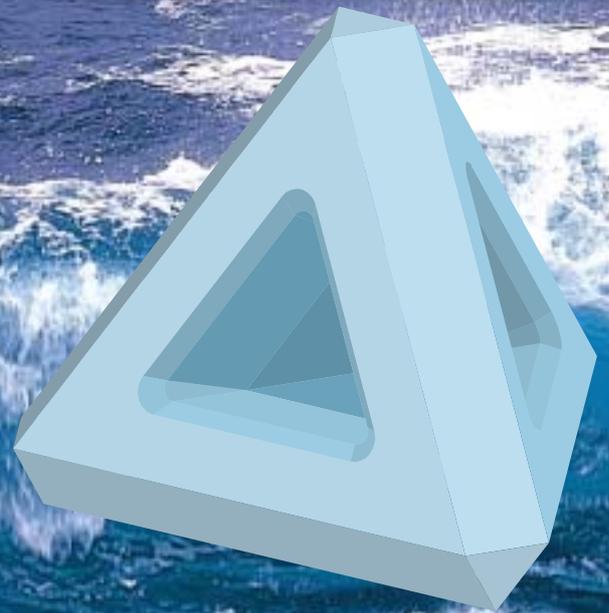




消波・根固ブロック
中空三角ブロック



株式会社 **チスイ**

Human & Ocean & Forest

人、海、森。全てに息づく生命の共存を使命として…

様々な生命を生み、育む、地球という惑星。その中に存在する海・森・大地から、私たち人類は誕生以来、水・食料・エネルギーそして大気まで、生きていく上で必要な数え切れない恩恵を受け続けています。私たちチスイは創業以来、消波・根固ブロックの企画・開発を生業とする海洋開発資材の専門メーカー。その消波・根固効果に対する信頼性の高さは私たちにとっての大きな誇りです。加えて、藻場造成機能、水生生物等の蛸集効果や生息場所の提供という付加価値により、自然環境と調和した事業に従事できる事もかけがえない喜びとなっています。21世紀以降、永きに亘り全ての命を受け継がせる為、人は森を守り、海を守り、そして人そのものをも守るという良好な関係を維持しなければなりません。これからも私たちは生物の多様性に配慮した消波・根固ブロックの提供、そして工法の開発に尽力いたします。全てに息づく生命の共存を使命として……。

CONTENTS

1. 形状・寸法 …… 1
2. 乱積工法 …… 2
3. 層積工法 …… 3
4. 所要質量 …… 8
5. 施工写真集 …… 10
6. 自然との調和 …… 17
7. 型枠関係 …… 19
8. 施工編 …… 20

特 長

- 消波効果大きい。 ブロック内部に有する空隙が、大きく一定であるため、一体構造物としての空隙が均等に分散しており、波浪及び流水エネルギーを大きく減殺します。
- 安定性が大きい。 単体としての重心が低く、またブロック相互のかみ合わせが良いので、安定性に優れています。
- 施工が容易である。 ブロックの製作・施工が比較的簡単で、仕上がりが美しく、また中空部にワイヤーを通すことにより、仮置や移設、各種据付に対して安全・簡単に作業ができます。
- 強度が大きい。 6つの部材の両端が固定されたラーメン構造であり、他の構造形式のブロックに比べ、衝撃等、外力に対して丈夫です。
- 自然にやさしい。 さかなや貝類等水生生物の蛸集効果に優れたブロックです。

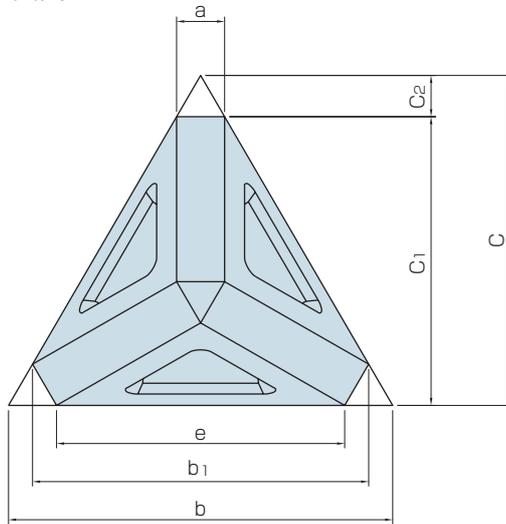
- 港湾・漁港工事 防波堤工、防砂堤工、防波堤・防波護岸の消波工及び根固工等
- 海岸工事 堤防・護岸等の消波工及び根固工、海岸突堤工、防砂堤工、離岸堤工、潜堤工、導流堤工、天然海岸の侵食対策工、養浜保全工、環境整備工、消波堤工、人工リーフ工等
- 埋立・干拓工事 埋立護岸・干拓堤防等の消波工及び根固工等
- 河川工事 堤防・護岸等の根固工、水制工、床固工、水叩工、導流堤工等
- 砂防・ダム工事 堰堤の護床工、護岸根固工、床固工、水叩工等
- 取水工事 河口堰・頭首工の護床工、護岸根固工等
- 鉄道・道路工事 橋脚根固工、海岸・河川沿いの鉄道・道路の護岸消波工及び根固工、法面保護工等
- 漁場開発工事 増殖場・養殖場造成等の消波堤工・潜堤工、藻場造成礁、着定基質工、囲い礁、魚礁設置工等

1. 形状・寸法

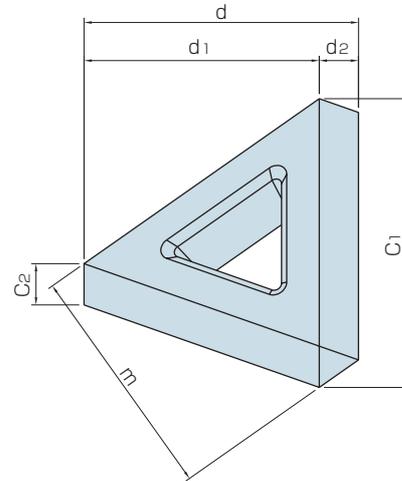


図 - 1 中空三角ブロックの形状

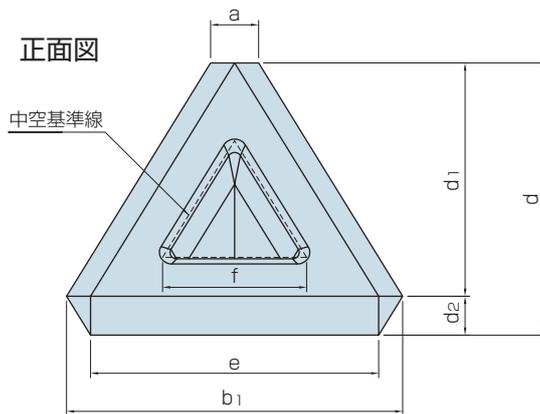
平面図



側面図



正面図



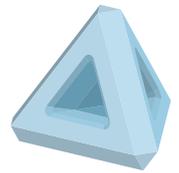
a = 基準寸法

$$\begin{aligned}
 b &= 8 \cdot a & b_1 &= 7 \cdot a \\
 c &= 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot a & c_1 &= 7 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot a & c_2 &= \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot a \\
 d &= 7 \cdot \frac{\sqrt{6}}{3} \cdot a & d_1 &= 2 \cdot \sqrt{6} \cdot a & d_2 &= \frac{\sqrt{6}}{3} \cdot a \\
 e &= 6 \cdot a \\
 f &= 3.0 \cdot a \text{ (0.5t~30t型)} \\
 f &= 2.7 \cdot a \text{ (35t~50t型)} \\
 f &= 2.4 \cdot a \text{ (60t・80t型)} \\
 m &= 7 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot a
 \end{aligned}$$

表 - 1 中空三角ブロックの諸元表

型式 (ton)	コンクリート体積 (m ³)	型枠面積 (m ²)	実質量 (2.3t/m ³)	寸 法 (単位: m)											
				a	b	b ₁	c	c ₁	c ₂	d	d ₁	d ₂	e	f	m
0.5	0.214	2.91	0.492	0.160	1.280	1.120	1.108	0.970	0.138	0.914	0.784	0.130	0.960	0.480	0.791
1	0.431	4.64	0.991	0.202	1.616	1.414	1.399	1.224	0.175	1.154	0.989	0.165	1.212	0.606	0.999
1.5	0.659	6.17	1.516	0.232	1.856	1.624	1.607	1.406	0.201	1.325	1.136	0.189	1.392	0.696	1.148
2	0.870	7.40	2.001	0.255	2.040	1.785	1.766	1.546	0.220	1.457	1.249	0.208	1.530	0.765	1.262
3	1.295	9.64	2.979	0.291	2.328	2.037	2.016	1.764	0.252	1.663	1.426	0.237	1.746	0.873	1.440
4	1.735	11.72	3.991	0.321	2.568	2.247	2.223	1.945	0.278	1.834	1.572	0.262	1.926	0.963	1.588
5	2.176	13.63	5.005	0.346	2.768	2.422	2.397	2.097	0.300	1.977	1.695	0.282	2.076	1.038	1.712
6	2.596	15.34	5.971	0.367	2.936	2.569	2.542	2.225	0.317	2.097	1.798	0.299	2.202	1.101	1.816
8	3.461	18.58	7.960	0.404	3.232	2.828	2.798	2.449	0.349	2.309	1.979	0.330	2.424	1.212	1.999
10	4.321	21.55	9.938	0.435	3.480	3.045	3.013	2.637	0.376	2.486	2.131	0.355	2.610	1.305	2.153
12	5.213	24.42	11.990	0.463	3.704	3.241	3.207	2.806	0.401	2.646	2.268	0.378	2.778	1.389	2.291
15	6.485	28.24	14.916	0.498	3.984	3.486	3.450	3.019	0.431	2.846	2.440	0.406	2.988	1.494	2.464
20	8.639	34.19	19.870	0.548	4.384	3.836	3.796	3.322	0.474	3.132	2.685	0.447	3.288	1.644	2.712
25	10.765	39.58	24.760	0.590	4.720	4.130	4.087	3.576	0.511	3.372	2.890	0.482	3.540	1.770	2.920
30	13.114	49.07	30.162	0.630	5.040	4.410	4.364	3.819	0.545	3.600	3.086	0.514	3.780	1.890	3.118
35	15.378	52.18	35.369	0.650	5.200	4.550	4.503	3.940	0.563	3.715	3.184	0.531	3.900	1.755	3.217
40	17.616	57.15	40.517	0.680	5.440	4.760	4.711	4.122	0.589	3.886	3.331	0.555	4.080	1.836	3.365
50	21.575	64.47	49.623	0.725	5.800	5.075	5.022	4.395	0.627	4.143	3.551	0.592	4.350	1.957	3.588
60	27.047	72.31	62.208	0.770	6.160	5.390	5.334	4.668	0.666	4.400	3.772	0.628	4.620	1.848	3.811
80	35.152	86.17	80.850	0.840	6.720	5.880	5.819	5.092	0.727	4.800	4.115	0.685	5.040	2.016	4.157

