

イグルー®



海・河と人との望ましい調和を求



めて……

まえがき

弊社は、消波・根固ブロックの設計・施工の専門会社であり、この豊富な経験を生かし、コンサルタント業務も併せて行なっています。本資料は、弊社の開発いたしました直立消波構造「イグルー」について、設計・施工の際利用しやすいように作成したものです。なお、弊社では直立消波構造「イグルー」について、各種の設計・施工資料をとりそろえておりますので、いかなることでも御相談下さい。

業務内容

- ①直立消波構造イグルーに関連する設計・施工および型枠賃貸
- ②テトラポッド、エックスブロックおよびドロス等の消波・根固ブロックに関連する工事の設計・施工および型枠賃貸
- ③海岸・港湾・漁港・河川・海洋レジャー施設等に関する計画・設計・施工
- ④海岸・港湾・漁港・河川・海洋レジャー施設等に関する環境アセスメント業務
- ⑤水理模型実験
- ⑥数理解析（波浪推算、港内静穏度、潮流計算、漂砂シミュレーション他）

イグルーの名称の由来

エスキモーの住居（イグルー）は間口の小さい円形の空間を氷を積み重ねることによって形成していますが、弊社のブロックの構成がこれに類似していることに着目し「イグルー」と名付けました。

目次

1 ● イグルーの特性	1
1-1 イグルーについて	1
1-2 イグルーの特徴	1
1-3 イグルーの消波原理	2
1-4 イグルーの用途	3
2 ● イグルーの基本数量	4
2-1 イグルーの形状寸法、基本数量	4
2-2 イグルーの重心、空隙率、平面積、層別体積	5
3 ● イグルーの水理特性	6
3-1 反射率	6
3-2 港内静穏度の改善	8
3-3 越波量の減少	10
3-4 波力	11
3-4-1 波圧算定式	11
3-4-2 波圧算定式と水理実験結果の比較	12
3-4-3 波圧算定式の適用範囲	12
3-5 揚圧力	13
3-5-1 揚圧力の算定法	13
3-5-2 最上段イグルーと上部工の一体化	13
3-5-3 空気孔の効果	14
4 ● イグルー工法の基本設計	15
4-1 イグルー係船岸、消波護岸の設計	15
4-2 イグルー防波堤の設計	17
5 ● イグルー施工例	19
6 ● イグルーの施工	32
6-1 イグルーの型枠	32
6-2 イグルーの標準工程	33
6-3 イグルー製作ヤード	34
6-4 イグルーの施工	36

1-1 イグラーについて

- 港の高度利用が強く求められている今日、より機能的な港、安全な港のために、岸壁や港内護岸、外郭防波堤の背後など直立の港内水際線を消波構造とする計画が多く見られるようになりました。
- イグラーは、これらのニーズに応えるために、弊社の総合技術研究所において、長年の試験研究の結果開発されたブロック積式の直立消波構造です。昭和50年に静岡県沼津港で採用されたのを初めとし、
現在まで全国各地で使用され、その優秀性は高い評価を得ています。
- イグラーは、主に港湾・漁港の岸壁、護岸、防波堤、縦棧橋等に用いられますが、その他、魚釣場の護岸、海洋レジャー施設の護岸、道路護岸、河川堤防等の幅広い用途があります。
- イグラーは、優れた消波機能と優美な外観を誇る直立消波ブロックです。

1-2 イグラーの特徴

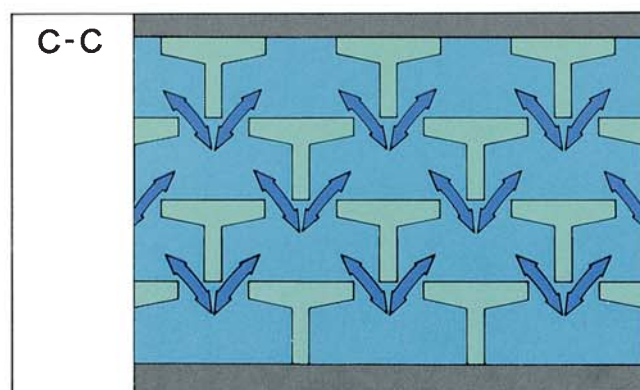
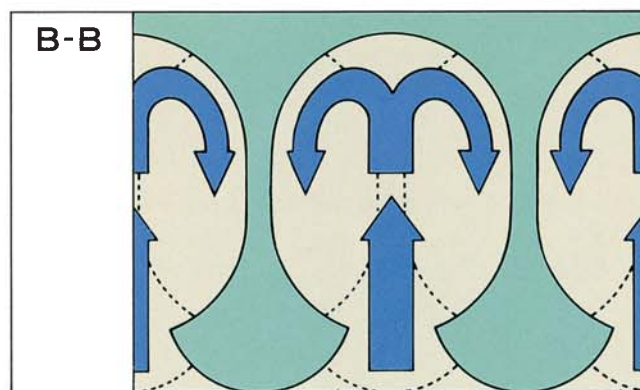
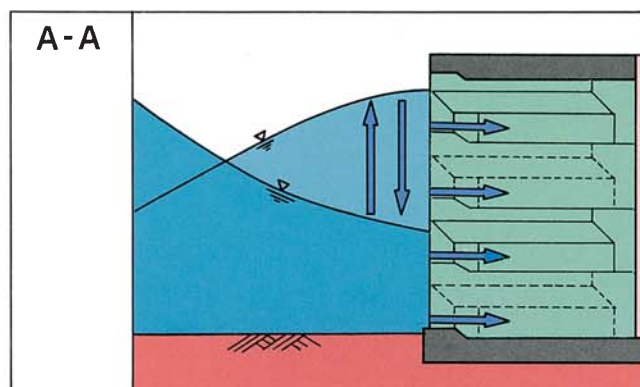
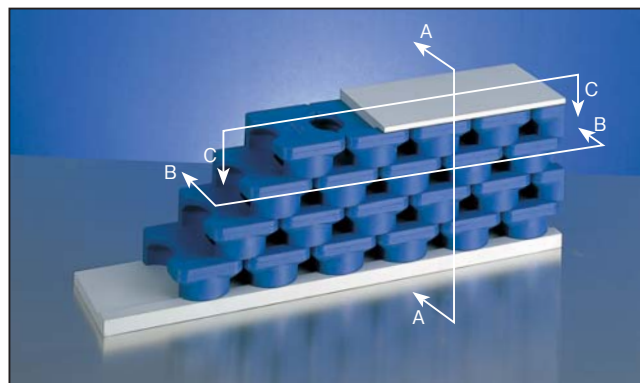
- | | |
|-----------------------------|--|
| 1 独特の形状を有し消波機能が抜群です。 | どの方向からの波に対しても合理的な消波の原理にかなって優れた機能を発揮します。 |
| 2 安定な構造が得られます。 | イグラーを千鳥に積上げることによって揚圧力が軽減でき、重力式構造として安定となります。 |
| 3 経済的です。 | 設計条件に応じて無駄のない設計が可能です。また、空隙率も高く経済的です。 |
| 4 すばらしい景観が得られます。 | 柱が曲柱で構成され、安定感あふれる景観を呈します。 |
| 5 豊富な実績があります。 | イグラーは水理実験等の技術的裏付けとともに、全国の港湾・漁港等に数多く使用され、十分に機能を発揮し、大きな信頼を得ています。 |

1 イグラーの特性

1-3 イグラーの消波原理

「イグラー」の消波原理は、水平板の作用で波の上下運動を水平な流れに変換して、水塊をブロック内部へ導き入れ、円形状のチャンバーでこの水塊を回転させ壁面との摩擦および分合流を強制させることによってエネルギー損失を生じさせるものです。

- 半円形をした前壁は波をほとんど反射させることなくブロックの内部へ導きます。
- ブロックの水平板部分は波の上下運動を水平な流れに変換します。
- 流れとなってチャンバー内に進入した水塊はチャンバー奥部の壁まで直進し、その後左右に分れ壁面に沿って回転します。
- チャンバー壁面に沿って回転した水塊は摩擦および分合流により多くのエネルギーを失います。
- ブロックの水平板に設けた楕円形の穴は各チャンバーを連通しているためすべてのチャンバーが集合体として、より効果的な消波機能を発揮します。
- 楕円形の穴は揚圧力を軽減する意味でも重要な働きをします。
- 楕円形の穴の大きさは精密な実験により決定されたものです。



1-4 イグルーの用途

▼イグルーは主に次のような場所に用います。

●防波堤背後の反射波防止構造

防波堤背後に直立消波構造を設置することにより、防波堤に沿って港内奥部まで進入する沿い波や港内で発生する風波、船舶の航行によって生じる航跡波などを有効に消波することができます。

●護岸

波高が小さく水深の深い場所での護岸や、航路護岸など、のり面消波の構造が不向きな場所では直立消波構造が有利です。反射波を軽減すると同時に越波量や打ち上げ高を減じ、しぶきの発生を防止することができます。

●縦棧橋

縦棧橋は構造的には防波堤と同じです。片面消波、両面消波のどちらでも設計可能です。イグルー後壁部分に切り欠きをつくって透過構造にすれば、消波と海水交流の両方を同時に満足します。

●岸壁・物揚場

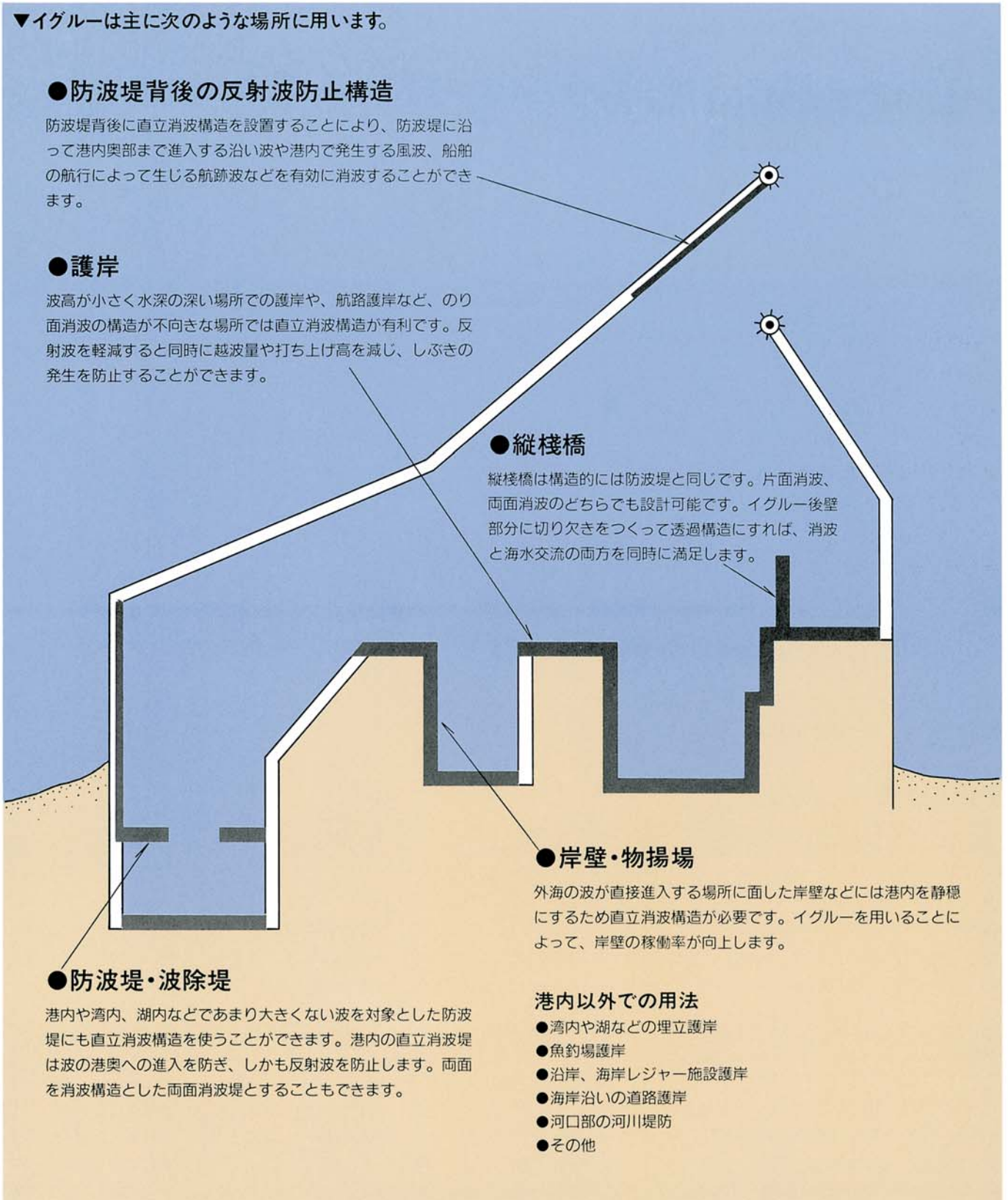
外海の波が直接進入する場所に面した岸壁などには港内を静穏にするため直立消波構造が必要です。イグルーを用いることによって、岸壁の稼働率が向上します。

●防波堤・波除堤

港内や湾内、湖内などであまり大きくない波を対象とした防波堤にも直立消波構造を使うことができます。港内の直立消波堤は波の港奥への進入を防ぎ、しかも反射波を防止します。両面を消波構造とした両面消波堤とすることもできます。

港内以外での用法

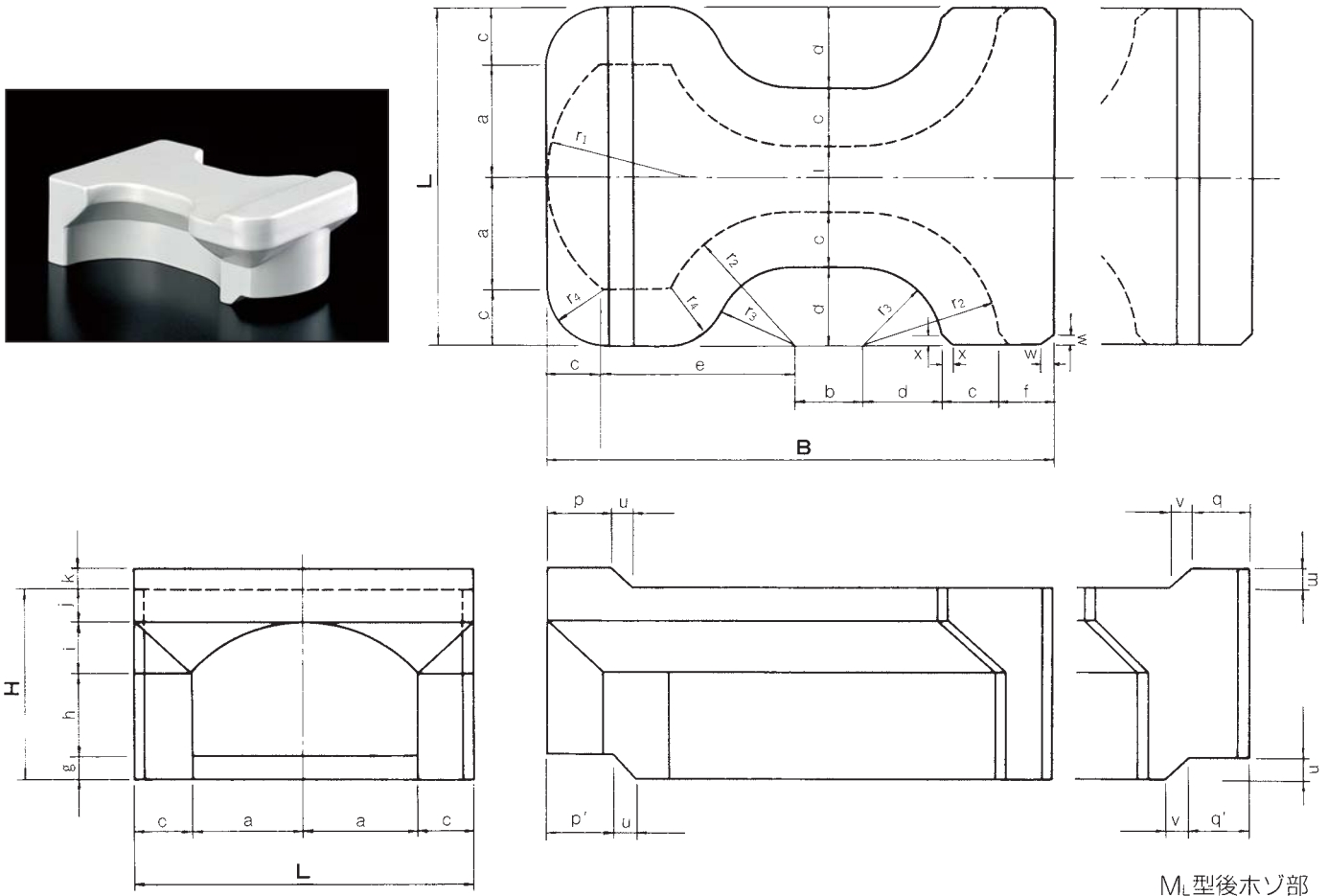
- 湾内や湖などの埋立護岸
- 魚釣場護岸
- 沿岸、海岸レジャー施設護岸
- 海岸沿いの道路護岸
- 河口部の河川堤防
- その他



2 イグラーの基本数量

2-1 イグラーの形状寸法・基本数量

▼イグラーの形状寸法、基本数量は次の図2・1、表2・1のとおりです。



■図2・1 イグラー形状寸法図

■表2・1 イグラー形状寸法表

(単位mm)

種別	質量 (t)	重量 (kN)	コンクリート量 (m ³)	型枠面積 (m ²)	吊筋量		鉄筋量		L	B	H	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	a	b	c
					(kg)	(N)	(kg)	(N)										
Ms-15	14.862	145.746	6.462	22.454	30.47	298.81	81.66	800.81	2,100	3,800	1,400	875	840	490	350	700	800	350
Mm-26	25.930	254.286	11.274	31.095	63.36	621.35	174.52	1711.46	3,000	4,500	1,400	1,250	1,200	700	500	1,000	600	500
Mw-30	30.194	296.102	13.128	35.600	67.51	662.05	187.02	1834.04	3,000	4,500	1,700	1,250	1,200	700	500	1,000	600	500
ML-34	34.173	335.123	14.858	39.019	71.99	705.98	252.92	2480.30	3,000	6,000	1,400	1,250	1,200	700	500	1,000	1,550	500
ML-40	39.969	391.962	17.378	44.424	87.05	853.67	270.30	2650.74	3,000	6,000	1,700	1,250	1,200	700	500	1,000	1,550	500

種別	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	p	p'	q	q'	u	v	w	x
Ms-15	490	1,350	460	200	550	350	300	195	420	—	—	550	570	—	—	150	—	100	50
Mm-26	700	1,700	500	200	450	450	300	195	600	—	—	580	600	—	—	200	—	100	100
Mw-30	700	1,700	500	200	750	450	300	195	600	—	—	580	600	—	—	200	—	100	100
ML-34	700	1,700	1,050	200	450	450	300	195	600	195	200	580	600	480	500	200	200	100	100
ML-40	700	1,700	1,050	200	750	450	300	195	600	195	200	580	600	480	500	200	200	100	100

