

# 貫構法によるサステイナブルな仮設構造物の提案及び性能の検証

## 八ヶ岳山麓における木遣り台の循環利用

### Proposal and performance verification of sustainable temporary structures using joints of column and penetrating beam with local timber

#### A cyclical use of wooden stage in the area around of Mt. Yatsugatake

○樋口 貴彦 (職業能力開発総合大学校) \*1

大和田 卓 (日建設計 | Nikken Wood Lab) \*2

齋藤 遼 (東京大学総括プロジェクト機構) \*3

村上 翔 (SCALA Design Engineers) \*4

\*1 Takahiko Higuchi, Polytechnic University of Japan, Ogawanishimachi2-32-1 Kodaira-city, 187-0035, t-higuchi@uitech.ac.jp

\*2 Takashi OWADA, NIKKEN SEKKEI LTD, Iidabashi2-18-3Chiyoda-ku, 102-0072, owada.takashi@nikken.jp

\*3 Ryo Saito, Tokyo University, Hongo7-3-1 Bunkyo-ku, 113-8656, saito@arch1.t.u-tokyo.ac.jp

\*4 Sho Murakami, SCALA Design Engineers, Tokiwafudosan Bldg 202, Tokiwamachi2-10 Naka-ku Yokohama-city, 231-0014, murakami@scala-de.com

キーワード: サステイナビリティ, 貫構法, 仮設構造物

## 1. 集落景観と仮設舞台

現在の日本の山林は戦後の植林により歴史上最大の森林蓄積量を有している。この木材資源を活用した低炭素社会の実現に向けて建築分野では木材の性能を均質化したエンジニアリングウッドの活用が進められている。一方でより身近な木材利用の手法として多種多様な各地の山林の木材の特徴に応じて、家屋や生業、祭事等の中で培われ暮らしとともに発展してきた伝統的な大工技術は、地域の景観やコミュニティの活動と結びついて多岐にわたる現代的需要を生み出す可能性を有している。しかしながら、伝統的な大工技術の担い手は減少し、今日では木材資源を抱える山里においても身近な山林の木材を加工して活用する機会は限定的であるため、身近な地域の山林資源を活かすしくみが失われつつある。

伝統的な大工技術のうち、比較的簡易な加工により成り立ち、日本国内で戦前まで広く寺社仏閣や民家の構法と知られてきた貫構法は、貫と柱を接合する簡素な架構でありながら、仕口形状、柱径、貫せい、貫幅、樹種、楔形状、及びそれらとクリアランスとの関係をパラメータとする柱貫接合部の構造特性の体系的な評価には未だ検討の余地が残されている\*1。また特に楔により固定具合を調節することで組み立て解体が可能な仮設性を有する構法でありながら、繰り返し利用を前提とした有効性の検証は行われていない。そこで本プロジェクトでは貫構法の発展的活用方法の開発を念頭に置いて、集落景観と伝統的な大工技術の新たな関係性を提案するためコミュニティ内の貫構法による構造物の実態を調査して、地域の間伐材を用い地域内で持続的に運用される仮設構造物の提案と、制作設置を行い、地域内における繰り返し利用の実践を試みた。

本プロジェクトでは、第一段階として貫構法を家屋の外周部に特徴的に用いた家屋が多くみられる八ヶ岳山麓南麓の長野県諏訪郡富士見町乙事集落を対象に、集落内の貫構法による家屋を悉皆調査するとともに、この地域において7年に一度開催されている御柱祭に際して、神社の境内に御柱として立てる丸太を山林から運ぶ過程で、曳き手を沿道で鼓舞する木遣り唄の唄い手が立つ舞台として「木遣り台」を集落各所に設けることを提案し、組み立て解体が容易な形状に工夫した「サッパ」型の楔 (Fig. 1) を用いた簡易な貫構法による木造仮設舞台を制作することとした。この集落の区有林から伐採された間伐材21本を用いることとなり御柱祭の工程における集落住民の要望に応じた3つの、規模や特徴が異なる木遣り台を計画した (Fig. 2)。舞台の設計に際しては「サッパ」形状の楔と間伐材と同種の丸太を用いた構造試験体を製作して載荷試験を行い、柱貫接合部の回転抵抗に対する力学的特性を検証し、貫寸法を決定した (Photo. 2)。これらの木遣り台は2022年9月の御柱祭終了後、約2ヶ月展示期間を経て1体を残して解体・保管され、プロジェクトの第二段階として、同町の井戸尻遺跡公園内の蓮池用の物見台として2023年7月末に再建し同年8月26日にホゾ周りの劣化状況を確認し、貫構法の仮設構造物の繰り返し利用における課題点を検証した。

