構造用集成材の建方における施工人工数の研究

STUDY ON MAN-HOUR OF GLUED LAMINATED TIMBER'S ERECTION

田中 暁*, 松留 慎一郎**

Satoru TANAKA and Shinichiro MATSUDOME

We surveyed 12 sites of erection with glued laminated timber. In this study we grasped the basic man-hour of erection and analyzed what items related to erection are suited to estimate the standard work time. On this report we introduce the idea of ZIGUMI-frame and classify the work of erection. Also we point out the suitable items and their standard work time in order to plan the schedule and man-hour of erection ahead of time.

Keyword: Glued laminated timber, Erection, Man-hour, Standard work, ZIGUMI-frame

構造用集成材, 建方, 施工人工数, 標準作業, 地組架構体

1. はじめに

1987年の建築基準法改正に伴う関係法令の改正により, 構造用集成材を用いた大規模木造建築物は急速に増加してきている。

しかし, 一部の大手ゼネコンの内部資料を除き, 構造用集成材による大規模木造建築物の建方において, どの程度の施工人工数がかかるのか, また, どのような工程計画を立てるのか, その指標となる各作業の労務歩掛りさえも十分に設定できていない。実際の建方における工程計画の立案は, 集成材メーカーの工事担当者や実際に建方をおこなう作業者の経験に頼っており, 体系的論理的なものでないのが現状である。

構造用集成材による大規模木造建築物の建方に関する研究^{1) 2)}は, 若干ではあるが散見できる。それらは施工管理と生産供給体制に関する問題を取り上げており, 現在の建方における問題をアンケート調査や実際の建方の例について総括的に述べているに留まり, 建方における施工人工数を詳細に調査したものではない。工程計画の立案に用いることができるようなデータ等は, 全く見あたらないのが現状である。

そのような背景をふまえ, 本研究では, 建方の詳細な調査により収集したデータにもとづき, 総施工人工数のうちの標準作業における労務歩掛りを検討するための工事量^{注1)}と基準値^{注2)}を, 部

材別に示すことを目的としている。

2. 調査概要

2.1 調査対象

アーチ式架構3事例, ポストアンドビーム式架構6事例, トラス式架構3事例の計12事例に対して, 建方調査を実施した。各事例の概要を表1に示す。

2.2 調査期間

調査期間は平成5年10月から平成8年6月にわたっている。各調査対象の建方の調査期間は, 表1における建方工事期間に相当する。

2.3 調査方法

調査方法は建方現場において調査員が作業を観察し, あらかじめ準備したコード表に基づき, 調査用紙に記入する方法をとった。原則として調査員の観察により調査を実施したが, 3事例における母屋の吊り込み作業とその他の吊り込み作業については, 日報形式による調査にて補完した。日報の記入は, 構造用集成材メーカー所属で現場に常駐する建方専任の監督がおこなった。併せて, 確認の目的で, 各作業の区切りごとに写真撮影をおこなった。

* 神奈川県立平塚高等職業技術校 技師・修士(工学)

** 職業能力開発総合大学校建築工学科 助教授・工博

Engineer, Kanagawa Prefectural Hiratsuka Advanced Vocational Skill Training School, M. Eng.
Assoc. Prof., Dept. of Architectural Engineering, The Polytechnic University, Dr. Eng.

記入内容は、以下のとおりである。職種、作業開始時間、作業終了時間、対象部材、本数、位置、作業内容

調査精度は、調査員の観測では分単位、日報形式では30分単位であった。

3. 用語の定義

3.1 作業の分類

実際の作業を観察すると、建方を行う職種は、大工、鳶、重機、及び、管理者に分類できる。しかし、重機のオペレーターと、大工や鳶等の作業者と作業量を、施工人工数として同等に評価することはできない。また、管理者も実際の建方作業をおこなうわけではない。以下の分析では、重機及び管理者を含まずに、大工と鳶の作業に関するもののみを施工人工数として扱う。

