

SERİ
SERIE B

CİLT
TOME XXIV

SAYI
FASCICULE II

1974

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ

REVUE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES FORESTIÈRES
DE L'UNIVERSITÉ D'ISTANBUL



ORMAN BİNA VE KÖPRÜ İNŞAATINDA BETON YAPIMI

Y a z a n :

Prof. Dr. Necati ÖZÇELİK

G i r i Ő

Ormanların bakımı, koruma ve işletilmesi maksadiyle yapılmakta olan binalar ve tesisler gün geçtikçe daha çok önem kazanmaktadır. Bilhassa yol ve köprülerle çeşitli binaların yapımı, orman işletmelerinin belli başlı görevleri arasına girmiştir. Bu nedenle orman mühendislerinin inşaat yönünden bu gibi bilgilerle takviyesi kaçınılmaz bir gerçek olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yapı ve tesis bakımından üzerinde durulması ve iyice tanınması lâzım gelen malzemelerin başından beton gelmektedir. Beton, ihtiva ettiği elemanların kalite, miktar, cins ve yapılışına göre değişik bir mukavemet gösteren az çok homojen bünyeli bir yapı malzemesidir. Bu özelliklerinden dolayı üzerinde çok araştırma yapılmış ve kesin kaidelere varılmıştır. Bunların bilinmesinde ormancılık bakımından faydalar mülâhaza edilmektedir. Nitekim, 28 Mart 1970 tarihinde Gediz, Emet ve yörelerinde meydana gelen şiddetli depremde, orman işletmeleri tarafından ematen yaptırılan binaların en az zarar görenler arasında bulunduğu müşahede edilmiş ve bu olay, orman mühendislerinin yapı alanında da güvenilir bir ilgiye sahip oldukları fikrini ortaya koymuştur.

Beton için gerekli bilgi, biri *Bileşimi* ve ötekisi *Yapımı* olmak üzere 2 ayrı bölüm altında verilmiştir.

B ö l ü m I

BETON BİLEŞİMİ

Beton, bağlayıcı madde çimentonun, su ile yoğurulmasından oluşan çimento hamuru ile, agregat denen kum, çakılın birleşmesinden meydana gelen bir yapı malzemesidir. Betonun kalitesi, diğer bir ifade ile betonun

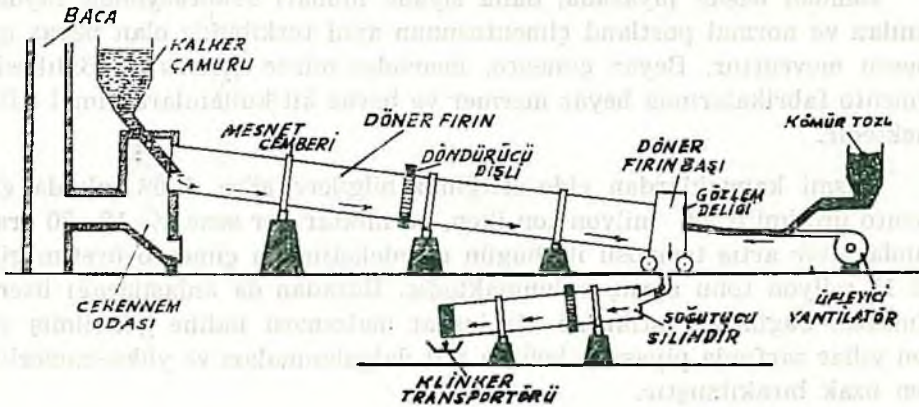
basınç mukavemeti, herşeyden önce çimento hamurunun evsafı ile agregat dağılışıma bağlıdır. Çimento hamuru, çimento konsantrasyonu ile ilgili bulunduğuna göre çimentonun kalitesi en önemli faktörü teşkil eder. Bunun yanında suyun hacmi ve hava boşlukları miktarı da betonun basınç mukavemetini etkileyen faktörlerdir. Beton hakkındaki bilgiyi, betonu teşkil eden elemanları sırasıyla anlatarak vermek gerekir.

I — Çimento

Betonun esas maddesini teşkil eden çimento, hidrolik bir bağlayıcıdır. Bugün yurdumuz inşaatlarında kullanılan portland çimentosu 5 Mart 1937 gün ve 2/5826 sayılı kararnameye göre imal edilmektedir.

Hammadde olan kalker taşları, ocaklardan çıkarıldıktan sonra fabrikaya getirilerek çeneli ve çekiçli konkasörlerde 2 cm cesametine kadar kırılır. Lüzumu halinde % 3 nisbetinde kil maddesi ilâve edilir ve hammadde silolarında toplanır. Buradan % 35 - 45 oranındaki su ile beraber çamur değirmenlerine sevk edilerek bulamaç haline getirilir. Cm² de 900 delik bulunan elekte % 5; 4900 delik bulunan elekten % 8 bir kalıntı bırakacak şekilde öğütülür. Bundan sonra hammadde, pompa yardımıyla çamur silolarında toplanır. Çamur silolarından çamur havuzlarına akıtılır ve homojen bir karışım elde etmek maksadıyla bir müddet bekletilir.

Çamur havuzundan çamur besleyicilerine aktarılan ve yarı mamul hale gelen madde, gene pompalar yardımıyla 3 m çapında ve 82 m uzunluğundaki silindir biçiminde bulunan meyilli fırınlara sevk edilir (Resim: 1). Uzun bir silindir şeklinde ve yavaş dönen fırınların iç kısmı



Resim : 1 Kalker Çamurunun piştiği, 3 m çapında ve 82 m. uzunluğunda, silindir biçimindeki, meyilli döner fırının şematik görünüşü.

diğer ucundan kuvvetli püskürtülen yanıcı maddeler yardımıyla yüksek hararet derecelerinde ısıtılır. Meyilli taraftan ve besleyici silolardan döner fırın içine giren çamur, yavaş yavaş aşağıya doğru kaymaya başlar. Aşağı indikçe, fırının hararet derecesi yükselir. Orta kısımlarda 700 - 900 dereceyi bulan sıcaklıkla, kalker çamur maddesindeki CO_2 çıkmaya ve bünye parçalanmaya başlar. Aşağı taraflara yaklaştıkça hararet daha da artar ve 1200 - 1500 dereceyi bulan kısımlarda erimeye yakın bir yumuşaklıkla, kimyasal birleşmeler meydana gelir. Fındık tanesi büyüklüğünde ve esmer renkli olan bu pişmiş kristalize imalâta *klinker* adı verilir. Klinkerler, Trikalsium Silikat ($3 CaO . SiO_2$), Trikalsium alüminat ($3 CaO . Al_2O_3$), Dikalsium Silikat ($2 CaO . SiO_3$) ve Brownmillerit ($4 CaO . Al_2O_3 . Fe_2O_3$) den oluşmaktadır. Folaxlarda ani soğutulan ve dinlenme stoklarına alınan klinkerler, daha sonra priz müddetini azaltmak için terkbine % 3 alçı ilâvesiyle özel değirmenlerde gayet ince öğütülerek çimento haline getirilir. Fabrikada otomatik olarak 50 kg lık kâğıt paket torbalara yerleştirilerek piyasaya arz edilir.

