

5. 切土・盛土工法

5.1 概説

5.1.1 切土・盛土工法の分類

本研究は、切土・盛土工法に関する最新の技術を調査し、種類・性能・効果について分類し、工法選定に役立つ資料を作成することを目的としている。

ひと言で「切土・盛土工法」といっても、調査から始まり、施工、モニタリングに至るまで、その工種は種々多様である。よって今回の調査においては、切土・盛土工を図-5.1.1に示す4工程に大きく分類し、それぞれに関する技術を抽出することとした。

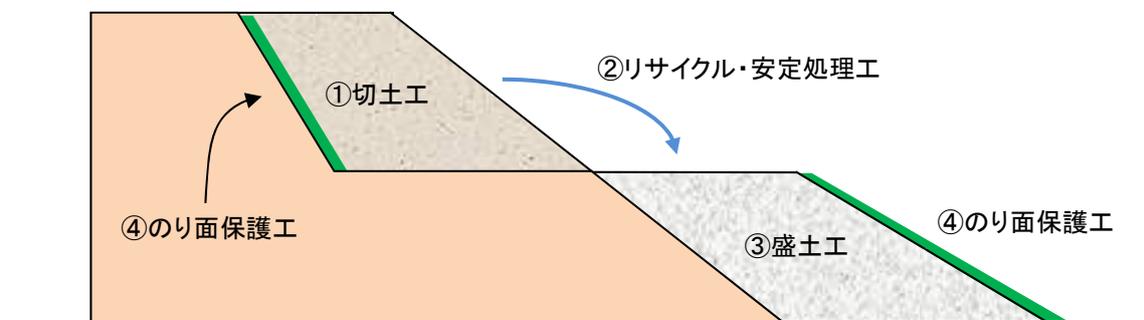


図-5.1.1 切土・盛土工の大分類

①切土工

主に地山に関する工種を対象とする。掘削工、アンカー工、地山補強工などである。

②リサイクル・安定処理工

切土を盛土材料として利用する際の改質工法を対象とする。

③盛土工

盛土の安定を目的に実施する工種である。盛土補強土工、軽量盛土工、施工管理などがある。

④のり面保護工

主に、播種工、構造物工を対象とする。

なお今回の研究においては、切土・盛土工に関する事前・事後調査方法については、調査を実施していない。これらについては、前回資料①を参考にして頂きたい。

5.1.2 調査方法

(1) 調査方法

切土・盛土工法においては工種が多岐にわたるため、他工法のようなアンケート形式ではなく、国土交通省の新技术情報提供システム（NETIS）による調査方法を採用することとした。

調査方法はまず、同システムのキーワード検索により、「土工」、「のり面工」、「のり面緑化」の3つのキーワードで関連技術を抽出した。なお今回収集した技術情報は、2008年3月時点で掲載されていたデータである。

次に、各技術を図-5.1.1に示す4項目に大分類した。

さらに、類似技術を中分類にまとめ、調査表としてまとめた。

(2) 調査表の見方

今回まとめた調査表に記載した項目を以下に示す。掲載した情報は全て NETIS 情報に基づくものであるが、一部当委員会にて加筆修正した部分もあるため、注意事項を合わせて示す。

- ・ 技術名称：NETIS の技術名称と同様
- ・ 登録番号：NETIS の登録番号と同様
- ・ 副題：

副題が長く枠内に収まらないもの、記載のないものについては、委員会にて簡略化および追記した。

- ・ 分類：

NETIS 記載の分類 1～5 およびレベル 1～4 を参考に、委員会でもとめ直した。

- ・ 技術の区分：

工法、材料、機械、製品、システムのいずれかに○を付けた。

- ・ キーワード：

安全・安心、環境、情報化、コスト縮減・生産性の向上、公共工事の品質確保・向上、景観、伝統・歴史・文化、リサイクルの8項目のうち、記載のあるものに○を付けた。自由記入は掲載していない。

- ・ 開発目標：

省人化、省力化、経済性の向上、施工精度の向上、耐久性の向上、安全性の向上、作業環境の向上、周辺環境への影響抑制、地球環境への影響抑制、省資源・省エネルギー、品質の向上、リサイクル性向上のうち、記載のあるものに○を付けた。

- ・ 実績：NETIS の実績件数と同様

- ・ **施工単価**：

NETISの「活用の効果の根拠」を参考にした。基本とする数量が1.0でないものについては、委員会で算出し直した。

- ・ **経済性低減率**：

NETISの「活用の効果」のうち、経済性を参考にした。向上の場合を(+)、低下の場合を(-)として表した。

- ・ **工程低減率**：

NETISの「活用の効果」のうち、工程を参考にした。短縮の場合を(+)、増加の場合を(-)として表した。

- ・ **周辺環境への影響**：NETISと同様

なお今回調査のひとつの大きな目的である各技術の環境影響については、表中の関連項目を網掛けで示したので参考にして頂きたい。

(3) 切土・盛土工法に関する技術の分類

調査結果に基づき、「切土工」、「リサイクル・安定処理工」、「盛土工」、「のり面保護工」のそれぞれについての技術を調査表にまとめた。

実施方法については、それぞれの項目毎に示す。

5.2 切土工

5.2.1 概要

切土工は主に、地山掘削工と切土斜面安定化工に大別できる。

このうち切土斜面安定化工には、排水工、アンカー工、抑止杭工、地山補強工、擁壁工などがあるが、ここでは主にアンカー工と地山補強工について取りまとめを行った。

5.2.2 NETIS 調査結果

(1) 地山掘削工

表-5.2.1 に、地山掘削工に関する調査表を示す。

地山掘削工は、岩盤掘削工とその他に分類した。

環境影響の観点から、無発破による低騒音・低振動の岩盤掘削技術が多数登録されているのがひとつの特徴である。

(2) 切土斜面安定化工

表-5.2.2 に、切土斜面安定化工に関する調査表を示す。

切土斜面安定化工は、アンカー工と地山補強工に大別した。また共通事項として、材料、製品、施工管理に関する技術が登録されているようである。

環境面でみると、特に地山補強工の中で、環境、景観、リサイクルをキーワードとし、周辺環境への影響抑制、地球環境への影響抑制を開発目標とした技術が多く登録されていることがわかる。これらから、景観や自然環境の保全を図りながら斜面を安定化することのできる地山補強工法が期待されている傾向が伺える。

なお、ここに紹介した技術は、NETIS のキーワード検索により抽出したものである。アンカー工については、他にも様々な技術が存在しており、これらについては参考文献 ²⁾などを参照していただきたい。

