

---

# BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ

## DERGİSİ

İnşaat Mühendisliği-Civil Engineering

Vols.10-11-12-13- 1982-1985

---

### BETON ÜRETİMİNDE NİTELİK DENETİMİ ve BİR ÖNERİ YÖNETMELİK

Ersin ARIOĞLU <sup>a</sup> Ülkü ARIOĞLU <sup>b</sup>

#### ÖZET

Bu çalışma "Yapı Merkezi Beton Laboratuvarı" tarafından hazırlanan ve yeterliliği denenmiş, "Beton Üretiminde Nitelik Denetimi Yönetmeliği" önerisini açıklamak amacıyla yapılmıştır.

Çalışmanın giriş bölümünde, yönetmeliklerin yapı mühendisliğindeki ağırlıklı yeri üzerinde durulmuş ve betonların dayanımlarına göre sınıflandırılma tarifleri verilmiştir. Bundan sonraki bölümlerde sıra ile nitelik denetiminin amaç ve önemi, kabul kriterleri, karar hatalarının sınıflandırılması ile kabul kriterlerinin uygunluk şartları yer almaktadır. Çalışmanın son bölümlerinde öneri yönetmelikteki kabul kriterleri, benzer yönetmeliklerin kabul kriterleri ile karşılaştırılmış ve ulaşılan sonuçlar özetlenmiştir.

Çalışmaya ekli olarak öneri yönetmelik tam metni ile verilmekte ve tartışmaya açılmaktadır.

#### SYNOPSIS :

This study has been prepared to explain a "Quality Control Specification Proposal for Concrete Production" which has been developed and tested for sufficiency by YAPI MERKEZİ Concrete Laboratory.

In the introduction, the importance of specifications in building production is emphasized and definitions of concrete according to characteristic strength criteria are given. In the following sections, the purposes and importance of quality control, acceptance criteria, classification of decision errors, and compliance conditions of the acceptance criteria are discussed. In the final section, the acceptance criteria of the proposed specification have been compared to similar specifications and the conclusions reached are summarized.

The specification proposal has been added to the end of this study, and is thus opened to discussions.

<sup>a</sup> YAPI MERKEZİ Yönetim Kurulu Başkanı Çamlıca / İSTANBUL

<sup>b</sup> YAPI MERKEZİ Araştırma Grubu Başkanı Çamlıca / İSTANBUL

## GİRİŞ

Türkiye'de 1979 yılında yaklaşık 19 milyon ton çimento ve 18 milyon m<sup>3</sup> betonarme betonu üretildiği tahmin edilebilir. Bu üretimin parasal karşılığı, tüm ulusal gelirimizin %11-12'si mertebesindedir. Bu mertebede önemli bir üretimin, genelde yeterli derecede denetim altında tutulduğu ve nitelikleri açısından gerekli güvenlik düzeylerinde üretildiği söylenemez. Betonlarımız üzerinde yapılan araştırma sonuçları bu yargıyı açıkça belgelemektedir {1}, {2}. Bu durumun önemli nedenlerinden birisi de "nitelik denetimi" ile ilgili kapsamlı bir yönetmeliğimizin olmaması veya geçerli standart ve yönetmeliklerimizde, bu konunun önemi ile orantılı biçimde ve doğru olarak ele alınmamış olmasıdır.

Yapıların gerek tasarlanması, gerekse denetimi "yapı mühendisleri" nce gerçekleştirilir. Yapıyı ömrü boyunca zorlayacak etkiler ve bu etkiler altında taşıyıcının davranışı mühendise "eğitim" yoluyla öğretilir. Ayrıca; ülkeler hazırladıkları hesap, üretim ve denetim yönetmelikleri ile mühendisin yapı tasarımlarını yönlendirirler ve "yapı güvenliği" nin sağlanması için yol gösterirler. Yönetmelikler denenmiş en son bilgi ve yöntemleri içerirler. Bilginin denenmiş olması güvenliği garantiler. Bilginin son olması ise, yönetmeliklerin yaşayan ve gelişen karakterini simgeler. Yönetmeliklerin bu nitelikleri, yapı üretimindeki etkin yerinin önemini belirler (Tablo 1).

1950'lerden itibaren, betonarme yapı üretiminde; gerek yapıya etkiyen kuvvetlerin, gerekse yapı taşıyıcısını oluşturan malzemelerin (beton ve çelik dayanımlarının mutlak değerlerini saptamanın olanaksız olduğu, bu büyüklüklerin doğadaki her olay gibi dağılım kanunlarına göre gerçekleştiği anlaşılmaya başlanmıştır. Böylece yapısal güvenliğin sağlanmasında istatistiksel yaklaşımların daha gerçekçi sonuçlar vereceği kavramı yerleşmiştir. Dünya'da 60'lı yıllardan itibaren, betonun gerçek davranışını ifadelendiren "taşıma gücü" felsefesine dayandırılan ve istatistik kavramları içeren hesap yöntemli yönetmeliklerin çoğaldığı ve bu konularda yapılan gerçekçi araştırma sonuçlarının açıklık kazandığı yıllar olmuştur. Bugün betonarme hesap yöntemlerinde gerilmelerin karşılaştırılmasını esas alan elastik teori terk edilmiş, yerine "iç kuvvetlerin" karşılaştırılmasını esas alan "limit durumlar-taşıma gücü" kavramlarını içeren hesap yöntemleri, yönetmeliklere girmiştir. 1979'da T.C. Bayındırlık Bakanlığı ve 1980'de Türk Standartları Enstitüsü T.S.500 için "İç kuvvetleri" karşılaştıran öneri yönetmelikler hazırlamışlardır. Türkiye'de de yapısal güvenlik açısından daha gerçekçi olan ve kısmen olasılık teorisine istinat ettirilen taşıma gücü hesap yöntemleri artık geçerli olmalıdır.

Beton genel olarak, yapılarda taşıyıcı eleman ana malzemesi olarak kullanılır. Betonun taşıyıcılığının en belirgin ölçütü basınç dayanımıdır. Beton üretiminde, basınç dayanımını, üretimin her safhasında aynı değerde tutmanın olasılığı yoktur. Betonun oluşturan malzemelerin niteliklerinde ve üretim yöntemlerindeki değişimler basınç dayanımını etkiler. Diğer kelimelerle beton basınç dayanımı, üretim süresi içinde değişir ve niteliğin ölçütü olan değerler; üretimin aritmetik ortalaması etrafında dağılırlar.

Betonarme hesap kurallarını belirleyen yönetmelikler, beton niteliği olarak, betonun basınç dayanımını esas almaktadırlar. Tüm hesaplar beton için seçilen bir sınıf dayanımına dayandırılmaktadır. Ayrıca yapısal güvenliğin sağlanması için,

üretilecek betonun basınç dayanımlarının aritmetik ortalamasının sınıf dayanımdan belirli bir miktar daha yüksekte gerçekleştirilmesinin hedeflenmesi istenmektedir. Böylece yapısal güvenlik için, iki temel kavram ortaya konulmaktadır. "Sınıf dayanımı" ve "hedef dayanım". Bu temel kavramlar arasındaki ilinti ise dağılım kanunları ile kurulmaktadır.

**SINIF DAYANIMI ( $f_c$ )** : Üretim sürecinde daha düşük değer elde etme olasılığı sınırlandırılmış ( % 5 veya % 10 gibi) olan dayanım değeridir. Standart beton örneklerin (küp ve silindir) 28 günlük dayanım testi sonuçlarına dayandırılır. Karakteristik dayanım, proje dayanımı, anma dayanımı olarak da anılır.

**HEDEF DAYANIM ( $f_{ch}$ )**: Üretimin ulaşması istenen dağılım modelinin aritmetik ortalamasıdır.

$$f_{ch} = f_c + t_0 \cdot \sigma \dots\dots\dots (1)$$

$$f_{ch} = f_c + 1.28 \sigma \text{ (} f_c \text{'den düşük değerler \% 10) (1a)}$$

$$f_{ch} = f_c + 1.64 \sigma \text{ (} f_c \text{'den düşük değerler \% 5) (1b)}$$

Ülkeler kendi koşullarına göre bu iki temel tarifi yönetmeliklerinde saptamaktadırlar. DIN 1045, CP 110, CEP-Model Code (1b); ACI 318 ve Türkiye için hazırlanmış öneri yönetmelikler (1a) bağıntısını esas almışlardır. Beton üretimi için esas alınan bu kriter "ana kriter" denilebilir. Ana kriterde katsayının 1.28 veya 1.64 alınması önemli değildir. Önemli olan "ana kriterin" hesap yöntemlerine, yük katsayılarına, seçilen hesap dayanımlarına, ülkenin ekonomik koşullarına, teknolojiye ve yapısal güvenlik felsefesine bir bütün içinde uyumlu olmasıdır. Türkiye için,  $f_c$  tarifinde, % 10 düşük değer kabul edilmesi gerçekçi bir yaklaşımdır.

Beton, ülke betonarme hesap yöntemlerinde saptanan (1) bağıntısına göre tasarlanıp üretilir. Yapının projesinde kabul edilen sınıf dayanımı, üretimin sonunda gerçekleşmelidir. Üretimin hedefine ulaşmış ve ulaşmadığı sürekli yapılan basınç deneyleri ve bu deneylere dayandırılan kararlarla saptanır. Diğer kelimelerle "nitelik denetimi" yöntemi uygulanır. Üretimde basınç niteliğinin denetim altında tutulmasının betonun taşıyıcılık niteliğinin garanti edilmesi yanında, betonun basınç dayanımı ile diğer niteliklerinin doğru orantılı olması nedeni ile, diğer niteliklerinin de garanti edilmesi gibi özel bir ağırlığı vardır.

#### NİTELİK DENETİMİNİN AMAÇLARI ve ÖNEMİ

Beton üretimi günümüzde endüstriyel bir üretimdir ve her endüstriyel üretim gibi denetim altında tutulması (kalite-kontrol) gerekir. Nitelik denetiminin genelde üç amacı vardır.

a) Basınç dayanımlarını sürekli olarak yeterli seviyede tutmak ve bu seviyenin yapının projesinde yapılan ön kabullerle uyum halinde olduğunu ispatlamak.

b) Yapının taşıyıcılığında önemli sonuçlar doğuracak büyük hataların meydana gelme olasılığını mümkün olduğunca önlemek veya kabul edilebilir küçük risklerde tutulmasını garanti etmek.

c) Malzeme özellikleri, üretim, deney ve denetim yöntemlerinin dayanıma etkileri konusunda sürekli bilgi derlemek ve elde edilen bilgileri daha güvenli ve ekonomik üretim için kullanmak.

