

第2回 富山湾における『うねり性波浪』  
対策検討技術委員会 資料

「うねり性波浪」による  
被災要因とメカニズムについて  
〔万葉緑地護岸〕

平成 20 年 3 月 27 日  
富 山 県

## 目 次

1. 概 要 .....	1
1.1 対象位置 .....	1
1.2 施設概要 .....	2
1.3 O 緑地護岸の被災状況 .....	4
1.4 万葉埠頭緑地前面における被災波の算定 .....	5
(1) 計算方法 .....	5
(2) 波浪計算結果 .....	5
(3) 計算結果の整理 .....	5
1.5 被災メカニズムの検討 .....	8
(1) 越波流量の算定 .....	8
(2) 越波水による打ち込み波圧と越流圧の検討 .....	9
1.6 北防波堤延伸（東側 150m）時の算定 .....	11
1.7 まとめ .....	13

## 1. 概 要

万葉緑地護岸の被災原因を検討するため、平成 20 年 3 月 24 日に発生した被災時の波を沖波として用いて、ブシネスクモデルにより護岸への来襲波を算定する。

ブシネスクモデルで算定した波高を用いて越波流量、越波水、吸い出しについて検討する。

### 1.1 対象位置

対象位置(万葉埠頭緑地護岸)を図 1-1、縦断図を図 1-2 に示す。



図 1-1 対象位置図

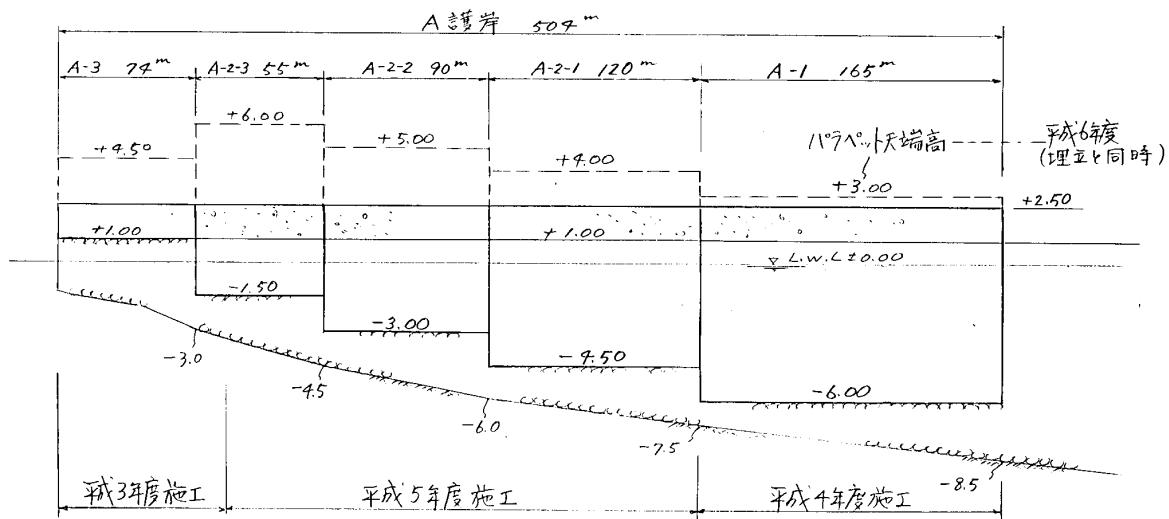


図 1-2 万葉ふ頭緑地護岸縦断図

## 1.2 施設概要

万葉ふ頭緑地護岸は3区間5断面で施工されている。各工区の断面を図1-3～図1-6に示す。

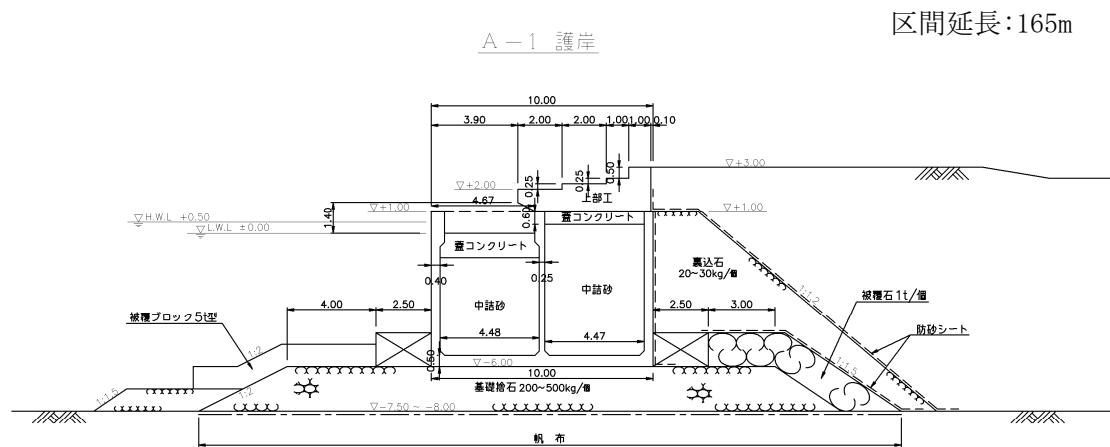


図1-3 緑地護岸標準断面(A-1)

