

平成21年 6月20日現在

研究種目：若手研究（スタートアップ）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19860061
 研究課題名（和文）：繊維直交方向に荷重を受ける集成材ボルト接合部の割裂を伴う場合の強度推定手法の提案
 研究課題名（英文） An evaluation method on fracture strength of bolted connection loaded perpendicular to the grain with some structural glulams
 研究代表者
 神戸 渡 (KAMBE WATARU)
 公立大学法人秋田県立大学・木材高度加工研究所・研究員
 研究者番号：90453000

研究成果の概要：

本研究では、いくつかの構造用集成材に用いる樹種を対象として、繊維直交方向に荷重を受けるボルト接合部の強度の推定を目的として、実験および解析を行った。併せて、破壊靱性値の算出の安定的な算出方法についても検討を行った。

その結果、破壊限界応力、 J 積分を用いることで、脆性破壊の最大荷重と延性破壊のき裂発生荷重を推定できた。またCT試験から、 J_{IC} を安定的に算出するための条件を提案することができた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,340,000	0	1,340,000
2008年度	1,310,000	393,000	1,703,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,650,000	393,000	3,043,000

研究分野：木質構造

科研費の分科・細目：工学、建築構造・材料

キーワード：集成材、ボルト接合部、破壊靱性値、 J 積分、CT試験、破壊限界応力

1. 研究開始当初の背景

現在、建築物の多くは鉄骨造やRC造のものが多い。木質構造における弱点として、その接合強度の不足が挙げられる。鉄骨造では溶接、RC造ではコンクリートの硬化による一体化、という方法で部材を完全に一体化しているため、建築物の強度を確保できる。しかし木質構造では、完全に一体化は不可能であるため、他の手法で接合部を構成する必要がある。1つは、ボルトなどの金物接合具を用いる手法、もう1つは接着剤を用いる手法である。接着剤を用いた建築物が地震等を受けた

場合、建物が脆性的に壊れる危険性が指摘されており、現在ではあまり用いられていない。一般的には、ボルトなどの金物接合具を使用することが多い。また金物を用いた接合部は建築物に粘りを持たせる効果があるため、倒壊の危険性が低いと言われているが、梁・柱と比べるとその接合部の強度は、約6割～8割程度のものである。その金物接合具について、日本建築学会が発刊している「木質構造設計規準（以下、木規準）」示されており、その概要およびその問題点を挙げる。

上で述べた木規準には、ボルト接合部の耐

方式およびボルトの配置方法が示されている。この耐力式はボルトの曲げ降伏と木材へのめり込みを想定している。その配置寸法は、木材に割れが発生しないように、経験的に大きく安全側となるように設定している。木規準の中でも指摘されている通り、その耐力式は繊維方向に加力した場合はその精度は高いが、繊維直交方向に加力した場合は適用が難しいと言われている。そのように接合部に外力が作用する場合、ボルト孔の縁から割れが発生することが多く、これは考慮していない破壊性状である。また、繊維直交方向は繊維方向と比べて強度が1割程度であり、破壊も脆性的になりやすく、木質構造建築物にとって一番の弱点となりうる箇所である。よって、繊維直交方向に荷重を受ける接合部において、木材の割れの発生を含めた性能を把握できる手法の確立が求められている。

2. 研究の目的

本研究では、繊維直交方向に荷重を受けるボルト接合部を対象として、その強度を材料定数から直接的に算出できる手法を提案することを最終目標としている。その目的を達成するために、接合部の加力実験に基づく破壊性状の把握、抵抗要素となる材料実験より、ボルト接合部との対応に関する検討、破壊靱性値を求めるための手法、以上のような課題を解明することとした。

3. 研究の方法

まず本研究で取り扱う樹種であるが、オウシュウアカマツ、カラマツ、スギを選択した。ボルト接合部において、割裂が発生しやすいのは集成材を用いることの多い規模の大きな建築物に当たる。構造用集成材に用いられる樹種は様々あるが、現在日本で多く用いられている樹種として、上記の3種が示されている文献があったので、それを参考にすることとした。

