

中温化技術による合材温度の低減が作業員の心拍数に与える影響

前田道路（株） 技術研究所 正会員 ○平野 麻衣子
 前田道路（株） 技術研究所 正会員 高橋 知
 前田建設工業（株） ICI 総合センター 正会員 齋藤 知弥

1. はじめに

近年、夏期の猛暑日の増加とともに熱中症の発生数が増加している。2020年の職場における熱中症の死傷者数は959人であり、うち死亡者数は22人であった。中でも建設業は、過去5年に渡り死亡災害の最多業種となっており、特にアスファルト舗装工事においては160°C程度の加熱アスファルト混合物（以降、加熱混合物）を施工するため、作業員の熱中症リスクが高いと推測される。

この対策の一つとして施工温度を約30°C低減可能な中温化技術が挙げられるが、その効果について定量的な評価を行った報告は少ない。そこで本研究では、実環境下で加熱混合物を施工した作業員の心拍数を比較することで、熱中症対策としての中温化技術の有効性を評価した。

2. 検証方法およびデータ処理

被験者は、ミツフジ（株）が開発したシャツ型のウェアラブル IoT ソリューション hamon®を着用して各々の作業を行った。hamon®では、RR 間隔（QRS 波から次の QRS 波の間隔/心室の興奮周期）を取得している。この RR 間隔を使用し、1心拍毎の瞬時心拍数（beats per minute : bpm）を算出した。

今回の検証で得られた瞬時心拍数はデータ数が膨大であり、人間の安静時の正常値として考えられる心拍数を大幅に下回るような極端な外れ値が含まれていたため、連続する10心拍毎の中央値を抽出して解析データとした。また、評価対象は合材到着から30分間とし、作業前休憩時（室内）の心拍平均値を基準とした作業中の心拍変化量（bpm）を比較することとした。

なお、本研究はヘルシンキ宣言に則り、被験者に対し説明を行い、同意を得た後に実施した。また、猛暑日の舗装工事となることから、作業量や休憩量に十分配慮した。

3. 施工条件

前田道路（株）テクノセンター構内にて2021年8月に機械施工および人力施工を行った。加熱混合物は、密粒度アスファルト混合物（13）とし、温度は160±5°Cまたは、中温化技術を用いて約30°C低減させた130±5°Cとした。

4. 機械施工での検証

(1) 暑熱環境

暑熱環境の評価には WBGT を用いた。心拍数は暑熱環境に影響を受けるため、合材到着後30分間の WBGT に統計的有意差が認められなかった施工日間（図-1）で比較することとした。

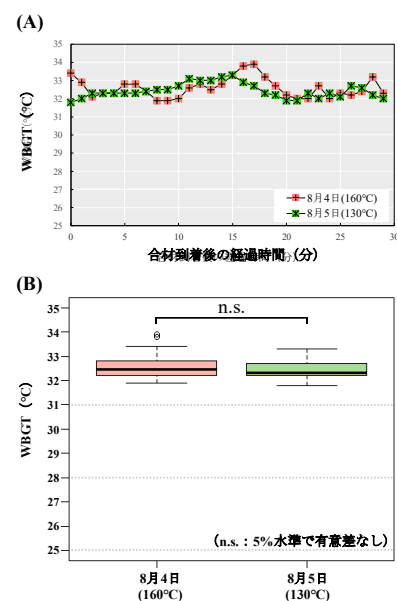


図-1 合材到着後30分間のWBGT

(A: 時系列図, B: 箱ひげ図)

(2) 結果

合材到着後30分間の心拍変化量の分布を箱ひげ図として図-2に示す。作業員aでは両者に有意差は認められなかったが、その他の作業員では130°Cの加熱混合物を施工した方が有意に心拍変化量は小さく、作業員dでは中央値が約30bpm小さかった。この結果から、中温化技術を用いることでWBGT31°C以上

