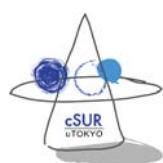


# 第22回技術セミナー

22nd Construction Engineering Seminar OKUMURA CORPORATION

社会基盤を速く造るために  
ー建設プロジェクト迅速化の技術・制度・効用ー

平成22年12月



 株式会社 **奥村組**

東京大学 GCOE プログラム  
「都市空間の持続再生学の展開」

## ご 挨拶

奥村組では、毎年技術セミナーを開催させていただき、時節の話題をメインテーマとして、ご高名な先生方に基調講演・パネルディスカッションをお願いしております。本年度第22回を迎えることができ、ご出席の皆様や講師の先生方のご支援とご指導の賜物と深く感謝いたしております。今回は、東京大学のグローバル・センター・オブ・エクセレンス(GCOE)・プログラムの一拠点であります「都市空間の持続再生学の展開」と共催させていただくことができ、本セミナーの歴史に重みが増したものと喜んでおります。

さて、国内公共事業の大幅な縮減により、国土交通省は海外の開発途上国を中心とした新たなニーズに対して積極的に展開していく方針を打ち出しました。海外への進出はすでに様々な分野で進んでおり、わが国の建設技術の高さは証明されているところではありますが、国内プロジェクトのスタートから供用までの期間が外国の例と比べて速いかという議論になれば、考え込んでしまいます。限りある資源、人材、時間を効率的に使うことが、国民の利益を生み、ひいては温暖化ガスの発生量を抑制できると信じて、解決方法を見つけていくことが肝要であると考えます。

このような背景から、『社会基盤を速く造るためにー建設プロジェクト迅速化の技術・制度・効用ー』を今回のメインテーマといたしました。建築の維持補修やマネジメントの分野で幅広く活躍されている東京大学生産技術研究所長 野城智也先生、コンクリートのマルチスケール材料構造練成解析の創始者でいらっしゃる東京大学工学系研究科教授前川宏一先生による基調講演、さらにGCOEプログラム特任准教授 福井恒明先生をコーディネーターに、野城先生、前川先生、アジア航測株式会社 武藤良樹様、弊社技術研究所長 栗本雅裕によるパネルディスカッションを企画いたしております。

また、GCOEの概要と弊社における最近の開発成果の一部をポスターセッションにより紹介させていただきます。是非ともご高覧いただきたく存じます。

ご出席の皆様からご意見、ご指導をいただき、来年以降も有意義なセミナーにしていきたいと思っております。今後とも温かいご支援を賜りますよう、よろしくお願い申し上げます。

平成22年12月

取締役

常務執行役員 土谷 誠

土木本部長

# 目次

## メインテーマ

社会基盤を速く造るために ー建設プロジェクト迅速化の技術・制度・効用ー	1
--	---

## ー基調講演ー

I. 契約発注の工夫によるリードタイム短縮の可能性	3
---------------------------	---

東京大学生産技術研究所長	野城 智也氏
--------------	--------

II. 施工改革がもたらす時間・コストの縮減と環境負荷低減	27
-------------------------------	----

東京大学工学系研究科教授	前川 宏一氏
--------------	--------

ーパネルディスカッションー	37
---------------	----

### コーディネーター

東京大学グローバルCOEプログラム 「都市空間の持続再生学の展開」特任准教授	福井 恒明氏
---	--------

### パネリスト

東京大学生産技術研究所長	野城 智也氏
--------------	--------

東京大学工学系研究科教授	前川 宏一氏
--------------	--------

アジア航測株式会社	武藤 良樹氏
-----------	--------

株式会社奥村組	栗本 雅裕
---------	-------

ーポスターセッションー	43
-------------	----

ー過去の基調テーマと講演者ー	45
----------------	----

### 社会基盤を速く造るために － 建設プロジェクト迅速化の技術・制度・効用 －

国内公共事業の大幅な減少を受けて、海外の巨大建設プロジェクトに積極的に参画することが国の基本方針に位置づけられました。国内の社会基盤整備や交通システムの構築で磨いた技術、経験、ノウハウの海外での活用が求められています。しかしながら、必ずしも採算の合う事業ばかりでないという現実とのギャップを埋めていくことが急務となっています。

一方、国内の建設プロジェクトの計画から供用までの期間は、グローバルスタンダードと比較すると明らかに遅いのではないかという意見が多くみられます。狭い国土に起因する権利の複雑な競合など、比較が困難な条件を勘案する必要があるのですが、制度や技術の見直しによって手続きや施工期間を短くすることができれば、プロジェクトそのものだけでなく、環境や利用者に大きなメリットがおよぶことは容易に想像でき、海外での競争力向上にも大きく寄与するものと考えます。

本セミナーの基調講演では、契約発注方式の工夫によるリードタイム短縮のポイントと制約および対策、施工速度の圧倒的な改革がもたらすコスト縮減と環境負荷低減について紹介し、建設プロジェクト期間の短縮策を探ります。パネルディスカッションでは、施工管理や施工法の進歩による迅速化に加え、関係機関がどのように連携すればプロジェクト全体を迅速化できるのかを討論するとともに、ご出席の皆様にも本テーマについて考えていただける話題を提供いたします。



「契約発注の工夫によるリードタイム短縮の可能性」

やしろ ともなり  
野城 智也

東京大学  
生産技術研究所長



建設省建築研究所, 同住宅局住宅建設課, 武蔵工業大学助教授, 東京大学助教授を経て, 2001年東京大学生産技術研究所教授. 2009年より現職.

要 約

建設プロジェクト期間を短縮する第一のポイントは、設計、生産設計、調達・流通、施工の各プロセスを並行して進捗させることにある。また第二のポイントは、生産資源配分の最適化により、各工程内及び工程間の無理無駄を取り除いていくことにある。但、これらの対策の実行は、プロジェクトにおける契約発注方式により制約を受ける。そこで、本講では、まず、これらのポイントに沿った具体的な対策を解説したうえで、どのような契約発注方式をとれば、これらの対策を実行しリードタイムが短縮できるかを解説する。

## リードタイムとは (ウイキペディアより)

リードタイムは、生産・流通・開発などの現場で、工程に着手してから全ての工程が完成するまでの所要期間である。  
トヨタ自動車発祥の和製英語と言われる。手配番数(てはいばんすう)、略して手番(てばん)という。

ここで言う所用期間とは、実際の作業(製造なら加工)の期間だけでなく、発注から納品までの全期間である。作業を始めるまでの期間、待ち時間、検査・運搬などのための期間なども含む。

A lead time is the latency (delay) between the initiation and execution of a process. For example, the lead time for ordering a new car from a manufacturer may be anywhere from 2 weeks to 6 months. In industry, lead time reduction is an important part of lean manufacturing.

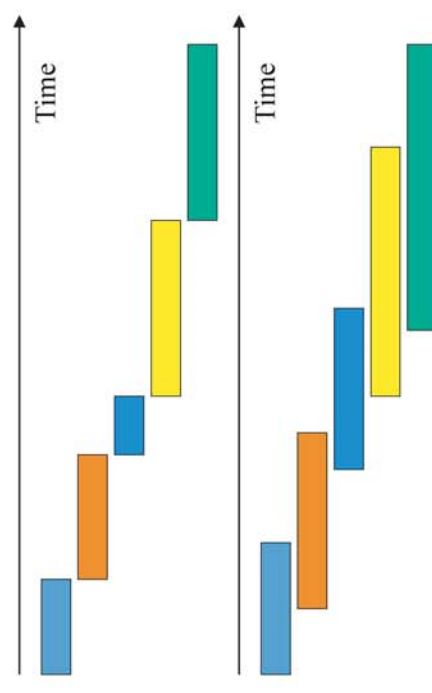
## 契約発注の工夫による リードタイム短縮の可能性

東京大学生産技術研究所

野 城智也

### 建設プロジェクト期間の短縮

1. 設計、生産設計、調達・流通、施工の各プロセスを並行して進捗させること
2. 生産資源配分の最適化により、各工程内及び工程間の無理無駄を取り除いていくこと



## World Trade Center (NY)はfast track の草分け

- 100-story, \$550m
- Tishman Company as Construction Manager
  - preparation of budget and detailed schedule,
  - coordination of design work and use of value engineering
- 170 work packages on phased basis
- fast track
  
- Late 1960s, university campus, hospitals and offices (USA)
- 1966年 パレスサイドビル

5

## 建設プロジェクト期間の短縮

1. 設計、生産設計、調達・流通、施工の各プロセスを並行して進捗させること
2. 生産資源配分の最適化により、各工程内及び工程間の無理無駄を取り除いていくこと

6

## 三井建設 2002年9月ニュースリリース マンションの超スピード施工法「HI-DOC工法」完成

<http://www.smcon.co.jp/news/2002/0209m.html>



(1) 地上躯体開始時 平成14年2月23日

7

## 三井建設 2002年9月ニュースリリース マンションの超スピード施工法「HI-DOC工法」完成

<http://www.smcon.co.jp/news/2002/0209m.html>



(2) 地上躯体終了時 平成14年4月25日

8



## 工区分割数nとサイクル工期 Tn

安藤正雄・浦江真人・遠藤裕造・河谷史郎 同期化された水平多工区分割工法の計画に関する研究(その2)工区数・工期・タイムモジュールの関係 日本建築学会第一回建築生産シンポジウム論文集 1985年

### 直列工程の 多工区分割と サイクル工期の 変化

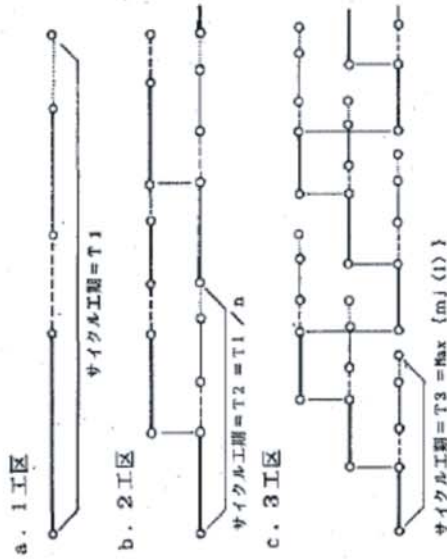
出典

安藤正雄・浦江真人・遠藤裕造・河谷史郎

同期化された水平多工区分割工法の計画に関する研究

(その2)工区数・工期・タイムモジュールの関係

日本建築学会第一回建築生産シンポジウム論文集 1985年



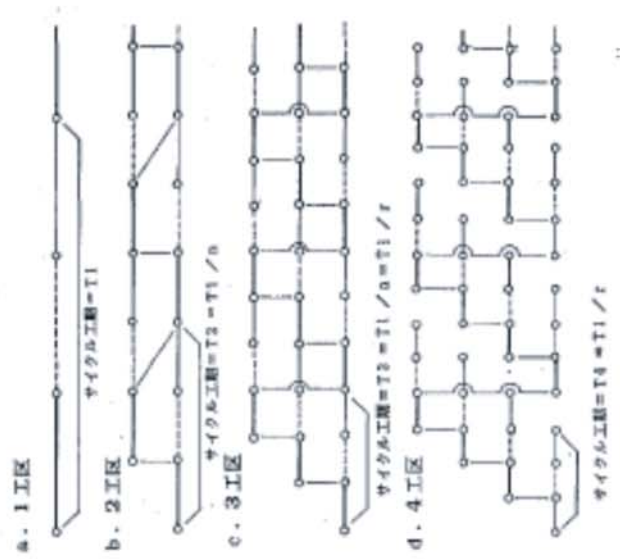
j : 作業職種の番号。 1 ≤ j ≤ r

10

### 同期化状態での 工区分割とサイクル 工期

直列に連結した異なる作業職種の一連の工程は、工区分割して同期化状態であれば、n分の1に短縮される。工区数がタクト数(r)を踏えれば、r分の1以下に下がることはない。n ≥ rの同期化状態を完全同期化と呼ぶことにする。完全同期化の状態では各作業職種の稼働率は100%となる。

出典  
安藤正雄・浦江真人・遠藤裕造・河谷史郎  
同期化された水平多工区分割工法の計画に関する研究  
(その2)工区数・工期・タイムモジュールの関係  
日本建築学会第一回建築生産シンポジウム論文集 1985年



11

### 契約発注方式の重要性

どのような契約発注方式をとれば、下記の対策が実行できるのか？

1. 設計、生産設計、調達・流通、施工の各プロセスを並行して進捗させること
2. 生産資源配分の最適化により、各工程内及び工程間の無理無駄を取り除いていくこと

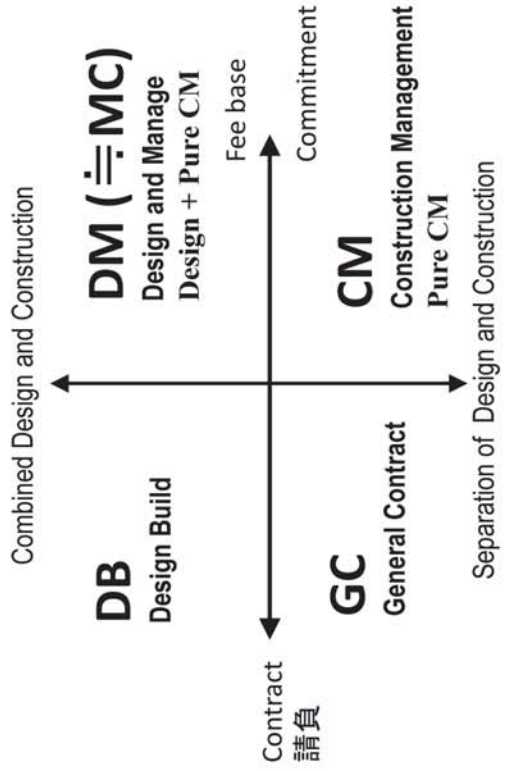
12

契約発注方式四類型

- Traditional / General Contracting (GC)
- Design-Build (DB)
- Design and Manage (DM)
- ≡ Management Contracts (MC)
- Construction Management(CM)
- (PFI projects)

13

江口 楨 武蔵工業大学名誉教授による契約発注方式分類



15

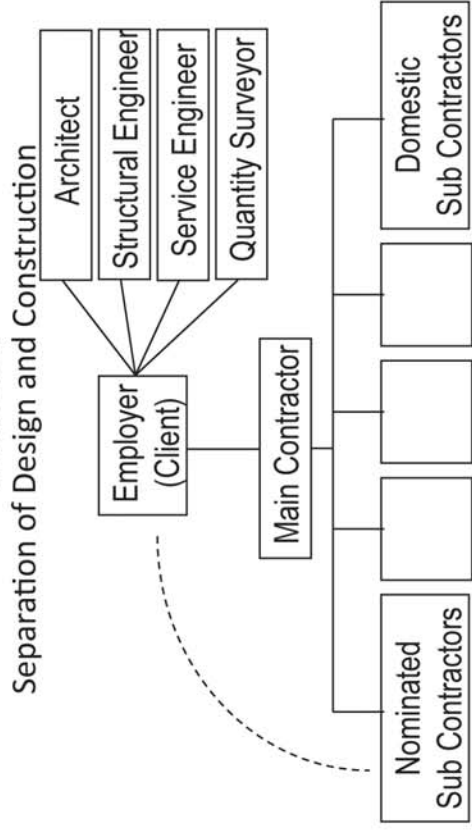
契約発注方式典型四類型

Different systems of procurement and project management

- Traditional / General Contracting (GC)
- Design-Build (DB)
- Design and Manage (DM)
- ≡ Management Contracts (MC)
- Construction Management(CM)
- (PFI projects)

14

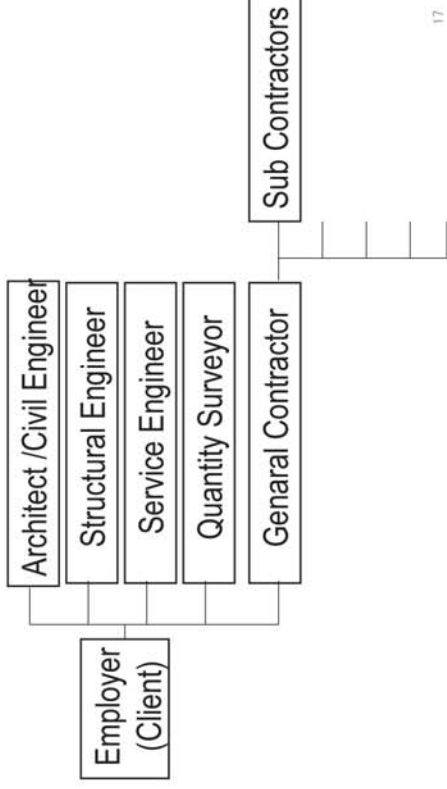
設計施工分離方式契約関係  
‘Traditional’



16

## 設計施工分離方式契約関係

Contractual relationship in 'traditional' general contracting (GC) can be drawn like these ways..



