CIM 活用時における
プロジェクト執行形態の検討

学生氏名　藤永　采子
指導教員　　皆川　勝

所属　東京都市大学工学部都市工学科　計画マネジメント・皆川研究室
E-mail　ayakory__2525230@ezweb.ne.jp

近年，建設設計・生産プロセスで3次元モデルデータを一元管理するCIM(Construction Information Modelling)の考え方が世界で急速に広がりをみせている．我が国でも，CIM試行工事は急激に増加しており，CIMが急速に普及・発展しつつある．CIMのメリットであるLCC（Life Cycle Cost）の削減，工事期間の短縮，各フェーズの連動性を考える上で発注者の主導による契約のあり方などの制度改革が必要である．

そこで，本研究では，ライフサイクル全体でのCIM導入を推進するために，三者（発注者・設計者・施工者）それぞれのCIM導入による効果の最大化を目指し，またCIM試行効果の検証，多様な契約方式の実施状況などを調査し，CIM導入に効果的な契約方式の考察・検討を行う．

Key Words: *Building Information Modeling, Civil Information Modeling, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism*

1.　はじめに

(1)　背景

近年，建設産業界には様々な課題が渦巻いている．産業力の指標の一つである労働生産性は，**図-1** より製造業等の生産性がほぼ一貫して上昇したのとは対照的に，建設業の生産性は大幅に低下した．これは主として， 建設生産の特殊性および就業者数削減の遅れ等によると考えられる．近年は建設業就業者数の減少もあり，概ね横ばいに近い動きとなっている．

また，**図-2** より建設業就業者数を年齢階層別にみると，若年層の減少が目立っており，相対的に高齢層の割合が高まっている．このような高齢化の傾向は，他産業と比べても顕著である．就業者の高齢化は産業活力の維持，強化の点で大きな問題であり，また，団塊世代の多数の技術者，熟練技能者の退職が進行しつつある中で，建設生産システムの中核をなす技術，技能の継承が当面の大きな課題である．

また，日本の首都圏のインフラ施設は，ほぼ完成されている近年で，**表-1** より建設後 50 年以上経過したインフラ施設の割合は約 20 年後には，ほとんどの施設で 50%を越え老朽化が危惧されている．また，国内だけでなく，海外に市場を広げていくことは非常に重要な課題である．しかしながら，**図-3** より日本企業の海外の受注実績は安定していない．

これらの課題解決向けた有効策の一つとして，建設設計・生産プロセスで 3 次元モデルデータを一元管理する CIM（Construction Information Modeling）が世界で急速に広がりをみせている．

図-4 に平成 27 年度の CIM 試行工事の実施状況を示す．発注者の指定によって CIM を試行する指定型の工事と，受注者の希望によって CIM を試行する希望型の工事を比較したものである．指定型，希望型それぞれの合計を比較したところ，約 7 倍希望型が多く，また年度別の合計で比較してみても，CIM 試行工事は急激に増加している．このように日本でも CIM 試行事業が増え，CIM が急速に普及・発展しつつある．

現在の日本の建設産業の執行形態では責任の明確化という観点から，コンサルタントとゼネコンの情報共有は困難な状態である．しかし，設計段階での CIM による仮想施工により情報共有を実現した場合には，施工中の設計変更のリスクを低減できる．

(2)　目的

本研究の目的といたしまして，CIM のメリットで

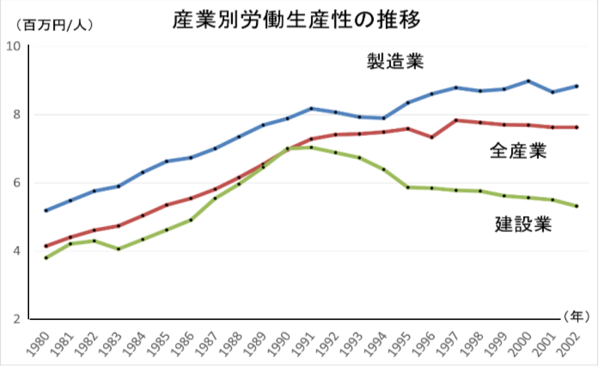
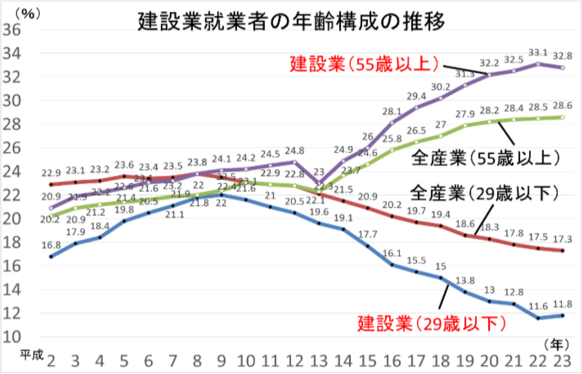
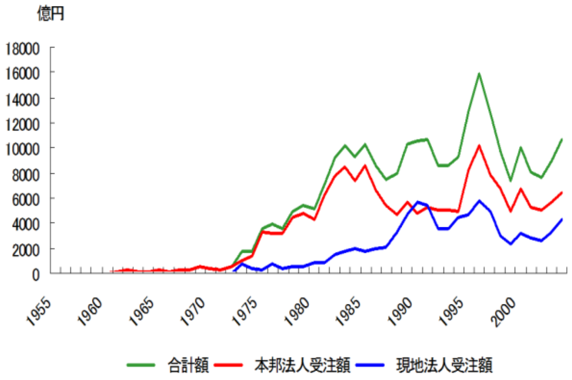


図-1　労働生産性 [1)]

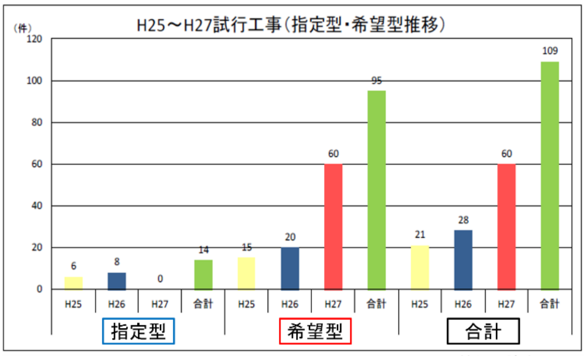
あるLCC（Life Cycle Cost）の削減，工事期間の短縮，各フェーズの連動性を考える上で発注者の主導による契約のあり方などの制度改革が必要である．そこで，ライフサイクル全体でのCIM導入を推進するためにプロジェクト執行形態の検討を行う．