(1) ボルト接合部の実験

繊維直交方向に荷重を受けるボルト接合部について説明する。実験は、引張型の実験として行うこととし、図1に試験体形状および加力概要を示す。

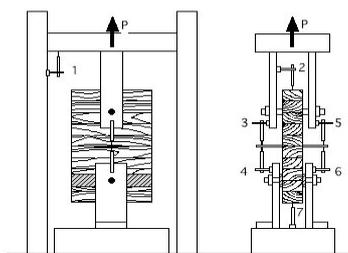


図1 ボルト接合部実験の概要

(2) 有限要素解析

本研究では、汎用有限要素解析ソフトAnsysを用いて解析を行った。解析モデルの概要を図2に示す。既往の研究において、ボルト孔を設ける際に、その周辺にき裂が存在することが分かっている。そこで本研究でも、解析モデルの中に等価き裂を設けており、その概要を図2左に示す。

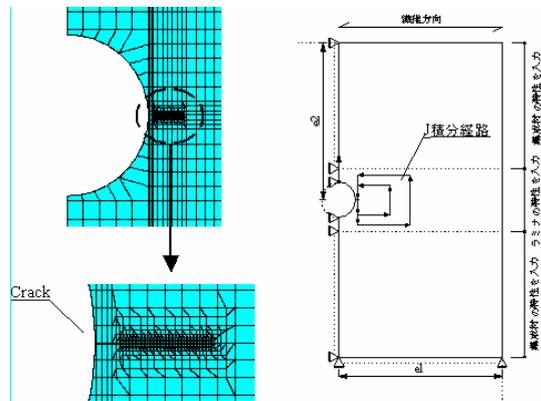


図2 ボルト接合部の FEM モデル概要

(3) CT 試験

破壊靱性値を定量的且つ安定的に算出することを目的として、同じ樹種を対象としたCT試験を行った。樹種の他のパラメータとしては、厚さ・初期き裂の長さである。また、同じ樹種であっても JAS によって強度等級が区分されている。そこで、一つの樹種において4等級ずつ材料を準備し、実験を行うこととした。実験方法の概要を図3に示す。

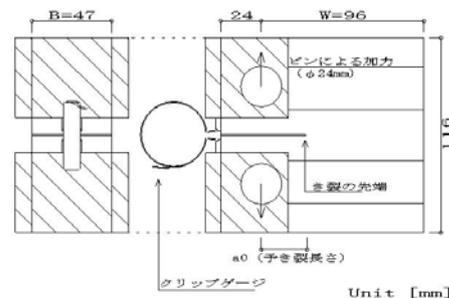


図3 CT試験の概要

4. 研究成果

(1) ボルト接合部の実験

加力実験の結果、その破壊性状は3種類に分類することができた。それらは「脆性的」「ほぼ脆性的」「延性的」の3種類である。全ての樹種で同様の傾向が見られ、端距離が短いもので脆性的になり、端距離が大きくなるにつれて延性的に移行することがわかった。また、ビデオカメラ観察によりき裂の発生荷重を確認しており、その最初にき裂が表面に見られた時の荷重をき裂発生荷重 P_{ini} として、最大荷重 P_{max} との比率をみると0.47

から 0.97 程度であることが分かった。また、同一材料を用いて支圧実験を行い、得られた 5mm 変位時支圧強度を用い、現行の木規準に示されている EYT 式に適用して降伏耐力を算出したところ、実験値よりも上回る場合もあることが見て取れた。

(2) ボルト接合部を対象とした有限要素解析

実験を行ったボルト接合部を対象として、有限要素解析を行った。併せて、破壊靱性値を算出するために、両側切欠き引張試験と CT 試験（ここでは、 a/W を 0.5 とした）を対象とした解析を行い、破壊のクライテリアの算出を行った。そして、得られたクライテリアをボルト接合部に適応することで、それぞれの破壊性状に対する最大荷重もしくはき裂発生荷重の推定を行った。その結果、脆性破壊および延性的破壊に対して、それぞれの破壊性状に対応した耐力を推定できることが分かった。実験値と解析値を比較したものを図 4 に示す。

