

55639

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AHŞAP TESTERE TALAŞLI ÇİMENTO KOMPOZİTİN
FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar Funda Rabia ONURSAL

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 27 Mayıs 1996

Tezin Savunulduğu Tarih : 20 Haziran 1996

Tez Danışmanı

: Prof. Dr. Nihat TOYDEMİR

Diğer Jüri Üyeleri

: Prof. Dr. Erol GÜRDAL

Doç. Dr. Mustafa KARAGÜLER

MAYIS 1996

ÖNSÖZ

Bu çalışmamda, hiçbir özveriden kaçınmayarak bana her türlü desteği veren, araştırmama büyük katkıda bulunan, düzenli ve metodik çalışma prensibini aşılayan değerli hocam Prof. Dr. Nihat Toydemir'e, araştırmamın grafik çizimlerdeki ve su buharı difüzyonu direnç faktörlerinin hesabındaki yardımları için İTÜ Mimarlık Fakültesi'nde Araş. Gör.Y.Mimar Leyla Tanaçan'a, İTÜ Mimarlık Fakültesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı'nda yaptığım deneysel çalışmalarımındaki yardımları için laboratuvar görevlisi İbrahim Öztürk'e ve sevgili fakülte arkadaşım Mimar Funda Uzer'e, bu tez yazısının yazımı sırasındaki yardımları ve hiçbir zaman esirgemediği manevi desteği için sevgili kardeşim Cenk Alhan'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmamda, benden maddi ve manevi desteğini eksik etmeyen, çok sevgili eşim, arkadaşım İnşaat Mühendisi Kemal Cem Onursal'a da candan teşekkür ederim.

Funda Rabia ONURSAL
Haziran 1996

İÇİNDEKİLER

SAYFA NO

Şekil Listesi	vi
Tablo Listesi	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
1.BÖLÜM GİRİŞ	1
1.1 – Amaç Ve Yöntem	2
1.2 – Çalışmanın Kapsamı	3
1.3 – Çalışmanın Sonuçları	4
2.BÖLÜM KOMPOZİT MALZEMELER	
(Literatür Çalışması)	5
2.1 – Kompozit Malzeme Olma Şartları	7
2.2 – Kompozit Malzemeden Beklenen Performanslar	7
2.3 – Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması	8
2.3.1 – Bağlayıcı Madde Aglomereleri	8
2.3.2 – Liflerle Donatılı Kompozitler	10
2.3.3 – Lamine Kompozitler	11
2.4 – Isı Yalıtımında Kullanılan Kompozitler	11
3.BÖLÜM DENEYSEL ÇALIŞMADA KULLANILAN ANA MADDELER	13
3.1 – Kullanılan Çimentonun Özellikleri Ve Standartlara Uygunluğu	14
3.1.1 – Çimentonun Ana Maddeleri ve Çimento Üretimi	14
3.1.2 – Çimentoda Hidratasyon	18
3.1.3 – Çimentonun Prizi	19
3.1.4 – Çimentonun İncelliği	20
3.1.5 – Çimento Türleri	21
3.1.6 – Çimentonun Mekanik Dayanımları	22
3.1.6.1 – Çimentonun eğilme dayanımı	23
3.1.6.2 – Çimentonun basınç dayanımı	24
3.1.7 – Beton Katkı Maddeleri	25
3.1.7.1 – Taze betonun işlenebilme özelliklerini değiştiren katkı maddeleri	26
3.1.7.2 – Priz ve sertleşmeyi etkileyen katkı maddeleri	26
3.1.7.3 – Beton hava içeriğini değiştiren katkı maddeleri	27
3.1.7.4 – Betonların fiziksel ve mekanik niteliklerini arttıran katkı maddeleri	28
3.1.7.5 – Betonun kimyasal etkilere dayanıklılığını etkileyen katkı maddeleri	28

3.1.7.6 – Betona ek nitelikler kazandıran katkı maddeleri	29
3.2 – Kullanılan Ahşap Testere Talaşının Özellikleri	29
4.BÖLÜM AHŞAP TESTERE TALAŞI ORANI DEĞİŞİMİNİN ÇİMENTO BAĞLAYICILI KOMPOZİTİN MEKANİK VE BAZI FİZİKSEL NİTELİKLERİNE ETKİLERİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ (ÖN DENEYLER)	32
4.1 – Ön Deney İlkeleri	33
4.2 – Üretim	33
4.2.1 – Örnek Hazırlama	34
4.2.2 – Kurutma	34
4.3 – Ön Deneyler Ve Sonuçları	34
4.3.1 – Birim Hacim Ağırlıkların Bulunması	34
4.3.2 – Statik Elastiklik Deneyleri Ve Sonuçları	36
4.3.3 – Eğilme Deneyleri ve Sonuçları	36
4.3.4 – Basınç Deneyleri ve Sonuçları	38
4.4 – Ön Deney Sonuçlarının İrdelenmesi Ve Elde Edilen Bulgular	38
4.4.1 – Örnek Biçimi ve Boyutları	40
4.4.2 – Örnek Üretimi	40
4.4.3 – Talaş Oranı Değişiminin Mekanik Dayanımlar Üzerindeki Etkisi	41
4.4.4 – Birim Hacim Ağırlık Değerleri Üzerindeki Etkisi	41
5.BÖLÜM DENEYSEL ÇALIŞMA	43
5.1 – Deneysel Çalışmanın Programlanması (%10-%90 ağırlık oranlı ahşap testere talaşlı çimento kompozit malzeme örneklerinin üretimi)	43
5.1.1 – Deney Örneklerinin Üretiminde Programlama	43
5.1.2 – Deneylerin Programlanması	46
5.1.3 – Deney Sonuçları Yönünden Programlama	46
5.2 – Üretimde Uygulanan İşlemler Ve Özelliklerine Göre Programlama Ve Üretim	47
5.3 – Deneysel Çalışmalar Ve Sonuçları	51
5.3.1 – Birim Hacim Ağırlık Deneyleri Ve Sonuçları	51
5.3.2 – Statik Elastiklik Deneyleri Ve Sonuçları	51
5.3.3 – Su emme deneyleri ve sonuçları	54
5.3.4 – Eğilme Dayanımı Deneyleri Ve Sonuçları	57
5.3.5 – Basınç Dayanımı Deneyleri Ve Sonuçları	59
5.3.6 – Buhar Difüzyonu Direnç Faktörü Deneyleri Ve Sonuçları	65

6.BÖLÜM DENEY SONUÇLARININ AHŞAP TESTERE TALAŞI ORANININ DEĞİŞİMİNE BAĞLI OLARAK KOMPOZİT MALZEME ÜRETİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İRDELENMESİ	68
6.1 – Çimentoya Katılan Ahşap Testere Talaşı Oranı Değişiminin Hafif Beton Kompozit Yapı Malzemesinin Mekanik Dayanımlarına Etkisinin İrdelenmesi	68
6.1.1 – Ahşap Testere Talaşı Oranının Değişiminin Kompozit Malzemenin Basınç Dayanımlarına Etkisinin İrdelenmesi	69
6.1.2 – Ahşap Testere Talaşı Oranının Değişiminin Kompozit Malzemenin Eğilme Dayanımlarına Etkisinin İrdelenmesi	73
6.1.3 – Ahşap Testere Talaşı Oranının Değişiminin Kompozit Malzemenin Statik E Modülü Değerlerine Etkisinin İrdelenmesi	76
6.2 – Çimentoya Değişik Oranlarda Katılan Ahşap Testere Talaşının Kompozit Malzemenin Fiziksel Niteliklerine Etkisinin İrdelenmesi	77
6.2.1 – Ahşap Testere Talaşı Oranının Değişiminin Kompozit Malzemenin Birim Hacim Ağırlık Değişimlerine Etkisinin İrdelenmesi	77
6.2.2 – Ahşap Testere Talaşı Oranının Değişiminin Kompozit Malzemenin Su Emme Değerlerine Etkisinin İrdelenmesi	78
6.2.3 – Ahşap Testere Talaşı Oranının Değişiminin Kompozit Malzemenin Buhar Geçirimsizliğine Etkisinin İrdelenmesi	79
7.BÖLÜM SONUÇLAR	81
7.1 – Çimentoya Değişik Oranlarda Katılan Ahşap Testere Talaşının Kompozit Mekanik Niteliklerine Etkileri	81
7.2 – Çimentoya Değişik Oranlarda Katılan Ahşap Testere Talaşının Kompozit Fiziksel Niteliklerine Etkileri	82
KAYNAKLAR	84
EKLER	86
ÖZGEÇMİŞ	110

ŞEKİL LİSTESİ**SAYFA NO**

Şekil 2.1 Bileşenin türüne ve düzenlenişine göre kompozit grupları	6
Şekil 2.2 Stiropor betonu	9
Şekil 2.3 Perlitli tuğla	9
Şekil 2.4 Stiroporlu alçı	9
Şekil 2.5 İki yüzü alçı levha ortası alçı köpük pano	9
Şekil 2.6 Bitüm bağlayıcılı genişlemiş mantar	10
Şekil 2.7 Çimento bağlayıcılı ince ahşap yongalı levha	10
Şekil 2.8 Çimento bağlayıcılı ahşap talaş levha (heraklit)	10
Şekil 2.9 Sandviç kompozit pano, iki yüzü manyezi çimentolu ahşap talaş levha, ortası stiropor	10
Şekil 2.10 Lamine ahşap kompozit, iki yüzü alüminyum levha kaplanmış kontrplak	11
Şekil 2.11 Sandviç kompozit pano, iki yüzü asbestli çimento, ortası ekspanse mantar	11
Şekil 2.12 Sandviç kompozit pano, bir yüzü delikli, diğeri deliksiz ahşap lif levha, ortası oluklu mukavva	12
Şekil 2.13 Sandviç kompozit pano, iki yüzü ahşap talaş levha, ortası stiropor	12
Şekil 2.14 Sandviç kompozit pano, iki yüzü asbestli çimento, ortası stiropor	12
Şekil 2.15 Sandviç kompozit pano, iki yüzü bitümlü, bir yüzüne ekspanse kil yapıştırılmış, ortası stiropor	12
Şekil 3.1 Çimento bileşenlerinin sertleşme süreleri	16
Şekil 3.2 Çimento üretiminde malzeme akış şeması	17
Şekil 3.3 Elek sarsma makinası	20
Şekil 3.4 Çimentonun mekanik deneyleri için suda bekleyen örnekler	22
Şekil 3.5 Standart çimentonun eğilme dayanımı deneyi	23
Şekil 3.6 Standart çimentonun basınç dayanımı deneyi	24
Şekil 3.7 Hava boşluklu betonun şematik yapısı	27
Şekil 3.8 Bir ağacın doku ve tabakaları	29
Şekil 4.1 Ön deney örneklerinde değişen %ATT oranının kompozitin birim hacim ağırlık değerlerine etkisi	35

Şekil 4.2 Ön deney örneklerinde değişen %ATT oranının kompozitin statik E modülü değerlerine etkisi	37
Şekil 4.3 Ön deney örneklerinde değişen %ATT oranının kompozitin eğilmede çekme dayanımı değerlerine etkisi	38
Şekil 4.4 Ön deney örneklerinde değişen %ATT oranının kompozitin basınç dayanımı değerlerine etkisi	39
Şekil 4.5 Örneklerle eğilme deneyi uygulanma durumu	40
Şekil 4.6 Ön deney örneklerinde değişen %ATT oranının kompozitin mekanik dayanımlarına etkisi	41
Şekil 5.1 Çimento+ATT ağırlık oranına göre %su ihtiyacı	44
Şekil 5.2 Desikatörde soğuyan örnekler	45
Şekil 5.3 Çimento ağırlık oranına göre %su ihtiyacı	48
Şekil 5.4 Kompozit hamuru hazırlama	49
Şekil 5.5 Kompozit örneklerinin doğal olarak kurutulması	50
Şekil 5.6 Kompozit örneklerinin etüvde kurutulması	50
Şekil 5.7 Kompozit örneklerinin ultrases ölçümlerinin yapılışı	54
Şekil 5.8 Kompozit örneklerinde su emme deneyi	57
Şekil 5.9 Kompozit örneklerinde eğilme deneyi	59
Şekil 5.10 Kuvvetin uygulanması	52
Şekil 5.11 Kırılma başlangıcı	52
Şekil 5.12 Yüklemenin kesilmesi	52
Şekil 5.13 Basınç başlığının kaldırılması	52
Şekil 5.14 Kompozit örneklerinde su buharı difüzyonu deneyi	65
Şekil 5.15 Kompozit örneklerinin su buharı difüzyonu miktarlarının ölçülmesi	67
Şekil 6.1 Kompozit örneklerinin ATT oranlarına göre basınç dayanımı değişimi grafiği	72
Şekil 6.2 Kompozit örneklerinin ATT oranlarına göre eğilme dayanımı değişimi grafiği	74
Şekil 6.3 Kompozit örneklerinin ATT oranlarına göre mekanik dayanımlarının değişimi grafiği	76
Şekil 6.4 Kompozit örneklerinin ATT oranlarına göre statik E modüllerinin değişimi grafiği	77
Şekil 6.5 Kompozit örneklerinin ATT oranlarına göre birim hacim ağırlıklarının değişimi grafiği	78
Şekil 6.6 ATT oranı değişiminin kompozit örneklerinin su emme değerlerine etkisi	79
Şekil 6.7 ATT oranı değişiminin kompozit örneklerinin buhar difüzyonu direnç faktörü değerlerine etkisi	80

TABLO LİSTESİ**SAYFA NO**

Tablo 3.1 Çimento bileşenlerinin ısı yama değerleri	19
Tablo 3.2 Çimentonun eğilme dayanımı deney sonuçları	23
Tablo 3.3 Standart çimentonun basınç dayanım değerleri	24
Tablo 4.1 Ön deney kompozit örneklerinin birim hacim ağırlık deney sonuçları	35
Tablo 4.2 Ön deney kompozit örneklerinin statik elastiklik deneyi sonuçları	36
Tablo 4.3 Ön deney kompozit örneklerinin eğilme dayanımı deneyi sonuçları	37
Tablo 4.4 Ön deney kompozit örneklerinin basınç dayanımı deneyi sonuçları	39
Tablo 5.1.1 Kompozit örneklerinin birim hacim ağırlık deneyi sonuçları	52
Tablo 5.1.2 Kompozit örneklerinin birim hacim ağırlık deneyi sonuçları	53
Tablo 5.2.1 Kompozit örneklerinin statik elastiklik deneyi sonuçları	55
Tablo 5.2.2 Kompozit örneklerinin statik elastiklik deneyi sonuçları	58
Tablo 5.3 Kompozit örneklerinin su emme deneyi sonuçları	58
Tablo 5.4.1 Kompozit örneklerinin eğilme dayanımı deneyi sonuçları	60
Tablo 5.4.2 Kompozit örneklerinin eğilme dayanımı deneyi sonuçları	61
Tablo 5.5.1 Kompozit örneklerinin basınç dayanımı deneyi sonuçları	63
Tablo 5.5.2 Kompozit örneklerinin basınç dayanımı deneyi sonuçları	64
Tablo 5.6 Kompozit örneklerinin su buharı difüzyonu faktörü deneyi sonuçları	66
Tablo 6.1.1 Kompozit örneklerinin rötre değerleri	70
Tablo 6.1.2 Kompozit örneklerinin rötre değerleri	71
Tablo 6.2 Kompozit örneklerinin artan ATT oranına göre basınç dayanımı azalma değerleri	73
Tablo 6.3 Kompozit örneklerinin artan ATT oranına göre eğilme dayanımı azalma değerleri	75

ÖZET

Günümüz yapı malzemelerinden beklenen özellikler, doğadaki enerji ve malzeme kaynaklarının azalması, insanların daha iyi ortam koşullarında yaşama isteği dolayısıyla, artmıştır. Bu sebeplerden, yapı malzemesinde ısı, ses, su yalıtımı, dayanıklılık, kullanılabilirlik gibi özelliklerin yanı sıra malzemenin hafifliği ve inceliği de bu nitelikler kadar önem kazanmıştır. Bu da kompozit malzeme üretimi ve kullanımı gereğini ortaya koymaktadır.

Kompozit malzemeler üzerine yapılan araştırmalar ve uygulamalar günümüz yapılarında kompozit malzemelerin kullanımının arttığını göstermektedir. Yıllardır inşaatların iki ana malzemesi olarak kullanılan ahşap ve çimentonun fiziki karışımından elde edilen ahşap yonga talaşlı çimento kompozitinin yapılarda kullanımı birçok yönden istenen sonuçları vermiştir ve uygulamaları halen devam etmektedir. Ahşaptan dolayı olabilecek çürüme ve böceklenmeleri çimentonun bazik yapısı ve neme direnç özelliği engellemektedir. Öte yandan çimentonun soğuk görünüşünü doğaya özgü sıcaklığıyla kapayan ahşap, aynı zamanda kompozit malzemeye yangına karşı dayanıklılığı arttırıcı bir özellik verebilmektedir. Bu nedenler uyumlu malzeme ikilisi ahşap ve çimentodan ahşap testere talaşı ve çimentonun oluşturacağı bir kompozit yapı malzemesinin mekanik ve fiziksel özellikleri üzerinde bir araştırma yapmanın yararlı ve gerekli olduğunu ortaya koymaktadır.

Ahşap testere talaşlı çimento kompozit yapı malzemesinin mekanik ve fiziksel özelliklerinin incelenmesinde deneysel çalışma ağırlıklı bir araştırma yapılarak bu çalışmada hipotetik-dedüktif yöntem kullanılmıştır.

Ahşap testere talaşlı hafif beton kompozit üzerinde yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar, ahşap testere talaşı oranı arttıkça kompozitte mekanik dayanımların azaldığını göstermektedir. Eğilme dayanımı değerlerinin doğrusal karakterde, basınç dayanım değerlerinin ikinci dereceden bir eğriye bağlı olarak azaldığı saptanmıştır. Ahşap testere talaşı oranı arttıkça kompozitinin birim hacim ağırlık değerlerinin doğrusal olarak azaldığı, % su emme miktarlarının ve su buharı geçirimsizliğinin arttığı, fakat yine de kompozitinin dolu tuğlaya göre çok yüksek su buharı difüzyonu direnç faktörü değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

SUMMARY

EXAMINATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CEMENT COMPOSITE WHICH CONTAINS WOODEN SAWDUST

In this study, the effect of the ratio of cement binding sawdust, which is used in the production of composite construction material has been examined.

Lessening of the energy and material resources in nature, the desire of people to live in better living conditions leads to the necessity of using a material which inheres more than one type of material. Not only the properties of material like heat, sound, water insulation, resistance, durability which is expected from a construction material but also the properties of lightness and slenderness have become important.

In the construction of twentieth century, the elements used as nonload-carrying construction elements are expected to be light, slender, at least to carry its own weight, to be resistant to strokes. Additionally, as the material becomes slender and light, it becomes difficult to satisfy heat insulation properly. This fact shows the importance of the production and usage of composite material.

The studies made on composite materials provides the usage of composite materials in various parts of constructions which are constructed nowadays. The examination of the physical and mechanical properties of composite materials which contain cement binding wooden sawdust was found to be useful and necessary because there is a similar material which is a composite material that contains cement binding wood shavings is being produced in Turkey.

Wood and cement are always used as main construction materials in the constructions and it is still being used. Till the beginning of the 1920's wood and cement had been used separately in the constructions. At those years there were some investigations made on these materials in order to obtain a material which is composed of both of them. Some new physical and chemical properties were found at the end of the studies. At 1940 first panel with wooden fibers was produced by putting long wooden fibers into the cement. It has been seen that the use of wood shavings in the production of wood-cement composites is widespread. Today cement binding wood shaving panels are produced by mixing small amount of wood shavings into the cement. In Turkey, Turkish Standards Institute (TSE) published TS5115 in 1985 in order to put standards for the production of these panels.

Today's technology and needed material resources can easily be used in the production of this composite construction material. It has been seen that its production is more economical and easy for the purpose of heat insulation when compared to other alternative systems. This is a big advantage when the economy and energy resources of Turkey is taken into consideration. Because of these facts, the importance of the study on composite construction material is obvious.

This composite material is the mixture of water, wood, cement and it is a modern construction material which has a big usage area in the constructions.

The properties of wood like lightness, elasticity, workability and the properties of cement like resistancy to fire, water, moisture, insects give the composite good properties in order to be used as a construction material.

In this study, three goals has been aimed by taking the above instructions into consideration:

- * The investigation of effect of sawdust ratio on the mechanical and physical properties of lightweight concrete composite material.

- * Production of a wall material, lightweight concrete composite material, whose mechanical strength is sufficient and who has an acceptable degree of vapor diffisulon.

- * Experimental investigation of portland cement, wooden sawdust which are needed for the production of this composite material and their production conditions.

In the materialization of these three aims, hypothetic-deductive method has been used.

There has been pre-experiments made to ascertain the limit of the wooden sawdust ratio in the specimen which would have been produced and to determine the conditions of experimental study.

According to the results of the pre-experimental studies, an experiment program which is based on the change of wooden sawdust ratio has been programmed. The experiment program has been carried out successfully and good results for the production purposes have been obtained.

A production method has been suggested according to the results obtained from experiments. Pre-experiment results provided good information about the agent, variation of agent, experiment conditions, specimen dimensions, specimen preparation conditions.

The results obtained in this experimental study from 90 composite material specimens with 9 different wooden sawdust ratios and their mean values are given in tables. In the mean values, highest compression strength has been obtained in the specimens with %10 wooden sawdust ratio as 23 N/mm², the least compression strength has been obtained in the specimens with %90 wooden sawdust ratio as 1 N/mm². This situation shows that as the ratio of sawdust had been increased a decrease of %95.7 in the compression strength was observed.

From the results obtained 90 bending experiments, mean values were calculated. The highest mean flexural strength has been obtained as 8 N/mm² in the specimens with %10 sawdust ratio and the lowest mean flexural strength has been obtained in specimens with %90 wooden sawdust ratio as 0 N/mm². These results show that as wooden sawdust ratio had been increased a %100 decrease in the flexural strength has been ascertained.

The results obtained from static elasticity experiments have confirmed that as the wooden sawdust ratio increases mechanical strength of composite material decreases.

In the specific volume calculation, as the wooden sawdust ratio had been increased, because of the increase in the ratio of material with decreased specific weight, specific volume values decreased linearly.

In the 36 water absorption experiments, it has been ascertained that as the wooden sawdust ratio had been increased, the % water absorption of composite material naturally increased. The lowest mean water absorption value has been obtained in the specimens with %10 wooden sawdust ratio as %18.1 and highest value has been obtained in the specimens with %90 wooden sawdust ratio as %77.9.

In the water vapor diffusion experiments made on 9 different dimensioned specimens, the results obtained have showed that the specimen with %10 wooden sawdust ratio has diffused water vapor less than the other specimens. The μ values obtained has become -47.6520 for the specimens with %10 wooden sawdust ratio and -19.6692 for specimens with %90 wooden sawdust ratio.

These values shows that cement composite construction material with wooden sawdust has less amount of water vapor diffusion

capacity than the hallow brick as well as solid brick for every ratio of wooden sawdust.

This experiment-based study has been composed of seven parts:

In the first part, aim of study, method, scope and experimental study results have been explained.

In the second part general properties of composite materials, conditions expected to be a composite material, classification, expected performances and composites used in heat insulation have been explained.

In the third part, the main materials used in experimental studies has been examined. This part has been formed by the literature knowledge and experimental study on the cement and wooden sawdust production, their structure and various properties which are used in the formation of cement composite which contains wooden sawdust.

In the fourth part the affect of variation of wooden sawdust ratio which is known to effect the physical and mechanical properties of lightweight concrete composite construction material has been examined by the pre-experiments.

Fifth part contains the mechanical and physical experiments which have been made to materialize these studies. For this purpose 99 specimens has been used. On these specimens 90 specific weight experiment, 90 static elasticity experiment, 36 water absorbtion experiment, 90 bending experiment, 180 compression strength experiment, 9 vapor diffusion resistance factor experiment have been made. The results have been given in this part.

Sixth part, is the part in which the effect of discussed wooden sawdust ratio changes on mechanical and physical properties of lightweight concrete composite construction material by the help of the obtained experiment results, has been commented on and appraised.

According to the obtained results of experiments, as the added ratio of wooden sawdust into the cement had been increased, the mechanical strength of composite construction material decreased. The ascertained decrease in mechanical strength properties are:

* Linear decrease in flexural strength.

* A decrease in compression strength and static elasticity modulus in the form of a second degree curve.

Same situation has been ascertained in the specific volume values. As the amount of wooden sawdust ratio put into the cement had been increased water absorbtion and vapor diffusion decreased.

Seventh part is the last part of this investigation. It contains the results obtained at the end of the study and the effect of wooden sawdust ratio whose effectiveness on the physical and mechanical properties of concrete composite construction material on the production of lightweight concrete composite construction material has been ascertained.



1 . BÖLÜM GİRİŞ

Doğadaki enerji ve malzeme kaynaklarının azalması, insanların daha iyi ortam koşullarında yaşama isteği, birden çok özelliği bünyesinde barındırabilen malzeme kullanma ihtiyacını doğurmaktadır. Isı, ses, su yalıtımı, dayanıklılık, kullanılabilirlik gibi yapı malzemesinden beklenen bir veya birkaç özelliğin yanı sıra malzemenin hafifliği ve inceliği de bu nitelikler kadar önem kazanmıştır.

21. yüzyılın yapılarında taşıyıcı olmayan düşey yapı elemanları için kullanılacak malzemelerin hafif ve ince olması, hiç olmazsa kendini taşıyabilmesi ve darbelere karşı zayıf olmaması istenmektedir. Öte yandan, malzemenin incelik hafifleme ısı korunumunu da zorlaştırmaktadır. Bu da kompozit malzeme üretimi ve kullanımı gereğini ortaya koymaktadır.

Kompozit malzemeler üzerine yapılan araştırmalar ve uygulamalar günümüz yapılarında çeşitli alanlarda kompozit malzemelerin kullanımını sağlamaktadır. Bu açıdan, ülkemizde de üretilen ve kullanılan benzer çimento bağlayıcılı ahşap testere talaşlı kompozit malzemenin mekanik ve bazı fiziksel özelliklerini incelemekte yarar ve gerek görülmüştür.

Ahşap ve çimento, inşaatların iki ana malzemesi olarak kullanılmıştır ve halen kullanılmaktadır. 1920'lerin başlarına kadar inşaatlarda ayrı ayrı kullanılan ahşap ve çimentonun, bu tarihlerde, karıştırılma çalışmaları ve karışım halindeki kimyasal etkileşimleri ile yeni fiziksel özellikleri saptanmıştır. 1940'da çimentoya çok uzun elyaflar katıp presleyerek, ilk ahşap elyaflı levhalar üretilmiştir. Günümüzde ise, çimentoya az miktarda ahşap yonga karıştırılarak çimentolu yonga levha üretilmektedir. Türkiye'de bu levhaların üretimine TS 5115 (1) ile 1985'de bir standart getirilmiştir.

Günümüze değin, ahşap ve çimento kompozitlerin üretilmesi, ahşap yonga kullanımı üzerine yoğunlaşmıştır. Ahşap testere talaşı ve

çimentonun oluşturacağı bir kompozitin mekanik ve fiziksel özellikleri üzerinde bir araştırma yapmanın gereği görülmüştür.

Ahşap testere talaşı ve çimentonun karıştırılmasından elde edilecek kompozitin hafif beton kompozit olacağı açıktır. Hafif beton yapmaktaki esas amaç, ısı izolasyonu açısından gerekli malzeme elde etmektir. Bu amaca paralel olarak, kompozitin hafif oluşu birçok yarar sağlayabilir. Bu yararlardan ilki, hafif malzemenin yapının öz ağırlığını düşürmesidir. Yapının öz ağırlığının düşmesiyle ekonomiklik sağlanır, malzemeden yeterince yararlanılır, temele inen yükler, dolayısıyla, temel inşaat masrafları azalır.

"Hafif agregalı betonlarda en önemli üretim sorunu su/çimento oranını ayarlayabilmektir. Agregaların su emmeleri çok yüksek olduğundan, az suyla üretilen veya özellikle önceden su emdirilmeyen agregalarla üretilen betonlarda agregalar betonun tüm suyunu emerek ağ şeklinde rötne çatlaklarının oluşmasına sebep olurlar." (2)

Günümüz teknolojisinde ve malzeme ihtiyacında zorluk çıkarmayacak olan bu kompozit malzemenin incelenmesinde özellikle ülkemiz ekonomisi ve enerji kaynakları göz önüne alındığında yapılarda gerekli ısı korunumunu sağlarken birçok alternatif sisteme göre ekonomik olabilecek, üretimi ve yapıda kullanımı kolay olan yeni bir kompozit yapı malzemesinin araştırılması gereği ortadadır.

1.1 – Amaç Ve Yöntem

Bu çalışmada başlıca üç amaç güdülmüştür :

Birincisi; ahşap testere talaşlı beton kompozit üretiminde etkileri sayısal verilere dayanan talaş oranının hafif beton kompozit malzemenin mekanik ve fiziksel özelliklerini ne yönde ve hangi düzeyde etkilediğinin araştırılması, ikincisi; hafif beton kompozit malzeme üretiminde mekanik dayanımı yeterli düzeyde olabilen buhar difüzyonu yönünden de istenilen koşulları karşılayabilen bir duvar malzemesinin üretilmesi, üçüncüsü; bu kompozit malzeme üretimi için gerekli malzemeyi sağlayacak portland çimentosu ve ahşap testere talaşının ve üretim koşullarının deneysel olarak araştırılmasıdır.

Bu amaçlardan hareketle bu araştırmada deneysel çalışmaya dayalı "hipotetik-dedüktif" yöntem kullanılmıştır . Bu yöntem, açıklama vaat eden bir hipotez veya teoriden test edilebilir sonuçlar çıkarmaya ve çıkarılan sonuçları (bunlara "öndeyi" de denebilir) ilişkin oldukları gözlem veya deney verileri ile karşılaştırmaya dayanmaktadır (3).

1.2 – Çalışmanın Kapsamı

Birinci bölümde (1-), çalışmayı gerektiren nedenler ve koşullar, çalışmanın konusu, amacı, kapsamı ve ulaşılan sonuçlar tanıtım amaçlı ele alınmıştır.

İkinci bölümde (2-), genel olarak kompozit malzemelerin özellikleri, oluşum koşulları, sınıflandırılması ve sahip olması gereken performansları ile ısı yalıtımında kullanılan kompozitler anlatılmıştır.

Üçüncü bölüm (3-), deneysel çalışmada kullanılan ana maddeleri ele almaktadır. Ahşap testere talaşlı çimento kompozit malzemenin üretiminde kullanılan çimento ve ahşap testere talaşının elde edilmesi, yapıları ve çeşitli özellikleri incelenmiştir.

Bu bölümde, ayrıca, kullanılan bu iki maddenin (çimento ve ahşap testere talaşı), değişik yönlerden özellikleri incelenmiştir.

Dördüncü bölümde (4-), ahşap testere talaşlı hafif beton kompozit üretiminde mekanik ve fiziksel özellikleri etkilediği bilinen talaş oranı değişimlerinin yapılan ön deneylerle etkinlik dereceleri ve yönleri araştırılmıştır.

Beşinci bölüm (5-), esas deneysel çalışmanın açıklandığı bölümdür. Bu bölümde, üretilen 99 adet deney örneği üzerinde yapılan mekanik ve fiziksel deneyler ve bu deneylerin sonuçları bulunmaktadır.

Altıncı bölüm (6-), elde edilen deney sonuçları yardımı ile, sözkonusu talaş oranı değişiminin hafif beton kompozit yapı malzemesinin mekanik ve fiziksel özelliklerini ne yönde ve hangi düzeyde etkilediğinin irdelendiği ve yorumlandığı bir bölümdür.

1.3 – Çalışmanın Sonuçları

Yedinci bölüm (7-), bu araştırmanın son bölümü olup, ahşap testere talaşlı hafif beton kompozit yapı malzemesi üretiminde etkinliği saptanan testere talaş oranının bu malzemenin mekanik ve fiziksel niteliklerine etkilerini ve çalışma sonunda varılan diğer sonuçları içermektedir.



2 . BÖLÜM KOMPOZİT MALZEMELER

Doğadaki enerji ve malzeme kaynaklarının ciddi boyutlarda azaldığı, buna karşın, insanların yaşam düzeylerini iyileştirmede çağdaş yaşam koşullarının ağırlaşarak, yapı ve yapı malzemesi alanlarında ihtiyaçların arttığına geçen bölümde değinilmişti. Yapı malzemesi ihtiyaçlarındaki artışa ters oranla enerji ve malzeme kaynaklarının azalması yalıtımın önemini gün geçtikçe arttırmaktadır.

19'uncu yüzyıldan 20'nci yüzyıla geçiş döneminde yapı sistemlerindeki gelişmeler, şehirleşmeden dolayı arsa bulunamaması, dolayısıyla arsa fiyatlarının artması duvar kalınlıklarını azaltmayı gerektirmiştir. Duvar kalınlıklarının azaltılması ise beraberinde fiziksel sorunlar getirmiştir. Özellikle ısı yalıtımı bu sorunun başında gelmektedir.

Doğal malzemeler ya da doğal malzemelerin iyileştirilmesi ile elde edilen malzeme kullanım olanakları, kalın duvarın kendiliğinden çözüldüğü bazı fiziksel sorunların duvarın incilmesiyle ortaya çıkması karşısında çözüm üretmede yetersiz kalmaktadır. Çok yönlü sorunların çözümünün çağdaş koşulların gerektirdiği biçimde olabilmesi yeni malzemelerin ve yeni sistemlerin araştırılmasını gerektirmektedir. "Yapısal sorunlarımızın çözümünde yüksek performanslı malzeme yerine yüksek performanslı sistem kavramıyla hareket etmek gerekiyor." (4)

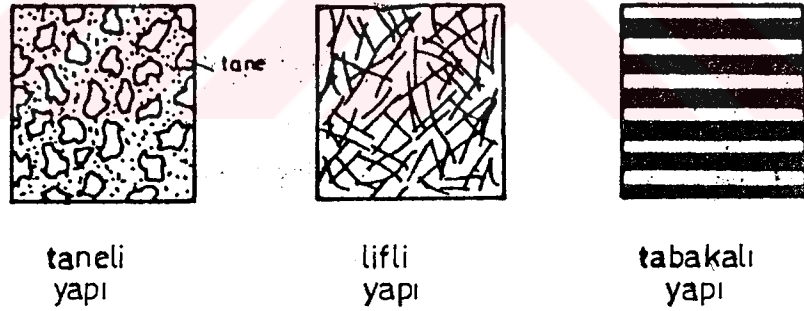
Yapısal sorunların başında yalıtım sorunları gelmektedir. Özellikle de ısı ve ses yalıtımları için yüksek performanslı malzemeler kullanılarak elde edilmiş yüksek performanslı sistemlerle daha kullanışlı ve ekonomik çözümler sağlanmaktadır.

