

PC 上部工を対象とした設計・施工支援システム

New Production System for Design and Construction of Prestressed Concrete Superstructure

木暮 健¹・前田宗宏²・大塚一雄³

Kigure Takeshi, Maeda Munehiro, and Ohtsuka Kazuo

抄録：土木事業の全体プロセスにおける生産性の向上は、工費削減・工期短縮といった企業者の最大ニーズに応えるもので極めて重要なテーマである。そのためには生産プロセスの上流（設計段階）と下流（施工段階）の情報・データの共有を推進する仕組みやツールの整備が求められる。また、構造物の多様化に伴い、複雑な構造物が多数施工されるようになっており、従来の設計手法・施工方法では十分な対応が困難な構造物が年々増加している。本システムでは、PC橋（プレストレストコンクリート橋）上部工に着目し、プロトタイプシステムとして箱桁構造を対象とした3次元構造モデルの自動作成システム並びに施工現場で必要とする施工図作成、数量算出システムを構築した。

キーワード：橋梁、3次元CAD、施工管理、図面、設計

Keywords : Bridge, 3 D-CAD, construction management, drawing, design

1. はじめに

土木事業の全体プロセスにおける生産性の向上は、工費削減・工期短縮といったニーズに応えるもので極めて重要なテーマである。それとともに今後、労働者数が減少する中で、現場における生産性や品質管理の維持・向上を図るための方策も喫緊の課題である。そのためには生産プロセスの上流（設計段階）と下流（施工段階）の情報・データの共有を推進する仕組みやツールの整備が求められる。

全体プロセスにおける業務の効率化、すなわち、生産性の向上を図るためには、計画～設計～施工～維持管理までの全生産プロセスの取り組みを改善していく必要がある。また、構造物の多様化に伴い、複雑な構造物が多数施工されるようになっており、従来の設計手法・施工方法では十分な対応が困難な構造物が年々増加している。

本報文では、橋梁上部工に着目し、プロトタイプシステムとして箱桁構造を対象とした3次元構造モデルの自動作成システム並びに現場で必要とする施工図作成、数量算出システムについて報告する。

2. システム概要

本システムは橋梁上部工工事の設計、施工管理を支

援できる AutoCAD をプラットフォームとした3次元CADシステムである。システムの一連の作業フローを図-1に示す。

本システムは主に以下に示す5つの機能から構成される

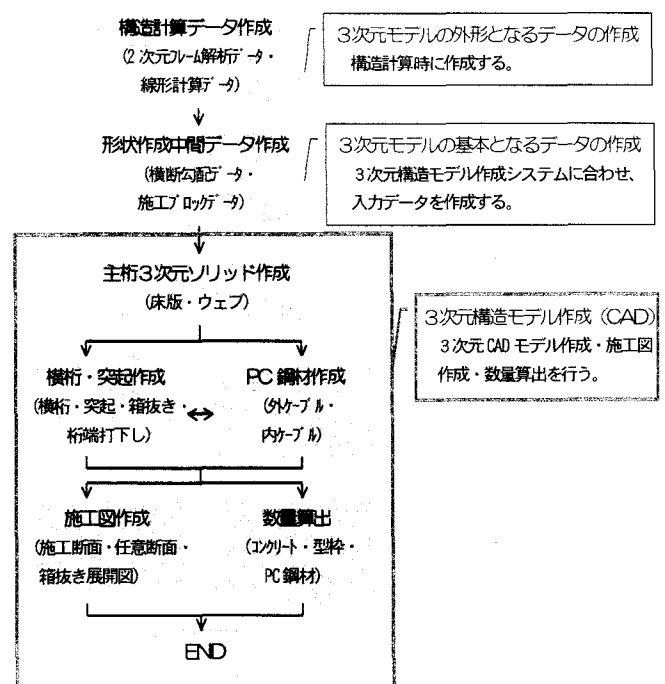


図-1 システムフロー図

- 1 : 正会員 工修 鹿島建設(株) 土木設計本部
(〒107-8502 東京都港区赤坂6丁目, Tel :03-5561-2111, E-mail:kigure@kajima.com)
- 2 : 正会員 工修 鹿島建設(株) 土木設計本部
- 3 : 正会員 工修 鹿島建設(株) 土木設計本部