質量=2.3(ブロックの比重)×体積
重量=9.80665×質量で計算しています。

2 イグラーの基本数量

なお、弊社では標準タイプのイグラーに加えて、次のタイプを用意しておりますのでご利用ください。

- 防眩材取付用イグラー
- Ms、Mm型後部ホゾ付タイプ
- Ml型後壁延長タイプ(50cmピッチで延長できます)

■表2・2 異形イグラー諸元表

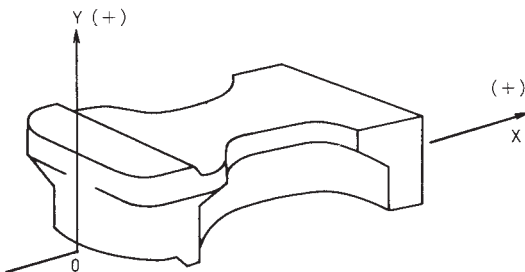
種別	防眩材取付用イグラー				後部ホゾ付きタイプ							
	質量 (t)	重量 (kN)	コンクリート量 (m ³)	型枠面積 (m ²)	質量 (t)	重量 (kN)	コンクリート量 (m ³)	型枠面積 (m ²)	吊筋量		鉄筋量	
									(kg)	(N)	(kg)	(N)
Ms-15	14.883	145.952	6.471	22.542	14.828	145.413	6.447	22.848	25.02	245.36	82.14	805.52
Mm-26	25.953	254.512	11.284	31.182	25.881	253.806	11.253	31.647	63.36	621.35	172.12	1687.92
Mm-30	30.226	296.416	13.142	35.714	30.146	295.631	13.107	36.152	67.51	662.05	184.65	1810.80
Ml-34	34.198	335.368	14.869	39.106	—	—	—	—	—	—	—	—
Ml-40	40.001	392.276	17.392	44.538	—	—	—	—	—	—	—	—

質量=2.3(ブロックの比重)×体積
重量=9.80665×質量で計算しています。

2-2 イグラーの重心, 空隙率, 平面積, 層別体積

▼イグラーの重心、空隙率、平面積については表2・3、イグラーの層別体積は表2・4のとおりです。

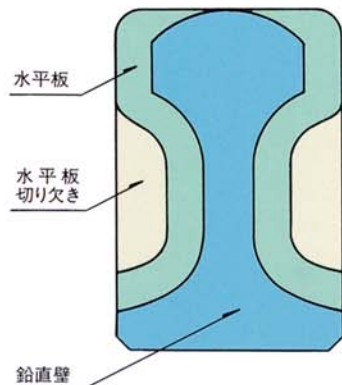
■イグラー重心の座標



■表2・3 イグラーの重心、空隙率、平面積一覧表

種別	イグラー重心(m)		イグラー空隙率		イグラー平面積(m ²)			
	X座標	Y座標	ブロック全体	後壁を除く	鉛直壁	水平板	水平板切り欠き	全体
Ms-15	1.93	0.83	0.42	0.54	3.64	2.71	1.56	7.91
Mm-26	2.26	0.82	0.40	0.48	6.18	4.76	2.44	13.38
Mm-30	2.27	1.00	0.43	0.52	6.18	4.76	2.44	13.38
Ml-34	3.43	0.85	0.41	0.53	8.40	5.71	3.77	17.88
Ml-40	3.47	1.01	0.43	0.58	8.40	5.71	3.77	17.88

■イグラー平面図



■表2・4 単位幅当りイグラー層別体積

単位(m³/m)

種別	Ms-15		Mm-26		Mm-30		Ml-34		Ml-40	
	高さ	△V	V	△V	V	△V	V	△V	V	△V
1.7					0.363	4.376			0.468	5.793
1.6					0.365	4.013			0.470	5.324
1.5					0.365	3.648			0.470	4.854
1.4	0.301	3.077	0.363	3.758	0.346	3.283	0.469	4.953	0.448	4.383
1.3	0.302	2.776	0.365	3.395	0.309	2.937	0.470	4.484	0.404	3.935
1.2	0.302	2.474	0.365	3.030	0.273	2.628	0.471	4.014	0.362	3.531
1.1	0.283	2.172	0.346	2.665	0.239	2.355	0.448	3.543	0.320	3.169
1.0	0.245	1.889	0.309	2.319	0.210	2.116	0.404	3.095	0.285	2.849
0.9	0.209	1.644	0.273	2.010	0.206	1.906	0.362	2.691	0.280	2.564
0.8	0.178	1.435	0.239	1.737	0.206	1.700	0.320	2.329	0.280	2.284
0.7	0.173	1.257	0.210	1.498	0.206	1.494	0.285	2.009	0.280	2.004
0.6	0.173	1.084	0.206	1.288	0.206	1.288	0.280	1.724	0.280	1.724
0.5	0.173	0.911	0.206	1.082	0.206	1.082	0.280	1.444	0.280	1.444
0.4	0.173	0.738	0.206	0.876	0.206	0.876	0.280	1.164	0.280	1.164
0.3	0.173	0.565	0.206	0.670	0.206	0.670	0.280	0.884	0.280	0.884
0.2	0.193	0.392	0.229	0.464	0.229	0.464	0.296	0.604	0.296	0.604
0.1	0.199	0.199	0.235	0.235	0.235	0.235	0.308	0.308	0.308	0.308

Vは下累加体積を示す

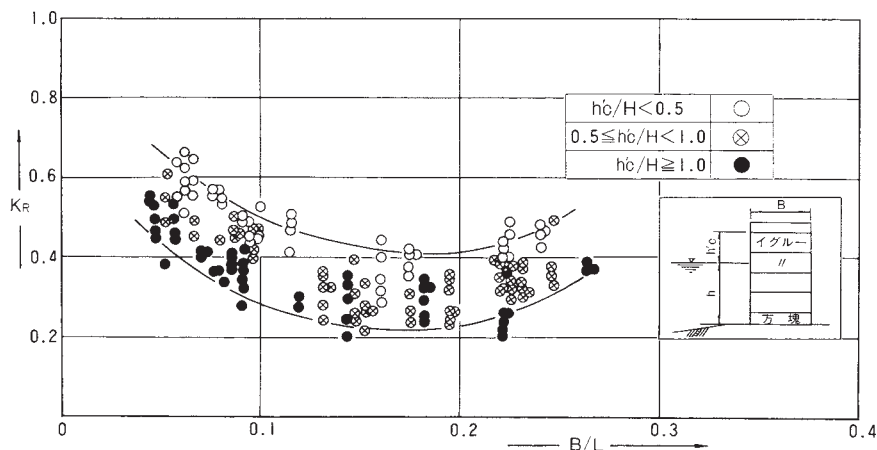
3 イグラーの水理特性

3-1 反射率

イグラーは独特の消波機能によって優れた消波効果を発揮します。図3・1は水理模型実験によって得られたイグラー

- イグラー構造には入射波の周期（または波長）に対応して最も消波効果のよくなる最適消波幅が存在し、 $B/L=0.14\sim 0.19$ の時に最も効果がよくなる。
- イグラー天端と静水面とのクリアランス (h_c) と波高 (H) との比 h_c/H が大きいと反射率が小さくなる。

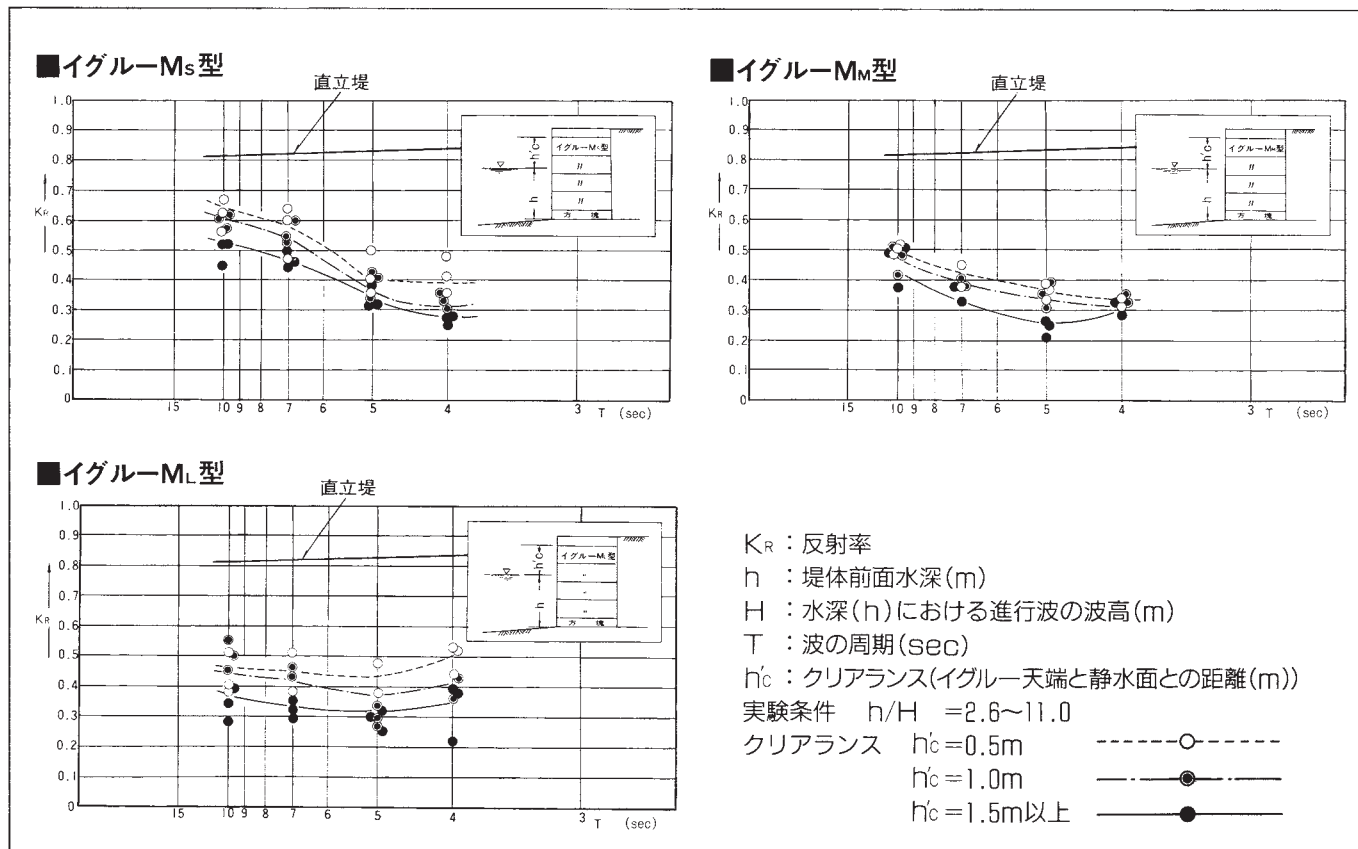
の反射率です。横軸にはイグラーの奥行 (B) と波長 (L) の比 B/L をとっています。図から次のことがわかります。



■図3・1 イグラーの反射率(2次元実験)

図3・2は横軸に周期(T)をとって整理したものです。イグラーには最適な消波幅が存在しますから、イグラーを用いて最も効果的に消波しようとする場合、発生頻度の高い

入射波の周期に対応してイグラーの有効消波幅を選ぶ必要があります。表3・1は、図3・1、3・2などをもとにして求めたイグラー選定の目安を示すものです。



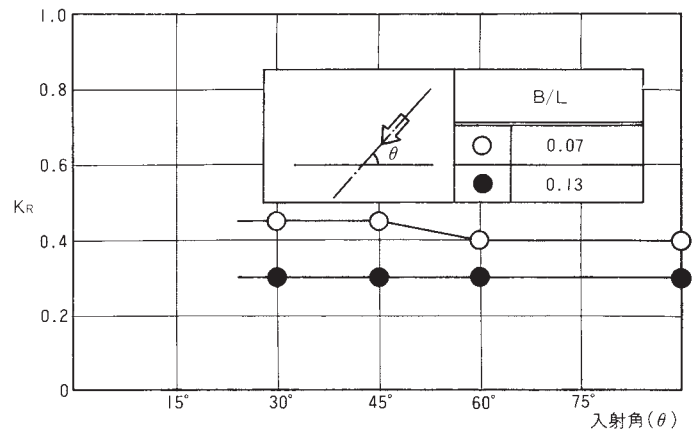
■図3・2 イグラーの型式別反射率(2次元実験)

3 イグラーの水理特性

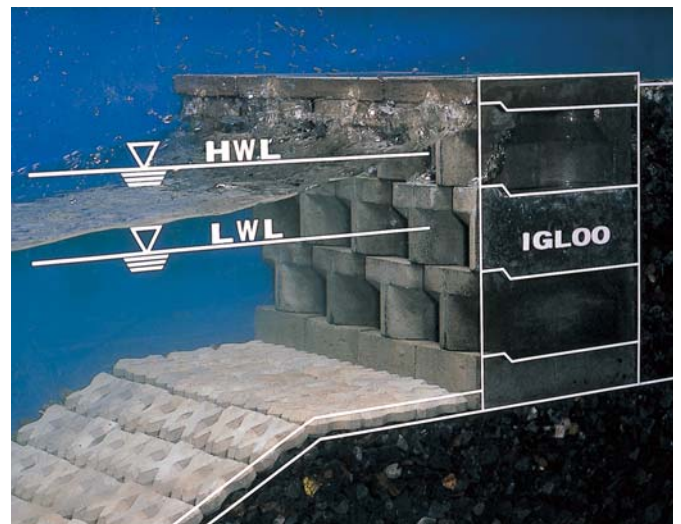
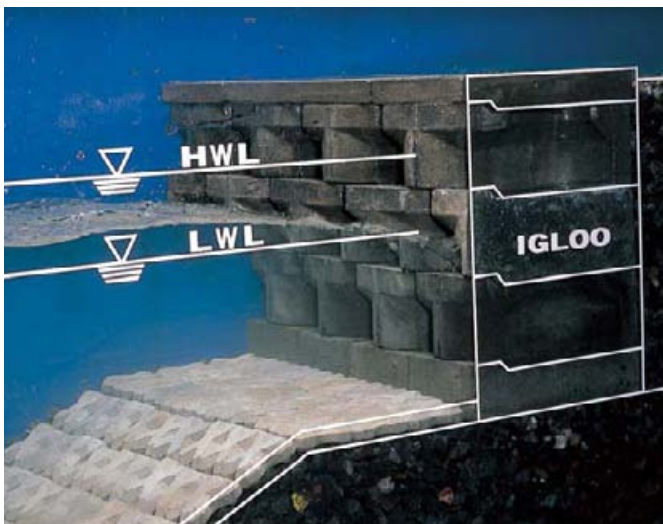
■表3・1 入射波の周期とイグラー消波幅の関係

入射波の周期	波の分類	イグラー種別	有効消波幅
3~5.0 ^{SEC}	船舶の運航によって生ずる波（航跡波）や閉ざされた水域で発生する風波など	M _S 型	≒3.3m
4~8.0 ^{SEC}	湾内や内海で発生した風波の発達した場合など	M _M 型	≒4.0m
7~10.0 ^{SEC}	暴浪時に港内に進入する比較的発生頻度の高い波など	M _L 型	≒5.0m

図3・3 は斜め入射波の反射率の実験結果です。入射角度による変化はほとんどなく、直角方向から入射する波の場合とほぼ同程度の効果が期待できます。



■図3・3 イグラー反射率(斜め入射波)



3 イグラーの水理特性

3-2 港内静穏度の改善

水域施設や係留施設の利用によって、港内は常時でも異常気象時における避難時でも十分に静穏でなければなりません。表3.2*1)、3.3*2)は港内における限界波高の目安とされています。

*1) 運輸省港湾局監修「港湾の施設の技術上の基準・同解説」日本港湾協会PP.6-12(1979)
*2) 漁港計画研究会編集「漁港計画の手引」社団法人全国漁港協会PP.59~60(1980)

港内の静穏度を確保するには、防波堤や岸壁の配置計画とともに、その構造形式の選定が大切です。岸壁や防波堤背後を消波構造とすることによって、泊地や港内全域の静穏度が著しく向上することが、水理実験や数多くの実施例によって確認されています。特に、比較的発生頻度の高い短周期の波に対して静穏度を維持するためには、港内の水際線を消波構造とすることがきわめて有効となります。したがって、港の計画段階、あるいは既存の施設の改良の際に直立消波構造「イグラー」を積極的に導入していくことが望まれます。

■表3.2 荷役限界波高

施設	荷役限界波高(H _{1/3})
船だまり	30cm
それ以外	50~70cm

■表3.3 係留施設・水域施設の使用可能な最大波高

係留岸、泊地の水深	-3.0m未満	-3.0m以上
1 港内錨停泊が可能な最大波高	0.60m	0.70m
2 航路が使用可能な最大波高	0.90m	1.20m
3 陸揚、準備が可能な最大波高	0.30m	0.40m
4 休けい岸壁の使用が可能な最大波高	0.40m	0.50m

近年、数値シミュレーションの急速な進歩によって、適当な境界条件を用いることにより精度よく港内波高分布を推定できるようになっています。図3.4は弊社で行なった港のモデルを用いた実験の結果です。a、bは水理実験の

結果、c、dは数値シミュレーションの結果を示します。また、a、cは直立壁、b、dは一部分をイグラー構造とした場合の波高分布を示します。

図から次のことがわかります。

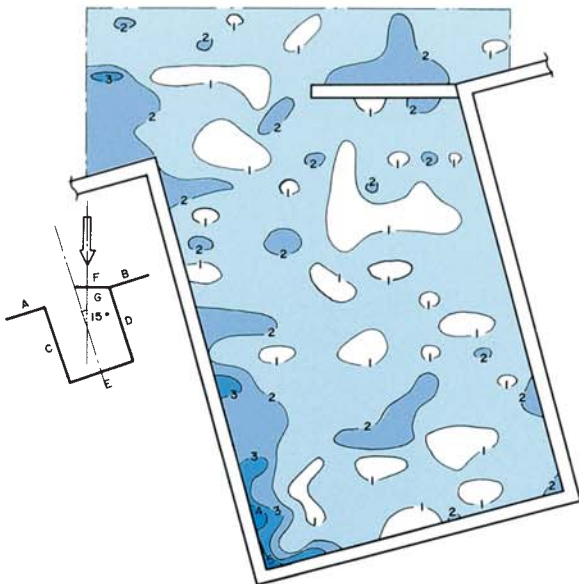
- ▶ イグラーの配置が港内の波高増大を防ぐのにきわめて有効である。
- ▶ 反射率に相当する適当な境界条件を与えた数値シミュレーションの結果が水理模型実験の結果とほぼ等しい。