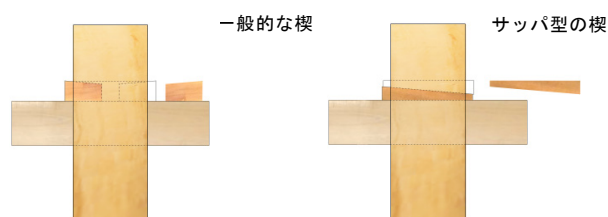


Fig.1 Common wedges(L) and the wedge used in this project (R)

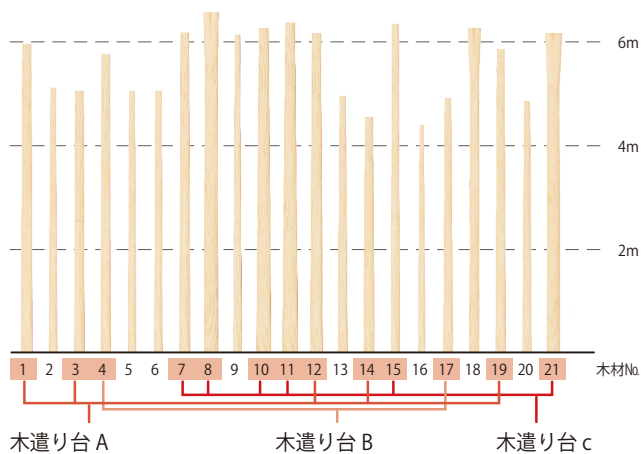


Fig.2 Relationship between provided logs and wooden stages

## 2. 集落内の家屋と貫構法

乙事集落内の主屋及び付属屋を含めた239棟の家屋のうち約40棟の住居と2棟の付属屋が外周部に貫を多用した構造であり、16棟は養蚕用の蚕室を居室として転用した総二階の住居であった (photo 1)。代表的な平家住居の実測調査事例においては、切妻面に意匠的な貫の配置が見られ、300mm程度の間隔で貫成135mmの貫が柱間や小屋束を貫通していた。また間取りとの関係では、屋内の作業空間である土間と屋内に設けられた馬屋周りの壁面に集中的に貫が用いられていることがわかった。木目の特徴からこれらの貫にはサワラやカラマツが用いられており、木芯と節間隔の特徴から<sup>\*2</sup>、貫材には近隣の山林の比較的細い木材が用いられる傾向が見受けられ、山林を管理する中で得られる木材を歩留まり良く活用しようとする傾向が見られた。

