

講座

発生土および廃棄物の地盤工学的処理と有効利用

3. 発生土の地盤工学的特性

三木 博史 (みき ひろし)

建設省土木研究所材料施工部土質研究室長

塚田 幸広 (つかだ ゆきひろ)

建設省土木研究所材料施工部施工研究室長

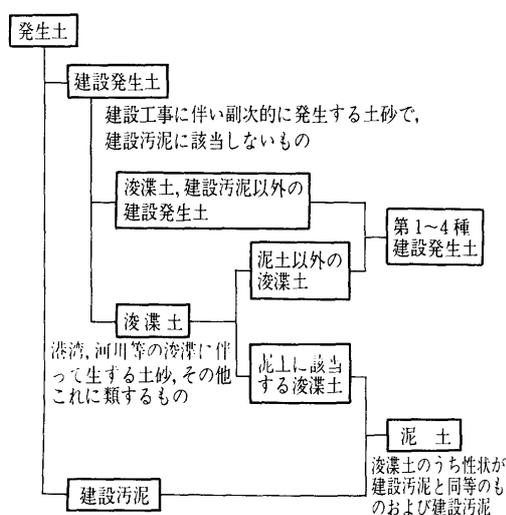
3.1 はじめに

本文では、建設工事に伴って副次的に発生する発生土の種類と取扱い上の留意点、土質区分の考え方、発生土ならびに処理土・改良土の地盤工学的特性について述べる。

3.2 発生土の種類

3.2.1 発生土の定義

建設省の総合技術開発プロジェクト「建設副産物の発生抑制・再生利用技術の開発」の成果の一つとして平成6年7月に発刊された「建設発生土利用技術マニュアル」<sup>1)</sup>においては、建設工事に伴い副次的に発生する土砂や汚泥を「発生土」と呼び、図—3.1にその構成図を示すように、建設副産物である「建設発生土」と廃棄物処理法上の汚泥に該当する「建設汚泥」を含めた形で「発生土」を定義している。



図—3.1 発生土の構成図<sup>1)</sup>

3.2.2 泥土

図—3.1においてコーン指数がおおむね2以下の浚渫土と建設汚泥とは土質工学的には同等に取扱えるので、上記マニュアルでは一括して「泥土」としている。

すなわち、「建設汚泥」や大部分の浚渫土のように、掘削工事によって排出され、含水比が高く粒子の微細な泥状のものであり、標準ダンプトラックに山積みができず、またその上を人が歩けない状態のもの（おおむねコ

ーン指数が2以下、または一軸圧縮強さが50kN/m<sup>2</sup>以下)を「泥土」という。ただし、泥土には、後述する「汚染土」は含まないものとする。

泥土もその用途によってはコーン指数がおおむね2以上となるように土質改良を行うことにより十分利用が可能である。ただし、浚渫土を除く泥土（「建設汚泥」）は、廃棄物処理法で規定する産業廃棄物の汚泥に該当するので、廃棄物処理法に従った手続きが必要である。

3.2.3 がら混じり土

建設発生土にコンクリート塊やアスファルト・コンクリート塊等のがらが混入したものを「がら混じり土」という。建設発生土は有用物であるため、廃棄物処理法上の廃棄物の適用を受けないが、有用物である建設発生土と廃棄物が分離されない状態で存在する場合には、その全体が廃棄物と判断されることがある。

これまでの知見として、建設発生土に廃棄物が混入したがら混じり土については、がらの最大粒径30cm以下、かつ混入率（重量比）30%以下のものについては、土質工学的には礫混じり土と同様に扱えるものの、廃棄物と判断される場合もあるので注意が必要である。

3.2.4 処理土・改良土

上記マニュアルでは、脱水、乾燥、粒度調整および安定処理を行い、その性状を改良した発生土を総称して「処理土」と呼んでいる。このうち、セメント系や石灰系の改良材や高分子系の土質改良材を混合し、土の性状を化学的に改良することを「安定処理」といい、安定処理された土を「改良土」と呼ぶ。

セメント系および石灰系の改良材によって安定処理された土に関しては、改良土のpHが高くなる場合があり、初期にはpH値の高い溶出水が発生することもある。しかし、これらのアルカリ分は、セメントおよび石灰の水和反応により発生する水酸化カルシウム (Ca(OH)<sub>2</sub>) に起因するもので、炭酸ガスにより容易に中和され、また、改良土の周囲の土壌中を30cm程度通過することで土に吸着され、周辺に影響を与えることはほとんどない。

