

地中連続壁高強度コンクリートカッティング実験における振動計測

大成建設(株) 技術センター 土木技術開発部 正会員 ○近藤 高弘

1. はじめに

近年、狭隘低空頭で高強度コンクリートを採用した地中連続壁のニーズがある。これに対応するための施工方法や施工機械などの新規開発が必要となった。そこで新たに低空頭型連壁掘削機を開発し、高強度コンクリートカッティングを実施



図1 掘削機とセンサ位置

して、連壁機械の適用性、施工仕様を確立させる必要があった。狭隘低空頭で高強度コンクリートカッティングの事例は少なく、実験を行うこととした。そこで今回壁厚 1.5m、深度 34m を先行 2EL、後行 1EL の 90N/mm² の高強度コンクリートカッティングの実験を行い、掘削機重量やトゥース形状などの違いによる掘削条件を確認するため、今回はじめてカッティング時の振動・油圧・吊荷重量その他の計測データをリアルタイムに収集することとした。またコンクリート強度による比較のため 45N/mm² のコンクリートカッティングの試験データも収集した。

2. 計測概要

掘削機は油圧で駆動する水平多軸掘削機で左右カッターの油圧と油量を計測し、掘削荷重はクレーンの吊荷重をオペレータ操作時の吊荷重を計測する。この時の掘削荷重は掘削機水中荷重とクレーン吊荷重の差を掘削荷重とする。また、掘削機の挙動は連続壁用絶対位置計測システムにより

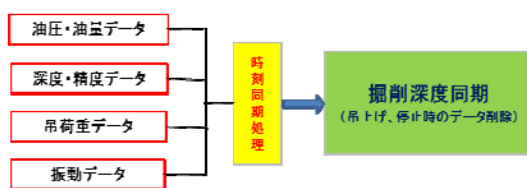


図2 掘削データ処理フロー

表1 掘削イベントのパターン

掘削深度，掘削精度，傾斜等の情報を収集する．掘削時の掘削機本体に加わる振動を三軸方向で

掘削深度m	地質	実験区分	掘削機重量Ton	トゥース		表記
0～10	ローム	継手	28	40mm E3	30mm E4	A
11～16	ローム	コンクリート・カッティング		40mm E3	30mm E4	B
17～22	砂礫			30mm E3	40mm (20×2) E4	C
23～27	砂礫	20	40mm E3	30mm E4	D	
28～34	細砂		30mm E3	40mm (20×2) E4	E	

掘削深度、掘削精度、傾斜等の情報を収集する。掘削時の掘削機本体に加わる振動を三軸方向で計測する。以上の各システム(4つの独立した計測装置)は1秒間隔で記録され、時刻を同期させてデータ収集を行った。時刻同期して収集した各計測データは掘削深度進行方向にデータを最適化する(掘削作業時クレーンによる吊上げ作業および、掘削停止時間等の掘削以外のデータを削除し最適化する)。

試験の掘削条件は深度22mまでを掘削機重量28tonで施工し、それ以降は20tonの重量で行う。また10mまでは継手部を含む施工でそれ以降は全て強度90N/mm²のコンクリートカッティングの施工となる。

掘削トゥースも(幅40mm E3, 幅30mm E4)と(幅30mm E3, 幅40mm(20×2)E4)の2種類の組合せを施工深度により変更する。コンクリート強度45N/mm²は掘削トゥース(幅40mm E3, 幅30mm E4)の組合せで行った。

3. 振動計測データ

連壁施工における水平多軸掘削機を用いた掘削振動データ収集の事例はなく、今回の振動データ収集に当たり水中掘削かつ、90N/mm²のコンクリートカッティング時の振動データ収集を行うため、強い振動が予想され、周波数測定帯域も未知である。

振動データ計測仕様として、三軸の振動加速度センサを用いた。波形解析は広域で行いどの周波数に特徴があるかを見極める必要がある。特徴的な周波数の検出のため周波数解析はパワースペクトル分析を行った。波形データを20KHz解析帯域(0~10KHz)、16bit分解能で分析することとした。

キーワード 連壁, 水平多軸掘削機, コンクリートカッティング, 高強度コンクリート, 振動計測, 狭隘低空頭
連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 TEL 045-814-7229

測定機器は振動センサと電源を含め振動データ収集装置を気密耐圧容器に挿入し掘削機本体に設置する。

4. 計測結果

表 1 に示す掘削イベントの試験掘削における掘削荷重・掘削速度・掘削振動加速度の変化を図 3 に示す。掘削荷重の変化は掘削機重量の変化による影響はあまり見られない。掘削速度は掘削機重量の軽減により掘削速度は低下し、トゥース（幅 30mm E3, 幅 40mm(20×2) E4）の使用で掘削速度の低下が観測された。加速度の変化も掘削機重量を軽減すると振動加速度が大きくなるのが観測された。図 3 は掘削振動スペクトルの変化を把握するため、最大スペクトルの周波数のみを抽出し掘削イベントの違いを色分けて表示した。この図からも掘削イベントの違いを周波数の変化として確認することができた。本実験で掘削機重量 28ton と 20ton, コンクリート強度 90N/mm² と 45N/mm², のコンクリートカッティングによる掘削データを収集し、一部不完全なデータを補間処理し推定することで比較分析を行った。図 4 の色の付いた面が同一掘削機重量でのコンクリート強度による変化の様子を示し、上辺部が 45N/mm² のコンクリート強度での平均的な掘削荷重による掘削速度の分布を線上に示している。上辺部から下辺部に向いコンクリート強度が増し下辺は