建方現場における作業を、大きく、「標準作業」、「標準外作業」、「準備等」、「休み」に分類した。建方そのものの作業は、各部材の「地組」、「吊り込み」、「取り付け」で構成されており、それらの作業が順調に進行した場合を「標準作業」と定義した。寸法が合わない等の理由でやり直す場合、すなわち、本来必要でない間違い作業や取り外し作業等を「標準外作業」と定義した。また、建方そのものの作業ではないもの、例えば、1日の作業の準備、後片づけ、及び、荷下ろし等を「準備等」と定義した。分類の定義を整理すると、以下ようになる。

- ①標準作業 : 誤作業等がなく順調に進行した作業
- ②標準外作業 : 誤作業による間違い作業や取り外し作業
例えば、地組作業や吊り込み作業の失敗等
- ③準備等 : 建方には直接関係しない準備等の作業
例えば、手待ち、後片づけ、荷下ろし等
- ④休み : 昼休みや小休止

3.2 地組架構体

また、実際の建方を観察すると、あるまとまった架構ごとにあらかじめ地組をおこない、その地組された架構ごとに建方が実施されている。地組された架構部分については、地組作業をおこなう架構の大きさとその数が、建方の施工人工数及び建方効率に最も大きな影響を与えている。本研究では、地組作業をおこなう部材に対して、「躯体を構成する主要な梁、柱、小屋組等を地組した

架構体」と定義し、以下、「地組架構体」と呼ぶ。地組架構体の地組作業の際には、部材どうしの接合だけでなく、ベースプレート、地組架構体の吊り込み後に取り付けられる梁、胴差、柱、および、ブレース等の軸組材や母屋をうける金物もあらかじめ地組時に取り付けられることも多い。その方が、地組架構体の吊り込み後に架構の上でこれらの金物を取り付けるよりも、作業効率はよい。しかし、これらの金物を地組作業の際に取り付けない事例もみられる。したがって、ベースプレートや梁、胴差、柱及びブレース等の軸組材や母屋をうける金物については、地上で取り付けの場合と架構上で取り付けの場合を想定して、地組架構体とは別に、金物という部材項目を設定している。

3.3 部材の分類

標準作業において取り扱う部材を整理すると、以下のように分類できる。

- ①地組架構体 : 躯体を構成する主要な梁、柱、小屋組等を地組した架構体
- ②軸組材 : 梁、胴差、柱、ブレース
- ③母屋 : 母屋
- ④金物 : ベースプレート、軸組材、母屋等を受ける金物
- ⑤その他 : 土台や底等の2次部材

以上の内容を整理すると、図1のように分類される。また、施工人工数を分析する際には、建築面積や材積などの項目で割って比較検討するのが一般的である。本研究では、「比較検討する際に施工人工数を除するための、建築面積や材積等の項目」を「工事量」、「施工人工数を工事量の数値で除して、比較検討できるように変換した数値」を「生産原単位」と定義する。

図1 作業内容の分類

表1 調査対象の概要

名称	所在地	用途	階数	竣工工事期間	架構方式	構成材の使用箇所	構成材の割合	建築面積 (㎡)	総材積 (m³)	坪数 (坪)
事例A	北海道夕張郡	プール	RC平屋(屋根のみ木造)	H5.10.28~11.08	アーチ	アーチ、小梁	73%	768	98	477
事例B	福岡県久留米市	試験場	木造平屋	H5.11.10~12.4	アーチ	アーチ、小梁、胴差、柱	99%	680	57	282
事例C	和歌山県龍神町	体育館	木造平屋	H5.12.9~12.25	アーチ	アーチ、小梁	71%	534	64	840
事例D	神奈川県箱根町	研修施設	木造平屋	H6.7.29~8.8	ボスアンドビーム	大梁、柱、小梁	63%	337	47	380
事例E	秋田県能代市	研究所	RC2階木造1階	H6.8.17~7.27, 9.7~9.21	ボスアンドビーム	大梁、柱、小梁	100%	686	81	357
事例F	熊本県高森町	校舎	木造2階	H6.11.21~11.28	ボスアンドビーム	小屋梁、柱、胴差	49%	203	70	867
事例G	栃木県宇都宮市	体育館	RC平屋(屋根のみ木造)	H7.7.17~7.28, 8.7	ボスアンドビーム	大梁、小梁、柱	81%	495	59	960
事例H	長野県栄村	公民館	木造2階	H7.9.8~10.5	ボスアンドビーム	小屋梁、柱、胴差、小梁	76%	514	109	1331
事例I	栃木県宇都宮市	研修施設	RC平屋(屋根のみ木造)	H7.10.30~11.12	ボスアンドビーム	大梁、小梁、柱	86%	555	73	1081
事例J	栃木県宇都宮市	遊技施設	RC平屋(屋根のみ木造)	H7.7.5~7.17	トラス	トラス、小梁、ブレース	100%	398	48	259
事例K	熊本県水俣市	体育館	RC平屋(屋根のみ木造)	H7.12.25~12.29, H8.1.8~1.13, 1.16	トラス	トラス	85%	1024	84	437
事例L	千葉県大多喜市	校舎	RC2階(屋根のみ木造)	H8.6.18~6.29	トラス	トラス、小梁	95%	284	23	326

