く。私達土木技術者が「想定外」を言い訳にできるのであれば、一体何のための土木技術か。今回の大震災を徹底的に貴重な教訓とすることは、これからの土木技術者に課せられた使命である。

2. 宮城県沿岸域の被害の特徴

今回の大震災の被害の特徴として津波により甚大な被害が発生したことがあげられる。岩手、宮城、福島 の三県における死因をまとめると¹⁾、溺死(92.4%)、焼死(1.1%)、圧死・損壊死・その他(4.4%)、不詳(2.0%)であり、ほぼ津波による犠牲者である。特に宮城県では死者・行方不明者が11,000人を超え、過去の震災と比較しても極めて大きな被害が発生したことがわかる(表1)。

表1 宮城県、岩手県における津波被害状況(死者・行方不明者)²⁾

津波	発生年	マグニチュード	死者・行方不明者(人)		備考
			岩手県	宮城県	
明治三陸地震津波	1896	Mj8.5	18,158	3,446	
昭和三陸地震津波	1933	Mj8.1 Mw8.4(金森, USGS)	2,658	315	
チリ地震津波	1960	Mw9.5(金森)	68	54	
東北地方太平洋沖地震津波	2011	Mw9.0	5,889	11,022	H24.6.13現在

注1) 気象庁マグニチュード(Mj), モーメントマグニチュード(Mw)

注2) マグニチュードデータは各地震津波のWikipediaより

近年の観測結果から、三陸の海岸段丘・リアス式海岸(岩手県、宮城県気仙沼市、南三陸町、女川町、石

巻市)に比べて、宮城県仙台平野に位置する市町村(石巻市、東松島市、松島町、塩竈市、七ヶ浜町、仙台市、名取市、岩沼市、亘理町、山元町)において津波による被害が少ないと考えられてきた。しかし、今回の津波では仙台平野にも大津波が襲い(仙台港7.2m、気象庁観測)、宮城県における被害が甚大化した。ただし、平安時代に編纂された日本三代実録には貞観津波(西暦(ユリウス暦)869年7月9日)が陸奥の国を襲い1000名以上の溺死者がでたことが記されており、慶長津波(西暦1611年)に代表される大津波が仙台平野を数回襲っていることが歴史記録の解析から分かっている³⁾。また、2008年の津波堆積物の調査から、仙台東部道路近く、あるいは東部道路西側でも津波堆積物が検出されており⁴⁾、今回の津波が科学的に想定困難であったとは言いがたい。なお、盛り土構造で造られた仙台東部道路は今回の津波に対して防潮堤の役割を果たし、被害の拡大を防いだと評価されている。

3. 宮城県沿岸域の復興の状況と生態系～伊里前川を例に～

壊滅的被害を被った沿岸市町村をはじめとして復興が急ピッチで進められている。宮城県では震災復興計画を復旧期(H23～25年度)、再生期(H26～29年度)、発展期(H30～32年度)に区分し、10年間における復興の道筋を示している⁵⁾。主なインフラの復旧状況は、道路施設(県管理分の通行規制)(100%解除)、鉄道(県内在来線)(約85%復旧)と交通インフラの復興が進む一方で、海岸保全施設(復旧工事)(約11%完成)、港湾施設(復旧工事)(約47%完成)であり、宮城県のほとんどの海岸堤防は現在建設中である。

東日本大震災以前の宮城県は、チリ地震津波を想定して海岸堤防を整備してきた。その結果、例えば志津川湾の堤防高(TP)は3.6～5.1mで整備されてきたが、今回の震災では20mを超える津波に襲われた⁶⁾。図1に示すように志津川湾は何度も津波に襲われ、大きな被害を経験してきた地域である。したがって、それらを想定した対策がとられてきたが、今回の津波はチリ地震津波等をはるかに超えていたことが一目瞭然である。このため、巨大な津波の発生に対しては被害の最小化を主眼とする「減災」の考え方により海岸保全施設等のハード対策とハザードマップ整備などの避難を中心とするソフト対策を組み合わせることで、新たな海岸堤防は頻度の高い津波(L1)を想定して8.7mの高さで整備される予定である。

