

【231】

氏 名	佐 久 間 七 郎 左 衛 門 さ く ま し ち ろ う さ え も ん
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 41 号
学 位 授 与 の 日 付	昭 和 39 年 12 月 22 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	膨 脹 性 地 山 ト ン ネ ル の 近 代 工 法 に 関 す る 研 究

論文調査委員 (主 査) 教 授 後 藤 尚 男 教 授 小 西 一 郎 教 授 松 尾 新 一 郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、膨脹性地山トンネルの特性と地圧について研究し、あわせてその近代的な掘削方式について考察を加わえたもので、6章よりなっている。

第1章は緒論であって、この研究の意義と各章の要旨を記述したものである。最近の長大トンネル工事では、木材支保工に代って鋼支保工を採用した機械化施工が逐次実施されつつあるわが国の現状を述べ、特に最も難工事とされる膨脹性地質区間ではかかる近代工法に加わえて、さらに合理的な掘削方式を研究すべきであるが、トンネルにかかる地圧の様相は複雑であるので、実地にこれを計測考究するために、一実例を本研究の対象としたことを記している。

第2章は膨脹性地山地質の特質とかかる区間におけるトンネルに加わる地圧の様相について詳しく述べたものである。まず一般にトンネルに加わる地圧について、これまでの研究や学説を引用しながら、その本質と機構について土質工学的な考察を加わえた。しかる後膨脹性地質は、例えば温泉余土のように亜硫酸を含む熱水蒸気に遭って変質して粘土化したものであって、これがトンネル掘削中に外気に触れて膨張し始めると、それを阻止しようとするトンネルの支保工や覆工に強大な地圧力として作用するものであることを説明している。かくして著者が以前に経験した実例のほか、今回著者が研究の対象に選んだ国鉄新幹線新丹那トンネル中に介在した膨脹性地質区間における、底設導坑・側導坑先進による半断面掘削中に現われた温泉余土による強大な地圧と、これがトンネル体に及ぼした様相について支保工のひずみ計測の結果などから具体的に記述し、あわせてかかる区間には強度の大なるH型の鋼支保工を適用すべきであるとの著者の見解を明らかにしている。

第3章は鋼支保工の作用地圧に対する応力分布と支保工の耐荷性とを知るために、トンネル坑外において行なった載荷試験とその結果について記述したものである。供試鋼支保工は新丹那トンネルの膨脹性地質（温泉余土）区間に実用されたと同一のもので、これに坑内実支保工のくさび点に当る12測点に単位荷重を加え、それらによる各測点の上下フランジに生ずるひずみを計測して影響線図をかき、坑内支保工

のひずみ計測結果よりその作用地圧の推算を便ならしめている。また供試支保工3基について破壊試験を実施した結果、破壊荷重は周辺荷重の総和が約 600 t に達したときであり、これは坑内実支保工の受ける全周辺平均地圧 40 t/m^2 にほぼ対応することを確認している。

第4章は新丹那トンネルの膨張性地質区間に使用された鋼支保工について、坑内の建込み現地においてひずみ計測を実施し、その測定ひずみより作用地圧を推算した結果について記述したものである。著者はトンネル上部半断面に使用されたH型鋼アーチ支保工6基の上下フランジにそれぞれ24個ずつのカーソン型ひずみ計を設置して、数ヶ月間にわたって鋼支保工のひずみ計測、したがって作用地圧の経日に対する推移を計測するとともに、数回の経過日数時における支保工の長さ方向のひずみ分布を採り上げ、これより各くさび点における軸方向力、曲げモーメント、圧力線などを求め、さらにこれらの力の釣合より作用地圧を推定している。その結果鋼アーチ支保工にかかる法線方向の平均地圧として $40\sim 50 \text{ t/m}^2$ を算出した。また支保工建込み後に支保工と地山間に打込まれたくさびのため、支保工上側フランジが局部的な変形ひずみを受けやすいことから、前章における坑外実験による測定結果とをあわせ考慮して、 $20\sim 30 \text{ t/m}^2$ なる作用地圧をも推算した。著者は上記の両測定計算値の信頼度が結局同程度であることより、作用地圧の平均的な値として約 35 t/m^2 を推定しており、これは地山の単位体積の重量を 2.7 t/m^3 とすると換算地山重量高さ約 13m に相当する。したがって坑外実験による破壊強度と比較すると、実鋼支保工は $40/35=1.14$ 程度の安全率しか有しないことになるが、実際には支保工の建込み後覆工コンクリートが打設されて、これが3～10割程度の強度増大をもたらすものと期待できるので、結局覆工全体としては $1.5\sim 2.3$ 程度の安全率を有しているものと推察している。

