

第 2 編 漁 場 施 設

第1章 着定基質工

1.1 概要

着定基質は、増殖場として整備される施設の生息場の総称で、増殖場は、対象となる生物と場の特定に応じて、磯根増殖場、魚類増殖場及び砂泥域増殖場に区分されている。

磯根増殖場は、岩礁浅海域の代表的な増殖対象種であるコンブ類、ワカメなどの海藻類、またそれらを餌料とするアワビ類、ウニ類、イセエビ類などの底生魚介類の増殖を図ることを目的としている（藻場礁）。魚類増殖場は、魚類の産卵後から未成魚期までと、全ての成長段階を対象として増殖を図ることを目的としている（保護育成礁）。砂泥域増殖場は、干潟、浅場に生息する対象生物に適した、水深・勾配・底質・海水交換ができるよう適切なものとする（干潟・浅場）。

以上のことより、着定基質を大別すると、**図-1.1**に示すようになる。

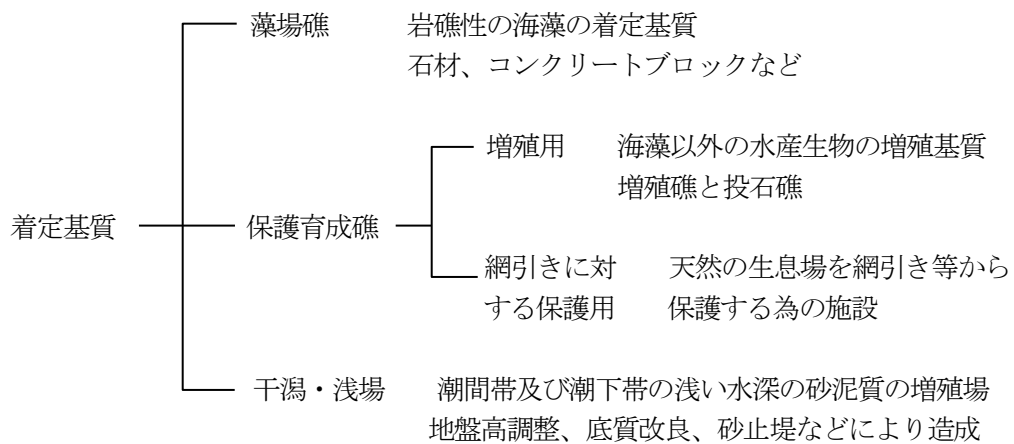


図-1.1 着定基質の種類

異形ブロックなどのコンクリートブロックは、海藻が着生することから、藻場礁として活用されている。近年、形状を工夫したり、海藻が着生し易い部材を付加したものが開発され藻場造成に多用されている。本章ではこれらのブロックを用いた藻場礁を対象とする。

1.2 藻場礁

1.2.1 藻場礁に必要な性能

藻場礁に求められる性能規定は「**参考図書 p.809 第16編第2章 2.2 藻場礁**」に以下の事項が示されている。

1. 藻場礁が増殖対象とする海藻の生育に好適な天端高、流動、基質形状、光、海底面からの高さ等の諸元を有すること。
2. 波、流れ等の作用に対して、藻場礁の安定質量を満足していること。
3. 漁船等の船舶の航行に影響を及ぼさないよう、適切に配置又は配慮されていること。

1.2.2 性能照査の手順

藻場礁の照査の手順は、「**参考図書 p.809 第16編第2章 2.2 藻場礁**」に照査の手順と照査する内容が示されている。ここでは藻場礁の照査手順を示すにとどめ、照査すべき内容は「**参考図書 p.810 第16編第2章 2.2.2 性能照査の基本**」を参照。図-1.2 に藻場礁の照査の手順を示す。

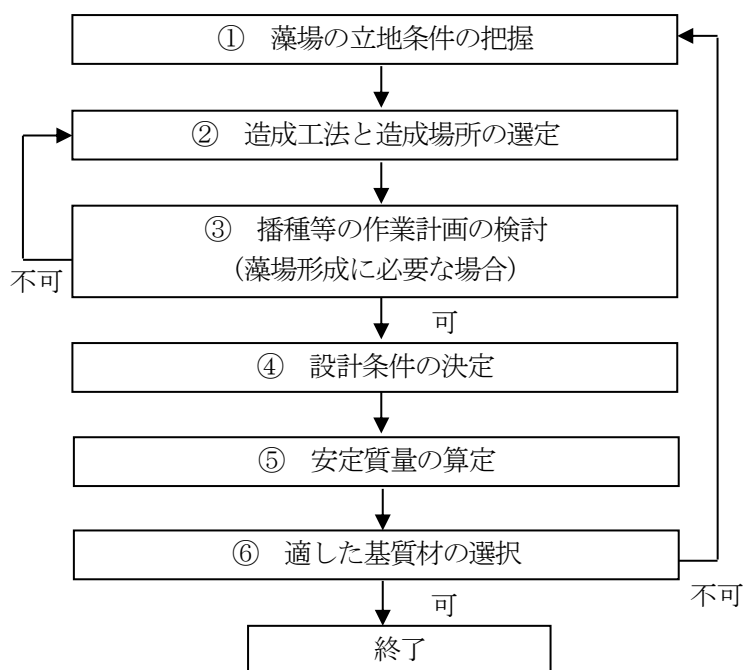


図-1.2 藻場礁の照査の手順

1.3 藻場礁の安定計算

藻場礁の安定検討は「**参考図書 p.814 第16編第2章 2.2.4 藻場礁の安定質量(2) 安定質量の算定**」に、石材以外の藻場礁の安定質量は「**参考図書 p.782 第15編第2章 沈設魚礁 2.4.2 安全性に関する性能照査(2) 構造物全体の安全性の照査**」に基づき算定することから、その方法によって安定計算を行うものとする。計算例では、沈設魚礁に対する式等を引用するにあたり、沈設魚礁を藻場礁と記述するものとする。

1.3.1 設計条件

(1) 潮位

藻場礁の設計に用いる潮位は、天文潮、気象潮、津波により変動することから、構造物に対して最も危険となる潮位とする。

(2) 設計波

設計波の諸元は「**参考図書 p.44 第2編第3章 3.2 設計に用いる波の決定方針**」により定める。

(3) 設計流速

藻場礁の安定性の照査に用いる設計流速は、砕波の影響を受ける領域と受けない領域によって異なる算定値を用いることができる。「**参考図書 p.63 第2編第3章 3.5.3 不規則波砕波を考慮した水深のみによる波高の変化**」の波高変化図(図 2-3-12)中に示されている2%減衰線の左側と右側の領域である。

1) 砕波の影響を受ける領域

砕波の影響を受ける領域では、波による岸向の波動流速が卓越することから、実用的にはその波動流速を設計流速とすることができる。

砕波の影響を受ける領域における流速は、「**参考図書 p.813 第16編 2.2.4 藻場礁の安定質量(1) 設計流速の算定**」の中の砕波の影響を受ける領域に示された式により算定する。

砕波の影響を受ける領域での波動流速は、式(2-1-1)または(2-1-2)及び式(2-1-3)により算定してもよい。

$$U_m = K\sqrt{gh} \quad (2-1-1)$$

$$H_b = A \left\{ 1 - \exp \left[-1.5\pi \frac{h_b}{L_0} \left(1 + 11 \tan^{4/3} \beta \right) \right] \right\} L_0 \quad (2-1-2)$$

$$U_m = \frac{\pi H_b}{T \sinh(2\pi h_b/L)} \quad (2-1-3)$$

ここに、

U_m : 波動流速 (m/s)

