構造用集成材を用いたアーチ式架構とポストアンドビーム式架構の施工人工数に関する調査報告

THE REPORT ON MAN-HOUR OF ERECTION OF ARCH AND POST-AND-BEAM CONSTRUCTION BY GLUED LAMINATED TIMBER

松留慎一郎 — *1
田中 暁 — *2

Shinichiro MATSUDOME
Satoru TANAKA

*1

*2

In this study we report about man-hour of erection and program of works of arch and post-and-beam construction by glued laminated timber. On this report we grasped the basic man-hour of erection and program of works and investigated its characteristic on arch and post-and-beam construction by glued laminated timber.

We surveyed three site of erection with arch and other three site of erection with post-and-beam. As a result we find that man-hour are influenced by many conditions and write down the conditions.

キーワード：
構造用集成材, 施工人工数, アーチ, ポストアンドビーム, ユニット, 地組架構体

Keywords:
glued laminated timber, man-hour of erection, arch, post-and-beam, unit, ZIGUMI frame

1 目的

昭和62年の建築基準法改正をはじめ、関係法令の改正により、大断面構造用集成材を使用した木造建築物が建築可能となって以来、構造用集成材を用いた大規模木造建築物は増加してきている。しかし、集成材による大架構木造建築物を設計する際の架構方式を選択するか、また、どのように工程計画を立てるか、その指標がほとんどなく、担当者個人の力量に頼っているのが現状である。

本研究は、架構形式選択のための生産上の指標作成、及び、設計完了時での建方に関する施工人工数の予測と工程計画のプログラム作成を最終的な目標としている。そのために、構造用集成材を用いた木造建築物について、基本設計が完了した時点で施工人工数や工期等の工程計画が従来よりも詳細に立案できるような基礎的なデー

タを収集することが必要となる。

本編では、その目標に従い建方調査を実施したアーチ式架構3例とポストアンドビーム式架構3例に関する、施工人工数と工程、さらに、施工人工数に影響を与えた条件について、報告している。

2 調査概要

2.1 調査対象

アーチ式架構3物件、ポストアンドビーム式架構3物件、計6物件に対して建方調査を実施した。調査対象の概要は表1のとおりである。

2.2 調査期間

調査期間は平成5年10月から平成6年11月である。各調査対象における建方の調査期間は、表1における工事期間に相当する。

表1 調査対象の概要と基本的な施工人工数

調査対象物件	物件A	物件B	物件C	物件D	物件E	物件F
所在	北海道夕張郡	福岡県久留米市	和歌山県龍神村	神奈川県箱根町	秋田県能代市	熊本県高森町
工事期間	'93/10/28~11/8	'93/11/10~12/04	'93/12/9~12/25	'94/7/29~8/8	'94/8/17~9/21	'94/11/21~11/28
架構方式	アーチ	アーチ	アーチ	ポストアンドビーム	ポストアンドビーム	ポストアンドビーム
建築面積(m ²)	1449.439	833.356	530.800	336.720	686.400	202.900
総材積(m ³)	72.524	61.110	42.050	31.320	80.373	69.740
総人工数(人・分)	24271	66718	25523	38761	61545	24989
総人工数/建築面積(人・分/m ²)	16.75	80.06	48.08	115.11	89.66	123.16
総人工数/材積(人・分/m ³)	334.66	1091.77	606.97	1237.58	765.74	358.32

*1 職業能力開発大学校建築工学科 助教授・工博

*2 職業能力開発大学校研究課程

*1 Assoc. prof., Dept. of Architectural Engineering, The Polytechnic University, Dr. Eng.

*2 Graduate Student, The Polytechnic University.

