

P A R A C R O S S
パラクロス



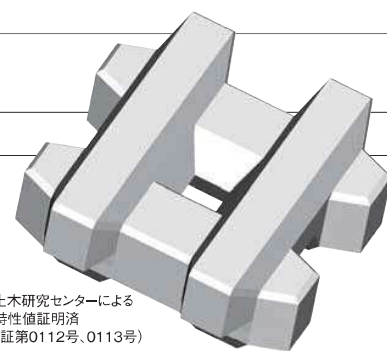
技研興業株式会社

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

特長・用途・諸数量

パラクロスとは

平行する二組の桁を高さを変えて直交させた、井桁状の異形コンクリートブロックです。



※(財)土木研究センターによる
水理特性値証明済
(護性証第0112号、0113号)

特長

- 1 支配面積の広さと、流水力、揚圧力に対する安定性を共に満たす形状です。
- 2 単体平面の外郭が正方形であるため、噛み合わせの方向を自由に選択できます。
- 3 積み上げたとき、上下間の噛み合わせが、四方からの外力に対して十分な抵抗力を持つような構造も構築できます。
- 4 二組の桁の表面が同一面上にないため、表面の粗度が大きく、方向性があり、単体の向きを変えることで集合体としての粗度を容易に変えられます。
- 5 マウンドののり肩及びのり尻の屈曲部を大きな空隙を空けることなく被覆できるM形もあります。

パラクロスの用途

河川

床固工・護床工・水叩工・根固工 等

海岸・港湾・漁港

マウンド被覆工・人工リーフ被覆工 等

表1 パラクロス標準形 諸数量

名 称	公称トン数	0.5 トン	1	2	3	4	6	8	10	12
実 質 量	M (t)	0.501	1.001	2.003	3.002	4.002	6.001	8.009	10.005	12.013
体 積	V (m ³)	0.218	0.435	0.871	1.305	1.740	2.609	3.482	4.350	5.223
型枠面積	A (m ²)	2.61	4.14	6.58	8.62	10.44	13.68	16.58	19.23	21.73
長 さ	L (m)	0.990	1.247	1.572	1.799	1.980	2.266	2.495	2.687	2.856
幅	B (m)	0.990	1.247	1.572	1.799	1.980	2.266	2.495	2.687	2.856
高 さ	H (m)	0.470	0.592	0.747	0.855	0.941	1.076	1.185	1.276	1.357

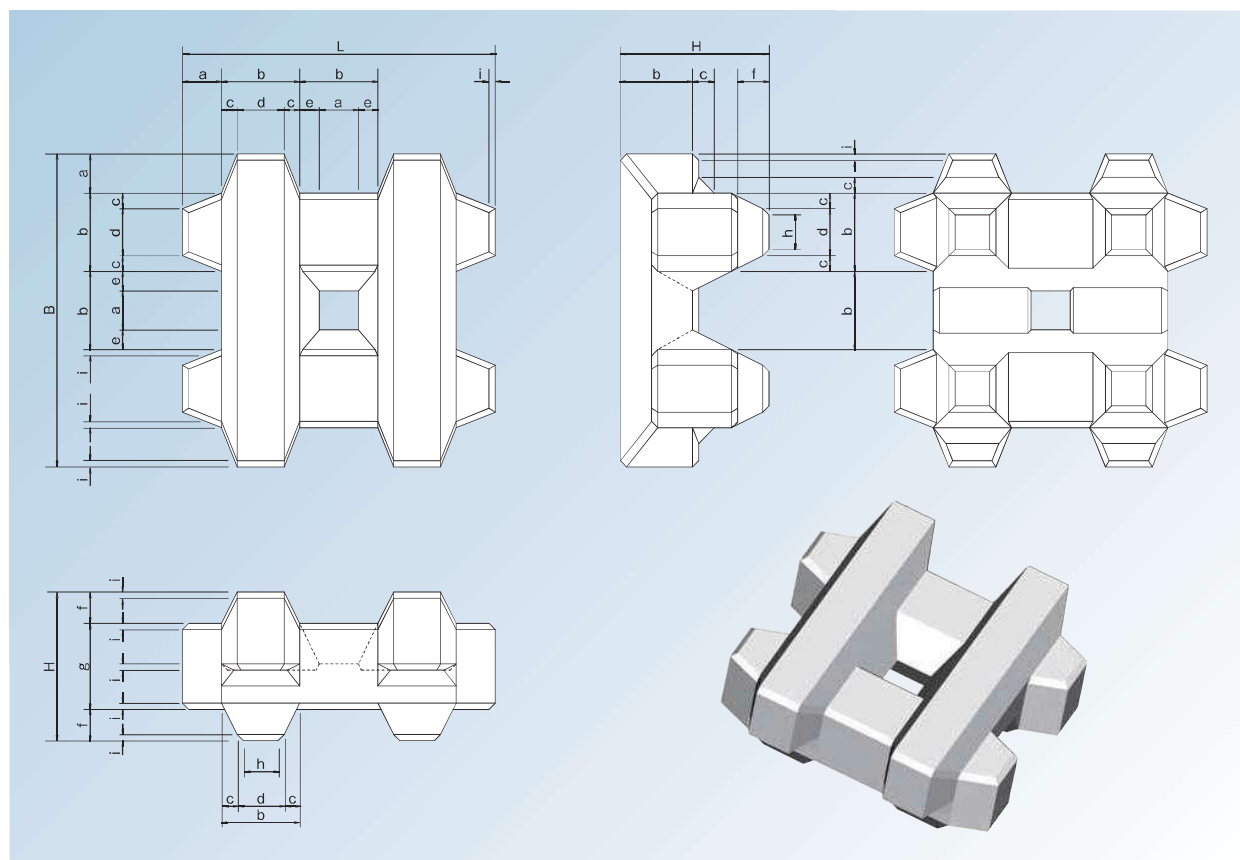
※上記以外にも大型パラクロスとして 16・20・25・30 トンがあります。(p14 参照)

表2 パラクロス標準形 詳細寸法

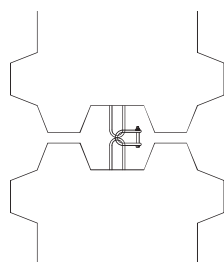
(単位: m)

記号	係数	公称トン数	0.5 トン	1	2	3	4	6	8	10	12
L	1	L	0.990	1.247	1.572	1.799	1.980	2.266	2.495	2.687	2.856
B	1	L	0.990	1.247	1.572	1.799	1.980	2.266	2.495	2.687	2.856
H	0.4750	L	0.470	0.592	0.747	0.855	0.941	1.076	1.185	1.276	1.357
a	0.1250	L	0.124	0.156	0.197	0.225	0.248	0.283	0.312	0.336	0.357
b	0.2500	L	0.248	0.312	0.393	0.450	0.495	0.567	0.624	0.672	0.714
c	0.0500	L	0.050	0.062	0.079	0.090	0.099	0.113	0.125	0.134	0.143
d	0.1500	L	0.149	0.187	0.236	0.270	0.297	0.340	0.374	0.403	0.428
e	0.0625	L	0.062	0.078	0.098	0.112	0.124	0.142	0.156	0.168	0.179
f	0.1000	L	0.099	0.125	0.157	0.180	0.198	0.227	0.250	0.269	0.286
g	0.2750	L	0.272	0.343	0.432	0.495	0.545	0.623	0.686	0.739	0.785
h	0.1100	L	0.109	0.137	0.173	0.198	0.218	0.249	0.274	0.296	0.314
i	0.0200	L	0.020	0.025	0.031	0.036	0.040	0.045	0.050	0.054	0.057

形状・寸法



鉄筋連結



連結金具（弊社仕様）

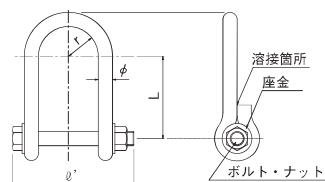
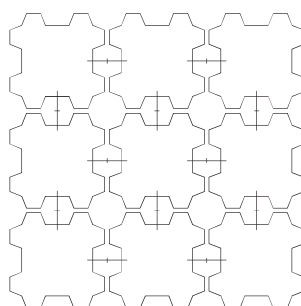