A - 2 - 1 護岸 A - 2 - 2 護岸

区間延長: 120m (A-2-1 区間)  
90m (A-2-2 区間)

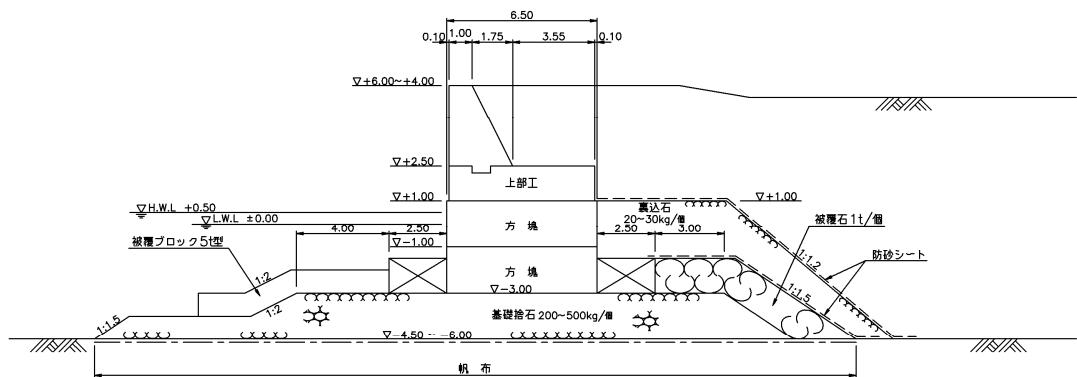


図1-4 緑地護岸標準断面(A-2-1, A-2-2)

区間延長:55m

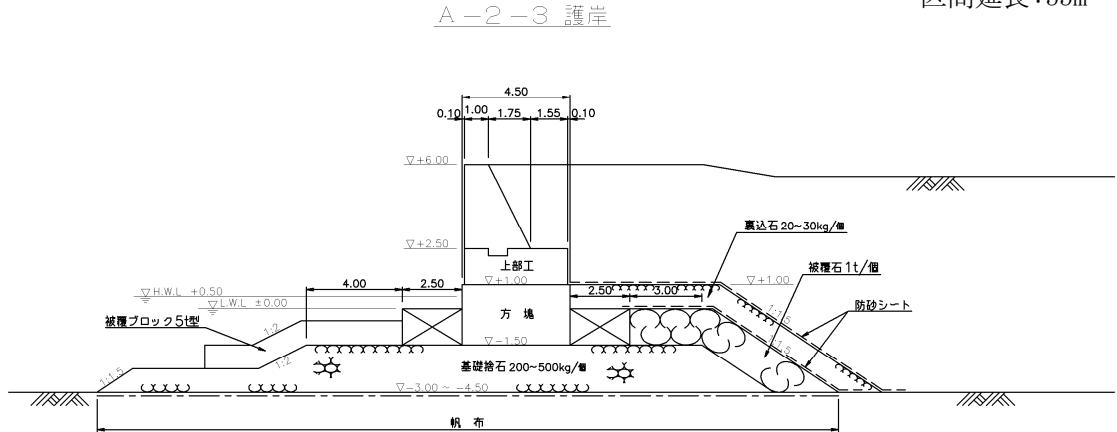


図 1-5 緑地護岸標準断面(A-2-3)

