

テトラポッド根固互の 互事効果について

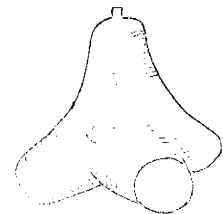
東京電力株式会社
松本電力所土木課

深 沢 善 夫

3.1 概 要

(1) テトラポッド (Tetrapod) とは

右図に示すような4つの放射状截頭円錐脚によって構成される無筋コンクリート製の異型ブロックで、重心点に関する回転対称体であるからどのように転んでもよい。これは鉄板製の型枠を使用して製造するものであるが、起重機的能力が許す限り、必要に



応じて如何なる大きさにも現場で容易につくることができる。テトラポッドは波の破壊力をその突起によって殺す機械的効用と同時に堤体全体の安息角を大ならしめて材積を小にする工費上の効用とをねらったものである。保護工としての一種の異形格ブロックである。上の二つの効用のうち後者の特性は寧ろ堤の中間部、川側にも応用したが本来このブロックは波を外力とする防波堤に考察せられたものである。

そこで先ず防波堤に利用せられたこの工法を説明するが、その最大の要素は型である。いま鉄筋コンクリートの柱を互いに直交せしめると六脚のブロックができ、各ブロックを8個以上立体的に組合わせると、ブロックや捨石よりむしろはるかに安定がよく、突起する脚は波の形を崩し波力を減殺することが容易になつて来る。さらに物体が平面上に安坐するには三脚を180°踏んばった方がよいから、交角を分えて二脚減じた対称形とし、先の柱に丸味と肉をつけて鉄筋をはぶき、重量を増して実験及び実地に使用したところ、かみあわせもよく上述の特効を発揮し得た。のがこのテトラポッドであるといふ。形は、どちらへ転倒させても同

形であって、かみ合せといつても乱積でよく、その空隙率は50%であるから、おして材積の節約をすることが出来る。

(2) テトラポッドの特長

テトラポッドは防波堤用の捨ブロックに要求される諸条件を十分に備えている。捨石や従来の捨ブロックに比べた場合の利点を列挙すると次のとおりである。

(i) ブロック間の噛み合せは一層安定性が大きい。しかも波の作用によつて噛み合せは一層強くなる。

(ii) 堤体の透水性 表面粗度が大きくなるので波力を殺し、反射波を吸収し、越波を防げる。

(iii) 法勾配を急に(45°)することが出来るから、材料が少なくて済む(場合によっては総工事費の25%も節約できる。)

(iv) 従来のブロックより軽いもので同じ安定度が得られるので、より小さい起重機でこと足り、取扱の費用が軽減する。

§2. 使用例

我が国の使用例を挙げると石川県では金沢港の導流堤にスズメのテトラポッドを63のけ使用しており、島根県では江津港の導流堤に35のテトラポッドを、又岩手県では八木港の防波堤(波高3~4m)に555のものを、久慈港の防波堤(4m)に45のものを使用している。この外使用例としては高知県仁淀川導流堤、秋田県能代港導流堤等が挙げられる。

図~ノ(次頁)は、江津港導流堤の断面を示す。

海外での使用例は多い。仏領モロッコのサフィ港では防波堤拡張工事で従来の45°のブロックに代つてスズメテトラポッドを使用し、法勾配の45°勾配を30°勾配としたが暴風浪に対してむしろすぐれた結果を示したはかりが、総工事費に於いて25%節約できたそうである。

又モロッコ沖のポルトカル領マディラ島のフンシヤル港では水深40mの位置に防波堤を作ることになったが波高6mに対して1:2.5以上の切

(88)

石が入手できないので法勾配を $1/5$ にしなくてはならぬ巨大な断面になるので16号テトラポッドを使用し、法勾配を $1/5$ にとることとした。こうすることによって総工費において 2.2% の経費が節約出来た。

