

YAPIŞTIRILMIŞ TABAKALI AĞAÇ YAPI ELEMANLARI

Prof. Dr. Yılmaz BOZKURT
Dr. Ahmet KURTOĞLU

1. GİRİŞ

Yapıştırılmış ağaç yapı elemanları, isminden de anlaşılacağı gibi tahtaların üst üste konarak yapıştırılıp, yapılarda taşıyıcı eleman olarak kullanılmak amacı ile yapılmaktadır. Bu konu üzerine ilk esasları koyan WOLF (1977)'a göre 16. yüzyılda Colonel Emy ve Philiber Delorm olmuştur. İlk uygulama 1893 de İsviçre'de Basel kentinde bir konferans salonunun Kemer kirişlerinin yapıştırılmış tabakalı ağaç malzemeden yapılması ile meydana getirilmiştir. Almanya'da Weimar'lı marangoz ustabaşısı Otto Hetzer ilk tabakalı taşıyıcıyı yapmış ve 1905 yılında da Hetzer sistemi adı verilen kazcin tutkallı ile yapıştırılmış ağaç malzeme kirişlerinin yapımı için patent almıştır. İkinci Dünya Savaşında sentetik tutkalların gelişmesi ile Avrupa'da yapıştırılmış ağaç yapı elemanı yapımı ilerlemiş, fakat hiçbir şekilde ABD'nin durumuna erişememiştir. İkinci Dünya Savaşından sonraki ilk yıllarda inşaat kerestesi ktlığı ve yapıştırılmış ağaç yapı elemanlarının fiyatının diğer yapı malzemelerine göre düşüklüğü piyasaya giriş yollarının açılmasında ve düşük işçilik ücretinin koruyucu etkisi altında piyasada tutunması oldukça kolay başarılmış bulunmaktadır. Bunu takip eden yıllarda yapıştırılmış ağaç yapı elemanları üreten firmaların sayısı seneler itibariyle fazlaşmış ve piyasadaki katılım oranı da artmış bulunmaktadır.

2. YAPIŞTIRILMIŞ AĞAÇ YAPI ELEMANLARI ENDÜSTRİSİNİN GELİŞİMİ

İkinci Dünya Savaşı sonrası dönemi yapıştırılmış ağaç yapı elemanları endüstrisi büyük bir hızla gelişme göstermiştir. Batı Almanya'da 15 yıla yakın bir sürede üretim 30000 m³ den 200000 m³'e yükselmiştir. FRIEDRICH (1975)'in bildirdiğine göre Avrupa'daki yapıştırılmış Ağaç yapı elemanı yapan işletmelerin üretim miktarı 500000 m³ ile Birleşik Amerika seviyesine ulaşmış bulunmaktadır. Aşağıdaki tabloda bazı Avrupa ülkelerindeki üretim miktarları 1966 yılından başlayarak gösterilmektedir.

Bazı Avrupa ülkelerinde yapıştırılmış tabakalı ağaç malzeme üretim miktarları (m³)

Yıllar	F. Almanya	Avusturya	Fransa	İngiltere	Danimarka	İsviçre
1966	—	7000	20000	7825	11500	3000
1967	55000	7000	20000	8615	12300	8000
1968	85000	9000	—	5394	14200	9000
1969	95000	—	24260	5472	19000	13000
1970	115000	15000	—	—	23000	15100
1971	135000	18500	26791	8750	26000	18300
1972	150000	—	28000	—	33000	19900
1973	160000	—	31000	—	45000	25900
1974	200000	20000	30000	10000	50000	30000

10 Avrupa ülkesini kapsayan istatistiklere göre 1955 - 1972 yılları arasında yapılaştırılmış ağaç yapı elemanlarına gereksinim yaklaşık olarak 35 defa artmış bulunmaktadır. Bu gelişim halen de azalmadan devam etmektedir. Bu gelişimin nedenini üretimde mekanizasyon ve rasyonelasyonun artması ve zamanla ağaç yapı malzemesinin özelliklerinin iyileştirilerek değişmeyen bir durum alması nedeniyle gerekli mühendislik hesaplarının emniyetle yapılabilmesinde aramak gereklidir. Üretim ne kadar az insan gücü kullanılarak makinalar yardımı ile başarılabılırsa o kadar ekonomik olmaktadır. 1960 yıllarında 1 m³ yapılaştırılmış ağaç malzemenin yapılması için ortalama 20 - 30 saat gerekmekte iken, bugün modern makinaların ve üretim metodlarının gelişmesi ile bu süre 10 - 15 saate kadar düşmekte ve bazı hallerde de 6 - 8 saatte 1 m³ yapılaştırılmış ağaç yapı malzemesi imal edilebilmektedir.

Çalışmanın rasyonelleştirilmesi ile 10 işçi günde 1000 m³ lik bir alanı kapsayan hangarı örtmek için gerekli olan 25 m³ yapıştırılmış ağaç yapı malzemesi yapılabilmektedir (KOOB 1977).

Yalnız üretimde değil, yapıştırılmış tabakalı ağaç malzemenin taşınması ve montajı sırasında da mümkün olduğu kadar rasyonel olunması ve az emek sarfedilmesi gerekmektedir. Yapıştırılmış ağaç malzemenin yapımında kullanılan odunun özgül ağırlığının düşük olması nedeniyle taşıma ve montaj kısa sürede ve ucuz olarak başarılabilmektedir.

Yapılarda kullanılan malzemenin değişmeyen ve sonradan kontrol edilebilen özelliklere sahip olması istenmektedir. Tahtaların kusurlu kısımlarının ayrılması ve tekniğe uygun olarak yapıştırılması ile doğal yapı malzemesi odunun daralma, genişleme, çatlak teşekkülü gibi istenmeyen özellikleri düzelmekte ve yapıştırılmış tabakalı ağaç yapı elemanları oldukça homojen bir yapı ile yüksek direnç özellikleri elde etme imkanı sağlanmaktadır. Mühendislik hesapları kesin ve doğru şekilde yapılarak büyük bir emniyetle salon, hangar köprü vb. yapımında kullanılabilir.

3. YAPIŞTIRILMIŞ TABAKALI AĞAÇ MALZEMENİN FAYDALARI VE SAKINCALARI

Yapıştırılmış tabakalı ağaç yapı malzemelerinin diğer yapı malzemelerine karşı önemli faydaları aşağıda olduğu gibi sıralanabilir :

1 — Küçük parçalar halinde kullanılan odunun daralma, genişleme ve çatlak oluşumu gibi istenmeyen özellikleri tahtaların tekniğine uygun olarak kurutulması ve yapıştırılması ile azalmakta veya tamamen kaybolmaktadır. Tekniğine uygun yapıştırılmış tabakalı ağaç malzemeler yüksek bir direnç ve daha az daralma - genişleme özelliği göstermektedir.

2 — Kolaylıkla temin edilebilen tahtaların budaklı ve diğer hatalı kısımları kesilerek ayrıldıktan sonra uç taraflarından kama dişli veya bindirme şeklinde birleştirilerek, kereste daha ekonomik olarak kullanılabilmekte ve tahtaların üst üste yapıştırılması ile oldukça büyük uzunluklarda taşıyıcılar elde edilebilmektedir.

3 — Yangına karşı dayanıklılığı oldukça yüksek bulunmaktadır. Yapıştırılmış tabakalı ağaç yapı malzemesinin yalnız dış tabakaları yanarak kömürleşmekte geri kalan kısımları taşıma yeteneğini koruyabilmektedir. Bu nedenle büyük açıklıkların örtülmesinde diğer yapı malzemelerine göre belirgin bir avantaja sahip bulunmaktadır.

tadır. En son yapılan araştırmalara göre 400 cm² den küçük enine kesite sahip taşıyıcılar hiç bir koruyucu önlem alınmaksızın yangına dayanıklı olarak kabul edilmektedir.

4 — Odunun düşük ısı iletme kabiliyeti nedeniyle iyi bir izolasyon malzemesi olması, özellikle modern klima tesisli binaların yapımında yapıştırılmış tabakalı ağaç yapı malzemesinin kullanılması daha uygun bulunmaktadır.

5 — Küçük yapı kısımlarına istenen şekil ve formun verilebilmesi estetik ve mimari bakımdan yapıştırılmış tabakalı ağaç malzemelere büyük önem kazandırmaktadır. Hem dış ve hem de iç görünüşü iyi olan yapılar bu şekilde ortaya çıkmaktadır.

