

## 4. 浚渫土の改良による活用

### Recycling by improvement of dredging soil

技術調査課 松村真人、武本敏男

#### 1. 目的及び概要

旧中川底質を対象に、浚渫土をセメント系固化材を用いて改良し活用するための予備配合試験を行った。

国土交通省「河川、湖沼等における底質ダイオキシン類対策マニュアル(案)」(平成17年3月改訂 以下「底質ダイオキシン類対策マニュアル(案)」と称する) 3.9 土質材料としての利用において、「浚渫・掘削除去した汚染底質のうち、150~1,000pg-TEQ/gの底質は、土質材料として利用する。この際セメント固化することを原則とする。また、周辺環境へのダイオキシン類拡散防止について、十分配慮する必要がある」と記載されている<sup>1)</sup>。この考え方にに基づき、ダイオキシン類を含む浚渫土をセメント系固化材で改良し活用することを目標として、強度試験およびダイオキシン類の含有量試験、溶出量試験等を行った。この結果を報告する。

#### 2. 調査対象

##### (1) 調査内容

墨田区立花六丁目付近の図-1 に示す場所で江東治水事務所が採取した底質を使用した。試験は図-2 に示す手順で行い、表-1 に示す試験を行った。



図-1 試料採取場所

#### ・浚渫土の性状確認

含水量試験	粒度試験	突固めによる土の締め固め試験	塑性・液性限界試験	コーン指数試験	強熱減量試験	ダイオキシン類の溶出試験	ダイオキシン類の含有量試験	有害物質の溶出等に関する試験
-------	------	----------------	-----------	---------	--------	--------------	---------------	----------------



#### ・土質改良

改良材	セメント系固化材(高有機質土用)		
添加量(kg/m <sup>3</sup> )	1	2	3
	100	200	300

\*ミキサ等で均一に混練



#### ・改良した浚渫土の試験

7日後			
一軸圧縮試験	コーン指数試験	ダイオキシン類の溶出試験	6価クロムの溶出試験



#### 28日後

一軸圧縮試験	コーン指数試験	ダイオキシン類の溶出試験	ダイオキシン類の含有量試験
--------	---------	--------------	---------------

図-2 試験フロー

表-1 試験項目と試験方法

試験項目	方法等
含水量試験	JIS A 1203
粒度試験	JIS A 1204
突固めによる土の締め固め試験	JIS A 1210
塑性・液性限界試験	JIS A 1205
強熱減量試験	JIS A 1226
一軸圧縮試験	JIS A 1216
コーン指数試験	JIS A 1228 JGS -0716
ダイオキシン類の溶出試験	平成15年環境省告示第68号
ダイオキシン類の含有量試験	ダイオキシン類に係る底質調査測定マニュアルに準拠
六価クロム(溶出試験)	平成3年環境省告示第46号
有害物質の溶出等に関する試験	
油分(含有試験)	ソックスレー抽出
鉛(溶出試験)	JIS K 0102 54
六価クロム(溶出試験)	JIS K 0102 65
総水銀(溶出試験)	昭和46年環境省告示第59号 付表第1
PCB(溶出試験)	昭和46年環境省告示第59号 付表第3
銅(溶出試験)	JIS K 0102 52

## (2) 試料の採取と調整

試験に使用した底質は、グラブ浚渫船で採取された表層から1m程度の深さまでの底質である。底質は黒色で、油臭及び硫化水素臭がした。目視での性状はシルト・粘土質であった。浚渫土（底質）約200リットルを試験室にていったん大型の水槽に全て投入し、スコップ及びミキサで均一になるよう混合した。状況を写真-1に示す。