図−2　建設業就業者の年齢構成の推移 [2]



図−3　海外建設受注実績の推移 [3]



（H27　CIM技術討論会　より）

図−4　平成27年度のCIM試行工事の実施状況

表−1　建設後50年以上経過したインフラの割合 [4]

	平成22年度	平成32年度	平成42年度
道路橋 ※約15万5千橋 （橋長15m以上）	約8%	約26%	約53%
排水機場、水門等 ※約1万施設	約23%	約37%	約60%
下水道管きょ ※総延長：約43万km	約2%	約7%	約19%
港湾岸壁 ※約5千施設	約5%	約25%	約53%

2.　CALS/EC [5]

CALS/EC(Continuous Acquisition and Life-cycle Support / Electronic Commerce)とは，「公共事業支援統合情報システム」の略称であり，従来は紙で交換されていた情報を電子化するとともに，ネットワークを活用して各業務プロセスをまたぐ情報の共有・有効活用を図ることにより公共事業の生産性向上やコスト縮減等を実現するための取り組みである．

(1)　CALS/ECの成功と失敗

まず，CALS/ECの有効性を表−2に示す．

国土交通省は，1997年から設計情報等の電子化による効率的な処理を進めることを目的にCALS/ECの開発・普及に取り組んできた．その結果，図面や写真の電子納品，電子入札などの成果を得てはいるが，電子情報を施工段階において十分に活用できていない．一方で，民間の建築現場では，3次元建築情報により設計，施工の情報共有を進めるBIMが効果をあげはじめ，国土交通省では営繕工事でBIMの試行を行うとともに，土木についてもCIMと称して開発に着手した．さらに，携帯情報端末機の発達は，建設現場における情報交換に大きな変化を引き起こそうとしている．

つまり，BIM/CIMはCALS/ECの延長線上の取り組みであるが故に，CALS/ECの課題を解決していかないとBIM/CIMの導入でも同じ失敗をしてしまう．

a)　成功したこと

CALS/ECにおける個別の要素技術はかなり整備できた．電子入札は利用が拡大し，電子納品はCAD図面や写真，測量成果品など様々な基準が整備された．情報共有も工事施工中の実証実験で行われた．

b)　できなかったもの

CALS/ECにおける建設生産システム全体のワークフローが未完成．電子契約は未達成，電子納品された成果品はあまり活用されていない，設計から施工，施工から維持管理の間での情報共有も出来ていない．

c)　なぜ失敗したのか？

国交省のCALS/EC担当者は，この10年間，ほぼ

表−2　CALS/ECの有効性

情報化の観点から見た公共事業の特徴

- 発注者、設計者、施工者、資材供給者等関係者が多く、この間で頻繁に情報交換が行われる。
- 交換される情報は、文書のみならず図面や写真、計算書等多様で量が多い。
- 施設のライフサイクルが長く、長期間にわたる維持管理が必要であり、これを支える情報の役割が大きい。

⇩ CALS/ECの導入

効率的な業務の遂行が可能となる

- 情報の電子化により、保管スペースが削減され、かつ、検索が簡易・短時間で可能となる。
- 通信ネットワークを利用し、短時間でどことでも情報交換でき、より迅速な業務の執行が可能となる。
- 情報の共有により、行き違いや伝達ミスがなくなる。

2 年ごとに交代し，CALS/EC が抱える課題は先送りされ続けてきた．今までの現状では，CALS/EC に対応するために必要な費用は受注者が負担していた．そのため，民間業者も CALS/EC に対応しても，自らの生産性向上につながらないばかりか手間ばかり増えることが判っている．

(2)　改善策

公共分野での CIM 本格導入の際に, CALS/EC での失敗を活かすことが非常に重要である．以下に改善策を記す．

a)　CALS/EC のロードマップが実現するまでは何年かかっても腰を据えて CALS/EC 担当を続けていれば，早期に実現の可能性があったかもしれない．

b)　CALS/EC に対応するために必要な費用は発注者側が負担する．生産性向上が向上すれば，投資した金額以上の利益が出ると考える．

3.　CIM の概要

CIM（Construction Information Modeling）とは，調査・設計段階から 3 次元モデルを導入し，施工・維持管理の各段階での 3 次元モデルに連携・発展させることにより，設計段階での様々な検討を可能とすると共に，一連の建設生産システムの効率化を図るものである．

(1)　CIM の効果

CIM の効果は，**表-3** のようにまとめられる．

これらの効果は，発注者と受注者，関係機関相互間のより円滑な意思疎通等の手段として期待されるだけでなく，調査計画，設計，施工，維持管理のそれぞれの機関内部での効率的で高度な業務の遂行に活用できるものと考えられる．また，CIM を活用する十分なスキルを持った発注者と受注者の双方が，それぞれの役割分担を明確にした上で，共有したモデルを通じた円滑な情報の交換が可能となる環境を構築していくことが不可欠である．以下に効果の詳しい内容を記す．

a)　設計の可視化

図面とは，建物を色々な方向や切り口から見て，平面図，立面図，断面図といった 2 次元の組み合わせで表現する手法である．これに対し，BIM は，コンピュータ上に実際の建物を 3 次元で作り上げる手法．CG と似ているが，見える部分だけをモデル化する CG に対し, BIM は壁や天井裏に隠れた柱や梁，配管や空調ダクト等まで忠実にモデル化が可能となる．

b)　設計の最適化

図面を途中で変更すると，関連する他の図面も修正して整合させる必要があるが，実際にはそこで修正間違いが起こりがちである．その点，BIM では 3 次元の基データを修正し，図面を描き直すだけで整合性が自動的に取れるため，チェック作業が大幅に省力化できる．

