

毎分写真撮影評価法による木造軸組工法住宅の施工人工数調査

- S I 化による施工合理性向上効果等の実態調査 -

主査 稲山 正弘*

委員 大澤 一実**, 蟹澤 宏剛***, 相馬 智明****, 大澤 宏實*****

木造軸組工法住宅の施工, 特に大工を中心とした内装造作工事における生産性を確認するため, 「毎分写真撮影評価法」を開発・試行した。その上で, 構法・施工手順の異なる2棟の新築現場について施工状況調査と比較を行った。2現場とは, 間仕切耐力壁があり, 間仕切壁先行施工・床後張施工の従来型方式による「一般棟」と, 間仕切耐力壁がなく, 床先行施工・間仕切壁後施工の「S I分離型棟」であり, 施工手順の違いによる生産性の違いを確認した。その結果, S I分離型施工において一定の施工合理化効果が認められた。また, 本評価法を用いて, 工具の使用量推移や, 工種ごとの要素作業量の集計などが可能であることを示し, その汎用性を示した。

キーワード: 1) 木造, 2) 内装工事, 3) 造作工事, 4) スケルトンインフィル, 5) 大工工事, 6) 施工人工, 7) 生産性, 8) 合理化, 9) 歩掛かり

THE EXECUTION INVESTIGATION OF THE WOODEN HOUSES BY "EVERY SHARE PHOTOGRAPHY"

- The investigation of the execution rationality improvement effect by SI -

Masahiro INAYAMA

Kazumi OSAWA, Hirotake KANISAWA, Tomoaki SOMA, Hiromi OSAWA

About the fixtures construction of the wooden house, we performed spot investigation with "every share photography evaluation law" that we developed originally.

Based on findings, we inspected it about the execution rationalization technique of the flooring. As a result, rationalization superiority was found by flooring precedent execution by the skeleton infill structure. We clarified a change of the use frequency about tools and nails, others. In addition, we specified the rate of operation of the construction spot and the change factor.

1. はじめに

木造軸組工法住宅の施工合理性は, 構造躯体のプレカット加工がかねてから進められ, その普及により飛躍的に向上してきた。継手・仕口の機械加工が実現し, 今や, より合理的とされてきたプレハブ系住宅と同等の生産性を確保する程度にまで進化している。躯体工事については既往の研究事例も比較的多く, ハード・ソフト両面から改善が進められている。

一方, 躯体上棟後, 工程が内装・造作工事に及ぶ段階では, その生産性は低下する。実際, 造作・内装工事は

全工程の大半を占めているのが現状である。これまでも, 使用部材の部品化・乾式化などにより, 一定の合理化が進められてきたが, 性能重視傾向や仕様の多様化が進んだこともあり, 思うような生産性向上が図れていない。

実社会においては一部の大手ビルダーには独自の合理的システムや工程管理手法が存在するが, 企業の優位性を保つためのノウハウという性質上, 社会に対しオープンなものとはなりにくい。結局, 大多数の施工現場, 特に地域ビルダーや工務店の現場においては大工の経験, あるいは勘に頼った施工手順で行われているのが内

*東京大学農学生命科学研究科 大学院生・博士課程

**芝浦工業大学建設工学科 教授・工博

***東京大学農学生命科学研究科 助教・農博

****東京大学農学生命科学研究科 准教授・工博

*****株式会社エコハウス 代表取締役

装・造作工事の状況である。こうした背景から、内装・造作工事の合理化への期待が高まっている。

一方、学術分野において、内装・造作工事に関する既往の研究事例は多くない。共同住宅やプレカット化以前の在来軸組工法住宅においては工数調査などの研究が進んでいるが、プレカット化以降の最近において、信頼できる結論の得られた調査事例は限られている。その理由は多々あるが、調査研究において大きな障壁となってきたのは、調査の省力化と精度確保両立の難しさである。工事の性質上、実作業以外にも多様な事象が生じるため、調査データのバラツキが発生しやすく、労力を抑えた調査手法では、そのバラツキ要因の特定が困難で、データの精度確保に至らない。また、工程が長期にわたることから、詳細すぎる調査では膨大な調査量・分析労力が求められ実現が難しいという側面がある。

そこで本研究では、既に木造軸組工法住宅の建方工事においてその効果を試行済である『毎分写真撮影評価法』を大工工事全体に適用し、その有用性を確かめた。また、調査結果を元に床材の部位別施工性評価を行ったほか、工程全体を通じての工具・接合具等の使用量の変遷をまとめるなど具体的分析を行い、調査データの活用方法を示した。

2. 調査方法

現場施工における調査方法として、VTR画像解析法や定点定時撮影による分析法などがあるほか、定時に対象を観測するワークサンプリング法も優れた調査法である。今、在来軸組工法住宅の内装・造作施工を詳細に調査しようとする場合、VTR画像解析法では、全作業を記録可能である半面、データ量の膨大さが問題となる。工程が長期に及ぶ内装・造作工事全体の調査分析手法としては、現実性に乏しい。定点カメラによる定時撮影方式では、調査労力が少ないことにメリットがある。だが、この場合、撮影可能範囲が限定されることが致命的であり、移動・変化する現場の作業状況に追従できない。特に内装工事段階では間仕切等により空間は細かく仕切られてゆくため、作業者の移動に合わせて調査者も移動するマンツーマン方式によらなければ、正確な記録を残すことは困難である。

一方、こうした点でワークサンプリング法はバランスが取れており、作業状況を定時に観測・記録することで、長期にわたる施工調査においても比較的簡単に、ある程度正確な調査データを残すことが可能である点で、有利と考えられる。ただし、この場合注意すべき点として、定時測定周期をどう設定するかが挙げられる。測定周期が長すぎる場合、短時間の繰り返し作業などで施工回数が正確に測定できないなどの問題が生じる。逆に測定間隔が短すぎる場合、調査者や分析者の負担増につながる。

既往の研究ではこの周期設定が原因で苦勞している事例が散見される。

今回実施する「毎分写真撮影評価法」は、ワークサンプリング法に比較的近いが、ワークサンプリング法が定時に行うサンプリング調査であるのに対し、本調査は大工の単位作業を原則全数記録する点が異なる。すなわち、図2-1のようにワークサンプリング法はサンプル調査という性質上単位作業の調査漏れが発生する(単位作業C)のに対し、毎分写真撮影評価法では全数観測を実施する。なお、ここで言う単位作業とは、「1部材の切断」「1部材の取付」等を意味する。全ての作業事象をもれなく取り込むために、大工の単位作業ごとに記録を残すが、筆者らが本調査に先立ち実施した試行調査において、その所要時間は、工程や部位によらずおおむね45秒~90秒程度で繰り返されていることを確認した。結果的におおむね毎分ごとに写真を撮影することになるため、この方法を『毎分写真撮影評価法』と呼ぶ。

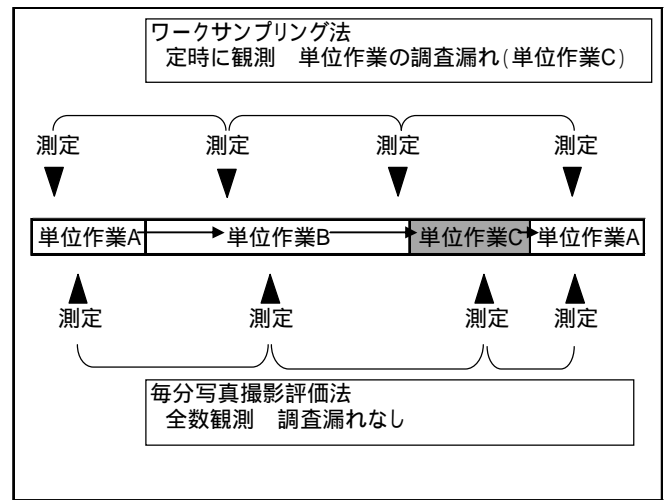


図2-1 ワークサンプリング法と毎分写真撮影評価法

3. 調査手法・物件概要

調査者は大工一人にマンツーマンで張り付き、単位作業ごとにデジタルカメラによる写真撮影を行った。(図3-1)。写真撮影に際しては調査者に次の点を徹底させた。

- ・自身の安全に十分注意する。
- ・作業者の手元や工具がはっきりと映るように撮影する。
- ・なるべく広角に撮影し、作業部位を特定できるようにする。
- ・フラッシュ撮影は作業に支障をきたす為最小限とする。
- ・施工トラブル発生など異常時には撮影間隔を短くする。