区間延長:74m

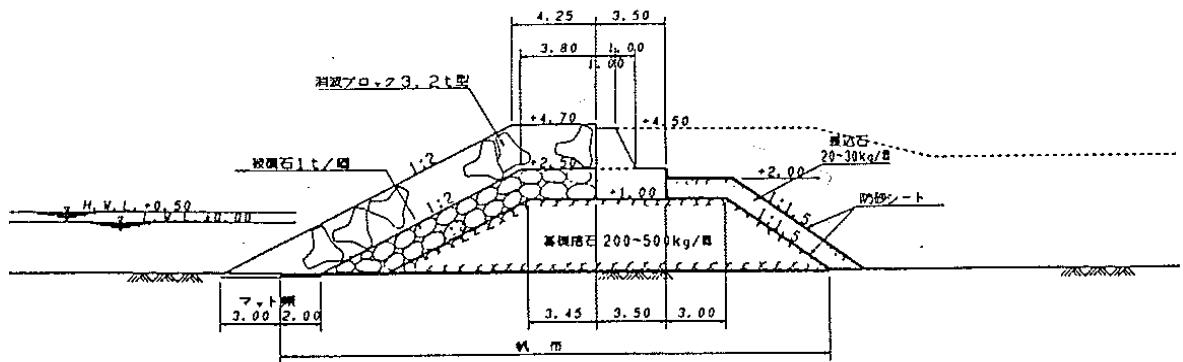
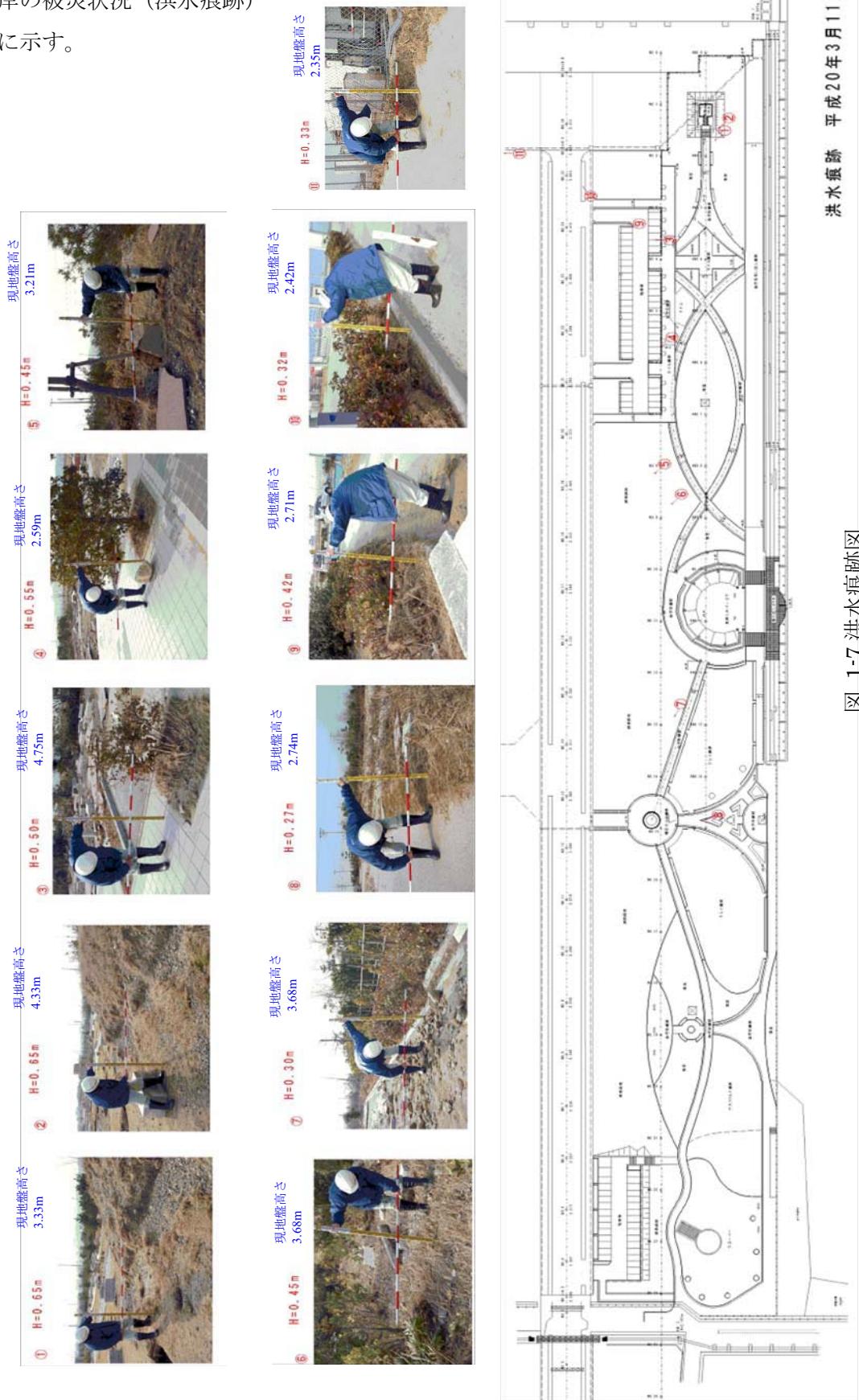


図 1-6 緑地護岸標準断面(A-3)