2.3 調査方法

調査員が現場作業を観察し、準備した各コードに基づき調査用紙に記入した。確認の意味を含めて各作業の区切り毎に写真撮影もおこなった。記入内容は下記のとおりである。①職種、②作業開始時間、③作業終了時間、④対象部材、⑥位置、⑦作業内容、⑧備考

3 結果

施工人工数を論ずる時には、床面積あたりとか、使用材積あたりとか、比較検討のための数値で除して表記するのが常識であろう。本研究でも、上記以外に、接合方式、接合数、部材数、など様々な数値を用いて比較のための検討をおこなったが、効果的に説明できる項目が見いだせなかった。ここでは、建築面積あたり、および、材積あたりの結果を、表1に示すにとどまっている。一方で、レッカーで吊り込む単位となる地組された架構の大きさとその数が、建方の効率に大きく影響することがわかり、「地組架構体」と「ユニット」の概念を導入し、以下のように定義している。

「躯体を構成する主要な梁、柱、小屋組等を地組した構造体」を「地組架構体」と定義。地組作業で取り付けることが可能な部材（金属を含む）は、地組架構体として吊り込み作業を行った方が、作業能率はよい。また、「地組架構体1組に1ピッチに相当する梁・ブレース・母屋等を加えた単位」を「1ユニット」と定義。1ユニットあたりの数値は、地組架構体については地組架構体数、梁・ブレース・母屋に対してはピッチ数で全体を割って算出している。

3.1 物件別総人工数及び内訳

図1はアーチ式架構の物件別総人工数の内訳を面積比率によって表している。物件Bは物件Aと物件Cに比べて、2倍以上の総人工数になっている。各作業の割合は、物件Aと物件Cがほぼ同じ傾向を示している。しかし、物件Bは他の2物件に比べてユニット標準作業が20ポイント以上少なく、ユニット外標準外作業が約10ポイント、標準外作業が15ポイント以上多くなっている。これは、1日当たりの出面数が多かったこと、また複雑な架構デザインで加工ミスもあったことなどが重なって、上記のような結果になっている。アーチ式架構の場合、架構が比較的単純なため、総人工数は建築面積や総材積など規模的な要因では、それほど大きく変化しない。しかし、物件Bのように複雑な架構デザインとなると、総人工数とユニット標準の割合が多くなってしまふ。

図2はポストアンドビーム式架構の物件別総人工数の内訳を面積比率によって表している。物件Eは他の2物件に比べて、総人工数が極端に多くなっている。これは建築規模を考えると当然の結果といえる。また、物件Eの準備が他の物件に比べ14.9%と多くなっているのは、現場規模が大きいことに加え、RC部分等の他職種に関係する部分が多かったためである。各作業の割合については、物件Eと物件Fは、準備を除いてほぼ同じ傾向を示している。しかし、物件Dは他の2物件に比べて、ユニット標準作業が20ポイント以上少なく、ユニット外標準作業、標準外作業、休みが多くなっている。これは、母屋金物の取り付け位置が墨付けされていなかったため、母屋金物を地組作業の際に取り付けず部材吊り込み後に架構の上で取り付けた結果、作業効率が悪くなったためである。また、加工精度が悪く、加工ミスによる手直し加工が多かったことも影響している。加えて、工事期間が7月下旬から8月上旬までと暑い時期

図1 総施工人工数内訳比率図(アーチ式架構)

図2 総施工人工数内訳比率図(ポストアンドビーム式架構)

であり、休みを多く取らざるを得なかったことも原因として挙げられる。

ポストアンドビーム式架構は、アーチ式架構に比べて複雑な架構となることが多い。そのため、同じような規模の場合、ポストアンドビーム式架構の方が総人工数が多くなる。

6物件の各作業内容の割合は、物件A、物件C、物件Fが同じ傾向を示している。物件Eも、準備を除いて同じ傾向を示している。

3.2 ユニット標準作業

3.2.1 ユニット別標準作業人工数

a) アーチ式架構

図3は物件Aのユニット別標準作業人工数を示している。X2か

ら地組及び吊り込み作業が始まっており、X2が他のユニットに比べて人工数が多い。これは職人の慣れが影響している。X2以外のユニットは、ほぼ同じ値を示している。なお、図3のX9のように値が極端に少なくなっているのは、妻面であるために母屋や梁の吊り込みが無かったためである。