ただし、河川、湖沼、下水道等の公共用水域および地下水に改良土からの溶出水が混入するおそれのある場合には、水質汚濁防止法による排水基準のpHの許容限度が5.8~8.6（海域5.0~9.0）と定められているので、この基準に準拠し、必要に応じて、覆土や敷土を施す等の施工上の配慮を行う。

3.2.5 汚染土

有害物に汚染されている可能性のある発生土については、計画・設計段階で「土壌・地下水汚染の調査・対策指針（平成6年11月）環境庁」に準じて調査、検討を行

## 講 座

うことが望ましい。関係法規の規定を越えて有害物を含むものについては原則として利用せず、法規の定めに従い、生活環境の保全に留意して処分することが必要である。

## 3.2.6 廃棄物の混入の防止

建設発生土に他の廃棄物が混入すると、物理的に利用が困難になるだけでなく、3.2.3項でも述べたように法的にも全体が廃棄物として取り扱われ、その利用が困難になる場合がある。

したがって、他の廃棄物とできるだけ分別して搬出し、また、建設発生土の運搬・仮置き保管時には、他の廃棄物の混入の防止に努めることが重要である。

分別した廃棄物等は廃棄物処理法等の定めに従い適正に処理することが必要である。

## 3.3 発生土の土質区分

## 3.3.1 土質区分基準

上記マニュアルでは、発生土のより効率的な利用を図るために、発生側・利用側が共通の指標で発生土を判定し、利用可能な用途を選定する目的で、表-3.1に示すような土質区分基準を定めている。この土質区分基準は、コーン指数と日本統一土質分類を指標としており、発生時点での土の区分のほか、土質改良により土の性状を改良した場合の区分にも使用することができる。また、表-3.1の備考の欄に示した地山の含水比と掘削方法等を勘案することにより、掘削前にボーリングデータ等から概略の土質判定が可能である。

## 3.3.2 コーン指数の測定方法

コーン指数の測定方法は、地盤工学会基準「締固めた土のコーン指数試験」(JGS T 716)に準拠し、コーン指数の測定方法は、表-3.2による。

表-3.1 土質区分基準<sup>1)</sup>

区 分 (建設省令)	土質区分	コーン 指 数 $q_c^{*3)}$	日本統一土質分類		備 考 <sup>*2)</sup>	
			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、礫およびこれらに準ずるもの)	第1種発生土	—	{G} {S}	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。  ・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1種改良土		(改良土) <sup>*6)</sup>		—	
第2種建設発生土 (砂質土、礫質土およびこれらに準ずるもの)	第2a種発生土	8以上	{GF}	礫質土	—	
	第2b種発生土		{SF}	砂質土( $F_c=15\sim 25\%$ )	—	
	第2c種発生土			砂質土( $F_c=25\sim 50\%$ )	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およびこれに準ずるもの)	第3a種発生土	4以上	{SF}	砂質土( $F_c=25\sim 50\%$ )	30~50%程度	
	第3b種発生土		{M}, {C}	シルト、粘性土	40%程度以下	
			{V}	火山灰質粘性土	—	
	第3種改良土		(改良土)		—	
第4種建設発生土 (粘性土およ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 2以上	{SF}	砂質土( $F_c=25\sim 50\%$ )	—	
	第4b種発生土		{M}, {C}	シルト、粘性土	40~80%程度	
			{V}	火山灰質粘性土	—	
	第4種改良土		{O}	有機質土	40~80%程度	
(泥土) <sup>*1)</sup> (浚渫土のうちおおむね $q_c2$ 以下のものおよび建設汚泥)	泥土 a	おおむね 2以下	{SF}	砂質土( $F_c=25\sim 50\%$ )	—	
	泥土 b		{M}, {C}	シルト、粘性土	80%程度以上	
			{V}	火山灰質粘性土	—	
	泥土 c		{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ーで測定したコーン指数。

\* 4) 表中の第1種~第4種改良土は、土(泥土を含む)に改良材を混入し、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4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-3.2 コーン指数の測定方法<sup>1)</sup>