第5章は膨張性地山トンネルの掘削方法について考察し、鋼支保工を使用する近代工法を推奨し、あわせて著者の見解を明らかにしたものである。膨張性地山トンネルの掘削法として底設導坑・側導坑先進後、上部半断面の掘削に際してH型鋼支保工を使用するという、新丹那トンネル温泉余土区間で採られた工法は、順次トンネルにかかる強大な膨張性地圧を緩和するのにかなり効果的であったことを、支保工のひずみ計測結果より確め、その工法のおおむね適切であったことを実地に裏付けることができた。しかし著者がこれまでに経験した他の膨張性地山トンネルや今回の新丹那トンネルの実状からして、かかる膨張性地圧の大きいところでは、底設導坑・側導坑先進後、まず底盤と側壁とを一体としたトンネル下部のコンクリート覆工を施工した後、上部半断面の掘削を行ないこれにH型鋼支保工を用いるという工法が、より合理的であるという著者の見解を明らかにして、かかる近代的な工法を提示推奨している。

第6章は結論であって、以上の成果をとりまとめたものである。

論文審査の結果の要旨

膨張性地質区間はトンネル工事の難所とされ、その掘削についての設計施工上の問題点は少なくない。このことから著者は膨張性地質区間の地圧の様相に適合した近代工法を適用すべきであるとして、これに関する研究を実施してかなり具体的な結論を出している。

著者は膨張性地質区間のトンネル工事においては、作用地圧の様相を調査研究して、鋼支保工などを用いた近代工法を適用すべきであるとして、国鉄新幹線新丹那トンネルの温泉余土区間を一実例にとって研

究考察を進めている。すなわち鋼支保工のひずみを計測してこれより作用地圧を推算する方針のもとに、トンネル坑内で実地に鋼支保工のひずみ計測を実施するとともに、さらに簡明な載荷条件のもとにトンネル坑外において実支保工と同一のものを供試して、そのひずみ分布と破壊強度とを明らかにしている。一方トンネル坑内における使用支保工の測定ひずみ分布より断面力の釣合条件を用いて直接に作用地圧を算出する方法、ならびに坑内・坑外における両測定ひずみ分布を組み合わせると同様に作用地圧を算出する方法を提示している。かくして新丹那トンネルに用いられたH型の鋼支保工のひずみ測定結果より、支保工建込み後の経日による地圧の推移、鋼アーチ支保工にかかる法線方向の作用地圧の分布と大きさなどから、支保工全周辺平均地圧を具体的に算出し、さらに坑外実験による破壊実験値と対比した結果、このトンネルの膨張性地質区間の鋼支保工のみで有する安全率は1を僅かに越す程度であるが、支保工建込み後覆工コンクリートが打設されて一体となるので、覆工全体としては2前後の安全率を有することを確めている。これらの安全率は掘削直後のみが支保工で一時的に支持されるというトンネル工事の性質上ほぼ適切な値であるということができ、したがって新丹那トンネル膨張性地質区間にとられたH型钢支保工の設計施工が妥当なものであったという具体的な裏付けを与えるとともに、今後の同種のトンネル工事に貴重な示唆と資料を提供したものと見える。

次にトンネルの掘進工法については、底設導坑と側導坑の先進は強大な膨張性地圧を緩和するのにもかなり効果的であることを、新丹那トンネルの導坑支保工のひずみ計測と観察によって確認している。しかし著者がこれまでに経験した他の膨張性地山トンネルや今回の新丹那トンネルの実状からして、強大な地圧によって側壁コンクリート体に変状しやすいことから、著者は底設導坑・側導坑先進後、まず底盤と側壁とを一体とした下部コンクリート覆工を施工した後、上部半断面の掘削を行ないこれにH型钢支保工を用いる工法が、より合理的であるとしてかかる近代的な工法を提示推奨している。

以上要するに本論文は、従来から難工事とされしかもその作用地圧についての調査資料がほとんど提供されていない膨張性地山トンネルについて、著者は困難なトンネル工事中における鋼支保工のひずみ計測を実施して、これより作用地圧を推算する方法を提示するとともに、かかる膨張性地質区間を安全合理的に掘進する近代工法に関して貴重な示唆と資料を提供したものであって、学術上實際上寄与するところが少なくない。よってこの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。