2. 乱積工法

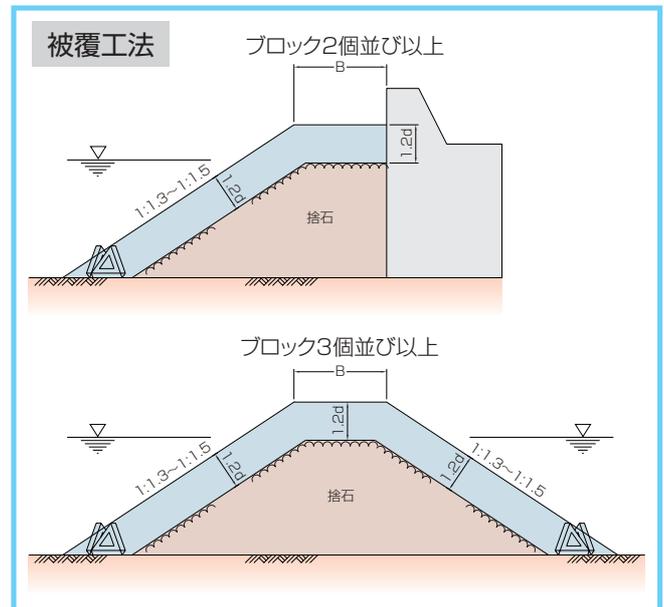
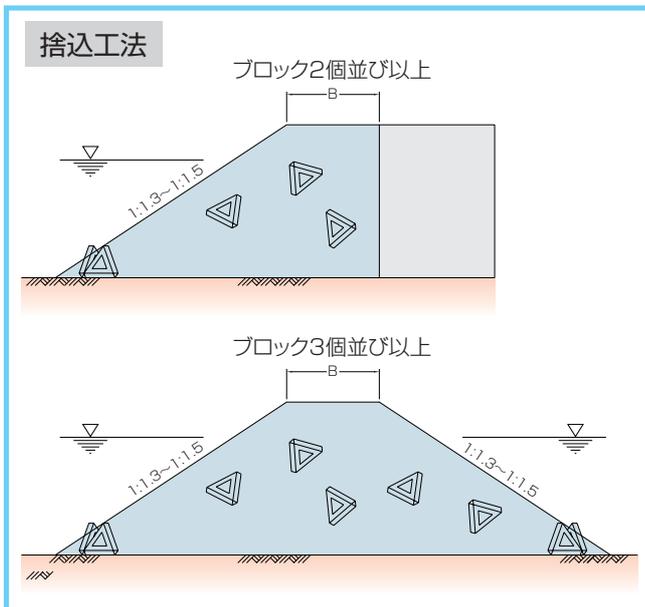


岩手県 重茂漁港 40t



兵庫県 神戸空港 15t

図 - 2 捨込工法と被覆工法



個数計算

$$N = \frac{V(1-\alpha)}{v}$$

N : 所要個数 (個)
 V : 施工体積 (空 m^3)
 v : ブロック1個のコンクリート体積 (m^3 /個)
 α : 空隙率 (55%)

表 - 2 中空三角ブロックの天端幅

(単位 : m)

型式 (ton)	0.5	1	1.5	2	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25	30	35	40	50	60	80
天端2個並び	1.40	1.80	2.00	2.20	2.50	2.80	3.00	3.20	3.50	3.80	4.00	4.30	4.70	5.10	5.40	5.60	5.90	6.30	6.60	7.20
天端3個並び	2.30	2.90	3.40	3.70	4.20	4.60	5.00	5.30	5.80	6.30	6.70	7.20	7.90	8.50	9.00	9.30	9.80	10.40	11.00	12.00
天端4個並び	3.20	4.10	4.70	5.10	5.90	6.50	7.00	7.40	8.10	8.70	9.30	10.00	11.00	11.80	12.60	13.00	13.60	14.50	15.40	16.80

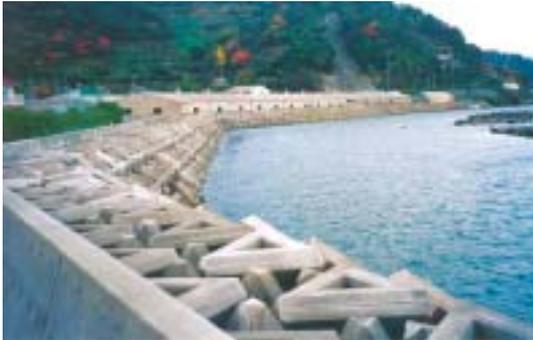
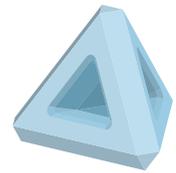
標準天端幅の一般式 $B = (n-0.5) \cdot \frac{7\sqrt{6}}{3} \cdot a$ n : 天端の並び個数 a : 中空三角の基準寸法

表 - 3 中空三角ブロックの層厚寸法表 (被覆工法)

(単位 : m)

型式 (ton)	0.5	1	1.5	2	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25	30	35	40	50	60	80
層厚 1.2d	1.10	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.50	2.80	3.00	3.20	3.40	3.80	4.00	4.30	4.50	4.70	5.00	5.30	5.80

3. 層積工法 (二層積工法・二面張)



山口県 徳山下松港 2t



鹿児島県 垂水海岸 2t

個数計算

$$N = N_1 \cdot N_2$$

$$N_1 = \frac{L}{b}$$

$$N_2 = 3M + 1 + (\text{根おさえブロック}) + (\text{逆さブロック})$$

- N : 所要個数 (個)
- L : 施工延長 (m)
- b : ブロック1個の長さで表-4に示す (m)
- N₁ : 列数 (列) (整数にして下さい)
- N₂ : b (m) 当りのブロックの個数 (個)
- M : M = n₁ + n₂
- n₁ : 法面に並ぶブロック列数 (列)
- n₂ : 天端に並ぶブロック列数 (列)
- (図-3では、M = 4 + 2 = 6)

根おさえブロックの個数 逆さブロックの個数
 b (m) 当り b (m) 当り…1個
 根おさえ1列…2個 (図-3)

表 - 4 中空三角ブロックの長さ・幅・高さ

(単位 : m)

型式 (ton)	0.5	1	1.5	2	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25	30	35	40	50	60	80
長さ : b	1.28	1.61	1.85	2.04	2.32	2.56	2.76	2.93	3.23	3.48	3.70	3.98	4.38	4.72	5.04	5.20	5.44	5.80	6.16	6.72
幅 : c	1.10	1.40	1.60	1.76	2.01	2.22	2.39	2.54	2.80	3.01	3.20	3.45	3.79	4.08	4.36	4.50	4.71	5.02	5.33	5.81
高さ : d	0.91	1.15	1.32	1.45	1.66	1.83	1.97	2.09	2.30	2.48	2.64	2.84	3.13	3.37	3.60	3.71	3.88	4.14	4.40	4.80

表 - 5 中空三角ブロックの天端幅寸法表 (逆さブロックA,Bを使用しない場合)

(単位 : m)

型式 (ton)	天端上段2個並び		天端上段3個並び		天端上段4個並び	
	B	B'	B	B'	B	B'
0.5	2.30	2.60	3.40	3.70	4.50	4.80
1	2.90	3.30	4.30	4.70	5.70	6.10
1.5	3.30	3.80	5.00	5.40	6.60	7.00
2	3.70	4.10	5.40	5.90	7.20	7.70
3	4.20	4.70	6.20	6.70	8.20	8.70
4	4.60	5.20	6.90	7.40	9.10	9.60
5	5.00	5.60	7.40	8.00	9.80	10.40
6	5.30	5.90	7.80	8.50	10.40	11.00
8	5.80	6.50	8.60	9.30	11.40	12.10
10	6.30	7.00	9.30	10.00	12.30	13.10
12	6.70	7.50	9.90	10.70	13.10	13.90
15	7.20	8.10	10.60	11.50	14.10	15.00
20	7.90	8.90	11.70	12.70	15.50	16.50
25	8.50	9.50	12.60	13.60	16.70	17.70
30	9.10	10.20	13.50	14.60	17.80	18.90
35	9.40	10.50	13.90	15.00	18.40	19.50
40	9.80	11.00	14.50	15.70	19.20	20.40
50	10.50	11.70	15.50	16.70	20.50	21.80
60	11.10	12.50	16.40	17.80	21.80	23.10
80	12.10	13.60	17.90	19.40	23.80	25.20

