

研究展望

建設マネジメント技術の今後の展望

PROSPECTS OF CONSTRUCTION MANAGEMENT

梅園輝彦*・太田 順**・比奈地信雄***・平田義則****

By Teruhiko UMEZONO, Jun OHTA, Nobuo HINAJI and Yoshinori HIRATA

1. はじめに

昨年来のソ連、東欧の変革は、長期にわたる経済活力の停滞がその原因の1つといわれている。社会、経済のシステムが、求められる技術改革について行けず、技術開発、品質確保などの面で西側諸国に大きな遅れを取ったこと、さらには、国民のニーズが生産計画に反映されなかったことなどが指摘されている。

わが国の今日の繁栄は、まさに各分野における技術革新の成果に支えられているといえるが、全国津々浦々で工事を司る土木分野においては、急速に進歩する技術の浸透度合が、製造業など他産業に比較して若干遅れていることは否めない。それは、土木事業そのものが時間的に長期にわたるとともに、多分野の多くの人の手を経て遂行されるため、実績の少ない技術や不慣れな方法などを取り入れにくいことにもよるであろう。

一方、国民の生活レベル向上に伴い、われわれが供する土木構造物に対する要求レベルは、年々高まってきている。1990年6月末の日米構造協議では、今後10か年の公共投資総額を430兆円とすることに決着した。ダムや高速道路、鉄道、空港などの整備に加え、特に今回は生活関連の下水道、住宅、都市公園、廃棄物の処理施設についての配慮が目玉を引く。立ち遅れの目立つこれら4つの生活関連分野については整備目標が示されており、

整備水準を欧米並みに引き上げることを示唆したもので大変喜ばしい。しかしながら、地価の高騰、技術的に難しい工事の増加、公害安全対策、労働者不足など土木事業をとりまく環境はますます厳しくなっていることも事実である。

土木分野におけるこのような現状を打破するには、技術開発の促進・普及とともに、土木技術者にとって事業全体をいかにマネジメントしていくかが重要になってきた。これまで調査、企画、設計、施工、維持管理という、土木事業の各プロセスごとに行われてきた知識、技術、技能の向上努力を全体的な視点から見直すことが緊急と考える。各プロセス間の情報の整合を図りながら、常に新たな知識や技術が導入できる体制の下、効率的で円滑な土木事業を行うマネジメントが求められる。こうした問題解決のため、建設マネジメントは重要な役割を担っている。

建設マネジメントの役割の1つに、企画・設計段階の事業から、建設などを経て供用段階に至っている事業を含め、いかなる段階の事業においても、近隣のみならず地域住民から「真に喜ばれる事業」であるのか、あるいは「迷惑とされる事業」なのかを検討し、対策を講じるための支援作業がある。近隣ならびに地域住民の理解と協力なくして、今日では土木事業は成り立たないともいえる。常に、大多数の住民にとって便利であるとか、生活水準の向上に資するとか、経済効率が高いからといった理由のみでは土木事業の必然性は語れなくなってきた。

2つ目の役割として、3K(危険、汚い、きつい)ともいわれる土木イメージの払拭である。建設段階や供用段階の維持補修を含めた建設現場では、労働生産性の低さ、建設技能労働者の確保難、高齢化の傾向と労働災害の多

* 正会員 工博 三井建設(株)技術開発本部担当部長

** 正会員 (株)大林組電子計算センター次長

*** 正会員 清水建設(株)土木本部 OA 推進部長

(〒104 中央区京橋 2-16)

**** 正会員 鹿島建設(株)情報システム部次長

Keywords: construction management, information net work, AI, observational method, CIM for construction

発が社会的問題といわれる今日、建設の合理化、効率化の向上のため、基本的な作業の見直しや、高度情報化、ロボット化などの開発導人が欠かせない。

3つ目の役割として、建設にかかわる国際問題への対応がある。地球規模での環境問題、国内外を建設の場とした国際入札にかかわる契約の問題、外国企業による国内工事の施工管理の問題、外国人の建設技能労働者の問題などがある。

これら3つの役割について著者らの考えを述べることにする。

2. 建設マネジメント技術の現状

「建設」とは「目的とした建造物を新たに造ること」といえる。そのためにエンジニアは構想を練り、事前準備も怠りなく十分に検討を重ねたうえで仕事に着手し、目的物が完成するまで全力で取り組むのが常である。仕事には、高尚なもの、未経験で困難なもの、多くはないが割合簡単で手慣れたものもある。昔から、設計者と施工者は、マヤの石造建築物やエジプトのピラミッド、ゴシック大聖堂、万里の長城など、文字どおり建造物の物理的・技術的なサイエンスの基礎を現代のわれわれに残してくれている。

今日の建設は、その対象範囲が非常に広がっている。すなわち、町の遊歩道から湾岸横断道まで、灌漑排水から水力発電用ダムやトンネル、レクリエーション用のマリナから大規模な港湾施設、さらには大水深海洋構造物まで、単に物理的に異なる場所を結ぶだけでなく多くの人々を社会的、政治的、経済的に結びつける橋梁や高速道路、そして高速交通システムなどがその対象となっている。建設によって作られるこれらの新しい環境はいろいろな意味で人々の日常生活に広く影響を及ぼしている。

建設事業のこのような発展のなかで重要なものの1つとして、建設に必要とされる技術が改善され、高度化し、複雑化してきていることが挙げられる。要因の1つとして、建設にかかわる規制や要求が飛躍的に増えてきていることもあり、建設の事業企画・計画・調査から設計、施工、維持管理までを総合的なプロセスとして取り扱うマネジメント技術が望まれている昨今である。

(1) 建設マネジメント技術の発展過程

わが国の建設技術は、石垣による築城技術や河川の洪水対策で有名な信玄堤等で代表される古来の土木技術と欧米の土木技術を学んできた官庁技術者群の知識との融合により、新しく独自の技術が創り出されてきた。

したがって、わが国の土木技術は、官公庁が採用していた管轄・直営的施工方式によって開発・改良された新技術によって育成されてきた。

戦後、機械化施工の促進によって目覚ましい発展を遂げた建設業が、この時期から技術開発にも力を入れるようになってきた。現在、わが国で実施されている著名な大工事は、民間の建設企業がその施工にあっているが、そのために必要な施工技術と管理技術の水準は先進国レベルと遜色ないところまで到達し、いまや外国の優れた技術をフォローしていた段階から、独自の技術をベースにして国際競争をする時代へと変わってきている。

1960年代はハード技術を中心とする施工技術が進展したが、'73年の石油ショック以来、物価不安定下における見積技術、リスク回避のための契約方式、さらに社会的には環境保全や建設公害への配慮が重視され、そのためのソフト技術として施工計画・管理技術の充実が必須となってきた。これにより、施工計画・管理面で発生する問題解決方法として、システムアナリシスの研究、ORやIE、VE等の手法開発が進められた。最近では単なる生産工程を管理する技術から、企業経営全般を対象とする管理技術まで拡大されている。さらに、オフコンやマイコンなどのコンピュータシステムを高度に利用した現場計測技術や現場の施工管理技術も次々に開発されている。

(2) 建設マネジメントのソフト技術

建設機械の発達と施工技術の革新に伴い、工事の大規模化、複雑化、多様化が急速に進展し、品質向上、工期短縮などが要求されている。その結果、施工計画・管理はますます複雑、困難になってきた。したがって、施工技術が進歩しても施工計画・管理の近代化・合理化がこれに伴わない限り、せっかくの技術革新もその効果を十分に発揮できなくなる。そこで、施工技術の水準にふさわしい施工計画・管理の発達が不可欠のものとなってきた。

施工計画の立案にあたっては、工程計画、機械設備の選定、工事用施設の配置、労務・機械・資材の使用計画、実行予算と資金計画を作成することが必要である。

最近では、施工計画面に現われる問題を解決するためコンピュータによるシステムズアプローチ、また施工計画のためにORを用いた手法の開発が進められている。たとえば、ダムや橋梁の建設や土地造成工事では、特に周辺の環境や景観による影響の検討、港湾や海岸等に建設される構造物が海流や、その水質に及ぼす影響。このような事前評価での利用は単に専門家への説明用資料の作成にとどまらず、地域住民や一般の人達へも十分理解してもらうためのコンピュータ・グラフィックス(CG)やアニメーション技術の利用も多くなっている。設計プロセスでは、地震や強風に対する構造解析のほかに構造物の動的解析結果を可視化するためのCG利用や、海洋構造物への波による繰り返し荷重の影響検討等も実施

