

YÜKSEK DAYANIMLI BETONLARDA NUMUNE BOYUTUNDAKİ DEĞİŞİMİN BASINÇ DAYANIMINA ETKİSİ

Kemalettin YILMAZ, Murat Y. ALEMDAR

Özet – Günümüzde, dünyada yüksek dayanımlı betonlarla ilgili çalışmalar oldukça ilerlemiştir. Ülkemizde de bu tür çalışmalar hızla ilerlemektedir. Gün geçtikçe daha yüksek dayanıma sahip betonlar elde edilmektedir.

Bu çalışmada yüksek dayanımlı betonlarda numune boyutundaki değişimin basınç dayanımına etkisi incelenmiştir. Bunun için dört değişik katkı, iki farklı dozajda ve iki farklı çimento kullanılarak üretilen karışımlardan iki farklı boyutlardaki numuneler alınarak deneyler yapılmıştır. Bu numunelerin 28 günlük basınç dayanımları bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar yorumlanarak numune boyutunun basınç dayanımına etkisi incelenmiştir.

Anahtar kelimeler – yüksek dayanımlı beton, basınç dayanımı, numune boyutu

Abstract - Nowadays, the working has quite been improved about high strength concrete over the world. Also, the same works has rapidly been improved in our country. The higher strength concrete has obtained every day.

In this studying, the changing in size of aggregates to effect the pressures in high the strength concretes was tested. Two samples at different sizes, which was taken the producted mixings by using four different additions in different dosages and two different cements, was tested. The pressures 28 days was found. The size of aggregates to effect the pressure strength was examined by commenting the results.

The key words - The high strenth concrete, the pressure strenth, the size of aggregate.

1.GİRİŞ

Beton çağdaş toplumların temelini oluşturan malzemelerin en önemlilerinden biridir. Çevremize baktığımızda, binalar, yollar, köprüler, barajlar, santraller, istinat duvarları, su depoları, limanlar, hava alanları, kent mobilyaları vb. imalatların betondan yapıldığını görürüz[1].

Kemalettin Yılmaz, Murat Y. Alemdar, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Esentepe Kampüsü / Sakarya

Beton çimento, ince agrega, su ve gerektiğinde çeşitli kimyasal ve/veya mineral katkıları içeren bir kompozit malzemedir. İyi bir betonda tüm ince agrega tanelerinin çimento hamuruyla; tüm kaba agrega tanelerinin de harçla bütünüyle kaplanmış olması gerekir. Bu sistem içindeki bağlayıcı malzeme olan çimentonun suyla reaksiyonu (hidratasyon) sonucunda beton dayanım kazanır[1].

Yüksek dayanımlı betonlar, bazı farklı malzemelerin kullanımı ve yeni tekniklerin uygulanmasıyla geliştirilmiş, normal betonlardan daha üstün iç yapı ve mekanik davranış özelliklerine sahip malzemelerdir. Günümüz koşullarına göre belirlenen standartlarda 60-115 MPa arasında basınç dayanımına sahip betonlar yüksek dayanımlı beton sınıfına girerler. Daha üstün performans elde edebilmek için yüksek dayanımlı betonların üretiminde hiper akışkanlaştırıcı katkı, silis dumanı, uçucu kül, yüksek mukavemetli çimento ve iyi nitelikli agregalar kullanılmalıdır[2].

Betonun basınç dayanımı çok farklı faktörlerden etkilenir. Basınç dayanımına etki eden faktörleri incelemekteki amaç, basınç dayanımı yüksek olan beton elde etmek için özellikle beton bileşiminin ne gibi kurallara uyarak saptanması gerektiğini anlamaktır. Betonun basınç dayanımı, bir çok faktörlerin etkisinde olmasından dolayı büyük bir dağılım göstermektedir. Başka bir deyişle beton üretiminde aynı agrega ve aynı çimento kullanılmasına, bileşiminde ve üretim metotlarında bir değişiklik yapılmamasına karşın elde edilen beton dayanımları birbirinden farklı olarak geniş bir aralık içinde değişmektedir[3].