3. 層積工法 (二層積工法・二面張)



図 - 3 二層・二面張配列図

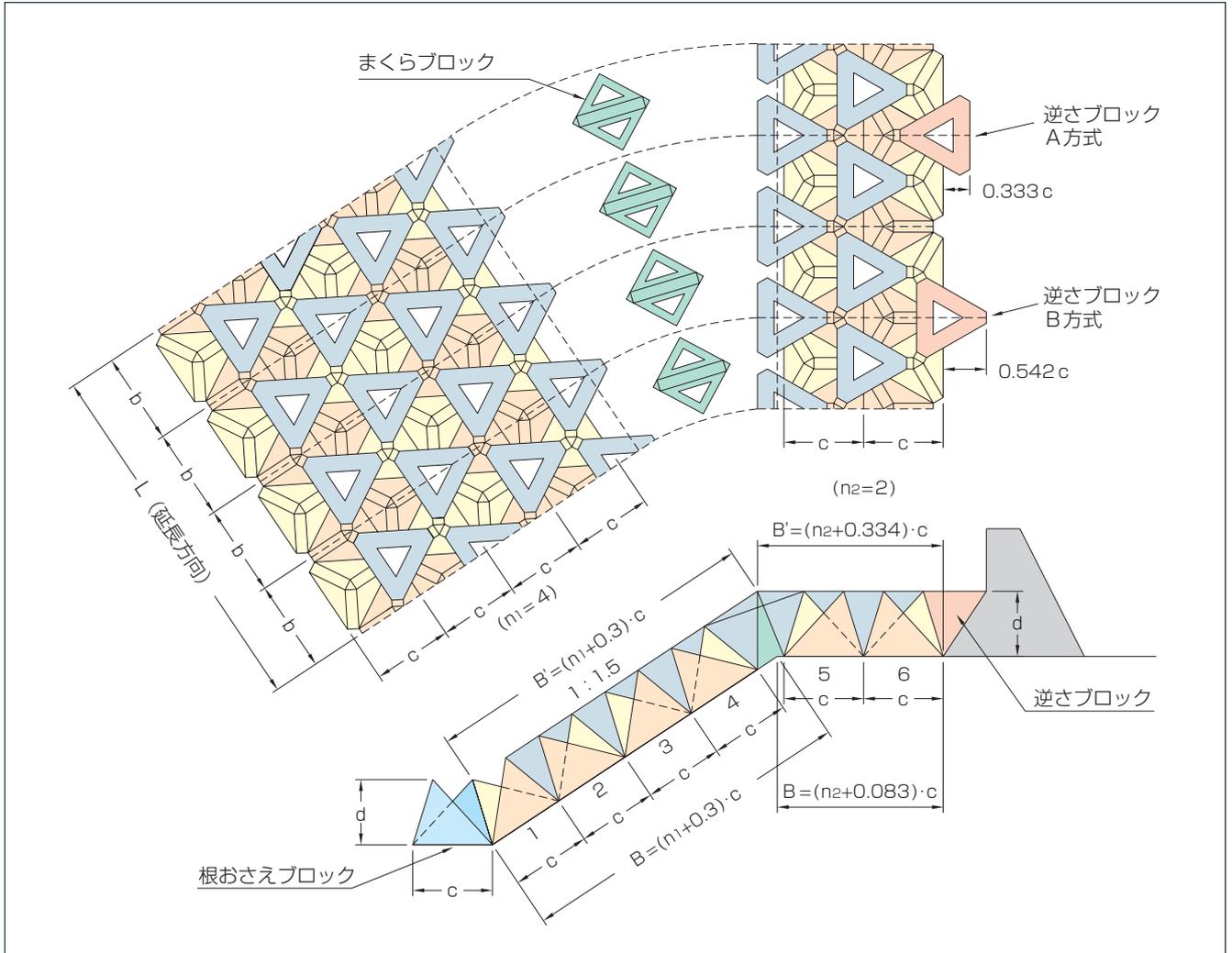


表 - 6 中空三角ブロックの法長寸法表

(単位: m)

型式 (ton)	法長寸法 (B=B')				
	n=1列	n=2列	n=3列	n=4列	n=5列
0.5	1.40	2.50	3.60	4.70	5.80
1	1.80	3.20	4.60	6.00	7.40
1.5	2.00	3.60	5.30	6.90	8.50
2	2.20	4.00	5.80	7.50	9.30
3	2.60	4.60	6.60	8.60	10.60
4	2.80	5.10	7.30	9.50	11.70
5	3.10	5.50	7.90	10.30	12.70
6	3.30	5.80	8.30	10.90	13.40
8	3.60	6.40	9.20	12.00	14.80
10	3.90	6.90	9.90	12.90	15.90
12	4.10	7.30	10.50	13.70	17.00
15	4.40	7.90	11.30	14.80	18.20
20	4.90	8.70	12.50	16.30	20.10
25	5.30	9.40	13.40	17.50	21.60
30	5.60	10.00	14.40	18.70	23.10
35	5.80	10.30	14.80	19.30	23.80
40	6.10	10.80	15.50	20.20	24.90
50	6.50	11.50	16.50	21.50	26.60
60	6.90	12.20	17.60	22.90	28.20
80	7.50	13.30	19.20	25.00	30.80

3. 層積工法 (二層積工法・三面張)



岩手県 門の浜漁港 4t



山口県 深川港 4t

個数計算

$$N = N_1 \cdot N_2$$

$$N_1 = \frac{L}{b}$$

$$N_2 = 3M + 3 + (\text{根おさえブロック})$$

N : 所要個数 (個)

L : 施工延長 (m)

b : ブロック1個の長さで表-7に示す (m)

N₁ : 列数 (列) (整数にして下さい)

N₂ : b (m) 当りのブロックの個数 (個)

M : $M = n_1 + n_2 + n_3$

n₁ : 表法面に並ぶブロック列数 (列)

n₂ : 天端面に並ぶブロック列数 (列)

n₃ : 裏法面に並ぶブロック列数 (列)

(図-4では、 $M = 4 + 2 + 4 = 10$)

根おさえブロックの個数

b (m) 当り

根おさえ1列…4個 (図-4)

表 - 7 中空三角ブロックの長さ・幅・高さ

(単位 : m)

型式 (ton)	0.5	1	1.5	2	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25	30	35	40	50	60	80
長さ : b	1.28	1.61	1.85	2.04	2.32	2.56	2.76	2.93	3.23	3.48	3.70	3.98	4.38	4.72	5.04	5.20	5.44	5.80	6.16	6.72
幅 : c	1.10	1.40	1.60	1.76	2.01	2.22	2.39	2.54	2.80	3.01	3.20	3.45	3.79	4.08	4.36	4.50	4.71	5.02	5.33	5.81
高さ : d	0.91	1.15	1.32	1.45	1.66	1.83	1.97	2.09	2.30	2.48	2.64	2.84	3.13	3.37	3.60	3.71	3.88	4.14	4.40	4.80

表 - 8 中空三角ブロックの天端幅寸法表

(単位 : m)

型式 (ton)	天端上段2個並び		天端上段3個並び		天端上段4個並び	
	B	B'	B	B'	B	B'
0.5	1.30	1.80	2.40	2.90	3.50	4.10
1	1.60	2.30	3.00	3.70	4.40	5.10
1.5	1.90	2.70	3.50	4.30	5.10	5.90
2	2.10	2.90	3.80	4.70	5.60	6.50
3	2.40	3.40	4.40	5.40	6.40	7.40
4	2.60	3.70	4.80	5.90	7.00	8.20
5	2.80	4.00	5.20	6.40	7.60	8.80
6	3.00	4.20	5.50	6.80	8.10	9.30
8	3.30	4.70	6.10	7.50	8.90	10.30
10	3.50	5.00	6.50	8.00	9.50	11.10
12	3.70	5.30	6.90	8.60	10.20	11.80
15	4.00	5.80	7.50	9.20	10.90	12.60
20	4.40	6.30	8.20	10.10	12.00	13.90
25	4.80	6.80	8.90	10.90	12.90	15.00
30	5.10	7.30	9.50	11.60	13.80	16.00
35	5.30	7.50	9.80	12.00	14.30	16.50
40	5.50	7.90	10.20	12.60	14.90	17.30
50	5.90	8.40	10.90	13.40	15.90	18.40
60	6.20	8.90	11.60	14.20	16.90	19.60
80	6.80	9.70	12.60	15.50	18.40	21.30

3. 層積工法 (二層積工法・三面張)