されている。施工計画段階で発生する各種問題や、工事の難易度、安全性等の事前検討でシミュレーション技法が重要な役割を担っている。たとえば、土地造成やダム工事での工事用車両の種類や台数の最適化検討とか、コンクリート・ダムのリフトスケジュール、フィルタイプ・ダムの盛立計画、搬土計画、ダンプトラックの運行計画、PC橋施工時解析、シールド・トンネル掘削制御、構造物施工時計測、海洋構造物施工計画等々。

施工管理用ソフト技術にふれる前に、施工管理の機能を明らかにする。すなわち、工事を無駄なく、無理せず、円滑に施工を進めるための計画を立て、その計画に基づき施工を開始し、途中において実施成果と計画の間に差があるならばその原因を追求し、それを改善するとともに工事途中における条件の変化に適時適切に対応する統制機能のことである。

施工管理は、一般に工程管理、品質管理、原価管理、安全管理によって行われることが多く、労務管理、資材管理、機械管理、輸送管理、資金管理、作業管理、現場管理などは、特に複雑な工事などで、工程管理、品質管理、原価管理、安全管理の補助的なものとして、それぞれ必要なものについて行われる。

施工管理のためのソフト技術の開発は建設企業各社とも鋭意進めているところであり、コンピュータによるシステムズ・アプローチがその中核となっている。

工程管理においては、工事の実施過程における工程の計画と管理を目的とするもので、ダムリフトスケジュール、工程管理システム、山積計画システム、CPM 工程管理システム等が実用化されている。

品質管理は科学的な基礎に基づいて客観的に管理を実施できるようにするため、統計的品質管理が活用されている。多用されているものとして、コンクリートの品質管理システム、土質試験データ処理プログラム、グラウト管理システム、杭打記録作成プログラム、出来形管理資料作成プログラム等がある。最近では、NATM や連続地中壁に作用する土圧の測定など、現場計測技術の発展は目覚ましいものがある。土木工事における現場計測の目的は、さまざまに変化する自然条件下での施工において、常に求められている高い安全性、高度な品質を確保できる管理方法を確立することである。このため、センサー、コンピュータ等の最新技術を利用した計測技術の開発が行われている。出来形・出来高計測は、品質管理だけではなく、工程管理や原価管理にとっても重要な要素であり、プロセスコントロールの最も大切な情報となる。計測管理用ソフトとしては、NATM 計測管理システム、山留計測管理システム、シールド計測管理システム、盛土沈下管理システム、フィルダム計測管理システム、地下空洞掘削施工管理システム等がある。

原価管理として建設各社が電算処理しているのは基本的には財務会計上のものである。しかし、工事実施の段階で必要なのはコストコントロールであり、これは現在の財務会計を基本とするシステムでは効果的な活用の問題があることが指摘されている。このための工事管理会計をベースにした原価管理システムを設計し開発する必要がある。しかしながら、法的に義務付けられている財務会計と工事管理会計との接点をいかに取るか工夫しなければならない。各社で利用されているものとして、原価管理システム、JV 原価計算等システム、会計報告システム、小口現金出納システム、収支予定調査支援システム、金利計算プログラム等がある。

その他、施工管理にかかわるシステムとして、土木工事積算システム、実行予算作成システム、数量拾い支援システム、間接費積算プログラム、日報処理システム、土量管理システム、出来高管理システム、土量計算システム、資機材管理システム、施工機械制御・監視システム、提出出来高プログラム、労務・安全管理システム、機械管理システム、外注管理システム等が利用されている。

生産性向上のために、オフコンやマイコンなど小型コンピュータを直接工事現場に導入し、計測・監視などの技術的対応の迅速化を図ったり、工程や原価管理に利用して施工力の総合強化を目指す動きが活発になっている。

また、国内の建設工事のみならず、海外の建設工事においても、計測監視用や施工管理の分野でオフコンやマイコンが利用されている。工事現場作業所への小型コンピュータ導入は建設業の常識になりつつある。

(3) 米英における建設マネジメント（特に大学におけるコンストラクション・マネジメントの教育を中心に）

建設マネジメントの必要性を認識し、早くから研究を推進してきたのはアメリカであった。

1880年頃、アメリカでは従来の経験と勘に頼っていた経営を科学的に見直し、生産性の向上を図るために作業手順や経営手順の標準化を行った。これが建設分野でのマネジメント誕生の引き金になっている。その後、しばらくして、建設マネジメントの必要性が社会的にも認識され、アメリカの大学の講義にコンストラクション・マネジメントが取り上げられるようになった。1950年代以降になって、大規模なプロジェクトを効率的に推進するために、CPM や PERT で代表されるネットワークによる管理手法等が開発された。現代では大学教育のカリキュラムにも建設マネジメント科目が取り入れられている。その一例として、スタンフォード大学のカリキュラムを紹介すると次のようになっている。

- Costs and Estimates
- Equipment and Methods
- Planning, Scheduling and Control
- Administration
- Human Resource Management
- Work Improvement
- Labor Relations
- Equipment Replacement Policy
- Computer Applications

一方、イギリスの大学は12~13世紀にオックスフォードやケンブリッジが創立され、以来42大学が設立されている。以下に紹介するレディング大学(The University of Reading)の前身は1892年、University Extension Collegeとして創立、1926年にRoyal Charterを与えられている。

レディング大学には、コンストラクション・マネジメント学部とCentre for Strategic Studies in Constructionのコースがあり、17名の教授陣と約350名の学生

がいる(1989年現在)。

BSc (Bachelor of Science Course) は、芸術(建築)、科学(土木)、人文(経済)を複合した3年間教育でBasic StudiesとStrategic Studiesを行う。また社会人向けの短期コースとしてExecutive Courseも用意されている。

BScコースにおけるコンストラクション・マネジメント教育には、以下に示す4つのコースがあり、このうち、①~③は選択コースで、3年間教育(図-1, 図-2参照)、④は1990年から新たに開設されるコースである。

- ① Building Construction & Management
- ② Building Surveying
- ③ Quantity Surveying
- ④ Building Service Engineering Design & Management

ちなみに、これまでの卒業生は地方自治体、建設会社、コンサル等に就職している。

なお、BScコースのほか、次のようなMScコース

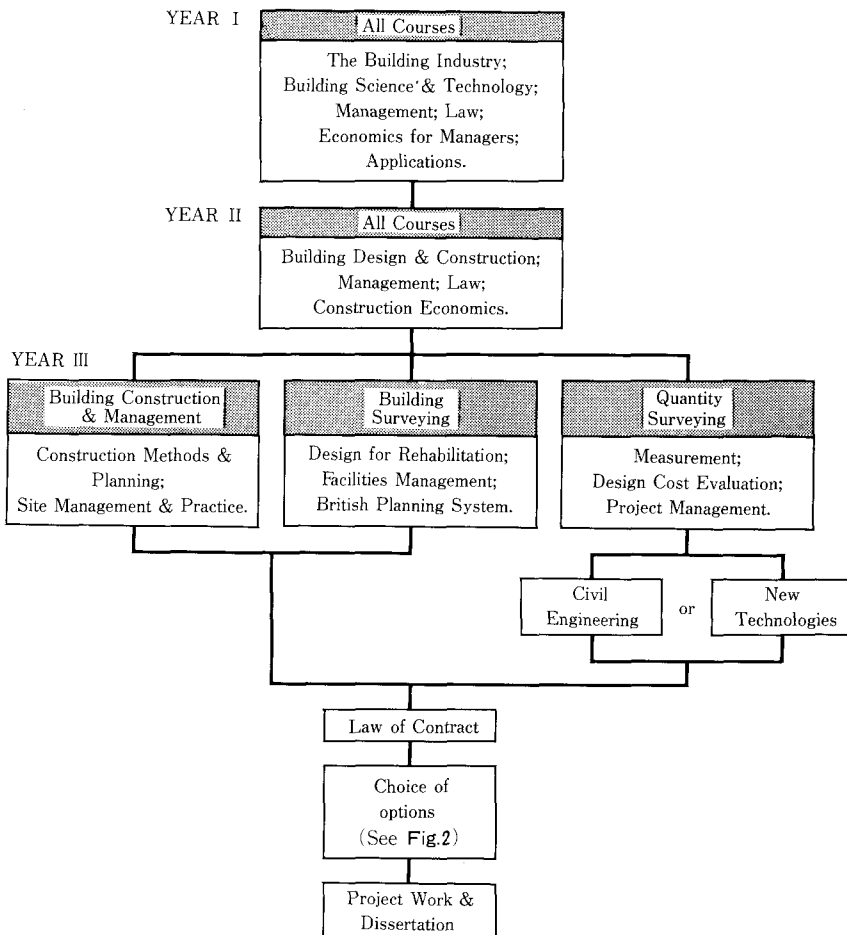


図-1 BSC Course Structures.