Çimento su ile karıştırılıp hamur haline getirildikten bir müddet sonra, şimik bir reaksiyon sonucu havada veya su içinde yavaş yavaş birleşerek (priz yapmak) taş haline gelir. Bu sertleşmenin normal şartlar altında 1 - 12 saat arasında cereyan etmesi arzu edilir.

Portland çimentosuna % 10 - 20 nisbetleri arasında tabii puzzolan ilâve edilmek suretiyle *trash çimento* imâl edilir. Memleketimizde de Sivas Çimento Fabrikası tarafından bu nevi çimento yapılmakta, fakat henüz bir normu bulunmamaktadır.

Bundan başka piyasada, daha ziyade mimari dekorasyonda faydalanılan ve normal portland çimentosunun aynı terkbinde olan beyaz çimento mevcuttur. Beyaz çimento, memleketimizde Tarsus ve Balıkesir çimento fabrikalarında beyaz mermer ve beyaz kil kullanılarak imal edilmektedir.

Resmi kaynaklardan elde ettiğimiz bilgilere göre, 1968 yılında çimento üretimi 5,300 milyon ton iken, bu miktar her sene % 18 - 20 oranındaki bir artış temposu ile bugün memleketimizin çimento üretim gücü 15 milyon tonu aşmış bulunmaktadır. Buradan da anlaşılacağı üzere çimento, bugün en istikrarlı bir inşaat malzemesi haline getirilmiş ve son yıllar zarfında piyasada beliren fiat dalgalanmaları ve yükselmelerinden uzak bırakılmıştır.

Betonun bağlayıcı maddesini teşkil eden çimento, karışıma değişik oranlarda katılır. Bununla beraber iskelet maddesi iri malzemedden oluş-

tuğu karışımlarda % 7; ufak malzemedan oluğu karışımlarda ise % 10 oranlarında bulunması gerekmektedir.

Karışıma, çimento miktarını göz kararıyla ilâve etmek oldukça zordur. Kâfi miktarda çimento ihtiva etmeyen henüz priz yapmamış beton karışımlar, boşluklu, pürüzlü bir görünüş arzeder. Mala, karışım üzerinde hafifçe gezdirildiğinde, beton üzerinde bir ıslaklık belirmez. Yeteri kadar çimento ihtiva eden karışımlar, agregat denen iskelet maddeleri arasını iyice doldurur, bu nedenle boşluklar ve pürüzler meydana gelmez. Üzerinde hafifçe mala gezdirildiği zaman kaygan bir çimento hamuru tabakasının mevcut olduğu görülür. Betonun, çimento ile en uygun ekonomik karışım hali budur (Resim: 2). Bundan sonra çimento miktarının arttırılması, karışıma önemli bir etki yapmadığı gibi, beton hamuruna plâstik bir kıvam sağlamasından başkaca bir faydası olmaz.



Resim: 2 Çimento ile agregat'ın en uygun ve ekonomik bileşim kıvamının mala yardımıyla kontrolü.

Bilindiği gibi 1 m³ agregat için kullanılan çimento ağırlığına *dozaj* denir ve betonun mukavemetini belirtir. Türkiye'de imal edilen çimentoların 300 dozajlı karışımları, fibre edilmek suretiyle bina ve köprü inşaatlarında gerekli mukavemetleri verecek kapasitededir.

Çimento, hava etkilerinden müteessir olur, bozulur ve gerekli mukavemetleri veremez. Bu nedenle çimentonun rutubetli yerlerde depolanmaması, doğrudan doğruya toprak zemin üzerine konmaması, mahfuz yerlerde muhafaza edilmesi gerekir.

II — Agregat

Kum, ince ve iri çakıl veya kırmataş gibi betonun iskelet madde-sini teşkil eden malzemeye *agregat* adı verilir (Resim: 3). Halbuki *agregat*'ın esas kelime manası, aralarında birleşerek meydana gelen bir cismi ifade etmektedir. Yoksa kütleliyi teşkil eden elemanları değil. Bu sebepten Fransız ilim adamları arasında «*agregat*» ın kelime manası üzerinde tam bir anlaşmaya varılamamakla beraber, Fransız Normalizasyon Birliği tarafından teknik bir terim olarak kullanılmasında bir mahzur olmadığı açıklanmaktadır. Beton imalinde kullanılan *agregat*'ın, şu özellikleri kapsamalıdır :



Resim : 3 Değişik çaplardaki eleklerden geçirilen agregat çeşitleri.

1) Fiziksel özellikler : Porozitesi az olmalıdır. Porozite, *agregat* aralarında bulunan, hava ve beton hamuru ile dolan boşluklardır. Bu boşluklar ne kadar küçük ve sayıları ne kadar çok olursa, harç veya betonun porozitesi o kadar fazla ve hariçten sıvının, kapilarite yolu ile nüfuz etmesi o nisbette kolay olur. Malzemenin içine sızan zararlı maddeler, ayrışmaya sebebiyet vereceğinden betonun mukavemetini azaltır. Yağmur suları boşlukları doldurur. Don tesiriyle meydana gelen bu boşluktaki suların hacim artışı malzemenin parçalanmasını kolaylaştırır.

Poroziteyi tayin etmek için nümuneden 4 kg alınır. Ağırlığı 40 gr. dan daha az olan taneler çıkarılır. *Agregat*'lar 110°C de, ağırlığı sabit oluncaya kadar ısıtılır. İki saat kadar kaynatılan suda bir müddet tutulduktan sonra soğumaya terkedilir. İyice kuruduktan sonra tartılır. Tesbit edilen ağırlık P' ile, kurutulan numunenin ağırlığı P bulunduğu takdirde porozite :

$$P_0 = \frac{P' - P}{P} \cdot 100$$

formülü ile hesap edilir.

