

学 位 論 文 題 名

加速度センサーを用いたリアルタイム
施工管理手法に関する研究

学位論文内容の要旨

近年の国際化に伴い、土木工事においても国家プロジェクト規模の工事を中心に、国際的な入札が行われるようになってきた。この動きを受け、国際規格に適合した設計・施工・管理が求められるようになり、非製造業である建設業においてもISO9000 シリーズ、さらには環境関連の ISO14000 シリーズの導入が進んできており、特に施工における新たな品質管理体系を開発する必要性が高まってきている。すなわち、仕様規定方式から成果物の性能を重視する性能規定方式の施工管理方法へと、今後徐々に移行するものと考えられる。

しかし土工事について考えると、対象とする土そのものの分布や性質のばらつき、均一な材料の常時入手が困難なことなど、材料に起因する施工管理の難しさがあるため、施工管理の中で成果物の性能に対して保証を与える品質管理としては、従来ある頻度での部分的なサンプル調査による管理が一般に行われてきた。これは、工事すべての材料に対して管理を行うことの困難さと、品質管理が個々の材料に対して明示的に規定されてきたことによるが、今後、性能規定による成果物の性能保証が必要になってきた場合、各構造物の施工過程における自由度が増し、低コスト化と省力化が期待できる反面、従来の管理方法では品質管理が困難になる可能性も考えられる。

土工事における従来の品質管理においては、計測器の設置が可能な一部の計測工を除き、リアルタイムな施工管理を行うことや、施工中すべての場所や施工物に対して品質管理をすることは事実上困難であり、全数量から一部を取り出してのサンプリング調査から統計的な処理を行い、品質管理を行うことが一般的である。このためには、事前の調査や試験施工のデータを基にした施工の仕様規定を厳格に定め、それを逸脱しない施工が求められるが、一般にこの仕様規定は大きめの安全率を含有しており、無駄な施工を行っている可能性もある。しかし反面、対象とする地盤は複雑であることが多く、施工日時や場所によって刻々と変化するため、仕様規定だけでは品質を満足しない場合もあり得る。このような背景と、今後性能規定による構造物の品質保証が求められる状況を考えると、施工物全数量に対する品質保証の手法について検討することは、施工の合理化のみならず構造物の品質を真の意味

で保証することにつながるという意味で重要であると考えられる。

以上のような要求に対して、本論文においては、計測管理に手間をかけず、高精度のデータをリアルタイムに取得し解析するといった、従来の概念とは相反することを一度に達成しうる手法の開発を目的とし、施工中に比較的簡易に計測できる振動および加速度に着目し、これを解析することによる地盤情報の取得に関する研究を行った。特に、全数量の品質管理が難しいオーガー掘削工における岩着の判定と、粗粒材料による盛土の密度管理手法について現場適用を兼ねた実験を行い、その成果に基づく検討結果から、施工管理手法の提案を行っている。

本論文は6章で構成され、施工に伴って生じる加速度の現場計測に着目した施工管理手法の提案を行っているが、大きく2つの工種における土性の判定手法について現場適用を含めた実験結果と考察を述べている。

第1章では、研究の背景とその目的を明らかにしている。

第2章では、現在土工事で行われている施工管理の必要性に関して、ISOに関連づけ模式的なまとめを行い概説している。

第3章では、土工事に関連した施工のうち、場所打ち杭のようなオーガー掘削と盛土工事の盛土材の品質管理手法に限定して、それぞれの品質管理項目と従来から行われている手法を述べるとともに、それぞれについての加速度データの利用手法をまとめた。

第4章では、柱列式地下連続壁(SMW)工事における岩着の判定にあたって、オーガー掘削機が地盤を切削するときの振動に着目して地層境界の判定を行う手法を提案し、現場適用した結果について述べた。この手法は掘削時に得られた加速度データを調和解析し、スペクトルデータの周波数帯域別振幅の最大値を比較することにより地層境界を判定するものであり、事前のボーリングデータを参考に地層判定を行うことの出来る手法である。さらに、リアルタイムな判定の手法に関しても提案し、計測データを基に検討した。

第5章では、盛土工事における盛土材の品質管理手法に関してまとめたが、まずGPSを用いた盛土の転圧回数管理、いわゆる工法規定方式における新しい品質管理手法の開発と、これをシステム化し施工に適用した事例についてまとめ、その有用性について述べた。次ぎに、施工中の振動ローラーの加速度を調和解析し、その1次ピークと2次ピーク以降の総和の比、すなわち乱れ率を用いて盛土の密度を間接的に判定する手法を示し、フィルダムおよび調整池の施工において適用した事例について述べた。さらに、前述した手法の他、新たに提案した加速度の解析手法を含む3つの方法を用いて、現場密度試験および沈下率に基づく現場密度の推定値との比較検討を行い、締め固め施工中の加速度を解析することにより現場密度が推定可能なことを示した。さらに、振動ローラーと地盤をスプリングとダッシュポットで構成した2質点モデルで表し、加速度データの密度管理への利用可能性について解析的な検討を行った結果をとりまとめている。