表-5.2.1 調査表（地山掘削工）

No.	技術名称	登録番号	概要(副題)	分類			技術の区分					キーワード					開発目標										実績			活用の効果										
				分類1	分類2	分類3	工法	材料	機械	製品	システム	安全安心	環境	情報化	コスト削減	品質向上	景観	伝統歴史	リサイクル	省人化	省力化	経済性	施工精度	耐久性	安全性	作業環境	周辺環境	地球環境	省資源	品質	リサイクル	国交省	公共機関	民間	施工単価 (単位)	経済性 低減率 (%)	工程 低減率 (%)	周辺環境 への影響		
1	トレンチ工法	HR-990054-A	トレンチャー2018による岩盤の溝掘削工法	土工	岩盤掘削		○				○	○	○										○	○										3	2	6	7,700 円/m	0	67	向上
2	芯割りジュニア	KK-010016-A	芯割りジュニアによる芯抜き岩盤掘削工法	土工	岩盤掘削		○				○	○	○										○	○	○								0	3	0	29,900 円/m3	47	40	向上	
3	PAB工法(プラズマによる破砕技術)	KK-040024-A	無発破による硬岩破砕技術	土工	岩盤掘削		○				○	○	○										○	○	○							4	5	8	14,680 円/m3	-197	33	向上		
4	クォーターセリ矢工法	KK-040044	縦横4分割に割取る油圧式破砕機による舗装版破砕	土工	岩盤掘削		○				○	○	○										○	○	○							0	0	0	2,740 円/m2	6	49	向上		
5	すみとり君	KK-050034-A	狭小隅部の小規模岩盤破砕工法	土工	岩盤掘削		○				○		○										○	○	○							0	2	0	51,713 円/m3	-154	-299	向上		
6	岩盤切削機サーフィスマイナ	CG-990014-A	硬岩を低騒音低振動低粉塵で破砕	土工	岩盤掘削		○						○													○	○					12	19	2	9,582 円/m3	-306	86	向上		
7	高所岩盤掘削機による岩盤掘削工法	KT-010075-V	ロッククライミングマシンによる岩盤掘削工法	土工	岩盤掘削		○				○		○										○	○	○							17	70	0	6,034 円/m3	3	1	同程度		
8	ロックバスター(ROCKBUSTER)による無発破破砕工法	KT-060058-A	岩石・コンクリート等の機械化操作による無発破破砕工法	土工	岩盤掘削		○				○	○	○										○	○	○							0	3	0	14,719 円/m3	24	1	向上		
9	ローリングロックベッカー工法	KT-060146-A	ローリング式ショートリーチ機による軟岩掘削工法	土工	岩盤掘削		○				○	○	○										○	○	○							0	1	2	9,700 円/m3	35	67	向上		
10	KNBB工法	KT-980690-V	無発破岩盤掘削工法	土工	岩盤掘削		○					○	○										○	○	○							1	5	3	5,143 円/m3	11	80	同程度		
11	スーパービッター工法	TH-020043	無発破岩盤破砕工法	土工	岩盤掘削		○				○	○	○										○	○	○							3	12	5	11,820 円/m3	11	50	同程度		
12	ロックベッカー工法	CB-040089	硬岩を低騒音で効率的に破砕	土工	岩盤掘削			○				○	○										○	○	○							0	2	7	8,600 円/m3	43	83	向上		
1	高所法面掘削機による掘削工法	KT-010076-V	ロッククライミングマシンによる掘削工法	土工	掘削工	掘削	○				○		○										○	○	○							115	1163	191	6,163 円/m3	1	1	同程度		
2	ピンローラー式除礫機	HK-050001-A	畑の表層の礫をピンローラーで除去する	土工	掘削工	掘削	○				○	○	○										○	○	○							1	8	0	616,767 円/ha	12	67	向上		
3	竹割り型構造物掘削工法	CG-020002	急峻地での掘削土留め工法	土工	掘削工	掘削	○				○	○	○										○	○	○							25	29	0	40,367,288 円/箇所	22	32	向上		
4	2WAYエコショベル	KT-070051-A	クリーンな作業環境を実現する電動建設機械	土工	掘削工	掘削					○		○										○	○	○							2	0	0	1,534 円/m3	-27	0	向上		
5	水中バックホウ・ビッグクラブ	KT-000023-A	多機能水中施工機械を用いた捨石均しなどの水中施工	土工	掘削工	掘削					○		○										○	○	○							21	2	12	8,486 円/m2	3	87	同程度		
6	新型ハイリーチクレーン	CG-990001	バックホウベースの移動式クレーン	土工	掘削工	運搬					○		○									○	○	○							0	0	350	13,000,000 円/台			同程度			
7	簡易式土砂等運搬バケット工法	KT-060026-A	クレーン操作による開放式土砂等運搬バケット	土工	掘削工	運搬						○	○										○	○	○							0	3	0	456 円/m3	6	9	同程度		
8	掘削工法安定液用添加剤 BT-103	KK-050127-A	アルカリ反応性エマルジョン型増粘剤	土工	掘削工	その他	○				○	○													○	○					0	1	4	3,330 円/m3	59	0	向上			

5.2.3 切土斜面安定化工の分類

5.2.3.1 切土斜面安定化工の適用性

表-5.2.3 に、各種切土斜面安定化工の比較を示す。

表-5.2.3 切土斜面安定化工の比較³⁾を一部修正

工 法		アンカー工	地山補強工	擁壁工
機 構	工法の抑止機構	安定地山にアンカー体を造成し、所定の引張り力を与え、受圧板を介して積極的にすべりに抵抗させる。	地山の変形に伴って補強材に引張り力が生じ、地山の変形ならびにすべりの発生を抑制する。	擁壁の荷重により活動に抵抗させる。あるいはせん断力により抵抗させる。
施工場所 地形 立地条件	検討項目			
	構造物が近接する場合	◎	○	○
	複雑な地形	○	◎	○
	周辺環境への影響	小～中	小	小
地盤条件	検討項目	<ul style="list-style-type: none"> ・定着地盤の位置とその引き抜き抵抗力 ・受圧板の沈下 ・鋼管の腐食の程度 ・地下水状況 	<ul style="list-style-type: none"> ・補強材の腐食の程度 ・すべり面、弱層の位置、基盤の位置 ・予想される崩壊形態 ・自立状況、地下水状況 	<ul style="list-style-type: none"> ・施工中の安全性は確保されるか ・地下水状況 ・地盤支持力 ・予想される崩壊形態
すべり面 形状	適した条件	・すべり規模が中程度以上	<ul style="list-style-type: none"> ・すべり面が比較的浅い場合 ・すべり規模が中程度以下 	・すべり規模が中規模以下
	小規模な崩壊	△	◎	○
	中規模な崩壊	○	○	○
	大規模な崩壊	◎	×	×
	地すべり	○	×	×
経済性	モデル設計による比較	これらの中では最も高価な工法であるが、抑止力が大きくなると最も安価にもなり得る。	すべり深さや規模が中程度以下であれば比較的安価であるが、規模が大きくなり補強材の長さや本数が増加すると、アンカーより高価になることがある。	抑止力をそれほど必要としない場合に適用でき、安価であるが工期を要する。
その他留意事項		維持管理が必要である。		地震に対する安定検討が必要である。

◎最も適している、○適している、△採用にあたって要注意、×適していない

このうち地山補強工は、施工性、地形、立地条件、地盤条件などに対する適用性は非常に高い。しかし、規模や地質状況によっては特別な対処を必要とする場合もあるため、最終的には安全性、経済性、工期などを含め適用条件を十分検討したうえで、補強工法の適用を判断する必要がある。

以下に、地山補強工について概説する。

5.2.3.2 地山補強工

(1)分類

地山補強工（地盤補強土工）とは、鉄筋などの棒状補強材を地中に多数設置し、補強材が持つ引張抵抗力や曲げ抵抗力などにより地盤の安定化を図る工法である。地山補強工のうち、主に斜面の補強に用いられ、細く比較的短い棒状補強材を用いた工法が、鉄筋補強土工（ネイリング）と呼ばれるものであり、国内の地山補強工の大半はこの範疇に入っている。一方、地山補強工の中でもマイクロパイリングと呼ばれるものは、やや太径で長尺の補強材を用い、引張抵抗力だけでなく、圧縮抵抗力も期待している。

