

PCa工法における調達部材の生産連携支援手法の研究

Study on Cooperative Production Support Methods of Procurement Members for Precast-Concrete Construction

正 村 芳 久
親 本 俊 憲
吉 田 知 洋

要 約

PCa工法のように工業化部材を用いる工法では、設計、部材製作、部材建方の標準化及び生産情報の共有化による生産効率の向上が期待されている。標準化については、一部実行済みで現在も進められているが、生産情報の共有化については、現場・部材工場からのニーズはほとんどなく、そのためもあって設計データの工場側利用等が試験的に実施されているに留まっている。本研究ではPCa工法を対象に情報技術を用いて、部材生産連携を支援する方法について様々な面から検討し、支援方法として「生産情報流通の効率化方法」、「設計変更に伴うコストへの影響度の評価方法」、「部材図面の作成及びチェック方法」及び「部材製作中の検査確認方法」を提案した。支援方法は共有化データベースとデータ発生時点でのデータ即時入力を基本とするもので、コミュニケーション支援のみならず、より広い生産連携支援を可能としている。また、これらの支援方法の拡張性についても示した。

目 次

- I. はじめに
- II. 部材生産情報の流通に関する調査
- III. 部材生産連携支援手法
- IV. おわりに

I. はじめに

本研究で対象とした工法はPCa柱と鉄骨梁からなる躯体工法（以下、PCa工法と称す）であり、この工法で製作する主な躯体部材は、PCa柱、鉄骨大梁及びPCa柱と鉄骨大梁を結合するためにPCa柱のパネルゾーンに埋め込む接合部金物の3種類である。これらの部材のうちPCa柱と接合部金物は当社開発の部材であり、とくにメーカー側との細部に渡る打合せが求められる。

PCa柱及び接合部金物の入手については、調達と部材生産の2つの段階がある。調達段階のゼネコン側業務は、メーカー情報の収集とメーカーへの見積徴収・価格交渉が主になる。契約後の部材生産段階のゼネコン側業務は、製造方法・製品仕様の打合せ、図面の支給及び生産順序の指定等からなる。

近年、調達段階ではインターネットを利用した調達環境の構築が始められつつある。しかし、部材生産段階における生産情報コミュニケーションについては、設計データの工場側利用の試行¹⁾がなされているものの、情報技術の利用に関してはまだ十分とは言えない状況である。

PCa柱及び接合部金物の部材生産段階では、材料供給も含め多くの異なった企業が関係し、また当社の独自仕様であるため、各企業間で十分な生産情報の交換が必要である。この生産情報伝達を従来の電話・ファクシミリから最新の情報技術の利用を前提とした調達部材の生産情報共有システムに変えることにより、部材生産に関しての生産性向上とコストダウンを図れる可能性がある。

本研究の目的は、部材生産連携への情報技術利用による支援手法

の適用対象、内容及びその予想効果について、様々な切り口から明らかにすることである。

部材生産連携支援手法を実現させる方法として、既に実用化しているインターネット技術を基盤とする複数企業とのデータ共有及びデータの発生時点での即時入力の情報処理技術を利用する。

II. 部材生産情報の流通に関する調査

1. 調査概要

(1) ヒアリング調査の対象

部材生産連携支援手法の開発に先立ち、現場及び工場へ企業間の生産情報伝達に関するヒアリング調査を1998年2～8月にかけて実施した。Fig.1に部材製作にかかわる各工場間の関係を示す。

Table 1にヒアリング調査対象を示す。なお、PCa工場での柱断面は800mm角から900mm角であり、製作数量はA、B、C、D工事でそれぞれ639,186,818,134ピース（ファブでの接合部金物も同数）であった。

(2) 調査結果の分類

ヒアリング調査結果はコミュニケーション支援へのニーズに関する調査結果、情報交換の内容と頻度に関する調査結果及びその他の情報交換全般に関する調査結果に分類した。調査した工事の特徴と

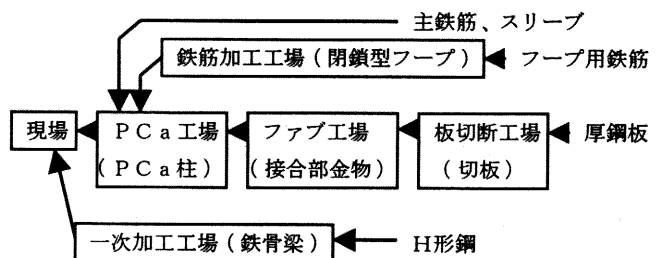


Fig.1 各工場間の関係

(Relationship among each Factories)

