内部仕上工事における詳細工程計画手法の開発

施工プロセスチャート手法による工程計画に関する研究 (その3)

DEVELOPMENT OF CONSTRUCTION SCHEDULING METHODS FOR INTERIOR FINISHING WORKS

Construction planning and scheduling with construction process chart (Part 3)

大沢 幸雄*
Yukio OSAWA

The previously reported papers proposed new systematical methods based on "Construction Process Chart" to solve resource levelling and term shortening problems on a construction project, and then the proposed methods were adapted to the some practical structural works, which proved they would greatly contribute to the successful usage of construction planning phase.

In connection with the detailed planning and scheduling for construction process, this paper cleared characteristics of interior finishing works, and pointed out essential algorithm of planning and scheduling procedure. Moreover, the author adapted these methods to the practical interior finishing works, which examined effectiveness of them as much great usefulness as the practical structural works.

Keywords : construction scheduling , Process Chart methods , interior finishing works
工程計画、プロセスチャート手法、内部仕上工事

1. 緒言

内部仕上工事の工程は、複数の階・工区などの建物全体における用途や仕上仕様の異なる多種多様な部屋を対象として、各種作業が同時並行的に展開されていく。このため、内部仕上工事の工程は複雑なものとなり、その計画手法についても、未だ確立されているとはいえない。

「施工プロセスチャート手法」では、工程を詳細に検討した上で多くの計画事項を総合的に捉え、且つ、計画者が効率的に立案出来る計画手法の開発を目指している。既報(その1)¹⁾では、建築工事における工程編成の要点を整理すると共に、それに基づく計画アルゴリズム²⁾を提案し、計画テーブルという概念を用いて工程計画を立案する体系的な手法を開発し、その基本的な考え方を示した。

既報(その2)³⁾では、建築工事における作業空間の特性を工程計画の重要事項として捉え、作業工区を有効に活用する方法論・アルゴリズムを開発し、基準階躯体工事において本方法論が有効であることを検証した。

本報では、まず、内部仕上工事の工程編成の特徴を踏まえ、計画において重要視すべき計画の要点・計画アルゴリズムを明らかにした。次に、提案した計画テーブル・計画アルゴリズム、作業空間計画方式を実施工事に適用し、本方法論の有効性を検証した。

2. 内部仕上工事の工程編成と計画アルゴリズム

2.1. 内部仕上工事の工程計画に関する既往の研究

建築工事の内部仕上工事を対象とした既往の研究として、古くは二階の研究があり、最近では安藤・佐藤・浦江ら、筆者・家田・鈴木ら、乙部・和多田・服部らの研究がある。

二階は、超高層ビル建設における工期短縮及び労務平準化のための管理方式として、基幹工程の所要日数を一定とした「連続繰り返し方式」を提唱した³⁾。安藤らは、内装工事における「階数による工区分割」を多工区同期化問題として捉え⁴⁾、実際の作業の実施が「サブ工区分割(工区や工程の部分分割)」して行われることを指摘した^{5,6,7)}。

筆者らは、仕上工事工程の特徴を考慮した計画手法の開発を目的として、「室を単位とした管理区分」を提案し^{8,9)}、また、内部仕上工事においては、同一作業場所での作業の順序関係よりも作業員を固定化して連続的に作業工区に割り当てることの重要性を示すと共に、「工期調整のための方策(工区分割、手順分割、資源増強、工期の延伸、工法変更)」を示唆した^{10,11,12)}。

乙部らは、内部仕上工事へのネットワーク手法の適用を目指して、「室用途工区」の考え方を示し、「施工速度ダイヤグラム」による資源平準化の方法を提案している^{13,14,15)}。

* 大成建設 FM 推進部 FM システム
FM システム計画室長・博士(工学)

Manager, Facility Control Planning Sect., Taisei Corporation, Dr. Eng.

上記に示す如く、内部仕上り工事の工程計画においても、その工程編成の特徴を指摘し改善を図るための研究が行われているものの、工程計画における各計画事項（建物要素、作業空間、投入資源、作業内容、作業時間）を総合的に判断する計画手法は確立していない。また、研究内容が日程計画に偏重しており、内部仕上り工事の手順計画に触れたものは皆無である。

2.2. 内部仕上り工事における工程編成の特徴

内部仕上り工事においては、内部空間を構成する「室」の用途や機能によって仕上り仕様が異なり、これに伴い作業内容・作業順序もそれぞれ固有のものとなる。従って、同一階においても事務室・廊下・便所等、異種の工程が混在するため、階または作業工区を単位とする計画に加えて、各室の用途・仕上り仕様を考慮した「用途工区」^{注2)}に基づく計画が必要になる。