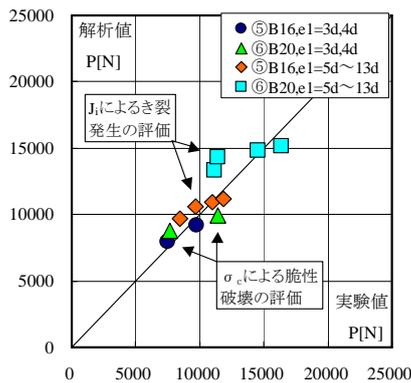


図 4 ボルト接合部の解析値と実験値の比較

(3) CT 試験による破壊靱性値の算出

さまざまなパラメータを用いた実験を行った結果、CT 試験においても 3 種類の破壊性状が確認できた。脆性的と延性的とその中間的な性状である非脆性的（この呼び名は本研究の中のみでの定義）であった。全ての樹種での破壊性状と既往の報告における算出値と比較した結果、試験体の厚さが 94mm 以下且つ無次元き裂長さ a/W が 0.5 から 0.6 の範囲であれば、安定的に破壊靱性値 J_{1c} を算出できることが分かった。図 5 は、オウシュウアカマツの場合の結果を示しており、き裂長さが 0.5 から 0.6 になると値が安定してきていることが見て取れる。同図中において、比較の対象とした結果は、Ian smith 等、Yasumura、Yoshihara の報告で示されている値である。

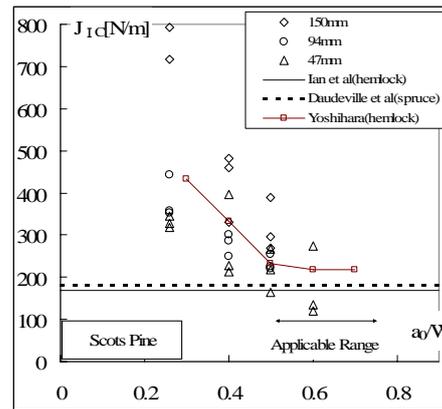


図 5 J_{1c} の算出結果の概要

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 6 件）

① 神戸渡、飯島泰男：数種の構造用集成材木材を用いた CT 試験、第 58 回 日本木材学会大会研究発表要旨集、p.21、2007 年、査読無し

② 神戸渡、飯島泰男、中込忠男：構造用集成材木材を対象としたモード I 破壊靱性性能の評価方法に関する考察、日本建築学会構造系論文集、Vol. 73、No. 631、pp. 1593-1598、2008 年、査読有り

③ 神戸渡、飯島泰男：CT 試験における構造用集成材木材の破壊性状と破壊靱性値、日本建築学会東北支部研究報告集、71 巻、pp. 139-144、2008 年、査読無し

④ 伊倉裕太、神戸渡、中込忠男：繊維直交方向荷重を受けるカラマツ集成材ボルト接合部の破壊特性に関する研究 その 5 有限要素解析によるき裂発生荷重の評価、日本建築学会大会学術講演梗概集、C-1、pp. 3211-322、2008 年、査読無し

⑤ W. Kambe, Y. Iijima: a study of fracture features and fracture toughness on CT tests with some structural glued laminated timber, 12th International Conference on Fracture, 2009 年 7 月、査読有り（採用決定）

⑥ 神戸渡、飯島泰男、岡崎泰男、板垣直行：CT 試験における幅、き裂長さ、強度等級がモード I 破壊靱性性能に与える影響 構造用集成材木材を対象としたモード I 破壊靱性性能の評価方法に関する考察 その 2、日本建築学会構造系論文集、第 74 巻、第 641 号、2009 年 7 月（採用決定）

〔学会発表〕（計 1 件）

神戸渡：FEMを木質構造における破壊力学に応用する方法とその問題点、第 104 会 生存圏シンポジウム、（ページ無し）、2008 年 9 月

6. 研究組織

(1) 研究代表者

神戸 渡 (KAMBE WATARU)
公立大学法人 秋田県立大学・
木材高度加工研究所・研究員
研究者番号：9 0 4 5 3 0 0 0

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし