


Araştırma Makalesi

**ENDÜSTRİYEL AHŞAP MALZEMENİN YAPIDA KULLANIMI:
CAMBRIDGE MERKEZ CAMİSİ**

Büşra COŞKUN¹ , Seyhan YARDIMLI² 

¹ İstanbul Okan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye,

² İstanbul Okan Üniversitesi, Sanat, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul, Türkiye,

ÖZET

Ahşap, geçmişten günümüze gelişerek kullanılan bir malzemedir. Ahşap malzeme yenilebilir olmasının yanında biyofilik, ekolojik ve depreme karşı dayanıklıdır. Ahşabın doğal, fiziksel, kimyasal yapısı gelişen teknoloji ile entegre edildiğinde yapı strüktürü ve malzeme açısından yüksek performans elde edilmektedir. Fabrika üretiminde ahşabın yapısal kusurları en aza indirgenerek geniş kullanım alanına sahip endüstriyel ahşap malzeme ortaya çıkmıştır. Çalışmanın amacı malzeme kullanımı ve strüktür sistemiyle örnek alınan Cambridge Merkez Camisi'nin incelenerek teknolojik ahşap yapı sistemi üzerinden kullanım olanaklarına dikkat çekmektir. Araştırma kapsamında ahşabın genel özelliklerinden bahsedilerek ele alınan Cambridge Merkez Camisi'nin strüktür sistem malzemesi olarak tercih edilen CLT ve Glulam malzemelerinin yapısal özellikleri literatür taramasıyla açıklanmıştır. Malzemelerin yapısal özellikleri, üretimi ve avantajları hakkında bilgi verilmiştir. Endüstriyel ahşap strüktür sistemde kullanımı kolon, giriş, duvar, tonoz, kubbe ve çatı formlarında ele alınarak incelenmiştir. Çalışmada Cambridge Merkez Camisi'nin malzeme özellikleri ele alınıp, incelenen yapının strüktür elemanlarının endüstriyel ahşap malzemeyle nasıl kurgulandığı ortaya konulmuştur. Yapıda kullanılan malzemenin cinsi, mühendislik yöntemleri ve yapının tasarımsal yaklaşımı hakkında bilgi verilmiştir. Yapıda birçok çağdaş yöntemin kullanıldığı, özel mimari tasarım ve mühendislik yapım teknikleri kullanıldığı görülmüştür ve bu özellikleri ile de yapı dikkat çekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Glulam, Clt, Endüstriyel ahşap, Teknolojik ahşap malzeme, Cambridge Merkez Camisi

**THE USE OF INDUSTRIAL WOOD MATERIAL IN CONSTRUCTION:
CAMBRIDGE CENTRAL MOSQUE**

ABSTRACT

Wood is a material that has been used by developing from the past to the present. Wood material is not only edible, but also biophilic, ecological and resistant to earthquakes. When the natural, physical and chemical structure of wood is integrated with the developing technology, high performance is achieved in terms of building structure and material. Industrial wood material with a wide usage area has emerged by minimizing the structural defects of wood in factory production. The aim of the study is to draw attention to the possibilities of use through the technological wooden structure system by examining the Cambridge Central Mosque, which is taken as an example with the use of materials and structure system. The structural properties of CLT and Glulam materials, which are preferred as the structural system material of Cambridge Central Mosque, which are discussed by mentioning the general properties of wood within the scope of the research, are explained with a literature review. Information is given about the structural properties, production and advantages of materials. The use of industrial wood in the structural system has been studied in column, beam, wall and dome forms. In the study, the material properties of the Cambridge Central Mosque were discussed and it was revealed how the structural elements of the examined building were constructed with industrial wood material. Information is given about the type of material used in the building, engineering methods and the design approach of the building. It has been observed that many contemporary methods, special architectural design and engineering construction techniques are used in the building, and the building draws attention with these features.

Keywords: Glulam, Clt, Industrial wood, Technological wood material, Cambridge Central Mosque

Sorumlu Yazar: Büşra Coşkun

Makale Geliş Tarihi: 11.05.2022

Makale Kabul Tarihi: 20.06.2022

Makale Künye Bilgisi : Coşkun,B.,Yardımlı,S.(2022). Endüstriyel ahşap malzemenin yapıda kullanımı; Cambridge Merkez Camisi. *KAPU Trakya Journal of Architecture and Design*, 2(1), 20-34.

* Bu çalışma İstanbul Okan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde yürütülen yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesi yapı üretimi ve mimarlığa birçok katkı sağlamıştır. Eski çağlardan günümüze yapıda sıklıkla tercih edilen ahşap malzeme endüstri ile desteklenmiştir. Bu destekle birlikte masif ahşap sınırlarının ötesine çıkarak yüksek performanslı bir malzeme haline gelmiştir.

Ahşap malzeme fabrika ortamında işlem göerek endüstriyel bir malzeme olmuştur. Bu değişim ve yenilik sayesinde birçok gelişmiş ülkede lamine ahşap teknolojisi de yaygınlaşmıştır. Ahşabın fiziksel özelliklerine dayanarak yapıştırılıp, basınç, kırpma, presleme gibi birçok işlemden geçmesi ile performansı büyük oranda arttırılabilmektedir.

Ahşap doğadan elde edilen organik yenilenebilir kaynaktır. Ahşap aynı zamanda rejeneratif bir yakıttır (Bowyer, 1995). Ahşap malzemenin fiziksel, kimyasal, mekanik olarak farklı özellikleri vardır. Ahşabın fiziksel açıdan sertliği, nem oranı, ısı iletkenliği, ses iletkenliği, özgül ağırlığı vb. özellikleri bulunmaktadır. Ahşap dayanıklı, esnek ve yenilenebilirdir. Kimyasal olarak kuru ahşap %49 karbon, %44 oksijen, %6 hidrojen, %0.1-%0.3 nitrojen elementleri barındırmaktadır. Ağacın kimyasal yapısında selüloz, hemiselüloz, lignin içermektedir. Ağaç türüne, bulunduğu yere ve mevcut gelişimine göre reçine, nişasta, şeker, silikat asit gibi farklı maddeler de barındırabilmektedir. Ahşabın temel mekanik özelliği ise elastisite modülü, basınç dayanımı, eğilme dayanımı, çekme direnci, makaslama direnci, dinamik eğilme, ahşabın sertliği gibi özelliklerdir. Ahşaba dışardan etki eden kuvvetin ortadan kalkmasıyla eski şeklini almasına göre uzama, kısalma ve gerilme arasındaki değişim miktarı elastisite modülüdür (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Bu çalışmada endüstriyel ahşabın günümüz teknolojisi ile mimari yapıda kullanımı incelenmiştir. İnceleme İngiltere’de inşa edilmiş olan Cambridge Merkez Camisi’nin ahşap ile strüktür sistem ve kullanılan malzemeler konusu üzerinden yapılmıştır. Araştırma kapsamında endüstriyel ahşap malzemenin yapısal ve mimari özellikleri de ele alınmıştır. Ayrıca endüstriyel ahşabın strüktür sistemde kolon kiriş olarak kullanımı hakkında bilgi verilmiştir. Araştırma yöntemi olarak literatür taraması yapılmıştır. Literatür taramasında, malzeme türleri olarak glulam ve CLT ele alınırken; yapı elemanları olarak kolon ve kiriş ele alınmıştır. Elde edilen veriler konuya uygun olarak çalışmada yer almıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde endüstriyel ahşap malzemeler ve kullanıldığı yapı elemanları hakkında bilgi verilmiştir. Endüstriyel ahşap malzemeler arasından Cambridge Merkez Camisi’nde kullanılan ve strüktürel sistemde sıklıkla tercih edilen CLT ve glulam malzemenin yapısal ve mimari özelliklerine değinilmiştir. Endüstriyel ahşabın yapı üretiminde kullanıldığı strüktür sistem elemanlarından, kolon, kiriş, kubbe, duvar ve çatı sistemleri Cambridge Merkez Camisi örneği üzerinden irdelenmiştir. Yapılan incelemelerle yapıdaki strüktür sisteme ait uygulama teknolojileri değerlendirilmiştir.