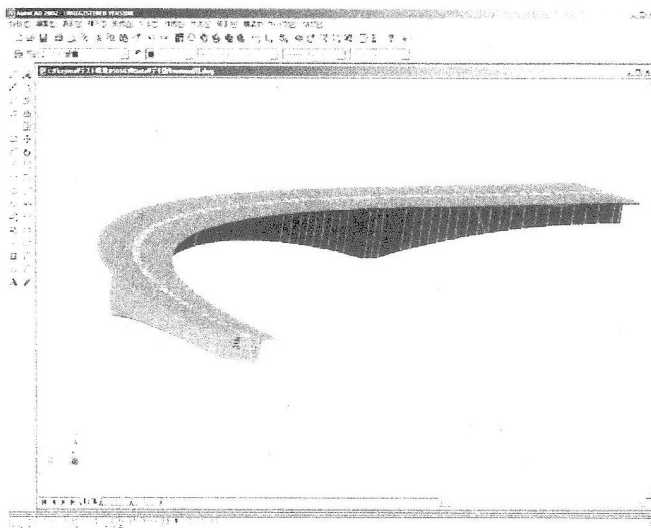


図-2 主桁3次元ソリッドモデル

(1) 主桁3次元ソリッドの作成

橋梁上部工の構造計算では、縦断勾配、横断勾配、平面線形は考慮せず解析する場合が多い。しかし、施工管理の支援を目指した3次元モデルは、これらの値を実際に施工する構造物に合致させる必要がある。そのため、設計段階において作成される構造計算データ、線形データをインプットデータとし、また、不足する横断勾配データ、施工ブロックデータなどをユーザーが入力することで主桁3次元モデルを作成することを実現した(図-2)。

(2) 横桁、PC鋼材定着突起作成

構造計算では床版、ウェブまでの断面データしか必要としないが、施工段階で利用価値の高いモデルとするためには、横桁・PC鋼材定着突起などのデータが必要となる。そこで、構造計算では考慮されない横桁・PC鋼材定着突起のモデルを対話形式で簡便に作成するシステムを開発した(図-3、図-4)。箱桁構造の橋梁は桁端横桁、柱頭部横桁、中間横桁などの部材が存在し、それらの部材についてもモデルを作成するシステムとしている。定着突起は内ケーブルと外ケーブルでは形状、様式が異なるため、汎用性のある突起形状作成システムを用意した(図-5)。

PC鋼材は通常、突起・横桁などに箱抜きし、PC鋼材定着後、コンクリートやモルタルなどで跡埋めを行う。この箱抜き形状はPC鋼材が3次元的に変化しているために、複雑な形状となることが多い。この箱抜きについても、PC鋼材の向きや箱抜きの大きさ等を考慮した形状で3次元モデル化できるシステムとしている(図-6)。

また、桁端部の伸縮装置設置箇所の打ち下ろし形状も対話形式でモデル作成することが可能である(図-7)。

横桁作成・横桁パラメータの設定-端横桁

設定位置選択 ☐ 原点 ☐ 終点

左BOXのマノール位置

マノール選択 ☒ 無し ☐ 矩形 ☐ 上端ハチ ☐ 四隅ハチ

形状(mm) 幅 高さ

ハチ形状(mm) 水平 鉛直

GCLからの離れ(mm) 底板からの離れ(mm)

横断勾配 ☒ 合わせない ☐ 合わせる

中央BOXのマノール位置

マノール選択 ☒ 無し ☐ 矩形 ☐ 上端ハチ ☐ 四隅ハチ

形状(mm) 幅 高さ

ハチ形状(mm) 水平 鉛直

GCLからの離れ(mm) 底板からの離れ(mm)

