

ブロック環境事業本部	〒103-0016	東京都中央区日本橋小網町7-2(ぺんてるビル)	☎ 03-5644-8583
北海道支店	〒060-0001	北海道札幌市中央区北1条西7-3(北一条大和田ビル)	☎ 011-233-1640
東北支店	〒980-0803	宮城県仙台市青葉区国分町1-6-9(マニユライフプレイス仙台)	☎ 022-262-3411
東京本店	〒103-0016	東京都中央区日本橋小網町7-2(ぺんてるビル)	☎ 03-5644-8590
北陸支店	〒950-0078	新潟県新潟市中央区万代島5-1(新潟万代島ビル)	☎ 025-255-1171
中部支店	〒460-0008	愛知県名古屋市中区栄5-27-14(朝日生命名古屋栄ビル)	☎ 052-261-5132
大阪支店	〒542-0081	大阪府大阪市中央区南船場2-3-2(南船場ハートビル)	☎ 06-7711-5225
中国支店	〒730-0041	広島県広島市中区小町3-19(MG広島小町ビル)	☎ 082-248-0138
四国支店	〒760-0023	香川県高松市寿町2-2-10(高松寿町プライムビル)	☎ 087-821-1541
九州支店	〒812-0011	福岡県福岡市博多区博多駅前4-1-1(日本生命博多駅前第二ビル)	☎ 092-441-5760
総合技術研究所	〒300-0006	茨城県土浦市東中貫町2-7	☎ 029-831-7411

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



半世紀以上にわたる実績と信頼を 未来のために…

1949年フランスで産声を上げ、その後、我が国にもたらされたテトラポッドは、半世紀以上の永きにわたり、皆様に信頼され親しまれてまいりました。その間、ある時は過酷な大自然と闘い、また、ある時は美しい自然とやさしく調和しながら着実に進歩を遂げ、現在では80トン型という大きなものを揃えるまでに成長しました。この成熟したテトラポッドがこれからの新しい歩みを皆様とともに重ねることは、弊社の誇りでもあります。



テトラポッドの 特性



- 四脚の対称体で美しく、表面がやわらかな曲面をなしている
- 重心の位置が低く安定性に優れ、脚部も截頭円錐体で強固な構造である
- かみ合わせが良好で安定した断面が形成できる
- 適度な空隙率をもっており消波機能が高い
- シンプルな型枠で互換性があり施工性がよい

