

港 湾 技 研 資 料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 388

Sept. 1981

埋立時の土砂の沈降挙動に関する実験(その2)

白	鳥	保	夫
増	田	勝	人
加	藤	英	夫
山	内		栄

運輸省港湾技術研究所



目 次

要 旨	3
1. ま え が き	3
2. 実 験 概 要	3
2.1 実験手法	3
2.2 実験装置	4
2.3 供試土砂	5
3. 実 験 結 果	6
3.1 余水のSS濃度	6
3.2 埋立地内のSS濃度分布	11
3.3 埋立地内の堆積土厚	16
4. 結 論	16
5. あ と が き	18
参 考 文 献	18
主 要 記 号 表	18

Model Tests on Sedimentation of Dredged Materials in Reclamation Ponds (Part-2)

Yasuo SHIRATORI*
Katsuto MASUDA**
Hideo KATO**
Sakae YAMAUCHI**

Synopsis

In case of reclamation with pump-dredged soft bottom materials, it is important to estimate the level of Suspended Solids concentration in the effluent from the over flow weir. In some cases reasonable effluent treatment methods must be adopted suitable for the SS concentration level and environmental quality. It is one of the effective means for reduction of SS concentration level of the effluent to draw the full SS removal ability of the diked containment areas by hydraulically appropriate inlet/outlet layout.

Authors carried out model tests to evaluate the sedimentation promotion effect of the layout types by investigating SS concentration in the effluent. The model diked containment basin has 6.8 m × 2.5 m area and 0.1 m depth. Tests were carried out over 30 cases, where the number of types of inlet/outlet layout was 8, that of their shapes was 3, and that of steps of over flow rate was 4. The testing material was fly ash which had the wide range of settling velocity distribution.

In general, the level of SS concentration in the effluent increased with the increase of over flow rate, and the types were divided into two groups according to their characteristics. One showed the value of SS concentration nearly equal to c_q , calculated from the formula of two-dimensional ideal settling basin, and the other showed larger value than c_q . In the range of experiments, rather smaller value than c_q was obtained by the simple shape or layout of inlet/outlet. As for the distribution of SS concentration in the basin, it was confirmed that the small vertical gradient of SS concentration appeared at the small over flow rate or downstream in the basin. The height of sediment varied largely around the inlet zone, but the variation of the height became smaller in the down stream.

* Chief of Sludge Treatment Laboratory, Machinery Division

** Member of Sludge Treatment Laboratory, Machinery Division

埋立時の土砂の沈降挙動に関する実験(その2)

白鳥保夫 *
増田勝人 **
加藤英夫 **
山内 栄 **

要 旨

へどろなどの軟質土をポンプ浚渫により埋立を行う場合、余水吐より流出する余水に含まれるSS濃度を予測することが重要である。この余水の濃度と適用される排水基準により適当な余水処理対策を講じなければならない。また余水の濃度を低下させるために、埋立地内の排砂管などの配置を適切にし、埋立地のSS除去能力を水力学的に十分に利用することも有効な手段の一つと考えられる。

筆者らは排砂管吐出口と余水吐の配置およびこれらの形状によるSSの沈降促進効果を、余水濃度により評価することを試み、模型実験を行った。埋立地模型の大きさは6.8m×2.5m、深さは0.1mとした。実験は排砂管と余水吐の配置を変化させた8種類の型と、これらの形状の異なる3種類の型の合計11の型について、水面積負荷の大きさ4種類を適宜組合せた約30ケースで、これらについて比較を行った。埋立土砂としては沈降速度分布の広いフライアッシュを用いた。

余水の濃度は水面積負荷の増大とともに高くなるが、2次元の理想的な沈殿池の場合の計算値 c_g に近い値を示す型のグループと、 c_g より大きな値を示す型のグループとの差異が顕著に見られた。一般的に比較的簡単な構造や配置により、実験範囲の水面積負荷では c_g より小さい値が得られることが分った。埋立地内のSS濃度分布については、水面積負荷が小さい程、また流下する程鉛直方向の勾配が小さくなることが確認された。堆積土厚については、流入部は2次元的な変化が顕著であるが、流下するに従い土厚変化は少くなる傾向が見られた。

1. まえがき

ポンプ浚渫による土砂を用いて埋立地を造成する場合浚渫土砂が良質の砂質土であれば、埋立地近辺の水質汚濁はあまり問題とはならない。しかし浚渫土質がシルトや粘土など粒子が小さい場合には、余水吐から流出する濁水の濃度に注意を要することがある。とくにへどろなどを埋立処分する場合には、余水の水質について法的な規制を受けることもある。このため余水処理施設を設けたり、凝集剤の添加、土砂水の投入制限などがとられているが、このような場合でも余水の水質、特に浮遊物質(SS:Suspended Solids)の濃度をより適確に予測することが重要である。上下水道関係ではHazenやCampらにより沈殿池の研究が古くからなされており、参考となる資料^{1),2),3)}も多い。しかし埋立地に関するものは2次元モデル^{4),5)}や実験式⁶⁾などが提案されているが、必ずしも十分とは言えないのが現状である。埋立地の場合は土砂水の流入部および流出部が比較的小さく点状と見なせる場合が多く、かつ埋立地の面積に対して水深が小さいの

が特徴としてあげられる。筆者らはへどろの埋立処理に関する研究の一環として、埋立時の余水のSS濃度の予測、および中仕切堤などによる沈降促進効果を調べるために、昭和54年度から模型実験を行って^{7),8)}いる。沈殿池の模型実験についてはその手法が必ずしも確立されて^{7),9),10)}おらず、さらに埋立地の模型では縮尺比が比較的大きくなるなどの問題もある。したがって余水のSS濃度などについて定量的に結論するには今後の検討が必要であるが、今回は泥水の流入部である排砂管吐出口と流出部である余水吐の配置およびこれらの構造による沈降促進効果に関する実験を行い、定性的な成果が得られたのでこれらを本報告にとりまとめたものである。

2. 実験概要

2.1 実験手法

(1) 模型の相似則の簡略化

沈殿池に関する模型実験の手法がまだ十分に確立されていないことは先にも述べたが、本実験では次のように

* 機材部汚泥処理研究室長

** 機材部汚泥処理研究室

相似を簡略化した。今回の実験は具体的な原型に対する模型実験ではないが、一般的に沈降粒子の模型化が困難なことから、原型のものを用いるものとする。次に流体力学的な相似すなわち流速分布などの流況については従的に扱い、Hazen や Camp らの理想的な2次元沈殿池の相似を主とした。理想的な沈殿池では渦がなく、一様な流れの中での沈降を考えており、相似則としては水面積負荷の一致のみであるため、模型の幾可学的相似については特に規制は受けない。しかし重力落差を利用する余水吐をもつ埋立地や沈殿槽の模型化では深さ方向にひずませることが一般に必要である。今回の実験では埋立地については幾可学的にひずませることは考えない。ただ余水吐については所定の流出量を確保するため鉛直方向にひずませ、排砂管出口流速については Froude の相似に依った。

(2) 実験のパラメータ

本実験では排砂管吐出口と余水吐の配置およびこれらの構造による効果を調べることを主目的とするため、これらの型を主パラメータとし、埋立地の模型は長方形のもの1種類とした。水面積負荷すなわち土砂水流入量は4つの設定値を定め、各型に応じて適宜組合せて実験を行った。土砂水原水のSS濃度は設定値 $C_0 = 8,000(\text{mg/l})$ 、沈降物質としては沈降速度分布の比較的大きいものとしてフライッシュを用いた。水深 h は10cmの1種類である。

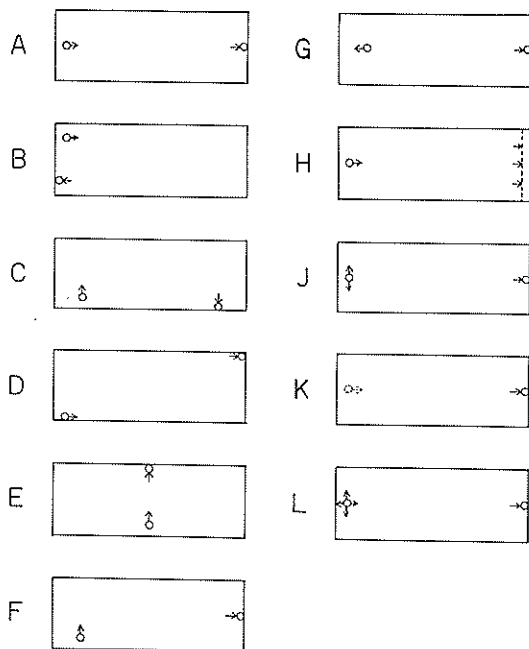


図-1 埋立地の型式

2.2 実験装置

埋立地(沈殿池)の模型は、幅 $b = 2.5\text{m}$ 、長さ $l = 6.8\text{m}$ の長方形で、排砂管吐出口はJ型とL型を除き、円管開方端とし、余水吐はH型を除き四角せきである。図-1に埋立地内の排砂管吐出口と余水吐の配置と流れの向きを、図-2にそれぞれの構造を示す。土砂水原水は、調整タンク(0.6 m^3)内に規定の割合でフライッシュと水道水を入れかくはんし、ポンプにより原水タンクに移送した。原水タンク(1 $\text{m}^3 \times 2$ 槽)内の原水は攪拌し、ポンプおよび管路により所定の流量、流速にして埋立地に排出した。図-3に実験装置の概略を示す。埋立地の初期設定としては、余水吐のせきの上端まで水道水を満

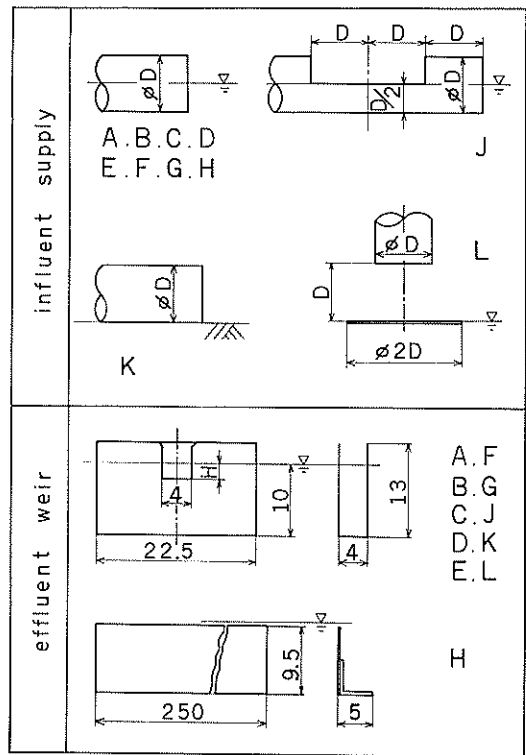


図-2 型式の構造

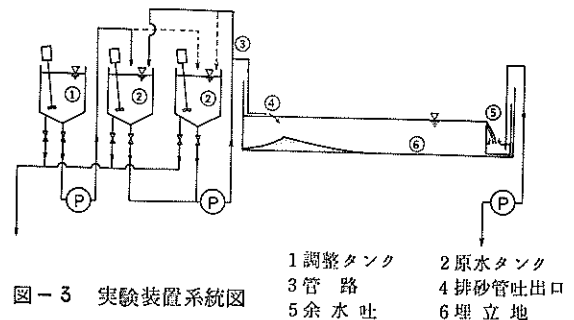


図-3 実験装置系統図
 1 調整タンク 2 原水タンク
 3 管路 4 排砂管吐出口
 5 余水吐 6 埋立地

し静置するものとした。模型の諸元および水平縮尺比を $r_h = 100$ とした場合の原型の諸元を表-1に示す。余水の部分採水などの採水は直径4cm, すきま幅0.4cmの採水管と真空ポンプを用いフラスコに採水した。

表-1 模型と想定原型の諸元

模型	水深 h cm	10									
		流量 Q cm ³ /s		Q10=236		Q5=118		Q2=47.2		Q1=23.6	
$l = 250$ cm	余水吐 H cm	2.2	1.4	0.7	0.5						
$b = 680$ cm	排砂管径 D cm	3.2	2.2	1.4	1.0						
$v_{in} = 30$ cm/s	採水 \bar{h} cm	2.2	0.5	1.4	0.3	0.7	0.2	0.5	0.1		
原型(想定)	水深 h' m	216	10	216	10	216	10	216	10		
$r_h = 100$	流量 Q' m ³ /s	2.36		1.18		0.472		0.236			
$l' = 250$ m	余水吐 H' m	0.468		0.295		0.160		0.101			
$b' = 680$ m	排砂管径 D' m	1.00		0.708		0.448		0.317			
$v'_{in} = 3$ m/s											

2.3 供試土砂

沈殿池の模型実験においては沈降粒子の模型化には、比重などの異なる材料を用いる場合などもあるが、粒径や沈降速度が分布しているものの場合には模型化が難しい。本実験では原型となるものを特に規定せず、沈降速度分布範囲が広い場合を想定し、模型実験として扱いやすいフライアッシュを用いた。供試フライアッシュ粒子の平均比重は2.1程度であるが、個々の粒子には色の異なるものも見られる。コールターカウンタによる粒径加積曲線を図-4に、沈降速度の加積曲線を図-5に示す。

