

(5) 次年度サンゴ着床・育成基盤の設計

1) 自然条件

① 潮位

沖縄県提供資料より、吉原船溜の潮位を表-IV. 2. 1. 4に整理した。

表-IV. 2. 1. 4 設計潮位

条件項目	設定値
潮 位	H. W. L. D. L. +1. 85m
	M. W. L. D. L. +1. 05m
	L. W. L. D. L. +0. 10m

② 波浪

沖縄県提供資料より、吉原船溜の沖波波浪を表-IV. 2. 1. 5に整理した。

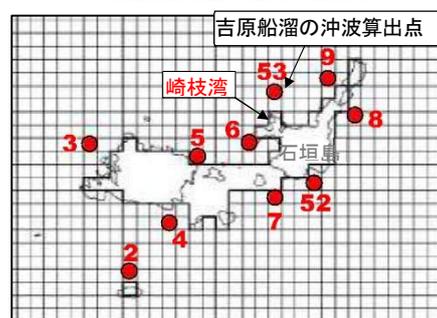
表-IV. 2. 1. 5 沖波波浪

確率年	沖波向	H ₀ (m)	T ₀ (s)	L ₀ (m)	H ₀ /L ₀	S _{max}
10	N	11.35	13.0	263.6	0.043	10
	NNW	10.54	12.6	247.7	0.043	10
	NW	9.94	12.2	232.2	0.043	10
	WNW	9.81	12.1	228.4	0.043	10
	W	9.07	11.6	209.9	0.043	10

注) $L_0 = T_0^2 \times 1.56$

・深海波のS_{max}の設定目安

$H_0/L_0 > 0.03$	S _{max} = 10	(風波)
$0.03 \geq H_0/L_0 > 0.015$	S _{max} = 25	(減衰距離の短いうねり)
$0.015 \geq H_0/L_0$	S _{max} = 75	(減衰距離の長いうねり)



③ 基盤の設置位置、設置水深

基盤の設置位置（推算点）、設置水深は図-IV.2.1.6に示すとおりであり、基盤をD.L. -5.0mの水深に設置するものとする。

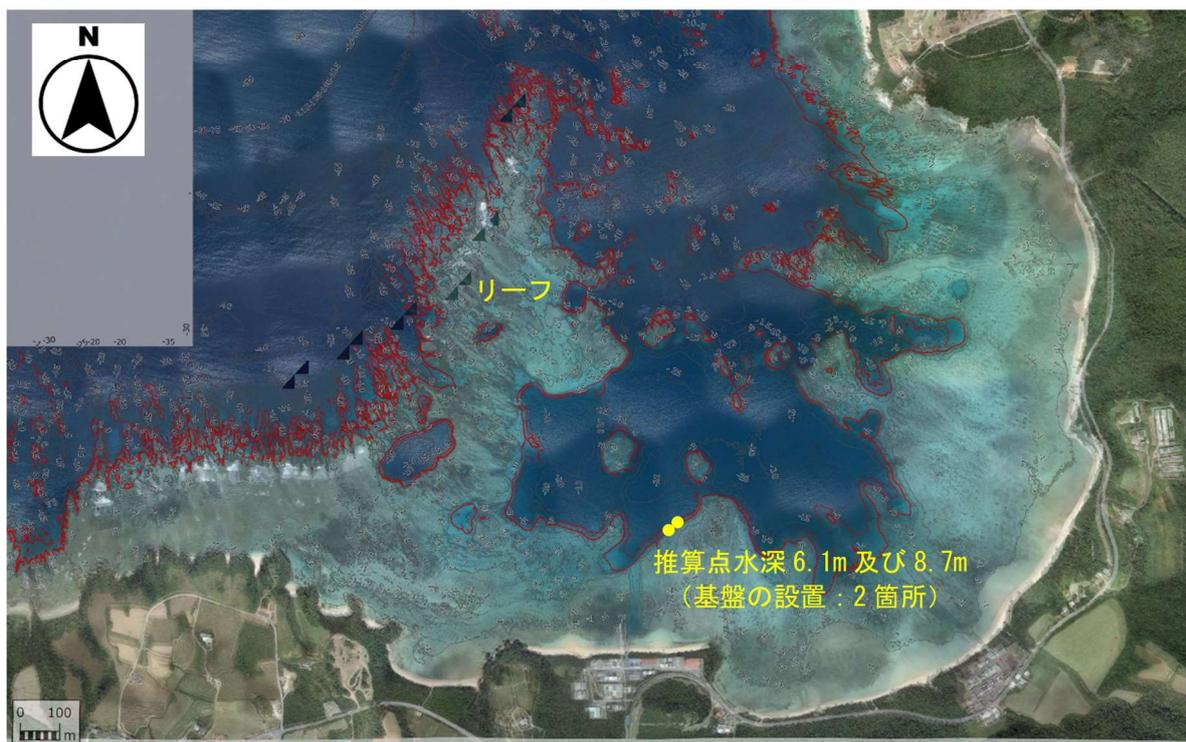


図-IV.2.1.6 基盤の設置位置（推算点）と設置位置周辺のリーフ地形の分布

④ 設置箇所の潮流

設置箇所における流向流速観測結果（観測期間 2019年5月13日～5月26日）より、最大流速（0.12m/s）を用いることとした。

表-IV.2.1.6 流向流速観測結果

項目	流速 (m/s)	流向
平均	0.02	220° (SW)
最大	0.12	45° (NE)

2) 設計波の算定

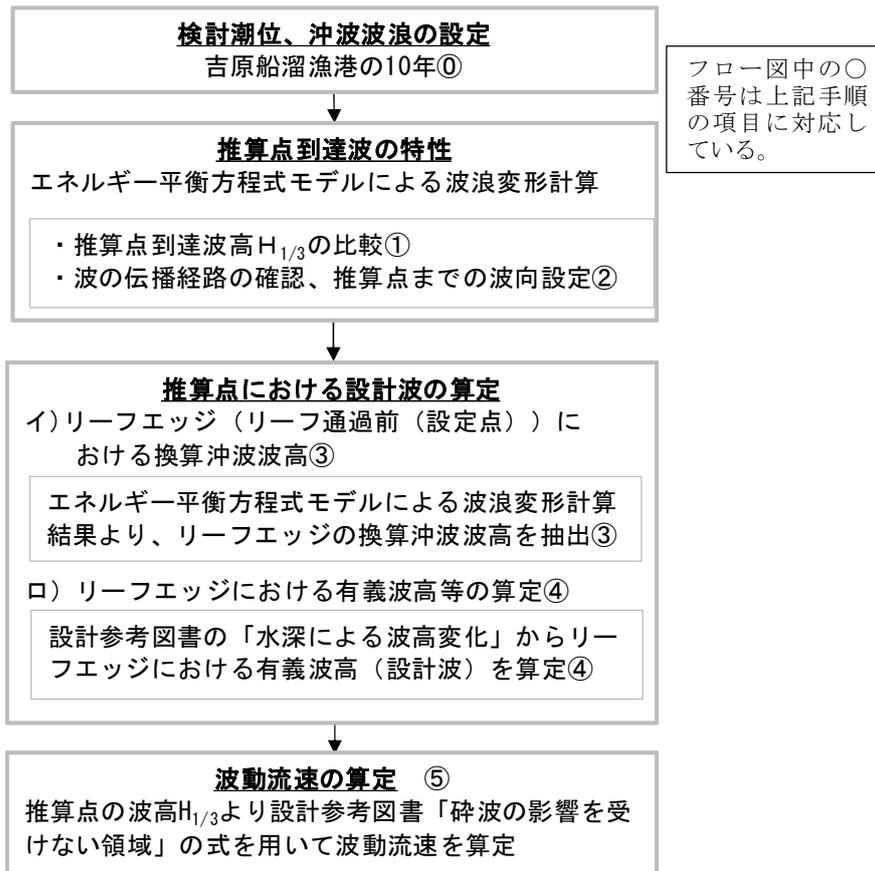
① 検討方法

基盤の設置位置（以下、推算点という）設計波高を次の手順で求めた。

なお、次年度の設置計画箇所は、沖合からの進入する波浪が直接作用するリーフエッジの直近に設置を計画しているため、リーフ上を伝搬する波浪及びサービートは考慮せず、リーフエッジに直接作用する波浪を設計波浪とした。

- ① 設計検討潮位、沖波波浪を沖縄県提供資料（過年度）の浦底湾近傍の石垣島”吉原船溜漁港”より10年確率波浪を設定。
- ② 波浪変形計算(エネルギー平衡方程式モデル使用、計算格子間隔10m)により、計画地点までの有義波高を計算し、推算点までの到達波の特性を把握する。
- ③ 上記②の計算結果より、沖波が推算点に到達するまでの伝搬経路を確認し、設計外力が大きくなる波浪の波向を設定する。
- ④ 上記③で調べた波向より、推算点に向かって波が通過するリーフの位置（エッジ）、その延長、水深などを調べる。
- ⑤ 上記④の波浪変形計算結果から、リーフのエッジにおいて換算沖波波高を抽出する。
- ⑥ 推算点の波高 $H_{1/3}$ より漁港・漁場の施設の設計参考図書に示される「砕波の影響を受けない領域」の式を用いて波動流速を算定。

上記手順の検討フロー図を図-IV.2.1.7に示す。



フロー図中の○番号は上記手順の項目に対応している。

図-IV. 2. 1. 7 推算点における設計外力の検討の流れ

② 推算点到達波の特性

砕波を考慮したエネルギー平衡方程式モデルを用いて、表-IV. 2. 1. 5 に示す沖波条件の波浪変形計算を実施した。また、潮位条件は H. W. L. +1. 85m と L. W. L. +0. 1m（八重山地区吉原船溜潮位表より）の双方を対象とした。

算定結果を表-IV. 2. 1. 7 に示す。潮位 H. W. L. +1. 85m 時において、推算地点での波高がもっと高いものは、10 年確率波で N 及び NW 方向の波高となった。また、潮位 L. W. L. +0. 1m 時においては、10 年確率波は NW 方向の波高が最大となった。

表-IV. 2. 1. 7 推算地点の有義波高
(エネルギー平衡方程式の波浪変形計算結果)
単位 : m

潮位	沖波向	10年確率波
H.W.L.	N	1.59
	NNW	1.58
	NW	1.59
	WNW	1.47
	W	1.45
L.W.L.	N	0.91
	NNW	0.95
	NW	0.89
	WNW	0.88
	W	0.82

N及びNW方向波の波向ベクトル図を図-IV.2.1.8に示す。

沖合から侵入する波は、等深線と垂直に屈折・回折しつつ、リーフ状の浅瀬を通過することなく、浦底湾口部から直接、計画地点に来襲していることがわかる。

したがって、本検討では、「リーフ上を通過する波浪変形」を考慮せず、リーフェッジにおける前面の碎波前の水深（水深約20m）地点の換算沖波波高から対象波を選ぶことにした。

