

# PCa 工法を対象とした建築工事費の原価分析 —PCa 部材製造費の原価分析—

Precast Concrete Construction Costs  
—Analysis on Cost of Manufacturing Precast Concrete Components—

親本 俊憲 柳田 克巳<sup>1)</sup> 神本 良一<sup>2)</sup>

## 要 約

近年の高層集合住宅工事の増加に伴い、躯体を PCa 化するケースが増え、プロジェクトごとに様々な部材の形状や接合方法が採用されている。これらの PCa 工法はその多様性から、調達する際の価格に不透明な部分があり、これが躯体工事を合理化する際の障害となっている。本研究では、PCa 部材製造費の原価構成と製造コストを左右する要因を明らかにすることを目的として、PCa 工場やサイト工場における労務工数調査を行った。調査の結果、製造原価に占める労務費の割合が柱部材と梁部材で異なること及び PCa 部材の製造条件が労務工数に大きく影響することを明らかにした。

## 目 次

- I. はじめに
- II. 調査方法
- III. 調査結果
- IV. おわりに

### I. はじめに

近年の建設市場の中で、集合住宅の新築工事件数は依然として高い割合を示している。特に都市部における高層集合住宅プロジェクトの出件が著しく、それらの多くが構造躯体に PCa 工法を採用している。また、中層の RC 造集合住宅においても、合理化や工期短縮を意図して構造躯体を PCa 化するケースが増えてきており、集合住宅建築における PCa 工事は増加の傾向にある。

こうした状況の中、躯体 PCa 部材の調達価格は、「m<sup>3</sup>いくら」という容積あたりの相場価格を基に取引されており、製造原価の内訳については不透明なままである。さらに、PCa 工法の増加に伴い、PCa 部材の形式・形状も多様化しており、価格の不透明感は一層大きくなった。

このような背景から、

- a. PCa 部材製造費の原価構成を明らかにする
  - b. PCa 部材の製造コストを左右する要因を明らかにする
- の二点を目標に、PCa 製造工場やサイトで PCa 部材を製作している現場に対して調査を行った。II 章で調査・分析の方法を、III 章で調査結果を報告する。

### II. 調査方法

#### 1. メーカー見積から見た PCa 部材の価格構成

Fig.1 はある集合住宅新築工事 (X 工事: 1999.1~2001.3) における柱 PCa 部材の見積価格を比較した例である。柱 PCa 部材の

元見積金額を 1.0 とした場合の、メーカー各社の見積価格 (初期の仕切り値、メーカー経費は含まない) を比率で表している。この結果から次のことが読み取れる。

- a. 各社の見積金額には差がある
- b. その差は労務費の差によるところが大きい
- c. 各社とも見積価格の半分以上を労務費が占める

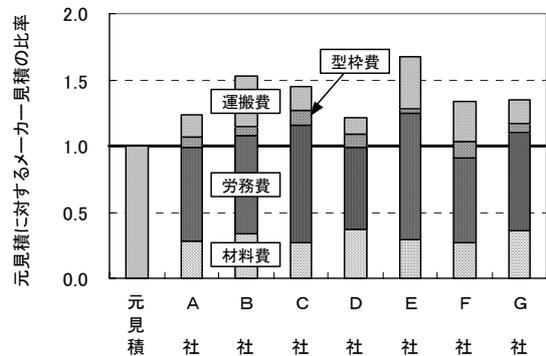


Fig. 1 柱 PCa 部材の見積事例

(Example of Estimating PCa Components)

PCa 部材製造原価の内訳の中で、材料費や運搬費などはコストの把握がある程度可能である。しかし、労務費については図面上に現れない要因にも左右されるため、現場での推定が困難である。この例の場合、価格交渉の過程において元見積の値に近づけるため、主に労務費の部分が圧縮されるというプロセスをたどったことが容易に推察できる。

労務費については、製造側としても初期段階で正確な値を算出することは困難である。様々な不確定要素を考慮すれば、製造に必要な労務費は高めに設定せざるを得ない。逆に調達する側は、製造の