また、撮影の合間に、作業者の施工状況を用紙に記録した(表3-1)。「運搬回数」「採寸回数」「切断回数」「釘打回数」などを、1分ごとに集計し、作業内容を定量化した。調査者による測定バラツキを抑えるために、カウントルールの周知徹底と備考メモの活用方法の周

知を徹底した。設定項目以外の作業やトラブル・打合せの状況等を詳細にメモし、特に、調査者自身で判断に迷う場合など細かく記録する。

最小の労力で正確に全単位作業を記録できる上、写真データと作業単位数記録から、ほぼ全ての事象を復元可能である点が本評価法の特徴である。また、撮影と用紙記録を1人の作業員でこなせる点で調査効率にも優れる。



図 3-1 デジタルカメラによる毎分写真撮影

表 3-1 作業状況記録シート

	作業室	作業部位	作業内容	運搬	採寸	墨付	切断	釘・ビス	セット	糊付	溝突き	穴あけ	ノミ	カンナ	他
13:15			検討											1	
13:16			検討												
13:17			電話												TEL 本多監督
13:18			電話												キッチン
13:19	LDK	カウンター	施工	2											流しの方どの(らしい)
13:20	LDK	カウンター	施工	1											出してあげばよい?
13:21	LDK	カウンター	施工												15mm(仕上がりから)
13:22	LDK	カウンター	施工	2											です。図面チェック
13:23	LDK	カウンター	施工	2				2							はたがね×3
13:24	LDK	カウンター	施工					8							
13:25	LDK	カウンター	施工					3							
13:26	LDK	カウンター	施工	2											指録手すり
13:27			図面チェック												図面チェック
13:28			図面チェック												ッ

調査物件は図 3-2・表 3-2 に示すとおりであり、構法・施工手順の異なる 2 物件の生産性の違いを確認した。2 棟とも在来軸組工法を採用しているが、1 棟は間仕切耐力壁があり、間仕切壁先行施工・床後張施工の従来型方式による「一般棟」とし、もう 1 棟は、間仕切耐力壁がなく、床先行施工・間仕切壁後施工の「S I 分離型棟」とした。なお、物件の選定にあたっては、調査精度を確保するため、次の点に注意した。

- ・同一大工一人による施工とし、バラツキを削減。
- ・規模・間取構成をほぼ一致させる。
- ・隣接した 2 棟とし、工事環境を同じにする。
- ・施主都合での工期変更が生じない建売物件とする。



一般棟 S I 分離棟
図 3-2 各棟 平面図 (上 1 階, 下 2 階)

表 3-2 調査物件概要

	従来棟	床先行棟
調査地	横浜市青葉区	
建物形状	木造2階建	
構法	軸組	
敷地面積	136.22m ²	145.13m ²
延床面積	98.54m ²	101.85m ²
延べ調査日数	82日	69日
延べ作業時間	649.4時間	606.2時間

4. 毎分写真撮影法による作業原単位調査

ここでは、2 棟のうち「一般棟」における調査結果をもとに、大工が行う作業内容、所要時間等、すなわち作業原単位の内訳を明らかにし、基礎的資料の作成を目指した。作業の分類は、IE 分野の考え方を参考に 10 項目に分けた(表 4-1)。作業回数は 1 作業行ったら記録 1 回とし、表 4-2 のように要素作業と作業部位を定義した。また、所要時間の算出方法は次のように算出した。

$$\frac{X}{X+Y+\dots} \times 1 \text{分} \quad X, Y: \text{ある 1 分間の要素作業回数}$$

所要時間は分析項目によってネットとグロスを使い分けた。内装工事の要素作業別所要時間や材料別所要時間は主作業のみの時間(ネット)で算出し、部位別の要素作業別所要時間は作業と余裕、手戻りの時間を含めた時間(グロス)で算出している。また、グロスには特定休憩である 10 時, 12 時, 15 時の休憩は含めていない。

現場調査終了後に、野地板設置から大工工事終了までの人工数を概算した。表 1 に示す大工工事の延べ作業時間をもとに、1 人工 = 7.5 (人・時) として求めたところ、「一般棟」で 86.6 人工, 床先行棟で 80.8 人工という結果が得られた。

表 4-3 は、「一般棟」における作業内容内訳である。主作業が大半を占めるが、付帯作業や作業余裕・職場余裕

も一定の時間要しており、特に片付け・清掃・準備などの割合が高いことが分かるが、施工合理化の観点からは、作業の過半を占める主作業の施工効率について検証を行うことが効果的と考えられ、主作業についての内容分析を主眼に置く。

表 4-1 作業の分類

作業	主体作業	主作業 付随作業	施工 付随作業
		付帯作業	準備・図面チェック・移動・片付け清掃・小運搬・検討・仮設養生
余裕	作業余裕	工具準備・材料探索	
	職場余裕	打ち合わせ・電話・荷受け・不要作業	
	人的余裕	休憩 10時、12時、15時の休憩は含まない	
	疲労余裕	なし	
	非作業	ブランク(調査行われていない時間、遅刻)	
	特定休憩	休憩(10時、12時、15時)	
	手戻り	手戻り	

表 4-2 要素作業，作業部位の分類

要素作業	運搬、採寸、墨付、切断、ビス、釘、タッカー、セッ、糊付、溝付、穴あけ、ノミ、カンナ、電動カンナ、ボードカンナ、サンダー、レベル
作業部位	床、外周壁、間仕切り、室内雑壁、窓回り、基礎内壁、天井、勾配天井、収納等下地、収納、ドア(引戸)、天窓、笠木、手すり子、構造躯体、階段、カウンター

図 4-1 に、主作業についての要素作業別の作業時間割合を示す。全体の 1/4 程度はスケール等による採寸作業である。また、ビス打ちが 2 割程度を占める。くぎ打ち・タッカー止めも合わせると、接合作業は主作業全体の 1/3 程度を占めている。切断作業は 17% 程度で、これは電動の押切りや丸ノコ、手ノコ、カッター等の一切の総計として集計している。主作業の 1 割を占めている「セッ」は、材の据え付け行為にかかる時間を示している。すなわち、主作業内にあっても、材の実際の加工作業は全体の半分程度にとどまり、残りは採寸や部材のセッなどに費やされている。ノミ・カンナの使用は「その他」項目に含むが、現代の一般的在来軸組工法住宅においてはその使用は限定されていると言える。

