

審査の結果の要旨

氏名 岩野 圭太

岩野圭太氏により提出された論文では、高精度電子雷管を適用したトンネル現場において発破試験を実施し、数多くの発破振動データを収録し、振動波形の分析や単発の振動波形の重ね合わせによる全体の振動波形の再現法および振動波形の観点からの発破振動の低減について検討した研究成果が述べられている。

山岳トンネルにおける発破掘削は、他の掘削方法に比べ経済的で高い掘進速度が期待できるものの、発破による振動・騒音が周辺環境に及ぼす負荷が大きいため、特に住宅が近接している場合に地山が硬岩であっても掘削効率の低い別工法を選定するなど、厳しい周辺環境下での発破掘削の実例は少ないのが現状である。海外鉱山を中心に新しい発破技術の開発が進み、穿孔精度の高いコンピュータジャンボや起爆秒時精度の高い電子雷管の導入が進められている。特に高精度電子雷管は、任意の起爆秒時を高精度で設定できるため、各発破孔から発する振動波形を完全分離して起爆することで振動値の低減を積極的に制御できる可能性が高い。そこで、高精度電子雷管をトンネル現場での発破に使用した試験を実施し、数多くの発破振動を収録し、振動波形の分析や単発の振動波形の重ね合わせによる全体の振動波形の再現法および振動波形の観点からの発破振動の低減について検討することを主目的としている。

1章では序論として、本研究の背景や研究概要を述べたあと、2章ではこれまでの発破に関する研究を整理している。

3章では、実際に論文提出者が現場担当者として従事したトンネル現場にて行った発破試験の概要を述べたのち、高精度電子雷管を用いた発破試験を本格的に行った事例が国内外を含めこれまでみられなかったことから、高精度電子雷管による発破の特徴の整理、収録した振動データについて最大振動速度や振動速度波形の分析を行っている。

4章では発破試験の実施及びその分析を受け、単発波形の重ね合わせによる全体の振動速度波形（段発波形）の再現法を検討した。1つの単発波形をある起爆秒時差で単純に重ね合わせた波形は、実際の振動速度波形と比べ定性的な傾向は一致しているものの、実際の振動速度波形の振幅のばらつきは再現できない。そこで実際の振動速度波形の振幅のばらつきを統計的に扱った結果、各孔から発する振動の振幅のばらつきはワイブル分布に従うことを明らかにした。この検討を基に、段発波形の再現の基本フローを構築し、数値計算した段発波形は、実測の段発波形をよく反映していた。

5章では、高精度電子雷管および従来の電気雷管のそれぞれの発破について、振動を低減する最適な起爆条件を検討した。高精度電子雷管による発破では、前章の振動速度波形の再現法により、振動を低減する最適な起爆秒時差を求めることができたが、検討に手間を要するため、単発波形の形状に対し、自己相関係数および周波数解析による評価の2つを検討した。この2つの簡易な方法で求めた最適な起爆秒時差と、前述の複数の起爆秒時差ごとの重ね合わせ法による最適な起爆秒時差を比較した結果、ほぼ同様の結果が得られ、簡易な方法によって最適な起爆秒時差を算定できることが分かった。また、この自己相関係数による方法を別の実際のトンネル現場の制御発破区間に適用した結果、電子雷管の適用や薬量低減などの対策済の発破に対し、更に2~3割の振動低減効果を確認した。

6章は結論である。本研究では実際のトンネル現場にて継続的に発破試験を実施し、電子雷管による発破振動の特徴の整理と共に、収録した振動データに基づく発破振動波形の再現法の確立し、起爆秒時と振動波形の観点から振動低減について検討を行った。特に実際の掘削施工としての一連の発破で得られた振動データを扱っており、本研究で確立した振動波形の再現法や振動の予測、低減法は、即座に実適用できるものと考えられる。従来の発破は振動などの環境負荷の低減の対応が十分でなく適用を断念する場面が多かっただけに、高精度電子雷管の適用および振動波形の再現や波形分析に基づく振動低減の効果確認は、従来の受け身な振動対策から積極的かつ能動的に振動を制御・管理につながるものと考えられる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。