- 1) 企画本部
- 2) 広島支店

キーワード: PCa コンクリート, 製造原価, 原価構成, 原価分析, 労務工数, 労務費

難易度について過去の事例との定性的な比較はできても、これを定量的に評価することはできないのが現状である。

このように、メーカー側の製造原価（コスト）と調達側の契約価格（プライス）の間には明確な関係はなく、製造コストにメーカーの利益を加えたものがプライスになるといった、積み上げ算的な考えはあてはまらない。現状の調達に過去の事例を含めた各社からの見積比較をベースに価格交渉が進められることが多く、最終的な契約価格が、本当は高いのか安いのか、あるいは、PCa 部材の製造コストに見合っているのかどうかは、判断することが困難である。

以上のことから、PCa 部材の製造コストを分析するためには、部材製造にかかる労務を適切に評価することが最も重要であると考へ、以下の方法で調査・分析を行った。

## 2. 調査方法の概要

### (1) 調査の対象と範囲

調査対象とした PCa 部材は、中高層 RC 集合住宅の柱及び梁である。調査の範囲は「PCa 工事費」のうち「PCa 部材製造費」とし、その中の各項目について Table 1 に示す方法で調査を行った。

### (2) 調査対象工事

調査を実施した工事の概要を Table 2 に、調査対象部材と製造の概要を Table 3 に示す。いずれも 1999 年から 2003 年に施工された集合住宅工事で、柱や梁の構造躯体に PCa 工法を採用している。労務工数に関する調査の頻度は調査対象工事の状況に応じて次のように区分した。

- a. 重点測定：PCa 部材製造場所において、連続したある期間（1週間程度）の製造工数を測定
- b. 簡易測定：1日前後（1製造サイクル以上）の工数を測定
- c. 記録整理：製造場所でまとめた製造に関する記録を整理集計

### (3) 労務工数の調査

労務工数の調査にあたり、PCa 部材製造にかかわる作業とその手順を整理し、作業項目を Fig.2 のように分類した。

製造場所での労務工数測定は、5分間隔のワークサンプリングを型枠ベッタごとに行い、結果を所定の用紙に記録した。これを、一人の作業員が1時間に行う労務という意味の単位「人・h」を用いて、個々の PCa 部材ごとに集計した。この値は、休憩時間以外のアイドルタイム（材料待ちなど）も作業の一部として扱っている。

Table 2 調査対象工事  
(Surveyed Projects)

工事名	建物概要	製造場所	調査部位	調査区分
X工事	RC造地上36階建 288戸	工場		記録整理
A工事	RC造地上33階建 226戸	サイト	3~5F柱	重点測定
B工事	RC造地上31階建 180戸	工場	16~18F柱	重点測定
C工事	RC造地上14階建 110戸	工場	2~4F梁	重点測定
D工事	RC造地上15階建 259戸	工場	5F柱,6F梁	簡易測定
E工事	RC造地上32階建 389戸	サイト		記録整理
F工事	RC造地上17階建 170戸	工場	6,7F柱,5,6F梁	簡易測定
G工事	SRC造地上43階建380戸	サイト	17F梁	簡易測定
H工事	RC造地上33階建 257戸	サイト		記録整理
I工事	RC造地上25階建 169戸	工場	4F梁,9F柱	簡易測定
J工事	RC造地上32階建 326戸	工場	5~8F柱	重点測定
K工事	RC造地上36階建 374戸	工場	5~6F柱	簡易測定

ただし、補修作業や場内運搬などの間接的な作業（雑工）については、個々の部材データとして明確に区分するのが困難であるため、ある時間の中でその作業に要した労務工数から、単位数量あたりの平均値を求めた。また型枠の改造（型替作業）については、改造前の条件が異なるため部材間の比較が難しく、以後の考察からは除外している。