表 4-3 調査データ概要

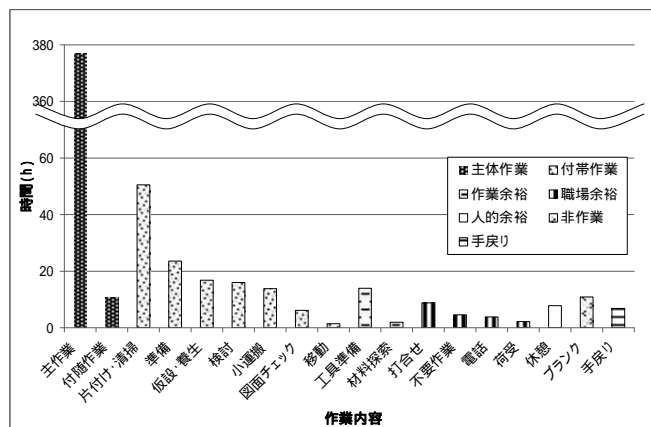


図 4-2 は全要素作業別の所要時間である。採寸や切断・セッのような材の加工プロセスが全体に占める割合

が高く、作業の大半を占めていることが分かる。シンプルで部材数の少ない設計や施工手順によって、加工数を減らすことが効果的であると考えられる。

また、材料別に各要素作業量を示したものが図 4-3 である。材料別では野縁組に最も時間を要しており、石膏ボード・フローリングも多い。その他建具枠や内装用集成材(カウンター材)・断熱材等の項目もあるが、合理化を効果的に進めるためには、「野縁」「石膏ボード」「フローリング」の 3 工程に着眼するのが効率的と考えられる。

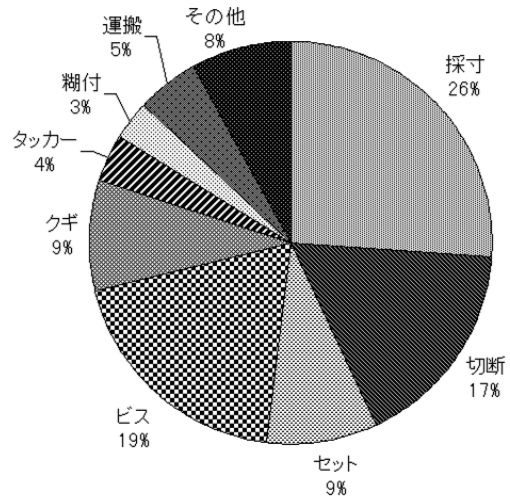


図 4-1 要素作業別の作業時間割合

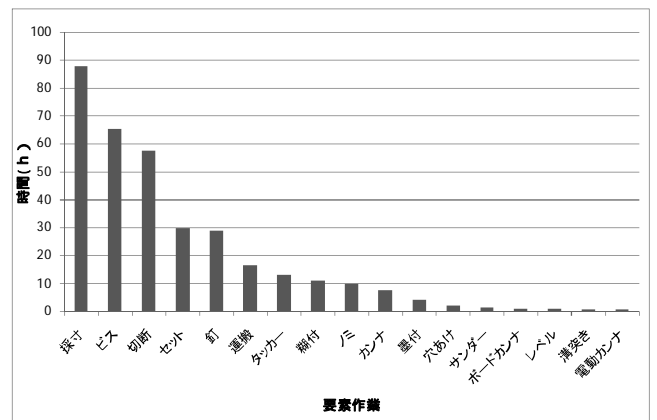


図 4-2 内装工事の全要素作業別所要時間

施工部位別の要素作業量を図 4-4 に示す。壁は断熱・気密の必要な外周部とそれ以外の間仕切りに分け、さらに窓周りなどの特殊部分も別扱いとしたが、これらの壁面が作業総量では最も多い。次いで床・天井(勾配天井含)作業がそれぞれ多く、収納や階段、建具関係が続いている。

施工性向上の観点からは、収納・階段・建具は作業量が比較的少ないこと、また工法や部材も多種にわたることなどから一般化しにくいとも考えられ、まずは、今回

作業量が多いことが明らかになった壁・床、および天井部分についての合理化を図ることが、有効と思われる。本項では、「一般棟」の調査結果のみを報告対象としたが、既に調査を終えた「S I 分離棟」についても引き続き分析を進め、両者の比較考察を経て、より合理的な施工方式について模索していきたい。

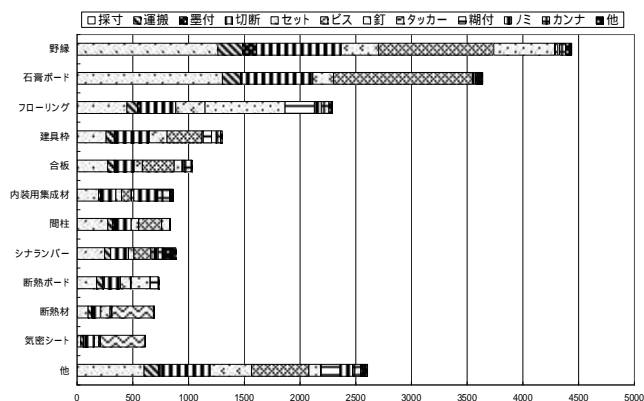


図 4-3 材料別 要素作業量

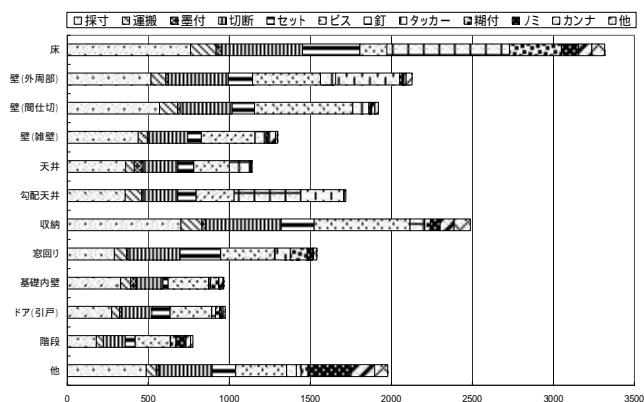


図 4-4 施工部位別 要素作業量

5. 調査結果の分析 1 工具・接合具等使用推移

毎分写真撮影評価法を活用することで、たとえば工具や釘の使用回数変遷などのような、工程全体を通じた作業の変化・流れの把握も評価可能であり、これを報告する。写真データ・作業状況記録に基づき、「一般棟」における主な単位作業の実施回数変遷をまとめたものを、以下に示す(図 5-1~図 5-9)。カンナの使用頻度は多くはないが、仕上げ工事に入るに従って使用回数が増えていることが分かる(図 5-1)。ノミも、カンナ同様に仕上げ時の使用が比較的多いが、土台敷き時やバルコニーの詳細おさまりなどにも用いられた(図 5-2)。突出して多いのは建具枠のトメ加工時である。接着剤は、カンナ・ノミ同様に工程後半での使用が増える。窓枠やドア枠などの造作関係の他、フローリング材等に多用されている。接着剤単体で使用される場合と、フィニッシュネイルや

釘と併用の場合とがある(図 5-3)。部材のセット回数は、日によって増減が見られるものの、工程全体を通じて大きな傾向はない(図 5-4)。一日にセットできる部材数は工種にはそれほど左右されていないことが読み取れる。釘・ビスの使用本数は、仕上げ工事が進むにつれて減少していく(図 5-5)。この中には気密シートや防水紙に用いるタッカー等も本数として含む。仕上げ工事が進むにつれて、接着剤の使用が増え、ビス・釘の本数は減少傾向にあることが分かった。また、部材の切断回数も図 5-6 のように仕上げ時は多少減少傾向があるが、工程前半で突出している 2 か所は、防水紙と気密シートのカット作業である。図 5-7 の墨つぼ使用回数はボード貼終了後、顕著に使用数が減少している。最後に、採寸や運搬回数(図 5-8・5-9)であるが、おおむね横ばい状態であり、下地工事でも仕上げ工事でも回数に大差がない。