K : 流速算定係数

g : 重力加速度 (m / s²)

h : 設置水深 (m)

H_b : 設置場所での砕波限界波高 (m)

$$A=0.17$$

h_b : 砕波水深 (m)

L_0 : 沖波波長 (m)

$\tan\beta$: 海底勾配

T : 有義波周期 (s)

L : 設置場所での有義波の波長 (m)

流速算定係数 K は、水深 h と沖波波長 L_0 との比と海底勾配の関数であり、「参考図書 p.814 第16編 2.2.4 藻場礁の安定質量(1)設計流速の算定 図 16-2-3」で与えられる。海底勾配が 1/50 よりも緩い場合は、 K の値はほとんどかわらないため、1/50 の値を準用することができる。本章式(2-1-2)は砕波限界波高を与える経験式で、砕波水深 h_b は波による平均水深の変化を考慮した実水深であるが、実用上 $h_b = h$ と仮定してもよい。式(2-1-3)は砕波する波による底面付近での最大流速が微小振幅波理論による値に近似するという実験的知見に基づいている。

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、「参考図書 p.814 第16編 2.2.4 藻場礁の安定質量(1)設計流速の算定」の中に示されるように波浪の卓越する場では式(2-1-4)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(2-1-5)により算定することができる。

$$U_m = \frac{\pi H \cosh(2\pi D/L)}{T \sinh(2\pi h/L)} \quad (2-1-4)$$

$$U = \sqrt{U_m^2 + U_c^2 + 2U_m U_c \cos \theta} \quad (2-1-5)$$

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)

θ : 波と流れの交差角 ($0 \sim 90^\circ$; 信頼できる値が得られない場合は $\theta = 0^\circ$ とする)

流れによる設計流速 U_c は、「参考図書 P.775 第15編 2.3.3 設計条件(2)流れによる設計流速」に本来、長期間の流速観測または信頼できる流れの数値シミュレーションにより適切に定める事が望ましいが、実績のある簡便な方法として以下に示す式を用いても良いとある。

$$U_c(z_R) = U_R \sqrt{\cos \theta + 1.5} \quad (2-1-6)$$

$$U_c(z) = U_c(z_R) \left(\frac{z}{z_R} \right)^{1/7} \quad (2-1-7)$$

ここに、

$U(z)$: 海底からの高さ z (m) における設計流速 (m/s)

U_R : 藻場礁の設置場所の海底から高さ Z_R における参照流速。参照流速は海図または潮汐表の表面流速、あるいは 14 日間以上の長期間の流速観測

値から潮流の調和解析により推定される最大流速であり、 Z_R は前者の場合はその場所での水深、後者の場合は流速測定点の高さとなる。

θ : 波と流れの交差角 (信頼できる値が得られない場合または波のない場合は $\theta = 0^\circ$ とする)

1.3.2 作用外力の算定

藻場礁に作用する外力は「参考図書 P.783 第15編第2章 2.4.2(2)構造物の安定性の照査③流体力の算定」によって求める。流体力の算定では、藻場礁設置海域の条件に応じて破碎の影響を受ける領域と受けない領域に区分して行うことを標準とする。領域の区分は「参考図書 P.64 第2編 3.5.3 不規則波砕波を考慮した水深のみによる波高の変化」の波高変化図(2-3-12)中に示されている2%減衰線の左側と右側の領域となる。

(1) 流れのみを考慮する場合

藻場礁に働く流体力は、式(2-1-8)で表される抗力として求めることができる。

$$F = \frac{1}{2} \rho C_D A U^2 \quad (2-1-8)$$

ここに、

F : 抗力 (kN)

ρ : 海水の密度 (t/m^3)

C_D : 抗力係数

U : 水平流速 (m/s)

A : 流れ方向の射影面積 (魚礁の構成部材の総和) (m^2)

(2) 砕波の影響を受ける領域で波を考慮する場合

砕波の影響を受ける領域に設置される魚礁に作用する波力は、本章式 (2-1-1) より砕波の影響を受ける領域での波動流速を算定し、式 (2-1-9) により求めることができる。

$$F = \frac{1}{2} \rho C_D A U_m^2 \quad (2-1-9)$$

ここに、

U_m : 砕波の影響を受ける領域での波動流速 (m/s)

砕波の影響を受ける領域であっても、潮流が無視できない場合は、照査に用いる流体力を式 (2-1-10) により算定することができる。

$$F = \frac{1}{2} \rho C_D A (U_m^2 + U_c^2) \quad (2-1-10)$$

ここに、

U_c : 潮流流速 (m/s)

本章式(2-1-6)より求める。

- (3) 碎波の影響を受けない領域で波を考慮する場合
 最大波力 F は、式(2-1-11)～(2-1-15)により算定することができる。

$$U = U_m \sin \theta \quad (2-1-11)$$

$$U_m = \frac{\pi H \cosh(2\pi z/L)}{T \sinh(2\pi h/L)} \quad (2-1-12)$$

$$F_D = \frac{1}{2} \rho C_D A U_m^2 \quad (2-1-13)$$

$$F_M = \rho C_M V \frac{2\pi}{T} U_m \quad (2-1-14)$$

$$F = \begin{cases} F_M, & 2F_D < F_M \text{ のとき} \\ F_D + \frac{F_M^2}{4F_D}, & 2F_D > F_M \text{ のとき} \end{cases} \quad (2-1-15)$$

ここに、

u : 高さ z 、位相 θ における波動流速 (m/s)

C_M : 質量係数 ($C_M = C_{MA} + 1$; C_{MA} は付加質量係数)

C_D : 抗力係数

C_M 、 C_D は、「**参考図書 P.778 表 15-2-1 付加質量係数 (C_{MA}) と抗力係数 (C_D)**」より求める。

A : 波の進行方向の射影面積 (藻場礁の構成部材の総和) (m^2)

V : 実容積 (m^3)

z : 海底からの高さ (m)

H 、 T 、 L : 設置位置における有義波高 (m)、有義波周期 (s)、波長 (m)

なお、藻場礁頂部の水深が $L/2$ より深い場合は、波力は無視してもよい。
 波と流れが混在する場合は、式(2-1-16)で F の最大値を求めて流体力とすることができる。

$$F = F_D \left(\sin \theta + \frac{U_c}{U_m} \right)^2 - F_M \cos \theta \quad (2-1-16)$$

ここに、

U_c : 検討する高さにおける流れの設計流速 (m/s) 本章式(2-1-7)より求める。

1.3.3 藻場礁の安定計算

藻場礁の安定検討は「**参考図書 P.782 第 15 編第 2 章 2.4.2.安全性に関する性能照査の(2)構造物全体の安全性の照査**」を参照して行う。

(1) 滑動に対する検討

滑動に対する安定性は、式(2-1-17)により検討することを原則とする。

$$\frac{\mu W}{F} \geq F_s \quad (2-1-17)$$

ここに、

W : 藻場礁の水中重量 (kN)

F : 藻場礁に作用する波・流れによる流体力 (kN)

μ : 藻場礁と地盤との摩擦係数で、海底が平坦な砂礫の場合には0.6を用い、
その他の場合の摩擦係数は、「参考図書 p.231 第3編第5章 5.1 摩擦係数」
を参考とし、設置状況に対して適切な値を使用する。

F_s : 安全率 (1.2)