キーワード：プレキャストコンクリート工法，
データベース，生産情報，コスト見積，
情報技術

して、H形鋼、鉄筋、スリーブジョイント等については材工分離発注としていた点である。なお、B工事では同一のPCa工場にPCa柱とPCa床板を発注していたので、その両部材の生産情報伝達に関するヒアリングを実施した。

2. 調査結果

(1) ニーズ調査結果

コミュニケーション支援へのニーズに関する調査結果を Table 2 に示す。結果として、一部を除いてコミュニケーション支援へのニーズは現場側及び工場側からは出されなかった。唯一の例外は工場側から図面承認へのネットワーク利用の提案のみであった。

(2) 情報交換の内容・頻度

部材生産時の情報交換の内容・頻度に関する調査結果を Table 3 に示す。現場と工場間の情報交換の内容は、主に工場側から現場への質問とそれへの回答であり、PCa工場の例では発注から試作までの2,3ヵ月間は製作に入ってからほぼ連日、ファックスでやりとりを実施していた。接合部金物の例では、製作準備段階で寸法の間合をファブから現場へ週に1回程度行っていた。逆に現場からファブへの問合せは月に1,3回程度であった。PCa床版の例では4,5ヵ月の間で、設計変更対応のため週に2,3回、現場で打合せていた。接合部金物のPCa工場への搬入はPCa工場から直接にファブへ指示していた。工場への現場からの支給材については、当初は現場から手配されていたが、どの工事でも各工場から支給材を納入

Table 1 ヒアリング調査対象
(Objects of Hearing Inquiry)

工事略号 (場所)	A (小樽)	B (仙台)	C (横浜)	D (筑波)
実施対象	現場 PCa工場 ファブ	現場 PCa工場 ファブ 一次加工業	PCa工場 ファブ	現場 PCa工場
ピース数	639	186	818	134

Table 2 コミュニケーション支援へのニーズに関する調査結果
(Inquiry Results for Communication Assist Needs)

種別	ヒアリング内容
現場側からの意見	- PCa柱の製作状況を現場でネットワーク経由にてリアルタイムに把握する必要はない。電話でちがいがあかなければ来させる。(A現場, I課長) - 現場で気にしていることは、工区の優先度に合わせて工場で作成しているかどうかで、ものが予定日に絶対に入ること。(A現場, I課長) - 現場と部材工場・協力業者とのパソコン・ネットワーク利用によるコミュニケーション支援については、伝えたくないデータがあること、間違ったデータが入っていればミスを引き起こすこと、データ管理が難しいことから実現には疑問がある。(A現場, CAD・工事担当員) - フロッピーの交換は発注時に行ったが、電話と図面が主である。オンラインだと便利であろうが、工場検査には行かなければならない。(B現場, O課長)
工場側意見	- コミュニケーション支援へのニーズは、今のところ感じられない。(下記以外の工場の実務担当者) - 工場と現場間の連絡で、図面類をDXF変換・データ圧縮をしてネットワークで現場に送り承認がもらえれば工場側の効率は向上する。(A工事PCa工場, N主任)

Table 3 情報交換の内容・頻度に関する調査結果

(Inquiry Results for Communication Contents and Frequencies)