図4は物件Bのユニット別標準作業人工数を示している。物件Bでは、最初に地組作業をおこなった1(H)の人工数が他のユニットより突出している傾向が、物件Aよりも顕著である。これは、1(H)が最初のユニットであるということに加え、左右対称の2連のアーチが並ぶため部材位置を特定するのが難しかったこと、さらに、部材や金物の種類が多かったためである。A側のユニットは、後作業であることに加え部材や金物の種類が少ないために、H側に比較して人工数が少なくなっている。

図5の物件Cは、最初のユニットから順に標準作業人工数が少なくなっているという点で、他の2物件と同じ傾向を示している。

b) ポストアンドビーム式架構

図6は物件Dのユニット別標準作業人工数を示している。物件Dの場合、同時に2組の地組架構体を地組しており、ここでは、2組分の人工数を2で割って、1ユニットの人工数としている。地組作業

は、[1・5], [2・6], [4・8], [3・7]のセットで、吊り込み作業は、5, 1, 6, 2, 8, 4, 7, 3の順で、作業が進んでいる。始めに吊り込み作業をおこなった1と5のユニットが、他と比較して人工数が多い。職人が慣れたのは3ユニット目以降である。

図7は物件Eのユニット標準作業人工数を示している。物件Eの場合、1(A), 2(A), 1(H), 2(H)……の順で作業が進んでおり、物件Dと同じく、最初に地組と吊り込みをおこなった1(A)の人工数が最も多く、作業が進むにしたがい職人が慣れてゆき人工数は減少するという傾向を示している。

図8は、物件Fのユニット標準作業人工数を示している。妻面の1と10のユニットは、材積で他のユニットの2.5倍と柱数が多く、地組架構体2(胴差+柱)の地組と吊り込み作業に多くの人工数がかかっている。地組架構体1(小屋組)の地組と吊り込み作業に関しては、2～9のユニットの中では最初に作業をおこなった2のユニットの人工数が最も多く、他の2例と同じような傾向を示している。

3.2.2 1ユニットあたりの平均標準作業人工数

表2は1ユニットあたりの標準作業人工数を比較したものである。また、人工数に影響を与える可能性のある内容のうち、建物そのものに関する項目(ハード)を表3に示す。

図3 物件Aのユニット別標準作業

図6 物件Dのユニット別標準作業

a) アーチ式架構

地組架構体の地組作業は材積やスパンが異なるにも関わらず、3物件がほぼ同じ人工数になっている。例えば、物件Bは小型の地組架構体で材積も少ないが、ドリフトピンの打ち込みに相当手間取っていた。接合数はどの地組架構体でも大差がないことも考えあわせると、材積やスパンに加え、接合方式の影響も大きいと指摘できる。

地組架構体の吊り込み作業にも地組架構体の材積やスパンが影響を与えるが、接合方式の影響も小さくない。接合数はどの地組架構体でもほぼ同じであった。吊り込み作業には部材が大きく重い方が時間がかかるのは当然であり、例えば、最も材積の大きい物件Aにおいて吊り込みの人工数が最も多くなっている。物件Bは吊り込み作業時のドリフトピン接合に手間取っている。結果として、材積やスパンが最も小さい物件Cよりも吊り込みの人工数が多くなっている。また、梁や母屋の吊り込み作業では、接合数と接合方式の影響が圧倒的に大きかった。

b) ポストアンドビーム式架構

地組架構体の地組作業は、物件Eが他の2物件に比べ突出して多い。物件Eの場合、最も材積が大きい、接合数が8ヶ所と多いということに加え、金物+ボルト接合であり、しかも、1つの接合部当たりのボルト数が多いために、ボルト締めに必要な時間がかかり、上

述の結果となった。物件Dは、接合方式が金物+ボルト接合であるにもかかわらず、地組作業の際に母屋金物を取り付けなかったために地組作業の施工人工数が最も少なくなっている。物件Fの場合、接合数は8ヶ所と多いが在来の継手仕口を使用しているために人工数は相殺されており、材積なりの人工数となっている。地組作業は地組架構体の材積やスパンも影響するが、それ以上に、接合数や接合方式の影響が大きいと指摘できる。

