

鋼橋における3次元モデル活用経験を 踏まえたBIM/CIMモデル詳細度に関 する一考察

計画マネジメント研究室

指導教授

皆川 勝
佐島 裕也

研究背景

- ◆ コストの大半が施工・維持管理
- ◆ 施工・維持管理性を考慮した計画設計が有効



- ◆ 各種問題の解決策としてBIMの本格導入が不可欠
鋼橋分野を参考. ライフサイクルにお
ける各フェーズにおける詳細度をどの
ように設定するべきかを考察
- ◆ 鋼橋分野では3次元プロダクトモデルを経験済み



BIMとは

- ◆ 手戻りの減少
- ◆ プロジェクト全体の効率化・工期短縮
- ◆ 新しいサービスの提供

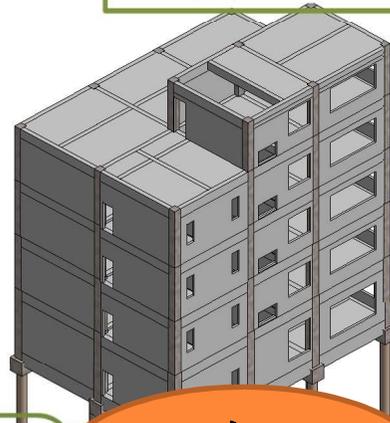
調査・測量・設計

- 【作成・追加データ】
- ✓ 地形データ(三次元)
 - ✓ 詳細設計(属性を含む)
 - (施工段階で作成する方が効率的なデータは概略とする)
- 【得られる効果】
- ✓ 干渉チェック
 - ✓ 構造計算
 - ✓ 構造物イン
 - ✓ 数量の自

(設計)

効率化

- (発注者)
- 【得られる効果】
- ✓ 適正な施設更新
 - ✓ 3D管理モデルの活用



3次元モデル例

- (発注者)
- 【得られる効果】
- ✓ 設計変更の効率化
 - ✓ 監督、検査の効率化

施工中

- 【追加するデータ】
- ✓ 時間軸(4D)
- 【得られる効果】
- ✓ 現場管理の効率化
 - ✓ 施工計画の最適化
 - ✓ 安全の向上
 - ✓ 設計変更の効率化

施工(完成時)

- 【作成・追加データ】
- ✓ 施工情報(位置、規格、出来形・品質、数量)
 - ✓ 維持管理用機器の設定

(施工管理レベル)

- 【得られる効果】
- ✓ 完成データの精緻化・高度化

維持・管理

- 【作成・追加データ】
- ✓ 点検・補修履歴
 - ✓ 現地センサー(ICタグ等)との連動
- 【得られる効果】
- ✓ 施設管理の効率化・高度化
 - ✓ リアルタイム変状監視

(管理レベル)

ル)

ク、削減の推進

モデル詳細度

- ◆モデルを製作する際における細かさの目安
⇒モデル詳細度



- ◆モデル詳細度
 - ・形状に関する詳細度
 - ・属性に関する詳細度

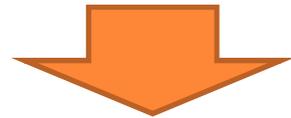
モデル詳細度	メリット	デメリット
細	表現力、便益の増大	時間、コストの増大
粗	時間、コストの減少	表現力、便益の減少

- ◆適切なモデル詳細度での運用
- ◆区分方法、区分数等の設定

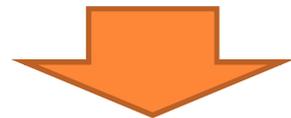


モデル詳細度

- ◆ 国際的な標準規格がない
- ◆ 世界各国にはあるが統一性はなし
- ◆ 国内における詳細度の標準化にも至っていない



先導的導入事業でのガイドライン



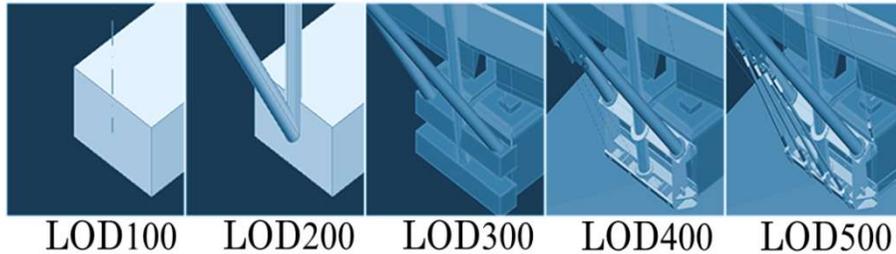
基本方針

各社の多様な利活用を
妨げないもの

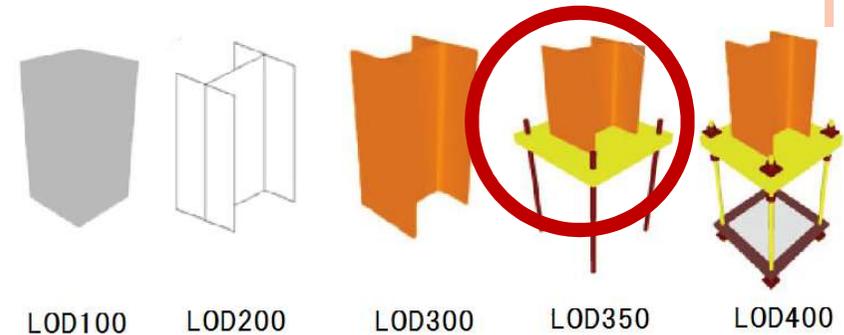


モデル詳細度

【区分数】



Guide, Instructions and Commentary
to the 2013 AIA Digital Practice Documentsより引用



LEVEL OF DEVELOPMENT Specification
から引用

【考え方(区分方法)】

メリット

違いは・・・

インターフェース

A. 詳細度を一定の間隔で分類

定義段階で利用場面を想定しない。
→利用者が応用的な活用が可能。

利用場面のイメージが困難。ただし、別途で利用場面と組み合わせることで可能。

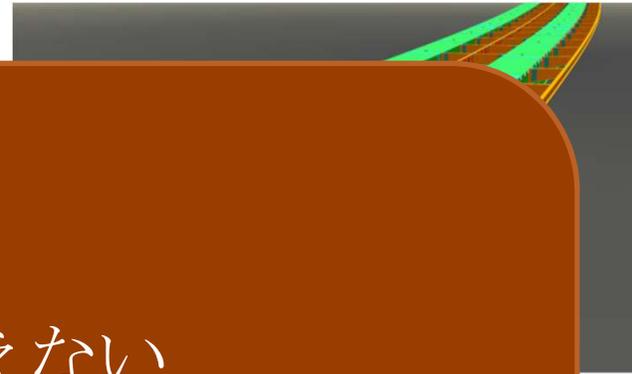
B. 事業プロセス毎に分類

利用場面のイメージが容易。

通常では実施しない特有の利用を実施する際に支障が生じる。

鋼橋分野

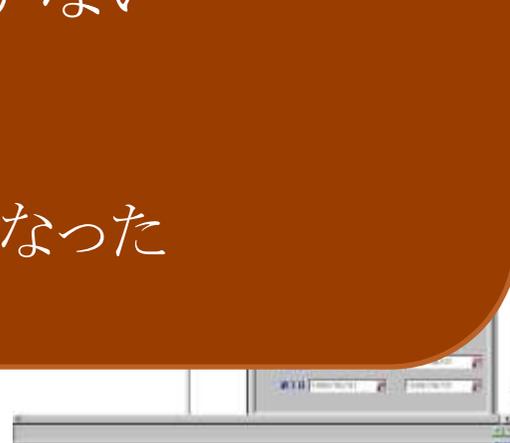
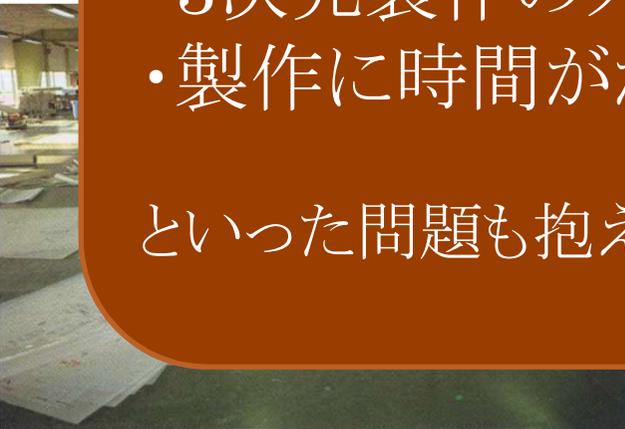
- ◆ 製作段階で、3次元原寸系プロダクトモデルを導入・経験済み



一方で...