図5-1 カンナ使用回数 変遷

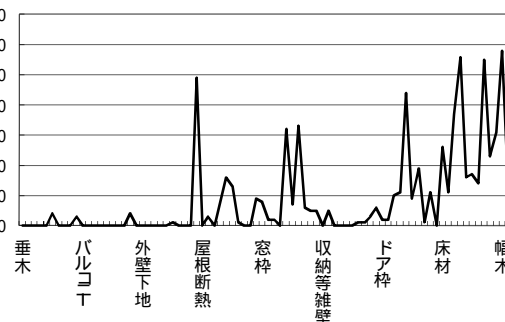


図5-2 ノミ 使用回数 変遷

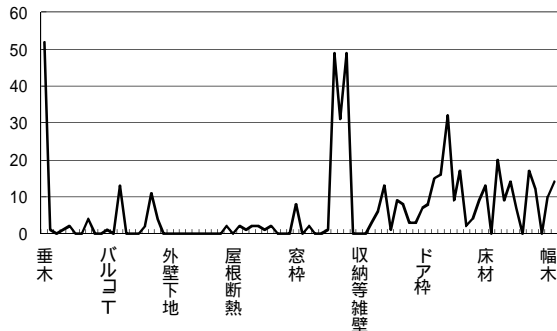


図5-3 接着剤使用回数 変遷

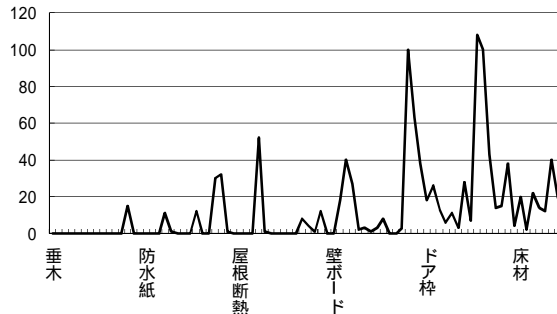


図5-4 部材セット回数 変遷

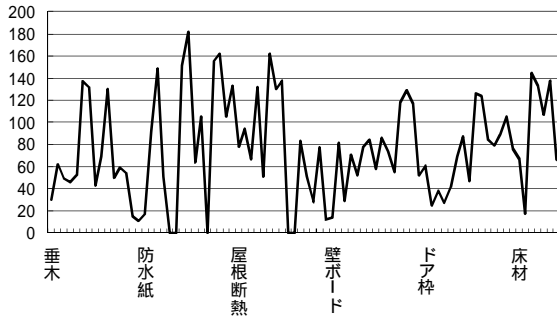


図5-5 ビス・釘等使用回数 変遷

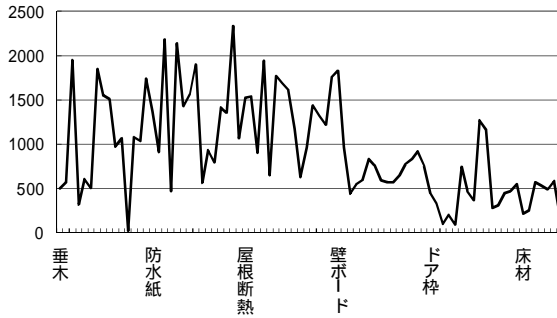


図5-6 切断回数 変遷

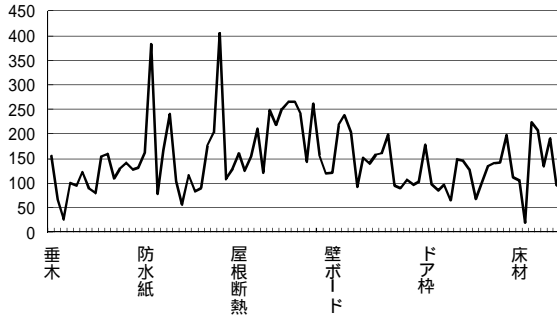


図5-7 墨つぼ使用回数 変遷

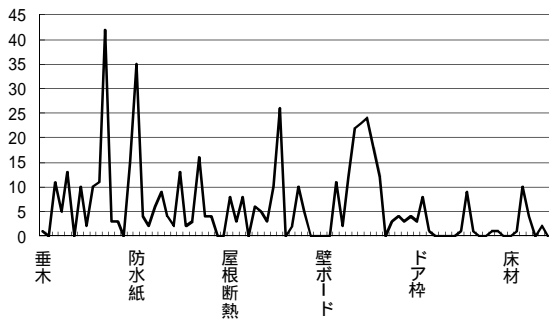


図5-8 採寸回数 変遷

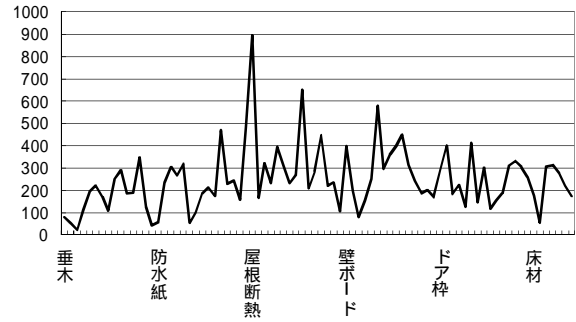
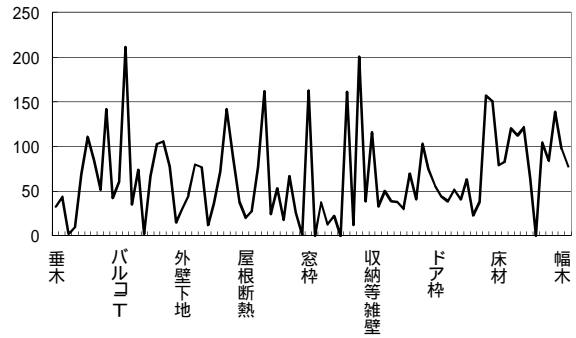


図5-9 運搬回数 変遷



6. 調査結果の分析2 現場稼働率等

本調査法により、現場稼働率等を求めることができる。ここでは内部工事の主要期間（一般棟）について、その稼働率を集計した結果を示すとともに、稼働率の主な変動要因である以下の要素について、出現頻度をまとめる。

稼働率は、おおむね60%程度で推移しているが、仕上げ工事の色合いが濃くなるにつれ、低下傾向にある（図6-1）。非稼働時間帯の分析は今後の詳細評価が必要であるが、手戻りや荷受け・監督との電話・おさまり検討などが稼働率低下要因となっている。

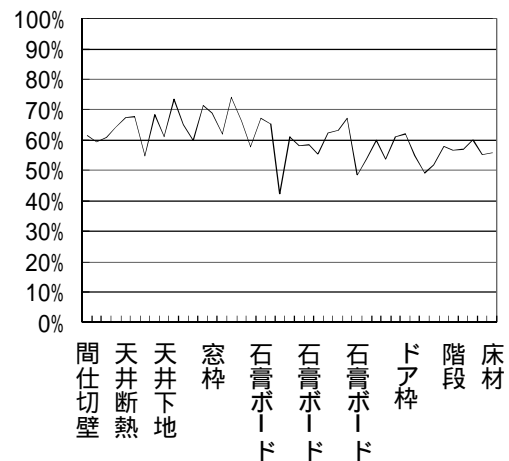


図6-1 現場稼働率

主な稼働率低下要因は次の通りである。

- 手戻り ・ ・ ミスによるやり直しなど
- 図面チェック ・ ・ 図面の読み込み・確認
- 電話 ・ ・ 監督・職人との電話での協議
- 検討 ・ ・ 現場での採寸等段どり
- 打合せ ・ ・ 監督・職人との現場での協議

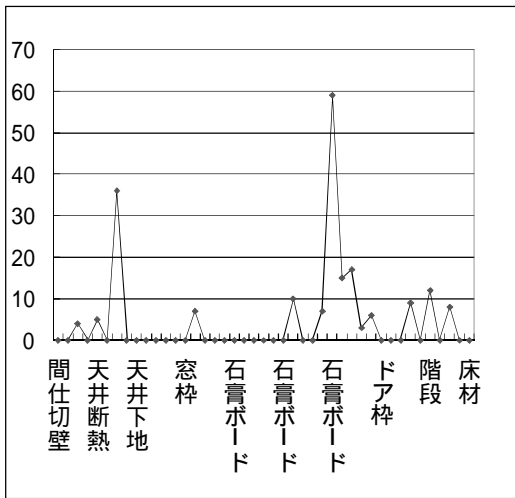


図 6-2 手戻り (分/日)