2.1. Endüstriyel Ahşap Ürünler

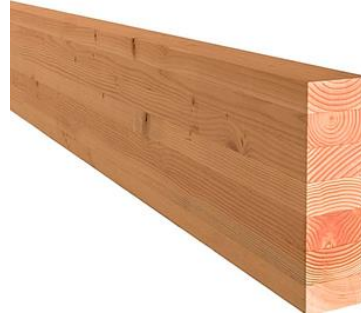
Ahşap malzemenin fabrika ortamında birçok işlemten geçirilerek performansının artırılması ile endüstriyel ahşap malzeme üretimi gerçekleşmektedir. Endüstriyel ahşap malzeme çeşitleri arasında yapı elemanlarında tercih edilenler arasında; yapıştırılmış lamine ahşap (glulam), çapraz lamine ahşap (CLT), yapısal kompozit ahşap (SCL), lamine kaplama ahşap (LVL), paralel yonga ahşap (PSL), yönlendirilmiş yonga ahşap (OSB), lamine yonga ahşap (LSL), ahşap beton kompozit (TCC) yer almaktadır.

Cambridge Merkez Camisi projesinde endüstriyel ahşap ürünlerden glulam ve CLT kullanılmıştır diğer endüstriyel ahşap malzemelerinin kullanımı görülmemiştir. Bu bölümde camide kullanılan glulam ve CLT malzemenin fiziksel, kimyasal özellikleri ve üretimi hakkında bilgi verilecektir. Bu malzemelerin sağladığı avantajların özellikleri açıklanacaktır.

2.1.1 Glulam (Yapıştırılmış Lamine Ahşap)

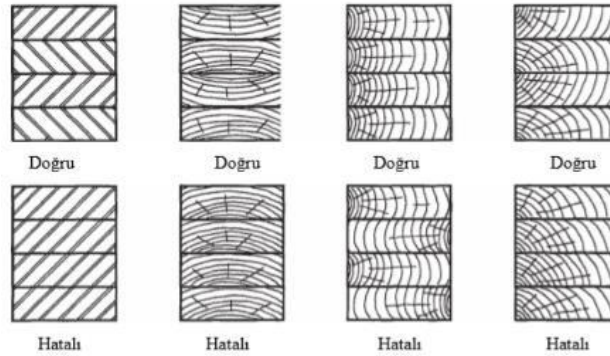
Glulam endüstriyel olarak üretilen ilk ahşap ürünlerdendir (Şekil 1). Yapıştırılmış lamine ahşap, kereste parçalarının paralel olarak üst üste getirilerek yapıştırılıp daha büyük boyutta

mühendislik ürünü ahşap elde edilmesidir (Miller, 1999). Glulam için genellikle Douglas göknarı, karaçam, ladin, göknar türü ağaçlar kullanılmaktadır.



Şekil 1. Glulam ahşap eleman (URL 1)

Glulam üretiminde her bir tabaka kalınlığı 19 mm – 50 mm arasında değişkenlik göstermektedir. Bir araya gelecek ahşap tabaka kesitlerinin damar yönleri birbirine paralel olmalıdır. Laminasyon işleminin doğrultusu ve damar yönü unsurları arasında denge kurulması gerekmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Glulam tabaka dengelenmesi (Deplazes, 2005)

Glulam malzeme üretiminde genellikle kuru keresteler seçilerek kalite ve dayanım özelliklerine göre gruplandırılır. Kuru olmayan keresteler kurutulur. Kurutma işleminin fazla olması kereste dayanımında azalmaya sebep olmaktadır. Kurutma sonrası keresteler kırılır. Tutkal uygulanması öncesi ahşabın yüzeyleri rendeleme yapılarak temizlenir. Ahşap parçalarının paralel yüzeyleri üst üste gelecek şekilde tutkal uygulanır. Sonrasında presleme yapılarak ahşap eleman sıkıştırılır. Üretilen ahşap yapı elemanının kenarında oluşan fazlalıklar düzeltilir. Ahşap levhalar arasında oluşan tutkal boncuklarını çıkarmak için zımparalama yapılır. Yapı elemanının türüne göre montaj veya bağlantı elemanları eklenerek üretim tamamlanır (URL 2).

Yapı malzemesi olarak glulam kullanmanın sağladığı birçok avantaj vardır. Boyut ve teknik olarak istenilen özellikte malzeme üretilebilmektedir. Mimari ve estetik olarak eğrisel form üretimi için elverişli bir malzemedir. Masif ahşaba göre glulam daha dayanıklıdır. Yapısal elemanlar için farklı ölçülerde kesitler üretilebilmektedir (Centennial Edition, 2010) Glulamın içerisindeki ince katmanlar arasında yük dağılımının olması, normal bir ahşap yapı elemanına göre daha dayanıklı olmasını sağlamaktadır (Thelandersson, 2003).

2.1.2 CLT (Çapraz Lamine Ahşap)

Çapraz lamine ahşap, yüksek performanslı kerestenin lif yönleri dik şekilde katmanlı olarak yapıştırılmasıyla üretilen ahşap malzeme türüdür (Şekil 3). CLT malzeme üç, beş veya yedi katman olarak üretilebilmektedir. CLT malzemenin çapraz dizilimi sayesinde rijitlik performansı yüksektir.



Şekil 3. Çapraz yapıştırılmış lamine ahşap (URL 3)

Deprem bölgelerinde CLT malzeme sıklıkla tercih edilmektedir. CLT elemanların birleşim noktalarında metal elemanlar kullanılması, deprem enerjisinin sönmülmesine katkıda bulunmaktadır (Dujic ve Zarnic, 2005, Asiz ve Smith, 2009, Ceccotti vd. 2013, Gavric, 2013). ABD CLT üretiminde APA PRG 320 Standardı uygulamaktadır (ANSI/APA PRG 320, 2018).

CLT malzeme döşeme, kiriş, kolon, çatı, duvar gibi ana yapı elemanlarında kullanılmaktadır. CLT'nin malzeme olarak hafif olması ve az işçilik gerektirmesi avantajlarından bazılarıdır. Üretiminde karaçam, ladin ve göknar gibi ağaç türleri kullanılmaktadır.

