

ÇAPRAZ LAMİNE AHŞAP LEVHALARIN TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ VE SONLU ELEMENLAR YÖNTEMİ İLE ANALİZİ

(Doktora Tezi)

Ramazan BÜLBÜL

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Şubat 2024

ÖZET

Bu çalışmada, sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) ve meşe (*Quercus petraea* L.) odunlarından elde edilen 17 mm kalınlığa sahip katman kalınlıkları ile 3 katmanlı ve 5 katmanlı çapraz lamine ahşap levhalar (CLT) üretilmiştir. Dış katmanlarda sarıçam ve meşe, ara katmanlarda ise sarıçam ve göknar odunları kullanılmıştır. Yan yana ekleme presinde katmanların oluşumu aşamasında ve katmanların 90⁰ üst üste sıkılarak CLT levha oluşumu aşamasında PVAc ve poliüretan (PÜR) tutkalları kullanılmıştır. Ayrıca yalıtım özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla 3 katmanlı CLT levhaların ara katmanına (2.katman) ve 5 katmanlı CLT levhaların 2. ve 4. ara katmanlarına %10 ve %20 perforasyon uygulanmıştır. Sarıçam, göknar ve meşe odunları ile oluşturulan CLT levhaların 20°C sıcaklık ve %65 bağıl nem şartlarında kondisyonlandıktan sonra yoğunluk, tam kuru yoğunluk, denge rutubeti değeri, tutkal hattına dik eğilme mukavemeti, tutkal hattına paralel eğilme mukavemeti, tutkal hattına dik eğilmede elastikiyet modülü, tutkal hattına paralel eğilmede elastikiyet modülü, ısı yalıtım testi, ısı geçirgenlik testi, ses yutumu testi değerleri tespit edilmiştir. Sonuç olarak, 3 ve 5 katmanlı olarak üretilen çapraz lamine ahşap levhalardan elde edilen örnekler kiriş olarak kullanılması durumunda; 5 katmanlı olarak üretilen CLT'lerin dış katmanı ve ara katmanı sarıçam olan kirişleri tutkal hattına paralel, 3 katmanlı poliüretan tutkalı ile üretilen CLT levhalardan tutkal hattına dik yada 3 katmanlı PVAc tutkalı ile üretilen CLT levhalardan tutkal hattına paralel uygulanmalıdır. Isı yalıtımının önemli olduğu durumlarda taşıyıcı olmayan kısımlarında %20 perfore uygulanmış ara katmanı göknar olan 3 katmanlılardan sarıçam-göknar-sarıçam (SGS) ve beş katmanlılardan meşe-göknar-göknar-göknar-meşe (MGGGM) CLT levhalar kullanılmalıdır. CLT levhaların 500-800 Hz frekans seviyelerinde ses yutma katsayıları daha yüksek bulunmuştur, ara katmanlara uygulanan perforasyon işlemlerinin CLT levhaların ses yutma katsayılarında artış sağladığı tespit edilmiştir. Ses yutma ve ısı iletim katsayılarının artış sağlanabilmesi için daha düşük yoğunluklu malzemelerin tercih edilmesi ile birlikte ara katmanlara uygulanacak perforasyon işlemlerinin de %20'den fazla olması önerilmektedir. Sonlu elemanlar analizi (ANSYS) ile dijital olarak da incelenmiş, elde edilen sonuçların deney sonuçları ile kabul edilebilir hata payı çerçevesinde örtüşmektedir. Bu durum sonraki benzer çalışmalarda referans olarak kullanılmasına imkan tanımaktadır.

