

無人化施工に使用するコンクリートブロックの把持試験の結果と留意点

国土交通省 河川計画課 坂井佑介
 国土交通省 九州技術事務所 光益慎也
 (一財)先端建設技術センター 吉田 貴
 東亜コンサルタント(株) ○中濃耕司, 森 茂紀

1. はじめに

九州には、「火山噴火緊急減災対策砂防計画」の策定対象 29 火山のうち、桜島、阿蘇山、霧島山、雲仙岳、鶴見岳・伽藍岳、九重山が存在している。火山噴火緊急減災対策の緊急ハード対策として、コンクリートブロックを用いた横工や導流堤が計画されることが多いが、その「実施可能期間」は相対的に短く、効率的な施工の実践が望まれる。また、火山噴火の災害は、多様であり、噴石や火砕流、火山ガス等、作業員の安全確保の観点から無人化施工が適用されることが多い。無人化施工によるコンクリートブロックの横取・据付に使用してきた把持装置は、台数が少ないうえ、使用用途が限定され¹⁾、これらが効率的な施工の実践のための大きな課題となっている。

このような実状を踏まえ、3 種の把持装置と緊急減災対策用資材（複数のコンクリートブロック、大型土のう袋、袋詰め根固工）を用いて、把持装置の特徴別の緊急減災対策用資材の横取・据付可能性・条件を把握するとともに、緊急減災対策工事の効率化を目的として、把持試験を実施した。本報では、その結果及び留意点等を報告する。

2. 試験条件及び方法

表 1 に主な使用資機材・条件を示す。本把持試験では、九州技術事務所が所有する分解組立型バックホウと同機種のバックホウ（20 tクラス）をベースマシンとし、アームの先端にセンターホール挿入型、平行式グラップル型、フォーク式グラップル型の 3 種の把持装置（写真 1 参照）を装着し、複数のコンクリートブロック（平型及び異型、1～3 t）並びに大型土のう袋、袋詰め根固工の把持試験を実施した。ここで、今回の把持試験では、市場性が他の把持装置より高いものの、使用事例のないフォーク式グラップル型把持装置によるコンクリートブロックの把持試験を実施した。また、平型ブロックにおけるセンターホール形状は、実績のある円錐型・テーパー型²⁾に加え、四角柱型も対象とした。

把持試験は、無人化施工時の作業条件（ブロック把持時のクリアランス）を確認することを目的とし、センターホール挿入型と平行式グラップル型把持装置での試験は無人化施工対応型バックホウによる直接目視方式で実施したが、フォーク式グラップル型把持装置での試験は通常（有人施工）のバックホウで実施した。把持試験は、把持後、180° 旋回し、横取時の安定性及び把持状況の把握を行った。また、2 t 以下のコンクリートブロックでは、把持状態で上下方向に加振して、ずれ等の発生状況を含む把持安定性の確認を実施した。

3. 試験結果とその考察

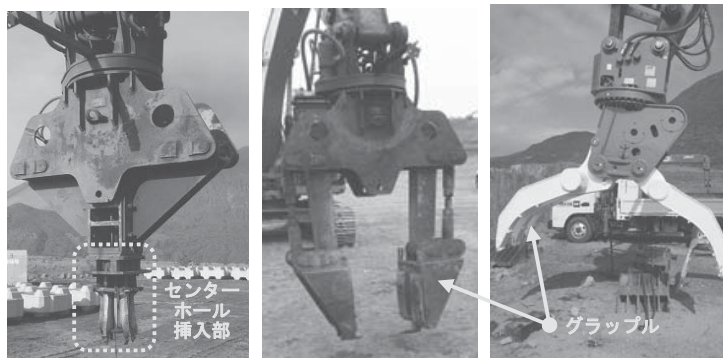
3.1 センターホール挿入型把持装置

センターホール挿入型把持装置による試験では、次の結果を得た。(1)センターホール挿入部（以下、「挿入部」と称す）の閉時の最大径 21cm に対し、ブロック天端面のセンターホール径 22.1cm でも、ブロック天端面のセンターホールで破損が生じるものの、直接目視方式の無人化施工による挿入・把持が可能であった。(2) 挿入部の刃先とセンターホール内壁との接触状態は、刃先全体というよりも点的であったが、センターホール形状が四角柱型の場合を除き、落下することはなかった。(3) 挿入時に挿入部が傾斜した場合には、写真 2 に示すように挿入部の刃先の開閉が片側に広くなり、ガイドを外れた場合には把持装置の刃が閉じなくなる状態が発生した。

これらの結果より、①把持装置の挿入部とセンターホール径とのクリアランスは 1.1cm 程度以上あれば挿入が可能なこと、②ブロックの鉛直下方へのズレ防止（噛合せ）が重要であること、③挿入部は垂直に挿入させることが望ましいことなどを確認した。

表 1 把持試験における主な使用資機材・条件

項目	分類・数量・その他	備考	
把持装置	センターホール挿入型	1台	平型ブロック把持
	平行式グラップル型	1台	小規格平型ブロック、異型ブロック、大型土のう袋、袋詰め根固工
	フォーク式グラップル型	1台	
ベースマシン (バックホウ)	0.8m ³ 級（20tクラス）	1台	九州技術事務所所有分解組立型バックホウと同規格
	無人化施工対応型 0.8m ³ 級（20tクラス）	1台	
コンクリート ブロック	平型ブロック4種 異型ブロック3種	1～3個	1.0～3.0t
	コンクリートブロック 以外の資材	大型土のう袋 袋詰め根固工	2袋 2袋
センターホール形状	円錐型、テーパー型、四角柱型		平型ブロック
作業方法	有人施工 又は 無人化施工		センターホール挿入型、平行式グラップル型は無人化施工 フォーク式グラップルは有人施工