①ネイリング（Nailing）

ネイリングとは、細長比が大きく（長さに比べて直径が比較的小さい）曲げ剛性の小さい補強材（異形鉄筋、帯状鋼板等の芯材とそれを被覆するセメントモルタル等）を用いて、主として補強材の引張抵抗力によって地山の安定性を向上させる工法で、鉄筋補強土工と同義である。

②ダウアリング（Dowelling）

ダウアリングとは、細長比が小さく（長さに比べて直径が比較的大きい）剛性の大きい補強材（FRP ロッド、異形鉄筋等の芯材とそれを被覆する混合固化コラム）を用いて、補強材の引張り抵抗のほか、曲げ抵抗、せん断抵抗および圧縮抵抗によって地山の安定性を向上させる工法である。

③マイクロパイリング（Micropiling）

マイクロパイリングとは、ネイリングとダウアリングの中間的な曲げ剛性、断面積を有する補強材（異形鉄筋や鋼管等の芯材とそれを被覆するセメントモルタル等）を用いて、補強材の引張り抵抗のほか、曲げ抵抗、せん断抵抗および圧縮抵抗によって地山の安定性を向上させる工法である。

上述のように工法分類は、補強材の細長比、曲げ剛性、補強材の機能などにより行われている。各分類に入る国内の工法の大きな違いとしては、ネイリングは主として異型鉄筋を芯材とし、 $\phi 40\sim 90\text{mm}$ の補強材料（削孔径と同じ）で引張り補強であること、ダウアリングは主として FRP ロッドを芯材とし、混合固化コラムによる補強材径が非常に大きく（40cm）、引張り補強の他に圧縮補強効果も考慮する場合があること、マイクロパイリングは芯材などはネイリングとほぼ同じであるが、補強材径（削孔径）が $\phi 90\sim 135\text{mm}$ とやや大きく引張り補強の他に圧縮補強としても用いられることなどがあげられる。

(2) ネイリング

曲げ剛性の小さな補強材（セメントモルタル内に鉄筋等の芯材を配置したもの）を地山中に配置し、主として補強材の引張り抵抗により地山を補強する工法の総称である。国内の地山補強工法の大半がこれに分類される。

【主要諸元】

ネイリングの標準的な主要諸元を以下に示す。

- ・用途 : 自然斜面、切土のり面、トンネル坑口などの補強および山留め
- ・適用土質 : 軟弱粘土層を除くすべての土質および岩
- ・掘削高さ : 10～20m 程度まで
- ・補強芯材 : 鉄筋類、ロックボルトおよびこれに類したもの
- ・補強材長さ : 2～8m 程度
- ・補強芯材径 : $\phi 22\sim 32\text{mm}$ 程度
- ・削孔径 : $\phi 40\sim 90\text{mm}$ 程度
- ・のり面工 : 吹付けコンクリート、のり枠、大型プレート、プレキャスト化粧コンクリート板など

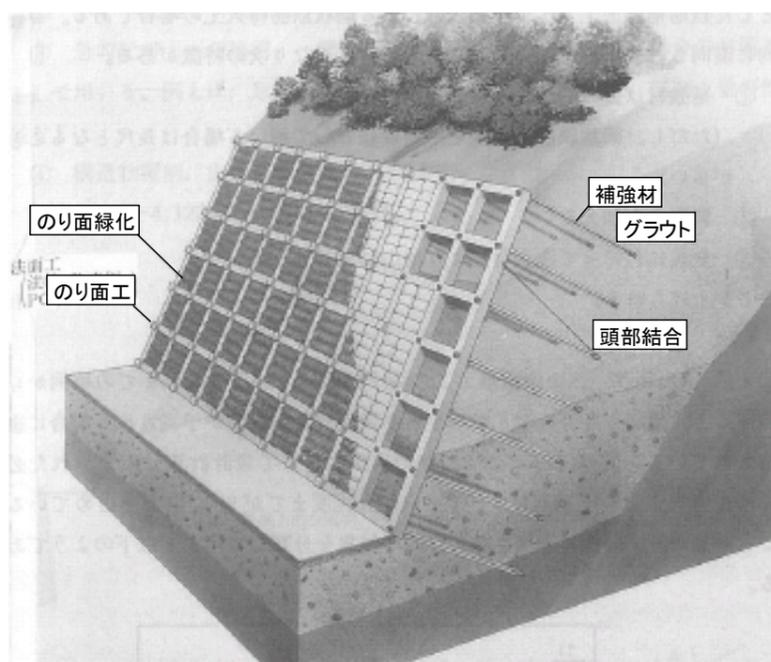


図-5.2.1 標準的な地山補強工法の例³⁾

(3) マイクロパイリング

地山を削孔して鉄筋・鋼管などの補強芯材を挿入し、セメントミルクやセメントモルタルなどを注入して造成した小口径場所打ち杭の総称である。径は10cm程度であり、ネーリングとダウアリングの中間的な剛性・断面積を有する。国内では、ルートパイル工法がこれに分類される。

【主要諸元】

ルートパイル工法の主要諸元を以下に示す。

- ・用途 : 自然斜面、切土のり面、トンネル坑口などの補強および山留め、アンダーピニングなど
- ・適用土質 : N値0～3の粘性土を除くあらゆる地層
硬岩、軟岩、礫質土、砂質土、シルト
- ・掘削高さ : 最大法面長30m
- ・補強芯材 : 鉄筋類、ロックボルトおよびこれに類したもの
- ・補強材長さ : 25～40m
- ・補強芯材径 : $\phi 22 \sim 41\text{mm}$ 程度
- ・削孔径 : $\phi 90 \sim 135\text{mm}$ 程度
- ・のり面工 : モルタル吹付け、のり枠、RC板など

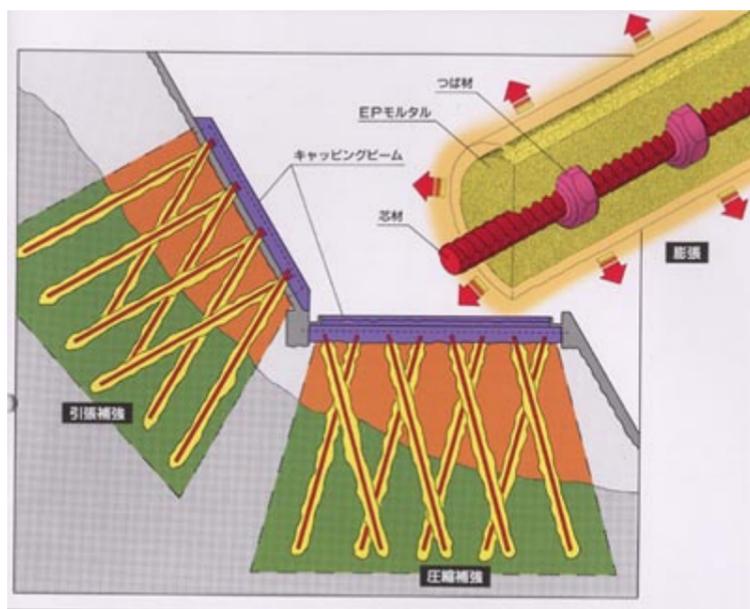


図-5.2.2 EPルートパイル工法 (NETIS ホームページより)