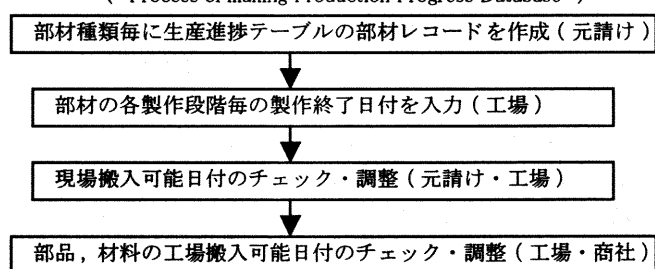
種別	ヒアリング内容
現場と工場間の情報交換	- 工場から現場へ、火曜日と金曜日に製作分についてファックスを入れている。現場への立合(合番)は当初のみ。98年2～4月(発注から試作時点)までは、ほぼ連日(週に4,5回)、質問事項についてファックスでやり取りをした。工区毎の現場工程表を事前にもらっている。PCa柱の納入指示はケースバイケースで、変更のつど電話とファックスがくる。(C工事PCa工場, F課長ほか) 97年11月頃から98年3月まで、週2,3回の頻度で現場事務所にて、主にPCa床板の設計関連で、一部でPCa柱の製造関連で打合わせた。(B工事PCa工場, N次長) - 電話で用件が済まない場合は来てもらった。その頻度は製作当初の1,2ヵ月は週に1,2回程度であった。PCa柱の工場検査を月に1回の頻度で計4回実施。この検査には試験製作及び建て込みの施工試験への立合を含む。毎日、翌日に搬入する分の柱番号を工場へ通知している。柱に限らず、毎日、翌日に搬入する分の製造番号を通知している。(A現場, I課長) - 現場から工場へ月に2回程度、搬入予定表がファックスで届く。発送の前日に工場から発送する柱番号のファックスを現場に入れる。(B工事PCa工場, I課長) - 製品検査表は、出荷毎に添付する。(C工事PCa工場, F課長) - 工場から現場への問合せ内容は、寸法の間合せ。一番頻度が高いとき(97年12月)で週に1回程度問合せた。現場側から工場への問い合わせは月に1,2回程度。(B工事ファブ, M次長ほか) - 現場への製作状況のフィードバックはしていない。現場建て方の全体の工程表はもらっている。翌月分(4月の月間工程表ならば3月末までに)の工程表をもらっており、それでとくに不都合はない。(B工事の一次加工業者で大梁鉄骨を担当, Y工場長ほか)
工場間の情報交換	- 接合部金物の輸送はPCa工場からの搬入指示に合せて実施している。PCa工場の担当者とは週に1回程度、定期的に連絡している。情報交換手段は電話、ファックス、郵便、打合せによる。(B工事ファブ, M次長ほか) - 接合部金物製作について一次業者(鉄鋼商社)と二次業者(ファブ)との情報交換状況 98年2月19日 設計事務所から現場経由で構造図が一次業者に渡される。一次業者から製作図を外注。3月9日 試作を始める。週に数回、電話、ファックスでやりとり。3月20日 ロール発注 5月初頭 材料入荷。製作図について毎日、電話ファックスでやりとり。5月中旬 出荷開始 当初は、材料が入ってもPCa工場の製造計画に合致した材料が入らず、計画通りの製造ができないケースがあった。(C工事ファブ, Y工場長) - ファブから接合部金物の原寸図(フィルム)をもらい型枠製作に利用。(D工事PCa工場, E工場長ほか)
材料手配	- 接合部金物、主筋、フープ筋、スプラインスリーブ、埋込金物(ナット付アンカーボルト)は支給品。主筋は一度に、フープ筋は現場からの連絡によりメーカーから直接に搬入。受け取り検査は無し。数量通りで余りはない。(D工事PCa工場, E工場長ほか) - 接合部金物の手配は当初現場が手配した。現在は入りすぎて入荷を止めている。手配は一次業者に電話で行っている。(C工事PCa工場, F課長) - 支給材については、関係業者に電話、ファックスで納入依頼している。(B工事PCa工場, N次長ほか)

Table 4 情報交換全般に関する調査結果
(General Inquiry Results for Communication)

種別	ヒアリング内容
図面作成関連	・打合せ用の基本図面(説明用)作成に CADSUPER JX を製品図, 配筋図の作成用に PHOTO ソフトを使用した。CADSUPER JX のデータの一部を PHOTO に転用した。三次元の作図は殆どない。(A 工事 PCa 工場, N 主任) ・承認用の図面は DRACAD, 製品図は JWCAD を用いた。(B 工事 PCa 工場, N 次長ほか) ・製作図は外注で汎用 CAD を使用。ゼネコンからの構造図の間違ひは通常どおりあった。構造図の間違ひによる製作図の修正は手書きで行った。(B 工事ファブ, M 次長ほか)
設計関連	・設計情報確定が遅れた。とくにスロープ部分に関しては着工直前においてもレベルの指示がなかった。施工者サイドでは決められないので発注者, 設計者との打合せが必要であった。(A 現場, I 課長) ・PCa 床版では, 床の段差, 設備との取合い, インサートの割付けなどで設計変更の連続であった。1 枚毎に図面のチェックを行ったが, 枚数が多く大変であった。(B 現場, O 課長)
製作図関連	・製作図作成の流れ 設計部署(意匠図・構造図)→現場(ディテールスケッチはかなり書いた。今回, 設計との質疑応答は極めて多い)→工場(製作図を作成)←現場経由←設備業者(設備図) (A 現場, I 課長)