Özetlenirse nitelik denetiminin ana amacı üretimin başlangıçta yapılan proje kabullerine uygunluğunu ve üretimin ekonomik koşullarda gerçekleşmesini sağlamaktır. Proje'de saptanan "sınıf dayanımı" ile üretimin aritmetik ortalaması arasında

yönetmeliklerce saptanan farkın gerçekleşmesi gerekir. Bu konu yapı güvenliği açısından şarttır. Diğer taraftan bu sonuca ekonomik şartlarla ulaşılmalıdır. Mühendisin ekonomik koşullarla yapısal güvenliğe ulaşması için tek kullanabileceği araç "nitelik denetimi"dir. Nitelik denetiminin bu boyutu, yöntemin önemini belirler.

#### NİTELİK DENETİMİNDE KABUL KRİTERLERİ ve KARAR HATALARI

Üretimin "ana kritere" uygun olduğunu saptamak için "denetim planı" doğrultusunda üretimden örnek alınarak dayanım deneyleri yapılır. Teorik olarak üretimin uygunluğu hakkında kesin karara, ancak üretim sonuçlandıktan sonra varılabilir. Oysa ki, tüm inşaat bittikten sonra yapının proje şartlarına uygun olup olmadığının saptanması gerçekçi bir yaklaşım değildir. Bu nedenle, kısa aralıklarla yapılan belirli sayıda deneylerin sonuçlarına bakarak üretim hakkında "kabul-red" kararlarının verilmesi gerekir. Böylece yapının tümü riske edilmeden, üretimin yönlendirilmesi sağlanabilir. Bu amaca ulaşmak için, istatistik matematiğinin (küçük deney sayısı ile) karar verme teorisine dayandırılan "kabul kriterleri" geliştirilmiştir.

Tablo 2'de, istatistik matematiğinde örnekleme ile karar verme teorisi özetlenmiştir. Üretimin her elemanı silindirik veya küp haline getirilip denenmeden verilecek kararlarda daima hata olasılığı vardır. Oysa ki bütün üretimi sınamak olanaksızdır. Kararlarda yapılacak hata göze alınarak "sınırlı sayıda" örnekleme sonuçları üzerinden, üretimin yeterliliği hakkında karar verilir. Böyle bir karar vermede iki tip hataya düşülebilir. a) Üretim doğru ve yeterli düzeyde iken "red" edilebilir. Bu tip hataya  $\alpha$  tipi hata denir. Diğer kelimelerle  $\alpha$  tipi hata üreticinin riskidir. b) Üretim yanlış ve yetersiz düzeyde iken kabul edilebilir. Bu tip hataya  $\beta$  tipi hata denir. Diğer kelimelerle yapının veya yapı sahibinin riskidir. Geliştirilecek "kabul kriterlerinde" gerek  $\alpha$  tipi gerekse  $\beta$  tipi hataya mümkün olduğu kadar düşülmemeli, gerek üretici ve gerekse yapı sahibi riskleri, makul oranlarda dağıtılmalıdır. Karar için deney sayısı artırılarak, her iki hataya düşme olasılığı istenildiği kadar küçültülebilir. Fakat, deney sayısını arttırmak ekonomik olmadığı gibi, beton üretiminin nesnel özelliği dolayısı ile üretime müdahalede geç kalınabilir. Aşağıda "kabul kriterleri"nin sahip olması gerekli özellikler sıralanmıştır.

- a) Yeterli ve ekonomik deney sayısına dayandırılmalıdır.
- b) Ana kritere uygun olmalıdır.
- c) Üretimdeki nitelik düşmelerine karşı hassas olmalıdır.
- d) Sürekli denetimde, üretimin üniform ve ekonomik karakterde gerçekleşmesi sağlanmalıdır.

#### KABUL KRİTERİ TİPLERİ ve UYGUNLUK ŞARTLARI

Genel olarak kabul kriterleri iki tip olmaktadır. A Tipi kriter :  $X_n$  deney grubu aritmetik ortalaması için koşulan şartlar. B tipi kriter : Deney grubunun en küçük değeri için koşulan şartlar. (Tablo 3)'de çağdaş yönetmeliklerde kullanılan kabul kriterleri sınıflandırılmış ve bu kriterler standart sapması farklı iki dağılım üzerinde mukayese edilmiştir. Bu karşılaştırmadan hemen görüleceği gibi All tipi kriter standart sapmadan bağımsız bir kriterdir ve standart sapması büyük üretimi teşvik etmekle, ekonomik ve üniform üretimi cezalandırmaktadır {11}. Benzer görüş BI ve BII tipi kriterler içinde söylenebilir. Bu nedenle AI ve BI tipi kriterlerin, diğer tiplere göre bariz bir rasyonelliği ve tutarlılığı vardır.

Yönetmeliklerde vaz edilecek kabul kriterlerinin sağlanması gereken şartlardan bir grubu da, ana kriterle makul bir uyum içinde olması ve ekonomik üretimi gerçekleştirmeye olanak sağlamasıdır. Bazı yönetmelikler, ana kriterde belirli bir miktar  $f_c$  'den düşük dayanım kabul ettiğini söylemekte; fakat kabul kriteri ile buna olanak tanımamakta adeta  $f_c$  'yi bir minimuma eşitlemek gibi çelişkilere düşmektedir {10}. Bir beton üretimi, sınıf dayanımı tarifi ile uyumlu ise, kabul kriterlerinin; betonların makul bir kısmından fazlasını riske etmesi (red etmesi) gereksiz, uyumsuz ve hatta mantıksızdır. Deney ekonomisi, çabuk karar alma gibi nedenlerle kriterlerin 3'lü veya 4'lü deney sonuçlarına uygulanması yeterli olmaktadır. Diğer taraftan ana kritere uygun üretimde, ( $\alpha_r$  veya  $\alpha_m$ ) betonların %2'den fazlasını riske etmek ekonomik açıdan anlamsızdır (Tablo 4)'de (AI ve BI tipi) uygun kabul kriterlerinin parametreleri özetlenmiştir {10}.

## ÖNERİ YÖNETMELİK

Türkiye'de genellikle yönetmeliklerde önemli çelişkilere düşülebilmektedir. Bunun en önemli nedeni, yönetmeliklerimizin bir kaç yabancı şartname veya yönetmelikten (bölümlerin birbirleri ile uyumuna bakılmaksızın derlenmiş olmasıdır. T.S. 500; yönetmeliğin esası olan  $f_c$  sınıf dayanımı tarifi ile nitelik denetimi için kullanılacak olan kabul kriterlerinde çok önemli bir çelişkiye düşmektedir. Benzer bir durum T.C. Bayındırlık Bakanlığı "Betonarme Yapıların Yapım Kuralları" yönetmeliği içinde de vardır {4}.

Bu boşluğu doldurmak üzere ana kriter ile uyumlu bir "nitelik denetim" yönetmeliği yazarlarca hazırlanmış ve bir seneye yakın süredir uygulamada yeterliliği sınanmıştır. Öneri yönetmelikte; nitelik denetiminin önemi belirlenmiş, temel tarifler verilmiş, yönetmeliğin konusu, kapsamı ve nitelik denetiminin amacı açıklanmış, ana kriter, denetim planı ve kabul kriterleri vaz edilmiş, deney sonuçlarının değerlendirme yöntemleri anlatılmış, nitelik denetim çizelgelerinin kullanma tarifleri özetlenmiş ve dayanımlarda düşme belirtisi sezildiğinde, alınacak acil tedbirler için ekonomik öncelikli önerilerde bulunulmuştur. Yönetmelik metni çalışmanın sonunda verilmiş ve deney sonuçlarının değerlendirilmesi Tablo 9'da bir akış diyagramı halinde sunulmuştur.

## ÖNERİ KABUL KRİTERİNİN BENZER YÖNETMELİKLERLE KARŞILAŞTIRILMASI

İdeal bir kabul kriteri, üretimde;  $f_c$  sınıf dayanımdan daha küçük dayanımlı betonların payları (%5 - %10), ana kriteri belirleyen tariftten daha fazla olduğu an betonları derhal red edebilmeli aksi halde daima kabul etmelidir. Oysaki kabul kriterlerinde sınırlı sayıda deney sonucuna dayanarak kararlar verildiğinden, daima  $\alpha$  tipi veya  $\beta$  tipi hataya düşme olasılıkları vardır. Bir uygunluk kriterinin verimi, üretim içinde  $f_c$  'den düşük dayanımların paylarına göre, üretimin kabul edilme olasılığını belirleyen ( $\beta$  hata olasılığı) eğrilerle belirlenebilir. (O.C Eğrileri-Operating Curve). Diğer kelimelerle kriterin verim eğrilerinin, ideal kabul kriteri eğrisi ile mukayesesi yapılır. Kriterleri birbirleri ile karşılaştırmada da en geçerli yöntem, kriterlerin verim eğrilerini karşılaştırmaktır.

Kabul kriterleri için, çift kriter takımı vaz edilmiş ise ve her bir kriterin; üretimde  $f_c$ 'den düşük dayanımların payı belirli bir değerde iken; üretimi kabul etme olasılıkları sırası ile  $p_1$  ve  $p_2$  ise, her iki kritere göre üretimin kabul olasılığı  $p_1 \times p_2$  olacaktır.

Karşılaştırılan yönetmeliklerin, kabul kriterlerinin parametreleri ve üretimin ana kritere uygun olması halinde fazladan riske edilen beton miktarları (Tablo 5)'de verilmiştir.

Karşılaştırmayı yapabilmek için kriterlerin tiplerinden gelen bazı zorluklar olmuştur. Bu nedenle kriterlerin 0.C eğrilerini çizebilmek için ACI 318'de, TS 500'de, CP 110'da, Model Code'da  $\sigma$  için 30 ve 60 kgf/cm<sup>2</sup> kabul edilmiştir.

Öneri yönetmelikle birlikte 7 yönetmeliğin (A tipi) kabul kriterlerinin 0C eğrileri (Tablo 6), (A ve B tipi) kriterler birlikte (Tablo 7'de) verilmiştir. Ayrıca yönetmeliklerin kabul olasılıklarının artan sayısı ile değişimleri de (Tablo 8)'de gösterilmiştir.  $n$  deney grubu sayısı,  $N$  toplam deney sayısı ise, kriter  $N/n = n_0$  kere uygulanacaktır. Tek uygulamada kabul olasılığı  $\beta$  ise,  $n_0$  uygulamada üretimin kabul olasılığı  $\beta n_0$  olacaktır.

Tablo 5, Tablo 6, Tablo 7, Tablo 8'deki değerlendirmeler topluca incelendiğinde kabul kriterleri ile ilgili aşağıdaki sonuçlara varılabilir.

