

15. CREPシステムを採用したLNG地下タンクの掘削山留工法

㈱大林組：田中暉一郎・志賀 孝和
安尾 知也・折笠 一夫
山本 幸信・林 幹雄

1. まえがき

従来、地下タンク建設の掘削工事に伴う山留は連続地中壁が主流であった。しかし、地質条件のよい場合には山岳トンネルの工法として発達してきたNATM工法を山留に適用して、経済性の向上や工期の短縮を図る事が行われている。

東京ガス根岸工場のTL-21 LNG地下タンクの建設においてもこの山留方法で掘削が進められているが、これに使用する各作業機械をトータルシステムとして開発し、工事の省力化、安全性の向上、作業環境の改善に大きな成果を得たのでその概要を報告する。

尚、CREPシステムとはChain-Cutter, Rotary-Shotgun, Earth-Nailing-Machine, Plant-Truck の総略称である。

2. 工事概要、地質条件

当地下タンクは貯蔵量85,000kl、貯槽内径50m、液深43.5mであり、掘削規模は直径58m、深さ46m、掘削土量約125,000 m³である。

地質は上部約9.5mが陸上残土と浚渫土からなる埋立て土層であり、その下に基盤の洪積層がある。これは京浜地区で土丹と呼ばれる泥岩層で、一軸圧縮強度が20kgf/cm²程度の比較的均一で安定した地山なので山留の構造は図-1に示すように吹付厚10cmのモルタル(1:3モルタル、溶接金網有り)と、ロックボルト(TD24ツイストボルト、l=4~6m、ピッチ1.2~1.5m)よりなり、地山の自立性を高め、緩みや局所崩壊を防ぐことを目的としている。

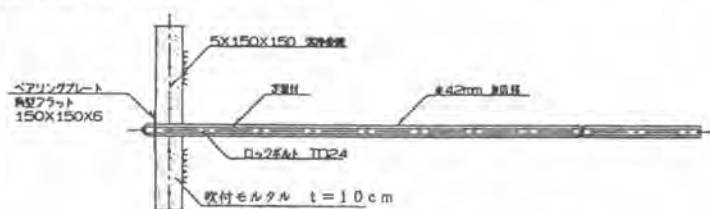


図-1 吹付ロックボルト構造図

3. 施工機械、施工順序

土丹層の掘削、山留に関わる主要施工機械一覧を表-1に、施工順序図を図-2に示す。施工機械は掘削設備、揚土設備及び山留設備で構成される。施工は先行溝掘り→モルタル吹付→ロックボルト打設→掘削・揚土を一連の施工サイクルとしている。1リフトはロックボルトのピッチに合わせて1.2m~1.5mとした。

これらの地下作業は反時計廻りに回転しながら進んで行くが、その動きにあわせ地上のPlant-Truckもタンク外周を移動する。

表-1 主要施工機械一覧

掘削	Chain-Cutter	1台
	1m ³ バックホー	3台
	爪付きバックホー	1台
揚土	150TONクレーン	1台
	10m ³ 土砂バケット	1台
山留	Rotary-Shotgun	1台
	Earth-Nailing-Machine	1台
	Plant-Truck	2台



図-2 施工順序図

4. CREPシステム概要

4-1 Chain-Cutter

機械姿図を図-3に、機械仕様を表-2に示す。本機械は、横行装置付きの油圧駆動チェーンカッターを0.7m³級のバックホーにアタッチメントとして搭載した溝掘り機械である。カッターはブームの先端で旋回、俯仰及び横行が可能であり、切削面は凹凸が少なく、一定幅の溝を非常に高精度で掘削できる。機械の特徴を以下に示す。

- (1) 横行フレームの旋回により、360°方向の掘削が可能。
- (2) ガイドプレートとの交換により曲線掘削が可能。
- (3) 排土用スクリーにより掘削土処理が容易。
- (4) 一軸圧縮強度600kgf/cm²程度の岩盤掘削も可。
- (5) 掘削地山に応じて切削速度が変えられる。
- (6) ベンド型カッターを用いれば先行掘削、巻立てが可能。 表-2 Chain-Cutter 仕様

