

# 品質や安全面のリスク低減を目的とした労務環境の可視化・分析

## Visualization and Analysis of Construction Work Environment for Quality Improvement and Accident Prevention

手塚 慎一 SHINICHI TEZUKA

蓮尾 孝一 KOUICHI HASUO

建築生産計画部 戸倉 健太郎 KENTARO TOKURA

建築生産計画部 深谷 学 MANABU FUKAYA

総合建設業が施工管理を行うような比較的規模の大きい作業所における品質・安全・コスト・工期など、すべての管理項目に関する施工品質の良否は、日々変化する労務環境の影響を大きく受ける。本研究では、複数の建築工事作業所を対象に、安全関係書類に記載された情報や日々の入退場の記録をもとに、さまざまな属性情報を持つ作業員を個人レベルで識別し、その集合体としての労務環境を可視化・分析することを試みている。本研究で提案する可視化手法を用いることで、作業所のリアルタイムな情報から事前にリスクを予測する「予防型管理」への展開を目指している。

キーワード：施工体制，労務管理，入退場管理，品質確保，安全確保，可視化

In a large-scale construction site by a general contractor, performance regarding Quality, Cost, Delivery, and Safety is greatly influenced by inconstant work environment. In this study, it is tried to visualize and analyze the worker's general environment from the recognized individual characters based on safety related documents and enter-leaving data at the construction sites. With the proposed visualization technology, "preventive management" which forecasts risks using the real-time information on a construction site is objected.

**Key Words:** Construction Organization, Worker Management, Gate Management, Quality Control  
Safety Management, Visualization

### 1. はじめに

総合建設業が管理する建築の作業所では、さまざまな職種の専門工事会社に所属する多くの作業員が日々入場し、工事が進められる。そのため、品質・安全・コスト・工期など、すべての施工管理項目の良否は、専門工事会社の施工体制や、そこに所属する作業員の技能などの、作業所内の労務に関する環境（以下労務環境）の影響を大きく受ける。そのような労務環境を掌握していくことを大きな目的として開発されたのが、既報<sup>1)</sup>で報告を行った施工管理プラットフォーム「Foreman.net（フォアマン・ドット・ネット）」である。

本研究では、Foreman.netの運用を通して蓄積された労務データを基に、専門工事会社の労務環境を可視化する手法を提案し、労務面から波及するリスクを事前に予防する「予防型管理」への展開方法<sup>2)</sup>について述べる。

### 2. 労務環境の現状と労務の「質」の管理

近年の建設市場の縮小の影響を受け、建設業の就業者数は減少し続けている。さらに建設技能者の賃金や保険を含めた社会保障面の処遇は深刻な状況で、その結果として後継者となる若年層の入職の減少や技能者の高齢化が進んでいる<sup>3)</sup>。現在はベテランの高い技能に支えられているものの、数年後には技能者不足や技能レベル低下による、品質や安全への影響が懸念される状況にある。

今回報告するForeman.netの「労務環境可視化機能」では、これまで経験的に捉えてきた専門工事会社の労務環境を、客観的なグラフや数値データとして可視化・分析することが可能である。優秀な建設技能者の更なる不足が予測される一方で、今後ますます高品質な施工が要求されるとするならば、本機能を利用することで労務の「質」をマネジメントしていくことが、総合建設業にと

って重要になってくると考える。

### 3. 分析対象とデータ集計の方法

今回の分析では、Foreman.netを導入した13件の作業所を対象として労務データの抽出を行った。建物用途は中規模から大規模の集合住宅11件と、事務所・物流倉庫が各1件となっている。職種は、建築工事において比較的主要と考えられる躯体系5職種・仕上系5職種・設備電気系2職種の計12職種を抽出し、各職種12~19の施工体制について分析を行った。

今回の分析では、各作業所において1次会社配下の再下請会社を含む全構成会社（以下施工体制）を、さまざまな「技能レベル」や「入場情報」などの属性情報を持つ個々の作業員レベルで識別し、その集合体としての集計・分析を行っている。分析で扱う作業員のデータは、作業所に提出された作業員名簿の中から、実際に入場した作業員のものを抽出した。

