

氏 名 (本 国 籍)	江 口 敦 子 (東京都)
主 指 導 教 員 名	静岡大学 教授 滝 欽 二
学 位 の 種 類	博士 (農学)
学 位 記 番 号	農博甲第523号
学 位 授 与 年 月 日	平成21年9月9日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第3条第1項該当
研 究 科 及 び 専 攻	連合農学研究科 生物資源科学専攻
研究指導を受けた大学	静岡大学
学 位 論 文 題 目	木質構造に用いられる金属と木材の接着接合に関する研究
審 査 委 員 会	主査 静岡大学 教授 祖父江 信 夫 副査 静岡大学 教授 滝 欽 二 副査 静岡大学 教授 安 村 基 副査 岐阜大学 教授 棚 橋 光 彦 副査 信州大学 教授 武 田 孝 志

論 文 の 内 容 の 要 旨

本論文は、木質構造で用いられる接着接合において利用頻度の高い、金属と木材の被着材の組合せについて、接着剤の種類、水分の影響、養生温度および試験温度の影響を実験的に検討し、体系的にまとめた。次に、わが国でも実用化されている棒鋼挿入型接着接合をとりあげ、接合部の接着が充分であるかどうかを確認するための方法を考案し、接合部の性能に影響を及ぼす因子を変化させた実験をとおして、本方法の妥当性を検証した。

はじめに木質構造において接着接合を用いることの利点を述べるとともにこれまでの研究を調査して未だ研究の行き届いていない問題点についてとりまとめ、本研究の位置づけを行った。

次に数種の木材用接着剤の比較試験により、金属と木材の接着に適した接着剤として選定したエポキシ樹脂接着剤 (EP) を用いて接着を行い、金属の表面処理と接着性および主な劣化因子である水分と温度の影響と接着剤硬化物の物性との関連について検討した。金属どうしの接着では、溶剤による金属表面の洗浄により接着性能が向上するだけでなく、ばらつき幅が小さくなったが、耐水接着強さは低下した。

金属と木材の接着は水分の影響を大きく受け、接着強さは徐々に低下し 24 時間で完全にはく離した。接着剤フィルムでは、24 時間の水中浸せきによって硬化 EP 樹脂自体の強度性能も水分の影響を受けることが明らかとなった。そこで EP 樹脂による金属と木材の接着の耐水接着性を向上させるため、接着層への防水対策を検討した。種々の検討の結果、金属と木材の間に PF 樹脂板を挿入して EP 接着層への水の浸入防止を図った樹脂板挿入接着

では、接着強さの低下はほとんど認められず、樹脂板が木材側からエポキシ接着層への水の侵入を遅らせると考えられた。

施工現場で想定される 20℃から 60℃で養生して接着性能試験を行った結果、硬化温度の上昇、加温時間の延長によって接着剤の硬化が促進される。EP による接着性能の温度依存性は、金属と木材の接着では低温で接着剤がガラス状態のときせん断接着強さは高く、木部破断率も高かった。EP 自体のガラス転移温度（約 50℃）以上の 80℃になるとゴム状となり、金属と EP との界面で接着はく離をした。

次いで、棒鋼挿入型接着接合において棒鋼と木材との接着性を試験するための方法について考案した拘束押抜試験では、木材の割裂による試験体の破壊を避けることができ、接合部の接着性が評価できるようになった。得られた数値は文献値と同等であったため、この試験方法の妥当性が確認された。押抜き最大荷重は埋込長さに比例して増加し、押抜き強さは埋込長さによらず一定であった。押抜き強さは、クリアランスおよび棒鋼の挿入方向の影響は受けなかったが、基材である木材の密度が大きくなるほど増大した。

木質構造において接着接合は様々な形で実用化されており、研究も進んでいるが、それらは接合部の耐力の把握または予測を目的とするものが多く、生産管理など信頼性の確保を目的とした研究は先進するヨーロッパでも進んでいないのが現状である。また、実用例はかなり見受けられるが、木材と他材料との接着に関する基礎的なデータはまだ充分ではなく、特に接着に影響する因子ごとにデータを体系的に収集した事例はない。

本論文は、木質構造で用いられる接着接合において利用頻度の高い、金属と木材の被着材の組合せについて、接着剤の種類、水分の影響、養生温度および試験温度の影響を実験的に検討し、体系的にまとめた。また、わが国でも実用化されている棒鋼挿入型接着接合をとりあげ、接合部の接着が充分であるかどうかを確認するための方法を考案し、接合部の性能に影響を及ぼす因子を変化させた実験を通して、本方法の妥当性を検証した。

