

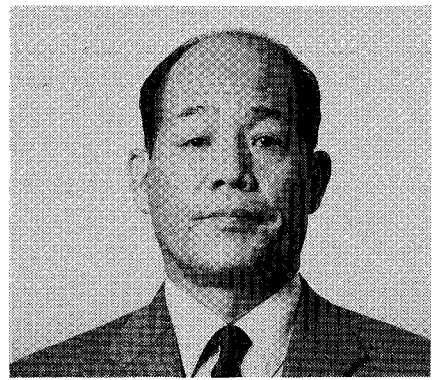
招待論文
Invited Paper

招待論文

建設工事に一層の自動化・省力化を

FOR MORE SITE-AUTOMATION AND LABORSAVING IN CONSTRUCTION

上田勝基*
By Katsumoto UEDA



1. はじめに

建設業界は建築分野の仕事量の著しい伸びも寄与して活況の中に推移しているのは大変喜ばしいことである。しかし、その背後には深刻な問題も多く抱えていることは事実であり、その1つとして労働力の不足が挙げられる。この問題は、すでに工期の遅延や工事費の高騰に現われているばかりでなく、公共をはじめ各種の工事の円滑な消化にも影響を与えており、世にいう「豊作貧乏」が他人ごとでなくなってきた。

好景における人手不足についてはこれまでに何度も経験してきたが、昨今における現象は産業構造の転換や若年層の就業意識の変化に起因しているところが大きく、従来のものとは質的に異なっているので、これまでと違った対応が求められている。図-1に建設業就業者の年齢帯別構成割合の経年変化を示したが、30歳未満の割合では建設業は低く逆に50歳以上では高くなっており、年々その差が拡大しつつあるとともに高齢化が急速に進行していることが理解できる。最近になって建設分野における生産性の向上が再度強く叫ばれている

が、ただ単に430兆円に及ぶ公共投資が今後10年間で実施されることを含めた全体投資の増加への対応として理解するのは大きな間違いである。

このような状況を回避するために、官・学・産による種々の努力が続けられている。それらの中でも建設工事のあらゆる段階における作業の自動化・省力化は労働力不足に直接的効果を発揮できるという点で大きい期待が

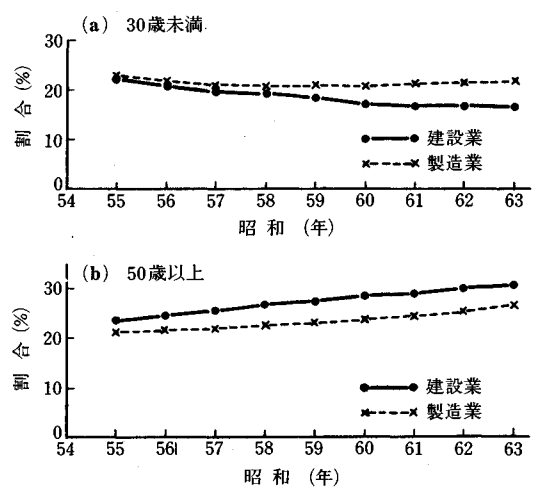


図-1 就業者の年齢帯別割合の経年変化

* 正会員 (株)間組 取締役 技術研究所長
(〒338 与野市本町西 4-17-23)
Keywords: construction, automation, laborsaving

もたれている。特に、建設分野の中でも土木工事はかなりの機械化が進んでいるが、細部ではまだまだ労働集約的であり、他産業の自動化や労働生産性と比較して改良の余地が多いと指摘されている。

この問題を論議するとき、土木工事の特殊性を列挙して実質的な検討に水を差すような場面が少なくなっているのは、全体の認識が変化していることを示すものであり、現状がそれだけ過酷になっている証拠でもある。

ここでは現場作業に焦点を当てながら施工機械に関する技術開発（改善や改良も含めて）の面から自動化や省力化の歩みの一側面をみようと思う。

2. 大型の機械化について

(1) 機械化の歩み

戦後の国土復興に際して導入された各種の建設機械は、それまでの土木施工技術を急速に転換させ、荒廃した国土の治山治水事業を人力施工から機械化へ大幅に移行させた。その後の電源開発や新幹線などの巨大プロジェクトは建設機械の大型化や多品種化を促進したが、これらの機械はさらに高度で困難なプロジェクトを可能にするなど相互の連携の中で歩み続けてきた。