### 1.3 O 緑地護岸の被災状況

緑地護岸の被災状況（洪水痕跡）

を図 1-7 に示す。



洪水痕跡 平成20年3月11日調査

図 1-7 洪水痕跡図

## 1.4 万葉埠頭緑地前面における被災波の算定

被災時の状況を把握するために、ブシネスクモデルにより万葉埠頭緑地前面における被災波の波高（進行波）を算定する。

### (1) 計算方法

伏木富山港（伏木地区）港外波浪観測地点（マフコタワー）における被災時の最大波高（波高 4.22m、周期 14.2 秒）を入射波条件として、ブシネスクモデルによる波浪変形計算を実施する。波向は、万葉埠頭緑地前面において波高が高くなる波向 NNE とする。

北防波堤の遮蔽の効果を考慮し、万葉埠頭の反射の影響を受けない進行波を算定するために、構造物条件は北防波堤あり（西側は半無限堤）、その他の構造物はなしとする。

### (2) 波浪計算結果

被災波の波浪変形計算結果を表 1-1～表 1-3 に、万葉埠頭緑地前面の波高分布（前面 30m の最大値）を表 1-4 に示す。

### (3) 計算結果の整理

被災波および A 区間の設計波の入射波諸元を表 1-1 に、設計区間別の最大有義波高の算定結果及を表 1-2 に、最大波高比の算定結果を表 1-3 に示す。

表 1-1 入射波の波浪諸元

	波 高	周 期	波 向	Smax
被災波	4.22m	14.2 秒	NNE	75

表 1-2 設計区間別の最大有義波高（進行波、波向 NNE）

設計区間	A - 1	A 2 - 1	A 2 - 2	A 2 - 3	A 3
現 況	3.86m	3.99m	3.82m	3.46m	3.25m

表 1-3 設計区間別の最大波高比（進行波、波向 NNE、入射波を 1 とする）

設計区間	A - 1	A 2 - 1	A 2 - 2	A 2 - 3	A 3
現 況	0.91	0.95	0.91	0.82	0.77

※現況:北防波堤 1500m(現在延長)の時

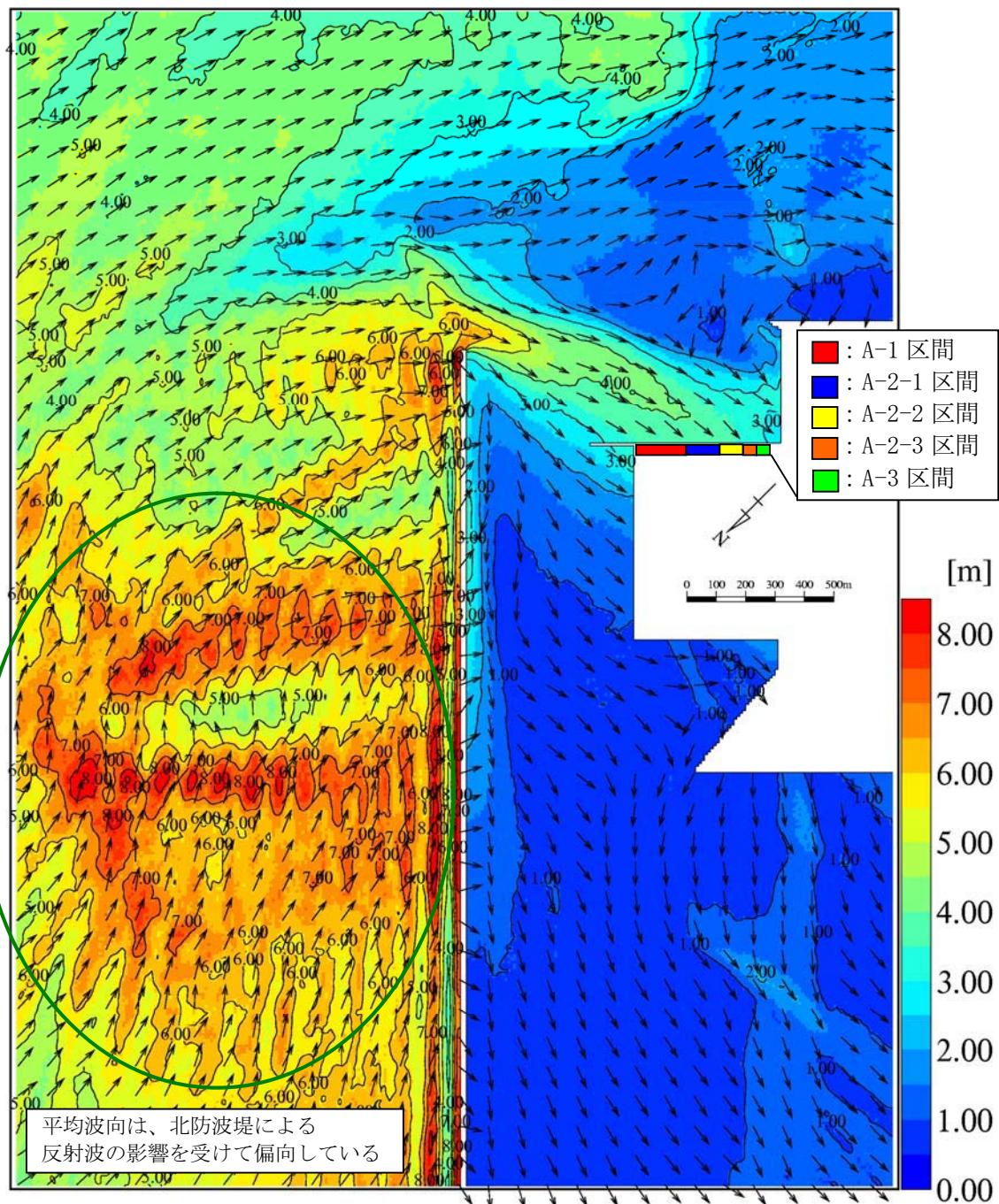


図 1-8 被災波の進行波の波浪計算結果（波向 NNE）  
(北防波堤（西側半無限）を考慮、その他の構造物は全て完全透過)

表 1-4 万葉埠頭緑地前面の波高分布（被災波、波向 NNE）

設計区間	東防波堤		波高(m)(ブシネスクモデル)		
	基部から(m)	地点別波高	区間最大値		
A-1	5	3.60	3.86		
	15	3.67			
	25	3.68			
	35	3.76			
	45	3.66			
	55	3.72			
