

YÜKSEK DAYANIMLI BETON ÜRETİMİNDE ÇİMENTO ve SÜPERAKIŞKANLAŞTIRICI BETON KATKI MADDELERİNİN ETKİNLİĞİ

Mansur SÜMER, Barış SÖYLER

Özet- Beton, ülkemizde en çok kullanılan yapı malzemesidir. Betonda aranan en önemli özellik ise basınç dayanımıdır. Binalarda basınç dayanımı yüksek beton kullanılması amaçlanmalıdır. Bu çalışmada da yüksek dayanımlı betonun özellikleri ve önemi araştırılmış, bu amaçla yüksek dayanımlı beton üretimi yapılmıştır. Bunu yaparken de, yüksek dayanımlı beton üretiminde çimento ve beton katkı maddelerinin etkinliği incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışma ile ayrıca betonların basınç dayanımları ölçülmüş ve 7 günlük mukavemeti 80 Mpa'yı aşan betonlar üretilmiştir.

Anahtar Kelimeler- Yüksek dayanımlı beton, çimento, basınç dayanımı, süperakışkanlaştırıcı.

Abstract- Concrete, is the mostly used construction material in our country. The most significant property of the concrete is the compressive strength. In this reserach the importance and features the high strength concrete has been studied and for that reason, some concrete has been achieved. The effectiveness of cement and concrete superplasticizers in the production of high strength concrete has been conducted. Also through the experimental study, the compressive strength has been measured and some concrete of over 80 Mpa strength has been produced.

KeyWords- High strength concrete, cement, compressive strength, superplasticizers.

I. GİRİŞ

I.1. Yüksek Dayanımlı Betonun Tanımı

Yüksek dayanımlı beton, iyi kaliteli çimento ve agrega ile süperakışkanlaştırıcı katkı ve silis dumanı gerektiren, su/çimento oranı 0,20'lere kadar düşürülerek basınç dayanımı 100 N/mm² mertebelerine çıkarıldığı halde yüksek işlenebilirliğini (20 cm çökme) ve pompalanabilirliğini koruyan özel bir beton türüdür.

I.2 Yüksek Dayanımlı Betonun Tarihçesi

1960'lı yıllardan başlayarak 41-52 N/mm² basınç dayanımına sahip betonlar ABD'de piyasada kullanılmaya başlamış, yakın geçmişte ise Avrupa ve ABD'de 80-100 N/mm²'lik yerinde dökülmüş yapılar ve öngerilmeli betonlara uygulanmıştır. Yüksek dayanımlı betonlar oldukça gevrek bir malzeme gibi davranırlarsa da, donatı yardımı ile istenildiği kadar sünek elemanlar oluşturmak mümkündür.

I.3 Yüksek Dayanımlı Betonun Özellikleri

Yüksek dayanımlı betonun dayanımı genel olarak çimento hamurunun boşluk yapısına, agreganın özelliğine ve agrega-çimento hamuru geçiş bölgesi özelliklerine bağlıdır. Bunlardan en zayıf olan geçiş bölgesi özellikleri s/ç oranı düşürülerek ve aynı zamanda agreganın maksimum dane çapı küçültülerek iyileştirilebilir. Ancak; bu iki yaklaşımın belirli bir üst sınırı vardır. Bu sınırı aşmak için ise beton yapısında var olan ve kolay kırılma özelliği gösteren Ca(OH)₂ kristallerinin oluşmasını önlemek gerekir. Bunların oluşumu ise puzzolan kullanılarak giderilir. Süperakışkanlaştırıcı kullanarak s/ç oranını düşürmek ve uçucu kül veya silis dumanı gibi aktif puzzolanlar kullanarak Ca(OH)₂ oluşumunun önlenmesi yüksek dayanımlı beton bileşiminin temelini oluşturmaktadır.

II.YÜKSEK DAYANIMLI BETONUN MALZEMELERİ

II.1 Çimento

Yüksek dayanımlı beton için çimento seçiminde tam bir kalite programı uygulayan üretici aranmalı, çimentonun kimyasal ve fiziksel deneyleri kullanıcı tarafından yapılmalıdır. 80-100 N/mm² mukavemet seviyesindeki beton üretimi için yüksek dayanımlı bir portland çimentosu ile süper akışkanlaştırıcı ve silis dumanı kullanmak gereklidir.