c)　施工の高度化

施工段階では，設計，構造，設備の干渉問題が起こりがちであるが，BIM には干渉チェック機能があるため，設計段階でそれを発見することができる．このことをフロントローディング（作業の前倒し）という．

d)　維持管理の効率化，高度化

維持管理において必要なデータ（属性データ等）を連携させることにより，維持管理での 3 次元モデルが構築され，管理の効率化･高度化が可能となる．

e)　構造物情報の一元化・統合化

施工時に時間軸と金を追加(4 次元･5 次元モデル) するなどの応用し 1 つのモデルに統一することで，施工計画の最適化，効率的な施工管理，安全の向上等が可能となる．

f)　環境性能評価, 構造解析等の適用

BIM データを気流・音・熱環境シミュレーションなどに活用し，更に，合理的構造形式の検証や設備機器の立体的納まりの検証に展開されている．

CIM により建設事業の各段階で利用する情報を共有化することで，本来，後工程でないと利用できない情報（フロントローディング）を前もって利用できるというメリットが特徴である．

(2)　積極的な導入の必要性

CIMを本格的に導入するためには，3次元に対応したハード・ソフトの技術開発，基準や制度の新たな策定や見直し，さらに，実際の事例の積み重ねや必要に応じた見直し等，建設システム全体で大幅な見直しが必要であり，相当に大きな変化が必要である．

大きな見直しや変化が必要なことから，そこまでやる必要があるのか，今やる必要があるのか等の声も聞かれることは確かである．

ICTの進展，世界情勢，土木以外の他分野等の状況を大局的に見ても，機械分野や建築分野のBIM，海外の土木分野等の3D化の流れはすでに進んでいる．

このような状況の中，日本の建設分野の選択肢は，他の分野や海外で十分に検証され確立された技術を導入しようという選択肢や，自ら CIM を積極的に導入し世界の先頭に先導役になる等，様々な選択肢がある．日本の建設分野はこれまでも世界をリードす

表-3　CIM の効果

①情報の利活用によるプロジェクトの可視化
②設計の最適化（整合性の確保）
③施工の高度化（情報化施工）、意思決定の迅速化
④維持管理の効率化、高度化
⑤構造物情報の一元化、統合化
⑥環境性能評価、構造解析等高度な技術解析の適用

る技術力を持ち，その最先端技術が世界中で評価されていきている．当然のことながら，CIM の導入にあたっては，平成 24 年度より取り組みを開始した CIM の推進を加速され，これまでと同様に，CIM 技術においても世界をリードしていくことが必要であり，国土交通省から CIM を推進し普及する方針が出されたのも，同様な考えによるものと考えられる．

4. 日本での CIM 活用の事例 [6)]

国土交通省では，「建設分野において，3 次元モデルを共有・活用させることにより，建設に関わるトータルコストを縮減すること」を目的として CIM の取組みを本格化している．今回はその取組みの一つとして，トンネル工事での事例を紹介する．**表-4** に工事概要を示す．

表-4 工事概要

項目	内容
工事名称	近畿自動車道紀勢線見草トンネル工事
施工場所	和歌山県西牟婁郡白浜町富田地先～椿地先
契約工期	平成24年3月7日～平成27年2月28日
工事内容	道路トンネル
数量	トンネル延長 L=2380m 残土処理 179,900m3 橋台工 1基

イメージ（AutoCAD Civil3D）
図-5 坑口部の 3 次元化

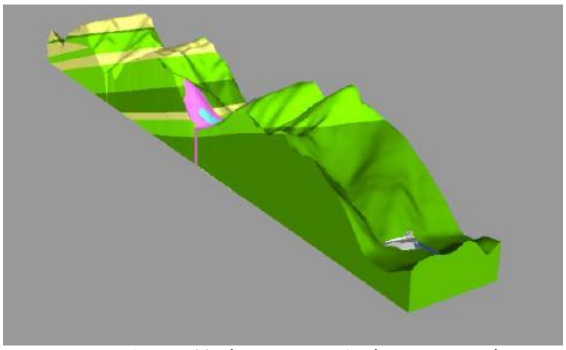


図-6 地形・地質データ，設計データのモデル化

(1) トンネル工事における課題

トンネル工事では，地質平面図，縦断図，標準断面図，支保パターン図などの 2 次元図面や，計測データ，切羽の岩質，亀裂面の間隔・頻度などを記録した切羽観察などの情報を元に施工を進めている．この際には，前方の切羽状況を適切に予測し，発注者の同意を得た上で補助工法の採用や支保パターンの変更を行うことが特に重要であるが，切羽状況の予測は，現場技術者の技量に大きく左右されること，発注者と立体的なイメージを上手く共有できないことなどがあり，手戻りとなるケースがあった．なお，切羽状況の予測が現場技術者の技量に左右される一因には，トンネル掘削のための調査において，データ評価の手法や表現が大きく異なり，統一して判断するためのツールがなかったことが挙げられる．

さらにトンネル供用開始後にトラブルが発生した場合は，膨大な施工記録の中から，原因を特定するための資料を探し出すことが必要となるが，施工時の情報を維持管理業務に引き継げておらず，資料の探索が困難な場合も多かった．このように発注者と施工者，管理者で情報の共有や連携に関して問題があった．

(2) CIM の導入

以上の課題を解決し，効率的にトンネル工事を施工するため，CIM を導入し，以下に示す地質情報や施工情報等を一元管理するモデルを構築した．

図-5,6 に，地形・地質データ，設計データ（トンネル線形・断面形状）をモデル化（施工前データ）したものを示す．

(3) CIM 活用の成果

今回取り組んだ CIM 活用の成果を以下に述べる．

a) 地形・地質データ，設計データのモデル化

- 地表面の低土被り部とトンネル位置との関係が明確になり，分かりやすい．
- 一般公開データを用いることで，モデル化を省力化できた．

b) 切羽状態，計測データ，品質管理データのモデル化

- 断層，亀裂面の方向が表現でき，次サイクル以降の地山の状況が判断しやすい．
- 計測データに関して，管理レベルを色分けすることで，異常・変状などが判断しやすい．
- 覆工品質管理データをモデルに組み込むことで今後の維持管理へ向けた連携強化に繋がる．