Yapısal sorunları çözmeye değişik gereksinimlere cevap veren malzemeler olarak, çeşitli malzemelerle oluşturulmuş ve tek malzemeye

göre daha fazla çözüm olanağı ve performans sağlayarak bir üst sistem oluşturan kompozit malzemeler kullanılabilir.

Birbirlerinin zayıf yönünü düzelterek üstün özellikler elde etmek amacıyla biraraya getirilmiş değişik fazlardan oluşan malzeme sistemine kompozit malzeme denir. Kompozitler çok fazlı malzeme sayılırlar. Yapılarında sürekli bir ana faz ile onun içinde dağılmış pekiştirici bir donatı fazı bulunur. Bazı malzemelerde bu tür yapı üretim sırasında oluşabilir ve fazların karışımı mikroskopik düzeydedir. Ancak uygulamada kompozit malzeme olarak anılan sistemlerde bileşenler makroskopik düzeydedir ve bunlar sonradan biraraya getirilerek üstün özellikli bir kütleye dönüştürülmüştür. (5)

Kompozitlere, donatılı ya da pekiştirilmiş malzemeler de denir. Pekiştirici bileşenin türüne ve düzenlenme biçimine göre üç gruba ayrılabilirler : Taneli kompozitler, lifli kompozitler ve tabakalı kompozitler (Şekil 2.1). Lifli ve tabakalı kompozitlerin sağladığı özelliklerdeki artış, tanelilere göre daha yüksektir. Tanelli kompozitler için en önemli örnek, betondur. (5, s. 294)



şekil 2.1 Bileşenin türüne ve düzenlenişine göre kompozit grupları

Lif donatılı çimento malzemelerin özellikleri kompozitin yapısına göre değişir. Bundan dolayı, bu kompozitleri incelerken ve değişik kuvvet yükleme koşullarında performanslarını ayarlarken malzemelerin iç yapıları tanımlanmalıdır. Bu tanımlamada üç bileşen dikkate alınmalıdır : Çimentolu matris kitlesinin yapısı, liflerin şekli ve dağılımı, lif-matris ara yapısı. (6)

En önemli kompozitler lifli olanlardır. Liflerin çapları ortalama 0.1 mm dolaylarındadır. Bu yüzden tek başlarına kullanılamayıp sönük

bir matrisle birbirlerine bağlanınca çok yüksek dayanımlı ve hafif bir malzeme elde edilebilir. Sünnek bir ana faz içinde bulunan yüksek dayanımlı lifler çatlasa veya kırılrsa bile, sorun mikroskopik düzeyde kalır, yayılmadan sünnek ve tok matris tarafından önlenir. (5, s.294, 295)

2.1 – Kompozit Malzeme Olma Şartları

"Kompozit malzeme kavramı modern anlamda oldukça yeni sayılabilecek bir kavram. Bir malzemeyi etkenler karşısında, onun yetersiz yönlerini geliştirmek ya da istenen belirli performanslarda malzeme üretmek üzere başka birtakım malzemelerle fiziksel olarak karıştırarak ya da biraraya getirerek elde edilen yüksek performanslı malzemeler için kullanılıyor." (4, s. 40)

Kompozit malzemeler, özellikle, yüksek performanslı ısı yalıtım malzemeleri ile çok değişik ihtiyaçlara çözümler getirmektedir. Kompozit malzeme oluşabilmesi şartları şöyle sıralanabilir :

- * Kompozit malzemeler insan yapısıdır.
- * En az iki farklı malzemenin fiziksel karışım ya da birleşiminden kompozit malzemeler oluşturulur.
- * Karışım sonucunda üç boyutlu bir malzeme elde edilebilir.
- * Kompozit malzemeye giren malzemelerin herbirinde ayrı ayrı bulunmayacak bir özellik kompozit malzemede ortaya çıkar.

2.2 – Kompozit Malzemedeki Beklenen Performanslar

Kompozit yapı malzemelerinden beklenen yalıtım ile ilgili performansları arttırmanın en iyi yolu, değişik yalıtım sorunlarına çözüm üretebilen kompozit malzeme üretimidir.

Kompozit malzemedeki beklenen performanslar şu şekilde sıralanabilir :

- * Mekanik performansların arttırılması
- * Güvenliğin iyileştirilmesi

- * Kimyasal etkenlere karşı dayanıklılığın arttırılması
- * Maliyet fiyatının azaltılıp ekonomikliğin sağlanması
- * Fiziksel özelliklerin geliştirilmesi

Belirlenen bir işlem için malzeme yeterli hale getirilebilir, darbelere iyi bir mekanik dayanım sağlanabilir, dekoratif etki arttırılabilir, don-karşı dayanıklılık sağlanabilir, güneş ışınlarının eskitme ve ısıtma etkisine karşı önlem alınabilir.

2.3 – Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması

Kompozit malzemeler kökeni ve bünye yapısı yönünden farklı malzemelerin değişik kompozisyonlarından oluşabilmektedir. Bu açıdan kompozitler üç alt grupta sınıflandırılabilir :

2.3.1 – Bağlayıcı Madde Aglomereleri

Bu gruptaki kompozitler, organik ya da anorganik bir sürekli faz olarak bulunan bağlayıcı içinde, dağınık faz olarak bulunan organik ya da anorganik parçacıklardan oluşurlar. (4, s. 40)

*** Çimento bağlayıcılı hafif agregalı kompozitler**

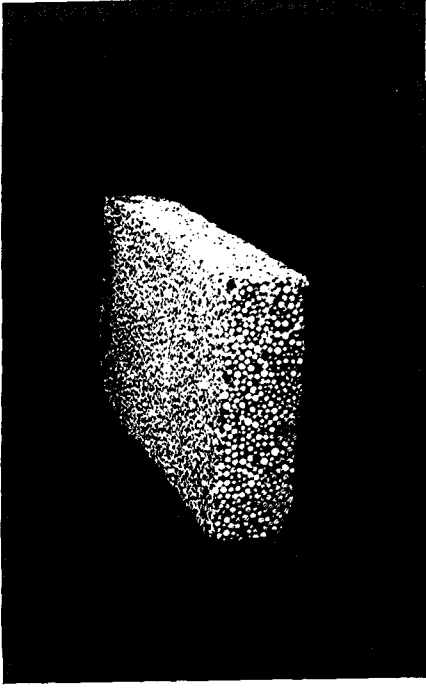
- perlit betonu
- stiropor betonu (Şekil 2.2)
- ekspanse kil agregalı beton
- bimsli beton

*** Sinterleşmemiş kompozitler**

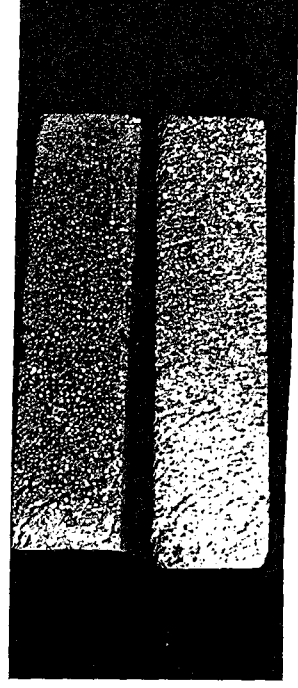
- perlitli tuğla (Şekil 2.3)
- stiroporlu tuğla
- ponzalı tuğla

*** Alçı bağlayıcılı hafif agregalı kompozitler**

- stiroporlu alçı (Şekil 2.4)
- perlitli alçı
- ponzalı alçı
- ekspanse kil alçı
- bimsli alçı



Şekil 2.2 Stiropor betonu



Şekil 2.3 Perlitli tuğla

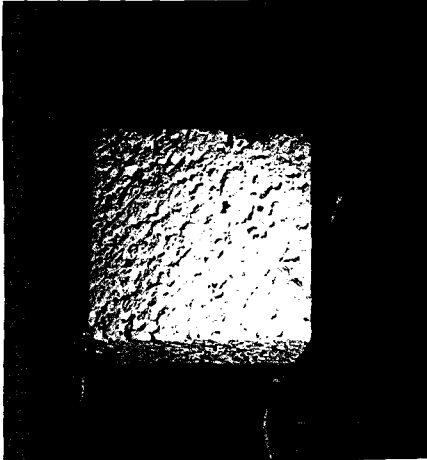
*** Rijit köpük halindeki kompozitler**

- gaz betonlar
- cam köpükler
- alçı köpükler (Şekil 2.5)

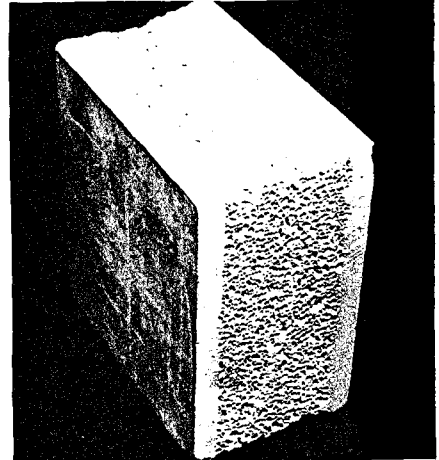
*** Bitüm bağlayıcılı kompozitler**

- bitüm bağlayıcılı ekspanse mantar (Şekil 2.6)
- bitüm bağlayıcılı kırmataş ve taşunu

*** Çimento bağlayıcılı ağır agregalı kompozitler**



Şekil 2.4 Stiroporlu alçı



**Şekil 2.5 İki yüzü alçı levha
ortası alçı köpük pano**

2.3.2 – Liflerle Donatılı Kompozitler

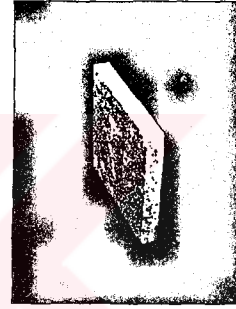
Bu gruptaki kompozitler, bağlayıcı madde görevi yapan sürekli faz içinde değişik kökenli liflerin dağınık faz olarak bulunmasından oluşurlar. (4, s. 40, 41)

* Çimento bağlayıcılı kompozitler

- çimentolu asbest
- portland çimentolu ahşap talaşı (Şekil 2.7, 8)
- magnezi çimentolu ahşap talaşı (Şekil 2.9)
- betonarme



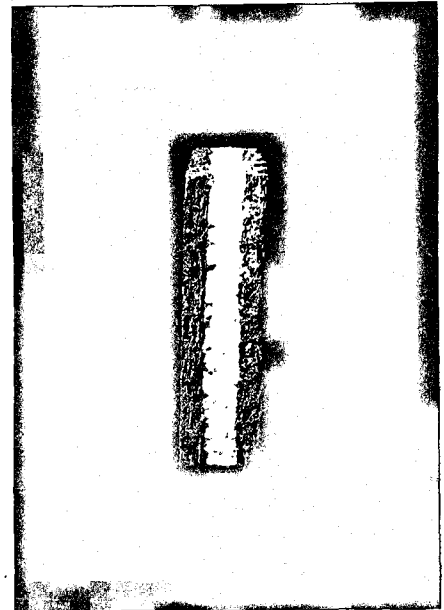
Şekil 2.6 Bitüm bağlayıcılı genişlemiş mantar



Şekil 2.7 Çimento bağlayıcılı ince ahşap yongalı levha



Şekil 2.8 Çimento bağlayıcılı ahşap talaş levha (heraklit)



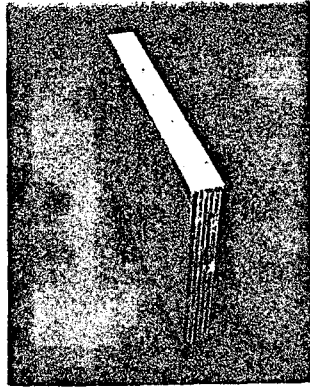
Şekil 2.9 Sandviç kompozit pano, iki yüzü manyezi çimentolu ahşap talaş levha, ortası stiropor

- * Asfalt bağlayıcı kompozitler
 - asfalt bağlayıcı cam lifi
 - asfalt bağlayıcı asbest lifi
 - asfalt bağlayıcı selüloz lifi
- * Polimer bağlayıcı kompozitler
 - bakalitli cam yünü
 - polyesterli cam lifi
 - polimer beton
- * Alçı bağlayıcı kompozitler

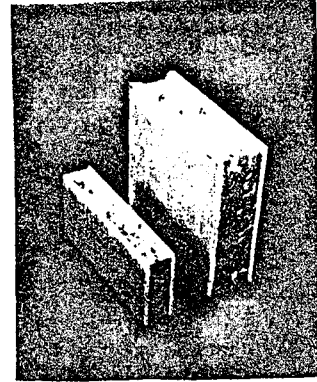
2.3.3 – Lamine Kompozitler

Bu gruptaki kompozitler, bir yöndeki kalınlığı diğerlerinden az olan tabakaların birbirine yapıştırılması ile oluşturulur. (4, s.40, 41)

- * Lamine ahşap kompozitler
- * Lamine plastik kompozitler
- * Lamine cam kompozitler
- * Lamine metal kompozitler
- * Lamine ve liflerle donatılı kompozitler
- * Sandviç kompozitler



Şekil 2.10 Lamine ahşap kompozit, iki yüzü alüminyum levha kaplanmış kontrplak

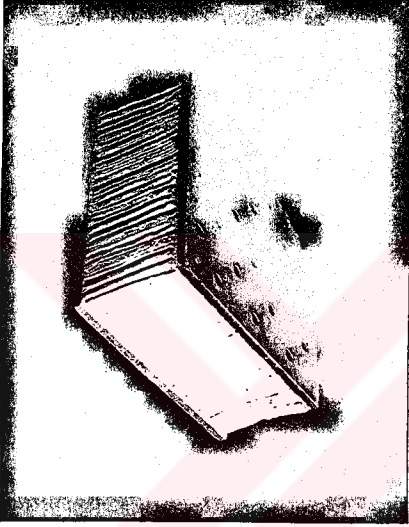


Şekil 2.11 Sandviç kompozit pano, iki yüzü asbestli çimento, ortası ekspanse mantar

2.4 – Isı Yalıtımında Kullanılan Kompozitler

Alt başlık 2.3 'te sınıflandırılan kompozit malzemeler özellikle ısı ve su yalıtımı açısından yapılmıştır. Isı yalıtımında kullanılan ısı

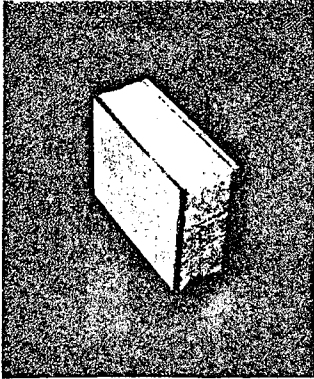
tutucu kompozitler için çoğunlukla kullanılan kompozitlerin başında bağlayıcı madde aglomereleri grubundan perlit betonu, stiropor betonu, stiroporlu alçı, stiroporlu tuğla, bitüm bağlayıcılı ekspanse mantar, alçı bağlayıcılı ponza; liflerle donatılı kompozitler grubundan çimento bağlayıcılı ahşap talaşı, bakalitli cam yünü, asfalt bağlayıcılı cam yünü; lamine kompozitler grubundan iki yüzü asbestli çimento ortası yumuşak ahşap lif levhadan oluşan panolar, iki yüzü ahşap talaş levha ortası stiropordan oluşan levhalar, bir yüzü kartonlu alçı levha diğer yüzü kartonlu poliüretandan oluşan panolar gelmektedir. (7)



Şekil 2.12 Sandviç kompozit pano, bir yüzü delikli diğer de-liktsiz ahşap lif levha, ortası oluklu mukavva



Şekil 2.13 Sandviç kompozit pano, iki yüzü ahşap talaş levha, ortası stiropor



Şekil 2.14 Sandviç kompozit pano, iki yüzü asbestli çimento levha, ortası stiropor



Şekil 2.15 Sandviç kompozit pano, iki yüzü bitümlü, bir yüzüne ekspanse kil yapıştırılmış, ortası stiropor

Önemli Not: Şekil 2.2, 3, 4, 5, 8, 9, 12, 13 Nihat Toydemir'in özel arşivinden, Şekil 2.1, 6, 7, 10, 11, 14, 15 (4) nolu kaynaktan alınmıştır.

3 . BÖLÜM DENEYSEL ÇALIŞMADA KULLANILAN ANA MADDELER

Ahşap testere talaşlı hafif beton kompozit yapı malzemesi üretiminde kullanılan ana maddeler portland çimento ve reçineli sarı çam ağacından elde edilen ahşap testere talaşıdır.

Deney örneği üretiminde kullanılan portland çimentosu, üretime uygun bileşim ve granülometrik yapıda olabileceği gibi, bazı durumlarda bu özelliklerinin yetersiz kalabileceği de düşünüldükten sonra kullanılan portland çimentosunun TS 19 (8) ve TS 24'e (9) uygun standartlarda olup olmadığı gerekli deneyler yapılarak araştırılmıştır.

Bu bölümde, portland çimento ve ahşap hakkında genel bilgiler ve bu çalışmada kullanılan çimento ve ahşap testere talaşının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin veriler bulunmaktadır. Çimentonun kimyasal yapısı, elde edilişi, fiziki ve mekanik deneyleri, fiziksel özelliklerini etkileyen ve mekanik özelliklerini arttıran katkı maddeleri ile ilgili bilgiler de bu bölümde yer almaktadır.

Ahşap testere talaşlı hafif beton kompozit yapı malzemesinin bağlayıcısı çimentodur. "Bağlayıcı maddeler agrega adını verdiğimiz mineral taneli malzemeyi birbirine bağlayarak, bir anlamda yapıştırarak, yapay taş oluşumuna imkan sağlayan malzemelere verilen adıdır." (2, s. 3). Hem havada, hem su içinde katılaşabilen çimento, bir hidrolik bağlayıcıdır. Birbirleri ile kimyasal reaksiyon yaparak birleşen çimento ile su, ahşap testere talaşı taneciklerini katı bir kütle halinde bağlar. Bu reaksiyon için gereken su miktarının koyulması değişik oranlardaki ahşap testere talaşlı karışıma işlenebilme özelliğini kazandırmak, kalıpları boşluksuz doldurmasını ve ahşap testere talaşı taneciklerini homojen olarak sarmasını sağlamak için gereklidir. Kullanılan ahşap testere talaşının bünyesine çimentonun yapısı sayesinde zararlı canlılar giremeyeceği, girse de yaşayamayacağı için de ahşabın kullanıldığı bir kompozit için çimento çok uygun bir bağlayıcıdır.

3.1 – Kullanılan Çimentonun Özellikleri Ve Standartlara Uygunluğu

Ahşap testere talaşlı çimento kompozit yapı malzemesinde kullanılan PÇ 32.5 tipli portland çimentodur. 50 kg 'lık açılmamış bir torba halinde alınan çimentonun markası Aslan Çimentodur. Gözle yapılan muayenede çimento torbasında herhangi bir yırtık bulunmamıştır. Torba açılmadan önce tartılmış ve net 50 kg geldiği tesbit edilmiştir. Çimento torbası, deneyler süresince çimentonun nemden etkilenmemesi için ayrıca bir PVC torbaya konularak torbanın ağzı, her çimento kullanımından sonra kapatılmıştır.

Sarı reçnell çamdan ahşap testere talaşı ise "ASTM 2.36 mm" numaralı elekten elenerek talaş parçacıklarının maksimum 2.36 mm büyüklükte kalması sağlanmıştır. Bu işlemten sonra ahşap testere talaşı da, kullanılacak çimento gibi bir PVC torbaya konarak ortam neminden etkilenmemesi için önlem alınmıştır.

Portland çimentosunun adını Joseph Aspdin adlı bir İngiliz İnşaatçısı 1824'de kullanmış ve ilk patenti almıştır. 1835'de Isaac Charles Johnson ise pişirme sıcaklığını yükselterek ve öğütmeye daha çok önem vererek günümüz portland çimentosunu icat etmiştir.

"Portland çimento, ince toz yapıdadır, en önemlileri kalsiyum ve alüminyum silikatları olan geniş bir mineral kristallerin biraraya gelmesinden oluşan bu çimento türü genellikle gri ya da koyu gri renktedir. Çimento zerrecikleri 0.5'ten 80 µm'ye kadar boyutlar almaktadır. Portland çimentonun özgül ağırlığı genellikle 3.00ve 3.15 arasında değişmektedir." (10)

3.1.1 – Çimentonun Ana Maddeleri Ve Çimento Üretimi

"Çimento üretiminde kullanılan ilkel maddeler kil ve kalker taşıdır. Kil dolayısıyla çimento bileşimine silis (SiO_2), demiroksit (Fe_2O_3) ve gayrisafliklar, ve kalker taşı dolayısıyla da kireç (CaO), manyezi (MgO) ve gayrisafliklar girmektedir. Ayrıca %2 oranında alçıtaşı ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) da ilave edilir. Gayrisafliklar ve alçıtaşı gözönüne alınmazsa, denilebilir ki Portland çimentosunu meydana getiren ilkel maddeler yukarıda adı geçen beş oksitten ibarettir." (11).

Kalker, kil karışımının 1400 °C'ye kadar ısıtılması, içine ergimeyi kolaylaştırmak için demir filizi içeren toprak katılması, meydana gelen ceviz büyüklüğündeki klinkerden granüle malzemeye %2 oranında alçıtaşı eklendikten sonra çok ince olarak öğütülmesi çimentonun üretimi ve üretim aşamalarıdır. Bu üretimde en önemli nokta ilkel karışımın fırın içinde ayrışması, yarı ergimiş hale geldikten sonra tekrar, fakat farklı kimyasal formüle sahip aktif elemanlar halinde birleşmesidir. Fırın yataya yakın eğimli 2m çapında, yaklaşık 80 m uzunluğunda sürekli dönen bir silindirdir. Döner fırında pişirilen kil-kalker karışımı klinkere dönüşür. Klinker bir miktar alçı taşı katılarak değirmende öğütülür ve toz haline getirilir.

Kalker sıcaklık etkisiyle ayrışarak kirece (CaO), kil ayrışarak silis ve alümine (SiO₂ ve Al₂O₃) dönüşür, bu arada kilde ve eklenen ergitici toprakta bulunan demir de demiroksit (Fe₂O₃) şeklinde ortaya çıkar. Asit ve bazik öğeler birbirleriyle birleşerek Portland çimentolarının dört ana bileşeni olan karma oksitleri oluştururlar. Bu karma oksitler şunlardır (10, s.7, 8) :

2CaO . SiO ₂	(Bikalsiyum silikat, kısaca C ₂ S)
3CaO . SiO ₂	(Trikalsiyum silikat, C ₃ S)
3CaO . Al ₂ O ₃	(Trikalsiyum alüminat, C ₃ A)
4CaO . Al ₂ O ₃ . Fe ₂ O ₃	(tetrakalsiyum alümino-ferrit, C ₄ AF)

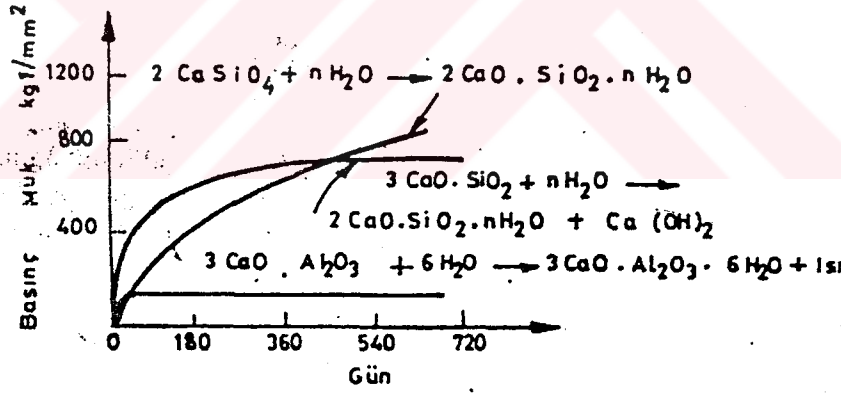
Bunlar dışında birleşmemiş CaO, SiO₂, MgO vb. maddeler çok az oranda gayrisaflık olarak kalırlar.

Bu bileşenler görüldüğü gibi kalker ve kilden farklı yapıdadırlar. Su ile karşılaştıklarında derhal su molekülleri ile birleşerek hidrate olmaya ve kristal yapıya dönmeye hazırdırlar. Her birinin hidratasyonu farklı hızdadır, hidrate ürünler de farklı özelliktedir.

Klinkerin çimentoya dönüşmesi için, alçıtaşı katılıp öğütülmesi gerekir. Alçıtaşı sertleşmemiş alçıdır. Alçı ise suyunu kaybetmiş bir alçı taşıdır (CaSO₄ . 1/2 H₂O). Şu halde alçıtaşının çimentodaki fonksiyonu sertleşmek veya sertleşmeyi başlatmak değildir. Alçı taşı çimentonun prizini geciktiren, ayarlayan bir madde olmaktadır.

Termodinamik yönden çimentodaki karma oksitler fırında aldıkları yüksek ısı nedeniyle yüksek entropiye sahiptirler. Suyla karıştırıldıklarında bu yüksek enerjili açığa çıkarırlar ve hidratlaşmaları ekzotermik türde meydana gelir. Bu ekzotermik davranış teknolojik uygulama açısından sakıncalar doğurur, çatlamalara sebep olur.

Çimento su ile karıştırılarak hamur haline getirildikten bir süre sonra hidratasyon sonucu katılaşma ve sertleşme başlar. Trikalsiyum silikat ve dikalsiyum silikatın hidratasyonları sonucunda $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ve $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bileşikleri oluşur. Trikalsiyum alüminat ise $3\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ bileşiğine dönüşür ve bu olay süresinde önemli miktarda su açığa çıkar. Hidratasyon olayları sonucu mikro kristalli bir jel yapısı oluşur. Agregaların arasını dolduran bu sürekli faz zamanla griftleşerek kütleye mukavemet kazandırır. Çimentoda bulunan bileşenleri sertleşme süreleri şekil 3.1'de görüldüğü gibi farklıdır (5, s. 289).

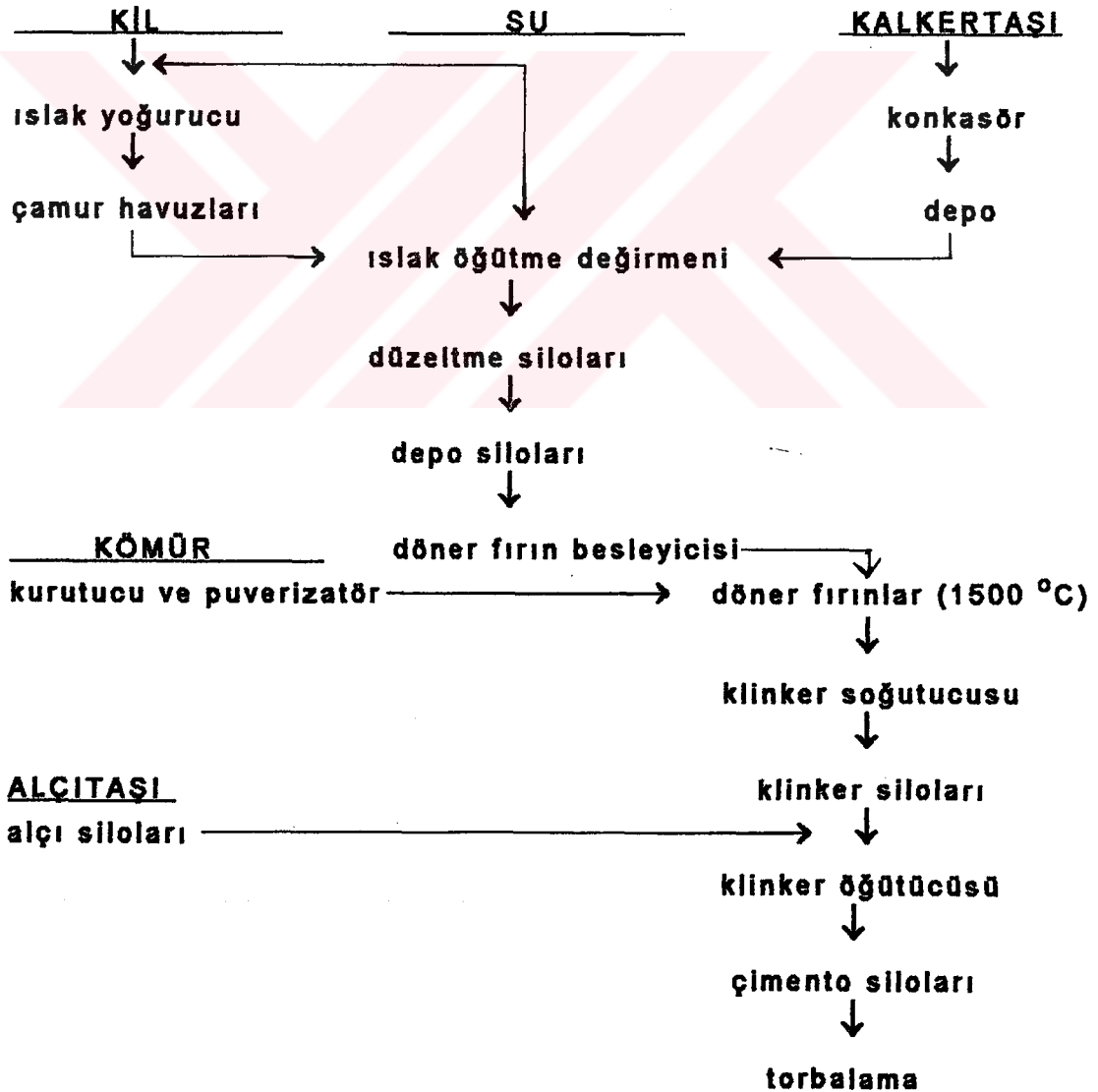


Şekil 3.1 Çimento bileşenlerinin sertleşme süreleri

Trikalsiyum silikat oldukça hızlı sertleşerek 30 günde alacağı son mukavemetin %70'ine ulaşır. Dikalsiyum silikatın sertleşmesi ise çok yavaş ilerler, 6 ay sonra son mukavemetin 2/3'üne erişir ve hidratasyon sırasında ısı açığa çıkar. Büyük beton kütlelerinde sertleşme süresinde sıcaklığın yükselmesi, daha sonra azalması önemli ısıl büzölmelelere, dolayısıyla çatlamalara neden olur. Bunu önlemek için çimentodaki bileşenlerin miktarını uygun bir biçimde ayarlamak

gerekir. Çimentoların özellikleri bileşimlerine bağlıdır. İnşaat endüstrisinde en çok kullanılan çimento türü portland çimentosudur. Bu çimento %50 trikalsiyum silikat, %30 dikalsiyum silikat ve %20 kadar diğer maddeler bulunur. Ayrıca ilk mukavemeti yüksek hidrasyon ısısı düşük ve sülfata dayanıklı portland çimentosu türleri vardır. Bunların dışında yüksek fırın curufu çimentosu, doğal veya yapay traslı çimentolar ve alüminli çimentolar üretilmektedir. Bunlar belirli özellik istenen yerde kullanılır. Bu belirli özellikler, örneğin, kimyasal etkilere dayanıklılık, geçirimsizlik ve ateşe dayanıklılık gibi özellikler olabilir.

Çimento üretimi en çok döner fırınlarda kuru ve yaş yöntemlerle yapılmaktadır. Bu üretim biçiminde malzemenin akışı Şekil 3.2'deki diyagramda görüldüğü gibidir. (11, s. 2)



Şekil 3.2 Çimento üretiminde malzeme akış şeması

3.1.2 - Çimentoda Hidratasyon

Bağlayıcı maddelerin su ile karıştırılması ile elde edilen plastik hamur katılaşıp sertleşir. Böylece bağlayıcı madde hamuru mukavemet kazanmış olur. Bu olayı açıklayan teoriye bağlayıcı maddeler teorisi denir. Bağlayıcı maddelerin mukavemet kazanması hidratasyon olayının, katılma olayının ve sertleşme olayının birbirini izlemesi sonucunda gerçekleşmektedir. Bunlardan hidratasyon, çimentoyu oluşturan maddelerin su ile yapmış olduğu kimyasal reaksiyondur. Katılma priz olayıdır ve fiziksel olay karakteristiğindedir. Sertleşme ya da mukavemet kazanma ise tamamen bir mekanik olaydır. (12)

Çimentoyu oluşturan maddelerin su ile yaptıkları, kimyasal olay, hidratasyonun iki önemli özelliği vardır. Bunlardan birincisi, çimento klinker halindeyken öğütülmemiş durumdadır ve su ile reaksiyona girmez; ikincisi, hidratasyon zamanın bir fonksiyonudur. Bu özellik sayesinde hidratasyon yapan çimento miktarı zamanla artar. Hidratasyon senelerce devam edebilir. Bu çok önemli özellik ile çimento-daki değişik karakteristikler ve mukavemet zamana bağlı olarak artar. Hidratasyon hızının artması mukavemet artışını hızlandırır.

Katılmanın ve sertleşmenin kimyasal nedeni olan hidratasyon çimentolarda ekzotermik (ısı çıkaran) bir reaksiyon şeklinde gelişir. Hidratasyon ısısı günlerce yayınlanır, ancak priz sonundan itibaren hızı azalır ve kütlenin sıcaklığını yükseltmeye yetmez. Kütle gide-rek soğur, kütle artık katı cisimdir. Sıcaklığın düşmesiyle büzülme-nin oluşmasına termik rötire denir. Hidratasyon ısını arttıran et-kenler arasında çimento inceliği dışında çimentonun karma oksit bi-leşimi önemlidir. Hangi bileşenlerin ne kadar ısı yaydığı Tablo 3.1' de verilmiştir (2, s.15) :

Hidratasyon ısına karşı, uygun çimento seçimi (birleşim oranları ve tane inceliği), yavaş beton dökümü, betondaki agrega ve suyu soğutma, betondaki çimento miktarını azaltma alınabilecek önlemlerdendir.

Karma oksit	İlk 48 saatte çıkan ısı (cal/g)	Toplam ısı (cal/g)
C_3A	150	207
C_3S	100	120
C_2S	10	62
C_4AF	40	100

Tablo 3.1 Çimento bileşenlerinin ısı yayma değerleri

3.1.3 – Çimentonun Prizi

Bağlayıcı maddelerin sıvı halden katı hale geçmesine priz denir. Bu olay fiziko-kimyasal bir olaydır. Katılaşmanın belirli bir düzeye varması priz başlangıcıdır. Prize etkiyen fiziksel etkenler, sıcaklık, yağurma suyu miktarı, çimentonun nem alıp almadığı, havalandırılıp havalandırılmadığıdır. Bunlardan yalnız sıcaklık pozitif etki olarak prizi hızlandırır. Prizi kimyasal olarak etkilemek uygun katkı maddeleri ile mümkündür. Çimento bileşimindeki C_3A , alçıtaşı ile dengeli değilse prizin hızla başlamasına ve bitmesine sebep olur. Betonun yerleştirilemeden kaskatı olması ani prizdir. Sıcak klinkerin, alçıtaşını alçıya dönüştürmesiyle de yalancı priz ortaya çıkar. Bu durumda, su ile karışan alçı aniden sertleşse de tüm kütle sertleşmez ve biraz beklenip beton uzun süre karıştırıldıktan sonra tekrar yumuşama sağlanabilir.