Building Construction & Management	Building Surveying	Quantity Surveying
Building Services; Civil Engineering; Component Systems; Corporate & Strategic Management; Design Briefing; Design Cost Evaluation; Design for Rehabilitation; Facilities Management; Financial Management; International Construction; Marketing & Business Planning; Measurement; New Technologies; Quality Management; Project Management; British Planning System.	Building Services; Civil Engineering; Component Systems; Construction Methods & Planning Corporate & Strategic Management; Design Briefing; Design Cost Evaluation; Financial Management; International Construction; Marketing & Business Planning; Measurement; New Technologies; Quality Management; Project Management; Site Management & Practice.	Building Services; Civil Engineering; Component Systems; Construction Methods & Planning; Corporate & Strategic Management; Design Briefing; Design for Rehabilitation; Facilities Management; Financial Management; International Construction; Marketing & Business Planning; New Technologies; Quality Management; Project Management; Site Management & Practice; British Planning System.

図-2 BSc Degree, Year Three Options.

(Master of Science Course) も開講されている。

- One year MSc Course in Construction Management
- MSc in Project Management by Part-Time Study

3. 建設マネジメント技術の対象範囲

社会が進展し、高度化されるに従い、多種、多様の構造物が要求され、それに対応すべく、建設技術も著しい発展を遂げた。要求された構造物を所期の目的どおりに構築するために建設プロセスの各ステップでは、種々のマネジメントが実施されている。

「建設」を単に「ハードな構造物を作るという行為である」という狭い視点で考えず、「豊かな、快適な社会を創造するための手段の重要な要素の1つである」という考え方に立つことが大切である。漠然とした建設に対するニーズから具体的に企画計画され、設計、施工という段階を経て構造物を実現し、一般に供用され、やがて老朽化して廃棄されるという流れの中でマネジメント技術がどのようにかわりをもっているかを整理したのが図-3である。

建設マネジメント技術は建設分野全般に多岐にわたり複雑にからみあっている。この図でもわかるように建設マネジメント技術の対象範囲を明確に示すことは大変困難なことである。そこで、ここでは次に示す4つの側面から検討することにする。

- ① 機能的な側面からの検討
- ② 建設工事・作業の側面からの検討
- ③ 組織・体制的な側面からの検討
- ④ 情報処理および要素技術の側面からの検討

(1) 機能的側面からの検討

社会のニーズにより、ある機能を有する構造物が企画・立案され、実現される場合、その構造物の機能を定めるために種々の調査・検討がなされている。構造物の機能は単にその構造物の用途・仕様によってのみ定めるのではなく、その構造物をとりまく、地域としての機能や環境を満足するものになっていなければならない。また構造物の機能を満足させるためには構造物を構成する部分部分の機能が満足され、さらにその部分を作っている部品や材料がその機能を満足する性能や強度を保証するものになっていなければならない。すなわち、構造物の機能は地球、国あるいは地域としての機能から、部品・材料の機能まで多数の階層の機能との関連において定められている。それらの機能の階層を図示すると図-4のようになる。

ある構造物を作ることにより、その地域の社会的・経済的環境の変化は必ず生じるし、自然環境の変化も避けられない。その変化に対して構造物を作ることによる利便性がどのように位置付けられるかはその地域の機能の変化をどのように評価するかにかかっている。構造物の建設を促進しようとする人々の求める地域としての機能と建設に反対する人々の求める地域としての機能のギャップをどのようにして調和させるかは建設マネジメント技術の研究分野の大切な問題の1つである。

また、単体の構造物の最適化をいかに図っても、一連の系としてどこかにネックが生じている場合はそのネックの機能で全体の機能は押さえられてしまう。構造物をマクロな視点からもその機能をチェックし、評価しなければならない。

すなわち、構造物を作ることによって生ずるもろもろ

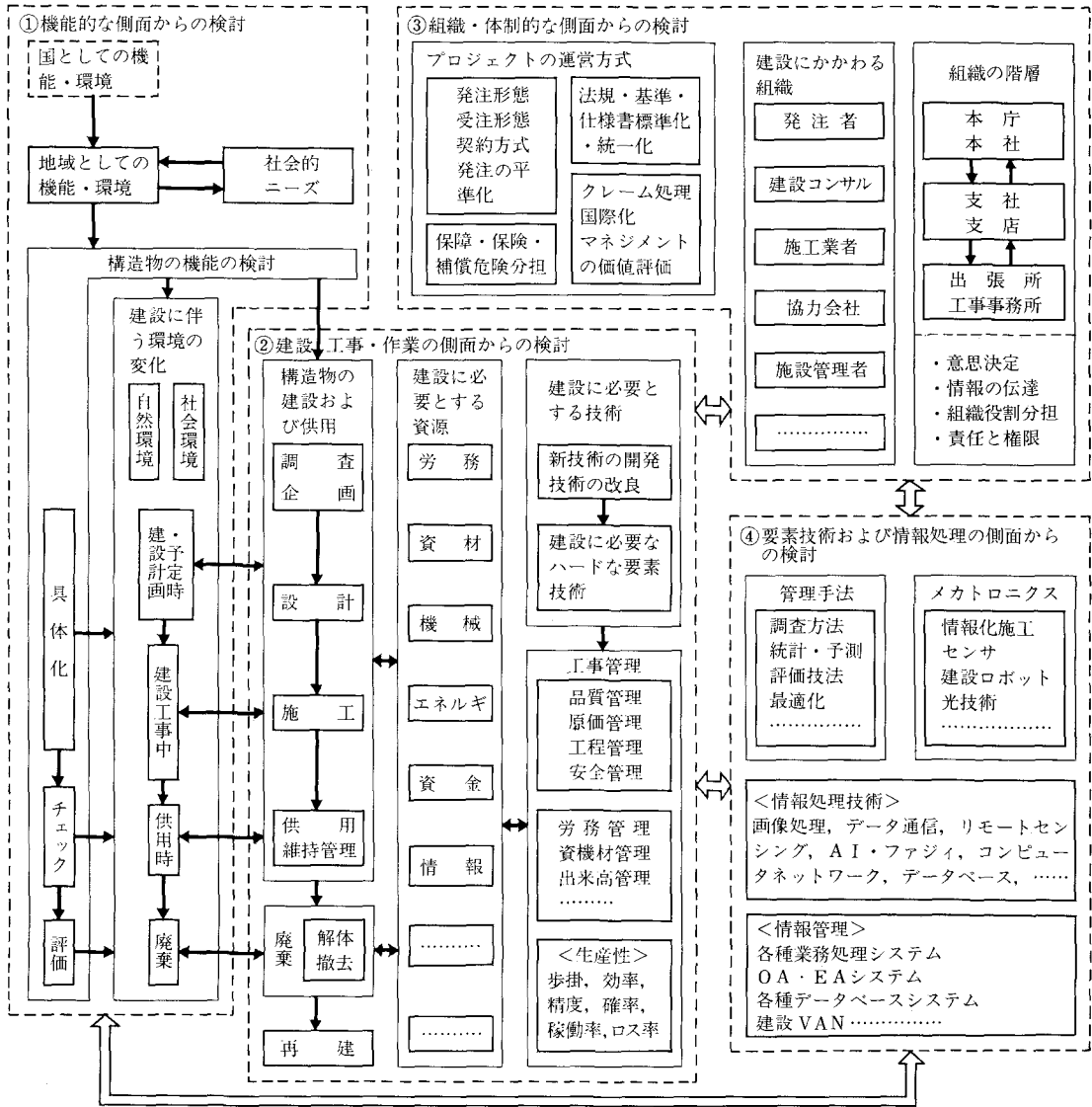


図-3 建設マネジメント技術の体系図

の変化をいかに正確にとらえられるか、そしてその変化をどう分析・評価するかが重要な研究分野となる。それには構造物を企画・立案する初期段階の予測だけでなく、社会のニーズをどのようにして構造物の機能に転化してゆかか、定められた機能が建設過程で変化していないか、供用時に本当にその機能が発揮されているか、機能が低下し、廃棄するか、改良するか等の構造物のライフサイクルの全ステップにおいてチェックし、評価する手法の研究が不可欠である。

環境の変化に対しても初期に実施される環境アセスメントだけではなく、機能のチェックと同様、構造物のライフサイクルの全段階において、どのように変化してゆかかをフォローするシステムの研究が大切である。