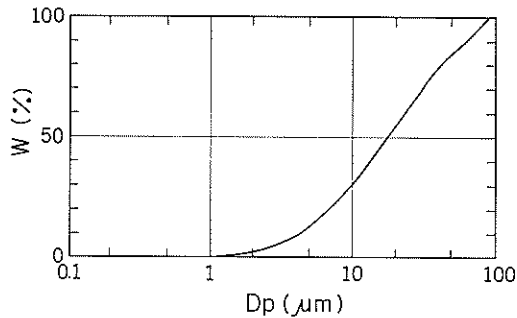


図-4 供試体の粒径加積曲線

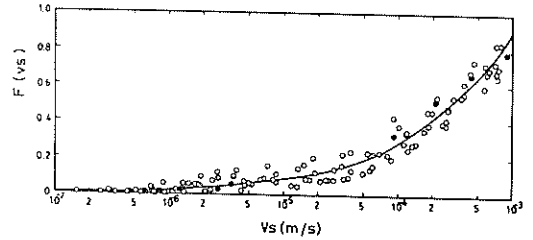


図-5 供試体の沈降速度加積曲線

図-5は初期濃度約1,000mg/l, 沈降筒直径30cm, 採水水深約30cmによる採水濃度から求めたものである。

図-5の加積曲線を用いて、理想的な静的沈殿池におけるHazen, Campらの式を用いたSS流出率 c_q , および完全混合としたHazen, Molinaら³⁾の式を用いたSS流出率 c_t を求めた結果を図-6に示す。ここでSS流出率とは余水濃度 C と原水濃度 C_0 との比とし、除去率 τ とは次の関係を有するものとする。

$$c = C/C_0, \quad c = 1 - \tau$$

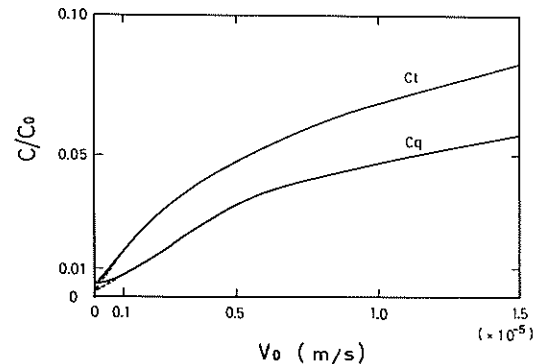


図-6 水面積負荷と流出率

図-6中の実線部は、 $v_s < 10^{-7}$ (m/s)にて $F(v_s) = 0.0043$ とした場合、点線部は $v_s < 10^{-7}$ で $F(v_s) = 0.0043 \times 10^{-7} \times v_s$ とした場合のものである。

ここで、 c_q, c_t は次式により求めた。

$$c_q = \frac{1}{V_0} \int_0^{V_0} F(v_s) dv_s$$

$$c_t = \frac{1}{V_0} \int_0^{\infty} F(v_s) \cdot e^{-v_s/V_0} dv_s$$

3. 実験結果

実験では土砂流入量 Q が設定値と多少異なる場合も見られたが、実験の都合上、設定水深を確保するための余水吐のせきの高さは調節せずに設定高さに固定した。余水の上部採水については $Q 1$, $Q 2$, $Q 5$ の各ケースでは水面から 0.4 cm までの深さとし、 $Q 10$ のケースでは水面下 $0.1 \sim 0.5 \text{ cm}$ の深さとした。