- ・設計図が製作に使えない
- ・3次元製作のノウハウがない
- ・製作に時間がかかる

といった問題も抱えることになった



手原寸

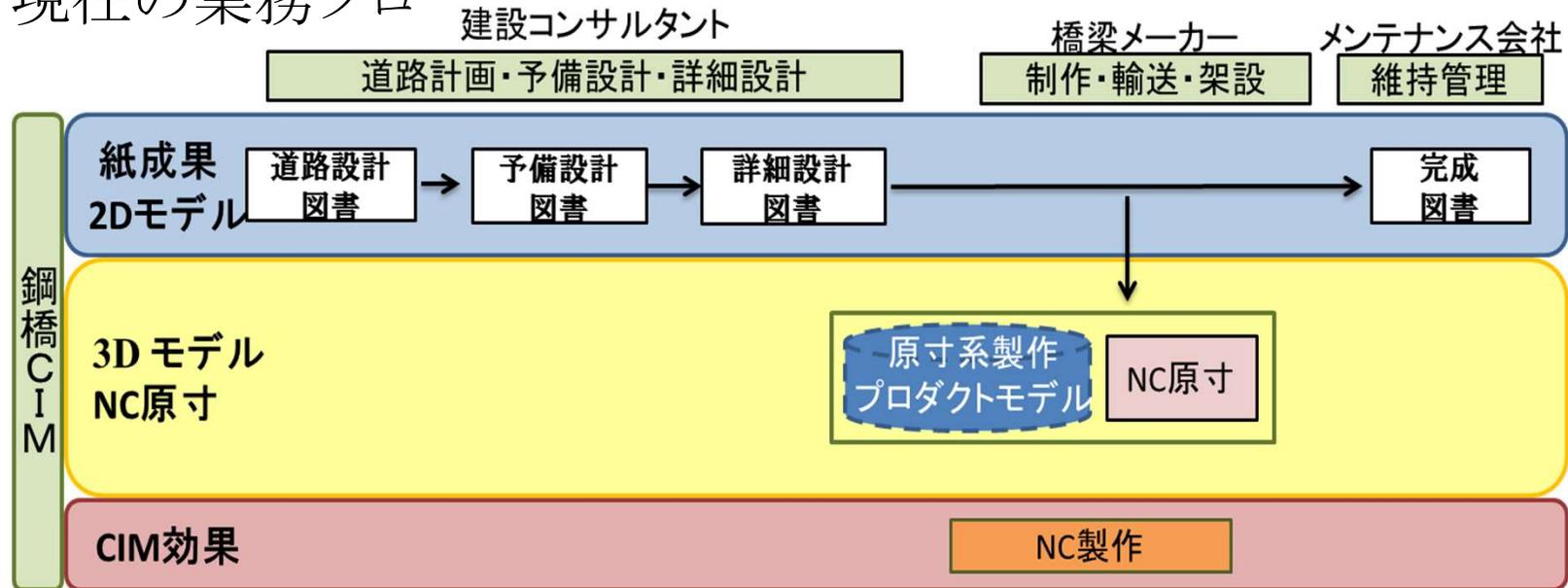
CALS/ECと協会の取り組み
(日本橋梁建設協会製作)より引用

機械原寸



鋼橋分野

現在の業務フロー

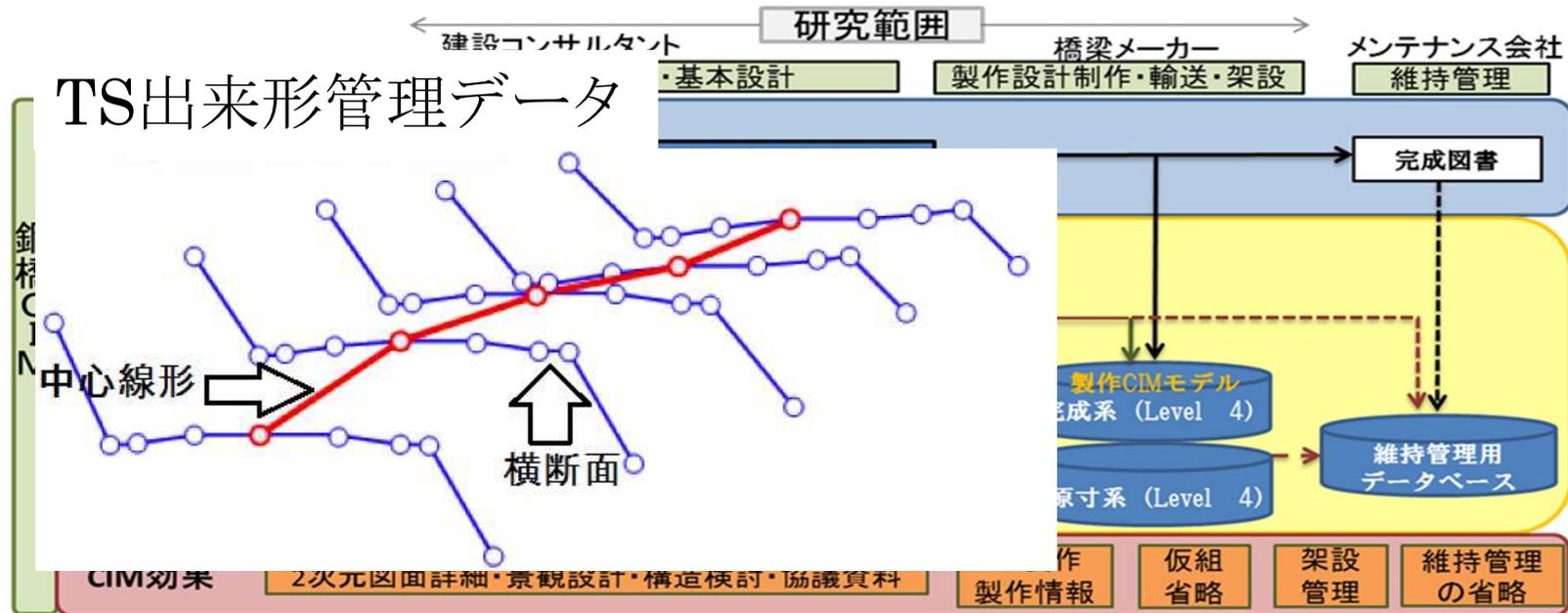


- 完成図と実構造物が違う
- マルチユースができてない
- 干渉チェックが不十足
- 工程管理
- 隣接工区の境目

モデル詳細度
= BIM/CIMにおける
コミュニケーションツール

鋼橋分野

CIM導入後の業務フロー(案)