また、同一用途工区においても、建築工事と設備工事が複雑に絡み合い、工種別・作業内容別に細分化・専門化された多くの職種が、輻輳しながら作業を実施して行く。従って、同一用途工区において、作業手順・作業場所を調整することにより、同時に複数の作業が並行して実施できる様な計画が重要になる。

さらに、躯体工事では同一作業空間における「部材単位の追掛け作業^{注3)}」が主であるが、内部仕上り工事においては階・工区・室等の「作業空間を単位とする追掛け作業」が多く、これらの作業が多くの階・工区・室で並行して実施される。従って、作業者の連続使用を考慮した作業空間の実施順序を、明確に計画しなければならない。

以上の如く、内部仕上り工事の工程においては、「各用途工区における作業の実施順序」と「各作業者が作業を行う作業空間の実施順序」とが混在し、工程計画を複雑で曖昧なものとしている。

2.3. 内部仕上り工事の作業空間計画方式と計画アルゴリズム

内部仕上り工事においては、内部空間を構成する「室」の用途・機能によって仕上り仕様が異なるため、手順計画においては計画アルゴリズム〔作業の抽出と技術的順序の検討〕が重要な計画になる。また、内部仕上り工事の工程はアクティビティの数が多く、建築工事・設備工事が輻輳して作業が進められる。さらに、同一階・工区、室において各種作業を並行化・協調化し、手待ちの解消・工期の短縮を図りつつ、作業者の安定的な就労を計画する必要がある。このため、計画アルゴリズム〔作業の並行化・協調化の検討〕が特に重要視される。これにより、同種仕様の室を纏めた「各用途工区における作業の実施順序」が設定され、各作業に従事する作業者が編成される。

次に、「各作業者が作業を行う作業空間の実施順序」を明らかにする必要がある。内部仕上り工事においては、既に躯体が出来上がった複数の「階・工区」で作業が可能であり、さらに、一つの「階・工区」を複数の「用途工区・室」に細分化することが出来る。このため、作業空間の計画方式として「作業空間優先方式」^{注4)}を採用することが妥当であり、各種作業に従事する作業員を固定的・連続的に作業空間に割り当てる計画が重要になる。即ち、作業空間の計画方式としては「作業空間優先方式」を採用することとし、計画アルゴリズム〔作業工区の設定〕、〔作業実施の連続化〕、〔作業空間の連続化〕に基づく検討が工程計画立案の要めとなる。

3. 内部仕上り工事における施工プロセスチャート手法の適用

3.1. 中規模共同住宅への適用事例

3.1.1. 建築工事の概要と工程計画の内容

計画の対象とした建築工事の概要を、表-1に示す。本事例は、鉄筋コンクリート造の中規模な共同住宅であり、基準階の内部仕上り工事（2階～9階）について、本手法で提案した計画テーブル及び計画アルゴリズムに従い、計画の立案を実施した。

表-1 計画の対象とした建築工事の建物概要（その1）

建物用途	共同住宅	階数	地下1階、地上9階、塔屋1階
敷地面積	1,356㎡	軒高	25.3m
建築面積	427㎡	基準階階高	2.85m
延床面積	3,133㎡	構造	鉄筋コンクリート造（在来工法）
基準階床面積	476㎡	工期	1992年9月～1993年8月

基準階は7戸の住戸から成る住戸用途工区、外廊下・外部階段で構成される共用用途工区及び外部バルコニーに分けられるが、共用用途工区とバルコニーは外部にあるため外壁を含めて外部仕上り工事として扱った。このため、内部仕上り工事の工程計画においては、7住戸を1工区として、水平工区分割を行わない「階」を単位とした単純な作業空間優先方式を採用した。但し、住戸外壁面に設けられる建具・ガラスは、内部仕上り工事の工程に組み込む計画とした。

住戸の内部仕上り工事は在来工法による標準的な仕様であり、手順計画においては、計画アルゴリズム〔作業の並行化・協調化〕を重要視した。また、日程計画においては、計画アルゴリズム〔作業実施の連続化〕、〔作業空間の連続化〕を特に重要な計画とした。

3.1.2. 作業内容・建物要素計画テーブルによる計画

本事例の内部仕上り工事は住戸部分のみで構成されているため、住戸を対象として、手順計画を立案した。即ち、既報で提案した「施工プロセスチャート手法」に従い、計画アルゴリズム〔作業の抽出と技術的順序の検討〕を用いて作業の拾い出しを行った。続いて各部位の工法・作業方法を検討し、これら作業の技術的前後関係を流れ線で結合することによって、作業内容・建物要素計画テーブルを作成した。

