

## 『田子の浦港 浚渫土砂「脱水処理土」の建設材料への利用検討』

株式会社 東日 地盤防災部 地質応用グループ

池谷 卓美 川里 なえ

### 1. はじめに

掘込港湾である田子の浦港(静岡県富士市)では、沼川や潤井川等から土砂が流入・堆積するため毎年浚渫を行っており、静岡県は浚渫土砂の有効利用について多面的に検討を行っている。

浚渫土砂を分級脱水処理することによって生成する細粒分(以下「脱水処理土」)の処理および活用方法検討の一つとして、本稿では「脱水処理土」に富士山の沢崩れで発生する土砂(以下「富士砂防砂礫」)を混合することで建設材料としての利用適否の検討について報告する。

### 2. 調査の流れと母材試料、建設材料の規格

初めに母材となる「脱水処理土」と「富士砂防砂礫」の試料を採取し、各性状を把握するための室内土質試験を行った。母材試料の試験結果を踏まえて試料の混合割合を決め、混合試料6パターンの室内土質試験を行った。

試験結果をもとに建設材料としての適合判定を行った後、混合材料を実際に施工利用する際の留意点を整理し、推奨する混合割合を提案した。

#### 2-1. 母材試料について

##### 1) 「脱水処理土」

田子の浦港内で浚渫した土砂は、解泥機や分級機を用いて砂利・砂・細粒分に分別されている。この内、細粒分を高压脱水処理したものを「脱水処理土」と呼ぶ。

本調査で使用した試料は図-1 に示す位置より採取した沼川由来の「脱水処理土(沼川)」(図-2)であり、黒褐色の砂混じり粘性土である。

##### 2) 「富士砂防砂礫」

富士山西側斜面に位置する沢崩れは、山頂直下から標高2,200m付近にわたる大規模な侵食谷



出典：国土地理院 地理院地図 電子国土 web に加筆  
図-1 「脱水処理土」試料採取位置



図-2 採取試料「脱水処理土(沼川)」

である。標高900~600m付近には大規模な砂防施設 大沢川遊砂地が設置され、大沢崩れにより流出した土砂はここに堆積している。

国土交通省 富士砂防事務所ではこの土砂を継続的に除石しており、除石した土砂はふるい分けや破碎等の粒径処理をして、土地改良・道路建設盛土材、海岸の養浜材などに利用されている。

本調査では、大沢川遊砂地 第8床固工(図-3)より採取した砂礫を利用した。採取した「富士砂防砂礫」(図-4)は径100mm以下に調整された細粒分混じり砂礫である。ただし、CBR試験の許容最大礫径である37.5mmより大きい礫は取り除いた。



出典：国土交通省 中部地方整備局 富士砂防事務所 令和4年度 事業概要 p.13・14 に加筆

図-3 「富士砂防砂礫」 試料採取位置



図-4 採取試料「富士砂防砂礫」

## 2-2. 利用を検討する建設材料の規格

利用を検討する規格は、『建設発生土利用技術マニュアル第4版』の「第2種建設発生土」と、静岡県盛土材料取扱基準(R4.7)の「路体材」とした。

### 1) 「第2種建設発生土」

『建設発生土利用技術マニュアル第4版』によ

表-1 土質区分基準 抜粋

区分	細区分	コーン指数qc (kN/m <sup>2</sup> )	土質材料の工学的分類	
			大分類	中分類 土質(記号)
第2種 建設発生土 (砂質土、礫質土 及びこれらに 準ずるもの)	第2a種	800以上	礫質土	細粒分まじり礫{GF}
	第2b種		砂質土	細粒分まじり砂{SF}
	第2種 改良土		人工材料	改良土{I}
第3種 建設発生土 (通常の施工性が 確保される粘性 土及びこれらに 準ずるもの)	第3a種	400以上	砂質土	細粒分まじり砂{SF}
	第3b種		粘性土	シルト{M}、粘土{C}
			火山灰質粘性土	火山灰質粘性土{V}
第3種 改良土		人工材料	改良土{I}	