テトラポッドの 設置の効果

- 港湾・空港および電力・石油施設等を護る
- 漁港および漁場や養殖場を護り、魚礁効果にも優れる
- 海岸施設および海浜を護り、侵食された砂浜を回復する

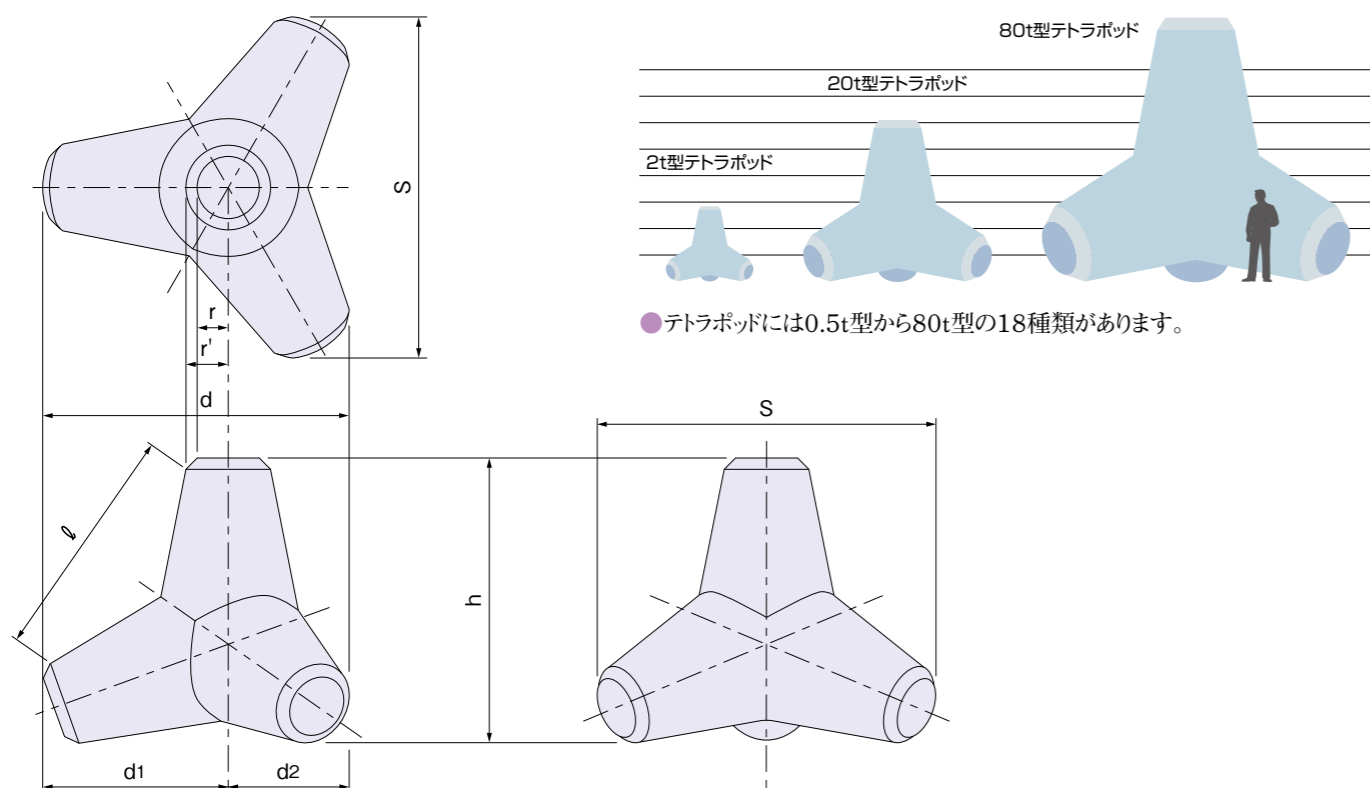


蛸の浜漁港(岩手県)

西表島国有林(沖縄県)

形状及び寸法

テトラポッドの形状寸法図



テトラポッドの諸元表

単位:mm

トン型	質量 (t)	重量 (kN)	体積 (m³)	型枠面積 (m²)	h	d	d1	d2	S	2r	2r'	ℓ
0.5	0.46	4.51	0.2	2.18	900	967	587	380	1075	198	270	747
1.0	0.92	9.02	0.4	3.44	1130	1214	738	476	1350	248	338	937
2.0	1.84	18.04	0.8	5.42	1420	1526	927	599	1696	312	426	1178
3.2	2.88	28.24	1.25	7.32	1650	1773	1077	696	1971	362	494	1369
4.0	3.68	36.09	1.6	8.62	1790	1924	1169	755	2139	392	536	1485
5.0	4.60	45.11	2.0	10.00	1930	2074	1260	814	2306	424	578	1601
6.3	5.75	56.39	2.5	11.58	2075	2230	1355	875	2479	456	622	1722
8.0	7.36	72.18	3.2	13.74	2260	2429	1476	953	2700	496	678	1875
10.0	9.20	90.22	4.0	15.88	2430	2612	1587	1025	2903	534	728	2016
12.5	11.50	112.78	5.0	18.46	2620	2816	1711	1105	3130	576	786	2174
16.0	14.49	142.10	6.3	21.54	2830	3042	1848	1194	3381	622	848	2348
20.0	18.40	180.44	8.0	25.19	3060	3289	1998	1291	3656	672	918	2539
25.0	23.00	225.55	10.0	29.29	3300	3547	2155	1392	3943	726	990	2739
32.0	28.75	281.94	12.5	33.90	3550	3816	2318	1498	4242	780	1064	2946
40.0	37.03	363.14	16.1	40.08	3860	4149	2520	1629	4612	848	1158	3203
50.0	46.00	451.11	20.0	46.44	4155	4466	2713	1753	4965	914	1246	3448
64.0	58.88	577.42	25.6	54.59	4505	4842	2941	1901	5383	990	1350	3739
80.0	80.50	789.44	35.0	67.25	5000	5375	3265	2110	5975	1100	1500	4150