Deneyssel çalışmada kullanılan çimentodan 150g çimento tozu 50 °C sabit sıcaklıktaki etüve konmuştur. 120 saat sonunda çimentonun 149.8 g sabit ağırlığa ulaştığı saptanmıştır. Bu durumda çimentodaki nem miktarı %0.13 olarak hesaplanmıştır.

Bu deneyssel çalışmada kullanılan ana maddelerden, çimentonun TS19 (8, s.2) ve TS24'e (9, s. 2, 3) uygun yapılan prizin başlama ve sona erme sürelerinin tayininde kullanılan portland çimentosunun standartlara uygun olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada kullanılan PÇ 32.5 'tir çimentoda normal kıvam için 100 g çimentoya 30.5 g su konması gerektiği belirlenmiştir. Bu çimentonun priz başlangıcı 3 saat, prizin sona ermesi ise 4 saat 20 dakika olarak saptanmıştır.

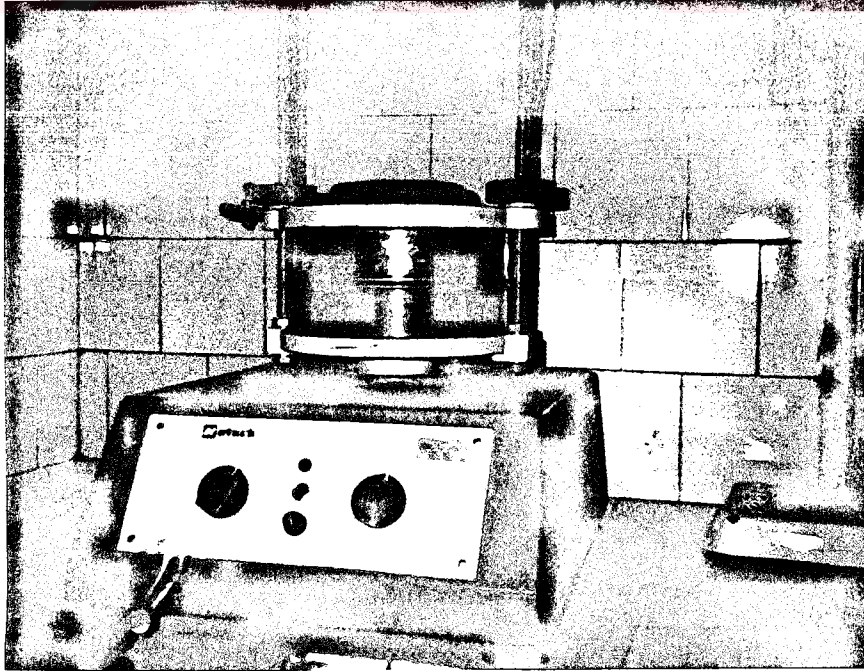
3.1.4 – Çimentonun İncelliği

Çimento tanelerinin aktif olmaları, hidratasyon sonunda daha yüksek dayanımlar verabilmeleri ince öğütölmelerine bağlıdır. Çimento taneleri 5 mikron ile 90 mikron arasında değişen çaplara sahiptir. çoğunluk 30 mikron civarındadır.

Çimento tanesinin hidratasyonu dıştan merkeze doğru gelişir ve 90 günde %95 oranında tamamlanır. Bu sürede ancak 5.2 mikronluk bir kısmın hidrate olduğu gözlenmiştir. Yani çapı 10 mikron olan tane tümüyle hidrate olur, çap daha büyükse orta kısım hidratlanmadan kalır, yani sertleşmez ve istenilen mukavemet sağlanmaz. (2, s. 13)

Çimento tanelerinin incelliği artarsa çimentonun beton içindeki dağılımı kolaylaşır, çimentoyu ıslatmak için gerekli su miktarı artar, fiziko-kimyasal olay olan ilk ıslanma daha büyük bir ısı çıkararak oluşur.

Bu araştırmada kullanılan çimentonun tane büyüklüğü elek sarsma makinası kullanılarak belirlenmiştir. Bu deneyde kullanılan elek sarsma makinası Şekil 3.3'de görülmektedir.



Şekil 3.3 Elek sarsma makinası

Bu araştırmada kullanılan çimentonun tane büyüklüğü belirlenirken elek sarsma makinasında üste 211 μm 'lik elek, alta 40 μm 'lik elek, en alta da toplama kabı konmuştur. Deney sonucunda kullanılan çimentonun %78 oranında 40 μm den küçük, %21.3 oranında 40-200 μm arası büyüklüklerde ve %0.7 oranında 200 μm 'den büyük tanecikleri olduğu belirlenmiştir.

3.1.5 - Çimento Türleri

Normal portland imentosu P 32.5'tir. Portland imentosunun ayrıca, P 42.5 ve P 52.5 türleri vardır. Bunlar çok ince öğütülmüş ve C_3S karma oksit yüzdeleri yüksek imentolardır. Bu imentoların hidratasyon ısıları yüksek, kimyasal dayanıklılıkları düşüktür. Süsleme, fayans vb. işlerde BP 32.5 beyaz imento kullanılır. Bu imentonun yapımında beyaz kil, beyaz kalker ve mermer kullanılır, ilerinde C_4AF yoktur. Beyaz çimentolara renklendirici pigmentler konarak renkli çimentolar elde edilir.

Potland imentoları oleik ve daha çok stearik asitle karıştırılarak hidrofob çimentolar elde edilmektedir. Bunlar, ortam neminden fazla zarar görmedikleri için uzun süre saklanabilirler. Ankrajların dondurulmasında rötre yapmayan, genleşen çimentolar uygundur. Çimentolar içine alüminyum tozu katılması ile hidratasyon sırasında gaz çıkması rtreyi önlemektedir.

Yüksek fırın cürufu hafif bağlayıcı özelliği olan bir maddedir. Cüruf aniden soğutularak amorf, camsı yapıya dönüştürülür ve portland klinkeri ile karıştırılıp alçı taşı eklenmesinden sonra ğtlp imento haline getirilir (DP 32.5-demirli portland imentosu ya da C 32.5-cüruf imentosu).

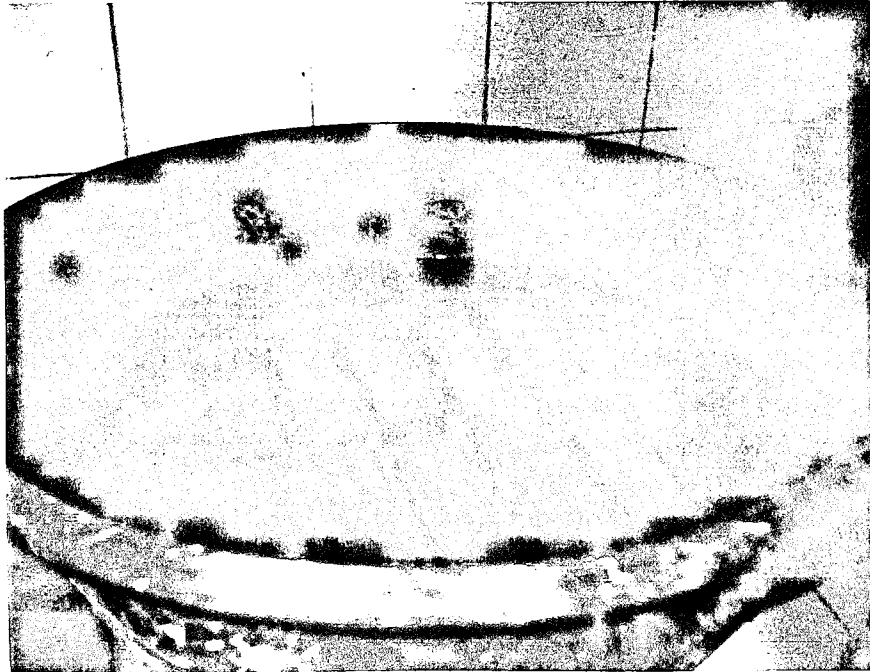
Uçucu kil imentoları (UK 32.5) sülfata dayanıklılık açısından üstün imentolardır. Uçucu kül, çok st düzeyde puzolanik özelliğe sahip çok ince tanelli aktif silistir. Bu madde ile portland çimentosunun karışımından UK 32.5 'ler üretilir. Doğal puzolan kullanılarak üretilen çimentolar katkıli portland imentosu ve traslı çimentodur.

Alüminli çimento çok farklı bir türdür. Boksit (Al_2O_3 filizi)'in bir miktar kalker ile pişirilmesi ile elde edilir. Pişirme sıcaklığı $1700^{\circ}C$ 'nin üstünde olup fırınları portland fırınlarından farklıdır. Alüminli çimentolara ergimiş çimento da denmektedir. Bu çimento portlandın aksine asit reaksiyonludur, asitli ortama dayanıklıdır, sülfatlardan zarar görmez. Hidratasyon ısısı çok yüksek olan bu çimento iki günde son basınç dayanımına ($50 N/mm^2$ düzeyinde) ulaşır. (2, s. 17-19)

3.1.6. – Çimentonun Mekanik Dayanımları

Çimentoların mekanik dayanımları, eğilme ve basınç dayanımları, TS 24 (9, s. 13-16)'e uygun olarak üretilen harçlar üzerinde yapılır. Üretimi izleyen 2, 7 ve 28. günde yapılan deneyler çimentonun kalitesini belirlemede en önemli göstergelerdir.

Bu araştırmada kullanılan çimentonun da standart mekanik dayanımlara sahip olup olmadığını belirlemek için standartlara uygun 40 / 40 / 160 mm boyutlarında 9 adet deney örneği üretilmiş ve 24 saat kalıpta bekletilip kalıptan alınır alınmaz boyutları 0.1mm duyarlıklı verniyeli kompasla ölçülmüş, ağırlıkları 0.1 g duyarlıklı tartıda tartılarak kırılacakları 2, 7, 28. güne kadar su içine daldırılmışlardır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 çimentonun mekanik deneyleri için suda bekleyen örnekler

3.1.6.1 – Çimentonun Eğilme Dayanımı

9 adet standart beton deney örneğinden 3'üne 2., 3'üne 7., 3'üne 28. günde eğilme dayanımı deneyleri uygulanmıştır. TS 24 (9)'e uygun olarak yapılan deneylere (Şekil 3.5) ilişkin kırılma kuvvetlerine bağlı olarak hesaplanan eğilmede çekme dayanımı değerleri ve ortalamaları Tablo 3.2'de verilmiştir. Bu değerler TS 19 (3)'a uygundur.

Tablo 3.2 Standart çimentonun eğilme dayanımı değerleri

kırıldığı gün	örnek no	kırılma kuv. P (N)	R (N/mm ²)	Rort (N/mm ²)
2. gün	Ç 02 1	1240	2.9	3
	Ç 02 2	1340	3.1	
	Ç 02 3	1300	3.0	
7. gün	Ç 07 1	2080	4.9	5
	Ç 07 2	2060	4.8	
	Ç 07 3	2230	5.2	
28. gün	Ç 28 1	3100	7.3	7
	Ç 28 2	3100	7.3	
	Ç 28 3	3000	7.0	



Şekil 3.5 standart çimentonun eğilme dayanımı deneyi

3.1.6.2 – Çimentonun Basınç Dayanımı

Eğilme deneylerinde ikiye ayrılan örneklerden her birine ayrı ayrı basınç kuvveti yüklenmiştir (Şekil 3.6). Basınç kuvveti eğilme kuvvetinin uygulanmadığı yüzeye uygulanmıştır. TS 24 (9)'e uygun olarak hesaplanan basınç dayanım değerleri ve ortalamaları Tablo 3.3' de verilmiştir. Bu değerlerin TS 19 (3)'a uygun olduğu görülmüştür.

Tablo 3.3. Standart çimentonun basınç dayanım değerleri

kırıldığı gün	örnek no	1. parça P_1 (N)	2. parça P_2 (N)	Bd_1 (N/mm ²)	Bd_2 (N/mm ²)	Bd_{ort} (N/mm ²)
2. gün	Ç 02 1	21500	20700	13.4	12.9	13
	Ç 02 2	22400	22300	14.0	13.9	
	Ç 02 3	22500	24100	14.1	15.1	
7. gün	Ç 07 1	34100	34000	21.3	21.3	21
	Ç 07 2	34200	32300	21.4	20.2	
	Ç 07 3	34400	33900	21.5	21.2	
28. gün	Ç 28 1	53000	52100	33.1	32.6	33
	Ç 28 2	52200	51400	32.6	32.1	
	Ç 28 3	52300	52100	32.7	32.6	



Şekil 3.6 Standart çimentonun basınç dayanımı deneyi

3.1.7 – Beton Katkı Maddeleri

Katkı maddeleri su, agrega ve çimento dışında betonlara çok düşük oranlarda katılan organik veya inorganik kimyasal maddelerdir. Bunların kullanılması beton üretimi için zorunluluk taşımaz. Katkı maddeleri çimento ağırlığının %5'inden daha az olmalıdır.

Kurallarına uygun olarak üretilmeyen kötü bir beton katkı maddeleri ile iyileştirilemez. Katkı maddeleri her çimento, her agrega türü ve granülometrisi için olumlu sonuç vermeyebilir. Katkı dozağı ön deneylerle araştırılmalıdır. Katkı maddelerinin esas fonksiyonları yanında daima ikincil etkileri de vardır. Bazı durumlarda birden fazla katkı maddesi birlikte kullanılır. (2, s. 91-103)

Katkı maddelerinin kullanımındaki önemli amaçlar aşağıda sıralanmıştır (13) :

- Betonun priz başlangıç süresini hızlandırmak. Örneğin, ilk aşamadaki dayanım artışını hızlandırmak,
- Betonun prizini geciktirmek,
- Betonun dayanımını arttırmak,
- İşlenebilirliğini geliştirmek,
- Hidratasyon ısısını düşürmek,
- betonun dayanıklılığını arttırmak,
- alkali-agrega girişimini kontrol etmek
- Betondaki kapiller su emmeyi azaltmak ve sıvılara karşı sızdırmazlığını arttırmak,
- Betonun pompalandığındaki ayrışmazlığını sağlamak,
- Karışımlardaki ayrışma ve çöktirmeyi azaltmak,
- Eski ve yeni beton yüzeyleri arasındaki bağlantıyı güçlendirmek,
- Beton ile çelik donatı arasındaki aderansı güçlendirmek,
- Kimyasal etkenlere karşı direnci arttırmak,
- Boşluklu betonu üretmek,
- Renkli beton veya renkli yüzeyler için harç üretmek,
- Mantar, mikrop ve böcek barındırmayan beton üretmek,
- pürüzsüz yüzeyler elde etmek,
- Her m³ için beton ağırlığını düşürmek

3.1.7.1 – Taze betonun işlenebilme özelliklerini değiştiren katkı maddeleri

Betonun işlenebilme özellikleri kolay yerleşimi sağlamanın (akışkanlığa bağlı özellikler) yanı sıra betonun kohezyonuna bağlı özelliklerdir. İşlenebilmede en önemli sorunlardan birisi kohezyon iri tanelerin ve suyun ayrıışmaması niteliğidir. Bu yönden, işlenebilme özelliklerini etkileyen katkılar akışkanlaştırıcı plastifiyanlar ve su tutuculuğu arttıran plastifiyanlar olarak iki grupta toplanmaktadır.

* Akışkanlaştırıcı plastifiyanlar tansio-aktif maddelerdir ve fiziko-kimyasal olarak işlevlerini yaparlar. Bu tip katkılar aynı işlenebilmeyi sağlamak koşuluyla su miktarında %5-%15 arası bir indirim sağlarlar, betonyerde karıştırılmaları kolaydır, terleme ve segregasyon minimum düzeydedir, prizde gecikme olabilir, hava sürüklenmesi nedeniyle mukavemetler düşebilir (Örneğin su miktarında %1 azalma, dayanımı %1 arttırırken hava boşluğunda %1 artma dayanımı %5 düşürür), çimento-agrega bağlantısı iyileşir, kapiler su emme kapasitesi azalır.

* Su tutucu plastifiyanlar çimentonun su kusmasını (Betonun terlemesi) önleyen katkılardır ve karma suyunun bir miktar artmasına neden olurlar. Bu tür katkılı beton kararlı ve homojen yapıdadır. Su tutucu katkı maddeleri su altında dökülen betonlarda, çıplak betonlarda, zayıf dozlu prefabrik elemanların üretiminde, pompa betonu ve enjeksiyon şerbetlerinde, püskürtme betonlarda kullanılırlar. Bu katkılar, mekanik dayanımı biraz olumsuz etkilerken hidrolik rötreyl arttırırlar.

3.1.7.2 – Priz ve sertleşmeyi etkileyen katkı maddeleri

Özel durumlarda priz başlama ve bitme sürelerinin değiştirilmesi, sertleşmenin de hızlandırılması istenebilir. Bu katkı maddeleri :

* Priz hızlandırıcılar, soğuk havalarda beton dökümünde, çabuk kalıp alma durumunda, ısıtma işlemi uygulanan prefabrikasyon işleminde, saklama (kür) sürelerini azaltma durumunda, kalıplara gelen yanıl basınç yüklerini azaltmada, su sızdırmazlığını sağlamada ve nemli galeri duvarlarına püskürtme beton uygulanmasında kullanılır.

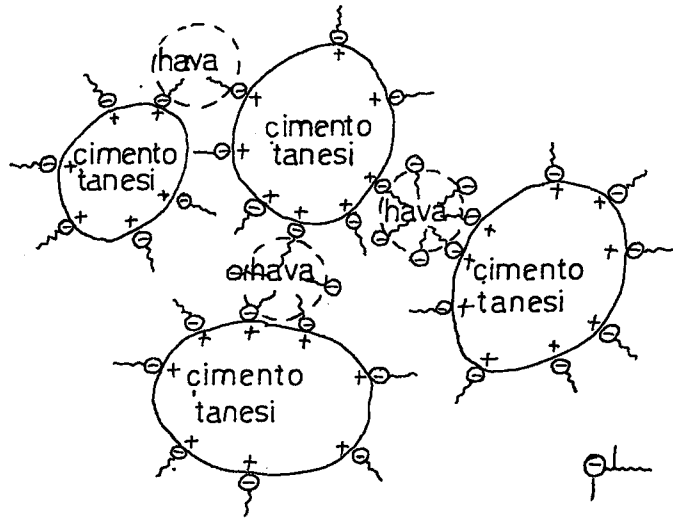
Hızlandırıcılarla birlikte su indirgeyici plastifiyanlar, hava sürükleyiciler ve su geçirimsizliği sağlayan hidrofüller de kullanılır.

* Priz geciktirici katkıları C_3S ve C_3A 'nın su içinde çözülmelerini kısıtlayarak veya su ile karıştırılan çimentoda ilk çözülen $Ca(OH)_2$ 'nin Ca^{++} iyonları üzerinde geçirimsiz bir tabaka oluşturarak etkinlik sağlarlar. Geciktiriciler, çoğunlukla akışkanlaştırıcı görevini de üstlenirler. Son dayanımlarda az bir artışa ve rötrelerin artışına neden olurlar.

Priz geciktiriciler, sıcak havada beton dökümünde, inşaat kesinti derzlerini azaltmada, transmikserle uzun yola beton taşınmasında, hazır beton üretiminde, pompa betonunda, yüzeyi pürüzlendirilecek beton panoların üretiminde kullanılmaktadır.

3.1.7.3 – Beton hava içeriğini değiştiren katkı maddeleri

Bunlar, hava sürükleyici katkı maddeleridir. Hava sürükleyiciler sertleşmiş betonların donmaya ve çözülmeye dayanıklılığını arttıran maddelerdir. Bu katkı maddelerin taze betonun plastisitesini arttırmaları, homojen, kohezif beton sağlamaları, erken plastik rötrei azaltmaları, mukavemeti düşürmeleri, sünmeyi bir miktar arttırmaları ikincil etkileridir. Şekil 3.7'de hava sürükleyici katkı maddeli betonun yapısı şematize edilmiştir. (13, s.50)



Şekil 3.7. Hava boşluklu betonun şematik yapısı

3.1.7.4 – Betonların fiziksel ve mekanik niteliklerini arttıran katkı maddeleri

Donma-çözülme, ıslanma-kuruma, aşınma, betonun çevre etkilerine karşı dayanıklılığındaki fiziksel etkenlerdir.

Beton içinde hava yerine başka gazların oluşturulduğu durumlarda amaç, düşük yoğunluklu hafif betonlar üretmektir. Bu tür katkılar, gaz oluşturan ve köpük oluşturan katkılar olmak üzere iki grupta toplanabilir.

Bu gruba su itici katkılar da girmektedir. Su itici katkılar kılcal su emme özelliğini düzeltirler. Havuz, kanal, yüzme havuzu, su deposu gibi yapılarda kullanılırlar.

Suyun donma noktasını düşürmek, taze betonu hızla katılaştırarak donun etkisinden korumak için taze betonun donmasını önleyen antiyel katkı maddeleri de vardır.

Bu grup katkı maddeleri içinde aderansı arttıran katkılar da vardır. Bu maddeler polimer madde olup katılma oranları %5'in çok üstünde olması sebebiyle tam olarak katkı maddesi sayılmamaktadırlar. Bunlar arasında en çok kullanılan polivinil asetatıdır (PVA). PVA hidrofüjdür, aşınmaya karşı direnç sağlar, priz başlangıcını biraz geciktirir, elastisite modülünü düşürür ve betonun çatlamamasına büyük katkısı vardır, plastifiyandır, hava sürükler, terleme azalır. PVA, daha çok sıva, şap vb. işlerde katkı maddesi olarak kullanılır, temel gibi sulu ortamlarda kullanılmamalıdır.

3.1.7.5 – Betonun kimyasal etkilere dayanıklılığını etkileyen katkı maddeleri

Bu katkı maddeleri beton içindeki donatının korozyonunu önler. Çimento ağırlığının %1-%3'ü oranında karma suyuna katılırlar. Bu katkıların yararı göz ardı edilmektedir.

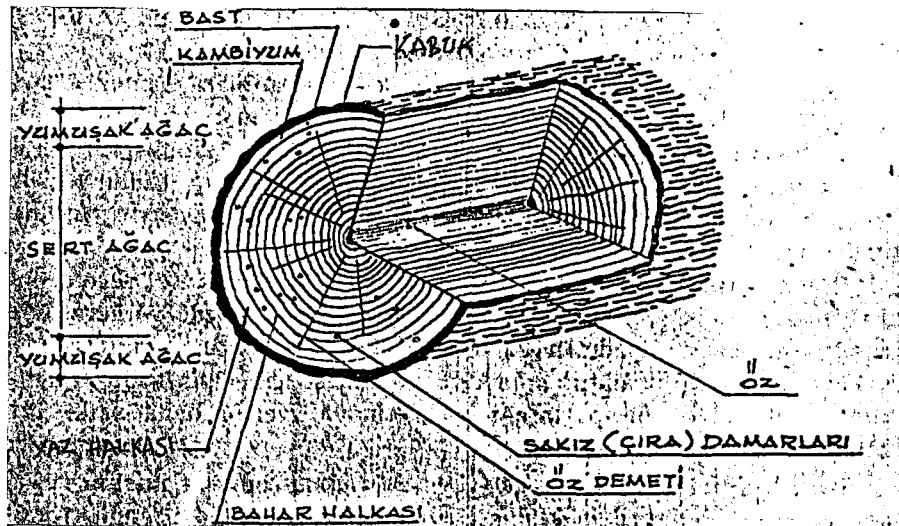
3.1.7.6 – Betona ek nitelikler kazandıran katkı maddeler

Betona renklendirme amacıyla katılan katkıları, mantar, böcek, bakteri hasarlarına karşı kullanılan maddelerdir. Renk veren pigmentler kolay ıslanmalı, suda erimeli, kimyasal yönden nötr olmalıdır. Bu katkıları, beyaz çimento ile kullanılırlar, beraberlerinde bir dağıtıcı, bir hava sürükleyici, bir hidroföj katkı gerekir. Böceklenmelere karşı bakır tuzları kullanılır.

3.2 – Kullanılan Ahşap Testere Talaşının Özellikleri

Ahşap, ötedenberi inşaatlarda kullanılan doğal bir inşaat malzemesidir. Kolay işlenmesi ve ucuzluğu diğer malzemelere tercih edilmesini sağlayan özellikleridir. Ayrıca ses ve ısıyı az ileten bir yapı malzemesidir. Ahşap, genel sınıflandırmada doğal bir polimer gibi düşünülebilir. Günümüzde ahşabın atıkları olan yonga, testere talaşı da yarı yapay yapı malzemelerinin üretiminde kullanılmaktadır.

Ahşap malzeme hammaddeyi orman ürünleridir. Ağaçlar en kesitlerinde kolaylıkla görülebilen iç içe halkaların oluşturduğu bir dokuya sahiptir. İlkbahar ve yaz aylarında oluşan bu halkalar aslında birçok lifleri içerir. Kökler aracılığıyla topraktan emilen öz suyun içinden geçtiği ince kanallar bu liflerin iç boşluklarıdır. Çeperlerin oluşumunda bolca selüloz (%44 karbon, %6 hidrojen, %50 oksijen) bulunan bu kanalların bir kısmından ham besli suyu, bir kısmından da klorofil ve güneş ışığı yardımıyla şekerli su haline gelen öz besli suyu geçer. Şekil 3.8'de ağacın en kesiti görülmektedir. (14)



Şekil 3.8. Bir ağacın doku ve tabakaları

Yapı malzemesi olarak kullanılan ağaç türlerini kozalaklı ağaçlar ve yapraklı ağaçlar diye iki ana grupta toplamak mümkündür. İğne yapraklı ağaçlarda özsu kış aylarında hareketsizleştiği için ağaç kesimi kasım ve aralık aylarında yapılır. Ünlü mimar Vitruvius da bu konu ile ilgili "Kereste, sonbaharın başı ile favoniusun esmeye başladığı zaman arasında kesilmelidir ve doğal zindelliklerinin tümünü heryıl yeniden fillizlenen yapraklarının ve meyvelerinin üremesine harcarlar. Bir ağacı doğrarken, gövdesinin en iç kısmına kadar kesmeli ve özünün tüm ağaçtan damla damla akarak kurummasını sağlamalıyız. Bu yöntemle, içindeki yararsız sıvı ağacın özünden dışarı akacak, kerestenin kalitesini düşüren ölü bir kitleye dönüşmeyecektir. Ağacın doğranması ancak sızıntısının durması ve özünün tamamen kurummasından sonra yapılırsa en büyük yarar elde edilecektir." (15) demektedir.

Ormanda kuruyan ağacın suyu %50'den %30'a düşer. Toprakta nem ve yağıştan su almayacak şekilde izgaralar üstünde kurumaya bırakılan kerestelerde su oranı 1-4 senede %20-%25'e düşer. Bu nem ağaç bünyesindeki suyun tam olarak kurumuş ağaç ağırlığına oranıdır. Bir ağacın sertliğinde ağacın nemi çok önemli rol oynar. Bazı ağaçlar yaşken, bazıları ise kuru iken kolay işlenir. Ağaçlar sertliklerine göre sert, orta sert ve yumuşak ağaçlar olmak üzere üç grupta, genel olarak iğne yapraklı ve geniş yapraklı olarak iki grupta toplanabilirler (5, s. 8-17).

Bu araştırmada kullanılan ahşap testere talaşı, reçineli sarı çam ağacından olup bu ağaç orta sertlikte ağaç türüne girmektedir. Aynı zamanda iğne yapraklı ağaç türü olan sarı çam, bol çıralı bir ağaçtır. Kerestesi çok budaklıdır. Daha çok kaba inşaat ve kalıplarda kullanılır. Reçineli sarı çam ağacının bünyesindeki reçine, dış etkiler ile haşarata karşı koruyucu olduğundan bu cins ağaçlar dayanıklı ve uzun ömürlü olurlar.

Ahşap tıpkı bir anizotrop malzemedir. Lifleri yönündeki tüm özellikler, basınç, çekme dayanımları, enine yöndeki dayanımlardan yüksektir. Ahşap, bünyesinde su içermesinden dolayı şişen, büzülen bir malzeme olmasının yanında mekanik özellikleri de değişen bir malzemedir. Hücre boşluklarındaki su, kesimden sonraki günlerde buharlaşır. Hücre çeperlerine yapışmış su ise

uzun süre ahşap içinde kalır. $W=100/Gox(Gw-Go)$ formülü (2, s. 159) ile ahşabın su içeriği tanımlanır. Burada "Gw" nemli ağırlığı, "Go" kuru ağırlığı göstermektedir.

Bu çalışmada kullanılan ahşap testere talaşından alınan 25 g'lık talaş bir kaba konarak 50 °C'lık etüvde talaş sabit ağırlığa ulaşana kadar bekletilmiştir. 21.2 g kuru ağırlığa ulaşan ahşap testere talaşının nem oranı yukarıdaki formül yardımı ile %15.2 hesaplanmıştır.



4 . BÖLÜM AHŞAP TESTERE TALAŞI ORANI DEĞİŞİMİNİN ÇİMENTO BAĞLAYICILI KOMPOZİTİN MEKANİK VE BAZI FİZİKSEL NİTELİKLERİNE ETKİLERİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ (ÖN DENEYLER)

Bu araştırmada, çimento bağlayıcılı kompozit yapı malzemesi üretiminde kullanılan ahşap testere talaşı oranlarının, kompozit malzeme-yi hangi doğrultuda ve hangi düzeyde etkilediği incelenmektedir.

Bu bölümde, esas deneysel çalışmaya ışık tutacak, üretilecek olan örneklerin talaş oranı sınırını saptamak için yapılan ön deneyler ve ön deneylerin sonuçları verilmektedir. Esas deneysel çalışmaya geçilmeden önce, deneysel çalışma koşullarının ve ahşap testere talaşı, ATT (*), oranı etkisinin incelenmesine yönelik ön deney çalışmaları yapılmıştır. Ön deney çalışmalarının sonunda ulaşılan sonuçlara göre ATT oranının değişimine dayalı bir deneysel çalışma programlanmış ve gerçekleştirilerek uygulamaya yönelik somut sonuçlar elde edilmiştir. Ulaşılan sonuçlardan yola çıkılarak önerilerde bulunulmuştur.

Deneysel çalışmalarda yapılacak ön deneyler ve elde edilecek sonuçlar; esas deneylerin yapılmasında, araştırmaya yöntem ve diğer koşullar açısından yol gösterici olacaktır. Deney koşullarının ve olanaklarının önceden belirlenmesi, araştırma konusunun ya da olayın hangi kapsam ve nitelikte bir çalışmayı gerektirdiğinin anlaşılması ve incelenecek konu ya da olayı etkileyen etkenlerin ne derece etkili oldukları hakkında ön bilgiler elde edilmesi için ön deney yapmanın gerekli olduğu açıktır.

Bu çalışma için de ön deneyler yapılması değinilen nedenlerden dolayı gerekli görülmüştür. Ulaşılan ön deney sonuçları, çalışılan konuda, etken, etkenin değişimi, deney koşulları, örnek boyutları ve örnek hazırlama koşulları hakkında önemli bilgiler vermiştir.

(*) "Ahşap testere talaşı" yerine "ATT" kısaltması kullanılacaktır.

4.1 – Ön Deney İlkeleri

Ön deneylerde kullanılacak deney örneklerinin üretiminde gerekli koşullar belirlenmiş ve ön deneylerde yapılacak deneylerin özelliklerine göre deney yapım sırası planlanmıştır. Yapılacak deneylerde ATT oranı değişiminin çimento bağlayıcı kompozitin mekanik dayanımlarına ve yapıda kullanılmaya yönelik fiziksel özelliklerine etkileri incelenecektir. Bu durum da, doğal olarak, üretilecek deney örneklerinin mekanik deneyler ve ultrases deneylerine biçimsel ve boyutsal uygunluğunu gerektirmektedir.

Üretilecek ön deney örnekleri üzerinde sırasıyla birim hacim ağırlık, ultrases, eğilme ve basınç deneyleri yapılacağından örnek biçiminin prizmatik olması uygun görülmüştür.

Kullanılacak eğilme presinin olanaklarına ve çimento deneyleri standardında (9, s. 15, 16) uygulanan mekanik dayanımların hesaplama şartlarına göre 10.0 cm mesnet açıklığı için 16 cm boyda olması; eğilme presinde hata oranının azaltılabilmesi, okunacak kırılma kuvveti değerlerinin büyük olabilmesi için prizma kesitinin 16 cm² olması uygun görülmüştür. Eğilme deneyi sonunda elde edilecek olan iki prizma parçası üzerinde de basınç deneyi yapılabilecektir.

Ön deneylerde, ahşap testere talaşlı beton kompozitin üzerinde talaş oranı etkisinin araştırılıp bağlayıcı madde çimentonun, talaşı ne orana kadar bünyesinde tutup prizmatik biçimini koruyarak kompozit oluşturacağı ve buna göre esas deneylerde üretilecek örneklerin talaş oranına, deneylere yetecek sayıda örnek hazırlanmasına karar verilerek bir planlama yapılmıştır.

Bu ilkelere göre 4.0 / 4.0 / 16.0 cm boyutlarındaki çelik kalıpla örnek üretimine geçilmiştir.

4.2 – Üretim

Örnek üretimi iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Bunlar, hazırlama ve kurutma aşamalarıdır.

4.2.1 – Örnek Hazırlama

Ön deney ilkelerini saptadıktan sonra standartlarda (9, s. 14) belirtilen gerekli özelliklere sahip prizmatik çelik kalıplarla örnek üretime geçilmiştir. Bu standarda, uyularak çimento bağlayıcı kompozit hamurları %10, %50, %80 ATT oranlı olarak hazırlanmış ve ince bir yağ ile hafifçe yağlanmış kalıplara üçer adet örnek olmak üzere doldurulmuştur. Çimento bağlayıcı bir kompozit olduğu dik-kate alınarak her bir üçlü kalıba 60 kez düşme yaptırılarak örnekler sarsılmıştır.

Gerekli yüzey düzeltmeleri metal bir masterla yapılmıştır. Kalıpların her birine numara verildikten sonra sıcaklığı 21°C , hava basıncı 752-756 Hgmm, nisbi nemi %80-%90 olan nemli bir ortamda bırakılmıştır. (Bknz. Ek.A)

4.2.2 – Kurutma

Dökümden 24 saat sonra kalıplar sökülmüş ve kalıptan çıkan her bir örnek, kontrol için 0.1 g hassasiyetli Mettler P11 N terazisinde tartılarak serbest ortamda, $20-23^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta, %70-%85 nisbi nemde, bırakılarak doğal kurutma yöntemi uygulanmıştır (Bknz. Ek.A, Ek.B, Ek.C, Ek.D). Bu kurutmada, deney örneklerinin her yüzünün hava ile teması için örnekler ahşap ızgara üzerine dizilmiştir. Her bir örnek için 28 gün beklenilerek mekanik deneylere geçilmiştir.

