

# 利根川河口部における河道掘削土の 土質改良に関する一考察

平田 寿磨<sup>1</sup>

<sup>1</sup>関東地方整備局 利根川下流河川事務所 工務課 (〒287-8510 千葉県香取市佐原イ4149)

利根川河口部の河道浚渫土（砂質土）および自然再生工事に伴う高水敷掘削土（粘性土）の土質性状が異なる2種類の発生土について、土質改良による盛土材等への再利用について調査した。回転式破碎混合機を用いる工法や、生石灰と混合する方法等により土砂の混合処理方式を比較検討した。カキ殻等の異物混入した土砂にも対応可能で、土質性状の違いにも柔軟に対応可能な回転式破碎型の混合処理プラントにおける問題点や、現地試験による考察を行った。最適な土質性状を得るため、含水比や混合比率について、現地でさまざまな条件での組み合わせや改良方法を試行し、盛土材として再利用にあたっての課題を整理し、適用性のとりまとめ、今後の活用方策に関する考察を行った。

キーワード 河川堤防、盛土材料、回転式破碎混合工法、浚渫土、粘性土、生石灰

## 1. はじめに

利根川河口部では、流下能力の向上を目的とした河道掘削及び、浸水防止のため無堤地区における築堤整備を鋭意進めている。河道掘削の発生土は、河川区域内の処理ヤードで自然乾燥させた後、築堤工事等に再利用しているが、河道掘削箇所は海に近い河口から1～2 kmの地点であるため、貝殻片等異物が混入していること、砂分が多いことから、そのまま用いると施工のワーカビリティが低下する。また、環境保全の観点から、ヨシ原が広がる湿地環境を再生するために、高水敷を切り下げる工事を実施しているが、その発生土は粘性土が多く、高含水比のため、処理ヤードにおいての自然乾燥に長期間を要する場合が多い。さらに植生の茎根の混入があるため、単体では築堤材料に向かない。利根川河口部の治水事業を進めていくうえで、これら発生土の取り扱いが懸案の一つにもなっている。

そこで、築堤には不向きな土質の発生土について、築堤工事に有効利用していくことを目的とした土質改良について検証を行った。

## 2. 河川堤防盛土材に改良土を用いる場合の考え方

河川土工マニュアル（平成21年4月財団法人国土技

術研究センター）<sup>1)</sup>においては、石灰やセメント等を用いて土質改良を実施する場合、土質、添加材、混合率、混合方法によって、完成後の堤体に乾燥収縮によるクラックが発生することがあるため、室内試験による基礎的な検討を行い、試験施工による検証を行った上で工法を決定することが良いとされている。

河川堤防の盛土材に改良土を用いる場合の方針等に関する、研究事案等では、含水比の高い状態や粒度が適切でない場合は自然乾燥やトレンチ掘削等による含水比の低下、最適な粒度分布とするための粒度調整を行う必要性を重要視した記述もみられる。

本稿では、カキ殻等の異物混入や含水比率が高い浚渫土でも使用が可能とされる、回転式破碎混合工法を用いた土質改良に関する一考察を行うものである。

## 3. 回転式破碎混合工法の特徴について

回転式破碎混合工法による建設発生土リサイクル技術については、以下のような特徴がある。

- ①回転式破碎混合工法の特徴としては、1つの機構で破碎と混合を同時に処理することが可能。
- ②高含水比粘性土～軟岩まで適用可能。
- ③連続大量製造が可能。
- ④草・ゴミなどの分別除去によりリサイクル率向上
- ⑤シンプルな装置でメンテナンスも容易



写真-1 プラント全景

#### 4. 土砂改良工事の目的

土質改良工事について、下記の3点を主な目的とした。

- ①粒度分布の改善  
[築堤土に適さない土(粘性土)の再利用]
- ②施工に必要な強度確保  
[コーン指数 $q_c=400\text{kN/m}^2$ 以上]
- ③ゴミ等の除去  
[カキ殻(浚渫土), 根茎(粘性土)の除去]



写真-2 粘性土



写真-3 浚渫土

#### 5. 事前配合試験の内容と結果

回転式破砕機による土質改良を行う前に、事前配合試験を行い、下記の項目について原料土の土質性状の検討を行った。

- ① 浚渫土と粘性土を混合し、望ましい粒度分布( $15\% \leq F_c \leq 50\%$ )の範囲内の最適な混合比率の把握
- ② 必要な強度( $q_c=400\text{kN/m}^2$ 以上)を確保出来る生石灰添加量の把握