17



## 'Traditional' - General Contracting (GC)

Separation of Design and Construction

- 発注者が直接コンサルタントを発注
  - Design consultants
  - Quantity surveyor (Cost Engineer) who prepares Bills of Quantities (BQ-UK) or a schedule of rates(USA).
- 設計完了後、競争入札にて施工業者を選定When the design is well advanced a construction contract is let by competitive tender

18

## GC方式が用いられる典型的状況(1)

by John Murdoch and Will Hughes, *Construction Contracts - Law and Management, 1996*

- The employer has caused the design to be prepared and for purpose of the building contract takes responsibility for it;
- The employer's designer is sufficiently experienced to coordinate and lead the design team and to manage the interface between design and production;
- The design is substantially complete when the contractor is selected;
- An adequate quantity surveyor (≡ cost engineer) will be used to plan and control the financial aspects of the project;
- The contractor is selected on the basis of contractor's estimate and carries the risk that the estimate may be wrong;

19

## GC方式が用いられる典型的状況(2)

by John Murdoch and Will Hughes, *Construction Contracts - Law and Management, 1996*

- The employer reserves the right to select sub-contractors for certain parts of the work;
- 'Prime cost sums', including employer-selected sub-contracts, do not form the major proportion of the contract sum
- The employer's agents feel that it is important to use an acceptable negotiated form to ensure a fair and familiar distribution of risk;
- The client makes no explicit choice and the advisers do not raise the issue.
  - If procurement method is not immediately clear, and the project does not clearly demand some specific approach, then GC is probably best

20

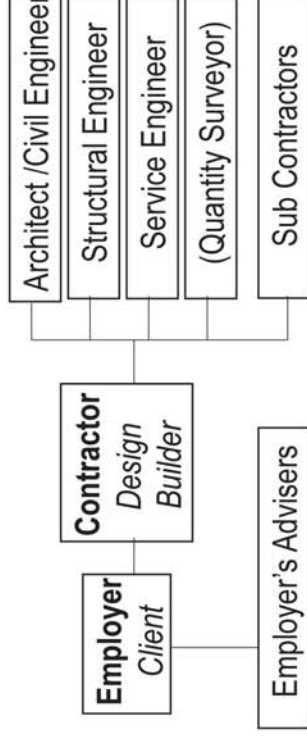
## GC方式のデメリット

Possible disadvantage of Traditional GC  
Adversarial relation and poor integration

- Production management know-how is excluded from design, so that the designs are inoptimum from a buildability point of view.
- Poor management for design changes
- Encourages 'claims' and creates a 'them and us' situation which is adversarial.
- Poor project integration, structurally and behaviourally
  - Classic Example: The Thames Barrier (1971-1982) 3.5-4 years late and £ 329.3M over budget
- The need for specialist design by sub-contractors may cause practical and legal problems
  - Who is responsible for design defects and delays?
  - The need for a new code for the selection of specialist design contractors?

21

## デザイン・ビルド方式における契約関係 Contractual relationship in Design and Build (DB)



22

## デザイン・ビルドに関する歴史的背景 Historical context of Design and Build

..the growth of design and build as a way of getting tighter organizational integration between design and production was accelerating rapidly in building and civil engineering by the late 1980s... a feature of 1990s is greater design accountability for overall project efficiency (cost, time, operational performance, etc.)

by Peter W G Morris 'The Management of Projects' 1994

23

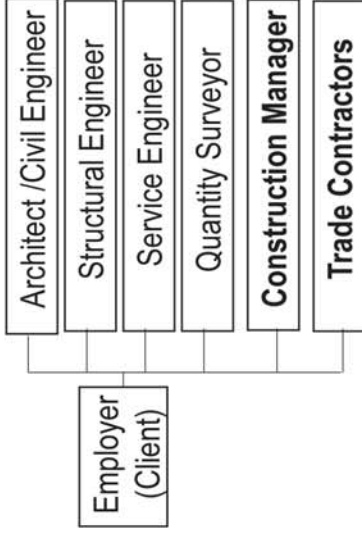
24

## Design Build

- 発注者にとっての利点 Benefits to the client
  - single responsibility
  - no more contractor claims for late information
  - contractor can be made responsible for all design
  - potential to ensure design continuity
- しかし難点もあり But gives rise to problems
  - the client loses "his" design team but still needs advice
  - Client requires quality of design work, but contractor pursues profit
  - the contractor may have *fitness for purpose* 'liability but the design team may only have *reasonable skill*' liability to him
  - the design team may have a conflict of interest

## CM方式における契約関係

Contractual relationship in Construction Management (CM)



25

## CM方式

### Construction Management (CM)

- there is no longer a main contractor
- the manager is part of the professional team and paid a fee to manage
- the client signs all the "trade contracts"
- this system is much used by large corporate clients but disliked by funders because of price uncertainty - they prefer "guaranteed maximum price" contracts

26

## 英語圏におけるCM方式の歩み (1)

- Mid 1960s Prefabricated school buildings system - **SCSD** (Cal-USA), **CLASP** (UK)
- Mid 1960s **World Trade Center** (NY)
- Late 1960s, university campus, hospitals and offices (USA)

27

## 英語圏におけるCM方式の歩み (2)

- 1970: Report by GSA (US General Service Administration) endorsed CM  
*Origins of Managing Contracting (MC) in UK*
- 1970s: increased number of CM  
*Evolution of the idea of Project Management (PM)*
- The mid to late 1980s: (attention to 'constructability') CM and DM as a tool means of achieving shorter project schedules and better integration
  - recognition that management of design is critical
  - 'Fast-Build' by starting work on early project package, such as foundations, superstructure even though design of later activities such as M&E, fit-out and finishings is not completed.

28

## CM方式が用いられる典型的条件

### Circumstances in which CM are typically used

by John Murdoch and Will Hughes, *Construction Contracts - Law and Management, 1996*

- The employer is familiar with construction, and knows some or the all professional team
- The risk associated with the project are dominated by timeliness and cost (private sector employer requiring a commercial buildings)
- The project is technologically complex, involving diverse technologies and sub-systems
- The employer needs to retain the right to make minor variation to requirements, as the project proceeds.
- The nature of the project is such that it makes sense to separate professional responsibility for the design of the project from professional responsibility for the management of the project

28

## CM方式が用いられる典型的条件

### Circumstances in which CM are typically used

#### Continued

by John Murdoch and Will Hughes, *Construction Contracts - Law and Management, 1996*

- The employer requires an early start on site
- The cost to the employer needs to be competitive, but the control of cost in terms of securing 'value for money' is more important than simply securing the least possible cost.

## CMにかかわる経験則Lessons from practices

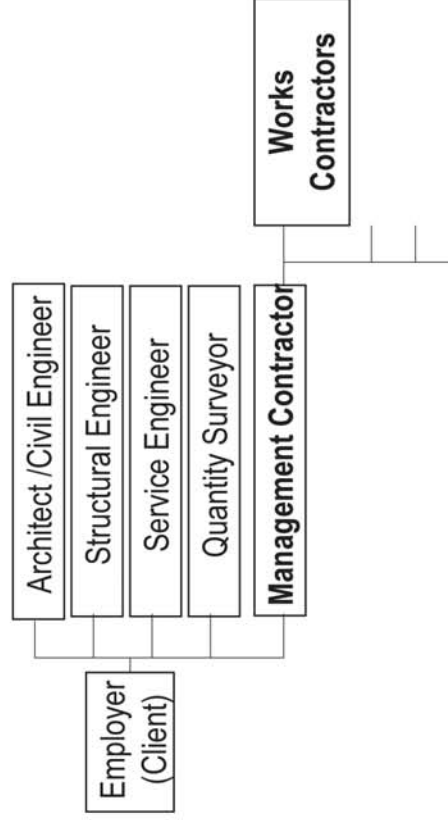
•CM depend on the manager's talent 個人能力で乱高下

•Not suitable for the one-off client / system but suitable for the volume and continuous client (Tesco M&S, so on )

- Not yet Standard contract
- Clients will be exposed to claims

30

## Contractual relationship in Management Contracting (MC)



31

## Management Contracting (MC)

- Managing Contractor (MC) = the main contractor just 'manages', and does no construction
- MC is introduced early in the design process and advises on 'buildability'
- MC becomes part of the client's team and is paid a fee
- MC has low risk to the client and is only legally liable for works contractor defects if he can recover against the guilty works contractor
- MC is liable for his own negligence
- liability issues can be very complicated

32

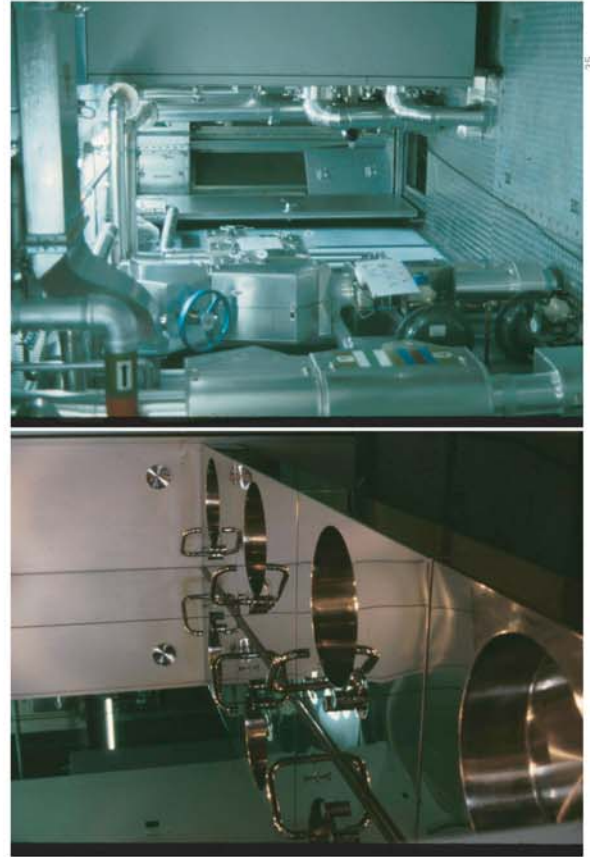
**The Headquarter  
Hong Kong Shanghai  
Banking Corporation**

- Designed by Norman Foster
- Completed in 1985
- One of architectural masterpiece in 20th century

**Impacts on Construction Management**

**Method**

- Managing Contracting
- 120 sub-packages' specialized contractors
- Internationalized procurement
- R&D during construction process

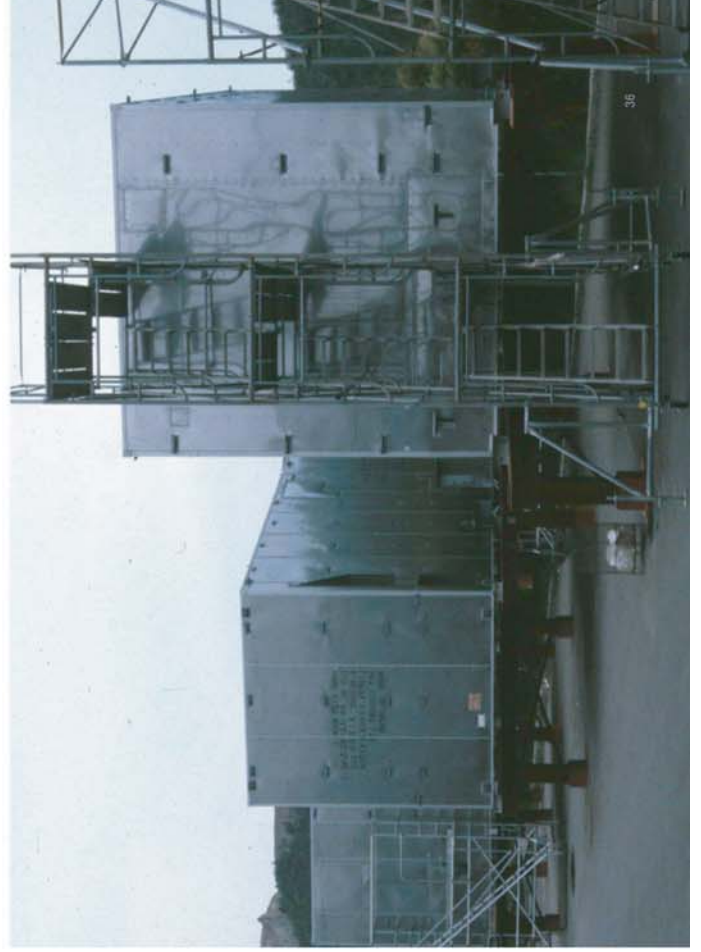


35



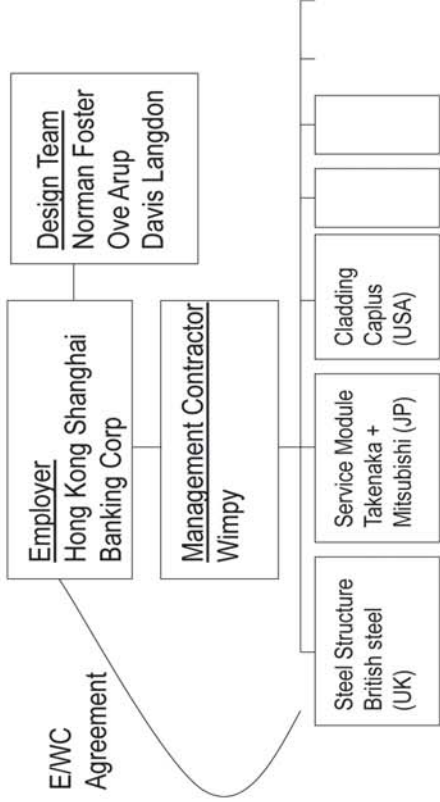
Mitsubishi Electric Co. Ltd  
Aioi-Factory in Hyogo Pref.