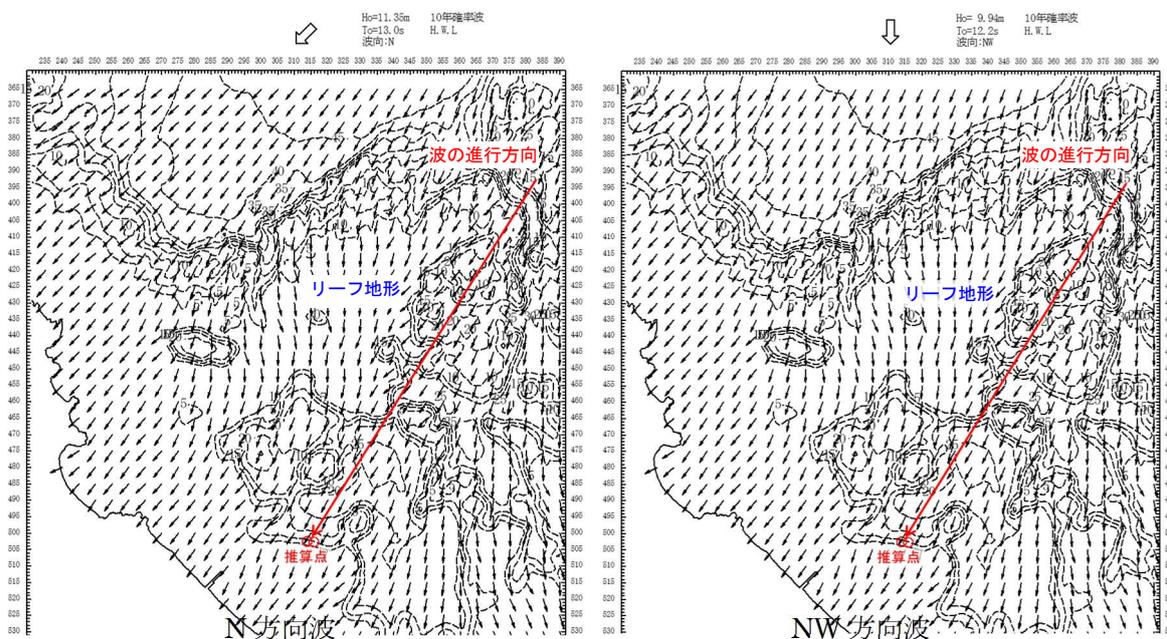


図-IV.2.1.8 波浪推算結果に基づく波の進行方向の例（左：N方向波、右：NW方向波）

※ 参考としてH.W.Lの結果を示している。

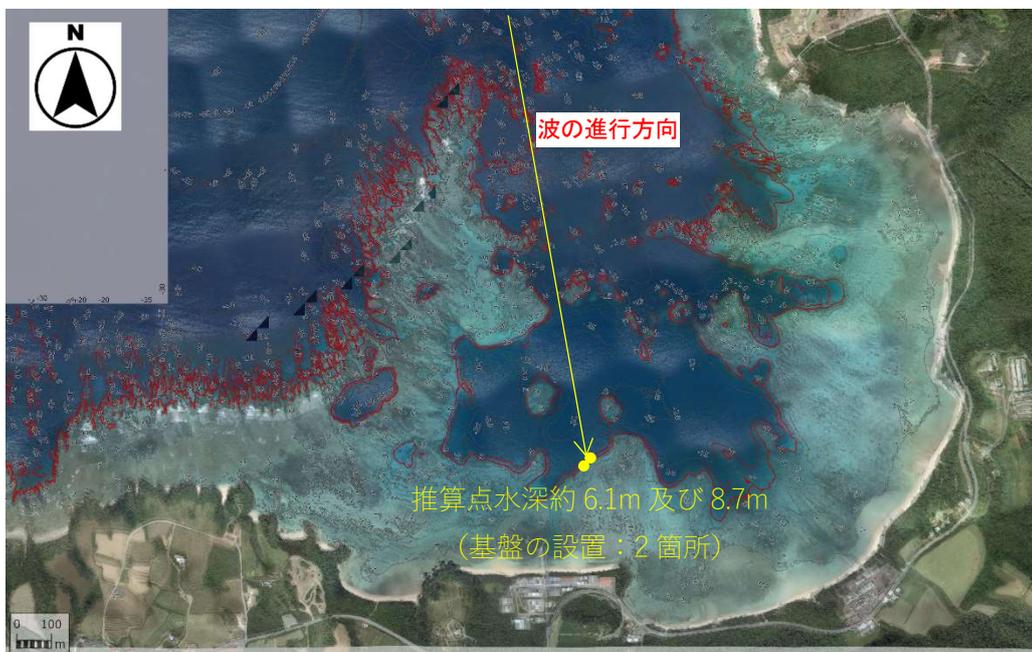


図-IV.2.1.9 波浪推算地点と地形と波の進行方向

③ 推算点における設計波の算定

a) 波浪推算地点の確認

設計波を算出するためには、計画箇所的水深、地形などの情報が必要となる。

計画箇所の詳細な地形（等深線図）は、図-IV.2.1.10に示すとおりであり、計画箇所はリーフ地形の斜面上の局所的に平坦になっている箇所である。

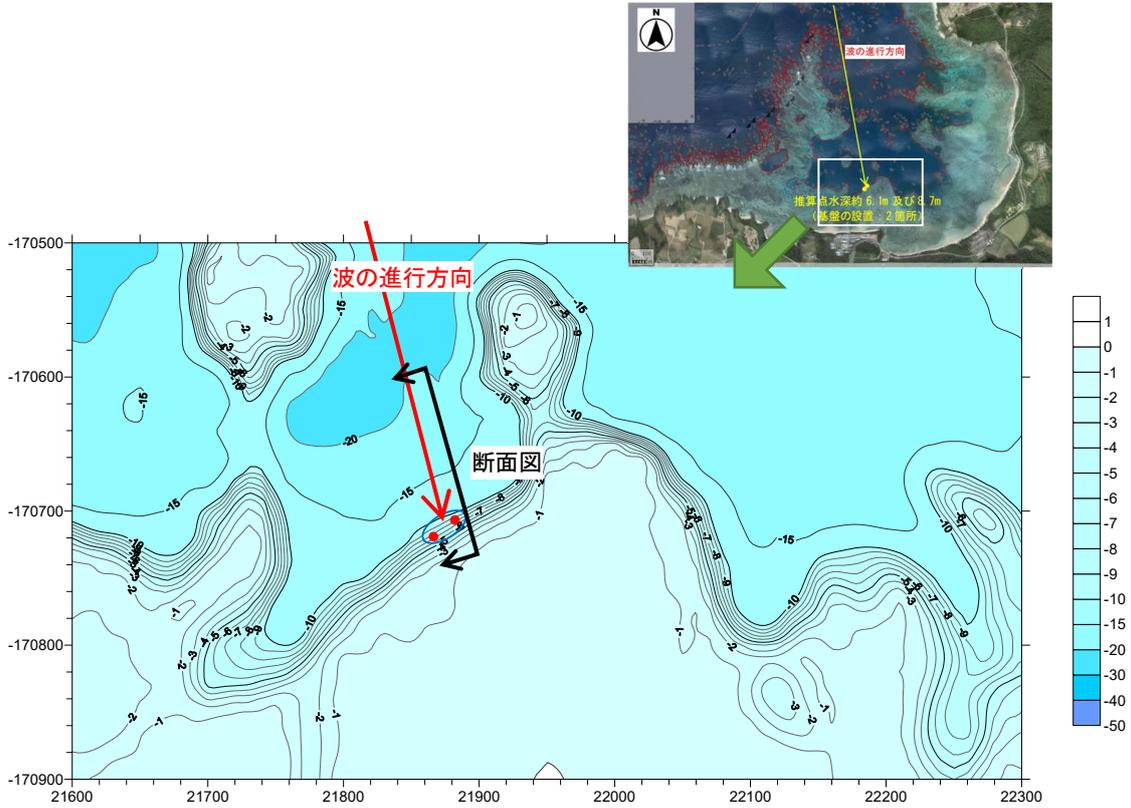


図-IV.2.1.10 設置箇所の詳細地形と波の進行方向

基盤設置箇所前面の推算点に到達する波が通る断面は図-IV.2.1.11に示すとおりである。

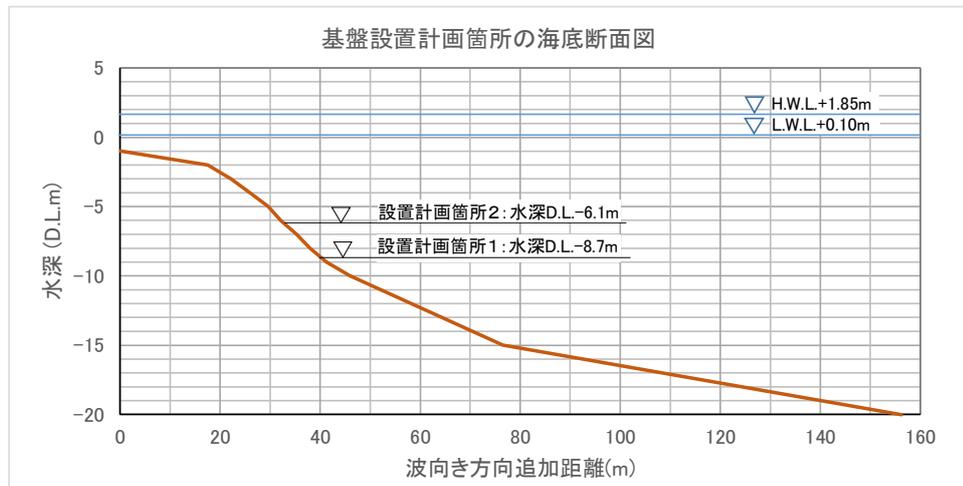


図-IV.2.1.11 設置箇所の波の進行方向の断面形状

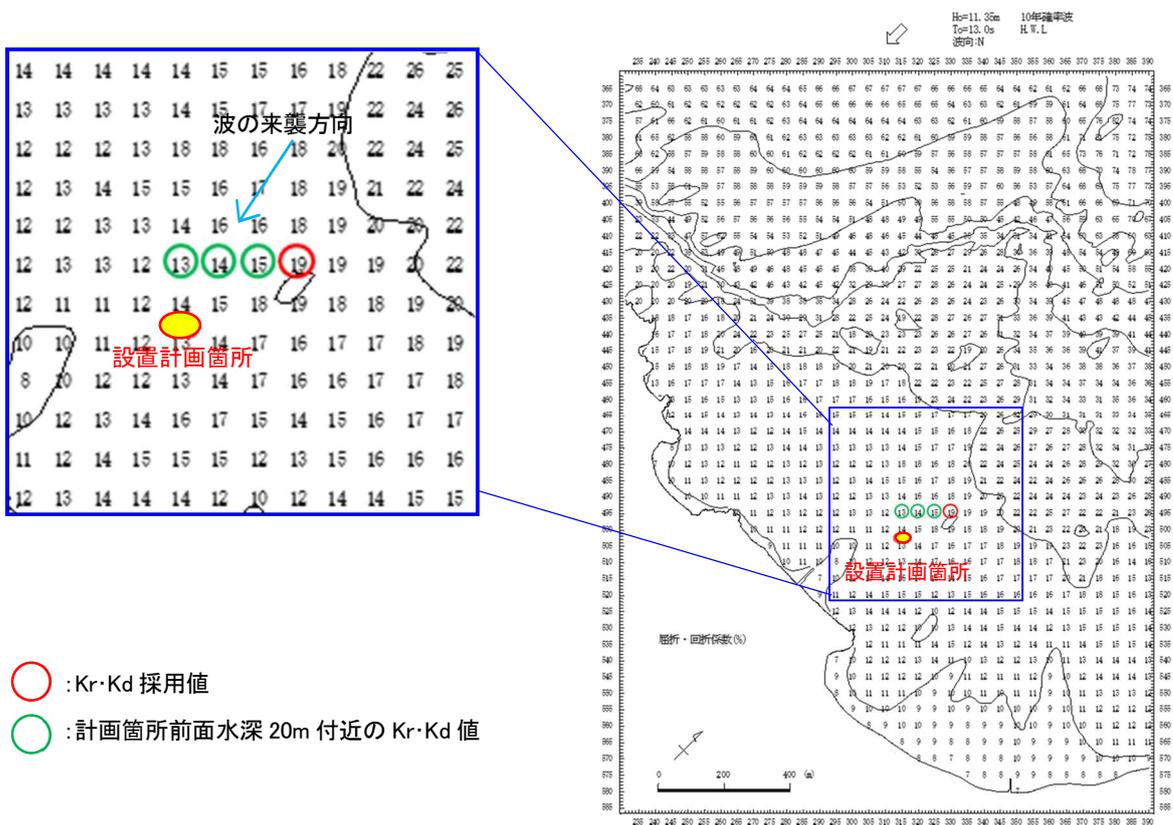
b) 推算地点の換算沖波波高

換算沖波波高は、沖から侵入してくる波浪の砕波前の波高をとる必要があるため「漁港・漁場の施設的设计参考図書 2015 年版」p. 59～60 の“直立壁に作用する波力”を参考に、沖波波高（約 10m）の約 2 倍となる水深（約 20m）地点の波高を抽出する。