### 4. 技能レベルの可視化と分析

#### (1) 技能レベルの可視化と分析

個々の作業員の技能レベルを正確に把握することは困難であるが、ここでは安全書類にも記載されている客観

的な情報である作業員の「年齢」と「職種の経験年数」が技能レベルと関係すると位置づけ、作業員の集合体である各職種の施工体制の傾向を分析した。

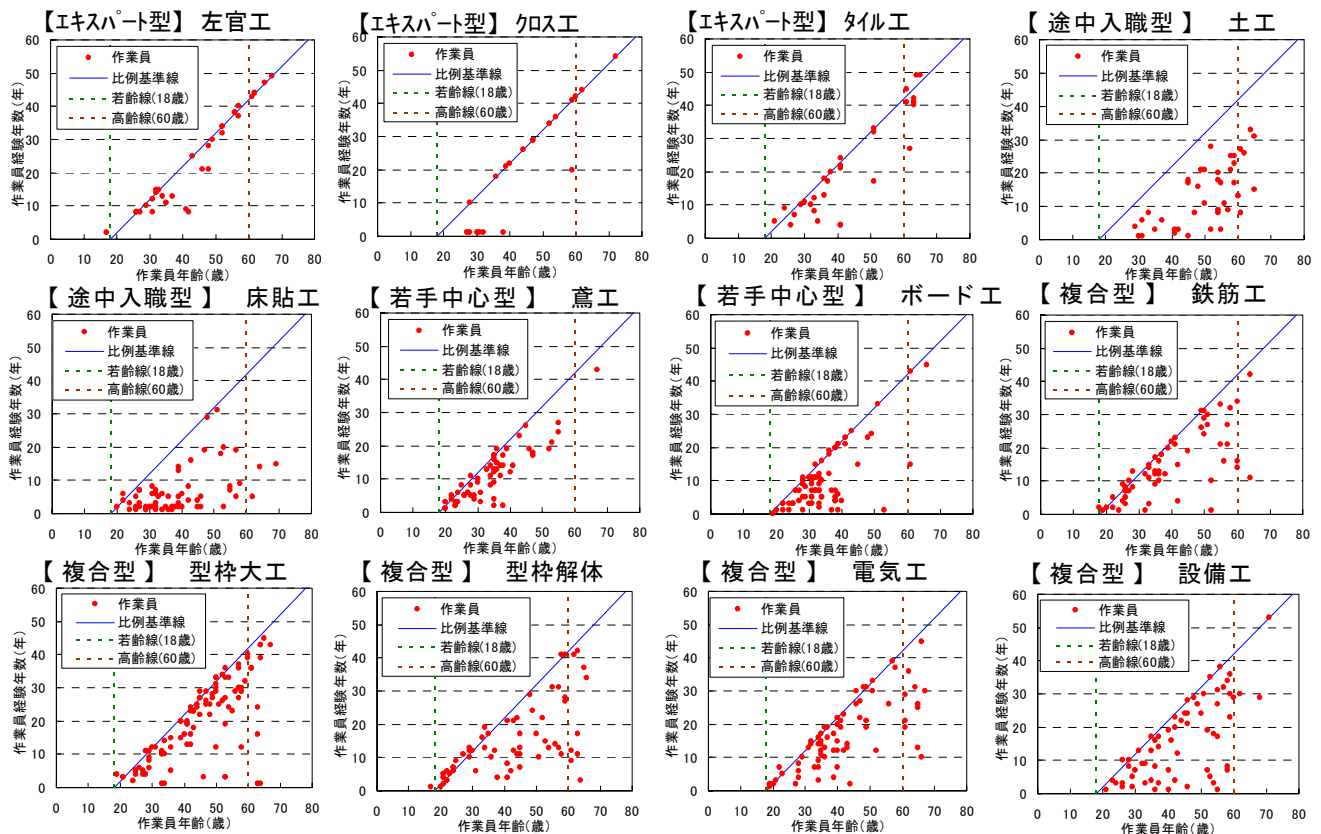
図-1に各職種の作業員の年齢と経験年数の関係における代表例を示す。グラフ中の点の一つ一つが個々の作業員を表している。可視化結果より、各職種別の代表的な傾向を大きく以下の4つの型に分類した。