地組架構体の吊り込み作業は、3物件ともほぼ同じ人工数になっている。地組架構体の吊り込みに関係する接合数や接合方式は3事例ともほぼ同じで、材積やスパンの大きい物件Eが人工数も最も多くなると予想されたが結果は逆であった。物件Dと物件Fの職人は集成材の建方工事が今回初めてであったが、物件Eの職人は経験が豊富であり吊り込み作業が極めてスムーズで、職人の慣れの程度も影響を与えるということが確認できた。また、母屋吊り込みの人工数については、物件Dでは母屋金物の取り付けも同時におこなったために多く、物件Fでは在来の継手仕口であったために少なくなっている。

3.3 職人別人工数

表4は、6物件の職人別の人工数とその割合を示している。物件Cと物件Eにおいて大工が70%以上占めているのに対し、物件A・物件B・物件D・物件Fでは鳶が65%~75%を占めている。大工中心のチーム編成と鳶中心のチーム編成でどちらが良いかは、一概には言えない。鳶中心のチーム編成の方が建方は効率的ではある。しか

表2 1ユニット当たりの標準作業人工数

	架構体 地組	架構体 吊込	梁吊込	母屋 吊込	ブレース 吊込	合計
	人・分	人・分	人・分	人・分	人・分	人・分
物件A	435	221	242	603		1492
物件B	413	155	369			937
物件C	407	92	239	406		1144
平均	418	153	283	505		1359
物件D	222	133	304	464		1123
物件E	1034	119	857	558	688	3256
物件F	282	144	280	97	191	994
平均	513	132	432	373	436	1877

*1 空欄は該当する部材がないことを示す。

表5 平均的チーム編成

	物件A	物件B	物件C	物件D	物件E	物件F
大工(人)	0	0	5	7	7	2
鳶(人)	4	5	0	2	0	6
重機(人)	1	1	1	1	1	1
管理(人)	1	1	1	1	1	1
合計(人)	6	7	7	11	9	10

表3 調査対象の仕様

	単位材積(m ³ /ユニット)				総材積 (m ³)	スパン (mm)	ピッチ (mm)	高さ (mm)	架構 体数	ピッチ 数	接合 数	接合方式
	架構体	梁	ブレース	母屋								
物件A	5.03	1.78		3.37	72.5	24000	4000	9600	9	8	3	金物+ボルト
物件B	0.67	0.77			61.1	10000	3000	6000	22	20	1	ドリフトピン
物件C	2.49	0.27		0.98	42.1	16000	2000	8500	14	13	1	金物+ボルト+釘
物件D	1.46	2.23		0.22	31.3	10755		7770	8	8	3	金物+ボルト
物件E	4.56	3.19	2.23	2.20	80.3	28600	3000	5900	10	8	8	金物+ボルト
物件F	2.01	1.31	0.44	0.18	69.7	14400	1800	10470	10	9	8	継手仕口

*1 空欄は該当する部材がないことを示す。

*3 接合数は地組架構体の地組時の接合数を示している。

*2 物件Dは地組架構体が並列ではなく円形に並ぶので、ピッチは空欄とした。

*4 接合方式は地組時及び吊り込み時とも同じ方式になっている。

表4 職人別施工人工数

職種	物件A			物件B			物件C			物件D			物件E			物件F		
	人・分	人・分 /ユニット	%	人・分	人・分 /ユニット	%	人・分	人・分 /ユニット	%	人・分	人・分 /ユニット	%	人・分	人・分 /ユニット	%	人・分	人・分 /ユニット	%
大工	1306	145.1	5.4	3825	173.9	5.4	20801	1485.8	81.5	9091	1136.4	23.5	44306	4430.6	72.0	5305	530.5	22.1
鳶	18445	2049.4	76.0	51173	2326.0	76.7	0	0.0	0.0	25621	3202.6	66.1	6558	655.8	10.7	15209	1520.9	63.4
重機	2771	307.9	11.4	9853	447.9	14.8	3393	242.4	13.3	2754	344.3	7.2	8252	825.2	13.4	3461	346.1	10.3
管理	1354	150.4	1.6	1580	71.8	2.4	1329	94.9	5.2	1135	141.9	2.7	2191	219.1	3.5	763	76.3	3.2
その他	395	43.9	5.6	282	12.8	0.4	0	0.0	0.0	130	16.3	0.3	238	23.8	0.4	251	25.1	1.0
合計	24271	2696.8	100.0	66718	3032.6	100.0	25523	1823.1	100.0	38731	4841.4	100.0	61545	6154.5	100.0	24989	2498.9	100.0