EX) 道路工事

中心線の線形、断面図のみで可能

上流から、詳細に三次元プロダクトモデルを作成する必要はない

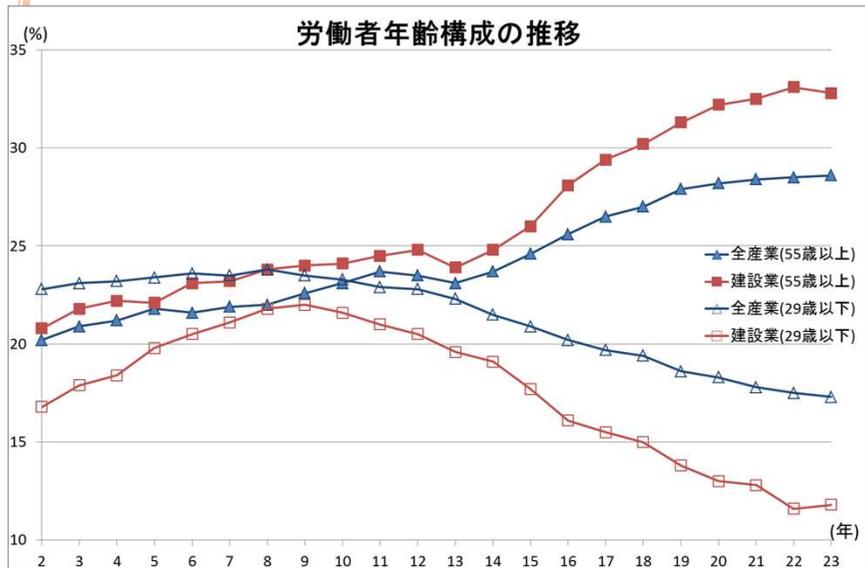
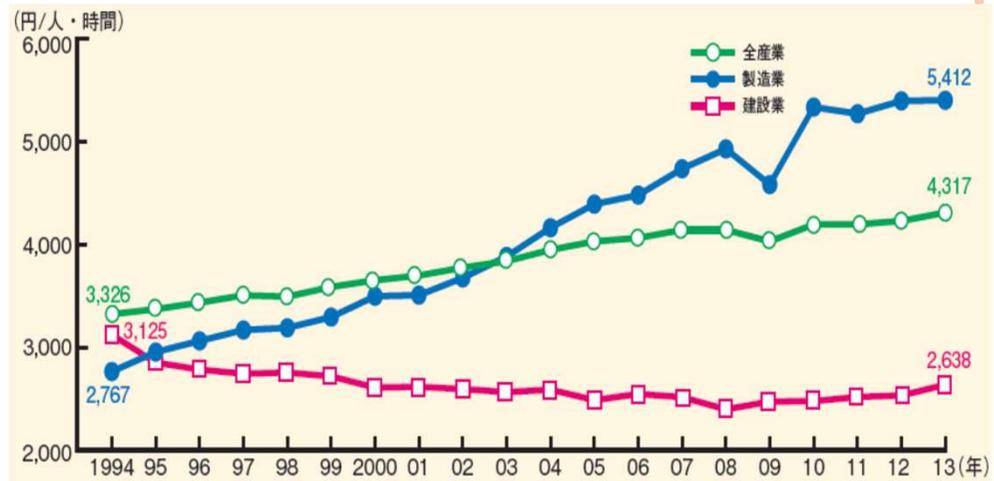
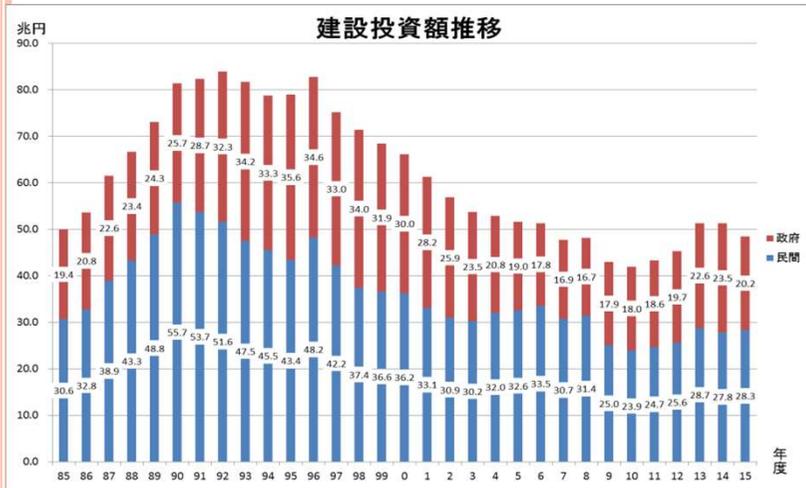
結論

◆汎用性の高いモデル詳細度の設定が好ましい
⇒6段階

◆モデル詳細度の考え方
⇒詳細度を一定の間隔で分類

◆土木事業における、各フェーズの詳細度を全
工種一括に設定するのは困難
⇒施工過程が異なるため
⇒工種毎に設定
⇒施工・維持管理に必要、各段階独自なもの
の分別が重要

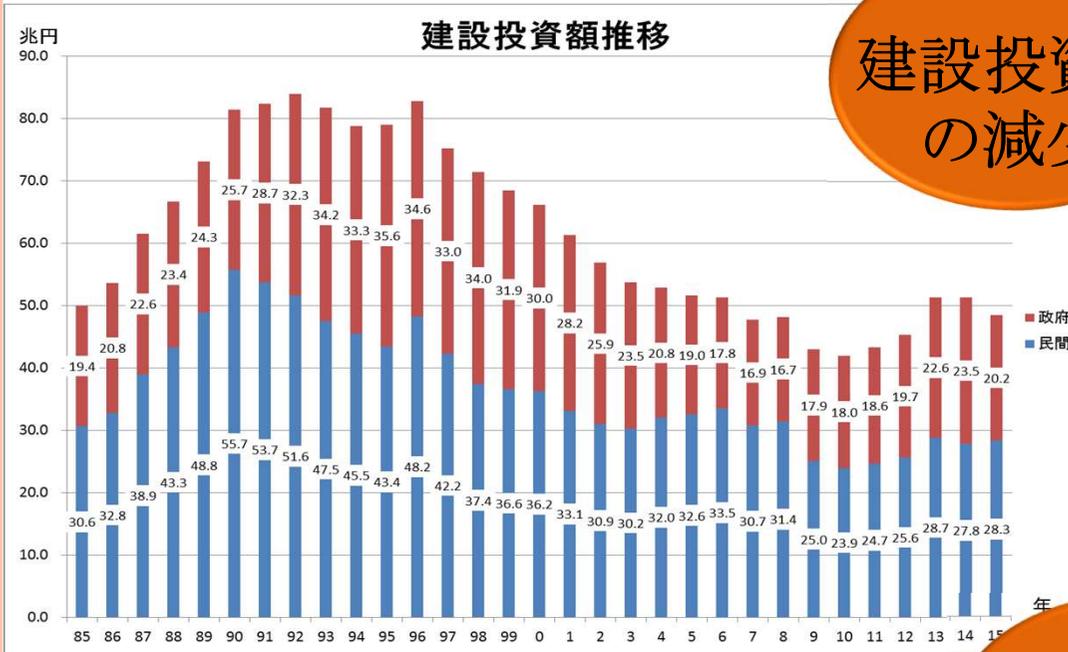




	2011年度	2021年度	2031年度
道路橋 [15.7万橋(橋長15m以上)]	約9%	約28%	約53%
河川管理施設(水門等) [直轄約1万施設] *設置年数不明の場合、50以上経過とする	約24%	約40%	約62%
下水道管きよ [総延長約44万]	約2%	約7%	約23%
海岸岸壁 [約5000施設]	約7%	約29%	約56%

背景

建設投資額の減少



東日本大震災の復興で持ち直しているが...