JV.  
Takenaka Komuten  
Mitsubishi Electric Co. Ltd



36

### Managing contract



Works Contractors 20+100

37

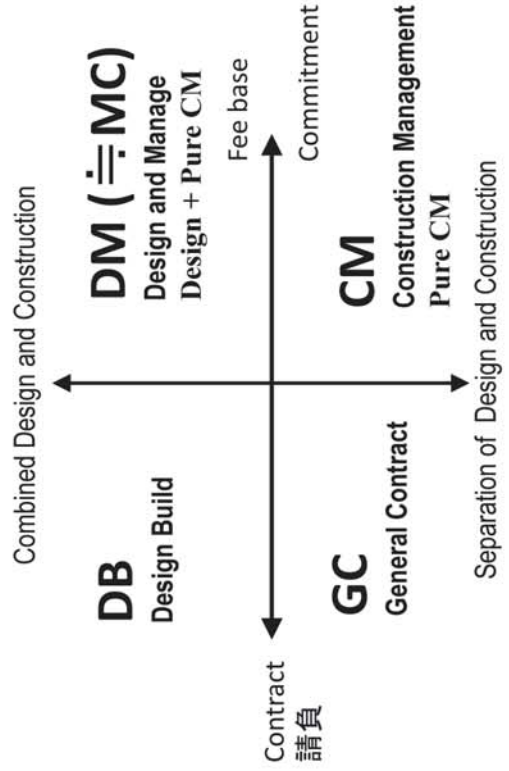
### Circumstances in which MC are typically used

by John Murdoch and Will Hughes, *Construction Contracts - Law and Management*, 1996

- The employer wishes the design to be carried out by an independent architect and design team
- There is a need for early completion
- The project is fairly large
- The project requirements are complex
- The project entails, or might entail, changing the employer's requirement during the building period.
- The employer requiring early completion wants the maximum possible competition in respect of the price for the building works

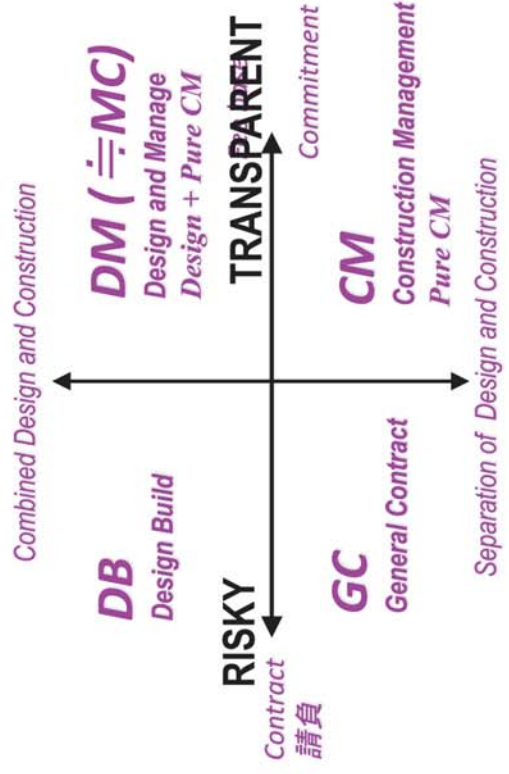
38

### EGUCHI MATRIX (1)



39

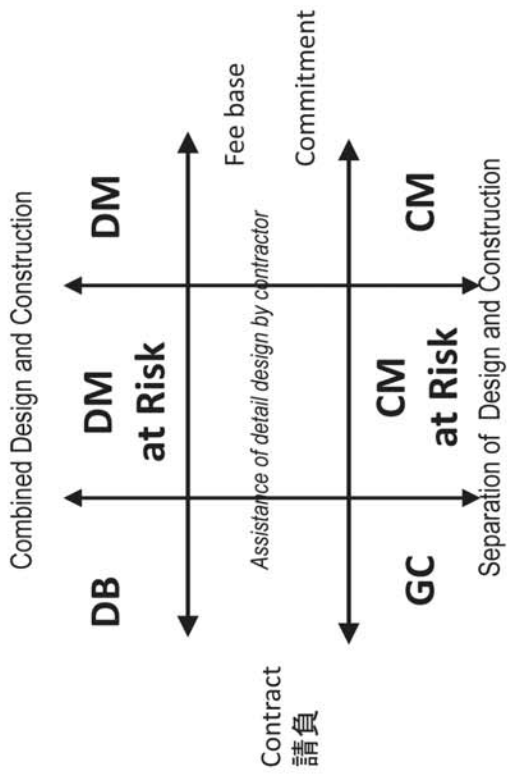
### EGUCHI MATRIX (1)'



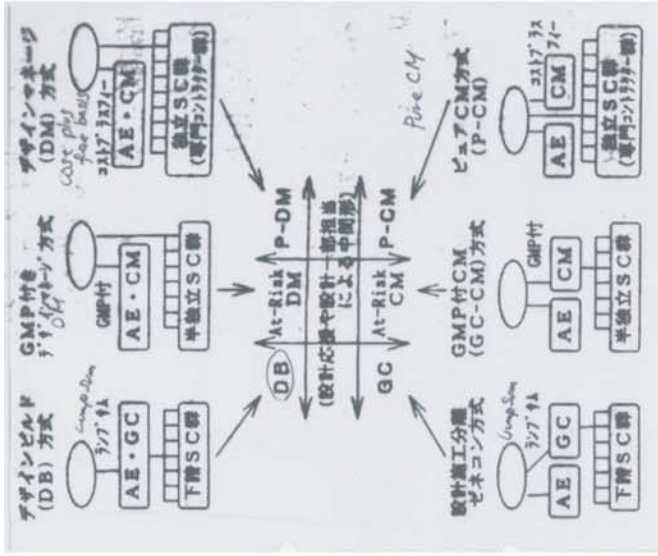
40



EGUCHI MATRIX (2)

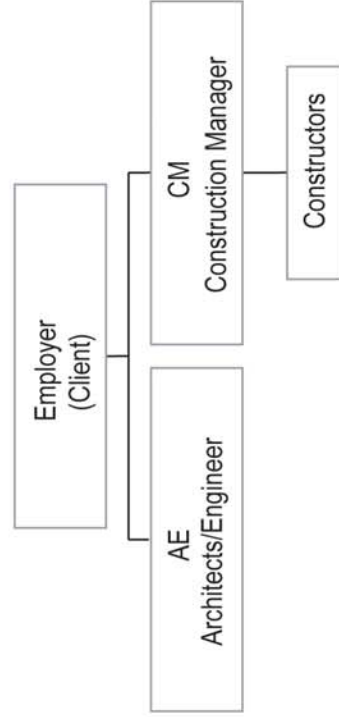


41



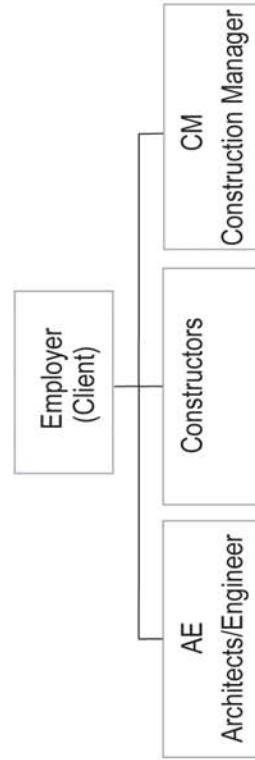
42

CM at Risk

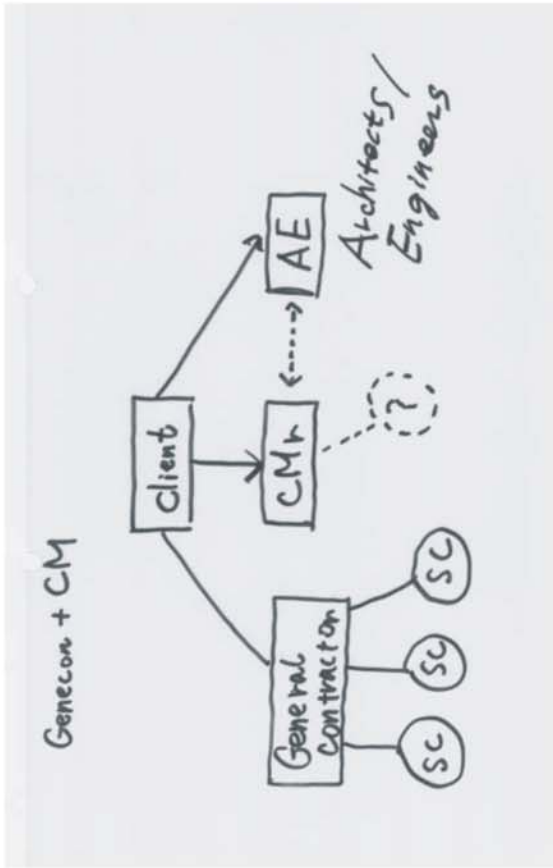


44

Pure CM

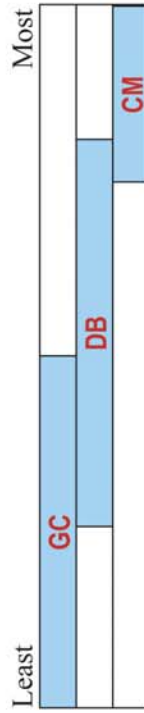


43

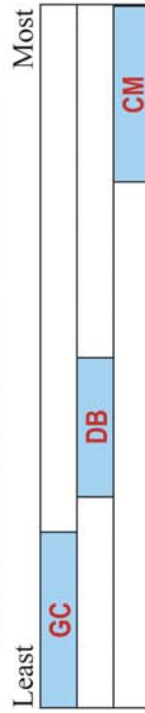


45

Client's relative level of involvement

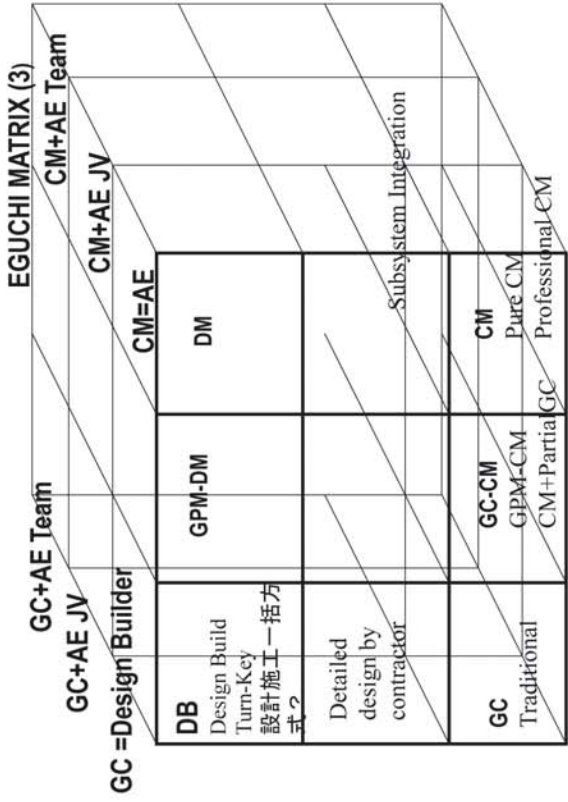


Separation of design from management



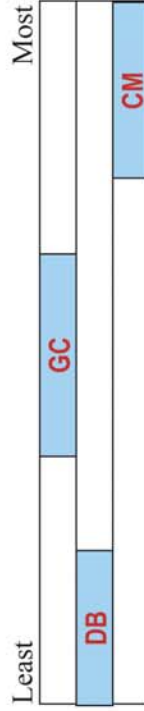
by John Murdoch and Will Hughes, Construction Contracts - Law and Management, 2nd ed. 1996

47



46

Capacity for variation



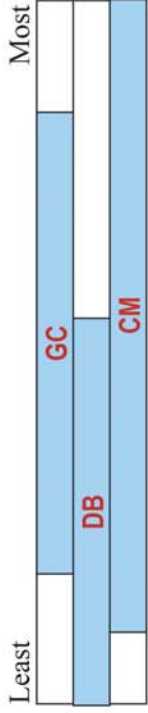
Clarity of client's contractual remedies



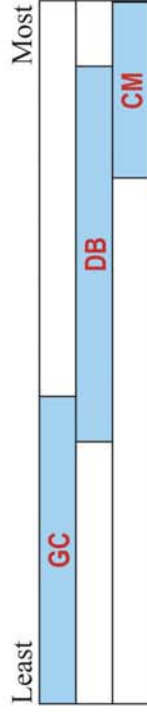
by John Murdoch and Will Hughes, Construction Contracts - Law and Management, 2nd ed. 1996

48

### Complexity of projects



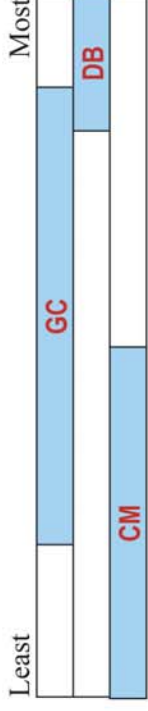
### Speed from inception to completion



by John Murdoch and Will Hughes, *Construction Contracts - Law and Management, 2nd ed. 1996*

48

### Certainty of price



by John Murdoch and Will Hughes, *Construction Contracts - Law and Management, 2nd ed. 1996*

50

### Example of the criteria of selecting 'appropriate' procurement system

- Involvement of the client
- Separation of design from management
- Reserving the clients' right to alter the specification (capacity for variation)
- Clarity of client's contractual remedies
- Complexity of projects
- Speed from inception to completion
- Certainty of price

by John Murdoch and Will Hughes, *Construction Contracts - Law and Management, 2nd ed. 1996*

51

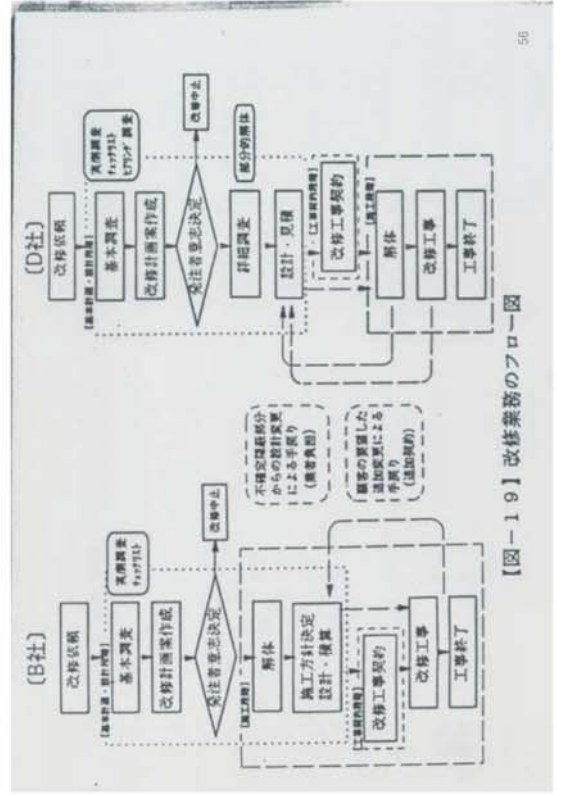
### Japanese context of construction procurement

- Monopoly in public procurement
- Informal solution
- Poor transparency
- Lack of trust from the stakeholders and society
- The status of in-house engineer
- Poor establishment of independent construction professions such as civil engineer, architects and so on

52



## 改修工事プロジェクトフロー



【図-1.9】改修業務のフロー図

## Reality in Design:

### Uncertainty and Interdependence

By Gregory A. Howell, Lean Construction Institute, University of California

- Multiple voices and values, often in conflict
- Tradeoffs made between multiple competing criteria with inadequate information under intense schedule and budget pressure.
- Activities are interdependent
  - Information developed down stream required upstream.
- Are drawings evidence of progress?

57

## Reality in Construction: Dependence and Variation

By Gregory A. Howell, Lean Construction Institute, University of California

- Reliability decreases as the pressure to start early and go fast increases.
- Multiple complex interactions.
- Systems are tightly coupled so problems quickly propagate across the project.
- Unreliable work flow demands flexibility. (which is really nice but inaccurate word for slack resources.)

