

GYPSUM AS A BUILDING MATERIAL

SUMMARY

Gypsum is a hydraulic binder obtained by the calcination process of Gyps (which has a chemical formation of CaSO_4) at approximately 200-250°C. It is commonly used in very fine form and when mixing with water, it turns into solid form by the hydration reactions.

There are two types of gypsum. But, commonly used form of gypsum is 'beta type' (known as ordinary gypsum). Beta type of gypsum is obtained by the calcination process in vertical or turning ovens. This type of gypsum is mostly used in construction and decoration works. From the mechanical aspect, it is less durable than cement, for this reason, it cannot be preferred to be used in load bearing systems. But, it can be used for internal plasters which are not exposed to water and humidity.

Since the ancient times, gypsum is known as a binder. It was invented before the lime and used for the production of mortars and plasters commonly in the countries with terrestrial climate. Since the Middle Age, it was used in mosques, madrasas, Turkish baths and tombs as a finishing or ornamental material.

The properties of hydrated gypsum change according to the amount of mixing water. The density of gypsum decreases as the ratio of water/gypsum increases. As the density decreases, the thermal conductance decreases and the sound absorption increases. The mechanical strength decreases logarithmically depending on the ratio of water/gypsum. In humid conditions, the mechanical strength decreases in a ratio of 1/3.

Bir Yapı Malzemesi Olarak ALÇI

EROL GÜRDAL*

1. Giriş ve Tanımlar

Alçı, ansiklopedide, alçı taşının nispeten düşük sıcaklıkta pişirilip öğütülmesiyle elde edilen gereç ve bu gerecin su ile karıldıktan sonra katılaşması sonucunda oluşan madde olarak tarif edilmektedir. Kolay elde edilmesi ve çabuk katılaşması ile, yapı malzemesi olarak kullanımının yanında; cerrahide hareketi önlemek için gazlı bezle birlikte, seramik endüstrisinde kalıp malzemesi olarak, güzel sanatlarda ise kalıp çıkarmakta ve heykel yapımında kullanılmaktadır. Alçı, tarihin ilk çağlarından beri bilinmektedir ve iklimi kuru veya çok kuru olan Asur, Kalde Fenike ve Mısır gibi ülkelerde inşaat işleri için kullanılmıştır. Bu ülkelerde alçı, kireçten evvel bilinen bir bağlayıcı malzeme idi. Romalılar da, az kullanmakla birlikte, alçıyı aynı derecede biliyorlardı; zira kireç ve puzzolanla daha yüksek dayanıma sahip bağlayıcıyı, bayın-



dırlık işlerinde ve anıtsal yapılarda kullanmışlardı. Alçının kullanımı, Ortaçağ'da Avrupa'da, daha çok süsleme amacıyla iç mekânlarda oldu. Ortadoğu ve orta Asya ülkelerinde, yapı işlerinde, özellikle camilerin kubbe ve tavanlarında süsleme aracı olarak kullanıldı. Bu süsleme sanatında, sıva üzerine çakılan çivilere tutturulmak

suretiyle, alçıdan alçak kabartma şeklinde bezemeler yapılır; bu tarz alçı süslemeler daha çok kırmızı kiremit rengi zemin üzerine beyaz olarak bırakılır, araları bazen çeşitli renklerle boyanır, bazen de çivi parçaları ile süslenirdi. Kabartmalar çok kalın olarak yapılmaz, mala ile yapıldığında *malakâri*; fırça ile yapılan süslemelere de *kalemkâri*

* Prof.Dr. EROL GÜRDAL, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü Yapı Bilgisi Ana Bilim Dalı, e-posta: gurdale@itu.edu.tr

denilirdi (Meydan Larousse, Cilt 1, s.286).