4.3 – Ön Deneyler Ve Sonuçları

%10, %50, %80 talaş oranlarıyla üçer adet yapılan toplam 9 adet örnek üzerinde fiziksel ve mekanik deneyler yapılmıştır. Bütün örnekler üzerinde ultrases, eğilme ve basınç dayanımı deneyleri yapılarak birim hacim ağırlıkları da hesaplanmıştır.

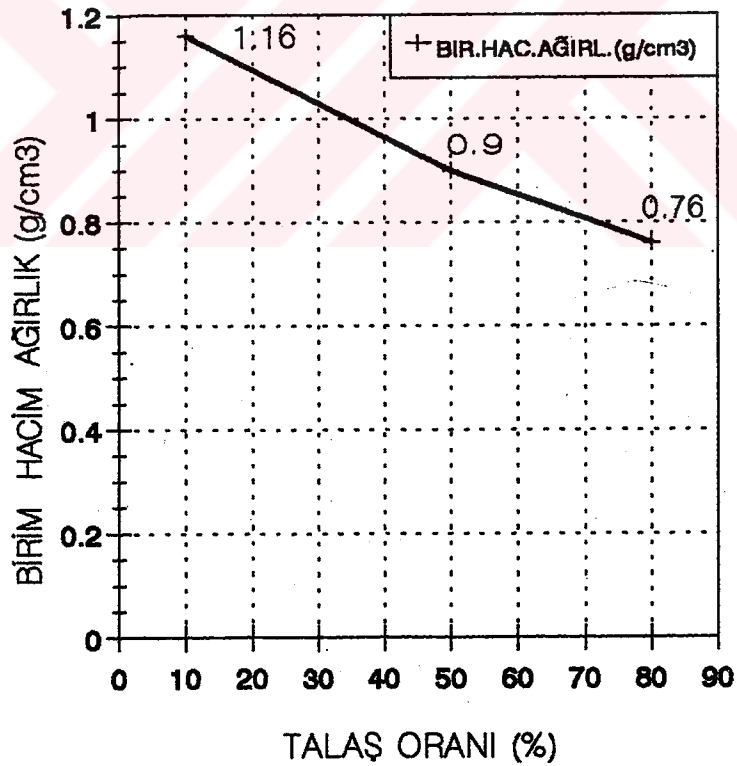
4.3.1 – Birim Hacim Ağırlıkların Bulunması

Ortalama birim hacim ağırlıkları, doğal ortamda kurumuş üçer adet %10, %50, %80 talaş oranlı örneklerin kararlı ağırlıklarının hacimlerine bölünmesi ile hesaplanmıştır. Birim hacim ağırlık değerleri ve ortalamaları aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.1 Ön deney kompozit örneklerinin birim hacim ağırlık deney sonuçları

talaş oranı (%)	örnek no	$\Delta\delta$ (g/cm ³)	$\Delta\delta_{ort}$ (g/cm ³)
10	Ö1001	1.573	1.16
	Ö1002	1.563	
	Ö1003	1.529	
50	Ö5001	0.887	0.90
	Ö5002	0.916	
	Ö5003	0.899	
80	Ö8001	0.764	0.76
	Ö8002	0.766	
	Ö8003	0.746	

Bu durumun grafik ifadesi Şekil. 4.1 ' de görülmektedir.



Şekil 4.1 Ön deney örneklerinde değişen %ATT oranının kompozitin birim hacim ağırlık değerlerine etkisi

4.3.2 – Statik Elastiklik Deneyleri ve Sonuçları

Ultrases deneyleri, %10, %50, %80 ATT oranlarına göre üçer örnekten dokuz örnek üzerinde yapılmıştır. Uç yüzeylerine gres yağı sürülerek bu kısımlarda olası yüzey bozuklukları düzeltilen örneklerin ultrases ölçmeleri yapılarak ortalama statik E modülleri hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 4.2'de görülmektedir.

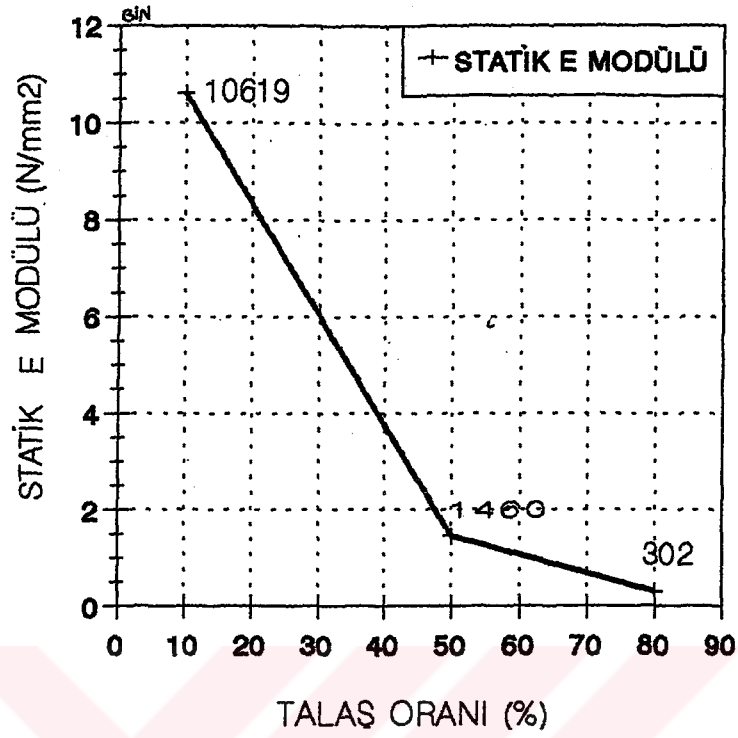
Tablo 4.2 Ön deney kompozit örneklerinin statik elastiklik deney sonuçları

talaş oranı (%)	örnek no	statik E modülü (N/mm ²)	ort.statik E modülü (N/mm ²)
10	Ö1001	11338	10619
	Ö1002	12180	
	Ö1003	11878	
50	Ö5001	1880	1460
	Ö5002	1940	
	Ö5003	1939	
80	Ö8001	989	302
	Ö8002	992	
	Ö8003	1007	

Bu durumun grafik ifadesi Şekil. 4.2 ' de görülmektedir.

4.3.3 – Eğilme Deneyleri Ve Sonuçları

Eğilme deneyleri, değişen ATT oranlarına göre %10 ' luktan 3 adet, %50 ' likten 3 adet, %80 ' likten 3 adet olmak üzere ultrases ölçmeleri yapılan bu toplam dokuz adet örnek üzerinde yapılmıştır. Ön deney örneklerinin eğilmede çekme dayanımları ve aritmetik ortalamaları Tablo 4.3'de verilmiştir.

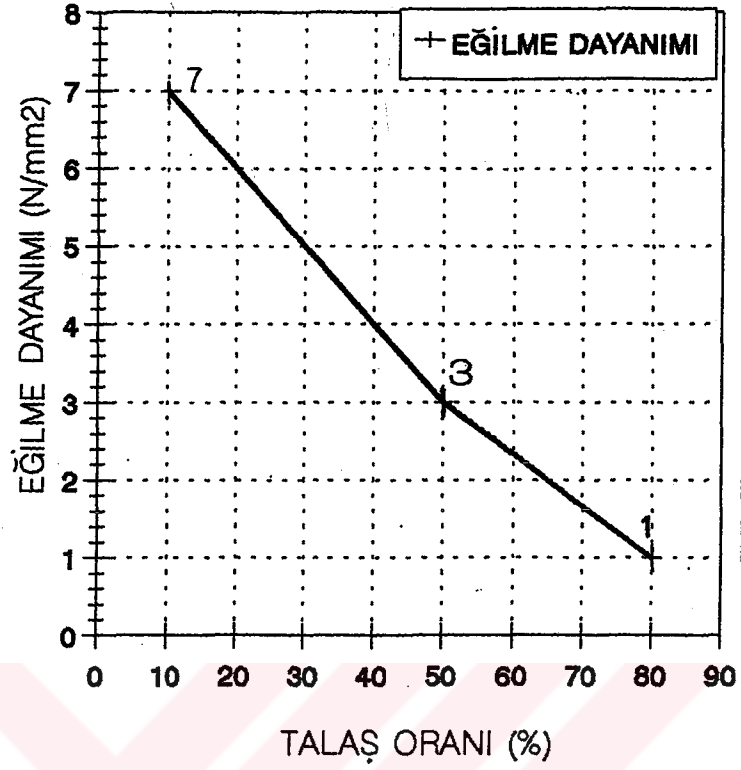


Şekil. 4.2 Ön deney örneklerinde değişen %ATT oranının kompozitin statik E modülü değerlerine etkisi

Tablo 4.3 Ön deney kompozit örneklerinin eğilme dayanımı deneyi sonuçları

talaş oranı (%)	örnek no	$\bar{G}_0$ (N/mm ²)	$\bar{G}_{0ort}$ (N/mm ²)
10	Ö1001	6.9	7
	Ö1002	7.4	
	Ö1003	6.0	
50	Ö5001	3.0	3
	Ö5002	2.7	
	Ö5003	2.7	
80	Ö8001	0.4	1
	Ö8002	0.5	
	Ö8003	0.7	

Bu durumun grafik ifadesi şekil. 4.3 ' de görülmektedir.



Şekil. 4.3 Ön deney örneklerinde değişen %ATT oranının, kompozitin eğilmede çekme dayanımı değerlerine etkisi

4.3.4 – Basınç Deneyleri Ve Sonuçları

Basınç deneyleri de üzerinde eğilme deneyleri yapılan %10, %50, %80 talaş oranlı üçer adet örnekten toplam dokuz örnekten ikiye bölünmesinden oluşan 18 deney örneği üzerinde yapılmıştır. Sonuçlar ve ortalamaları aşağıda verilmiştir.

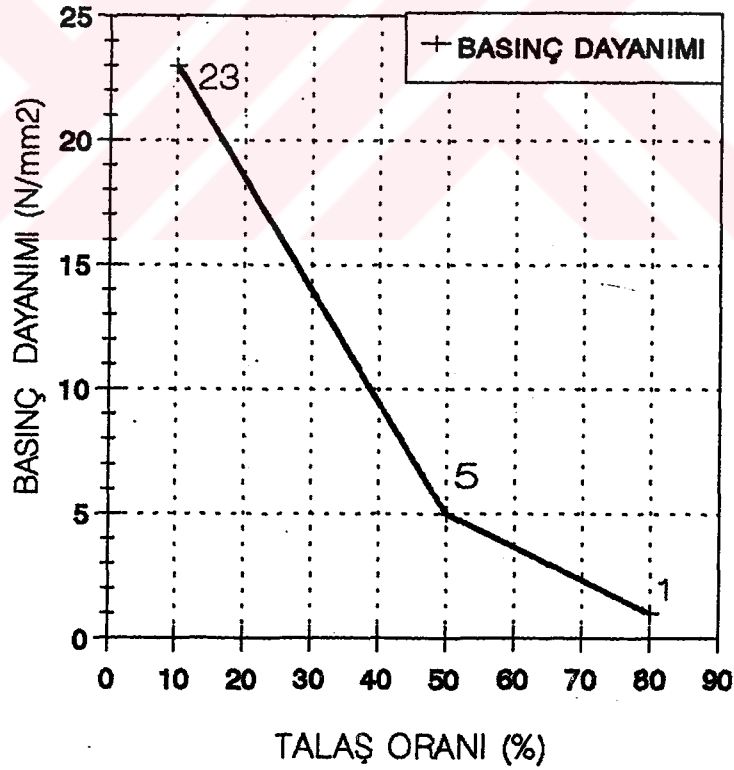
4.4 – Ön Deney Sonuçlarının İrdelenmesi Ve Elde Edilen Bulgular

Ön deneylerin sonuçlarını örnek biçimi ve boyutları, örnek üretimi, talaş oranının mekanik dayanımlar üzerindeki etkisi, talaş oranının birim hacim ağırlık değerleri üzerindeki etkisi yönlerinden irdelenebilir. Böylece hem esas deneylerin içeriği hem de programlanması için bu yönlerden sonuçlar elde edilebilecektir.

Tablo 4.4 Ön deney kompozit örneklerinin basınç dayanımı deneyi sonuçları

talaş oranı (%)	örnek no	B ₀₁ (N/mm ²)	B ₀₂ (N/mm ²)	B _{0ort} (N/mm ²)
10	Ö1001	22.4	23.8	23
	Ö1002	24.3	24.4	
	Ö1003	21.7	22.9	
50	Ö5001	4.7	4.6	5
	Ö5002	4.2	4.3	
	Ö5003	4.8	4.8	
80	Ö8001	1.0	1.0	1
	Ö8002	1.3	1.1	
	Ö8003	1.1	1.3	

Bu sonuçların grafiksel anlatımı Şekil. 4.4'de görülmektedir.



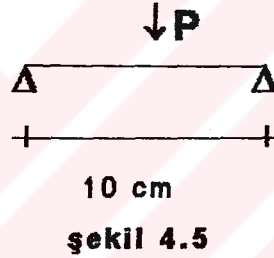
Şekil. 4.4 Ön deney örneklerinde değişen %ATT oranının, kompozitin basınç dayanımı değerlerine etkisi

4.4.1 – Örnek Biçimli Ve Boyutları

Örnek biçiminin prizmatik oluşu eğilme ve basınç deneylerinin kolaylıkla ve güvenilir sonuçların eldesiyle gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Prizmatik örnekler üzerinde birim hacim ağırlıklar kolayca hesaplanmaktadır ve su emme deneyleri yapıldıktan sonra eğilme deneyleri yapılabilir.

Eğilme deneyi sonunda elde edilen iki parçaya ayrı ayrı basınç deneyi uygulanabilmektedir. Bu da prizmatik örneğin kolaylıklarından biridir.

16 cm boyda olan deney örneklerinin eğilme deneyi için gerekli 10.0 cm mesnet açıklığı için de uygunluğu saptanmıştır. (Şekil 4.5)



4.4.2 – Örnek Üretimi

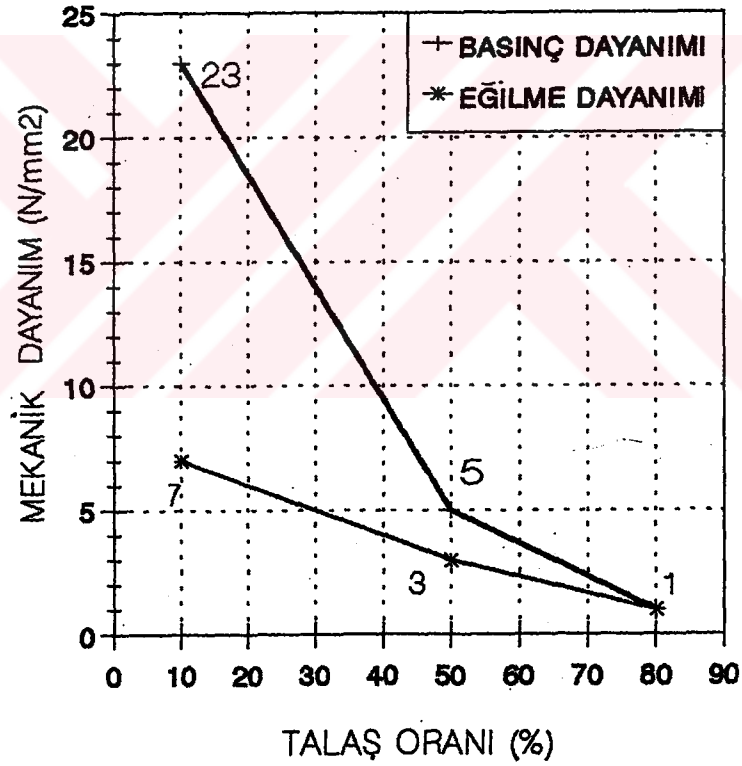
Ön deney örnekleri 4.0 / 4.0 / 16.0 cm boyutlarındaki üç gözlü prizma çelik kalıba kompozit hamurunun üstten doldurulması ile şekillendirilmiştir. Prizmatik kalıba sarsma uygulanarak hamurun homojen olarak yerleşmesi ve üst yüzeylerin mastarla düzeltilerek temiz yüzey elde edilmesi sağlanmıştır. Ancak, kompozit hamurlarının kalıplara eşit ağırlıkta yerleştirilemediği görülmüşse de bu farkların kabul edilebilir sınırlar içinde kaldığı tesbit edilmiştir.

4.4.3 – Talaş Oranı Değişiminin Mekanik Dayanımlar Üzerindeki Etkisi

ATT oranı değişiminin mekanik dayanımlar üzerindeki etkisinin incelenmesi için yapılan ultrases, eğilme ve basınç deneyleri sonuçları; ATT oranı artımının kompozit malzemenin basınç dayanımı üzerinde çok etkin olduğunu göstermektedir (Şekil. 4.4). Talaş oranının

artması ile hesaplanan üç ortalama basınç dayanım değerinin ikinci dereceden bir eğriye bağlı olarak azalabileceği, iki uç değer arasındaki büyük değişimden anlaşılmaktadır. (Şekil 4.4)

ATT oranının artışı eğilme dayanımlarını da aynı nitelikte etkilemekte; ancak, daha az etkinlik göstermektedir. Buradan talaş oranının eğilme ve basınç dayanımlarını önemli ölçüde etkilediği ve talaş oranının artmasının bu dayanımları büyük ölçüde azalttığı anlaşılmaktadır. Mekanik dayanımların talaş oranlarının değişiminde birbirlerine göre durumlarının grafiksel anlatımı Şekil. 4.6 'da görülmektedir. Bu azalışı, ultrases deneyleri sonucundan elde edilen statik E modülü değerleri de Şekil. 4.2 'deki grafikte görüldüğü gibi doğrulamaktadır.



Şekil. 4.6 Ön deney örneklerinde değişen %ATT oranının, kompozitin mekanik dayanımlarına etkisi

4.4.4 – Birim Hacim Ağırlık Değerleri Üzerindeki Etkisi

ATT oranının artırılması ile elde edilen çimento bağlayıcılı kompozit malzemenin birim hacim ağırlık değerlerinin beklenildiği gibi azaldığı görülmüştür. Talaş oranının malzemenin birim hacim ağırlık

değerlerinin azalmasında çok etkin olduğu, bu değerlerin ikinci dereceden parabolik bir eğriye bağlı olarak azaldığı tesbit edilmiştir. Talaş oranı %50 ve daha fazla olan kompozit malzemelerin birim hacim ağırlıklarının 1 g/cm^3 değerinden düşük olduğu saptanmıştır. ATT oranı arttıkça daha hafif bir malzeme elde edilmiştir.



5 . BÖLÜM DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu bölüm, araştırmanın esas deneyleri ile ahşap testere talaşlı çimento kompozit malzemenin mekanik ve fiziksel özelliklerine etkiyen talaş oranı değişiminin bu özellikleri ne ölçüde ve hangi yönlerde etkilediğini ortaya çıkarmak için yapılmış fizik ve mekanik deneylerle sonuçlarını içermektedir.

Yapılması planlanan fiziksel ve mekanik deneyler için, üretilcek deney örneklerinin üretimine ilişkin ilkeler saptanmıştır. Bu üretim ilkelerinin belirlenmesinde, yapılmış ön deneylerin sonuçları etkili olmuştur. Saptanan deney örneği üretim ilkelerine uyularak, fiziksel ve mekanik deneylerin yapılacağı, yeter sayıda örnek üretilmiştir. Üretilen deney örnekleri üzerinde de belirli bir yapım sırasına göre önce fiziksel, sonra da mekanik deneyler yapılmış ve sonuçlara ulaşılmıştır.

5.1 – Deneyisel Çalışmanın Programlanması

(%10-%90 ağırlık oranlı ahşap testere talaşlı çimento kompozit malzeme örneklerinin üretimi)

Esas deneyleri yönlendirmesi amacıyla yapılan ön deneylerin sonuçlarından, yapılacak deneyisel çalışmada örneklerin üretiminde, deneylerin yapımında ve deney sonuçları yönünden programlamada yararlanılmıştır. Bu programlamalarda ulaşılan sonuçlar ışığında deneyisel çalışmayı programlama kolaylaşmış ve deneyisel çalışma, elde edilen ön deney sonuçlarından yararlanılarak programlanmıştır.

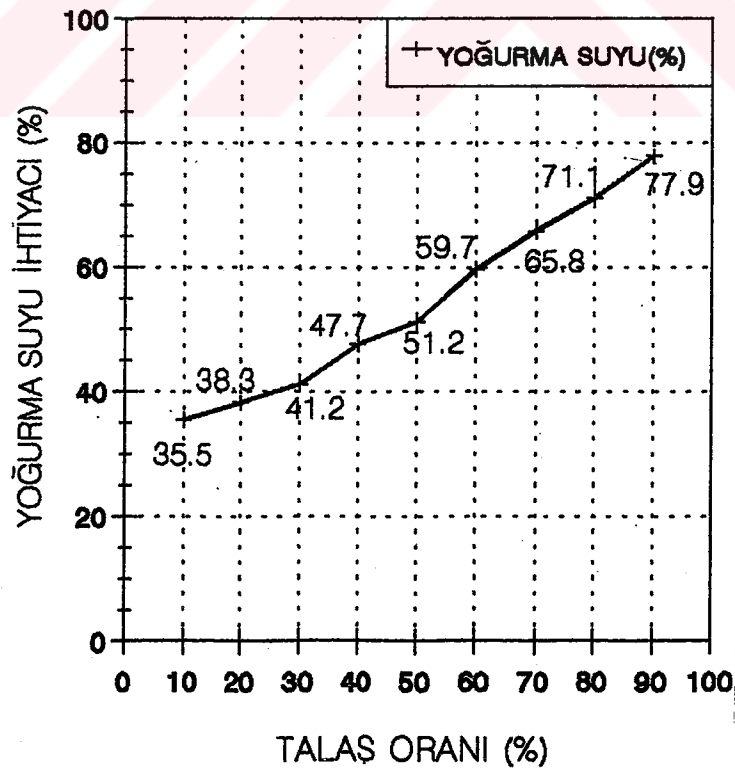
5.1.1 – Deney Örneklerinin Üretiminde Programlama

Ön deneyler için üretilen örnekler, esas deneyler için üretilcek örneklerin üretimi için gerekli verileri sağlamıştır. Deney örneklerinin üretiminde dikkat edilmesi gereken noktalar aşağıdaki şekilde saptanmıştır :

* Örneklerin mekanik dayanım değerlerinin düşmemesi için kompozit hamurunu yoğurma suyu oranının çok iyi ayarlanması gerektiği; talaş oranı artan kompozit hamurunun ağırlık olarak artan su ihtiyacının hesaplanan bu değerlerden fazla bulunduğu hamurun fazla suyunu kalıptan dışarı attığı ve 28 gün bekletilen bu ön deney örneklerinde mekanik dayanımların düşük çıktığı tesbit edilmiştir.

Bu nedenle deney örneklerinin kompozit hamurun yoğurma suyu oranının ağırlık olarak, %10 talaş oranlı örneklerde %35.5, %20 talaş oranlı örneklerde %38.3, %30 talaş oranlı örneklerde %41.2, %40 talaş oranlı örneklerde %47.7, %50 talaş oranlı örneklerde %51.2, %60 talaş oranlı örneklerde %59.7, %70 talaş oranlı örneklerde %65.8, %80 talaş oranlı örneklerde %71.1, %90 talaş oranlı örneklerde %77.9 olması gerekmektedir.

Talaş oranlarının çimentonun ağırlığıyla bağıntılı artması sonucu kompozit hamurunda artan su ihtiyacının grafik anlatımı Şekil 5.1 ' dendir. Bu grafikte, çimento+ATT ağırlık oranına göre artan %su ihtiyacı ifade edilmektedir.



Şekil 5.1 Çimento+ATT ağırlık oranına göre %su ihtiyacı

* Prizmatik elik kalıba imento bağlayıcılı kompozit hamurunun üstten doldurulması, daha sonra kalıbın sarsılması halinde bir sorun oluşmamaktadır. Akışkan kıvamda olmayan kompozit hamurunun kalıba doldurulduktan sonra sarsılmaması durumunda örneğin prizmatik biçiminde bozukluklar oluşmaktadır ki, bu da kesit azalmasına; dolayısıyla, mekanik dayanımlarda azalmalara yol açmaktadır. Bu durum, kalıba doldurulan örnek hamurlarının mutlaka kalıba uygulanacak sarsma işlemleri gereğini ortaya koymuştur.

* Doğal kurutma ile etüvde kurutma aynı sonuçları verdiğinden birim hacim ağırlıkların hesaplanması ve su emme deneyleri için etüvde 50 °C sıcaklıkta sabit kuru ağırlıklarına kadar kurutulan örnekler, bu deneylerden sonra mekanik deneylerin yapılacağı 28. güne kadar doğal ortamda bırakılacaklardır.

* 50 °C sabit sıcaklıktaki bir etüvde kurutulan örneklerin soğutulması, kararlı ağırlığa ulaştıklarında, desikatöre konarak sağlanacaktır. (Şekil 5.2)



şekil 5.2 Desikatörde soğuyan rnekler

5.1.2 – Deneylerin Programlanması

Değerlendirmeye esas olacak sonuçlar, deney örnekleri üzerinde yapılacak fiziksel ve mekanik deneylerden elde edilecektir. Fiziksel özelliklerin belirlenmesi için ultrases, su emme, birim hacim ağırlık, buhar geçirirliiliği, ısı iletimi deneyleri, mekanik dayanımların saptanması için eğilme ve basınç deneyleri yapılması uygun görülmüştür.

Hem malzeme kaybetmemek hem de zaman kazanmak için önce fiziksel deneylerin yapılması programlanmıştır. Böylece deney örnekleri zarar görmemektedir. Ayrıca buhar geçirirliiliği deneyleri için ayrı örnek ölçimleri üretilmesi uygun görülmüştür.

Ultrases deneyleri sonunda hesaplanacak statik E modülü değerlerinden basınç ve eğilme dayanımlarının değerlendirilmesinde yararlanılacaktır.

Mekanik deneylerden, önce eğilme deneyleri yapılacaktır. Kompozit malzemenin eğilmeye çekme dayanımlarının hesaplanacağı bu deney, 10.0 cm mesnet açıklığındaki örneğe ortadan yük yüklenerek örneğin kırılması ile uygulanacaktır.

Eğilme deneyi sonucunda iki parçaya bölünen örneğin herbir parçası üzerinde basınç deneyi uygulanacaktır.

Mekanik deneylerde kuvvet artış hızı sabit tutulacaktır.

5.1.3 – Deney Sonuçları Yönünden Programlama

Ön deneylerde elde edilen sonuçlar, talaş oranı değişiminin kompozit malzemenin mekanik dayanımlarını büyük ölçüde etkilediğini ortaya koymuştur. Ayrıca kompozit hamur suyunun yeter değerden az ya da fazla konması da malzemenin mekanik dayanımlarını azaltıcı yönde etkilemektedir. Bu nedenle, yoğurma suyu mutlaka ihtiyaç oranında konmalıdır. Beton türü malzemelerde yoğurma suyu oranının malzemelerin mekanik dayanımlarını etkileyen etkenler arasında olduğu literatürde de geçmektedir (11, s.30, 31), (12). Bununla beraber talaş oranının kompozitin mekanik dayanımlarına

etkisiyle kıyaslandığında, su oranı etkisinin talaş oranı kadar etkili olmadığı görülmektedir. Ön deney sonuçlarına göre yoğurma suyu ihtiyacı lineer olarak, talaş oranı artımına bağlı olarak artmaktadır (şekil 5.1).

Ön deneylerde kullanılan örnekler portland çimentosu ve reçineli sarı çam testere talaşından üretilmiştir. %10, %50, %80 çimento ağırlık oranlı testere talaşı ile yapılan ön deneylerde %80 talaş oranlı örneklerin mekanik dayanımlarda en düşük değerleri alarak hem eğilme dayanımı hem de basınç dayanımı değeri olarak sıfırlanmadığından esas deneyler için örneklerin %10 luk talaş oranlıdan %90 talaş oranlı örnekler dahil, her değişen %ATT oranlı örnekler için 10'ar adet olmak üzere toplam 90 adet örnek üretilmesi programlanmıştır.

5.2 – Üretimde Uygulanan İşlemler Ve Özelliklerine Göre Programlama Ve Üretim

Üretim programı, talaş oranının çimento bağlayıcılı kompozit malzemenin mekanik dayanımlarına ve fiziksel niteliklerine etkilerinin araştırılması için talaş oranlarının değiştirilerek kompozit malzeme üretmeye dayalı olarak yapılmıştır.

Talaş oranı değişimine göre deney örneği üretimi, bağlayıcı madde olan çimentonun %10, %20, %30, %40, %50, %60, %70, %80, %90 ağırlık oranında ahşap testere talaşı konmasıyla çimento bağlayıcılı kompozit hamurları ile yapılması gerekmiştir. ATT oranı değişik olan bu hamurlardan herbir talaş oranlı kompozit için onar adet 4.0 /4.0 /16.0 cm boyutlarında prizmatik örnek; birer adet 6.5 cm çapında, disk biçiminde, et kalınlıkları 1 cm olan örnekler üretilmesine karar verilerek programlamaya gidilmiştir.

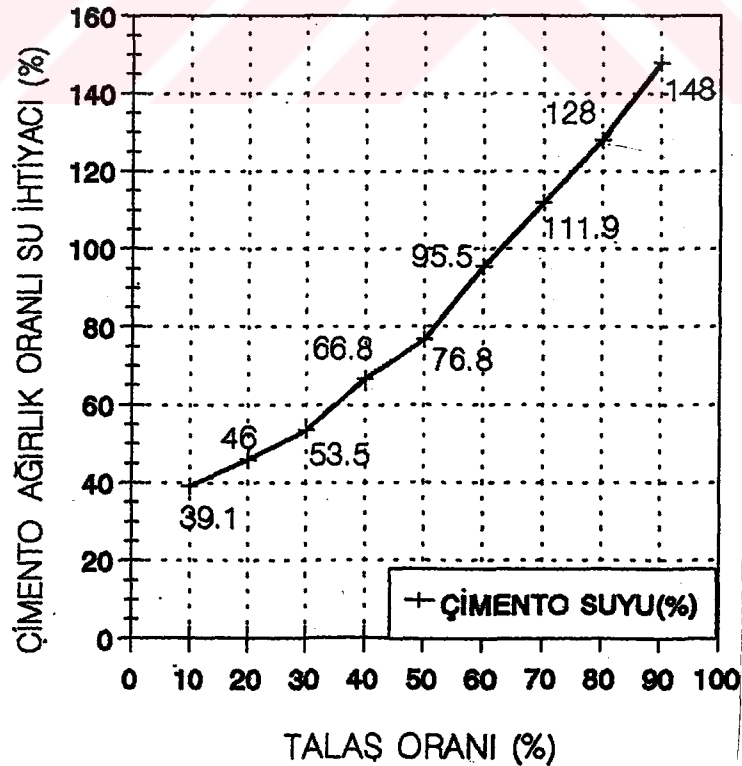
Bu karara göre 90 adet prizmatik, 9 adet küçük disk biçiminde deney örneği üretilmiştir. Bu örneklerin üretildiği ve 28 gün bekletildiği ortam koşulları için Bknz. Ek.E, Ek.F, Ek.G, Ek.H

Örnekler üzerinde birim hacim ağırlık, su emme, ultrases, eğilme ve basınç dayanım ve buhar geçirgenliği deneyleri yapılacaktır. Dokuz ayrı durumun herbirisi için :

10 adet birim hacim ağırlık,
 4 adet su emme,
 10 adet ultrases,
 10 adet eğilme,
 10 adet basınç,
 1 adet buhar geçirgenliği, olmak üzere toplam 45 deney yapılacaktır.

Üretimde uygulanan işlemler ve özellikleri de şöyle açıklanabilir :

* Deney örneklerinin üretiminde çimento, ağırlık olarak çimentonun %10' u oranında testere talaşı, %39.1' i oranında su, %20'si oranında testere talaşı, %46'sı orranında su, %30'u oranında testere talaşı, %53.5'i oranında su, %40'ı oranında testere talaşı, %66.8'i oranında su, %50'si oranında testere talaşı, %76.8'i oranında su, %60'ı oranında testere talaşı, %95.5'i oranında su, %70'i oranında testere talaşı, %111.9'u oranında su, %80'i oranında testere talaşı, %128'i oranında su, %90'ı oranında testere talaşı, %148'i oranında su ile karıştırılmıştır. Bu durumun grafik ifadesi şekil 5.3'de görölmektedir.



Şekil 5.3 Çimento ağırlık oranına göre %su ihtiyacı

Bunun için, önce çimento ve talaş derin bir kaptan iyice karıştırılarak gerekli su miktarı karışıma yavaş yavaş eklenerek bir mala yardımı ile beş dakika süresince periyodik hareketlerle karıştırılmış ve kompozit hamurları elde edilmiştir. (Şekil 5.4)



Şekil 5.4 Kompozit hamuru hazırlama

* Kompozit hamurları, ince bir yağ ile yağlanmış üç gözlü çelik örnek kalıplarına yerleştirilerek priz için 24 saat beklenilmiştir.

* Örneklerin kalıptan çıkış boyutları 40 /40 /160 mm dir. Kalıptan çıkarılan her bir örneğe numaraları yazılmış ve o sıradaki ağırlıkları 0.1 g duyarlıklı Mettler P11 N terazisinde tartılarak saptanmıştır.

* Tartım işlemlerinden sonra örnekler ızgara şeklindeki ahşap raflar üzerine yerleştirilerek doğal kurumaya bırakılmıştır (Şekil 5.5). 15. günde tekrar 0.1 g duyarlıkla tartılıp, boyutları 0.1 mm duyarlıklı verniyeli kompasla ölçülerek saptanmış ve 50 °C sıcaklıktaki etüvde sabit ağırlığa kadar kurutulmuştur (Şekil 5.6).

* Sabit kuru ağırlığa ulaşan örnekler yine 0.1 g duyarlıklı terazide tartılıp, bu durumdaki boyutları 0.1 mm duyarlıklı verniyeli kompasla ölçülerek saptanmıştır.