表 4 連結金具 諸数量

径φ (mm)	r (cm)	L (cm)	φ' (cm)
16	4.0	11.0	15.1
19	4.0	11.0	16.3
22	4.0	12.0	17.5
25	5.0	12.0	20.3



連結用挿入筋

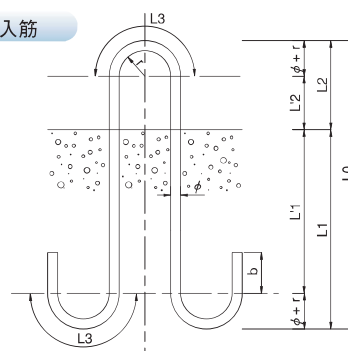


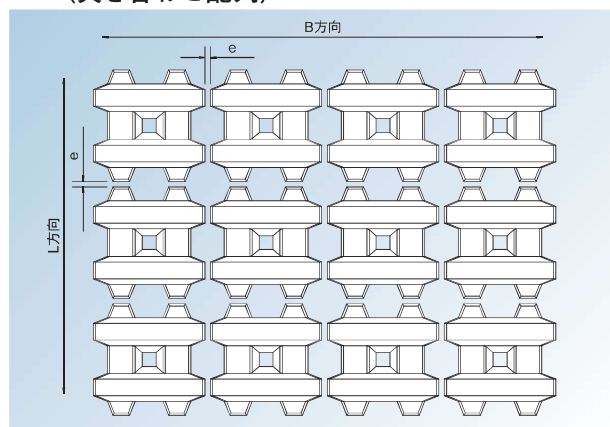
表 3 連結用挿入筋 諸数量

項目	公称トン数	0.5 トン	1	2	3	4	6	8	10	12
φ (mm)		16	16	16	16	16	19	22	25	25
r (cm)		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.8	5.5	6.3	6.3
L 1 (cm)		14.8	16.0	18.6	22.7	27.5	34.9	40.7	44.3	49.3
L ' 1 (cm)		9.2	10.4	13.0	17.1	21.9	28.3	33.0	35.5	40.5
L 2 (cm)		14.9	18.7	23.6	27.0	29.7	34.0	37.4	40.4	42.9
L ' 2 (cm)		9.3	13.1	18.0	21.4	24.1	27.3	29.7	31.6	34.1
L 0 (cm)		29.7	34.7	42.2	49.7	57.2	68.9	78.1	84.7	92.2
L 3 (cm)		15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	17.9	20.7	23.6	23.6
b (cm)		6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	7.6	8.8	10.0	10.0
全長 (cm)		95	105	120	135	150	180	205	225	240
質量 kg/ 本		1.50	1.66	1.90	2.13	2.37	4.01	6.11	8.66	9.24

組み合わせ工法

平面配列 (I)

(突き合わせ配列)



平面配列 (II)

(突き合わせ配列)

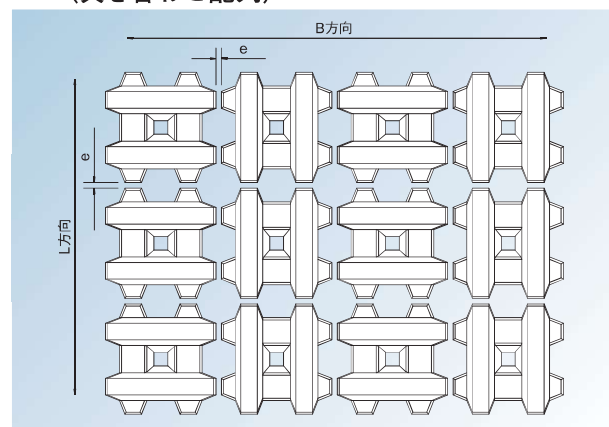


表5 平面配列 (I) (II) L・B方向のn個並びの長さ

(表中、e=0.05L：標準値)

一般式	$Ln=nL+(n-1)e$								$Bn=nL+(n-1)e$							
公称トン数	1個	2	3	4	5	6	7	8	1個	2	3	4	5	6	7	8
0.5 トン	0.99	2.03	3.07	4.11	5.15	6.19	7.23	8.27	0.99	2.03	3.07	4.11	5.15	6.19	7.23	8.27
1	1.25	2.56	3.87	5.18	6.48	7.79	9.10	10.41	1.25	2.56	3.87	5.18	6.48	7.79	9.10	10.41
2	1.57	3.22	4.87	6.52	8.17	9.83	11.48	13.13	1.57	3.22	4.87	6.52	8.17	9.83	11.48	13.13
3	1.80	3.69	5.58	7.47	9.35	11.24	13.13	15.02	1.80	3.69	5.58	7.47	9.35	11.24	13.13	15.02
4	1.98	4.06	6.14	8.22	10.30	12.38	14.45	16.53	1.98	4.06	6.14	8.22	10.30	12.38	14.45	16.53
6	2.27	4.65	7.02	9.40	11.78	14.16	16.54	18.92	2.27	4.65	7.02	9.40	11.78	14.16	16.54	18.92
8	2.50	5.11	7.73	10.35	12.97	15.59	18.21	20.83	2.50	5.11	7.73	10.35	12.97	15.59	18.21	20.83
10	2.69	5.51	8.33	11.15	13.97	16.79	19.62	22.44	2.69	5.51	8.33	11.15	13.97	16.79	19.62	22.44
12	2.86	5.85	8.85	11.85	14.85	17.85	20.85	23.85	2.86	5.85	8.85	11.85	14.85	17.85	20.85	23.85

Ln：L方向n個並びの長さ(m) Bn：B方向n個並びの長さ(m) L：ブロック代表長(m) e：クリアランス(m)

表6 平面配列 (I) (II) L・B方向の延長100m当たりの概算並び個数

(表中、e=0.05L：標準値)

一般式	公称トン数	0.5 トン	1	2	3	4	6	8	10	12
L方向個数 $n = \frac{100+e}{L+e}$		96.2	76.4	60.6	53.0	48.1	42.1	38.2	35.5	33.4
B方向個数 $n = \frac{100+e}{L+e}$		96.2	76.4	60.6	53.0	48.1	42.1	38.2	35.5	33.4

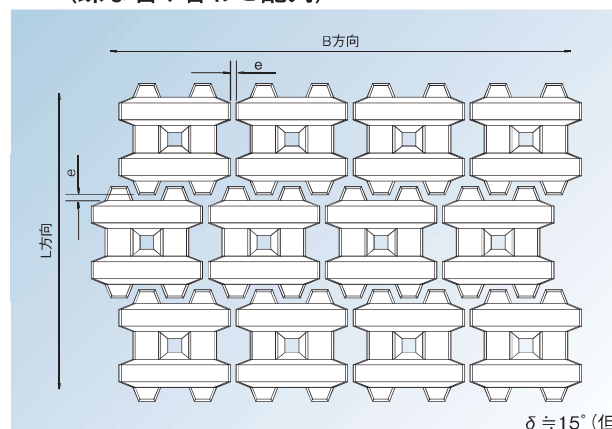
表7 平面配列 (I) (II) 100㎡(10m×10m)当たりの概算所要個数

(表中、e=0.05L：標準値)

一般式	公称トン数	0.5 トン	1	2	3	4	6	8	10	12
$n = \frac{10+e}{L+e} \cdot \frac{10+e}{L+e}$		93.5	59.1	37.3	28.5	23.6	18.1	14.9	12.9	11.4

平面配列 (Ⅲ)

(疎な噛み合わせ配列)



$\delta \approx 15^\circ$ (但し $e=0.05 \times L$)

平面配列 (Ⅳ)

(密な噛み合わせ配列)

