

## I-9 橋梁設計における CAD 図面仕様に関する研究

The study of a specification for the digital drawing in bridge-design

高橋広幸<sup>†</sup>

Hiroyuki TAKAHASHI

山崎元也<sup>†</sup>

Motoya YAMAZAKI

本郷廷悦<sup>†</sup>

Teietsu HONGO

## 【抄録】

道路事業における設計図面の役割は極めて重要である。近年注目されている建設 CALS を実現するためには、図面も標準に基づいて電子化する必要がある。一般的に、その標準は ISO の規格である ISO10303 と考えられるが、土木分野においては、実用化が遅れており、実用上、現時点では標準が存在しない状況となっている。そこで、図面の交換・共有とともに日本道路公団で CAD 図面を活用して業務を効率化することを目的として、図面を CAD で作成する場合の仕様について平成 9 年度より研究を実施している。本文では、橋梁設計を対象として、図面を CAD で作成する場合の暫定的な仕様およびそれを実証フィールド実験により評価した結果について報告する。

## &lt;Abstract&gt;

The information of the drawing is very important in the road project. To realize the Construction CALS, the drawing must be digitized based on the standard. Generally, it thinks that the standard is ISO10303 that is standardized by ISO, but practically, the standard doesn't exist in the business field, now. Therefore, it is implementing a study from 1997 by the Japan Highway Public Corporation about the specification which makes a drawing by the CAD, to utilize in work in addition to exchange and sharing of a drawing. In this paper, it reports on the temporary specification of a CAD drawing which is used in the bridge design and the result which evaluated it by the proof field experiment.

キーワード: 橋梁設計, CAD データ仕様, CAD, CALS

Keywords: bridge-design, specification of CAD data, CALS

## 1. まえがき

日本道路公団（以下「JH」と略す）において建設 CALS を推進する目的は、国民のニーズに合わせて高速道路事業および有料道路事業を合理的に実施するための最適なツールとして活用することである。

建設 CALS を実現するためには情報を電子化する際のルールを定め、それを業界共通の認識として一般化すること（標準

化）が必要とされている。現在 ISO をはじめ各所で電子情報の標準化に関する活動が行われているが、日本国内の建設業界における電子図面情報（CAD データ）に関しては実用的な標準が定まっていないのが現状である。

この問題を解決するために、日本建設情報総合センター（以下「JACIC」と略す）では CALS の国際標準である ISO10303（通称

<sup>†</sup> 日本道路公団試験研究所技術情報課、〒194-0035 町田市忠生 1-4-1 TEL 0427-91-1621

「STEP」という)の AP-202 (アプリケーションプロトコルの 202 番「製品モデルと関連した設計」)に基づく CAD データ交換を実用化するために「CAD データ交換標準開発コンソーシアム」を設立した。このコンソーシアムでは、2 次元データを対象として、平成 12 年 8 月を目標に CAD データ交換標準の開発を行っている。

一方、CAD で図面を作成するには、CAD データ交換標準の他に、紙の場合の土木製図基準に対応するようなルールが必要となる。そこで、電子化した図面の活用によって業務を効率化することを目的として、標準 (STEP) が実用化されるまでに暫定的に使用できる、CAD により図面を作成する上でのルールとして「CAD による図面作成要領 (暫定案)」を作成した。

本文では橋梁設計に関して「CAD による図面作成要領 (暫定案)」の概要とそれに基づく CAD 図面作成の実証フィールド実験の結果を報告する。

## 2. JH における CAD 図面の利用方法

JH の道路事業においては CAD 図面を次のように使用する。

- ① 道路事業プロセス (計画, 調査, 測量, 設計, 工事, 維持管理) 間でデータを交換・共有する
- ② 測量会社, 設計会社, 施工会社, メンテ会社, 点検会社などと交換する
- ③ 各事業プロセスにおいて JH および外部企業・機関を問わず有効・再利用する