2) Kimyasal özellikler: Agregat'ın pek az miktarda organik madde ihtiva etmesi gerekir. Bu maksat için hazırlanan özel eriyikler ile basit deneyler yapılır. Meydana gelen renk değişikliği, agregat'ın beton imaline ne derece elverişli olduğunu belirtir. Renksiz veya soluk sarı görüntü, agregat'te organik maddenin pek az mevcut olduğunu gösterir. Eriyiği, koyu sarı ve kahverengi renkle diren agregat'lar ise önemli inşaatlarda kullanılmaz. Eriyiği iyice koyulaştıran ve siyaha yaklaşan agregat'lar, hiçbir işte faydalı olmayacak kadar organik madde ihtiva ettiklerini gösterir.

Kömür parçaları ve bunlardan meydana gelen kül ve cüruflarda agregat'a fena etki yapan zararlı maddelerdendir.

Kil parçaları da agregat'ın aderans hassasını azaltacağı cihetle, malzemeye karıştırılmamasına dikkat etmek icap eder. Kil v.s. ince maddeler, % 3 den daha fazla bulunmamalıdır.

3) Mekanik özellikler: Agregat'ın basınca mukavemeti, en önemli özelliğidir. Dış etkenlerle kolay parçalanmaması gerekir ve bilhassa çimento ile meydana gelecek aderansın kuvvetli olması istenir.

Agregat'lar çaplarına göre kum ve çakıl olmak üzere aşağıdaki tasnife tabi tutularak başlıca iki kısma ayrılır.

İnce kum tane çapı	0 - 1 mm	}	beton kumu
Kaba kum tane çapı	1 - 7 mm		
İnce çakıl tane çapı	7 - 30 mm	}	beton çakılı
Kaba çakıl tane çapı	30 - 70 mm		

Bina ve köprü inşaatlarında 30 mm çapından daha büyük cesametteki agregat kullanılmamaktadır.

Şimdi bu iki malzeme hakkında kısa bir bilgi verelim.

1 — Kum

7 mm den daha küçük çaptaki agregat'a kum adı verilir. Doğal kum derelerden, göl, deniz kenarlarından ve kum ocaklarından elde edilir. Bu nedenle menşeleri itibarıyla pek çeşitlidir. Silisli, granitli, feldispatlı, greli, porfirli ve kalkerli olurlar. Sun'i olarak, taşların ve yüksek fırın letiyesinin kırılıp ufalanmasından meydana getirilir.

Çok ince ve toz haline getirilen kumlar, agregat olarak kullanılamaz. Kum, her şeyden önce sert, dişli ve her türlü organik maddelerden âri bulunması gerekir.

2 — Çakıl

7 mm den daha büyük çaptaki agregat çakıl olarak isimlendirilir. Doğada serbest olarak dere, deniz ve göl kenarlarında ve kum ocaklarında bulunur. Fakat yeteri kadar mevcut olmadığı hallerde, elverişli taşların kırılmasıyla mıcır biçiminde temin olunur. Bunlar çimento ile daha iyi aderans meydana getirdiğinden ve daha fazla bir mukavemet sağladıklarında, inşaatlarda tercih edilerek kullanılan bir malzemedir. Çakıl veya mıcırların da sert olmaları, dış etkenlerden çabuk müteessir bulunmamaları, organik maddelerle karıştırılmamaları icap eder. Çakıla karışık çamur, kil ve çok ince maddeler, tecviz olunabilen miktarı geçmemelidir.

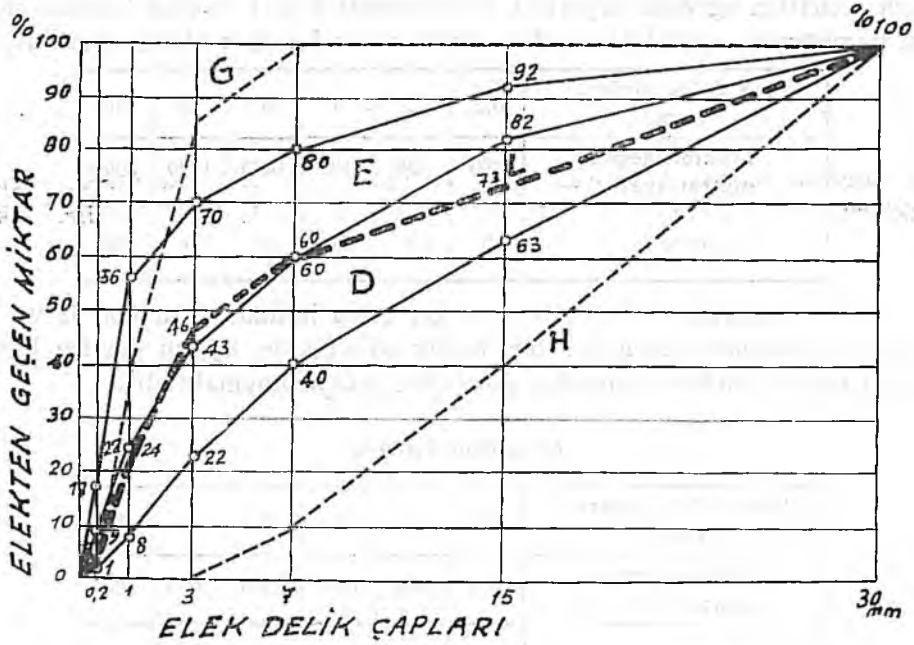
Araştırmalara nazaran, kırma malzemedan meydana getirilen agregatlar, aşınma ve çekme tesirlerine karşı, yuvarlak olanlardan daha etkili bulunmaktadır. Bu nedenle keskin köşeler arasına ince taneler, gayet kolaylıkla yerleşmekte ve beton kütesine daha iyi yapışma olanakları sağlamaktadır. Bu itibarla yuvarlak agregalar küre'ye, kırma agregatlar ise küp biçimine yakın şekillerde bulunmaları halinde yararlıdır. Pul ve iğne biçimli elemanlar, kusurlu iskelet maddeleridir.

III — Beton Granülometrisi

Kum ve çakıl cesametindeki tanelerin bir araya gelmesinden oluşan bileşime *granülometri* adı verilir. Uygun bileşim, eleklerle yapılan deneyler sonunda tesbit olunur. Elde edilen sonuçlar, granülometrik bir grafik çizim ile belirtilir. Bu grafiğin yatay ekseni (X), normal veya logaritmik ölçeğe göre tanelerin mm cinsinden boyutunun (elek aralığı : 0 - 0,2 - 1 - 3 - 7 - 15 - 30 mm); düşey ekseni ise (Y), elekten geçen muayyen büyüklükteki tanelerin, gerçek hacim veya ağırlık cinsinden yüzde oranlarını ifade eder. Grafik değerler, sol tarafta ince taneleri ve sağ tarafa uzandıkça iri taneleri kapsamına alır (Resim: 4).