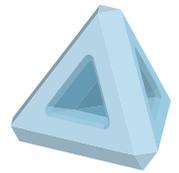


図 - 4 二層・三面張配列図

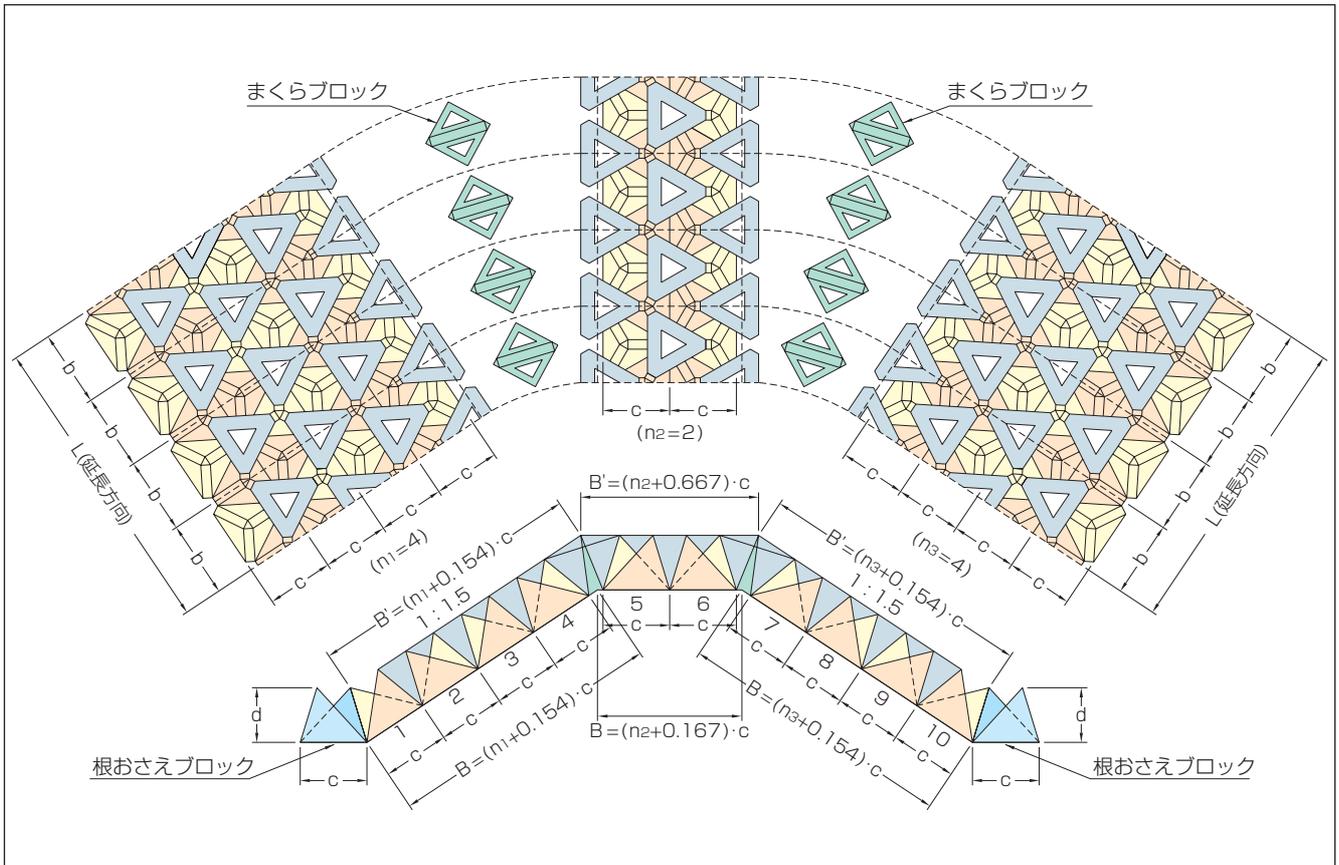


表 - 9 中空三角ブロックの法長寸法表

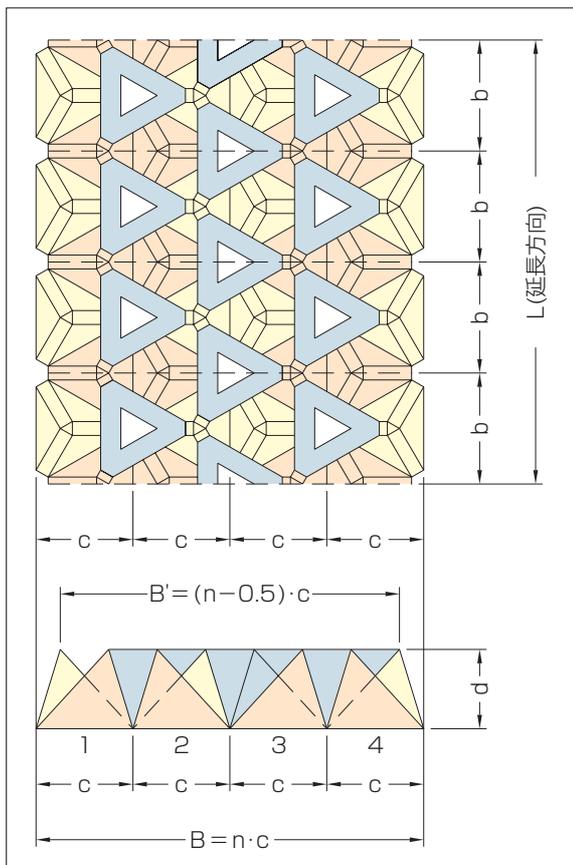
(単位 : m)

型式 (ton)	法長寸法 (B = B')				
	n=1列	n=2列	n=3列	n=4列	n=5列
0.5	1.30	2.40	3.50	4.60	5.70
1	1.60	3.00	4.40	5.80	7.20
1.5	1.90	3.50	5.10	6.70	8.30
2	2.00	3.80	5.60	7.30	9.10
3	2.30	4.30	6.40	8.40	10.40
4	2.60	4.80	7.00	9.20	11.50
5	2.80	5.10	7.60	10.00	12.40
6	2.90	5.50	8.00	10.60	13.10
8	3.20	6.00	8.80	11.60	14.40
10	3.50	6.50	9.50	12.50	15.50
12	3.70	6.90	10.10	13.30	16.50
15	4.00	7.40	10.90	14.30	17.80
20	4.40	8.20	12.00	15.80	19.60
25	4.70	8.80	12.90	17.00	21.10
30	5.00	9.40	13.80	18.10	22.50
35	5.20	9.70	14.20	18.70	23.20
40	5.40	10.10	14.90	19.60	24.30
50	5.80	10.80	15.80	20.90	25.90
60	6.20	11.50	16.80	22.20	27.50
80	6.70	12.50	18.40	24.20	30.00

3. 層積工法 (二層積工法・一面張)



図 - 5 二層・一面張配列図



個数計算

$$N = N_1 \cdot N_2$$

$$N_1 = \frac{L}{b}$$

$$N_2 = 3M - 1$$

- N : 所要個数 (個)
- L : 施工延長 (m)
- b : ブロック1個の長さで表-10に示す (m)
- N₁ : 列数 (列) (整数にして下さい)
- N₂ : b (m) 当りのブロックの個数 (個)
- M : M = n
- n : 断面に並ぶブロック列数 (列)
(図-5では、n = 4)



茨城県 波崎海岸 4t



宮城県 松川 4t

表 - 10 中空三角ブロックの長さ・幅・高さ

(単位 : m)

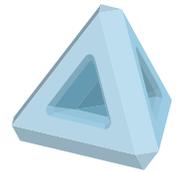
型式 (ton)	0.5	1	1.5	2	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25	30	35	40	50	60	80
長さ : b	1.28	1.61	1.85	2.04	2.32	2.56	2.76	2.93	3.23	3.48	3.70	3.98	4.38	4.72	5.04	5.20	5.44	5.80	6.16	6.72
幅 : c	1.10	1.40	1.60	1.76	2.01	2.22	2.39	2.54	2.80	3.01	3.20	3.45	3.79	4.08	4.36	4.50	4.71	5.02	5.33	5.81
高さ : d	0.91	1.15	1.32	1.45	1.66	1.83	1.97	2.09	2.30	2.48	2.64	2.84	3.13	3.37	3.60	3.71	3.88	4.14	4.40	4.80

表 - 11 中空三角ブロックの敷幅寸法表

(単位 : m)

型式 (ton)	n=2の場合		n=3の場合		n=4の場合		n=5の場合	
	B	B'	B	B'	B	B'	B	B'
0.5	2.20	1.70	3.30	2.80	4.40	3.90	5.50	5.00
1	2.80	2.10	4.20	3.50	5.60	4.90	7.00	6.30
1.5	3.20	2.40	4.80	4.00	6.40	5.60	8.00	7.20
2	3.50	2.60	5.30	4.40	7.00	6.20	8.80	7.90
3	4.00	3.00	6.00	5.00	8.00	7.00	10.10	9.00
4	4.40	3.30	6.70	5.60	8.90	7.80	11.10	10.00
5	4.80	3.60	7.20	6.00	9.60	8.40	12.00	10.80
6	5.10	3.80	7.60	6.40	10.20	8.90	12.70	11.40
8	5.60	4.20	8.40	7.00	11.20	9.80	14.00	12.60
10	6.00	4.50	9.00	7.50	12.00	10.50	15.10	13.50
12	6.40	4.80	9.60	8.00	12.80	11.20	16.00	14.40
15	6.90	5.20	10.40	8.60	13.80	12.10	17.30	15.50
20	7.60	5.70	11.40	9.50	15.20	13.30	19.00	17.10
25	8.20	6.10	12.20	10.20	16.30	14.30	20.40	18.40
30	8.70	6.50	13.10	10.90	17.40	15.30	21.80	19.60
35	9.00	6.80	13.50	11.30	18.00	15.80	22.50	20.30
40	9.40	7.10	14.10	11.80	18.80	16.50	23.60	21.20
50	10.00	7.50	15.10	12.60	20.10	17.60	25.10	22.60
60	10.70	8.00	16.00	13.30	21.30	18.70	26.70	24.00
80	11.60	8.70	17.40	14.50	23.20	20.30	29.10	26.10