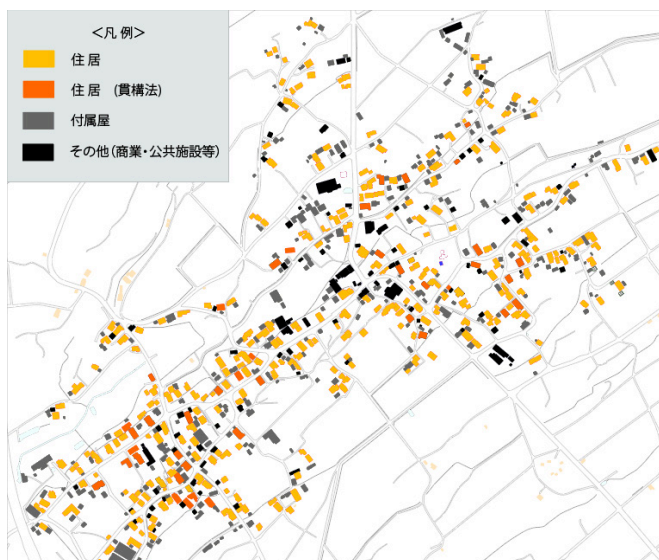


Fig.3 Distribution of houses of penetrating construction in Okkoto



photo.1 Houses of penetrating construction in Okkoto

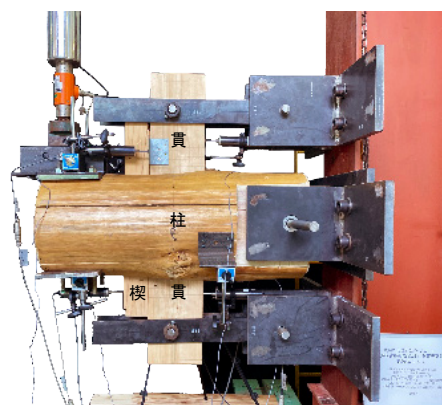


photo.2 Structural tests on full-scale joints

## 3. 木遣り台の特徴と施工性

木遣り台は御柱の曳き子よりも高い位置に木遣り衆が立ち、御柱の曳航に合わせて安定して木遣り唄を歌えるように今回の御柱祭で新たに提案した仮設の舞台であり、集落住民より集落内の御柱が曳かれる沿道に複数個所に設置することが求められた。そのため沿道を御柱とともに移動することが可能なトラックの荷台に設置する1名用の中型の木遣り台 (Fig. 4-A) ②設置場所に合わせて柱位置を調整し、形態の変更が可能な床面のない小型の沿道の木遣り台 (Fig. 4-B)、③御柱が建てられる神社境内に設置される5名程度が立つ大型の木遣り台 (Fig. 4-C) の3種類の仮設舞台を、集落が管理する山林より調達した直径がφ200~310mmの丸太材 (サワラ) を用いて計画した。また貫については丸太材の直径と木遣り台の規模に応じて45×120mmと60×180mmの2種類の断面の貫材 (ヒノキ) を用いた。①~③の柱貫の接合部には、主に緊結と分解が容易な柱の両側から打ち込む「サツパ型」の楔を用いる計画とした。何れの舞台も人力による組み立て解体を前提としており<sup>\*3</sup>、①及び③に設けた床面も人力で運搬可能なパネル状に構成したものを、①②については作業員3名により20分程度で、③については作業員6~7名により60分程度で主要な構造部の組み立て及び解体を行うことができた。