3.1 余水のSS濃度

余水および余水吐前面上部の採水のSS濃度、原水のSS濃度、余水吐から流出する余水流量についての実験結果を図-7.1~7.33に示す。

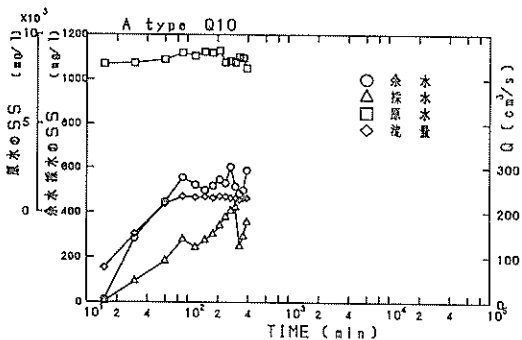


図-7.1 A type Q10

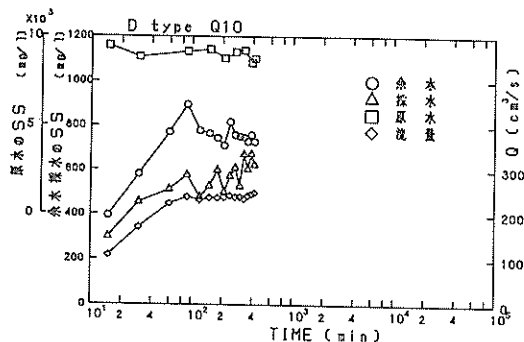


図-7.4 D type Q10

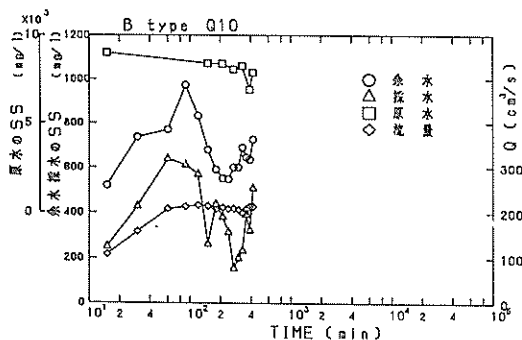


図-7.2 B type Q10

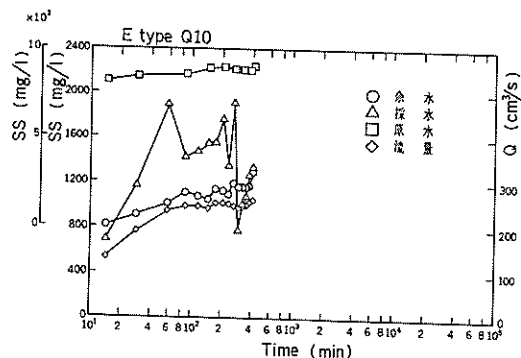


図-7.5 E type Q10

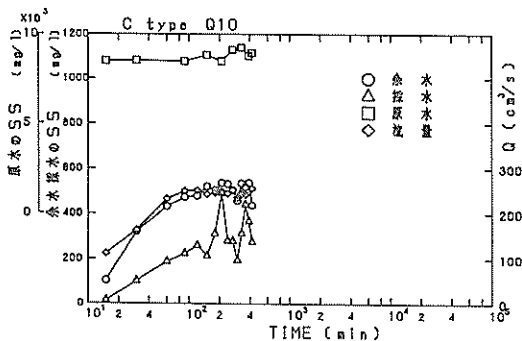


図-7.3 C type Q10

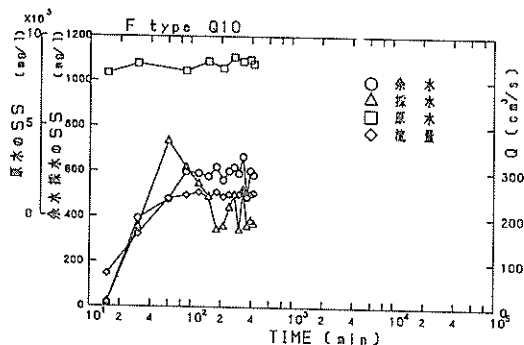


図-7.6 F type Q10

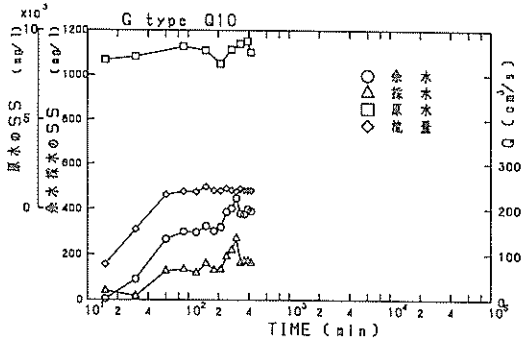


图-7.7 G type Q10

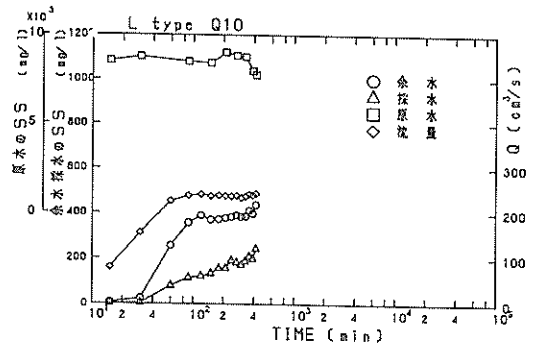


图-7.11 L type Q10

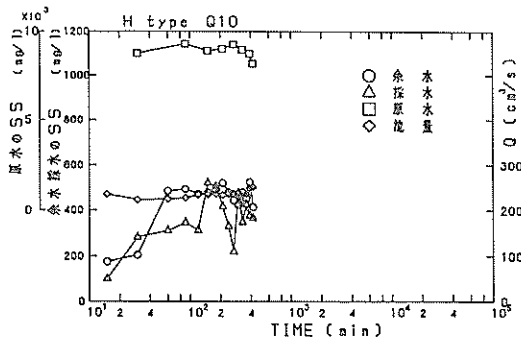


图-7.8 H type Q10

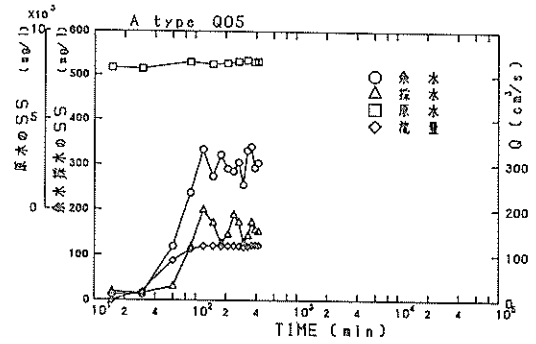


图-7.12 A type Q05

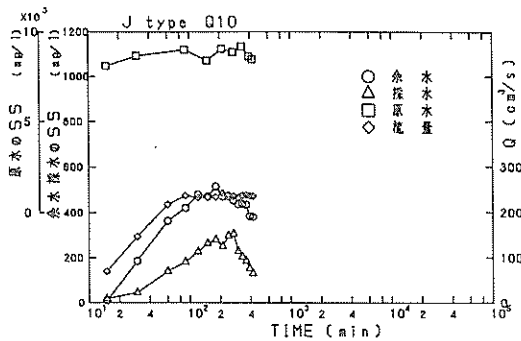


图-7.9 J type Q10

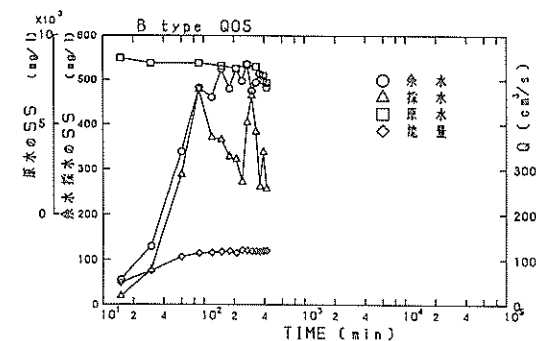


图-7.13 B type Q05

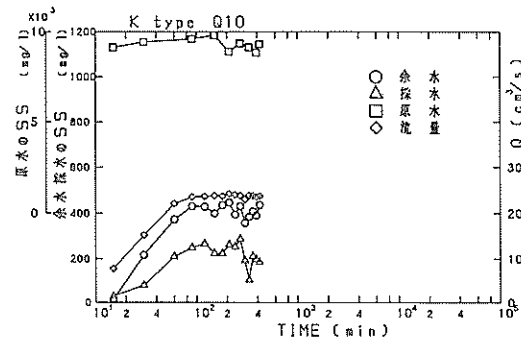


图-7.10 K type Q10

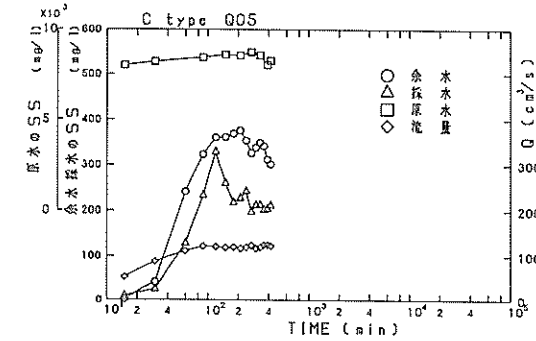


图-7.14 C type Q05

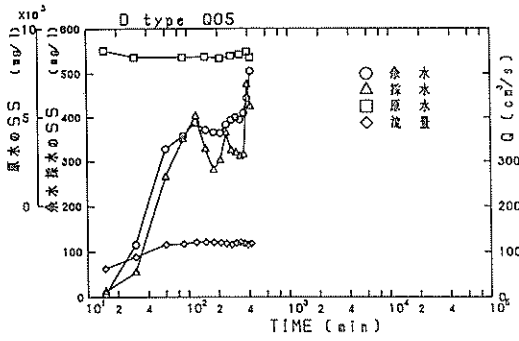


图-7.15 D type Q5

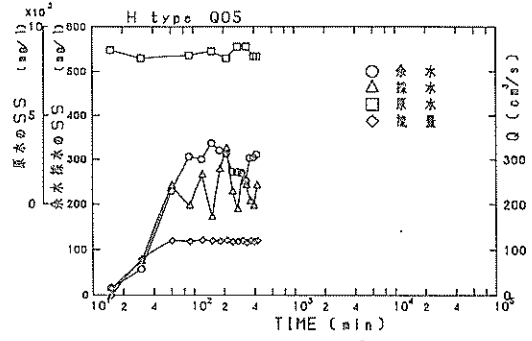


图-7.19 H type Q5

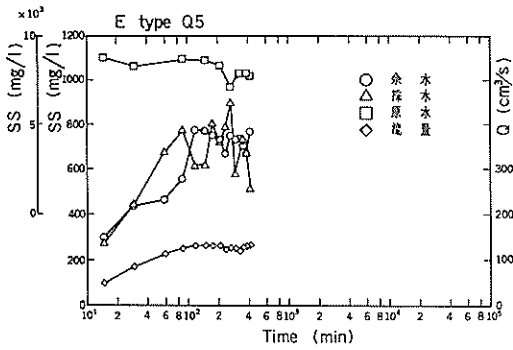


图-7.16 E type Q5

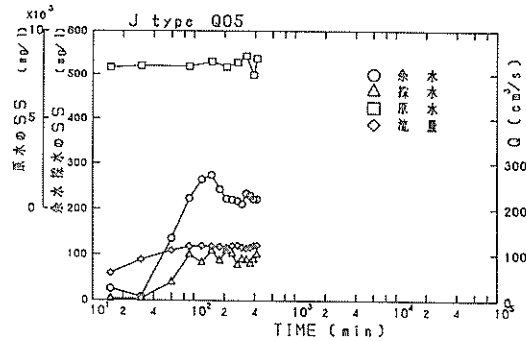


图-7.20 J type Q5

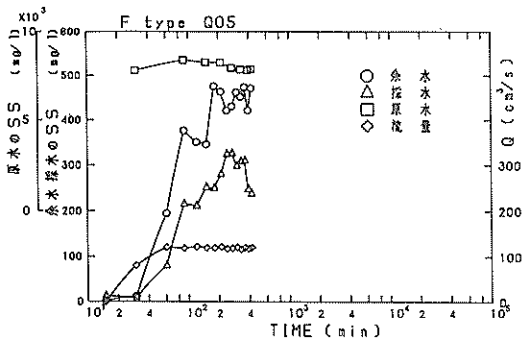


图-7.17 F type Q5

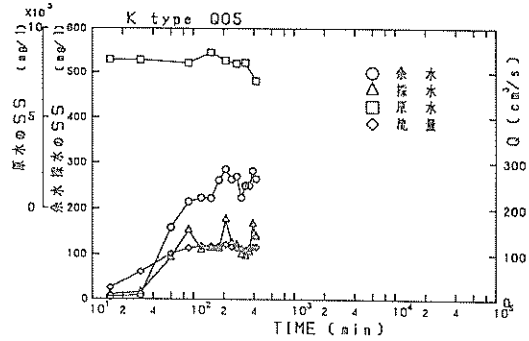


图-7.21 K type Q5

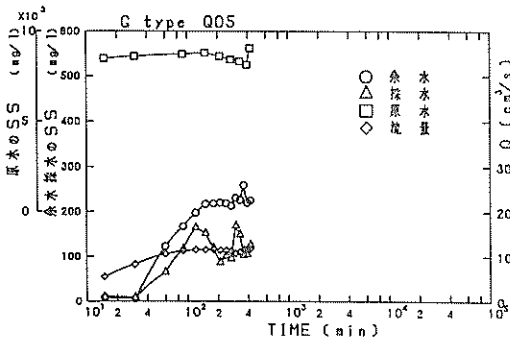


图-7.18 G type Q5

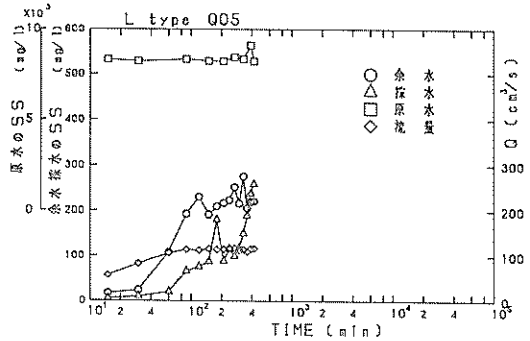


图-7.22 L type Q5

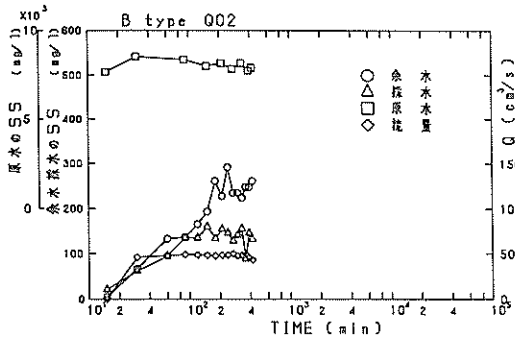


図-7.23 B type Q2

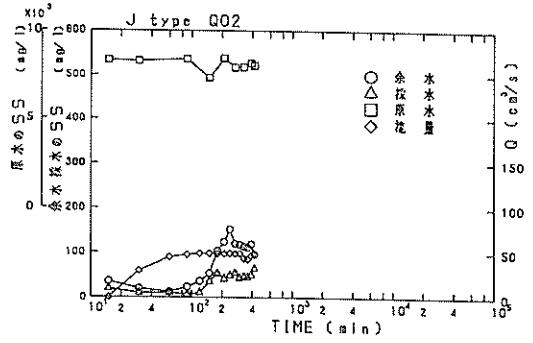


図-7.27 J type Q2

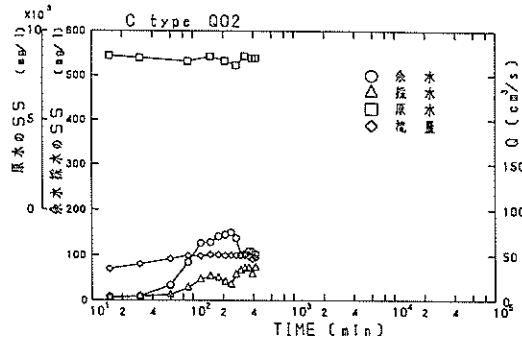


図-7.24 C type Q2

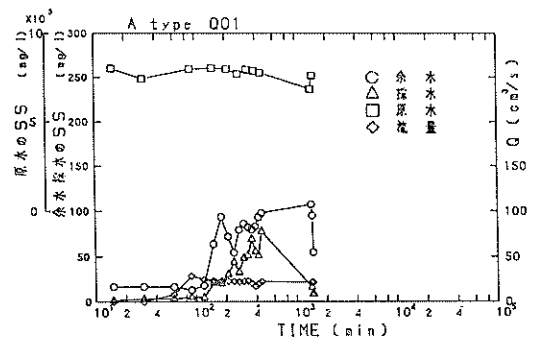


図-7.28 A type Q1

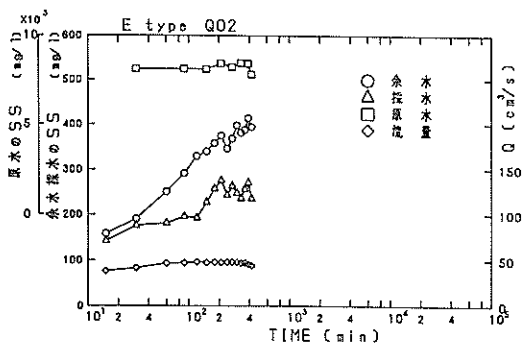


図-7.25 E type Q2

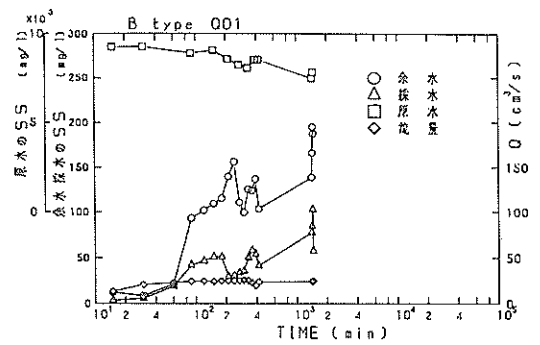


図-7.29 B type Q1

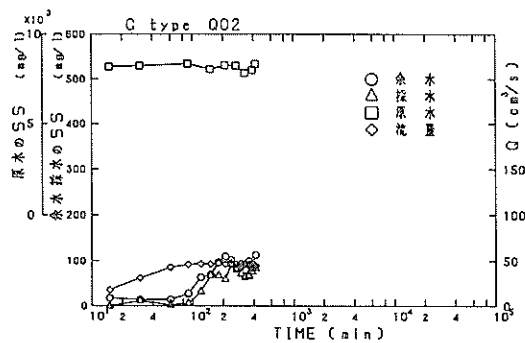


図-7.26 G type Q2

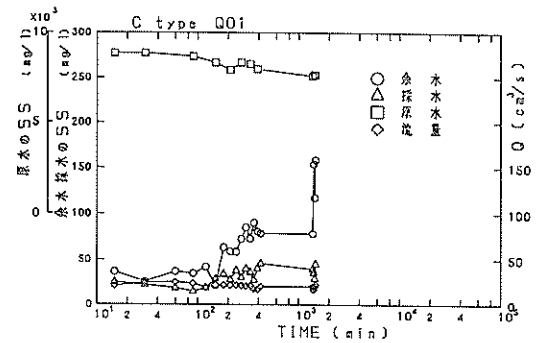


図-7.30 C type Q1

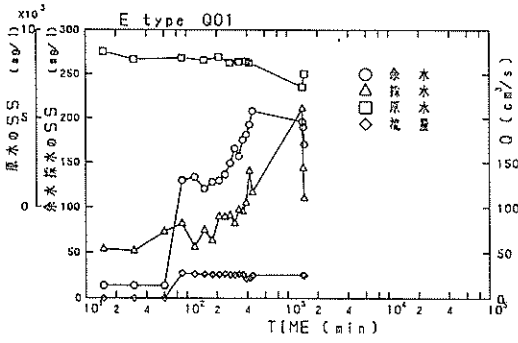


図-7.31 E type Q1

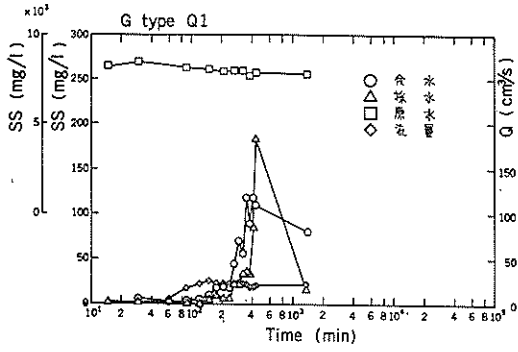


図-7.32 G type Q1

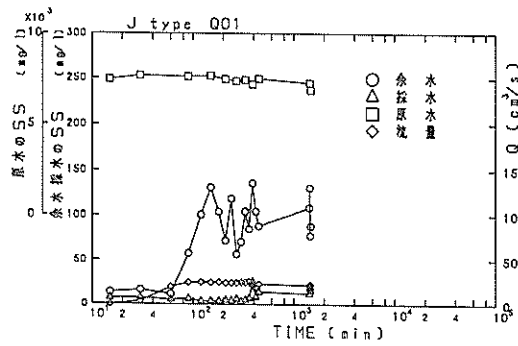


図-7.33 J type Q1

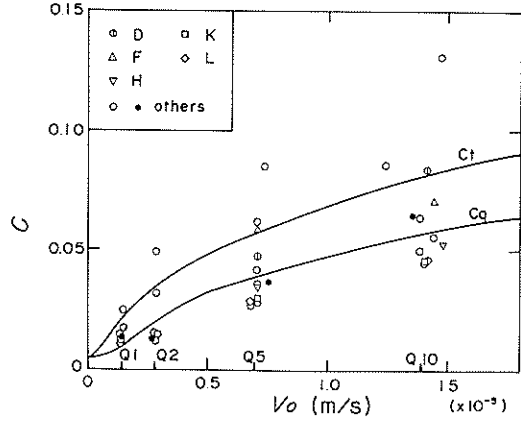


図-8 水面積負荷による流出率

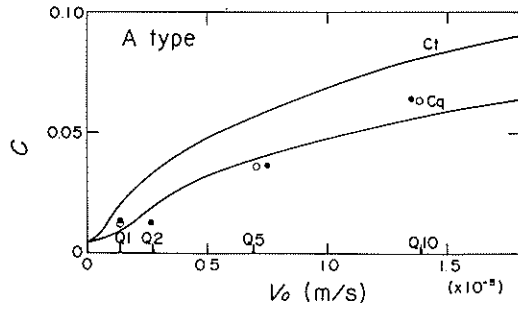


図-9.1 A type

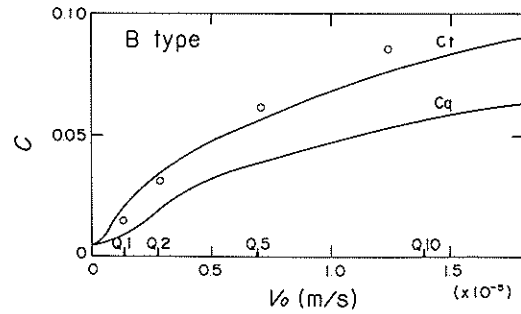


図-9.2 B type

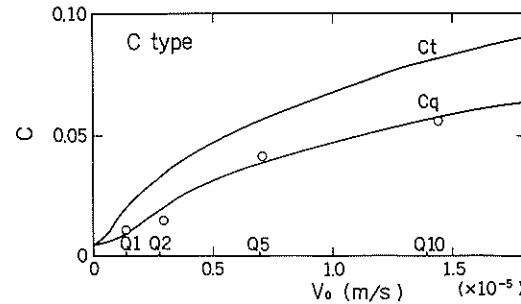


図-9.3 C type

これらの各型の実験結果を水面積負荷と流出率でまとめたものが図-8である。今回の実験では先に求めた c_q の値よりあまり小さいものは見られなかった。一方 c_q の値よりだいぶ大きくなる型のもが見られ、これらの型では水面積負荷の小さい範囲でも c_q よりも大きいことが特徴である。