	2011年度	2021年度	2031年度
約9%	約28%	約53%	
	約40%	約62%	
約7%	約23%	約23%	
約29%	約56%	約56%	

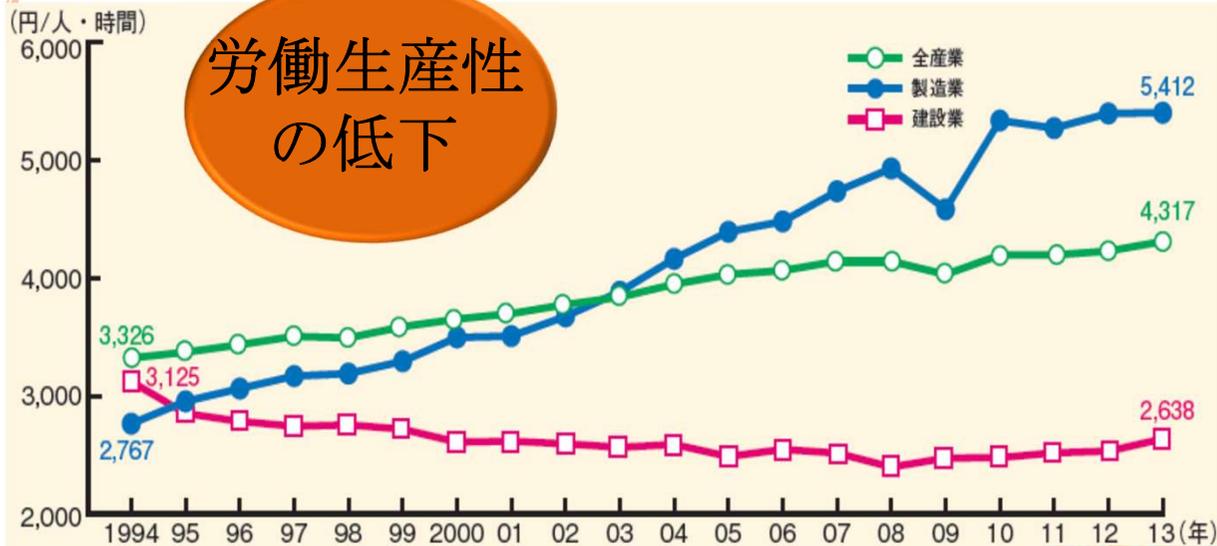
社会資本設備の維持管理

*設置年数不明の場合、50以上経過
 下水道管きよ
 [総延長約44万]
 海岸岸壁

高度経済成長期に造った社会資本設備の老朽化

背景

労働生産性の低下

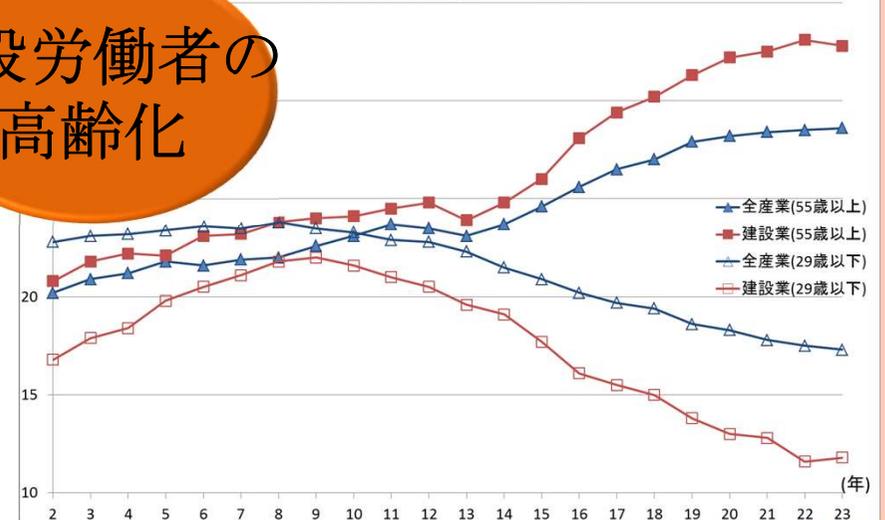


出典:建設業ハンドブック2015

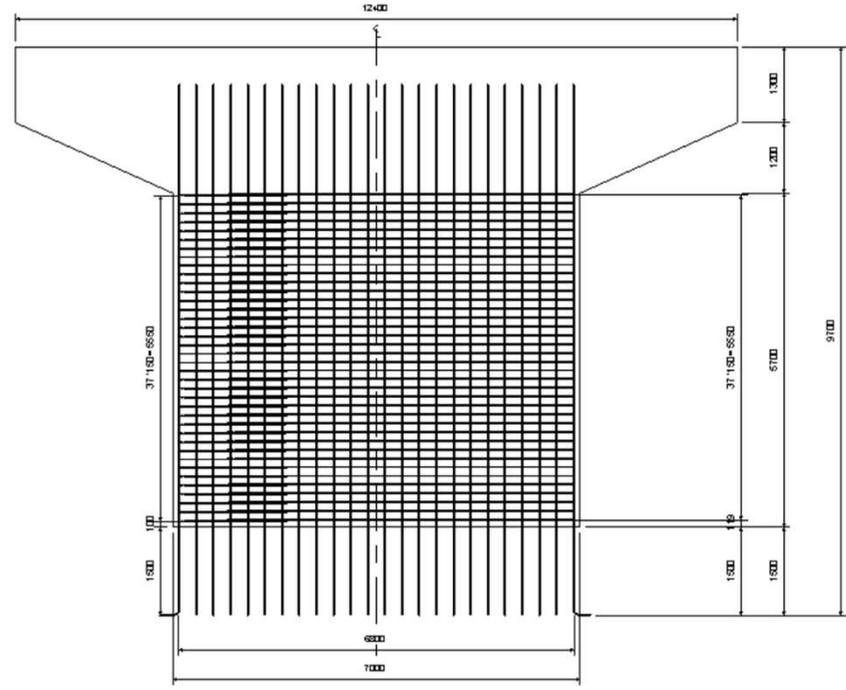
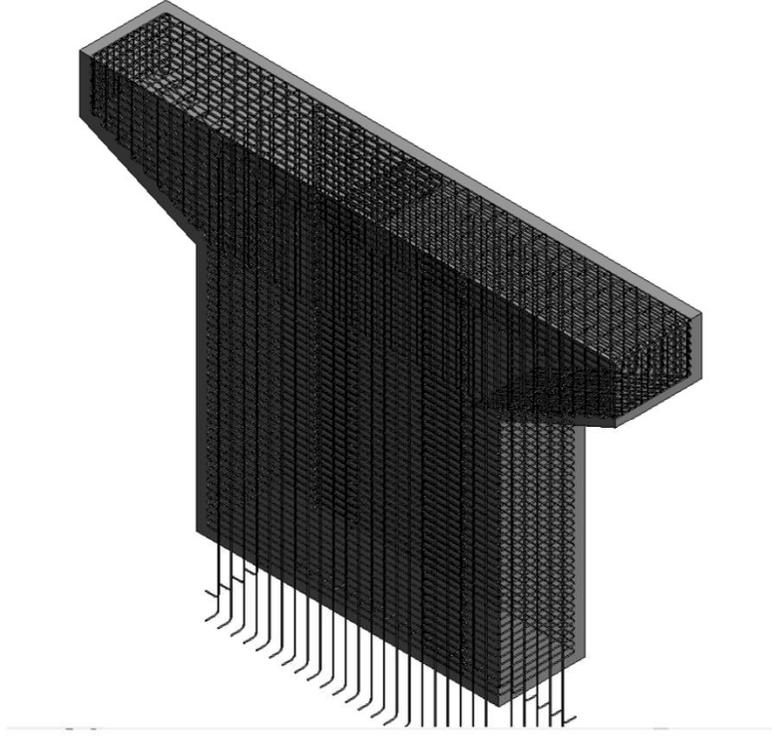
労働生産性が低い日本の中でも低い

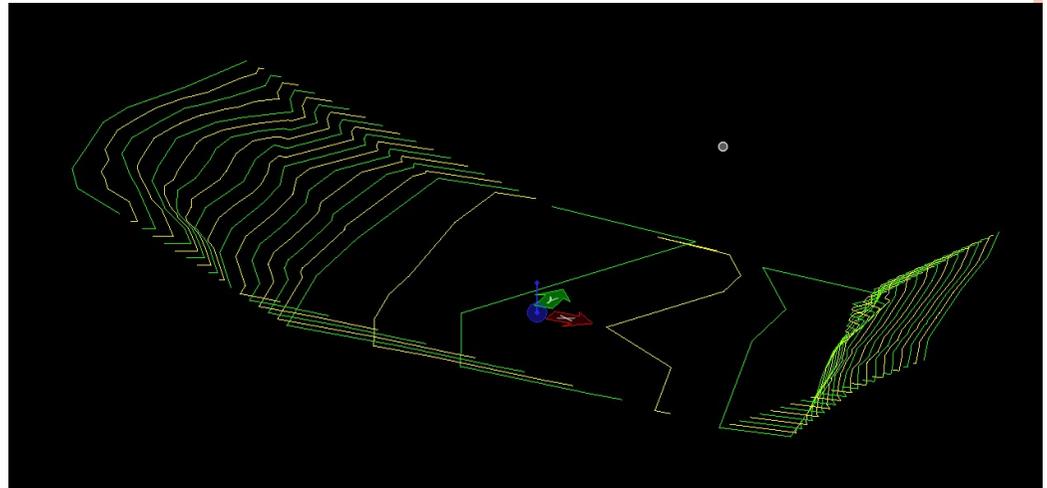
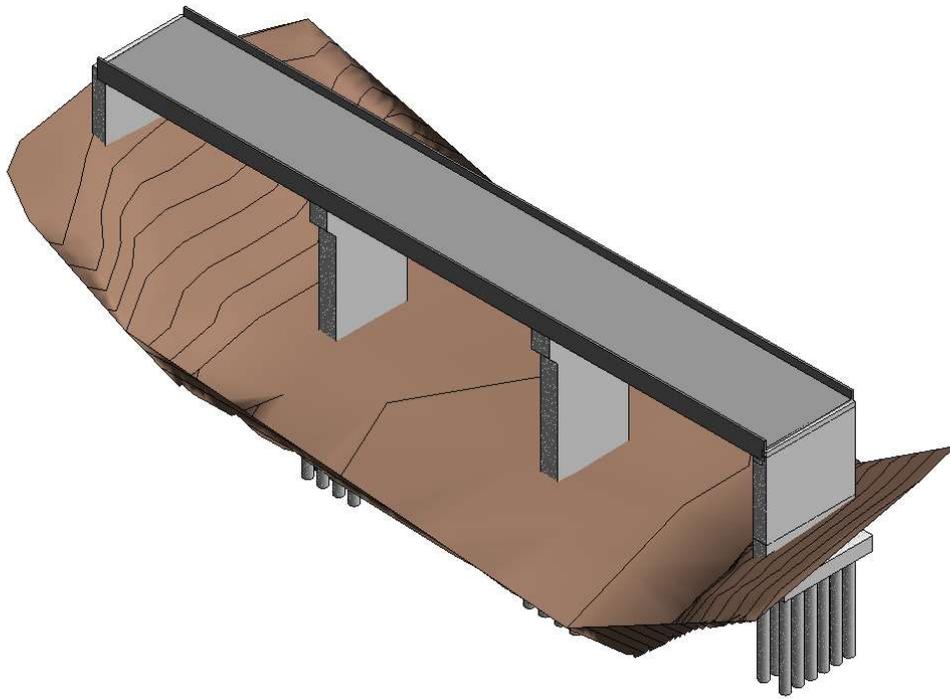
建設労働者の高齢化