6 — Ağırlığının azlığı nedeni ile taşınması kolay olup, taşıma masrafı bakımından oldukça büyük ekonomi sağlamaktadır. Örneğin: 2000 cm² enine kesitte sahip 25 m. uzunluğundaki yapıştırılmış tabakalı ağaç malzeme 2,5 ton ağırlığında olup, buna karşın aynı taşıma kuvvetindeki çelik profil 4 ton, gerilimli beton 7,5 ton ağırlığa sahip bulunmaktadır (ANONYM 1977).

7 — Yapıştırılmış tabakalı ağaç yapı malzemesi işletmelerde komple olarak bitirildiği için montaj kısa sürede ve kolayca yapılmaktadır.

8 — Yapıştırılmış tabakalı ağaç yapı malzemelerin kimyasal etkilere karşı büyük bir dayanıklılık göstermektedir. Bu nedenle kimyasal madde üreten fabrikalarda kullanıma elverişli de bulunmaktadır.

9 — Diğer yapı elemanlarını göre bakım ve tamir giderleri oldukça düşük bulunmaktadır.

Yapıştırılmış ağaç malzemenin sakıncalı yanları ise şu şekilde sıralanabilir :

1 — Tutkallama için ağaç malzemenin hazırlanması ve tutkallama işlemi masif ağaç malzeme ile karşılaştırıldığı taktirde yapıştırılmış ağaç malzemenin daha pahalıya elde olunduğu ortaya çıkmaktadır.

2 — Tabakalı ağaç malzemenin mukavemeti tutkallanmış ek yerlerinin kalitesine bağlı olduğundan yapıştırılmış ağaç malzeme elde edilmesinde özel araç ve gereçlere, fabrika imkanlarına ve yapıda ustalık ve maharete gerek vardır.

3 — Yüksek kalitede yapıştırılmış tabakalı ağaç malzeme elde etmek için imalatın her bir safhasında daha büyük bir dikkate lüzum hissedilmektedir.

4 — Özellikle bükülmüş büyük ölçülerdeki tabakalı ağaç kirişlerin kaldırılması ve taşınmasında güçlükler ortaya çıkmaktadır.

1. YAPIŞTIRILMIŞ TABAKALI AĞAÇ MALZEMENİN ELDE EDİLMESİ

Yapıştırılmış tabakalı ağaç malzemenin yapımında gerekli ağaç malzeme ne kadar iyi şekilde seçilmiş olursa olsun tutkallama tekniğine ve işçiliğe yeteri kadar dikkat gösterilmemesi, bu yapı elemanlarının direnç ve dayanıklılık özelliklerinin azalmasına hatta yok olmasına neden olabilmektedir. Bu konu bilgi, dikkat ve sürekli bir çalışma kontrolünü gerektirmektedir.

Amaca uygun yapıştırılmış tabakalı ağaç malzeme yapımı için iyi düzenlenmiş kapalı ısıtılabilen ve nisbi rutubeti ayarlanan çalışma yerlerine, yapıştırılacak tahtaların rutubetini amaca uygun bir duruma getirebilmek için kurutma fırınlarına, ağaç malzemeyi tutkalamaya hazırlamak için gerekli araç ve gereç, tutkallı hazırlanması ve sürülmesi ile tutkalandıktan sonra üst üste konulan ağaç malzemeyi sıkıştırmak için lüzumlu basıncı temin eden araç, gereç ve makinalara gereksinimi bulunmaktadır.

Yapıştırılmış tabakalı ağaç malzemenin elde edilmesi aşağıdaki iş safhalarında gerçekleşmektedir :

- Malzemenin seçimi
- Malzemenin tutkalanmaya hazırlanması
- Tutkallama
- Kontrol ve denetim
- Nakil, depolama ve montaj

4.1. Malzemenin seçimi

Yapıştırılmış tabakalı ağaç malzeme yapımında Avrupa'da genellikle Avrupa ladinini (*Picea abies*) ve Avrupa göknarı (*Abies alba*) kullanılmakta Meşe, Kayın gibi yapraklı ağaçlar ağır ve pahalı olmaları nedeni ile fazla kullanılmamaktadır. Bununla beraber gemi yapımında doğal dayanıklılığı dolayısıyla beyaz Meşelerden yararlanılabilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde Douglas göknarı (*Pseudotsuga taxifolia*) ve Güney çamları (*Pinus Palustris*, *Pinus elliottii* vb.) kullanılmaktadır.

Genellikle pratikte düzgün kirişlerde kullanılan ağaç malzeme 30 mm kalınlıktaki materyalin planalanarak 2 mm'ye indirilmesi, bükülmüş kirişlerde ise 28 mm kalınlıktaki ağaç materyalin planlanması ile elde olunmaktadır. Bükülmüş ağaç kirişlerde bükülme çapı 5 metreden az olanlarda, kullanılacak tahta kalınlığının daha ince olması gerekmektedir. En çok 6 tahtanın birleştirilerek elde edilen tabakalı ağaç malzeme ise 12 mm ile 22 mm arasındaki tahtalar kullanılmaktadır.

Hali hazırda yapıştırılmış tabakalı ağaç malzeme yapımında toplam masrafin % 70'i ağaç malzemenin payına düşmektedir (WOLF 1977). Bu amaçla kullanılan tahtalar eksiksiz olmalı, düzgün ve eşit kalınlıkta kesilmiş bulunmalıdır. Tahtaların eşit kalınlıkta kesilmemiş olması tutkalamada hatalara sebep olmaktadır. Tahtaların renk değişikliğine uğramamış olmalı ve çatlaklar ihtiva etmemelidir. Bu malzemenin elde edildiği ağaç mümkün olduğu kadar düzgün lifli bulunmalıdır. Yapıştırılmış tabakalı ağaç malzeme yapımında kullanılan tahtaların hiç bir surette öz ihtiva etmemelidir. Basıncı ve çekme odunu ihtiva eden tahtalar arzu edilmemektedir. Yıllık halka genişliği 0,5 mm den az, 6 mm den büyük olmamalıdır. Budak oranı tahta genişliğinin 1/5 ini aşmamalıdır.

1 m yapıştırılmış ağaç malzeme elde etmek için ortalama 3 m yuvarlak oduna gereksinim bulunmaktadır. Düşük kalitedeki tahtaların, basıncı ve çekme zorları dışında kullanılabilmesine olanak sağlamak için direnc özellikleri göz önünde bulundurularak amaca uygun şekilde ayırımının yapılması gerekmektedir (CURRY 1961).

1.2. Malzemenin tutkallanmaya hazırlanması

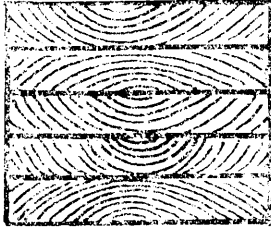
1.2.1. Kerestenin kurutulması ve işlenmesi

Yapıştırılmış' ağaç yapı malzemelerinin kalitesi kerestenin tekniğine uygun şekilde kurutulmasına ve tutkallamadan önce kereste rutubetinin eşit dağılımına bağlı bulunmaktadır. Yapıştırılmış ağaç yapı malzemesinin rutubeti kullanım yeri koşullarına göre genellikle % 6 ile % 18 arasında değişmektedir.