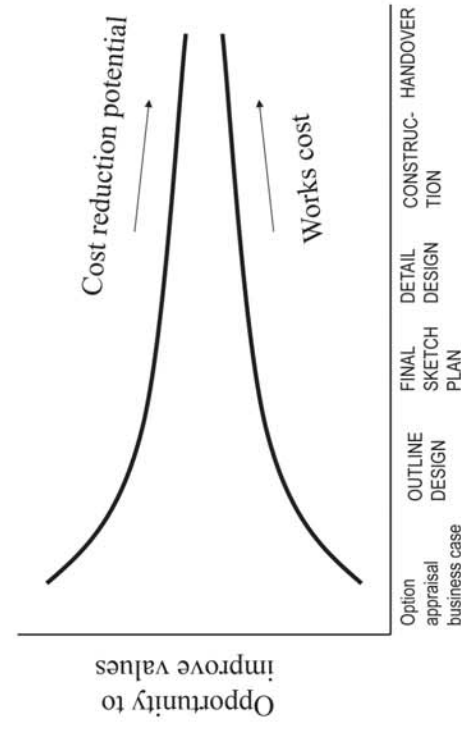
58

## 建築の「品質」は

- 設計の内容に大きく依存し、施工・維持管理の内容にも大いに影響される。
- これらの「内容」は、誰(複数形)が、いつ、どのように、プロジェクトにかかわったかで規定される。
- 誰が、いつ、どのようにかわるかを能動的に決めていくことが、プロジェクトのマネジメントの一つの役割である

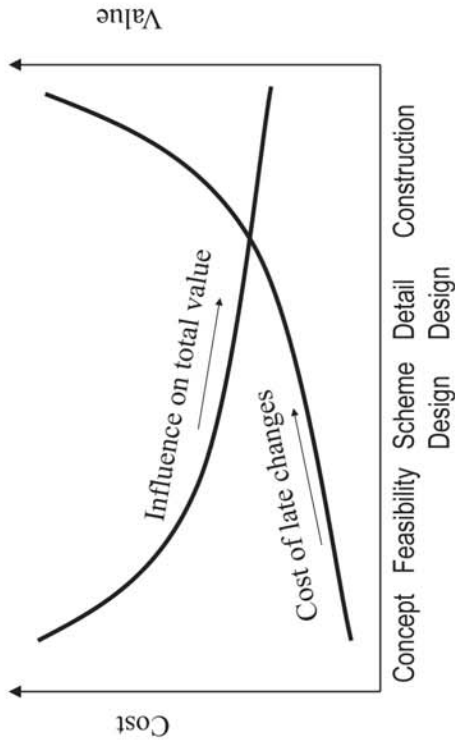
59

## Opportunity to improve values



60

# Opportunity to improve value for money



61

# 現代の建設マネジメントは川上が重要なことを強調した建設プロジェクトのモデル(英国)

## 1. 必要性の検討

発注者(The clients)のニーズを把握・評価し、建設することが適切な解決策かどうかについて意志決定する。

## 2. プロジェクトの定義

関係者間で合意形成しつつ、発注者のニーズを、技術的仕様条件に具現化し、基本構想書(a strategic brief)としてまとめる

## 3. チームの編成

プロジェクトに適切なメンバーを集める

基本構想書(Strategic brief)を具体化・詳細化し、設計・施工での根拠となる設計条件書(Detailed design brief)を作る

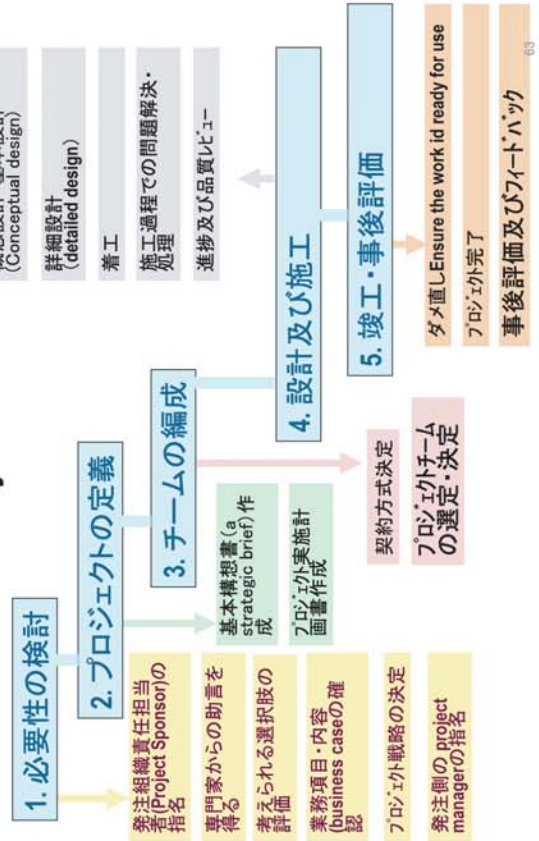
## 4. 設計及び施工

完成したプロジェクトの成果を当初特定されていたニーズと比較し評価する(post-project evaluation) 評価結果は、将来の類似プロジェクトにおける条件書(the briefing) に反映させる

## 5. 竣工・事後評価

62

# Key activities



63

# 基本構想書 (Strategic brief)

プロジェクトの概略範囲(scope)・目的及び考慮すべき主要条件(予算やプログラムを含む)に関するプロジェクト初期段階での関係者間の合意を文書化したもの

# プロジェクト条件書(Project brief)

発注者(clients)の機能上・施設運営上の要求条件を包括的にまとめて文書化したもの

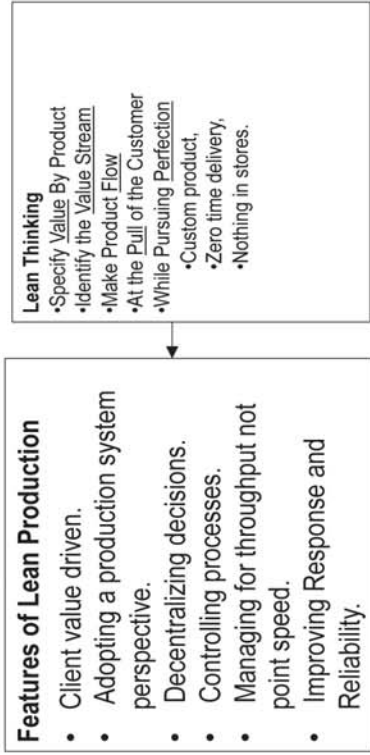
# 設計条件書 (Detailed design brief)

プロジェクト条件書の内容を、技術的仕様条件として、具体化詳細化し文書化したもの

64

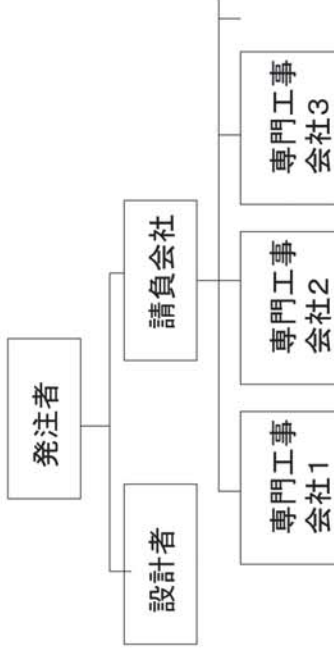
## Expected benefit of lean Construction

By Gregory A. Howell, Lean Construction Institute, University of California



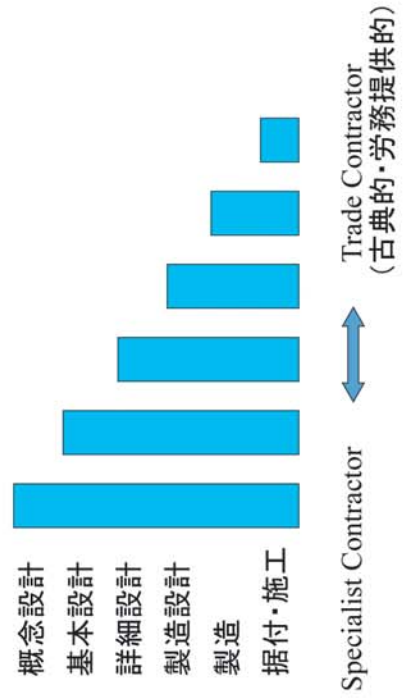
65

建前はこうではあるが....



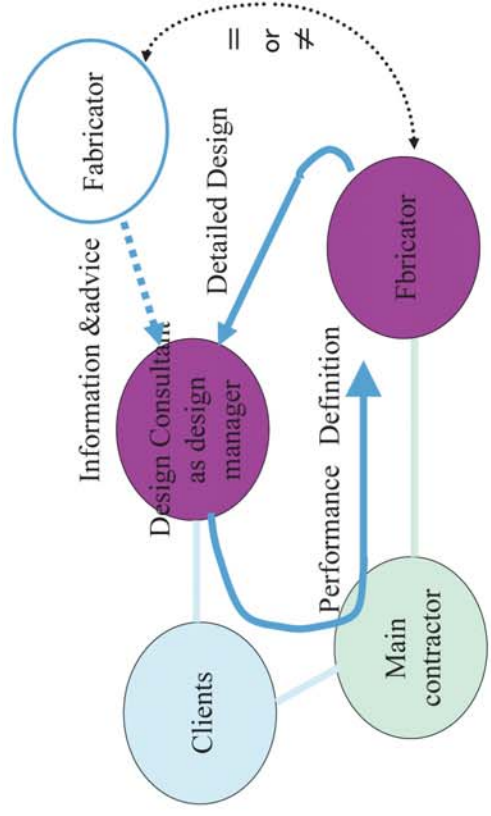
66

## Changing role of players 特に専門工事業者



67

## ファブリケーターの設計への参加様態



68

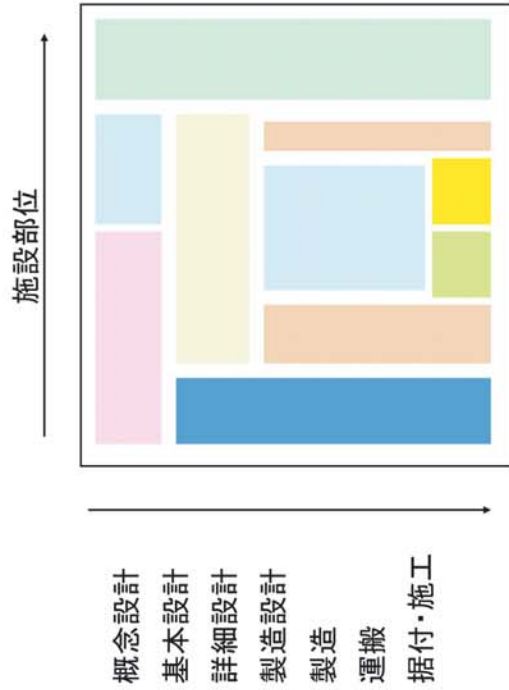
## 設計統合のための定期会合

1. 提案された詳細設計と要求性能の対応性検討
2. 材料供給者・専門工事業者の「設計」のインタフェース調整



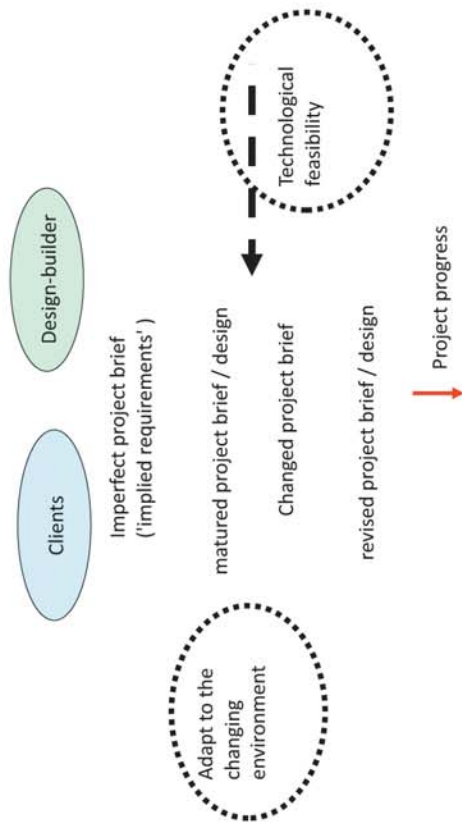
69

## パッケージで組織をデザインする発想



71

## Scope/design developments at some of design-build projects in Japan



70

## 結語

- 契約発注方式一長一短あり
  - 適材適所が重要
- 設計施工の不可分性
  - 生産設計
  - 設計、生産設計、調達・流通、施工の各プロセスを並行して進捗させること
  - 生産資源配分の最適化により、各工程内及び工程間の無理無駄を取り除いていくこと
- リスクマネジメントの重要性
  - Rent の減少 日本的慣行の変質
  - 品質管理上のリスクが高まっている認識をもつ必要性
    - Scope of work 明確化の重要性
      - 仕事の範囲を明確にすること
      - Liability
      - Out of scope

72



同期化された水平多工区分割工法の計画に関する研究

その2. 工区数・工期・タイムモジュールの関係

正会員○安藤 正雄\* 同 浦江 真人\*\*  
同 遠藤 裕造\*\*\* 同 河谷 史郎\*\*\*

$$\text{Max} \{m_j(1)\} = m_j(1) = n \times m_j(n)$$

$$\sum m_j(n) = r \times m_j(n)$$

このような状態を同期化された状態といい、 $m_j(n)$ を  $n$  工区分割の場合のタイムモジュールと呼び  $M_n$  とかきあらわす。式(1),(2)は条件とともに次のように書き換えられる。

$$n \geq r \text{ ならば、 } T_n = m_j(1) = T_1 / r \dots \dots (1')$$

$$n \leq r \text{ ならば、 } T_n = T_1 / n \dots \dots (2')$$

はじめに

本編では水平に工区分割された多工区分割工法の計画に関して、次のような考察を行なう。

- ① 工区分割は作業者の稼働率を増し、工期を短縮するための方法であるが、その効果にも限界がある。それはどのような条件によって決まるのか？
- ② 工区分割数と工期、およびその他の変数の間にはどのような関係があるか、またそれらの組合わせをどのように選ぶか？
- ③ 投入労務資源が一定ということは施工速度、すなわち1日当たりの工事量出来高が一定ということを意味するが、そのような条件下で工事量(規模)の異なる工事を計画するにはどうすればよいか？
- ④ 工区分割を行なうためには一連の工程を各工区に対応させて分節する必要があるが、それはどのようにして可能か？

1. 直列工程の分割・同期化による工期短縮効果

いま繰り返しのある工程順序を持つ工事の標準1サイクル分の作業が図1-aのように直列に連結しているものとする。また各作業はそれぞれ別の作業職種

(またはその組)に対応しているものとする。工区が単一の場合にはある作業が進行している間に他の作業が休止状態になるために、全体の稼働率は下がる。しかしこれをいくつかの工区に分割することができれば、各作業職種は平行して作業を行なうことができるようになり、作業者の総数は同じでも工期は短縮される。

