

シールド機による RC 杭直接切削実験

大成建設（株） 正会員○岩下 篤， 正会員 足立 英明
正会員 秦野 淳， 正会員 中尾 勇貴

1. はじめに

「東京外かく環状道路 本線トンネル（北行）大泉南工事」は、関越側から東名側に向けて約 7km 区間を施工する。発達立坑から約 200m 付近に撤去不可能な鉄筋コンクリート基礎杭（RC 杭）19 本と無筋コンクリート基礎杭（CCP 杭）27 本の杭が存在するため、これを支障物切削型シールド機で直接切削することが大きな特徴である。この既設杭切削を安全、確実に施工するために実施した小型シールド機による実証実験の結果ならびにカッタービットと切削対象物の接触をリアルタイムに判別するモニタリング技術の開発成果について報告する。

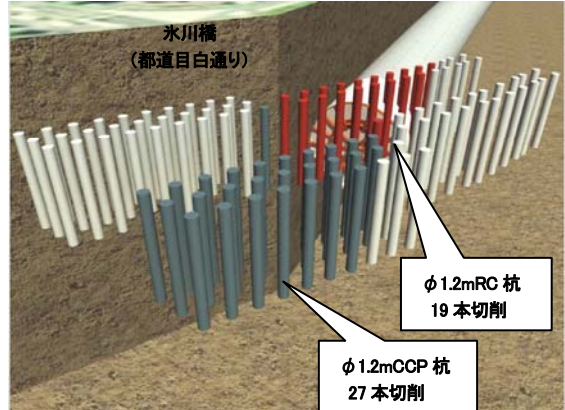


図-1 コンクリート杭配置概要図

2. 小型シールド機による RC 杭切削実証実験

支障物切削型シールド機の特徴として、傾斜型カッター（5°）及び特殊切削ビット（写真-1）を装備している。カッターを高速回転（最大 0.86rpm）とし、微速推進（1～10 mm/min）に切り替えることで既設杭を削り取りながら切削する。

今回の実証実験は、トラブルの発生要因を把握し、これを未然に防止する目的で小型シールド機φ2.1mを用いて実施した。カッタービット本体、カッター傾斜角、ビット配置は、実機と同一の仕様及び寸法とした。



写真-1 特殊切削ビット

また、切削実験に供する試験用の RC 杭は、現地の同一径のφ1.2mで製作し、配筋量、コンクリート強度も同一仕様とした。切削実験は、気中に固定した RC 杭と、複合土層内に埋設した RC 杭の両方について実施した。

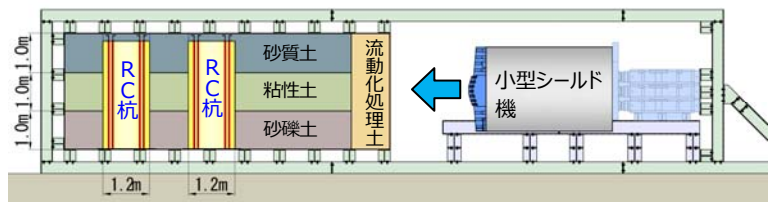


図-2 複合土層中のRC杭切削実験設備概要図

後者の実験概要図を図-2 に示す。

切削実験の小型シールド機の推進速度や回転数は、実際の施工時のビット切込み深さがほぼ同一となるようにこれを制御した。なお、実施工における杭切削時の計画は、掘進速度 5～7mm/min、カッター回転数 0.86rpm、ビット切込み深さ 0.7～2 mmである。

3. 実験結果

RC 杭切削実験の結果、実機の条件と合わせた小型シールド機でカッタートルク等の掘進データに異常は見られず RC 杭の切削がほぼ確実に施工できることを確認した。切削された杭の鉄筋は厚さ 5mm 程度以下のチップ状に削り取られたものと、鉄筋の太さを残したまま数センチから数十センチの長さでせん断破壊された断片に大別された。ただし、杭切削の最終部分において、鉄筋が切断されず、押し曲げられたような形跡が一部で確認された。鉄筋を小さく切断して取り込むためには、ビットの押付け力に対して鉄筋が固定されていることが必要と考えられ、杭周辺部の地盤の自立性や反力が不十分である場合は、地盤改良等の事前対策が必要であることが判明した。