加工精度が悪い事例: 事例Bと事例D

架構デザインが複雑な事例: 事例Bと事例H

敷地が狭い事例: 事例E

竣工期間が短かった事例: 事例Dと事例G

竣工期間が梅雨であった事例: 事例J

作業の段取りが悪かった事例: 事例Gと事例I

4. 標準作業における部材別作業

4.1 分析の方針

実際の作業を観察すると、接合方式がボルトであるか、ドリフトピンであるか、在来の継手仕口であるかにより、施工人工数が特に大きく異なる。したがって、生産原単位に関する以下の分析は、接合方式別におこなう。本研究では、調査対象12事例の接合方式は、ボルト接合が10事例、ドリフトピン接合が1事例、在来の継手仕口が1事例となっているため、ボルト接合を中心に分析をおこなっている。

4.2 地組架構体の地組作業

地組作業を観察すると、地組する部材の移動と接合がその主な作業となっている。したがって、地組架構体の地組作業には、地組架構体の大きさと接合数が影響を与えると考えられる。ここでは、大きさをあらわす工事量として材積^(注3)、また、接合数をあらわす工事量としてピース数(部材数)^(注4)にて検討をおこなった。

これらの工事量で生産原単位に変換した数値の比較を、図2に示す。図2では、生産原単位に変換した数値のうちの最小値に対して、他の事例の数値が何倍になっているか、その倍率をプロットし、それらを工事量ごとに示している。また、各事例は、それぞれ10体前後の地組架構体で構成されている。地組架構体に関する施工人工数は、どの事例においても、最初の数体の作業がやや

図2 地組架構体の地組作業における生産原単位の比較

図3 地組架構体の地組作業における施工人工数/(ピース数×材積)の度数分布図(ボルト接合)

手間取るもののほぼ同じような数値を示していることが、文献3)にて分かっている。図2をみると、材積やピース数で単純に生産原単位に変換した数値では、最小値に対して最大値が約5倍及び約10倍となっている。それに対して、材積とピース数の積(材積×ピース数)^(注5)で生産原単位に変換した数値では、最小値に対して最大値が約2.5倍となっている。また、材積とピース数の和(材積+ピース数)で生産原単位に変換した数値では、最小値に対して最大値が約4倍となっている。

どのような工事量や生産原単位を用いるか検討する場合、設計時点で計画するという意味では設計図書等にて拾いやすい工事量であること、また、建物、敷地、及び、作業者等の工事に関する固有の条件は工事毎に個別に対応するとして、その前提となる数値は条件によらずその生産原単位の分布がなるべくまとまっている方が適切である。即ち、ここでの最小値に対して各数値の倍率なるべく小さくなっている工事量の方が適切であると考えられる。したがって、今回の調査対象の範囲内においては、地組架構体の地組作業では、材積とピース数の積(材積×ピース数)が労務歩掛かりを検討するための工事量としては適切であると言える。

ボルト接合の7事例に関して、材積とピース数の積(材積×ピース数)で生産原単位に変換した数値の度数分布を、図3に示す。分布は、正規分布に近似している。したがって、ボルト接合におけ

図4 地組架構体の吊り込み作業における生産原単位の比較

図5 地組架構体1体あたりの吊り込み作業における施工人工数の度数分布図(ボルト接合)