質量=2.3(コンクリートの密度)×体積
重量=9.80665×質量

基本設計

所要質量の算定

安定性には、波高以外に、波の周期、水深、海底勾配、天端高、背面構造物の形式等の諸要素が影響するため、所要質量は、水理模型実験および類似条件の実施例などから定めることが望まれます。これによらない場合、一般的に下記のハドソン式により行います。

ハドソン式

$$M = \frac{\rho_r \cdot H_{1/3}^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \alpha} \quad \text{1式}$$

K_D値: 8.3
(被害率 0~1%の場合)

安定数(N_s値)を用いたハドソン式

(港湾の施設の技術上の基準・同解説：平成19年9月改訂参照)

$$M = \frac{\rho_r \cdot H_{1/3}^3}{N_s^3 (S_r - 1)^3} \quad \text{2式}$$

1式のハドソン式は、2式の安定数N_sの代わりにK_D・cotαを用いた式として位置づけられます。

$$N_s^3 = K_D \cdot \cot \alpha$$

また、混成堤の全断面乱積み被覆等では、被災度や波の作用波数を含めた算定をすることもできます。

この場合、2式のN_s値は3式及び4式により求めます。

$$N_s = C_H \{a(N_0/N^{0.5})^{0.2} + b\} \quad \text{3式}$$

$$C_H = 1.4 / (H_{1/20} / H_{1/3}) \quad \text{4式}$$

所要個数の算定

所要個数は次式で計算します。

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

ここに M : 所要質量 (t)
 ρ_r : ブロックの密度 (2.3 t/m³)
 ρ_w : 海水の密度 (1.03 t/m³)
 S_r : ブロックの海水に対する比重 (ρ_r/ρ_w)
 H_{1/3} : 設計有義波高 (m)
 K_D : ブロックの種類および被害率により定まる定数
 N_s : 主としてブロックの形状、勾配、被災度等により定まる係数
 α : 消波工のり面と水平面のなす角度
 C_H : 碎波効果係数 (非碎波の場合 C_H=1.0)
 N₀ : ブロックの代表径の幅 (法線方向) あたりの被災個数で表される被災度
 N : 作用波数
 a, b : ブロックにより定まる係数 (下表を参照)

●テトラポッドの斜面勾配別係数 註1)

斜面勾配	a	b
1:4/3	2.32	1.33
1:1.5		1.42
1:2		1.65

註1) 「期待被災度を考慮した消波ブロックの安定重量」
高橋・半沢ら、港研報告第37巻、第1号、1998.3

また、4式のH_{1/20}/H_{1/3}は算定図(港湾の施設の技術上の基準・同解説等)より求められます。

なお、被災度については、N₀=0.3が従来の被害率で表す1%程度に相当します。

因みに、C_H=1.0、N=1000、N₀=0.3とすると、K_D=8.3としてハドソン式より求められる質量とほぼ同じ値が得られます。

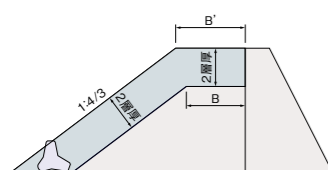
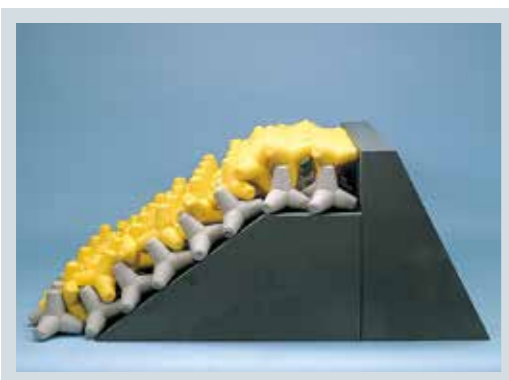
ここに N : 所要個数 (個)
 V : 被覆する容積 (m³)
 v : ブロック1個の体積 (m³)
 p : 空隙率 (50%)