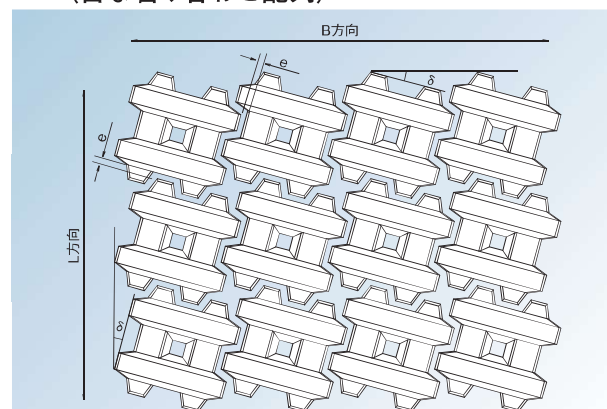


表 8 平面配列 (Ⅲ) L・B 方向の n 個並びの長さ

(表中、 $e=0.05L$: 標準値)

一般式 公称トン数	Ln=L+(n-1)(0.8750×L+e)								Bn=n(L+e)+0.2500×L-e							
	1個	2	3	4	5	6	7	8	1個	2	3	4	5	6	7	8
0.5 トン	0.99	1.91	2.82	3.74	4.65	5.57	6.48	7.40	1.24	2.28	3.32	4.36	5.40	6.44	7.47	8.51
1	1.25	2.40	3.55	4.71	5.86	7.01	8.17	9.32	1.56	2.87	4.18	5.49	6.80	8.11	9.41	10.72
2	1.57	3.03	4.48	5.93	7.39	8.84	10.30	11.75	1.97	3.62	5.27	6.92	8.57	10.22	11.87	13.52
3	1.80	3.46	5.13	6.79	8.46	10.12	11.78	13.45	2.25	4.14	6.03	7.92	9.80	11.69	13.58	15.47
4	1.98	3.81	5.64	7.47	9.31	11.14	12.97	14.80	2.48	4.55	6.63	8.71	10.79	12.87	14.95	17.03
6	2.27	4.36	6.46	8.55	10.65	12.75	14.84	16.94	2.83	5.21	7.59	9.97	12.35	14.73	17.11	19.49
8	2.50	4.80	7.11	9.42	11.73	14.03	16.34	18.65	3.12	5.74	8.36	10.98	13.60	16.22	18.84	21.46
10	2.69	5.17	7.66	10.14	12.63	15.11	17.60	20.09	3.36	6.18	9.00	11.82	14.64	17.47	20.29	23.11
12	2.86	5.50	8.14	10.78	13.42	16.07	18.71	21.35	3.57	6.57	9.57	12.57	15.57	18.56	21.56	24.56

Ln : L 方向 n 個並びの長さ (m) Bn : B 方向 n 個並びの長さ (m) L : ブロック代表長 (m) e : クリアランス (m)

表 9 平面配列 (Ⅲ) L・B 方向の延長 100m 当たりの概算並び個数

(表中、 $e=0.05L$: 標準値)

一般式 公称トン数	0.5 トン	1	2	3	4	6	8	10	12
L 方向個数式 ①	109.1	86.6	68.7	60.0	54.5	47.6	43.2	40.2	37.8
B 方向個数式 ②	96.0	76.2	60.4	52.7	47.9	41.8	38.0	35.3	33.2

表 10 平面配列 (Ⅲ) 100 m² (10m×10m) 当たりの概算所要個数

(表中、 $e=0.05L$: 標準値)

一般式 公称トン数	0.5 トン	1	2	3	4	6	8	10	12
式 ③	102.2	64.0	39.9	30.3	24.8	18.8	15.4	13.2	11.6

$$\text{式 ① } n = \frac{100-L}{0.8750 \times L + e} + 1 \quad \text{式 ② } n = \frac{100-0.2500 \times L + e}{L + e} \quad \text{式 ③ } n = \left(\frac{100-L}{0.8750 \times L + e} + 1 \right) \times \frac{100-0.2500 \times L + e}{L + e}$$

表 11 平面配列 (Ⅳ) L・B 方向の n 個並びの長さ

(表中、 $e=0.05L$: 標準値)

一般式 公称トン数	Ln=L ₁ +L ₂ ×(n-1)								Bn=L ₁ +L ₂ ×(n-1)							
	1個	2	3	4	5	6	7	8	1個	2	3	4	5	6	7	8
0.5 トン	1.12	2.07	3.02	3.97	4.92	5.87	6.82	7.76	1.12	2.07	3.02	3.97	4.92	5.87	6.82	7.76
1	1.42	2.61	3.81	5.00	6.19	7.39	8.58	9.78	1.42	2.61	3.81	5.00	6.19	7.39	8.58	9.78
2	1.78	3.29	4.80	6.30	7.81	9.32	10.82	12.33	1.78	3.29	4.80	6.30	7.81	9.32	10.82	12.33
3	2.04	3.77	5.49	7.21	8.94	10.66	12.38	14.11	2.04	3.77	5.49	7.21	8.94	10.66	12.38	14.11
4	2.25	4.14	6.04	7.94	9.84	11.73	13.63	15.53	2.25	4.14	6.04	7.94	9.84	11.73	13.63	15.53
6	2.57	4.74	6.91	9.09	11.26	13.43	15.60	17.77	2.57	4.74	6.91	9.09	11.26	13.43	15.60	17.77
8	2.83	5.22	7.61	10.00	12.39	14.79	17.18	19.57	2.83	5.22	7.61	10.00	12.39	14.79	17.18	19.57
10	3.05	5.62	8.20	10.77	13.35	15.92	18.50	21.07	3.05	5.62	8.20	10.77	13.35	15.92	18.50	21.07
12	3.24	5.98	8.71	11.45	14.19	16.92	19.66	22.40	3.24	5.98	8.71	11.45	14.19	16.92	19.66	22.40

Ln : L 方向 n 個並びの長さ (m) Bn : B 方向 n 個並びの長さ (m) L : ブロック代表長 (m) e : クリアランス (m)

$L_1 = L \times \cos \delta + 0.6500 \times L \times \sin \delta$ $L_2 = \sqrt{(0.8750 \times L + e)^2 + (0.2500 \times L)^2}$ $\delta = \tan^{-1} [0.2500 \times L / (0.8750 \times L + e)]$

表 12 平面配列 (Ⅳ) L・B 方向の延長 100m 当たりの概算並び個数

(表中、 $e=0.05L$: 標準値)

一般式 公称トン数	0.5 トン	1	2	3	4	6	8	10	12
L 方向個数式 ①	105.2	83.5	66.2	57.8	52.5	45.9	41.6	38.7	36.4
B 方向個数式 ②	105.2	83.5	66.2	57.8	52.5	45.9	41.6	38.7	36.4

表 13 平面配列 (Ⅳ) 100 m² (10m×10m) 当たりの概算所要個数

(表中、 $e=0.05L$: 標準値)

一般式 公称トン数	0.5 トン	1	2	3	4	6	8	10	12
式 ③	107.3	67.0	41.7	31.5	25.9	19.5	16.0	13.7	12.0

$$\text{式 ① } n = \frac{100-L_1}{L_2} + 1 \quad \text{式 ② } n = \frac{100-L_1}{L_2} + 1 \quad \text{式 ③ } n = \left(\frac{100-L_1}{L_2} + 1 \right) \times \left(\frac{100-L_1}{L_2} + 1 \right)$$

組み合わせ工法

層積 (Ⅰ)

(上下間 1 方向噛み合わせ)

(注) 図中の勾配は $e=0.05 \times L$ としたときのものです。

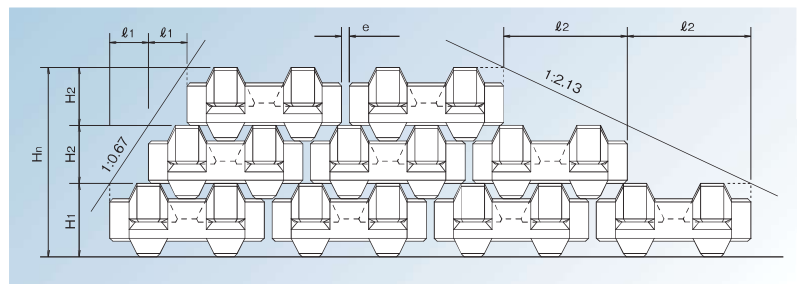


表 14 層積 (Ⅰ) の n 段積の高さ

(単位: m)

