

33. 石積ロボットの開発

東急建設(株) 鷹 巢 征 行

1. はじめに

近年、建設業界では、技能労働者の慢性的不足や一般労働者の高齢化（建設省調査では56年普通作業員の平均年齢47.1歳）のため労働生産性の停滞や労働災害の多発に直面しています。

東急建設では、このような状況に鑑み社内アンケート調査を行ったところ、現場ではロボット化ニーズが極めて高いことが判かりました。その結果、ナトム用吹付ロボット、支保ロボットなどを開発し適用してきましたが、今度「石積ロボット」の開発に至りましたので以下ご報告致します。

石積作業は、ブロックの運搬据付、コンクリートの運搬流込、裏込栗石の運搬投入、裏型枠の据付撤去、水抜パイプの取付、目地、機械補助作業を含め人力に依存することの多い工種といえます。これ等の作業のうち、人力の依存度が高くしかも過酷で危険と判断される作業はブロックの運搬据付です。この作業は、ブロック1個の重量が60kg、集積場所から1個ずつバックホーのバケットに積み込み、据付場所では石工の作業がしやすいように仮置きする原始的な作業です。

石積ロボットは、このブロックの運搬と据付を代替しようとするもので、作業員の過酷で危険な作業を取り除くとともに、従来1パーティ4名を2名にすることができます。

現在、石積ロボットは、東急田園都市線の沿線の宅地造成現場を中心に適用し実証中です。

2. テーマ性

テーマは、現場ニーズ調査から提起されたものについて価値判断するのは当然のことです。

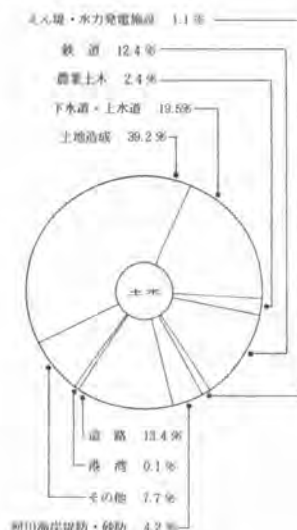
東急建設の56年度完成工事高の工種比率（第1表）の第1位が土地造成であり、ウエイトの高い工種がもっともコストダウンに貢献すること、得意分野のため社内にノウハウの蓄積があること、開発品のテスト現場にこと欠かないことなどの理由からテーマ性が評価されました。さらに、宅地造成工事のうち擁壁工事に圧倒的に工費がかかる点からも評価されました。

さて、擁壁工事のうち石積擁壁が顧客ニーズも高く、必然的に宅地の大部分が石積で施工されています。これは、日本人のお城の石垣願望の根強さからくるものなのでしょう。建物が無い宅地でもっとも目につくのは、石積の出来映えであり、これが即商品価値に結びつくので、手造りで丁寧なものが要求されます。

石積には、画一的な形状や雑な仕上りは不適當で、機械化施工に有利な大型のブロックでは顧客を満足しきれず、我々の志向も従来の石積ブロックを活かす形の機械化を狙

第1表

○ 56年度完成工事の工種比率



うこととなります。

石積擁壁の施工をみると、掘削、裏込栗石、コンクリートなどバックホームを主体に機械化がすすんでいます。しかし、石積ブロックの運搬はバックホーのバケットを利用した積込、積卸し作業を人力に頼っており、(写真-1,2) 60kgものブロックを足場の悪い処で取扱うので腰痛やケガにつきまわっている実状があることは前述の通りです。

さて、この作業がロボット化できたとして、作業員の過酷危険作業からの回避は実現できますが、コストアップ要因が残されることとなります。そこで、現状作業のデータを取りロボット化による新しい作業方法を検討した結果、省力化によるコストダウンの見通しがついたので開発に着手することとなりました。