このような機械化の狙いとしては

- a) 人力施工では不可能な作業を可能にする
- b) 工事単価を下げ、工費の節約を図る
- c) 工期を短縮する
- d) 構造物の品質を向上し、均一ならしめる

などが挙げられるが、これらはいずれも作業者を過酷な直接労働から解放し、より高度な労働に従事させるという考え方が根底にある。特に最近の特徴として

- e) 安全性や施工精度の向上を図る

にも種々の努力が注がれており、メカトロ化は著しい。

(2) 施工技術の変化

機械化が急速に浸透しはじめた初期の段階では、主として機械メーカーから提供された各種の機械が先導的役割をもって人力作業を機械化作業へ転換させ、マスマリットや作業単位の大型化・重量化に拍車をかけた。この典型的な例として、掘削や運搬などが主体となるロックフィルダムでは、1960年代に3000人以上を必要とした同程度の工事を今日では500~600人程度で施工されていることによっても理解できる。このような傾向は今後も続けられると思うが、環境・安全・省資源や省エネさらには建設労働力の不足などの諸情勢への対策に重点が向けられた工事のあり方が問われるようになろう。

最近の傾向として、計画・設計などのCAD化、現場に持ち込まれたOA機器や光学的・電気的計測システムなどの積極的活用は第一線技術者の作業の質を徐々に変化させている。

その1つの例として、品質保証に対する取組みを施工の後に行う結果による管理から施工の各段階で確認するプロセス管理に重点を移してきたことである。特にエレクトロニクス分野の進歩を受けて、精度や品質のタイムリーな把握はより適切な判断を可能にするばかりでなく、予測技術の向上にも波及して的確な工法の選定にも効果を発揮している。

また、多量で多品種の機械を駆使する現場では、ICカードなどの利用を組み込んだ運行管理・出来高の精算の合理化や省力化が図られ、この技術は労務や安全管理にも適用が及んでいる。多くの機械の使用は全工事費中に占める機械関係費用の比率を高めるので、機械を効率的に運用するための管理技術は急速な変化が進んでいる。

(3) 今後の機械化への期待

すでに述べたように土木分野の機械化への対応は、当初機械メーカー主導型で進められてきたが、最近になって施工者サイドのニーズが強く反映され、現在の労働需給の質的・量的変化も勘案された「人機の一体化」が広く深く掘り下げられるようになってきている。

このような対応はととも一企業や一分野の団体や協会の中だけで完成されるものでなく、官・産・学の連携はもとより多くの関連技術分野の協力を必要とする。それぞれの立場を踏まえ、あるいはその障害となる垣根を取り除きながら英知の結集なくしては不可能なことである。そのためにも、現状の正確な把握・情報の共有化などに一層努力を払う必要がある。

3. 中・小型の機械化について

(1) 最近の傾向

最近の建設機械に関する報告をみると、住宅・都市土木工事を中心として従来より人力に依存していた分野への建設機械の導入が著しい。その中でもミニバックホーに代表されるような小型機械が供給され、建設機械分野における最大のヒット商品になっている。これまでの建設機械が「人間のできないことをするマシン」を中心としていたものが「人間に代わって作業をするマシン」の発想が加わり、基盤的・共通的（草の根的）技術に地味な変化が起きている。また、簡単な機械や装置のリモートコントロール化も急速に普及しはじめており、苦汁作業からの作業者の解放のみならず、現場イメージの改善などにも寄与している。機械化とはやや趣を異にするが、作業環境の改善を狙った全天候型の作業空間を作り出すアイデアも逐次実用化されている。

このような機械の動向や作業実務レベルでの改善・改良は一見新聞や雑誌を賑わすような派手さはないが、土木工事の基本的・基礎的な作業の合理化を押し進めるう

えて非常に大切なものである。特に従来より大型の機械化の影で盲目的に「人力作業」と区分していた領域の作業に対する小型機械の適用やちょっとしたヒントから誕生した改良技術は、大型技術よりはるかに適応の機会が多く対象も広域に及ぶ。いったん現場の作業員がこのような技術の恩恵に預かると、それ以後の就業現場の選択の基準になるばかりでなく、その手法の採用の可否が労働力確保の決め手となる可能性が大きい。