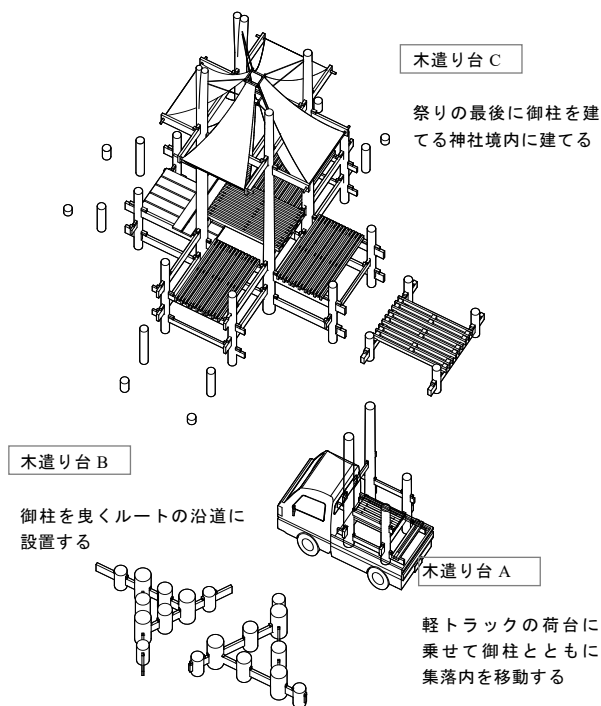


Fig.4 3types of wooden stages



Photo.3 Usage on the day of Onbashira Festival in Okkoto

乙事諏訪神社の御柱祭の後、これらの木遣り台のうち①については、乙事集落のイベントに広告塔として活用するため集落内で継続的に利用された。木遣り台②及び③は、一旦解体されたのち富士見町民俗資料館に保管され\*4、富士見町内の井戸尻遺跡公園内にある蓮池を夏季に観賞するための物見台として再建された。柱貫の接合部が最も多く施工過程が複雑な③については、貫構法による構造物の繰り返し利用する場合の課題点を確認するため、施工のプロセス及び柱貫接合部に見られるホゾ穴周囲の劣化・変形状況 (Fig.5) を記録した。



乙事諏訪神社の木遣り台

井戸尻遺跡公園の物見台

Photo.4 Construction process of stages in Okkoto and Idojiri

Table1. Construction conditions and issues

設置場所	乙事諏訪神社	井戸尻遺跡公園	
施工時期 (Y/M/D)	2022.9.17	2023.7.29	
設置期間 (予定期間)	約2ヶ月	2ヶ月 (予定)	
施工者数 (人)	大工7+1	大工5+1	
設置条件	方位 (一番通り)	北	北北西
	掘立点圧	○	—
	GLとの関係	-500mm	0~±300mm
施工時間 (分)	部材配置	30	30
	柱貫組み立て	60	120
	接合部調整	45	90
各部位における課題点	柱	—	ホゾ穴周囲の割れ
	貫	—	曲がり
	楔	—	部材の痩せ
	ホゾ穴	掘立て柱の底部を、点圧したことで柱のホゾ穴の高さが揃い、頭頂部の貫を通しやすい。	掘立て柱の底部を、点圧しておらず、柱のホゾ穴の高さが揃わず、各段の貫が通しにくい。