(4) ダウアリング

太く短い剛な補強材を地山に打設し、主として補強材のせん断および圧縮抵抗により地山を強化する工法である。国内では、ラディッシュアンカー工法がこれに分類される。

【主要諸元】

ラディッシュアンカー工法の主要諸元を以下に示す。

- ・用途 : 地山補強土擁壁、仮土留め、斜面強化等
- ・適用土質 : 岩・玉石及び礫質土以外の地盤を対象とする
- ・掘削高さ : 10m 程度まで
- ・補強芯材 : FRP ロッド
- ・補強材長さ : 1～8m 程度
- ・補強芯材径 : $\phi 35\text{mm}$ 程度
- ・削孔径 : $\phi 300\sim 500\text{mm}$ 程度
- ・のり面工 : コンクリート壁など

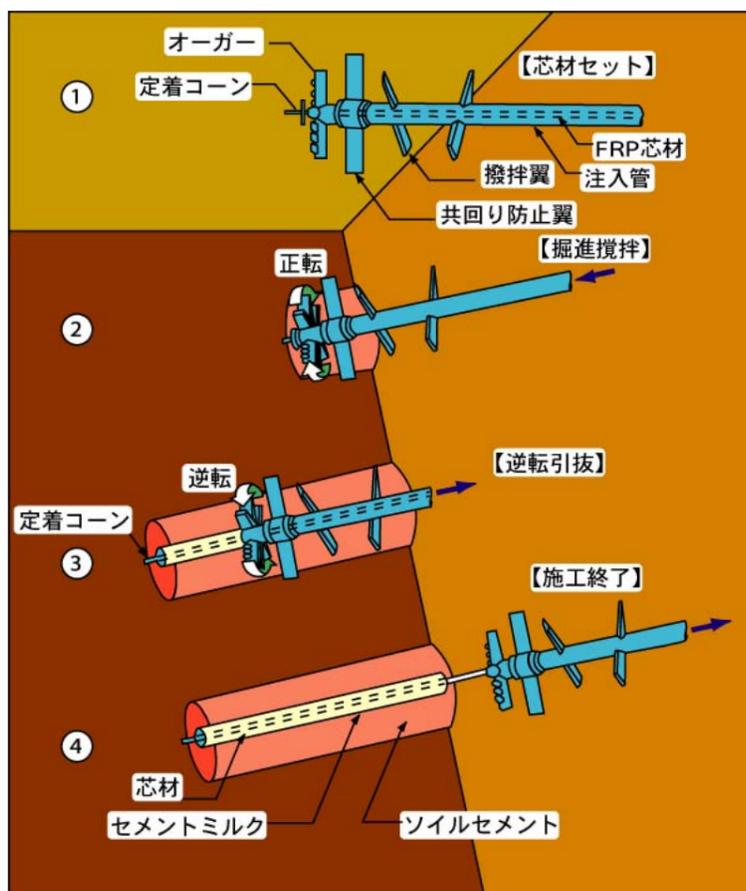


図-5.2.3 ラディッシュアンカー工法 (NETIS ホームページより)

5.3 リサイクル・安定処理工

5.3.1 概要

リサイクル・安定処理工とは、発生土に添加材を加え、場内で有効利用するための工法や添加材料のことである。これらは主に物理的、化学的に改質され、石膏、セメント、ポリマーなどが活用される。

NETISでは、土工、安定処理工、軽量盛土として登録されている。これを土木学会の分類（安定処理工、残土処理工、再生材料）に変換して分類表を作成し、調査研究を実施した。この結果をまとめたものが表-5.3.1と表-5.3.2である。表-5.3.1は新技術の概要と効果を簡単にまとめたもので、表-5.3.2は単価や処理能力など具体的な数値を拾い出したものである。

5.3.2 NETIS 調査結果

NETIS登録工法を調査した結果、この分野に該当するものとして72種が登録されていることが判明した。その調査表は表-5.3.1である。

この表からわかることは、工法・材料区分、開発目標、実績、価格、工期低減率など、技術の基本的な概要である。つまり、この表を活用することで、技術者が現場で活用したい技術を探し当てることができる。低減率がマイナスで記入されている技術は、従来技術と比較して非効率であることを示している。

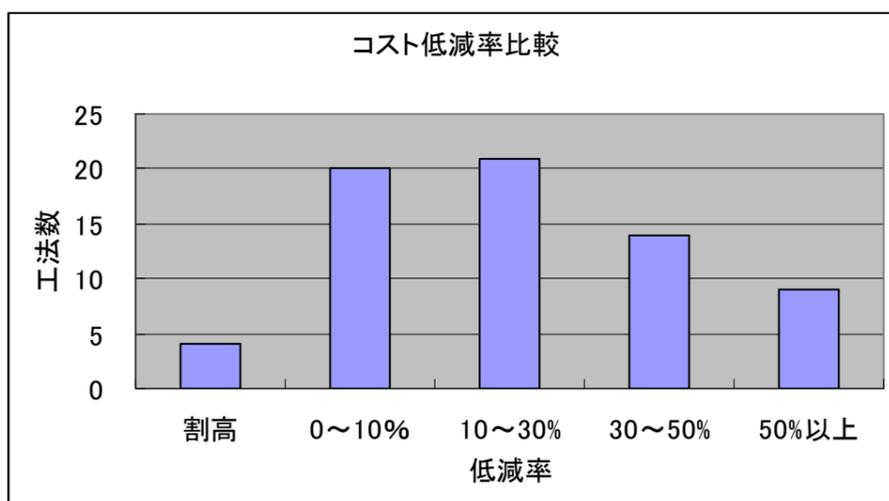


図-5.3.1 コスト低減率集計結果

調査結果の中から、30%以下のコスト低減率の技術が多いことがわかる。中には、80%低減した技術もあった。一方、価格も高く、工期も長いという技術もある。これは、発生土を完全にリサイクルするためには捨て土置換えより不利になることが原因である。

