

INOUE Sakiko

井上 祥子

富山大学 学術研究部 芸術文化学系 特命助教

1. はじめに

筆者の専門は建築構造である。「建築」と聞くと新たな建築物を作り出すことをイメージするかと思うが、筆者は「現存し、大切にされてきた建築物を守り伝えること」に主眼を置き、研究に取り組んでいる。

日本には、伝統木造建築が建ち並ぶ歴史的街並みを有する地域が多数存在する。歴史的街並みはそこに根ざしてきた人々の生活の場であると共に、重要な観光資源という一面を持ち、保存が望まれている。

歴史的街並みを守るためには、構成要素の一つである伝統木造建築の保存が必須である。しかしながら、伝統木造建築の構造性能には十分に明らかとされていない部分が多く、耐震性能の評価が適切に成されているか疑問が残る。過度な安全側での評価は鋼材を用いた過剰な耐震補強につながり、伝統木造建築の意匠性を損ねる可能性がある。

以上のような背景より、筆者は伝統木造建築の耐震性能を適切に評価可能なツールの提供を目指し、伝統木造建築のための実用的な数値解析法の開発に取り組んでいる。

2. 伝統木造建築のための数値解析法の開発^[1]

数値解析法とは数値計算を用いて変形と力の関係をシミュレーションする手法のことである。木造を対象とした数値解析法の開発には様々な課題が残されているが、筆者は主に伝統木造建築の接合部の解析モデル化手法の構築に注力してきた。

伝統木造建築の接合部は複数の部材が組み合わさって成立している。外部から力が加えられ接合部が変形するとき、接合部内部では部材間に部分的な接触と離間が生じる。接触部分において部材同士が力を及ぼし合うことで外部から与えられた力に抵抗する仕組みとなっている。

適切な解析モデル化手法を構築するためには、接合部内部にどのような抵抗機構が存在し、部材がどのように変形することで耐力を発現しているのか把握する必要がある。

3. 画像計測を用いためり込み変形の計測

伝統木造建築の接合部の抵抗機構の中でも特に注目される要素が「めり込み抵抗」である。めり込み抵抗は鉄骨造やRC造では議論されず、木造建築特有の抵抗要素である。伝統木造建築の接合部の構造上、特に木材の繊維直交方向のめり込み抵抗が議論され、接合部の仕様によってはめり込み抵抗が主たる抵抗要素とされる場合もある。めり込み抵抗の正しい評価が、接合部耐力の適切な評価につながるのである。

筆者はこのめり込み抵抗を解析モデル上でどのように表現すべきかを検討するため、2種の実験的研究を行った。実験の内容と得られた知見を以下にまとめる。

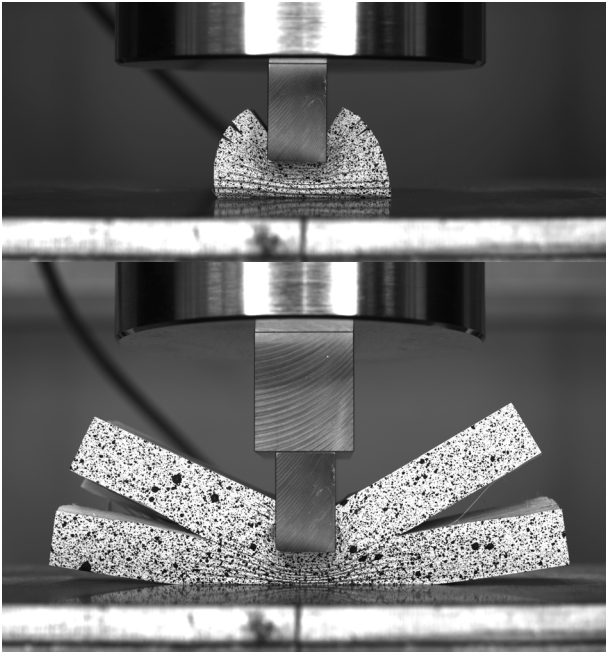
3.1 画像計測を用いた部分横圧縮試験体に生じる表面変位形状の計測とめり込み荷重の予測^[2]

めり込み変形は、他部材との接触部分だけでなく、その周りの余長部分と呼ばれる領域にも広がる変形である。この余長部分の凹み形状を表面変位形状というが、計測の困難さから実際の表面変位形状は不明な状態であった。そこで、筆者は画像計測を用いることで底面を剛体支持される部分横圧縮試験時の表面変位形状を計測した。画像計測は、定点撮影した画像群から指定した範囲の変位とひずみの情報を得る計測システムのことである。計測した実際の表面変位形状と材料特性より、大きなひずみ領域においてもめり込み荷重の予測が可能であることを示した。

3.2 楔なし通し貫接合部の貫に生じるめり込み変形の計測と材料特性を評価した接合部耐力の予測^{[3],[4]}

3.1での研究成果をうけ、実際の接合部に生じるめり込み変形を計測し、めり込み変形と材料特性の情報から接合部耐力の予測が可能か検討することとした。検討する接合部はめり込み抵抗が主たる耐力要素であるとされる楔なし通し貫接合部とし、接合部実験中に貫に生じるめり込み変形を画像計測により計測した。

