

28. タフコンシステム (Tough-kon system)

～ 固結粘性土連続土砂改良工法～

東洋建設(株)：*佐々木康裕

1. まえがき

建設工事の中で地盤改良の占める割合は非常に多く、さまざまな改良工法が開発され実施されている。なかでも、建設工事から発生する土砂の処分のための処分場用地の確保が困難になりつつある現状から、省庁、自治体は建設発生土の減容化と再利用の促進を進めており、当社においては平成4年度から発生土砂（浚渫土）の有効利用を図るべく、土砂改良工法としてデイコンシステムを開発し実績を重ねてきた。地盤改良工法の分類の中での位置付けとしては、化学的固結工法に分類され、原位置固化処理とプラント混合処理の二つに大別され、デイコンシステムは、プラント混合工法に分類されている。

デイコンシステムでは土砂定量供給機（スノーシェーパ）に特長があり実績を重ねてきたが、比較的固結した粘性土には、そのスノーシェーパが、対象土を比較的流動性をもった土砂（液性限界 wL を上まわる粘性土や、砂質土）を対象としているため、高い粘性状態を呈し土砂ホoppaに附着しアーチアクション状態になるような土砂に対しては定量性が確保できない場合があるなど不向きな点があった。また、混練装置として採用している高速二軸パドルミキサは、その形状から羽根が通過しない部分があり、上記の様な土砂によっては連続運転を続けることによりシステム全体の閉塞をおこす可能性があった。そこで粘性土の特性を生かした解泥を行い未改良土の強度を低減し、さらに混練性能をもった新たなシステム構成が必要となり、対象土を固結した粘性土としたタフコンシステムが開発された。

2. タフコンシステム(デイコンシステム)概要

2.1 タフコンシステム 固結粘性土連続改良工法

タフコンシステム (TOUGH-KON SYS.) は、比較的含水比の低い粘性土を対象とする土砂改良装置である。

建設発生土の再利用を目的とした土砂改良システム（デイコンシステム）の、陸上工事等から発生する固結した粘性土（低含水比）対応型として開発された。本工法は、塊状を呈す固結粘性土や、固結した浚渫土砂、脱水処理した固結土砂などを連続的に改良することが出来る固結粘性土連続改良工法である。



2.2 開発の目標

固結した粘性土砂を必要な物性に改良し、有効活用への可能性を高めるための処理能力と高度な品質管理が可能なシステムを構築するため、以下の目標をかかげた。

- 固結した粘性土を対象とすること
- 改良材の添加方式は紛体方式を採用し、加水による強度低下を伴わないこと
- 大量の粘性土に対し連続的に安定した改良が可能であること
- デイコンと同様に施工環境に合わせたシステム構成が可能で安定した施工が可能なこと

2.3 特長

- ① 高い混合効率/プラント混合であるため、高い改良効果（混合効率）を得ることができる。また、改良効果の確認を確実に行うことができ、改良材の少量化につながり経済的な改良が可能である。
- ② 粘性土改良/従来機で均一な混合が難しい、地下構造物築造等による発生粘性土などの土砂に対し改良材の均一混合が可能である。
- ③ システム構成/施工条件に合わせたシステム構成の選択が可能である。改良目的、対象土物性に合わせ、解泥と同時に混合を行うタイプと、解泥後に混合を別機にて行うタイプを選択することができる。

3. 工法原理

3.1 全体システム

掘削された粘性土をタフコンシステムのプラントへ運搬した後、プラントに設置したバックホウにより土砂投入部（解泥部）に投入する。バックホウによる投入はバケットの1回投入量を安定させるため投入サイクルを設定し、簡易定量性をもって行われる。次に解泥部に投入された粘性土は解泥されながら混合部に送りこまれる。混合部においては、一定量を滞留させ、土砂と改良材の混練を行う。

改良処理装置は土砂投入部（解泥部）、混合部、ベルトスケール、ミキサ内集塵装置、改良材添加装置、定量引出し部により構成されている。改良材は粘性土土砂引き込み量に応じあらかじめ定められた配合となるよう改良材添加装置により混合部に供給され土砂と混合混練される。混練された土砂は定量引き出しスクリュウ装置から搬出されベルトスケールにより、処理量を計量しながら処理土ピットや払い出し設備へと搬送される。図 3-1に 100 型概略図と仕様概要を示す。