なお、合田博士はその著書*3)*4)の中で港内静穏度の向上策について次のように指摘しています。

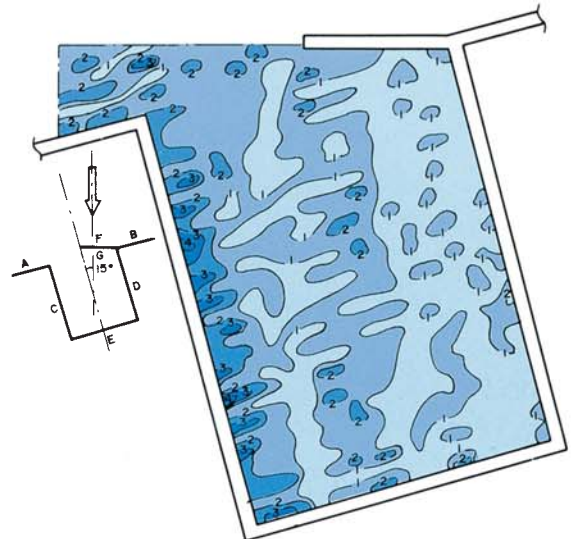
- 港の形は懐を広くとる。
- 港内で港口を通して外海が見通せる部分は砂浜あるいは消波構造とする。
- 船だまりは海側から懐を見透かされないようにする。
- 港内は全周を直立構造とせず、一部分を消波構造として残しておく。
- 防波堤裏側での波の反射にも注意する。
- その他、直立消波構造を用いる時は、対象波の波長(周期)に見合った規模のものを選定するとともに、上部に十分なクリアランスをとるように配慮する。

*3) 合田良実「港湾構造物の耐波設計」鹿島出版会 PP.137~140
*4) 合田良実「耐波工学」鹿島出版会 PP.181~183

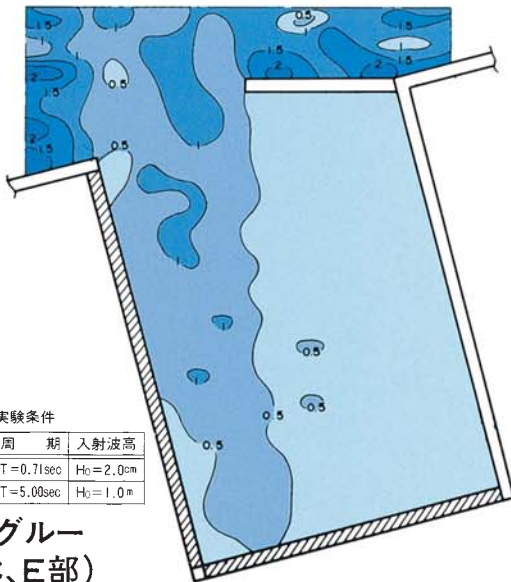
3 イグラーの水理特性



a. 直立壁 (水理実験)



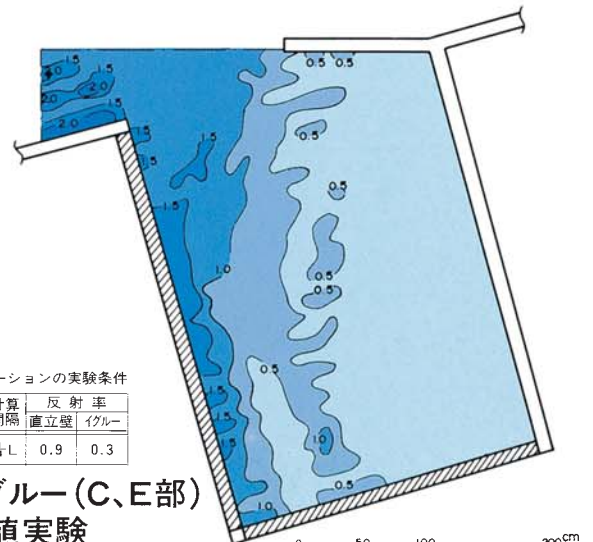
c. 直立壁 (数値実験)



水理実験の実験条件

	周 期	入射波高
Model	$T=0.71\text{sec}$	$H_0=2.0\text{cm}$
Proto	$T=5.00\text{sec}$	$H_0=1.0\text{m}$

b. イグラー (C、E部) 水理実験



数値シミュレーションの実験条件

水深	波長	反射率	
		直立壁	イグラー
16.0cm	$L=70\text{m}$	$\frac{1}{4}L$	0.9 0.3

d. イグラー (C、E部) 数値実験

図中の数値は測定された波高Hと換算沖波高 H_0 の比 H/H_0 を示しています。

■図3・4 水理実験および数値シミュレーション結果

■直立壁・港モデル



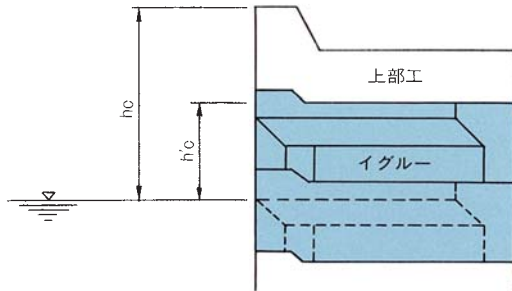
■イグラー・港モデル



3 イグラーの水理特性

3-3 越波量の減少

直立消波構造の場合、設計高潮位面上の空隙部分の体積の大小が越波防止効果に大きく影響します。例えば、同一の護岸天端高の場合、イグラー天端と静水面とのクリアランス (h_c) が大きいほど越波防止に有利となります。



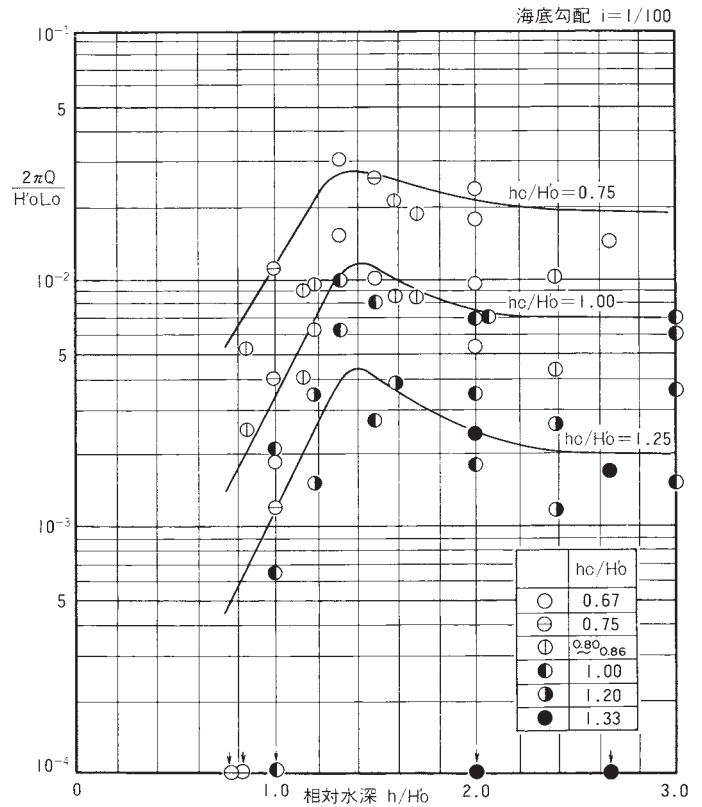
次の表3・4は越波量の目安表です。

■表3・4 相対越波量と越波状況 *1)

越波の状況	相対越波量(Q/Q_0) $=2\pi Q/H_0L_0$
飛沫がわずかに越える	$0 \sim 1 \times 10^{-4}$
かなりの飛沫が越え、波の実質部分がわずかに越える	$1 \times 10^{-3} \sim 5 \times 10^{-3}$
飛沫が激しく越える。波の実質部分もかなり越える	$5 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-2}$
波の実質部分が激しく越える	$10^{-2} \sim 1 \times 10^{-1}$

*1) 白石直文、豊島修、遠藤泰司「越波量におよぼす消波工の形状について」第16回海岸工学講演会講演集PP. 254

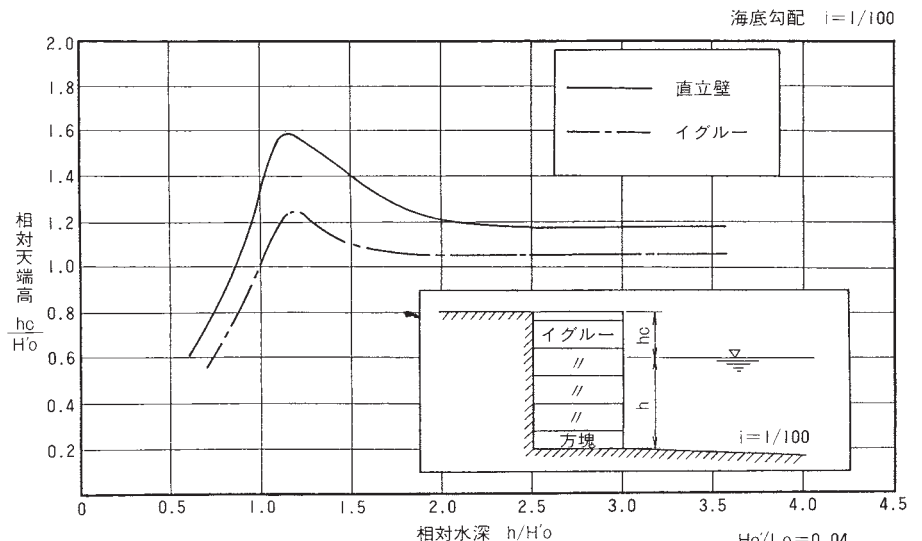
イグラー護岸の越波量は 図3・5 により求めます。



■図3・5 イグラーの越波量

図3・6 は無次元越波量 Q/Q_0 を $Q/Q_0 = 5 \times 10^{-3}$ 以下におさえるために必要な護岸の所要天端高の算定図です。

図から、イグラー護岸の天端高は直立壁と比べて5~20%程度天端を下げることができます。



■図3・6 イグラー護岸の所要天端高の算定

3-4 波 力

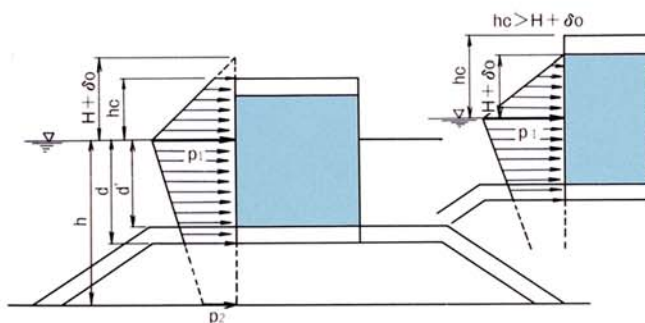
直立消波構造を防波堤や波除堤として使用する場合、安全で経済的な構造設計のためには構造体に作用する波力をできるだけ正確に算定する必要があります。ここに示す波圧算定式は、従来の直立壁に作用する波圧の算定式をもと

に、弊社で行なった水理実験の結果を考慮して定めた波圧算定法です。なお、重要な構造物については、水理模型実験によって安定性を確認することが望まれます。

3-4-1 波圧算定式

a. 重複波圧

$d'/H_{1/3} \geq 2.0$ の条件を満足する場合は重複波が作用すると考えて、図3・7に示すサンフルー波圧式を用います。



■ 図3・7 重複波圧作用図

$$p_1 = (p_2 + w_0 h) \left(\frac{H + \delta_0}{h + H + \delta_0} \right)$$

$$p_2 = \frac{w_0 H}{\cosh \frac{2\pi h}{L}}$$

$$\delta_0 = \frac{\pi H^2}{L} \coth \frac{2\pi h}{L}$$

ここに p_1 : 壁面に波の山があるときの静水面上における波圧強度 (kN/m²)

p_2 : 堤体下端における波圧強度 (kN/m²)

w_0 : 海水の単位体積重量 (kN/m³)

δ_0 : 壁面における波高中分面の静水面上の高さ (m)

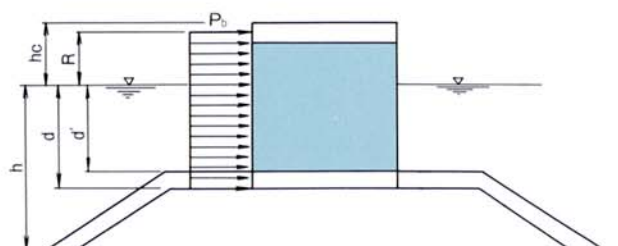
h : 堤体前面の水深 (m)

H : 堤体設置位置における進行波としての最大波高 (m)

L : 水深 h における波長 (m)

b. 砕波圧

$d'/H_{1/3} < 2.0$ の条件の時には砕波が作用すると考えて、図3・8に示す砕波圧式を用います。直立消波構造の場合、波圧の減殺効果を認めることができます。



■ 図3・8 砕波圧作用図

$$P_b = 1.5 \alpha w_0 H \quad *1)$$

ここに P_b : 砕波による波圧強度 (kN/m²)

α : 波圧減殺定数 (=0.8)

w_0 : 海水の単位体積重量 (kN/m³)

H : 堤体設置位置における進行波としての最大波高 (m)

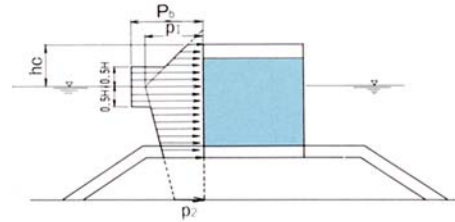
R : 砕波圧の静水面上の作用高さ (1.0H)

*1) 岡本博「直立消波構造の波圧算定法の一試案」第26回海岸工学講演会論文集 (1978) P.P. 319~322

3 イグラーの水理特性

c. 部分砕波圧

$d'/H_{1/3} \geq 2.0$ の場合であっても、波形勾配の大きな波などのように部分砕波が生じる時には、**図3・9**に示す部分砕波圧式を用います。静水面を中心に上下 $0.5H$ の範囲を砕波圧とし、他の部分は重複波圧とします。



■**図3・9** 部分砕波圧作用図

d. 安定計算

安定計算は次式になります。

$$F_s = \frac{\mu(W - P_u)}{P_H} \geq 1.2$$

ここに W ：浮力を考慮した堤体重量(kN/m)

但し、浮力は越波の有無にかかわらず静水面下のみ作用するものとする。

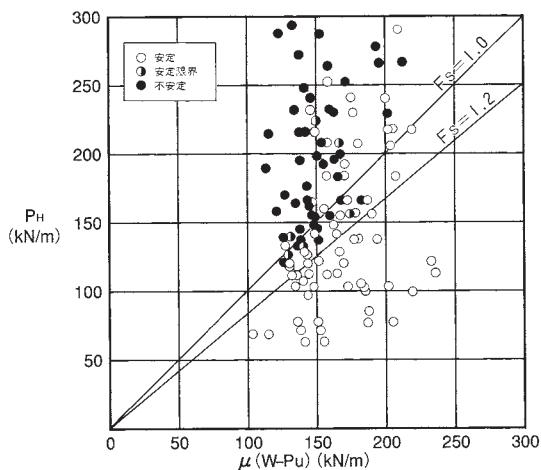
P_u ：3-5-1項に示す三角分布の揚圧力で $P_u = \frac{1}{2} p_u B$ (kN/m)

μ ：摩擦係数

P_H ：水平波力(kN/m)

3-4-2 波圧算定式と水理実験結果の比較

重複波圧、砕波圧、部分砕波圧についての波圧算定式の妥当性を検討するため、縦軸に水平波力、横軸に抵抗力をとって実験結果をプロットしたのが**図3・10**です。図から波圧算定式がほぼ妥当なものであることが確認できます。

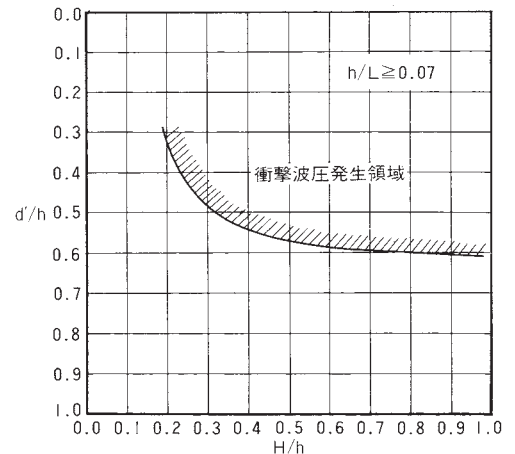


■**図3・10** 波圧算定式と水理実験結果の比較

3-4-3 波圧算定式の適用範囲

$d'/H_{1/3} = 2.0$ を境界に重複波圧式と砕波圧式の適用を変えますが、水深とマウンド厚、波高、波長の条件によっては衝撃的な砕波圧を生じることがあります。弊社で行なった水理実験の結果や一般の直立壁に作用する波圧の実験の結果をもとに衝撃砕波圧の作用範囲を求めた結果を**図3・11**に示します。図は $h/L \geq 0.07$ の条件下での衝撃砕波圧の発生範囲を示すもので、 $h/L < 0.07$ の場合にはさらに衝撃砕波圧の発生範囲は広くなるものと考えられます。

図に示す条件の範囲では平均波圧強度 P_0 が $p_0 \geq 1.2 w_0 H$ となる可能性がありますので、諸条件がこの範囲に含まれるような設計は極力避けねばなりません。

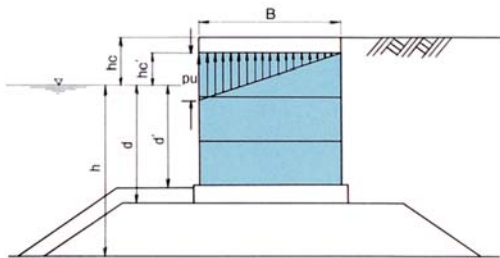


■**図3・11** 波圧算定式の適用範囲

3-5 揚圧力

3-5-1 揚圧力の算定法

直立消波構造の場合、堤体内に空隙を有するため、上部工あるいは壁体には揚圧力が作用します。揚圧力は 図3・12 による方法で算定します。



■ 図3・12 揚圧力作用図

$$P_u = \frac{1}{2} p_u B \quad p_u = p_1 \quad \text{ただし } d'/H_{1/3} \geq 2.0$$

$$P_u = p_b \quad \text{ただし } d'/H_{1/3} < 2.0$$

ここに、 P_u は揚圧力、 p_1 、 p_b は、それぞれサンフルー式、広井式表示で求められる最大波圧強度で次式によります。

<サンフルー式>

$$p_1 = (p_2 + w_0 h) \left(\frac{H + \delta_0}{h + H + \delta_0} \right)$$

$$p_2 = \frac{w_0 H}{\cosh \frac{2\pi h}{L}}$$

$$\delta_0 = \frac{\pi H^2}{L} \coth \frac{2\pi h}{L}$$

<広井式表示>

$$p_b = 1.5 \alpha w_0 h$$

($\alpha = 0.8$)