公称トン数		0.5 トン	1	2	3	4	6	8	10	12
基本高さ	H_1	0.470	0.592	0.747	0.855	0.941	1.076	1.185	1.276	1.357
	H_2	0.371	0.468	0.590	0.675	0.743	0.850	0.936	1.008	1.071
	l_1	0.248	0.312	0.393	0.450	0.495	0.567	0.624	0.672	0.714
	l_2	0.792	0.998	1.258	1.439	1.584	1.813	1.996	2.150	2.285
高さ	2 段積	0.84	1.06	1.34	1.53	1.68	1.93	2.12	2.28	2.43
	3 段積	1.21	1.53	1.93	2.21	2.43	2.78	3.06	3.29	3.50
	4 段積	1.58	2.00	2.52	2.88	3.17	3.63	3.99	4.30	4.57
	5 段積	1.95	2.46	3.11	3.56	3.91	4.48	4.93	5.31	5.64
	6 段積	2.33	2.93	3.70	4.23	4.66	5.33	5.87	6.32	6.71

n 段積の高さ $H_n = H_1 + (n-1) H_2$ ここに $H_1=0.4750 \times L$ $H_2=0.3750 \times L$

$l_1=0.2500 \times L$ $l_2=0.8000 \times L$

層積 (Ⅱ)

(上下間 2 方向噛み合わせ)

(注) 図中の勾配は $e=0.05 \times L$ としたときのものです。

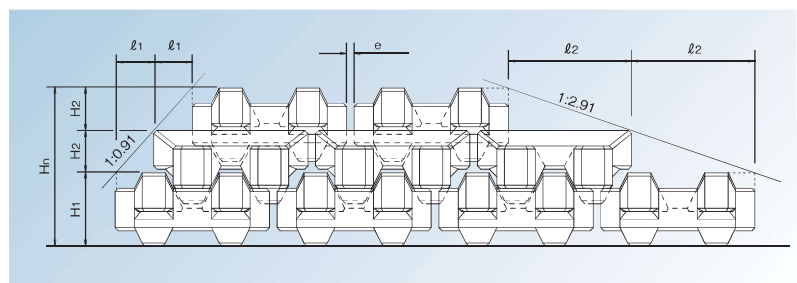


表 15 層積 (Ⅱ) の n 段積の高さ

(単位: m)

公称トン数		0.5 トン	1	2	3	4	6	8	10	12
基本高さ	H_1	0.470	0.592	0.747	0.855	0.941	1.076	1.185	1.276	1.357
	H_2	0.272	0.343	0.432	0.495	0.545	0.623	0.686	0.739	0.785
	l_1	0.248	0.312	0.393	0.450	0.495	0.567	0.624	0.672	0.714
	l_2	0.792	0.998	1.258	1.439	1.584	1.813	1.996	2.150	2.285
高さ	2 段積	0.74	0.94	1.18	1.35	1.49	1.70	1.87	2.02	2.14
	3 段積	1.01	1.28	1.61	1.85	2.03	2.32	2.56	2.75	2.93
	4 段積	1.29	1.62	2.04	2.34	2.58	2.95	3.24	3.49	3.71
	5 段積	1.56	1.96	2.48	2.84	3.12	3.57	3.93	4.23	4.50
	6 段積	1.83	2.31	2.91	3.33	3.67	4.19	4.62	4.97	5.28

n 段積の高さ $H_n = H_1 + (n-1) H_2$ ここに $H_1=0.4750 \times L$ $H_2=0.2750 \times L$

$l_1=0.2500 \times L$ $l_2=0.8000 \times L$

斜面被覆

- e: ブロック間のクリアランス
 f: ブロックと背後構造物とのクリアランス
 H': ブロックの高さ (=0.4750L)
 Z: マウンド高
 θ : マウンド斜面と水平面とのなす角 ($=\tan^{-1}\frac{1}{n}$)
 X₁: マウンド天端幅
 X₂: マウンド斜面長 ($=\frac{Z}{\sin\theta}$)
 X₃: 根固部敷幅
 X'₁: ブロック天端幅 ($=X_1+H' \cdot \tan\frac{\theta}{2}$)
 X'₂: ブロック斜面長 ($=X_2$)
 X'₃: 根固部天端幅 ($=X_3+H' \cdot \tan\frac{\theta}{2}$)

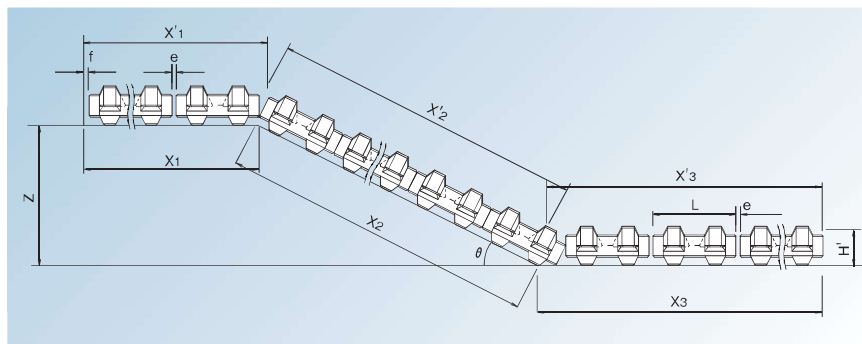


表 16 斜面部の断面当たりの概算所要個数

(単位: 個)

斜面勾配	マウンド高 (m)	斜面長 (m)	被覆層厚 公称トン数		一層被覆							
			0.5 トン	1	2	3	4	6	8	10	12	
1 : 1.5	2	3.61	4	3	3	2	2	2	2	2	2	
	4	7.21	8	6	5	4	4	4	3	3	3	
	6	10.82	11	9	7	6	6	5	5	4	4	
	8	14.42	15	12	10	8	8	7	6	6	5	
	10	18.03	19	15	12	10	10	8	8	7	7	
1 : 2.0	2	4.47	5	4	3	3	3	2	2	2	2	
	4	8.94	10	8	6	5	5	4	4	4	4	
	6	13.42	14	11	9	8	7	6	6	5	5	
	8	17.89	19	15	12	10	10	8	8	7	7	
	10	22.36	23	18	15	13	12	10	9	9	8	
1 : 3.0	2	6.32	7	5	4	4	4	3	3	3	3	
	4	12.65	13	11	8	7	7	6	5	5	5	
	6	18.97	20	16	13	11	10	9	8	7	7	
	8	25.30	26	21	17	15	13	12	11	10	9	
	10	31.62	32	26	21	18	16	14	13	12	12	

パクロスM形

パクロスには標準形の他に中央より折れ曲がったパクロス M 形があります。M形はマウンドののり肩及びのり戻の屈曲部を大きな空隙を空けることなく被覆でき、ブロックによる被覆効果をより向上させることができます。

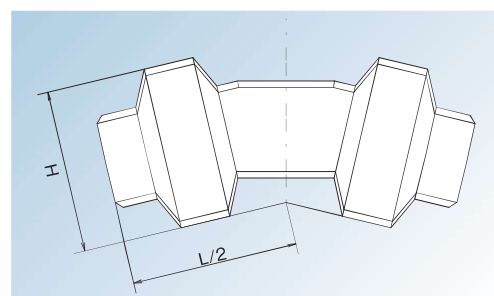


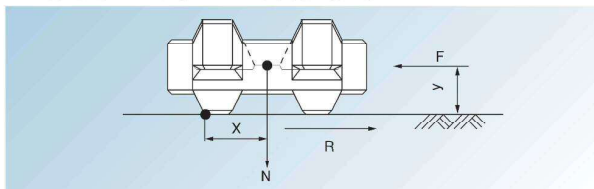
表 17 パクロスM形 諸数量

名称	公称トン数	0.5 トン	1	2	3	4	6	8	10	12
実 質 量 M (t)		0.685	1.369	2.744	4.112	5.481	8.216	10.969	13.699	16.450
体 積 V (m ³)		0.298	0.595	1.193	1.788	2.383	3.572	4.769	5.956	7.152
型 枠 面 積 A (m ²)		3.26	5.18	8.23	10.77	13.05	17.09	20.72	24.03	27.15
長 さ L (m)		0.990	1.247	1.572	1.799	1.980	2.266	2.495	2.687	2.856
幅 B (m)		0.990	1.247	1.572	1.799	1.980	2.266	2.495	2.687	2.856
高 さ H (m)		0.470	0.592	0.747	0.855	0.941	1.076	1.185	1.276	1.357