供試体の作成	試料	4.75mmふるいを通過したもの
	モールド	内径 100mm 高さ 127.3mm
	ランマー	重さ 2.5kg
測定方法	突固め	3層に分けて突固める。各層ごとに30cmの高さから25回突固める。
	コーンペネトrometer	底面の断面積3.24cm <sup>2</sup> 、先端角度30度のもの
計算	貫入速度	約1cm/s
	貫入抵抗力	貫入量5cm, 7.5cm, 10cmに対する貫入抵抗力を平均する。
	コーン指数( $q_c$ )	貫入抵抗力をコーン底面積3.24cm <sup>2</sup> で除す。

注) ただし、ランマーによる突固めが困難な場合は、泥土と判定する。

表-3.3(1) 適用用途標準<sup>1)</sup>

土質区分		用途		工作物の埋戻し		道路(路床)盛土		土木構造物の裏込め		道路路体用盛土	
		評価	付帯条件	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、礫およびこれらに準ずるもの)	第1種発生土	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意
	第1種改良土	◎	—	◎	—	◎	—	◎	—	◎	—
第2種建設発生土 (砂質土、礫質土およびこれらに準ずるもの)	第2a種発生土	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意
	第2b種発生土	◎	—	◎	—	◎	—	◎	—	◎	—
	第2c種発生土	○	粒度調整 安定処理	◎	—	◎	—	◎	—	◎	—
	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およびこれに準ずるもの)	第3a種発生土	○	粒度調整 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3b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	◎	—	◎	—
	第3種改良土	△	施工上の工夫	○	施工上の工夫	○	施工上の工夫	◎	—	◎	—
第4種建設発生土 (粘性土およびこれに準ずるもの(第3種発生土を除く))	第4a種発生土	△	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 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	△	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	×	—	×	—	○	施工上の工夫	○	施工上の工夫	○	施工上の工夫
(泥土) <sup>*1)</sup> (浚渫土のうちおおむね $q_c$ 2以下のものおよび建設汚泥)	泥土a	△	安定処理	△	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 含水比低下 安定処理
	泥土b	△	安定処理	△	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 含水比低下 安定処理
	泥土c	×	—	×	—	×	—	×	—	×	—

なお、改良土の供試体作製方法は、以下の方法によるものとする。

(1) 施工時に締固めを行う場合は、地盤工学会基準「安定処理土の突固めによる供試体作製方法」(JGS T 811)に準拠する。

ただし、養生条件は、以下を標準とする。

・セメント系の改良材 空气中3日、水浸4日

・石灰系の改良材 空气中6日、水浸4日

(2) 施工時に締固めを行わない場合(流動化処理土等)は、地盤工学会基準「安定処理土の締固めをしない供試体の作製方法」(JGS T 821)に準拠し、養生日数は7日を標準とする。ただし、供試体作製には、内径100mm、高さ127.3mmのモールドを使用するものとする。

なお、利用用途、改良方法、施工方法等が定まっている場合には、個々の条件に見合った供試体作製方法、養生条件を設定するのが望ましい。

### 3.3.3 適用用途標準

上記マニュアルでは、表-3.1の土質区分基準に応じて、表-3.3に示すような発生土の適用用途標準を定めている。この適用用途標準は、一般的な目安を示すものであり、構造物の重要度や用途別の諸基準等に応じて、柔軟に対応する必要がある。

### 3.4 発生土の地盤工学的特性

#### 3.4.1 建設発生土

建設副産物実態調査によれば、平成2年度の建設発生土の発生量は、全国で約37500万m<sup>3</sup>(地山m<sup>3</sup>単位)と推計される。

このうち関東地方建設局管内が全体の27.3%を占め、次いで九州地方建設局管内が13.7%、近畿地方建設局管内13.6%、中部地方建設局管内が11.1%と続く。

発生主体別にみると、公共土木が全体の73.9%を占め、建築工事17.9%、民間土木8.2%と続いている。

搬出土量の多い工事としては道路、河川、港湾、公園、下水道工事が主にあげられる。切土量が盛土量を上回っている場合は、建設発生土が発生するのは当然であるが、土量が釣り合っている場合でも、発生土砂の性

表—3.3(2) 適用用途標準<sup>1)</sup>

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	評価	付帯条件	評価	付帯条件		
第1種建設発生土 (砂、礫およびこれらに準ずるもの)	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、礫質土およびこれらに準ずるもの)	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およびこれらに準ずるもの)	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 (粘性土およびこれらに準ずるもの(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) <sup>*1)</sup> (浚渫土のうちおおむね $q_c \geq 2$ 以下のものおよび建設汚泥)	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 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 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	△	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] ◎：そのまま使用可能なもの