	65	3.73			
	75	3.63			
	85	3.56			
	95	3.61			
	105	3.71			
	115	3.70			
	125	3.82			
	135	3.86			
	145	3.86			
	155	3.76			
	165	3.82			
A2-1	175	3.84	3.99		
	185	3.95			
	195	3.93			
	205	3.79			
	215	3.80			
	225	3.76			
	235	3.84			
	245	3.93			
	255	3.92			
	265	3.99			
	275	3.89			
	285	3.79			
	285	3.79			
A2-2	295	3.79	3.82		
	305	3.82			
	315	3.70			
	325	3.71			
	335	3.68			
	345	3.60			
	355	3.46			
	365	3.48			
	375	3.47			

参考 万葉埠頭緑地前面の波高（波向 NE は概略値）

設計区間	波向 NNE		波向 NE (概略値)	
	区間最大値	沖側先端部	区間最大値	沖側先端部
A-1	3.86m	3.60m	3.19m	2.73m
A2-1	3.99m	3.84m	3.39m	3.07m
A2-2	3.82m	3.79m	3.38m	3.20m

## 1.5 被災メカニズムの検討

### (1) 越波流量の算定

被災時における緑地護岸背後の越波量を算定し、護岸の被災状況を把握する。

#### 1) 算定条件

##### ア. 算定方法

越波量は、不規則波実験に基づいて作成された越波流量曲線「港湾の施設の技術上の基準・同解説（上巻）P120 港湾基準」により算定することとする。

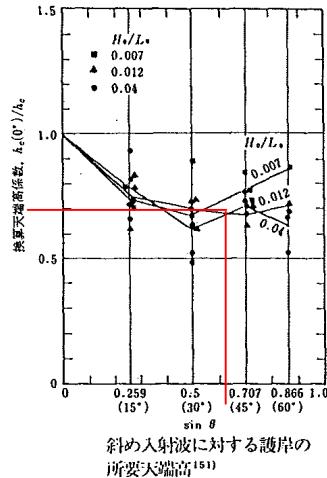
また、ブシネスクモデルによる波浪解析結果より、各護岸に入射する波高は岸壁法線に対して  $40^\circ$  程度傾いている。

本検討では、右図に示す斜め入射を考慮し越波流量の算定を行うこととする。  
図より斜め入射による低減効果を、 $hc(0')/hc = 0.7$  とする。

### 1. 潮位

+0.70m

波が護岸に対して斜めに入射する場合、入射角を  $\theta$  とすると、越波量が直角入射の場合の  $(\cos \theta + 1)/2$  になるとされている。  
本対象地点において NNE 方向から入射する波は、護岸に対して  $40^\circ$  程度で入射する。