(2) 転倒に対する検討

転倒に対する安定性は、式(2-1-18)により検討することを原則とする。

$$\frac{Wl_v}{Fl_A} \geq F_s \quad (2-1-18)$$

ここに、

l_A : 流れに直角な鉛直面への藻場礁の図心までの高さ(m)

l_v : 藻場礁の水中重量の作用点の底面への射影点から最も近い転倒の中心
線までの距離(m)

F_s : 安全率 (1.2)

海底が傾斜している場合は、重力、浮力及び流体力を地盤面に対し垂直方向と接線方向に分解、合成した諸数値を用いて、滑動及び転倒を検討する事を原則とする。

1.4 藻場礁の安定計算例

1.4.1 碎波の影響を受ける領域で波浪による流れを考慮する場合

図-1.3 に示す海域に藻場礁を用いた藻場造成を行う。敷設する藻場礁は、海藻の着生基盤を有したAブロックとする。

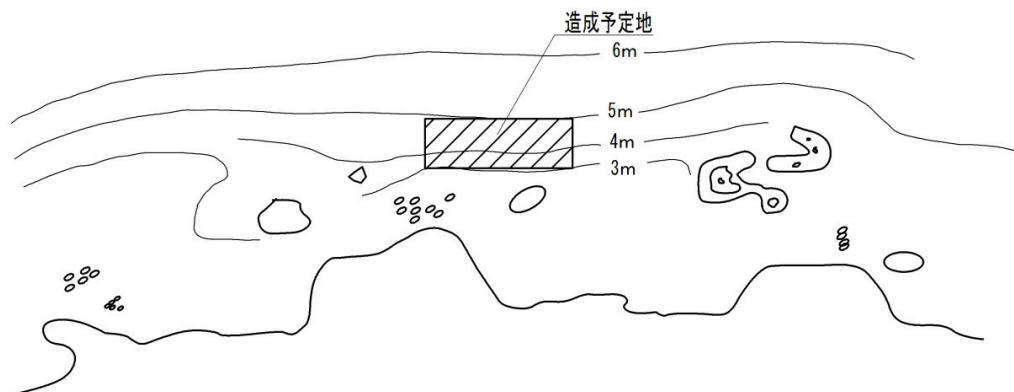


図-1.3 敷設位置図

(1) 設計条件

1) 設置条件

a) 設置目的

アラメ等の藻場を造成し、アワビ等の底生魚介類の増殖を図る。

b) 設置規模

造成面積 $3,000m^2$

c) 設置水深 (地盤高)

G.L. $-3.00m \sim -5.00m$

d) 海底勾配

1/100 ($\theta = 0.57^\circ$)

2) 海象条件

a) 潮位

H.H.W.L. $+2.20m$

H.W.L. $+1.50m$

L.W.L. $\pm 0.00m$

b) 設計波

換算沖波 $H_0' = 7.80m$

$T_0 = 12.4sec$

$L_0 = 239.87m$

設計波 $H = 4.20m$

$T = 12.4s$

3) その他条件

a) 基礎地盤の地質

軟岩

b) 使用ブロック

計画地点の近隣にはアラメの天然藻場が繁茂しており、その水深は約4m程度である。そのため設置する藻場礁の着生面の高さが水深約4mとなるよう、高さ1m程度の図-1.4に示すAブロック5t型を敷設する。

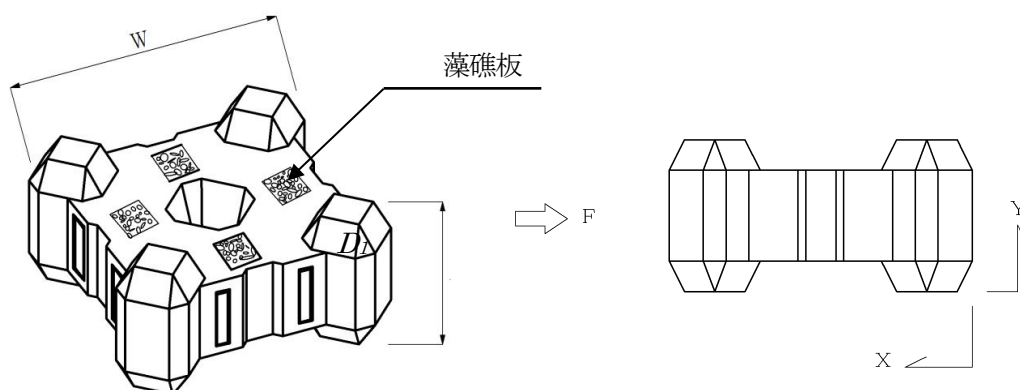


図-1.4 Aブロック

■ブロック諸元

幅 W (m)	2.040
高さ D_1 (m)	1.020

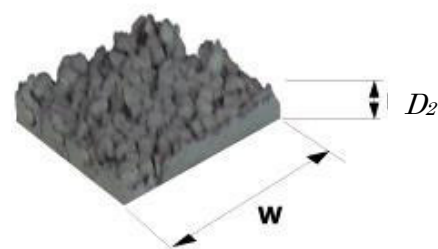
公称質量 (t)	5.0
参考質量 (t)	5.03
体積 $V (m^3)$	2.187

■ブロック特性値

射影面積 $A(m^2)$	1.665	
重心位置	X 方向(m)	0.92
	Y 方向(m)	0.51

■藻礁板諸元

サイズ	
幅 W (m)	0.20
高さ D_2 (m)	0.06
参考質量(kg)	5



(2)設計流速の算定

1)領域の判定

藻場礁を設置する位置が、碎波の影響を受ける領域か受けない領域か判定する。「参考図書 p.64 第2編第3章 3.5.3.不規則碎波を考慮した水深のみによる波高の変化」にある水深による波高変化の図表を用いる。

結果を表-1.1 に示す。

表-1.1 領域の判定結果

潮位	h	h/L_0	h/H_0'	領域	判定
H.H.W.L. +2.20	7.20	0.0300	0.92	2%減衰線の左側の領域	碎波の影響を受ける
	5.20	0.0217	0.67	2%減衰線の左側の領域	碎波の影響を受ける
H.W.L. +1.50	6.50	0.0271	0.83	2%減衰線の左側の領域	碎波の影響を受ける
	4.50	0.0188	0.58	2%減衰線の左側の領域	碎波の影響を受ける
L.W.L. ±0.00	5.00	0.0208	0.64	2%減衰線の左側の領域	碎波の影響を受ける
	3.00	0.0125	0.38	2%減衰線の左側の領域	碎波の影響を受ける

表-1.1 に示すように今回の設置位置は2%の減衰線の左側となる。よって、碎波の影響を受ける領域と考えられる。

2)設計流速の算定

碎波の影響を受ける領域での波動流速は、「本章 1.3.(3).1)碎波の影響を受ける領域」に示す式 (2-1-1)より求め、流速算定係数は「参考図書 p.814 図 16-2-3 碎波の影響を受ける領域での無次元水深 h/L_0 と流速算定係数 K の関係」より求める。海底勾配が $1/50$ よりも緩い場合は、流速算定係数 K の値はほとんど変わらないため、 $1/50$ の値を準用することができる。

計算結果を表-1.2 に示す。

表-1.2 設計流速計算結果

潮位	H	h/L	K	U_m
H.H.W.L.	7.20	0.0300	0.369	3.10
+2.20	5.20	0.0217	0.384	2.74
H.W.L.	6.50	0.0271	0.374	2.99
+1.50	4.50	0.0188	0.389	2.58
L.W.L.	5.00	0.0208	0.386	2.70
±0.00	3.00	0.0125	0.401	2.18