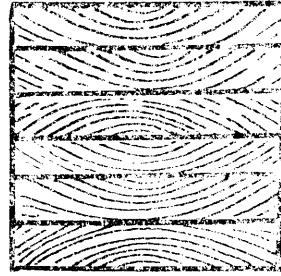
Kullanış yerlerine göre rutubet miktarları şu şekildedir :

Her tarafı açık yapılar	% 18 \pm 6
Yalnız üstü kapalı yapılar	% 15 \pm 3
Kalorifersiz kapalı yapılar	% 12 \pm 3
Kaloriferli kapalı yapılar	% 9 \pm 3

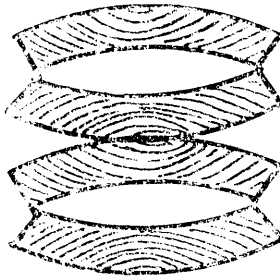
Yapıştırılmış ağaç yapı malzemesi yukarıda belirtilen odun rutubetlerini aşmamalı, genellikle % 12 - 15 arasında değişmeli ve % 15 den fazla olmamalıdır. Zira



a



b

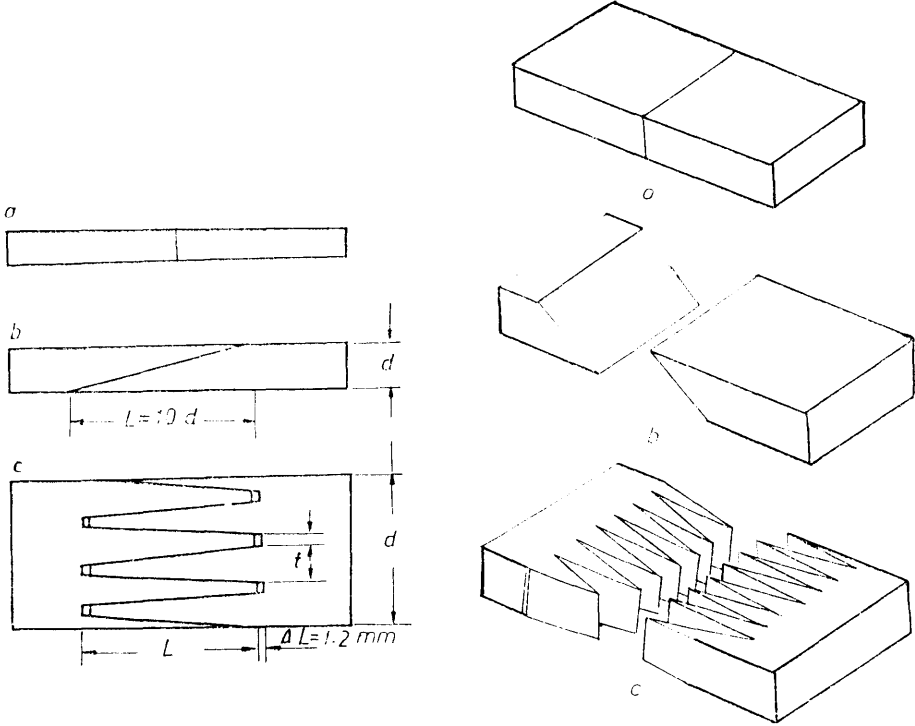


Şekil 1. Kirişlerde tabakaların düzeni ve deformasyon tipleri

- Hatalı düzenleme
- Uygun düzenleme

odun rutubeti havanın bağıl nem ve sıcaklığına bağlı bulunmaktadır. Ağaç malzeme tutkallama yapılan yerin nisbi rutubetinden daha az denge rutubetine sahip olmalıdır. Düşük odun rutubeti yüksek bir tutkal bağlantısı göstermektedir. Ayrıca tabakalarda genişlik, kalınlık ve uzunluk yönlerinde odun rutubetinin eşit bir dağılımı göstermesi gerekmektedir. Yapıştırılan ağaç malzemedeki rutubet farkları % 5'i aşmamalıdır. Eğer yapıştırılmış tabakalar arasında fazla rutubet farkı var ise tutkallama ve kullanım yeri rutubetinin değişmesi ile eşit olmayan rutubet azalmaları ortaya çıkmakta, bu nedenle oluşan gerilmeler liflere dik yöndeki çekme direncini aştığında çatlamalara sebebiyet vermektedir (KURTOĞLU 1977). Yapıştırılmış tabakalı ağaç malzemeyi oluşturan tahtalar gelişti güzel yerleştirilmemelidir. Şekil 1a da gösterildiği gibi şaşırtılmış yerleştirmede iç gerilmeler ortaya çıkmaktadır. En uygun birleştirme Şekil 1b de görüldüğü gibi tahtaların kirişin alt ve üst kısmında öz tarafı dışarıya gelecek şekilde yapıştırılmasıdır.

Genellikle kerestenin kurutulması 2 safhada gerçekleşmekte önce doğal kurutma ile belirli bir rutubete getirilen tahtalar daha sonra istenilen son rutubete ulaşıncaya kadar teknik kurutma metodu ile kurutulmaktadır. Kurutulan kereste yapıştırılmış tabakalı ağaç malzemenin yapıldığı yerin sıcaklık ve rutubetine eş değer bir yerde depo edilmelidir.



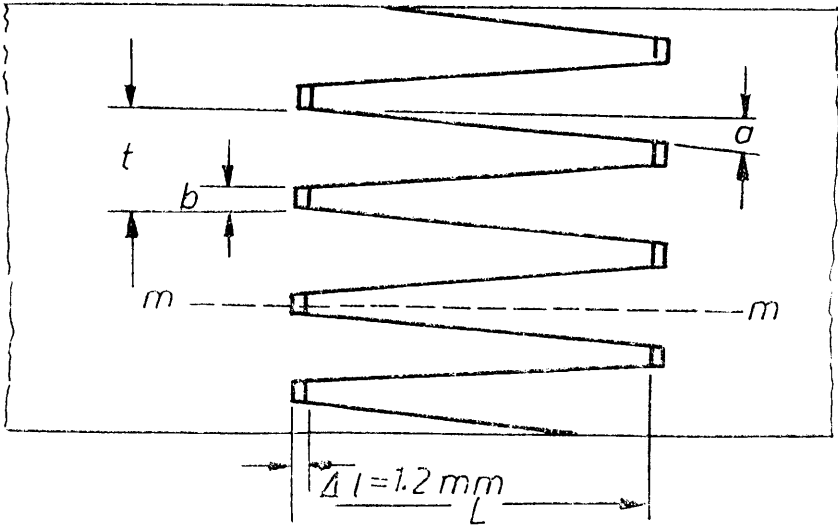
Şekil 2. Tahtaların boyuna yönde birleştirilme tipleri.

- Alın altına dik olarak
- Bindirmeli
- Kama dişli

Yapıştırılmış ağaç yapı elemanlarının direncinde yapıştırılan tahtaların düzgünlük ve temizlik dereceleri ile tutkal tabakasının kalınlığı önemli rol oynamaktadır.

İyi bir tutkal bağlantısı sağlayabilmek için tahtaların yüzeyinin düzgün ve temiz, tutkal tabakası kalınlığının da yeterli olması gerekmektedir. Tutkalamaya en uygun yüzey, planyalama makinaları ile elde edilmektedir. Yüzeyin düzgünlüğü tam sağlanmadığı takdirde el rendesi küçük elemanların işlenmesinde kullanılmaktadır. Yüzey işlenmesi ile kesme ve tahtaların kurutmada farklı miktarlarda şekil değişimleri nedeni ile oluşan düzgün olmayan yüzeyler ortadan kaldırılmaktadır. Planyalamamın ladin tahtalarında tutkalamadan 12 saat önce, çam tahtalarında ise en fazla 32 saat önce yapılması gerekmektedir. Çünkü reçine kereste yüzeyindeki tutkalın sertleşmesine engel olarak, hatalı tutkalamalara sebebiyet vermektedir. Ayrıca kerestenin işlenmesinde kör bıçakların kullanılmasının neden olduğu yanık kısımlar da kusurlu tutkal birleşimleri meydana getirmektedir. Rendelemeyen sonra tahtaların yüzeyi toz ve pisliklerden temizlenmelidir. Son zamanlarda işlenmemiş kereste yüzeylerinin tutkalanması olanağı ile uğraşılmaktadır. Planyalama sırasındaki büyük kayıplar nedeni ile bu sorunun çözülmesi ekonomik bakımdan önemli taşımaktadır. Planyalanmamış tahtaların yapıştırılması ile elde olunan malzemede makaslama direnci planyalanmış olanlara nazaran % 9 daha düşük bulunmaktadır. Tutkal gereksinimi ise % 75 yükselmektedir. Kirişleri oluşturan tahtaların boyuna birleştirme tipleri Şekil 2'de gösterilmiştir.

Tutkal tabakasının etki eden kuvvete paralel veya küçük bir açı oluşturacak şekilde tertiplenmesi gerekmektedir. Alın altına birleştirilmelerin yük taşımayacağı ortadadır. Yapıştırılmış tabakalı ağaç malzemede münferit tabakalarda alın altına birleştirilmede ek yerlerinin şaşırtılması zorunludur.



Şekil 3. Kama dişli birleşme şekli.