Şekil 5.5 Kompozit örneklerinin doğal olarak kurutulması



Şekil 5.6 Kompozit örneklerinin etüvde kurutulması

5.3 – Deneyisel Çalışmalar Ve Sonuçları

Geçen bölümlerde belirtilmiş deney ilkelerine uygun olarak yapılan deneyisel çalışmalarda aşağıdaki sıra öngörülerek deneyisel çalışmalar tamamlanmıştır :

5.3.1 – Birim Hacim Ağırlık Deneyleri Ve Sonuçları

90 adet örneğin ağırlıkları 0.1 g duyarlıklı Mettler P11N terazisi ile tartılıp, boyutları 0.1 mm duyarlıklı verniyeli kompasla ölçülerek 50 °C sıcaklıktaki etüve konarak, sabit kuru ağırlığa gelene kadar bekletilmiştir. Örneklerin sabit kuru ağırlıkları tekrar 0.1 g duyarlıklı terazide tartılıp boyutları da yine 0.1 mm duyarlıklı verniyeli kompas ile ölçülerek kuru ağırlıkları mevcut hacimlerine bölünmüş ($\Delta = M/V$) ve herbir talaş oranlı kompozit malzeme için ortalama birim hacim ağırlık değerleri g/cm^3 cinsinden hesaplanmıştır. 90 adet örneğin " Δ " birim hacim ağırlık değerleri ve en düşük ile en yüksek değerin çıkarılıp sekiz değerin ortalamasının alınarak bulunduğu ortalama değerler Tablo 5.1.1 ve Tablo 5.1.2'de topluca verilmiştir.

5.3.2– Statik Elastiklik Deneyleri Ve Sonuçları

Birim hacim ağırlık değerlerinin bulunmasından sonra %10-%90 arası %10 luk artışlardaki talaş oranlarına göre onar tane, toplam 90 tane üretilen örneklerin ultrases ölçümleri yapılmıştır. Statik elastiklik modülleri İTÜ Mimarlık Fakültesi Yapı Malzemeleri Laboratuvarı'nda bulunan WTW DIGI EG-c2 marka digital ultrases aleti yardımı ile bulunmuştur. Bu deneyleri yapabilmek için herbir örneğin iki uç yüzeyine, olası yüzey boşluklarını doldurmak amacıyla, gres yağı sürülerek bu yüzeyler düzeltilmiş ve ultrases ölçmeleri yapılmıştır (Şekil 5.7).

Statik E modülünün hesabında önce, herbir örnekteki ses geçiş değerleri, " t " (10^{-6} s), ölçülerek $v = l/t = \text{boy/zaman}$ formülü ile " v " hızları hesaplanmış ve buradan prizmatik örnek için $E = v^2 \cdot \Delta / g$ formülü (16) ile N/mm^2 cinsinden E modülleri hesaplanmıştır. Birim hacim ağırlık değerleri " Δ ", Tablo 5.1.1 ve Tablo 5.1.2'den-

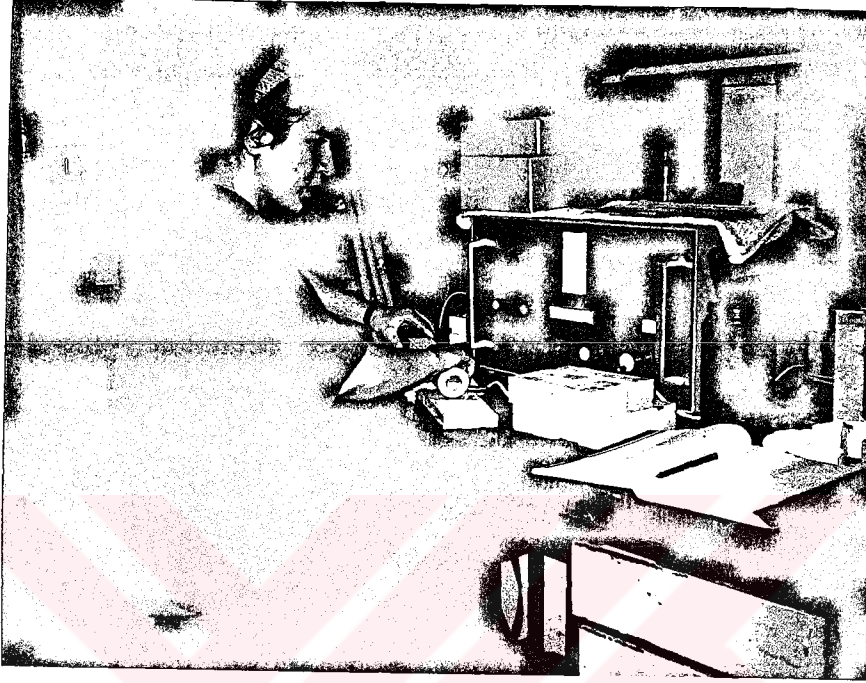
Tablo 5.1.1 Kompozit örneklerin birim hacim ağırlık deney sonuçları

TALAŞ ORANI (%)	ÖRNEK NO	HACİM (CM ³)	KURU AĞIRLIK (g)	Δ (g/CM ³)	Δ ort (g/cm ³)
10	1001	256.000	380.500	1.486	1.482
	1002	256.640	383.800	1.495	
	1003	262.414	388.500	1.480	
	1004	256.000	380.400	1.486	
	1005	261.760	381.900	1.459	
	1006	261.760	385.600	1.473	
	1007	256.000	379.100	1.481	
	1008	257.923	379.300	1.471	
	1009	257.923	382.400	1.483	
	1010	262.400	394.500	1.503	
20	2001	257.280	332.500	1.292	1.288
	2002	256.000	329.100	1.286	
	2003	256.640	340.300	1.326	
	2004	257.920	331.300	1.285	
	2005	259.200	337.400	1.302	
	2006	259.200	334.600	1.291	
	2007	262.434	327.800	1.249	
	2008	256.640	331.100	1.290	
	2009	259.200	334.300	1.290	
	2010	261.782	332.600	1.271	
30	3001	262.414	307.800	1.173	1.161
	3002	262.414	298.500	1.138	
	3003	261.760	306.900	1.172	
	3004	265.032	300.200	1.133	
	3005	262.414	300.100	1.144	
	3006	263.056	299.100	1.137	
	3007	263.712	307.100	1.165	
	3008	263.069	311.300	1.183	
	3009	263.078	314.200	1.194	
	3010	260.496	307.200	1.179	
40	4001	256.000	266.200	1.040	1.028
	4002	256.000	263.600	1.030	
	4003	259.200	263.800	1.018	
	4004	260.480	259.400	0.996	
	4005	258.560	258.300	0.999	
	4006	256.000	263.400	1.029	
	4007	256.640	265.300	1.034	
	4008	256.640	266.300	1.038	
	4009	257.920	268.100	1.039	
	4010	259.200	269.700	1.041	
	5001	256.640	221.900	0.865	
	5002	261.120	226.200	0.866	
	5003	257.280	227.500	0.884	
	5004	256.000	230.900	0.902	
	5005	257.920	234.000	0.907	

Tablo 5.1.2 Kompozit örneklerinin birim hacim ağırlık deney sonuçları

TALAŞ ORANI (%)	ÖRNEK NO	HACİM (CM ³)	KURU AĞIRLIK (g)	Δ (g/CM ³)	Δ_{ort} (g/cm ³)
50	5006	257.280	228.400	0.888	1.000
	5007	262.414	236.100	0.900	
	5008	256.000	238.700	0.932	
	5009	257.280	232.300	0.903	
	5010	260.480	229.700	0.882	
60	6001	261.120	213.900	0.819	0.801
	6002	259.840	207.800	0.800	
	6003	256.000	210.500	0.822	
	6004	256.000	205.300	0.802	
	6005	256.640	201.900	0.787	
	6006	256.000	201.000	0.785	
	6007	257.280	206.200	0.801	
	6008	256.000	206.300	0.806	
	6009	257.280	207.300	0.806	
	6010	261.760	203.200	0.776	
70	7001	256.000	180.100	0.704	0.726
	7002	256.000	185.400	0.724	
	7003	256.640	189.500	0.738	
	7004	256.000	180.300	0.704	
	7005	255.840	187.000	0.731	
	7006	261.760	193.700	0.740	
	7007	256.000	190.300	0.743	
	7008	256.640	185.700	0.724	
	7009	261.760	187.100	0.715	
	7010	256.000	188.100	0.735	
80	8001	261.760	168.000	0.642	0.661
	8002	257.280	170.600	0.663	
	8003	256.000	171.900	0.671	
	8004	257.923	167.700	0.650	
	8005	256.000	167.000	0.652	
	8006	256.640	170.100	0.663	
	8007	255.357	172.300	0.675	
	8008	259.200	169.800	0.655	
	8009	256.640	168.400	0.656	
	8010	256.640	173.100	0.674	
90	9001	256.000	152.300	0.595	0.594
	9002	256.000	151.400	0.591	
	9003	256.000	148.500	0.580	
	9004	256.000	145.500	0.568	
	9005	255.357	151.700	0.594	
	9006	256.000	154.600	0.604	
	9007	256.000	152.200	0.595	
	9008	255.998	150.400	0.588	
	9009	256.640	154.600	0.602	
	9010	256.000	154.600	0.604	

alınmıştır. Bu hesaplamada "l" örneğin boyu (mm), "t" ses geçiş süresidir (μ s). Bulunan statik E modülleri ve ortalamaları Tablo 5.2.1 ve Tablo 5.2.2'de verilmiştir.



Şekil 5.7 Kompozit örneklerinin ultrases ölçümlerinin yapılışı

Ortalamalar her % ATT oranı değişik 10'ar örnekten minimum ve maksimum statik E modülleri çıkarılıp kalan sekiz değer aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

5.3.3 – Su Emme Deneyleri Ve Sonuçları

Su emme deneyleri için, talaş oranları farklı her 10 örnekten dörder adet örnek olmak üzere toplam 36 örneğin su emme deneyleri yapılmıştır. Sabit kuru ağırlığa ulaşmış, birim hacim ağırlıkları hesaplanmış, talaş oranları farklı örneklerden dörder tanesi desikatörden alınıp 1/4 yüksekliklerine (1 cm) kadar suya daldırılmışlardır. Her iki saatte bir su seviyesi 1/4 oranında arttırılmıştır (Şekil 5.8). Toplam 24 saat suda bekletilen örneklerin su emmiş ağırlıkları 0.1 duyarlıklı terazide tartılarak su emmiş ağırlıklarından kuru ağırlıkları çıkarılıp kuru ağırlıklarına bölünerek 100 ile çarpılmış ve her talaş oranlı kompozit malzeme için su emme değerleri % olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.2.1 Kompozit örneklerinin statik elastiklik deneyi sonuçları

TALAŞ ORANI (%)	ÖRNEK NO	t (μ s)	v (cm/s)	Statik E Modülü (N/mm ²)	Ort. Statik E Mod. (N/mm ²)
10	1001	65	0.246	9178	7968
	1002	65	0.246	9234	
	1003	67	0.239	8604	
	1004	67	0.239	8639	
	1005	68	0.235	8234	
	1006	66	0.242	8824	
	1007	67	0.239	8609	
	1008	66	0.242	8812	
	1009	65	0.246	9160	
	1010	66	0.242	9004	
20	2001	74	0.216	6157	5497
	2002	73	0.219	6297	
	2003	75	0.213	6152	
	2004	74	0.216	6124	
	2005	75	0.213	6040	
	2006	74	0.216	6152	
	2007	74	0.216	5952	
	2008	75	0.213	5985	
	2009	73	0.219	6317	
	2010	75	0.213	5896	
30	3001	82	0.195	4552	4191
	3002	82	0.195	4417	
	3003	80	0.200	4779	
	3004	80	0.200	4583	
	3005	81	0.198	4538	
	3006	80	0.200	4636	
	3007	80	0.200	4750	
	3008	79	0.203	4947	
	3009	79	0.203	4993	
	3010	83	0.193	4466	
40	4001	93	0.172	3138	2901
	4002	91	0.176	3246	
	4003	90	0.178	3280	
	4004	91	0.176	3139	
	4005	91	0.176	3148	
	4006	92	0.174	3173	
	4007	91	0.176	3258	
	4008	91	0.176	3271	
	4009	91	0.176	3274	
	4010	90	0.178	3354	
50	5001	109	0.147	1900	2035
	5002	108	0.148	1937	
	5003	107	0.150	2015	
	5004	107	0.150	2056	
	5005	105	0.152	2147	

Tablo 5.2.2 Kompozit örneklerinin statik elastiklik deneyi sonuçları

TALAS ORANI (%)	ÖRNEK NO	t (μ s)	v (cm/s)	Statik E Modülü (N/mm ²)	Ort. Statik E Mod. (N/mm ²)
50	5006	108	0.148	1987	
	5007	107	0.150	2051	
	5008	105	0.152	2206	
	5009	108	0.148	2020	
	5010	108	0.148	1973	
60	6001	124	0.129	1390	1162
	6002	124	0.129	1358	
	6003	127	0.126	1330	
	6004	130	0.123	1238	
	6005	134	0.119	1144	
	6006	134	0.119	1141	
	6007	123	0.130	1382	
	6008	124	0.129	1368	
	6009	124	0.129	1368	
	6010	133	0.120	1145	
70	7001	148	0.108	839	750
	7002	152	0.105	818	
	7003	151	0.106	845	
	7004	148	0.108	839	
	7005	147	0.109	883	
	7006	150	0.107	858	
	7007	155	0.103	807	
	7008	154	0.104	797	
	7009	150	0.107	829	
	7010	152	0.105	830	
80	8001	180	0.089	517	439
	8002	185	0.086	506	
	8003	187	0.086	501	
	8004	189	0.085	475	
	8005	191	0.084	466	
	8006	182	0.088	522	
	8007	193	0.083	473	
	8008	188	0.085	484	
	8009	192	0.083	464	
	8010	191	0.084	482	
90	9001	206	0.078	366	297
	9002	211	0.076	346	
	9003	214	0.075	330	
	9004	227	0.070	288	
	9005	223	0.072	312	
	9006	230	0.070	298	
	9007	218	0.073	327	
	9008	218	0.073	323	
	9009	207	0.077	367	
	9010	216	0.074	338	

$Q = ((M_1 - M)/M) \times 100$ formülü kullanılmıştır. Ortalama su emme değerleri ise dörder örneğin aritmetik ortalamaları alınarak bulunmuştur. 36 örneğe ait su emme değerleri ve ortalamaları Tablo 5.3'de görülmektedir.



Şekil 5.8 Kompozit örneklerinde su emme deneyi

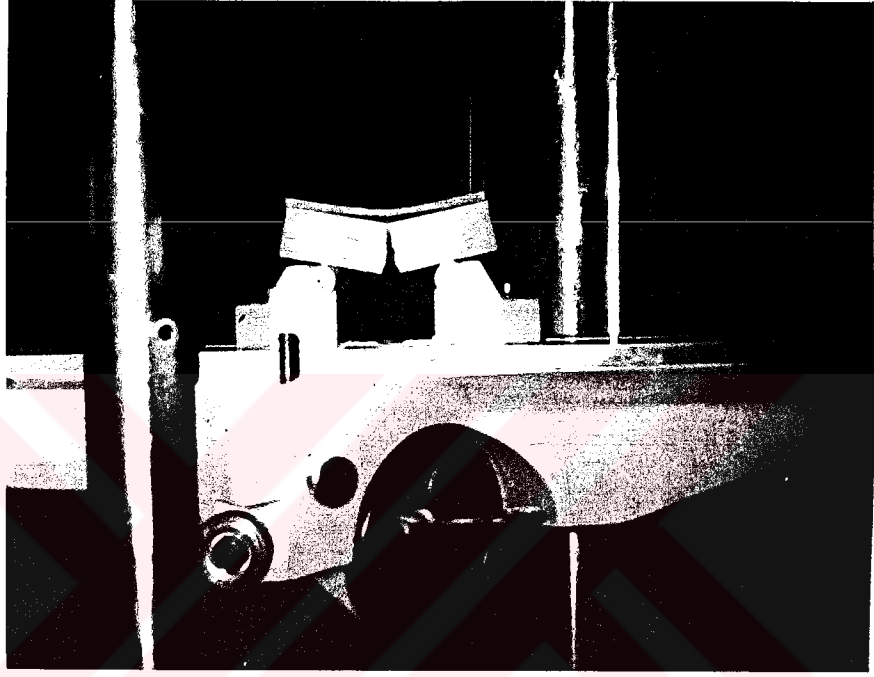
5.3.4 –Eğilme Dayanımı Deneyleri Ve Sonuçları

Su emme deneyleri yapılan 36 örnek tekrar 50 °C lik etüve konarak sabit kuru ağırlıklarına ulaştıklarında desikatöre alınarak soğumaya bırakılmışlardır. 90 örneğin, 28. günlerinde eğilme dayanımı deneyleri yapılmıştır. Eğilme deneyleri İTÜ Mimarlık Fakültesi Yapı Malzemeleri Laboratuvarı'nda bulunan MFL marka 100 kN kapasiteli Universal deney makinası ile yapılmıştır. Bu deneylerde mesnet açıklığı 10.0 cm olarak alınmış ve yük ortadan uygulanmıştır (Şekil 5.9). Kırılma değerleri bulunan örneklerin $(1.5 \times P \times l)/bh^2$ formülü yardımı ile eğilme dayanım değerleri hesaplanmıştır. Bu formülde, "P" kırılma yükünü (N), "l" mesnet açıklığını (mm), "b" örnek genişliğini (mm), "h" örnek yüksekliğini göstermektedir.

Tablo 5.3 Kompozit örneklerinin su emme deneyi sonuçları

TALAŞ ORANI(%)	ÖRNEK NO	KURU AGIRLIK (g)	SU EMİLMİŞ AGIRLIK (g)	SU EMME (%)	ORT. SU EMME (%)
10	1001	384.5	452.3	17.633	18.1
	1002	383.8	455.1	18.577	
	1003	390.1	460.0	17.918	
	1004	384.4	453.9	18.080	
20	2001	332.5	403.6	21.383	20.8
	2002	329.1	396.1	20.359	
	2003	340.3	400.0	17.543	
	2004	331.3	410.9	24.027	
30	3001	300.8	375.0	24.668	23.5
	3002	298.5	368.3	23.384	
	3003	304.9	373.6	22.532	
	3004	300.2	369.9	23.218	
40	4001	266.2	337.0	26.597	28.7
	4002	263.6	337.5	28.035	
	4003	263.8	339.6	28.734	
	4004	259.4	340.7	31.342	
50	5001	221.9	299.3	34.881	33.3
	5002	226.2	303.5	34.173	
	5003	227.5	304.4	33.802	
	5004	230.9	301.1	30.403	
60	6001	213.9	291.2	36.138	37.3
	6002	207.8	286.1	37.680	
	6003	210.5	285.4	35.582	
	6004	205.3	287.2	39.893	
70	7001	180.1	254.7	41.421	39.6
	7002	185.4	260.4	40.453	
	7003	189.5	262.4	38.470	
	7004	180.3	249.1	38.159	
80	8001	168.0	234.1	39.345	42.3
	8002	170.6	246.4	44.431	
	8003	171.9	235.0	36.707	
	8004	167.7	249.7	48.897	
90	9001	152.3	215.5	41.497	43.1
	9002	151.4	213.2	40.819	
	9003	148.5	213.0	43.434	
	9004	145.5	213.2	46.529	

90 adet örneğe alt eğilme dayanım değerleri ve ortalamaları Tablo 5.4.1 ve Tablo 5.4.2'de topluca verilmiştir. Hafif beton kompozit örneklerinin ortalama eğilme dayanım değerleri ATT oranlı 10 adet kompozit örneğin aritmetik ortalaması alınarak bulunmuştur. Ortalama değerden %10'dan çok fark gösteren dayanım değerleri hesaba katılmamıştır.



Şekil 5.9 Kompozit örneklerinde eğilme deneyi

5.3.5 – Basınç Dayanımı Deneyleri Ve Sonuçları

Eğilme deneylerinde ikiye ayrılan örneklerin her birinin altına ve üstüne 1600 mm^2 kesitli (40/40/40 mm boyutlu) çelik parçalar yerleştirilerek basınç kuvveti örneğe bu parçaların yardımı ile yüklenmiştir. Basınç kuvveti yükleme eğilme kuvvetinin uygulanmadığı yüzeye yapılmıştır. Basınç dayanımı deneyleri, eğilme dayanımı deneyleri sonucunda iki parçaya ayrılan örneklerin her bir parçası üzerinde olmak üzere toplam 90 örnekten eğilme deneyleri sonucu ortaya çıkan 180 parça üzerinde, yine eğilme dayanımı deneylerinde kullanılan deney makinası yardımı ile yapılmıştır.

Bu deneylerde elde edilen kırılma kuvvetleri ve basınç kuvveti uygulanan alana bağlı olarak "basınç dayanımı" değerleri,

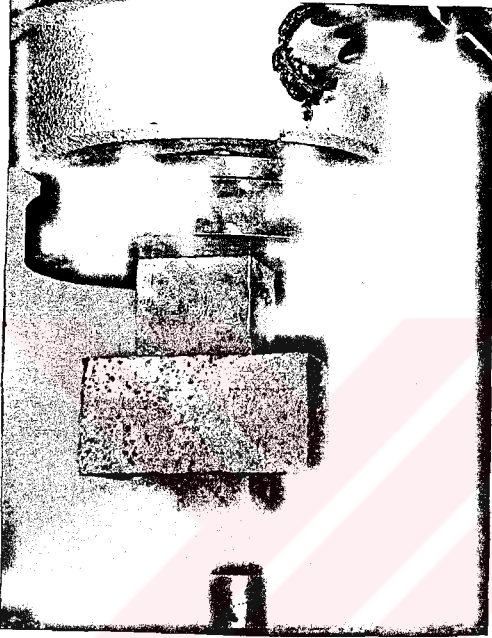
Tablo5.4.1 Kompozit örneklerinin Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları

TALAŞ ORANI (%)	ÖRNEK NO	P KUVVETİ (N)	σ_r (N/mm ²)	$\sigma_{r ort}$ (N/mm ²)
10	1001	2700	6.3	8.0
	1002	3100	7.3	
	1003	3640	8.5	
	1004	3140	7.4	
	1005	4070	9.5	
	1006	4520	10.6	
	1007	3760	8.8	
	1008	3740	8.7	
	1009	3770	8.8	
	1010	3610	8.5	
20	2001	2750	6.4	7.0
	2002	2160	5.1	
	2003	2480	5.8	
	2004	2870	6.7	
	2005	3240	7.6	
	2006	2930	6.9	
	2007	3340	7.8	
	2008	3110	7.2	
	2009	3080	7.2	
	2010	3140	7.4	
30	3001	2160	5.1	6.0
	3002	2020	4.7	
	3003	2400	5.6	
	3004	2330	5.5	
	3005	2290	5.4	
	3006	2400	5.6	
	3007	2560	6.0	
	3008	2620	6.1	
	3009	2550	5.9	
	3010	2450	5.7	
40	4001	1460	3.4	4.0
	4002	1650	3.9	
	4003	1610	3.7	
	4004	1525	3.6	
	4005	1585	3.7	
	4006	1700	4.0	
	4007	1960	4.6	
	4008	1855	4.3	
	4009	1900	4.4	
	4010	2000	4.7	
50	5001	985	2.3	3.0
	5002	1350	3.2	
	5003	1300	3.0	
	5004	1245	2.9	
	5005	1165	2.7	

Tablo5.4.2 Kompozit örneklerinin Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları

TALAŞ ORANI (%)	ÖRNEK NO	P KUVVETİ (N)	σ_r (N/mm ²)	σ_{ort} (N/mm ²)
50	5006	1040	2.4	
	5007	1305	3.1	
	5008	1310	3.0	
	5009	1300	3.0	
	5010	1100	2.6	
60	6001	840	2.0	2.0
	6002	750	1.8	
	6003	770	1.8	
	6004	635	1.5	
	6005	620	1.5	
	6006	680	1.6	
	6007	760	1.8	
	6008	785	1.8	
	6009	820	1.9	
	6010	765	1.8	
70	7001	425	1.0	1.0
	7002	310	0.7	
	7003	400	0.9	
	7004	310	0.7	
	7005	410	1.0	
	7006	420	1.0	
	7007	460	1.1	
	7008	440	1.0	
	7009	440	1.0	
	7010	420	1.0	
80	8001	195	0.5	1.0
	8002	210	0.5	
	8003	240	0.6	
	8004	195	0.5	
	8005	210	0.5	
	8006	240	0.6	
	8007	205	0.5	
	8008	200	0.5	
	8009	235	0.5	
	8010	225	0.5	
90	9001	125	0.3	0.0
	9002	95	0.2	
	9003	115	0.3	
	9004	90	0.2	
	9005	110	0.3	
	9006	115	0.3	
	9007	130	0.3	
	9008	110	0.3	
	9009	130	0.3	
	9010	120	0.3	

$P/A = P/40 \times b$ formülü yardımı ile hesaplanmıştır. Burada "P" kırılma yükü (N), "A" basınç uygulanan alanı (mm^2), "b" örnek genişliğini (mm) göstermektedir. 40 ise çelik parçanın genişliğidir. 90 adet örneğin basınç dayanım değerleri ve ortalamaları ile bu değerlerden en çok sapma gösteren değerlerin maksimum sapma değerleri Tablo 5.5.1 ve Tablo 5.5.2'de toplu olarak verilmiştir. %10 talaş oranlı epruvetin basınç kuvveti altındaki davranışı Şekil 5.10, 5.11, 5.12, 5.13 de görülmektedir.



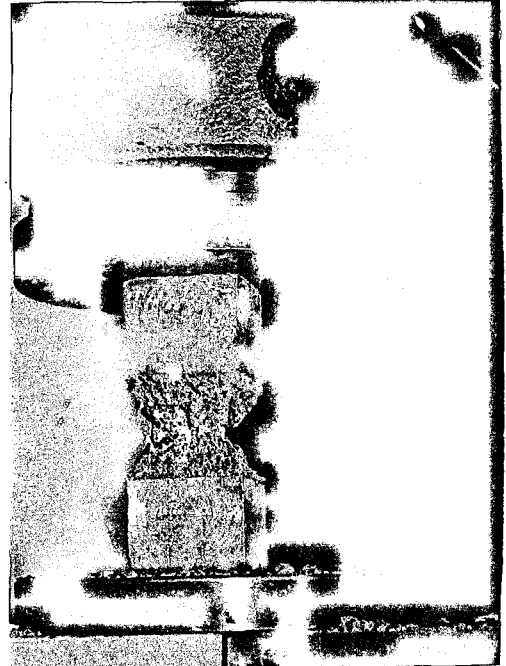
Şekil 5.10 Kuvvetin uygulanması



Şekil 5.11 Kırılma başlangıcı



Şekil 5.12 Yükleme kesilmesi



Şekil 5.13 Basınç başlığının kaldırılması

Tablo 5.5.1 Kompozit örneklerinin basınç dayanımı deneyi sonuçları

TALAŞ ORANI (%)	ORNEK NO	1. PARÇA P (N)	2. PARÇA P (N)	B1 (N/mm ²)	B2 (N/mm ²)	Bort (N/mm ²)
10	1001	36200	34500	22.6	21.6	23
	1002	38100	36200	23.8	22.6	
	1003	37000	36400	23.1	22.8	
	1004	33500	37500	20.9	23.4	
	1005	32400	37500	20.3	23.4	
	1006	42100	35200	26.3	22.0	
	1007	40200	39500	25.1	24.7	
	1008	35200	38500	22.0	24.1	
	1009	40500	42800	25.3	26.8	
	1010	41300	31600	25.8	19.8	
20	2001	23300	23300	14.6	14.6	15
	2002	23200	22400	14.5	14.0	
	2003	21500	24100	13.4	15.1	
	2004	22000	28700	13.8	17.9	
	2005	26800	26500	16.8	16.6	
	2006	25500	24700	15.9	15.4	
	2007	26400	24200	16.5	15.1	
	2008	26000	27500	16.3	17.2	
	2009	23900	23800	14.9	14.9	
	2010	24800	25000	15.5	15.6	
30	3001	20500	19300	12.8	12.1	13
	3002	21400	20000	13.4	12.5	
	3003	21600	21300	13.5	13.3	
	3004	20400	19500	12.8	12.2	
	3005	19500	21500	12.2	13.4	
	3006	20000	21200	12.5	13.3	
	3007	21000	20200	13.1	12.6	
	3008	21600	21600	13.5	13.5	
	3009	21200	18300	13.3	11.4	
	3010	18500	20400	11.6	12.8	
40	4001	13200	14100	8.3	8.8	9
	4002	14500	14600	9.1	9.1	
	4003	15250	14400	9.5	9.0	
	4004	13900	15100	8.7	9.4	
	4005	14700	13800	9.2	8.6	
	4006	16000	14300	10.0	8.9	
	4007	16300	14400	10.2	9.0	
	4008	15700	15000	9.8	9.4	
	4009	15500	15850	9.7	9.9	
	4010	16350	16500	10.2	10.3	
50	5001	8950	9250	5.6	5.8	6
	5002	8725	9025	5.5	5.6	
	5003	8800	9010	5.5	5.6	
	5004	11550	10700	7.2	6.7	
	5005	9850	9975	6.0	6.2	

Tablo 5.5.2 Kompozit örneklerinin basınç dayanımı deneyi sonuçları

TALAŞ ORANI (%)	ÖRNEK NO	1. PARÇA P (N)	2. PARÇA P (N)	B1 (N/mm ²)	B2 (N/mm ²)	Bort (N/mm ²)
50	5006	9100	9125	5.7	5.7	6
	5007	10450	11100	6.5	6.9	
	5008	11725	10775	7.3	6.7	
	5009	10500	9750	6.6	6.1	
	5010	8925	9750	5.6	6.1	
60	6001	6350	6480	4.0	4.1	4
	6002	5380	5800	3.4	3.6	
	6003	6140	6000	3.8	3.8	
	6004	5360	5350	3.4	3.3	
	6005	5420	5600	3.4	3.5	
	6006	5560	5480	3.5	3.4	
	6007	5370	5530	3.4	3.5	
	6008	5530	5790	3.5	3.6	
	6009	5910	5860	3.7	3.7	
	6010	5240	5030	3.3	3.1	
70	7001	3440	3620	2.2	2.3	2
	7002	3270	3175	2.0	2.0	
	7003	3575	3800	2.2	2.4	
	7004	3040	2750	1.9	1.7	
	7005	3730	3370	2.4	2.2	
	7006	3860	3770	2.4	2.4	
	7007	3460	3620	2.2	2.3	
	7008	3220	3280	2.0	2.1	
	7009	3290	3300	2.1	2.1	
	7010	3450	3750	2.2	2.3	
80	8001	1910	1865	1.2	1.2	1
	8002	1875	1800	1.2	1.1	
	8003	2020	2240	1.3	1.4	
	8004	1630	1685	1.0	1.1	
	8005	1655	1870	1.0	1.2	
	8006	2085	1900	1.3	1.2	
	8007	2080	1880	1.3	1.2	
	8008	1740	1870	1.1	1.2	
	8009	1685	1695	1.1	1.1	
	8010	1890	1885	1.2	1.2	
90	9001	1085	1020	0.7	0.6	1
	9002	1100	1060	0.7	0.7	
	9003	1100	1125	0.7	0.7	
	9004	950	900	0.6	0.6	
	9005	1115	1135	0.7	0.7	
	9006	1170	1115	0.7	0.7	
	9007	1175	1040	0.7	0.7	
	9008	1080	1060	0.7	0.7	
	9009	1250	1165	0.8	0.7	
	9010	1245	1180	0.8	0.7	

5.3.6 – Buhar Difüzyon Direnç faktörü Deneyleri Ve Sonuçları

Buhar geçirimliliği deneylerinde kullanılmak üzere ayrı biçimli örnekler üretilmiştir. Ortalama 6.5 cm çaplı, 1 cm kalınlığında üretilen bu küçük diskler zımparalanarak deney kaplarının açık uçlarına uygun hale getirilmiştir. Kesik huni biçimli deney kaplarına nem çekici malzeme (CaCl_2), kompozit malzemeye 20 mm ara kalacak kadar, doldurulmuştur. Deney kaplarının ağzına örnekler oturtularak örnek ile kap arasında kalan boşluklar parafin ile kapatılmıştır (Şekil 5.14). Böylece oluşturulan sistem, sıcaklık ve bağıl nem koşulları hemen hemen değişmeyen bir klima odasında tutulmuştur. Koşulların ne derece değişmediği Ek.F, Ek.G, Ek.H'daki barograf, hidrograf ve termograf kayıtlarından da görülmektedir.



Şekil 5.14 Kompozit örneklerinde su buharı difüzyonu deneyi

Buhar difüzyon direnç faktörü deneyine hazırlanan örneklerin bıraktığı ortam, ortalama nisbi nemi %85, ortalama sıcaklığı 23°C ve ortalama hava basıncı 755 mmHg olan deney ortamı koşullarındadır.

9 adet değişlik talaş oranlı örnek her 24 saatte bir, 0.01 g duyarlıklı METTLER H 20 marka terazide tartılarak numunelerden 24 saatte geçen su buharları ayrı ayrı tesbit edilmiştir (Şekil 5.15). Onaltıncı tartımda su buharı difüzyonunun düzenli bir rejime (kararlı koşul) oturduğu saptanmıştır. Bu noktadan itibaren, TSE'nin 1981 tarihli standart tasarısındaki esaslar uyarınca örneklerin buhar difüzyon direnç faktörleri son değerler kullanılarak hesaplanmış. 9 ayrı karışım örneğinin buhar difüzyon direnç faktörü değerleri (μ), (-) olarak Tablo 5.6'da verilmiştir.

Tablo 5.6 Kompozit örneklerinin su buharı difüzyonu direnç faktörü deney sonuçları

örnek İsmi	d_e (m)	d (m)	R (m)	A (m ²)	$G(x10^{-5})$ (kg/h)	μ (-)
10	0.52893	0.0111	0.065	0.003317	0.85	47.65201
20	0.30361	0.0117	0.067	0.003524	1.5	25.95033
30	0.21353	0.0085	0.062	0.003018	1.8	25.12212
40	0.37480	0.0155	0.064	0.003215	1.1	24.18095
50	0.21760	0.01	0.065	0.003317	2	21.76063
60	0.29197	0.0135	0.067	0.003524	1.6	21.62802
70	0.18983	0.0095	0.065	0.003317	2.2	19.98217
80	0.22649	0.0115	0.067	0.003524	2	19.69501
90	0.29503	0.015	0.065	0.003317	1.5	19.66922

Tablo 5.6'da " d_e " su buharı difüzyonu bakımından eşdeğer hava tabakası kalınlığını (m), " d " deney örneğinin ortalama kalınlığını (m), " R " örnek diskin çapını (m), " A " örnek örneğin iki yüzünün ortalama alanını (m²), " G " kararlı koşullarda örnekten 1 saat içinde geçen su buharı miktarını (kg/h), " μ " örneğin su buharı difüzyonu direnç faktörünü (-) göstermektedir.