写真-1



写真-2

3. 石積ロボットの機能

1) バックホー作業の兼用

石積ロボットを使わない石積作業において、バックホーは、基礎掘削、裏込栗石の運搬、石積ブロックの運搬、生コン運搬などの作業を行っています。石積ロボットを専用機とした場合には、重機が2台錯綜するとともにインシヤルコストのアップにつながります。また、石積ロボットの機能として運搬、据付を完全自動化する考えがありますが、石積ブロックの製品寸法のバラツキと据付ベースとなるコンクリート面の不陸のため、ロボットで正規の位置を出しても据付け補助者が必要となり省力化メリットが出せません。

そこで、バックホー作業と兼用の石積ロボット作業のできる装置をデザインしました。

2) 運搬・荒据付

石積ブロックの積み方には、谷積布積の2種類があり、真物と切物の配列も3種類(A, B, C)あり、現場条件によって正規の配列に沿って石積ロボットで荒据付する場合と石積ブロックを反転し、幅をせまくして1度に数多く運搬する場合があります。運搬する場合の数は5個(300kg)まで可能としました。

3) 各種ブロックへの対応

JISにあるコンクリート積みブロックは、控長が350mmに統一されているため、控長方向で掴めばすべてのブロックに対応できることとなります。

4) 凹凸に追ずいできる把持

J I Sによるブロックの許容誤差は面で+5, -3mm、控長で+10, -5mmと規定されており、数多く(最大5個)掴む場合に考慮を必要とします。特にスプリットン(商品名)を使用する場合には注意が必要です。これは自然石に近い面をつくるために、ブロック成形後に面に矢を入れて半割するため特に凹凸が多い。従って、この凹凸に追いつく出来る分割形のフィンガーとクッション材を設け、人でいえば掌の機能をもたせました。

5) 安全機構

作業の安全を目的につくった機械により事故を起こすようなことがあってはなりません。石積ブロックの落下には安全機構が必要です。運搬中の下方、側方への落下防止に把持部はテーパ形状の採用と、スプリング付サイドバーの取付けを施しています。

把持状態の確認は圧力センサーを設け運転席で確認できるようにしました。

また、据付場所で、把持を解放する際に、擁壁面側に石積ブロックが落下しないよう把持装置には固定板と可動板を組合せ、可動板のみ動く構造としました。

6) 盛土、切土石積擁壁への適応

一般に、盛土の場合は段階的に盛土しながら石積を行うので石積擁壁の裏側に重機を配置し、切土の場合は石積擁壁の面側に重機を配置します。この時、5)項で述べたごとく把持装置の固定板が常に擁壁面側に位置するよう反転自在構造としております。

7) 装着の容易性

重機のアタッチメントとして単独で使用する場合、運転席の操作レバーに油圧回路をとりますが、兼用機の場合、時に頻繁に2つの作業を交替させるには別途の油圧回路を用いる必要があります。また、汎用性を持たせるには、パワーユニットを専用に設けてアッセンブリとする方が油圧回路上無理もなく重機への装着も容易です。

4. 石積ロボットのメリット

1) 危険・過酷作業の解放

第2表

石積工法における在来工法と
新工法の比較表

凡例
 黒 : ブロック運搬工
 赤 : 水バケ水拭パイプ工
 緑 : 積戻工
 青 : 製砕工
 白 : コンクリート打設工
 黄 : 裏込積石工
 紫 : モルタル工
 橙 : 目地工

