

氏 名	スバクト Subyakto
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学 位 記 番 号	論 農 博 第 2452 号
学位授与の日付	平 成 14 年 11 月 25 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	IMPROVEMENT OF FIRE RETARDANCE OF WOOD BASED MATERIALS USING CHEMICAL COATING AND CARBON OVERLAYING (薬剤塗布および炭素材料被覆による木質材料の耐火性能の改善)
論文調査委員	(主 査) 教 授 川 井 秀 一 教 授 今 村 祐 嗣 教 授 小 松 幸 平

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、熱帯産早生樹およびスギ材を主たる研究対象とし、薬剤塗布および炭素材料被覆による木質材料の耐火性能の改善に関する一連の研究をまとめたものである。

第1章では、木材の耐火処理の意義を述べ、耐火性能の改善に関するこれまでの研究を概説して、本研究の位置づけと特徴を明らかにした。

第2章では、リン酸・メラミン樹脂混合物の塗布および表面圧密処理を組み合わせ、塗布量、予備加熱温度、圧密度、熱圧温度等が熱帯産早生樹およびスギの挽板あるいは幅はぎ集成材の曲げ性能や耐火性能に及ぼす影響を火炎下の曲げクリープ試験によって調べた。これらの表面処理による曲げ性能への影響は認められず、クリープ破壊時間や火炎燃え抜け時間は薬剤塗布量の増加に伴い延長し、耐火性能の改善が認められた。塗布量、予備加熱温度、熱圧温度、および圧密度の最適条件は、それぞれ 200 g/m²、40℃、160℃、10分、および 2—4%であった。

第3章では、熱帯産早生樹およびヒノキの幅はぎ集成材を用いて、平面材料の耐火試験を行った。ここでは小試験体の試験法として広く受け入れられているコーンカロリメーター法 (ISO5660) と建築構造部分の耐火試験法 (JIS A 1304) を用いて、密度や厚さの異なる材料の耐火性能を比較するために表面密度、すなわち、厚さ / 密度 (g/cm²) を指標に選び、裏面 260℃ 到達時間等との関係を調べた。ISO および JIS 試験法における材料表面の温度経時変化をみると、前者が火災標準曲線に沿った温度曲線を示すのに対し、後者は 40 kW/m² 一定の輻射エネルギーを与えるために、材料表面の着火によって初期段階の温度上昇速度が著しく、その後は 800—850℃ の定常温度を保つ。一方、JIS 試験法における裏面 260℃ 到達時間は表面密度と比例関係を示し、薬剤 (100 g/m²) 塗布による耐火性能の改善効果も明らかである。ISO 試験法でも同様の傾向が認められたが、JIS 試験法に比べると若干低い耐火性能を示す結果となった。

第4章では、スギ粉体を 600—1400℃ で炭化焼成し、フェノール樹脂を 25% 添加した木材由来の炭化物 (CPS) を熱圧成形して得られた CPS 成形体の熱的性質を調べた。その結果、たとえば成形体の熱拡散率は垂直方向で小さく、水平方向で大きい値となり、極めて強い異方性を示した。CPS の熱拡散率は焼成温度の上昇に伴い垂直方向の値が増大する結果、その異方性は顕著になる傾向を示した。なお、グラファイト由来の炭素成形体 (GPS) についても熱的性質を求め、CPS 成形体と同様、その熱拡散率には 10 倍以上の異方性があることを明らかにした。

第5章および第6章は、炭素成形体の優れた耐熱性と熱的性質の異方性を活かし、木材接合部の耐火被覆材料として応用した場合の耐火性能の改善効果を明らかにしたものである。すなわち、第5章では GPS シートを作製し、単板積層材 (LVL) のギャングネイルによるバットジョイント接合部の耐火被覆材料に応用し、火炎下の曲げクリープ試験を行った。クリープ破壊に到る時間および熱電対より求めた接合中央部の 260℃ 到達時間は、いずれも GPS シートの顕著な被覆効果によって延伸した。また、ギャングネイル表面温度をサーモグラフで解析し、GPS シートの耐熱性と熱拡散効果を明らかにした。

