九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

地盤掘削改良装置チェーンコンベアカッターの開発と適用に関する研究

生田，静夫

https://doi.org/10.15017/1785388

出版情報：九州大学，2016，博士（工学），課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済

KYUSHU UNIVERSITY

（様式２）

氏　　名　：生田　静夫

論文題名：地盤掘削改良装置チェーンコンベアカッターの開発と適用に関する研究

区　　分　：甲

論　文　内　容　の　要　旨

近年、廃棄物最終処分場の処分容量の拡大が喫緊の課題となっており、その有力な解決手段として一施設当たりの処分容量が格段に大きい海面処分場が挙げられている。この海面処分場の最重要な機能は、廃棄物保有水の漏出を防ぐ遮水機能であり、鉛直遮水工のひとつとしての遮水壁の築造のために地盤改良工法が用いられる。

地盤改良は、構築物基礎の造成や液状化被害の防止対策等に利用されてきた技術で、その中のひとつに深層混合処理工法がある。これはセメントなどの改良材を地中に供給しながら、原地盤の軟弱土と改良材を強制的に撹拌混合して固化･強化する工法であり､機械撹拌式と高圧噴射式がある。この機械撹拌式はスラリー系と粉体系に分類されるが、多用されているスラリー系機械撹拌式は汎用三点式杭打機に搭載したアースオーガ方式による施工が一般的であり、改良体は円柱を成す。

一方、チェーンソー方式は専用ベースマシンにチェーンソータイプの機体を垂直に搭載し、チェーンを上下方向に回転しながら改良体を造成する。原地盤と改良材を垂直方向に撹拌混合するこの方式は、原地盤を構成する層状の不均質性を解消して全体を均すため、上下方向に均一な改良体を造成できることに特徴がある。また、機体の断面形状が矩形であるために改良体の基本断面も矩形となり、造成された連続壁は等厚となる等の利点がある。

近年、土壌汚染対策や廃棄物最終処分場の建設等に対応する環境分野、また地震や洪水等に対応を迫られている防災分野において、構造物の基礎、土留・山留、地盤の液状化防止対策、地中連続遮水壁等の築造を目的として、強度や透水係数の値が上下方向に均一で高品質、かつ経済的な地盤改良体の提供が求められている。

このような背景から、両方式の特徴と利点を併せ持つ装置、すなわちチェーンソー方式でありながら汎用杭打機に搭載可能で、アースオーガ方式と同様に機体を出し入れしつつ、多様な形式の施工が容易な装置の新規開発に取り組み、新たな地盤掘削改良装置を完成させ、これをチェーンコンベアカッター（略称；CCC）と命名した。本研究は、この装置の企画から実用機完成までの経緯を、現場での試験施工や実施工結果、数値解析的検討等々を加えて取りまとめたものである。

第１章は緒論であり、研究の背景として廃棄物海面処分場の現状について述べ、地盤改良分野の現状を調査するとともに、現用の地盤改良装置の解決すべき技術的諸課題を抽出し、本研究の目的と意義を提示した。

第２章では、新たな地盤掘削改良装置として開発したCCCの設計・試作から実用機完成までの種々の課題・問題の解決、改良を述べている。開発に当たっては、①装置は仕組みが単純・軽量で耐久性に富むこと、②広範囲な地盤を対象とし、土から軟岩までの掘削と掘削した土の搬出・撹拌混合に十分な能力を確保すること、③汎用性や経済性に富むこと、を主課題とした。開発した装置の構成は、①駆動部、②インバータ制御装置、③カッターポスト、④リターン部、⑤掘削ユニット、⑥付属装置から成る。完成した本装置は、国土交通省直轄の地中連続遮水壁築造工事に採用され、

装置の掘削能力・施工性能、連続壁の品質、施工期間、施工コストにおいて、従来工法より優れていることを証明した。また、三池港改修関連工事における地中連続遮水壁の試験施工も行い、従来工法で掘削困難とされたN値50以上の地盤や転石等が混在する地盤でも問題なく施工することが可能であるとともに、コスト縮減や工期短縮に寄与できることを実証した。

第3章では、第2章で述べたCCCの開発の根幹を成す、比較的固い地盤でも施工可能な掘削ユニットの開発や施工方式についての技術的問題の解決を行った。すなわち、チェーンソー方式の既存の地中連続壁施工機の問題点解明と対策技術の検討を行い、新型の掘削ユニットの設計・製作を行うとともに、新たな施工方式に必要な上部ポストを製作し、実際の現場での適用試験を実施して既存の地中連続壁施工機との比較検討を行った。その結果、施工において掘削ユニットに一部損傷を受けたが、築造した地中連続遮水壁は、設計透水期間1.6年に対し、チェックボーリングコアにより測定した透水期間は140年～270年であり、他の品質も全く問題は見られなかった。この実績から、新掘削ユニットを装備したCCCの掘削・攪拌・混合能力と地盤改良体の品質が確認されたことにより、開発した装置が連続壁以外の地盤改良体施工へも適用できることが示された。これらのことから、CCCによる遮水壁が、厳しい基準のもとに築造される遮水壁の環境保全分野での安全・安心性能を満たすことができ、産業廃棄物最終処分場の構築にも適用可能なことを示した。

第4章では、CCCによる工法を廃棄物最終処分場に適用する際の海面処分場における遮水壁の理論的根拠を踏まえた設計指針の基礎的知見を得るために、地下水移流分散解析ソフトDtransu2Dを用いて、廃棄物最終処分場から排出される汚染水を抑制するために必要な設計基準について数値解析的検討を行った。解析のパラメータは、遮水壁の透水係数、厚さおよび根入れ長さ、海底地盤の透水係数、外界（海域）と廃棄物層保有水の全水頭差である。その結果、全水頭差、地盤の透水係数が大きいほど流速が大きくなり有害物質の漏出に要する時間が減少すること、全水頭差および地盤の透水係数は漏出に要する時間に寄与するが、分散・拡散には大きく寄与しないことが分かった。また、遮水壁の根入れ長さの増大に伴い、汚染物質が遮水壁を迂回して海域側に到達するまでに要する時間が増大するため、遮水壁の根入れが長いほど廃棄物最終処分場の耐用年数が延びることが明らかとなった。一方、遮水壁の厚さが増大してもその耐用年数に顕著な変化が認められない、あるいは多少減少することも判明した。これは、遮水壁の厚さが小さい場合には、遮水壁内部を通過した汚染物質が遮水壁に沿って移動した汚染物質よりも先に海域側に到達するが、遮水壁の厚さの増大に伴い遮水壁側面と廃棄物堆積層までの距離が減少するため、遮水壁の根入れ側面において動水勾配と濃度勾配が大きくなり、根入れ側面に沿った移流による汚染物質の移動が卓越するためと考えられる。

第5章では、開発したCCCとこれを用いた工法の多分野における適用方法について検討を行った。検討分野は一般土木建築分野、環境分野、防災分野等であり、従来工法の代替のみならず、CCCを活用した新しい方式も検討した。先ずは最も需要の多い一般土木建築分野であり、従来工法では施工不可能と判断されていた硬質地盤への適用および斜め土留め壁築造への適用方法に関して述べた。環境分野では、より品質が高く地盤環境に左右されない施設の構築並びに適用例として最終処分場および透過反応壁での適用方法を示した。防災分野では、災害により影響を受ける施設の防御方法と装置の特徴を活かした施工方式を提案し、適用例として護岸や河川堤防の補強、地下空洞の充填、地震による液状化防止工法、港湾海岸高潮対策工事への新しい方式を示した。

第6章は結論であり、上述各章を総括したものである。