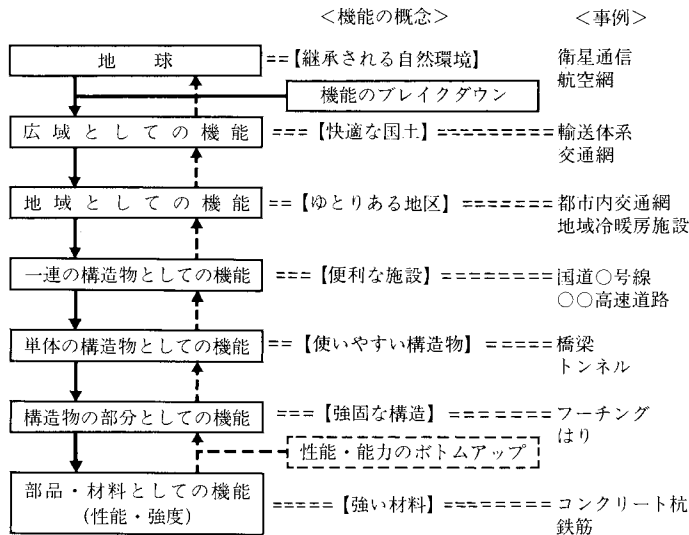
機能的側面から検討すべき主な課題を挙げると、次のようなものがある。

- ① 構造物の機能を国あるいは地域というレベルで検討し、評価する方法の研究
- ② 構造物の機能の変化をとらえ、それに対処するシステムの研究（ライフサイクルコストの算出等も含む）

(2) 建設工事・作業の側面からの検討

社会的なニーズを具体的な構造物として実現するには建設事業の流れの中の各ステップで適切なマネジメントが行われる必要がある。

構造物の建設プロセスを大きく「調査・企画」「設計」「施工」「供用・維持管理」「解体撤去」の5ステップに



図—4 構造物の機能の階層図

分け、そのステップごとにマネジメント技術がどのようにかかわりをもつかを検討した。

「調査・企画」段階は社会的ニーズをとらえ、具体化する第一歩であるので構造物を作ることによって、社会環境や自然環境がどのように変化するかを十分検討しなければならない。そのためには次に挙げるような解決すべきいくつかの課題がある。

- ① 現状の環境を調査・分析する方法
- ② 構造物の建設によって生ずる環境の変化を予測し、評価する方法
- ③ 現実に生じた変化を把握し、その要因を解明する方法

そしてそれらの結果をもとに

④ 社会的ニーズを的確に基本計画に変換する方法などはマネジメントという視点で研究しておく重要なテーマである。

また、構造物を具体化するには関連する多方面の人々に説明し、理解してもらうことが不可欠である。そのため

- ① プレゼンテーションの効果的方法の検討
- ② 地域住民に理解してもらうためのコミュニケーションの持ち方

なども「調査・企画」段階で検討しなければならない研究テーマである。

「設計」段階では必要とする機能を現実の構造物として具体的に表現するステップである。求められた機能を満足させる最適な構造物を設計するために種々の努力がなされている。

建設マネジメント技術面から取り上げるべき課題は次

のようなものがある。

- ① 設計作業の効率化、高度化を図るための手法の検討
- ② 設計の最適化を図るための情報の整備方法およびその情報を活用する手段の検討
- ③ 施工→維持管理・解体・撤去まで配慮した構造物設計に関する検討

「施工」段階は、構造物を構築するステップであるので広範囲に建設マネジメントに関する技術が研究・開発され、活用されており、早い時期から建設マネジメント技術への関心が高かったといえる。したがって現在でも多方面からの研究・検討がなされ、各種の効果的なシステムが数多く開発され、実用に供されている。この分野における建設マネジメント技術として検討すべき課題としては次のようなものがある。

- ① 施工の生産性向上をはかるための手法や制度の研究 この分野には自動化、ロボット化のマネジメント技術も含まれる。
- ② 設計図書に盛り込まれた機能を忠実に構造物に転化するための管理手法の検討
- ③ 工事管理の4要素である品質、工期、原価、安全を関連づけ、おのおのの要素を満足させながら最適化をはかる手法の研究
- ④ 施工に必要な技術の体系化と実績技術情報の蓄積・活用に関する検討
- ⑤ 既存工法の改善テーマや新技術開発テーマを発掘するための効果的運営方法の検討
- ⑥ 使われる資源の効率的利用と発生する廃棄物の効果的な処分方法の検討

⑦ 工事の安全性、作業の快適性を追求し魅力ある建設事業にするための検討

「供用、維持・管理」段階は、構造物が実際に利用され、人々にその機能が提供されるステップである。

したがって当初求めた要望が本当になされたかをチェックする重要なステップである。

従来、供用段階で構造物の機能というものはあまりチェックされず、所期の目的が達成されたかは評価されていないが、建設マネジメント技術という立場で考えると、最も重視しなければならないステップである。

このステップにおける建設マネジメント技術としての課題は次のようなものが挙げられる。

- ① 建設のプロセスにおいて初期に設定した機能が正しく伝達され、現実の構造物の機能として具体的に発揮しているかを調査・分析し、評価する方法の検討
- ② 構造物が供用されることによる社会の変化を調査し、不都合を生じた事項を解消する方法の検討
- ③ 供用に伴う構造物の老朽化を把握し、それに対処する仕組みの構築方法の検討
- ④ トラブル時も含めて構造物の機能を最大限に発揮させるための運営方法の検討
- ⑤ 供用時に発生する構造物の機能に起因する欠点あるいは利点を調査・分析し、フィードバックするシステムの検討
- ⑥ 構造物に被害を与える天災、事故、異変等を予測し、対処する方法の検討

「解体・撤去」段階は構造物としての役割を終了するのであるから、構造物の総決算が行われるステップである。ここでの課題は次のようなものがある。

- ① 構造物の寿命の考え方と使用可能期間の予測に関する研究
- ② 構造物のライフサイクルコストの算出とその評価方法の検討
- ③ 撤去解体を配慮した計画・設計をするためにフィードバックすべき必要な実績情報はどのようなデータベースを構築したら良いかの検討
- ④ 撤去解体→再構築（再開発）を効率的に進めるための手法の検討

以上のように建設工事のプロセスの各ステップにおいて建設マネジメント技術面で検討すべき課題が多々あるが建設事業という一貫した流れの中での最適化ということも重要であり、それを支える各管理項目ごとのシステム化も大切である。

（３）組織・体制的な側面からの検討

建設事業を推進するには、数多くの組織が複雑にからみながらおのおの役割に従って、ある約束のもとに仕

事を分担し、事業の目的を果たすべく努力している。また各組織内でも組織の階層化、分業化がなされ、責任と権限という絆で結ばれながら全体の秩序を保ち、組織としての機能を発揮している（図－５）。

この側面は建設マネジメント技術の大きな分野の1つであるにもかかわらず今まであまり研究されていない領域である。

取り組むべき課題としては次のような事柄がある。

- ① 発注者―施工業者―協力業者、その他工事関連者間の役割分担、情報伝達方法等プロジェクトを効率良く推進するためのシステムの研究
- ② 各組織内での業務分担方法、責任と権限の与え方、明確な意思決定方法等効率的な企業運営方法の研究（CIM、SISの研究も含む）
- ③ 発注形態、受注形態に関する問題点の分析と望ましい制度の検討
- ④ 管理業務の簡素化、一元化等による効率の良い管理方法の検討
- ⑤ 各種の法規、基準、仕様書等のあるべき姿の検討と標準化、統一化に関する研究
- ⑥ リスクに対する各組織の分担方法の検討
- ⑦ 各国間の建設事業の推進方法の違い等国際的問題に関する検討
- ⑧ マネジメントの評価、価値等に関する検討