標準断面諸元

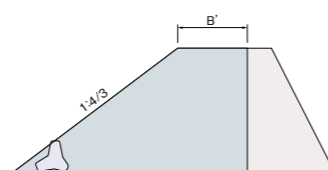
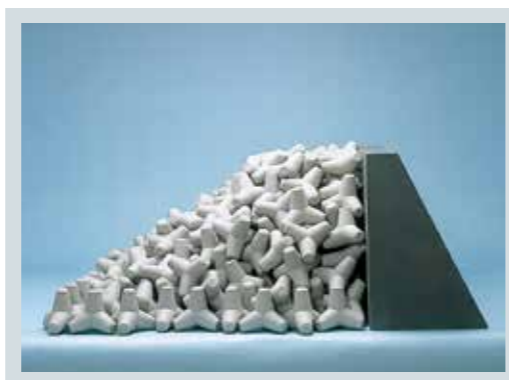
1 直立堤被覆形式

- 標準勾配は1:4/3です。
- 全断面被覆形式の標準勾配及び天端幅寸法は、2層被覆形式に準じます。

1 2層被覆形式



2 全断面被覆形式



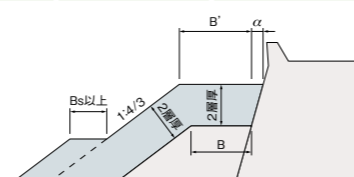
●直立堤被覆形式諸元(標準勾配の場合)

単位:m

トン型	2層の厚さ	最小小段幅 Bs	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	1.20	0.80	1.00	1.40	1.80	2.20	2.60	3.00
1.0	1.50	1.00	1.20	1.70	2.20	2.70	3.20	3.70
2.0	1.90	1.30	1.60	2.20	2.90	3.50	4.20	4.80
3.2	2.20	1.50	1.80	2.50	3.30	4.00	4.80	5.50
4.0	2.40	1.60	2.00	2.80	3.60	4.40	5.20	6.00
5.0	2.60	1.80	2.10	2.90	3.90	4.70	5.70	6.50
6.3	2.70	1.90	2.30	3.20	4.20	5.10	6.10	7.00
8.0	3.00	2.10	2.40	3.40	4.50	5.50	6.60	7.60
10.0	3.20	2.20	2.70	3.70	4.90	5.90	7.10	8.10
12.5	3.50	2.40	2.90	4.00	5.30	6.40	7.70	8.80
16.0	3.80	2.60	3.10	4.30	5.70	6.90	8.30	9.50
20.0	4.10	2.80	3.30	4.60	6.10	7.40	8.90	10.20
25.0	4.40	3.00	3.60	5.00	6.60	8.00	9.60	11.00
32.0	4.80	3.30	3.90	5.50	7.20	8.80	10.50	12.10
40.0	5.10	3.50	4.20	5.90	7.70	9.40	11.20	12.90
50.0	5.50	3.80	4.50	6.30	8.30	10.10	12.10	13.90
64.0	6.00	4.20	4.90	6.90	9.10	11.10	13.30	15.30
80.0	6.70	4.60	5.40	7.60	10.00	12.20	14.60	16.80

※上表中の最小小段幅Bsは、小段の最小天端幅を示すものです。

※背面本体壁に勾配がついている場合は、この表の数値にその勾配による水平幅を加えてください。(右図参照)

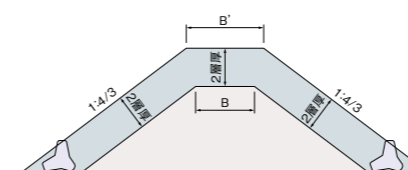
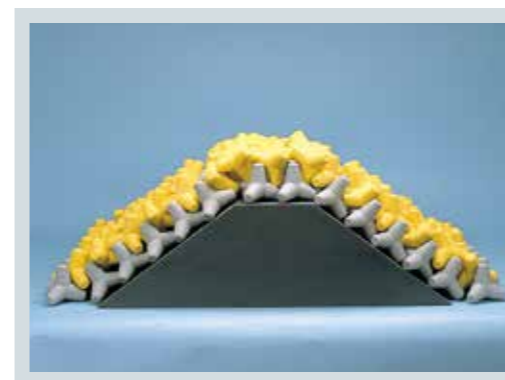


