

アカシアマンギウム材を用いたプレファブ型 モデル耐震木造住宅建設のインドネシアでの試み*

小松 幸平**

An attempt in Indonesia for constructing earthquake-resisting prefabricated wooden house made of *Acacia Mangium* (*Acacia Mangium* Willd.)*

Kohei Komatsu **

概要

本稿は、インドネシアのボゴール農科大学 (IPB) で 2006 年に実施されたプレファブ耐震木造住宅の試作実験の報告を日本語で紹介するものである。原文はインドネシア語で執筆されており、それをインターネット配信されている自動翻訳機能で一度英文化し、筆者がこれまでのインドネシアにおける耐震木造住宅に関する経験を基に、独自の判断で日本語に意訳したものである。原著論文は以下に示すとおり、IPB の森林学科・木材工学研究室のヌグロホ教授の指導の下で、同研究室のリナ・カリナサリー博士が筆頭で執筆された研究所報告である。

Lina Karlinasari dan Naresworo Nugroho: “Pembangunan Rumah Contoh Tahan Gempa Untuk Daerah Bencana Dengan Sistem Pre-Pabrikasi” LAPORAN AKHIR KEGIATAN PEMBERDAYAAN MASYARAKAT DEPARTEMEN HASIL HUTAN, FAKULTAS KEHUTANAN, INSTITUT, PERTANIAN BOGOR (IPB), 2006

1. はじめに

1.1 研究の背景

インドネシアは地震多発国である。地震による建物被害の発生率を減らすために、地震が発生する可能性を考慮にいれてインドネシアに存在する建物一戸建て住宅を含めて一を建設する必要がある。

2006 年 5 月 27 日、ジョグジャカルタで発生したリヒターマグニチュード 5.9 の地震（訳者注：アメリカ地質調査所 USGS の発表したモーメントマグニチュードでは 6.3）によって被害を受けた建物は少なくなかった。2006 年 6 月 6 日までに、地方自治区がまとめたデータによると、損傷、又は倒壊家屋の総数は 71,482 戸に達すると推定されている¹⁾。

建物の構造要素単体（訳者注：柱、梁、壁、床、屋根要素等）が地震の揺れに耐えられるなら、基本的に建物全体は地震に耐えられると言われている。建築物は強いだけではなく、揺れが起こった際に十分な変形能力を有していなければならない。地震が発生した際、建物は地震の力を受け止めて、

*2012 年 1 月 25 日受理

**〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学生存圏研究所生活圏構造機能分野

E-mail: kkomatsu@rish.kyoto-u.ac.jp

いかなる構造要素も破壊することなく、大きな変形に耐える能力も持ち合わせねばならない。すなわち、建物の構造要素は延性的に造られるべきであり、たとえ被害があったとしても、構造要素の強度は低下してはならない。木造建築物はこの変形能力の大きな建物の一つであり、その結果、地震が発生した場合、木造建築物はコンクリート造等の建物に比べ崩壊しない場合が多い（訳者注：最後の波線部分は著者の思い入れが強く、実際には様々な条件によって結論は異なる）。

1.2 期待される成果

このプロジェクトの目的は、住宅用建物に広く要求される頑丈な耐震住宅をプレファブ化した部材を組み合わせることで建設できることを明らかにすることにある。この戸建て住宅の設計はプレファブ住宅或いはその部品を製造している住宅産業に委託した。その理由は、このプレファブ住宅の性格からして、震災を受けた地域の人々に可及的速やかに成果物が送られることを期待するからである。

1.3 行動の目標

市場性のある耐震住宅を選択する上で、プレファブ化が一つの目標となった。さらに、住宅構造の目的（低コスト、短期施工、緊急性など）からも、（入手容易な）早生樹の利用が提案された。

1.4 利点

ノックダウン式耐震住宅の基本的な利点は、プレファブ化できる点にある。（訳者注：インドネシアでは、簡単に建設でき、解体も容易な住宅システムが盛んで、ノックダウン式住宅と呼んでいる）耐震住宅を建設する人は、学生を含む、大工仕事のできる労働者を想定する。

2. 思考の枠組

2.1 地震

地震というのは、地球の地殻変動に基づいた局所的な地面の動きによる自然現象であり、確率的な事象である。従って、ある再現期間の長さで見ると、小さな地震は沢山発生し、大きな地震の発生確率は小さい。言い換えると、小さい地震の再現期間は短く、巨大地震のそれは比較的長い。

インドネシア基準 SNI03-1726-2002¹⁾ によると、耐震構造を設計するための地震の再現期間は 500 年されている。建築物の耐震安全計画の基礎をなす土地の動きは、一般的には表層土の最大加速度で表される。また表層土の動きは、地下深くの岩盤の振動が地震波として伝搬することに起因する。地下深くの岩盤から地表に伝わる地震波は増幅されてくる。岩盤の上に柔らかい土が堆積していればいるほど、地震の強さは増幅される。インドネシアで過去に発生した地震の記録は全て調べられている²⁾。

