

統計的手法による歩掛りデータ利用の研究(その2)

— 歩掛りデータの収集と分析についての中間報告 —

建設マネジメントデータ分析研究グループ 安井英二

1. はじめに

当グループは、建設工事のマネジメント業務に利用できるデータ分析手法に関する調査ならびに実験的な適用を行なうことを目的とし、以下の内容について研究活動を進めている。

- ①データ分析が有効なマネジメント分野の検討
- ②データ分析適用例の調査
- ③データ分析手法の調査、検討
- ④データ分析手法の実験的な適用

現在は分析対象として、建設工事の各場面で重要な要素の一つである歩掛りを取り上げている。

これまで、歩掛り利用の現状と問題点や、歩掛りの概念について整理し、歩掛りデータ利用の視点、歩掛りデータの収集と分析の方針について検討しており、現在は工事日報を用いる方法および調査票を用いる方法の2通りで実際に歩掛りデータを収集し、分析を進めている。(参考文献-1, 2)

目的は、いずれも工事の計画・管理の段階で歩掛りを利用するために、歩掛りの特性や変動要因を分析し、今後歩掛りとともに収集・整理すべき条件を見出すことである。

前者では、通常の現場書類を用いての、施工中の工事あるいは同種の次工事での計画・管理に利用できる歩掛りの特性の把握、さらには歩掛り利用という側面からの工事計画・管理のための現場情報収集のあり方も検討したいと考えている。

また、後者ではRC構造物工事にしぼっているが、歩掛りを工事の計画・管理に利用するために、組織的に歩掛りを収集し、標準値や補正值を設定するために必要な分類条件をしぼるための調査の様式・方法や分析・整理の方法を検討したいと考えている。

いずれも、分析はまだ完了していないが、ここでは歩掛りデータの収集および分析を通じてこれまでに得られた結果をとりまとめて報告する。

2. 活動経過

昨年12月以降10回のグループ活動を行ない、データ収集と分析方法に関する研究を進めてきた。

データ分析手法の調査では、これまでにひき続き判別分析法、主成分分析法、因子分析法、数量化理論、探索的データ解析法などを取り上げ、適用例についても検討を行なった。(参考文献-3, 4)

また、代表的な統計解析パッケージであるSAS (Statistical Analysis System) およびSPSS (Statistical Package for the Social Sciences) についての機能を調査した。

実際の歩掛りデータの収集および分析は、前述のように2通りの方法で行なうことにした。その一つは、通常現場で作成されている工事日報(作業日報)などの書類を利用する方法であり、もう一つは歩掛り収集のために作成した調査票を用いる方法である。

工事日報による歩掛りデータの収集は、小型コンピュータを導入して日報データを処理している高架橋工事で本年の1月~2月にかけて行なった。

分析には3月から着手し、現在は歩掛り変動要因の分析を進めており、結果の一部は本年7月、当小委員会の交流討論会で報告した。

また、歩掛り調査票による方法では、これまでの調査事例やヒヤリング結果を参考に、歩掛り変動要因と考えられる項目をもちこんだ調査票の様式を記入および分析のしやすさも考慮して設定し、調査時に収集しておくべきその他の資料も検討した。

作成した調査票は、記入説明書を添付してRC構造物工事の現場に配布し、6月~8月にかけての歩掛りデータを記入してもらった後、構造図などとともに回収した。

現在は、現場からの調査票の回収から日が浅いため、データの分類・整理が終わり、SASにより分布形などの基本的な特徴を分析している段階である。

3. 工事日報による歩掛りデータの収集

工事日報は、建設現場での日々の実施作業の内容を最も詳細に記録した書類であり、通常は全ての工事現場で作成されている。

従来は、主に職種別の出面集計に利用されていたが、近年は建設現場へ小型コンピュータが導入され、工事日報の内容をコンピュータに入力し、そのデータから種々の管理資料が作成されるようになってきている。

ここでは、小型コンピュータを導入した工事を例にとり、工事日報データおよび現場で通常作成されている資料・書類から、鉄筋組立、型枠組立、コンクリート打設の各作業の労務歩掛りを求め、それらの変動に関連すると考えられる項目を現場計画資料や図面、ヒヤリング調査によって抽出し、歩掛りデータの特性を分析したので、その結果をとりまとめて報告する。

(1) 工事概要

(a) 工事種類：高速道路高架橋下部工事

(b) 構造物型式：RC単柱式ピア 74基
うち 本線部 52基
ランプ部 22基

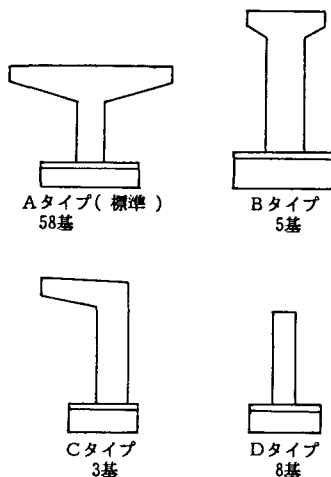


図-1 構造物のタイプ

(c) 工事期間：18ヶ月（躯体工事）

(d) 作業数量：鉄筋組立 1683t
型枠組立 15588㎡
コンクリート打設 18507㎡

(2) データ化の方法

これまでに鉄筋組立、型枠組立、コンクリート打設作業の労務歩掛りの変動に影響すると考えられる要因について検討してきた。

これらの中で当工事の工事日報、現場計画書類、設計図書およびヒヤリングからデータ化できる項目を調査し、歩掛りの実績値の算出およびそれらの要因分析に用いる各種指標を作成することにした。

(a) 歩掛り

①歩掛りの算出は、工程計画・管理への利用を考慮すると、工程計画における作業の単位、すなわち、工程計画時に設定したアクティビティの単位〔ピアNo-部位〕と対応させるのが都合がよい。

当工事では工事日報データを〔ピアNo-部位〕の単位で入力する予定であったことから、各ピアの部位のレベル（フーチング、柱、梁）を基本単位として工種別の歩掛りを算出することにした。

さらに、概略的な工数算出への利用を想定して、3つの部位をまとめたピアのレベルでの歩掛りも算出し、分析することにした。

②投入人工数は、工事日報に入力された作業のうち、各職種が以下の〔 〕内の作業を行なった範囲の人工数を加えたものとした。

・鉄筋組立：鉄筋工

〔 段取り、組立、圧接手元 〕

・型枠組立：大工

〔 段取り、組立、アンカーホール 〕

・コンクリート打設：土工

〔 段取り、打設、水洗い、レイタンス取り 〕

③作業数量は、コンピュータに出来高数量が入力されていないため、工程計画でのアクティビティに対応する設計数量を現場計画書類から求めた。

(b) 歩掛り変動要因

歩掛り変動要因としては、自然環境、作業方法、作業条件、作業主体、構造物条件、材料条件などが挙げられるが、データ化が困難なものも多く、主として構造物条件、材料条件についてデータ化した。

鉄筋組立では径別構成の影響が考えられたが、ここではφ25mm以下の鉄筋の占める重量%の形で取り入れることとし、型枠の材質、コンクリートの配合、打設方法は部位と対応し、それらの影響は部位と分離するのが難しいため、データ化からは除外した。