Alçının endüstriyel olarak gelişimi: XIX. yüzyıl başlarında, kimya biliminin gelişmeye başlaması ile ortaya çıktı. Bu yüzyılda Avrupa'da, özellikle Fransa'da, Almanya'da ve İngiltere'de alçının üretimi düzeltildi ve türleri çoğaltıldı. Bazı özel alçılar yüksek daya-

nım kazandılar. 1890 yılında Amerikalı Augustine Sackett ve Fred L. Kane, kâğıt ve ziftten yapı levhası üretimine ait patenti aldılar. Fakat zift, kâğıt tarafından emiliyor; siyah rengi kullanıcılar tarafından hoş karşılanmıyordu. F.L. Kane, kâğıdın cinsini değiştirip zift yerine de alçıyı kullanınca, iki yüzü kartonlu alçı levhalar, duvar ve ta-

van kaplaması olarak yapıya girmiş oldu. Buluş, 1917'de İngiltere'ye, daha sonra bütün Batı Avrupa'ya yayıldı ve geniş uygulama alanı buldu. Ülkemizde ise alçı plakanın üretilip yapıya girmesi, 1980'lerin sonlarında oldu. Günümüzde, alçıdan üretilmiş hafif yapısal elemanlar ve alçı plakalar, bütün dünyada yapılarda kullanılmaya başlandı.

2. Alçı Taşı ve Özellikleri

Yarım hidrat kalsiyum sülfat olarak tanımlanan alçı, doğada jips olarak adlandırılan iki molekül suya sahip kalsiyum sülfatın, 180-250°C civarında kızdırılması ile elde edilir. Bu reaksiyona, suyun çıkması veya uzaklaştırılması anlamına gelen *dehidrasyon* denir. Elde edilen ürün, 60 mikronluk elekten geçebilecek şekilde öğütülür ve ticari olarak alçı elde edilir. Alçı, su ile karıştırılınca kaybettiği suyu alarak, çift molekül sulu kalsiyum sülfata dönüşür. Bu reaksiyona da, bünyesine su alma anlamına gelen *hidratasyon* denilmektedir. Üretilen malzeme, alçı elemanı olarak da anılmaktadır. Doğadan elde edilen jips, boşluksuz ve sıkı bünyeli bir yapıya sahip olmakla birlikte; aynı bileşime sahip alçı elemanı, karma suyu miktarına bağlı olarak boşluklu bir yapıya sahiptir.

Jips, alçı taşının ana mineralidir ve çift sulu kalsiyum sülfatın doğal halidir. Saf olduğu zaman, bileşiminde %79,1 kalsiyum sülfat, %20,9 su bulunur. İşletilmekte olan alçı taşı yataklarından çıkan jipsin kimyasal yapısı, bu teorik değerlere az çok farklarla uyar. Jips, bünyesinde yalnız kirliliğe neden olan maddelerde değil, aynı zamanda su oranında da değişiklikler gösterebilir. ASTM standartlarında jipsin tarihi olarak, "*herhangi bir cismin jips olarak adlandırılması için bileşiminde en az %65,5 CaSO₄·2H₂O bulunmalıdır*" verilmiştir. Eski TS 370'te ise, bu değer %70 olarak belirtilmiştir. Yeni TS EN 13279-1'de jipsin özelliğinden bahsedilmemektedir.

Alçı taşı, yeterli derecede saf ol-

duğu zaman, renksiz, saydam veya süt beyazı rengindedir. İçinde yabancı maddelerin bulunması durumunda, bu maddelerin tür ve miktarına bağlı olarak; gri, sarı, kahverengi ve pembe renkli olabilir. İyi kristalleşmiş jips, levhamsı bir yapı gösterir ve ışığa karşı yarı geçirgen veya tam saydam olabilir. Bazı türleri, ince kristal agregalı olur ve ışığı yarı geçirir; bu türe *jips albatrı* adı verilir. Jips kelimesi, kökeni hakkında ileri sürülen bir iddiaya göre, eski Yunanca'da tebeşir anlamına gelen "gypsos"tan; diğer bir iddiaya göre ise siva ve harç anlamına gelen Arapça "cips"ten gelmektedir.

