

8. 災害復旧時における安全施工技術の検討

(遠隔式大型土のう設置装置の開発検討)

国土交通省 東北技術事務所 機械課 鹿野 安彦

○宮本 典明

1. はじめに

近年、全国的に自然災害が多発する傾向にあり、ここ数年でも大地震や集中豪雨による河川の氾濫など、大規模な災害が相次いでいる。その復旧対策は、被害拡大や二次災害の防止の観点から迅速な対応が重要である。対策工法には状況に応じて様々なものがあるが、大型土のう工は、汎用性が高く、機材の調達の利便性や作業の迅速性等から、多用される傾向にあり、代表的な復旧工法となりつつある。しかし、災害現場等における大型土のうの設置は、足場もなく重機が錯綜するなかで、位置決め、玉掛け・玉外しなど人的作業が伴い、転落や重機接触等の二次災害の危険性が高く、安全対策上の課題となっているのが現状である。

本論は、災害復旧作業の安全確保と作業の迅速化を両立させることを目的として、自動化・遠隔化技術を活用し、作業員の安全対策を最優先させた遠隔式大型土のう設置装置の開発検討を進め、開発構想と要求仕様をとりまとめたので、概要を報告するものである。

検討にあたり、過去の災害事例から想定される活用場面を明確にし、事故事例や作業経験者の実態調査から施工要素（使用機械と作業員、材料等）とプロセス、そこに存在する危険要素と無人化・機械化等のポイントを分析した。そのうえで、作業プロセスと対応する機能を再構築し、危険性の高い作業要素が確実に解消され、安全性の確保と作業の迅速化が期待できる機能として、大型土のう袋、遠隔操縦式運搬機、土のう把持装置、誘導機能を構成要素とする「遠隔化大型土のう設置装置」の開発仕様のとりまとめを行ったものである。各要素技術の現状から土のうを自動玉掛け・玉外しする把持装置と誘導機能を優先開発項目として、現在までに、模型実験等による機能検証段階に至っている。

2. 現状の課題と開発検討の目的

大型土のうは、災害時の応急復旧や緊急対策工とし

て堤防や護岸などの洗掘防止、押さえ盛土、土留め、また崩落箇所の緩衝材等として、緊急的に施設の機能を維持するために使用されている。そのため災害時には、迅速な設置が要求されるとともに、設置作業の安全性の確保が課題となっている。図－1に設置作業の状況と作業員、施工機械の位置関係及び安全上の課題等を示す。特に、足場の不安定箇所での土のう袋の玉掛け・玉外し作業時や誘導作業時は、落下、転落、挟まれ、巻き込まれ等の危険性が非常に高いものとなっている。そこで、これら危険作業を解消し作業の迅速化を目的として、大型土のう設置作業の自動化・遠隔化等技術の開発検討を行ったものである。



< 懸念事項 >

- ・危険箇所への立ち入り
- ・土のう上での作業員の転倒
- ・土のうからの落下
- ・土砂崩れ等への巻き込まれ など



< 懸念事項 >

- ・重機との接触
- ・吊り紐への挟まれ、巻き込まれ
- ・吊り荷の落下 など

図－1 土のう設置状況と課題

3. 開発検討

3.1 災害時活用事例と現場状況等

過去の災害における大型土のうの活用事例を基に、開発装置を活用すべき具体的な現場状況等を整理した。

3.1.1 河川災害事例

洪水時の河岸洗掘箇所の復旧や破堤箇所の応急復旧で「遠隔式土のう設置装置」を活用することにより不安定な堤防天端付近や堤外地の水際に立ち入ることなく作業が可能となる。(図-2 参照)

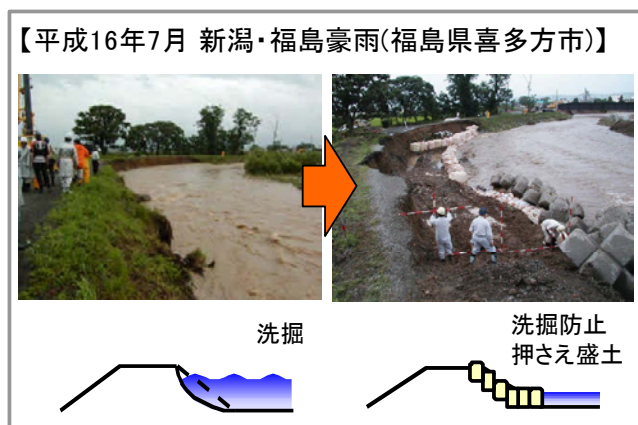


図-2 河川災害事例

3.1.2 道路災害事例

盛土法面の崩れや落石等の可能性がある箇所の予防措置では、二次災害が発生する危険性が高いことから、「遠隔式土のう設置装置」を活用することにより、保安距離を設けた作業が可能となる。(図-3 参照)