図 1 に示すインドネシアの地震発生図から分かるように、インドネシアの地震ゾーンは 6 つの領域に分けられている。すなわち、最も弱い地震の領域が 1 で最も強い地震の領域が 6 である。地下深くの岩盤レベルにおける平均最大加速度は、地震ゾーン 1 から 6 まで、それぞれ、0.03 g、0.1 g、0.15 g、0.2 g、0.25 g、そして 0.3 g である。（訳者注：g は重力加速度である）

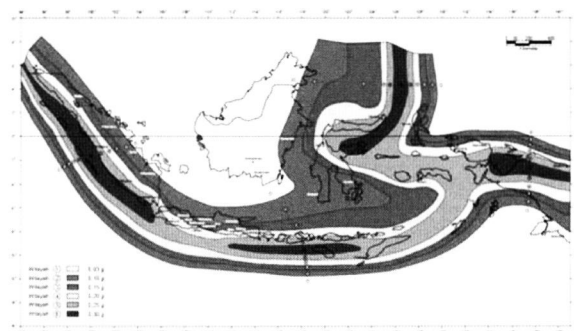


図 1：インドネシアの地震発生地域における岩盤レベルでの 500 年周期の平均最大加速度の分布

2.2 耐震住宅

基本的に、耐震住宅とは、地震が起きた場合崩壊しない住宅という意味ではない。耐震住宅には以下の3つのレベルが考えられる³⁾

1. たとえ地震があっても、主要構造部材（柱、梁、屋根、壁、基礎）も非構造部材（タイルやガラス）に被害のないもの。
2. 非構造部材のみに被害が出て、構造部材は健全であるもの。
3. 大地震が起こった場合、たとえ構造部材に被害が出て、少なくとも人命は損なわれず、建物が崩壊する前に人は屋外に逃げられるもの。

耐震住宅を設計する際に考慮すべき点は；

1. 住宅の形状はシンプルで、対称形（偏心がなく）、大きすぎないこと。
2. 屋根は、軽い材料で単純な構造とする。
3. 土は乾燥しており、密度が高く、均質に分布していること。基礎はブロックを住宅の土台周に切れ目無く一周回るように配置すること。

2.3 プレファブ木造住宅 2.2 耐震住宅

住宅設計に当たっては以下の6項目の条件を満たす必要がある。1) 耐候性、2) 生物劣化に対する抵抗性、3) 耐震性、4) 解体・再構築容易性、5) 安全で快適な居住性、6) 審美性と建築性⁴⁾。以下に各項目別に見ていく。

1) 耐候性

住宅は様々な日々の自然現象から人間を守る避難場所である。自然現象に対する待避場所として、住宅建築物は雨や熱を常に受け、温湿度の変動による内部構造の変化も受ける。これは常時発生し、建物の寿命に大きな影響を与える。耐候性のある建物の一つとして木造建築が挙げられる。インドネシアにおける王室の宮殿や古いモスクといった建物は何百年にも渡って致命的な劣化を受けずに存続している。これは、十分なメンテナンスが建物の寿命を延ばすことを明示している。

2) 生物劣化に対する抵抗性

インドネシアでは建築部材の60%以上が木材で造られている。屋根、柱、梁などの構造要素と壁、ドア、窓や天井と言った非構造部材がそうである。有機材料である木材は、菌、虫、乾材シロアリ、土中に住むシロアリといった生物の食料でありかつ住処でもある。これらの生物の攻撃は構造部材に損傷を与え性能を劣化させる。1986年の記録では、年間300万件のシロアリ被害が世界中で記録されている。これらのシロアリ被害は年間US\$750,000という莫大な額で、台風による被害が年間US\$350,000であることから、その倍の経済的損失である。更に、インドネシアはシロアリの被害が世界最大の国である。研究によると、ジャカルタ市内に建つ建物の70%以上がシロアリの被害を被っている。スラバヤ、ボGOR、バンドン、そしてインドネシアのその他の都市でも、同じような結果である。このような大きな経済損失を受けて、害虫の抑制がインドネシアの住宅にとって第1の重要な課題となっている。様々な方法が木造住宅の使用年数を延ばすために適用されてきた。すなわち、燻蒸、土壌処理、木材の保存処理、物理的シロアリバリア法や生物学的抑制法などである。これらの技術を導入することで害虫をある程度は制御することができる。

3) 耐震性

木造建築物は安定性と高潔さを持っている。構造は非常に高性能である。木材は鉄やコンクリートよりも重量辺りの強さは高い。建物要素の接合は粘り強く木材は容易には破断しない。たとえ1個の木材の部品が損傷しても、応力の再配分で新しい釣り合い状態に移るので木造建築物はそれに打ち勝

てる。このような性質で木造建築は地震に対してより抵抗性がある。(訳者注：この部分はかなり思い入れが強く、やや科学的な根拠が薄い)

4) 解体・再構築容易性

長年にわたって非常にシンプルで解体・再組み立ての容易な木造住宅の伝統が継続されている。中部ジャワや東部ジャワでは、住宅を立ち上げる際に相互補助の伝統が完全な姿で伝えられてきた。この伝統が衰え始めた時、木造住宅を部材単位に解体し、他の場所へ移動させ、再び簡単に構築できる「ノックダウン」という技術が確立された。

5) 安全で快適な居住性

その人生の半分以上を人は家の中で生活する。それ故、家はその主人を自然現象、動物、そして人間によって引き起こされる様々な災害から守ることが出来なければならない。加えて、家は快適な住み手の宮殿でなければならない。その特徴ある性質から、木造建築は自然の暖かみを与えてくれる。木造住宅は冬には暖かみを夏にはクールさを与えることができるので、住宅としての有利性に富む。(訳者注：この部分もかなり思い入れが強く、やや科学的な根拠が薄い)

6) 審美性と建築性

家は荒野の中の一軒屋として建つのではない。家は環境を形成するので、高い審美的センスを持って設計されなければならない。この段階において、非常に重要な設計のフォームであると証明された建築は、住宅による美しい近隣関係を創り出す形、寸法、必要性を合わせ持つものである。

3. 方法論

3.1 時期と場所

IPB における耐震住宅の開発は 2006 年 6 月から 9 月までの 3 ヶ月間実施された。しかし、準備は同年 5 月から始められた。レポートの仕上りは 10 月であった。場所はボゴール農科大のダルマガ森林学科キャンパス内の中央棟の裏地である。

3.2 基礎

2 種類の基礎が推奨された。すなわち、a) 土地との直接接触による水分を避けるために 30 cm 以上の高さを持った土台。b) 50 cm 以上の高さをもったステージでその上に木製床を敷く。

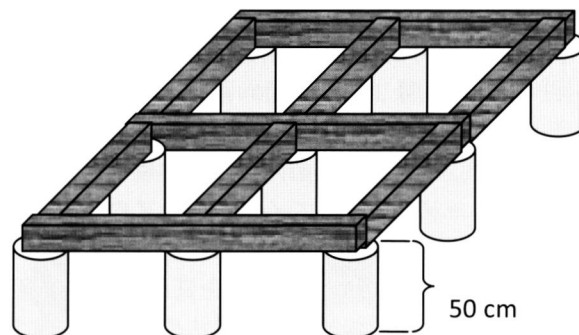


図 2：耐震住宅の基礎構造

3.3 壁要素

壁要素としては数種類の候補から選択出来るようにした。

a) ダイアフラム構造（面材両面張り）

アカシヤマンギユウム材を構造要素として、面材に合板、木質パネル（ブロックボード、パーチク

ルボード、セメントボード、中比重繊維板、OSB、あるいは竹を用いる（訳者注：これらは案であって、実際の試設計住宅には結果的には使われなかったようである）。

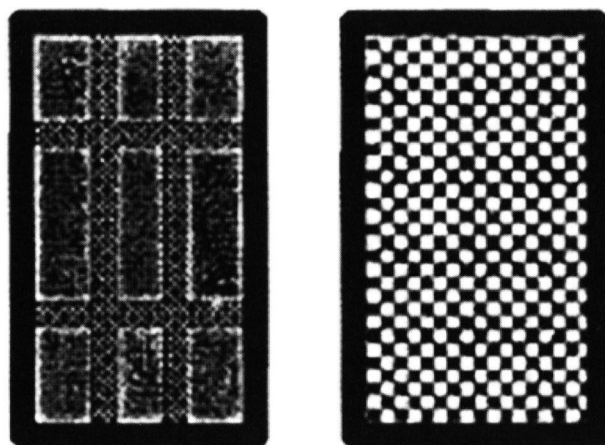


図3：耐震住宅に使用したダイアフラム構造の案（実際の試設計住宅には使われていない）

b) ストレススキン要素（片面張り）

ストレススキン要素として図4に示す面材を片面に45度傾けたものを開発した。乾燥収縮による隙間発生防止策として板の間に杵材を入れることができる。この壁要素には2種類の仕様を提案した。すなわち、面材は45度に貼るか、図4の右に示すような配列も考えた。これらの面材は審美性と構造の両方の機能を兼ね備えている（訳者注：実際にはこちらが、試設計住宅に使われた）。

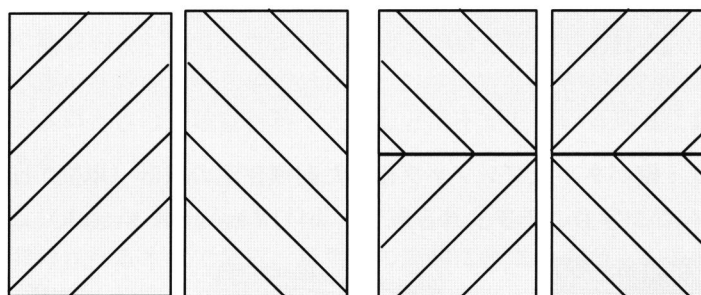


図4：ストレススキン要素

3.4 屋根要素

屋根要素はポータル架構、天井、屋根からなる。ポータル架構は解体と建て方が容易なように面材釘打ちとして設計した。図5に示すように、ポータル架構は2つの部材に分けて製造し、組立時に連結する方式とした。天井は現場で容易に取り付けられるよう別途用意した。屋根葺き材料はトタンもしくは石綿とした。上述した方法は、経済的な発展があった場合容易に増加させ修復できる家庭を想定している。この住宅を建設する過程において、森林学科の学生達は熟練労働者と一緒に共同作業を手伝った。学生達は如何にして木材要素を組み合わせるか、面材釘打ちによるポータルの造り方、床パネルの接合法等をモデル住宅の建築を通じて学んだ。図6に壁パネルの図を、図7に住宅の立面を示す。

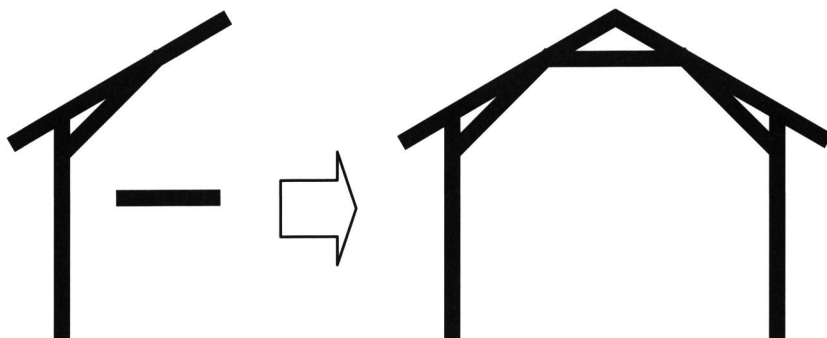


図 5 : 耐震住宅の要素モデル

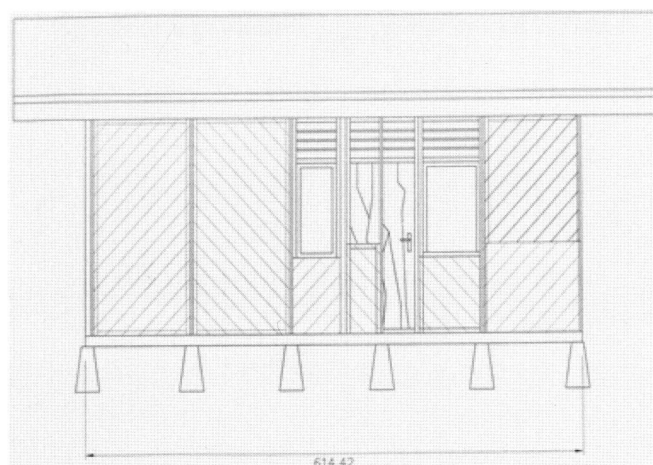


図 6 : 壁パネルをプレファブ化した耐震住宅の設計 (単位 : cm)