CLT kalınlığı 5 cm ile 30 cm arasında değişmektedir. Üretimi 2,40 – 3,00 metre genişliğinde ve 12,00 – 20,00 m uzunluğunda yapılabilmektedir. Üretim kapasitesine ve tasarıma dayalı olarak maksimum 4,80 m genişliğinde ve 24,00 m uzunluğunda CLT üretilebilmektedir

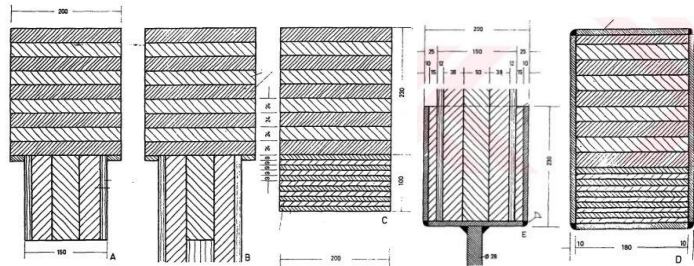
CLT üretimi için ilk olarak kullanılacak ağaç türü belirlenir. Genellikle ladin, karaçam ve göknar türü ağaçlar kullanılır. Kalite ve boyuta göre keresteler gruplandırılır. Yapıştırıcı seçimi yapılır. Yüksek basınçla katmanlar preslenir. CLT panellerin pürüzsüz olması için rendeleme veya zımparalama yapılır. CLT elemanlara son şekil verme işlemi uygulanarak paneller üzerinden kapı ve pencere boşlukları çıkarılmaktadır (Gavric, 2013).

2.2. Endüstriyel Ahşap Yapı Elemanları

Yapı elemanları binanın yükünü taşıyan malzemelerdir. Yapı elemanları etki eden kuvvetlerin temele kadar aktarımını sağlamaktadır. Bu aşamada statik denge taşıyıcılar ile korunmaktadır. Yapıda kullanılan doğal ve yapay taşıyıcı sistemlerin tamamına strüktür sistem adı verilmektedir (Türkçü, 1990). Strüktür sistemde ahşap kullanılması milattan önceki çağlarda görülmektedir. Çağdaş endüstriyel ahşap malzemenin yaygınlaşmasıyla strüktür sistemde kullanımı artmıştır. Tamamı ahşaptan üretilen yapılar teknoloji ile entegre edilmiştir. Ahşaba ulaşımın kolay olduğu, fabrika üretim teknolojisinin geliştiği bölgelerde çağdaş düzeyde ahşap yapılar çoğalmaktadır.

Kolon

Ahşap dikmeler birleşik, boşluklu ve tek parçadır. Belirli basınç ve yük altında aksenal olarak hareket eden dikmelerin lif yönleri basınca göre paralel konumda olmalıdır. Ahşap elemanların birleşim yönündeki dizilimleri birbirine zıt yöndedir (Şekil 4). Basıncın artmasıyla ahşabın kapasitesi üzerinde gerilmeler oluşmaktadır bu durumda ahşabın liflerinde sıkışma görülür. Sıkışmanın uzun süre devam etmesiyle kırılma gerçekleşir. Dikme uzunluğunun artmasından dolayı ahşabın dayanımı düşerek burkulma meydana gelebilmektedir (Ching ve Adams, 2008).



Şekil 4. Tutkal tabakalı kolon kesit detayı (Mohler ve vd.,1983)

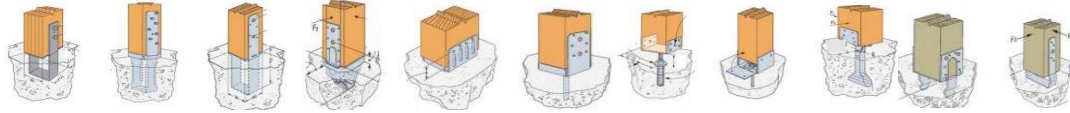
Boyutları birbirinden farklı ahşap elemanlar ve lamine ahşap parçalar bir araya getirilerek ahşap dikme veya kolonlar yapılmaktadır. Ahşap dikmeler bulonlarla tutturularak birleştirme işlemi gerçekleştirilmektedir. Boşluklu ahşap dikmeler, lamine tutkal tabakalı ahşap parçanın birleştirme işlemi sırasında boşluk bırakılmasıyla yapılmaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. Birleşik ve ayrı dikmeler (Ohanesyan, 2012)

Ahşap dikmelerin, taşıma kapasitesi için genel olarak metrekare hesabı yapılmaktadır. Bu hesap için ahşap dikmenin enine kesitinin ebatları ele alınmaktadır. 15 x 15 cm boyutlarında dikme için 46 m² alanı, 20 x 20 cm boyutlarında dikme için 93 m² alanı, 25 x 25 cm boyutlarında dikme için 293 m² alanı taşıma kapasitesi bulunmaktadır. Ahşap çerçeve, döşeme çubuğu, dikme için seçilen lamine ahşap türüne göre bu hesaplamalarda değişkenlik meydana gelebilmektedir (Ching ve Adams, 2008). Düşey konumlandırılan dikmeler; köşelerde 10/10, 10/12, 10/14, 12/12, 14/14, 15/15 ara kısımlarda, 10/10, 10/12, 10/14, 12/12 cm boyutlarında yerleştirilebilmektedir.

Ahşap platform sistem yapıda, birbirinden bağımsız dikmeler beton zemine veya taban kirişine bağlanır (Şekil-6). Metal elemanlar yardımıyla bu bağlantılar sabitletir. Metallerle sabitleme aşamasında doğru elemanlar kullanılmalıdır. Bu konuda kolonun ölçüsü ve malzeme cinsine uygun olarak metal eleman seçimi yapılmalıdır. Kolon ve kolonun taşıdığı yükler metal elemanlarla beton zemine iletilmektedir (Ohanesyan, 2012).



Şekil 6. Ahşap kolon beton zemin bağlantı detayı (URL 4)

Teknoloji ve uygulama yöntemlerinin gelişimi ile yüksekliği değişebilen kolon ayakları üretilmiştir. Ayaklar uygulama alanında ihtiyaç duyulan yüksekliğe göre ayarlanabilmektedir. Böylece ahşap kolon ayakları su ve nemden korunmaktadır.

Kiriş

Lamine ahşap kirişler üç ve daha fazla ahşap lifinin aynı yönde olacak şekilde yapıştırılmasıyla üretilmektedir. Tutkallama işleminin ardından presleme işlemi uygulanır. Presleme işleminin tamamlanması ile ahşap eleman teknolojik özellik kazanmaktadır. Bu durumda dayanıklı ve geniş açıklıklarda kullanılabilen ahşap kirişler elde edilir. Lamine edilmiş ahşap kirişin tercih edilen ebatta ve boyda üretimi mümkündür. Diğer yapı elemanlarına entegre edilmesi kolaydır. Lamine ahşap kiriş için performans olarak Avrupa Standardı EN 386 kullanılmaktadır. Ahşap kiriş için glulam, CLT, PSL, LVL ve LSL tercih edilir.

Fabrikasyon işlemi görmemiş ahşabın geçebileceği açıklık sınırlıdır. Günümüz teknolojik yapılarında genellikle işlem görmüş ahşap malzeme tercih edilmektedir. Masif ahşap döşeme kirişlerinin boyutlarına oranla geçebileceği açıklık oranları; 5 x 15 için 240 cm, 5 x 20 için 340 cm, 5 x 25 için 430 cm, 5 x 30 ise 520 cm'dir.

Ahşap kolon-kiriş çeşitlerine göre farklı ahşap strüktürel sistemler yapılabilmektedir. Lamine ahşap kirişler düz trapez, eğrisel, dolu gövdeli, makas, ahşap çerçeve gibi çeşitlerde üretilebilmektedir (Carling, 2001). Ahşap kiriş için DIN 1052, EUROCODE 5 standartları geçerlidir. Geçilebilecek minimum ve maksimum açıklık oranları yapıyı oluşturan malzeme cinsine ve sistemin teknik özelliklerine bağlıdır.