し、大工が着的な作業も十分にこなせるのなら、手直し等を数多く必要とする現場では大工中心のチーム編成の方が現場加工に対応しやすい分だけうまくゆく。また、集成材の建方工事ではクレーンを必ず使用している。平均的チーム編成については、表6に示す。

3.4 日別人工数累積

図9は、6物件の日別人工数の累積図である。物件Bと物件Eは、他の物件に比べ工期が長く、総人工数も多くなっている。物件Bの作業日数が多いのは、一部に細かい間仕切があったりアーチが2連並ぶなど複雑な架構デザインとなっており、作業がスムーズに進行しなかったためである。また、加工ミスによる現場での手直し加工等の標準外作業が多いことも、原因のひとつである。物件Eは、建築規模が大きいことに加えてRC部分の工事の遅れに影響されて予定の工程どおりに工事が進まなかった。物件Bと物件Eの職人は、集成材の建方の経験が豊富であったために、段取りや作業スピードについては優れていた。しかし、経験豊かな職人であっても、架構の複雑さや工程の遅れを十分にカバーすることはできなかった。

物件Dの場合、1日の平均出面数が多いこと、職人が集成材の建方工事が始めてであったこと、工事期間が猛暑であったこと等が重なり、建築規模や材積が他の事例よりも少ないにもかかわらず、総人工数が多くなり、工期も同じような長さになった。

物件A・物件C・物件Fは、総人工数も工期も同じような傾向を示している。特に、物件Fは職人が集成材の建方工事が初めてであったにもかかわらず、他に好条件が重なったために、総人工数も工期も物件Aや物件Cと同じような傾向を示している。

4 施工人工数や工期にみられる特徴と影響を与えた条件

以上の分析で述べてきたように、施工人工数や工期は条件により影響を受ける。ここでは、調査対象6物件について、調査結果から

指摘できる施工人工数や工期にみられる特徴と、施工人工数や工期に影響を与えた条件について整理している。なお、ハードとソフトなどの分類はおこなわず、項目を単純に列記している。

① 物件A

特徴

- ・総人工数、工期、各作業の割合は、標準的である。

影響を与えた条件

- ・接合方式が金物+ボルト接合である。
- ・加工精度が良い。
- ・職人は集成材の建方工事の経験が豊富である。

② 物件B

特徴

- ・総人工数が多く、工期が長い。
- ・ユニット標準作業の割合が少なく、ユニット外標準作業、標準外作業の割合が多い。

影響を与えた条件

- ・接合方式が金物+ドリフトピン接合である。
- ・加工精度が悪い。
- ・複雑な架構デザインである。
- ・職人は集成材の建方工事の経験が豊富である。

③ 物件C

特徴

- ・総人工数、工期、各作業の割合は標準的である。

影響を与えた条件

- ・接合方式が金物+ボルト+釘接合である。
- ・加工精度が良い。
- ・職人は集成材の建方工事の経験が豊富である。

④ 物件D

特徴

- ・想像以上に総人工数が多い、工期が長い。

図9 日別施工人工数累積図

- ・ユニット標準作業の割合が少なく、ユニット外標準作業、標準外作業、休みの割合が多い。

影響を与えた条件

- ・接合方式が金物＋ボルト接合である。
- ・加工精度が悪い。
- ・職人は集成材の建方工事が始めてである。
- ・地組架構体の地組の際、母屋金物を取り付けていない。
- ・工事時期が猛暑であった。