キーワード：熱中症、中温化技術、心拍数

連絡先：〒300-4111 茨城県土浦市大畑208 前田道路（株）技術研究所 TEL:029-833-4311 FAX:029-833-4312

の暑熱環境下で機械施工する作業員の心拍上昇を抑えることができ、熱中症リスクの低減につながる可能性が示された。

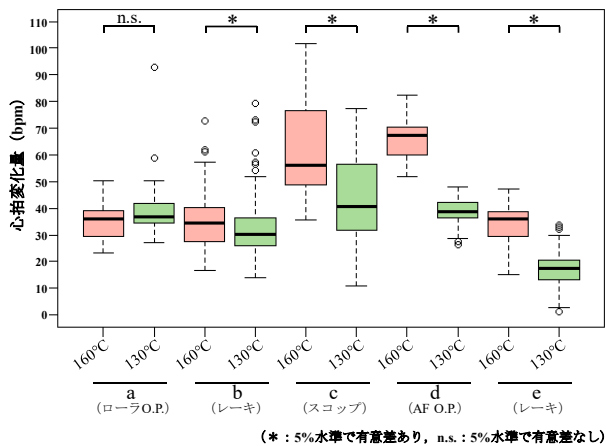


図-2 合材到着後 30 分間の心拍変化量

5. 人力施工での検証

人力施工では、各条件 2 日間 (計 4 日間) 検証した。合材到着後 30 分間の WBGT および心拍変化量の箱ひげ図を図-3 に示す。

WBGT に統計的有意差が認められなかった 9 日 (160°C) と 25 日 (130°C) の心拍変化量を比較すると、作業員 d は 25 日 (130°C) の方がわずかに小さく、作業員 b および f は同程度、作業員 c では 25 日 (130°C) の方が大きい結果となり、機械施工条件のような中温化技術による心拍上昇抑制効果は見られなかった。この理由として以下の要因が考えられる。まず、機械施工日の方が WBGT が高く、心拍上昇抑制効果が表れやすかった可能性である。または、9 日 (160°C) と 25 日 (130°C) の WBGT を比較すると、統計的有意差は認められなかったが、9 日 (160°C) ではその分布が広がっており (図-4)、25 日 (130°C) よりも WBGT が低い時間が多く存在したことにより、9 日 (160°C) の心拍上昇が抑制された可能性が考えられる。

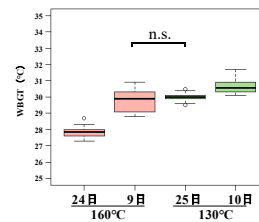
一方、図-3 より、25 日 (130°C) は 24 日 (160°C) よりも明らかに WBGT が高いにも関わらず、心拍変化量が同程度である作業員もいた。さらに、10 日 (130°C) は 4 日間で最も WBGT が高かったが、心拍変化量は抑えられている傾向が見られた。以上の結果から、中温化技術により加熱混合物の温度を下げることで心拍上昇を抑えられる可能性が示された。

6. おわりに

本研究では、アスファルト舗装工事における熱中

症対策としての中温化技術の有効性について、実環境下で加熱混合物を施工した作業員の心拍数を用いて評価した。その結果、中温化技術を使用することで心拍上昇を抑制でき、熱中症リスクの低減につながる可能性が示された。しかしながら、本検証は実環境下のため、各施工日間で作業負荷が一定であったとは言い切れない。したがって、今後は事例を増やし、より詳細な検証を行いたいと考える。

(A) WBGT



(B) 心拍変化量

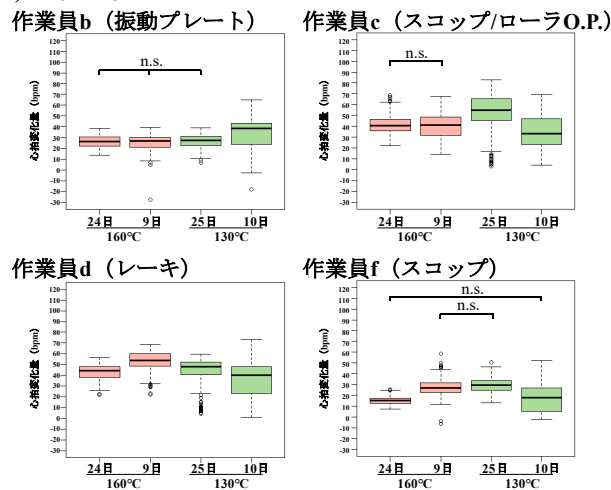


図-3 合材到着後 30 分間の箱ひげ図 (n.s.: 5%水準で有意差なし)

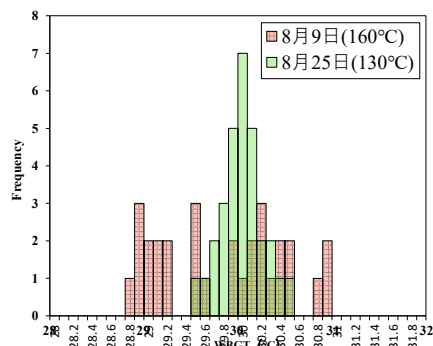


図-4 合材到着後 30 分間の WBGT ヒストグラム

参考文献

- 1) 厚生労働省：令和 2 年 職場における熱中症による死傷災害の発生状況 (確定値)