労働者年齢構成の推移

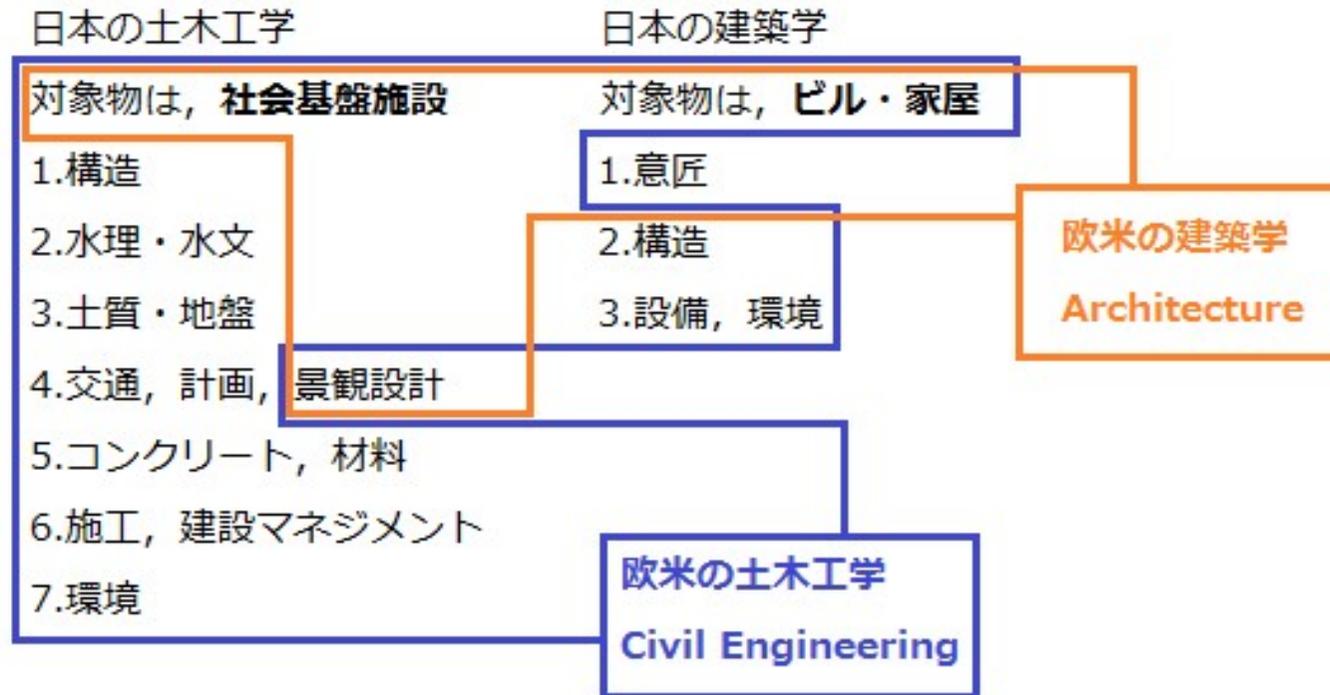


「3K」のイメージがあり若者が就職しにくい





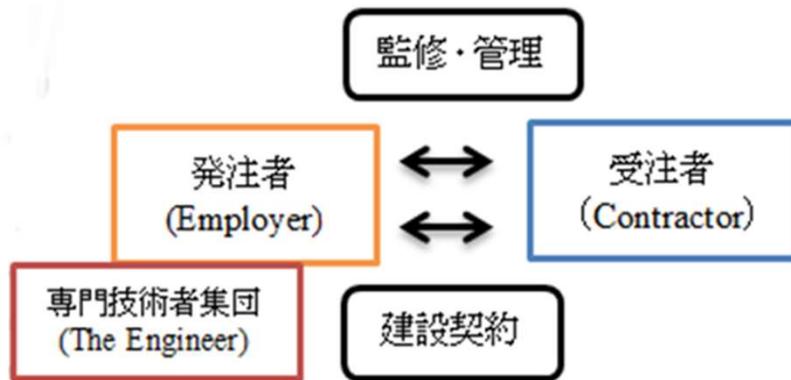
何故“BIM”という言葉なのか



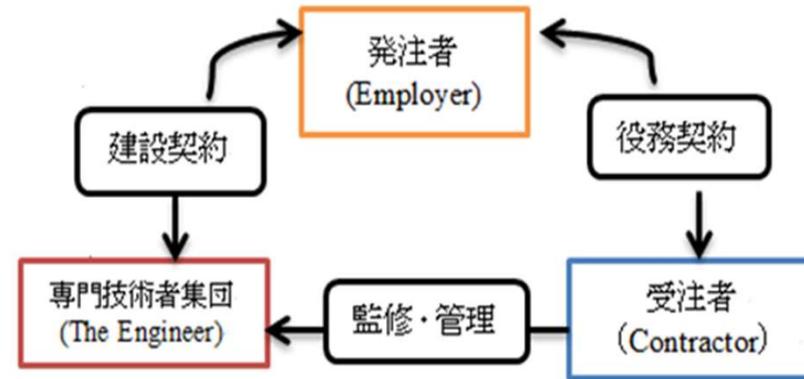
欧米 CIM → computer integrated manufacturing
国際的なスタンダードでは違う意味
⇒ “BIM” という言葉を使う。



執行形態



二者構造執行形態



三者構造執行形態

メリット	発注者の意向が伝わりやすく迅速に、かつ確実に物を造ることができる。	透明性がある。多様な契約方法に対応できる。
デメリット	使用者の意向を取り入れにくい。透明性に欠ける。	建設マネジメント技術の不足。

BIMとは

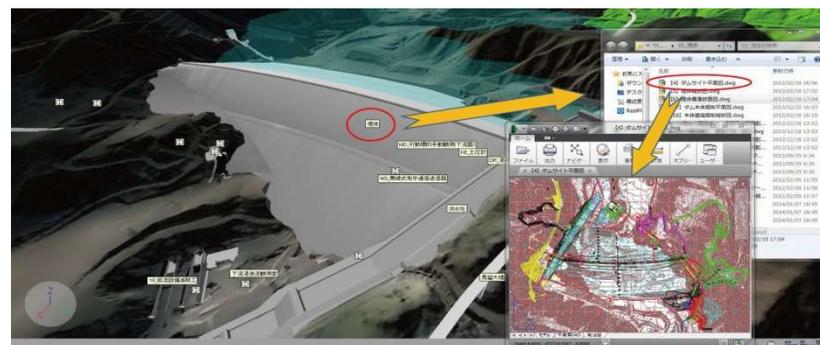
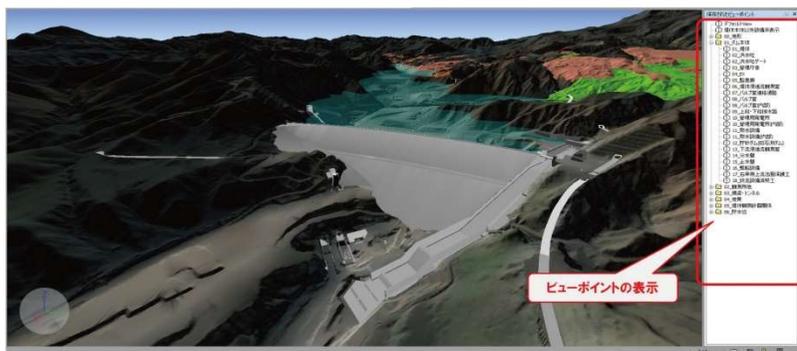
主なメリット