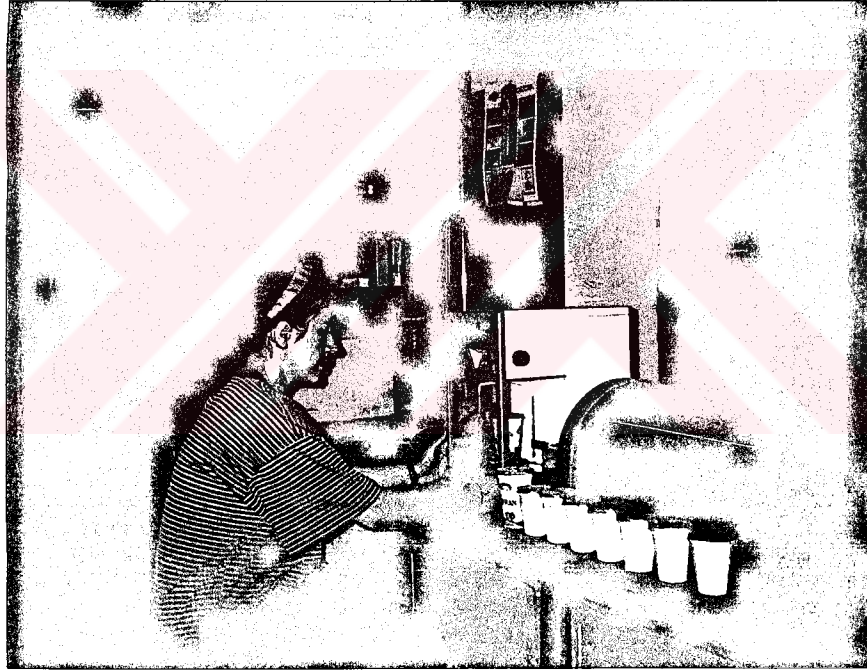
Her ayrı ATT oranlı örnek için havanın su buharı difüzyon iletkenlik katsayısı $\delta_H=7.0729 \times 10^{-7}$ kg/(mhN/m²), bağıl nem %85, normal atmosfer basıncı $P_o=101325$ N/m², klima odasının deney sırasındaki ortalama hava basıncı $P=100658$ N/m², örneğin dışındaki su buharı

kısmi basıncı $P_1=1987.895 \text{ N/m}^2$ ve içindeki $P_2=0$, su buharının gaz sabiti $R_B=462 \text{ Nm/kgK}$, klima odasının sıcaklığı 296 K , $dH=0.02\text{m}$ değerleri hesapların değişmeyen değerleri olarak kullanılmışlardır. Buna göre buhar difüzyonu direnç faktörü hesaplarına örnek olarak %10 ATT oranlı kompozit örneğin " μ " hesabı aşağıda gösterilmiştir :

$$\mu = 1/dx(\delta_H \times A \times (P_1 - P_2) / G - d_H)$$

$$= 1/0.0111 \times (7.0729 \times 10^{-7} \times 0.003317 \times (1987.895 - 0) / 0.85 \times 10^{-5} - 0.02)$$

$$= - 47.65201$$



Şekil 5.15 Kompozit örneklerinin su buharı difüzyonu miktarlarının ölçülmesi

Literatürde (17), 1.80 g/cm^3 yoğunluktaki dolu tuğla için 12-9, 1 g/cm^3 yoğunluktaki delikli tuğla için ise 3 olarak verilen buhar difüzyon direnç faktörlerine göre, bu çalışmalarda üretilen tüm ahşap testere talaşlı beton örneklerinde daha yüksek oranlarda buhar difüzyon direnci sağlandığı saptanmıştır.

6 . BÖLÜM DENEY SONUÇLARININ, AHŞAP TESTERE TALAŞI ORANININ DEĞİŞİMİNE BAĞLI OLARAK KOMPOZİT MALZEME ÜRETİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İRDELENMESİ

Birinci bölümde, ahşap testere talaşlı hafif beton kompozit üretiminde etkileri sayısal verilere dayanan talaş oranının hafif beton kompozit malzemenin mekanik ve fiziksel özelliklerini ne yönde ve hangi düzeyde etkilediğinin araştırılması ile birlikte hafif beton kompozit malzemesi üretiminde yüksek basınç dayanımlı hafif bir kompozit malzeme üretimi saptanmasının bu çalışmanın amaçları olduğu belirtilmişti.

Beşinci bölümde de ahşap testere talaşı, ATT (*), oranının değişimine bağlı olarak üretilmiş 99 adet örnek üzerinde yapılan ultrases, su emme, birim hacim ağırlık, buhar geçirimsizliği, eğilme ve basınç dayanımı deneylerinin sonuçları verilmişti.

Bu bölümde ise, beton kompozitte değişen ATT oranının kompozit yapı malzemesinin mekanik dayanımları ve fiziksel özellikleri üzerindeki etkileri, yapılan altı deneyin sonuçlarına göre irdelenecek ve uygulamaya yönelik sonuçlara varılmaya çalışılacaktır.

6.1 – Çimentoya Katılan Ahşap Testere Talaşı Oranı Değişiminin Hafif Beton Kompozit Yapı Malzemesinin Mekanik Dayanımlarına Etkisinin İrdelenmesi

Bir önceki bölümde (beşinci bölüm), 90 örneğin kalıptan çıkarıldıktan hemen sonra ve sabit kuru ağırlıklarına ulaştıklarında 0.1 mm duyarlıklı verniyeli kompasla boyutlarının ölçüldüğü belirtilmişti. Rötire değerlerinin hesaplanmasında etöv kurusu ölçümlerle yaş ölçümler esas alınmıştır. Bu değerler kullanılarak 9 değişik ATT (*) "Ahşap testere talaşı" sözcük grubu yerine ATT kısaltması kullanılacaktır.

oranlı 90 adet beton kompozit malzeme örneğinin kuruma rötresi değerleri ve her %10'luk ATT artış oranlı deney örneklerinden minimum ve maksimum değerler çıkarılıp sekiz değer in ortalaması alınarak hesaplanmış ortalama rötres değerleri Tablo 6.1.1 ve Tablo 6.1.2'de verilmiştir :

Tablo 6.1.1 ve Tablo 6.1.2'de de görüldüğü gibi ATT oranı değişimlerine bağlı olarak rötres değerleri arasında bir ilişki kurulamamaktadır. 90 örneğ in rötres değerleri içinde maksimum rötres %1.48, minimum rötres %0.00 değerini almaktadır. Ortalama rötres değerlerinde ise maksimum rötres değeri %70 ATT oranlı örneklerde %0.6, minimum rötres değeri %30 ATT oranlı örneklerde %0.34 olmaktadır.

Hesaplanan rötres değerlerinin binde mertebesinde kalması, bu kompozitte rötreden doğabilecek çatlakların, en azından, belirlenen dokuz değişik ATT oranı için sözkonusu olmadığını göstermektedir. Ayrıca, elde edilen sonuçlardan ATT oranı değişimlerinin ahşap testere talaşlı çimento kompozit yapı malzemesinin rötres değerlerini azaltıcı ya da arttırıcı yönde etkilemediği anlaşılmıştır.

6.1.1 – Ahşap Testere Talaşı Oranının Değişiminin Kompozit Malzemenin Basınç Dayanımlarına Etkisinin İrdelenmesi

Bu araştırmada, özellikleri belirlenmiş portland çimentosu ve ahşap testere talaşı ile üretilmiş deney örnekleri üzerinde yapılan basınç dayanımı deneylerine göre, içine %10 ATT katılmış kompozit hamurundan üretilen hafif beton kompozit malzemenin basınç dayanımları, diğer ATT yüzdesi hallerine göre daha yüksek değerler almaktadır (Bknz. Bölüm 5.3.5).

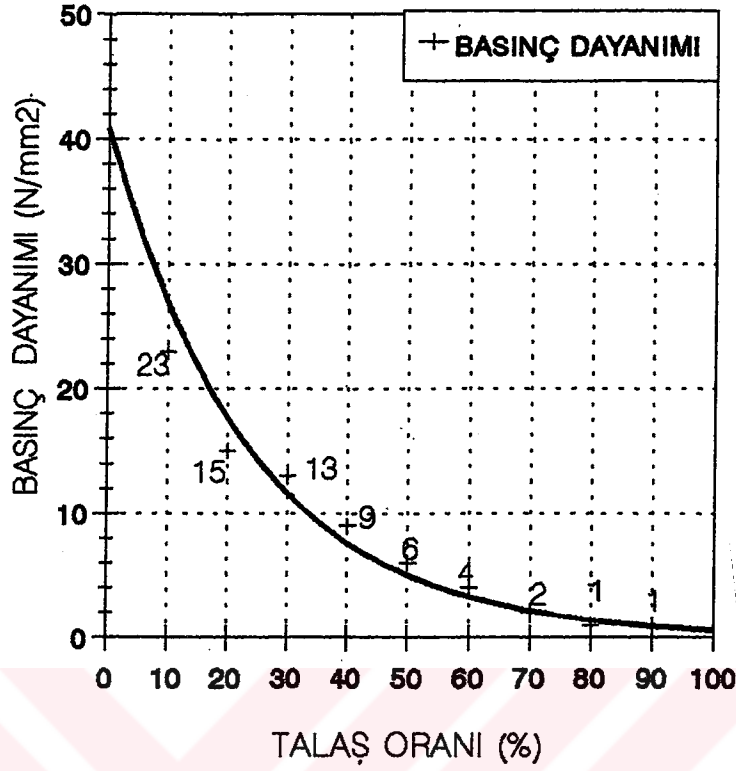
Elde edilen sonuçların Şekil 6.1'deki grafiksel anlatımından da anlaşılabacağı gibi, %10 ATT katılmış çimento ile üretilen örneklerin ortalama basınç gerilmesi 23 N/mm^2 olup diğer ATT yüzdesi hallerine göre en yüksek değerdir. Basınç dayanımı ATT oranı arttıkça ikinci dereceden bir eğriye bağlı olarak azalma göstermektedir. 90 örnek içinde yapılan 180 basınç deneyinde en yüksek basınç dayanımı 26.8 N/mm^2 değerini, en düşük basınç dayanımı 0.6 N/mm^2 değerini almaktadır.

Tablo 8.1.1 Kompozit örneklerinin rötre değerleri

ÖRNEK NO	Yas Boyutlar b1(cm) h1(cm)		Kuru Boyutlar b2(cm) h2(cm)		Rötre (%)	RÖTREort (%)
1001	4.02	4.05	4.00	4.00	0.87	0.48
1002	4.03	4.05	4.00	4.01	0.87	
1003	4.03	4.09	4.01	4.09	0.25	
1004	4.02	4.07	4.00	4.00	1.11	
1005	4.01	4.10	4.00	4.09	0.25	
1006	4.00	4.10	4.00	4.09	0.12	
1007	4.02	4.06	4.00	4.00	0.99	
1008	4.01	4.04	4.01	4.02	0.25	
1009	4.01	4.04	4.01	4.02	0.25	
1010	4.00	4.10	4.00	4.10	0.00	
2001	4.01	4.04	4.00	4.02	0.37	0.45
2002	4.01	4.02	4.00	4.00	0.37	
2003	4.01	4.02	4.00	4.01	0.25	
2004	4.03	4.07	4.00	4.03	0.86	
2005	4.02	4.09	4.00	4.05	0.74	
2006	4.00	4.08	4.00	4.05	0.37	
2007	4.08	4.10	4.03	4.07	0.98	
2008	4.00	4.03	4.00	4.01	0.25	
2009	4.00	4.08	4.00	4.05	0.37	
2010	4.01	4.10	4.02	4.07	0.25	
3001	4.03	4.15	4.01	4.09	0.98	0.34
3002	4.02	4.10	4.01	4.09	0.25	
3003	4.04	4.10	4.00	4.09	0.61	
3004	4.04	4.11	4.05	4.09	0.12	
3005	4.02	4.10	4.01	4.09	0.25	
3006	4.01	4.10	4.01	4.10	0.00	
3007	4.05	4.11	4.02	4.10	0.49	
3008	4.02	4.10	4.02	4.09	0.12	
3009	4.03	4.09	4.03	4.08	0.12	
3010	4.03	4.10	4.02	4.05	0.74	
4001	4.00	4.01	4.00	4.00	0.12	0.49
4002	4.01	4.01	4.00	4.00	0.25	
4003	4.01	4.07	4.00	4.05	0.37	
4004	4.01	4.07	4.00	4.07	0.12	
4005	4.00	4.05	4.00	4.04	0.12	
4006	4.01	4.05	4.00	4.00	0.74	
4007	4.03	4.08	4.00	4.01	1.23	
4008	4.02	4.09	4.00	4.01	1.23	
4009	4.03	4.08	4.00	4.03	0.99	
4010	4.01	4.05	4.00	4.05	0.12	
5001	4.01	4.03	4.00	4.01	0.37	
5002	4.01	4.07	4.00	4.06	0.25	
5003	4.01	4.04	4.00	4.02	0.37	
5004	4.02	4.03	4.00	4.00	0.62	
5005	4.03	4.06	4.00	4.03	0.74	

Tablo 6.1.2 Kompozit örneklerinin rötre değerleri

ÖRNEK NO	Yas Boyutlar b1(cm) h1(cm)		Kuru Boyutlar b2(cm) h2(cm)		Rötre (%)	RÜTREort (%)
5006	4.02	4.05	4.00	4.02	0.62	0.56
5007	4.02	4.08	4.01	4.09	0.00	
5008	4.04	4.08	4.00	4.00	1.48	
5009	4.02	4.08	4.00	4.02	0.99	
5010	4.01	4.10	4.00	4.07	0.49	
6001	4.01	4.10	4.00	4.08	0.37	0.49
6002	4.03	4.08	4.00	4.06	0.62	
6003	4.03	4.05	4.00	4.00	0.99	
6004	4.00	4.06	4.00	4.00	0.74	
6005	4.00	4.01	4.00	4.01	0.00	
6006	4.00	4.01	4.00	4.00	0.12	
6007	4.02	4.08	4.00	4.02	0.99	
6008	4.00	4.01	4.00	4.00	0.12	
6009	4.01	4.08	4.00	4.02	0.87	
6010	4.00	4.10	4.00	4.09	0.12	
7001	4.03	4.05	4.00	4.00	0.99	0.60
7002	4.00	4.01	4.00	4.00	0.12	
7003	4.01	4.05	4.00	4.01	0.62	
7004	4.01	4.01	4.00	4.00	0.25	
7005	4.00	4.10	3.90	4.10	1.23	
7006	4.00	4.09	4.00	4.09	0.00	
7007	4.02	4.07	4.00	4.00	1.11	
7008	4.01	4.02	4.00	4.01	0.25	
7009	4.05	4.10	4.00	4.09	0.74	
7010	4.01	4.05	4.00	4.00	0.74	
8001	4.06	4.09	4.00	4.09	0.74	0.59
8002	4.01	4.05	4.00	4.02	0.50	
8003	4.01	4.05	4.00	4.00	0.74	
8004	4.03	4.09	4.01	4.02	1.11	
8005	4.01	4.02	4.00	4.00	0.37	
8006	4.01	4.02	4.00	4.01	0.25	
8007	4.00	4.04	3.98	4.01	0.62	
8008	4.00	4.10	4.00	4.05	0.62	
8009	4.00	4.02	4.00	4.01	0.12	
8010	4.00	4.08	4.00	4.01	0.87	
9001	4.01	4.09	4.00	4.00	1.23	0.50
9002	4.02	4.07	4.00	4.00	1.11	
9003	4.02	4.02	4.00	4.00	0.50	
9004	4.00	4.02	4.00	4.00	0.25	
9005	4.00	4.02	3.98	4.01	0.37	
9006	4.01	4.01	4.00	4.00	0.25	
9007	4.00	4.07	4.00	4.00	0.87	
9008	4.00	4.03	3.99	4.01	0.37	
9009	4.01	4.02	4.00	4.01	0.25	
9010	4.00	4.02	4.00	4.00	0.25	



Şekil 6.1 Kompozit örneklerinin ATT oranı değişimine göre basınç dayanımı değişimi grafiği

Bu durum, ATT oranı arttıkça basınç dayanımı değerinin %95.7 oranında azalması, testere talaşının birim hacim ağırlık değerinin dolayısıyla da basınç dayanımının da düşük olması sebebiyle kompozit malzemenin de birim hacim ağırlık değerini ve basınç dayanımını düşürmesi ile açıklanabilir.

Ortalama maksimum basınç dayanımı değeri olan 23 N/mm² değerine göre ATT oranı arttıkça azalan basınç dayanımı azalma değerleri % olarak Tablo 6.2'de verilmiştir :

Türkiye'de Tepe Grubu tarafından 1984 yılında kurulan Betopan fabrikası ile çimentolu yonga levha üretimi yapılmaktadır. Bu fabrikada üretilen levhalarda karışım oranları %60 çimento, %25 ahşap yonga talaşı, %10 su ve %5 mineraller olarak ayarlanmaktadır. Bu levhaların tanıtım kataloglarında verilen yüzeye paralel basınç dayanımı 15 N/mm² değeridir. Aynı basınç dayanım değeri, bu araştırmada, karışım oranları %60 çimento, %12 ahşap testere talaşı ve %28 su

olan, çimento ağırlığına göre %20 ATT oranlı örneklerde elde edilmiştir. Bu durum, ahşap yonga talaşı yerine ahşap testere talaşı ile çalışıldığında daha fazla oranda su, daha az oranda ahşap ile aynı basınç dayanımı alabilen kompozit yapı malzemesi üretilebileceğini ortaya koymaktadır.

Tablo 6.2 Kompozit örneklerinin artan ATT oranına göre basınç dayanımı azalma değerleri

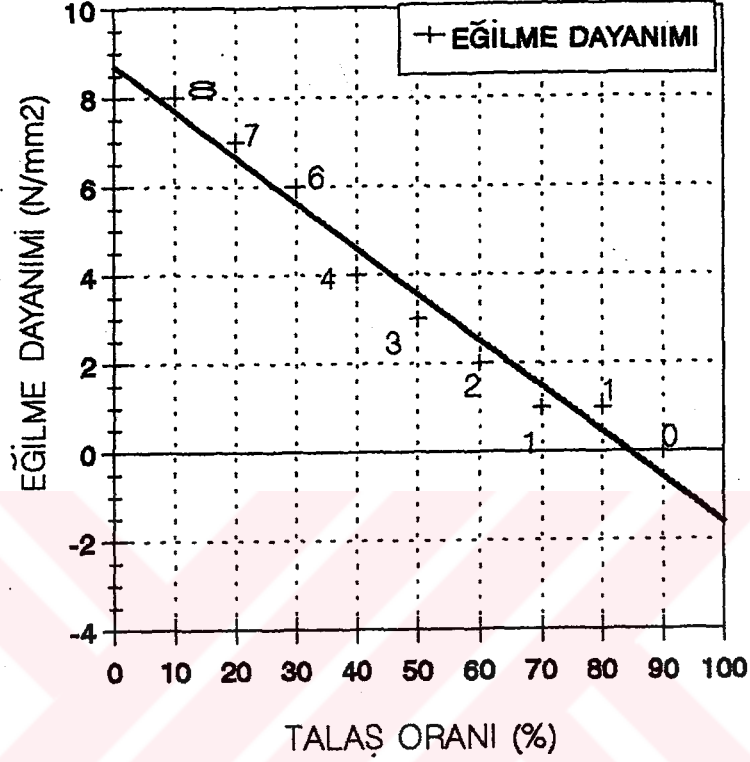
ATT oranı (%)	Ortalama.Basınç Dayanımı (N/mm ²)	Basınç. Dayanımı.Azalması (%)
10	23	0
20	15	34.8
30	13	43.5
40	9	60.9
50	6	73.9
60	4	82.6
70	2	91.3
80	1	95.7
90	1	95.7

6.1.2 – Ahşap Testere Talaşı Oranının Değişiminin Kompozit Malzemenin Eğilme Dayanımlarına Etkisinin İrdelenmesi

Ahşap testere talaşlı beton kompozitin eğilme dayanımı değerleri de basınç dayanımı değerlerinde olduğu gibi ATT oranının artışına bağlı olarak azalma göstermektedir. Ancak, bu azalma lineer şekilde olmaktadır ve %90 ATT oranlı örneklerde eğilmede çekme dayanımı değeri tam sayıya yuvarlatıldığında sıfırlanmaktadır. ATT oranı artışının eğilme dayanımını olumsuz etkileyerek azaltıcı yönde etkilediği belirlenmiştir.

90 örnek üzerinde yapılan eğilme deneylerinden elde edilen sonuçlarda en yüksek 10.6 N/mm², en düşük 0.2 N/mm² eğilme dayanımı değerleri hesaplanmıştır. 90 örneğin eğilme dayanımı değerleri ve ortalamaları bölüm 5.3.4'de verilmiştir. Bu sonuçların ortaya

çıkardığı en yüksek ortalama eğilmede çekme dayanımı değerinin 8 N/mm^2 , en düşük ortalama eğilmede çekme dayanımı değerinin 0 olduğu ise Şekil 6.2'de görülmektedir.



Şekil 6.2 Kompozit örneklerinin ATT oranı değişimine göre eğilme dayanımı değişimi grafiği

Ortalama eğilmede çekme dayanımlarında en yüksek değer olan 8 N/mm^2 değerine göre ATT oranı arttıkça azalan eğilmede çekme dayanımı azalma değerleri % olarak Tablo 6.3'de verilmiştir :

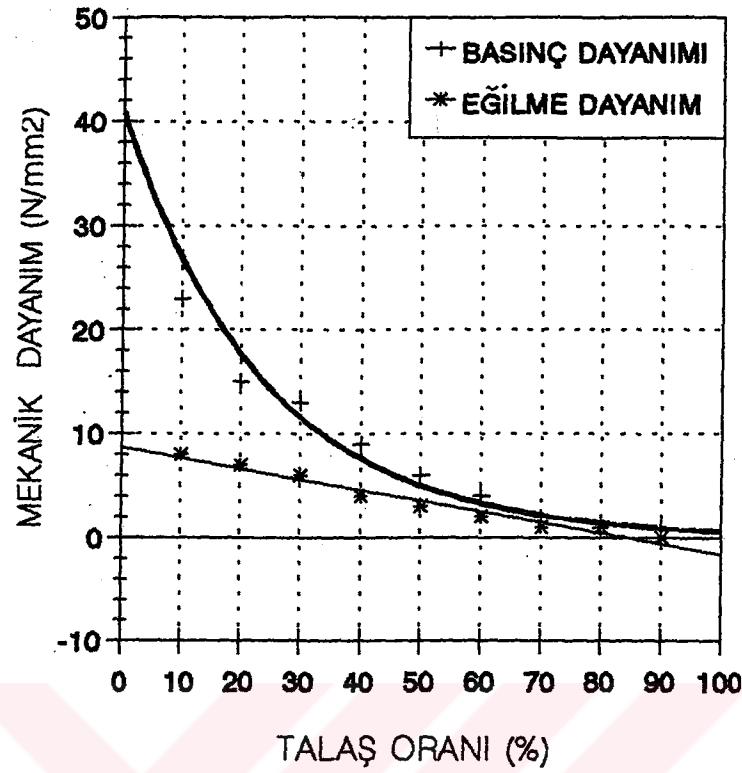
Eğilmede dayanımlarında da %10 ATT oranlı örnekler diğer ATT oranı artan örneklerle göre daha yüksek ortalama değer almıştır. Bu durumda, ATT oranı arttıkça kompozit yapı malzemesinin ahşaptan aldığı hafiflik, elastikiyet, işlenebilirlik özellikleri ile kompozitin bünyesindeki olumlu değişikliklerin olmasının yanında hem basınç dayanımı hem de eğilmede çekme dayanımlarının olumsuz yönde etkilendiği görülmektedir.

Türkiye'de üretilmekte olan ahşap yonga levhalarda %60 çimento, %10 su, %25 ahşap yonga talaşı ve %5 oranında minerallerin karıştırılarak elde edilen basınç dayanımının bu araştırmada üretilen çimento ağırlığına göre %20 ahşap testere talaşı katılan kompozitin basınç dayanımına eşdeğer olduğu söylenmişti. Aynı malzemelerin eğilme dayanımları karşılaştırıldığında ise, çimentolu yonga levhanın eğilme dayanımının tanıtım kataloğunda (*) verilen değeri 9 N/mm^2 olup ahşap testere talaşlı çimento kompozitin eğilme dayanımı olan 7 N/mm^2 değerinden yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, yonga talaşlı çimentoda yonga talaşının lifsel yapıda olması, ahşap testere talaşlı çimentoda testere talaşının ince danell yapıda olmasıdır. Mekanik dayanımların birbirine göre değişim durumları Şekil 6.3'de görülmektedir.

Tablo 6.3 Kompozit örneklerinin artan ATT oranına göre eğilme dayanımı azalma değerleri

ATT oranı (%)	Ortalama.Eğilme Dayanımı (N/mm^2)	Eğilme. Dayanımı.Azalması (%)
10	8	0
20	7	12.5
30	6	25.0
40	4	50.0
50	3	62.5
60	2	75.0
70	1	87.5
80	1	87.5
90	0	100.0

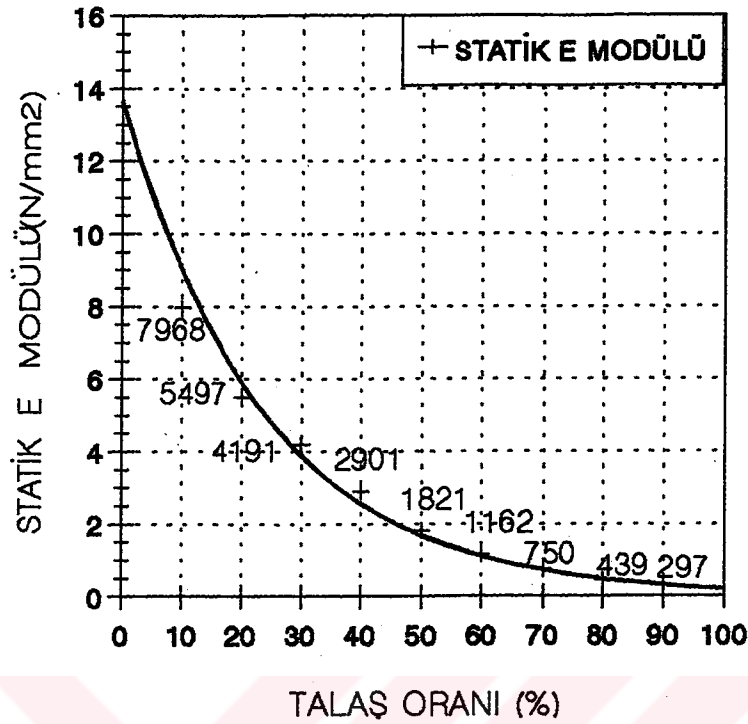
(*) Yukarıda karşılaştırılan basınç ve eğilme dayanım değerleri Betonpan şirketinin çıkardığı tanıtım kataloğundan alınmıştır. Aynı değerler üzerinde yapılan geliştirme çalışmaları sonucu oluşabilecek değişiklikler gözönüne alınmalıdır.



Şekil 6.3 Kompozit örneklerinin ATT oranı değişimine göre mekanik dayanımlarının değişimi grafiği

6.1.3 – Ahşap Testere talaşı Oranının Değişiminin Kompozit Malzemenin Statik E Modülü Değerlerine Etkisinin İrdelenmesi

Ultrases ölçümleri yapılan 90 adet örneğin statik E modülleri hesaplanmış, statik E modülleri ve ortalama değerleri bölüm 5.3.2'de verilmişti. ATT oranı arttıkça hafif beton kompozit malzemenin basınç dayanım ve eğilme dayanım gerilmelerindeki azalışa benzer davranış gösteren statik E modülü değerleri de mekanik dayanımlardaki azalma halini şekil 6.4'de görüldüğü gibi doğrulamaktadır. Bu grafiksel ifadede ortalama statik E modülünün en yüksek 7968, en düşük 297 değerini aldığı görülmektedir. Statik E modülü değerlerindeki azalma ikinci dereceden bir ilişki niteliğindedir. ATT oranı artışının mekanik dayanımları büyük ölçüde etkilediği saptanmıştır.



şekil 6.4 Kompozit örneklerinin ATT oranı değişimine göre statik E modüllerinin değişimi grafiği

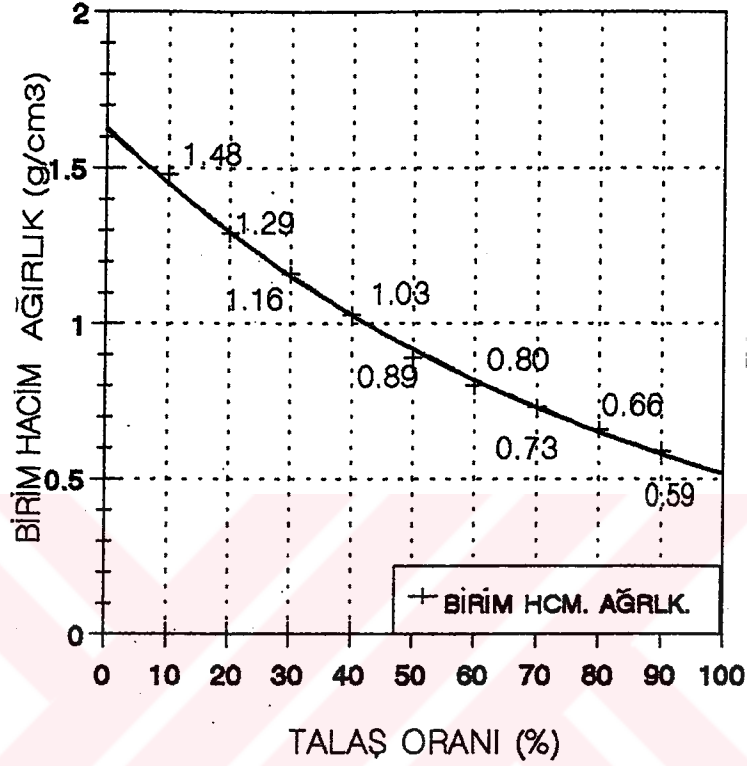
6.2 – Çimentoya Değişik Oranlarda Katılan Ahşap Testere Talaşının Kompozit Malzemenin Fiziksel Niteliklerine Etkisinin İrdelenmesi

Yapılan deneyler sonucunda saptanan verilerden birim hacim ağırlık, su emme ve su buharı difüzyonu dirneç faktörü değerlerine göre aşağıdaki fiziksel özellikler ortaya çıkmıştır :

6.2.1 – Ahşap Testere Talaşı Oranının Değişiminin Kompozit Malzemenin Birim Hacim Ağırlık Değişimlerine Etkisinin İrdelenmesi

Çimentolu yonga levha için ideal birim hacim ağırlığın $1.2-1.4 \text{ g/cm}^3$ olması gerektiği TS 5115 'de (1) belirtilmektedir. %10-%90 oranlarında değişen ATT katılarak üretilmiş hafif beton kompozit yapı malzemesinde ortalama birim hacim ağırlık değerleri bölüm 5.3.1'de de verildiği gibi $1.48-0.59 \text{ g/cm}^3$ değerleri arasında değişmektedir. Li-neere yakın ikinci dereceden bir ilişki özelliği gösteren birim hacim

ağırlık değerleri ATT oranı arttıkça azalmaktadır. Bu durumun grafik ifadesi Şekil 6.5'de görülmektedir. Birim hacim ağırlık değerlerindeki bu önemli değişiklik çimento ile ATT'nin özgül ağırlıklarının birbirine yakın olmamasından kaynaklanmaktadır.



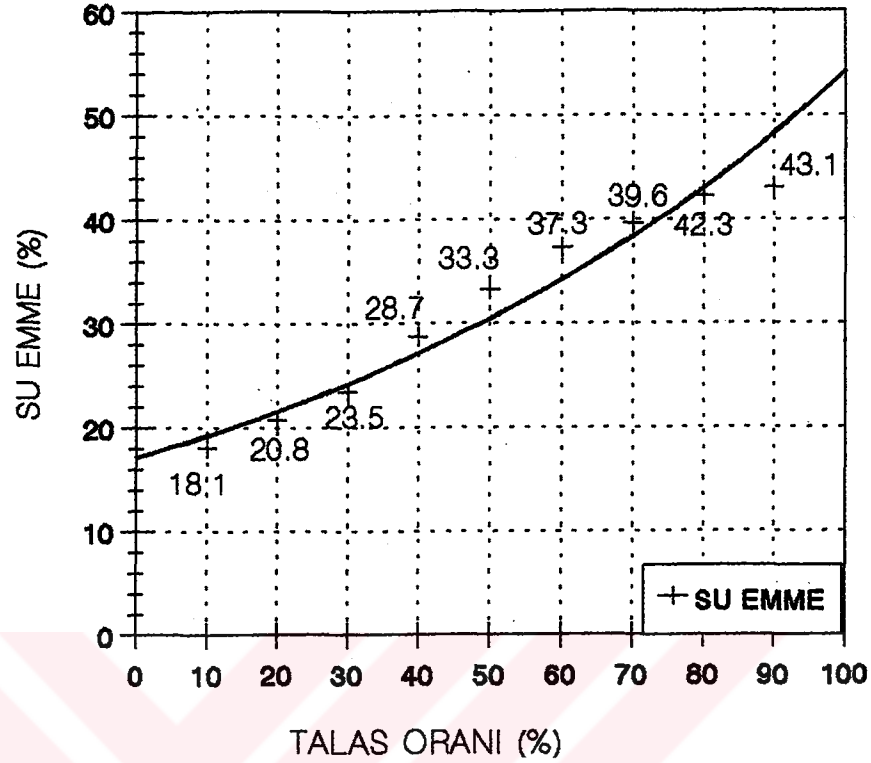
şekil 6.5 Kompozit örneklerinin ATT oranı değişimine göre birim hacim ağırlıklarının değişimi grafiği

6.2.2 - Ahşap Testere Talası Oranının Değişiminin Kompozit Malzemenin Su Emme Değerlerine Etkisinin İrdelenmesi

Çimentoya katılan ATT oranının artması, hafif beton kompozit malzemenin su emme yüzdesini ikinci dereceden bir eğriye bağlı olarak arttırmaktadır. Ancak, ATT oranı %80'den sonra su emme artış oranında azalma görülmektedir. Bu durum şekil 6.5' deki grafiksel anlatımdan anlaşılmaktadır. Ortalama su emme değerlerinde en yüksek değer %77.9, en düşük değer %18.1 olup 36 epruvetlin su emme değerleri bölüm 5.3.3'de verilmiştir.

ATT oranı artması ile birlikte su emme yüzdesi artarken birim hacim ağırlık değerleri azalmaktadır.

Örneklerin 24 saat suda yatırıldıktan sonraki maksimum kalınlığına boyut şişmesi %1.8 olup %2'yi geçmemiştir.