以上より安定計算は、流速が最も大きくなる H.H.W.L.、GL-5.00m、 $U_m=3.10m/s$ の条件で行う。

(3)作用外力の算定

藻場礁に作用する外力は本章 1.3.2.(2)碎波の影響を受ける領域で波を考慮する場合の式(2-1-9)で求める。

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{1}{2} \rho C_D A U_m^2 \\
 &= \frac{1}{2} \times 1.03 \times 1.08 \times 1.665 \times 3.10^2 \\
 &= 8.90kN
 \end{aligned}$$

ここに、

ρ : 海水の密度 $1.03 (t/m^3)$

C_D : 抗力係数 1.08 (「参考図書 p.778 第15編第1章 2.4.2 安全性に関する照査表 15-2-1」より)

A : Aブロックの流れ方向の射影面積 (m^2)

$$A = 1.665m^2$$

g : 重力加速度 $9.81m/s^2$

U_c : 検討する高さにおける流れの設計流速 (m/s) 本章式(2-1-7)より求める。

(4)安定検討

1)滑動

$$\begin{aligned}
 F_s &= \frac{W \cdot \mu \left(1 - \frac{W_0}{\sigma_G}\right) \cos \theta - F_\mu \sin \theta}{W \left(1 - \frac{W_0}{\sigma_G}\right) \sin \theta + F \cos \theta} \\
 &= \frac{49.4 \times 0.6 \times \left(1 - \frac{10.1}{22.6}\right) \times \cos 0.57^\circ - 8.90 \times 0.6 \times \sin 0.57^\circ}{49.4 \times \left(1 - \frac{10.1}{22.6}\right) \times \sin 0.57^\circ + 8.90 \times \cos 0.57^\circ} \\
 &= \frac{16.39 - 0.05}{0.27 + 8.90} = \frac{16.34}{9.17} = 1.8 > 1.2
 \end{aligned}$$

2)転倒

$$F_S = \frac{W \left(1 - \frac{W_0}{\sigma_G}\right) \cos \theta - F \sin \theta}{W \left(1 - \frac{W_0}{\sigma_G}\right) \sin \theta + F \cos \theta} \frac{l_V}{l_A}$$

$$= \frac{49.4 \times \left(1 - \frac{10.1}{22.6}\right) \times \cos 0.57^\circ - 8.90 \times \sin 0.57^\circ}{49.4 \times \left(1 - \frac{10.1}{22.6}\right) \times \sin 0.57^\circ + 8.90 \times \cos 0.57^\circ} \times \frac{0.92}{0.51}$$

$$= \frac{27.32 - 0.09}{0.27 + 8.90} \times \frac{0.92}{0.51} = \frac{27.23}{9.17} \times \frac{0.92}{0.51} = 5.4 > 1.2$$

よってAブロック5 t型は安定である。

1.4.2 碎波の影響を受ける領域で潮流が無視できない場合

図-1.5 に示す海域に藻場礁を用いた藻場造成を行う。敷設する藻場礁は、海藻の着生基盤を有したAブロックとする。

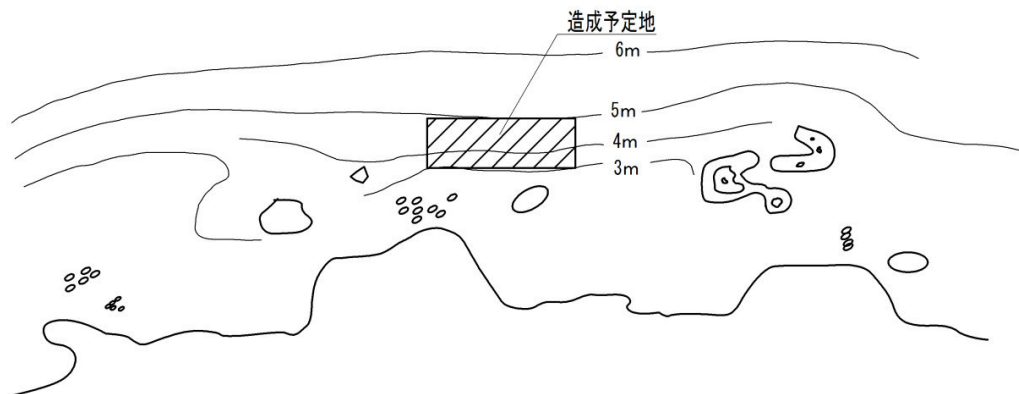


図-1.5 敷設位置図

(1)設計条件

1)設置条件

a)設置目的

アラメ等の藻場を造成し、アワビ等の底生魚介類の増殖を図る。

b)設置規模

造成面積 3,000m²

c)設置水深 (地盤高)

G.L. -3.00m ~ -5.00m

d)海底勾配

1/100 (θ = 0.57°)

2)海象条件

a)潮位

H.H.W.L. +2.20m

H.W.L. +1.50m

L.W.L. ±0.00m

b)設計波

換算沖波 $H_0'=7.80m$

$T_0=12.4s$

$L_0=239.87m$

設計波 $H=4.20m$

$T=12.4s$

c)潮流流速

$U_R = 1.0\text{knot} = 0.514m/s$

波と流れの交差角

$\theta=0.0^\circ$

3)その他条件

a)基礎地盤の地質

軟岩

b)使用ブロック

計画地点の近隣にはアラムの天然藻場が繁茂しており、その水深は約4m程度である。そのため設置する藻場礁の着生面の高さが水深約4mとなるよう、高さ1m程度の図-1.6に示すAブロック5t型を敷設する。

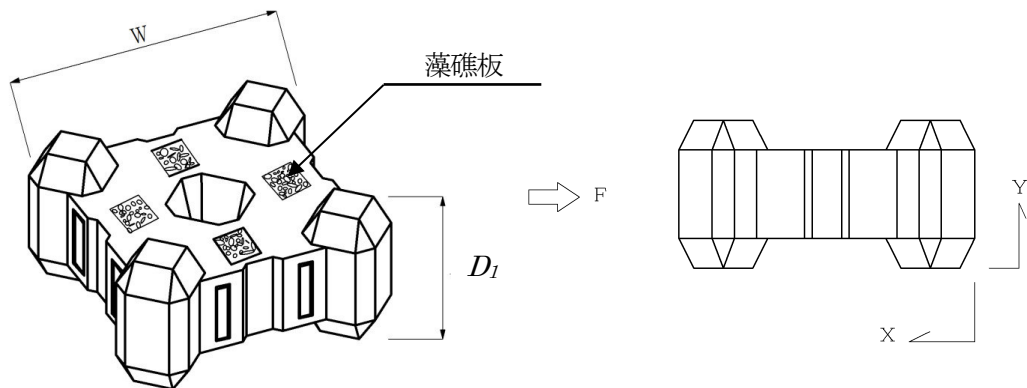


図-1.6 Aブロック

■ブロック諸元

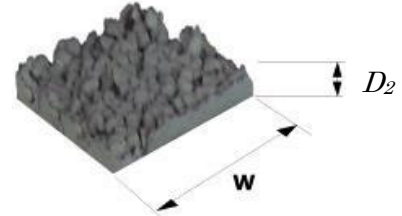
幅 W (m)	2.040
高さ D_1 (m)	1.020
公称質量 (t)	5.0
参考質量 (t)	5.03
体積 V (m^3)	2.187

