

13. 建設現場へのアシストスーツ導入の可能性について

建設現場への導入促進のための検証の取組み

国土交通省総合政策局 ○ 味田 悟
株式会社日本能率協会総合研究所 平石 浩之

1. はじめに

建設業界特有の課題として就労者の高齢化、就労者数の減少、低い労働生産性などがある。その一方、災害対応やインフラの老朽化対策の必要性は高まっている。

国土交通省では、2016年より i-Construction として、機械施工における ICT 技術の活用等により建設現場の生産性向上に取り組んでいる。しかし、建設現場には人による施工が多くあり、この人による施工の生産性向上を目的に農業や介護の現場に導入されているパワーアシストスーツ（以下、「PAS」と言う。）について着目し、導入を図るための取組みを始めた。

2. 令和2年度検証試験の概要

本検証は令和2年度に建設作業の基本動作を検証するために模擬的な建設作業空間を設営し、PAS の効果検証を行った。

2.1 検証建設作業

検証は、以下の3種の模擬の建設作業（図-1）で行った。短期間での検証のため、作業間の疲労が蓄積しにくい負荷設定とし、一作業は概ね5分以内で完結する作業とした。

① 人力土工：掘削及び一輪車運搬

多くの現場で作業される掘削及び一輪車による運搬作業。掘削時の腰負担や積込の土の持上げ、一輪車移動時の負荷への助力を検証。

② 小運搬：建物階段

通路幅がある建物階段において資材を抱えた運搬。約15kgの資材を持った状態で階段昇降における腰や脚部への負荷への助力を検証。

③ 小運搬：仮設足場

建物2階高の仮設足場において約15kgの資材を持った運搬。狭隘な足場内における動き易さや、助力による作業しやすさを検証。

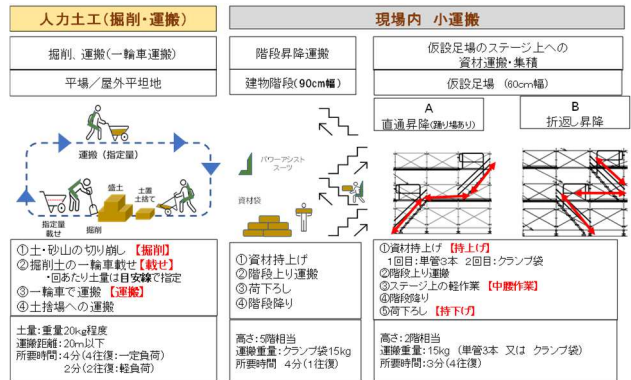


図-1 作業および負荷の概要

2.2 検証 PAS

検証対象 PAS は2種4タイプ（図-2）とした。ゴムや空気圧で助力を得るパッシブ型2タイプ（図-2）、モータなどにより助力を得るアクティブ型2種（図-3）で行い。助力部位はパッシブ方が腰、アクティブ型は腰と腿である。また、形状は外骨格型3種と身体フィット型1種である。



図-2 検証 PAS と機能概要



図-3 検証 PAS (パッシブ型 2 種)



図-4 検証 PAS (アクティブ型 2 種)

2.3 被験者と検証作業の対応

被験者は職能別に 3 群、年代も 20 代から 50 代の合計 12 人。経験状況、身体的な状態、PAS に関わる事前の認知状況などは表-1 となる。

表-1 被験者属性と検証作業の対応

模擬作業員の種類	普通作業員	監理者等注1)	とび工
年代	20~50代	20~50代	20~50代
人数	4人 (各年代1人)	4人 (各年代1人)	4人 (各年代1人)
経験年数	20代: 4年、30代: 9年 40代: 1年、50代: 5年	20代: 1年未満、30代: 4年 40代: 15年、50代: 34年	20代: 6年、30代: 12年 40代: 24年、50代: 34年
過去に大きなけがの有無	ない	ない	ない
現在の腰痛	ない1名(20代) ある1名(30代) ときどき痛み2名(40代、50代)	ない	ときどき痛み3名 (20代、40、50代) ある1名(30代)
PASの事前認知	知ってはいしたが 利用経験無し (全年代)	試着経験あり 作業経験なし (全年代)	知ってはいしたが利用経験 なし2名(20代、40代) 未認知2名(30代、50代)
模擬作業	人力土工	●(一定負荷注2)	●(軽負荷注2)
	小 建物階段 運搬 仮設足場		●