ACI 318 ana kriteri ile uyumlu, fakat kötü betonlara yeterli hassasiyette değildir. CP 110, üreticiye karşı konservatiftir. CEP-MODEL CODE ekonomik ve üniform üretimleri cezalandırmaktadır. DIN 1045 üretici açısından çok sıkıdır ve kriterleri ile ekonomik üretim yapma olanağı yoktur. T.S. 500'ün ana kriteri ACI 318m'den, kabul kriterleri CEP-MODEL CODE'den alınmıştır. Bu seçim, üretimi ekonomik kılmaktan ve doğruyu saptamaktan uzaktır. T.C BAYINDIRLIK BAKANLIĞI YÖNETMELİĞİ'nin ana kriteri ACI 318'den, kabul kriterleri ise DIN 1045'den seçilmiştir, T.S. 500 gibi ana kriteri ile çelişkilidir.

## SONUÇLAR

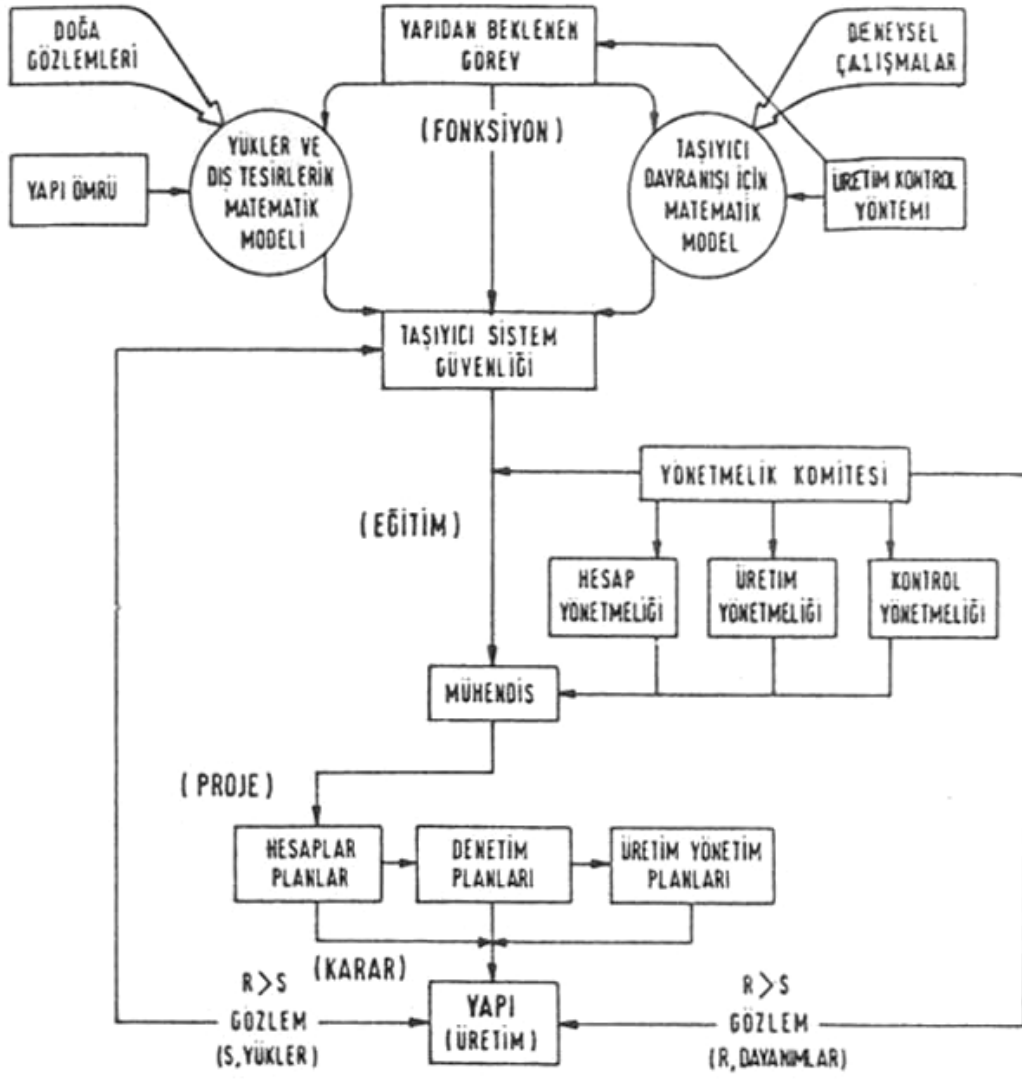
Çalışmanın sonunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

1. Sınıf dayanımı tarifi için  $f_c = f_{ch} + 1.28\sigma$  tarifinin Türkiye standartlarında kabul edilmesi ülke koşulları ve beton teknolojisi açısından uygundur.
2. Gerek Öneri T.S. 500, gerekse Bayındırlık Bakanlığı Önerisinde verilen nitelik denetimi için kabul kriterleri; sınıf dayanımı tarifi ile uyumsuz çelişkili, uygulama açısından geçerliliği olmayan kriterlerdir. Değiştirilmelidirler.
3. T.S. 500'e konması gereken kabul kriterleri:
  - a) Yönetmeliğin özünde yer alması gereken istatistik kavramlarla uyumlu, dengeli ve basit olmalıdır.
  - b) Ani nitelik düşmelerine hassas olmalı, sürekli denetimde üretimin üniform ve ekonomik karakterde gerçekleşmesini sağlamalıdır.
  - c) Betonların sınıf dayanım tarifi ile makul bir uyumu olmalıdır (dengeli).
4. Yazarların önerdikleri kabul kriterleri yukarıda sayılan özelliklere sahiptir. Ayrıca "Öneri yönetmelik" topluca; denetim planı, düşük dayanımlı deney sonuçlarının değerlendirilmesi, nitelik denetim çizelgeleri ve dayanımın yükseltilmesinde gözetilecek öncelikler konularında getirdiği açık ifadeler ile uygulamanın tüm sorunlarını çözebilecek ve sınıf dayanımı tarifine uygun üretimleri garantileyecek yapıdadır.

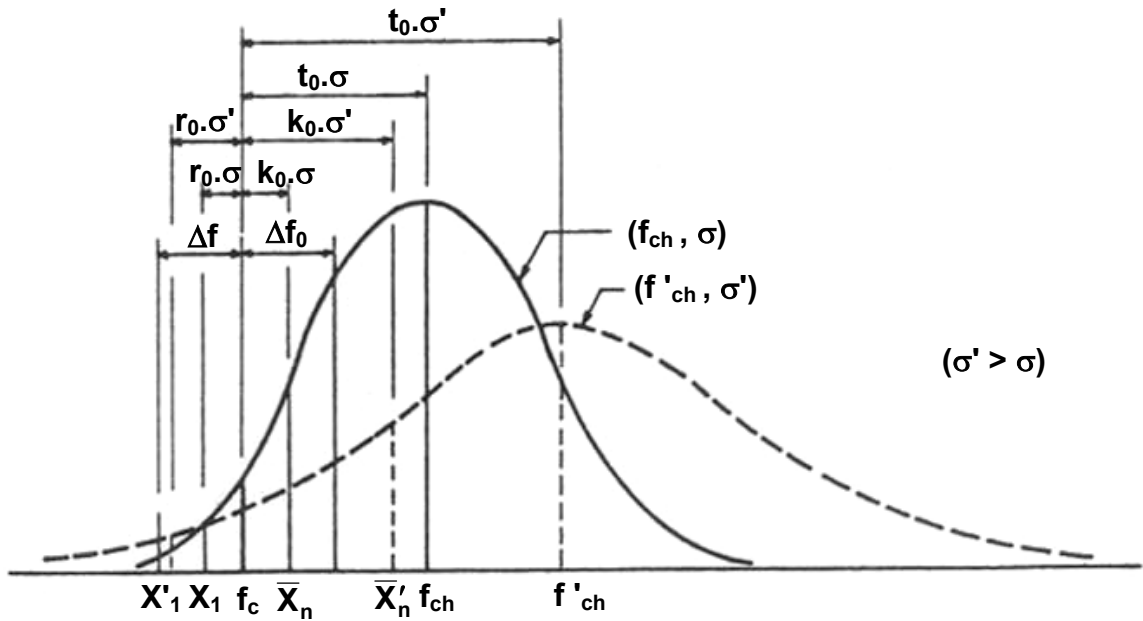


## LİTERATÜR

1. ARIOĞLU, E. "İstanbul'da Üretilen Betonarme Betonların Nitelikleri", T.M.M.O.B. İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul Şubesi- Beton Teknolojisi ve Sorunları Paneli, Tebliğ, TMH-1976, İstanbul.
2. POSTACIOĞLU, B. "Memleketimizde Karşılaşılan Beton Sorunları" T.M.M.OB. İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul Şubesi - Beton Teknolojisi Sorunları Paneli, Tebliğ, TMH-1976, İstanbul.
3. TS 500, 972 ve ÖNERİ TS 500,1980 "Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları"
4. BAYINDIRLIK BK.LIĞI YAPI İMAR İŞLERİ "Betonarme Yapıların Taşıma Gücü İlkesiyle Hesap ve Yapım Kuralları"
5. ACI 318 "Building Code Requirements", 1971.
6. CEP 110 "The Structural Use of Concrete" ,1972.
7. DIN 1045 "Deutsche Industrien Normen" , 1972.
8. CEB-Model Code "Model Code for Concrete Structures". Bulletin D'Information No.117-E, Vol. II, 1976, Paris.
9. CHUNG, H.W. "How Good is Good Enough - A Dilemma in Acceptance Testing of Concrete", Journal of ACI, No. 8. August 1978.
10. HUGHES, B.P. "Conflicts in Concrete Quality Requirements of CP 110 and BS 532", Journal of Concrete Society, March 1980.
11. BELLANDER, U. "Compliance Criteria for Compressive Strength of Concrete", Symp. on Quality Control of Concrete Structures, RILEM, Vol. 1, Stockholm, 1979.
12. BLAUT. H. "Statistical Evaluation of Quality", RILEM Proceedings, June 17-21, 1979 Stockholm.
13. ÖSTLUND, L "Evaluation of Quality Control in Relation to Safety". RILEM- Proceedings, June 17-21, 1979, Stockholm .
14. YOĞURTÇUGİL,M.K, "Örnekleme", İstanbul Üniversitesi - Sermet Matbaası, 1978, İstanbul.
15. İNAL, H.C. "Olasılık Kuramı", Milli Eğitim Basımevi, 1975, İstanbul.
16. KICIMAN, M. "Mühendisler için İhtimaller Hesabı ve İstatistiğe Başlangıç" ODTÜ ~ Kalite Matbaası, 1975. Ankara.
17. URAL, N. "İstatistik Yöntemleri ve Uygulamaları" , İstanbul Üniversitesi- Sermet Matbaası, 1976, İstanbul.
18. MILLER IRVIN FREND "Probability and Statistics for Engineers", Mc Graw Hill Company, 1977, New Delhi.
19. NEVILLE, A.M. "Properties of Concrete", Pitman Publishing, 1977, Londra.