出典：『建設発生土利用技術マニュアル第4版』2013年12月 ((独)土木研究所)p.26 表3-1より抜粋

る「第2種建設発生土」は、表-1に示すようにコ

ーン指数が 800kN/m<sup>2</sup> 以上の礫質土または砂質土で、土質改良をせずに埋め戻し材や道路盛土材としての利用可能な材料である。

### 2) 「県 路体材」

静岡県盛土材料取扱基準(R4.7)における「路体材」(以下「県 路体材」)の規格は以下の4つである。

- ①4,750 μm フルイを通る試料の中に占める 75 μm フルイパス分が 50%以下
- ②塑性指数 IP が 30 以下
- ③変状土 CBR 値 5 以上
- ④最大粒径 300 mm

④最大粒径については、今回利用した「富士砂防砂礫」が径 100mm 以下に粒度調整されたものであるため、適合しているとみなした。

なお令和 5 年 12 月に改正された静岡県盛土材料取扱基準では、③の変状土 CBR 値に関する規格は廃止されている。

## 2-3. 室内土質試験の項目

「脱水処理土」と「富士砂防砂礫」を混合した試料が「第2種建設発生土」及び「県 路体材」の基準・規格に適合するか否かを判断するため、表-2に示した室内土質試験を実施した。

また母材試料については、試料の重量と体積を換算するため、締固めていない状態の土の湿潤密度試験も実施した。

表-2 室内土質試験項目

土質試験項目	目的・利用	規格
土粒子の密度試験	土の基本的性質の把握	JIS A 1202
土の含水比試験	土の基本的性質の把握	JIS A 1203
土の粒度試験 (沈降分析、ふるい分析)	建設材料としての適否判定	JIS A 1204
土の液性限界・塑性限界試験	建設材料としての適否判定	JIS A 1205
締固めた土のコーン指数試験	「第2種発生土」としての適否判定	JIS A 1228
締固めた土のCBR試験	「県 路体材」としての適否判定 (R4.7時点)	JIS A 1211
土の湿潤密度試験	土の重量比・体積比の換算 (締固めていない状態、母材試料のみ)	JIS A 1225

## 3. 調査結果

### 3-1. 母材の室内土質試験結果

室内土質試験の結果、「脱水処理土」は粘性土分が約 50~90%の砂質有機質粘土~砂混じり有機質粘土で、概ね一般的な沖積粘性土と近い物理的性



質を持っていることが分かった。コーン指数は800kN/m<sup>2</sup>以上が見込まれる結果となったが、変状土 CBR 値は 1.3～3.2%と非常に低く、強度が出にくい材料であるといえる。

「富士砂防砂礫」は礫分が約 50～70%で細粒分～粗礫に至る幅広い粒径を含み、コーン指数は 5,000kN/m<sup>2</sup>以上、変状土 CBR 値は 160%であることから、良質な材料といえる。

ただし、粒度組成は不均質で、大沢川遊砂地の堆積場所や採取時期等によって粒度組成がばらつくことが予想される。

### 3-2. 試料の混合割合の決定

「第2種建設発生土」及び「県路体材」は共に粒度組成の規格が設けられているため、試験を行う試料の混合割合は、母材試料の粒度試験結果から混合時の粒度組成を予想し、表-3 に示した 6 パターンとした。

表-3 混合割合のパターン（重量比）

		脱水処理土 (沼川)	富士砂防砂礫
6 パ タ ー ン		1	: 3
		1	: 2
		2	: 3
		1	: 1
		3	: 2
		2	: 1

### 3-3. 混合試料の室内土質試験結果

6 パターンの混合試料の試験結果を表-4 にまとめた。母材試料の土質試験結果では砂・礫分の含有率が高い「富士砂防砂礫」のコーン指数と CBR 値が大きかったが、混合試料の試験結果においても砂礫分の割合が高い混合試料ほどコーン指数及び CBR 値が大きい結果となった。