ここに記した CAD 図面の利用を実現するために、CAD データ交換標準と CAD による図面作成要領が必要となる。

## 3. CAD による図面作成要領を作成する上での問題点

### 3.1. CAD データ交換標準

CAD データを交換・共有するために必要となるルールが CAD データ交換標準である。これに対して、CAD による図面作成要領は、JH の道路事業に関わる人たちが、CAD 図面を作成・使用する際に、その内容を同じも

のとして理解できる品質を確保・統一するためのルールである。

建設 CALS を実現する上では CAD 図面の交換・共有が必要となるから、CAD による図面作成要領の中で規定する作図上のルールは、CAD データ交換標準に基づいていなければならない。つまり、CAD データ交換標準に適合しない CAD データとして CAD 図面を作成すると、その図面は交換できないこととなる。

しかし、国内の建設業界における CAD データ交換標準が定まっていない現状では、これに基づくような CAD による図面作成要領を作成することはできない。

### 3.2. CAD 図面の有効利用

電子情報はコンピュータで扱えるため、紙に比べて利便性が格段に向上する。すなわち、今まで人間が紙を目で見て判断・活用してきた図面を、コンピュータシステムにより、積算業務や事業費管理などの道路事業に直接利用することができるようになる。

具体的には、

- ① 数値地形データを利用した自動設計
- ② 道路保全管理における資産データベースとの連携
- ③ CAD データから数量情報を取り出して、表計算アプリケーションを利用して集計すること

などが考えられる。これにより、設計作業の効率化、保全業務における資産情報検索・集計時間の短縮、数量計算におけるミスの削減や積算業務における数量集計の省力化などの効率化が期待できる。

しかし、この CAD の高度利用を実現する場合には、CAD システムの依存性が非常に強くなり、異なる CAD ソフトウェア間で CAD データを交換・共有することは不可能となる。

### 4. CAD データ仕様に定める内容

本研究では、あくまで現時点で暫定的に実用化できる CAD データの仕様を念頭に置いているので、実際の設計業務で使用してい

る市販の CAD ソフトウェアを利用することおよび CAD データの互換性を完全に保証することをそれぞれ前提とした。

そこで、市販の CAD ソフトウェアを選定する際の条件のうち代表的なものをまとめると次のようになる。

- ① 画層 (Layer) 機能を有する
- ② 測量座標系で作図できる
- ③ カスタマイズが可能である
- ④ ラスターデータを表示できる
- ⑤ 外部ファイル参照機能を有する

ここでは、当面の間は現場で使用する図面は紙の状態であることを考慮して、CAD から紙に出力したときに従来と同様な品質を確保することを前提条件としている。また、概略設計、協議用図面作成、幅杭設計、詳細設計といった設計プロセスの途中から図面を CAD 化するとき、地形図をラスター形式の電子データで扱うことが合理的である場合があるため、ラスターデータ表示機能を必要条件に加えている。なお、外部ファイルの参照機能については、CAD データを共有するために必要であり、次章に詳述する。

以上のような機能を有する CAD ソフトウェアに対して、表-1 のような内容を CAD データ仕様として各設計に共通して定めた。この規定内容は文献 1) に詳しく記載されている。

表-1 CAD データ仕様の内容

種別	項目	内容	
基本事項	ファイル形式	納品時の電子データファイル形式	
	線	線の種類、色番号、太さ (出力時)	
	文字	フォント、サイズ、縦横比、記述方法	
	寸法スタイル	寸法作成機能の使用、矢印形状、文字の高さ	
	ファイル名	ファイル名称の付け方、保存方法	
	数量表	形状、文字コード	
	画層	名称、階層構造、図枠	
	交換媒体	媒体、ディレクトリ構成	
	作業図作	作図編集	座標原点、座標系、作図単位、縮尺
		ポリライン	作図編集におけるポリラインの使用
ハッチング		作図編集におけるハッチングの使用	

納品時の CAD データのファイル形式については、AutoCAD-R14 の DWG 形式または AutoCAD-R13 以上の DXF 形式と完全互換とした。ここで、DXF に関しては仕様が公開されていない部分があり、完全なデータ交換を保証するものではないため、「完全互換」という条件を付している。また、DWG や DXF はバージョン間の互換性がないため、完全互換を確保するためにバージョンを明確にした。