Ahşap kiriş sistemler çatı malzemesi olarak kullanılabilir. Malzeme çeşitliliği ile birçok çatı türü ahşap kullanılarak yapılabilir. Günümüzde kullanılan ahşap çatılar geleneksel sistem ahşap çatılar, ahşap kafes sistem ve uzay kafes sistemler olmak üzere üç çeşittir.

Ahşap kafes sistemler doğrusal eksenlerdeki ahşap elemanların eklemli olarak bir araya getirilmesinden yapılmaktadır. Bu birleşme örgü elemanları, başlık ve kafes kirişlerin arasında üçgen oluşturacak şekildedir (Şekil 11). Birleşme yerleri düğüm noktası olarak adlandırılmaktadır. Bulon, lama, çivi gibi farklı metal elemanlar düğüm noktalarında kullanılmaktadır. Kafes kirişlerin alt ve üst noktasında devam eden çubuk elemanlara başlık, iki başlık arasındaki çubuklara örgü elemanı denilmektedir. Örgü elemanları dikey veya yatay konumda kullanılabilir (Karaduman, 1999). Ahşap kafes sistemler basınç ve çekme kuvvetleri ile çalışmaktadır. Böylece geniş açıklıklarda sıklıkla tercih edilmektedir. Glulam, CLT gibi taşıyıcılığı fazla endüstriyel ahşap çeşitleri kullanılabilir.

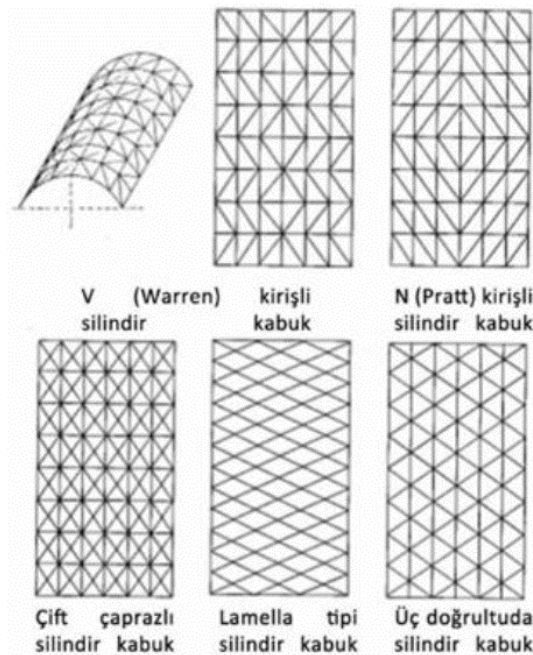
Kafes sistemler ağırlıkları iki boyutlu sistemde aktarmaktadır, uzay kafes sistemler üç boyutludur. İçerinde birden çok çubuk ve düğüm noktası vardır. Yük bu sistem içinde dağıtılmaktadır. (Türkçü, 1982). Uzay kafes sistemler genellikle geniş açıklıklı mekânlarda tercih edilmektedir. Statik hesaplamalarda düğüm noktalarının mafsallı ve momentsiz olduğu, çubuk elemanlarının da eksenel yükleri aktardığı kabul edilmektedir.

Uzay kafes sistemler eğrilik ve tabaka sayılarına göre sınıflandırılmaktadır. Eğrilik olarak tonoz, kubbe ve serbest form olarak üç çeşittir. Tonoz sistem tek eğrilikli, kubbe çift eğrilikli, serbest form ise tasarıma göredir. Tabaka sayısına göre tek, çift ve çok tabakalıdır.

Uzay kafes sistemde düğüm noktaları, çubuk elemanları ve bağlantı elemanları olmak üzere üç ana eleman bulunmaktadır. Yükler düğüm noktalarına etki etmektedir. Düğüm noktalarındaki çubuk birleşimi mafsallıdır. Yükler eksenel olarak iletilir ve düğüm noktalarında birleşmektedir. Böylece basınç ve çekme kuvvetinden etkilenirler. Eğilme durumunun yoğun olduğu sisteme göre daha etkin durumdadırlar (Savaşır ve Okbaz 2014).

Tonoz

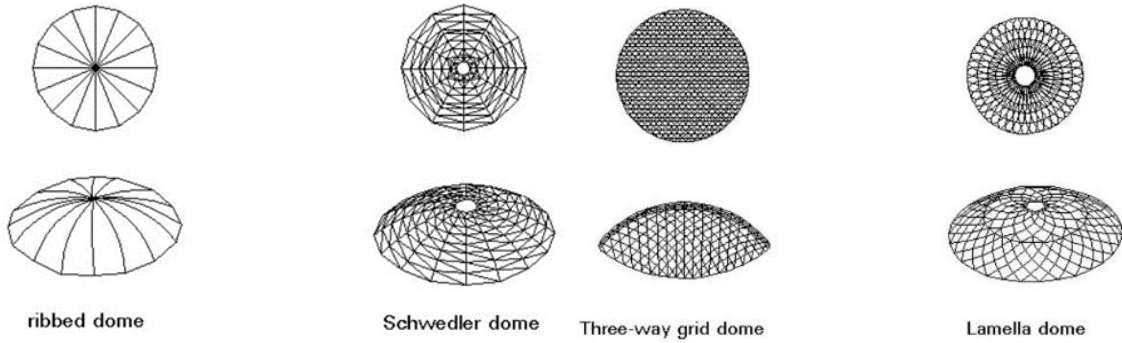
Tonoz çatı görünüm olarak silindirik kabuk şeklindedir. Tek yönde eğriliklidir. Tek tabakalı yapılarda, düğüm noktalarında rijitlik sağlanmalıdır. Rijitliğin sağlanmasıyla yapı daha dayanıklı olmaktadır. Tonozlar V kirişli, N kirişli ve lamella olmak üzere üç çeşittir (Şekil 7).



Şekil 7. Tonoz çeşitleri (Lan, 1999)

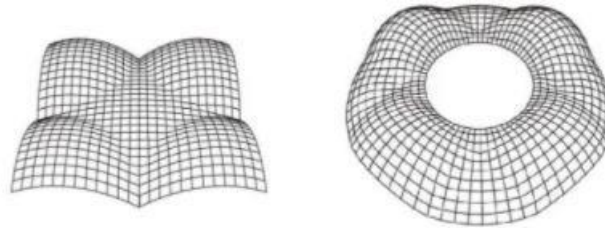
Kubbe

Kubbe dairesel veya kare formlu mekânların üzerinin örtülmesi için kullanılan ahşap uzay kafes sisteme dâhil bir formdur. Kubbe üzerinde basınç, çekme ve kesme kuvvetleri kubbe kabuğu üzerinde dağıtılmaktadır. Düz ve eğrisel ahşap çubuk elemanlar ile ağ kubbe yapılabilmektedir. Düğüm sayısının artması ile kullanılan ahşap yapı eleman boyutları düşmektedir. Kubbe formu parabol, elips ve küreden oluşabilmektedir (Yılmaz, 2011). Kubbe şekli elemanların dağılımına ve bulunduğu konuma bağlı olarak çeşitlenmektedir. Nervürlü, paralel, lamella, schwedler, jeodezik ve üç yollu ızgara gibi çeşitleri vardır (Şekil 8).