以上の検討結果を内部内壁について示したものが、図-1.aである。同図を検討することによって〔作業の並行化・協調化〕に関する計画アルゴリズム・同規則を適用し、計画テーブル上でその並行化・協調化の可能性を検討した過程が図-1.bである。即ち、同図の「仕上基準墨出し」はその直前の作業「P S内先行配管」の終了とは関係なく開始することが出来、また、「S D枠取付」も「P S間仕切りC B積」の終了を待たずに開始可能である。これらを直列の作業系列から外し並行化した後、順序関係の再検討を行い各作業の先行及び後続作業を設定した。

さらに、同一職種の協調化、追掛け作業の協調化について検討を加えた。同図において、造作大工（建具木枠取付、先行金物取付、押入れ・物入造作）と設備工（設備配管配線）とで作業チームを編成することが判る。以上の検討過程によって図-1.cの如く作業の並行化・協調化を考慮した工程とすることが出来た。これらの検討を天井及び床などについても行った後、各部位間の相互関連性を検討し、それぞれの部位間で整合した順序関係を設定した。

図-1 作業の並行化・協調化の検討過程（内部内壁の例）

表-2 主要作業と優先資源の決定

日程区分	所要日数	建築工事		設備工事	
		主要作業	主要職種	主要作業	主要職種
A	7日	・仕上基準墨出し ・内外建具、ガラス取付	墨出し工 建具工	・天井内ダクト吊込、配管 ・P S内先行配管、床転し配管	空調工 衛生工
B	2日	・外壁面内窓断熱ウレタン吹付 ・ユニットバス取付	吹付工 U B工		
C	8日	・壁、天井本軸組立 ・内部造作	※造作大工(1)	・ユニットバス配管 ・壁、天井配管・配線	電気衛生 空調工
D	7日	・壁、天井ボード張り ・床ベニヤ張り	※造作大工(2)	・壁、天井ボード開口	電気衛生 空調工
E	6日	・床コンクリート、モルタル塗 ・床セルフレベリングモルタル塗り	※左官工		
F	6日	・額縁、建具面塗装 ・各所塗装仕上げ	※塗装工		
G	6日	・天井、壁クロス張り	※内装工(1)		
H	5日	・床シート張り ・巾木取付	※内装工(2)	・空調、換気器具取付	空調工
I	3日	・流し、洗面台取付	雑工	・器具取付 ・作動試験、調整	電気衛生 空調工
J	3日	・クリーニング	雑工	・クリーニング	電気衛生 空調工

注1：造作大工(1)は本軸組・内部造作を主な作業とし、造作大工(2)はボード張り・ベニヤ張りを主な作業とする。

2：内装工(1)はクロス張りを、内装工(2)は床シート張りを主な作業とする。

3：※は優先資源を示す

続いて、計画アルゴリズム〔作業者の連続使用と資源投入量の設定〕を適用し、作業者人数の固定化・作業者の連続使用において優先すべき職種を定め、各作業への投入人数並びに所要日数を算定した。ここでは、造作大工、左官工、塗装工、内装工を優先資源^(注5)として捉え、優先資源が担当する作業の終了をもって日程区分を設けることとした。即ち、並行化・協調化された作業群の中で計画において優先する資源が担当する作業の開始（または終了）を日程区分とすることによって、内部仕上げ工事を表-2に示すA～Jまでの10の作業群に分割することが出来た。さらに、並行化された作業において、優先資源が担当する作業には人数を制約条件として所要日数を求め、他の作業では所要日数を工程に合わせて定めた後、その投入人数を算出した。

3.1.3. 作業時間・作業空間計画テーブルによる計画

2階～9階を作業空間系列として捉え、作業時間・作業空間計画テーブルを用いて日程計画を作成した。まず、手順計画の段階で求めたA～Jの10の作業群（表-2、図-2参照）について、計画アルゴリズム〔作業実施の連続化〕を用いて、各作業群を独立して2階から9階へ連続的に割り付けた。但し、余裕を持つ作業については最遅開始を用いることとした。ここで、各階の施工数量の違いに対しては、その投入人数を固定して、所要日数を変化させることで対応した。