「第31回海岸工学講演会論文集(1984)p542~546」

### 2. 波高

ブシネスクモデルの波浪推算結果より堤前における有義波高と設計水深から換算冲波波高 ( $H_0'$ ) を逆算し越波流量の計算に用いることとする。

各区間の堤前における換算冲波波高を表 1-5 に示す。

### 3. 海底勾配

海底勾配は、「水深換算冲波波高比  $h/H_0'$  が 1.5~2.5 の範囲における平均海底勾配を用いることが適当である」「港湾の施設の技術上の基準・同解説（上巻）P120 港湾基準」より求めることとするが、A-1 区間～A-2-3 区間の前面は水深が深いことから、上記範囲により求めることができない。但し A-3 区間においては上記区間から  $1/40$  を算定することが可能である。

また、越波流量を算定する際に用いる越波流量曲線は、 $1/10$  または  $1/30$  グラフのどちらか一方を使用為、本地点においては  $1/30$  のグラフを利用して許容越波流量を算定することとする。

表 1-5 換算冲波波高 ( $H_0'$ )

区間	港形	換算冲波波高 ( $H_0'$ ) (m)
A-1	現況	3.18
	将来	2.04
A-2-1	現況	3.16
	将来	1.94
A-2-2	現況	3.02
	将来	1.59
A-2-3	現況	3.00
	将来	1.15
A-3	現況	4.20
	将来	1.10

## オ. 許容越波流量

護岸背後の状況より、被災限界の越波流量を  $0.05 \text{ (m}^3/\text{m} \cdot \text{s)}$  、設計時の許容越波流量を  $0.02 \text{ (m}^3/\text{m} \cdot \text{s)}$  とする。

表一參4.6.2 被災限界の越波流量

種別	被覆工	越波流量( $\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{s}$ )
護岸	背後舗装なし	0.02
	背後舗装なし	0.05
堤防	コンクリート三面巻き	0.05
	天端舗装・裏法木施工	0.02
	天端舗装なし	0.005以下

港湾の施設の技術上の基準・同解説（上巻）P120 港湾基準」

### 2) 算定結果

各施設の越波流量を表 1-6 に示す。

表 1-6 越波流量

区間	港湾形状	潮位 (m)	冲波周期 T(sec)	換算冲波波高 $H_o'$ (m)	越波流量 $q (\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{sec})$	許容越波流量 0.05
A-1	現況	0.7	14.2	3.18	0.0883 0.1336	OUT OUT
A-2-1	現況	0.7	14.2	3.16	0.0585 0.0934	OUT OUT
A-2-2	現況	0.7	14.2	3.02	0.0395 0.0163	OK OK
A-2-3	現況	0.7	14.2	3.00	0.0062 0.0008	OK OK
A-3	現況	0.7	14.2	4.20	0.0006 0.00004	OK OK

### (2) 越波水による打ち込み波压と越流压の検討

越波水の検討被災時の波により、上部工上面やその背後舗装上面に作用した打ち込み波压と、越流により発生した压力について試算する。

### 1) 算定条件

越波水の算定は、「混成防波堤上の越波水の運動と波力に関する実験的研究(港研報告第31巻 第1号)」に記載の式を用いて算定することとする。

### 2) 計算結果

計算結果を下表及び次頁に示す。

		堤体背後に作用する波压		
		P1 (kN/m <sup>2</sup> )	P2 (kN/m <sup>2</sup> )	L (m)
A-1	越流時	62.23	24.89	10.17
	打ち込み時	0.00	50.18	12.22
A-2-1	越流時	70.51	28.21	11.52
	打ち込み時	0.00	50.62	13.61
A-2-2	越流時	57.48	22.99	9.39
	打ち込み時	0.00	43.34	13.50
A-2-3	越流時	20.32	8.13	3.32
	打ち込み時	0.00	33.00	11.87
A-3	越流時	20.46	8.19	3.35
	打ち込み時	-	-	-