手戻りが、石膏ボード施工時に集中している(図 6-2)のは、既製品収納扉の寸法が前物件よりも 5 mm巾広に規格変更していたことに作業者が気がつかず、いったん組み上げた収納側壁を一部解体してやり直したためである。手戻りの数日前に図面チェックが頻繁に行われている(図 6-3)、これは既製品収納の施工要領書のチェックである。作業者が旧規格の施工要領書を保管しており、その寸法に基づき作業した結果、手戻りにつながったことが、本評価法によって確認できた。また、電話や検討が階段工事付近で頻発しているが、スキップフロアの階段の施工性が悪く、監督と頻繁に連絡を取り合った結果であった(図 6-4・図 6-5)。図面に表記されない詳細のおさまりの検討に多くの時間が割かれていることが確認されたことになる。

このように、稼働率の推移とその低下要因を本調査方法により関係づけることができるが、思い込みや図面情報の不足といった人為的な理由により稼働率が低下していることが多いと思われる。傾向としては、仕上がりに影響する内装・造作工事に進むほど、作業が慎重になり、電話や検討、図面チェックの時間が増加している。

今後、詳細の写真分析等により、より詳しい内容の確認を行い、現場で発生しがちなミスの内容や、それらが及ぼす工程的影響についても整理する予定である。

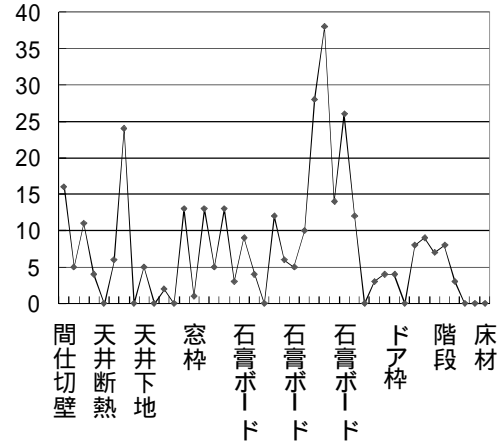


図 6-3 図面チェック (分/日)

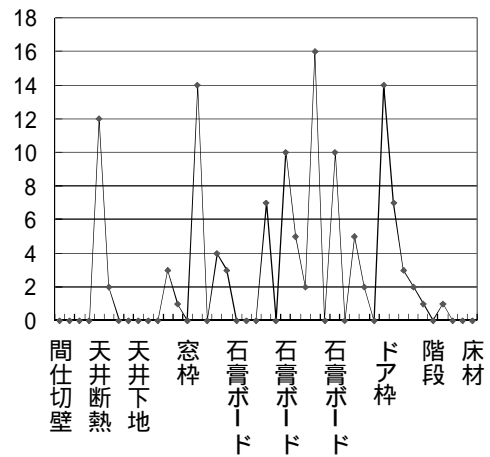


図 6-4 電話 (分/日)

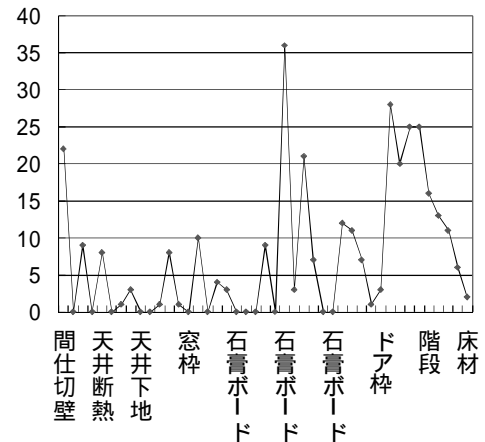


図 6-5 検討 (分/日)

7. 調査結果の分析 3 一般棟における床材の施工性

7.1 床の部位別施工性

本調査では上棟から木工事完成までの一連の流れを

すべて調査したが、ここでは、床材の施工性を例にとり調査データから得られる評価事例を示す。取得した調査データをもとに、床材1枚を施工する『所要時間』と『採寸回数』『切断回数』『釘打数』『材長』の相関関係を明らかにした。その結果、床材の『施工時間』は『採寸回数』や『切断回数』との相関が強い傾向(図7-1・7-2)が一定程度確認された。釘打数や材長との顕著な関係は見いだせなかった(図7-3・7-4)。すなわち床材の施工性は採寸、切断という加工プロセスの有無によって左右されると考えられる。床材の施工性調査では、床材施工をその施工部位別に分けて評価した。加工の必要のない「平場」と、加工後に施工しなければならない「隅角部」に大別して評価を行うことが適切と考えられ、表7-1のように床材の施工部位別に4部位に大別、それぞれの部位別に単位面積当たりの平均施工時間を算出する。

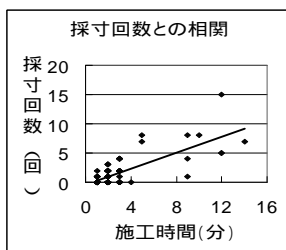


図 7-1

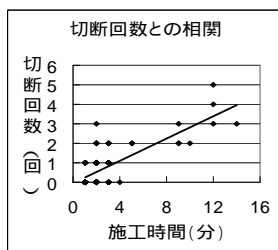


図 7-2

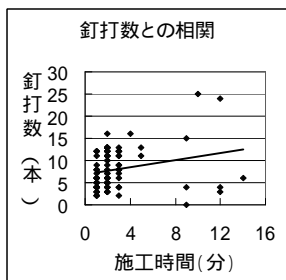


図 7-3

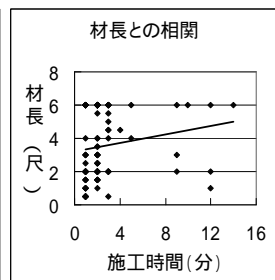


図 7-4

表 7-1 施工部位と加工数

施工部位	加工数	その他施工性阻害要因
① スタート部	2~	壁が近く工具が使用しにくい
② 平場	0	
③ 隅角部	1	
④ エンド部	2~	壁が近く工具が使用しにくい

図 7-5 では、一般的な居室における床材の施工状況を調査し部位別に色分けした。作業開始・終了時の他、クロゼット袖壁下などでも施工性が悪化しており、これも「スタート部・エンド部」に入れている。サッシ回りや引き戸のレールなどと干渉する場合には作業効率が大幅に悪くなる傾向があった。これらの部位別平均施工時間を図7-6にまとめる。床材は形状の異なる2種(床材A・B)を調査対象とした。

床材 A は無垢床材として代表的なカバ(L1820×W90×t15・サネ付)、床材 B は合板+突板仕様の幅広タイプでポピュラーな(L1820×W300×t12・サネ付)とした。傾向として、床材 A よりも幅広な B の施工性が良い結果を示した。また、A・Bともに、スタートとエンドでの作業効率が良くない。平場の施工時間が短いこと、隅角部は平場の3倍程度の時間がかかることは両床材とも同じ結果となった。

