

ニューマチックケーソン工法における高気圧下での体調管理

株式会社大本組 ○正会員 都川 信吾 非会員 橘 伸一
 倉敷紡績株式会社 非会員 荒巻 公一
 大阪大学 非会員 清野 健

1. 目的

ニューマチックケーソン工法は高気圧下作業において、減圧症等の労働災害リスクが懸念される。減圧症の発症要因として、不適切な減圧管理および作業員個々の体調（脱水・疲労など）によるところが大きい。減圧症の発症を防止するため、高気圧作業安全衛生規則により特殊健康診断の実施や既往歴等の確認が義務付けられているが加えて、作業員の体調管理は一層重要になっている。これらの背景から作業中もリアルタイムに体調を把握する事が重要と考え、暑熱環境下における作業リスク管理で実績のあるクラブウの Smartfit（スマートフィット）（以下、「スマートフィット」）を活用し作業員の体調を可視化して、高気圧下での体調管理に活用する。

2. スマートフィット概要

ウェアラブルデバイスにより取得した作業者の心拍などの生体情報と作業現場地域の気象情報などを統合して解析し、作業者一人ひとりの「暑熱環境下での作業リスク」や「体調変化」などをリアルタイム評価・通知することで、職場のリスク管理をサポートするサービスである。

生体情報の評価アルゴリズムは、ビッグデータ化されたデータベースの解析から得られた知見に基づき構築されている。さらに AI 機能を導入し、個人の特性を学習することで評価精度を高めている。体調変化の評価では、普段の平常範囲が設定され、当日の体調を数値化して比較することでリスクレベルを 3 段階（平常・やや注意・注意）で把握する。管理者は図-1 の状態を監視し、体調変化者へアラート通知や体調確認・作業内容の転換・休憩指示などが可能となり、体調不良による重篤な労働災害リスクの低減に繋げるシステムである。上記、体調管理の評価システムをニューマチックケーソン工法に適応した。

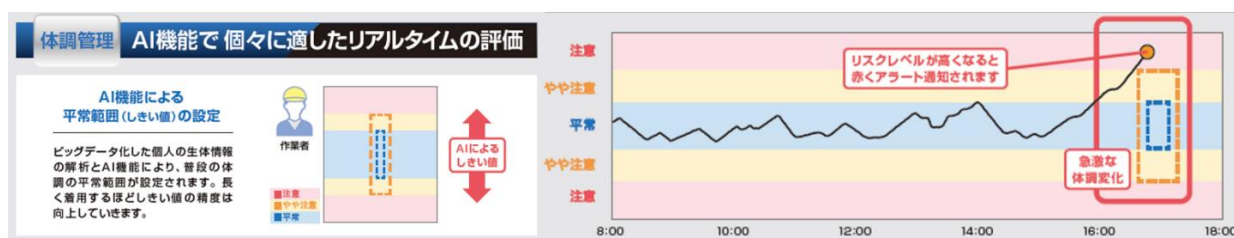


図-1 体調管理モ二タ

3. スマートフィット耐圧試験

スマートフィットで使用する生体センサは、大気圧環境下で使用されているため高気圧下における動作を検証した。生体センサ・スマートフォン（写真-1）を耐圧試験機（写真-2）により耐圧試験を行った。

(1) 耐压試験条件

対象機器:生体センサ(ユニオンツール製 WHS-3), スマートフォン(京セラ製 URBANOV03/Qua Phone QZ)

通信方法：Wi-Fi 接続と LTE 接続の 2 パターン

(2) 段階的な加圧試験

耐圧試験機容器内の圧力を 0.6MPa まで 0.1MPa 毎段階的に加圧した. 0.1~0.4MPa 間は 0.1MPa 毎に 5 分間,

キーワード ニューマチックケーソン工法, スマートフィット, 体調管理

連絡先 〒700-8550 岡山県岡山市北区内山下1-1-13 (株) 大本組 土木本部技術部 TEL 086-227-5179

0.5～0.6MPa 時は 10 分間、圧力を保持してそれぞれの圧力でのデータ通信状態の異常有無を確認した。

(3) 急加減圧試験

耐圧容器内の圧力を 0.6MPa まで急加減圧しながらデータ通信の異常有無を確認した。

(4) 耐圧試験結果

- 1) スマートフォンの Wi-Fi・LTE 接続ともにデータ通信は常時、正常稼働
- 2) 生体センサの Bluetooth テザリングの通信は常時、正常稼働
- 3) 生体センサとスマートフォンに変形や損傷等なし