#### a) エキスパート型

若いころから同じ職種に従事している場合、年齢に伴い職種の経験年数は増加する。そのため、図中の比例基準線に沿って作業員が集中するものを、「エキスパート型」とした。職種別には、左官工・クロス工・タイル工など、最終仕上を担う職種に多く見られた。品質や安全を確保する上で、特に高い技能を求められる職種には最も望ましい型である。

#### b) 途中入職型

年齢に関係なく経験年数の少ない作業員が多いものを「途中入職型」とした。職種別では、途中入職者を受け入れることが多いと考えられる土工に多く見られた。高い技能を要求される作業内容に対し、途中入職型の分布を示した場合には、注意が必要である。また、グラウト工や集合住宅の二重床やフローリング工事を担う床貼工のように、主力職種としての歴史が浅いものは、この型となる傾向がある。



※グラフには、作業員の分布状況を把握するための基準として、比例基準線・若齢線・高齢線も同時に示す。

図-1 施工体制ごとの作業員の年齢と経験年数の関係グラフ（全12職種）

### c) 若手中心型

30代以下の比較的若手に作業員が集中しているものを「若手中心型」とした。職種別には鳶工、ボード工など重量のあるものを人力で動かすような職種に多く見られた。この型の場合、必然的に経験年数の少ない作業員が中心となることが多いため、傾向が極端な場合には品質に深く関わる作業や危険を伴う作業に対して、人員配置の確認などの配慮が重要となる。

### d) 複合型

a)とb)の双方、時にc)の特徴をも併せ持つ型を「複合型」とした。鉄筋工、型枠大工、型枠解体工、電気工、設備工など、比較的大きな施工体制となる職種に多く見られた。各職種の作業の中には必ずしも高い技能を必要としないものも存在する。経験年数の低い作業員が含まれていることが直ちにリスクとなるとは限らないため、それぞれの作業所で求められる技能との関係を考慮する必要がある。

## (2) 年齢と経験年数の関係グラフの活用事例

ここでは、年齢と経験年数の関係グラフを作業所で活用する場合の手法についてまとめる。

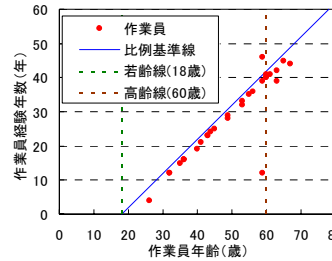
### a) 職種別の代表傾向との比較（ベンチマーク手法）

今回の分析では、これまで述べてきたように職種別に代表的な型があることを確認できている。しかし当然のことながら代表的な型とは異なるものも存在する。そのため実際の作業所で、このグラフを活用する場合には、代表傾向をベンチマークとすることで、個々の作業所における労務環境の良否の判断が可能になると考えている。図-2は、多くの作業所で複合型を示していた鉄筋工と型枠大工において、エキスパート型を示した事例である。この鉄筋工について当該作業所長にヒアリングした所、優秀な作業員が集まっていたという感想をもっており、結果として品質面で非常に高い評価をうけていた。年齢と経験年数の関係グラフと技能レベルの相関を確認できた事例である。

### b) 名簿上の作業員と入場済作業員の比較

実際に作業所に入場する作業員に対し、安全書類の作業員名簿登録人数は、工程上必要となる労務量の変化を見越して余裕を見ることが多い。そこで、図-3のように安全書類提出時に作成した名簿上の作業員のグラフと実際に入場した作業員のグラフを比較する活用が考えられる。鉄筋工の事例では、実際に入場した作業員がエキスパート中心であったことが把握できる。このように入場実績を考慮することにより作業所側としては、より実情に即した労務環境を把握することが可能となる。特に作業員名簿の段階でエキスパート型以外となる施工体制の