さらに、現場からのヒヤリングによると当工事における作業員の技能レベルについては、鉄筋組立では“やや上”、型枠組立では“かなり上”、コンクリート打設では“普通”であり、工事期間中ほぼ一定であったとの評価がなされていた。

(3) データ項目

各工種について、部位レベル、ピアレベルでデータ化した項目は表-1であり、データ数は表-2となる。

なお、歩掛りの単位は一般の積算基準にならって鉄筋組立は人・日/t、型枠組立は人・日/10m²、コンクリート打設は人・日/10m³とした。

表-1 データ項目

データ項目	データ収集源	部位レベル	ピアレベル
① ピアNo	日	○	○
② 部位	日	○	
③ 投入人工数	日	○	○
④ 作業着手日	日	○	○
⑤ 実働日数	日	○	○
⑥ 平均人工数	③ / ⑤	○	○
⑦ 作業数量	現	○	○
⑧ 歩掛り	③ / ⑦	○	○
⑨ 部位高さ	設	○	○
⑩ 部位断面積	設	○	○
⑪ 作業高さ	設	○	
⑫ 圧接箇所数 (鉄)	現	○	○
⑬ 鉄筋最小径 (鉄)	現	○	○
⑭ 鉄筋最大径 (鉄)	現	○	○
⑮ φ25mm以下の鉄筋重量% (鉄)	現	○	○
⑯ フォーム数 (型)	現	○	○
⑰ ピア高さ	設		○
⑱ 構造物のタイプ	設	○	○

(※1) (鉄) …… 鉄筋組立のみ
(型) …… 型枠組立のみ

(※2) データ収集源 日 …… 工事日報
現 …… 現場計画書類
設 …… 設計図書

表-2 データ数

工 種	部位レベル			ピアレベル
	フーチング	柱	梁	
鉄 筋 組 立	74	74	66	74
型 枠 組 立	74	74	66	74
コンクリート打設	74	74	66	74

(4) データ収集に際しての問題

本工事での工事日報データからの歩掛りデータの収集では、次の問題があった。

- ①着工当初からはアクティビティ [ピアNo-部位] 単位の歩掛り分析を想定していなかったこと、さらには現場担当者への工事日報データ入力の方法が十分に徹底していなかったことから、投入人工数と [ピアNo-部位] との対応に不明確な部分があったが、その前後の時期の工事日報データを調査することにより対処した。
- ②現場の小型コンピュータに [ピアNo-部位] ごとの作業数量が入力されていなかったため、作業数量の算出は別途行なう必要があった。
- ③歩掛りデータ収集時には工事がほぼ完了しており、ヒヤリングなどによる施工状況の確認に手間取った。

4. 工事日報による歩掛りデータの分析

データ分析は、図-2のように行なうが、ここでは(1)～(4)についての結果を示すことにする。

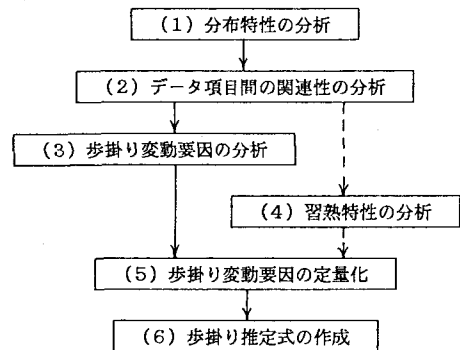


図-2 歩掛りデータ分析の内容

なお、歩掛りデータの利用においては歩掛りの変動要因の把握が重要と考えられることから、ここでの分析の主眼は数値の絶対値の比較ではなく、バラツキの層別および数値の相対的な比較であると考えている。そのため、各工種の部位レベル、ピアレベルの歩掛りの値は、便宜上、工種ごとに以下のようにして求めた歩掛りを各々 1.0としたものに指数化しており、以下ではこの指数化した値を歩掛りと呼ぶことにしている。

$\frac{\text{工事全体の総投入人工数}}{\text{総作業数量}} \rightarrow 1.0$

(1) 分布特性の分析

(a) ヒストグラムによる分析

鉄筋組立、型枠組立、コンクリート打設の各工種の歩掛りのヒストグラムは、図-3～図-5となる。

ただし、縦軸はデータ数を100とした相対頻度である。

上の図は、ピアレベルおよびフーチング、柱、梁の3つの部位レベルの歩掛りをまとめて、下の図は部位レベルの歩掛りを部位別に示したものである。

上の図から、平均値は型枠組立を除いてはピアレベル、部位レベルとも1.0より大きく、ピアレベルに比較して部位レベルの歩掛りは右側に分布の裾が広がっており、平均値も大きく、分散は約4倍となっていることがわかる。

これは、ピアレベルの歩掛りがフーチング、柱、梁の3つの部位の投入人工数と作業数量を各々加えて求められるため、部位レベルの3つの歩掛りのバラツキが丸められているためと考えられる。

さらに、下の図から各工種についての部位別の特徴は次のようである。

①鉄筋組立

フーチング、梁、柱の順に分布が右側に移動しており、特に柱の歩掛りのバラツキが大きい。これは柱の場合はフープ筋のみの組立であり、作業数量が他の部位より小さいことの影響が考えられる。

歩掛りの大きいピアを調査すると、柱では施工時期が接近したグループがあったが、理由は明らかにできなかった。また、梁では図-1のBタイプのような柱の高いピアで歩掛りが大きくなっているようであり、作業高さの影響が考えられる。

