

氏名	おお いし よし ひろ 大 石 善 啓
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 2352 号
学位授与の日付	平 成 2 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	シールド掘削機におけるカッタトルク発生機構に関する研究

論文調査委員 (主 査)  
教授 畠 昭治郎 教授 足立紀尚 教授 赤井浩一

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、従来詳細な検討がなされていなかった、シールド掘削機のカッタトルクの発生機構およびその基礎特性について明らかにしたもので、緒論・結論を含めて8章からなっている。

第1章は緒論で、シールド掘削機の概要ならびに分類について述べ、カッタトルク推定の必要性に言及している。次に、従来の研究とその問題点を解明し、本研究の目的および本論文の内容について詳述している。

第2章では、シールドカッタ各部にどのような抵抗が作用するかについて解析し、所要カッタトルク算定のための一般式を導いている。まず、ビットによる掘削抵抗について、X線ラジオグラフを用いて可視化し、抵抗は掘進速度 $v$ と回転速度 $f$ の比の自乗( $v^2/f^2$ )に比例することを明らかにした。さらに、シールドカッタ前面、外周面、背面における摩擦抵抗、あるいはスポーク式のときはその攪拌抵抗などに分けて定式化している。

第3章では、直径1メートルの面板式シールド模形による実証実験について述べている。すなわち、所要トルクは地盤のコーン指数に比例し、また $v/f$ にも正比例することを確かめており、前章で述べたトルク算定値と実測値とはよい一致をみている。

第4章では、直径1メートルのスポーク式シールド模形による実証実験結果について述べている。すなわち、スポーク式は外周リングを持つもの、中間リングを持つものおよびリングのないものにわけられるが、いずれも所要トルクはコーン指数と $v/f$ に比例している。トルクの大小関係としては、リングのないもの、中間リングを持つもの、外周リングを持つもの、および面板式の順に小さくなることを明らかにした。

第5章では、複円形断面シールドについて研究を行った結果について述べている。まず、複円形トンネルの利点について詳述したのち、直径1メートルの単円形断面と等価な断面として、0.7メートル径の2つの回転カッタを、0.45メートル中心をずらした形の模形を作って所要トルクの解析を行っている。すなわち、所要トルクはいずれも $v/f$ に比例しているが、その大小関係は、単円形が著るしく大きく、次いで

複円横形、複円縦形で上部先行式および複円縦形で下部先行式の順に小さくなっている。

第6章では、切羽自立性の高い硬土盤や軟岩などに対する所要トルクについて研究している。その結果、摩擦抵抗よりもビットによる掘削抵抗が大きいこと、掘削抵抗に起因するカッタトルクはやはり $v/f$ に比例するが、地盤の圧縮強度に比例すること、岩目の多い軟岩では、岩盤およびコアサンプルの弾性波伝播速度の自乗の比である岩目係数を乗じることによって補正できることが明らかになった。

第7章では、現地に対応した所要トルクの実用式を提案している。ここまでは、土の諸定数を用いて所要トルクを推定する一般式を述べてきたが、現場でもっとも容易に得られる標準貫入試験N値から、従来の研究結果を用いて土の諸定数を求める方法を開発し、これによって所要トルク計算式を提示した。さらに、実際の現場におけるトルク値との比較を行ってよい一致をみているとしている。

第8章は以上の結果をまとめて結論としている。

### 論文審査の結果の要旨

シールド工法は、150年前にロンドンのテムズ河横断トンネルに用いられて成果をあげ、その後、沖積地の大都市における地下鉄網などの建設に広く採用されて発達してきた工法である。

わが国もまた粘土層の上の大都市が多く、地山の崩れや地下水を圧縮空気で支えようとする圧気シールド、泥水で支える泥水シールド、さらに土圧で支える土圧バランスシールドと発達をとげ、掘削方法も初期の人力掘削から機械掘削へと進歩している。

機械掘削の場合には、シールド機の前部に回転式カッタを装備し、掘削ズリを後方に搬出するようになっていて、構造が複雑なうえ、切羽崩壊防止手段として面板を備えたり省いたりして種類が多く、これらの部分にどのような抵抗モーメントが作用しているかは明らかではない。従来、施工の安全性を重視するあまり、過大なカッタトルクを装備させている状態である。

本論文は、このカッタトルクの所要量を明確にしようとし、あわせて、複円形シールドについて詳細な実験的研究を行ったもので、えられた主な成果は次の通りである。

1. シールドカッタ前面に作用する抵抗モーメントが最大で、カッタ掘進速度 $v$ と回転速度 $f$ との比 $v/f$ に比例することを明らかにし、ビットの高さが $v/f$ より大きいときは、ビット高さの影響は殆んどみられないことを示した。

2. シールドカッタ外周面、背面およびスポークなどに作用する抵抗を分析し、それぞれの和として所要トルクを算出する一般式を提案した。さらに、直径1メートルの模形シールドカッタによって実証実験を行った結果、実測値と計算値はよい一致をみせた。

3. 切羽自立性の高い硬土盤や軟岩の場合には、作用モーメントのうち最大抵抗はビットによる掘削抵抗である。また、軟岩で岩目のある場合は、岩盤の弾性波伝播速度と、無きずのコアサンプルのそれとの比の自乗で表わされる、岩目係数によって補正すればよいことを示した。

4. 大断面円形シールドのかわりに、複円形シールドを用いると、掘削土量や打設コンクリート量が著るしく減少するだけでなく、さくそうした地下空間での施工がしやすく、また縦形にして用いれば地表への投影面積が小さく、それだけ補償額が少なくなるなど有利な点が多いうえに、実験の結果、シールド姿

勢の制御が容易であるなどの長所を有することを示している。さらに、所要トルクの算定式を提案している。

5. 所要トルク計算式中の土質定数は、現場で容易に得ることが難しい。そこで、現場で必ず用いられている標準貫入試験N値を用いて計算式を表現し、一層使い易い実用式として提案しさらに実測値によって検証している。

以上、要するに本論文は、従来明らかにされていなかった、所要カットトルク算定式を提案するとともに、複円形シールドの優位性を明らかにしたもので、ここに得られた多くの知見は、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって本論文は、工学博士の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成2年2月5日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。