

京都大学	博士 (工学)	氏名	岡野法之
論文題目	ブロック積み覆工トンネルの耐力評価法および対策工設計法に関する研究		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、ブロック積み覆工トンネルの耐力評価および対策工設計法の提案を目的として、ブロック積み覆工トンネルにおける変状とその対策事例の整理および分析、実験および数値解析等を主体とした検討の結果をまとめたものであり、8章より構成されている。</p> <p>第1章は緒論であり、本論文の背景となっているブロック積み覆工トンネルの力学的評価法と補強法に関する設計法の現状と、それに対する既往の研究の成果を総括し、本論文の構成を概説している。</p> <p>第2章では、文献調査によりブロック積み覆工トンネルに用いられている覆工材料の物性や特性を把握し、ブロック積み覆工トンネルの典型的な変状原因、変状事例について、地震被害も含めて整理・分析し、以下の知見を得ている。</p> <p>(1) 当時用いられていたれんがの一軸圧縮強度、コンクリートブロックの配合、目地モルタルの配合について整理している。</p> <p>(2) 変状原因については、外的要因のうち外力に関しては、地圧、地すべり、水圧、地震が挙げられ、環境については、気温、煤煙が主であり、内的要因としては、材質不良と組立不良が主であることを示している。</p> <p>(3) 地震被害の形態としては、坑口部付近の斜面崩壊に伴うもらい災害を除くと、トンネル上部の岩塊が地震動により緩むことを主としたアーチ部覆工および岩塊の崩落、水平方向の地震動によるアーチ肩部の圧ぎに大別できることを示している。</p> <p>第3章では、ブロック積みトンネル覆工の力学的評価を行う手法の確立および実寸大トンネルの力学挙動評価を目的として、ブロック積み覆工モデルによる載荷実験と数値解析によるシミュレーションを実施し、以下の知見を得ている。</p> <p>(1) ブロック積み覆工トンネルのモデル載荷実験を行い、ブロックと目地からなる組積造の覆工の力学特性を明らかにしている。すなわち、ブロック積み覆工は、覆工およびその周辺地山が健全であれば、耐力、変形性能において問題のないことを示している。</p> <p>(2) 数値解析による実験結果のシミュレーションにおいては、ハイブリッドペナルティ法解析および有限要素法解析の方が骨組み解析よりも、現象を精度よく表現できるが、簡便な骨組み解析でも実務上問題なく耐力評価が可能であることを示している。</p> <p>(3) モデル実験および実物大トンネルの数値解析によるパラメータスタディより、ブロック積み覆工トンネルは、目地やせや覆工背面空洞といった欠陥が存在すると、健全な場合に比べ、耐力、変形性能が大きく低下することを示している。</p> <p>第4章では、モデル実験および数値解析的検討により、ブロック積み覆工トンネルにも適用可能な内面補強工の効果を評価している。モデル実験は新幹線標準断面の縮尺1/5大型トンネル覆工モデル載荷実験であり、数値解析は圧縮および曲げ破壊後の軟化を考慮した有限要素法解析によっている。得られた知見は以下のとおりである。</p> <p>(1) 無筋コンクリート覆工に対して、繊維シート接着工法、帯板接着工法ともに補強効果があり、耐荷・変形特性の向上を確認した。これは、覆工表面に接着された繊維</p>			

シートや帯板が、载荷に伴う応力の集中を分散し、結果として圧力の発生を遅らせることにつながったためである。

(2) れんが積み覆工に対する帯板接着工法については、炭素繊維プレートが剥離しない条件で実施した解析により大きな補強効果を確認した。したがって、れんが積み覆工に対しても、無筋コンクリート覆工同様、アンカーを施すことにより応力の集中が分散でき、圧力の発生を遅らせることによる補強効果が期待できる。

第5章では、気温と煤煙の劣化因子に着目し、これらがれんがとモルタルの組積体に及ぼす影響について、凍結融解試験および酸性水浸漬試験により評価している。得られた知見は以下のとおりである。

(1) れんが単体では凍結融解の影響をほとんど受けないのに対し、れんがおよび目地材の組積構造体では、その影響を受ける。れんがとモルタルの膨張特性の違いがその理由である。

(2) 酸性水浸漬試験では、れんがおよび目地材の組積体では、境界部に硫黄元素が集中し、境界部から劣化が進行する。

第6章では、れんが積みトンネル覆工における対策材料の定着および接着に関する設計法を確立するため、実際のれんが構造物の物性値を把握した上で、各種室内実験を行っている。その結果、コンクリートに適用されている既存対策設計法がれんが積み構造物においても適用できることが明らかとなった。以下に、得られた成果を示す。

(1) あと施工アンカーにおける引抜耐力および繊維シート接着における接着強さは、れんがの場合も母材の圧縮強度に強く影響を受けることを明らかにし、既存のコンクリートに対するアンカー耐力算定式が適用可能である。

(2) 耐久性試験より、母材の劣化に伴ってアンカーの引抜耐力および繊維シートの接着強さは低下する。

第7章では、以上の成果を踏まえて、ブロック積み覆工トンネルの構造の安定性に対する対策工（補強）と剥落対策工について以下に示す二つの設計法が提案されている。

(1) ブロック積み覆工トンネルの健全度の考え方を整理し、ブロック積み覆工トンネルの補強対策の基本である裏込め注入工と内面補強工について選定法が示されている。

(2) 剥落対策として用いられる繊維シート接着工、あと施工アンカーを対象に、求められる性能について整理し、各種条件下における工法の選定法を提案している。コンクリートに対する設計式がれんがと目地からなる組積構造においても適用可能であることが示されている。

第8章は結論であり、本研究により得られた成果、知見を総括している。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、主に昭和初期までに建造され、現在でも多くが供用されているれんがやコンクリートブロック等の母材と目地材からなるブロック積み覆工トンネルを対象として、その力学特性を解明し、変状対策工について、その設計法を提案することを目的としている。得られた主な成果は次のとおりである。

1. ブロック積み覆工トンネルの挙動を評価し得る模型実験および数値解析により、ブロック積み覆工トンネルの力学特性を明らかにした。すなわち、覆工および周辺地山が健全であれば、ブロック積み覆工トンネルの耐荷・変形性能は、無筋コンクリート覆工と比較しても同等のものと評価できること、しかしながら、背面空洞といった欠陥を有する場合は、その耐荷・変形性能が大きく低下することを示した。
2. ブロック積み覆工トンネルに用いられる覆工材質のうち、れんがに着目し、凍結融解（気温）および酸性水（煤煙）に対する抵抗性を把握した。すなわち、れんが単体では、気温および煤煙が劣化要因とはならないが、目地を有する組積構造の場合には、凍結融解および煤煙がその劣化に大きな影響を及ぼすことを明らかにした。
3. れんが積み覆工トンネルにあと施工アンカーおよび繊維シート接着工法を適用する場合、既存のコンクリートに対する設計式にれんがの一軸圧縮強さを代入することで設計可能であることを示した。
4. ブロック積み覆工トンネルの構造の安定性に対する対策工（補強）と剥落対策工について設計法を提案した。

上述のブロック積み覆工トンネルに関する耐力評価法および対策工の設計法に関する詳細な検討はこれまでなされておらず学術的に新規性がある。さらに、実務的に見て、今なお数多く供用されているブロック積み覆工トンネルの維持管理に大きく貢献するものと考えられる。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。