3. 検証結果と現状 PAS の評価

検証は、装着および未装着で同一作業を実施し、未装着と比べ装着したことにより作業の早さ、負荷に変化が生じるかアンケート方式で行った。また、グループヒアリングにより装着作業による各種の評価を得た。

3.1 作業の早さと負荷の軽減

(1) 人力土工：掘削と一輪車運搬

人力土工(図-5)では、監理者等で PAS を装着した土の持ち上げや中腰作業において、未装着時に比して作業が早くなるとの体感を得た(図-6)。特にアクティブ型ではその効果を強く感じた。実際の作業時間は、未装着での作業時間の方が早く(図-7)、身体負担が軽減し疲労感が低下する事で作業が早くなったと感じていると考えられる。新規入職者の移動を伴わない掘削作業に有効であることが確認された。



図-5 人力土工 (掘削作業と一輪車への積込み)

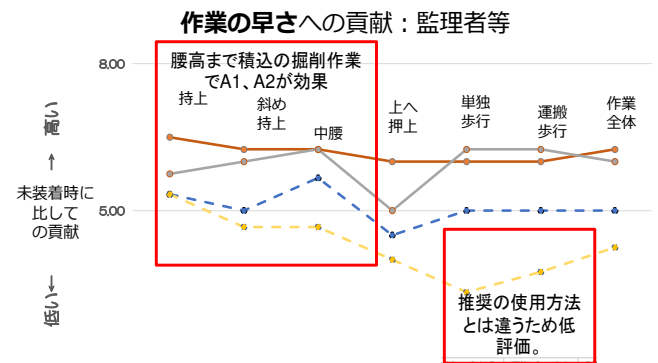


図-6 装着による人力土工作業の早さへの貢献：監理者等 (4人平均)

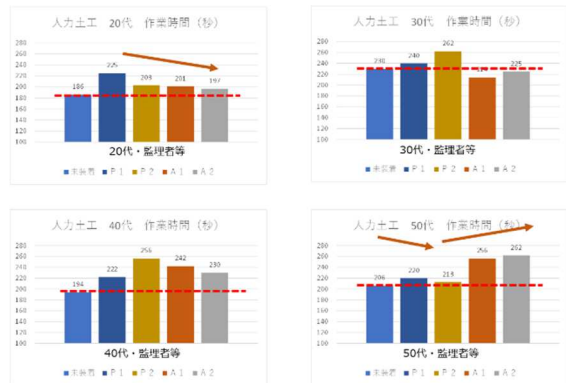


図-7 未装着時と装着時の作業時間：監理者等 (年代別、作業に要した時間)

監理者等(図-8)と普通作業員(図-9)で負担軽減の評価が異なった。

これは、掘削作業に慣れている普通作業員は各々の身体にあった動作が身についており、意図しない助力や普段と違う作業姿勢などを強いられることに抵抗感があったと思われる。

一方、新規入職者に相当する監理者等は、不慣れた作業で助力が働くことによる負担軽減が感じられこのような評価となったと考えられる。

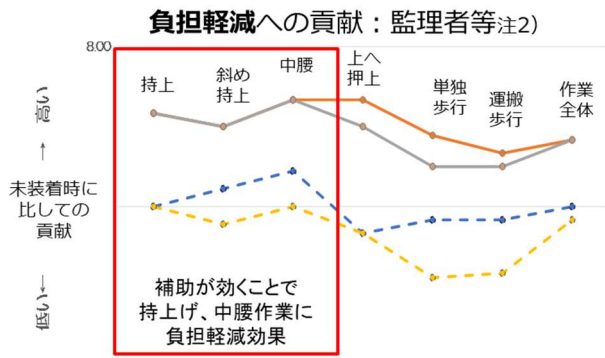


図-8 装着による人力土工作業の負担軽減の貢献：監理者等（4人平均）

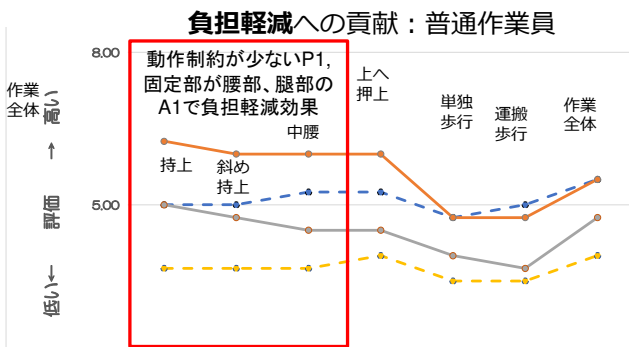


図-9 装着による人力土工作業の負担軽減の貢献：普通作業員等（4人平均）

(2)小運搬（建物階段）

監理者等による建物階段の小運搬(図-10)では15kgの資材持上げ時に助力が働き、足にも助力が働くことで負担の軽減(図-11)になると評価された。アクティブタイプによる資材を抱えての運搬昇降に有効であることが確認された。