②型枠組立

平均値はフーチング、柱、梁と大きくなっているが、フーチングでは0.4～0.8に全体の約60%が集中しており、比較的安定しているといえる。

また、柱、梁は分布形が似ており、上方への作業場所の移動の影響が推察され、梁の歩掛りの大きいものはB、Cタイプのピアに多いようである。

③コンクリート打設

鉄筋組立と同様に、フーチング、梁、柱の順に分布が右側に移動している。

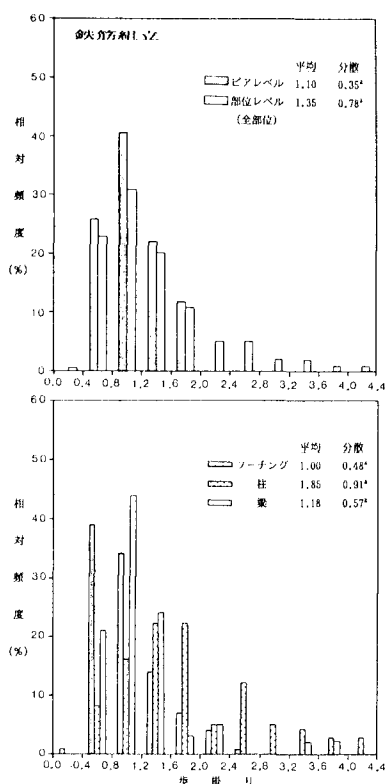


図-3 鉄筋組立の歩掛り分布

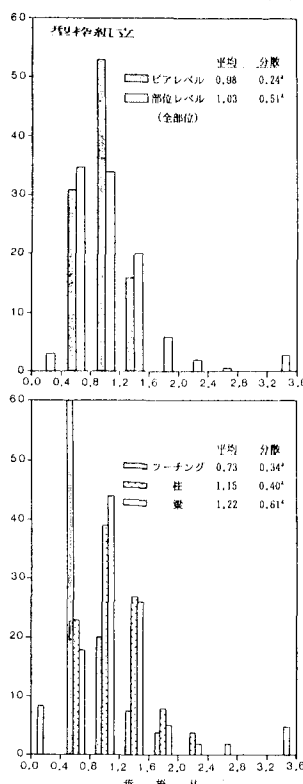


図-4 型枠組立の歩掛り分布

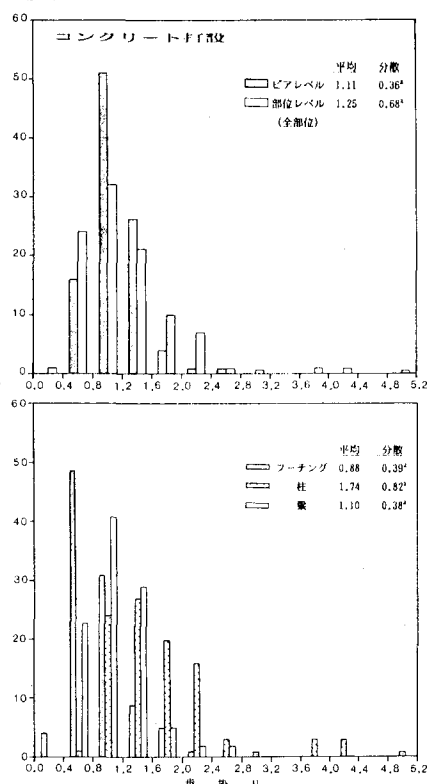


図-5 コンクリート打設の歩掛り分布

フーチング、梁は比較的安定しているが、柱ではかなり大きい歩掛りが現われており、この中には施工時期の近いグループがある。

(b) 箱型図による分析

ここで得られた歩掛りの分布は右側に歪んだ形になり、部位レベルでは非常に大きい値が現われバラツキも大きくなっている。このような場合、真の分布形や異常値を判定する理由がわかっていれば、そうした状況を考慮した解析ができる。

しかし、今回の場合はデータの平均値と分散を用いて歩掛りの標準値や範囲を設定することは必ずしも適切とはいえないことから、探索的データ解析法(EDA法)の中の箱型図による分析も行なった。

箱型図は、データを集約する際に一部の不適切なデータの影響を受けにくくするため、データを順序統計量として取扱う手法であり、データの分布する範囲を図-6のように区別して表示することによりデータを要約する。

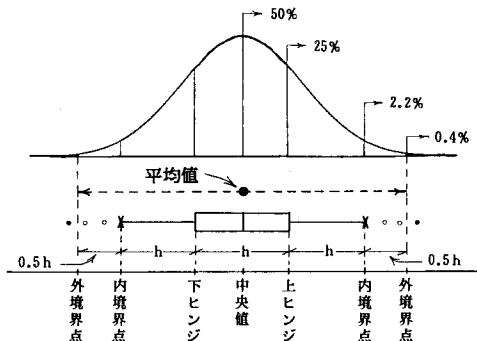


図-6 データ分布の箱型図による表示

図-7は、例として図-3の鉄筋組立の歩掛りの分布を箱型図にしたものである。

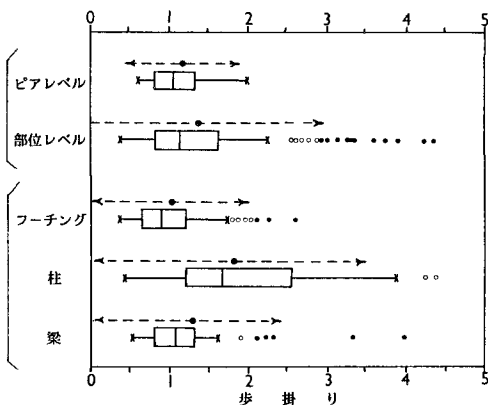


図-7 鉄筋組立歩掛りの箱型図

各分布とも中央値は平均値より小さく、で表わされたデータ全体の50%が含まれる下ヒンジと上ヒンジの位置や、の範囲によって、集計レベルや部位の違いによるデータの集中の程度やバラツキの程度を明瞭に把握することができ、ここでの歩掛りのような偏りのある場合のデータ集約や範囲の設定などに有効な手法といえよう。

(2) データ項目間の関連性の分析

表-1のデータ項目について、ピアレベル、部位レベル(部位別)に歩掛りを中心として相関分析、主成分分析により関連性を分析した結果を以下に示す。

(a) 鉄筋組立

①ピアレベル：組立数量、部位の規模を表わす断面積と高さ(ただし柱の高さを除く)、最大径、圧接箇所数、および投入人工数、実働日数(日数と記す)、平均人工数は互いに正の相関があり、これらと最小径、 $\phi 25\text{mm}$ 以下の鉄筋の重量%(重量%と記す)には負の相関が見られた。

歩掛りには、算出方法からもわかるように組立数量や規模などと負の相関、重量%と正の相関が見られるが、投入人工数とはほぼ無相関であった。

②部位レベル：各部位ともピアレベルと同様に、組立数量、部位の規模などの項目と投入人工数などの項目間に正の相関が見られた。

歩掛りについては、組立数量や部位の規模などと負の相関があるが、フーチングでは重量%、柱では平均人工数、梁では重量%、平均人工数のほかに作業高さと正の相関が見られた。

(b) 型枠組立

①ピアレベル：組立数量、柱の高さを除く部位の規模、および投入人工数、日数、平均人工数は鉄筋組立と同様に互いに正の相関が高い。

一方、歩掛りには組立数量は無相関で、投入人工数、平均人工数と正の相関があった。

②部位レベル：各部位とも組立数量と投入人工数は正の相関が見られた。

歩掛りについては、各部位とも投入人工数、平均人工数と正の相関があり、梁については鉄筋組立と同様に作業高さと正、組立数量、アンカーホール数とは負の相関が見られた。

(c) コンクリート打設

①ピアレベル：打設数量、部位の規模、投入人工数などの項目間には、他の工種と同様の関係が見られた。

また、歩掛りに対しては、打設数量、柱の高さを除く各部位の規模と負の相関があるが、投入人工数とは無相関であった。

②部位レベル：各部位とも、打設数量と部位の規模、投入人工数には正の相関が見られた。

歩掛りについては、フーチングでは、投入人工数とは無相関で、打設数量、部位の規模に負の相関があるが、柱では投入人工数、平均人工数と正の相関があり、打設量とは無相関となっている。