図-7 (次頁) の (a) (b) は切石を使用する場合とテトラポッドを使用する場合の設計断面図である。

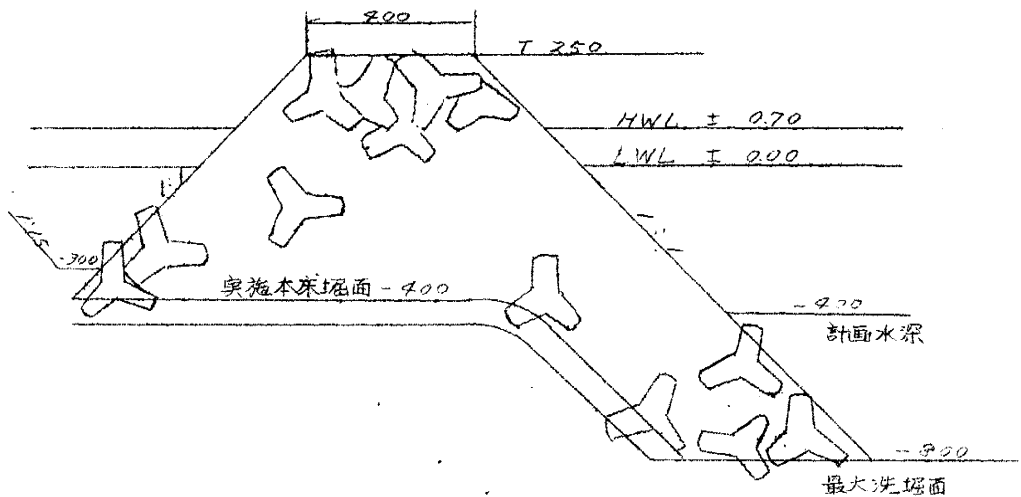


図-7 江津港導流堤断面図

その他、コルシカ島のパスチア港防波堤、スペインのロータ港防波堤、フランスのヌーヴェル港防波堤等何れも大型テトラポッドを使用する計画である。アルジェリヤのボアンブスカード港では 20 号テトラポッドを使用する計画であるが、これは今までつくられたテトラポッドのうちでは最大のものである。

