

小径のアンカー孔を対象とする自動削孔装置の開発

(株)奥村組	正会員	○川澄	悠馬	(株)奥村組	正会員	三澤	孝史
(株)奥村組	正会員	西山	宏一	(株)奥村組	正会員	有川	健
(株)奥村組	正会員	山口	治	(株)奥村組	正会員	石井	敏之
(株)奥村組	正会員	栗本	雅裕				

1. はじめに

近年、増加傾向にある既設コンクリート構造物の補強工事では、作業時間や作業スペースの制約から人力での施工が多く、施工効率の向上や作業員の負担軽減が課題である。

補強工事において実施される壁増設工法やあと施工せん断補強工法では、既設と新設のコンクリートの一体性を高める「あと施工アンカー筋」や「せん断補強筋」の挿入孔の削孔が行われる。この削孔は、通常、人力により削岩機や電動ハンマードリルで施工され、数千本以上の孔数となる場合もある。

筆者らは、削孔作業の機械化・自動化による省力化、効率化を図るため、壁状のコンクリート構造物を対象とする、最大孔径 $\phi 25\text{mm}$ 程度のアンカー孔(アンカー筋径 D19 程度に相当)を削孔できる自動削孔装置(以下、自動削孔装置)を開発した。

本装置の削孔手順は、予め入力した削孔計画(削孔数、削孔高さ、削孔深さを設定)に沿って、架台に取り付けた電動ハンマードリル(以下、ハンマードリル)を自動で削孔位置まで移動させ、設定した削孔深さまで、設定した削孔数を自動で連続削孔する。

なお、削孔中に鉄筋等に接触した場合は、削孔速度の低下を自動的に検知して削孔を中止し、次の孔を削孔するように制御している。

本装置について、模擬 RC 壁試験体を用いた性能確認実験を行い、削孔計画に対して削孔状況(削孔数、削孔高さ、削孔深さなど)、施工性が所定の性能を有しているかを確認した。本稿では、自動削孔装置の概要と性能確認実験の結果について述べる。

2. 自動削孔装置

(1) 自動削孔装置の概要

写真-1 に開発した自動削孔装置を示す。自動削孔装置は削孔を行う機構としてハンマードリルを用いる。図-1 に示すように、削孔ビットにはヒルティ製のホロドリルビット(以下、ビット)を用いている。ビット先端に穴が設けてあり、削孔により発生する粉塵がビット内部を通り、ビットに取り付けたホースを通じてバキュームで吸引されることにより、粉塵の飛散を防止できる。

表-1 に自動削孔装置の仕様を示す。自動削孔装置はハンマードリルを上下移動(最大移動量 1500mm)させる昇降機と削孔方向に移動させるスライド機構(以下、スライドテーブル)(最大スライド量 300mm)を備えている。昇降機は電動モータにより駆動し、スライドテーブルはコンプレッサによる空気圧で駆動する。スライドテーブルと昇降機は取り付けた変位センサにより移動量を管理する。削孔箇所のわずかな左右の調整はハンマードリルを左右に調整することができる偏心機構(最大偏心量 $\pm 50\text{mm}$)を手動で操作することにより対応できる。他の機構として自動削孔装置を水平に調整するためのアジャスタと自動削孔装置本体を移動させるためのキャスタなどがある。