（４）要素技術および情報処理の側面からの検討

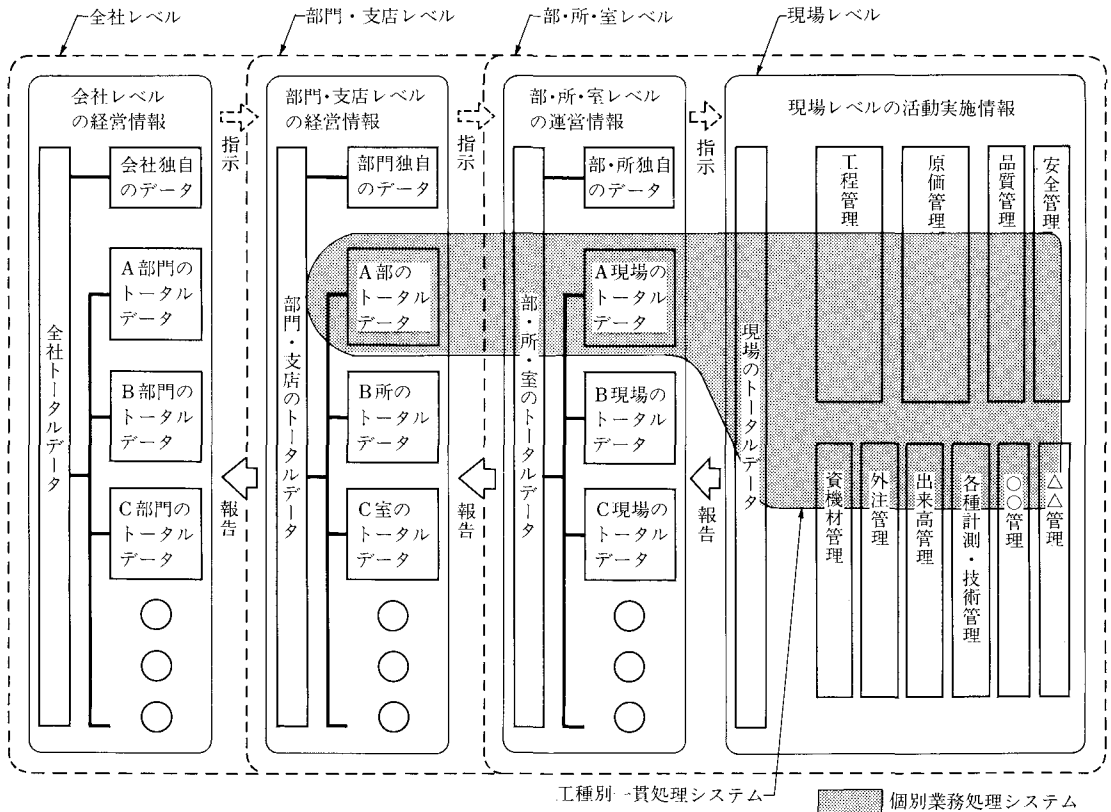
近年の建設に関する技術の進歩は目を見はるものがあり、建設事業のどのステップにおいても多種多様な技術が活用され、その力により意図した構造物が次々と実現されている。

特に、情報処理についてはソフト、ハードともに実用化が一段と進み、建設事業の各段階、各作業で欠くことのできない技術の1つになってきている。

建設マネジメント技術という立場でこれらの要素技術や情報処理とのかかわりを考えてみると、個々の技術の研究、開発、改善等はそれぞれの分野の専門家に委ね、われわれは成果としての技術をどう活用すべきか、あるいはどのような機能、性能をもった技術を必要としているか等について明確にすべき役割を担っていると考える。

今後取り組むべき課題は次のような事柄である。

- ① 建設技術の特徴、適用条件等についての調査、研究をし、体系化をはかり、最適技術を提供できるシステムの検討および他分野の最新技術を建設分野に活用する仕組みの検討
- ② 各種管理手法の調査、開発および活用方法の研究
- ③ AI、ファジィ等の技術を活用し、各種作業の効率化、高度化をはかる方法の研究



図一五 組織内の情報整備

- ④ 建設事業の各段階で必要とする情報の提供と発生した情報の蓄積に関するデータベース化，システム化等の検討
- ⑤ 建設事業を支援するための情報ネットワークのあり方に関する検討
- ⑥ 技術開発，システム開発を効果的に行うための開発方法，開発体制等の検討

以上のように建設マネジメント技術がかかわる分野は多岐にわたっており，その調査，検討，研究も緒についたばかりといって良い。今後も建設技術はハード，ソフト両面で急速に発展してゆくことは確実であり，建設事業はより高度なものを要求するようになり，それをとりまく環境もより厳しいものになると思われる。

これからの建設事業の推進には建設マネジメント技術は不可欠な技術の1つとしてその重要性はますます高まるとともに，その対象とする分野もより広がってゆくと考ええる。

4. 建設マネジメント技術の将来

建設事業が増大し，より複雑になるのに伴ってそれを管理する技術はますます重要視されるようになってきた。特に，この数年建設マネジメントに関する技術の発

展は情報処理技術の進歩とあいまって著しいものがある。ここでは現状の技術をふまえ，21世紀の建設マネジメント技術を展望する。

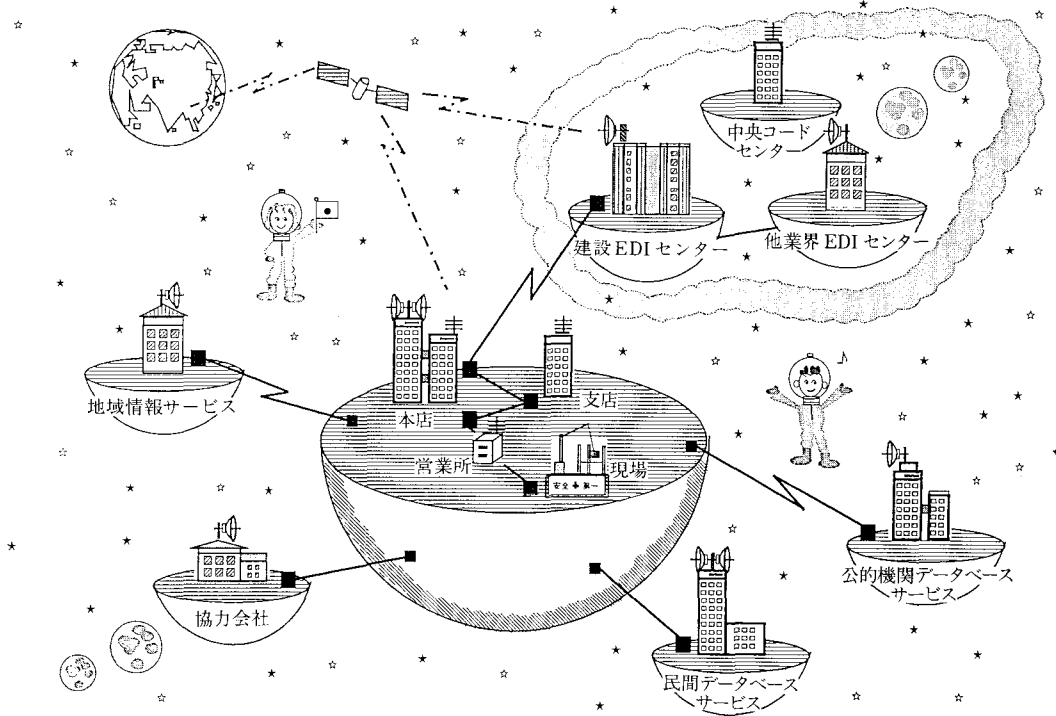
(1) 情報ネットワークの活用

- a) マルチメディア・ワールドワイド・ネットワークへの展開

高度情報化を完成させるためには，企業内の情報化のみならず，他企業・他産業も含めた企業間の情報交換をも情報化の対象としていくことがきわめて重要といえる。21世紀においては，通信・ネットワーク関連の技術が飛躍的に向上する一方，高速デジタル専用回線やISDNが地球規模で普及しているだろう。そこでは数値・文字・イメージ・画像（含む動画），音声等種々の情報を扱うメディアが統合されたマルチメディア・ネットワークが可能となり，さらに各企業の国際的な活動が通信衛星を使ったマルチメディア・ワールドワイド・ネットワークの上で展開されている（図一六）。

- b) マルチメディア・データベースの普及

企業内および企業間ネットワークの普及とあいまって，調査・計画・設計・施工・維持管理の各建設プロセスにおけるデータベースの構築・活用も急激に進展する。



図—6 21世紀における建設ワールドワイド・マルチメディア・ネットワークの全体イメージ

これらのデータベースは、写真等の画像情報やCG、VTR、CATV等の動画情報をも収容できるように、最適なメディアにより構成されている。また、利用するワークステーションもマルチメディア、マルチウインドウ対応となっており、複数のウインドウを同時に開くことができる。この機能を利用することにより各種のデータベースから検索された文献情報や図面情報あるいは動画情報等を1つの画面で同時にみることができ、さらにそれらを加工・編集することも可能となる。

建設プロセスにおける調査・計画段階では、リモートセンシングや航空写真等で得られた地形や地質等の情報、マッピングシステムで蓄積された国土数値情報や地下埋設情報、VTRに収録された過去の施工状況等、多種多様なデータベースが普及し、プロジェクトの企画・計画の最適化、迅速化のために随時利用することが可能となる。