安定計算は次式になります。

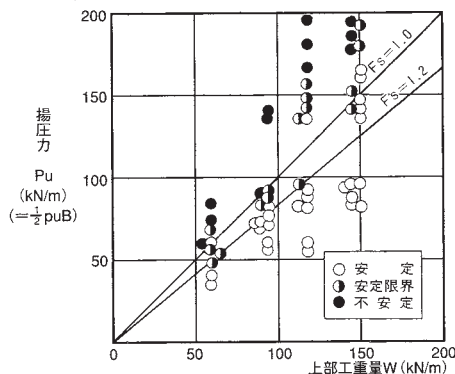
$$F_s = \frac{W}{\frac{1}{2} p_u B} \geq 1.2$$

ここに

W : 上部工重量 (空中重量) (kN/m)

B : 上部工断面幅 (m)

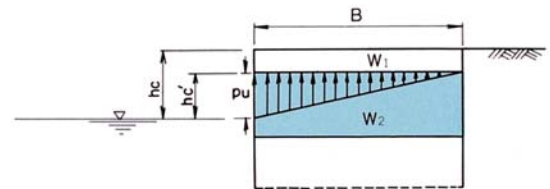
図3・13は計算式によって求めた揚圧力と水理実験の結果を比較したものです。図から、安全率 $F_s \geq 1.2$ がほぼ妥当であることがわかります。



■ 図3・13 揚圧力算定式と水理実験結果の比較 (上部工単独の場合の安定性)

3-5-2 最上段イグラーと上部工の一体化

揚圧力に対する上部工の安定性を増すためには、最上段イグラーと上部工を一体化するのが適当です。安定計算を行なう場合、揚圧力に抵抗する重量は最上段イグラーと上部工との合計重量となりますが、安全性を考慮して揚圧力も2割程度増して考える必要があります。



$$P_u = 1.2 p_1 \quad (\text{ただし } d'/H_{1/3} \geq 2.0 \text{ の時})$$

$$P_u = 1.2 p_b \quad (\text{ただし } d'/H_{1/3} < 2.0 \text{ の時})$$

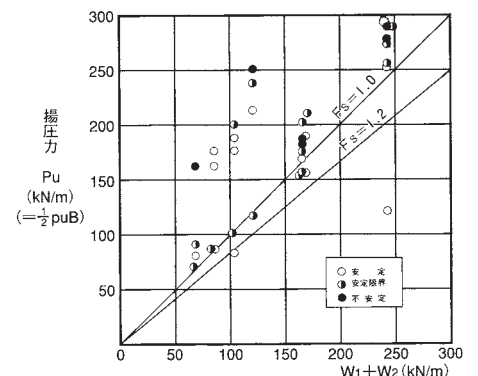
安定計算は次式になります。

$$F_s = \frac{W_1 + W_2}{\frac{1}{2} p_u \cdot B} \geq 1.2$$

ここに W_1 : 上部工重量 (空中重量) (kN/m)

W_2 : 最上段イグラー重量 (水中重量) (kN/m)

図3・14は計算式によって求めた揚圧力と水理実験の結果を比較したものです。



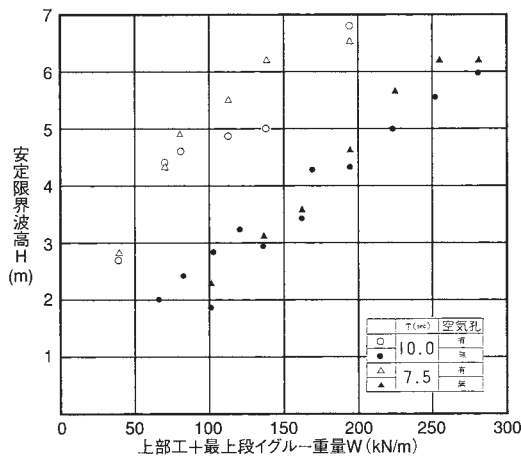
■ 図3・14 揚圧力算定式と水理実験結果の比較 (上部工と最上段イグラーを一体化した場合の安定性)

3 イグラーの水理特性

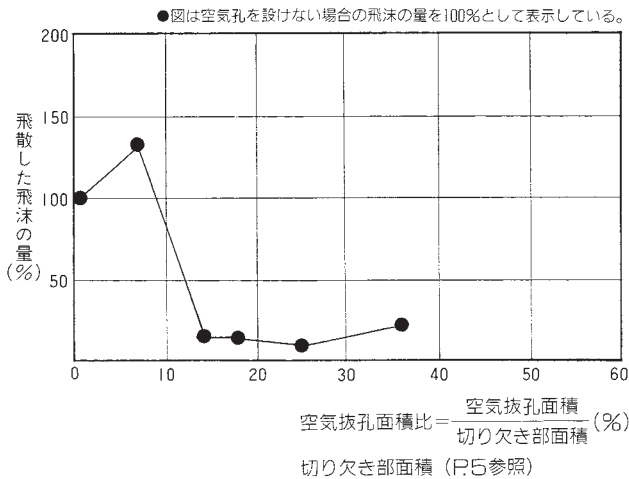
3-5-3 空気孔の効果

波の条件に応じて、上部工に適当な大きさの空気孔を設けることで、揚圧力やしびきの量を減らすことができます。

図3・15、3・16は弊社の行なった水理模型実験の結果です。図3・15はイグラー上部工に十分な空気孔を設けた際の堤体の安定を調べたもので、図3・16は空気孔面積としびきの量の関係を示したものです。図からも明らかのように、上部工に空気孔を設けることは、揚圧力の減殺効果やしびきの量を減らす効果があることがわかります。

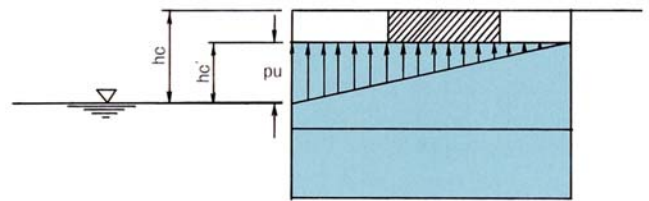


■図3・15 上部工重量と安定限界波高の関係 (空気孔有、無の場合)



■図3・16 空気孔のしびき防止効果

十分な空気孔を設け、さらに最上段イグラーと上部工を一体化させる場合、揚圧力強度 p_u は p_1 、 p_b を2割程度減ずるものとして算定します。さらに揚圧力の作用面積は空気孔の大きさだけ減少するものと考えられます。この時揚圧力に対する抵抗重量は最上段イグラーと上部工の合計重量となります。



$$p_u = 0.8p_1 \quad (d'/H_{1/3} \geq 2.0 \text{ の時})$$

$$p_u = 0.8p_b \quad (d'/H_{1/3} < 2.0 \text{ の時})$$

安定計算は次式になります。

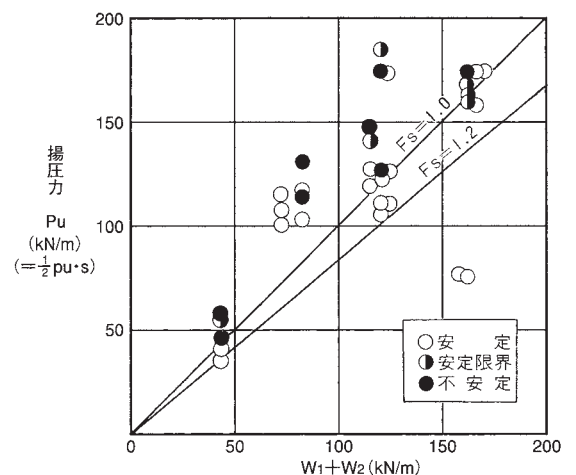
$$F_s = \frac{W_1 + W_2}{\frac{1}{2} p_u \cdot S} \geq 1.2$$

ここに W_1 : 上部工重量(空気重量) (kN/m)

W_2 : 最上段イグラー重量(水中重量) (kN/m)

S : 揚圧力作用面積 (m^2/m)

図3・17は計算によって求めた揚圧力と水理実験の結果を比較したものです。



■図3・17 揚圧力算定式と水理実験結果の比較 (上部工と最上段イグラーを一体化し空気孔をあけた場合の安定性)

4 イグルー工法の基本設計

イグルーを用いた直立消波構造の設計は、通常の重力式構造物の設計とほぼ同様の方法で行なうことができます。設計にあたっては、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」および「漁港構造物標準設計法」に準じます。

4-1 イグルー係船岸・消波護岸の設計

イグルーを用いた係船岸は、反射波を軽減させ港内静穏度の向上を図ることを主目的としており、護岸の場合はこれと同時に越波や波の打ち上高を減少させることを目的としています。これらを設計する際には、機能性に加えて背

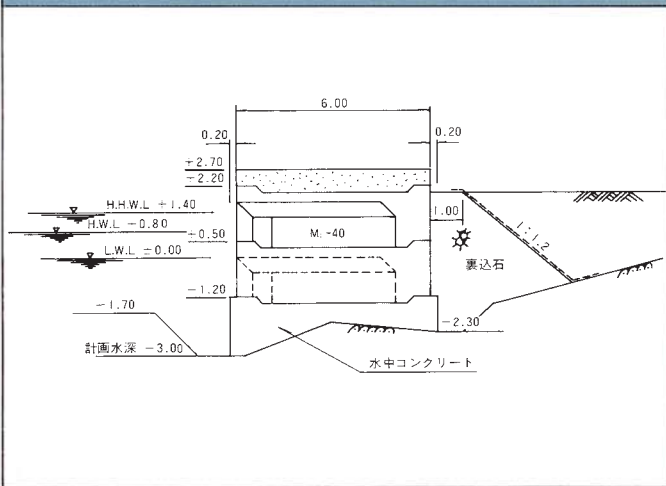
後の土圧、波の揚圧力などに対する安定性の検討が必要です。イグルー係船岸・護岸の設計の基本的な手順と留意点をまとめると次のようになります。



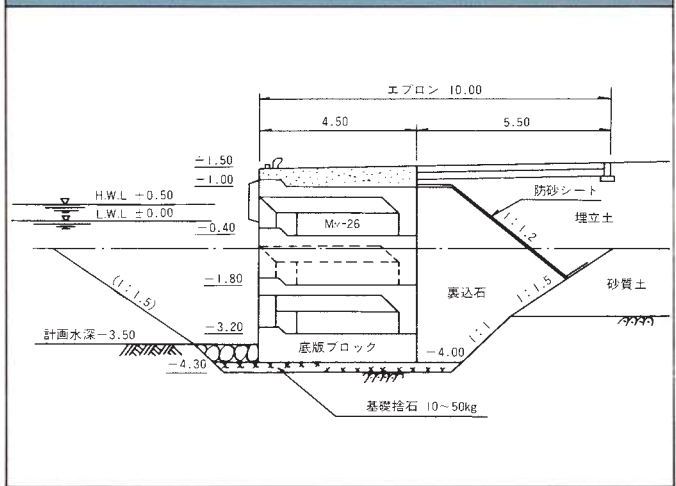
4 イグルー工法の基本設計

● 実施例

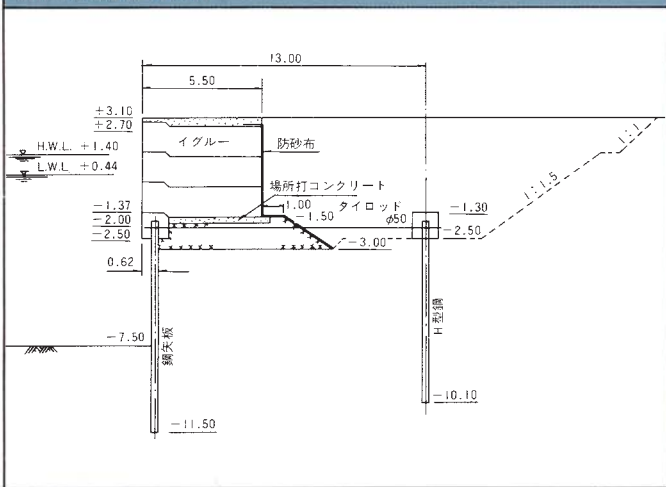
吉岡漁港(北海道)



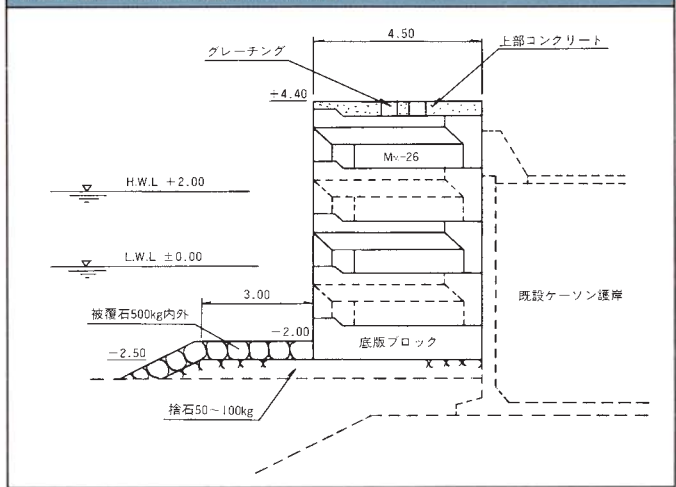
寺泊港(新潟県)



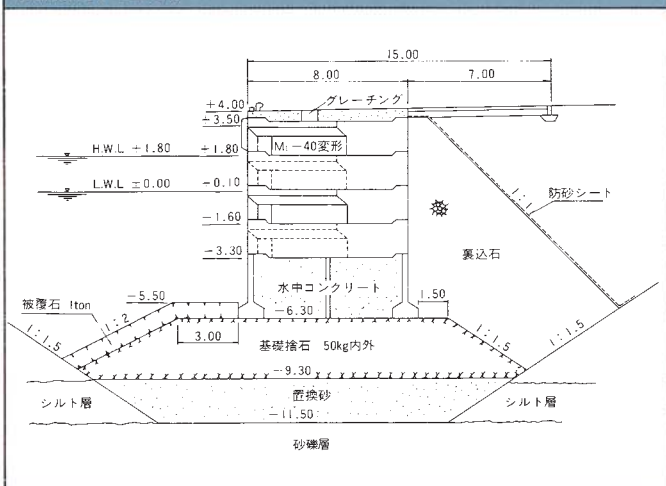
仙台新港(宮城県)



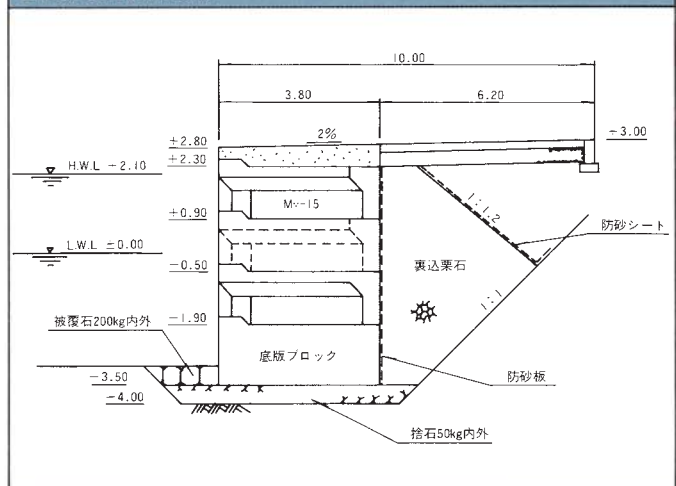
横浜港、海の公園(神奈川県)



鵜殿港(三重県)



宜野湾港(沖縄県)



4 イグルー工法の基本設計

4-2 イグルー防波堤の設計

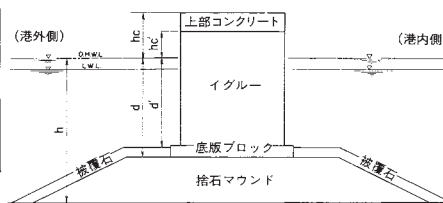
イグルー防波堤は、波浪の港内への侵入を防ぐと同時に反射波の軽減、越波による港内伝達波の軽減を目的としています。設計の際には波力に対する安定性の検討を必要とします。

3-4-3 項に示すように、波高と水深、マウンドの高さ等の条件によっては衝撃的な波力が作用することがあります

ので、そのような条件は極力避けるよう設計時には注意することが大切です。なお、重要な構造物においては水理模型実験で安定性を確認することが望まれます。

イグルー防波堤の設計の手順と留意点をまとめると次のようになります。

- 1 自然条件の決定
- 2 イグルーの型式 (M_S、M_M、M_L) の選定
- 3 平面配置の設定
- 4 港内静穏度の検討
- 5 堤体天端高の決定
- 6 マウンド高の決定
- 7 その他の設計条件の決定
- 8 堤体諸元の仮定
- 9 安定計算
- 10 堤体諸元の決定
- 11 細部設計



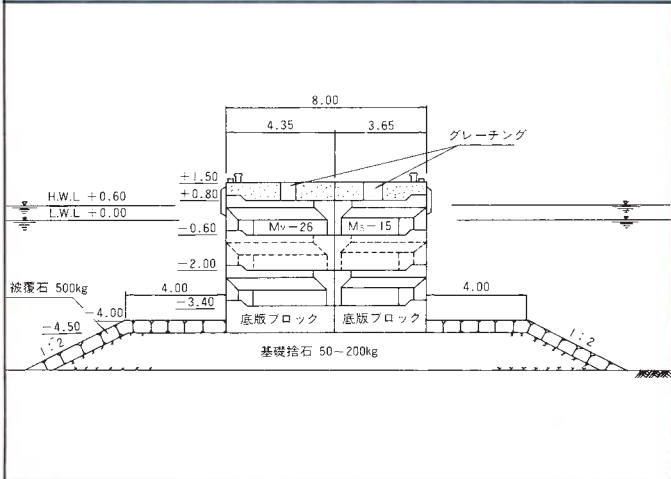
- H : 構造物計画位置での進行波としての最大波高 (m)
- L : // // 波長 (m)
- hc : 設計高潮位面上の防波堤天端高 (m)
- hc' : // // イグルー天端高 (m)
- h : 防波堤計画水深 (m)
- d : 捨石マウンド天端水深 (m)
- d' : 被覆石天端水深 (m)