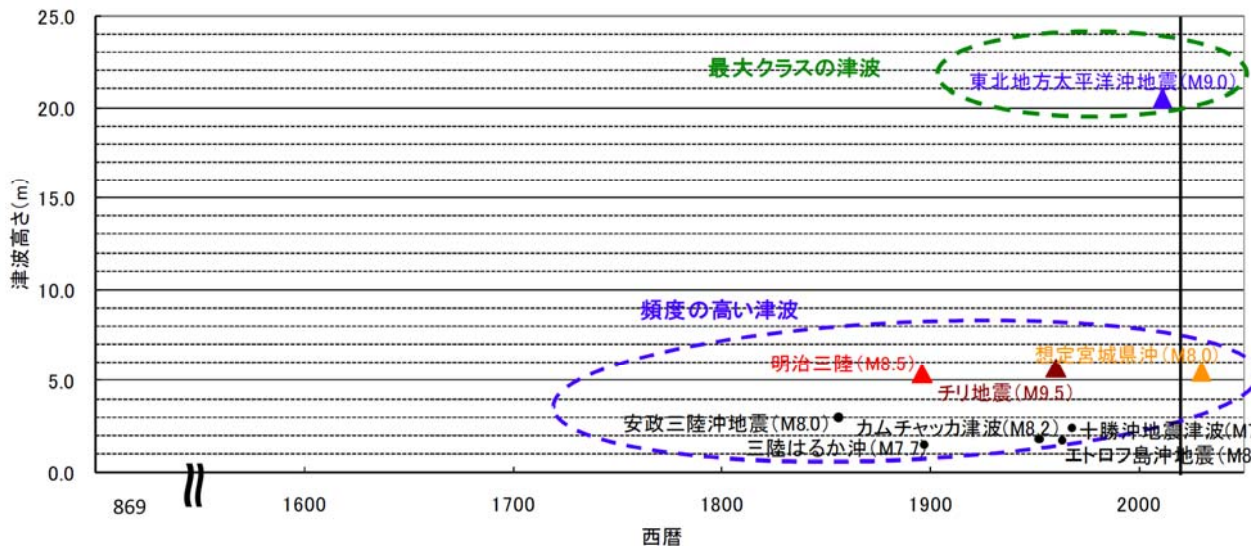


図1 志津川湾(折立漁港)における津波高さ⁶⁾

L1を想定して海岸堤防を整備するとどのような景観になるのか、南三陸町歌津地区の合成写真を作成したのが図2である。なお、左の写真の海岸線に残る構造物は国道45号線歌津バイパスである。減災の考え方により堤防を造ると左から右のような景観に変化し、海が見えなくなる。計画では堤防内側に盛り土が行なわれるので高台から海を見下ろすような眺めになると思われるが、身近であった海が心理的にも実際的にも遠ざかることは間違いない。

2015年度（第51回）水工学に関する夏期研修会講義集

水工学シリーズ 15-B-7

海岸行政の課題と海岸法の改正

国土交通省 港湾局海岸・防災課長

眞田 仁

土木学会

水工学委員会・海岸工学委員会

2015年8月

海岸行政の課題と海岸法の改正

Issues on Coastal Administration and Amendment of the Coast Act

眞 田 仁

Hitoshi SANADA

1. はじめに

海岸は、一般的に海水浴場のように観光・レジャー等の利用面でのイメージが強いが、防潮堤等により津波・高潮災害から背後地を守るといった防災面でも非常に大きな役割を持っている。現に我が国は、頻繁に襲来する台風、度重なる集中豪雨、甚大な被害をもたらす大地震など常に自然の驚異に晒されている。

昭和 20 年代において相次いで発生した大型台風が各地に甚大な被害をもたらしたことが契機となり、昭和 31 年に「海岸法」が制定され、高潮、高波、津波等の海岸災害から国土を保全するための『防護』に重点をおいた海岸事業が進められてきた。その後、海岸保全施設の整備が着実に進められてきたが、他の社会資本と同様に施設の老朽化が進展し、適切な管理を行うにあたり様々な課題が顕在化するようになった。