仕様概要			
番号	名称	モータ出力 (kw)	概略仕様
①	2軸/ホニキサ	55.0 ×2台	φ860 外径× φ700 内径
②	1軸定量 スクリュウ	30.0	φ550
③	改良材フィーダ	5.5	供給量 2~14ton/h
④	改良材ホッパー		最大容量 2.1m ³ 有効容量 1.6m ³
⑤	集塵機風量	1.2	風量 60m ³ /min
	計量ベルト コンベア	5.5	900w×10,000m 計量範囲 100~ 240ton/h ベルト速度 79.9m/min

図 3-1 タフコン 100 型概略図、仕様概要

3.2 運転管理システムの概要

タフコンシステムでは、次に示すフローにより各装置の運転状況や土砂性状等を計測し改良処理の施工管理を行なっている。

- ① 土砂ピットにおいてRI計測器を用いて対象土砂の性状を把握する。
- ② 一定の間隔で投入される土量を、混合部における滞留量を管理することにより、確実な混合状態を確認する。
- ③ 泥面センサーと混合部内モニターによる監視により滞留量の管理を行う。(滞留量情報)
- ④ 払出し土量を計測し、引き抜きスクリュウを調節することにより安定した運転状態を保つ。
- ⑤ 改良材添加量は所定の添加量となる様に、改良材フィーダにより適切な添加を行う。
- ⑥ 全体システム管理を集中的にパソコンモニターに出力し管理を行うことにより、処理土量や使用改良材量の積算値等を常に把握することが可能である。また、計測データは全てデジタルデータとして記録保持される。

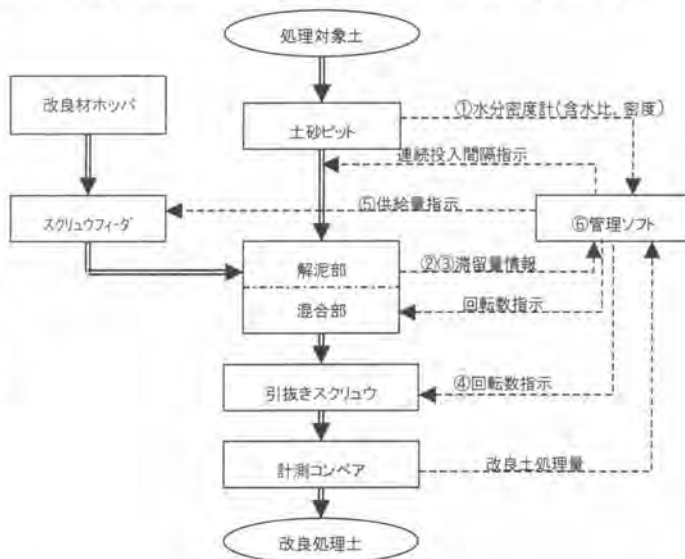


図 3-2 運転管理システムフロー図

4. 芝川調節池改良処理試験工事

4.1 工事概要および対象土

芝川第一調節池は埼玉県浦和市と川口市の境に位置し、計画容量は、暫定調節容量約 390 万 m^3 の規模をもっている。掘削深 GL-4m 以深では、液性限界とほぼ同等な含水比を有する粘性土存在し、その発生土量から再利用・有効利用を図ることが課題となっていた。そこで、土砂の有効利用をはかる工法としてアンケートをおこない、原位置改良工法やプラント混合法を採用し 4 工法による試験工事を実施することとなった。表 4-1 にタフコンシステム（デイクシステム）が担当した工事概要を示す。

また芝川調節池には表 4-2 以下に示すように、粘性土砂が厚く堆積しており、コーン指数は 2 以下で、液性限界と同等な含水比をもつ粘性土であり、非常に粘性が高く、ダンプトラックの荷台やバックホウのバケット等に付着し取扱が難しい土である。

表 4-1 試験工事概要

			施工数量
工事名	芝川左岸住宅地関連 公共施設整備促進工事	排水機場盛土工 2工区	15,928 m ³
		排水機場盛土工 3工区	15,647 m ³
工事場所	埼玉県 川口市下山口新田地内		
発注者	埼玉県 南部河川改修事務所		



表 4-2 芝川粘性土物

項目		試料1	試料2	試料3	芝川全体
土粒子密度	ρ_s (g/cm ³)	2.692	2.657	2.674	2.59~2.70
湿潤密度	ρ (g/cm ³)	1.667	1.520	1.583	1.45~1.65
自然含水比	Wn(%)	57.1	82.2	69.9	平均 75%
粒度構成	砂礫分(%)	7	1	1	
	シルト分(%)	50	50	50	
	粘土分(%)	33	49	49	
液性限界	WL(%)				平均 70%

