

ICT バックホウの施工効率に関する実証実験

Demonstration Experiment on Construction Efficiency of ICT Backhoe

(株)砂子組	○	正 員	幌村 瑛奈	(Ena Horomura)
(株)砂子組		正 員	廣上 信二	(Shinji Hirogami)
(株)砂子組		正 員	佐藤 昌志	(Masashi Sato)
(株)砂子組		正 員	田尻 太郎	(Taro Tajiri)
(株)砂子組		正 員	佐藤 欣治	(Kinji Sato)

1. はじめに

昨今、働き方改革により建設業の働き方の抜本的な改善に向けた取り組みとして、ICT 技術の導入が行われ、建設現場の生産性向上、現場の技術力の発展を目的に自動制御が可能な ICT 建機の導入がされている。

また、建設業界において建設機械を扱うオペレータの高齢化が進む一方、将来を担うオペレータの人数は不十分であるが、ICT 技術により経験の浅いオペレータでも正確で安全性の高い施工が可能になりつつあり、労働者の減少を生産性の向上により補うことができると考えられている。

以上のことから、本論文では土工作業における ICT 建設機械の内、バックホウを使用した経験条件の違うオペレータによる施工効率の実証実験を行ったものである。

2. 実験概要

2-1. 条件

図1に示す通り、条件1としてバックホウの土工作業経験者オペレータ（以下経験者と記載）、土工作業未経験者（以下未経験者と記載）と区分を行った。

また、条件2としてバックホウの操作条件のマシンコントロール（以下 MC と記載）、マシンガイダンス（以下 MG と記載）、丁張で掘削を行い、条件 A～E のケースで実証を行うものとし

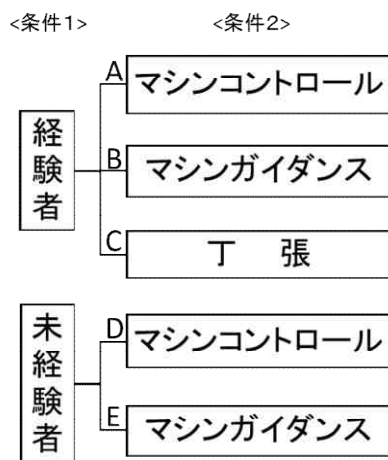


図1 実験条件

2-2. 断面

図2に示す通り、掘削深さ 0.3m、掘削長 4.6m の断面を一連作業で掘削を行うもので、使用するバックホウは PC200i とした。なお、完成断面は掘削後に裏込め砂利を敷き均し、転圧後に護岸ブロックを敷設するものである。また、実験時には通常の掘削作業を行ってもらう旨をオペレータに説明を行い、経験者・未経験者でアームの挙動を計測するため、ストロークセンサーを各アームシリンダー3点に設置した。

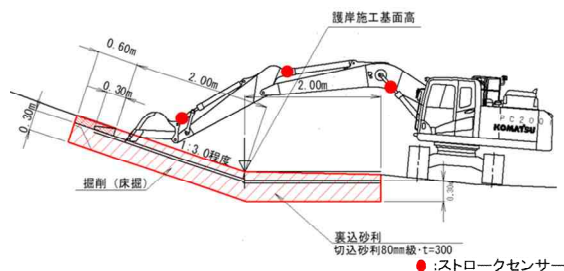


図2 掘削断面

3. 計測方法

計測方法はビデオ計測とし、図3に示す通り作業回数のカウント方法は現場での作業状況より、掘削回数・整形回数とそれぞれの旋回回数とした。また、計測時間は2～3時間程度とした。