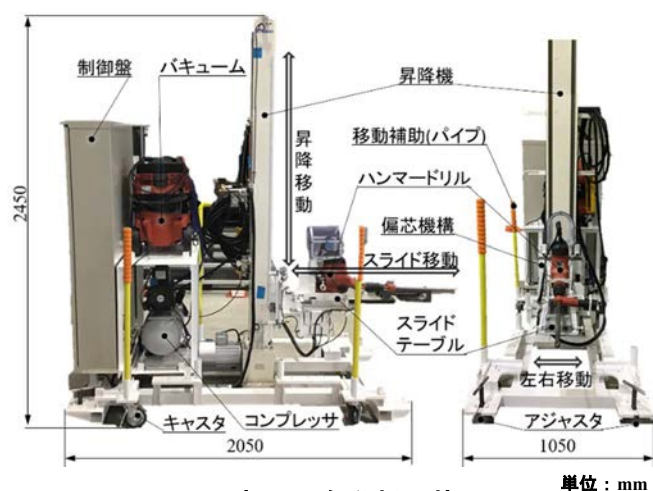


写真-1 自動削孔装置

キーワード アンカー孔, 自動削孔, 省力化, 性能確認実験

連絡先 〒300-2612 茨城県つくば市大砂387 株式会社奥村組 技術研究所 TEL 029-865-1521

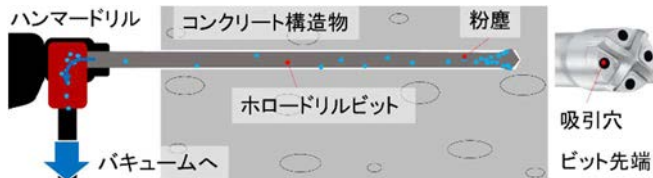


図-1 ホロードリルビットによる集塵の概念図

表-1 自動削孔装置の仕様

昇降速度(孔間移動速度)	4500mm/min(高速運転時)
自重	500kg
昇降移動量	0mm～1500mm
スライド移動量(≒削孔深さ)	0mm～300mm
左右偏芯量	-50mm～50mm

(2) 自動削孔の手順

削孔時のフローを図-2 に示す。自動削孔装置は、次の手順で削孔を行う。

- ① ハンマードリルを稼働させずにスライドテーブルをスライドさせ、ビットを壁に当て、壁までの距離を自動測定する。
- ② ハンマードリルが削孔計画の削孔位置まで上昇する。
- ③ ハンマードリルを稼働させ、削孔を始める。スライドテーブルは、削孔計画の深さと壁までの距離の和だけ移動する。もしスライドテーブルの移動速度が 1mm/s を下回ると鉄筋等に接触したと判断し、削孔を中断する。
- ④ 削孔終了後、スライドテーブルが元の位置に戻る。
- ⑤ 削孔計画の孔数を全て削孔するまで②～④を繰り返す。