表-5.3.2 詳細調査表（リサイクル・安定処理工）

No.	技術名称	登録番号	概要(副題)	材料・工法区分	添加剤の種類	会社名	活用効果							最大処理量	必要面積	対応土質	その他特徴	
							施工単価(単位)	単価の区分	経済性低減率(%)	工程低減率(%)	比較対象	周辺環境への影響						
1	無機系土質改良工法	CB-000003-A	泥土と現地発生土の再利用	工法	GEOビースター	田口技術研究所	8,267	円/m3	材工	57	0	廃棄処理	同程度	100kg/m3添加	-	有機質土	有機質土とセメントをつなぐ	
2	FTマッドキラー工法	CB-010011-V	泥土を瞬時に改良して再利用	工法	PS灰	フジタ	4,020	円/m3	材工	17	50	石灰改良	向上	180kg/m3添加	-	有機質土	中性	
14	砕・転圧盛土工法	CB-050042-A	底泥土を固化処理して堤体を改良	工法	セメント系	フジタ	6,623	円/m3	材工	33	8	購入土置換え	向上	100m3/日	1600m2	溜池底泥等	トレンチャー混合	
20	ReSM工法	CB-980075-A	発生土からソイルセメントを製造・打設	工法	-	熊谷組	9,257	円/m3	材工	27	47	購入土置換え	向上	110m3/日	200m2	泥土～砂れき質土	狭隘地施工可	
32	プラント混合方式固化処理工法「ザンドックス工法」	HK-030017	軟弱土を固化処理し再利用	工法	-	宇部興産	2,200	円/m3	工費	0	0	バックホウ混合	向上	500m3/日	-	軟弱粘性土	鉄鋼スラグ活用	
28	OER工法	CG-070009-A	自走式土質改良機を用いた土質を改良	工法	-	大歳組	1,984	円/m3	材工	3	44	粘性土	向上	160m3/日	3m×20m	軟弱粘性土	鉄鋼スラグ活用	
41	ドラムミキシング工法	HR-010003-A	浚渫土の管中混合固化処理技術	工法	セメント系	本間組	1,799	円/m3	材工	4	78	バックホウ混合	向上	831m3/日	水面	含水比110%以下粘土	混練性が高い	
49	トウリフレッシュシステム	HR-990011-A	浚渫土有効利用のための連続土質改良システム	工法	セメント系	本間組	8,187	円/m3	材工	7	0	グラブ浚渫	向上	425m3/日	水面	泥土	排送距離700m	
66	SC工法	KK-060024-A	スベント・カーバイトによる土質安定処理	工法	スベント・カーバイト	エス・シー	15,000	円/t	材料費	14	0	生石灰	向上	-	-	制限無し	重金属不溶化可能	
67	万能土質改良機による建設発生土再利用システム	KK-980012-V	土質性状の異なる建設発生土を組み合わせて粒度や含水比を改善	工法	なし	コトー	1,288	円/m3	材工	56	0	土入替え	向上	120m3/h	500m2	ペルコン移動可能土	2～3種の土を混合し粒度調整	
70	スラリーモルタル管内充填工法	KK-990003	管内埋め戻し充填材の泥水リサイクル工法	工法	セメント系	住友電設	13,000	円/m3	材工	19	29	フローサンド	同程度	100m3/日	15m×15m	粒径0.5mm以下	500m圧送可能	
90	ジェットパウダーグラウト(JPG)工法	KT-050074-A	粉体充填工法	工法	-	浅沼組	18,000	円/m3	材工	10	24	CBモルタル	向上	-	2.5×10m	空洞箇所	浮力防止	
97	MMB工法(マルミキシングバケット工法)	KT-070025-A	浅層地盤改良	工法	-	福田組	1,949	円/m3	工費	33	33	トレンチャー式	同程度	330m3/日	100m2	軟弱地盤	フロー値調整必要	
110	流動化処理工法(LSS工法)	KT-990318-A	締め不要な土構造構築法	工法	流動化材	流動化処理研究機構	11,164	円/m3	材工費	5	50	山砂埋め戻し	向上	生コン同等	無制限	粒径40mm以下	フロー値調整必要	
114	自走式土質改良機	KT-990459-A	そのままで利用できない建設発生土を固化材等で改良	工法	万能	日立建機	2,266	円/m3	材工費	11	43	バックホウ	向上	135m3/h	3.0×12.5m	砂～粘土	自走式	
118	リベ-スジョイント工法	QS-030004-A	路床・路盤工にFe石灰系処理材を用いた長寿命舗装	工法	粒調Fe処理材	エフエス石灰技術研究所	9,561	円/m2	材工費	3	13	Fe石灰工法	向上	180m2/日	-	-	-	振動低減
142	汚泥改良工法	SK-990021-V	建設汚泥を団粒固化させ再利用を可能とする処理技術	工法	マデックス	国際環境技研	7,500	円/m3	材工費	44	0	産廃処理	向上	500m3/日	400m2	汚泥	水槽で構構	
121	中性化固化改良工法	QS-030034-V	泥土を改良機と固化材を用いて同時に改良、再資源化するシステム	工法	石膏	富士機	5,113	円/m3	材工費	56	0	場外処理	向上	700m3/日	-	浚渫土	pHは中性	
144	現場再生シマルツサ	TH-010019-A	移動式プラントで建設汚泥を造粒固化処理した改良材	工法	水溶性ポリマ	ジャイフット	12,821	円/m3	材工費	50	0	山砂埋め戻し	向上	120t/日	15m×15m	汚泥	-	
146	ポンテラン工法	TH-020042-V	高含水比汚泥リサイクルシステム	工法	古新聞	森環境技術研究所	3,563	円/m3	材工費	10	50	セメント固化	向上	-	-	高含水汚泥	古紙で水分吸収	
148	WBS工法(ウッドチップ・ベーススタビ工法)	TH-020045	建設発生木材をリサイクルする路床安定処理工法	工法	木材チップ	大日本コンサルタント	4,750	円/m3	材工費	28	0	置換え	向上	-	-	現地発生土	セメントでテップ不防防止	
150	高含水土固りリサイクルシステム	TH-020053-A	建設汚泥の粒状固化処理工法	工法	不明	信幸建設	12,700	円/m3	材工費	30	30	場外処理	向上	150m3/日	300m2	含水比200%以下	中性	
3	土壌改良材(ハーデン)	CB-010039	汚染土壌以外の土壌を改良し再利用	材料	クリンカーアッシュ	アグロジャパン	900	円/m3	材工費	46	0	生石灰	向上	50kg/m3添加	-	-	有機質土、粘土	中性
4	エコハード(中性固化材)	CB-030044	現地発生土を中性化し再利用	材料	石膏	チヨダウーテ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	有機質土、粘土	中性
6	泥土再資源化技術 E3(イクキューブシステム)	CB-030057-V	高含水の建設汚泥を粒状に改質	材料	-	-	11,831	円/m3	材料費	38	0	-	向上	-	-	-	-	-
10	土壌改良材「ジサンダー」	CB-040012	現地発生土を中性に改質し、再利用	材料	石膏	石原産業	35,000	円/t	材料費	37	48	セメント	向上	-	-	-	有機質土、粘土	中性
17	テフィックス	CB-980051-A	現地土の改良及び粉塵の抑制	材料	テフロン	NIPPOコーポレーション	25,500	円/t	材料費	-132	0	セメント	向上	-	-	-	粘性土は注意	粉塵を99%抑制
18	固化処理工法(デイクンシステム)	CB-980056-A	汚泥を固化処理し再利用	材料	-	東洋建設	5,584	円/m3	工費	14	90	BH浚渫船	同程度	125m3/h	40m×20m	泥土	-	
21	建設発生土の流動化処理埋戻し工法	CB-980077	発生土を流動化処理し再利用	材料	流動化剤	大成建設・エースコン	12,563	円/m3	材工費	8	10	購入砂水締め	向上	-	5m×19m	砂質土	ポンプ車打設	
34	FDライ	HK-040006	不良土の土質を改良	材料	フライアッシュ	北海道電力	1,166	円/m3	材料費	32	0	高炉セメント	向上	-	-	高含水比土	スラリー使用可	
35	フライアッシュを利用した建設汚泥の再生工法	HK-040007	泥土をフライアッシュで改良し再利用	材料	フライアッシュ	北海道電力	12,000	円/m3	工費	29	0	産廃	向上	-	-	高含水比土	重金属対策は別	
44	環境に安全な無機系固化材	HR-050022-A	建設副産物の適正固化処理によるリサイクル促進	材料	-	-	4,500	円/m3	材料費	-26	-29	-	向上	-	-	-	-	-