$n$  工区分割のときの  $j$  職種の作業時間を  $m_j(n)$  とあらわすと、 $n$  工区分割のときのサイクル工期  $T_n$  は、 $\text{Max} \{m_j(1)\}$  と  $\sum m_j(n)$  の大小によって次のように変わる。

$$\text{Max} \{m_j(1)\} \geq \sum m_j(n) = \sum \{m_j(1)\} / n \text{ ならば、}$$

$$T_n = \text{Max} \{m_j(1)\} \dots \dots (1)$$

$$\text{Max} \{m_j(1)\} \leq \sum m_j(n) = \sum \{m_j(1)\} / n \text{ ならば、}$$

$$T_n = T_1 / n \dots \dots (2)$$

$j$ : 作業職種の番号。  $1 \leq j \leq r$

以上の関係を図1-b、cに示す。

すべての  $m_j(n)$  が等しい場合、

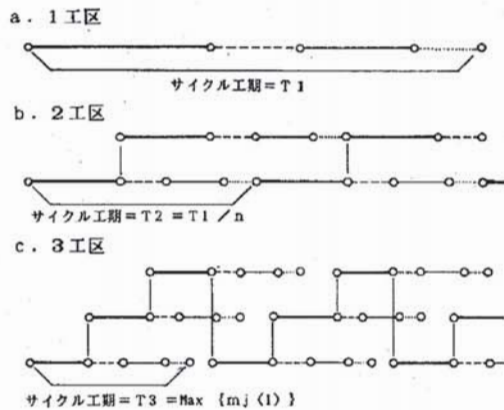


図1. 直列工程の多工区分割とサイクル工期の変化

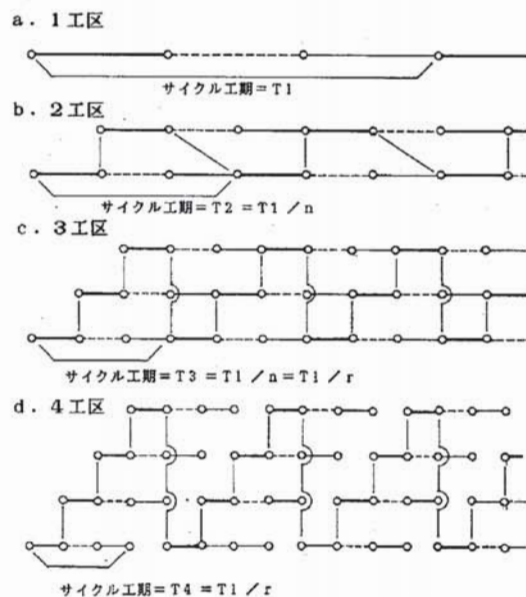


図2. 同期化状態での工区分割とサイクル工期

安藤正雄ほか「同期化された水平多工区分割工法の計画に関する研究(その2)」  
日本建築学会 第1回建築生産と管理技術シンポジウム, 1985

式(1'),(2')は次のように解釈される。すなわち直列に連結した異なる作業職種の一連の工程は、 $n$ 工区分割して同期化状態であれば、 $n$ 分の1に短縮される。しかし、それも工区数がタクト数( $r$ )を超えれば、 $r$ 分の1以下に下がることはない(図2)。 $n \geq r$ の同期化状態を完全同期化と呼ぶことにする。完全同期化の状態では各作業職種の稼働率は100%となる。またこの場合には、各タイムモジュール毎に各職種がフル稼働しているため、タイムモジュール内に複数職種が異なる工区を移動するいわゆるクルーバランス方式の導入も可能となる。本研究で取り上げられている事例はこのようなもの例である。

### 2. 完全同期化状態での多工区分割

完全同期化状態では、タイムモジュール $Mn$ とサイクル工期 $Tn$ 、および工区数 $n$ の間に常に次式が成立する。

$$Tn = Mn \times n \dots \dots \dots (3)$$

(3)式を視覚的にあらわしたものが図3である。サイクル工期は作業者の総数(稼働人数)に反比例する。タイムモジュールと工区数の組は、等サイクル工期曲線(等稼働人数曲線)上を動く。施工量(工法と規模)が一定であれば、工期短縮は稼働人数を増やすか、または歩がかりを改善することによってのみ可能である。また、工区分割数、タイムモジュール等はすべて離散的な整数値(またはそれに近い)変量であることに注意しなければならない。

図3には、戸境壁に大型型枠を用い、水平・垂直分断打ちによった集合住宅躯体工事の実例を併せてプロットした。本研究のデータに用いた工事例はいずれも

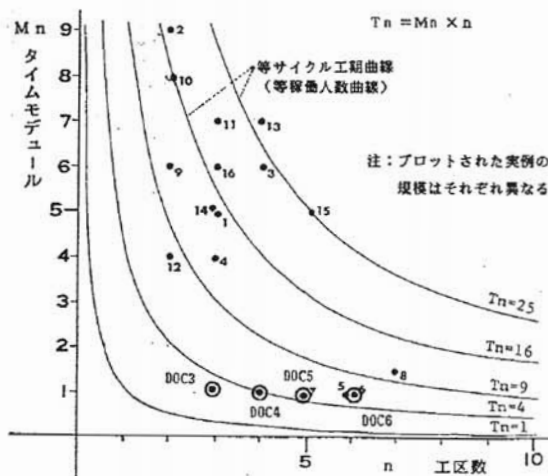


図3. 工区数とタイムモジュール、サイクル工期

安藤正雄ほか「同期化された水平多工区分割工法の計画に関する研究(その2)」  
日本建築学会 第1回建築生産と管理技術シンポジウム, 1985

タイムモジュールを1日とした、サイクル工期の極めて短いものの例である。

### 3. 施工速度と工区分割

1サイクルあたりの工事量(床面積や住戸数などに置き換えてもよい)を $U$ 、施工速度(1日あたりの工事出来高)を $Vn$ とすると、これらとサイクル工期の間には次の式が成り立つ。

$$Tn = U / Vn \dots \dots \dots (4)$$

完全同期化状態では(3)式が成り立つため、これと上の式をあわせて表現すると図4のようになる。

工事量(規模)が一定であれば、施工速度はサイクル工期に反比例する。工期短縮化とは、施工速度を上げることであり、あるいはタイムモジュールを小さくするかまたは工区分割数を多くすることであるが、これには当然稼働人数の増加を要する。

稼働人数が一定ということはずなわち施工速度が一定ということである。これは、同じ作業者の組・数で規模の異なる何期かの工事を行なう場合などに相当する。稼働人数の水準で決まる施工速度から、各変量を決めるには次のようにすればよい。すなわち、施工速度 $Vn$ 一定、および与えられた規模 $U$ の条件より対応するサイクル工期 $Tn$ を求める。 $Tn$ 一定の線に対応するタイムモジュール $Mn$ と工区数 $n$ の組を選択するが、 $Mn$ が大きくなれば $n$ はそれに反比例して小さくなる。ただしこのとき次のような問題がある。① $U/Vn$ に対し、 $Tn$ 、 $Mn$ 、 $n$ は限られた離散的な値しかとれない。② $n$ を小さくしたときに完全同期化状態を保つことができるか? ③ $Mn$ を現実にとどこまで小さくできるか(下限は1日か、それとも半日か)?

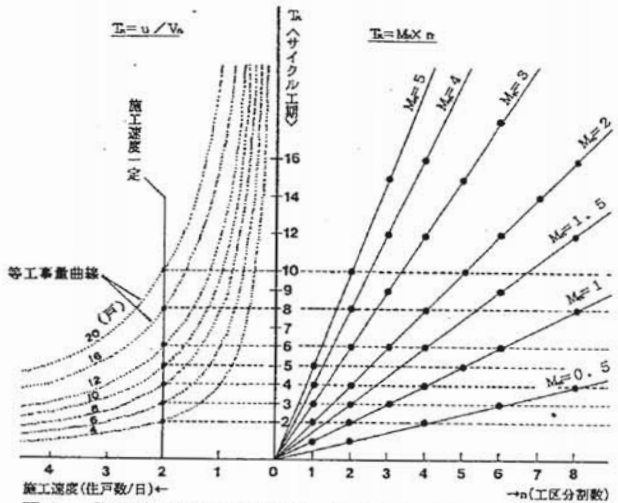


図4. 施工速度と工区分割、サイクル工期

インターフェイスマトリクス

対応するジョブ工区

1. 自工区 2. 前工区 3. 自工区・前助 4. 前前助以前

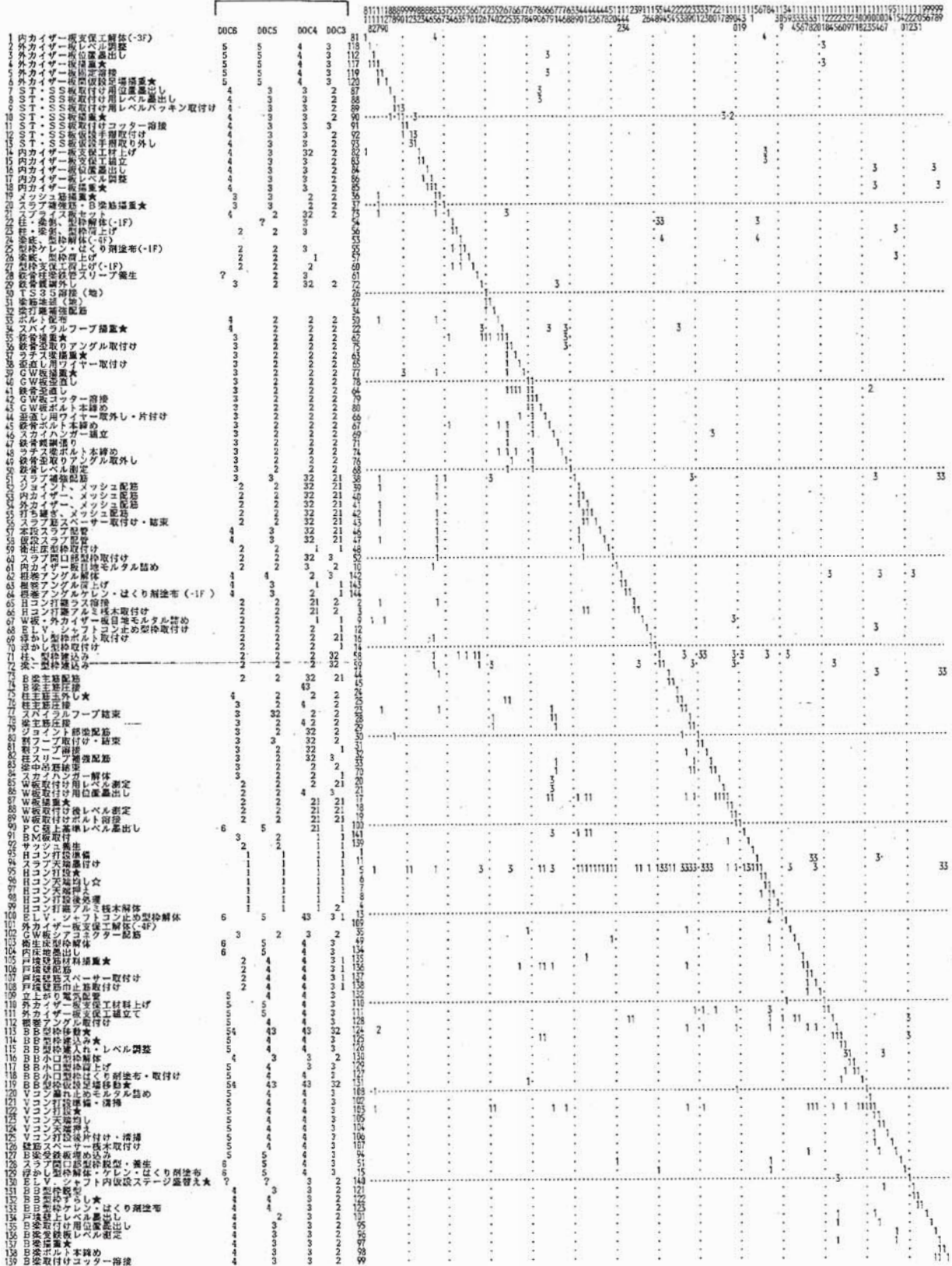


図7. ジョブ工区への工程の割り付け(3~6工区の場合)

安藤正雄ほか「同期化された水平多工区分割工法の計画に関する研究(その2)」  
日本建築学会 第1回建築生産と管理技術シンポジウム, 1985

#### 4. 工区分割と工程の分節化

工区分割数が決まればそれぞれの(ジョブ)工区に工程を割り付けることになるが、その手順はおおよそ次による。①各職種作業員の1タイムモジュール内での稼働時間がほぼ100%となるように作業員の数を決める。②主要工程をいずれかの工区に割り付け、それらに先行しかつ後続する誘引要素の工区割りも同時に行なう。工区分割数(n)に応じて、サイクル工程をあらわすインターフェイス・マトリックスが $n \times n$ の部分行列に分割される。1つずつの部分行列が各ジョブ工区の工程に対応する(図5)。③各ジョブ工区の工程に作業時間を与え、複数工区間で作業が重なることがないかどうかを確かめる。作業時間の重なりを解消するには、主要工程の割り付けを変更しなければならない。④作業時間の重なりやあきを調整するには、工区間で直接先行・後続関係のない工程要素をその工区間で移動し、作業量・作業時間の適正化をはかることもできる(図6)。

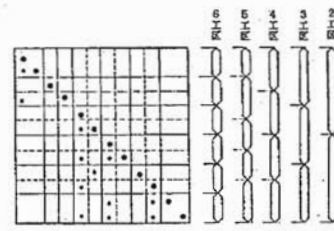
図6は、同一工法(平面・構法も含む)による集合住宅躯体工事の1サイクル分の工程を、3、4、5、6工区に分割した実例を示したものである。いずれもスラブコンクリート打設(Hコン)が1工区に割り付けられている。各ジョブ工区での作業量には多少のバラつきはあるが、各作業職種(クレーンも含む)の稼働率は80%以上となるように計画されている。作業量・作業時間を調整するために、クリティカルでない工程要素の工程順序が若干変更されていることがわかる。

ま と め

以上の考察により、多工区同期化工法の成立する条件、および工区分割数、サイクル工期、タイムモジュール、稼働人数(施工速度)等を主要な変数として、目的に応じた変数の組み合わせを得る方法が明らかにされた。また、工程要素間のインターフェイスにより、ジョブ工区への工程の割り付けを行なう方法のあらましも明らかにされた。

実際には、各工区の工事量が等量になるように条件の揃っている工場は稀である。さらには、隣接タイムモジュール間でインターフェイスを持ち、かつ次工区に空間的にまたがって施工される工程要素については、工程の逆行を避けるためにその先行要素に相当する工

程の工区境を先行工区にさかのぼって移動する必要が生ずる場合もある。工区分割数が小さくなると隣接工区間でインターフェイスを持つ工程の割合が多くなるため、工区境が移動し、工区規模に不均衡を招く結果となる(図7の実例参照)。この点を考えると、各工程の工事量(部位置)も変数とした対話型の工事・工程計画システムの開発が有効と思われる。



1(サイト)工区に対応しているものは行全体はサイクル工期に相当する。分割された全体は1サイクル工期が各サイト工区のある1日の作業に対応  
図5. インターフェイス・マトリックスの工区分割