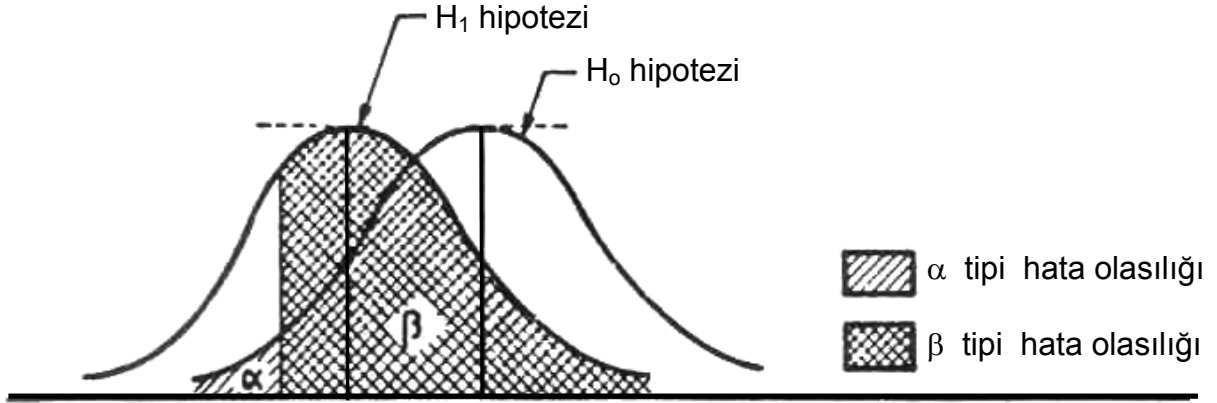
Tablo 1: YAPI ÜRETİMİNDE YÖNETMELİKLERİN YERİ



Tablo 2 : ÖRNEKLEME SONUÇLARI İLE VARILAN KARARLARDA HATA TİPLERİ ve HATA OLASILIKLARI



Tablo 2 : ÖRNEKLEME SONUÇLARI İLE VARILAN KARARLARDA HATA TİPLERİ ve HATA OLASILIKLARI



$\bar{X}_n$ : Deneysel aritmetik ortalama (n:deney sonucu)

$f_{ch}$ : Üretim için kabul edilen ortalama (hedeflenen dayanım)

$\bar{X}_n - f_{ch} = 0$  ise  $\rightarrow H_0$  hipotezi geçerli ( $\bar{X}_n = f_{ch}$ )

$\bar{X}_n - f_{ch} < 0$  ise  $\rightarrow H_1$  hipotezi geçerli ( $\bar{X}_n < f_{ch}$ )

KARAR	HİPOTEZ (dağılım için yapılan kabul)	
	ÜRETİM HAKİKİ DOĞRU ( $H_0$ hipotezi geçerli)	ÜRETİM HAKİKİ YANLIŞ ( $H_1$ hipotezi geçerli)
KABUL	DOĞRU KARAR ( $1-\alpha$ ) hata seviyesinde	YANLIŞ KARAR ( $\beta$ tipi hata) $\beta$ hata seviyesinde kötü betonu kabul hatası = yapı sahibi riski
RED	YANLIŞ KARAR ( $\alpha$ tipi hata) $\alpha$ hata seviyesinde iyi betonu red hatası = üretici riski	DOĞRU KARAR ( $1-\beta$ ) hata seviyesinde

#### AÇIKLAMA

- 1-  $\alpha$  ve  $\beta$  küçük olmalıdır.
- 2-  $\alpha$  küçüldükçe  $\beta$  büyür,  $\beta$  küçüldükçe  $\alpha$  büyür.
- 3-  $|\bar{X}_n - f_{ch}| \rightarrow 0$  gittikçe  $\beta$  büyür.
- 4- Deney sayısı arttıkça  $\alpha$  ve  $\beta$  beraberce küçülür.

## KABUL KRİTERİ TİPLERİ

$$X_1 \leq X_2 \leq \dots \leq X_n \text{ ise}$$

$\bar{X}_n = X_1, X_2, \dots, X_n$  'in Aritmetik ortalaması

A)  $\bar{X}_n$  Aritmetik ortalaması için koşulan şartlar

**AI** Tipi :  $\bar{X}_n \geq f_c + k_0 \sigma$

**All** Tipi :  $\bar{X}_n \geq f_c + \Delta f_0$

B)  $X_1$  Minimum deney sonucu için koşulan şartlar

**BI** Tipi :  $X_1 \geq f_c - r_0 \sigma$

**BII** Tipi :  $X_1 \geq Z.f_c$

**BIII** Tipi :  $X_1 \geq f_c - \Delta f$

$\sigma$  : Standart sapma [kg/cm<sup>2</sup>]

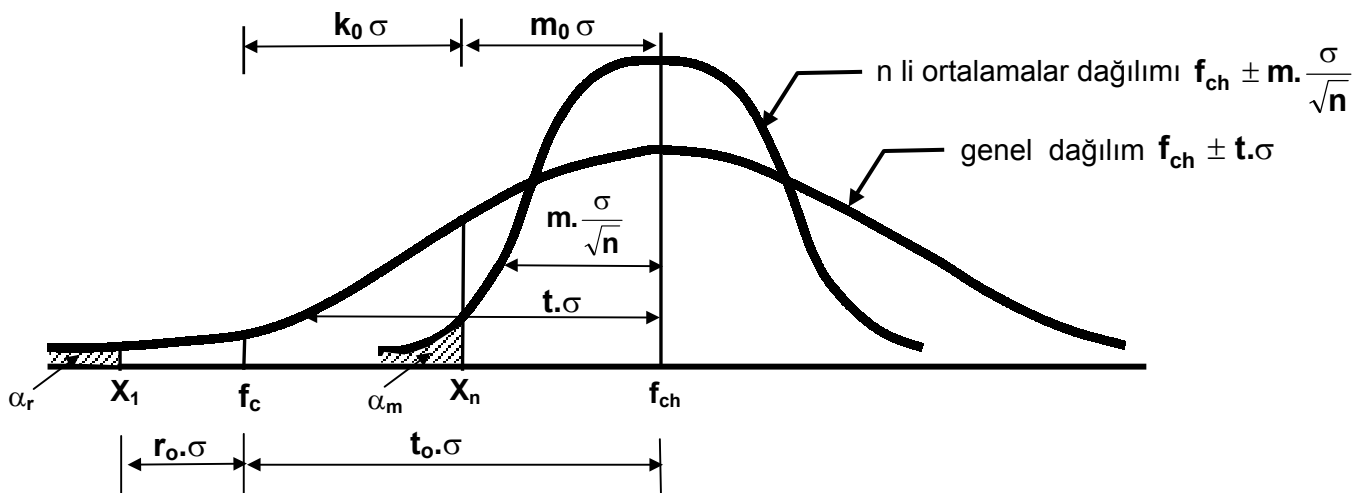
$f_c$  : Sınıf dayanımı [kg/cm<sup>2</sup>]

$f_{ch}$  : Hedef dayanım (Üretimin aritmetik ortalaması) [kg/cm<sup>2</sup>]

$k_0, r_0, Z$  : Kabul kriteri katsayıları

$\Delta f_0, \Delta f$  : Sabit dayanım değerleri [kg/cm<sup>2</sup>]

Tablo 3: KABUL KRİTERİ TİPLERİNİN SINIFLANDIRILMASI



$$f_{ch} = f_c + t_0 \sigma \text{ Ana kriter}$$

$$X_1 \geq X_2 \geq \dots \geq X_n$$

**AI** Tipi kabul kriteri:  $\bar{X} \geq f_c + k_0 \sigma$

$$m = \sqrt{n} (t_0 - k_0) \quad \text{Uygunluk şartı}$$

$\alpha_m \rightarrow f_c$  tarifine uygun üretimde red olasılığı=üretici riski

$\alpha_m \rightarrow$  Büyük seçilirse üretim ekonomiden uzaklaşır

$\alpha_m \rightarrow$  Çok küçük seçilirse kötü betonların kabul olasılığı artar

$t_0 = 1.28$  için  $\alpha_m \cong 0.02$  (dengeli  $\alpha_m$ )  $\rightarrow m = 2.05$

$t_0 = 1.64$  için  $\alpha_m \cong 0.01$  (dengeli  $\alpha_m$ )  $\rightarrow m = 2.33$

n deney sayısı  $\rightarrow 3\sim 4$  (deney ekonomisi,  $\beta$  hatasına hassaslık, çabuk karar)

	n=3		n=4	
	$k_0$	$m_0$	$k_0$	$m_0$
$t_0 = 1.28, \alpha_m = 0.02, m = 2.05$	0.10	1.18	0.25	1.03
$t_0 = 1.64, \alpha_m = 0.01, m = 2.33$	0.29	1.35	0.48	1.16

BI Tipi kabul kriteri:  $X_1 \geq f_c - r_0 \sigma$

$r_0 \rightarrow \alpha_r$  'e bağlı olarak seçilir.  $\alpha_r \approx 0.02$  (dengeli  $\alpha_r$ )

$t_0 = 1.64$  için  $\alpha_r \approx 0.02 \rightarrow r = 0.40$

$t_0 = 1.28$  için  $\alpha_r \approx 0.02 \rightarrow r = 0.75$

Tablo 4: ANA KRİTER İLE KABUL KRİTERLERİNİN UYGUNLUĞU  
(AI ve BI Tipi kriterler için)

#### ANA KRİTER

$$f_{ch} = f_c + 1.28 \sigma$$

① ACI 318  
(1971)  
 $\sigma = 35 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{cases} \bar{X}_3 \geq f_c \\ X_1 \geq f_c - 35 \end{cases}$$

② TS 500  
2a ( $\sigma = 30 \text{ kg/cm}^2$ )  
2b ( $\sigma = 60 \text{ kg/cm}^2$ )

$$\begin{cases} \bar{X}_3 \geq f_c + 30 \\ X_1 \geq f_c - 30 \end{cases}$$

③ TCB Bak.  
(1978)

$$\begin{cases} \bar{X}_3 \geq f_c + 1.28 \sigma \\ X_1 \geq f_c \end{cases}$$

⑤ CP 110  
(1972)  
 $\sigma = 0.15 f_c$

$$\begin{cases} \bar{X}_4 \geq f_c + 0.82 \sigma \\ X_1 \geq 0.85 f_c \end{cases}$$

⑥ CEP-MODEL CODE  
(1978)  
 $\sigma = 30 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{cases} \bar{X}_3 \geq f_c + 30 \\ X_1 \geq f_c - 40 \end{cases}$$