Alçı taşının oluşumu: Ana bileşeni CaSO₄ olan jips anhidrit, doğada ayrı ayrı bulunabileceği gibi, bazen iç içe, bazen değişik düzey ve kesimlerde, bazen de biri diğerinin yerini almış olarak bulunabilir. Jips, başlıca doğal oluşumdan ve ürün artığı olarak yapay oluşumdan olmak üzere, iki yoldan elde edilir.

Doğal oluşumun büyük bir kısmını lagüner tortullar meydana getirir. Doğada, tuzlu sulardaki çökelmelerden başka, kalsiyumlu mineraller üzerine sülfatların etkisi ile de jips oluşumları görülmektedir; ancak ekonomik değeri, lagüner çökelmeler kadar olamamaktadır.

Doğal koşullar altında, sığ denizlerde veya göllerde buharlaşan tuzlu suların çökelen mineraller arasında, jips ve anhidrit de bulunur. Bu çökeltme, bölgenin iklimine, ortamın sıcaklık derecesine ve tuzlu suyun bileşimine ve derişikliğine bağlıdır. Göl veya deniz suyunun kısmen

veya tamamen buharlaşması sonucu, çok miktarda tuz da çökler. Bundan dolayı, bu iki mineral genellikle bir arada bulunur. Bu konu üzerine yazılmış literatürde, tuzlu suların çökelen kalsiyum sülfatın, geniş alanlarda kalın yataklar yapmasından söz edildiği halde, olayın mekanizması hakkındaki açıklamalar hâlâ yetersizdir.

Jeolojik ve kimyasal araştırmaların sonucuna göre, deniz suyu 42°C'nin altında buharlaştığı zaman daima önce jips çökelmektedir, yani deniz suyunda bulunan toplam CaSO₄'ün yarısından biraz azı jips şeklinde; deniz suyunun hacmi buharlaşma sonunda ilk hacminin 1/5'ine yaklaştığı zaman da doğrudan doğruya anhidrit şeklinde çökelmektedir. 42°C'nin altında anhidritin çökmesi hakkındaki bu hipoteze bir ek gerekir: bu da, jips halinde önceden çökelmiş bulunan kalsiyum sülfatın bir kısmının, sonradan yüksek yoğunluklu tuzlu su nedeniyle, suyunu kaybederek anhidrite dönüşmesidir.

Birçok jips yatağı da, anhidritin su alması ile oluşmuştur. Daha önce açıklandığı gibi, bunlardan bazıları önce jips olarak çökelmiş ise de, sonra anhidrite dönüşmüş; daha sonra su alarak tekrar jipse dönüşmüş olabilir.

Deniz kökenli jips yataklarının önemli bir özelliği de, genellikle bir yatak boyunca, bilhassa fiziksel özelliklerinin ve kimyasal bileşiminin değişiklik göstermemesidir. Kilometrelerce uzanan bir alçı taşı yatağı, kimyasal bileşiminde çok az değişiklik-

ler gösterir ki, bu da alçı üretimi bakımından oldukça önemlidir.

Jipsin diğer kaynağı, sülfürik asit yardımı ile fosforik asit ve borik asit üretimi sırasında yan ürün olarak elde edilmesidir. Doğal jips kaynaklarının yeterli derecede bulunmadığı bazı Kuzey Avrupa ülkeleri, ara ürün olarak elde edilen yapay jipsi kullanarak alçı üretimini gerçekleştirmekte ve alçı plaka üre-

timinde kullanılmaktadırlar.

Türkiye’de alçı taşı yatakları: Anadolu’da, değişik jeolojik devirlerde oluşmuş, geniş alanlar kaplayan jips yatakları bulunmaktadır. Bunlardan çoğu Azot Endüstrisi için incelenmiş ve bir kısmı da alçı üretimi için işletmeye açılmıştır. Ülkemizdeki alçı taşı yatakları, Neojen dönemi yataklar içinde yer almaktadır. Açık işletmeye uygun bu yatak-

lar, madencilik yönünden ekonomik olmaktadır. Alçı taşı yataklarının başlıcaları olarak: Aksaray-Niğde alçı taşı yatakları, Ulukışla alçı taşı yatakları, Ankara-Bâlâ yatakları, Eskişehir-Sazılar alçı taşı yatağı, Çankırı alçı taşı yatakları, Çorum ve Sivas alçı taşı yatakları, Denizli-Kızılyer köy yatakları ve Güneydoğu Anadolu’da geniş bir alana yayılmış alçı yatakları sayılabilir.