Pratikte bindirmeli birleşim şekli yanında daha ekonomik olan kama dişli birleşim kullanılmaktadır. Bindirmeli birleşim şeklinde d/L oranı önemli bulunmaktadır. Bu oranın büyük olması odun zayıfatının azalmasına neden olmaktadır. Küçük olması ise tutkal tabakası düzlemine dikey doğrultudaki kuvvetin büyü-

mesine sebebiyet vermektedir. RAJCAN (1962)'nin çeşitli bindirme şekillerindeki araştırmasında Ladin odununda $d/L=1/13.3$ olduğu takdirde en iyi boyuna birleşme elde edilmiştir. Fakat genellikle en uygun meyilin $1/12$ oranında olması tavsiye edilmektedir. Kama dişli birleştirmenin taşıma kabiliyeti malzemenin kalitesi bakımından tutkallama tekniğine özellikle diş açılmasına, diş ucundaki boşluğa ve tüm birleşme enine kesitine bağlı bulunmaktadır. Kama dişler tutkallandıktan en fazla 12 saat önce özel makinalar ile hazırlanmaktadır. Diş uçlarında Resim 3'de görüldüğü gibi bir iki milimetrelük boşluk bırakılmaktadır.

4.2.2. Kullanılacak ağaç malzemenin emprenye edilmesi

Rutubetli dış hava koşulları etkisi altında kullanılan yapıştırılmış ağaç yapı elemanlarının dayanıklılığını arttırmak için emprenye edilmesi gerekmektedir. Emprenye ise ya tahtalar ayrı ayrı empenye edildikten sonra tutkallanmakta ya da yapıştırılmış ağaç malzeme tamamlandıktan sonra emprenye edilmektedir.

İbrelilerden Ladin, Göknaar ve Çamın, önceden emprenye edilmiş tahtalarının tutkallanması mümkündür. Tutkallamadan önce tahtaların yüz yündeki artık maddelerin uzaklaştırılması gerekmektedir. Ladin ve Çam tahtalarındaki kreozot kalıntılarının uzaklaştırılmasında basit olarak aseton veya benzin, Meşe ve Kayın tahtalarında ise benzinle temizleme uygun bulunmaktadır.

5. TUTKALLAMA VE TEKNİKİ

İki malzemeyi birbirine yapıştıran tutkai denildiği zaman, malzemeyi adezyon kuvvetleri ile bağlayan ve fakat yapıştırılan malzemenin yapısını önemli bir şekilde değiştirmeyen maddeler anlaşılmalıdır.

Odun ile ince tutkal tabakasının dış yüzeyleri arasında spesifik adezyon ile basınç ve kapiler güçler tesiri ile odunun içine giren ve sertleşen tutkalin oluşturdugu mekanik adezyon söz konusudur. Böylece tutkal tabakası her iki yüzeyi boyunca odun içine nüfuz etmiş olmaktadır. Çok ince sürülmüş tutkal ile yapıştırılan tahtalara gereğinden fazla basınç tatbik edilir ise tutkalin yer yer tümtü ile odunun içine girmesi suretiyle sürekli bir tutkal tabakası kaimmakta ve hatalı yapışmalar ortaya çıkmaktadır. O takdirde tutkalla yapıştırılmış ağaç malzemenin kalitesi tutkalin kalitesine de bağlı bulunmaktadır. İyi bir tutkal aşağıdaki kullara uyulan olmalıdır :

— Tutkalla yapıştırılmış malzemeler çeşitli dış etkilerin uzun süreli tesirinden sonrada direncini kaybetmemelidir.

— Tutkal tabakası direnci yapıştırılan odunun direncinden daha büyük olmalıdır.

— Tutkal yapıştırılan malzemenin dış hava koşullarına, kimyasal maddelere, mantar ve küfere karşı dayanıklı bulunmalıdır.

— Tutkalin hazırlanması kolay ve basit olmalı, her işel taraından hazırlanabilmelidir.

— Tutkalin kullanma süresi oldukça uzun olmalıdır.

— Tutkal ağaç malzeme üzerine ince bir tabaka halinde el aletleri ve makineleri ile kolayca sürülebilir.

— Sürülme esnasında tutkal viskozitesinin düşük, fakat sertleşmesi esnasında ise yüksek olması gerekmektedir. Yani sürülen yüzeyin iç kısımlarına geçerek yapıştırma yüzeyindeki miktarı azalmamalıdır.

— Tutkal miktarı ve tutkallama süresi kaliteyi etkilemeyecek şekilde az olmalıdır. Bu, malzemenin maliyeti bakımında önemli bulunmaktadır.

— Tutkal tabakasının kalın olması halinde de yapıştırılan malzemelerde yeterli dirence sağlanmalıdır.

— Tutkal oduna zarar vermemelidir.

— Tutkal normal sıcaklıkta (15 - 25 C) sertleşmeli, sertleşme sırasında ve daha sonra gerilmelere neden olabilen ölçü değişmelerine sebebiyet vermemelidir.

— Tutkal kolay bulunan ham maddelerden yapılmalı ve ucuz aede edilmelidir.

— Tutkalın depolama süresi uzun olmalıdır.

Bununla beraber yukarıdaki tüm koşulları aynı zamanda yerine getiren tutkal bulunmamaktadır.

5.1. Tutkalın seçimi ve hazırlanması

Tutkallar kökenlerine göre hayvansal, bitkisel ve sentetik olarak sınıflandırılmaktadır. Yapıştırılmış tabakalı ağaç malzemelerin yapımında genellikle normal sıcaklıkta sertleşebilen hayvansal ve sentetik kökenli tutkallar kullanılmaktadır. Yapıştırılmış tabakalı ağaç malzemeler genellikle çok çeşitli ve sık sık değişen dış hava koşullarında kullanılmakta, bu nedenle yapıştırılmış ağaç malzeme yapımında kullanılan tutkalların kullanım yeri koşullarına göre gruplandırılması daha uygun bulunmaktadır (EGNER und SINN 1961).

A — Bir çatı altında, rutubete karşı korunan ve yalnız iyi havalandırılan yerlerde iklim değişikliklerine maruz kalan yapı kısımlarında kazein tutkalı da kullanılabilir.

B — Rutubetli sıcak koşullarda ve bir süre ıslak olarak kullanılan yapı kısımlarında rutubete karşı dayanıksız kazein tutkalını kullanmak olanaksız bulunmaktadır. Bu koşullarda sentetik kökenli tutkallardan Kaurit - Leim W, Kaurit - Leim WHK, Pressal Ka 29, Aerodux 185, Kauresin 110 ve 1772 adlı tutkallar kullanılmaktadır.

C — Uzun süre hem ıslak, hem de çok elverişsiz rutubetli - sıcak ve kuru - sıcak iklim koşulları değişmelerine maruz kalan tropik iklime benzer yerlerde kullanılan yapı kısımlarında hali hazırda sentetik tutkallardan Aerodux 185, Kauresin 110 ve 1772'nin kullanıma olanağı bulunmaktadır.

Yapıştırılmış tabakalı ağaç malzeme yapımında kullanılan tutkallar piyasada katı veya sıvı halde çeşitli ambalajlar içinde bulunmaktadır. Tutkal karışımına tutkal haricinde dolgu, katkı ve yardımcı maddelerde katılmaktadır. Bu maddeler tut-

kal kullanımında yalnız ekonomi sağlamak amacı ile değil tutkalın kolay işlenebilmesini sağlamak ve viskozitesini ayarlamak için katılmaktadır. Dolgu maddesi olarak alçı, kaolen, bakalit tozu ve öğütülmüş kuvarz tozu kullanılmaktadır. Odun talaşı da kullanılır isede presleme esnasında suyu bıraktığı için yapıştırmanın hatalı olma olasılığı bulunmaktadır. % 5 - % 10 oranından fazla kullanılmaması gerekmektedir (HUŞ 1977).

Tutkalın kolay sürülebilmesini ve viskozitesini ayarlamak için dolgu maddelerinden farklı olarak yapıştırma kabiliyetine sahip patates nişastası, hububat unları ve su da çözünen selüloz ürünleri gibi katkı maddeleri kullanılmaktadır. Bunların hazırlanması ve karışım oranları hakkında piyasaya süren firmaların açıklamalarına uyum gerekmektedir.

5.2. Tutkala sürülmesi

Sürülmeye hazır duruma getirilmiş tutkal küçük yüzeylere basit bir fırça ile, elle hareket ettirilebilen levha veya silindir ile sürülmekte, büyük yüzeylerin tutkallanmasında ise özel otomatik ayarlı püskürtme ve akıtma makineleri kullanılmaktadır. Seri üretimde otomatik ayarlı modern makinelerin kullanılması daha ekonomik bulunmaktadır.

