

## 第6章 提案工法の活用促進に向けた検討

### 6.1 フィリピン製品規格(PNS)の施行状況の把握と課題の検討

フィリピン通商産業省フィリピン規格局ヒアリング調査の概要

① 日時:2023年10月26日10:15-12:00

② 場所:フィリピン通商産業省フィリピン規格局会議室

③ 参加者

通商産業省フィリピン規格局(BPS/DTI) Director: Neil Catajay,

Chief: Teresita Del Rosario、2名のスタッフ

ASEP: Ariel Santos

HoBEA: 石山、青野、檜府

④ 要旨

- BPS/DTIによる説明:ALCとCHBについて、6編の規格を整備。それらのほとんどが、2年の経過措置期間後の2024年7月から強制規格(mandatory)となる。CHB規格の強制規格化は、前ドテルテ大統領の指示。その施行は、他局の担当。
- 強制規格となると、製造と流通が規制される。
- 規格適合のCHBには、各ユニットにその旨の印刷/刻印が必要。現時点で、認証の申請はない。当方より、日系のメーカーとの連携活動を説明、通商産業省より同社に対して認証を推奨するように要請された。
- Ariel氏より、鉄筋は強制規格となっているが、認証マーク付き製品を市場で調達することは困難な実態があると説明。
- 今月は「消費者月間」で、通商産業省は規制違反に対して罰則を与えることとしている。
- 当方より、PPTにより、本プロジェクトの概要、コスト分析、ガイドラインの特長について説明。
- 当方より、今年度予定している技術ガイドラインのワークショップとブロック積施工デモンストラーションを説明。その場において、CHBのフィリピン規格を説明し、認証申請の要請をすることを提案。通商産業省は合意し、ASEPに招聘を要請。
- 当方より、日本における、設計図書に記載されたCHBの規格の指定に基づき、現場での材料受け入れの際に現場技術者が規格適合のみを受け入れるという、設計者、施工者サイドからの規格の実効化の方法を説明。
- 通商産業省は、零細なCHBメーカーが多いという問題点を指摘。当方より、フィリピンの事情通からの情報として、零細メーカーは彼らが機器を所有して経営しているものより、資産家が購入して貸与している場合が多いとのこと。その場合、広報の対象は、それらの資産家であり、規格適合製品製造のための機器への投資の可能性はあると思われると説明。
- 規格の施行のためにCHBの試験機器が必要。現在、Caviteにあるが数が不足。JICAによる支援を期待。当方より、JICAフィリピン事務所に相談するように助言。

⑤ 課題の考察

- これまで、本プロジェクトで連携、協力していただいているフィリピントップメーカー、日系メーカーのいずれも、規格の改訂、強制規格化についての連絡は受けていないとのこと。その理由として、同省の施行能力に加えて、零細メーカーに対する政治的な配慮があると言われている。
- 本プロジェクトによる技術ガイドラインが普及することにより、設計、施工サイドから規格適合製品を要求するプロジェクトが徐々に増加することにより、製品規格の施行が進むことが期待できる(日本では、JIS は任意の規格で、実効化は設計、施工サイドによっている)。



DTI/BPS におけるヒアリング調査

デスク右側が DTI/BPS。左端が、Neil Catajay 氏  
右端が、Teresita Del Rosario 氏

(檜府龍雄)

## 6.2 技術基準の公式化と社会実装の動向

### (1) はじめに

フィリピンにおいて CHB 構造の安全性を向上させるための種々の取り組み<sup>1)</sup>が考えられる中、本プロジェクトでは、同国で長年にわたり実施されてきている建築許可制度において、参照されるべき技術基準の一つとして、CHB の技術基準(ガイドライン)を作成するアプローチを選択した。このため、同国の構造基準(NSCP National Structural Code of the Philippines)を作成しているフィリピン構造技術者協会(ASEP)と協議を行い、当協会とフィリピン構造技術者協会との間で、2021年6月1日付け合意書を締結し、それに基づき、新型コロナ禍で往来ができない中、オンライン会議を重ねることにより、協働で技術基準の作成を進めてきた。

### (2) 技術基準の公式化の動向

今回提案の CHB ガイドラインが、フィリピン国内で建築物の設計に用いることができるようになるために、次の2ステップの公式化の手続きが考えられる。

#### \*フィリピン構造技術者協会による公式のガイドライン化

フィリピン構造技術者協会として公式のガイドラインとする手続きは、同協会の理事会(Board of Directors: 下図参照)の承認を得ることが必要である。2023 年末に、2冊(低層用壁構造のもの及び非構造壁のもの)について、理事会での承認を得ることができ、2024 年 1 月 18,23,24 日の現地での 3 回のワークショップにおいて、同協会の公式のガイドラインとして印刷され、参加者に配布された(右図参照)。



2024 年 1 月現地セミナーにおいて配布された次第と 2 冊のガイドライン

### Officers & Board of Directors 2023-2024 Organization Chart



#### 2023-2024 年の同協会の理事及び理事会

#### \*公共事業道路省による参照基準としての指定

フィリピンでは、建築基準(NBCP National Building Code of the Philippines、Presidential Decree No.1096,1977 年)第 301 条に基づき、建築主事(Building Official)が建築許可の発出等の

権限を行使する。その際に参照すべき基準(referral codes)として、構造基準などの技術基準が指定されている。

今回、2つのガイドラインがフィリピン構造技術者協会として承認されたことから、フィリピン構造技術者協会は速やかに公共事業道路省に参照基準としての指定の申請を行う予定である。なお、この手続きを見込んで、これまでの活動において、業務を所掌する公共事業道路省の関係者(内容の審査を行う設計局(BOD Bureau of Design)と指定手続きを担当する国家建築基準整備室(NBCDO National Building Code Development Office))への説明を行ってきた。今回のメロマニラで開催したワークショップでは、両組織に参加いただくとともに、質疑応答では前向きな回答をしていただいている(第4章 フィリピン現地ワークショップ及びブロック積み施工デモンストレーションの開催並びに関連調査 4.2 ワorkshopの開催を参照)。

### (3) 社会実装の動向

ガイドラインの制度的な公式化に併せて、実際の建物への適用をしていただくための、建築活動の施主となる者への働きかけも併せて行ってきた。

- ・公共事業道路省設計局:同局は、庁舎、学校などの政府による建築物の設計を担当している。同局には、本プロジェクトの当初から参加いただき、2度の日本への招聘にも参加いただいた。同局では、局内の会議でも本プロジェクトの概要報告をしていただき、同局が設計等を行う建物への本ガイドラインの採用を前向きに検討いただいている。
- ・フィリピン火山地震研究所(PHIVOLCS):同研究所は、観測施設(50m<sup>2</sup>程度)を毎年4-5か所建設しており、それへの本ガイドラインの適用を検討いただいている。このため、この工法による建設が可能な現地の施工業者とのコンタクトを始めている。(第3章 フィリピン現地調査報告 3.2調査結果を参照)
- ・シェルター供給を行っている NGO:NGOも活用が期待できる有力な主体と考え、これまでもフィリピン訪問の機会をとらえて、訪問、説明などを行ってきた。特に、国際的な大規模 NGO のフィリピンの組織である、ハビタットフォーヒューマニティ・フィリピンは熱心で、進行中のプロジェクトへの活用の検討のため、施工業者とのコンタクトを始めている。
- ・日系のデベロッパー:日系企業の特長である安全性重視の方針への期待から、有力な利用者と期待して説明を行ってきた。しかしながら、新たな技術であることについてのリスクの懸念から、特に分譲を行う建物への適用には慎重な姿勢となっている。また、同国での不動産業はフィリピン企業との合弁が義務付けられており、フィリピン側パートナーとの調整が課題となっている場合が多い(パートナー企業が、低価格の CHB 利用に執着しがち)。
- ・日系のゼネコン:日系のデベロッパーと同様に、活用の期待が大きい主体であり、これまで何度か概要説明を行ってきたが、積極的な動きは見られない。

1)種々の取り組みの具体的なアプローチについては、2021年度報告書 第3章 日本の知見をベースとした技術基準の策定 3.1 活動の背景と概要 (1) 背景 ① フィリピンにおいて安全なコンクリートブロック造を普及するための種々のアプローチ を参照。

## 6.3 ブロック造の地球環境対策上の効果の検討

### 6.3.1 今年度の取組概要

2020年度および2021年度の活動において、日本の補強コンクリートブロック造技術をフィリピンに展開普及によってもたらされる環境配慮面の効果として、提案工法と類似する工法のカーボン排出量を試算して比較した。今年度は、インドにおける代替建材に関する報告資料と近年の環境配慮の動向をふまえて、試算の妥当性と評価の可視化について検討した。

試算の妥当性については、名古屋大学荒木教授へのヒアリングにおいて、インドを事例としたカーボン排出量の試算の紹介があり、フィリピンと同様に、評価の前提条件が得にくい開発途上国においてカーボン排出量の試算が行われた事例として参考になる。直接の資料提供が得られなかったが、インドにおいてクリーン開発メカニズム（CDM）の有効か審査を目指したプロジェクト設計書（PDD）<sup>1</sup>が公開されていたのでこれを参照し、現地で追加入手すべき情報を整理した。

評価の可視化については、国内外の評価ツールを参照し、操作支援の状況や試算結果の見せ方を確認するとともに、欧州の基準にそった評価がとりいれられており、かつ無料公開されている、英国の構造技術者協会（IStructE：Institution of Structural Engineers）のカーボン排出量算出ツールを用いて、このプロジェクトで提案する工法と比較対象となる類似工法等を再計算し、入力の実環境や結果表示から得られる情報を確認した。

### 6.3.2 インドを対象とした環境負荷測定

インドでは、活発な経済活動を背景に、建築物の主要材料である煉瓦産業に旺盛な需要がみられ、その結果、石炭の燃焼、煉瓦の原料である土壌の大量搾取による荒地化、水資源の大量消費、劣悪な労働条件での労働災害が社会問題になっている。こうした背景から、資源保全、環境保全、労働条件の改善と合わせて、カーボン発生量の削減にむすびつける検討が早くから行われてきた。そうした試算をレビューして、本プロジェクトでの試算方法の改善や妥当性を確認した。

参照した事例は、亀井製陶がまとめたインド・未利用資源を有効活用した無焼成レンガ製造事業調査 報告書（平成 18 年度環境省委託事業）である。クリーン開発メカニズム（CDM）として、先進国である日本が、開発途上国であるインドが実施する二酸化炭素排出量削減への取組を資金や技術で支援し、達成した排出量削減分を両国で分配することができる制度を採用するにあたり、この実現可能性把握のために CO2 排出量の試算が行われたものである。レンガ製造が対象となり、レンガ製造段階までで、施工段階に関する検討は含まれていないが、情報が整備されていない開発途上国において、収集されている情報を確認することができ、今後フィリピンで追加収集すべき情報の参考になる。

---

<sup>1</sup> 亀井製陶株式会社：インド・未利用資源を有効利用した無焼成レンガ製造事業調査，104P.，2007

(1) インド事例の推計における条件設定

まず、CO2 排出量の算定にあたっては、「既存の状況」と「提案プロジェクトの状況」をそれぞれ、「ベースライン」、「プロジェクト活動」とし、「ベースライン」として、①既存プラントへの燃料輸送、②既存プラントでの燃料使用、③最終製品輸送の3つの項目が挙げられる。「プロジェクト活動」として、①原料製造、②プロジェクト・プラントへの原料輸送、③プロジェクト・プラントにおける燃料使用、④最終製品輸送の4つの項目が挙げられる。

「プロジェクト活動」において仮定として示された内容は以下である。

- 原材料に関する情報:原材料ごとに「プロジェクト立地場所から入手場所までの距離」および「移送方法(9tトラック等)」
- 製品仕様:「サイズ」「密度」「重量」
- プラント仕様:「定格容量(KW)」「力率(%)」「生産量(個/年)」「運転時間(時間/年)」
- 製造プロセスの図(図 6.3-1)

