第 20 回(令和 3 年度)技術報告会 北海道土木技術会 土質基礎研究委員会

> 土質基礎に関する「持続可能な社会に向けた 地盤環境に関わる我が社の貢献」技術報告会

> > 報告集

令和4年2月

主催 北海道土木技術会 土質基礎研究委員会

目 次

セッション

a-1	圧入工法の施工事例:地すべり地におけるアンカー付き鋼管杭による恒久対策 1 株式会社 技研製作所 山口 雅史、岡田 充弘
a-2	環境配慮型プラスチック製雨水地下貯留浸透施設『ジオプール工法』
a-3	のり面省力化吹付工法「スロープセイバー」の紹介
セッ	ションb
b-1	地盤改良技術を用いた土壌・地下水汚染の浄化対策技術26 株式会社 不動テトラ 萩野 芳章、髙田 将文、長谷川 拓也
b-2	国産バイオマスを使用したプラスチックボードドレーンの物性変化 ·······33 錦城護謨 株式会社 三成 昌也、小栁 勇也
b-3	地盤環境対策としての地盤改良工事例
-	資料
編集	委員より

圧入工法の施工事例:地すべり地におけるアンカー付き鋼管杭による恒久対策

株式会社技研製作所 山口 雅史*1

株式会社技研製作所 岡田 充弘*2

1. はじめに

わが国では、令和元年房総半島台風(2019.9)や東日本台風(2019.10)といった大型台風の上陸に伴う、記録的な豪雨により自然災害が増加、甚大な被害が発生している。このため、被災した都市インフラを早急に復旧すること、復旧後の構造物は防災面が強化されていることが喫緊の課題であり、その課題を克服するための有効な施工技術の一つとして、反力杭方式の圧入工法がある。とりわけ先端リングビット付きの鋼管杭を回転させながら圧入する回転切削圧入(ジャイロプレス工法®)と傾斜地、不整地、水上など制約条件下において、施工に必要な工事機械が杭上を自走するノンステージングシステムは、その実績数を増やしている。

本稿で紹介する一般国道 19 号信州新町水内地区では、2017 年の台風 21 号(1991 年以降の台風で初めて超 大型の状態で日本に上陸)、同 22 号の影響により、地すべりに伴う路面崩壊が発生した。被災箇所は、緊急災 害時の輸送経路であるため、復旧工事の期間中は片側交互通行を確保することが課題となった。このような条 件下において、恒久対策として使用するアンカー付き鋼管杭工の鋼管杭を、前述の技術を用いて設置した事例 を紹介する。

2. 被害の概要 1)

(1) 国道 19 号信州新町水内地区の概要

国道 19 号は、愛知県名古屋市を起点とし、長野県長野市を終点とする総延長 272.6km の一般国道である。 そのうち、長野県生坂村から長野市間は犀川に沿って急峻な山間を並走していること、加えて地質が脆弱なため地すべり、土石流、法尻洗掘などの災害が発生しやすい区間となっており、国土交通省において防災事業が進められている。信州新町水内地区は上記区間において、犀川(一級河川)の屈曲部(図-1)に位置する。



図-1 被災箇所 (地図:https://www.google.co.jp/maps)

^{*1} Masafumi YAMAGUCHI 札幌市北区北七条西 4 丁目 5 番地 伊藤 110 ビル 704 室 ・ TEL 011-374-7261

^{*2} Mitsuhiro OKADA

大阪府大阪市西区阿波座2丁目1番1号 大阪本町西第一ビルディング6階

[•] TEL 06-6537-1616 • FAX 06-6537-6900

(2) 台風 21 号、22 号の気象概況

a) 台風 21 号 2)

台風 21 号は 2017 年 10 月 23 日 3 時ごろ超大型で強い勢力の状態で静岡県御前崎市付近に上陸、その後、暴風域を伴ったまま、東海地方および関東地方を北東に通過したのち、同日 9 時には福島県沖に抜け、北海道の東で温帯低気圧に変わった。上陸時の中心気圧は 950hPa、最大風速は 40m/s を記録した。超大型の勢力を保っての台風の上陸は、確実な記録の残る 1991 年以降で初めてのことであった。

長野県では、台風や前線の影響で北部と南部を中心に豪雨となり、当該現場のある信州新町では、10月22~23日までの降水量は112.0mmを観測した。

b) 台風 22 号

マリアナ諸島付近で発生した台風 22 号は、2017 年 10 月 28 日に暴風域を伴って沖縄地方を北上した後、29 日には勢力を維持したまま本州の南海上を北東に進み、30 日 0 時に三陸沖で温帯低気圧となった。中心気圧は 975hPa、最大風速は 30m/s を記録した。台風の中心が陸地から離れていたことから、21 号のような豪雨にはならなかったが、宮崎県では記録的な大雨となった。

10 月後半の遅い時期かつ短期間で、複数の台風が我が国に上陸、接近することは異例のことであった。台風 21 号、22 号の影響をうけ、当該区域では地すべりに伴う路面陥没が発生した。

(3)被災状況1)

幅 40m、斜面長 40m、すべり面深度 10m の地すべりが信州新町水内地区にて発生した。地すべりの頭部は道路、正面から右側方部には橋梁(水篠橋)が位置し、末端部は犀川河床に認められた。この地すべりに伴い、国道 19 号の道路中央線から 2m 山側まで段差亀裂が発生した。

被災当初は、道路川側斜面が数cm/日で変動していたが、降雨を伴う地下水位上昇と末端部の河川浸食の影響で急激に変位量が増加し、10~70 cm/日まで加速した。

3. 恒久対策および施工方法の検討

(1) 恒久対策の検討¹⁾³⁾

被災地の恒久対策として、以下の3案が検討された。

a)押え盛土工

押え盛土工は、原則として地すべり土塊の末端部に盛土を行うことにより、地すべり滑動力に抵抗する力を増加させるものである(図-2)。盛土部の下方斜面に潜在性の地すべりがある場合には、これを誘発する可能性がある。このため、押え盛土の設計に当たっては、盛土部基盤の安定性についての検討を行う必要がある。

盛土位置での地下水の透水層が浅部にある場合、または地すべり末端部で地下水が滲出しているような場合には、押え盛土やその荷重によって地下水の出口が塞がれたり、背後部の地下水位が上昇したりして斜面が不安定になる恐れがあるため、地下水の処置には十分注意する必要がある。

地すべり斜面法尻は犀川と近接していること、加えて河川区域内での大規模な土工が必要となることから、 河川への影響が大きいため不適格と判断された。

b) 桟橋の設置

道路河川側の陥没箇所に桟橋を構築し、復旧する案も検討された。

被災後の地すべり面の斜面変動が継続していることが確認されていたこと、桟橋を構築するにあたり地すべり面上では作業ヤードを確保することが困難であったことから、当該現場においては不適格と判断された。

c)アンカー付き鋼管杭工

杭工は、杭を不動地盤まで挿入することによって、せん断抵抗力や曲げ抵抗力を付加し、地すべり土塊の滑動力に対し、直接抵抗することを目的として計画される。地すべり地では、通常、鋼管杭が多く用いられる。最近では外径 1000mm を越える大口径の鋼管杭も利用されるようになり、必要とする地すべり抑止力が大きい場合にも対応できる。加えて、杭頭部にアンカーを設置することにより(図-3)、アンカー頭部に作用した荷重を引張部を介して定着地盤に伝達させ、反力構造物と地山とを一体化させて安定させることが可能である。

本構造物であれば、地すべり末端部にある川側の土塊が浸食によりを消失した場合でも道路の安全が確保できる。また、次に説明する回転切削圧入およびノンステージングシステムを使用することにより、地すべり面のうえに簡易の作業構台を構築することなく、支持層(砂岩、CM級)に鋼管杭を根入れさせ、設置することが可能と判断された。これにより、アンカー付き鋼管杭工が恒久対策として採用された。

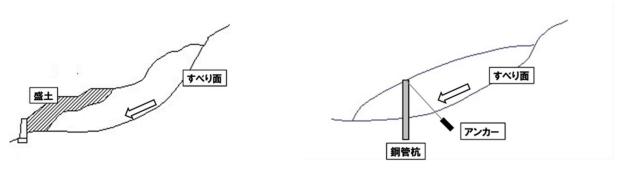


図-2 押え盛土工

図-3 アンカー付き鋼管杭工

(2) アンカー付き鋼管杭工の設計に関する指針・マニュアル

アンカー付き鋼管杭を用いた擁壁の構造設計は、一般的に下記の文献が準拠される。当該工事においても同様とされた。

- · 道路土工 擁壁工指針,公益社団法人 日本道路協会,平成24年7月⁴⁾
- · 道路土工 盛土工指針,公益社団法人 日本道路協会,平成 22 年 4 月 5
- ・ 地すべり鋼管杭設計要領,一般社団法人 地すべり対策技術協会,平成15年6月改訂版の
- ・ グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説, 公益社団法人 地盤工学会, 平成 25 年 5 月 ⁷⁾
- ・ 地すべり対策技術設計実施要領,一般社団法人 斜面防災対策技術協会,平成 20 年 4 月 8)

4. 鋼管杭の施工方法の紹介 9)

(1)回転切削圧入(ジャイロプレス工法)

回転切削圧入は、先端リングビット付きの鋼管杭を回転させながら圧入する技術で砂質土、粘性土、砂礫地盤はもとより、岩盤などの硬質な地盤および地中障害物(鉄筋コンクリート構造物)を切削しながら、鋼管杭を施工する(図-4、5)。適用杭径は外径 600mm から 2500mm までである。連続壁でなく、鋼管杭を一定の間隔に離して設置したい場合、スキップロックシステムを用いることにより、鋼管杭径(D)に対して杭芯の間隔を最大 2.5D まで離して施工できる。

また、鋼管杭の回転切削圧入後は、杭間の背面側からの土砂流失の防止や締切り内の止水性を確保する等の必要性に応じて、掘削後の杭間にプレートを溶接する、施工機械で等辺山形鋼、小口径鋼管を挿入する等の対応が可能である

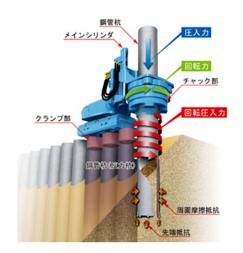


図-4 回転切削圧入(ジャイロプレス工法)



図-5 鉄筋コンクリートの切削状況

(2) ノンステージングシステム

鋼管杭の搬送・吊り込み・圧入という連続作業を全て完成杭上で行うノンステージングシステムにより、 工事の影響範囲を杭上の施工機械幅と施工基地のみとすることが可能である。また、施工機械は既設の杭をつかんで自立しており、転倒の危険性は極めて低い。

ノンステージングシステムの概観図を図-6、当該現場での機械編成を図-7に示す。

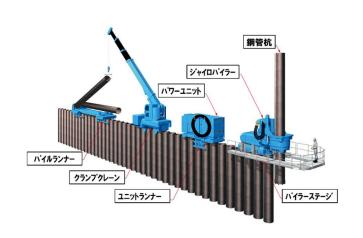


図-6 ノンステージングシステムの概観図

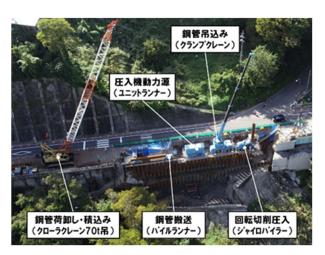


図-7 ノンステージングシステムの機械編成

5. 鋼管杭の施工状況

(1) 施工計画

2018年に実施された国道 19 号信州新町水内災害復旧工事に関して紹介する。当該工事では地すべり後の地盤面から計画路面までの高低差が 12.6mと大きかったことから、恒久対策として鋼管杭(材質 SKK400、外径 800mm、杭長 31.5m、2 箇所継ぎ、42 本)の施工、道路舗装盤の切断や破砕等の既存構造物の撤去、交通管理等の仮設工が計画された。加えて、追加の応急対策工として土留め仮締切り工(鋼矢板VL型、杭長 11.5m、40

枚) も計画された。

施工計画の策定段階では、詳細計画、構造設計の照査、現地踏査、測量等の準備工、構造物の撤去、鋼管杭の設置、仮設工を 2018 年 5 月中旬から同 12 月初旬までの 7 カ月間で実施することが計画された(追加の土留め仮締切り工は 10 月に計画)。このうち鋼管杭の製作期間は 2 カ月間、鋼管杭の設置に 2.5 カ月間が見込まれた。なお、当該工事には、杭間の処理およびアンカーの取り付け工は含まれず、別工事となったため、本稿では鋼管杭の施工に関して紹介する。

(2) 地盤条件

既往の地質調査資料および標準貫入試験の結果(図-8)をもとに作成したアンカー付き鋼管杭の標準横断図を図-9に示す。

鋼管杭は支持層(砂岩、CM級)に1D(m)以上、根入れさせることが条件であった。

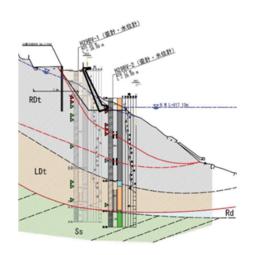


図-8 地質および標準貫入試験結果

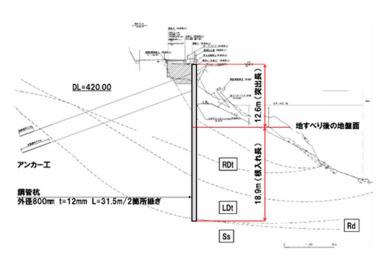


図-9 アンカー付き鋼管杭設置の標準横断図

(3) 施工手順

鋼管杭の施工は下記の手順にて実施された

- ① 交通誘導警備員を配置し片側交互通行とすることにより、道路川側をクローラクレーンおよび資材一式の作業基地として確保
- ② クローラクレーン (70t 吊級) を作業基地に据え付け、反力鋼矢板の設置に必要な機材を搬入
- ③ 反力用鋼矢板を圧入(写真-1)
- ④ 反力鋼矢板の設置のための機材を撤去、クレーン付きトラックにて鋼管杭の施工に必要な機材を配置
- ⑤ 反力用鋼矢板へ鋼管杭施工用の反力架台を取り付け(写真-2)
- ⑥ 反力架台上にて、3 分割で搬入された回転切削圧入機(以下、ジャイロパイラー®)を組み立て(写真-3)
- ⑦ ジャイロパイラーおよびクローラクレーンにて15本の鋼管杭を施工
- ⑧ 既に設置済みの鋼管杭上にノステージングシステム(クランプクレーン、パイルランナー®、搬送用軌道等) を据え付け(写真-4)
- ⑨ ノンステージングシステムにて37本の鋼管杭を施工(写真-5)
- ⑩ 鋼管杭の施工が完了したのち、機材一式はクローラクレーンによる撤去可能位置まで後退自走
- ⑪ 資機材の撤去および搬出

当初の計画通り、2018年5月10日から同12月5日までの7か月間で竣工した。



写真-1 反力用鋼矢板の圧入



写真-2 鋼管杭施工用の反力架台の取り付け



写真-3 ジャイロパイラーの組立



写真-4 クランプクレーンの組立



写真-5 ノンステージングシステムでの鋼管杭施工

(4) 材料の品質管理

a) 鋼管杭の品質管理

鋼管杭などの材料は製鉄所から当該現場に搬入された段階で、品質管理の検査を実施した。

目視と計測による現場での外観検査により、変形などの欠陥の有無を確認した。表-1 に代表例として杭番号 1、10、20、30、40 の鋼管杭寸法の実測値と許容差に対する判定結果を示す。検査結果から、鋼管杭の外径、板厚、杭長は日本工業規格を満たしていることが確認された。

b) 鋼管杭溶接部の品質管理

当該現場では支持層に鋼管杭を根入れさせる必要があったことから、杭長は31.5mとなった。このため、現場への搬入時は9.0m、10.5m、12.0mと3分割で搬入し、施工現場にてセルフシールドアーク溶接にて結合した。

代表例として杭番号 1、10、20、30、40、41、鋼管杭の現場円周溶接部の検査結果と試験箇所を表-2 に示す。 全溶接個所にて外観検査と染色浸透探傷検査を、溶接 20 箇所ごとに任意 1 箇所で超音波試験を実施した。尚、 染色浸透探傷審査と超音波検査の概要を表-3、4 に示す。

(5) 鋼管杭設置後の出来形管理 10)