## III. 調査結果

### 1. PCa 部材の製造原価

#### (1) 柱部材の製造原価

調査結果から、柱 PCa 部材について、対象工事ごとの製造原価（1m<sup>3</sup>あたりの製造費、鉄筋等支給材料を除く）の平均値を推定した。推定結果を Fig.3 に示す。Fig.3 では、製造原価の最も少ない A 工事を 1.0 とし、他の工事はこれに対する比率で表している。推定結果はいずれの工事も同じような傾向を示しており、概ね製造原価の構成は、材料費が約 30%、労務費が約 30%、型枠費が約 5% となっている。これは調査対象となった柱部材の形状が単純で、かつ異なる工事でも部材の形状や寸法が類似しているためである。

Table 1 調査の範囲と調査方法  
(Scope and Methods for Survey)

大項目	中項目	小項目	内 要	調査方法
PCa工事費	PCa部材製造費 (調査範囲)	材料費	PCa工場が購入する材料費	数量：コンクリート数量他(図面から積算) 単価：標準価格を推定(コスト出版物・ヒアリング・業者見積)
		労務費	PCa工場で働く作業員の労務費	数量：労務工数(工場・サイトで作業測定) 単価：標準価格を推定(コスト出版物・ヒアリング・業者見積)
		型枠費	PCa工場が購入する型枠費	数量：型枠材料・加工数量(図面から積算) 単価：標準価格を推定(鉄骨階段を参考・業者見積)
		運搬費	PCa工場から現場までの製品の輸送費	数量：運搬重量(図面から積算) 単価：標準価格を推定(コスト出版物・ヒアリング・業者見積)
		設備費 (サイト)	サイトでの養生設備や移動のための揚重機費など	数量：実数 単価：E工事のコスト資料を参考・コスト出版物
		経費	PCa工場の直接経費・本社一般管理費	直接経費：複数の製作会社の財務商標データ平均値から 上記の小計の2~6%として推定 一般管理費：同じく5%として推定
	現場材料費・支給品	現場で購入・支給する材料費	対象外	
現場取付費	現場でPCa部材を取付ける労務費	対象外		
現場仮設費	PCa部材の搬入・取付に必要な現場の仮設費	対象外		

注：サイトPCaの場合は、上記の「PCa工場」を「サイトPCa業者」に読み替える

Table 3 調査部材の製造概要

(Outline of Products)

工事名		X工事	A工事	B工事	C工事	D工事	E工事	F工事	G工事	H工事	I工事	J工事	K工事	
製造場所		-	現場	α工場		β工場	現場	γ工場	現場	現場	σ工場	λ工場	α工場	φ工場
柱	調査分類	工事記録調査	重点調査	重点調査		見学	工事記録調査	見学		工事記録調査	簡易調査	簡易調査	重点調査	簡易調査
	調査数量		35	18		-		-			3	3	20	1
	型枠数量		5	5		-		-			3	3	8	1
	仕上げ		打ち放し	打ち放し		タイル		打ち放し			タイル	打ち放し	タイル下地	打ち放し
Pソーン柱	調査分類			重点調査		見学								簡易調査
	調査数量			2		-								6
	型枠数量			1		-								6
	仕上げ			タイル		タイル								打ち放し
逆梁	調査分類					簡易調査					簡易調査			
	調査数量					2					5			
	型枠数量					2					5			
	仕上げ					タイル					石・タイル			
一般梁	調査分類	工事記録調査			重点調査	簡易調査	工事記録調査	見学	見学	工事記録調査				
	調査数量				17	2		-	-					
	型枠数量				6	2		-	-					
	仕上げ				打ち放し	打ち放し		打ち放し	打ち放し					

