

氏名(国籍)	い	えき	みん	(中国)
	章	益	民	
学位の種類	博士(農学)			
学位記番号	博甲第3343号			
学位授与年月日	平成16年3月25日			
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当			
審査研究科	農学研究科			
学位論文題目	Evaluation on Hydration Behavior and Mechanical Performance of Wood Cement-Bonded Composites (木材・セメント複合材料の水和反応挙動及び強度品質の評価に関する研究)			
主査	筑波大学教授	農学博士	富田 文一郎	
副査	筑波大学教授	農学博士	黒田 健一	
副査	筑波大学助教授	農学博士	栃木 紀郎	
副査	筑波大学教授	工学博士	國府田 悦男	

論文の内容の要旨

本研究は、木材とセメントの複合体を製造する際に重要な因子となる水和反応を基礎的に解析し、硬化阻害の原因究明とその解決策の検討を目的として行ったものである。木材・セメント複合体は、低密度化が可能であり建築材料等として使用されるようになっているが、木材とセメントとの適合性は、樹種、セメントの種類、添加剤の種類などによって敏感に変動し、製品の強度や品質に大きく影響する。

本研究では、まず木材・セメント混合物の水和反応の挙動を解析し、水和特性である最大水和温度 (T_{max}) と水和時間 (t_{max}) に基づいて、樹種、セメント、添加剤等が、木材とセメントの適合性に及ぼす影響を検討した。また、混合物の水和挙動と強度との相関関係について検討を行った後、走査電子顕微鏡 (SEM)、エネルギー分散型 X 線分析装置 (EDS)、X 線回折装置 (XRD) を用いて、木材とセメントの界面領域におけるセメント水和物の微視構造と元素分布などについて検討を行った。さらに、無機繊維材料と植物材料の添加が、強度と寸法安定性に及ぼす影響を検討した。これらの結果は、以下のようにまとめられる。

中国産 38 樹種の木材とセメントとの適合性について水和反応挙動を検討したところ、2 種類に分類することができた。さらに、タイプ I の 24 樹種については、適合性と混合物の T_{max} と t_{max} から、低、中、高の 3 阻害レベルに分類した。一方、タイプ II の 14 樹種の木材は、セメントボードの生産に不適合であると判断した。次に、カバ材・セメント混合物に対して、30 種類の添加剤を用いてその効果を検討した結果、添加剤の種類によって水和反応の特徴が異なり、その特徴により 2 種類に分類することができた。タイプ I の添加剤として塩化カルシウム、塩化第二鉄、塩化錫が、またタイプ II の添加剤としてジエタノールアミンと硫酸亜鉛がそれぞれ適切な添加剤であることが判明した。

水蒸気爆裂処理により得られる繊維束は、柔軟な性能を有しセメントとの複合効果が期待されるので、その適合性について検討したところ、その水抽出物から大量の糖質が確認され、これが水和反応を強く阻害することが判明した。この阻害作用を抑制するために、添加剤の種類と添加量について検討した結果、塩化マグネシウムを、早強ポルトランドセメントには 2-3%、普通ポルトランドセメントには 4-5% を添加することにより著しい改善が確認された。また、高炉スラグセメントには、塩化マグネシウム 4% と酸化カルシ

ウム1%の複合添加が有効であることが判明した。さらに、これらの添加剤を用いることにより優れた性能を有するボードを製造することが可能となった。

水和反応試験と強度試験を関連づけて行った結果、混合物の水和温度 (T_{max}) と強度 (曲げ強度, 剥離強度と圧縮強度) との間に良い相関関係が認められ、木材・セメントボードの生産に用いる原材料の適合性あるいは強度に対して一般的な予測が可能であることが判明した。

木材とセメント界面の分析結果では、界面領域における水和物のカルシウムとシリカの元素比率 (Ca/Si比率) が混合物の構成によって異なることが確認された。界面領域におけるこの比率の増加は、多くの水酸化カルシウム結晶が界面に存在していることに由来することが判明した。また、木材表面に付着したセメント水和物の形態と元素構成は、混合物の構成あるいは水和反応の進行状況によって異なることが明らかになった。さらに、木材の抽出物が水酸化カルシウム結晶と珪酸カルシウム水和物の形成を強く抑制し、硬化した混合物に大量の未水和セメント成分が残存することが判明した。

無機及び植物繊維の添加効果を検討したところ、3種類の無機繊維の添加によって木材・セメントボードの強度 (曲げ強度と剥離強度) と寸法安定性 (吸水率, 厚さ膨張率と線膨張率) が改善された。また、木材・セメントボードの強度と寸法安定性が、2種類の植物繊維の添加により低下したことから、これらの植物繊維を添加する際は、添加量を一定の範囲に設定する必要があることが判明した。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本研究は、木材とセメントの複合体を製造する際に重要な因子となる水和反応を多面的に解析し、その結果と複合体の物性の関係を明らかにしたものである。特に、水和反応に及ぼす樹種、木材成分、添加剤の影響を基準化し、これらの因子が複合体の物性発現に深く関与することを明らかにしている点が実用面から評価される。また、複合体の硬化物と界面等の分析からカルシウムとシリカの元素比率が、結晶生成の支配的な因子となっていることを見出した点は、この分野で高い評価を受けている。

しかし、複合体の硬化阻害の原因が、ヘミセルロース等の多糖類にあることが判明したものの、阻害機構を完全に解明するには至っておらず、将来的な問題と考えられる。

以上のように、本研究は基礎面及び実用面から貴重な結果が得られており、成果の役割は大きいと判断する。

よって、著者は博士 (農学) の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。