

ウォーターフロントにおける自然災害の特性と防災対策に関する研究*

A STUDY OF NATURAL PERILS AND LOSS PREVENTION IN WATERFRONT

岡田智秀¹, 横内憲久², 櫻井慎一³,
古賀稔章⁴, 田和淳一⁴, 関野高広⁵

By Tomohide Okada¹, Norihisa Yokouchi², Shin-ichi Sakurai³,
Toshiaki Koga⁴, Jun-ichi Tawa⁴ and Takahiro Shizuno⁵

1. 研究目的

1980年代に本格化したわが国のウォーターフロント開発（以下「WF開発」と略記）は、この約10年間で、「地域活性化」や「生活環境の高質化」など、多くの恩恵を都市に与えてきたが¹⁾、1995年の阪神・淡路大震災では、地盤の液状化というWF特有の自然災害をもたらした。確かに、WFは自然と対峙する場であることから、水辺の魅力が楽しめる場所ではあるが、高潮や津波といった水に関わる自然災害も受けやすい。しかし、そうした自然災害とWF開発との関連性については、WF開発の歴史が浅いこともあり、上述した阪神・淡路大震災のほかにはあまり一般的には知られていない。このため、これまでのWF開発では、自然災害からの視点を十分に反映させるにできなかったのが実状といえよう。

そこで本研究では、WF開発事例の実態調査を通じて、WFの自然災害（阪神・淡路大震災の他にみる）の特性を捉え、その結果を踏まえてWF開発の防災対策の方向性について検討を行うことを目的とする。

2. 研究方法

WFの自然災害は、水域の性状や施設構成の違いなどでその状況も異なると考えられる。そこで実態調査の対象は「地域」「立地場所」「位置」「導入機能」等から、表-1に示すA～Eの5事例とした。

調査方法は、既往の関連資料が乏しいことから、当該開発に携わる機関にヒアリング調査を実施する。

表-1 調査事例の概要

調査事例	地域	立地場所	位置	導入機能	備考
事例A	北海道	ふ頭	河口部港内	商業ターミナル	海・河川双方が影響 北海道南西沖地震
事例B	関東	埋立地	港内	レクリエーションターミナル	人工島
事例C	中京	ふ頭	港内	商業・緑地ターミナル	伊勢湾台風
事例D	北陸	ふ頭	港内	商業・ターミナル	日本海の荒天
事例E	九州	人工地盤	海浜	商業・ターミナル	建物が海城に突出

表-2 調査の概要と設問内容

調査対象機関	・当該開発に携わる管理主体(主に行政)、計画主体(主に設計事務所・コンサルタント会社)、運営主体(主にテナント、組合)
調査期間	1997年3月末～12月末
設問内容	事前評価
	予防策
	被災状況
	再発防止策
事後評価	被災経験後の自然災害に対する考え方

この調査では、詳細な回答が得られるよう、直接面接形式とする。また、WF開発は通常、管理・計画・運営という複数の機関で構成されており、それぞれによって自然災害の捉え方（認識の仕方）が異なることが想定される。そこで、調査対象機関は、当該開発に従事する複数の機関に回答を求めることとし、設問は当該開発の予防策や被災状況・要因および再発防止策等を把握するための5種類とした(表-2)。

3. 結果および考察

表-3は5事例のヒアリング調査結果を、①計画時に想定した自然災害（事前評価）、②事前評価に基づく予防策（予防策）、③開業後の被災実態（被災状況）、④被災後の対応（再発防止策および事後評価）の4項目について、「塩害」「風害」「風雨害」「高潮害」「震災」の5種類の災害別に示したものである。

* キーワード: 防災計画, ウォーターフロント, 自然災害

- 正会員 工博 日本六学助手 理工学部海洋建築工学科
(〒274-8501 船橋市習志野台 7-24-1 TEL&FAX 0474-69-5427)
- 正会員 工博 日本大学教授 理工学部海洋建築工学科
- 正会員 工博 日本大学専任講師 理工学部海洋建築工学科
- (社)日本損害保険協会 安全防災部技術グループ
- 学生会員 日本大学大学院 理工学研究科海洋建築工学専攻

(1) 塩害(施設の腐食による劣化等)

表-3をみると、塩害の予防策は5事例すべてで行われていることがわかる。しかし、いずれも被害は発生し、完全には塩害を予防できていない。地下に敷設されたライフラインの劣化という普段目にし

にくい部分の被害もあるが、目に見える外構部の錆の発生が顕著である。そこで、塩害が顕著にみられる外構部の材料と錆の発生の関係を見るため、塩害予防策(縦軸)と外構部の材料(横軸)の関係から錆の発生状況(○・×)を表したものが表-4である。

