

新しい ALC 床パネル敷込方法の提案と検証

中村 知行 村井 孝司 梅沢 浩之 南川 達浩
Tomoyuki Nakamura, Koji Murai, Hiroyuki Umezawa, Tatsuhiko Minamikawa

概 要

筆者らは、身体への負担が少ない新しい ALC 床パネル敷込方法を提案した。本研究では、初めに建方作業に従事する作業者に対してアンケート調査を実施し、アンケート回答結果より「ALC 床パネル敷込作業」が建方作業の中でも体力的に負担の大きい作業であり、改善の必要があることが明らかになった。そこで、作業の改善方法として敷き込み作業を人力とせず複数枚同時に把持することが可能かつ安全な ALC 床パネル敷込装置とこの装置を利用した新しい施工方法を提案した。そして、提案手法の実現性や有効性を検証するために、機能検証機を製作し、把持能力等に関する検証や施工現場を模擬したフィールドで敷込検証を実施し、提案手法の実現性を確認した。最後に、実際の施工現場においても提案手法を適用し、提案手法の有効性について評価した。その結果、体力的負担の軽減効果があることや一人でも ALC 床パネルの敷込作業ができることを確認した。

Proposal and Verification of a Novel Method for ALC Floor Panel Installation Work

Abstract

We proposed a novel method of installing ALC floor panels that is less burdensome to the body. In this research, we first conducted a questionnaire to workers engaged in construction work, and based on the results of the questionnaire, we found that "ALC floor panel installation work" is a physically burdensome type of construction work. It was clear that there was a need for improvement. Therefore, as a work improvement method, we proposed a safe ALC floor panel-installing device that can hang multiple sheets at the same time without manpower and a new construction method using this device, and we described the proposed method. Then, in order to verify the feasibility and effectiveness of the proposed method, we manufactured a functional verification machine, verified the gripping ability, etc., and conducted laying verification in a field simulating the construction site to confirm the feasibility of this method. Finally, the proposed method was applied to an actual construction site, and the effectiveness of the proposed method was evaluated. As a result, it was found that the method was effective in reducing the physical burden and that one person could conduct the installation work of ALC floor panels.

キーワード： 工業化施工, ALC 床パネル, 治工具, 機械・ロボット

1. はじめに

住宅・集合住宅では、ALC 材を床パネルに用いる事例が多い。ALC 床パネルを施工する際には、ベルトスリング等の吊具によってトラックから施工箇所まで4~5枚を荷揚げした後、作業員2名でALC床パネルを1枚ずつ床に敷き込んでいく手順が一般的である。ALC床パネルを施工している様子を写真1に示す。敷き込むALC床パネル1枚の重量は、最も重いもので約80kgfもある。厚生労働省の「職場における腰痛予防対策指針¹⁾」では、18歳以上の男性における取り扱い物の重量は体重のおおむね40%以下とすることを事業者の努力義務として述べている。そのため、ALC床パネル敷込作業については、作業員によっては指針の努力義務を満たせない場合がある。さらに、昨今の建設業においては慢性的な人手不足が叫ばれており、今後はより人手不足の状況が悪化することが予測される。そのため、このような重筋作業は建設業における人手不足の状況に加えて、作業が特定の作業員に限定されるといった要因によって、今後の担い手確保が不安視される作業の一つである。

2018年に施工環境の実態把握のために住宅・集合住宅の建方工事全般に従事している作業員へアンケート調査を実施した。アンケート回答者数は169名である。アンケート調査の中で、「痛みや疾患を抱えている部位があればお答えください」という質問に対する回答結果を図1に示す。建方工事に従事する作業員が抱える疾患部位は、「腰」が最も回答数が多く、次いで「肩」が多いといった結果であった。建方工事では、重量物を持ち上げ・取り付けるといった作業が多い。そうした作業が腰や肩へ負担を与えていると考えられる。続いて、建方工事の各作業に対して「危険を感じる」「体力的負担を感じる」「ストレスを感じる」「作業人数」の項目でマークをして回答する形式で質問した。建方工事に関する作業の中で回答割合が上位の作業を表1に示す。表中でALC床パネル敷込作業は、その他の作業と比較して、全項目で回答数が多かった。特に、「体力的負担を感じる」の回答割合が40%以上あった。これはALC床パネルの重量に起因するものである。続いて、「作業中に危険を感じる」の回答が30%以上あった。これは、細い梁上を移動しながらの作業となるためである。これらの結果は、作業員からも施工方法の改善が求められていることを示唆している。さらに、ALC床パネル敷込作業は、2人以上で作業を実施する割合が80%以上となっており、機械装置等を利用した省力