次に代表的な型別によりまとめたものが図-9.1~9.6である。

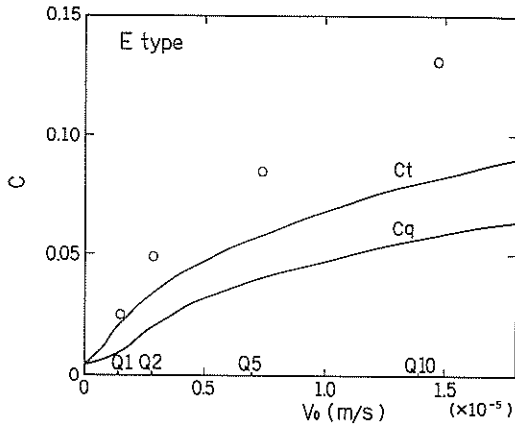


図-9.4 E type

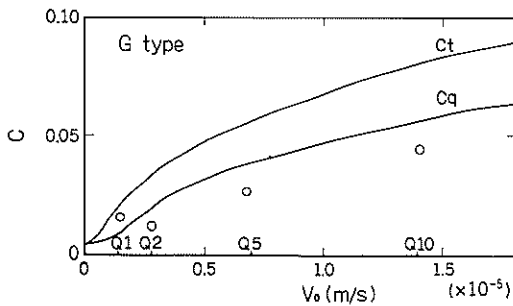


図-9.5 G type

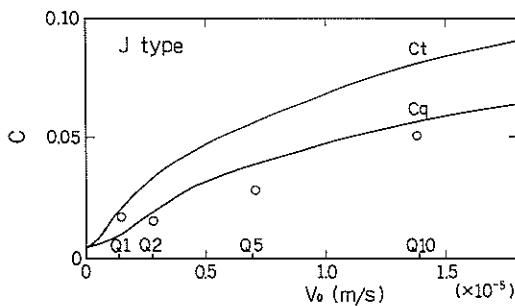


図-9.6 J type

A型では水面積負荷の大きいQ10では c_q より大きな値となるが、Q5、Q2ではほぼ c_q に近く、Q1でやや c_q より大きくなっている。C型は実験の全範囲にわたり c_q に近い値が得られている。G型ではQ10からQ2の範囲で今回の実験ケース中最も低い流出率を示したものである。流出率 c の c_q 値に対する比 c/c_q はQ10で0.8、Q5で0.7、Q2で0.6程度であり、Q1では1.5程度と大きくなっている。J型はG型とほぼ同様の傾向を示し、 c/c_q はQ1のケースを除き約0.9~0.7となっている。

以上のA,C,G,Jの4つの型はそれぞれQ1のケースを除くとほぼ c_q 値に近い流出率を示すグループと見られる。一方B型とE型は c_q 値より大きな流出率を示すグループと言える。B型ではその流出率はほぼ c_q の値に近く、また c/c_q はQ10からQ2で約1.6、Q1で1.5でありほぼ一定となっている。またそれぞれの流出率と等しい c_q 値を得る水面積負荷 V_{0c} に対する各ケースの水面積負荷 V_0 の比 V_0/V_{0c} 、すなわち見かけ上の水面の有効利用率はQ10で0.35、Q5で0.43、Q2で0.59、Q1で0.64となり、水面積負荷が小さい方が見かけ上、水面が有効利用されている傾向にある。E型もほぼB型と同様のことが言え、 c/c_q の値がQ10で2.2、Q5で2.1、Q2で2.5、Q1で2.3でありほぼ一定値に近い。また V_0/V_{0c} についても、Q10で0.19、Q5で0.22、Q2で0.26、Q1で0.42となり水面積負荷が小さい方が効率が高くなる傾向を示す。

以上の各型以外の型のものについては水面積負荷の大きいQ10とQ5の2ケースにて実験を行った。D型では側壁に沿う流れが強く、A型よりも流出率は大きくなっている。F型はA型よりも流出率は大きく、特にQ5ではD型よりも悪く、B型に近い値となっている。H型ではQ10ではA型よりも流出率は小さく、 c_q に近い値が得られているが、Q5ではA型とほぼ同じ値となっている。K型は排砂管吐出口を底部に置いたもので、Q10、Q5ともに c_q より小さくなるグループに入る。L型は排砂管吐出口下部に円盤を設けたもので、K型とほぼ同じ流出率が得られている。G,J,K,Lの4つの型はほぼ同程度の流出率が得られており、 c_q より小さいグループに入る。

3.2 埋立地内のSS濃度分布

埋立地に排出された土砂水中の土粒子の沈降挙動を調べ、沈降除去に対する各型の水面の有効利用率などを検討するために、埋立地内のSS濃度分布を調査した。

(1) 理想的な沈殿池における分布

供試体の沈降速度加積曲線図-5をもとに求めた理想

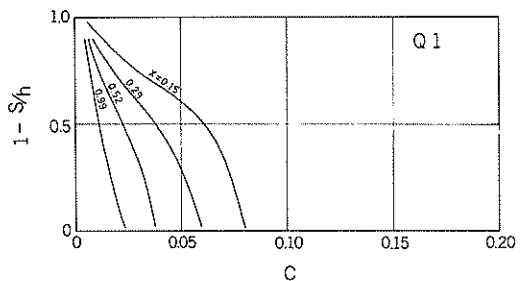


図-10.1 沈降特性 Q1

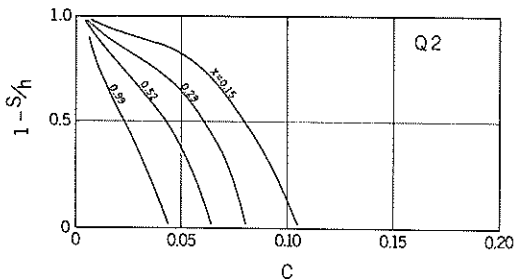


図-10.2 沈降特性 Q2

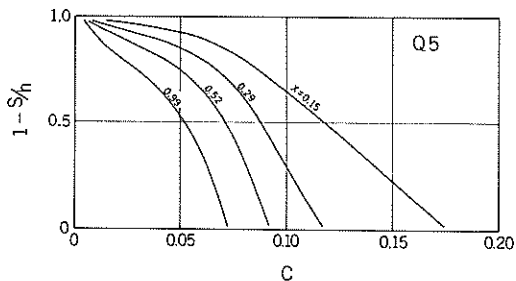


図-10.3 沈降特性 Q5

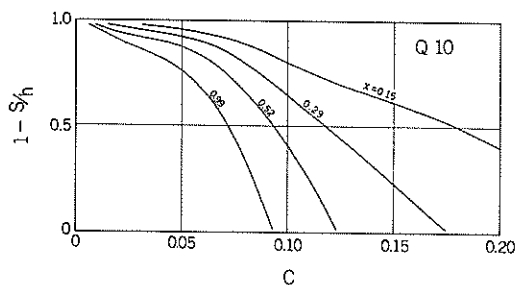


図-10.4 沈降特性 Q10

的な沈殿池における沈降特性を図-10.1~10.4に示す。ここでは沈殿池流入部 ($x=0$) では流入濃度 C_0 で鉛直方向で一様濃度とし、理想的な静的沈殿池の流れとし、流出部 ($x=1$) へ一様に鉛直 2 次的に流下したものである。

図-10.1~10.4から、流入側 ($x=0.15$) と比較すると流出側 ($x=0.99$) の方が鉛直方向の濃度勾配が小さい。また土砂水流入量について比較して見ると、流量が小さい (Q1) 方が流入量が多い (Q10) ものより鉛直方向の濃度勾配は小さくなる。特に流入量が少ない場合には流出側での濃度勾配は小さいことが示される。

(2) 各型における平面分布

今回の実験に用いた埋立地模型は各型式ともほぼ 3 次元

の沈殿池と考えられる。そこで土砂水流入量が Q10 のケースについて各型式による埋立地内の SS 濃度の平面分布を示したものが図-11.1~11.11 である。

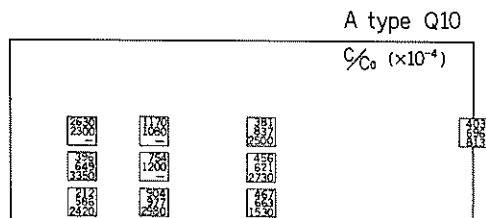


図-11.1 A type Q10

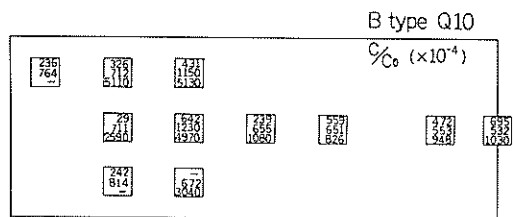


図-11.2 B type Q10

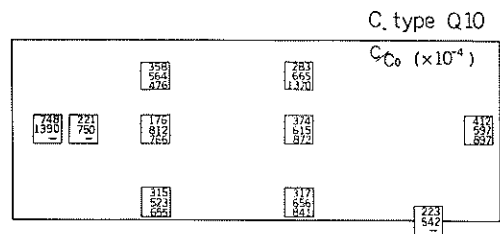


図-11.3 C type Q10

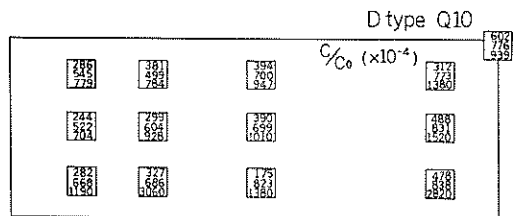


図-11.4 D type Q10

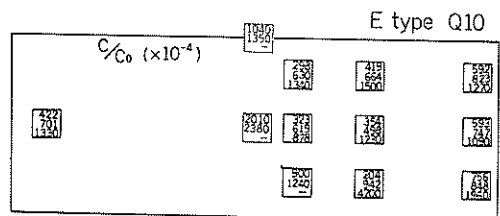


図-11.5 E type Q10

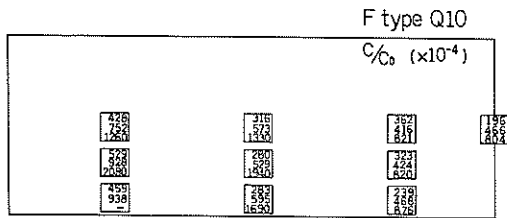


図-1.1.6 F type Q10

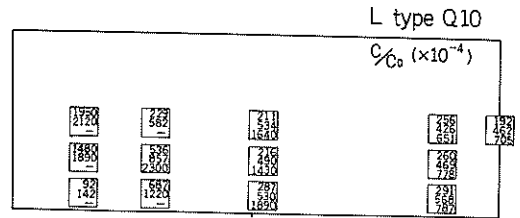


図-1.1.11 L type Q10

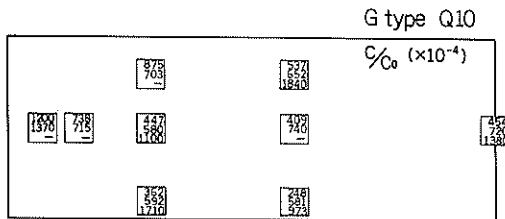


図-1.1.7 G type Q10

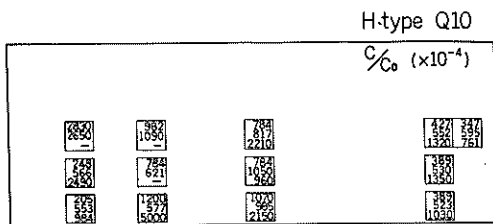


図-1.1.8 H type Q10

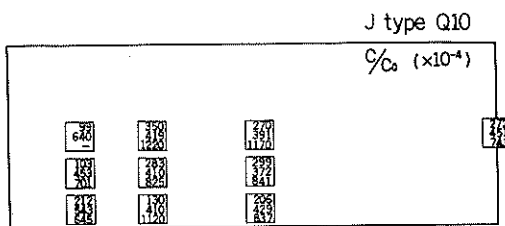


図-1.1.9 J type Q10

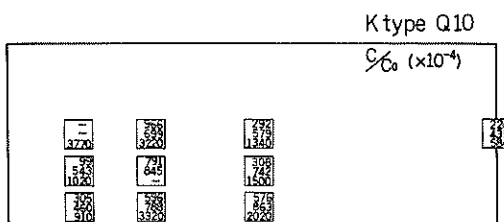


図-1.1.10 K type Q10

枠内の上段は水面 ($S = 0.2 \text{ cm}$), 下段は底部 ($S = 9.8 \text{ cm}$), 中段は中層 ($S = 5 \text{ cm}$) のSS濃度を原水濃度で除した値を 10^4 倍した数値である。