Şekil 8. Kubbe çeşitleri (URL 6)

Serbest formlu ahşap kafes sistemin strüktürel kurgusu farklıdır. Formun geometrik açıdan özelliklerinin önceden belirlenmesi gerekir. Sistemde oluşacak düğüm noktaları eşit boşluklarla tasarlanmalıdır (Toussaint, 2007). İki farklı yönde çaprazlama olarak meydana getirilen bu sistemde farklı formlar yapılabilmektedir (Şekil 9). Serbest formlu sistemdeki temel unsur ahşap çubuk elemanların mafsallı noktalarından birleştirilerek eşkenar dörtgenlerin yüzey alanlarının deforme edilerek köşegen noktalarında mesnetlenmesidir (Öz, 2012).



Şekil 9. Serbest formlu uzay kafes sistem (URL 7)

Ahşap ızgara sistem eşit olarak dağıtılmış yükler altındadır. Bu durumda basınç, çekme gerilmelerini karşılamaktadır. Ahşap ızgara sistem, kurulumu sırasında gerekli bağlantılar oluşturulup sonrasında uygulama teknikleriyle itilerek veya çekilerek tasarımına uygun hale getirilen strüktür elemanlarıdır (Türkçü, 2017). Ahşap ızgara sistem elemanları fabrikada üretilerek inşaat sahasında uygulaması gerçekleştirilebilmektedir. Ahşap teknolojisi ile üretilmiş ahşap elemanlarda genellikle yerinde birleştirme işlemi yapılır.

3. BULGULAR

Bu bölümde yapılan araştırmalar doğrultusunda Cambridge Merkez Camisi'nin genel proje özellikleriyle strüktür ve malzeme konusu ele alınmıştır.

3.1 Cambridge Merkez Camisi

Cambridge Merkez Camisi kamu için İngiltere'nin Cambridge şehrinde yapılan ibadethane projesidir (Şekil 10). Proje Marks Barfield Architects mimarlık ofisi tarafından hazırlanmıştır.

Proje 09. 2016 - 03. 2019 tarihleri arasında inşa edilmiştir. Projenin alanı 2340 m²'dir. Avrupa'da çevre dostu olarak hazırlanmış ve gerçekleştirilmiş ilk cami projesidir.

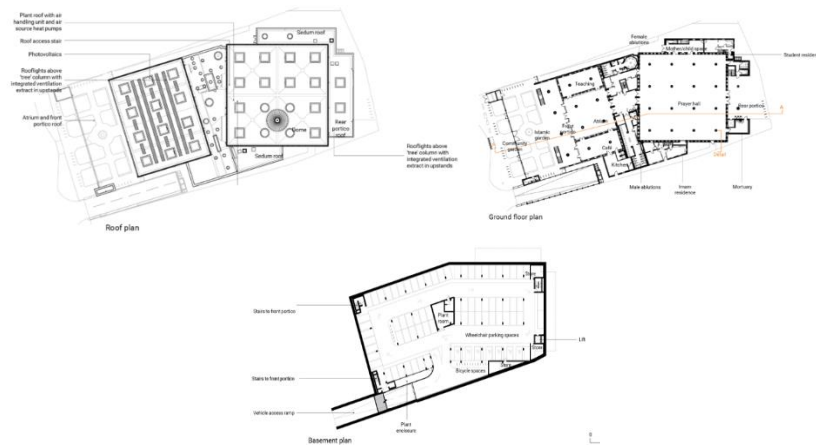


Şekil 10. Caminin harita üzerindeki konumu (URL 8)

Caminin bulunduğu cadde doğu- batı istikametinde kuzeye doğru uzanmaktadır. Mimar bu derinliği güneydeki ana girişten geriye doğru çekilen giriş oluşturarak kullanmıştır (Şekil 11). Bu düzenlemedeki amaç ibadet ortamındaki sükûneti sağlayabilmektir. Yapıya giriş kaldırımının yanında devam eden topluluk bahçesiyle başlamaktadır. Devamında daha resmi İslami bahçenin çevresini saran korkuluklar bulunmaktadır. Camiye girilen yerde yüksek giriş sundurmasının açıldığı bahçe vardır. Camlı duvarlar, kare planlı alanın önünde bulunmaktadır. Arka tarafında lobi ve geniş bir alan mevcuttur. Caminin ibadet alanı kare planlıdır (Şekil 12). Bu plan doğu yönünde konumlanacak şekilde bükülmüştür (Şekil 13) (URL 10).



Şekil 11. Cambridge Merkez Camisi girişi (URL 9)



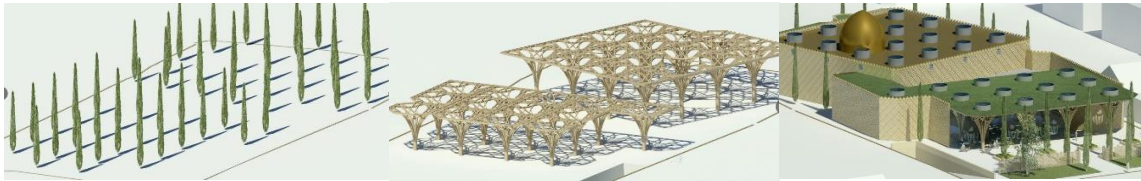
Şekil 12. Cami kat planları (URL 10)



Şekil 13. Cami iç mekânı (URL 9)

Cambridge Merkez Camisi'nin strüktür sisteminde endüstriyel ahşap elemanlar kullanılmıştır. Ahşap olarak kullanılan yapı elemanları kolon, kiriş, kubbe, duvar ve çatıdır. Aşağıda yapıdaki bu elemanların özellikleri ve detayları ile ilgili bilgilere yer verilmiştir. Yapının strüktür elemanlarının üretimi için ağaç türü olarak Alman Ladini kullanılmıştır.

Caminin konseptinde ağaçlardan yola çıkmıştır. Belirli aralıklarda dizilen ağaçları temsilen glulam kolon düşünülmüştür (Şekil 14). Glulam kolonlar arası ağaç dalları görünümü verecek şekilde yelpaze tonoz kirişlerle bağlanmıştır. Kolonların üst noktalarında dairesel ışıklıklar bırakılmıştır. Caminin iç mekânında doğal aydınlatmadan yararlanılmıştır.



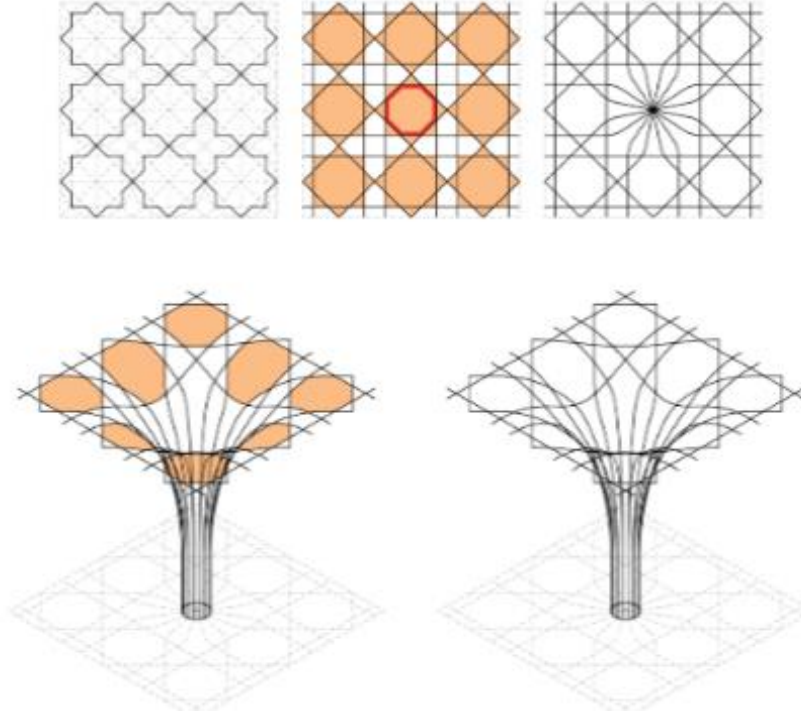
Şekil 14. Kolon dizilim şeması ve cami konsepti (URL 11)

Glulamın yapısından dolayı, cami taşıyıcıları 30 adet standart kolondan oluşturulmuştur. Yapıyı oluşturan 2746 parça ahşap eleman bulunmaktadır. İmalattan sonra, kavisli glulam elemanları fabrikada önceden monte edilmiştir. 16 adet glulam eleman, kolon gövdesinin üst noktalarına sabitlenerek sahaya nakledilmiştir (Şekil 15) (URL 10).