第6章は本研究の結論であり、得られた知見と今後の展望と課題を述べている。

学位論文審査の要旨

主 査	教 授	三田地 利 之
副 査	教 授	石 島 洋 二
副 査	教 授	三 浦 清 一
副 査	助教授	澁 谷 啓

学 位 論 文 題 名

加速度センサーを用いたリアルタイム 施工管理手法に関する研究

建設工学分野においても、国家プロジェクト規模の工事を中心に、近年国際規格に適合した設計・施工・管理が求められるようになり、特に施工における新たな品質管理体系を開発する必要性が高まってきている。

土工事における従来の品質管理においては、計測器の設置が可能な一部の計測工を除き、リアルタイムな施工管理を行うことや、施工中すべての場所や施工物に対して品質管理をすることは事実上困難であり、部分的なサンプリング調査による品質管理が一般的に行われてきた。このためには、事前の調査や試験施工のデータを基にした施工の仕様規定を厳格に定め、それを逸脱しない施工が求められるが、一般にこの仕様規定は大きめの安全率を含有しており、不経済な施工を行っている可能性もある。しかし反面、対象とする地盤は複雑であることが多く、施工日時や場所によって刻々と変化するため、仕様規定だけでは品質を満足しない場合もあり得る。このような背景と、今後性能規定による構造物の品質保証が求められる状況を考えると、施工物全数量に対する品質保証の手法について検討することは、施工の合理化のみならず構造物の品質を真の意味で保証することにつながるという点で重要である。

以上のような背景のもと、本研究は、計測管理に手間をかけず、高精度のデータをリアルタイムに取得し解析するといった、従来の概念とは相反することを一度に達成する手法の開発を目的とし、施工中に比較的簡易に計測できる振動および加速度に着目し、これを解析することによる地盤情報の取得方法を提案したものである。特に、全数量の品質管理が難しいオーガー掘削工における地層境界の判定と、粗粒材料による盛土の密度管理手法について現場適用を兼ねた実験を行い、その成果に基づく検討結果から、新しい施工管理手法の提案を行ったもので6章から構成されている。

第1章では、研究の背景とその目的を明らかにしている。

第2章では、現在土工事で行われている施工管理手法の見直しの必要性に関して、ISOに関連づけ模式的な表現によって概説している。

第3章では、土工事に関連した施工のうち、場所打ち杭のようなオーガー掘削と盛土工事における盛土材の品質管理手法に限定して、それぞれの品質管理項目と従来から行われている手法を述べるとともに、それぞれについての加速度データの利用手法について論じている。

第4章では、柱列式地下連続壁（SMW）工事における岩着の判定にあたって、オーガー掘削機が地盤を切削するときの振動に着目して地層境界の判定を行う手法を提案し、実現場に適用した結果について述べている。この手法は掘削時に得られた加速度データを調和解析し、スペクトルデータの周波数帯域別振幅の最大値を比較することにより地層境界を判定するものであり、事前のボーリングデータを参考に地盤判定を行うことの出来る手法である。さらに、リアルタイムな判定の手法に関しても提案し、計測データを基にその有効性を検証している。

第5章では、盛土工事における盛土材の品質管理手法について論じている。まずGPSを用いた盛土の転圧回数管理、いわゆる工法規定方式における新しい品質管理手法の開発と、これをシステム化し施工に適用した事例について整理し、その有用性を指摘している。つぎに、施工中の振動ローラーの加速度を調和解析し、その1次ピークと2次ピーク以降の総和の比、すなわち「乱れ率」を用いて盛土の密度を間接的に判定する手法を示し、フィルダムおよび調整池の施工において適用した事例について紹介している。さらに、前述した手法の他、新たに提案した加速度の解析手法を含む3つの方法を用いて、現場密度試験および乱れ率に基づく現場密度の推定値との比較検討を行い、締め固め施工中の加速度を解析することにより現場密度が推定可能なことを示している。さらに、振動ローラーと地盤をスプリングとダッシュポットで構成した2質点モデルで表し、加速度データの密度管理への利用可能性について解析的な検討を行った結果をとりまとめている。

第6章は本研究の結論であり、得られた知見を要約し今後の展望と課題を述べている。

これを要するに著者は、施工に伴って生じる振動加速度の現場計測に着目し、施工中に比較的簡易に計測出来る加速度データをもとに、オーガー掘削時の地層境界の判定および粗粒材料による盛土の密度管理という2つの工種に関して、計測管理に手間をかけずしかも現場でリアルタイムにデータを得ながら施工にフィードバックする手法を開発し、現場適用を兼ねた実験結果によってその有効性を実証しており、地盤工学の発展に寄与するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。