53	ナイダスト(防塵セメント)	KK-010047-A	発塵量を低減した普通ポルトランドセメント	材料	フッ素樹脂	麻生ラファージュセメント	480	円/袋	材料費	23	0	セメント	向上	-	-	-	制限無し	近畿地区のみ供給
60	Mソイル	KK-040049-A	砕砂製造時に発生する脱水ケーキをリサイクルした粒状路盤材	材料	なし	森組	1,450	円/m3	材料費	3	0	クラッシュヤ	向上	-	-	-	-	西宮から50km以内で販売
7	建設発生土リサイクル装置	CB-030073-A	高含水の建設汚泥を粒状に改質	材料	-	-	11,400	円/m3	材料費	49	47	-	向上	-	-	-	-	-
9	自走式土質改良機「リソイルマン」	CB-030085	現地発生土を改良装置で改良	工法	セメント系	住友建機	1,441	円/m3	材工	26	50	バックホウ	向上	記述無し	4m×11m	レキ～泥土まで	前処理スクリーン搭載	
94	環境配慮型高性能自走式土質改良機	KT-060115-A	再利用に適さない建設発生土を現場内で処理し再利用	工法	万能	キャタピラ三菱	1,549	円/m3	材工	12	33	バックホウ	向上	120m3/h	3.0×12.5m	砂～粘土	自走式	
58	エスソイル	KK-040042	高品質流動化処理土	材料	なし	日本興産	5,819	円/m3	材料費	0	65	流動化処理土	向上	200m3/日	-	軟岩まで	解こう機械を使用したプラント	
72	多機能性硬化剤プロテックスS(ケミソール)	KT-000033-A	天然土舗装用硬化剤	材料	セメント系	綿半インテック	4,353	円/m2	材工	29	14	購入土	向上	200m2/日	機械毎	現場発生残土	-	
92	マッドクリーン(ペーパーラッジ系中性土壌固化剤)	KT-060032-V	製紙焼却灰利用で植栽を可能とする土質改良固化剤	材料	ペーパーラッジ	ベストウエイ	2,500	円/m3	材工	0	73	石灰	向上	-	-	植生する軟弱土	pH=7～8	
74	ケークル	KT-010001-A	無機性汚泥の再生利用システム	工法	石灰系	氣工社	2,068	円/m3	材工	54	0	生石灰	向上	200m3/日	機械毎	含水比100%までの脱水ケーキ	-	
83	マッドラップ工法	KT-010211-V	泥土の急速脱水減容固化処理技術	工法	-	宇部興産	3,338	円/m3	材工	9	0	フィルタプレス	向上	800m3/日	台数毎	高含水粘土	脱水と固化が同時	
37	ヒ素汚染土壌の不溶化剤	HK-060003-A	ヒ素汚染土壌を薬剤を添加し改良	材料	石膏	イーエス総合研究所	2,800	円/m3	材料費	8	85	高炉セメント	向上	-	-	砒素汚染土	不溶化材料	
45	HGS短繊維混合補強盛土工法	KK-020007	現地発生土を利用したのり面緑化工法	材料	ポリエステル繊維	土木研究センタ	9,124	円/m2	材工	-156	-79	芝張り	同程度	-	工法毎	粘土～砂質	耐侵食性能向上	
31	「すきとり土」の現場内選別工法	HK-030003-V	すきとった土を分別し、再利用	工法	-	あすなる道路	3,410	円/m3	材工	38	33	場外処分	向上	50m3/日	200m2	粘土は含水比25%以下	凹凸ブレード装備	
25	オディクレーン工法	CG-000030	泥土を固化材を使用して粒状土に改良	工法	特殊固化材	オディクレーン工法協会	10,000	円/m3	材工	23	0	捨土+購入土戻し	向上	34m3/h	9m×18m	レキ～粘土～有機土	クラッシュヤ	
85	袋詰脱水処理工法	KT-020065-V	ジオテキスタイル製袋に高含水比土を充填して脱水を促進	工法	なし	土木研究センタ	6,610	円/m3	材工	39	0	機械式脱水	向上	100m3/袋	袋サイズ毎	流動性のある土	汚染土封じ込めも可能	
100	サンプスター工法	KT-070082-A	泥土の減容化・土壌化工法	工法	石膏	みらい建設工業	6,096	円/m3	材工	25	0	機械式脱水処理	同程度	100m3/日	バックホウ面積	含水比200%泥土	コーン指数200kN/m2以上	
111	ツイスター工法	KT-990355-A	埋戻し材料の破砕と添加物混合を同時に行う	工法	万能	日本国土開発	2,600	円/m3	工費のみ	9	9	スタビライザ	向上	75m3/h	7×30m	粘土～砂～レキ土	固定式	
153	オデッサシステム	TH-980015-A	建設汚泥等造粒化再資源化施設	工法	天然ポリマー	オデッサ・テクノス㈱	14,867	円/m3	材工	41	0	産廃処分	向上	60m3/日	10tセルフ荷台	レキ～粘土まで	パッチ式で排水無し	
154	浚渫土砂処理システム	TH-990072-A	高圧脱水減容システム	工法	なし	大豊建設㈱	7,616	円/m3	工費のみ	17	0	安定処理	向上	-	-	-	-	
42	アルカリ土壌中和剤「ドクターペーパー」	HR-020030-A	建設発生土のアルカリ土壌中和剤	材料	中和材	インターファーム	4,180	円/m3	材工	66	70	客土置換	向上	機械毎	機械毎	アルカリ汚泥	生じた塩類は難溶性	
63	高含水泥土用粒状固化剤SX280	KK-050105-A	高含水泥土用粒状固化剤	材料	アクリル酸塩系	日本船媒	7,680	円/m3	材工	51	0	産廃処理	向上	40m3/日	機械毎	含水比500%泥土まで	短時間粒状化	
19	スーパー・バキューム・プレス(S・V・P)	CB-980068-A	汚泥を真空加圧脱水して再利用	工法	-	前田建設工業	5,300	円/m3	工費のみ	18	0	フィルタプレス	向上	100m3/日	5m×130m	汚泥	セメント混入土の脱水可	
23	自走式スクリーンBM3618SおよびBM595F	CB-990005	発生土を篩い分けし再利用	工法	-	小松製作所	500	円/t	工費のみ	80	-65	ダンプ残土処理	向上	500t/h	15m×15m	フルイ用土	自走式	
65	すきとり表土草根分別装置	KK-060007-A	すきとり表土を分別し、土砂を盛土材料に再利用可能とする装置	工法	なし	コトー	1,890	円/m3	材工	59	0	産廃処理	向上	120m3/日	100m2	レキ～粘土	草根と土の分別	
50	底面脱水(BDF)工法	HR-990040-A	埋立浚渫土の早期脱水工法	工法	なし	株木建設	3,028	円/m3	材工	5	58	天日乾燥	向上	40m3/日	2500m2	浚渫土	工期は天日乾燥の1/3	
89	乾風丸	KT-050058-A	ロックフィルダムのコア材強制乾燥	材料	-	-	20	円/m2	-	77	43	-	向上	-	-	-	-	
5	再生砂	CB-030054	汚染土壌を焼成処理し再利用	材料	なし	サン・ピック	950	円/m3	材料費	13	0	山砂	向上	-	-	-	-	1100℃焼成
24	製砂泥土を利用した再生土「リソイル」	CG-000024-A	製砂汚泥を安定処理し再利用	材料	-	-	4,300	円/m3	材料費	2	0	-	向上	-	-	-	-	-
46	SRC路盤材	HR-060006-A	建設汚泥(セメント系)を造粒固化した路盤材	材料	セメント系	山隆組	6,000	円/m3	材料費	65	-200	産廃処理	向上	-	-	-	無機汚泥	pHは1ヶ月で低下、補載可
82	サンドウェーブ(リサイクルガラス造粒砂)	KT-010157-A	廃ガラスびん及びガラスくずの造粒砂化	材料	-	ガラスリソーシング	1,688	円/m3	材料費	10	0	天然砂	向上	-	-	-	-	密度は含水比の影響を受けない
109	N-ラット(建設系無機汚泥再生資材)	KT-990235-A	建設系無機汚泥中和処理リサイクル建設資材	材料	固化材	新産業研究所	2,100	円/m3	材料費	22	0	再生砕石	向上	-	-	-	盛土材料	pH=7.0前後
122	改良土くん	QS-030037	建設系無機汚泥をリサイクル改良した埋め戻し材	材料	脱水のみ	吉井環境センタ	1,300	円/m3	材料費	13	0	真砂土	向上	-	-	-	-	脱水処理土
123	土壌安定材ステア-Y	QS-030063	無機系土壌安定材によるリサイクルシステム	材料	フライアッシュ	くらば	8,718	円/m3	材工	48	38	汚泥処理	同程度	-	-	-	-	-
124	Hc複合盛土材	QS-040018-A	湿式砕砂汚泥(脱水ケーキ															