3. Alçının Üretimi

Alçı taşı, kule veya döner fırınlar da, taşın iç bünyesinde sıcaklık 180-200°C civarında olacak ve yapısında bulunan iki molekül suyun 3/4’ü, ağırlıkça %20,92 suyun %6,2’si kalacak şekilde kızdırılır. Elde edilen ürün, beta yarım hidrat olarak tanımlanan ve öğütüldüğünde su ile karılarak döküme uygun olan “alçı”dır. Alçı taşı, otoklav içinde, yaklaşık 15-18 atmosfer buhar basın-

cı altında, 180°C sıcaklıkta işlem görürse alfa yarım hidrat denilen alçı türü elde edilir. Bu alçı, kimyasal yapı bakımından ‘beta alçısı’ ile aynı olmasına rağmen; kristal yapısının daha düzgün olması nedeniyle su ile daha iyi işleme olanağına sahiptir ve çok daha yüksek mekanik dayanım göstermektedir.

Üretimde alçı taşının farklı sıcaklıklarda ayrışması ile değişik

ürünler elde edilir; bu sıcaklık derecelerinin kesin olmamasında, başta alçı taşının doğası yani kristal yapısındaki değişiklikler, içindeki yabancı maddeler ve tortullaşma süresindeki ortam koşulları etkili olduğu gibi, kızdırma şekli ve süresi gibi üretim yöntemleri de etkili olur. Alçı taşı, değişik sıcaklık derecelerinde, Tablo 2’de gösterilen şekilde ayrışmaya uğrar ve farklı ürünler elde edilir.

Alçı taşı ve alçının ana bileşeni olan CaSO₄’ın bilinen sulu ve susuz bileşikleri şu şekilde sıralanır:

Tablo 1. Kalsiyum sülfat türlerinin doğada karşılaşılan türleri

Formül	Yaygın adı	Kimyaca önerilen adları
a. CaSO ₄ .2H ₂ O	Jips,Selenit	Çift sulu kalsiyum sülfat,kalsiyum sülfat dihidrat
b. CaSO ₄ .1/2H ₂ O	Bassanit, Yarı alçısı	Yarım sulu kalsiyum sülfat, kalsiyum sülfat yarım hidrat
c. CaSO ₄ III	Cözünür anhidrit Anhidrit III γ kalsiyum sülfat	α yarım hidrat, β yarım hidrat Hekzagonal kalsiyum sülfat
d. CaSO ₄ II	Cözünmez anhidrit Doğal anhidrit β kalsiyum sülfat	Ortorombik kalsiyum sülfat

Tablo 2. Alçı taşının ayrışma sıcaklığı ve elde edilen ürünler

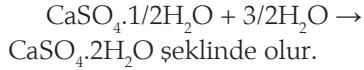
a, CaSO ₄ .2H ₂ O (120°C-160°C) → CaSO ₄ .1/2H ₂ O (α ve β yarım hidrat alçı)
b, CaSO ₄ .1/2H ₂ O (190°C-220°C) → CaSO ₄ .εH ₂ O veya CaSO ₄ III (Cözünür hekzagonal anhidrit)
c, CaSO ₄ .εH ₂ O (250°C-500°C) → CaSO ₄ II S (Anhidrit II, hızlandırıcı ile sıva alçısı)
c.1, CaSO ₄ .εH ₂ O (300°C) → CaSO ₄ II S (Az çözünür, priz yapmaz, hızlandırıcı ile priz yapar.)
c.2, CaSO ₄ II S (500°C) → CaSO ₄ II U (Suda çözünmez, priz yapmaz, anhidrit II)
c.3, CaSO ₄ II U (1000°C) → CaSO ₄ II
d, CaSO ₄ II (1200°C) → CaSO ₄ I (Anhidrit I)
e, CaSO ₄ I (1450°C) → CaO + SO ₃ (Ayrışma)