Beton, diğer birçok gevrek yapı malzemesinde olduğu gibi basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı düşük bir malzemedir. Betonun çok düşük olan çekme dayanımı hesaplarda genellikle dikkate alınmadığından, üzerinde durulan en önemli özelliği basınç dayanımıdır[4]. Betonun basınç dayanımı birçok değişkenin etkisi altındadır. Bunlar:

- Çimento ile ilgili faktörler
- Su miktarı
- Betonun kompasitesi
- Numune geometrisi boyutları
- Yükleme hızı
- Diğer etkenler
- Saklama koşulları

II. YÜKSEK DAYANIMLI BETONLAR

Çimento teknolojisindeki gelişmelerle beraber silis dumanı ve uçucu kül gibi puzolanik endüstriyel atıkların, su/çimento oranını işlenebilirlik kaybı olmaksızın %20 civarına indirebilen etkili akışkanlaştırıcıların beton bileşimine katılması sonucunda beton dayanımında büyük artışlar sağlanmıştır. Bunlar yüksek dayanımlı beton olarak adlandırılmıştır. Bu betonlar üzerinde özellikle son 30 yıldan beri yabancı ülkelerde olduğu gibi Türkiye’de de araştırmalar devam etmektedir. Yüksek dayanımlı beton yapabilmek için hem su/çimento oranını düşürüp temas yüzeyini daha güçlendirmek, hem de agrega boyutunu küçülterek çatlak ağını arttırmak yolu seçilmelidir[5]. Tercihen yüksek fırın cürufu gibi üçüncü bir mineral katkı da kullanılmalıdır[6].

II.1 Yüksek Dayanımlı Beton Üretimi için Gerekli Olan Koşullar

- İyi nitelikli, temiz, sert ve sağlam agrega seçilmeli,
- Yüksek mukavemetli çimento kullanılmalı,
- Hiper akışkanlaştırıcı katkı kullanılmalı,
- Yüksek dozajlı bir karışım hazırlanmalı,
- Uygun olan su/çimento oranı seçilmeli,
- İşlenebilir bir beton olmalı,
- Çok ince öğütülmüş filler (silis dumanı) gibi kullanılmalıdır.

II.2 Yüksek Dayanımlı Beton Sınıfları

Yüksek dayanımlı betonlar basınç dayanımlarına göre sınıflara ayrılırlar. Ancak, ülkelerin kullandıkları üretim teknolojilerin farklılığı ve kalitenin giderek artması, yüksek dayanımlı betonların sınıfının ülkeden ülkeye değişmesine neden olmaktadır[2]. Basınç dayanımının 100Mpa (1000 kgf/cm²) düzeyine çıkarmak için S/Ç oranının 0.30’ların altına indirmek gerekir. Seattle’da Pacific First Center binasında S/Ç oranı 0.22 olan beton üretilmiştir[7-8]. Beton, mukavemetinin önemli bir bölümünü 28 gün sonunda kazandığı ve betondan beklenen en önemli özellik basınç mukavemeti olduğu için betonlar 28 günlük basınç mukavemetlerine göre adlandırılır ve sınıflandırılırlar[9]. Aşağıdaki tabloda bazı ülkelerin yönetmeliklerine göre yüksek dayanımlı beton sınıfları gösterilmiştir.

Tablo 1. Bazı ülkelerin yönetmeliklerine göre yüksek dayanımlı beton dayanım sınıfları verilmektedir.

Yönetmelik	Min. Basınç Dayanımı (MPa)	Max. Basınç Dayanımı (MPa)	Numune Tipi
TS 500	50	100	150/300 SİLİNDİR
ACI 318	62-69	100	150/300 SİLİNDİR
CAN3-A23.3 M84	62-69	100	150/300 SİLİNDİR
CEB-FIB MC 90	60	80	150/300 SİLİNDİR
DIN 1045	55	115	150*150*150 KÜP
NS 3473	65	105	150*150*150 KÜP
BS 8110	60	110	150*150*150 KÜP
RAK-MK 4	60	100	150*150*150 KÜP