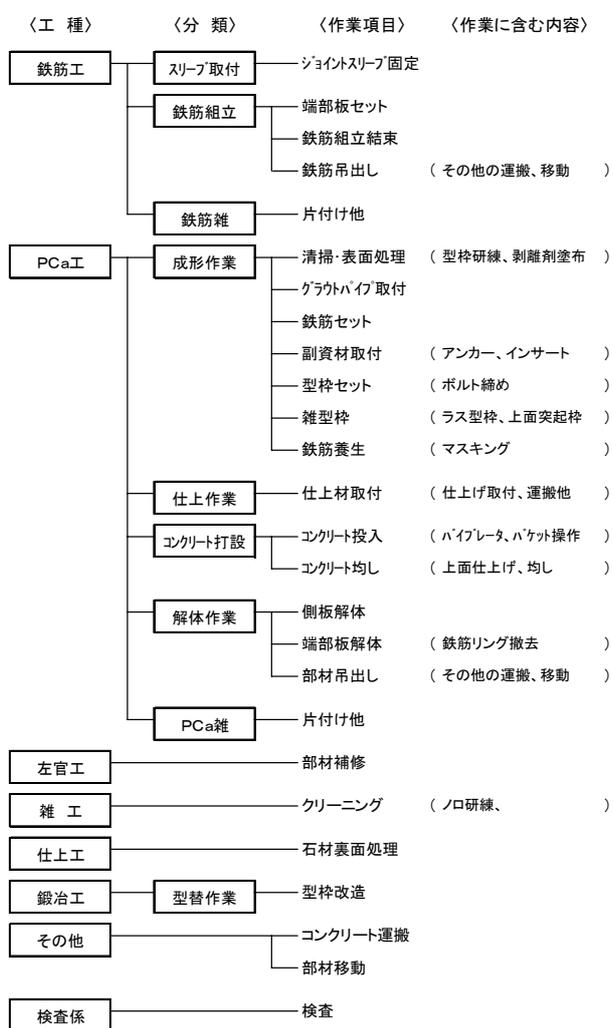


Fig.2 作業項目の分類

(WBS of Manufacturing PCa Components)

Fig.4 と Fig.5 は B 工事における労務工数調査の結果を柱断面の寸法ごとに表したものである。Fig.4 が部材 1 ピースあたりの、Fig.5 が部材の単位容積 (m³) あたりの労務工数を示している。

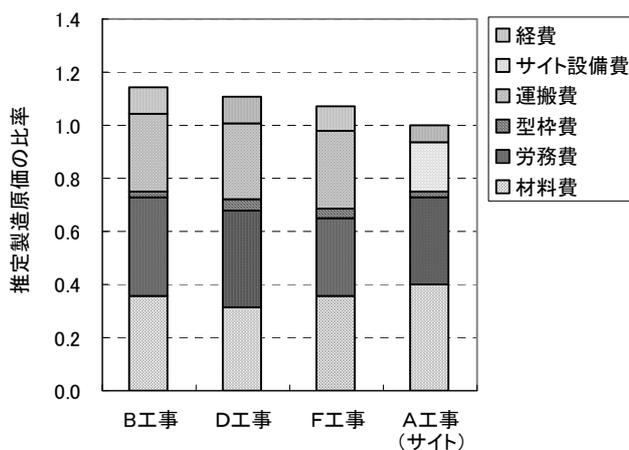


Fig.3 柱 PCa 部材の推定原価

(Estimating Cost of PCa Components (Columns))

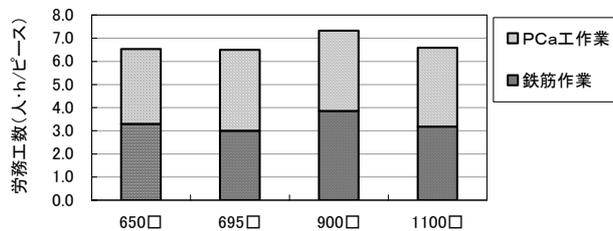


Fig.4 部材あたりの製造労務工数

(Labor Amount of Manufacturing per Component)

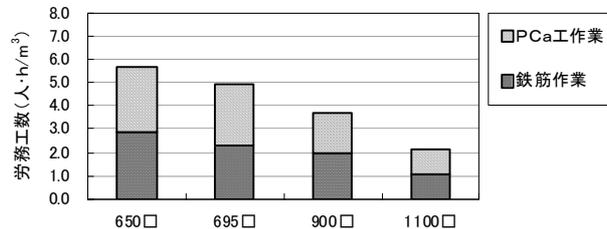


Fig.5 単位容積 (m³) あたりの製造労務工数

(Labor Amount of Manufacturing per Volumn)

Fig.4 では、異なった断面寸法でも 1 ピースあたりの労務工数は大きく変わらない結果となっている。このことから、柱のように単純な形状の場合、製造の方法が同じであれば、部材の大小にかかわ