【エキスパート型】鉄筋工



【エキスパート型】型枠大工

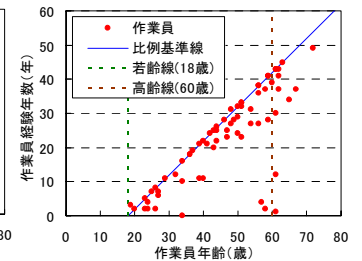
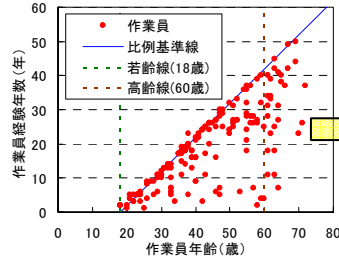


図-2 職種別の代表傾向と異なる事例

【名簿】鉄筋工



【入場済】鉄筋工

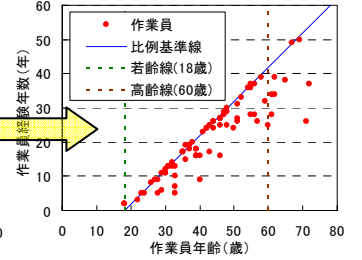
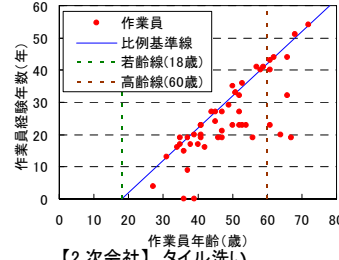


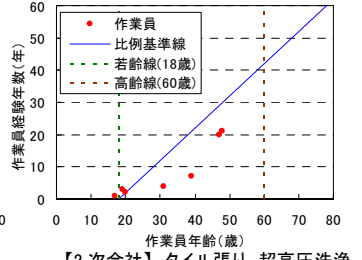
図-3 名簿上の作業員と実際に入場した作業員の比較

## タイル工

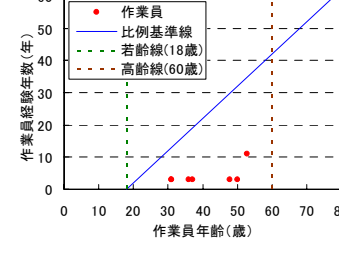
【1次会社】タイル張り, タイル目地



【2次会社】タイル目地



【2次会社】タイル洗い



【2次会社】タイル張り, 超高压洗浄

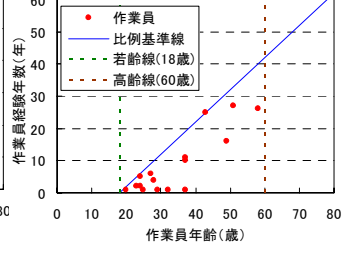


図-4 タイル工の構成会社単位の施工体制分解例

場合には、このような比較によって「作業着手前」と「作業着手後」の労務環境の変化を確認することが有効である。

### c) 施工体制の構成会社ごとの分解

これまででは、1次会社配下の全施工体制をひとつの集合体として捉えた分析を行ってきたが、ここでは施工体制の構成会社ごとに分解した分析について述べる。

図-4のタイル工は、タイル張りを中心に行う1次会社の配下に、タイル目地・洗い・超高压洗浄（目荒らし）等を行う2次会社を構成した例である。構成会社が作業内容で分かれる場合や主力会社と一時的な労務を補う応援会社に分かれる場合など、このような分解は特に構成