本稿では、顕在化している海岸行政を進める上での課題を概観するとともに、それらの課題に対応すべく平成 26 年に改正された海岸法の概要について述べることとする。

2. 海岸行政の課題

(1) 海岸行政をとりまく情勢

平成 23 年 3 月に発生した東日本大震災において、これまでの想定をはるかに超えた巨大な地震・津波により甚大な被害を受けたことを踏まえ、最大クラスの津波に対しても被害の最小化を主眼とする「減災」の考え方にに基づき対策を講ずることが求められている。このため、海岸保全施設については、比較的発生頻度の高い一定程度の津波高に対しては越流を防止する整備を進めるが、想定を超える津波高に対しては、堤防等を越流した場合にも施設の効果が粘り強く発揮されるよう整備していくことが基本となっている。

また、東日本大震災において、水門・陸閘等の閉鎖に従事した消防団員等が数多く犠牲となった事実を踏まえ、現場操作員の安全確保を最優先とした管理運用体制の構築が求められている。

これらの課題に対しては、南海トラフ地震をはじめ各地域において大規模地震の切迫性が指摘される中、早急な対応が必要となっている。

さらに、全国津々浦々にある海岸保全施設は、高度経済成長期等に集中的に整備され、今後急速に老朽化することが見込まれているにもかかわらず、未だ老朽化に対する健全性や耐震性について十分調査されているとは言えない状況にある。近年、国民の安全・安心の確保が強く求められている中、海岸保全施設についても、財源や人材に限られる中で、「予防保全」の考え方にに基づき、適切な維持管理・修繕を進めていくことが急務となっている。

一方で、近年の海岸における自然環境・優れた景観の保全や海岸の利用についてのニーズの高度化・多様化に伴い、地域の実情に応じた適切な海岸管理が求められているほか、海岸部における土砂収支の不均衡等の要因により海岸の侵食が進行している地域があるとともに、今後、地球温暖化に伴う海面水位の上昇や台風の強大化等により、沿岸地域への影響も懸念されている。

このような状況を踏まえ、平成 25 年 10 月に「海岸管理のあり方検討委員会」（委員長：磯部雅彦 高知工科大学副学長（当時））が設置され、これらの課題にどのように対処すべきか、また今後の海岸管理はどうあるべきか等について様々な見地から意見をいただいた。同年 12 月にいただいた提言を表 1 に示す。