II.3 Yüksek Dayanımlı Beton Üretimi

Beton mukavemetini yükseltme çalışmaları daima hamurun fazını iyileştirme yönünde olmuştur. Hiç boşluk içermeyen bir çimento hamuru fazı üretilebilmekle sağlanabileceğimiz en yüksek mukavemete erişilebiliriz. Doğal olarak agrega-çimento arakesitlerinde de boşluk kalmamalıdır. Bu ideal durum üretim sırasında alınacak tedbirlerle uygulanacak süreçlerle sağlandığı gibi beton sertleştikten sonra boşlukların doldurulması ile de sağlanabilir[10].

Yüksek basınç mukavemeti elde etmek üzere pek çok yöntem geliştirilmeye çalışılmıştır. Bunlar çoğunlukla çimento hamuru fazındaki kılcal boşlukları minimuma indirme esasına dayanırlar. Bu husus ise su/çimento oranını mümkün olduğunca küçültmekle mümkündür. Ayrıca çimentonun hidratasyonunu daha mükemmel kılmak, kılcaldan da ince boşlukları tıkamak, agrega çimento bağıntısını aktive etmek düşünülen süreçlerdir[11].

Günümüzde en büyük gelişme, başlangıçta su/çimento oranı çok düşük, buna karışık işlenebilmesi mükemmel beton elde etmeye imkan sağlayan hiper akışkanlaştırıcıların bulunması ile sağlanmıştır. Bu katkılarla su/çimento oranı 0.30’lar mertebesine düşmekte, böylece kılcal boşluklar hemen hemen yok olmaktadır. İşlenebilme o denli artmaktadır ki vibrasyona dahi gerek duyulmamaktadır. Hiper akışkanlaştırıcılarla birlikte çimento tanelerinden yirmi beş defa daha ince silis dumanının (silika fume) kullanımı ile mukavemetler daha da yükseltilebilmektedir. Silis dumanları kılcaldan ince boşlukları tıkayarak ve agrega-çimento hamuru bağlantısını puzolanik nitelikleri ile iyileştirerek hamur fazının mükemmelleşmesine imkan vermektedirler. Kullanma kolaylıkları nedeniyle hiper akışkanlaştırıcı katkı ve silis dumanı kullanma yöntemi diğer mukavemet yükseltme çabalarını arka plana itmiştir[10].

III. YÜKSEK DAYANIMLI BETON ÜRETİMİNDE KULLANILAN MALZEMELER

III.1 Çimentolar

Çimentoyu seçerken, tam bir kalite programı uygulayan bir üretici aranmalı, çimento kimyasal ve fiziksel özellikleri bakımından iyi olmalı ve kullanırken kontrolleri uygun biçimde yürütülmelidir. Yüksek mukavemet elde etme yolunda, karışımın su ihtiyacı ve işlenebilirliği açısından çimento tipi önemlidir. Karışım için öncelikle C₃A içeriği ve tane dağılımı başlıca kontrol etkenleridir. Mineral bileşimi ve çimento inceliği erken ve nihai mukavemeti yönlendiren etkenlerdir. Ayrıca azaltılmış hidratasyon ısısının yüksek nihai mukavemet için yararlı olacağı gözlenmiştir.

Portland çimentosunun hidratasyonu sırasında çok miktarda kalsiyum hidroksit [Ca(OH)₂] oluşur. Bu kalsiyum hidroksitin betonun mukavemet gelişimine hiçbir katkısı yoktur. Aksine, geniş kalsiyum hidroksit kristalleri, sadece, agrega-çimento hamuru etkileşiminde ve çimento hamurunun kümeleşme evresindeki zayıflıkların oluşmasına neden olurlar. Kalsiyum hidroksit, uçucu kül veya silis dumanı gibi mineral karışımların katılımıyla puzolanik reaksiyon sırasında mukavemete katkıda bulunan bir maddeye dönüşür. Buna kalsiyum silikat hidratasyonu denir[12].