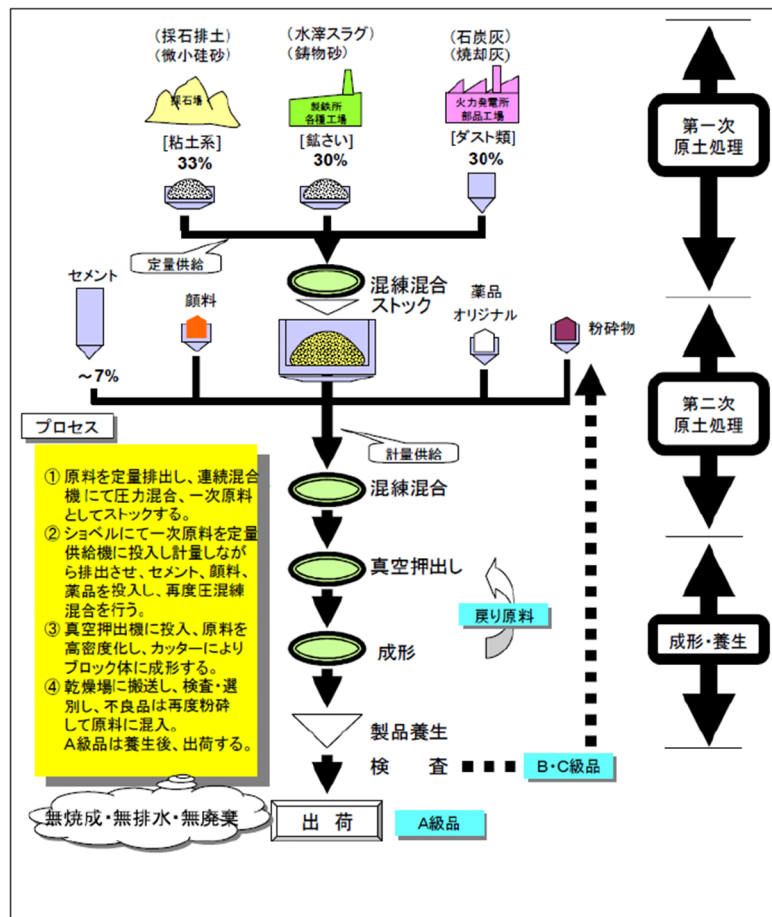


図 6.3-1 無焼成レンガ製造プロセス

亀井製陶株式会社:インド・未利用資源を有効利用した無焼成レンガ製造事業調査, 104P., 2007

続いて、「ベースライン」、「プロジェクト活動」において排出されるガスの状況が整理される。先ほど挙げられた3または4の項目ごとに、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O が含まれるか否かについて説明される(表 6.3-1)。

表 6.3-1 プロジェクトバウンダリ内の排出源及びガスに関する詳細

	排出源	ガス	含まれる / 含まれない	説明
ベースライン	① プラントへの石炭輸送	CO <sub>2</sub>	含まれる	現地煉瓦工場に石炭を輸送するトラックのディーゼル使用による排出
		CH <sub>4</sub>	含まれない	マイナーな排出源である
		N <sub>2</sub> O	含まれない	マイナーな排出源である
	② 現地煉瓦工場における石炭の熱使用	CO <sub>2</sub>	含まれる	現地煉瓦工場での燃料プロセスにおいて石炭が使用される
		CH <sub>4</sub>	含まれない	マイナーな排出源である
		N <sub>2</sub> O	含まれない	マイナーな排出源である
	③ 最終製品輸送	CO <sub>2</sub>	含まれる	ユーザーに最終製品を輸送するトラックのディーゼル使用による排出
		CH <sub>4</sub>	含まれない	マイナーな排出源である
		N <sub>2</sub> O	含まれない	マイナーな排出源である
プロジェクト活動	① スラグセメント製造	CO <sub>2</sub>	含まれる	スラグセメントのスラグ以外の部分が CO <sub>2</sub> 排出に寄与
		CH <sub>4</sub>	含まれない	マイナーな排出源である
		N <sub>2</sub> O	含まれない	マイナーな排出源である
	② プロジェクト・プラントへの原料輸送	CO <sub>2</sub>	含まれる	原料をプロジェクト・プラントに輸送するトラックのディーゼル使用による排出
		CH <sub>4</sub>	含まれない	マイナーな排出源である
		N <sub>2</sub> O	含まれない	マイナーな排出源である
	③ プロジェクト・プラントにおける電力使用	CO <sub>2</sub>	含まれる	ベースライン方法論 ACM0002 により、当該グリッドの CO <sub>2</sub> 排出量は、グリッドの OM と BM から計算
		CH <sub>4</sub>	含まれない	マイナーな排出源である
		N <sub>2</sub> O	含まれない	マイナーな排出源である
	④ 最終製品輸送	CO <sub>2</sub>	含まれる	ユーザーに最終製品を輸送するトラックのディーゼル使用による排出
		CH <sub>4</sub>	含まれない	マイナーな排出源である
		N <sub>2</sub> O	含まれない	マイナーな排出源である

最後に、試算に用いる値、即ち、原料使用料及び原単位等をどうとらえたかがシート形式(表 6.3-2)を用いて整理される。このプロジェクトで扱われた項目は、石炭使用量、石炭の CO<sub>2</sub> 排出量係数、ディーゼル油の CO<sub>2</sub> 排出係数、原料使用量、最終製品量、車両の積載量、原料(燃料)の平均輸送距離、車両の燃費、当該グリッドの排出係数、セメントの排出係数が扱われている。

記入の一例をあげると、ベースライン工場における年間石炭使用料については、質問票をもとに

11 工場から回答された計測データが参照され、プロジェクト実施時に実測値が得られた場合は変更されることがコメント欄に記入されている。

表 6.3-2 データ・パラメーターシート

Data/Parameter	
Data unit	
Description	
Source of data used	
Value applied	
Justification of the choice of data or description of measurement methods and actually applied	
Any comment	

## (2) フィリピン事例へ適応するにあたり必要な情報

フィリピンで 2020 年度に試算した内容を現地の実状に合わせたものとするにあたり、(1)のインドの試算を参照して、今後追加収集する情報について検討した。

なお、2020 年度の試算においては、バックヤードで製造された CHB の製造実態(電力消費、セメント及び骨材使用状況)が把握できなかったことから、工場で成形機を用いて製造された CHB について、提案工法と現地 CHB 工法の構法、即ち、柱梁の有無や配筋の違いに注目して、製造段階及び施工段階 CO2 排出量を試算した。試算に用いた原単位は、日本建築学会が公開している「建築物の LCA ツール」と日本の工場における製造状況に関する聞き取り結果をもとに算定した。「建築物の LCA ツール」では、複合原単位が示されているが、この複合原単位とは、建築材料などの製造プロセスにおける入手力データを収集し、これに産業連関表から作成された原単位データベースを乗じることで作成したものであり、地理的有効範囲は、日本平均である。カーボン排出量の評価を念頭におき、概算に用いることが想定されている<sup>2</sup>。

まず、バックヤードで手動製造された CHB を「ベースライン」とし、工場で成形機を用いて製造された CHB を「プロジェクト活動」になぞらえ、排出源を整理した。

- ベースライン:バックヤード手動製造
  - ① 手動製造地への CHB の原料輸送(セメント、砂、砂利)
  - ② 手動のブロック製造における電力使用
  - ③ 最終製品輸送
- プロジェクト活動:工場機械製造
  - ① 新規の原料製造(材料使用量は異なるが、新規の原料はない)
  - ② プロジェクト・プラントへの原料輸送(セメント、砂、砂利)
  - ③ プロジェクト・プラントにおける電力使用
  - ④ 最終製品輸送

<sup>2</sup> 日本建築学会地球環境委員会 LCA 小委員会:AI-LCA ツールにおける複合原単位の作成方法, 20230722



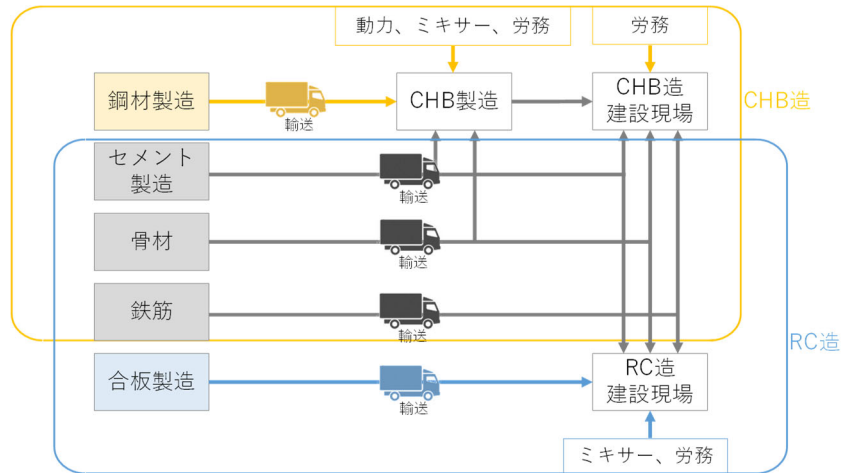


図 6.3-2 製造・施工段階のプロセス(2020 年度の仮定)

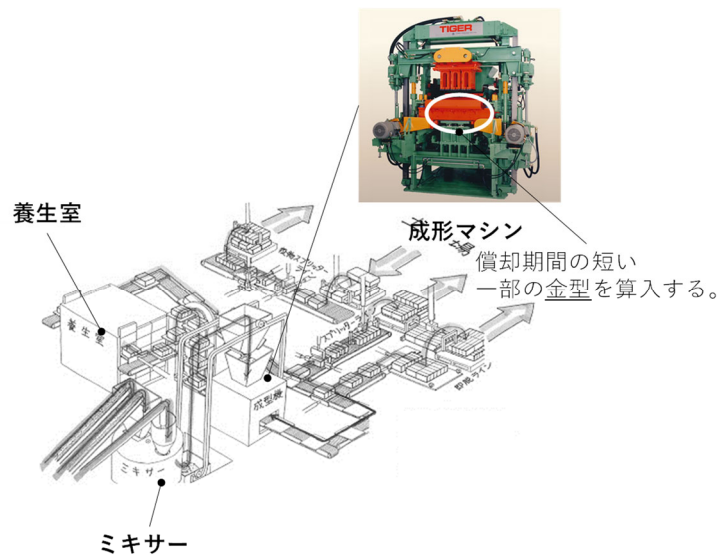


図 6.3-3 日本の工場の製造プロセス

よねざわ工業 HP、タイガーマシン HP

以上より、ベースラインとプロジェクトライン、それぞれにおいて、原材料に関する情報、製品仕様、プラント仕様、製造プロセスの図を整理することで、両者の製造時の比較が明確にできる。また、試算にあたり、材料使用量、運搬距離(原料採取地から工場まで及び工場から最終製品輸送地まで)、運搬車両の燃費、製造電力、を把握する必要がある

この試算対象範囲は、製造段階のみである。施工段階に範囲を広げる場合には、労力、使用電力、等を表 6.3-2 のようなシートでパラメータを揃えて整理することが求められる。

### 6.3.3 評価ツール

#### (1) 国際社会の背景:脱炭素社会にむけた建築分野の関心

まず、近年の脱炭素社会に向けた建築分野の関心を報告書等から確認する。フランスのパリで開催された第 21 回国連気候変動枠組条約締約国会議 (COP21) において、2020 年以降の温室効果ガス排出削減等のための新たな国際枠組みとして、パリ協定 (2016 年発効) が採択された。2021 年 COP26 においては、継続議題であったパリ協定 6 条 (市場メカニズム) 実施指針が採択され、市場メカニズムの活用と具体的な規定が示された (6 条 4 項メカニズムは、クリーン開発メカニズム (CDM) の後継制度である)。

パリ協定の概要 ([https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ch/page1w\\_000119.html](https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ch/page1w_000119.html))

- 世界共通の長期目標として 2°C 目標の設定。1.5°C に抑える努力を追求すること。
- 主要排出国を含む全ての国が削減目標を 5 年ごとに提出・更新すること。
- 全ての国が共通かつ柔軟な方法で実施状況を報告し、レビューを受けること。
- 適応の長期目標の設定、各国の適応計画プロセスや行動の実施、適応報告書の提出と定期的更新。
- イノベーションの重要性の位置付け。
- 5 年ごとに世界全体としての実施状況を検討する仕組み (グローバル・ストックテイク)。
- 先進国による資金の提供。これに加えて、途上国も自主的に資金を提供すること。
- 二国間クレジット制度 (JCM) も含めた市場メカニズムの活用。