Beton kompositesinin, granülometrik bileşim ile yakın ilgisi bulunduğu ilk defa Féret tarafından yapılan deneylerle saptanmıştır. Kumlar üzerinde yapılmış olan bir deneyle de granülometrik bileşim değıştikçe kompositenin, yüksek değerler arasında kaldığı müşahede edilmiştir. Daha sonra bunu agregatlar üzerinde yapılan deneyler takip etmiştir. Bunların sonucu mümkün olduğu kadar az başluklu ve küçük yüzeyleri birleştiren karışım İdeal granülometri olarak kabul edilmiştir.

Belirlenen bu kum - çakıl granülometrisi grafiğindeki muayyen elek eğrileri arasında bulunan değerler, mukavemet bakımından bir fark gös-



Resim : 4 İdeal granülometri eğrisi üzerinde, bozuk (H, E) ve uygun (D) vasıflı agregatların seyri.

termediğinden iğri yerine alan değerlerini almakla bir ayrıcalık görülmemektedir. Bu nedenle alt çizgiler arası D, «çok iyi» ve bunun üzerindeki E, «kullanılabilir» bir bölgeyi belirtmektedir. Alınan numunelerin granülometrik eğrisi, ne kadar yukarı kayarsa, karışımdaki kum miktarı o kadar fazla ve mukavemet o oranda düşük olur. İğri, alçaldığı ve D sınır çizgisine yaklaştığı hallerde, agregat cesamet itibarıyla irileşmekte ve mukavemetin artmasına mukabil betonun işlenmesini zorlaştırmaktadır. Bu haliyle karışıma ilâve edilen su miktarını arttırmak gerekir. Bu ise yine mukavemetin azalmasına sebep olur. Görülüyorki, 0 - 7 mm lik ince tanelerin etkisi, iri tanelerinkinden daha önemli olmaktadır.

Agregat karışımının, ideal granülometreye nazaran ne derece uygun bulunup bulunmadığını tesbit etmek maksadıyla elek denemeleri yapmak ve bulunan değerleri, grafik üzerinde göstermek zorunludur.

Elek denemesi yapılacak karışımın iskelet maddesi kategorileri, pratikte 2 kg. olarak alınır. Bunlardan her biri, belirli çaplardaki eleklerden geçirildikten sonra hangi oranlarda bulunduğu saptanır ve kolayca anlaşılabilmesi için sonuç bir tablo halinde belirtilir. Örneğin, aşağıdaki tab-

loda belirtilen agregat değerleri, granülometrik iğri üzerine taşındığında bu numunenin, «çok iyi» vasıfta seyreden bir karışım olduğu görülür.

Elek delik çapları (mm)	0,2	1	3	7	15	30
Elekten geçen miktar (gr)	100	400	800	1000	1600	2000
% oranı	5	20	40	50	80	100

Buna mukabil, alt tarafta ayrı iki tablo halinde belirtilen G ve H karışım numunelerinden her biri tetkik edildiğinde, uygun vasıfta birer beton iskelet maddesi olmadığı gerçeğini ortaya koymaktadır.

G karışım Tablosu

Elek delik çapları (mm)	0,5	1	3	7	15	30
Elekten geçen miktar (gr)	100	800	1700	2000	2000	2000
% oranı	5	40	85	100	100	100

H karışım Tablosu

Elek delik çapları (mm)	0,2	1	3	7	15	30
Elekten geçen miktar (gr)	0	0	0	200	800	2000
% oranı	0	0	0	10	40	100

Uygun vasıfta olmayan G ve H karışımları üzerinde araştırmalar yapmak, ve hangi oranlarda alındıktan sonra «kullanılabilir» bir hale getireceğini tesbit etmek gerekir.

Burada en önemli husus, karışımlardan alınarak yapılacak harman oranlarının tayin ve tesbitidir. Örneğin araştırma mahiyetinde olmak üzere (G) karışımından 1,2 oranında ve (H) karışımından 1 oranında numuneler alınmış, değişen yüzdeler yeniden hesaplanmıştır. Elde edilen yeni karışımın değerleri, grafikte yerine konulmuş ve aşağıda olduğu gibi «çok iyi» vasıflı bir malzemenin (L) meydana çıktığı görülmüştür.

L karışım tablosu

Elek delik çapları (mm)	0,2	1	3	7	15	30
1,2. G karışımı ile	6	48	102	120	120	120
1,0, H	0	0	0	10	40	100
$\frac{1,2 G + 1,0 H}{1,2 + 1,0} \%$	3	22	46	60	73	100

IV — Yoğurma Suyu

Beton imalinde kullanılan su, karışımın yoğurulmasını sağlar. Suyun, herşeyden önce kireç ve çimentoya önemli bir etkisi olmayan ve zamanla ayrışmaya neden olan eriyikleri kapsamaması gerekir. Diğer bir ifade ile beton yoğurulmasında kullanılan suyun, temiz olması; asit, alkali ve organik maddeler gibi zararlı unsurlardan âri bulunması gerekir.

Yoğurma suyun, beton içinde başlıca 3 fonksiyonu görülmektedir.

1) Bunlardan birincisi ve en önemlisi suyun, beton içinde şimik bir reaksiyon meydana getirerek Hydratasyon olayını oluşturmasıdır. Böylece su ile temasa geçen çimento hamuru, hararet vermeye başlar ve priz denilen sertleşmeyi geliştirir. Çimentoda sertleşmeyi, kimyasal oluşumu trikalsiyum silikat olan *alit* elemanı meydana getirir. Sertleşme sırasında billûr suyunu havi monokalsiyum silikat ile kalsiyum hidrokside dönüşür. Trikalsiyum alüminat'tan ibaret *selit* ile beraber kolloit ve kısmen de kristaloit hydratasyona yardımcı olur.

2) Suyun ikinci rolü, çimento yardımıyla agregat maddeleri arasındaki aderans denen kaynaşmayı sağlamaktır. Böylece moleküler etkilerle agregat sağlam biçimde birbirine sıkıca bağlanır ve betona basınç mukavemeti kazandırır.

3) Suyun üçüncü rolü ise, betona kayganlık veya akıcılık vermesidir. Bu sayede beton, kolaylıkla kalıp içine yayılarak yerleşir ve istenilen biçime sokulmasına yardımcı olur.

Yoğurma suyu miktarı, çok önemlidir. Zira muayyen bir orantıdan sonra su, beton mukavemetini ters yönde etkileyerek azaltır.