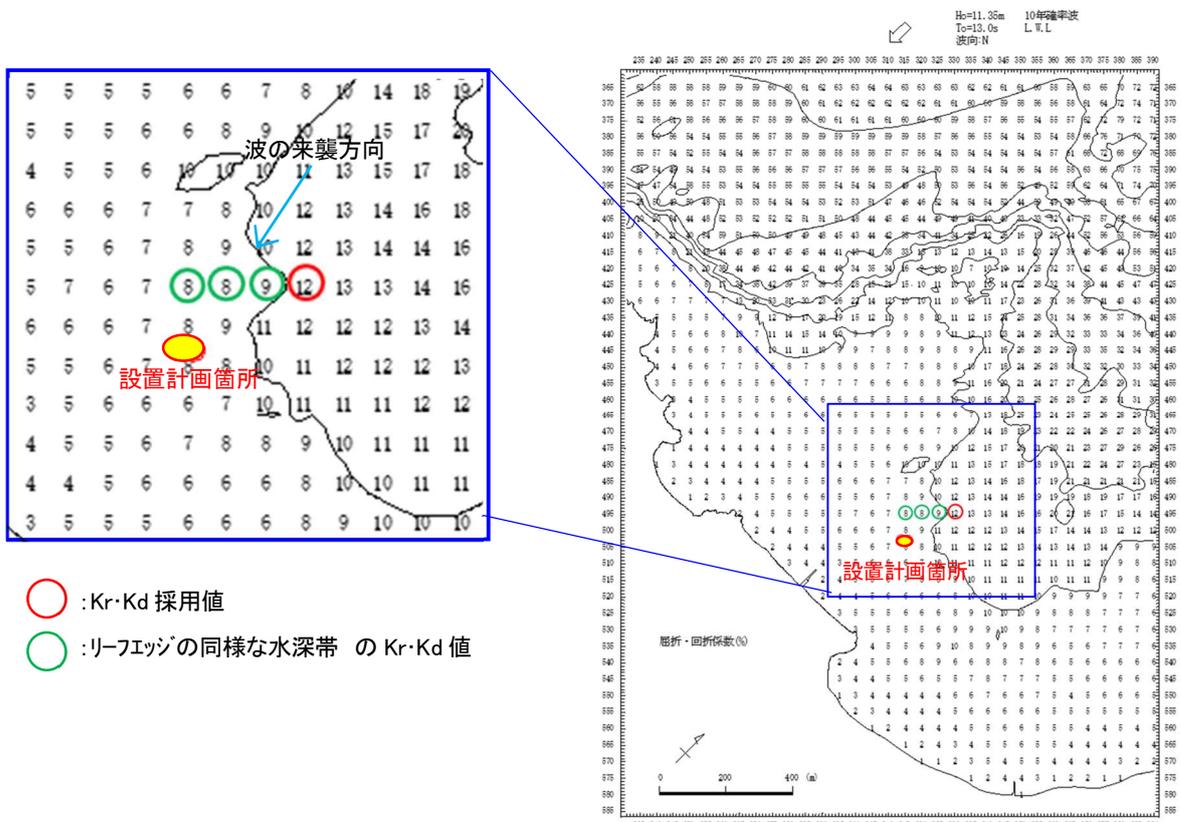
エネルギー平衡方程式による波浪推算結果（図-IV. 2. 1. 11 参照）から、推算地点前面の水深約 20m 周辺で最も波高が高くなる地点を抽出し、換算沖波波高を算出したものを下表に示す。10 年確率波では、H. W. L. 時、L. W. L. 時ともに N 方向の波高が最も高くなった。本検討では、波高が最も大きい黄色で着色したものをリーフエッジにおける換算沖波波高に適用することとした。

表-IV. 2. 1. 8 推算地点における換算沖波波高（ H_0' ）算出結果

沖波向	波高 H_0' (m)	
	H.W.L	L.W.L
N	2.16	1.36
NNW	2.11	1.37
NW	2.09	1.39
WNW	2.06	1.37
W	1.90	1.27



(a) 10年確率波浪、沖波向N、H.W.L.時



(b) 10年確率波浪、沖波向N、L.W.L.時

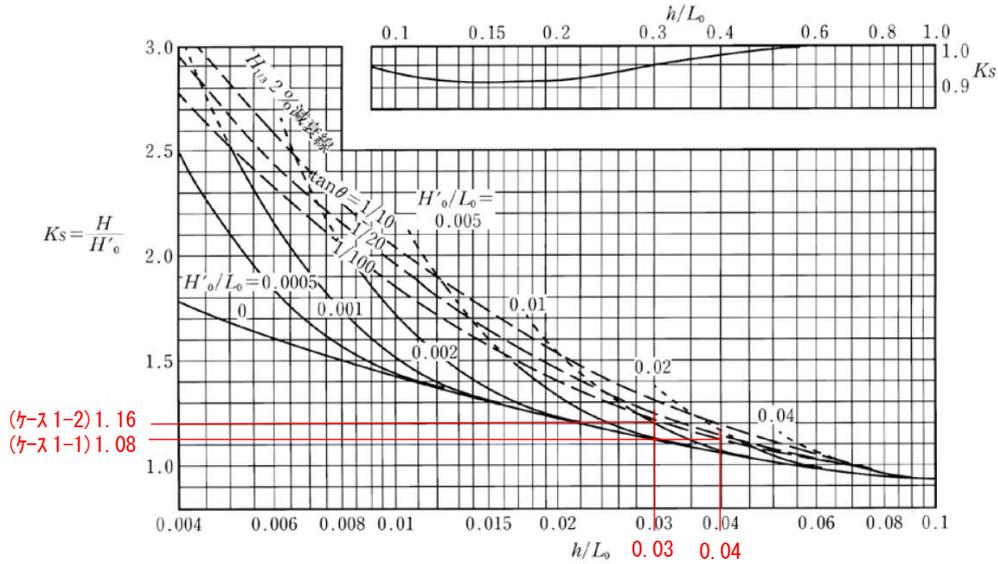
図-IV.2.1.11 推算地点前面の換算沖波波高分布図

c) 設置箇所における有義波高の算定結果

設置箇所（推算地点）の波高は「漁港・漁場の施設の設計参考図書 2015 年版」p. 62 の記載より、表-IV. 2. 1. 9 より水深波高比 (h/H_o') が 3 より大きいため、砕波前の浅水変形を考慮した波高として図-IV. 2. 1. 12 より算定した。なお水位上昇については、計画箇所が砕波前の位置にあるため考慮しない。

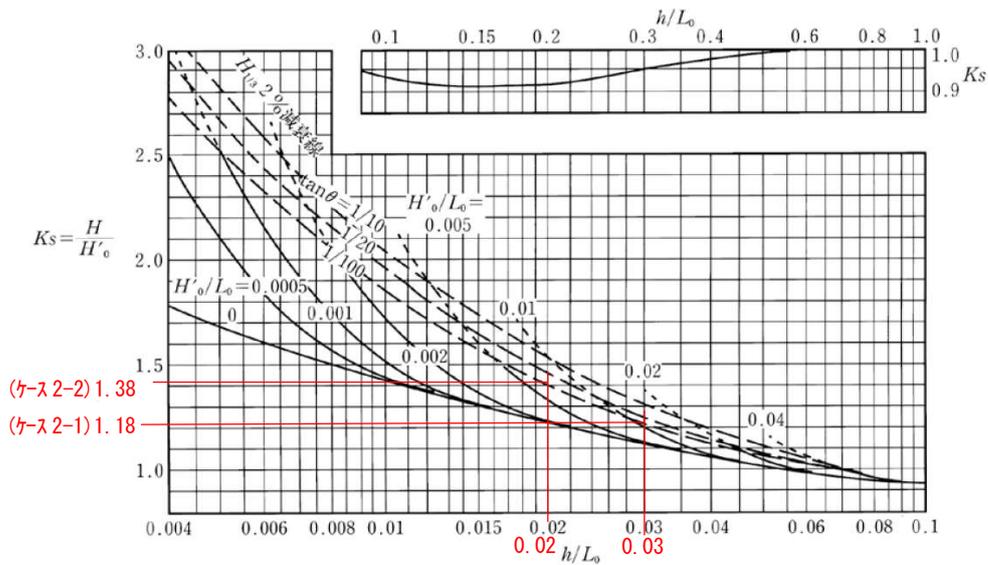
表-IV. 2. 1. 9 設置箇所における波高の算定結果

諸元／検討ケース		設置水深D. L. -8. 7m		設置水深D. L. -6. 1m	
		H. W. L.	L. W. L.	H. W. L.	L. W. L.
		ケース1-1	ケース1-2	ケース2-1	ケース2-2
沖波の波向き		N	N	N	N
換算沖波波高 H_o'	m	2. 16	1. 36	2. 16	1. 36
周期	s	13. 0	13. 0	13. 0	13. 0
沖波波長	m	263. 6	263. 6	263. 6	263. 6
設計水深 D. L. -	m	8. 70	8. 70	6. 10	6. 10
検討潮位 D. L. +	m	1. 85	0. 10	1. 85	0. 10
水深波高比 h/H_o'		4. 88	6. 47	3. 68	4. 56
波形勾配 H_o'/L_o		0. 0082	0. 0052	0. 0082	0. 0052
水深波長比 h/L_o		0. 04	0. 03	0. 03	0. 02
浅水係数 $K_s=H/H_o'$		1. 08	1. 16	1. 18	1. 38
推算地点における $H_{1/3}$ 有義波高	m	2. 33	1. 58	2. 55	1. 88



K_s : 浅水係数、 H'_0 : 換算沖波波高、 H : 水深 h における波高、 L_0 : 沖波の波長

(a) 10年確率波浪、沖波向 N、H.W.L. 時



K_s : 浅水係数、 H'_0 : 換算沖波波高、 H : 水深 h における波高、 L_0 : 沖波の波長

(b) 10年確率波浪、沖波向 N、L.W.L. 時

出典 : 漁港・漁場の施設の設計参考図書 2015年版, p.60, (公社)全国漁港漁場協会

図-IV. 2. 1. 12 浅水係数の算定図

3) 波動流速及び設計流速の算定

波動流速の算定は、以下に示す漁港・漁場の施設の設計参考図書 ②砕波の影響を受けない領域の算定式を用いた。推算点におけるサンゴ着床基盤の設置水深 D. L. -6.1m及び D. L. -8.7m の 2 箇所の水深より、流体力が主に作用するサンゴ着床基盤の天端（横梁 L 形鋼の中央まで）の高さは海底より 60cm の高さにあるため、水深 5.5m 及び 8.1m の条件で波動流速を算出した。

なお、推算点における波長は、分散関係式を Hunt の近似解により算出した。

② 砕波の影響を受けない領域

砕波の影響を受けない領域での設計流速は、波浪の卓越する場では式 16-2-4 により算定し、潮流等の流れの影響が無視できない場合は、式 16-2-5 により算定することができる。

$$U_m = \frac{\pi H \cosh(2\pi D/L)}{T \sinh(2\pi h/L)} \dots\dots\dots \text{(式 16-2-4)}$$

$$U = \sqrt{U_m^2 + U_c^2 + 2U_m U_c \cos \theta} \dots\dots\dots \text{(式 16-2-5)}$$

ここに、

U_m : 波動流速 (m/s)

h : 設置水深 (m)

H, L : 設置水深 h における有義波の波高 (m) と波長 (m)

T : 有義波周期 (s)

D : 石材の高さ (m)

U_c : 流れによる設計流速 (m/s)

(第 15 編 2.3.3 「(2) 流れによる設計流速」を参照する)

θ : 波と流れの交差角

(0~90° ; 信頼できる値が得られない場合は $\theta = 0^\circ$ とする)

出典：漁港・漁場の施設の設計参考図書 2015 年版、p.814、(公社)全国漁港漁場協会

また、現地の状況を踏まえると、地点岸側においてサーフビートの発生の可能性が否めないことから、リーフ通過後の波高にサーフビートの波高を合成した波高を推算点の波高 $H_{L/3}$ とし波動流速の検討を行った。

$$H_{L/3} = 0.10H_0' \dots\dots\dots \text{(式 2-5-3)}$$

$$H_L = 1.5H_{L/3} \dots\dots\dots \text{(式 2-5-4)}$$

ここに、

H_L : サーフビートの波高 (m)

$H_{L/3}$: サーフビートの有義波高 (m)

波圧強度算定に用いる波高は、式 2-5-5 に示すように、リーフ上の波高算定式から求められる波高とサーフビートの波高を合成して求める。

$$H = \sqrt{(H_1)^2 + (H_L)^2} \dots\dots\dots \text{(式 2-5-5)}$$

ここに、

H_1 : リーフ上の波高算定式から求められる波高 (m)

式 2-5-1 における $H_{1/3}$

出典：漁港・漁場の施設の設計参考図書 2015 年版、p.資_54、(公社)全国漁港漁場協会

上記を考慮し検討した結果、実証用のサンゴ着床基盤の設計外力（波動流速）の最大値は、設置水深 8.7m では 1.11m/s、設置水深 6.1m では 1.45m/s となる。