る地組架構体の地組作業では、平均値の29.9人分/($\text{m}^3 \times \text{本}$)が基準値としてひとつの目安となろう。

4.3 地組架構体の吊り込み作業

建方で用いる重機は、最も重くスパンの大きい部材、すなわち、地組架構体の重さと、重機と吊り元との距離によってその能力を決める。したがって、地組架構体の吊り込み作業では、どの地組架構体に対しても重機の能力が十分であるという意味で、地組架構体の重さがその施工人工数に影響を与える可能性は低いと言える。ここでは、工事量として材積とスパンにて、検討をおこなった。

これらの工事量で生産原単位に変換した数値の比較を、図4^(注6)に示す。ボルト接合に関しては、材積で生産原単位に変換した数値は約7倍の範囲、スパンや材積とスパンの和で生産原単位に変換した数値は約4倍の範囲に分布している。一方で、これらの工事量で生産原単位に変換しない数値、すなわち、地組架構体1本あたりの施工人工数は、約3倍の範囲に分布している。したがって、地組架構体の吊り込み作業は、工事量で生産原単位に変換するのではなく、地組架構体1本あたりの施工人工数で検討することが適切であると言える。

ボルト接合の7事例に関して、地組架構体1本あたりの吊り込み作業における施工人工数の度数分布を、図5に示す。分布にかなりバラツキが見られ、正規分布であるとは言えない。ここでは、中央値^(注7)である88.0人分/本をもって、地組架構体の吊り込み作業の基準値とする。

4.4 軸組材の吊り込み作業

建方で用いる重機は、最も重くスパンの大きい部材、すなわち、地組架構体の重さによってその能力が決定される。一方、本研究で定義した軸組材は、躯体を構成する部材の中でも比較的小さいものが中心となっており、重機の能力から考えても、重さの工事量に左右されにくい。したがって、軸組材の吊り込み作業には、材積やスパン等に関する工事量で生産原単位に変換せずに、1本あたりの施工人工数で検討するのが適切であると言える。

軸組材1本あたりの吊り込み作業における施工人工数の度数分

図6 軸組材1本あたりの吊り込み作業における施工人工数の度数分布図(ボルト接合)

布を、図6に示す。度数分布は対数正規分布に近似している。ここでは、中央値^(注8)の21.0人分/本をもって、軸組材1本あたりの吊り込み作業における基準値とする。

4.5 母屋の吊り込み作業

母屋は、軸組材に比べて1本あたりの材積やスパンが小さい。そのため、吊り込み作業の方法は、地組架構体や軸組材のように重機により1本ずつ吊り込むのではなく、内部足場や地組架構体の架構の上に重機でまとめて吊り上げてから、作業者が1本ごとに手作業により納めてゆく。

母屋の吊り込み作業における施工人工数について、材積とピース数で生産原単位に変換した数値の比較を、図7に示す。材積とピース数で生産原単位に変換した数値のバラツキに大きな差は見られず、どちらでも基準値となりうる。ピース数あたりの平均値は12人分/本、材積あたりの平均値は350人分/ m^3 である。^(注9)

4.6 金物の取り付け作業

「3.用語の定義」で前述したように、金物の取り付け方法には、地上で地組架構体に取り付ける方法と架構の上で取り付ける方法がある。前者の方が一般的であり、作業効率もよい。また、地上で取り付ける方法であっても、架構の上で取り付ける方法であっても、余程重い金物でない限り重機を用いないで作業者が1個ごとに手作業で取り付けしていく。事例Dではすべての金物が架構上で取り付けられているが、他の事例ではほとんどの金物が地上で取り付けられている。

調査において、金物取り付け作業の施工人工数と取り付けた金

図7 母屋の吊り込み作業における生産原単位の比較

表2 金物の取り付け作業における施工人工数

	人工数 人分	金物数 個	人工数/ 金物数 人分/個	接合方式	取付場所
事例D	5021	745	6.7	ボルト	架構の上
事例G	1799	800	2.2	ボルト	地上
事例I	2853	970	2.9	ボルト	地上
平均値	2326	885	2.6	-	-

図8 その他の吊り込み作業における生産原単位の比較

物数を正確に把握できた事例は3事例にすぎない。表2に、金物の取り付け作業における施工人工数と金物数等を示す。ここでは、金物1個あたりの施工人工数を基準値としている。地上で取り付け作業をおこなった事例Gと事例Iでは、金物1個あたりの施工人工数が近い値を示しており、それらの平均値は2.6人分/個となっている。一方、架構の上で取り付けした事例Dでは6.7人分/個となっており、地上にて取り付けした2事例の平均値の約2.5倍となっている。