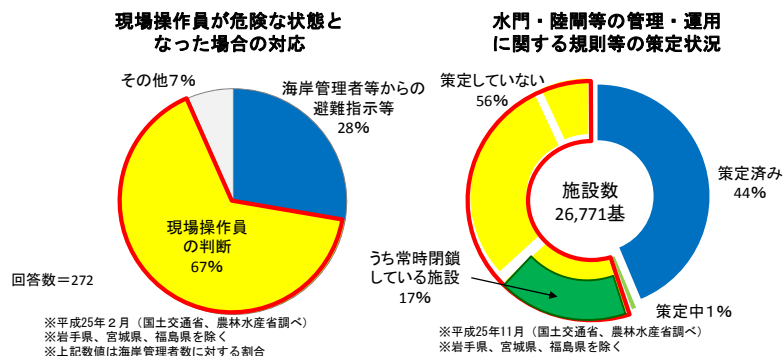
表 1 「今後の海岸管理のあり方について」とりまとめの概要

<p>1. 海岸管理における減災対策の明確化</p> <p>(1) 海岸保全施設の減災機能の明確化と整備の推進</p> <ul style="list-style-type: none"> 海岸管理における減災対策の明確化 海岸保全施設の減災機能(浸水深の低減、避難時間の確保等)を明確化し、整備を推進 新技術の導入等 減災対策は新しい取り組みであり、早期に技術の確立、普及、人材育成を行うことが必要 国の役割 国は、減災対策の強化のための仕組みの整備、技術的基準の整備・普及、人材育成及び地方公共団体への支援を実施 <p>(2) 沿岸地域における総合的な防災・減災対策の推進</p> <ul style="list-style-type: none"> 沿岸地域における総合的な防災・減災対策の推進 海岸管理と避難・土地利用の観点から市町村等が実施する防災・減災対策との連携・調整、河川や海岸防災林、防災公園等における防災・減災対策との連携・調整等 国の役割 国は、関係機関による事業連携等が円滑に行われるための枠組みを整備 <p>2. 海岸の維持管理の充実</p> <p>(1) 適切な維持管理の徹底</p> <ul style="list-style-type: none"> 予防保全の考え方に基づく適切な維持管理の徹底 長寿命化計画の作成等により、予防保全型の維持管理・更新を徹底 従来の手法と組み合わせさせた新技術等の導入 維持管理・危機管理のための人材育成や研修・訓練 維持管理に不可欠な業種が事業を継続できるよう配慮 海岸保全、モニタリング等を行う区域の適切な設定 海岸保全に影響を与える区域について、モニタリング等により状況を把握 環境等の観点から、陸域や沖合まで一体的に海岸を保全することについても検討 国の役割 海岸の適切な維持管理を確保するための仕組みを整備 海岸保全施設を適切に維持管理するため、基準、マニュアル等の整備や技術的支援の実施 <p>(2) 海岸管理に関するデータ管理の徹底</p> <ul style="list-style-type: none"> 海岸管理に関するデータ管理の徹底 整備、点検、診断、対策といった一連の流れの記録が重要 データベースは、簡単に入力でき、受け渡しできるなど、担当者が代わっても継続できる仕組みが必要 現地の距離標の整備等の地理的情報の整備を工夫 国の役割 データベースのプロトタイプの実験等の技術的支援を実施 国土保全の観点から、波や地形の情報を収集・分析して施策を検討 	<p>(3) 水門・陸閘等の効果的な管理運用体制の確保</p> <ul style="list-style-type: none"> 水門、陸閘等の効果的な管理運用体制の確保 水門、陸閘等の統廃合、常時閉鎖又は自動化・遠隔操作化の取組を計画的に推進 操作ルールの策定や平常時の点検・訓練、更新等の実施 国の役割 施設の効果的な管理運用体制を確保するための仕組みを整備するとともに、人材育成、研修等の実施、地方公共団体等に対する技術的支援や財政的支援を実施 <p>(4) 市町村、民間団体等との連携強化</p> <ul style="list-style-type: none"> 市町村、民間団体等との連携強化 市町村が日常的な海岸管理を行う制度の活用促進 海岸で自発的に活動している民間団体等との連携強化 環境保全や利用の適正化について、都道府県や市町村が地域の実情に応じて実施している施策との連携強化 地域の行政経験者や技術者による点検等の維持管理への協力体制の構築 国の役割 市町村、民間団体等との連携強化のための仕組みを整備 <p>3. 国土保全</p> <p>(1) 侵食対策</p> <ul style="list-style-type: none"> 侵食対策の一層の推進 予防保全の観点から、砂浜の侵食対策を推進 土砂収支の改善のため、漂砂系単位で土砂収支を調査し対策を検討 総合的な土砂管理のための体制整備 河川の上流から海岸までの流砂系における総合的な土砂管理のため、海岸管理者と河川、ダム又は砂防施設の管理者との連携を強化 国の役割 海岸線のモニタリング調査の結果を分析し、戦略的な海岸侵食対策を実施 <p>(2) 沖ノ鳥島の保全</p> <ul style="list-style-type: none"> 国は、2つの小島だけでなく、環礁全体を保全するため、万全の対策を講ずる必要 <p>(3) 地球温暖化への適応策の実施</p> <ul style="list-style-type: none"> 地球温暖化への適応策の実施 施設の補修・更新時に堤防のかさ上げを行うなど維持管理と併せて対策を実施 不確実性があるものの、外力の変化をあらかじめ見込んだ対策を実施 被害が起こることを前提とした危機管理対策の充実、市町村等への情報提供及び土地利用等と連携した対策の実施 国の役割 これまでの検討を具体化し、維持管理との連携等の実施方策を検討
--	---