写真-2 RC杭切削実験後の状況

キーワード シールドトンネル、支障物、モニタリング

連絡先 大成建設株式会社 外環大泉トンネル作業所 TEL 03-6913-3602

4. ビットと掘削対象物の接触を判別するモニタリング技術の開発

シールド機は、既設杭の切削用ビットが掘削用ビットを兼用しているため、既設杭切削におけるビットの損傷を防止し、その機能を維持することが求められる。ビットの損傷を防止するために、通常掘進時と杭切削時の掘進速度を適切に切り替える必要がある。このようなことから、ビットに生じる振動を計測解析することで、掘削対象物との接触を判別する方法として、前述の小型シールド機を用いた実証実験を通じて、モニタリング技術を開発することとした。

小型シールド機の中心部と外周部のビット 2 箇所には振動センサーを埋め込み、掘進または切削中の土砂（粘土、砂、砂礫）及び RC 杭の振動波形を計測することとした。

掘進中のビットには様々な方向から外力が作用するため、振動波形の計測には、3 軸（x, y, z）の振動を検出できるセンサーを採用し、掘進中の振動波形をある一定時間における振動強さを表す振動実効値として数値化し、3 軸の振動実効値を合計することで、掘削対象物ごとの振動特性を評価することとした。

掘削対象物である土砂（粘土、砂、砂礫）及び RC 杭それぞれの振動特性を把握するために、それぞれの単一層を作成し、小型シールド機で切削しながら振動波形を計測した(図-3)。



図-3 掘削対象物ごとの振動波形計測結果

掘削対象物	粘性土層	砂質土層	砂礫層	コンクリート杭
振動実効値	～0.040	0.040～0.060	0.060～0.235	0.235～0.580

表-1 掘削対象物ごとの振動実効値の設定範囲

5. 計測結果とモニタリング技術への展開

粘性土、砂質土、砂礫土、RC 杭それぞれに特徴的な振動波形が得られ、振動実効値を解析した結果、この 4 種類の振動実効値の範囲をある程度特定できることを把握した。そこで、表-1 に示す通り 4 種類の掘削対象物ごとの振動実効値の範囲を設定し、掘削対象物との接触を判別するモニタリングシステムの基本データとして扱うこととした。

設定した振動実効値の範囲に基づき、掘削対象物ごとに色別してモニター上に表示するモニタリングシステムを構築した。図-4 は、複合土層内に埋設した RC 杭の切削実験におけるモニタリング状況を示したものである。シールド掘進中において、RC 杭及び各土層の振動実効値がリアルタイムで色別できることが確認され、実際の施工において有用なモニタリング技術として活用できることを確認した。

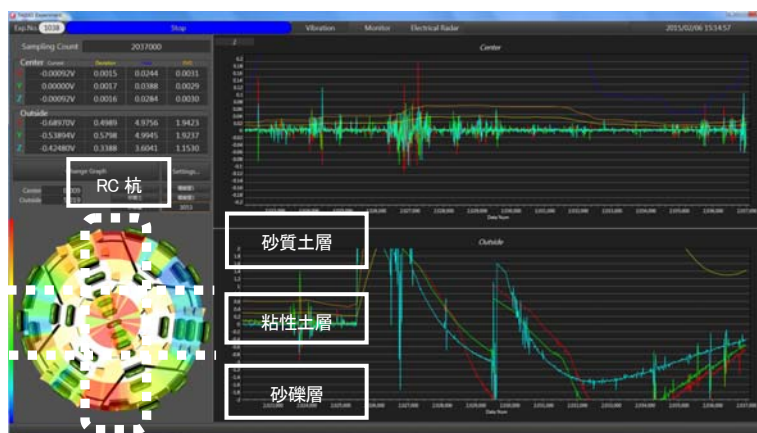


図-4 複合土層中の RC 杭切削時におけるシステム画面

6. まとめ

今回の実証実験で、カッター構造及び仕様の基本計画の有効性を確認した一方で、周辺地盤強度の必要性についても把握することができた。また、ビットの振動計測により杭との接触を判別するモニタリング技術の開発は、既設杭切削時のビットの損傷を防止することが目的であったが、振動実効値を指標とした解析により、杭のみならず各土層（粘性土、砂質土、砂礫）の判別表示することが可能となり、有意義な開発成果を得ることができた。