4.7 その他の吊り込み作業

その他の部材の吊り込み作業の方法は、母屋と同様に重機によりまとめて架構上や内部足場に吊り上げてから、作業者が1本ごとに手作業により納めてゆく。その他の吊り込み作業における施工人工数を材積とピース数で生産原単位に変換した数値の比較を、図8に示す。母屋の吊り込み作業と同様に、材積とピース数で生産原単位に変換した数値のパラツキに大きな差は見られず、どちらも基準値となりうる。ピース数あたりの平均値は17人分/本、材積あたりの平均値は440人分/m³である。^(注9)

4.8 3つの階層における生産原単位に変換した数値の比較

「3. 用語の定義」で定義したように、標準作業は、地組架構体の地組・地組架構体の吊り込み・軸組材の吊り込み・母屋の吊り込み・金物の取り付け・その他の作業、という各作業の合計であらわされる。これらの各作業をどのような工事量にて検討するのが適切であるかは既に述べたが、ここでは、総施工人工数、標準作業、標準作業における部材別作業という3つの階層(レベル)において生産原単位に変換した数値を比較検討する。

図9に、ボルト接合において、総施工人工数、標準作業、標準作業における部材別作業をそれぞれ生産原単位に変換した数値の比較を示す。総施工人工数では最小値に対する最大値の比率が約5～9倍、また、標準作業では約4～10倍であるのに対して、部材別作業では2～3倍に納まっている。これらの数値においては、その分布の狭い方が、労務歩掛りを検討するための参考値としては適切である。したがって、総施工人工数や標準作業で扱う数値自体が部材別作業に比べて大きいことも考慮すると、総施工人工

数や標準作業等の階層よりも、標準作業における部材別作業の階層にて生産原単位に変換して分析する方が適切であると言える。

5. まとめ

本研究における分析結果をまとめると、以下のようになる。

- ①標準作業を、地組架構体の地組作業、地組架構体の吊り込み作業、軸組材の吊り込み作業、母屋の吊り込み作業、金物の取り付け作業、及び、その他の吊り込み作業の5つの部材別作業に分類した。
- ②工事量で生産原単位に変換する場合、総施工人工数や標準作業の階層(レベル)よりも、標準作業における部材別作業の階層において生産原単位に変換して分析する方が適切である。
- ③各部材別作業における労務歩掛りを検討するための適切な工事量とそれぞれの生産原単位における基準値は、以下のとおりである。なお、地組架構体の地組作業と吊り込み作業、軸組材の吊り込み作業では、ボルト接合の場合について示してある。

地組架構体の地組作業	： 地組架構体96体の平均値 29.9人分/(m ³ ×本)(地組架構体の材積×ピース数)
地組架構体の吊り込み作業	： 地組架構体96体の中央値 88.0人分/体(地組架構体の数)
軸組材の吊り込み作業	： 軸組材1496本の中央値 21.0人分/本(軸組材の数)
母屋の吊り込み作業	： 母屋2853本の平均値 350人分/m ³ (母屋の材積) 12人分/本(母屋の数)
金物の取り付け作業(地上)	： 地上取り付け1770個の平均値 2.6人分/個(金物の数)
	(架構上)： 架構上取り付け745個の平均値 6.7人分/個(金物の数)
その他の吊り込み作業	： その他の部材246本の平均値 440人分/m ³ (その他の材積) 17人分/本(その他の数)

図9 総施工人工数、標準作業、標準作業における部材別作業内容の生産原単位の比較

6. おわりに

生産原単位には、接合方式以外にも作業者や管理者の技量、敷地の条件、加工精度、架橋の複雑さ等が影響を与えている。本論文では、ボルト接合方式に絞って分析を進めており、標準作業の部材別作業に関して、生産原単位を示し、標準的な労務歩掛りのための参考値とした。接合方式以外の施工人工数に影響を与える条件⁽¹⁰⁾の分析は、今後の課題とした。