らず労務工数はほぼ等しくなると考えられる。これを単位容積あたりの労務工数にすると、部材容積の違いによって労務工数が変化し、B工事例では最大で2倍以上の差を生じる結果となった。

このことから、柱のような単純形状の部材の場合、取り扱う単位は容積 (m<sup>3</sup>) よりもむしろ部材数 (ピース) の方が適していると考えられることができる。

## (2) 梁部材の製造原価

梁 PCa 部材の製造原価を推定した結果を Fig.6 に示す。柱同様、製造原価の最も少ないG工事を1.0とした。

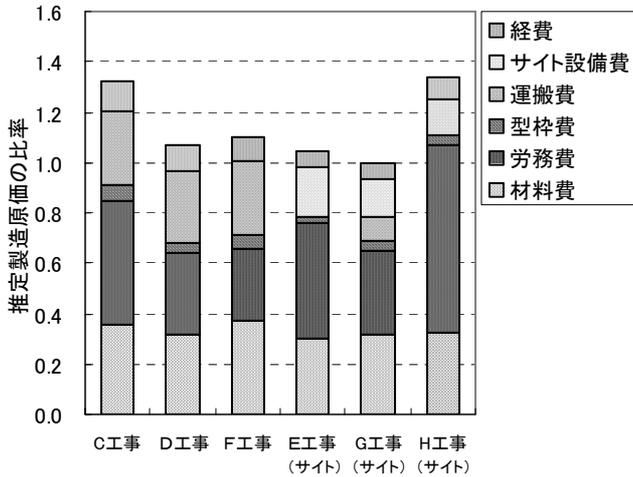


Fig.6 梁 PCa 部材の推定原価 (Estimating Cost of PCa Components (Beams))

梁 PCa 部材の場合、製造労務費の変動が最大で60%あり、これが梁 PCa 部材の製造原価を決定する大きな要因になっている。

労務に差を生じる原因としては、部材形状の多様性があげられる。柱部材の形状や寸法はどの工事でも類似しているのに対し、梁部材は断面形状やディテールに工場ごとの特色があり、これらのことが労務費に差を生じる一因となる。

Fig.7 は、C 工事における梁の型枠組立にかかわる労務工数を断面形状ごとに表したものである。労務工数に最大で2.2倍の差が生じているが、この原因の一つとして、梁上部のスラブ受け突起の形状が考えられる。この差は、PCa 部材製造原価全体の約7%に相当する。

PCa 部材形状の複雑さによる製造の難しさを定量的に評価することができれば、これを労務費に換算することで、部材製造費の推定が可能となる。

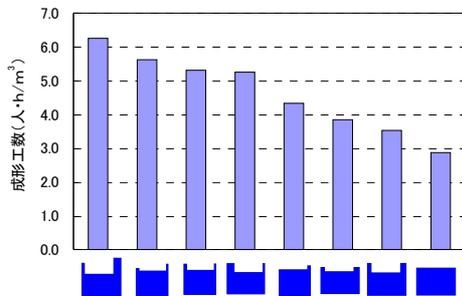


Fig.7 梁 PCa 部材の断面形状と労務工数の関係 (Relationship between Shapes and Labor Amount of Beams)

## 2. 労務工数の変動要因

工数調査やヒアリングから得た情報を基に、製造労務工数に影響すると思われる要因を整理し、その中から特に作業工数に強い影響を与えている鉄筋重量、型枠面積、コンクリート量について分析を行った。以下に結果を述べる。

### (1) 鉄筋組立作業と鉄筋重量

梁の鉄筋重量と鉄筋組立に要する労務工数の関係を Fig.8 に示す。図から、鉄筋重量と鉄筋の組立労務工数の間には強い相関が認められる。

同様に、柱の鉄筋重量と鉄筋組立に要する労務工数の関係を Fig.9 に示す。図中、実線は柱のデータから求めた回帰直線を、点線は Fig.8 の梁のデータから求めた回帰直線を示す。