表-IV.2.1.9 波動流速の算定結果（サーフビートを考慮したケース）

諸元／検討ケース	設置水深D. L. -8.7m		設置水深D. L. -6.1m	
	H. W. L.	L. W. L.	H. W. L.	L. W. L.
	ケース1-1	ケース1-2	ケース2-1	ケース2-2
	N	N	N	N
換算沖波波高 Ho' m	2.16	1.36	2.16	1.36
周期 s	13.0	13.0	13.0	13.0
沖波波長 m	263.6	263.6	263.6	263.6
Ho'/Lo	0.0082	0.0052	0.0082	0.0052
設計水深 m	8.70	8.70	6.10	6.10
検討潮位	1.85	0.10	1.85	0.10
h/Lo	0.04	0.03	0.03	0.02
推算地点における有義波高 $H_{1/3}$ m	2.33	1.58	2.55	1.88
サーフビートの有義波高 $H_{L1/3}$ m	0.22	0.14	0.22	0.14
サーフビートの波高 H_L m	0.33	0.21	0.33	0.21
合成波高 H m	2.36	1.59	2.57	1.89
構造物の長さ m	0.60			
設置水深における波長 L m	126.6	116.5	111.1	98.8
海底上0.6mの波動流速 Um m/s	1.11	0.84	1.45	1.26

さらに、現地観測結果より最大流速が 0.12m/s であることから、基盤設計に用いる設計流速は、設置水深 8.7m では 1.23m/s、設置水深 6.1m では 1.57m/s となる。

表-IV.2.1.9 設計流速の算定結果

10年確率波			波動流速	観測流速	波と流れの交差角 (°)	cos()	設計流速
			Um	Uc			U
			(m/s)	(m/s)			(m/s)
設置水深 D.L.-8.7m	ケース1-1	H.W.L.	1.11	0.12	0	1	1.23
	ケース1-2	L.W.L.	0.84	0.12	0	1	0.96
設置水深 D.L.-6.1m	ケース2-1	H.W.L.	1.45	0.12	0	1	1.57
	ケース2-2	L.W.L.	1.26	0.12	0	1	1.38

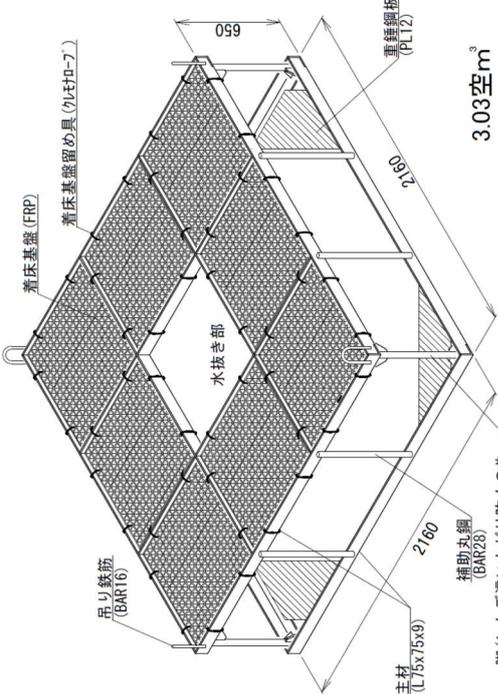
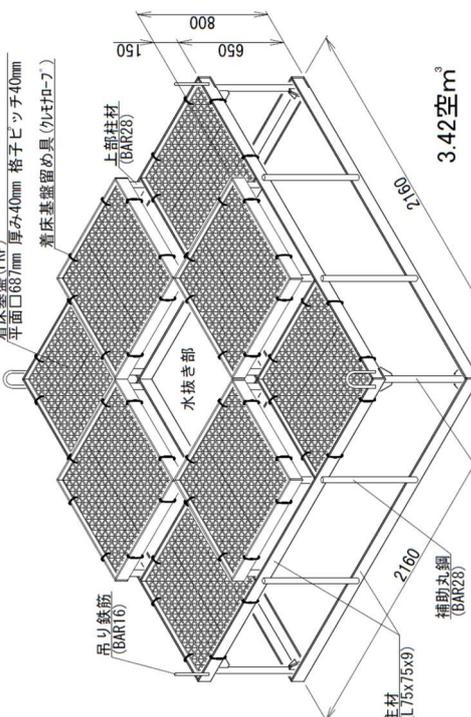
4) サンゴ着床基盤の標準形状の検討（10年耐用）

サンゴ着床基盤の求められる機能より、以下に示す考え方に従い、着床基盤の形状を設定した。表-IV. 2. 1. 10 に 2 タイプの試作基盤形状を設定し、各形状の利点、課題について整理を行った。

基本的には、昨年度の実証基盤の考え方を踏襲し、現況の課題、今回設置箇所の外力を考慮し、基盤の検討を行った。

- 着床・育成基盤の平面形状は、四角形（正方形）とする。
- 面積が大きいと「端部から 1m 以上内側のサンゴの生残は良くない」というサンゴ養殖業者の知見を踏まえ、基本形状中央部の水抜き部を設け、実証基盤の一边の大きさは、2.1m 程度（設計は 2.16m）とする。
- 区画で区切った 1 つの格子状基盤の大きさは、ウスエダミドリイシの親群体の直径を考慮し、30cm の倍数より少し大きいとし、約 70cm 程度（設計は、72cm）とする。
- グレーチングは、4cm 間隔で加工できることを考慮し、区画の大きさを踏まえ、1 辺 68cm の正方形とする。
- 基盤架台の大きさは、上記を踏まえ、1 辺約 70cm 区画×9 区画で基本約 2.1m×約 2.1m とする。（設計は、2.16m×2.16m）
- 基盤架台の高さは、浮遊砂の影響と設置地盤の不陸、土砂の堆積を考慮する。架台天端部までの高さを 50cm+余裕高とし、高さは、65cm とする。
- 基盤架台の柱の太さ（直径：Φ）については、オニヒトデの這い上がりを防止する観点から、Φ30mm 以下とする。
- 基本的に 10 年、30 年耐用とも同じ大きさとし、耐用年数によって、鋼材の規格を変えることで対応する。
- 30 年耐用は腐食しろと設置箇所の 30 年確率波浪の設計外力を考慮したうえで部材厚を厚くし、底板（重錘用鋼板）を張るなどして重量を増加させ、安定性を確保する。
- 30 年耐用において、構造部材が設計外力に対し脆弱となる場合は、補助材（柱）の本数を増やす方法や補助材（柱）のサイズを大きくし耐力を確保する。

表-IV.2.1.10 標準形2タイプの形状、利点及び課題

タイプ	平型	凸凹型
<p>形状</p>		
<p>コンセプト</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 架台の部材が凹凸型より少ない分、安価に製作できる。 • 側面の投影面積が小さい分、波当りに対する安定性は凹凸型より高い。 	<ul style="list-style-type: none"> • まって成育阻害を引き起こす機会が少ない。 • 格子基盤1ユニットごとに海水の流れが行き渡るため、成育条件が平型より有利。
<p>課題</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 縦横方向に平らなため、縦・横方向に連結して並べた場合、奥行き1m以上の面となり、新鮮な海水が行きわたりにくく、サンゴの生残率が低くなる可能性がある。 • 平らな部分が広いため、親サンゴまで成長したサンゴ同士が詰まって成育阻害を引き起こす事例がある。 	<ul style="list-style-type: none"> • 部材が多い分、1基当りの製作単価は平型より高価。 ※ただし、数多く製作する場合は、1基当りの単価は縮小する。(鉄鋼メーカーヒアリング結果)
<p>評価</p>	<p>凹凸型よりも経済的で構造的に安定性があるが、凹凸型より親サンゴまでの成育条件の機能が劣る可能性がある。</p>	

本業務で試作する基盤については、表-IV. 2. 1. 10 に整理した利点、課題等を検証するため、平型及び凸凹型の基盤の製作を行うこととした。

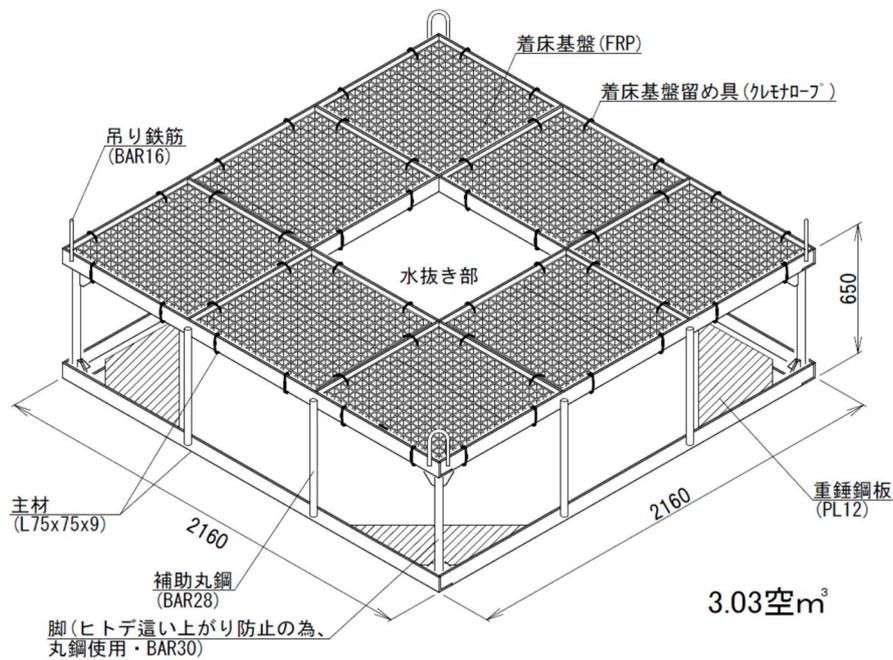
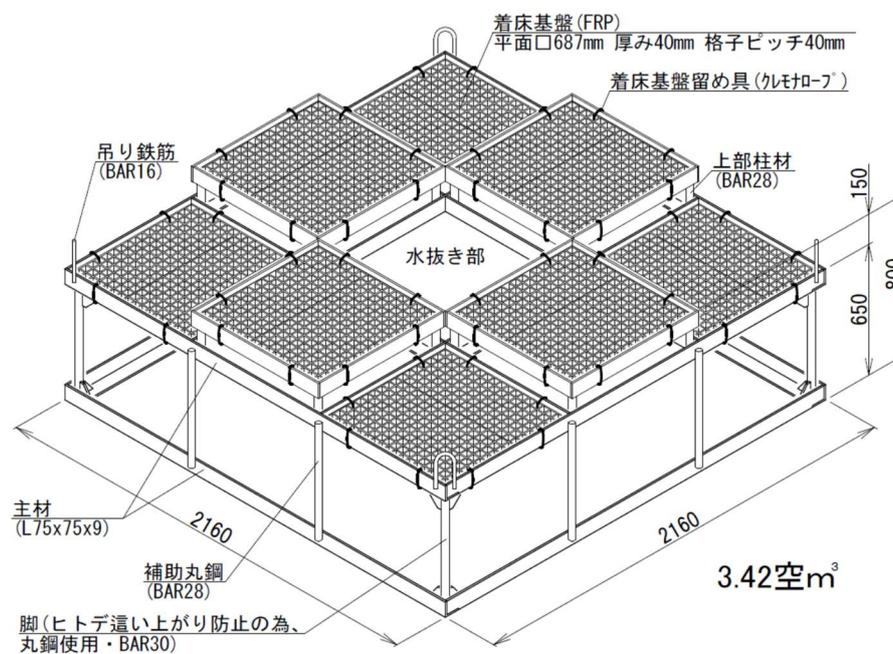