この結果、最初に実施した作業の割り付け結果では、最上階（9階）におけるT L（作業の空き）が大きくなり、全体所要日数を満

足しなかった。即ち、造作工事に着手する前段階の作業群A、Bを連続化することにより最上階のT Lが大きくなり、これらについては、2ないし3フロアを単位として再度作業を連続化する必要があることが分かった。そこで、計画アルゴリズム〔作業空間の連続化〕に基づき、作業群A、Bについて作業空間への割付方を再検討した。

この結果、作業員を増員することなく、最上階におけるTLを最小化し、全体所要時間を満足することが出来た。最終的に採用した作業時間・作業空間計画テーブルを、図-2に示す。同図においては、作業群A及びBではRL（資源の手待ち）が発生しているが、C～Jの作業群においては固定した作業人数で、手待ちなく作業の連続実施が可能となった。

表-3 計画の対象とした建築工事の建物概要（その2）

建物用途	事務所	階数	地下2階、地上34階、塔屋1階
敷地面積	20,176㎡	軒高	145.4m
建築面積	6,178㎡	基準階階高	4.0m
延床面積	110,918㎡	構造	地上部鉄骨造
基準階床面積	2,631㎡	工期	1992年4月～1994年3月

図-2 内部仕上工事の作業時間・作業空間計画テーブル

採用し、最終的に各工区の整合を図った。なお、外壁P-C板に取り付けられるアルミサッシは外周部内部仕上工事の工程に組み込む計画とした。また、本事例は極めて短工期のため、計画の立案に先立って、以下に示す計画の基本方針を定めた。

- 1) 両用途工区を区画する耐火間仕切りは中央部に取付られるので、中央部共用用途工区を先行して施工する。
- 2) 各工区共に3日を日程区分の単位とし、躯体工事の日程区分と同期化させる。
- 3) 各職種の作業量に合わせて作業員の固定化・連続化を計画し、各作業チームの安定した就労を図る。

手順計画においては、外周部と中央部との技術的前後関係など工区間の相互関連性の検討が重要な計画となる。また、日程計画においては、計画アルゴリズム〔作業工区の設定〕、〔作業実施の連続化〕、〔作業空間の連続化〕・同規則を特に重要な計画とした。

3.2.2. 作業内容・建物要素計画テーブルによる計画

事務室用途工区及び共用用途工区の二つの内部仕上工事を対象として、手順計画を立案した。以下では、本事例の主用途である事務室部分を取り上げ、手順計画の内容を述べる。

前節で示した事例と同様に、まず、計画アルゴリズム〔作業の抽出と技術的順序の検討〕、〔作業の並行化・協調化〕に従い、各部位ごとに作業実施順序を設定した。

この検討結果を内部天井について示したものが、図-3である。同図において、建具工（AW取付、ブラインドボックス取付）と金属工（柱パネル下地、複合耐火壁下地取付）の二職種とで作業チームを編成することが判る。これらの検討を内壁、床等についても行った後、各部位間の相互関連性を検討し、それぞれの部位間で整合した順序関係を設定した。

続いて、計画アルゴリズム〔作業者の連続使用と資源投入量の設定〕を適用し、日程区分と各作業への投入人数を求めた。ここでは、墨出し工、建具工、吹付工、金属工、内装工等を優先資源として捉え、これらの職種が担当する作業の終了をもって日程区分を設定し、内部仕上げ工事を表-4に示すA～Kまでの11の作業群に分割することが出来た。なお、所要日数・投入人数については、躯体工事の進捗と同期化させるために日程区分の単位を予め3日間と定め、3の整数倍の所要日数（3、6、12日）を前提条件として、各作業の作業量と歩掛りから資源投入量を算出した。

これらの検討を中央部（共用用途工区）についても行い、外周部と同様に3日間を日程区分の単位としたA～Iまでの9つの作業群（図-4参照）に分割することが出来た。続いて、中央部と外周部との相互関連性の検討を行い、工区間の技術的前後関係を設定した。即ち、図-4に示す如く、これらの関係を流れ線（図中の*1,*2）で結合すると共に、中央部と外周部先行工区（1工区）との開始時間の

3.2. 超高層事務所建築への適用事例

3.2.1. 建築工事の概要と工程計画の内容

計画の対象とした建築工事の概要を、表-3に示す。本事例は、鉄骨造の大規模・超高層事務所建築であり、基準階の内部仕上工事（4階～33階）について、本手法で提案した計画テーブル及び計画アルゴリズムに従い、計画の立案を実施した。