P5～P7の諸数値(勾配、天端幅、層厚等)および積み方は標準的なものです。これ以外の設計も可能ですのでご相談ください。

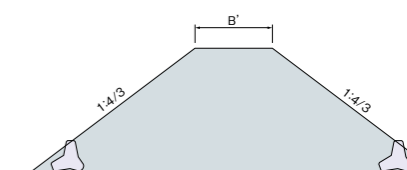
2 傾斜堤形式

- 標準勾配は1:4/3です。
- 全断面形式の標準勾配及び天端幅寸法は、2層被覆形式に準じます。

1 2層被覆形式



2 全断面形式



●傾斜堤被覆形式諸元(標準勾配の場合)

単位:m

トン型	2層の厚さ	最小小段幅 Bs	天端上段3個並び		天端上段4個並び		天端上段5個並び	
			B	B'	B	B'	B	B'
0.5	1.20	0.80	1.80	2.60	2.60	3.40	3.40	4.20
1.0	1.50	1.00	2.20	3.20	3.20	4.20	4.20	5.20
2.0	1.90	1.30	2.90	4.10	4.20	5.40	5.50	6.70
3.2	2.20	1.50	3.30	4.70	4.80	6.20	6.30	7.70
4.0	2.40	1.60	3.60	5.20	5.20	6.80	6.80	8.40
5.0	2.60	1.80	3.80	5.50	5.60	7.30	7.40	9.10
6.3	2.70	1.90	4.10	5.90	6.00	7.80	7.90	9.70
8.0	3.00	2.10	4.50	6.50	6.60	8.60	8.70	10.70
10.0	3.20	2.20	4.80	6.90	7.00	9.10	9.20	11.30
12.5	3.50	2.40	5.20	7.50	7.60	9.90	10.00	12.30
16.0	3.80	2.60	5.60	8.10	8.20	10.70	10.80	13.30
20.0	4.10	2.80	6.00	8.70	8.80	11.50	11.60	14.30
25.0	4.40	3.00	6.50	9.40	9.50	12.40	12.50	15.40
32.0	4.80	3.30	7.20	10.40	10.50	13.70	13.80	17.00
40.0	5.10	3.50	7.70	11.10	11.20	14.60	14.70	18.10
50.0	5.50	3.80	8.30	11.90	12.10	15.70	15.90	19.50
64.0	6.00	4.20	9.10	13.10	13.30	17.30	17.50	21.50
80.0	6.70	4.60	10.00	14.40	14.60	19.00	19.20	23.60

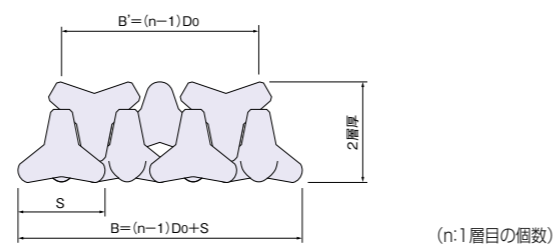
※上表中の最小小段幅Bsは、小段の最小天端幅を示すものです。(前頁参照)

