

ヘリウム混合ガス併用ケーソン無人掘削工法について

日本道路公団 正会員 佐久間 智
 同 ○前川 利聡
 (株)熊谷組 正会員 松浦 幸三
 (株)大本組 木山 雅文

1. はじめに

日本道路公団名港西大橋二期線は、既設橋に併設して建設する大型斜張橋梁である。その主塔基礎P2のピアケーソン基礎工を、ヘリウム混合ガス呼吸システムを用いての無人掘削工法で施工した。掘削深度は水深4.5mである。ヘリウム混合ガス併用無人掘削工法は、大深度ケーソン工において掘削作業員の高圧気暴露を最少にし、また高圧気障害を防止しようとするという、労働環境の大幅な改善をもたらす工法である。世界で初めて実施したこの工法について報告する。

2. 新工法の採用

新しく建設する基礎は、既設基礎との離隔が1.3～4mの近接ケーソンである。そのため、圧気圧低下を計るための減圧工法（深井戸による揚水）は避けるべきとされた。したがって理論圧気圧4.5kgf/cm²を克服することが課題となった。

一方、こういった大深度（高圧気）ケーソン工事にかかわる技術開発あるいは開発プロジェクトの蓄積が各所でなされていた。第一は函内無人掘削技術である。地上でモニター画面を見ながら函内掘削機、土砂積み替え装置等の掘削機器群を遠隔操作する方法と、作業室に耐圧の操作室（カプセル）を設けてそこから目視で掘削機器群を操作する方法とに大別される。函内無人掘削技術は作業員を圧気環境から開放するもので、これまでに相当数が実施されている。しかしながら、函内機器のメンテナンス、地耐力試験および機器の解体搬出作業には人が作業室へ入る必要がある。後の二つの作業は所定の掘削沈下を終えたときで最も作用圧力が高い。高圧環境下で高圧縮空気を呼吸することによる諸問題、すなわち窒素過剰摂取による窒素酔い、酸素過剰摂取による酸素中毒および空気密度増大での呼吸困難などの問題を克服するのが第二の技術である。これは、深海潜水技術で既に実用化されているヘリウム混合ガスシステムをケーソン工事に使おうとするもので、労働省や民間のグループで積極的な検討が重ねられていた。

本工事は、作用気圧4.5kgf/cm²という高圧気ケーソン工事を行うのに機軸となる上記二つの技術を改良あるいは実用化させて総合工法としたものである。

3. ヘリウム混合ガスシステム

窒素酔いの防止や呼吸抵抗の低減という観点からすれば、窒素の含有をゼロにしたヘリウムと酸素だけのガスが最も良い。しかし、ヘリウムガス量が多いと音声の歪みコミュニケーションが不明瞭になる、熱絶縁性が低いので体が冷える、ガスコストが高いとの短所があるので、本件では窒素を一部ヘリウムに置き換えたヘリウム、窒素、酸素の3種混合ガスを用いた。ガス組成設計は酸素中毒についても考慮した。

コスト面から呼吸はマスクを使用し、作業室の環境空気は普通の圧縮空気とした。

減圧表は、新しく開発したヘリウム混合ガス減圧表を用いた。また、初めてのことでゆえ、専門家（医師）による安全性の確認（超音波気泡検査でのチェックなど）を行いながら実施した。作業負荷が計画より大きかったが、減圧表を変更して対応した。高圧気障害等はなく安全に全ての函内作業を終えた。