(4) 今後の課題

- 追加する施工情報の選定
- 3 次元スキャナによる覆工巻厚のモデル化
- グラフィック表現の高度化

施工段階においては，CIM により情報を可視化し，イメージを共有することで，実際の岩判定などの設計変更協議にも役立ち，支保パターンの選定や補助

工法の可否等を迅速に決定することができた．
計測・覆工品質管理モデルは，施工情報を迅速・簡単に閲覧可能になるよう計測システムから自動で取り込めるシステムとし，業務の効率化，生産性向上に寄与できた．

5. CIM 導入に対しての現状の課題

表-6 に CIM 導入に対しての現状課題を示す．CIM の課題は「CIM モデルの運用」,「CIM 効果を発揮するための発注者，設計者，施工者等の連携」,「人材育成やハード・ソフトの整備」の大きく 3 つに分類される．本研究では「CIM 効果を発揮するための発注者，設計者，施工者等の連携」について詳しく研究を行っていく．

6. 課題解決に向けて

国土交通省の平成 28 年度の CIM 導入に向けた実施計画は，事業促進 PPP 方式，設計・施工一括発注方式，技術提案・交渉方式（ECI 等）などの「多様な入札方式の検証状況」を踏まえ，CIM の導入における,「フロントローディングの考え方の実践」，また，設計・施工検討の合理化・効率化，地元説明（計画説明，工事説明），関係機関協議の円滑な実施，干渉チェックなどリスク管理，出来形管理の効率化などの「CIM の活用策の検討」が計画内容として挙げられた．

「CIM 効果を発揮するための発注者，設計者，施工者等の連携」の課題解決に向けて，CIM 導入に効果的な契約方式の検討を行っていく．そのために前述した平成 28 年度の CIM 導入に向けた実施計画などを踏まえ，今回，以下の 3 点について着目し，契約方式の選定を行っていく．

（1）三者のメリットの最大化
（2）CIM 試行効果検証
（3）多様な契約方式の実施状況

(1) 三者のメリットの最大化

CIM を導入するにあたって，三者それぞれのメリットが大きく無いと，三者の CIM を導入する動機が働きづらいのではと考えた．

CIM は，**表-3** に示したような多くの効果が期待でき，メリットは CIM 導入により最大化することが可能であると考えられる．以下に三者それぞれの CIM 導入により得られる効果を示す．

a) 発注者

発注者は，CIM 導入により，発注業務（設計書作成，積算など），監督・検査業務の効率化が図られる．また，維持管理において必要なデータ（属性データ等）を連携させることにより，維持管理での 3 次元モデルが構築され，管理の効率化・高度化が可能となる．

b) 設計者

設計段階においては，効率的，かつ幅広い比較検討等が可能となる他，構造物の干渉チェックによる設計ミスの削減，数量の自動算出，構造物の可視化等などが期待できる．また，設計から施工に移行する際に，3 次元モデルによる円滑なデータ連携が図られる．

c) 施工者

施工時のデータを順次モデルに追加することにより，出来高確認等の施工管理の効率化が図られるとともに，維持管理に活用する 3 次元モデルが構築される．また，施工時に時間軸を追加（4 次元モデル）するなどの応用により，施工計画の最適化，効率的な施工管理，安全の向上等が可能となる．

表-6 CIM 導入に対しての現状課題 [7)]

CIM導入に対しての現状課題	
CIMモデルの運用	• モデルの緻密さ・制度 • 工種、利用目的等に応じたモデルの使い分け • 各フェーズ間のデータ交換・モデル継承のルール • 属性情報の記録ルール • データフォーマットの統一 • 国際ルール作りへの取り組み
CIM効果を発揮するための発注者、設計者、施工者等の連携	• 設計施工一括発注等での効果検証 • CIM導入が有効な場面、工種、規模等の明確化 • フロントローディングが有効な項目の明確化 • 計画～維持管理までの各連携方法 • CIM導入に対応した契約、監督・検査、設計変更等のあり方 • データ交換のあり方
人材育成やハード・ソフトの整備	• 3Dソフトやツールやデータ(部品)群の充実 • 3Dモデルの作成や操作を円滑に行うための人材育成

(2)　CIM の試行効果検証

今回，平成 28 年度の実施計画である，「CIM の活用策の検討」を行うために，平成 24 年度及び平成 25 年度の CIM 試行効果検証結果に着目した．ここで平成 24 年度及び平成 25 年度の CIM 試行効果検証の結果比較を**表-7** に示す．以下にそれぞれの年度の対象工事件数と採点方法を記す．

a)　平成 24 年度の対象工事件数

詳細設計を対象として 11 件実施し，対象工種は，土工，橋梁，調整池，函渠，地盤改良，トンネルであり，その内，橋梁が 6 件と半数以上を占める．

b)　平成 25 年度の対象工事件数

概略・予備設計で 5 件，詳細設計で 14 件実施し，対象工種は，土工，橋梁，トンネル，樋門，堤防等で，こちらも橋梁が最も多く半数以上を占める．

c)　採点方法

「効果あり」を 5 点，「やや効果あり」を 4 点，「変わらず」を 3 点，「やや非効率」を 2 点，「非効率」を 1 点として，受・発注者自らが評価・採点し，項目ごとに平均点を算出．

表-7 の検証比較を見ると平成 24 年度は 4 点の「やや効果あり」が半数であったのに対し，平成 25 年度はさらに評価が上がり，4 点以上の「やや効果あり」「効果あり」が半数以上占める結果となった．これにより，CIM は事業効率の向上に貢献できることがわかった．4 点に乗らない項目もあったが，非効率と感じる項目は無かったため，これからさらに CIM の試行事業が進み，効果を感じる項目が増加すると予想できる．

(3)　多様な契約方式の実施状況

今回は，契約方式である「設計施工一括発注方式」，「ECI 方式」，「技術提案・交渉方式」そして発注者支援方式である「CM 方式（ピュア CM 型・アットリスク型）」，「事業支援 PPP 方式」に関してのそれぞれの実施状況について着目した．

まずそれぞれの契約方式の簡潔な概要を以下に示す．

a)　多様な契約方式 [9]