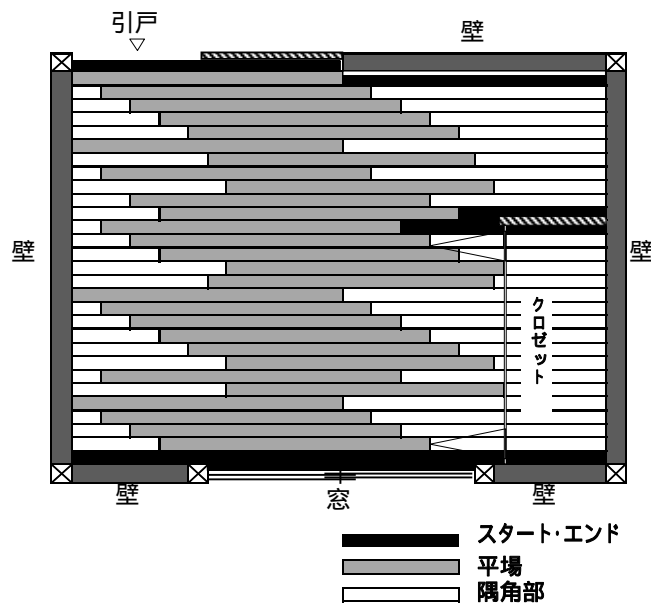


図 7-5 平場・隅角部・スタートエンド分布(床材)

このように床材の事例では、施工性は採寸・切断という加工プロセスの有無に大きく左右されることが確認された。加工の不要な平場で施工が最も容易であり、隅角部では3倍程度の時間を要する。また、壁や開口部等に接するスタート部やエンド部では大幅に施工性が劣ることが判明した。この結果から、施工の容易な『平場』を増やし、不利な『スタート部』『エンド部』を減らす合理化手法として、床勝ち施工型のスケルトンインフィル構造などが想定されるため、「一般棟」に引き続き、「SI分離棟」の工数調査を全く同様に行うこととした。

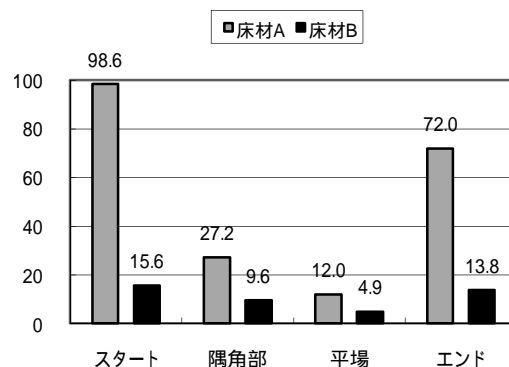


図 7-6 部位別平均施工時間(分/m²)

7.2 「S I分離棟」の床施工時間シミュレーション

「S I分離棟」における現場調査の前に、図7-6で得た床材の部位別施工時間を用いて、スケルトンインフィル(S I)化によってもたらされる工程短縮効果の有無を試算してみる。図7-7に示すように、一般工法においてはまず間仕切壁を施工して、後から床を張るのが通常である()。一方、外周部に耐力壁を集め、内部は柱が立つ程度のがらんどう状態とするS I方式においては、床勝ち施工が可能となる()。

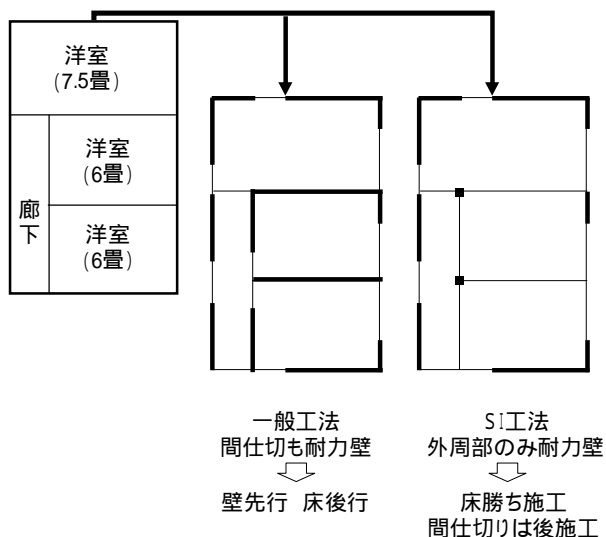


図7-7 床勝ち施工(S I方式)のイメージ

先行して床材を張ることにより平場施工の割合が増え、工程短縮効果が得られるものと考えられ、以下具体的に検証する。

図7-8のように、「一般棟」施工の場合、既に間仕切られた空間に対して床材を施工するため、隅角部やスタートエンド部の占める割合が必然的に増える。他方、S I方式による床勝ち施工では平場面積が増え、短時間での施工が可能と推測される。ここでは、簡単のため壁際から90センチの範囲を隅角部と考え、図7-6で得た数値をもとに図7-8の、それぞれについての必要工数(分・人)を求めた(図7-9)。

図7-9から、S I床勝ち施工時には単純な平場施工の割合が多く、一般的な壁先行方式と比較してトータルでは有利と考えられる。合計値では約300分、5時間の実働差があり、現場の稼働率が6割程度であったことを考慮すると、本モデルでの工程短縮効果は約8時間=1人工となる。なお、本モデルの床面積は37.2㎡であった。100㎡規模の住宅2層分をS I方式とすることで期待できる合理化効果はおおよそ2人工であることが予想される結果となった。

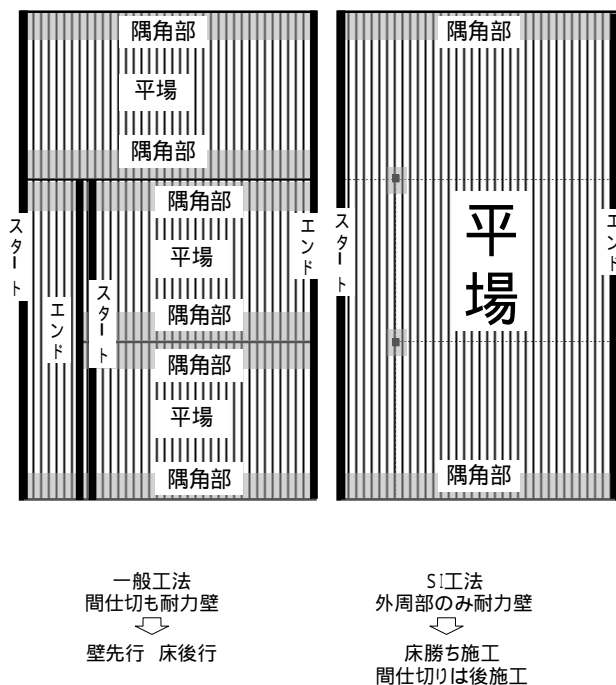


図7-8 床施工手順による平場・隅角部分布イメージ

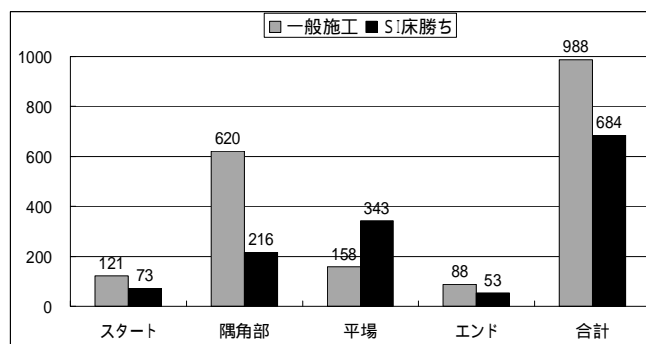


図7-9 床材施工時間比較(分・人)

7.3 「S I分離棟」における施工調査

7.1の「一般棟」調査結果、7.2の「S I分離棟」シミュレーションをから、「S I分離棟」における床勝ち施工物件の施工調査を行った。一般棟は仕切られた部屋に、床先行S I分離棟はがらんどうの空間に床材を設置していくため、従来棟は隅角部が、床先行S I棟は平場が多くなる。その結果が図7-10であり、先にシミュレートした図7-9とほぼ一致した。図7-11は、作業内容を分解して単位面積あたり時間で表したものである。床を先行することで、主作業の短縮と付帯作業の大幅な省略につながっている。一般棟では、材がなくなると保管してある他の部屋から補充してくるが、S I分離(床先行)棟では、仕切りのない大空間に材料があるので、小運搬・片付け・仮設・養生作業が効率的に行えていることになる(図7-12)。これらによって、全体の手間も少なくなり、主作業にあてられる時間が増えている。