III.2 Agregalar

Yaklaşık olarak 40 Mpa’lık bir basınç mukavemetine kadar, agreganın mukavemeti birinci derece öneme sahip değildir, çatlak oluşumu önce agrega-matris temas yüzeyinde başlar, sonra matris çatlak ve yayılma matrisde olur. Yüksek dayanımlı beton halinde ise kırılma süreci çatlakların agrega içinde geçmesiyle olur. Yani normal betondaki gibi, çatlak temas yüzeyinde başlayıp agrega etrafında tur atarak yayılmaz doğrudan agreganın içinden geçer[11]. Dolayısıyla dayanımı yüksek agrega kullanılmasıyla daha yüksek dayanıma sahip betonlar elde edilebilir.

III.3 Mineral Katkılar

Özellikle 60Mpa’dan yüksek mukavemetli betonların üretiminde, portland çimentosuna ilaveten uçucu kül, silis dumanı gibi mineral katkılar artık yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunların şu yararları vardır:

- Çimentonun bir kısmı yerine uçucu kül yada silis dumanı kullanılması, erken zamanlı hidratasyon ısısı artışlarını kontrol eder ve özellikle büyük hacimli yapı kesimlerinde zararlı olabilecek bir iç sıcaklık düzeyine erişmeden, betona bol miktarda bağlayıcı ürün sağlar.

- Bunların girdiği puzolanik reaksiyonlarda, çimento hidratasyonu ile kirecin [Ca(OH)₂] büyük bir kısmı kullanılır ve serbest kalan çok az miktardaki kirecin hamur-agrega ara kesitinde oluşturacağı kristaller de daha az olarak arakesitte oluşan bağ zayıflatılmamış olur[4].

III.4 Kimyasal Katkılar

Kimyasal katkıların en çok kullanılanı akışkanlaştırıcılarıdır. Akışkanlaştırıcıların betonun basınç dayanımı üzerindeki birincil etkisi su/çimento oranı azaltmasından dolayıdır. Aynı çökme değeri ve çimento dozajı için su miktarı azaltıldığında, su/çimento oranındaki azalmalar betonun her yaşta dayanımını önemli ölçüde artırır. Akışkanlaştırıcı katkı kullanımının betonun basınç dayanımının ve elastisite modülünün üzerinde pozitif bir etki meydana getirdiği ve bunlar arasında en çok basınç dayanımı üzerinde etkin olduğu söylenebilir[13].

Akışkanlaştırıcı katkılardan, hiper akışkanlaştırıcı katkıların kullanılmasıyla su/çimento oranının %30’ların altına indiği ve basınç dayanımını oldukça yükselttiği gözlenmiştir. Hiper akışkanlaştırıcılar taze betonun işlenebilme özelliğini son derece artırır. Dolayısıyla işlenebilmesi bu denli artan bir beton için çok kere vibrasyonla yerleştirmeye de gerek kalmayarak, enerji ve işçilikten de ekonomi sağlanmaktadır.

IV. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Beton karışımlarında katkı oranları(%1,5), silis dumanı oranları(%10), uçucu kül oranları (%30) ve agrega miktarları sabit tutulmuştur. Karışımlarda çökme aynı olmak kaydıyla su miktarı değiştirilerek 24 ayrı karışımın üretilmiştir. Üretilen betonların kodlandırılmasında ilk iki yada üç harf çimentonun cinsini, sonraki harf çimentonun miktarını, sonraki rakam katkının sınıfını ve en son harf uçucu kül ve silis dumanını belirtmektedir. Bu kodlandırma Tablo 2’de verilmiştir.

Karışımında kullanılan; agregaların özellikleri ve granülometrik analizleri Tablo3 ve Tablo4’de, çimentoların mekanik, kimyasal ve fiziksel özellikleri sırasıyla Tablo5, Tablo6 ve Tablo7’de, kimyasal katkıların özellikleri Tablo8’de verilmiştir.