ただし、誤解のないように、この規定は設計業務に使用する CAD ソフトウェアを指定するものではない。仮に設計に使用する CAD ソフトウェアがこれらのファイル形式に対する入出力機能を有していない場合には、現状では、DXF ファイルを使って完全互換を有する CAD ソフトウェアにデータを移行して再編集することで対応できる。

最近では DWG 形式への入出力機能を有する CAD ソフトウェアも増加しており、ここで定めた CAD データのファイル形式のデータ互換性は今後ますます高くなっていくものと期待できる。

### 5. 橋梁設計における CAD 図面作成の基本的な考え方

#### 5.1. CAD データの一元化

橋梁設計やトンネル設計で作成する図面では、形状情報が必ず重複するものがある。例えば、橋梁一般図と構造一般図における上下部工の形状情報は、同じ設計で作成する配筋図や詳細図のそれと同じでなくては

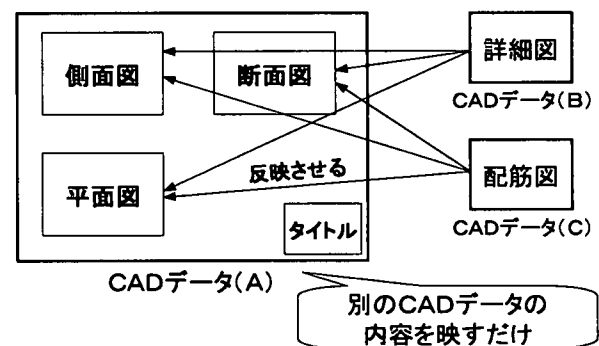


図-1 外部ファイル参照機能

ならない。これについて、CALS における情報の共有の考え方を適用すれば、これらの形状情報は共有化されるべきであり、CAD ソフトウェアの外部ファイル参照機能により実現が可能である。

外部ファイル参照機能とは、図-1 に示すように、ある CAD データファイル“A”に別の電子データ（CAD データまたはラスター・画像データ）ファイル“B”を関連付けることにより、BをAの一部として使用する機能である。なお、Bの電子データの情報は複数の CAD データと共有することもできる。ここで、具体的なイメージを図-2 に示す。

外部ファイル参照機能を使用した CAD データの一元化を基本として、「CAD による図面作成要領（暫定案）橋梁詳細設計編」を作成した。したがって、橋梁全体一般図と構造一般図に関しては上下部工の形状情報は各詳細図等のデータを共有することが、この仕様の大きな特徴である。

### 5.2.Layer

CAD で図面を作成する場合の大きな特長の1つに Layer があげられる。Layer に分割して図面を作成することにより、効率的な作図・編集作業を実現できる。

ここでは、図形ごとに Layer を設定した。これは、将来的な利用方法として、CAD データから情報を取り出す際の効率性を考慮したためである。例えば、構造線と鉄筋の Layer を分割しておけば、鉄筋の情報だけを

取り出す際に鉄筋の描かれた Layer のみを対象とすれば効率的な情報収集が可能となる。

詳細図および配筋図について表-2 に示すように Layer 名称の構造を定めた。例えば、橋梁下部工について「P2A\_STRUCT」であれば、上り線橋脚 P2 の構造線が描かれた Layer を表わす。これも橋梁上部工において「DSST\_PC\_HATATXT」であれば、設計段階に作成した詳細図の PC 鋼材の旗上げ・文字が描かれた Layer を表わす。

また、図形ごとに Layer を定めたことから、Layer に対して線の色と種類を定めた。ただし、線の種類については必ずしも規定どおりにならない場合がある。例えば、カルバートボックスを描く場合、表面に露出している部分の線は実線、盛土に隠れている部分は破線というように1つの Layer に2種類の線を使用する場合もある。

