

吹付け枠工の省力化に向けた自動吹付装置の開発

(株)大林組	正会員	○谷口勝基	(株)大林組	正会員	川本卓人
(株)大林組	正会員	森田晃司	日特建設(株)	正会員	窪塚大輔
日特建設(株)	正会員	石垣幸整	日特建設(株)	正会員	三上登

1. はじめに

吹付け枠工は、モルタルを用いてのり面上に格子状の枠を構築し、のり面の安定を図る工法である。のり面上に鉄筋・型枠を組立てた後、型枠内にモルタルを吹付けて構築する。これらはすべて人力施工である。従来工法では、のり面上で作業できる熟練作業員の不足、のり面上の作業の非効率、のり面からの転落・墜落災害の発生等の課題がある。そこで、図-1のような汎用バックホウと自動吹付装置（以下、装置と略す）および高強度鋼繊維補強モルタルを使用することで、断面 $200 \times 200 \text{mm}$ 程度の吹付け枠工を鉄筋不要、型枠不要で安全かつ誰でも簡単に構築できる新工法を開発している。本報文では、自動で枠を構築するために開発した装置の設定が、枠の出来形に及ぼす影響とその最適値について報告する。

2. 装置の機能

装置の概要を図-2 に示す。所定の幅と厚さを有する平滑な枠を自動で構築するために①ノズルの往復スライド、②ノズルの揺動回転、③吹付厚の計測管理の3つの機能が必要と考え、装置を製作した。

3. 装置の設定と出来形の関係

3.1 スライド速度と平滑度

土木学会の吹付コンクリート指針（以下、指針）では、吹付け面の凹凸を平滑度と呼んでいる。本工法では、粘性の高いモルタルを吹付けるためノズルから安定して吐出されにくい。断続的にモルタルが吐出される状況下でノズルのスライド速度が遅い場合、一様な厚さで吹き重ねることが難しい。このため、吹付け面に凹凸が生じやすく平滑度が低下する。そこで、平滑度が低下しないスライド速度の下限値を実験により求めた。モルタルの吐出量を $3.5 \text{m}^3/\text{hr}$ に固定し、スライド速度を 0.1m/s 、 0.5m/s 、 1.0m/s の3段階として、水平地盤上に枠を構築した。図-3 に吹付けた枠とその平滑度を示す。定性的ではあるが、スライド速度を 0.5m/s 以上

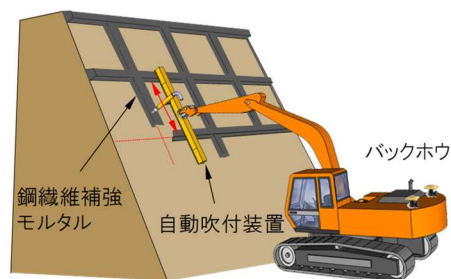


図-1 新工法のイメージ

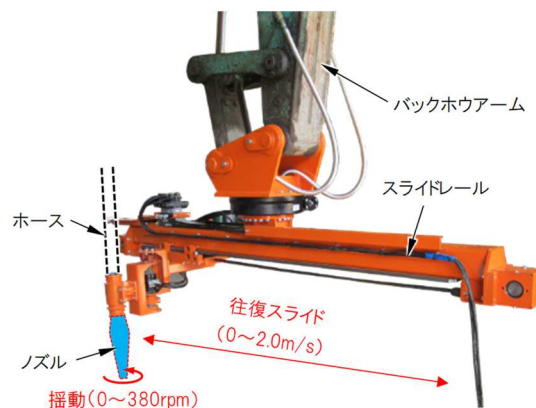


図-2 自動吹付装置



スライド速度： 0.1m/s



0.5m/s (左上), 1.0m/s (右下)

図-3 平滑度の比較

キーワード 吹付け枠工, 省力化, 自動吹付装置, 揺動, 吹付

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 株式会社大林組土木本部生産技術本部技術第二部 TEL 03-5769-1302