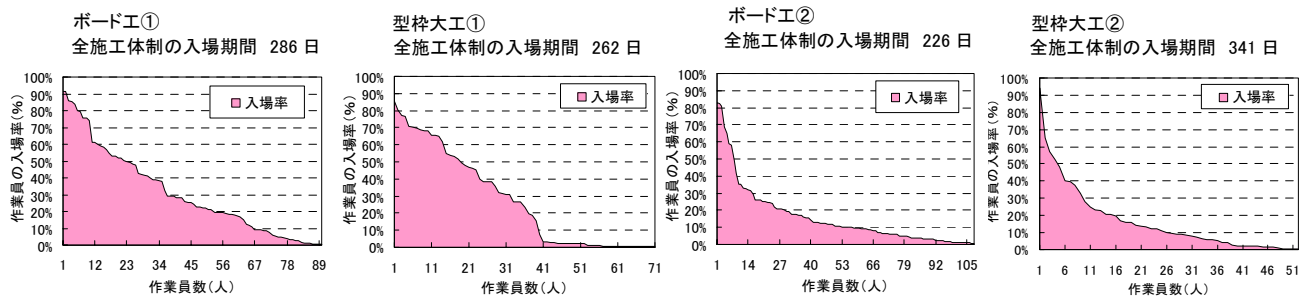
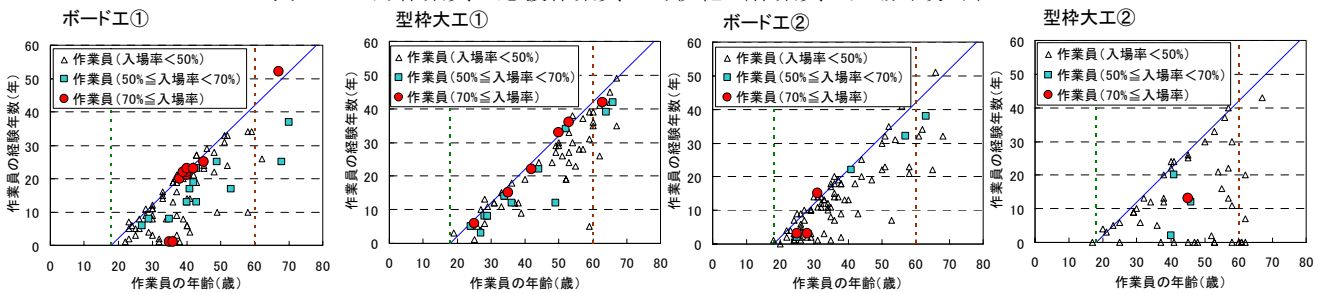


図-5 主力作業員と応援作業員の可視化（作業員の入場率分布）



※ボード工①②は同一の一次会社（施工体制の構成会社および作業員は異なる）

図-6 主力作業員の技能レベルの可視化（入場率を考慮した作業員の年齢と経験年数の関係グラフ）

会社が多く、複合型の施工体制となる時に、各構成会社の特徴をつかむ上で有効な手法である。

## 5. 主力と応援作業員の可視化

### (1) 主力と応援の作業員

作業所内の実態として、定常的に作業所へ入場する「主力作業員」と短期的な必要人員増に応じて入場する「応援作業員」が存在し、応援の大小は管理の負荷や品質・安全に影響をおよぼす因子と考えられる。ここでは、安全書類から得られる作業員の属性情報に、入退場管理から得られる作業員の入場回数の情報を付加して表現した、主力と応援作業員の可視化手法を示す。

### (2) 作業員の入場率分布

図-5は施工体制単位の主力と応援を可視化するため、施工体制として作業があった期間に対する個々の作業員の入場日数の割合を、割合が高い順に並べた「作業員の入場率分布図」で、横軸の最大値が入場作業員の総数となっている。このグラフでは、全工事期間中に同じ作業員が同じ人数で入場した場合、長方形のグラフが描かれることになる。逆に人員の増減や入れ替わりが多く、入場回数の少ない作業員（応援）が多いほど、入場率（作業員個人の入場日数/施工体制としての作業日数）が低く推移するグラフが描かれる。