ベースマシン	バックホー0.7m ³ 級
供給油圧/油量	210kg/cm ² , 1900 l/min
切込深さ	1500mm
切削幅	160mm
チェーン速度	0~52m/min
横行シリンダ	ストローク 1500mm
	押力/引力 3.5t/5.5t
	移動速度 0~2.5m/min

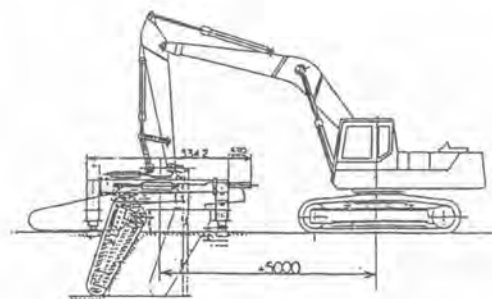
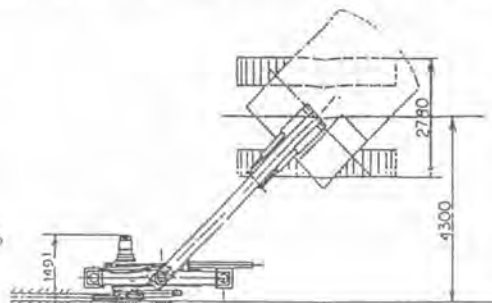


図-3 Chain-Cutter 姿図

4-2 Rotary-Shotgun

一般に吹付工法は、圧縮空気を用いてコンクリートを壁面に圧着させるが、Rotary-Shotgun は遠心力によって行う。機械の構成は図-4に示すように、コンクリートと急結剤を混合して遠心力により、

吹付するロータリー吹付部と、モノポンプ式急結剤供給装置（非圧力容器型）及びスライドブーム装着のベースマシンからなる。機械の仕様を表-3に示す。

この機械の特徴としては以下のものがあげられる。

- (1) 駆動源としてベースマシンの油圧源を利用するので経済的。
- (2) 機械がバックホーに搭載されているのでコンパクトかつ機動性が高い。
- (3) バックホーの運転席で吹付機の操作ができる。
- (4) 上下スライド機構により吹付厚さの管理がしやすい。
- (5) 吹付面が滑らかで均一。
- (6) 粉塵発生量が少ない。
- (7) エアー配管、圧力容器が不要のため安全である。

表-3 Rotary-Shotgun 仕様

<ul style="list-style-type: none"> • ロータリー吹付部 	
吹付能力	4m ³ /h
インベラー回転数	600-1200rpm
スクリーワー回転数	200-300rpm
首振り角度	上15° 下105° 左右15°
<ul style="list-style-type: none"> • ベースマシン（日立EX-120） 	
全装備重量	12200kgf
接地圧	0.38kgf/cm ²
走行速度	4.1/3.2km/h
エンジン出力	85ps/2200rpm
アームスライド量	1500mm
<ul style="list-style-type: none"> • 粉体急結剤供給装置 	
供給量	0.8-3.5kg/min
空気消費量	0.1-0.2m ³ /min
供給圧力	3kgf/cm ²
ホッパー容量	120L

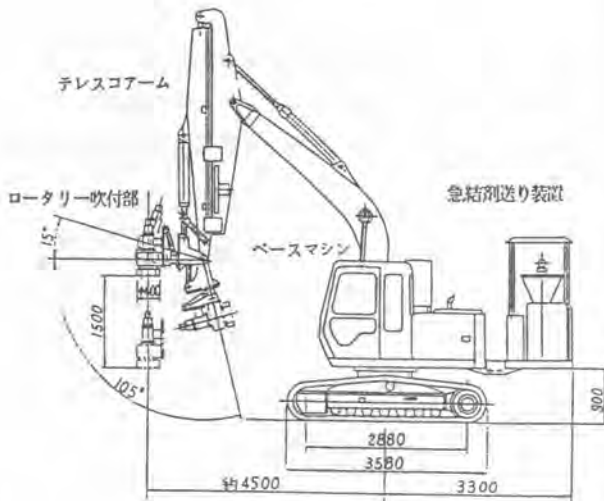


図-4 Rotary-Shotgun 姿図

4-3 Earth-Nailing-Machine

この機械は当社開発の補強土工法の一つであるアースネイリング工法をベースにしており、必要ならばセメントミルクを高圧噴射（100～200kgf/cm²）して地盤改良を行うこともできる。