5.3.3 リサイクル・安定処理工の分類

(1) 添加材による分類

添加材で分類すると、セメント系、石膏・石灰系、灰系、高分子系に分かれる。表-5.3.2の中から抜き出した値は表-5.3.3のとおりである。リサイクル・安定処理とは、発生土を盛土材料として利用する際の改質工法で、セメント、石膏や高分子などを添加し、攪拌・混合して用いるものであることがわかる。

表-5.3.3 リサイクル・安定処理の添加材分類毎の集計

分類	セメント系	石膏・石灰系	灰系	高分子系
調査件数	7件	7件	6件	9件
登録単価	1,400円/m ³ ～ 13,000円/m ³	2,800円/m ³ ～ 35,000円/m ³	900円/m ³ ～ 12,000円/m ³	1,100円/m ³ ～ 25,000円/m ³

添加材の基本はセメントや石炭灰で、その欠点を補うために石膏や高分子が使用されている。このことは、セメント系の比較対象工法が掘削置換えであるのに対し、高分子系の比較工法がセメント改良となっていることからわかる。登録単価のバラツキが大きいのは、添加材のみの材料単価から工事費全体の単価まであり、統一されていないためである。そこで、単価区分の欄に材工費、工費のみ、材料費のみの区分を表に追加した。

(2) 特徴と施工能力による分類

これら新技術のセールスポイントのキーワードとしては、中性、長距離搬送、高含水比対応、重金属不溶化、高脱水施工などが記述されている。このことからリサイクルのニーズが化学的に安定で施工しやすいものをもとめていることがわかる。

施工能力は、40m³/日から 200m³/日の工法が多い。一部 500m³/日以上以上の工法もあり、最大値は 831m³/日となっている。この値を月当りの施工能力に換算すると、17日稼働と仮定して、700m³/月から 14,000m³/月となる。また、データを散布図にすると、日施工量が多くなると単価が低下する傾向がわかる。

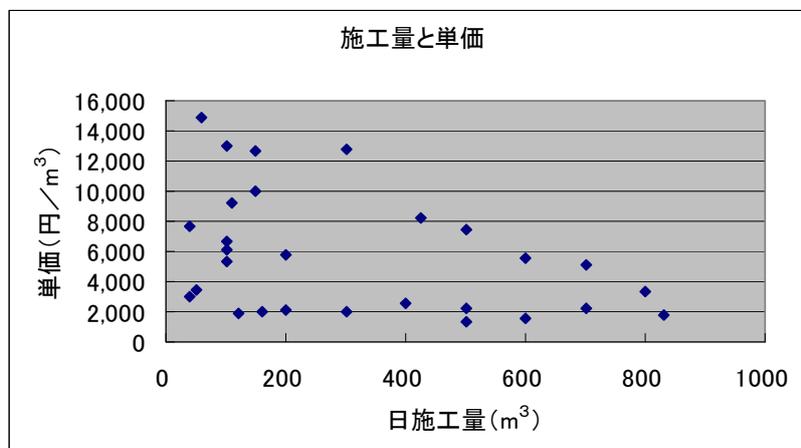


図-5.3.2 日施工量と単価

5.4 盛土工

5.4.1 概要

盛土工に関する NETIS 登録技術は主に、①盛土補強土工、擁壁工などで盛土の安定化を図る技術、②盛土自体の荷重を軽くする軽量盛土技術、③盛土の品質を確保するための施工管理技術等に大別できる。

なお、盛土の安定化を図る技術では、登録件数の多い盛土補強土工について取りまとめを行った。

5.4.2 NETIS 調査結果

(1) 盛土補強土工

表-5.4.1 に、盛土補強土工に関する調査表を示す。

盛土補強土工は、環境、景観をキーワードとした技術と周辺環境を開発目標とした技術が数多く登録されているのが特徴である。

(2) 軽量盛土工

表-5.4.2 に、軽量盛土に関する調査表を示す。

軽量盛土工は環境、リサイクルをキーワードとした技術が数多く登録されているのが特徴である。

(3) 施工管理

表-5.4.3 に、施工管理に関する調査表を示す。

施工管理では、トータルステーションや GPS を用いた情報化施工の技術が数多く登録されているのが特徴である。

なお、ここで紹介する技術は、NETIS のキーワード検索により抽出したものである。各工法についての適用性は、参考文献 ¹⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾などを参照していただきたい。

5.4.3 盛土補強土工の分類

盛土補強土工は補強盛土および補強土壁に分類されるが、登録件数の多い補強土壁について取りまとめを行った。

5.4.3.1 補強土壁

補強土壁は、裏込め部に敷設された補強材と裏込め材との間の摩擦抵抗力などで壁面の安定を保つ工法である。NETISの登録では、補強材の種類、壁面形式を組合せた様々な工法、材料、製品があり、主に補強材と壁面形式で分類した(表-5.4.1 分類3及び4参照)。

補強材は、ジオグリッド、関連製品、複合製品、鋼材等が主に用いられている。

壁面形式は、コンクリートパネル形式、コンクリートブロック形式、鋼製枠形式等が用いられている。

①関連製品⁵⁾

関連製品とは、ジオテキスタイル関連製品のことであり、ジオグリッドおよびジオネット以外で、透水性のあるシート状または帯状の高分子材料からなる製品である。

調査表では、「高強度帯状ジオシンセティック パラリンク」などがこれに該当する。

②複合製品(ジオコンポジット)⁵⁾

複合製品とは、ジオグリッド、ジオネットなどを任意に組合せて一体とした複合製品。単一製品の長所をお互い組合せて必要な機能を発揮させたものである。

調査表では、「セルシート」などがこれに該当する。

5.4.4 軽量盛土工

軽量土盛土工は、軽量盛土材の種類によって分類するのが一般的である。ここでは、人工素材、発生材、混合処理に分類した(表-5.4.2 分類2参照)。

①人工素材

発砲スチロールや気泡モルタル(気泡混合)などの軽量材を用いたもの。

②発生材

天然に発生する材料および産業活動等で発生する材料を軽量盛土材として用いるもの。

③混合処理

土に直径1~3mm程度の球状の発砲ビーズなどを混合するもの。

5.4.5 施工管理

施工管理は、盛土の締固めをシステム化した技術と無人化施工に関する技術があり、これらについて分類した(表-5.4.3 分類2参照)。

5.5 のり面保護工

5.5.1 概要

のり面保護工は、後述する日本道路協会「道路土工 切土工・斜面安定化工指針(H21)⁸⁾」(以下道路土工)の分類によると、主に、のり面緑化工と構造物工に大別できる。