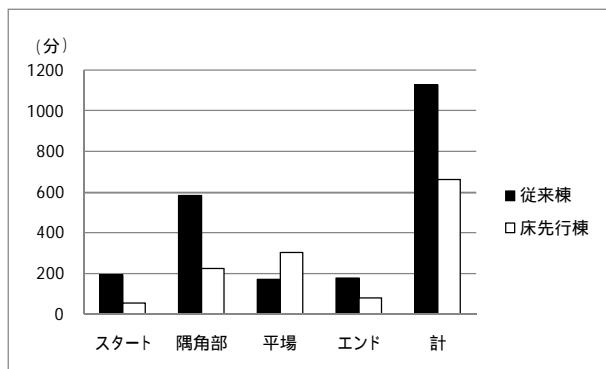


図 7-10 床材施工時間比較 (一般棟 v s S I 分離棟)

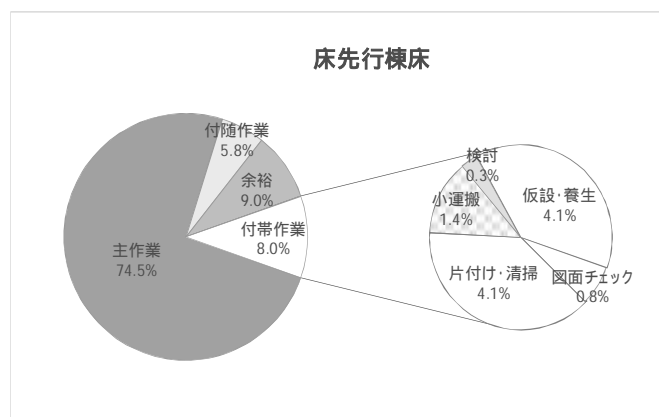
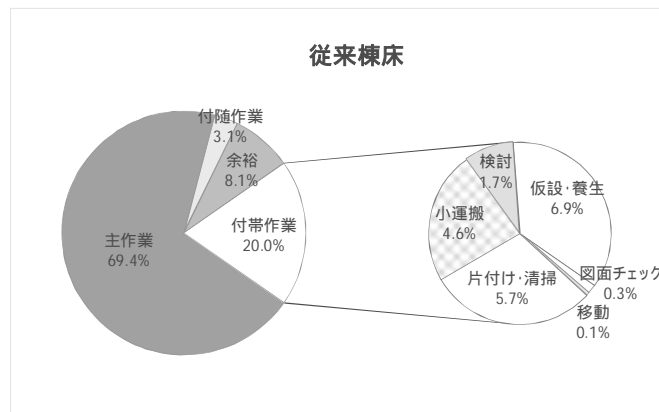


図 7-13 2棟の床材施工時間 (付帯作業割合・内訳)

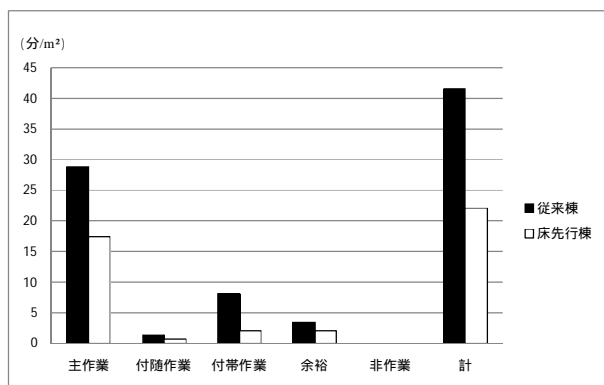


図 7-11 m²あたり作業内容比較 (一般棟 v s S I 分離棟)



図 7-12 床材施工状況

ところで、床材施工時間における大工の作業内容内訳 (図 7-11) をみると、床先行施工の S I 分離棟においては主作業量が少ないことに加え、付帯作業の量が大幅に少ない。付帯作業について 2 棟の内容を比較したものが図 7-13 であるが、S I 分離型施工の床先行施工では、がらんどろの大空間 (図 7-12 左) で施工ができるために小運搬作業が少なく済んでいることが分かる。

また、隅角部のおさまり検討時間も省力化されるため、「図面チェック」や「検討」の時間もわずかである。一方で一般棟 (図右) では、細かい入り隅部分などが非効率である結果、全体で 2 倍近い施工時間を要している。

本論文における S I 分離型工法の合理化効果検証は、床材のみを例に取って実施したが、天井の先張りする、あるいは壁面石膏ボードの加工数を減らすなどの工夫により、さらに効率の良い施工方法が確立できると考えられる。

8. S I 分離棟における配線手法の提案

一般に S I 分離化のメリットとして間取りの可変性が挙げられることが多いが、通常、用途や周辺環境の変化の少ない木造住宅における S I 分離化のメリットとしては、むしろこれまで述べてきた生産性向上の可能性に注目すべきである。また一方では、インフラのメンテナンス性能の向上効果も期待される。設備の更新性については電気配線、給排水管、空調機などが問題となるが、今回、「S I 分離棟」においては、イギリスの環境配慮型集合住宅 BedZED を参考にした電気配線計画を工務店と共同で立案、試行した。配線が構造体に入らず、部屋のデザインの一部として見えるような見切り配線とした (図 8-1・8-2・8-3) ことにより、将来の配線の位置変更が容易に行えるように計画されている。

具体的には、付け梁・付け柱や幅木、廻り縁の内部に配線を通してある。これにより配線位置の移動やインフラの進化に柔軟に対応できる。また、構造材の貫通や断熱欠損が生じない点からも、住宅の長期利用に適した手法と言える。

見切り配線の施工性については、一般的な配線計画と比較して、大きな違いは見られなかったが、配線の材料費が若干割高となった。これは、壁・天井内に隠す

る従来方式の配線ルートの場合、比較的自由に配線ルートを設定するために目的点までの配線距離が短くて済むのに対し、今回計画した見切り配線の場合には、多少の迂回が生じていたためであった。

また、付け梁などの見切り材の取付で大工手間も当然に必要となったが、意匠的な付加価値の向上を考えればこの点はむしろプラスに働いているので、問題にならない。

こうした試みを、合理化効果も含めてより一層効果的なものとするには、配線ルートを短く抑えるための事前計画や見切り材の選定やおさまり、あるいは設備更新時の見切り材の取外し方法の簡素化など、その施工方法の簡略化や部材の最適化等についていっそう工夫することが、今後の課題と考えている。



図 8-1 BedZED の配線計画

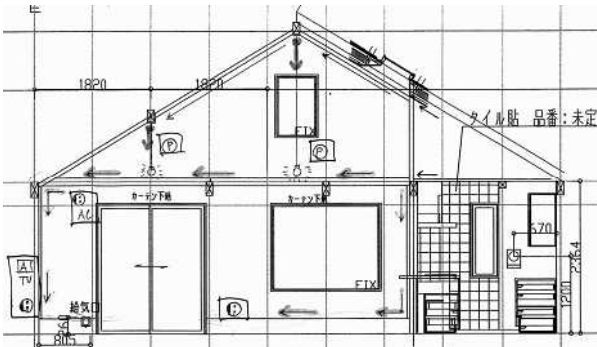


図 8-2 見切り配線ルート



図 8-3 「SI分離棟」の見切り配線(左:廻縁 右:幅木)

9. 課題と今後の展開

本 2 物件の調査を通じて、在来軸組工法住宅の生産性について、調査方法の確立および一定の成果を得ることができた。しかし一方で、相当な下準備による調査精度の向上を図ったにもかかわらず、想定外のバラツキ要因によって取得データの鮮明さが得られなかった場面も