設置された鋼管杭が発注者の意図する規格基準に対して、どの程度の精度で施工されたか管理するため、a)鋼管杭の天端高さ、b)鋼管杭の根入れ長、c)鋼管杭芯の偏芯量およびd)鋼管杭の傾斜の出来形管理を実施した。

a) 鋼管杭の天端高さ

各鋼管杭の天端高さは、並走する国道の路面起伏に応じた基準高(設計値)を設定している。当該工事では、 基準高±50.00mmの規格値を満たすよう、標高確認のための測量機器を使用して、鋼管杭の打ち止め高さを管理した。

鋼管杭の規格値と実測後の平均値、最大値、最小値、標準偏差を表-5 に示す。その差異は-18.00 から 12.00mm、平均して-4.00mm(標準偏差+6.51mm)であり、回転切削圧入での鋼管杭の施工が基準高に対して高精度であることが確認できた。

b) 鋼管杭の根入れ長

鋼管杭の根入れ長の検査結果を表-6 に示す。設計値以上、実測値が確保されていることが条件であり、鋼管 杭全数が規格値を満たしていることを確認した。

c) 鋼管杭の偏芯量

当該区間で設置した鋼管杭の偏芯量に関する検査結果を表-7に記載する。

要求された規格値は 100 mm 以内である。測量から、鋼管杭の偏芯量は 7.00~74.00 mm、平均して 30.00 mm /本(標準偏差±19.69)であり、十分な施工精度が確保されていることが確認された。

d) 鋼管杭の傾斜

鋼管杭の傾斜を測定した結果を表-8に示す。なお、傾斜の規格値は1%以内である。

測量から、鋼管杭の傾斜は $0\sim0.6\%$ 、平均して0.2%/本(標準偏差 ±0.16)の傾斜であり、十分な鉛直性が確保されていることが確認された。

表-1 鋼管杭寸法の実測値

杭	杭	外径	板厚	杭長	全長	判定
番号	位置	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	刊足
	下杭	801	12.22	12.029		
0	中杭	800	12.25	9.026	31.588	合格
	上杭	800	12.20	10.533		
	下杭	799	12.12	10.535		
1	中杭	802	12.11	9.032	31.603	合格
	上杭	801	12.13	12.036		
	下杭	800	12.09	12.030		
10	中杭	800	12.20	9.030	31.590	合格
	上杭	801	12.08	10.530		
	下杭	800	12.07	12.035		
20	中杭	800	12.11	9.035	31.608	合格
	上杭	801	12.09	10.538		
	下杭	800	12.19	12.040		
30	中杭	800	12.24	9.027	31.594	合格
	上杭	801	12.15	10.527		
	下杭	801	12.23	12.035		
40	中杭	800	12.26	9.025	31.595	合格
	上杭	800	12.29	10.535		

· 許容差(日本工業規格 JIS A5330-1994)

外径: $\pm 0.5\%$ 、板厚: +規定なし、-0.8mm、

杭長:+規定なし、-0mm

・ 鋼管杭の設計寸法

外径:500mm、板厚:12mm、

杭長:下杭12.0m/10.5m、中杭9.0m、上杭10.5m/12.0m

表-3 検査仕様(染色浸透探傷検査)

適用規格	JIS-Z-2343	判定基準割れ及びそれに類する
過用規格	J15-Z-2343	利足基準 有害な欠陥の無いこと
	浸透液	溶接除去性浸透液 R-1AH NT
探傷剤	現象剤	速乾式現像剤 R-1SH NT
	洗浄液	洗浄液 R-1MH NT
	製造元	栄進化学(株)RED-MARK
	検査温度	外気温 30 度
/尼/台十分	前処理方	ワイヤーブラシ溶剤洗浄
探傷方法	法	
・条件	浸透時間	10 分以上
	現像時間	10 分以上

表-2 現場円周溶接部の各検査結果

杭 番号	溶接 番号	溶接位置	外観 検査	染色浸透 探傷検査	超音波 探傷検査
	1	下杭/中杭	合格	合格	
1	2	中 杭 / 上 杭	合格	合格	
10	19	下杭/中	合格	合格	
10	20	中 杭 / 上 杭	合格	合格	
20	39	下杭/中杭	合格	合格	
20	40	中 杭 / 上 杭	合格	合格	
20	59	下杭/中 杭	合格	合格	
30	60	中 杭 / 上 杭	合格	合格	
40	79	下杭/中	合格	合格 (有)	合格(有)
40	80	中 杭 / 上 杭	合格	合格 (有)	

- ・(有)は、有資格者による検査
- ・ 染色浸透探傷検査の対象は全箇所、うち 10%以上は有資格者 にて実施。他方、超音波探傷検査は溶接 20 箇所ごとに任意の 1 箇所を有資格者にて実施。

表-4 検査仕様(超音波探傷検査)

● 探傷機							
探傷器名 RYOSHO UI-S7							
製造番号	U107AS7164						
点検年月日	2017.11.30	2017.11.30					
増幅直線軸	JIS-Z-2353 +0	JIS-Z-2353 +0.5%, -1.1%					
時間軸直線	JIS-Z-2352						
増幅直線線	JIS-Z-2353 +0).5%, -1.1%					
DAC 回路	使用せず	リシ゛ェクション	Off				
● 探触子							
製造所名	検査技術研究所	听					
番号•呼称	XA3666 • 5Z10	x10A70					
点検年月日	毎時						
STB 屈折角、	入射点	70° 10 mm					
不感帯		3mm					
分解能・A2 感	度	4mm 25.5dB					
● 探傷条件							
表面状態	地肌、スパッタ除	去					
使用試験片	STB-3A, RB-41						
探傷範囲	0∼1.0 スキッフ°						
感度規定	RB-41 H 千 80%						
感度補正量	0 dB						
判定基準	JIS-Z-3060 3	類以上を合格と	する (L 検出レ				
	ベル)						

表-5 鋼管杭の基準高に関する判定

測定項目	単位			最大 値	最小 値	標準 偏差	データ 数	判定
基準高	mm	±50.00	-4.00	12.00	-18.00	±6.51	42	合格

表-6 鋼管杭の根入れ長に関する判定

測定 項目	単位	規格値	平均値	最大値	最小値	標準 偏差	データ 数	判定
根入 れ長	mm	18900.00 以上	19003.00	19035.00	18964.00	±13.06	42	合格

表-7 鋼管杭芯の偏芯量に関する判定

測定項目	単位	規格値	平均値	最大値	最小値	標準 偏差	データ 数	判定
偏芯量	mm	100.00	30.00	74.00	7.00	±19.69	42	合格

表-8 鋼管杭の傾斜に関する判定

測定項目	単 位	規格値	平均値	最大値	最小値	標準 偏差	データ 数	判定
傾斜	%	1.00	0.20	0.60	0.00	±0.16	42	合格

(6) 施工・品質管理時の創意工夫

a) 鋼管杭用パイルローラーの使用

災害後の片側交互通行脇の作業基地は狭小であり、鋼管杭をクレーンにて慎重に吊り上げる必要があった。 この課題を解決した工夫が、鋼管杭用パイルローラーの使用である(**写真-6**)。

パイルローラー®を使用することにより、鋼管杭を吊り上げる際に、金属同士の摩擦を低減し、スムーズな吊り作業を行った。また、クレーンの作業範囲を限定することが可能となり、安全性が向上した。

b) 偏芯量計測用アクリル板の使用

鋼管杭設置後の偏芯量の計測において短時間で確認を行えるようアクリル板を使用した(図-10)。

計画された杭芯位置をトランシットにて測量後、鋼管天端にマークする。次に、マグネット付きの水糸を張り、アクリル製計測板を杭の外周に合わせて設置し、交点の X と Y 軸方向の寸法を計測した。アクリル板上には予め、規格値 100%の円が記載されていることから、どの方向に偏芯しているか短時間で確認できた。

当該工事では、前述2件を含めた創意工夫と地域貢献を元請者と専門工事会社が協力して実施した。その結果、平成30年度に完成した工事の中で、特に優れた成績を収めた優良工事と優秀工事技術者として、長野国道事務所(国土交通省関東地方整備局)から表彰された。¹¹⁾





写真-6 鋼管杭用パイルローラーと使用状況



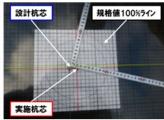


図-10 アクリル製計測板と偏芯量の計測状況

6. まとめ

地すべりの被災箇所における恒久対策としてのアンカー付き鋼管杭工、被災地において鋼管杭が設置可能な回転切削圧入およびノンステージングシステムに関して、以下の有用性が確認できた。

- ・ アンカー付き鋼管杭の連続壁により、仮に地すべり末端部にある川側の土塊が浸食等により消失した場合でも抑制効果を維持できる。
- 回転切削圧入を用いることにより、CM級の砂岩(支持層)に鋼管杭を根入れさせることが可能となる。
- 地すべり地において、ノンステージングシステムを使用することにより、仮設桟橋などの付帯設備を必要

とせず鋼管杭を設置できる。

- 工場生産された鋼管杭を使用することにより、高い剛性と品質を有する鋼管杭連続壁を構築することができる。
- 回転切削圧入で設置した鋼管杭は、基準高、偏芯量および傾斜に関して、高い水準で規格値を満たすこと が可能である。

災害復旧工事では作業スペースの確保が困難であったり、大規模な仮設桟橋や盛り土の構築に工期・工費を費やすといったことが往々にして起こりうる。これに対し、近隣住民の安全と安心を確保しつつ、かつ経済社会に影響を及ぼす交通を阻害しない効果的な対策が求められる。今回紹介した鋼管杭の施工、回転切削圧入およびノンステージングシステムを使用することにより、本案件のような地すべり地(傾斜地)において、国道本線の片側交互通行を確保した状態で、鋼管杭の連続壁を構築できる。加えて、仮設桟橋などの付帯設備が必要とせず、工費を削減し、工期を短縮することも可能である。

最後に、ここで紹介した圧入工法の施工事例が、持続可能な社会に向けた地盤環境に関わる研究者、実務者 にとって参考となれば幸いである。

謝辞:本稿の作成あにあたり多大なご協力をいただいた国土交通省関東地方整備局長野国道事務所、日本工営株式会社および株式会社岡谷組に深く御礼申し上げる。

参考文献

- 1) 草谷恭行,藤原民章,山下孝之,横山隆:滑動中の地すべり地における片側通行を確保した道路復旧工法, 第58回研究発表会(熊本大会),公益社団法人日本地すべり学会,2019
- 2) 長野地方気象台: 平成 29 年台風第 21 号に関する長野県気象速報, URL:https://www.jma-net.go.jp/nagano/topic/topic_2220_1026.pdf (Retrieved on 15 November, 2020)
- 一般社団法人斜面防災対策技術協会: 地すべり対策工法,
 URL:https://www.jasdim.or.jp/gijutsu/jisuberi_gaiyo/taisaku.html (Retrieved on 15 November, 2020)
- 4) 公益社団法人 日本道路協会: 道路土工-擁壁工指針(平成24年度版),2012.
- 5) 公益社団法人 日本道路協会: 道路土工-盛土工指針(平成22年度版),2010.
- 6) 一般社団法人 地すべり対策技術協会: 地すべり鋼管杭設計要領,2003.
- 7) 公益社団法人 地盤工学会: グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説, 2013.
- 8) 一般社団法人 斜面防災対策技術協会: 地すべり対策技術設計実施要領, 2008.
- 9) 国際圧入学会: 圧入工法・設計施工指針 -2020 年版-, 国際圧入学会, 2020.
- 10) 国土交通省関東地方整備局: 土木工事施工管理基準及び規格値, URL:http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr content/content/000743007.pdf (Retrieved on 15 November, 2020)
- 11) 国土交通省関東地方整備局長野国道事務所: 平成 30 年度長野国道事務所 優良工事等の表彰について, URL: https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000751546.pdf (Retrieved on 15 November, 2020)

岡三リビック株式会社 宮原凪沙*1 原田智嘉*2 株式会社日東ジオテクノ 鈴木英治*3

1. はじめに

ジオプール工法は近年各地で発生する急激な集中豪雨(ゲリラ豪雨)による道路の冠水、河川の氾濫防 止対策として設ける地下式プラスチック製雨水貯留浸透槽を簡単な施工で形成するものである。雨水貯 留浸透槽は雨水の流出抑制、水質改善、環境配慮等の多面的な役割を担う。例えば、工場・物流倉庫・郊 外量販店・道の駅などの駐車場に設置すれば、施設の床上浸水対策として有効であり、施設内に大量の雨 水が侵入することによる被害を未然に防ぐことを期待する工法である。

ジオプール工法は地下に2個を1ユニットとした空隙の大きい軽量ブロック(写真-1)を積上げ、上下 左右の接合を継手でつないで連続させる簡単な構造であり、地下空間に空隙率 93%の大規模な雨水一時 貯留施設を造ることが可能である(写真-2)。また、容器包装リサイクル法の適用を受ける再生オレフィ ン系プラスチック(PP、PE)を原材料に使用しており、『エコマーク』を取得している環境に配慮した製 品である。

施工後には 120t レッカー車の通行や大型重機の作業もできる高耐圧強度を有し、軟弱地盤上の置換材 の機能も果たしながら、その強度を活かした施工事例が増加している。

本稿はジオプール工法の特徴を整理し、施工事例について紹介する。

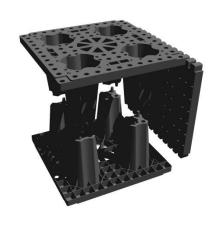


写真-1 ジオプール構成部材



写真-2 ジオプール組立風景

2. ジオプール工法の開発経緯

近年、都市化の進展に伴う道路整備や宅地開発により地面の不浸透化が進み、同時に気象環境の変化に よる豪雨の多発や局地的ゲリラ豪雨の傾向がみられる。一方で、増大する廃棄物を前に、資源を有効に繰 り返し使用する省資源循環型社会が現実のものとなってきている。

これらの変化に対応するため、容器包装リサイクル法の適用を受ける再生オレフィン系プラスチック

- *1 Nagisa MIYAHARA 北海道札幌市中央区北 1 条東 2 丁目 5-8 TEL:011-222-3351 FAX:011-222-3929
- *2 Tomoyoshi HARADA 東京都港区港南 1 丁目 8-27
- TEL:03-5782-9088 FAX:03-3450-5377

- *3 Eiji SUZUKI 東京都町田市中町1丁目 2-2 TEL:042-851-7922 FAX:042-851-7923

(PP、PE) を原材料に用いて、省資源、資源有効活用と効率的な洪水抑制を同時に実現する雨水貯留浸透工法としてジオプール工法を開発した。平成24年には総合治水対策及び水循環再生等に寄与する技術として、雨水貯留浸透技術協会から技術評価認定(雨水技評第26号)を受けた。

3. ジオプール工法の概要

ジオプール工法に使用する部材は2021年8月に公益社団法人日本環境協会よりエコマーク商品認定(日環エコ第210820070号 認定番号21131003)を受けており、地球環境に配慮したプラスチック製雨水地下貯留浸透施設を形成するものである。容リ材(再生オレフィン系プラスチック)を寸法545mm×545mm×H260mmに成型して積重ねて使用し、単体重量は約5kgと軽量で、貯留率93%を確保することができる(表-1)。

ジオプール工法による雨水貯留浸透施設の最大の特徴は鉛直方向許容応力度が 258KN/㎡、水平方向許容応力度が 152.8KN/㎡の高強度を有していることである (表-2)。ジオプール工法に用いる製品自体の強度特性が類似工法と比べて高いことから、T25 ダンプトラックが長期駐車可能であり、施工時においても敷き鉄板を敷くなどの一定の条件の元 70 トン級ラフタークレーン車作業が可能であり、120 トン級のクレーン車の走行も可能である。この特徴を生かして貯留槽上を資材置き場や残土の仮置き、作業スペースとして活用できることから、類似工法と比べて作業工程を短縮できる。

地下に埋設することにより紫外線劣化や熱等による化学的劣化が発生せず、クリープ特性試験結果では 50 年後の予測クリープ歪みも問題なく、適用範囲内においてレベル 2 相当の大地震動に対する耐震性を 有している。

また、土砂補足水透過壁システムを必要に応じて設置することにより、流入土砂を区画内に堆積させ、 点検口より槽内に沈積、付着しているごみ、砂泥を除去することが可能である(図-1)。

表-1 ジオプール工法諸元 (AE-1)

表-2	ジオプー	-ルエ法強度特性
12 4	V / V /	

寸法	545mm×545mm×H260mm
重量	5.0kg±0.3kg
貯留率	93%
最大土被り	3.3m
最大埋設深さ	4.8m

項目	応力度
強度照査用鉛直方向許容応力度	258.0 kN/m²
長期性能照査用鉛直方向許容応力度	60.0 kN/m²
強度照査用水平方向許容応力度	152.8 kN/m²
長期性能照査用水平方向許容応力度	48.2 kN/m²