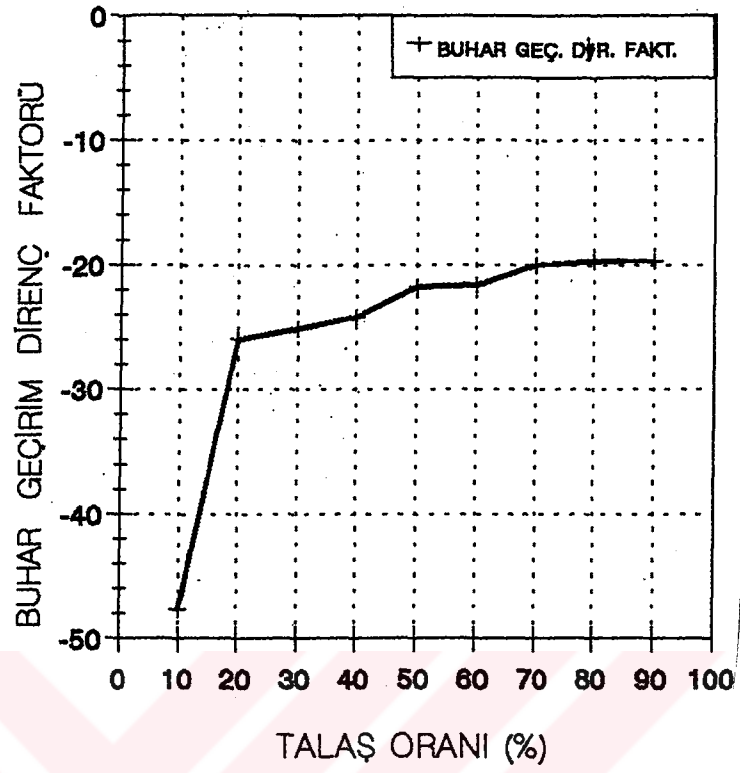


şekil 6.6 Kompozit örneklerinin ATT oranı değişimine göre su emme değerlerinin değişimi grafiği

6.2.3 – Ahşap Testere Talaşı Oranının Değişiminin Kompozit Malzemenin Buhar Geçirimsizliğine Etkisinin İrdelenmesi

Bölüm 5.3.6'da 9 örneğin su buharı difüzyonu direnç faktörü, μ değerleri (-) olarak verilmişti. Bu değerlere göre değerlendirme yapıldığında, %10 ATT oranlı örneklerin su buharını diğerlerine göre daha az geçirdiği saptanmıştır. %50 ve daha fazla ATT oranlı kompozit örneklerinde su buharını geçirme miktarları hemen hemen aynıdır. Bu kompozit çimentodan aldığı suya, rutubete, yanmaya ve çürümeye direnç özellikleriyle bütünleşmiştir. Diğer bir deyişle, ahşap testere talaşlı çimento kompozit yapı malzemesi neme direnç özelliğiyle ıslak hacimlerde, dış cephe kaplamalarında kullanılabilir.

ATT oranı değişimlerine göre değişen kompozit yapı malzemesinin su buharı difüzyonu direnç katsayılarına ilişkin grafiksel anlatım Şekil 6.7'de görülmektedir.



Şekil 6.7 Kompozit örneklerinin ATT oranı değişimine göre su buharı difüzyonu direnç faktörlerinin değişimi grafiği

7 . BÖLÜM SONUÇLAR

Bu araştırmada, buhar geçirilm direnci yeterli, birim hacim ağırlığı düşük ve hafif bir malzeme olarak mekanik dayanımları yüksek bir kompozit malzeme üretmek için, ahşap testere talaşı oranı değiştirilerek elde edilen ahşap testere talaşlı çimento kompozitinin mekanik ve fiziksel özellikleri incelenmiştir. Ahşap testere talaşı çimento ağırlık oranlı olarak %10, %20, %30, %40, %50, %60, %70, %80 ve %90 oranlarında kompozit üretiminde kullanılmış, bu oranların kompozit malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkileri belirlenmiştir.

Bu şekilde elde edilen sonuçlar değişen ahşap testere talaşı oranının üretilen kompozit yapı malzemesinin mekanik ve fiziksel nitelikleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi ve yorumlanması yönünden ele alınabilir.

7.1 – Çimentoya Değişik Oranlarda Katılan Ahşap Testere Talaşının Kompozit Malzemenin Mekanik Niteliklerine Etkileri

Çimento kompozit malzemeye katılan ahşap testere talaşı oranı arttıkça, mekanik dayanımların azaldığı saptanmıştır. Bu olumsuz yönde etkilenme oranı eğilme ve basınç dayanımlarında farklılık göstermektedir.

♦ Bağlayıcı madde olarak kullanılan çimento ağırlığının yüzdesi oranlarında arttırılan ahşap testere talaşı oranı, hafif beton kompozit malzemenin basınç dayanımlarını ikinci dereceden bir eğriye bağlı olarak, büyük ölçüde, olumsuz etkilemektedir. Ahşap testere talaşı oranı arttıkça basınç dayanımı azalmaktadır. Bunun nedeni ise ahşap testere talaşının birim hacim ağırlığının ve basınç dayanımının çimentoya göre çok düşük olması ve kompozite katılan

ahşap testere talaşı oranı arttıkça kompozitin de birim hacim ağırlığının düşmesidir.

♦ Çimento bağlayıcılı kompozit yapı malzemesine katılan ahşap testere talaşı oranı arttıkça, kompozitin eğilme dayanımlarında azalma olduğu tesbit edilmiştir. Bu azalma basınç dayanımlarındaki azalma kadar etkili olmayıp, doğrusal karakterde bir azalmadır. Bu azalmanın birinci sebebi, ahşap testere talaşının lifli yapıda olmaması, ikinci sebebi ise, katılan ahşap testere talaşı dolayısıyla kompozitin birim hacim ağırlığının azalmasıdır.

♦ Kompozit malzemeye katılan ahşap testere talaşı oranı artışına bağlı olarak mekanik dayanımlardaki azalmayı ultrases ölçmeleri yardımı ile hesaplanan kompozitin statik E modüllerindeki azalma da doğrulamaktadır. Statik E modüllerindeki azalma da basınç dayanımlarındaki azalma türünden, ikinci dereceden bir eğriye bağlı bir azalmadır.

7.1 – Çimentoya Değişik Oranlarda Katılan Ahşap Testere Talaşının Kompozit Malzemenin Fiziksel Niteliklerine Etkileri

Ahşap testere talaşı oranı artışının hafif beton kompozit malzemenin fiziksel niteliklerine hem olumlu, hem de olumsuz yönde etkileri olmuştur :

♦ Çimento bağlayıcılı kompozitteki ahşap testere talaşı oranının artışı, kompozitin birim hacim ağırlığını düşürmektedir. Bu durum, malzeme kendisini taşıyabilecek yeterli dayanıma sahip olduğu için istenen bir özelliktir. Kompozit üretiminde birim hacim ağırlıkları çok farklı iki malzeme kullanıldığı için kompozit malzemenin düşük değerli birim hacim ağırlığı kolaylıkla elde edilmiştir.

♦ Üretilen kompozit yapı malzemesine katılan ahşap testere talaşı oranının arttırılması, kompozitin % su emme miktarını ikinci dereceden artan bir eğriye bağlı olarak etkilemektedir. Diğer bir deyişle, ahşap testere talaşı oranının artışı kompozitin bünyesine daha çok su çekmesini sağlamaktadır. Neme karşı dirençli olan çimentodan

ziyade bu su emme kompozitteki ahşap bileşenden kaynaklanmaktadır. Yine de artan su emme miktarına rağmen malzemenin boyutlarında değişme olmamıştır.

♦ Ahşap testere talaşlı çimento bağlayıcılı hafif beton kompozit malzemeden hem hafif hem de uygun buhar difüzyonu direnç katsayısına sahip kompozit yapı malzemesi üretilmiştir. Ahşap testere talaşı oranı arttıkça kompozitin buhar difüzyonu geçiriminin arttığı saptanmıştır. %70, %80, %90 çimento ağırlık oranlı ahşap testere talaşı katıldığında ise buhar difüzyonu direnç faktörü değerleri hemen hemen değişmemekte, dolu tuğlaya göre daha iyi bir buhar geçirim direnci sağlanmaktadır.

Ahşap testere talaşlı hafif beton kompozit, piyasada bulunan benzeri malzemeler gibi kesilebilir ve profil açılabilir özelliktedir. Özellikle malzemenin mekanik dayanım değerleri, işlenebilirliği için çok uygun bir malzeme olduğunu göstermektedir.

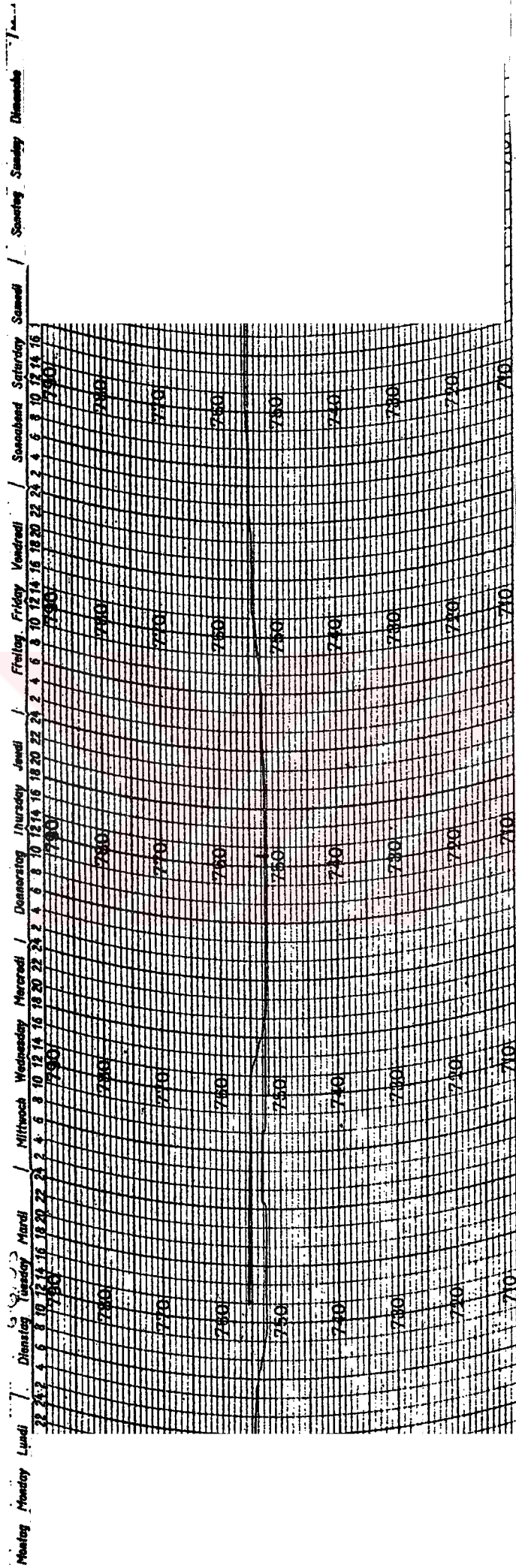
Bu araştırmada karşılaşılan en büyük zorluk, ahşap testere talaşı ile çalışmak olmuştur. Nem oranı, dolayısıyla birim hacim ağırlığı ortam koşullarına göre değişken olan ahşap testere talaşı deney süresince PVC torbalarda saklanmıştır. Kompozit örneklerinde ATT oranı arttırıldıkça kompozit hamurunda su ihtiyacı ikinci dereceden bir eğriye bağlı olarak artma eğilimi göstermiştir. Bünyesinde bir miktar su tutan talaş, çimento ile karıştırıldıktan sonra su eklendikçe daha fazla suyu kabul edecek gibi görünmektedir; fakat, gereğinden fazla su kompozit hamuru kalıplara döküldükten sonra kalıp üzerinden dışarı taşmaktadır. Bu yüzden, hamura konacak su miktarı çok iyi ayarlanmalıdır.

Bu çalışmanın başında yapılan deney programlamasında üretilecek olan kompozit yapı malzemesinin ısı geçirgenlik katsayılarının hesaplanması da kararlaştırılmıştı. Ama, üniversite içinde bu deneyleri yapmak için imkan bulunamadığından kompozitin ısı geçirgenlik katsayılarını hesaplamak mümkün olmamıştır. Ahşap testere talaşlı çimento kompozit malzemesinin ahşap testere talaşı katılma oranına göre değişen ısı geçirgenlik katsayı değerlerinin belirlenmesinde büyük yarar görülmektedir.

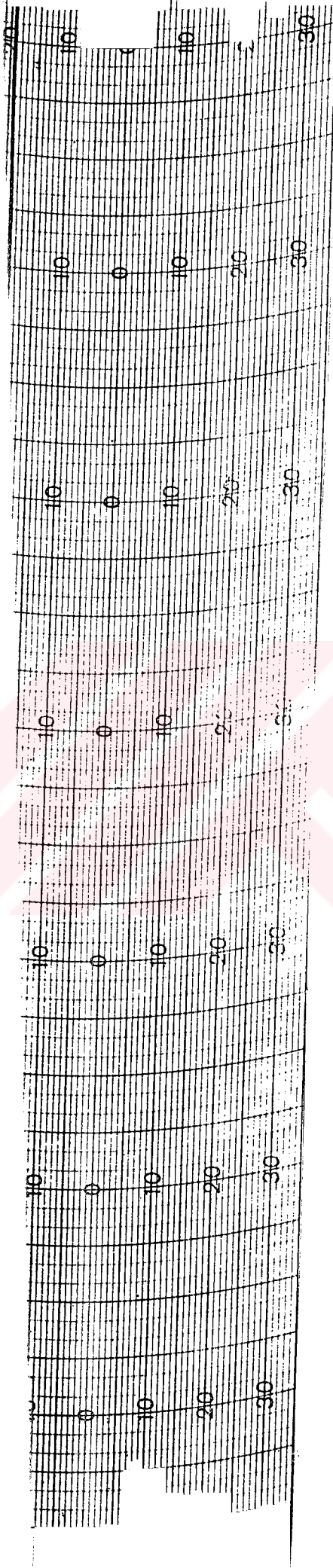
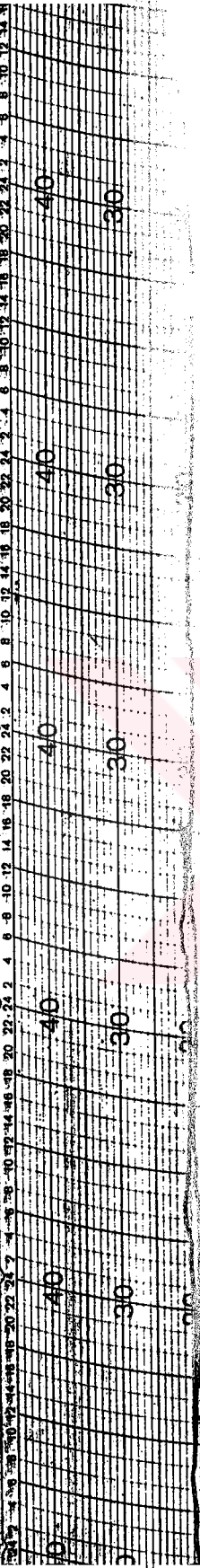
KAYNAKLAR

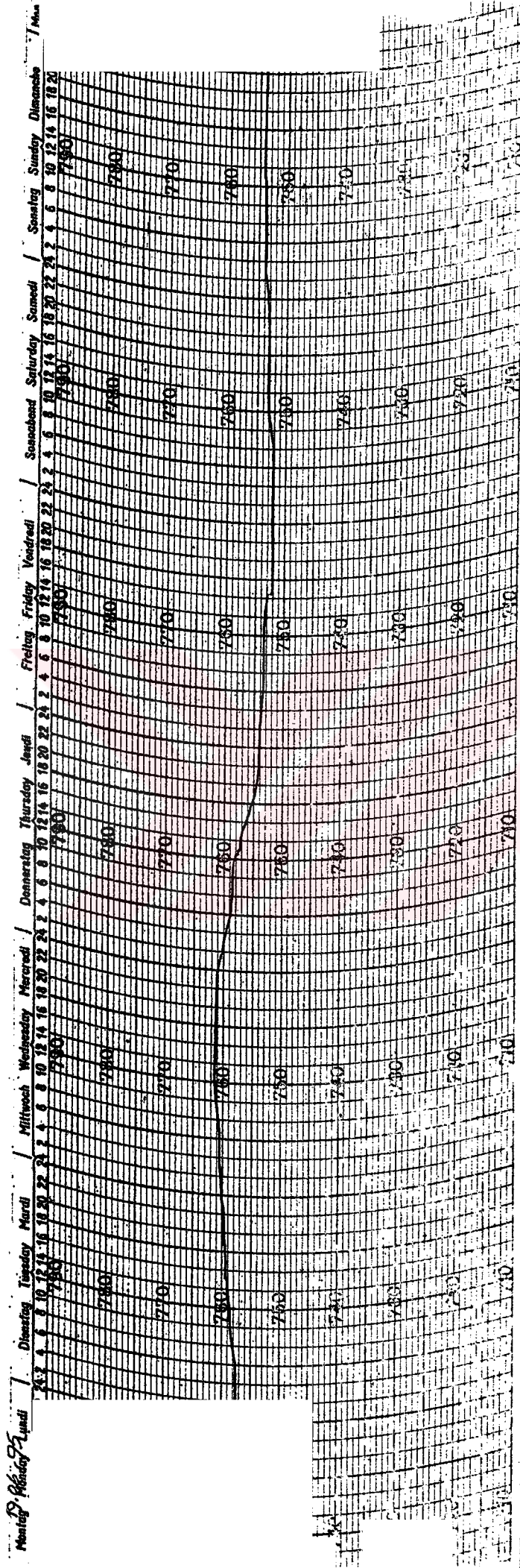
- (1) ANONİM, Türk Standardı, TS 5115, "Yonga Levha-Çimentolu", UDK 676.275.676.28, TSE, Ankara, 1987, s.1-6
- (2) AKMAN, M.S., "Yapı Malzemeleri", İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1990, s.106, 107, 108
- (3) YILDIRIM, C., "Bilim Felsefesi", Evrim Matbaacılık Ltd.Şti., İstanbul, 1991, s.71
- (4) TOYDEMİR, N., "Kompozit Yapı Malzemeleri, Kompozit Yapı Bileşenleri ve Yalıtım", Yapı, sayı:80, s.39
- (5) ONARAN, K., "Malzeme Bilimi", İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1989, s.293
- (6) BENTUR, A., MINDESS, S., "Fibre Reinforced Cementitious Composites", Elsevier Science Publishers Ltd., England, 1990, s.15
- (7) TOYDEMİR, N., TANAÇAN, L., SAYIL, B., "Isı Tutucu Malzemeler ve Uygulamaları", Dizayn-Konstrüksiyon, sayı:?, s.72
- (8) ANONİM, Türk Standardı, TS 19, "Çimento-Portland Çimentoları", UDK 669.94, TSE, Ankara, 1992, s.1-6
- (9) ANONİM, Türk Standardı, TS 24, "Çimentoların Fiziki ve Mekanik Deney Metotları", UDK 666.94.06, TSE, Ankara, 1985, s.1-28
- (10) TOKYAY, M., "ODTÜ CE 406-Special Topics in Cement Replacement Materials", 1995-1996 öğretim yılı ders notları, 2.bölüm
- (11) KOCATAŞKIN, F., "Yapı Malzemesi Dersleri", İstanbul Teknik Üniversite Matbaası, İstanbul, 1973, s.1
- (12) POSTACIOĞLU, B., "Yapı Malzemesi Dersleri-Bağlayıcı Maddeler, Agregalar, Beton", Teknik Üniversite Matbaası, Gümüşsuyu, 1969, s.22-28
- (13) GAMBHIR, M.L., "Concrete Technology", Taper Institute of Engineers & Technology Patrala, Tata Mc Gram-Hill Publishing Company Limited, New Delhi, 1990, s.45, 46
- (14) GÜNGÖR, İ.H., "Ahşap", Çeltüt Matbaası, İstanbul, 1961, s.5, 6

- (15) GÜVEN, S., "Mimarlık Üzerine On Kitap-Vitrivius", Maya Matbaacılık Yayıncılık Ltd. Şti., İstanbul, 1993, s.42, 43
- (16) TOYDEMİR, N., "Pişmiş Toprak Yapı Malzemesinin Rasyonel Üretim Olanaklarının Araştırılması", İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, Gümüşsuyu, 1978, s.48
- (17) ILGAZ, T., "Yapı Düşey Dış Kabuklarının Isı Etkilerinden Korunması", T.C. Bayındırlık Bak. ve KTÜ, Trabzon, 1979, s.27
- (18) TEPE Grubu'na ait Betopan şirketinin ürettiği yongalı çimento panoların tanıtım kataloğu
- (19) ARTEL, T., "Yapı Malzemesi", Kader Basımevi, İstanbul, 1961, passim.
- (20) KANTUR, A., "Hafif Prefabrikasyon ve çimentolu Yonga Levhanın Uygulama Alanları", Yapı, sayı:53, Temmuz 83, s.62
- (21) TANAÇAN, L., "Hafif Duvar Tuğlası Üretiminde Perlit ve Bazı Katkıların Etkilerinin Araştırılması", Doktora Tezi, İstanbul, 1993, passim.

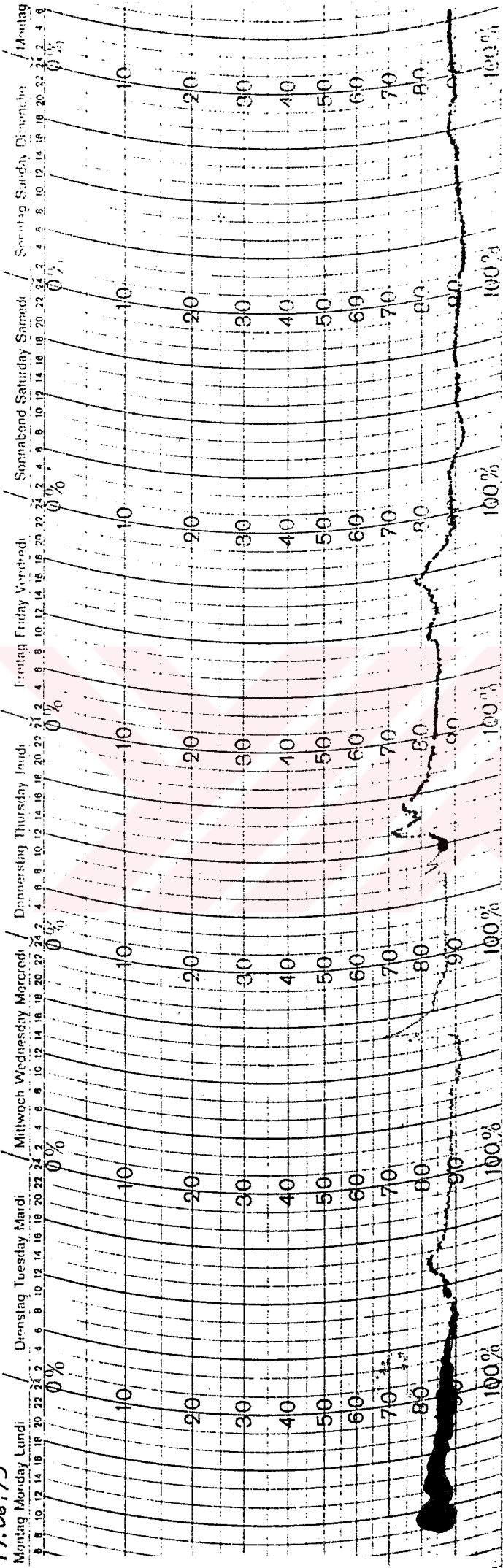


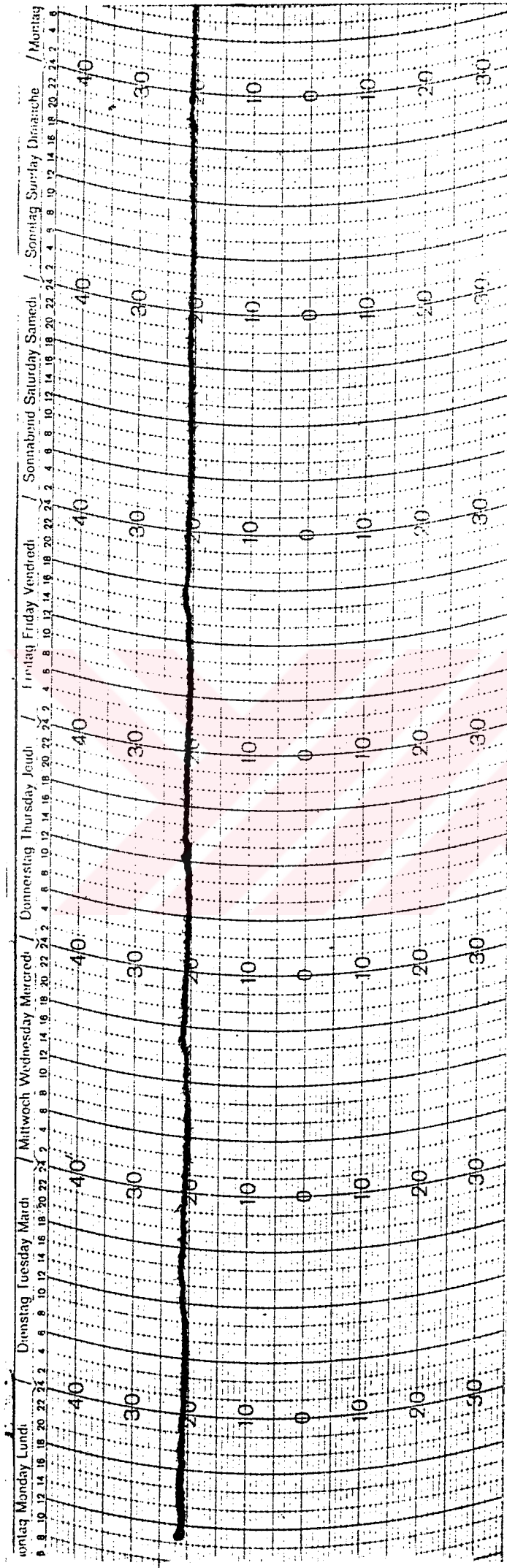
Donnerstag Thursday / Mercredi / Freitag Friday / Samstag Saturday / Sonntag Sunday



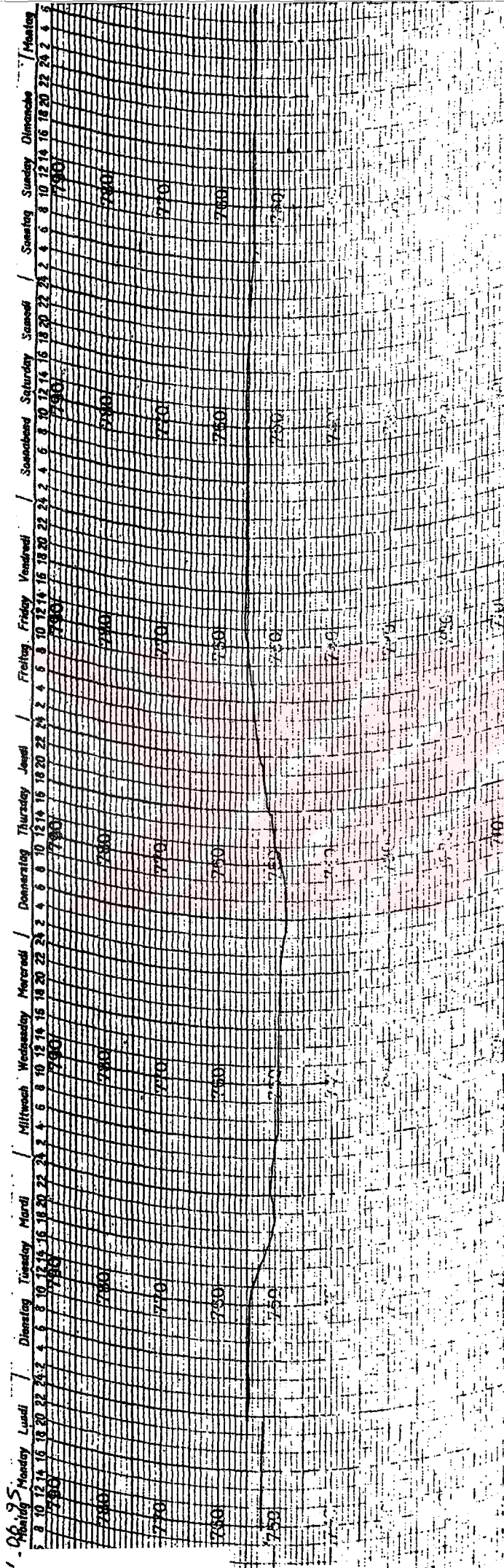


19.06.95

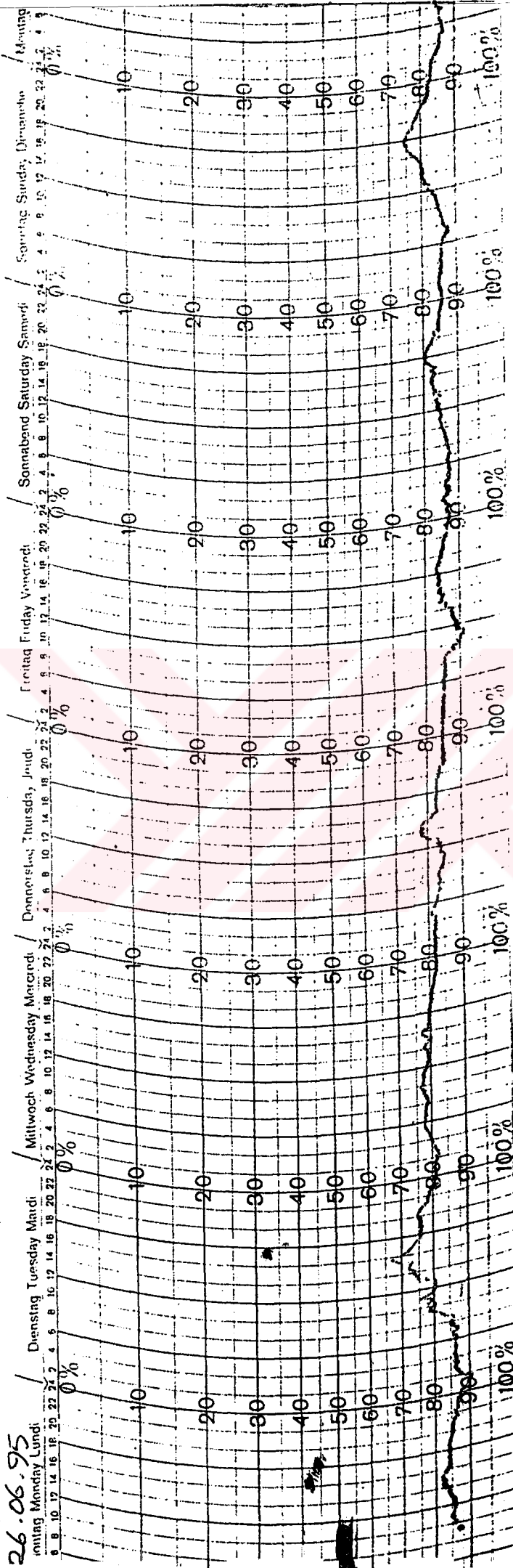


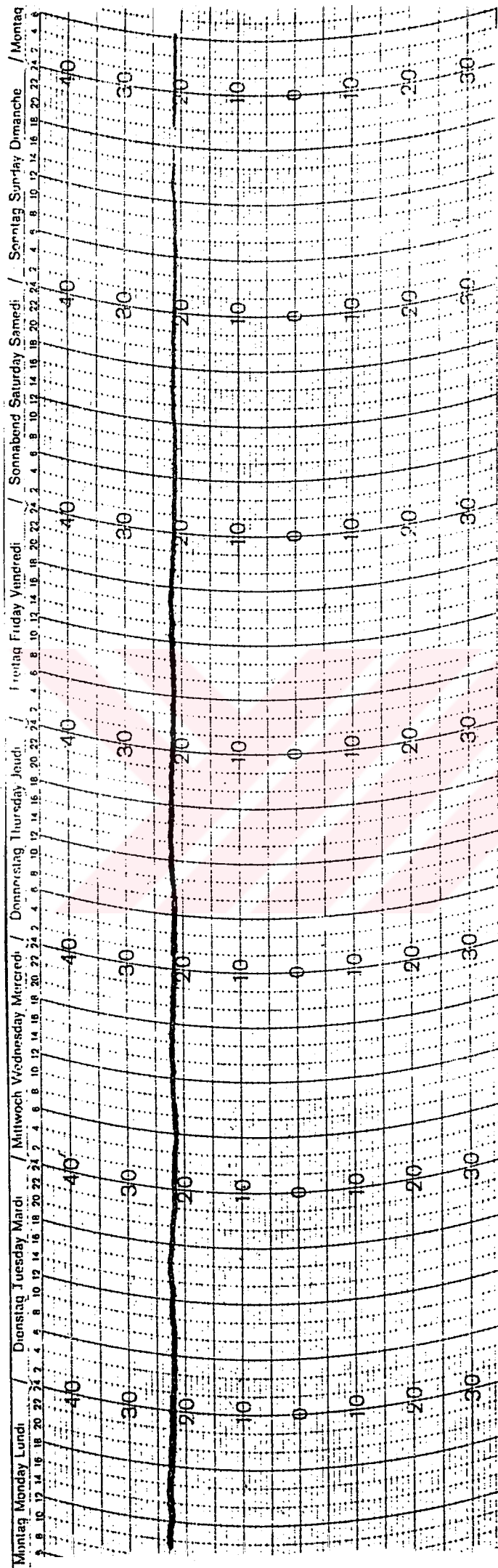


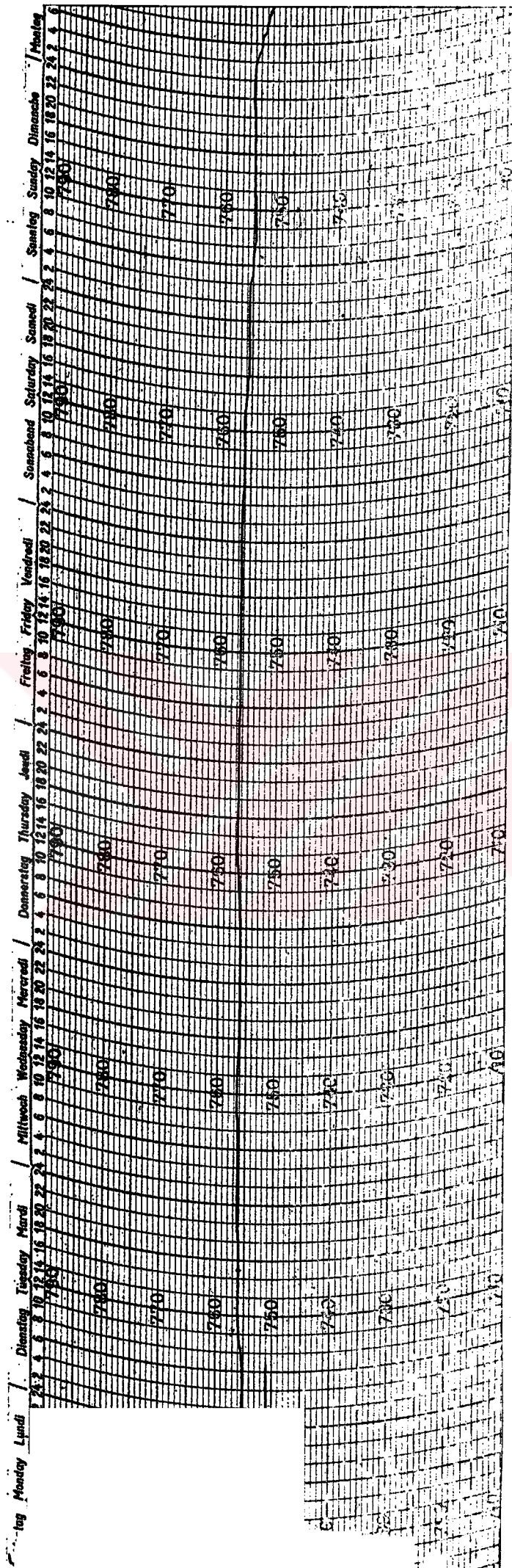
EK . B 3 Deneysel Çalışmada 2 . Hafta Termograf Kayıtları

