

氏 名	と さか とし お 登 坂 敏 雄
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 3984 号
学位授与の日付	平 成 20 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	高品質吹付けコンクリートによるトンネル覆工の単一構造化に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教授 朝 倉 俊 弘 教授 田 村 武 教授 宮 川 豊 章

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、トンネルの覆工構造に関して、従来の場所打ちコンクリートによる設計に替え、高品質吹付けコンクリートにより覆工の単一構造化手法の確立を目指した研究であり、高品質吹付けコンクリートの強度特性を明らかにするとともに、トンネル覆工の単一構造化の適用手法並びに適用地山の提案を目的として実施した研究成果をまとめたものであって、10章からなっている。

第1章は序論であり、研究の背景について述べ、覆工の単一構造の必要性を主張するとともに、研究の目的および論文の構成を示している。

第2章では、トンネルの覆工の機能について概観し、吹付けコンクリートによる単一構造化の課題を明確にするるとともに、従来型の吹付けコンクリートの改良の必要性について述べている。また吹付けコンクリートの力学的特性に関する既往の研究を調査し、支保工として施工された吹付けコンクリートの健全性を合理的に評価する研究は見当たらず、吹付けコンクリートによる覆工の単一構造化を実現するためには、この評価手法の確立が必要であることを指摘している。

第3章では、覆工の単一構造に必要な不可欠な品質の優れた吹付けコンクリート、すなわち高品質吹付けコンクリートの開発経緯について述べている。

第4章では、新幹線トンネルの120を越える建設現場で使用されている高品質吹付けコンクリートの施工実績から、細骨材の使用実態を分析、検討し、細骨材の種別が吹付けコンクリートの品質に及ぼす影響を明らかにしている。

また、高品質吹付けコンクリートの強度特性を明らかにして、品質管理のための採取コアの平均強度は変動係数8.6で27MPa、現場でのばらつきを考慮して設定された設計基準強度の平均値も23MPaと非常に高い値を示すことを明らかにしている。さらに、現場間のばらつきを考慮して設計基準強度を算定した場合でも20MPaとなり、現行の目標強度(18MPa)をより高く設定することが可能であることを指摘している。

第5章では、高品質吹付けコンクリートの現場配合決定に際して実施される現地プラントによる試験練り、および試験吹付け時のデータをもとに、粘性特性について検討を行っている。その結果、現場で比較的簡単に行うことが可能な、モルタルフロー試験より得られる流動係数(K)は、コンクリートの塑性粘度と深い関係を有しており、施工現場における粘性管理指標となり得ることを指摘している。また、はね返り率や粉じんの低減には、高品質吹付けコンクリートの粘性(塑性粘度)を大きくすることが有効であることを明らかにしている。

第6章では、細骨材の物性、保水特性および粘性の経時変化状況が吹付け時の作業性、施工性能、硬化体性能に与える影響について検討・考察を行い、高品質吹付けコンクリートの品質に大きな影響を与える細骨材の表面吸着水率は、細骨材の表面に付着している粒径0.15mm以下の微粒分の拘束水に影響されることを明らかにしている。

第7章では、支保工として施工された吹付けコンクリートの健全性の評価方法を示している。日常管理として行われる内空変位の計測結果から逆解析を利用して、吹付けコンクリートの力学的な健全性を評価する手法を提案するとともに、覆工

の単一構造が適用可能な条件の決め方および標準的な設計断面も合わせて提案し、さらに覆工の単一構造適用のフローを示している。

第8章では、施工された吹付けコンクリートの健全性を簡便かつ確実に評価できる手法として、日常管理として測定する現場データから直接評価する手法および運用の方法を提案するとともに、得られた知見を述べている。主な知見は以下のようである。

(1) 現場計測データの分析から吹付けコンクリートは、水平相対内空変位が100mmを超えると変状が発生し始め、300mmを超えるとほぼ全数何らかの変状が発生することを示している。このことから水平相対変位で100mmまでは健全を保つと評価できる。

(2) 掘削面に凹凸を有するモデルによる数値解析の結果から、吹付けコンクリートの表面を平滑に仕上げることで、掘削面の凹凸の影響を受けないことを指摘している。

(3) 内空変位から吹付けコンクリートの応力あるいは弾性係数を算定する場合、地山の剛性が関係するが、覆工の単一構造を適用する範囲においては、影響が小さく、考慮する必要がないことを指摘している。

(4) 支保構造体としての吹付けコンクリートの見掛けの弾性係数は、2,200~2,500MPa程度と評価できる。

(5) 覆工の単一構造の適用範囲は、逆解析の結果から、内空変位量が水平内空相対変位で90mm、天端沈下で55mm以内を提案している。

(6) 鉄道トンネル（NATM設計施工指針）の地山分類のうち、地山等級Ⅱ_N以上の地山には覆工の単一構造の適用が可能であることを指摘している。

第9章では、長大海底トンネルにおける追跡調査から、施工後35年を経過した吹付けコンクリートに強度劣化および中性化の進行が見られず、長期的な単一構造覆工への適用性を確認している。

第10章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、トンネルの覆工として高品質吹付けコンクリート適用した覆工の単一構造化の確立を目標に研究した成果についてまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 新幹線のトンネル群における高品質吹付けコンクリートの使用実績を収集、分析し、市販の生コンクリートと同様の変動係数8.6で、平均強度27MPaの吹付けコンクリートが得られていることを明らかにしている。
2. 高品質吹付けコンクリートの粘性の施工現場における管理指標として、コンクリートの塑性粘度と深い関係を持つモルタルフロー試験より得られる流動係数（ K ）を提案している。
3. 高品質吹付けコンクリートの粘性特性が、細骨材の表面吸着水率に左右されることを明らかにし、この表面吸着水率が、細骨材の表面に付着している粒径0.15mm以下の微粒分の拘束水に影響されることを示した。
4. 長大トンネルの実績分析から、内空変位量が100mmを超えると吹付けコンクリートに損傷が現れ始めることを明らかにし、逆解析を実施して吹付けコンクリートの健全性を評価するとともに単一構造の適用手法、適用地山条件を提案している。
5. 掘削面の凹凸が吹付けコンクリートに及ぼす影響についてFEM解析を用いて検討し、吹付けコンクリートの表面が平滑に仕上げられれば、吹付けコンクリートは軸力部材として機能することを明らかにしている。
6. 長大海底トンネルにおける追跡調査から、施工後35年を経過した吹付けコンクリートにも強度劣化および中性化の進行が認められず、長期的な単一覆工として適用可能なことを示した。

以上のように、本論文は、高品質吹付けコンクリートの強度特性や粘性に対する細骨材の保水特性を明らかにし、トンネルの単一構造化に対する適用手法および適用地山条件を提案することによりトンネル覆工構造の合理化を実現し、学術上、実際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。また、平成20年1月30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。