図-5のボード工①と、型枠大工①（各職種左側のグラフ）を見てみると、入場率の高い作業員から低い作業員までがほぼ直線的に減少し、グラフが三角形に近い形状

となっている。一方、ボード工②と型枠大工②（各職種右側のグラフ）は、入場率の高い作業員が極端に少なく、グラフが下側にへこんだ形状となっている。作業所において工程上必要とされる労務人員の増減の影響もあるが、右側のボード工②と型枠大工②は、一部の主力作業員の下、応援作業員が入替りながら作業を行っていたと推察できる。今回の調査範囲では、右側のグラフのような入場率の少ない傾向を示す施工体制のほうが支配的であった。作業所においては工程の進捗や工法、そして天候などによっても、日々必要な人数が変化することが多いため、労務量調整の役割を果たす応援の作業員を無くすことは難しい。しかし、左側のボード工①と型枠大工①のように主力がある程度固定されている方が、指導や管理が行き届くという点で有利であり、その結果として品質・安全面のリスク低減につながる事が考えられる。そのため、このようなグラフで主力と応援の関係を、定期的に確認していくことが有効であると考えられる。

### (3) 主力作業員の技能レベルの可視化

図-6は、4章で示してきた作業員の年齢と経験年数の関係グラフに、前項の入場率（作業員個人の入場日数/施工体制としての作業日数）の影響を組入れることによって、主力作業員の技能レベルの可視化を試みたものである。グラフ中の記号●や■が主力作業員、記号△が入場率50%未満の応援作業員と仮定した。図-5と図-6の上下のグラフは、同一の施工体制のデータとなっている。

図-6のボード工①とボード工②、型枠大工①と型枠大工②をそれぞれ比べると、主力作業員の数に差があるこ

とがわかる。主力の技能レベルに着目してみると、1次会社が同一であるボード工は、ボード工①の方に経験10年以上の主力作業員を多く送り出していたことがわかる。一方、型枠大工では、型枠大工①がエキスパートの作業員を主力として送り出していたのに対し、型枠大工②では途中入職の応援作業員を多く送り出していたことが読み取れる。このように、入場率の影響を組入れて作業員の年齢と経験年数の関係を見た場合、同一職種内の傾向が異なるのに加え、同一の1次会社であっても作業所によって傾向が違うものも確認できた。これには専門工事会社の労務環境だけではなく、工期・工法・コストといったさまざまな生産プロセスの要因も影響していると考えられる。

(4) 工法により労務が安定した事例

図-7に安定した労務環境を工法で実現した例として、上部躯体工事においてシステム化工法（DOC工法：多工区同期化工法<sup>4)</sup>）を採用した作業所での労務環境の可視化事例を示す。ここで利用した作業員のデータは、システム化工法を採用した約3ヶ月間に従事した鉄筋工を抽出したもので、該当期間においてタワークレーンのクライミング等で、サイクル工程の調整日となった日のデータは省いている。

このシステム化工法は、製造業における流れ作業のように、毎日分割した工区間を作業員が移動し、同じ作業を繰り返しながら躯体を構築していくものである。図-7の入場作業員数のグラフを見てもわかるように、期間全般にわたり労務量が安定している。また作業員の入場率分布を見ても、図-5のものと比較すれば、約半数以上が入場率50%を超えており、人員固定が図られていた状況が確認できる。主力作業員の技能レベルの可視化のグラフでは、エキスパートの人材が送り出されている様子を見ることができる。このような結果は、専門工事会社にとって急な応援要求に応じて労務を調達するような場合と比べ、日々の必要労務が安定し、作業内容も明確であることが、計画的な人員配置を可能とし、技能レベルの高い作業員を安定的に配置しやすいことの現れであると推察する。このような生産プロセスの改善は、労務環境の改善に大いに貢献すると考えられる。

6. 労務環境可視化機能を用いた予防型管理

(1) 労務環境可視化機能の展開と予防型管理

今回示した可視化手法は、Foreman.net上で図-8に示すWEB画面やEXCEL帳票によりタイムリーに活用可能な環境を構築して作業所へ提供している。さらに、この