設計段階では、施主、設計会社、施工会社それぞれのネットワーク化が進み、各社間でのCG・CADデータ等設計データの交換がなされている。また自動設計や自動製図システムも実用化され、施工の自動化を目的とした建設CIMの可能性を高めている。

施工段階では、施工計画データベースに基づいて作業が進められ、現場事務所の大型ディスプレイでは現場の作業状況を表示すると同時に、計画と実績の対比や今後

予測が動的に把握できるようになっている。

維持・管理の段階では、設計CADシステムや施工計画システムで作成されたデータベースに施工実績が付加され、これらのデータベースから、構造物の耐久性診断、メンテナンススケジュール等維持管理のための情報取得とその対応方法の検討を随時行えるようになっている。

c) EDIの日常化

わが国のEDI（電子データ交換）は、通信手順、電子帳票、ファイルレイアウト等の標準化と運用基準、運用体制の検討を開始した段階であり、各業界もしくは、企業グループ間で個別に対応しているのが現状といえる。

しかし、一部の先進企業グループや業界ではすでに実施レベルに達しているところもある。特に電子機器業界の（社）日本電子機械工業会（EIAJ）による“電子部品流通のオンライン企業間取引”は大手セットメーカー、部品メーカー、傘下の下請け企業との間で電子化された各種帳票の交換がすでに実施されている。ここではいち早くEDI推進センターを設立し、標準化の推進と維持管理、統一企業コードの発番・管理等の業務を開始している。また、他業界を含め広く取引情報交換、EDI化を進めるために、中央コードセンターの設立も検討している。

建設業界においても、建設省の指導のもとに、建設業

者、資材業者、商社、銀行等から構成された、CI-NET (Construction Industry Network) 協議会を設立し、

- 協力業者との情報交換
- 建設資材の受発注業務
- 処理代行業務
- 地域型情報交換業務
- 官公庁への届出等情報提供業務

について、交換業務の範囲、情報内容、サービスイメージ等の検討を開始しており、モデルシステムの開発にも着手している。

21世紀においては、これら官・民合わせた種々の協力、および他業界との調整などが進み、建設 EDI は大きな発展を遂げるものと思われる。これにより、協力業者、商社、メーカー、建設業者あるいは建設現場間で電子化された見積書、契約書、注文書、納品書、請求書等が“建設 EDI センター”と建設業界 VAN・他業界 VAN を介して、自由に交換され、そのデータも自動的にゼネコン各社のコンピュータで処理されるようになる。また、発生する費用についても各種銀行において自動的に決済されるので、事務処理作業の多大な省力化と、発注から費用決済までの大幅な期間の短縮が実現する。このようにして想像以上の合理化と情報の多面的活用がなされるであろう。

(2) AI 技術の高度利用

a) 要素技術実用化の進展

AI は、1950 年代から欧米を中心に研究が始められ、コンピュータの処理能力が向上するとともに、自然言語処理、パターン認識、知能ロボット等のさまざまなテーマに応用が試みられた。1980 年代に入り、新世代コンピュータの開発が国家プロジェクトとして進行し、各種 AI 技術の開発も民間で進められるようになったのを契

機に産業界でも AI ブームが到来している。

従来人間が行っていた知識処理活動である問題解決や言語理解、学習をコンピュータに代行させようとする AI 技術を、「勘」と「経験」が重要な役割を果たす土木の分野に導入しようとする試みは自然な成り行きといえる。いろいろな議論を巻き起こしたエキスパートシステムも、実用システム数が増え、安全性の向上、省力化、品質・精度の向上、知識の継承などに大きな役割を果たしている。また、最近の新しい展開として、曖昧処理を取り入れた「ファジィ理論」と自己学習機能をもつ「ニューロコンピュータ」の研究も進み、高度な制御システムなどに応用されている(表一1 参照)。

b) 建設プロセス全般にわたる利用

調査・計画段階は、実にさまざまな調査・分析を必要とする。現状では、情報が必要になるたびに調査を実施し、そのデータをもとにコンピュータシステムで処理を行い、専門家が最終判断を行っているにすぎない。しかし、土木構造物に対するニーズも高度化・複雑化が進むにつれ、人手に頼る従来の調査・計画ではアセスメントなどに限界が生じてくる。たとえば AI を活用した計画情報収集支援システムは、計画の基本的な前提条件からでも必要な情報を各種のデータベースから検索し、不足している情報については、どのように調査したら良いかを提案する。次に収集した情報を受け継いだ計画策定支援システムが、それぞれの計画機能に応じてサブシステムを起動し、計画者や利用者、地域住民と対話しながら最適な計画を立案することが可能になる。

設計段階は計算・製図と分析・判断の繰り返しによって構成される。工法や材料を選定する問題には、早くから AI の応用が進んでいるが、さらに各種のデータベースと設計計算システム、CAD システム、積算システム

表一1 AI の応用例

要素技術	一般的応用分野	土木分野での応用
エキスパートシステム	診断 設計 予測 解釈	構造物劣化診断 構造物形式選定 リスク分析 高度情報化施工
自然言語理解	自動翻訳 自然言語応答 音声応答	海外情報交換 技術 DB 検索 施工機械指示
画像理解	知的 CAD/CAM リモートセンシング	図面認識 CAD 地質調査
教育システム	知的 CAI	工事管理シミュレータ
知能ロボット	自走ロボット 汎用ロボット	施工ロボット 原子力・海洋ロボット
ファジィ	ファジィ制御 ファジィ OR	シールドの掘進制御 土量配分計画
ニューラルネットワーク	パターン認識	交通計画モデルに応用

等を有機的に統合するコミュニケーション技術として AI が用いられ、知的設計支援システムが実現する。

施工段階は着工から竣工までの間に計画、実施、確認、見直しのサイクルで、絶えず施工管理が繰り返される。工程計画や施工計画を支援する AI システムの開発が進むと、現場に張り巡らされたセンサー群から収集される各種の計測データを常時自動的に監視・分析することができる。さらに工事が順調に進行できるようにアドバイスを与え、異常を察知すると直ちに警告を発生し、適切な対策工法をも提示してくれる。また、建設ロボットの普及に関しては、AI による知能化が不可欠の要因と考えられる。

維持・管理の段階では、トータルのライフコストを最小にするために、構造物の実態把握を十分に行い、適切な維持・管理・補修の判断が重要になる。コンクリートのひびわれ原因の推定システムを初め、各種診断エキスパートシステムはいち早く実用化されているが、人間が計測データを認識・判断しているのが現状である。今後は管理全般に AI を適用して、計測データを即時に分析し、ネットワークを利用して複数の構造物を同時に管理できるシステムに成長する。

(3) 建設 CIM への試み

a) CAD/CAE の進展と CIM 化の研究

機械、自動車、航空、電子産業等の製造業に遅れはとったものの、1980年代前半に入り、大手建設会社を中心に設計製図のための CAD を手始めに、コンピュータ利用による設計業務の合理化、設計品質の向上を目的に CAD/CAE が盛んに活用されるようになってきた。さらに、80年代後半になると CAD が建設業界全体に普及するとともに、大手建設会社では、営業から、企画設計、施工、メンテナンスに至るまでのコンピュータ化を目指した一貫 CAD の開発とサブコンストラクターとのデータ交換が盛んに行われるようになってきた。しかし、CAM 化においては、建設業が一品受注生産であること、大半の建設作業が、自然環境や社会環境の影響を受けやすい屋外で行われ、かつ、作業に移動を伴うこともあって、ロボット化が図られているのは、ほんの一部の作業だけで、機械化・自動化のレベルにとどまっている。

一方、最近における CIM の要素技術である CAD/CAE の進歩と普及、知識工学の発展、ネットワークの整備、各種データベース構築と実用化の進展を考慮して建設業における CIM に関する研究活動が、建設省、学会をはじめとして、民間でも盛んに行われるようになってきた。この CIM は生産ラインの自動化から発展してきた製造業における CIM とは大きく異なることから、建設 CIM または CIC (Computer Integrated Construction) とよばれている。

b) CIM 実現のイメージ

前述の建設 CIM を実現するためには、その要素技術である CAD/CAM/CAE、知識工学、データベース、ネットワーク技術の著しい進展が望まれる。そして、それらの要素技術が統合化されることによって、1990年代の一貫 CAD は企業内基幹データベース、エンジニアリングデータベースに加え、広域ネットワークを通じ、国土情報、地域情報、気象情報、交通情報等の公共データベースや経営情報、企業情報、商品情報等の民間データベース、さらには関連企業のデータベースと結ばれるとともに、知的 CAD/CAE の実用化により、最近の情報を活用した汎用性の高い有機的な統合 CAD から建設 CIM へと発展してくる。