4. Alçının Katılaşması

Üretim aşamasında alçı taşının bünyesinden çıkartılan suyun tekrar verilerek alçının alçı taşı yapısına dönüştürülmesine, *katılaşma* veya *priz* denir. Alçı konusunda ilk bilimsel araştırmalar yapan Le Chatelier, alçının katılaşmasını, ardı ardına birbirini izleyen üç aşama ile açıklamaktadır:

1. Hidratasyon-
Kimyasal reaksiyon,
2. Kristalleşme - Fiziksel olay,
3. Katılaşma- Mekanik olay.

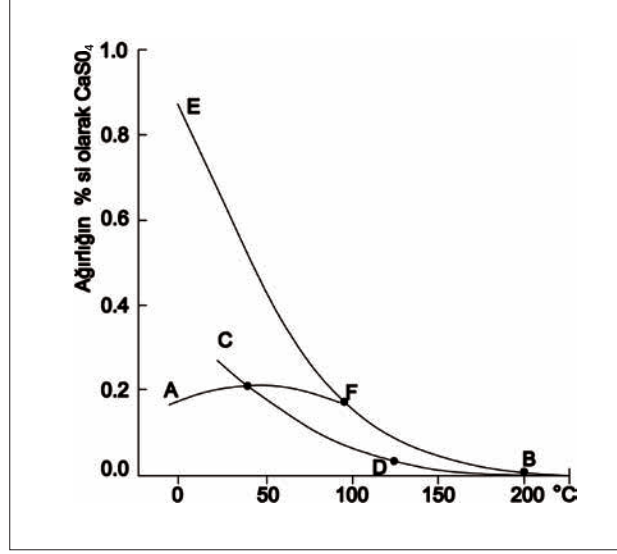
Hidratasyon olayı, alçının (yarım hidratın) suda çözünmesi ile başlar. Olayın kimyasal ifadesi:



Sulu tuzların, anhidritlerinden ve daha düşük oranda su içeren tuzlarından daha az çözünmesi; kimya biliminde geçerli genel bir kuraldır. Kalsiyum sülfat ve sulu bileşikleri de bu kurala uyarlar. Şekil 1' deki grafikte de görüldüğü gibi, yarım hidratların suda çözünme oranları, düşük sıcaklıkta, alçı taşından ve anhidritlerden daha fazladır. Sıcaklık yükseldikçe çözünme azalır ve bu da diğer bağlayıcılarda olmayan bir özellik gösterir; 90°C'den sonra, alçı priz yapmaz olur.

Suda çözünen yarım hidrat kalsiyum sülfat, suya Ca^{+2} ve SO_4^{-2} iyonları verir. Bu iyonlar, hidratlaşma eğiliminde olduklarından yarım hidratın ve çift hidratın çözünme derecesinin üzerinde bir çözelti yaparlar. Suyun taşıyamadığı $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ çöker ve olay, ortamda yarım hidrat bitinceye kadar devam eder. Çökelen maddeler, iğne şeklinde jips kristalleridir (Şekil 2). Kristaller büyüdükçe birbiri üzerine baskı yaparak sürtünürler ve sıcaklık derecesi yükselir.