このように多くの海岸行政の課題があるが、以下に解決が急がれる 2 つの課題を取り上げ詳述する。

(2) 水門・陸閘等の効果的な管理運用体制の確保

東日本大震災においては、消防団員 254 名が死亡・行方不明となった。この中には、水門等の操作に従事することによって津波の被害を受けた 59 名も含まれている。平成 25 年の国の調査結果(図 1)によると、水門等の開閉操作において、現場操作員が危険な状態となった場合の対応が「現場操作員の判断」に任されている場合が約 7 割にのぼること、水門、陸閘等の管理・運用に関する規則等が策定されている施設は全体の約 4 割に留まっていることが判明した。このことは、水門等の開閉操作において、緊急時の対応方針が不明確であったり、現場での判断に任されたりしている現場が多いことを意味しており、現場操作員の安全を確保しつつ、確実に水門・陸閘等を閉鎖する管理体制を早急に構築する必要が生じた。



(国土交通省、農林水産省調べ ※岩手県、宮城県、福島県を除く)

図 1 水門・陸閘等の管理・運用に関する規則等の策定状況

2015年度（第51回）水工学に関する夏期研修会講義集

水工学シリーズ 15-B-8

これまでとこれからの沿岸防災・減災

関西大学 教授

河田恵昭

土木学会

水工学委員会・海岸工学委員会

2015年8月

これまでとこれからの沿岸防災・減災

Disaster Reduction and Resilience in Coast Evolved from Disaster Prevention

河田 恵 昭

Yoshiaki KAWATA

1. まえがき

なぜ、表題のような小論を書くことになったのか。その理由から説明しよう。1961年に施行された災害対策基本法は、事後対策を進める法律である。すなわち、二度と被害を繰り返さないという思想で作られたために、災害対策を先行することは不可能であった。唯一、1978年に成立した大規模地震対策特別措置法は、東海地震が予知できるという前提で、事前対策が実行され、静岡県においておよそ2兆円弱の公共投資がこれまで実施されてきた。ところが、2013年12月に成立した南海トラフ沿いの地震と首都直下地震を対象とした特別措置法と国土強靱化の基本法は、事前対策を可能にしている。たとえば、津波防災地域づくりに関する法律は、事前対策を可能にした画期的な法律であるが、その趣旨が自治体に正確に理解されていないという問題がある。そのような状況では、予算の流用問題などが発生して、せっかくの立法の意図が実現できないことになる。

また、災害環境が新しいステージに入ったという見解がある。それは、外力となる自然力が、近年、明確に変わりつつあるという事実に基づいている。一方において、これは被災する私たちの社会が、明らかに災害に対して脆弱になりつつあるという認識と結びついている。

海岸災害に限っても、前者では、巨大な台風やハリケーンによる高潮、爆弾低気圧に伴う高波浪、想定外の巨大地震による津波が被害を直接大きくしている。しかも、海面と平均海面水温の継続する上昇は、これらの外力の諸特性に影響するばかりでなく、たとえば、浸水・水没面積の拡大や降雨量の増大などを通して、未経験の極端に大きな被害発生を可能とし、一部ではその影響が顕在化してきた。

さらに、指摘しなければならないのは1999年施行の改正海岸法は、海岸の防災と環境、利用との調和を基本とする新しい考え方であったが、それが設計の現場では根づいていないという事実である。それは東日本大震災の復旧・復興事業で顕著に表れている。1995年阪神・淡路大震災とそれ以後の災害は、つぎのような教訓を教えてくれた。すなわち、災害が起こった時、日ごろやっていることしかできない、ということである。付け焼刃ではできないということだ。

ここでは、防災・減災研究に40年間携わってきた筆者の知見に基づき、これまでの沿岸防災とこれからの沿岸減災のあり方について、具体的事例を示しながら、わが国の進むべき方向を提示したい。

2. これまでの沿岸防災の考え方

防災とは被害を発生させないということである。しかし、異常外力が働いたときに、被害をシャットアウトすることは、無理である。理想が先行したこの考え方は、東日本大震災を経験して、より現実的な減災へと変わった。筆者は1988年に減災を主張し、これまでこれに基づく対策を提示してきた。