(ア) 設計施工一括発注方式

設計施工一括発注方式は，構造物の構造形式や主要諸元も含めた設計を施工と一括で発注することにより，民間企業の優れた技術を活用し，設計・施工の品質確保，合理的な設計，効率性を目指す方式である．

(イ) ECI 方式

ECI 方式とは，設計段階の技術協力実施期間中に施工の数量・仕様を確定した上で工事契約をする方式である．(施工者は発注者が別途契約する設計業務への技術協力を実施) この方式では別途契約している設計業務に対する技術協力を通じて，当該工事の施工法や仕様等を明確にし，確定した仕様で技術協力を実施した者と施工に関する契約を締結する．また，施工者が行う技術協力については，技術協力の開始に先立って技術協力業務の契約を締結する．

(ウ) 技術提案・交渉方式

「技術提案・交渉方式」とは，技術提案を募集し，優れた提案を行った者を優先交渉権者とし，その者と価格や施工方法等を交渉し，契約の相手方を決定する方式である．プロジェクトの上流段階において，後工程で生じるリスク等を事前に集中的に検討するために，事業の特性や進捗状況，発注者の体制等を踏まえ，最適な入札契約方式を適用することにより，工事の品質確保や施工の効率化等を図る事を目的と

表-7　平成 24 年度及び平成 25 年度の CIM 試行効果検証の結果比較 [8]

検証	効果検証項目		目的（想定した効果）	H24	H25	傾向
受注者	1	設計打合せ	可視化による条件誤認などの削減(11) ビューワ利用等の情報共有による効率化(7)	4.0	4.5	↑
	2	地盤・測量データ確認	3次元モデル作成の効率化	3.6	4.3	↑
	3	一般図（モデル）作成	交差、近接条件、形状の可視化による効率化	3.9	3.6	↓
	4	構造物設計 （基礎杭・下部工、RC上部工、 PC上部工、上部工、BOXその他）	配筋干渉チェック・設計ミス排除等	4.1	4.7	↑
	5	付属物・付帯物設計	干渉・取り合いチェック、設計ミス排除	4.0	5.0	↑
	6	数量計算	自動計算による省力化	3.6	3.4	↓
	7	作図・図化	作図・図面修正の効率化・省力化	3.2	3.6	↑
	8	設計照査	図面照合チェックの省力化等	4.3	4.6	↑
	9	仮設・施工計画	設計（施工性）諸条件の確認、照査	3.7	4.4	↑
発注者	①	成果品の確認	図面確認の省力化	3.8	4.1	↑
	②	業務説明	内部説明、意思決定などの効率化	4.4	4.7	↑
	③	関係機関協議	関係機関との協議・説明の効率化	4.0	4.0	-

している．この目的を達成するため，一般的な「設計施工分離発注方式」と異なり，設計段階において施工者が参画することが必要となる．

技術提案・交渉方式の適用が考えられる契約方式は，「設計・施工一括発注方式」又は「設計段階から施工者が関与する方式（ECI 方式）」の 2 種類であり，その 2 種類の契約方式を「設計・施工一括タイプ」，「技術協力・施工タイプ」及び「設計交渉・施工タイプ」の 3 種類の契約タイプに分類している．

契約タイプの選定方法として，二段階あり，第一段階は，仕様の確定度合い，工事目的達成に対する技術提案の影響度から「総合評価落札方式」か「技術提案・交渉方式」を選定する．第二段階として，仕様の前提となる条件の確定状況，施工者の設計への関与度合いから技術提案・交渉方式の契約タイプを選定する．各契約タイプにおける手続の流れを図-9, 10, 11 に示す．

(エ) CM 方式（ピュア型・アットリスク型）

CM（Construction Management）方式とは，米国で多く用いられている建設生産・管理システムの一つであり，発注者の利益を確保するため，発注者の下でコンストラクションマネージャー（CMR）が，設計・発注・施工の各段階において，設計の検討や，工程管理，品質管理，コスト管理などの各種のマネジメント業務の全部または一部を行うものである．

CM 方式では設計業者，発注者，施工者がそれぞれに担っていた設計，発注，施工に関連する各種のマネジメント業務を発注者側で実施することとしており，CMR は，発注者と「マネジメント業務契約」を締結し，発注者の補助者として発注者に対しマネジメント業務の全部または一部を行うサービス（CM サービス）を提供し，発注者からその対価を得る．この場合，施工については，発注者が CMR のアドバイスを踏まえ工事種別ごとに分離発注等を行い，発注者が施工者と別途「工事請負契約」を締結する．

米国では，こうした純粋な CM 方式を，「アットリスク CM」（図-13）と区別して「ピュア CM」（図-12）と呼ぶ．

米国では発注者がリスクを軽減するために，CMR にマネジメント業務に加えて施工に関するリスクを負わせる場合があり，このような CM 方式を「アットリスク CM」と呼ぶ．なお，「アットリスク CM」においても，マネジメント業務の内容そのものについては，基本的には「ピュア CM」と同じである．

(オ) 事業支援 PPP 方式

事業促進 PPP 方式とは，民間技術者チームが従来，発注者の行ってきた測量・調査・設計・用地取得などの協議や調整など，施工前の業務を発注者と一体となって実施するもので，調査及び設計段階から効率的なマネジメントを行うことにより事業の促進を図る方式のことである．図式化したものを図-14 に示す．

b) 多様な契約方式の実施状況 [10]