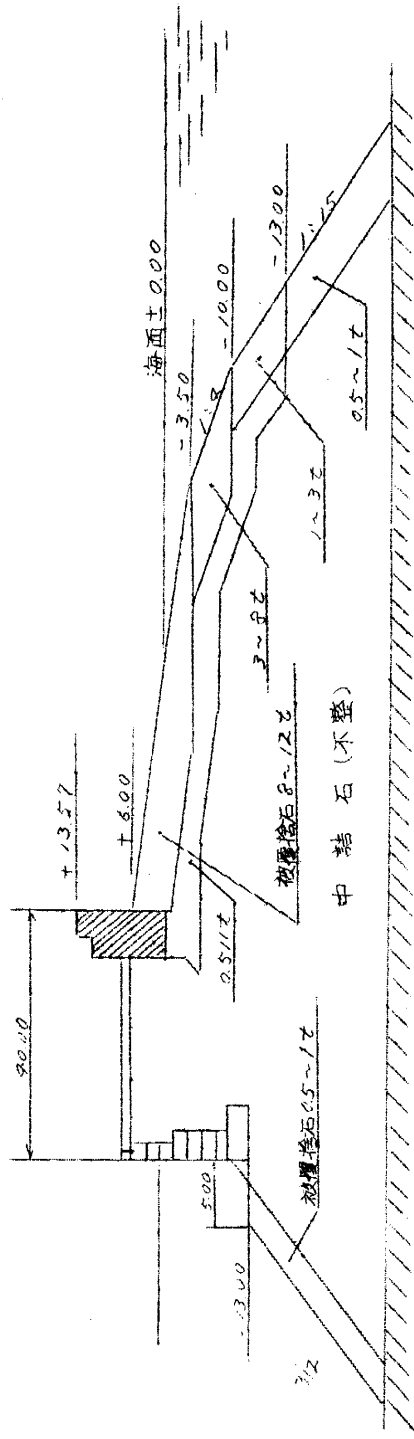


図 ~ 2 (A) フランヤル港防波堤設計断面図 切石使用

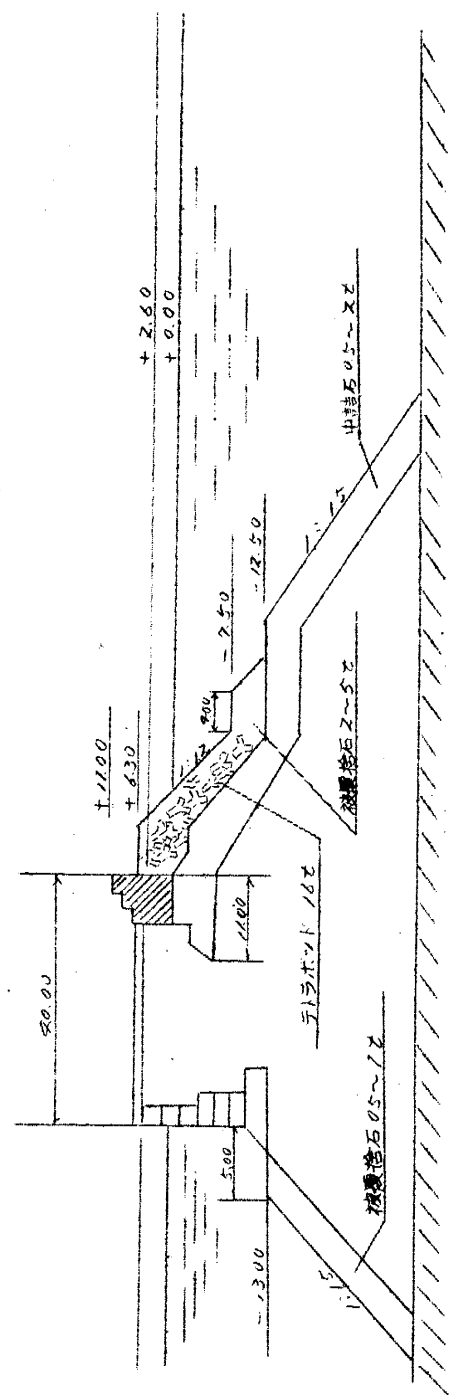


図 ~ 2 (B) 上 16cmテトラポッド使用

§3. 秋元発電所増設工事の内放水路前面河床根固工事への利用

従来の出力61,100 32,500kWの増設により常時 $25\text{ m}^3/\text{sec}$ 、非常時に $70\text{ m}^3/\text{sec}$ の放流をなすべく放水口の改造工事をなし前面河床の堀削も完了したところ、砂利層基礎の地盤は予想以上に軟弱である事がわかり、その上数度に亘る水理試験および官庁試験により、放水口前面に異常旋流を生じエプロン部前面に深さ1.8m~1.0m、長さ約8m~10m、巾40mの洗掘を生じ、将来進行するおそれがあると思われたので異型ブロック（その1種テトラポッド）を製作添附図面の位置に設置して根固工を行った。

工事場所、福島県猪苗代市大字若宮字荒川 1912番地

実施稟議決裁は昭和32年12月5日と直ちに着工、1個4オのテトラポッド100個を放水口土捨場附近を利用して現場製作し、トラックおよびキャリヤーにてエプロン前面に布設した。

工事時期は寒冷期に入り、鋼製型枠10組（底板は20組）を使用して降雪前に短期間のコンクリート打込が必要であったので早強セメント300Kg使いとし急結剤および補強鉄筋を併用し、十分な保温装置（1個につきムシロ20枚）をして型枠存置期間を短縮した。

テトラポッド設置後の安定状況は極めて良好で放流水の減勢作用も充分であり、当社の河川工作物としては最初の成功であったと思われる。

§4. テトラポッドを使用した理由

1. 各種官庁検査、水理試験も終り営業運転に入り、発電所停止断水工事が出来ない。
2. 河床のため湧水および伏流水が多く（8'ヒューガルポンプで約6台分）また水取が深い。負荷遮断による余水放流の危険がある。
3. 以上によりブロック積み根固工によらざるを得ない。
4. ブロック沈床としてはテトラポッドが前述の種々の特徴により最適である。（特に流速を減少させ、土砂を沈澱させるのに好都合で

ある。)

