

災害復旧に際する二次災害の軽減に向けて 電動式バックホーの活用提案

渡 邊 宏 範・竹 内 直 樹

昨今、日本を取り巻く気候状況は明らかに悪化しておりその被害も甚大なものになってきている。今後も地震災害、台風災害、大雨等により人的、経済的にも大きな被害が発生することが予想される。災害が発生したのちには当然その復旧を行うが、過去には災害復旧時の作業による二次災害も発生している。その二次被害を如何に軽減し、作業性を高めていくかということが課題としてあげられる。本稿では災害復旧作業の安全性、効率性を高める目的で小型電動遠隔解体ロボット活用による復旧作業を活用した施工を提案する。

キーワード：電動式バックホー、災害復旧、二次災害、遠隔、非乗用、小型軽量

1. はじめに

日本はご存じの通り地震国である。地球は10数枚のプレートで覆われているが、日本の近郊はそのうち4つのプレートで覆われている。一つは東北・北海道を覆う北米プレート、次に関東以西を覆うユーラシアプレート、そして日本の南海上を覆うフィリピン海プレート、更には日本の東海岸を覆う太平洋プレートが常に押し合いを続けているからである。

また、昨今は地球温暖化の影響を受け台風の大型化、ゲリラ豪雨に代表されるような異常気象も増えて来ている。

今後は上記のような起こりうるであろう災害とどう向き合い、より早く、より安全、効率的に通常の生活に戻すか、ということが課題の一つである。

数の1割を占める災害となっている。

さらに、死亡者数だけでなく、負傷者まで視野を広げると、死傷者は22倍以上の発生件数があり、災害復旧作業には危険が隣り合わせであることが分かる(表-4)。

表-1 自然災害発生件数及び被害額の推移

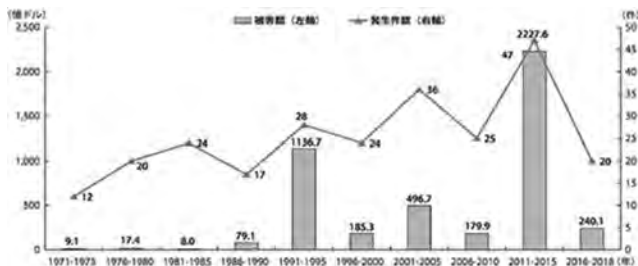


表-2 阪神・淡路大地震復旧工事に係る死亡災害の業種・事故の型別発生状況

業種	墜落・転落	崩壊・倒壊	巻き込まれ	はさまれ	おぼれ	交通事故	熱中症	その他	合計
建設業	20	6	1	3	2	1	2	35	
土木工事									
港湾海岸工事業	0	0	0	2	0	0	0	2	
橋梁建設工事業	1	2	0	0	1	0	0	4	
その他の土木工事業	0	0	0	1	1	1	1	4	
建築工事									
木造家屋建築工事業	12	2	1	0	0	1	1	16	
鉄筋・鉄筋コンクリート造家屋建築工事	6	1	0	0	0	0	0	7	
その他の建築工事業	1	0	0	0	0	0	0	1	
その他の建設業	0	1	0	0	0	0	0	1	
製造業	0	1	1	0	0	0	0	2	
その他	1	0	1	0	1	0	0	3	
合計	21	7	3	3	3	2	2	40	

2. 災害発生直後の復旧作業

(1) 災害復旧作業における二次災害

前述の通り、日本における自然災害は年々増加傾向にあり、その被害額も増加傾向にある(表-1)。

また、平成7年に発生した阪神・淡路大震災を例に挙げると、その地震を直接の原因とする復旧作業における労働災害の死亡災害の業種別では建設業での発生事例が最多の40名となっており(表-2)、全体の85%を超える死亡事故が発生している。また、事故の型別・起因別に見てみると(表-3)、建設機械によるはさまれ、巻き込まれを含む事故が4名と全死亡者

表一三 阪神・淡路大地震復旧工事に係る死亡災害の事故の型別・起因物別の発生状況

	墜落・転落	飛来・落下	はさまれ・巻き込まれ	崩壊・倒壊	その他	合計
建設機械			2		2	4
動力運搬機			1		1	2
乗物					2	2
用具	2					2
仮設物・建築物	19			5	2	26
材料		1		1		2
自然環境				1	1	2
合計	21	1	3	7	8	40

表一四 阪神淡路大震災復旧工事に伴う労働災害の発生状況

死傷の程度 都道府県名	死亡者数	負傷者数	計
	兵庫	36	
大阪	4	57	61
合計	40	904	944

(2) 内燃式バックホーでの作業

災害が発生した後の復旧作業はその復旧目的によって使われる機材、工法はそれぞれ異なるが、多くの復旧作業で内燃式の油圧ショベル（以下バックホーと記載）が使用されている。これは日本は世界でもトップクラスの内燃式油圧ショベルの使用実績がある為、建設機械のレンタル業社や解体施工工事業者はかなりの数のバックホーを所有し、災害復旧作業でも比較的簡単に機材を調達する事が出来るためと考えられる。さらにはバックホーの操作ができる作業者の数も多く、