II.2 Agregası

Yüksek dayanımlı beton elde etmek için agreganın, silt ve kil kirliliği içermemesi gerekir. Agreganın maksimum dane çapı süperakışkanlaştırıcı kullanılmadığında 10-16 mm. , süperakışkanlaştırıcı kullanıldığında 25 mm. olmalıdır. İyi bir aderans için kırmataş agregası kullanılması , şekli bozuk danelerin %5'i geçmemesi düşük s/ç oranlı karışımlarda bir miktar su emen agregası seçilmesi, kaba agregası mekanik özelliklerinin yeterli düzeyde olması, ince agregası olarak düşük s/ç oranları için kum , yüksek dozda süperakışkanlaştırıcı kullanılacaksa ince bir kum kullanılmalıdır. Kalker kırmataş agregası kullanılması halinde doğal agregalara kıyasla %30-35 daha yüksek beton basınç dayanımları elde etmek mümkündür. Kalker kırmataşın çok iyi aderans sağladığı, agregası kırılma oranının ölçülmesi ile de ispatlanmıştır.

II.3 Puzzolanlar ve Mikrosilis

Yüksek mukavemetli betonların üretiminde portland çimentosuna ikame olarak uçucu kül, ince öğütölmüş yüksek fırın cürufu, mikrosilis gibi mineral katkıları kullanılmaktadır. Bu katkıların iki yararı vardır.

1-Çimentonun bir kısmı yerine puzzolonik malzemelerin kullanılması ,erken zamanlı hidrasyon ısısı artışlarını kontrol eder ve özellikle büyük hacimli yapı kesimlerinde zararlı olabilecek bir iç sıcaklık düzeyine erişmeden, betona bol miktarda bağlayıcı ürün sağlar.

2- Girmiş oldukları puzzolonik reaksiyonlarda, çimento hidrasyonu ile kirecin büyük bir kısmı kullanılır ve serbest kalan çok az miktardaki kirecin hamur-agregası arakesitinde oluşturacağı kristaller de daha az olarak arakesitte oluşan bağ zayıflatılmış olur.

II.4 Süperakışkanlaştırıcı

Son on yılda beton teknolojisinde meydana gelen en önemli gelişmelerden biri süper akışkanlaştırıcıların yaygın olarak kullanılmaya başlanması ve bunun getirdiği yüksek mukavemet olmuştur. Bu tür katkıları çimento ve mineral katkıların su içinde topaklanmasını engelleyip daneleri dağıtarak, ancak çok miktarda su ile elde edebileceğimiz dispersiyonu az miktarda su ile ve betona bir yan etkide vermeksizin elde etmemizi sağlamaktadır. Bu katkıların çimento+mineral katkı maddesi ağırlığının %0.3-0.6 sı oranında kullanılması karışım suyunu %30 ve hatta daha fazla miktarlarda

kesmeye olanak vermektedir. Bunun yanında süperakışkanlaştırıcılar yardımı ile ısı çatlaklar oluşmadan büzölme ve sünme gibi problemleri azaltmaktadır. Pratikte süperakışkanlaştırıcı kullanımının sağladığı fayda betonun daha işlenebilir olması dolayısı ile betonarme demirinin sık olduğu kesimlerde kolay bir yerleştirme ve iyi bir kompozite sağlamadır. Süperakışkanlaştırıcıları kimyasal bileşimlerine göre aşağıdaki şekilde sınıflandırabiliriz.

- Yoğun melamin formaldahid sülfonatlar
- Yoğun naftalin formaldahid sülfonatlar
- Modifiye edilmiş linyosülfonatlar
- Yukarıdakilere çökme kaybını önleyici maddeler karıştırılarak üretilenler.

III.YÜKSEK PERFORMANSLI BETON KAVRAMI

Kimyasal ve mineral katkı maddelerinin kullanılması ile üretilen yüksek mukavemetli betonların iyileşen diğer özellikleri de dikkate alınarak yüksek performanslı beton olarak adlandırılması tercih edilir.

