我が社の技術PR

DAIHO CORPORATION

ニューマチックケーソン工事における減圧管理システムの強化

大豊建設株式会社　技術研究所　主任補佐　田中　健之

1 はじめに

ニューマチックケーソン工事（図1）では、近年の大深度化・大断面化に伴い高気圧作業における減圧症等の高気圧障害の予防管理が特に重要となっている。それに対応するため、無人化施工の促進やヘリウム混合ガス・酸素減圧の利用等、減圧症の発生を防止、抑制するための対策が講じられている。

その中で二〇一五年一月に高気圧作業安全衛生規則（高圧則）が改正され、大深度でのヘリウム混合ガス呼吸や酸素減圧にも対応した規定となった。一方、作業者が高気圧下から大気圧下に帰還するまでの減圧方法を示す減圧表（減圧タイムテーブル）が廃止され、改正後は高圧則に示す計算方法と様々な条件により事業者自らが減圧タイムテーブルを設定することとなり、事業者の責務がより厳格なものとなった。

このようにニューマチックケーソン工事における高気圧作業者の安全確保のためには、高気圧作業者毎の作業時気圧と作業時間に基づいた最適な減圧タイムテーブルを作成し管理することが必要不可欠であり、弊社では自社開発の減圧管理システム（特許第5389775号）による管理を実施している。

マンロック内への入室者の特定は、これまでディスプレイのタッチ操作による入力方法となっていたが、今般、人工知能（AI）による顔認証を取り入れ、マンロック内への入室者の特定をより迅速かつ確実に行うことにより減圧管理システムの強化を図った。本稿では強化された減圧管理システムの概要と実際の現場における稼働状況について紹介する。

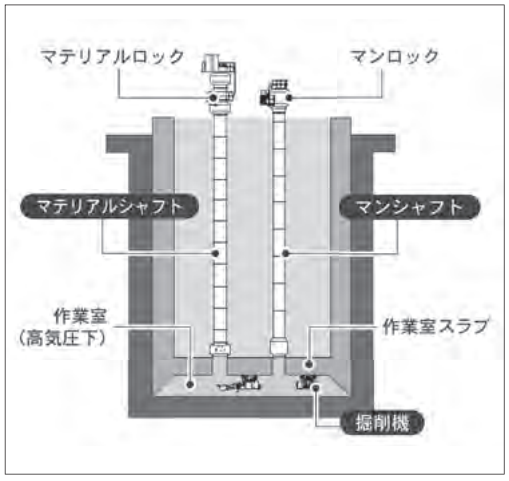

図1　ニューマチックケーソンの概要

2 従来の弊社の減圧管理システム（図2参照）

マンロック内への入・退室（加圧）から、作業室内高気圧作業、マンロック内への入・退室（減圧）に至る各作業者の全ての作業下の情報を中央監視室内のPCで一元管理している。高気圧作業後には、作業時気圧と作業時間に応じた最適な減圧タイムテーブルを作成し、これに基づきマン

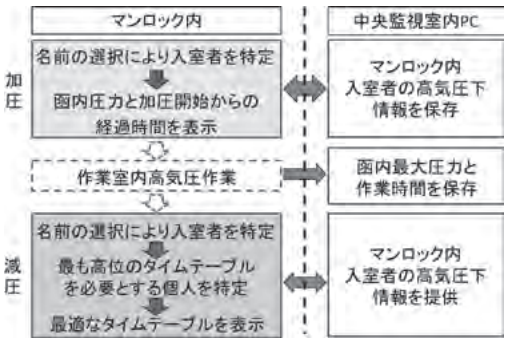

図2　システムの概要

ロック内の高気圧作業者に対し減圧を行う。ただし大規模な作業現場では、複数のグループが作業室内に入って作業を行うことがある。この場合、加圧時とは異なるメンバーのグループで減圧を行うことがある。このような条件（高気圧環境下の時間、作業時の気圧等）の異なるメンバーで構成されるグループに対しても、中央監視室内のＰＣで自動解析しグループにおける最も高位（時間、気圧、入函回数により減圧時間が最も長くなる状態）の減圧タイムテーブルを必要とする個人を特定し、その減圧タイムテーブルに基づきこのグループに対する減圧を実施する。このことにより高気圧作業者の減圧症発生リスクを低減する。これまでに二五基のケーソンに減圧管理システムを採用し、その成果を上げているが、マンロック内への入室者の特定を迅速化することが求められていた。