- ①～④については4-1項「イグルー係船岸・消波護岸の設計」参照
- 消波効果および波圧減殺効果を十分に期待するには、イグルー天端を設計潮位面上 $0.5H_{1/3}$ 以上 ($hc \geq 0.5H_{1/3}$) とするのが有効。
- 重複波の条件 ($d'/H_{1/3} \geq 2.0$) を満足するのが望ましい
- 衝撃波圧の発生を避けるような d/h を選定することが望ましい
図3-11「波圧算定式の適用範囲」参照
- ⑤、⑥以外に必要な条件は次のとおり
 - 基礎捨石、基礎地盤の内部摩擦角 (ϕ)
 - 単位体積重量 (コンクリート、基礎捨石)
 - 摩擦係数
- 上部工厚は、波高 2 m 以上の場合には 1 m 以上、2 m 未満の場合は 50 cm 以上とし底板ブロック厚は 50 cm 以上が望ましい
実施例 (PI8) 5章「施工例」参照
- 安定計算項目は次のとおり
 - 水平波力に対する安定計算 (最も危険な潮位および構造物設置位置での最大波高を用いる。3-4項「波力」参照)
 - 揚圧力に対する安定計算 (最大波高を用いる3-5項「揚圧力」参照)
 - 基礎地盤および基礎捨石面の安定計算
 - 捨石傾斜部の安定計算
- 必要に応じて次の計算を行なう
 - 上部工および底板ブロックの配筋
 - 取付工および小口止工
 - 付帯設備

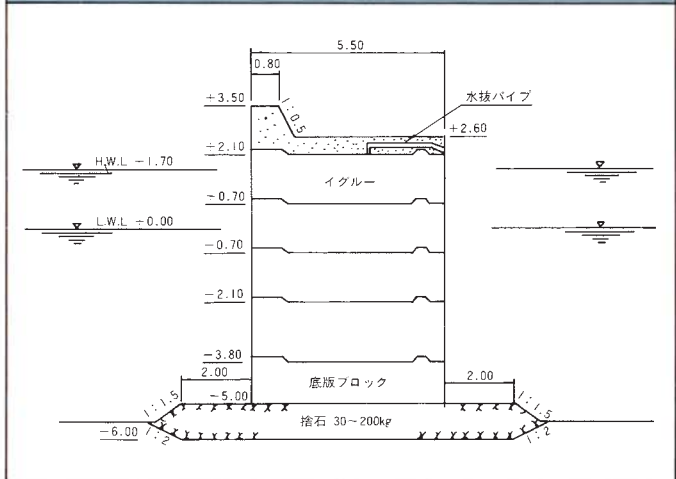
4 イグルー工法の基本設計

● 実施例

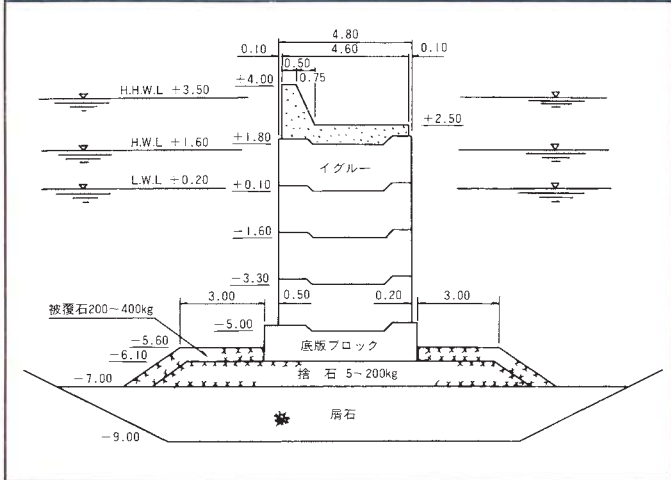
大島漁港(福井県)



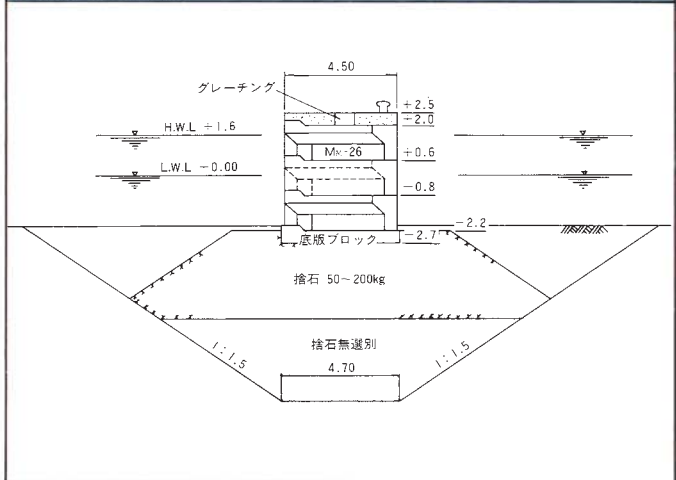
御前崎港(静岡県)



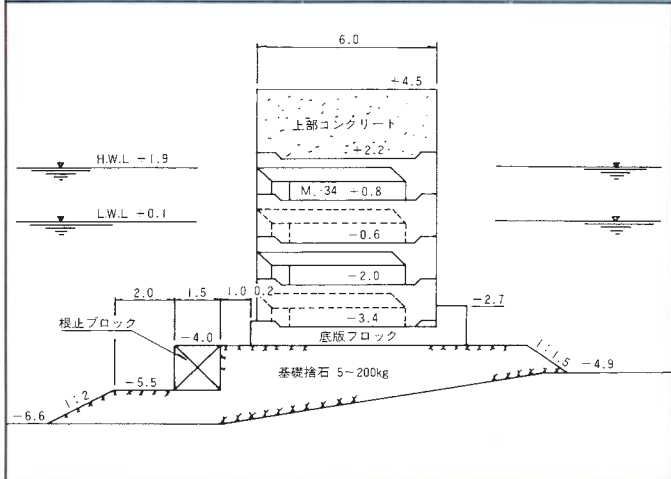
東播磨港(兵庫県)

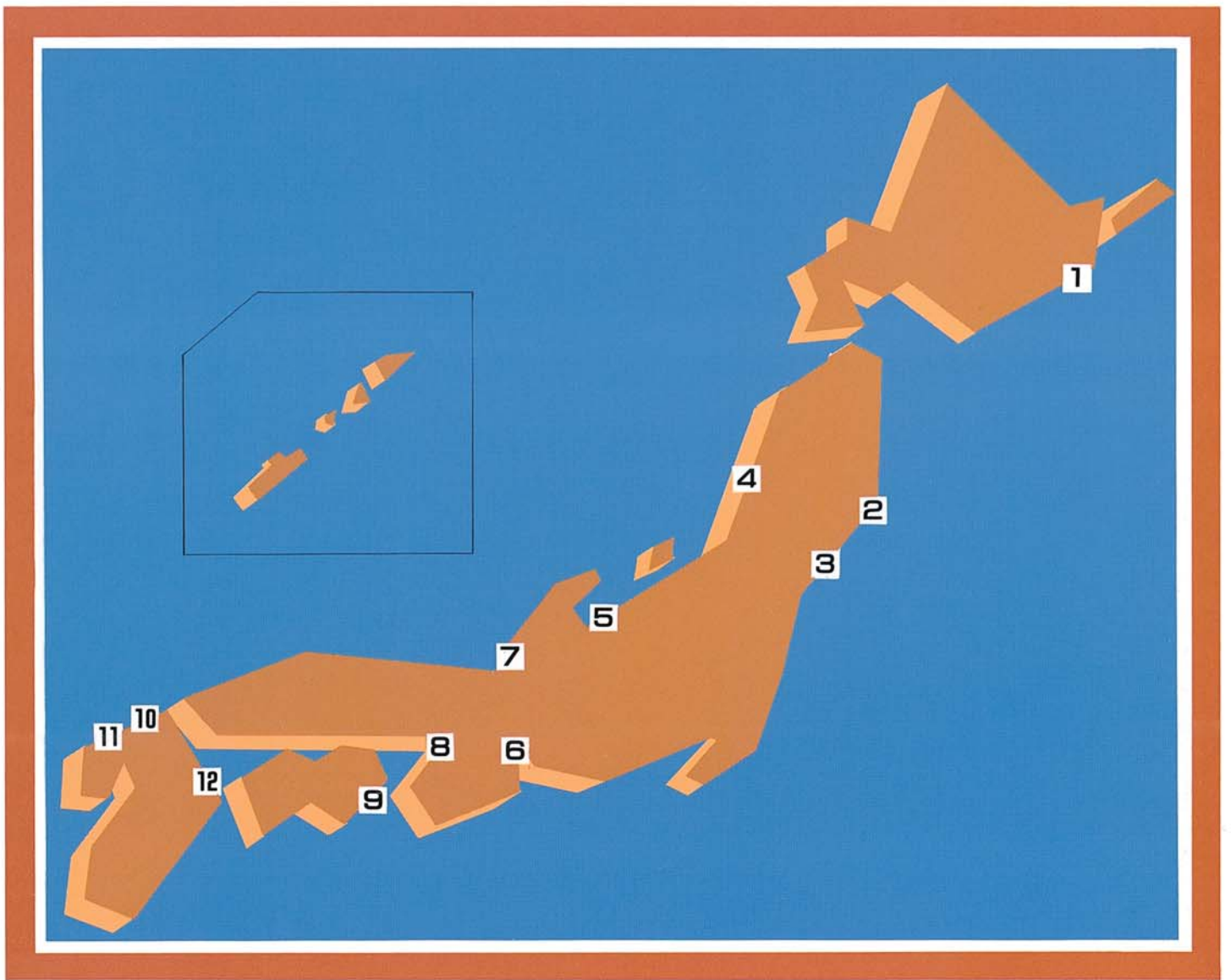


琴漁港(長崎県)



平良港(沖縄県)





5 イグルー施工例

1. 霧多布港	物揚場
2. 崎浜漁港	岸壁
3. 石巻港	横棧橋
4. 金浦漁港	岸壁
5. 経田漁港	波除堤
6. 四日市港	護岸
7. 越前漁港	防波堤背後
8. 大阪南港	魚釣場護岸
9. 由岐漁港	波除堤
10. 芦屋港	防波堤
11. 博多港地行百道地区	護岸
12. 別府北浜ペDESTリアンデ ツキ(アプローチ斜路)	ヨットハーバー護岸

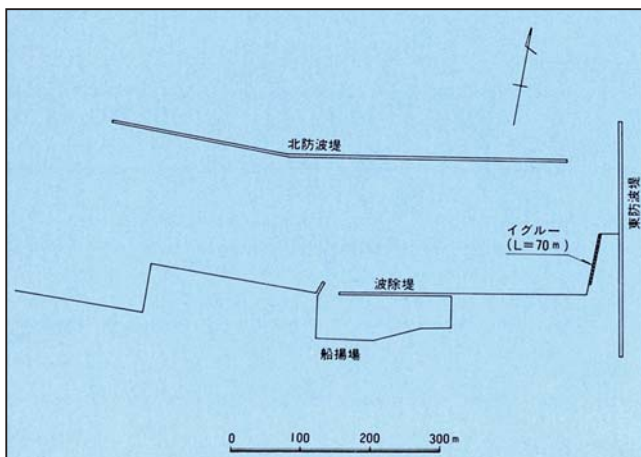
きりたっ ぶ
霧多布港(物揚場)



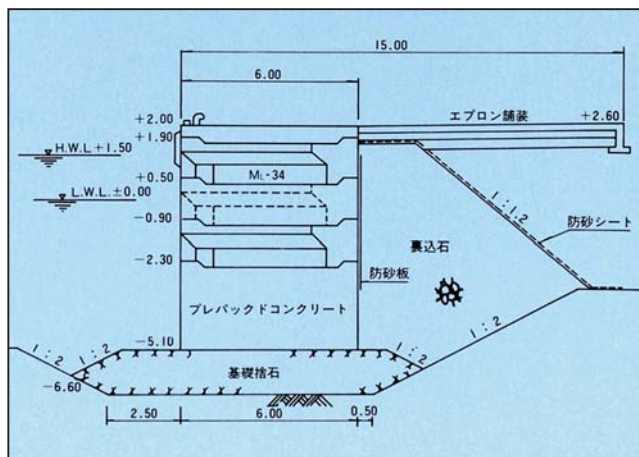
事業主体	北海道開発局
施工年度	昭和57年
沖波	$H_0=6.0\text{m}$ 、 $T_0=8.0\text{sec}$
設計波	$H_{1/3}=0.9\text{m}$ 、 $T_{1/3}=8.0\text{sec}$

霧多布港は、道東太平洋沿岸を漁場とする沖合漁業の水産基地として機能を果たしています。

近年の漁船の大型化や沿岸漁業開発などに対処するため、港の整備拡張が進められ、東防波堤物揚場には、イグルーMs-15型およびML-34型が使用され、港内の静穏性の向上に寄与しています。



●平面図



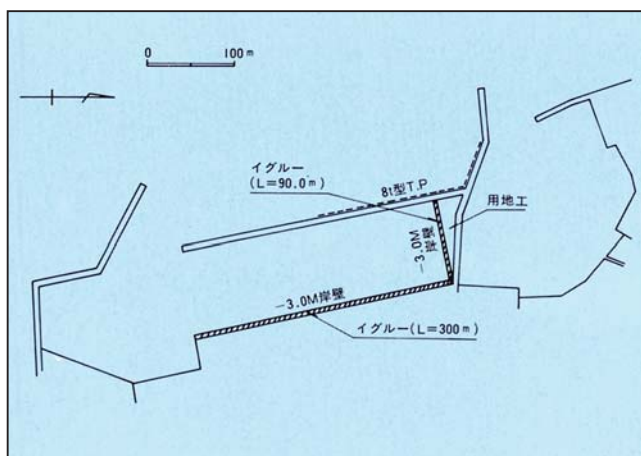
●断面図

崎浜漁港(岸壁)

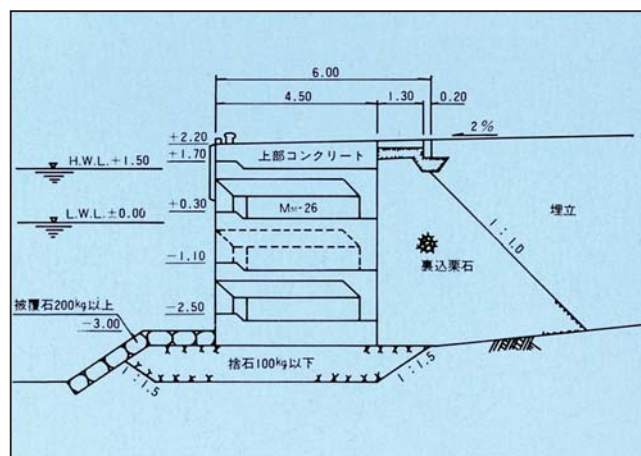


事業主体	岩手県
施工年度	昭和55年～
沖波	$H_0=6.0\text{m}$ 、 $T_0=12.0\text{sec}$
設計波	$H_{1/3}=1.0\text{m}$ 、 $T_{1/3}=5.0\text{sec}$

崎浜漁港は、岩手県南部の越喜来湾の一角に位置し、昭和27年に漁港整備に着手し、以来30数年の修築事業で湾内随一の生産基地、および避難港となっています。近年の漁船の多様化と隻数の増加のため、現在、泊地の拡張を主体に、漁業形態に即した漁港整備に取り組んでいます。イグルーは、泊地を囲む岸壁に使用され、岸壁の高度利用に役立っています。



● 平面図



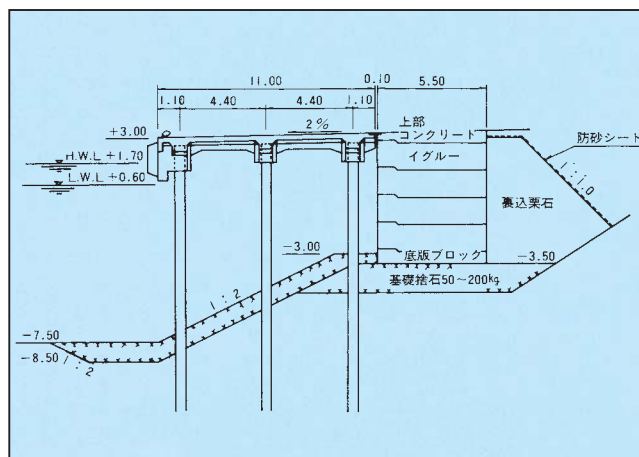
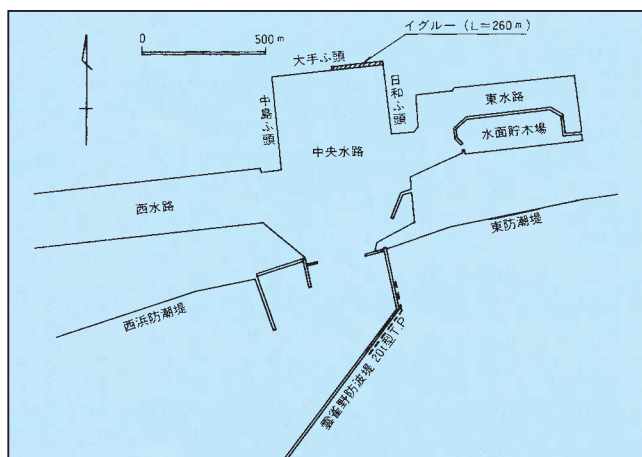
● 断面図

石巻港(横棧橋)



事業主体	宮城県
施工年度	昭和52年

重要港湾である石巻港は、宮城県北部の中核拠点として工業港の整備が進められています。港内の中央路奥に位置する-7.5mの大手埠頭は、イグルーと横棧橋を組み合わせた構造となっており、消波機能を兼ね備えた岸壁となっています。

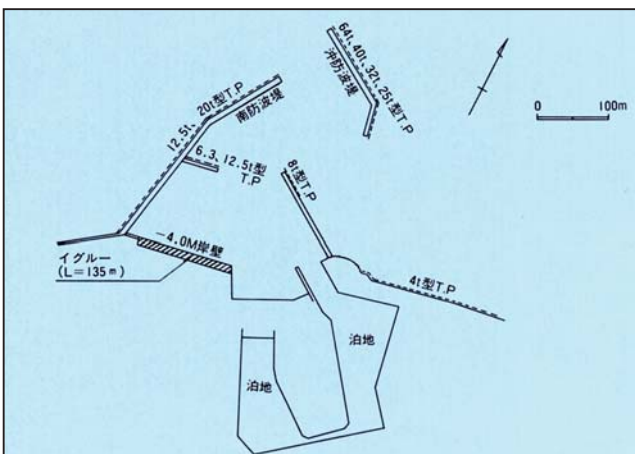


金浦漁港(岸壁)

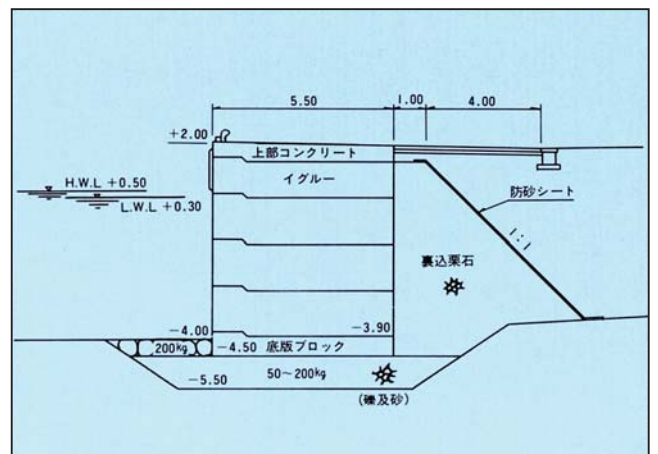


事業主体	秋田県
施工年度	昭和54年～57年
沖波	$H_0=7.0\text{m}$, $T_0=12.0\text{sec}$
設計波	$H_{1/3}=2.9\text{m}$, $T_{1/3}=12.0\text{sec}$