Betona katılacak su miktarı, işlenme biçimine, agregat maddelerinin olugumuna (çakıl veya mıcır), kapsadıkları rutubet derecesine, çimento miktarına (dozaj) ve nihayet mevsim şartlarına göre değişir. Bununla beraber betonun yoğurma suyu miktarının, beher torba normal portland çimentosu için 22,5 kilogramı aşmaması gerekir. Yapı İşleri Fıat Analizlerinde; inşaatlarda en çok faydalanılan plâstik kıvamdaki beton için normal su miktarı, aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

Beton dozajı	Gerekli su miktarı
200 dozlu beton	110 litre/m ³
250 » »	115 » »
300 » »	120 »
350 » »	125 »
400 » »	130 »

B ö l ü m II

BETON YAPIMI

Yukarıda bütün özelliklerini açıkladığımız çimento ve agregat'ın su ilâve edilerek iyice karılması ile beton denilen yapı malzemesi meydana gelir. Karışıma çimento *veznen* (ağırlık) Agregat (kum - çakıl) ise *hacmen*, su ise litre olarak katılır.

I — Beton Karılması

Agregat ne kadar mükemmel seçilirse seçilsin, betona gerekli mekanik mukavemet verebilmek ve zamanla alacağı gücü kazandırabilmek için bağlayıcı madde çimentonun ilâvesiyle karışımı, homojen bir biçimde karlamak icap eder. Bu karıştırma işlemi ya kürek yardımıyla ya da *betoniyer* denen özel aletlerle yapılır.

İki amelenin karşılıklı geçerek kuru agregat ve çimentoyu kürekle karıştırması en basit bir karma biçimidir. Kuru karışım, karşılıklı duran süzgeçli kova veya hortumla su ilâve edilerek aynı işlem üç kez daha tekrarlanır. Böylece homojen olarak karıştırılmış bir beton hamuru elde olunur.

Fazla miktarda betona ihtiyaç duyulduğu inşaatlarda, bu basit usul ile karıştırma yapmak ekseriya ekonomik olmaz. Bu nedenle karıştırma

için betoniyer adı verilen özel aletler kullanılır. Bunların bir kısmı sabit ve bir kısmı hareketlidir. Hangi biçimde olursa olsun, bir betoniyerde karıştırma işlemine katkıda bulunan belli başlı 3 parça görülür (Resim: 5).



Resim : 5 Betonun karıştırılmasını sağlayan betoniyerler.

Bunlardan birincisi *kepçe*'dir. Belli oranlarda alınan kuru karışım (agregat ve çimento), zemin hizasında tutulan kepçe içine dökülür. Mekanik bir tertibatla yukarı kaldırılan bu dolu kepçe, aletin ikinci parçası bulunan *tambura* içine boşaltılır. Tambura, betoniyerin kapasitesine göre değişik hacimde olan ve içindeki paletlerle yoğurmayı sağlayan dönen veya duran metal bir kazandır. Üçüncü parça, *su ayar tertibatı* ile gerekli ve belirli su miktarı tambura için akıtılır. Yapılan denemelere göre betoniyer ile karıştırma süresinin bir dakikadan az olmamasını saptamıştır. Bu nedenle granülometrisi iyi ayarlanmış uygun özelliklerle, plastik kıvamda bir betonun, bir veya birbuçuk dakikada; nemli kıvamda ise (büz dökümü vs. gibi) en az iki dakikada karılabildiğini göstermiştir.

Betoniyer ile karılmada malzemenin ayrıca kuru olarak karıştırılmasına ihtiyaç yoktur.

II — Beton taşınması

İyice karılarak homojen biçimde elde olunan taze beton hamuru, inşaat yerine kadar taşınması gerekir. Taşıma için çeşitli araç kullanılır. Bu taşıma ve boşaltma esnasında karışımın çözülmemesine, diğer bir ifade ile ince elemanlardan oluşan harç kısmının, suyun ve iri tanelerin kütle içinde ayrışmamasına (segregation) ve sertleşmeye (priz) başlamasına engel olmak gerekir. Bazı hallerde, sürekli karıştırma ile betonun sertleşmesini geciktirmek mümkündür. Nitekim, Avrupa Memleketlerinde olduğu gibi, yurdumuzda da bu halde hazır beton satan imalatçı firmalara rastlanmaktadır.

Memleketimizde beton, en basit olarak omuzda teneke, elteskeresi, elarabası, iki tekerlekli Japon arabası, vinç kovası ve nihayet vagonetlerle taşınmaktadır.

III — Beton İşlenmesi

Komposite değeri yüksek olarak hazırlanmış bulunan betonu, kohezyon ve homojenliğini kaybetmeden kalıp içine yayılarak, ince elemanların boşluğu dolduracak biçimde iri elemanların arasına yerleştirilmesi ve bu nedenle mümkün olduğu kadar az boşluklu bir beton elde edebilmek için yapılan işlemlerin tümüne birden betonun işlenmesi adı verilmektedir.

Betonun işlenmesi, akıcı olmasından mütevellit, kendi ağırlığı ile yayılmasından başka, beton granülometri bileşimine, su miktarına, sıkıştırma araçlarının cinsine ve şiddetine ve kalıp durumu gibi önemli faktörlere bağlı olarak yürütülür.

Kalıba dökülen beton, dış ve iç sürtünme kuvvetlerinin etkisi altında demir teçhizat (armatür) aralarından geçerek yayılır. Bunun çok kısa zamanda olması ve az enerji sarfedilerek ve homojenliğin bozulmadan yapılması gerekmektedir.

Beton işlenmesine etki yapan dış sürtünmeler, beton ile kalıp tahtası ve demir teçhizat arasında meydana gelen karşılıklı etkenlerdir. Bu sürtünme kuvvetleri, genel olarak beton karışımını oluşturan çakıl miktarı, çakıl boyutu ile kalıp ve demir teçhizat alanlarından teşekkül eder ve doğru orantılı olarak artar. İç sürtünmeler ise, beton karışımını teşkil eden elemanların kendi aralarında meydana getirdikleri kuvvetlerdir. İri agregat'ın birbirine çok yakın olması ve suyun bu taneler arasında hapsedilip kalması vizkositeyi arttırır. Bu ise tanelerin birbiri üzerinde kolayca kaymasına ve dolayısıyla sürtünmenin azalmasına sebep olur. Kompositenin yüksek olması, ince tanelerin yeteri kadar bulunması betonun işlenebilme olanaklarını çoğaltmakta ve mümkün olduğu kadar az boşluklu bir beton meydana getirmektedir.