⑦ DIN 1045  
(1972)

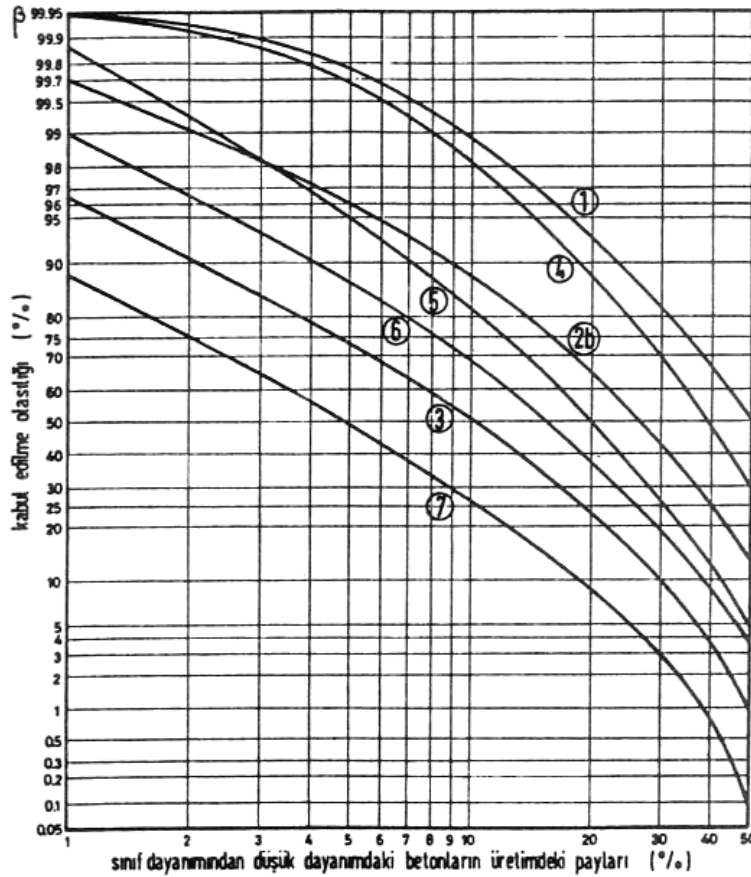
$$\begin{cases} \bar{X}_3 \geq f_c + 1.64 \sigma \\ X_1 \geq f_c \end{cases}$$

④ ÖNERİ YÖNETMELİK  
(1980)

$$\begin{cases} \bar{X}_4 \geq f_c + 0.25 \sigma \\ X_1 \geq f_c - 0.75 \sigma \end{cases}$$

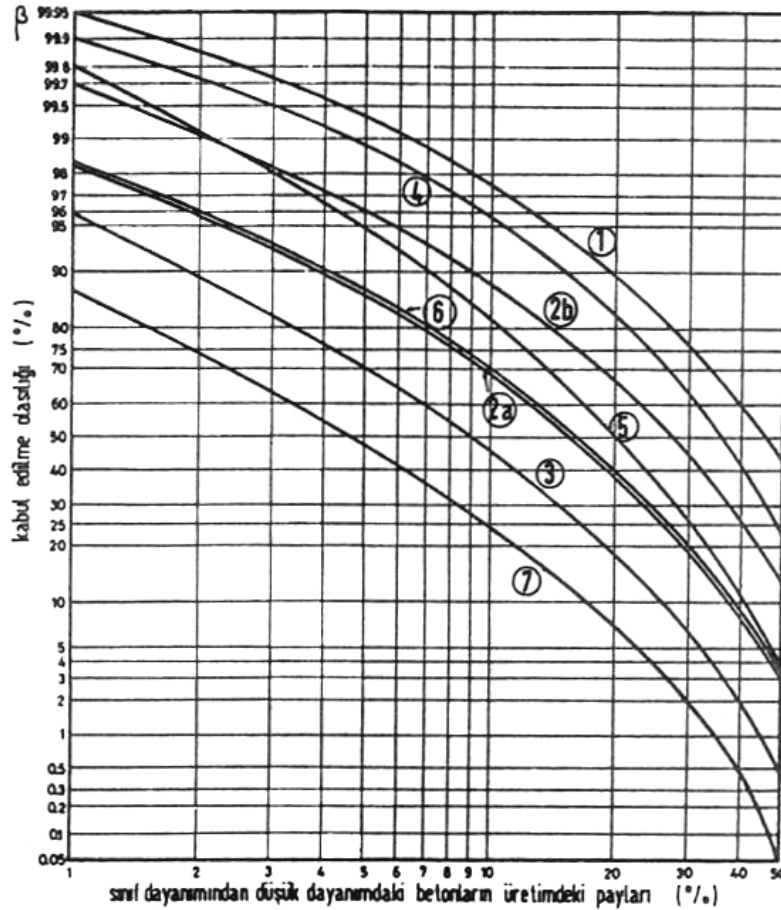
YÖNETMELİKLER	ANA KRİTER		KABUL KRİTERLERİ										Uygun üretimde fazladan riskelenen beton	
	$f_{ch} = f_c + t_0 \cdot \sigma$		n, grup deney sayısı	B Tipi için		A Tipi için			A ve B Tipi birlikte					
	f <sub>c</sub> < dayanım yüzdesi	t <sub>0</sub>		α <sub>r</sub>	r <sub>0</sub>	α <sub>m</sub>	m <sub>0</sub>	k <sub>0</sub>	Üretimde f <sub>c</sub> 'den küçük dayanımların paylarına göre kabul olasılığı (β hata seviyeleri)					
			%5						%10	%20	%30			
	%	----	Adet	%	----	%	----	----	%	%	%	%		%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
ACI 318	10	1.28	3	1	1.00	1	1.28	0.00	100	99	89	76	1	
ÖNERİ TS 500	σ = 30	10	1.28	3	1	1.00	32	0.28	1.00	86	68	38	19	32
	σ = 60	10	1.28	3	1	1.00	4	0.78	0.50	96	88	66	43	12
T.C.B. BAK.	10	1.28	3	10	0.00	50	0.00	1.28	70	45	18	7	55	
ÖNERİ	10	1.28	4	2	0.75	2	1.03	0.25	99	96	83	64	4	
CP 110	5	1.64	4	1	1.00	5	0.82	0.82	95	81	49	26	5	
CEP MODEL CODE	σ = 30	5	1.64	3	1	1.00	13	0.64	1.00	87	68	38	20	13
	σ = 60	5	1.64	3	1	1.00	3	1.14	0.50	97	89	68	45	3
DIN 1045	5	1.64	3	5	0.00	50	0.00	1.64	48	23	6	2	52	

Tablo 5: ÖNEMLİ BAZI YÖNETMELİK KABUL KRİTERLERİNİN ÖNERİ YÖNETMELİK KABUL KRİTERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI



①	ACI 318 $\sigma = 35 \text{ kg/cm}^2$	$\bar{X}_3 \geq f_c$	⑤	CP 110 $\sigma = 0.15 f_c$	$\bar{X}_4 \geq f_c + 0.82 \sigma$
②b	TS 500 (ÖNERİ) $\sigma = 60 \text{ kg/cm}^2$	$\bar{X}_3 \geq f_c + 30$	⑥	MODEL CODE $\sigma = 30 \text{ kg/cm}^2$	$\bar{X}_3 \geq f_c + 30$
③	T.C.B. Bak.	$\bar{X}_3 \geq f_c + 1.28 \sigma$	⑦	DIN 1045	$\bar{X}_3 \geq f_c + 1.64 \sigma$
④	ÖNERİ YÖNETMELİK	$\bar{X}_4 \geq f_c + 0.25 \sigma$			

Tablo 6: ÖNERİ YÖNETMELİĞİN BENZER YÖNETMELİKLERLE KARŞILAŞTIRILMASI  
(yalnız A tipi kriterleri açısından)



#### ANA KRİTER

$$f_{ch} = f_c + 1.28 \sigma$$

①	ACI 318 (1971) $\sigma = 35 \text{ kg/cm}^2$	$\begin{cases} \bar{X}_3 \geq f_c \\ \bar{X}_1 \geq f_c - 35 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$
---	--	---

#### ANA KRİTER

$$f_{ch} = f_c + 1.64 \sigma$$

⑤	CP 110 (1972) $\sigma = 0.15 f_c$	$\begin{cases} \bar{X}_4 \geq f_c + 0.82 \sigma \\ \bar{X}_1 \geq 0.85 f_c \end{cases}$
---	---	---

② TS 500 (ÖNERİ)  
(1979)  
2a ( $\sigma = 30 \text{ kg/cm}^2$ )  
2a ( $\sigma = 60 \text{ kg/cm}^2$ )

$$\begin{cases} \bar{X}_3 \geq f_c + 30 \\ \bar{X}_1 \geq f_c - 30 \end{cases}$$

⑥ MODEL CODE  
(1978)  
 $\sigma = 30 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{cases} \bar{X}_3 \geq f_c + 30 \\ \bar{X}_1 \geq f_c - 40 \end{cases}$$

③ T.C.B. Bak. (1978)

$$\begin{cases} \bar{X}_3 \geq f_c + 1.28\sigma \\ \bar{X}_1 \geq f_c \end{cases}$$