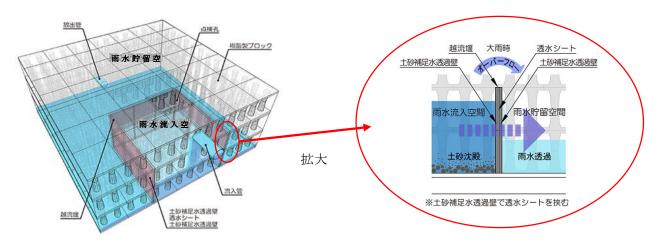


図-1 土砂補足水透過壁システム

4. ジオプール工法の貯留型式

ジオプール工法は保護シートや遮水シートで覆って地下貯留槽を形成する施工の簡単な工 法で、使用するシートや流入・流出施設の組合せによって、貯留型調整池タイプ、浸透型調整池 タイプのいずれの用途にも適用可能である。

● 貯留型調整池タイプ

貯留型のシート構造は、保護シート・遮水シート・保護シートの3重で、災害時の雨水の貯留が出来るため雨水利用も可能で、その場合は保護シート・遮水シート・保護シート・遮水シート・保護シートの5重となる。

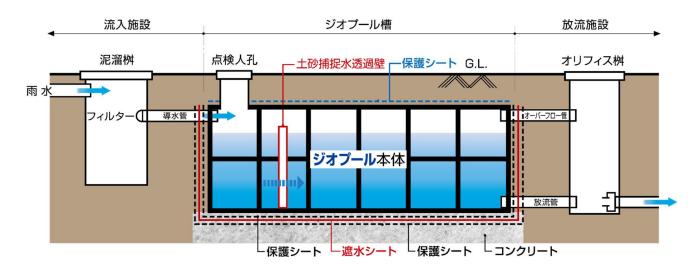


図-2 貯留型調整池タイプ 基本構造略図

● 浸透型調整池タイプ

浸透型は保護シートでジオプール本体を包み、底面及び側面から雨水を地下に浸透させてい くタイプである。

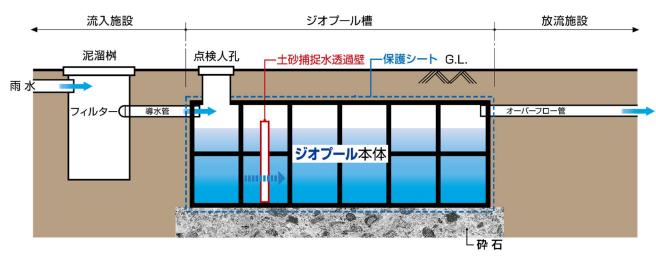


図-3 浸透型調整池タイプ 基本構造略図

5. ジオプール工法の施工手順

ジオプール工法の施工手順を示す。

① 掘削工

ジオプール工法を設置する範囲の床付け高さまで地盤を掘削する。掘削から埋戻し完了までは排水を入念に行う。

② 基礎工

基礎の形式にはコンクリート基礎、砕石基礎、砂基礎などがある。基礎は大きな不陸や勾配をなくし、ジオプール工法を水平に保つとともに、不等沈下による崩壊を起こさないよう十分な地耐力を確保する。

③ シートエ(保護・遮水シートを底面と側面に敷設)

基礎工上面に保護シートを敷設し、保護シート上面に遮水シートを敷設する。遮水シートは貯留施設に用いる。想定される外力や使用条件に対して破損することなく貯留機能を発揮させるため、必要な強度と耐久性および遮水機能を有したものを使用する。遮水シートはジオプール工法本体の外面と周辺地盤との間に敷設し、ジオプール工法本体の全体を隙間なく包囲して使用する。遮水シート同士の接合部から漏れが生じないよう自動熱溶着機にて熱溶着により接合する。エアーチェック試験を行いエアー漏れがないことを確認する。遮水シートの破損を防ぐため、遮水シートの内面と外面を保護シートで包囲する。保護シートの重ね代は100mm以上を確保し、継ぎ目が剥がれないようにバーナーなどで炙り熱融着する。

④ 組立

材料不足が生じないよう納入計画を綿密に行う。1段目の組立精度が最終の出来栄えに影響することから1段目は設計図書に基づいて正確に測量して設置する。片側より2段目以降を組み立てる。必要全箇所にジョイント材を確実に取り付ける。地山との境には側板を取り付ける。高さが1.5mを超える場合は外周足場を設置する。全て組み終えた後に上部の開口部補強材として、ジオプール工法本体上面と遮水シートの間に天板を設置する。本体材料が軽量で人力による運搬組立が可能。

⑤ 点検孔(土砂補足水透過壁システム)

従来雨水貯留槽の外側に設置していた流入桝または沈殿槽に代わって、土砂を補足する点検孔を設置する。貯留槽内の極一部に不織布を貼り付けた隔壁を設けることによって雨水と土砂を分離し、溜まった土砂は上部に設けられた点検用マンホールより定期的に排出することによってジオプール工法のメンテナンス性が向上する。

⑥ シートエ(保護・遮水シートを上面に敷設)

保護シートをジオプール工法本体上面に敷設した後、遮水シートをその上面に敷設し、遮水シートの外面を保護シートで包囲する。遮水シートおよび保護シートは③で敷設した保護シートと遮水シートと溶着させて、ジオプール工法本体の全体を隙間なく包囲する。

(7) 埋戻し

ジオプール工法は極めて軽量な構造物であるため、不適切な埋戻しによって変形、移動、せり上が り等を生じる可能性があることから、埋戻しは細心の注意を払って確実に施工する。



図-4 ジオプール工法の施工手順







① 掘削工 ②基礎工

③シートエ1



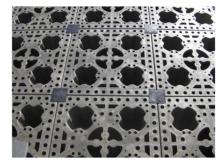




③ シートエ2 (熱溶着)

④組立1(1段目)

④組立2(2段目以降)







④組立3(ジョイント材設置)

④組立4(天板設置)

⑤点検孔(土砂補足水透過システム)







⑤点検孔

⑥シートエ

⑦埋戻し

写真-3 ジオプール工法の施工手順

6. ジオプール工法の施工事例

ジオプール工法の施工実績は、全国約 1,300 件そのうち北海道 11 件、貯留量は全国約 420,000 ㎡そのうち北海道で約 2,000 ㎡である。 ここでは全国の施工実績の中から 5 例紹介する。

(1) 北海道恵庭市の施工事例

北海道恵庭市に株式会社明治の新工場が建設中である。この敷地内の駐車場となるスペース下の二か所にジオプール工法が採用された。地

下水位が高いことから貯留型で施工した。現場ではジオプール工 法の施工と同時に様々な工事が施工されており、大型重機等が頻 繁に通り、多くの資材が必要となる現場条件であった。ジオプー ル工法の特徴である大型車が貯留槽上で、荷捌き、作業等で停車 できることや資材の置き場、残土の仮置きが可能であることが、 このような条件下ではジオプール工法は最適であった。

(2) 東京都板橋区の施工事例

東京都板橋区は、北境に埼玉県との境界を兼ねる一級河川荒川を抱えるのをはじめ、新河岸川、石神井川など複数の河川が東西に流れる地形を抱えている。区では昭和43年から平成25年までの間に集中豪雨や台風等で71回もの浸水被害が発生しており、水害対策は常に同地域の課題となっていた。

特に近年は局地的豪雨の頻発と市街地のコンクリート化アスファルト化に起因する保水・遊水機能の低下が複合要素となって都市型水害の増加につながっていた。例えば同区中台地区は台地上に立地するとともに谷筋も入り組んでおり、地区内の標高差は25m以上にもおよんでいる。豪雨時には特定低地に雨水が集中する状況がみられ、最大1mもの浸水が懸念されていた。

そのため、区の進める区立中台中学校の改築事業に合わせ、都の災害対策計画の一環として同校敷地内に雨水貯留槽を設置することが決定し、浸透型タイプのジオプール工法が採用された。

(3) 愛知県名古屋市の施工事例

愛知県名古屋市に全世界に800店近い店舗を持つ大型会員制スーパー「COSTCO (コストコ)」を出店するにあたり、都市計画法に定める開発行為に相当すること、また現地は至近に流れる庄内川の浸水想定区域に含まれていることから、貯留槽を敷地内に埋設し流入する雨水への対策を施す必要があった。当計画では従業員の出入りに加えてトラックの商品搬入路部分に貯留槽を設置するため、これらの荷重に十分耐えるものである必要があったことからジオプール工法が採用された。

表-3 事例(1)~(5)工事概要

事例	都道府県	施主	貯留量
(1) 北海道	北海道	株式会社明治	① 175m³
	W 2 Z Z 7111	② $95m^3$	
(2)	東京都	板橋区	333m^3
(3) 愛知県	巫和旧	コストコホールセー	1 2403
	发和乐	ルジャパン株式会社	1,348m ³
(4)	大阪府	学校法人常翔学園	306m ³
(5)	広島県	神石高原町役場	1,720m ³



写真-4 事例(1) 現場状況

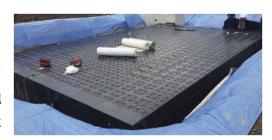


写真-5 事例(2) 現場状況



写真-6 事例(3) 現場状況

(4) 大阪府枚方市の施工事例

摂南大学が 2020 年に農学部を新設するにあたり、雨水災害の対策として貯留槽を設置する計画をしていた。ジオプール工法は容器包装リサイクル法の適用を受ける再生プラスチックを素材として省資源に貢献しつつ、軽量部材を人力で組み上げる簡易に施工できる。さらには養生期間の必要なコンクリート製と比べて大幅なコストダウンと工期短縮が図れる。これらの特徴が現場条件に適合するとして、キャンパス内施設の整備の一環としてジオプール工法が採用された。

(5) 広島県神石高原町の施工事例

広島県神石高原町の役場庁舎は、近年の耐震診断で倒壊の恐れがあると判断されたため、平成29年度より新庁舎建設計画がスタートした。そのさなか平成30年の西日本豪雨の災害の影響を受け、災害対策が重要な課題の一つとなり、新庁舎計画の一環として敷地内には雨水の一次貯留のための貯留槽を設置することとなり、ジオプール工法が採用された。ジオプール工法の上部は来庁舎用駐車場として整備されている。土砂災害が多く防災性を高めた新庁舎は、地域の防災拠点として市民サービスを提供している。



写真-7 事例(4)現場状況



写真-8 事例(5) 現場状況

7. おわりに

公益社団法人雨水貯留浸透技術協会の地下貯留施工実績報告によると、令和 2 年度の地下貯留槽の年間実績は、コンクリート製とプラスチック製を合わせておよそ 4,600 件におよぶ。そのうちプラスチック製は全体の 98%を占める。プラスチック製の累計実績もおよそ 63,000 件となり、今後も需要の増加が見込まれる。

プラスチック製の中でもジオプール工法は製品自体の強度特性が類似工法と比べて高いことから、施工後にジオプール工法の直上を有効活用できる。また、残土の仮置き、資材置き場、クレーンなどの作業ヤードとして活用することで工期を短縮できるだけでなく、関連工事の大幅なコストダウンにも繋がる。ジオプール工法は施工性の良さ、信頼度の高さ、環境に良いという面で今後も更なる活躍が期待できる工法である。雨水災害から人々を守り、安心・安全な住みよい街づくりにジオプール工法が社会貢献し続けられるよう、広く普及させていきたい。

のり面省力化吹付工法「スロープセイバー」の紹介

日特建設株式会社技術開発本部 石垣 幸整*1、西田 昂平*2 日特建設株式会社札幌支店 飯塚 孝之*3

1. はじめに

近年、持続可能な社会を実現するために策定された SDGs への取り組みが、世界的に広まっている。建設業界においても官民間わず様々な取り組みが始まっており、従来の課題でもあった環境負荷の低減や生産性向上への市場ニーズが高まっている。「スロープセイバー」は吹付ロボットと ICT を組み合わせたモルタル吹付工法であり、歩掛りの向上、施工人員の低減による生産性向上が期待できる。特に効果が期待できる適用先としては、大規模法面工事、災害復旧現場の他、産業廃棄物処分場やトンネル掘削に伴い発生する重金属含有土の遮蔽工事等への適用が考



写真 1 スロープセイバー施工状況

えられ、生産性向上だけでなく、環境負荷の低減にも貢献出来る工法だと考えられる。

日本における法面吹付工事は依然として人力作業に頼る部分が多く、機械化が進みICTを活用しているトンネル吹付や海外の法面吹付工事と比較すると生産性が大きく劣っていることは否めない。これは、対象法面の多くが機械化施工の困難な狭隘な施工条件であることも大きな理由の一つではあるが、施工単価が比較的小さく、発注される施工面積も小規模であるため、機械化に伴うイニシャルコストの費用対効果が十分に得られないことも大きな要因の一つであると考えられる。これらのことから、法面吹付工事の労働環境は相対的に向上しているとは言い難い状況となっており、労働力が不足している昨今の情勢から後継者不足も深刻な状況となっている。気候変動による災害の増加により、法面吹付工事の社会的な価値は以前にも増して高まっているが、このような状況を鑑みると今後の継続的な社会貢献に懸念を抱かざるを得ない。「スロープセイバー」のような生産性向上が期待できる工法を用いることで、法面吹付工事の労働環境が改善され持続可能な社会の実現に貢献できることを期待している。

2. 工法概要と特徴

本工法は省力化や高速施工を目的としたモルタル吹付工である。従来の人力によるモルタル吹付工(以下、従来技術)は人力による吹付作業が必要であったが、吹付ロボットによる機械化施工とコンクリートポンプを用いたプラントによる省力化によって、吹付作業において従来技術よりも大幅な工期短縮と省人化が可能となっている。また、人力による法面作業時間を大幅に低減できるため、墜落災害等の危険を大幅に減らすことが可能となっている。さらに、リアルタイムでの吹付厚・吹付面積等の計測が可能となる法面吹付施工支援システムを使用することにより、施工情報の見える化が可能となっている。一方、バックホウ等の大型機械を使用することにより、従来技術よりも適用範囲が狭くなる他、小規模現場への導入は従来技術と比較して経済性が低下する。これらの特徴から、特に大規模現場や災害現場へ適用することで大きな効果が得られることが期待される工法である。本工法の概要を図1に示す。

*1 Yukito Ishigaki	東京都中央区東日本橋 3-10-6	Tel.03-5645-5115	Fax,03-5645-5113
*2 Kouhei Nishida	埼玉県蓮田市大字駒崎 1772-1	Tel.048-766-6066	Fax.048-766-6065
*3 Takayuki Iiduka	札幌市厚別区大谷地東 4-2-20	Tel.011-801-3611	Fax.011-801-3633

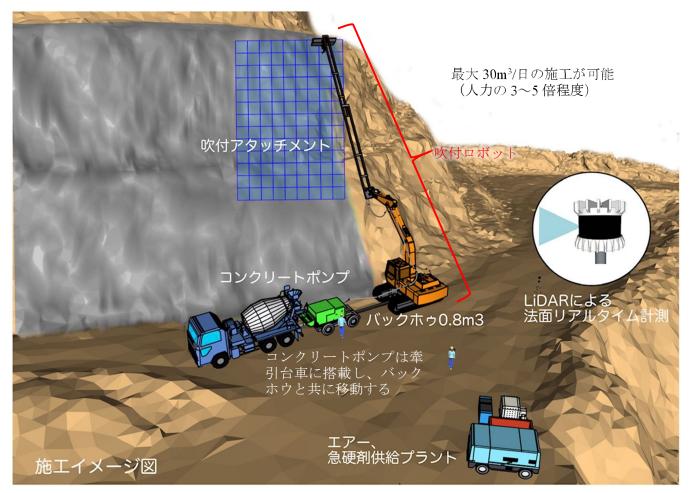


図 1 スロープセイバー工法概要

3. 検討が必要な施工条件

本工法は人力によるモルタル吹付工と同様の地形・地質条件の法面に対して適用が可能であるが、バックホウをベースマシンとした機械化施工となるため、施工条件を十分に照査することが必要である。本工法は現場条件に合わせて、複数の施工方式を設けており、設計・計画の段階で適切な施工方式を選定することが必要である。設計・計画に際し、検討が必要な施工条件を表 1 に示す。

丰	1	検討が必要な施工条件
茲	1	(快引) 少安 加工米件

項目	内容	
進入路	0.8m³BH を運搬する車両の搬入可否等	
施工方式	牽引台車の使用可否等	
適用範囲(法面の直高・勾配)	施工方式に応じた適用範囲の検討	
ホース長、配管長	必要なホース長、配管長の検討	
コンクリートポンプ	施工条件に適合した機種の選定	
施工ヤード	施工に必要な幅員の検討	
プラント設置ヤード	確保できるプラントヤードの大きさや場所の検討	
材料供給	施工日程と日当り目標施工量に対する生モルタルの供給可否	