Betonun kalıp içinde yayılmasını ve hareketini kolaylaştıran aletler çeşitlidir. Bunların en basiti şişleme, tokmaqlama ve geliştirilmiş olarak vibrasyon aletleridir. Betonu sıkıştıran araçların gücü arttıkça, yoğurma suyunu ve kumu azaltarak, çakıl miktarını ve cesametini yükseltmek lâzımdır.

Şişleme: Bilhassa kolonlara beton dökülürken demir teçhizat aralarına sıkışan elemanlar 16 mm çapında ve 1,0 - 1,5 m boyunda ucu sivri

şiş biçimindeki demir çubuklarla itilerek düşürülür ve yerleştirilir. Anlaşılacağı gibi pratik bakımdan şişleme, betonu sıkıştırmamakta ve sadece yer çekimi nedeniyle sıklık sağlamaktadır.

Tokmaktama: 20/20 cm boyutlarında kalastan yapılan bir tabla ile bu tablaya çakılan 1,0 - 1,5 m uzunluğunda bir saptan ibaret tokmaklar kullanılarak beton sıkıştırılmaktadır. Tokmaktama, ancak döşemeler üzerinde yapılmakta ve etkisini fazla derinliğe indirememektedir. Yapılan denemelere göre tokmaklanarak döğülen beton derinliğinin, iri agregat cesametinin üç mislini geçmediği görülmüştür. Betonarme kirişlerin tokmaklanmak suretiyle, ancak üst yüzey kısımlarını sıkıştırmak kabildir. Şişleme ve vibrasyon ihtiyacını tamamen gideremediğinden, tokmaklanmadan önce betonun kalıp içine iyice yayılıp yayılmadığına dikkat etmek gerekmektedir.

Vibrasyon: Betonun oturmasını, yoğunluğunu ve sıklığını sağlamak maksadıyla vibratör adı verilen aletlerin meydana getirdiği titreşimlerle sıkıştırılmasıdır. Vibrasyon, karışımın iç sürtünmesini ve aynı zamanda kalıp ve demir teçhizat çevresi ile olan temasından mütevellit beliren dış sürtünmeyi azaltmakta ve betona çok ıslakmış gibi, geçici olarak bir akıcı kıvam kazandırmaktadır. Vibrasyon, şişlemenin karışıma verdiği sadece yer çekimi sıklığından başka, titreşimler sayesinde betonu oturtmakta ve sıkışmayı sağlamaktadır. Bu nedenle ancak *nemli* kıvamdaki betonlar, vibratörle sıkıştırılamamaktadır.

Vibratör, vibrasyon (titreşim) suretiyle betonu sıkıştıran aletlerdir. Motör ve cihaz olmak üzere belli başlı iki kısımdan oluşurlar. Motörleri, ortalama olarak dakikada 8,000 - 12,000 frekans güce sahiptir. Vibratörler, etkileme biçimlerine göre üç sınıfa ayrılır. Daldırma, yüzey ve masa titreşim vibratörleridir.

1 — Daldırma vibratörleri: Kolon; kiriş ve kalın döşemelerde betona doğrudan doğruya etki yapan vibratörlerdir (Resim: 6). Kalıp içine dökülen betona dik yönde daldırılan 20 - 40 cm uzunluğundaki baş kısmı, beton üstünü nemlendirir ve hafif köpürtür. Bu durum belirtildikten sonra âlet ucu, yavaş yavaş beton içinden çıkarılır. Daldırma yerlerinin aralığı, beton kıvamına ve vibratörün gücüne göre değişir. Demir teçhizata dokunmamasına dikkat edilir. Titreşimlerden meydana gelecek sarsıntılara, beton kalıpların dayanıklı olması gerekmektedir. Bu tip vibratörler, beton içine daldırılarak direkt etkili ve kalıplar üzerine takılarak indirekt etkili biçimde betonu sıkıştırırlar.

2 — Yüzey (sathî) vibratörler: Titreşim meydana getiren tablaları, döşeme gibi geniş yüzeyler üzerinde gezdirilerek betonun kalıp içine yayılması ve iyice yerleşerek sıkışması sağlanır.

3 — Masa vibratörleri: Bunlar sabit cihazlardır. Titreşim meydana getiren tablaları üzerine kalıplanmış beton konarak agregat'ın yerleştirilmesine ve dolayısıyla sıkıştırılmasına çalışılır.



Resim : 6 Betonun sıkıştırılmasına yarayan ve elektrik ile çalışan bir daldırma vibratörü.

IV — Beton Sertleşmesi

Beton hamuru, ortalama olarak % 72 si agregat, % 18 i su ve % 10 nu da çimentodan oluşmaktadır. Harç kısmının yapıştırıcı ve bağlayıcı hassası, su ile çimentonun birlikte yürüttüğü kimyasal bir reaksiyon sonucu meydana gelmektedir. Ve beton normal suhnet şartları altında sür'atle sertleşmeye başlar. Suhnet normalin altına düştüğü zamanlarda, hidrasyon yavaşlamakta ve don olayının belirmesiyle şimik reaksiyon tamamen durmaktadır. Bu nedenle, betonun sertleşmeye başlamasıyla, su miktarının veya rutubetin birdenbire buharlaşarak gitmemesi gerekmektedir. Beton su kaybettiğçe, yani kurudukça büzülmemektedir. Kuruma, beton kitesinin dış kısmında, iç kısmından daha çabuk meydana gelmektedir. Bu iki kısmın aynı zamanda sertleşmemesi, dışta birtakım gerilmelerin teşekkül etmesine neden olmaktadır. İşte farklı zamanlarda su kaybından dolayı beton kitesinde meydana gelen ve betonun mukavemetinin azaltılmasına yönelik bu olaya *rötre* (büzülme) adı verilmektedir.

dir. Rötreden mütevellit beliren çatlaklara da rötre çatlakları denilmektedir. Havadaki rutubet miktarı ile betondaki rutubet arasında bir denge teessüs edinceye kadar rötre devam eder.

Rötre olayının önüne geçmek için, daha çabuk buharlaşan beton dış-yüzü rutubetinin yavaşlatılması gerekmektedir. Bu maksatla sıcak havalarda betonu sulamak ve çabuk buharlaşmaya mani olmak için, üst kısmını eski çimento torbasıyla örtmek icap eder. Beton kalıplarını geç sökmek, rutubet muhafaza edici bazı tecrit (izalasyon) maddeleri kullanmakta yeterli tedbirler arasında düşünülmektedir.

