

再生土（汚泥リサイクル品）の利用促進について

はじめに

弊社は、現在、建設工事（ダムやトンネル工事、基礎工事、又は供用水路沈砂土等）から排出される無機汚泥を収集運搬し、中間処理施設にて「オデッサシステム」という汚泥処理システムにより、泥状の汚泥を粒状に改質することによって「汚泥リサイクル品＝再生土」として再生化し、土木資材に利用すべくストックしております。

以下に、土質試験結果から再生土の土質性状を把握することにより利用用途を検討し、建設副産物として再生土の利用促進を提案いたします。

1. 土質性状と土質区分

1. 1 建設発生土としての分類

「建設発生土利用技術マニュアル(第2版)」：(財)土木研究センター 平成9年10月
(以下、「建設発生土利用技術マニュアル」と表記)より、本再生土はセメント系改良材を混合し安定処理を行った「改良土」として分類される。

1. 2 再生土の安全性

本再生土が汚染土として取り扱われるか否か、安全性について、環境庁告示第46号法に基づく溶出試験を実施し、以下のとおり環境基準を下回ることが確認された。

表1-1 土壤の汚染に係わる環境基準
(土壤汚染の有無を判定する基準)

項目	環境上の条件	測定方法
カドミウム	検液1ℓにつき0.01mgであり、かつ、農用地においては、米1kgにつき1mg未満であること。	環境上の条件のうち、検液中濃度に係るものにあっては、日本工業規格K0102(以下「規格」という。)55に定める方法又は昭和46年12月環境庁告示第59号付表1に掲げる方法、農用地に係るものにあっては、昭和46年6月農林省令第47号に定める方法
全シアン	検液中に検出されないこと。	規格38に定める方法(規格38.1.1に定める方法を除く。)
有機燐	検液中に検出されないこと。	昭和49年9月環境庁告示第64号付表1に掲げる方法又は規格31.1に定める方法のうちガスクロマトグラフ法以外のもの(メチルジメトンにあっては、昭和49年9月環境庁告示第64号付表2に掲げる方法)
鉛	検液1ℓにつき0.01mg以下であること。	規格54に定める方法又は昭和46年12月環境庁告示第59号付表1に掲げる方法
六価クロム	検液1ℓにつき0.05mg以下であること。	規格65.2に定める方法又は昭和46年12月環境庁告示第59号付表1に掲げる方法
砒素	検液1ℓにつき0.01mg以下であり、かつ、農用地(田に限る。)においては、土壤1kgにつき15mg未満であること。	環境上の条件のうち、検液中濃度に係るものにあっては、規格61に定める方法又は昭和46年12月環境庁告示第59号付表2に掲げる方法、農用地に係るものにあっては、昭和50年4月総理府令第31号に定める方法
総水銀	検液1ℓにつき0.0005mg以下であること。	昭和46年12月環境庁告示第59号付表3に掲げる方法
アルキル水銀	検液中に検出されないこと。	昭和46年12月環境庁告示第59号付表4及び昭和49年9月環境庁告示第64号付表4に掲げる方法
PCB	検液中に検出されないこと。	昭和46年12月環境庁告示第59号付表5に掲げる方法
銅	農用地(田に限る。)において、土壤1kgにつき125mg未満であること。	昭和47年10月総理府令第66号に定める方法

1. 3 土質性状

- ・ 粒度試験
汚泥リサイクル品という性質上、細粒分が多い粒度分布である。
- ・ 液性・塑性限界試験
液性、塑性ともにNP (Non Plastic) である。しかし、細粒分の割合が大きいために、施工に際しては天候によりトラフィカビリティの低下が考えられる。
- ・ 含水比試験
細粒分の多い土質のため、自然含水比は高い土であり、最適含水比も高い数値である。
- ・ 化学的性質
セメント系改良材を混合して改良を行うため、pH値は高くアルカリ性を示している。