基準階内部仕上工事は、外周部の事務室用途工区と、中央部の共用用途工区とで構成されており、床面積の大きい外周部を二つの水平工区に分割した。これら3つの作業工区をそれぞれ独立した工区として捉え、各工区ごとに「階」を単位とした作業空間優先方式を

図-3 作業の並行化・協調化の検討過程（内部天井の例）

ずれ（LG）を、6日間に設定し用途工区間の整合を図った。また、外周部先行工区（1工区）と後続工区（2工区）との開始時間のずれについては3日間とし、躯体工事との同期化を図った（図-6参照）。

表-4 主要作業と優先資源の決定

日程区分	所要日数	建 築 工 事	設 備 工 事
		主要作業	主要職種
A	6日	・基準墨出し、仕上墨出し ・片付け清掃、床ケレン	墨出し工 雑工
B	6日	・A.W取付 ・ガラス取付	建具工 ガラス工
C	6日	・耐火被覆吹付 ・断熱材吹付	吹付工(1) 々(2)
D	6日	・柱・壁LGS組立、柱パネル取付 ・トリ詰め	金属工 左官工
E	6日	・壁プラスターボード張り ・壁エッジジョイント下塗り	内装工 塗装工
F	12日	・システム天井下地組立	内装工
G	6日	・天井ボード張り ・壁エッジジョイント中・上塗り	内装工 塗装工
H	6日	・床防塵塗装 ・ベリカウンター取付	塗装工 金属工
I	6日	・フリーアクセスフロア組立	内装工
J	6日	・ビニール巾木張り ・タイルカーペット敷き	内装工
K	6日	・試験、調整 ・クリーニング	雑工

注：主要職種欄に示すすべての職種を、優先資源として計画している。

図-4 中央工区と外周工区との技術的前後関係

3.2.3. 作業時間・作業空間計画テーブルによる計画

4階～33階を作業空間系列として捉え、作業時間・作業空間計画テーブルを用いて日程計画を立案した。まず、中央部と外周部とに用途工区を分割し、さらに、外周部を二つの作業工区に分割した。以下では、外周部における計画を詳しく述べる。

まず、計画アルゴリズム〔作業工区の設定〕に則り、外周部の各工区の作業量を極力均等化した。また、主要作業を担当する優先資源の作業チーム数は、作業工区の数に合わせて各工区それぞれ1チーム（即ち、外周部2チーム）として計画した。

次に、手順計画の段階で求めたA～Kの11の作業群（表-4参照）について、計画アルゴリズム〔作業実施の連続化〕を用いて、各作業群を独立して4階から33階へ連続的に割り付けた。割り付けに際しては、優先資源が担当する作業については一つの「階」を2チーム（即ち、一つの「工区」に各1チーム）で担当し、一つの「階」が終了すれば直上階に進む方式を採用した。

この結果は目標とする所要日数を満足することが出来ず、計画アルゴリズム〔作業空間の連続化〕・同規則を用いて、割り付け方式の再検討を行った。また、各作業の所要日数は基本方針に基づき3日の整数倍を基本としたが、全ての作業をこの前提条件で統一することは困難であった。即ち、作業によっては4日ないしは2日間が妥当なものもあり、これらについては、図-5に示す「重複型による日程調整」の考え方を導入した。

同図においては、先行作業と後続作業とをTdだけ重複させている。これは、原則的に複数の作業空間を有する内部仕上工事に見られる「追掛け作業」の一形態であり、「階・工区・室を単位とする追掛け作業」を有効に活用することにより、多工区同期化施工の可能性を検討することが出来る。

本事例の外周部において、最終的に採用した〔作業空間の連続化〕規則を図-6に示す。即ち、各日程区分における各作業の作業量に応じて、表-5に示す4つの＜規則＞を設けた。以上の検討に基づき、最終的に図-7に示す「作業時間・作業空間計画テーブル」を作成し、RL（資源の手待ち）・TL（作業場所における作業の空き）を排除すると共に、各作業の所要日数を3日の整数倍として躯体工事工程とも同期化した計画を得ることが出来た。

〔凡例〕 T：日程区分の所要時間

Td：同一工区内における先行作業と後続作業の重複作業時間

1,2：作業工区

a. 標準型

b. 重複型

注：Tdは以下に示す工程上の特性により発生し、このTdの活用は工程計画の適正化に有効な考え方である。

1. 同種仕様の作業空間が広範囲に存在するため、サブ工区分割が行われる。
 2. 雨・風等の自然現象の影響が少なく、作業時間の延長が可能である。
 3. 仮設・本設電気等の利用が易く、作業時間帯の融通がきく。
 4. 工区間の移動には段取替え、養生などの準備作業を伴う。
 5. 作業の進捗に伴い、作業領域が徐々に減少する。
 6. 部分的な残工事やダメ仕舞い、片付け等の後仕舞い作業を伴う。
- このため、先行作業では、同一工区内の最終サブ工区に少数を残し、主力部隊は次の工区へ進む。また、後続作業は先行作業が終了しているサブ工区から順次作業を着手することが可能になる。