また、気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の第 6 次評価報告書 統合報告書 (2023 年 3 月 20 日) の主なメッセージとして、温暖化を 1.5°C 又は 2°C に抑えるには、この 10 年間に全ての部門において急速かつ大幅で、ほとんどの場合即時の温室効果ガスの排出削減が必要であると予測されること。世界の温室効果ガス排出量は、2020 年から遅くとも 2025 年までにピークを迎え、世界全体で CO<sub>2</sub> 排出量正味ゼロ (カーボンニュートラル) は、1.5°C に抑える場合は 2050 年初頭、2°C に抑える場合は 2070 年初頭に達成されることが示された。

2050 年カーボンニュートラルの実現に向けて、建築物の使用時の省エネ・創エネだけでなく、製造・建設段階から解体・廃棄等の段階に至る建築物のライフサイクル全体を通じた二酸化炭素排出量 (LCCO<sub>2</sub>) 削減に向けた取り組みが、欧米を中心に始まっている<sup>3</sup>。こうした動きに対応した我が国の建築分野の対応としては、日本建築学会に 2021 年 6 月に設置された「脱炭素都市・建築タスクフォース」、2022 年 12 月に (一財) 住宅・建築 SDGs 推進センター (IBECs) による産官学連携「ゼロカーボンビル (LCCO<sub>2</sub> ネットゼロ) 推進会議」などがある。ゼロカーボンビル (LCCO<sub>2</sub> ネットゼロ) 推進会議では、2023 年 7 月から「連続講座ホールライフカーボン評価の基礎知識」(第 1 期全 5 回 2023 年 8 月から 9 月、第 2 期全 3 回 2023 年 11 月から 2024 年 1 月) が開催されるなど、世界および日本の動向調査、LCA ツールの整

<sup>3</sup> ARUP : Net-zero buildings: Where do we stand?, The World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), 8 Jul 2021

備運用状況調査がまとめられており、政府、自治体、民間企業(不動産、建設、設計)金融市場の状況が把握できるプラットフォームになっている。

これらの資料を参照して、ライフサイクル全体を通じた二酸化炭素排出量削減の動きとそれを評価するツールについてまとめる。

## (2) ライフサイクル全体を通じた二酸化炭素排出量削減の動き

ここで、ライフサイクル全体の二酸化炭素(ホールライフカーボン)排出量について、各ステージや建築物の各部位におけるカーボン排出量が区別され、ステージごと、部位ごとに取り組み内容を明確にすることが意識されている。

wbcsd(持続可能な開発のための世界経済人会議)とは、1995年に発足した、200超の企業のCEOが主導するグローバルコミュニティであり、持続可能な社会の実現に向けた経済の変革を促すことを目的としている。wbcsdとArupによりホールライフカーボンの削減に向けた検討が公開されており、国際的に広く参照されている(図6.3-4)。

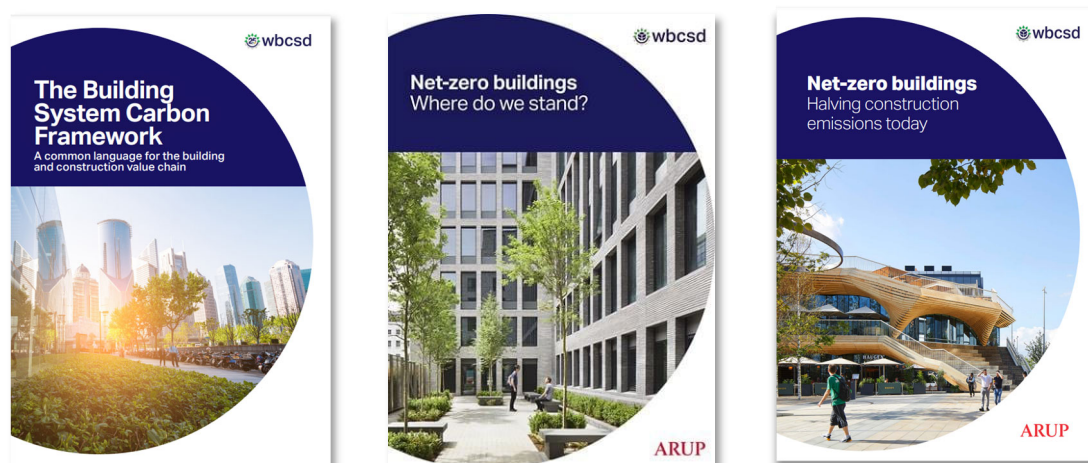


図 6.3-4 ホールライフカーボンの削減にむけた wbcsd と Arup の取り組み

<https://www.arup.com/>

世界の建築分野における LCA 算定や表記は、欧州規格 EN15978(2011)や国際規格 ISO21930(2017)に準拠したものが整備されており、これらに、アップフロント/エンボディド/オペレーショナル/ホールライフカーボンの用語を対応させたかたち(図6.3-5)で認識され、共通の指標として各種ツール等で運用されている。

EN15978では、ライフサイクルを資材製造(A1, 2, 3)、建設(A4, 5)、使用(B1-5)、運用(B6, 7)、解体(C)、ライフサイクル以降(D)の段階に区別する。さらに、エンボディドカーボンとして(A, B1-5, C)を、オペレーショナルカーボンとして(B6, 7)まとめる。エンボディドカーボンのうち、新築時(A1-5)はアップフロントカーボンとされる。

これらの評価軸は、日本においても参照されるようになっておりまた、欧州の評価ツ

ルでは、評価に反映される仕組みが取り入れられていることが一般的である。

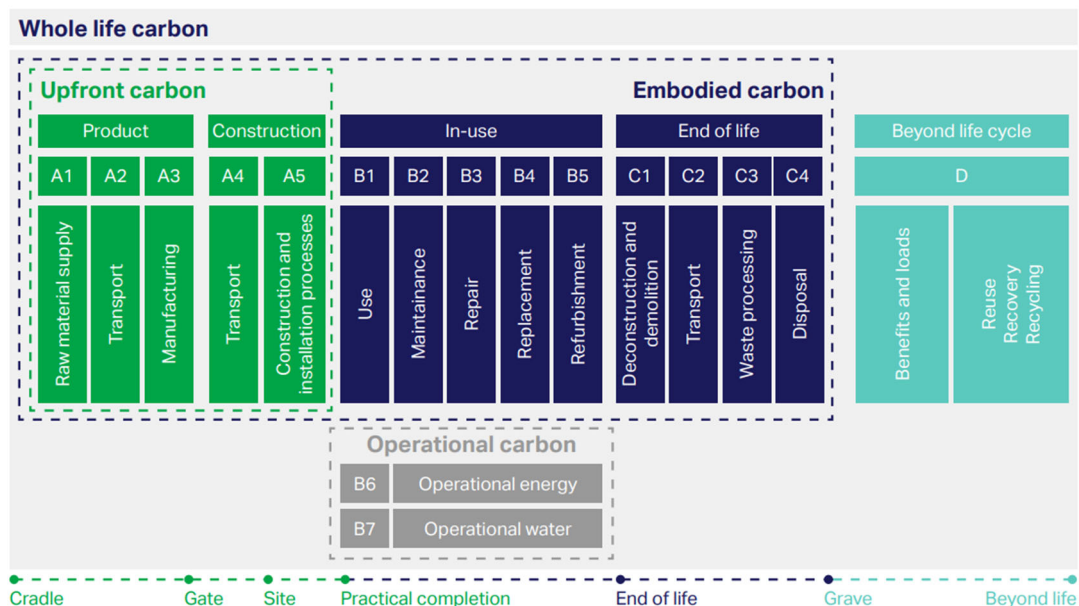


図 6.3-5 ホールライフサイクルにおける段階区分

ARUP: Net-zero buildings: Where do we stand?, The World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), 8 Jul 2021

ライフサイクル全体におけるエンボディドカーボン、オペレーショナルカーボンの割合はそれぞれ50%、エンボディドカーボンの内アップフロントカーボンの割合は30%と見込まれている(図6.3-6左)。以前は、オペレーショナルカーボンの割合が70%程度であったが、建築物のエネルギー効率が高まるにつれ、建築物の耐用年数中に発生する環境負荷のうち、建築資材の製造、輸送、建設、解体；エンボディドカーボンが占める割合が大きくなっている。更に、エンボディドカーボンは一時に集中的にカーボンを排出することから、近年対策が注視されている。

Figure 4: Estimated distribution of carbon emissions per life cycle stage

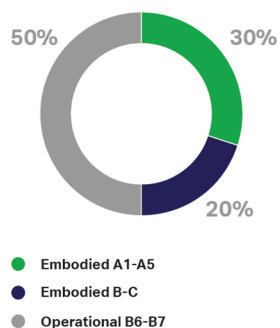


Figure 5: Whole life carbon emissions, Arup (2020)<sup>7</sup>

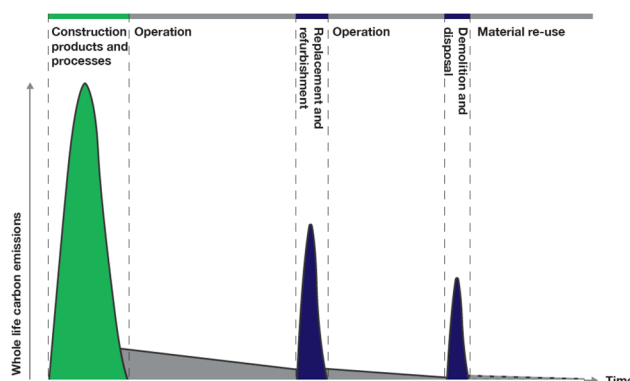
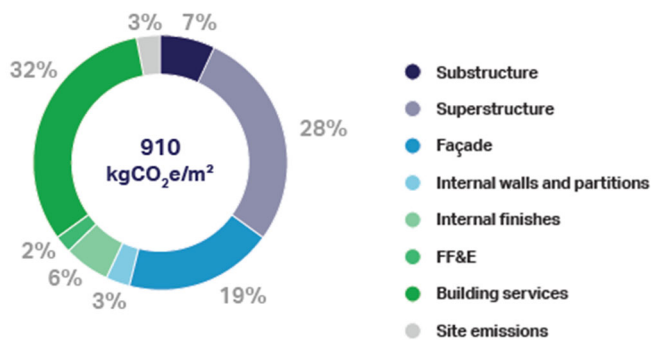


図 6.3-6 ホールライフサイクルにおける各段階のカーボン排出量

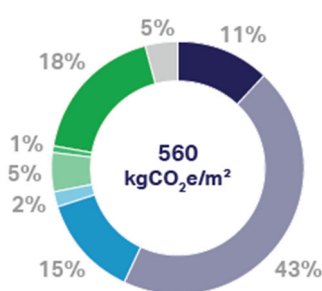
ARUP: Net-zero buildings: Where do we stand?, The World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), 8 Jul 2021

エンボディドカーボン排出量を部位別にみると(図6.3-7)、占有率の高い順に、躯体

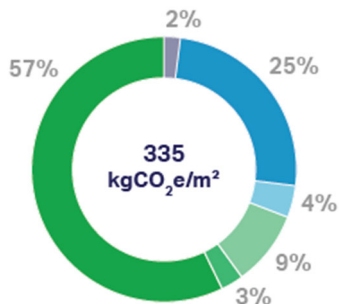
(基礎と上部構造) 35%、設備 32%、ファサード 19%である。特に、一時に集中して排出され、その量も多いアップフロントカーボンにおいては (図 6. 3-7 下段左)、躯体の締める割合が 54%にもものぼる。



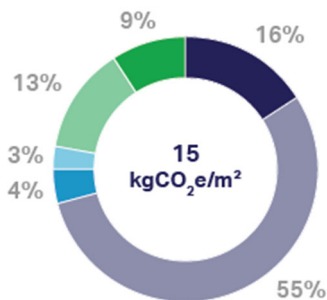
エンボディドカーボン合計  
(A, B1-5, C)



資材製造・建設段階 (A1-A5)



使用段階 (B1-B5)



解体段階 (C1-C4)

図 6. 3-7 建築物の部位別のカーボン排出量

ARUP: Net-zero buildings: Where do we stand?, The World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), 8 Jul 2021

以上みてきたように、カーボンの排出源を段階別、部位別等に明確にしたうえで、各ターゲットにおいて削減可能性が探られている。



### (3) 既往の LCA 算定ツール

ライフサイクルを通じたカーボンの排出源を把握するために、各種の算定ツールが存在し、充実しつつある。ここでは、国内外の LCA ツールを概観し、可視化のあり方として、段階別、部位別、評価軸との関係を確認する。

我が国においては、1998 年に環境配慮型官庁施設（グリーン庁舎）計画指針を策定、199 年に日本建築学会が「建物の LCA 指針（案）」を作成するなど、1990 年代の LCA、LCCM に関する取り組みは世界に先駆けたものだった。日本建築学会の「建物の LCA 指針」は、2003 年、2006 年、2013 年と改訂を重ね、現在新たな改訂版の出版にむけて検討されている（図 6.3-8）。また、近年は、建築関係の各企業においてもそれぞれの考え方において LCA ツールの研究開発への取り組みがみられる。不動産業界では供給者責任の側面から、Scope3 として、サプライチェーン、輸送、製品の使用、廃棄など、組織によって直接所有または管理されていない発生源による事業運営に起因する温室効果ガス（GHG）排出量のカテゴリーの削減が求められている。不動産協会を中心にアップフロントカーボン算定への取り組みが進んでいる<sup>4</sup>。

	日本建築学会 建物のLCA指針 2013年版	日本建築学会 建物のLCA指針2013年版 + 建物のLCA指針2023年版 (予定)
概要・特徴	建築業界で唯一のLCA指針。 設計数量からCO <sub>2</sub> 排出量の違いを算出。	設計数量 + 積算数量・施工数量からCO <sub>2</sub> 排出量を算出。
利用者	少数 ◎設計者・△施工者	多数 ◎設計者、◎施工者
評価時期	基本設計 ◎ 概算設計ツール 実施設計 ◎ 精算設計ツール	◎ 概算設計ツール ◎ 精算設計ツール
評価目的	着工時 △ 評価ツール 竣工時 △ 評価ツール	◎ 評価ツール ◎ 評価ツール → SBT報告
データベースDB	平均値DB ・日本建築学会LCAツールDB（2013） 個別建材DBに関する具体記述は無い	平均値DB と 個別建材DBの併用 ・日本建築学会LCAツールDB（2013、2023） ・EPD（Environmental Product Declaration）など 新規のCN建材の算定ルールを明確化 ・施工起因CO <sub>2</sub> 排出量の精度向上 ・建材流通起因のCO <sub>2</sub> 排出量の精度向上

図 6.3-8 建築界の共通プラットフォームに

日本建築学会企画運営委員会脱炭素都市・建築タスクフォース:脱炭素都市・建築タスクフォース活動報告, 2022.9

世界の建築分野における LCA、LCCO<sub>2</sub> ツールの整備は、欧州規格 EN15978、国際規格 ISO21930 に準拠した LCA 算定・表記が国際標準となっている。欧州米国を中心に日本に先行して、LCA 算定にかかる情報蓄積が進んでいる。国際的な LCA 算定ツールは、積上げ型

<sup>4</sup> 住宅・建築 SDGs 推進センター、日本サステナブル建築協会:令和4年度ゼロカーボンビル(LCCO<sub>2</sub> ネットゼロ)推進会議報告書, 2023.3

データベース利用、EPD や BIM との連携、グリーンビルディング認証への活用が進んでいる（表 6.3-3）<sup>5</sup>。

表 6.3-3 国際的な LCA 算定ツール一覧

住宅・建築 SDGs 推進センター、日本サステナブル建築協会：令和4年度ゼロカーボンビル(LCCO2 ネットゼロ)推進会議報告書, 2023.3

名称	ISO への準拠	算定可能範囲						認証制度	利用地域
		A1-3 製造	A4-5 施工	B1-5 使用	B6-7 運用	C1-4 解体	D		
One Click LCA	ISO14040/44 ISO21930	●	●	●	●	●	●	LEED v4 BREEAM	北米、欧州 豪州、中国
EC3	ISO21930	●						LEED v4	北米
Tally	ISO14040/44 ISO21930	●	●	●	●	●	●	LEED v4 BREEAM	北米
eTool LCD	ISO14040/44 ISO21930	●	●	●	●	●	●	LEED v4 BREEAM Green Star	北米、欧州 豪州

この内、フィンランドで開発された One Click LCA は欧州を中心に 130 カ国で利用され、ISO や欧州規格を含めた世界の 50 種類以上の環境認証に対応したソフトウェアである。2022 年 1 月住友林業株式会社が日本単独代理店契約を結んだ。実際に建築現場で使用する個々の資材データをもとに建設にかかる原材料調達から加工、輸送、改修、建設、廃棄時のカーボン排出量の算定するソフトウェアや LCA 算定サービスを提供している（図 6.3-9）。



図 6.3-9 One Click LCA

<https://sfc.jp/treecycle/value/oneclicklca/epd/>

EC3 (Embodied Carbon in Construction Calculator) ツールは、クラウドベースの使いやすい無料ツールで、建設資材のサプライチェーンにおける排出量に焦点を当て、エンボ

<sup>5</sup> 住宅・建築 SDGs 推進センター、日本サステナブル建築協会：令和4年度ゼロカーボンビル(LCCO2 ネットゼロ)推進会議報告書, 2023.3

ディドカーボンのベンチマーク、評価、削減を可能にする。EC3 ツールは、建築見積もりや BIM モデルから得られる建築資材の数量と、デジタルで第三者によって検証された環境製品宣言 (EPD) の強固なデータベースを利用するものである (図 6.3-10)。

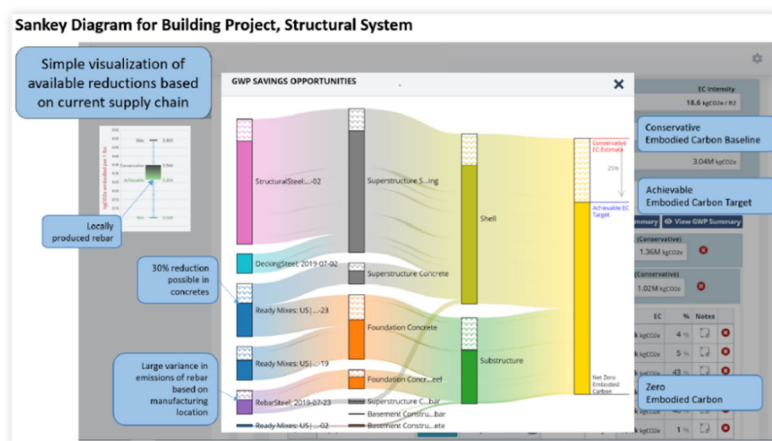


図 6.3-10 EC3

<https://carbonleadershipforum.org/ec3-tool/>

Tally は BIM のひとつ Revit のプラグインである。Revit ユーザーが、BIM モデルを作成すると、そのモデルに建材や建築製品に関する環境負荷の情報はりつけるものである。設計中に建物全体の LCA を実施したり、LCA データを使用してさまざまな設計オプションの環境影響の違いを示す比較分析を実行したりすることができる。これにより、建物の設計と同時にライフサイクルデータが提供されるため、設計者は材料の選択について意味のある決定を下すことができる (図 6.3-11)。

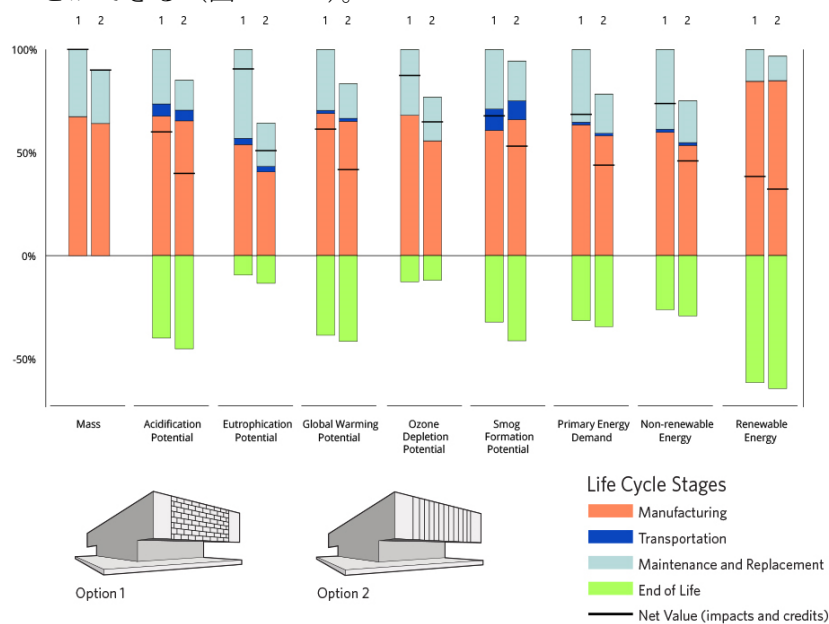


図 6.3-11 Tally

<https://kierantimberlake.com/page/tally>



#### (4) 構造技術者協会の LCA 算定ツール: The Structural carbon tool

英国の構造技術者協会(IStructE:Institution of Structural Engineers) は、1908年にコンクリート協会として設立され、1922年から現在の体制がとられている。

気候変動から地球環境の緊急事態への認識転換をうけて、IStructE では、構造エンジニアの最優先事項は、炭素排出を最小限に抑えることであり、これは、新素材の使用を可能な限り最小限に抑えることであることが強く意識されている。「The Structural carbon tool」は、構造エンジニアがこれを実行するための最良の方法を定量的に判断するのに役立つように作成され Version2 は 2022 年 3 月に発表された。

「The Structural carbon tool」は、オープンソースのエクセルベースのカーボン排出量推定ツールであり、エリオット・ウッド・パートナーシップ社 (Elliott Wood Partnership Ltd) が IStructE と共同で開発したものである。このツールは、IStructE のガイド「How to calculate embodied carbon 2nd edition」に準拠しており、欧州規格 EN 15978、EN 15804、英国王立チャータード・サーベイヤーズ協会 (Royal Institution of Chartered Surveyors : RICS) の専門家声明「Whole life carbon assessment for the built environment」に合致している。また、このツールは、気候緊急事態タスクグループが 2020 年に提案した SCORS 指標 (a Structural Carbon Rating Scheme) (図 6.3-12) も採用している。SCORS 指標は、構造エンジニアが設計上の意思決定の意味を共有するものであり、主体構造のアップフロントカーボン (A1-A5) 推定排出量に基づいており、IStructE のガイド (How to calculate embodied carbon) に従って計算される。

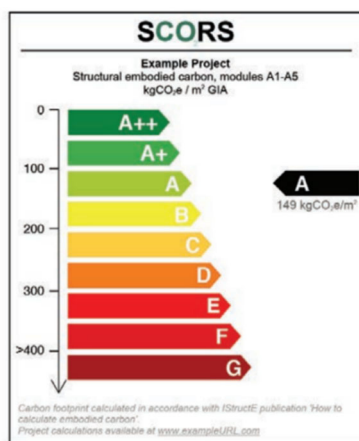


図 6.3-12 SCORS の評価例

<https://www.istructe.org/IStructE/media/Public/TSE-Archive/2020/Setting-carbon-targets-an-introduction-to-the-proposed-SCORS-rating-scheme.pdf>

このツールを用いることで、設計の様々な部分に含まれるカーボン排出量の見積もりやホットスポットを特定し、カーボン排出量削減機会の特定、構造形式別の大まかな相違点の理解、意思決定の影響を設計チームと共有、することができる。意思決定を定量的に行うためのツールであり、精密な結果を求めるのではなくあらゆるレベルのエンジニアが、設計上の決定がカーボンにおよぼす影響を考慮できるようにすることが意識されたツールである。

■2020年度の試算

2020年度には、提案工法モデルと類似モデル（図 6.3-13）について、日本建築学会 LCA データベースの原単位を参照してカーボン排出量を試算し、グラフに表示して比較した（表 6.3-4, 5, 6、図 6.3-14）。ここで、算出した範囲は、躯体のみであり、仕上げ、設備、建具等、いずれの工法でも共通となる部分は省略した。