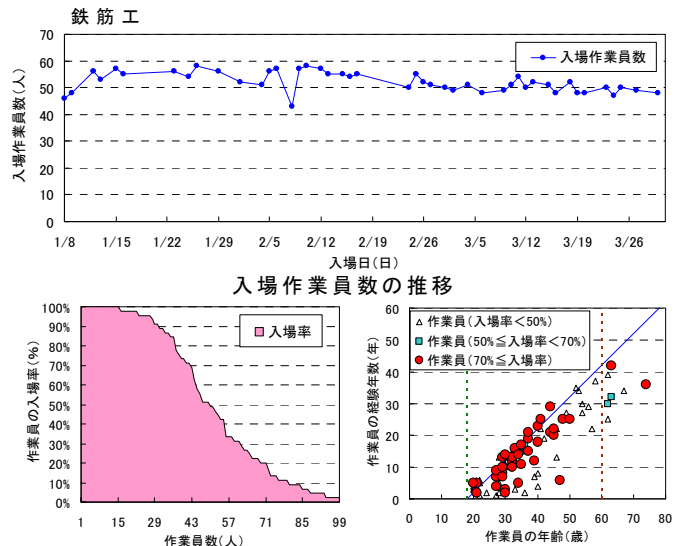


図-7 工法により労務が安定した事例

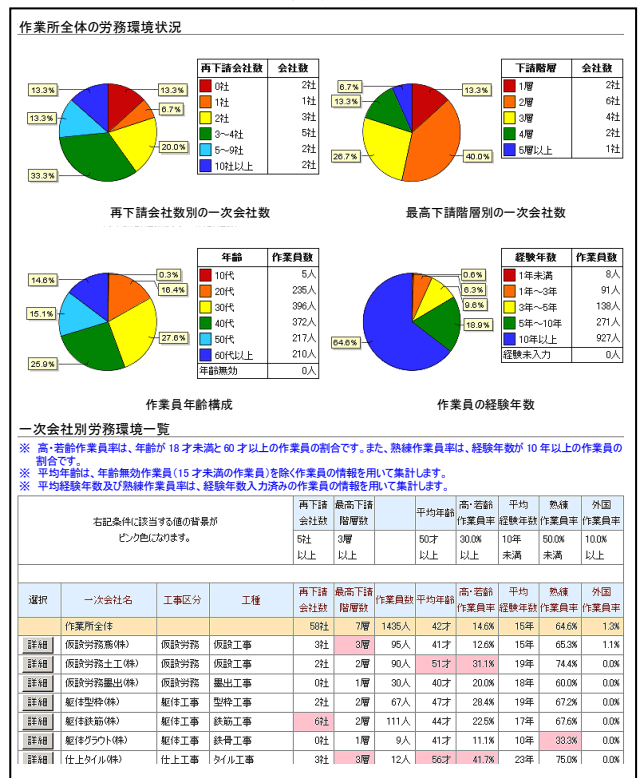


図-8 労務環境可視化機能 WEB 画面例

環境は作業所だけでなく元請の管理部門や専門工事会社（自身が関係する施工体制の範囲内）にも Foreman.net 上で公開し、労務環境の情報を共有できる仕組みとして、多くの作業所を統括管理する元請の管理部門であれば、複数の作業所の労務環境を横断的に把握することで、品質や安全に対する施策などへの展開が期待できる。また、実務に従事する専門工事会社が、自身の施工体制における労務環境の問題に気づき、自らの労務環境を改善することができれば、元請からの一方的な労務環

境の是正指示があるだけの場合に比べ、労務環境がおよぼすリスクを低減できる確率が高くなると考える。

以上のように、安全書類や入退場の情報を利用して「施工着手前」および「施工中」に専門工事が組む施工体制のポテンシャルや技能レベルを把握し、専門工事会社との協議により管理のポイントを明確にすれば、少なからず施工中の品質・安全面におけるリスクを減少させることができると考えている。施工させたものを検査し修正させるという「結果の管理」が主体となっている建設業にとって、これまで述べてきたような「予防型管理」は、品質や安全面の向上のみならず生産性の向上にもつながると考えている。