標準断面諸元

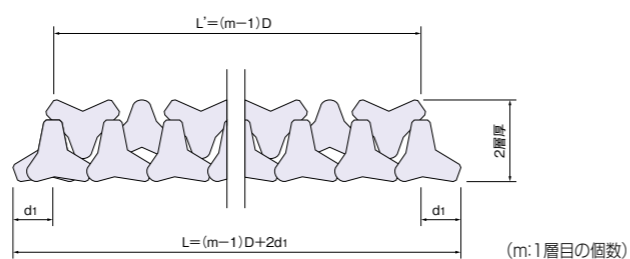
3 水平2層積形式



●断面寸法



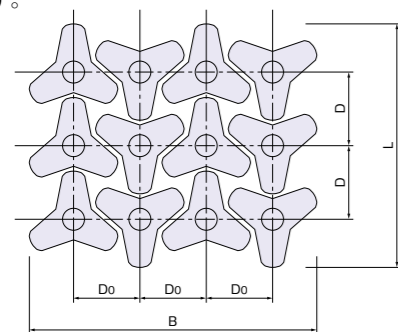
●延長方向



●所要個数(N): 所要個数の計算は、列数計算によります。

1層目 $n \times m$
 2層目 $(n-1) \times (m-1)$

●水平2層積形式の1層目配列は、下図のようになります。



●水平2層積諸元

単位:m

トン型	層厚	心々間隔 Do	心々間隔 D	3-2		4-3		5-4		6-5	
				B	B'	B	B'	B	B'	B	B'
0.5	1.20	0.80	0.90	2.70	1.60	3.50	2.40	4.30	3.20	5.10	4.00
1.0	1.50	1.00	1.15	3.35	2.00	4.35	3.00	5.35	4.00	6.35	5.00
2.0	1.90	1.25	1.40	4.20	2.50	5.45	3.75	6.70	5.00	7.95	6.25
3.2	2.20	1.45	1.65	4.85	2.90	6.30	4.35	7.75	5.80	9.20	7.25
4.0	2.40	1.55	1.75	5.25	3.10	6.80	4.65	8.35	6.20	9.90	7.75
5.0	2.60	1.70	1.90	5.70	3.40	7.40	5.10	9.10	6.80	10.80	8.50
6.3	2.70	1.80	2.05	6.05	3.60	7.85	5.40	9.65	7.20	11.45	9.00
8.0	3.00	1.95	2.25	6.60	3.90	8.55	5.85	10.50	7.80	12.45	9.75
10.0	3.20	2.10	2.40	7.10	4.20	9.20	6.30	11.30	8.40	13.40	10.50
12.5	3.50	2.25	2.60	7.65	4.50	9.90	6.75	12.15	9.00	14.40	11.25
16.0	3.80	2.45	2.80	8.30	4.90	10.75	7.35	13.20	9.80	15.65	12.25
20.0	4.10	2.65	3.00	8.95	5.30	11.60	7.95	14.25	10.60	16.90	13.25
25.0	4.40	2.85	3.25	9.65	5.70	12.50	8.55	15.35	11.40	18.20	14.25
32.0	4.80	3.05	3.50	10.35	6.10	13.40	9.15	16.45	12.20	19.50	15.25
40.0	5.10	3.35	3.80	11.30	6.70	14.65	10.05	18.00	13.40	21.35	16.75
50.0	5.50	3.60	4.10	12.15	7.20	15.75	10.80	19.35	14.40	22.95	18.00
64.0	6.00	3.90	4.40	13.20	7.80	17.10	11.70	21.00	15.60	24.90	19.50
80.0	6.70	4.30	4.90	14.60	8.60	18.90	12.90	23.20	17.20	27.50	21.50

