

建設現場における垂直搬送装置の実証実験報告

その2 パイプサポート2層荷揚げによる人力作業との比較実験

正会員 ○村石 辰徳 *1
正会員 田中 昭臣 *1

型枠工事 垂直搬送 機械化
省人化 作業負荷

1. はじめに

著者らは、躯体工事における安全性向上や省力化を目的に、鉄筋コンクリート造のスラブ開口に設置して利用する、建設資材の垂直搬送装置（以下、本装置）の開発を進めてきた（写真1）。躯体工事の中でも、型枠工事におけるパイプサポートの揚重作業は、特に重労働とされている。既報¹⁾では、本装置の概要と、本装置を用いたパイプサポート1層荷揚げの実証実験の結果、さらに、実験結果から、2層荷揚げの作業効率を算出し、人力によるパイプサポートの揚重と比較して37%の作業効率向上が見込めることを報告した。

本報では、実際のパイプサポート2層荷揚げにおいて、本装置による作業効率を評価することを目的に行った、人力作業との比較実験の結果について報告する。

2. 実験方法

2.1. 実験概要

実験概要を表1に示す。パイプサポートの2層荷揚げ作業を行うために、鉄筋コンクリート造のスラブ開口を模擬した3階建の仮設フィールドを構築した（写真2）。仮設フィールドにおいて、本装置による揚重（以下、機械揚げ）と、人力による揚重（以下、手揚げ）の2種類の荷揚げ方法を実施した。下段から上段へパイプサポート40本を揚重する作業を1つの試行とし、各荷揚げ方法で3回ずつ実施した。各試行間は、前の試行の疲労を残さないように十分な休憩時間を設けた。作業員数は、機械揚げでは上段と下段の2名、手揚げでは上段、中段と下段の3名である（図1）。本装置は1回の昇降でパイプサポート8本を揚重でき、機械揚げでは、40本の揚重を行うために、試行1回で本装置を用いた積み下ろしを5回行った（写真3, 4）。手揚げでは、40本すべてを揚げきるまで、開口部から1本ずつ連続して揚重作業を行った（写真5）。

2.2. 計測方法

各試行において、作業時間および、作業中の心拍数の計測を行った。作業時間はストップウォッチを用いて作業開始時刻と作業終了時刻を記録した。作業中の心拍数は、胸部に装着する心拍センサ（写真6）を用いて計測し、計測データは無線通信によりPC上に収集し記録した。



写真1 垂直搬送装置の外観

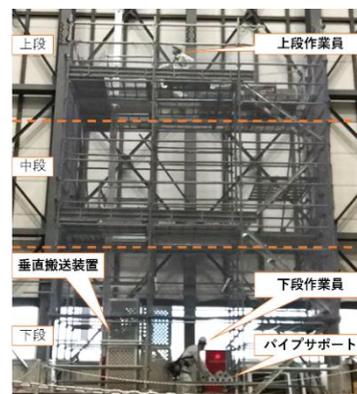


写真2 仮設フィールド

表1 実験概要

実験日時	2020年10月15日(木)
荷揚げ高さ	6.45m(2層分)
荷揚げ材料	パイプサポート(6尺・12.8kg) 40本
荷揚げ方法	1) 機械揚げ 2) 手揚げ
作業員数	1) 2人 2) 3人