### (2) 技能レベルの評価に関する課題

4章での可視化結果と、作業所の歩掛りや専門工事会社の品質・安全成績との検証を部分的に行ったが、今のところエキスパート型の施工体制の歩掛が高いといった、明確な相関は発見できていない。これは、図-9に示すように生産プロセスにおいて、工期やコスト、選定工法など施工結果に影響する与条件が多岐に渡り、かつ互いに影響しあう複雑な関係にあるためと考えられる。しかし、優秀な作業員が安定的に作業所に配置されている方が品質や安全面で有利であることは間違いのないことで、今回示した可視化手法を用いて、これまで把握が困難であった労務環境の一部を評価するための環境を構築できたことは、大きな前進と考えている。これからは、工期やコストの条件と同様に、事前に専門工事会社の労務環境を把握して対処（管理）していくことが、労務の「質」を向上させる上で重要だと考える。さらに、施工完了後のデータを数多くフィードバックさせることで、作業所規模や地方性などといった特性も反映させ、可視化可能な情報と実際の「技能」とのギャップを少しずつ埋めていく努力が必要であると考えている。

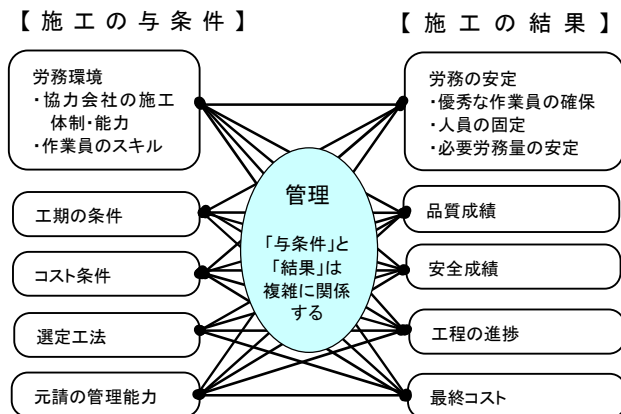


図-9 生産プロセスにおける与条件と結果の関係

## 7. おわりに（結び）

本研究で示した予防管理のための手法を以下にまとめる。

- ① 作業員の技能レベルが個人の年齢と経験年数に仮定すると仮定し、その集合体として各職種の施工体制を分析することにより、各職種の労務環境の特性を適性に評価する手法を提案した。
- ② 個々の作業員の情報に日々の入場実績の情報を組入れことで、主力作業員と応援作業員の可視化手法を提案した。
- ③ システム化施工を採用した事例に、これらの手法を用いることで労務環境の改善状況を可視化できることを示した。

先の東日本大震災の影響や、建設業が長く抱えている作業員の高齢化や後継者不足などの問題が深刻化した場合、今後労務環境から波及するリスクは一層大きくなっていく可能性がある。総合建設業としては、今回提案した可視化手法などにより、作業所内の労務環境を適正に評価し、リスクを最小化する「予防型管理」を実現していくことが、品質や安全確保のうえでますます重要になってくると考える。そのため、さまざまな分析を通して、複雑に絡み合う生産プロセスの与条件と結果の関係を紐解き、「予防」の精度を上げていく必要がある。

**謝辞：**本研究を行うに当たり芝浦工業大学蟹澤宏剛教授に貴重なアドバイスをいただきました。また分析作業で協力いただきました芝浦工業大学蟹澤研究室（当時）の穂積里奈氏、浜野瑠美氏、長沢克紀氏をはじめとする関係諸氏に感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) 大鐘大介，手塚慎一，戸倉健太郎 ほか：施工管理プラットフォーム「Foreman.net」の開発，三井住友建設技術研究所報告，Vol.6,pp.179-184,2008.11
- 2) 手塚慎一，蟹澤宏剛，戸倉健太郎 ほか：総合建設業の建築工事作業所における労務環境に関する研究 作業員個人の集合体として捉えた労務環境の可視化と分析，建築生産シンポジウム，Vol.27,pp.85-92,2011.7
- 3) 蟹澤宏剛，秋山哲一，岩松準：技能労働者の処遇に関する研究，日本建築学会計画系論文集，Vol.74，No.640,pp.1419-1424,2009.7
- 4) 戸倉健太郎：DOC（ワンデイワンサイクル）工法の展開と進化，建築技術，pp.68-75,2010.4