[北陸地方整備局 設計要領 (道路編) 5-2擁壁より]

1) 安定計算に用いる土質定数

擁壁等の構造物に対する地盤の許容支持力度は表5.10による。ただし、大規模な構造物、特殊な施工条件のもの、重要度の高い構造物あるいはゆるい砂質地盤、やわらかい粘土地盤上の構造物については別途調査を実施する。

表5.10 基礎地盤の種類と設計定数

基礎地盤の種類		許容支持力度 (kN/m ²)	擁壁底面の滑動安定 計算に用いるすべり 摩擦係数(注)	備考	
				Qu (kN/m ²)	N値
岩盤	きれつの少ない均一な硬岩	1000	0.7	10000以上	—
	きれつの多い硬岩	600		10000以上	—
	軟岩・土丹	300		1000以上	—
礫層	密なものの	600	0.6	—	—
	密でないものの	300		—	—
砂質地盤	密なものの	300	0.6	—	30~50
	中位なものの	200		—	20~30
粘性土地盤	非常に堅いもの	200	0.5	200~400	15~30
	堅いもの	100		100~200	10~15

(注) 場所打ちコンクリートによるもの

出典:「道路土工-擁壁工指針」

細粒分の多い土質であるが、粘着力が比較的大きい結果となっており、これは混合したセメント系混合材によるものと思われる。

また、コーン指数試験の結果からも締め固めた際に十分な強度が得られ、施工性を示すトラフィカビリティも確保されると考える。

※ 土質試験結果の詳細については、添付試料の試験結果を参照されたい。

1. 4 土質区分

「建設発生土利用技術マニュアル」に基づき、本再生土の土質区分を行う。

粒度試験結果による粒度分布から、再生化する前の汚泥は、第3種または第4種建設発生土と区分され、コーン指数試験結果より再生化された再生土は第2種改良土として区分されると考える。

3-2 土質区分基準

発生土の土質区分は、原則として、コーン指数と日本統一土質分類を指標とし、表3-1に示す土質区分基準によるものとする。なお、土質を改良を行った場合には、改良後の性状で判定するものとする。

表3-1 土質区分基準

区分 (建設省令)	土質区分	コーン 指数 q_c *3) kN/m ²	日本統一土質分類		備考*2)		
			中分類	土質	含水比 (地山) w _n (%)	掘削方法	
第1種建設発生土 (砂、礫及びこれらに準ずるもの)	第1種発生土	—	{G}	礫砂	—	・排水に考慮するが、降水、浸出地下水等により含水比が増加すると予想される場合は、建設省令の1ランク下の区分とする。	
	第1種改良土		{改良土}*6)		—		
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種発生土	800 (8kgf/cm ²) 以上	{GF}	礫質土	—	・水中掘削等による場合は、建設省令の2ランク下の区分とする。	
	第2b種発生土		{SF}	砂質土($F_c=15\sim25\%$)	—		
	第2c種発生土			砂質土($F_c=25\sim50\%$)	30%程度以下		
	第2種改良土		{改良土}		—		
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に準ずるもの)	第3a種発生土	400 (4kgf/cm ²) 以上	{SF}	砂質土($F_c=25\sim50\%$)	30~50%程度	・排水に考慮するが、降水、浸出地下水等により含水比が増加すると予想される場合は、建設省令の1ランク下の区分とする。	
	第3b種発生土		{M}、{C}	シルト、粘性土	40%程度以下		
	第3種改良土		{V}	火山灰質粘性土	—		
	{改良土}		—		—		
第4種建設発生土 (粘性土及びこれに準ずるもの (第3種発生土を除く))	第4a種発生土	おおむね 200 (2kgf/cm ²) 以上	{SF}	砂質土($F_c=25\sim50\%$)	—	・水中掘削等による場合は、建設省令の2ランク下の区分とする。	
	第4b種発生土		{M}、{C}	シルト、粘性土	40~80%程度		
	第4種改良土		{V}	火山灰質粘性土	—		
	{O}		有機質土		40~80%程度		
	{改良土}		—		—		
(泥土)*1) 浚渫土のうち おおむね $qc=200$ kN/m ² (2kgf/cm ²) 以下のもの及び 建設汚泥	泥土a	おおむね 200 (2kgf/cm ²) 以下	{SF}	砂質土($F_c=25\sim50\%$)	—	・排水に考慮するが、降水、浸出地下水等により含水比が増加すると予想される場合は、建設省令の1ランク下の区分とする。	
	泥土b		{M}、{C}	シルト、粘性土	80%程度以上		
	泥土c		{V}	火山灰質粘性土	—		
	{O}		有機質土		80%程度以上		
{Pt}		高有機質土		—		—	