○：施工上の工夫、もしくは簡易な土質改良（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

×

[付帯条件] —：十分な施工を行えば、そのまま使用できるもの

／：土質改良、施工上の工夫をしても、使用が不適なもの

質が不相当であったり、発生時期と利用時期がずれるなどの理由で建設発生土が発生する。

河川工事では、掘削された土砂は築堤としては利用されず、多くは場外へ搬出され、水面以下での掘削（浚渫）では含水比の高い建設発生土が発生する。

港湾工事では、陸上での各種施設の基礎工事に伴う土工のほかに、港湾特有なものとして航路浚渫、維持浚渫があり、発生した浚渫土砂は通常、港湾区域内に設けられている海面処分場に埋め立てられている。

なお、浚渫土砂は、廃棄物処理法の汚泥には該当しないものとされている。

下水道工事では、上下水道工事やガス管の敷設工事に比べ管の径が大きく、深い位置に埋設することが多いため一般に建設発生土の発生量は多く、また、道路下での埋設ではアスファルト・コンクリート塊が混入している場合が多く、しかも粘性土であったり、含水比が高かったりして、埋戻し土としては不適当な場合が多い。

また、排出される建設発生土の土質は、表—3.4に示すように、首都圏では関東ローム、シルト、粘性土など

の低品質な土が全体の7割程度を占めており、低品質な土の有効利用の促進を図っていくことが重要である。

なお、建設副産物実態調査によれば、平成2年度の建

表—3.4 発生地別土質（首都圏）

(単位：%)

土 質		砂質土	関 東 ローム	シルト	粘性土	礫まじり土	その他
発生地	23区 多摩地区						
東 京 都	23区	11.6	16.4	60.0	7.4	4.3	0.3
	多摩地区	6.0	59.2	4.1	0.7	24.1	5.9
神 奈 川 県	横浜市	6.8	24.6	24.9	25.7	16.2	1.9
	川崎市	38.6	14.9	16.8	21.4	4.7	3.6
	その他	31.4	41.7	1.7	7.1	16.8	1.2
埼 玉 県	南部	1.8	60.6	7.8	16.2	13.0	0.6
	北部	2.4	54.7	0.0	17.5	13.0	12.5
千 葉 県	北西部	19.1	51.8	22.3	4.0	1.5	1.4
	南西部	97.6	0.0	1.5	0.0	0.9	0.0
	東部	60.2	10.3	0.8	2.4	7.1	19.2
茨 城 県	南部	24.8	65.3	0.6	6.7	2.6	0.0
合 計		20.4	25.8	35.2	9.6	7.9	1.2

(平成元年度 首都圏残土実態調査による)

設発生土の量は全国で約45 000万 m<sup>3</sup> (ほぐし m<sup>3</sup> 単位, 地山換算37 500万 m<sup>3</sup>) と推計され, この量は関西空港島2 島分に相当する膨大な量である。これらを受入先種類別に整理すると, 内陸が約42 200万 m<sup>3</sup> (93.8%), 海面が約2 800万 m<sup>3</sup> (6.2%) となっており, 内陸では, 残土受入地が約28 500万 m<sup>3</sup> (63.2%) と最も多く, 他工事への流用が約8 800万 m<sup>3</sup> (19.5%), ストックヤード約3 500万 m<sup>3</sup> (7.8%) と続いており, 土質改良プラントは約130万 m<sup>3</sup> (0.3%) である。内陸の建設発生土受入地とは, 農地や宅地のかさ上げ, 谷地の埋立など小規模なものが多い。

3.4.2 建設汚泥

平成5年度の建設副産物実態調査<sup>2)</sup>によると, 我が国の建設汚泥の発生総量は約1 500万 t/年と推計され, 建設廃棄物全体の約20% を占めている。また, 建設汚泥の処理・処分状況は, 減量化と再生利用を合わせた率(リサイクル指標となる)が, わずか8% にすぎず, 建設廃棄物の中でも最も低い状況にある。