5 河床の水中堀削の必要がない。

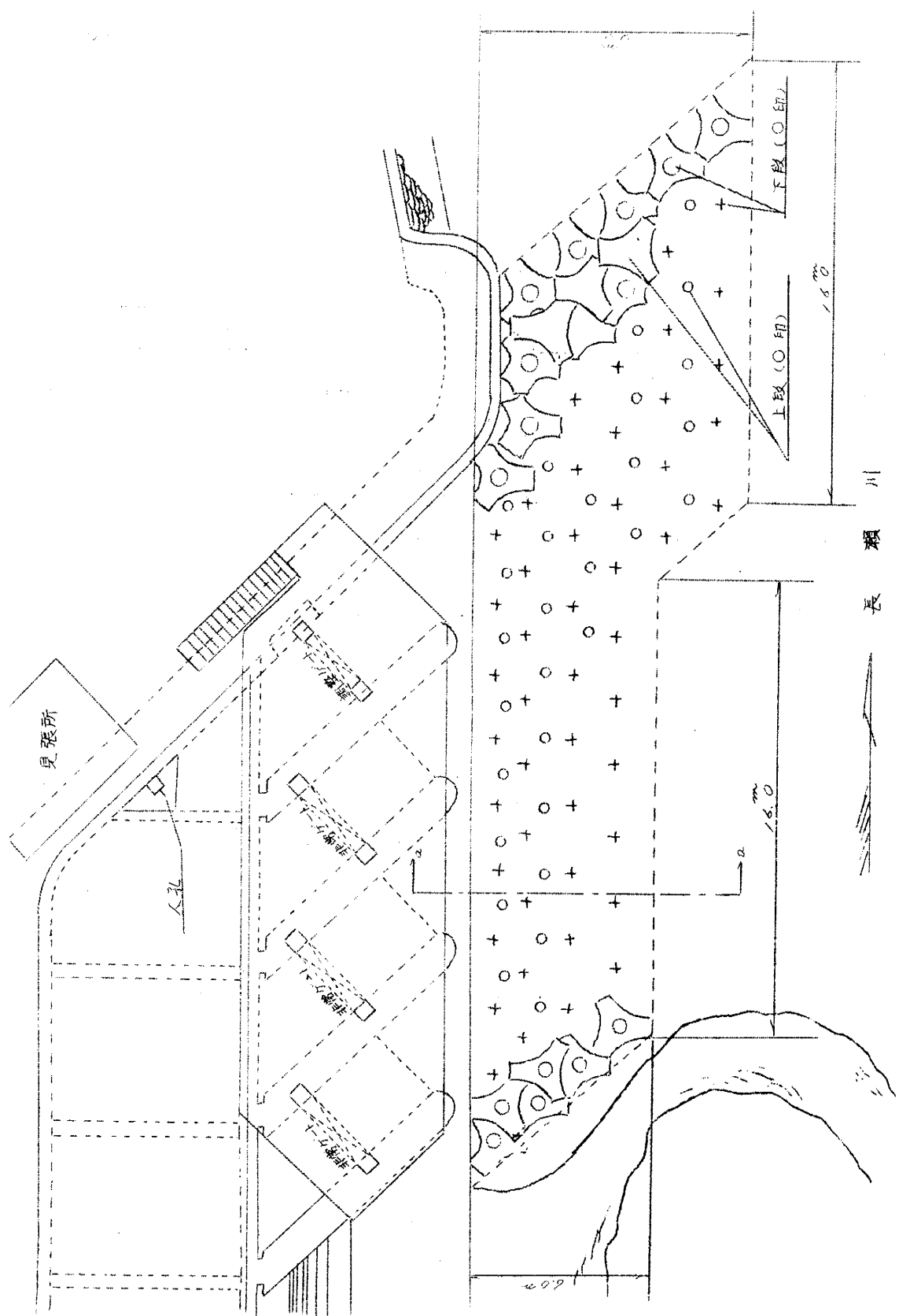
§5. 工 事 費

歩 掛 表

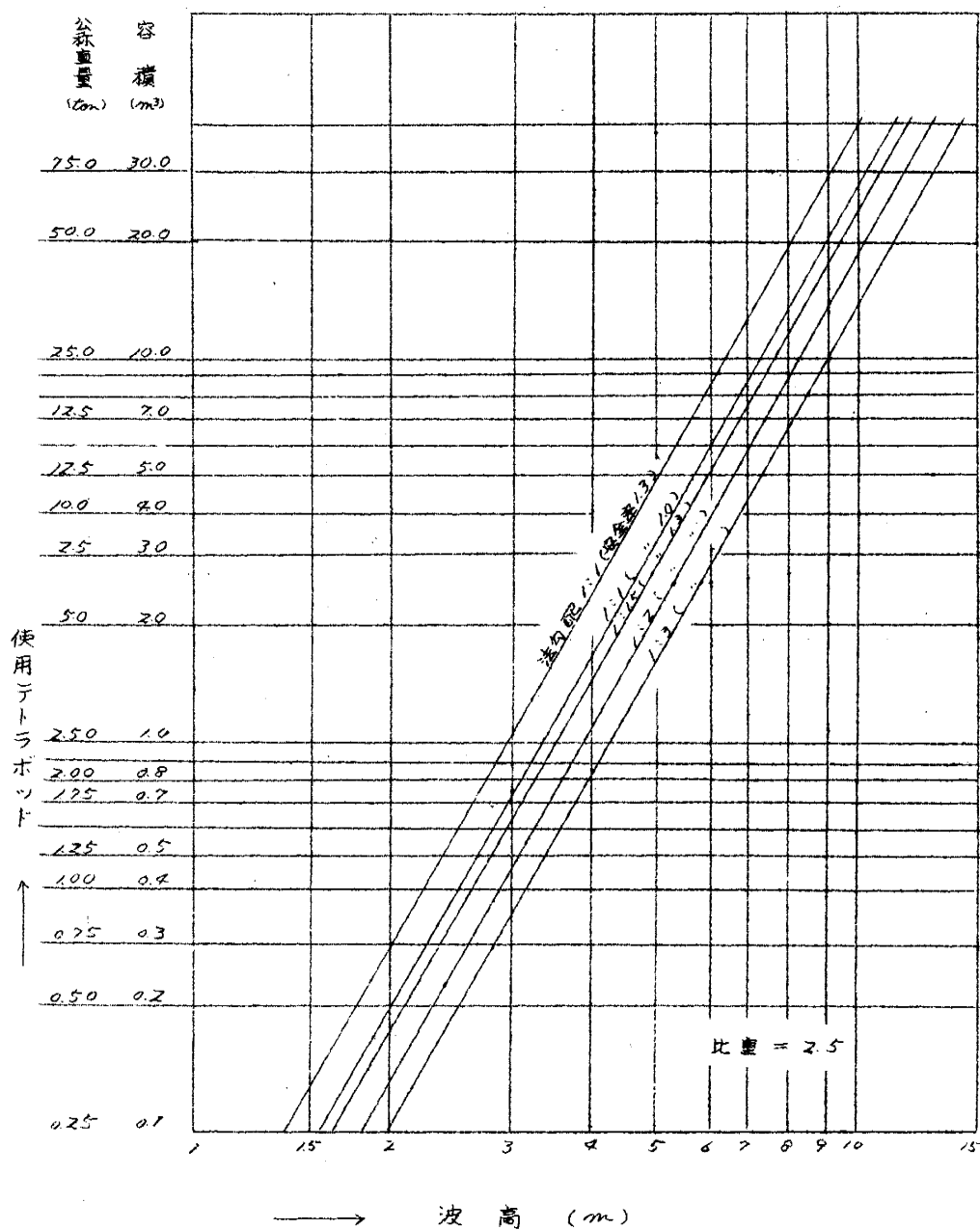
数 量	工 長	土 工	大 工	女 人 夫	鉄 筋 工	機 械 工	運 搬 工	計
100個	286	2575	187	2651	137	10	136	8182
1個当り	0.286	2575	0.187	2651	0.137	0.01	0.136	8.182