第6章では、スギ粉体を 800℃ および 1600℃ で焼成した炭化物成形体 (CPS800/CPS1600) シートを作製し、シートの

厚さ（1—3 mm）、寸法、貼り付け位置をパラメータとして、第5章と同様に曲げクリープ試験を行った。クリープ破壊に到る時間は焼成温度の影響が大きく、CPS800の場合はコントロールの1.1～1.7倍程度であるのに対し、CPS1600の場合は1.8～16.2倍に延伸した。CPS1600の厚さの増加に伴い破壊時間は大きく伸び、とくに火炎直下への被覆効果が大きいことが認められた。この性能はGPSシートの場合と比べても遜色がなく、同等であった。厚さ3 mmのCPS1600を用いた場合には、耐火時間はコントロールに比べて12～16倍まで延伸し、耐火性能が大きく改善された。

論文審査の結果の要旨

木材は加工が容易で、比強度が高く、耐久性に富むばかりでなく、断熱性能や湿度調整能など、居住空間に要求される性能を具備しているため、建築材料に多用されてきた。一方、木材は可燃材料であり、火災安全上の配慮から、耐火性能改善のための技術開発がこれまで多く行われてきている。なかでも、耐火薬剤の塗布は処理が簡便であり、経済的に優れているため、多くの実用例が見られる。

一方、炭素は耐熱性に優れた材料として知られているが、木材由来の炭化材料の熱的性質は未知の部分が多く、これまで耐火材料として用いられた例は少ない。

本論文は、熱帯産早生樹およびスギ材を主たる研究対象とし、薬剤塗布および炭素材料被覆による木質材料の耐火性能の改善に関する一連の研究をまとめたものである。得られた主要な成果は以下のとおりである。

- (1) リン酸・メラミン樹脂混合物の塗布および表面圧密処理を組み合わせ、耐火性能に関する最適条件を明らかにした。続いて、JISおよびISO試験法に規定される平面材料の耐火試験法を比較検討し、薬剤処理の効果を検証した。
- (2) フェノール樹脂を25%添加した木材由来の炭化物（CPS）を熱圧成形し、得られたCPS成形体の熱的性質を明らかにした。たとえば、成形体の熱拡散率は垂直方向で小さく、水平方向で大きい値となり、極めて強い異方性を示した。また、CPSの熱拡散率は焼成温度の上昇に伴い垂直方向の値が増大する結果、その異方性は顕著になる傾向を示した。
- (3) グラファイト由来の炭素成形体（GPS）の優れた耐熱性と熱的性質の異方性を活かし、木材接合部の耐火被覆材料として応用した場合の耐火性能の改善効果を明らかにした。すなわち、GPSシートを単板積層材（LVL）のギャングネイルによるバットジョイント接合部の耐火被覆材料に応用し、火炎下の曲げクリープ試験を行った結果、クリープ破壊に到る時間および熱電対より求めた接合中央部の260℃到達時間は、いずれも顕著に延伸し、GPSシートの顕著な被覆効果を示した。また、ギャングネイル表面温度をサーモグラフで解析し、GPSシートの耐熱性と熱拡散効果を明らかにした。
- (4) 同様に、スギ粉体を800℃および1600℃で焼成した炭化物成形体（CPS800/CPS1600）シートを木材接合部の耐火被覆材料として用い、火炎下の曲げクリープ試験を行った。その結果、クリープ破壊に到る時間は焼成温度の影響が大きく、CPS800の場合はコントロールの1.1～1.7倍程度であるのに対し、CPS1600の場合は1.8～16.2倍に延伸した。CPS1600の厚さの増加に伴い破壊時間は大きく伸び、とくに火炎直下への被覆効果が大きいことが認められた。この性能はGPSシートのそれと同等であった。厚さ3 mmのCPS1600を用いた場合には、耐火時間はコントロールに比べて12～16倍まで延伸し、大きく改善された。

以上のように、本論文は、薬剤塗布および新規に開発された木質系炭素材料の被覆による木質材料の耐火性能の改善に関する一連の開発研究をまとめたものであり、木質材料学、木材保存学、並びに木質構造学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成14年10月24日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。