平成 28 年 12 月 16 日に国土交通省・総務省・財務

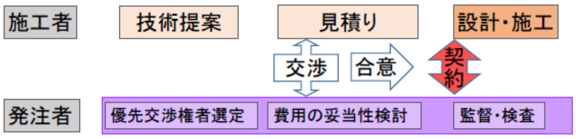


図-9 設計・施工一括タイプ

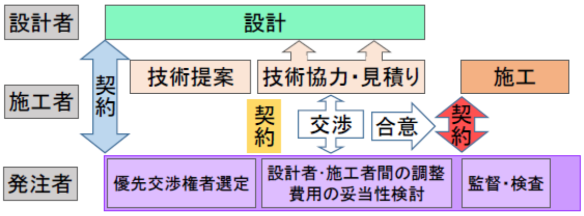


図-10 技術協力・施工タイプ

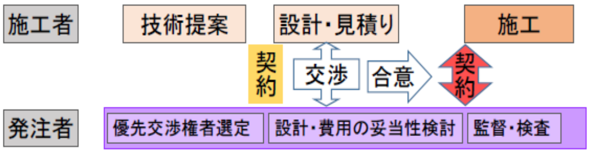


図-11 設計交渉・施工タイプ

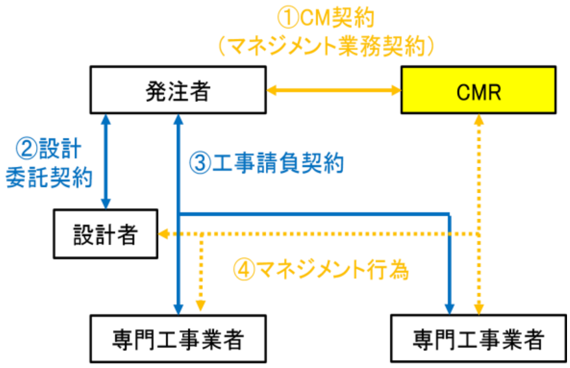


図-12 ピュア CM

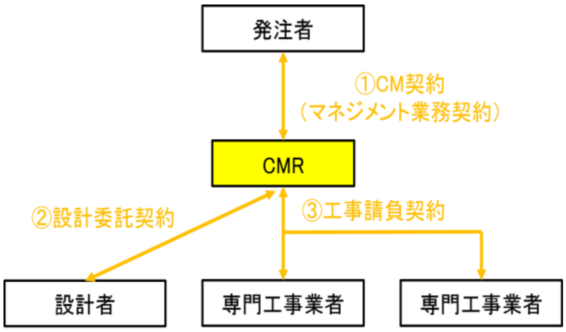


図-13 アットリスク CM

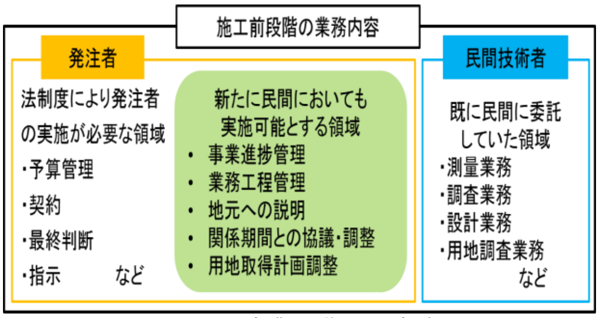


図-14 事業促進 PPP 方式

省が「入札契約適正化法等に基づく実施状況調査の結果について」を公表した．これは「公共工事の入札及び契約の適正化の促進に関する法律」に基づき，公共工事の発注者による入札契約の適正化の取組状況について，毎年度1回調査しているもので，「公共工事の品質確保の促進に関する法律」に基づく「公共工事の品質確保の促進に関する施策を総合的に推進するための基本的な方針」についての取組状況を合わせて調査している．

そして，平成28年度に実施した調査の結果並びに入札契約適正化法の対象である国，特殊法人等及び地方公共団体ごとの実施状況を取りまとめ，公表した．調査対象機関，調査対象時点は以下に示す．

（調査対象機関）

- 国　19機関
- 特殊法人等　124法人（H28年度）
125法人（H27年度）
- 地方公共団体 47都道府県
20指定都市
1,721市区町村

（調査対象時点）

- 平成28年3月31日現在

表-8, 9, 10, 11に平成27年度，平成28年度それぞれの実施状況について示す．

まず契約方式についてだが，**表-8, 9**の合計をそれぞれ比較すると，一括発注方式が圧倒的に採用されており，また27年度から28年度にかけても「設計施工一括発注方式」は増加していることがわかった．それに対し，「ECI方式」は試行事例も少なく，実施状況の数値からも，まだ広く普及していない契約方式であることが理解できる．

「技術提案・交渉方式」についても全体と比較すると多いとは言えないが，27年度から28年度にかけて急激に増加したことが数値の結果からわかる．これは，近年，フロントローディング実践のため，技術提案・交渉方式の適用が徐々に拡大してきたことが影響していると考えられる．導入初期段階であるため，その適用拡大を図るべく環境整備の充実が必要である．

次に発注者支援方式について，まず**表-10, 11**の合計をそれぞれ比較すると，「CM方式」が若干多いが，全体の割合から見ると2.3～2.6%と決して多いとは言えない．まだまだ試行の段階であることが数値を見て判断することができる．

そしてすべての方式を比較すると，「設計施工一括発注方式」が多く採用されていることがわかり，また試行事業も増加しつつあることがわかった．それに対し他の方式は，設計施工一括発注方式と比較すると試行事業も少なく，実施状況の数値からも，あまり広く普及していない契約方式であることが理解できる．

しかし近年，フロントローディング実践のため，

表-8　平成27年度　契約方式

H27.3.31		設計･施工一括発注方式	ECI方式	技術提案･交渉方式
国(19機関)		5	0	0
特殊法人等(125法人)		43	2	3
地方公共団体	都道府県(47)	28	0	0
	指定都市(20)	11	0	0
	市区町村(1721)	151	3	5
	小計(1788)	190	3	5
計(1932)		238	5	8

表-9　平成28年度　契約方式

H28.3.31		設計･施工一括発注方式	ECI方式	技術提案･交渉方式
国(19機関)		5	2	3
特殊法人等(125法人)		43	2	5
地方公共団体	都道府県(47)	32	0	0
	指定都市(20)	11	0	1
	市区町村(1721)	226	6	29
	小計(1788)	269	6	30
計(1931)		317	10	38

表-10　平成27年度　発注者支援方式

H27.3.31		CM方式	事業促進PPP方式
国(19機関)		6	－
特殊法人等(125法人)		8	－
地方公共団体	47都道府県	4	－
	20指定都市	5	－
	1721市区町村	22	－
	小計(1788)	31	－
計(1932)		45	－