Fig.2 部材生産進捗テーブルの作成手順

(Process of making Production Progress Database)



する業者への直接依頼に変更されていた。

(3) 情報交換全般

部材生産時に関係する各企業間の情報交換全般に関する調査結果を Table 4 に示す。部材の製作図作成では, 自社製図及び外注での製図のいずれも CAD を用いていた。設計の遅れ及び変更により, 現場と工場の担当者に多大な負担がかけられていた。

(4) 調査結果のまとめ

PCa 工法採用現場での躯体部材生産についてヒアリング調査では, コミュニケーション支援へのニーズは見られなかった。また, 1998 年の調査時点では情報交換の手段は, 電話, ファックス, 郵便であり, 情報交換手段がとくにネックになっている事柄は抽出されなかった。これらの結果から, 本研究の対象である部材生産連携支援手法の開発は, ニーズ型ではなく情報技術をシーズとするシーズ型となることがわかった。なお, この章では生産情報の交換に関連する事項のみに限定した調査結果をまとめたが, この他にも現場及び工場での生産活動を間近に観察し, また多数の関係者から様々な意見を聞き取るにより, 支援手法の開発に際して貴重な示唆が得られた。

III. 部材生産連携支援手法

1. 支援手法の内容

(1) 支援対象

部材生産連携支援手法の適用対象として, 次を示す支援対象を見出した。

- 生産情報流通の効率化
- 設計変更に伴うコストへの影響度評価
- 部材図面の作成及びチェック
- 部材製作中の検査確認

上記の支援対象のうち, 生産情報流通の効率化が部材生産連携支援手法の中核であり, 実質的に他の支援対象の基盤をなしている。

(2) 情報機器・情報基盤

生産連携支援手法を実現させる情報機器・情報基盤として, サーバ, 情報端末, データ入出力装置, センサー類及び通信ネットワークを想定している。

2. 生産情報流通の効率化方法

(1) 背景

現状では, 設計事務所, 現場, 工場, 材料商社間の日常の業務連絡は主に電話やファックスで行われている。この日常の業務連絡に最新の情報技術の利用を図っていくことが必要と思われる。

(2) 目的

部材生産に關係する設計意図及び施工計画意図を關係企業・部署に迅速かつもれなく周知・伝達する。また, 日常の業務連絡手間を減少させる。

(3) 方法

生産に関する情報データベースを関連企業で共有化する。この共有データベースに当初から付与されるデータとしては, 仮設計画・建方計画, 全体工程・部材製作工程表及び部材表がある。設計図関係では躯体の構造図, 意匠図がある。また, 部材生産連携支援のため今回, 新規に提案するデータベース(以下, テーブルと称す)のうちプロジェクト当初から準備するテーブルとして, 部材種類毎の部材生産進捗テーブル及び部材寸法検査のもとテーブルがある。

Fig.2 に部材生産進捗テーブルの作成手順を示す。

(4) 生産進捗状況のデータ入力方法及び入力装置について

設計段階での部材確定時点で, 確定部材の固有識別番号(ID)をもたせ, 紙への出力時は原則として機械可読なバーコードあるいは OCR 文字を併記させる。また, 部材の各製作段階において, その着手時点と終了時点(検査合格時点)に対象部材の固有識別番号を情報端末にて読み込む。情報端末では生産進捗状況のデータ入力モード(画面)にしておけば, 固有識別番号のみの入力でも各製作段階の実施日時を自動記録できる。

各工場で使用する部品・材料の搬入回数, 搬入予定期日及び数量のデータについては, プログラムによる自動設定は行わず, 受け取り側の工場が供給元と協議し, その協議済みデータを共用データとする。