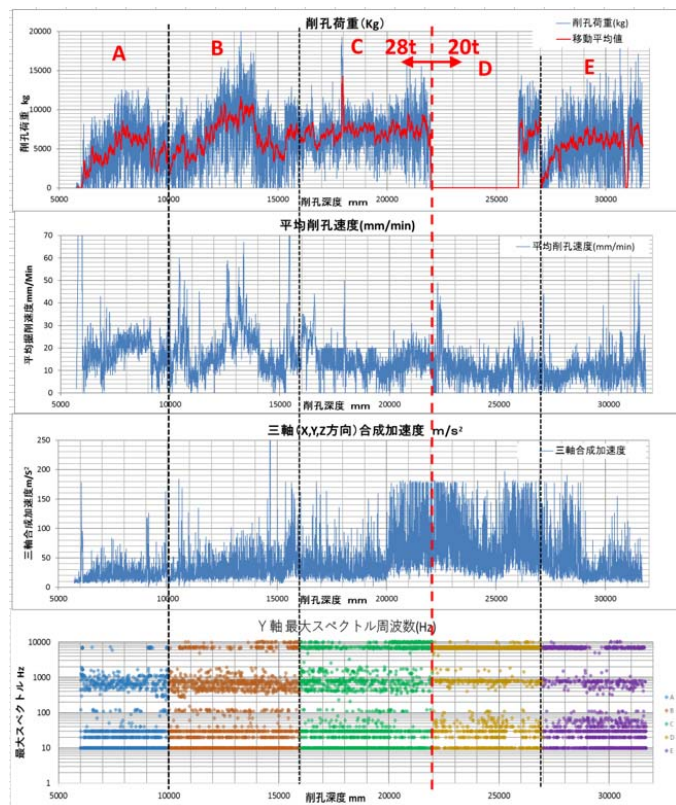


図 3 掘削計測の結果

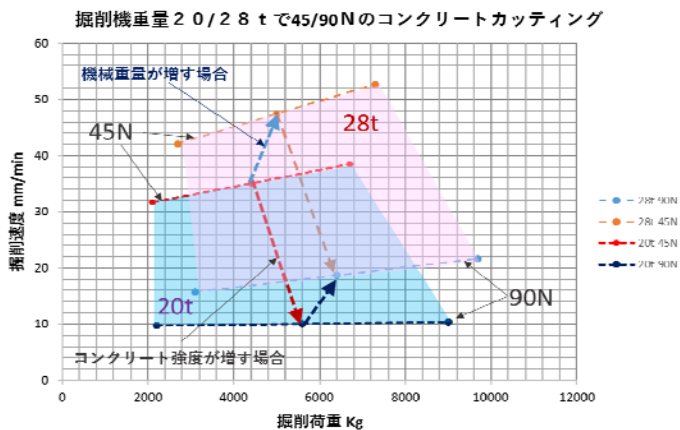


図 4 コンクリート強度と掘削荷重の関係

90N/mm² のコンクリート強度の掘削荷重と掘削速度の分布を示している。また平面が奥方向に向かうほど掘削機重量が増加する。図の矢印で示した範囲は今回の実験でコンクリート強度 45～90N/mm², 掘削機重量 20～28ton の範囲での平均的な掘削条件を推定したものである。

5. おわりに

本実験で用いた水平多軸式掘削機による高強度コンクリートカッティング実験で、掘削機は連壁延長方向（X軸方向）に大きく揺れたが、最大振動は連壁壁厚方向（Y軸方向）であった。今回の実験でX軸方向の振動加速度が最も小さいことが確認された。X軸方向の振動加速度が小さかった原因として、掘削機の左右カッタードラムがお互いに逆方向の回転をしているためX軸方向の振動ベクトルを打ち消し合う方向に作用したものと考察される。

振動データを解析した結果、本掘削機の特徴を最も捉える振動方向はY軸方向であることが判明した。このY軸方向の振動は対象物の強度や掘削荷重または機械重量、トゥースの違い等の判別情報が含まれている。

掘削機本体の重量と掘削荷重との関係で、掘削荷重は全般的にほぼ一定であるが、掘削効率は掘削機重量に関係している事が判明した。90N/mm² のコンクリートカッティングでは掘削機重量は 20ton 以上が望ましく、45N/mm² のコンクリートカッティングでは 20ton で掘削可能であると判断される。

本件では水中掘削における、強振動の中で計測をリアルタイムにトラブルもなく測定できた事は大きな成果であると考ええる。