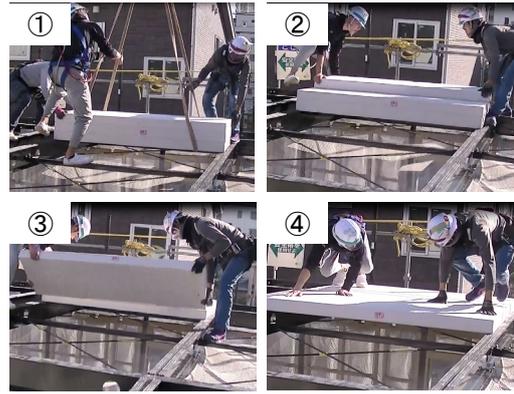


写真1 ALC床パネル敷込作業

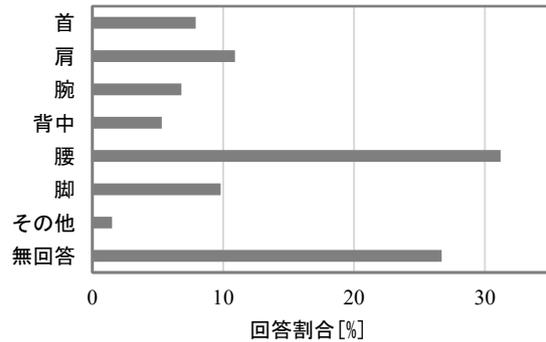


図1 疾患部位アンケート結果(複数回答可)

表1 各作業に関するアンケート結果

※記号は回答割合を示す。

A:40%> B:30~40% C:20~30% D:10~20% E:10%<

作業内容	危険	体力	ストレス	2人以上作業割合
ALC床パネル敷込	B	A	C	81.1%
梁・胴差・軒桁取付	C	A	D	84.6%
柱取付	D	B	D	68.6%
2F床パネル敷込施工	C	B	D	86.4%
水平安全ネット取付	C	E	B	55.6%
防水鋼板取付	D	D	C	24.9%
ブレース取付	D	B	C	69.2%

化・省人化が進んでいないことも明らかになった。以上の背景より、ALC床パネルの敷込施工方法を機械化し、重量負担を減らすことによって作業員を限定せず、身体への負担が少ない施工方法へ変革することを本研究の目的とした。本報では、ALC床パネルの敷込方法を改善する新しいALC床パネル敷込装置の提案とその検証結果について述べる。

2. 従来手法と提案手法の位置づけ

従来のALC床パネルの吊り方法は、ベルトスリングや三角スリングと呼ばれる金物とワイヤーロー

ブで構成された吊具を利用するのが一般的である。しかし、これらの方法では吊後のパネルが複数枚積まれた形となるため、上から1枚ずつ床へ敷き込む作業は人力となってしまふ。一方、吊クランプでALC床パネルを挟み込み、施工位置まで運搬する方法もある。この方法では、1枚ずつ挟みクレーンにより運搬するため人力とならず作業者はパネル位置の調整・確認作業に集中できる。しかし、1枚ずつ吊るため施工時間が多くかかることが課題である。その他に、パネル固定用に両端に設けられた加工孔を利用した吊治具²⁾がある。この吊治具は、棒状で端部に吊部と引掛け部を備えている。加工孔へ引掛け部側を挿入し、パネル底面に治具を引っ掛けて吊る。この吊治具では、積み重なったパネルの孔に対して、孔を通す枚数を調整することで吊る枚数を調整可能である。しかし、治具を孔に抜き挿しする時間がかかること及び引掛け部を可動するためには孔周辺に空間が必要なため、限られた形状のALCパネルのみでしか対応できないことが課題であった。

従来手法を踏まえて、筆者らは床への敷き込み作業を人力とせず、複数枚同時に把持することが可能かつ安全なALC床パネル敷込装置を提案した。図2に装置と提案手法の概要を示す。提案手法では、初めにトラックに積載されたALCパネルを複数枚把持した後、施工箇所まで運搬する。その後、把持したALCパネルを施工箇所へ着地させた後、把持を緩め装置をパネル1枚分上昇させその後把持して再度施工箇所へ着地させる手順を繰り返すことで敷き込む。提案手法の場合には、常時クレーンがALC床パネルの重量を負担するため作業者への肉体的負担は少ない。そして、ALCパネルを複数枚把持することができるため1枚吊クランプと比較して作業速度の向上も期待できる。