- ◆ 手戻りの減少
- ◆ プロジェクト全体の効率化・工期短縮
- ◆ 新しいサービスの提供



BIMとは

EX) 胆沢ダム



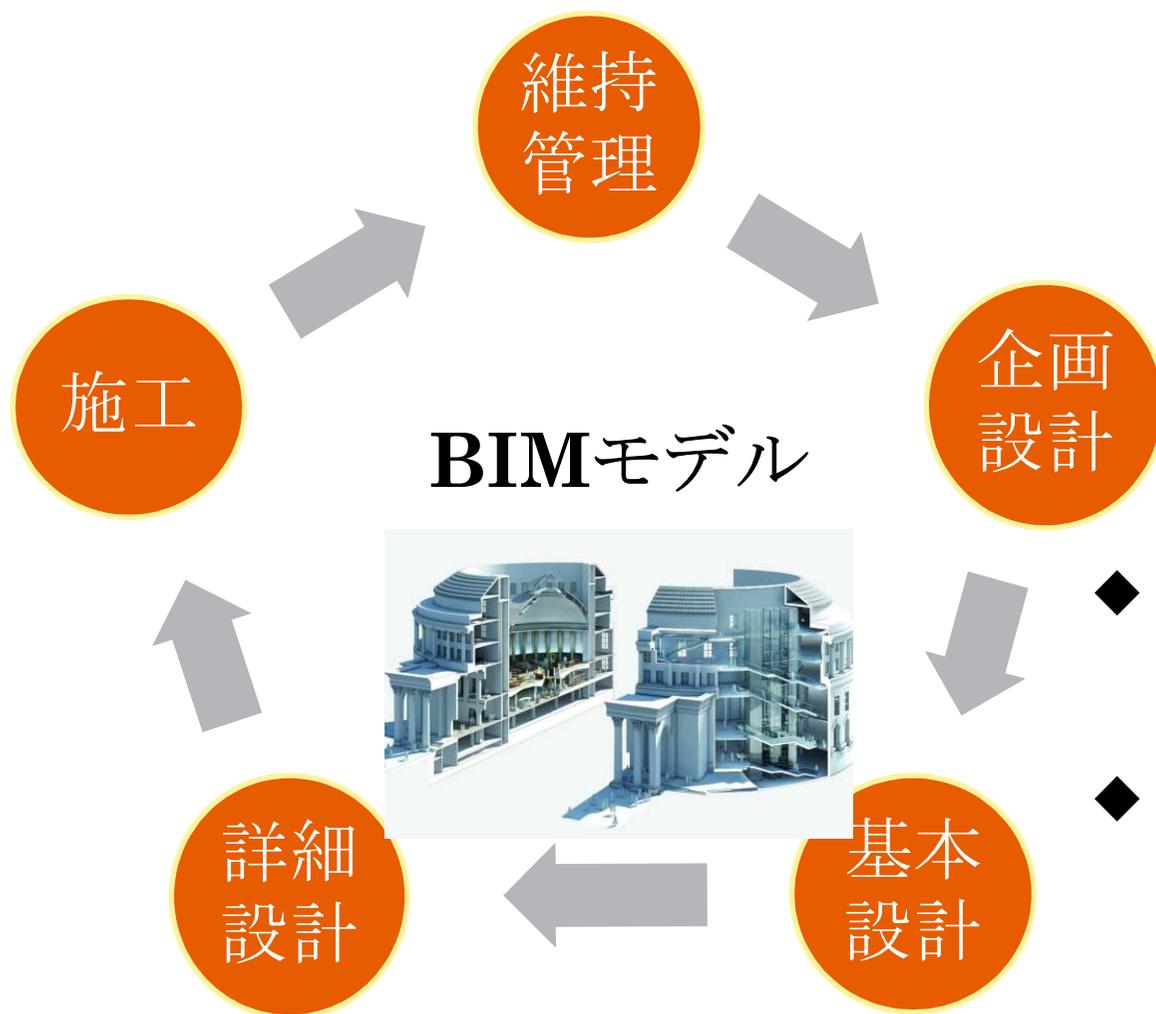
ビューポイントとして主要な構造物の位置を素早く確認することが可能。

文字列は関連するドキュメントを保存しているフォルダとリンクしている。個々のラベルをクリックすることでリンクが開き、ドキュメントの閲覧、保存等の作業をすることが可能。

- ✓ タブレット等を活用すれば、現場にこれらの情報を持ち込むことも可能。
- ✓ ダムにおける日常管理、ダム総合点検作業も劇的に効率化することが可能と考えられている。



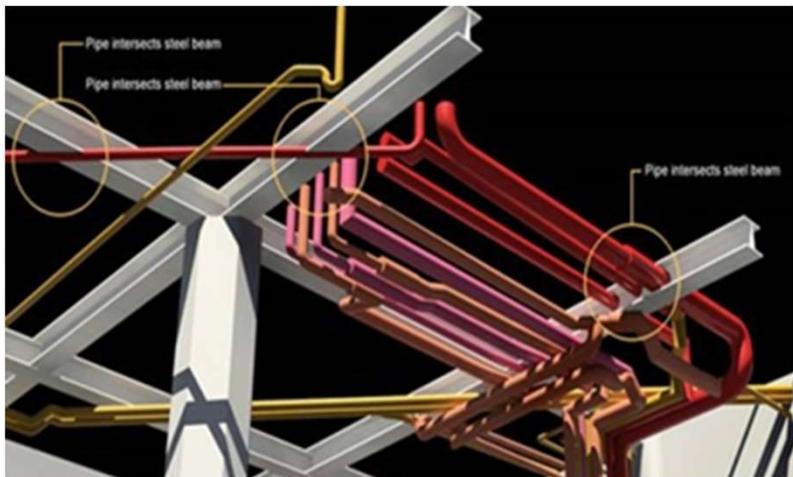
BIMとは



- ◆ 各段階での情報共有が重要。
- ◆ 後工程の情報を前もって利用できる。
(フロントローディング)

出典: MONDO BLOG Tech monde

BIMとは



出典: MONDO BLOG Tech monde

今まで

- ・現場で辻褄を合わせていた。無理な場合は、設計変更。



- ・設計段階での確認ができるために、現場での手戻りの減少。それによって工期短縮・工賃短縮。

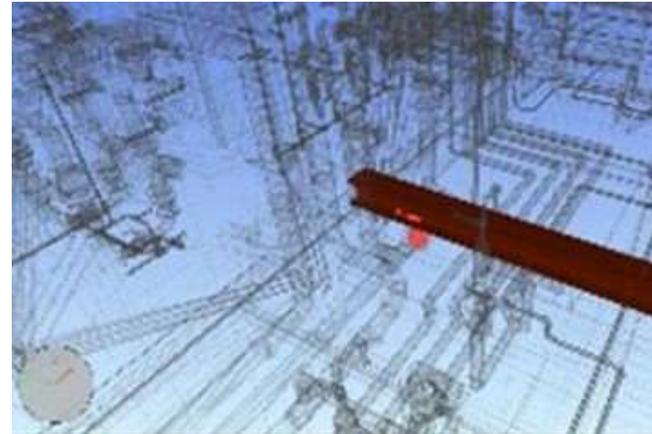


モデル詳細度



全体図

国土交通省,官庁営繕事業,BIM導入プロジェクトより引用



施工段階の
干渉チェック

【施工項目】

- ◆ 設計と条件の可視化
- ◆ 設計図書の実成に必要な情報が入力されたBIMモデルの実成
- ◆ 通常の実成とBIMによる実成との業務プロセスの違等の実証
- ◆ BIMモデルを活用した配置・立面計画等の比較実証
- ◆ BIMモデルを活用した工事費概算の実施

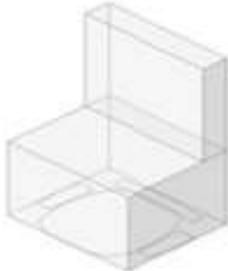


LODとは

	メリット	デメリット
A. 詳細度を一定の間隔で分類	定義段階で利用場面を想定しない。 →利用者が応用的な活用が可能。	利用場面のイメージが困難。ただし、別途で利用場面と組み合わせることで可能。
B. 事業プロセス毎に分類	利用場面のイメージが容易。 	通常では実施しない特有の利用を実施する際に支障が生じる。

先導的導入事業でのガイドラインでは、Aを採用。
また、初期設定としてBIM Forumを参考にする方向で検討。

モデルの詳細度の考え方は、各社の多様な利活用を妨げないものとする。

	パターン① 形状と属性情報をセットで規定	パターン② 形状と属性情報を別々に規定
	例① ・詳細度(形状・属性):高	例② ・詳細度(形状):低 ・詳細度(属性):高
形状		<p>詳細度:低</p> 
属性	名称: オフィス用椅子 幅: 685 奥行: 430 高さ: 1085 製造元: A社(株)	<p>詳細度:高</p> 名称: オフィス用椅子 幅: 685 奥行: 430 高さ: 1085 製造元: A社(株)

セットで規定しているため、形状・属性ともに詳細度が高い。

形状の詳細度は低いが属性情報の詳細度は高い。

JACIC(日本建設情報総合センター),
社会基盤情報標準化委員会, 特別委員会資料より引用



鋼橋分野

主桁詳細図

主桁詳細図 (その1)

