建築の設計・生産プロセスへのユーザー参加を志向した構法計画に関する研究

－非技能者が施工可能なコンクリート捨て型枠の構法開発を通じて－

構法計画研究室　山本 豪士

第１章　はじめに

1.1.　研究の背景

2015 年に国連サミットにて掲げられた国際目標である SDGs(Sustainable Development Goals)[1] の一つに「持続可能な消費と生産」が含まれているように、国内外で生産と消費の在り方に対する意識が高まっている。その潮流は建築分野においても見受けられ、居住者が自らの手で工事を行う Do-It-Yourself(以下 DIY と略す) が普及したり、Makers Base[注1] をはじめとした個人で工作機器を使用可能な施設が一般化するなど、ユーザーの製作行為は特別なものではなくなってきている。製作だけでなく設計段階でのユーザーの参加も見られるようになっており、特に公共建築では、市民の意見を取り入れ反映させるワークショップ (以下 WS と略す) を行い、意思決定の根拠として扱う事例が増えている。また、高齢者、障がい者、外国人など従来デザインのプロセスから除外されてきた多様な人々を、開発の段階から巻き込む手法であるインクルーシブデザイン (Inclusive Design)[2] や参加型デザイン (Participatory Design) は、プロダクトや Web のデザインに積極的に用いられている。以上のように、生産過程の一部に専門知識を持たないユーザーが参加する動きが様々な分野で起こっている。建築分野においても、工業化の進展により、生産方法が画一化しつつある中、ユーザーの建築生産プロセスへの介入方法を探る意義は大きい。

1. 2.　既往研究と本研究の位置づけ

参加型デザインに関する研究は様々な蓄積がなされている。土岐らによる研究[3] では公共建築での WS 形式を用いたデザインプロセスにおける設計者の言説と建築物への反映のされ方について論じられている。また、森山らの研究[4] では、セルフビルド（以下 SB と略す）を通じた建築家の活動の分析を通じて、その目的を作品表現とユーザーとの交流に分類した上で年代ごとにまとめ、SB の目的がユーザーとの交流へと推移していることが述べられている。上記のように設計と生産それぞれのへのユーザー参加の研究は充実している。一方で、建築における設計・施工の両視点からユーザー参加を論じた研究は少ない。

1. 3.　研究の目的

本研究では、専門的な知識や技術を習得していないユーザーが、建築の生産プロセスに参加する方法を探るとともに、その方法を実際の設計・施工の実践を通じて検証することを目的とする。具体的には、一つの建築物を設計し、その施工におけるコンクリート型枠工事への非技能者の参加可能性について検討する。型枠工事を対象とした理由については後述する。

1. 4.　本論の構成

本研究は６つの章で構成される。第１章では研究の背景と目的を述べる。第２章では建築分野におけるユーザー参加の現状を分析し、他分野との比較を通じて建築分野の特性について論じる。第３章では実際に行った設計とユーザー参加方法の検討について述べる。第４章では計画した構法を施工実験により検証した結果について述べる。第５章では実験で得た記録について分析を行う。第６章では本研究の成果と今後の課題を明示し、総括する。

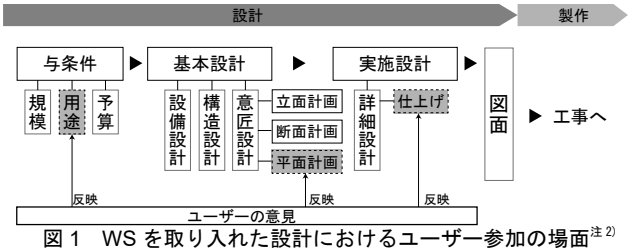


図１　WS を取り入れた設計におけるユーザー参加の場面[注2]

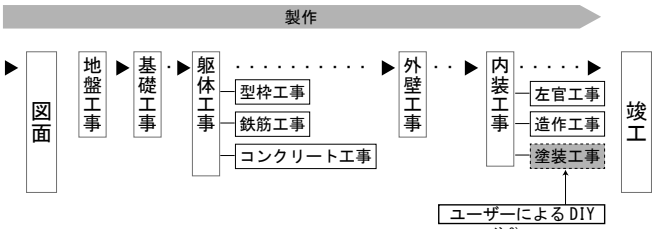


図２　DIY によるユーザー参加の場面[注3]