### 3-4. 建設材料としての利用判定

混合試料の試験結果より、建設材料としての適否判定を行った。その結果を表-5 にまとめた。

#### 1) 「第2種建設発生土」の判定

試験結果より、コーン指数は母材及び全ての混合試料で、適合となる 800kN/m<sup>2</sup>以上となった。

土質が礫質土または砂質土となるのは、「脱水処理土(沼川)」:「富士砂防砂礫」=3:2 より砂礫の

混合割合が多い試料であり、「脱水処理土」:「富士砂防砂礫」=3:2 と 2:1 の間に適否の境界があるといえる。

#### 2) 「県路体材」の判定

規格①については、「脱水処理土(沼川)」:「富士砂防砂礫」=1:1 より「富士砂防砂礫」の混合割合が多い試料で適合となった。

規格②については、3:2 より「富士砂防砂礫」の混合割合が多い試料で適合となった。

規格③については、1:1 より「富士砂防砂礫」の混合割合が多い試料で適合となった。

以上より、「県路体材」としての適否境界は「脱水処理土」:「富士砂防砂礫」=1:1 と 3:2 の間であるといえる。

## 4. 建設材料として利用する際の留意点

以上の結果を踏まえ、混合試料を建設材料として実際に利用する際の留意点を整理し、推奨する混合割合を提案する。

### 4-1. 母材試料の粒度組成のばらつき

母材となる「脱水処理土」と「富士砂防砂礫」の粒度組成は、同じ位置で採取した試料であってもばらつきがあるが、「第2種建設発生土」と「県路体材」の基準は共に粒度組成の規格が設けられているため、混合試料の粒度組成を把握することが重要となる。

「脱水処理土」は、由来となる河川によって細粒分含有率が異なるため、施工利用する試料は本調査時よりも細粒分含有率が高い材料となることも想定される。

「富士砂防砂礫」の礫分はおよそ 50～70%の幅があり、施工利用時に用いる試料は大径礫の割合が今回より多くなることが想定される。

### 4-2. 重量比から体積比への換算

施工時には体積比によって混合することも想定されるため、母材試料の締固めていない試料の密度試験を行い、混合割合を重量比から体積比に換算した(図-5)。体積は重量を密度で除すことで換算でき、重量比を体積比に換算すると「富士砂防砂礫」の割合はおよそ 1/2 となる。

表-4 土質試験結果

試料名・混合割合		母材							母材	
		脱水処理土(沼川)：富士砂防砂礫							脱水処理土(沼川)	
		富士砂防砂礫	1：3	1：2	2：3	1：1	3：2	2：1		
		←富士砂防砂礫が多い			脱水処理土(沼川)が多い→					
土質試験	一般	自然含水比 $w_n$ %	4.1	15.2	19.7	23.2	29.0	35.3	40.5	69.9
	粒度特性	礫分 (2~75mm) %	53.3	42.5	37.0	37.8	30.4	28.0	22.7	0.0
		砂分 (0.075~2mm) %	40.2	39.1	37.9	33.0	32.3	27.6	25.5	9.4
		細粒分 (0.075mm未満) %	6.5	18.4	25.1	29.2	37.3	44.4	51.8	90.6
		4.750 $\mu$ m以下に占める75 $\mu$ m(細粒分) %	10.9	27.2	34.2	41.0	48.1	56.6	62.4	90.6
		塑性指数 $I_p$	NP	16.1	21.4	21.2	28.3	25.9	32.9	37.0
	分類	地盤材料の分類名	細粒分混じり砂質礫	細粒分質砂質礫	細粒分質礫質砂	細粒分質砂質礫	細粒分質礫質砂	細粒分質砂質礫	砂礫質有機質粘土(高液性限界)	砂混じり有機質粘土(高液性限界)
分類記号		(GS-F)	(GFS)	(SFG)	(GFS)	(SFG)	(GFS)	(OHSG)	(OH-S)	
力学特性	平均 CBR %	160.0	48.1	29.8	12.7	7.5	2.9	2.8	1.3	
	コーン指数 $a_c$ kN/m <sup>2</sup>	5,154	4,701	3,494	2,244	1,691	1,179	1,130	840	
建設発生土利用技術マニュアルによる土質区分		第2a種	第2a種	第2b種	第2a種	第2b種	第2a種	第3b種	第4b種	