このうち、のり面緑化工では、播種工、植栽工、苗木設置吹付工があるが、ここでは主に播種工について取りまとめた。また構造物工では、金網張工、のり枠工、擁壁工などのうち、主にのり枠工について取りまとめを行った。

なお、調査結果については、整理の都合上、NETISによる分類ではなく道路土工の分類に沿って取りまとめた。

5.5.2 NETIS 調査結果

(1) 播種工

表-5.5.1 に、播種工に関する調査表を示す。

播種工は、厚層基材吹付工、客土吹付工、植生マット工、種子散布工とその他に分類した。

厚層基材吹付工については、最も多くの件数が登録されており、いずれも基材に現地発生材やリサイクル材を用いた工法が登録されている。基材の製造過程で、堆肥化するものとししないもの、現場内で製造するものと工場で製造するものなどの差異がある。

また、客土吹付工、種子吹付工についても、厚層基材吹付工と類似した傾向が見受けられた。

植生マット工については、天然素材を用いて植生が進んだ後マット自体が生分解するものやリサイクル材を活用した工法が多い。植生基材注入工法についても、厚層基材吹付工と同等の材料を注入する工法があった。

なお、表右欄に各工法の特徴を追記した。

(2) 構造物工

表-5.5.2 に、構造物工に関する調査表を示す。

構造物工には多くの工法があるが、擁壁工、地山補強工、グラウンドアンカー工等については、切土工、盛土工で取り扱うこととし、金網張工と枠工について取りまとめた。

金網張工は、法勾配を切土勾配よりも緩くするために階段状に客土できる工夫がされているものや、植生が繁茂した後に金網自体が生分解する材料を用いたものなどがある。

枠工については、間伐材や粗朶を枠として利用するものや、クrimp金網の型枠の形状を工夫した吹付枠、型枠を軽量化したものなどがある。なお、コンクリート擁壁工が1件あるが、プレキャスト受圧板を地山に挿入した固定ボルトで固定し、階段状に植栽ポケットをつくる工法である。

5.5.3 のり面保護工の分類

5.5.3.1 分類

表-5.5.3 に道路土工の分類による前項の NETIS 調査件数と着目点を示す。今回の調査では、これらのうち、主にのり面緑化工に関する技術とのり枠等の構造物工に関する技術に着目し調査表右欄に記載した。のり面緑化工のうち NETIS では播種工に関する工法が多く登録されており、構造物工では、金網張工、プレキャスト枠工、吹付枠工について取りまとめを行った。

表-5.5.3 のり面保護工の分類

道路土工 切土工・斜面安定化工指針(H21)による のり面保護工の分類		NETIS 調査 件数	着目点								
			種子の 種類	補助工法 (金網等) の有無	袋・マット の 材質	基盤材料 の種類/ リサイクル	堆肥化 の有無	材質	材料の 加工場所 製造場所	最大勾配	
のり面 緑化工 (植生工)	播種工	種子散布工	4	○	○						○
		客土吹付工	8			○	○			○	○
		植生基材吹付工(厚層基材吹付工)	51				○	○			○
		植生シート工									
		植生マット工	9			○					○
		植生土のう工									
		植生基材注入工	4			○	○				○
	植栽工	張芝工									
		筋芝工									
		植栽工									
	苗木設置吹付工										
構 造 物 工	金網張工	3						○		○	
	繊維ネット工										
	柵工										
	じゃかご工										
	プレキャスト枠工	5						○		○	
	モルタル・コンクリート吹付工										
	石張工										
	ブロック張工										
	コンクリート張工										
	吹付枠工	2						○		○	
	現場打ちコンクリート枠工										
	石積、ブロック積擁壁工										
	かご工										
	井桁組擁壁工										
	コンクリート擁壁工	1		○				○			
	連続長繊維補強土工										
	地山補強土工										
グラウンドアンカー工											
杭工											
その他											
	計	87									

5.5.3.2 播種工の分類と特徴

ここでは、調査件数の多かった播種工についての技術的な傾向について述べる。

播種工では、種子散布工を除く各工法とも、現地発生木材や発生土などを再利用して基材を製造する工法が多い。

現地発生木材に着目すると、細かく裁断しチップ化した木質材を堆肥化したのち施工するタイプと堆肥化せずに施工して施工場所で堆肥化するタイプ、その中間の各タイプがある。堆肥化す

るタイプでは、施工現場に堆肥化ヤードを設けるタイプとチップ化したのちに工場に搬入して堆肥化するタイプがある。堆肥化しないタイプでは、現地でチップ化した直後に施工できる。

発生土の利用については、現地発生土を利用する工法は現場内で基材を製造するタイプが多く、浄水場で発生する汚泥クッキーや湖沼堆積物などを利用する工法については、それらを工場に持ち込み袋詰めにするタイプが多い。袋詰めするタイプは、発生場所とは異なる現場で使用する資材として流通されている。

侵食防止剤、接合材については、調査表に記載していないが、フライアッシュ、ベントナイトなどの無機系材料、高分子系樹脂などの有機系材料、竹繊維など生分解する短繊維や長繊維などで物理的に基材の成分を接合させるものがあった。

植生基材の製造方法についての特徴を表-5.5.4にまとめた。

表-5.5.4 植生基材の材料と製造、使用場所

材料	土、土壌分	現場発生材/浄水場汚泥クッキー/湖沼堆積物など
	木質分	現場発生材/購入材
	結合剤(材)	有機系/無機系、繊維系
	保水材	使用する/使用しない
	種子,肥料	—
	その他	—
製造	堆肥化	する/しない
	加工場所/混合場所	現場内/現場以外
	加工状態	バラ/袋詰め
使用場所	発生材採取地/別の場所	

参考文献

- 1) 社団法人土木学会土木施工研究委員会：第7回新しい材料・工法・機械講習会講演概要～最新の切土・盛土工法の現状と設計施工のポイント～、1997
- 2) 社団法人地盤工学会：グラウンドアンカー設計・施工例 第一回改訂版、2005
- 3) 社団法人地盤工学会：地盤工学・実務シリーズ5 切土法面の調査・設計から施工まで、1998
- 4) 財団法人土木研究センター：補強土(テールアルメ)壁工法 設計・施工マニュアル、
- 5) ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル、
- 6) 多数アンカー式補強土擁壁工法 設計・施工マニュアル、
- 7) 社団法人日本道路境界：道路土工 擁壁工指針、
- 8) 社団法人日本道路協会：道路土工 切土工・斜面安定化工指針、2009