Beton karışımın, + 5° den aşağı ısılarda dökülmesi uygun değildir. İmal edilen betonun da yeter derecede sertleşinceye kadar soğuktan korunması gerekmektedir. — 3° ye kadar geçici don olaylarında, yoğurma suyunu ve agregat'ı ısıtmak suretiyle beton imal etmek icap eder.

Betonun sertleşmesi *vika iğnesi* denen basit bir aletle yapılmaktadır. Aletin ufak kabına, 1 : 3 oranında (bir kısım çimento ve 3 kısım ince kum) beton hamuru konur. Hamurun içine 1 mm² kesitindeki aletin iğnesi daldırılmaya başlanır. İğnenin kabın dibine değmediği an, katılaşma başlangıcı, hamura girmediği anda katılaşma sonudur.

V — İş Derzleri (Ek yerleri)

Beton kuru karışımına su ilâve edildiğinde, bileşimdeki çimento hidrate olunarak hemen sertleşmeye başlamaktadır. Sertleşen betonu, yeni dökülenle kaynatmak tam olmamaktadır. Bu nedenle fazla miktarda imal olunan betonu bir günde dökmek gerekmektedir. Buna da her zaman olanak sağlanamamaktadır.

Beton dökümünün kesileceği, diğer bir ifade ile ek yerlerinin nerele rastlayacağı evvelden saptanmalı ve iş kapasitesi, buna göre ayarlanmalıdır: Gerilmelerin az olduğu ve bilhassa basınç gerilmeleri doğrultusuna dik bulunduğu yerlerde beton ek yerlerin seçilmesine dikkat edilmelidir.

İş derzlerinde, beton tabakalarının yeter derecede sağlam olarak birbirlerine birleştirilmesine özenilmelidir. Bunun için sertleşen betonun birleşme yüzeyi, pürüzlendirilmeli ve yenisi dökülmeden önce kopuk parçalardan, çimento köpüğü ve tozdan temizlenmeli ve iyice ısıtılmalıdır. Su henüz kurumadan yani birleşme yüzeyleri daha nemli iken, üzerine çimento şerbeti veya yağlı ve ince taneli beton (yüksek dozlu) tatbik olunmalıdır. Diğer beton tabakası bundan sonra dökülmelidir.

Belli başlı beton döküm yerlerinde, gözönünde bulundurulması gereken önemli koşullar şunlardır :

1 — Beton kütlelerde: Büyük beton kütlelerinde döküm tabakaları, geniş yatay düzlemler halinde tertiplenmemelidir. Bağlantının sağlam olması için döküm yerlerinin, kademelendirilmiş ve üzerlerine demir çubuklar bırakılmış biçimde veya yatay arakesit yüzeylerine köşeli ara taş parçalarının konması gerekmektedir.

2 — Döşemelerde : Statik kaidelere uyularak bütün döşemelerde (tabliyelerde) ek yerleri, taşıyıcı kirişlere paralel, tabla (kiriş basınç muntıkası) nın dışında ve tercihen döşeme açıklığının 1/4 de ve dik biçimde olmak üzere tertiplenmelidir.

3 — Kolonlarda : Kolon betonları bir defada dökülmeli ve kiriş altına kadar doldurularak gövde eksiz yapılmalıdır.

4 — Kirişlerde : Prensip olarak kiriş dökümlerinde beton ekyerleri, kesme kuvvetinin sıfır olduğu yani momentin maksimal değerde bulunduğu kısımlara isabet edecek biçimde ayarlanmalıdır. Zira betonun kirişi içindeki çekme kuvvetlerine karşı mukavemeti cüzi olduğundan nazari itibare alınmamaktadır.

VI — Beton Mukavemetleri

Beton mukavemeti, karışıma katılan çimento sayesinde temin edilmektedir. Bu maksatla (1) kısım çimento ile (3) kısım ince kumun karılmasından meydana getirilen normal harçlar üzerinde deneyler yapılarak bazı mukavemetler saptanmaktadır.

Beton mukavemetlerini belirten bu deneyler 28 günlük betonlar üzerinde yapılmaktadır. Halbuki mukavemetler arasında değişmeyen ilişkiler bulunduğundan uzun süreli deneylerin yapılmasına lüzum görülmektedir. Bu nedenle beton mukavemetleri (7) gün bekletilerek sertleşen numuneler üzerinde yapılmakta ve daha sonra $W_{b7} = 0,70 \cdot W_{b28}$ formülüne uyularak (28) günlük normal mukavemetler hesaplanmaktadır.

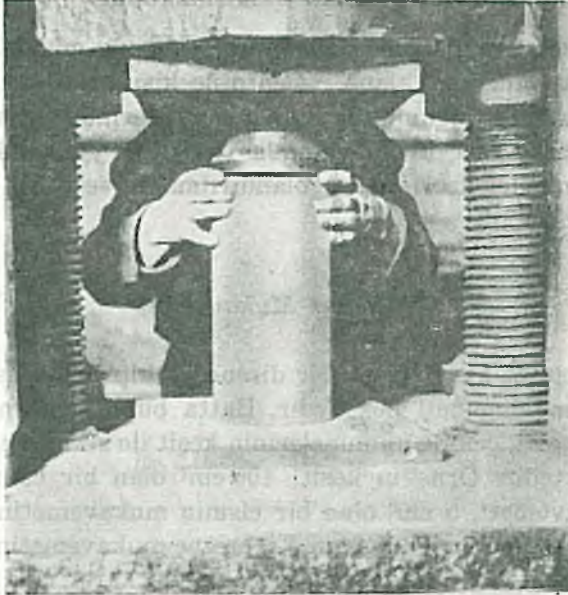
Beton malzemenin mekanik özellikleri, basit mukavemetler sayesinde ifade edilir ve yapılan bazı deneyler yardımıyla bulunur. Önemli görülen ve aranan beton mukavemetleri şunlardır.

1 — Basınç Mukavemeti

Betonun en fazla gücü, basınca olan mukavemetidir. Yığma binalarda, doğal yapı taşların belli başlı özellikleri arasında basınç mukavemeti, nasıl ön sırayı, teşkil ediyorsa, sun'i bir taş olan beton malzeme-

de de aranan en önemli özellik, basınca karşı göstereceği dirençtir. Ayrıca betonun basınç mukavemeti, diğer mukavemetlerin gücüne de etki yaptığından genellikle kaliteyi belirten bir ölçü niteliğindedir.

Beton mukavemeti önce çimento kalitesine ve daha sonra da hamurdaki çimento konsantrasyonuna bağlıdır. Belirli bir çimento dozajından sonra ise mukavemet azalmaktadır.



Resim : 7 Betonun basınç mukavemetini silindirik biçimli nümunelerle saptayan bir alet ve deney sonucu farklı kırılan parçalar.