Tutkal karışımının kullanma süresi tutkal türüne bağlı bulunmaktadır. Bu süre tutkallama esnasında hakim olan sıcaklık ile azalmaktadır. Sıcaklığın 15 C'ın altına düşmemesi gerekmektedir. Tutkalın sürülme şekli, tutkal tabakasının yeknesaklığı, tutkallanan yüzeyin özellikleri ve sürülme hızı göz önünde tutularak seçilmelidir. Tutkallamanın tutkallanan yüzeyin tutma yeteneği tutkalın malzeme içine nüfuzu, bir metre kare için tutkal sarfiyatı ve fiat önemli rol oynamaktadır. Tutkal kullanımını gr/m² olarak verilmektedir. Genellikle m²'ye tutkallama şekli ve tutkalın türüne göre 200 - 700 gr tutkal sürülmektedir. Yüzeylerinden yapıştırılan tahtaların her iki yüzünün de ayrı ayrı tutkallanması gerekmektedir. Basınç ile sıkıştırmadan sonra tutkal tabakası kenarından ince bir çizgi halinde tutkal sızmalıdır. Hiç sızıntı olmaması halinde eksik tutkal sürülmüş olabilir.

Aşağıdaki tabloda yapıştırılmış ağaç malzemede ortalama tutkal tüketimi (gr m²) gösterilmektedir (DUTKO 1969).

Tutkal türü	Tek tabaka sürülmesi halinde tutkal tüketimi (gr m ²)	
	Saf tutkal	Tutkal karışımı
Kazein	80 - 100	240 - 300
Fenol Formaldehid		
20 - 30°C	120 - 250	150 - 300
31 - 90°C	40 - 70	100 - 150
≤ 100 C	40 - 70	100 - 150
Üre formaldehid		
20 - 30°C	120 - 170	200 - 250
31 - 100 C	80 - 150	140 - 220
Resorcin Formaldehid	100 - 180	200 - 300
Epoxid	200 - 300	200 - 300

5.3. Tahtaların birleştirilmesi

Tahtaların birleştirilmesi tutkallanan elemanların şekline bağlı bulunmaktadır. Tahtalar boyuna olarak genellikle rendelemen önce bindirmeli veya kama dişli ekleme şekilleri ile birleştirilmektedir. Üst üste bulunan tahtalarda boyuna birleştirmeler tahta kalınlığının 20 katı mesafeden şaşırtılmış olmalıdır. Ağaç yapı işleri ile ilgili Alman standardında (DIN 1052) tahtaların birleştirme şaşırtması en az 50 cm olmakta ve bir enine kesitten yalnız bir tahtanın birleştirilmesine izin verilmektedir.

Tabakalı ağaç malzeme yüksekliğinin 1/5 i kalınlığa sahip basınç ve çekme enine kesit zonlarında ise en azından iki tahta bindirme veya kama dişli ekleme şekliyle birleştirilmelidir. Geriye kalan tahtalar alın alına birleştirilebilir. Ayrıca çekme zonunda kullanılan tahtaların iyi kalitede olması istenmektedir. Tahta kalınlığı kalde olarak 3 cm'yi aşmamalıdır. Fakat tahtanın seçimi ile kurutulması itina ile yapıp ve elde edilen yapıştırılmış ağaç malzeme ekstrem iklim koşullarında kullanılmayacak ise 4 cm'ye kadar çıkılabilir. Bükülmüş yapıştırılmış tabakalı ağaç malzemeden tahta kalınlığı DIN 1052 normlarına göre 35 mm'yi veya bükülme çapının 1/200 ünü aşmamalıdır.

5.4. Yapıştırma basıncı

Tutkalın sertleşme süresi esnasında tutkal tabakası bütün tutkallanan yüzey üzerinden eşit olarak ve sürekli olarak sıkıştırılmalıdır.

En büyük yapıştırma basıncı ibrelilerde 6 - 8 Kp/cm², yapraklılarda 8 - 12 Kp/cm² yi bulmaktadır. Gerekli basınç miktarı, kullanılan tutkalın özellikleri arasında belirlenmekte olduğundan tutkal türü tutkallanan yüzeyin durumu ve tahta kalınlığı göz önünde bulundurularak uygulanmaktadır.

Kama dişli eklemelerde enine kesitten sıkıştırma 4 Kp/cm² yi bulmaktadır. Yeteri kadar olmayan basınç tutkal tabakasının daha kalın olmasına sebebiyet vermektedir. Gereğinden fazla basınç ise tutkalın yan taraflardan dışarıya sızmasına veya odun içine nüfuzuna neden olmakta ve böylece hatalı yapışmalara sebebiyet vermektedir. Uygun basınç tatbiki ile ince ve yeterli tutkal tabakası kalınlığı elde edilmeye çalışılmaktadır. Ayrıca basınç tatbikini yapıştırılan tahtaların bir birinden ayrılmamalarına, tutkal tabakasında oluşan hava kabarcıklarının dışarıya çıkmasının tutkalın ihtiva ettiği su nedeni ile tahtaların şekil değiştirmesini önleme ve mekanik adezyonu sağlama gibi amaçlarında bulunmaktadır.

Gerekli basınç mekanik, hidrolik ve basınçlı hava ile çalışan presler vasıtasıyla elde edilmektedir. Kullanılacak presleri özellikle yapıştırılan elemanın tür ve ölçüleri belirlemektedir. Pratikte daha çok mekanik basıncı sağlayan işkenceler kullanılmaktadır.

Bununla beraber büyük yüzeyler için hidrolik presler daha uygun bulunmaktadır. İşkenceler basınç yönlerine göre yatay ve dikey olarak ikiye ayrılabilir. Yüksek çalışma verimine ise ancak sürekli çalışan presler ile ulaşılabilmektedir.

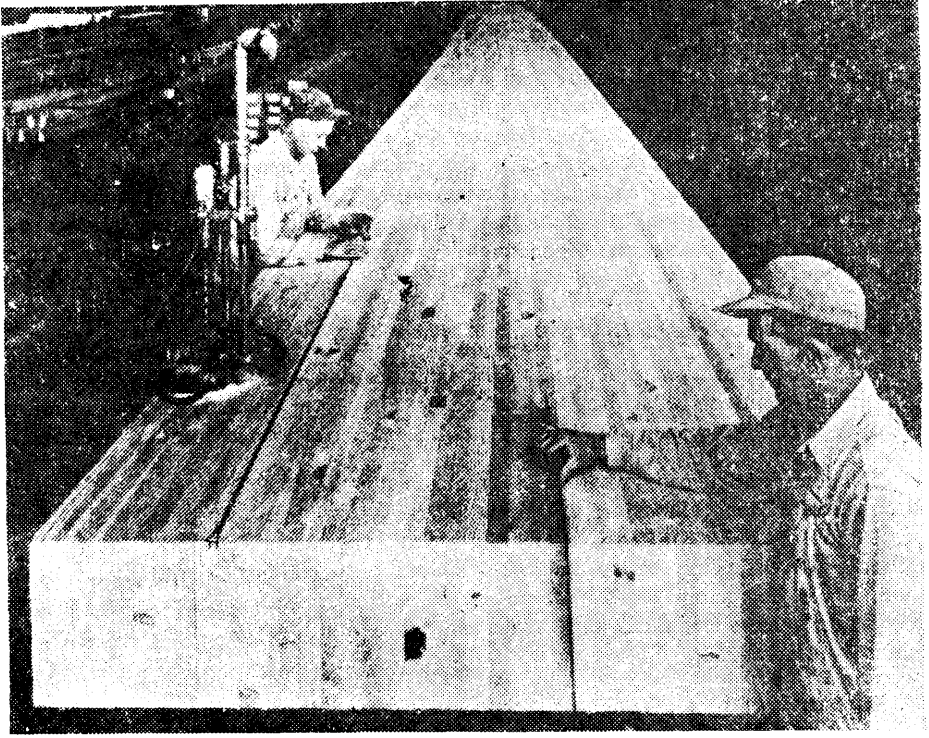
Tutkalın sertleşme süresi çalışılan odanın sıcaklığına bağlı bulunmaktadır. Resorcin tutkalı ile yapılan denemelerde 15°C altında yapılan tutkallamalar ve sertleşme süresi ekonomik olmamaktadır. Gerekli presleme süresi en azından 20°C de 8 saat 15 C de 12 saat olmak zorundadır. DIN 1052 ye göre presleme odasının sıcak-

lığı en azından 20°C olmalı ve 18°C nin altına düşmemelidir. Tutkal ve yapıştırılan tahtalar da eşit olarak aynı sıcaklığa sahip olmalıdır. Preslerin yapabileceği işi ve böylece iş verimini arttırmak, tutkal sertleşmesini hızlandırmak için özel kurutma tesislerinden, elektrikli ısıtıcılardan, enfraruj ışınlardan, ve yüksek frekansla ısıtma metodlarından faydalanılmaktadır. Bunlardan yüksek frekansla ısıtma en iyi sonucu vermektedir.



