

大型セグメントの計測も 一人で楽々！

大口徑トンネル用セグメントの計測も、 一人で短時間で行える三次元寸法計測システム

これまで、コンクリートセグメントの寸法計測は手作業が主体であった。株式会社 IHI 建材工業は、計測作業の作業者負担の大幅な軽減と、コストダウンを目的に、多関節アームを活用した三次元寸法計測システムを世界で初めて開発した。



三次元寸法計測システム（左下：全景，右上：計測状況）

トンネルの内壁セグメント

トンネルを掘る方法の一つとして、トンネルの直径と同じ円筒の先端に取り付けた回転する刃で土や岩を削りながら進むシールド工法が挙げられる。この方法でトンネルを掘り進めた後から、セグメントと呼ぶ円弧状のブロックをトンネルの内径に沿ってリング状に組み立ててトンネルの壁を作っていく。

セグメントには、コンクリート製、鋼製、それらを合わせた合成系などがある。トンネルの本体構造物であると同時に施工時のシールドマシンを支持する役割も担っており、品質や工程を確保するため、あらかじめ工場で作成するプレキャスト製品を用いることが一般的である。

計測技術の現状

しかしながら、プレキャスト製品の品質検査の一つである寸法計測は、いまだに手作業で行っているのが実態である。幅・厚さなどの直線形状部はスチールテープやノギスなどの直尺を用い、弧長やリング間のボルトピッチ部分の円弧形状部は、ゲージ板を用いてゲージ形状との誤差を計測している。

当初は下水道や共同溝などで用いられる中小口径（外径 6 m 程度まで）のトンネル用のセグメントが主体であり、1 ピースの大きさは、長さ 2～3 m×幅 1～1.2 m 程度と小さく、計測員 1、2 名で計測器・ゲージ板の取り回しが行えた。ところが近年、地下鉄



ゲージ板着脱状況

や道路用など 12 m を超える大口径トンネルへの適用とともにセグメントの 1 ピースの大きさは長さ 4 ~ 5 m × 幅 2 m と大型化した。これに伴いノギス、ゲージ板のサイズ・質量もアップした結果、従来の寸法検査法ではゲージ板の取り回しのためだけに人員が 3 名も必要になった。

コストダウンのためには計測人員を減らす必要があり、そのため初めに考えたのが人に代わって門型治具で検査ゲージ板を支持させるというものであった。実際に使用してみると、ピース間での門型治具の移動に時間が掛かり、人員削減にはなるが計測時間増となりコストダウンにならないという結果であった。また、ゲージ板の材質や形状を変えることによる軽量化も検討していたが、強度も弱くなり、少ない人員で大きな治具を扱うと回りにいるほかの作業員との接触事故の原因になることも懸念された。このため、従来の計測方法の延長線上ではない、新たな計測手法を考えることが必要になった。

新たな計測手法の導入と効果

そこで導入を検討したのが三次元計測器を用いた計測システムであり、以下に計測器の選定から導入までの流れを紹介する。

(1) 三次元計測器の選定とシステム構成

各種の三次元計測手法に対して計測精度・時間、開発期間・設備投資額などを総合的に評価し、多関節アーム型計測器を 3 台用いた計測システムを採用することにした。この計測器では、計測員が保持したアーム先端の探触子を計測点に接触させることで三次元座標値を取得でき、操作が非常に簡便である。さらに、非接触光学式に比べて、外乱光や振動

の影響を受けにくい計測安定性にも優れている。

(2) 複数台の計測器を用いたデータ処理

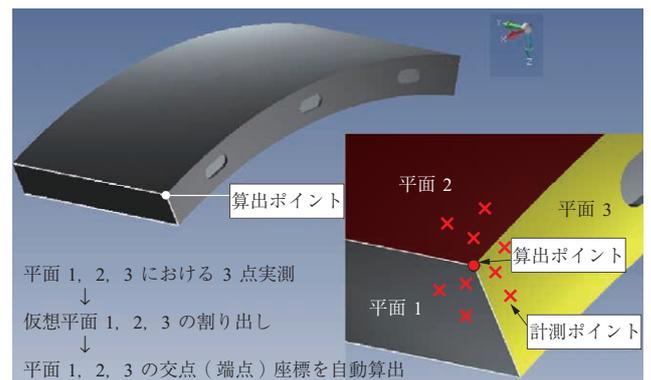
計測器 1 台の動作範囲の制約上、3 台設置する方式を採用した。そのため、各計測器による計測結果を合成しないと必要な寸法が算出されない。そこで、各計測器の相対位置関係を校正するための簡便で要求精度を満足する手法を検討し、計測器共通の校正基準点を設置する方法を採用した。

(3) 計測アルゴリズムの構築

指定した順序で計測を行うことで、採取された座標値から必要な寸法を自動算出するアルゴリズムを構築した。例えば、幅や長さの計測に必要な端点の座標値は、交差する 3 平面の各面上の任意 3 点の計測を実施することで、システム上で仮想平面が作成され、その交点として算出される。

(4) 効果

従来の計測方法の場合 3 名必要な計測が、計測員 1 名で要求精度を満たす寸法計測を目標時間内で実現できた。また、計測データの活用においても、データベース化や検査記録作成などが容易となった。さらに、これまで困難だった端面の平坦度やセグメントのねじれを簡単に評価することが可能となり、コンクリートセグメントの型枠形状の最適化につなげることで、一層の品質向上が期待できる。



端点算出

問い合わせ先

株式会社 IHI 建材工業
技術部

電話 (03) 6271 - 7237

URL : www.ikk.co.jp/