⑤ 物件 E

特徴

- ・総人工数が多く、工期が長い。
- ・準備等を除いて、各作業の割合は標準的である。

影響を与えた条件

- ・金物＋ボルト接合で、ボルト数が多い。
- ・接合数が多い。
- ・加工精度が悪い。
- ・建築規模が大きい。
- ・職人は集成材の建方工事の経験がある。

⑥ 物件 F

特徴

- ・総人工数、工期、各作業の割合は標準的である。

影響を与えた条件

- ・接合方式が在来の継手仕口である。
- ・接合数が多い。
- ・加工精度がよい。
- ・架構が比較的単純である。

5 おわりに

本編では、アーチ式架構3件とポストアンドビーム式架構3件について、その建方に関する施工人工数や工期等の基礎的なデータを報告している。また、「地組架構体」や「ユニット」という概念を導入することにより、建方に関する施工人工数や工期を理解し易くなることがわかった。さらに、施工人工数は様々な条件により大きく異なることが確認でき、施工人工数に影響を与える条件についても整理している。今後は、さらに調査事例を増やすことはもちろんのこと、施工人工数に影響を与える条件について、その影響の程度の把握や各作業の標準的数値の推測等をおこない、設計完了時に建方に関する施工人工数と工期の試算ができるような方法論を見い出すことが大きな目標となる。

6 謝 辞

本調査研究を進めるにあたっては、三井木材工業株式会社の宮林

正幸氏、鳥羽展彰氏をはじめとする関係各位の協力と、当時の卒論生である原田貴透君（平成5年度）、児玉忍君（平成6年度）の势力的な調査に因るところが大きいことを記して感謝したい。

参考文献

- 1) 松留慎一郎：構造用集成材を用いたアーチ式木造架構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. 7
- 2) 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. 7
- 2) 西村慶徳，須田松次郎，藤澤好一：大規模木造建築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. 7
- 3) 太田芳夫，藤澤好一，吉田倬郎，松留慎一郎，松田尚人：2×4構法のフレーミング工事における作業分析，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. 31～34，1988. 7
- 4) 田中館豊，藤澤好一，吉田倬郎，松留慎一郎：木造住宅の施工工程と資材供給の同期化に関する研究，日本建築学会第6回「建築生産と管理技術」シンポジウム論文集，pp. 163～168，1990. 7
- 5) 堀籠誠司，神山幸弘，岩井克巳，堀圭吾，村山隆：戸建住宅の複数棟同時施工の実態分析：戸建住宅のMULTI-PROJECT SCHEDULINGに関する研究その1，日本建築学会第6回「建築生産と管理技術」シンポジウム論文集，pp. 157～162，1990. 7
- 6) 堀籠誠司，神山幸弘，村山隆，斉藤昌典：戸建住宅の複数棟同時施工の実態分析：戸建住宅のMULTI-PROJECT SCHEDULINGに関する研究その2，日本建築学会第7回「建築生産と管理技術」シンポジウム論文集，pp. 169～174，1991. 7
- 7) 堀籠誠司，神山幸弘，熊谷泰彦：枠組壁工法住宅複数棟同時施工の実態分析：その1基礎工事，木工事の棟分担について，日本建築学会大会学術講演梗概集F分冊，pp. 971～972，1994
- 8) 熊谷泰彦，神山幸弘，堀籠誠司：枠組壁工法住宅複数棟同時施工の実態分析：その2全職種の工事業者の実態分析および類型化，日本建築学会大会学術講演梗概集F分冊，pp. 973～974，1994
- 9) S. Matsudome, K. Fujisawa and T. Yoshida: Work・Break-down Structure System for Japanese Timber House, CIB90 Building Economics Construction, Volume 6, pp. 301～312, 1990. 7
- 10) S. Matsudome, K. Fujisawa and T. Yoshida: Study on Synchronization between the Delivery of Materials and the Construction Process of Japanese Wood House, Construction Project Modelling and Productivity, pp. 195～200, 1991. 4
- 11) S. Matsudome, K. Fujisawa and T. Yoshida: Work Analysis on Framing of 2×6 Construction, Construction Project Modelling and Productivity, pp. 255～260, 1991. 4

[1995年6月25日原稿受理 1995年8月25日採用決定]