

VI-147 軟岩における大深度LNG地下タンクの土留施工法

—CREPシステムによる土留施工例—

東京ガス㈱

根本 光男

青木 浩之

㈱大林組

正会員

○森山 昭

正会員

天野 悟

1. はじめに

地下タンクの掘削工事に伴う土留工法は、その掘削規模も大きく、また、軟弱な地盤に建設されることが多いため、通常、連続地中壁による円筒土留が採用されている。しかし、現在建設中の大型LNG地下タンクでは、堆積軟岩である泥岩層が広く分布しているため、その自立性と均質性を利用してロックボルト・吹付コンクリートによる土留工法を採用し、平成3年12月に掘削を完了している。この掘削・土留工法において、各種施工機械をトータルシステムとして開発し、工事の省力化、工期の短縮、作業環境の改善に大きな成果を得たので、その施工システム、施工実績について報告する。

2. 工事概要

図-1に地下タンク断面と地質条件を示す。掘削規模は直径58m、深さ46mであり、掘削土量は約125,000m³である。地質は、地表から10mがN値1程度の沖積シルト層で、その下にいわゆる土丹と呼ばれる泥岩層が広く分布している。この泥岩層は一軸圧縮強度が20kgf/cm²程度の比較的均質で安定した地盤であり、ロックボルト(L=4~6m)と吹付コンクリート(吹付厚10cm)による土留工法を採用し、ここでCREPシステムを適用した。

3. 施工システム

泥岩層での掘削・土留作業は図-2に示すように、チェーンカッターによる先行溝掘削→ロータリー吹付機によるモルタル吹付→アースネイリングマシンによるロックボルト打設→掘削・揚土を一連の施工サイクルとしている。一回の掘削深さはロックボルトの打設ピッチに合わせて1.2m~1.5mとした。これらの地下作業は、図-3に示すような機械配置で反時計回りに作業位置をずらしながら進んでゆくが、この動きに合わせて地上のプラント台車もタンク外周の軌道上を走行する。なお、CREPシステムとは、このChain-Cutter、Rotary-Shotgun、Earth-Nailing-Machine、Plant-Truckの頭文字をとったものである。チェーンカッターは図-4に示すように、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薄溝掘削機である。このカッターは一軸圧縮強度600kg/cm²までの岩盤掘削も可能であり、切削面は平滑で一定幅の薄溝を高精度に掘削できるため、掘削による周辺地山の損傷を極力抑えることができる。ロータリー吹付機は、従来のように圧縮空気を使用せず、インペラの回転運動によって発生する遠心力によってコンクリートを投射し、壁面に圧着させるものである。図-5に示すようにロータリー吹付機本体をテレスコプーム型バックホーに搭載し、ブームに装備した垂直スライド機構によって吹付機を上下させ、インペラを水平面内で回転させ吹付ける。急結剤供給装置は非圧力容器型であり、このバックホーの後部に設置してある。このロータリー吹付機は、圧縮空気を利用しないため、粉塵の発生および

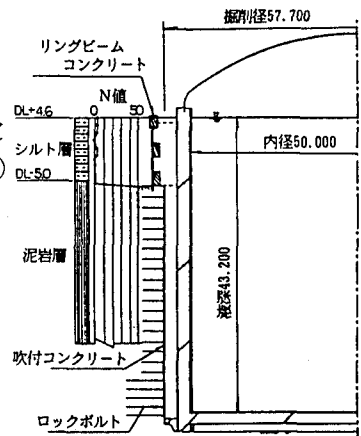


図-1: 地下タンク断面と地質条件

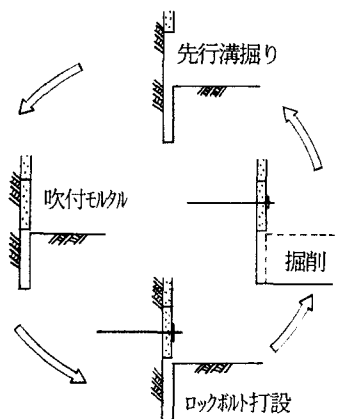


図-2: 施工順序図

はねかえり量がきわめて少ないこと、およびコンプレッサ設備やエア配管が不要になるため安全かつ経済的であることが長所である。ロックボルト打設機は、セメントミルクを高圧噴射(100～200kgf/cm²)して地盤改良を行うアースネイリング工法をベースにして開発したものである。この打設機は、削孔水を用いて削孔後、ポンプのバルブを切り換えてロッドを戻しながら定着材の充填を行い、次にロックボルト押込装置によってロックボルトを遠隔操作によって挿入できるようになっている。ロックボルト打設の一連の作業をワンマンコントロールで行えとともに、人力作業がほとんどないため作業の安全性が高いという利点がある。