4. 施工方式

本工法の施工方式を図 2 (牽引式)、図 3 (定置式)に示す。標準の施工方式は牽引式とする。定置式は牽引台車を用いることができない斜路や悪路等の施工条件で採用するが、材料圧送距離について詳細な検討が必要である。また、それぞれの施工方式において 2 種類の吹付アタッチメントを選択することができる。C-17 型は法面 2 段分の施工が可能となる 2 段式マストを備えたタイプであり、C-08 型は吹付ヘッドのみを備えた法面 1 段分用のタイプである。なお、材料供給方式はノズル手前まで材料をコンクリートポンプにて圧送し、エアーと急硬剤を混合する方式である。また、従来技術の現場練りプラントの他、長距離・高所への吹付が可能な HiSP 工法とも組み合わせて施工することが可能である。

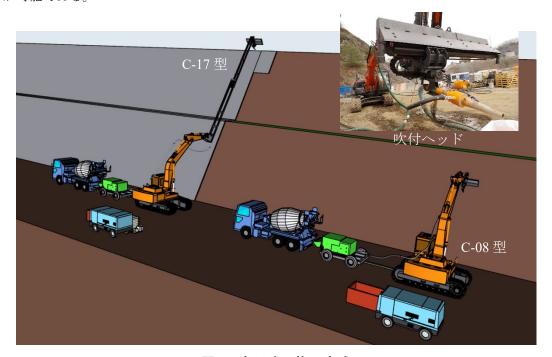


図 2 牽引式の施工方式

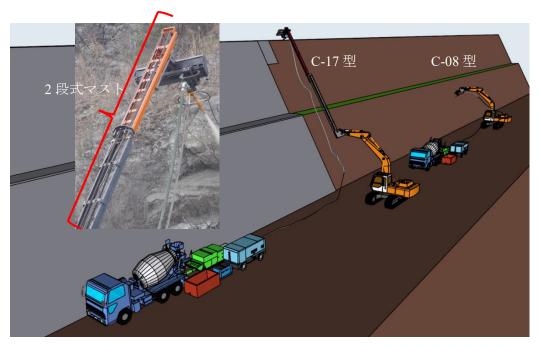


図 3 定置式の施工方式

5. 施工方法

標準の吹付方式概要を図 4 に示す。吹付ヘッドに搭載されたノズルは左右に任意の距離とスピードで往復運動することが可能な構造となっている。また、2 段式マストも同様に任意の距離とスピードで往復運動することが可能となっており、標準の吹付方法はこれらの機構を用いて吹付ヘッドの幅 1 列分(約 2.5m)毎に吹付ける方式とする。1~2 列の吹付が完了したら、次の列を吹付けることができる位置に移動する。ただし、法面の形状が一様で無い場合にはこの施工方法の限りでは無い。吹付厚は検測ピンやスペーサーによる目視確認、もしくは法面吹付施工支援システムのヒートマップ(図 5)を用いて確認する。なお、吹付距離は 2.5~3m 程度を目安とし、平滑に吹付けられるよう適宜調整する。

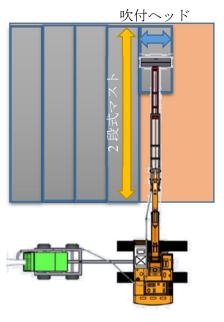
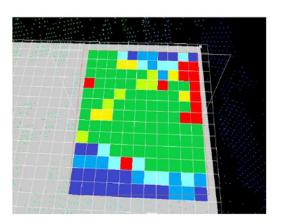


図 4 標準の施工方法概要



吹付厚さをメッシュ毎に色分けすることが可能 (メッシュは 50cm が最小)

図 5 ヒートマップによる吹付厚管理の一例

6. 法面吹付施工支援システム(LiDAR を用いた施工管理システム)

本工法の法面吹付施工支援システムは自動 運転支援技術として近年急速に用いられるようになった LiDAR (Light Detection and Ranging) を用いて、吹付け厚さと面積をリアルタイム計 測・表示することが可能である。写真 2 は計測 状況を示したものである。また、法面吹付施工 支援システムの概要を図 6 に示す。将来的に は、計測した吹付厚や吹付面積を元に施工管理 帳票を出力することを検討している。ただし、 吹付面積に関しては最小で 50cm のメッシュ単 位での計測となるため、小規模現場においては 実面積との誤差が大きくなる懸念がある。ま た、吹付厚の計測精度に関しては実用上問題無



写真 2 LiDAR 計測状況

いことを確認している 1 が、 $_{\rm LiDAR}$ の設置位置等により精度が低下するおそれがあり、事前に十分な設置位置の検討が必要である。

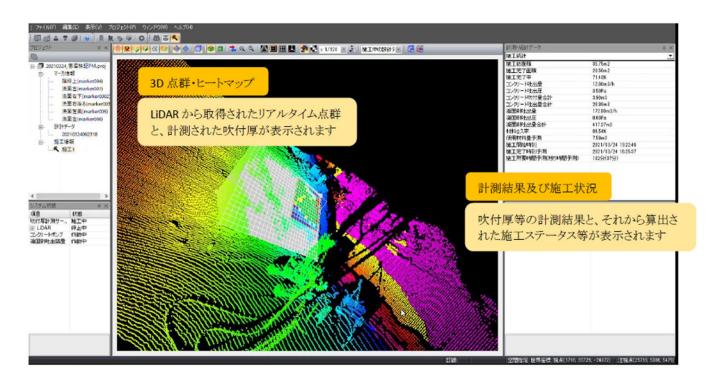


図 6 LiDAR を用いた施工管理システムの計測画面

7. 適用効果(従来技術との比較)

7. 1 経済性

表 2 は北海道での本工法の概算工事費を従来技術と比較した一例である。従来技術を 1 とした場合、本工法の直接工事費は 1.0~1.1 倍となる。本工法の経済性は工期短縮や省人化により向上する部分はあるが、材料費や機械費で低下する割合が大きいため、従来技術と同等もしくはやや劣る結果となる。特に生モルタルが本工法の直接工事費に占める割合が大きく(約 30~50%)、地域によって単価差は大きくなる。また、プラント仮設費が占める割合も大きく、小規模施工(300~350m3 以下)の施工量となる場合は、十分留意する必要がある。なお、北海道ではモルタル吹付工は市場単価が適用されてないが、市場単価の適用されるその他地域においては、従来技術との単価差はやや大きくなる傾向にある。

	直接工事費	備考
従来技術	1.0	

表 2 北海道における従来技術との経済性の比較(吹付厚 10cm、金網張り工含む)

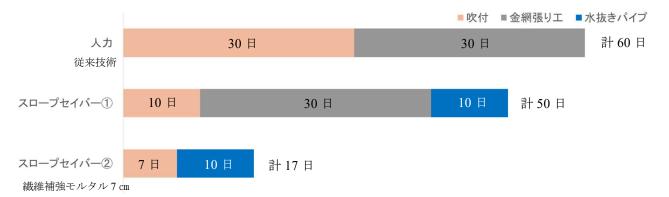
 $1.0 \sim 1.1$

法面施工支援システム含まず

7.2 工程

スロープセイバー

本工法は人力吹付の 3~5 倍の施工能力があり、1 日の施工面積は最大 300m² 程度(吹付厚 10cm の場合)を見込んでいる。そのため、従来技術よりも工程を大きく短縮することが可能である。図 7 は従来技術との比較を示したものである。吹付工のみで比較した場合、30 日の工期が 10 日なることから約 67%の短縮効果となる。金網張り工を含めた形で比較した場合、モルタル吹付工の工程に占める金網張り工の割合が大きいことに加えて、スロープセイバーでは金網張り工時に設置する水抜きパイプを、後設置する必要が生じるため、工程短縮効果が小さくなる。ただし、繊維補強モルタルを使用し、吹付厚を低減し金網張り工を省略することで、大きな工程短縮効果を得ることが可能である。



※従来技術の歩掛りは国土交通省積算基準書(共通編)²⁾より算出 ※スロープセイバーの歩掛りは暫定スロープセイバー技術資料³⁾より算出 ※金網張り工の歩掛りは自社基準により算出

図 7 従来技術とスロープセイバーの工程比較

(施工面積 3,000m² 吹付厚 10cm プラント設置等の仮設工程除く)

7.3 品質

本工法は 1:3 モルタルを標準としており、従来技術で一般的に用いられている 1:4 モルタルよりもセメント量が 多いことから、高強度となり耐久性の面等で品質の向上が期待できる。また、工場練りモルタルを使用することか ら、現場練りプラントを使用する従来技術よりも品質の安定が期待できる。

7. 4 安全性

吹付ロボットによる吹付となることから、吹付作業中の人力法面作業時間はゼロとなり、モルタル吹付工の重大 災害の一つである墜落・転落災害の危険性を大きく低減できるため、安全性は向上する。

7.5 施工性

吹付ロボットの使用及びコンクリートポンプによる材料供給を採用したことにより、法面吹付作業が省力化される他、編成人員が少なくなり省人化される。この結果、施工性は大きく向上する。図 8 は吹付作業時の総作業員数を比較したものであるが、編成人員が9人から4人に低減されることに加え、工期短縮効果も大きいことから、総作業員数は人力によるモルタル吹付工法と比較し約85%の削減となる。ただし、この数値は3,000m²の施工面積を1回の乗り込みで施工したケースを示しており、現場施工条件によっては大きく低下する可能性もある。



※スロープセイバーの人員はスロープセイバー技術資料 3)より算出 ※従来技術の人員は国土交通省土木工事積算基準仮設用モルタル吹付 4)より算出

図 8 吹付作業時の総作業員数の比較

(施工面積 3,000m² 吹付厚 10cm)

7. 6 周辺環境への影響

本工法は生コン工場から出荷される生モルタルを使用することから、現場練りプラントで発生するセメント粉塵による作業環境の悪化のおそれが無く、作業員に対する環境は向上する。また、吹付機の排気に伴う騒音も発生せず、従来は作業中に必要だった耳栓等の保護具の必要が無くなる他、近隣への騒音対策も不要となる。

7. 7 適用範囲

本工法はバックホウを使用した吹付ロボットを使用することから、施工可能ヤード及び施工可能高さ等に大きな制限があり、従来技術と比較した場合その適用範囲は狭くなる。ただし、作業員が法面作業することにより、非常に危険性の高まる災害現場等への適用性に関しては従来技術よりも高いと考えられる。

7.8 適用効果のまとめ

本工法の従来技術に対する適用効果のまとめを図 9 に示す。本工法の特徴は経済性や適用範囲は従来技術よりも 劣る可能性が高いが、工程短縮や省力化・省人化等の効果により従来技術よりも生産性向上が大きく期待できる工 法であると言える。表 3 は概算の直接工事費を労働で得られる成果として算出した生産性を、従来技術と比較した ものである。作業員1人あたりの生産性は約7倍、1日あたりの生産性は約3倍の向上が期待できる。



図 9 スロープセイバーの従来技術に対する適用効果のまとめ

※従来技術を3とした相対評価

表 3 吹付作業における従来技術とスロープセイバーの生産性の比較(吹付厚 10cm、吹付工のみ)

	従来技術	スロープセイバー
作業員1人あたりの概算直接工事費	53,000 円/人	360,000 円/人
施工1日あたりの概算直接工事費	480,000 円/日	1,430,000 円/日

従来技術の算出方法:モルタル吹付工市場単価 ⁵より金網張り工の市場単価 ⁵を除して施工単価を算出、歩掛りは 国土交通省積算基準書(共通編)²、施工人員は国土交通省土木工事積算基準仮設モルタル吹付 ⁴⁾を参照 スロープセイバーの算出方法:スロープセイバー技術資料 ³より算出

8. 今後の開発課題と予定

本工法の開発課題と予定を以下に示す。

- ・法面作業ゼロを目指した、水抜きパイプ設置の代替工法開発
- ・LiDAR の計測情報を利用した施工管理書類の自動出力
- ・適用範囲拡大を目指した施工システムの開発(道路下法面、小規模現場等)
- ・モルタル吹付工以外の吹付工種への適用

9. おわりに

「スロープセイバー」は 2021 年度に現場投入した技術であり、本稿で示した適用効果については 2020 年度まで に実施した実機試験等により確認したものである。したがって、今後実績を積み重ねながらその効果やニーズを検証していく必要があり、その結果からより実用的な工法へ改良していきたいと考えている。

生産性向上は持続可能な社会を実現するために重要な目標の一つであり、SDGs の目標のである「働きがいも成長も」や「産業と技術革新の基盤をつくろう」に直結するものである。法面吹付工事の生産性向上のためには、「スロープセイバー」のようなハード面の取り組みの他、施工管理基準、品質・出来形管理基準等のソフト面の見直しが必要だと考えられ、これらの総合的な取り組みを今後も継続して実施し、持続可能な社会の実現に貢献していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 石垣幸整: 法面吹付自動化に向けた吹付厚計測精度に関する基礎的検証: 第69回砂防学会研究発表会概要集、pp.681-682、2020.
- 2) 一般財団法人建設物価調査会:国土交通省土木工事積算基準書(共通編)令和3年度版
- 3) 日特建設株式会社:スロープセイバー技術資料 2021 (暫定版)、2021 年 4 月
- 4) 一般財団法人建設物価調査会:国土交通省土木工事積算基準 令和3年度版
- 5) 一般財団法人建設物価調査会:土木コスト情報 2021 年 4 月
- 6) 環境省:持続可能な開発目標 (SDGs) 活用ガイド第2版、2020年2月

地盤改良技術を用いた土壌・地下水汚染の浄化対策技術

株式会社不動テトラ 萩野 芳章*1 株式会社不動テトラ 髙田 将文*2 株式会社不動テトラ 長谷川 拓也*3

1. はじめに

土壌汚染対策法の「地下水の摂取等によるリスクに係わる措置」の原位置封じ込めや原位置不溶化、地下水 汚染の拡大の防止、土壌汚染の除去の原位置浄化などに、地盤改良技術が適用できる。

本報告は、これらの措置に対する当社の地盤改良技術とそのための施工技術(地盤改良工法)の適用につい て、紹介するものである。

2. 土壌汚染の措置と適用工法

土壌・地下水の汚染状況や選定する措置、施工条件に応じて、地盤改良技術・施工機を活用した浄化対策等 が可能である。当社の地盤改良は、地中に材料を均一に混合すること、材料を正確に残置することが特徴であ る。原位置浄化や原位置不溶化では、汚染物質と浄化薬剤や不溶化剤が確実に接触することが必要であるため、 均一な混合が重要である。また、透過性地下水浄化壁では、汚染地下水が確実に浄化壁あるいは浄化杭に接触 することが必要となるため、浄化剤を地中に正確に残置することが重要となる。

図 2.1 に土壌汚染対策法の措置に対して適用可能な当社の地盤改良技術をまとめた。ここに示した通り、原 位置浄化や原位置不溶化には、CI-CMC 工法が、さらに地盤が硬質の場合は、CI-CMC-HG 工法が適用できる。 透過性地下水浄化壁は、壁状のタイプと改良杭を千鳥配置した杭状タイプがあるが、杭状タイプに NUP グラ ベルドレーン工法や、中詰め剤を砕石とした SAVE コンポーザー工法が適用できる。

- ① 浄化薬剤などを地盤中で撹拌混合する技術(CI-CMC 工法、CI-CMC-HG 工法)
 - ・還元剤や栄養剤、フェントン試薬や過硫酸ソーダなどの酸化剤や不溶化剤などの様々な薬剤を地盤中に 必要量を均一に混合することが可能で、汚染物質と確実に接触させて反応させることができる。また、深 度方向に薬剤量を変えることもできる。
 - ・透水性の悪いシルトや粘土層など、注入工法では対応困難な地盤に対して直接混練することで浄化が可 能である。
- ② 浄化薬剤などを地盤に残置する技術 (NUP グラベルドレーン工法、SAVE コンポーザー工法)
 - ・還元剤(特殊鉄粉)や栄養剤、吸着剤など、様々な浄化薬剤を深層地盤中に均一に残置することが可能 である。
 - ・浄化と同時に締固め効果による液状化対策としての適用も可能である。
 - ・地下水揚水処理や他の工法と組み合わせることにより、浄化効率の向上(透水性・通気性改善)と同時 に地盤の強化が可能である。