Şekil 4. Yapıştırma basıncının uygulanmasında işkencelerin kullanılması.

Basıncın kaldırılmasından sonra yapıştırılan tabakalı ağaç malzeme aşağı yukarı tutkallama esnasında hakim olan sıcaklık ve bağıl neme sahip yerlerde depo edilmelidir. Gerekli depolama süresi 20°C sıcaklıkta 36 saat, 15°C da 72 saattir. Tutkal presleme işi bittikten sonra, gerekli mukavemetin kazanılması için 2 - 14 gün beklenmelidir. Daha sonra son işleme ve şekil verme ile koruma ve cilalama muameleleri yapılmaktadır. Önce yüzeylerden rende makinaları geçirilerek tutkal sızıntıları ve kurumuş olan tutkal artıkları temizlenir. Bundan sonra uç taraftaki tahtaların farklı uzunlukları kesilerek ayrılırlar. Gerekğinde üst yüzeylere cila veya vernik sürülüp, rutubet ve yangına karşı koruyucu tedbirler alınarak projedeki ölçülere getirilirler.



Sekil 5. Planlanarak yüzeyi düzeltilmiş ve yapıştırılmış tabakalı ağaç malzeme.

6. YAPIŞTIRILMIŞ TABAKALI AĞAÇ MALZEMENİN KONTROL VE DENETİMİ

Çeşitli ülkelerde yapıştırılmış tabakalı ağaç malzeme yapımı Devlet kontrolü altında bulunmaktadır. Bu konuda çalışan işletmeler gerek tesisler ve personel, gerekse imâl edilen tabakalı ağaç malzeme bakımından sürekli kontrol edilmektedir. Bu kontrollara göre işletmeler A, B, C, D gibi gruplara ayrılmaktadır. Her grup ancak izin verilen yapıştırılmış tabakalı yapı malzemesini yapma hakkına sahip bulunmaktadır. Bu gruplara şu işletmeler girmektedir :

A — Her türlü yapıştırılmış tabakalı ağaç yapı malzemesi yapma hakkına sahip işletmeler.

B — Daha sınırlı olarak (12-15 m) açıklığa kadar yapıştırılmış tabakalı ağaç yapı malzemesi yapma hakkına sahip işletmeler.

C — Bazı hafif gövdeli yapıştırılmış tabakalı ağaç malzeme yapma hakkına sahip işletmeler.

D — Yapıştırılmış duvar ve döşeme elemanlarının yapma hakkına sahip işletmeler.

Yapıştırılmış tabakalı ağaç malzemenin güvenilirliği tutkallama tekniğine tam uyulması ile mümkündür. Bunun için yapıştırılmış tabakalı ağaç malzemelerin yapıldığı işletmelerde bitirme protokolunun hazırlanması gerekmektedir. Ayrıca yapım esnasında çevre sağlığına karşı koruyucu önlemlere dikkat etmek şarttır. Hiç bir suretle sertleştirici ile temas etmemeli ve vücudun her hangi kısmındaki deri tabakalarına etki yapmasına müsaade edilmemelidir. Çalışma yeri iyi havalandırılmalı ve tehlikeli gazlar uzaklaştırılmalıdır. Kerestelik ağaç materyal ve meydana getirilen malzemenin işlenmesinde marangozhanelerde olduğu gibi emniyet önlemleri alınmalıdır.

Bitirme protokolunda şu hususlar belirtilmelidir.

Tutkallama tarihi, tutkal türü ve karışım oranı, tahtaların kalitesi ve rutubeti, tutkallanan elemanın türü, basınç miktarı ve süresi, tutkallama yerindeki hava rutubeti ve sıcaklığı tutkallama kalitesi kontrol neticeleri ve sorumluların isimleri.

Meydana getirilen tabakalı ağaç malzemenin kontrolünde tecrübeli elemanlar bütün standartları, talimatları ve teknik bitirme koşullarını göz önünde bulundururlar. Bununla özellikle ağaç malzemenin seçimi, tahtaların işlenmesi, tolerans, tutkallı ağaç malzemenin yapım kalitesi, tutkalın depo edilmesi, hazırlanması ve kullanımı, pres basıncının büyüklüğü ve süresi, işleme yerindeki hava nemi ve sıcaklığı, tutkallanan elemanların ölçü toleransları ve tutkal yapımı hakkındaki protokol kontrol edilmektedir.

Yapıştırılmış tabakalı ağaç malzemenin kontrolünde en çok aşağıdaki hatalar ortaya çıkmaktadır.

a — Kullanılan tutkalın düşük viskozitesi, ince tutkal tabakası, preslemeden önce kurumuş tutkal tabakası, preslerde yetersiz tutkal kuruması, yağlı kirli ve düzgün olmayan yapıştırma yüzeyi ve yetersiz pres basıncı nedenleri ile «yapışmamış kısımlar»,

b — Kusurlu ağaç malzeme yetersiz sertleşen ve kötü tutkal, anaca uygun olmayan tutkal sertleştirici karışım oranı, ağaç malzemedeki iç gerilmelerin yol açtığı çatlaklar ve kalın tutkal tabakası nedenleri ile yapıştırılmış tabakalı ağaç malzemenin «düşük direnci»,

c — Düzgün olmayan tahta yüzeyi, viskozitesi düşük tutkal preslemeden önce çabuk kuruyan tutkal ve yetersiz tutkallama basıncı nedenleri ile «kalın tutkal tabakası».

Kontrolların her bir tutkal karışımından elde olunan ağaç malzemedeki ayrı ayrı yapılması uygundur. Yarılma kontrolünün tutkal yüzeyi en az 3-5 cm olan ve en az üç kontrol numunesinde yapılması gerekmektedir. Kırılmanın % 75-100 ü odunda vuku bulmalıdır. Bir kontrol numunesi her hangi bir nedenle sonuç vermemiş ise yarılma kontrolü, tabakalı ağaç malzemelerden seçilerek alınan numunelerin sayısı iki katına çıkarılarak yapılmalıdır. Kontrol numunesi bir daha iyi sonuç vermez ise yapılan tabakalı ağaç malzemeler hiç bir yere nakledilmemelidir ve bir araştırma enstitüsüne, kalitesinin kontrol edilmesi için gönderilmelidir.

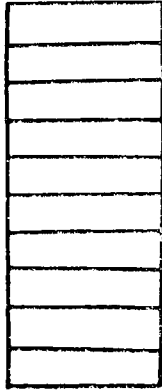
7. TAŞIMA, DEPOLAMA VE MONTAJ

İşlenmiş ve hazırlanmış yapıştırılmış tabakalı ağaç malzeme üzerine tutkal cinsi, rutubet miktarı ve yapan firmanın markası yazılmalıdır. Tutkallanan ağaç yapı malzemesi tutkalın tamamen sertleşmesinden sonra nakledilmelidir. Taşıma sırasında ağaç yapı malzemesi bükülme, itilme ve kırılmaya karşı emniyet altına alınmalıdır. Ayrıca yapıştırılmış tabakalı ağaç malzemenin inşaat yerine taşınması ve orada depolanması esnasında monte edilip çatı altına alınmaya kadar yağmur, güneş gibi dış hava koşullarına karşı korunmalıdır. Bu amaçla A.B.D. ve Kanada'da yapıştırılmış ağaç malzeme plastik materyal ile örtülmektedir. Taşıma için yapıştırılmış tabakalı ağaç malzemenin büyüklüğü ve yol durumuna göre araç seçimi yapılmıştır.