※製品改良のため形状寸法を変更することがあります。

パラクロスの所要質量

1. 流水に対する所要質量



1-1 流水力、抵抗力、転倒モーメント、抵抗モーメント

$$\text{流水力: } F = C_D \cdot \rho_w \cdot \epsilon \cdot S \cdot \frac{v^3}{2}$$

F: 流水力 (kN)

C_D : 抵抗係数…………… $C_D \approx 1.0$

ρ_w : 流水の密度 (t/m³)

清水の場合…………… $\rho_w = 1.0 \text{ t/m}^3$

土砂混入率

10% 程度の場合…………… $\rho_w = 1.2 \text{ t/m}^3$

ϵ : 遮蔽係数

単体の場合…………… $\epsilon = 1.0$

群体としての場合…………… $\epsilon \approx 0.35 \sim 0.40$

S: 投影面積 (m²) ……………下記参照

v: 流速 (m/sec)

$$\text{抵抗力: } R = \mu \cdot N = \mu \cdot \left(1 - \frac{\rho_w}{\rho_c}\right) \cdot M \cdot g$$

R: 抵抗力 (kN)

N: ブロック (水中) の河床面に対する荷重 (kN)

μ : 摩擦係数

通常の場合…………… $\mu = 0.8$

噛み合わせのある

ブロック上下間の場合 $\mu = 1.0$

ρ_c : コンクリートの密度 (t/m³)

…………… $\rho_c = 2.3 \text{ t/m}^3$

M: ブロックの質量 (t)

g: 重力加速度 (m/sec²) …… $g = 9.8 \text{ m/sec}^2$

転倒モーメント: $M_o = y \cdot F$

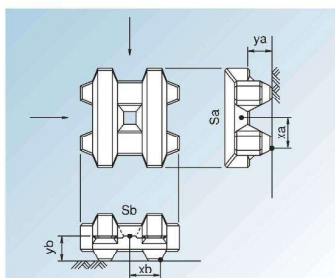
M_o : 転倒モーメント (kN・m)

y: アームの長さ (m) ……………下記参照

$$\text{抵抗モーメント: } M_R = x \cdot N = x \cdot \left(1 - \frac{\rho_w}{\rho_c}\right) \cdot M \cdot g$$

M_R : 抵抗モーメント

x: アームの長さ (m) ……………下記参照



●投影面積 S

S_a	$0.3549 \times L^2$
S_b	$0.3498 \times L^2$

●アームの長さ x, y

$x_a = x_b$	$0.3050 \times L$
$y_a = y_b$	$0.2679 \times L$

1-2 滑動に対する安定条件

$$\frac{R}{F} \geq F_s$$

R: 抵抗力 (kN)

F: 流水力 (kN)

F_s : 安全率

よって、所要質量は

$$M \geq \frac{F_s \cdot C_D \cdot \rho_w \cdot \epsilon \cdot S \cdot v^3}{2g \cdot \mu \cdot \left(1 - \frac{\rho_w}{\rho_c}\right)}$$

1-3 転倒に対する安定条件

$$\frac{M_R}{M_o} \geq F_s$$

M_R : 抵抗モーメント

M_o : 転倒モーメント

F_s : 安全率

よって、所要質量は

$$M \geq \frac{F_s \cdot y \cdot C_D \cdot \rho_w \cdot \epsilon \cdot S \cdot v^3}{2g \cdot x \cdot \left(1 - \frac{\rho_w}{\rho_c}\right)}$$

1-4 流速算定式

流速算定式は、マンニングの平均流速公式等による。

マンニング式

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad v = \left(\frac{I^{1/2}}{n}\right)^{3/5} \cdot \left(\frac{Q}{B}\right)^{2/5} \quad \text{但し } R \approx h$$

v: 流水断面の平均流速 (m/sec)

R: 径深 (m)

径深 (R) = 流水断面積 (A) / 潤辺 (P)

I: 水面勾配 (河床勾配)

Q: 流量 (m³/sec)

B: 河幅 (m)

n: マニングの粗度係数

マンニングの粗度係数

河川や水路の状況		マンニングの n の範囲
人工水路・改修河川	コンクリート人工水路	0.014~0.020
	スパイラル半管水路	0.021~0.030
	両岸石張小水路 (泥土床)	0.025 (平均値)
	岩盤堀放し	0.035~0.050
	岩盤整正	0.025~0.040
	粘土性河床、洗掘のない程度の流速	0.016~0.022
自然河川	砂質ローム、粘土質ローム	0.020 (平均値)
	ドラグライン堀しゅんせつ、雑草少	0.025~0.033
	平野の小流路、雑草なし	0.025~0.033
	平野の小流路、雑草、灌木有	0.030~0.040
	平野の小流路、雑草多、礫河床	0.040~0.055
	山地流路、砂利、玉石	0.030~0.050
山地河川	山地流路、玉石、大玉石	0.040 以上
	大流路、粘土、砂質床、蛇行少	0.018~0.035
	大流路、礫河床	0.025~0.040

建設省河川砂防技術基準 (案) より

1-5 流水力に対する所要質量

滑動に対する所要質量 ($\rho_w=1.0$)

$$M > 0.1128 F_s \cdot \epsilon \cdot S \cdot v^2$$

転倒に対する所要質量 ($\rho_w=1.0$)

$$M > 0.09027 F_s \cdot \frac{y}{x} \cdot \epsilon \cdot S \cdot v^2$$

一般にパラクロスの場合 $x > y$

$$\therefore 0.1128 F_s \cdot \epsilon \cdot S \cdot v^2 > 0.09027 F_s \cdot \frac{y}{x} \cdot \epsilon \cdot S \cdot v^2$$

従って、一般に流水に対するパラクロスの安定条件は滑動の方が危険側となるので所要質量は滑動に対する安定条件より決定します。

1-6 「力学設計法」による計算法

$$M > a \cdot \left(\frac{\rho_w}{\rho_c - \rho_w} \right)^3 \cdot \frac{\rho_c}{g^3} \cdot \left(\frac{V_0}{\beta} \right)^6$$

M : ブロック所要質量 (t)

a, β : 係数…下記参照

ρ_c : コンクリートの密度 (t/m³)

ρ_w : 流水の密度 (t/m³)

V_0 : 代表流速 (m/sec)

g : 重力加速度 (9.8m/sec²)

ブロックの形状による係数

ブロック種別	配列	a	β
平面型	単体相当	0.54	1.00
	群体相当		2.00

護岸の力学設計法より

2. 波高に対する所要質量

2-1 パラクロスをのり面被覆工として使用する場合

一般に、海岸に使用するブロックの所要質量はハドソン公式によって計算します。

$$\text{ハドソン公式} \quad M \geq \frac{\rho_c \cdot H^3}{K_D \cdot \left(\frac{\rho_c}{\rho_w} - 1 \right)^3 \cdot \cot \theta}$$

M : ブロック所要質量 (t)

ρ_c : コンクリートの密度 (t/m³) … $\rho_c=2.3 \text{ t/m}^3$

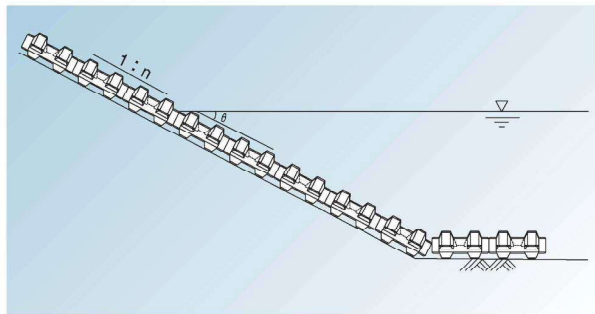
ρ_w : 海水の密度 (t/m³) … $\rho_w=1.03 \text{ t/m}^3$