以上のルールを橋脚詳細図に関する部分を例に示すと表-3 のようになる。線の色についても完全な互換性を確保するために、表-3

表-2 橋梁設計図面の Layer 名称構造

区 分	Layer 名称		
	第1階層	第2階層	第3階層
下部工	橋脚：Pまたは橋台：A +番号n（nは1以上の整数） +上り線：Aまたは下り線：B	構造線、 鉄筋線	寸法、 旗 上 げ、 表など
上部工	D+SST（設計段階の フラグ+詳細図）または SLAB（鋼橋の床版）	鉄筋、PC 鋼 材、 支承など細部 構造を表わす	寸法、 旗 上 げ、 表など

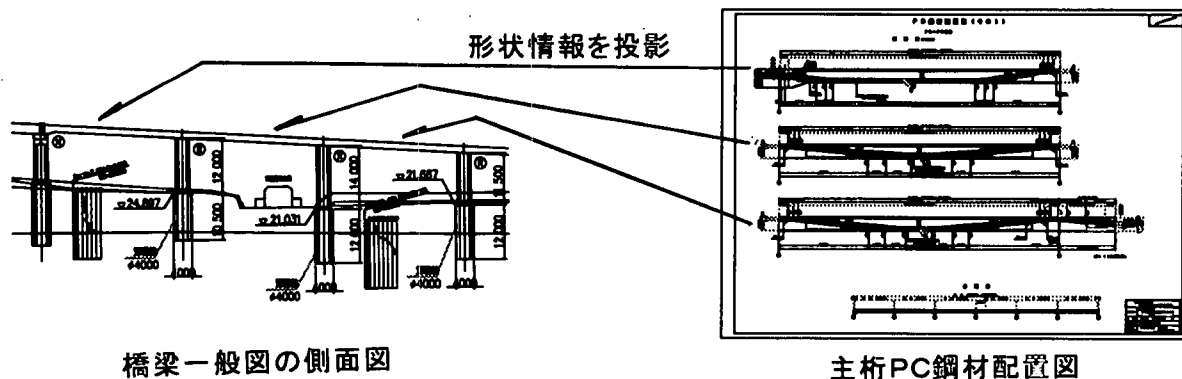


図-2 外部ファイル参照の具体的なイメージ

に示すように色番号で規定した。なお表-3に示した色番号はAutoCADの色番号である。

### 5.3.保管ディレクトリ構成

1橋あたりに対してCADデータを納品する際のディレクトリ構成を規定した。まず、橋梁位置図、使用材料表、一般図、線形座標図など上部工と下部工に共通する図面については図面ごとにフォルダを作成することとした。次に、上下部工についてはそれぞれの単位ごとに作成したフォルダの中に構造一般図や配筋図などの図面種別ごとのフォルダを設けて記録することとした。

例えば、〇〇橋 P1 橋脚配筋図であれば、記録するフォルダ名は「¥調査件名¥〇〇橋 ¥下部工¥P1¥配筋図」となる。

### 5.4.作図機能の使用の制限

CADで作図・編集する際に、寸法線およびハッチングに関しては、AutoCADの寸法作図機能とハッチング機能をそれぞれ使用するよう規定した。これらの図形は、直線や文字の組合せとして作図することも可能であるが、データの再利用における利便性を向上させるために、CADが持っている作図機能を使用するよう制限を設けた。

### 5.5.その他

その他については、文献1)に報告された規定と同様である。

## 6.実証フィールド実験

### 6.1.実験の目的と概要

前章の考え方に基づいて「CADによる図面作成要領(暫定案)橋梁設計編」(以下、「暫定案」と略す)を作成した。そして、

実証フィールド実験として、これに基づいた橋梁詳細設計および橋梁基本詳細設計を表-4、表-5のとおり実施した。なお、基本詳細設計とは、上部工は基本設計、下部工は詳細設計の意味である。

この実証フィールド実験では、実際の業務において、ここで作成した暫定案が有用であるかどうかを確認することを目的としている。

### 6.2.評価方法

ここでは、暫定案の設計製図への適用性について評価する。具体的な方法としては、紙に出力した図面による品質の確認、

表-4 実証フィールド実験の概要(その1)