写真-4 原料土採取場所

原料土については、利根川下流河川事務所管内の12箇所のストックヤードから採取し、各採取土について土質試験を行った。以下に結果を示す。

試験No.	試験SY H H=1.5m	試験SY C H=1.5m	試験SY A① H=1.0m	試験SY A② H=1.0m	A工区① H=0.7m	A工区② H=0.7m	B工区① H=0.7m	B工区② H=0.7m	13.25XP① H=1.0m	13.25XP② H=1.0m	川底SV① H=1.0m	川底SV② H=1.0m
土粒子の密度 $\rho_s$ g/cf	2.681	2.676	2.624	2.650	2.633	2.622	2.668	2.628	2.586	2.567	2.651	2.668
自然含水率 $w_n$ %	37.9	36.3	27.9	32.4	38.9	45.9	36	39.6	100.4	70.4	38	33.4
花分(75 $\mu$ m以上) %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
細分(2~75 $\mu$ m) %	4.6	17.5	8.9	6.7	5.2	0.2	9.8	0.7	9.0	0.9	9.2	1.3
砂分(0.075~2mm) %	73.4	59.9	59.2	59.8	51.8	95.4	68.8	92.4	7.9	17.3	51.1	66.1
シルト分(0.002~0.075mm) %	13.1	13.9	29.9	19.8	27.2	28.8	13.7	29.7	49.9	49.9	21.7	21.9
粘土分(0.002未満) %	9.9	9.1	19.0	14.6	15.8	20.6	7.7	17.2	49.2	41.0	19.0	11.6
最大粒径 $d_{max}$ mm	37.5	93	47.5	29.5	29.5	47.5	37.5	47.5	2	4.75	37.5	9.5
均等係数 $C_u$	27.9	29.7	98.7	87.6	87.9	-	11.6	-	-	-	193.0	91.9
液性限界 $w_L$ %	NP	NP	41.6	32.5	46.5	59.6	NP	48.2	83.7	73.6	39.9	NP
塑性限界 $w_P$ %	NP	NP	28.0	19.6	28.4	25.6	NP	25.8	49.9	35.9	24.1	NP
塑性指数 $I_p$	-	-	13.6	12.9	20.1	25.0	-	22.4	42.8	37.7	15.8	-
地質材料の分類名	細粒分質砂	細粒分質 質砂	シルト質砂 (低塑性限界)	シルト質砂 (低塑性限界)	粘土質砂 (低塑性限界)	粘土質砂 (低塑性限界)	粘土質砂 (低塑性限界)	粘土質砂 (低塑性限界)	砂質シルト (低塑性限界)	砂質シルト (低塑性限界)	粘土質砂 (低塑性限界)	細粒分質砂
分類符号	(SF)	(SPG)	(SM)	(SC)	(SC-G)	(SC-G)	(SP-G)	(SC)	(MH-G)	(MH-G)	(SC-G)	(SF)
細粒分含有率 $F_c$ %	22.8	22.8	49.9	34.4	43.0	48.4	21.4	48.9	92.1	81.9	38.7	32.6
コーン指数 $q_c$ kN/cf	17.9	68.8	198.1	198	228	131	197	181	44.4	44.4	78.6	70.8

図-1 原料土の土質試験結果1

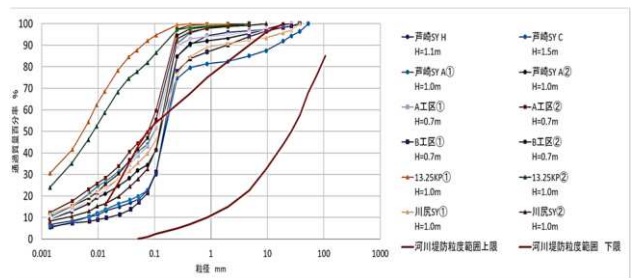


図-2 原料土の土質試験結果2

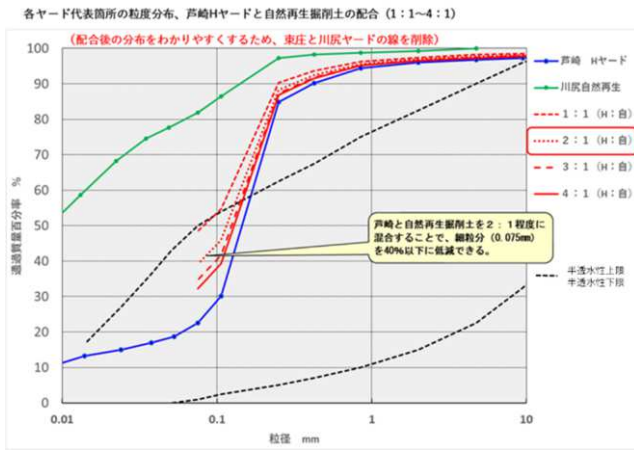


図-3 原料土の土質試験結果3



写真-5 回転式破砕機による改良土

配合比率の検討を行った結果、浚渫土2:粘性土1の配合で $15\% \leq F_c \leq 50\%$ の範囲内となるため、配合比率を浚渫土2:粘性土1とした。