図-5 「重複型による日程調整」の考え方

4. 適用事例における施工プロセスチャート手法の検討

4.1. 中規模共同住宅への適用事例

用途工区が住戸部分に限られており、また、工区分割を行わない「階」を単位とした単純な「作業空間優先方式」を採用した事例である。本事例においては、以下に示す施工プロセスチャート手法の有効性を確認することが出来た。

- 1) 工区分割を行わない作業空間優先方式においては、工期の短縮には同一階における作業の並行化・協調化が避けられないが、これらの検討を計画テーブルと計画アルゴリズムを用いることによって、視覚的にその可能性を検討すると共に作業の順序関係・実施順序との調整を容易に行うことが出来る。
- 2) 多くの職種による多様な作業が同時並行的に進行するため、優先資源が担当する作業の開始（または終了）をもって日程区分を設定することにより、手順計画で得られた工程系列を日程計画の単位となる日程区分（作業群）に分割することが出来る。
- 3) 作業チームを固定化して連続的に作業工区に割り当てることが重要であり、〔資源の平準化〕よりも〔作業実施の連続化〕、〔作業空間の連続化〕がより重要なアルゴリズムとなる。〔作業空間の連続化〕・同規則を用いれば、作業員の安定的な就労と工期の短縮とを、作業チームごとに具体的に検討することが出来る。
- 4) 作業工区が単一で且つ階数が少ないため、全ての作業チームを連続して就労させることは困難であり、優先すべき資源を限定することも必要となる。しかしながら、計画アルゴリズムに基づき繰り返し検討することにより、更なる適正化を図ることが可能である。

4.2. 超高層事務所建築への適用事例

本事例は、事務室用途工区と共用用途工区の二つの用途工区で構成され、更に、前者を二つの作業工区に分割した。このため、手順計画は施工内容の異なる事務室部分と共用用途部分とに分けて計画し、最終的にこれら二つの用途工区間の相互関係、事務室用途工区における作業工区間の相互関係を検討し、これらの整合を図った。本事例においては、以下の有効性を確認することが出来た。

- 1) 同一階において用途工区が二つに分かれていても、それぞれについて単独に手順計画を立案することができる。また、外部仕上工事との関係を事前に検討することによって、内部仕上工事の範囲を明らかにすることが出来る。
- 2) 各用途工区の先行・後続関係、用途工区間の技術的前後関係、開始時間のずれを設定することにより、複数工区間の相互関連性を整合することが可能である。
- 3) 多工区・超高層など作業空間の数が多い事例では、〔作業空間の連続化〕において多様な＜規則＞を適用することが可能となり、作業量に合わせて作業チームの数・所要日数・作業工区への割り付け方法を検討することが出来る。
- 4) 各日程区分の所要日数の統一（多工区同期化）を検討することにより、多工区同時施工が可能となり、工期の短縮を図ることが出来る。
- 5) 内部仕上工事に多く見られる「階・工区・室を単位とする追掛け作業」を有効に活用し、「重複型による日程調整」の考え方を導入することは、〔作業空間の連続化〕に有効である。

a. 4チームを1階置きに割り付ける方法（所要日数6日の場合）

b. 4チームを1階置きに割り付ける方法（先行8日、後続4日の場合）

c. 2チームを1階置きに割り付ける方法（先行3日、後続3日の場合）

d. 2チームを1階置きに割り付ける方法（先行4日、後続2日の場合）

〔凡例〕N,N+1：施工が行われる「階」を示す。 1,2：作業工区を示す。 (1),(2)：作業チームを示す。

図-6 職種毎に検討した〔作業空間の連続化〕規則

表-5 本事例において採用した〔作業空間の連続化〕規則

〔a. 4チーム方式・1工区所要日数6日間〕図-6.a参照

作業量の大きい資源については、2つの階の各作業工区にそれぞれ1チーム（合計4チーム）を投入し、その所要日数を6日間とし、1階おきに割り付ける方式とする。

〔b. 4チーム方式・1工区所要日数（8+4）日間〕図-6.b参照

但し、更に作業量が大きく6日間の所要日数では不足する資源については、先行作業と後続作業との和を12日とし、前者を8日、後者を4日とし、上記と同様に1階おきに割り付ける。