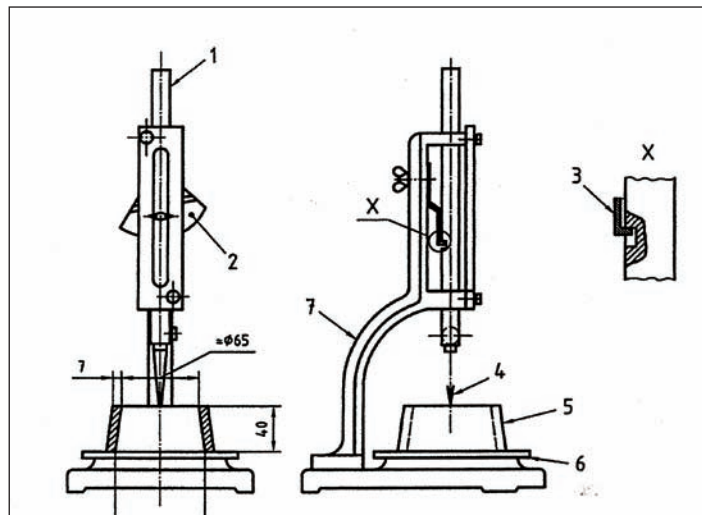
Alçının katılaşmaya başlama anı, kullanıcılar için önemlidir. Alçının su ile karşılaşması ve katılaşmaya başlaması arasında geçen süre, priz başlangıcı olarak adlandırılır. Bu süre, Vicat iğnesi yardımı ile ölçülür. Standart bir iğnenin, alçı hamurunun dibine değmediği an priz başlangıcı, hiç batmadığı an ise priz sonu kabul edilir.



Şekil 1. Kalsiyum sülfat hidratlarının suda çözünürlüğü, AB eğrisi $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; CD eğrisi ortorombik kalsiyum sülfat; EF eğrisi ise; $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ 'nun çözünürlük oranlarını göstermektedir (Kelley, Southard ve Anderson)



Şekil 2. Büyüyen jips kristalleri



Şekil 3. İğnesi ve serbest bırakma mekanizmasıyla birlikte tipik bir Vicat cihazı

mı ile ölçülür. Standart bir iğnenin, alçı hamurunun dibine değmediği an priz başlangıcı, hiç batmadığı an ise priz sonu kabul edilir.

Genellikle alçının işlenme süresi, akıcılığının azalmaya başladığı andır ve priz başlangıcından 1-2 dakika daha önce biter (Şekil 3).



Alçı bezemeli tavan örneği
(Kayserili Ahmet Paşa Konağı)



5. Katılaştırılmış Alçının Özellikleri

Katılaştırılmış alçının fiziksel özellikleri, su/alçı oranına bağlıdır. Alçı, normal koşullarda, %50 su/alçı oranından daha az su ile karıştırılmayacak kadar koyu olur. %100'den daha fazla su ile karıştırıldığı zaman da, priz yapmayacak kadar sulu olur. Alçının priz süresini uzatmak ve daha düşük su/alçı oranları ile işlenir duruma getirmek için, priz geciktiricileri katılarak %40 ve %50 gibi oranlarda çalışılabilir.

5.1. Su/alçı oranına göre birim hacim kütlelerinin değişimi

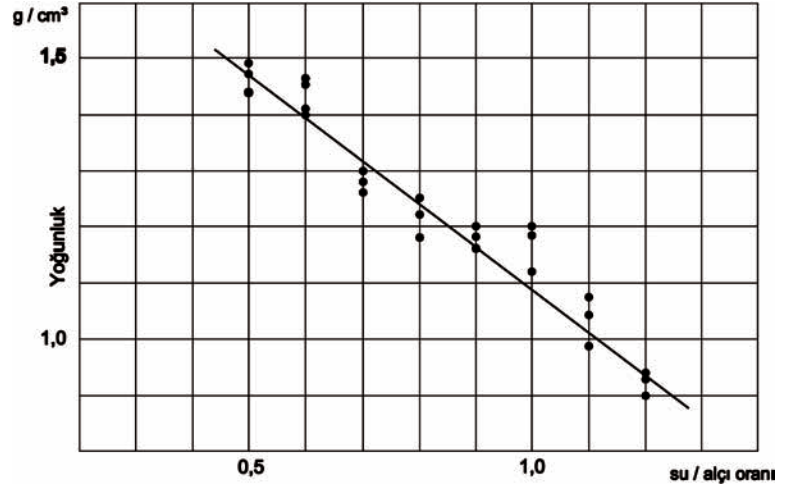
Su/alçı oranının artması, katılaştırılmış alçının bünyesinde boşlukların oluşmasına; bu da birim hacim kütlelerinde değişimlere neden olur. Su/alçı oranı küçüldükçe birim hacim kütlesi artmakta, oran büyüdükçe bu değer küçülmektedir (Şekil 4). Su/alçı oranı %50 olduğunda birim hacim kütlesi $1,45 \text{ g/cm}^3$ iken, oran %120 olduğunda bu değer $0,95 \text{ g/cm}^3$ 'e kadar düşmektedir.