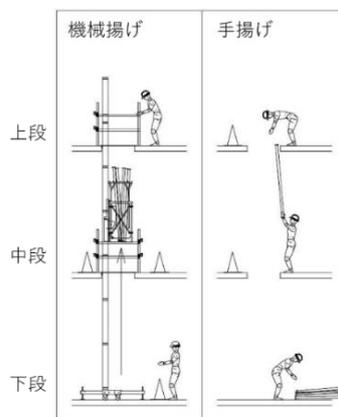


図1 機械揚げと手揚げの作業概要



写真3 機械揚げ上段荷下ろし状況



写真4 機械揚げ下段積み込み状況



写真5 手揚げ下段揚重状況



写真6 胸部心拍センサ

3. 実験結果

3.1. 作業時間

作業時間の記録を表2示す。各荷揚げ方法の平均作業時間は、機械揚げは32分32秒、手揚げは6分23秒となり、機械揚げの作業時間は、手揚げと比べ約5倍となった。

3.2. 作業負荷

各荷揚げ手法による試行1回分の心拍数推移を図2に示す。機械揚げでは、パイプサポートの積み下ろしのタイミングで、上段と下段の作業員の心拍数が交互に上がっている。積み下ろし後、本装置の昇降状況ではどちらの作業員も心拍数が100[bpm]程度まで下がっている。手揚げでは、すべての作業員で、作業開始直後から終了まで心拍数が上昇し続け、170[bpm]程度に達している。図3に示すように、荷揚げ手法毎の試行3回の平均心拍数と最大心拍数は共に機械揚げの方が低い結果となった。なお、運動時の心拍数と相関があるとされ、主観運動強度のレベルを表すRPEスケール²⁾によると、今回実験に参加した30歳から40歳の作業員の場合、機械揚げの最大心拍数140[bpm]前後は「ややきつい」に相当し、手揚げの最大心拍数170[bpm]前後は「かなりきつい」に相当する。特に手揚げの下段、中段の作業員は作業終了前の約3分間「かなりきつい」と感じる状態が続いたと考えられる。

3.3. 作業効率の考察

作業効率を比較した結果を表3に示す。手揚げの必要時間は、既報の現場実証結果により、作業時間と同程度の休憩時間を必要とすることから、休憩時間を含め作業時間の2倍とした。機械揚げの場合、上段と下段の作業員は、一方が積み下ろしや、本装置の操作をしている間は、一方が待機となるため、同時作業人数を1人として工数を算出した。その結果、機械揚げの作業効率は1.23[本/人・分]、手揚げは1.04[本/人・分]となり、手揚げと比較し1.18倍となった。

4. おわりに

パイプサポート2層荷揚げの実験から、本装置について以下の知見を得た。

- ① 本装置を用いることで、人力での揚重作業と比較し18%の作業効率向上が見込まれる。
- ② RPEスケールによると、人力作業で「かなりきつい」となる作業負荷を、本装置により「ややきつい」程度に軽減することができる。

本装置の使用により、作業効率の向上や作業負荷の軽減が可能となり、女性や高齢の作業員が無理なく当該作業へ従事できるようになることが期待できる。今後、さらに装置の改良を進め、実現場へ適用を進めていく。

表2 作業時間の記録

試行回	機械揚げ	手揚げ
1回目	33分30秒	6分40秒
2回目	32分00秒	6分30秒
3回目	32分05秒	6分00秒
平均	32分32秒 (1952秒)	6分23秒 (383秒)

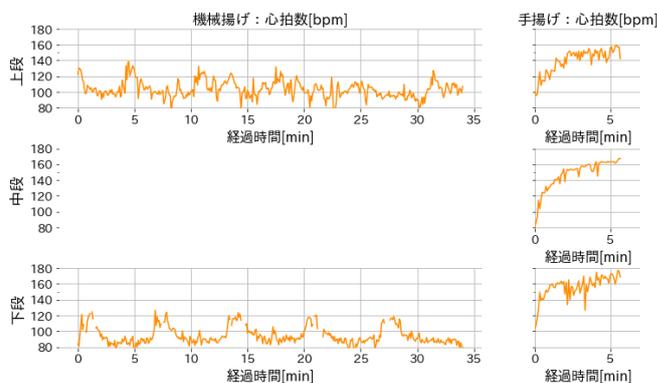


図2 作業時心拍数の推移

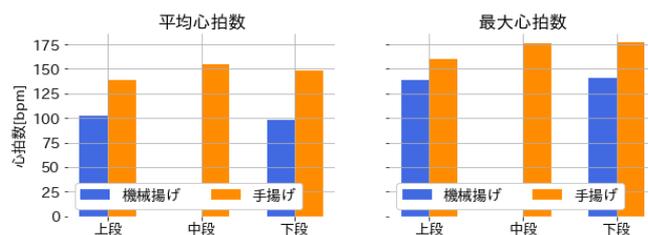


図3 心拍数の比較

表3 作業効率の比較

	機械揚げ	手揚げ
時間 [秒]	1952	767
同時作業人数 [人]	1	3
工数 [人・秒]	1952	2301
作業効率 [本/人・分]	1.23	1.04

【謝辞】

本装置の開発及び改良において、光洋機械産業株式会社の坂本義宣氏、大嶋一匡氏に多大なご協力をいただきました。ここに記して深謝いたします。

【参考文献】

- 1) 田中昭臣ら：建設現場における垂直搬送装置の実証実験報告 日本建築学会大会学術講演梗概集 2020年 p.889
- 2) 全身持久性運動における主観的強度と客観的強度の対応性：Rating of perceived exertion の観点から 体育学研究, 21:191-203.