機械はクローラ型ベースマシン、油圧削孔機、ガイドセル及びロックボルト装着部から成る。

図-5と表-4に機械図と機械仕様を示す。通常の施工は削孔後、ロッドを引抜きながら孔内に定着剤を充填し、ロッドとロックボルトを自動的に交換してロックボルトを挿入する。

機械の特徴を以下に示す。

- (1) 一連の作業がワンマンコントロールで行えるため、省力化が図れる。
- (2) 人力作業が少ないため、安全性が高い。
- (3) 機械がコンパクトで機動性が高い。
- (4) エンジン駆動のため、作業場所の制約が少ない。

表-4 Earth-Nailing-Machine 仕様

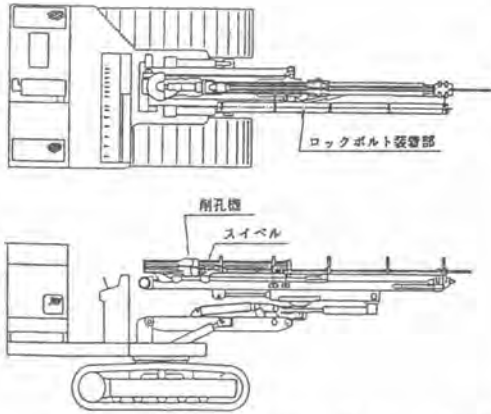


図-5 Earth-Nailing-Machine 姿図

・機体		・走行装置	
寸法	7800×2400×2500(h)	走行速度	1.8km/h
重量	7700kg	登坂能力	35°
・打撃ハンマー		シュー	湿地用三角シュー
形式	PC-20D	接地圧	0.24kg/cm ²
駆動方式	全油圧式	・定着ボルト挿入装置	
打撃数	max2000b/min	使用定着ボルト	25mm×6m, 4m
打撃エネルギー	max2.5kg・m	全長	3800mm
・回転モーター		押し込み力	2000kg
形式	KD-150B	サイクルタイム	1.5min
回転数	0-80rpm	装備本数	5本
トルク	max100kg・m	操作方法	油圧コントロール レバーによる遠隔 操作
・給進装置		ストローク	800mm
給進力	max2000kg	・原動機	
引抜き力	max2000kg	出力	41ps/1800rpm
・給進速度		形式	空冷ディーゼル エンジン
早送り速度	0-15m/min		
ストローク	3570mm		

4-4 Plant-Truck

コンクリートポンプ、削孔水ポンプ、充填材ミキサー及びポンプ、ホース巻上げ装置等を2台の自動走行台車に搭載したもので、Rotary-Shotgun や Earth-Nailing-Machine の移動に合わせてタンク外周の軌道上を走行する。特徴は

- (1) 作業ヤードの有効利用が図れるだけでなく、プラントの移動が簡単である。
- (2) 台車の走行、ポンプ類の運転を地下の吹付ロックボルト作業者の遠隔操縦でも行えるので、省力化が図れる。

5. 施工成果

CREPシステムの採用により、次のような効果があった。

- (1) 先行溝切りによる掘削能率の向上。
- (2) NATM工法からエアコンプレッサーをなくしたことにより、機械設備がコンパクトになった。
- (3) 粉塵が減ったことによる作業環境の改善。
- (4) 吹付仕上がり面が滑らかになった。

6. あとがき

一般に、数種類の作業がサイクル的に回転して行く施工方法をとる場合の最大の問題点は、1つの作業が止る事により全体がストップしてしまう事であり、作業機械としては、実績のある故障の少ないものを選ぶのが通常のやり方であろう。

しかし、当工事に於ては社会の情勢や将来の動向を考えて、あえて開発機械を配置して省力化・経済性・安全性の向上を目指ただけでなく、全体が1つのシステムとしてスムーズに作動するよう工夫をこらしてみた。ここに、御協力頂いた関係各位にお礼申し上げますと共に、今後の計画立案の参考になれば幸いです。