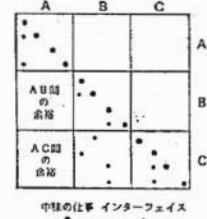


図6. 余裕(フロート)のある工区間の関係

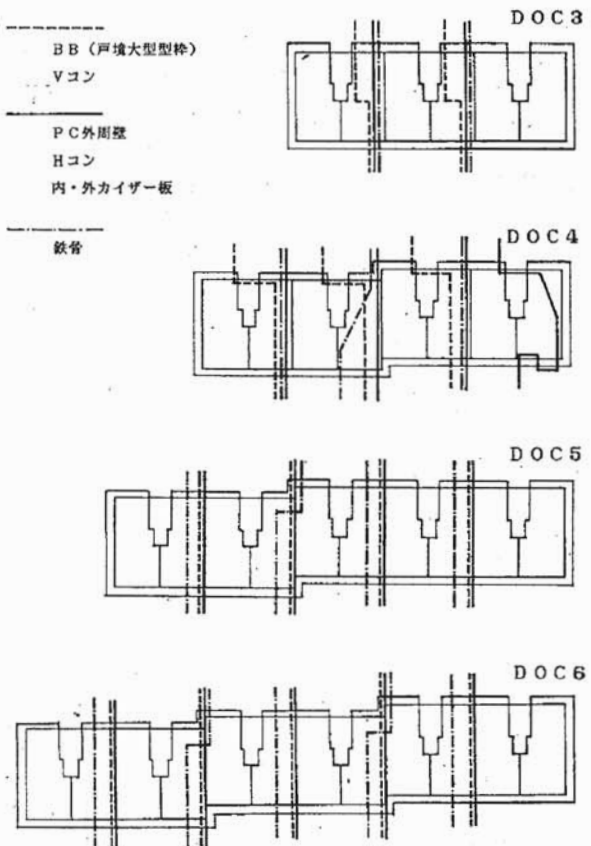


図8. 工区分割数と工区境

\* 千葉大学講師 \*\* 東京大学大学院 \*\*\* 楠三井建設

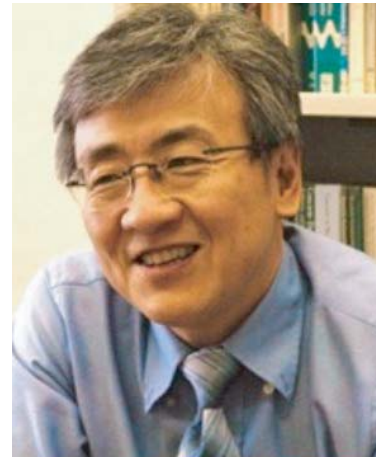
安藤正雄ほか「同期化された水平多工区分割工法の計画に関する研究(その2)」  
日本建築学会 第1回建築生産と管理技術シンポジウム, 1985



### 「施工改革をもたらす時間・コストの縮減と環境負荷低減」

まえかわ こういち  
前川 宏一

東京大学工学系研究科  
社会基盤学専攻  
教授



1982年東京大学工学系研究科土木工学専攻修士課程修了。1985年工学博士。長岡技術科学大学工学部助手，東京大学工学部助手，同助教授，アジア工科大学大学院助教授，東京大学工学部総合試験所助教授を経て1996年より現職。コンクリート工学，構造工学，無機複合体の物理化学・熱力学専攻。

#### 要 約

コンクリート施工速度を従来のそれと比較して2倍以上とするには、材料や設計、施工システム自体を従前の標準的なものから大きく変革しない限り、一般には不可能である。トンネル施工におけるNATMはそれを実現した好例と言える。まず、コンクリート施工において、高流動、自己充填コンクリートなどを用いることで施工速度を圧倒的に速くした中国における水利ダムの施工合理化(高速化と大幅な安全向上の両者)を紹介する。この革新が同時に環境負荷を大幅に低減する結果をもたらした点に着目し、その仕組みについて解説する。一方、コンクリートの養生期間を長く設定して耐久性を向上させ、中期的に維持管理コストを低減することでトータルの環境負荷を低減させる山口県の試みを紹介し、速度－技術革新－コストの相互関係について、総合的な視点から話題を提供したい。

## 1. はじめに

技術開発には長く継続的な改善改良のステージと「質の転換」を伴う跳躍のステージがみられる。短期間に性能や機能を倍増させるには、従前のシステムを前提とした改良改善では達成されず、上流側の技術やスキーム自体の転換を求めることが必要となる。NATM工法は吹き付けコンクリートとロックボルトの要素技術を組み合わせて、施工システムそのものを変革した。シールド工法も同様である。システムの革新が施工速度、投入エネルギー、人件費などを一桁以上も変化させた。単に材料を変えただけでは達成不能であった。重力式ダム建設のRCD工法は日本独自の技術であるとともに、低環境負荷型の世界標準である。現存する要素技術を巧みに組み合わせて、施工速度とコストを圧倒的に圧縮した。米マサチューセッツ工科大学の技術経営に関する調査によれば、工業社会のイノベーションの9割以上が異種技術の組み合わせから生まれている。「半端なく速く造る」という明白な目標から、環境負荷の大幅な低減がついてくる図式がここにある。最近のコンクリート技術の革新から環境負荷に繋がった事例をあげて解説を試みてみたい。

## 2. Rock Filled Concrete (RFC) -中国の新ダム建設と低炭素化建設-

RFCは清華大学水利工学院教授・安雪暉博士(元東京大学土木工学専攻助教授)によって開発された(図1)。中国において水利ダムや大型コンクリート施設建設に適用され、既往の工期の数分の一という圧倒的な速度を達成するとともに、高品質(温度ひび割れ無)、低CO<sub>2</sub>排出(既往のダムコンクリートと比較して半分程度のセメント量)、高い安全性(コンクリート打設現場に作業員がいない)が実現している点に注目したい。当技術は日本発の自己充填コンクリートを要素技術とし、コンクリートの構成素材に巨岩を組み入れる発想の転換から産まれた。プレパクドコンクリート施工の空間スケールを1桁拡大したものと理解できる。古代ローマ時代のコンクリート施工の原点に戻るものともいえる。巨石の間隙を高い流動性と分離抵抗性を有するコンクリートで充填するのである。単位ダム体積あたりのセメント使用量は大幅に低減され、経費と二酸化炭素排出量が圧縮される。ダムを代表とするマスコンクリート施工システムそのものが大転換を迎えたのである。

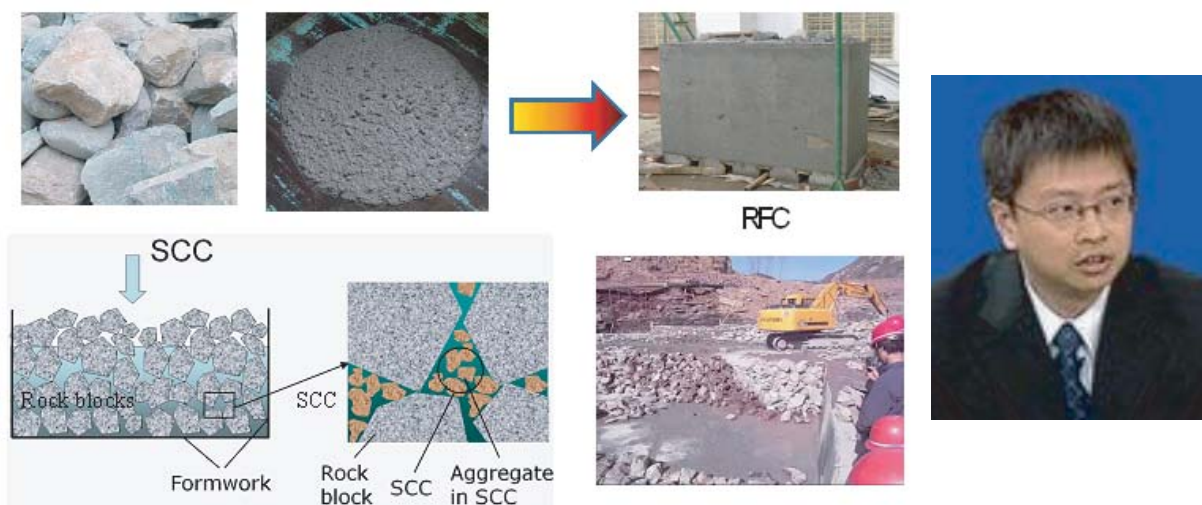


図1 RFCコンクリートの構造(巨岩-砂利-砂-セメント-水)と安雪暉教授

これにより、品質の向上と安全性が同時に付与された。巨石が相互に接触して力学的な安定構造を形成しているため、マスコンクリートにつきものだった温度ひび割れ自体が発生しない。従来の砂利を最大骨材とする自己充填コンクリートのみで建設された社会基盤施設とは別世界である。自己充填コンクリートは新技術の種になったが、本質はこれを関連技術と社会のニーズに合致した形で、より大きな技術体系として統合・構築した点にある。現在、多くの水利ダム現場で採用が進んでいる(図2)。理由は急速施工が可能、高い安全性(締固め作業が不要なので危険作業であるコンクリート打設現場に作業員を入れる必要無)、そして環境負荷低減の実現である。



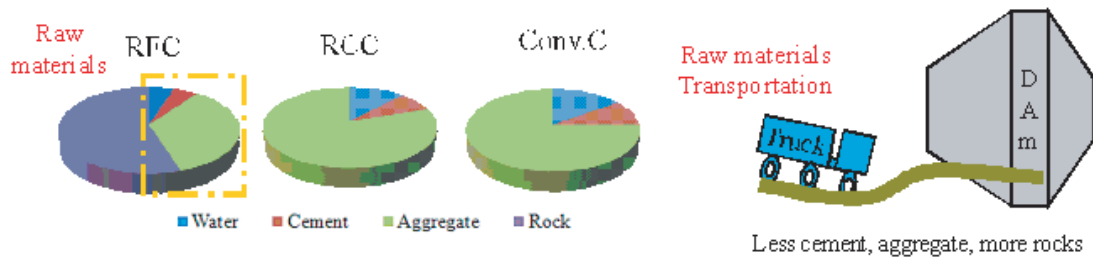
図2 中国・ダム建設・水資源開発(安教授提供 ACI講演資料より抜粋)

図3は貧配合ダムコンクリート施工、RCD施工、RFC施工ごとの二酸化炭素排出量の分析を行ったものである。RCD開発前の貧配合コンクリートによる重力式ダム施工からRCD施工に移行して、大幅な工期短縮とコスト縮減が達成できたことは旧知の事実であるが、同時に二酸化炭素排出量においても大きな成果を得ていたことがわかる。RCDからRFC施工への転換は、さらにこれを上回る効率と低炭素化施工を実現していることが判る。30年前に日本が達成したRCDによる革新と同等の革新性がRFCによって達成されつつある。社会基盤を「速く造る」が財務・経済的利潤を生むとともに、環境負荷低減と両立し得ることをこの事例は物語っている。

### 3. コンクリート構造物のひび割れ抑制対策 -山口県公共事業の取り組み-

山口県では、平成17年度に、産官学の協同の元でひび割れ抑制対策に関する試験施工を実施し、その後、県独自のひび割れ抑制対策システムを構築した。これにより、補修の必要なひび割れの発生を大幅に抑制することに成功し、高品質社会基盤の整備とともに、将来にわたる維持管理コストの縮減と中長期的視点にたった環境負荷低減に向けた流れが形成されている。





Concrete construction



Pouring



Transporting



Mixing

Note: Rolled Compacted Concrete (RCC) , Conventional Concrete (Conv.C)

Based on previous studies(Huang 2006), calculating RFC carbon abatements are shown below:

	RFC CO <sub>2</sub> emissions (kg/m <sup>2</sup> )	RCC CO <sub>2</sub> emissions (kg/m <sup>2</sup> )	Conv.C CO <sub>2</sub> emissions (kg/m <sup>2</sup> )	Carbon abatements of RFC compared with RCC (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	Carbon abatements of RFC compared with Conv.C (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )
Raw material production	65.99	79.60	93.09	13.61	27.10
Raw material transportation	3.72	3.61	3.63	-0.11	-0.09
Concrete construction	8.73	20.90	21.06	12.17	12.33
Total credits	78.44	104.11	117.78	25.67	39.34

Note: Raw material transportation is neglected here, while in the case of less cement and more rocks in the project, this factor must be accounted.

図3 二酸化炭素排出量に関する分析(安教授提供:ACI講演資料より抜粋)

施工や管理システムを変革しないで「速く造る」行為は、むしろ品質の低下と長期的なコスト増に繋がることが懸念される。しかし、この取り組みのように、公共事業による生産物の管理システムをアップグレードすることで品質を格段に向上させることが地方建設行政において可能であることを示している。

山口県の対策指針では、定量的かつ科学的な分析に基づいて具体的な施策を発注者・受注者双方に提示している点で強い説得力がある。ひび割れ抑制対策の具体的な項目(セメントの種類、補強材、打設時コンクリート温度、環境条件、養生条件、施工目地、リフト単位、配合、混和材、生コン、温度応力設計など)は旧知の(定性的な)技術的事項であるが、これらの要因が最終製品である構造のひび割れに及ぼす影響度を数値で提示した上で、図5に示す対策を指針にまとめている。生産現場のハード技術のみならず、これらが生活・経済社会で展開する際の仕組みや品質保証の体制自体も環境負荷と深く繋がっていることを再度、認識させられる。

## ■ 平成17年度に試験 施工を実施

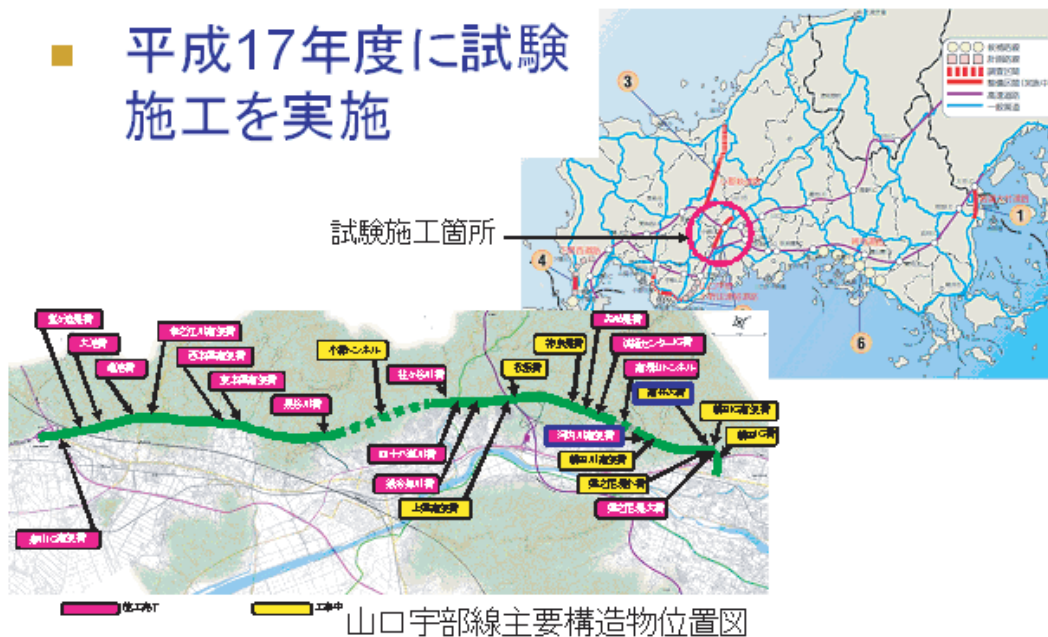


図4 ボックスカルバート、橋台、橋脚を対象とした試験施工と対策効果(徳山高専 田村隆弘教授提供)