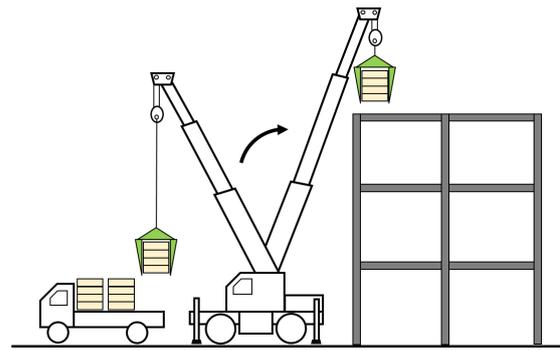
3. ALC床パネル敷込装置

3.1 仕様

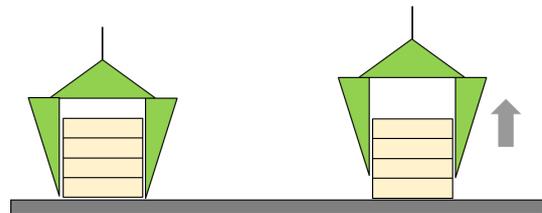
ALC床パネル敷込装置の機能検証機を写真2(a)に示す。サイズは900×200×815(mm)、重量は39.3(kgf)である。606×1820×100(mm)、重量約80(kgf)のALCパネル4枚を把持することが可能である。なお、操作は電動工具を利用して操作する仕様となっている。

3.2 把持機構

機能検証機は、中央部がスライダになっており、そのスライダを上下するリンクによって、左

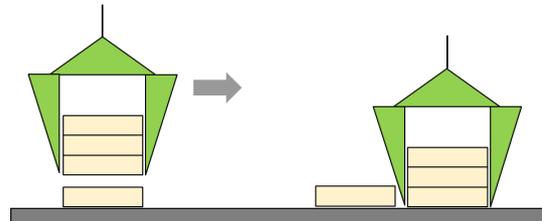


(a) トラックから梁上への搬送



(i) 1枚目敷込

(ii) 装置上昇

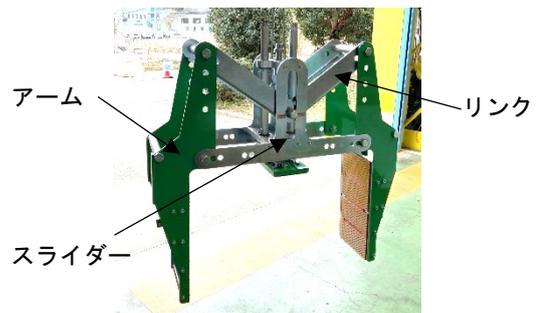


(iii) 把持・移動

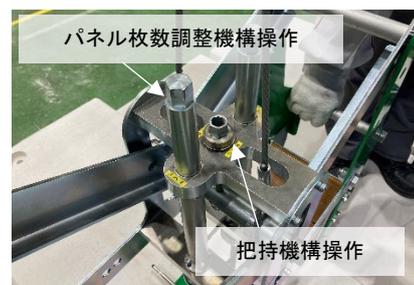
(iv) 2枚目敷込

(b) 梁上での敷込

図2 提案手法の概要



(a) 全体



(b) 操作部

写真2 機能検証機

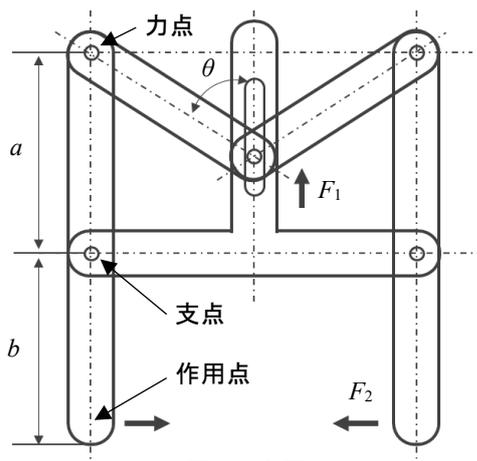


図3 力図

右にあるアームが開閉する機構となっている。アームの開閉を操作するためには写真2(b)に示す操作部中央にあるねじ部を回転させる。回転することで下方が台形ねじとなっており、その端部に接続されたリンクがスライダ部を上下し、アームが開閉する。ここで、把持機構の設計方法について述べる。本機構の力図を図3に示す。本機構は、2つのリンクとスライダで構成されるトルグル機構となっており、それによって力点で発生する力に、てこ比 a/b を乗じることで作用点における把持力 F_2 は式(1)で表現できる。把持力 F_2 は、式(1)より F_1 に比例し、リンクの角度 θ が 90° に近付くと F_2 の値は急速に増大する。

$$F_2 = \frac{\sin \theta \cdot \sin \theta}{\sin(2\theta)} \times \frac{a}{b} \times F_1 = \frac{a}{2b} \tan \theta \times F_1 \quad (1)$$

