

樹状方杖架構の接合部耐力計算シート

森と木のクリエイター科 木造建築専攻 橋本 剛

1. 研究背景と目的

近年、中大規模木造建築物の建設事例が増えている。中でも方杖架構を上に向かって枝が広がるような「樹状方杖架構」により建設される事例が増加している。トラス架構とは一線を画した構造である。自力建設 2021 では、樹状方杖架構により「木立のこみち」を建設した（写①）。その樹状方杖架構の接合部設計時に必要なツールとして、表題を課題研究とした。

2. 接合部に働く力

樹状方杖架構の力学的特徴を把握するため、骨組構造解析プログラム¹⁾により応力解析を行うと、主に 3 つの力——軸力、せん断力、曲げモーメントの応力が発生することがわかる。それぞれの応力に対して接合部の各部分（ほぞやビス）の耐力が釣り合うことで破壊しない。

実際に建設された事例である「屋久島町庁舎」などを、図面等の文献資料を元に筆者なりに骨組構造解析を行った。これにより方杖の角度によって力の鉛直・水平成分の比率が変わることや、接合部強度によって

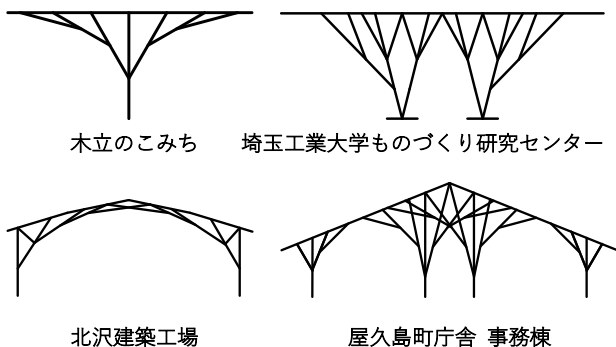


図1 樹状方杖架構による建設事例

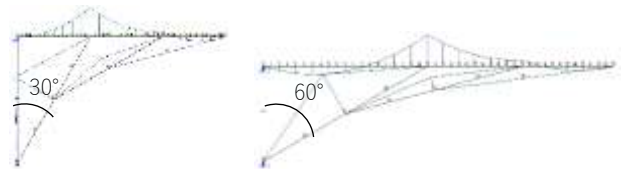


写① 自力建設 2021 木立のこみち

伝達される応力の強弱が変化することがわかった。

また、そこで課題となったのが接合部に生じる曲げモーメント応力であった。接合部をピン節点として解析した場合と、剛接合として解析した場合を比較すると、ピン節点で解析した場合は接合部に生じる 3 つの応力が過大となることも分かった。

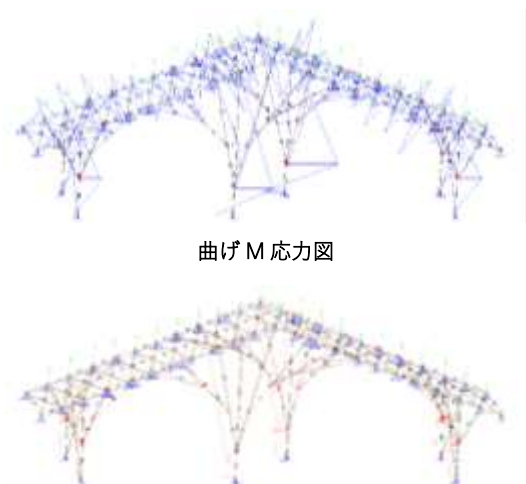
また、建設事例の文献調査と、自力建設 2021 「木立のこみち」で採用した接合方法と同様の接合方法として、接合部耐力計算シートで想定する接合方法を決定した（図 4）。「木質構造用ビス+ほぞ仕口」に限定することで検討点を明確にした。



30° の場合

60° の場合

図2 方杖角度による応力の違い（曲げM図）



変位図

図3 屋久島町庁舎の骨組構造解析

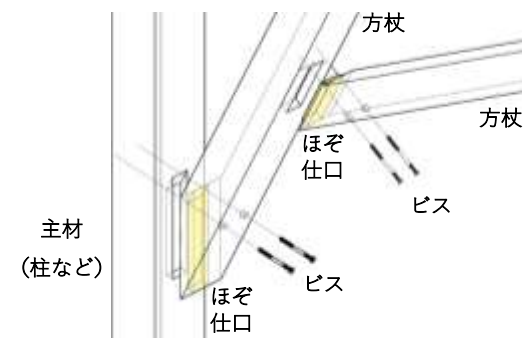


図4 木質構造用ビス+ほぞ仕口

3. 樹状方杖架構接合部耐力計算シート

想定し得る接合部破壊性状を決め、それに対する検定式をエクセルで作成した。作成は、①接合部に起き得る破壊モードを特定する、②破壊モードを図示する、③破壊モードに対する耐力要素の検定式を作成する、という手順で行った(図5)。

破壊モードはせん断力で3種類、圧縮力で2種類、引張力で1種類、座屈で2種類、曲げで2種類の計10項目となった(図6)。破壊モードの特定については岐阜県内の構造設計事務所2社(特定非営利活動法人WOOD AC、株式会社木構堂)にヒアリングしご助言いただいた。