3. 設計変更に伴うコストへの影響度の評価方法

(1) 背景

部材製作において, 設計変更・計画変更による手戻りは, 生産効率を著しく低下させる原因の一つである。現状では, このような手戻り作業によるコストや工期への影響度は, 発注側と受注側の双方

とも定量的な評価を行っておらず見積りの余裕（予め手戻りを予想しての上乗せ分）で対処せざるを得ない。

（２）目的

設計変更・計画変更に伴うコストへの影響度の評価予想を支援するためのデータを提供。これは設計変更・計画変更を実施するかどうかの判断資料、工期回復の手段検討及び施主への費用追加請求の根拠資料となるデータである。

（３）方法

評価手順を以下に示す。

- 設計・計画変更により影響を受ける部材を特定する。
- 生産進捗状況テーブルを用いて、影響部材の製作段階の現況を確認する。
- 各部材毎に労務費、材料費、設備・電力費・経費のそれぞれへ、手戻り係数テーブルにより、手戻り係数を選定する。
- 各部材毎に変更によるコスト額を計算し、それを変更部材すべてについて総計する。部材 i の変更時点の製作段階までの労務費小計、材料費小計、設備・電力費・経費小計をそれぞれ L_i 、 M_i 、 K_i としそれぞれの手戻り係数を l_i 、 m_i 、 k_i とすると変更コストは $\Sigma(L_i \cdot l_i + M_i \cdot m_i + K_i \cdot k_i)$ となる。

生産進捗状況テーブルのデータ項目は、部材種類毎の各製作段階の製作開始予定日と実績日、製作終了予定日と実績日である。

製作コストテーブルのデータ項目は、部材種類毎の各製作段階における工数と労務単価、使用材料コスト及び設備・電力費・経費である。これらの値は、以前の実績をもとに部材に均等に割り振ることにより、事前に入力しておく。

手戻り係数テーブルは部材種類毎かつ労務費、材料費、設備・電力費・経費毎の係数（０から１の範囲）とその係数を用いる変更内容例の対応表である。Table 5 に手戻り係数テーブルの例を示す。これにより変更内容に応じたコスト見積が可能となる。

なお、別法として手戻りコストを実績ベースとすることも考えられるが、その場合は各部材毎及びその製作段階毎に実績の労務費、経費等を記録しておく必要がある。

（４）コスト影響度の評価用装置

設計・計画変更によるコスト影響度の評価するための装置は、通常のキーボードとディスプレイをもつ情報端末でよい。この情報端末を通してサーバにある共有データから関連データを抽出し、コスト算定を行う。

４．部材図面の作成及びチェック方法

（１）背景

設計期間が十分にはなく、そのしわ寄せが製作に影響するケースは珍しくない。このような場合、部材メーカー側は設計確定した部材構造図面の即時入手及び製作図の承認期間の短縮を必要とする。

（２）目的

生産の上流段階である図面製作段階、とくに製作図作成に際して、情報伝達の迅速化及び連絡手間の減少を実現させる。

（３）方法

設計方針として標準化部材の使用を前提とする場合、標準化された部材毎の図面作成テンプレートによる図面作成が考えられる。ここで図面作成テンプレートとは、部材形状が同じで、各部の寸法は特定範囲内で自由に選べる標準化部材毎の作図用プログラムを意味する。このテンプレートは、形状パラメータ、データ入力用のインタフェース及びテンプレート入力データからCADデータ（3次元オブジェクトデータ）への変換プログラムで構成される。

図面作成テンプレートがあれば、それをそのままあるいは一部改造して利用することもできる。このときの作図手順を以下に示す。

- 特定の部材種類のうち形状が相似である部材グループを対象として、図面作成テンプレートの選定、改造あるいは新規作成を行う。
- 部材表から対象部材の個数を見出し、その数量だけテンプレートデータの枠組み（レコード）を作成する。
- 図面作成テンプレートにより、１個ずつ部材固有識別番号、各部の部材寸法及び部材の設置位置座標を入力する。入力の際は、前レコードのコピーとその修正により、無駄なデータ入力作業はできるだけ省略する。