審 査 結 果 の 要 旨

平成 21 年 8 月 5 日に静岡大学において口頭による公開論文発表の後、本論文を審査した。

この論文は、木質構造において接着接合は様々な形で実用化されており研究も進んでいるが、それらは接合部の耐力の把握または予測を目的とするものが多く、先進するヨーロッパでも生産管理など信頼性の確保を目的とした研究が進んでいないのが現状という。実用例はかなり見受けられるが、木材と他材料との接着に関する基礎的なデータはまだ充分ではなく、とくに接着に影響する各種の因子ごとにデータを体系的に収集した事例はない。

本論文では、木質構造で用いられる接着接合において利用頻度が高い金属と木材の組合せについて、使用接着剤の種類、水分・湿度の影響、養生温度および試験温度の影響を実験的に検討し、体系的に研究している。次に、わが国でも実用化されている棒鋼挿入型接着接合をとりあげ、接合部の接着が充分であるかどうかを確認するための方法を考案し、接合部の性能に影響を及ぼす因子を変化させた実験をとおして、本方法の妥当

性について検証している。なお、本論文は4章より構成されている。はじめに第1章では、木質構造において接着接合を用いる利点を述べ、またこれまでの研究を調査して未だ研究が十分でない点を指摘し本研究の位置づけを行った。

第2章では、数種類の木材用接着剤を取り上げ接着性能比較試験を行い、金属と木材の接着に適した接着剤としてエポキシ樹脂接着剤(EP)を選定した。EP樹脂接着剤を用いて金属と金属、金属と木材、および木材と木材の接着を行い、金属の表面処理と接着性、主とした劣化因子となる水分と温度の影響を接着剤硬化物の物性と関連づけて検討した。金属どうしの接着では、溶剤による金属表面の洗浄により接着性能が向上するだけでなく、ばらつき幅が小さくなった。金属と木材の接着ではやはり水分の影響を大きく受け、水中浸せき時間の増加に伴って接着強さは徐々に低下し、24時間経過すると完全にはく離した。硬化EP樹脂自体のフィルム強度性能も水分の影響を受けることを明らかにした。

そこでEP樹脂による金属と木材の接着の耐水接着性を向上させるため、接着層への防水対策を検討した。その結果、金属と木材の間にプラスチックであるフェノール(PF)樹脂板を挿入してEP接着層への水の浸入防止を図った樹脂板挿入接着を行うと接着強さの低下はほとんど認められなくなった。現場施工で想定される常温の20℃から屋根裏を想定した60℃の温度条件で養生し、接着性能試験を行った。動的粘弾性の測定によりEP樹脂接着剤の硬化は、硬化温度の増加ならびに加温時間の延長によって促進されることがわかった。試験温度を変えたEP樹脂接着剤による接着性能の温度依存性をみると、金属と木材の接着では試験温度が低温で接着剤が硬いガラス状態のとき、せん断接着強さは大きくなり木部破断率も高い。しかしEP樹脂自体のガラス転移温度(約50℃)以上の80℃領域では柔らかいゴム状となり、金属とエポキシ樹脂との接着界面で明らかにはく離した。

第3章では、棒鋼挿入型接着接合において棒鋼と木材との接着性を試験するための方法について拘束型試験を考案し、この方法が接合部の接着性が評価でき、従来の文献値と同等の数値が得られ、本試験方法の妥当性が確認でき新たな試験方法として提案している。また、押抜き最大荷重は埋込長さに比例して増加し、押抜き強さは埋込長さによらず一定であったが、基材の木材の密度が大きくなるほど押抜き強さは増大することを見いだした。

第4章では、第2及び第3章で得られた研究成果をまとめて総括した。

以上の内容について審査し、審査委員全員一致で本論文が岐阜大学大学院連合農学研究科の学位論文として十分価値あるものと認めた。

学位論文の基礎となる学術論文(2編)

- 1)佐野敦子、篠田まゆ、山田雅章、滝欽二、吉田弥明：棒鋼挿入型接着接合の接着性に及ぼす押込長さと棒鋼形状の影響、木材工業、64,8,362-367(2009)
- 2)佐野敦子、篠田まゆ、山田雅章、滝欽二、吉田弥明：木材接着におけるエポキシ樹脂接着剤の接着強度発現に及ぼす養生条件の影響、日本接着学会誌、45,8,298-303(2009)