〔c. 2チーム方式・1工区所要日数（3+3）日間〕図-6.c参照

比較的作業量の少ない資源については、2つの階に各1チーム（合計2チーム）を投入し、各階における一つの工区の所要日数を3日間とし、1階おきに割り付ける。

〔d. 2チーム方式・1工区所要日数（4+2）日間〕図-6.d参照

但し、先行作業と後続作業がそれぞれ3日間とまらない場合は、前者を4日、後者を2日とし、上記と同様に1階おきに割り付ける。

〔凡例〕A,B,...：日程区分を示す
N,N+1,...：施工階を表す。

注. CT：1工区における1サイクルの所要時間
CT=6日×10日程区分+12日×11日程区分=72日

図-7 最終的に採用した作業時間・作業空間計画テーブル（外周部の例）

5. 結語

本報における結論をまとめると、以下の4つとなる。

- 1) 内部仕上工事の工程編成について考察し、工程計画において重要視すべき計画の要点・計画アルゴリズム、作業空間計画方式を明らかにした。
- 2) 既報で提案した「施工プロセスチャート手法」を内部仕上工事の詳細工程計画に適用し、本手法の計画テーブル・計画アルゴリズムが計画立案に効果的であることを明らかにした。

注)

- 1) 既報で提案した計画アルゴリズムを別表1～2に示す。

別表1.「作業内容・建物要素計画テーブル」で用いる計画アルゴリズム

- a. 作業の抽出と技術的順序の検討
 - 1) 建物要素と作業内容をそれぞれ部位とまとまり作業に分解する
 - 2) 計画テーブルの交点に必要な作業を抽出する
 - 3) 部位ごとに作業の実施順序を技術的に直列に定める
 - 4) 各作業を担当する職種を定める
- b. 作業の並行化・協調化の検討
 - 1) 直前の先行作業と一義的な前後関係を持たない作業を並行化する
 - 2) 先行（または後続）作業が同一職種ならば作業を並行化する
 - 3) 合番作業ならば作業を協調化する
 - 4) 追掛け作業ならば作業を協調化する
- c. 作業者の連続使用と資源投入量の検討
 - 1) 各部位間の先行及び後続作業を決定する
 - 2) 担当作業の職種を先行（または後続）作業の職種と同一化する
 - 3) 主要職種の作業を抽出し、これらが連続して使用できる作業実施順序を定める
 - 4) 計画において優先する資源を決定し、その作業への資源投入量を先に設定する
(所要日数＝作業量／資源投入量／歩掛り)
 - 5) 優先作業の所要日数に合わせてその他の並行作業への資源投入量を設定する
(資源投入量＝作業量／所要日数／歩掛り)

別表2.「作業時間・作業空間計画テーブル」で用いる計画アルゴリズム

- a. 作業工区の設定
 - 1) 優先資源の作業について、作業チームの数を決める
 - 2) 作業チームの数と同数となる様に作業工区を分割する
 - 3) 各工区における作業量を均等化する
- b. 作業実施の連続化
 - 1) 日程区分で区切られた作業群を単位として各単位ごとに独立して階や工区・作業箇所割り付ける
 - 2) 余裕のある作業群を最遅開始とし余裕を排除する
 - 3) 資源投入量を固定し、各作業空間における作業量の変動を所要日数で調整する
- c. 作業空間の連続化
 - 1) 作業チームの数を増やし、作業の空き(TL)をなくす
 - 2) 作業工区の数を増やし、作業の空き(TL)をなくす
 - 3) 作業空間への作業チームの割付方式を検討し、作業の空き(TL)をなくす
- d. 作業の同期化
 - 1) 隘路となる作業の資源投入量を増減し、作業時間を統一する
 - 2) 隘路となる作業の歩掛り（作業方法や工法）を変更し、作業時間を統一する
 - 3) 全体工程のクリティカルパス上にある作業の投入資源量・歩掛りを検討し、全体所要時間(TT)を短縮する
- e. 資源の平準化
 - 1) 作業を移動し、先行（後続）作業と並行化する
 - 2) 最大資源量を分割し、複数の日程に割当て
 - 3) 最大資源量を分割し、分割した作業を前後の作業と並行化する
 - 4) 日程計画の単位を更に細分化し、上記1)～3)のアルゴリズムを用いて再検討する