存在した。今回の場合で最も大きく影響を受けたのは、限られた敷地面積・斜線制限等が及ぼす法規上の制約から来るものであった。たとえば母屋下がり部分や、梁あらし部分の煩雑な施工、特にボードの加工数が極端に増加したという点で、壁材や天井材の施工についてシンプルに結論付けるのは困難と考えている。内装・造作工事トータルでの生産性比較を行うためには、今回以上にシンプルで、比較検討しやすいモデルを調査物件として選定する必要もあると思われ、次の課題としたい。

今後については、続編としてH型耐力壁配置によるS I分離構造の一般住宅の建設調査を企画しており(図9-1)、調査データのバラツキ要因を今回以上にそぎ落とした形で、比較調査を行う計画である。この際は、今回の調査で取り組めなかった配管計画や構造計画についても早い段階から目的として明確にし、盛り込む必要がある。図9-2のように、梁せいを統一して施工合理性を高めるとともに、梁せいを抑えた配管コアエリアを設けて一層設備の更新性や生産性を高めるなどの工夫を盛り込むことが考えられる。施工合理化がそもそも必要なのか、S I分離に本質的な意味があるのかといった根本的な議論もある。しかし、在来軸組工法住宅は元来、設計の合理性や自由度を持ち合わせていた。その特徴がCADシステムとプレカット化の推進により、残念ながら失われかけている点に、改善の余地があると考えられる。

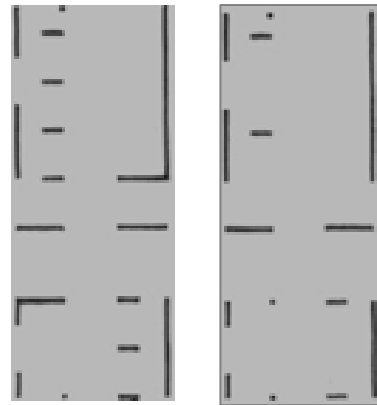


図 9-1 H型耐力壁配置によるS I分離棟

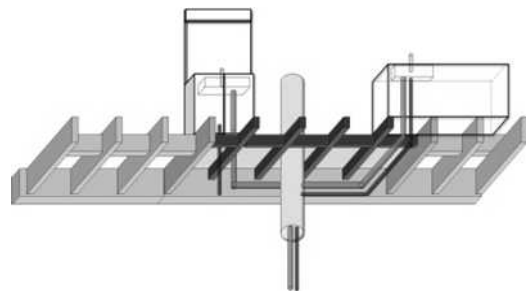


図 9-2 梁性の統一と、配管コア設計

10. まとめ

毎分写真撮影評価法を、在来軸組工法住宅の木工事全体に適用し調査を行った。その結果、従来の課題であった、調査の正確性と簡便性の双方を維持できることが確認された。デジタルカメラによる前事象撮影と、マンツーマン方式による施工回数の記録の事後照合作業により、これまで確立されていなかった在来軸組工法住宅の内装造作工事の工数調査における一手法を示すことができた。具体的には、構法・施工手順の異なる2物件の調査データから、床材の施工性等について比較検証を行った。その結果、平場や隅角部など、施工部位別の施工時間差異が生じることを明らかにするとともに、その効率の差を定量化した。また、施工手順が運搬作業量に影響を与えていることなども確認した。課題としては、今回一人の標準的技量の木工を対象に調査を行ったとはいえ、この調査結果だけをもって、結果の数値を一般化することはできない。その点を満足するためには、部材・部位別に焦点を絞るなどして、複数の木工職に対する同様の調査を実施する必要がある。

また、S I分離方式による床勝ち施工の場合における施工合理性シミュレーションを実施した上で、S I分離棟についても同様の施工現場調査を進め、床施工合理化効果を、事前シミュレートと比較した。その結果、予測と実際の作業推移はほぼ一致したことから、本調査法を用いることにより木工の作業効率を定量化し、その作業量や効率を予測できる可能性をも新たに示すことができた。

さらに、工具や接合具等について木工事全体を通じての使用頻度をまとめ、大工作业の変遷をまとめた。稼働率推移を正確に示した上で、手戻り作業・電話・図面チェック時間等といった生産性低下要因となりうる各項目について、その発生原因等も容易に復元できることを明らかにした。今後は、取得したデータをもとに、工期全体の稼働率や工種別工数・バランスロス等の算定・評価を行うほか、手戻り発生要因の洗い出しや部位別施工性の建材別評価等を行う。

また、床勝ち施工によるS I分離型施工の場合、電気配線工事や養生、その他内装仕上工事の施工方法にも工夫を要する。今回はS I分離棟において、壁・天井入隅部分の見切り配線方式を採用したが、一般的な配線工事と比較して作業量はほぼ同等であった。一方で配線距離が伸びた分若干材料費が割高となるなど、トータルで考えた場合のマイナスの要素もあり、今後詳しく確認する必要がある。大工工事全体の評価に加え、こうした周辺工事の影響も考慮した上で今後の考察を行い、より合理的な住宅生産方法の確立を目指す。

<参考文献>

- ・日本建築学会：作業能率測定指針 丸善 1990
- ・鎌田紀彦：戸建住宅比較構法論 丸善 1976
- ・松村秀一：工業化住宅・考 学芸出版 1987
- ・松留慎一郎：木造住宅供給組織論 東大博士論 1980
- ・藤澤好一他：在来木造住宅の生産システムに関する調査研究 その1・その2 日本建築学会研究報告集 1987
- ・蟹澤宏剛他：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 日本建築学会生産シンポジウム論文 1993
- ・藤田彰久：新版I Eの基礎 建帛社 2009
- ・建築資料研究所：SI住宅集合住宅のスカットソフイル 2005
- ・大澤一実・蟹澤宏剛・相馬智明・稲山正弘 日本建築学会建築生産シンポジウム論文集 2009 毎分写真撮影評価法による木造軸組工法住宅の施工人工調査
- ・大澤一実・浜野瑠美・蟹澤宏剛・稲山正弘 日本建築学会建築生産シンポジウム論文集 2010 S I分離型木造住宅の生産性調査、
- ・大澤一実・浜野瑠美・蟹澤宏剛・稲山正弘 日本建築学会大会学術講演梗概集 2010 木造軸組工法住宅の施工調査その3 要素作業分析による施工合理化検証
- ・浜野瑠美・蟹澤宏剛・大澤一実・稲山正弘 日本建築学会大会学術講演梗概集 2010 木造軸組工法住宅の施工調査その2 S I分離型住宅の生産性に関する研究
- ・大澤一実・相馬智明・稲山正弘・安藤直人・蟹澤宏剛 日本建築学会大会学術講演梗概集 2009 木造軸組工法住宅の施工調査その1 床材の施工性
- ・大澤一実・相馬智明・稲山正弘・安藤直人 日本建築学会大会学術講演梗概集 2008 毎分写真撮影評価法による建方施工人工調査
- ・大澤一実・稲山正弘・椋島哲也・松下康士 木質構造研究会技術報告集 2007 木造住宅のコストパフォーマンス評価 - 評価式作成のための基礎データ収集
- ・大澤一実 東大修論 2008 木造住宅のコストパフォーマンス評価におけるコスト決定要素の調査
- ・浜野瑠美 芝浦工業大学 卒論 2010 S I分離型住宅の生産性に関する研究
- ・神田亮太郎 芝浦工業大学 卒論 2010 現代木造戸建住宅の作業原単位調査

<研究協力者>

- 浜野瑠美 芝浦工業大学大学院生
- 神田亮太郎 芝浦工業大学学部生
- 赤羽弘子 株式会社エコハウス
- 長嶋勝美 大工