承認用の部材製作図のチェック作業を支援する方法として、図面の重ね合わせ法を応用できる。チェック対象部材の承認用製作図を、その元図である躯体構造図、意匠図、設備図、仮設計画図と同一縮尺として、元図と重ね合わせ、各部材の部品位置及び寸法のチェックを目視で行う。

（４）情報端末からの承認データ入力仕様

部材図面の承認は、部材図面に出力されている固有識別番号を携帯読み取り装置で認識させ、承認データを生産進捗状況テーブルへ送ることによる。ただし、紙に出力させずにCAD画面内で承認する方法としては、CAD画面に承認用ボタンを設けておけばよい。承認データを受け取ったサーバ側では、自動的にファックスあるいは電子メールにより関連企業へ承認された部材図面名称を通知する。また、必要に応じて図面承認リストを出力させる。

５．部材製作中の検査確認方法

（１）背景

部材製作において、製品検査による不良品防止を確実に行うことが施工現場のリスク減少と作業効率の維持に直接に関係するので、製作中の検査は非常に重要な業務である。

（２）目的

部材製作中の検査業務の支援及び不良部材の出荷防止を狙いとする。

（３）方法

製品検査は製作元（製品出荷側）で行い、輸送に伴う破損のチェックを除いては受け入れ側での製品検査は実施しないことを前提とする。なお、セメント、骨材、水、鋼種などの原材料のJIS規格等に基づく品質検査は別途とし、ここでは取り扱わない。

検査時に参照する製品の寸法及び許容誤差データは、予めサーバに保存されている部材寸法検査もとテーブルから情報端末を介して

Table 5 手戻り係数テーブルの例
(Examples of Mending Coefficients)

係数（1:100手戻り）			手戻り状況
材料費	労務費	経費	
0.1	0.3	0.3	配筋終了後の製品寸法の変更
1	1	1	コン打設終了後の製品寸法変更

Table 6 生産連携用データベースの全体構成
(General Constitution of Database Co-operating Production)

製作用データ群	連携支援用データ群		中間成果物データ群
	データ固定タイプ	データ追加更新タイプ	
○設計データ ・構造図，意匠図，設備図 （以上はCADデータ） ・部材表，部材寸法許容値表 ○施工計画データ ・全体工程表，部材製作工程表 施工要領書 ・仮設計画，建方計画 ○部材毎の製作予定データ ・各企業担当部署での製作工程表 製作要領書 ・材料業者の出荷予定表	○設計変更コスト見積用データ ・製作コストテーブル ・手戻り係数テーブル ○部材製作用データ ・図面作成テンプレート ・テンプレート入力値テーブル，部材寸法検査もとテーブル	○製作管理用データ ・部材生産進捗テーブル ・設計進捗状況テーブル ・現場進捗状況テーブル ○検査結果データ ・部材寸法検査結果テーブル	○図面データ ・承認用の図，部材製作図（以上はCADデータ） ○検査証データ ・寸法検査表 ・品質試験表

引き出し，それを検査時に用いる。検査手順は次のとおりである。

- 情報端末に検査対象部材の固有識別番号と検査フェーズを入力し，検査手順と検査参照データを取り出す。
- 検査手順により，自動あるいは手動で電子測定装置を操作しその測定結果を情報端末に取り込む。
- 情報端末において，測定結果と検査参照データを比較し，製作許容範囲外であれば再測定を要求する。数回の測定でも製作許容範囲外でかつ対象部材と検査対象箇所に誤りがない場合は不合格箇所として次の検査項目を実施する。
- 全検査項目が製作許容範囲内の部材は，その製作フェーズを合格とする。一つの検査項目でも不合格の場合は，修繕を要する部材とする。この結果はサーバにある部材寸法検査結果テーブルへ送信する。
- 検査結果証（検査結果レポート）については，設定されたタイミングで必要とする部署にサーバから出力する。

なお，検査項目として表面性状などの目視検査がある場合は，その結果を検査担当者が情報端末に直接入力する。この際，証拠写真が必要な場合は電子カメラを用いて撮影し，その結果をコメントとともにサーバへ送信する。