計測された貫に生じる表面変位形状と材料特性を用いて、3.1と同様の手法で接合部耐力を予測すると、



部分横圧縮試験 (2021) / Photo by Inoue Sakiko

実験結果よりも小さな値を示した。これは、貫に生じるめり込み変形が、柱との接触部分で局部的に生じる変形であることが影響し、表面変位形状のみの情報からでは評価すべきめり込み変形を算出できなかったためであると考えられる。そこで、かなり大胆ではあるが、変形の情報として局部的なめり込み変形（ひずみ）のみを採用し、接合部耐力の予測を試みた。その結果、局部的なめり込み変形を評価することで接合部耐力を予測可能であろうことを確認した。

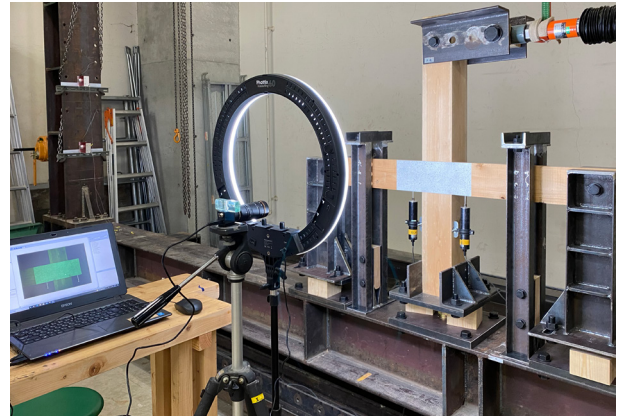
4. 通し貫接合部の解析モデル化手法の提案

3.2 で得られた局部的なめり込み変形（ひずみ）の分布形状を解析モデルへ導入すると、実験結果と解析結果が概ね良好に対応することが確認された。特に、剛性と降伏耐力の対応に良い結果を得ている。

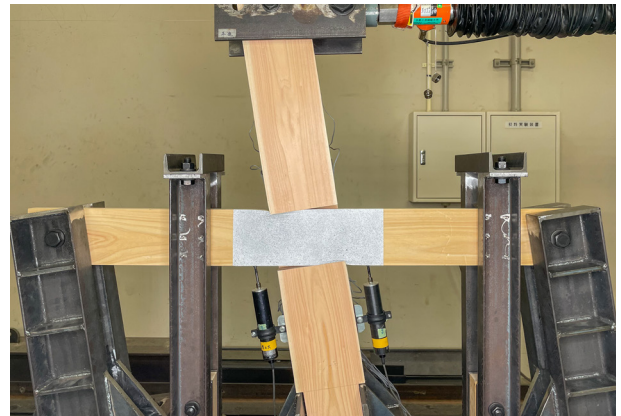
しかしながら、解析法に導入した局部的なめり込み変形の分布形状は、あくまでも実験により取得した情報である。実用的な解析法とするためには、接合部実験を実施せずとも、解析法へ導入するめり込み変形の分布形状を決定できるようにする必要がある。今後は、試験体寸法と関連づけながら、めり込み変形の分布形状を決定する手法の検討を行う予定である。

5. おわりに

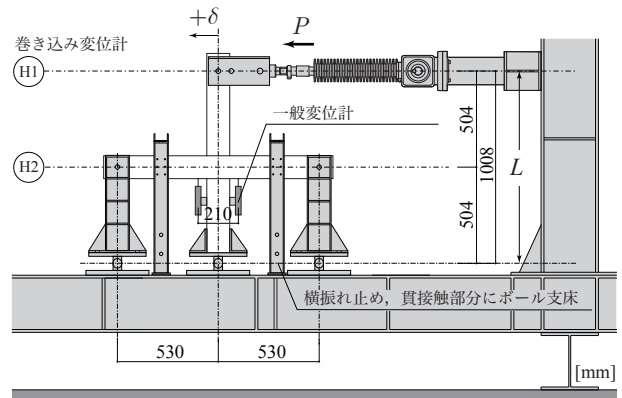
これまで筆者は伝統木造建築のための数値解析法の開発に取り組んできたが、実務で使用可能なレベルの解析法とするためにはクリアすべき課題が多く残されている。根気強く、今後も伝統木造建築のための数値解析法の開発に取り組みたい。



貫のめり込み変形の画像計測 (2022) / Photo by Inoue Sakiko



柱が貫にめり込む様子 (2022) / Photo by Inoue Sakiko



通し貫接合部実験の概要 (2022)

参考文献：

- [1] 井上祥子, 村本 真：木造軸組解析のための梁-柱有限要素モデルの提案, 構造工学論文集, Vol.65B, pp.247-255, 2019
- [2] 井上祥子, 村本 真：木材のめりこみ試験時の弾塑性表面変位形状の計測と全面横圧縮応力ひずみ関係を用いためりこみ荷重の予測, 日本建築学会構造系論文集, 第88巻, 第805号, pp.467-478, 2023
- [3] 井上祥子, 村本 真：楔なし通し貫接合部の貫に生じるひずみ分布の画像計測, 歴史都市防災論文集, Vol.16, pp.17-24, 2022
- [4] 井上祥子, 村本 真：楔なし通し貫接合部の貫に生じるめり込み変形と材料特性の評価に基づく接合部耐力の評価, 歴史都市防災論文集, Vol.17, pp.23-30, 2023