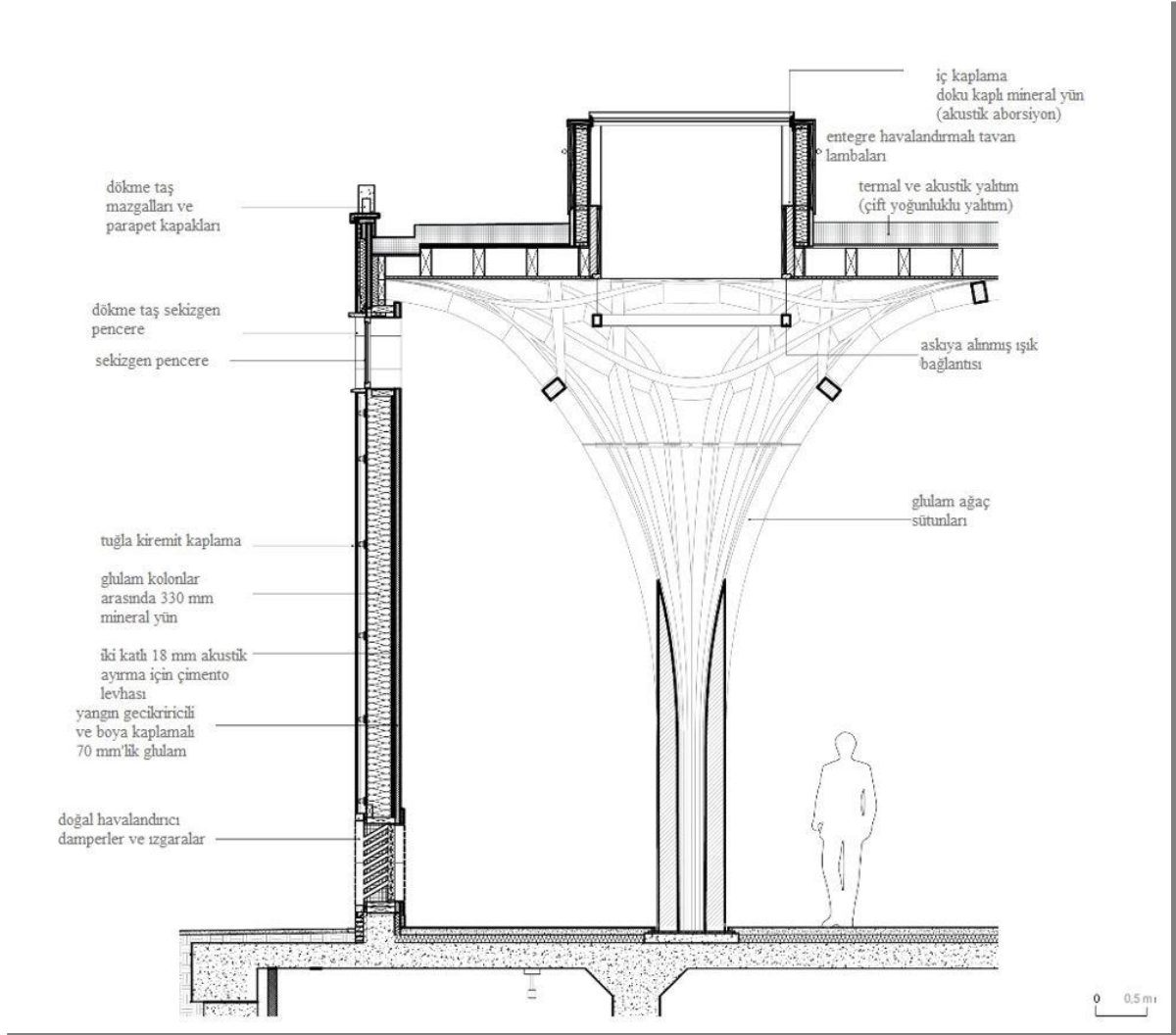


Şekil 15. Camide kullanılan glulam kolon (URL 12)

Glulam kolonlardan sekizgen gövdeyi oluşturabilmek için on altı adet glulam eleman bir araya getirilmiştir. Ahşap kolonlar 8,1 m'lik düzenli ızgaralar halinde sıralanmıştır. Glulam kolonlar kirişlerle birlikte çatıya destek sağlamaktadır (Şekil 16.). Kolon üzerindeki boşluklarda dairesel ışıklar bulunmaktadır. Işıklıklar entegre havalandırmalıdır. Kolon gövdesi çelik pabuçla zemin kat levhasına bağlanmıştır (Şekil 17) (URL 9).



Şekil 16. Glulam kolon ve ızgara kiriş sistemi (URL 10)

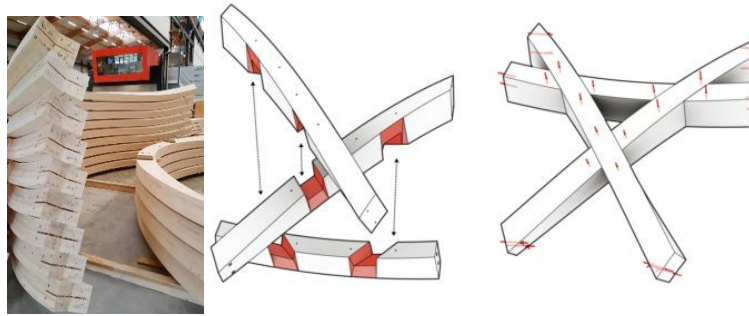


Şekil 17. Glulam kolon kesiti (URL 10)

Yapıdaki kiriş sistemi yelpaze tonoz kullanılarak sağlanmıştır (Şekil 18). Tonozlu sistemden üç boyutlu form kıvrılarak birleşir. Ahşap kirişler İslami motif oluşturacak şekilde bir araya getirilmiştir. Glulam kirişlerin üretimi yapılarak vida bağlantı noktaları açılmış ve şantiye alanına getirilmiştir. Kirişler arasında belirli noktalar arası boşluklar bırakılarak birbirine geçmeli olarak yerleştirilmiştir (Şekil 19). Kirişlerin geçmeli olarak yerleştirilmesi yapı stabilizemesine katkı sağlamaktadır (URL 9).



Şekil 18. Cami içerisinde kullanılan ahşap yelpaze tonoz sistem (URL 12)



Şekil 19. Geçmeli kiriş sistem detayı (URL 12)

Yapıdaki kubbe formunun meydana getirilmesinde sürekli tekrarlayan sekizgen kolonlar, yapısal olarak bir modele dönüştürülerek üç boyutlu kubbe formuna da yansıtılmıştır (URL 13). Kubbe fabrika ortamında üretilerek inşaat sahasına nakliye edilmiştir. Kubbe yapısı glulam elemanlardan oluşan taşıyıcı kafes kirişler üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 20a, 20b). Lamine ahşap kolon ve kiriş elemanlar kubbe çerçevesine bağlantısı kurularak kubbeyi taşımaktadır. Kubbeyi bağlamak için vida ve benzeri bağlantı elemanları kullanılmıştır.