図-10 小運搬（建物階段の昇降と資材持ち上げ）

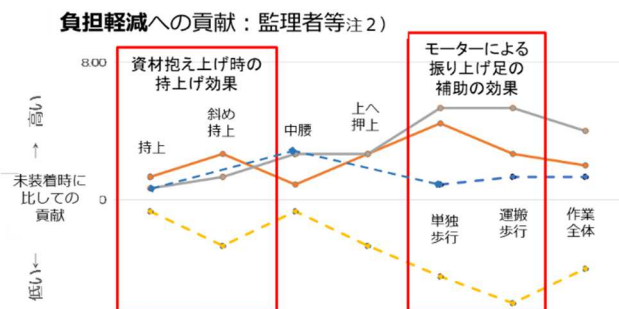


図-11 装着による資材抱えての建物階段の昇降負担軽減の貢献：監理者等（4人平均）

(3)小運搬（仮設足場）人力土工

とび工による仮設足場内の小運搬では、単管パイプや資材を抱えての昇降移動、頭上に制約がある中で移動作業(図-12)を実施し、中腰作業、上への押上作業において負担軽減になるとの評価がされた。歩行時の助力による負担軽減(図-13)も評価された。重量物の持上げ、下げ作業に有効であることが確認された。



図-12 小運搬（仮設足場の昇降と中腰の潜抜け）

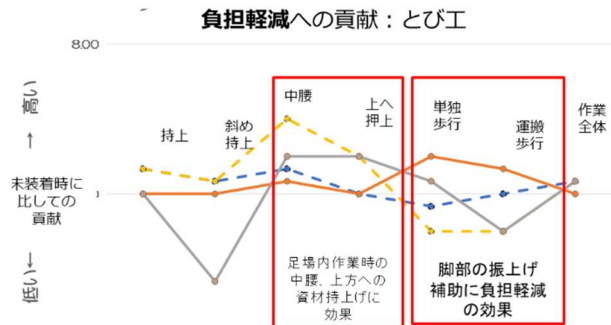


図-13 装着による仮設足場作業の負担軽減の貢献：とび工（4人平均）

3.2 装着感や活用全体

装着感や今後の利用意向等のヒアリングを実施した(表-2)。スーツの重さ等は概ね容認の範囲であり、掘削や重量物の持上げ作業、中腰が継続するような作業において継続利用の意向が示された。さらに操作性の改善などを行うと、利用度は高まるとの声が聞かれた。

一方、用具等をつける腰ベルトや、高所作業時のフルハーネス型安全帯との同時装着が1種を除き困難であり、現状の形状では高所作業に適していないとの意見が挙げられた。また、現状の価格面等からは個人購入が難しいのではないとの意見も聞かれた。

表-2 グループヒアリングなどからの評価

パッシブ		アクティブ	
P1 身体フィット型	P2 外骨格型	A1 外骨格型	A2 外骨格型
<ul style="list-style-type: none"> 現場で使用の意向。 手軽でかつ一定のアシスト効果がある。 フルハーネス併用可で、建設作業に対応しやすい。 装着性、動きやすさなど比較的普及しやすい要素を有す。 	<ul style="list-style-type: none"> (会社などから)提供される場合に使用意向。 特定の作業(中腰主体、動き回らない)には効果を発揮できる。 意外と軽く、装着に抵抗感はない。 	<ul style="list-style-type: none"> 価格次第では購入の意向。 持ち上げ、階段昇降、持ち運びで良好な評価。 道具装着への対応、操作性の改善などを行うと、今後利用度は高まるとの声。 	<ul style="list-style-type: none"> 特定の作業(例えば持ち上げ作業)で効果を発揮。 運搬歩行、階段昇降でも効果を発揮。 アシストが比較的強力である点に高評価。
<ul style="list-style-type: none"> アシストがもの足りないとの声もある。 	<ul style="list-style-type: none"> 足場内では背中や腰の突起が邪魔との声がある。 (腰への補助得るには)大腿部に反力が働き、歩行や階段昇降には、あまり向いていない。 (装着位置により)スーツがズレて痛感を感じる場合がある。 (使い慣れないので)動作がにじない場合がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 操作の分かり難さ、装着時の圧迫感を感じる被験者もあった。 比較的良否の評価が分かれる。 高価なPASイメージから、壊してしまう懸念ももたれた。 	<ul style="list-style-type: none"> アシストが強力な分、その動きに違和感を持つ被験者もあった。 複雑な作業で瞬時の動きが難しいとの声もある。
<ul style="list-style-type: none"> 指先や腕の補助もあるとい(長尺や不定形の資材、資材袋や土のう袋の持ち上げや保持しての移動作業時) 			