工 事 費

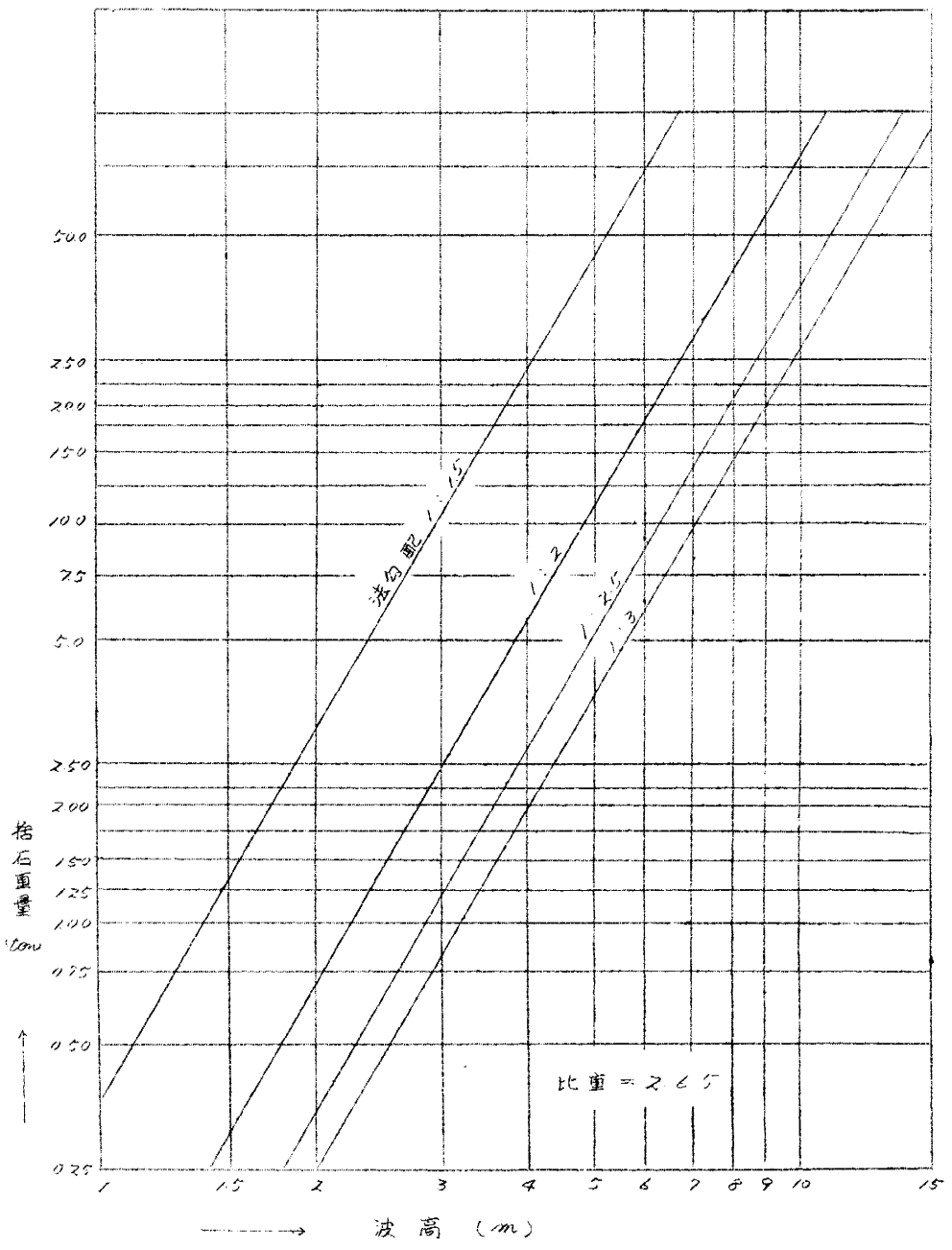
工事内訳	数 量	単位	単 位	金 額
(直接工事費)				
コンクリート(テラポッド)	100	個	6,055	605,500
型 枠 換 料	1	式		250,000
型 枠 組 立 取 外	100	個	1,500	150,000
鋼 材 加 工 組 立	0.55	ト	5,000	2,750
テラポッド運搬据付	1	式		700,000
小 計				1,708,250
(資 材 代)				
セ メ ン ト	1,038	袋	250	259,500
鋼 材	0.55	ト	60,000	33,000
小 計				592,500
(組 立 費)				
仮 設 備 費	1	式		100,000
機 械 器 具 換 料	1	"		350,000
技 術 聖 費	1	"		100,000
間 接 費	1	"		221,650
小 計				771,650
計				2,980,000