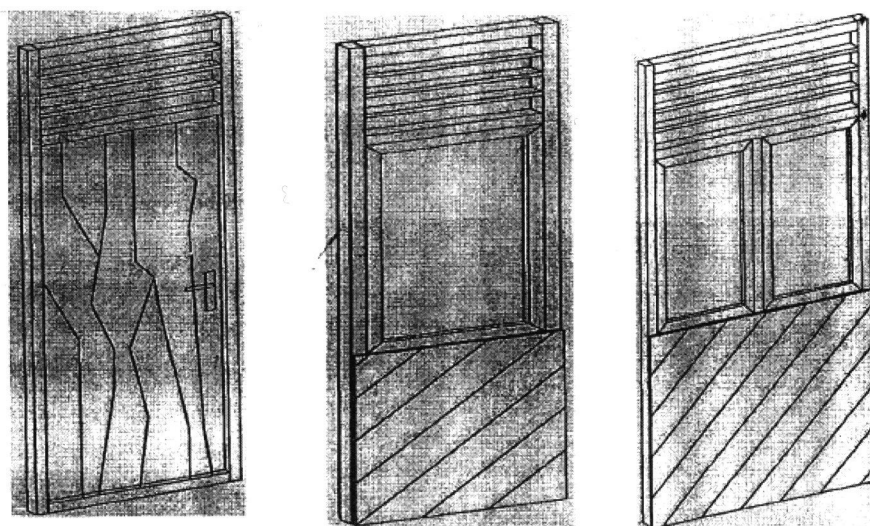


図 7 : 耐震住宅に用いたドアパネルと窓

4. 結果と考察

プレファブシステムで造られた耐震モデル住宅という形での活動の結果を図8に示す。

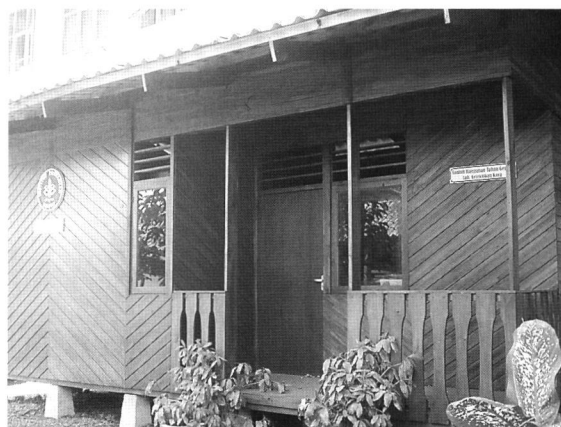


図8：プレファブシステムで造られた耐震モデル住宅

建築されたモデル住宅には幾つかのメリットがある。その一つはプレファブシステムにある。このシステムを用いることによって建て方が容易になり、また必要に応じて解体（ノックダウン）も容易である。壁要素は簡単に取り外しが効くので、もし洗濯場やトイレなどを拡張する必要が生じた場合や、追加する必要が生じた場合は、簡単に建物を拡張可能である。加えて、十分に高さのある基礎杭はシロアリの食害に対する有効な防衛ラインとなる。ストレススキン構造であるモデル耐力壁はこの建物を少し柔軟な構造としており、地震の揺れを打ち消す効果がある。その結果地震が発生しても建物は直ちには崩壊せず衝撃を逃がして人間が退避できる機会を与えてくれる。（訳者注：必ずしも地震に対してこのような応答が期待されるものではない。この予測を検証するには実験が必要である。）また、プレファブシステムの良さは、建設材料や人手などが不足している地域においても家を容易に建設できるという点にある。

アカシアマンギウム (*Acacia Mangium* Willd.) で造られたモデル住宅について

この木材は今後が期待される木材である。早生樹の範疇に含まれるが、この木材については構造用途への利用を目指して広く研究が進んでいる。既往の研究例としては、Dharmasepfianti⁵⁾、Firmanti *et al.*⁶⁻⁷⁾、Karlinasari and Paradipto⁸⁾、Surjokusumo and Karlinasari⁹⁾ 等がある。研究の結果、マンギウム材の機械的性質はこれまで常用されてきたメランティ材と比べても十分遜色のないものであることが判明した（表1及び表2）。

表1：アカシアマンギウム材の物理的・力学的性質の一覧

	n	含水率 (%)	密度 (g/cm ³)	MOE (GPa)		MOR (MPa)	研究者引用元
				平使い	縦使い		
1	60	16.5 (8.9)	0.41 – 0.60 (10.9)	8.80 (31.9)	11.6 (28.7)	43.6 (36.0)	Firmanti <i>et al.</i> (2003) ⁶⁾
2	120			8.9 (29.2)		42.2 (37.4)	Firmanti <i>et al.</i> (2005) ⁷⁾
3	27	18.2 (4.4)	0.6 (5.0)	7.10 (20.2)	8.19 (31.1)	42.7 (39.6)	Sumarto (2005)*
4	80	17.8 (11.8)	0.58 (6.9)	9.5 (3.2)			Karlinasari and Paradipto (2005) ⁸⁾

MOE, 曲げヤング係数； MOR, 曲げ破壊係数； n, 試験体数；カッコ内の数字は変動係数 (CV)。

*この文献は原著論文にも見つからなかった。

構造材の修理などでこの木材の潜在的な有用性が明らかとなろう。アカシアマンギウム材の主たる欠点は目視で確認できる沢山の欠点を含むと言う点であるが、これらの欠点は育林技術（枝打ち等）によって是正されることを期待したい。

表 2：幾つかの木材における物理的・力学的性質の比較^{5, 10)}

木材の性質	<i>Acacia mangium</i>	<i>Maesopsis eminii</i>	<i>Gmelina arborea</i>	<i>Acacia chinensis</i>	<i>Kayu karet</i>	<i>Nyatoh</i>	<i>Meranti merah</i>
密度(g/cm ³)	0.42-0.56	0.48-0.62	0.35-0.42	0.22-0.38	0.55-0.65	0.55-1.0	0.52-0.60
曲げ性能							
MOR (MPa)	97-102	50-60	57-62	45-52	58-66	75-82	63-75
MOE (MPa)	11,600	12,000	9,200	6,900	9,200	12,200	10,200
収縮性能							
半径方向	3.4	3.8	3.0	3.0	3.0	3.0	2.7
接線方向	6.5	6.7	6.3	5.5	7.0	7.0	7.5
人工乾燥法	長時間	長時間	容易	容易	容易	中庸	容易
加工特性							
製材加工	良好	良好	良好	毛羽立つ	良好	良好	良好
切削加工	良好	良好	良好	繊維の引き裂き	良好	良好	良好
単板切削性	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好
旋盤切削性	良好	良好	良好	繊維の引き裂き	良好	良好	良好
研磨仕上げ	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好