金浦漁港は、秋田県南部の由利地区に位置し、地区の中心的な漁業基地及び避難港として、現在、修築事業が行なわれています。事業の一環として、 -4m 岸壁が計画され、同時に泊地の静穏度を向上させる目的でイグルーによる岸壁が施工され、その機能を果たしています。



●平面図



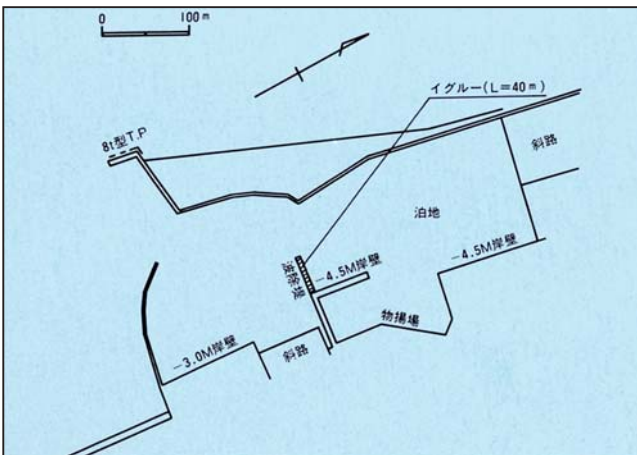
●断面図

経田漁港(波除堤)

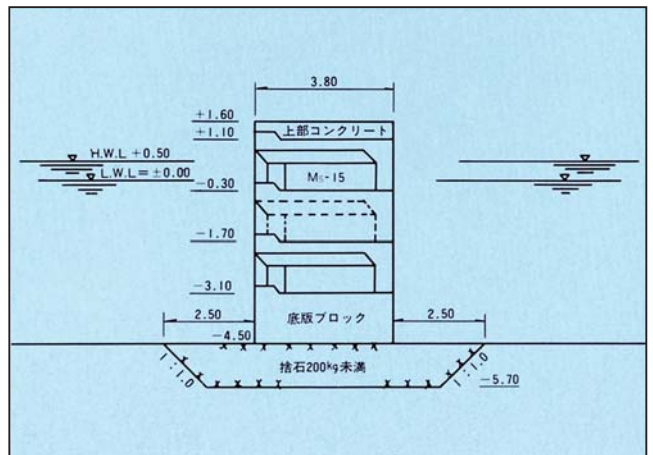


事業主体	富山県魚津市
施工年度	昭和58年
設計波	$H_{1/3}=1.1\text{m}$ 、 $T_{1/3}=6.0\text{sec}$

本港に水揚される漁獲量の約4割は定置網漁業によるもので、その他、刺し網、一本釣などが営まれています。富山県魚津市では、現在、漁港整備事業を実施中で、漁港機能の整備に伴い、さけ、ます流し網漁船等の大型漁船の準備休憩の根拠地として将来を期待されています。イグルーは港内の波除堤に用いられ、十分にその機能を果しています。

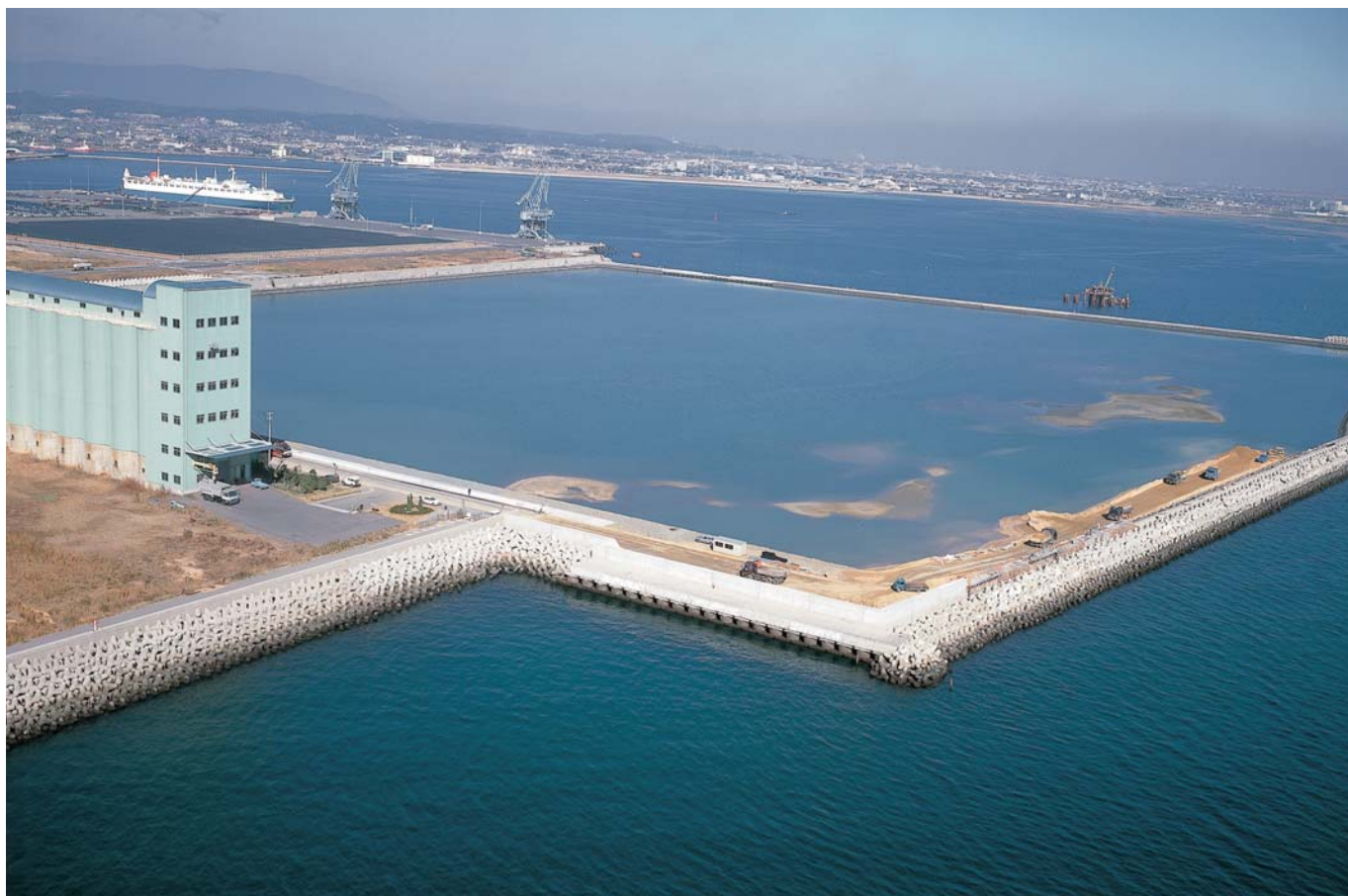


●平面図



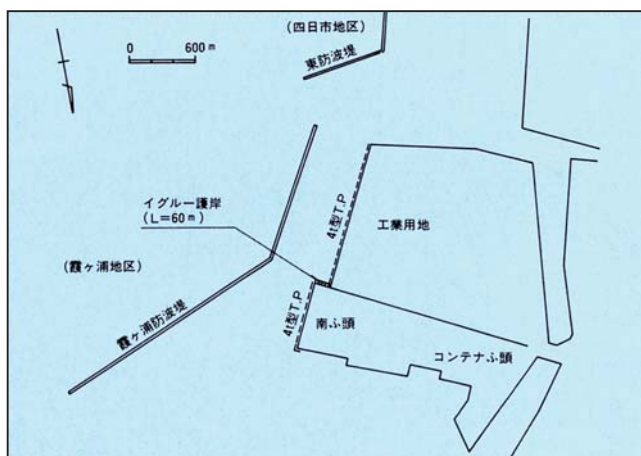
●断面図

四日市港(護岸)

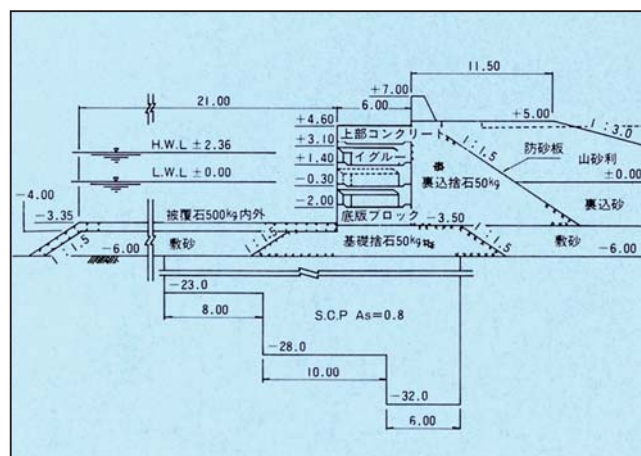


事業主体	四日市港管理組合
施工年度	昭和57年
沖波	$H_0=3.3\text{m}$ 、 $T_0=6.2\text{sec}$
設計波	$H_{1/3}=2.4\text{m}$ 、 $T_{1/3}=5.8\text{sec}$

四日市港霞ヶ浦地区先端護岸には、越波の防止と反射波による港内航行小型船舶の危険防止のため、4t型テトラポッドとともに、ML-40型イグラーが用いられています。



● 平面図



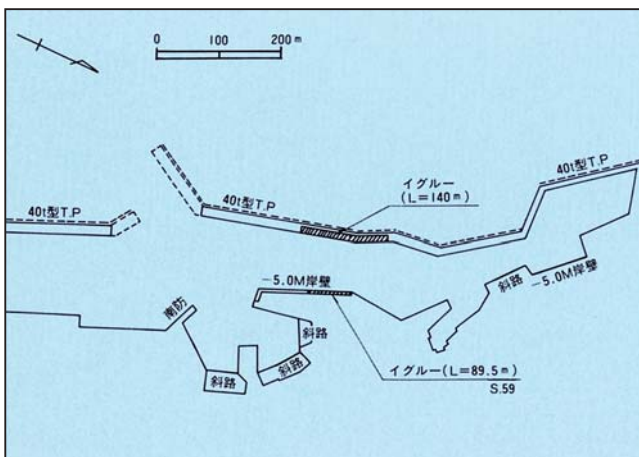
● 断面図

越前漁港(防波堤背後)

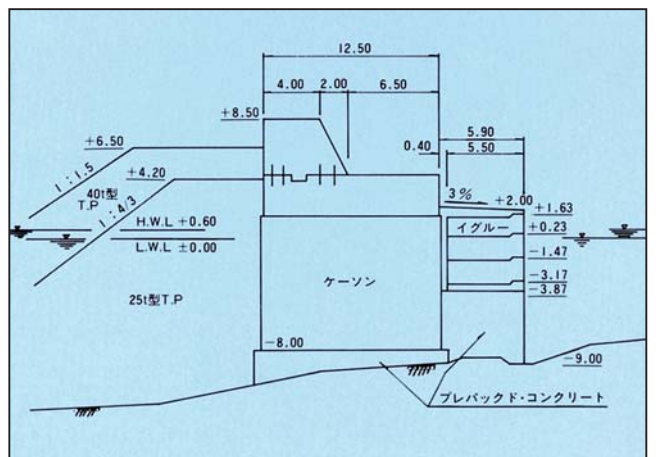


事業主体	福井県
施工年度	昭和55年～56年

越前漁港では、港口より侵入した波浪を抑え、港内の静穏度を高める目的で、防波堤の背後にイグラーが設置されました。防波堤ではありますが、避難した漁船等が臨時に接岸する係船岸としても利用されています。また対岸の岸壁にもイグラーが使用されており、港内の静穏性はさらに向上しています。



●平面図



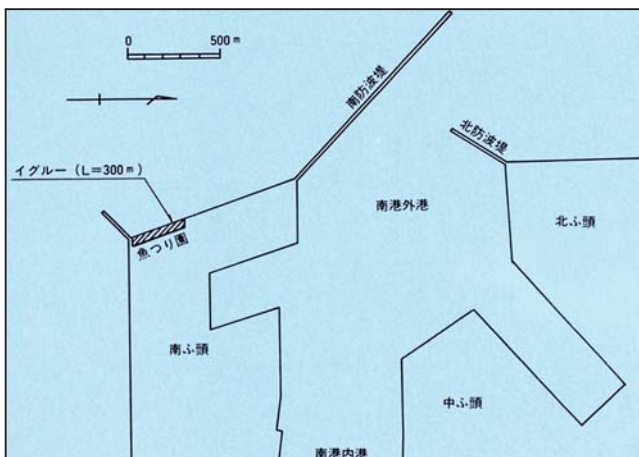
●断面図

大阪南港(魚釣場護岸)

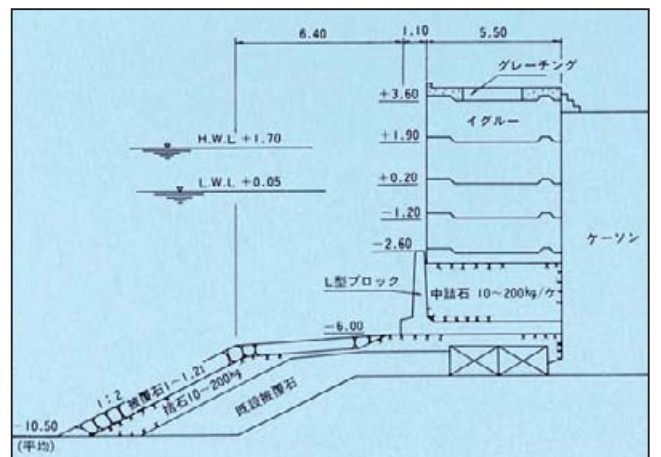


事業主体	大阪市
施工年度	昭和52年~54年
設計波	$H_{1/3}=3.3\text{m}$ 、 $T_{1/3}=6.0\text{sec}$

大阪南港は、自然と文化、暮らしと経済の調和をめざした新しい港湾都市として整備されています。この快適な港湾環境をつくる事業の一環として、魚釣り園、海水遊泳場などが作られています。魚釣り園の護岸前面がイグルーによる直立消波構造になっており、レジャー施設とよく調和し、市民の憩いとやすらぎの場となっています。



●平面図



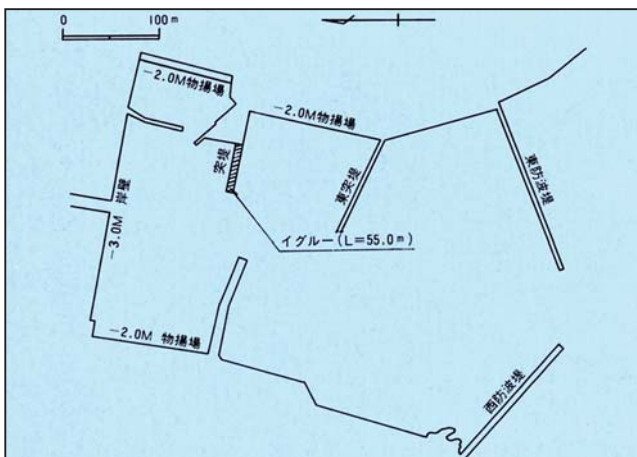
●断面図

由岐漁港(波除堤)

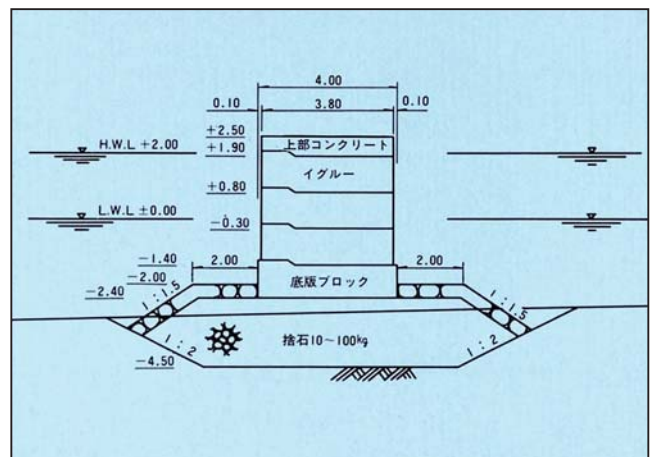


事業主体	徳島県
施工年度	昭和54年
沖波	$H_0=9.2\text{m}$ 、 $T_0=15.0\text{sec}$
設計波	$H_{1/3}=0.8\text{m}$ 、 $T_{1/3}=15.0\text{sec}$

由岐漁港では、泊地の静穏性を高め、係船岸、物揚場としても利用できるように港内に突堤を設けることが計画されました。しかし、反射波によって既設の東突堤背後に悪影響をおよぼすことが予想されたためイグルー構造が採用され、突堤前面の静穏性を損なうことなく、その目的を果たしています。

