

ARAZİ KOŞULLARINDA FARKLI ÇİMENTO ÇEŞİTLERİ İLE ÜRETİLEN BETONLARIN BASINÇ DAYANIMLARININ VE ELASTİSİTE MODÜLLERİNİN BELİRLENMESİ

Kenan BÜYÜKTAŞ¹

Taner ALAGÖZ²

Yıldırım KUMOVA²

¹Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Antalya

²Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Adana

Özet

Bu çalışmada, Türkiye’de üretilen çimento çeşitlerinin basınç dayanımlarının kıyaslanması ve ideal olan çimento türü ve karışımının belirlenmesi amacıyla, Portland, Puzolanik, Kompoze ve Sülfata Dayanıklı Çimento olmak üzere 4 çeşit çimento kullanılmıştır. Bu çimentolarla farklı karışım ve farklı olgunlaştırma koşullarında arazide standart beton silindirik örnekler üretilmiş ve daha sonra bu örnekler preste kırılarak 28 günlük basınç dayanımları ve Elastisite Modülleri belirlenmiştir. Beton dayanımlarının belirlenmesinde agreganın beton özelliklerine etkisi standart hale getirilerek, çimento çeşitlerinin, farklı karışım ve olgunlaştırma koşullarının beton dayanımı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, her çeşidin farklı karışım ve farklı olgunlaştırma koşulundaki dayanımına bakıldığında, dört çeşit çimentoda da II. ve IV. karışımlarda üretilen betonlar I. ve III. karışımlarda üretilen betonlara oranla daha yüksek dayanımlı çıkmıştır. Ancak bakım yapılmayan yani doğal ortamda olgunlaştırılan betonların düşük dayanımlı beton olduğu, özellikle Kompoze Çimento ve Puzolanik Çimentolarla üretilen ve doğal ortamda olgunlaştırılan betonların kötü nitelikte (BS 14’den küçük) olduğu gözlenmiştir. Karışımların Elastisite modülü değerleri TS 500 Standardında belirtilen değerlere çok yaklaşmış ve her çeşidin gerilme-deformasyon eğrileri farklı karışımlara göre değerlendirildiğinde, dayanımı yüksek olan betonların Elastisite Modüllerinin de yüksek olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Çimento, Beton, Basınç Dayanımı, Karışım, Olgunlaştırma, Elastisite Modülü.

Determination of the Compressive Strength and Elasticity Modules of Concrete Produced Using Different Cement Kinds in Field Conditions

Abstract

In this study, it is aimed to compare compressive strength of various cement kinds produced in Turkey and to determine the ideal cement kind and mixture. To achieve this purpose, four kinds of cement, Portland, Pozzolanic, Composite and Sulphate Resisting Cement, are used to produce concrete having different mixture and maturing conditions in field. After that, standard cylindrical concrete samples were produced and 28 day pressure strength and Elasticity Modules of those samples were determined by breaking them in pres. The effect of various cement kinds, mixture and maturing conditions on concrete strength was examined by expressing aggregate peculiarity in standard form. The results showed that the concretes produced using 2nd and 4th mixtures were stronger than that of 1st and 3rd mixtures. Also the concrete especially produced using Composite and Pozzolanic cement and matured at natural conditions (not exposed to treatments) had lower strength (less than BS 14). Elasticity Modules were very close to the values given in TS 500 Standards. When the strain-strength curves of each mixture were evaluated, it was observed that the concrete whose strength is high, its elasticity module was also high.

Keywords: Cement, concrete, compressive strength, mixture, mature, module of elasticity.

1. Giriş

Üretilen betonların amaca uygun ve üstün özellikte olması için iki temel koşula sahip olması gerekir. Bunlardan birincisi taze haldeyken kolay işlenebilirlik, ikincisi ise sertleştiğinde yüksek dayanımlı ve geçirimsiz olmasıdır. Kaliteli betonda aranan bu özelliklerin sağlanabilmesi için, karışımı meydana getiren malzemelerin kaliteli olması ve bu malzemelerin karışım oranlarının iyi ayarlanması gerekir. Ayrıca betonun karılması, taşınması ve yerleştirilmesi aşamalarında segregasyon

oluşmamalı, yerine döküldükten sonra da olgunlaştırılması ve bakımı standartlara uygun biçimde yapılmalıdır.