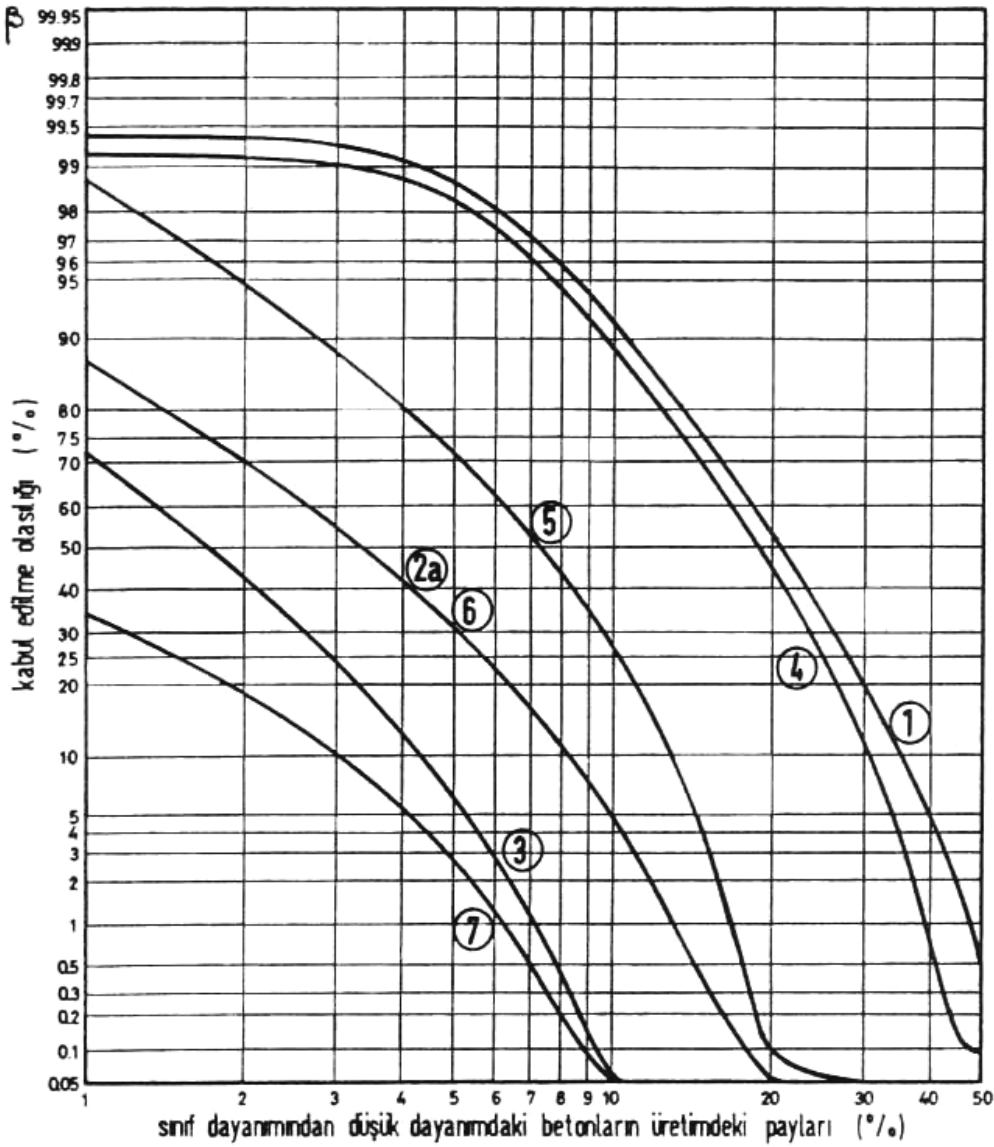
⑦ DIN 1045

$$\begin{cases} \bar{X}_3 \geq f_c + 1.64\sigma \\ \bar{X}_1 \geq f_c \end{cases}$$

④ ÖNERİ YÖNETMELİK  
(1980)

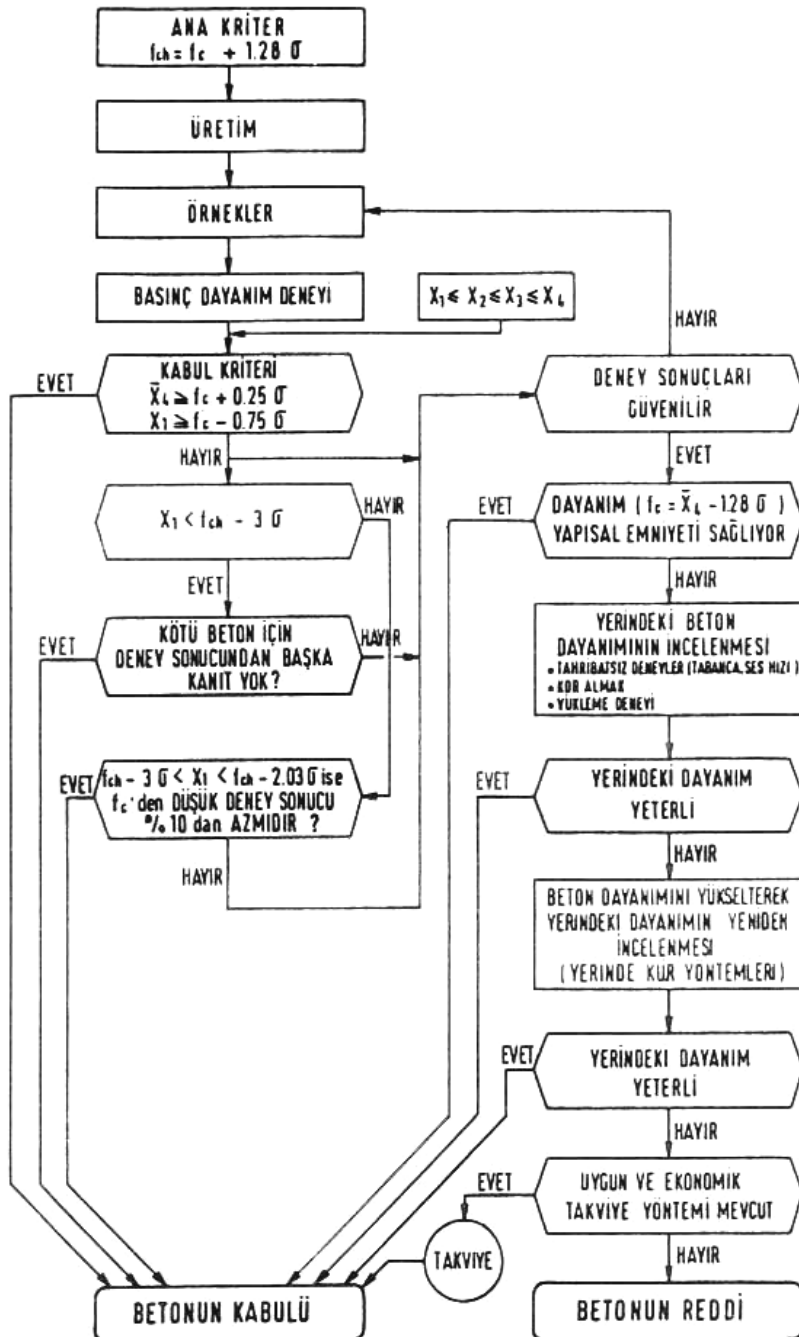
$$\begin{cases} \bar{X}_4 \geq f_c + 0.25\sigma \\ \bar{X}_1 \geq f_c - 0.75\sigma \end{cases}$$

Tablo 7: ÖNERİ YÖNETMELİĞİN BENZER YÖNETMELİKLERLE KARŞILAŞTIRILMASI  
(A ve B tipi kriterler birlikte)



①	ACI 318	(3x8=24 deney)	⑤	CP 1110	(4x6=24 deney)
②a	TS 500 (ÖNERİ)	(3x8=24 deney)	⑥	MODEL CODE	(3x8=24 deney)
③	T.C.B Bak.	(3x8=24 deney)	⑦	DIN 1045	(3x8=24 deney)
④	ÖNERİ YÖNETMELİK	(4x6=24 deney)			

Tablo 8: ÖNERİ YÖNETMELİĞİN BENZER YÖNETMELİKLERLE KARŞILAŞTIRILMASI (deney sayısı açısından, n= 24 deney) (A ve B tipi kriterler birlikte)



Tablo 9: NİTELİK DENETİM AKIŞ ŞEMASI (öneri yönetmelik)



**EK: ÖNERİ YÖNETMELİK**  
**<<BETON ÜRETİMİNDE BASINÇ DENEYİ İLE NİTELİK DENETİMİ>>**

**Ersin ARIOĞLU**

**Ülkü ARIOĞLU**

### **1.GENEL**

Genel olarak beton, yapılarda taşıyıcı eleman olarak kullanılır. Betonun taşıyıcılığının en belirgin ölçütü basınç dayanımıdır. Diğer taraftan deneysel çalışmalar ispatlamaktadır ki betonun basınç dayanımı ile diğer nitelikleri genellikle doğru orantılı olarak bağıntılıdır. Şöyle ki betonun basınç dayanımı yükseldikçe diğer nitelikleri de olumlu olarak artar (Çekme dayanımı, elastik modülü, dış etkilere dayanımı, aderans kabiliyeti vb). Bu nedenle beton üretiminde basınç dayanımının denetim altında tutulmasının taşıyıcılık özelliğini garanti etmek yanında, diğer niteliklerinde garanti edilmesi gibi özel bir ağırlığı vardır.

Taşıyıcı elemanlarda kullanılacak betonlar basınç dayanımlarına göre sınıflandırılırlar. Taşıyıcı sistemi betonarme olan yapı projelerinde bütün hesaplar, kabul edilen bir sınıf dayanımına göre yapılır. Yapı için üretilen betonun basınç dayanımı da, projesinde belirlenen dayanıma uymak zorunluğundadır. Aksi halde emniyetli bir yapı inşa edilemez.

Beton üretiminde, basınç dayanımını, üretimin her safhasında aynı değerde tutmanın olasılığı yoktur. Betonu oluşturan malzemelerin niteliklerinde ve üretim yöntemlerindeki değişimler basınç dayanımını hemen etkiler. Diğer kelimelerle beton basınç dayanımı üretim süreci içinde değişir ve niteliğin ölçütü olan değerler üretimin aritmetik ortalamasının elrafında dağılır.

Dayanım yönünden emniyetli bir yapı inşa etmek için dağılımın varlığı kabul edilerek, betonlar için tarif edilen veya vaz edilen sınıf dayanımları aritmetik ortalamanın altındaki değerlerden seçilirler. Bu seçimde, yapısal emniyet, hesap yöntemleri ve yapıyı zorlayan etkilerin değişimlerini de gözününde tutan istatistiksel bir mühendislik yaklaşımı vardır. Bu yaklaşım, ülkenin milli yönetmeliklerinde ülke ekonomisi gözetilerek yapılır.

Ülke yönetmelikleri, beton üretiminde sınıf dayanımı ile ortalama basınç dayanımı arasında olması gereken farkı saptarlar. Üretilecek betonlar bu şartlara göre tasarlanır ve üretilir.

Üretimin hedefine ulaşip, ulaşmadığı sürekli basınç deneyleri ile kontrol edilir. Diğer kelimelerle üretimin niteliği sürekli olarak denetlenir.

### **2. TEMEL TARIFLER**

#### **2.1. Bir Deney Sonucu ( $X_i$ )**

Bir beton karışımından alınan örnek beton ile hazırlanıp aynı yaşta deneye tabi tutulan beton örnek elemanların dayanımlarının aritmetik ortalamasıdır.

$$X_i = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_N}{N}$$

**N**=Örnek eleman sayısı

**X<sub>i</sub>** = Örnek eleman basınç dayanımı

## 2.2. Üretimin Dağılmasını Belirleyen Tesbit Parametreleri

2.2.1. Aritmetik Ortalama ( $\bar{X}$ ) : Deney sonuçlarının aritmetik ortalamasıdır.

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

**x<sub>i</sub>** = deney sonucu

**n** = deney sayısı

2.2.2. Standart sapma ( $\sigma$ ) : Üretimin aritmetik ortalama etrafındaki dağılımını karakterize eden dağılım parametresidir.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

**X<sub>i</sub>** = 1 nolu deney sonucu

$\bar{X}$  = Örnek eleman sayısı

**n** = Örnek eleman basınç dayanımı

2.2.3 Değişim katsayısı (**V**) : Standart sapmanın aritmetik ortalamaya oranıdır.

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}}$$

2.2.4. Dağılım Aralığı (**R**) : Bir deney grubunda maksimum değerdeki deney sonucu ile min. değerdeki deney sonucu arasındaki farktır.