横断勾配 ☒ 合わせない ☐ 合わせる

右BOXのマノール位置

マノール選択 ☒ 無し ☐ 矩形 ☐ 上端ハチ ☐ 四隅ハチ

形状(mm) 幅 高さ

ハチ形状(mm) 水平 鉛直

GCLからの離れ(mm) 底板からの離れ(mm)

横断勾配 ☒ 合わせない ☐ 合わせる

OK キャンセル

図-3 対話式データ入力画面(1)

横桁作成・横桁パラメータの設定-端横桁橋軸ハチ

ハチ選択 ☒ 無し ☐ 上床版 ☐ 下床版 ☐ 上下床版

ハチ形状(mm) 高さA 水平B

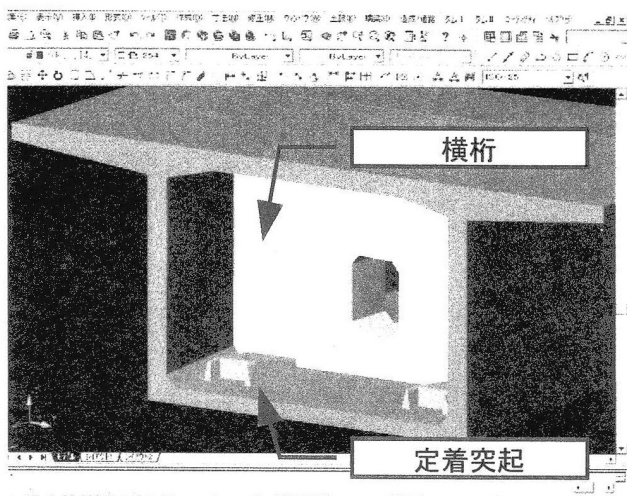
ハチ形状(mm) 高さC 水平D

側面図

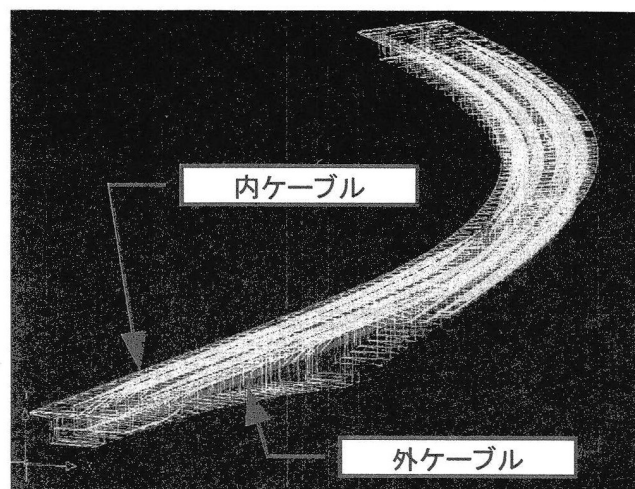
平面図

OK 戻る キャンセル

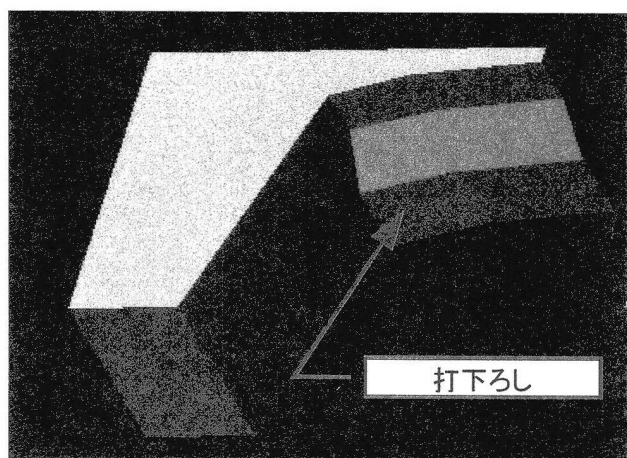
図-4 対話式データ入力画面(2)