まず流入部と流出部, すなわち排砂管吐出口と余水吐が埋立地の長手方向の両端近くの中心に在り, 線対称となっているA,G,H,J,K,Lの各型について見る。各型とも流入部近くでは横手方向での濃度分布の差異が見られるが, 流下するに従いこの差異は少なくなる。また採水深度が大きくなるにつれてSS濃度が高くなる傾向も認められる。これら6つの型では流入部近くでそれぞれの型を特徴づけるSS濃度分布は見られるが, 流下するに従い型による差異が少なくなる。これは余水のSS流出率がこれらの型の間では差が少ないことをも裏付けるものである。

次にB型について見ると, 流入部と流出部が比較的近い所に在るため, SS流出率はE型に次ぎ2番目に高いものとなっており, 比較的奥部も高い濃度を示している。C型はB型と同様に流入と流出の向が逆であるが, 距離が離れており, SS流出率は比較的良好的なものである。これは流下部の濃度が比較的低いことからうかがえる。D型では流入口から側壁に沿った流れが大きく, したがって側壁部のSS濃度が高く, 流出率も大きいものである。E型は流入口と流出口が近くしかも対向しているためSS流出率は今回の実験中では一番大きいものとなっている。また流出部に向った流れは左右に分かれ, 側壁に沿った渦状の流れとなるため, 側壁部のSS濃度は比較的高いものとなっている。F型でも埋立地内で旋回流が見られ, SS流出率はA型よりやや高めとなるものである。

SS流出率の比較的低いグループ(G,H,J,K,L型)では流下するに従いSS濃度分布が低下するのがうかがえるが, SS流出率の高いグループ(B,E)では旋回流のため周辺部でもかなり高いSS濃度を示す。しかし旋回流を生ずる型でもD型のように旋回流の外では比較的低いSS濃度を示すものも見られる。したがって水面積の有効利用率などを考える上では, デッドスペース的なものと旋回流などによる影響が関係するものと考えられる。

(3) 土砂水流入量による影響

埋立地内に流入する土砂水流入量を変化させた場合には、図-10.1~10.4にも示されるように、流入量を増大させれば、埋立地内の各点における濃度も高くなると考えられる。長手方向に流下するもの例としてJ型について示したものが図-12.1~12.3である。

枠内の数値は図-11.と同定義のものである。これらの図からも流入量が大いいとSS濃度が高くなることが示される。このy方向(横手方向)の値を平均化し、先の図-10にプロットしたものが図-13.1~13.4である。

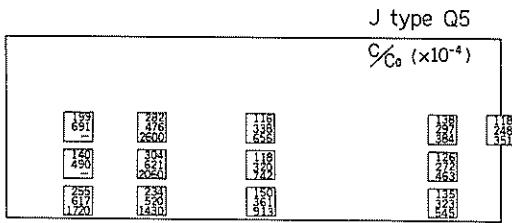


図-12.1 J type Q5

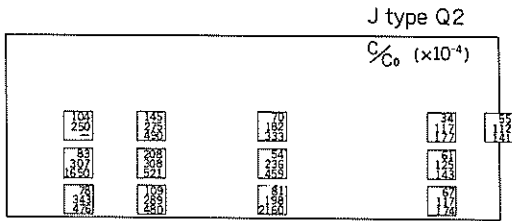


図-12.2 J type Q2

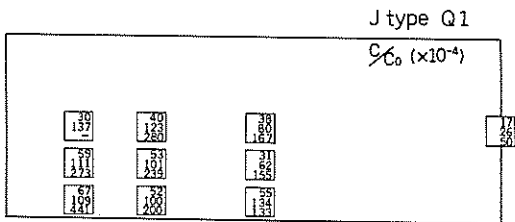


図-12.3 J type Q1

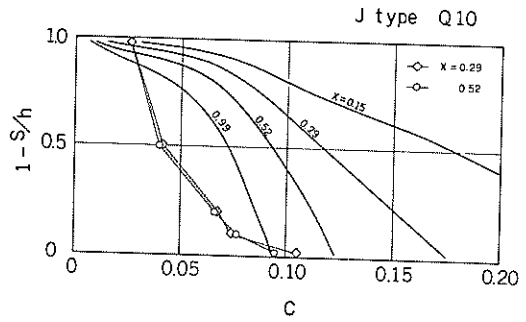


図-13.1 J type Q10

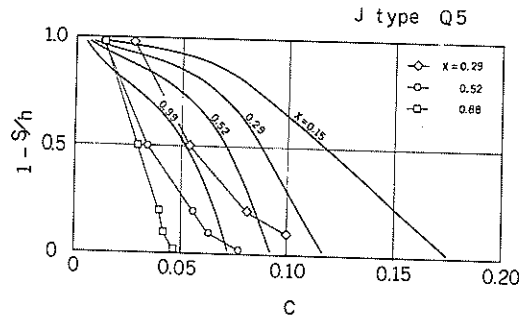


図-13.2 J type Q5

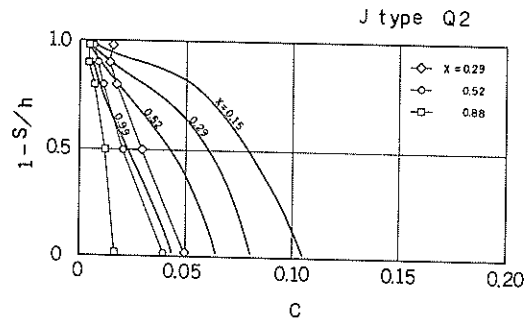


図-13.3 J type Q2

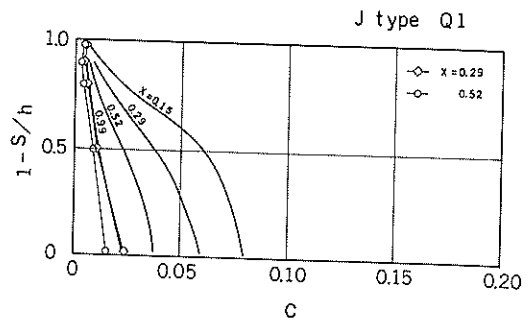


図-13.4 J type Q1

いずれも水深の深い所では計算値より小さな値となっている。次に SS 流出率が比較的高い B 型について図-14.1~14.3に示す。

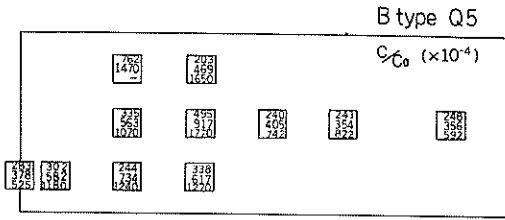


図-14.1 B type Q5

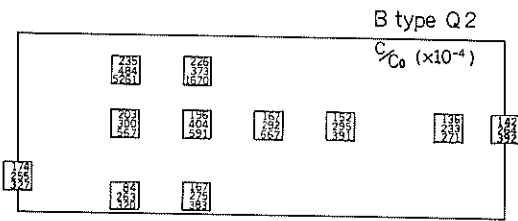


図-14.2 B type Q2

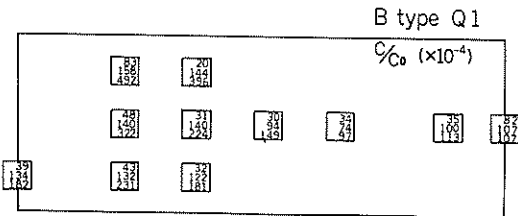


図-14.3 B type Q1

これらの図からも土砂水流入量が増えると SS 濃度が高くなる傾向が見られる。先と同様に図-10にプロットしたものが図-15.1~15.4である。

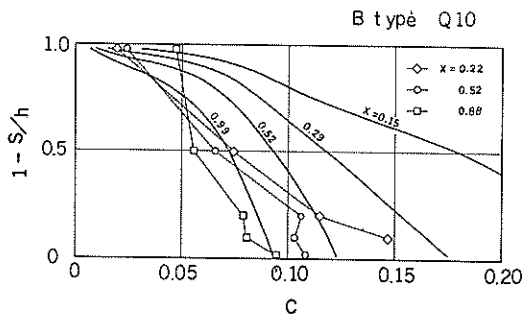


図-15.1 B type Q10

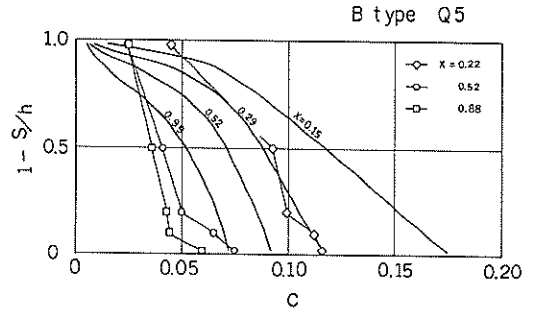


図-15.2 B type Q5

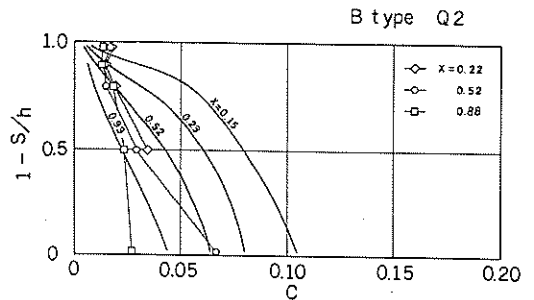


図-15.3 B type Q2

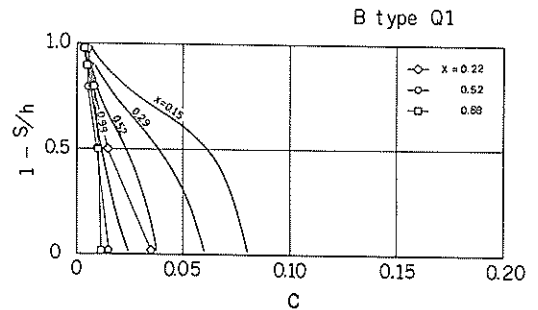


図-15.4 B type Q1

$\alpha = 0.22$ については y 方向の 3 か所の平均値としたものである。J 型と同様に水深の深い所では計算値よりも少くなる傾向が見られる。なおその他のケースについての SS 濃度の平面分布は付図-1.1~1.16に示す。

(4) 余水吐近くの鉛直分布

余水吐の直前(10cm前方)での採水により、SS 濃度比の鉛直分布をまとめた結果を図-16.1~16.4に示す。

流入量が少い Q1 の場合では、A, C, J 型は鉛直方向での変化は少く、B, E 型では水深の中央付近の濃度比が SS 流出率とほぼ同じ値である。流入量 Q2 のケースでは、B, C, E, G, J の全ての型で、水深の中央付近の濃度比が

SS 流出率に近い値となっている。Q 5 のケースでは、A, B 型を除く全ての型で Q 2 と同様の傾向が見られ、Q 10 のケースでも B, F, G 型以外は同様のことが言える。

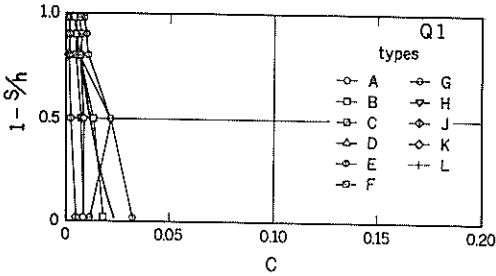


図-16.1 鉛直分布 Q1

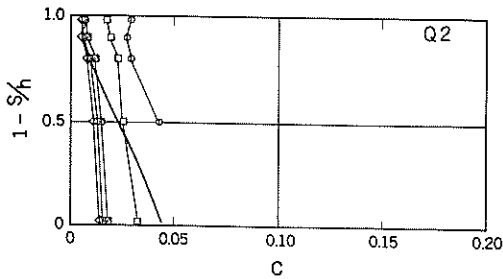


図-16.2 鉛直分布 Q2

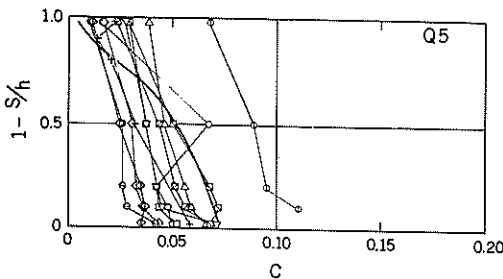


図-16.3 鉛直分布 Q5

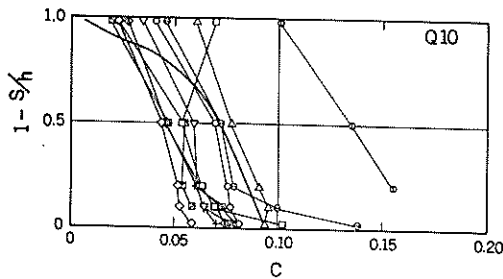


図-16.4 鉛直分布 Q10

3.3 埋立地内の堆積土厚

今回の実験では水面積負荷の相似を考慮しているので、流況の相似が良好であれば堆積土厚の相似も保たれるものである。しかし流況の相似、特に流入部での相似については説明が十分でないなどの問題も残されている。また実験時間も短いため堆積土厚が小さく、測定上の問題も見られたが、次のような結果が得られた。

