

地中障害物切断に関する研究

帝都高速度交通営団 正会員 米島賢二
 帝都高速度交通営団 フェロー会員 石川幸彦
 帝都高速度交通営団 沼澤憲二郎
 日立建機 田村克巳

1. まえがき

近年、都市土木のシールド工事で、地下埋設物の土留杭や建物の基礎杭等の地中障害物を避けてシールドトンネルを構築することが困難になっている。出現する杭の種類もH鋼杭、PC杭、地中連続壁、シートパイル、鋼管杭、場所打ち杭等多種で、かつ地上構造物の制約から事前に撤去することが難しい。そこで、作業員が切羽前面に出ることなく、多様な障害物に対して安全かつ確実に撤去出来るシールド機の開発が必要となっている。今回、図-1に示すオールケーシング掘削機の技術を応用した障害物切断・撤去装置付きシールド機の開発に取り組んでいる。

本研究は、上記障害物切断・撤去装置の基本要素であるカッターケーシングの障害物切断及び回収性能をベンチ試験で検証し、その実現性を確認するためのものである。

2. 実験概要

(1) 10 mクラスのシールドに対応可能なカッターケーシング(掘削外径1200mm)を製作し、図-2に示す実験装置で障害物単体の切削実験を行った。障害物として、切削が最も困難と思われるH形鋼(H300×H300)を選定し、カッター回転数・押込み速度・カッタービット配置等の切削条件を変えて、障害物切削時の切削トルク及びカッター押込み力を測定し、障害物切削時の切削反力を少なくするための諸条件を求めた。

(2) 軟弱土を想定した地盤改良の設計強度の範囲内で、図-3に示す模擬地盤を製作し、模擬地盤内に障害物(H300×H200)を埋設し、障害物切削実験を行った。

(3) 障害物切断後、図-4に示すようにカッターケーシング内に取り込まれた障害物と模擬地盤のコアに瞬結材を注入し、実際より重力の影響が大きくなる垂直方向で障害物の回収実験を行った。

3. 実験結果と考察

(1) カッターケーシングでH鋼形鋼を切削した場合、カッター回転数の増加とともに切削トルクが低下してい

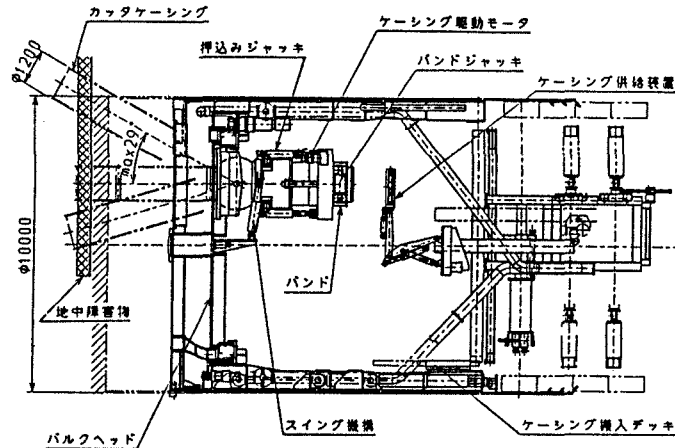


図-1 障害物切断・撤去装置付きシールド機

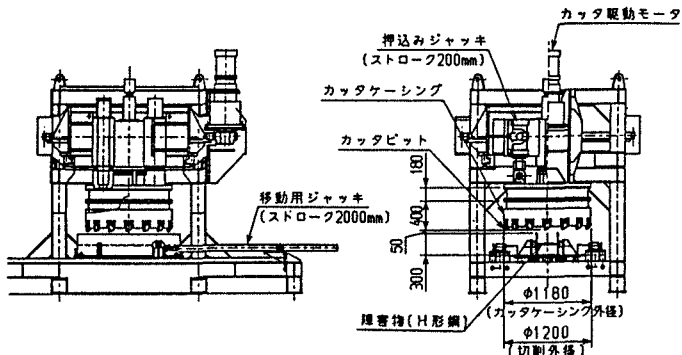


図-2 実験装置（障害物単体切削実験）

ることから、カッタ押込み速度を回転数で除したカッタ1回転当たりの押込み量を求め、切削トルクとの関係性を求めた。図-5に示すようにH形鋼の切削トルクはカッタ回転当たりの押込み量に比例していることが分かった。また、障害物の切削トルク軽減のためには、カッタビットを多条配置させて切込み深さを減少させるより、カッタビット1個当たりの切削幅を減少させる方が有効であることが判明した。