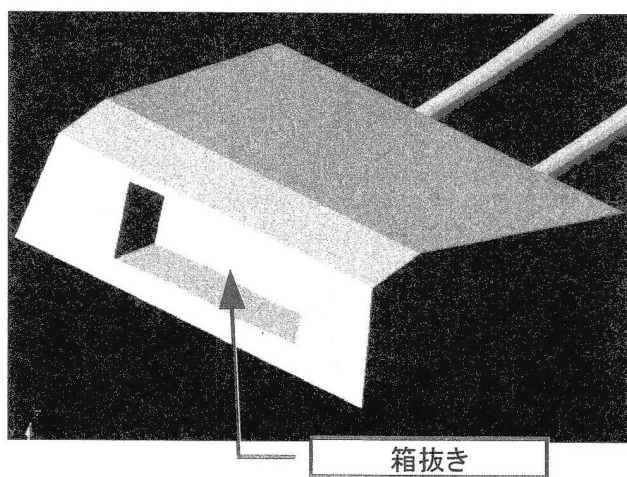
図－５ 横桁・突起モデル



図－８ ＰＣ鋼材作成モデル



図－６ 桁端打下しモデル



図－７ ＰＣ鋼材箱抜きモデル

(３) ＰＣ鋼材作成

現場で実際に配置するＰＣ鋼材を３次元モデル化するにあたっては、平面線形や縦断線形、躯体との離れなどを考慮しなければならない。そこで、ユーザーの手間を低減できるように構造計算に用いたデータと平面線形を考慮するためのデータを入力することにより、３次元モデルを簡便に作成できるよう工夫した（図－８）。

作成できるＰＣ鋼材は、躯体の中に配置される内ケーブルと箱桁内の空間に配置させる外ケーブルとしている。

(４) 施工図作成

実際の工事では、３次元モデルから寸法などを読み取りながら施工することは困難である。そこで、３次元モデル化された躯体、横桁、突起、ＰＣ鋼材から、実際の施工で用いる二次元図面を作成するシステムを開発した。

ＰＣ上部工ではＰＣ鋼材の正確な位置指定が重要である。しかしながら、通常的设计図では標準断面図、柱頭部、桁高変化点など主要な部位での断面図しか作成されない。そこで、実際の施工では施工ブロック毎に施工断面図を作成する。

施工断面図は対話形式によるデータ入力により断面の幅員や桁高、床版厚などの基本寸法を自動作図できるようにした（図－９）。

実際の施工ではＰＣ鋼材を正確に設置するために施工ブロック内においても橋軸方向１ｍピッチ程度でＰＣ鋼材位置を算定する必要がある。そこで、施工ブロック内で任意の位置における２次元の断面図を作成することも可能とした（図－１０）。