Şekil 20a. Asma kubbe nakliyesi (URL 12)



Şekil 20b. Asma kubbenin cami içinden (URL 12)

Dış duvarlarda 70 mm'lik glulam malzeme kullanılmıştır. Duvarların alt kısımlarında ızgaralı havalandırma sistemi kurularak doğal havalandırmaya katkı sağlanmıştır. Duvar yalıtım malzemesi olarak mineralli yün kullanılmıştır. Cami yapısını çevreleyen duvarlar CLT karolar ile kaplanmıştır. Çapraz lamine ahşap panellerin çevresine yangını geciktirebilen cila yapılmıştır. Dış duvara tuğla kaplama yapılmıştır. Yapının tavan panelleri ve duvar panelleri arasına yanlış hizalamayı önlemek için girintiler yapılmıştır (URL 10).

Caminin çatısında çapraz lamine ahşap çatı plakası kullanılmıştır. CLT plaka yanal olarak gelen ağırlığı duvarlara iletmek için diyafram görevi görmektedir. CLT panel uygulamasında paneller arası 6 mm'lik boşluk bırakılmıştır. Bırakılan boşluk sayesinde yaz ve kış mevsiminde meydana gelebilecek daralma ve genişleme durumuna karşı önlem alınmıştır. Panellerin parçalanıp dağılması için 90 derecelik köşe noktalarına 2 mm'lik diyagonal pahlar yerleştirilmiştir (URL 10). Caminin temeli betonarmedir ve alt katında betonarme otopark bulunmaktadır.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Genel olarak ahşap malzeme milattan önceki çağlardan günümüze kadar yapı üretiminde sıklıkla tercih edilen bir malzeme olmuştur. Ahşabın bu uzun kullanım geçmişi ile insanların barınma ihtiyacını büyük ölçüde karşıladığı bilinmektedir. Günümüz çağdaş mimarisi ve teknolojinin bir araya gelmesi ile endüstriyel ahşap malzeme elde edilmiştir. Endüstriyel ahşap malzeme genellikle ahşaba ulaşımın kolay olduğu ve ahşap teknolojisinin gelişmiş olduğu bölgelerde tercih edilmektedir.

Bu çalışmada Cambridge Merkez Camisi'nin mimari özellikleri anlatılmıştır. Caminin strüktür sistemi, kolon, giriş, duvar, kubbe ve çatı olarak ele alınmıştır. İncelenen yapıda, endüstriyel ahşap malzemeler arasından glulam ve CLT kullanılmıştır. Kolon, giriş, kubbe elemanlarında glulam tercih edilmiş, duvar ve çatı panellerindeyse CLT malzeme kullanılmıştır. Caminin yapı elemanlarında genel olarak ahşap kullanılması yapısal ve ekolojik olarak mimarlığa ve çevreye katkı sağlamıştır.

Camide kullanılan ahşap teknolojileri arasından glulam kolonlar dikkat çekmektedir. Her bir kolonda kullanılan on altı adet eğrisel glulam eleman, kolon gövdesinde sekizgene dönüşmektedir. Bu durum ahşap malzemenin endüstriyel olarak işlendiğinde eğrisel forma dönüştürülüp strüktür sistemde farklı formlarda uygulanabildiğini yansıtmaktadır.

Yapıda girişler tonoz şeklinde birleşerek birbirine geçmeli olarak monte edilmiştir. Bu durum teknik açıdan endüstriyel bir ürünün, geleneksel üsluba çağdaş bir yöntemle uygulama yapıldığını göstermektedir. Bunun yanında girişlerin geçmeli sistem olması yapının dayanıklılığına katkı sağlamıştır.

Açıklık geçmek için kullanılan kubbe formunun glulam elemanlardan üretilerek sahaya nakil edilmesiyle endüstriyel ahşap malzemenin inşaat sahasında uygulama kolaylığı sağlayabildiği kanıtlanmaktadır. Ayrıca kubbe üretimi sırasında oluşabilecek sorunlar monte edilmeden üretim aşamasında çözülebilmektedir. Bu durum zaman yönetimi açısından daha verimlidir.

Duvar yapısında kullanılan CLT paneller hafif ve dayanıklı yapısal elemanlardır. Panel duvarlara cila sürülerek yangın önlemi alınmıştır. Dış duvar malzemesi olarak glulam kullanılmıştır. Duvar uygulamasında özel bir teknik olarak tavan paneli ve duvar paneli arasında girinti yapıldığı görülmektedir. Bu durum uygulama teknikleriyle formdaki hizalama kusuruna karşı önlem alındığını göstermektedir.

Çatıda CLT paneller kullanılmıştır. Paneller arası 6 mm boşluk bırakılarak genişleme büzülme durumuna karşı çatı korunmuştur. Bu durum ahşap malzemenin uygulama teknolojisinde özelliklerinin bilinmesiyle olası bir çatlama durumuna karşı önlem alınabilmesini sağlamıştır.

Çalışmanın konusu olan camide ahşap teknolojisinin günümüz koşullarında üst düzeyde kullanıldığı sonucuna varılmıştır. Ahşabın tarihi ve endüstriyel olarak gelişmiş bir malzeme olmasıyla yapıda kullanımı teşvik edilmelidir. Çalışmadaki amaç endüstriyel ahşap uygulamalarına dikkat çekerek fayda sağlayabilmektedir. Endüstriyel ahşap malzemenin kullanımına Dünya'da yer verilmelidir. Özellikle topluma ait kamusal mekânlarda kullanılarak ahşap yapılar yaygınlaştırılmalıdır.

EXTENDED SUMMARY

Research Problem and Purpose

The use of wood as a building material has been going on for thousands of years. Such a widely used material has developed with technology. Industrial wood material has emerged with the production of wood with glue layer. When wood material started to be produced in the factory, its defects were minimized and industrial wood material emerged.

Industrial wood material has been used in different structural systems with the development of technology. The structural system of industrial wood has many advantages. It is a natural, high performance and earthquake resistant material. On the other hand, industrial wood material does not attract enough attention in some regions. Not knowing the possibilities of the material and not being widespread in industrial wood factories are obstacles for its use. In our country, the use of industrial wood materials has been seen recently, but it is not common enough.

In this direction, it is aimed to draw attention to industrial wood material technology and its usage possibilities and to contribute to its widespread use. In the study, the Cambridge Central Mosque, a project that has attracted attention in the world, has been discussed as an answer to the question of how industrial wood material can be applied in a building. In this process, the possibilities of using industrial wood materials were examined within the scope of the structure and material use of Cambridge Central Mosque.

Methodology

In this study, it is aimed to explain the usage areas and application methods of industrial wood materials by considering the structure and materials of the Cambridge Central Mosque. In addition to giving qualitative information about the study subject, quantitative data are also mentioned.

In this direction, a resource research was conducted on the types of industrial wood materials used in the mosque. As a result of the research, the structural properties of the glulam and CLT materials used in the mosque are explained in the article.

In the other stage of the study, the building elements used in the building were determined and a literature review was made on this subject. Information was given about columns, beams, walls, vaults and domes made of wood.