作業	0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	1.0
1. 基礎掘削											
2. 基礎コンクリート打設											
3. 基礎コンクリート養生											
4. 基礎コンクリート養生撤去											
5. 基礎コンクリート養生撤去後											
6. 基礎コンクリート養生撤去後											
7. 基礎コンクリート養生撤去後											
8. 基礎コンクリート養生撤去後											
9. 基礎コンクリート養生撤去後											
10. 基礎コンクリート養生撤去後											
11. 基礎コンクリート養生撤去後											
12. 基礎コンクリート養生撤去後											
13. 基礎コンクリート養生撤去後											
14. 基礎コンクリート養生撤去後											
15. 基礎コンクリート養生撤去後											
16. 基礎コンクリート養生撤去後											
17. 基礎コンクリート養生撤去後											
18. 基礎コンクリート養生撤去後											
19. 基礎コンクリート養生撤去後											
20. 基礎コンクリート養生撤去後											
21. 基礎コンクリート養生撤去後											
22. 基礎コンクリート養生撤去後											
23. 基礎コンクリート養生撤去後											
24. 基礎コンクリート養生撤去後											
25. 基礎コンクリート養生撤去後											
26. 基礎コンクリート養生撤去後											
27. 基礎コンクリート養生撤去後											
28. 基礎コンクリート養生撤去後											
29. 基礎コンクリート養生撤去後											
30. 基礎コンクリート養生撤去後											
31. 基礎コンクリート養生撤去後											
32. 基礎コンクリート養生撤去後											
33. 基礎コンクリート養生撤去後											
34. 基礎コンクリート養生撤去後											
35. 基礎コンクリート養生撤去後											
36. 基礎コンクリート養生撤去後											
37. 基礎コンクリート養生撤去後											
38. 基礎コンクリート養生撤去後											
39. 基礎コンクリート養生撤去後											
40. 基礎コンクリート養生撤去後											
41. 基礎コンクリート養生撤去後											
42. 基礎コンクリート養生撤去後											
43. 基礎コンクリート養生撤去後											
44. 基礎コンクリート養生撤去後											
45. 基礎コンクリート養生撤去後											
46. 基礎コンクリート養生撤去後											
47. 基礎コンクリート養生撤去後											
48. 基礎コンクリート養生撤去後											
49. 基礎コンクリート養生撤去後											
50. 基礎コンクリート養生撤去後											

2) コストダウンの可能性

石積作業が現在行われている形になるまでには、長い年月を経てきました。歩み板と一輪車(ネコ車)による運搬作業からバックホーへ、雑割間知石の成形作業から石積ブロックの工場生産へなど変

ってきています。長年の経験から安定した擁壁としての実績には重みがあり日本人の石垣願望とともに定着したものとなっています。それだけに、改革には困難が予想されます。第2表にあるように石積ロボットを使用すると作業員は4名から2名になります。この表は、8つの現状作業を測定し平均化したもので、石積ロボット導入後の予想作業を表示してあります。上記の通り実現するとコストダウンが可能になり石積ロボット導入にはずみがつくはずですが、ただ、現在のところ数少ない現場への適用を終了したばかりで結論を出すには至っておりません。

3) 今後の問題点として残されている点

石積作業は、1つのパーティが石積工事だけを請負ってあるく形態をとり一家意識が強く「省力化」に抵抗があること。バックホーは当社の保有でなく、他の作業（主に掘削）と並行し現場内を歩きまわるケースも多いこと。石積ブロックを工場から運搬し積み卸す時、石積ロボットに合った置き方を協力してもらうこと。等があります。



写真-3



写真-4

5. おわりに

新商品の開発は、ロボットにかかわらずまずどのような潜在化したニーズを掘り起こすかが重要です。今回のケースでは、社内の現場の第一線の技術者へのアンケートという形で顕在化してみました。

アンケート調査を通して感じたことは、産業用ロボット化時代を反映して建設ロボットへの期待も想像以上に大きかったということでした。

ところで、出来上がった形のものが第一線技術者のイメージに合ったロボットになったのか、いささか泥くさくスマートさに欠けているような気もします。一方、現状の技術レベルからすると「マニュアルマニピュレータ」形ロボットが現実的な対応として評価してもらいたい気もしています。

建設ロボットの最大の問題は、基準点がとりにくいことにありますので、今後ロボットの位置姿勢認識システムが開発されれば、コンピュータを駆使した高度なロボットが次々に出現することになります。

ただし、運転手を不用にするだけのものだけでなく、ロボット化のメリットが最大限に発揮できる施工法の開発が必須条件になると考えます。