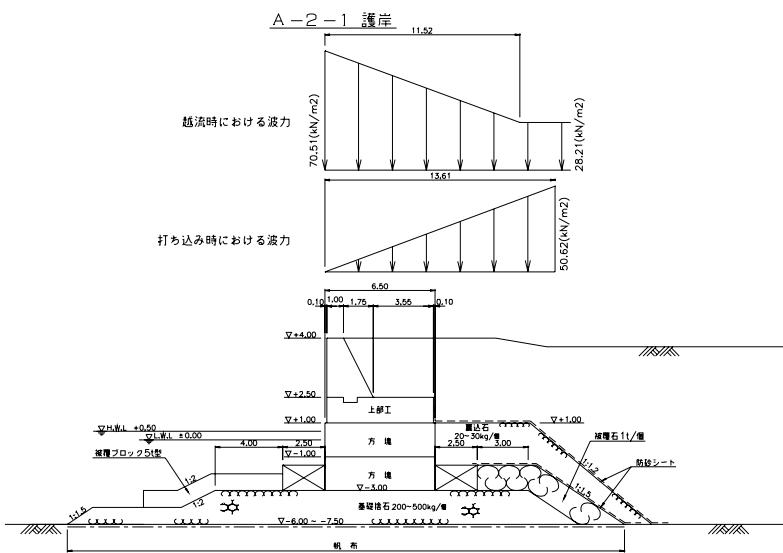
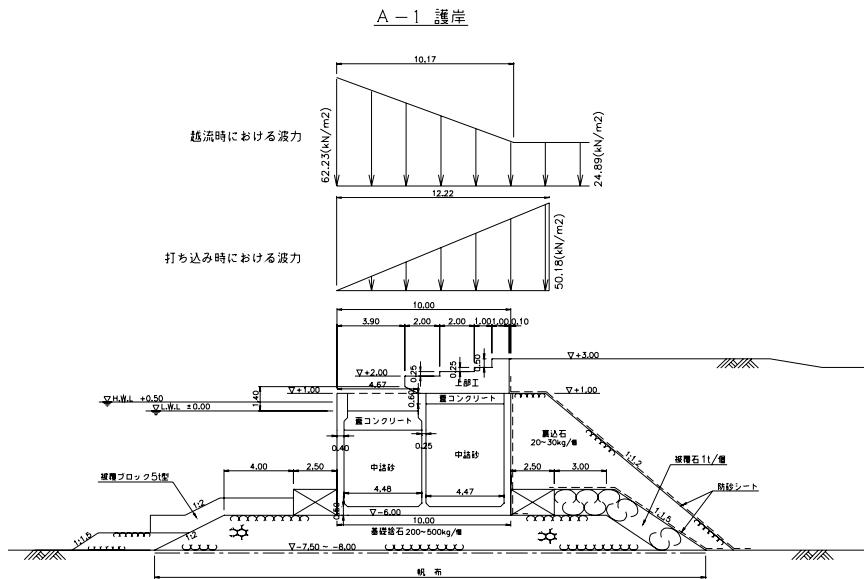


図 1-9 越波水による波圧(A-1 区間、A-2-1 区間)

被災時の波による越流時及び打ち込み時の波圧は、堤体背後の舗装部まで作用している。この作用する波圧により舗装に  $9\text{kN}\cdot\text{m}^2 \sim 70\text{ kN}\cdot\text{m}^2$  の大きな圧力が発生した。景観を重視した親水緑用地のインターロッキング舗装などは、外力に対して抵抗力が小さいため、破壊したと考えられる。

作用する波圧に対する限界荷重以内にするため、水叩きコンクリート等にする必要があると考えられる。

## 1.6 北防波堤延伸（東側ハネ部 150m）時の算定

被災波および A 区間の設計波の入射波諸元を表 1-7 に示す。

また、現況及び北防波堤延伸時の設計区間別の最大有義波高の算定結果を表 1-8 に、最大波高比の算定結果を表 1-9 に示す。また、堤体前面の換算冲波波高を表 1-10 に示す。

現況では、「あいがめ」により屈折した波浪が北防波堤の東側を回り込んで万葉埠頭緑地前面に来襲するため、波高 4m 近い高波浪となる。

北防波堤の東側を 150m 延伸するケースでは、防波堤の延伸部分が波浪の収束域を効率良く阻止するため、万葉埠頭緑地前面の有義波高は 2.5m 以下まで抑えられる。（有義波高を 2.5m 程度であれば、許容越波流量以下に抑えることが可能であると考えられる。（今回算定に使用した波形勾配( $H_0'/L_0$ )=0.012、勾配 1:30 の場合による））

表 1-7 入射波の波浪諸元

	波 高	周 期	波 向	Smax
被災波	4.22m	14.2 秒	NNE	75

表 1-8 設計区間別の最大有義波高（進行波、波向 NNE）

設計区間	A - 1	A 2 - 1	A 2 - 2	A 2 - 3	A 3
現 況	3.86m	3.99m	3.82m	3.46m	3.25m
北防波堤(150n)延伸	2.38m	2.36m	2.07m	1.61m	1.89m

表 1-9 設計区間別の最大波高比（進行波、波向 NNE、入射波を 1 とする）

設計区間	A - 1	A 2 - 1	A 2 - 2	A 2 - 3	A 3
現 況	0.91	0.95	0.91	0.82	0.77
北防波堤(150m)延伸	0.56	0.56	0.49	0.38	0.45

表 1-10 堤前における換算冲波( $H_0'$ )

設計区間	A - 1	A 2 - 1	A 2 - 2	A 2 - 3	A 3
現 況	3.18	3.16	3.02	3.00	4.20
北防波堤(150m)延伸	2.04	1.94	1.59	1.15	1.10