(2) 図-6に地盤一軸圧縮強度と最大切削トルクとの関係を示す。図中、実線は理論計算式 $T_H = 33.1qu$ により求めたH形鋼フランジ切削時の許容トルクを示し、一点鎖線は理論計算式 $T_H = 61.8qu$ により求めたH形鋼ウェブ切削時の許容トルクを示す。実験により測定した任意の地盤強度における切削トルクが、図中に示された許容トルクよりも下方にあれば、地盤を崩壊させずにH形鋼を切断できることを意味している。よって、地盤反力と地盤一軸圧縮強度の関係から求めた許容切削トルクを求めた上式は妥当であり、地盤一軸圧縮強度と許容切削トルクとの関係を明らかにすることができた。この結果により、軟弱土での地盤改良の設計強度1MPa以内で、H300×H300のH形鋼をカッタ回転数5rpm、カッタ押込み速度1.5mm/minの条件下で切断できることが確認できた。

(3) 回収実験ではH形鋼を切断後、カッタケーシング内部の地盤が崩壊し、切断されたH形鋼がカッタケーシングとともに回転する場合と、地盤は安定したままカッタケーシングを押込みジャッキストロークエンドまで完全に押込んだ場合の2通りの結果が得られた。いずれの場合でも、切断終了後、横押ジャッキにより横力をかけ、カッタケーシング先端部の地盤の切断を確認した後、瞬結材を注入しカッタケーシングを上昇させ、障害物を含んだコアをカッタケーシングから落下させることなく回収できることが確認できた。また、カッタケーシング内の地盤が崩壊した場合は、カッタケーシングを上昇させた際に崩壊した地盤が落下することも懸念されたが、注入した瞬結材が崩壊した地盤の隙間を埋めて、障害物と崩壊した周辺地盤を1つのコアとして取り込むことができた。以上の結果から、コア回収のために瞬結材の注入は有効な手段であることが確認できた。

4. おわりに

本研究により、障害物切断・撤去装置付きシールドの実設計に反映することができるデータを得ることができた。今後、シールド等の課題の研究を継続して進めていくとともに、実機の基本設計を進めていく予定である。

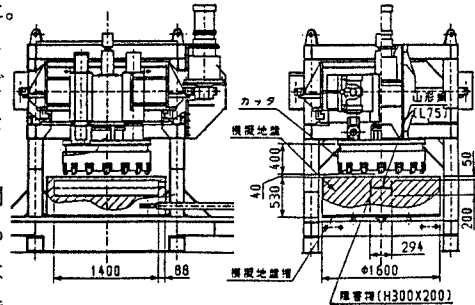


図-3 実験装置（模擬地盤切削実験）

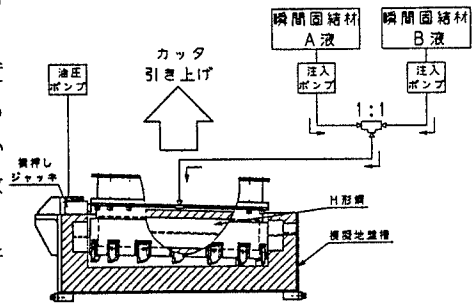


図-4 障害物コア回収実験

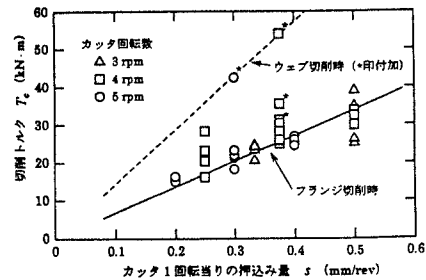


図-5 カッタ1回転当たりの押込み量と切削トルクの関係

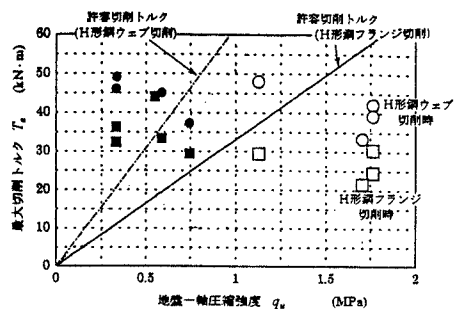


図-6 許容切削トルクと実験結果の比較