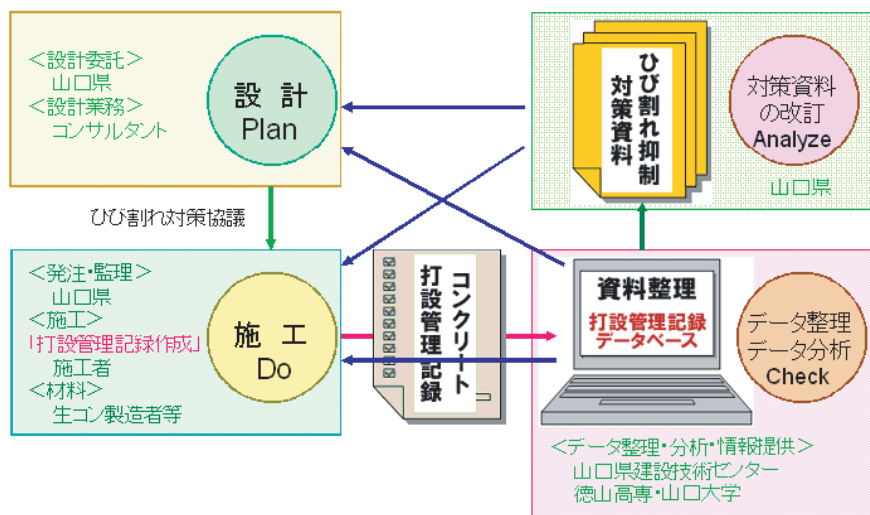


図5 ひび割れ抑制対策のフレームワーク(徳山高専 田村隆弘教授提供)

<http://www.pref.yamaguchi.lg.jp/cms/a18000/hibiware/hibiwareyokusei.html>から入手可

## 4. まとめ

社会に対して大きなインパクトを与えた技術革新の多くは、要素技術の優れた「使い方」によって達成されたことに気がつかされる。これらを可能にした要素技術に注目が集まりがちであるが、それは全体像のごく一部である。この「使い方」が適用される範囲を大きくとれば、それだけ複雑さとマネジメントの困難さは増大するが、得られる果実も巨大である。環境負荷低減や減災害の実は、この範囲を都市や国土の範囲まで広げて達成され得ることを再認識したい。本文で取り上げた事例は、いずれも実現に向けて優れて高いフットワークを発揮している。日本における社会基盤整備事業や技術展開のスピードは、国際社会のそれからみると、やはり低速度といわざるを得ない。速く実現することで実を多く獲得できる、という当然の事を当然のごとく受け入れて実施するマネジメントが求められる時代といえる。



▲ 敷均した大粒径粗骨材中に充填中の SCC

## SCC ダム工法

～日本に生まれ中国で進化した  
自己充填コンクリート技術～



▲ 位置図

中国・河南省にて建設中の宝泉発電所(揚水式:落差 500 m、出力 120 万 kW)の上池の脇ダム本体の施工に、自己充填コンクリート(SCC: Self-Compacting Concrete)を用いた新しい工法が採用されている。

重力の作用のみで型枠内に充填される自己充填コンクリートは本来、鉄筋が密に配置された構造物に対して本領を発揮するが、日中の技術協力により、ダム用の締固め不要コンクリートに進化した。

既設リフト上に 300 mm 以上の大粒径粗骨材をダンプトラックにより運搬し、バックホウにより敷均す。現場プラントで製造した自己充填コンクリートをダム天端まで運搬し、大粒径骨材間の空隙部に充填することによりダム本体を構築する工法である。いわば、モルタルの代わりに

SCC を使用するプレパックド工法である。

本ダムは当初、内部を石積みし、上下流面にコンクリートフェーシングを施す従来の石積み工法により施工されていたが、施工速度の向上および経済的なメリットが大きいと判断し、ダム堤体積 5 万  $m^3$  のうち、3,000 $m^3$  に SCC プレパックド工法を採用したものである。採用にあたっては試験施工を行い、ダムコンクリートとしての要求品質を満足していることを確認している。でき上がったプレパックドコンクリートの骨材容積は 80% 程度である。

中国名「堆石<sup>コンクリート</sup>混泥土工法(Rock Filled Concrete)」にて特許が成立。現場では中国人技術者が中国製の材料を用いて SCC を製造し品質管理を行い、中国企業が施工を担当している。



▲ バケットで SCC を運搬



▲ SCC の充填状況



▲ 施工中の脇ダム全景



▲ SCC を製造するバッチャープラント：混和材としてフライアッシュを使用



▲ 大粒径粗骨材の敷均し



▲ 大粒径粗骨材中に充填された SCC

(資料提供：清華-前田先進建設技術研究中心、構成：編集委員・大内 雅博)

土木学会誌2006年6月 Cover Story. (1) SCC ダム工法  
～日本に生まれて中国で進化した自己充填コンクリート技術～

## 自己充てんコンクリートでダムを施工 日本生まれの技術が中国で活躍

中国ではエネルギー不足を背景に、発電所などの建設工事が相次いでいる。同国の清華大学と前田建設工業は、日本で実用化された自己充てんコンクリートを砕石に流し込んで堤体を造る新工法を共同で開発。世界で初めて採用した現場をレポートしてもらう。(本誌)

清華大学土木水利学院教授  
安雪暉

前田建設工業技術研究所副部長  
佐藤 文則

北京から約700km南にある河南省で、宝泉<sup>パオチヤン</sup>発電所の建設工事が最盛期を迎えている。同発電所は、上部の貯水池にためた水を下部の貯水池まで落下させて発電する揚水式の水力発電所だ。上下の貯水池の落差は500mある。完成すれば、120万kWの電力を供給できる。

上部の貯水池には、本ダムのほか

に脇ダムとして堤高42.6m、堤頂長196m、堤体積5万 $m^3$ のフィルダムも造る。脇ダムとは、貯水池の水が標高の低い山間部の谷間などから流出するのを防ぐために設けるダム。中国の武装警察に所属する水電部隊が施工している。

同部隊は2006年3月から、脇ダムの上部の高さ3m、堤体積3000 $m^3$ の範囲をRFC（ロック・フィールド・コンクリート）工法と呼ぶ世界初の工法で施工し始めた。清華大学と前田建設工業が2004年に共同で開発

した工法だ。

### 「中国でも人件費が高騰」

RFC工法の施工手順は以下の通り。まず、脇ダムの上流面と下流面にそれぞれ型枠の代わりとなる石を積む。次に、寸法が30cmから1mまでの砕石をトラックで運搬して、ダムの天端<sup>てんぱ</sup>に投入。バックホーで敷きならす。最後に、現場のプラントで製造した自己充てんコンクリートをクレーンに吊り下げたバケットで天端まで運び、敷き詰めた砕石の上



脇ダムの上部をRFC工法で施工しているところ。石積み工法で施工したダムの下部には、表面に透水コンクリートを打設するための型枠が見える (24ページまでの写真：安雪暉)

から流し込む。

自己充てんコンクリートは、スランプフローが約65cmで流動性が高く、材料分離も起こりにくい。作業員がバイブレーターなどで締め固めなくても、碎石のすき間を隅々まで充てんできるのが特徴だ。

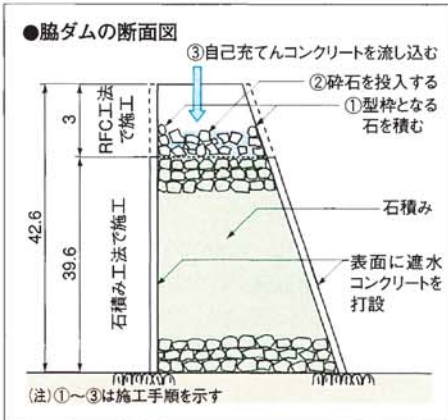
脇ダムの下部は、石積みして堤体を築いた後、上流面と下流面の表面にそれぞれ遮水コンクリートを打設する工法で施工した。

石積み工法は、多くの作業員が必要で、施工スピードも遅い。「中国でも作業員の件費が高騰しつつある。施工スピードが速く、少ない作業員で済むRFC工法は、施工費の削減につながる」と、ダムの設計の責任者である黄河観測企画設計有限

バケットから自己充てんコンクリートを流し込む様子。碎石の投入とコンクリートの流し込み作業は、高さ1mずつ交互に繰り返す



スランプフローの測定。コンクリートの製造や品質管理も武装警察の水電部隊が担当



●碎石の寸法と自己充てんコンクリートの配合

碎石			自己充てんコンクリートの配合		
最小寸法 (mm)	最大寸法 (mm)	空げき率 (%)	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプフロー (mm)	V漏斗を使った流下時間の範囲 (秒)
300	1000	50	20	650±50	7～25

自己充てんコンクリートの配合

単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					
水	セメント	混和材	細骨材	粗骨材	高性能AE減水剤*
185	211	292	825	734	1.9

\*ポリカルボン酸系のもの



試験施工後に堤体を切削。コンクリートが碎石の間に充てんできていることを確かめた



### ■コーディネーター

ふくい つねあき  
福井 恒明

東京大学グローバルCOEプログラム  
「都市空間の持続性再生学の展開」  
特任准教授



清水建設(株), 東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻助手, 同講師, 国土交通省国土技術政策総合研究所環境研究部主任研究官を経て2008年より現職.

本パネルディスカッションでは、まず、基調講演でお話しいただく契約発注や施工改革のお話に加え、IBCTによる施工管理や機械・工法の改良等の面からの迅速化の工夫について話題を提供いただき、「迅速化」の最先端の状況を俯瞰したい。

ところで、迅速化を大きく進めるには、プロジェクトの個々の部分を最適化するだけでは限界がある。時間や資金、労力などの資源をプロジェクト全体として効率よく使うために、既存の枠組みや手順、役割分担にとらわれず、視点を一段高く設定した工夫が必要となると考えられる。そこでディスカッションの後半では、プロジェクト全体の最適化による迅速化を実現するために、プロジェクトの関係主体(発注者、受注者、大学や企業の研究・技術開発等)がそれぞれ何を指向し、どのように連携すべきかを具体的に議論したい。



## ■パネリスト

やしろ  
野城

ともなり  
智也

東京大学  
生産技術研究所長

(経歴は前掲)



まえかわ  
前川

こういち  
宏一

東京大学工学系研究科  
社会基盤学専攻  
教授

(経歴は前掲)



アジア航測株式会社  
社会基盤システム開発センター  
副センター長



ユビキタス事業戦略室長, 社会基盤システム開発部長  
を経て, 2010年10月より現職.

## 1. 現場で発生する課題

社会資本の整備および維持更新において、近年の社会情勢の変化によって複雑な事業調整を経なければならなくなっており、工程計画のとおり遂行することが困難な状況である。建設産業の全ての過程において、情報の伝達が曖昧であり、情報共有の齟齬や進捗管理の不具合が生じている。特に、受発注者間での認識の違いから完成イメージ(空間認識)を共有しないまま工事が進められるケースも生じている。また、受注した企業でも資機材提供の業者との間でのコミュニケーション不足が新たな工事進捗の妨げになるケースもある。

国土交通省には、工事を進める上で発注者と受注者の間で工事情報を共有する手段として、Web上の専用会議室でコミュニケーションをしたり、文書を共有スペースに格納し閲覧したりできる情報共有システムがある。しかし、これらのシステムでは、設計・施工・維持管理を通じて利用すべき測量や設計などの3次元データまたはモデル、そして写真画像情報といった空間情報コンテンツを統一的に管理するものではない。情報共有として取り組まれている事項は、主に事後報告や連絡が多く、その場での即時性のあるものはない。

このように現場における意思決定の遅れが時間コストの増大や資機材調達の調整に費やされ、建設現場における大きな課題となっている。

## 2. 課題を解くカギ

社会基盤を速く造るために最も必要なことは、建設現場で起きている現象をリアルタイムに把握し、適切な対処を行うことである。全て人の知恵や経験によって現場の良否が決まってしまう。しかし、人口減少時代を見据えると、経験を重視する施策を展開することは不可能であり、しかも経験を有する人材の確保を一企業単独で実施することも困難である。そのうえ、既存の施設を活用しながら社会基盤の更新をしなければならない。

建設現場における情報を統合し、迅速な意思決定を実現する強力な情報共有プラットフォームを構築した。空間情報コンテンツは単に文書として管理するだけでなく、地図上の実位置と結び付けて管理を行う必要があり、実際に画面に描画し、視覚的に確認できることが重要である。

このような空間情報の閲覧を主体に構築した情報共有プラットフォームがImage Based Communication Tool(以下IBCT)である。IBCTは図面や画像を時刻と座標付でデータベース管理し、現況証拠として画像を積極的に利用できる。

### 3. 維持管理・更新への備え

情報共有プラットフォームは、主に発注者と受注者の間だけでなく、受注した建設会社とその工事に必要とされる資機材の調達を行う企業とのコミュニケーションを促進するもので、工事に関連する文書類の保存・共有や進捗状況の報告や確認のための会議室機能を有するシステムである。情報共有プラットフォームに時空間画像コンテンツを組み込み、文書ファイルだけでなく実際に撮影した画像を閲覧できれば、実際の進捗状況の証拠として利用でき、また実際の現場状況を遠隔から把握することが可能となり、工事の円滑な進捗管理を支援できる。また、様々な工事に精通した技術者からのアドバイスを即時的に受けることができるようになり、現場での意思決定や情報伝達・指示に役立つものである。

今後、社会基盤の維持管理・更新期を迎える。既存の施設を撤去して新たに構築することもあるが、保全しながら更新することが多くなる。いわゆる長期的な維持管理を目的とする「施工設計」が重要になる。また、災害による損傷に対処する必要があり、竣工時の3次元データの確保や定期的な観測による差分解析とともに施設の異変を正しく把握し、対処する技術者が求められる。



図1 IBCTによる画像表示と情報共有事例

株式会社奥村組  
技術研究所長



1978年入社. 東京支店工事部, 東京本社原子力室を経て, 1987年技術研究所に配属. 2008年より現職.