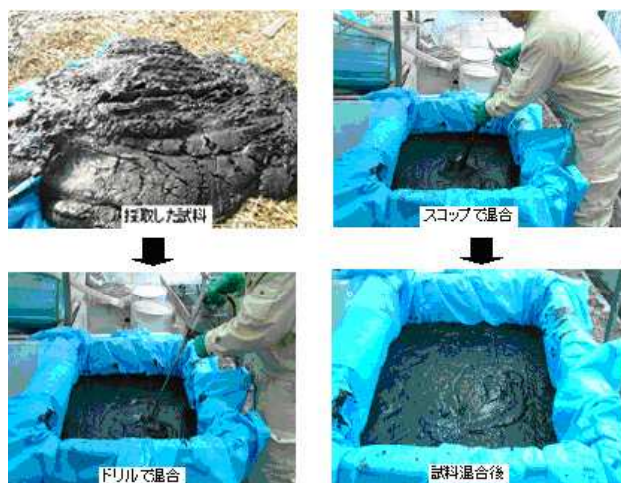


写真-1 採取した試料

## (3) 浚渫土の性状確認試験結果

採取した浚渫土の性状について表-2に示した。浚渫土（底質）の工学的分類はシルト（高液性限界）となり分類名は「砂まじりシルト（MH-S）」となった<sup>2)</sup>。浚渫土は強熱減量試験で失われる有機分を15.6%含んでいた。

表-2 浚渫土の性状

項目	単位	試験結果
含水比	%	284.4
粒度		
砂分	%	5.2
シルト分	%	21.1
粘土分	%	73.7
分類名	-	砂まじりシルト (高液性限界)
分類記号	-	MH-S
突き固めによる土の締め固め		
試験方法	-	A-c
最大乾燥密度	g/cm <sup>3</sup>	0.918
最適含水比	%	57.3
塑性・液性限界		
液性限界	%	137.3
塑性限界	%	56.0
塑性指数	-	81.3
強熱減量	%	15.6
コーン指数	kN/m <sup>2</sup>	148

浚渫土（底質）のコーン指数試験の結果は148kN/m<sup>2</sup>であり、粒度、含水比と合わせて「建設発生土利用技術マニュアル」の土質区分では泥土に分類される。河川堤防等に使用するためには安定処理を必要とする区分である<sup>3)</sup>。

有害物質等の試験結果と基準との比較を表-3に示す。浚渫土は油分を1.4%含んでいた。鉛、六価クロム、総水銀の溶出試験結果は全て定量下限値未満であり、海洋汚染防止法の水底土砂に係る判定基準を満たしていた。

ダイオキシン類の溶出量は3.8pg-TEQ/Lで水底土砂の判定基準<sup>4)</sup>を下回った。含有量は180pg-TEQ/gで底質の環境基準<sup>5)</sup>を上回った。

表-3 浚渫土の性状

項目	単位	試験結果	基準
油分(含有)	%	1.4	-
鉛(溶出)	mg/L	0.01未満	0.1
六価クロム(溶出)	mg/L	0.05未満	0.5
総水銀(溶出)	mg/L	0.0005未満	0.005
PCB(溶出)	mg/L	0.0005未満	0.003
銅(溶出)	mg/L	0.3未満	3
ダイオキシン類の溶出	pg-TEQ/L	3.8	10
	pg/L	3300	-
ダイオキシン類の含有	pg-TEQ/g	180	150
	pg/g	370000	-

備考  
 ・含有試験結果は乾泥試料に換算した結果である。  
 ・基準は以下の通りである。  
 ダイオキシン類の溶出: 昭和48年総理府令第6号  
 ダイオキシン類の含有: 平成11年環境省告示第68号  
 有害物質の溶出等に関する試験: 昭和48年総理府令第6号

## 3. 浚渫土の改良

浚渫土をセメント系固化材（ジオセット25 太平洋セメント株式会社製）により土質を改良した。固化材の添加量は図-2に示すとおり100kg/m<sup>3</sup>、200kg/m<sup>3</sup>、300kg/m<sup>3</sup>の3パターンとした。