Inşaat yerinde toprak yüzeyinden en az 30 cm yukarıda traversler üzerinde depo edilmeli, plastik örtüler bina tamamen bitirilip işletmeye açıldığı zaman sökülmelidir. Yapıştırılmış tabakalı ağaç malzemenin montajı oldukça kolay olmaktadır. Bu işi çabuklaştırmakta ve iş gücü tüketimini oldukça azaltmaktadır.

8. KULLANIM YERLERİ

Yapıştırılmış ağaç yapı elemanları düz yada bükülmüş tiplerde olabilmektedir. Bükülmüş kemer kirişlerde dayanak açıklığı 100 m kadar çıkabilmekte, düz kirişlerde ise 30 m hatta bazen 40 m'ye kadar dayanak açıklığı kullanılabilir. Elde olunan kirişlerin yüksekliği 2 m'yi dahi aşabilmektedir. Düz kirişler genellikle kendisini meydana getiren tabakaların yatık yada dikine olarak yerleştirilmesi ile imal edilmektedir.



a



b

Şekil 6 - Tabakalı yatık yada dikine olarak yerleştirilmesi.

Güzel biçim verilebilmesi, estetik olması, bakımının kolaylığı, montaj süresinin kısahğı nedeni ile özellikle yüzme havuzları, tenis sahaları, at koşu pistleri, jimnastik salonları, tribün ve buz hokeyi salonları gibi spor tesislerinin örtülmesi ve yapımında bu tip malzemeden yararlanılmaktadır.

Ayrıca teşhir ve gösteri salonları, fabrika binaları, tarımsal ve endüstri malzemelerinin saklandığı depo ve hangarlar, kimyasal madde üreten fabrika binaları çeşitli amaçlar için kullanılan salonların geniş alanlarının kapatılması amacı ile de kullanılmaktadır.

Köprü yapımı, yüksek voltajlı enerji taşıyan direk yapımı, gemi kısımları, deniz tahkimatı, ve soğuk bir etki bırakan betonun yerine sıcak bir ortam yaratması nedeni ile okul, çocuk yuvaları, cami, kilise ve oturma için kullanılan binaların yapımında da kullanım yeri bulunmaktadır.

Aşağıda 1970 yılında GLULAM¹ organizasyonu tarafından Avrupa'da yürütülen anketlere göre yapılandırılmış tabakalı ağaç malzemenin kullanım yerleri ve ortalama olarak yüzdeleri verilmektedir.

<u>KULLANMA YERLERİ</u>	<u>KATILIM ORANLARI</u>
Tarımsal amaçla kullanılan yapılar	% 10
Endüstriyel mesleki binalar ve depolar	% 35
Spor tesisleri	% 22
Kültür tesisleri (okul, kilise)	% 14
Özel konutlar	% 6
Köprü, yardımcı konstrüksiyon	% 18

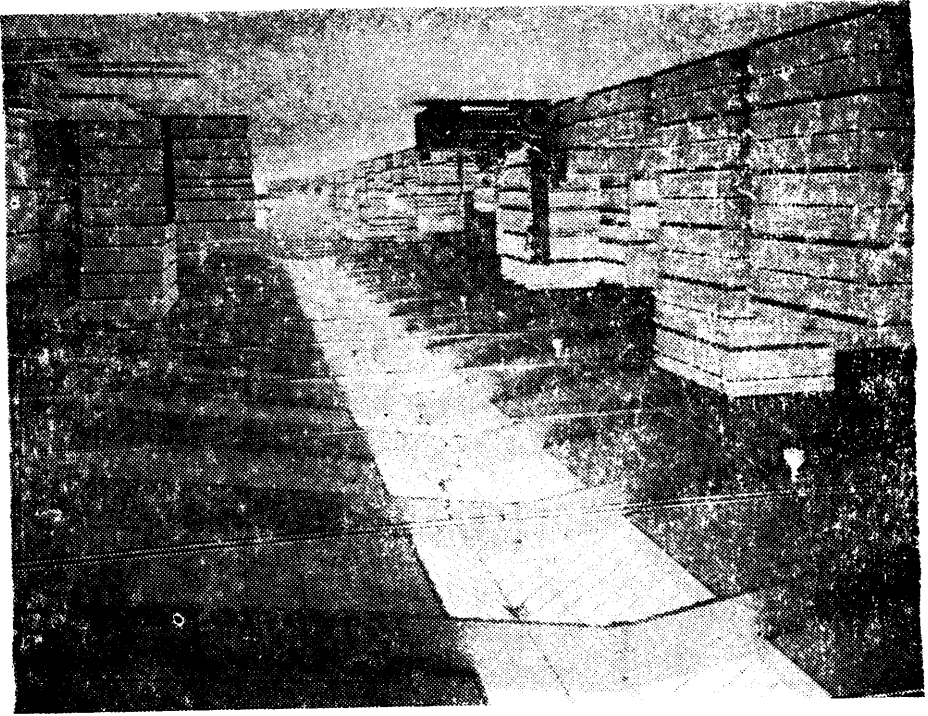
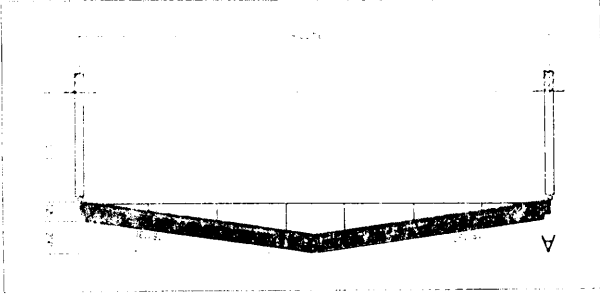
Aşağıda kullanımı ile ilgili bir kaç örnek gösterilmektedir.

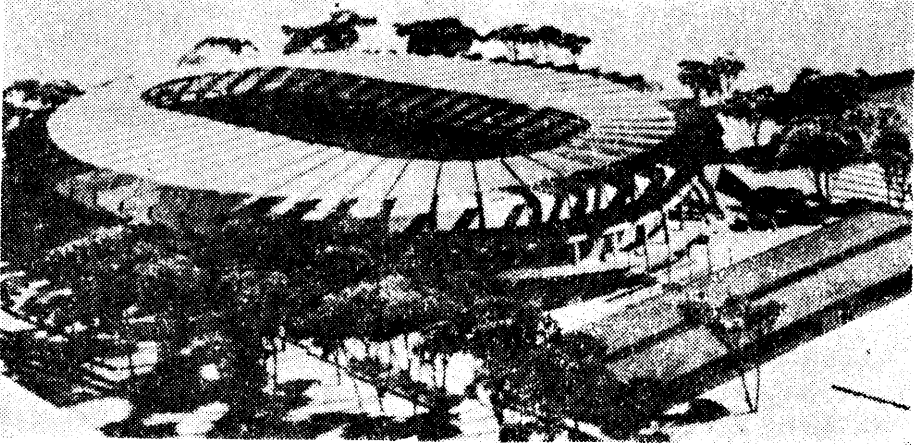
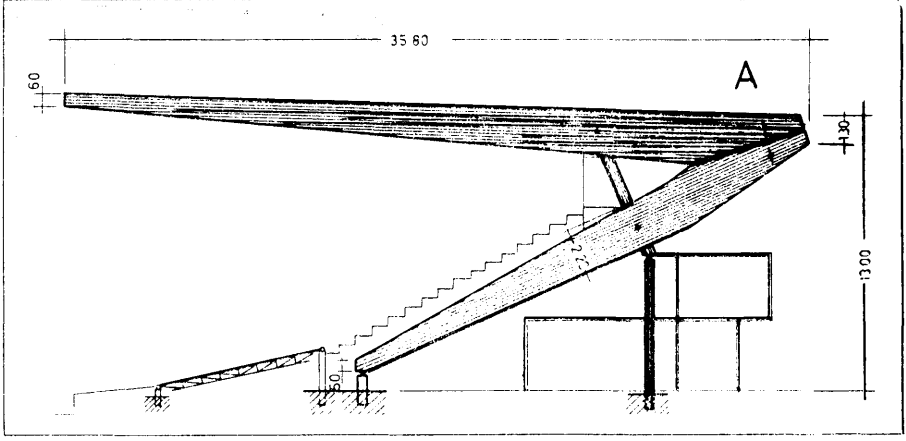
9. SONUÇ

Diğer yapı malzemelerine karşı faydaları ve çeşitli kullanım yerleri belirtilen yapılandırılmış tabakalı ağaç yapı malzemesi ile ilgili ülkemizde bazı yayınlar (DUMAN 1964, ERŞEN 1975) bulunmasına rağmen, halen uygulama olanağı bulunmamıştır. Zaman geçirmeden gerekli teknik olanaklar ve eğitilmiş personel yetiştirilerek memleketimizde de Endüstri, Spor ve Kültür tesisleri ile özellikle cami kubbelerinin yapımında kullanılarak, modern ve sıcak görünümlü yapıların gerçekleştirilmesi üzerinde önemle durulması gerekmektedir.