### 1. 建設会社における工期短縮の意義

建設業は生活に密接な社会基盤の整備という重要な使命を持つ産業であり、社会基盤の整備なしには我々の生活はないといっても過言でない。すなわち、人間が人間らしい生活を営むための環境を整えるものである。

このような建設業を支えるゼネコンの社会的な役割は社会基盤を造ることを通して社会に貢献することである。換言すれば、品質の良い、耐久性のある社会基盤を速く安く造り、社会に提供することである。速く造ることは社会基盤の供用開始を早め、利便性、安全性、経済の効率性などの効果を早めることから社会的な意義がある。

したがって、ゼネコンの技術開発は、品質の良い構造物を速く安く造ること、すなわち、品質の向上、工期短縮、コストダウンを目的とした新工法の開発に関するものが多くなる。ここでは、次のような建築分野と土木分野のスピードアップ技術の例を紹介する。

### 2. 建築分野の施工スピードアップ技術

R C造による超高層建物は、鉄骨造に比べて風揺れが小さいなど居住性や経済性に優れており、住宅に適した構造である。しかし、R C造は鉄骨系工法に比べて現場作業量が多いため躯体工期が長くなり、工期短縮が課題とされていた。

超高層建物の工期は、1階分の躯体工事を施工する日数(サイクル工程)の短縮がポイントになる。超高層建物の建設が始まった当初のサイクル工程は概ね6～10日であったが、最近の工事では2～7日程度に短縮されている。これを実現した中心技術は部材のP C a化である。現場で鉄筋や型枠を組み立てコンクリートを打設する工法を、工場で製作したP C a部材を現場に搬入し、揚重機で吊上げて組み立てる工法に変更することにより、現場での作業量が大幅に減少し躯体の施工スピードが向上した。さらに、P C a工法は、柱、梁など部材単体をP C a化したレベルから、柱・梁を一体化したP C a部材や2フロア分のP C a部材を一度に組み立てる工法へ進化するなど、産官学において高品質で高精度のP C a部材を製造する技術、P C a部材を接合する技術革新が継続されている。



写真1 1980年頃のシステム型枠



写真2 最近の柱・梁を一体化したPCa部材

### 3. 土木分野の施工スピードアップ技術

道路、鉄道、および上下水道、電力、ガスなどの地下ライフラインの建設は、施工機械の高性能化、自動化、大型化により施工スピードの向上を図ってきた。図1は首都圏の地下鉄について、シールド工法と開削工法により構築されたトンネル部と駅部の建設速度の変遷を路線毎に示している。1970代の新宿線、有楽町線、半蔵門線を基準とすれば、1980年から1990年代の南北線や大江戸線では2~3倍、1990年後半から現在に至る最近の半蔵門線や副都心線では3~4倍の施工速度となっている。一方、各路線の最大深度は有楽町線で30m、半蔵門線で40m、大江戸線で50mであり、1970年以前に建設された開削工事主体の銀座線や丸ノ内線の15mに比べ、地下空間利用の過密化と高土水圧下での施工技術の高度化を背景に徐々に施工深度は増大し、実質的な施工速度は時代とともに格段に向上している。

都市部のトンネルは、写真3、4に示すシールドマシンで掘削されており、掘進速度の向上のため各種のシールド技術が開発された。



写真3 初期の泥水式シールドマシン(1964)



写真4 最近の泥土圧式シールドマシン(2003)

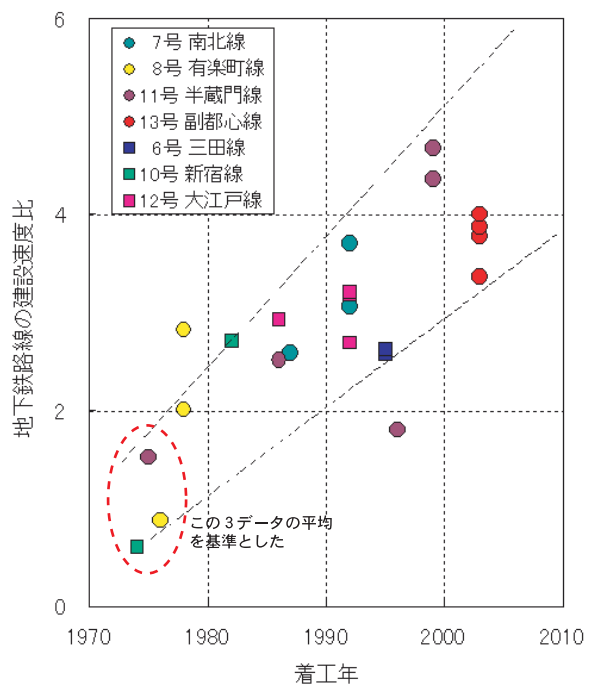


図1 地下鉄トンネルの建設速度の変遷

## ■ 展示パネルの概要

### 東京大学GCOE「都市空間の持続再生学の展開」

- **東京大学グローバルCOEプログラム**  
**都市空間の持続再生学の展開** Center for Sustainable Urban Regeneration

活動拠点の概要と、基幹的研究部会である「環境マネジメント部会」「ストックマネジメント部会」「社会情報マネジメント部会」「計画デザイン部会」、分野融合的戦略課題検討チームである「エコアーバンスペースチーム」「脆弱性市街地改善チーム」「都市空間文化再生チーム」の活動内容を紹介します。

### 奥村組【建築分野】

- **奥村組接着式耐震補強工法** [GBRC 性能証明 第06-24号 改]

既存建物の骨組の内側に補強壁を増設することにより耐震補強を行う「超高強度繊維補強コンクリートブロック工法」と「鋼板ブレース内蔵プレキャスト板工法」を紹介します。

- **フレキシブル免震**

免震建物の揺れに応じてダンパーの減衰特性を切り替える「フレキシブル免震」を、日本で最初の本格的免震ビルである奥村組技術研究所管理棟(1986年完成)に適用し、性能検証を行っています。

- **奥村式コア壁工法** [GBRC 性能証明 第10-16号]

超高層集合住宅の中央部分のコア壁を剛強なRC造連層耐震壁とすることで、居室部の柱を少なくし、プランニング自由度の高い居室空間を提供します。

- **室内環境技術**

住環境に関し、視覚的に騒音源の位置や音の放射状況を示すことができる「音源探査技術」と、電力量を見える化し、空調・照明設備の運転を遠隔操作で行う「簡易BEMS(ビルエネルギーマネジメントシステム)」を紹介します。

### 奥村組【土木分野】

- **新設コンクリート構造物の品質保証技術**

ICカードとインターネットを用いてコンクリートの運搬～打込みの施工管理、品質管理を支援する「コンクリート打設支援システム」を紹介します。

- **スラリー連続脱水システム** [NETIS登録HK-080013-A]

スクリーンプレスを用いて泥土(スラリー)を連続的に脱水処理することにより、設備の省面積化、工期短縮、コスト縮減を実現しました。

- **微生物による汚染土浄化技術**

高い油分解能力を持つ3種の微生物(3菌株)を土壌に導入することにより、油含有土壌の効率的な浄化を行います。石油類含有土壌の浄化事業において、わが国初の「微生物によるバイオレメディエーション指針(経済産業省・環境省告示第4号)」への適合確認を受けました。

- **3次元配筋モデル**

高架橋の柱-梁接合部の配筋図を3次元モデル化することにより、鉄筋の干渉状況を把握し、過密配筋の検討を行うことが可能になりました。



## 過去の基調テーマと講演者

### 第21回(平成21年)～第1回(昭和63年)

第21回	平成21年12月2日 基調テーマ「環境リスクの低減に向けて～土壌汚染の現状と対策～」 基調講演「土壌地下水汚染対策の現状と課題」 パネルディスカッション 「環境リスクの低減に向けて～土壌汚染の現状と対策～」	(東京国際フォーラム ホールD7) 和歌山大学理事 同上 土壌環境センター 国際環境ソリューションズ 日本不動産研究所常勤顧問	平田 健正 平田 健正 北岡 幸 中島 誠 山本 忠
第20回	平成20年12月5日 基調テーマ「首都直下地震～減災コミュニケーションに向けて～」 基調講演「首都直下地震の震災像と防災上の問題点」 一自助公助による減災を目指して パネルディスカッション 「首都直下地震～減災コミュニケーションに向けて～」	(中央区築地 浜離宮朝日ホール) 関東学院大学工学部 社会環境システム学科教授 同上 東京大学大学院情報学環総合防災情報 研究センター准教授 工学院大学工学部建築学科教授 都市防災研究所事務局長	若松加寿江 若松加寿江 大原 美保 久田 嘉章 守 茂昭
第19回	平成19年11月30日 基調テーマ「事業継続計画(BCP)を根付かせるために」～実効性を高める取り組みとは～ 基調講演「事業継続計画(BCP)を根付かせるために」 パネルディスカッション 「事業継続計画(BCP)を根付かせるために」	(港区江南 コクヨホール) 京都大学教授 同上 榎日立製作所上席コンサルタント 協立化学産業(株)取締役生産統括 榎奥村組BCP専門チームリーダー	丸谷 浩明 丸谷 浩明 梶浦 敏範 金田 秀文 鶴谷 雅之
ー平成18年は、創立百周年記念講演会開催のため、技術セミナーとしては開催せずー			
第18回	平成17年11月8日 基調テーマ「災害への抵抗力を高める防災・減災工学」 基調講演「環境学としての構造安全論」 パネルディスカッション 「災害への抵抗力を高める 防災・減災工学」	(墨田区横網 KFCビルホール) ～自然災害から社会資本を守る～ 東京大学新領域創成科学研究科教授 同上 東京大学地震研究所助教授 福岡大学工学部建築学科教授 ABS Consultingシニア・テクニカル・マネージャー	神田 順 神田 順 工藤 一嘉 高山 峯夫 川合 廣樹
第17回	平成16年10月21日 基調テーマ「巨大地震の震源像、地震動、予想される災害」～やや長周期地震動の脅威と対応～ 基調講演「巨大地震の震源像、地震動、予想される災害」 パネルディスカッション 「巨大地震の震源像、地震動、 予想される災害」	(中央大学駿河台記念館) 京都大学副学長 同上 京都大学原子炉実験所助教授 消防研究所基盤研究部長 京都大学大学院工学研究科助教授 榎奥村組建築設計部	入倉孝次郎 入倉孝次郎 釜江 克宏 座間 信作 清野 純史 舟山 勇司
第16回	平成15年11月4日 基調テーマ:世紀を超えるコンクリート構造物への挑戦 基調講演「世紀を超えるコンクリート構造物への挑戦」 パネルディスカッション 「世紀を超える コンクリート構造物への挑戦」	(中央大学駿河台記念館) 京都大学大学院工学研究科教授 東洋大学工学部環境建設学科 鹿児島大学工学部海洋土木学科助教授 東日本旅客鉄道(株) 宇部生コンクリート(株) 榎奥村組技術研究所	宮川 豊章 福手 勤 武若 耕司 津吉 毅 吉兼 亨 東 邦和



第15回	平成14年12月5日 基調テーマ:都市防災と危機管理 基調講演「都市防災と危機管理」  パネルディスカッション 「都市防災と危機管理」	コーディネーター パネリスト	京都大学防災研究所 巨大災害研究センター長・教授 同上 NHK解説委員 東京都立大学大学院都市科学研究科教授 慶應義塾大学商学部助教授	(中央大学駿河台記念館)      河田 恵昭 河田 恵昭 藤吉洋一郎 中林 一樹 吉川 肇子
第14回	平成13年11月8日 基調テーマ:都市再生 基調講演「今、何故、何が都市再生なのか」 パネルディスカッション 「都市再生」	コーディネーター パネリスト	計量計画研究所理事長 東京工業大学名誉教授 同上 日本開発構想研究所研究本部長 オリエンタルコンサルタンツ顧問 日本プロジェクト産業協議会	(中央大学駿河台記念館)      黒川 洸 黒川 洸 阿部 和彦 秋口 守國 成田 高一
第13回	平成12年11月10日 基調テーマ:ITと建設 基調講演「ネットワーク時代のビジネスモデル」 パネルディスカッション 「ITと建設」	コーディネーター パネリスト	慶應義塾大学教授 慶應義塾大学教授 国際大学GLOCOM教授 千葉工業大学工業デザイン学科助教授 富士通株物流ソリューション部部長	(中央大学駿河台記念館)      國領 二郎 國領 二郎 宮尾 尊弘 寺井 達夫 仲村 光文
第12回	平成11年9月9日 基調テーマ:都市と環境 基調講演「これからの環境アセスメント」 パネルディスカッション 「環境・市民と都市の社会基盤整備」	コーディネーター パネリスト	東京工業大学大学院教授 東京大学大学院教授 東京工業大学大学院教授 運輸政策研究機構調査役 ランドブレイン(株)都市計画部室長補佐 応用地質(株)理事	(中央大学駿河台記念館)      原科 幸彦 家田 仁 原科 幸彦 加藤 浩徳 紙田 和代 高木 泰
第11回	平成10年9月8日 基調テーマ:都市と環境 基調講演「地球環境の将来見通し」 パネルディスカッション 「地球環境負荷削減: 都市と生活の改造は可能か? 誰が実施するのか?」	コーディネーター パネリスト	京都大学大学院教授 名古屋大学大学院教授 弁護士・気候ネットワーク代表 (財)電力中央研究所上席研究員 (株)日建設計土木事務所設計室長	(中央大学駿河台記念館)      松岡 譲 林 良嗣 浅岡 美恵 丸山 康樹 杉山 郁夫
第10回	平成9年9月2日 基調テーマ:都市と地震防災 基調講演「防災に関する緊急的課題とその解決の方向」 パネルディスカッション 「地震防災の将来像」	コーディネーター パネリスト	名古屋大学大学院教授 埼玉大学教授 (株)システムアンドデータリサーチ社長 前橋工科大学教授 東京大学大学院教授	(中央大学駿河台記念館)      松尾 稔 渡邊 啓行 中村 豊 那須 誠 小谷 俊介
第9回	平成8年9月10日 基調テーマ:設定せず 講演 都市トンネル技術の動向 近代都市建設にみる先人たちの知恵		東京都立大学名誉教授 作家	(中央大学駿河台記念館)      山本 稔 田村 喜子

第8回	平成7年11月30日 基調テーマ:設定せず、久保慶三郎先生追悼講演会として開催 オープニングスピーチ 講演 直下型地震の危険性と予知 砂地盤の液化化現象とその対策 建物の耐震性と地震対策 世界と日本の地震災害 地震工学への1、2の宿題	東京大学教授 東京大学教授 東京工業大名誉教授 東京大学教授 京都大学教授 元東京大学教授	(全共連ビル) 片山 恒雄 阿部 勝征 吉見 吉昭 岡田 恒男 土岐 憲三 金井 清
第7回	平成6年9月13日 基調テーマ:災害に強い都市づくり 基調講演「都市の変貌と防災-多様化する都市型災害への対応」 パネルディスカッション コーディネーター パネリスト	京都大学教授 東京大学名誉教授 東京工業大学教授 東京大学助教授 京都大学助教授	(中央大学駿河台記念館) 亀田 弘行 久保慶三郎 大町 達夫 山崎 文雄 林 春男
第6回	平成5年9月14日 基調テーマ:21世紀の豊かな都市環境の創造に向けて 基調講演「21世紀の豊かな都市環境づくりへの課題」 パネルディスカッション コーディネーター パネリスト	日本大学教授 東京大学名誉教授 名古屋大学教授 立命館大学教授 財先端建設技術センター常務理事	(中央大学駿河台記念館) 新谷 洋二 久保慶三郎 林 良嗣 塚口 博司 佐々木 康
第5回	平成4年8月20日 基調テーマ:社会基盤整備と地下利用 基調講演「社会資本の歴史と将来展望」 パネルディスカッション コーディネーター 「都市地下空間と インフラストラクチャー」 パネリスト	東京大学教授 東京大学名誉教授 立命館大学教授 東京工業大学教授 ㈱奥村組東京支社	(中央大学駿河台記念館) 中村 英夫 久保慶三郎 春名 攻 木村 孟 畠山 哲雄
第4回	平成3年9月10日 基調テーマ:ライフラインと地震対策 基調講演「ライフラインと地震対策」 パネルディスカッション コーディネーター 「ライフライン・地盤・都市防災」 パネリスト	東京大学教授 東京大学名誉教授 京都大学教授 東海大学教授 都市防災研究所	(中央大学駿河台記念館) 片山 恒雄 久保慶三郎 亀田 弘行 浜田 政則 小川雄二郎
第3回	平成2年8月29日 基調テーマ:最新物体挙動解析法を中心に 基調講演:「粒状体の運動」 パネルディスカッション コーディネーター 「地震防災の最近のトピックスと 将来への提言」 パネリスト	東京大学教授 東京大学名誉教授 日本大学教授 京都大学教授 埼玉大学教授 ㈱奥村組筑波研究所	(中央大学駿河台記念館) 伯野 元彦 久保慶三郎 能町 純雄 土岐 憲三 渡辺 啓行 中江新太郎
第2回	平成元年8月23日 基調テーマ:Flow Slideと土木用新材料 基調講演:「LIQUEFACTIN-INDECEDED FLOW SLIDE OF EMBANKMENTS AND RESIDUAL STRENGTH OF SILTY SAND」	東京大学名誉教授	(茗溪会館) 石原 研而
第1回	昭和63年8月30日 基調テーマ:設定せず 基調講演:「第9回世界地震工学会議をふりかえって」 「ダムおよび斜面の耐震設計」	東京大学名誉教授 埼玉大学教授	(麴町会館) 久保慶三郎 渡辺 啓行

【メモ】

「第22回技術セミナー」お問い合わせ先

株式会社奥村組 土木本部  
技術セミナー事務局

〒545-8555 大阪市阿倍野区松崎町2-2-2  
TEL:06-6625-3893 FAX:06-6625-3901