5.2. Mekanik özellikler

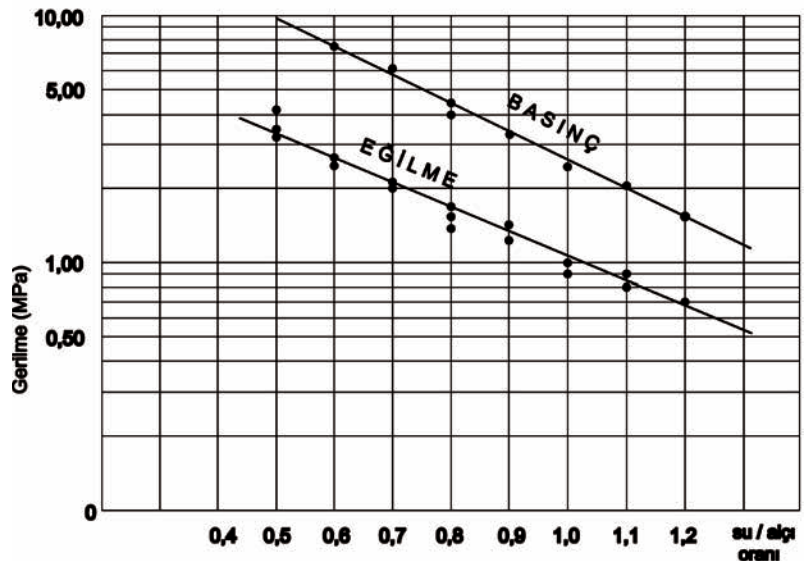
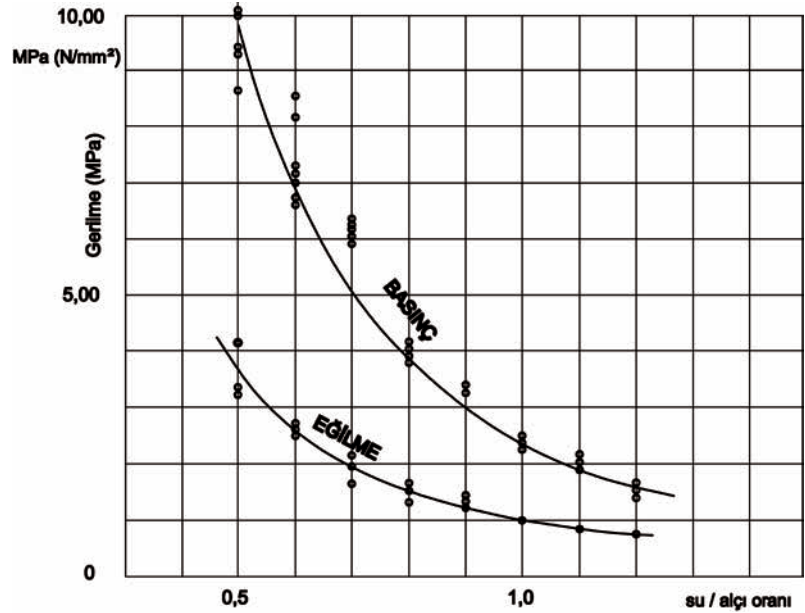
Yoğunluk değişmesi, örneklerdeki boşluk oranlarının değişiminden meydana geldiği için, mekanik dayanımlarında da değişimlere neden olmaktadır. Dolgusuz ve katkısız kartonpiyer alçısı ile yapılan deneylerde, su/alçı oranı %50 iken basınç dayanımı 10 MPa, %90 iken 3 MPa bulunmuştur. Bu deneylere ait grafik Şekil 5'te görülmektedir. Aynı grafik üzerinde, eğilme dayanımı da bulunmaktadır. Eğilme dayanımı $3,6 \text{ N/mm}^2$ mertebesinde $1,2 \text{ N/mm}^2$ 'ye kadar inmektedir. Alçının ölçülen bu değerleri, kuru örnekler üzerinden elde edilmiştir. Örnekler nemli olduğunda, mekanik değerler yaklaşık 1/3 oranında azalmaktadır. Bu nedenle, nemli ortamlarda alçının kullanımı tavsiye edilmemektedir.

