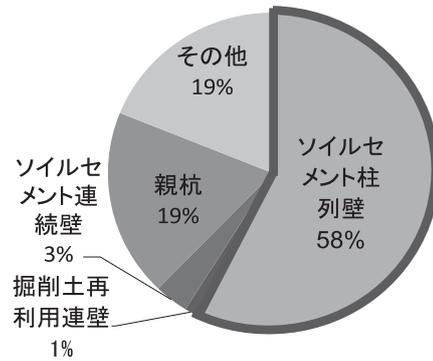


ソイルセメント柱列壁工法における出来形計測システムの開発

(株)竹中工務店, (株)トーメック, 多摩川精機(株)

業務内容

市街地で増加する大規模な地下空間を有する建物の構築では周辺環境に対する影響を抑制することや地下水対策へのコスト低減が求められ、これまでも敷地や地盤等の施工条件に沿った最適な技術が数多く開発されてきた(図-1)。しかし近年、建物の地下深さや規模が大きくなるにつれ、山留め壁の不具合による出水が工期やコストに多大な影響を与える事例が発生している。特に大規模な出水事故は復旧に多大な労力と時間がかかると共に、周辺建物やインフラへの甚大な影響がある重大な事象である。このような地下工事の出水リスクを低減するためには地下工事の要となる山留め壁の品質確保が重要である。



(当社大阪本店過去10年間B2F以上)

図-2 山留め工法種類

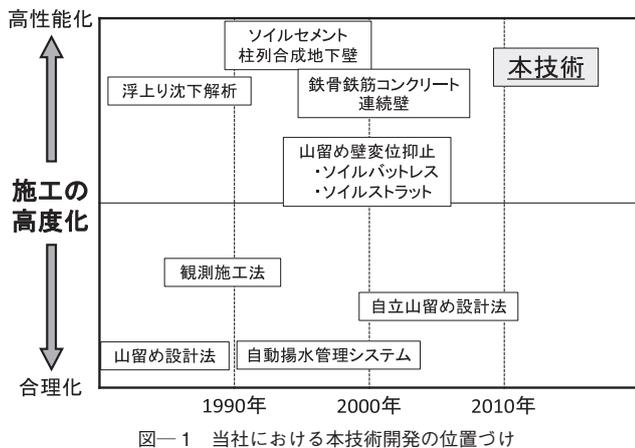


図-1 当社における本技術開発の位置づけ

項目	工法名
項目	ソイルセメント柱列壁
プロジェクト	Nプロジェクト
断面形状	
ソイルセメントの造成方法	オーガ先端から固化液を吐出して原位置土と混合攪拌
出水状況	

図-3 出水事故発生事例

当社工事の過去10年間のB2F以深の地下階を有する建物の施工における山留め工法の大半はソイルセメント柱列壁工法であることが分かる(図-2)。そこで地下工事の出水リスクの低減には採用事例が多いソイルセメント柱列壁の品質確保がより効果的で重要であるといえる(図-3)。本開発は山留め壁の中でもソイルセメント柱列壁の出来形を計測し、『見える化』することで地下工事のリスクの低減を図ることを狙いとしている。

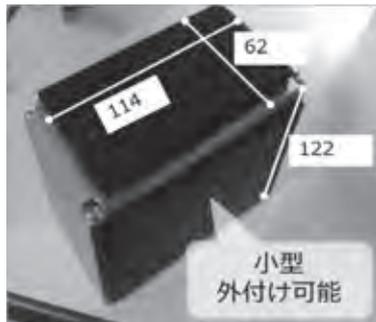
そのことにより、山留め壁の構築においてこれまで実現できていなかった汎用機による出来形計測手法を初めて実用化することで掘削前に不具合範囲(ラップ量不足等)の検知が可能となったものである。

ソイルセメント柱列壁の出来形を計測するために計測値

として必要な位置や傾斜、回転等の測定が可能となる機器はGPSや角度計、傾斜計、加速度計等である。計測器に求められる性能は山留め機への取付けを考慮するとコンパクトなサイズ且つ、無線又は接続のための線がないことである。また、地中や水中での計測のための耐久性が確保される加工処理ができること、数cm単位での精度で検出できることである。コストや精度に対する信頼性、汎用性を検討した結果(図-4)、全ての面で優位性を確認したメモリー機能を有するジャイロ計測器(図-5)を用いて具体的な計測技術の開発を進めることとした。ジャイロ計測器は加速度や角速度を累積しながら計測することにより位置情報を記録できる機器(図-6)であり、携帯やデジカ