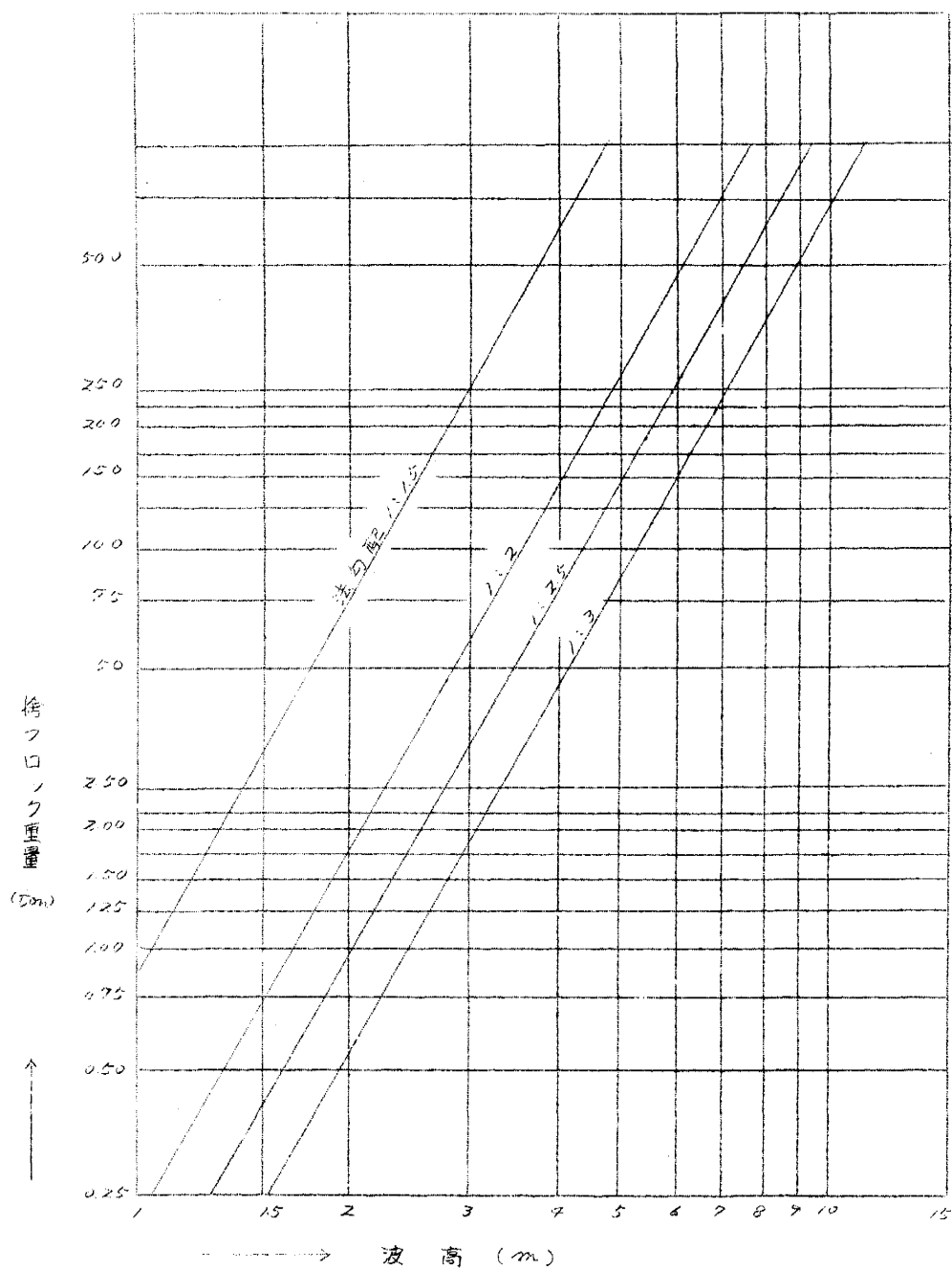
川 瀬 長



波高とテトラポッドの大きさ



波高及び法勾配と捨石重量



波高及の法勾配と捨下口重量

(27)