線対称の型 (A, E, G, H, J, K, L) のものでは、模型のセットに問題の見られた J, K 型の一部の例を除いては、図-17 に示すように堆積土厚の対称性も良好といえる。

A Q10													
3.5	4.5	4.7	5.3	5.0	4.2	4.0	3.8	3.0	2.7	2.1	2.0	1.9	1.9
3.2	4.8	7.1	8.3	5.7	5.0	4.0	4.0	3.0	2.8	2.4	1.9	1.9	1.9
0.2	3.4	2.0	1.0	5.7	4.8	4.1	4.0	3.3	3.0	2.3	2.0	1.8	1.8
3.1	4.5	7.0	7.7	5.1	4.8	4.0	3.7	3.2	2.9	2.0	2.0	2.0	2.0
3.9	4.0	4.8	5.1	4.6	4.3	3.8	3.8	3.3	3.0	2.1	2.0	1.8	1.8

図-17 堆積土厚分布 A type Q10 (mm)

流入部付近では横手方向 (y 方向) の堆積土厚の変化は大きい、流下するに従いその変化は小さくなり、かつ堆積土厚自体も小さくなるのが見られる。線対称の各型による堆積土厚の流下方向 (x 方向) での変化を図-18. 1~18.4 に示す。

土厚は横手方向 5 点の平均値としたものである。図中の土厚比 Z/h の計算値は、理想的な沈殿池において、土砂水原水濃度を $C_0 = 8,000 \text{ mg/l}$ 、フライアッシュの水中での容積を 1.66 ml/g 、通水時間を Q10 ~ Q2 で 7 時間、Q1 で 12.5 時間として、SS 流出率 c_q の値をもとに求めたものである。流入部すなわち排砂管吐出口は G 型を除き $x = 0.05$ の位置にあるため、実験値は計算値より右側へ移動している傾向が見られる。

B, C, E 型では埋立地内で旋回流が見られ、これらの型では中心のよどみ部では図-19 に示すように堆積土厚も小さくなるものが見られた。その他のケースについての堆積土厚分布は付図-2.1 ~ 2.31 に示す。排砂管吐出口付近の堆積状況の写真を付図-3.1 ~ 3.11 に示す。

4. 結論

本実験では埋立地 (沈殿池) の模型を用いて、沈降促進を図るため、排砂管吐出口および余水吐の配置方法およびこれらの構造による比較を行い、約 30 ケースについてデータを得た。これらのデータをもとに、理想的な沈殿池との比較を主に行い、余水の SS 濃度、埋立地内の

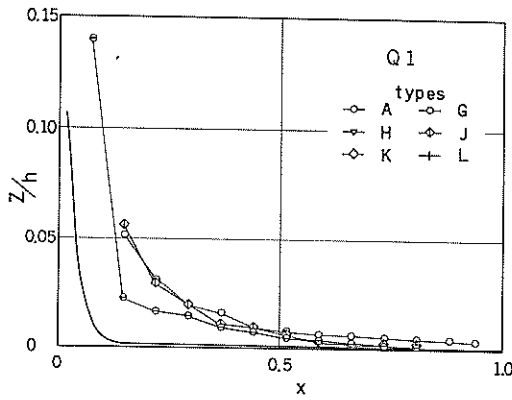


図-18.1 堆積土厚 Q1

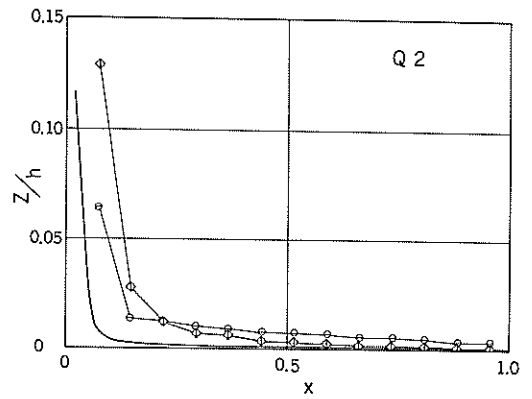


図-18.2 堆積土厚 Q2

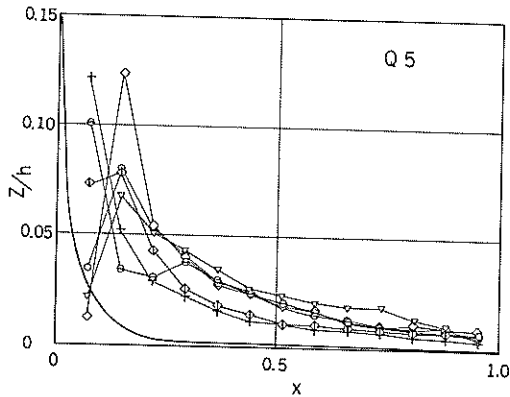


図-18.3 堆積土厚 Q5

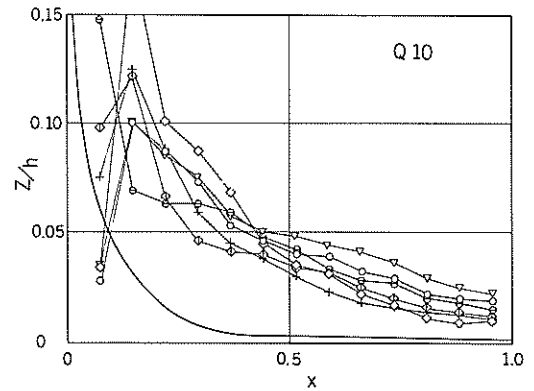


図-18.4 堆積土厚 Q10

SS濃度分布、埋立地内の堆積土厚について次の結論を得た。

1) 余水のSS濃度

余水のSS濃度すなわちSS流出率については、水面積負荷の大小にかかわらず、比較的小さくしたがって良好な型式(C,G,H,J,K,L)のもの、大きいしたがって劣る型(B,E)とが見られた。劣る型は排砂管吐出口と余水吐の距離が比較的短い場合のもので、これらの場合には水面積負荷が小さくてもこの傾向は顕著に見られる。水面積負荷が大きい範囲ではA型に比較して良好な型式があり、かつこれらの間では差異は大きくないので埋立現場に合わせて選択できよう。すなわち、フロート式排砂管が利用できるならG型、余水吐などの配置が可能ならばC型、排砂管吐出口を加工するならJ型が利用できるのであろう。特にJ型はA型に比べ水面積負荷が大きい場合には効果があり、かつ構造も簡便である。比較的良好な型式のものSS流出率は、理想的な沈殿池における c_0 値に近いが、やや小さ目になる傾向が見られる。

E Q10												
3.0	2.0	2.3	2.5	2.3	2.4	2.5	2.0	3.1	3.0	2.9	3.8	3.8
3.5	4.0	3.0	3.0	3.0	2.0	5.3	3.2	3.8	3.8	3.8	4.0	4.2
4.0	4.0	3.0	2.6	3.2	2.8	28.0	3.0	3.0	3.2	3.0	3.2	4.7
5.0	4.0	3.9	2.0	2.0	4.0	25.5	3.3	3.0	2.7	3.2	4.0	4.8
4.0	5.8	6.5	7.0	7.6	9.0	18.0	9.6	8.0	7.0	8.2	7.0	8.2

図-19 堆積土厚分布 E type Q10

2) 埋立地内のSS濃度分布

本実験の供試体の理想的な沈殿池におけるSS濃度分布の鉛直方向の勾配は、計算値では流入側より流出側が、また流入土砂水量が少い方が小さい傾向となる。本実験でもこの傾向が認められたが、上層部などを除き、一般的に計算値よりも小さめになった。長手方向に流下する型式のものでは、流入部付近でのSS濃度分布は横手方向での差異が見られるが、流下するにしたがいその差異は少くなる。

3) 埋立地内の堆積土厚

堆積土厚についてはSS濃度分布とほぼ同じような傾向が見られた。すなわち長手方向に流下する型式では、流入部では横手方向の差異は大きい、流下するにしたがいその差異は小さくなる。堆積土厚の計算値については、一般的に、実験値の方が大きくなる傾向が見られた。また旋回流を生ずる型式のものでは中心のよどみ部で堆積土厚も小さいことが認められた。

5. あとがき

本実験は昭和54年度における、整流壁などによる沈降促進に続いて、昭和55年度分として、余水吐などの構造と配置による効果について模型実験を行ったものである。両年度とも土砂水原水の濃度は現場工事に比較して低く設定しており、沈降促進の効果、水面有効利用などを主に検討するためのものである。今後実際のより高濃度の場合のSS流出率への影響を引続き調べる予定である。模型実験の相似および実験手法についてもさらに検討し、また原型への適用性についても現地データの収集を進め比較検討していきたい。(1981年6月30日受付)

謝 辞

本実験は環境庁の国立機関公害防止等試験研究費による「ヘドロの埋立処理に関する研究」の一環として行われたものであり、関係各位の御厚意に感謝したい。

参 考 文 献

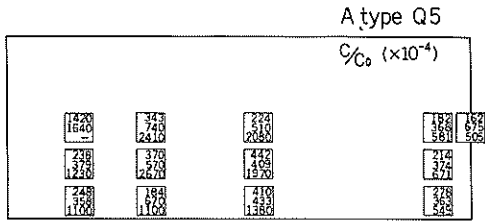
- 1) Camp, T. R. : Sedimentation and the Design of Settling Tanks, *Transactions, ASCE*, Vol. 111, No. 2285, 1946, pp. 895 ~ 923
- 2) Clements, M. S. : Velocity variations in rectangular sedimentation tanks, *Proc. Instn. Civil Engrs.*, Vol. 34, June 1966, pp. 171 ~ 200
- 3) Cordoba-Molina, J. F. : Settling in Continuous Sedimentation Tanks, *ASCE*, Vol. 104, No. EE6, Dec. 1978, pp. 1263 ~ 1275
- 4) 中園嘉治 他 : 有害物質を含む汚での余水処理に関する研究, 環境保全成果集, 昭和53年度
- 5) 吉田龍夫 : 埋立て用沈殿池の設計諸元について ヘドロ No. 3, 1975 pp. 4 ~ 7
- 6) 二階堂清 : 浚渫埋立工事における余水処理施設とそのコンパクト化(1), 環境技術, Vol. 8 No. 1,

1979, pp. 67

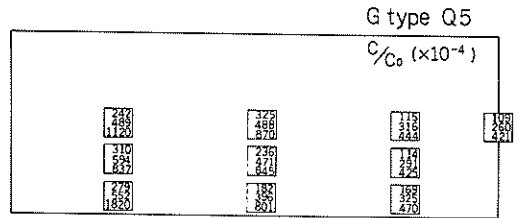
- 7) 白鳥保夫, 増田勝人 : 埋立時の土砂の沈降挙動に関する実験(その1), 港湾技研資料 No. 340, June 1980
- 8) 白鳥保夫, 加藤英夫, 増田勝人, 山内 栄 : ヘドロの埋立処理に関する研究, 環境保全成果集, 昭和54年度
- 9) Thompson, D. M. : Scaling laws for continuous flow sedimentation in rectangular tanks, *Proc. Instn. Civil Engrs.*, Vol. 43, July 1969, pp. 453 ~ 461
- 10) Discussion : *Proc. Instn. Civil Engrs.*, Vol. 46, July 1970, pp. 387 ~ 393

主要記号表

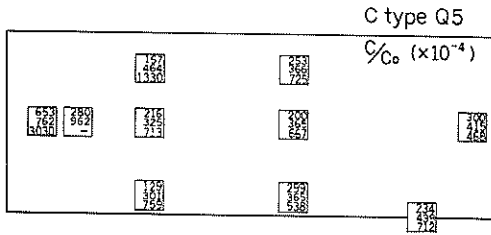
B, B'	: 余水吐の幅(' は原型を示す)
b, b'	: 埋立地の幅
C	: 余水, 採水のSS濃度
C_0	: 土砂水原水のSS濃度
c	: 流出率(= C/C_0)
c_q	: 理想的な場合の流出率
c_i	: 完全混合の場合の流出率
D, D'	: 排砂管の吐出口直径
D_p	: 土砂粒子の粒径
$F(v_s)$: 供試体の沈降速度加積率
H, H'	: 余水吐の越流高さ
\bar{H}	: 余水の採水水深幅
h	: 埋立地水深
l	: 埋立地の長さ
Q, Q'	: 土砂水流入(流出)量
r	: 除去率
r_h	: 水平方向の縮尺比
S	: 採水水深
V_0, V_{0e}	: 水面積負荷
v_{in}, v_{in}'	: 排砂管吐出口流速
v_s	: 土粒子の沈降速度
x	: 埋立地の x 座標
y	: 埋立地内の y 座標
Z	: 堆積土厚
W	: 供試体の重量加積率