さらに人力での作業と比較し作業効率が高い事もその一因であろう。

3. 小型電動遠隔解体ロボットの活用

(1) 小型電動遠隔解体ロボットの概要

小型電動遠隔解体ロボット「DXR」は2008年にスウェーデンで発表され、2011年に国内販売された小型電動遠隔解体ロボット（以下DXRシリーズと記載）のシリーズ名であり、文字通り動力は「電気」を使用し、キャビンを搭載しない非乗用の「遠隔」による操作で「解体」を行う装置である。シリーズとしてはモーターの出力の違いによる3タイプと、よりリーチ距離を確保する機構の付いた1タイプの計4タイプを取り揃えている（表一五、写真一1）。



写真一1 DXRシリーズ及びアタッチメント

表一五 DXRシリーズラインナップ

	単位	DXR310 テレスコピック搭載	DXR300	DXR270	DXR140
出力	kW	22	22	18.5	15
電圧	(50 Hz) V	三相 380-420			
	(60 Hz) V	三相 440-480			
電流	A	41	41	35	27
リーチ長さ	m	5.5	5.2	4.8	3.7
		(アタッチメント含む)			
全幅	mm	780	780	780	771
全長	mm	2056	2056	2056	1614
		(アウトリガー含む)			
全高	mm	1035	1035	1035	854
発電機最低容量	kVA	60	60	60	45
乾燥重量	kg	2020	1960	1750	975
最大圧力	bar	250	250	250	250
油圧流量	ℓ/min	0-75	0-65	0-65	0-52
Bluetooth 到達距離	m	50	50	50	50
		(見通し距離)			

(2) 電気駆動による特徴

「電気」を主動力としているため、本体にはエンジンの搭載がなく、電動モーターの動力を使用し油圧システムを駆動させる。そのため本体からは有害物質などが含まれる排気ガスの発生が無いため、密閉された場所などで作業員への一酸化炭素中毒等の被害を防ぐことができる。

(3) 小型装置としての特徴と利点

シリーズ全機種に共通して言えることは装置自体にキャビンがないため、「小型」で軽量化を実現しているという点である。しかしながら取り付けられるアタッチメントは同重量のバックホーの上のクラスに取り付けるアタッチメントと同様の出力を有す。具体的に DXR140 を例にとると DXR140 自体は車体乾燥重量が1tクラスだが、取り付けられるアタッチメントはバックホーの4tクラスと同等の能力の物を取り付けることが可能であるため、効率的に解体・掘削撤去作業を行うことが出来る。つまりは小型ながらハイパワーなバックホーということが言える。

また、DXR シリーズは車体重量が軽いいため、作業時にはアウトリガーを張り出すことによりその反力を吸収する構造となっているが、移動時などの未作業時はアウトリガーを遠隔操作にて収納する。アウトリガーを収納した状態では全機種ともに全幅が80cm以下で収まる為、被災ガラなどで通り道の塞がれた狭い場所への搬入・作業などにも活用できる。

(4) 遠隔操作による安全的優位性

キャビンがない事により、作業者は「非乗用」で、かつ Bluetooth による「遠隔」にて操作を行うことになる（写真—2）。その為、作業中のキャビンなどへ



写真—2 操作リモコン

の落下物による作業員被災や落下の危険性のある現場での万が一の人的災害も未然に防ぐことができ、装置から離れた位置で操作を行うことにより、作業員の作業空間での認知を格段に向上させることができる。

(5) DXR シリーズの操作性、作業性、メンテナンス性の特徴

本来は屋内での「解体」を目的とした装置であるが、アタッチメントの交換により、ブレイカー作業や大割作業、バケットによる掘削作業や、ドラムカッターによる研削作業、鉄筋カッターによる鉄筋の切断作業など、取り付けられるアタッチメントの種類によりその使用範囲は大きく広がる。

また、特筆すべきは非乗用であるため、予め装置自体の転倒を想定した造りになっている事である。万が一装置が横転した場合でも、自身のアーム・ブーム及び作業中の反力を吸収する目的で付けられているアウトリガーを操作することにより、自力で横転状態からの復帰ができ、その際に若干の作動油が漏れることはあるが、基本的には作動油漏れが無い構造になっている点は今までのバックホーとは設計コンセプトが異なっている。

しかしながら、上記理由により「転倒のモーメント」等の機構は無く、作業者は装置より十分に距離を置いた場所での操作が必要となる。

また、通常の内燃式バックホーではエンジンなどの重要な部品は上部旋回体内に収納されているが、DXR140 に関しては下部走行体に収納されており、モーター等の主要部品をメンテナンスする際には装置を横倒しにし、装置の裏面からメンテナンスを実施する。その際に作動油漏れの発生は全くない（写真—3～5）。