表-3 5事例に対するヒアリング調査結果

【※表中のアルファベット記号は本文中の各事例記号と対応】

	①事前評価	②予防策	③被災状況	④再発防止策・事後評価
塩害	A:当該地は寒冷地であり、また、風も強い ため、利用者と樹木の生育への影響が不安	A:潮風・寒冷対策として全天候型緑地を建設 B:屋外の手摺やデッキ部等に錆びにくい木材を使用 B:錆びやすい部材に対し防錆塗料を塗布 C:塩害対策としてチタン、ステンレス、アルミ材等を使用し、外構部の錆びやすい材にはさらに防錆塗料を塗布 D:塩害対策として防錆塗料を3重に塗布 E:材料選定と防錆塗料塗布による対策(支柱には亜鉛メッキ、板状の部材にはガルバニウム鋼板、柵にはステンレスワイヤー、ドアノブには真鍮、窓枠には木材、支持杭をRC杭にする)	A:塩害によるネオンサインのショート、地下機械室の一部や壁面の劣化、避難階段の錆の発生など B:南風に伴う飛沫による施設外構部の錆の発生や植物への被害 C:施設外構部に著しく錆が発生 C:供用開始後半年で案内板に錆が発生 D:水を多く使用する魚屋の出入り口付近(アルミ材)で錆が発生 D:外構部のダクトに錆が発生 E:海上の施設へわたるプロムナード下に敷設された配管類に錆が発生 E:塩害対策として木を多用したが腐食が激しい(防腐処理なし)	D:【対策】魚屋部分の材料をアルミ材からステンレス材に変更
風害	D:前方の島の存在により海側から強風が吹くことは少なく強風に対しては安心 E:当該地は海側からの北風が卓越し、遮るものがないので不安	A:冬季の強風・寒冷対策として屋内緑地を建設 A:開口部を最小限にし、はめごろしの窓を使用 C:台風襲来時の風圧(50m/s)を考慮して、厚さ6.8mmプレートワイヤーガラスを採用 E:卓越する海側からの強風を遮るために施設を北側の水際線に沿って配置 E:風に対する強度を保つため、窓は縦方向に細長い形状とする	A:過去3回、扉があおられヒンジが破損 C:1991年の台風19号により扉があおられた衝撃で窓ガラスが破損 C:外壁に沿って設置された垂れ幕があおられる度にそれを安定させるおもりが壁に衝突してその壁が破損 C:1991年の台風19号で、遊技施設として使用していた15tトラックが約7m移動 D:1991年の台風19号の風ではく離れた庇が、係留中のヨットに衝突(破損) E:1991年の台風19号(最大瞬間風速55m/s)の高波で係留チェーンが切れてポンツーン漂流、強風で窓ガラス破損 E:日常の風で、旗やテント地の庇が劣化	C:【対策】風除室を設置 C:【対策】装飾のための壁面の垂れ幕を除去 C:予想以上に当該地での北西風が強い D:背後の台地から吹き下ろしてくる南西風を施設が直接受けやすいため不安 E:【対策】屋外の旗等を除去 E:【対策】ポンツーンと係留杭をつなぐ装置を、鎖式のものからフック式のものに変更 E:【対策】風速60m/sに耐えうる強化ガラスを使用
風雨害			B:上部開口部から風雨が屋内に侵入 D:屋根形状が複雑なため、横なぐりや強く吹き付ける風雨により雨漏りが発生 E:(同上)	B:【対策】風雨が吹き込むため開口部を塞いだ E:【対策】屋根をコーティング材で防水加工
高潮害	C:湾内は防波堤などで囲まれているために静穏度が高く、高波に対しては安心 C:防災建築条例による地盤高(当該港基準面+4.10m)のため、高潮は安心 D:港内の干満差が小さい(30cm)ため、高潮に対しては安心 D:前方の島が天然の防波堤になるため、日本海特有の冬季風浪(高波)は安心 E:離岸堤内にあるため高波は安心であるが、高潮には注意を払った。	A:高潮対策として地盤の嵩上げを実施(旧地盤高2m→建物部50cm、エプロン部30cmの嵩上げ) E:高潮対策として2段構成の床面を採用	A:1993年に発生したM7.8の地震による津波および台風11号による高潮によって施設前面のエプロンが冠水(水深は深いところで30cm程度)	A:台風に関しては勢力の衰えたものが多いことから安心 A:地下に一部機械室がある(効率的重視)ため津波、高潮の冠水が不安 C:台風時などで越波が発生しても、エプロン程度までであり、また沖合防波堤の存在により港内は静穏なので、特に大きな問題と捉えてない
震災			A:施設前面のエプロンの舗装ブロック(インターロッキング)に歪みが発生	A:1993年に発生したM7.8の地震の経験から津波に対しては不安