Tablo 2. Üretilen betonların kodlandırılması

PÇ	Portland Çimentosu
BPÇ	Beyaz Portland Çimentosu
A	450 Dozlu Çimento
B	550 Dozlu Çimento
1	Süper Akışkanlaştırıcı I
2	Süper Akışkanlaştırıcı II
3	Hiper Akışkanlaştırıcı I
4	Hiper Akışkanlaştırıcı II
S	Silis Dumanı
U	Uçucu Kül

Tablo 3. Agregaların ve karışımın granülometrik analizi

Elektren Geçen Melzemelerin Yüzdeleri	ELEKTEN GEÇEN MELZEMELERİN YÜZDELERİ							
	32	16	8	4	2	1	0,5	0,25
Elektren Geçen (mm)	32	16	8	4	2	1	0,5	0,25
Kırmakum (%55)	100	100	100	83	57	42	34	28
Kırmataş I (%21)	100	100	20	2	1	1	1	1
Kırmataş II (%24)	100	53	1	1	1	1	1	1
Karışım Granülometri	100	89	59	46	32	24	19	15
A 32(Alt sınır)	100	62	38	23	14	8	5	2
B 32(Optimum)	100	80	62	47	37	28	18	8
C 32(Üst sınır)	100	89	77	65	53	42	28	15

Tablo 4. Agregaların özellikleri

Agrega Cinsi	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Birim Ağırlık (g/cm ³)	Su Emme (%)	İncelik Modülü
Kırmakum	2,75	1,44	1,8	4,15
Kırmataş I	2,75	1,44	0,9	
Kırmataş II	2,78	1,39	0,5	

Tablo 5. Çimentoların mekanik özellikleri

Gün	Basınç Dayanımı(MPa)	
	PÇ 42,5	BPÇ 42,5
1	16,0	-
2	24,4	36,4
7	38,9	50,9
28	55,0	-

Tablo 6. Çimentoların kimyasal özellikleri

	PÇ 42,5	BPÇ 42,5
Çözünmeyen Kalıntı(%)	0,25	0,12
Kızdırma Kaybı(%)	0,44	2,48
MgO(%)	1,71	1,43
SO ₃ (%)	2,92	3,25
Cl(%)	0,001	0,008
Al ₂ O ₃ (%)	5,21	-
K ₂ O(%)	0,59	-
C ₃ A(%)	8,71	-
C ₃ S(%)	54,38	-
Serbest CaO(%)	0,62	-

Tablo 7. Çimentoların fiziksel özellikleri

Çimento Cinsi	PÇ 42,5	BPÇ 42,5
Özgül Ağırlık(g/cm ³)	3,15	-
Özgül Yüzey(cm ² /g)	2890	4480
Priz Süresi Başlangıcı(dk)	158	115
Priz Süresi Sonu(dk)	188	150
Hacim Genleşmesi(mm)	1	1
Kıvam Suyu(%)	26,5	-
Beyazlık(%)	-	85,4

Tablo 8. Kimyasal katkıların özellikleri

Katkılar	Süper I	Süper II	Hiper I	Hiper II
Görünüm	Sıvı	Sıvı	Sıvı	Sıvı
Yoğunluk(g/cm ³)	1,2	1,21	1,06	1,1
Renk	Kahve	Kahve	Sütbeyaz	Uçuksarı
pH	7-9	7-9	-	-
Klorür İçeriği(BS 5075)	İçermez	İçermez	-	-