θ : ブロック斜面と静水面とのなす角度

H : 前面波高 (m)

K_D : 定数 … $K_D=15$

K_D実験断面略図



尚、パラクロスM形は、一般に標準形と組み合わせて用い、この場合、規格は標準形と同一とします。

2-2 パラクロスを混成堤基礎マウンド被覆工として使用する場合

混成堤基礎マウンドを被覆するブロックの所要質量はブレブナーとドネリーの算定式によって計算します。

ブレブナーとドネリーの算定式

$$M \geq \frac{\rho_c \cdot H^3}{N_s^3 \cdot \left(\frac{\rho_c}{\rho_w} - 1 \right)^3}$$

H : 前面波高 (m)

ρ_c : コンクリートの密度 (t/m³)

ρ_w : 海水の密度 (t/m³)

図中

d : マウンド天端上の水深 (m)

h : マウンド前面水深 (m)

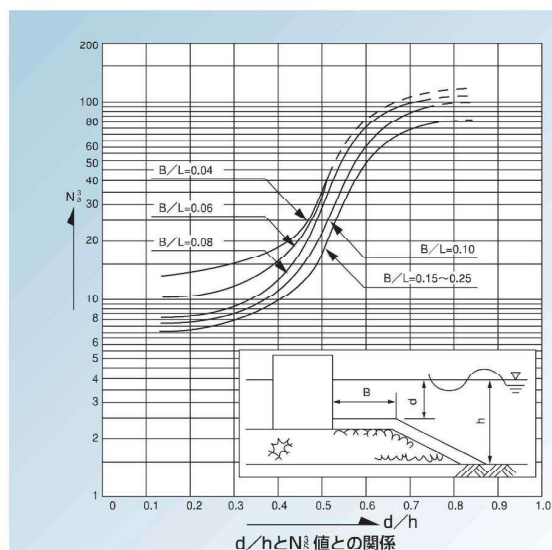
B : マウンド天端幅 (m)

L : マウンド前面波長 (m)

d/h : マウンド天端水深・前面水深比

B/L : マウンド天端幅・前面波長比

N_s³ : 安定係数



パラクロスの所要質量

2-3 人工リーフを被覆する場合

人工リーフを被覆する場合の所要質量は、旧建設省土木研究所による被覆材の所要質量算定式、又はプレブナーとドネリーの算定式による。

旧建設省土木研究所の算定式

$$M = K_L \cdot \frac{\rho_c (R + \eta t)^3}{S^3 \cdot \cos^3 \phi}$$

$$K_L = S_n^3 \cdot f_u^6 \cdot k_v$$

M : ブロック所要質量 (t)

S_n : 安定係数

ρ_c : コンクリートの密度 (t/m³)

ρ_w : 海水の密度 (t/m³)

S : 被覆材の水中比重 $S = (\rho_c - \rho_w) / \rho_w$

ϕ : 堤体表面上の最大流速発生地点の堤体表面と水平面のなす角度

R : リーフ天端水深 (m)

ηt : リーフ天端上の水位上昇量 (m)

f_u : 堤体表面上の最大流速の無次元係数 (「人工リーフ設計の手引き」参照)

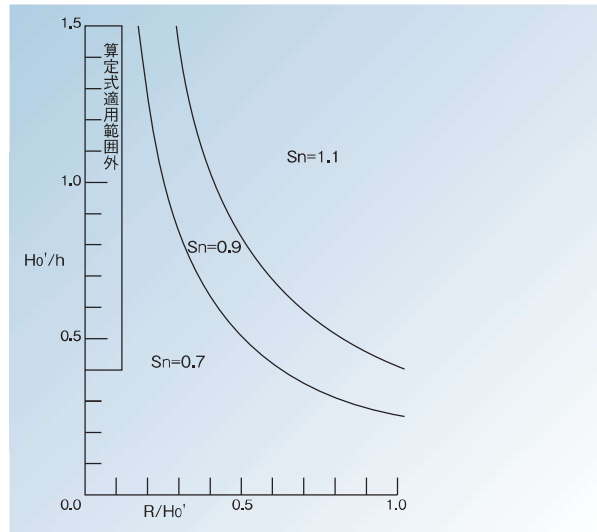
k_v : 体積に関する形状係数 (0.5)

図中

h : マウンド前面水深 (m)

H_o' : 換算沖波波高 (m)

パラクロス安定係数 S_n 算定図 ($K_v=0.5$)



プレブナーとドネリーの算定式

$$M = \frac{\rho_c \cdot H^3}{N_s^3 \cdot \left(\frac{\rho_c}{\rho_w} - 1 \right)^3}$$

M : ブロック所要質量 (t)

H : 前面波高 (m)

ρ_c : コンクリートの密度 (t/m³)

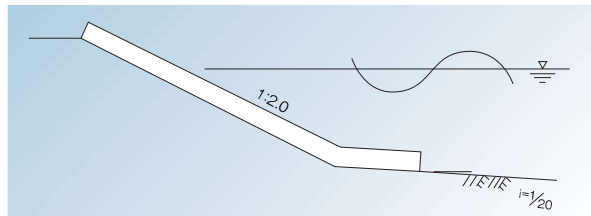
ρ_w : 海水の密度 (t/m³)

N_s : 安定係数 $= 2.125 \times \frac{R}{H} + 1.7$

R : 天端水深 (m)

3. 計算例

3-1 パラクロスをのり面被覆工として使用する場合



設計条件

前面波高 : $H=3.60\text{m}$

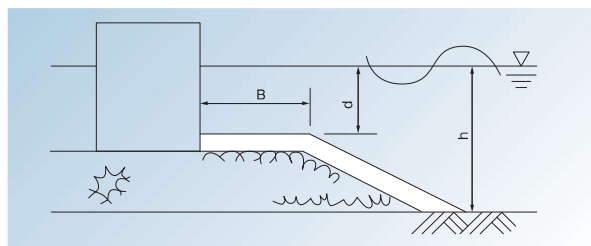
斜面勾配 : $1:2.0$

従って、ハドソン公式より根固工のある場合 ($K_D=15$) としてパラクロスの所要質量を求める。

$$M = \frac{2.3 \times 3.60^3}{15 \times \left(\frac{2.3}{1.03} - 1 \right)^3 \times 2.0} = 1.91\text{t}$$

従って、パラクロス 2t 形を使用すれば安定である。

3-2 パラクロスを混成堤基礎マウンドに使用する場合



設計条件

前面波高 : $H=6.00\text{m}$

マウンド天端上の水深 : $d=5.5\text{m}$

マウンド前面水深 : $h=10.0\text{m}$

マウンド天端幅 : $B=11.0\text{m}$

マウンド前面波長 : $L=111.2\text{m}$

計算

設計条件よりマウンド天端水深・前面水深比 d/h およびマウンド天端幅・前面波長比 B/L はそれぞれ

$$d/h = 5.5/10.0 = 0.55$$

$$B/L = 11.0/111.2 = 0.099$$

であるから

d/h と N_s^3 との関係図より d/h 、 B/L の条件に該当する N_s^3 値を読みとると

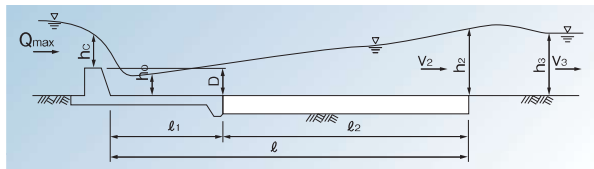
$$N_s^3 = 40$$

従って、プレブナーとドネリーの算定式よりパラクロスの所要質量を求める

$$M = \frac{2.3 \times 6.00^3}{40 \times \left(\frac{2.3}{1.03} - 1 \right)^3} = 6.63\text{t}$$