（４）検査兼チェック装置の仕様

この装置はデジタルデータ出力機能付きのセンサー及びセンサーと接続される情報端末で構成される。

部材の製品検査は寸法測定が基本である。寸法の測定範囲に応じて数種類の測定機器と基準尺の組合せが必要である。測定範囲の从小到大の順で，デジタル出力モジュールを付加した電気式ダイヤルゲージ・差動トランス型変位計及び光学式目盛りデジタルカウンター付きのスチールテープ等が考えられる。目盛りデジタルカウンターはテープ張力チェック機能及び温度補正機能をもつ。

6. データ構成

（１）生産連携用データベースの全体構成

部材生産連携支援に用いる共有データベースを生産連携用データベースと称する。生産連携用データベースは，部材生産に関わる設計・計画データ群（以下では製作用データ群と称す），生産連携用に新規に作成するデータ群（以下では連携支援用データ群と称す）及び部材生産過程で作成される図表類のデータ群（以下では中間成果物データ群と称す）の３種類から構成される。Table 6 に生産連

Table 7 データ項目例

(Example of Data Item)

○部材生産進捗テーブルのデータ項目例（部材種類毎）
部材固有識別番号（プロジェクトの識別子を含む）。同一製品グループ番号，種別番号，製作図承認の有無，製作図バージョンNO.，各製造段階の着手予定日付と実績日付，終了予定日付と実績日付，出荷予定日付と実績日付，現場搬入予定日付と実績日付，現場取付予定日付と実績日付，設置位置（層・階，建方工区），コメント
○現場進捗状況テーブルのデータ項目例（部材種類毎）
本日の建方予定部材ID一覧，本日の建方実績部材ID一覧 明日（次回）の建方予定の部材ID一覧，トレーラ台数と現場到着時間の予定一覧，最新の週間建方工程表，最新の月間建方工程表
○設計進捗状況テーブルのデータ項目例（部材種類毎）
構造設計済み部材ID一覧，構造設計可能な部材ID一覧，構造細目が未決定の部材ID一覧，最新の設計工程表
○部材寸法検査結果テーブルのデータ項目例（部材種類毎）
{ PCa柱フェーズ例（鉄筋組立，型枠組立，型枠脱形後） } 部材固有識別番号（部材ID），検査フェーズ，寸法測定箇所 以下は寸法測定箇所毎 目標値，マイナス側許容値，プラス側許容値 実測値（実測平均値），目標値とのずれ，合否判定 修復後実測値（実測平均値），修復後の目標値とのずれ，修復後の合否判定
{ PCa柱フェーズ例（表面補修後のフェーズ） } 部材固有識別番号（部材ID），検査フェーズ，表面性状検査箇所 以下は表面性状検査箇所毎 表面性状の合否判定，不合格ケースの修復後の合否判定

携用データベースの全体構成を示す。

製作用データ群は設計データ，施工計画データ及び部材毎の製作データから成る。

生産連携用データ群はデータ固定タイプとデータ追加更新タイプがあり，前者は設計変更コスト見積用データ及び部材製作用データ，後者は製作管理用データ及び製品検査用データから成る。生産連携用データ群のうち，中心となるものは部材生産進捗テーブルである。

中間成果物データ群は図面データと検査証データから成る。

（２）データ項目例

Table 7 に連携支援用データ群の代表的なテーブルのデータ項目例を示す。

Table 8 支援機能及び効果
(Support Functions and Effects)

支援機能	直接効果		効 用
	種 別	細 目	
データ共有によるデータの一元化	人為ミスの減少	・ 人手によるデータ記載ミス解消 ・ 旧データ使用の解消	 ・ 部材生産効率の向上 ・ 遠隔地（国内、国外）での部材生産の可能性向上 ・ 施主、設計者への設計変更手間のPR ・ 各企業の生産管理システムと生産連携支援システムの融合による建築生産の改善
データ発生箇所からの即時データ入力	手間の減少	・ 連絡作業の解消 ・ 作表作業の解消 ・ 連絡待ち時間の解消	
支援のためのデータ処理	各種支援機能の提供	・ 設計変更によるコスト見積 ・ 図面チェック ・ 寸法検査の自動合否判定	