表-5 建設材料としての利用判定

重量比		建設発生土利用技術マニュアル「第2種建設発生土」			静岡県盛土取扱基準(R4.7)「路体材」						
脱水処理土(沼川)	富士砂防砂礫	工学的分類名	コーン指数(kN/m <sup>2</sup> )	区分	規格①		規格②		規格③		路体材適否
					(%)	判定	試験値	判定	試験値	判定	
富士砂防砂礫		細粒分混じり砂質礫	5,154	第2a種	10.9	○	NP(0.0)	○	160.0	○	○
1	3	細粒分質砂質礫	4,701	第2a種	27.2	○	16.1	○	48.1	○	○
1	2	細粒分質礫質砂	3,494	第2b種	34.2	○	21.4	○	29.8	○	○
2	3	細粒分質砂質礫	2,244	第2a種	41.0	○	21.2	○	12.7	○	○
1	1	細粒分質礫質砂	1,691	第2b種	48.1	○	28.3	○	7.5	○	○
3	2	細粒分質砂質礫	1,179	第2a種	56.6	×	25.9	○	2.9	×	×
2	1	砂礫質有機質粘性土	1,130	第3b種	62.4	×	32.9	×	2.8	×	×
脱水処理土(沼川)		砂混じり有機質粘性土	840	第4b種	90.6	×	37.0	×	1.3	×	×

不適となる値 適否の境界 推奨する混合割合

重量比		体積比	
脱水処理土(沼川)	富士砂防砂礫	脱水処理土(沼川)	富士砂防砂礫
1	3	1	1.544
1	2	1	1.030
2	3	2	1.544
1	1	1	0.515
3	2	3	1.030

図-5 重量比から体積比への換算値

#### 4-3. 推奨する混合割合と留意点

以下に推奨する混合割合と留意点をまとめた。推奨する割合は表-5にピンク色で示した。

##### 1) 「第2種建設発生土」

母材試料「脱水処理土」のコーン指数が基準値800kN/m<sup>2</sup>を超えているので、適合となるには混合試料が砂質土か礫質土であること、即ち細粒分が50%以下である必要がある。

「脱水処理土」が細粒分100%である場合を考え、安全性を考慮した混合割合は、「脱水処理土」：「富士砂防砂礫」=1：1（体積比1：0.6）程度が適切と提案した。

##### 2) 「県路体材」

規格②及び規格③の値は、概ね礫分が多いほど

強度特性が高い値をとると予想される。

規格①の値は、細礫以下の粒度組成に着目する必要があり、母材試料は粒径にばらつきがあるため±20%程度この数値が変動すると予想される。

以上より安全性を考慮した混合割合は、「脱水処理土」：「富士砂防砂礫」=1：3（体積比1：1.6）程度が適切と提案した。

#### 5. 最後に（今後の展開）

本調査の結果をもとに、田子の浦港管理事務所では試験施工及び重機により混合した試料の土質試験による検証が行われており、実用化が進められている。令和5年度には、富士市や県土木事務所等が発注した公共工事約10件で混合材料が利用され、およそ1万7千m<sup>3</sup>の脱水処理土が利用された。

また河川の築堤材料としての適否を判断する調査も新たに行われており、「第2種建設発生土」、「県路体材」だけでなく、その他の用途にも実用化されていくことが期待される。