3 ＡＩ顔認証の導入による減圧管理システムの強化（図3参照）

1 ＡＩ顔認証の概要

減圧管理システムによる加圧・減圧は、マンロック内のディスプレイのガイド画面と音声ガイダンスに従い行う。マンロック内への入室者の選択・確認後に加圧または減圧を選択し実施する。最適な減圧タイムテーブルの提供には、マンロック内への入室者の特定が重要である。現行の減圧管理システムにおける入室者の特定は、ディスプレイのタッチ操作により各自の名前を選択して入力する方法となっていたが、特に大規模な作業現場では入室者が多数であり、より確実、簡単でスピーディーな方法が求められる。

そこで、高気圧環境下では世界で初めてとなるＡＩ顔認証を入室者の特定に導入し、従来の減圧管理システムを強化した。ＡＩ顔認証の仕組みは、マンロック内のネットワークカメラにより入室者の顔を読み取り、顔認証サーバーに登録した顔画像データと自動で照合することで個人を特定するものである（写真1、2）。カメラを見るだけで入室者の特定が非接触で瞬時に行われ、その確実性に加え、入室者による高気圧環境下での操作手間や操作時間が削減されることにより減圧症の予防が強化される。

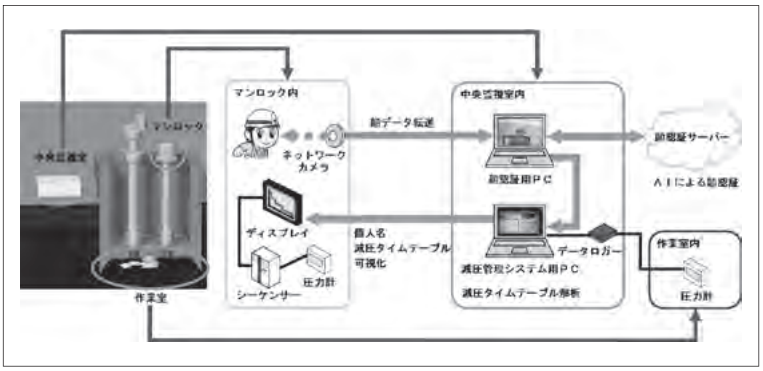

図３　強化システムの概要

2 強化後の減圧管理システム（以下「強化システム」という）の構成

マンロック内には顔認証用にネットワークカメラ、減圧管理システム用にディスプレイ・シーケンサー・圧力計、中央監視室内には顔認証用・減圧管理システム用ＰＣがそれぞれ設けられ、顔認証と減圧管理システムが連携されたシステム構成となっている（写真3、4）。

写真２　顔認証表示（PC画面）

写真１　顔認証実施状況

4 強化システムの稼働試験

実際の現場において本格的にＡＩ顔認証による減圧管理システムを導入するにあたり、システムの稼働状況を確認し問題点の抽出と改善を行うため、事前に稼働試験を行った。

1 試験方法

(1) 耐圧試験

ネットワークカメラを含めた顔認証システムの耐圧性能を確認するため、ホスピタルロック（加

写真４　中央監視室内PC

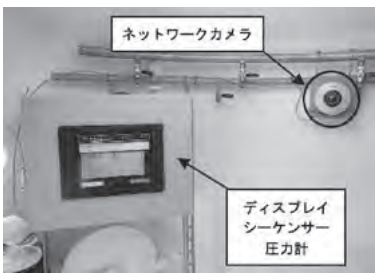

写真３　マンロック内器材

圧・減圧が可能な救急設備）を用いて○・一MPa～○・七MPaの圧力により耐圧試験を行った。なお、試験効率を向上するためホスピタルロック内では、顔認証の対象を顔写真とした。