Tablo 9. Beton bileşimleri

Beton kodu	Çimento (kg/m ³)	Su (kg/m ³)	su çimento oranı	Katkı (kg/m ³)	Kırma kum (kg/m ³)	Kırmataş I (kg/m ³)	Kırmataş II (kg/m ³)	Silis dumanı (kg/m ³)	Uçucu kül (kg/m ³)
PÇ/A1/S	426	134	0,29	7,03	1006	384	444	42,6	
PÇ/A2/S	423	140	0,30	6,98	998	381	440	42,3	
PÇ/A3/S	438	110	0,23	7,23	1033	394	456	43,8	
PÇ/A4/S	442	91	0,19	7,29	1043	398	460	44,2	
BPÇ/A1/S	418	142	0,31	6,90	986	377	435	41,8	
BPÇ/A2/S	410	158	0,35	6,77	967	369	427	41,0	
BPÇ/A3/S	437	106	0,22	7,21	1030	393	454	43,7	
BPÇ/A4/S	427	103	0,22	7,05	1007	385	444	42,7	
PÇ/B1/S	541	138	0,23	8,93	926	354	409	54,1	
PÇ/B2/S	539	148	0,25	8,89	921	352	406	53,9	
PÇ/B3/S	539	113	0,19	8,89	966	369	426	53,9	
PÇ/B4/S	537	104	0,18	8,86	962	367	424	53,7	
BPÇ/B1/S	533	147	0,25	8,79	911	348	402	53,3	
BPÇ/B2/S	524	156	0,27	8,65	895	342	395	52,4	
BPÇ/B3/S	549	105	0,17	9,06	938	358	414	54,9	
BPÇ/B4/S	547	104	0,17	9,03	935	357	412	54,7	
PÇ/B3/SU	533	127	0,17	11,19	840	321	371	53,3	160
PÇ/B4/SU	537	128	0,17	11,28	846	323	373	53,7	161,1
BPÇ/B3/SU	529	134	0,18	11,11	833	318	367	52,9	158,7
BPÇ/B4/SU	529	127	0,17	11,11	834	318	368	52,9	158,8
PÇ/A3/SU	439	125	0,20	9,22	920	343	413	43,9	131,7
PÇ/A4/SU	425	124	0,21	8,93	928	346	416	42,5	127,5
BPÇ/A3/SU	442	132	0,21	9,28	919	341	410	44,2	132,6
BPÇ/A4/SU	439	123	0,20	9,22	923	348	409	43,9	131,7

Üretilen her seride 28 günlük dayanımlar için 10x10 cm'lik ve 15x15 cm'lik küp numuneler kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan beton serilerine ait taze beton bileşimleri Tablo 9'da verilmiştir. Üretilen numuneler deney gününe kadar +20⁰ C de kirece doymun su içerisinde saklanmış ve sonra sudan çıkarılarak kurutulup basınç deneyine tabi tutulmuştur.

V. DENEY SONUÇLARI

Üretilen betonların taze ve sertleşmiş haldeki deney sonuçları Tablo 10'da verilmiştir. Bu deney sonuçlarından 28 günlük basınç deney sonuçları kullanılarak Tablo 11 ve 12 elde edilmiştir. Bu tablolar incelendiğinde şu değerlendirmeler yapılabilir:

- 10x10 ebatlarındaki numunelerden elde edilen basınç dayanımı sonuçları 15x15 ebatlarındaki numunelerden bütün karışımlarda daha büyük sonuçlar vermiştir.
- $\sigma_{10x10}/\sigma_{15x15}$ oranının en büyük olduğu karışımlar; 450 dozlu karışımlarda BPÇ 42,5 çimento, 3 nolu hiper akışkanlaştırıcı katkı ve silis dumanı ile yapılan karışım verirken, 550 dozlu karışımlarda BPÇ 42,5 çimento, 3 nolu hiper akışkanlaştırıcı katkı, uçucu kül ve silis dumanı ile yapılan karışım vermiştir.
- $\sigma_{10x10}/\sigma_{15x15}$ oranının en küçük olduğu karışımlar; 450 dozlu karışımlarda BPÇ 42,5 çimento, 4 nolu hiper akışkanlaştırıcı katkı, uçucu kül ve silis dumanı ile yapılan karışım

verirken, 550 dozlu karışımlarda PÇ 42,5 çimento, 2 nolu süper akışkanlaştırıcı katkı ve silis dumani ile yapılan karışım vermiştir.

Tablo 10. Deney sonuçları

Deney günleri	Mukavemet (Mpa)		Birim Ağırlık (kg/m ³)	Hava oranı (%)
	28 Günlük	10x10		
Numune ebatları	10x10	15x15		
PÇ/A1/S	80	72	2443	1,4
PÇ/A2/S	76	68	2431	1,5
PÇ/A3/S	94	85	2481	2,1
PÇ/A4/S	98	88	2485	2,0
BPÇ/A1/S	82	69	2406	1,3
BPÇ/A2/S	77	66	2378	1,9
BPÇ/A3/S	98	82	2470	2,0
BPÇ/A4/S	90	84	2415	3,0
PÇ/B1/S	89	80	2430	2,7
PÇ/B2/S	83	80	2428	2,4
PÇ/B3/S	104	98	2475	2,3
PÇ/B4/S	102	95	2456	3,6
BPÇ/B1/S	94	84	2403	1,6
BPÇ/B2/S	88	77	2372	2,3
BPÇ/B3/S	114	96	2427	2,0
BPÇ/B4/S	104	91	2418	3,8
PÇ/B3/SU	111	106	2413	2,8
PÇ/B4/SU	118	110	2431	1,8
BPÇ/B3/SU	108	90	2401	2,6
BPÇ/B4/SU	99	86	2396	1,8
PÇ/A3/SU	102	94	2425	1,7
PÇ/A4/SU	109	98	2418	2,1
BPÇ/A3/SU	94	80	2430	2,4
BPÇ/A4/SU	82	78	2427	1,9

- 450 dozlu karışımlarda; PÇ 42,5 çimento kullanıldığında $\sigma_{10x10}/\sigma_{15x15}$ oranları hemen hemen aynı çıkarken, BPÇ 42,5 çimento kullanıldığında bu oranlarda sapmanın daha fazla olduğu görülmüştür.
- 550 dozlu karışımlarda; PÇ 42,5 çimento kullanıldığında $\sigma_{10x10}/\sigma_{15x15}$ oranları hemen hemen aynı çıkarken, BPÇ 42,5 çimento kullanıldığında bu oranların biraz daha fazla olduğu ve değişim aralıkları arasındaki sapmanın arttığı görülmüştür.

- BPÇ 42,5 çimentolu karışımlarda; süper akışkanlaştırıcı katkı kullanıldığında, 450 dozlu karışımlarda $\sigma_{10x10}/\sigma_{15x15}$ oranları daha büyük çıkarken, hiper akışkanlaştırıcı katkı kullanıldığında karışımlarda $\sigma_{10x10}/\sigma_{15x15}$ oranları arasında anlamlı bir fark görülmemiştir. Ancak her iki dozajda da 3 nolu hiper akışkanlaştırıcı katkı kullanılan karışımlarda bu oran daha büyük çıkmıştır.
- PÇ 42,5 çimentolu karışımlarda; süper akışkanlaştırıcı katkı kullanıldığında, $\sigma_{10x10}/\sigma_{15x15}$ oranları yaklaşık eşit çıkarken, hiper akışkanlaştırıcı katkı kullanıldığında 450 dozlu karışımlarda $\sigma_{10x10}/\sigma_{15x15}$ oranları daha büyük sonuçlar vermiştir.

Tablo 11. 28 günlük basınç dayanımlarında $\sigma_{10x10}/\sigma_{15x15}$ oranları

Beton Kodu	Süper akışkanlaştırıcı	Hiper akışkanlaştırıcı		
		σ_{10x10}	σ_{15x15}	
450 Dozlu Beton	PÇ 42,5	PÇ A(1-3) S	1,11	
		PÇ A(2-4) S	1,12	
		PÇ A(3) SU	1,09	
		PÇ A(4) SU	1,11	
BPÇ 42,5	BPÇ A(1-3) S	1,19	1,20	
		BPÇ A(2-4) S	1,17	1,07
		BPÇ A(3) SU	1,18	
		BPÇ A(4) SU	1,05	

Tablo 12. 28 günlük basınç dayanımlarında $\sigma_{10x10}/\sigma_{15x15}$ oranları

Beton Kodu	Süper akışkanlaştırıcı	Hiper akışkanlaştırıcı		
		σ_{10x10}	σ_{15x15}	
550 Dozlu Beton	PÇ 42,5	PÇ B (1-3) S	1,11	
		PÇ B (2-4) S	1,04	
		PÇ B (3) SU	1,05	
		PÇ B (4) SU	1,07	
BPÇ 42,5	BPÇ B (1-3) S	1,12	1,19	
		BPÇ B (2-4) S	1,14	1,14
		BPÇ B (3) SU	1,20	
		BPÇ B (4) SU	1,15	

VI. SONUÇLAR

Basınç deneyleri için alınan numunelerde, numune boyutlarının küçülmesi sonucu basınç dayanımının arttığı, bu artış oranının belli bir aralıkta değiştiği, kullanılan katkı çeşidi, çimento cinsi ve dozajına bağlı olarak farklılık gösterdiği görülmüştür.

450 dozlu PÇ 42,5 çimentolu betonlarda bu artışın %10 mertebesinde olduğu görülmüştür. Aynı dozdaki BPÇ 42,5 çimentolu betonlarda ise artış oranının %20 lere yaklaştığı söylenebilir.

550 dozlu betonlarda ise durum; PÇ 42,5 çimentolu betonlarda artıştaki oranın daha düşük seviyede olduğu(%7) görülmektedir. BPÇ 42,5 çimentolu betonlarda ise bu oranın biraz daha yukarıda seyrettiği ve artan dozajla birlikte hiper akışkanlaştırıcı betonlarda bu oranın biraz daha fazla arttığı görülmüştür.

Aynı malzemeye sahip karışımlar incelendiğinde; betonda dozajın artması, numune boyutunun basınç dayanımına etkisini azaltmaktadır. Numune boyutunun basınç dayanımı oranına etkisinde, süper ve hiper akışkanlaştırıcılar arasında anlamlı bir ilişki gözlemlenmemiştir. Bunun yanında BPÇ 42,5 çimentolu ve hiper akışkanlaştırıcı betonlarda boyut etkisi daha belirgin olduğu görülmüştür.

VII. KAYNAKLAR

- ÖZKUL, H., TAŞDEMİR, M.A., TOKYAY, M. ve UYAN, M., "Her Yönüyle Beton", Türkiye Hazır Beton Birliği, İstanbul, Aralık 1999.
- ÖZYURT, N., "Ultra Yüksek Dayanımlı Çimento Esaslı Kompozit Malzemelerin Mekanik Davranışı", Yüksek Lisans Tezi İTÜ, İstanbul, 2000.
- TÜRKEL, E. B., "Betonun Basınç Dayanımı ile Elastisite Modülü Arasındaki İlişkiler" Yüksek Lisans Tezi İTÜ, İstanbul, Mayıs 2002.
- ERSOY, U., "Betonarme", ODTÜ Yayınları, Ankara, 1987.
- TAŞDEMİR, C., "Agrega- Çimento Hamuru Ara Yüzeyi Mikro Yapısının Yüksek Mukavemetli Betonların Kırılma Parametrelerine Etkisi", Doktora Tezi İTÜ, İstanbul, Ocak 1995.
- KOCA, C., "Yüksek Performanslı Beton Üretiminde Mikrosilis, Cüruf, Klinker Karışımı Çimento Kullanımı", 4. Ulusal Beton Kongresi, İstanbul, Ekim 1996.
- ACI Concrete International : Design & Construction, Vol.11 No.4 High Strength Concrete, April 1989.
- ACI Concrete International : Design & Construction, Vol.12 No.1 High Strength Concrete, January 1990.
- ÖZTEKİN, E., MANZAK, O., "Dünyada İnşaat Mühendisliği", TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Haber Bülteni, sayı 28, s. 16-17
- AKMAN, S., "Beton Niteliğini Yükseltme Amacı ile Polimerlerin Kullanılması", TMMOB İnşaat

Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Haber Bülteni, sayı 33, s.12-13.

[11]. STRUBLE, L., SKALNY, J. and MİNDESS, S., : "A Riview of the Cement-Aggregate Bond", Cement and Concrete Research, Vol.10, pp.277-286, 1986.

[12]. UYAN, M., KARAGÜLER, M., YÜCESOY, S., "Süperakışkanlaştırıcı Katkıların Portland Çimento Harçlarının Rötmesine Etkisi", 4. Ulusal Beton Kongresi, İstanbul, Ekim 1996.