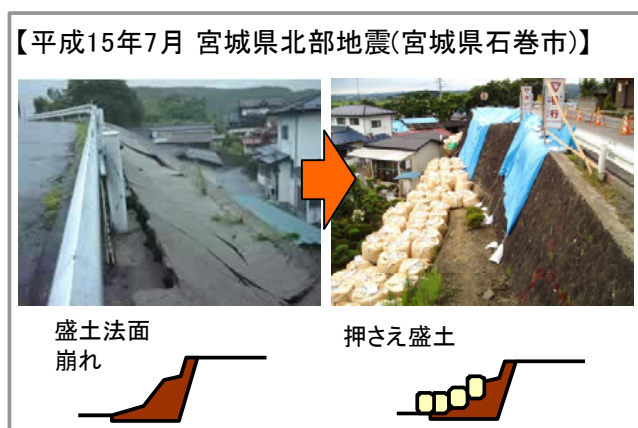


図-3 道路災害事例

3.2 大型土のう設置作業と要求機能の検討

活用時の現場状況を踏まえ、災害復旧等の施工経験のある土木工事会社に対するアンケート調査とヒヤリング調査の結果から、「遠隔式大型土のう設置装置」に

要求される機能の検討を実施した。

3.2.1 土木工事会社への調査結果

(1) 土のう設置時に危険性について

大型土のう設置作業時に危険と感じた各項目の割合を図-4に示す。設置作業では、玉掛け・玉外しや位置決めを土のうに作業員が立ち上がったの作業となることから、落下・転倒や重機との接触、吊り紐への挟まれ、巻き込まれ、割合が高く、複数の危険性を感じながらも作業を行っている実態であった。

また、ヒヤリング調査では、幸い事故発生の事例は皆無であったが、災害対応では迅速性も要求されるため、危険な場所への立ち入る場合あることに危険性を感じるとの意見や、撤去時であるが、設置した土のう袋の劣化による破損・落下が多く、危険性を感じるという意見が設置時よりも多かった。

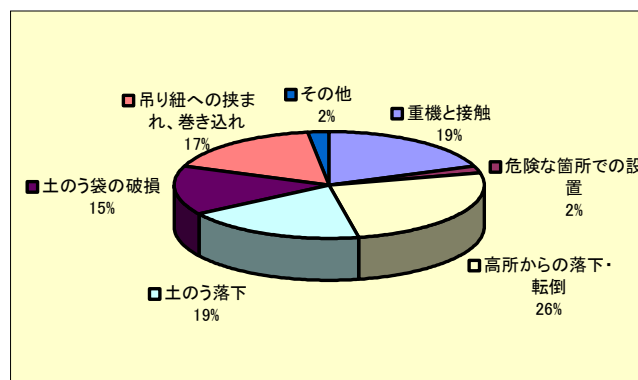


図-4 設置時の危険割合

(2) 土のう設置時の使用機械について

使用機械は作業条件によるが、クレーンの設置が困難で設置時の微調整や掘削等の他の作業と併用する場合は、「クレーン仕様バックホウ」が使い勝手が良いとする意見が多かったが、高低差のある場所やクレーンの設置が容易な現場等では、「クレーン類」が使いやすいという意見であった。