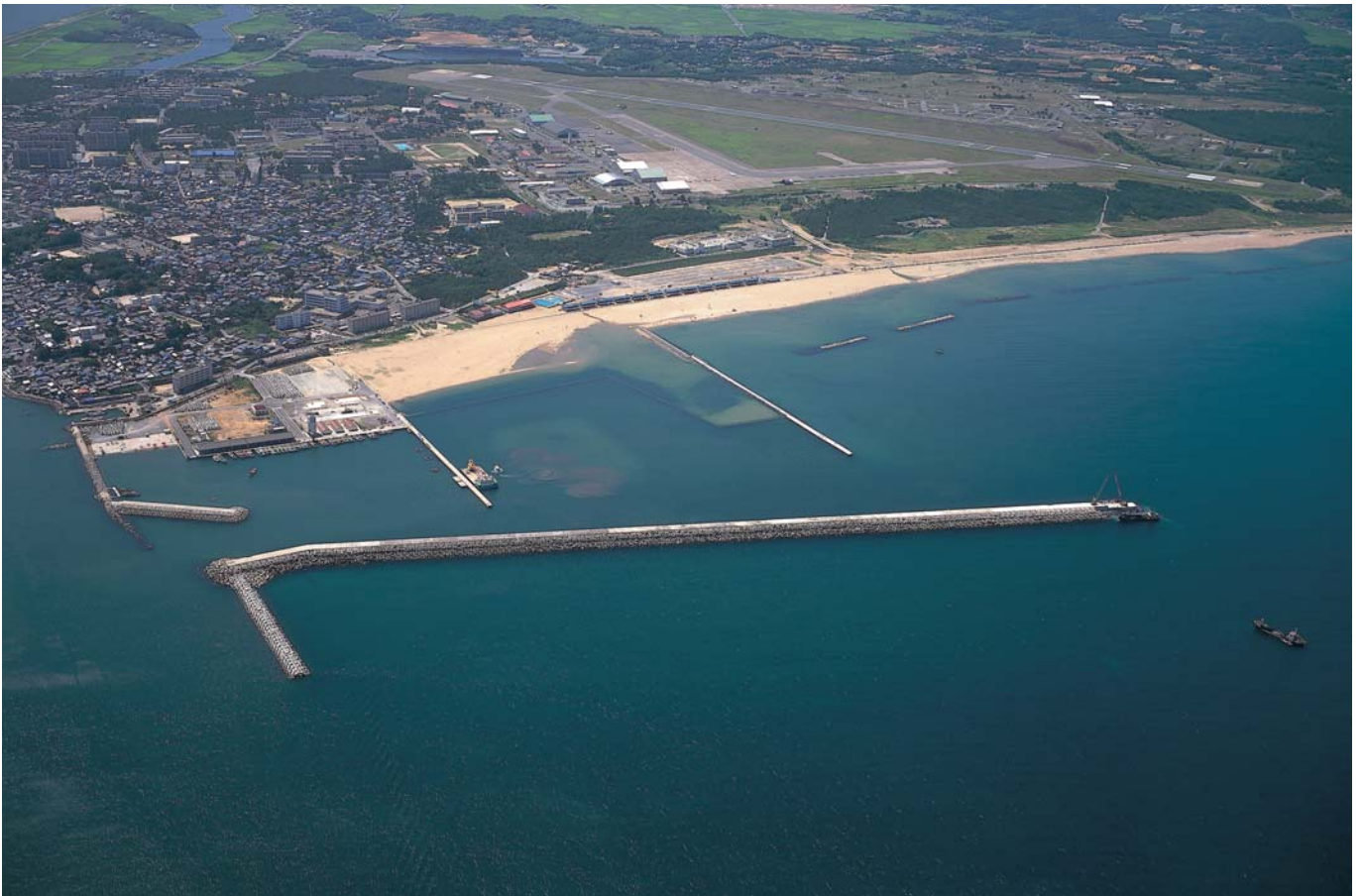


●平面図



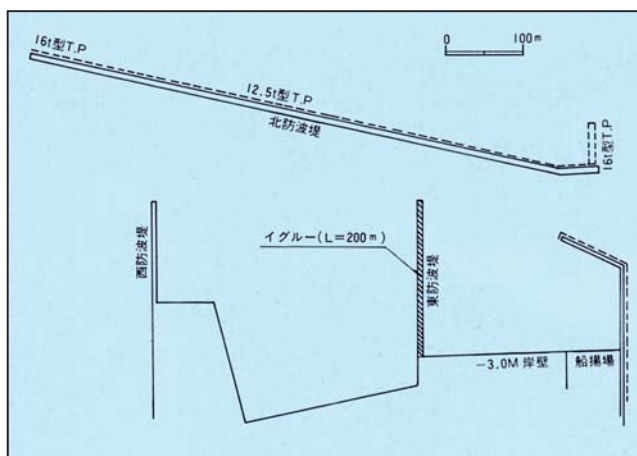
●断面図

芦屋港(防波堤)

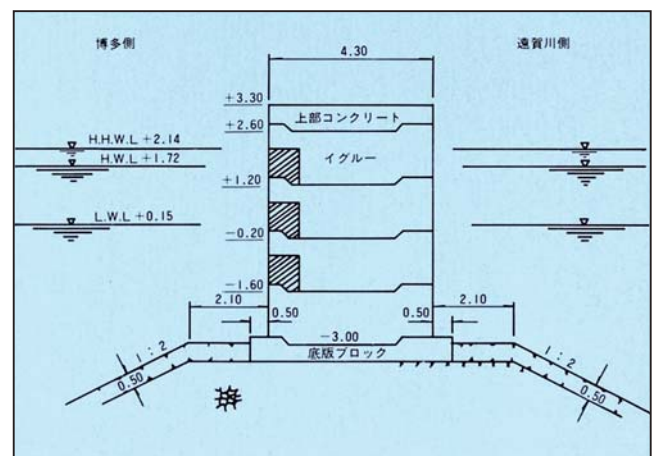


事業主体	福岡県
施工年度	昭和53年
沖波	$H_0=5.0\text{m}$ 、 $T_0=10\text{sec}$
設計波	$H_{1/3}=1.5\text{m}$ 、 $T_{1/3}=4.0\text{sec}$

芦屋港の東防波堤には延長 200mにわたってイグルーが使用され、港内の静穏性の向上に大きく貢献しています。また港内が漁船の船溜りとなっているため、イグルー後壁に通水孔を設け海水交流の改善を計っています。



● 平面図



● 断面図

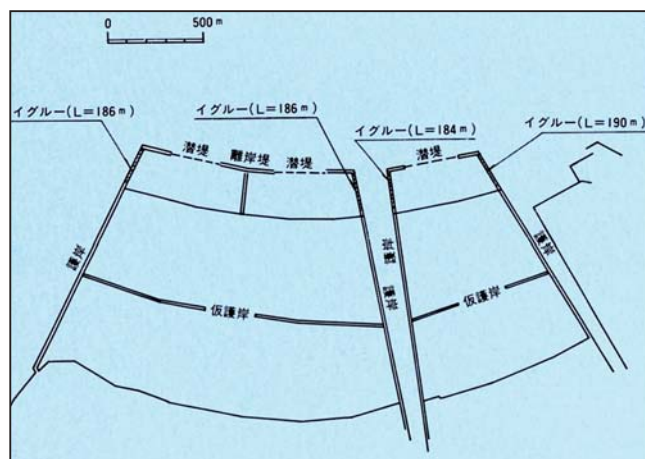
じぎょうももち
博多港地行百道地区(護岸)



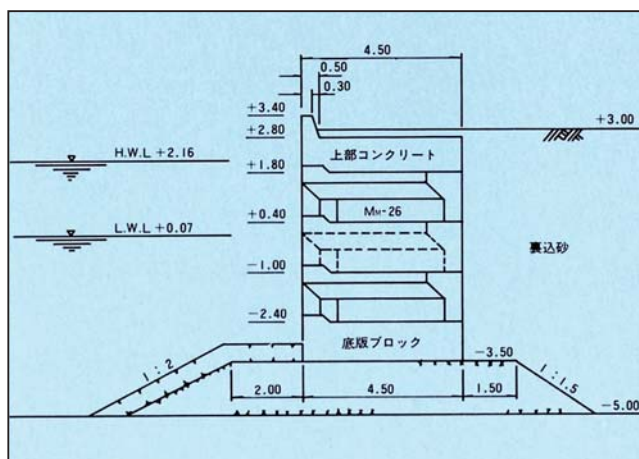
事業主体	福岡県
施工年度	昭和58年～
設計波	$H_{1/3}=1.2\text{m}$ 、 $T_{1/3}=4.5\text{sec}$

新しい海岸都市づくりの一環として、埋立地の前面に造成される人工海浜の突堤および砂止堤としてイグラーが用いられています。

博多港人工海浜は、埋立地沖合900m、総延長190mにもおよぶ大規模なもので、海水浴や砂遊び、潮干狩りも楽しめ、市民の憩いの場となるものです。



●平面図



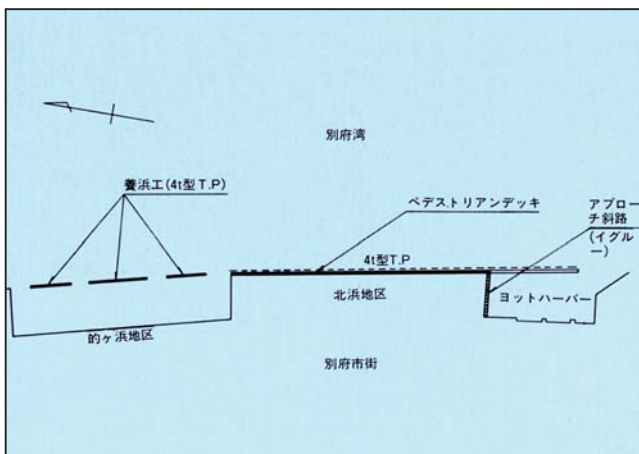
●断面図

別府港(ヨットハーバー、護岸)

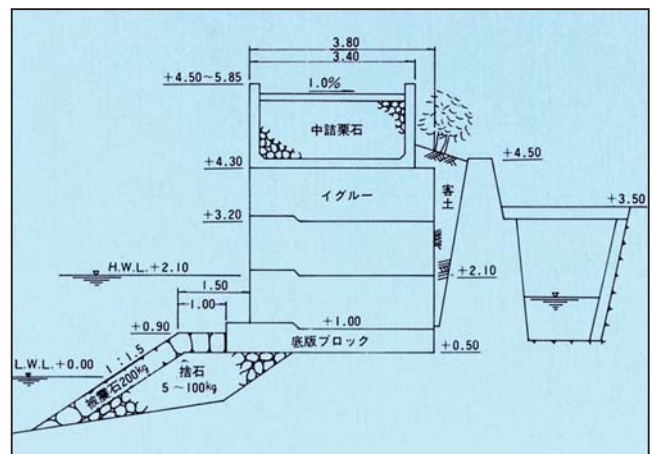


事業主体	大分県
施工年度	昭和56年

当地区では、国際観光都市別府の海岸線の美観を保ち、その公共利用を図るために、養浜、遊歩道（ペDESTリアンデッキ）等が建設されています。ヨットハーバー側からデッキへのアプローチ斜路の構造を決定する際、橋脚式、ボックス式などが検討されましたが、現場条件、施工性、景観、特に背後のホテル群との調和を考え、イグラーが採用されました。イグラーはヨットハーバー内の波を消すとともに、その柔らかなウェーブで付近の景観とよく調和しています。



●平面図



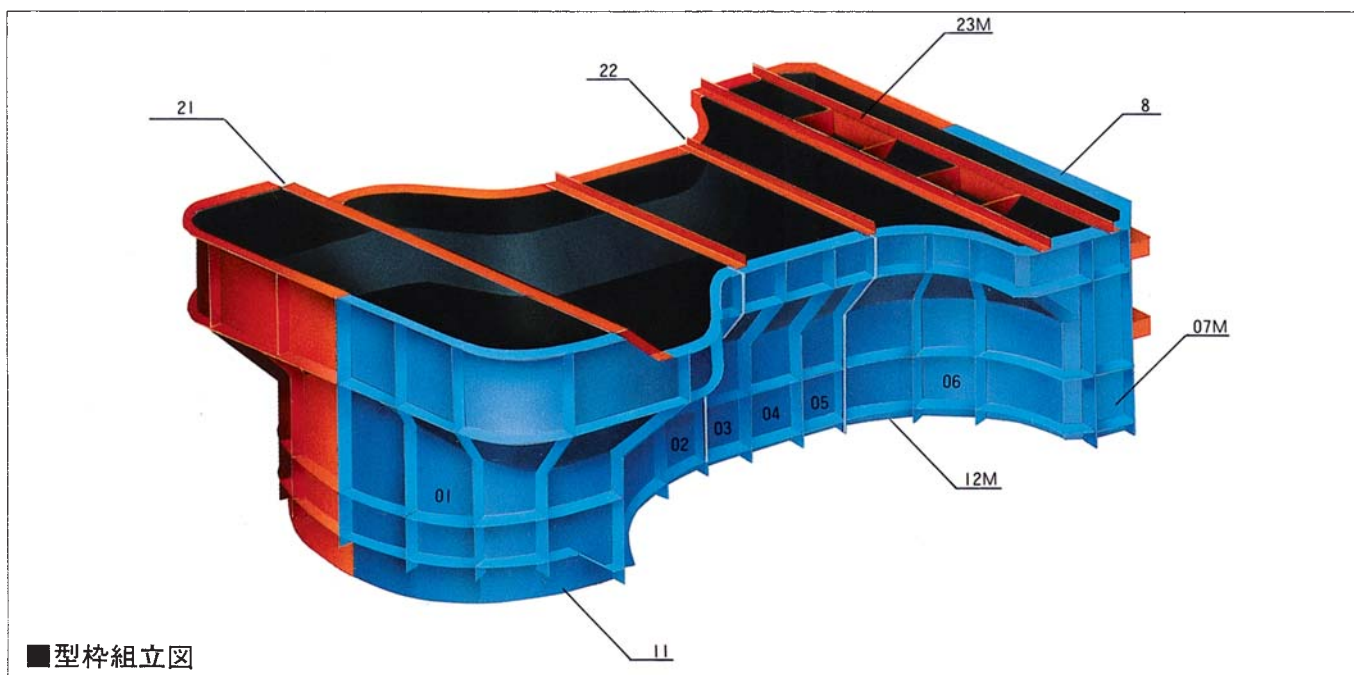
●断面図

6 イグラーの施工

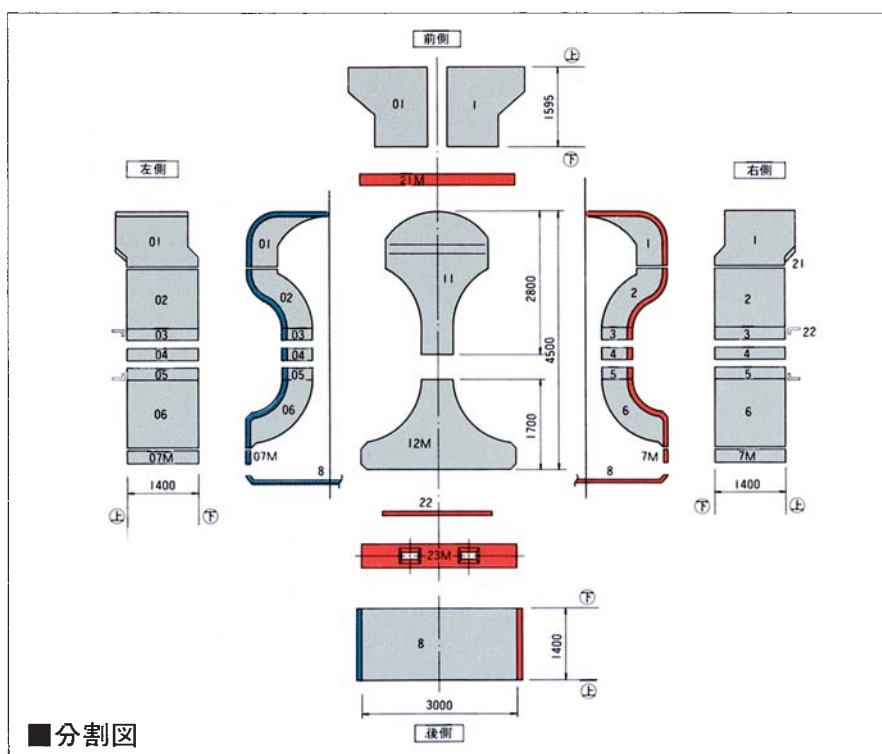
6-1 イグラーの型枠

イグラーの型枠は鋼製の面板を使用しており、型枠のたわみ防止のためにリブ補強してあります。型枠は頑丈にできていますが、繰り返し使用するものですから丁寧な取り扱いが望まれます。

図6・1 はM_M-26イグラーの型枠組立図および分割図です。他のタイプも基本的にはこれに準じます。型枠の緊結はコッター・コッターピンを使用します。なお、一部(色の白い部分)はボルト締めとし、工事終了まで外さない箇所です。



■型枠組立図



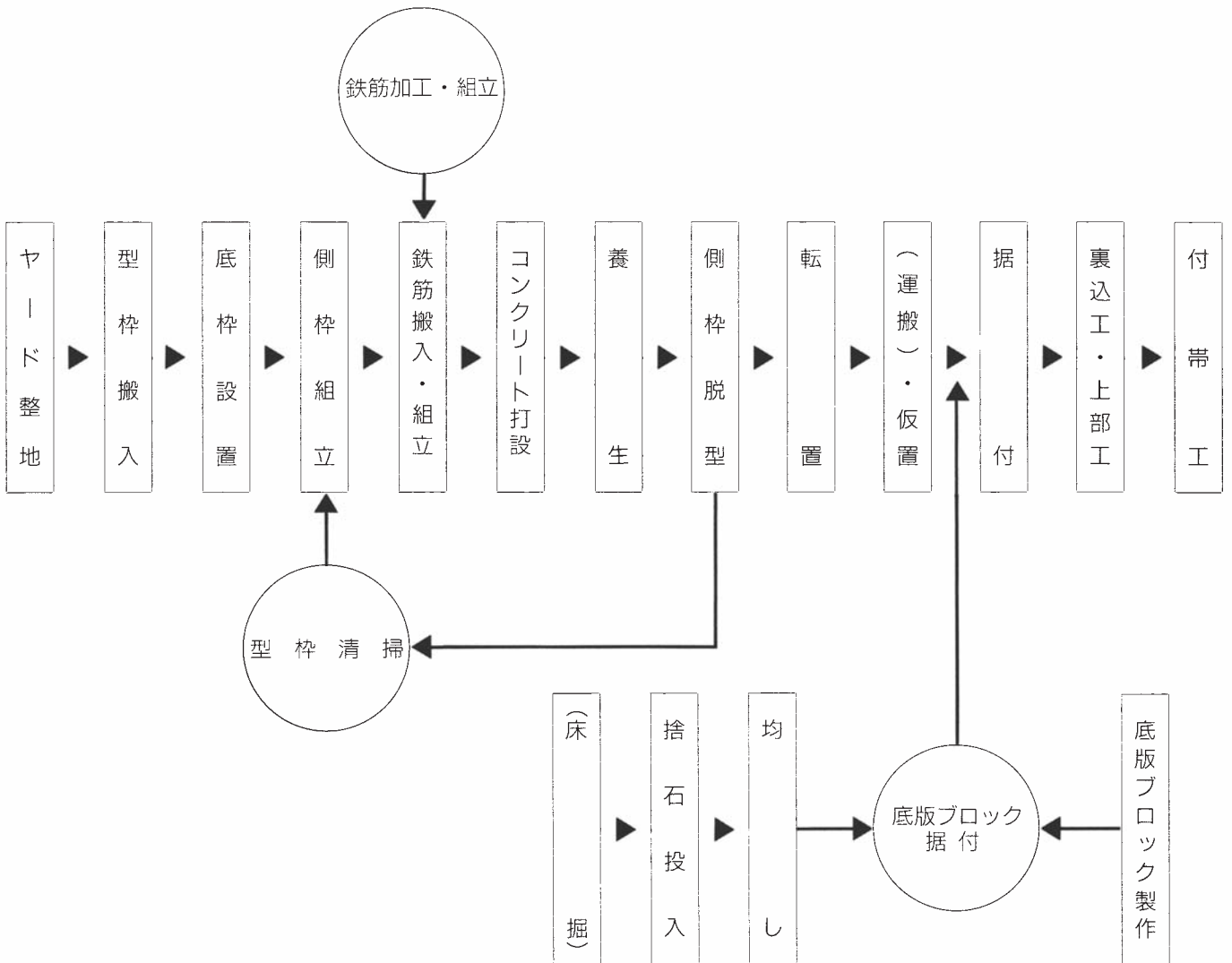
■分割図

■図6・1 M_M-26型 型枠図

	記号	数量	備考
側 枠	1、01	1	1と01は対
	2、02	1	2と02は対
	3、03	1	3と03は対
	4、04	1	4と04は対
	5、05	1	5と05は対
	6、06	1	6と06は対
	7M、07M	1	7Mと07Mは対
底 枠	11	1	
	12M	1	
そ の 他	21M	1	ホソ枠
	22	2	巾止め
	23M	1	吊筋ボックス