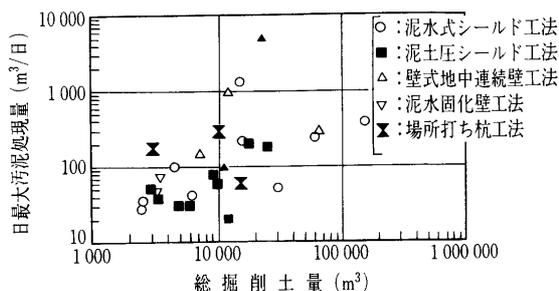


図-3.2 総掘削土量と最大汚泥処理量の関係<sup>3)</sup>

表-3.5 建設汚泥の分類<sup>3)</sup>

分類		性状
建設汚泥	非自硬性	・壁式地中連続壁工法や泥水式シールド工法の余剰あるいは使用済みとなった泥水のように含水量が多い汚泥 ・管路圧送が可能のため, 機械的脱水により減量化可能
		・泥土圧シールド工法の排土や軟弱地盤での掘削土のように比較的含水量が少ない汚泥 ・機械的脱水は困難, 天日乾燥は可能
	自硬性	柱列式地中連続壁工法や噴射攪拌混合工法により発生する排泥で, セメント等を大量に含むため放置すれば高い強度で固結する汚泥

建設汚泥の主な発生源は, 壁式および柱列式地中連続壁工法, 泥水固化壁工法, リバース工法等の場所打ち杭工法, 泥水式および泥土シールド工法, 高圧噴射攪拌工法等である。これらの工法の代表的な現場における総掘削土量と日最大汚泥処理に関するアンケート実態調査の結果を図-3.2に示すが, 総掘削土量は2 000m<sup>3</sup>~20万 m<sup>3</sup>までに分布しており, 日最大汚泥処理量は20m<sup>3</sup>/日~5 000m<sup>3</sup>/日とばらつきがあるものの, 総掘削土量と日最大汚泥処理量の間には相関関係が認められる。すなわち, 各現場においては総掘削土量に応じて適正規模の処理プラントが計画・選定されている。

建設汚泥の発生時の性状は, 掘削場所の土質や関連する掘削工法により大きく異なり, 表-3.5に示すように非自硬性汚泥, 自硬性汚泥に大別され, 非自硬性汚泥はさらに泥水状汚泥, 泥土状汚泥に分類できる。建設汚泥の基本的な処理フローは, 脱水等の減量化のための処理と安定処理等の2段階処理があり, 各建設汚泥の性状に応じて処理工程が異なる(図-3.3参照)。

