# 竹を使用した応急仮設住宅に関する設計研究

○為谷 翼\*1 渡邊 朗子\*2

キーワード: 竹 レシプロカル構造 プロトタイプ

### 1, はじめに

竹林は日本の生活に非常に身近なものであったと同時に、古来より竹を資源として利用し、竹細工や竹工芸といった伝統的日本文化を形成していました。しかし近年ではプラスチックなどの代替資材の普及やタケノコ輸入の増加とともに、竹林を管理する後継者の不足により放置竹林の増加が社会問題化してきている。

#### 2. 研究目的

既往研究 <sup>1)-3)</sup>から現在までに行われた竹に関する研究はとても少ないことに加え、構造面での研究しか行われていないことが分かった。このことから本研究では竹を意匠、計画的観点から研究を行い、竹を使用した応急仮設住宅の設計を行う。

#### 3. 研究内容

竹を使用した建築デザインを行うにあたり事例調査や ヒヤリング調査を行うことにより建築における竹に関す る基礎知識や現在までに行われた研究、建材として使用す る際の竹の改善点などを明らかにする。また、調査によっ て明らかになったことをもとに建築デザインを行う前段 階とし、接合部のデザインを行う。

#### 3.1 「Great Bamboo Wall」に関する研究

本研究では事例調査として限研吾建築都市設計事務所によって設計された「Great Bamboo Wall」の図面トレース、CG による空間再現、3D プリントによる模型作成を行うことにより「Great Bamboo Wall」の空間構成を把握するとともに竹を使用した空間表現の手法を明らかにすることを目的とする。また、ヒヤリング調査として「Great Bamboo Wall」の構造を担当された中田捷夫研究室へ調査を行うことにより「Great bamboo Wall」において竹がどのように構造体として使用されているかを明らかにするとともに CFB 構造の改善点や CFB 構造の可能性について導き出すことを目的とする。

# 3, 1, 1 事例調査

調査場所:「Great Bamboo Wall」

設計者: 隈研吾建築都市設計事務所 隈研吾氏 所在地: 中国 北京市八達峰高速路水関長城出口

調査日時: 2015年7月8日

調査方法:図面トレース(図1,2,3)

現地への事例調査(図4)

CG 作成 (図 5, 6, 7)

### 3D プリントによる模型作製

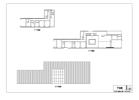


図1:平面図

図2:立面図

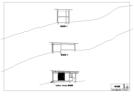




図3:断面図

図 4: bamboo lounge





図 5: bamboo lounge パース

図 6: living パース



図7:断面図パース

### 3, 1, 2 ヒヤリング調査

調査場所:中田捷夫氏自邸

調查対象者:中田捷夫研究室 中田捷夫氏

調査日時: 2015年7月22日

調査方法:中国北京市にある「Great Bamboo Wall」の構造を担当された中田捷夫研究室の中田捷夫氏に対し、

「great bamboo wall」に関する質問を7項目行うととも にボイスレコーダーによって会話を録音し、会話内から

「Great Bamboo Wall」に関する情報を得る。

# 3.2 竹に関する研究

本研究では建材として使用する際の竹に関する調査として東京理科大学工学部建築学科の今本啓一教授へヒヤリング調査を行うことにより、現在までに行われた建築における竹に関する研究や課題点の把握をするとともに今後、竹を建材として使用するにあたりどのような改善点が必要か明らかにすることを目的とする。

調查場所:東京理科大学

調查対象者:東京理科大学工学部建築学科 今本啓一教授

報告 H07 - 105-

調査日時: 2015年9月25日

調査方法:今本啓一教授に対し、建材における竹に関する質問を7項目行うとともにボイスレコーダーによって会話を録音し、会話内から建材における竹に関する情報を得る。

# 3,3 接合部のデザインに関する研究

本研究では事例調査、ヒヤリング調査をもとに rhinoceros5を使用し、CGにより接合部のデザインを行う。 これにより、建築における竹の使用方法を見出すとともに 生産・加工方法の提案を行うことを目的とする。

### 4. 調査結果

事例調査とヒヤリング調査により以下の事が判明した。

#### 4,1 「Great Bamboo Wall」について

- 1) 構造は鉄骨造と一部 RC による壁式構造である。そのため「Great bamboo Wall」において竹は構造体として使用されていない。
- 2) 3D プリンターによる模型を作製したことにより躯体の みで自立することが出来たことから「Great Bamboo Wall」 において竹はマテリアルとしてのみ使用されていること が分かった。(図 8)





図 8:3D プリンター模型 (左:構造体のみ、右:竹マテリアルあり) 4.2 竹について

# 4, 2, 1 竹の構造としての使用性

- 1) 竹は量があるが加工方法が確立されていないため使い 勝手が悪い。
- 2) 現在の竹の使用方法では地震や火災に関する法律をクリアできないため使用することが出来ない。

## 4, 2, 2 竹の可能性

- 1) 中空で折曲げで縛ることにより構造体として成り立たせることは可能である。
- 2) 竹を集成材として柔らかくして伸ばし積層した後プレスをかけることにより竹の床版(フローリング)として使用することが可能である。
- 3) 現状の竹を建築として使用するとすれば仮設のテンポラリーであれば実現が可能である。

#### 4.2.3 竹を使用するにあたり考えること、改善点

- 1) 竹と竹を接合するジョイント部について考える必要性がある。
- 2) 竹は 1 本で使用せず、複数の竹を束ねて 1 本の竹として使用する必要性がある。
- 3) 長手方向には繊維が入っているため強いが横方向はと ても弱いため炭素シートや炭素繊維を巻きつけエポキシ 樹脂を塗るなどの補強が必要である。
- 4) 竹は中の水分が乾燥することにより収縮をしてしまう

ため形が変化してしまい割れてしまうので改善方法を考 える必要性がある。

#### 5. 竹を使用した建築における接合部の設計

竹を使用した建築を設計するにあたりヒヤリング調査 より接合部の考案を優先的に行う必要があることがわかった。このことから事例調査とヒヤリング調査をもとに接 合部の考案を行う。

### 5.1 第一案「CFB 構造」

今回、考案する竹の建築物の最終目的として 3つの要素を兼ね備えた仮設住宅とする。

- 1) 構造体として自立する。
- 2) 竹を象徴とした建築デザイン。
- 3) 簡易的に搬入、収納を行うことができる。

これら3つの要素を考えながら接合部の考案を行う。第一案として事例調査を行った「Great bamboo wall」でも使用されているCFB構造を用いた接合方法を考案する。

### 5, 1, 1 CFB 構造による接合部の考案

CFB 構造の利点として、竹の中にコンクリートを流し込むため圧縮はRCが補い、引張は竹が補うため構造体として自立する。また、竹の中にコンクリートを流し込むため建物の表面には竹のみが見えるため竹を象徴した建築デザインが可能であることからこの構造体を採用した。この CFB 構造を使用した接合を使用した際に簡易的に搬入、収納を行うための収納方法として一般的に使用されている傘をモデルに作成した。傘をモデルにした理由として竹の特徴であるしなりを利用した建築デザインを行えることに加え、折り畳みが出来るため容易に搬入、収納を行うことが可能であると考えられるため傘をモデルとした接合を考案した。(図 9)

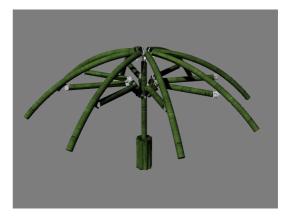


図9:第一案「CFB構造」

### 5, 1, 2 CFB 構造による接合部の問題点

CFB 構造を使用した接合部の問題を明らかにするため rhinoceros5 を使用し CG を作成した。その後、3D プリンターによりモデル作成を行った。

その結果、CFB 構造を使用した際の問題点が3点判明した。

報告 H07 - 106 -

- 1) 建築物のデザイン性向上を考えるに当たり、接合部を小さくし、竹を象徴とした設計を行った。これにより、竹1本当たりの長さに対して接合部が小さすぎるため接合部が破断してしまうことが3Dプリンターによる模型作製によって明らかとなった。
- 2) 簡易的な搬入、収納性を向上するに当たり傘の形状をモデルとした。これにより、中心に障害物が出来るため仮設住宅を考案する際に機能面での問題が発生することが考えられる。
- 3) CFB 構造を利用し、作成を行ったことにより構造体として自立することを可能とした。しかし、竹にコンクリートを流し込むため、材料の重量が増加し、搬入面での支障になるということが考えられる。

#### 5.2 第二案「レシプロカル構造」

CFB 構造を利用した接合部の問題点より改善すべき点が 3 点抽出された。

- 1) 竹1本当たりの長さの縮小化
- 2) 仮設住宅における機能面の向上

#### 3) 重量の軽減

これらの問題点を改善するにあたり最善と考えられる構造体としてレシプロカル構造とした。この理由として、1つのジョイント部に対し、短い竹を数本使用し荷重を分散させることが出来ることに加え、形状をドーム状にすることが可能なため仮設住宅における機能面の向上を行うことができる。(図 10)また、CFB 構造とは違い竹のみで構造体として自立することが可能であるため、分解し収納することにより簡易的な搬入、収納を可能とすることが出来ると考えられる。(図 11, 12, 13)

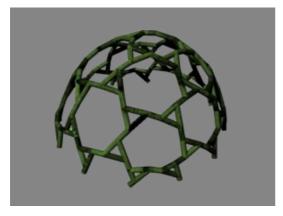


図 10:第二案「レシプロカル構造」

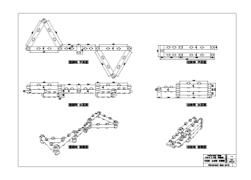


図 11: ジョイント部考案図



図12:ジョイント部パース 展開時



図 13: ジョイント部パース 収納時

# 6, 竹を使用した応急仮設住宅の設計

レシプロカル構造によって作成した接合方法を利用し、 竹を使用した応急仮設住宅の設計を行う。今回、仮設住宅 の壁面をガラスと居室内に入る日射量を調節でき、かつ竹 が象徴となるデザインに近づけるため竹によって作成さ れているすだれによって構成し、屋根面には自家発電を行 うことができるようソーラーシートを設置する。(図 14,15) それぞれの設置方法は以下に示す。

報告 H07 - 107-

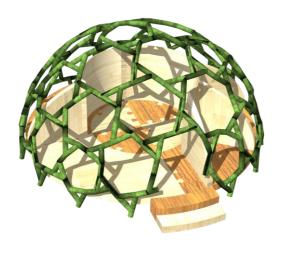


図 14: 応急仮設住宅パース(壁なし)

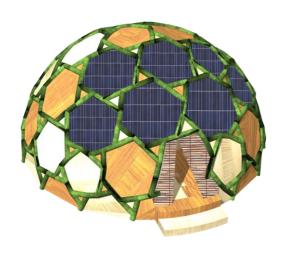


図 15: 応急仮設住宅パース(壁あり)

# 6,1 ガラスの設置方法

今回、ガラスを設置する方法として DPG 構法を採用した。 この理由として竹とガラスの収縮率の差を緩和させるため DPG 構法によってガラスを設置する際、皿穴部を広くすることにより竹とガラスの収縮率の差を緩和させる。

# 6,2 すだれ、ソーラーシートの設置方法

すだれ、ソーラーシートの設置方法としては、竹材にカーテンレールを設置し取り付ける。これにより、災害が起きた地域や季節に関係せず効率的なソーラー発電を行うことができるとともに災害が起きた地域や季節の日射角度に応じてすだれを配置することにより日射量の調整を行うことを可能とする。(図 16,17)



図 16:壁面パース すだれ



図 17:壁面パース ソーラーシート

### 7, 今後の展望

今回、事例調査とヒヤリング調査により研究設計における課題点を3点抽出した。

- 1) 竹によって設計を行う際のジョイント部分補強方法の確立が必要である。
- 2) 竹は中の水分が乾燥すると収縮するため、形が変化してしまい割れてしまうという課題点の改善が必要である。
- 3) 設計をするにあたりジョイント方法を考案した上で設計を行う必要性がある。

また、レシプロカル構造を用いた可動式接合部の設計を行ったことにより1つのパーツを収納した際の大きさが約900mm×300mm×300mmの大きさになることが分かった。今後、それぞれの地域や季節によって変化する日射角度を調べより効率的にソーラー発電を行い、かつ適切に日射量の調整を行うことができるような設計を行う。

#### [参考文献]

- 1) 小川裕史郎, 今本啓一,清原千鶴:竹-鉄筋コンクリート複合構造における接合部に関する研究,コンクリート工学年次論文集,Vol. 17, No. 5, pp. 2218-2223, 2014.
- 野々山聡, 伊藤渉, 今本啓一: 廃石膏ボード微粉末-高炉スラグ-フライアッシュ混合セメントコンクリートに竹を補強材として用いた CFB (Composite Cement Concrete -Filled-Bamboo) の開発, 日本建築学会構造系論文集,第78巻,第686号, pp. 671-678, 2013.4
- 3) GernotMinke: Build with Bamboo Design and Technology of a Sustainable Architecture, Birkhauser, 2012
- \*1 東京電機大学大学院未来科学研究科建築学専攻
- \*2 東京電機大学未来科学部建築学科 准教授 博士 (学術)

報告 H07 - 108-