防災を目的として建設される施設・構造物は、被害発生を許さないものであるから、それらの安全率は、機能そのものに対する値となっている。たとえば、混成堤防を構成するケーソンの滑動や転倒の安全率の類で

ある。たとえば、設計波力に対して、想定される抵抗力を 1.1 倍とか 1.2 倍に設定して、ケーソンの水中重量を算定するという方法である。この方法の問題点は、作用する外力の不確定性を考慮していないことである。すなわち、あくまでも“与えられる”という条件で設計する。したがって、東日本大震災によって巨大津波が押し寄せると、津波防災施設は機能を簡単に失ってしまった。

2.1 沿岸防災構造物の設計・施工

主たる外力となるのは、高波、高潮、津波である。これらは設計に際して確定的に与えられる。高波の場合は最大波、有義波、平均波であり、これらに基づく砕波圧や遡上高が求められる。もし、波浪観測値がない場合は、過去の天気図を利用して、風波の数値予知によって求められる。筆者が関係した事例は、新潟県の柏崎・刈羽原子力発電所の港湾建設に伴う設計波浪の推算であった。

この設計波浪の算定を間違えると、海岸施設・構造物の破壊につながる。1980 年代後半に起こった新長崎漁港¹⁾や白島洋上石油備蓄基地の混成堤の被災は、その典型例である。このように設計波浪が確定値で与えられるために、その値よりも大きな波浪が来襲した場合は確実に被災する。もちろん、堤防の余裕高とかケーソンの安全率のような設定も同時に行われているが、これらはあくまでも設計波浪の不確定性を補うものであって、構造物の設計では破壊のメカニズムは既知であることが前提である。

2011 年東日本大震災では、海岸護岸などが延長 190 km にわたって破堤した。これは、一言でいえば、粘りのない構造物であったことが原因である。つまり、想定された津波高を超える津波は来襲しないと考えた結果であり、したがって超えた場合はどうなるのかという心配は、皆無であった。仮にそのようなことを考えれば、財務当局から過剰設計のそしりを免れなかった。設計側に自然現象に対する深い洞察が欠けていた結果とも言える。

ここに設計マニュアルがもつ本質的な欠陥が起こる。なぜなら、文章や数式という形式知で表現するために、その背景となっている被害経験などに基づく暗黙知が軽んじられるからである。例を挙げてみよう。防波堤に作用する波圧は、砕波圧や重複波圧で求められるが、それらの値は、構造物の前面水深や波浪特性などによって変化し、しかも現実には来襲方向が変化する不規則波浪であるから、すべての不確定要素を取り入れることは不可能である。ところが研究者は考えうる限りの要素は考慮できていると錯覚しがちであるから、設計時に用いられる設計指針に記載された図面や表は、何の疑いもなく用いられてしまうことになる。つまり、ここでは「私たちは自然現象のごく一部しか理解していない」という謙虚さが必要なのである。しかし、マニュアルはすべてわかったかのような錯覚を与える。このような設計思想で建設された過去の古い構造物は、破壊という危険を内在させているという心配を設計者は常時、もっていなければならない。

2.2 改正海岸法による利用と環境の配慮

古くは、防災を目的とする海岸施設や構造物は、それだけを目指せばよかった。しかし、利用と環境を同時に考慮しなければならないという取り扱いが必要な時代を迎え、1999 年に海岸法が改正された。しかし、防災機能は定量的に設計されるのに対し、利用や環境は、ともすれば定性的に留まるという問題を有する。これは、設計指針は変わったけれど、その精神はなかなか具現化しないことにつながる。それがとくに顕在化するのには、災害復旧・復興事業である。しかも、そこに原形復旧という壁が立ちふさがる。

東日本大震災で被災地は津波護岸・堤防の復旧事業が盛んであるが、いくら防災構造物であっても、利用や環境、景観を忘れてよいわけではない。そして、もっとも大事なことは、被災者の生活再建につながるものでなければならないことである。これは復興事業の常識である。ところが、どの被災地でも金太郎飴のようなコンクリート堤防・護岸が再建され、それに対して行政も住民もまったくと言ってもよいほど違和