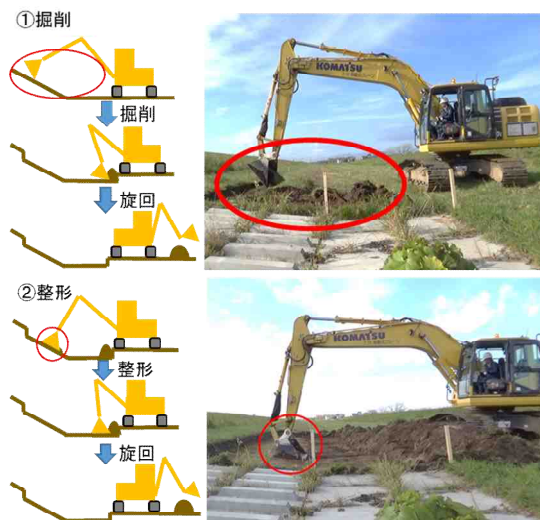


図3 作業回数のカウント方法

4. 実験結果

4-1. 稼働時間における作業回数

各条件の稼働時間における作業回数を表1に示す。

表1 各条件の稼働時間における作業回数

経験者	A:MC	B:MG	C:丁張	未経験者	D:MC	E:MG
作業時間	2:40:03	1:45:59	1:44:34	作業時間	2:27:39	2:39:12
掘削延長[m]	50.0	25.0	25.0	掘削延長[m]	33.0	41.0
掘削[回]	47	36	74	掘削[回]	78	80
旋回[回]	0	32	69	旋回[回]	56	36
整形[回]	101	165	66	整形[回]	123	202
旋回[回]	53	67	74	旋回[回]	77	170

4-2. 1時間あたりの作業回数の比較

条件A～Eを比較するため、作業回数を1時間あたりに換算し、図4に各条件の1時間あたりの作業回数を示す。図4より、経験者・未経験者共にMCよりMGの方が整形を行う回数が多いことがわかった。

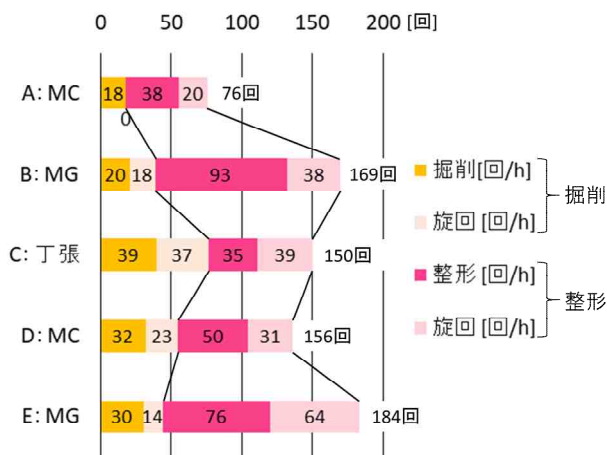


図4 1時間あたりの作業回数

(1) オペレータによる違い

経験者が行った条件A～Cを比較すると、掘削回数は条件Cが多く、整形回数は条件A・Cでは同程度であるのに対し、条件Bでは最も整形回数が多い結果となった。

未経験者がおこなった条件D・Eを比較すると、掘削回数は同程度であるのに対し、整形回数は条件Eの方が回数多い結果となった。

(2) バックホウの操作条件による違い

MCを使用した条件A・Dを比較すると、条件A（経験者）の方が条件D（未経験者）より掘削・整形・旋回すべて回数が少ない結果となった。

MGを使用した条件B・Eを比較すると条件E（未経験者）の方が条件B（経験者）より整形回数が少ない結果となった。

丁張を使用した条件Cは、MC・MGを使用した場合は掘削・整形が3:7程度であるのに対し、掘削・整形が5:5程度である結果となった。

4-3. 10mあたりの作業時間

条件A～Eを比較するため、作業時間を10mあたりに換算し、図5に各条件の10mあたりの作業時間を示す。図5より、条件Aが最も総時間が短く、条件Cが最も総時間が長い結果となった。

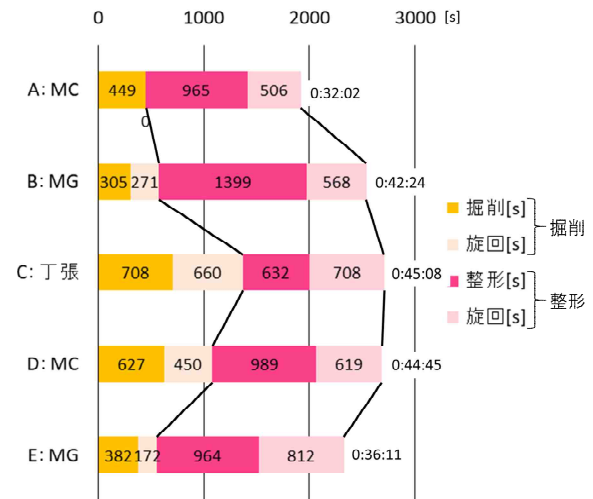


図5 10mあたりの作業時間

(1) オペレータによる違い

経験者が行った条件A～Cを比較すると、条件Cが最も総時間が長く、条件A・Bでは整形に時間を要しているが、条件Cでは掘削・整形に要する時間が同程度である結果となった。

