

氏 名	はや 早 崎 勉
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	論 工 博 第 3730 号
学位授与の日付	平 成 15 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	GPS による情報化施工に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 花 崎 紘 一 教 授 青 木 謙 治 教 授 松 岡 俊 文

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、土木建設工事における情報化施工管理システム導入に関わる研究の成果をまとめたものである。GPS (Global Positioning System) を用いて転圧ローラ車輛の位置測定を自動化することにより、盛土地盤の締固め施工を効率的に行う技術と管理システムの開発に関する研究について論じたもので、全7章で構成されている。

第1章は緒論で、この論文の研究課題であるGPSを使用するシステムの導入に至った背景とその目的について述べ、論文構成の概要を示している。

第2章では、GPS開発の経緯とGPSによる測位方法を述べるとともに、既往の研究成果をもとに研究の方針を述べている。すなわち、土木建設分野におけるGPSの利用の現状を把握するため、陸上での測量分野への適用技術、海上での測量分野への適用技術、計測分野への適用技術および施工管理分野への適用技術等についての考察を行なっている。これらの考察の結果から既往のそれぞれの技術の特徴を把握することにより、この論文の研究の方針を決める資料としている。

第3章では、道路や敷地の整備に必要な盛土工事に際しての締固め管理方式の現状として、品質規定方式(砂置換、水置換、RI、平板載荷、貫入抵抗など)及び工法規定方式(重機仕事量、タスクメータなど)の各測定法・試験方法について説明し、品質規定方式では、費用・時間の掛かること、測定データが点でしか得られないこと、整地を乱すこと等、また、工法規定方式では、重機の仕事量と締め固めの関係が場所によって異なると考えられるから、画一的な管理基準としては充分とは云えないなどの問題点を指摘している。これらの各測定法・試験方法の現状における問題点を解決するための方策として、特に大規模土工事における施工管理業務の省力化・迅速化及び安全性の立場から新しい施工管理システムの必要性を独自の思想を展開して論じている。

第4章では、この論文で提案している「GPSを利用した新しい締固め管理システム」の概要を記述するとともに、当締固め管理システムを実際工事に適用するに際しての課題を列挙している。当締固め管理システムは、転圧重機にGPSアンテナを搭載することにより、重機の走行軌跡を捉えるとともに、運転席に搭載したコンピュータ画面のなかで盛土地盤を管理ブロックと称するメッシュに予め分割しておき、管理ブロックごとの転圧回数をカウントして転圧工程の管理を行うものである。このシステムの課題としては、①管理ブロックの適切なサイズと管理基準(管理ブロックを1回転圧したことの判定基準)を明確にすること②工法規定方式であると同時に品質規定方式としての機能を有していることの2つの課題のあること挙げさらに、このシステムから得られるデータと盛土地盤の締固め管理基準との関係や、これまでに行われた類似の研究について考察し、上記の課題の解決方針を検討している。

第5章では先にとりあげた2つの課題に対する検討方法について述べている。前者の課題については、予め机上で行なったシミュレーション結果をもとに、管理ブロックの適切なサイズとしては2m×2mとし、管理基準としては管理ブロック内を重機の中心が0.82m以上通過することと定義した。後者の課題については、地質統計学の導入により転圧回数から締め固めを推定する方法を提案している。また、この種のシステムに付加すべき機能として、①未転圧の管理ブロックの再転圧に際し、複数の未転圧管理ブロックを最短距離で結ぶルートの算定機能②複数の転圧重機が同時に稼動するケースを想定

した機能③ GPS 衛星から得られるデータが不足するなど観測が確実にできないケースの管理機能等を取りあげている。①については、数学的モデルを用いた最適化問題の手法の導入によって瞬時に最短ルートを算定する手法を提案し、②については複数重機の軌跡や転圧回数の分布図の重ね合せシステムを構築している。③については、緊急の場合では単独測位が有効な手段であることを述べている。

第6章では、前章までに論じた結果に基づいて開発されたシステムのフィールドテスト結果とその結果にもとづく考察を述べている。すなわち、実用化に際して取上げた課題や付加すべき機能についての検討手法や検討方法の提案の妥当性を検証するためにフィールドテストを実施した。フィールドテストでは、このシステムの有効性を検証するために同じ場所で RI 測定を実施して、その結果から管理ブロックのサイズ及び管理基準が適切であることを確認した。同時に、管理ブロック内をさらに 10 cm×10 cm のセルに細分し、所定の転圧回数をクリアしたセルの割合と締固め度の回帰式を算出し、高い相関のあることを見出している。また、盛土の品質を推定する方法として、地質統計学の導入により精度の高い推定が可能であることも確認している。このシステムにさらに付加すべき機能についての検証を行っており、未転圧管理ブロックへのアプローチの最適化手法の導入、複数重機が作業に投入される場合の重ね合せシステムの構築および GPS 衛星からのデータが不足する場合の単独測位技術などの機能がそれぞれ有効な手段であることを確認している。

第7章は結論で、第2章から第6章までの研究内容を取りまとめ、GPS 導入の経緯、研究の過程、システムの開発および検証実験で得られた知見をまとめている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、土木建設工事における情報化施工管理システム導入に関わる研究の成果をまとめたもので、GPS (Global Positioning System) のデータを用いて重機 (転圧ローラ車輜) の位置測定を自動化することにより、盛土地盤の締固め施工管理を効率的に行う技術の開発に関する研究について論じている。得られた主な成果は以下のとおりである。

1. 施工管理システムとして従来から行われている品質規定方式 (砂置換、水置換、RI、平板載荷、貫入抵抗など) および工法規定方式 (タスクメータなど) の問題点を指摘し、これらに替わる新しい管理システムの必要性を明らかにして、土木建設分野での GPS を利用した技術の現状を展望し、その得失を考察した結果に基づいて、重機に GPS 受信機を搭載させて転圧軌跡を集中監視する新しい盛土地盤の締固め施工管理システムを開発した。
2. 盛土地盤に設定される管理ブロック (転圧による締固め評価を行う最少単位) の大きさと管理基準 (管理ブロックを1回転圧したことの判断基準) の決定は、施工管理の普遍性にとって重要なファクターである。その大きさを、車載コンピュータの能力と施工精度との関係から、転圧重機のローラ幅をほぼ一辺とする正方形が最適であることを見出し、管理基準についてはその正方形を通過するローラの距離がローラ幅の一定割合の長さ以上であれば1回の転圧とカウントできることを見出している。
3. このシステムは本質的には工法規定方式であるため、転圧回数と締固め度の関係を把握しておく必要がある。これについては、事前に実施される試験施工における転圧回数と従来法で得られる締固め度のデータをもとに、地質統計学の手法を用いて転圧回数のデータから精度のよい締固め度が得られることを明らかにしている。
4. 実地試験の結果、施工に要する時間・経費がこれまでの方式に比べて少なくなり、工期・予算の削減が見込まれる上に、施工管理データが点計測がら面計測になるため、その精度が飛躍的に向上し、上質な施工が実現できることが明らかになった。

以上要するに、本論文は、GPS を用いる情報化施工管理システム導入に関わる問題点を究明し、独自の方式による新しいシステムの構築によって、施工管理の合理化と施工品質の向上が見込まれることを論じたもので、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あるものと認める。また、平成15年2月21日、論文内容とそれに関した事項について試問を行なった結果、合格と認めた。