図-IV. 2. 1. 13(1) 試作を行うサンゴ着床育成基盤の形状



凸凹型基本形状: 架台寸法: 縦 2.16m × 横 2.16m × 高さ 0.65m

図-IV. 2. 1. 13(2) 試作を行うサンゴ着床育成基盤の形状

5) 基盤の安全性の照査

サンゴ着生基盤の安全性の照査として、流体力による着生基盤の滑動、転倒に対する安定性を検討する。

① 設計条件

設計条件は下表に示すとおりとする。

表-IV.2.1.11 設計条件一覧

条件項目	設定値
潮位	H. W. L. D. L. +1.85m M. W. L. D. L. +1.05m L. W. L. D. L. +0.10m
設計水深	設置水深は図-IV.2.1.10 に示す D. L. -6.1m (平型基盤)、D. L. -8.7m (凸凹基盤) とし、設計設置水深は潮位 (H. W. L.) を考慮し、それぞれ $h = 7.95\text{m}$ (平型)、 10.55m (凸凹型) とする。
設計波浪	$H_0' = 2.16\text{m}$ $T_0' = 13.0\text{s}$
水平流速	<p>【平型基盤】</p> <p>波動流速 $U_m = 1.45\text{m/s}$ 潮 流 $U_c = 0.12\text{m/s}$ 漁港・漁場の施設的设计参考図書 2015 版[下](式 16-2-5)より、 $U = \sqrt{U_m^2 + U_c^2 + 2U_m U_c \cos\theta} = 1.57\text{m/s}$</p> <p>【凸凹型基盤】</p> <p>波動流速 $U_m = 1.11\text{m/s}$ 潮 流 $U_c = 0.12\text{m/s}$ 漁港・漁場の施設的设计参考図書 2015 版[下](式 16-2-5)より、 $U = \sqrt{U_m^2 + U_c^2 + 2U_m U_c \cos\theta} = 1.23\text{m/s}$</p>
耐用年数	10 年
鋼材の腐食代 (両面)	漁港・漁場の施設的设计参考図書 2015 版[上]表 3-2-12 より、L. W. L-1.0m～水深 20m の腐食環境における片面の腐食速度である、 $0.1 \sim 0.2\text{mm/年}$ より、10 年間での腐食代を両面 2.0mm と設定する。
基盤の重量等	<p>基盤の重量 (本体鋼材、FRP 基盤含む)</p> <p>【平型基盤】</p> <p>当初の基盤重量 4.069 kN 10 年後の基盤重量 3.383 kN</p> <p>【凸凹基盤】</p> <p>当初の基盤重量 4.236 kN 10 年後の基盤重量 3.471 kN</p>
水平投影面積	<p>流向に対し基盤の最前面に加え、最後方までの部材で流体力を受ける全鋼材の面積</p> <p>【平型基盤】 $A = 0.960\text{m}^2$ 【凸凹基盤】 $A = 1.330\text{m}^2$</p>
抗力係数	<p>抗力係数は同様の魚礁形状の抗力係数をもとに設定した。</p> <p>$C_0 = 1.0$ と設定。</p>

② 流体力

基盤に働く流体力は、下式で表される抗力として求められる。

$$P = \frac{1}{2} \rho C_D A U^2$$

ここに、

P : 抗力 (k N)

ρ : 海水の密度 (t/m³)

C_D : 抗力係数

U : 水平流速 (m/s)

A : 流れ方向の投影面積 (基盤の構成部材の総和) (m²)

$$P = (1.0306 \times 1.0 \times 0.96 \times 2.79^2) / 2 = 1.219 \quad (\text{平型})$$

$$P = (1.0306 \times 1.0 \times 1.33 \times 2.79^2) / 2 = 1.037 \quad (\text{凹凸型})$$

③ 滑動に対する検討

基盤の滑動に対する安定性は、下式により検討する。

$$F = \frac{W \cdot \mu \cdot (1 - W_0 / \sigma_G) \cdot \cos \theta - P \cdot \mu \cdot \sin \theta}{W \cdot (1 - W_0 / \sigma_G) \cdot \sin \theta + P \cdot \cos \theta} \geq 1.2$$

ここに、

W : 基盤の水中重量 (k N)

P : 基盤に作用する波・流れによる流体力 (k N)

μ : 基盤と地盤との摩擦係数、海底が平坦な砂礫の場合の値 0.6 とする。

F : 安全率 (1.2)

W_0 : 海水の単位体積重量 (k N/m³)

σ_G : 基盤の単位体積重量 (k N/m³)

θ : 地盤の傾斜角度

【平型】

$$F = \frac{3.383 \times 0.6 \times \left(1 - \frac{10.1}{40.76}\right) \times 1 - 1.219 \times 0.6 \times 0.01}{3.383 \times \left(1 - \frac{10.1}{40.76}\right) \times 0.01 + 1.219 \times 1}$$

$$= 1.221 \geq 1.2 \quad \text{OK}$$

【凹凸型】

$$F = \frac{3.471 \times 0.6 \times \left(1 - \frac{10.1}{41.82}\right) \times 1 - 1.037 \times 0.6 \times 0.01}{3.471 \times \left(1 - \frac{10.1}{41.82}\right) \times 0.01 + 1.037 \times 1}$$

$$= 1.48 \geq 1.2 \quad \text{OK}$$

④ 転倒に対する検討

基盤の転倒に対する安定性は、下式により検討する。

$$F = \frac{W \cdot (1 - W_0 / \sigma_G) \cdot \cos \theta - P \cdot \sin \theta}{W \cdot (1 - W_0 / \sigma_G) \cdot \sin \theta + P \cdot \cos \theta} \cdot \frac{l_U}{l_A} \geq 1.2$$

ここに、

W : 基盤の水中重量 (k N)

P : 基盤に作用する波・流れによる流体力 (k N)

F : 安全率 (1.2)

W_0 : 海水の単位体積重量 (k N/m³)

σ_G : 基盤の単位体積重量 (k N/m³)

θ : 地盤の傾斜角度

l_A : 流れに直角な鉛直面への基盤の図心までの高さ (m)

l_v : 基盤の水中重量作用点の底面への射影点から最も近い転倒中心線までの距離 (m)

ここで

水平投影面積モーメント 0.370 水平投影面積 0.960

図心高さ $l_A = 0.370 / 0.960 = 0.39$

転倒中心距離 $l_v = 2.16 / 2 = 1.08$

【平型】

$$F = \frac{3.383 \times \left(1 - \frac{10.1}{40.76}\right) \times 1 - 1.219 \times 0.01}{3.383 \times \left(1 - \frac{10.1}{40.76}\right) \times 0.01 + 1.219 \times 1} \times 1.08 / 0.39$$

$$= 5.636 \geq 1.2 \quad \text{OK}$$

ここで

水平投影面積モーメント 0.800 水平投影面積 1.330

図心高さ $l_A = 0.620 / 1.330 = 0.47$

転倒中心距離 $l_v = 2.16 / 2 = 1.08$

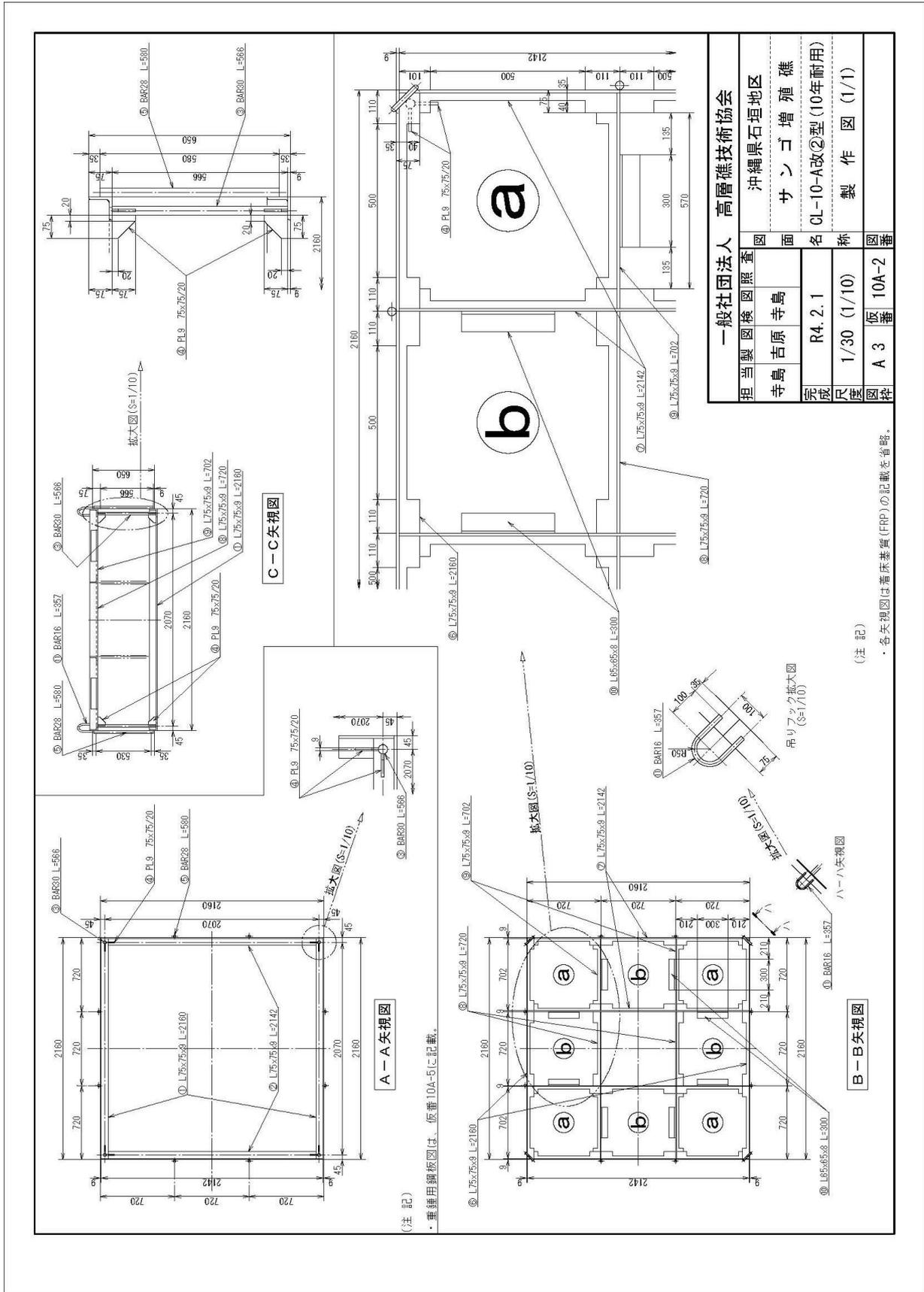
【凹凸型】

$$F = \frac{3.471 \times \left(1 - \frac{10.1}{41.82}\right) \times 1 - 1.037 \times 0.01}{3.471 \times \left(1 - \frac{10.1}{41.82}\right) \times 0.01 + 1.037 \times 1} \times 1.08 / 0.47$$

$$= 5.667 \geq 1.2 \quad \text{OK}$$

6) 図面作成、材料表

10年耐用の各タイプの基盤の詳細図面の作成を行った。
次ページ以降に図面及び数量表を示す。



一般社団法人 高層礎技術協会	
担当製図検査	沖縄県石垣地区
寺島 吉原 寺島	サンゴ増殖礁
完成	名 R4.2.1
図種	1/30 (1/10)
図番	製作図 (1/1)
A 3	仮番 10A-2

(注記)
 ・各矢視図は着床基盤(FRP)の記載を省略。

図-IV. 2. 1. 14(2) 着床・育成基盤の図面(平型)