件名	山陽自動車道 山口南IC第一橋基本詳細設計
設計区分	基本詳細設計
施行箇所	自) 山口県山口市大字鑄銭司 至) 山口県山口市大字鑄銭司
設計概要	上部工設計 : 6径間連続鋼箱桁橋 1連 橋台設計 : 逆T式橋台 1基 橋脚設計 : 柱式橋脚 6基 基礎工設計 : 場所打ちぐい 6基

表-5 実証フィールド実験の概要(その2)

件名	山陽自動車道 山口南IC第二橋詳細設計
設計区分	詳細設計
施行箇所	自) 山口県山口市大字鑄銭司 至) 山口県山口市大字鑄銭司
設計概要	上部工設計 : 6径間連続PRC中空床版橋 1連 橋台設計 : 逆T式橋台 1基 橋脚設計 : 柱式橋脚 5基 基礎工設計 : 場所打ちぐい 6基

表-3 橋脚構造図のLayer名称, 図形, 線種, 線色の関係

Layer 名称			作図図形	線種	線色
第1階層	第2階層	第3階層			
P+番号+AorB	STRUCT	---	橋脚の構造線	連続	20
P+番号+AorB	STRUCT	DIM	橋脚の構造寸法	連続	7
P+番号+AorB	STRUCT	HATATXT	橋脚の注記・旗上げ文字	連続	7
P+番号+AorB	STEEL	---	橋脚の鉄筋線	連続	3
P+番号+AorB	STEEL	DIM	橋脚の鉄筋寸法	連続	7
P+番号+AorB	STEEL	HATATXT	橋脚の鉄筋の旗上げ文字	連続	7
P+番号+AorB	STEEL	MATERIAL	橋脚の鉄筋の数量表	連続	7

AutoCAD を使って CAD データの内容と暫定案との整合性の確認、設計担当者へのヒアリングによる暫定案の内容・表現に関する調査を実施した。

### 6.3.実験結果と考察

本実験で作成した CAD 図面を図-3~図-6 に示す。これらの図面は、橋梁設計専用 CAD で作成した CAD データを、DXF を介して AutoCAD で再編集したものである。

まず、紙に出力した図面についての結果を述べる。橋梁設計の場合には、道路設計に比べて早期から CAD を利用した作図がなされていた。したがって、従来の成果品も CAD で作成したものがほとんどであり、紙の状態でも品質的な問題はなかった。

また、CAD データに関しては次の点が明らかとなった。

① 寸法と文字はすべて“白”で規定して

いるが、規定に反した部分があった。

- ② 寸法線は寸法作図機能で作図することとなっているが、規定に反して直線を組み合わせて作成したものがほとんどであった。
- ③ 橋梁一般図や構造一般図を外部参照機能により作成していないものがあった
- ④ AutoCAD の ByLayer 機能 (Layer と線の種類・色を一対一で対応させる機能) で作図されていないものがある
- ⑤ 橋脚一般図では、第 n 橋脚と第 n+1 橋脚を同じ CAD データに作図する場合がありますが、保管ディレクトリ構成に適した保管ができない場合がある

ここで、⑤については、従来の図面体裁からも充分考えられる問題であるため、暫定案の規定の見直しも含めて検討する必要がある。

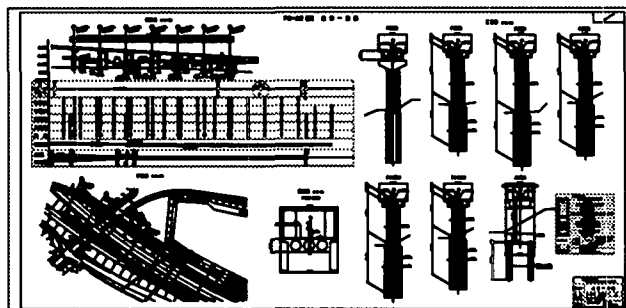


図-3 実験結果 (橋梁一般図)