表-11　平成28年度　発注者支援方式

H28.3.31		CM方式		事業促進PPP方式
		ピュア型	アットリスク型	
国(19機関)		3	0	2
特殊法人等(125法人)		6	1	1
地方公共団体	47都道府県	6	1	0
	20指定都市	5	0	1
	1721市区町村	27	2	1
	小計(1788)	38	3	2
計(1932)		47	4	5

施工者独自の高度で専門的なノウハウや工法等を活用することを目的とした「技術提案・交渉方式」の適用が徐々に拡大してきた．また平成28年12月には，国土交通省がCIMの推進・普及に向け，発注者を支援するモデル事業を実施することを発表したことから，徐々に新しい方式も試行事業が増えていくことが予想される．

今回は表から省略したが，他にも「詳細設計付工事発注方式」「維持管理付工事発注方式」「地域維持

型契約方式」の実施状況の数値が公表されていたが，どの契約方式も全体の割合（%）から見ると 0.2〜1.4%と少なかった．設計施工一括発注方式も全体の割合から見ると 12.3%（平成 27 年度），16.4%（平成 28 年度）と，決して大きい数字ではないが，他の契約方式と比較し試行工事が増えているため，これから活用が期待できると考えている．

7. 考察

CIM は三者のメリットを最大化できるような効果が期待でき，また，事業効率の向上にも貢献できることがわかった．三者が協働出来る契約方式の選定を行うために，以下の 2 点に着目した．

① 計画から維持管理まで連携可能であるか
② フロントローディングが実践できるかどうか

公共土木工事は，設計施工分離発注方式が一般的であるが，設計と施工の間で情報が分断されていると，施工上の問題点を事前に解決し，スムーズに施工できる設計を行う「フロントローディング」が行いにくく，また，計画から維持管理までの連携が難しくなる．

多様な契約方式を比較し考察した結果，設計施工一括発注方式は，施工者のノウハウを反映した設計や，施工者の固有技術を活用した合理的な設計を図ることができる方式であり，フロントローディングが行いやすく，計画から維持管理までの連携がとりやすい．また，契約方式の実施調査から，試行事業が増加傾向にありこれから活用が期待できるという点からも，今回は，「設計施工一括発注方式」が CIM 導入に効果的な契約方式であると考えた．

8. 一括発注方式による CIM 導入に向けて

設計施工一括発注方式の導入に向けて，以下に効果と課題を示す．

(1) 設計施工一括発注方式の効果 [11)]

設計施工一括発注方式の効果としては，以下に示すことが期待できる．

a) 効率的・合理的な設計・施工の実施

設計と施工を一元化することにより，施工者のノウハウを反映した現場条件に適した設計，施工者の固有技術を活用した合理的な設計が可能となる．また設計と施工を分離して発注した場合に比べて発注業務が軽減されるとともに，設計段階から施工の準備が可能となる．

b) 工事品質の一層の向上

設計時より施工を見据えた品質管理が可能となるとともに施工者の得意とする技術の活用により，よりよい品質が確保される技術の導入が促進される．また，技術と価格の総合的な入札競争により，設計と施工を分離して発注した場合に比べて，施工者の固有技術を活用した合理的な設計が可能となる．

(2) 設計施工一括発注方式の課題 [11)]

設計施工一括発注方式の適用にあたって以下の 3 つの留意点に着目する．

a) 客観性の欠如

設計と施工を分離して発注した場合と比べて，設計施工一括発注方式は事前に価格が決定しているため，受注者は工事コストを極力削減する設計となりやすく，設計者や発注者のチェック機能が働きにくい．これが過度になる場合は，品質の低下や安全性の低下等に繋がる設計が行われる恐れがあるため，発注者はこれを防止する必要がある．

b) 入札，技術審査時の発注者の負担が大きい

設計施工一括発注方式では，発注者の入札手続き，特に技術審査に関わる負担が工事の部門を問わず大きい．入札期間が公告から開札まで約半年を有要し，準備期間を含めると，8〜10 か月間は担当者がその案件にかかりきりになる．最も労力を使うのは技術提案の審査に関する部分である．審査のために工事ごとの委員会が開催されるが，委員会の日程調整も含め委員会の運営には労力を要する．技術対話や入札額の妥当性の確認について，すべての入札参加者についた行う場合，入札参加者の数に比例して発注者の労力が増えると考えられる．

c) 受発注者間におけるあいまいな責任の所在

建設事業では様々なリスクが存在し，リスクが顕在化すると，工事費用の増大や工期の延長を招くこととなるため，適切な対応が必要となる．

契約時に受発注者間で具体的な設計・施工条件の共有及び明確な責任分担がない場合，受発注者間で必要な契約変更ができないおそれがある点や，発注者のコストに対する負担意識がなくなり，受注者側に過度な負担が生じることがある．

(3) 課題の解決に向けて

課題の解決策についてそれぞれ考察する．

a) コスト構成の透明性向上

予算枠に余裕を持たせて設定した場合，予算要求の総額が本来の必要額に対して大きくなり，結果的に執行可能な予算が減少してしまう．予算枠の設定の段階で工事費の予測精度を高める必要がある．ここで参考となる発注方式が，「オープンブック方式」である．特徴として，施工会社が入札時に施工体制を事前に提出し，下請への発注金額を公開するというものである．公共工事におけるオープンブック方式の効果は，低入札による品質低下を防止し，工事内容の全てを開示することで，発注者に対して説明責任が達成できることである．オープンブック方式における工事金額は，「コスト＋フィー」が基本で，直

接工事費が「コスト」，一般管理費や利益が「フィー」である．施工会社のコストもフィーも発注者に開示される．受注者がリスクをとるため中身の開示はあまり進まなかった従来の「請負契約」の考え方とは基本的に異なり，オープンブック方式は，工事費に関して言えば「原価開示方式」であり，工事原価も利益も開示し，透明性が高い工事を行うことができる．

b)　第三者による発注者支援

発注者の業務が多くなる時期の解決策として，発注者の意向を踏まえた専門家（CMR：コンストラクションマネージャー）等の第三者による発注者支援の導入を一提案として挙げる．