改良に当たってはガラ、ごみ等を取り除き、ミキサで固化材と浚渫土を均一に混練した。作成土量は試験に必要な土量を満たす量とした。各試料で一軸圧縮試験用の供試体を作成し養生した。残りの試料は大型のステンレス容器にビニール袋を入れ、その中に入れ養生した。

## 4. 改良した浚渫土の試験結果

7日後及び28日後の試験結果を表-4に示した。一軸圧縮試験は固化体混練後に供試体を作成し養生、7

日後及び 28 日後に試験を行った。7 日後及び 28 日後のコーン指数試験、六価クロム溶出及びダイオキシン類の含有試験は養生した残りの改良土を試料とし、粉碎を行ってから測定した。

表-4 強度試験結果

一軸圧縮			
項目	単位	7日後	28日後
100kg/m <sup>3</sup> -1	kN/m <sup>2</sup>	168	232
100kg/m <sup>3</sup> -2	kN/m <sup>2</sup>	142	229
平均	kN/m <sup>3</sup>	155	231
200kg/m <sup>3</sup> -1	kN/m <sup>2</sup>	586	892
200kg/m <sup>3</sup> -2	kN/m <sup>2</sup>	656	899
平均	kN/m <sup>3</sup>	621	896
300kg/m <sup>3</sup> -1	kN/m <sup>2</sup>	1260	1820
300kg/m <sup>3</sup> -2	kN/m <sup>2</sup>	1440	1800
平均	kN/m <sup>3</sup>	1350	1810
コーン指数			
項目	単位	7日後	28日後
100kg/m <sup>3</sup> -1	kN/m <sup>2</sup>	182	219
100kg/m <sup>3</sup> -2	kN/m <sup>2</sup>	204	296
平均	kN/m <sup>2</sup>	193	258
200kg/m <sup>3</sup> -1	kN/m <sup>2</sup>	2000	3340
200kg/m <sup>3</sup> -2	kN/m <sup>2</sup>	1970	3230
平均	kN/m <sup>2</sup>	1985	3285
300kg/m <sup>3</sup> -1	kN/m <sup>2</sup>	5290	7760
300kg/m <sup>3</sup> -2	kN/m <sup>2</sup>	5300	7410
平均	kN/m <sup>2</sup>	5295	7585

「建設発生土利用技術マニュアル」の適用標準の一部を表-5 に示す<sup>3)</sup>。改良後の土質区分は固化材添加量 100kg/m<sup>3</sup> の 7 日後試料が 200kN/m<sup>2</sup> を下回って泥土となり、同じく 28 日後試料が第 4 種改良土となった。添加量 200kg/m<sup>3</sup> と 300kg/m<sup>3</sup> の試料は全て第 2 種改良土の区分となり、河川堤体には問題なく使用できる強度となった。

ダイオキシン類の試験結果を図-3 に示した。改良土のダイオキシン類の溶出量は全ての検体で 1pg-TEQ/L 未満であり、「底質ダイオキシン類対策マ

表-5 改良土の区分と摘要用途標準

用途	高規格堤防	一般堤防			
区分	コーン指数 (kN/m <sup>2</sup> )	評価	留意事項	評価	留意事項
第1種改良土 (れき、砂及びこれに準ずるもの)	-	そのまま使用可能	最大粒径 れき混入率 透水性 表層利用	適切な土質改良を行えば使用可能	-
第2種改良土 (砂質土、れき質土及び準ずるもの)	800以上		表層利用	そのまま使用可能	-
第3種改良土	400以上		表層利用 施工機械の選定	適切な土質改良を行えば使用可能	施工機械の選定
第4種改良土	200以上		適切な土質改良を行えば使用可能	適切な土質改良を行えば使用可能	-