III.1 Yüksek Performansları Elde Etme Yolları

Son on yılda birçok bilimsel araştırma çimentonun hidrasyonuna katılmayan, ancak taze betonun reolojisi açısından gerekli fazla suyun dayanım ve dayanıklılık üzerindeki olumsuz etkilerini ortaya koydular. Dolayısıyla betonun yapımsal özelliklerini iyileştirmek amacıyla bu su miktarını azaltmanın yollarını araştırmak gerekiyordu. Aynı zamanda çeşitli araştırmacılar beton bileşimini tasarlarken çok yüksek kompoziteli bir karışım elde ederekkaya gibi betona ulaşmaya çaba harcadılar. Böylece yüksek performanslı beton eldesine izin veren fiziko-kimyasal mekanizmaları farklı, iki ayrı yol açıldı.

a-Çimento tanecikleri topaklarının önlenmesi

Bu önleme organik kökenli kimyasal katkıların- süperakışkanlaştırıcıların kullanımıyla elde edilir. Su içinde süspansiyon halinde bulunan çimento taneciklerinin birbirlerine yapışıp topaklanmalarını, ayırık kalmalarını sağlar.

b-Granülometri spektrumunun genişletilmesi

Bu genişleme silis dumanı, kalker filler ve benzeri kimyasal açıdan aktif çok ince taneciklerle sağlanmaktadır. Agregası ve çimento taneleri arasında kalan mikroboşlukları dolduran bu tanecikler hem karışımın kompozitesini yükseltmekte hem de taze haldeki reolojik özelliklerini iyileştirmektedir. Paralelinde taze betonun işlenebilmesinde gerekli su miktarı daha da azalabilmektedir. Yüksek performanslı beton elde etmenin iki yolu tablo 1.de verilmiştir

YÜKSEK PERFORMANSLI BETON ELDE ETMENİN İKİ YOLU:	
1	2
Çimento taneciklerinin topaklanmasını önlemek	Karışım granülometrisi spektrumunu genişletmek
Süperakışkanlaştırıcılar	Bağlayıcı mineral katkılar
-Formaldehit ve melaminsülfonat -Formaldehit ve naftalensülfonat	-Silis dumanı -Kalker filler -Ve benzeri.

Tablo 1.Yüksek Performanslı Beton Elde Etmenin Yolu

III.2 Yüksek Performanslı Betonların Uygulama

Yüksek performanslı beton günümüzde yapılarda üç önemli alanda;

- Çok yüksek yapılar,
- Açık deniz platformları,
- Köprüler,kabloları aderanslı öngerilmeli profiller vb. gibi mühendislik yapılarında kullanılır.

İnşa edilen yapı türüne göre betonda aranan özellik farklı olmaktadır. Bu özellikler tablo 2'de verilmiştir.

IV.BETON BASINÇ DAYANIMININ YAPILARIN DEPREM DAVRANIŞINA ETKİSİ

Türkiye'de depremlerde betonarme yapıların hasar görmesinin ve yıkılmasının en önemli nedeni beton dayanımının projede öngörülenden daha düşük olmasıdır.Bu durum çeşitli depremlerde sık sık gözlenmiştir.Betonarme yapıların en önemli taşıyıcıları olan kolonlar düşey yüklere ek olarak kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri taşırlar.Düşük beton dayanımı kolonun moment-eksenel yük taşıma gücünü ve kesme kuvveti taşıma gücünü etkilemektedir.Betonarme yapılarda rijit olan kolon ya da kiriş uçlarında mafsallaşmayla şiddetli depremin enerjisi tüketilmektedir.Sünek bir mafsallaşma için kiriş ve kolon boyuna donatısı ile beton arasında tam bir aderans ile donatıdaki gerilmelerin betona aktarılması gerekir.Boyuna donatı betondan sıyrılmamalıdır.Düşük dayanımlı betonda kesme etkisinden dolayı daha düşük bir yük düzeyinde çatlama ve parçalanma başlar,donatı parçalanmış betondan kolayca sıyrılır.Donatının akma sınırına ulaşmadan betondan sıyrılması,kolon ve kiriş uçlarında geliştirilebilecek maksimum moment kapasitesine ulaşmadan ek yerinin enerji tüketme gücünün azalması ve taşıma işleminin daha hafif depremlerde yitirilmesi demektir.