また、ＰＣ鋼材の定着箱抜き部や桁端打下し部といった、３次元的な取り合いが複雑で施工段階の事前検討に時間を要していた部材については、３次元モデル

作成時に定着部箱抜きを作成し、それらの2次元の展開図を瞬時に作成し、業務効率化を計れるものとした。

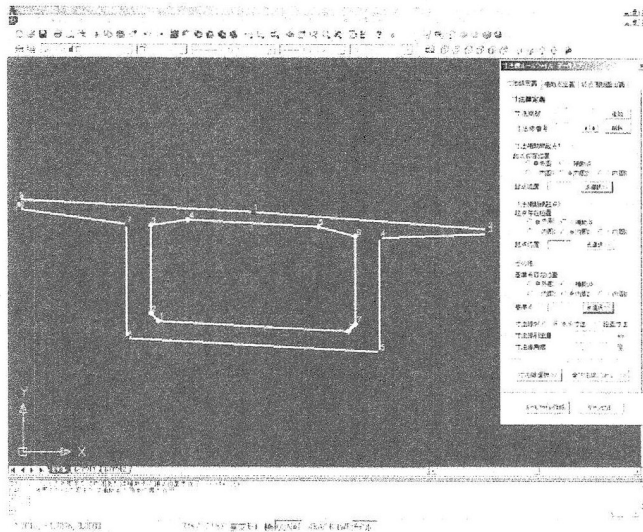


図-9 施工図作成データ入力画面

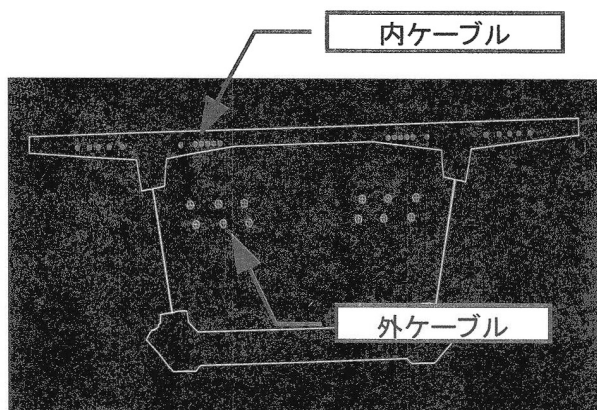


図-10 任意断面図

(5) 数量算出

3次元モデルは施工管理の基本単位となる施工ブロック毎にモデル化されている。また、モデルの各部位は情報を持たせているため、施工ブロック毎の体積や型枠面積の自動算出が可能である。また、PC鋼材についても1本毎の鋼材長を算出する。躯体の体積、面積は、横桁、突起、箱抜きなどを考慮した数量で算出し、実際のコンクリート打設数量・型枠面積の算出が可能である(図-11)。

3. おわりに

今回開発したシステムは、構造計算プログラムと連携して3次元モデルを半ば自動作成し、施工図作成、数量算出を効率化することが可能なシステムである。このシステムを使用することにより、従来の施工管理業務に比べ、作業量として約1/5~1/10に短縮出来るものである。

3次元モデルを生産プロセスに活用することにより、設計段階で施工時のPC鋼材や突起・付属物との干渉などによるトラブルの未然防止や施工段階で関係者全員が正確な構造や部材のイメージを共有化することが可能となり、コミュニケーションの促進効果が期待できる。今後は本システムの更なる有効利用について研究・開発を進めていきたい。

ブロック名	ブロック番号	躯体体積(m3)	縦筋体積(m3)	実体体積(m3)	定着箱抜き体積(m3)	ITL体積(m3)
P4	BD	5.3	11.7	0	21	12.4
P4	BD	132	29.3	0	0	0
P4	SS	231	0.5	0	0	0
P4	10L	242	0	0	0	0
P4	9L	302	0	0	0	0
P4	8L	502	0	0	0	0
P4	7L	302	5	11	0	0
P4	6L	31.3	0	0	0	0
P4	5L	32.6	5	1	0	0
P4	4L	35.8	0	0	0	0
P4	3L	37.9	0	0	0	0
P4	2L	40	0	0	0	0
P4	1L	41.9	0	0	0	0
P4	1.0L	221	0.5	0	0	0
P4	2L	42.9	105.3	0	0	0
P4	OR	42.9	105.3	0	0	0
P4	1.3R	52.1	0.5	0	0	0
P4	1R	41.8	0	0	0	0
P4	2R	40	0	0	0	0
P4	3R	37.9	0	0	0	0
P4	4R	35.8	0	0	0	0
P4	5R	32.6	0	0	0	0
P4	6R	31.3	5	1	0	0
P4	7R	502	0	0	0	0
P4	8R	302	5	11	0	0
P4	OC	19.7	0	0	0	0
P3	10L	242	0	0	0	0
P3	9L	242	0	0	0	0
P3	8L	302	5	11	0	0
P3	7L	502	0	0	0	0
P3	2L	41.8	5	1	0	0

図-11 数量算出画面