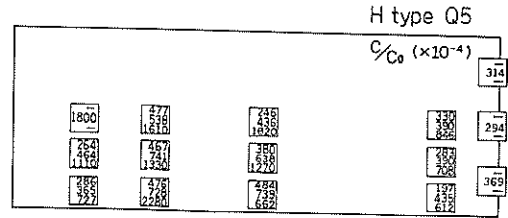
付図-1.1 A type Q5



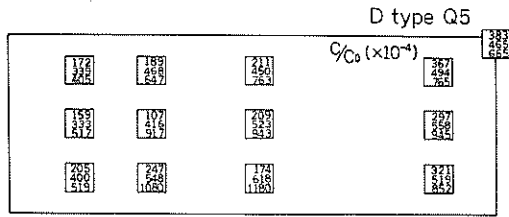
付図-1.6 G type Q5



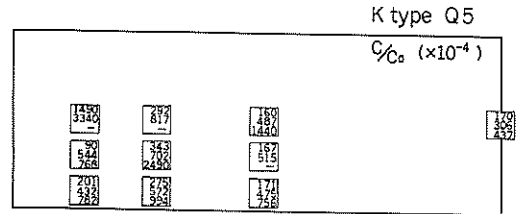
付図-1.2 C type Q5



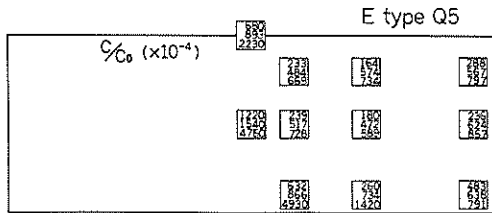
付図-1.7 H type Q5



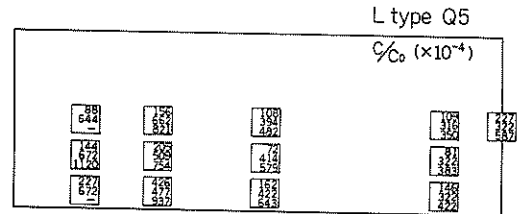
付図-1.3 D type Q5



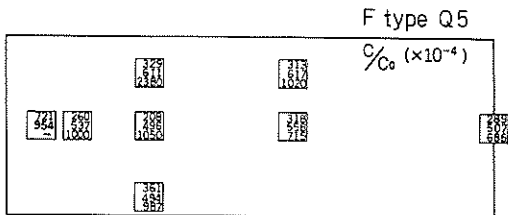
付図-1.8 K type Q5



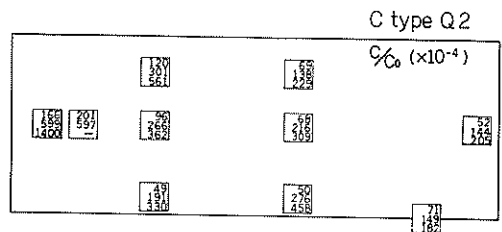
付図-1.4 E type Q5



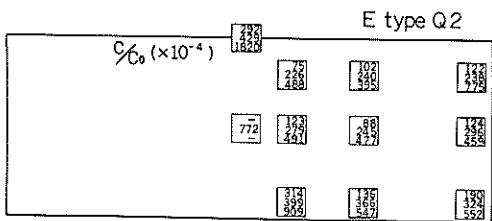
付図-1.9 L type Q5



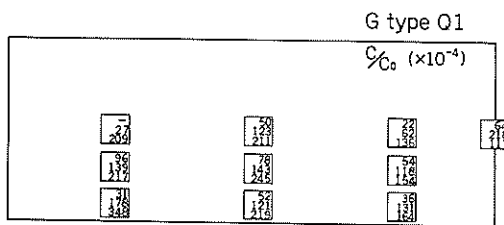
付図-1.5 F type



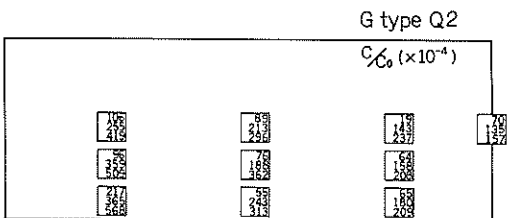
付図-1.10 C type Q2



付図-1.11 E type Q2



付図-1.16 G type Q1

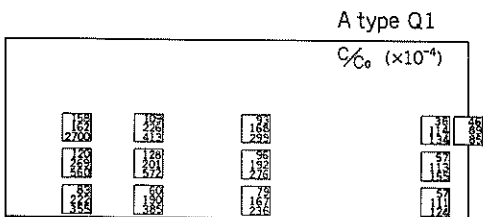


付図-1.12 G type Q2

B Q10

9.5	4.8	5.0	5.0	5.0	4.4	4.2	5.1	2.8	2.4	2.1	1.4	1.3
4.0	5.0	4.3	8.0	7.5	4.7	4.2	3.5	3.0	2.7	2.7	2.1	1.7
4.2	4.0	4.0	10.8	8.2	4.9	3.0	3.0	2.7	2.4	1.9	1.7	1.0
3.0	4.0	17.0	14.7	7.5	3.2	2.8	2.9	2.7	2.2	2.2	1.9	1.0
2.7	4.3	4.5	5.0	3.5	2.0	2.0	2.0	1.9	2.0	1.2	1.0	0.3

付図-2.1 B type Q10 (mm)

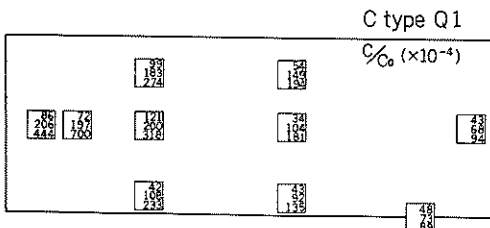


付図-1.13 A type Q1

C Q10

14.0	11.7	9.5	8.3	6.7	6.5	5.7	5.4	5.0	4.2	3.8	2.5	2.8
13.5	5.0	4.0	4.7	4.5	4.7	4.8	4.2	4.5	4.0	4.0	3.0	3.0
15.0	13.0	3.5	2.4	3.0	3.0	4.8	3.5	3.0	3.8	3.9	2.9	2.5
7.8	30.0	3.0	2.5	2.5	2.9	3.0	3.0	3.0	3.3	4.0	2.7	1.8
9.5	8.0	5.0	2.5	2.5	2.5	3.0	2.0	2.0	3.0	2.6	2.6	2.7

付図-2.2 C type Q10

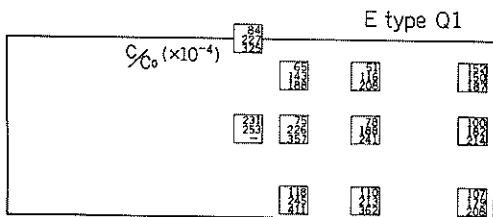


付図-1.14 C type Q1

D Q10

2.5	2.0	3.2	2.2	3.8	3.8	4.0	3.4	3.8	3.6	3.5	3.1	3.9	
2.0	3.0	3.0	3.6	4.0	4.0	4.0	4.0	4.4	4.0	4.0	4.0	3.7	
2.2	3.0	3.2	4.0	3.9	4.8	4.2	4.3	4.4	4.2	4.0	4.3	4.0	
2.0	3.6	3.8	3.0	5.1	5.0	5.0	6.0	6.7	5.2	5.0	5.7	4.2	
3.5	16.5	2.8	2.0	1.7	0.14	8.1	1.0	10.0	6.3	7.3	5.3	5.0	6.0
9.0	60.0	47.0	30.0	18.0	14.0								

付図-2.3 D type Q10



付図-1.15 E type Q1

F Q10

10.5	10.0	9.0	7.5	5.5	5.3	5.0	4.5	4.2	4.0	3.8	2.0	2.5
14.5	5.0	4.0	5.0	4.0	4.2	4.0	4.6	4.0	4.0	4.0	2.3	2.2
8.0	15.0	2.2	2.8	2.7	3.0	2.5	3.9	3.8	3.7	3.8	3.2	1.8
7.0	42.0	2.8	1.5	2.3	2.0	3.0	3.8	3.0	3.7	2.5	2.8	1.5
8.3	5.5	5.0	2.0	2.0	1.8	2.2	2.2	2.8	3.0	1.8	2.0	1.0

付図-2.4 F type Q10

G Q10

9.5	11.5	9.5	8.5	6.5	5.0	4.7	3.8	3.0	3.4	2.7	1.8	1.8
4.5	4.5	4.3	5.0	5.0	4.6	4.7	3.8	3.0	3.0	2.5	1.8	1.5
4.5	4.5	3.0	4.0	4.4	4.0	4.0	3.0	2.8	2.7	2.3	1.8	1.6
5.0	4.8	5.8	5.0	6.5	5.5	4.0	3.0	2.8	2.7	1.5	1.8	1.1
9.8	9.0	9.0	8.7	6.9	5.0	3.8	3.0	2.6	2.3	1.1	2.0	1.7

付図-2.5 G type Q10

A Q5

15	22	28	28	30	22	17	14	13	11	10	10	08
20	30	45	40	32	25	20	15	13	12	11	09	10
11	03	01	3	06	0	31	26	18	17	14	11	09
15	28	40	48	30	28	18	15	13	10	10	10	08
13	22	25	30	25	25	18	15	13	09	08	11	10

付図-2.10 A type Q5

H Q10

3.0	2.8	4.5	6.0	5.8	5.2	4.8	4.7	4.0	3.0	2.8	2.0	
3.3	4.3	9.0	9.0	5.5	5.0	4.8	4.0	4.4	3.8	3.2	3.0	
3.0	3.4	5.6	5.9	5.2	5.0	4.8	4.3	4.0	4.0	3.4	2.7	
4.0	4.3	8.4	8.2	6.0	5.0	4.9	4.5	3.8	4.0	3.2	2.5	
4.0	4.0	4.0	5.3	5.8	5.0	4.5	4.5	4.2	3.0	2.1	2.3	

付図-2.6 H type Q10

B Q5

30	80	10.5	6.4	40	20	17	10	12	10	10	06	05
25	38	60	80	50	29	20	20	12	12	11	10	07
30	35	35	50	47	30	20	20	18	12	12	08	06
30	38	32	43	40	26	26	18	20	11	10	10	10
30	36	30	29	29	28	17	18	13	12	10	10	10

付図-2.11 B type Q5

J Q10

9.8	15.0	13.3	10.0	8.0	6.5	4.9	4.0	3.0	2.0	1.8	1.8	1.1
16.0	31.0	12.5	6.8	6.0	5.7	4.7	4.3	2.9	2.8	1.8	1.4	1.2
20.0	11.0	4.0	2.8	2.8	3.1	3.4	3.5	2.7	2.1	2.0	1.2	1.0
2.0	2.4	1.7	1.8	2.0	2.8	2.2	2.2	2.2	1.8	1.3	1.5	1.4
1.2	1.5	1.5	1.8	1.8	2.0	1.7	2.0	1.5	1.2	1.3	1.3	1.2

付図-2.7 J type Q10

C Q5

50	48	35	30	20	20	18	13	13	10	10	06	06
80	50	19	15	17	20	17	13	14	11	10	10	08
80	14	01	11	10	11	13	13	13	12	10	10	10
40	32	51	05	09	09	10	12	12	12	09	10	07
30	28	10	03	06	08	09	08	10	10	09	08	08

付図-2.12 C type Q5

K Q10

2.3	3.2	4.5	5.7	5.7	3.0	3.0	2.8	2.1	1.5	1.1	0.9	0.9
3.2	4.0	6.9	9.0	7.0	4.7	3.2	3.1	2.3	1.2	1.0	1.0	1.0
6.5	7.3	29.5	14.8	8.8	5.8	4.4	3.6	2.1	1.8	1.0	1.0	1.0
2.3	5.0	8.0	9.2	7.8	4.8	4.0	3.0	2.0	1.9	1.1	0.8	1.0
2.7	3.3	3.9	4.8	4.5	4.2	2.8	3.0	2.6	1.9	1.2	1.0	1.0

付図-2.8 K type Q10

D Q5

10	10	10	10	12	12	15	18	23	18	18	13	13
10	13	12	15	18	20	20	22	25	22	19	13	12
10	10	18	20	20	20	22	20	28	23	16	09	12
10	10	20	20	25	30	37	33	33	28	18	14	10
13	55	100	10	09	60	55	45	30	25	18	17	11

付図-2.13 D type Q5

L Q10

4.8	7.5	5.5	4.0	3.0	2.8	1.8	1.8	1.2	1.0	0.6	0.7	0.6
7.0	14.0	8.5	5.5	4.0	3.0	1.7	1.7	1.5	1.3	1.3	1.0	0.8
9.0	18.0	11.0	6.0	4.8	3.8	3.5	2.2	1.2	1.6	1.0	1.0	1.0
10.0	14.5	10.0	7.0	5.2	4.5	2.8	3.0	2.5	2.0	1.8	1.8	1.2
6.5	8.5	9.0	7.0	5.3	5.0	5.0	2.7	2.6	2.0	2.1	1.8	1.8

付図-2.9 L type Q10

E Q5

15	18	15	15	15	10	20	25	25	15	15	20	10
18	15	16	15	18	13	36	25	21	20	28	32	10
20	15	15	20	18	15	28	22	20	20	25	28	10
25	20	26	20	18	20	15	20	20	26	25	23	12
20	30	35	40	40	50	100	50	45	45	35	40	10

付図-2.14 E type Q5

F Q5

72	55	50	36	30	30	25	23	19	20	15	10	09
10	035	25	33	26	20	22	20	16	18	16	08	09
10	040	16	11	15	19	19	26	26	25	18	10	08
40	12	622	17	15	16	18	12	10	12	11	12	08
65	43	12	12	10	13	13	12	08	10	15	15	05