次に、含水比低下や必要な強度 ( $q_c=400\text{KN/m}^2$ 以上)の確保を目的として、生石灰添加量の検討を行った。検討ケースは以下の3ケースとした。

<生石灰添加量>

①10kg/m<sup>3</sup>, ②20kg/m<sup>3</sup>, ③30kg/m<sup>3</sup>

※添加量上限:30kg/m<sup>3</sup>

(江戸川の検討事例を参考として決定)

原料土2:1	芦崎Cヤード+13.25k①粘性土			芦崎Hヤード+13.25k①粘性土		
	10kg/m <sup>3</sup>	20kg/m <sup>3</sup>	30kg/m <sup>3</sup>	10kg/m <sup>3</sup>	20kg/m <sup>3</sup>	30kg/m <sup>3</sup>
生石灰添加量	10kg/m <sup>3</sup>	20kg/m <sup>3</sup>	30kg/m <sup>3</sup>	10kg/m <sup>3</sup>	20kg/m <sup>3</sup>	30kg/m <sup>3</sup>
1日後コーン指数 $q_c$ kN/m <sup>2</sup>	36.3	78.6	113.0	52.4	90.7	138.0
3日後コーン指数 $q_c$ kN/m <sup>2</sup>	48.4	128.0	256.0	78.6	141.0	309.0
7日後コーン指数 $q_c$ kN/m <sup>3</sup>	60.5	123.0	272.0	117.0	210.0	1111.0

図-4 生石灰添加量の確認

上記検討ケースでは、浚渫土を試験土として使用したが、含水比の高さが影響し、生石灰添加量が30kg/m<sup>3</sup>以下では、コーン指数 $q_c=400\text{KN/m}^2$ 以上が確保できないことがわかった。このため、本施工時においては、現場に仮置きした改良土の含水比、コーン指数を測定し、使用可能時期を確認することとした。

## 6. 改良プラントでの試験施工(土質改良)及び結果

1) 事前の配合試験結果をもとに、配合比率を浚渫土2:粘性土1+生石灰添加(10kg/m<sup>3</sup>, 20kg/m<sup>3</sup>, 30kg/m<sup>3</sup>, 0kg/m<sup>3</sup>)として、回転式破砕機による試験施工(土質改良)を行った。※生石灰添加量毎の含水比、コーン指数の経時変化についても検討を行った。

2) また、土質改良工程において原料土の含水比が高いため発生するロス材についても検討を行った。以下に検討内容を示す。

### ■対策の効果確認

浚渫土のみで生石灰添加

(30kg/m<sup>3</sup>, 20kg/m<sup>3</sup>, 10kg/m<sup>3</sup>, 0kg/m<sup>3</sup>)

原料土含水比 浚渫土 35.5%

原料土	浚渫土	浚渫土	浚渫土	浚渫土
添加量	30kg/m <sup>3</sup>	20kg/m <sup>3</sup>	10kg/m <sup>3</sup>	0kg/m <sup>3</sup>
ロス率	5%	23%	21%	49%

図-5 浚渫土のみで生石灰添加

3) 検討結果

生石灰添加量30kg/m<sup>3</sup>のケースでは含水比の低下が確認でき、ロス材率は5%となった。これにより土質改良時に問題となる、振動するフルイ部の目詰まり防止効果が得られた。

生石灰は、土中水を水和水として取り込み、かつ発熱反応により多量の土中水を蒸発させるため、含水比の高い土質改良に向いているとされているが、今回の結果においても顕著に示されていた。



写真-6 土質改良工程で発生するロス材1





写真-7 土質改良工程で発生するロス材 2

4) 回転式破砕機試験の結果を以下に示す。

原料土含水比

添加量	10 kg/m <sup>3</sup>	20kg/m <sup>3</sup>	30kg/m <sup>3</sup>	0kg/m <sup>3</sup>
製造時間	90分	90分	90分	35分
製造量	116.5m <sup>3</sup>	114.8m <sup>3</sup>	120.3m <sup>3</sup>	37.5m <sup>3</sup>
時間製造	77.6m <sup>3</sup> /h	76.6m <sup>3</sup> /h	80.2m <sup>3</sup> /h	65.0m <sup>3</sup> /h
ロス量	0.22m <sup>3</sup>	0.18m <sup>3</sup>	0.1m <sup>3</sup>	1.5m <sup>3</sup>
ロス率	0.2%	0.16%	0%	4.0%
清掃時間	30分	15分	15分	60分