6-2 イグラーの標準工程

イグラー構造物を施工するには、現場の状況を十分に考慮して各工程の施工方法について綿密な施工計画を立てます。図6・2 にイグラーの施工における標準的な工程を示します。



■図6・2 イグラーの標準的な工程

6 イグラーの施工

6-3 イグラー製作ヤード

製作ヤードには、作業が安全で確実にしかも能率的に行なえるように十分な広さと堅固な地盤が必要です。所要面積は現場条件（イグラーの型式、製作個数、型枠数量、コ

ンクリートの打設方法、養生方法、使用する機械の能力等）の諸要素によって異なります。標準的な所要面積算定方法は以下に示すとおりです。

①打設ヤード (a^{m2})

$$a = a' \cdot \frac{n}{e} \cdot (m_1 + 1)$$

ここにa' : 1個当り打設ヤード所要面積(m²/個) (表6・1、2 図6・3参照)

n : 1日当り打設個数 (個/日)

e : 稼働率

m₁ : 底枠脱型日数 (日)

②転置・仮置ヤード (b^{m2})

$$b = b_1 + b_2$$

$$b_1 = b' \cdot n \cdot m_2$$

$$b_2 = b' \cdot N$$

ここにb₁ : 転置ヤード所要面積(m²)

b₂ : 仮置ヤード所要面積(m²)

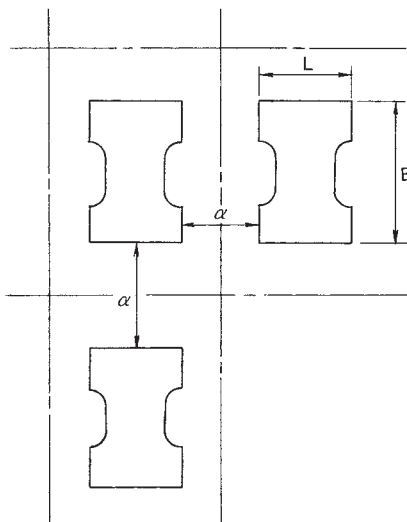
b' : 1個当り転置・仮置ヤード所要面積(m²/個) (表6・1、2、図6・4参照)

m₂ : 転置ヤードストック日数(日)(2~4日)

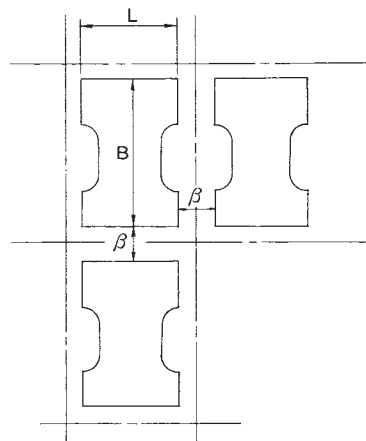
N : 仮置個数(個)

■表6・1 標準的なイグラー打設、転置、仮置ヤード一覧表

種 別	イグラー寸法 L (m)	イグラー寸法 B (m)	打設ヤード 所要面積 a' (m ² /個)	転置・仮置ヤード所要面積b' (m ² /個)	
				1段積	2段積
M _s -15	2.10	3.80	23.8	11.2	5.6
M _M -26	3.00	4.50	32.5	17.5	8.8
M _M -30			38.5		
M _L -34		6.00	40.0	22.8	11.4
M _L -40	46.8				



■図6・3 打設ヤード



■図6・4 転置・仮置ヤード

■表6・2 余裕幅一覧表

余裕幅 (m)	α	β
M _s -15	2.0	0.5
M _M -26	2.0	0.5
M _M -30	2.5	0.5
M _L -34	2.0	0.5
M _L -40	2.5	0.5

③打設用道路 (Cm²)

ここでは標準的な道路幅を示します。所要面積は現地ヤードの諸条件、底枠の配置等によって決まります。

バケット打の場合の道路幅 8～12m
その他の道路幅 4～6m

④転置・型枠作業用ヤード (dm²)

必要に応じて適当な広さの転置・型枠作業用のヤードを確保すると安全で能率的です。条件によっては他のヤードとの兼用も可能です。

●イグラー製作ヤード所要面積計算例

ML-40型イグラー300個製作・仮置する場合の計算例
(条件)

1日当り打設個数 5 (個/日)

稼働率 0.8

型枠脱型 側枠 コンクリート打設後中1日

底枠 〃 中3日

転置ヤードストック日数 2日間

仮置は1段積とする。

〈計算〉

①打設ヤード (am²)

$$a = 46.8 \times \frac{5}{0.8} \times (4+1) = 1462 (\text{m}^2)$$

②転置・仮置ヤード (bm²)

$$b_1 = 22.8 \times 5 \times 2 = 228$$

$$b_2 = 22.8 \times 300 = 6840$$

$$b = 228 + 6840 = 7068 (\text{m}^2)$$

③打設用道路 (cm²)

コンクリートバケットによる打設とし、幅10mにします。

$$c = 10 \times 170 = 1700 (\text{m}^2)$$

④転置・型枠作業用ヤード (dm²)

転置用クレーンが大型であるため安全性を考慮し、また型枠作業にも使用できるように幅10mのヤードを設けます。

$$d = 10 \times 170 = 1700 (\text{m}^2)$$

●製作ヤード所要面積 (Am²)

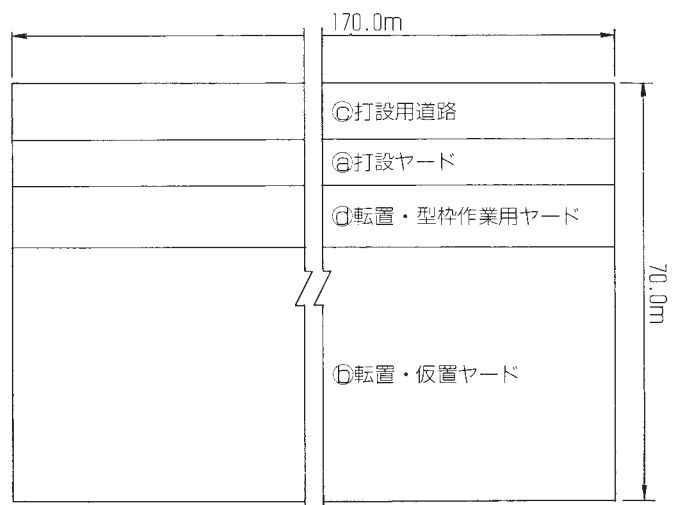
$$A = a + b + c + d = 11930 (\text{m}^2)$$

ヤードの延長を170mとすると、

$$11930 \div 170 = 70.1 \div 70 \text{m}$$

幅70m、延長170m、所要面積は、

$$70 \times 170 = 11900 (\text{m}^2) \text{ となります。}$$



6 イグラーの施工

6-4 イグラーの施工

イグラーの製作

- 底枠は平滑で強固な地盤の上に基礎をつくり、その上に水平に設置します。
- 使用するコンクリートの設計基準強度 (σ_{ck}) は $\sigma_{ck} = 24\text{N/mm}^2$ 、粗骨材最大寸法は40mm程度が望ましく、AEコンクリートとするのが適当です。



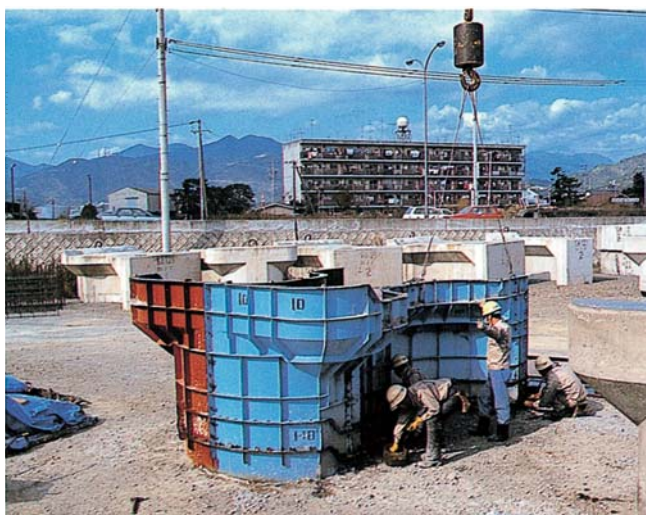
③型枠組立



①底枠配置



④配筋



②型枠組立



⑤コンクリート打設

6 イグラーの施工



⑥養生

底版ブロックの施工

- 使用するコンクリートはイグラーと同等のものとし、必要に応じて鉄筋で補強することがあります。
- 底版ブロックの据付精度がイグラーの据付精度に大きく影響しますので、基礎捨石面の均しおよび底版ブロックの据付には細心の注意が必要です。



⑦側枠脱型



⑨製作



⑧転置



⑩据付

6 イグラーの施工

イグラーの据付

- イグラーは千鳥に積上げます。上段のブロックには下部の据付誤差が影響しますので、下部のブロックの据付が特に大切になります。
- 目地間隔はできるだけ小さくなるよう注意します。

裏込工

- 施工途中の波浪による安定性を増すためには、据付後速やかに裏込石を投入することが望まれます。
- 背後土砂の吸い出し防止のために防砂布の敷設が必要です。防砂布は裏込石の背後に一様に敷設します。



⑪イグラー据付



⑬裏込工



⑫イグラー据付

上部工

- 使用するコンクリートの設計基準強度 (σ_{ck}) は $\sigma_{ck}=21\text{N/mm}^2$ 以上が望ましく、波の揚圧力や上載荷重に対応するため鉄筋で補強することがあります。
- 上部工に適切な大きさの空気孔を設けることは、揚圧力やしぶきの量を減らすので大変効果的です。



⑭上部工

付帯工

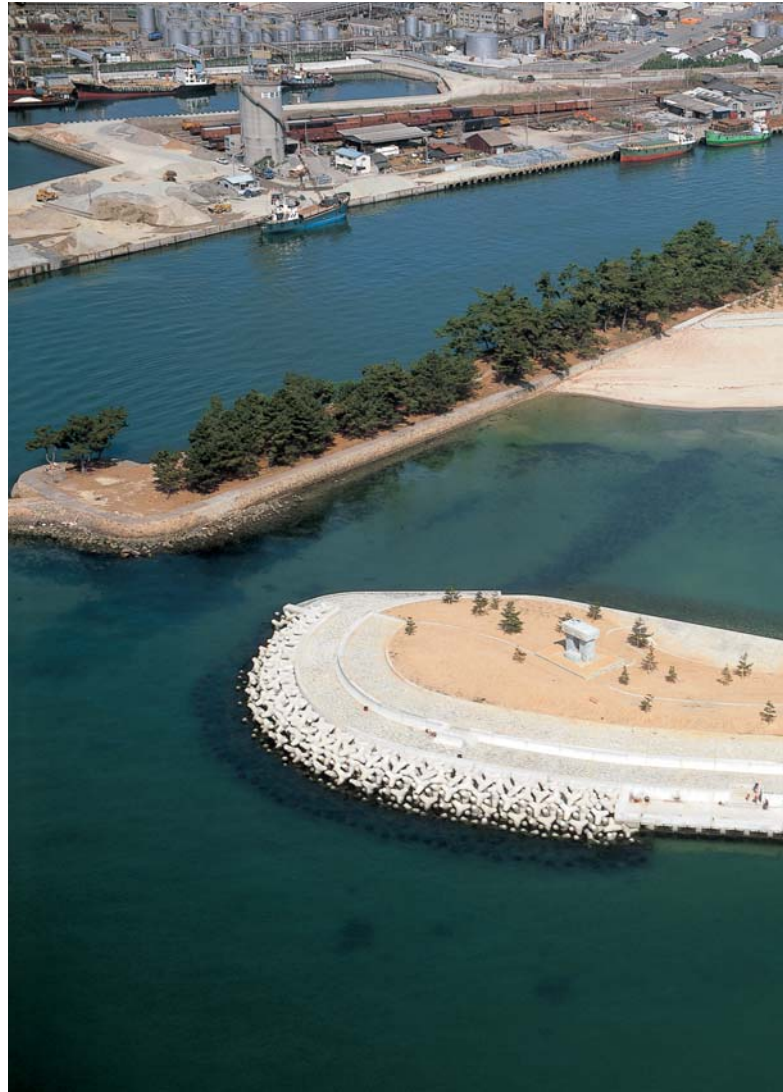
- イグラー各タイプには、防舷材を取り付けることができます。
- 小型船舶の侵入防止用フェンスも取り付けられます。



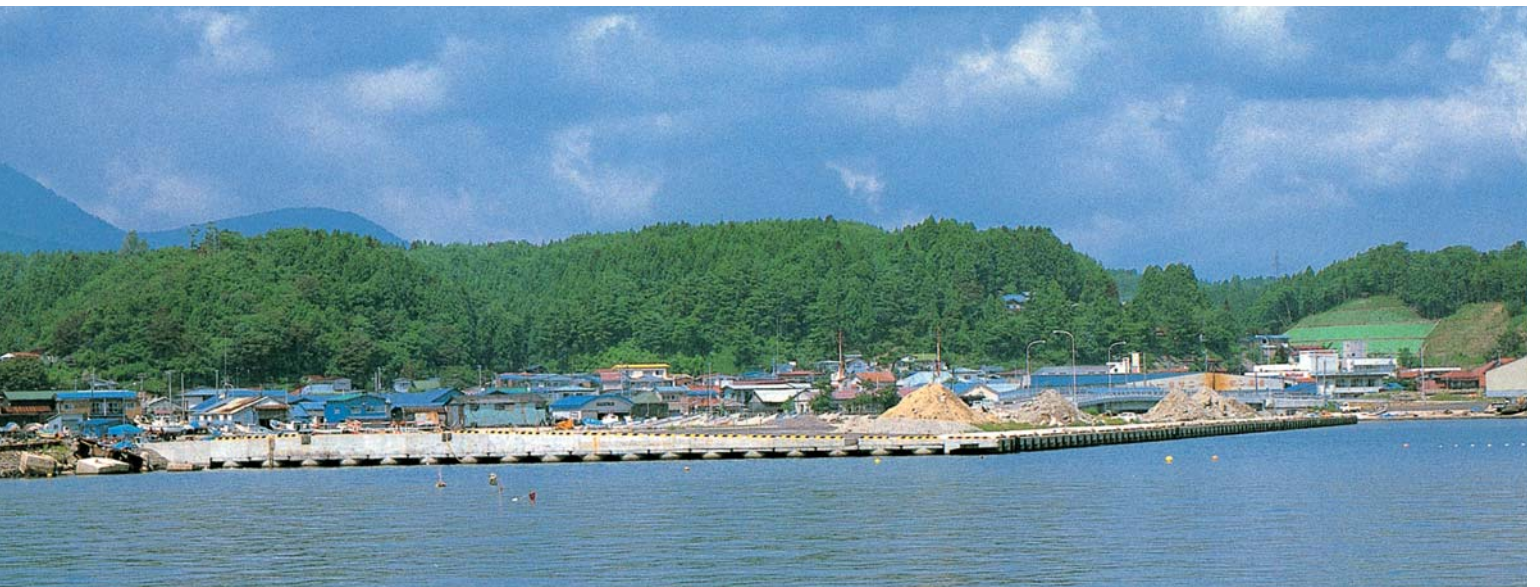
⑯係船柱、車止、防舷材、侵入防止フェンス



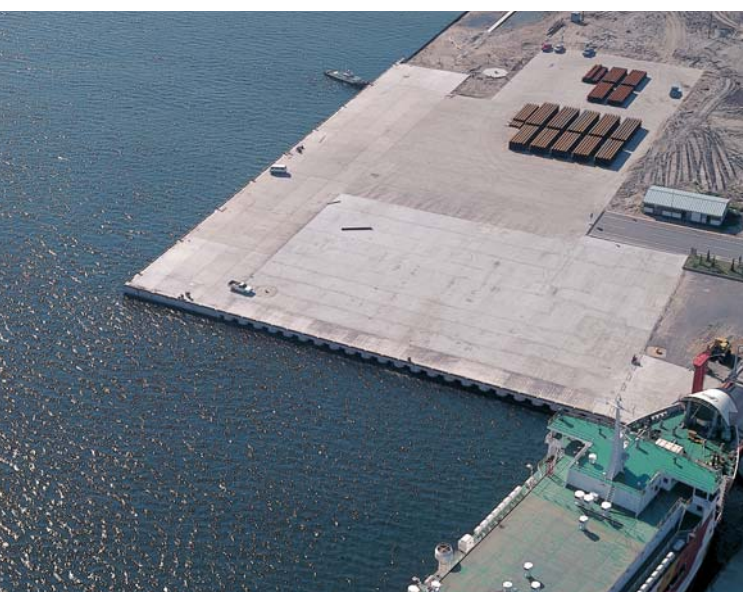
⑰グレーチング工



①



②



③

- ① 兵庫県立高砂海浜公園
- ② 船川港
- ③ 仙台新港



株式会社 不動テトラ

東京本社	〒103-0016	東京都中央区日本橋小網町7-2(ぺんてるビル)	☎(03)5644-8583
北海道営業部	〒060-0001	北海道札幌市中央区北1条西7-3(ノステル札幌ビル)	☎(011)233-1640
東北営業部	〒980-0803	宮城県仙台市青葉区国分町1-6-9(マニユライフプレイス仙台)	☎(022)262-3411
東京営業部	〒103-0016	東京都中央区日本橋小網町7-2(ぺんてるビル)	☎(03)5644-8590
北陸営業部	〒950-0078	新潟県新潟市中央区万代島5-1(新潟万代島ビル)	☎(025)255-1171
中部営業部	〒460-0008	愛知県名古屋市中区栄5-27-14(朝日生命名古屋栄ビル)	☎(052)261-5132
関西営業部	〒651-0084	兵庫県神戸市中央区磯辺通2-2-3(フジ磯辺ビル)	☎(078)272-5680
九州営業部	〒812-0011	福岡県福岡市博多区博多駅前4-1-1(日本生命博多駅前第二ビル)	☎(092)441-5760
総合技術研究所	〒300-0006	茨城県土浦市東中貫町2-7	☎(029)831-7411

<http://www.fudotetra.co.jp>



日本消波根固ブロック協会



植物性大豆油インキを使用しています



古紙配合率100%再生紙を使用しています