企画・設計においては、現状の設計と施工が分離された建設生産活動の障壁を乗り越えた自動化適合設計技術が普及するとともに、データベースネットワークの利用による最新の情報の活用と知的 CAD が、設計に欠くことができなくなってくる。このレベルになると、設計技術者は、より創造性の高い業務や、顧客や現場の建設技術者との情報交換まで含めた情報のマネジメント業務に専念するようになる。

また、施工においては、自動化適合設計された構造物の建設には各種の移動型知的ロボットが活躍するようになってくる。建設事務所内には、移動型コンピュータームが配置され、生産工場としての建設現場の統合的施工管理システムが建設ロボットの作業管理、前述のデータベースのアクセス、外部との情報交換から工程管理、工務管理、事務処理に至るまで、一貫して処理するようになる。このようにして、建設された構造物の設計・施工、メンテナンスの各段階におけるさまざまな情報は建設企業内のデータベースに蓄積され、将来の建設においても活用されるようになる。

すなわち、建設 CIM の発展は、現在の設計、施工主体の建設業を、建設計画から設計、施工さらには構造物の運用、取り壊しに至るまでのライフサイクルを管理する総合企業（エンジニアリングコンストラクター）に展開していくことになるだろう。

(4) 高度情報化施工と施工の自動化、ロボット化の進展

a) 情報化施工の一般化による安全の徹底と高品質の確保

① 背景と現状

情報化施工の概念は設計時の予測と実際のギャップを埋め合わせるもので、「現場の主要な箇所に各種の計測器を取り付け、それから得られる時々刻々変化する現場情報をコンピュータなどでいち早く解析処理し、次の施工段階にフィードバックしながら施工を進める」と定義

される。すなわち、一種の意思決定支援システムということができる。

この考えの原点は Terzaghi and Peck (1948) が提唱した現場計測工法であるが、上記の定義に相当するものは日本では1970年代になってからである。その後のマイコンの発達・普及に伴い情報化施工は建設現場に広く取り入れられてきている。ある建設会社の最近5年間の実績によれば、約50種類・80現場にわたっている。最も多い工種はやはり土工事（開削工，シールド，造成工事等）や NATM トンネルであり，地下鉄，ダム，橋梁工事にも適用されている。

② 将来展望

現場の安全性を確保し，高品質の構造物を経済的に構築することが建設技術者の第一の課題であることから，情報化施工は今後さらに発展することは間違いないものと考えられる。すなわち，設計上に生じる多くの不確実性の対応策として情報化施工が最も経済的であり，また確実であると考えられるうえ，設計技術の進歩は情報化施工から得られるデータや設計変更の実績が不可欠なるからである。

さらに，現時点では情報化施工の適用現場の大半が土工事であるが，今後橋梁や海洋構造物など多岐にわたる工種に対しても適用されることが予想される。

システムの形態と運用に関して，現在，計測システムは，半自動計測が大半を占めており，現場に設置されたパソコンを用いて運用しているのが現状である。将来は自動計測による省力化がなされるとともに運用形態もコンピュータネットワークを利用する方向に進むことが予測され，期待される。すなわち，現場の規模，計測点数，

頻度および次工程の予測を行うフィードバック手法のレベル等に応じて現場パソコンのみで処理する場合と現場パソコンを通して大型のホストコンピュータまでデータを転送・処理しリアルタイムに現場パソコンに送り返す場合とを使い分けていく形態である（図-7）。具体的には，日常管理はパソコンで行い，管理限界に近づいた場合や設計変更を伴う詳細検討を行う場合および計測データの保管管理には大型コンピュータで処理するのが適切と考えられる。

この結果，現場で得られる情報は単に現場だけにとどまらず，設計部門，研究部門での利用も容易となり，設計技術の向上に反映される。

このように，情報化施工の狙いである安全性，経済性，機動性，高品質のすべてを満足できるシステムの形態と運用体系が定着するもの近い将来であろう。

b) 自動化，ロボット化の展望

ここではシールド工事とダム工事を例にとり，その自動化・ロボット化の現状および将来展望をしてみる。

現在シールド工事において自動化されているものは時間的な繰返し作業に多く，また一次覆工に関する作業に多いようである。たとえばシールド掘進，泥水輸送処理，セグメント組立，裏込注入，測量・計測といった作業で実現されている。立坑築造に関しては部分的に自動化されているが，準備工，片付け工では人手に頼っているのが現状のようである。このような現状を踏まえて，シールド工事に関して近い将来に自動化・ロボット化されると予想されるものは，立坑築造ロボット，掘削・セグメント組立ロボット，仮設備延伸ロボット，坑内清掃ロボット，二次覆工用自動スライド型枠システムといったもの

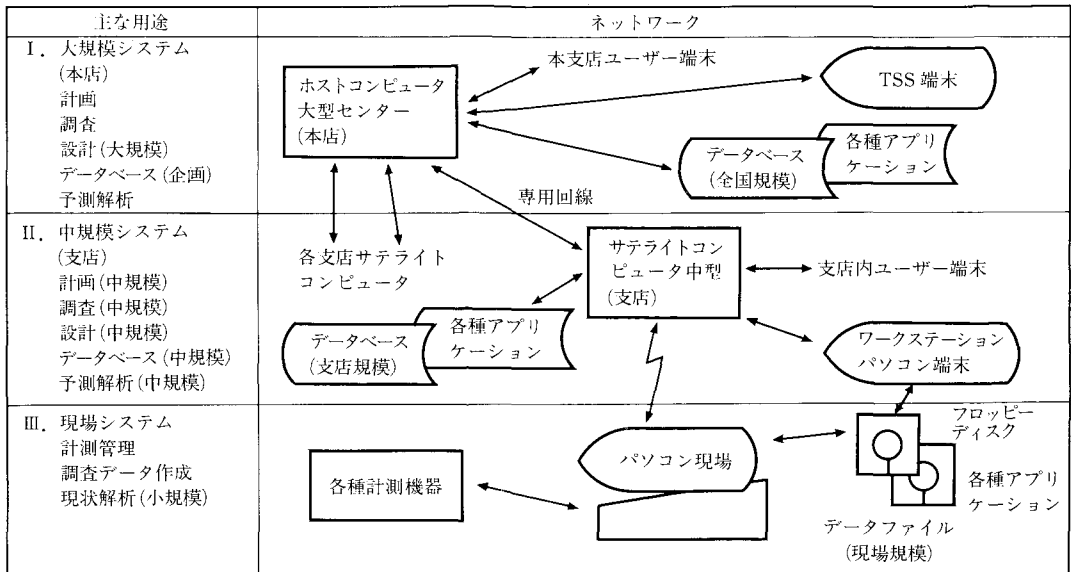


図-7 コンピュータネットワークの代表的な利用形態

が考えられる。また ECL (Extruded Concrete Lining) 工法を基本とする全自動シールド工事システムの構想もある。

一方、現在ダム工事において自動化されているものは空間的な繰返し作業に多く、堤体型枠のスライドセット、コンクリートの製造・運搬、RCD (Roller Compacted Dam) コンクリートの締固めといった作業で実現されている。ダム工事に関して近い将来に自動化・ロボット化されると予想されるものは、掘削、集ずり、積込み、運搬を行う全自動掘削ロボット、岩盤清掃ロボット、コンクリートの品質管理に重点を置いた完全自動バッチャープラント、運搬、撤出し、締固めを行う全自動システム、クリーンカットロボット、全自動型枠ロボット、グラウト自動注入システムといったものである。

また、シールド工事と同様に、これらのシステムの集大成を行った全自動ダム工事システムの構想もある。

ここで示したように、建設工事における時間的、空間的な繰返し作業は基本的に自動化・ロボット化の可能性があり、また測定データ（一次情報）で判断可能な作業もまた近い将来に自動化・ロボット化の可能性があると考えられる。

また、将来的には工事システムのプラント化が一層進み、現在一部製造業で実現されている無人化工場が建設工事においても実現される日がくると予想される。

(5) 21 世紀の工事マネジメント

a) インテリジェント・オフィス化された現場事務所
建設現場事務所はいわゆるハイテク技術によって様変わりをしていく。現場マネジメントにかかわる情報を大別してみれば、計数データ、イメージデータ、文章、音声、映像などがある。これらの情報をそのまま現場でリアルタイムで把握し、加工し、蓄積していけるようなシステム環境となった現場事務所、つまり、インテリジェント・オフィス化が推進されている。CIM 指向に同期してインテリジェント・オフィスとしての機能は、DB システム、コミュニケーションシステム、プレゼンテーションシステムから構成される。

