

(論文内容の要旨)

最近の建設分野への社会的要請の主なものは、コスト縮減と環境負荷軽減である。前者は高齢化社会で税収の増加が見込めない我が国において建設投資の削減は避けられず、所定の品質の社会基盤を合理的に構築する技術の開発が求められることに対応している。後者は地球温暖化ガスの発生量を削減という目標が設定されたことより、建設分野もその対策が求められていることへの配慮である。要請に応えるためには、抜本的な改善が必要であり、これまでのように計画や設計段階で余分な安全側の施工計画や設計がなされているという問題点を見直す必要があること。そのためには、自然環境に起因する天候、地質などの不確定要素を見込んで立てられた計画設計に対して、情報技術を駆使して時々刻々変化する現場の情報をできるだけ詳細に収集し、それに基づいて施工の最適化を図る高度な情報化施工の構築が求められている。本研究は、施工 CALS (Computer aided Acquisition and Logistic Support から Continuous Acquisition and Life-cycle Support へ変化している) の手法を用いて高度情報化施工システムを新しく構築したもので、実際の大規模な土工事に適用した事例を基にこのシステムが有効であることを示している。研究の内容は、以下のとおりである。

本論文の構成は、序章および結論を含め、以下の6章から成っている。

第1章は序論である。分野の課題であるコスト縮減と環境負荷低減に対し、自然物である天候、地質あるいは材料のバラツキなどの不確定要因を見込んで立てられた設計や施工計画の問題点を指摘し、その是正のために、刻々変化する現場の情報をできるだけ詳細に情報技術を駆使して収集し、それに基づく的確な判断と柔軟な対応により、効率化や工程の簡素化と施工の合理化が実現できることを高度情報化施工の視点から検討し、施工 CALS という手法が有効であることを示している。

第2章では、建設生産性の低さ、固定的な発注制度などの建設分野の課題、閑空1期工事時点の適用工事で見られた現場運営と運営計画の齟齬の問題、施工情報の収集と入手に手間がかかるという「時間的な要因」、立場により求める情報が異なるという「人的な要因」および現場の各所に情報が散在するために情報の移動が必要になるという「空間的な要因」の3要因による問題点による活用されない施工情報の利用上の課題、情報化施工による施工の効率化に模索している建設施工の課題を浮き彫りにして議論した。そして、これらの課題に対し、一般製造業で用いられているコンカレントエンジニアリングによる工程の簡素化などへの取り組みを参考にして、情報の一元化、リアルタイム化および双方向化による共有をめざして、施工 CALS を利用した高度情報化施工による課題解決への方向と枠組みを示した。

第3章では、初めに大規模土工事の生産計画を検討する際に課題となる項目、すなわち発破、集土、積込み、運搬にわたる採掘と破砕、貯鉱、ベルトコンベア運搬、船積みまでの運搬設備についての課題と目標を明確にした。さらに、個別技術としての重機併用発破工法の開発、大型最新重機の導入と改造、運搬走路の距離と勾配の改善、船積みシップローダーの連続積込みへの設備改造などを検討している。このように、施工 CALS を用いた高度情報化施工による最新の情報を入手して技術者が的確に判断し、柔軟な対応による計画見直しを実施することによって工程の不確定要素を排除でき、その結果効率化、工程の簡素化、合理化が達成され、課題が克服されるというシステムの内容を検討し、提示した。

第4章では高度情報化施工を実現させる支援システムである施工 CALS の要求機能を明確に

し、大規模土工事へ対応した施工 CALS を開発した。重機のサイクルタイム、運搬量、破碎機の負荷、ベルトコンベアの積込みレートおよび土運船の到着時間など採掘地から船積み栈橋までの情報を加工しリアルタイムに提供するための GPS 技術、IT 関連の光ケーブルや IC カードなどの技術開発といった情報収集のためのハード機器の研究が実施されている。さらに加えて、採土地の重機稼働、地質情報、土砂軟岩硬岩別の生産量、破碎から船積みまでの積込み設備の稼働状況などをリアルタイムに把握するための 3 次元マッピング機能、さらにはネットワークを利用し各情報ユニットに格納して一元的に系統立てて管理するための GIS を利用した情報管理、技術者が得た情報に基づき適切な判断と柔軟な対応を実施する判断支援機能といった要素技術の研究開発も実施されたが、これらの成果を踏まえて、大規模土工事へ対応した施工 CALS が組み上げられ、その実効性が検討されている。

第 5 章では施工 CALS による高度情報化施工の大規模土工事への適用事例を示している。施工情報の一元化、リアルタイム化、共有と双方向化、工程の簡素化、データベースを活用した火薬使用量の合理化、データベースを利用した採掘計画の立案などで必要な情報をリアルタイムに技術者に提供し、その情報により適切な判断と柔軟な対応を行うことで工事がスムーズに進むことを実証した。そこでは、工事の出荷量と振動など環境負荷の目標達成について、作業能力と燃料消費などに基づく重機の最適配置、工事コストの低減、CO₂ の排出量など環境負荷の軽減など数値による成果で検証している。また、施工情報を利用し、よりの確な判断への選択範囲を狭め、技術者の柔軟な対応を容易にする施工 CALS による高度情報化施工が最適化への取り組みとして実行可能な手法であり、施工情報量の変化、工程の簡素化、管理に関わる人員の減少など得られた多くの情報を分析し判断するための最適化手法であることを検証した。