建設汚泥の発生直後の性状は, 表-3.6に示すとおり各工法・現場により大きく異なるが, 特に泥水シールド

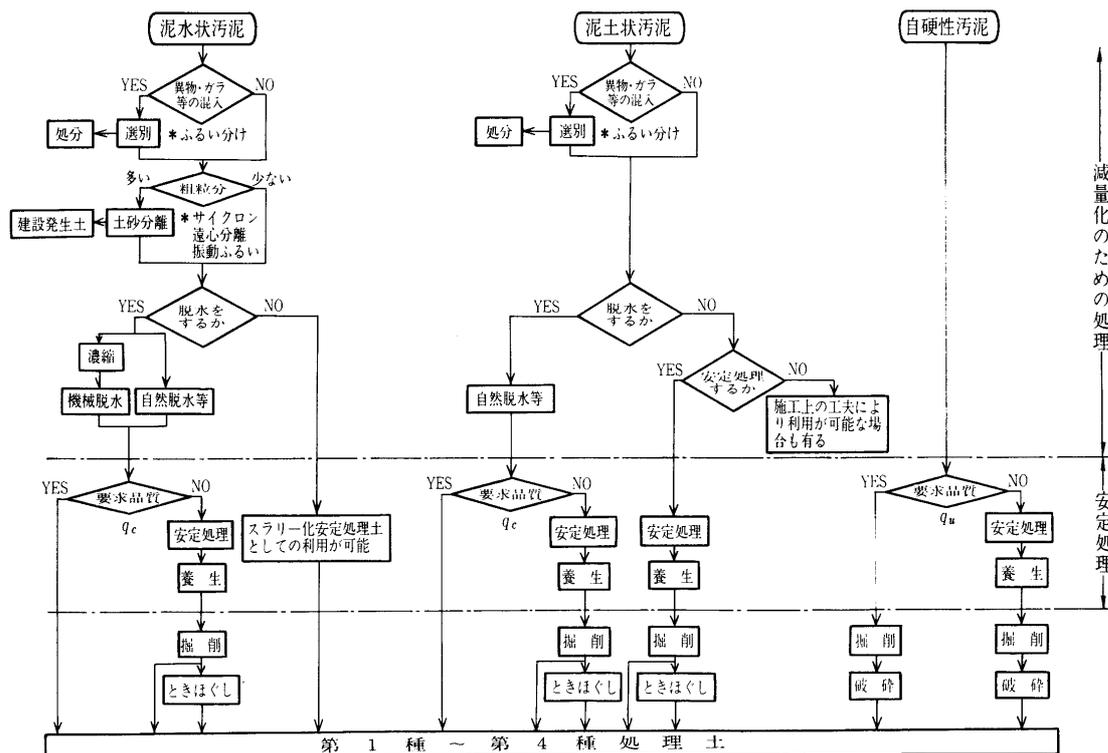


図-3.3 建設汚泥を再生利用するための処理フロー<sup>3)</sup>

表—3.6 工法ごとに発生する建設汚泥性状の測定例<sup>3)</sup>

工 法	施工段階	試料数	細粒分 含有率 (%)	含水比 (%)	性 状			
					液性限界 (%)	強熱減量 (%)	pH	強 度 $q_u, q_c, \tau$ , フロー値
泥水式 シールド工法	余剰泥水	11	82以上	200~665	—	4~9	6.9~11.4	フロー値: 7.6~8.5
	脱水ケーキ	10	—	22~93	70~80	—	4.3~11.7	$q_c$ : 1.6~23
泥土圧 シールド工法	廃土	10	50~60	20~60	30~50	3~5	5.6~11.7	$\tau$ : 0.08以下
壁式地中 連続壁工法	廃棄泥水	5	86以上	350~2 900	100以上	7~12	7.7~11.4	フロー値: 7.6~8.5
	脱水ケーキ	1	—	43以下	40以下	—	9~11	$q_c$ : 4
	細粒土塊	1	96	52.6	46.1	5.1	10.5	$\tau$ : 0.049
	遠心分離土	1	37	37.7	—	3.9	7.9	$q_u$ : 0.2
泥水固化壁工法	廃棄泥水	2	70以上	300以上	78以上	5	8~11	フロー値: 8~11
	脱水ケーキ	1	—	88.3	78.6	—	11.0	$q_c$ : 1.1
場所打ち杭工法	廃棄泥水	1	51	120.9	43.6	5.5	8.2	フロー値: 8.8
	脱水ケーキ	1	—	93.0	82.2	—	12.1	$q_u$ : 13.2
柱列式 地中連続壁工法	廃棄泥水	1	—	97.3	—	—	—	$q_u$ : 20.3 (固化)
掘削工	ピート	2	80以上	140以上	64	18	5~6	—
	粘性土	2	80以上	50~60	80以上	6~9	7	$q_c$ : 1~2

$q_u$ : 一軸圧縮強さ (kgf/cm<sup>2</sup>),  $q_c$ : コーン指数 (kgf/cm<sup>2</sup>),  $\tau$ : ペーンせん断強さ (kgf/cm<sup>2</sup>), フロー値:  $p$  ロート (秒)

では200~665%, 壁式地中連続壁工法においては350~2 900%と含水量が他の工法と比較して大きい。しかし各種工法とも脱水ケーキの状態では含水比が100%程度以下になっている。また細粒分含有率は、おおむね各工法とも70%程度以上であり、pHは7~12である。

