

土嚢建築の国内展開を目的とした標準歩掛の作成

学籍番号 1140097 氏名 竹内 彰吾 指導教員 五艘隆志
高知工科大学システム工学群建築・都市デザイン専攻 建設マネジメント研究室

土嚢建築の国内展開を目的とし、2013年度大学院セミナーの講義の一環で実際に「土嚢の家」を施工し、作業名称、作業日時、人数などの工事記録を取った。工事記録を基に作成した土嚢各段の作業歩掛を用いることで、今後の土嚢建築を計画する際にはさらに詳細なスケジュールとコストの検討が可能となるものと考えられる。

Key Word 土嚢建築, 作業歩掛, 施工費用

1. 研究の背景・目的

土嚢建築は、手軽に施工でき、強度も十分ある構法で、仮設住宅や別荘だけでなく、本宅にも活用可能なものである。海外では多くの例が紹介されているが、日本ではほとんど導入されていないのが実態である。導入への障害として、建築基準法への適用がないことや技術基準（設計基準や品質管理基準値など）の未整備、コストや工期が明確でないことなどが考えられる。コスト、時間に関する標準値がないため、我が国でも建設可能な住宅以外の用途に購入したい場合においても、購入を躊躇するといったケースがあることも考えられる。本研究では実績に基づいて土嚢建築工事の作業歩掛を整備することを目的とする。

2. 土嚢建築 (Earthbag Building) の概要¹⁾

土嚢建築はアーチ構造を基本とし、ドーム型やかまぼこ型の家が作られる。土嚢袋の素材には、『バーラップ (粗い黄麻線維)』か『ポリプロピレン』の袋が使われる。バーラップ (黄麻) は、長期間の湿気を受けると腐って破けてしまい、ポリプロピレン線維は、長期間の直射日光を受けると線維が弱まり破けてしまう。それぞれに欠点があり、風雨や直射日光を避ける工夫が必要となり、漆喰など何らかの素材で土嚢を被い、仕上げられる。土嚢建築は、木をほとんど使わず、どこにでもある『土』を材料に家を建てることのできるため、世界中のどの土地でも、土嚢建築物は建築可能である。

3. 当初計画の策定

筆者は高知工科大学の授業の1科目である2013

年度大学院セミナーに1ヶ月間参画し、計画段階から竣工まで作業に協力した。当初計画は、2011年度大学院セミナーで施工された土嚢ドームの設計/施工計画についての報告書を参考に作成された。まず、敷地選定やデザイン、材料調達、施工計画が会議によって決定された。なお、当初の建設予定地は2011年度の土嚢ドーム施工場所である永井邸であったが、現場までの距離の問題も考慮し、大学から徒歩5分に位置するD環境造形システム研究所 (高知県香美市土佐山田町神母ノ木4 1 3- 2) で施工することになった。

通常的设计は以下の順序で行われる。

- ① 建築に求められる機能・性能を満足する形状をデザインする (形状)
- ② その形状を実現するための材料・構造システムを考え構造設計を行う (材料・構造)
- ③ 設計結果を実現するための施工計画を立て、施工する (施工計画)

つまり、「形状⇒材料・構造⇒施工計画」の順で行われる。一方、土嚢建築の設計では、使用材料の制約があることから以下のとおり「材料・構造⇒施工計画⇒形状」の順序となる。

- ① 基本的に土嚢しか使用しない (材料・構造)
- ② 基本的に全てを人力で施工する (施工計画)
- ③ 従って、土嚢だけで構造的に安全かつ人力で施工でき、かつ機能・性能を満足する形状をデザインする (形状)

図-1は、当初計画の工程表を示すものである。当初計画では、2013年10月28日に着手し、翌1月14日に終了するという工程となっていた。参加学生の授業等のスケジュール制約もあり、8名以上が集合可

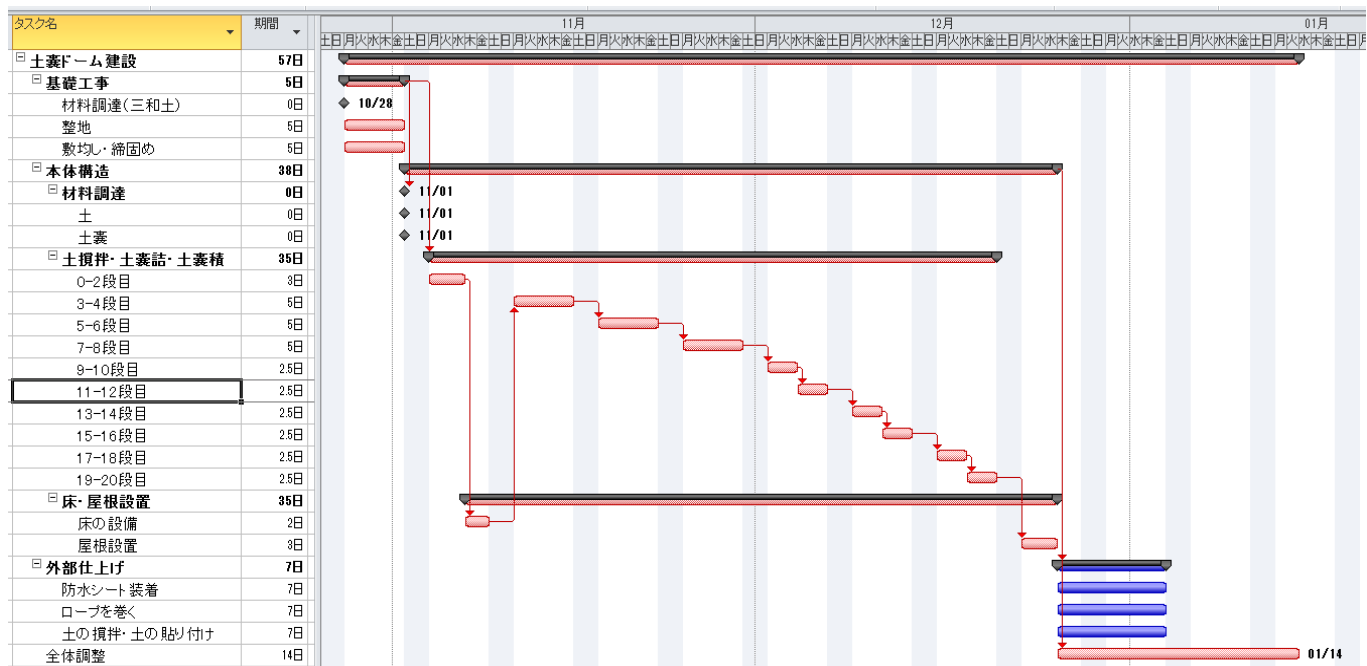


図-1 当初計画のスケジュール

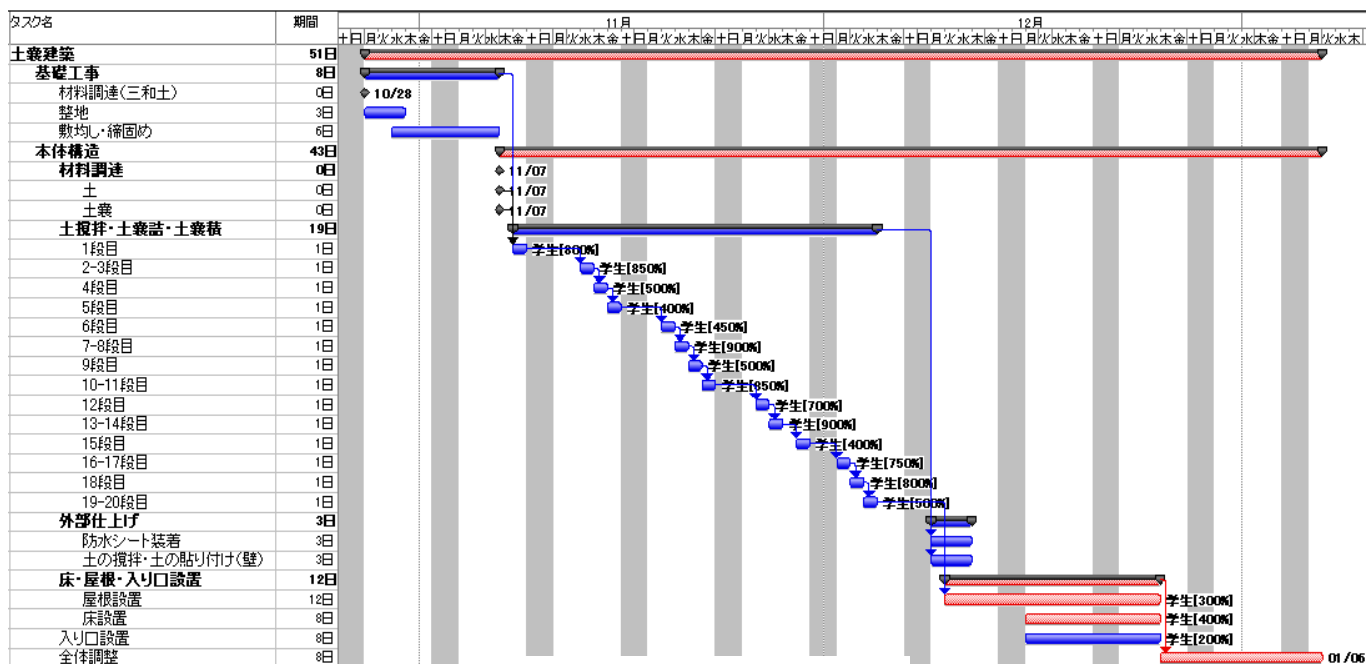


図-2 実際のスケジュール

能な週 2 日間を作業日として設定した。基礎工事から着手し、土壌本体積み立てという段取りとなっていた。土壌本体積み立てでは、8 人作業で攪拌班が 4 人で、2 人 1 組で土の攪拌を行い、成型班が 4 人で土壌を積んでいく計画となった。土壌積み立ての作業日量は、これまで製作されてきた土壌建築の事例から 8 名パーティ×8 時間×14 日間=896 (人・時間)程度と推測されたが、学生の講義スケジュール等もあって集中的に作業をできないことから図-1 のような計画が策定された。なお、この期間の設定は、各段に積む土壌の数や施工記録に基づく生産性に基

いたものではなく、施工経験者の経験に基づく形で設定された。また、床の設置は土壌本体積み立てと同時に並行作業という計画であった。

当初計画の工程表では、外部仕上げの土の貼り付け(壁)が抜けている。全施工作业が終了後、全体調整として 14 日程度の日数を設けている。

4. 実際の工事記録

図-2 は、実作業の工程表である。暦日 71 日間、実稼働日数 35 日間、総作業量は 1268.5 人・時間であった。2013 年 10 月 28 日施工開始、2014 年 1 月 6

日竣工となった。工事の概略を以下に示す。

(1) 基礎工事

現地は手入れされていない土地であったため除草作業から着手した。除草作業と同時並行作業で掃除と道具の確認・整理を行った。現地には直径5mの円形状に既存基礎土嚢1段が配置されていたことからこれを基礎として活用することとし、2段目を積み増しし、円形内部に攪拌した土を投入し締めを行った。土の搬入や材料調達は、工程上のクリティカルパスにあたるため前もって仕入れるよう注意した。

基礎として積み増した土嚢2段目は、全7人で作業を行い、攪拌3人、成型2人、作業補助2人の分担で63袋の土嚢を3時間30分で積み立てた。

基礎部分の土踏み固めが甘いと三和土にヒビが入るため、木製のどんつきと転圧機で入念に締め固めを行った。基礎工事での土の使用量は、約7tであった。2013年11月6日に基礎工事終了となった。

使用した材料の諸元および品質管理状況は以下の通りであった。

① 土嚢の配合

- ・土：セメント=11：1（スコップで計測）
- ・水：乾燥度を適宜判断し、水を追加
- ・品質管理：軽く握ってボロボロと崩れない程度の塊になるよう水分量を調節

② 三和土の配合

- ・土：石灰=4：1（スコップで計測）
- ・水（塩化カルシウムを混ぜたもの）：
バケツ半分に入水を入れて、両手ですくった量の塩化カルシウムを混ぜる
- ・品質管理：土を握りしめ、固まったものが軽い力で崩れる程度になるよう水分量を調節

(2) 本体工事

本体土嚢の施工は、20段の積み立て作業で2013年11月8日開始、2013年12月5日終了となった。

土嚢1段目施工後、土嚢の構造上ドーム型であるため、必要となるコンパス軸を中心部に単管で組み立て作成した。2段目には、窓となるコンクリートブロックを4セット設置した。コンパス軸作成と同時並行作業で組み立てた入口となる建具を北向きに設置し、床下となる単管を2段目と3段目の間に組み立てた。3段目からは、コンクリートブロックは2セットずつ設置した。8段目になると120cm程の高さにな

るため、安全を考慮し土詰めはバケツリレー方式で行い、積みあがった土嚢上で土嚢袋に土を入れ成型を行う形をとった。14段目と18段目には、屋根を固定するための単管を設置し、19段目と20段目には、安全を考慮し、たれ防止の圧縮リングを設置した。

(3) 床・屋根および外部仕上げ

外壁作業では、防水シートを張り、その上に縄を張り巡らした。縄は、外壁の土の塗り付けの際に、土が接着しやすくなる役割を果たす。外壁の土塗り付け作業の下塗りが終了後、4日程養生をし、上塗り作業に取り掛かった。屋根と床は、外壁作業と同時並行で作業を行った。屋根は切妻で床はヒノキを敷き詰めた。最後に扉を取り付け2013年12月25日に「土嚢の家」完成した。その後は、全体調整で外壁ひび割れの補修や照明の設置を行い、2014年1月6日竣工となった。

使用した材料の諸元および品質管理状況は以下の通りであった。

① 外壁下塗り配合

- 土：藁スサ=30：1+水（スコップで計測）
（藁スサは水に浸しておいたものを使用する）
- 土と藁スサを混ぜたものに水を混ぜて養生しておく

② 外壁上塗り配合

- 土：石灰：セメント：藁スサ=5：1：1：1
- +水で溶いた漆喰0.1（スコップで計測）
- +台所洗剤を少量加えた水

5. 施工費用

表-1は「土嚢の家」建設に要した資材・工具費用を示すものである。計374,626円であった。

表-1 資材・工具費用

名称	合計
三和土(資材)	45,272
三和土(工具)	1,394
土嚢部(資材)	244,202
土嚢部(工具)	18,745
内装(資材)	64,615
内装(工具)	398
計	374,626

なお、本プロジェクトにおいては学生の自主活動ということで人件費は計上していない。仮に、時給1,000円のアルバイト代を支払ったとした場合、作業

時間の合計が 1268.5 時間であったことから人件費は 1,268,500 円となる。資材工具費用と人件費用を加算すると、今回の「土嚢の家」施工費用は 1,643,126 円ということになる。

6. 作業歩掛

表-2 および表-3 は、実際の作業での記録を基に作成した各作業の歩掛である。

表-2 付帯作業の作業歩掛

作業名称	作業歩掛
草抜き	$29.5 \text{人} \cdot \text{時間} / 25 \text{m}^2 = 1.18 \text{(人} \cdot \text{時間} / \text{m}^2)$
基礎部分土嚢2段目	$24.5 \text{人} \cdot \text{時間} / 63 \text{袋} = 0.4 \text{(人} \cdot \text{時間} / \text{袋)}$
基礎部分三和土締固め	$70.5 \text{人} \cdot \text{時間} / 4 \text{m}^3 = 17.6 \text{(人} \cdot \text{時間} / \text{m}^3)$
外壁(下塗り)	$164 \text{人} \cdot \text{時間} / 9 \text{m}^2 = 18.2 \text{(人} \cdot \text{時間} / \text{m}^2)$
外壁(上塗り)	$170 \text{人} \cdot \text{時間} / 9 \text{m}^2 = 18.9 \text{(人} \cdot \text{時間} / \text{m}^2)$
屋根	$61.5 \text{人} \cdot \text{時間} / 10 \text{m}^2 = 6.15 \text{(人} \cdot \text{時間} / \text{m}^2)$
床	$62 \text{人} \cdot \text{時間} / 28 \text{m}^2 = 2.21 \text{(人} \cdot \text{時間} / \text{m}^2)$
入り口(建具)	$18 \text{人} \cdot \text{時間} / 1.2 \text{m}^3 = 15 \text{(人} \cdot \text{時間} / \text{m}^3)$

表-3 土嚢各段作業歩掛

段数	1袋当たりの作業歩掛
1段目	$24 \text{人} \cdot \text{時間} / 45 \text{袋} = 0.53 \text{(人} \cdot \text{時間} / \text{袋)}$
2段目	$20 \text{人} \cdot \text{時間} / 35 \text{袋} = 0.57 \text{(人} \cdot \text{時間} / \text{袋)}$
3段目	$18 \text{人} \cdot \text{時間} / 35 \text{袋} = 0.51 \text{(人} \cdot \text{時間} / \text{袋)}$
4段目	$15 \text{人} \cdot \text{時間} / 31 \text{袋} = 0.48 \text{(人} \cdot \text{時間} / \text{袋)}$
5段目	$16 \text{人} \cdot \text{時間} / 31 \text{袋} = 0.52 \text{(人} \cdot \text{時間} / \text{袋)}$
6段目	$16.5 \text{人} \cdot \text{時間} / 30 \text{袋} = 0.55 \text{(人} \cdot \text{時間} / \text{袋)}$
7段目	$18 \text{人} \cdot \text{時間} / 28 \text{袋} = 0.64 \text{(人} \cdot \text{時間} / \text{袋)}$
8段目	$20 \text{人} \cdot \text{時間} / 27 \text{袋} = 0.74 \text{(人} \cdot \text{時間} / \text{袋)}$
9段目	$15 \text{人} \cdot \text{時間} / 25 \text{袋} = 0.6 \text{(人} \cdot \text{時間} / \text{袋)}$
10段目	$24 \text{人} \cdot \text{時間} / 28 \text{袋} = 0.86 \text{(人} \cdot \text{時間} / \text{袋)}$
11段目	$18 \text{人} \cdot \text{時間} / 26 \text{袋} = 0.69 \text{(人} \cdot \text{時間} / \text{袋)}$
12段目	$21 \text{人} \cdot \text{時間} / 26 \text{袋} = 0.81 \text{(人} \cdot \text{時間} / \text{袋)}$
13段目	$30 \text{人} \cdot \text{時間} / 26 \text{袋} = 1.15 \text{(人} \cdot \text{時間} / \text{袋)}$
14段目	$24 \text{人} \cdot \text{時間} / 25 \text{袋} = 0.96 \text{(人} \cdot \text{時間} / \text{袋)}$
15段目	$16 \text{人} \cdot \text{時間} / 26 \text{袋} = 0.62 \text{(人} \cdot \text{時間} / \text{袋)}$
16段目	$21 \text{人} \cdot \text{時間} / 22 \text{袋} = 0.95 \text{(人} \cdot \text{時間} / \text{袋)}$
17段目	$20 \text{人} \cdot \text{時間} / 21 \text{袋} = 0.95 \text{(人} \cdot \text{時間} / \text{袋)}$
18段目	$24 \text{人} \cdot \text{時間} / 21 \text{袋} = 1.14 \text{(人} \cdot \text{時間} / \text{袋)}$
19段目	$15 \text{人} \cdot \text{時間} / 17 \text{袋} = 0.88 \text{(人} \cdot \text{時間} / \text{袋)}$
20段目	$12.5 \text{人} \cdot \text{時間} / 14 \text{袋} = 0.89 \text{(人} \cdot \text{時間} / \text{袋)}$

表-3 では、8 段目以降から数値が大きくなり作業が遅くなっていることが読み取れる。これは、8 段目以降からバケツリレー作業に変更になったためだと考えられる。

7. 結論

「土嚢の家」建設施工費用は、1,268,500 円となり、保有工具を加算すると、1,643,126 円という結果であった。表-2 および表-3 の各作業歩掛を算出することができた。また、当初計画では、大まかに 8 名パーティ×8 時間×14 日間=896 (人・時間) と作業雨量を想定していたが、本プロジェクト特有の作業であった草抜き、基礎部分土嚢、屋根の作業量を除いた 1,153 (人・時間) を実際に要した。約 1.3 倍の作業量を要したこととなるが、これは作業員(学生)の慣れや、学生の講義スケジュール等から適切な役割分担をするための人数に満たない日があったために生じた部分もあったものと考えられる。また、本研究で把握された土嚢各段の作業歩掛を用いることで、今後の土嚢建築を計画する際にはさらに詳細なスケジュールとコストの検討が可能となるものと考えられる。

8. 参考文献

- 1) BLUETAILED HAPPINESS:5 分で分かる「アースバッグ工法」-livedoor Blog (ブログ)
<http://bluetailhappiness.lblog.jp/archives/2825968.html>
- 2) 土木工事 積算基準マニュアル<平成 16 年度版>-2004 年 7 月 5 日 財団法人 建設物価調査会