とすることで凹凸が小さくなることがわかる．平滑度が低下しないスライド速度の下限値が、0.5m/s 程度であることを把握した．

3.2 揺動回転機能と吹付け幅および平滑度

図-4 に装置の断面図を示す．ノズルに所定の角度を与え、モーターで回転させることで揺動動作を付加した．回転の起点からノズル先端までの距離を A (850mm)，ノズル先端から吹付け面までの距離を B (指針で、1000mm 程度がよいとされている)，吹付け面でのノズル軌跡 x (吹付け幅 200mm) とし、揺動回転角を $\theta = \tan^{-1}\{x/2(A+B)\}$ と定義し、 $\theta = 3.0^{\circ}$ に設定した．スライド速度をパラメータとし、吹付け幅 200mm 以上の平滑な枠の構築が可能であるか前述の方法に揺動を加えて実験した．ノズルの揺動回転数は最大の 380rpm に設定した．実験結果一覧を表-1 に示す．また、吹付けノズル中心の軌跡と枠の形状を図-5 に示す．スライド速度 0.7m/s のとき、吹付け幅 200mm 以上で平滑度が最良であった．スライド速度が遅く、ノズル中心が描く軌跡 (円) が重複するほど平滑度が高まることを確認した．

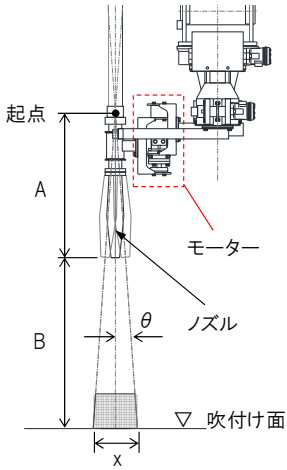


図-4 装置の断面図

表-1 実験結果一覧

スライド速度 (m/s)	吹付け幅 (mm)	平滑度
2.0	150	×
1.5	190	×
1.0	220	△
0.7	225	○

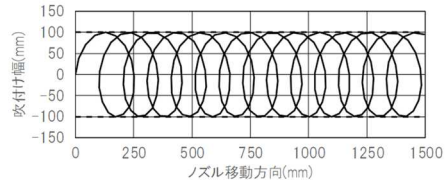
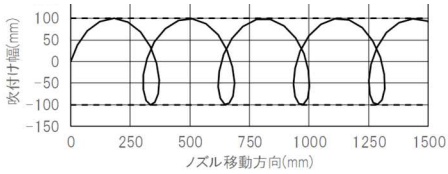


図-5 ノズル中心の軌跡と枠の形状

3.3 吹付け厚管理

図-6 に吹付け厚管理の概要を示す．装置の端部に設置したレーザー変位計により、吹付け面との離隔を計測する．バックハウキャビン内に設置したタブレット端末に計測値を表示し、運転手にリアルタイムで吹付厚を伝える．タブレットには、装置に取り付けた傾斜計の値も表示させた．これにより、常にのり面と装置が平行 (ノズルと吹付け面が直交) した理想的な状態を保持できる．3.2 までの最適設定でのり面上に枠を構築した．その出来形を図-7 に示す．国土交通省の出来形管理基準の規格値を満たした．

4. まとめ

本工法のようにモルタルの吐出が必ずしも安定しない状況において、ノズルの往復スライドによって枠を構築する場合、スライド速度を 0.5m/s 以上にすることで平滑度の低下を防止できる．また、揺動角度を適切に設定すること、揺動回転数を高めること、ノズルを吹付面に直交させること、吹付け厚をリアルタイム管理することのすべてを達成すれば、規格値を満たす吹付け枠を構築できる．

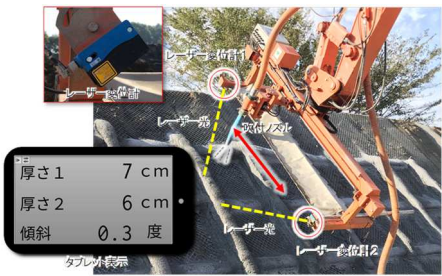


図-6 吹付け厚管理の概要



厚さ 設計:200mm
実測: 190~240mm(合格)
規格値: -30mm以上

幅 設計:200mm
実測: 190~210mm(合格)
規格値: -30mm以上

図-7 枠の出来形