また、梁では投入人工数とは無相関であるが、他の工種と同様に作業高さとの正の相関、コンクリート量、部位の規模と負の相関が見られた。

ここでの結果を要約すると、以下となる。

- ①作業数量と部位の規模などには正の相関が見られ、投入人工数などとも負の相関が見られることから、作業数量と投入人工数とはある程度の比例関係があると考えられる。
- ②一方、歩掛りについては、算出方法からわかるように、分母である作業数量とは負、分子である投入人工数とは正の相関が見られたが、鉄筋組立、コンクリート打設では作業数量が、型枠組立では投入人工数が歩掛り変動に影響するようである。
- ③鉄筋組立、コンクリート打設では作業数量の変化に対して投入人工数があまり変化せず、一種のスケールメリットが出ているようである。また、型枠組立では作業数量の変化に対して投入人工数がより敏感に増減していると考えられる。
- ④部位について見ると、梁については各工種とも作業高さが高くなると歩掛りが大きくなっているという特徴があった。
- ⑤工種では、鉄筋組立で $\phi 25\text{mm}$ 以下の鉄筋の比率が高いと歩掛りが大きくなるような結果が得られている。この比率は径別の組立本数に替わる指標として考えているが、今回のデータでは組立数量が大きくなるとこの比率が小さくなる傾向が見られるので、今後、同程度の組立数量での径別構成の違いによる歩掛りの変化を確認する必要がある。

(3) 歩掛り変動要因の分析

関連性の分析によって、歩掛りの変動に影響すると考えられる要因を抽出できたが、さらにこれらと歩掛りの関係を散布図によって確認した例を次に示す。

図-8は、各工種とも歩掛りと相関のあった作業数量のうち、ピアレベルでのコンクリートの打設数量と歩掛りの関係を示したもので、打設数量によって歩掛りの減少傾向がやや異なり、打設数量を区別してとらえることも考える必要がある。

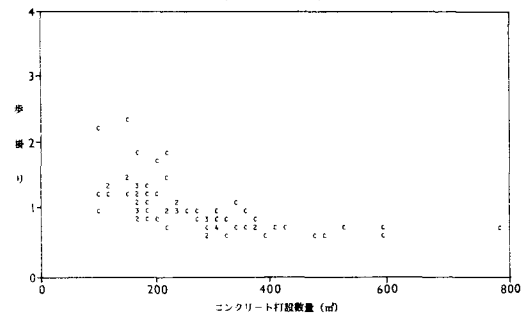


図-8 歩掛りとコンクリート打設数量の関係

図-9は、各工種で梁での作業の歩掛りと相関のあった作業高さの中で、鉄筋組立の作業高さとの歩掛りの関係を示したものであり、Bタイプの柱の高い場合に歩掛りが大きくなっている。

また、型枠組立ではCタイプの梁で作業高さに比較して歩掛りが大きいことがわかったが、その理由については現在は明らかになっていない。

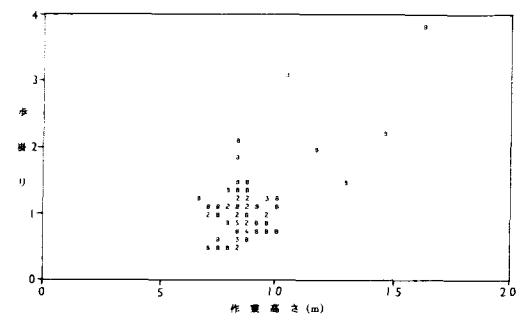


図-9 鉄筋組立の歩掛りと作業高さの関係

これらのほかにも、各工種について(2)で挙げた歩掛りの変動要因と歩掛りの関係を散布図で確認し、おおよその関数関係や構造物のタイプの影響を把握することができた。今後はこれらの結果をもとに、歩掛りの推定式の形式、取り上げる変動要因の組み込み方を検討することにしたいと考えている。

(4) 習熟特性の分析

一般に、作業を開始してから時間あるいは延作業数量とともに、部分的な作業方法・段取りの改善、作業員の慣れなどにより所要工数が低減する現象は習熟と呼ばれており、建設工事でも習熟効果の事例が報告されている。(参考文献-5, 6)

今回得られたピアレベル、部位レベルの歩掛りを単に施工順に並べてみただけでは明確な習熟効果はとらえにくかった。これは、これまでの分析からもわかるように、歩掛りの値が作業数量などの要因によって影響されるためであると考えられる。

また、習熟効果が認められたとするこれまでの報告例はほぼ同一の作業数量である場合が多い。

そこで作業数量その他の要因の影響をできるだけ除くために、まず、各部位ごとに作業を施工順にならべ、作業数量がある数量の単位(例えば型枠組立作業であれば約 500m²)で区切っていき、それぞれの単位の作業数量ごとに投入人工数を加えてその単位およびそれまでの累積の歩掛り求めることにした。

図-10は、型枠組立について作業数量を約 500m²で区切り、上記の方法で歩掛りを求め、その推移を示したものである。

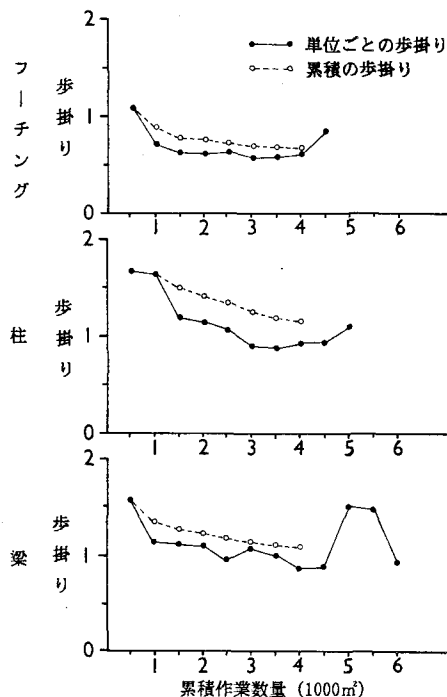


図-10 型枠組立作業の歩掛りの推移

この方法によると、いずれも施工の進捗にしたがって歩掛りが減少する傾向にあることがわかり、累積数量が約4000m²あたりまでは習熟効果が見られるようであるが、それ以降は増加している。

このように工事の終盤に歩掛りが増加する傾向は鉄筋組立でも見られ、歩掛りが大きくなるような条件の作業の工程上の時期、後続工事との関係などの影響が考えられる。

一方、習熟効果が見られる範囲において単位ごとあるいは累積の歩掛り変化を対数線形モデルで回帰すれば、次のような回帰曲線の式に変換できる。

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad R &= a \cdot V^{-b} \\ \textcircled{2} \quad R' &= a' \cdot V^{-b'} \end{aligned} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{ここで } R: \text{単位ごとの歩掛り} \\ R': \text{累積の歩掛り} \\ V: \text{累積作業数量} \\ a, b, a', b': \text{回帰係数} \end{array} \right.$$