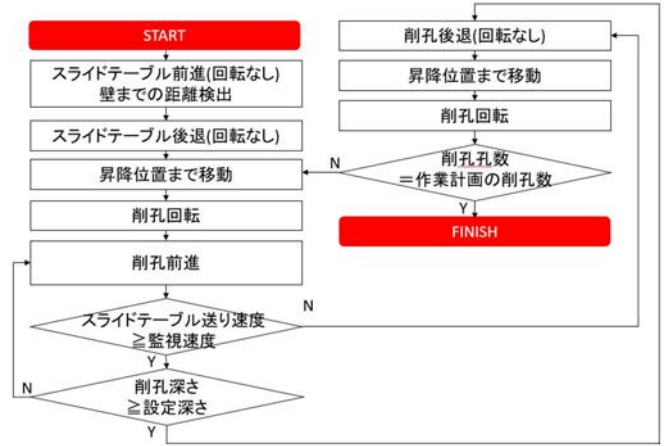


図-2 自動削孔時の動作フロー

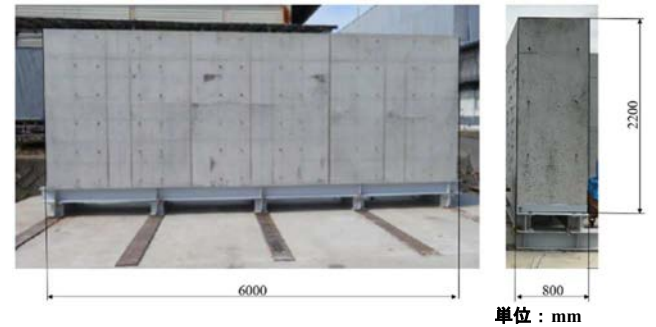


写真-2 模擬 RC 壁試験体



写真-3 自動削孔の状況

3. 性能確認実験

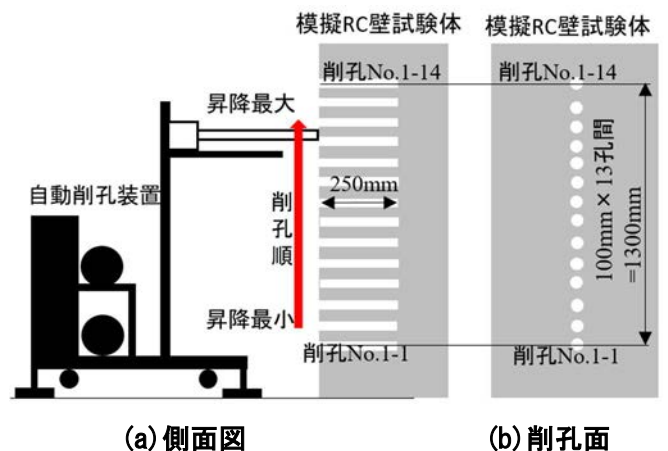
自動削孔装置によりアンカー孔の削孔を計画通りに施工できることを確認するために、性能確認実験を行った。

(1) 実験概要

a) 削孔条件

写真-2 に削孔実験に使用した模擬 RC 壁試験体、写真-3 に自動削孔の状況を示す。実験時における模擬 RC 壁試験体のコンクリートの圧縮強度は 27.6N/mm² であった。ビット径 φ20mm, φ25mm の2種類を用い、削孔深さを250mm, 削孔間隔を100mmとして以下の自動削孔を実施した。

- ① 等間隔での連続削孔 (図-3)
- ② 削孔中に鉄筋と接触する場合を想定し、鉄筋がある位置を削孔 (図-4)



(a) 側面図

(b) 削孔面

図-3 連続削孔パターン

b) 測定項目

測定項目は、削孔後に削孔径、削孔深さ、削孔間隔をノギスにより測定した。

(2) 実験結果

自動削孔装置の削孔実験を複数行ったうちの代表的な結果について示す。

a) 削孔径

削孔径についての測定結果を表-2および図-5に示す。削孔径は、ビット径 $\phi 20\text{mm}$ の場合、14孔の平均が20.7mm、 $\phi 25\text{mm}$ の場合、14孔の平均が25.6mmであり、ビット径よりも0.3~1.0mm程度大きい。また、ビット径と実測値の差にはビット径($\phi 20\text{mm}$ 、 $\phi 25\text{mm}$)による違いは見られなかった。

以上の結果より、自動削孔装置は実適用において問題ない出来形で施工できると考える。

b) 削孔深さ

削孔深さについての測定結果を表-3および図-6に示す。削孔深さの平均は、ビット径 $\phi 20\text{mm}$ の場合254.5mm、ビット径 $\phi 25\text{mm}$ の場合、251.1mmとおおむね削孔計画通りに施工できていることを確認した。また、削孔深さのばらつきについては、使用するビットの径によらず、削孔計画に対して $\pm 5\text{mm}$ 以内の精度で施工できていること、ほとんどの孔において削孔深さが設定値以上であることも確認した。削孔時の昇降量が最も大きく、昇降機の部材に発生する曲げモーメントが大きい、最も高い削孔位置においても同様の結果が得られている。

c) 削孔間隔

削孔間隔の実測値は孔間をノギスで測定後、両端の孔径の半分をそれぞれ加えて算出した。削孔間隔についての測定結果を表-4および図-7に示す。削孔間隔の削孔計画と実測値の差は、それぞれの孔間において $\pm 3\text{mm}$ 以内であり、ビット径 $\phi 20\text{mm}$ は平均 $+0.2\text{mm}$ 、 $\phi 25\text{mm}$ は平均 $+0.4\text{mm}$ であった。

あと施工アンカーの施工において、3mm以内の削孔位置精度は施工上影響ないとする。

d) 削孔速度

削孔速度についての測定結果を図-8に示す。削孔速度は、削孔深さ(削孔計画の値)を削孔時間の実測値で除した値である。削孔速度の平均は 5.89mm/s ($\phi 20\text{mm}$)、 5.47mm/s ($\phi 25\text{mm}$)であり、ビット径に関わらず概ね同じ値である。

