

京都大学教育研究振興財団助成事業
成果報告書

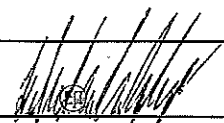
平成 21 年 9 月 3 日

財団法人京都大学教育研究振興財団
会長 辻 井 昭 雄 様

所属部局・研究科 農学研究科

職名・学年 博士後期課程 3年

氏 名 Beatriz Ivon Hassel



事業区分	平成 21 年度 ・ 国際研究集会派遣助成	
研究集会名	17th International conference in composite materials (ICCM-17)	
発表題目	Single Cube Apparatus - Shear properties determination and shear strain variation in natural density gradient materials	
開催場所	Edinburgh, Scotland, UK	
渡航期間	平成 21 年 7 月 25 日 ~ 平成 21 年 8 月 4 日	
成果の概要	タイトルは「成果の概要／報告者名」として、A4版2000字程度・和文で作成し、添付して下さい。「成果の概要」以外に添付する資料 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有()	
会計報告	交付を受けた助成金額	200.000 円
	使用した助成金額	200.000 円
	返納すべき助成金額	0 円
	助成金の使途内訳 (使用旅費の内容)	Air ticket : 174.960 円
		Acommodation : 25.040 円

SINGLE CUBE APPARATUS – SHEAR PROPERTIES DETERMINATION AND SHEAR STRAIN VARIATION IN NATURAL DENSITY GRADIENT MATERIALS

BI Hassel¹, CS Modén², P Berard³ and LA Berglund⁴

¹ PhD student. Lab. of Structural Function. Kyoto University. RISH. Japan.

² PhD student. ⁴ Professor. Dept. of Fibre and Polymer Technology, Royal Institute of Technology. Sweden. *Email address:* blund@kth.se (L.A. Berglund)

³ Post doctoral fellow. Lab. of Sustainable Materials, Kyoto University. RISH. Japan.

SUMMARY

Shear properties remain the main challenge in testing anisotropic materials. The single cube apparatus (SCA) provides a homogeneous shear field over a large area in the specimens. This fixture requires a specimen of a very simple geometry, which excludes the undesirable gripping problems. The SCA was applied to the study of transverse shear of Norway spruce (*Picea abies*), due to the importance of this species in wood structures, such as glulam, and also its allegedly low value of transverse shear modulus (G_{RT}). Full-field strain data and finite elements analysis (FEA) were used to analyze the potential of the method. Both experimental data and FEA show a large central region of homogeneous and close to pure shear strain. The dimensions of this area were defined in order to calculate a more accurate shear modulus. The SCA method is therefore a strong candidate for improved shear test procedures in wood and other materials, where porosity (gripping problems), heterogeneity on mm-scale and polar orthotropy (annual ring curvature) may cause particular difficulties. In Norway spruce, like in most softwood species, the early- and latewood regions within a single annual ring are very well defined, with a gradual transition from one to the other. Full-field strain measurements by digital speckle photography (DSP) show very strong correlation with predicted shear strains at the annual ring scale. There is a strong correlation between strains and density. This was studied by relating the shear strain and radial density gradient. The later measured with X-ray densitometry using the SilviScan technology. Predictions are obtained by implementation of the micromechanics model in a FE model developed for the single cube apparatus shear specimen. The radial density gradient data were included in the FE model. Each node of this model was assigned with the elastic properties related to the density profile. The low G_{RT} of spruce was then considered to be due to the strong dependence of G_{RT} on relative density ρ/ρ_s ($G_{RT} / (\rho/\rho_s)^3$). This is particularly important in spruce. Even though average density is typically quite high, the functional gradient structure includes local densities variations ranging from 1030 kg/m³ to values as low as 200 kg/m³. These facts are regarded to the reasons for the lower G_{RT} of spruce in comparison to other wood species of similar average density, but different density gradient.

Keywords: Anisotropy, Density gradient, Digital speckle photography, Shear properties

ACKNOWLEDGEMENTS

Support from Kyoto University Foundation for travel expenses. Financial support from Professor Kohei Komatsu and the Japanese Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (Monbukagakusho), is gratefully acknowledged (IH). In addition, CM and LB gratefully acknowledge financial support from BiMaC, Vinnova and CEL-Boise.

[邦訳]

要約

異方性材料の材質特性評価試験において、せん断特性の評価は主要な課題である。その中で立方体試験装置(SCA)は試験体中の比較的大きな範囲において等質なせん断応力場を発生させることが出来る上、これまで問題となってきた試験体の固定問題を生じず、非常に簡単な形状の試験体で良いという利点がある。本研究では SCA をノルウェイスプルース材の横せん断特性について適用した。この材料は集成材等の木質構造用途として重要な用途を持つ一方で横せん断剛性(G_{RT})の低さが指摘されてきた。全表面歪みの計測結果と有限要素解析(FEA)結果を比較し、SCA の適用可能性について検討した。両解析結果は同様の傾向を示し、中央付近の大きな範囲で均質な歪みが発生していること、また純せん断に近い応力状態が生じていることを検証し、さらにより詳細なせん断剛性値を算出するため、均質歪みの範囲を決定した。以上より本研究において、木材に代表されるような、多孔性により固定問題がもたらされ、また年輪等によるミリメートルスケールでの材質変動が評価を困難としてきた材料に対しても、SCA 法がせん断特性評価において非常に有効であることを証明した。

ノルウェイスプルースでは大部分の針葉樹種と同様に、一年輪内において早材-晩材が明確に区別され、その移行は連続的であることが知られている。本研究では digital speckle photography (DSP)法により年輪内におけるせん断歪み場の変動計測を試みた。密度は SilviScan 技術を用いて、X 線によって測定した。その結果、歪みと密度の分布は非常に高い相関関係を示し、密度を用いたせん断特性値の予測が可能であった。さらに FEA においてミクロスケールでの密度変動を考慮したモデル化を行い、SCA を想定した数値解析結果と比較した。FE モデル化において半径方向の密度変動は測定結果に基づいた設定を行い、各節点に対しては密度分布から計算された弾性定数を適用した。その結果、スプルース材における低い G_{RT} の発現はその高い相対密度 ρ/ρ_s 依存性 ($G_{RT} / (\rho/\rho_s)^3$) によるものであることが明らかとなった。これはスプルース材のような、比較的高い平均密度を持ちながら内部での年輪内で 1030 kg/m^3 から 200 kg/m^3 に及ぶ非常に大きな密度変動を持つような材料にとってはとりわけ重要な要素である。本研究によって、同様の平均密度を持つ他の木材料と比較してスプルース材の G_{RT} が比較的小さいことを裏付ける結果と考えられる。

キーワード: 異方性, 密度変動, Digital speckle photography, せん断特性