単位ごとの回帰曲線①を用いて、施工中に得られた歩掛りの減少傾向から、以後の累積作業数量に対するその時点での歩掛りを推定することができる。

また累積の回帰曲線②を用いて、総作業数量に対する平均的な歩掛りを求めることができる。

この結果は以後の工程計画の修正段階での工数算定や、目標として設定した歩掛りと施工中に得られた歩掛りから求めた回帰曲線の位置関係からの施工状況の評価に利用できる。

(5) 今後の分析方針と課題

これまでの分析から、特定の施工条件の工事という範囲ではあるが、①パラッキはかなり大きいものの歩掛りの分布形状の把握、②材料条件、作業数量、作業位置の条件など歩掛りの変動に影響する要因のしぼりこみ、および③歩掛りの時間的な推移傾向の確認、などを行なうことができた。

しかし、これらの知見はまだ定性的なものであるといえ、今後はさらに特異なデータについての処理方法の検討や要因間の交互作用の分析を行ない、歩掛り変動要因を定量化して、歩掛りの推定式の作成を試みる予定である。

また、分析結果の工事マネジメント業務での利用については部分的に本文中でもふれたが、工事日報などの現場情報の施工中あるいは施工後の活用方法について検討を行なうことが今後の課題であると考えている。

5. 調査票による歩掛りデータの収集と分析

(1) アンケート調査の目的

我々は、工事日報を用いる方法のほかにもう一つの歩掛りデータ収集法として、新たに作成した調査票を用いてのアンケート調査を考えた。

これまで述べたような個別工事の工事日報によって収集された（個別調査）データの分析では、歩掛りの変動要因を詳細に検討することができる。

しかし、これでは施工環境や協力業者などは特定のものとなり、これら工事によって変化する要因についての分析のためには、他の施工条件の工事のデータを収集し、比較を行なう必要がある。ここで述べる調査票によるデータ収集このために行なうものである。

一方、アンケート調査による方法では調査対象が広範囲になるため、どうしても収集されたデータの信頼性が個別調査に比べて低くなる。そこで、この両者の結果を比較することによりアンケート調査によるデータの分析精度に関しても、何らかの知見を得ることができるのではないかと考えた。

(2) 調査表の作成

本年4月より、工事関係者からのヒヤリング調査とグループおよび小委員会内での議論をもとにして、アンケート調査票の様式について検討してきた。

この結果、以下の5つの内容から構成される調査票を作成した。

(a) 【記入上の注意】

この歩掛り調査で収集する“作業”の範囲や内容について説明する。（図－1 1）

(b) 【調査票(1) 工事概要調査票】

施工環境、構造物の種類、施工形態など、主に調査対象工事の概要を記入する。（図－1 2）

(c) 【調査票(2) 鉄筋組立歩掛り調査票】

鉄筋組立作業について、作業日数、投入人工数、作業実施時の作業条件などを記入する。（図－1 3）

(d) 【調査票(3) 型枠組立歩掛り調査票】

型枠組立作業について、作業日数、投入人工数、作業実施時の作業条件などを記入する。（図－1 4）

(e) 【記入例】

調査票(1)～(3)の記入例。

(3) 調査の実施

作成した(c)，(d)の調査票に(a)，(b)，(e)を添付して、6月下旬から8月上旬にかけてグループメンバー各社の工事を対象に調査を実施した。

対象とした工事はコンクリート構造物工事である。これは、シールド工事やトンネル工事などの特異な工事まで含めると、工事条件が広範囲にわたり、分析に必要なデータ数が膨大になると考えられるためであり、地下鉄、共同溝、処理場、高架橋などにしぼって調査を実施した。

この結果、調査対象工事および収集されたデータ件数は以下となった。

- ・ 工事件数 14件
- ・ 鉄筋組立作業数 55件（3.9件/工事）
- ・ 型枠組立作業数 69件（4.9件/工事）

ただし、上記の作業件数の中には今回の調査期間以前の作業が含まれていた。また、調査票を概観した段階ではほぼ我々の調査の意図に沿ったデータが記入されていたが、中には調査の意図と異なったデータが数件含まれていた。

(4) データ分析の現状

上述したように、今回の調査では数件の不適当なデータが見られた。これらは、例えば数個の橋脚の同様な作業についての投入人工数と作業数量を累計して求めた歩掛りが記入されているような場合で、現在のところ鉄筋組立作業で3件、型枠組立作業で1件のデータがあった。

したがって、現在は鉄筋組立作業で52件、型枠組立作業で68件のデータで分析を始めているが、ここでの歩掛りの数値は前述の工事日報からの歩掛りと比較することも考慮して、同様の基準で数値変換し指数化したものを用いることにしている。

個々の施工条件の区別をせずにこれらのデータから得られた歩掛りの分布をヒストグラムに表わしたものが図－1 5である。鉄筋組立では歩掛りの大きなものが見られ、また型枠組立では右側に分布の裾が広がった形になっていることがわかる。

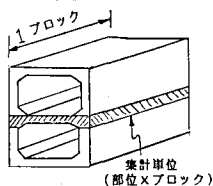
この分析作業はまだ緒についたばかりであり、今後分析を進め、別の機会に詳細な結果を示したいと考えている。

【調査票記入上の注意】

1. 歩掛りの調査単位

この調査は工事の工程計画・管理に用いる歩掛りを求めるのが目的ですので、調査票に集計する単位は工程計画で考える作業単位となります。

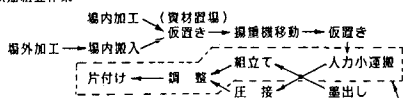
つまり、基本的には図のようなコンクリートの打設単位となりますので、この単位でその作業に掛った労務人工数とその作業で出来た出来高数量を集計して、その時の作業条件と共に記入して下さい。



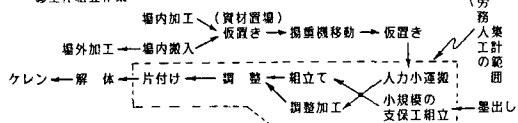
2. 労務人工数の集計する作業範囲

下図の作業手順において、点線部分の作業に掛った労務人工数だけを集計し記入して下さい。

①鉄筋組立作業



②型枠組立作業

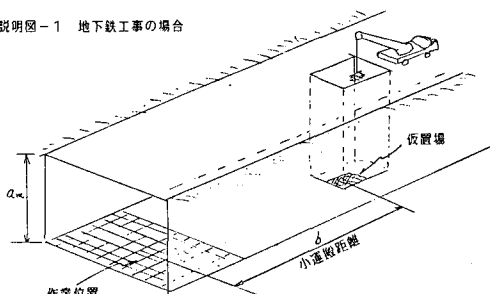


3. 出来高数量の集計する範囲

出来高数量は、作業した部位にとらわれずに上記の労務人工数で実際に施工した数量を集計して記入して下さい。

例) 底版の鉄筋組立において壁の縦筋も施工した場合は、その両方の数量を記入する。

説明図-1 地下鉄工事の場合



a: 地表面 (G.L.) からの垂直距離

説明図-2 処理場工事の場合

注) この場合、小運搬距離は無しと考える。

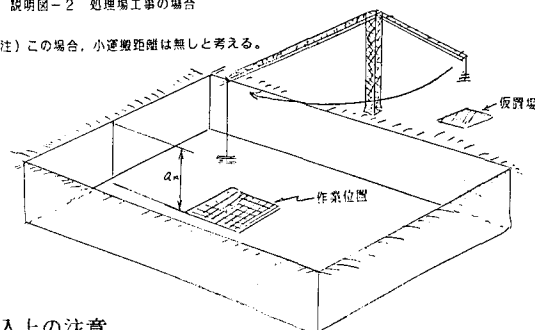


図-11 記入上の注意

調査票(1)