(センターホール挿入型) (平行式グラップル型) (フォーク式グラップル型)
 写真1 本把持試験に使用した把持装置

3.2 平行式グラップル型把持装置

平行式グラップル型把持装置による試験では、次の結果を得た。
(1) 今回の試験における把持対象ブロックの幅とグラップル部の開口幅の差（クリアランス）は 20cm 程度であった。(2) 平行面を有する小規格(1~2t, ブロック幅 105~114cm)の平型ブロックの把持は、上下方向への加振時において、多少ずれが生じるものの横取は可能であることが確認できた。(3) 異型ブロックと把持部が、点的な接触であっても、複数点で接触していれば、横取が可能であることが確認できた(写真 3 参照)。(4) 簡易なフックを装着し、吊部を番線等で加工することで、大型土のう袋、袋詰め根固工を比較的容易に把持できた。

これらの結果より、平行式グラップル型把持装置において、①少なくとも 20cm 程度以上のクリアランスがあれば、直接目視方式の無人化施工による把持が可能であること、②十分に把持されていなくとも、小規格平型ブロック・異型ブロックは横取できること、③簡易な治具と事前作業により、大型土のう袋や袋詰め根固工の把持が可能であることなどが確認した。

本試験では、十分な把持できない異型ブロックでも把持部の一部がブロックと噛合うことで横取が可能であることが確認できた。ただし、異型ブロックの層積みのような精度を必要とする据付は、安定した把持ではないことから困難であると判断される。

3.3 フォーク式グラップル型把持装置

フォーク式グラップル型把持装置による試験では、把持可能なブロック長は 1.2m 程度以下であること、材質の良い袋詰め根固工では、吊部ではなく、直接把持する方が施工性が高いことを除けば、平行式グラップル型把持装置とほぼ同様な結果を得た。ただし、オペレーターの感想では、平行式グラップル型での把持と比較して、吊部による大型土のう袋の把持では劣るものの、コンクリートブロックの把持は、作業時の安定性から有効とのことであった。

3.4 グラップル型把持装置における留意点

上述したように、平行式及びフォーク式グラップル型把持装置においては、十分に把持されていなくとも、横取が可能であることを確認した。既往の異型ブロックの把持装置（専用グラップル）は特殊かつ使用が限定されるため、ブロック毎に準備する必要が想定されたが、平行式及びフォーク式グラップル型把持装置によるコンクリートブロックの横取・据付が実施できれば、緊急減災対策の効率的な施工実施が期待できる。ただし、この場合には、以下の条件があることに留意が必要である。

- 1) 十分な把持ができないことから、施工時に把持したコンクリートブロックの落下が懸念される。そのため、平行式及びフォーク式グラップル型把持装置による異型ブロックの横取・据付は、無人化施工（遠隔操縦機械）での施工に限定する必要がある。
- 2) 専用グラップルに比べて施工精度が劣ることから、平行式及びフォーク式グラップル型把持装置での異型ブロックの層積みは困難な場合が想定される。そのため、緊急時等には、高い精度を必要としない構造（例えば、非常に空隙率の高い乱積み）などへの適用が想定することが妥当である。

4. まとめ及び今後の課題

今回の試験結果では、把持装置による把持条件として、センターホール挿入型の場合、クリアランス 1.1cm 程度以上、平行式グラップル型の場合、クリアランス 20cm 以上、という結果を得た。これらは、把持装置の開発時の条件となるものと考えられる。従来までの無人化施工によるコンクリートブロックの横取・据付は、主としてセンターホール挿入型が主体であったが、台数が非常に少ないことから、把持装置の確保が施設構築可能性を左右する大きな課題であった。今回試験を実施した 3 種の把持装置のうち、フォーク式グラップル型把持装置は市場性が比較的高く、比較的容易に入手することができる。そのため、これを無人化施工（遠隔操縦機械）で活用できれば、火山噴火時等の緊急減災ハード対策の早期実施並びに施工性向上が期待できる。ただし、十分な把持が困難なことを考慮し、精度・品質を含めて、無人化施工を前提とした施工方法の検討・確立等が今後の課題と考えられる。

【参考文献】1) 坂井佑介, 大木鉄夫, 吉田貴, 中濃耕司; 「無人化施工におけるコンクリートブロック把持装置に関する検討事例」(平成 27 年度砂防学会研究発表会概要集, ppB52-53)

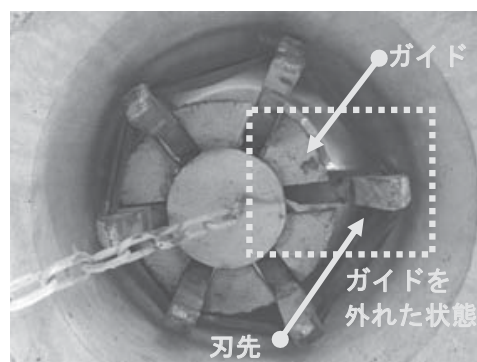


写真 2 センターホール挿入部の把持状況例



写真 3 平行式グラップル型による把持状況



写真 4 フォーク式グラップル型による把持状況