5.3. Alçının ısı iletkenlik değeri

Alçı, boşluklu yapısı nedeniyle, diğer kargir malzemelere göre daha iyi ısı direnci sağlamaktadır. TS EN 13279-1'de verilen değerler Tablo 3'te görülmektedir:



Şekil 4. Su/alçı oranına bağlı olarak birim hacim ağırlığının değişimi



Şekil 5. Eğilme ve basınç dayanımlarının logaritmik değişiminin grafik üzerinde gösterilmesi

Tablo 3. Katılaşmış alçı sıva ve bağlayıcıların ısı iletkenlik değerleri (TS EN 13279-1)

Yoğunluk Kg/m ³	23°C'de ve %50 nemli ortamda ısı iletkenlik (W/mK)
600	0,18
700	0,22
800	0,26
900	0,30
1000	0,34
1100	0,39
1200	0,43
1300	0,47
1400	0,51
1500	0,56

6. Alçı Esaslı Malzemeler

6.1. Stük: Kuvvetli yapıştırıcı katılmış su ile veya jelatinli ya da kazeinli su ile karıştırılmış alçıdır; bu karışıma şap da eklenir. Kaliteli stük, alçıyı sıcak su ile karıştırarak ve kuvvetli yapıştırıcı olarak Arap zımmı ve şap kullanılarak hazırlanır. Renklendirilebilir ve yüzeyi parlatılabilir.

6.2. Staff: Kıtık ile techiz edilmiş alçıdır. Ülkemizde kartonpiyer olarak anılır. Bu alçı az kırılı-

cıdır ve kolayca çivilenir.

6.3. Alçı plakalar: İki yüzünde karton bulunan sandviç alçı plakadır. Ülkemizde alçıpan olarak bilinir. Sıva yerine duvar ve tavan kaplaması olarak uygulama alanı çok geniştir. Özellikle hafif çelik inşaatların vazgeçilmez malzemesidir. Ahşap iskelet yapılarda da duvar ve tavan kaplaması olarak kullanılabilir gibi, asma tavan yapımında da yardımcı olur.

REFERANSLAR

- 1- Blakey, F. A., 1961, "Cast Gypsum as a Structural Material", *Architectural Science Review*, V.4, No. 1, March, pp. 6-16.
- 2- Dubuission, A., 1950, "Etude sur les Plâtres", *Revue des Matériaux de Construction*, No.418: pp. 228-232; No.419: pp.259-265; No.420: pp.282-287; No.421: pp.313-316.
- 3- Eyraud, C., Murat, M., Barriac, P., 1967, "Evolution de Température et de la Pression", *Bulletin de la Société Chimique de France*, No. 12, France, p.4640.
- 4- Gürdal, E., 1976, *Kuzey ve Orta Anadolu Alçıları Üzerinde bir Araştırma*, Doktora Tezi, İTÜ Mim. Fak. Baskı Atölyesi, İstanbul.
- 5- Nolhier, M., 1986, *Construire en Plâtre*, Edition L'Harmattan, Paris.
- 6- Pinault, R., 1972, "Le Plâtre", *L'Industrie Céramique*, No.651, pp.341-349.
- 7- TS EN 13279-1, 2009, *Yapı ve Sıva Alçıları- Bölüm 1: Tarifler ve Gereklere*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.