Memleketimizde imal olunan portland çimentolarından 300 dozajda elde olunan ve vibre edilen betonun, normal basınç mukavemetleri, B160 ve B180 kg/cm² arasındadır (28 günlük). Bundan daha fazla mukavemet elde edilmek istenmesi halinde örneğin B 225 kg/cm² beton imal etmek

için «kullanılabilir» veya «çok iyi» vasıfta ayarlanmış granülometrik agregat'dan faydalanmak gerekmektedir.

Betonun 28 günlük basınç mukavemeti 100 kabul edildiği takdirde 7 günlük 80 ve 90 günlük basınç mukavemeti 120 olmaktadır. Beton mukavemeti genellikle birinci yıl sonuna kadar artmaya devam etmekte ve daha sonra sabitleşmektedir. Zira, gittikçe azalmaya başlayan su miktarı hidratasyon olanaklarını ortadan kaldırmaktadır.

Betonun basınç mukavemeti deneyleri, Avrupa memleketlerinde genellikle 1 : 3 oranında (bir kısım çimento üç kısım ince kumdan oluşan) 20/20 boyutunda küp biçimindeki numuneler üzerinde yapılmakta, buna mukabil Amerika'da ise 15 cm çapında ve 30 cm yüksekliğinde silindirik biçimindeki numuneler üzerinde uygulandırılmakta ve yakın sonuçlar alınmaktadır (Resim : 7).

2 — Çekme Mukavemeti

Betonun basınca karşı yeter bir dirence sahip bulunmasına karşılık, çekmeye karşı mukavemeti pek azdır. Hatta bunu saptamak ta güçtür. Zira deney sonuçları, çekme numunelerinin kesit ile sıkı sıkıya ilgili bulunmuşunu göstermektedir. Örneğin kesiti 400 cm² olan bir cisimde elde edilen çekme mukavemeti, 5 cm² olan bir cismin mukavemetinin % 55 i kadardır. Genel olarak çekme mukavemeti, basınç mukavemetinin 1/25 - 1/10 arasında değişmektedir. Betonun işte çekmeye karşı çok az bir direnç göstermesi mahzurunu kısmen gidermek ve çekme gücünü arttırmak maksadıyla içine, çelik donatı (yuvarlak demir) demirleri konulmakta ve böylece *betonarme* meydana gelmektedir.

Betonarme çok büyük bir uygulama alanı bulmuş ve hızla geliştirilmiştir. Bu malzeme ile yapılan inşaatlarda da mukavemeti ters yönde etkileyen doğal, ince çatlaklar müşahede edilmektedir. Bu çatlakların büyük mahzur teşkil ettiği hallerde ve prefabrikasyon, yerinde montaj gibi diğer teknik zorunluklar çabası karşısında betonu, sadece basınca çalıştırmak fikri *öngerilmeli betonu* oluşturmuştur.

Öngerilmeli beton elemanları, gerçek dış yüklemelerden önce, şiddetleri ve tatbik noktaları bilinen belirli kuvvetlere maruz bırakılmaktadır. Bunun için de çeşitli uygulama metodları kullanılmaktadır. En çok kullanılanı, betonun içinde bırakılan boşluklardan yüksek mukavemetli çeliktelerin geçirilmesidir. Bu çelikteller, hidrolik aletlerle gerildikten sonra iki uca sıkıştırılan kama ya da somunlarla sağlam bir biçimde tes-

bit edilmektedir. Bu öngörilmeli çeliktellerin betonarme donatı (teçhizat) demirlerinden farkı, çeliktellerin *aktif* bir kuvvet temsil etmesine mukabil, betonarme donatı yuvarlak demirlerin *pasif* bir yapı gereci olmasıdır.

Betonun çekme mukavemeti, Michaelis denen bir alet yardımıyla yapılmaktadır. Özel aletin çekme çeneleri arasına 1 : 3 oranında (bir kısım çimento ve 3 kısım ince kum) imâl olunan (8) biçiminde numuneler yerleştirilmektedir. Ufak bir basküle benzeyen aletin, kova biçimindeki kafesine, ağırlık olarak saçma taneleri dökülmekte ve çeneler arasındaki beton numune, koparılmaya çalışılmaktadır. Numunenin koptuğu anda, saçma ağırlıklarının döküldüğü kendiliğinden durmakta ve kovada toplanan saçmalar tartılarak cm^2 ya isabet eden çekme mukavemeti, kolaylıkla ve doğrudan doğruya saptanmaktadır.

3 — Kayma Mukavemeti

Betonun kayma mukavemeti, çekme mukavemetinin iki katından biraz fazladır. Örneğin, 180 km/cm^2 mukavemete malik bulunan bir betonun çekme mukavemeti 15 kg/cm^2 olduğuna göre, kayma mukavemeti bunun iki katı yani 30 kg/cm^2 dir.

FAYDALANILAN ESERLER

- 1 — Akbulak - Baydar Çorumluoğlu - Işık : Beton ve Beton Malzemeleri : Karayolları Yayını : 147 Ankara 1967.
- 2 — Berkman A. F. : Alman Betonarme Şartnamesi (tercüme) İ.T.Ü. No. 350 1958.
- 3 — Debès G. : Matériaux de Construction Tome : I - II Eyrolles. Paris 1951.
- 4 — Dischinger F. : Betonarme İnşaat (tercüme : Kocataşkın) Arı Kitapevi Yayınları No. 1 İstanbul 1953.
- 5 — Faury J. : Beton (tercüme : Şuvak) İ.T.Ü. No.: 313, 1955.
- 6 — Günsoy O. : Betonarme. Dizerkonca Basımevi, İstanbul 1973.
- 7 — Kocataşkın F. : Beton Teknolojisi., İ.T.Ü. No.: 400, 1959.
- 8 — Löser B. : Betonarme Hesap Metodları (tercüme : Mesut Gün) Üniversite Kitapevi, İstanbul 1948.
- 9 — Massié G. : Cours de Béton Armé. Eyrolles Paris 1950.
- 10 — Portland Cement Association : Design and Control of Concrete Mixtures. 33, west Grand Ave. Chicago 10 U.S.A.
- 11 — Postacıoğlu B. : Beton Bileşiminin Tayini İ.T.Ü. 1945.
- 12 — Postacıoğlu B. : Normal Harçların Çekme ve Basınç Mukavemetleri. İ.T.Ü. 1950.
- 13 — Toköz M. : Betonun İhtizaz Ettirilerek Sıkıştırılması. Ba. Ba. No. 6/10 Ankara 1945.