(2) 豊かな発想を

上述の建設機械の小型化は基礎となる機械技術力の賜物であることに異議はないが、大勢が大型化・高度化への流れの中で小型化を進めることは発想の転換によって得られたものではないだろうか。全天候型空間の設置方法は以前から求められてきたものを具現化したものであったとしても、創意・工夫と実行の決断を評価したいものである。

一般に大型の機械や開発された工法の適用される工事は、土木分野の建設投資の中に占める比率は比較的小さく、建設工事の第一線で常時求められる作業レベルの改善・改良が総合的観点から大きな生産性の向上を生む。これは発想そのものが潜在的に大きいニーズの上に成り立っているものであり、実用化された技術を工事に適用するに際して技術の内容やレベルに違和感のないのが強みである。このような意味から、第一線技術者や作業員

の創意・工夫と豊かな発想を期待する。

4. 自動化・ロボット化について

(1) 自動化・ロボット化の現状

建設機械のロボット化が始められてから15年ほどになるが、この分野での技術開発は初期の頃から建設会社とメーカーとの密接な協力の中で進められているケースが多く、一般建設機械の経緯とは異なっている。土木分野で行われている自動化やロボット化の現状は、開発の歴史が製造業に比べて浅いことや、一連の作業を自動化してもその評価が明確に読みきれないこともあって、主として部分的・要素的な単一工程が対象となっている。

しかし開発の対象が作業の一単位レベルのものであっても、その目標設定に関しては綿密な調査と分析が行われ、一般の建設機械の場合と同様に、a) 工期の短縮、b) コストダウン、c) 省力化、d) 安全性の向上、などが可能なきがり定量的に掲げられる。場合によっては、e) 施工精度や品質の向上、も重要な位置付けとなっているが、f) 成果は二の次にして、将来の自動化やロボット化のための開発要員や現場技術者の育成を狙っている、ものもある。

表一は、『自動化・ロボット化の現状と課題』（土木学会、昭和62年）を参考にし、著者の会社の調査結果を加えて一覧表としたものである。この表によると、開

表一 自動化・ロボット化における工種分析

調査項目 調査工種	開発の狙い、メリット								デメリット				阻害要因				今後の開発項目								
	コストダウン	工期短縮	生産性向上	省力化	施工精度向上	品質の向上	企業イメージの向上	安全性の向上	作業環境の改善	管理作業の減少	コストアップ	専門技術者・オペレーターの増加	補助機器の増加	作業工数・量の増加	工期遅延	コストアップ	開発費用とその回収	稼働率	積算の組込	メンテナンス体制・要因	高度の自動化	低価格化	施工法の改善	高精度化	情報処理技術
土工・岩石工				○					●		×	×				○	○				○	○			
土留工					○	○						×	×			○							○		
基礎工		○	●		○	○	○					×	×	×	×	○							○		
コンクリート工		●	○	○	●			○			×					○	○	○				○	○	○	
トンネル工			○	○	○	○		○			×	×				○	○	○				○	○		○
調査・測量	○			○							×	×								○					○
水中工事				○	○							×	×			○									○

○開発の狙い、 ●開発後のメリット ×デメリット

発の狙いと実施段階でのメリットに関しては両者間で大きな差異はないとみて良いが、多くの項目について当初予想しなかったデメリットが発生し、新しく追加すべき開発項目や現場での体制の改良点が指摘された。特に、制御機構を含む高度なメカトロ装置については、現場条件に対する判断の甘いことや第一線オペレーターの未習熟もあり、誤操作による修理に多大な時間と費用を要した例もある。今のところ重大災害を発生するには至っていないが、オペレーターやメカニックの育成については従来の建設機械の場合とは異なった教育が不可欠であり、災害の防止には万全の努力を注ぐ必要が痛感される。

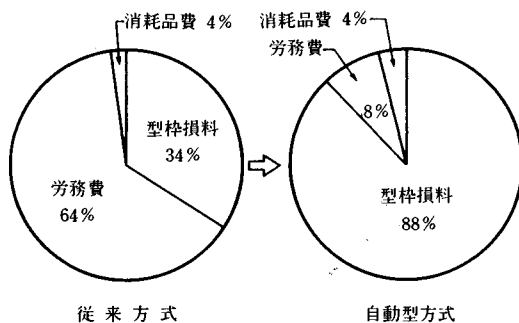
(2) 自動化の一事例

図一2は、昭和60年度の建設技術評価制度「ダム用自動式型枠の開発」で評価を受けた後、数地点のダム工事に適用した実績と従来方式のものとのコスト分析の結果を示したものである。