さらに、施工 CALS による高度情報化施工は、情報の管理単位である情報ユニットの形状を工種に応じて自在に変形させることによってさまざまな工事に展開することが可能な汎用性の高い技術であることを示すために、NATM 工法における現場サイトでのコンクリートの品質管理、建造物内の配管の維持管理などいくつかの工種への適用事例を取り上げて検討した。

第 6 章は、まとめとして結論を述べている。本研究による施工 CALS の開発と運用で示したように「情報ユニット」という情報媒体を介して、個別に展開されているすべての情報化施工技術に関連性を持たせた上でこれらを有機的に結合させることにより、工事の施工支援システムを 1 つの統合化システムとして実用化した。このベースになっているものが空間的な地理情報を取り扱うことのできる 3 次元 GIS であることを明らかにした。

また、大規模土工事へ施工 CALS による高度情報化施工を適用することにより、固有技術を有する技術者が、情報技術を活用し入手した情報により刻々と変化する施工状況への的確な判断を下し柔軟に対応することができ、不確定要因を見込んで立てられた設計や施工計画より過剰となりやすい要素を排除して施工の合理化が図れることを示した。その結果、品質、コスト、工期、安全、労務、環境など工事の様々な要素の中から選択した任意の要素についても合理化が可能であることが明らかとなった。さらに、選定する要素は一つだけでなく複数の選定も可能であり、適用工事でのコスト縮減と環境負荷低減の合理化は、複数の相反する要素に対し両立しての合理化が可能であることも示した。最後に、システムの運用事例の成果とともに結論を述べている。

氏名

大前 延夫

(論文審査と結果の要旨)

建設分野への社会要請として、コスト縮減と環境負荷軽減がある。前者は所定の品質の社会基盤を合理的に構築する技術の開発が求められることであり、後者は地球温暖化ガスの発生量を削減するという目標値が設定されたことより、建設分野でもその対策が求められていることに対応している。これまで、ともすれば安全側の施工計画や設計がなされてきたという問題点を見直す必要があること。そのためには、自然環境に起因する天候、地質などの不確定要素を見込んで立てられた計画設計に対して、情報技術を駆使して時々刻々変化する現場の情報をできるだけ詳細に収集し、それに基づいて施工の最適化を図る高度な情報化施工の構築が求められている。本研究は、施工 CALS (Computer aided Acquisition and Logistic Support から Continuous Acquisition and Life-cycle Support へ変化している) の手法を用いて高度情報化施工システムを新しく構築したもので、実際の大規模な建設現場に適用した事例を基にこのシステムが有効であることを示している。研究の内容は、以下のとおりである。

(1) 施工情報の入手に手間がかかるという「時間的な要因」、立場により求める情報が異なるという「人的な要因」および現場の各所に情報が散在するために情報の移動が必要になるという「空間的な要因」の3要因による問題点を整理し、本研究で提案した施工 CALS システムの着目点を明らかにした。

(2) 施工 CALS のシステム開発では、重機のサイクルタイム、運搬量など採掘から船積みまでの情報を加工し、リアルタイムに提供するための GPS 技術の開発、光ケーブルや IC カードなどの情報通信機器の大規模土工事へ適用するための技術開発といった情報収集のためのハード機器の研究だけでなく、重機稼働や船積み量などをリアルタイムに把握するための情報収集に対する3次元マッピング機能、さらにはネットワークを利用し、一元的に系統立てて管理するための GIS を利用した情報管理機能といった要素技術を開発し実現させている。

(3) 新しい施工支援システムの運用により、必要情報の把握がリアルタイムで可能となったので、技術者の適切な判断と柔軟な対応の程度、施工効率、コストおよび環境の負荷の変化を定量的に検証した。特に施工効率については、採掘コスト、重機の作業能力、燃料消費率、運搬効率などを具体的に算定し、環境面に対しても CO₂ の削減、発破振動などの影響について検証し、施工支援システムの有用性を考察した。

(4) 開発された施工 CALS は、情報の管理単位である情報ユニットの形状を工種に応じて自在に変形させることによって、さまざまな工事に展開することが可能であることを示している。これらの事例によって、調査～設計～施工～維持管理という一連の建設ライフサイクルの中で発生する情報を適切に管理し、有効活用することの重要性を明確化し、さらに今後の課題について考察を加えている。

以上のように本論文は、建設分野における重要な検討課題であるコスト縮減、環境負荷低減を施工 CALS による高度情報化施工により実現できることを示している。新しく提案した施工 CALS は、施工者の適切な判断、柔軟な対応とその結果の適切性をリアルタイムにフィードバックできる独自のシステムであり、これにより、適切で有意な意思決定による合理化施工が可能となることを明らかにしており、建設マネジメント分野における重要な貢献であるといえ、本分野の発展に関し、学術上、實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20年5月20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。