計算シートは主に基本情報入力部分に樹種・接合部のほぞの断面形状・方杖の角度・使用するビスなどを

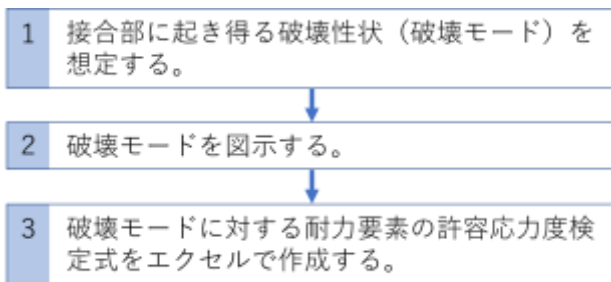
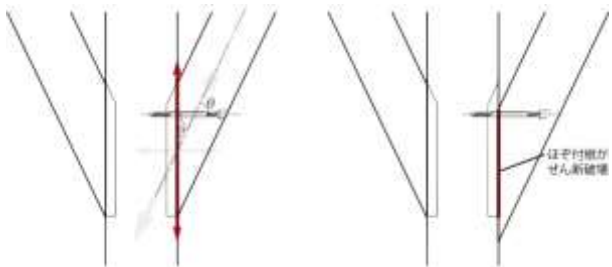


図5 接合部耐力計算シート作成手順

接合部の破壊モードの種類と、計算シートへの反映項目	
せん断力	
1	方杖ほぞのせん断破壊
2	ビスのせん断破壊
3	ビス部の木材の割裂破壊
圧縮力	
1	主材のめり込み破壊
2	方杖のほぞ先端あごによる主材の支圧破壊
引張力	
1	ビスの引抜け破壊(主材から・方杖からの引抜け破壊)
座屈	
1	方杖の座屈破壊
2	主材の座屈破壊
曲げ	
1	ビスの曲げ破壊
2	方杖接合部の曲げモーメント破壊

図6 接合部耐力計算シート検討項目(破壊モード)



方杖ほぞのせん断破壊モード図

$\frac{\alpha Q}{A_e \times f_s} \leq 1.0$		αQ : せん断応力	α : 長方形断面 $3/2=1.5$
		A_e : ほぞの有効断面積	
		f_s : 木材のせん断応力度	
α	Q		
長方形断面	1.5	×	1500
	4200	×	9.79
		=	2250 N
			41118 N
			= 0.05
A_e		f_s	

図7 方杖ほぞのせん断破壊の検定

入力することで、各破壊モードに対する検定式に反映され、結果が出る仕組みである。

4. 接合部強度の意識啓発

同耐力計算シートは構造設計の実務で実際に検討する項目が網羅されている。それに加え、「曲げモーメント破壊」などの検討項目を追加していることが特徴である(図8)。通常、トラスや方杖架構の接合部は曲げモーメントを伝達しない「ピン節点」で検討される。しかし実際の接合部はピン接合ではなく、ある程度の曲げ強度や曲げ剛性を有する「半剛接合」であることが知られている。それを計算に考慮できれば、ピン接合での解析と比べて応力が小さくなり、適切な部材断面を選定でき構造設計上合理的である。

今回、同耐力計算シートの「曲げモーメント破壊」の検定では、方杖部材の許容曲げ耐力に対する接合部耐力の比を求め、接合部が部材と比較しどの程度耐力が低いかを確かめられるものとした。これにより実務においても接合部強度を意識した構造設計を啓発できればと考える。

1) 藤井大地『パソコンで解く骨組の静的・動的・弾塑性解析』(丸善、2000年)収録

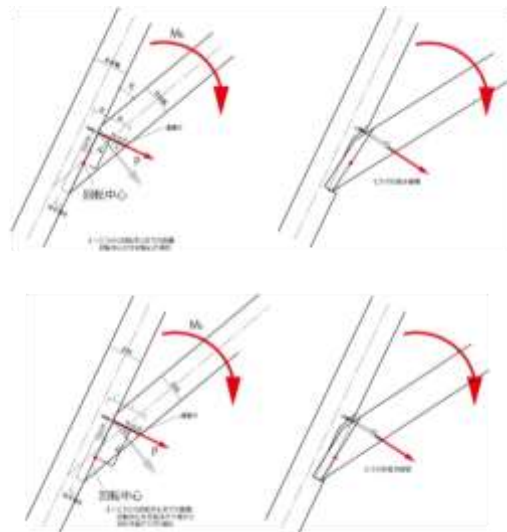
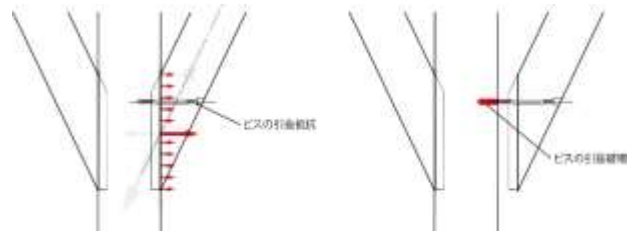


図8 方杖の曲げモーメント破壊モード図



ビスの引抜き破壊モード図

主材に対するビスの引張強度 \geq 方杖の引張応力			
※主材へのビスの埋込み長さをメーカー推奨値以上確保すること			
		引張強度	
	ビス名・品番	最大荷重	方杖の引張応力
使用するビス	パナリッドP6×90II	2802	\geq 1500

図9 方杖ほぞのせん断破壊の検定