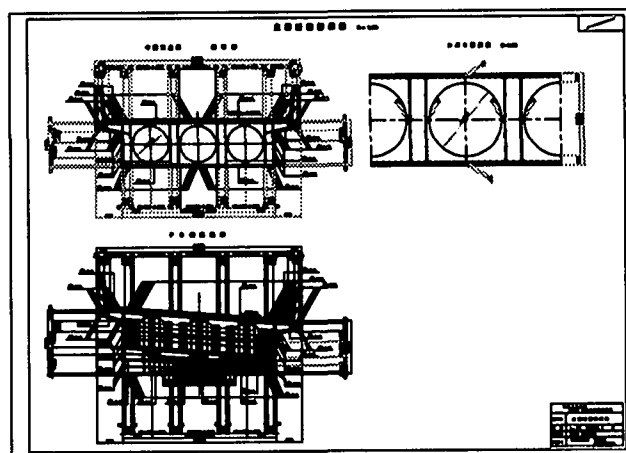


図-4 実験結果 (主桁断面図)

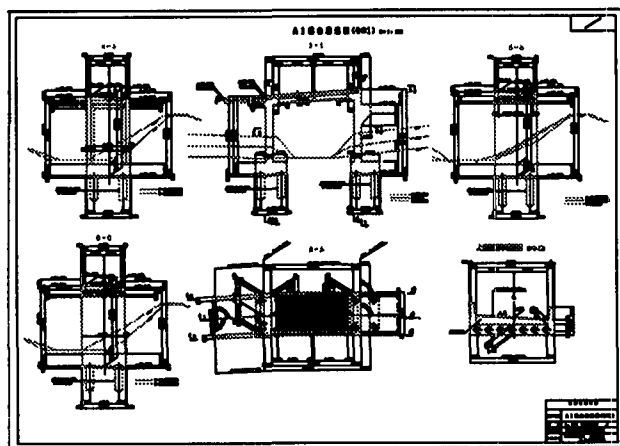


図-5 実験結果 (橋台構造一般図)

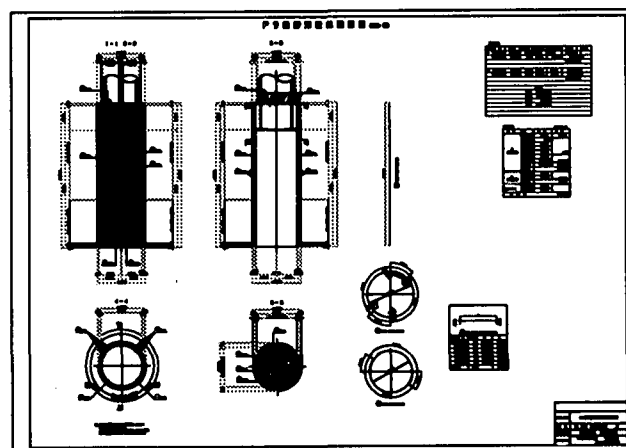


図-6 実験結果 (深礎杭配筋図)

また、①～④に関しては、実験に使用した橋梁設計専用 CAD の機能によって生じた問題である。現在の専用 CAD で作成する CAD データの様子は、それぞれのソフトウェアごとに異なる。つまり、ある一定のルールに基づいた CAD データを作成しようとするとき、必ずデータの再編集を伴う。この再編集作業は従来の作業に追加される余分な作業であるため、設計業務の効率化を妨げる大きな要因である。特にこの暫定案では、CAD データ交換後の再利用を可能にするために、細部に渡って仕様を規定しているため、設計者にとっては極めて手間のかかる再編集を余儀なくされている。すなわち、Layer 名称の変更だけでなく、線の色、旗上げ線の書き直しなどが必要となり、ほとんど最初からデータを作り直すに等しい。したがって、ほとんどの設計作業を専用 CAD により実施している橋梁設計における図面の CAD 化には、設計作業を効率的に実施するために、CAD データの標準仕様に対応した専用 CAD の普及が望まれる。

