

繰返し引張荷重を受ける木部材のボルト接合部の挙動

宮崎大学大学院 学生員 村上 弥生

宮崎大学工学部 正 員 今井富士夫、中澤 隆雄

1. はじめに

近年、木橋の支間が増大するなかで、木部材も大断面化するとともに、部材の接合も必要となっている。木部材と鋼ジョイントとの接合に鋼ボルトを使用する場合には、ボルトとボルト孔の隙間によるガタが生じるため、基本的には木部材のボルト孔はボルト径と一致させるようになっているが、多数のボルトを使用するときなどには、ボルト孔はボルト径より大きくする場合もあり、その場合には樹脂を充填して、隙間を無くすことになっている¹⁾。その実施例として、かりこぼうず大橋が挙げられる²⁾。

ボルト接合に関する研究としては、部材全体の耐力や木部材のプラグ破壊などの破壊形式について論じた研究などがあげられるが、漸増载荷に関するものが多く、繰返し载荷についてはほとんど見受けられない^{3)、4)}。

そこで、本報告ではボルト接合された供試体の漸増ならびに繰返し引張荷重下での接合部の挙動について検討する。

2. 実験概要

引張供試体は図-1に示すようなものであり、断面は幅×高さ=100mm×160mmの対称異等級モデルで、鋼板が実橋の鋼ジョイントに相当する。

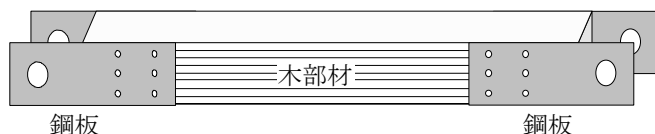


図-1 供試体

供試体はボルト径と孔が一致するもの（以後、樹脂無）と、径と孔の隙間に樹脂を充填したもの（樹脂有）の2種類を作成した。

図-2は樹脂の充填状況を示したもので、ボルト径φ16mmに対

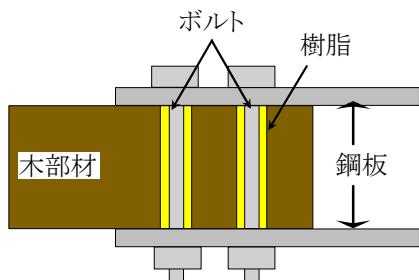


図-2 鋼ジョイント部の平面

して、ボルト孔はφ20mmとやや基準よりも大きなものとして、樹脂充填が確実に行われるようにした。

ボルトの配置（図-1）は2列3段に配置し、ボルト間距離や縁端距離は木質構造設計基準に従って設計されている⁵⁾。

本実験の载荷形式は漸増と繰返しによる引張荷重を負荷するものであり、繰返し载荷での荷重ステップは木部材の許容引張力（ $P=80\text{kN}$ ）を基準として、 $P_1=80\text{kN}$ 、 $P_2=1.5P_1$ 、 $P_3=1.5P_2$ ・・・と予定し、繰返し回数は4回以上とするが、引抜け量が0.001mm以下となった場合に次のステップへと移行するようにした。