**n** adet deney sonucu

$$X_1 < X_2 < X_n$$

$$R = X_{\text{maks.}} - X_{\text{min.}} = X_n - X_1$$

## 2.3. Sınıf Dayanımı (**f<sub>c</sub>**) :

Üretim sürecinde daha düşük değer elde etme olasılığı sınırlandırılmış (%5 veya %10 gibi) olan dayanım değeridir. Standart beton örneklerin (silindir veya küp) 28 günlük dayanım sonuçlarına dayandırılır. Karakteristik dayanım, belirlenen dayanım, proje dayanımı ve anma dayanımı olarak da isimlendirilir.

## 2.4. Hedef Dayanım (**f<sub>ch</sub>**) :

Üretimin ulaşması istenen dağılım modelinin aritmetik ortalamasıdır, **f<sub>ch</sub>=f<sub>c</sub>+1.286** (f<sub>c</sub>'den düşük değer olasılığı % 1) **f<sub>ch</sub> = f<sub>c</sub> +1.646** (f<sub>c</sub>'den düşük değer olasılığı % 5)

### 3. KONU ve KAPSAM

Bu yönetmelik, bir beton üretiminde basınç dayanım niteliğini sürekli denetim altında tutmak ve niteliğin yeterliliğini ispatlamak için uyulacak yöntemleri tariflemek üzere hazırlanmıştır.

Yönetmeliğin kapsamı belirlenen niteliğe uygun olan ve olmayan betonları kabul etme veya red etme kriterlerini oluşturmak ve red edilen betonlara uygulanacak işlemleri tariflemekle sınırlandırılmıştır (Betonun belirli bir dayanım seviyesi için karışım projelerini ve hesaplarını yönlendirmek veya tariflemek bu yönetmeliğin kapsamı dışındadır).

### 4. AMAÇ

Yönetmelik genelde aşağıda sıralanan üç amacı gerçekleştirmek üzere hazırlanmıştır.

- Betonların basınç dayanımlarını sürekli olarak yeterli seviyede tutmak ve bu seviyenin yapının projesinde yapılan ön kabullerle uyum halinde olduğunu ispatlamak.
- Yapı üretiminde önemli sonuçlar doğuracak hataların meydana gelme olasılığını, mümkün olduğunca önlemek veya kabul edilebilir küçük risklerde tutulmasını garanti etmek.
- Malzeme özellikleri, üretim, deney ve denetim yöntemlerinin basınç dayanımına etkileri konusunda sürekli bilgi derlemek ve elde edilen bilgileri daha güvenli ekonomik üretim için kullanmak.

### 5. HEDEF DAYANIM ve ANA KRİTER

Projede belirlenen sınıf dayanımına bağlı olarak, beton üretimi için daha yüksek bir ortalama dayanım hedeflenir. (Hedef dayanım-sınıf dayanım ilintisini ülkede geçerli "betonarme hesap kuralları ile ilgili" yönetmelikler saptar(\*)).

$$f_{ch} = f_c + t_0 \sigma \quad (1)$$

$$f_{ch} = f_c + 1.28 \sigma \quad (1a)$$

$f_{ch}$  = hedef dayanım

$f_c$  = sınıf dayanımı

$\sigma$  = üretimde basınç dayanım dağılımının standart sapması

$t_0$  = üretimde, sınıf dayanımından düşük betonların kabul edilen seviyesine bağlı olan "gauss" dağılım katsayısı.

(\*) Ülkemizde geçerli olabilecek ana kriter önerisi TS 500'de verilmiştir.

5.1. Beton basınç deney sonuçlarının "Gauss dağılımı"na (normal dağılım-çan eğrisi) uygun olduğu kabul edilebilir.

5.2. Bir beton üretiminde sınıf dayanımı, kendisinden düşük dayanımların üretimde olma olasılığı %10 olan beton olarak tariflenir. Bu nedenle üretimin hedef dayanımı veya aritmetik ortalaması (1a) ilintisi ile saptanarak, beton karışım hesapları bu değere göre yapılır ve üretime geçilir.

- 5.3. Genelde, sürekli bir beton üretimi için (1a) ilintisinin geçerli olduğu ispatlanırsa, beton üretimi kabul edilir.
- 5.4. Bir üretimin standart sapması en az 30 deney ile saptanabilir. Elde yeterli deney yoksa standart sapma için benzer üretimlerden (malzemeler ve üretim araçları benzer olmak kaydı ile) elde edilen standart sapma değerleri kullanılabilir.
- 5.5. Üretimin standart sapması benzer üretimlerden de tahmin edilemiyorsa, ilk yaklaşım için "Standart sapma için ilk yaklaşım değerleri" tablosunda verilen değerler kullanılabilir.

#### σ STANDART SAPMA İÇİN İLK YAKLAŞIM DEĞERLERİ

Üretimde Denetim Şartları	İyi denetim		Orta denetim		Zayıf denetim	
	<input type="checkbox"/> Ağırlıklara dayalı karışım <input type="checkbox"/> Düzgün gradasyonlu agrega <input type="checkbox"/> Agrega nemi hesaba katılıyor <input type="checkbox"/> Sürekli denetim			<input type="checkbox"/> Ağırlıklara dayalı karışım <input type="checkbox"/> 2 boyut agrega kullanımı <input type="checkbox"/> Su miktarı kontrolsüz <input type="checkbox"/> Aralıklı denetim		<input type="checkbox"/> Hacimsel karışım <input type="checkbox"/> Çeşitli agrega
Beton sınıfı	Normal dayanımlı beton	Yüksek dayanımlı beton	Normal dayanımlı beton	Yüksek dayanımlı beton	Normal dayanımlı beton	Yüksek dayanımlı beton
σ kgf/cm <sup>2</sup>	35	40	50	60	70	-
Δ f kgf/cm <sup>2</sup>	45	50	65	75	90	-

#### Açıklama:

1. Tablodaki değerler küp örnekler içindir. Silindir örnek kullanılıyorsa σ ve Δf değerleri 0.83 katsayısı ile çarpılmalıdır.
2.  $f_{ch} = f_c + 1.28\sigma = f_c + \Delta f$ 'dir  $\Delta f = 1.28 \sigma$
3. Normal Dayanımlı Betonlar:  $f_c < 300 \text{ kg/cm}^2$  (küp)  
Yüksek Dayanımlı Betonlar:  $f_c > 300 \text{ kg/cm}^2$  (küp)

#### 6. DENETİM PLANI ve KABUL KRİTERLERİ

Üretimin denetim altında tutulması için bir denetim planına göre üretimden örnek alarak, ana kritere uygunluk aranmalıdır. Üretimin ana kritere uygunluğu hakkında kesin karara ancak üretimin sonuçlanması halinde varılabilir. Oysa ki yapıyı riske etmeden, ekonomik bir denetim planı ve kısa aralıklarla örnekleme yöntemi ile üretimin kabulü veya reddi (üretim yöntemine rasyonel müdahale) gerçekleştirilmelidir.

Bu nedenle aşağıdaki nitelik denetim planına ve kabul kriterlerine uyularak üretilen betonlar kabul veya red edilir.

6.1. Beton üretiminde kabul kriterleri, standart silindir veya küp örneklerin 28 günlük basınç dayanım deney sonuçlarına dayandırılır.

6.2. Beton üretimi nitelik denetimlerinde, denetim planı, aksi söylenmedikçe, hergünlük üretimden bir örnek alma esasına göre düzenlenir. Günlük üretimi temsil etmek üzere yapılan örneklemede, aksi söylenmedikçe, 2 silindir veya küp örnek eleman hazırlanacaktır. Bu iki adet örnek elemanın 28 günlük basınç dayanımlarının aritmetik ortalaması "tek deney sonucu"dur ve örnek alınan gündeki tüm üretimi temsil ettikleri kabul edilir.

6.3. Beton üretiminin önemine, hacmine ve süresine uygun 6.2'den başka denetim planları da düzenlenebilir. Bu konuda karar üretimi kontrol eden mühendise aittir. Denetim planında örnekleme periyodu için bir üretim birimi seçilir.

o Belli süredeki üretim (hergün, gün aşırı, haftada bir deney gibi)

o Belli miktarda üretim (her 20 m<sup>3</sup>'de, her 40 m<sup>3</sup>'de, her 60m<sup>3</sup>'de bir deney gibi)

o Belli yapısal üretim (her kat betonu üretimi için, her kat kolonları üretimi için bir deney gibi veya prekast 10 kirişte bir, 20 kolonda bir deney gibi).

6.4. Belirlenen bir denetim planına göre hazırlanan örneklerin, tesbit edilen üretim biriminin tam temsilcisi olduğu kabul edilir.

6.5. Deney sonuçları 6.6'daki kabul kriterlerini sağlıyorsa, örneklerin temsil ettiği tüm üretimler otomatik olarak kabul edilir.

6.6. Büyüklerine göre sıraya dizilmiş 4 ardıl deney sonucu,  $X_1 < X_2 < X_3 < X_4$  ise

$$\bar{X}_4 \geq f_c + 0.25 \sigma$$

$$\bar{X}_1 \geq f_c - 0.75 \sigma$$

(2) ve (3) bağıntıları gerçekleşmelidir.

$X_1$  : 4 ardıl deneyde en küçük basınç dayanımı

$\bar{X}_4$  : 4 ardıl deneyin aritmetik ortalaması

$\sigma$  : Üretimin standart sapması

$f_c$  : Sınıf dayanımı

6.7. Beton basınç deneylerinin 28 günlük dayanımların ölçülmesi ile yürütülmesinde, çoğu kere düşük dayanımlı üretimlerin düzeltilmesinde ve gerekli tedbirlerin alınmasında geç kalınabilir. Beton üretim hızının yüksek olduğu üretim merkezlerinde sonuçları daha çabuk öğrenmek gerekebilir. Bu durumlarda 3 veya 7 günlük örnekler denenmelidir. Ancak sıhhatli kararların verilebilmesi için 3 veya 7 günlük dayanımlar ile 28 günlük dayanım arasındaki bağıntıların çok sayıda deneyler ile saptanmış olması gerekir. Böyle deneyler elde yoksa, benzer malzeme ve üretim yöntemlerinden elde edilmiş sonuçlar kullanılabilir. Hiç bir ön bilgi olmaması halinde aşağıdaki bağıntılar kullanılabilir.

$$f_3 / f_{28} \cong 0.40$$

$$f_7 / f_{28} \cong 0.65$$

(Normal portland çimentosu,  
kırmataş agrega, normal üretim  
yöntemleri ve kür şartları,  
S/Ç= 0.50-060)

- 6.8. Bazı durumlarda, üretim hakkında daha erken bilgi sahibi olmak (24 saat gibi) istenebilir. Bu durumlarda Laboratuvar yönetiminin geliştirdiği "standart hızlandırılmış deney yöntemlerine" başvurulmalıdır. Hızlandırılmış deney yöntemlerinin kullanılabilmesi için 28 günlük basınç dayanımı ile hızlandırılmış deney sonuçları arasında güvenilir ve sıhhatli ilintilerin daha önceden yeterli deney sayısı ile elde edilmiş olması şarttır.
- 6.9. Nitelik denetim deneylerinin 3 veya 7 günlük yaşlara veya hızlandırılmış deney yöntemlerine istinat ettirilmesi halinde, önceden elde yeterli bilgi olsa dahi, örneklemede bir örnek eleman daha fazla hazırlanarak 28. günde denenmeli ve önceden tesbit edilmiş bağıntıların sıhhati ve yeterliliği sürekli kontrol edilmeli, gerektiğinde düzeltilmelidir.
- 6.10. Nitelik denetim deneylerinin başında, denetimin hangi yaştaki örneklere dayandırılacağı, üretim kontrolü-üretim yönetmeni ve laboratuvar yönetmeni ile birlikte kararlaştırılmalıdır.

## 7. DÜŞÜK DAYANIMLI DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Yönetmeliğin 6.6 no.lu maddesinde saptanan (2) ve (3) no.lu. kabul kriterlerinden yalnız birisinin veya her ikisinin sağlanmaması halinde, örneklerin temsil ettiği üretimler "şüpheli üretim" sayılmalı ve aşağıda tarif edilen işlemler dizisinden geçirilerek kesin kabul veya red kararına ulaşılmalıdır.

- 7.1. Tek deney sonucu ( $X_1$ ),  $f_{ch}$  hedef dayanımından  $3\sigma$ ' dan daha fazla düşükse ve üretimin kötü olduğunu belgeleyen başka bir kanıt (yerindeki betonun görünümü, üretimde kesin hata olduğunu belgeleyen bulgular vb) yoksa, böyle bir deney sonucu değerlendirme dışı tutulmalıdır.
- 7.2. Tek deney sonucu  $f_{ch} - 3\sigma < X_1 < f_{ch} - 2.03\sigma$  değerleri arasında ise ve  $f_c$ 'den düşük deneylerin sayısı toplam deney sayısının %10'undan az ise, (üretimde gerekli dayanım artırma tedbirleri alınarak deneyin temsil ettiği üretim başka bir araştırma yapılmasına gerek kalmaksızın kabul edilebilir (Araştırma yapıp yapılmamasına kontrol mühendisi karar verecektir).
- 7.3. Uygunluk kriterlerinin sağlanmaması durumunda (üretimin belirli bir süre başarılı gitmesi, yerindeki betonda anormal bir durum olduğunu belgeleyen kesin bulguların bulunmaması halinde) üretimi cezalandırmadan önce ilk olarak örnek alma ve deney yöntemleri tekrar gözden geçirilmeli ve deney sonuçlarının güvenilir olduğu kesin olarak saptanmalıdır (Bu yönetmeliğin tamamlayıcısı olan I ve II no.lu yönetmeliklere tam uyulması halinde deney sonuçları güvenilir kabul edilir).
- 7.4. Düşük deney sonuçlu üretimin taşıyıcı sistem hesapları gözden geçirilmeli ve hesaplar düşük dayanımlı beton sınıfı üzerinden tekrarlanmalıdır. Düşük dayanımlı ( $f_c = \bar{X}_4 - 1.28\sigma$ ) beton sınıfı üzerinden yapılan hesaplarda yapısal emniyetin yeterli

olduğu ispatlanıyorsa üretim kabul edilmelidir. (Dayanımı yükseltme tedbirleri derhal alınarak)

7.5. Yeterli yapısal emniyetin hesaben düşük dayanım kabulü ile ispatlanamadığı hallerde, örneklerin temsil ettiği betonlar yerindeki dayanımları açısından dikkatli bir incelemeye tabi tutulmalıdır.

7.6. Yerindeki beton dayanımları aşağıda önem derecesine göre sıralanan yöntemlerden geçirilerek incelenir.

- o Beton çekici ile yerinde dayanım tesbiti
- o Betonda ses hızı ölçümü ile yerinde dayanım tesbiti
- o Beton çekici ve ses hızı ölçümünün birlikte uygulanması ile yerinde dayanım tesbiti
- o Yerindeki betondan karot alma yöntemi ile yerinde dayanım tesbiti
- o Yükleme deneyi ile yeterli yapısal emniyetin isbatı

Yukarıdaki yöntemlerin uygulanmasında ilgili yöntemin yönetmeliğine uyulmalıdır. Beton çekici veya ses hızı ölçüm metodlarının tek başına uygulanması yerine birlikte uygulanması ve karot deneyi için en az 10 karot ile kesin karara ulaşılmaması tavsiye edilir.

7.7. Örneklenmesinde ve deneyinde hata bulunmayan düşük sınıf dayanımı kabulü ile hesaben yeterli yapısal emniyeti sağlayamayan ve 7.6' da sıralanan işlemlerden geçirildiği halde yeterli seviyede olduğu ispatlanamayan örneklerin temsil ettiği betonlar tüm olarak red edilir ve kırılarak usulüne uygun) yapıdan uzaklaştırılır.

Not:1) Düşük dayanım kabulü ile yapılacak hesaplarda, kontrol mühendisi müsaade ederse ve yapıya gelecek yükler yapısal elemanın ileri yaşlarında ise, betonun zamanla dayanım artımı gözetilebilir. Bu durumda 1 ay , 2ay, 3ay, 6ay ve 12ay dayanım  $1.00 f_c$  ,  $1.10 f_c$  ,  $1.20 f_c$  ,  $1.30 f_c$  ve  $1.40 f_c$  alınabilir.

- 2) Beton çekici ve ses hızı ölçümü ile yerinde beton dayanımı saptama incelemelerinde deney sayısı mümkün olduğu kadar çok olmalıdır. Ayrıca incelemenin, beton eleman üzerinde sistematik ve karesel bir ağ düzeninde (elemanın her noktasını tarayıcı biçimde) yapılması önerilir.
- 3) Karot deneylerinde,  $f_c$ 'den %15 kadar düşük sonuç alınması, üretimin kabulü için yeterli sayılmalıdır.
- 4) "Şüpheli betonlara" yerinde kür uygulanarak, yeterli dayanıma yükseltilebilirler (su içinde tutma-sıcak su içinde tutma vb). Uygulanacak kür yöntemi ve süresi hakkında son karar "üretim kontrolüne" aittir. Küre tabi tutulacak betonların, küreden önce hızları ve beton çekiç deneyleri ile durumları tesbit edilmelidir. Kür uygulamasından sonra "tahribatsız" deneyler tekrarlanarak, dayanım artışı rapora bağlanmalıdır.



5) Ekonomik nedenlerle "şüpheli betonlar kırılarak yerinden uzaklaştırılmadan önce taşıyıcıların takviye olanakları da araştırılmalıdır. Uygun ve ekonomik takviye yöntemlerinin bulunması halinde taşıyıcının takviyesi yöntemi betonların kırılarak yerinden uzaklaştırılması yöntemine kırılma sırasında yapıya hasar verme olasılığı nedeni ile tercih edilmelidir.

## 8. NİTELİK DENETİM ÇİZELGELERİ

Beton üretimini denetim altında tutmak ve üretimde ekonomi sağlamak amacı ile deney sonuçları "nitelik denetim çizelgelerine" işlenerek devamlı izlenir.

### 8.1. Nitelik denetim çizelgesinde

- Deney sonuçları tek-tek
- 4'lü ardıl ortalamalar
- İşlenebilirlik ve
- Deney içi dağılım aralığı (range) birlikte takip edilmelidir.

8.2. Çizelgelerin tanzimi veya uygun bir istatistik anlamı olan, nitelik anlamı olan nitelik denetim çizelge yönteminin seçilmesi 8.1'deki kayıtlara uyulması şartıyla serbest bırakılmıştır (Bu konuda yol gösterici bir örnek Ek 2 ve Ek 3'de verilmiştir).

8.3. Denetim çizelgeleri ile takip edilen üretimde, düşme temayülü tesbit edilmesi halinde, derhal üretime müdahale edilerek, dayanımın yükseltilmesi sağlanmalıdır.

## 9. BETON BASINÇ DAYANIMININ YÜKSELTİLMESİ

Üretim sürecinde, beton dayanımına etki eden faktörlerdeki değişimler nedeni ile, dayanımlarda zaman zaman düşme temayülü görülmesi çok olağandır. Böyle durumlarda gerekli tedbirler alınarak dayanımların yükseltilmesi sağlanmalıdır.

En tesirli tedbir, dayanım düşmesine neden olan gerçek sebebi kesin olarak saptayıp ortadan kaldırılması ile alınabilir. Ancak kesin bulgular saptanamıyorsa veya yapılacak araştırmalar zaman alacaksa, acil genel tedbirlere başvurulmalıdır. Genel tedbirler her ne kadar, üretimin şartlarına ve ekonomisine bağlı olarak çok çeşitli ise de, aşağıda yol gösterici ve ekonomik önceliği olan genel tedbirler sıralaması verilmiştir. Üretim sorumlusu, bu tedbirlerden uygun olan birisini veya bir kaçını bir arada uygulayabilir.

o Karışım suyunun miktarı azaltılmalıdır.

(% 10 su azaltılması, normal orta sınıf betonlarda yaklaşık 50 kg/cm<sup>2</sup>'lik dayanım artışı sağlar).

o Agrega granülometrisi kontrol altına alınmalıdır.

(Granülometri düzeltmeleri %10-%15 dayanım yükselmesini sağlayabilir)

o Betonda hapsedilen hava miktarı kontrol altına alınmalıdır.

(% 1 hava miktarı azaltılması dayanımı % 5.5 arttırır)

o Çimento miktarı artırılmalıdır.

(yaklaşık 6 kg/m<sup>3</sup> çimento artışı, 10 kgf/cm<sup>2</sup>'lik dayanım artışı sağlar).

\*9 maddelik bu yönetmelik YAPI MERKEZİ Araştırma Laboratuvarı tarafından hazırlanmış ve denenmiştir.\*