柱・梁の回帰直線を比べると両者は近い傾向を示している。ただし、B 工事における労務工数の変動係数は0.41、他工事における労務工数の変動係数の平均は0.20と、B 工事における労務工数のばらつきが大きい。B 工事では他の工事と異なり、鉄筋組立作業を PCa 工 (専門の鉄筋工以外) が兼任しており、鉄筋作業に対する習熟度の低さが工数のばらつきに影響を与えたと考えられる。

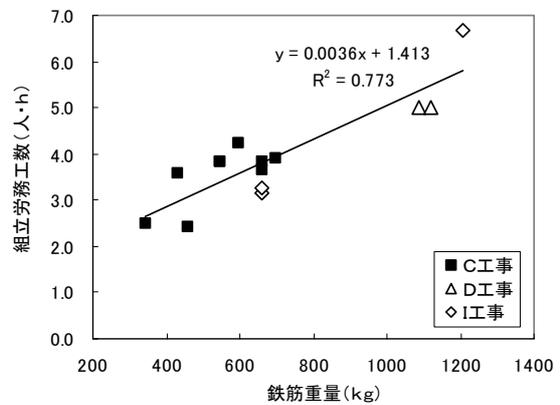


Fig.8 鉄筋重量と組立労務工数 (梁) (Weight of Rebar and Assembling Labor Amount (Beams))

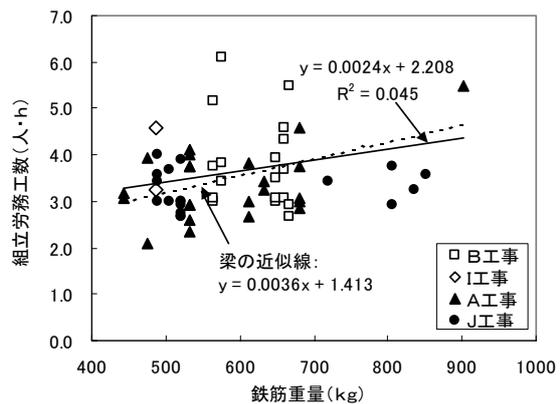


Fig.9 鉄筋重量と組立労務工数 (柱) (Weight of Rebar and Assembling Labor Amount (Columns))

### (2) 型枠成形・解体作業と型枠面積

梁の型枠側面積と労務工数の関係を Fig.10 に示す。横軸を型枠の側面積 (可動部分の面積) としたのは、型枠関連作業の中で、移動を伴う型枠の数量 (面積や部材枚数) が労務工数に

影響すると思ったからである。Fig.10 には、工事ごとに求めた回帰直線（各直線は原点を通る）を示す。

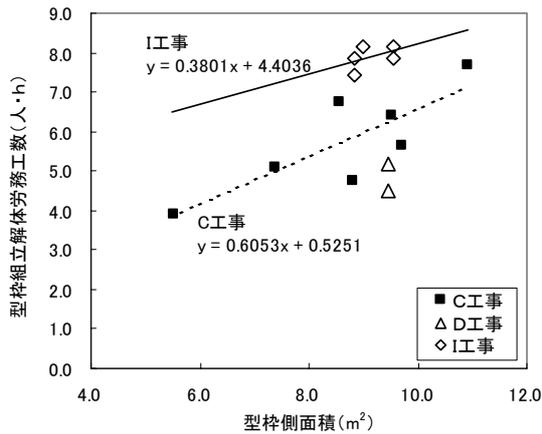


Fig.10 型枠側面積と労務工数（梁）

**(Area of Form and Labor Amount of Formwork (Beams))**

それぞれの工事で近似式の傾きが異なる原因の一つとして、クレーンの台数が考えられる。

クレーン1台が受け持つ型枠ベットの数は、I工事が7（型/台）、C工事が3（型/台）、D工事が2（型/台）となっており、クレーン1台あたりの受け持ち型枠数が少なく、型枠1台あたりのクレーン占有率が高いほど型枠作業の能率が高くなっている。