工事概要調査票

- ・ 工事概要について、必要事項を記入して下さい。
- ・ (5)～(8)は、あてはまるものの番号に○印をつけ、あてはまるものがない場合は、() 内に記入して下さい。

(1) 工事名称	_____
営	担当者 _____
(2) 工期	昭和 ____ 年 ____ 月 ____ 日 ~ ____ 年 ____ 月 ____ 日
(3) 工事費	_____ 千円
(4) 工事場所	_____
(5) 環境条件	1. 市街地 2. 郊外 3. 山間部 4. その他 (_____)
(6) 施工形態	1. 単独 2. JV
(7) 構造物種類 (あてはまるものがあればいくつでも)	1. 橋梁・高架橋 (上部) 2. 橋梁・高架橋 (下部) 3. 擁壁 4. ボックスカルバート (共同溝、地下鉄等を含む) 5. 立坑 6. 貯水池・配水池 7. 建屋 8. その他 (_____)
(8) 鉄筋材料	1. 発注者支給 2. 自社購入 3. 協力業者持ち

図-12 調査票(1) 工事概要調査票

No	作業期間	作業の 時間帯	作業数量 (t)	作業人数 (人日)	乗者の ランク	主な組立部位 (複数指定可)	地上から 作業位置	作業足場 の種類	鉄筋の 搬入方法	人力の小 運搬距離	作業の 複雑性	使用鉄筋 (径別の比較)	任意職手 の有無	備 考 (構造図の位置等)
1	開始: 〇〇月〇〇日 終了: 〇〇月〇〇日 実働日数: 〇〇日間	1. 昼 2. 夜 3. 昼夜	〇. 〇〇 (補助工)	1. 上 2. 並 3. 下	1. 梁 5. 階段 2. 柱 6. 底版 3. 壁 7. 中床 4. 褥 8. ()	1. 地上 2. 地下 ↓ 3. 単管足場 4. ()	1. なし 2. 枠組足場 3. 単管足場 4. ()	1. 人力→ 2. 揚重機 3. 単管足場 4. ()	水平距離 約〇〇m 垂直距離 約〇〇m ()	1. 平易 2. 普通 3. 複雑	最大直径 〇〇mm 最小直径 〇〇mm 延最長径 〇〇mm 延最重径 〇〇mm	1. 無し 2. 有り ↓ 〇〇mm以上		
2	開始: 〇〇月〇〇日 終了: 〇〇月〇〇日 実働日数: 〇〇日間	1. 昼 2. 夜 3. 昼夜	〇. 〇〇 (補助工)	1. 上 2. 並 3. 下	1. 梁 5. 階段 2. 柱 6. 底版 3. 壁 7. 中床 4. 褥 8. ()	1. 地上 2. 地下 ↓ 3. 単管足場 4. ()	1. なし 2. 枠組足場 3. 単管足場 4. ()	1. 人力→ 2. 揚重機 3. 単管足場 4. ()	水平距離 約〇〇m 垂直距離 約〇〇m ()	1. 平易 2. 普通 3. 複雑	最大直径 〇〇mm 最小直径 〇〇mm 延最長径 〇〇mm 延最重径 〇〇mm	1. 無し 2. 有り ↓ 〇〇mm以上		
3	開始: 〇〇月〇〇日 終了: 〇〇月〇〇日 実働日数: 〇〇日間	1. 昼 2. 夜 3. 昼夜	〇. 〇〇 (補助工)	1. 上 2. 並 3. 下	1. 梁 5. 階段 2. 柱 6. 底版 3. 壁 7. 中床 4. 褥 8. ()	1. 地上 2. 地下 ↓ 3. 単管足場 4. ()	1. なし 2. 枠組足場 3. 単管足場 4. ()	1. 人力→ 2. 揚重機 3. 単管足場 4. ()	水平距離 約〇〇m 垂直距離 約〇〇m ()	1. 平易 2. 普通 3. 複雑	最大直径 〇〇mm 最小直径 〇〇mm 延最長径 〇〇mm 延最重径 〇〇mm	1. 無し 2. 有り ↓ 〇〇mm以上		
4	開始: 〇〇月〇〇日 終了: 〇〇月〇〇日 実働日数: 〇〇日間	1. 昼 2. 夜 3. 昼夜	〇. 〇〇 (補助工)	1. 上 2. 並 3. 下	1. 梁 5. 階段 2. 柱 6. 底版 3. 壁 7. 中床 4. 褥 8. ()	1. 地上 2. 地下 ↓ 3. 単管足場 4. ()	1. なし 2. 枠組足場 3. 単管足場 4. ()	1. 人力→ 2. 揚重機 3. 単管足場 4. ()	水平距離 約〇〇m 垂直距離 約〇〇m ()	1. 平易 2. 普通 3. 複雑	最大直径 〇〇mm 最小直径 〇〇mm 延最長径 〇〇mm 延最重径 〇〇mm	1. 無し 2. 有り ↓ 〇〇mm以上		
A)「実働日数」とは、休日や手持等を除いた実質の作業日数をいう。 H)「単管足場」とは、抱き足場等の簡略なものを指す。 ここで「揚重機」 B)主な作業時間が、昼か夜かを指定する。どちらとも言えない場合は、 とは、クレーンやレッカー等を指し、その揚重能力を記入する。 I)仮置場から作業場への投入方法を指定する。ここで「揚重機」 C)「昼夜」に記入する。 J)上記記号で「人力」を指定した場合、そのおおよその運搬距離 を水平距離と垂直距離に分けて記入する。 D)実際に組立てた鉄筋のトン数を記入する。 K)「複雑」とは、配管や仮設材等が交差するとか、構造自体が複 雑な場合を言い、「平易」とはその逆を言う。どれにも特定で きない時は「普通」とする。 E)実際の作業人数を、鉄筋工と補助工に分けて半日単位で記入する。 L)「延最長径」とは、径別延長が最長の鉄筋径を言う。また、 F)乗者のランクとは、乗者の平均的な質をこれまでの経験から記入する。 M)圧搾所の有無と、有る場合はその最小径を記入する。 G)主な作業部位を指定する。梁と柱を同時施工した場合は、その両方 N)本調査票に添付する構造図との対応を図上の記号で記入する。 H)作業位置を地表面を基準にして、「地上」か「地下」か、また O)本調査票に添付する構造図との対応を図上の記号で記入する。 I)「単管足場」とは、抱き足場等の簡略なものを指す。 その他、何か特記すべき事があった場合に記入する。														