従って、パラクロス 8t 形を使用すれば安定である。

3-3 パラクロスを護床工として使用する場合 検討断面



設計条件

計画洪水流量	: $Q_{\max} = 800 \text{ m}^3/\text{sec}$
堰堤長	: $b = 50.0 \text{ m}$
堰高	: $D = 2.0 \text{ m}$
河川幅	: $B = 50.0 \text{ m}$
河床勾配	: $I = 1/150$
粗度係数	: $n = 0.037$
河床状態	: 礫と砂

図中

h_c	: 堤頂水深 (限界水深) (m)
h_o	: 堤跡水深 (m)
h_2	: 堤跡水深に対する共役水深 (m)
h_3	: 護床工下流端常流水深 (m)
ℓ_1	: 水叩工長 (m)
ℓ_2	: 護床工長 (m)
ℓ	: 保護工長 (m)

計算

護床工長の算定

水叩工長と護床工長についてはブライの方法及び水理学的計算により求め両者を比較して決定することとする。

ブライの方法

設計条件より単位幅流量 $q_{\max}$ は

$$q_{\max} = \frac{Q_{\max}}{B} = \frac{800}{50.0} = 16.0 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{m}$$

ブライの式より

$$\text{水叩工長 } \ell_1 \text{ は } \ell_1 = 0.60C\sqrt{D}$$

$$\text{護床工長 } \ell_2 \text{ は } \ell_2 = 0.67C\sqrt{D \cdot q_{\max} \times f} - \ell_1$$

C : ブライの浸透路係数

f : 安全率。可動堰の場合 1.5、固定堰の場合 1.0

ブライの浸透路係数

河床状態	C
極微粒砂～シルト	18
微粒砂	15
粗粒砂	12
礫及び砂の混合	9
転石、礫と砂	4～6

従って固定堰とすると

$$\ell_1 = 0.60 \times 6 \times \sqrt{2.0} = 5.09 \text{ m}$$

$$\ell_2 = 0.67 \times 6 \times \sqrt{2.0 \times 16.0 \times 1.0} - 5.09 = 17.65 \text{ m}$$

水理学的計算

水理学的計算を行い跳水終了点までの長さを求め、水叩工下流端からこの点まで護床工を設け、洗掘を防止するものとする。

堤跡水深 h_o は

$$h_o^3 - E_o h_o^2 + \frac{Q_{\max}^2}{2g} = 0$$

E_o : 水叩面を基準とした堰頂における全エネルギー

$$E_o = D + 1.5h_c = D + 1.5 \left(\frac{Q_{\max}^2}{g} \right)^{1/3}$$

従って

$$h_o^3 - 6.45h_o^2 + 13.06 = 0$$

$$\therefore h_o = 1.65 \text{ m}$$

堤跡水深 h_o に対する共役水深 h_2 は

$$h_2 = \frac{h_o}{2} (\sqrt{1 + 8F_o^2} - 1)$$

F_o : 堤跡水深 h_o に対するフルード数

$$F_o = \frac{q_{\max}}{\sqrt{g \cdot h_o^3}}$$

$$\therefore h_2 = \frac{1.65}{2} \times (\sqrt{1 + 8 \times 2.41^2} - 1) = 4.86 \text{ m}$$

跳水長 ℓ_j は

$$\ell_j = 4.5h_2$$

$$\therefore \ell_j = 4.5 \times 4.86 = 21.87 \text{ m}$$

従って、護床工長 ℓ_2 は

$$\ell_2 = \ell_j - \ell_1$$

ℓ_1 : ブライの式により求めた水叩工長 ($\ell_1 = 5.09 \text{ m}$)

$$\therefore \ell_2 = 21.87 - 5.09 = 16.78 \text{ m}$$

従って

$$\ell_1 = 5.09 \text{ m}$$

$$\ell_2 = 16.78 \text{ m}$$

以上とする。

パラクロスの所要質量の算定

パラクロスの所要質量は護床工下流側の v_2 、 v_3 の大きい方で算定する。

$$v_2 = \frac{q_{\max}}{h_2} = \frac{16.0}{4.86} = 3.29 \text{ m/sec}$$

$$v_3 = \left(\frac{I^{1/2}}{n} \right)^{3/5} \cdot \left(\frac{Q_{\max}}{B} \right)^{2/5} \\ = \left(\frac{1}{150^{1/2} \times 0.037} \right)^{3/5} \times \left(\frac{800}{50.0} \right)^{2/5} = 4.87 \text{ m/sec}$$

今、パラクロス 6t 型 ($L = 2.266 \text{ m}$) を流向に、ブロック L 方向を設置すれば、安全率を 1.2 とした場合

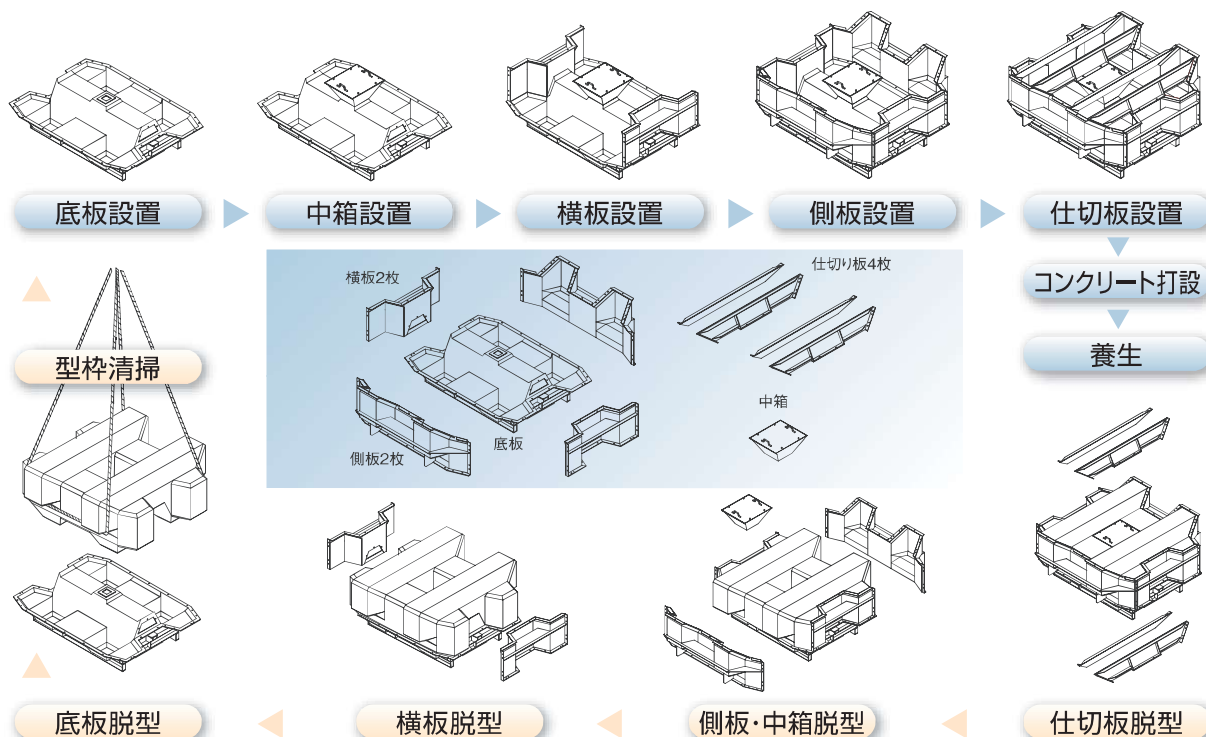
$$M > 0.1128 F_s \cdot \epsilon \cdot S_a \cdot v^2$$

$$M > 0.1128 \times 1.2 \times 1.0 \times 0.3549 \times 2.266^2 \times$$

$$4.87^2 = 5.85 \text{ t}$$

従って、水叩工長は $\ell_1 = 5.09 \text{ m}$ 以上とし、護床工長 ℓ_2 はパラクロス 6t 型を突き合わせ配列、ブロック L 方向の 8 個並びとし、18.92 m とする。