クレーン1台が受け持つ型枠ベットの数と近似式の傾きとの関係に対して回帰分析を行うと、

$$\text{近似式の傾き} = 0.066 \times \text{クレーン1台あたりの型枠数} + 0.407$$

（相関係数：0.98）

という関係が得られ、梁の型枠成形・解体作業がクレーンの台数に強く影響されていることが分かる。

次に柱の型枠側面積と労務工数の関係を Fig.11 に示す。

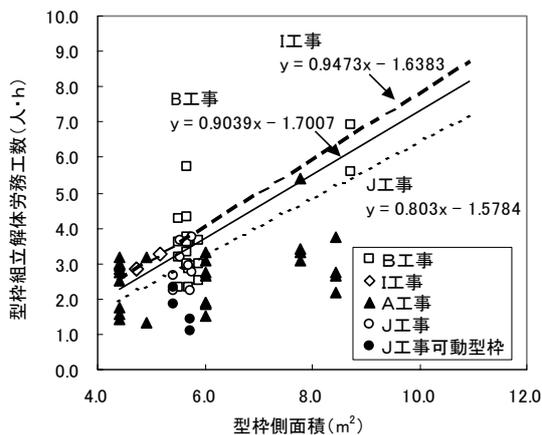


Fig.11 型枠側面積と労務工数（柱）

**(Area of Form and Labor Amount of Formwork (Columns))**

回帰直線は型枠作業にクレーンを用いた工事に対して引いている。梁の例に倣い、クレーン1台あたりの受け持つ型枠数を見ると、B工事が2.5（型/台）、I工事が3（型/台）、J工事が2（型/台）となっている。クレーン1台が受け持つ型枠ベットの数と近似式の傾き

との関係に対して回帰分析を行うと、

$$\text{近似式の傾き} = 0.089 \times \text{クレーン1台あたりの型枠数} + 0.363$$

（相関係数：0.79）

となる。梁ほど相関は高くないが、クレーン台数が作業の効率に影響を与えている。

一方、A工事及びJ工事の型枠の一部は側板がレール上をスライド式に可動する機構を持っている。クレーンに頼らず型枠作業が可能のため手待ちの時間が短縮され労務工数の低減に寄与している。Fig.12に、型枠作業にクレーンが必要な場合（固定式型枠と呼ぶ）と可動式型枠の回帰直線を示すが、型枠面積が大きくなるほど型枠の形式が労務工数に与える影響が大きい。

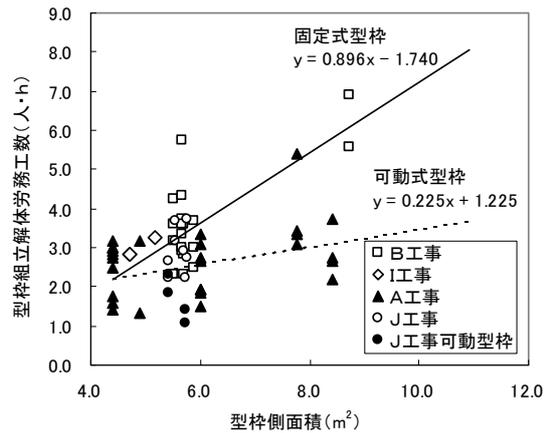


Fig.12 型枠形式別の労務工数（柱）

**(Relationship between Form Type and Labor Amount (Columns))**

なお、一つの工事の中で、可動式型枠と固定式型枠の両方を用いて製造していたJ工事のデータでみると、可動式型枠を使用した場合の労務工数は、固定式型枠の49%であった。

**(3) コンクリート打設作業とコンクリート量**

Fig.3では、柱のコンクリート打設作業に係る労務工数は断面形状が近い程度であったが、梁のコンクリート打設作業については Fig.7 に示した通り、PCa 部材に突起部分（梁のスラブ受けなど）の形状に依存することが分かった。そこで、突起部分のコンクリート打設に関する労務工数を分析した結果を Fig.13 に示す。