施工例

1 港湾・空港



新潟空港(新潟県)
 事業主体: 国土交通省北陸地方整備局
 施設名: 空港拡張護岸



石狩湾新港(北海道) 事業主体: 北海道開発局 施設名: 北防波堤



仙台港(宮城県) 事業主体: 国土交通省東北地方整備局 施設名: 沖防波堤
 事業主体: 宮城県 施設名: 新北防波堤



輪島港(石川県) 事業主体: 国土交通省北陸地方整備局 施設名: 防波堤



御前崎港(静岡県) 事業主体: 国土交通省中部地方整備局 施設名: 沖防波堤

施工例

1 港湾・空港



北九州港 白島地区(福岡県)
事業主体:国土交通省九州地方整備局
施設名:北護岸
事業主体:白島石油備蓄(株)
施設名:北防波堤
備考:背後は白島石油備蓄基地



関西国際空港(大阪府) 事業主体:関西国際空港(株) 施設名:空港護岸
備考:緩傾斜石積みによる生物協調型



高知新港(高知県) 事業主体:国土交通省四国地方整備局 施設名:南防波堤、東第一防波堤
出典:高知県土木部港湾・海岸課ホームページ



宮崎港(宮崎県) 事業主体:国土交通省九州地方整備局
施設名:南防波堤 マリーナ地区防波堤



那覇港(沖縄県) 事業主体:内閣府沖縄総合事務局 施設名:新港第1防波堤

2 漁港



阿連漁港(長崎県)
事業主体:長崎県対馬市
施設名:A防波堤



金浦漁港(秋田県) 事業主体:秋田県 施設名:防波堤
備考:自然調和型漁港 一部に透過型



蛸の浜漁港(岩手県) 事業主体:岩手県宮古市 施設名:北防波堤



三崎漁港(神奈川県) 事業主体:神奈川県 施設名:防波堤

施工例

3 海岸



下新川海岸(富山県)
事業主体:国土交通省北陸地方整備局
施設名:離岸堤
備考:建設海岸



浜坂海岸防災林(福井県) 事業主体:福井県 施設名:護岸 備考:林野海岸



新島港海岸(東京都) 事業主体:東京都 施設名:離岸堤 備考:港湾海岸



三豊干拓(香川県) 事業主体:香川県 施設名:防潮堤 備考:農地海岸

4 発電所・道路等



三隅火力発電所(島根県)
事業主体:中国電力(株)
施設名:防波堤、護岸



沖縄やんばる揚水発電所
(沖縄県)
事業主体:電源開発(株)
施設名:放水口前面の消波堤

施工例

4 発電所・道路等



志布志石油備蓄基地(鹿児島県)
事業主体: 志布志石油備蓄(株)
施設名: 埋立護岸



西湘バイパス(神奈川県)
事業主体: 中日本高速道路(株)
施設名: 道路護岸



東京湾横断道路
木更津人工島(千葉県)
事業主体: 東京湾横断道路(株)
施設名: 木更津人工島(海ほたる)

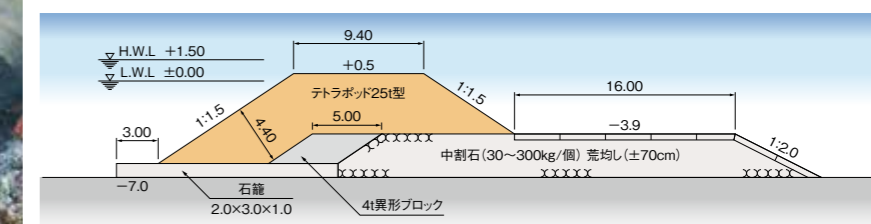
自然環境との共生

様似漁港(北海道)

事業主体: 北海道開発局
施設名: 護岸(消波堤)
備考: 自然調和型漁港
背後に捨石小段の藻場造成

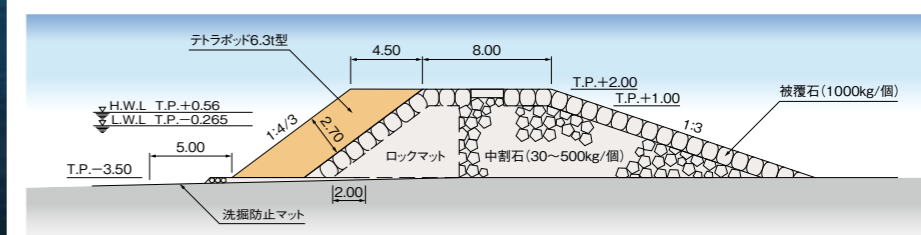


〈イメージ〉



青森海岸 郷沢工区(青森県)

事業主体: 国土交通省東北地方整備局
施設名: 大型離岸堤(L=300m)
備考: 景観対策として陸側は石張り



製作ヤード

ヤード所要面積

製作ヤードは、作業が安全確実に、しかも能率的に行えるよう十分な広さが必要です。

所要面積は、現場条件(テトラポッドのトン型、製作個数、型枠数量、コンクリート打設方法、養生方法、諸機械の能力等)の諸要素によって異なります。基本的には、打設ヤード、仮置ヤード、打設用道路に分けられ、必要に応じ転置ヤード、型枠作業ヤードを設けます。