■ブロック特性値

射影面積 A (m^2)		1.665
重心位置	X 方向 (m)	0.92
	Y 方向 (m)	0.51

■藻礁板諸元

幅 W (m)	0.20
高さ D_2 (m)	0.06
参考質量(kg)	5



(2)設計流速の算定

1)領域の判定

藻場礁を設置する位置が、砕波の影響を受ける領域か受けない領域か判定する。「参考図書 p.64 第2編第3章 3.5.3.不規則砕波を考慮した水深のみによる波高の変化」にある水深による波高変化の図表を用いる。

結果を表-1.3 に示す。

表-1.3 領域の判定結果

潮位	h	h/L_0	h/H_0'	領域	判定
H.H.W.L. +2.20	7.20	0.0300	0.92	2%減衰線の左側の領域	砕波の影響を受ける
	5.20	0.0217	0.67	2%減衰線の左側の領域	砕波の影響を受ける
H.W.L. +1.50	6.50	0.0271	0.83	2%減衰線の左側の領域	砕波の影響を受ける
	4.50	0.0188	0.58	2%減衰線の左側の領域	砕波の影響を受ける
L.W.L. ±0.00	5.00	0.0208	0.64	2%減衰線の左側の領域	砕波の影響を受ける
	3.00	0.0125	0.38	2%減衰線の左側の領域	砕波の影響を受ける

表-1.3 に示すように今回の設置位置は2%の減衰線の左側となる。よって、砕波の影響を受ける領域と考えられる。

2)設計流速の算定

a)波動流速の算定

砕波の影響を受ける領域での波動流速は、「本章 1.3.(3).1砕波の影響を受ける領域」に示す式 (2-1-1) より求め、流速算定係数は「参考図書 p.814 図 16-2-3 砕波の影響を受ける領域での無次元水深 h/L_0 と流速算定係数 K の関係」より求めるが、海底勾配が $1/50$ よりも緩い場合は、流速算定係数 K の値はほとんど変わらないため、 $1/50$ の値を準用することができる。計算結果を表-1.4 に示す。

表-1.4 波動流速計算結果

潮位	H	h/L_0	K	Um
H.H.W.L. +2.20	7.20	0.0300	0.369	3.10
	5.20	0.0217	0.384	2.74
H.W.L. +1.50	6.50	0.0271	0.374	2.99
	4.50	0.0188	0.389	2.58
L.W.L. ±0.00	5.00	0.0208	0.386	2.70
	3.00	0.0125	0.401	2.18

以上より安定計算は、流速が最も大きく H.H.W.L.、GL-5.00m、 $Um=3.10m/s$ の条件で行う。

b)流れによる設計流速

流れによる流速は、本章砕波の影響を受ける領域での波動流速は、本章(2-1-6)により求める。

$$U_c = 0.514 \times \sqrt{\cos 0^\circ + 1.5}$$

$$= 0.81 \text{ m/s}$$

以上より安定計算は、H.H.W.L.、GL-5.00m、 $U_m=3.10\text{m/s}$ と流れによる流速 $U_c=0.81\text{m/s}$ の条件で行う。

(3)作用外力の算定

藻場礁に作用する外力は本章 1.3.2.(2)砕波の影響を受ける領域で潮流を無視できない場合の式(2-1-10)で求める。

$$F = \frac{1}{2} \rho C_D A (U_m^2 + U_c^2)$$

$$= \frac{1}{2} \times 1.03 \times 1.08 \times 1.665 \times (3.10^2 + 0.81^2)$$

$$= 9.51\text{kN}$$

ここに、

ρ : 海水の密度 $1.03 \text{ (t/m}^3\text{)}$

C_D : 抗力係数 1.08 (「参考図書 p.778 第 15 編第 1 章 2.4.2 安全性に関する照査表 15-2-1」より)

A : A ブロックの流れ方向の射影面積(m^2)

$$A=1.665\text{m}^2$$

(4)安定検討

1)滑動

$$F_s = \frac{W \cdot \mu \cdot \left(1 - \frac{W_0}{\sigma_G}\right) \cos \theta - F_\mu \sin \theta}{W \left(1 - \frac{W_0}{\sigma_G}\right) \sin \theta + F \cos \theta}$$

$$= \frac{49.4 \times 0.6 \times \left(1 - \frac{10.1}{22.6}\right) \times \cos 0.57^\circ - 9.51 \times 0.6 \times \sin 0.57^\circ}{49.4 \times \left(1 - \frac{10.1}{22.6}\right) \times \sin 0.57^\circ + 9.51 \times \cos 0.57^\circ}$$

$$= \frac{16.39 - 0.06}{0.27 + 9.51} = \frac{16.33}{9.78} = 1.7 > 1.2$$

2)転倒

$$F_s = \frac{W \left(1 - \frac{W_0}{\sigma_G}\right) \cos \theta - F \sin \theta}{W \left(1 - \frac{W_0}{\sigma_G}\right) \sin \theta + F \cos \theta} \frac{l_V}{l_A}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{49.4 \times \left(1 - \frac{10.1}{22.6}\right) \times \cos 0.57^\circ - 9.51 \times \sin 0.57^\circ}{49.4 \times \left(1 - \frac{10.1}{22.6}\right) \times \sin 0.57^\circ + 9.51 \times \cos 0.57^\circ} \times \frac{0.92}{0.51} \\
&= \frac{27.32 - 0.1}{0.27 + 9.51} \times \frac{0.92}{0.51} = \frac{27.22}{9.78} \times \frac{0.92}{0.51} = 5.0 > 1.2
\end{aligned}$$

よってAブロック5 t型は安定である。

1.4.3 碎波の影響を受けない領域で波を考慮する場合

図-1.7 に示す海域に藻場礁を用いた藻場造成を行う。敷設する藻場礁は、海藻の着生基盤を有したBブロックとする。

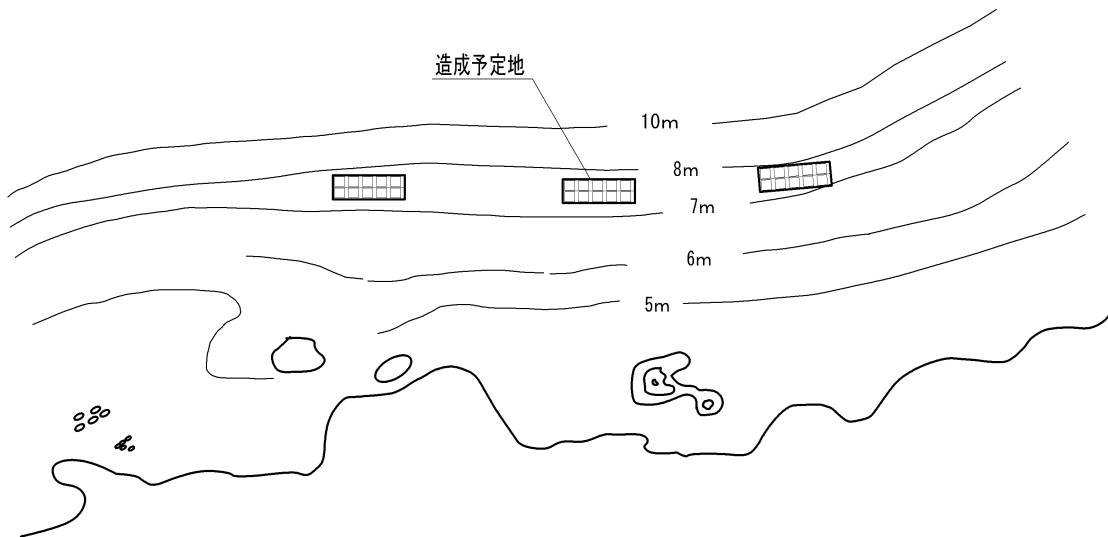


図-1.7 敷設位置図

(1)設計条件

1)設置条件

a)設置目的

- ・周辺に天然の藻場があり種は供給されるが、底質が砂礫のため海藻が着底できない海域に安定した藻場礁を設置することでホンダワラ類を中心としたガラモ場を造成する。
- ・藻場造成により、メバル等魚類の産卵・生育場となること。また、サザエ、アワビ等の底生魚介類の増産を図る。

b)設置規模

海域に30基設置

c)設置水深（地盤高）

G.L. -7.00m ~ -8.00m

d)海底勾配

1/30 ($\theta = 1.91^\circ$)