4. 所要質量 (港湾・漁港・海岸)



波力を受ける傾斜構造物の表法面を被覆するコンクリートブロックの所要質量は、ハドソン式により算定します。

$$W = \frac{\rho_r \cdot H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \alpha}$$

ここに

W：所要質量 (t)

ρ_r ：コンクリートの密度 (2.3 t/m³)

S_r：コンクリートの海水に対する比重

$$S_r = \frac{\rho_r}{\rho_w}$$

ρ_w ：海水の密度 (1.03 t/m³)

α ：斜面が水平となす角 (°)

H：設計波高 (m)

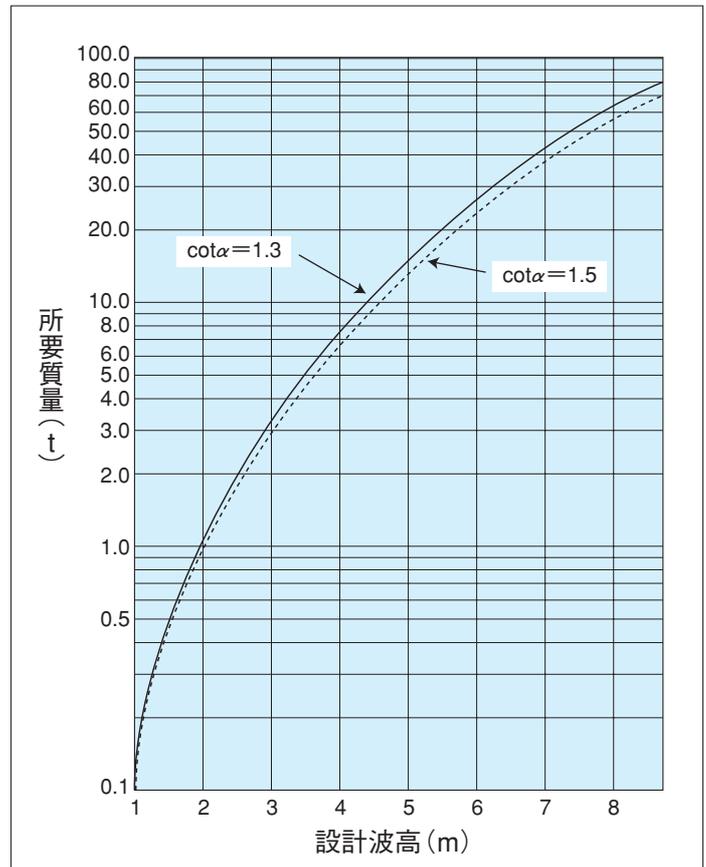
K_D：安定係数

表 - 12 K_Dの値

条 件	K _D
砕波の場合	7.6

なお、上表のK_Dの値は堤幹部の場合のものである。堤頭部や突出部では、堤幹部の1.5倍以上の質量のブロックを使用して下さい。

図 - 6 中空三角ブロック所要質量算定図



(参 考)

近年、防波堤の大水深化が進み、必要質量が80tを超える場合があります。その場合、高比重コンクリートを採用する例が増えております。

県 名	施工年度	事 業 名	使用型枠	コンクリートの密度 (t/m ³)	ブロック質量 (t)
高知県	平成 3 年	窪 津 漁 港	80t型	2.55	89.6
鹿児島県	平成 6 年	蘭牟田漁港	60t型	2.60	70.3
長崎県	平成 7 年	長 崎 漁 港	80t型	2.60	91.4
〃	平成14年	〃	〃	2.65	93.2
岩手県	平成 8 年	田 老 漁 港	60t型	2.55	69.0
北海道	平成 8 年	上浦(都)漁港	60t型	2.45	66.3
長崎県	平成11年	式 見 漁 港	80t型	2.65	93.2
〃	〃	〃	〃	2.90	101.9
北海道	平成12年	古 部 漁 港	20t型	2.59	22.4
熊本県	平成12年	大 江 漁 港	80t型	2.55	89.6
高知県	平成12年	沖の島漁港	80t型	2.55	89.6
北海道	平成14年	汐 吹 漁 港	80t型	2.50	87.9

4. 所要質量 (河川・砂防)



河川における中空三角ブロックの質量算定には、近傍の類似箇所での施工実績や、現地周辺の河床土質や河床勾配、また計算による方法等を考慮して決めて下さい。

表 - 13 河床土質による分類

河床土質	ブロック質量 (t)
小砂利交り土砂	0.5~2
砂利交り土砂	1~2
栗石交り土砂	1~3
玉石 (径30cm以下) 交り土砂	2~4
転石 (径50cm以下) 交り土砂	4~6
巨石 (径50cm以上) 交り土砂	6以上

表 - 14 河床勾配による分類

河床勾配	ブロック質量 (t)
1/1,500以下	0.5~2
1/1,500~1/1,000	1~3
1/1,000~1/500	2~4
1/500~1/100	4~6
1/100以上	6以上

表 - 15 根固工の施工幅と質量

	高水時断面平均流速		
	2m/s未満	2~4m/s未満	4m/s以上
ブロック質量	0.5~2t	1~4t	2t以上
根固工の天端幅	2~10m	4~12m	6m以上

(注) 1. ブロックの質量は川幅の小さい場合は小さい値を採用する。
2. 乱積の場合の法勾配は標準的に1:1.5である。(災害手帳より)

流れに対する中空三角ブロックの所要質量 (改訂版砂防設計公式集P136~137より)

ア. 滑動に対する安定

$$R/P \geq n$$

$$P = C_D \cdot W_0 \cdot \varepsilon \cdot A \cdot v^2 / 2g$$

$$R = f \cdot W_b$$

$$W_b = (1 - W_0/W_c) \cdot W \cdot K$$

P: ブロックに作用する動水圧 (t)

n: 安全率 (一般に1.0~1.5程度)

R: ブロックの抵抗力 (t)

C_D: 動水圧係数 (一般に1.0を用いることが多い)

W₀: 流水の密度 (t/m³)

ε: 遮へい係数 (単体: 1、群体: 0.35~0.40)

A: 投影面積 (群体の場合は全体の高さ×幅) (m²)

v: 流水の速度 (m/sec)

g: 重力の加速度 (m/sec²)

f: 抵抗係数 (摩擦係数、一般に0.8)

W_b: 水中におけるブロック質量 (t)

W_c: ブロックの空中密度 (t/m³)

W: ブロックの空中質量 (t)

K: ブロックの個数

イ. 転倒に対する安定

$$XW_b > YP$$

X: ブロックの支点から重心までの水平距離 (m)

Y: ブロックの支点から重心までの鉛直距離 (m)

図 - 7 流水方向別の平面図・側面図

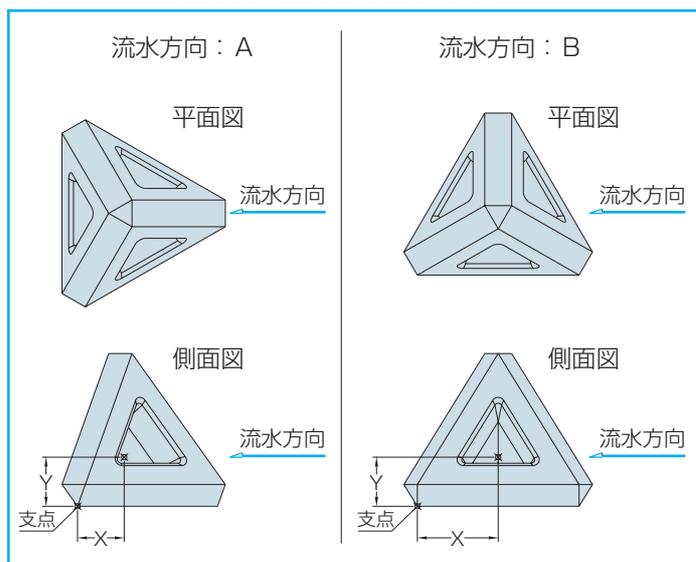


表 - 16 投影面積及び重心までの距離 (流水方向: A)

型式 (t)	0.5	1	1.5	2	3	4	5	6	8	10
W (t)	0.492	0.991	1.516	2.001	2.979	3.991	5.005	5.971	7.960	9.938
A (m ²)	0.53	0.84	1.11	1.34	1.75	2.13	2.48	2.79	3.38	3.91
X (m)	0.28	0.35	0.40	0.44	0.50	0.56	0.60	0.64	0.70	0.75
Y (m)	0.29	0.37	0.43	0.47	0.53	0.59	0.64	0.67	0.74	0.80

$$(A=20.68a^2, X=1.732a, Y=1.837a)$$

表 - 17 投影面積及び重心までの距離 (流水方向: B)

型式 (t)	0.5	1	1.5	2	3	4	5	6	8	10
W (t)	0.492	0.991	1.516	2.001	2.979	3.991	5.005	5.971	7.960	9.938
A (m ²)	0.64	1.02	1.34	1.62	2.11	2.57	2.98	3.35	4.06	4.71
X (m)	0.48	0.61	0.70	0.77	0.87	0.96	1.04	1.10	1.21	1.31
Y (m)	0.29	0.37	0.43	0.47	0.53	0.59	0.64	0.67	0.74	0.80

$$(A=24.90a^2, X=3.000a, Y=1.837a)$$

5. 施工写真集 (河川)