表１　技能レベル定義

技能段階	判定基準	例
LEVEL 1	工具を要さず、訓練を必要としない作業	荷物運搬
LEVEL 2	電動工具などを用いた精度を要さない作業	ビス打ち
LEVEL 3	専門知識・技能を必要とする作業	材料加工
LEVEL 4	熟練した技能を要し、かつ正確な精度が必要とされる	組手加工

表２　建築におけるユーザー参加事例

番号	構造	施工参加者	ユーザー参加のための工夫	作業難易度
NO. 01	膜構造	職人＋学生	膜材に予め引張材の穴を縫製しておくことで作業の簡易化を図る	LEVEL1
NO. 02	木組積造	ボランティア＋大工＋学生	プレカットされた木材をブロックのように積み上げることで壁をつくる	LEVEL 1
NO. 03	ブロック造+木造	地域住民	1層をコンクリートブロックで積み、2層を職人が施工することとした	LEVEL2
NO. 04	ベニヤパネル造	現地有志＋学生	ベニヤ板をプレカットし現場にて組み立てることで、コストを削減した	LEVEL3
NO. 05	RCフレーム＋日干しブロック	現地有志＋学生	RCフレームと現地の技術である日干しブロックを併用した	LEVEL2
NO. 06	壁式鉄筋コンクリート造	(竣工後)地域住民	竣工後に住民と共同し、斫り作業のWSを行った	LEVEL2
NO. 07	木造	設計者＋地域住民	継ぎ手仕口を簡易化し、施工しやすいようなディテールを用いた	LEVEL3

第２章　建築分野におけるユーザー参加とその事例

2. 1.　ユーザー参加の方法

既に述べたように、本研究では建築生産プロセスにおける設計と施工の双方に着目する。以下ではユーザー参加の方法として①設計への参加、②施工への参加と大きく２つに分類して考察を進める。

2. 2.　設計への参加

建築設計プロセスへのユーザー参加は今日に至るまで幾度となく提案されている。例えば、公共建築への WS を用いた設計手法が一般化しつつあるが、その発端は 1980 年代に起きた行政主導への反発としての市民運動[5] にまで遡る。設計者が利用者の幅広い意見を調達し、プロセスの透明化を図るため、企画段階から多岐にわたる意見交換を行い、利用者とともに設計の過程を共有していく事例も珍

しくはなくなった。こうした設計段階の試みにおいて多く見られるユーザー参加の場面を図 1 に示す。

2. 3.　施工への参加

2016 年に国土交通省から『DIY 型賃貸借のすすめ』[6] というガイドブックが提示されるなど、住宅ストックの過多や職人不足を背景に、ユーザーが構造躯体に関係しない工事を行う行為は広がりを見せている。また、専門的な技能を持たない居住者を支援し専門家と共同で建築工事の一部を行う活動[7]も見受けられる。こうした試みにおいて多く見られるユーザー参加の場面を図 2 に示す。

2. 4.　事例から見るユーザー参加の工夫

次に、建築作品誌からユーザー参加を実現している事例を抽出し、図面と誌面上の説明から構造と施工者、ユーザーが参加するための工夫を調査した。調査は 1984 年から 2016 年に発刊された『新建築』に掲載された建築物とし、うち 7 事例が対象となった。対象としたのは、非技能者 (専門的な技能を持っていない者）が工事に参加している建築物であり、ユーザー自身が工事を行える技能を持っていると判断したものは除外した。工事を行う際に必要な技能レベルを表 1 のように定義し、この定義に従って、ユーザーが行った工事の難易度とその工夫の一部を表 2 に示すように整理した。