3.3 現状 PAS の評価

建設模擬作業における動作要素を踏まえ、人力作業の適用において、現状の PAS は次の5種の動作に一定の適用可能性(図-14)がある点が確認された。

- ①連続の掘削：盛り土や床掘など
- ②中腰を維持しての作業
- ③重量物の持上・下げ(据付)等：地面・床面からの重量資材等の持ち上げや、荷台などからの地面・床面への持下げ
- ④資材抱え上げの運搬歩行・昇降：鉄筋や鉄骨、建設構造物などを抱えての運搬歩行や昇降
- ⑤目線高さや頭上への持ち上げ

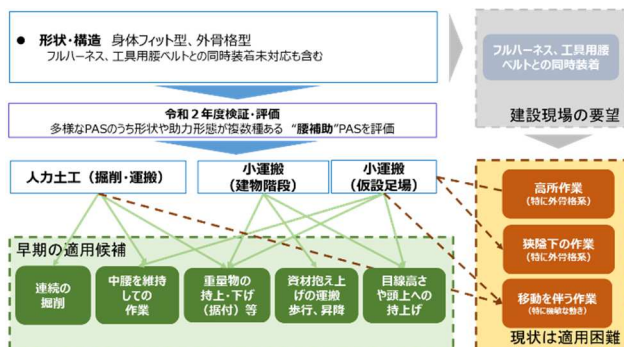


図-14 検証からの適用作業動作

4. 令和3年度の試験検証の取組み

4.1 PAS 適用の作業工種候補

PAS の助力特性、5種の動作への適用が把握出来たことより、令和3年度は次の作業工種(図-15)を約20の実建設現場で導入に向けた検証を行う。

①連続で行う床掘、重量物の持ち上げ作業②道路や河川などにおけるPCブロックや玉石等の敷設、作業、③水路工等におけるU字溝および同蓋の敷設、④河川などにおけるブロック敷設やじゃかご、ふとんかご工における石詰め作業、⑤中腰維持作業が続く鉄筋組や芝張り付け、除草作業、⑥資材や施工用具の抱え上げや移動が伴うコンクリート打設や吹付作業、⑦目線高さなどへの持ち上げがある

ボーリング作業などの建設作業。

また、災害時の国土交通省保有の排水ポンプ車の排水ポンプおよび排水ホースの設置作業。



図-15 適用作業の候補イメージ

4.2 実現場における長期検証

新たにPASを公募し、実際の工事現場における効果の検証を行う。さらに昨年度の短時間作業での評価で得られなかった装着習熟によるPAS効果、10日間の連続作業や長時間での苦渋作業における負担軽減効果の検証を行う。

5. 建設施工におけるPASの可能性

建設現場における作業は機械化が一定進展しつつも、作業環境や工種の特殊性から多様な面で人力作業に負う場面が引き続き残る。これらにおいて建設作業者が装着して助力を得られるPASは、建設現場における生産性向上に貢献するものと期待される。

建設作業において、作業時の力の入れ具合や作業時の適切な作業姿勢を習熟していない新規入職者においては、作業時の助力が得られることにより負担が減り、一定の生産性が得られるとともに、経験不十分故の身体故障の発生を予防することも期待される。

また、作業に応じて力の入れ具合や作業姿勢を最適に近い方法で行えるようなベテラン作業者においても、加齢に伴う瞬発力や持続力の低下をPASで補うことで、安定した作業の持続に繋がり生産性の向上が期待できる。

現状は、建設作業のうち高所作業などで必須の安全帯や腰装具ベルトとの共用が構造上未だ十分でない点から、これらを必須とする高所作業等には適用が難しい。さらに、着脱や調整に一定の習熟や都度に時間や手間が必要な点で小まめな移動や、作業内容が頻繁に変わるような場合には適用や効果発揮が難しい面もある。このような課題には、開発者に対し建設現場における各種のニーズや要求項目を明確にすることで、新たな開発、改善や改良が進むことを期待する。