5. 施工写真集 (港湾・漁港・海岸)



北海道 沓形港 20t



北海道 江差港 4t,8t



青森県 大畑漁港 15t



青森県 佐井漁港 5t



岩手県 田老漁港 60t



岩手県 重茂漁港 40t



岩手県 六ヶ浦海岸 20t



秋田県 秋田海岸 5t

5. 施工写真集

(港湾・漁港・海岸)



新潟県 小木港 4t



新潟県 稲鯨漁港 10t



新潟県 名立漁港 15t



新潟県 佐渡一周線 25t



宮城県 深沼海岸 12t



福島県 四倉海岸 15t



千葉県 外川漁港 60t



茨城県 水木漁港 2t

5. 施工写真集 (港湾・漁港・海岸)



東京都 伊豆大島 岡田漁港 12t,20t



神奈川県 長井漁港 8t



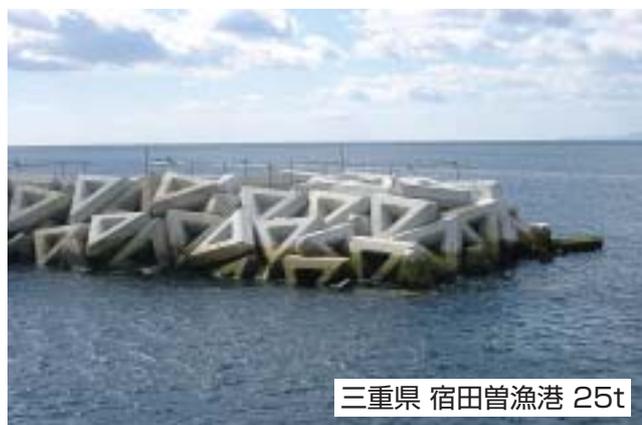
静岡県 稲取漁港 40t,60t



愛知県 野田海岸 2t



三重県 阿曾浦漁港 60t



三重県 宿田曾漁港 25t



和歌山県 潮ノ岬周遊線 12t



広島県 大地蔵漁港 5t

5. 施工写真集

(港湾・漁港・海岸)



5. 施工写真集 (港湾・漁港・海岸)



島根県 仁万漁港 80t



鳥取県 夏泊漁港 10t



山口県 三見漁港 40,50t



山口県 徳山下松港 4t



福岡県 新宮漁港 25t



福岡県 苅田港 10t



佐賀県 竹崎漁港 3t



大分県 保戸島地区消波堤 6t

5. 施工写真集

(港湾・漁港・海岸)



長崎県 式見漁港 80t



長崎県 福江港 10t



宮崎県 古江港 1.5t



宮崎県 青島漁港 60t



熊本県 牛深漁港 15t



熊本県 大江漁港 35t,60t,80t

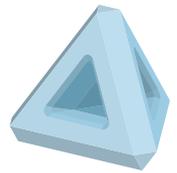


鹿児島県 蘭牟田漁港 30t,60t,80t



鹿児島県 黒之浜港 25t

6. 自然との調和 (水産生物調査)



熊本県 大江漁港
(青色の魚はソラスズメダイ)

中空三角ブロックの水産生物に対する特徴

ブロック形状が多くの稜線で出来ている。
ブロック単体に固有の空隙を保有している。
ブロック梁部に生物生息空間となる溝を設けることができる。



高知県 土佐清水市 窪津漁港 (中空三角ブロック 50t、80t 型)

中空三角ブロックを消波工として設置しました。4~6年後、水中調査を行うとブロック表面には、ミドリイシ科のテーブルサンゴ等が生息しており、ブロック間の空隙や消波・根固ブロック最大の固有空間(中空部)には、メジナやニザダイなどが泳いでいました。
中空三角ブロックの特化した魚巢効果があらためて確認できた調査となりました。



チョウチョウウオ



メジナとニザダイ



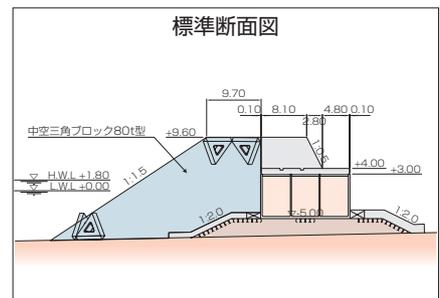
ミドリイシ科 (テーブルサンゴ)



メジナとニザダイの群れ

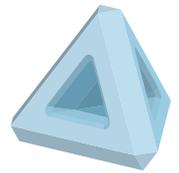


ウミトサカ目



6. 自然との調和

(水産生物調査)



大分県 津久見市 保戸島漁港 (中空三角ブロック 5t 型)

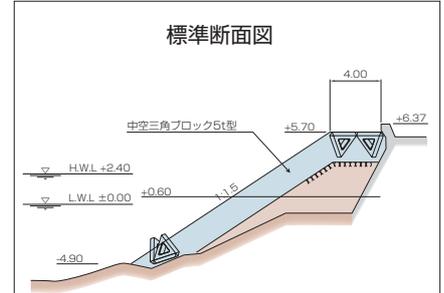
大分県南東部に位置し、魚の宝庫と知られている豊後水道に面した地区で、水面下の中空三角ブロックにはクロメが群生しており、サザエやクロダイの稚魚、ササノハベラなどの小魚が多数見られた。



クロメがブロック側面に着生



クロメ成体の群生

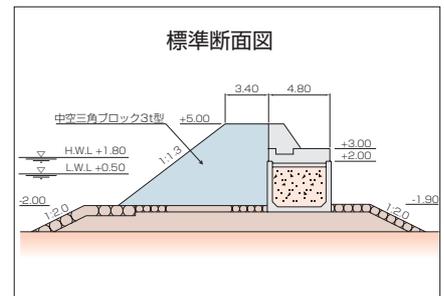


兵庫県 北淡町 育波漁港 (中空三角ブロック 3t 型)

中空三角ブロックの特徴のひとつに稜角部を多く保有しているという点が挙げられます。一般的に稜角部の多いブロックは、藻類の付着器が張り付き易い形状といわれています。



ワカメ、フダラク、テングサ科等により、ブロック形状がわからなくなるまでに着生している。



熊本県 天草町 大江漁港 (中空三角ブロック 35t、50t、80t 型)

水中部のブロック梁部に、稚貝用の溝を設けました。結果、アワビ、サザエ等の貝類が潜むようになりました。



中空内部に集まるベラ科の魚たち



溝内部に潜むサザエ



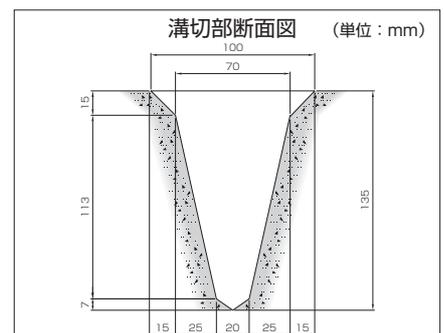
メジナの群れ



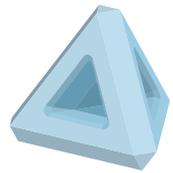
溝内部にガンガラ、アワビ、サザエ、ガンガゼ(左から)



養生中の溝付ブロック



7. 型枠関係 (型枠構成・型枠質量表)



中空三角ブロックの型枠構成は外枠3枚と中枠1個ですが、型式によりコンクリート打設方法が異なり、0.5t～25tまでは逆打ち、30t～80tまでは正打ちです。大型の外枠は運搬の都合上2～3分割しています。(図-8参照)

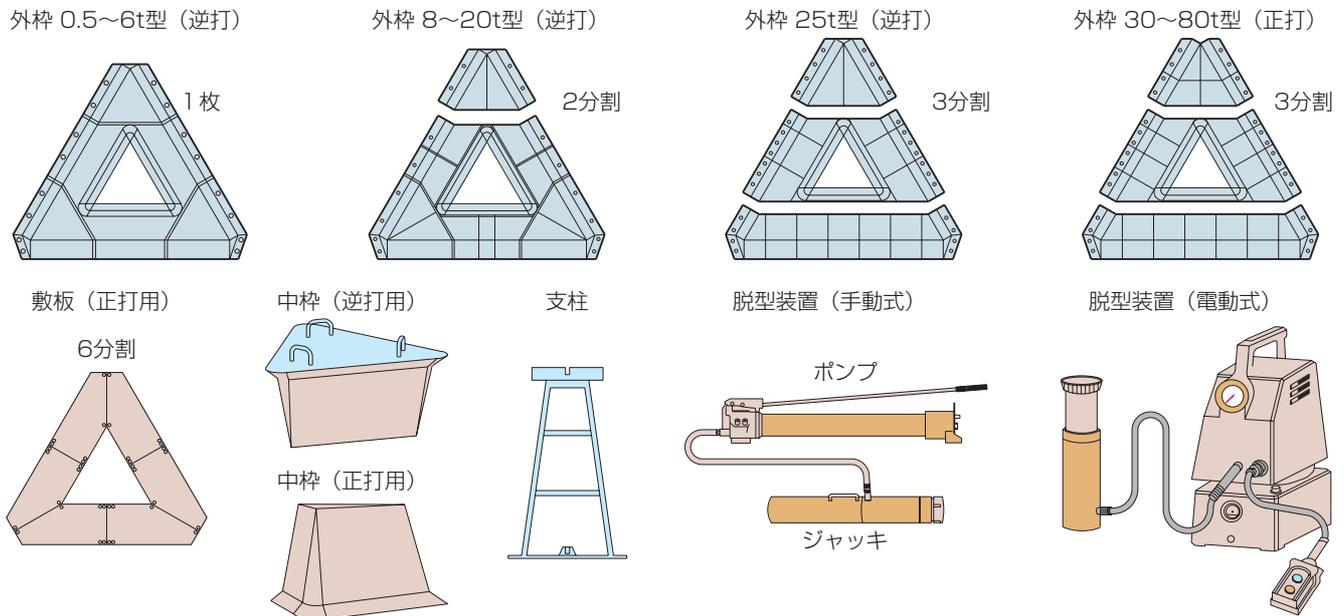


図 - 8 中空三角ブロックの型枠構成

表 - 18 中空三角ブロックの1組あたりの型枠質量表

(単位: kg)

