

## 構法史的検証および工学的実験検証による木造建築における「土台」の総合的評価

大阪市立大学 石山央樹

### 1. 研究背景と目的

木造建築の脚部構法は、掘立から礎石、土台建へと変化してきた。特に民家における土台構法は歴史が浅いとされているが、その出現や由来は明らかでない。一方、奈良時代以降の社寺建築や戦国時代の城郭建築では早くから土台が存在しており、民家においても、何らかの理由によって土台が必要とされたと考えられる。本研究では、構法史研究の新しい手法として、絵図・文献調査に加えて構造計算や実験による定量評価を行い、中近世の民家における土台の発生要因を明らかにする。

### 2. 仮説と検証方法

#### 2-1 仮説1・不同沈下対策

滝澤の研究<sup>1)</sup>によると、洛中洛外図には土台を持つ町家の描写がある。これを踏まえ、現存する168本の洛中洛外図屏風のうち、インターネットで公開されている18本を調査した結果、遅くとも室町後期の京都には土台を持つ町家が存在しており、「棟持柱を持つ・妻側土台」から、次第に右の「棟持柱を持たない・平側土台」へと変遷していることが分かった。

棟持柱には特に荷重がかかり、沈下しやすいと考えられる。また、川沿いの町家が多く、地割によって軟弱な土地に建てざるを得ない場合も考えられることから、荷重の偏りや軟弱地盤に起因する不同沈下に対して、土台は何らかの役割を持つと考えた。本研究では、文献調査と計算による定量評価によって検証する。

#### 2-2 仮説2・柱脚部の耐久性向上

掘立柱から礎石建への移行の主な背景として柱脚部の耐久性向上と加工技術の発達が挙げられる。土台の発生においても同様の背景があると考えた。本研究では実験による定量評価によって検証する。

### 3. 仮説1検証

#### 3-1 重要文化財民家修理報告書調査

文化庁の国指定文化財等データベースにおいて、「重要文化財(建造物)/近世以前/民家」に記載の358件の民家のうち、大阪市立大学学術情報総合センターに修理報告書が所蔵されている214件について、修理報告書の(告示・構造形式)、(木工事)、(現状変更)、(図面)を参照し、民家の建設当初の土台パターンを分類した(図2)。

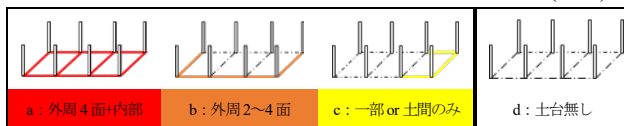


図2 重文民家における土台パターン分類(a~c: 土台有)

#### 3-2 軟弱地盤と土台有無の関係性

軟弱地盤の指標として、民家所在地の「地形」と「地名」を用い、土台使用との関係について調査した。なお、「地形」には、地盤サポートマップ<sup>2)</sup>を活用した。「地名」には、データベース<sup>3)</sup>による旧所在地住所のうち、さんずい、又は水や窪地に関する漢字を含むものを軟弱とした(都道府県名は除いた)。調査の結果、「地名:軟弱」所在民家の土台使用率が大きく(図3)、中でも江戸後期から末期にかけて軟弱地盤での土台使用率が大きく(図4)なっている。この傾向は当時の地表面の状況をより直感的に表した「地名」を指標として得られたため、軟弱地盤に対して土台を使用した一つの根拠となりうる。

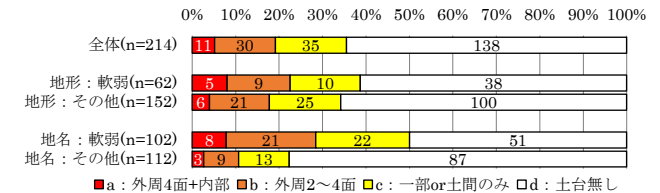


図3 土台パターンと地盤の軟弱さ(着色部:土台有)

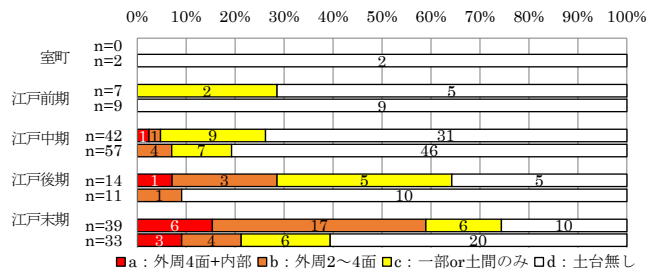


図4 時代別土台パターンと地盤の軟弱さ(着色部:土台有)  
(各時代上「地名:軟弱」、下「地名:その他」)

#### 3-3 即時沈下量計算

土台を使用すると接地面積が増加し、軟弱地盤における不同沈下に対し効果を発揮すると思われる。この効果を確認するため、平面2間×3間、壁高2.0mの民家(床敷、一部土間、土壁)を想定(図5)し、文献<sup>4)</sup>に基づき、本瓦葺等各屋根葺材を用いた際の柱A~Dにかかる荷重を算出し、礎石建と土台建の場合について、即時沈下量を求めた。宅地防災マニュアル<sup>5)</sup>の軟弱地盤の目安N値を用いた結果を図6,7に示す。土台建の場合、沈下量、荷重の偏りによる沈下量差ともに礎石建の約10分の1と大幅に軽減される。特に屋根荷重が大きいほどその効果を発揮する。

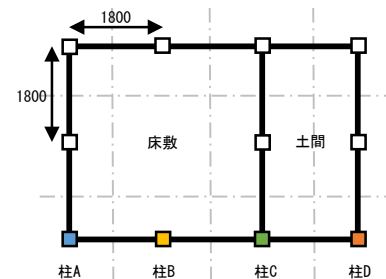


図5 計算用民家平面

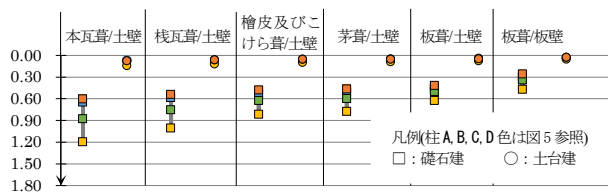


図6 即時沈下量計算結果(砂質土、N値=10)

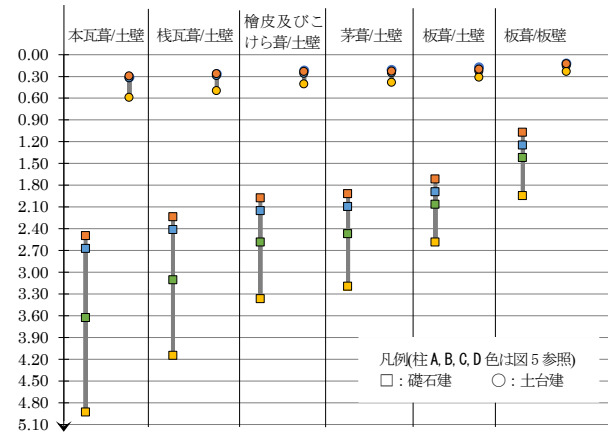


図7 即時沈下量計算結果(粘性土、N値=2)

### 3-4 考察

一般的に屋根荷重の大きい農村地域の民家では、軟弱地盤での不同沈下防止のため土台を用いたであろう。また、市街地の民家について、丸山が瓦葺規制を基に推測した棧瓦葺の普及時期<sup>6)</sup>と、本研究での土台普及時期が重なることから、土台使用の背景の一つとして不同沈下防止への意識があった可能性がある。今回用いた計算式では接地面積の増加を考慮しているが、これに加え直交方向の曲げによる沈下抑制効果もあると考えられる。

### 4. 仮説2検証・含水率確認実験

各柱脚部構法による耐久性変化を確認するため、掘立柱、礎石建柱、土台建柱(直置、礎石置)を模して設置した60mm角スギ材試験体(n=3)にじょうろで雨<sup>注1)</sup>を降らせたときの含水率分布を調べた。なお、礎石には御影石自然石を使用し、掘立柱は60mm埋め、土台には20×40mmの柄穴加工を施した(図8)。柱上部と土台の木口には防水テープを貼り、木口からの水の吸い込みを防いだ。

散水後2日間放置した後、柱下端、及び土台下端と側面から20mmずつ切り出し、105度で全乾させ含水率分布を求めた(図8)。土台建の場合、柱柄部の含水率が高くなり、礎石建に比べ弱くなるという結果が得られた。一方で、柄から離れた土台両端に注目すると、土台の地面からの水の吸い上げは礎石建よりも抑えられていることから、柄周辺が弱点となった原因として、土台上面に直接雨が当たり柄部分に水が溜まったことが考えられる。実際、土台の上には土壁等外壁が載り、土台上面がすべて表しになることは少ない。そのため、柄部分にそれほど水は溜まらず、礎石建と比較して柱脚部の耐久性が低下しているとは一概には言えず、むしろ向上すると考えられていた可能性がある。

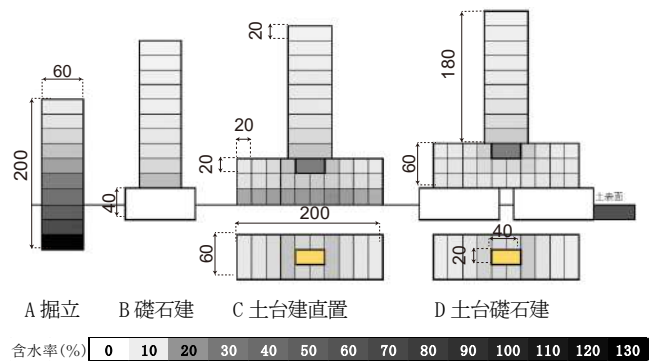


図8 試験体概要兼含水率分布図 (n=3 平均値)

### 5. シロアリ遡上検証

シロアリの遡上状況を確認するため、図8と同様の試験体を琉球大学内シロアリフィールドに設置した。シロアリ食害試験は通常、地上に設置した試験体に対し、雨除けと風よけのためにコンテナを伏せて設置するが、今回は風通しのよい床下を想定し、隙間をあけてコンテナを設置した。2021年11月に開始したが、シロアリの誘因がうまくいかず、いずれの試験体に対しても未だシロアリの遡上は確認できていないため、本研究期間終了後も継続観察を行う。

### 6. まとめ

中近世の民家における土台の発生要因について、文献調査、数値シミュレーション、実験によって多角的に検証した。軟弱地盤において不同沈下を抑制する目的で土台を導入したという仮説に対しては、文献調査によって土台の有無と地名との関係を検証したところ、一定程度仮説を裏付ける結果が得られた。また、即時沈下量の計算でも、土台の有無で大きな違いが認められた。さらに、散水後の土台の含水率分布を計測したところ、礎石および土台があるものの含水率が比較的 low、耐久性を向上させる可能性も示唆された。

### 謝辞

本研究の遂行に当たっては、大阪市立大学工学部建築学科建築計画・構法研究室の岩崎日菜子君はじめゼミ生の多大な協力をいただいた。ここに感謝の意を表す。本研究は建築技術教育普及センターの研究助成を受けて行った。

注1) 気象庁の気象データより、2021年9月2日の大阪府の1日降水量29mm分を1日2回に分けて散水した。

### 参考文献

- 1) 滝澤秀人：土台を持つ棟持柱構造の変遷、学術講演便覧集F-2、日本建築学会、pp. 107~108、2003
- 2) ジャパンホームシールド、地盤サポートマップ <https://supportmap.jp/#13/35.6939/139.7918> (参照2021.11.25)
- 3) 北本朝展、人文学オープンデータ共同利用センター、歴史的行政区域データセットβ版 <https://geoshape.ex.nii.ac.jp/city/resource/> (参照2021.11.25)
- 4) 重要文化財(建造物)耐震基礎診断実施要領、平成13年4月10日裁定 平成24年6月12日改正
- 5) 宅地防災研究会編、宅地防災マニュアルの解説 第二次改訂版、ぎょうせい、2007
- 6) 丸山俊明、18~19世紀の京都の町並景観と瓦葺規制、日本建築学会計画系論文集 70(587)、pp. 163-168、2005