2)海象条件

a)潮位

H.H.W.L. +0.85m

H.W.L. +0.40m

L.W.L. ±0.00m

b)設計波

換算沖波 $H_0'=3.10m$

$T=10.1s$

$L_0'=159.14m$

3)その他条件

a)基盤地盤の地質

砂礫

b)使用ブロック

計画地点の底質は砂礫のため洗掘等により礁が沈下する可能性があるため、礁高が1.5m以上の基質を使用する。よって図-1-8に示すBブロック 20t型を敷設する。

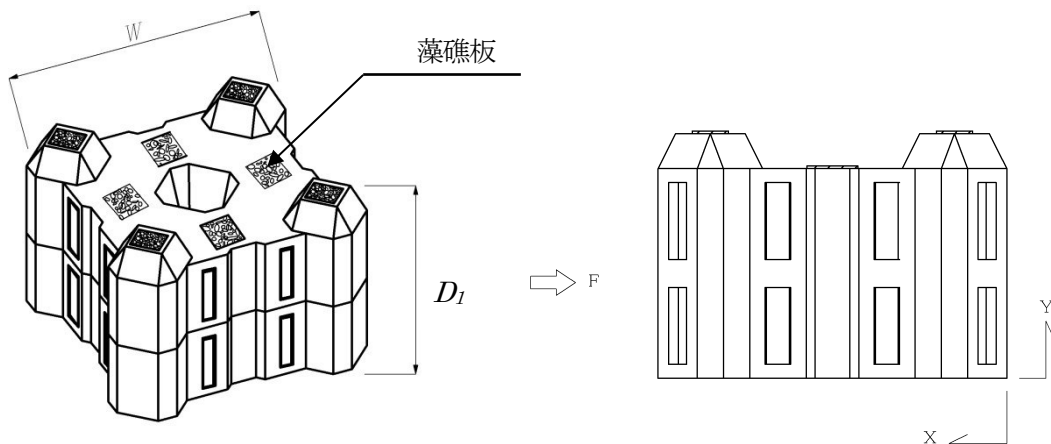


図-1.8 Bブロック

■ブロック諸元

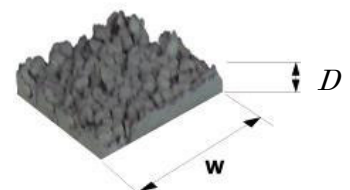
幅 W (m)	2.730
高さ D_1 (m)	1.911
公称質量 (t)	20.0
参考質量 (t)	20.53
体積 V (m^3)	8.926

■ブロック特性値

射影面積 $A(m^2)$		4.844
重心位置	X方向(m)	1.37
	Y方向(m)	0.84

■藻礁板諸元

サイズ	上面	脚上面
幅 W (m)	0.40	0.20
高さ D_2 (m)	0.06	0.06
参考質量 (kg)	22	5



(2)設計流速の算定

1)砕波の影響を受ける領域か受けない領域かの判断

藻場礁を設置する位置が、砕波の影響を受ける領域か受けない領域か判定する。「参考図書 p.64 第2編第3章 3.5.3 不規則砕波を考慮した水深のみによる波高の変化」にある水深による波高変化の図表を用いる。結果を表-1.5 に示す。

表-1.5 領域の判定結果

潮位	h	H_0'/L_0	h/H_0'	領域	判定
H.H.W.L. +0.85	8.85	0.020	2.85	2%減衰線の右側の領域	砕波の影響を受けない
	7.85	0.020	2.53	2%減衰線の右側の領域	砕波の影響を受けない
H.W.L. +0.40	8.40	0.020	2.71	2%減衰線の右側の領域	砕波の影響を受けない
	7.40	0.020	2.39	2%減衰線の右側の領域	砕波の影響を受けない
L.W.L. ±0.00	8.00	0.020	2.58	2%減衰線の右側の領域	砕波の影響を受けない
	7.00	0.020	2.26	2%減衰線の右側の領域	砕波の影響を受けない

表に示すように今回の設置位置は2%の減衰線の右側となる。よって、砕波の影響を受けない領域と考えられる。

2)設計波高の算定

藻場礁を設置する位置での波浪は、「本章 1.4.3. (2)」に示すように、砕波の影響は受けない。よって設計波高は「参考図書 p.60 第2編第3章 3.5.2 浅水変形」にある浅水係数の算定図より浅水係数 K_S を求め以下に示す式より、設置位置での設計波高 $H_{1/3}$ を求める。

$$H_{1/3} = K_S H_0'$$

計算結果を表-1.6 に示す。

表-1.6 設計波高の計算結果

潮位	h	H_0'/L_0	h/L_0	K_S	$H_{1/3}$
H.H.W.L. +0.85	8.85	0.020	0.056	1.022	3.17
	7.85	0.020	0.049	1.063	3.30
H.W.L. +0.40	8.40	0.020	0.053	1.039	3.23
	7.40	0.020	0.046	1.087	3.37
L.W.L. ±0.00	8.00	0.020	0.050	1.056	3.28
	7.00	0.020	0.044	1.107	3.44

3)設計流速の算定

設計流速は、「本章 1.3.1 (3) 設計流速の2) 砕波の影響を受けない領域」式(2-1-4)に示す式より求める。

計算結果を表-1.7 に示す。

表-1.7 設計流速の計算結果

潮位	H	$H_{1/3}$	L	D	U_m
H.H.W.L. +0.85	8.85	3.17	88.55	1.911	1.49
	7.85	3.30	84.01	1.911	1.67
H.W.L. +0.40	8.40	3.23	86.54	1.911	1.56
	7.40	3.37	81.80	1.911	1.77
L.W.L. ±0.00	8.00	3.28	84.71	1.911	1.64
	7.00	3.44	79.77	1.911	1.87

4)作用外力（最大波力）の算定

藻場礁に作用する外力は本章 1.3.2(3)に示す砕波の影響を受けない領域で波を考慮する場合（波と流れが混在しない場合）、式(2-1-11)～(2-1-15)により求める。

計算結果を表-1.8に示す。

表-1.8 作用外力の計算結果

	h	U_m	F_D	F_M	F
H.H.W.L. +0.85	8.85	1.49	5.815	17.044	17.044
	7.85	1.67	7.305	19.103	19.103
H.W.L. +0.40	8.40	1.56	6.375	17.845	17.845
	7.40	1.77	8.206	20.247	20.247
L.W.L. ±0.00	8.00	1.64	7.045	18.760	18.760
	7.00	1.87	9.160	21.391	21.391