型式 (t)	0.5			1			1.5			2			3		
型枠内訳	1枚	数量	質量												
外枠	37	3	111	59	3	177	73	3	219	115	3	345	145	3	435
中枠	11	1	11	21	1	21	30	1	30	50	1	50	60	1	60
支柱	8	3	24	8	3	24	12	3	36	12	3	36	12	3	36
その他	1		1	1		1	2		2	2		2	3		3
計	147			223			287			433			534		

型式 (t)	4			5			6			8			10		
型枠内訳	1枚	数量	質量	1枚	数量	質量	1枚	数量	質量	1枚	数量	質量	1枚	数量	質量
外枠	194	3	582	243	3	729	290	3	870	356	3	1,068	431	3	1,293
中枠	85	1	85	88	1	88	118	1	118	130	1	130	148	1	148
支柱	16	3	48	16	3	48	21	3	63	21	3	63	36	3	108
その他	3		3	5		5	29		29	35		35	37		37
計	718			870			1,080			1,296			1,586		

型式 (t)	12			15			20			25			30		
型枠内訳	1枚	数量	質量												
外枠	472	3	1,416	541	3	1,632	750	3	2,250	920	3	2,760	1,047	3	3,141
中枠	170	1	170	191	1	191	309	1	309	300	1	300	300	1	300
支柱	36	3	108	47	3	141	60	3	180	60	3	180			
敷板													218	6	1,308
その他	57		57	59		59	75		75	90		90	85		85
計	1,751			2,014			2,814			3,330			4,834		

型式 (t)	35			40			50			60			80		
型枠内訳	1枚	数量	質量	1枚	数量	質量									
外枠	1,058	3	3,174	1,210	3	3,630	1,784	3	5,352	1,839	3	5,517	2,720	3	8,160
中枠	300	1	300	400	1	400	554	1	554	475	1	475	710	1	710
敷板	218	6	1,308	244	6	1,464	244	6	1,464	400	6	2,400	400	6	2,400
その他	60		60	83		83	109		109	134		134	172		172
計	4,842			5,577			7,479			8,526			11,442		

(注1) その他はボルト・ナット、万力などが含まれた質量です。

(注2) 型枠質量は型枠の改良に伴って変更することがあります。

8. 施工偏 (製作ヤード)



中空三角ブロックの製作ヤードの所要面積は、現場条件により異なりますが、ここでは一般的な計算方法を示します。

製作ヤードは、打設ヤード・転置型枠作業ヤード・仮置ヤード・打設用道路等に分けられます。(図-9)

工事が安全確実に、また能率的に行えるように計画して下さい。

- (1) 打設ヤード面積： A_1 (m²)

$$A_1 = L \times B$$

$$L : \text{延長} = 2.0 + 4.0a \times (M+1) + (0.5a + \alpha) \times (M-1)$$

$$B : \text{横幅} = C + 2.0$$

a : 基本寸法 (m)

M : 型枠セット数 (組)

C : ブロック幅 (m)

α : 余裕寸法 (m)

- (2) 転置型枠作業ヤード面積： A_2 (m²)

$$A_2 = A_1$$

- (3) 仮置ヤード面積： A_3 (m²)

$$A_3 = (N - M) \times 1.2A_0$$

N : ブロック製作個数

M : 型枠セット数

A_0 : ブロック1個の占有面積

- (4) 打設用道路面積： A_4 (m²)

$$A_4 = \text{道路延べ延長} \times \text{道路幅員}$$

打設用道路上で型組及びブロックの転倒などを兼用することもあります。

[道路幅員] 直接投入の場合	約8m
ホッパー使用の場合	6~10m
その他の道路	4~6m

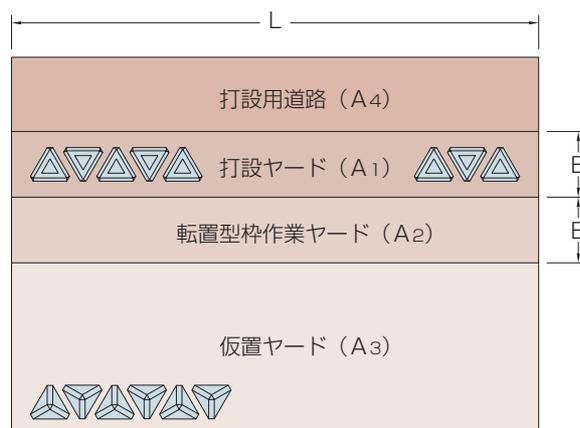


図 - 9 製作ヤード図

- (5) 製作ヤード所要面積：A (m²)

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$



表 - 19 製作ヤード各寸法と占有面積

型式 (t)	0.5	1	1.5	2	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25	30	35	40	50	60	80
a (m)	0.160	0.202	0.232	0.255	0.291	0.321	0.346	0.367	0.404	0.435	0.463	0.498	0.548	0.590	0.630	0.650	0.680	0.725	0.770	0.840
C (m)	0.97	1.22	1.41	1.55	1.76	1.95	2.10	2.22	2.45	2.64	2.81	3.02	3.32	3.58	3.82	3.94	4.12	4.40	4.67	5.09
α (m)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.80	0.80	0.80	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	1.50
A_0 (m ²)	0.68	1.08	1.42	1.72	2.24	2.72	3.16	3.56	4.31	5.00	5.66	6.55	7.93	9.19	10.48	11.16	12.21	13.88	15.66	18.64

8. 施工偏 (中空三角ブロック0.5~25t型)



中空三角ブロック0.5~25t型（逆打ち）の型枠組立からコンクリートの打設、型枠脱型、仮置の一連の作業を写真で示します。

①外枠組立



ブロック製作は水平強固な地盤で行うこと。分割されている型枠は1枚ものに組立て、剥離剤をしっかりと塗布する。

②型枠倒立



外枠の組立て中は仮締め程度にし、3枚を組み合わせた時点で、シノ棒等を用い型枠の合せ具合を、確かめながら本締めを行い、型枠を倒立させる。

③支柱セット



倒立用の支柱は、バランス良く地盤にしっかりと固定させ、チェーン（6~25t）を型枠と支柱に、たるみなく掛け、天端面を水平にセットする。

④足場セット



倒立後、作業用足場を組立て、中枠をセットする。打設前には、支柱・足場等が安全である事を確認した後、打設を行う。

⑤コンクリート打設



打設は、天端面まで一気に打設することは避け、3方向より均一に投入する。また、バイブレーターも3方向より均一にムラなくかけ、十分に締め固める。

⑥天端均し・養生



打設完了後、ブリージング現象の終る時間に合せてスペーシングを行い、更に生コンが落ち着いてから、天端面のコテ均しを行う。コテ均し終了後、養生シート等でブロックの養生を行う。

⑦中枠脱型・転倒作業



型枠脱型強度が発生したことを確認してから、中枠を脱型する。支柱を外す際はワイヤーを必ず所定の位置に3点かけ、型枠に荷をかけた状態で、速やかに外す。

⑧転倒(1)



転倒作業を行う際は、周辺の安全に気をつけて行う。型枠内にコンクリートが入っている状態での移動は、極力避け、衝撃を与えないように、ゆっくり転倒させる。

⑨転倒(2)



ワイヤーを掛け直し、2回目転倒。衝撃を与えないように、ゆっくりと静かに起こし、着地させる。必ず型枠が地面に接した状態（支点にして）で行う。この作業での横持ち移動は、絶対に避けること。

⑩外枠脱型装置セット



ボルト・ナット、万力をすべてはずし、外枠脱型金具・装置を装着後（3t以上）、ジャッキをかける。外枠は3枚すべて剥離してから1枚ずつ外すこと。

⑪外枠脱型



脱型した型枠は、ケレン棒・ウエス等で清掃した後、剥離材を塗り、次のコンクリート打設に備える。

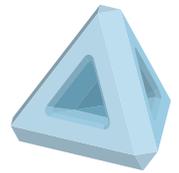
⑫転置・仮置・養生



転置強度が発生した事を確認し、転置作業を行う。転置は、中空部を利用して玉掛けを行うか、もしくは、スリングベルトを利用して行う。転置・仮置後、養生シート等でブロックの養生を行う。

8. 施工偏

(中空三角ブロック30~80t型)