*1) 泥土のうち建設汚泥は、廃棄物処理法に定められた手続きが必要である。

*2) 計画段階(掘削前)において土質区分を行う必要があり、コーン指数を求めるために必要な試料を得られない場合には、日本統一土質分類と備考欄の含水比(地山)、掘削方法から概略の土質区分を選定し、掘削後、所定の方法でコーン指数を測定して、土質区分を決定する。

*3) 所定の方法でモールドに締固めた試料に対し、ポータブルコーンペネトロメータで測定したコーン指数(表3-3参照)。

*4) 表中の第1種~第4種改良土は、土(泥土を含む)に改良材を混合し、化学的に性状を改良したものである。例えば、第3種改良土は、第4種発生土または泥土を安定処理し、コーン指数400kN/m² (4kgf/cm²)以上の性状に改良したものである。

*5) 含水比低下、粒度調整など物理的な処理を行った場合には、処理後の性状で再度判定し、改良土としてではなく、発生土として土質区分を判定する。

*6) 第1種改良土は、礫、砂状を呈するもの。

表4-1(2) 適用用途標準

土質区分	用途	河川築堤				土地造成				水面埋立			
		高規格堤防		一般堤防		宅地造成		公園・緑地造成					
		評価	付帯条件	評価	付帯条件	評価	付帯条件	評価	付帯条件				
第1種 建設発生土 砂、砾 及びこれに準ずるもの	第1種 発生土	◎	最大粒径・ 礫混入率注意	○	最大粒径注意 遮水排水対策	◎	最大粒径・ 礫混入率注意	○	—	◎	—		
	第1種 改良土	◎	—	○	—	◎	—	○	—	◎	—		
第2種 建設発生土 砂質土 砾質土 及びこれに準ずるもの	第2a種 発生土	◎	最大粒径・ 礫混入率注意	○	最大粒径注意	◎	最大粒径・ 礫混入率注意	○	—	◎	—		
	第2b種 発生土	◎	—	○	—	○	—	○	—	◎	—		
	第2c種 発生土	◎	—	○	—	○	—	○	—	◎	—		
	第2種 改良土	◎	—	○	—	○	—	○	—	◎	—		
第3種 建設発生土 通常の施工性 が確保される 粘性土及びこれに準ずるもの	第3a種 発生土	○	—	○	—	○	—	○	—	◎	—		
	第3b種 発生土	○	—	○	—	○	—	○	—	◎	—		
	第3種 改良土	○	—	○	—	○	—	○	—	◎	—		
第4種 建設発生土 粘性土 及びこれに準ずるもの(第3種発生土を除く)	第4a種 発生土	○	施工上の工夫 含水比低下 安定処理	○	施工上の工夫 含水比低下 安定処理	○	施工上の工夫 含水比低下 安定処理	○	施工上の工夫 含水比低下 安定処理	○	施工上の工夫 含水比低下 安定処理		
	第4b種 発生土	△	安定処理	○	施工上の工夫 安定処理	○	施工上の工夫 安定処理	○	施工上の工夫 安定処理	○	施工上の工夫 安定処理		
	第4種 改良土	△	安定処理	○	施工上の工夫	○	施工上の工夫	○	施工上の工夫	○	施工上の工夫		
(泥土) ^① 泥漬土のうち せおむね qc<200 kN/m ² (2kgf/cm ²)以下 のもの及び建設汚泥	泥土a	○	施工上の工夫 含水比低下 安定処理	○	施工上の工夫 含水比低下 安定処理	○	施工上の工夫 含水比低下 安定処理	○	施工上の工夫 含水比低下 安定処理	○	施工上の工夫 安定処理		
	泥土b	△	安定処理	○	施工上の工夫 含水比低下 安定処理	△	安定処理	○	施工上の工夫 含水比低下 安定処理	○	施工上の工夫 安定処理		
	泥土c	×		×		×		△	安定処理	△	安定処理		