¹ GLULAM = Avrupa'da yapılandırılmış ağaç malzeme üreten Endüstrilerinin organizasyonu olup 1966 yılında kurulmuştur.

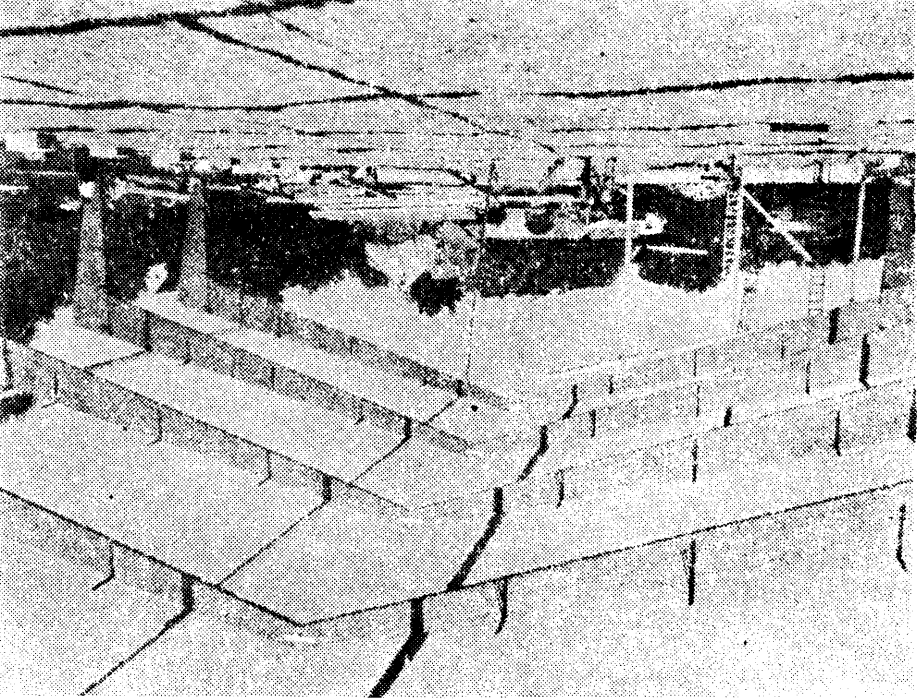
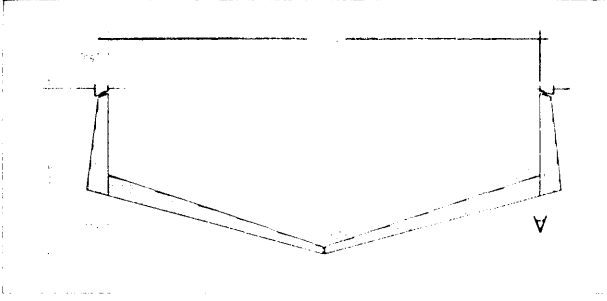
Sekil 7. Salzburg şehinde bir fabrikaya ait hangar.

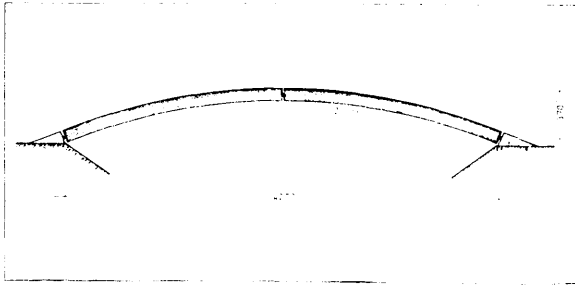
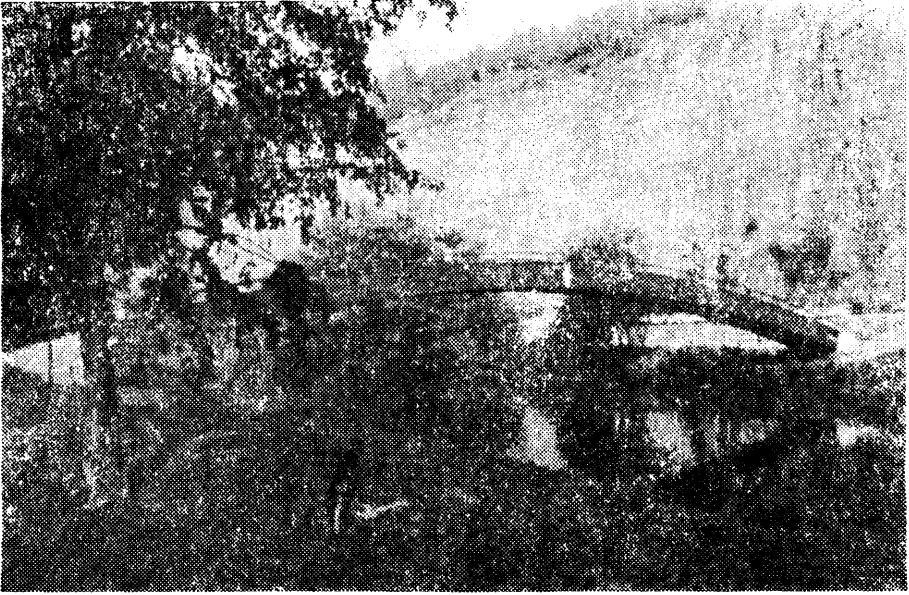




Şekil 8. Münih (F. Almanya) daki olimpiyat bisiklet stadıyım

Şekil 9. Uim - Wiblingen (F. Almanya) daki at koşusu halli.





Sekil 10. Rotenburg (Federal Almanya) da Neckar nehri üzerindeki köprü.

K A Y N A K L A R

- ANONYM, 1974. Holzleimbau - bald wieder Nr. 1 im Konstruktionsbau. *Internationaler Holzmarkt* 7: 3.
- CURRY, W. T., 1961. *Working Stresses for Structural Laminated Timber*. London.
- DUMAN, N., 1964. *Tutkallı Ahşap yapılar*. Yenilik Basımevi - İstanbul.
- DUTKO, P., 1969. *Grundlagen des Holzleimbaus. Bauingenieur - Praxis Heft 51* Verlag von Wilhelm Ernst Sohn Berlin - München.
- EGNER, K. und H. SIN., 1961. Die Leimung tragender Holzbauteile. *Informationsdienst Holz* (2): 3.
- ERŞEN, N., 1975. *Tutkal bileşimli ahşap taşıyıcı sistemler, bugünkü durumları ve gelişme imkanları*. İDMMA. İnşaat Bölümü (Doc. çalışması).
- F. P. L. WOOD HANDBOOK, 1974. *Forest Products Laboratory, Agriculture Handbook No. 72*.
- FREAS, A. D. and SELBO, M. L., 1954. *Fabrication and design of glued laminated Wood structural members. Technical buletin No. 1069. Department of Agriculture*.
- FRIEDRICHS, 1975. *Wirtschaftlichkeit und besondere Atmosphäre der Holzleimbauten immer mehr geschätzt. Bauen mit Holz* (11): 542.
- HUŞ, S., 1977. *Ağaç Malzeme Tutkalları İ.Ü.O.F. yayın No. 242. Kutulmuş Matbaası - İstanbul*.
- KOEB, H. K., 1975. *Bis 1980: Viermal mehr Holzleimbau. Holz im Handwerk* (11): 35.
- KURTOĞLU, A., 1977. *Spannungsänderungen in grossen Holzquerschnitten infolge von Feuchtigkeitsänderungen. Dissertation. Wien (Basılmamıştır)*.
- RAJCAN, J., 1962. *Die Biegegestigkeit von Schäftverbindungen. Holztechnologie* (3): 3.
- WOLF, E., 1974. *Holzleimbau in Österreich, 130 % ige Zuwachsrate seit 1965. Agrarische Rundschau* (8): 34.
- WOLF, E., 1977. *Entwicklungsgeschichte des Holzleimbaus. Internationaler Holzmarkt* (7): 3.