

ここにベアリングが使われています

ベアリング編集小委員会

トンネル掘進機セグメント位置決め直動案内

今回は、トンネル掘進機のセグメント自動組立システムの位置決め機構に使用されている直動転がり案内について紹介します。

私たちが生活する日本の地形は山岳部が多く、道路、鉄道による流通を盛んにするためにはトンネルが必要です。トンネルといえば、鉄道や道路を思い浮かべる方が多いとは思いますが、下水道や地下水路、共同溝などもトンネルに含まれます。私たちの生活を支える身近なところにトンネルはたくさんあることをご存知でしたか？

では、トンネルはどのように作られるのでしょうか？みなさんは子供のころ、公園の砂場や砂浜で遊んだときに、トンネルを掘ってみたことはありますよね。砂のかたさや湿り具合で掘りやすかったり、掘りにくかったりしませんでしたか？本物のトンネルも掘る場所や地質で掘る方法が工夫されています。その代表的な方法の一つに、トンネル掘進機でトンネル工事するシールド工法があります。

シールド工法は、図1のような、掘りたいトンネルの形をしたトンネル掘進機が土砂の崩れを防ぎながら掘進すると同時に、後方でセグメントと呼ばれる補強材（鋼製や鉄筋コンクリート製）をトンネルの内張りとして組み込んでトンネルを構築する方法です。トンネル掘進機の本体は、組み込んだセグメントを押すことにより前進していきます。この工法は、平地や水の底などのやわらかい地盤を掘るときに使われま

す。また、トンネル掘進機が地中の奥深くを水平方向に掘り進むため、道路の掘り返し工事がなく、交通渋滞を軽減することができ、工事による振動・騒音を防止できるメリットがあります。トンネル掘進機の大きさは、掘るトンネルによって異なりますが、大きいものでは直径が10数メートルにもなります。

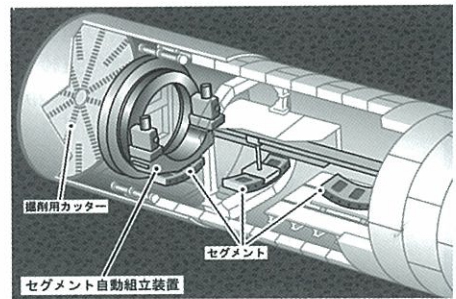


図1 トンネル掘進機の全体像

ここからは、トンネル掘進機のセグメント自動組立システムについて説明します。

近年、トンネルの大形化が進むにつれて、セグメントの重量が増加し、さらに高所での作業となるため、セグメントの組立を人力による取り扱いで行うことが困難になってきました。そこで開発されたのが、セグメントの自動組立システムです。このセグメント自動組立システムは、セグメントの搬送・供給装置、位置・姿勢ロボット、ボルトナット供給・締結機により構成され、セグメントの搬送から組立までの一連作業を自動化したものです。セグメント自動位置決め機構は、重量の大きいセグメントを正確に所定の位置へ移動しなければならないため、

剛性の高いシステム構造と、微小な動作の制御機構を統合した極めて高度なシステムにする必要があります。実は、シールドトンネル工事の心臓部ともいえるセグメント自動組立装置のセグメント位置決め機構には直動転がり案内が使われています。

では、直動転がり案内について説明します。みなさんは、直動転がり案内をご存知でしょうか？直動転がり案内の外観を図2に示します。直動転がり案内とは、ブロック形状をしたユニットの中を鋼球（ボール）または円筒ころ（ローラ）が循環し、ユニットがレール上を無限直線運動する直線案内のことで、転がり軸受の一種といえます。直動転がり案内には以下のような特長があり、時代の技術指向によって従来の滑り案内から転がり案内への転換が目立っています。

- ①正確な位置に停止させることができる
- ②装置への組付けの簡素化ができる
- ③メンテナンスが容易にできる
- ④寿命予測ができ、装置の信頼性が向上する
- ⑤規格化されており、互換性がある
- ⑥摩擦抵抗が小さくなり、省エネに貢献する

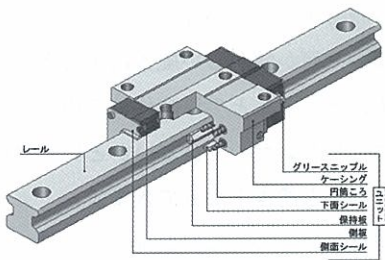


図2 直動転がり案内の外観

次に、トンネル掘進機のセグメント自動組立システムの位置決め機構に使用されている直動転がり案内の使用例を図3に示します。（図3は図1のセグメント自動組立装置の部分拡大図です。）左右軸と前後軸の直動転がり案内が、最大で約10トンにもなるセグメントを支えなが

ら、ミリオーダの位置決め精度を実現させています。いずれもボールタイプよりも高い剛性と圧倒的な負荷容量を持っているローラタイプの直動転がり案内で、レール幅：30～85mmのものが主に使われています。ローラタイプの直動転がり案内を使用することによって、セグメント同士を固定するボルト孔の位置を正確にあわせることができます。また、ローラタイプはボールタイプよりも負荷容量が大きいので、長寿命を発揮することができます。

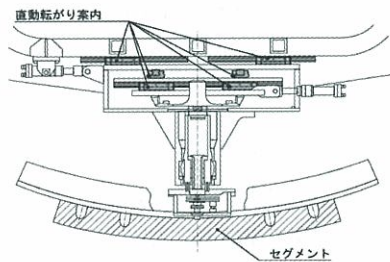


図3 セグメント自動位置決め機構

トンネル工事は、湿度が高く、土砂の粉塵が舞うといった悪環境下で行われます。セグメント自動組立装置に使用される直動転がり案内は、以下のような仕様のものが使用されています。

- ①ユニットやレールの表面に、耐食性に優れた表面処理仕様
- ②軌道内部への異物侵入を防止する密封仕様
- ③軌道面への異物付着を防止する防じん仕様

このように、セグメント位置決め機構に使用される直動転がり案内は、セグメントの運び出しや貼付け作業の正確な位置決めに貢献し、不可欠な要素の一つになっています。

近年、都市部では超高層ビルなどの密集化が一段と進んでいます。地上部への工事の影響を最小限に抑えるために、今日も地中奥深くではトンネル掘進機がトンネルを掘り進めていることでしょう。