*1 Yoshiaki Hagino 東京都中央区日本橋小網町 7-2 ・TEL 03-5644-8526・FAX 03-5644-8528

*2 Masafumi Takada 東京都中央区日本橋小網町 7-2 ・TEL 03-5644-8526・FAX 03-5644-8528

*3 Takuya Hasegawa 東京都中央区日本橋小網町 7-2 ・TEL 03-5644-8526・FAX 03-5644-8528

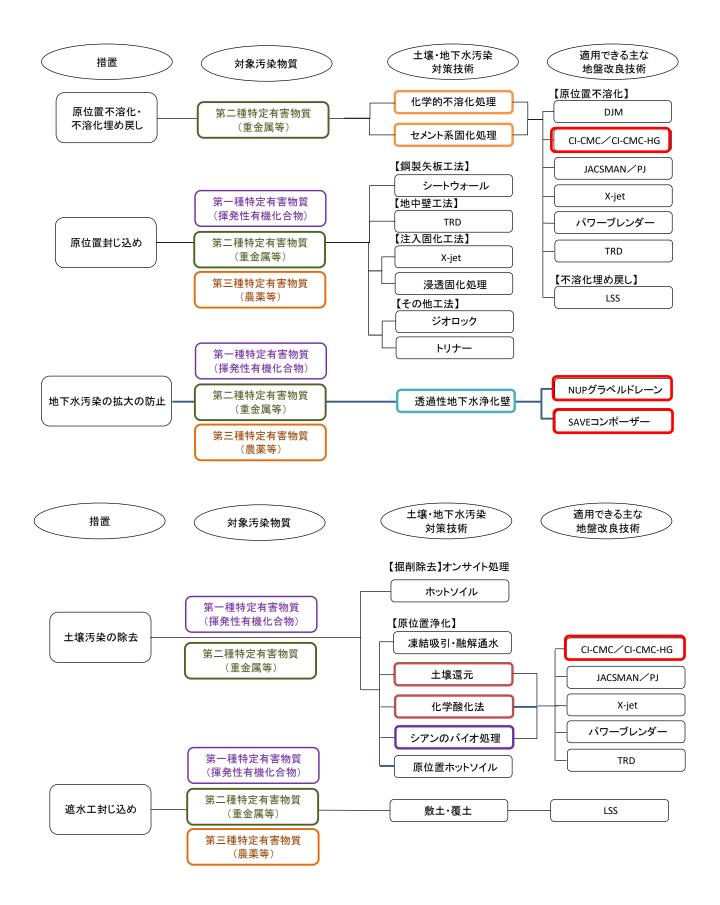


図 2.1 土壌汚染対策法の措置と適用可能な地盤改良技術

これらの中で、CI-CMC 工法を用いた当社の独自の浄化技術である「土壌還元法」について紹介する。

3. 土壌還元法の適用事例

3.1 土壌環元法の概要

土壌還元法は、汚染土壌・地下水に特殊薬剤を混錬または注入することで、原位置の微生物を活性化させ、脱塩素菌(デハロコッコイデス分解菌)による生物的反応と還元剤による化学的反応という、2つのアプローチから、テトラクロロエチレン(PCE)をはじめ揮発性有機塩素化合物(VOCs)を脱塩素化し無害なエチレン(ETH)まで分解させる原位置浄化工法である。

テトラクロロエチレン (PCE)、トリクロロエチレン (TCE) の分解経路を図 3.1 に、土壌還元法の特徴を表 3.1 に示す。

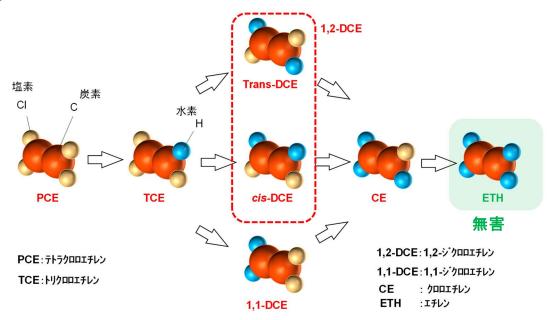


図 3.1 PCE、TCE の分解経路

表 3.1 土壌還元法の特徴

01.低コスト/短期間

- ・汚染レベルに応じて適切な薬剤添加設計を行うことで低コスト化
- ・生物処理のみだと浄化期間が長くなる高濃度汚染も短期間で浄化

02.ハイブリット処理

- ・鉄粉処理だけでは、cis-DCE以降の還元反応速度が低下し、分解困難な場合があるが、土壌還元法はcis-DCE,VCも確実に分解。生物処理により、リバウンドにも対応。
- ・生物活性による還元雰囲気形成により、還元剤の分解機能が長期間持続

03.安全性

- ・添加物は自然界に広く存在する安全な物質。
- ・原位置の微生物を利用する。(微生物を添加しない)

04.浄化保証

・現地の汚染土壌・地下水を用いたトリータビリティー試験で分解が確認できれば浄化を保証

3.2 使用する薬剤

表 3.2 に土壌還元法に使用する薬剤を示した。主材料は栄養剤と還元剤(特殊鉄粉)の2種類の材料であり、 これらの材料を目的に応じて効果的にするための副材として材料が1種類あり、計3種類の材料を使用する。

写真3.1にプラント配置状況を示した。

表 3.2 土壌還元法の薬剤

使用薬剤	主成分	目的
A剤(栄養剤)	グルコース、N、P、K	VOCsを分解する微生物の活性化
Z剤(還元剤)	鉄粉	VOCsを化学的に分解(還元分解)
C剤(保水剤・分散剤)	カルホ*キシメチルセルロース ナトリウム	・Z剤をスラリー状で圧送する際の分散剤・原地盤中での薬剤の拡散防止(粘性のある材料)・不飽和層での水分保持



写真 3.1 プラント配置状況

3.3 実施の手順

図 3.2 に実施手順を示す。実施にあたっては、 図 3.3 に示す影響因子についてそれぞれトリータ ビリティー試験を実施し、薬剤の添加量や施工 方法を決定することで実施工に着手する。

トリータビリティー試験は、現地の汚染土壌と 地下水を用いて、次の3つのステップで実施する。 トリータビリティー試験により、分解微生物 (*Dehalococcoides 分解菌*)の存在が確認され、 阻害性がないことが確認できれば、土壌還元法が 適用できることになる。これらに加えて分解評価 試験により、分解も確認できれば浄化を保証する。

① 遺伝子診断

対象エリア土壌・地下水の分解微生物

(Dehalococcoides) の有無の確認を目的とし、対象 エリアの土壌試料・地下水試料から DNA 抽出・増幅 を行い、分解微生物のもつ特定遺伝子の有無を確認 する。

図3.4 に遺伝子診断の事例を示す。同図は、初期の遺伝子診断に土壌還元法の適用後の約3か月後の

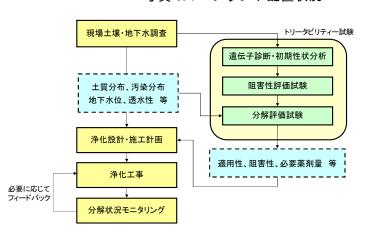


図 3.2 実施手順

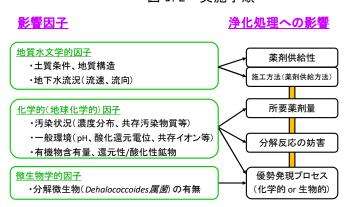


図 3.3 影響印紙

遺伝子診断結果も併記した。この結果、事前診断より Dehalococcoides 分解菌の存在とともに、3 つの遺伝子酵

素も確認されておりエチレンまでの完全分解が示唆された。また、実際に土壌還元法の適用後には、10の2乗オーダーから5乗オーダーまで増殖している。

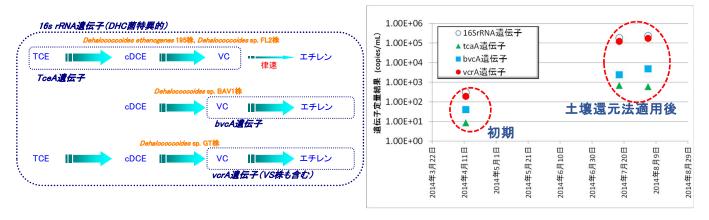


図 3.4 遺伝子診断事例

② 阻害性評価試験

生物分解を阻害する要因が汚染土壌に含まれていないかを把握することを目的とし、生物分解活性の高い集積培養土と対象エリア土壌・地下水を混合したものを用いて分解試験を行い、その分解傾向より阻害性を評

価する。当社独自の方法で一種の加速試験で、 7~10 日で阻害性の有無の確認ができる。

図 3.5 に阻害性評価試験の事例を示す。阻害性評価試験は、現地の土壌と分解菌を増殖させて活性化した土壌を所定の添加割合で混合したものに対して分解試験を実施し、その分解パターンで阻害の有無を判断する。図の左側の分解パターンの場合は、阻害性ないと判断される。

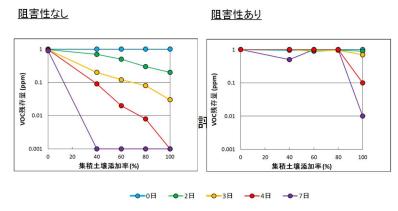


図 3.5 阻害性評価試験事例

③分解評価試験 (コンテナ試験、バイアル試験)

浄化に必要な薬剤量、薬剤配合を把握することを目的とし、対象エリア土壌・地下水を用いて、数パターンの薬剤添加条件で分解試験を行い、必要な薬剤量、薬剤配合を評価する。

図3.6 に超高濃度条件での分解評価試験の事例を示す。

この結果で、適用する特殊鉄粉の タイプと添加量、栄養剤のタイプ

(高濃度用、低濃度用で成分配合割合が異なる)と添加量を決定する。この分解評価試験は、汚染源(高濃度)、低濃度など、汚染濃度と対象物質のケースごとに実施する。

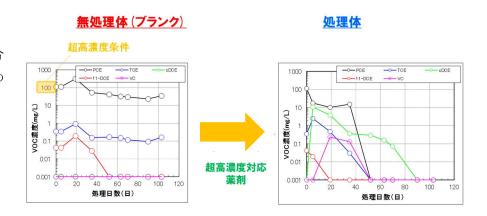


図 3.6 分解評価試験事例

3.4 施工方法

土壌還元法に適用する地盤改良工法は、CI-CMC 工法が基本となる。硬質地盤に対しては、CI-CMC-HG 工法を適用する。 CI-CMC 工法は、エアを用いてスラリーを霧状に吐出する「エジェクター吐出」機構を採用することで、大径で高品質な改良体を造成する深層混合処理工法である。

土壌還元法は、Dehalococcoides 分解菌による生物反応を用いるが、同分解菌は、絶対嫌気性の微生物である。エジェクター方式では、エアを 2.0m3/min 使用するので、その影響を確認している(図 3.7)。同結果より、砂層では、エジェクターの有無で酸化還元電位 ORP は変わらず、粘性土層では、エジェクター有りで ORP は下がっている。

したがって、エジェクターを用いて地盤中にエアが添加されても好気性への移行はなく、嫌気性雰囲気の維持が可能である。

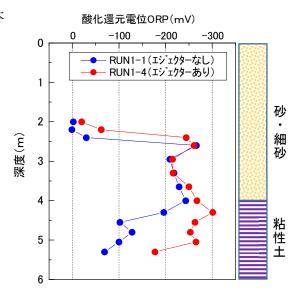


図 3.7 酸化還元電位 ORP の深度分布

3.5 浄化事例

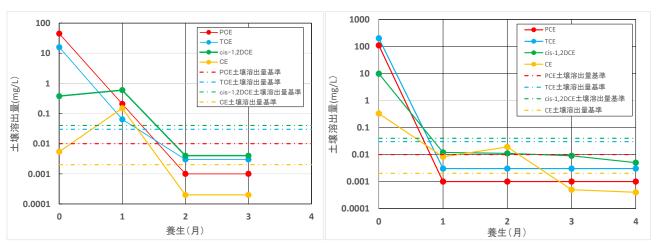
汚染物質や濃度などの現場状況を表 3.3 に示した通りである。汚染源は、非常に高濃度の汚染状況である。地層は、砂層と粘土層の互層地盤である。汚染深度は、最大で 23mで深部まで汚染が拡散している。粘土層に高濃度の VOCs が蓄積している。

施工形態は、透水性の悪い粘土を対象とする範囲は直接混練方式を採用し、CI-CMC工法を用いた。 帯水層を対象とした地下水汚染のみを範囲は、 注入方式を採用した。

表 3.3 現場概要



図 3.8 に土壌の浄化効果を示す。土壌は、3 ヶ月で浄化完了している。なお、地下水汚染は 4~5 か月で浄化完了し、土壌、地下水共に土壌汚染対策法の基準に適合した。



標準薬剤添加領域

高濃度、高 pH 薬剤添加領域

図3.8 土壌の浄化効果

4. まとめ

土壌汚染対策法の各措置に対して、当社の地盤改良技術の適用について簡単に紹介した。また、深層混合処理工法である CI-CMC 工法を用いて、揮発性有機塩素化合物 VOCs による土壌・地下水汚染の原位置浄化である「土壌還元法」について詳細に説明した。

土壌還元法は、生物的反応と化学的反応の相乗効果を狙ったハイブリッドプロセスにより、栄養剤添加に伴う生物的反応による微生物の活性化と地盤を長期間嫌気状態に保つことができる。また、還元剤(特殊鉄粉)添加に伴う化学的反応により、強い嫌気状態を形成し、微生物の完全脱塩素反応を強力にサポートできる。これらの2つの反応の相互作用により、様々な気発生有機塩素化合物 VOCs 汚染や高濃度の汚染に対して完全脱塩素分解を達成することが可能である。これらを達成可能にするのは、CI-CMC 工法による混練技術があるからである。

この他に浄化剤として栄養剤を用いたシアンのバイオ処理にも CI-CMC 工法を適用している。機会があれば紹介したい。

また、VOCs 汚染土壌に対しては、フェントン試薬や過硫酸ソーダなどの酸化剤を用いた原位置化学酸化法にも CI-CMC 工法は適用可能である。

今後も、原位置浄化技術や原位置不溶化技術に対して、当社の特徴のある地盤改良技術を用いて、土壌汚染 対策に取り組みたい。

国産バイオマスを使用したプラスチックボードドレーンの物性変化

錦城護謨株式会社 三成 昌也*1 錦城護謨株式会社 小栁 勇也*1

1. はじめに

軟弱な粘性土の地盤改良工法の一種であるプラスチックボードドレーン(以下 PBD と記す)工法は、ドレーン材の安定性が高いなどの利点から数多くの実績を残している工法である。PBD のドレーン性能を確保するため、芯体を構成するプラスチックには、透水性、引張強度、可撓性といった品質が求められる。

一方、PBD の主材となるプラスチックは、石油から製造されるものであり、 CO_2 排出や石油の枯渇問題とも密接に関連する。建設業に関る一員として、これらの持続可能な社会に向けた取組みに貢献する手段の一つとして、PBD の芯材にバイオマス(天然由来)プラスチックを活用するバイオマスドレーン(以下バイオマス PBD と記す)が考えられる。バイオマス PBD の循環を図-1 に示す。

本報では、バイオマス成分を使用したバイオマス PBD (キャッスルボードエコ K 分解型) を紹介するとと もに、その性能試験結果について報告する。

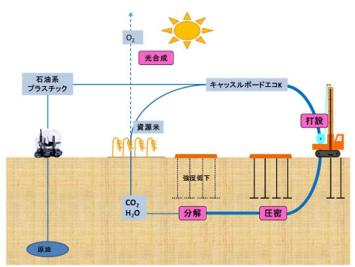


図-1 バイオマスドレーンの循環



写真 - 1 バイオマスを活用した環境配慮型 PBD (キャッスルボードエコK分解型)

2. 材料特性

従来のPBDでは、芯体にプラスチックであるポリオレフィン樹脂を使用していたのに対し、バイオマスPBDでは、米を混合したプラスチックを使用している。実用化されたバイオマス樹脂の中で、米樹脂は唯一の国産バイオマス樹脂である。また、この樹脂に使用される米は、非常時に備えた備蓄米のうち、食用可能な期間を超過した廃棄米や精米後の米ぬか等を使用しており資源米と呼ばれている。資源米の中には家畜飼料、澱粉糊などの工業用に活用されるものも一部あるが、少なくない量が焼却廃棄されており、その有効利用も課題となっている。従って、米樹脂を活用することは、CO2排出量削減や石油の消費量削減のみならず、わが国の主要農産物の一つである米の有効利用にも貢献できることになる。