4.2 施工フローおよびプラント構成

1) 施工フロー

図 4-1に施工フロー概念図を示す。土取り場よりダンプトラックにより原泥を約 220m 運搬し、未改良泥土ピットにダンプアップシタフコンシステムに投入する。投入された土砂はタフコンシステムにより改良処理され排出計量ベルトコンベアにて改良ピットに排出される。その後、仮置きヤードまでダンプトラックにより運搬され、所定養生期間（7 日間）仮置きを行い、強度確認の後盛り立て場へ搬出を行なった。また図 4-2に土砂改良プラントを示す。

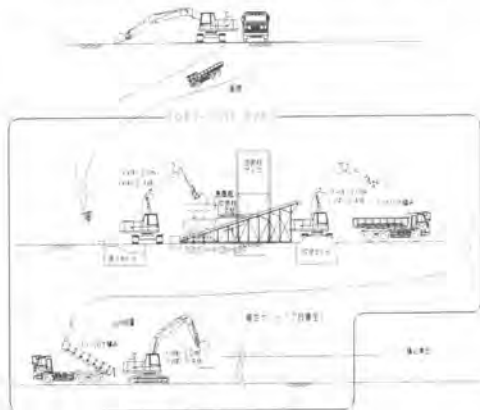


図 4-1 施工フロー概念図

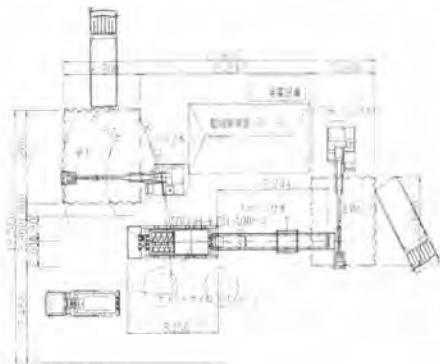


図 4-2 芝川土砂改良プラント

2) プラント構成

プラント構成を表 4-3に示す、試験工事全体では、バックホウの台数を5台使用しているが、施工条件により改良土砂は直接盛土場への持込に制限があり、別ヤードにて養生を行なった結果である。改良プラントヤードの大きさは、概ね 30m×20m 程度である。

4.3 改良結果

1) 運転結果

タフコンシステムでは、改良土の切り出し量(処理量 m^3/h)を常に計測することにより全ての制御を行なっている。切り出し量は図 4-3に示すように若干では有るが変動する。要因としては未処理土(原泥)の含水比の変動や粒度組成の違いなどが挙げられる。当然、目標切り出し量を確保するため調整は行うが、やはり土砂改良の基本はいかに適正な添加量を確保するかが重要である。そこで切り出し量の変動に追従した改良材供給量の調整結果を図 4-3と図 4-4に示す。図からは、開始から 60 分後および 140 分、180 分で処理土量の変動が見られ何らか原泥の物性の変化があったことが判る、それに対し改良材の供給量を追従させることにより、安定した添加量を確保していることが判る。

表 4-3プラント構成

機種	性能	台数	備考
バックホウ	1.0 m^3	2台	投入、積込み
	0.45 m^3	1台	法面整形
	1.0 m^3	1台	掘削(土取り場)
	1.0 m^3	1台	仮置き場
タフコン	100型	1台	
セメントサイロ	30ton	2基	
ベルトコンベア	w900×110m	1基	
発電機	500kVA	1基	
未改良ピット	7.2m×8m×3m	1基	
改良土ピット	5.6m×6.8m×3m	1基	
ダンプトラック	10ton	4台	未・改良土各2台

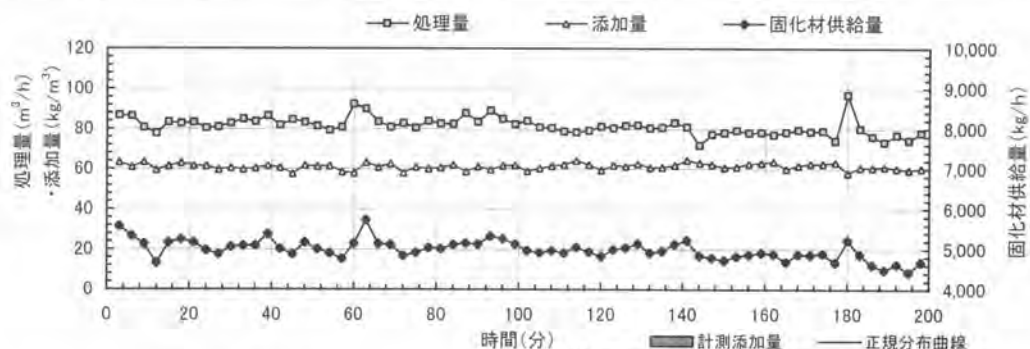


図 4-3 運転状況

また、図 4-4には添加量のヒストグラムを示し図中に標準偏差と平均値より求めた正規分布曲線を示している。図から添加量の分布は、ほぼ正規分布を示すことが判り、その範囲も目標 $62kg/m^3$ に対し $-4kg/m^3$ ~ $+3kg/m^3$ 程度の範囲に収まっていることが判る。