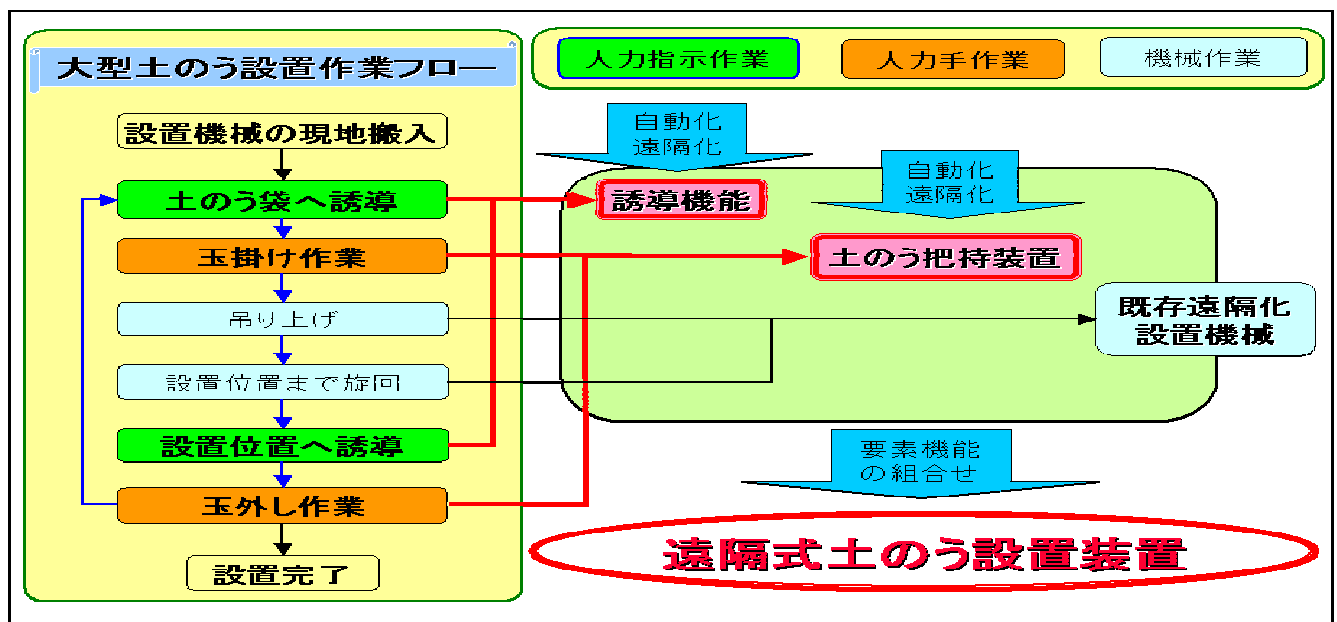
写真-1 クレーン仕様バックホウ

3.2.2 土のう設置作業と遠隔化・自動化の検討

これまでの検討結果を踏まえて、現在の大型土のう設置作業フローと各工程の要求機能から、どの工程をどのような機能で遠隔化、自動化することにより危険作業を減少又は解消させることが可能であるか、について検討を行った。

結果は、図－5に示すとおり現状の作業員による人力手作業である土のう袋の玉掛け・玉外し作業を「土のう把持装置」により自動化・遠隔化することで作業

員が危険箇所へ立ち入る必要が無くなり、また、土のう造成位置までの移動や適切な設置位置への吊りフック等を誘導する人力指示作業を「誘導機能」により自動化・遠隔化することで安全な安定した位置からの誘導が可能になるため、作業員と設置機械の間の危険性はほぼ解消される。さらには、これらの要素機能と既存（遠隔操作）機械を組み合わせた「遠隔式土のう設置装置」により、安全性の向上と作業の迅速化が期待できるものと考えられる。



図－5 大型土のう設置作業フローと要求機能

3.3 要素技術と開発仕様

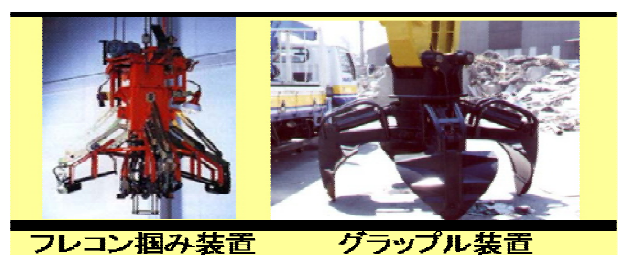
要求機能の検討結果から、遠隔式土のう設置装置の要素技術として次の3要素を抽出したが、開発状況調査から既存機械（技術）が市場に無いもの、類似機械（技術）は存在するが検討が必要なものがあり、今後の技術開発項目と主要仕様を検討した。

3.3.1 技術動向と開発項目等

（1）土のう把持装置

現状技術として、木材やスクラップ等を掴む装置はあるが、大型土のうを掴む装置は存在しないこと、また、玉掛け又は玉外しの一方が可能な装置はあるが、1台で玉掛け・玉外し両作業を無人で可能な装置は存在しないことから、土のう袋と併せて自動化・遠隔化装置の開発の必要がある。