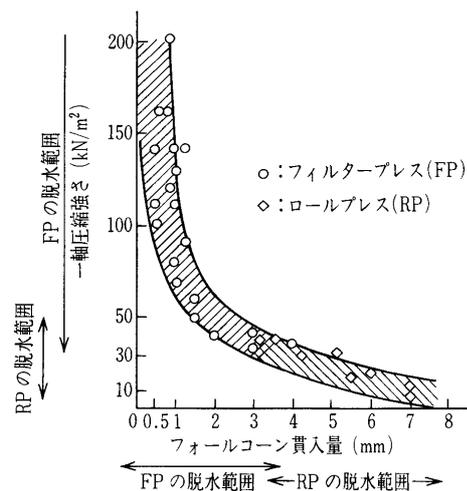
### 3.5 処理土・改良土の地盤工学的特性

#### 3.5.1 脱水処理汚泥の性状

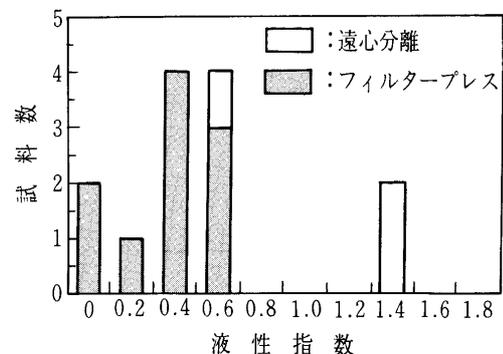
減量化処理の代表的な方法として脱水があり、これは機械脱水と自然脱水に大別できる。また、機械脱水はフィルタープレス、ロールプレス、遠心分離機などがあり、フィルタープレスが最も広く用いられている。

脱水処理汚泥の基本的性状については、喜田<sup>4)</sup>らがロールプレス、フィルタープレスによる脱水ケーキの性状を含水比、フォールコーン貫入量、一軸圧縮強さを相互に関連させて報告している。これによると、フィルタープレスの脱水ケーキの含水比は液性限界より低く、液性指数は0.5~0.9の範囲にあり、一軸圧縮強さは30~200 kN/m<sup>2</sup>、フォールコーン貫入量は4~0.5mmである。一方、ロールプレスの場合は含水比が液性限界付近にあり、一軸圧縮強さは10~50kN/m<sup>2</sup>、フォールコーン貫入量は8~3mmと報告されている (図—3.4参照)。

また、図—3.5にはここ数年のフィルタープレスの性状調査の結果を示すが、フィルタープレスによる脱水ケーキの液性指数が0.8以下と従来の報告と比較して低いという調査結果が報告されている<sup>3)</sup>。これは、近年、土砂分離等の事前処理が効率的に実施されるとともに、フィルタープレスの処理能力の向上を目的として脱水ケーキ厚を薄くしたり、送泥圧力を4MPaの高圧で脱水する方法等が実用化されていることも起因しているものと考えられる。



図—3.4 脱水ケーキのフォールコーン貫入量と一軸圧縮強さ<sup>4)</sup>



図—3.5 脱水ケーキの液性指数調査 (例)<sup>3)</sup>

#### 3.5.2 安定処理汚泥の性状

##### (1) 安定処理汚泥の配合試験

安定処理を行うに当たっては、建設汚泥の性状、処理量、要求品質等を考慮して改良材を選定し、適切な配合

設計、混合、養生を行うことが必要である。改良材としてはセメント、石灰等のJISに規定されている規格品のほかに、これを母材としたセメント系および石灰系改良材がある。建設汚泥を対象とした室内配合試験の供試体の作製・養生方法として以下の方法が提案されている<sup>3)</sup>。

- ① 試料に改良材を混合する。
- ② 3日間 $20 \pm 3$ ℃の温度で養生し、固化させる。
- ③ ときほぐして、9.5mmふるいを通過させる。
- ④ 7日間 $20 \pm 3$ ℃の温度で養生する。
- ⑤ 所定の方法で供試体を作製する。
- ⑥ 品質判定のための試験を行う。

なお、品質判定のための試験項目としては、コーン指数 (JIS T 716)、一軸圧縮強さ (JIS A 1216) および CBR (JIS A 1211) 等が多く用いられている。

実際の建設汚泥と改良材の混合は、総汚泥処理量、処理ヤード、処理コスト等を考慮してその方法を選定するが、プラント混合方式とバックホウやクラムシェル等の土工機械による原位置混合方式がある。

建設汚泥を対象とした配合試験は数多く報告されているが、建設汚泥の性状および改良材等の組合せによって大きく異なる。図-3.6には、改良材添加量の目安として、各種建設汚泥を対象に一般軟弱地盤用セメント系改良材で改良した場合の建設汚泥の含水比と一軸圧縮強さの関係を整理した例を示す<sup>3)</sup>。