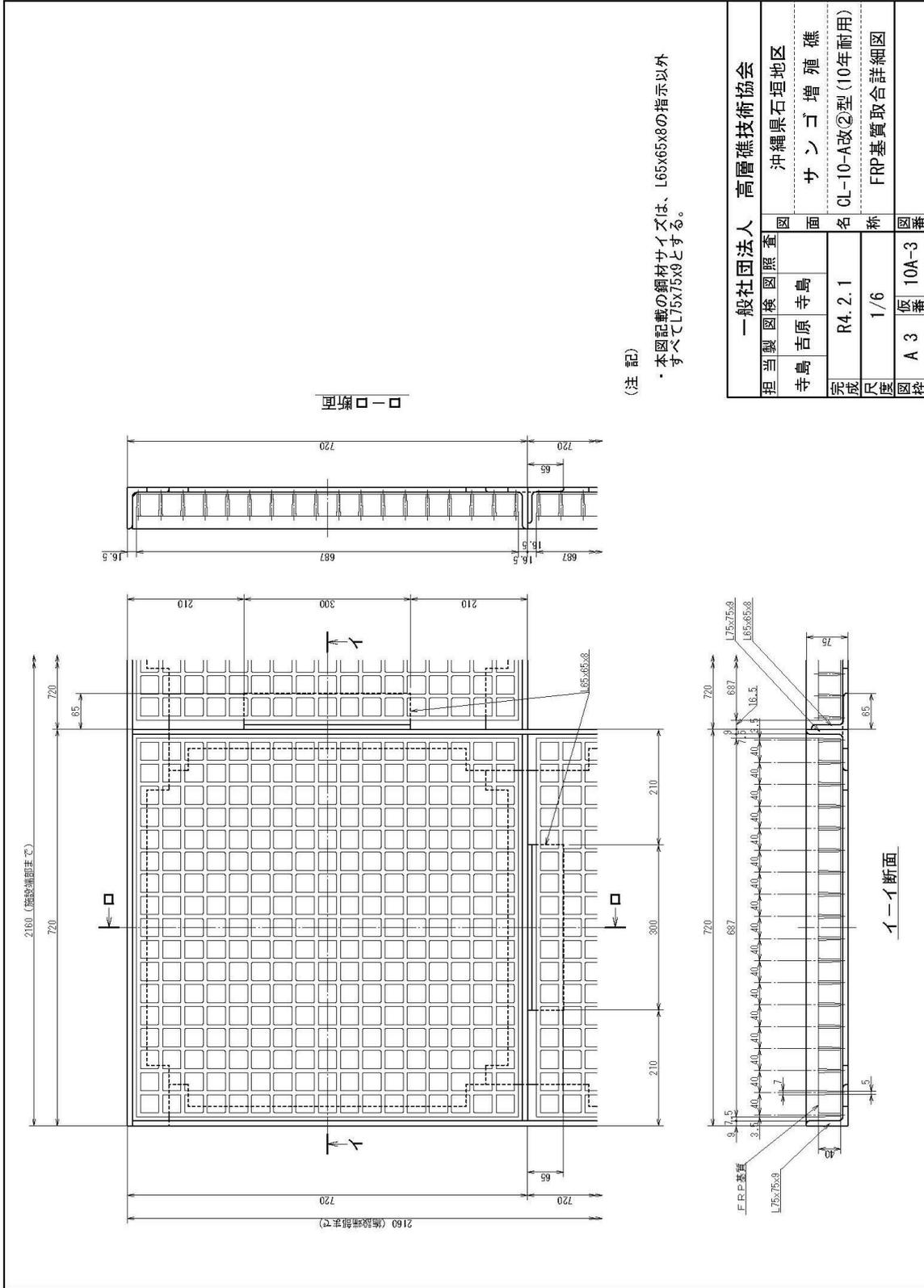
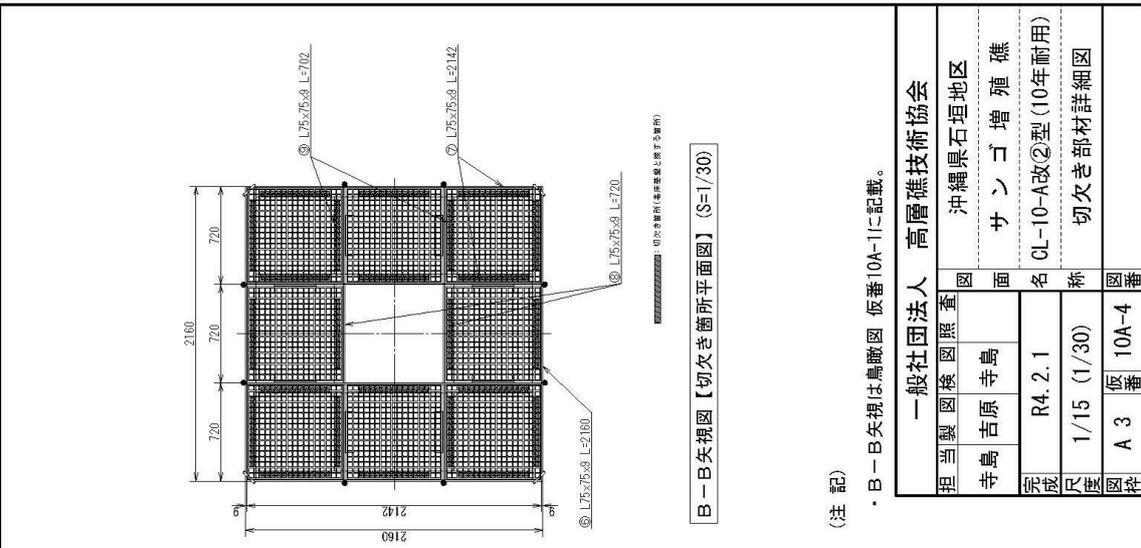


図-IV. 2. 1. 14(3) 着床・育成基盤の図面 (平型)



(注記)

・B-B矢視図は鳥瞰図 仮番10A-1に記載。

一般社団法人 高層礎技術協会	
担当製図検査	沖縄県石垣地区
寺島 吉原 寺島	サング增殖礎
完成 R4.2.1	名 CL-10-A改②型(10年耐用)
尺途 1/15 (1/30)	称 切欠き部材詳細図
図種 A 3 仮番 10A-4	図番

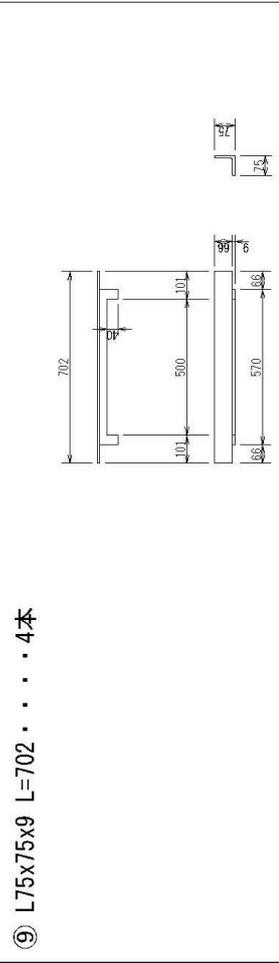
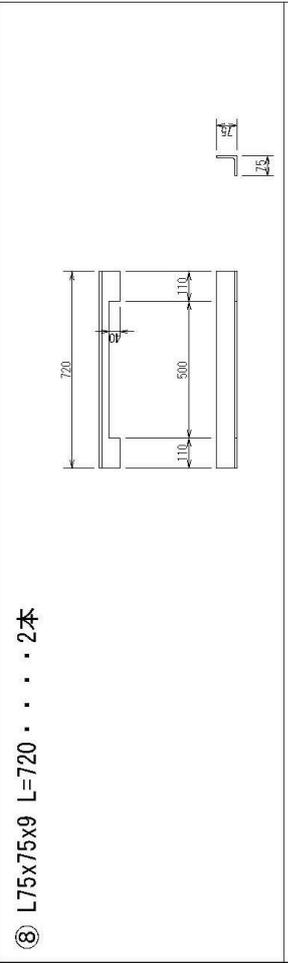
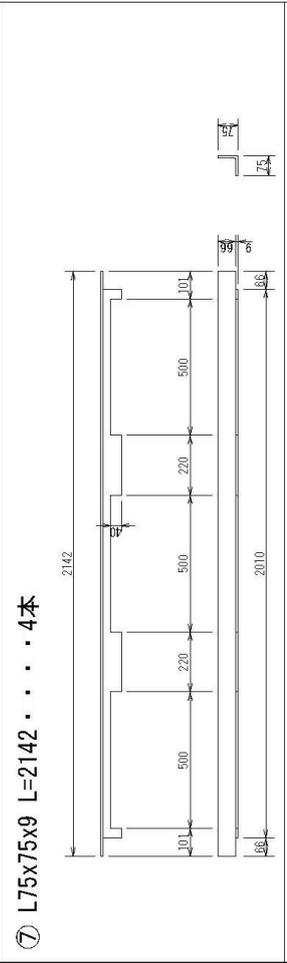
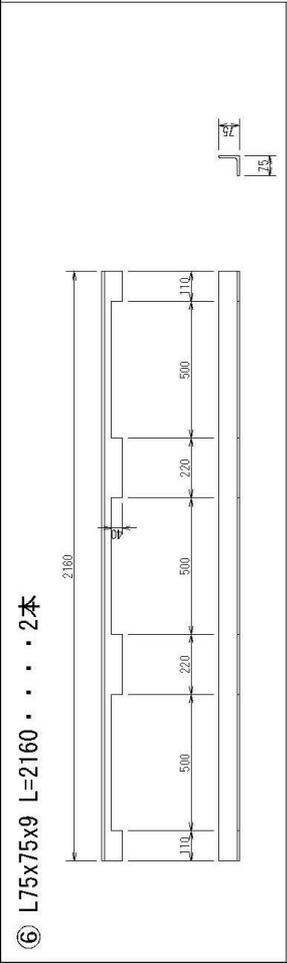
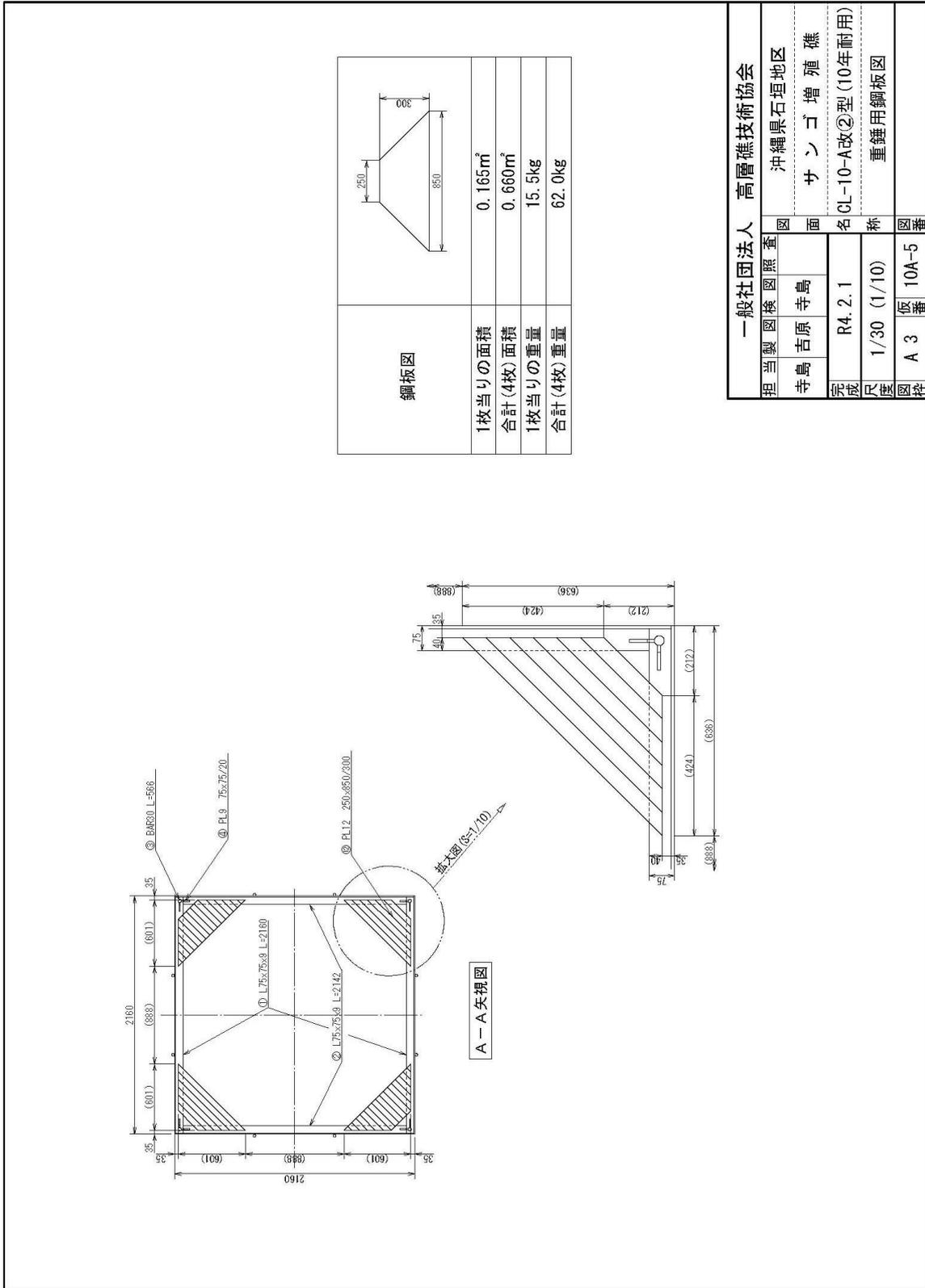


図-IV. 2. 1. 14(4) 着床・育成基盤の図面 (平型)



一般社団法人 高層礎技術協会	
担当製図検査	沖縄県石垣地区
寺島 吉原 寺島	サング増殖礎
完成	名 CL-10-A改②型(10年耐用)
尺貫	称 重錘用鋼板図
図種	図番
A 3	10A-5

図-IV. 2. 1. 14(5) 着床・育成基盤の図面(平型)

表-IV.2.1.12 着床・育成基盤 鋼材明細表・平型

スリースターリーフ CL-10-A改② 型

ブロック別鋼材明細表

作成：令和4年1月18日

合計総表	鋼材重量		重量モジュール (kg-m)	垂直投影面積 (m ²)	水平投影面積 モジュール (m-m ²)	重量モジュール (kg-m)
	10年後 鋼材重量					
	当初重量 (kg)	水深20mm未満 腐食 1.20mm (kg)				
378.25	299.10	330.36	342.24	0.960	0.370	140.210
			水深20mm超え 50mm未満 腐食 0.90mm (kg)			