3.3 把持パネル枚数調整機構

機能検証機は、厚さ 100(mm)の ALC 床パネルを最大 4 枚まで把持できる仕様である。図2(b)に示す提案手法を実現するためには、把持するパネル枚数を調整する必要がある。クレーンの巻上機能でも同様の枚数調整は可能であるが、今回は装置自体にパネル枚数を調整する機構を搭載した。機構の詳細を写真3に示す。検証機中央に昇降板が設置されており、この昇降板の位置によって把持する枚数を調整する。昇降板の昇降は、写真2(b)に示すパネル枚数調整機構用の台形ねじ部を回転させることで昇降する。

3.4 落下防止爪

提案手法は、ALC 床パネルを側面から掴むことで発生する垂直方向の摩擦力によって、物体を保持している。そのため、摩擦力が弱まった場合には



(a) 4 枚

(b) 3 枚

写真3 把持パネル枚数調整機



(a) 取付前

(b) 取付後



(c) 落下防止爪装着時

写真4 落下防止爪

滑り落下する危険があり、ベルトスリング等の従来手法と比較した場合に安全性が低いことが問題である。そこで、写真4に示す落下防止爪を考案した。落下防止爪は、着脱可能となっておりトラックから梁上への搬送の際に装着し、敷込時には外して利用する。落下防止爪は通常時は ALC 床パネルの荷重を受けておらず、落下時に ALC 床パネルの荷重を受ける仕組みとなっている。実際に、ALC 床パネル 4 枚を把持した状態から把持を緩めてパネルを落下させたところ、落下防止爪によって落下したパネルの荷重を受け、その荷重に耐えられることを確認した。

4. 検証

4.1 把持検証

図4に示す方法で把持能力を検証した。固定したパネルを装置にて把持した後に、装置を上方向

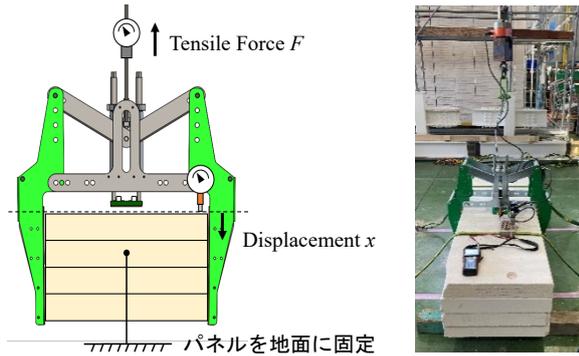


図4 把持検証の方法と検証状況(写真)

へ引っ張る。その際の引張力 F を吊ワイヤに設置したロードセル(TCLM-50KNB)で計測し、初期把持位置から下方向への位置ずれ x を装置に固定した変位計(CDP-25M)で計測する。条件として、パネル側面が乾燥状態と水濡状態で比較する。測定結果を図5に示す。青線が乾燥状態、赤線が水濡状態での測定結果であり、それぞれ2回測定した。なお、装置と吊具荷重はオフセットしている。測定結果より、水濡状態では乾燥状態と比較し引張力が小さい領域で約30~40%位置ずれが大きくなることが確認できた。これは、水濡による摩擦係数の低下が原因と推測される。引張力は、静止摩擦力から動摩擦力になることで低下する。その値は乾燥状態で約16~18(kN)、水濡状態では約16~17(kN)であり、水濡状態では約1(kN)程度低下する結果となった。

4.2 吊検証

実際の施工現場で利用される自走式クレーンを用いて ALC 床パネルを搬送する検証を実施した。検証の様子を写真5に示す。検証ではサイズ1810×606×100(mm)、重量77(kg)の ALC 床パネル4枚を把持して、約10(m)程度の範囲で垂直・水平に10分間搬送した。検証の結果、搬送中の落下はなく、ALC 床パネルの初期把持位置からの位置ずれは3(mm)以内であることを確認した。