*1 Masaya Minari 大阪府八尾市跡部北の町 1-4-25 ・TEL 072(992)6630 ・FAX 072(922)4175

*1 Yuya Koyanagi 大阪府八尾市跡部北の町 1-4-25 ・TEL 072(992)6630 ・FAX 072(922)4175

芯体材料の米樹脂は米とプラスチックの混合品である。バイオマス原料は一般的に成型加工が難しい。米樹脂に於いても米単独ではドレーンのような長尺ものの加工は困難であり、堅くて脆く曲げると折れるといった特性がある。

圧密沈下に伴って地盤に追従しながら、一定の排水性を維持させるためには柔軟性を持つ材料(プラスチック)との混合が必要となる。米率による特性を確認するために、バイオマス PBD の使用材料として、米率が30%、50%、70%の3種類とプラスチックに酸化型生分解性樹脂を使用した米率30%、50%の2種類の計5種類を検討した。試料はダンベル試験片を使用し(写真-2)、埋設は腐葉土を使用して行った(写真-3)。引張試験結果を図-2、腐葉土に埋設した際の分解性試験の引張強度経時変化を図-3、重量変化を図-4に示す。米の配合率は多く添加すると引張強度は向上するが破断伸びが低くなり、米率70%ではドレーン破断時の伸び率4%でドレーン材に必要な可撓性が得られない。

埋設試験の結果からは分解性は米率を上げるほど早く分解することが解った。また酸化型生分解性樹脂を使用したものは 18 ヶ月以降で急激な強度低下が見られ、分解が進行することが確認できた。この結果からバイオマス PBD 原料には米率 50% (分解型) を使用した。

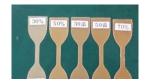


写真-2 ダンベル試験片



写真-3 腐葉土試験方法

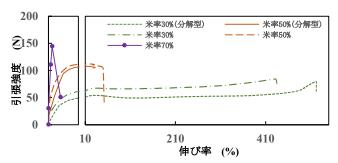


図-2 材料の引張強度と伸び率

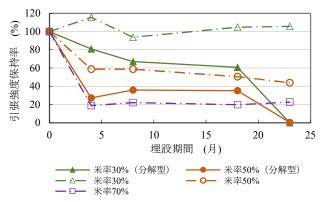


図-3 腐葉土埋設中の引張強度経時変化

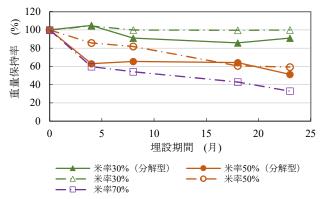


図-4 腐葉土埋設中の重量経時変化

3. 仕様と性能試験結果

バイオマス PBD の性能仕様を表 - 1 に示す。PBD の主要品質である圧密促進効果に影響する透水係数は従来品と同等とした。またドレーン打設機械は従来品と同じものが使用できる。一方、施工性に関与する引張強度は、米樹脂の活用によって従来品よりやや小さい値となったが、実施工において特に問題は確認されなかった。以下に各種物性の試験結果について示す。

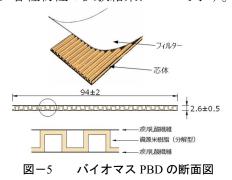


表-1 バイオマス PBD の仕様

IJ	頁目	単位	標準規格
材質	芯体	_	米樹脂(分解性)
	フィルター	_	ポリ乳酸繊維
-1-74-	厚さ	mm	2.6±0.5
寸法	幅	mm	94±2
透水係数	面内	m/sec	1×10 ⁻² 以上
透水体数	フィルター	m/sec	1×10 ⁻⁴ 以上
引張強度	製品幅	kN	2.0以上

①排水性能

排水性能については、PBD の性能評価で一般的に行われている三軸セル内部での透水試験で確認した(図ー6)。透水試験は、動水勾配(i=1)を一定とし、拘束圧を 4 水準(5、120、350、500kPa)の条件で行った。また、図ー7 に示すように PBD は圧密促進が起こる過程で沈下に追従して変形を生じ、排水性能の低下が起こることが知られている。このため、PBD の軸方向に 30%の歪を導入した状態での透水試験も実施した。図ー8 に試験結果を示す。歪 30%、拘束圧 500kPa の条件下でも透水係数 K=0.127 m/sec を維持しており、高拘束圧、大変形条件下でも圧密促進に資する十分な透水性を有していることが確認できた。

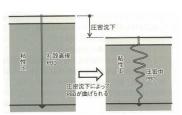






図-7 圧密沈下中の PBD 変形 1)

写真-4 歪三軸試験状況

②引張試験

図-9 に引張試験結果を示す。新材料の引張強度は、PBD 工法研究会の推奨値 (2kN/製品幅(伸び 15%以下)) ¹⁾ を満 足していることが確認できた。また、PBD に大きな変形が 生じた際にも極端な折れ曲がりが生じないよう、可撓性に 配慮したプラスチックの配合を採用した結果、破断伸びは 通常の PBD と同程度の値 (26%) を示した。

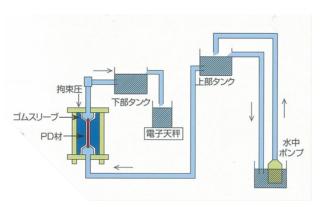


図-6三軸セルを用いた透水試験概要図

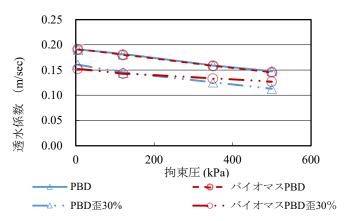
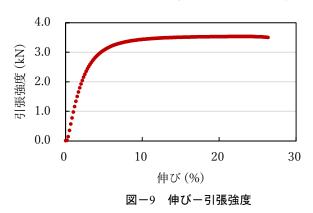


図-8 三軸試験における拘束圧-透水係数の関係



③CO₂削減

バイオマス PBD は国産バイオマス樹脂が配合されており、PBD の生産に係る CO_2 排出量が芯体部分で従来 品と比べて 18% (0.039 kg/m) 削減できる。

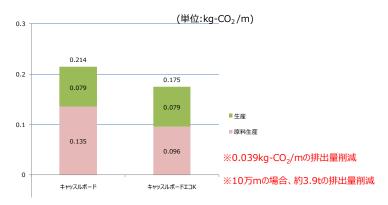


図-10 生産工程での CO₂ 排出量比較

4. 埋設養生後の経時変化

①引張強度および重量 (ドレーン形状)

腐葉土および現場に埋設した新材料を所定期間後に掘り起し、各種試験を実施した結果を図-11に示す。腐葉土埋設の18ヶ月後では引張強度が36%までに低下したことが確認された。また現場埋設試験結果でも、腐葉土とほぼ同様の結果が得られ、14ヶ月の時点で引張強度が43%まで低下した。分解速度は腐葉土での試験結果からは3ヶ月まで進行が速くその後は緩やかに低下している。ダンベルでの試験結果(図-3)からは18ヶ月以降で再び分解速度が速くなり、強度はほぼ0になると推察される。

また図-12 より重量も 14 ヶ月で 71%まで低下し腐葉土 と同様の結果が得られたことから現場での埋設で分解することが確認できた。

②成分分析

埋設したドレーン材から 50×25 mmを打ち抜き、熱重量測定 (TG) した結果を図-13、図-14 に示す。

熱重量測定は一定速度で試料を加熱し重量変化が起こった

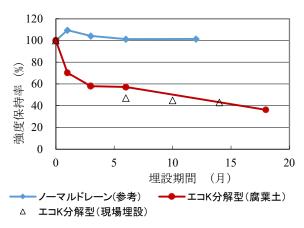


図-11 埋設試験(引張強度変化)

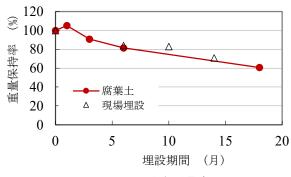


図-12 埋設試験(重量変化)

温度から試料中の成分を同定する分析方法であるが、得られたピーク面積から試験体中の各成分の比率も把握することができる。試料の全体重量測定結果と熱重量測定で得られた成分比率から、各成分の重量を算出したものを表-2に示す。全体の重量は14ヶ月で未使用時の75%にまで達しドレーン形状での重量測定結果(図-12)とほぼ一致している。その中で米は6ヶ月の段階で重量が0.91gから0.51gと早期に分解が進行していることが確認された。一方、生分解性樹脂は緩やかに減少していることが確認された。

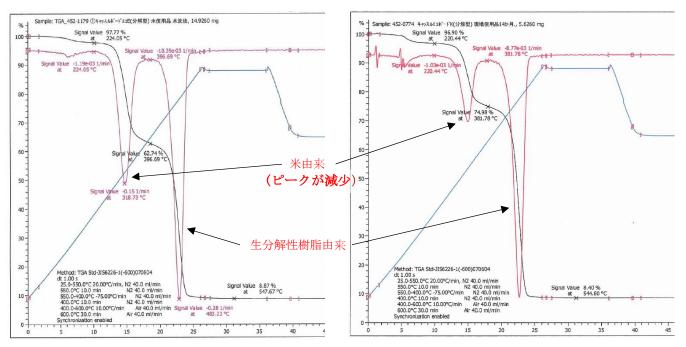


図-13 熱重量測定(未使用品)

図-14 熱重量測定(14 ヶ月)

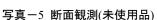
表-2 熱重量測定から算出した各成分の重量

目	単位	未使用	6ヵ月	10 ヶ月	14 ヵ月
全重量	g	2.11	1.78	1.84	1.58
土里里	(%)	(100)	(84)	(87)	(75)
米	g	0.91	0.51	0.70	0.42
生分解性樹脂	g	1.14	1.21	0.99	1.05
灰分及びその他	g	0.06	0.06	0.14	0.11

③断面観察

未使用品と現場埋設 14 ヶ月の断面を 走査型電子顕微鏡 (SEM) で観察したも のを写真-5、6 に示す。未使用品と比較 して 14 ヶ月後の断面には多数の空孔が 認められ分解が進行していると推察さ れる。





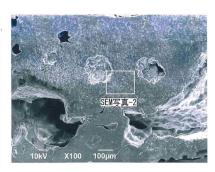


写真-6 断面観測(14ヶ月)

5. おわりに

PBD の引張強度は打設施工時には材料が破断しないため高強度が求められるが、地盤改良後はシールド工等の後工事での施工を考えるとより低下することが求められる。バイオマス PBD は米部分が早期分解で強度を低下させ、酸化型生分解性樹脂部分で地盤沈下に追従させる可撓性を付与し、緩やかな分解により形状を維持し排水性能を保っている。その後分解が進み水と二酸化炭素に分解される。

本報では本来焼却処分される古くなった米を使い、国産バイオマス PBD を紹介した。PBD としての性能は高拘束圧、高変形でも通常の PBD と同等の排水性能を保持し、施工においても打設機など従来の施工機材をそのまま使用することができる。これまで 14 件の工事実績を重ね、生分解性機能を有したバイオマス PBD 材料として評価されてきた。

この他、再生プラスチックを用いた「キャッスルボードエコ R」や一般的な生分解性樹脂で構成された「キャッスルボードエコ ZERO」も取り揃えており、これからも環境のニーズに対応した持続可能な社会に貢献できる PBD の改良、開発を進めてまいります。

参考文献

1) 嘉門雅史、三浦哲彦: プラスチックボードドレーン工法 その理論と実際、プラスチックボードドレーン 工法研究会、pp.10・89、2009.6

地盤環境対策としての地盤改良工事例

小野田ケミコ株式会社 木下 和徳*1,立石 光一*2 吉田 直人*3,大住 学*4 竹田 敏彦*5

1. はじめに

地盤環境問題がクローズアップされる中で、地盤改良技術がその解決に大きく貢献・寄与している。例えば、ヘドロ汚染問題が大きな課題として取り上げられた際には、地盤改良技術は、堆積有機へドロの有害物の安定固化と悪臭防止を図りながら埋立地の圧密沈下防止や河川基盤の洗堀防止対策に重要な貢献を果たしてきた。また、環境問題を解決する地盤改良技術としては、重金属に汚染された土壌の固化・不溶化処理による土壌汚染対策に活用されている。この他に、石炭火力発電所から排出される副産物であるフライアッシュを有効利用するための地盤改良技術の適用が期待されている。

本報告では、環境問題を解決する地盤改良技術として、泥土(ヘドロ)や汚染土壌の固化・不溶化処理およびフライアッシュを固化材の一部として有効利用した施工事例を紹介する。

2. 地盤改良による環境汚染対策

我が国は 1960 年代から重化学工業が飛躍的に発展したが、同時に各種の公害やヘドロ汚染問題等が大きな課題となった。その結果、環境問題には早くから研究開発・対策が行われてきた。その中でも地盤改良技術はヘドロ処理に重要な貢献を果たしている¹⁾。一般に冠水状態における無処理のヘドロは嫌気性領域にあり、硫化水素を発生する場合が多い。また、ヘドロによってはアンモニア臭の発生源となる窒素化合物を潜在的に含む場合もある。悪臭の原因である硫化水素は、酸性領域で発生する成分であるため、アルカリ領域で固化するセメント系固化材は臭気濃度を著しく低下させ

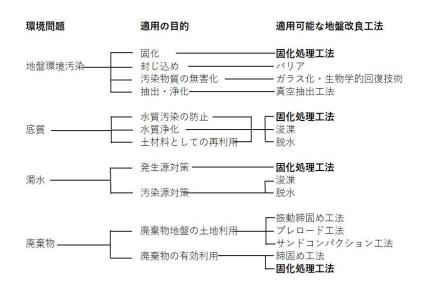


図-1 地盤改良技術の環境問題への適用 1) 一部加筆

る効果がある。なお、アンモニアについては水に溶けやすい性質を利用して冠水状態で固化処理を行う方法が有効であるとされている 2)。

現在,環境問題を解決する地盤改良技術は泥土や汚染土壌の固化処理を中心に多種多様で,現場の施工条件に即した工法および施工機を選定し,現場における原位置対策(オンサイト措置)を実施している。

*1 Kazunori KINOSHIT	A
----------------------	---

^{*2} Koichi TATEISHI

北海道札幌市中央区北1条西13-4 北海道札幌市中央区北1条西13-4 北海道札幌市中央区北1条西13-4

東京都台東区浅草橋 3-20-18

東京都千代田区神田錦町 3-21

TEL:011-219-6560 FAX:011-219-7887

TEL:011-219-6560 FAX:011-219-7887 TEL:011-219-6560 FAX:011-219-7887

TEL:03-5823-0633 FAX:03-5823-0636

TEL:03-6386-7036 FAX:03-6386-7022

^{*3} Naoto YOSHIDA

^{*4} Manabu OHSUMI

^{*5} Toshihiko TAKEDA

環境・衛生問題に適用されている地盤改良技術については図-1 のように整理されているが、各種の環境 問題に地盤改良技術による固化処理工法が極めて有効であるとされている。また、廃棄物の有効利用として フライアッシュなどの微粉材料をセメントなどの硬化性材料の副添加物として固化処理に用いることもある。

3. 河床ヘドロの固化処理事例

小樽運河とその周辺地区は、小樽が港湾・商業都市として隆盛を誇った時代(明治中期、大正、昭和初期)の中心地区で、北海道開拓の歴史のなかで、海運輸送の拠点として北海道の発展に貢献した地区である³⁾。しかし、その後、近代化の波におされ港湾施設としての役割はしだいに衰退した。

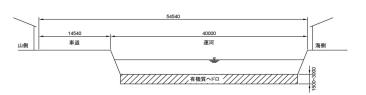
この小樽運河には、3か所から流入する河川が土砂,家庭雑排水等を運び込み、長年の間にヘドロ化し、1.5~3.5mの厚さで河床付近に堆積していた。このヘドロは、夏季には異常な悪臭を放ち、大きな環境問題になっていた。

小樽都市計画道路臨港線は、図-2に示すように運河の約半分を埋立て、幅員35m(車道、散策道)で計画され、それに伴い、ヘドロの固化処理が必要となった。当時の固化処理工法の選定条件としては有機質ヘドロの安定固化、沈没船・投棄された自転車などの障害物の影響、ヘドロの悪臭防止、足場の簡便性などから小型の単管式高圧噴射攪拌工法(ミニマックス工法)が採用された。

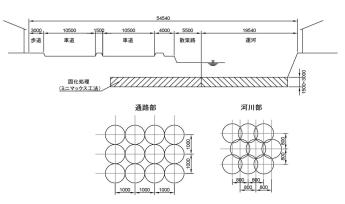
表-1に運河の底泥の代表的な物理特性を示す。また,固化処理工法の改良仕様を表-2に,その施工状況を写真-1および写真-2に示す。施工は,昭和57年(1982年)から冬期,夏期の3年に亘ったが,水底のヘドロの固化により水質浄化を図ることにより,写真-3に示す臨港道路と散策路が整備され,現在の小樽運河となった 3)。