開発の目標としては、下記の5項目が与えられた。

- a) 内装する機器により自ら上昇でき、その操作が装置外より行えること
- b) 同時並行的に実施される作業への影響が小さく、型枠工程がコンクリート打設工程に支障を及ぼさないこと
- c) 取扱いが容易で、安全であること
- d) 所要の打上がり精度が確保されること
- e) 経済性に優れたものであること

結果的には、e)の経済性については必ずしも期待どおりになっていないが、他の項目についてはほぼ目的を達成している。型枠損料が従来方式に比べて高価となり、全体費用の中に占める比率が80%程度になることは予想されたが、労務費については作業者の習熟によって予想以上の効果が認められている。型枠損料については、部材の耐用年数や装置の転用可能回数など今後の調査に待つべき項目もある。油圧ジャッキを用いた簡単な機構の改良型枠に対しても、開発担当者による効果の予測の困難さが感じられる。



図一2 ダム型枠のコスト構成比較

今述べたように結果として、コストの低減が課題として残されているが、型枠やコンクリート運搬・打設の自動化なども含め部分的な自動化だけでも省力化が進んでいる。山岳地域でのダム工事における労働力の確保の困難さを考えるとき、個々の開発技術の評価でなく、総合的な観点からの評価を必要とする。

(3) 今後の自動化・ロボット化について

これらの機械や装置の評価について多くの発表が行われているが、共通していえることは、安全性・施工精度や品質の向上に関しては優れているが、その他の目標については一層の努力が求められている。

すでに述べたように、建設工事に関する自動化・ロボット化は比較的開発の容易な部分的・要素的技術を抽出して進めている例が多い。建設の諸作業は全体としてのシステムで運営されるものであるから、システム全体の把握と部分技術の自動化・ロボット化による影響の予測が大切であり、全体の大きな作業の流れの中で常に整合性のある位置付けを工夫する努力が求められる。

さらに、現場の諸作業は作業手順が複雑であり、技術的・経済的な面で克服すべき課題も多い。現状の人間の作業をそのまま真似させるような発想を強制しても、機構が複雑になるばかりである。自動化やロボット化側からのみでなく、構造物の諸元や規格の標準化、思い切ったプレキャスト化などが必要となる。また、複雑で高度な判断力を必要とする作業に対しては、最初から全自動化を思考するのではなく、人間とロボットとの協調の中での分業方式を狙い、それぞれの長所を組み合わせる柔軟な姿勢が大切である。必要以上の自動化を狙って巨額の開発費や時間を投下することは避けるべきである。「ローマ(ロボットマシン)は一日にしてならず」である。

5. あとがき

以上述べたように、土木施工分野における自動化や省力化は、種々の作業レベルで勢力的に進められている。この結果は、建設工事の自動化や省力化のみならず、若い人達に対する現場の魅力化を図り、工事の近代化を押し進め、ひいては経済的・合理的な建設施設の完成を可能にする。

ある予測によれば、430兆円の公共投資の最終年度では100兆円の建設投資が見込まれており、この額は今年度の1.5倍に相当する。一方この間における建設労働人口の増加は、現状の5~6%程度にとどまるといわれている。現状や将来の予測を勘案して十分な対策の講じられない場合には、建設業の本業としての基盤が脆弱なものとすばかりでなく、多角化や拡張などの諸施策もその意味をもたなくなる。さらに、他の産業は自らもっている高い生産性と技術力を応用して建設市場への浸透

を一層強化してくるであろうし、海外建設会社の参入意欲も強いものがある。

現在の建設業は「活力と魅力に溢れた産業」に成長するために懸命の努力を続けている。人手不足はこの努力に対しては一つの試練ではあるが、この機会を利用して思い切った自動化や省力化を進め、これが労働力の確保

に役立つとすれば一石二鳥といえる。建設工事の労働集約性を大幅に脱皮して、多くの技術分野に対して可能なかぎり高度化しておくことは、真の国際化への有力な近道であると信じる。

(1991.2.14・受付)