図一 1 3 調査票(2) 鉄筋組立歩掛り調査票

No	作業期間	作業の 時間帯	作業数量 (m ²)	作業人数 (人日)	乗者の ランク	主な組立部位 (複数指定可)	地上から 作業位置	作業足場 の種類	型枠の 搬入方法	人力の小 運搬距離	作業の 複雑性	使用材料	転用 回数	支保工 の組立	備 考 (構造図の位置等)
1	開始: 〇〇月〇〇日 終了: 〇〇月〇〇日 実働日数: 〇〇日間	1. 昼 2. 夜 3. 昼夜	〇. 〇〇 (補助工)	1. 上 2. 並 3. 下	1. 梁 5. 階段 2. 柱 6. 底版 3. 壁 7. 中床 4. 褥 8. ()	1. 地上 2. 地下 ↓ 3. 単管足場 4. ()	1. なし 2. 枠組足場 3. 単管足場 4. ()	1. 人力→ 2. 揚重機 3. 単管足場 4. ()	水平距離 約〇〇m 垂直距離 約〇〇m ()	1. 平易 2. 普通 3. 複雑	1. 鋼製 (加工) 2. 合板 3. 木製 4. 円形	1. 無し 2. 含む ↓ 〇〇空#3			
2	開始: 〇〇月〇〇日 終了: 〇〇月〇〇日 実働日数: 〇〇日間	1. 昼 2. 夜 3. 昼夜	〇. 〇〇 (補助工)	1. 上 2. 並 3. 下	1. 梁 5. 階段 2. 柱 6. 底版 3. 壁 7. 中床 4. 褥 8. ()	1. 地上 2. 地下 ↓ 3. 単管足場 4. ()	1. なし 2. 枠組足場 3. 単管足場 4. ()	1. 人力→ 2. 揚重機 3. 単管足場 4. ()	水平距離 約〇〇m 垂直距離 約〇〇m ()	1. 平易 2. 普通 3. 複雑	1. 鋼製 (加工) 2. 合板 3. 木製 4. 円形	1. 無し 2. 含む ↓ 〇〇空#3			
3	開始: 〇〇月〇〇日 終了: 〇〇月〇〇日 実働日数: 〇〇日間	1. 昼 2. 夜 3. 昼夜	〇. 〇〇 (補助工)	1. 上 2. 並 3. 下	1. 梁 5. 階段 2. 柱 6. 底版 3. 壁 7. 中床 4. 褥 8. ()	1. 地上 2. 地下 ↓ 3. 単管足場 4. ()	1. なし 2. 枠組足場 3. 単管足場 4. ()	1. 人力→ 2. 揚重機 3. 単管足場 4. ()	水平距離 約〇〇m 垂直距離 約〇〇m ()	1. 平易 2. 普通 3. 複雑	1. 鋼製 (加工) 2. 合板 3. 木製 4. 円形	1. 無し 2. 含む ↓ 〇〇空#3			
4	開始: 〇〇月〇〇日 終了: 〇〇月〇〇日 実働日数: 〇〇日間	1. 昼 2. 夜 3. 昼夜	〇. 〇〇 (補助工)	1. 上 2. 並 3. 下	1. 梁 5. 階段 2. 柱 6. 底版 3. 壁 7. 中床 4. 褥 8. ()	1. 地上 2. 地下 ↓ 3. 単管足場 4. ()	1. なし 2. 枠組足場 3. 単管足場 4. ()	1. 人力→ 2. 揚重機 3. 単管足場 4. ()	水平距離 約〇〇m 垂直距離 約〇〇m ()	1. 平易 2. 普通 3. 複雑	1. 鋼製 (加工) 2. 合板 3. 木製 4. 円形	1. 無し 2. 含む ↓ 〇〇空#3			
A)「実働日数」とは、休日や手持等を除いた実質の作業日数をいう。 H)「単管足場」とは、抱き足場等の簡略なものを指す。 ここで「揚重機」 B)主な作業時間が、昼か夜かを指定する。どちらとも言えない場合は、 I)仮置場から作業場への投入方法を指定する。ここで「揚重機」 C)実際に組立てた型枠のm²数を記入する。 J)上記記号で「人力」を指定した場合、そのおおよその運搬距離 を水平距離と垂直距離に分けて記入する。 D)実際の作業人数を、大工と補助工に分けて半日単位で記入する。また、 K)「複雑」とは、配管や仮設材等が交差するとか、構造自体が複 雑な場合を言い、「平易」とはその逆を言う。 E)乗者のランクとは、乗者の平均的な質をこれまでの経験から記入する。 L)「円形」とは、合板円形型枠を言う。また合板が木製の場合は、 F)主な作業部位を指定する。梁と柱を同時施工した場合は、その両方 M)型枠支保工を大工が同時に作成したかどうかを指定する。 G)作業位置を地表面を基準にして、「地上」か「地下」か、また N)本調査票に添付する構造図との対応を図上の記号で記入する。 H)「単管足場」とは、抱き足場等の簡略なものを指す。 O)本調査票に添付する構造図との対応を図上の記号で記入する。															