付図-2.15 F type Q5

L Q5

20	37	30	20	16	11	10	10	10	07	07	05	05
90	55	35	22	13	11	10	08	07	07	06	04	04
400	100	30	20	15	10	10	07	07	06	05	05	03
45	30	22	20	17	12	11	09	09	07	06	06	05
53	38	30	30	20	14	13	10	09	09	06	06	06

付図-2.20 L type Q5

G Q5

50	48	40	40	30	21	20	13	14	10	08	07	08
26	25	27	37	28	25	18	16	11	10	08	08	07
390	22	22	36	27	23	20	17	12	10	09	08	08
28	24	23	38	29	26	20	20	14	10	10	09	08
53	50	40	38	30	25	23	16	13	10	09	09	06

付図-2.16 G type Q5

B Q2

05	90	78	38	25	17	11	10	07	04	02	02	03
05	07	17	20	21	20	11	09	08	04	02	02	02
05	08	05	12	16	12	11	09	07	06	03	02	03
07	09	09	10	10	10	10	09	07	05	03	02	02
07	07	08	08	08	08	07	07	08	04	04	03	02

付図-2.21 B type Q2

H Q5

15	18	23	27	30	24	23	20	21	16	13	11	08
15	24	40	42	38	28	24	22	20	16	15	12	06
48	250	130	70	38	26	25	20	20	16	15	11	06
16	27	40	56	38	27	23	21	18	15	14	10	04
15	18	20	20	28	27	22	20	17	14	12	10	03

付図-2.17 H type Q5

C Q2

20	18	17	12	12	09	10	09	07	04	04	05	03
37	28	15	10	08	08	08	08	05	04	04	03	03
37	55	12	07	06	07	08	06	04	05	04	03	02
20	260	10	06	07	05	06	06	04	05	05	04	04
14	10	07	08	07	06	07	05	06	07	05	05	02

付図-2.22 C type Q2

J Q5

12	20	15	18	16	13	09	09	07	07	06	07	06
20	50	37	25	17	15	10	10	09	08	08	07	07
250	180	70	36	18	15	11	10	10	09	08	07	07
60	100	60	28	22	14	11	12	09	09	09	08	08
22	40	30	21	20	17	12	11	10	09	08	08	07

付図-2.18 J type Q5

E Q2

04	07	06	03	03	04	03	04	04	04	03	03	05
04	05	05	04	02	03	30	03	03	04	04	04	04
05	04	05	03	03	08	135	03	06	04	04	06	04
07	06	07	06	07	20	60	11	07	05	08	09	06
05	09	10	17	18	20	40	16	18	10	10	10	

付図-2.23 E type Q2

K Q5

10	15	20	28	21	18	17	15	11	10	10	09	08
15	22	30	35	30	26	18	17	11	11	09	10	08
10	540	165	70	40	28	21	18	12	11	11	10	10
12	23	32	40	30	28	22	18	14	10	10	10	10
15	20	23	25	20	20	18	17	13	11	10	10	10

付図-2.19 K type Q5

G Q2

23	19	16	10	09	08	08	06	05	06	05	03	03
12	12	10	11	09	07	06	07	05	05	04	04	04
250	09	09	09	09	07	07	07	06	05	05	03	02
12	11	10	10	10	08	08	07	05	06	05	04	04
26	16	17	12	09	08	07	07	06	06	05	05	04

付図-2.24 G type Q2

J Q2													
0.8	0.7	0.7	0.5	0.5	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
2.0	2.0	1.2	0.6	0.5	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
5.8	0.5	2.0	0.8	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
3.0	3.5	1.1	0.8	0.8	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
0.8	1.0	0.8	0.7	0.7	0.5	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1

付図-2.25 J type Q2

G Q1													
4.0	3.5	2.2	1.8	1.2	0.8	0.5	0.3	0.2	0.1	0.1			
1.8	1.7	1.7	1.5	1.0	0.7	0.5	0.3	0.4	0.2	0.1			
5.8	1.5	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.3	0.2	0.1			
2.5	1.7	1.4	1.3	0.9	0.6	0.5	0.5	0.3	0.2	0.1			
3.8	2.8	2.0	1.8	1.0	0.9	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2			

付図-2.30 G type Q1

A Q1													
0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	0.8	0.8	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4
1.2	2.2	2.5	1.7	1.8	0.9	0.8	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.5	
7.0	1.8	5.5	3.0	1.8	1.0	0.9	0.7	0.7	0.5	0.4	0.4	0.2	
1.7	3.5	4.0	2.7	2.1	1.1	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	
1.0	1.0	1.5	1.5	1.3	1.0	0.6	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.3	

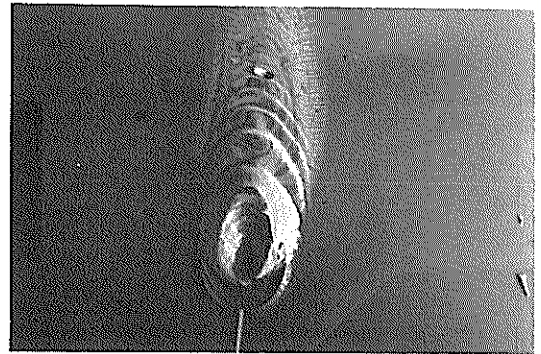
付図-2.26 A type Q1

J Q1													
2.0	3.0	2.8	1.7	1.5	1.1	0.7	0.4	0.3	0.2	0.2			
4.0	7.5	3.3	2.3	1.3	1.0	0.8	0.4	0.2	0.2	0.2			
8.0	1.0	4.0	2.0	1.0	1.0	0.6	0.3	0.2	0.2	0.2			
3.4	5.0	2.7	2.0	1.0	0.9	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2			
1.2	1.7	1.8	1.9	1.0	0.9	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2			

付図-2.31 J type Q1

B Q1													
2.2	1.1	0.6	0.3	2.1	1.8	1.0	0.5	0.5	0.5	0.3	0.2	0.3	0.1
9.5	8.0	3.6	2.0	2.0	2.0	1.0	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	
1.8	3.0	2.0	1.5	1.0	1.3	1.0	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	
1.0	1.1	1.2	1.1	0.8	0.9	0.9	0.5	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	
0.8	0.9	1.0	0.7	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	

付図-2.27 B type Q1



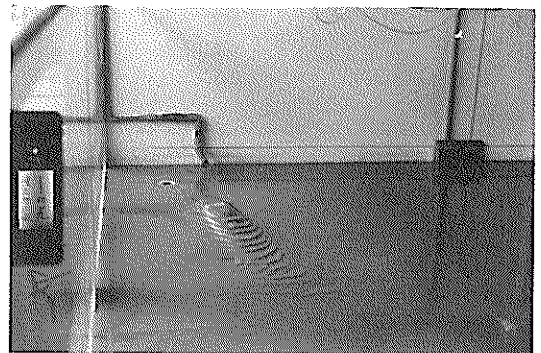
付図-3.1 A type Q5

C Q1													
2.5	2.2	1.7	1.8	1.3	1.0	1.0	0.7	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	
3.5	4.0	2.1	1.0	1.0	0.9	0.7	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	
3.5	1.8	3.0	0.8	0.7	0.7	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	
2.0	4.5	0.8	0.7	1.0	0.6	0.6	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	
1.0	1.8	0.8	0.6	0.6	0.8	0.6	0.5	0.7	0.4	0.3	0.2	0.1	

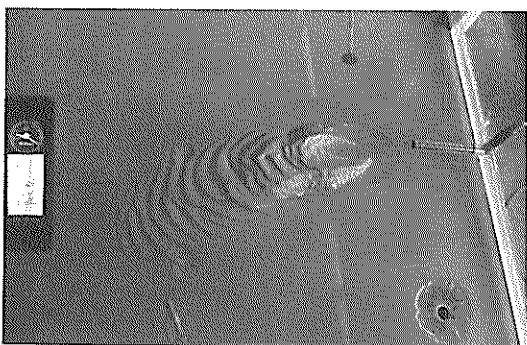
付図-2.28 C type Q1

E Q1													
0.7	0.8	0.8	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.5	0.8	0.7	0.7	
0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	1.9	2.7	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	
0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	4.8	15.0	2.0	1.5	0.9	0.9	0.9	0.8	
0.9	1.0	1.2	2.0	2.5	4.8	8.0	3.0	1.8	1.1	1.0	1.0	0.8	
0.8	1.0	1.6	2.0	3.0	4.0	4.7	3.8	2.7	2.0	1.6	1.4	0.9	

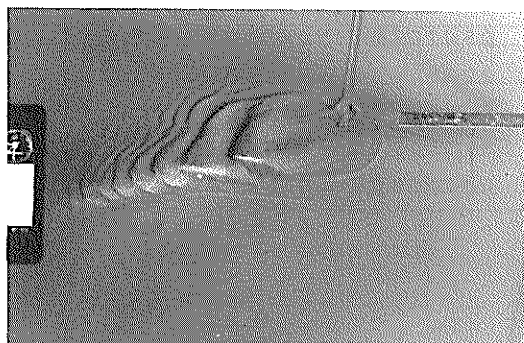
付図-2.29 E type Q1



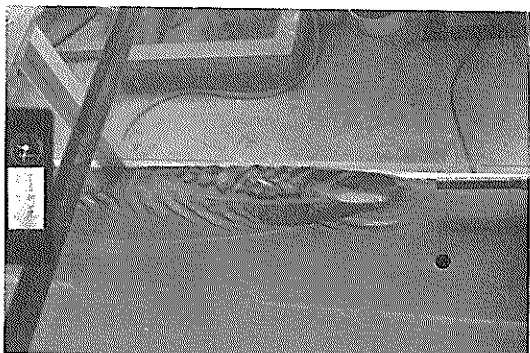
付図-3.2 B type Q10



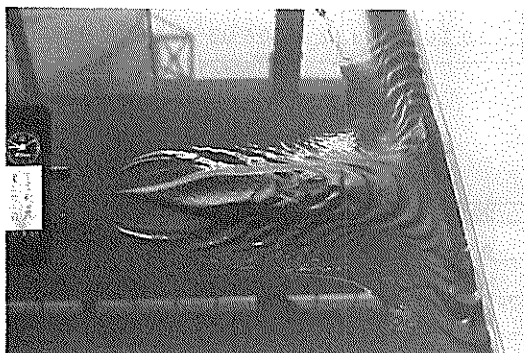
付図-3.3 C type Q10



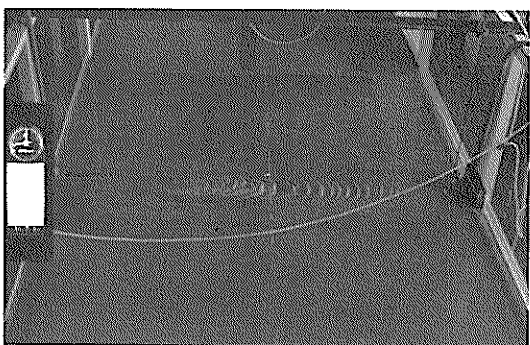
付図-3.6 F type Q5



付図-3.4 D type Q10



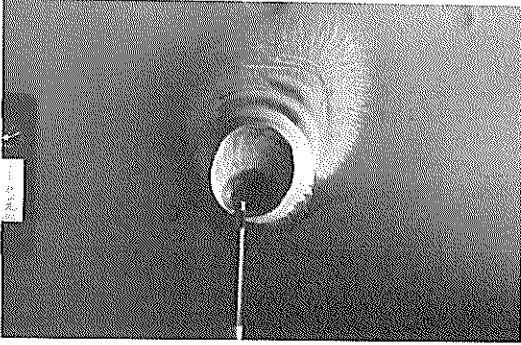
付図-3.7 G type Q10



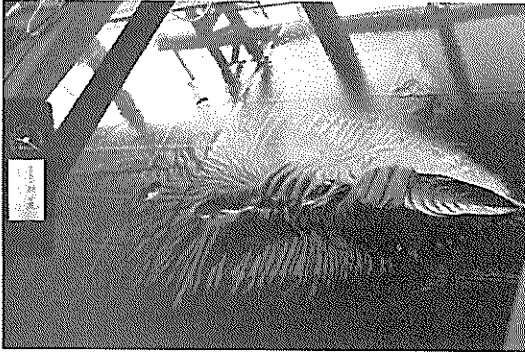
付図-3.5 E type Q10



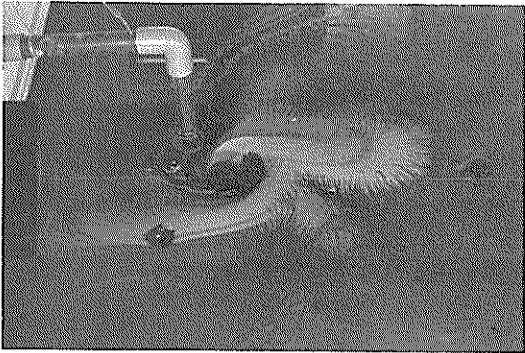
付図-3.8 H type Q5



付図-3.9 J type Q5



付図-3.10 K type Q10



付図-3.11 L type Q10

港湾技研資料 No. 388

1981・9

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 株式会社 東京プリント

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan.