

### 3.3 テーマ【3 - 3】コンクリート系複合材料と住宅建設への応用に関する研究

#### 3.3.1 はじめに

本研究は、1991年に大噴火したフィリピンのピナツボ火山の火山礫を利用した軽量鉄筋コンクリートによるプレファブ住宅を開発することを目的とし、日本大学理工学部とフィリピン工科大学の国際間協力として1995年より継続実施されている。研究当初はピナツボ火山礫の構造コンクリートとしての性能がまず確認され、続いて平成10年度には、高品質・低価格なプレファブ住宅をめざして単位空間（セル）の連結方式による多様な空間的要求にこたえられる平面計画法と、家族そろって家造りができるセルフビルド方式の構造システムを基本コンセプトとするプレファブ構造システムが提案された。本学術フロンティア推進研究期間においては、このプレファブシステムの特徴であるセル連結方式がもつ構造計画上のメリット、すなわちセル単体の構造安全性が確認されれば、複数のセルを組合せて平面計画しても構造物全体の安全性は保障されるという特徴を実証するために部材実験、実大セルの構造性能実験を実施するとともに、弾塑性解析法や限界耐力計算法による耐震性能の解析的検討を行なった。以下に、これまでの研究期間中の成果を要約し、最終年度である本年度の研究目標について述べる。

平成11年度：単位空間（セル）を構成する柱部材（パネルA）、梁部材（パネルB）、およびスラブ部材（パネルC）の構造性能と各パネル接合部の性能を調べるための実験を実施し、各パネルの強度、変形性能は設計条件を満足することを確認した。一方、パネル間接合部のリブの局所的な補強の必要性が指摘された。

平成12年度：構成部材である柱、梁、床部材を組立てた実大一層の立体骨組架構の静的載荷実験を実施し、構造物全体としての耐震安全性を確認した。また、この実験に先立ち施工性能と精度を確認するための施工実験を併せて実施し、軽微な揚重機具があれば充分施工可能であることを確認した。

平成13年度：部材実験、骨組実験の結果を詳細に検討するための弾塑性解析手法を開発した。解析モデルは、部材実験に基づいて構築された非線形な構成則を持つ部材モデルを骨組各部材に適用するもので、荷重増分法による最大荷重までの解析を行い、解析結果と実験結果との比較から解析モデルの妥当性を検証した。さらに、限界耐力計算法による耐震安全性の確認を行なった。

平成14年度：フィリピンにおけるプレキャストパネル製作と供給促進の方策を検討した。また、同年8月にフィリピンのマニラで開催された国際会議（5<sup>th</sup>ICCE：日本大学とフィリピン工科大学との共催）において、日本におけるこれまでの研究成果を公表した。

平成15年度の研究目標：平成14年度を最終年度としていたが、研究期間を延長し今年度は以下の検討を行った。

- 1) 柱を構成するパネルの軽量化、施工性に富むかたちへの改良と、柱部材としての構造性能を確認するための実験を実施する。
- 2) 提案したプレファブシステムのフィリピンでの建設を実現化するために、委員の二人を平成16年1月にフィリピンに派遣し、研究期間終了後の共同研究継続のあり方とフィリピンでのプレファブパネルの製作と住宅建設の試作を具体化する。

以上の検討のほか、本報告書では本システムの建築への多様な適用例を示すとともに、将来展望についても言及し、最終年度のまとめとする。

### 3.3.2 火山礫を用いたプレキャスト RC 造プレファブ住宅の開発

#### a) 構造性能確認実験

##### 1) 実験概要

【部材の改良点・試験体概要・使用材料】図 3-3-1 に柱部材の形状及び組立図を示す。改良した柱部材は従来型の柱部材を L 型の角の部分で 45 度に切断して二つのピースに分割したものである。ピース同士の接合面にはシアーコッターを設けた。この改良により 1 ピースの重量が従来の部材の半分(約 300N)となった。また、すべての部材が 1 枚の板状に変わった事で配筋とコンクリートの打設が容易になり量産が可能となった。さらに、運搬時における損傷の危険性の軽減と保管の省スペース化が図れた。鉄筋にはリブ補強筋に D10(SD295)を、パネル部の補強鉄筋には 3.2 -@50 のワイヤーメッシュ筋を使用した。接合用ボルトには M16 ボルトを使用した。

【実験方法】図 3-3-2 に加力装置の概念図を示す。加力スケジュールは 2 階建設計時の 1 階柱に作用する短期設計せん断力に対応する荷重(4.36kN)の繰り返しを 1 回行った後、上下加力ビーム間の相対水平変位で制御し、部材角で 1/1000、2.5/1000、5/1000、10/1000、15/1000、20/1000、30/1000 の各変形に対し繰り返し载荷を行った。

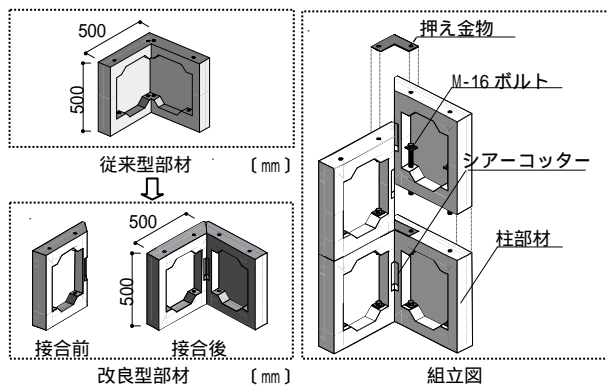


図 3-3-1 柱部材形状及び組立図

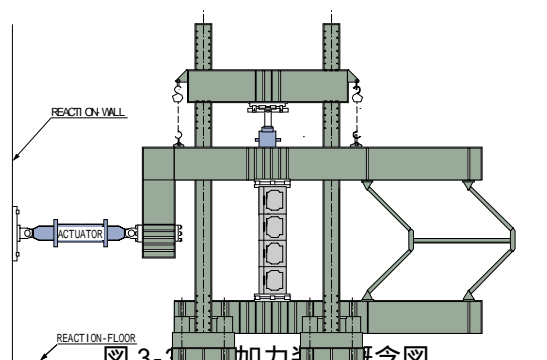


図 3-3-2 加力装置概念図

##### 2) 実験結果

【破壊状況】図 3-3-3 に最終破壊状況を示す。設計荷重及び部材角 1/1000 ではひび割れは確認できなかった。部材角 2.5/1000 では圧縮力による割裂状のひび割れが生じた。部材角 5/1000 においては、シアーコッター部に充填したモルタルにひび割れが生じ、パネル同士のモルタル接合面が剥離した。部材角 10/1000 では、柱頭・柱脚パネルの引張側リブに多数のひび割れが生じ、接合ボルトのパンチングシアによるひび割れも発生し始めた。また、接合面に生じるせん断力により、上下パネル間に瞬間的に 2~3mm 程度の滑りが生じた。同部材角の繰り返し载荷では、パネル各接合面の接触部分で圧縮力と接合面に生じるせん断力によって圧縮側かぶりコンクリートに割裂状のひび割れが多数発生し、局部的にコンクリートが剥離した。部材角 15/1000 では接合ボルトのパンチングシアによるひび割れがさらに進行し

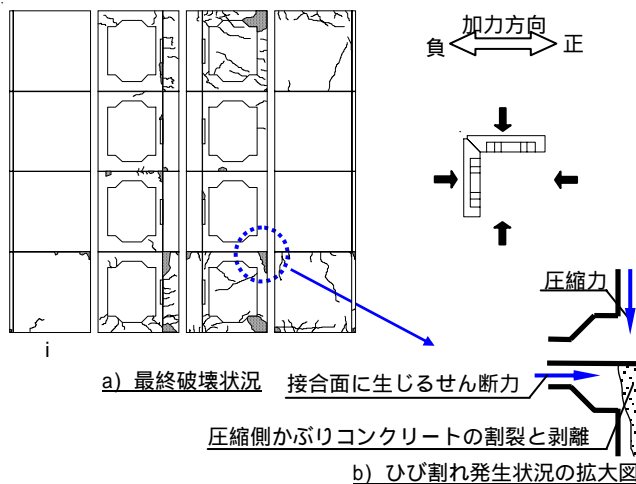


図 3-3-3 最終破壊状況

た。部材角 20/1000 では柱頭・柱脚引張側リブがパンチングシアによるひび割れの進行により、局部的に剥離し、繰り返しによる耐力低下が顕著となった。部材角 30/1000 ではパネル部のひび割れや剥離が進行した。

【荷重 - 変位関係】図 3-3-4 に荷重 - 変位関係を示す。同図には、2 階建てを想定した場合の 1 階柱に作用する短期設計せん断力と必要保有水平耐力を破線で示した。実験結果の最大耐力は、短期設計せん断力及び必要保有水平耐力の荷重を十分満足する結果であった。

### 3) 従来型の柱部材との比較

平成 11 年度に同様の方法で行った従来型の柱部材を用いた実験結果(以下、従来型実験)と改良した柱部材を用いた実験結果(以下、改良型実験)について破壊経過、包絡線、固有ループ、等価粘性減衰定数の比較を行った。以下にその詳細について述べる。

【破壊経過】表 3-3-1 に破壊経過の比較を示す。破壊経過は両試験体共にほぼ同様であり、ボルト接合部のパンチングシアによるひび割れの進行(改良型実験:部材角 15/1000、従来型実験:部材角 20/1000)により、耐力低下を起こした。

【包絡線】図 3-3-5 に包絡線を比較して示す。改良型実験の最大耐力(正加力時:22.78kN、負加力時:22.19kN)は、従来型実験における最大耐力(正加力時:26.66kN、負加力時:23.62kN)に比べ、若干低い値を示した。また、剛性は従来型実験に比べ、高い耐力で剛性低下を起こしてり、耐力低下は早い段階で起きた。

【固有ループ】図 3-3-6 に部材角 5/1000、10/1000、20/1000 における固有ループを比較して示す。規準化する為荷重と変位の値をそれぞれ正加力の最大値(Pmax・max)で除した。小変形時に従来型実験においては、紡錘形の履歴形状を有しているのに対し、改良型実験では履歴面積は小さい。一方、大変形になるにつれて両試験体がほぼ同等の履歴面積となっている。また、両試験体共に変形が進むにつれて除荷時にはスリップの形状を示した。なお、

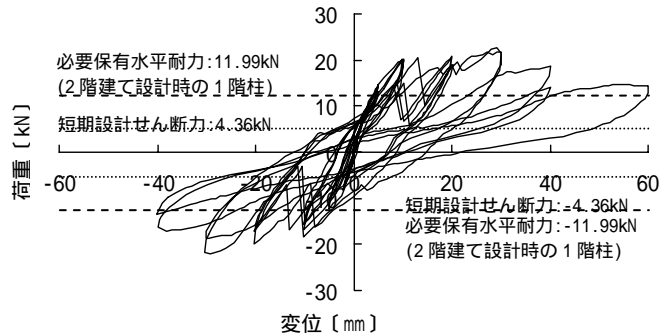


図 3-3-4 荷重 - 相対水平変位関係

表 3-3-1 破壊経過の比較

|              | 従来型実験   | 改良型実験   |
|--------------|---|---|
| 部材角 2.5/1000 | 圧縮力による割裂状のひび割れ                                    | 圧縮力による割裂状のひび割れ  |
| 部材角 5/1000   | 引張側リブにひび割れ  | 引張側リブにひび割れ<br>シアコッタ部のモルタル<br>接合面が剥離                               |
| 部材角 10/1000  | 圧縮力とせん断力による<br>局所的なコンクリートの剥離<br>上下パネル間で0.5mm程度の滑り | 圧縮力とせん断力による<br>局所的なコンクリートの剥離<br>パンチングシアによるひび割れ<br>上下パネル間で2、3mmの滑り |
| 部材角 15/1000  | パンチングシアによるひび割れ                                    | パンチングシアによるひび割れ  |
| 部材角 20/1000  | 柱頭・柱脚接合部のひび割れ進行                                   | 柱頭・柱脚接合部のひび割れ進行   |

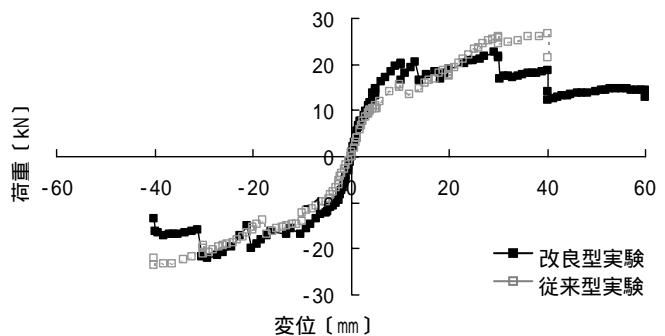


図 3-3-5 包絡線の比較

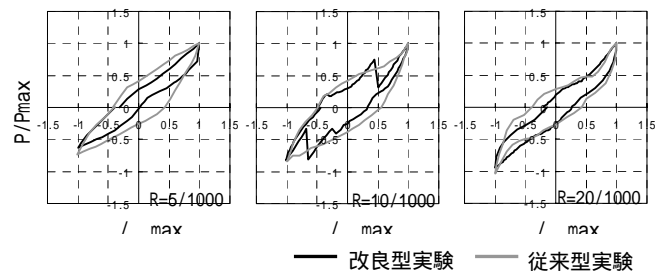


図 3-3-6 固有ループの比較

改良型実験では部材角 10/1000 の固有ループにおいてパネル間の滑りによる影響が顕著に現れている事が確認できる。

【等価粘性減衰定数の推移】図 3-3-7 に等価粘性減衰定数(以下、 $heq$ )の推移を比較して示す。なお、 $heq$  は正加力・負加力それぞれ半ループずつ別々に求め 2 倍して求めた。 $heq$  は正負共に小変形時には従来型実験に比べ低い値を示しているものの大変形時にはほぼ同等の値を示した。

## b) 静的弾塑性解析

### 1) 解析概要

【モデル化】図 3-3-8 に各要素モデル、図 3-3-9 に各解析モデルをそれぞれ示す。柱パネル要素は剛なフランジを持つ線材の組合せとし、ウェブ部を弾性体とした H 型のモデルとした。接合ボルト要素は軸方向ばねとせん断方向ばねを組み合わせた 2 方向ばねモデルとし、軸方向ばねによりボルト接合部の剛性低下、せん断方向ばねにより上下パネル間の滑りの性状を考慮した。柱部材解析モデルは柱パネル要素の剛体部分の両端部を接合ボルト要素により接合し、実験と同様に建研式加力装置に設置した状態でモデル化した。平屋建ての平面骨組解析モデルは各パネル要素の剛体部分の両端部を接合ボルト要素により接合しモデル化した。2 階建ての解析モデルは平屋建ての平面骨組の解析モデルを単純に 2 層に重ねたモデルである。なお、2 階建ての解析モデルでは、各層の床位置に  $A_i$  分布から算出した水平力(1 層:1.00P、2 層:1.07P)を加え、正負繰り返し加力を行った。

【復元力特性】図 3-3-10 に各ばねの復元力特性を示す。軸方向ばねは引張側においては降伏後の剛性を初期剛性の 1/100 倍とした bi-linear 型の slip モデルとした。また、再負荷時には、最大点指向型のモデルとした。圧縮側に関してはコンクリートパネル部により圧縮力を負担することから剛性を高くした。せん断方向ばねは滑り発生以前を剛とした bi-linear 型のモデルとした。なお、本解析においては、実験において滑りが発生した部材角 10/1000(シアークォーター破壊後の部材角)に対する繰り返し加力から実験と同様に上下パネル間の滑りの性状を考慮することとした。

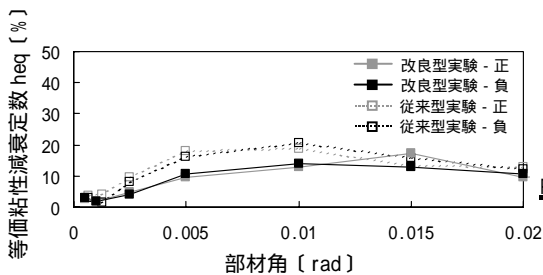


図 3-3-7 等価粘性減衰定数の推移

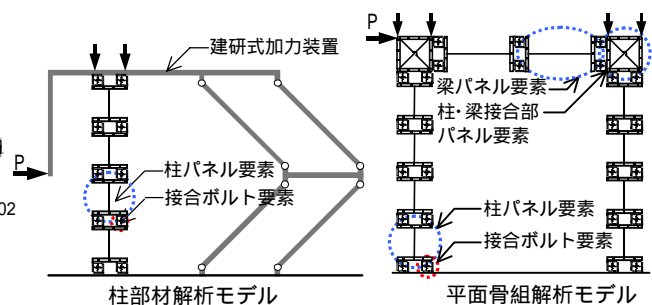


図 3-3-9 各解析モデル

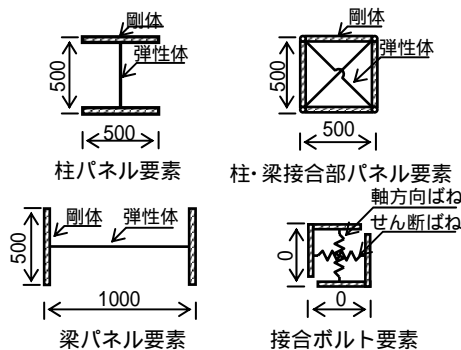


図 3-3-8 各要素モデル

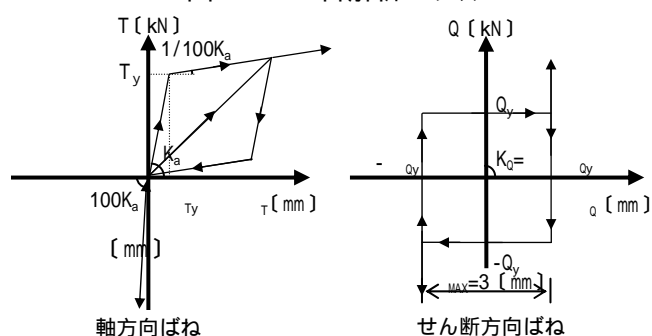


図 3-3-10 各ばねの復元力特性

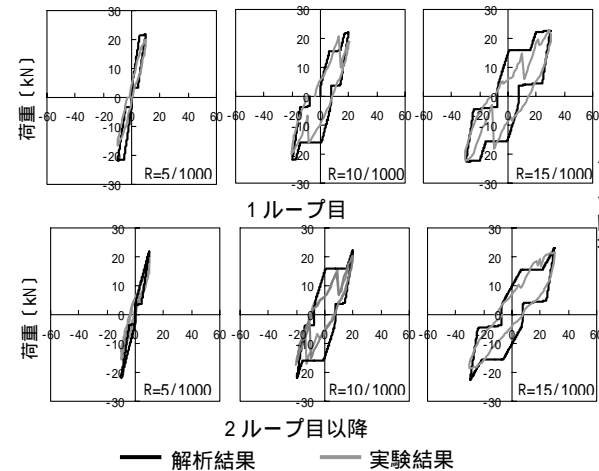
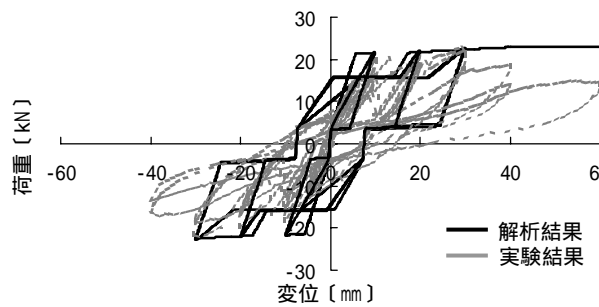
## 2) 解析結果

図 3-3-11 に柱部材の解析結果、図 3-3-12 に平屋建て平面骨組解析結果、図 3-3-13 に 2 階建て平面骨組解析結果をそれぞれ示す。柱部材の解析結果より得られた最大耐力は、実験結果と概ね適合することが確認できた。また、解析結果より得られた各部材角ごとのループ及び heq の推移より、解析結果は実験結果の最大耐力に至るまでの繰返しを概ね追跡できることが確認できた。平屋建ての解析結果では、解析結果より得られた保有水平耐力は必要保有水平耐力を上回ることが確認できた。また、崩壊時の層間変形角は 1/200 であった。2 階建ての解析結果では、解析結果より得られた保有水平耐力は、必要保有水平耐力を上回ることが確認できた。なお、崩壊時の層間変形角は 1 層で 1/65、2 層で 1/120 であった。

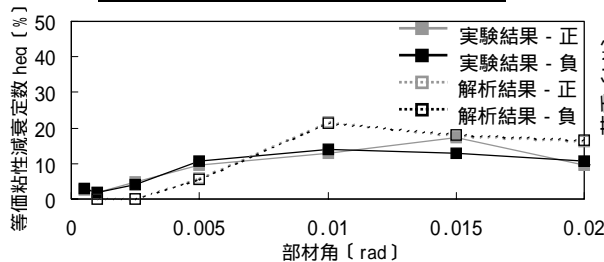
### c) 限界耐力計算法による検証

#### 1) 限界耐力計算法の定義及び条件

**損傷・安全限界の定義：** H14 年度に実大実験(H12 年度)を対象として行った限界耐力計算を参考に、損傷限界をどれか一箇所の接合ボルトが降伏時の張力の 0.45 倍を超えた時の耐力とした。また、安全限界は解析結果より得られた保有水平耐力時(崩壊メカニズム時)と設定した。



b) 各部材角ごとのループ(柱部材解析結果)



c) 等価粘性減衰定数の推移(柱部材解析結果)

図 3-3-11 柱部材解析結果

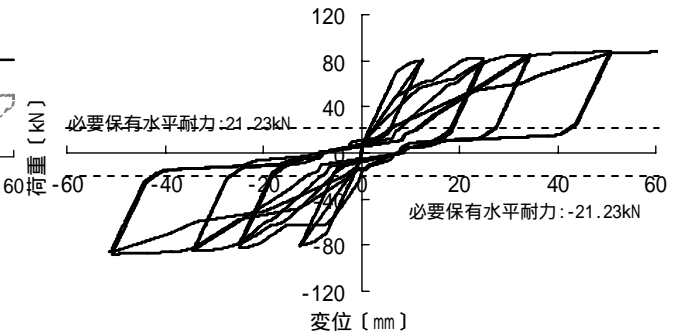
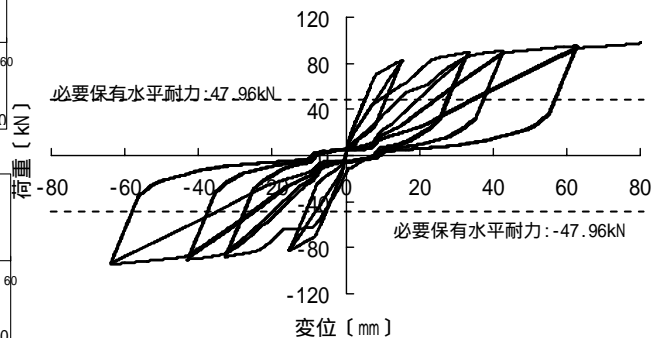
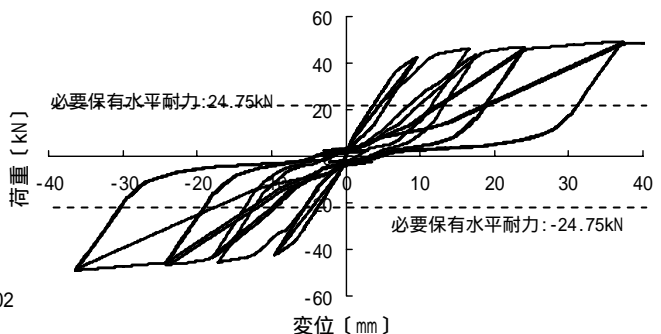


図 3-3-12 平屋建て平面骨組解析結果



a) 1 層 層せん断力-層間変位関係



b) 2 層 層せん断力-層間変位関係

図 3-3-13 2 階建て平面骨組解析結果

構造特性曲線：構造特性曲線の算出には、解析結果より得られた包絡線を用いて行った。

地盤増幅係数：フィリピンにおける実用化を目的として計画していることから対象地盤を安全側となる第3種地盤として略算法を用いて地盤増幅係数を求めた。

減衰定数：建物全体の減衰定数  $h$  は、縮約1自由度系の構造特性曲線から式(1)、式(2)により評価した。なお、(2)式における  $\beta$  には0.2を用い、安全側となる値を選定した。

$$D_f = \beta \cdot Q_d / \alpha \cdot Q \quad (1) \quad D_f: \text{建築物の塑性率}, \alpha: \text{ステップ毎の応答変位 [cm]}, Q: \text{ステップ毎のベースシア [kN]}, Q_d: \text{損傷限界耐力}$$

$$h = (1 - 1/\sqrt{D_f}) + 0.05 \quad (2) \quad \beta: \text{力 [kN]}, h: \text{減衰定数}, \beta: \text{構造形式に応じた係数}$$

## 2) 損傷・安全限界時の検証結果

表3-3-2に平屋建て及び2階建ての損傷・安全限界時の検証結果、図3-3-14に平屋建て及び2階建ての限界耐力計算法による応答推定値をそれぞれ示す。平屋建て、2階建てともに損傷限界時には、損傷限界耐力が必要損傷限界耐力を上回り、損傷限界時の最大層間変形角は1/200を下回ることが確認できた。また、安全限界時には、安全限界耐力が必要安全限界耐力を上回り、安全限界時の応答推定値(平屋建て:0.31cm、2階建て:1.41cm)は、安全限界変位(平屋建て:1.16cm、2階建て:5.00cm)を下回ることが確認できた。住宅の品質確保の促進等に関する法律における耐震等級により安全性能評価を行った結果、安全限界時の余裕度は平屋建てで2.59 > 1.50、2階建てで1.70 > 1.50となり、耐震等級3と判定できた。

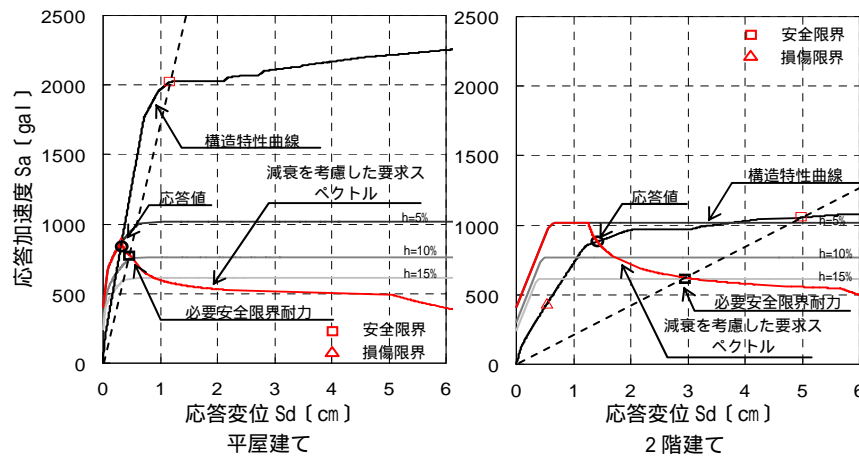


図 3-3-14 限界耐力計算法による応答推定値

表 3-3-2 損傷・安全限界時の検証結果

|      |                    | 平屋建て                   | 2階建て        |
|------|--------------------|------------------------|-------------|
| 損傷限界 | 保有値                | 全質量 $M$ [t]            | 3.94 8.90   |
|      |                    | 損傷限界耐力 $Q_d$ [kN]      | 34.2 35.5   |
|      |                    | ベースシア係数 $C_B$          | 0.89 0.41   |
|      |                    | 最大層間変形角                | 1/750 1/700 |
|      | 必要値                | 必要損傷限界耐力 $Q_{dn}$ [kN] | 6.9 16.6    |
|      | ベースシア係数 $C_B$      | 0.18 0.19              |             |
|      | 余裕度 $Q_d / Q_{dn}$ | 4.99 2.14              |             |
| 安全限界 | 保有値                | 安全限界耐力 $Q_s$ [kN]      | 79.7 89.7   |
|      |                    | ベースシア係数 $C_B$          | 2.06 1.03   |
|      |                    | 最大層間変形角                | 1/200 1/65  |
|      | 必要値                | 必要安全限界耐力 $Q_{sn}$ [kN] | 30.8 52.9   |
|      |                    | ベースシア係数 $C_B$          | 0.80 0.61   |
|      | 余裕度 $Q_s / Q_{sn}$ | 2.59 1.70              |             |

### 3.3.3 フィリピン出張成果報告及び将来展望

#### a) 出張目的

ヒナツボ火山の噴火(1991、マニラ北東部200km)によってもたらされた火山礫をコンクリート用軽量骨材として活用し、簡易なRC造プレハブ住宅などとして開発しようとする当プロジェクトがフィリピン工科大学と共同で推進されてきた。その概念は、取扱いの容易な小型のリブ付きコンクリートパネルをボルト接合によってキュービック状に組み立てて単位空間(3×3×2.5m)とするもので、2層まではキュービック体の組み合わせで比較的自由的な建築空間を形成することができることを特徴としている。このキュービック単体については水平加力による実大実験によって構造耐力上の安全性が確認され、今後は施工実験などを経て、試作棟の建設、生産コスト、量産化などの具体化のための検討の段階に入ろうとしている。このような状況のもとで、今回のフィリピン工大の訪問はフィリピンにおける当プロジェクトの実務的な展開を想定して、実用化のための各種の情報の収集、人的ネットワークの構築などを主たる目的として実施された。

#### b) 出張経過と成果

出張者及び滞在期間は次のとおりである。

| プロジェクトメンバー |       | 滞在期間  |           |
|------------|-------|-------|-----------|
| 教授         | 清水 五郎 | 平成16年 | 1月8日～同12日 |
| 教授         | 中西 三和 | 平成16年 | 1月9日～同12日 |

また、滞在期間中の活動について要約するとおよそ次のようであった。

#### 1) 戸建住宅と造成地の現場見学・研修

フィリピン工大土木系技師 JEDEL AGRON 氏の手配と案内により、現地の企業(BENJAMIN CONSTRUCTION INC.)が開発を進めている戸建住宅とその造成地について2つの建設現場を見学する機会を得た。所在地はマニラ近郊北部のBULACAN地域で、ほぼ1日を要する行程であった。いずれの現場も地中配管と整地が完了したばかりの広大な開拓地で、約700戸もの戸建住宅の建設が予定され、売出しが開始されたばかりの時期であった。したがって建物は存在せず、ユーザーとの個別の契約が成立した後に順次着工が進められると



写真 3-3-1 造成地で現地企業スタッフと



写真 3-3-2 造成地に建つモデルハウス

の説明があった。建設に伴うリスクを回避し、運用資金を極小に抑えるフィリピン流の合理的な販売システムなのかも知れない。フィリピン工大に戻る途中、マニラ市内にある BENJAMIN 建設会社に立寄り、V.E.LIM 副社長と会談することができた。幸いにも、当方のプロジェクトの内容について興味津々だったようで、今後の事業展開に際して協力を惜しまない旨のメールが送られた。

後日談として、700戸にも及ぶ戸建住宅の集合体にとってコミュニケーションセンターなどに相当する共同施設が必要な折には、次の2)に示す当該プロジェクトの概念が応用できる余地が有るように認識された。

## 2) 現地の法人専門家との意見交換

日大理工学部建築学科の卒業生で、現地で建設会社を営む笹山 学社長と当該プロジェクト“PCキュービックハウジング(仮称)”の件で懇談する機会が得られた。建設費だけに限定して、現地の戸建住宅の単価と単純に比較すると約3.5倍の格差となり、競合すると厳しい現実に向き合うこと、品質や構造安全性については顕著な優位性が認められるが、ユーザーの理解が得られるかどうか今後の展開の鍵となる との感想が述べられた。

一方、2層に積層したキュービック体を「大きな空間を有する柱」としてとらえ、それらを一定間隔に配置した上に大屋根をかけることで比較的大きな建築空間が形成されることから、住宅に限らず、簡易な学校建築、各種の市場、畜産施設などに適用でき、建設コストの低減と大幅な用途の拡大が見込まれるなどに話が及ぶと、現地の実状からみてこれらの基本構想は有望であるとの賛同を得た。

## 3) フィリピン工大における交流

滞在期間中フィリピン工大を拠点として調査活動を続けたが、この間、土木系教員との親密な交流や、学長、副学長、研究所長に対する表敬訪問が実現した。特筆すべきこととしては、F.C.CAMARAO 学長が当該プロジェクトに大変好意的であり、200%の支援を約束すると明



写真 3-3-3 TUP にて F.C.CAMARAO 学長（右端）表敬訪問

言していただいた。このことを拡大して解釈すると、PCキュービックハウジングのモデル棟の建設はフィリピン工大の教員の協力のもとで、キャンパス内に建設することも夢ではないように思われた。今後予想される各種の事業がフィリピン工大の協力のもとで展開されるとき、真の国際協力が実現し、国際貢献が結実するような思いを抱き、日本への帰途に着いた。

### c) 将来展望

PC キュービックハウジングのフィリピンにおける実用化に向けて、調査・研究を推進してきたが、およそ次のような新たな課題と展開が想定される。

- (1) PC キュービックハウジングは、現地の戸建住宅の建設コストと単純に比べて大きな格差があるが、キュービック単体の配置法によって建築面積が増大することから、建設コストの削減の余地が生まれ、今後の課題として検討に値する。
- (2) 2層に積層したPC キュービック体を“建築空間を備えた大きな柱”とみなし、それらを適切に配して大屋根をかけることによって新たな建築空間を造形することが可能となる。その用途は住宅に限らず、簡易な学校建築、魚・花・果実市場、各種の畜産施設などに応用が可能となり、用途が特段に拡大される。
- (3) 実用化に向けた事業展開に際しては、先の出張成果で示した機関や企業から全面的な協力が得られる体制が整いつつある。
- (4) マニラ滞在中の1月11日深夜、市内のトント地区のスラム街が炎上し、7時間燃え続けて、2500戸以上が全焼する災害が発生した。マニラでは必ずしもめずらしい災害ではないが、本研究は防災都市の確立をめざして研究を推進している側面があり、PC ハウジングを防災区画として配して災害に強い街づくりの一翼を担うことを再確認している。

### 3.3.4 まとめ

以上、改良型柱部材を対象とした実験及び解析的な検討から以下の知見を得た。

- 1) 部材の軽量化、部材製作の簡易化、  
運搬時における損傷の危険性の軽減及び保管の省スペース化が図れることを示し、柱・梁・床すべての部材を量産可能な形状に整えた。改良した柱部材は、2階建てとした場合の設計用必要保有水平耐力を上回る性能を示した。
- 2) 柱部材の解析結果はパネル同士の滑りを考慮することで実験結果を概ね追跡できた。
- 3) 平面骨組の解析結果より、改良した柱部材を用いて平屋建て及び2階建てのプレファブ住宅を建設しても、その保有水平耐力は、必要保有水平耐力以上になることを確認した。
- 4) 従来型パネルに比べ、パネル間のすべりが顕著に表れエネルギー吸収能力が若干落ちる傾向が見られるが、平面骨組を対象とした非線形解析を行うことで構造物全体としての性能が充分満足するものであることを確認した。
- 5) 限界耐力計算による検証結果より、極めて稀に発生する大地震に対しての平屋建て及び2階建ての安全性が確認できた。
- 6) フィリピン研究者およびフィリピン建設業者との打ち合わせから、フィリピンにおける安定したプレファブ住宅建設の方策を検討した。
- 7) 開発途上にある国々の建設事情を考慮し、自らの手で住宅建設が可能なセルフビルド形式の高品質・低価格なプレファブ建築の提案であり、地震や火災に強い、防災不燃型の建築

の普及に貢献できる。

- 8) フィリピン工科大学との国際間協力が有効に機能し、相互の研究者派遣交流によって研究の進捗状況と現地事情を考慮した研究推進を可能にした。
- 9) フィリピンにおいて、本プレファブ住宅を実用化するには至らなかったが、今後、何らかの国際協力プロジェクトに参画することで、研究の推進と住宅建設の普及に貢献したい。
- 10) 今回の研究は住宅を開発対象としたが、学校建築や病院など公共施設建設への本建築システムの幅広い利用法を提案することで、開発途上の国々に対する国際貢献が可能である。

## 参考文献

- [3-3-1] 清水,安達,坪山,中西他:火山礫を用いたプレキャスト鉄筋コンクリート・プレファブ住宅の開発(その1~6),日本建築学会学術講演梗概集 2000.9 pp177-188
- [3-3-2] 稲葉他:火山礫を用いたプレキャスト鉄筋コンクリート・プレファブ住宅の開発,日本コンクリート工学年次論文報告書 2002 Vol.24 No.2 pp.1633-1638
- [3-3-3] 青柳他:火山礫を用いたプレキャスト鉄筋コンクリート・プレファブ住宅の開発,日本コンクリート工学年次論文報告書 2003 Vol.25 No.2 pp.31-36
- [3-3-4] 日本建築学会:鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 1999.11
- [3-3-5] 日本建築学会:壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造設計規準・同解説 1982.6
- [3-3-6] 日本建築学会:各種合成構造設計指針・同解説 1993.5
- [3-3-7] 国土交通省住宅局建築指導課:2001年版 建築物の構造関係技術基準解説書、pp.167-168、305-325、2001.3
- [3-3-8] 国土交通省建築研究所:改正建築基準法の構造関係規定の技術的背景、pp.9-112、2001.3
- [3-3-9] 建設省住宅局住宅生産課監修:「住宅性能表示 評価方法基準・技術解説」,2000.7

## 発表論文リスト

- [\*3-3-1] 青柳岳史・梅本大輔・中西三和・安達洋:火山礫を用いたプレキャスト鉄筋コンクリート・プレファブ住宅の開発;平成15年度コンクリート工学年次報告集 Vol.25, No.2, 2003.7, pp.31-36,
- [3-3-2] 梅本大輔・青柳岳史・北嶋圭二・中西三和・安達洋:火山礫を用いたプレキャスト鉄筋コンクリート・プレファブ住宅の開発(その9 限界耐力計算法による検証)日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)2003年9月C-2構造 pp.929~930
- [3-3-3] 梅本大輔・青柳岳史・北嶋圭二・中西三和・安達洋:コンクリート系複合材料の開発と住宅建設への応用に関する研究 (その14 限界耐力計算法による検証)日本大学理工学部学術講演会後援論文集 平成14年11月構造・強度 pp.96~97