さらに、テトラポッド運搬道路を設ける場合もあります。

1 打設ヤード

$$a = a' \cdot n \cdot (m+1)$$

$$a' = S \cdot (S + \alpha)$$

a : 打設ヤード所要面積 (m²)

a' : 1個当り打設ヤード所要面積 (m²/個)

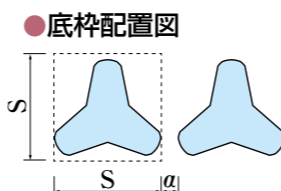
n : 1日当りの打設個数 (個/日)

m : 底枠脱型日数 (日)

S : テトラポッド寸法 (P3テトラポッドの諸元表参照)

α : 余裕幅

0.5~4.0t型	0.5m
5.0~16.0t型	0.8m
20.0~80.0t型	1.0m



● 1個当り打設ヤード所要面積 a' (m²/個)

トン型	0.5	1.0	2.0	3.2	4.0	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	25.0	32.0	40.0	50.0	64.0	80.0
a'	1.7	2.5	3.7	4.9	5.6	7.2	8.1	9.5	10.7	12.3	14.1	17.0	19.5	22.2	25.9	29.6	34.4	41.7

2 仮置ヤード

$$b = b' \cdot N$$

b : 仮置ヤード所要面積 (m²)

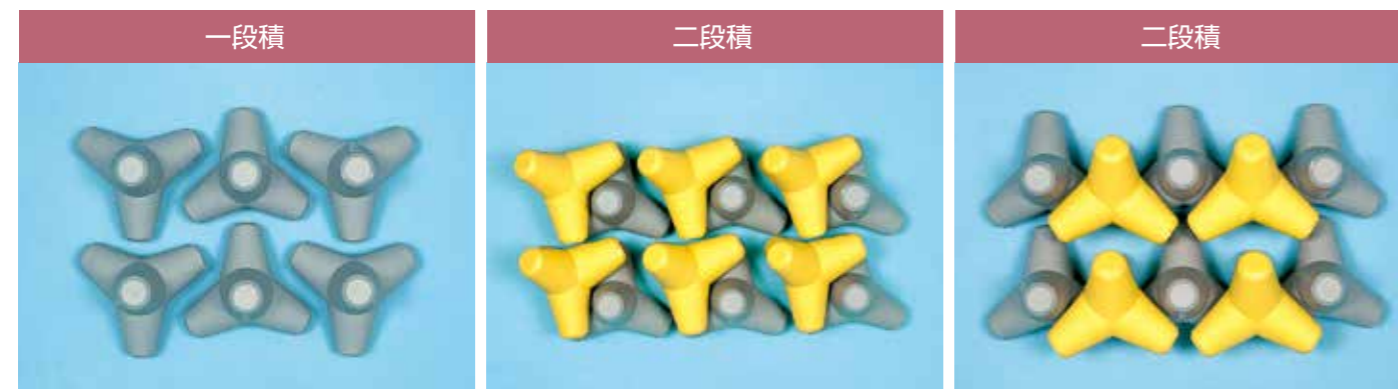
b' : 1個当り仮置ヤード所要面積 (m²/個)

N : 製作個数 (個)

● 1個当り仮置ヤード所要面積 b' (m²/個)

トン型	0.5	1.0	2.0	3.2	4.0	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	25.0	32.0	40.0	50.0	64.0	80.0	
b'	一段積	0.8	1.3	2.1	2.8	3.3	3.8	4.4	5.2	6.1	7.1	8.2	9.6	11.2	12.9	15.3	17.7	20.9	25.7
	二段積	0.6	1.0	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.9	4.5	5.3	6.2	7.2	8.4	9.7	11.5	13.3	15.6	19.3

● 仮置状況



3 打設用道路

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

道路幅 { 直打 8m
受打 8~12m

その他の道路幅 4~6m

4 転置ヤード・型枠作業ヤード

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

● テトラポッド製作ヤードの例