予 防 策	3	○鉄柱		【凡 例】 ○：被害(錆・劣化等)なし ×：被害(錆・劣化等)あり			
	2						
	1		×避難 階段				○手すり
	0	×交柱	×扉 ×カギ	○扉 ×手すり	×ドア	○屋根	×屋根
	材 料	亜鉛	アルミ	鉄・鋼	ステンレス	真 鍮	チタン

以上より塩害を防止することは極めて困難といえ、その防止効果を高めるためには、コストか手間のいずれかが必要とされることが理解できよう。

風害に対する事前評価は、D、Eの2事例でなされている。Dでは前方の島が風除けになるため安心としているが、海側からの風が卓越するEでは、それを遮るものがないことから不安を感じ、予防策を行っている。開業後の被害は、4事例が経験しており、特に台風時のもの（扉・ガラスの破損等）が多い。また、日常の風による旗やテント地の底などへの影響もみられる。これらより、WFの風は予想以上に強いことが認識でき、それは事前評価で安心としたDが事後評価では不安としたことから伺える。そこで、被害を発生させた強風の規模と被害状況との関係を把握するため、風害を受けた4事例の施設（データが入手できた強風のみ）とその際の風速（最大風速と最大瞬間風速）を示したものが図-1である。この図では、WFの施設に被害をもたらした風速が、内陸ではどのような現象をもたらすかが比較できるよう「風速別にみた内陸の状態（目安）」²⁾を掲載した。被害状況を見ると、台風19号（1991年）によるものが主であり、風速は概ね20~55 m/sであったことがわかる。状況は、いずれも港湾内にありながらも港湾施設そのものの被害が極めて少なく、扉の部材・ガラスおよび底などの破損といった

風速別にみた	● 静寂、煙は真っ直ぐに昇る ● 砂埃が立ち、紙片が舞い上がる ● 池や沼の水面に白波が立つ ● 風に向かって歩きにくくなる 人家に被害発生（煙突破壊や瓦の剥離等発生）● 人家に大被害発生／樹木が根こそぎになる●				
	【印は図中「風速」に対応】				
風速	10	20	30	40	50 60 m/s
被害状況	H3年台風19号	(不明) 強風におおられた邸が型に合った衝撃で、ヒンジや6.0mm厚のガラス破壊			
	【事例C】	遊戯施設として利用していた10トトラックが5~7m移動			
	H3年台風19号	(事例D)・庇がめくれ飛び保留中のヨットに激突			
	H3年台風19号	(事例E)・風圧で窓ガラス破壊 ・ガンソーン(浮体橋)が風浪で動揺したことにより、保留チェーンが切断、これによりガンソーン自体が漂流し、その後、砂浜で沈着			

建物の被害が中心となっている。この風速を内陸(目安)でみると、煙突の倒壊や瓦の剥離など建物に被害をもたらす強さとされている。これに基づけば、WFの風害は内陸とほぼ同様と推察できることから、WFの風は、予想以上の強さを持ちながらも、特有の被害をもたらすものではないといえそうである。

風雨害は、5事例すべてで事前に想定されず、このうち3事例が被害を受けている。Bでは、水族館の壁面上部の開口部（仕切りのない通風口）から横なぐりや下から吹き上げてくる雨が館内に注ぎ込んだ。またD、Eでは、いずれも複雑な屋根形状を持つ商業施設で、その屋根から雨漏りが発生した。その後、Bは開口部を塞ぎ、Eでは屋根全体をコーティングすることで防水加工を行うなど、それぞれ再発防止に努めている。

高潮害に対する事前評価は、C, D, Eの3事例でなされ、このうちC, Dは周囲の天然の地形や海岸構造物の存在により静穏度が高いこと、Dではさらに港内の干満差が小さいこと(約 30 cm)などにより安全としている。このため、この2事例は特に予

防策は行わず、開業後の被害もない。また、Eは既存の離岸堤内に設置されているため、高波は安全としているが、施設が水域に突出していることから、事前評価の段階から高潮への注意を払い、予防策を行っている。これらのことから、高潮害に対する予防策は、周辺地形や既存の海岸構造物の存在が極めて重要な役割を果たしていることが把握できる。