写真-1 耐圧試験機



写真-2 生体センサ・スマートフォン

4. 現場実証（高気圧下作業時における生体情報計測）

高気圧下作業において天井走行式掘削機オペレータ、掘削補助作業員および各種函内作業員の生体情報を取得し以下の結果を得た。

（現場数：4 現場、人数：総計 25 名、ウェアラブルデバイス：シャツタイプ）

- ・図-2 に高気圧環境での作業開始時刻を 0 として、複数の作業員の平均心拍数の変化を示す。圧力が高くなるにつれて作業員の平均心拍数が低くなる傾向が見られた。
- ・心拍数は、圧力だけでなく、作業強度の影響も受けるため、図-3 に圧力毎の作業強度（METs）と心拍数の関係を示す。スマートフィットは、安静時心拍数の変化に注目して体調を評価しており、一般に安静時心拍数の異常な上昇は、体調不良の発生と関連することが多いとされているが、安静時に対応する 1METs 時の心拍数（図-3 中の赤破線の左端）には、圧力条件の違いによる顕著な変化は見られなかった。したがって、作業強度を考慮した場合、圧力変化が心拍数に与える影響は小さい。

以上より、圧力条件の違いが安静時心拍数に与える影響が小さいことが確認されたため、高気圧下作業時でも、通常の大気圧環境下と同様にスマートフィットを活用できると考えられる。

気圧条件別の心拍の比較

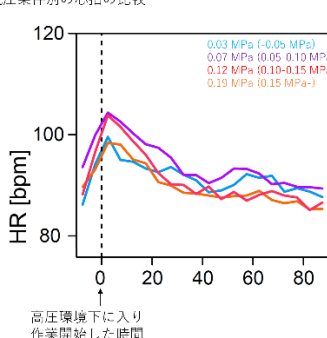


図-2 圧力条件別の心拍の比較図

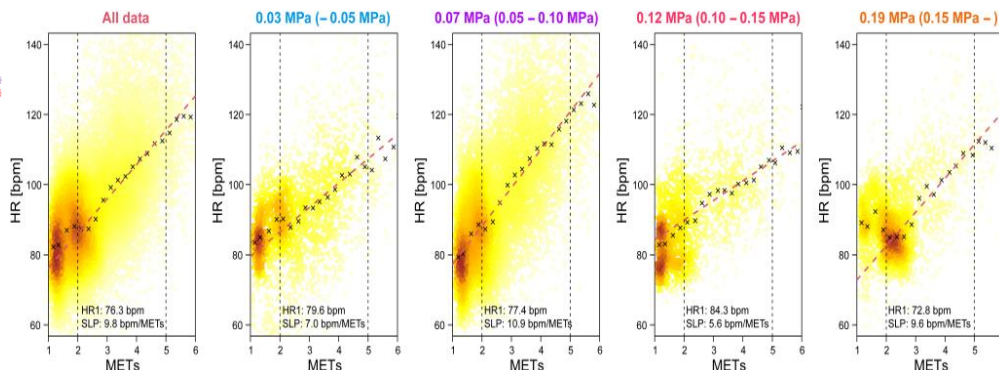


図-3 圧力条件別の心拍と活動量の関係図

5. まとめ

実証結果より、スマートフィットは大気圧下と同等のアルゴリズムで運用可能であることを確認し、高気圧下でも健康管理に活用できることが実証できた。将来的に減圧症等の労働災害を減少させるためには省人化等の対策が重要であるが、現状ではスマートフィットを活用した高気圧下作業時の健康管理手法により労働災害の防止に努めたい。