

### 3.3.3 大都市大震災復旧・復興プロセスにおける住宅喪失世帯への対応

#### 目 次

##### (1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 5ヶ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）
- (e) 平成16年度業務目的

##### (2) 平成16年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の実施方法
- (c) 業務の成果
  - 1) 仮設住宅の新規供給方式の検討
  - 2) 仮設住宅配分方式の検討
- (d) 結論ならびに今後の課題
- (e) 引用文献
- (f) 成果の論文発表・口頭発表等
- (g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

##### (3) 平成17年度業務計画案

## (1) 業務の内容

### (a) 業務題目

大都市大震災復旧・復興プロセスにおける住宅喪失世帯への対応

### (b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
慶應義塾大学 総合政策学部	教授	梶 秀樹	kaji@sfc.keio.ac.jp
慶應義塾大学 政策メディア研究科	教授	塚越 功	aud-0@sfc.keio.ac.jp
慶應義塾大学 総合政策学部	講師	石橋健一	kishibas@sfc.keio.ac.jp

### (c) 業務の目的

首都圏で予想される大規模地震によって住宅を喪失する世帯の数は、地震の規模、被災領域の大きさ、気象条件、その他の条件によって大きく変動する。また、住宅喪失世帯のうち仮設住宅を必要とする世帯の割合は、被災者の経済事情、恒久住宅再建の見通し、供給される仮設住宅の条件などによって左右される。一方、仮設住宅の供給側には、供給資金の限界、生産上の限界、建設用地確保の問題、など様々な限界があり、首都圏における最悪のケースでは、需要が供給限界を大きく上回ることが予想される。

本研究では、仮設住宅を多様化する可能性を探って、早期大量供給の方策を考えるとともに、仮設住宅に対する需要と供給限界の均衡を保つために、関連する多くの要因を組み込んだ仮設住宅供給プログラムを開発することを目的とする。

### (d) 5ヶ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

- 1) 平成 14 年度：住民の住宅再建可能性と仮設住宅需要に関する調査、海外の震災事例による住宅供給の調査、仮設住宅供給と国際協力に関する検討により、所要仮設住宅推計と供給多様化について基礎的検討を行なった。
- 2) 平成 15 年度：既存住宅の耐震対策の実現可能性と仮設住宅需要低減に関する調査を実施し、仮設住宅供給の多様化に関する調査を行なった。
- 3) 平成 16 年度：仮設住宅の新規供給方式の検討、仮設住宅配分方式の検討を実施して、仮設住宅の供給方策の検討を行なう。
- 4) 平成 17 年度：「1.3 仮住まいの供給に関する研究開発」に引き継ぐ。
- 5) 平成 18 年度：「1.3 仮住まいの供給に関する研究開発」に引き継ぐ。

### (e) 平成 16 年度業務目的

#### 1) 仮設住宅の新規供給方式の検討

大量の仮設住宅需要に応えるため、現行供給方式に加えて、積層共同仮設住宅、未熟練労働力による戸建型仮設住宅について建設の可能性、ならびに、備蓄による仮設住宅供給方式の可能性を検討する。

## 2) 仮設住宅配分方式の検討

過去2年間に行なった仮設住宅需要に関する調査を踏まえ、被災世帯の分布、建設用地の分布に対応して複数タイプの仮設住宅を配分する方法を検討する。

### (2) 平成16年度の成果

#### (a) 業務の要約

今年度は、昨年度提案した仮住まい供給の多様化を更に吟味するとともに、新規の供給方式の事例として、早期建設が可能な災害復興公営住宅（中庭型集合住宅）の設計提案をまとめるとともに、セルフビルド戸建住宅の建設可能性を探るための設計を行い、特に、屋根の構法については、木造シザーズトラス屋根の試作実験を行なった。

また、仮設住宅の配分方式の検討では、平成16年10月23日に発生した新潟県中越地震における仮設住宅建設実態を参考にしつつ、大都市大震災を想定した仮設住宅配分方法の基本的考え方について考察を行なった。

#### (b) 業務の実施方法

仮設住宅の新規供給方式の検討では、具体的設計を行い図上の検討を行うとともに、実大の屋根を試作して、実験を行なった。実験では、未熟練者による部材製作・組立ての状況を観測し、組み上がった屋根を試験体として、屋根防水性能の実験、構造耐力の実験を実施した。また、配分方式の検討では、中越地震に関する情報を参考に仮設住宅供給の問題点を解決するための提案をまとめた。

#### (c) 業務の成果

##### 1) 仮設住宅の新規供給方式の検討

###### a) 調査の目的と背景

昨年度の研究で、「大都市大震災」の被害規模と住宅喪失世帯について概略の仮設住宅需要予測を行い、これに対応する供給体制は、早期の大量建設が可能なシステムを同時並行的に稼働させることが不可欠であると判断し、従来型の仮設住宅、既存の空家利用、輸入仮設住宅、積層共同住宅形式の住宅、仮設住宅部材の備蓄、一戸建て型応急住宅、その他の仮設住宅、によって約35万棟の仮住まいを供給する可能性を検討した。

これらの多様な供給方式の中で、積層共同住宅形式の住宅（災害復興公営住宅の早期建設）、および一戸建て型応急住宅については、建築技術的なアイデアが早期大量供給の成否を決めることになるので、今年度の研究では、この2つを追求することにした。

###### b) 災害復興公営住宅の早期建設

応急仮設住宅を供給しても、2年後には大量の災害公営住宅の建設が必要となるから、これを3ヶ月程度で早期供給し、仮設住宅入居のプロセスを省略して、直接、本格仕様の公営住宅に入居するみちを提供できれば、資金や資材の有効利用という観点からも合理的解決になると考えられる。そこで、昨年度研究では災害復興公営住宅を早期供給することを仮住まい供給の一環として提案した<sup>1)</sup>。

現行の公営住宅建設方法は、着工から完工まで1年程度を要しているから早期建設の工夫をしても3ヶ月で完成させることは至難と考えられる。そこで、本研究の提案としては、高度に工業化された建築構法を採用するとともに、住宅計画的にもコンパクトな住宅平面を採用することによって早期大量供給を目指すこととした。

#### i) 早期大量建設のための基本方針

現代の建築では、素材料 (Low Material) を工場加工したものを現場に搬入し組み立てることが多い。すなわち、工場下拵えをすることによって現場での施工工程を簡素化する方法であり、一般的には建築の工業化と呼ばれる。工業化による利点は、

- ① 工場内の良好な作業環境で部材製作を行なうことで、安定した品質の部材生産を短時間で実現することが出来る。
- ② 同じ製作を行なう生産ラインを同時並行的に稼働させることで、短時間で大量の供給が可能になる。

ということであるが、①による生産時間短縮効果はそれほど大きなものではなく、場合によっては、現場作業を工場内に移しただけで、殆ど時間短縮効果が挙げられない場合もある。これに対して、②の効果はきわめて大きくなる可能性があるが、同一作業を行なう生産ラインを複数稼働させるためには、同一部材の繰り返し使用数が問題となる。一般的には、部材寸法が小さくなると、1つの建築だけでも相当数の繰り返し使用が保証されることになって工場生産効率は高くなるが、現場での接合数が多くなって、総合的には得策とはいえない。逆に、部材の寸法が大きくなると部材端部形状その他が異なることが多く、同一の部材の繰り返し使用数が少なくなるから、工場生産効率は低下する傾向にあるが、生産ラインの構成方法を工夫することによって、部材の基本的な寸法・形状が同一であれば、細部に差異があっても能率低下を招かずに生産ラインを稼働させることも不可能ではない。総合的に見て、工期短縮のためには部材寸法は出来るだけ大きいほうが効率的と言えるが、部材を工場から現場へ搬送する場合の限界寸法・限界重量は超えることが出来ない。

このような原理から、従来の中層集合住宅の工業化では、大型 PC (プレキャストコンクリート) 板による建設が行なわれるようになり、一定程度工業化の効率が上がったといえるが、個々の部材重量が大きくなり、工場から現場への輸送効率が問題である。大型 PC 板構法の場合、現場と工場の距離は 50km が限界と言われており、広域災害後に被災地外の工場から現場へ部材を輸送する場合大きな問題となる。また、構造部材となる PC 板の製作には、工場において型枠組み立て、配筋、コンクリート打設、養生、脱型という基本的に現場と同じ工程が必要になるから、極めて大きな工場を建設する場合以外は、部材製作時間の短縮効果が挙げられない。

これに対して、高層ビルの建設で用いられる大型鋼材による純ラーメン構造の場合は、基本的に柱、梁部材の重量がコンクリートに比べると軽く、壁部材も非耐力部材になり軽量化を図ることが可能になるので、長距離の部材運搬にも耐えられる。この場合の床の構法については、防火的な要求もあり鉄筋コンクリート構造にならざるを得ないが、これについては敢えて工場生産化せずに、現場でコンクリート打ちを行なうことが一般的である。ただし、この場合、デッキプレートと現場打ちコンクリートの複合床とすることにより、床型枠・支保工を省略して、階層単位の施工時間を短縮する方法が一般化している。

## ii) 中庭型共同住宅の基本計画

産業革命以降ヨーロッパの都市では、大きな中庭を5～7階建ての集合住宅で取り囲んだ住宅形式を発達させ、都市への人口集中に対応している<sup>2)</sup>のに対し、日本の本格的な都市発展時期であった戦後の高度成長期には持ち家政策を取ったため、いわゆる庭付き一戸建て住宅が主流となり、この延長で集合住宅建設も行なわれているのであるが、建物の周辺に空間を設ける方式による高密度居住には限界があり、最近ではさまざまな弊害が顕著になって新たな都市住宅形式が求められている。

このような認識に基づき、本研究が提案する災害復興公営住宅は高密度化を図って大量供給に繋げることが重要と考え、必然的に多層の中庭型集合住宅を検討対象とすることになった。ただし、災害後の復興にとって工期が早いことも重要な要件であり、階層数が大きくなると建設工期が長くなるので、3～4階建ての高密度集合住宅を提案することとした。

中庭の平面的な規模は、周囲の高さに依存する。最近のマンション建築で多く見られる光庭は居室開口の法的制限に対応しているだけで、平面的規模が小さいため実質的には採光、通風などの効果は不十分なものが多い。1～2階建てであれば、坪庭と呼ばれる規模で差し支えなく、ヨーロッパの街区型住居のように6～7階建ての場合には20m前後の平面寸法が確保されなければならない。3～4階建ての場合は周囲の高さが10～15mになり、地上階における環境条件を保証する上からは15m前後の規模が理想的であるが、ここでは、中庭の寸法を10×15m程度として中庭に面する住居は原則2～4階に設ける方針とした。

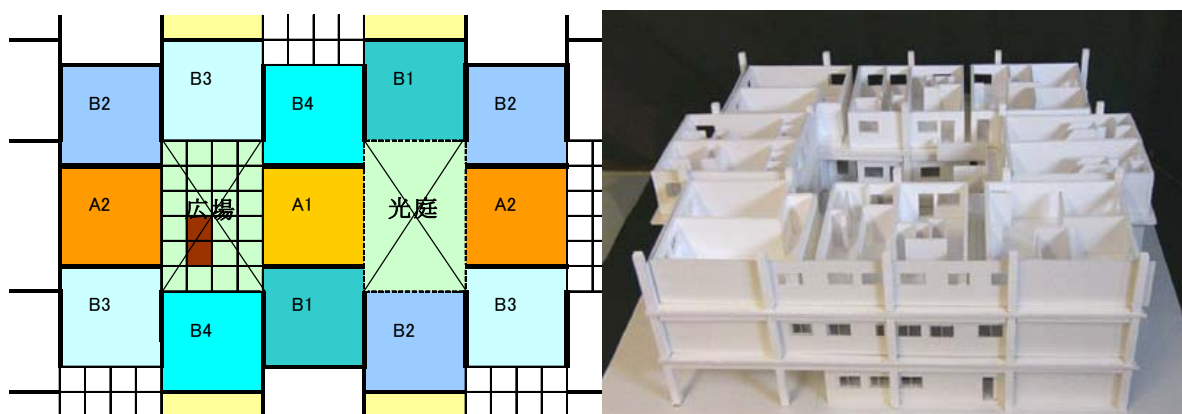


図1 中庭型集合住宅の基本平面と模型写真

図1は、性格が異なる2つの中庭に13の住居が面する基本平面である。広場と呼ぶ中庭は2～4階の吹き抜け空間であり、3～4階に行く階段が設けられ、この中庭に面する住居のコミュニティー広場としての性格をもつ。これに対して光庭と呼ばれる中庭は、1～4階の吹き抜けで、地上階に植栽が施されて静寂な裏庭の性格を持つ。この2つの中庭を囲む住居は、図の左右側面を2つの中庭に向けたAタイプと上または下の面が全面的に中庭に面し、その中庭から遠いサイドで部分的に2箇所の開口がとれるBタイプが設けられる。2種類の中庭と方位の組合せによって住居が置かれる環境条件が変わるので、これに対応する住居平面もAタイプが2種類、Bタイプが4種類作られることになる。住居の

北面が主要開口面となるタイプが敬遠される傾向に配慮する場合には図の左右を南北方向とする配置にすれば、全ての住居の主要開口面は、東西または南に面することになる。

平面寸法は、1.2mモジュールを採用しており、中庭の平面寸法は短辺が 9.6m、長辺が 14.4mとなる。したがって住居の芯寸法は 9.6m×9.6m、92.16 m<sup>2</sup>であるが、実効的な内法寸法は大略9×9 m程度になる。現在建設されている公営住宅では 60 m<sup>2</sup>台の規模が中心であるが、民間マンションなどでは 120 m<sup>2</sup> 4LDK も珍しくなくなっており、今後公営住宅の住居水準が向上するものとして、ここでは、やや大きめな住居規模を想定した。

この基本平面は、中庭からの採光・通風・アクセス条件が確保されているので、原理的には、無限連続が可能であるが、実際には都市の街区形状に合わせて建設されることが多くなり、その場合には、中庭だけでなく1面または2面が外周部外部空間（街路空間）に面する住居が作られるので、住居の平面タイプはさらに多くなる。

上述の基本平面型は、4階建ての基準階（2・3階）の住戸構成であって、図2の断面図に示すように、地上階と最上階は異なる扱いになる。最上階は、吹き抜け部分の南北方向に住居を設けず、3階屋根の屋上緑化を考えている。住居も、3階から下の構造躯体とは別に、軽量構造のペントハウスの住戸を配置する。地上階は、外周道路から広場型中庭にいたるアクセスを保証する必要があるため、広場直下の階段室まで自動車通路を設けるとともに、駐車場、設備空間、ゴミ集積場、防災センター、共用集会施設などの共同利用施設を中心部に設け、外周部には高齢者、身障者などに配慮したやや小さめの住居と商業施設を配置するが、これは建てられる地区の都市的環境に応じて設計することになる。

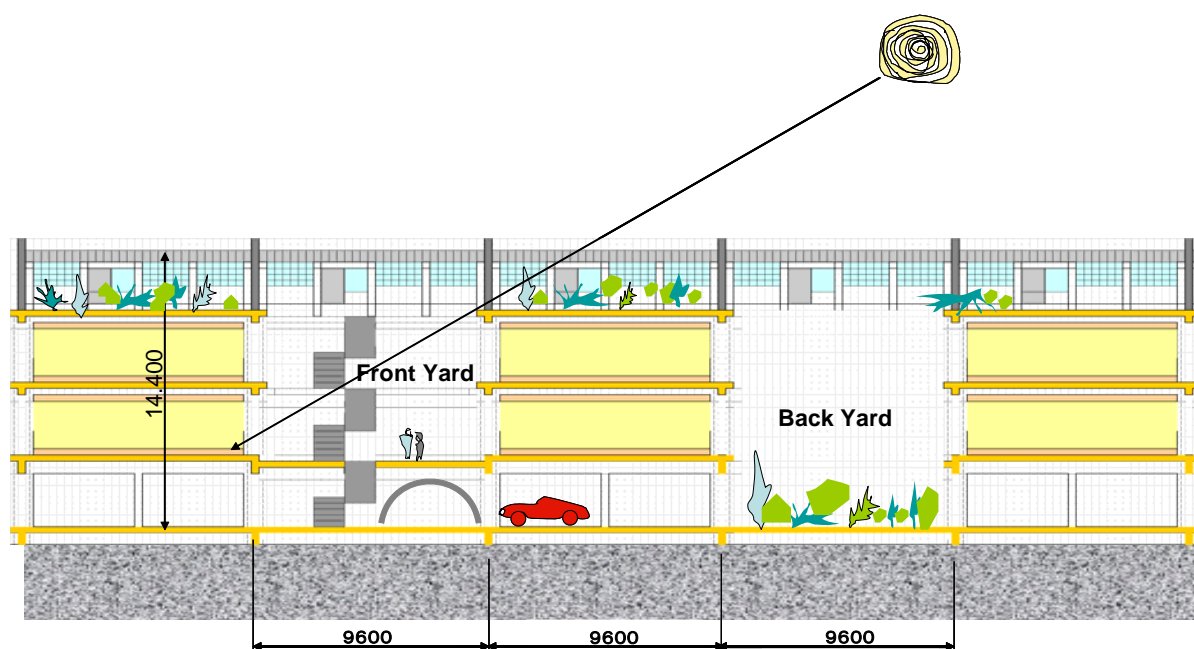


図2 中庭型災害復興公営住宅の断面図

階高の基準は 3.6mであるが、広場型中庭の床スラブを基準より 30cm 下げて、広場と住戸内の床高の差を 60cm とすることによって室内のプライバシー確保を配慮するとともに床下配管・配線スペースを確保している。図3・4に約1 ha の敷地に建てる場合の各階平面図を示す。建築面積 6,083 m<sup>2</sup>、敷地面積約 10,000 m<sup>2</sup>、延床面積 21,151 m<sup>2</sup>、住戸数 166 の計画である。1戸当りの平均居住者数を3人とすれば、約 500 人/ha の密度となり、

かなり高密度といえるが、1階の商業施設を住戸にする、2・3階の外周住戸を小規模住戸にする、4階の屋上庭園部分にも住戸を入れる、などの改変を行なうことによって200戸/ha（600人/ha）程度まで密度を上げることは出来そうである。

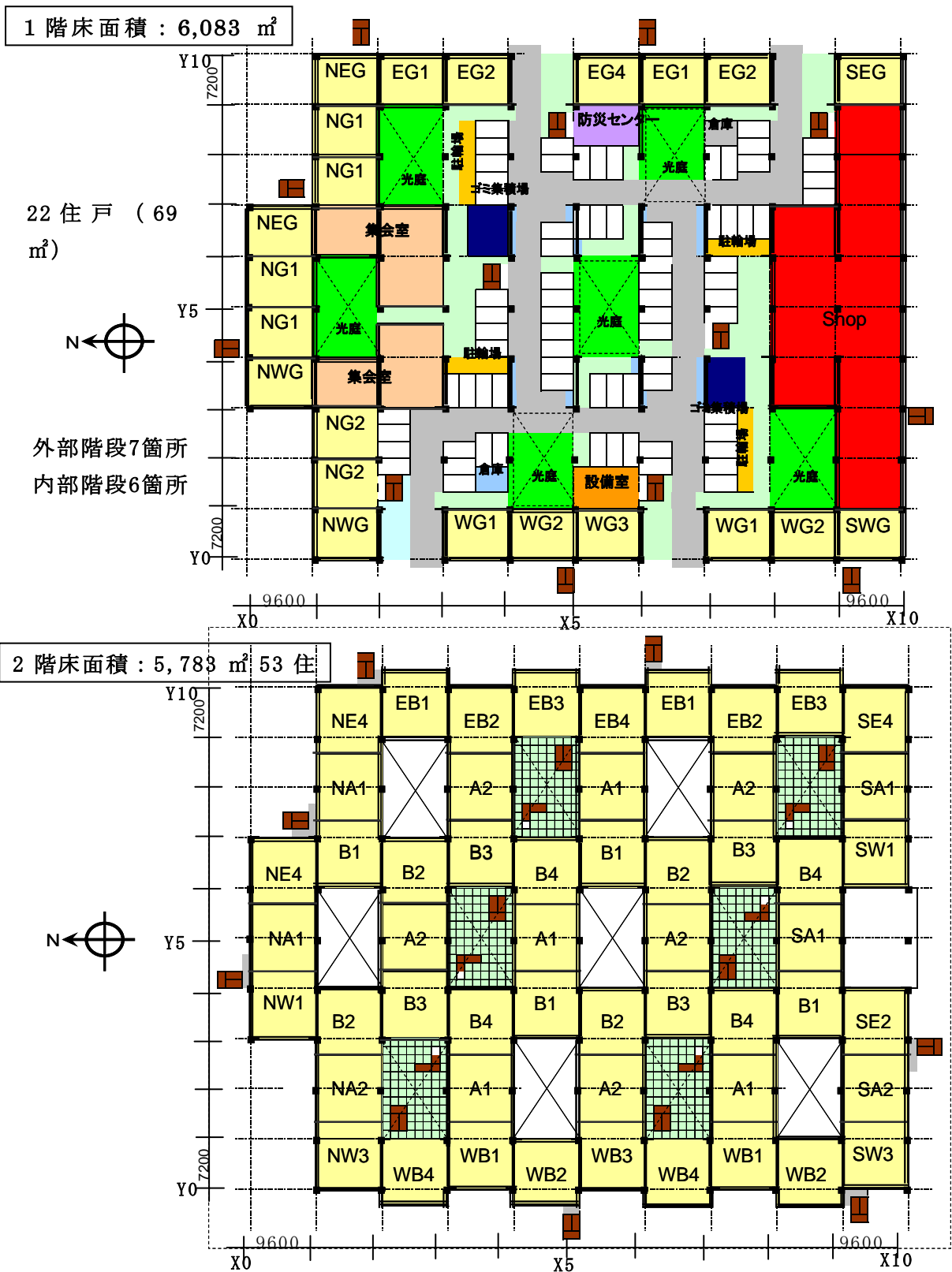


図3 中庭型集合住宅 1・2階平面図

1階には76台分の駐車スペースを設け、外周部に69 m<sup>2</sup>/戸の住戸を22戸、828 m<sup>2</sup>の商業施設、391 m<sup>2</sup>の集会施設を計画している。2階住戸へは広場型中庭から直接アクセスし、3階住居には広場に設けられた2つの階段からアクセスすることが基本であるが、外周住戸の一部は外周部の屋外階段でアクセスすることになる。2階・3階とも住戸数は53戸で

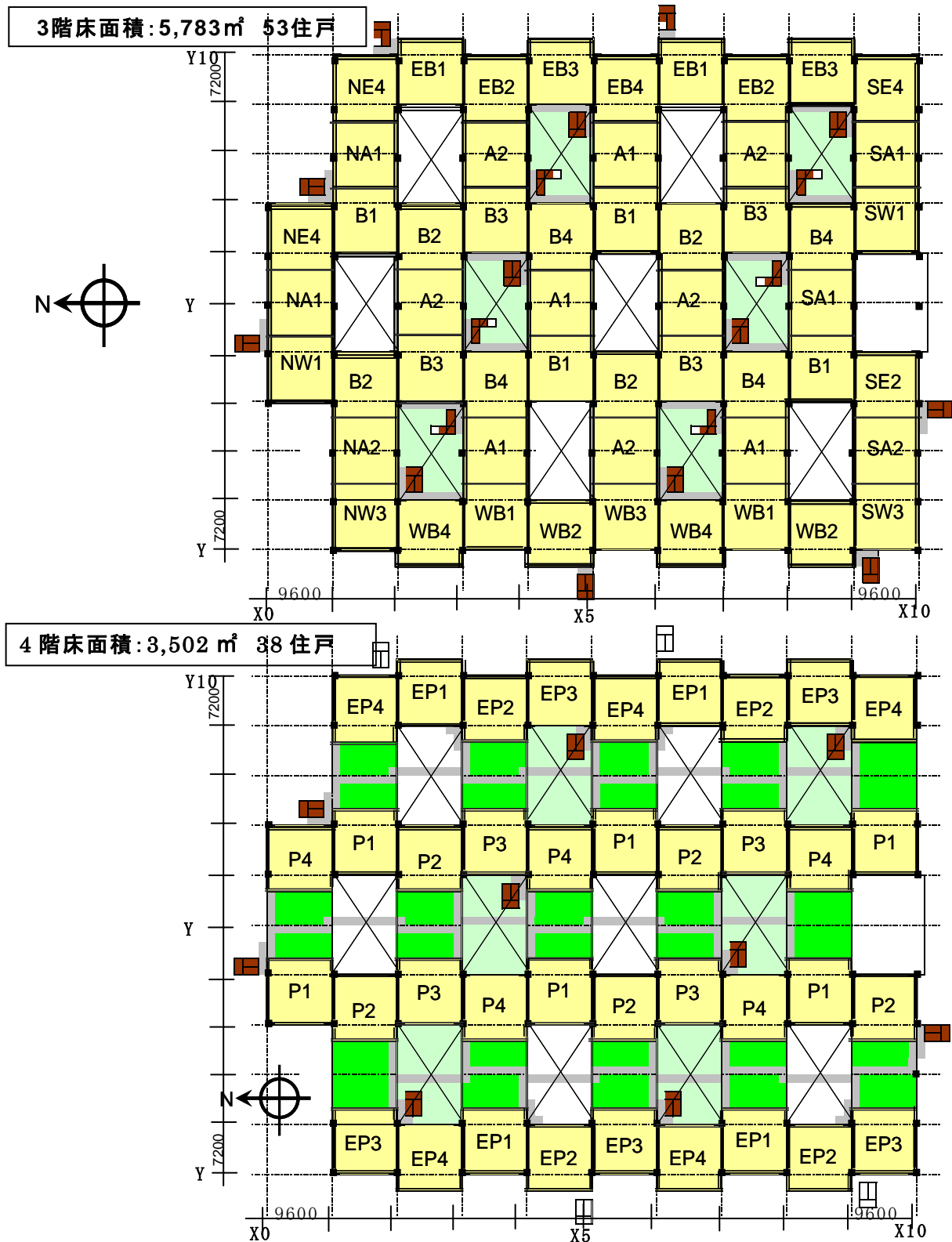


図4 中庭型集合住宅 3・4階平面図



あるが、このうち 28 戸は外周型の住戸である。4 階へのアクセスは広場型中庭と外周部屋外階段によるが、全ての世帯が屋上庭園を歩行できるようにし、非常時の避難経路を確保する。そのため、吹き抜け上部を横断する橋を設けている。

### iii) 躯体の構法計画

基準階の住戸サイズは芯寸法で 9.6×9.6m であるが、現場作業の効率化を考え、運搬可能限界の部材サイズを採用した結果、構造骨組みは x 方向 9.6m、y 方向 7.2m の 2 方向ラーメン鋼構造となった。y 方向スパンを短縮したのは小梁サイズを大きくしないための配慮である。柱は角型鋼管で 1～3 階分を一体化した部材とする。表 1 は、この計画に用いられる構造部材のリストである。

表 1 主要構造部材のリスト

部材名称	数量	構法	断面(mm)	長さ(m)	部材重量(t)
柱 TypeA (入隅柱)	52	CFT 角型鋼管	600×600×20×20	10.8	4.1
柱 TypeB 1 (y 外側柱)	38	CFT 角型鋼管	600×600×20×20	10.8	4.1
柱 TypeB 2 (x 外側柱)	16	CFT 角型鋼管	600×600×20×20	10.8	4.1
柱 Type-C (出隅柱)	8	CFT 角型鋼管	600×600×20×20	10.8	4.1
大梁 TypeA (両側荷重)	178	コンクリート充填 H 型鋼	300×600×25×15	8.6	4.3
大梁 TypeB (片側荷重)	102	コンクリート充填 H 型鋼	300×600×20×10	8.6	4.0
桁 TypeA 1 (両側荷重)	36	コンクリート充填 H 型鋼	200×500×20×10	8.6	1.7
桁 TypeA 2 (筋交い付)	102	H 型鋼	200×500×20×10	6.2	0.6
桁 TypeB (片側荷重)	170	コンクリート充填 H 型鋼	600×500×20×10	6.2	1.7
小梁	496	ハット型鋼 (現場 RC)	600×500×20×10	6.5	1.1
片持ち梁	48	H 型鋼	200×400×20×10	2.2	0.5
K 型筋交い	204	H 型鋼	200×200×20×10	4.2	0.4
床型枠	2232	デッキプレート	2400×50×1.6	3.2	0.1

柱は、これが支持する梁の数によって 3 種類に分かれるが、いずれも 3 層の通し柱とし、大型トラックで現場に搬入される。全ての柱が外周または中庭空間に面していることがこの設計の特徴である。吹き抜け中央部の梁が連続しないことなど、不利な要素もあるが、耐火設計において屋内の高温火災に柱を曝さない設計になっており、角型鋼管に現場でコンクリートを充填する CFT 構造を採用することが可能になる。常時の荷重は鋼管とコンクリートで支持するが火災時の鉛直荷重耐力は充填されたコンクリート断面が負担する。外壁、戸境壁を柱芯から 400mm 内側に配置することにより柱が内部空間に面しない設計としているため、実効スペースは減少するが、外部に幅 900mm の床を取ることができるので、これを設備機材の設置スペース、バルコニースペース、非常時の避難経路として活用できるので無駄にはならない。

大梁と桁 (y 方向の大梁) は、ウェブの両側面にコンクリートを充填した状態で現場に搬入される。フランジの上面・下面は被覆が無いが、床スラブと外壁部材に耐火被覆の役割を持たせる。ただし、TypeA の大梁は住戸を横断することになり、フランジの下面を耐火被覆する必要がある。柱・梁の接合部と同じく、柔軟性の高い耐火被覆が現実的と考えられるが、工期短縮、コストダウンが可能な構法を開発したい。TypeA の桁は戸境壁部分

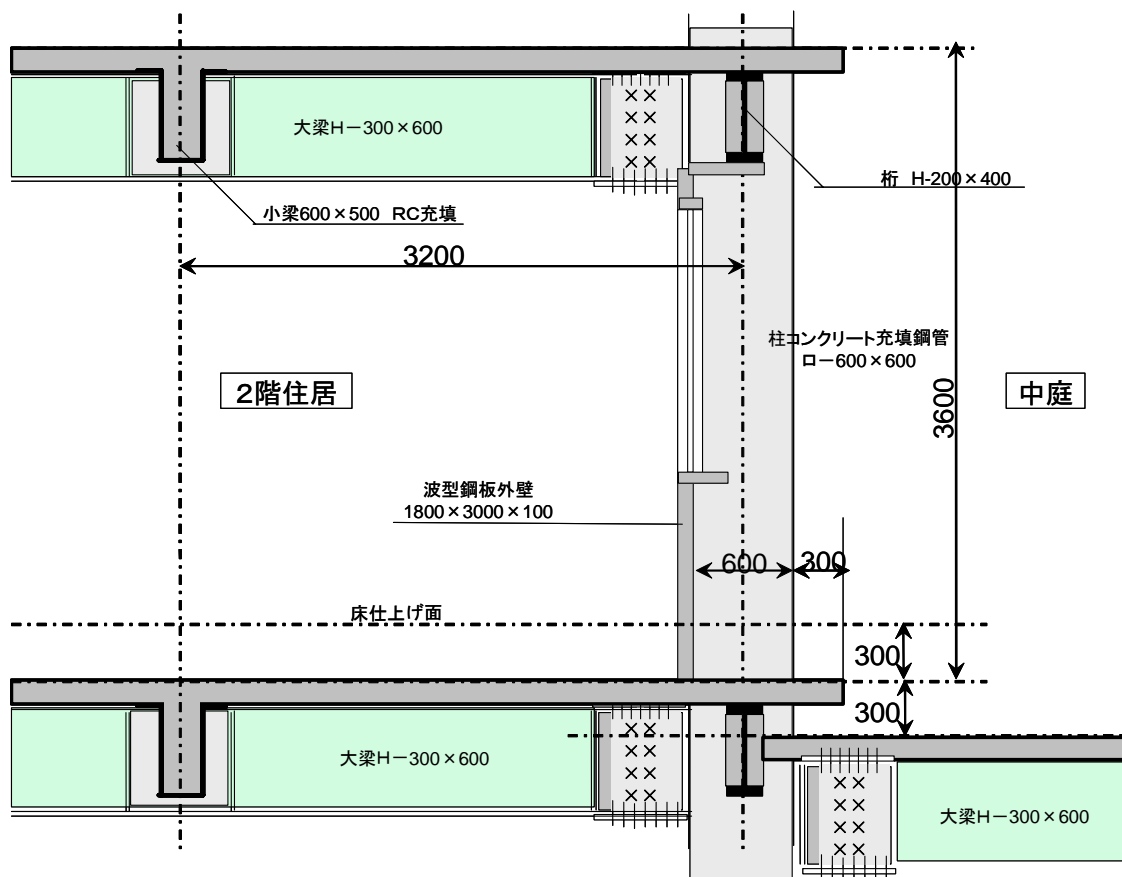


図5 構造躯体の x 方向断面図

の桁であるが、外壁と同様に、戸境壁も柱面に取り付けて耐火性のある壁で柱・桁・筋交いを挟むことになるので、これらの部材は耐火被覆を行なわない。2枚の壁相互の間隔が600mmとすると中央200mm幅以外の部分は床を貫通する縦配管が可能であり、1階設備室から給・配水管、ガス管、電気・通信配線管を設置するとともに排気管を屋上まで立ち上げる。したがって、戸境壁の一部に点検整備のための防火扉を設置する必要がある。x方向の戸境壁を持たないA型住居については、光庭に面する柱脇で配管を立ち上げる。

大梁・桁と柱は高力ボルトによる全強接合として純ラーメン構造を形成するが、y方向については3スパンごとに1スパンK型ブレースを入れて耐震補強をする。大梁には2本の小梁が取り付くが、Z型鋼を2本並べたハット型の小梁を形成する。空隙に配筋し、床工事と同時にコンクリートを打つ。すなわち、施工時は鋼材が働き床荷重を支えるが完成後は鉄筋コンクリート梁が床を支える捨て型枠構法であり、これも防火上の配慮である。

2～4階の床も同じような考え方に基づく構法であり、デッキプレートを敷き並べてその上に山上100mmのコンクリートを打ち合成スラブを形成する。床配筋は簡略な6mmモチアミ配筋とし、大梁および桁上面にはスタッドボルトを設ける。1階床は基礎・地中梁工事とともに通常の現場打ちコンクリート工事とする。上述の構造部材とその配置関係を示す断面図を図5に示す。

#### iv) 非耐力部材の計画

外壁は住居平面構成によって開口部の配置が異なるので、各種の開口部組み込み外壁ユニットの組合せで対応する。開口部が無いもの、羽目殺しガラス戸、開き戸、引違い戸、

玄関扉など開口部形式と開口部寸法、開口部取り付け位置、換気口や室外機管通口などを組み合わせた結果によって様々な構成材を工場生産する。部材の軽量性、断熱性を考慮すると、金属板成型によるカーテンウォールが望ましいが発注数量が少ない場合にはLGS フレームにサイディングボードの組み合わせが経済的であろう。部材寸法としては幅900、1200、1,800mmとしてこれを組み合わせて、柱内法寸法6,600mm、9,000mmの外壁を構成する。梁または桁下までの高さをもつユニットになるが、上端部に400mmの底状突出部を設け、これを型枠としてモルタルを流し込み梁フランジ下面の耐火被覆を形成する。

A Type 住戸とB Type 住戸の間の戸境壁はLGS フレームの両サイドに12mm石膏ボードを2枚張りした乾式構法による耐火壁とするが、これと直交する外壁については、A Type 住戸側で幅1.2m部分を耐火壁仕様にして相互の延焼防止を図る。同様にB Type 住戸のx方向外壁の柱寄り幅90cmの部分も耐火壁仕様となる。

住戸ごとにキッチン、浴室、洗面・洗濯場、トイレのユニットを設置し、このための給・配水管、ガス管、電気配線管をスラブと仕上げ床の間に配管する。排気管は天井面で縦ダクトまたは光庭側へ導く。内装工事は、両面石膏ボード張りの間仕切りパネルを建て込み、スラブ上30cmに木造床を作り、必要に応じて天井を設けることになる。壁・天井面の仕上げは様々な構法が考えられるが、工期短縮とコスト条件に配慮すれば壁紙張りになる。

#### v) 建設工期の短縮方法

上述の災害復興公営住宅を災害後3ヶ月で完成させることは、労働力と資器材を集中投入すれば不可能とは言えないが、災害後の数ヶ月は建設産業の需要が供給を上回る時期になるから、簡単なことではない。部材の生産は、被災地から離れた工場を稼働させ、場合によっては海外の生産施設から調達することで対応するとしても、現場では運搬用の大型トラックや重機類がどの程度調達できるかで工期が決まるといってよい。ここでは、災害後3ヶ月で完工することを想定して、そのための必要条件を考察することにする。

災害発生から被災情報を収集し、建設用地を決定して発注するまでには最短でも1週間は必要と考えられから、災害後13週、3ヵ月で完成させるためには発注から完工までを

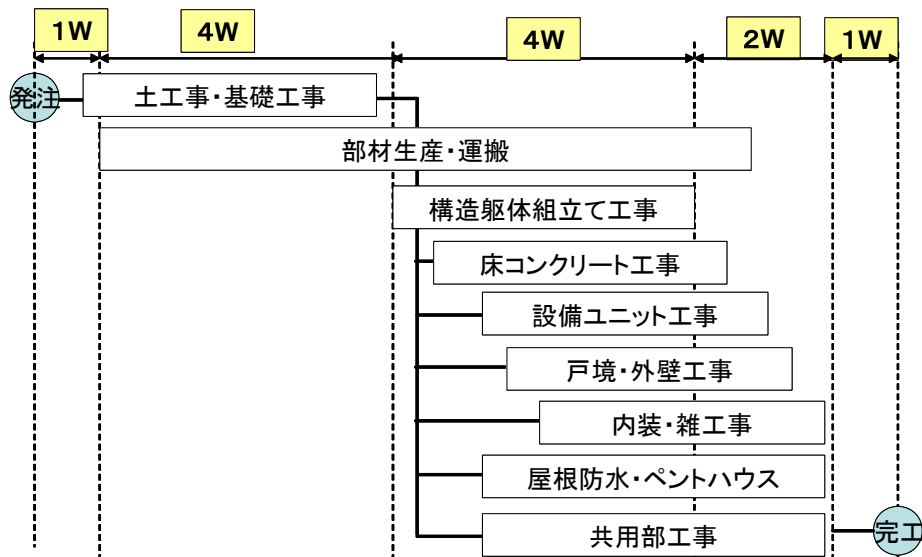


図6 早期供給のための工程計画

12週で実施することが要求される。図6は発注から12週で完成させるための工程計画であるが、あらかじめ標準設計が用意されていて、発注後は一部修正程度で着工できる体制が必要である。調査測量・仮設工事に引き続き、土工事を行い、型枠工事・配筋工事が完成した部分からコンクリートを打設して基礎、つなぎ梁、1階床スラブを作ることが最初の目標となるが、基礎だけでも100箇所を超えるから、1組の施工チームが端から順に工事をしてゆくやり方では目標の4週間以内に終了するとは思えない。複数の作業チームが並行して担当工区の作業を実施することが有効であるが、分割が細かすぎると取り合い部の混乱が多くなるので、今回の計画案の規模では、4分割くらいが適当と考えられる。工区ごとに根切り機材、運送トラック、生コン車などの機材を何台調達できるかが工期短縮の鍵になる。土工事・基礎工事と並行して部材製作を行うが、4週間で必要な構造部材の第1次納品を行うためには、生産ラインを新設していたのでは間に合わないの、ある程度在庫があることが望ましく、災害復興住宅だけでなく通常の公営住宅や民間住宅にもこのタイプの住宅供給が行なわれていることが理想である。構造躯体の組立て工事も4つの工区に分割して、1工区当たり28本の柱を建てることになるので、1日に柱1本、梁・桁・小梁が12本、床板9×3枚を取り付けて行けば概ね4週間で組み立ては終るが、1工区にクレーン2台を稼働させて効率を上げることが必要であろう。中央部から建て方を行い、次第に周辺方向へクレーンを移動させてゆく工程になる。

骨組みが完成したところから床のコンクリート工事を開始し、少し遅れて設備ユニットの搬入、戸境・外壁部材の取り付けを行なうが、このための補助クレーンを中庭から立ち上げる必要がある。1つのクレーンが3つの中庭を担当して2・3階の外壁を建て込むとすると、1日10枚程度外壁ユニットを建て込めばよいことになり、余裕があるように見えるが、設備ユニット、その他資材の搬入もあるので、実際上はこの程度が限界であろう。全体で12箇所の中庭があるから、中庭外壁用4台、外周部外壁用2台、合計6台のクレーンを同時に稼働させる計画になる。

雑工事としては躯体接合部の耐火被覆、外壁のコーキング、設備配管接続などがある。内装工事は1～3階128戸分を24日で処理すると考えると1日5.3戸分の出来高が要求

されるが、一方で、1チームが能率よく施工しても1戸あたり4日くらいが限界と考えられるので、4工区に5チーム合計20チームが対応することによってかろうじて実現できる目標である。ただし、この工程は、通常の在来工法による内装工事の3倍くらいの速度を要求していることになるので、間仕切り、天井、床ともにパネル化を図り、殆ど仕上げ工事を必要としないような工夫が要求され、結果的にコストアップになると考えられるし、同時に投入する人的資源も膨大になるという問題点がある。

今回提案する住宅形式は、スケルトンとインフィルに分割して建設する住宅生産形式、S I構法のアイデアに基づいて開発されたものである。S I構法で最も重要なポイントは、スケルトンは公共により供給され公共が管理するが、インフィルは居住者の負担で建設し居住者が管理するという点である。今回の提案では、インフィルをユニット化する方法は採らずに、できるだけ内装工事を必要としない設計を採用したのであるが、S I構法の思想に立ち返って考えてみると、外壁と設備工事が完了した段階で全く内装工事を行わずに居住者に引渡し、居住者の責任で内装工事を追加施工するというのも1つの方法であり、工期短縮が要求される災害復興公営住宅にとっては現実的な解決方法であると言える。災害後3ヶ月の時点では、床仕上げも天井も無い状態で家具を並べた間仕切り程度で生活を維持しても、避難所生活に比べればはるかに快適な環境であるし、入居後半年くらい経過して建設業に余裕が出来てからリフォーム工事を行なうことは生活改善に希望を与える上でも望ましい解決方法といえる。

#### vi) まとめ

昨年度研究でまとめた「大都市圏で35万戸の仮住まい」という目標<sup>1)</sup>において、中層共同住宅の早期建設は、空き家の利用とともに仮設住宅需要を出来るだけ低減するための方策と位置づけられるが、ここで提案した1haで166戸程度の計画を、大都市圏全体で約300箇所において実現すれば、災害復興公営住宅を5万戸程度という目標は達成できると考えられる。最後に、今後引き続き検討すべき研究課題をまとめておく。

一つ目の課題は、実現性の検証の問題である。とくに工場の生産ラインと設計の適合性を確かめる必要があるし、トータルな建設コストが実現できる範囲に納まるかどうかは重要な関心事である。今回の提案では、できるだけ低コストで実現できることに意を用いたつもりであるが、この問題は実際の建設プロセスを通して検討すべき問題であるので、今後は、具体的なパイロットモデルを実現させる開発研究に繋げて行きたい。

もう一つの研究課題は、仮設住宅と災害復興公営住宅の関係である。用地取得の困難性、資金不足などの事情を考えると通常の公営住宅基準より広い高基準の住宅を仮住まい方策の一環とすることに対する疑問が生じる。この問題に対する解決策として、一つの住戸を2～3世帯の共同利用住居として供給し、数ヶ月、場合によっては2年の間に本格住宅への移住を促進し、徐々に共同利用状態を解消するとともに内装なども改善を図るという対策が考えられる。このことを可能にするためには住戸内部の設計方法や住宅設備の方式についてさらに検討を加える必要があるが、これについては今後の課題としたい。

#### c) セルフビルド方式による一戸建て仮設住宅

昨年度研究では、公共支援として供給される各種の住宅設備ユニットを構造体として用

い、非構造部材はセルフビルドで作ることにより、未熟練者の施工でも安全性と快適性が確保されるシステムの概要を提案した。構造耐力部材である設備ユニットや開口部フレームは規格構成材として供給されるから、余震や積載荷重に耐える強度を保証されていても、これらの配置や非構造部材の選択によっては安全な設計にならないこともあるので、専門家のアドバイスは極めて重要であり、被災地に住宅再建センターを開設して設計指導を行うことが不可欠である。

床・壁・屋根のビルディングエレメントは入手しうる建築材料によって様々な構法となる可能性があるが、一般的な構法については、予め設計方法の検討を行ってマニュアル化しておくことが望ましい。このような考えから、今年度の研究では、未熟練労働者が家庭用の工具程度を用いて組立てられる構法の検討を行なった。

#### i) 木造セルフビルドのための基本要件

日本の住宅の現状からは木造住宅が親しみ深く<sup>3)</sup>、戸建の木造建築を所有している家庭には大工道具や電動工具も普及しているから、セルフビルド構法としては木造が最も可能性がある。未熟練労働者による施工では、①入手しやすい材料を用いること、②部材の加工、組み立てが簡単なこと、③部材重量が出来るだけ軽いこと、の配慮が必要になる。

在来工法木造は最も一般的な構法であり、廃材を再利用すること上からも都合が良く、①の条件は問題ない。小屋組みなどで重量のある部材を高所に配置することには難点があるが、ボランティアなどの協力があって若干の工夫があれば③の条件は克服できる。在来工法の最大の問題点は、手仕事により難しい継ぎ手・仕口の加工を必要とすることである。住宅再建センターに木工機械を整備して、設計に合わせて材端加工をした部材を供給し、現場では組み立てだけを行なうシステムがあれば良いが、現場における誤差の吸収の問題など解決すべき問題は残る。

最近では、北米の住宅システムであるツーバイフォー工法もかなり普及しており、DIYの店頭でもツーバイフォー材が一般化している。また、複雑な材端加工をすることがなく、釘打ち、ボルト締め、専用金物による接合方法は在来工法に比べれば素人向きである。また、殆ど全ての部分に2インチ×4インチ（仕上がり寸法で39mm×89mm）の断面材を用いることが特徴であり、これなら長さ4mでも1人で運搬可能である。そこで、本年度の研究では、このツーバイフォー材を多用して床・壁・屋根を作る方法について検討を進めた。

#### ii) 各部構法

当面はセルフビルドで平屋建ての小規模住宅を作っても、将来これを発展させて2階建ての本格住宅にする計画の場合には、基礎工事が問題になる。風加重、地震荷重などの水平力を地盤に伝達する上では、建築基準法に定められている布基礎、べた基礎のような重量のある基礎に上部構造を緊結することが一般的であるが、手作業だけで大量の土工事を行なうことは難しいし、コンクリート工事の数量が大きくなることも望ましくない。仮設住宅利用期間だけコンクリートブロックや松杭などの簡易基礎として、本格住宅への増改築工事で本格的な基礎に変えることも一つの方法であるが、原則として被災した住宅の布基礎を再利用して、止むを得ない部分だけ独立基礎を新設するという手段もある。

床組みは大引き間隔を 1,200mm 程度にして 2×4 材の根太を 300mm 間隔で並べる。大引きは在来工法の柱材同等の太さで、コンクリートブロックを 1,200 mm 間隔に置いて支える。大引きの中間部支持の数を減らすためには、2×10 材を使うか構造用合板と 2x4 材を組合



図 7 セルフビルド戸建型応急住宅の完成予想図

せて作った合成梁を用いる。根太の上には 15mm の構造合板を釘打ちして下地床を作る。

下地床が完成した段階で、住宅再建センターから構造耐力部材である設備ユニットと開口部フレームを配達してもらおう。設備ユニットはレッカー車で配達され、吊り上げられて所定の位置に配置される。開口フレームは、スチール耐力フレームの中にガラス窓、ドアなどが組み込まれた規格構成材で、あらかじめ、設計上必要なタイプを指定して配達してもらおう。設備ユニット、開口フレームともに、床、土台を介して基礎と緊結する。

構造耐力部材の上に外周に沿って地廻り桁を載せるが、通常、外壁には各面ともに窓やドアなどの開口部が必要になり、2 m 以内ごとに開口フレームが桁を支持していると考えると、地廻り桁の寸法は柱材程度で良い。スパンが大きい部分には途中を間柱で支えるか、成の高い梁材が必要になる。2×4 材と構造用合板を接着した複合梁を製作することもできる。非耐力外壁の部分には 2×4 材の方立てを建て、その外側には外壁用サイディングあるいは波板鋼板などを張り、内側には合板または石膏ボードを張る。

地廻り桁の上に小屋梁を乗せて和小屋を組むことも考えられるが、2×4 材を組み合わせる簡単なトラス屋根を地上で製作し、これを桁の上に取り付ける方法を推奨したい。これについては次項で詳述するが、ここでは、1 例として、図 7 に完成予想図を示す。

### iii) 屋根トラスの試作実験

本研究で検討した屋根トラスの姿図を図 8 に示す。この図から分かるように、脚部支点における下弦材と上弦材の位置関係が上部支点では逆になっていて、全体的に部材同士を編むような作り方をすることによって、6 つの支点全てで部材を切り欠くことなく重ね継ぎ手を実現している。このことによって、各支点は単にボルト孔をあけるだけの最も簡単な接合形態となった。

部材長は、上弦材下弦材ともに 4 m 以下で市販の材料から切り出せる。脚部支点間のスパンは 5 m で垂木を省略して庇が作れるように 50cm だけ上弦材を長くしてある。組み上

がったトラス全体の重量は一人で運搬ができる重さである。屋根勾配は 7.5/10 でやや急勾配であり、雨仕舞いの上からは良いが屋根面での作業がやり難いという難点がある。

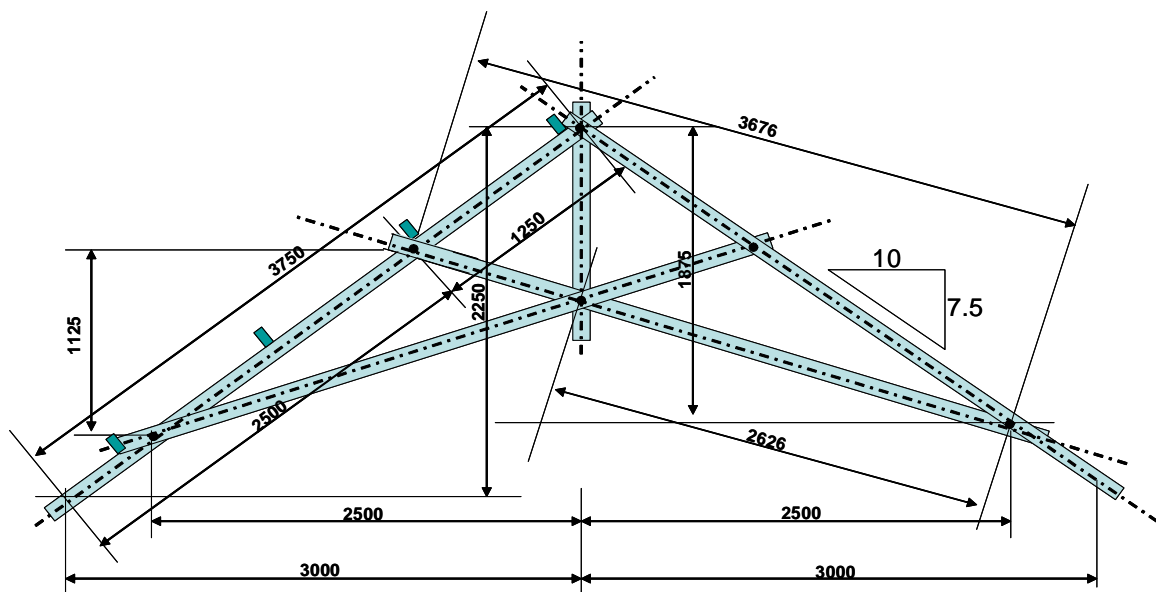


図 8 シザーズトラスによる小屋組み姿図

中央に取り付けた釣り束は、面外方向の振れ止め筋交いを取り付けるための部材である。屋根板を受けるモヤ材も 2×4 材であるが、屋根板の厚さによってもや間隔を決める。今回は 30mm 厚の板材を大和葺きにして用いたので、モヤ間隔は 900mm で、スパンは 2 m とした。省力化のためにはモヤの上の垂木を省略して屋根葺き材を取り付ける方法が推奨できる。最も卑近な構法を選ぶとすれば、垂鉛引き鋼板波板または塩ビ波板などが考えられるが、ここでは敢えて木工事にこだわり、古くから簡易な屋根に用いられる大和葺きの可能性を試すことにした。棟から庇端部まで 1 枚の板を用い、原則的に棟部モヤと鼻モヤで固定し、中間部は上板の内側をビスで引き付ける方法を採用した。

未熟練労働者が、このシザーズトラスを製作し、屋根を組み上げるために必要とする時間を分析し作業能率改善の方向を確認するために、実大試験体を製作する試作実験を行なった。図 9 のように 2 体のトラスを製作し、図 10 の小屋組架構に屋根板を葺く工事が試作実験の目標である。作業員は学部の学生 5 名（内 2 名女性）で、個人差はあるが殆どこ



図 9 シザーズトラスの製作

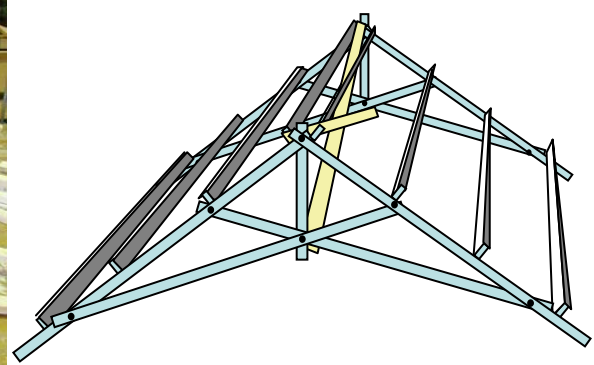


図 10 シザーズトラスの小屋組架構





図 11 作業工程と所要時間



図 12 屋根架構の組み立て



図 13 組み立て終了段階の試作実験

の種の作業は未経験である。用いた工具は、電動丸鋸、電動ドリル、電動ドライバー以外は全て手工具である。作業開始前約1時間で作業内容、工具の取り扱いについて説明を行い各工程に必要な技術指導を行なった。指導員は2名で試作実験の記録係りを兼ねた。

図 11 に示すように、トラス2体完成までに2時間55分、小屋組み完成までに2時間30分、屋根葺きに80分を要し、全作業時間は6時間20分であった。このペースで5×6m 30㎡の屋根を施工するにはトラス製作 87.5×4=350分、小屋組み・屋根葺き 230×3=490分、合計5人で14時間となり、休息時間を取ると2日の工程になるが、各作業の改善を行うことで1日の工程にする可能性はありそうである。

墨付けに時間が掛かったのは、墨壺を用いて材芯を出す作業を行なったため、あら

かじめ上弦材と下弦材の支点位置に孔空けした定規を用意して製作部材の墨付けを行わないという合理化が考えられる。込み栓は熟練した木工技術者にとってはボルト締めより早い作業が期待できるが、未熟練労働者の場合はむしろボルト締めの方が早いかもしれない。組立て段階で時間が掛かったのはモヤの取付けで、斜め釘打ちで仮止めした部分に手違い鋸を打つのは殆ど不可能であり設計の改善を要する。現場での試行錯誤の上、結局、モヤ材の頂部から足の長いコースシュレッドを打ち込んでとめたが、屋根勾配が  $45^\circ$  に近いことを考えるとモヤを上弦材の上に平置きにして釘止めという方法も考えられる。大和葺き屋根板取り付けで思いのほか時間が掛かっているのは作業員の疲労による能率低下と考えられる。図 12 は振れ止め取り付けに続いてモヤを取り付ける段階、図 13 は組立てが完成した段階の写真である。

#### iv) シザーズトラスの構造耐力

$2 \times 4$  材 5 本を組み合わせるトラス小屋組みは確かに作り易く、セルフビルド構法に向いているといえるが、部材が細く屋根荷重を支えきれぬかが心配になる。 $5 \times 6\text{m}$  の屋根平面に 4 体のトラスを設けると、中間部のトラス 1 体は幅  $2\text{m}$  長さ  $6\text{m}$  (両端の庇  $50\text{cm}$  を含む) の屋根を支えることになり、これには、次の鉛直荷重が掛かる。

トラス、モヤなどの自重： $0.39 \times 0.89 \times (167.8 + 55.0 + 160) \times 0.3 = 39.9\text{Kg} \rightarrow 33\text{ N/m}^2$

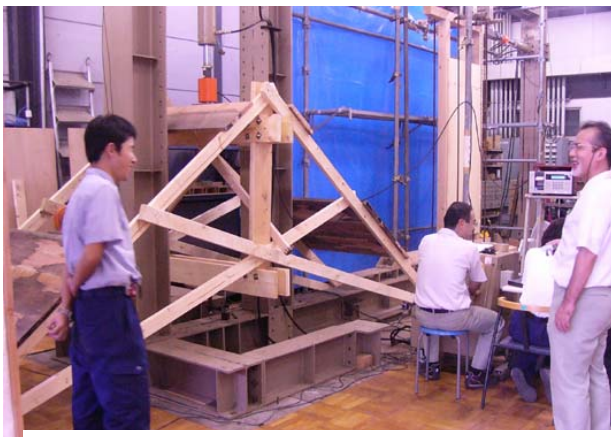


図 14 加力試験装置



図 15 実験①の破壊状況

#### ① 固定荷重

屋根下地・仕上げ (瓦屋根) :  $640\text{ N/m}^2$

天井 (繊維版) :  $150\text{ N/m}^2$

合計  $33 + 640 + 150 \doteq 820\text{ N/m}^2$

#### ② 積雪荷重 (短期) : 屋根勾配 $36.87^\circ$ 屋根形状係数 $0.57$

$30\text{cm} \times 0.57 \rightarrow 600\text{ N/m}^2 \times 0.57 = 340\text{ N/m}^2$

屋根葺き材の構法を波型鉄板程度とすれば、固定荷重は  $50\text{ N/m}^2$  で済むが、多少重い構法を選択する可能性も考慮して、棧瓦葺き程度の荷重を想定した。積雪は  $30\text{cm}$  を想定した値であるが、これを超える一般地域では、トラス間隔で対応すれば積雪  $100\text{cm}$  程度までは対応できる。屋根面の風圧力は指定地域以外の都市区域では  $300\text{ N/m}^2$  程度であり積雪条件で決まる。結局、トラス 1 体が支持する  $2 \times 6\text{m}$  の屋根全体が受ける鉛直荷重は、長期荷重  $820\text{ N/m}^2 \times 12\text{ m}^2 = 9.0\text{ kN}$ 、短期荷重  $1160\text{ N/m}^2 \times 12\text{ m}^2 = 13.9\text{ kN}$  となる。

上記の短期荷重の半分は直接桁に伝えられ、残りの半分が棟の位置に集中荷重で掛か

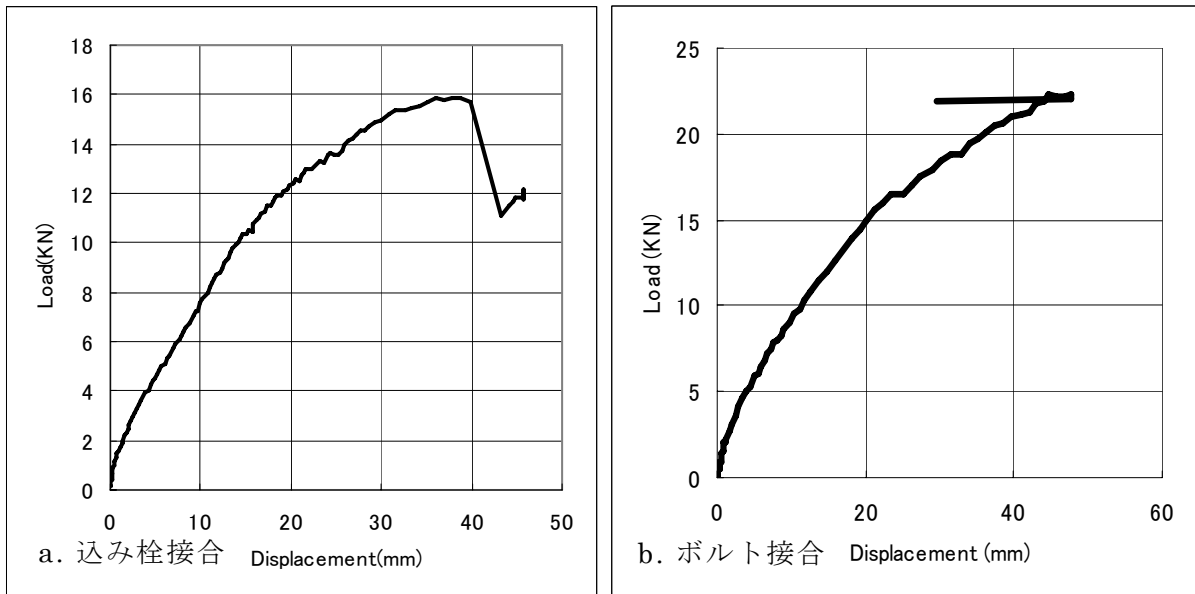


図 16 圧縮加力実験の垂直変位・荷重曲線

る状態を想定してトラスの載荷試験を実施した。図 14 のようにトラス 2 体の釣り束を挟み梁で繋ぎ、その中央に載荷する装置を作った。実験は 2 回行い、実験①は 6 箇所の支点を 12mm の込み栓と釘 8 本で接合し、実験②では 12mm のボルトと釘で接合した。図 16 は、5 秒おきに計測した荷重一変位曲線である。

実験①では加力が進むにしたがって、釘が抜けて込み栓が浮き上がり、最終的に込み栓が破断し、図 15 のように下弦材に割れが入って耐力が無くなった。図 16-a に見るように破断時の耐力は 15.9KN であるが、トラス 1 体あたりでは 8.0KN が限界になる。これは想定した荷重 7.0KN よりは大いだが、長期の設計強度を限界強度の 1/2、短期はその 1.5 倍を想定すると若干強度不足といえる。

これに対して、接合方法をボルト締めに変更した実験②では、部材の面外浮き上がりが無く、限界耐力は図 16-b に見る限り 23KN であるが、この段階で加力梁を受ける釣り束の端部に割れが入ってトラスの垂直変位が復元している。したがって、本当の終局耐力はもう少し大きい可能性もあるが、曲線も寝てきているので概ねこの程度と考えて良い。この場合はトラス 1 体当たりの耐力は 11.5KN であり、長期設計強度 5.8 KN、短期 8.7 KN とすると、いずれも想定した荷重条件 4.5 KN、7.0 KN を上回っている。

今回用いた試験体では、接合部におけるせん断力の伝達に配慮し、込み栓、ボルトと合わせて 75mm の釘を前後 4 本ずつ打ったのであるが、浮き上がりを防ぐ保定力は小さく、めり込みが繊維方向の割れを促進している傾向が見られた。さらに強度を上げるために、ボルト締めに接着剤を併用する方法を検討してみたい。

#### v) 屋根防水構法

同じトラス屋根をもう一つ組み立て、図 17、18 に示す 4 つの屋根面について防水性能の実験を行なった。実験装置の棟の位置で給水し、軒先で集水してリアルタイムで計量し、

給水タンクの減水量と比較した。給水タンクは実験場の中二階約4mの高さで天秤の上に

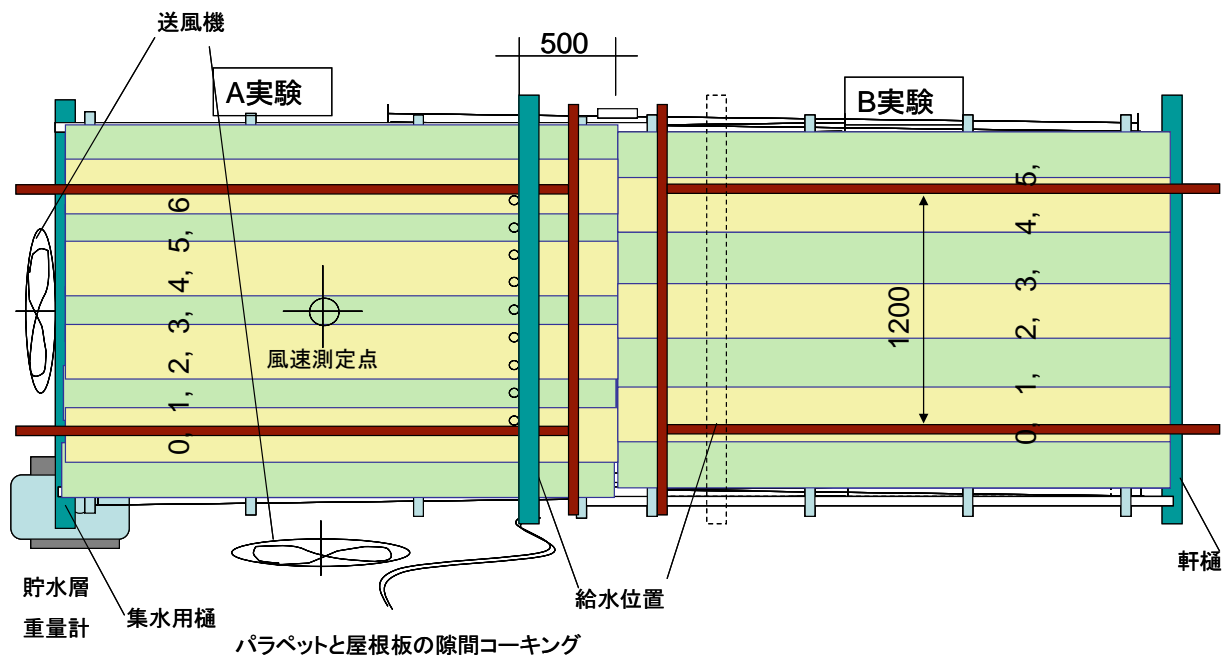


図 17 A・B 実験の試験体と実験装置配置図

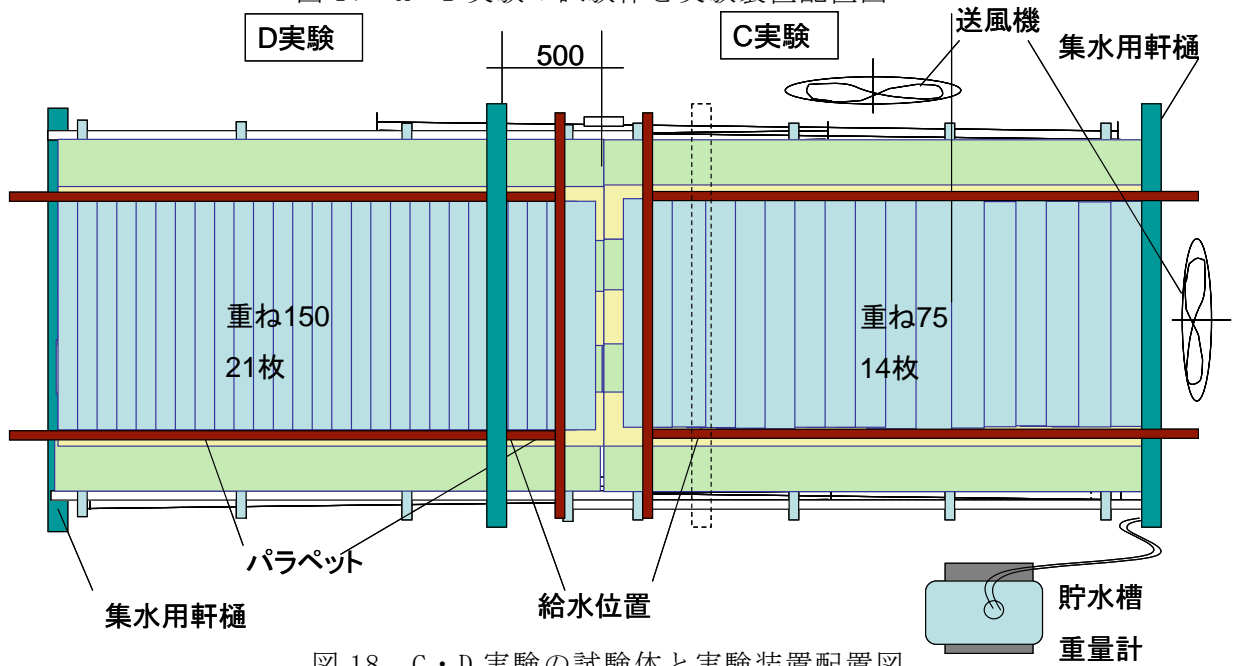


図 18 C・D 実験の試験体と実験装置配置図



図 19 防水性能実験装置



図 20 屋根裏の漏水状況

置き、ホースで給水栓に繋いだ。給水栓は試験体の棟位置で給水担当係りが手動で左右に振って概ね均等に給水した。軒先には軒樋を設け、集めた水を天秤の上に乗せた集水枡に導いた。実験ごとに5分間予備注水を行い、屋根面に水を十分にしみ込ませるとともに、屋根面の風速測定を行ってから計時を開始した。

屋根面のうち幅 1.2m長さ 3mmの部分に対し、20mm/hr、40mm/hrの降雨を想定し、これに相当する水量 1.2Kg/min.、2.4Kg/min.を棟の部分で給水したが、この水量は概略の値であって実験ごとに多少異なる。実験条件は、4つの屋根面ごとに、給水量2通り、送風条件3通り（無風、向かい風、横風）について計測した。また、屋根裏で目視による漏水確認を行ったが、観測を容易にするため給水には墨汁を混ぜて着色した。図 19 は実験装置の写真、図 20 は屋根裏漏水状況の写真である。

図 21 は毎分の給水量と集水量を比較したグラフで、Aは大和葺きの上板と下板の重ねが 90mm、Bは 30mmの試験体である。実験 C、Dは大和葺き（重ね 30mm）の上に 30mm厚の板を羽重ね葺きにしたもので、実験 Cでは板の重ねは 75mm、D実験では 150mmとした。A～Dの各実験で①は5分間給水量小・無風で計測、5分後からは同じ給推量で向かい風

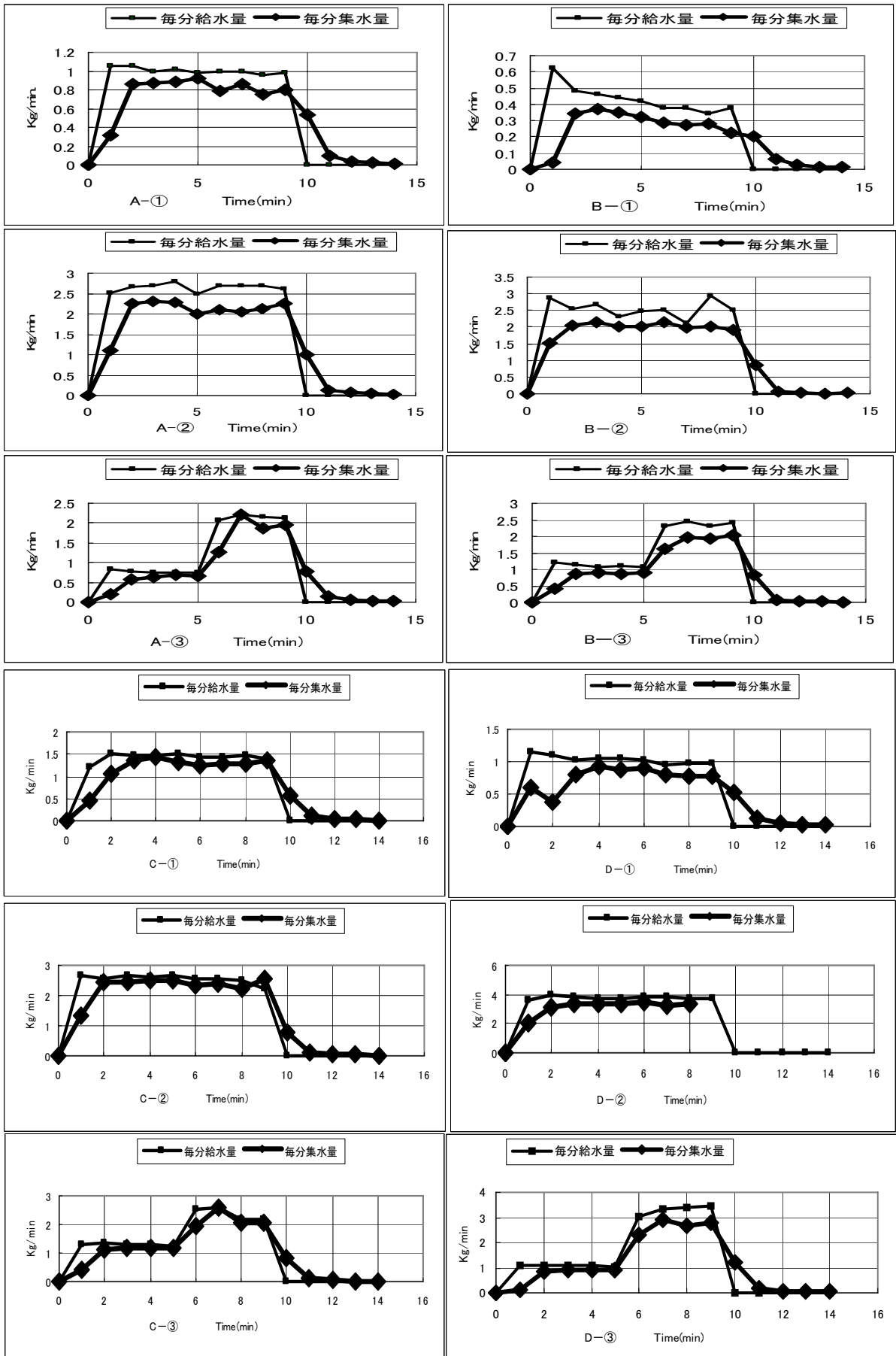


図 21 実験 A~D の毎分給水量と毎分集水量の比較

表2 実験条件と漏水比率の関係

試験体	風速 (m/sec)	給水量 (Kg/min)	集水量 (Kg/min)	漏水比率	
A 重ね90大和葺き	①	0	1.04	0.88	0.15
	②	6.2	0.98	0.80	0.19
		0	2.67	2.22	0.17
	③	6.2	2.65	2.14	0.19
		3.2	0.77	0.64	0.16
		3.2	2.15	2.01	0.07
B 重ね30大和葺き	①	0	0.50	0.35	0.31
	②	6.2	0.38	0.27	0.30
		0	2.60	2.05	0.21
	③	6.2	2.51	2.01	0.20
		3.0	1.14	0.88	0.22
		3.0	2.35	1.98	0.16
C 重ね30大和葺き + 羽重ね葺き 重ね75	①	0	1.41	1.30	0.08
	②	6.3	1.47	1.29	0.12
		0	2.63	2.47	0.06
	③	6.3	2.57	2.38	0.07
		3.2	1.31	1.18	0.10
		3.2	2.43	2.24	0.08
D 重ね30大和葺き + 羽重ね葺き 重ね150	①	0	1.06	0.87	0.18
	②	6.2	1.00	0.81	0.19
		0	3.77	3.30	0.12
	③	6.2	3.81	3.34	0.12
		2.6	1.11	0.91	0.18
		2.6	3.27	2.80	0.15

斜体数字は横風の風速、その他は向い風  
\*印の給水量、集水量は3分間の平均、その他は4分間平均

を4分間続けた。②は給水量大で同じパターン、③は横風、給水量小の条件で5分間計測し、5分後に給水量大に変更した。これらのグラフから分かるように、給水の開始、変更、終了などの変化があると、概ね1分のタイムラグで集水量の変化が見られる。そこで、1～4分の給水に対する2～5分の集水、5～8分給水に対する6～9分集水（各実験の③では6～8分給水に対する7～9分集水）について平均給水量と平均集水量の差を計算した。この値の平均給水量に対する比率を漏水比率として表2に示す。

試験体ごとの漏水比率は実験Cが最も小さく、次いでD、A、Bの順であった。大和葺きの重ね量が大きくなると漏水比率が小さくなるが、CとDの比較では羽重ね葺きの重ねが大きいDの漏水比率がCよりも大きいことは不自然である。この理由としては羽重ね板が30x300mmの厚板であったため、重ねが大きくなると葺き材表面の実効水勾配が2/10くらいになってしまったことも考えられるが、軒先の広小舞の寸法が大きくなり、大和葺き上面を伝わって軒先に到達した水を集水出来なかったため、見かけ上漏水比率が大きくなったこともあるので結論は断言できない。風速は向かい風、横風ともにこの程度の風速では殆ど影響が無い。給水量が大きくなると漏水量も大きくなるが、比率で考えると①と②の比較では、給水量が大きい②の漏水比率が僅かに小さい。

今回の実験では漏水の経路を明らかにするため、防水紙などの補助防水層を設けずに実験を行ったが、板の継ぎ目からの漏水経路と木板の貫通割れを通しての漏水経路が確認できた。大和葺き単独の場合は単なる水滴落下に止まらず連続漏水が観測されているから、何らかの防水層が必要である。大和葺きの上に羽重ね葺きを重ねたものでは、漏水は部分

的な水滴落下程度なので、大和葺きの下板の脇に溝を設けて軒先まで漏水を導く方法でも解決できそうである。

vi) まとめ

大震災後に生活を維持するためには住宅用設備が最重要であるが、次に必要となるものは屋根であろう。屋根があれば、床・壁・天井は臨機応変に作ったものでも当座を凌ぐことができる。その意味で今回取り上げた 2x4 材による屋根はセルフビルド工法として可能性が高いことが分かった。外壁や床の工法については研究費と時間に限界があり、基本設計段階の検討に止まったが、今後、機会を捉えて試作段階までの検討を行なってみたい。

今回の屋根の試作実験については、松留信一郎教授を始めとして職業能力開発総合大学校の方々に多大なご協力を賜った。深く感謝申し上げる。

2) 仮設住宅の配分方式の検討

a) 応急仮設住宅供給に関わる基本政策の検討

新潟県中越地震の住宅被害は、20 市町村で、全壊 2,515 戸、大規模半壊 428 戸、半壊 4,492 戸、一部損壊 44,042 戸<sup>5)</sup>であったが、これに対する仮設住宅建設は 13 市町村の 64 箇所 3,486 戸 (2,872 世帯)であった。全壊数を上回る仮設住宅建設となった背景には、雪の季節を控えて全村避難を強いられた山古志村を始めとして、余震による被害だけではなく、積雪や土砂崩れ、天然ダムの決壊などの二次被害を予測して自宅を離れる人も含めて供給せざるを得なかったという事情がある。山間部震災に対する特別なケースと理解する

表 3 長岡市仮設住宅建設状況

応急仮設住宅の建設(長岡市役所作成資料)				16.12.17 現在			
団地名	所在地	建設戸数	入居世帯数	入居戸数	入居者数	入居開始日	
中央地区	操車場北	千歳 1-23-7	223	198	218	622	
						11/24	
	操車場南	千歳 1-23-6	236	209	229	605	11/28
							12/1
旭岡	高畑町 883-2	20	15	17	50	12/2	
12/6							
南部地区	滝谷	滝谷町 1917	79	68	79	254	12/6
	岡南	十日町 7	30	25	30	90	11/27
東部地区	悠久山	悠久町 435-1	162	137	149	440	12/2
		中沢町 2228-4					12/7
北部地区	永田	永田町 177-1	57	48	56	168	12/6
	稲保	福島町 635-4	33	26	30	93	12/2
4地区8か所 計			840	726	808	2,322	



べきなのかもしれないが、阪神・淡路大震災で「全壊世帯の3割」程度を基準とした建設実績と比べると供給の基本政策が明確でない。仮設住宅建設数を調べるために被災者の入居希望調査をしているが、自力で住宅の調達が困難な世帯という条件は厳密には適用されず、殆ど全ての希望者に仮設住宅が配分されたようである。住宅喪失は殆どの世帯にとって大打撃であり、その上仮住まいの賃貸料を支出することはどの世帯にとっても困難と考えれば、全希望世帯に仮設住宅入居を認めることもできるが、同じ基準を大都市大震災にも適用するかどうかの政策を明確にしておく必要がある。

表3は長岡市の仮設住宅建設の内訳である。入居世帯数と入居戸数の差は家族数6人以上の世帯に複数戸配分をした結果と思われるが、入居戸数と建設戸数の差は空家の存在を考えないと理解できない。当初の希望調査に基づいて建設計画を決めた後でさまざまな事情で入居を辞退した世帯が5%程度存在したことになるが、これを回避するためには、最小限の仮設住宅建設を行い不足分は空家、民間賃貸などで吸収する方法が考えられる。

災害救助法の主旨は自力で住宅を調達できない世帯に限定して仮設住宅を貸与するということであるが、実際には災害後数週間の中で被災者を特定し、さらにその経済的な条件まで調査することは容易ではない。しかし、大都市大震災の場合でも希望者全員に仮設住宅を供給すると考えると、最悪の場合120万戸程度が必要になり膨大な公費支出を要求される。仮に財源が許しても生産能力的に対応できないという問題が残る。

したがって、被災者の経済的条件を評価して3割程度の被災者だけに仮設住宅を配分する方法、または、民間賃貸住宅入居のための助成金を出す方法のいずれかにならざるを得ないと考えられる。前者の政策を採るとすれば、仮設住宅入居が出来なかった7割の世帯は自力で民間賃貸住宅を借りるケースが多くなると予測されるから、応急仮設住宅も民間賃貸住宅も一体的に捉えて仮住まい確保支援策を展開するべきであろう。例えば、民間賃貸に入居する場合も、仮設住宅に入居する場合も、原則有料として個人の経済条件に対応する支援金を支給する体制を考えてもよい。災害直後に被災者の経済環境を詳細に調査し査定することには限界があるが、事前に支援制度、査定方法の内容を説明して入居者を募集して、実際の査定は入居後に行う方法も考えられる。被災者の経済条件を査定する方法として、修理費助成制度のように前年度の世帯収入による方法もあるが、被災によって条件が大きく変わることもあるので、当該年度および次年度の収入状況等の資料を提出して、これに対応する支援金を受け取るシステムの方が合理的であろう。

いずれにせよ、仮設住宅を全く無料で供給するのではなく、適正な範囲で有料化することは、特別な困窮世帯を公費で全額支援しながら平均的な世帯に対しても部分的な支援を行うことが可能であり、また同時に、被災者といえども自助努力を要求することになり、自宅の耐震補強、地震保険などによる住民レベルの防災対策を推奨することにもなる。

#### b) 仮設住宅建設用地と入居者の配分問題

仮設住宅行政は都道府県の責務とされているが、仮設住宅団地の選定と入居者の決定は市町村単位で行われると考えて良い。市町村レベルでは、管内の住区（町丁目レベル）ごとに住宅の被災程度を調査し、住宅喪失世帯の総数を想定し、応急仮設住宅必要世帯数を決定することになる。

一方、仮設住宅建設用地は、常時から調査を実施して、公的空地等を用意しておくこ

とが行なわれているが、用地が潤沢に存在する場合には、住区ごとの建設需要に応じて団地の選択を行うことで需要に対応することが可能であるが、大都市部では公的空地にも限りがあり、被災量が大きくなると市町村全体の建設戸数に対応する用地調達だけでも大変であり、被災者の要求に完全に対応することは難しいと予測される。しかし、このような場合でも可能な限り被災者の要求条件に対応する計画を作るために、どの団地にどの被災世帯を配分するべきかという配分問題を検討する必要がある。

市町村レベルで、住区ごとの仮設住宅必要総数とこれに対応する仮設住宅建設団地が決まった段階で配分問題が生じるが、このとき考慮すべき主要な選択条件は、

- ① 住区がまとまって同じ団地に入居できること
- ② 元の住宅地からの距離が出来るだけ近いこと
- ③ 被災世帯の事情に応じた住戸タイプが割り当てられること

と考えられる。

①の条件は、新潟中越地震における仮設住宅配分で集落単位の入居として実施され、好評であった。大都市における災害では農村部と異なり、地域の連帯性に対する要求は高くないとも考えられるが、仮設住宅入居期間に被災地の復興まちづくりを検討する必要がある、元の地域単位でまとまっていることは都市部の災害でも意味がある。なお、表3に示した長岡市の例では、建設戸数の総数がそれ程多くなく、公的な建設用地の条件もそれ程厳しい条件でなかったため、上記の①～③の条件は概ね達成されているようである。

居住場所は、家業の都合や通勤・通学の便を考慮して選択されていることが多く、②の条件は被災者にとっては切実な要求条件である。しかし、前述のように仮設住宅建設用地の取得の難しさを考えると、全てのグループを元の居住地に近い団地に配分することは望めないし、場合によっては当該市町村の境界を超えた遠隔地移住も止むを得ない場合もある。

③は団地ごとの配分世帯数が決まってから団地設計を行なう段階で対応すればよく、当初の配分問題を考える段階では、全て標準世帯を前提にしても、都市部では大家族は比較的少なく、単身世帯、2人世帯の数が多いから、設計段階で収容できなくなる可能性は低い。

複数の被災者グループを複数の団地に配分することが当面の目的となるが、この配分問題は、厳密に数学的最適解を追及することは極めて困難である。一般に $m$ 個の物体を $n$ 個の箱に入れるという「箱詰め問題」はNP最適問題と呼ばれ、 $m$ と $n$ の数が少し大きくなると高速大容量の計算機で長時間演算しても解に到達できないと言われている。そこで、ここでは数学的スマートさを追求するのではなく、実務的にこの問題を考えたい。

箱の容量の合計と収納する物体の合計体積が一致しているとき、通常は大きいものから収納して行き、最後に小さいものを隙間に入れて最終的に全ての物体が納まれば①の条件を満たしたことになるが、終わりに近くなって、箱に隙間があっても最後の数個が入らないということは良く経験する。しかし、容器に多少弾力性がある布袋のような場合には、隙間に最後の数個を詰め込んでしまうことも可能である。被災グループと団地の関係も、団地面積と密度から割り出した容量は考えられるが、これは一定不変のものではなく団地の配置計画、住棟形式などである程度弾力性があることに着目すると、「箱詰め問題」ではなく「袋詰め問題」として扱うことは出来そうである。

具体的には、図 22 のように入居世帯数の大きいグループから割り当ての可能性を調べ、複数の候補がある場合は、最も居住地から近い団地を選ぶという手順で配分を行なって行く方法が考えられる。配分を進めてゆき団地の容量が次第に減少して行くと、よほど幸運に恵まれない限り、入居可能な団地が1つも無いという事態が発生する。この場合には、当該グループを2つのサブグループに分割し、これを近接した2つの団地に割り振ることによりさらに配分を進める。最後に近くなると、同じ住区の居住世帯を3個以上の団地に割り当てざるを得なくなる可能性もあるが、この段階では、団地サイズの方を弾力的に考えて、1つまたは2つの団地容量を少し大きくすることで対処する。

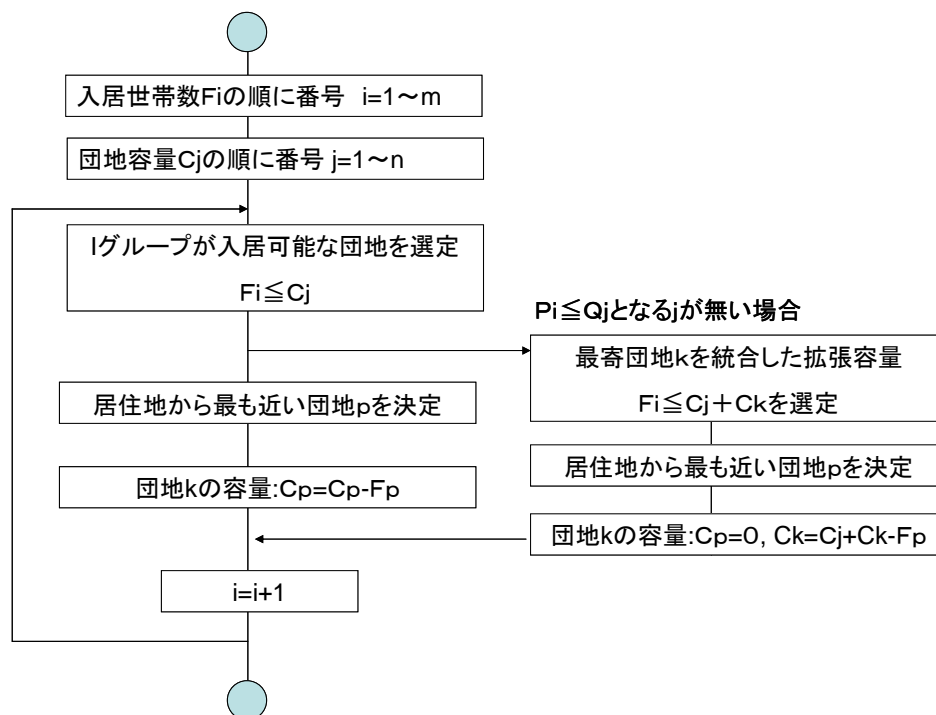


図 22 被災住区グループの仮設住宅団地への配分

図 23 のような仮想のデータに基づいて試算を実施した。都市の中心部に被害が集中して、25 の住区に住む被災者 1,433 世帯を住区単位に周辺部の 10 の仮設住宅団地に配分するという前提である。この試算の手順を表 4 に示す。表中の数字は居住地から団地までの直線距離（立地距離という）であり、太字表記は、団地容量が収容可能な候補を示している。候補が複数の場合には、立地距離最小の候補を選択し、これは太枠のボックス表記で示した。

22 番目の選択までは、この手順で団地が選択されるが、23 番目では No. 11 の 30 世帯をまとめて配分するべき団地容量が残っていない。図 22 のフローで示したように居住者を近接した2つの団地に分割して配分する方法もあるが、表 4 では、袋詰め問題として対処することにし、この段階で最大の容量を残しているH団地（表中で二重線枠）の容量をさらに4戸だけ増加して No. 11 の住区をまとめて配分している。同様に、No. 8、No. 13 の住区についても、各々10戸、5戸を増やしてD、F団地に配分する案を作った。

この配分案は、図 23 に矢印で表現したが、25 の住区のうち 13 住区については平均立地距離（住区中心と団地中心を結ぶ距離の平均）966m未満の団地に配分されているが、

No. 14、19、25 の3住区は 1.3~1.5 kmの移動距離になるという難点がある。この案が最適な配分案であることは保証されていないが、被災世帯数が多い住区については優先的に配分をした結果、平均立地距離未達の移動距離で住む世帯は全世帯数 1,433 世帯中 65.5%であり、全世帯の移動距離平均は 778m（平均立地距離の 80.5%）であった。仮設住宅建設団地

の立地に自由度が無いとすれば、いずれかの世帯は遠隔地移動を強いられるのであるから、ここで提案した配分案は、実務的には一応受け入れ可能な案と言える。

表4の方法ではステップごとに被災世帯を収納する容量がある団地の中で最短距離にあるものを選定したが、この段階で若干のサイズオーバーも認める方法を許せば、団地までの距離がさらに改善される可能性があると考え、計算をやり直した。無制限に建設量の割

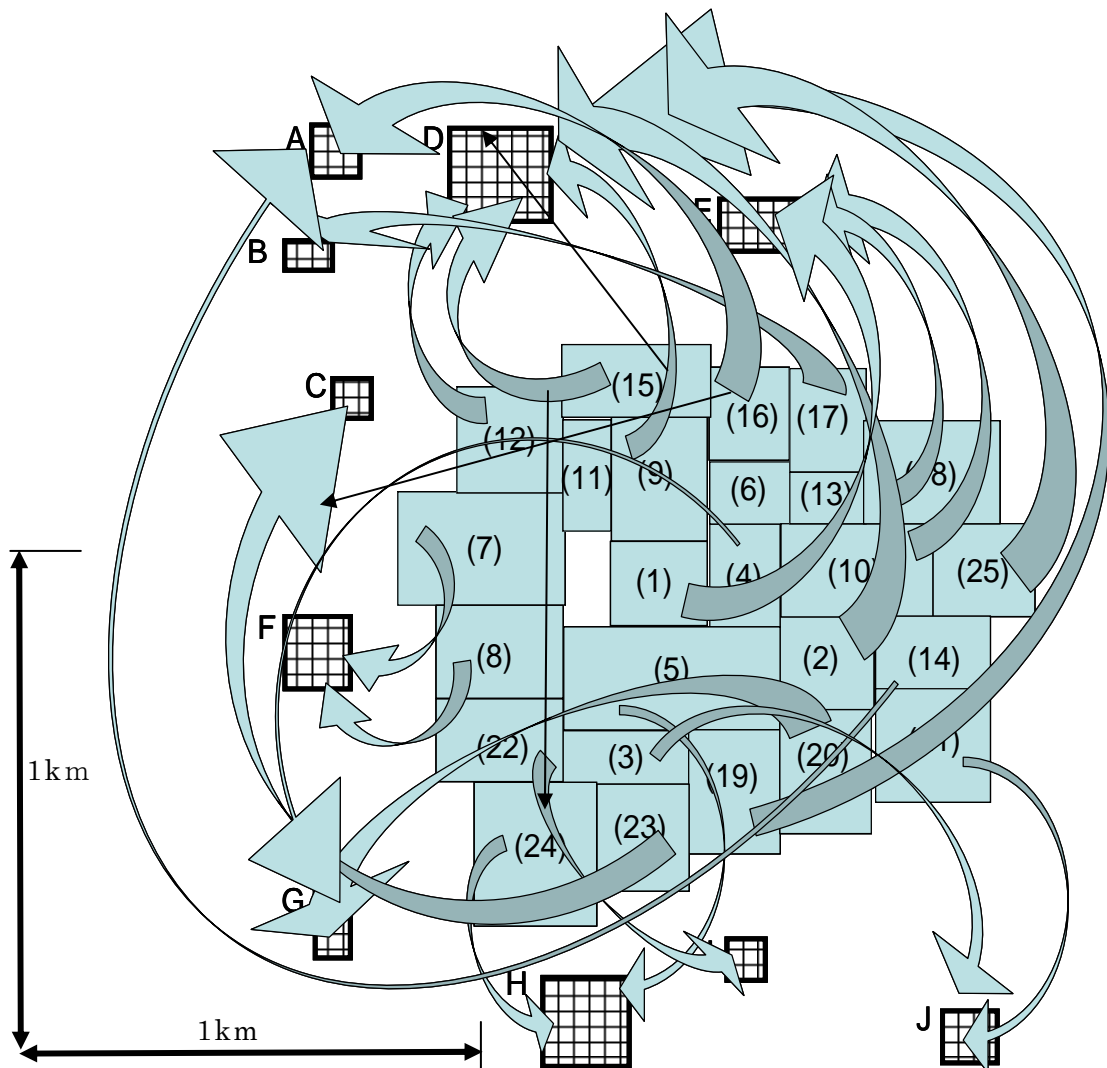


図 23 仮想市街地データによる試算

り増しを認めることは出来ないので、当初計画戸数の 10%以内の割り増しを条件として算定を実施した。紙幅の都合で途中経過は省略するが、結果は、団地までの距離が 1 km を超えるものが 7 住区で、最大距離が約 1.3 km であり、全世帯の平均移動距離が 708.5 m（平均立地距離の 73.3%）、建設戸数の増減数は 88 戸（全建設戸数の 6.14%）であった。前の例に比べると移動距離は 7 ポイント改善されているが、建設戸数増減数は前

の例の 1.33%に比べると大きい。増加数は各団地ごとに 10%の範囲に止まっているが、減少数は2つの団地で 42 戸、46 戸減少する。これは当初計画戸数の約 50%に当たるので、問題があるかもしれない。

そこで、個々の団地容量の増加建設戸数を 5%に抑える計画を試行した結果、全世帯の平均移動距離が 709.9 m（平均立地距離の 73.5 %）、建設戸数の増減数は 34 戸（全建設戸数の 2.4 %）であった。この場合も建設量を減少する団地が 1 箇所集中し、約 40%の減少になった。

ここで提案した配分計画策定システムは自動計算が可能であるから、あらかじめプロ

表4 団地に対する被災世帯の配分計算（表中数字は団地までの距離/m）

住区 番号	世帯数	団地記号(当初計画戸数)										
		D	H	E	F	J	G	A	C	I	B	
		360	230	198	176	108	101	90	58	58	54	
5	119	1051	679	895	732	928	843	1223	879	563	1104	
7	92	720	948	856	400	1387	793	808	419	971	657	
24	85	1314	351	1296	589	969	443	1401	986	488	1233	
10	78	1089	1029	684	1131	929	1285	1344	1113	784	1288	
18	76	1088	1270	574	1317	1093	1515	1373	1213	1014	1354	
21	72	1442	878	1053	1283	566	1286	1677	1394	559	1596	
8	71	920	745	985	380	1226	635	1009	605	787	850	
9	65	700	1049	541	783	1247	1089	920	671	937	847	
12	60	522	1133	678	573	1492	1001	657	351	1114	547	
20	60	1346	686	1046	1073	600	1063	1553	1234	403	1451	
19	59	1304	527	1093	901	679	867	1478	1124	321	1355	
15	57	514	1233	410	840	1437	1216	760	590	1134	721	
22	57	1100	572	1137	416	1125	495	1180	766	661	1012	
23	54	1319	374	1201	756	784	662	1454	1065	326	1307	
25	54	1286	1189	793	1389	900	1512	1561	1361	896	1523	
2	49	1026	1011	649	1065	968	1237	1276	1041	786	1217	
17	48	854	1246	396	1138	1218	1401	1136	984	1042	1117	
14	46	1301	990	880	1260	745	1335	1552	1303	696	1489	
1	44	877	852	727	722	1080	941	1067	755	742	964	
16	39	716	1213	363	1002	1285	1304	986	823	1050	958	
4	38	943	914	673	893	1006	1082	1167	895	740	1087	
3	36	1167	515	1063	671	892	689	1306	926	463	1165	
11	30	641	1050	588	690	1315	1032	835	563	974	749	
6	26	822	1069	512	942	1146	1195	1070	849	900	1015	
13	18	948	1109	541	1089	1073	1302	1212	1009	894	1169	
当初計画戸数		360	230	198	176	108	101	90	58	58	54	
計算手順による 収容戸数の 変動		295	111	120	84	36	41	44	4	1	6	
		235	26	44	13	0	3	5				
		176	-4	0	-5							
		119										
		65										
		16										
		-10										

グラムを用意しておき、表4に対応するデータを入力すれば、住区数、団地数の大きい計画でも配分計画を策定できる。今回用いた25住区10団地程度の規模であれば、一旦、自動計算で求めた結果をベースとしてマニュアルで試行錯誤を繰り返すことにより、より改善された計画案に到達することも可能である。上記の増加建設戸数を10%に抑えた計画案をベースにして改善案を求める作業を行なった結果、全世帯の平均移動距離が684.8 m（平均立地距離の70.9%）、建設戸数の増減数は37戸（全建設戸数の2.6%）を策定することが出来た。移動距離が平均立地距離を越えるものが1つも無く、建設減少量が最大の団地でも16%の減少に抑えられているから、かなり最適計画に近い計画と考えられる。ただし、この算定作業は感覚的処理によるものであり、自動化して腕力で求めることはこの程度のデータ規模でも簡単ではない。表計算のステップごとに可能性がある候補が5通りくらい存在し、これを25ステップで処理するとすると、5の25乗通りの計画案について前述の表計算を繰り返すことになるから数値計算のための工夫が必要になる。今回の手作業の結果が最適という保証はないが、膨大な作業時間を要して得られた結果は平均移動距離で約2ポイント改善されたということであり、精緻な計算手法を追求することは実務的な価値が低いと考えられる。

#### (d) 結論ならびに今後の課題

大都市大震災後に大量の仮設住宅を供給することは、2年間だけのために数兆円の費用が掛かり、これを解体撤去する上での問題も大きいから、供給は必要最小限に留めるべきであろう。また、大都市圏の災害での大量住宅需要を考えると、仮設、本設を問わず建設用地取得に困難が予想されるから、出来るだけ土地利用効率の高い住宅形式が求められる。

そこで、本年度の研究では、災害復興公営住宅の早期大量供給、セルフビルド方式による一戸建て仮設住宅について検討した。いずれも、基本設計を通しての検討では可能性があると判断されるが、生産体制上の問題を解決する上では、実際にパイロットモデルを開発するプロセスが不可欠であり、官民共同による開発研究に繋げてゆくべきと考えられる。とくに、災害復興公営住宅の早期大量供給は、通常時の都市住宅としてこのような住宅生産方式が稼働していることが、大災害にスムーズな建設体制を具体化するための必須条件となるから、一般の公的住宅、民間住宅開発に応用してゆきたい。また、セルフビルド方式による一戸建て仮設住宅についても、構造耐力部材となる設備ユニット、開口部フレームが通常時の住宅生産でも利用されていることが条件となるので、今後、民間生産企業の協力による開発を推進してゆく必要がある。

仮設住宅の早期建設のためには、建設用地の決定、団地設計などの建物の生産・施工以外のマネジメントを短時間で実施する体制が重要であり、本年度研究で行った仮設住宅の配分方式の検討は、関連行政機構の中で事前にシステムを整備しておくべき事項である。今回は仮想データによる検討に留まったが、今後、具体の建設用地の準備状況を前提としてさまざまな被災状況を想定した配分方式の検討を実施する必要がある。また、これまでの3年間で検討した多様な仮住まい供給方策だけでなく被災住宅の修理、住宅再建、復興住宅の供給も含めて、復興都市計画の基礎となる災害住宅供給システムを総合的に検討し、

全ての住宅喪失世帯の需要に早期に応える体制を整備しておくことが今後の課題である。

(e) 引用文献

- 1) 文部科学省研究開発局・独立行政法人防災科学技術研究所：大都市大震災軽減化特別プロジェクトⅣ耐震研究の地震防災対策への反映（平成 15 年度）成果報告書，3.2 所要仮設住宅推計と供給多様化の検討，2004.
- 2) 鈴木隆「パリの中庭型家屋と都市空間—19 世紀の市街地形成—」
- 3) 原野，佐藤，塚越：藤沢市辻堂地区における大震災後の住宅再建可能性に関する調査（その 1、その 2），日本建築学会大会学術講演梗概集，F-1，pp.1317-1320，2003.
- 4) 塚越 功，梶 秀樹，佐藤慶一，原野泰典：一戸建て型応急住宅供給システムに関する基礎的研究，2003 年度地域安全学会研究発表梗概集，2003.
- 5) 「新潟県災害対策本部発表 11 月 22 日 9 時現在の資料」朝日新聞 2004. 11. 23

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
塚越 功， 梶 秀樹， 佐藤慶一， 原野泰典	大規模震災後の住宅供給について	2004 年度地域安全学会春の研究発表会	平成 16 年 5 月 28・29 日
塚越 功	地震火災対策に関する戸建住宅の実態調査	2004 年度日本建築学会大会（北海道）学術講演会	平成 16 年 8 月
K. Sato I. Tsukagoshi, H. Kaji K. Ishibashi	Demand Modeling for Temporary Housing Support after an Earthquake Disaster	Proceedings, International Symposium on City Planning 2004, pp. 483-490	2004. 9
K. Sato K. Ishibashi H. Kaji	Formulation of Distribution Problem on Temporary Houses Reflecting Resident's Satisfaction	1st International Conference on Urban Disaster Reduction	2005. 1

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成 17 年度業務計画案

「3.3 復旧・復興」は、平成 16 年度までの成果を踏まえて、平成 17 年度から研究課題構成を大幅に組み替えることとしている。すなわち、大都市大震災の復旧・復興プロセスを、①緊急・応急対応期、②復旧期、③復興期から来るべき震災への準備期という 3 つの時期で捉え、①緊急・応急対応期では「1. 避難所管理・応急住居供給システム」、②復旧期では「2. 住宅・生活・地域産業支援方策」、さらに、③復興期から来るべき震災

への準備期を対象として「3. 事前復興計画」を中心として、膨大な被災者に対応した住宅・生活再建支援政策の総合化を図ること目的とすることとしている。

平成 14～16 年度の本業務は、慶應義塾大学チームが担当したが、住宅喪失世帯への対応については所期の目的を達したものと判断でき、平成 17 年度以降、これまでの成果を「1.3 仮住まいの供給に関する研究開発」に引き継ぐことを予定している。

「1.3 仮住まいの供給に関する研究開発」は、筑波大学システム情報工学研究科（研究実施責任者：熊谷良雄）が担当し、平成 17 年度には、

- ・ 応急住居の需要算定フレームの構築
- ・ 応急仮設住宅の多様化方策
- ・ 多様な応急住居の供給の可能性検討

を実施し、平成 18 年度までには、以下の成果を達成することを目標としている。

- ・ 応急住居の需要算定システムの開発
- ・ 応急仮設住宅の多様化
- ・ 多様な応急住居の供給システム