- 2) 用途工区：本稿では、建築平面を構成する各種用途ごとに壁体で区画された、同種用途・同種仕様の室を纏めた作業空間を用途工区とよぶ。
- 3) 追掛け作業：本稿では、内部造作工事の如く、木軸組立、押入・物入造作、設備配管配線などの作業が、前工程の部分的な終了を待って順次次工程が追掛けて行う作業形態をいう。
- 4) 作業空間優先方式：本稿では、多数階及び多工区に分割された多数の作業空間を持つ工事に適用する計画方式で、要素工程（作業または作業群）を連続的に作業空間に割り付ける作業空間の計画方式をいう。
- 5) 優先資源：当該工事において、作業量が大きく長期間に渡って継続的に投入される資源、1回の段取りに係わる費用・損料等が大きい資源、その時点で需給状況が逼迫している資源など、工程計画においてその資源活用を優先的に計画すべき資源をいう。

- 3) 「作業空間優先方式」を適用することにより、作業員・作業空間の連続化、作業時間の同期化等を論理的且つ視覚的に検討することが可能となり、日程計画の適正化が図れることを示した。
- 4) 本手法を用いることにより、数多くの計画事項（建物要素、作業空間、投入資源、作業内容、作業時間）を段階的且つ総合的に検討できると共に、工事条件に適応した工程計画の適正化が効率的に図れることが判った。

<参考文献>

- 1) 大沢幸雄、嘉納成男：工程編成の要点とその計画アルゴリズムへの展開、日本建築学会計画系論文報告集、第493号、pp.207～214 (1997.3)日本建築学会
- 2) 大沢幸雄、嘉納成男：資源配分適正化のための作業空間計画方式の開発、日本建築学会計画系論文報告集、第497号、pp.163～170 (1997.7)日本建築学会
- 3) 二階盛：超高層建築の施工における工程計画の合理化と工法の開発に関する研究、早稲田大学学位論文(1966.12)
- 4) 佐藤廣、遠藤裕造、他6名：多工区同期化工法を適用した集合住宅内装工事の計画と実施、第3回建築生産と管理技術シンポジウム論文集、pp.141～144、(1987.7)日本建築学会
- 5) 浦江真人、安藤正雄、他6名：超高層オフィスビルの内装仕上工事の工程管理手法に関する研究、第9回建築生産と管理技術シンポジウム論文集、pp.247～252、(1993.7)日本建築学会
- 6) 蟹沢宏剛、安藤正雄、他6名：内装仕上工事の工事計画手法に関する研究（その1）内装仕上工事工程の特徴について、建築学会大会学術講演梗概集、(1993.9)日本建築学会
- 7) R.B.Santos：高層オフィスビルにおける内装仕上工事工程計画・管理支援手法に関する研究、千葉大学学位論文(1995.1)
- 8) 家田高好、大沢幸雄：プロセス管理をベースとした施工管理のシステム化（その1）体系的施工管理方法概念と実施手順、第5回建築生産と管理技術シンポジウム論文集、pp.137～140、(1989.7)日本建築学会
- 9) 大沢幸雄：工程のタクト化による定常的施工管理、第2回建築生産と管理技術パネルディスカッション論文集、pp.73～80、(1991.2)日本建築学会
- 10) 家田高好：タクト工法における工程計画の手法、第1回「建築生産と管理技術」セミナー、pp.4-1～4-14、(1991.5)日本建築学会
- 11) 大沢幸雄：フローチャート手法による工程計画・管理とその実施事例、第7回「建築生産と管理技術」セミナー、pp.35～53、(1993.6)日本建築学会
- 12) 鈴木考之、島澤信明：建築工事の工程計画に関する研究（その1）部分工事分割・工区分割による工程計画、第10回建築生産と管理技術シンポジウム論文集、pp.357～364、(1994.7)日本建築学会
- 13) 乙部秋良、和多田淳一、他1名：電子計算機を利用したネットワーク工程図の作成に関する研究、第8回建築生産と管理技術シンポジウム論文集、pp.179～184、(1992.7)日本建築学会
- 14) 乙部秋良、和多田淳一、他1名：ネットワーク工程計画の方法に関する研究（その3）資源平準化とシステムの自動化について、第9回建築生産と管理技術シンポジウム論文集、pp.233～238、(1993.7)日本建築学会
- 15) 乙部秋良、服部勝興：ネットワーク工程計画の方法に関する研究（その5）階層構造化による工程計画、第11回建築生産と管理技術シンポジウム論文集、pp.177～182、(1995.7)日本建築学会

(1997年11月6日原稿受理、1998年3月3日採用決定)