4.3 敷込検証

提案手法の実現性を確認するため、施工現場を模擬したフィールドで敷込検証を実施した。把持機構と把持パネル枚数調整機構の操作には電動ドライブを利用し、機能検証機と ALC 床パネルの搬送には天井クレーンを利用した。なお、検証ではサイズ1810×606×100(mm)、重量77(kgf)の ALC 床パネルを利用した。検証の様子を写真6に示す。検

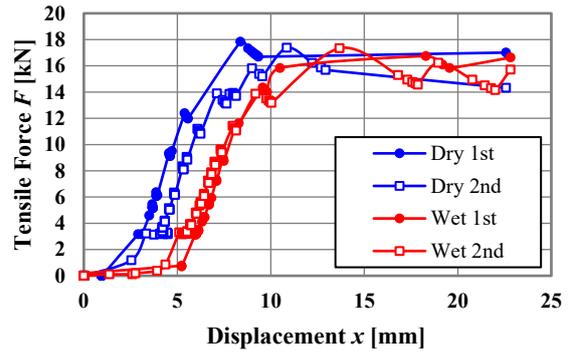


図5 変位-引張力の測定結果



写真5 吊検証の様子



(a) 1枚目敷込 (b) 把持解除・装置上昇
再把持



(c) 2枚目位置移動 (d) 2枚目敷込



(e) 3枚目位置移動 (f) 3枚目敷込

写真6 敷込検証の様子

証の結果、提案手法通りに ALC 床パネルを敷込可能なことを確認した。一方で、把持や装置上昇の操作、移動での位置合わせに作業時間がかかることが問題として明らかになった。

4.4 施工現場への適用

最後に、実現場で機能検証機を検証した。検証の様子を写真7に示す。検証は、建方工事に従事している作業者に実施していただいた。検証の結果、一人でも作業ができるため作業者が少ない場合には良いといった意見もあったが、装置サイズが大きく運搬性が悪いことや操作に手間がかかることがヒアリングで明らかになった。さらに、敷込時にパネル隙間があるためその隙間を埋めるため敷込後のALC床パネルを人力で横へ移動する無駄な作業が発生しており、提案手法に改善が必要であることも明らかになった。

5. まとめ

ALC床パネルの敷込作業について、新しい手法を提案し、提案手法について機能検証機を利用して検証を行い、それぞれ以下の結論、知見を得た。

- (1) ALC床パネルを把持するための設計手法を示し、把持能力に関する検証を実施した。その結果、摩擦面の状態によって把持能力が変化することを確認した。
- (2) 施工現場を模擬したフィールドで敷込検証を実施し、提案手法通りにALC床パネルを敷き込みできることを確認した。
- (3) 施工現場にて検証を実施し、体力的負担の軽減及び一人で敷込作業ができることを確認した。また、操作に手間がかかることや敷込時のパネル隙間の問題が明らかになった。

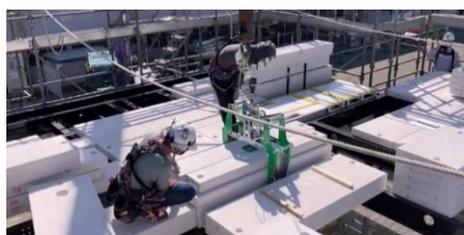
今後の課題として、装置の軽量化、操作の簡易化及び敷込時に隙間をなくす方法の検討に取り組んでいく予定である。

謝辞

本研究にあたり、有限会社建和の皆様には検証にご協力していただいた。そして、株式会社日東、株式会社イング、株式会社永木精機及び住友金属鉱山シポレックス株式会社の皆様には機能検



(a) 敷込位置への移動



(b) 敷込

写真7 現場検証の様子

証機の製作にご協力していただいた。最後に先端技術開発部(旧: 建築技術研究部 施工生産研究グループ)の皆様にはアンケート調査等で多大なるご協力をいただいた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 労働基準局安全衛生部労働衛生課: 職場における腰痛予防対策指針, 厚生労働省, 2013, <https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/youtsuushishin.html>, (参照 2022-03-24)
- 2) 小濱 洋輔, 長尾 勝喜: 吊り治具, 吊りユニット及び床の施工方法, 日本国特許庁(JP), 特開 2020-55655, 2020
- 3) 林 洋次: 機械要素概論 2 機構・伝達・ブレーキなど, 実教出版株式会社, pp.262, 1998
- 4) 辻川 典範, 今橋 嘉彦, 大金 久徳: 吊り具, 日本国特許庁(JP), 特開 2020-15608, 2020

執筆者紹介

ひとこと

「人から愛される機械」を目指して、今後も研究開発に邁進していきます。



中村 知行
博士 (工学)