図-6 回転式破砕機試験の結果

生石灰添加量 10kg/m<sup>3</sup>, 20kg/m<sup>3</sup>, 30kg/m<sup>3</sup>において、プラントの稼働に大きな差は見られなかったことから、石灰添加量は10kg/m<sup>3</sup>として本施工を行うこととした。

コーン指数の変化 管理図表 (試験施工)

工 種 : 土砂改良工 回転式破砕混合工法  
種 別 : 締固めた土のコーン指数試験 (JIS A 1228)

		当日	1日	7日	14日	28日	2か月	3か月
		2020/12/1	2020/12/2	2020/12/8	2020/12/15	2020/12/26	2021/1/30	2021/3/2
10kg/m <sup>3</sup> (屋外)	kN/m <sup>2</sup>	367	321	358	665	1,058	1,351	835
10kg/m <sup>3</sup> (室内)	kN/m <sup>2</sup>	367	352	292	476	611	13,799	NP (測定不能)
20kg/m <sup>3</sup> (屋外)	kN/m <sup>2</sup>	670	509	574	1,404	1,857	1,401	1,724
20kg/m <sup>3</sup> (室内)	kN/m <sup>2</sup>	670	756	1,071	2,152	3,351	9,553	NP (測定不能)
30kg/m <sup>3</sup> (屋外)	kN/m <sup>2</sup>	802	633	729	1,672	1,937	1,630	2,962
30kg/m <sup>3</sup> (室内)	kN/m <sup>2</sup>	802	917	946	1,895	4,833	11,751	NP (測定不能)
0kg/m <sup>3</sup> (屋外)	kN/m <sup>2</sup>	117	80	205	337	689	1,271	1,329
0kg/m <sup>3</sup> (室内)	kN/m <sup>2</sup>	117	130	111	494	202	12,215	NP (測定不能)

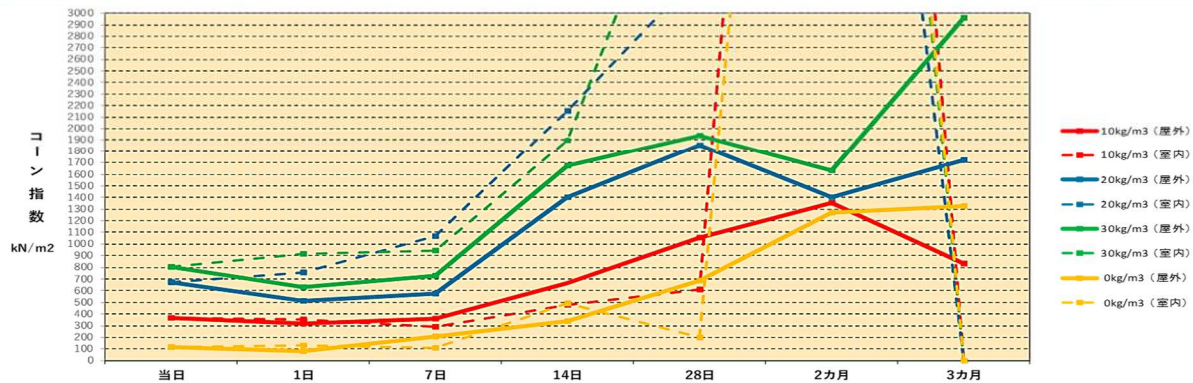


図-6 コーン指数の変化 管理図表 (試験施工)

## 7. おわりに

今回、利根川河口部において発生する浚渫土や粘性土について、築堤整備の盛土材として有効利用の視点から有効な検証結果が得られた。主なものとして、試験施工等により使用材料の含水比が30%を上回ると、土砂改良工程に影響があること、また、築堤土に適さない土の粒度分布改善には、浚渫土2:粘性土1+生石灰添加(10kg/m<sup>3</sup>)が有効であり、盛土材として施工に必要な強度[コーン指数 $q_c=400\text{kN/m}^2$ 以上]を確保可能であることがわかった。

しかしながら、土質改良を行ううえで、原料土とな

る浚渫土、粘性土の乾燥を促進する必要があり、土質改良の品質を確保していくためには、ヤード等において、計画的かつ効率的に含水比を低下促進していくことが重要である。今後、継続的に、現場における土質改良及び施工をモニタリングし、最適な土砂利用についての知見を蓄積していきたい。

### 参考文献

- 1) 財団法人国土技術研究センター：河川土工マニュアル
- 2) 社団法人日本河川協会：改定 解説・河川管理施設等構造令
- 3) 日本石灰協会：石灰による地盤改良マニュアル