ここに、

$$C_D : 1.05$$

$$C_{MA} : 1.0 < C_M = C_{MA} + 1 = 2.0$$

以上「参考図書 p.778 第15編第1章 2.4.2 安全性に関する照査 表 15-2-1」

参照。

以上の結果より作用外力 F が最も大きくなる L.W.L.時水深 $h=7.00m$ について安定検討を行う。

(5)安定検討

1)滑動

$$F_S = \frac{W \cdot \mu \left(1 - \frac{W_0}{\sigma_G}\right) \cos \theta - F_\mu \sin \theta}{W \left(1 - \frac{W_0}{\sigma_G}\right) \sin \theta + F \cos \theta}$$

$$= \frac{201.73 \times 0.6 \times \left(1 - \frac{10.1}{22.6}\right) \times \cos 1.91^\circ - 21.39 \times 0.6 \times \sin 1.91^\circ}{201.73 \times \left(1 - \frac{10.1}{22.6}\right) \sin 1.91^\circ + 21.39 \times \cos 1.91^\circ}$$

$$= \frac{66.91 - 0.43}{3.72 + 21.38} = \frac{66.48}{25.10} = 2.6 > 1.2$$

2)転倒

$$F_S = \frac{W \left(1 - \frac{W_0}{\rho_G}\right) \cos \theta - F \sin \theta \cdot l_V}{W \left(1 - \frac{W_G}{\sigma_G}\right) \sin \theta + F \cos \theta \cdot l_A}$$

$$= \frac{201.73 \times \left(1 - \frac{10.1}{22.6}\right) \times \cos 1.91^\circ - 21.39 \times \sin 1.91^\circ}{201.73 \times \left(1 - \frac{10.1}{22.6}\right) \times \sin 1.91^\circ + 21.39 \times \cos 1.91^\circ} \times \frac{1.37}{0.84}$$

$$= \frac{111.51 - 0.71}{3.72 + 21.38} \times \frac{1.37}{0.84} = \frac{110.80}{25.10} \times \frac{1.37}{0.84} = 7.2 > 1.2$$

よってBブロック 20t型は安定である。

1.4.4 碎波の影響を受けない領域で潮流が無視できない場合

図-1.9 に示す海域に藻場礁を用いた藻場造成を行う。敷設する藻場礁は、海藻の着生基盤を有したBブロックとする。

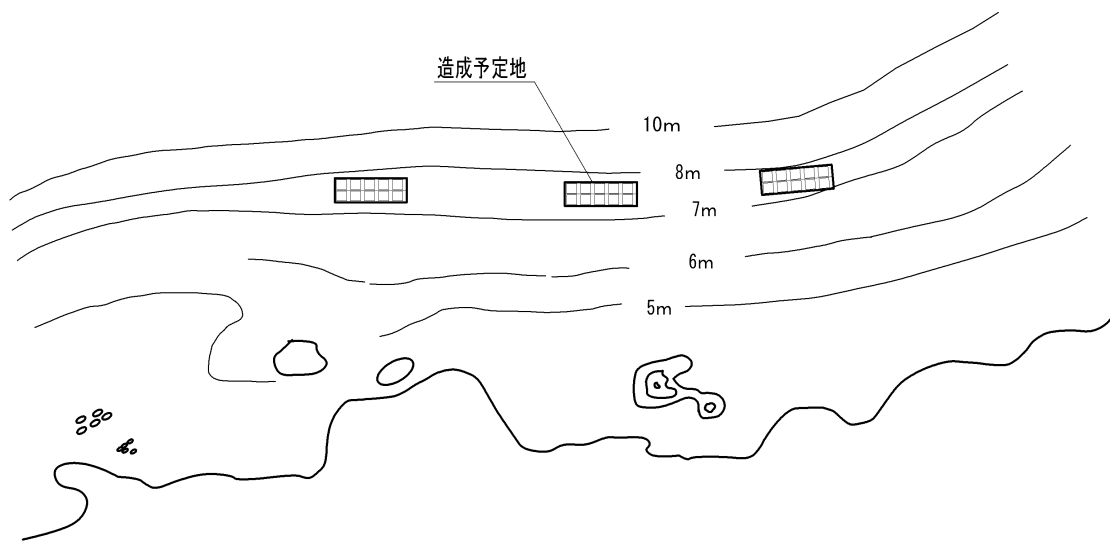


図-1.9 敷設位置図

(1)設計条件

1)設置条件

a)設置目的

- ・周辺に天然の藻場があり種は供給されるが、底質が砂礫のため海藻が着底できない海域に安定した藻場礁を設置することでホンダワラ類を中心としたガラモ場を造成する。
- ・藻場造成により、メバル等魚類の産卵・生育場となること。また、サザエ、アワビ等の底生魚介類の増産を図る。

b)設置規模

海域に30基設置

c)設置水深（地盤高）

G.L. -7.00m ~ -8.00m

d)海底勾配

1/30 ($\theta = 1.91^\circ$)

2)海象条件

a)潮位

H.H.W.L. +0.85m

H.W.L. +0.40m

L.W.L. ±0.00m

b)設計波

換算沖波 $H_0'=3.10m$

$T=10.1s$

$L_0'=159.14m$

c)潮流流速

$U_R=1.0knot=0.514 m/s$

流れとの交差角 $\theta=0^\circ$

3)その他条件

a)基盤地盤の地質

砂礫

b)使用ブロック

計画地点の底質は砂礫のため洗掘等により礁が沈下する可能性があるため、礁高が 1.5m 以上の基質を使用する。よって図-1.10 に示す Bブロック 20 t型を敷設する。

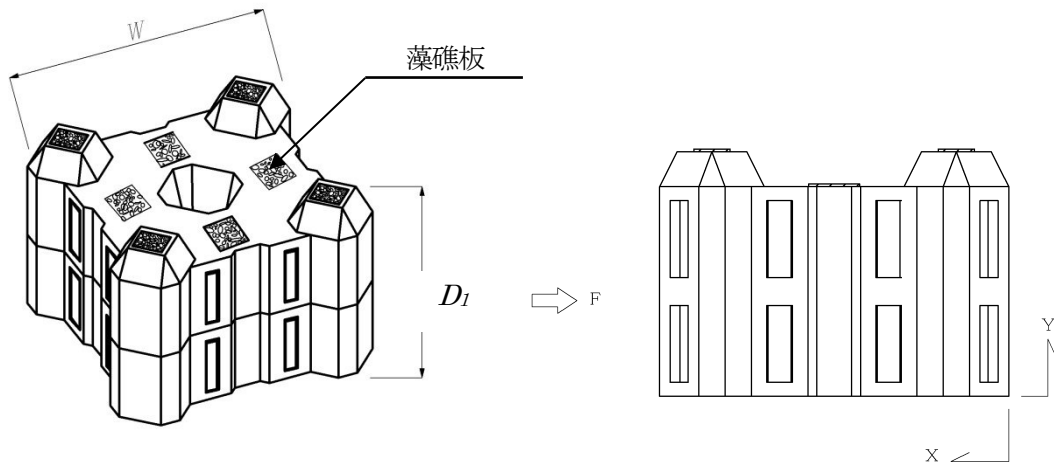


図-1-10 Bブロック

■ブロック諸元

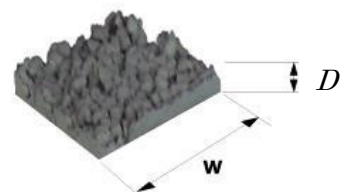
幅 W (m)	2.730
高さ D_1 (m)	1.911
公称質量 (t)	20
参考質量 (t)	20.53
体積 V (m^3)	8.926