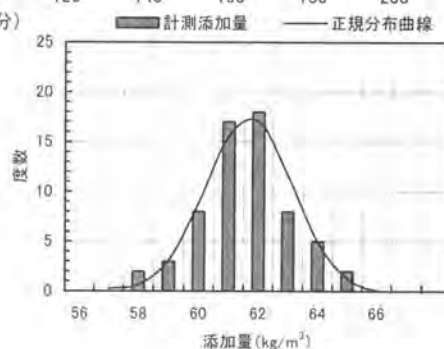


図 4-4 添加量ヒストグラム

2) 強度結果

改良施工は、目標強度を材令7日でコーン指数 $q_c=400\text{kN/m}^2$ 以上、設定添加量を 62kg/m^3 として行ない、品質管理は、コーン試験ならびに一軸圧縮強度 ($\phi 50\text{mm}\times h100$) により行なった、管理試験項目と頻度を表 4-4に示す。

表 4-4 管理試験項目

項目	頻度	総供試体数
一軸圧縮強度	500m ³ /1回	125本
コーン指数		132体

改良強度結果として図 4-5に一軸圧縮強度 q_u (材令7日)とコーン指数 q_c (材令7日)のヒストグラムを示す。目標強度のコーン指数 $q_c=400\text{kN/m}^2$ 以上を得ることが出来た。またその分布は、ほぼ正規分布を得た、またそれぞれの変動係数は $V_{q_u}=13.7\%$ 、 $V_{q_c}=16.6\%$ の値を得ることができた。

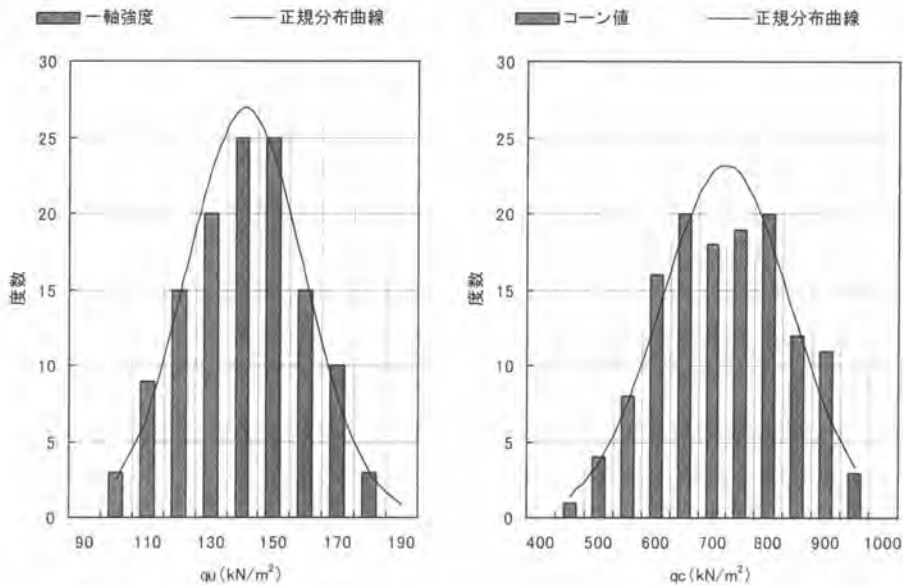


図 4-5 品質管理結果ヒストグラム(一軸圧縮強度、コーン指数)

表 4-5 平均強度結果

項目	平均値(kN/m^2)	標準偏差	変動係数(%)
一軸圧縮強度	135.6	18.6	13.7
コーン指数	697.7	115.5	16.6

5. まとめ

この様に、本工法により、在来機での改良や施工が難しく有効利用が進まなかった低含水粘性土に対し、解泥や加水などの工程を必要とせず、また粉塵など環境に影響を与えず、有効な改良を行うことができた。在来改良機型のデイコンシステムと本工法の開発により、高含水な土砂(浚渫土)から固結した粘性土まで、さまざまな性状を呈する広い範囲の発生土砂の有効利用を図ることが可能になったと考える。