2. 5.　建築分野の特性についての考察

建築以外の分野においては、規格部品の中からパーツごとに規定されている基本オプションを選択することで独自の製品をデザインする事ができる事例も増えてきている[8]。また、デジタルファブリケーション機器を用いることで個人の製作行為を支援する施設は全国的な展開を見せている[9]。一方、建築物は他分野のプロダクトに比べ、参加する範囲が仕上げ工事のみに限られるなど、施工については限定的な参加に留まっている。この理由は以下のように考察できる。建築物においては、多種多様な専門工事業者が携わることが一般的であり、少人数で建築物をつくりあげることは特殊な場合であるといえる。また、設計条件や現場条件が全く同一なことがなく、一品生産的な性格が強いため、各現場において職人の経験に基づく他業種との連携が不可欠であり、仕上がりが直接的に他の工程に影響する。特に建築物の全体性能へ影響する躯体工事は建築物自体の出来を左右することになり、正確で精密な仕事が要求される。そのため技能を持たないユーザーが工事へ参加する場面は限定的となり、特に躯体工事については、建築物全体へ影響を及ぼすため、ユーザーの参加はほとんど見られない。

第 3 章　工事へのユーザー参加を可能とする建築物の設計

3. 1.　建築物全体の計画概要

小規模な建築物を設計し、躯体への工事にユーザーが参加できる計画を策定した。設計した建築物の平図面とユーザーが施工する範囲を図 3 に示す。計画地は長野県軽井沢町で、用途は専用住宅であるが、施主と友人が集い庭で収穫した野菜等を調理する場所が求められた。規模は木造 2 階建て、建築面積 49.72 平方メートルで南北に長い平面計画となっている。東面(長手)の壁一面を鉄筋コンクリート（以下 RC と略す）造で計画し、建築物の象徴となるこの壁を施主とその友人、学生で施工する計画とした。RC 壁の長さは約 7.5m（開口部除く）で高さは 1.8 mである。また、室内側の壁仕上げは利用の際支障をきたさない設えとするため、室内側の型枠は一般的な合板による型枠工法を用いる計画とした。

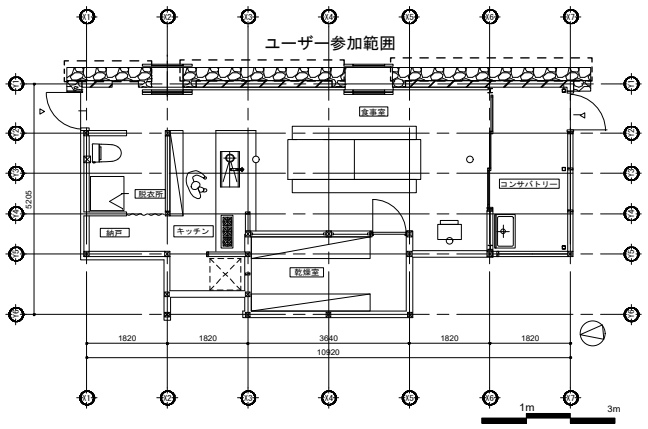


図 3　立案した計画とユーザー参加範囲

3. 2.　コンクリート捨て型枠の条件と検討

型枠は鉄筋コンクリート工事において重要な役割を担う。型枠工事については『建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事』（日本建築学会、2015）（以下、JASS 5 と略す）において、次のように記述されている。「型枠は、コンクリート施工時の荷重、コンクリートの側圧、打ち込み時の振動・衝撃などに耐え、かつコンクリートが定める寸法許容差を超えるたわみ、または誤差などを生じないように設計し、必要に応じて強度及び剛性について構造計算を行う。」したがって『型枠の設計･施工指針』(日本建築学会 ,2011) を参照し型枠に求められる性能を満たす必要があるが、施工精度については外部側は施工精度が基準値以下でも支障がない計画としたため､基準値は参考値とした[注 4)] 。また､前章で述べたようにユーザーの技能に依存せず簡易に施工できることを条件としたため、以下を目標として設定した。①手作業のみで施工可能であること、②特殊な機器を用いずに施行できること、③過剰な精度を要求しないこと