テトラポットの寸法

テトラポットの標準寸法を下図

および 表 1、

表 2 に示す。

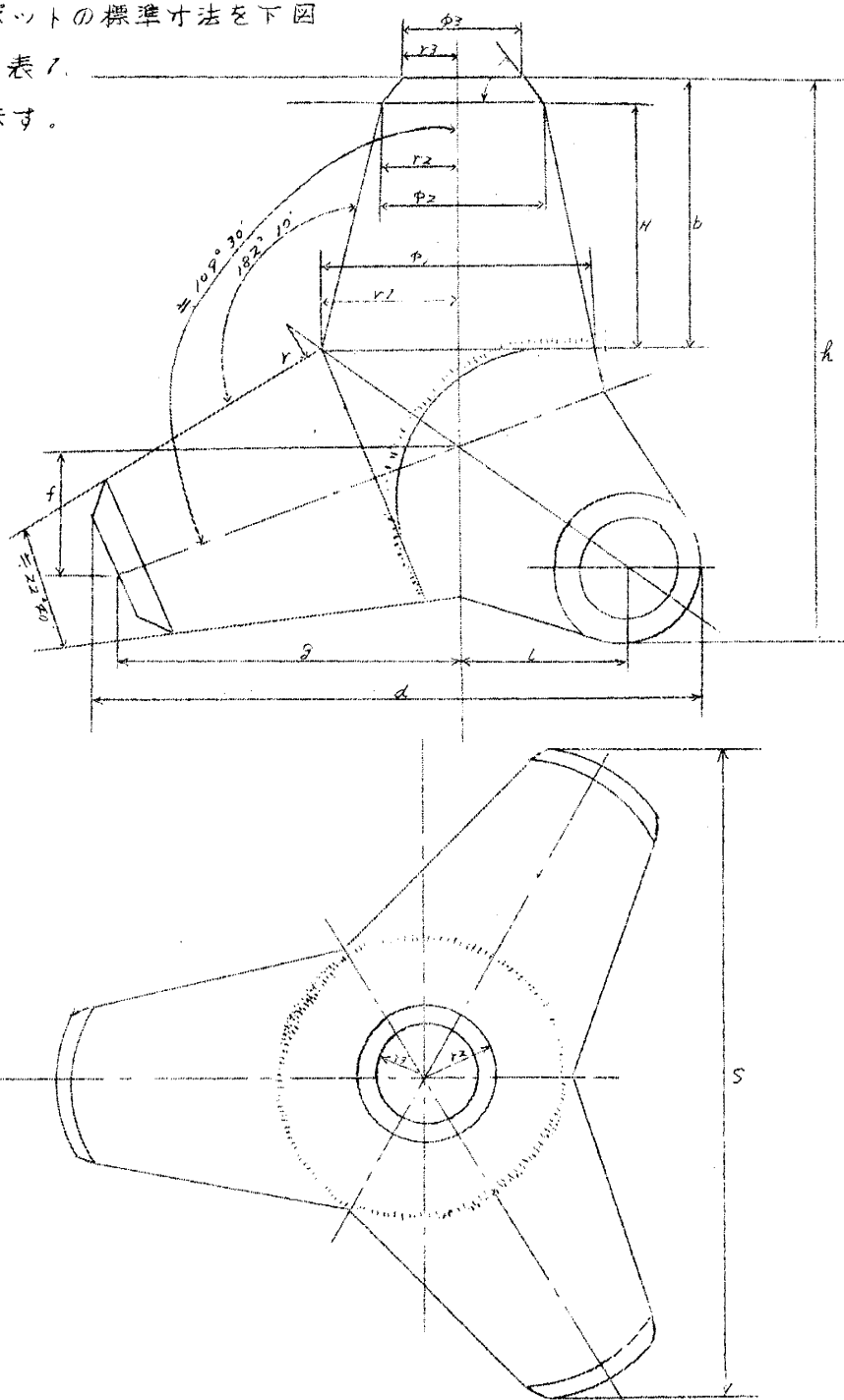


表 1

型枠の容量 (m^3)	公称重量 (ton)	真重量 (ton) 比重 = 2.5	真重量 (ton) 比重 = 2.4
0.100	0.250	0.250	0.240
0.125	0.320	0.313	0.300
0.160	0.400	0.400	0.384
0.200	0.500	0.500	0.480
0.250	0.630	0.625	0.600
0.320	0.800	0.800	0.768
0.400	1.000	1.000	0.960
0.500	1.250	1.250	1.200
0.630	1.600	1.560	1.512
0.800	2.000	2.000	1.920
1.000	2.500	2.500	2.400
1.250	3.200	3.125	3.000
1.600	4.000	4.000	3.840
2.000	5.000	5.000	4.800
2.500	6.300	6.250	6.000
3.200	8.000	8.000	7.680
4.000	10.000	10.000	9.600
5.000	12.500	12.500	12.000
6.300	16.000	15.600	15.120
8.000	20.000	20.000	19.200
10.000	25.000	25.000	24.000
12.500	32.000	31.250	30.000
16.000	40.000	40.000	38.400
20.000	50.000	50.000	48.000

表 2

公称重量	h	床面尺寸		φ1	1.1	φ2	1.2	φ3	1.3	H	b	c	r (註)		e	f	g	i	容重 (m^3)
		d	Σ										適當	最小					
0.25	210	775	350	390	170	210	145	155	30	315	345	30	120	65	945	155	490	220	166
0.5	300	975	1070	425	215	270	135	175	100	400	435	35	150	80	535	175	550	275	243
1	1130	1230	1350	540	270	335	170	250	125	500	545	45	170	105	740	295	695	350	392
2	1420	1550	1700	675	340	425	210	310	155	630	680	55	235	130	980	310	875	440	612
4	1770	1970	2140	845	425	535	265	370	195	775	870	75	300	165	1170	390	1105	550	977
6	2260	2460	2700	1075	540	675	335	495	245	1005	1095	90	375	210	1475	490	1390	695	1570
10	2430	2650	2910	1160	580	720	340	530	265	1080	1175	95	330	225	1590	530	1500	750	1811
12.5	2620	2850	3130	1245	625	780	390	590	285	1165	1270	105	435	240	1710	570	1610	805	2104
16	2830	3085	3390	1345	675	840	420	620	310	1265	1375	115	470	260	1850	615	1745	870	2466
20	3060	3340	3695	1455	730	915	455	690	335	1365	1485	120	510	285	2000	665	1885	945	2884
25	3300	3575	3950	1570	785	985	470	720	360	1470	1600	130	550	305	2155	720	2030	1015	3344
32	3550	3870	4250	1690	845	1060	530	775	390	1580	1720	140	590	325	2320	775	2185	1095	3880
40	3360	4025	4520	1835	920	1150	575	845	420	1715	1870	155	645	355	2520	840	2375	1170	4573
50	4155	4530	4975	1980	990	1240	620	910	455	1850	2015	165	695	380	2715	905	2560	1280	5319

§ 6. 本互法の問題点について.