写真—3 横倒し状況・底面部



写真一4 横倒し状況・上面部



写真一5 横倒し状況での作動油漏れ未発生状況

さらにアタッチメントの交換に関しても作業工具などを使用する必要はなく、慣れれば5分もかからず手を汚すことなく交換ができる。

また、作業中にクローラーの破損や外れが起こった際にも工具なしで交換・付けなおしができる点も大きな特徴である。作業中に発生した作業ガラ上での急旋回などはクローラー外れの大きな要因であり、従来の内燃式バックホーにおいては、その復旧に時間と工具を必要としていたが、工具の使用をすることなく手を汚さずに5分程度で復旧することがメリットの一つとしてあげられる。

4. 国内導入実績

(1) 国内導入の経緯と現状の用途

シリーズの国内展開は東日本大震災で被災した福島第一原子力発電所内の解体・復旧工事において、人体への放射線被害を軽減する目的で導入された。

その後は屋内解体をメインに地下鉄工事やビルの内装解体などに使用されているが、昨今は製鉄所内の炉内の耐火煉瓦の補修・解体などへの導入も増えて来て

いる。全ての導入実績に共通して言えることは閉所、高所、高温、低温、有害物質がある等、作業者に危険を及ぼす可能性のある現場などで「人体への危険を未然に防ぐ」事だといえる。

(2) 有効な用途

本シリーズの有効的な使用現場はバックホーでは作業が困難な状況や場所での使用である。従来はこの様な状況下ではバックホーを用いず、人力による斫作業や、ハンドクラッシャーを用いての施工を行ってきたが、その代用として活用できる。

今後は災害発生時の復旧作業における二次災害を防止する為の「安全性の高い」施工として認知されると考えられる。

5. DXR シリーズ使用による災害復旧の二次的災害の軽減

前述の通りシリーズの最大の利点は、作業者の安全を確保しながら効率的に作業を行うことであるが、「非乗用」「遠隔」により、土砂が崩れたような不安定で狭くなった路面での作業等、災害復旧作業中の二次被害も多く面で防ぐことが出来ると考えられる。

また、安全面だけではなく、作業の範囲も広げることが出来るといえる。災害復旧時の土砂の掘削にはバケットを、倒壊した構造物の解体・撤去にはブレイカー、大割(クラッシャー)を、入り組んだ鉄筋の切断には鉄筋カッター等を使用頂くことにより1台で多くの復旧作業を簡易に行うことが出来る。

また、前掲の表中にある通り装置の出力と装置重量を比較すると、内燃式のバックホーに比較し機体自体が非常にコンパクトで軽量であるため、装置を運搬する際に使用するトラックも従来よりも小型の物で済み、場合によってはヘリコプターでの搬入も可能になる。

さらには本機に外部油圧機器接続ユニットをオプションとして取り付けることにより、油圧ユニットの代わりとして使用することもできる、いわば自走式の油圧ユニットである。人などが埋まったがれきの撤去作業で、重機が乗り上げられない際などはハンドツールの使用を行うことになるが、その際に比較的軽量で出力の高い油圧機器の使用を行う場合などは、本機よりハンドツール等の油圧機器への油圧供給も可能となる。

6. DXR シリーズの課題

シリーズの最大の課題は動力の確保と電気ケーブルの使用が必須であるという点である。現状は移動・動作・作業のいずれを行う際にも電源の確保が必要であり、常に電源ケーブルをつないだ状態だという事である。したがって災害復旧作業で本シリーズを使用する場合は、別途発電機が必要になると同時に、移動の際は電気ケーブルを地面に引きずった状態で使用するためケーブルの損傷などが考えられる。

また、本シリーズの使用電気は三相 400 V が必要であるため、400 V を供給可能な発電機を準備するか、別途オプションで準備している三相 200 V を 400 V に変換する昇圧トランスを使用することになる。

7. おわりに

今回活用を提案した小型電動遠隔解体ロボット「DXR」シリーズは、スウェーデンに本社を置くハスクバーナ社製であり、日本国内ではハスクバーナ・ゼノア(株)の取扱商品である。

2019年4月より、(株)前田製作所と販売代理店契約を締結し現在に至る。同社のホームページにて動画を視聴することが出来る。

JICMA

《参考文献》

- ・「災害復旧工事の労働安全衛生上の問題点と対策について」、土木学会論文集 F6,Vol67,No.2 2011年7月
- ・ループン・カトリック大学疫学研究所災害データベース (EM-DAT), 中小企業庁作成 2019年5月

【筆者紹介】

渡邊 宏範 (わたなべ ひろのり)
ハスクバーナ・ゼノア(株) 建設機械事業部
セールスマネージャー兼 CD セールスマネージャー



竹内 直樹 (たけうち なおき)
(株)前田製作所 産業機械本部 営業統括部
販売管理課長