A literature review was made about the application technique and material properties of each building element of the mosque. In line with the researches, the building elements and material types specific to this building are explained.

Findings

In this section, the findings about the structural system and material of the Cambridge Central Mosque are summarized.

30 glulam columns were used in the building. While more spans can be passed with less columns with industrial wood material, the reason for using such dense columns is the project concept. In addition, 16 glulam elements are fixed from their upper points for the production of a column. The columns are fixed to the floor with connectors. Glulam beams were used to connect the columns together.

He created Islamic geometric patterns with glulam beams. The beams are connected to each other by leaving gaps between them. Fan-shaped vaults were used in the building. CLT panels were used to cover the vaults and beams.

Wooden materials were also used on the walls of the building. CLT was chosen as the wall material because it is light and durable. Glulam material was used on the outer walls of the building. The walls surrounding the mosque structure are also covered with CLT tiles.

The dome of the building was produced in the factory and transferred to the building area. The dome is mounted on the beams and columns with screws.

Conclusions and Recommendations

Wood material has been used in the production of buildings for thousands of years, and with this use, it has met the shelter needs of people. Industrial wood material has emerged with the development of wood material through various processes. Industrial wood material is preferred in regions where wood use is developed and remarkable structures are built in this regard.

In this study, the architectural features of Cambridge Central Mosque are explained. The structural system of the mosque was handled as columns, beams, walls, roofs, domes and vaults. In the examined building, glulam and CLT were used as industrial wood materials. Glulam was preferred in column, beam and dome elements, and CLT material was used in wall and roof panels. In the building, glulam elements are used in

the structure. CLT, on the other hand, is used in cladding panels with low load-bearing properties. This shows that the material has been chosen in accordance with its structural characteristics. The use of wood in the mosque has contributed to the architecture and the environment ecologically.

The fact that wood is an industrially developed material has provided great opportunities for its use in buildings. The aim of the study is to draw attention to the buildings using industrial wood materials and to support the spread of their production.

Building production with industrial wood material should be done more frequently. In particular, the use of healthier wooden structures in public spaces should be expanded.

KAYNAKLAR

ANSI/APA PRG 320 (2018). *Standard for Performance-Rated Cross-Laminated Timber*, APA-The Engineered Wood Association, Tacoma, WA.

Asiz, A., Smith, I. (2009). Structural Connections for Massive Timber Plate Elements in Hybrid Structures, IABSE Symposium Report, *International Association for Bridge and Structural Engineering*, 96(7), 126-134.

Bozkurt, A. Y., Erdin, N. (2000). *Odun Anatomisi*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

Bowyer J., (1995). Wood and other raw materials for the 21st century For Prod J, 45 (2) (1995), pp. 17-24 Lydon, M., & Garcia, A. (2015). *Tactical Urbanism, Short-term Action for Long-term Change*. Washington: IslandPress.

Carling O. 2001: *Limtrahandbok (glulam handbook)*, Stockholm, Sweden: Svenskt Limtra AB, Print & Media Center i SundsvallAB.

Ceccotti, A., Sandhaas, C., Okabe, M., Yasumura, M., Minowa, C., Kawai, N. (2013). SOFIE Project-3D Shaking Table Test onna Seven-Storey Full-Scale Cross-Laminated Timber Building, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 42(13), 2003-2021.

Centennial Edition (2010). *Wood Handbook Wood as an Engineering Material* .

Ching F. D. K., Adams C., (2008). *Çizimlerle Bina Yapım Rehberi*, Yem yayınları.

Deplazes, A., (2005). *Constructing Architecture, Materials Processes Structures, A Handbook*, Basel: Birkhäuser – Publishers for Architecture.

Dujic, B., Zarnic, R. (2005). *Report on Evaluation of Racking Strength of KLH System*, University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetical Engineering, Slovenia.

Gavric, I. (2013). *Seismic Behavior of Cross-Laminated Timber Buildings*, Ph.D. Thesis, University of Trieste, Italy. <https://www.researchgate.net/> <https://www.hguillen.com/>.

Karaduman, M., (1999). *Çelik Yapılar*, 3. baskı, Ankara, Türkiye: Nobel Akademik Yayıncılık .

Lan, T.T. (1999). *Space Frame Structures, Structural Engineering Handbook*, Ed. Chen Wai-Fah Boca Raton: CRC Press LLC.

Miller, B. R., (1999). *Characteristics and Availability of Commercially Important Woods, Wood Handbook*.

Mohler K., Natterer J., Gotz K., Hoor D., (1983). *Construire en bois - Tome 1, Choisir, concevoir, réaliser* Presler, Moniteur.

Ohanesyan, D. S. (2012). *Ahşap Platform Çerçeve Yapıların Yatay Kuvvetler Karşısındaki Davranışları ve Alınması Gereken Önlemler*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Öz. Ö., (2012). Tek Tabakalı Uzay Kafes Sistemlerin Tasarımı, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Savasir, K., Okbaz, F.T., (2014). Uzay Kafes Sistemlerle Yaratılabilecek Üst Örtülerin Yüzey Geometrilerinin İncelenmesi: Heydar Aliyev Merkezi Örneği, 7.Ulusal Çatı Cephe Sempozyumu.
- Thelandersson H. J. L.(2003). *Timber Engineering*, Lyngby, Denmark: John Wiley & Sons Ltd.
- Toussaint, M.H., (2007). A Design Tool for Timber Gridshells, The Development of a Grid Generation Tool, Delft University of Technology Faculty of Civil Engineering and Geosciences Section of Structural and Building Engineering Structural Design Lab, Master of Science in Civil Engineering.
- Türkçü, H.Ç., (1982). *Uzay Çerçeve Çatıyı Farklı Geometrik Olanaklar Arasından Seçmede Kullanılabilecek Ölçütler ve Yöntemi*, E.Ü. Güzel Sanatlar Fakültesi Yayınları, Yayın No:15, Ticaret Matbaacılık, İzmir, s.3.
- Türkçü, Ç., (1990). *Çağdaş Yapım ve Strüktür Sistemleri 1*, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Basımevi, İzmir.
- Türkçü, H.Ç., (2017). *Yapım İlkeler – Malzemeler – Yöntemler – Çözümler*, İstanbul, Türkiye: Birsen Yayınevi.
- Yılmaz D., (2011). Ahşap Kompozit Elemanlarla Oluşturulmuş Geniş Açıklıklı Sistemlerin İncelenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- URL 1: www.buildwithbmc.com Erişim. 03.08.2021
- URL 2: <https://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch10/final/c10s09.pdf> Erişim: 02.09.2021
- URL 3: <https://www.environdec.com/library/epd2033> Erişim: 02.09.2021
- URL 4: lh3.googleusercontent.com/OSOzaw643V_CzF0oycB94f-jkUwpyXMUh5x1710q1LTH0ULxJTOWSFG1vB-q1s1J9iG2zA=s85 Erişim: 10.05.2022
- URL 5: www.catider.org.tr Erişim: 3.11.2021
- URL 6: www.fgg-web.fgg.uni-lj.si Erişim: 08.02.2022
- URL 7: www.slideshare.net Erişim: 11.02.2022
- URL 8: structurae.net Erişim: 9.5.2022
- URL 9: www.trada.co.uk Erişim: 7.5.2022
- URL 10: www.architectsjournal.co.uk Erişim: 9.05.2022
- URL 11: marksbarfield.com Erişim: 9.5.2022
- URL 12: facadesplus.com Erişim: 9.5.2022
- URL 13: woodawards.com Erişim:19.05.2022