計測機	ジャイロ計測機	挿入式傾斜計	建中過剰入込
概要	・メモリ内蔵型計測器 ・加速度、角速度を累積し位置情報を記録	・深度毎の傾斜を測定し、側方変位を計測 ・データ通信は有線	・傾斜計のデータを山留めロッド内を無線でデータ通信
メリット	・小型で外付け可能 ・汎用機に取り付け可能	・リアルタイム計測	・リアルタイム計測 ・通信は無線
デメリット	・リアルタイム計測は不可能（施工完了後にデータ収集）	・山留めロッド新規製作要 ・専用機になる	・山留めロッド新規製作要 ・専用機になる ・通信機が必要
精度	○	○	○
コスト	○	×	×
汎用性	○	×	×
利便性	○	×	×

図一四 ジャイロ計測器概念図



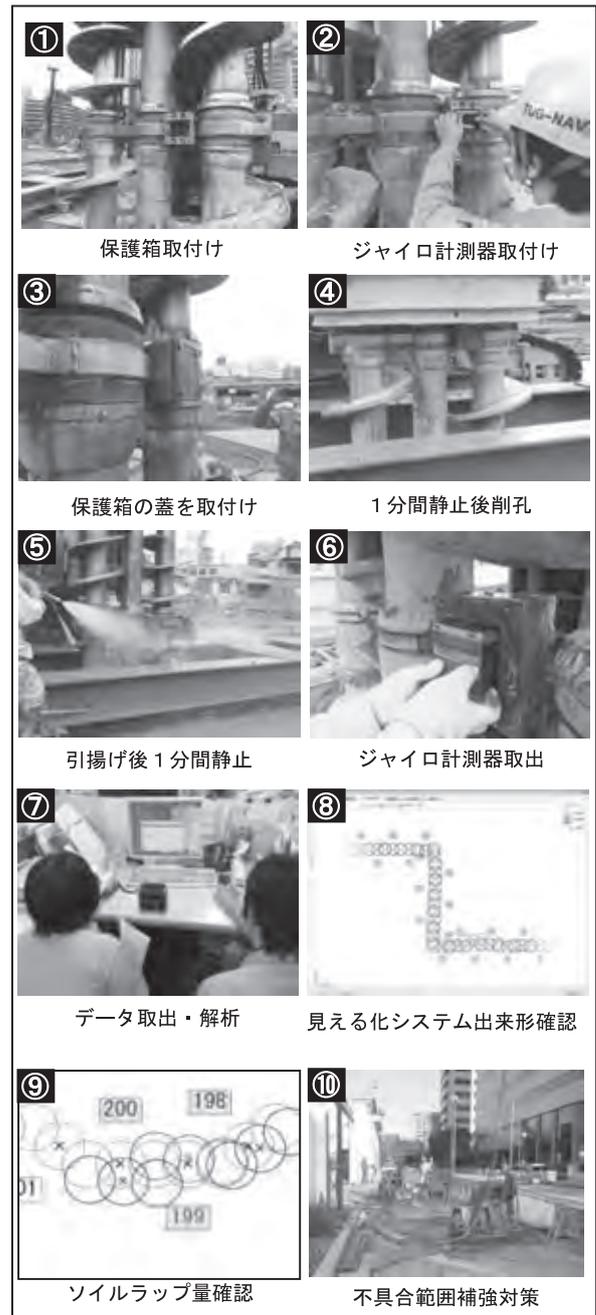
図一五 ジャイロ計測器



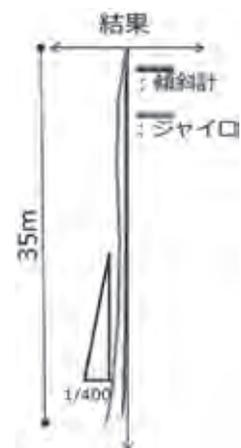
図一六 ジャイロ計測器概念図

メの手振れ補正さらには乗り物の姿勢制御などに使われていて信頼性も高い。

計測から出来形確認までの作業フローを次ページの図一七に示す。①ジャイロ計測器を山留め機の多軸ロッドの連結バンドに固定した②保護箱の中に入れる。③水密性を確保するためにゴムパッキンを挟みながら保護箱の蓋を閉め、④1分間の静止をユニット毎に行い削孔する。1分間の静止の目的はジャイロ計測器が始動後に受ける旋回や振動及び移動に関する計測値（ドリフト量）を削孔開始時刻の特定により、不要なデータとして自動的に排除し精度を高めることである。⑤山留め壁の構築は通常の施工ステップで行い、最後の引き上げ時に再度補正のための1分間の静止を行う。⑥施工終了後にジャイロ計測機を保護箱から取り出しデータを吸い上げ見える化システムで土の出来形を確認し、遮水性の確保を判断する。計測精度は挿入式傾斜計との実測値を検証し約 1/400 の精度であることを



図一七 山留め壁出来高計測フロー



図一八 精度比較

確認している (図-8)。

さらにこの計測結果を3次元で表示し図-9のように遮水性の不具合もしくは可能性の有る場所を的確に把握することが出来る。

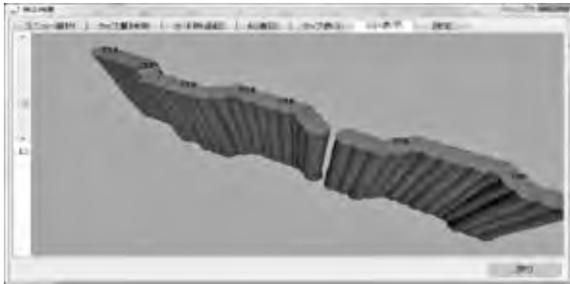


図-9 山留め壁出来高3D表示

見える化システムはジャイロ計測器で計測したデータをCSV形式に変換してデータを読み込み、図面やグラフとしてアウトプットできるものである。作業所のPCの画面上で削孔深度毎の出来形が設計図との比較で容易に確認できる (図-10)。(12)において着色されている部分は計測が実施されている部分を示している。出来高確認画面(13)は山留全体図の一部分を拡大したものであり、この水平断面図からソイル体が深度毎にどれだけずれているのかの確認が可能である。また、(14)のように鉛直方向に関してXY軸と回転角としてのずれも併せて確認できるものとなっている。さらに、要点であるラップ量は制限値を設定することで、簡易な検索で値を超えているものがマーキングにより一目で確認できる。(16)この見える化システムを使用し、Sプロジェクトで全ユニットの計測を行い、ソイルラップ量の状況を確認した。揚水試験の結果は、計測したソイルの出来形で想定される箇所と同一の場所で遮水不良の可能性を示し、本システムの有効性を証明することができた。

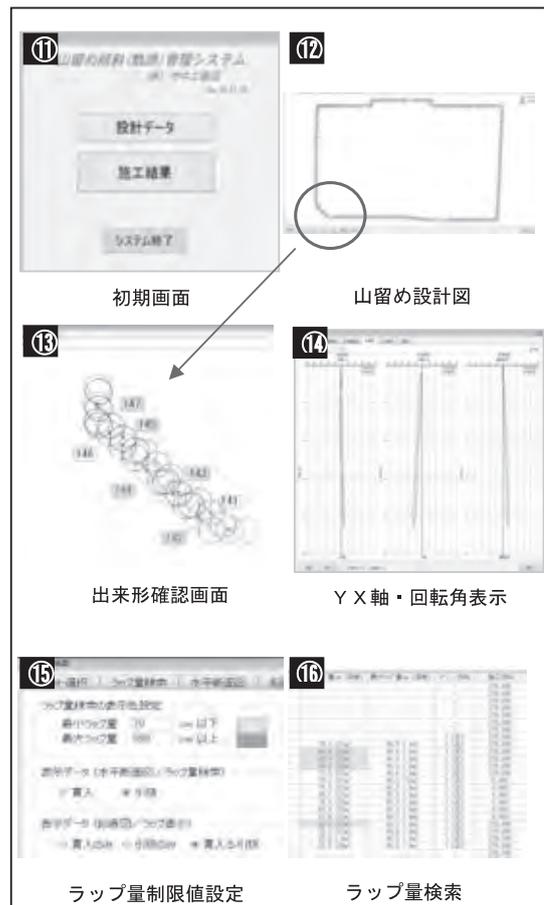


図-10 見える化システム概要

技術的効果

山留め壁の出来形を汎用の山留め機で計測する技術を開発し、実用化および特許の取得を行った。また、併せて計測結果からソイルユニットのオーバーラップの状態を見える化するソフトを開発し、不具合範囲の特定を速やかにして、対策の可否判断が行えるものとした。実施工においてもソイルの出来形確認から不具合範囲を特定し掘削前や掘削時の対策が確実に実行できることを確認している。本技術は、大深度ソイルセメント柱列壁を施工する複数の物件で今後採用が予定されている。また、これからの地下工事において、安心安全を増すことに寄与するものである。

お断り
このJCMA 報告は、受賞した原文とは一部異なる表現をしています。