未経験者が行った条件D・Eを比較すると、整形に要した時間は同程度であるのに対し、掘削に要した時間は条件Dの方が長い結果となった。

(2) バックホウの操作条件による違い

MCを使用した条件A・Dを比較すると、整形に要した時間は同程度であるのに対し、掘削に要した時間は条件Aの方が短く、条件Dの方が長い結果となった。

MGを使用した条件B・Eを比較すると、掘削に要した時間は同程度であるのに対し、整形に要した時間は条件Eの方が短く、条件Bの方が長い結果となった。

丁張を使用した条件Cは、MC・MGを使用した場合は掘削・整形が3:7程度であるのに対し、掘削・整形が5:5程度である結果となった。

4-4. 進捗の速さ

表2に表1より換算した進捗における各条件の速さを示す。表3より、条件Aが最も進捗が伸び、条件Cが最も進捗が伸びなかった結果となった。

表2 換算した進捗における各条件の速さ

名称	進捗[m/h]	作業日数[日/km]
A 経験者オペレータMC	18.75	7.0
E 未経験者オペレータMG	15.47	8.0
B 経験者オペレータMG	14.15	9.0
D 未経験者オペレータMC	13.38	10.0
C 経験者オペレータ丁張	13.27	10.0

伸びた
↑
伸びなかった

5. 考察

図6に経験者・未経験者のアーム挙動の比較、写真-1～5に条件A～Eの出来形写真を示す。

土工経験者の条件AではMCに順応しており出来形も均一であったが、条件BのMGでは出来形が均一であるものの、仕上げに時間を有し、作業進捗が伸びなかったと考えられ、条件Cの丁張に関しては手元の指示により掘削しなければならず、MC・MGに比べ手元の時間が加わるため、進捗が伸びなかったと考えられる。また図6より、ストロークセンサーで計測したアームの挙動は揃っており、きれいな軌跡を描いていた。

一方未経験者の条件DのMCでは機械制御に順応することができず進捗は伸びなかったが、出来形は経験者に劣るものの法頭がそろっている、比較的掘削底面が均一であることから、MCに慣れることで経験者と同等の出来形・進捗が得られると考えられる。条件Eでは掘削断面の均一性は損なわれているものの、機械制御がなくなったことにより進捗が2番目に伸びたと考えられる。また図6より、ストロークセンサーで計測したアームの挙動は揃っており、軌跡は一定でなかった。

進捗の速さは条件Aが最も伸びていたが、裏込め砂利・護岸ブロックの敷設を行うため、掘削の程度においては条件Eのような荒堀に近い掘削を行うことで、条件Aはより進捗が伸びると考えられる。また、未経験者においては、経験者のような軌跡を描いて掘削することで掘削効率が良くなると考えられる。

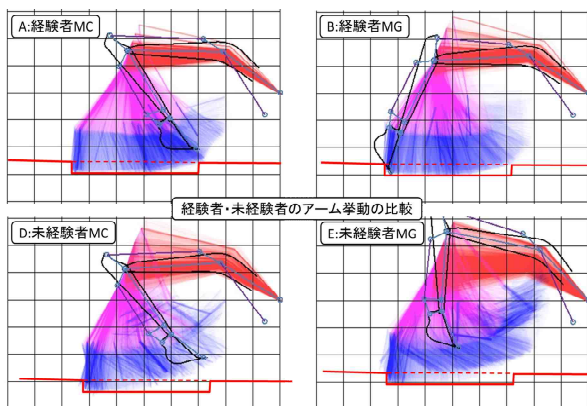


図6 経験者・未経験者のアーム挙動の比較



写真-2 条件B(経験者MG)の出来形



写真-3 条件C(経験者丁張)の出来形



写真-4 条件D(未経験者MC)の出来形



写真-1 条件A(経験者MC)の出来形



写真-5 条件E(未経験者MG)の出来形

7. まとめ

オペレータ個人の能力や現場条件、作業条件によって進捗の差はあると考えられるが、現場全体が出来形の共通認識をすること、MC に慣れることが重要であると考えられる。

また、経験者オペレータの掘削の軌跡を解析し、効率的なアーム挙動を解明できれば、その軌跡に沿ってアームを動かすことで効率的な掘削作業を誰もができると考えられる。

本論文では以上のような結果となったが、より効率的な作業方法を確認するため、今後も様々なオペレータによるバックホウの掘削性能に関するデータ収集をする必要がある。