腐食計算年数(耐用年数) 10 年

ハイブ型の腐食代 腐食は内外側を考慮

ブロック名	部材名	No	材質	鋼材名	部材サイズ (m)	7ブロック 又は 部材組数	部材 総本数	部材単重 (kg/P)	重量 (kg)	水平投影 面積重心 (m)	水平 投影面積 (m ²)	垂直 投影面積 (m ²)	重量モジュール (kg-m)	高さ区分	種別区分 本設=1 仮設=2
本体	下段梁材	1	SS400	L75x75x9	2.160	1	2	21.500	43.00	0.038	0.32	0.01	0.32	1.63	1
本体	下段梁材	2	SS400	L75x75x9	2.142	1	2	21.300	42.60	0.038	0.00	0.00	0.30	1.62	1
本体	主柱材	3	SS400	BAR80	0.666	1	4	3.140	12.56	0.292	0.06	0.02	0.00	3.67	1
本体	主柱材補助	4	SS400	PL9	0.020/0.075x0.075	1	16	0.283	4.53	0.292	0.03	0.01	0.00	1.32	1
本体	補助材	5	SS400	BAR28	0.660	1	8	2.800	22.40	0.325	0.11	0.04	0.00	7.28	1
本体	上段梁材	6	SS400	L75x75x9	2.160	1	2	21.500	43.00	0.763	0.16	0.12	0.32	32.81	1
本体	上段梁材	7	SS400	L75x75x9	2.142	1	4	21.300	85.20	0.613	0.00	0.00	0.60	52.23	1
本体	上段梁材	8	SS400	L75x75x9	0.720	1	2	7.170	14.34	0.613	0.05	0.03	0.11	8.79	1
本体	上段梁材	9	SS400	L75x75x9	0.702	1	4	6.980	27.96	0.613	0.22	0.13	0.17	17.14	1
本体	上段梁材	10	SS400	L65x65x8	0.300	1	8	2.300	18.40	0.608	0.00	0.00	0.15	11.19	1
本体	吊フック	11	SS400	BAR16	0.357	1	4	0.564	2.26	0.710	0.01	0.01	0.01	1.60	1
本体	重錘	12	SS400	PL12	0.250/0.860x0.300	1	4	15.500	62.00	0.015	0.00	0.00	0.62	0.93	1

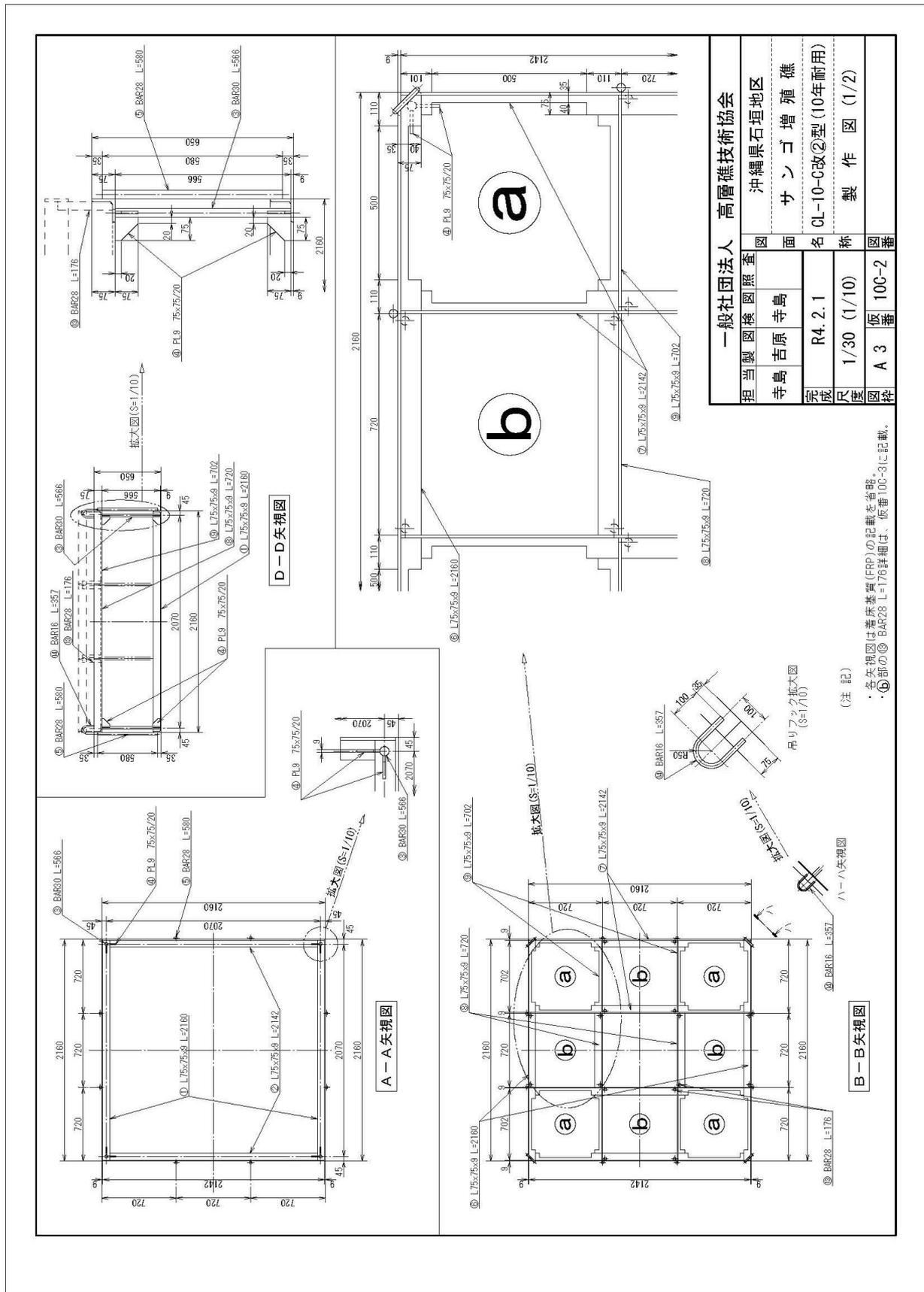
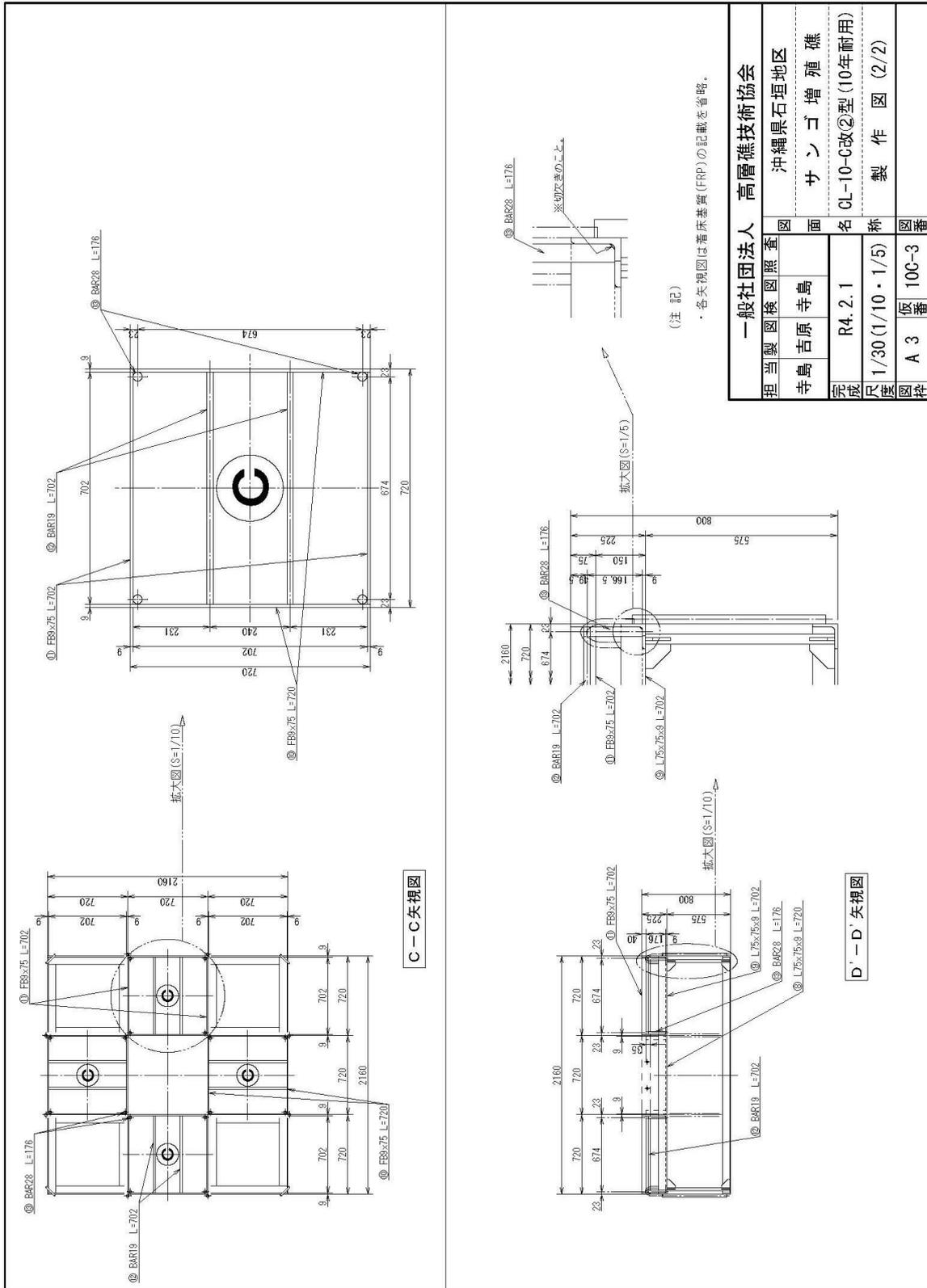
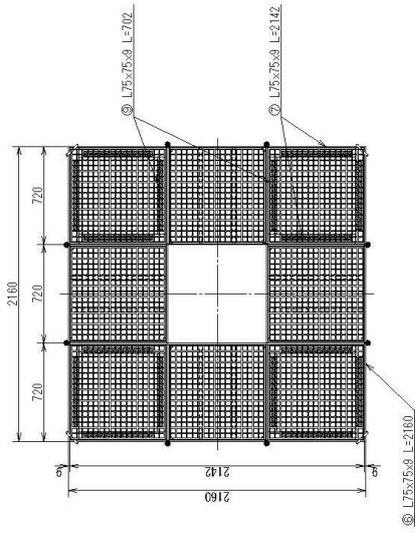
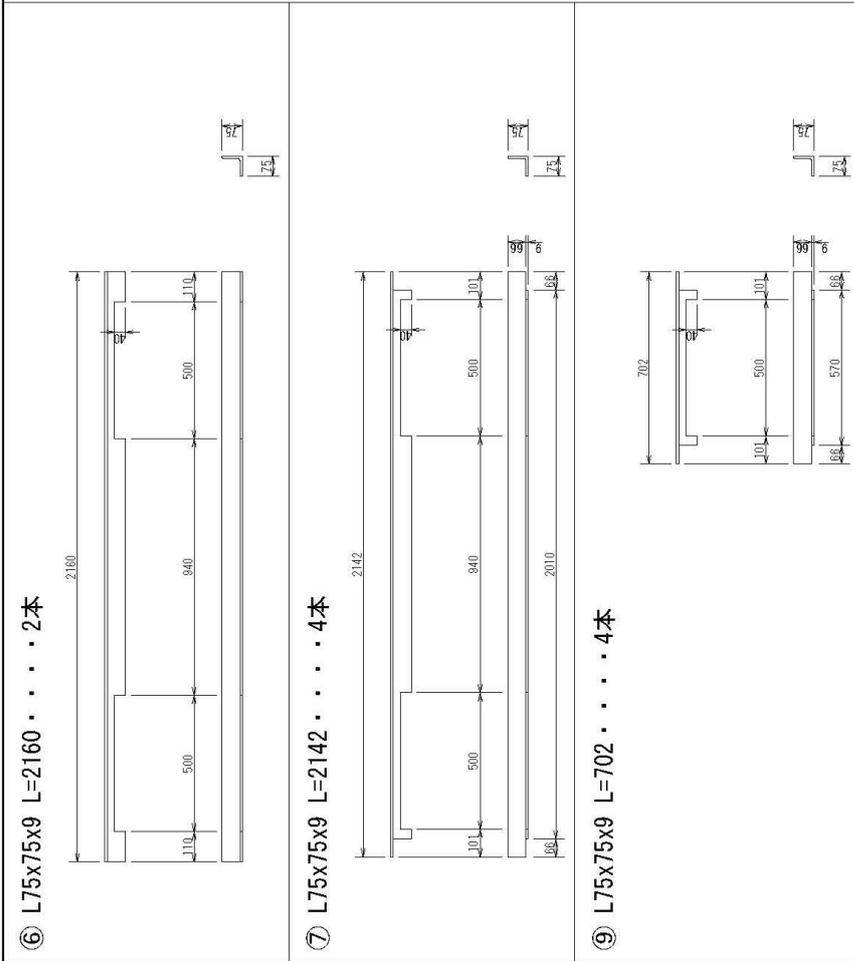