ブロック製作手順



製作ヤード

製作ヤードは諸作業が安全確実かつ能率的に行える広さとし、十分に整地を行います。製作ヤードの所要面積は、現地条件により異なりますが、基本的には次式で求められます。

$$S=S_1+S_2+S_3$$

ここに
 S : 製作ヤードの所要面積
 S_1 : 打設ヤードの所要面積
 S_2 : 仮置ヤードの所要面積
 S_3 : 作業道路の所要面積です。

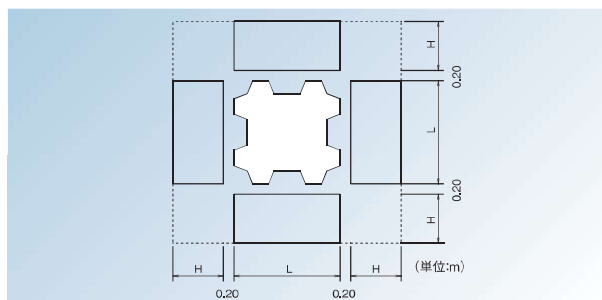
(a) 打設ヤード

型枠の組立、コンクリート打設、型枠の脱型作業に要するヤードで次式で与えられます。

$$S_1=M \cdot a_1$$

ここに
 M : 型枠組数
 a_1 : 型枠1組当り展開面積です。
 a_1 の標準値は表に示した値となります。

名称	公称トン数	0.5	1	2	3	4	6	8	10	12
a_1 (㎡)		5.43	8.02	12.01	15.27	18.16	23.22	27.72	31.81	35.63



(b) 仮置ヤード

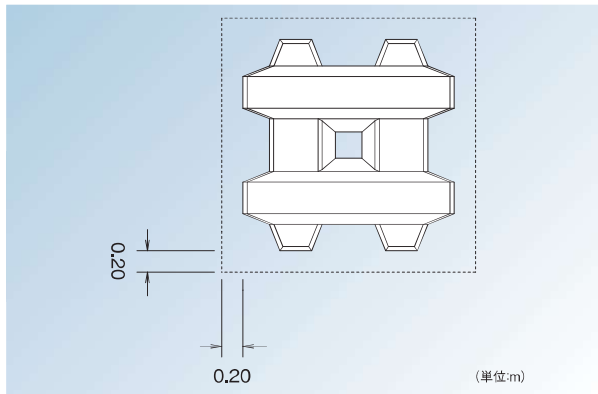
脱型後据付までの養生期間中ブロックをストックするためのヤードで次式で与えられます。

$$S_2=N \cdot a_2$$

ここに
 N : ブロック製作個数
 a_2 : 仮置時ブロック1個の占有面積です。

a_2 の一例を表に示します。地盤強度や整地状況などを考慮し、安全を確保出来る範囲でブロックを積むことで、ヤードを減らすことが可能です。また、打設ヤードに型枠組数分のブロックを仮置することで、ヤードを減らすことも可能です。

名称	公称トン数	0.5	1	2	3	4	6	8	10	12
a_2 (㎡)		1.93	2.71	3.89	4.84	5.66	7.11	8.38	9.53	10.60

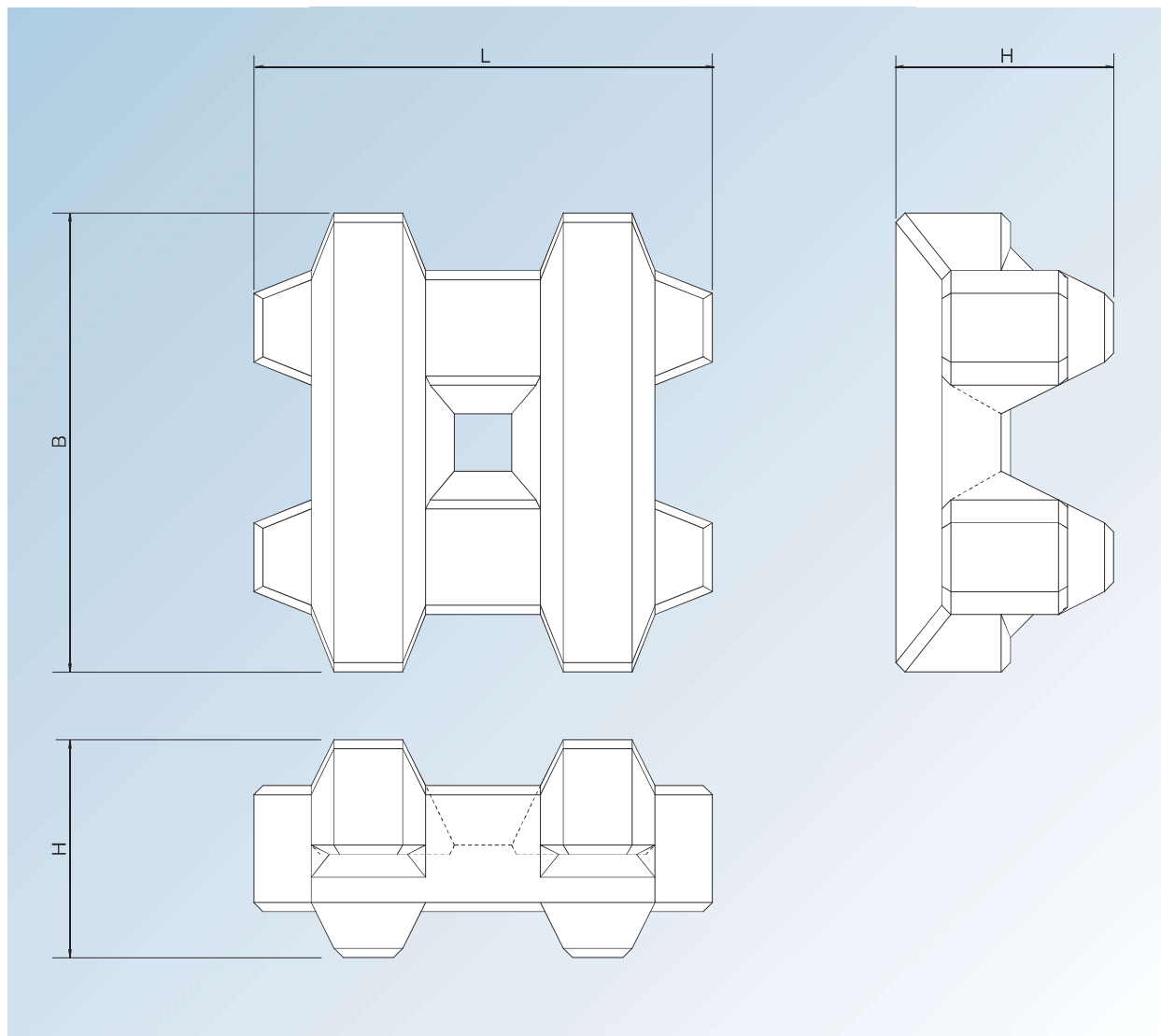


(c) 作業道

ブロック製作に用いる車両の作業・移動等のためのヤードで、上記各ヤードの形状・配置、使用する車両の大きさ等で所要面積は異なります。

大型パラクロス

形状・寸法



諸数量

		16 トン	20 トン	25 トン	30 トン
実 質 量	M (t)	16,010	20,001	25,015	30,004
体 積	V (m ³)	6,961	8,696	10,876	13,045
型枠面積	A (m ²)	26,32	30,53	35,43	40,00
長 さ	L (m)	3,143	3,385	3,647	3,875
幅	B (m)	3,143	3,385	3,647	3,875
高 さ	H (m)	1,493	1,608	1,732	1,841
鉄筋	規格	D13	D13	D13	D13
	質量 (kg)	45,84	50,84	55,92	58,52
吊り筋	規格	φ25	φ28	φ32	φ36
	質量 (kg)	41,60	57,96	83,28	113,44

注 本表の配筋図、吊り筋の詳細についてはお問い合わせください。