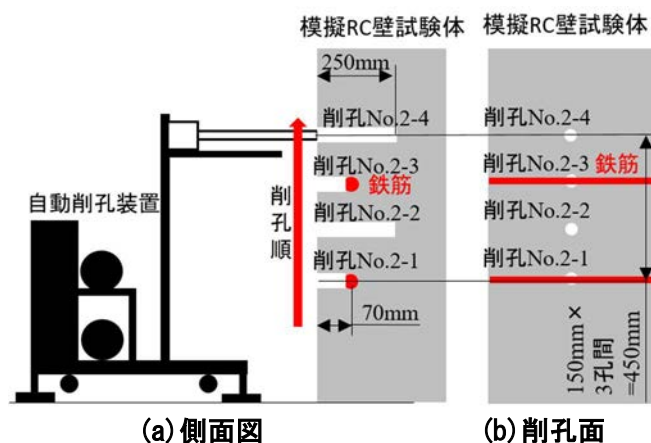


図-4 鉄筋接触時の削孔パターン

表-2 削孔径の比較

ビット径: 20mm		ビット径: 25mm	
実測値(平均) 【mm】	ビット径と 実測値の差 【mm】	実測値(平均) 【mm】	ビット径と 実測値の差 【mm】
20.7	0.7	25.6	0.6

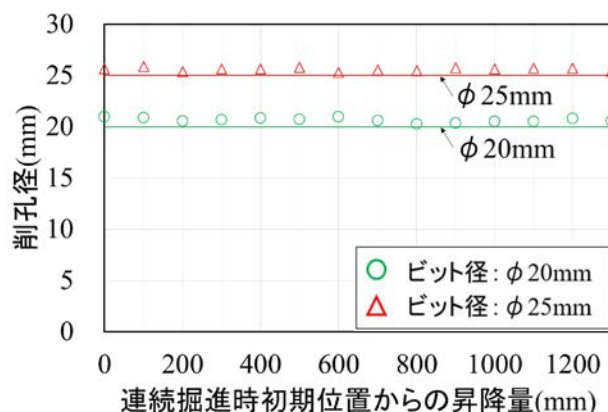


図-5 削孔位置と削孔径の関係

表-3 削孔深さの比較

削孔計画 【mm】	ビット径: 20mm		ビット径: 25mm	
	実測値(平均) 【mm】	削孔計画と 実測値の差 【mm】	実測値(平均) 【mm】	削孔計画と 実測値の差 【mm】
250	254.5	4.5	251.1	1.1

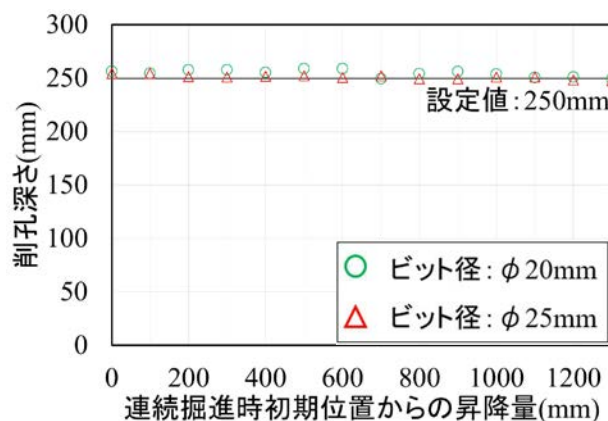


図-6 削孔位置と削孔深さの関係

e) 孔間移動速度

孔間移動速度を表-5 に示す。孔間移動速度は、削孔間隔（削孔計画の値）を孔間移動時間の実測値で除した値である。孔間移動速度の仕様（高速のみ）は4500mm/min（75mm/s）であるが、実際の孔間の移動は、昇降機を高速から中速、低速へと減速し停止させるように制御しているため、仕様（高速のみ）以下の速度となる。孔間移動速度の平均はビット径φ20mmでは16.3mm/s、φ25mmでは16.7mm/sであり、仕様の移動速度の1/4以下である。

14 孔の削孔および移動にかかった時間の合計は、ビット径φ20mmでは11分18秒、φ25mmでは12分01秒であり、設定削孔深さ250mmにおける1孔当たりの削孔にかかる時間はφ20mmでは43秒、φ25mmでは46秒であった。自動削孔装置による削孔の場合、人力施工とは異なり疲労を気にせず施工ができ、高所の削孔への負担がなく、削孔の移動に要する時間も短いことから、省力化に寄与できる。

f) 鉄筋接触時の挙動

模擬 RC 壁試験体は、図-4 で示したようにコンクリート表面から70mmの位置に鉄筋 D10（SD345）を配筋した。この鉄筋に接触する位置と鉄筋に接触しない位置の削孔を交互に実施した。