Bilim Kodu : 120405
Anahtar Kelimeler : Çapraz lamine ahşap, perforasyon, ısı iletim katsayısı, ses yutma katsayısı, sarıçam, meşe, göknar, sonlu elemanlar analizi.
Sayfa Adedi : 131
Danışman : Prof. Dr. Hakan KESKİN

TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF CROSS LAMINATED TIMBER BOARDS AND ANALYSIS BY FINITE ELEMENT METHOD

(Ph. D. Thesis)

Ramazan BÜLBÜL

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

February 2024

ABSTRACT

In this study, 3-layer and 5-layer cross-laminated timber boards (CLT) were produced with layer thicknesses of 17 mm obtained from yellow pine (*Pinus sylvestris* L.), Uludag fir (*Abies bornmülleriana* Mattf.) and oak (*Quercus petraea* L.) woods. Yellow pine and oak woods were used in the outer layers and yellow pine and fir woods were used in the intermediate layers. PVAc and polyurethane (PUR) glues were used during the formation of the layers in the side-by-side splicing press and during the formation of CLT boards by pressing the layers 900 on top of each other. In addition, 10% and 20% perforation was applied to the interlayer (2nd layer) of 3-layer CLT boards and to the 2nd and 4th interlayers of 5-layer CLT boards to improve the insulation properties. Density, full dry density, equilibrium moisture content, flexural strength perpendicular to the glue line, flexural strength parallel to the glue line, modulus of elasticity in bending perpendicular to the glue line, modulus of elasticity in bending parallel to the glue line, modulus of elasticity in bending parallel to the glue line, thermal insulation test, heat permeability test, sound absorption test values were determined after the CLT boards formed with yellow pine, fir and oak woods were conditioned under 20°C temperature and 65% relative humidity conditions. As a result, if samples obtained from 3- and 5-layer cross-laminated timber boards are used as beams, the outer layer and interlayer of 5-layer CLTs with yellow pine should be applied parallel to the glue line, perpendicular to the glue line from CLT boards produced with 3-layer polyurethane glue or parallel to the glue line from CLT boards produced with 3-layer PVAc glue. In cases where thermal insulation is important, 3-layer yellow pine-fir-yellow pine (SGS) and five-layer oak-fir-fir-fir-fir-fir-fir-oak (MGGGM) CLT boards with 20% perforation applied on the non-bearing parts and fir interlayer should be used. The sound absorption coefficients of CLT boards were found to be higher at frequency levels of 500-800 Hz, and perforation processes applied to the intermediate layers were found to increase the sound absorption coefficients of CLT boards. In order to increase the sound absorption and heat transmission coefficients, it is recommended that lower density materials should be preferred and the perforation processes to be applied to the interlayer should be more than 20%. The results were also digitally analyzed by finite element analysis (ANSYS), and the results obtained coincide with the experimental results within the acceptable margin of error. This allows it to be used as a reference for future similar studies.

Science Code : 120405
Key Words : Cross laminated timber, perforation, thermal conductivity, sound absorption coefficient, scots pine, oak, fir, finite element analysis
Page Number : 131
Supervisor : Prof. Dr. Hakan KESKİN

TEŞEKKÜR

Yapmış olduğum tez çalışmasında değerli katkılarından dolayı danışmanım Prof. Dr. Hakan KESKİN'e, tez çalışmamda beni yönlendiren TİK üyeleri Prof. Dr. Mustafa ALTUNOK'a ve Doç. Dr. Osman PERÇİN'e, desteklerini esirgemeyen değerli hocalarım Doç Dr. Hasan Özgür İMİRZİ'ye, Doç Dr. Nihat DÖNGEL'e, Ağaçışleri Endüstri Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri ve personeline teşekkür ederim.

Öğr. Gör. Nurettin GÖKBULUT, Dr.Musa KAYA, Öğr. Gör. Dr. İbrahim PAZARKAYA, Dr.Öğr.Üyesi Yağmur KOPRAMAN ve Dr.Öğr.Üyesi Ömer MERCİMEK hocalarıma tasarımdan modellemeye, testlerden analize kadar vermiş oldukları desteklerden dolayı ayrıca teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca, bana göstermiş olduğu sabır, anlayış ve destek için sevgili eşim Melek BÜLBÜL'e, canım oğlum Mehmet Asaf BÜLBÜL ve canım kızım Meva Asel BÜLBÜL'ün oyun saatlerinde sınırlı süre eşlik edebildiğinden dolayı beni anlayışla karşıladıkları için sonsuz teşekkür ederim.

Bu çalışma, 8051 ID numaralı, FDK-2022-8051 kodu ile "Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi" tarafından desteklenmiştir. Bu bağlamda, Gazi Üniversitesi yetkililerine ve çalışanlarına teşekkürü borç bilirim.