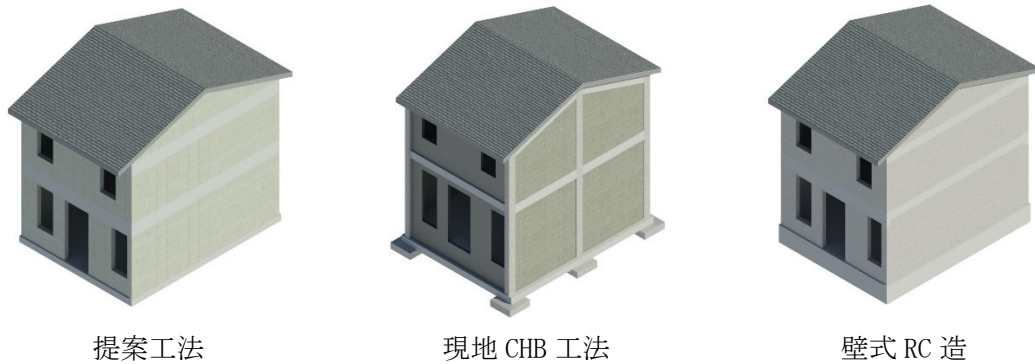


図 6.3-13 比較する3つの工法

表 6.3-4 2020年度の試算に使用した値

材料	原単位	単位
セメント	0.816	kg-CO2/kg
砂	0.012	kg-CO2/kg
砂利	0.012	kg-CO2/kg
鉄筋	0.941	kg-CO2/kg

日本建築学会 LCA データベース 1995 年産業連関分析版より

表 6.3-5 提案工法の製造施工段階における CO2 排出量

CHB	量	単位		原単位	単位		CO2 排出量	単位
セメント	3,400	Kg	×	0.816	kg-CO2/kg	=	2775	Kg-CO2
砂	16,135	Kg	×	0.012	kg-CO2/kg	=	194	Kg-CO2
砂利	12,483	Kg	×	0.012	kg-CO2/kg	=	150	Kg-CO2
鉄筋	774	Kg	×	0.941	kg-CO2/kg	=	728	Kg-CO2
金型（消耗部分）	100kg ÷(4ヶ×4万サイクル) ×732ヶ	Kg	×	1.45	kg-CO2/kg	=	0.5	Kg-CO2
成形動力	100-150kWh ÷数千ヶ/h×732ヶ	kWh	×	0.47	kg-CO2/kWh	=	26	Kg-CO2

表 6.3-6 壁式 RC 造の製造施工段階における CO2 排出量

RC	量	単位	原単位	単位	CO2 排出量	単位
セメント	3,837	kg	× 0.816	kg-CO2/kg	= 3131	Kg-CO2
砂	12,528	kg	× 0.012	kg-CO2/kg	= 150	Kg-CO2
砂利	24,795	kg	× 0.012	kg-CO2/kg	= 298	Kg-CO2
鉄筋	814	Kg	× 0.941	kg-CO2/kg	= 766	Kg-CO2
合板型枠 (壁のみ)	171m <sup>2</sup> ÷ 5回転用	m <sup>2</sup>	× 4.75	kg-CO2/m <sup>2</sup>	= 162	Kg-CO2

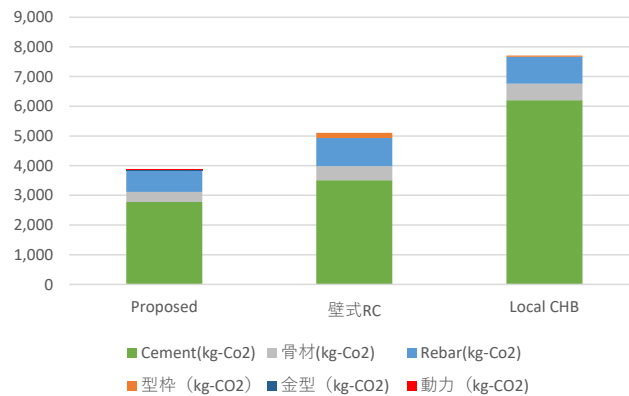


図 6.3-14 提案工法と類似工法の製造・施工段階の CO2 排出量の比較

### ■ Structural Carbon Tool-version2 による試算

Structural Carbon Tool は、主体構造を算定対象としたツールであり、2020 年度と算定対象が共通する。算定対象範囲、材料使用量を 2020 年度の試算とそろえ、Structural Carbon Tool の入力形式に合わせて入力を行い、入力のための支援体制や表示される情報の多様性を確認した。このツールは、エクセル形式で提供され、User guide、Project Info、Scheme、Comparisons、Custom Data、Lifecycle Material Data のタブが設けられている。

まず Project Info タブにて、プロジェクトの条件設定・仮定を行う必要がある (図 6.3-15)。プロジェクト価格は、施工現場でのエネルギー排出量に影響する。

TSC2 v2	
Project Information	
Project Number	
Project Name	Philippine PJ
Typology	Residential
Design Stage	
Project Value (£)	£14,123
Gross Internal Floor Area (m <sup>2</sup> )	42
Assumptions	
Average distance to landfill (km)	50
Reinforcement	Steel - Rebar - Global avg
Percentage excavation removed from site	100%
Soil Density (kg/m <sup>3</sup> )	1600
Design life (years)	40

図 6.3-15 プロジェクトの条件設定・仮定欄

続いて、Scheme タブに、建物の計画を入力する。構造部位別に、使用材料の種別、量を入力、選択する。使用材料について、ライフサイクルに応じてカーボン排出量が指定できる。主要な材料については既定値として Lifecycle Material Data タブに取り込まれている。この値は、地域や材料の特性等に応じて微調整も可能である。全く新規の材料を Custom Data タブに入力して算定に反映することもできる (図 6.3-16)。

例えば鉄筋については、既定値として、英国におけるリサイクル材:「Steel - Rebar - UK 97% recycled EAF production」と国際平均:「Steel - Rebar - Global avg」が選択できる。エンボディドカーボン排出量は前者が 0.853[kgCO2e/kg]、後者は 2.307[kgCO2e/kg] であり、前者は表 6.3-4 でみた日本の値をやや下回る値である。

コンクリートについては、大分類として、現場打ち「insitu」、土間コン「mortar screed」、プレキャスト「precast」が設けられ、強度や空洞の有無でさらに細分化され、複合原単位でカーボン排出量が算定されている。

今回の入力においては、工法間の比較を念頭におき、材料は規定値のなかから選択した。コンクリートは強度が共通のもの (C20/24) を鉄筋は、国際平均を、モルタルは 1:4 cement:sand mix CEM I を選択し、それぞれ容積または質量を入力した。CHB は PCC Dense blocks を選択し空洞率を踏まえて容積を入力した。

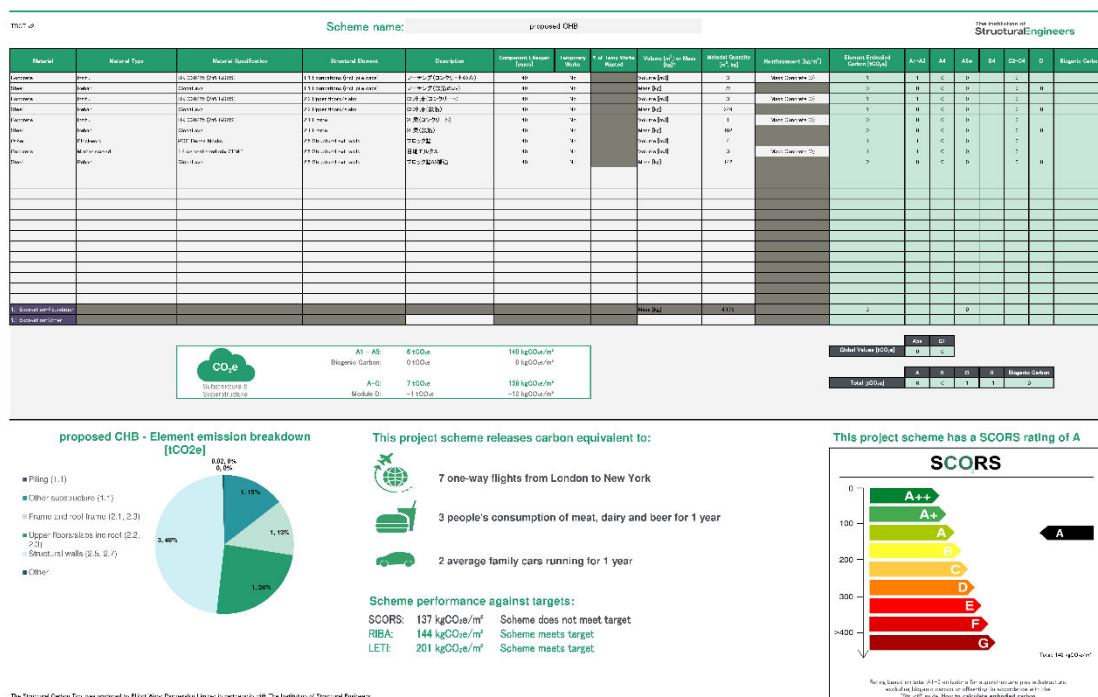


図 6.3-16 建物計画の設定欄および算定結果(提案工法のタブ)

このツールは、材料や構法選択の意思決定のためのツールという位置づけであることから、6つまでの建物計画が比較可能である。Scheme タブに、使用材料等が入力されると、様々な側面から比較されたシートが Comparison タブに表示される (図 6.3-17)。表面は、

カーボン排出量が、段階別、部位別、評価ランクとの比較で示され、裏面は、ライフサイクル全体の排出推移が示される。

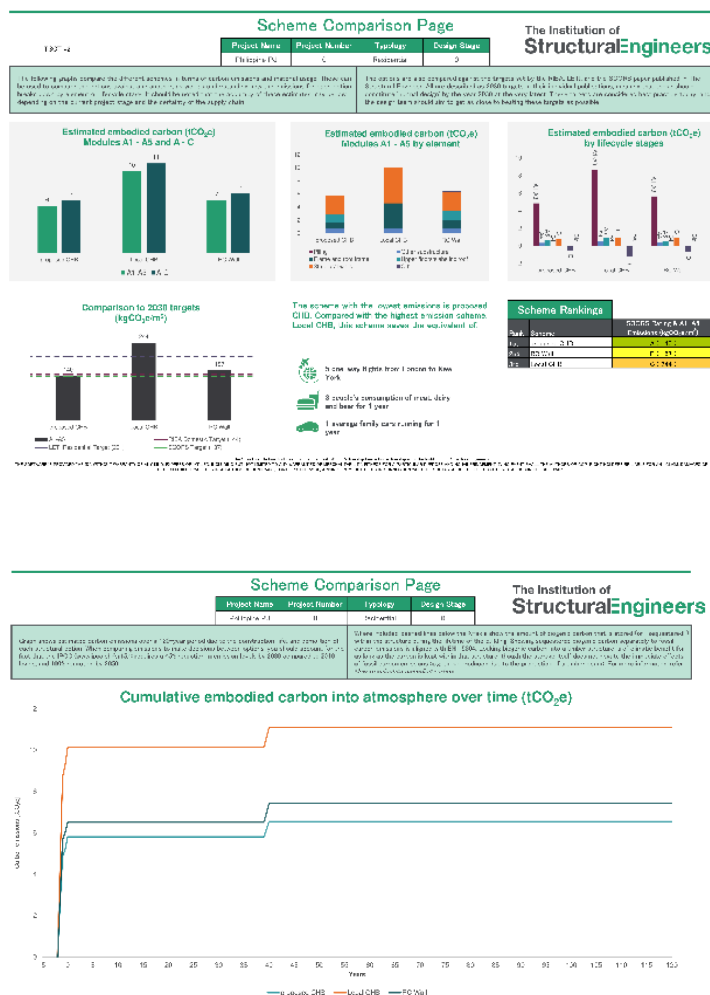


図 6.3-17 比較シート(上:表面、下:裏面)

表面の表示内容(図 6.3-18)をそれぞれみると、左上には、工法別にアップフロントカーボン(A1-A5)と解体を含めたカーボン(A1-A5, C)が棒グラフで示される。中上には、構法別にアップフロントカーボン(A1-A5)が部位別に示され、ラーメン構造か壁式かといった構法の違いが意識される。右上はライフサイクル段階別のエンボディドカーボンが示され、今回の比較対象においてはいずれの工法も施工段階(A4, A5)や解体(C1-C4)に比べて製造段階(A1-A3)が支配的であり傾向が類似する。左下は、単位面積あたりのアップフロントカーボン(A1-A5)の値が、王立英国建築家協会(RIBA)の指標、英国の建築環境専門家からなる自主的なネットワーク LETI の指標、SCORS 指標に対する位置づけが明示される。中下は、カーボン排出量が最大のものと最小のものについて、ロンドンとニューヨークの5回飛行に相当する環境負荷を低減できるなど、身近な状況と比べて感覚的

に分かりやすく説明している。右下は、それぞれの工法を SCORS 評価と順位で示している。



図 6.3-18 比較シート(表面)の拡大表示

以上のおり、入力操作と算定結果の表示状況のみてきた。入力操作の段階ごと、タブごとに5分程度の解説動画(図6.3-19)が用意されており、操作支援が充実している。主体構造に注目して比較を行っているため、考慮すべき建材の種類が絞られており、また、相対的な比較を行うことを目的とするならば、材料仕様をある程度統一することで簡便に操作を進めることができる。



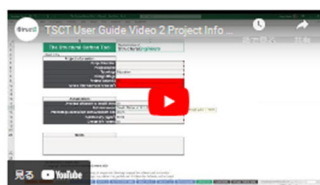
Use this tool to help you quickly estimate the embodied carbon in your structures.

