

CFB 構造を用いたプロトタイプ建築に関する設計研究

○為谷 翼*1
渡邊 朗子*2

キーワード：コンクリート 竹 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ます。

2. 研究目的

既往研究¹⁾³⁾から現在までに行われた CFB 構造に関する研究はとても少ないことに加え構造的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 CFB 構造を意匠、計画的観点から新しいプロトタイプ建築の研究設計を行う。

3. 研究内容

CFB 構造を用いた新しいプロトタイプ設計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 CFB 構造に関する基礎知識や現在までに行われた研究、CFB 構造の改善点などを明らかにする。

3.1 「Great Bamboo Wall」に関する研究

本研究では事例調査として隈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 CFB 構造による空間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, 4, 5, 6, 7, 8, 9）

現地への事例調査（図10）

CG 作成（図11, 12, 13）

3D プリントによる模型作製

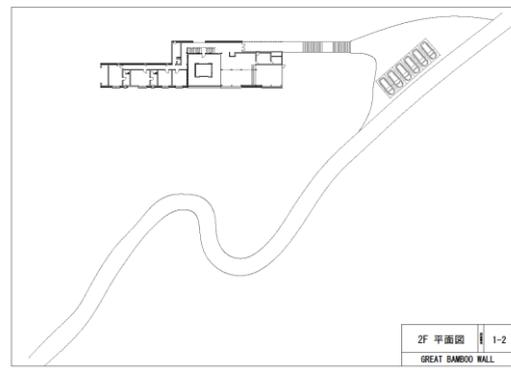


図1：1F 平面図

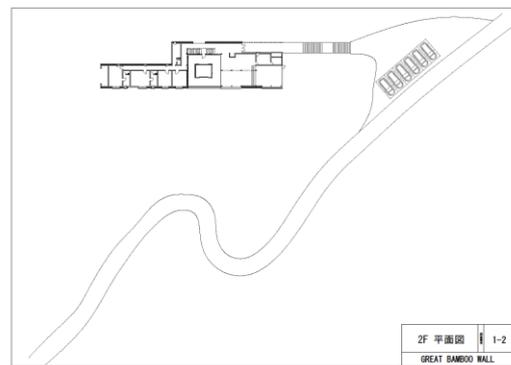


図2：2F 平面図

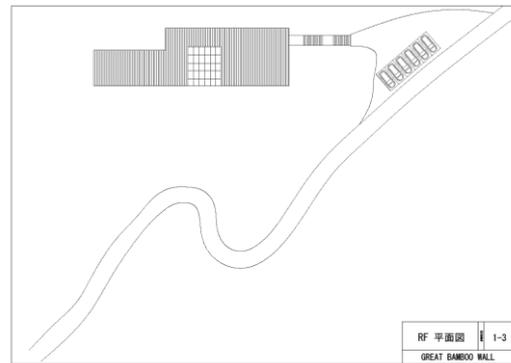


図3：RF 平面図

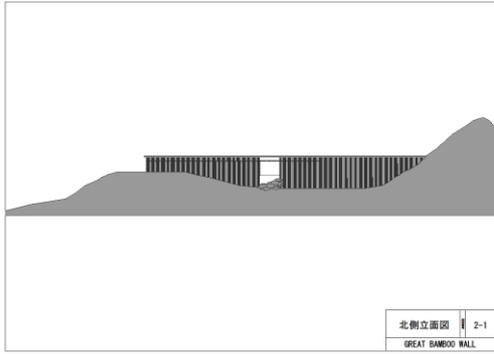


图 4：北側立面图

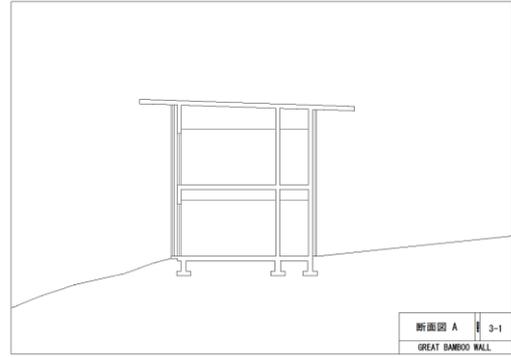


图 7：断面图 A

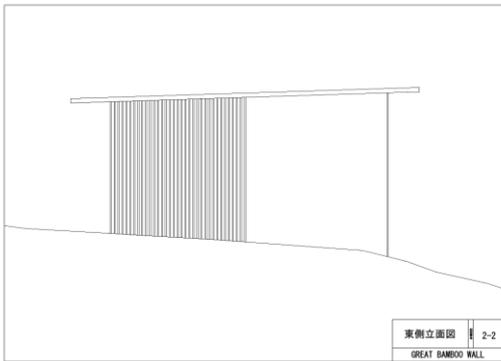


图 5：東側立面图

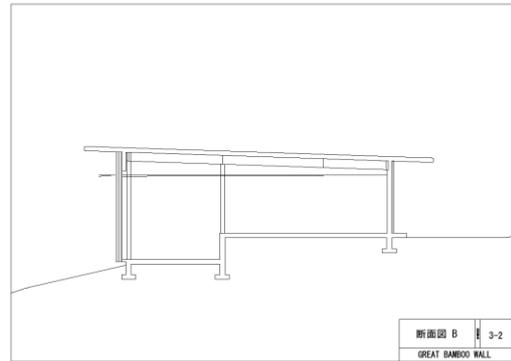


图 8：断面图 B

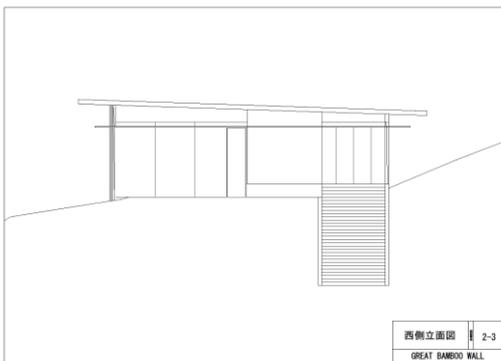


图 6：西側立面图

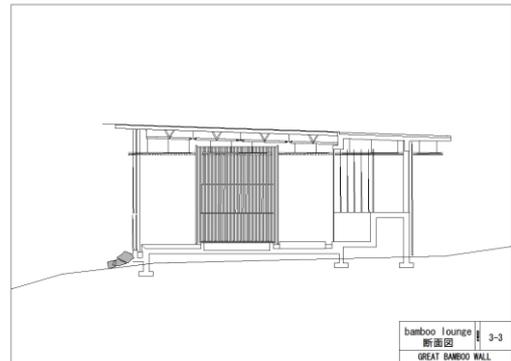


图 9：bamboo lounge 断面图



図 10 : bamboo lounge



図 11 : 断面図パース



図 12 : bamboo lounge パース

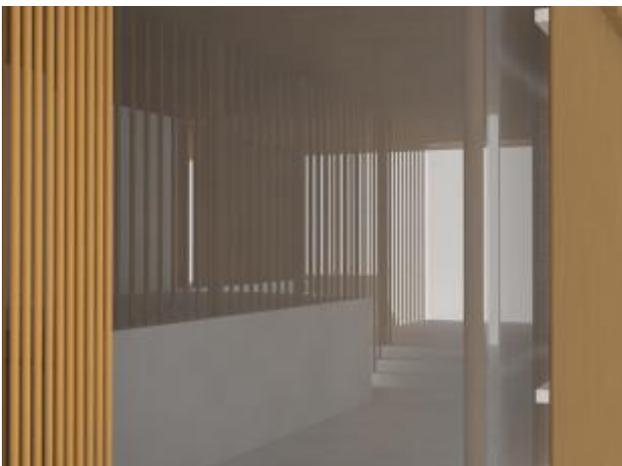


図 13 : living パース

3.1.2 ヒヤリング調査

調査場所：中田捷夫氏自邸

調査対象者：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、以下に記載する8項目の質問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。

- 質問項目：①「Great Bamboo Wall」の主な構造体は何でしょうか。
- ②「Great Bamboo Wall」においてCFB構造は主にどこで使用されていますか。
- ③CFB構造を用いた際、構造においてどのような苦勞がありますか。
- ④「Great Bamboo Wall」において構造体として使用されている竹はどのくらいですか。
- ⑤現在、CFB構造によってどのくらいの規模の建物が建てられると考えられますか。
- ⑥CFB構造の特徴について
- ⑦CFB構造の長所と短所は何ですか。
- ⑧今後、CFB構造を用いて建築を行うにはどのような改善が必要ですか。

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14,15)



図 14 : 3D プリンターによる模型作製 (構造体のみ)



図 15 : 3D プリンターによる模型作製 (竹のマテリアルあり)

4.2 竹について

4.2.1 竹の構造としての使用性

- (1) CFB 構造において圧縮は RC が補い、引張は竹が竹が補う形となっている。しかしねじりに対する耐力に欠ける。
- (2) 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。
- (3) 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) 現在までに公表されている日本の建築では CFB 構造を用いた建築はなく公表されていない建築物を含めても竹を曲げて使用した CFB 構造の建築物はないため研究を行うことで新しい CFB 構造の使用方法を確立することが可能である。

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がある。
- (2) 竹は 1 本で使わず、複数の竹を束ねて 1 本の竹として使用する必要がある。
- (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。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がある。

5. まとめ

今回、Rhinoceros を使用し CG による空間再現を行った。この 3D データを使用し 3D プリンターによる模型作製を行ったことにより実際に竹が使用されていない状態でも建物として成り立つことが判明した。また、現在までに公表されている日本の建築では CFB 構造を用いた建築物は存在しておらず、公表されていない建築物を含めても竹を曲げて使用した CFB 構造の建築は存在していないことがヒヤリング調査より判明した。このことから今回の研究において竹を曲げて使用し新しい躯体として確立することにより今後、建築において竹を使用することが容易になる可能性を見出すことが出来る。また竹のジョイント方法を見出すことで竹の使い勝手の悪さを緩和することが可能であると考えられる。これらを行うためには以下の改善点を克服することが課題となる。

- (1) 竹を曲げるためには竹を火であぶり竹の形状を保持する必要があるため保持するための方法の考案が必要である。
- (2) プロトタイプ建築を設計するにあたりまずジョイント部分考えた上で設計を行う必要がある。この改善方法として既往研究よりボルトと縄を併用することが有効的であると考えられている。また、ジョイント部分の補強としてスチールベルトを用いる事が有効であると考えられている。

6. 今後の展望

本研究において隈研吾建築都市設計事務所が建てられた「Great Bamboo Wall」について CG による空間再現、3D プリンターによる模型作製、現地への事例調査を行うとともに構造を担当された中田研究室へのヒヤリング調査を行った。これにより CFB 構造の現状を把握した。今後は、CFB 構造に関する研究を行った方へのヒヤリング調査や竹の現状を把握するためのヒヤリング調査を行う。その後、調査から判明した改善点や課題点を克服し、新しいプロトタイプ建築の提案を行う予定である。

[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.
- 2) 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) Gernot Minke: 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)