CMR とは，技術的な中立性を保ちつつ，発注者の側に立って，発注・設計・施工の各段階において，工事発注方式の検討や設計の検討，工程管理，品質管理，コスト管理などの各種マネジメント業務を行うものである．

c)　原則受注者負担の撤回

分離発注の場合，設計段階で発生するリスクは発注者が担い，また，施工段階で発生するリスクは，設計が確定した時点で内在化するため，設計を確定した発注者が担っているといえる．

しかし，設計・施工一括発注方式においては，設計時から施工時までに起因するリスクについては「原則受注者負担」としてきた．その結果，契約時に過度に受注者への負担を負わせたり，受発注者間の協議に時間を要したりするなど，設計・施工一括発注方式のもつメリットである効率的・合理的な設計・施工の実施の観点から弊害となっている場合が見受けられる．このため，「原則受注者負担」を撤回し，発注者は，契約時において必要なリスク分担（設計・施工条件）を明示することとし，受注者はこのリスク分担下においてリスクを負うものとする．

入札説明書等の作成にあたり，地質データ等の現地条件等と競争参加者の技術提案の範囲を勘案しながらリスク分担の検討を行い，受注者が負担するリスク分担を設定することとする．

以下に受注者が負担するリスク分担の設定の手順を示す．

1)　リスクの洗い出しを行うため，以下の 5 つにリスクを分類する．そしてそれぞれの項目について，具体的な事例を挙げて検討をする．
　①技術特性　（工法の性能，使用機械の故障）
　②自然条件（湧き水，地盤沈下，異常気象）
　③社会条件（地中 障害物，騒音振動，交通規制）
　④マネジメント特性（他工事との工程調整，近隣住民との対応，工程管理）
　⑤その他（不可抗力，人為的ミス）
2)　次にリスクの性質を把握するために，表-12 に示した「リスクの大きさ」「対応可能性」「予測可能性」という 3 種類の要素を用いる．

表-12　リスクの性質

リスクの性質	概要
リスクの大きさ	リスクが顕在化したときに対応に要する費用及び工期の程度
予測可能性	リスクに対して、事前に予測できる程度
対応可能性	リスクに対して、事前の対応あるいは顕在化した時の対応が困難な程度

3)　最後に，リスク項目毎に表-12 に示す，リスクの性質を参考にして，リスク分担を決定する．

競争参加者の技術提案はリスクを内包しており，そのリスクの程度は各提案によって異なるため，後々のリスク顕在化時のトラブルを回避するために，技術対話において競争の公平性を考慮しつつリスクへの対応について確認を行う．

リスクが発注する時期は様々であり，かつ，その時期によってリスクの大きさは変動する．このため，入札公告・入札説明書交付時，技術対話の確認時においては，これらを十分勘案して適切にリスク分担を設定しなければならない．

9.　結論

CIM 導入に向けて課題を解決するために，以下の提案を行う．

(1)　設計施工一括発注方式の普及・推進と効果検証
(2)　オープンブック方式等の導入
(3)　第三者（発注者支援）の検討
(4)　「原則受注者負担」の撤回

今回，CIM 導入に効果的な契約方式に設計施工一括発注方式を推進する．設計施工一括発注方式は設計初期段階から施工者が関わることで，フロントローディングが実践可能であり，かつ，計画から維持管理まで連携でき，三者が協働可能となることが期待できる．また，近年試行事業が増加しているため効果の検証を行っていくことが必要であり，その中で抽出された課題を克服していく．

オープンブック方式や，発注者支援方式の導入など制度的な課題は，試行事業を増やしていき，その中で推進手法を整備し，発注者主導による制度・法律の改訂を並行して行っていくことで十分解決可能な課題であると考える．

設計施工一括発注方式独自の効果を最大限に生かし，また，公共工事における公正性と透明性をどのように解決していくか，ということが，設計施工一括発注方式を公共工事発注手法の選択肢の一つとして定着させることができるか，という課題になると

考える．

ECI 方式，CM 方式，技術提案・交渉方式などの比較的新しい方式の国内事例はあまり多くないのが現状であるが，工事内容や発注者の意向によっては活用が広がっていく方式であると考えられる．

試行事例も多く勢いのある設計施工一括発注方式で CIM の「先導的導入」を積極的に進めていき，徐々に分離発注方式，ECI 方式など，多様な契約方式にも活用の幅を広げていく事を目標とする．

10. 参考文献

1) 日本建設業連合会：建設ハンドブック，pp23，2014.
2) 総務省統計局：労働力調査，2013.
3) 海外建設協会：海外建設受注実績の動向，2004.
4) 国土交通省：建設後 50 年以上経過したインフラの割合，2011.
5) 国土交通省 CALS/EC 推進本部：国土交通省 CALS/EC アクションプログラム 2008，2013.3.
6) 国土交通省：「見草トンネルにおける CIM の取り組みについて」，2014.
7) CIM 技術検討会：CIM 技術検討会　平成 25 年度報告，pp92，2013.
8) 国土交通省：平成 24 年度，平成 25 年度 CIM モデル事業の試行効果検証結果，2013.
9) 国土交通省：公共工事の入札契約方式の適用に関するガイドライン，2015.
10) 国土交通省・総務省・財務省：実施状況調査の集計結果，2016.
11) 国土交通省：設計・施工一括及び詳細設計付工事発注方式実施マニュアル，2009.

INVESTIGATION OF PROJECT ENFORCEMENT FORM WHEN USING CIM

Ayako FUJINAGA

In recent years, the idea of Construction Information Modeling (CIM), which centrally manages three-dimensional model data in construction design and production process, has spread rapidly in the world. Even in Japan, CIM trial construction is rapidly increasing, and CIM is rapidly spreading and developing. System reform such as reduction of LCC (Life Cycle Cost) which is merit of CIM, shortening of construction period, contract method by leader's initiative to think about linkage of each phase is necessary.

Therefore, in this research, in order to promote introduction of CIM throughout the life cycle, we aimed to maximize the effect by introducing CIM of each of the three parties (orderers, designers, constructors), verify the CIM trial effect, investigate the implementation status of various contract methods, etc. and consider and consider effective contract method for introducing CIM.