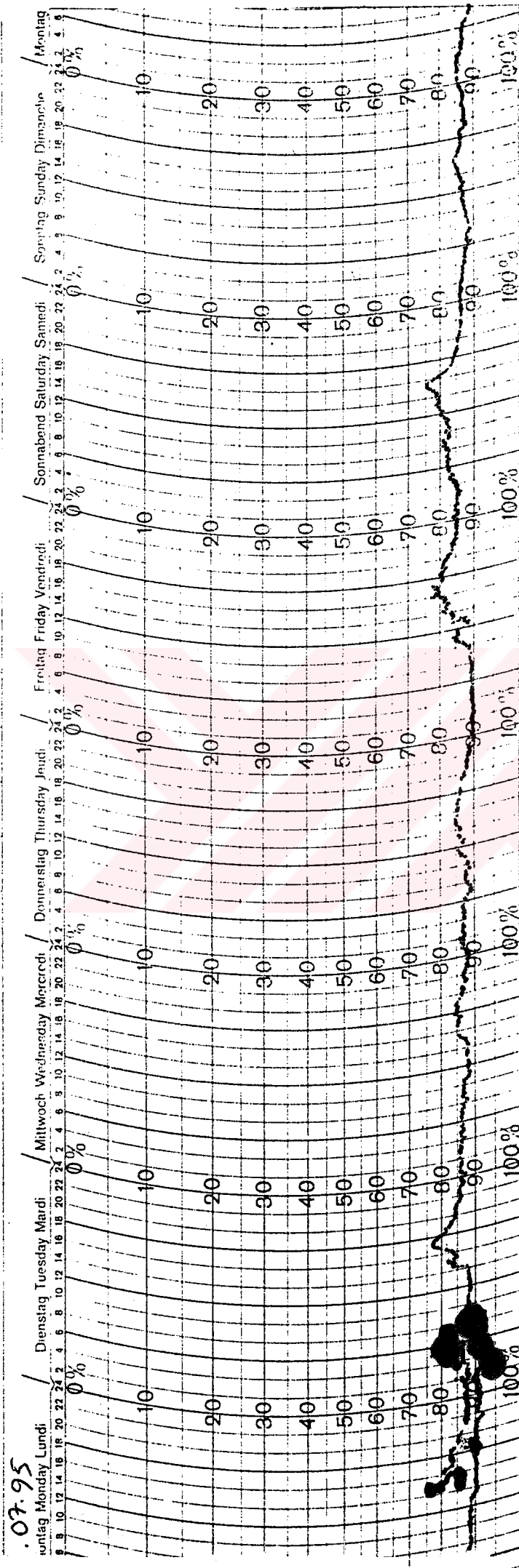


EK . C1 Deneyisel Çalışmada 3 . Hafta Barograf Kayıtları

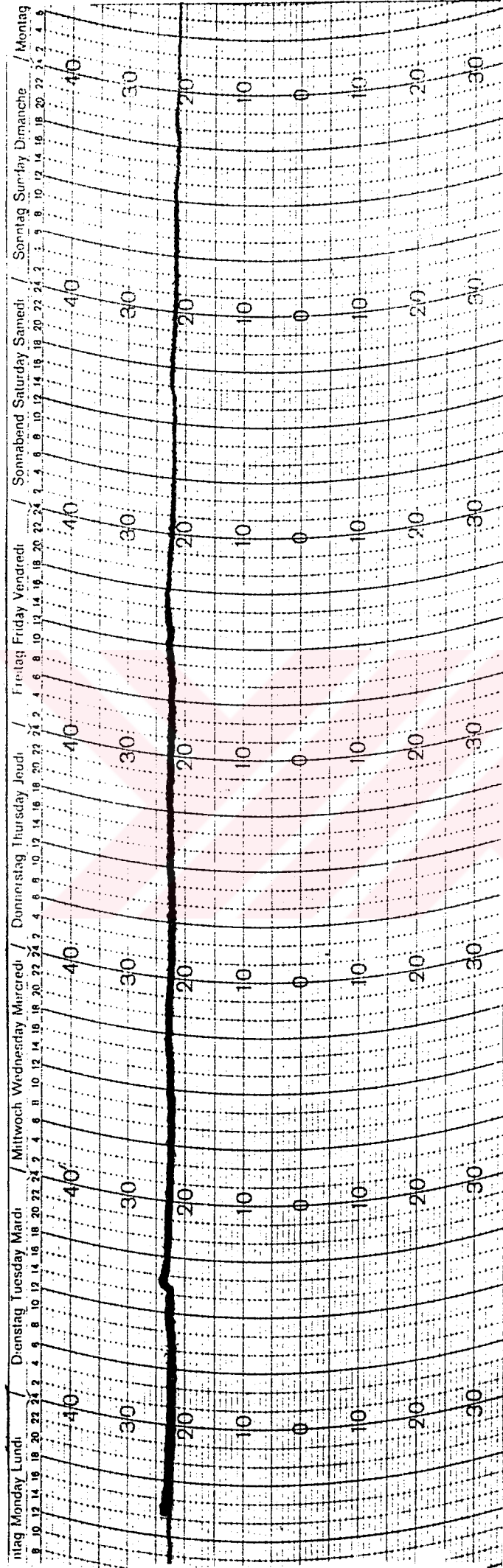


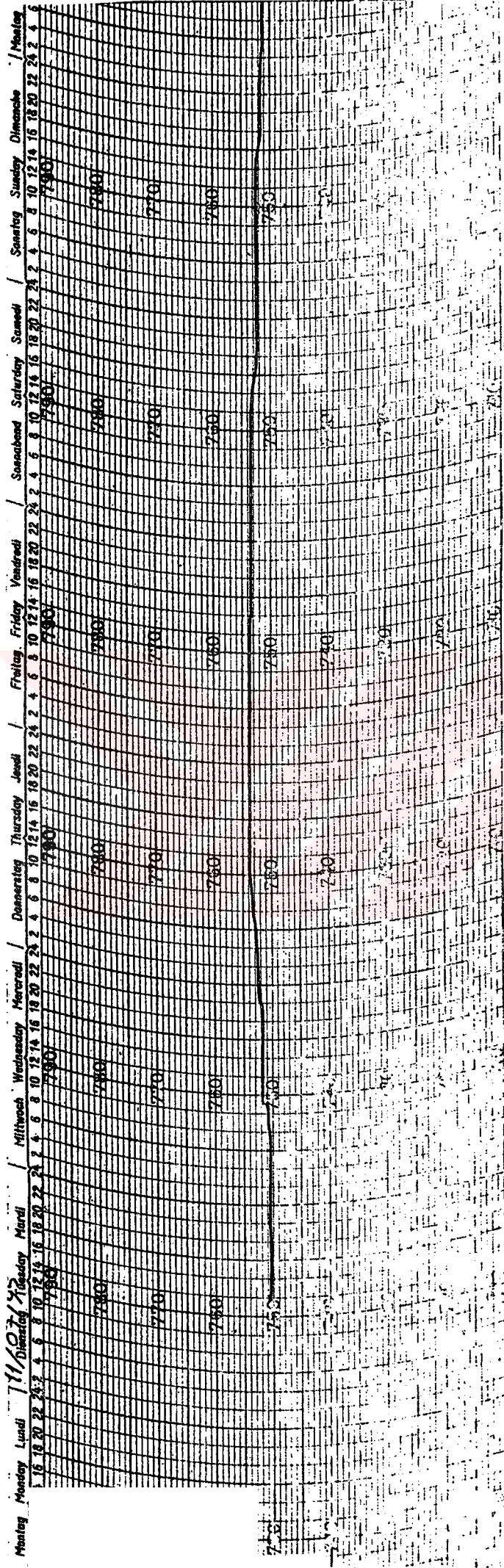




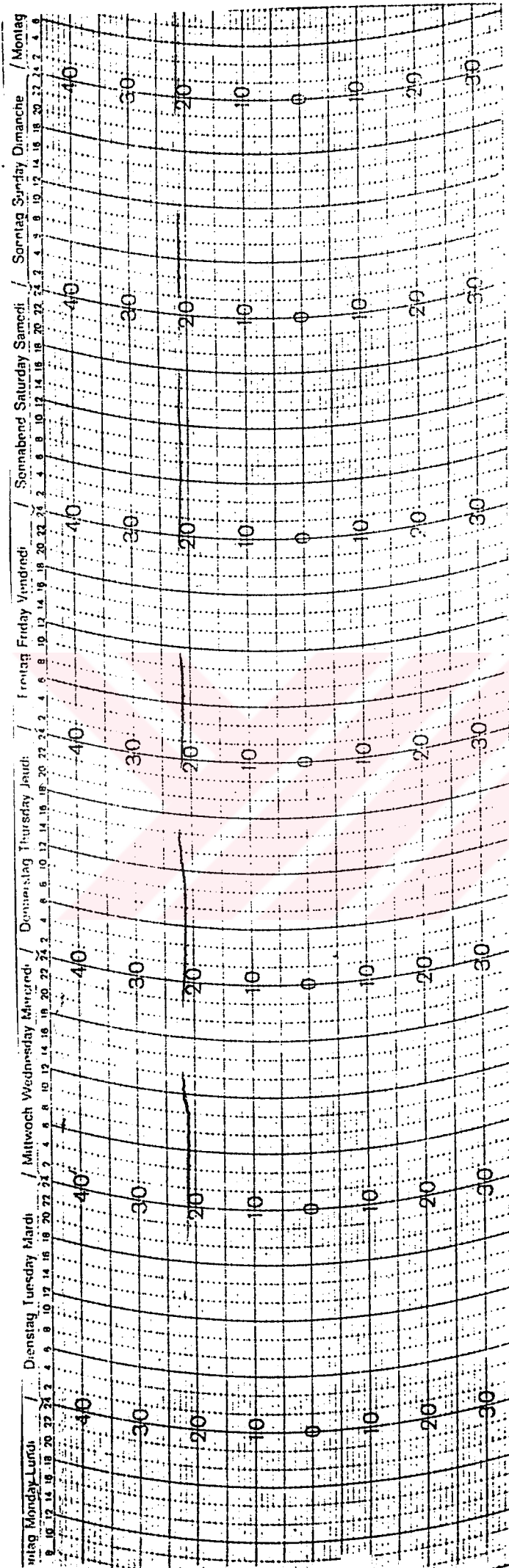


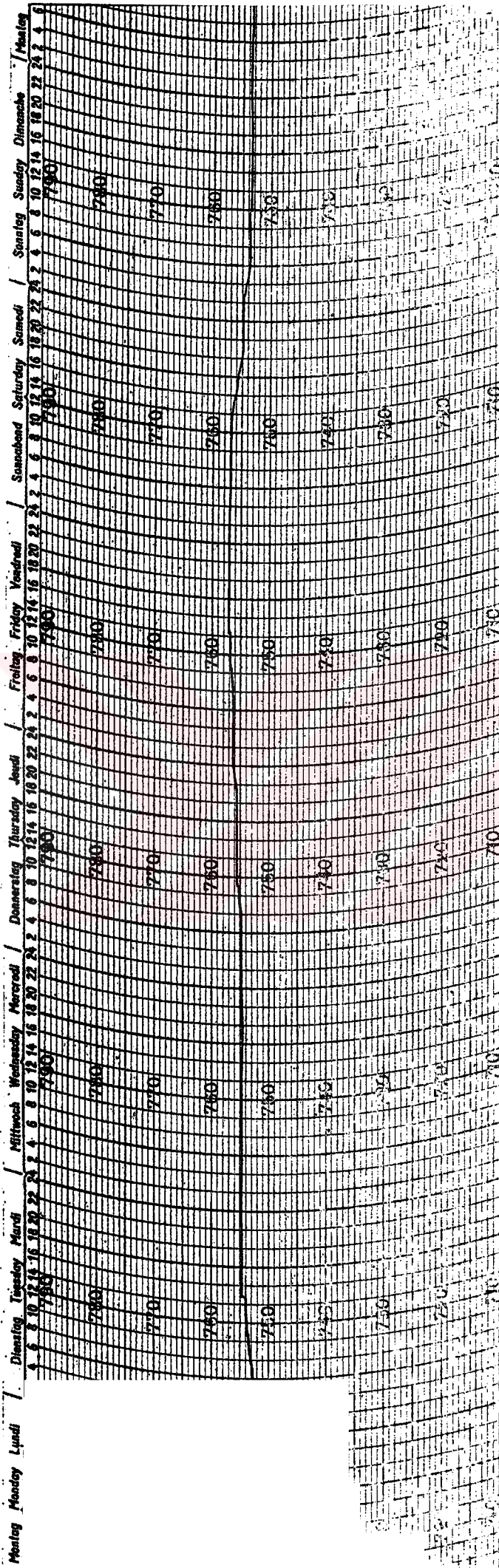
E K . D 2 Deneyisel Çalışmada 4 . Hafta Higrograf Kayıtları

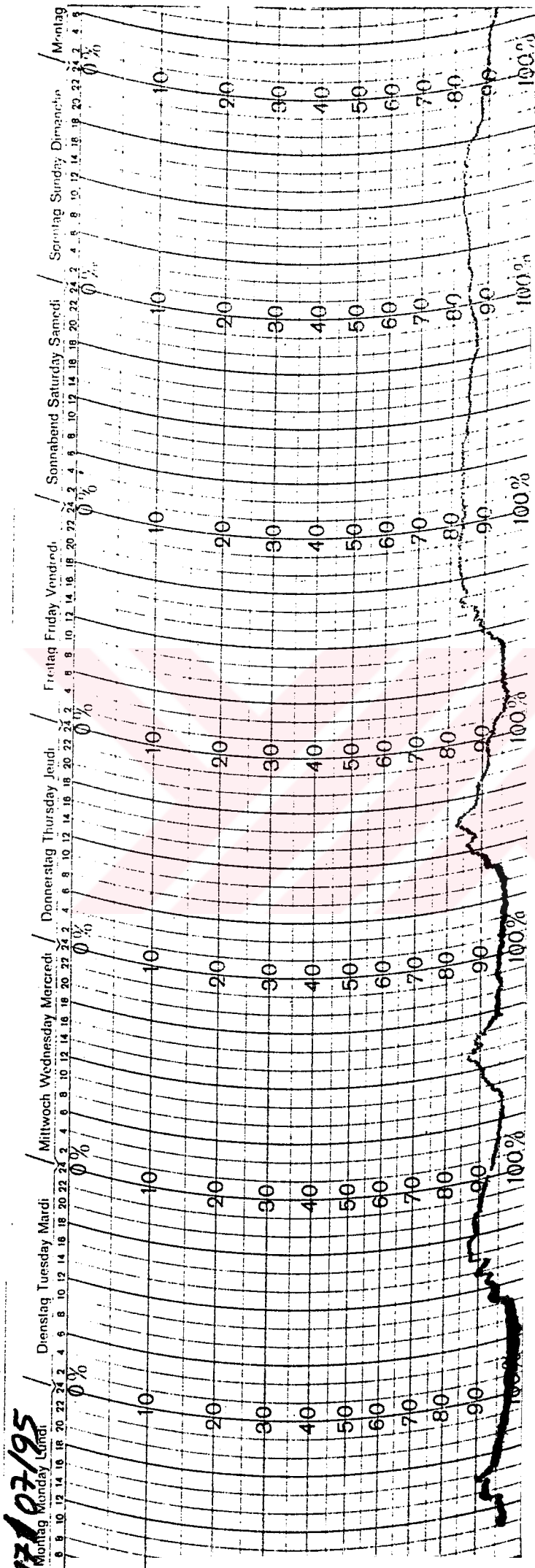


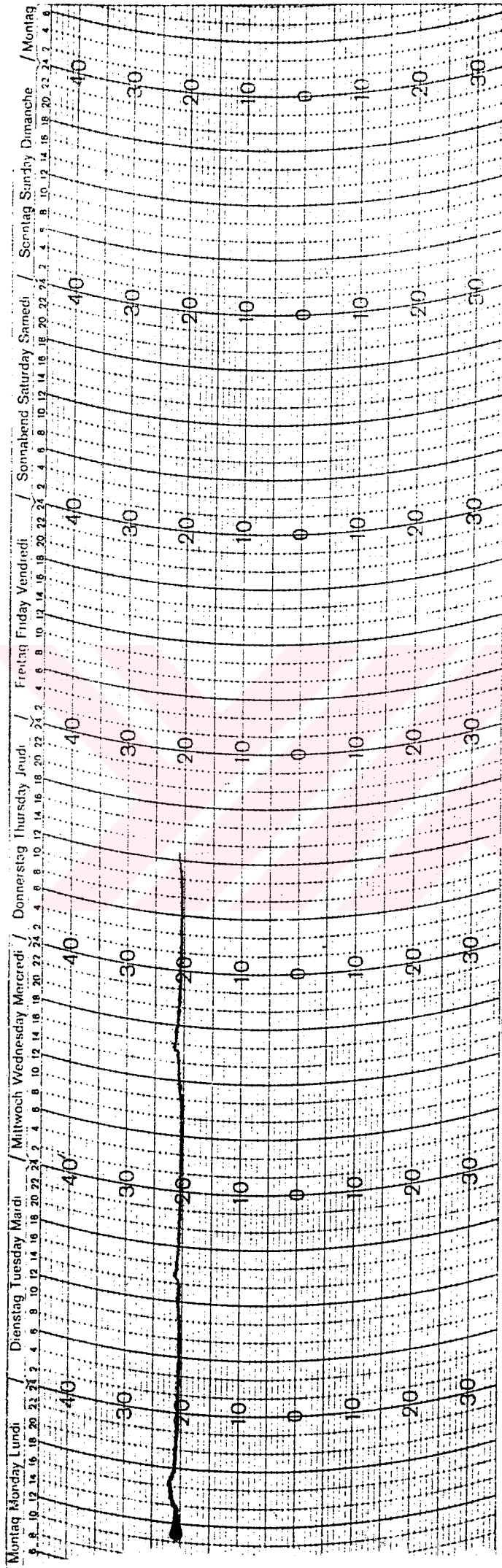


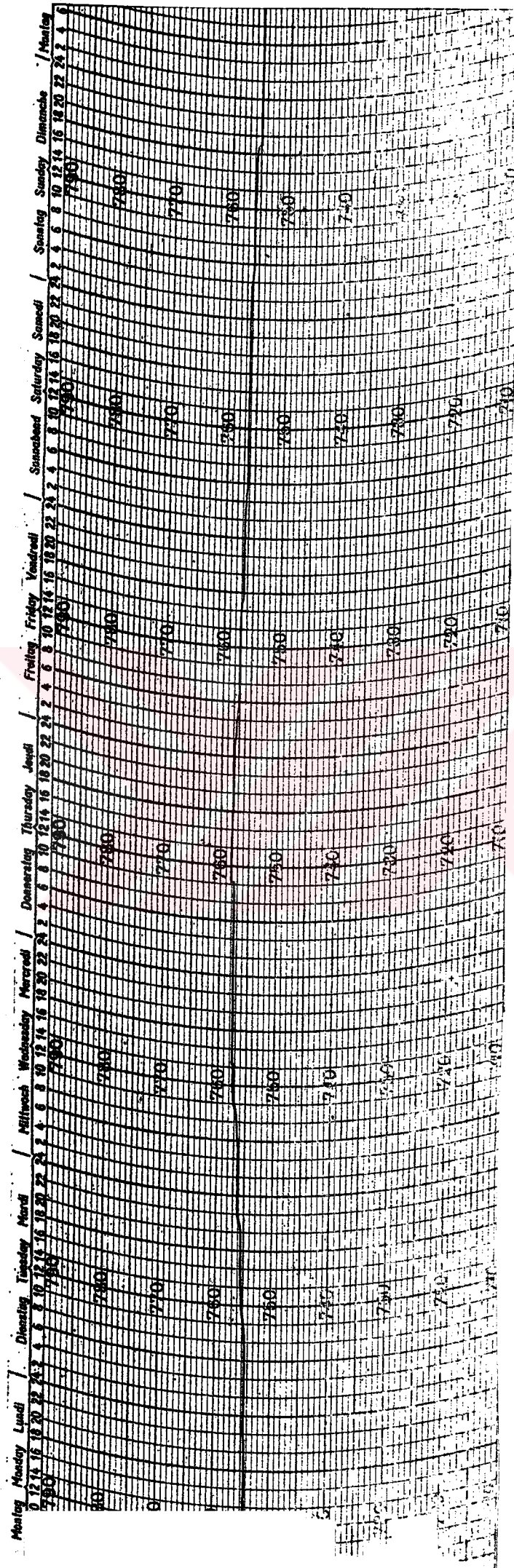
EK . E 1 Deneysel Çalışmada 5 . Hafta Barograf Kayıtları



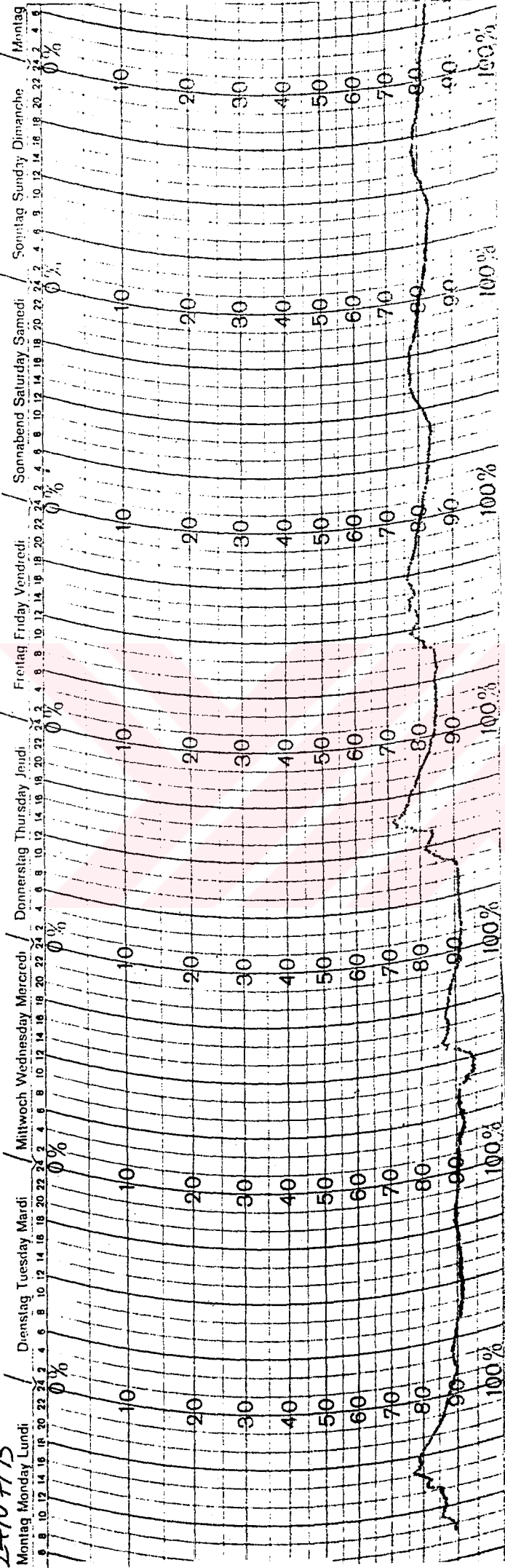


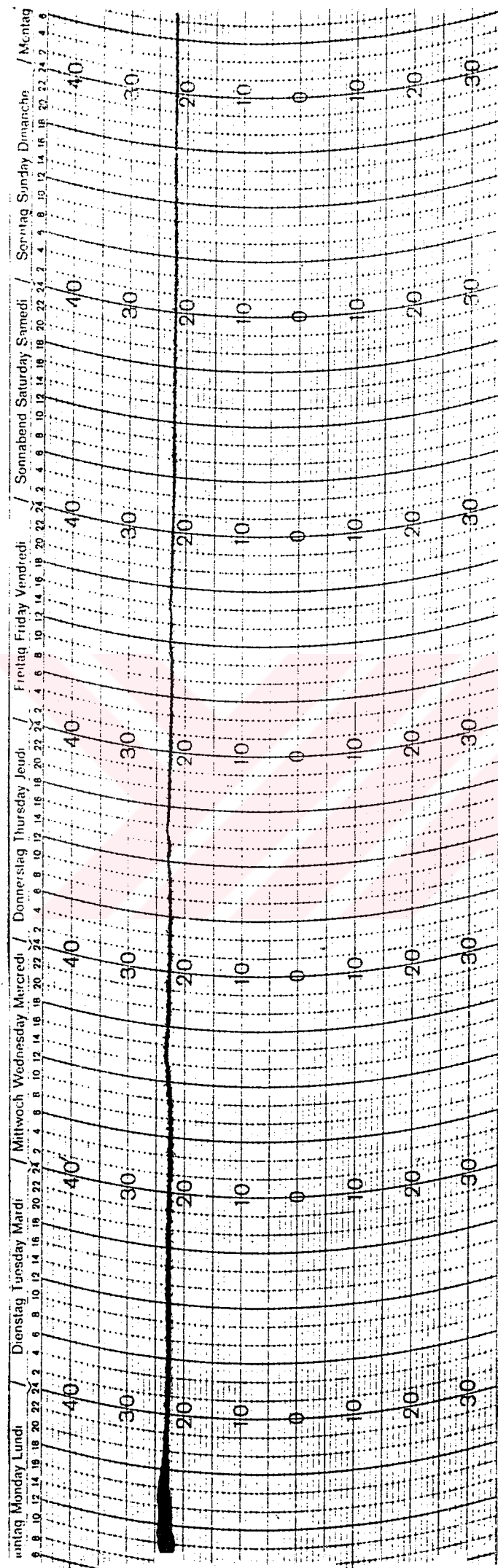


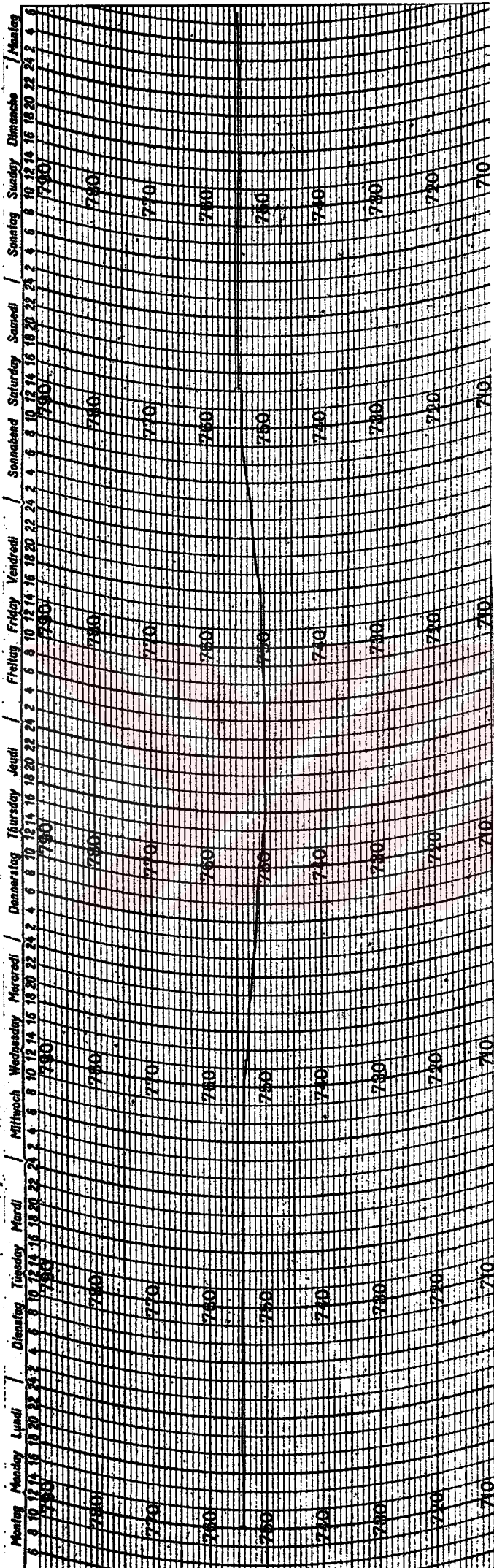


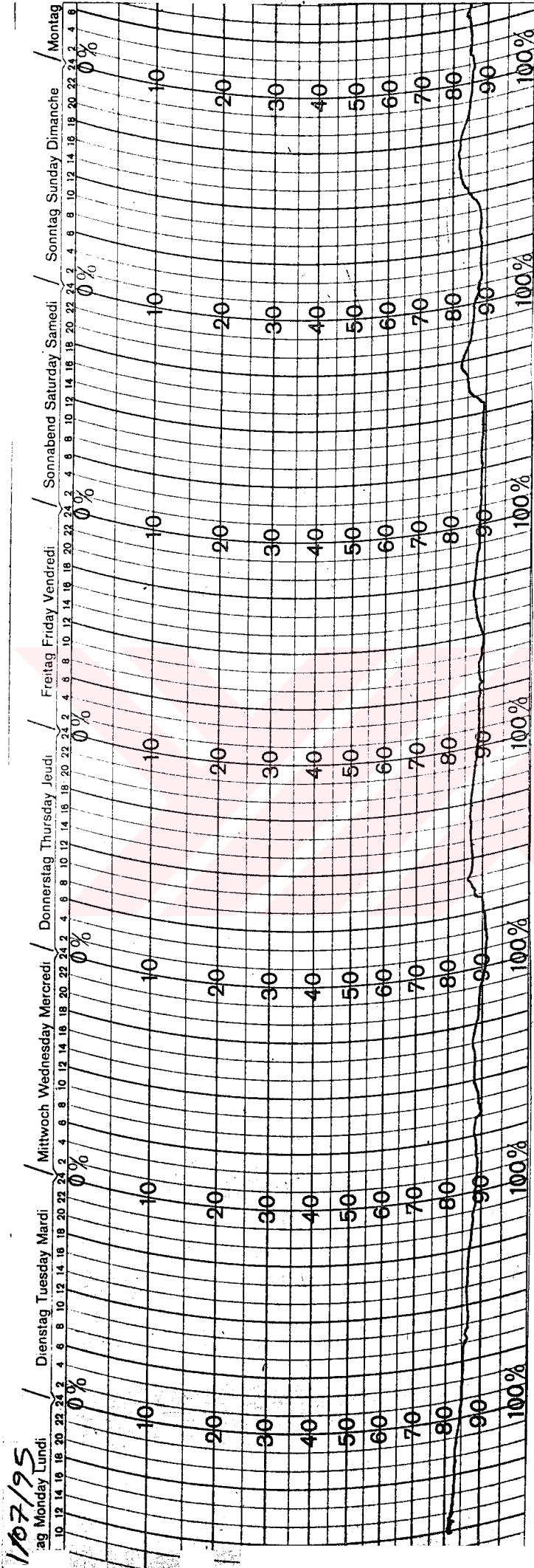


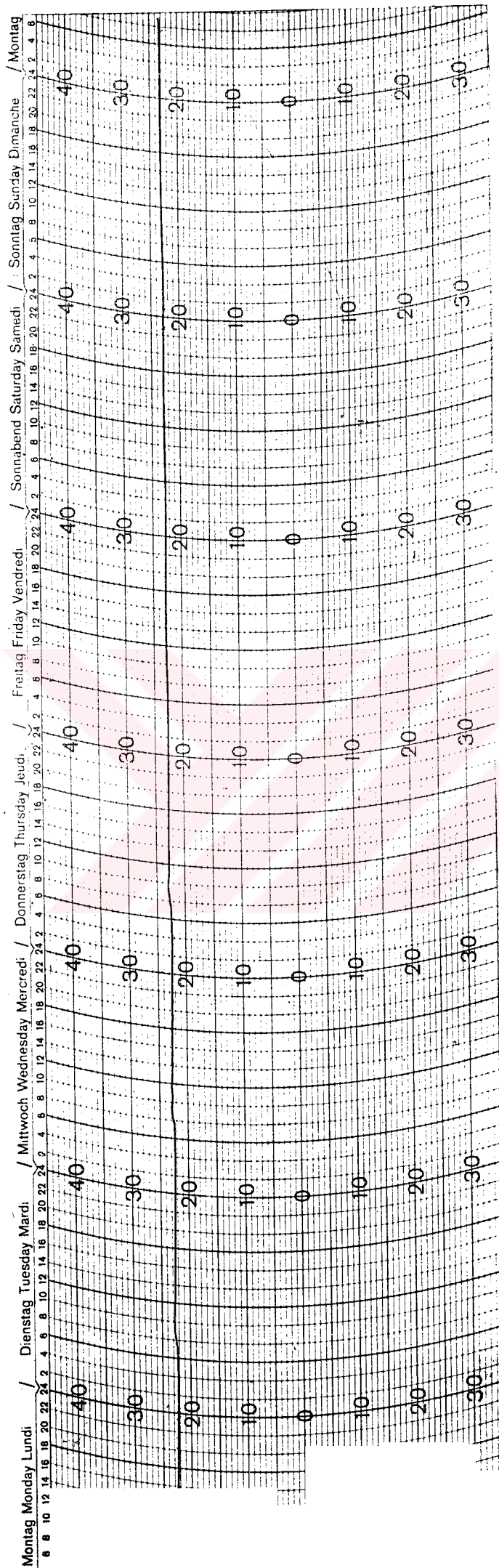
24/07/95











ÖZGEÇMİŞ

Funda Rabia Alhan ONURSAL, 12.01.1971'de Bursa'da doğdu. İlkokul öğrenimini ailesinin mesleği nedeniyle üç ayrı şehirde tamamlayarak Niğde 23 Nisan Havacılar İlkokulu'ndan pekiyi derece ile 1982'de mezun oldu. Ortaokul ve lise eğitimine Ankara Anadolu Lisesi Fransızca Bölümünde devam eden yazar, bu liseyi iyi derece ile 1989'da bitirdi. Aynı yıl İTÜ Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'ne girerek 1993'de mimarlık eğitimini başarıyla tamamlayıp mezun olan Onursal, 1993-1996 yılları arasında İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Ana Bilim Dalı Yapı Bilgisi Programında yüksek lisans eğitimi aldı.

İyi derecede Fransızca ve İngilizce bilen yazar, evli ve bir çocuk annesidir.