YAPI TÜRÜ	ARANAN ÖZELLİKLER
KÖPRÜLER	Erken dayanım,işlenebilme,dayanıklılık, zamana bağlı şekil değiştirme, dayanım
OKYANUS	Dayanıklılık,basınç ve kesme dayanımları,işlenebilme,aşınma ve çarpma
YÜKSEK YAPILAR	Basınç dayanımı,kesme dayanımı,işlenebilme,erken dayanım
TÜNELLER	Dayanıklılık,basınç,erken dayanım
YOLLAR	Aşınma,çarpma,donma-çözülme,kesme,dayanıklılık,işlenebilme
PREFABRİKASYON	Erken yüksek dayanım,kesme dayanım,işlenebilme
BETON-ÇELİK KOMPOZİT YAPILAR	Kesme dayanımı,basınç dayanımı,işlenebilme
KANALİZASYON YAPILARI	Dayanıklılık,aşınma,basınç dayanımı,işlenebilme
ÖZEL TEMELLER	Basınç dayanımı,işlenebilme,erken dayanım,zamana bağlı şekil değ.
NÜKLEER YAPILAR	Dayanıklılık,dayanım,geçirmezlik

V.DENEYSEL ÇALIŞMA

Çalışmada, 10 seri üretim yapılmıştır. İlk 5 seride Beyaz Portland Çimentosu, diğer serilerde Katkısız Portland Çimentosu (PÇ42.5) kullanılmıştır. Kullanılan çimentoların basınç dayanımları tablo 3 'de verilmiştir.

1,2,3,6,7,8 nolu serilerde katkı malzemesi olarak A harfi ile gösterilen uzun kenar zincirli karboksilik eter polimerlerinden oluşan katkı %0.9 oranında kullanılmıştır.

4,5,9,10 nolu serilerde ise B harfi ile gösterilen sentetik dispersiyon tipindeki hiper akışkanlaştırıcı %1.5 oranında kullanılmıştır. Ticari adlarını kullanmamak için bu katkıları A ve B harfleriyle isimlendirilmiştir. İki katkı malzemesi de yüksek dayanımlı beton üretiminde kullanılmaktadır. Tüm serilerde silis dumanı kullanılmış, S/Ç oranı değiştirilerek basınç dayanımındaki değişim gözlenmiştir. Her seriden 9 adet olmak üzere toplam 90 adet 10x10 cm boyutunda küp beton numunesi oluşturulmuştur. Tüm serilerde çimento dozajı 450 kg/m³ değerinde sabit tutulmuştur. Numuneler Sakarya Üniversitesi laboratuvarının havuzunda su kürü gördükten sonra 7 ve 28'inci günlerde basınç deneyine tabi tutulmuştur. I ve II no kırmataş agregalar Sultançiftliği civarındaki ocaktan alınan kalker malzemesidir. Doğal kum Sakarya civarındaki ocaktan yıkanıp elenerek alınan kumdur. Deney sonucu elde edilen 7 günlük basınç dayanımı değerleri tablo 4 ve şekil 1'de gösterilmiştir. Üretilen betonların 1 m³ beton bileşimi için gerçek malzeme miktarları ise tablo 5'te verilmiştir.

Çimento Türü	Beyaz Portland Çimentosu	Portland Çimentosu
2 gün (kg/cm ²)	340	273
7 gün (kg/cm ²)	-	485
28 gün (kg/cm ²)	620	-

Tablo 3. Çimento Basınç Dayanımları

VI.DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

1. Üretilen betonların 7 günlük basınç dayanımları ölçülmüş ve sonuç olarak 7 günlük basınç dayanımlarına bakılarak en fazla BS80 sınıfına karşılık beton üretilebilmiştir. Çalışmalar göstermiştir ki modern bir hazır beton üretim tesisinde BS60-80 sınıfı civarındaki betonun ekonomik olarak üretimi ve 1,5 – 2 saatlik taşıma süresi sonunda yüksek işlenebilirlik özelliğini koruyarak şantiyeye teslimi mümkündür.

2. Kullanılan kırmataş agreganın kalker kırmataş olması dolayısıyla yüksek beton basınç dayanımlarına ulaşılmıştır

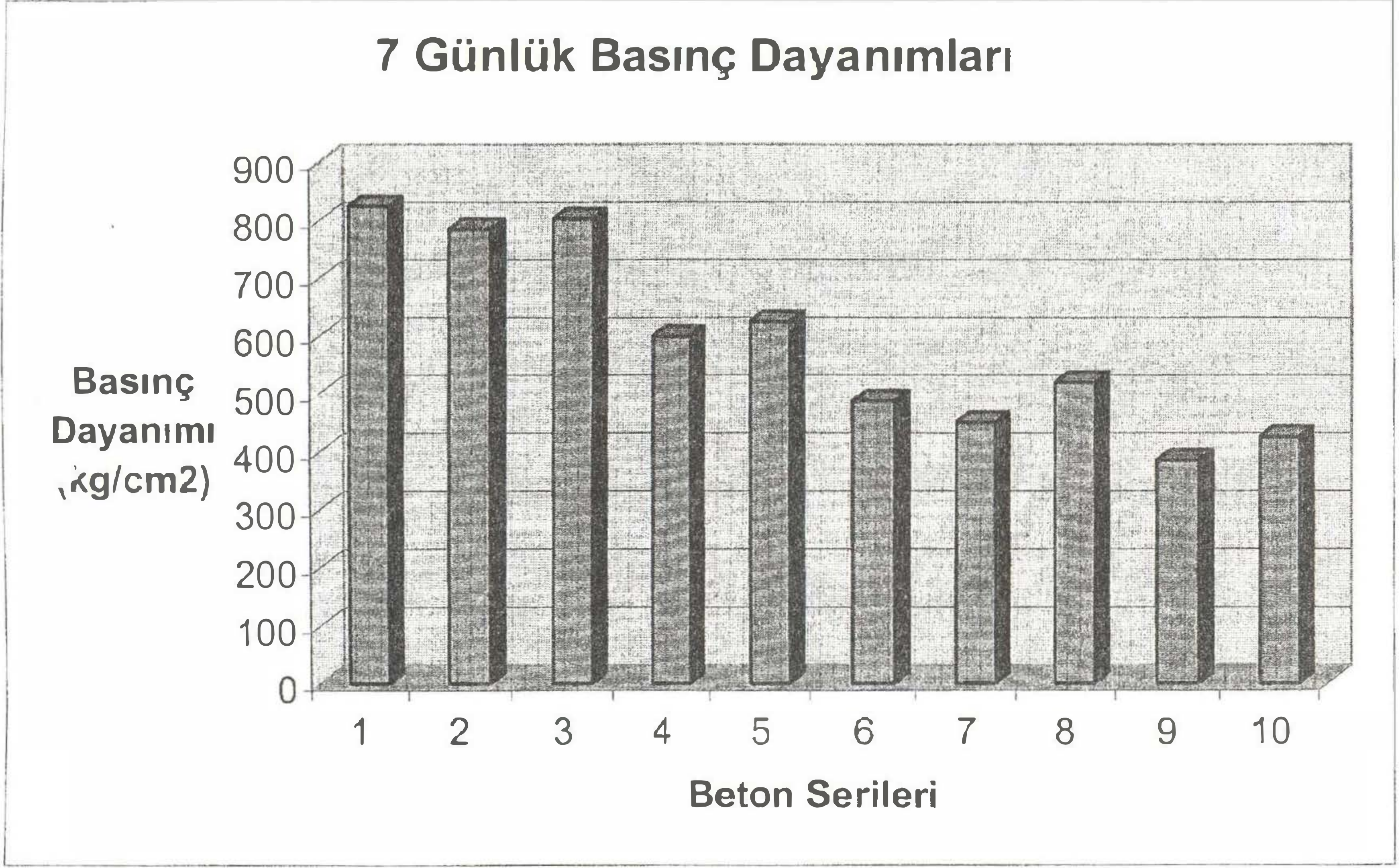
3. Beyaz portland çimentosunun 28 günlük basınç dayanımının yüksek olması nedeniyle yapılan deneysel çalışma sonucunda diğer çimentoya oranla beton basınç dayanımları 250 kg/cm² civarında fark oluşmuştur. Aradaki bu fark şekil 1.deki grafikte de açıkça görülmektedir.

4. Kullanılan katkıları aynı esasta olmalarına rağmen aynı işlenebilirliği farklı katkı yüzdelerinde vermektedirler. Üretilen tüm serilerde beton basınç mukavemetinin yüksek olması dolayısıyla yüksek dayanımlı beton üretiminde katkı maddesi kullanımı kaçınılmaz olmaktadır. Kullanılan iki farklı katkıdan A harfiyle gösterilen katkı diğerine oranla daha yüksek basınç dayanımı vermektedir.

5. Üretilen serilerde su/çimento oranı 0,37 ile 0,42 arasında tutulmuştur. Şekil 1.deki grafiğe bakıldığında 1,2,3 no'lu serilerde birbirine çok yakın basınç dayanımı elde edildiği görülür. Bu serilerin su/çimento oranı da birbirine çok yakındır. Aynı durum 6,7 ve 8. beton serilerinde de gözlenmektedir. 1 no'lu seri ile 2 ve 3 no'lu seri karşılaştırıldığında s/ç oranındaki azalmaya rağmen beton mukavemetinin bir miktar düştüğü görülür. Fakat betonların slump değerlerine bakıldığında çökme değerleri arasındaki fark dolayısıyla böyle küçük bir farkın oluşması doğaldır. Aynı durum 6 ve 7.seriler de gözlenmektedir.

7 Günlük Beton Basınç Dayanımı Değerleri										
Seri No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Basınç Dayanımı (kg/cm ²)	824	784	803	598	624	487	450	519	385	425

Tablo 4. 7 Günlük Beton Basınç Dayanımı Değerleri



Şekil 1. Üretilen Beton Serilerinin 7 Günlük Basınç Dayanımı Grafiği

Seri No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 No Mıncır (kg)	592	592	592	592	592	592	592	592	592	592
2 No Mıncır(kg)	592	592	592	592	592	592	592	592	592	592
Kum(kg)	758	758	758	758	758	758	758	758	758	758
Çimento(kg)	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450
Su (kg)	190	176	167	180	167	190	176	167	180	167
Katkı (gr)	44,55	44,55	44,55	74	74	44,55	44,55	44,55	74	74
Silis Dumanı(kg)	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Çimento Türü	Beyaz P.Ç.	Beyaz P.Ç.	Beyaz P.Ç.	Beyaz P.Ç.	Beyaz P.Ç.	P.Ç.42.5	P.Ç.42.5	P.Ç.42.5	P.Ç.42.5	P.Ç.42.5
Katkı Türü	A	A	A	B	B	A	A	A	B	B
Slump	25	20	5	4	2	25	20	5	4	2

Tablo 5. 1m³ Beton Bileşimi İçin Gerçek Malzeme Miktarları

VII.SONUÇ

Yüksek dayanımlı betonun kullanımı son yıllarda oldukça önemli düzeyde artmıştır.ABD ve dünyanın birçok ülkesinde çok katlı betonarme binaların ve köprülerin inşasında çok yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.Bu durum üniversitelerin ve araştırma şirketlerinin laboratuvarlarında konuyla ilgili olarak yapılan çalışmaların artmasına sebep olmuştur.Yapılan çalışmalarda sadece çok iyi kalitede malzemenin bir araya getirilmesi tek başına yeterli olmayabilir.İyi bir işçilik,üretim kontrolü,iyi boyutlandırma ve detaylandırma sayesinde üretilen betondan istenilen verim alınabilir.

Türkiye’de bugüne kadar yaşamış olduğumuz depremlerde betonarme yapıların hasar görmesi ve yıkılmasının en önemli nedeni beton basınç dayanımının projede öngörülenden daha düşük olmasıdır.Yapılan çalışma ülkemizde yaşamış olduğumuz depremlerde 80-100 kg/cm²’lik dayanımlara rastlanırken,BS60-80 civarındaki betonların ekonomik olarak üretilebileceğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Akman M.S.,Öztekin E.,“Yüksek Dayanımlı Hazır Beton Üretiminde Bir Deneme” İstanbul,Türkiye
- [2] Mailer,Y., – “High Performance Concrete” , E.N.S Cachan,Fransa
- [3] Kocataşkın , F. ,”Yüksek Dayanımlı Beton Bileşimi”,İstanbul
- [4] Balta, İ. , ”Yüksek Mukavemetli Betonlar ve Bileşenleri”,STFA Kalite Müş. Araş. Kontrol. Ve Göz. Ltd. İstanbul,Türkiye
- [5] Uyan M.,Yıldırım H. “Yüksek Dayanımlı Beton Üretiminde Süperakınlaştırıcı Beton Katkı Maddelerinin Etkinliği” İstanbul,Türkiye