図一 1 4 調査票(3) 型枠組立歩掛り調査票

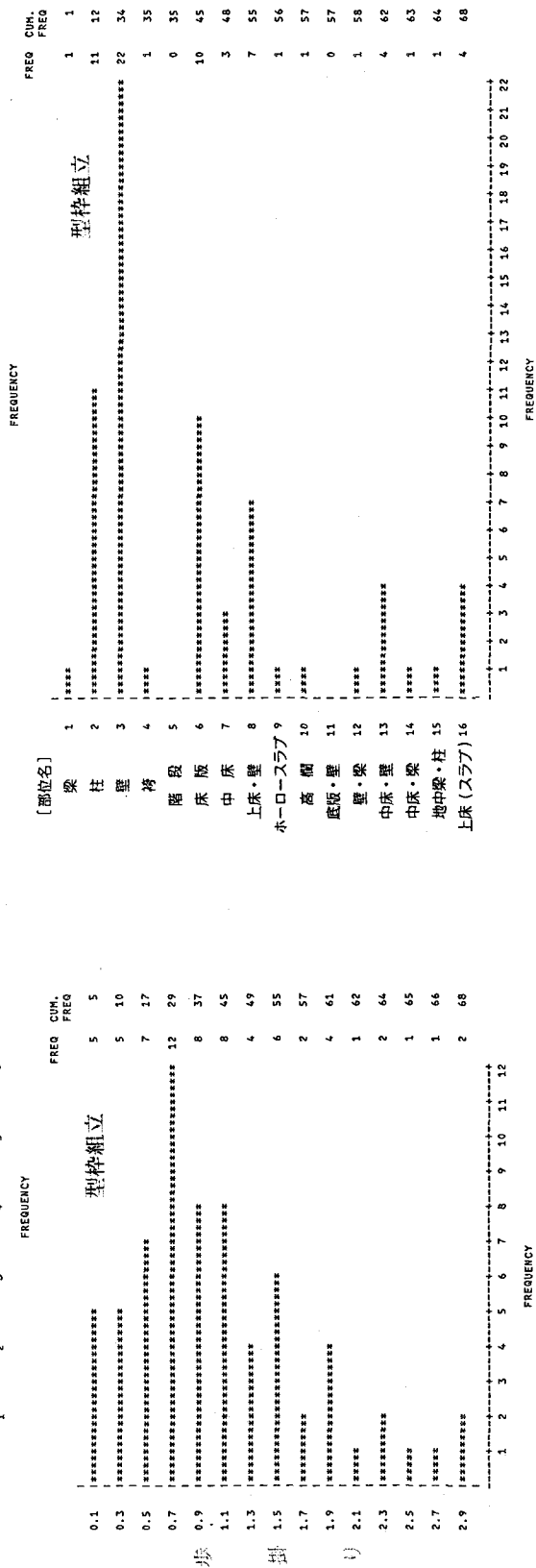
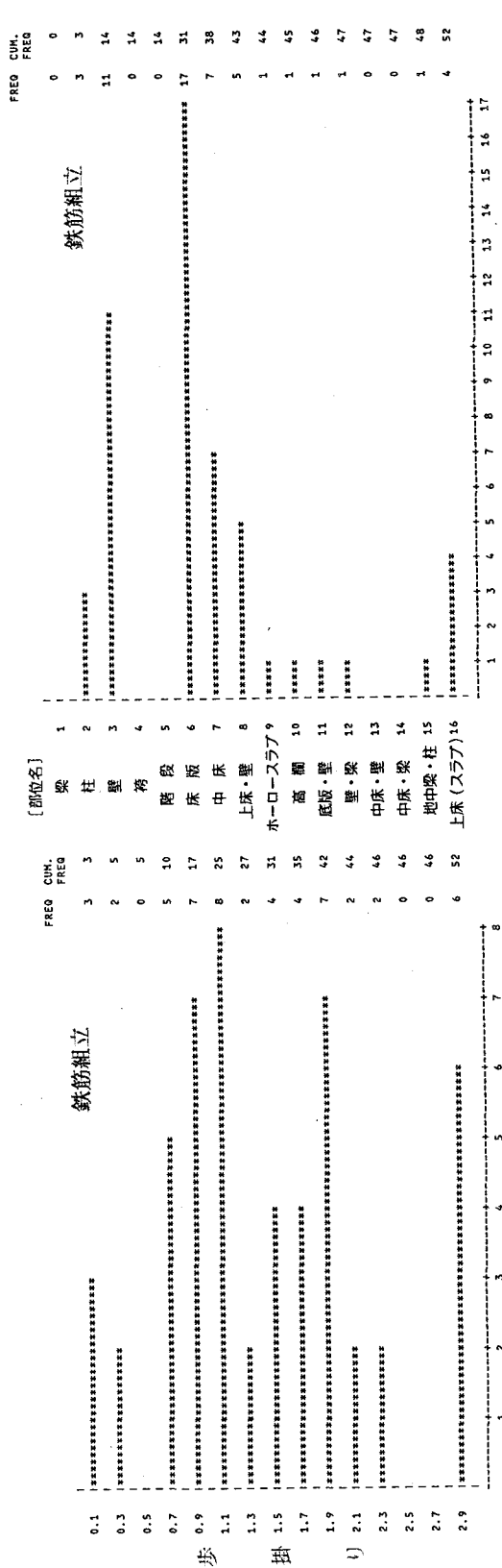


図-1.15 歩掛りの分布

図-1.16 部位別のデータ数

(5) 今後のデータ分析方針

今回の調査では、一つの工事当りの鉄筋組立作業で約4件、型枠組立作業で約5件の歩掛りデータが収集されたが、この数は調査時点で予想していた件数よりかなり少ないものになっている。

今回の調査目的の一つに、歩掛りの変動に影響する要因を見出すことがあり、調査票では詳細に調査項目を設定した。しかし、全体のデータ収集件数が少なかったこと、調査項目ごとのデータ件数に偏りが大きかったことにより、今後の分析の上で制約を受けることが考えられる。

図-16は構造物部位別のデータ件数であり、鉄筋組立では底版、壁、中床、上床などの作業が多く、型枠組立では壁、柱、底版などの作業が多い。

今後のデータ分析の手順については、以下のようなステップを考えている。

① データ特性の把握

ヒストグラム(幹葉表示)や箱型図により、要因の条件ごとの歩掛りデータの分布特性を把握する。

② 変動要因の影響度の分析

収集された中で比較的データ件数の多い条件について、歩掛りの変動に関する条件の効きかたを分散分析法で分析し、その影響度を分類する。

③ 変動要因の絞り込み

主成分分析法、数量化理論Ⅲ類により、相関性のある要因を分類し、歩掛り推定式に組み入れる要因の数をしぼる。

④ 歩掛り推定式の算出

数量化理論Ⅰ類により、作業条件などの定性的な変動要因の影響度を定量化し、歩掛りの推定式の作成を試みる。

6. おわりに

前述したように、工事マネジメント業務を支援するための各種情報処理機器が導入され、多種多様なデータが処理できるようになってきており、本研究で対象としている歩掛りデータもその一部である。

これまでの歩掛りに関しての議論では、収集した歩掛りのバラツキの問題が取り上げられ、①土木工事の作業条件が個性性が強く多様であること、②投

入人工数が人・日単位であること、③歩掛りの変動に影響すると考えられる要因が一定でないこと、④作業員の質といった定量化しにくい要因も影響すると考えられること、などが挙げられている。

今回収集した歩掛りデータは件数、施工条件とも限られており、算出するも単位かなり細かいものであることから、そのバラツキはかなり大きいというのが実感であるが、分析を通じていくつかの知見が得られている。

これらの分析結果が工事マネジメント業務でどのように利用できるかは、その業務で要求される情報の内容・精度との関係で考える必要がある。

今後は残された分析を進めるとともに、抽出した歩掛り変動要因への対処の可能性、工程や原価の計画・管理業務における歩掛りの果たす役割、要求される精度について、他の小委員会とも意見交換しながら検討したいと考えている。

最後に、本研究に終始適切なお指導をいただいた京都大学春名攻助教授、貴重なご意見をいただいた当小委員会メンバー、当小委員会交流討論会出席の方々、ならびにデータ収集にご協力いただいた方々に深甚なる謝意を表する。

【グループメンバー】 (○：グループリーダー)

○池田将明(京都大学) ※フジタ工業より派遣

島村直幸(大林組)

中村正博(フジタ工業)

安井英二(鴻池組)

【参考文献】

- 池田将明；“統計的手法による歩掛りデータ利用の研究(その1)” 第2回土木工事のマネジメント問題に関する研究討論会講演・資料集，土木学会土木計画学委員会 施工情報システム小委員会 昭和59年11月
- 建設マネジメントデータ分析研究グループ；“歩掛りデータの利用法と収集・分析法について” 土木学会建設マネジメント委員会システム開発小委員会 交流討論会資料集 昭和60年 7月
- 本多正久；“経営のための多変量解析法” 産業能率大学 昭和52年10月
- F. ハートウィグほか；“探索的データ解析の方法” 朝倉書店 昭和56年 4月
- 中井重行ほか；“生産管理” ダイアモンド社 昭和56年 4月
- 室英治；“設計施工競技による芦屋浜団地建設に関する調査報告” 日本建築学会論文報告集 昭和57年 3月