\* 独立行政法人土木研究所「建設発生土利用技術マニュアル 第3版」より

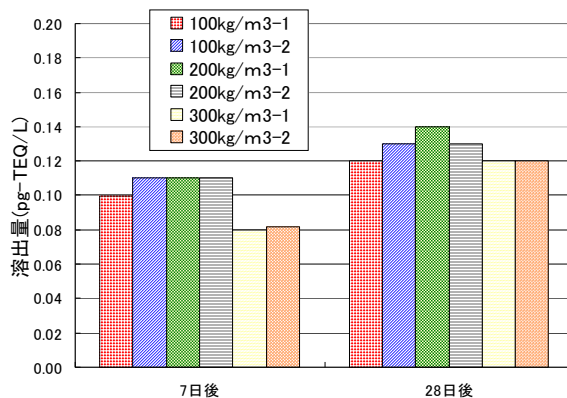


図-3 溶出試験結果

ニュアル (案)」3.9 解説(1)に示されている「浸出水が 1pg-TEQ/L 以下であること」という目標を満たしていた<sup>1)</sup>。

六価クロムの溶出試験は養生 7 日後の試料で行った。ダイオキシン類の含有量試験は養生 28 日後の試料で行った。試験の結果を表-6 に示す。六価クロムの溶出量は全て定量下限値未満であり、土壤の汚染に係る環境基準の 0.05mg/L を満足した。

表-6 六価クロム溶出量とダイオキシン類含有量試験結果

六価クロム溶出量(7日後試料)			
検体名	単位	測定結果	基準
100kg/m <sup>3</sup>	mg/L	0.005未満	0.05 mg/L
200kg/m <sup>3</sup>	mg/L	0.005未満	
300kg/m <sup>3</sup>	mg/L	0.005未満	
ダイオキシン類の含有量(28日後試料)			
検体名	単位	測定結果	基準
100kg/m <sup>3</sup>	pg-TEQ/g	140	150pg-TEQ/g
	pg/g	220000	
200kg/m <sup>3</sup>	pg-TEQ/g	110	
	pg/g	180000	
300kg/m <sup>3</sup>	pg-TEQ/g	85	
	pg/g	130000	

・基準は以下の通りである。

土壤の汚染に係る環境基準：平成3年環境庁告示第46号

ダイオキシン類の含有：平成11年環境省告示第68号

ダイオキシン類の含有量試験結果は、試験結果より固化材の添加量が多くなるにしたがい濃度が低くなっているため、測定した密度から固化材の添加による希釈の影響を取り除いて比較した。計算結果を表-7 に示す。④の結果(固化材の影響を取り除いた値、理論値と呼ぶ)と測定結果①を比較すると、測定結果は理論値④より低くなり、固化材の添加量が多くなると理論値に対する測定結果の割合も低くなった。この原因は不明だが、これらの結果はセメント系固化材による

表-7 ダイオキシン類含有量試験結果と希釈率を考慮した値（理論値）との比較

検体名(添加量)	①の単位	①測定結果	②重量+添加量(kg)	③希釈率(②/1165)	④希釈率から推定した値(①/②)	①/④(%)
浚渫土(底質)	pg-TEQ/g	180	1165	1.000		
	pg/g	370000				
(100kg/m <sup>3</sup> )	pg-TEQ/g	140	1265	1.086	166	84.5%
	pg/g	220000			340,751	64.6%
(200kg/m <sup>3</sup> )	pg-TEQ/g	110	1365	1.172	154	71.6%
	pg/g	180000			315,788	57.0%
(300kg/m <sup>3</sup> )	pg-TEQ/g	85	1465	1.258	143	59.4%
	pg/g	130000			294,232	44.2%