謝辞

本研究の成果は、三井木材工業株式会社特建事業部のご協力、職業能力開発大学校建築工学科卒業生原田貴透氏(平成5年度)、児玉忍氏(平成6年度)、高野裕幸氏(平成7年度)、松浦正典氏(平成8年度)、及び、山田大雅氏(平成9年度)の努力に因るところが大きいことを記して、感謝いたします。

参考文献

- 1) 西村慶徳, 須田松次郎, 藤澤好一: 大規模木造建築物の施工管理に関する諸問題, 日本建築学会第4回「建築生産と管理技術」シンポジウム論文集, pp. 23~26, 1988
- 2) 西村慶徳, 須田松次郎, 藤澤好一: 大規模木造建築物の生産供給体制と施工管理に関する考察, 日本建築学会第5回「建築生産と管理技術」シンポジウム論文集, pp. 61~64, 1989
- 3) 松留慎一郎, 田中暁: 構造用集成材を用いたアーチ式架橋とポストアンドビーム式架橋の施工人工数に関する調査報告, 日本建築学会技術報告集第1号, pp. 269~274, 1995. 12
- 4) 松留慎一郎: 構造用集成材を用いたアーチ式木造架橋の施工人工数に関する調査研究, 日本建築学会第10回「建築生産と管理技術」シンポジウム論文集, pp. 545~552, 1994
- 5) 田中暁, 松留慎一郎: 構造用集成材の施工人工数に関する研究 ポストアンドビーム式木造架橋について, 日本建築学会第11回「建築生産と管理技術」シンポジウム論文集, pp. 275~282, 1995
- 6) 田中暁, 松留慎一郎: 構造用集成材を用いたアーチ式木造架橋における施工人工数の試算に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集E分冊, pp. 587~588, 1995

- 7) 田中暁, 松留慎一郎: 構造用集成材の施工人工数に関する研究その1 ポストアンドビーム式木造架橋について, 日本建築学会大会学術講演梗概集E分冊, pp. 631~632, 1996
- 8) 田中暁, 松留慎一郎: 構造用集成材の建方における施工人工数の調査研究 標準作業における部材別作業, 日本建築学会大会学術講演梗概集E分冊, pp. 645~646, 1997

注

- 1) 「3. 用語の定義」における工事量の定義を参照のこと。
- 2) 労務歩掛りを検討するための基準, あるいは, 参考となる数値。
- 3) 大きさをあらわす工事量としては, スパン等の各種寸法, 材積, 重量, あるいは, それらの組み合わせ等, 様々なものが考えられる。設計時点で必ず算出されるということ, しかも, 比較的説明のつく分析結果を示しているという理由により, 材積を選定している。ここで扱う地組架橋体の材積は, 各ピースの材積(容積)の総和である。
- 4) 接合作業に関しては, 接合数に加えて, 接合部における接合金物やボルトの数等, 接合の複雑さが影響を与える。ピース数(部材数)は, 接合の数と必ずしも一致しない。しかし, 設計時点で必ず算出されて扱いやすいということ, また, 複数の部材により1ヶ所の接合部が構成されている場合など接合部の複雑さをピース数で代替できるという理由で, ピース数を選定している。なお, ピース数には, ボルト数は含まれない。
- 5) 材積とピース数の積は, 大きさと接合数に関係しているということ以上に特定の内容の意味しているわけではない。しかし, その積で生産原単位に変換した数値において, 事例ごとのバラツキが最も小さくなっている。そういう意味で, ここでは, 工事量として採用している。
- 6) ここでも, 各事例における平均値をプロットしている。
- 7) 図5のようにバラツキがある分布では, 基準値として中央値やモードが考えられる。しかし, モードにおける分布(10)がサンプル数(96)に対して10%しか満たしていないため, 中央値を用いた。
- 8) 図6のように対数正規分布に近似している場合, 基準値としては中央値を用いるのが一般的である。
- 9) 母屋の吊り込み作業とその他のつり込み作業については, 12事例のうち3事例が日報形式によるデータであるため, 日報形式の調査精度である30分単位で集計をし, 有効桁数を2桁とした。
- 10) 表1の下に, 12事例において影響を与えた条件を示している。

(1998年9月1日原稿受理, 1999年1月28日採用決定)