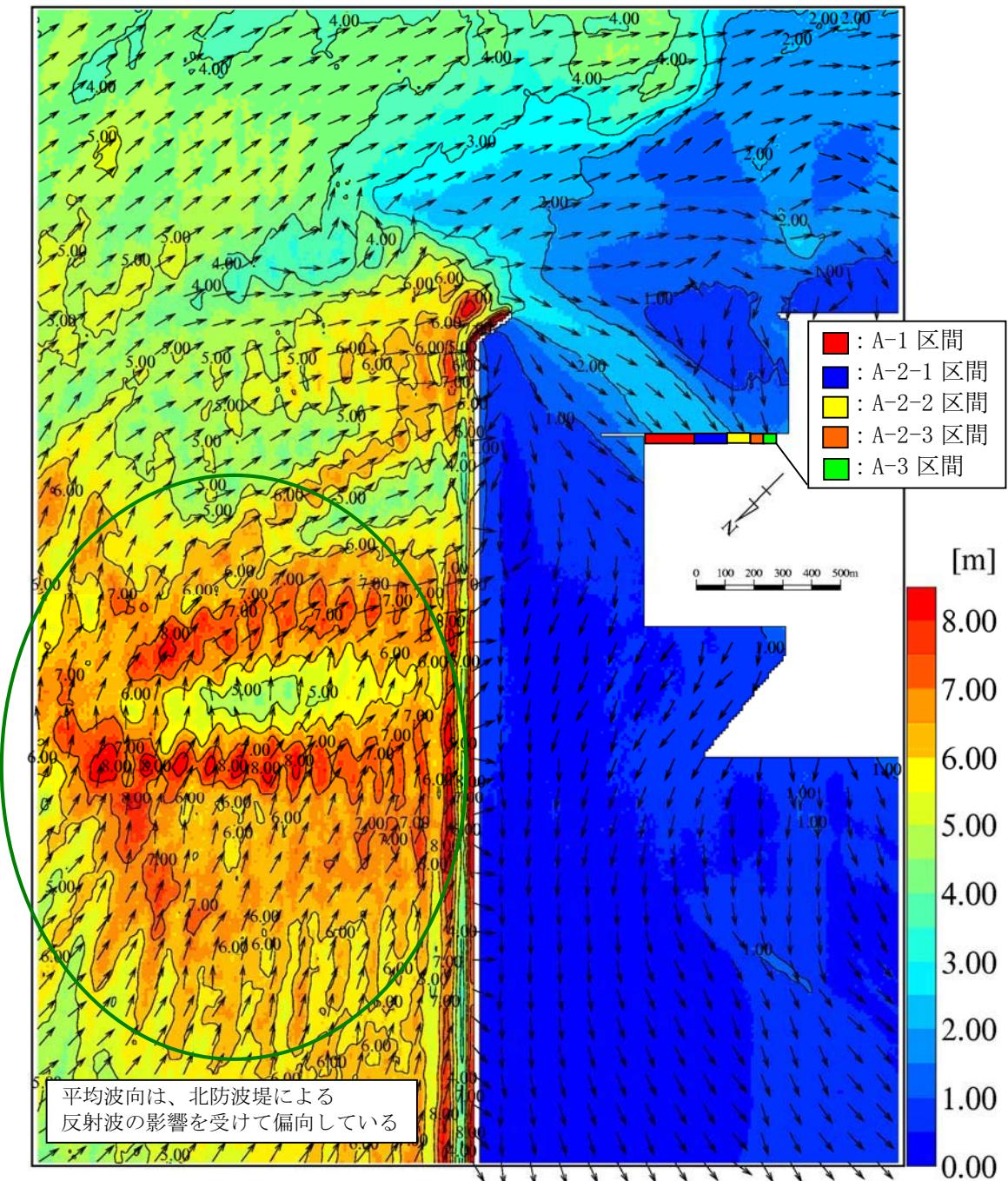


図 1-14 被災波の進行波の波浪計算結果（現況、波向 NNE）

(北防波堤（西側半無限）を考慮、その他の構造物は全て完全透過)

## 1.7 まとめ

- ・ 被災時の波による護岸越波量を算定すると A-1 区間、A-2-1 区間ににおいて許容越波  $q=0.05\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{sec}$  以上の越波量となった。
- ・ 護岸背後の被災状況から越波した波及および、被災当日の打込み波圧と水位上昇によって堤体背後が被災したと考えられる。
- ・ 北防波堤を 150m 延伸しすることにより、護岸前面の波高を現況（北防波堤が 1600m の時）に比べ各区間の最大有義波高を 4~5 割程度減少することができる。
- ・ 今後、北防波堤の延伸（ハネ部 150m）の整備工程を踏まえて、緑地護岸の復旧工法を検討する。