改良がダイオキシン類の含有量試験の結果に影響を与えている可能性が示唆されたものと考えられる。

### 5. 強度と固化材添加量の考え方

一軸圧縮強度とコーン指数の関係を図-4 に、固化材添加量と一軸圧縮強度の関係を図-5 示した。一軸圧縮強度とコーン指数の間には良好な相関が見られた。

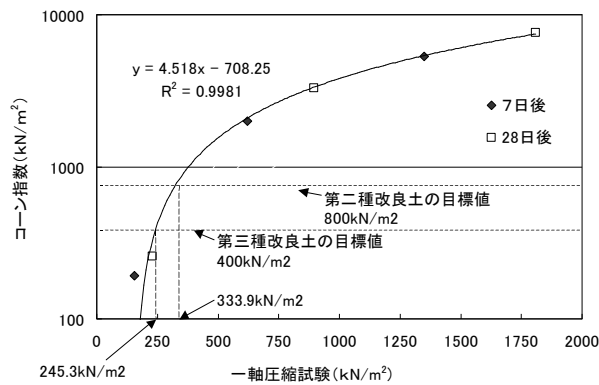


図-4 一軸圧縮強度とコーン指数の関係

以下に固化材添加量を検討する。施工においては第3種改良土以上であれば堤体で使用可能である。室内試験と現場施工の違いを考慮して、7日強度で第2種改良土の下限値を強度の目標とする。この場合、一軸圧縮強度とコーン指数の関係から、コーン指数が800kN/m<sup>2</sup>以上となる7日後一軸圧縮強度は333.9kN/m<sup>2</sup>であり、一軸圧縮強度と固化材添加量の関係から、目標を満たす固化材添加量は以下の式から求められる。

$$Y=0.0176X^{1.97}$$

Y: 目標一軸圧縮強度 X: 固化材添加量

7日後一軸圧縮強度が333.9kN/m<sup>2</sup>となる固化材添加量は約150kg/m<sup>3</sup>である。

また上記の固化材添加量は、今回試験に供した浚渫

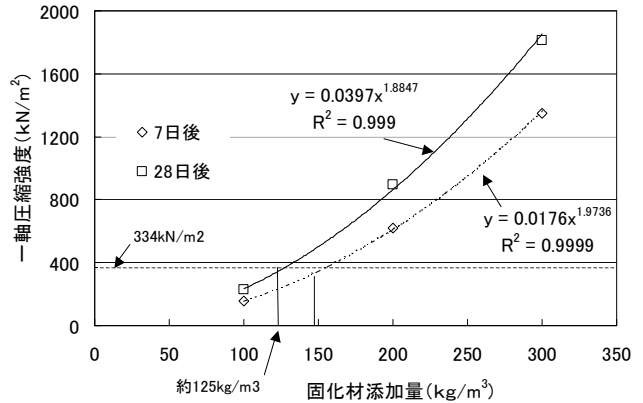


図-5 固化材添加量と一軸圧縮強度の関係

土の溶出試験結果から、ダイオキシン類の溶出量が1pg-TEQ/L未滿となる添加量を上回っており、溶出抑制効果が期待できる。

### 6. まとめ

今回試験を行った旧中川底質は、セメント系固化材を用いて改良することにより、堤体等に使用可能な第2種改良土の基準を満たすことを確認した。またこの底質はダイオキシン類含有量が底質の環境基準を上回っているが、土壌としては環境基準を満たしている。浚渫した底質を改良した固化体は振とう溶出試験による溶出量が1pg-TEQ/L未滿であり、「底質ダイオキシン類対策マニュアル(案)」の目標を満たしていた。従って土質材料としての活用が可能と判断できる。

なお本報告にあたって、建設局河川部及び江東治水事務所に謝意を表す。

### 参考文献

- 1) 国土交通省河川局河川環境課(2005): 河川、湖沼等における底質ダイオキシン類対策マニュアル(案)
- 2) 社団法人地盤工学会(2000): 地盤材料の工学的分類方法(JGS 0051-2000)
- 3) 独立行政法人土木技術研究所(2004): 建設発土利用技術マニュアル 第3版、財団法人土木技術センター、丸善
- 4) 海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律(2003)
- 5) ダイオキシン類対策特別設置法(1999)