このモデル耐震住宅の面積は 21 m² あるいは、シンプルハウスプラン 2 1 と同等である。モデル住宅は主リビングルームと寝室、及び台所としても使える空間からなる (1LDK) (住宅の平面図は図 9 に示す)。住宅建設に要した木材量は 5 m³ であった。アカシアマンギウムの市場価格は 1 m³ 当たり Rp. 1,000,000 (注：約 1 万円) であったので、5 m³ のアカシアマンギウムを使ったので、木材価格は Rp. 5,000,000 (注：約 5 万円) となった。このモデル耐震住宅の総建設費は Rp. 25,000,000 (注：25 万円) となった (表 3、詳細な積算は表 4)

表 3：プレファブ化された耐震住宅の積算表

No.	項目	価格 (Rp.) (注：カッコ内は円)
1	準備作業	777,421 (7,774)
2	基礎作業	777,681 (7,768)
3	パネル作業	10,018,008 (100,180)
4	屋根作業	6,266,410 (62,664)
5	開口部	2,304,384 (23,043)
6	電気工事	660,000 (6,600)
7	仕上げ作業	4,120,448 (41,204)
8	組立作業費	200,000 (2,000)
	合計	25,124,351 (251,243)
備考：木材の料金は上記の「パネル作業」、「組立作業」、そして一部「屋根作業」に含まれる。		

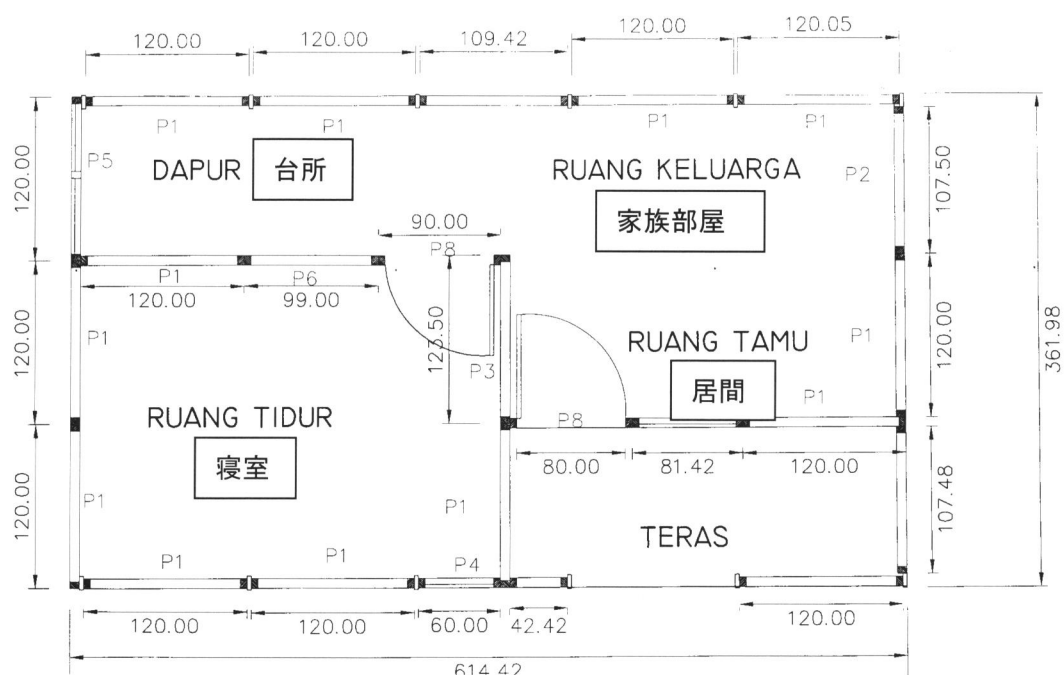


図9：プレファブシステムを用いた耐震住宅平面図の例

表4：モデル耐震住宅の建設に要した作業と材料の詳細

No.	作業分類	単位	使用量	単価 (Rp.)	小計 (Rp.)	総計 (Rp.)
I	準備作業					
1	書類作成		1.00	150,000	150,000	
2	整地と水準	m ²	28.00	9,500	266,000	
3	測量	m ²	22.59	16,000	361,421	
	No. I					777,421
II						
1	基礎工事	bh(セット)	1.2	622,145	777,681	
	No. II					777,681
III						
1	壁パネル	m ²	66.24	84,350	5,587,344	
2	窓付き壁パネル	m ²	2.88	98,000	282,240	
3	2個窓付き壁パネル	m ²	2.88	122,500	352,800	
4	ドアパネル	m ²	5.76	143,000	823,680	
5	玄関ポーチパネル	m ²	2.16	46,900	101,304	
6	ペット用特注	m ²	21.6	60,700	1,311,120	
7	床カバー	m ²	21.6	72,200	1,559,520	
	No. III					10,018,008
IV						
1		m ³	0.51	2,578,700	1,315,137	
2		m ³	0.22	2,577,450	567,039	
3		m	16	27,750	444,000	
4	妻面カバー材料	m ²	11.2	72,200	808,640	
5	換気扇	ls(ユニット)	2	200,000	400,000	
6	アスベスト屋根葺き	m ³	70.24	34,640	2,433,114	
7	棟カバー	m	8	37,310	298,480	
	No. IV					6,266,410