以上の条件を検討し、本計画では浅間石を用いたコンクリート捨て型枠工事をユーザー参加の対象とした。

3. 3.　浅間石を用いたコンクリート捨て型枠の設計

3.3.1.　浅間石の材料特性ととりまく現状

浅間石は浅間山が噴火した際に堆積した火山岩である。気泡をたくさん含んでいることから簡単に砕くことが可能であり、加工性に富む。軽井沢町では至るところに浅間石を用いた石垣が存在する。

3. 3. 2.　施工方法の検討

型枠工事は鉄筋工事、コンクリート工事との連携が必要である。よって本計画は専門工事業者との工程上の棲み分けが重要となる。このことを踏まえて、安全性、施工性、経済性の検討を行った (図 4)。安全性を考慮した施工方法は後述の実験にて検証する。

3. 4.　想定される課題

石積みは本来熟練の職人によって行われる工事であり、素人が同等の精度を再現することは不可能であるため、技巧性や厳密な精度は求めない設計としたが、捨て型枠としての性能は担保する必要がある。特に鉄筋のかぶり厚確保や、打設時の側圧による型枠の破損や石の隙間からのコンクリートの漏れについての対策が必要である。

第 4 章　実施したコンクリート捨て型枠の実験について

4. 1.　実験の目的

非技能者が施工可能な浅間石を用いた捨て型枠の構法の案を複数

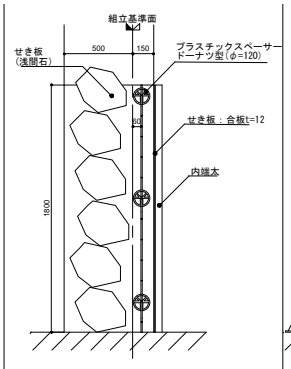
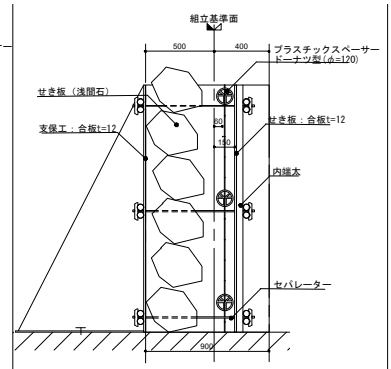
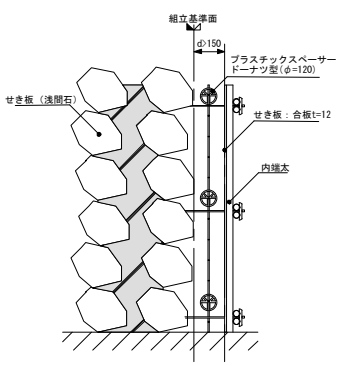
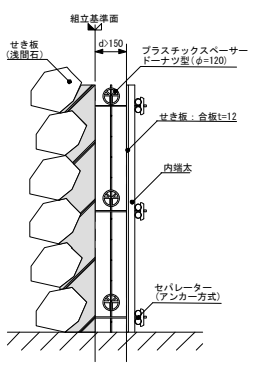
	打ち継ぎ案		型枠挟み込み案		石塀先行案		石壁増設案	
断面図								
略称	打ち継ぎ案		型枠挟み込み案		石塀先行案		石壁増設案	
打設回数	6 回		1 回		7 回		1 回	
セパレーター	無し		通常セパレーター		セパレーターアンカー方式		セパレーターアンカー方式	
安全性	◎	石を 1 段ごと固定化するため落下の危険性が低い	△	石を所定の高さまで固定化せず、一度に積み上げる必要があるため落下の危険性が高い	○	石を 1 段づつ積んでいくため、落下の危険性は減るが、打設時の側圧による倒壊の可能性	○	石の落下の危険性は低いが、打設時の側圧による倒壊のリスクが増す
施工性	○	配筋へ配慮を要するが、側圧が軽減されるためセパレーター不要	△	セパレーターを先行設置しつつ石を躯す必要があり高度な技能が要求される	○	石へ直接アンカーを打ち込む必要があり、不陸によるばらつきが多くアンカーの固定化が困難	◎	配筋工事と工程上切り分けられるので、厳密な精度を必要としない
経済性	△	コンクリート打設回数が多く、運搬と工数のコストが増大する	◎	コンクリート打設回数は 1 回で済むため、コストは抑える事ができる	△	石の個数が他の案と比べて倍になり、さらにコンクリート量も増大する	△	コンクリートを倍の量打設する必要がありコストが増大する