■ブロック特性値

射影面積 $A(m^2)$		4.844
重心位置	X 方向(m)	1.37
	Y 方向(m)	0.84

■藻礁板諸元

サイズ	上面	脚上面
幅 W (m)	0.40	0.20
高さ D_2 (m)	0.06	0.06
参考質量(kg)	22	5



(2)設計流速の算定

1)砕波の影響を受ける領域か受けない領域かの判断

藻場礁を設置する位置が、砕波の影響を受ける領域か受けない領域か判定する。「参考図書 p.64 第2編第3章 3.5.3 不規則砕波を考慮した水深のみによる波高の変化」にある水深による波高変化の図表を用いる。結果を表-1.9 に示す。

表-1.9 領域の判定結果

潮位	h	H_0'/L_0	h/H_0'	領域	判定
H.H.W.L. +0.85	8.85	0.020	2.85	2%減衰線の右側の領域	砕波の影響を受けない
	7.85	0.020	2.53	2%減衰線の右側の領域	砕波の影響を受けない
H.W.L. +0.40	8.40	0.020	2.71	2%減衰線の右側の領域	砕波の影響を受けない
	7.40	0.020	2.39	2%減衰線の右側の領域	砕波の影響を受けない
L.W.L. ±0.00	8.00	0.020	2.58	2%減衰線の右側の領域	砕波の影響を受けない
	7.00	0.020	2.26	2%減衰線の右側の領域	砕波の影響を受けない

表に示すように今回の設置位置は2%の減衰線の右側となる。よって、砕波の影響を受けない領域と考えられる。

2)設計波高の算定

藻場礁を設置する位置での波浪は、「本章 1.4.4.(2)」に示すように、砕波の影響は受けない。よって設計波高は「参考図書 p.60 第2編第3章 3.5.2 浅水変形」にある浅水係数の算定図より浅水係数 K_S を求め以下に示す式より、設置位置での設計波高 $H_{1/3}$ を求める。

$$H_{1/3} = K_S H_0'$$

計算結果を表-1.10 に示す。

表-1.10 設計波高の計算結果

潮位	h	H_0'/L_0	h/L_0	K_S	$H_{1/3}$
H.H.W.L. +0.85	8.85	0.020	0.056	1.022	3.17
	7.85	0.020	0.049	1.063	3.30
H.W.L. +0.40	8.40	0.020	0.053	1.039	3.23
	7.40	0.020	0.046	1.087	3.37
L.W.L. ±0.00	8.00	0.020	0.050	1.056	3.28
	7.00	0.020	0.044	1.107	3.44

3)設計流速の算定

a)波動流速の算定

波動流速は、「本章 1.3.1(3) 設計流速の2) 砕波の影響を受けない領域」式(2-1-4)に示す式より求める。

計算結果を表-1.11 に示す。

表-1.11 波動流速の算定

潮位	H	$H_{1/3}$	L	D	U_m
H.H.W.L. +0.85	8.85	3.17	88.55	1.911	1.49
	7.85	3.30	84.01	1.911	1.67
H.W.L. +0.40	8.40	3.23	86.54	1.911	1.56
	7.40	3.37	81.80	1.911	1.77
L.W.L. ±0.00	8.00	3.28	84.71	1.911	1.64
	7.00	3.44	79.77	1.911	1.87

b)流れによる設計流速

流れによる設計流速は、「**本章 1.3.1(3)設計流速の2) 砕波の影響を受けない領域**」式(2-1-7)及び式(2-1-6)に示す式より求める。計算結果を表-1.12 に示す。

表-1.12 流れによる設計流速の計

潮位	$H(z)$	Z_R	$U_d(Z)$
H.H.W.L.	8.85	1.911	0.65
+0.85	7.85	1.911	0.66
H.W.L.	8.40	1.911	0.66
+0.40	7.40	1.911	0.67
L.W.L.	8.00	1.911	0.66
±0.00	7.00	1.911	0.67

4)作用外力の算定

藻場礁に作用する外力は「**本章 1.3.2(3)に示す砕波の影響を受けない領域で波を考慮する場合(波と流れが混在する場合)**」、式(2-1-16)により求める。なお、藻場礁に作用する外力が最大となる位相 θ を求め、最大の作用外力を求める。また最大となる位相 θ は「**漁港漁場の施設の設計の手引(2003年度版) p.676 第11編第2章 2.4.安定計算[留意事項](2)③波と流れが混在する場合**」を参考に求める。

位相差を考慮した最大の作用外力の計算結果を表-1.13 に示す。

表-1.12 計算結果

	h	$U_d(Z)$	U_m	$\sin \theta$	F_D	$\cos \theta$	F_M	F
H.H.W.L.	8.85	0.65	1.49	0.566	5.815	-0.824	17.044	19.885
+0.85	7.85	0.66	1.67	0.612	7.305	-0.791	19.103	22.521
H.W.L.	8.40	0.66	1.56	0.582	6.375	-0.813	17.845	20.948
+0.40	7.40	0.67	1.77	0.635	8.206	-0.773	20.247	24.081
L.W.L.	8.00	0.66	1.64	0.601	7.045	-0.799	18.760	22.683
±0.00	7.00	0.67	1.87	0.657	9.160	-0.754	21.391	25.571

ここに、

$$C_D : 1.05$$

$$C_{MA} : 1.0 < C_M = C_{MA} + 1 = 2.0$$

以上「**参考図書 p.778 第15編第1章 2.4.2 安全性に関する照査 表 15-2-1**」参照。

以上の結果より作用外力 F が最も大きくなるL.W.L.時水深 $h=7.00m$ について安定検討を行う。

(5)安定検討

1)滑動

$$F_s = \frac{W \cdot \mu \left(1 - \frac{W_0}{\sigma_G}\right) \cos \theta - F_\mu \sin \theta}{W \left(1 - \frac{W_0}{\sigma_G}\right) \sin \theta + F \cos \theta}$$

$$= \frac{201.73 \times 0.6 \times \left(1 - \frac{10.1}{22.6}\right) \times \cos 1.91^\circ - 25.57 \times 0.6 \times \sin 1.91^\circ}{201.73 \times \left(1 - \frac{10.1}{22.6}\right) \sin 1.91^\circ + 25.57 \times \cos 1.91^\circ}$$

$$= \frac{66.91 - 0.51}{3.72 + 25.56} = \frac{66.40}{29.28} = 2.2 > 1.2$$

2)転倒

$$F_s = \frac{W \left(1 - \frac{W_0}{\rho_G}\right) \cos \theta - F \sin \theta}{W \left(1 - \frac{W_0}{\rho_G}\right) \sin \theta + F \cos \theta} \frac{l_V}{l_A}$$

$$= \frac{201.73 \times \left(1 - \frac{10.1}{22.6}\right) \times \cos 1.91^\circ - 25.57 \times \sin 1.91^\circ}{201.73 \times \left(1 - \frac{10.1}{22.6}\right) \times \sin 1.91^\circ + 25.57 \times \cos 1.91^\circ} \times \frac{1.37}{0.84}$$

$$= \frac{111.51 - 0.85}{3.72 + 25.56} \times \frac{1.37}{0.84} = \frac{110.66}{29.28} \times \frac{1.37}{0.84} = 6.1 > 1.2$$

よって B ブロック 20 t 型は安定である。

1.6 参考文献

- 1) 社団法人全国漁港漁場協会：漁港・漁場の施設の設計の手引き(2003年版)
- 2) 国土交通省港湾局：海の自然再生ハンドブックその計画・技術・実践 第3巻藻場編
- 3) 水産庁：藻場資源消滅防止対策ガイドライン
- 4) 水産庁：磯焼け対策ガイドライン