一方、開業後に唯一、高潮害（エプロンの冠水）が発生したAでは、被害経験が事後評価において津波、高潮への不安感を高めることになった。

高潮害は「既往最高潮位（自然的事象）」と「護岸天端高（設計条件）」との関係が大きく影響するとされている³⁾。そこで、Aが高潮害を受けた要因を把握するため、横軸には事例ごとに「護岸天端高と開業前の既往最高潮位との差（ $+\alpha$ ）：当該事例の既往最高潮位に対する護岸保有高(m)」をとり、縦軸には各事例の「開業後の既往最高潮位(m)」を設定し、5事例の護岸保有高（ $+\alpha$ ）と開業後の既往最高潮位との関係を示したものが図-2である。なお、各事例の護岸はすべて現行設計基準を満足している。図中の布置座標をみると、唯一高潮害を受けたAの既往最高潮位は、BやEとほぼ同程度であるが、Aの護岸保有高は、A、B、Eの中で（5事例中でも）最も小さいことがわかる。これは、Aの護岸だけが漁船のエプロン（荷捌き場）として兼用されているため、その機能上、天端高（既往最高潮位に対する護岸保有高）が抑えられたと思われる。したがって、天端高が抑えられがちなエプロン兼用の護岸直背後に施設を立地させる場合には、施設立地面の地盤を嵩上げしたり、緊急時に護岸の役割を果たすような施設を前面に設置するなど、高潮対策を特に検討しておく必要があると考える。

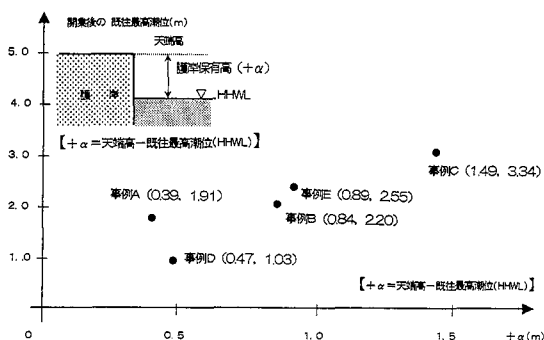


図-2 護岸保有高と既往最高潮位の関係からみた高潮害の傾向

(5) 震災（地震に伴う施設の損壊）

震災は北海道南西沖地震によるもので、Aが被害を受けている。これは、施設前面のエプロンの舗装ブロック（インターロッキングブロック）が、揺れにより歪みが生じたという軽微なものである。その後、歪んだ箇所を元通りに修復している。この経験が、事後評価として地震に対する不安を抱かせた。

4. おわりに

本研究の実態調査で得られたWFにおける自然災害は、主に塩害、風害、風雨害、高潮害、震災（5事例の中で発生数の多い順）の5種であった。しかし、建物をはじめ、護岸等の土木構造物等を大規模な改築や修繕にいたらしめるものではなく、概ね自然からの負の影響（災害）は少ないことが明らかになった。その要因は、いずれの事例も供用開始から長い年月を経ている（5事例平均約10年）こともあろうが、長期間自然災害を経験し、克服してきた外郭施設（防波堤、護岸等）に守られた「港湾内」に開発されたことが最も大きいと認識する。したがって、防災対策としては、開発者が静穏な水域を有する港湾内を適地として選定することが第一歩といえよう。

WF開発は、欧米の先進事例の支援もあって、わが国でもその魅力が広く認知されたように思われる。しかし、わが国の過酷な自然環境に晒されたWF開発の実態は、他国の事例では学べず、わが国の事例の時間的経過をみるしか手だてがなかろう。その期間としての10年は十分とはいえないが、このような実態把握と克服の積み重ねが、WF開発をまちづくりのキーワードとして成熟させるものと考えられる。

【謝 辞】 本研究を進めるにあたり貴重なご意見をいただいた、(社)日本損害保険協会安全技術委員会 WF 分科会のメンバー諸氏に感謝の意を表します。

【注】 高潮害の傾向を把握する際のデータ [単位:m]

データ項目	事例A	事例B	事例C	事例D	事例E
①開業前の既往最高潮位	+1.91	+2.76	+5.31	+1.03	+2.61
②開業後の既往最高潮位	+1.91	+2.20	+3.34	+1.03	+2.55
③護岸の天端高	+2.30	+3.60	+6.80	+1.50	+3.50
$+\alpha$: ③-①	0.39	0.84	1.49	0.47	0.89

※①～③の数字は各事例の基準面(年間のおよそ最低潮面)に対する値を示す。データは、各事例が位置する港湾の便覧(港湾便覧)より把握した。

【参考文献】

- 1) 横内憲久:「この10年からみたWF開発の課題と将来展望」、『沿岸城』第10巻第1号, pp.74～78, 日本沿岸学会, 1997
- 2) 運輸省港湾局監修:「港湾の施設の技術上の基準・同解説・上下巻」, 日本港湾協会, 1989
- 3) 佐々木忠義編:「海洋開発辞典」, p.81, 東洋経済新報社, 1971