図 4　施工方法比較検討

策定し、安全性・施工性・経済性について検討を行った（図 4）。結果、「打ち継ぎ案」の実現可能性が高いとの結果が得られた。この構法について、施工性や、躯体精度を検証するため、施工実験を行った。施工実験では、作業性や施工精度の検証を行った。

4. 2.　記録および記録整理方法

施工手順の工程調査を行った。調査対象は浅間石を扱った工程を含めた作業全般である。詳細な工程及び作業時間は直接観察法によって計測した。ビデオカメラとタイマーを用い、浅間石を一つ積むまでの作業を 1 サイクルとして、作業内容および作業時間を記録した。

4. 3.　打ち継ぎによる施工方法

4. 3. 1.　施工実験概要と実験における条件

本実験では、打設目標高さを 1m と設定した。実験の条件を以下に示す。

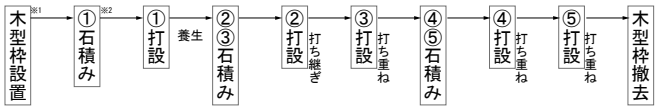
①施工実施者：石積みの技術を習得していない学生が主な作業を行い、筆者は補助作業を行った。学生 2 名と筆者の計 3 名にて行った。②実験に用いた材料：全長[注5)]187mm ～ 230mm の浅間石を用いた。質量は平均 7.29kg であった。また、木型枠部は針葉樹合板 12mm と 30mm×60mm×900mm スギ角材を 7 本使用した。③実験に用いた工具：石加工のための金槌と木型枠設置のためのインパクトドライバーを使用した。また容量 100L の電動コンクリートミキサーを用いて練り混ぜを行った[注6)]。④打設したコンクリート：水セメント比 55%のコンクリートを 30L×5 回分使用した。スランプ値は平均 20.5cm であった。

4. 3. 2.　型枠の設計

谷積み（石を隣の石によりかけていく方法）の考え方に基づき、施工を行った。この場合、石の隙間に「パッキン」と呼ばれる砕いて小さくした石を裏から詰める必要がある。打設の際、石の定着と壁の厚さを担保することが重要であるため、水糸を張り、石が配筋側に崩れないような工夫を施した。

4. 3. 3.　施工手順

図 5 に示すフローのように 1 段ごとに打設を行う計画としたが、2・3 段目と 4・5 段目については、一度に 2 段分の打設を行った。



※1 施工した石積み以外の型枠を木型枠とする　　※2 ①= 石積みの 1 段目に関する作業を指す

図 5　実施した実験のフロー

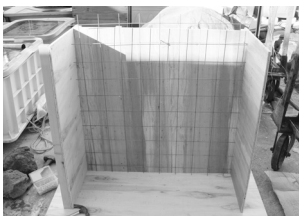


写真 1 木型枠

写真 2 打設後の石壁

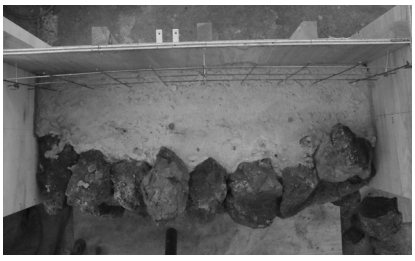
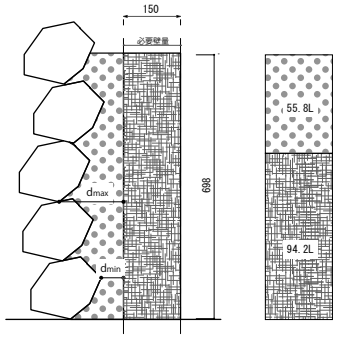


写真 3　打設後上面

写真 4 木型枠撤去後側面



□石定着部分　▨必要壁量部分

図 6　コンクリート打設量

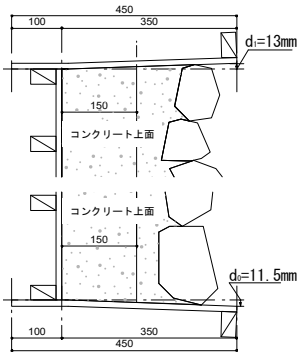


図 7　木型枠の変形

4.3.4. 材積についての記録

実験に使用した石の総数は 29 個であった。石の総重量は 211.4kg で、コンクリートの打設高さは 0.68m であった（図 6)。事前には 1m の高さまでの打設を計画したが、実際の施工高さは 698mm となり､設定した基準の高さまで到達しなかった。これは石自体の凹凸と、側圧を受けた捨て型枠のはらみにより、水糸を張った基準の線よりも大幅に壁の厚さが増してしまい、コンクリートが不足したためである。実験の条件では、設計時に想定した必要なコンクリート量に対して、1.59 倍のコンクリートが必要となることが分かった。

第 5 章　実用可能性についての考察

5.1. 精度についての比較と考察

石積み前から打設後における木型枠の変形を計測した。上端が図 7 に示すように外側に変形していた。標準許容差[注 7)] を参照するとこの変形は許容されない。これは石の施工時に、荷重が石に伝達せず直接木型枠へかかってしまったためであると推測されるが、この問題は木型枠の開きを留めるつなぎ材を補強することで解決できると思われる。木型枠はユーザーが施工することを想定していない部分であり、技能者による製作が必要であることが確認された。

5.2. 工程についての考察

施工実験に要した作業項目と得られた記録を『作業能率測定指針』(日本建築学会 ,1990) に則って分類し、使用した工具と 2 章で定義した作業難易度を同定した。その結果を表 3 に示す。ユーザー参加を想定した部分においては、おおよそ LEVEL1 の技能レベルで行えることが分かった（図 8)。

5.3. 改善点についての考察

石型枠の作業内容と難易度の内訳を図 9 に示す。石積みの作業時間が最も多いが、特筆すべき点はパッキン詰めにかかる時間が多いことである。改善策として、石の加工作業と平行して石を小さく砕く作業を分業することが考えられる。

5.4. ユーザー参加が他工程に及ぼす影響についての考察

躯体工事へユーザーが参加する場面を図 10 に示す。計画の段階で、ユーザーが施工に参加するため厳密な施工精度は得られないことを前提に設計を行ったため、RC 壁と取りあう部分は逃げをとり、精度を許容するような設計とした。以上のように、物的な納まりに関しては設計上の工夫で対応可能であると考える。しかし、RC 壁を施工する際、鉄筋工事とコンクリート工事においては作業内容は難化し、作業時間も長くなることが実験から予測される。したがって、実際の工事の際にはこれを踏まえた工程計画が必要である。

第 6 章　結論

ユーザーが建築の生産プロセスへ参加する際の方法として、非技能者が施工可能な捨て型枠の構法開発を行った。また、建築以外の分野におけるユーザー参加の特徴と比較を行った。以上の結果は、建築においても設計段階での工夫次第で、全体性能に関わる部位の施工への参加可能性が担保できることを示唆している。また、本研究ではコンクリート型枠を対象としたが、建築工事の一工程を扱ったに過ぎないため、他の生産プロセスに関しても様々な検証が必要である。施工への参加のみではなく設計を含めた生産の過程を対象とした検証も求められる。

表 3　作業一覧

分類			作業内容	使用工具	作業難易度
① 主体作業	①a 主作業	木型枠	ビス打ち	インパクト	LEVEL 2
			木材カット	のこぎり	LEVEL 1
			下穴あける	インパクト	LEVEL 2
		石型枠	石積み	素手	LEVEL 1
			石加工	かなづち	LEVEL 2
			パッキン詰め	素手	LEVEL 1
			積みなおし	素手	LEVEL 1
		打設	打設	スコップ※	LEVEL 1
			バイブレーター	バイブレーター	LEVEL 3
			棒でつく	鉄の棒	LEVEL 1
			かなブラシ	かなブラシ	LEVEL 1
	付随作業 ①b		石砕き	かなづち	LEVEL 1
			表面清掃	かなブラシ	LEVEL 1
			調整	素手	LEVEL 1
			相談	-	-
作業	付帯 ②		材料準備	素手	LEVEL 1
			掃除	デッキブラシ	LEVEL 1
非作業 ③			休憩	-	-
			会話	-	-
			待機	-	-

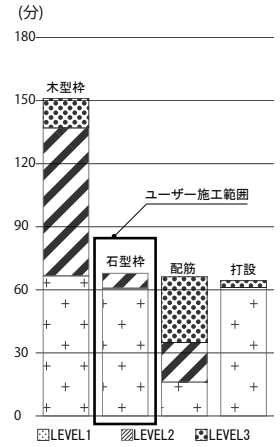


図 8　工事別作業難易度割合

図 9　石型枠の作業内容と難易度内訳

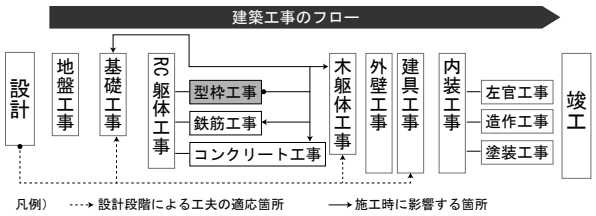


図 10　型枠工事へユーザーが参加した場面

参考文献

1) 外務省：SDGs とは ?,<https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/about/index.html>,2018.11
2) ジュリア・カセム , 平井康之 , 塩瀬隆之 , 森下静香：インクルーシブデザイン - 社会の課題を解決する参加型デザイン -, 学芸出版社 ,2014.4
3) 土岐文乃 , 貝島桃代 , 志村真紀 , 一ノ瀬彩 , 野田直希：現代の公共建築におけるユーザー参加型のプロセスデザイン , 日本建築学大会学術講演梗概集 ,pp625-626,2005.7
4) 森山敬太 , 奥山信一 , 鈴木淳平 , 香月歩 , 藤本章子 , 大塚優 , 林恒視：現代日本のセルフビルドを通した活動姿勢 , 日本建築学大会学術講演梗概集 ,pp461-462,2017.7
5) 龍元 , 清水裕之 , 大月淳 , 杉本宗之：公共文化施設からの構想から設計に至る過程における市民参加による意思決定の仕組みに関する研究 -3 つの文化施設プロジェクトを事例として -, 日本建築学計画論文集 , 第 552 号 ,pp117-124,2002.02
6) 国土交通省：DIY 型賃貸借のすすめ ,2016.04
7) 松村秀一：ひらかれる建築 -「民主化」の作法 -, 筑摩書房 ,2016.10
8) アンソニー・フリン , エミリー・フリン・ヴェンキャット:カスタマイズ【特注】をビジネスにする新戦略 , 株式会社 CCC メディアハウス ,2014.11
9) 田中浩也：FabLife- デジタルファブリケーションから生まれる「つくり方の未来」,2012,6

注釈

注 1) デジタル機器をはじめとした多様な工作機器を備えた会員制の工房。ワークショップも主催しプロとユーザーが交流する場でもある。
注 2) 文献 5) に基づき筆者作成
注 3) 文献 7) に基づき筆者作成
注 4) JASS5 において構造体（柱・梁・壁）の断面寸法の許容差の標準値は -5(mm),+20mm とされている
注 5) 浅間石を平面投影した際の最長辺との平均値を全長と定義する。
注 6) 実験の際生コンクリートの配合も行い、作業時間を計測したが本計画ではコンクリートの手練りを想定せず作業時間としては含めない
注 7) 注 4) に同じ。