* 1) 泥土のうち建設汚泥は、廃棄物処理法に定められた手続きが必要である。

凡例 [評価] ◎: そのままで使用が可能なもの

○: 施工上の工夫、もしくは簡単な土質改良(安定処理を含む)を行えば使用可能なもの

△: 安定処理等の土質改良を行えば使用可能なもの

×: 使用が不適なもの

[付帯条件] —: 充分な施工を行えば、そのまままで使用できるもの

／: 土質改良、施工上の工夫をしても、使用が不適なもの

2. 1 工作物の埋戻しへの利用

主に、埋設物(上下水道等)の埋戻しを対象に検討する。

適用性評価: ◎

- 粒度が細かく、埋設物の隙間や段差への充填が可能であり、圧縮性が小さい。
- 最大粒径が小さく、埋設物に損傷を与える事が無い。
- 埋設物への悪影響となる化学物質は含まれていない。
- 埋設工事は比較的小さい断面内での施工が多いため、締め固め作業において施工性が良い。
- C B R 試験結果から供用道路での使用は、路体・路床部ともに問題無く使用できるものと思われる。

適用性評価：△

- ・ コーン指數試験結果、一軸圧縮試験結果から締め固めにより強度増加が予想され、埋設物の管理上再掘削の施工性が悪くなる可能性がある。このため、他の材料（砂質土）との混合により使用する工夫が必要と思われる。
- ・ 透水試験結果から透水性が低いため、湧水箇所での使用は、水抜き暗渠等の配置による施工上の工夫が必要と思われる。

2. 2 道路（路体・路床）盛土への利用

道路の盛土材として検討する。

適用性評価：◎

- ・ 道路土工 のり面工・斜面安定工指針：(社)日本道路協会 による盛土材料および盛土高に対する標準のり面勾配から、本再生土による盛土は、盛土高 5 m 以下で 1:1.5、盛土高 5 m 以上で 1:1.8 ののり面勾配での盛土が可能と思われる。これは、ストックヤードでの仮置き状態（添付写真参照）からも確認できる。
- ・ コーン指數試験結果から、トラフィカビリティは良好な結果であり、盛土作業の施工性は良いと考える。
- ・ CBR 試験結果から路体・路床部ともに問題無く使用できるものと思われる。また、置換材料としても利用できると考える。

表 3-4 盛土材料および盛土高に対する標準のり面勾配

盛 土 材 料	盛土高(m)	勾 配	摘 要
粒度の良い砂 (S), 磯および細粒分混じり砾 (G)	5m以下	1:1.5~1:1.8	基礎地盤の支持力が十分にあり、浸水の影響のない盛土に適用する。 ()の統一分類は代表的なものを参考に示す。
	5~15 m	1:1.8~1:2.0	
粒度の悪い砂 (SG)	10 m 以下	1:1.8~1:2.0	標準のり面勾配の範囲外の場合は安定計算を行う。
岩塊（ずりを含む）	10 m 以下	1:1.5~1:1.8	
	10~20 m	1:1.8~1:2.0	
砂質土 (SF), 硬い粘質土, 硬い粘土（洪積層の硬い粘質土, 粘土, 関東ロームなど）	5m以下	1:1.5~1:1.8	
	5~10 m	1:1.8~1:2.0	
火山灰質粘性土(V)	5m以下	1:1.8~1:2.0	