すなわち、本店、支店にある DB に集積されたデータをコンピュータネットワークを介して現場のワークステーションで利用する。データ処理した結果は各種のビジュアルなプレゼンテーション機器に写し出し、必要に応じて TV 会議をし、迅速な意思決定の支援をしていく。もちろん ITV (Industrial TV) によって現場の状

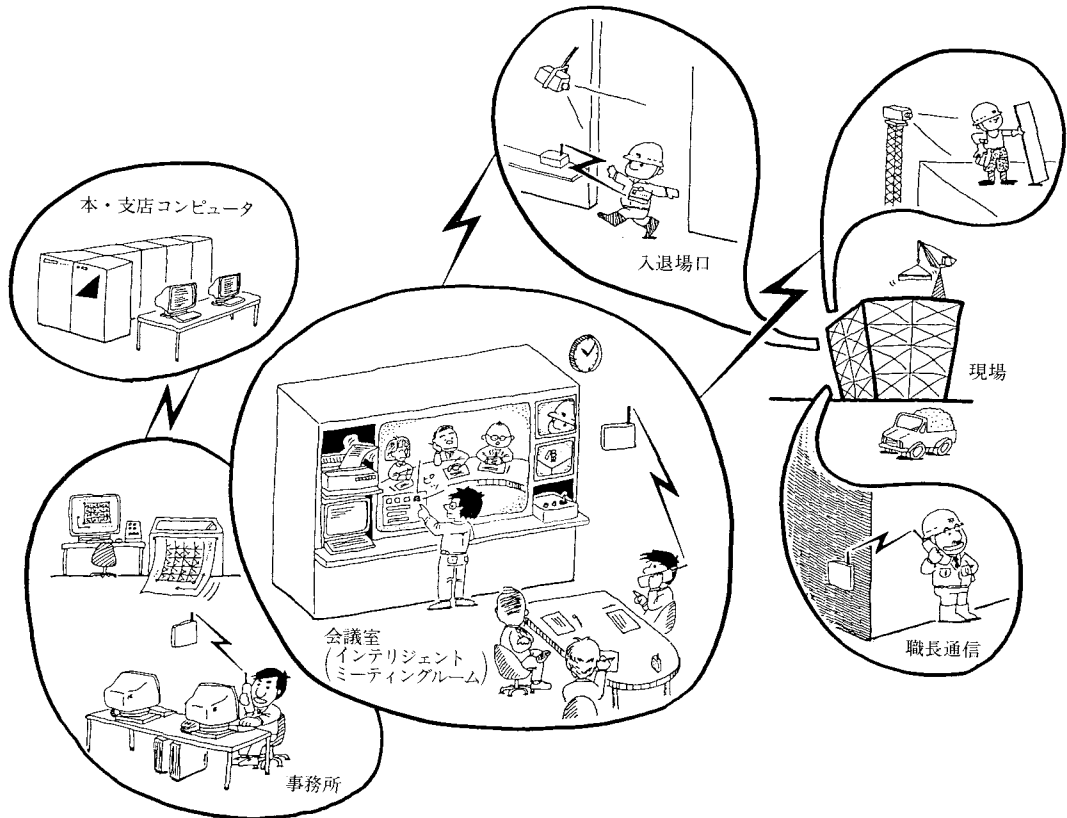


図-8 インテリジェント・オフィス化された現場事務所

況もマルチスクリーン上にモニタリングできるし、作業する人々の胸にはICカードがつけられ、それをセンサーが組み込まれたパーソナル・ロケーション・システムで読み取るにより各作業員を識別し、作業指示情報や実績情報が授受される。また、作業の標準化が進められ、AI手法も駆使されて、工場生産的な形での自動化施工も一部では進められている。

マルチメディア対応のワークステーションが機の代わりに1人に1台ずつ配備されるなど、現在の現場事務所からは飛躍的に向上したインテリジェントオフィスが実現している(図-8)。

b) 現場マネジメントシステムのイメージ

工事管理の主要な管理対象は安全管理、工程管理、原価管理、品質管理であり、これらの共通基盤に情報管理が位置付けられている。マネジメントの原則はPDCAであるがこれらの機能に直結するアプリケーションソフト群がより高度に、より幅広く整備されているだろう。たとえばORによってより経済的な施工工程を策定し、それに基づいた要員の配置とそれに対する作業指示や資材の調達計画等も提示する。さらに作業員の出勤状況や実作業による工事実績データの収集、工事進捗の把握とそれに連動した工事原価の算定、各種施工データの統計解析に基づく生産性や歩掛の評価、残工事の工程シミュレーションなど各種のシステムが相互に関連して動いている。

一方、技術情報、管理情報などあらゆる情報の共有化と分散化が進み、ネットワークの整備とあいまってどんな遠隔地からでもそれぞれのグレードに合わせて、いつでも、どんな情報でも容易に得られるような仕組みが実現している。また、施主からの指示、協力会社への連絡あるいは取引会社への資材発注など施工関連企業間の情報交換がオンラインで行われ、現場内では社員間・作業員間でも同様のやりとりが可能になっているであろう。このようにあらゆるハイテク技術やソフトウェア技術を駆使したマネジメントシステムが現場事務所・工場現場・関連企業間を含めたネットワークの中で高度に運用されている姿が容易に想像される。

5. おわりに

わが国において建設マネジメントの言葉が定着し、広く土木技術者の中で利用され始めたのは、昭和60年2月土木学会に建設マネジメント委員会が誕生してからと考える。以来、今日に至るまで建設マネジメントにかかわる領域ほど、各種機関で技術者育成に力を入れられた分野はほかにはないと思う。特に建設業においては、EC

化、高度情報化が叫ばれる中、増大する難工事を高生産性で、しかも所定の品質で終えるには、建設マネジメントは欠かせぬ技術となってきた。

土木の職場は3K(危険、汚い、厳しい)と、若者を中心に屈辱的な呼ばれ方をされるようになった。土木構造物の建設は計画・設計などのように工学的学問と、施工のように経験的技術が中心となるものと構成されるが、特に施工の職場である現場は、他の産業の職場に比し3Kの度合いは高いといえる。こうした悪い職場のイメージは、若者の土木離れと、建設技能労働者不足を招く原因となっており、これらの解決のため4.の建設マネジメントの将来で述べた技術が一助になるものと考ええる。また、経験と勘の蓄積技術である施工分野と、工学的知識である計画・設計および維持管理分野との、インターフェイスの役目をも行う建設マネジメントの技術力向上には、計画・設計、施工、維持管理に務めるすべての人々の理解と協力が欠かせない。

本文の作成にあたっては、常日頃建設マネジメント委員会委員の皆様と話し合ってきたことを参考とさせて頂いた。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 成島 昭：社会資本整備のための建設マネジメントの役割、土木学会誌、Vol.75, No.6, pp.1, 1990.5.
- 2) 高橋 裕・酒匂敏次・権貝博美：土木工学大系1, 彰国社版, pp.168~170, 1982.
- 3) 土木学会建設マネジメント委員会：第6回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集(1988.12),「建設マネジメントについて」吉川和広(京都大学),「建設マネジメントの将来性について」松本嘉司(東京大学).
- 4) 土木学会建設マネジメント委員会工事システム小委員会：工事マネジメントシステムについて, 1988.6.
- 5) 土木学会建設マネジメント委員会工事システム小委員会：現場マネジメントのための情報処理システムの活用・普及ガイド, 1990.3.
- 6) 土木学会・土構造及び基礎委員会：土質工学における情報化施工研究報告書, 1988.
- 7) Terzaghi, K. and Peck, R.B.: Soil Mechanics in Engineering Practice, pp.326~328, John Wiley and Son, 1948.
- 8) 脇黒和彦・富永真生・長野昌男・新村和規：鋼管矢板井筒基礎支保工の情報化施工について, 土と基礎, Vol.19, No.3, pp.3~12, 1971.
- 9) 庄子幹雄・松本 喬・佐々木猛：土木技術にみるコンピュータ, 5. 情報化施工, 土木学会誌, Vol.71, No.8, pp.63~66.
- 10) 建設工事における自動化・ロボット化への展望(中間報告書), 土木学会, 建設用ロボット委員会, 1989年8月。(1990.8.6・受付)