なお、③の外部参照機能については、紙と等々の品質の図面を CAD で作成するためにはなくてはならない機能ではない。つまり、電子データとしての理想的な利用方法として、データの一元性を確保するための機能である。しかし、CAD による図面作成が始まったばかりの現状で、この機能のすべてを活用して CAD 図面を作成することは、CAD の操作性や設計者の CAD の操作レベルから考えて困難であると考えられる。

最後に、設計担当者へのヒアリング調査からは、道路設計の場合と同様、Layer 名称が長いこと作業しにくいという意見が得られた。これについては、再度、設計での作業性を考慮して、規定の変更を検討することとした。

## 7. 今後の課題

### 7.1. 専用 CAD の機能拡張

CAD データ標準が存在しない状況で図面の CAD 化を行う場合の設計作業における負

担の増大が従前より指摘されているが、専用 CAD を使って効率的に実施されてきた橋梁設計においては、道路設計に比べて、顕著にこの現象が現れている。これは、今までの専用 CAD が紙に出力することを前提とした図面を効率よく CAD で作成することを目的としてプログラムされているためである。つまり、作成の目的物が CAD データではなく、出力後の紙図面となっている。

CAD 図面を実際の業務で利用していく上で、CAD データの再利用は必要最小限度の要求事項である。CAD データの再利用における編集・追加作業の効率性を確保するためには、CAD による図面作成要領（暫定案）の中で、寸法やハッチングなど作図編集では CAD の機能を使用するよう規定しなければならない。

以上から、今後は、ある定められたルールに基づいた CAD データとして図面を作成するように専用 CAD の機能を拡張することが効率的な CAD 製図を実現する上で必要となる。また、それが実現するまでは、このような設計製図における一時的な生産性の低下を許容しつつ、CAD データをその後の事業プロセスで有効に活用して、事業全体として効率化・合理化を達成することが求められる。

### 7.2. CAD データ交換標準の機能拡張

CAD データ交換標準が完成すると、これに基づいて CAD 図面を作成することとなるため、CAD 図面を効率的に再利用し、また高度利用するには、CAD データ交換標準で規定される CAD の機能レベルが高いほどよい。したがって、CAD データ交換標準の実用化に向けた活動にも積極的に参加し、設計製図作業も効率化するよう努力することも重要である。

### 7.3. CAD 図面の再利用性の検証

本研究で行った実証フィールド実験では、「CAD による図面作成要領（暫定案）」に基づいて CAD で図面を作成することを目的としていたため、CAD 図面を交換・再利用する

上での問題点は明らかになっていない。つまり、CAD データの再利用や有効活用において、Layer を細分化することや機能の使用を制限して作図することなどの利点を示すことができていない。

そこで、CAD 図面を後のプロセスにおいて利用するという実証フィールド実験を実施し、「CAD による図面作成要領（暫定案）」の規定が有効であることを証明する必要がある。

#### 8.あとながき

ここでは、標準が実用化されるまでの暫定的に利用できる CAD データ仕様を検討し、「CAD による図面作成要領（暫定案）橋梁設計編」を作成した。さらに、これに基づいて実証フィールド実験を行い、実際の業務への適用に関して問題点の抽出と検討を行った。

建設 CALS の実現によって、設計は土木プロジェクトにおけるプロセスの一部として位置付けられ、今後の CAD データはプロ

ジェクト管理の主体的なデータになるものと考えられる。特に STEP に代表されるようなプロダクトモデルデータが実用化されれば、目的物のライフサイクルに必要なすべての情報を CAD データとして交換・共有することにより、それを利用して、コスト管理、品質管理、施工シミュレーション、工程管理、補修履歴管理など、プロジェクトプロセスに必要な作業をコンピュータによって効率的に実行できるようになる。

したがって、発注者、受注者共に、CAD 図面はプロジェクトにおいて中核をなす情報という意識を持ち、個々の作業にとらわれることなく、プロジェクト全体の効率化に向けて取り組むことが重要であると考え

#### 【参考文献】

- 1) 田中克則, 高橋広幸, 加藤潔: 建設 CALS を目指した道路設計図面の電子標準化に関する研究, 土木情報システム論文集, Vol.7, pp.49-56, 1998年10月.