(2) 認証性能試験

実際の鋼製マンロックを用いて、閉塞狭小室内でのシステムの稼働状況を確認した。なお、試験効率を向上するためマンロック内部は大気圧下で実施した。

稼働状況の確認は、被験者のカメラに対する正対角度、閉塞空間における被写体距離の影響等、またヘルメットやヘリウム混合ガス使用時のマスク装着の影響について調査した。

2 試験結果

試験結果は以下の通りである。

(1) 耐圧試験

- 耐圧試験に使用した四機種のカメラの内一機種については、○・二四MPaで画像が不鮮明となり認証されない事象が発生した。この機種に関しては、カメラに圧力がかかることによりピントを合わせる機能に支障をきたし、画像が不鮮明になったと考えられる。

(2) 認証性能試験

- ヘルメットを着用した状態では、正面・斜め四五度での認証は可能であったが、真横での認証はされなかった。
- ヘリウム混合ガス呼吸用半面マスク及び全面マスク（以下「呼吸用マスク」という、写真5）を装着した場合、鼻と口が隠れ目だけが見えている状態となる。そうした条件では顔認証は難しいことが判明した。なお、○・四MPa以上の圧力下ではヘリウム混合ガス呼吸が義務付けられ、減圧時この範囲においては呼吸用マスク装着が必要である。

呼吸用マスク装着時の認証に関しては、ヘルメットに貼り付けたタグ（写真6）を顔認証用のカメラにて読み取り、認証する方法とした。

- 顔認証後にディスプレイに入室者の名前が表示されることで、顔認証と減圧管理システムの連携性を確認できた（写真7）。

写真5　呼吸用マスク

写真7　顔認証者名表示（マンロック内）

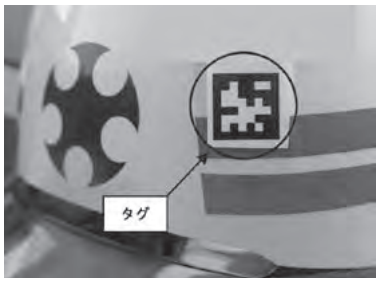

写真6　認証用タグ

写真9　顔認証表示（PC画面）

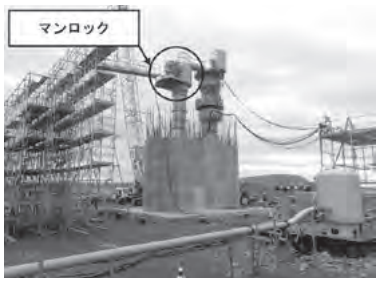

写真8　ケーソン施工状況

5 実際の現場における強化システムの導入

本システムは、静岡県発注の新々富士川橋・P5、P6橋脚工事において初導入した（写真8、9）。マンロックにおける閉塞狭小かつ高気圧環境下での入室者顔認証の成果は、延べ約五〇〇人の認証率が一〇〇%と良好であり、正常なシステムの稼働状況が確認され、減圧症の発生を防止することができた。

6 おわりに

今般、ニューマチックケーソン工事における減圧管理システムにAI顔認証を導入したことにより、マンロック内への入室者の特定が迅速かつ確実に実施された。

なお、顔認証のアプリケーションは新たに改良され、家庭用マスク着用時の顔認証が可能になった。これにより、顔認証が難しい呼吸用マスク装着時にも適用可能になることが期待でき、他工種への適用も可能となる。

今後、強化システムによる高気圧作業履歴データを総合健康管理に連携させ活用し、高気圧作業者の減圧症予防対策に役立たせるとともに、多数の高気圧作業者が従事する大型ニューマチックケーソン工事をはじめとし、様々な高気圧作業に対する確実かつ迅速な減圧管理として弊社工事に本システムを幅広く採用していく予定である。