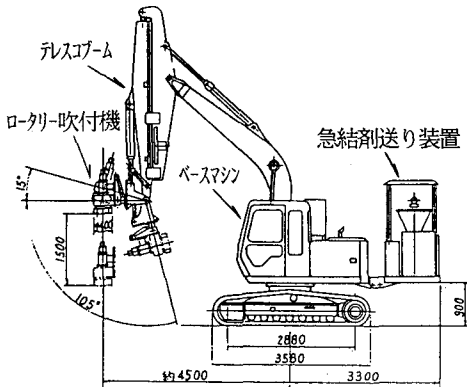


図-5: ロータリー吹付機姿図

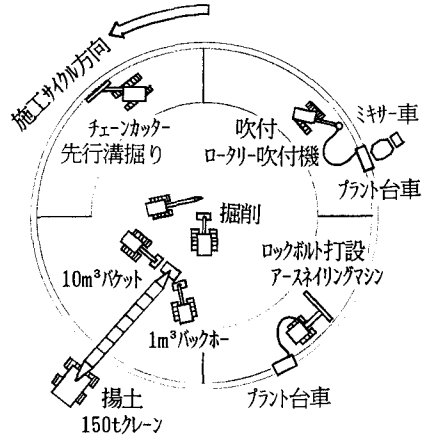


図-3: 施工機械配置図

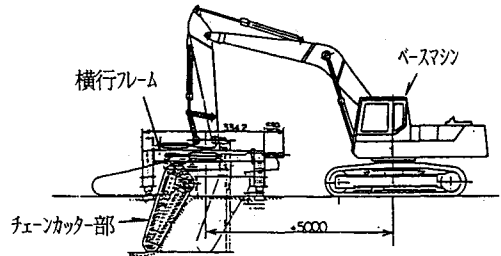


図-4: チェーンカッター姿図

4. 施工実績

設計吹付け量に対するモルタル実使用量の比率を表-1に示す。作業開始当初はオペレータの不慣れもあって効率は低かったが、工事の進捗に伴い余吹き・はねかえり量も減少した。最終的には平均1.48となり、通常のトンネル施工における比率(2.0～2.5程度)に比較して、かなり低減された。このように余吹き・はねかえり量が小さく抑えられたのは、チェーンカッターによる平滑な掘削壁面ができたこと、およびロータリー吹付機の採用によるものである。各工種の施工能率は表-2のようであるが、全体的には、1リフト(掘削深さ1.2m～1.5m)の施工を4日で行うことができ、当初の工期を約1ヶ月短縮して5.5ヶ月で施工できた。また、この掘削・土留作業に要した作業員は8名であり、工期短縮とともに省力化についても実現できたといえる。施工時の壁面変位も、大規模掘削でありながら最大でも20mm程度と小さく、大きな変位もなく掘削が完了した。

5. おわりに

泥岩層中の大深度LNG地下タンク掘削の土留工法として、各種施工機械をトータルシステムとして開発し、工事の省力化・工期の短縮・作業環境の改善に成果を得ることができた。本施工システムによる施工事例が、今後の軟岩中での地下掘削・土留工法を検討する上での参考資料となれば幸いである。

表-1: 設計量に対するモルタル実使用量の比率

	月	6	7	8	9	10	11	12
モルタル実使用量の比率	月別	2.03	1.77	1.40	1.26	1.40	1.49	1.23
	累計	2.03	1.83	1.57	1.53	1.49	1.49	1.48

表-2: 施工実績

	チェーンカッター	ロータリー吹付機	ロックボルト打設
施工数量	6,366 m ²	t=10cm: 6,568m ³ t= 5cm: 340m ³	L=4m: 2,319本 L=6m: 899本
工期	実働123日	実働121日	実働116日
稼働時間	4時間/日	5時間/日	5時間/日
施工能率	51.8 m ² /日	57 m ² /日	L=4m: 29本/日 L=6m: 25本/日