Version 2 of the Structural carbon tool is aligned with the IStructE guide 'How to calculate embodied carbon' 2nd edition. For an overview of the edits made to this edition of the guide, please visit this page.

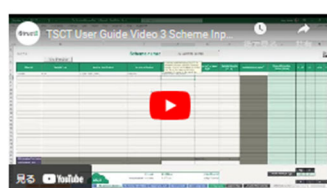
Please use the tool with Microsoft Excel 2016 or a newer version.



The Structural carbon tool user guide Video 1 Introduction



The Structural carbon tool user guide Video 2 Project info sheet



The Structural carbon tool user guide Video 3 Scheme input sheets



The Structural carbon tool user guide Video 4 Comparison sheet



The Structural carbon tool user guide Video 5 Lifecycle material data



The Structural carbon tool user guide Video 6 Custom data



図 6.3-19 解説動画

<https://www.istructe.org/resources/guidance/the-structural-carbon-tool/>

以上、2020年度の検討で用いた建材使用量を Structural Carbon Tool に適応して、操作状況及び可視化状況を確認した。入力にあたり、使用量を部位別に入力する必要があるが、建材使用量を算出する際に区別して把握されていた情報であり、追加の手間はほとんどない。Structural Carbon Tool では材料ごとのカーボン排出量がライフサイクルに応じて指定されているため、ライフステージごとのカーボン排出の比較も可能である。

算定結果について、2020年度にまとめた比較(図6.3-14)と今年度の比較(図6.3-17)を比べると、材料仕様の選択により、多少数値の違いはみられるが、3つの工法の相対的な関係性においては同等の結果ととらえられる。入力の手間に大差がないにも関わらず、カーボン排出量をライフサイクルに応じて、部位別、段階別に把握することができた。複数の計画候補について一覧で比較できることに加え、環境配慮意識が先行する欧州において代表的な評価指標における位置づけが可視化され、説明性に優れていると感じられた。

(前島彩子)

## 6.4 ブロック造の構成法・施工法の理解支援のための模型製作

### 6.4.1 模型の作成対象の検討

(一社)北海道建築技術協会がフィリピンに提案を行う新しい「臥梁・床スラブ一体型」の補強コンクリートブロック造の構成がわかる模型を作製することとした。比較用に、在来の臥梁を有する補強コンクリートブロック造の模型も製作することとした。

### 6.4.2 納まりの検討

考案したCBと補強筋の納まりを図6.4.2-1に示す。

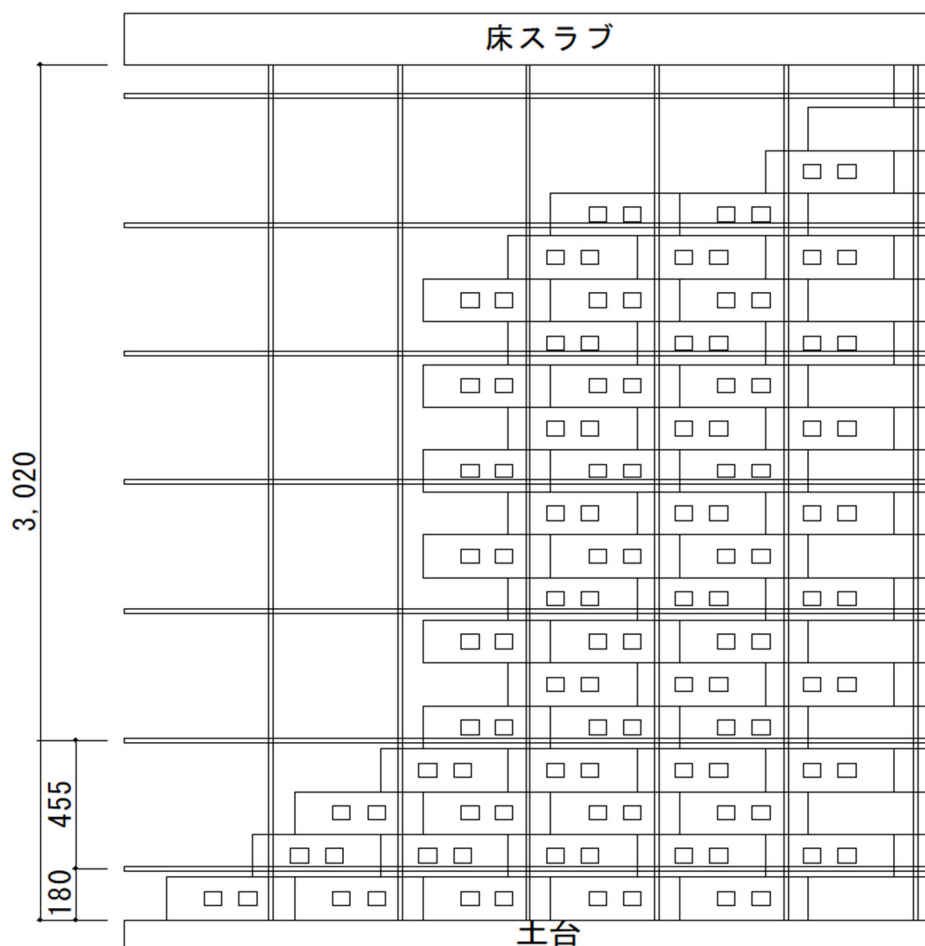


図 6.4.2-1 配筋図



### 6.4.3 3Dモデルによる検討

考案した3Dモデルを図 6.4.3-1と図 6.4.3-2に示す。

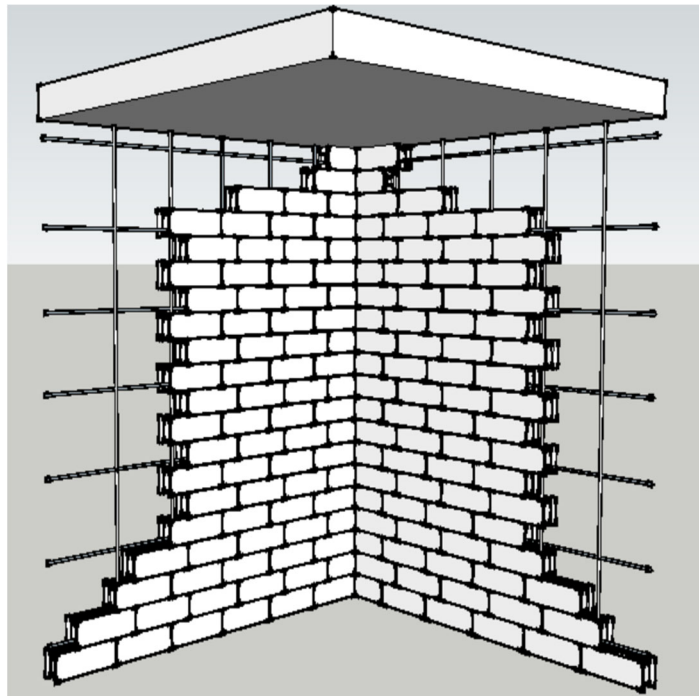


図 6.4.3-1 臥梁・床スラブ一体型

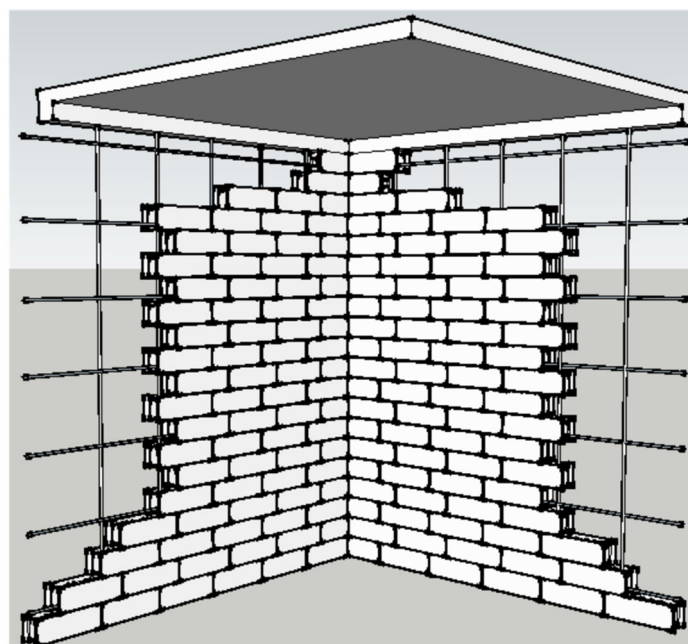
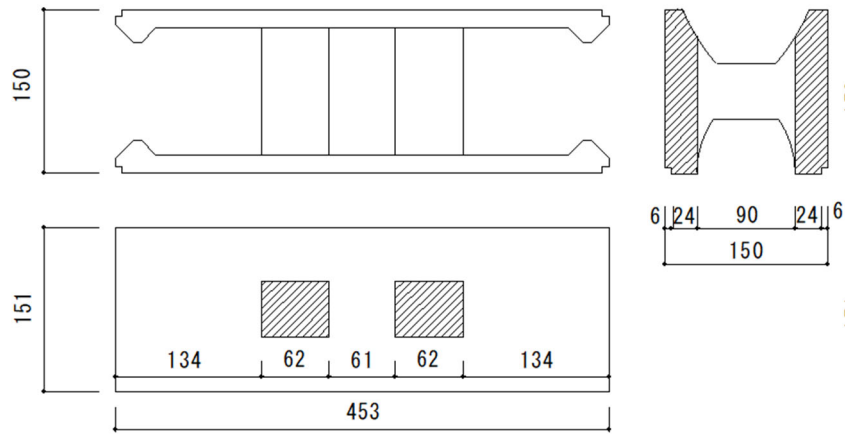


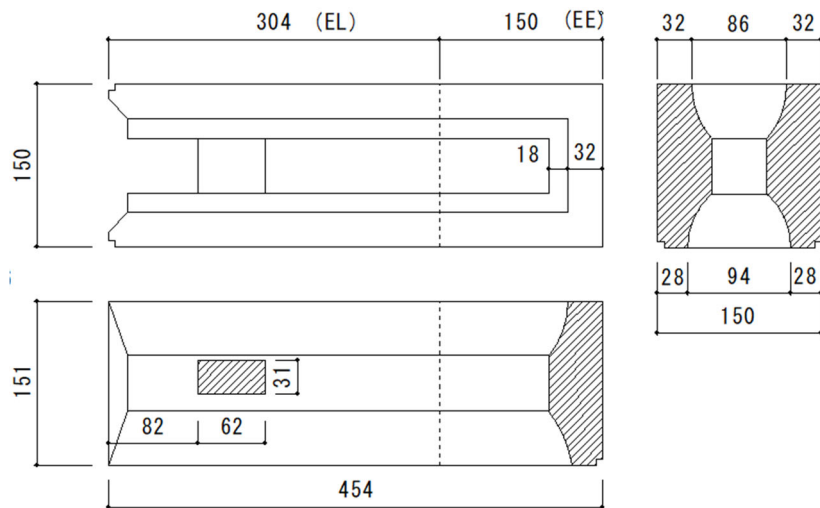
図 6.4.3-2 臥梁のみ

#### 6.4.4 CBの概要

モデルとしたCBを図6.4.4-1に示す。



(a) New Type B

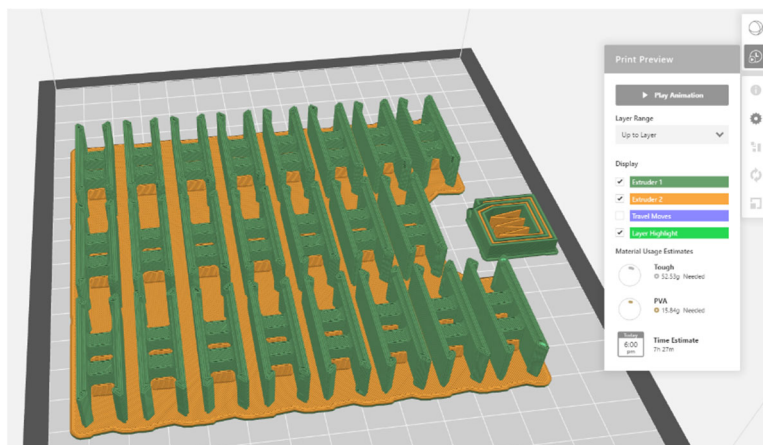


(b) New Type E

図 6.4.4-1 New Type CB

#### 6.4.5 模型パーツの製作

「6.4.4」を元に 3D プリンターで模型パーツを製作する様子を図 6.4.5-1 に示す。使用した 3D プリンターは「METHOD(Meker Bot 社製)」である。出力した CB を写真 6.4.5-1 に示す。出力サイズは、「W:11mm・D:34.5mm・H:11mm(7/100 スケール)」とした。



(a) 3D プリンターへの入力



(b) 出力結果

写真 6.4.5-1 3D パーツの製作状況の一例

模型パーツは一回の出力で、New Type B の場合は 46 個出力し、New Type E の場合は、横筋を通すための切り欠きあるものを含めて 20 個を一回で出力した(切り欠き無し:13 個, 切り欠き有り:7 個)。出力した模型パーツ写真 6.4.5-2～写真 6.4.5-3 に示す。

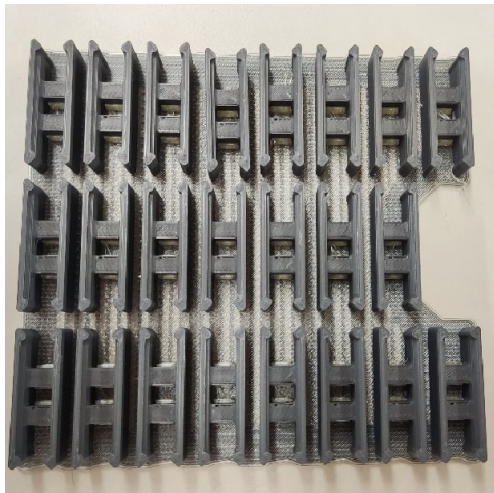
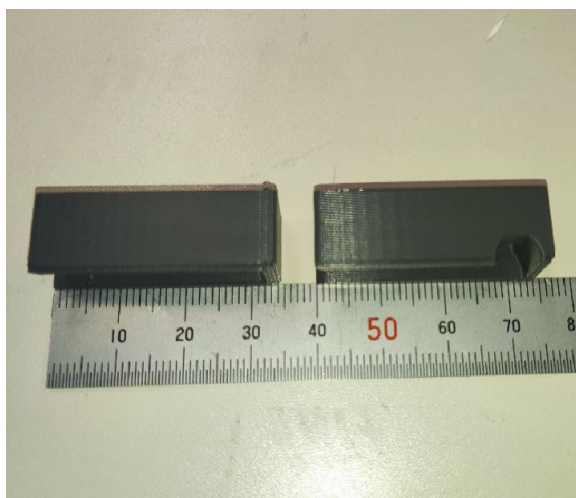


写真 6.4.5-2 New Type B



(a) 外観

(b) 横筋用の切り欠きの有無

写真 6.4.5-3 New Type E

#### 6.4.6 模型の組み立て

補強筋を組んだ状態を模した状態を写真 6.4.6-1 に示す。

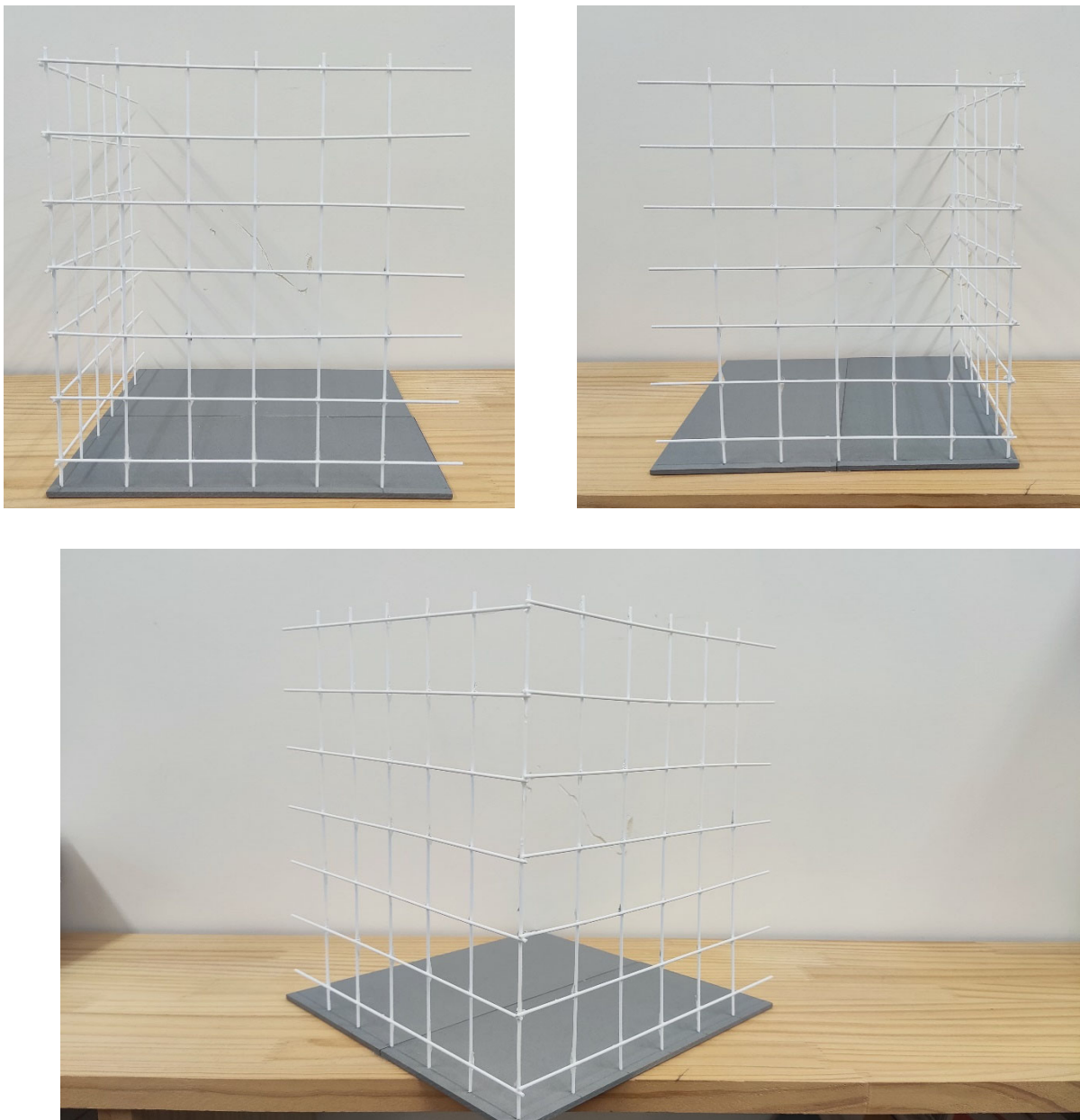
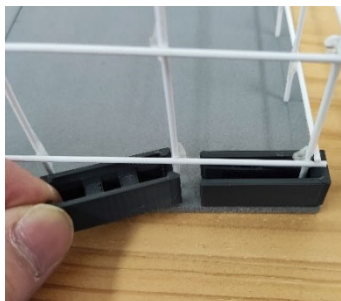


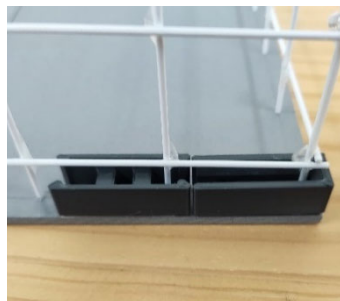
写真 6.4.6-1 補強筋の配筋



CBを組積していく様子を写真 6.4.6-2 に示す。



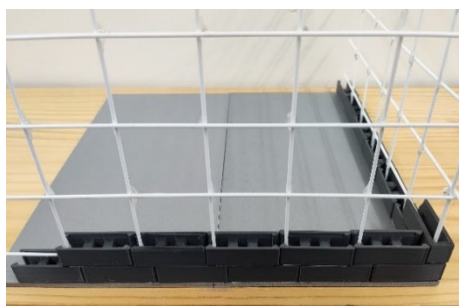
(a) 一段目 (1/3)



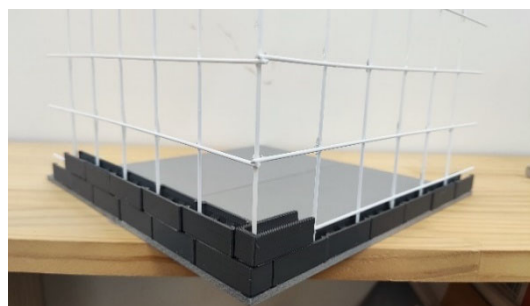
(b) 一段目 (2/3)



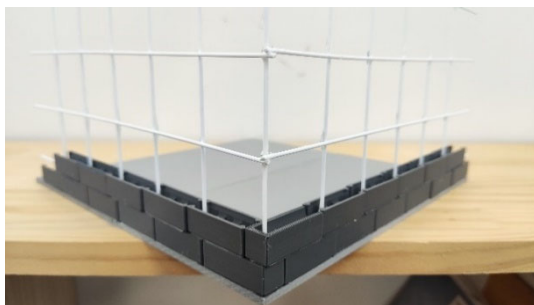
(c) 一段目 (3/3)



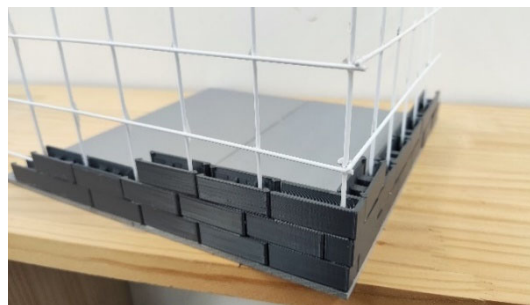
(d) 二段目 (1/3)



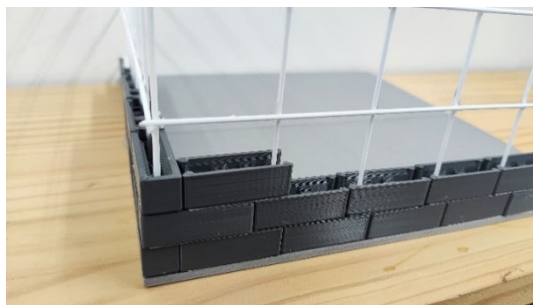
(e) 二段目 (2/3)



(f) 二段目 (3/3)



(g) 三段目 (1/2)



(h) 三段目 (2/2)

写真 6.4.6-2 CB組積

壁体を構成した状況を写真 6.4.6-3 に示す。CB の縦横比が従前の CB と異なるため、非常にシャープな印象を受ける。

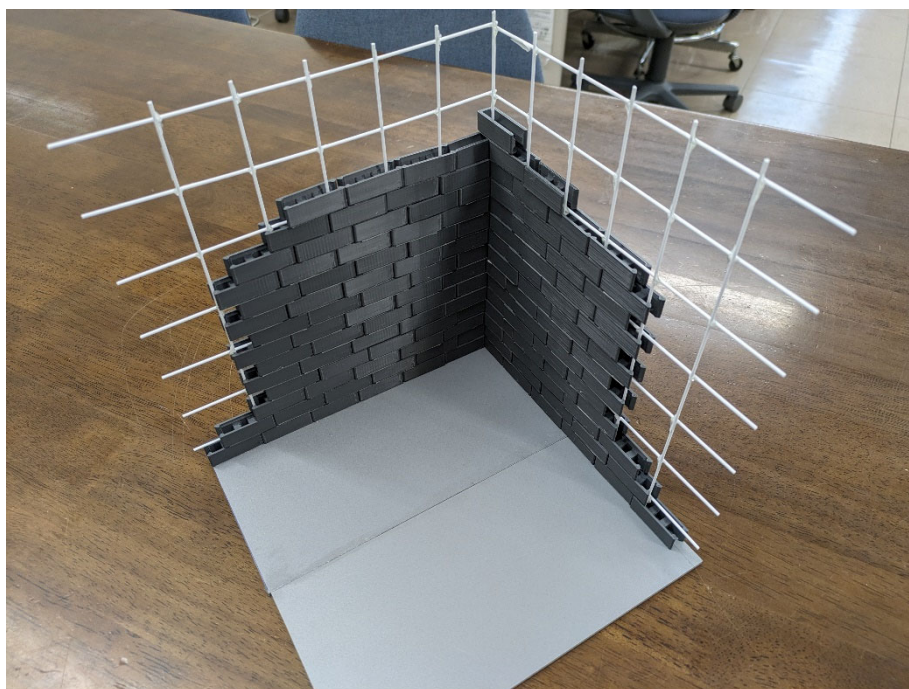
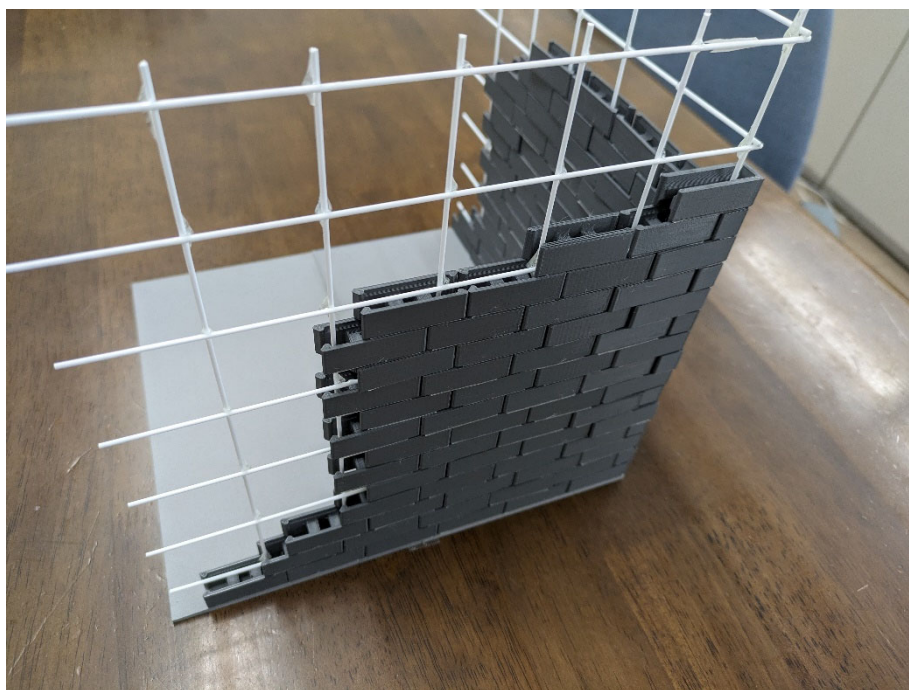


図 6.4.6-3 壁面の構築 (1/2)

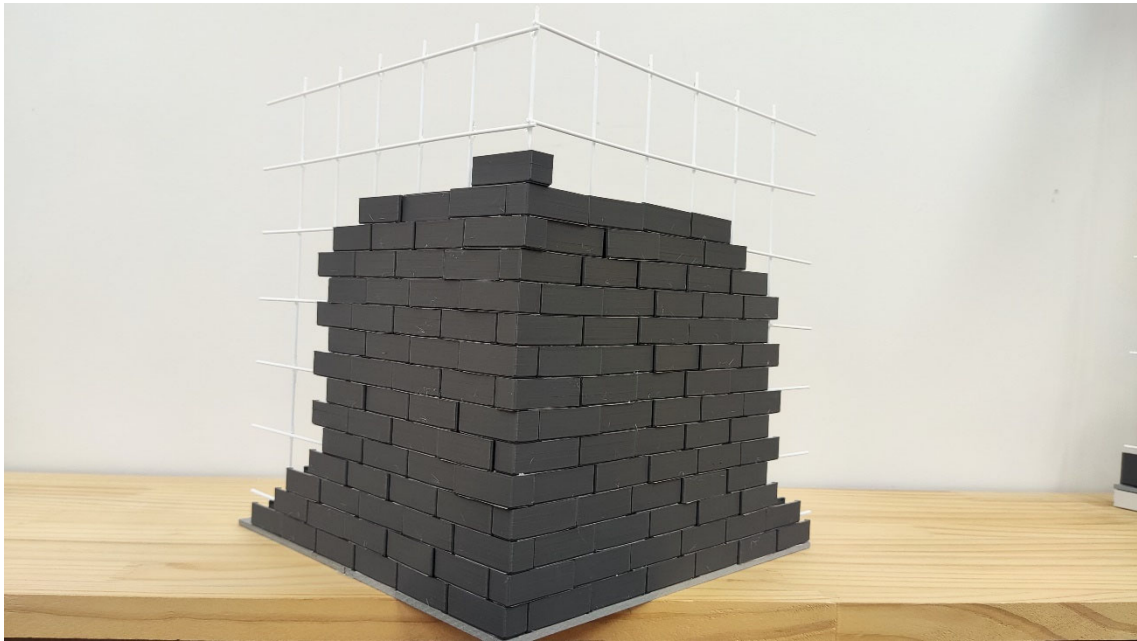


図 6.4.6-3 壁面の構築 (2/2)

「臥梁・床スラブ一体型」の水平構面を設置した模型の状況を写真 6.4.6-4 に示す。3D プリンターのフィラメントの不良により臥梁付きを含む水平構面のパーツの3D プリンター出力は断念したが、シンプルな構造形式になっていること、即ち、施工の簡易化によるコスト低減と技術力不足への対応の実現を図ることができることも容易に伝えることができる。

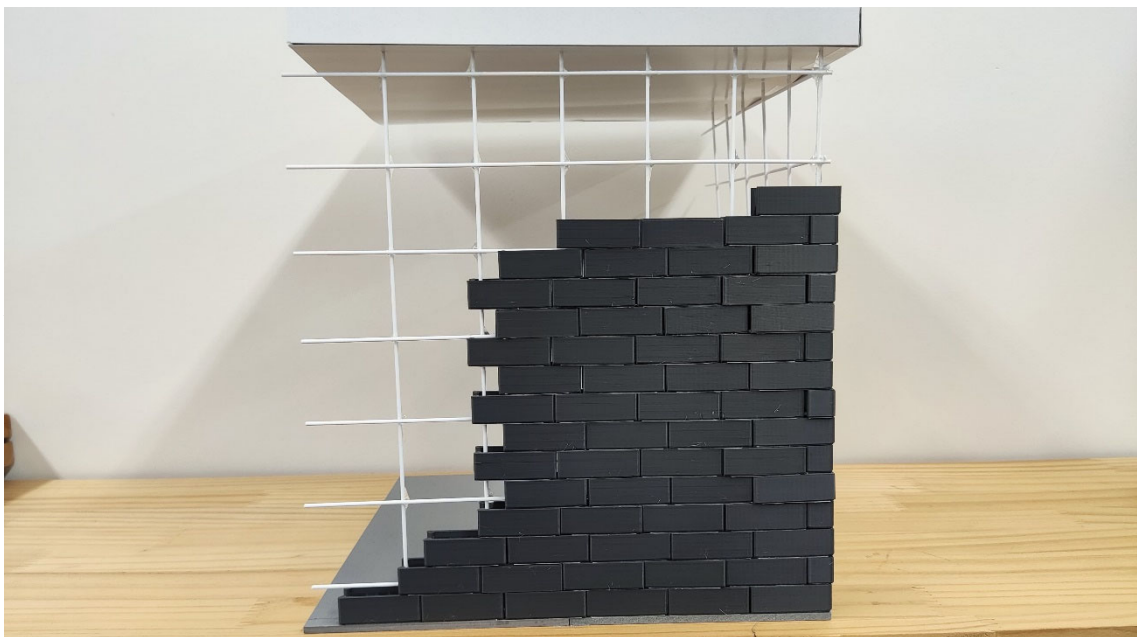


図 6.4.6-4 「臥梁・床スラブ一体型」水平後面の施工 (1/2)





図 6.4.6-4 「臥梁・床スラブ一体型」水平後面の施工 (2/2)

(植松武是)

## 6.5 補強コンクリートブロック造の構造計算ソフトの開発の検討

### ① 背景

補強コンクリートブロック造の技術ガイドラインは、RC 造などの構造タイプに比較して、構造設計の計算は比較的容易である。しかしながら、同構造タイプについての、日本における設計の経験者からは、設計途中での施主からの設計変更要望などに対応するため、パラメーターの修正と再計算を繰り返すことが必要であり、ガイドラインが広く活用されるためには、構造計算ソフトの整備が期待されるとのコメントを貰った。また、2024 年 1 月のフィリピンにおけるワークショップにおいても、参加者から構造計算ソフトの整備、提供の要望があった。このため、日本の構造計算ソフト作成会社との協議を行い、本プロジェクトで提案している技術ガイドラインを適用するための構造計算ソフトの整備の可能性の検討を行った。

### ② 日本の構造計算ソフト作成会社との協議

・日時:2024 年 2 月 1 日 13 時～14 時 30 分

・場所:日本建築学会談話室

・参加者:ユニオンシステム(株) テクニカルセンター長 品川亙氏、営業部東京支店宮崎一嘉課長  
設計工房佐久間 佐久間順三氏

HoBEA:石山、檜府

#### ・協議内容

補強コンクリートブロック造 (RCHB) に活用可能と思われるユニオンシステム社の構造計算ソフト WRC (壁式 RC 造) について

-同社の各種ソフトを開発する際の叩き台というべきソフトで、細かい設計者からの要望に応えるような機能は付加されていない。また、同ソフトの開発は、当初からの先任者が一人で担当している状況。

-費用:立体解析又は平面解析:418,000 円

立体解析+名面解析:638,000 円

年間費用 3.8 万円(使用法などについての照会対応。この丁寧なサービスが同社の特長となっている)

-このソフトは、日本の壁式 RC 造の基準に即しているため、細かい要求への不適合などのウォーニングが多く出る。

-設計変更対応などのための繰り返し計算が面倒な、荷重と応力の計算までの部分を利用することが考えられる。ただし、その部分を提供する場合、ソフトの基本コードを提供する必要があり、同社の貴重な知的財産の公開となってしまう、それをベースに改造する場合に同社への照会、回答の手間が大きくなるなどの課題がある。

#### ・同社の状況

-同社では、メーカー等からの、自社製品を使った場合の計算機能の追加などの要望が多数寄せられており、同社スタッフによるそれへの対応に 4 年ほどかかる状況。

-こうしたソフトの改造についてのコストは、技術者 1 人月当たり 800 万円以上(施工の難易により所

要月数が異なる)

-同社では、海外での販売を行う体制を有していない。

-同社以外で、壁式RC造の計算ソフトを作成しているのは、構造ソフト社、構造システム社、アーキデータ社の3社。

③ 今後の進め方の検討

・壁式構造の荷重と応力の計算は、基本的な施工であり、海外のソフトでもその機能を有していると思われるので、それを活用する方法を検討する。

(檜府龍雄)