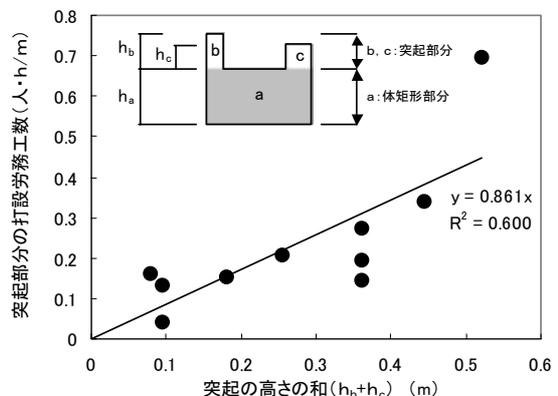


Fig.13 突起部分の高さの和と打設労務工数

**(Sum of Projections and Labor Amount of Concrete Work)**

Fig.13 中の回帰直線は原点を通るように設定した。予測の決定係数  $R^2$  は 0.6 と高くはないが、突起の高さの合計が大きくなると労務工数が増える傾向を表している。

#### (4) その他の作業

工事によっては型枠改造作業が必要な場合も多く、C 工事では、型替作業が全体工数の 16% を占めた。これは成形作業 (39%)、鉄筋作業 (25%) に次いで 3 番目に大きな作業項目であり、PCa 部材の製造原価として見たとき、全体の 3~5% に相当する。

### 3. 分析結果のまとめ

PCa 部材製造費の原価構成分析より明らかになったことを以下に示す。

- a. 中高層集合住宅用柱 PCa 部材の製造原価構成はおおむね、材料費 30%、労務費 30%、型枠費 5%、運搬費 15%、経費 10% である。
- b. 梁 PCa 部材は形状をはじめとする製造条件が多様であるため、労務費の変動が大きい。
- c. 柱のような単純形状の場合、1 ピースあたりの労務工数は寸法にかかわらずほぼ一定である。
- d. 構造部材の型枠は転用回数が多いと考えられ、型枠費の PCa 製造費全体に占める比率は小さい。

一方、製造労務工数の変動要因の分析より明らかになったことを整理すると、以下のようになる。

- e. 鉄筋組立労務工数は鉄筋の重量と強い相関がある。
- f. 型枠関連作業の労務工数は型枠側面積（可動する部分の型枠面積）に最も強く影響を受ける。
- g. 上記の関係はクレーンの占有率によって変化し、クレーンを必要としない型枠を用いたときの労務工数が最も小さい。
- h. PCa 部材に突起がある場合、コンクリート打設の労務工数は突起部分の寸法により変動する。

- i. 一つの工事の中で部材形状が多様である場合、型替作業の工数が全体工数の 16% になることもある。

### IV. おわりに

PCa 工法のコストダウン対策の一つとして、製造効率を考慮した PCa 部材の設計や発注を行うことで、工場における労務工数を削減し、製造原価を低減することが考えられる。製造条件と製造の効率や原価の関係を把握できれば、これをプロジェクトの上流に反映することによって、躯体工事の合理化につながられる可能性が高い。

本報では、PCa 部材製造費の原価構成と製造コストを左右する要因を明らかにすることを目的として、PCa 工場やサイト工場での調査結果を示した。調査は主に PCa 部材の製造労務工数に着目して行い、梁部材では断面形状がコンクリート打設の労務工数に影響を及ぼすこと、型枠を工夫することで手待ちが少なくなり作業効率を上げられることなどを定量的に述べる事ができた。

一方、PCa 工法全体の合理化を進めるためには、部材製造と現場での施工の両面からバランスよく合理化を進める必要がある。本報では部材製造に焦点を絞って調査を行ったが、今後は現場での作業効率や他工事との関連などを含めた調査・検討が必要である。

#### 参考文献

- 1) 日本建築学会；作業能率測定指針，1990.
- 2) PCa 技術研究会；プレキャストコンクリート技術マニュアル その活用と設計・施工の手引き，彰国社，2000.
- 3) 小早川敏；架構式プレキャスト鉄筋コンクリート工法の部材製造に関する工数調査および労働生産性の分析，日本建築学会計画系論文集，第 555 号，(2002)，pp.287-293.
- 4) 神本良一；PCa 工法を対象とした建築工事費の原価分析，第 28 回研修成果報告書，2003.