中空三角ブロック30~80t型（正打ち）の型枠組立からコンクリートの打設、型枠脱型、仮置の一連の作業を写真で示します。

①敷板セット



ブロック製作は水平強固な地盤で行うこと。分割されている敷板は、1枚もの組立てた後、中枠をセットし、剥離剤をしっかりと塗布する。※60・80t型は敷板にクランプをセットする。

②外枠組立て(1)



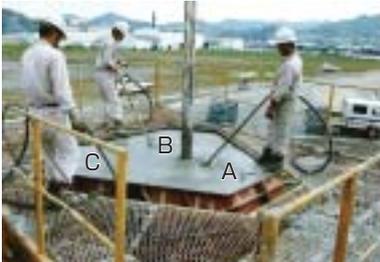
分割された外枠（中・下）を組立て、剥離剤をしっかりと塗布する。

③外枠組立て(2)



外枠の組立て中は仮締め程度にし、3枚を組み合わせた時点でシノ棒等を用いた型枠の合せ具合を確かめながら本締めを行う。

④作業用足場のセット・打設(1)



打設は、中枠下面付近までは、一方（A→B、A→C）より流し込む様に打ち込み、AB間AC間に十分行き渡ったのを確認してから、再度B→C方向へと打ち込む。また、パイプレータは3方向より均一にムラなくかけ、十分に締め固める。（写真はポンプ打ちの例）

⑤上部枠セット



④の打設完了後、上部枠をセットする。作業用足場は、安全性と作業性を考慮し、適切な足場を用意する。

⑥打設(2)・天端均し・養生



上部枠をセット後、前層まで打ち継ぎ目に注意して、天端まで打設を行う。打設完了後、ブリージング現象の終る時間に合わせてスパージングを行い、更に生コンが落ちていたら、天端面のコテ均しを行う。コテ均し終了後、養生シート等でブロックの養生を行う。

⑦上部枠脱型



所定の型枠脱型強度が発生したことを確認後、上部枠を脱型する。

⑧外枠脱型装置セット



ボルト・ナットをすべて外し、脱型金具・装置を装着後、ジャッキをかける。外枠は3枚すべて剥離してから1枚ずつ外す。

⑨外枠脱型



脱型した型枠は、ケレン棒・ウエス等で清掃した後、剥離材を塗り、次のコンクリート打設に備える。

⑩中枠脱型装置セット・脱型



所定の転置強度が発生した事を確認し、ワイヤー又はスリングベルトを使用してブロックを持ち上げ、ブロック下部にかませ物をセットする。中枠脱型装置をセットし、中枠をジャッキで下に押し出す。

⑪転置



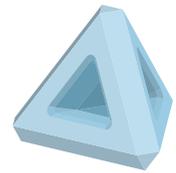
スリングベルトを使用して転置作業をしている例。

⑫仮置・養生



ブロック転置は、中空部を利用して玉掛けを行うか、もしくは、スリングベルトを利用して行う。転置・仮置後、養生シート等でブロックの養生を行う。

8. 施工編 (据付)



中空三角ブロックの据付工法には、乱積工法と層積工法があります。両工法における据付時の中空三角ブロックの取り扱い、衝撃等により損傷を受けないよう、十分注意して下さい。また、据付中はブロックの挙動に注意し、安全作業に徹して下さい。

乱積工法

乱積工法には、全断面をブロックのみで完成させる「捨込工法」図-10と、中詰捨石マウンドの上にブロックを被覆する「被覆工法」図-11とがあります。据付にあたっては、ブロックが相互に十分噛み合うように据付け、局部的な（ブロック1個分以上の）空間や、極端な空隙の粗密を作らないように注意して下さい。いかなる場合も、水面上より水中への投げ込みは絶対に避けて下さい。



- (1) 設計通り所定個数のブロックを入れます。据付を行う区間の、各測点ごとの横断面図等から、1スパン（測点間）ごとに据付けるブロック個数を算出します。算出した所定の据付個数の過不足を生じないように、基準となる丁張り等を設置したのち、一定区間の個数をチェックしながら据付けます。
- (2) 一般的に被害を受けやすい箇所は法先であるから、根押えブロックをしっかりと丁寧に層積状態で据付けます。根押えブロック控え寸法参考値は、表-20を参考にして下さい。
- (3) 法面部は、ブロックの平らな面を持って来るように整形しながら積み上げていき、天端部についても同様に、仕上げの高さに注意しながら、出来るだけ倒立（逆三角）になるよう据付けます。出来高は、基準面に対してブロックの多少の出入りがあるので、出入りの平均値が計画線上来るようにします。

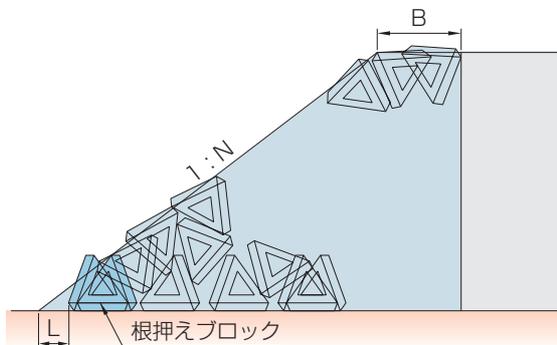


図-10 捨込工法断面図

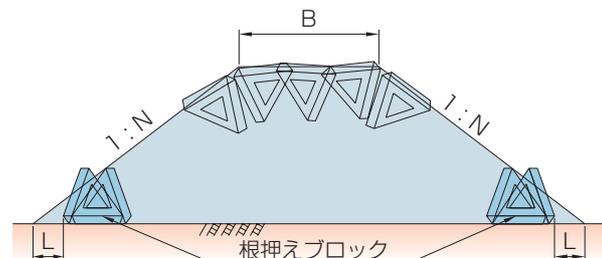


図-11 被覆工法断面図

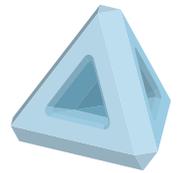
表-20 中空三角ブロックの根押え控え寸法：L

(単位：m)

型式 (t)	0.5	1	1.5	2	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25	30	35	40	50	60	80
1:1.3	0.50	0.63	0.72	0.79	0.90	1.00	1.07	1.14	1.25	1.35	1.44	1.54	1.70	1.83	1.95	2.02	2.11	2.25	2.39	2.60
1:4/3	0.53	0.66	0.76	0.84	0.96	1.06	1.14	1.21	1.33	1.43	1.52	1.64	1.80	1.94	2.07	2.14	2.24	2.39	2.53	2.76
1:1.5	0.68	0.86	0.98	1.08	1.23	1.36	1.47	1.56	1.71	1.84	1.96	2.11	2.32	2.50	2.67	2.76	2.88	3.07	3.26	3.56

(注) 上記の控え寸法Lは、水平地盤時での寸法です。地盤勾配がある場合は、現地状況に応じて対応してください。

8. 施工編 (据付)



層積工法

層積工法には、二層積工法（一面張・二面張・三面張）があります。標準据付け要領は、二層積工法・二面張について説明します。

- (1) ブロック配列図より基準となる配列の寸法を読み取り、確認します。
- (2) 基準となる寸法を現地に記して、丁張り等を設置し、根押えブロックを据付けます。
- (3) 法面部一層目のブロックを下段から据付けていき、6個1組とした逆さブロックも下から順に据付けます。
- (4) 法肩部にまくらブロックを据付け、最後に天端部の仕上げを行います。（天端幅については、標準的な2個並びとしています。）
- (5) 所定の位置にブロックが据付けられているか、一列ごとの寸法を確認していきます。また、出来高及び施工延長をチェックしながら据付けを行います。

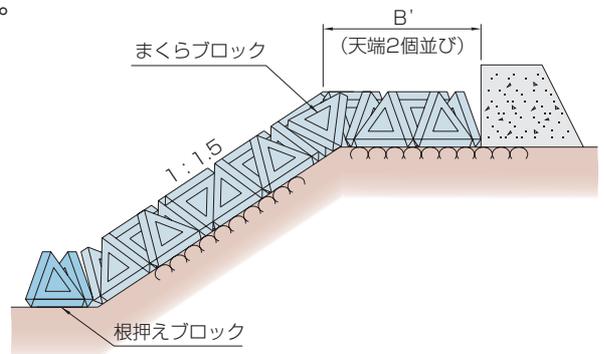


図 - 12 二層・二面張工法断面図

据付状況写真





<http://www.chisui-net.co.jp>

－ 営 業 品 目 －

- 中空三角ブロック（消波・根固ブロック）
- デ ィ ン プ ル（消波・根固ブロック）
- 三 脚 B ブ ロ ッ ク（消波・根固ブロック）
- ラ テ ィ ス（消波・根固ブロック）
- 渚 ブ ロ ッ ク（階段ブロック）
- ソ ー ラ ー ラ イ ト（エコエネルギー照明灯）
- 建 設 資 材 関 連 商 品（養生シート・スリングベルト他）

【本社】

〒530-0027 大阪市北区堂山町 1-5(三共梅田ビル)

TEL : 06-6312-2077 / FAX : 06-6312-1870

E-mail : chisui@skyblue.ocn.ne.jp

【営業所・事務所】

札幌・青森・岩手・和歌山・高知・熊本・大分・南九州

【設計】 TEL : 06-6312-2077 / FAX : 06-6312-1870

E-mail : kikaku@chisui-net.co.jp

【特約代理店】（新潟、富山、石川、長野の地域）

株式会社アドヴァンス

TEL : 025-244-4131 / FAX : 025-244-5251