図-IV. 2. 1. 15 (2) 着床・育成基盤の図面 (凸凹型)



一般社団法人 高層橋技術協会	
担当製図検査	沖繩県石垣地区
寺島 吉原 寺島	サンゴ増殖礁
完成	R4.2.1
尺法	1/30 (1/10・1/5)
図号	A 3 仮番
図種	製作図 (2/2)

図-IV. 2. 1. 15 (3) 着床・育成基盤の図面 (凸凹型)



切欠き箇所(凸凹型) (凸凹型箇所は省略)

B-B・C-C矢視図【切欠き箇所平面図】(S=1/30)

(注記)

・B-B及びC-C矢視は鳥瞰図 仮番100-1に記載。

一般社団法人 高層礎技術協会	
担当製図検査	沖縄県石垣地区
寺島 吉原 寺島	サンゴ増殖礁
完成 R4.2.1	名 CL-10-C改②型(10年耐用)
尺 1/15 (1/30)	称 切欠き部材詳細図
図 号 A 3	仮 番 100-5

図-IV.2.1.15(5) 着床・育成基礎の図面(凸凹型)

表-IV.2.1.13 着床・育成基盤 鋼材明細表・凸凹型

スリースターリーフ CL-10-C改② 型

ブロック別鋼材明細表

作成：令和4年1月18日

ブロック名	部材名	No	材質	鋼材名	部材サイズ (mm)	ブロック又は 部材組数	部材 総本数	部材単重 (kg/P)	重量 (kg)	水平投影 面積重心 (m)	水平 投影面積 (㎡)	水平 投影面積 モメント (m ² ・m)	垂直 投影面積 (㎡)	重量モメント (kg・m)	高さ区分	積算区分 本設=1 傍設=2					
																	鋼材重量		水平投影面積 モメント (m ²)	垂直投影面積 (㎡)	重量モメント (kg・m)
																	当初重量 (kg)	10年後 鋼材重量 水深20mm未満 水深20mm以上 50mm未満 水深50mm以上 腐食 1.20mm 腐食 0.90mm (kg)			
合計	表		384.33	301.15	333.93	346.38	1.330	0.620	2.030	182.650											
本体	下段梁材	1	SS400	L75×75×8	2.160	1	2	21.500	43.00	0.038	0.32	0.01	0.32	1.63	1	1					
本体	下段梁材	2	SS400	L75×75×9	2.142	1	2	21.300	42.60	0.038	0.00	0.00	0.30	1.62	1	1					
本体	主柱材	3	SS400	BAR30	0.566	1	4	3.140	12.56	0.325	0.06	0.02	0.00	4.08	1	1					
本体	主柱材補助	4	SS400	PL9	0.020/0.075×0.075	1	16	0.283	4.53	0.529	0.02	0.01	0.00	2.40	1	1					
本体	補助材	5	SS400	BAR28	0.580	1	8	2.800	22.40	0.325	0.13	0.04	0.00	7.28	1	1					
本体	中段梁材	6	SS400	L75×75×8	2.160	1	2	21.500	43.00	0.613	0.32	0.20	0.32	26.36	1	1					
本体	中段梁材	7	SS400	L75×75×9	2.142	1	4	21.300	85.20	0.613	0.00	0.00	0.60	52.23	1	1					
本体	中段梁材	8	SS400	L75×75×9	0.720	1	2	7.170	14.34	0.613	0.11	0.07	0.11	8.79	1	1					
本体	中段梁材	9	SS400	L75×75×9	0.702	1	4	6.990	27.96	0.613	0.11	0.07	0.17	17.14	1	1					
本体	上段梁材	10	SS400	F69×75	0.720	1	8	3.620	30.56	0.763	0.22	0.17	0.05	23.32	1	1					
本体	上段梁材	11	SS400	F69×75	0.702	1	8	3.720	29.76	0.763	0.00	0.00	0.05	22.71	1	1					
本体	上段基礎受材	12	SS400	BAR19	0.702	1	8	1.670	12.56	0.751	0.00	0.00	0.10	9.43	1	1					
本体	中～上段柱	13	SS400	BAR28	0.176	1	16	0.860	13.60	0.688	0.03	0.02	0.00	9.36	1	1					
本体	吊フック	14	SS400	BAR16	0.367	1	4	0.564	2.26	0.665	0.01	0.01	0.01	1.50	1	1					

腐食計算年数(耐用年数) 10 年

パイプ類の腐食代 腐食は内外面を考慮

(6) 基盤の製作、次年度に向けた仮置き

1) 基盤製作

製作した基盤の状況を以下に示す。



平型基盤



凸凹型基盤

図-IV.2.1.21 製作基盤及び出来形確認状況 (令和4年3月9日撮影)

(2) 基盤の仮置き

石垣市浦底湾に設置するまで、石垣港ふ頭用地に仮置きを行った。

基盤の仮置き状況を図-IV.2.1.16に示す。



仮置場位置：石垣市八島町1丁目（石垣港ふ頭用地）
図-IV.2.1.16 基盤の仮置場所及び仮置き状況
(右の写真は令和4年3月10日撮影)



仮置場への積卸し



仮置の状況

1.2 次年度の計画（沖縄海域）

浦底湾において平型1基、凸凹型1基、の計2基の基盤を設置し、基盤上へ幼生放流を行い、今年度同様、にモニタリング調査を実施して、安定性・機能性の実証を行う。

(1) 次年度検証項目；浦底湾、崎枝湾

形状の異なる基盤の安定性、機能性の比較

(2) 次年度アプローチ方法；浦底湾、崎枝湾

- ・基盤の設置（2基）を浦底湾試験箇所に設置
- ・安定性、機能性のモニタリング（令和元年度～令和3年度設置基盤を含む）

(3) 次年度スケジュール；浦底湾、崎枝湾

- ・4月下旬：基盤の設置（2基：浦底湾）
- ・8～9月、12月：安定性、機能性のモニタリング（崎枝湾、浦底湾）
- ・3月まで：モニタリング結果に基づく基盤改良事項抽出

1.3 沖ノ鳥島実証用基盤(5年程度耐用)の検討・設計

(1) 目的

令和5年度から、沖ノ鳥島における本格的な幼生供給・着床技術の実証試験が計画されている。沖ノ鳥島への資機材輸送、現地での作業船確保、滞在日数の制限を考慮すると、事前に検討・設計を開始し、基盤の実証を始めておく必要がある。

そこで、令和元年度～令和2年度には、沖ノ鳥島における実証基盤の設置場所を設定し、その場所における設計条件(地形、潮位及び流れ・波浪外力等)を整理した上で、沖縄海域の基盤の知見を踏まえた基盤形状を検討し、5年程度耐用できる構造設計・詳細設計を行った。今年度は、前年度に設計・製作された基盤を沖ノ鳥島に設置を行った。

(2) 実証基盤設置計画箇所

実証試験を行うことを前提に、サンゴ幼生の着床、成育が期待できる箇所として、サンゴ被度が比較的高い、前フェーズで再移植ノルの調査箇所であるA10周辺を候補とした。

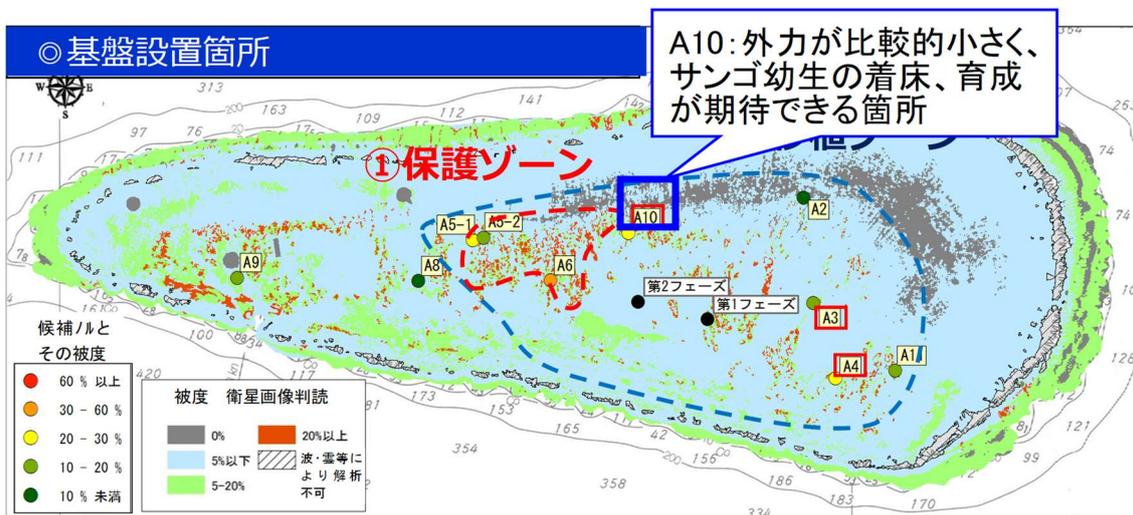


図-IV.2.1.17 沖ノ鳥島実証基盤の設置箇所

(3) 現地設置状況

昨年度製作した、サンゴ幼生着床・育成実証基盤4基(長さ50cm×幅50cm×高さ60cm)の仮設置を行った。基盤は4基盤を並べて配置(図-IV.2.1.18参照)し、脚部にアンカーボルトで海底の岩盤に固定した。

なお、昨年度設置した基盤については、付着生物の付着等はみられるものの、ボルトのゆるみ、破損、ぐぐらつき、損傷等は確認されなかった。また、サンゴ砂礫の堆積や洗堀等も確認されなかった。

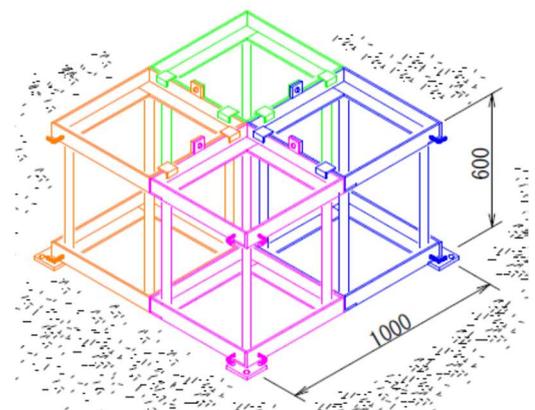


図-IV.2.1.18 基盤設置イメージ
(沖ノ鳥島)



今年度仮置基盤



昨年度(左)と今年度(右)の仮置基盤

(4) 基盤設置における課題等

今年度の基盤設置は今後の実証試験用の基盤のため耐用年数が数年であること、簡易的に設置・撤去が可能であること、を考慮してアンカーボルトを地盤に打ち込み、安定性を確保している。現地での設置は比較的容易に施工が可能であった。また、不陸整正、鋼製基盤の水平設置についても、地盤が比較的平坦であるため、候補地は多数存在、不陸整正にも水中ボンドを用いることで十分対応できることを確認した。

なお、海域によっては地盤が固くアンカーボルトの打設が困難な箇所があることより、今後は、事前に地盤状況等を把握しておくことが望ましい。

また、事業化の際には、多数の構造物を搬入・設置すること、設計年数が30年になることより、アンカーボルトによる施工は耐久性を考慮すると現実的ではないと考えられる。重力式の構造物になることが想定されるが、今回設置した構造物の安定性等の状況確認より、今後の設計へと反映できる事項を把握する必要がある。

(5) 次年度目的

- ・基盤の4基設置及び、製作
- ・今後の実証基盤の設置位置・規模の検討

(6) 次年度検証項目

基盤の施工性の確認を行う。

(7) 次年度アプローチ方法

- ・実証海域への運搬、設置(4基)

(8) 次年度スケジュール

5月以降：実証海域への運搬、設置(4基)

3月まで：R4年度設置基盤の改良検討、設計、製作