主桁主要点座標

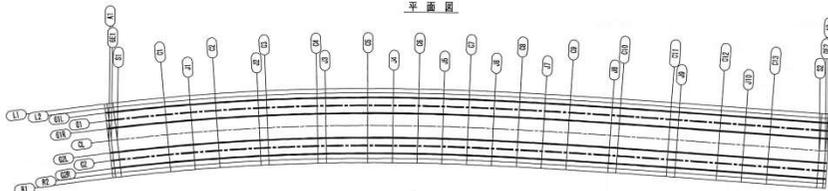
モデリングに必要となる連結位置を含む桁天端情報の表現

主桁は桁フランジ上頂高を表示。

G1L	標高名		主桁主要点座標													
	A1	GE1	S1	G1	J1	G2	J2	G3	G4	J3	G5	J4	G6	J5	G7	
X座標	-0.4253	-0.1379	0.5661	6.3978	9.3129	12.2313	16.0760	23.9298	24.0045	29.7800	32.7115	35.6267	38.5568	41.4761		
Y座標	3.1716	3.2113	3.3026	3.3924	4.5466	4.9039	4.9641	6.2070	5.2809	5.2345	2.4188	5.4129	5.2814	5.2261		
Z座標	20.4388	20.4460	20.4584	20.5806	20.6411	20.7015	20.8023	20.8225	20.9434	20.9635	21.0297	21.1182	21.1671	21.2202	21.2733	

全体座標

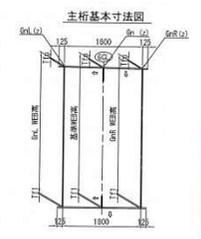
G1L	標高名		主桁主要点座標													
	J6	G8	J7	G9	J8	G10	G11	J9	G12	J10	G13	S2	GE2	A2		
X座標	64.3896	47.3927	50.2098	53.1161	57.0495	64.7045	65.6672	70.4820	73.3695	76.2578	82.0335	82.7323	83.0318			
Y座標	5.2444	5.1452	5.0385	4.9369	4.9611	4.5960	4.2710	4.2144	3.9221	3.7624	3.6326	3.2532	3.2121	3.1945		
Z座標	21.3272	21.3800	21.4343	21.4878	21.5750	21.5949	21.7019	21.7197	21.8163	21.8752	21.9257	22.0566	22.0712	22.0775		



モデリングに必要となる連結位置を含む桁高情報の表現

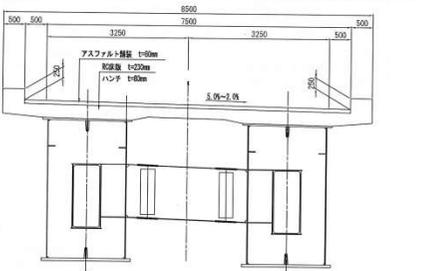
主桁高集計表

G1L	G1R				G2L				G2R			
	ウェブ高											
A1	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550
GE1	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550
S1	3.2449	3.1551	3.2449	3.1551	3.2449	3.1551	3.2449	3.1551	3.2449	3.1551	3.2449	3.1551
G1	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550
J1	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550
G2	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550
J2	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550
G3	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550
J3	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550
G4	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550
J4	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550
G5	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550
J5	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550
G6	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550
J6	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550
G7	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550
J7	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550
G8	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550
J8	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550
G9	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550
J9	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550
G10	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550
J10	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550	3.2450	3.1550



橋面情報

	G1L	G1R	G2L	G2R
橋面幅	80	80	80	80
橋面高	230	230	230	230
ハンチ高	80	80	80	80
合計	390	390	390	390



工事名

図面名

年月日

尺度

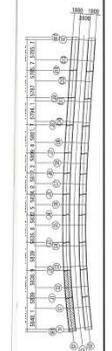
会社名

事務所名

主桁詳細図 (その1)

図面番号

1/100



工率

図面名

年月日

尺度

会社名

事務所名

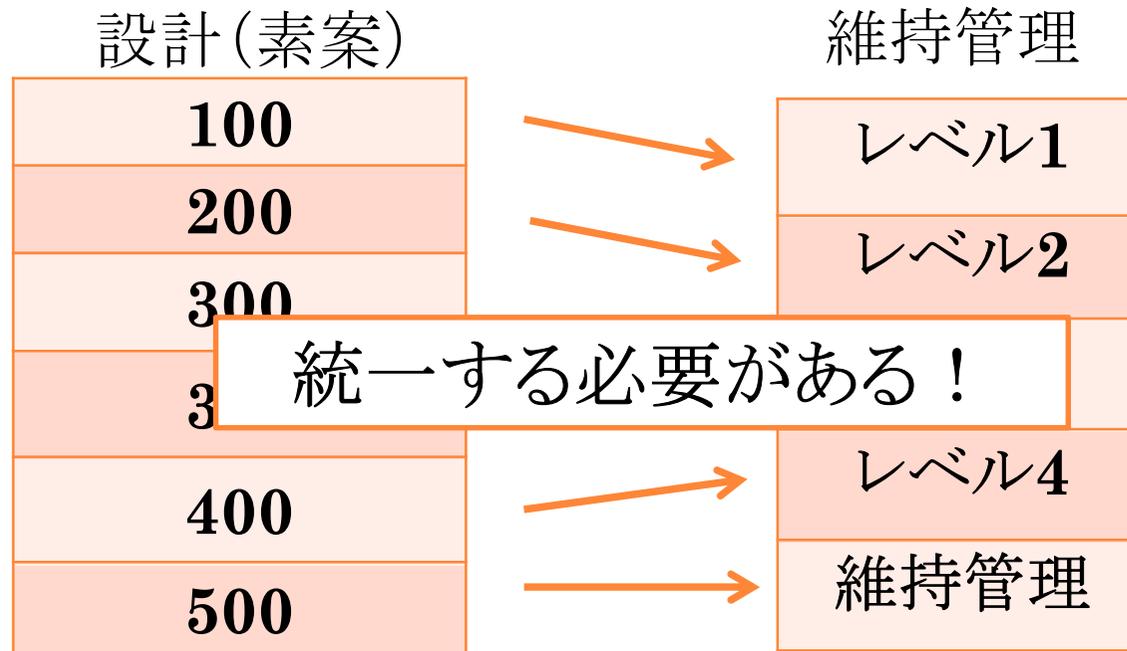
主桁詳細図 (その1)

図面番号

1/100

モデル詳細度とは

橋梁分野

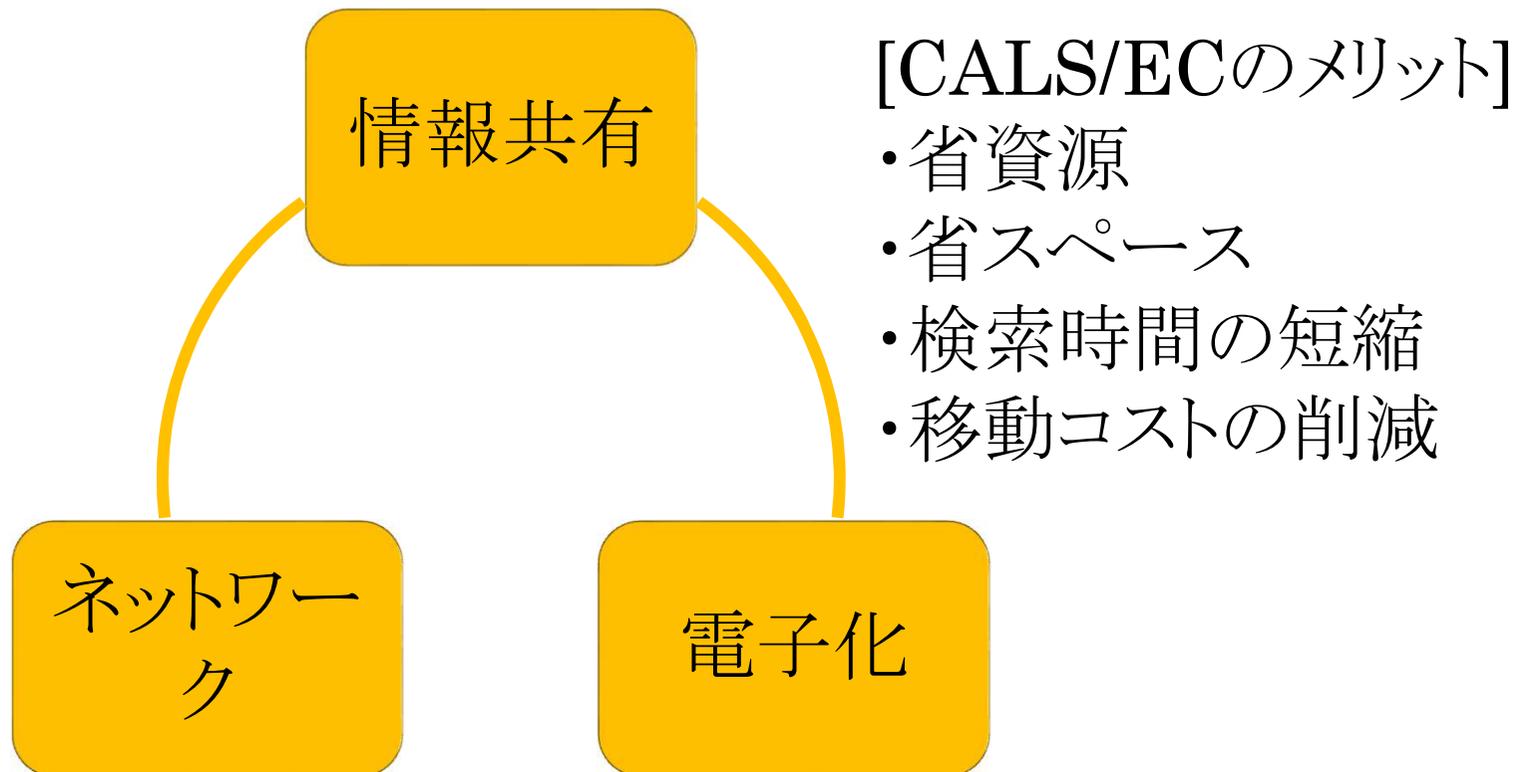


- ◆国内標準規格の必要性
- ◆情報共有の円滑化



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



CALS/ECの失敗

課題

- 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
- 紙と電子の二重提出要求の問題
- 共有された情報が維持管理に活用されていない