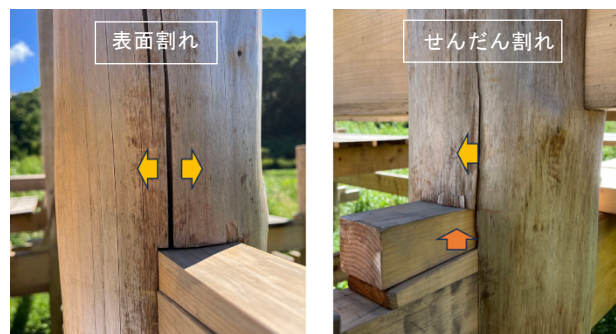


Photo.4 Two types of cracking in joints

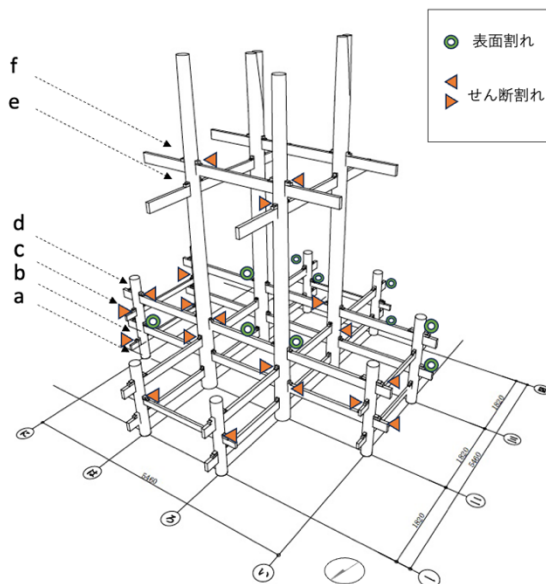


Fig.5 Cracking conditions on a wooden stage

#### 4. 再建時の施工性の検証と劣化状況

3つの木遣り台の中で、貫一辺が 5.4m と最も規模が大きく、柱貫の接合部が 52 箇所ある③における、乙事諏訪神社境内と井戸尻遺跡公園内での設置状況には相違点があるため、表(Table.1)に示した。主な相違点として井戸尻遺跡公園での再建時は、乙事諏訪神社での施工時と同数の施工者を確保できず、また地盤面の点圧がしにくい傾斜地に設置したため\*5、掘立ての底面位置の調整が困難であった。特に建て方作業開始当初は柱底部の高さが柱相互でずれる状況が見られ、ホゾ穴の高さが揃わず、楔を打ち込みながら貫の高さを調整する必要が生じ、組み立てに要する時間は大幅に伸びた。一方で③に比べ規模が、小さく柱と貫の接合部の位置を水平方向に調整することが可能な②については、隅角部の固定に用いる楔の打ち込み具合を調整するため、楔の端部を削ったが、それ以外の点では乙事での組み立てと大きく変わる点はなかった。

③の木遣り台の柱貫接合部の劣化状況を目視で確認した結果、構造性能を損なうような著しい欠損は見られなかった。しかし目視による確認からホゾ穴周囲に木材の自然乾燥による表面割れと、楔の打ち込みにより木材が上下に圧迫され、一部が楔の打ち込み方向に横づれを起こすせん断割れが見られることがわかった (Photo.4)。前者についてはホゾ間をまたぐ割れもあり、割れの長さを一律に計測するのが困難であるため、その幅のみ、後者については隙間ゲージを用いて割れ幅と割れの長さを計測した。表面割れとせん断割れの見られたホゾ穴の位置を Fig.5 に示した。

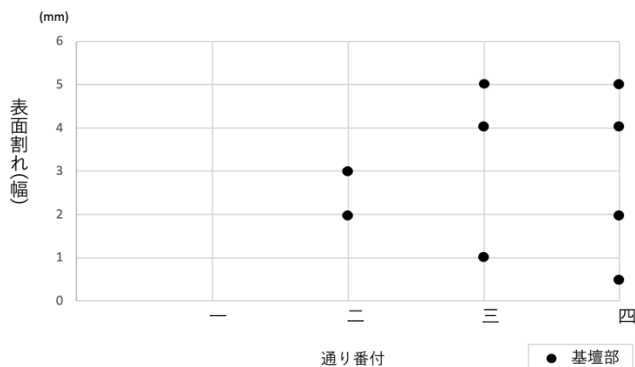


Fig.6 Positions and width of surface cracks

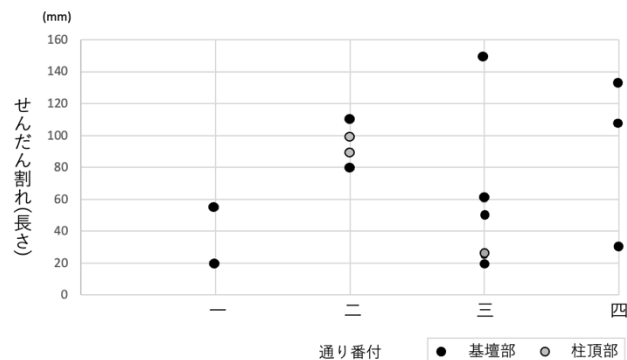


Fig.7 Positions and length of shear cracks

## 謝 辞

貫構法の接合部について、技術的指導をしていただき、木遣り台の制作設置に協力いただきました故崎崎進棟梁と岡本大工職組合の皆様、間伐材を提供していただき木遣り台の設置に協力していただきました富士見町乙事集落の皆様、並びに富士見町井戸尻考古館関係者の皆様、実物大構造実験にご協力いただきました東洋大学高岩研究室の皆様、プロジェクト全般にサポートいただきましたぶなのスタジオの大西智子氏に記して感謝します。本プロジェクトにおける実大実験は、東洋大学工業技術研究所プロジェクト研究（研究代表者：樋口貴彦）の採択を受けて実施された。