V						
1	天井板（注文）	m ²	22.59	74.884	1,691,540	
2	窓ヒンジ	セット	8	22,500	180,000	
3	両開き窓ロック	セット	4	20,000	89,000	
4	ドアハンドル	セット	2	73,500	147,000	
5	ドアのヒンジ	セット	2	25,000	50,000	
6	ガラス	m ²	2.16	72,150	155,844	
					No. V	2,304,384
VI						
1		ttk（点）	5	55,000	275,000	
2	コンセント	bh（個）	3	45,000	135,000	
3		セット	5	50,000	250,000	
					No. VI	660,000
VII						
1		m ²	112.4	32,530	3,656,372	
2	天井の塗装	m ²	21.6	21,485	464,076	
					No. VII	4,120,448
VIII						
1		ls(ユニット)	1	200,000	200,000	
					No. VIII	200,000
					総計	25,124,351

※作業の一部を図10に示す.

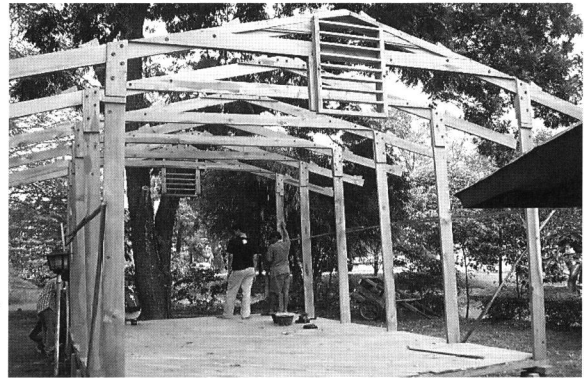


a) コンクリート製独立基礎と床構面の施工

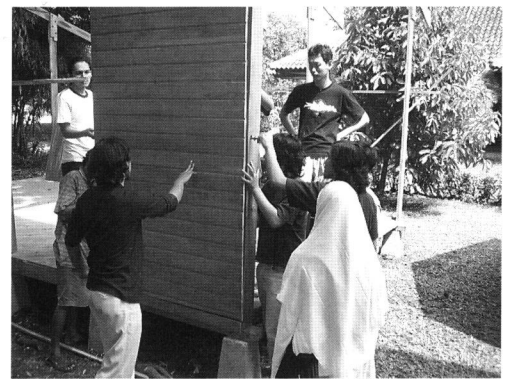
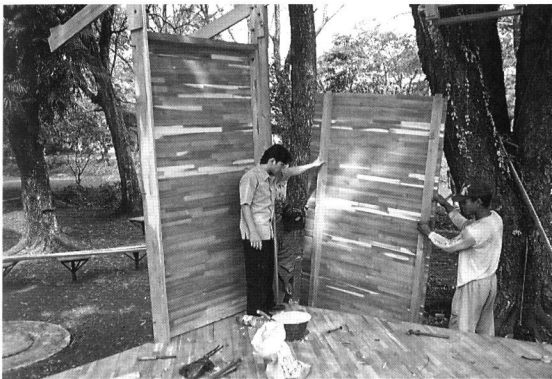


b) 骨組み架構の製造と建ち上げ

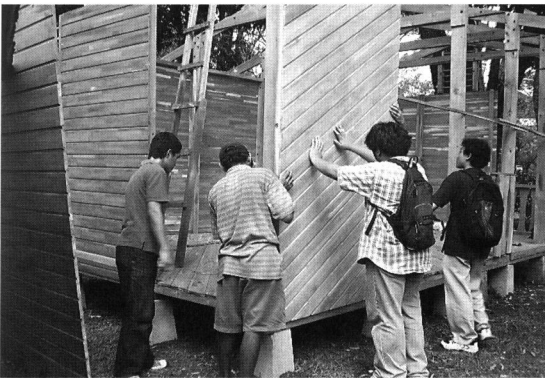
図10：写真



c) 骨組み架構建ち上げ作業の完成

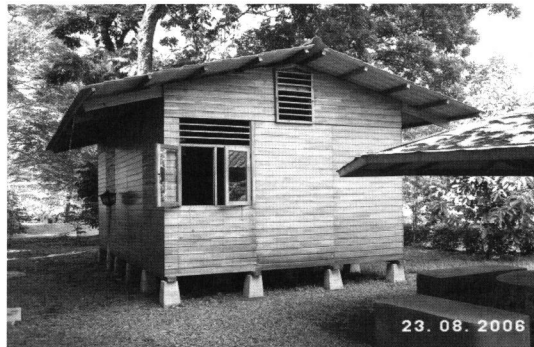
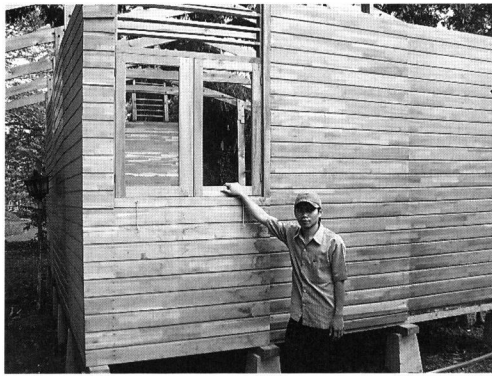


d) プレファブ生産された耐力壁ユニットの組み込み



e) プレファブ耐力壁ユニットの組み込みとバルコニーの設置

図10 (続き)



f) 耐震住宅の完成

図 10 (続き)