実現

- 電子入札の導入
- 電子納品のための制度導入

失敗の要因

- 情報共有の理念が先行し、何の情報共有するか検討されていない
- 異なるCAD間のデータやりとりを行うための標準フォーマット(SXF)の互換性が悪い
- 発注者の契約がゼネコン、コンサルタントで分かれているためライフサイクルにおける情報共有が困難

公共分野でのBIM本格導入の際にこの失敗を活かせるか

モデル詳細度とは

モデル詳細度の区分の考え方が二種類存在

A. 詳細度を一定の間隔で分類

EX) AIA → 5区分(100.200.300.400.500)

BIM Forum → 6区分(100.200.300.350.400.500)

先導的導入事業のガイドライン

⇒ Aを採用 (BIM Forumを参考にする方向で検討)



モデルの詳細度の考え方
⇒ 応用できるものにするべき

LODとは

	メリット	デメリット
A. 詳細度を一定の間隔で分類	定義段階で利用場面を想定しない。 →利用者が応用的な活用が可能。	利用場面のイメージが困難。ただし、別途で利用場面と組み合わせることで可能。
B. 事業プロセス毎に分類	利用場面のイメージが容易。	通常では実施しない特有の利用を実施する際に支障が生じる。



先導的導入事業でのガイドラインでは、Aを採用。
また、初期設定としてBIM Forumを参考にする方向で検討。

モデルの詳細度の考え方は、各社の多様な利活用を妨げないものとする。

モデル詳細度とは

◆モデル詳細度は土木事業全般で活用できるようにすべき。

⇒基準を作り活用していくことで効率化が図れる。

(例外もある)

活用方法として…

①設計者と施工製作会社で図面製作を分担

①設計者と施工製作会社で図面製作を分担

【設計者】
詳細設計まで製作

- ✓ 仕事が片方に偏る
- ✓ 技術的問題

OR

【施工製作会社】
初期から三次元モデル製作

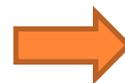


両方に仕事を
分担するべき

EX)鋼橋製作

建設コンサルタント

基本設計 (LOD200など)



橋梁メーカー

詳細設計 (LOD350など)

①設計者と施工製作会社で図面製作を分担

ゼネコンが建物デジタルモデルを1から作るとコンサルタントの仕事が奪いかねない。

EX) 鋼橋

建設コンサルタント

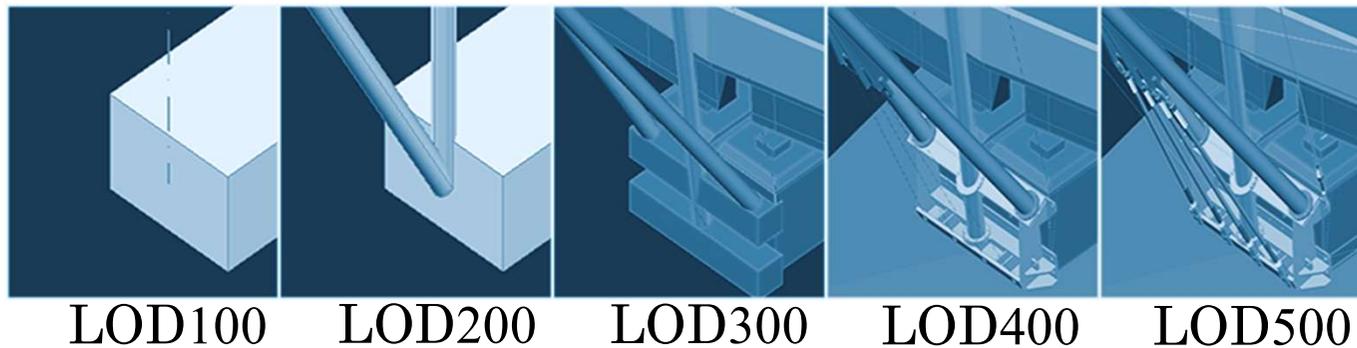
基本設計 (LOD200など)

橋梁メーカー

詳細設計 (LOD350など)

<http://ieiri.jp/it/2013/3/LOD-of-3D-Model.html>

詳細度の例え (AIA)



①設計者と施工製作会社で図面製作を分担

基本的には、

LOD100 ➡ 概念設計
LOD200 ➡ 基本設計
LOD300 ➡ 詳細設計
LOD400 ➡ 施工計画
LOD500 ➡ 運用・維持管理



“先導的導入事業での
ガイドライン”における
初期設定の参考は
BIM Forumの6段階で
ある。

- ◆ 国土交通省は6段階のどの段階でどのレベルを元に製作するか決まっていない。
- ◆ 部分的にLODを高くし、そののみ上流で検討ということも。(干渉チェック)



②設計時に施工側の情報を入れる

ゼネコン側の人材を雇うのが手っ取り早いですが・・・

- ◆ 人件費等のお金がかかる。
- ◆ 建設業界の人材不足。

以上のことから現実的には厳しい。



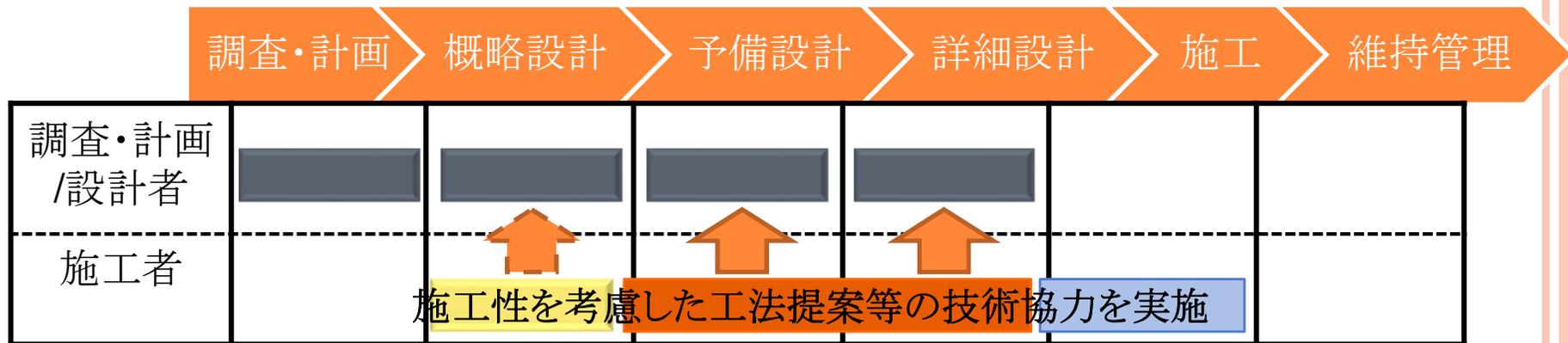
契約方式でのカバー。

※執行形態などを変える場合は、変更する規約等が多くプロセスが必要。



②設計時に施工側の情報を入れる

設計段階から施工者が関与する方式(ECI方式)



注意点

- BIMとの併用を検討がされていない。
- 日本国内での事例が少なく知見等の蓄積が少ない。
- 施工者の技術提案があるため、施工者と設計者の責任分担等の明確化が必要。
- 設計者と施工者の意見が反する場合、発注者が両社の範囲を明確化し調整用を行う必要がある。

②設計時に施工側の情報を入れる

EPCM契約

(Engineering Procurement Construction Management)

設計と維持管理を除く全ての建設プロセスを発注者の代わりとして受け、建設事業を推進する方法。

注意点

- 事業規模が大きくなった場合、関係者間の調整が複雑になる。そして、経験がないEPCM業者の場合、よけに事業費用全体でコストアップになる可能性がある。