写真-1 施工状況(浅瀬部:単管足場)



(a) 地盤改良前の小樽運河断面および有機へどろの堆積状況



(b) 地盤改良仕様および都市計画道路臨港線の道路断面

図-2 小樽臨港線・運河部の道路断面図

表-1 運河の底泥の物理特性3)

			ヘドロ状粘性土	砂質土
±	粒子の比重	Gs	2.3 ~ 2.5	2.6 ~ 2.7
	含水比	ω(%)	90 ~ 200	25 ~ 45
粒	砂分(74~2,	000μ)(%)	8 ~ 40	50 ~ 94
度特	シルト分(5~	~74 µ) (%)	40 ~ 75	5 ~ 40
性	粘土分 (5)	u以下)(%)	16 ~ 25	0 ~ 14

表-2 固化処理工法の改良仕様

項目	仕 様
固化処理工法	単管式高圧噴射攪拌工法
固化材	セメント系固化材
改良径 <i>φ</i> (m)	1.0
改良率 a _s (%)	通路部:78.5% 河川部:100%
改良長 ℓ _c (m)	1.5 ~ 3.0
改良強度 q _{uck} (kN/m²)	100



写真-2 施工状況 (フロート船)

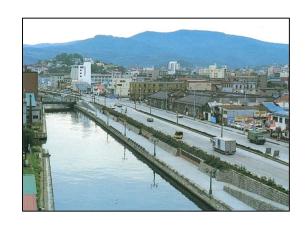


写真-3 完成後の現場状況

4. 鉛汚染土壌の対策工事例(原位置不溶化処理)4)

現場は洪水時に調整池として供用されている神奈川県内の遊水地で、豪雨で流入した土砂を撤去するために行われた土壌調査で図-3に示す箇所において土壌の環境基準値を超える鉛が検出された。

鉛は酸性、アルカリ性のいずれの pH 条件でも溶解度が高くなる性質をもっているため、不溶化に適正な pH を超えてしまうと不溶化が困難になることもある 2 。

このため汚染サイトより試料を採取 し,低アルカリでの不溶化処理が可能 で,第3種改良土以上のコーン指数強

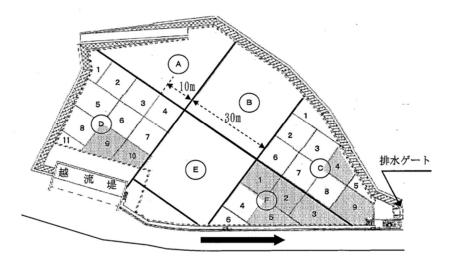


図-3 遊水地平面図および基準値を超える鉛が検出されたゾーン

度 $(q_c \ge 400 kN/m^2 : -$ 軸圧縮強さ換算で $q_u \ge 80 kN/m^2)$ を確保できる酸化マグネシウム系不溶化材を用いて室内配合試験を実施した。この室内配合試験結果を表-3に示す。室内配合試験の結果,添加量と鉛溶出量の関係から,不溶化材の添加量を $50 kg/m^3$ 以上とすることで定量下限値以下に不溶化可能であることが確認された。なお,実施工の現場添加量は,土質や溶出量のバラツキおよび施工機の攪拌性能を考慮し,不溶化材の添加量を $100 kg/m^3$ として施工を行った。

不溶化深度については、基盤となる粘性土上部に堆積した流入土砂(粘土混り砂礫層)を対象として、深度 GL-3mまでを中層混合処理工法により原位置で攪拌して不溶化処理を行った。図-4に地質概要および不溶化範囲を表-4に不溶化処理の施工概要を示す。

表-3 室内配合試験結果(材齢7日)4)

不溶化材添加量 (kg/m³)	鉛溶出量 (mg/L)	一軸圧縮強さ (kN/m²)	備考
0 (未処理土)	0.02	_	未処理土:含水比(34.6%)、湿潤密度(1.844g/cm³)
50	< 0.001	119	土質分類:粘土混じり砂礫層
100	< 0.001	221	添加方法:スラリー(水粉体比:100%)
150	< 0.001	241	試験材齢:7日

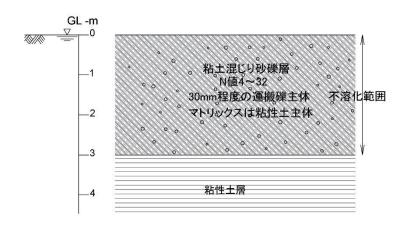


図-4 地質概要および不溶化範囲図

表-4 不溶化処理施工概要

項目	仕 様	
不溶化処理(固化処理)	中層混合処理工法	
固化材	酸化マグネシウム系不溶化材	
添加方法	スラリー (水粉体比 100%)	
現場添加量 (kg/m³)	100	
対象土量 (m³)	2,310	
対象深度 (m)	3.0	

表-5に採取地点の処理前の調査結果および不溶化処理後(施工後3~10日)に採取した処理土の鉛溶出量を示す。

表-5 採取地点の処理前後(施工後3~10日)の鉛溶出量

工区	対策前の溶出値(mg/L)		対第	後の溶出値(mg/L)
C-4	0.012	>0.01 (要対策)	不検出	<0.01(土壤溶出量基準)
C-9	0.012	>0.01 (要対策)	不検出	<0.01(土壤溶出量基準)
D-9	0.013	>0.01 (要対策)	不検出	<0.01(土壤溶出量基準)
D-10	0.018	>0.01 (要対策)	不検出	<0.01(土壤溶出量基準)
F-1	0.011	>0.01 (要対策)	不検出	<0.01(土壤溶出量基準)
F-2	0.018	>0.01 (要対策)	不検出	<0.01 (土壤溶出量基準)
F-3	0.013	>0.01 (要対策)	不検出	<0.01(土壤溶出量基準)
F-5	0.022	>0.01 (要対策)	不検出	<0.01 (土壤溶出量基準)

不検出:定量下限値 0.01mg/L 以下

また,長期の安定性を確認するために施工処理された現場の深度 1.5m付近の試料を採取して,材齢 7 年 5 カ月における鉛溶出試験を行った。この結果,施工後 7 年 5 カ月に亘る長期材齢においても大きな不溶化効果が維持されていることが確認されている。

5. 水銀汚染土壌の対策工事例 (原位置不溶化処理)

北海道の民間鉱業所内のベントスタック増設計画箇所において周辺土壌から基準値を超える水銀が確認されたため、深部の対策として図-5に示す複合攪拌型低変位深層混合処理工法(SDM-Fit工法)による不溶化処理を実施した。図-6に改良体配置図を示す。

水銀は pH7~11 のアルカリ性で難溶性の酸化水銀となる性質 5 があることから、不溶化材にはセメント系固化材を用いて、100% 改良で土中の pH をアルカリにして不溶化した。

不溶化深度については、水銀が検出された細砂層を対象として、 深度 GL-15mまでを実施した。図-7に地質概要および不溶化範囲

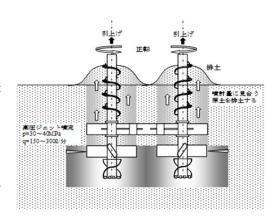


図-5 複合攪拌型低変位深層混合 処理工法の概要図

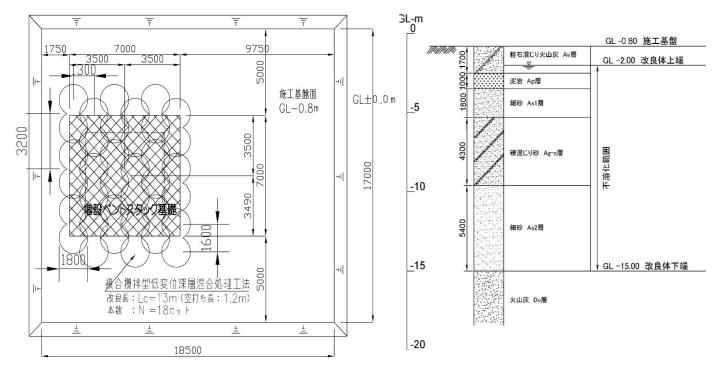


図-6 改良体配置図

図-7 地質概要および不溶化範囲

を表-6に不溶化処理の施工概要を示す。

不溶化処理後(施工後 材令28日)に土 層毎に1検体を採取し、水銀溶出試験を実 施した。この結果、いずれの検体とも土壌 溶出量基準値(0.0005mg/L)以下となってお り、十分な不溶化効果が確認できている。

項 目	仕 様
不溶化処理 (固化処理)	複合攪拌型低変位深層混合処理工法
固化材	セメント系固化材
添加方法	スラリー(水粉体比 100%)
現場添加量 (kg/m³)	181および240
対象土量 (m³)	1,165
対象深度 (m)	15.0

表 - 6 不溶化処理概要

5. フライアッシュを利用した深層混合処理工法の施工事例 6) 7)

本工事は、火力発電所の容量 7,000 t 級の貯炭サイロ 3 基の基礎改良にフライアッシュを有効利用した深層混合処理工法の施工事例である。工事箇所は北海道電力(株)の苫東厚真発電所内で、この地域は太平洋沿岸の低地帯(勇払原野)と、旧汀線部から沖合にわたって埋め立てられた造成地(平坦地)であり、表層

部は比較的緩い砂質土を主体とした浚 渫土である。

深層混合処理工法の支持層は,重要構造物の直接基礎となることから,深度 22~23mのN値 30以上の砂礫層を支持層とし,比較的高強度の深層混合処理工法で計画された。

なお、本工事では火力発電所で発生 する副産物のフライアッシュを固化材 の一部として有効利用する計画であっ

表-7 固化処理工法(FCDM)の仕様

項目	仕	様
改 良 径 (m)	φ 1.0 m	(2 軸) 軸間=1.0 m
改 良ピッチ (m)	1.0 m ×	1.0m(接円配置)
改 良 率 (%)	78.5%	
改良体断面積 (m²)	(m ²) $A_p = (\pi \phi^2/4) \times 2 = 1.571 \text{m}^2 (2 \text{ m})$	
使用材料 (固化材)	高炉セメントB種	フライアッシュ
基本配合(kg/m³)	155	93
水・固化材比	$x = (C + F) \times 0.6$	
スラリー吐出量 (湿/m)	189 %/m (239 %/m3)	
設計基準強度(kN/m²)	Fc=1765 k N/m² (材令 91 日の一軸圧縮強さ)	

たため、FCDM (Fly-ash Cement Deep

Mixing) 工法として採用された。この FCDM 工法の仕様を表-7に、その代表的な施工断面を図-8に示す。

本工事箇所では石炭を運搬する既設のベルトコンベアが改良域に近接しており、ベルトコンベアの鋼管杭基礎への変位の影響を抑制する必要があった。このため、施工時の地中変位対策として変位吸収孔を設置すると共に、地中傾斜計による動態観測を行いながら鋼管杭基礎から直角方向に離れるように施工した⁸⁾。また、改良層にはN値30~50の砂礫層1~2mが介在し、貫入不能の恐れがあったが、攪拌ヘッドに硬質地盤用の特殊ビットを装着して水削孔等を併用することによって無事に施工を完了した。

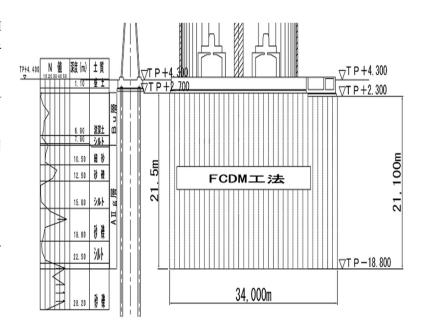


図-8 FCDM 工法の代表断面図

6. まとめ

環境問題を解決する地盤改良技術は、重金属に汚染された土壌の固化・不溶化処理等に数多く活用されている。今回、持続可能な社会に向けた地盤環境に関わる我が社の貢献として、地盤改良技術を用いた泥土(ヘドロ)や汚染土壌の固化・不溶化処理事例について紹介した。

また、火力発電所の副産物として発生するフライアッシュを固化材の一部として用いた対策事例については、苫東厚真発電所の貯炭サイロの基礎改良で実施した事例である。

今回紹介した事例が、信頼性の高い効率的な施工や環境負荷の低減の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 嘉門雅史, 地盤改良技術と環境保全,「材料」Vol. 49, No. 8, pp. 948-954, 2000.8
- 2) 社団法人セメント協会、セメント系固化材による地盤改良マニュアル第4版
- 3) 荒木良悦,橋本達則,畑秀叔,小樽臨港線建設に伴うヘドロ固化工法について,土木学会北海道支部論 文報告集,pp. 342-347,昭和 58 年度
- 4) 松山祐介,守屋政彦,中島之幾,大住学,竹田敏彦,不溶化処理土の長期安定性に関する現場調査事例 (その2),第23回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会,pp.177-182,2017
- 5) 一般社団法人土壌環境センター,不溶化技術の基礎知識
- 6) 白土伸明, 杉松彰, 渡部貢, 大久保悟, 深層混合処理工法による近接施工, 地盤工学会北海道支部, 技術報告集第 41 号, pp. 73-76, 2001.2
- 7) 白土伸明, 寺田卓雄, 高橋昌之, 工藤雄一, フライアッシュを混合した深層混合処理工法の施工, 地盤工学会北海道支部, 技術報告集第 41 号, pp. 77-80, 2001.2
- 8) 財団法人土木研究センター,陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル,1999.6

参考資料

第 11 回~第 20 回技術報告会プログラム

第11回技術報告会

土質基礎に関する「安全・安心」技術報告会 プログラム

1.開会挨拶(15:00~15:10)

土質基礎研究委員会 委員長 田中 洋行(北海道大学)

2.技術報告

セッション a 「安全·安心 1」(13:35~15:05)

座 長:大谷 高志(和光技研(株))

- a-1 格子状地盤改良技術の最新の応用事例 今井 政之、小西 一生((株)竹中土木)
- a-2 エポコラムーTaf 工法による残置 PC 杭破砕と地盤改良の同時施工攪拌機構と施工事例 西尾 経、竹田 敏彦、木下 和徳 (小野田ケミコ (株)) 齋藤 邦夫 (中央大学)、高倉功樹 (エポコラム協会)
- a-3 木粉とベントナイトを混合した鋼管矢板継手管充填材の性質と施工 八木 一善、石井 康則(岩田地崎建設(株))、門馬 恒視((株) テクノパウダルトン) 玉田 健一((株) アークアジア)

セッション b 「安全·安心 2」(16:20~17:20)

座 長:日下部 祐基(寒地土木研究所)

- b-1 チェーンウォール工法の紹介 奥西 一裕、幡野 光雄、望月 康博、北村 明洋(昭和機械商事(株))
- b-2 安心・安全・施工品質・コスト縮減を可能とする「マルチレベル・搬送工法」 池添 修(會澤高圧コンクリート(株))
- b-3 拡散レーザー変位計、Area net傾斜計による斜面監視事例 納谷 宏、野島 順二、溝上 雅宏、滝口 潤、松門 祐二(明治コンサルタント(株))

第12回技術報告会

土質基礎に関する「寒冷地特有の問題と対策」技術報告会 プログラム

1.開会挨拶(14:00~14:10)

土質基礎研究委員会 委員長 田中 洋行(北海道大学)

2.基調講演(14:10~15:10)

凍上対策のためのn年確率凍結指数の決定法とその地域特性

川端 伸一郎 (北海道工業大学)

3.技術報告(15:20~17:00)

座 長:加藤 貴文(和光技研(株))

- a-1 ロードライトを用いた断熱工法による道路の凍上抑制効果について ○黒部 和彦、土門 謙治(カネカケンテック(株))
- a-2 非対称な凍結面による切土小段排水溝に及ぼす影響と対策 ○安達 隆征、山梨 高裕、佐藤 厚子 (寒地土木研究所)
- a-3 寒冷地の高速道路における近年の凍上対策技術の取組み ○山内 智(東日本高速道路(株))、笠野 亨尚((株)ネクスコ・エンジニアリング北海道)
- a-4 寒冷地における斜面の土の凍上性判定方法に関する考察
 - ○岩倉 徹、神原 孝義((株) 北海道技術コンサルタント) 小野 丘(北海学園大学工学部) 佐藤 厚子(寒地土木研究所)、佐々木 裕一(北海道三祐(株)) 谷藤 義弘(東日本高速道路(株))
- a-5 冬期における不良土対策の留意点
 - ○佐藤 厚子、山梨 高裕、山田 充 (寒地土木研究所) 鈴木 輝之 (北見工業大学名誉教授)