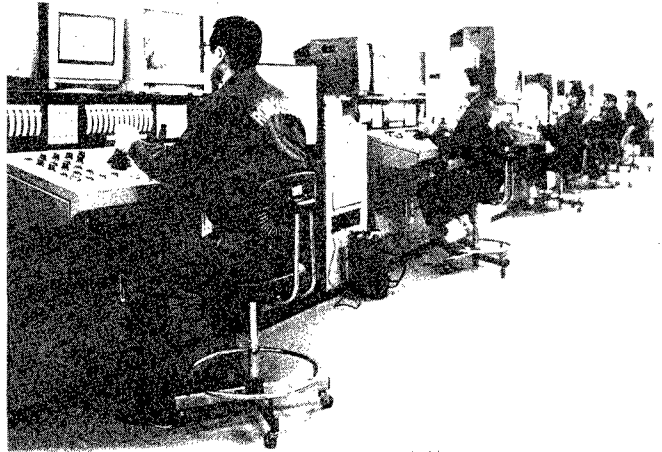
4. ヘリウム混合ガス併用ケーソン無人掘削工法の設備

主要設備を表1に示す。名港西大橋二期線はP2およびP3の二つのピアケーソン工事があり、両方をこの新工法で施工したが設備・方法は若干異なる。P2は地上遠隔掘削方式、P3は大気圧カプセル方式を主体とする

ものである。

5. 段階的施工

水深12m(海底面)から45m(計画掘削盤)まで掘削した。ヘリウム混合ガスシステムおよび地上遠隔操作掘削機器群操作の確実でスムーズな実施を計るため、とくにヘリウム混合ガス呼吸を必要としない深度(圧気圧)を本施工への移行の為に練習区間とした。すなわち、水深12mから20mまでが普通の有人掘削(作業員が函内掘削機に乗って操作)、20mから30mまでは掘削は地上遠隔操作、メンテナンス等での函内補助作業は普通の圧縮空気(環境空気)を呼吸した。そして、30mから最終深度の水深45mまでの15mがヘリウム混合ガス併用無人掘削である。第二段階の掘削が予備確認施工ということである。そしてこの間、ヘリウム混合ガスレスピタルロックを用いてガスマスクの装着操作等訓練を行った。



地上遠隔操作状況

掘削期間は計画より短くてすんだ。これは、入函作業量低減を計って函内掘削機械のパワーを大きくしたこと、機械の耐性を強化したことによる。

6. 結果

掘削期間は計画より短くてすんだ。これは、入函作業量低減を計って函内掘削機械のパワーを大きくしたこと、機械の耐性を強化したことによる。

作業員の安全と健康面については問題なかった。ヘリウム混合ガスシステムのハードウェアのうち、ガスマスク装着が最初でこずったが、次第に慣れてきた。ソフト面ではほぼ計画どおりの施工となった。高気圧医学専門の医師が常駐して、実際の作業負荷に対応する混合ガス減圧表の変更などきめ細かい管理を行ったので、高圧気障害面での問題は無かった。

また、近接の一期線基礎への影響は無かった。

7. 終わりに

理論圧気圧4.5kgf/cm²の大型ケーソン掘削をヘリウム混合ガスシステムを用いて無人掘削するという新しい試みは成功した。個々には、例えば混合ガスマスクの改良、函内掘削機メンテナンス軽減化、あるいは函内機器群撤去作業省力化など改善すべき課題があったが、これからの大深度大規模ケーソン工事における「人に優しい工法」の主軸になるとの確信を得た。本工法が展開することを期待する。



ヘリウム混合ガス呼吸での函内無人掘削機のメンテナンス

表1ヘリウム混合ガス併用無人掘削工法主要設備(掘削関係)

設備項目	P2ケーソン		P3ケーソン	
掘削	函内遠隔操縦掘削機	5基	天井走行式掘削機	6基
	遠隔操作盤	5基	遠隔操作用大気圧カブセル	4基
	函内監視カメラ	22台	遠隔操作盤	1基
			函内監視カメラ	16台
排土	スクーター	4基	スクーター	4基
	土砂積み替え装置	4基	自動積み替え装置	4基
機装	マテリアルロック	4基	マテリアルロック	4基
	マンロック	2基	マンロック	2基
	混合ガスマンロック	1基	混合ガスマンロック	1基
	土砂積替装置用シャフト	4基	カブセルロック	4基
送気	定置式コンプレッサー	一式	定置式コンプレッサー	一式
	ヘリウム混合ガスシステム	一式	ヘリウム混合ガスシステム	一式
救急	レスピタルロック	1基	レスピタルロック	1基
	混合ガスレスピタルロック	1基	混合ガスレスピタルロック	1基