7. 他部材ほかへの展開

(1) 内装材工事への展開

各種ボード・合板類や間仕切り壁等の内装材工事への部材生産連携支援手法の適用により、次に述べる合理化工法の採用が可能になる。従来、ボード・合板類は定尺物を現場に持ち込み、現場合わせで切断、取付を行っている。それに対し、部材生産連携支援手法を応用すれば、躯体の内部寸法の測量データを瞬時にボード・合板のメーカーに伝達し工場内で取付対象箇所の寸法に合わせて自動切断・自動マーキングを実施後に現場へ出荷することができる。これにより、現場での職人による現場合わせの工程及び切断された残材の回収工程を省略できる。

(2) 仕上げ工事・防水工事への展開

以下では塗装工事を例とする。

塗装面を適度な大きさに切り分け、その面に固有識別番号（塗装面ID）を与え、さらに作業ID、各作業工程で用いる材料番号、各作業工程間の養生期間及び各作業工程の順番をあらかじめ作業標準として、サーバに登録しておけば、部材生産連携支援手法を適用することにより、複雑な作業工程を容易に遂行することが可能となる。対象塗装面の作業開始時点で塗装面ID及び材料番号（塗料缶ラベル番号等）を携帯型の情報端末に接続された読み取り装置で読みとるだけで、前工程の養生期間のチェック、その作業の内容確認、作業で用いる材料のチェックが瞬時にできる。作業終了後は再び塗装面IDの読み込みだけで、その塗装面の実施作業終了が記録される。

なお、設計監理及び元請けの工事検査では、目視検査に加えて、この作業実績データによる作業過程の確認も可能となる。

(3) 設備工事・建具工事への展開

設備工事・建具工事で用いる空調用ダクト、衛生ユニット、特注のSDやサッシュ等では、PCA部材や鉄骨部材と同様に部材生産連携支援手法の各機能を直接に適用することができる。それらの機能は建築部品の生産情報流通の効率化、設計変更に伴うコストへの影響度評価、建築部品図面の作成及びチェック、建築部品製作中の検査確認であり、部材生産連携支援手法のもつ全ての支援機能を応用できる。

(4) リニューアル工事への展開

リニューアル工事は、内装及び設備のリニューアル件数の比率が高い。この内装工事及び設備工事は前述のとおり、部材生産連携支援手法が適用できる。また、躯体補強のための部材製作、取付等のリニューアル工事へも適用できる。

(5) 墨出し・建方調整作業への展開

墨出し及び建方調整作業での躯体測量結果の検証と記録に、部材工場での検査確認方法が応用できる。この場合に使用する測量機器は、携帯情報端末との接続機能をもつ必要がある。

(6) 物流合理化へのデータ展開

部材生産連携データとして、部材毎の現場搬入予定日付、部材寸法など輸送計画に使用するデータが含まれている。複数プロジェクトの生産連携用データベースから輸送関連データを抽出すれば、複数プロジェクト間での共同配送による物流合理化が可能となる。

現場内の場内物流においても、場内搬送計画作成時に部材毎の現場搬入予定日付、組立予定日付及び部材寸法などのデータを即座に利用できる。

IV. おわりに

建築部材の生産連携支援手法で用いた支援機能及び支援手法による効果を Table 8 に示す。

本研究で判明した事項について次にまとめる。

- PCA工法で用いる部材の生産効率を改善するための情報技術の適用対象として、「生産情報流通の効率化」、「設計変更に伴うコストへの影響度評価」、「部材作成及びチェック」及び「部材製作中の検査確認」を見出し、その具体的な支援方法を明らかにした。
- 本支援手法はPCA工法で用いる躯体部材を対象として考案したものであるが、より広い対象に適用可能である。躯体部材以外に内装・仕上げ材や設備・建具等の工場製品の生産連携支援に応用できる。また、生産連携支援用データは建築部材の物流合理化のデータとして利用できると思われる。
- 本支援手法は、現状の建築生産方式だけでなく、部品化建築生産方式にもそのまま利用できる。
- 本支援手法の実現に際しては、生産連携用データベースに加えて作業場所での即時データ入出力を可能とするセンサー類・入出力機器の利用が重要なことを示した。

残された課題としては、部材生産連携支援手法の予想効果についての定量的な評価がなされていないことが挙げられる。今後、支援手法について具体的なプログラミングを行い、それにより実際のプロジェクトに適用して評価を行う必要がある。

参考文献

- 坂野弘一ほか：構造設計情報の生産計画業務への多角的活用の試み（その2）、建築学会第14回生産シンポジウム論文集、1998。