なお、把持装置はクレーン仕様バックホウ等のア



写真－2 既存の掴み装置等

タッチメントとして開発し、災害対応の外、一般施工においても使用可能な汎用性も考慮して開発する必要がある。

（2）誘導機能

無人遠隔操作で大型土のうを掴み、設置する作業を効率的に行うためには、製作ヤード等の土のう袋の中心付近の真上と積み上げ設置目標地点に土のう把持装置を精度良く誘導する誘導機能の開発が必要

である。

(3) 遠隔操縦式設置機械の検討

被災地で危険箇所での対応も考慮する必要があり、既存の遠隔操縦式機械を活用するため、適応できる機種等の検討が必要となる。

3. 3. 2 開発仕様とりまとめ

開発目標とする遠隔式土のう設置装置の主要仕様（案）を表－１に示す。特に、本体ベース車両は

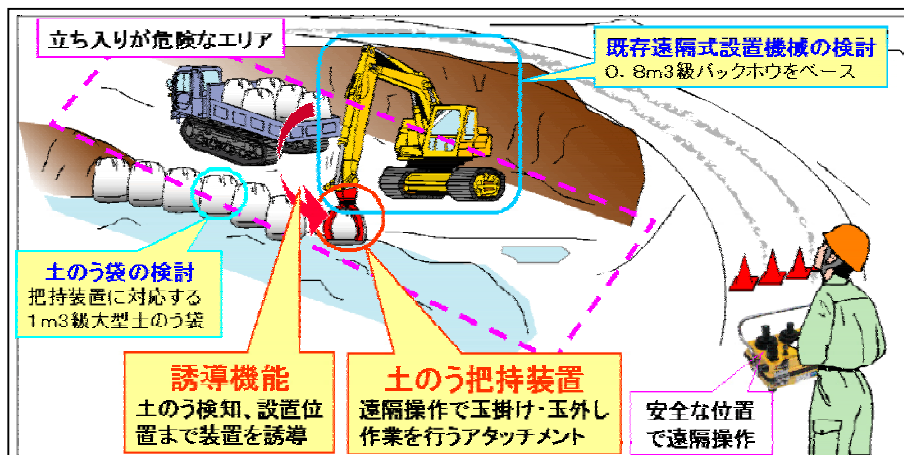
大型土のうの質量に対応可能な必要最低限の規格を示しており、この規格に限定されるものではない。また、ホイールクレーン等の使用も考慮した仕様で考えている。なお、作業装置、安全対策の細部仕様は今後の開発過程において最適化するものである。

表－１ 遠隔式大型土のう設置装置の主要仕様（案）

対象作業	大型土のう工（設置）
対象物	・大型土のう（トンパック/ジャンボ土のう） ・寸法：φ1.1m ・重量：約1.0t（最大約1.8t）
操作制御	・搭乗及び遠隔操作方式 ・操作距離：約50m程度（目視操作を想定）
作業範囲	・揚程：5m程度 ・リーチ：6m程度
本体	・ベース車両：0.8m³級バックホウを想定 ・運転重量：約20t ・定格出力：100kW程度 ・全幅：3.0m未満
作業装置	・自動掴み装置（玉掛け・玉外し装置） ・油圧駆動のアタッチメント式
安全対策	・荷重検出（荷重を表示、過負荷制御） ・位置検出（作業半径、作業高さを表示） ・圧力検出（掴み力を表示） ・安全用センサ（接触・超音波等）

3. 4 大型土のう設置装置の開発イメージ

設置機械を既存遠隔操縦式バックホウをベースとした「遠隔式大型土のう設置装置」の開発イメージを図－６に示す。また、土のう把持機構の模型による実験状況を写真－３に示す。



図－６ 遠隔式大型土のう設置装置の開発イメージ図



写真－３ 把持機構の実験状況

4. おわりに

今回、災害復旧時における安全施工技術として検討した大型土のう工の遠隔化は、作業員の危険作業を回避するうえでは有効な手段となるものと考えている。また、災害時に限らず一般工事でも多用されている工種でもあり、汎用性も考慮した設計を考えている。今年度から、耐久性の高い土のう袋の使用を考慮した「把持装置」の開発を行っており、模型実験等から具体的な把持機構の設計を進めている。