写真-4 に削孔後の RC 壁試験体を示す。開発した自動削孔装置は鉄筋などに当たった際に自動で削孔を停止し、削孔計画に従い、次の孔の削孔を始めるように制御している。本実験では、鉄筋に接触した孔では、計画通りに削孔が自動中断することを確認した。また、削孔中断後に自動で次の孔の削孔を始めることも確認できた。これらより、事前に把握していない鉄筋に接触しても、鉄筋の損傷を極力小さくすることができる。

4.まとめ

小径を対象としたアンカー孔の自動削孔装置を開発し、性能確認実験を実施した。実験では、ビット2種類（φ20mm、φ25mm）を用いて削孔径、削孔深さ、削孔間隔について削孔計画と自動削孔装置で削孔した孔の出来形を比較し、削孔速度、孔間移動速度について性能を確認した。その結果、実施工に影響ない精度で効率的に削孔できることを確認した。今後は、自動削孔装置を現場に適用させ、性能の実証に努める予定である。

表-4 削孔間隔の比較

削孔計画 【mm】	ビット径:20mm		ビット径:25mm	
	実測値(平均) 【mm】	削孔計画と 実測値の差 【mm】	実測値(平均) 【mm】	削孔計画と 実測値の差 【mm】
100	100.2	0.2	100.4	0.4

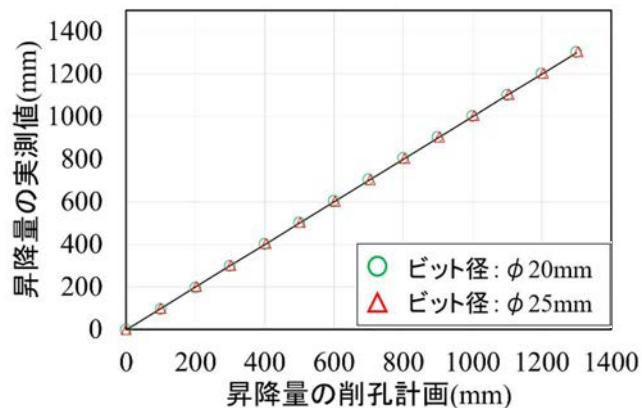


図-7 昇降量の削孔計画と実測値の比較

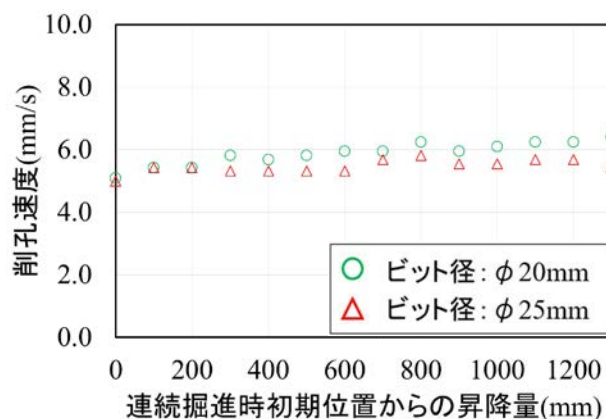
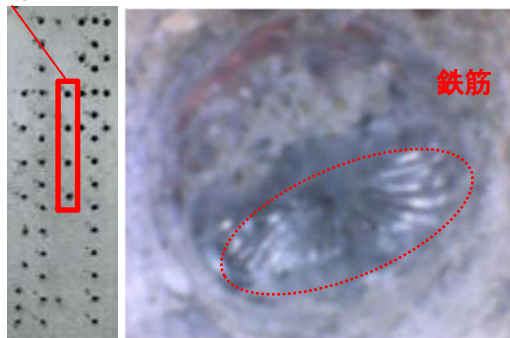


図-8 削孔速度と昇降量の関係

表-5 孔間移動速度

仕様 (高速運転時) 【mm/s】	ビット径:20mm	ビット径:25mm
	実測値(平均) 【mm/s】	実測値(平均) 【mm/s】
75	16.3	16.7

鉄筋接触



(a) 削孔面 (b) 鉄筋接触時の孔の内部

写真-4 削孔後の RC 壁試験体