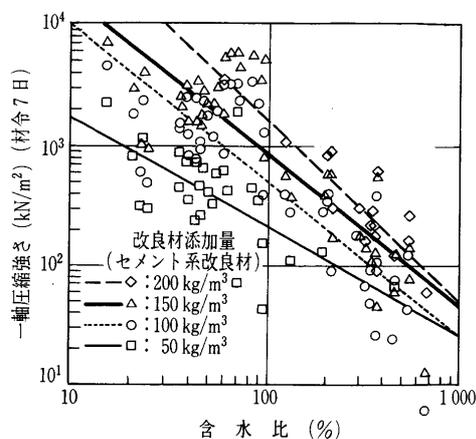


図-3.6 建設汚泥の含水比と安定処理汚泥の一軸圧縮強さの関係 (例)<sup>3)</sup>

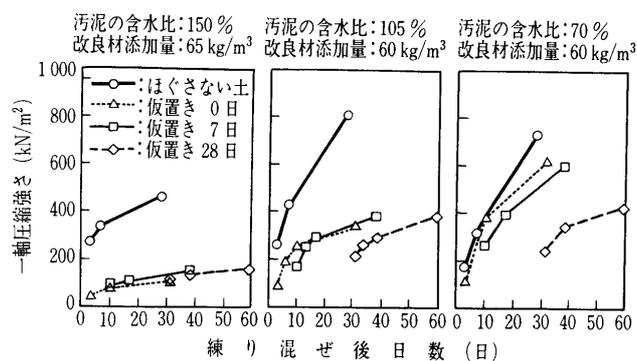
#### (2) 「ときほぐし」後の安定処理汚泥の性状

先に図-3.3に示したとおり、一般的に安定処理汚泥は養生後、「ときほぐし」の工程が入るのが通常の安定処理の場合と異なる点である。その際、一旦形成された安定処理汚泥の固化構造が破壊され、一般的に強度が低下することが知られている。図-3.7は、泥水式シールド工法で発生した建設汚泥をセメント系改良材で改良した場合を対象に、建設汚泥の含水比、ときほぐし前の強度およびときほぐし後の仮置き日数がときほぐし・締固めによる一軸圧縮強さの変化に及ぼす影響について室内試験で確認した結果例である。これによると、建設汚泥

表-3.7 安定処理汚泥の転圧特性の判定 (例)<sup>5)</sup>

目標コーン指数 $q_c$	機械施工での状況評価
200~300kN/m <sup>2</sup>	湿地ブルドーザーによる敷ならし・転圧がようやく可能な程度
400~500kN/m <sup>2</sup>	ブルドーザーによる敷ならし・締固めが可能な程度
700~900kN/m <sup>2</sup>	ブルドーザーによる敷ならし・タイヤローラーでの締固めが可能な程度
1200~2000kN/m <sup>2</sup>	普通土と同様に敷ならし・タイヤローラーでの締固めが可能な程度

の含水比が高いほど、また、ときほぐし前の強度が高いほど、ときほぐし・締固めによる一軸圧縮強さの低下の割合が大きくなる傾向が認められ、さらに、低下した一軸圧縮強さはその後の養生によりある程度回復し、強度回復は建設汚泥の含水比が低く、改良材添加量が多いほど大きい傾向を示すと報告されている<sup>3)</sup>。



(改良材混合3日できほぐし、その後、所定日数仮置きし、締固めて強度を測定)

図-3.7 ときほぐし・締固めによる安定処理汚泥の一軸圧縮強さの変化 (例)<sup>3)</sup>

#### (3) 安定処理汚泥の転圧特性

安定処理汚泥は、リサイクルの用途として道路盛土や河川堤防の盛土材への利用が有望と考えられている。しかしながら、一般に安定処理汚泥は細粒分を多く含んでいることから転圧しにくく、オーバーコンパクションや安定処理汚泥の土塊の破碎による強度低下が生じることがある。建設省では実事業への適用性・施工性を確認するために、建設汚泥のリサイクルモデル事業を全国的に展開している。表-3.7は、リサイクルモデル事業の一環として安定処理汚泥の転圧特性について試験盛土により調査した結果例であり、ここでは転圧特性をコーン指数により判定する方法が提案されている<sup>5)</sup>。

#### 参考文献

- 1) 国土研究センター：建設発生土利用技術マニュアル、1994。
- 2) 建設副産物リサイクル広報会議：総合的建設副産物対策一現場での実効ある推進のために一、平成6年版。
- 3) 建設省土木研究所：建設汚泥再生利用技術暫定マニュアル(案)、(原案)、1996。
- 4) 喜田大三・辻 博和：各種泥水工法における廃棄泥水の処理と有効利用、土と基礎、Vol. 29, No. 11, pp. 57~64, 1981。
- 5) 河村和典：基礎掘削泥土の再利用(リサイクルモデル工事)、第21回日本道路会議論文集、pp. 58~59, 1995。