3. 実験結果

3.1 耐力と引抜け量

表-1は以後の図表で使用する記号を示すものである。

図-3はそれぞれの供試体の荷重と引

表-1 記号の意味

	荷重	樹脂	記号
A	繰返し	有	■
B		無	●
C	漸増	有	□
D		無	○

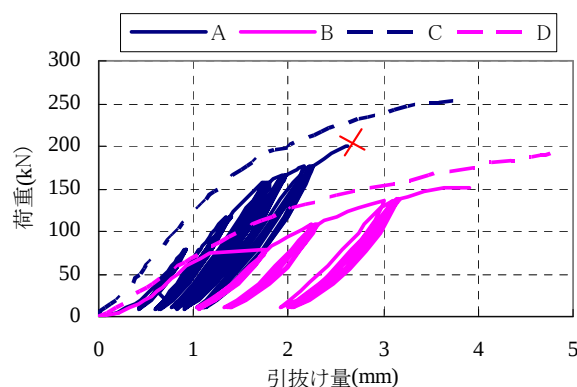


図-3 荷重と引抜け量の関係

抜け量の関係を示したものである。図中の×印は、大きな音とともに突然破壊した点を示したもので、残りの供試体はすべて緩やかな変位の増大で終局に至った。

まず、载荷方法の違いによる挙動を比較する。荷重に対する引抜け量については、荷重の繰返しの影響は少ないように思われる。しかしながら、耐力力

表-2 終局荷重

荷重	樹脂	終局荷重 (kN)	有/無	終局 状況
繰返し	無	151	1	b
	有	199	1.3	a
漸増	無	190	1	b
	有	253	1.3	b

※終局状況は写真-1と同様。

は荷重の繰返しによる影響は大きく、顕著に低下している。これらの終局荷重と終局状況について整理したものが表-2である。

表から明らかなように、耐荷力はどちらの載荷状態でも樹脂有が大きくなっている。樹脂の注入によって、耐荷力は約 1.3 倍増加したことになる。

これは、樹脂の注入時に、木材にも樹脂が含侵するため、ボルト周辺の木材の強化に繋がったと考えられる。

写真-1 は今回の実験で生じた終局状況を示したものである。図-3 で示した突然の破壊 (×) は写真-1 (a) の「プラグ破壊」であり、他はボルトが木材にめり込んでボルトの曲げ変形が進行して破壊する「めり込み破壊」である。



(a) プラグ破壊



(b) めり込み破壊

写真-1 終局状況

3.2 接合部近傍のひずみ分布

図-4 は鋼板端部からボルト側 30mm に位置する木部材側面のひずみ分布を示したもので、図中の「理論値」は引張力 10kN が木部材に作用した場合の平均軸ひずみ量 88μ である。

実験での荷重に対するひずみの変化はどのような荷重域でもあまり変化はなかったが、図の実験値は、初期の 70~80kN までのひずみを 10kN 当りに換算したものである。

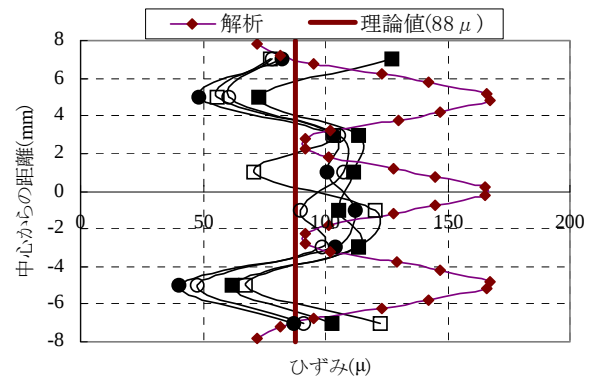


図-4 側面ボルト付近のひずみ分布(10kN)

解析は解析ソフト (DIANA) を利用した弾性解析によるもので、要素は 6 節点および 8 節点ソリッド要素を使用している。

解析ではボルト位置のひずみが局所的に増大化し、その値は理論ひずみの 2 倍近くにも達している。

しかしながら、実験では高さ中央部のひずみは大きくなっているが、上下のボルト位置でのひずみは大きく低減していることが判る。この現象はすべての供試体 (計 4 体) とも発生しているので、特異な事例ではないと言えよう。

このことは、複数段にボルトを設置した場合、縁端部のボルトは十分機能していないことを示すものと考えられる。

4. まとめ

本研究の結果を整理すると以下ようになる。

- 1) 繰返し荷重をかけることで、耐荷力が低下する。
- 2) ボルト周辺に樹脂を注入した場合、樹脂が木に含侵するため、耐荷力が大きくなる。
- 3) 上下の縁端ボルトは引張力に十分に機能しているとは言いがたい。

5. 参考文献

- 1) 土木学会鋼構造委員会木橋技術小委員会：木橋技術の手引き 2005、p.129、2005
- 2) 久留島卓郎：土木学会第 58 回年次学術講演会、pp.1353-1354、2003
- 3) H. Johansson and L. Stehn：8th World Conference on Timber Eng., pp.253-258、2004
- 4) 渡辺浩 他：第 4 回木橋技術に関するシンポジウム論文報告集、pp.95-100、2005
- 5) 日本建築学会：木質構造設計基準・同解説、2003