注) 盛土高は、のり肩とのり尻の高低差をいう（図 3-14 参照）。

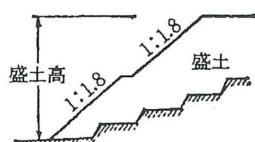


図 3-14 盛 土 高

ストックヤード仮置き状態 のり面勾配 = 1 : 1 . 2



適用性評価：△

- ・ 溝水箇所での使用は、水抜き暗渠等の配置による施工上の工夫を行い、道路路体部ではそのまま使用できるものと思われる。
- ・ 盛土表面は、 p_h 値が高いために盛土初期の植生工は不可能である。さらに、粒度が細かいために雨水による侵食が時間の経過とともに進行すると思われる。このため、盛土表面には土羽土の施工が必要と考える。

2. 3 堤防盛土等への利用

河川の堤防盛土、溜池の盛土等への利用を検討する。

適用性評価：◎

- ・ 細粒分が多く、透水試験結果からも、不透水性を要求される堤防等の盛土への利用に適していると考える。
- ・ コーン指數試験結果から、トラフィカビリティは良好な結果であり、盛土作業の施工性は良いと考える。

適用性評価：△

- ・ 盛土表面は、 p_h 値が高いために盛土初期の植生工は不可能である。さらに、粒度が細かいために雨水による侵食が時間の経過とともに進行すると思われる。また、セメント系改良材を混合しているために、使用する材料の改良からの時間経過によっては、乾燥収縮によるクラック発生が心配される。このため、盛土表面には土羽土の施工が必要と考える。

2. 4 宅地造成等への利用

宅地造成等の盛土への利用を検討する。

適用性評価：◎

- ・ 宅地造成等の盛土においては、コーン指數が $400\text{kN}/\text{m}^2$ 以上の材料を使用することが基本とされているが、本再生土のコーン指數試験結果から十分な強度を有していると考える。
- ・ また、トラフィカビリティは良好な結果であり、盛土作業の施工性は良いと考える。

適用性評価：△

- ・ 盛土表面は、 p_h 値が高いために盛土初期の植生工は不可能である。このため、盛土仕上り面に植栽を行う場合には覆い土の施工が必要と考える。

2. 5 その他用途への利用検討

上記検討事項以外で、本再生土の利用用途について以下に列記する。

1) pH値高（アルカリ性）性状の利用

- ・ 中央分離帯等の維持管理で、除草作業の費用を軽減するために、置換え盛土を行う。
- ・ 工場跡地等で、化学物質（酸性物質）含有の可能性がある地盤内へのコンクリート構造物築造において、埋め戻し土として使用し、コンクリート表面の酸性物質による劣化を防止する。

2) 不透水性の利用

- ・ 造成工事等において、周辺地盤からの多量湧水がある場合、造成区域外周に暗渠工を施したうえでその内側に再生土で置き換えた不透水層帯を形成し、造成区域内の構造物への湧水による影響を軽減する。

3) 強度特性の利用

- ・ 一軸圧縮試験、コーン指数試験結果から、小構造物の基礎地盤として十分な支持力が得られる結果であるため、軟弱基礎地盤の置換材料として利用する。

3. あとがき

本利用促進に関する提案に基づき利用用途を決定し、実際の利用に際しては、詳細な強度計算、再調査等が必要なケースもあると思われるが、前項までの再生土利用検討により、はばひろい利用用途が考えられます。

建設副産物としての再生土を有効に且つ、はばひろく利用する方法を検討する事は急務であり、各方面からの利用提案を頂きたく、お願い申し上げます。