5. 結論並びに示唆

5.1

IPB 林学部木材工学研究室のプレファブシステムを用いた耐震住宅の建設は、ある種の建物に関する一つの選択肢を示した。モデルプレファブシステムは建築物自体の拡張機能を有するものである。壁のダイアフラム構造は地震の衝撃に追随する鍵となる柔軟性を有している。アカシアマンギュームのような木材を建設材料に選択することは早生樹の活用を促す。木材量 5 m^3 を用い、総工費 Rp. 30, 100,000 で耐震住宅は建設された。

5.2 示唆

地震に対する強さと復元性の試験は経験的に必要である。(本論文で提案された耐力壁や骨組架構の実大部分試験体を用いた静的加力実験を行って、本当に十分な耐震性能が発揮されるかどうかを確認することが重要である：訳者注) インドネシアの研究機関でこの種の実験が可能な所は限られている。なかでも、バンドン市の建築研究所の構造研究室が最適である。

謝辞

この邦訳は、インドネシア・ボゴール農科大学 (IPB) 森林学科 木材工学研究室の N. ヌグロホ教授と L. カリナサリー博士が取り纏めた原著 “Pembangunan Rumah Contoh Tahan Gempa Untuk Daerah Bencana Dengan Sistem Pre-Pabrikasi” を小松がコンピュータの自動翻訳機による英訳を通じて日本語に意識したものである。文中のカラー写真や図版は、IPB のヌグロホ教授の特別のご好意により頂戴

したものを使わせていただいた。ここに、同教授の御厚情に対して深甚なる謝意を表します。また、自動翻訳で翻訳しきれなかった単語については、我々の研究室に所属するインドネシア・イスラム大学建築学科講師で京都大学大学院博士後期課程の Y. プリハトマジー氏に教えて貰った。彼の助力に対しても、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Rumah, T., Earthquake resistant houses built to reduce victims IV, **88**, Jun. 13- 26, 2006. (インドネシア語)
- 2) Wangsadinata, W., Planning standards for earthquake resistance building structure, Annual Seminar Paper on IPR “Professionalism in Construction World Indonesia”, Jakarta, Aug. 20-21, 2002. (インドネシア語)
- 3) Settlement, P., Module dissemination: Building planning earthquake resistant, Center of structure and construction of the building, Puslibankim Settlements, Bandung, 2004. (インドネシア語)
- 4) Surjokusumo, S. and Nugroho, N., Prefab houses Fahutan IPB: Knock down, Sturdy and Earthquake, Prefab houses assessment team, Department of Forest Products, Faculty of Forestry, Bogor, 2006.(インドネシア語)
- 5) Dharmasepfianti, D., Comparison between mechanical and physical properties of wood, Adult juvenile with wood on wood Africa (Maesopsis eminii Engl), Faculty of Forestry, Thesis, 1991. Not Published.(インドネシア語)
- 6) Firmanti, A., Surjokusumo, S., Komatsu, K., Kawai S. and Subiyanto B., Utilizing *Acacia Mangium* for construction materials, *Proceedings of the International Symposium on Sustainable Utilization of Acacia mangium*, Oct. 21-22, Kyoto, Japan, 2003.
- 7) Firmanti, A., Bactiar, T. B., Surjokusumo, S., Komatsu, K. and Kawai, S., Regardless of species application of conception for mechanical stress grading on tropical timbers, International Workshop on Timber Structures, Nov. 15-16, Bandung, Indonesia, 2005.
- 8) Karlinasari, L. and Paradipto, S., 80 minutes of disabilities *Acacia Mangium* wood samples, Forest Products Department, Faculty of Forestry, IPB, 2005.(インドネシア語)
- 9) Surjokusumo, S. and Kalinasari, L., Current state and future chances of low density timber utilization, International Workshop on Timber Structures, Nov. 15-16, Bandung, Indonesia, 2005.
- 10) Djodjosebroto, J., Potential wood construction and *Acacia mangium*, Papers inauguration of National Seminar in the Framework of Timber Construction Study Centre, FT Civil and Planning, University of Trisakti, Aug. 12, Jakarta, 2003.(インドネシア語)
- 11) SNI 03-1726-2002, Planning Standards for Earthquake Resistance Structure Building. (インドネシア語)