第13回技術報告会

土質基礎に関する「維持・管理・点検」技術報告会 プログラム

1.開会挨拶(14:00~14:10)

土質基礎研究委員会 副委員長 西本 聡(寒地土木研究所)

2.基調講演(14:10~15:10)

斜面の維持・管理・点検に関する最近の話題

宇次原雅之(日特建設(株)技術本部 知財·戦略部長)

3.技術報告(15:20~17:00)

座 長:掛村 拓史((株)メイセイ・エンジニアリング)

- a-1 道央自動車道 江部乙地区のり面変状対策について 〇山本 陽一(東日本高速道路(株))
- a-2 盛土防災点検の概要 日下田 貴男、○対馬 一男(北武コンサルタント(株))
- a-3 繰返し注入を用いた地山補強土工法「ロータスアンカー工法」の耐震補強への適用例 高橋 徳、○別府 正顕、甲斐谷 雅良 (ライト工業 (株))
- a-4 『積雪寒冷地における斜面点検』のコツ (参考資料)
 - 〇日下部 祐基、倉橋 稔幸 (寒地土木研究所) 山 真典、宮田 善郁 ((株)ドーコン)

北海道大学学術交流会館(小講堂)

第14回技術報告会

土質基礎に関する「新しい地盤改良工法」技術報告会 プログラム

1.開会挨拶(14:30~14:40)

土質基礎研究委員会 副委員長 西本 聡(寒地土木研究所)

2.技術報告

セッション a (14:40~15:40)

座 長:市川 公彦(小野田ケミコ(株))

- a-1 FTJ工法の紹介
 - ○秋間 健、田邊 重雄、杉野 秀一((株)不動テトラ)
- a-2 V-JET 工法の概要・適用例と改良体出来形に関する考察
 - ○山﨑 淳一(三信建設工業(株))
- a-3 地中障害物層の介在する地盤に適合した複合相対攪拌工法の概要と施工事例
 - ○近藤 省一、西尾 経、竹田 敏彦、松岡 大介、市川 公彦(小野田ケミコ(株)) 三浦 正嗣(福岡県企業局)、齋藤 邦夫(中央大学) 高倉 功樹(エポコラム協会)

セッション b (15:50~16:50)

座 長:小野 丘(北海学園大学)

- b-1 狭所での液状化対策を目的とするスマートコラム工法の開発 〇山田 修三、今井 政之、小西 一生((株)竹中土木))
- b-2 既設構造物を対象とした締固めによる液状化対策技術
 - ○森鼻 章治、竹内 秀克、杉野 秀一((株)不動テトラ)
- b-3 微生物による泥炭固化の可能性について
 - ○佐藤 厚子 (寒地土木研究所)

川﨑 了(北海道大学)

畠 俊郎(富山県立大学)

林 憲裕 (寒地土木研究所)

第15回技術報告会

土質基礎に関する「我が社の誇れる技術」技術報告会 プログラム

1.開会挨拶(14:30~14:40)

土質基礎研究委員会 副委員長 西本 聡(寒地土木研究所)

2.技術報告(14:40~16:50) セッション a(14:40~15:40)

座 長:宿田 浩司(和光技研(株))

- a-1 寒地土木研究所の遠心力載荷装置について 久慈 直之、林 憲裕、江川 拓也、山木 正彦 (寒地土木研究所 寒地地盤チーム) 山田 充 (国立研究開発法人 土木研究所)
- a-2 リソイルコンポーザー発生土の有効利用技術による締固め工法 矢部 浩史、村上 恵洋、竹内 秀克、今井 優輝、久保 陽太郎((株) 不動テトラ)
- a-3 複合的な物理探査による調査事例 野本 真吾、堀田 淳((株) ジオテック)

セッション b (15:50~16:50)

座 長:松田 圭大((株)ドーコン)

- b-1 高い浸透性能を発揮する極超微粒子セメント注入材料の紹介 竹内 仁哉 (日特建設 (株) 技術本部) 金沢 智彦 (日鉄住金セメント (株) 製品開発部)
- b-2 砕石とセメントを混合した高強度小径パイルによる地盤改良工法(GCCP工法) 久保 陽太郎、村上 恵洋((株)不動テトラ) 林 憲裕、林 宏親、橋本 聖(寒地土木研究所)
- b-3 最新の地盤改良技術と施工事例 松岡 大介、西尾 経、竹田 敏彦、市川 公彦(小野田ケミコ(株)) 高倉 功樹(エポコラム協会) 齋藤 邦夫(中央大学理工学部)

第16回技術報告会

土質基礎に関する「我が社の誇れる技術 Part2」技術報告会 プログラム

1.開会挨拶(13:40~13:45)

土質基礎研究委員会 副委員長 西本 聡(寒地土木研究所)

2.技術報告(13:45~16:55) セッション a(13:45~15:15)

座 長:松岡 大介(小野田ケミコ(株))

- a-1 テラグリッド補強土工法 凍上や塩害に強い補強土工法— 林 豪人 (岡三リビック (株)) 原田 道幸 (東京インキ (株))
- a-2 特殊軽量鋼矢板止水工法 (シートウォール工法) 村上 恵洋、久保 陽太郎 ((株) 不動テトラ)
- a-3 老朽化吹付法面の再生技術ニューレスプ工法の特長とその適用について 池田 淳、窪塚 大輔(日特建設(株))

セッション b (15:25~16:55)

座 長:久保 陽太郎((株)不動テトラ)

- b-1 小型で高トルクを有するGIコラム工法の概要と施工事例 松岡 大介、竹田 敏彦、西島 康貴、市川 公彦(小野田ケミコ(株))
- b-2 エポコラム工法の多様な施工環境への適応と施工事例 松岡 大介、西尾 経(小野田ケミコ(株)) 高倉 功樹、木寺 智則(エポコラム協会) 齋藤 邦夫(中央大学 理工学部)
- b-3 V-JET工法の概要およびその応用技術であるマルチファン工法について 島野 嵐、山口 洋 (三信建設工業 (株))
- 3. 開会挨拶 (16:55~17:00)

土質基礎研究委員会 委員長 石川 達也(北海道大学)

第17回技術報告会

土質基礎に関する「防災技術」技術報告会 プログラム

1.開会挨拶(13:00~13:05)

土質基礎研究委員会 副委員長 西本 聡(寒地土木研究所)

2.技術報告(13:05~17:30)

セッション a (13:05~)

座 長:小田 祐嗣((株)プラテック)

- a-1 パイプ傾斜計の開発と適用事例 林田 昇、惠 悠貴、滝口 潤(明治コンサルタント(株))
- a-2 柔構造物工法による緊急減災対策 池田 淳、飯塚 孝之(日特建設(株)) 下条 和史、梅沢 広幸、酒井 啓介(柔構造物工法研究会)
- a-3 ワイヤケーブルとネットを併用した地山補強土工法「DC ネット工法」の開発 歳藤 修一、別府 正顕(ライト工業(株)) 阿部 真也(神鋼建材工業(株))
- a-4 BSC (バイオロジカル・ソイル・クラスト) を活用した土壌表面の侵食防止技術 -北海道の農地法面における適用事例 -小川 遼、橋本 和明、冨坂 峰人 (日本工営 (株)) 平山 友彰 (北海道留萌振興局産業振興部)

セッション b (14:30~)

座 長:大久保 智穂((株)ドーコン)

- b-1 V-JET工法を用いた耐震補強工事例 島野 嵐、山口 洋(三信建設工業(株))
- b-2 河川防潮堤耐震化補強事業に伴う高圧噴射撹拌工法施工事例 甲斐 三穂、松岡 大介、桑原 宏之、山根 行弘、西尾 経(小野田ケミコ(株)) 齋藤 邦夫(中央大学研究開発機構)
- b-3 高圧噴射攪拌併用ハイブリッド工法による震災復興施工事例 西尾 経、竹田 敏彦、多田 光一郎、保坂 仁哉(小野田ケミコ(株)) 齋藤 邦夫(中央大学研究開発機構)
- b-4 液状化対策における地盤改良技術の変遷 久保 陽太郎、村上 恵洋((株)不動テトラ)

セッション c (15:55~)

座 長:高橋 慶行((株)開発工営社)

- c-1 河川防災としての遊水地建設に貢献する真空圧密ドレーン工法の紹介 日下部 祐基、山戸 勝博、川辺 慶司、齋藤 史哲(錦城護謨(株)) 高橋 秀彰((株)ドーコン) 榊原 司、白神 新一郎(真空圧密ドレーン工法研究会)
- c-2 回転式破砕混合工法を用いた堤防盛土用固化破砕土の製造 畠山 誠、蔵谷 誠二(道路工業(株)) 畠山 潔芽、高橋 秀彰((株)ドーコン)
- c-3 多機能型エポコラムTaf工法の概要と既設残置RC杭の破砕・同時攪拌地盤改良施工事例 田中 健司、河原井 智(室蘭開発建設部苫小牧道路事務所) 木下 和徳、立石 光一、西尾 経、竹田 敏彦(小野田ケミコ(株)) 高倉 功樹、木寺 智則(エポコラム協会) 齋藤 邦夫(中央大学研究開発機構)
- c-4 山留め式擁壁「親杭パネル壁」の適用例 ~災害復旧・防災を中心として~ 塩崎 純一(日特建設(株))
- 3. 開会挨拶 (17:25~17:30)

北海道大学学術交流会館(小講堂)

第18回技術報告会

土質基礎に関する「持続可能な社会に向けた 我が社の社会基盤整備に関わる貢献」技術報告会 プログラム

1.開会挨拶(13:20~13:25)

土質基礎研究委員会 副委員長 林 啓二((株)ドーコン)

2.技術報告(13:25~17:15) セッション a(13:25~15:20)

座 長:加藤 貴文(和光技研(株))

- a-1 無機系緑化吹付安定材を用いたのり面緑化施工事例 藤井 壮一、久我 比呂氏、竹田 敏彦、高杉 樹正、細川 充(小野田ケミコ(株)) 高野 則行((株)三邦産業)
- a-2 凍結工法による改良地盤におけるシールドトンネル裏込充填材の開発と適用事例 中村 信一、藤本 勇一 (小野田ケミコ (株)) 髙田 大輔 (秩父コンクリート工業 (株))
- a-3 流動化砂による既存杭や鋼矢板などの引抜き跡への充填工法の開発 高田 英典、伊藤 竹史、杉野 秀一((株) 不動テトラ)
- a-4 安価で迅速な沈下対策を用いて持続可能な社会基盤整備に貢献する技術紹介 —真空圧密工法による盛土荷重を必要としない地盤沈下対策事例— 日下部 祐基、山戸 勝博、榊原 司、石橋 健、梅屋 司、本間 祐樹(錦城護謨(株)) 平野 毅(大空町役場) 齋藤 慎吾(大空町社会福祉協議会) 川尻 清輝(吉井建設(株))

セッション討論 (15:05~15:20)

小林 修司 ((株) ドーコン)

座 長:小林 正幸(會澤高圧コンクリート(株))

- b-1 Newスリーブ注入工法の開発と施工事例 竹内 仁哉 (日特建設 (株))
- b-2 道路拡幅整備に伴う低変位高圧噴射工法による地盤改良施工事例 木下 和徳、米田 賢治、竹田 敏彦、西尾 経(小野田ケミコ(株)) 齋藤 邦夫(中央大学研究開発機構)
- b-3 社会基盤整備に地盤改良技術を適用した施工例 —地下鉄営業線でのV-JET工法施工事例— 島野 嵐、大栗 雅明、木村 敏之、上田 守、萩原 耕太 (三信建設工業 (株)) 吉田 裕介 (東京地下鉄 (株)) 近藤 達也 (大成建設 (株))
- b-4 震災後の地盤改良対策箇所の調査事例 久保 陽太郎、橋本 則之((株)不動テトラ)

セッション討論 (17:00~17:15)

3. 開会挨拶 (17:15~17:20)

第19回技術報告会

土質基礎に関する「災害対策に関する我が社の貢献」 技術報告会 プログラム

1.開会挨拶(13:15~13:20)

土質基礎研究委員会 副委員長 木幡 行宏(室蘭工業大学)

2.技術報告(13:20~17:00) セッション a(13:20~)

座 長:高橋 慶行((株)開発工営社)

- a-1 近年発生した地震・豪雨による斜面災害と復旧工事について 佐藤 康弘 (日特建設 (株) 事業本部)
- a-2 超速硬コンクリート/スーパージェットコンクリート 高杉 樹正、吉田 直人、大住 学、久我 比呂氏、竹田 敏彦(小野田ケミコ(株))
- a-3 災害対策に関する事例紹介 小川 亮太 (三井化学産資 (株))

セッション b (15:10~)

座 長:伊藤 慶司(明治コンサルタント(株))

- b-1 河川防災としての遊水地建設に貢献する真空圧密ドレーン工法の紹介(その2) - 盛土併用真空圧密工法の自動動態観測システム -日下部 祐基、山戸 勝博、川辺 慶司、畠山 和長(錦城護謨(株)) 榊原 司、白神 新一郎(真空圧密ドレーン工法研究会)
- b-2 多重管高圧噴射攪拌工法の実用化とその施工事例 木下 和徳、立石 光一、吉田 直人、蓮香 朋宏、山根 行弘、竹田 敏彦(小野田ケミコ(株)) 工藤 忠((株) エーティック)
- b-3 表土ブロック移植による法面緑化工法

佐藤 厚子 (国立研究開発法人 十木研究所 寒地十木研究所)

千葉 隆広 (国土交通省 北海道開発局 旭川開発建設部)

中村 誠宏 (国立大学法人 北海道大学 北方生物圏フィールド科学センター 和歌山研究林)

3.開会挨拶(17:00~17:05)

第20回技術報告会

土質基礎に関する「持続可能な社会に向けた地盤環境に関わる 我が社の貢献」技術報告会 プログラム

1.開会挨拶(13:30~13:35)

土質基礎研究委員会 副委員長 左近 利秋((株)ドーコン)

2.技術報告(13:35~16:55) セッション a(13:35~15:05)

座 長:日下部 祐基(錦城護謨(株))

- a-1 圧入工法の施工事例:地すべり地におけるアンカー付き鋼管杭による恒久対策 山口 雅史、岡田 充弘 ((株)技研製作所)
- a-2 環境配慮型プラスチック製雨水地下貯留浸透施設『ジオプール工法』 宮原 凪沙、原田 智嘉(岡三リビック(株)) 鈴木 英治((株) 日東ジオテクノ)
- a-3 のり面省力化吹付工法「スロープセイバー」の紹介 石垣 幸整、西田 昂平、飯塚 孝之(日特建設(株))

セッション討論 (14:50~15:10)

セッション b (15:20~16:55)

座 長:小原 卓也((株)測機社)

- b-1 地盤改良技術を用いた土壌・地下水汚染の浄化対策技術 萩野 芳章、髙田 将文、長谷川 拓也 ((株) 不動テトラ)
- b-2 国産バイオマスを使用したプラスチックボードドレーンの物性変化 三成 昌也、小栁 勇也(錦城護謨(株))
- b-3 地盤環境対策としての地盤改良工事例 木下 和徳、立石 光一、吉田 直人、大住 学、竹田 敏彦(小野田ケミコ(株))

セッション討論 (16:35~16:55)

3. 開会挨拶 (16:55~17:00)

編集委員より

土質基礎研究委員会 技術報告会は、平成14年の第1回 技術報告会開催から数えて今回で 区切りとなる第20回を迎えることができました。

昨今の新型コロナウィルス感染拡大の影響から昨年度(令和2年度)はオンライン形式による報告会になるなど、開催形式の変容を重ねながらも一度も休むことなく続けることができました。

これもひとえに本報告会に参加して頂いた発表者や聴講者のご協力があったからこそと考えております。ここに、深く感謝申し上げます。

本報告集も今回で 20 冊となりました。ご存知の方も多いかと思いますが、実はこの冊子は 7 冊で一区切りとなっております。

写真に示すように、冊子の色は7色の虹の色を順次採用しており、現在は3つ目の虹が架かりかけているところです(あと1冊(第21回開催)で3つ目の虹が架かります!)。過去の報告集をお持ちの方は是非事務室などに置いていただき、虹の色を楽しんで頂ければ幸いです。

これからもこの虹がたくさん架かりますように、皆様方のご協力をお願い致します。



写真 第1回~第19回技術報告会 報告集

編集担当: 土質基礎研究委員会 技術小委員会