## 注 釈

- 注1) 多層の貫で構成された構造体については、稲山の提案する木材のめり込み挙動と木材寸法により推定できる弾性算定式に基づき、藤田らが@400mm 間隔の6段貫で構成された耐力壁の構造性能を検証している（文献1）ほか、辛・藤田らは伝統的な貫の継ぎ手の楔の形式に着目した柱貫接合部の曲げ実験を行なっている（文献2）。また村井・宮本は社寺建築における略鎌継と楔を用いた場合と通し貫の柱貫接合部の実大実験による構造評価を試みている（文献3）。
- 注2) 貫表面の節から推定される枝間が300mm程度の比較的細い木材が用いられる傾向がみられた。
- 注3) 材長6mの柱材を組み立てる際には、安全確保のため重機による柱材の端部を吊り上げた状態で作業した。
- 注4) 富士見町民俗資料館の軒下空間に、通気に配慮してシート養生した状態で保管した。
- 注5) 設置場所は、埋蔵文化財の調査対象地でもあるため、手工具を用いた限定的な点圧しかできず、柱底部のレベル出しに苦慮した。

## 文 献

- 藤田克則, 稲山正弘, 高橋賢二: 伝統要素で構成された木造体力壁の開発, 日本建築学会技術報告集, 第18巻第38号, 2012. 2
- 辛殷美, 讃岐将嗣, 青木ゆい, 藤田香織: 継ぎ手を有する柱貫接合部の実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, 第80巻第711号, 2015. 5
- 村井颯希, 宮本慎宏: 社寺建築における柱貫接合部の構造性能評価に関する実験的研究, 日本建築学会技術報告集, 第27巻第66号, 2021. 6

柱貫接合部は、十字形平面の基壇部に44箇所、中央の4本の柱の頂部を固定する8箇所があり、基壇部は高さ方向に360mmの間隔で地盤面からa, b, c, dの4レベル、舞台上に2680mmの間隔において、e, fの2レベル設けられている。ホゾ周辺の割れの種類と位置の関係性を確認するため、表面割れの幅と位置の傾向をFig.6に、せんだん割れの長さとの関係をFig.7に示した。その結果、表面割れは基壇部分においてみられ、北側の工面に少なく南側の三番、四番通りに多くみられた。またせんだん割れは基壇部及び頂部においてみられ、特に頂部に接合部のある二番、三番通りの工面に集中して見られることがわかった。尚、表面割れの幅は、0.5~5mmとなっており、せんだん割れの長さは20~150mm、一方でせんだん割れ幅は0.03~0.5mmで表面割れの方が割れ幅が大きくなる傾向が見られたが、各割れ幅や長さの傾向と出現位置には特筆すべき相互関係は確認できなかった。

また木遣り台再建時の部位ごとの課題点として、貫の曲がりや、楔の痩せによる接合部のクリアランスの問題を想定していたが、双方とも軽微な変容にとどまったため実際の施工に影響を与える要素とはならなかった。

## 5. 取り組み評価の指標と展望

本プロジェクトでは簡易な加工により、地域の木材を活用する技術として貫構法に着目し、コミュニティに馴染むサステナブルな地産地消の技術として有効性の検証を試みた。構造特性の検証を行ったサッパ型の楔を貫構法による仮設舞台に関しては、実際の間伐材の柱寸法に基づく構造性能上の有効性について実物大構造実験により確認することができた。また地域の御祭祭において舞台の設置、使用、解体が行われ、同じ地域内で再建し使用されたことで、部材の割れや変形等、繰り返し利用が可能な仮設構造物として保管・施工する場合の課題点についても確認することができた。一方で繰り返し利用を想定した場合の運用上の有効性については、柱貫接合部の長期的な劣化傾向を明確にして、柱貫クリアランスの変動へ対応を検討する必要があることから、今後も接合部の劣化のプロセスを記録し、構造性能との関連性を検証する余地が残されている。

また集落内の家屋調査の結果により、貫材に比較的細い木材が用いられていることがわかり、地域内の小径木の有効利用の手法であることも推察したことから、さらに調査事例を増やして、この地域の森林資源の特性に基づく技術の有効性を明確にしていきたい。