İstenilen kalitede beton elde edebilmek için hazırlanan taze beton, kolay karıştırılabilir, homojen olmalı, taşınma ve yerleştirme durumlarında ayrışmamalı ve en az boşluklu olacak şekilde kolay sıkışabilir. Sertleştiğinde ise, 7, 28 ya da daha sonraki günler için hedeflenen dayanıma sahip olmalı, yeterli durabiliteye (çevre etkilerine karşı dayanıklılığa) ve

hacim sabitliğine sahip olmalıdır. Dayanımı yüksek olan betonun diğer bir çok mekanik ve diğer fiziksel özellikleri de (çarpma dayanımı, aşınmaya karşı dayanımı, çekme dayanımı, sülfata karşı dayanımı, geçirimsizlik, donma-çözülmeğe karşı dayanımı vb. gibi) yüksek olur. Bu nedenle üretilen betonların sertleştiğinde proje dayanımına ulaşmaları için standartlara uygun kaliteli olarak üretilmelidir.

2. Önceki Çalışmalar

TS 500 (1985) ve TS 802 (1985)'de belirtildiğine göre, projede öngörülen beton basınç dayanımı (karakteristik dayanım) f_{ck} ile beton karışım hesabında esas alınacak ortalama dayanım f_{cm} ile ifade edilir. Standart sapma bilinmediği durumlarda $f_{cm} = f_{ck} + \Delta f$ eşitliği ile bulunur. Burada Δf , beton sınıfına (BS) göre değişir. BS14 ve BS16 için $\Delta f = 40 \text{ kgf/cm}^2$, BS20, BS25 ve BS30 için $\Delta f = 60 \text{ kgf/cm}^2$ alınmalıdır. Beton basınç dayanımı deney sonuçlarının kabul edilebilmesi için, $f_{cm} \geq (f_{ck} + 30 \text{ kgf/cm}^2)$ ve $f_{cmin} \geq (f_{ck} - 30 \text{ kgf/cm}^2)$ koşullarını sağlaması gerekir.

Postacioğlu (1987)'na göre, yapıda kullanılan betonlar ya yerinde hazırlanmakta ya da hazır beton olarak kullanılmaktadır. Her iki durumda da betonların proje dayanımlarına ulaşmaları birçok faktörlere bağlıdır. Bu faktörler,

- 1- Çimentonun türü ve miktarı,
- 2- Agrega özellikleri (granülometri, özgül ağırlık, birim ağırlık, organik madde miktarı, tane şekli, tane dayanımı vs.),
- 3- Beton katkı maddeleri,
- 4- Betondaki su miktarı ve su/çimento oranı,
- 5- Beton bileşenlerinin karışım oranı,
- 6- Betonun kıvamı,
- 7- Betonun taşınması, yerleştirilmesi ve bakımıdır.

Ağacık (1993)'e göre, beton agregaları üzerinde bulunan kil, toprak, kuru yaprak vb. beton yapısını olumsuz etkiler. Killer büyük özgül yüzeyleri nedeniyle betonun su ihtiyacını ve rötreyi artırırlar. Organik maddeler zayıf asit karakterli olduklarından pirizi ve sertleşmeyi geciktirir ve beton dayanımını düşürürler.

Eriç (1994)'e göre, betonlar ilk 7 günde dayanımlarının %70'ini, 28 günde %100'ünü ve bir yılda %135'ini kazanırlar

Odabaşı (1997) beton karışımlarında, dayanımın yüksek olması için, hacim olarak kum/çakıl oranlarının 3/4.5 ve çimento/kum/çakıl oranının ise 1/1.8/ 2.7 olmasını önermektedir.

Gökdemir (1997), betonun basınç dayanımını etkileyen faktörleri şu şekilde sıralamıştır.

- Çimento dozajı $250-400 \text{ kg/m}^3$ olmalı,
- Karma suyu miktarı fazla olmamalı,
- Betonun kompasitesi yüksek olmalıdır.

Ersoy (1999)'a göre gerilme cinsinden ifade edilen dayanım, silindir numunelerin kırılma yükünün alana bölünmesi ile bulunur. Betonların 28 günlük silindir basınç dayanımı genelde 140 ile 500 kgf/cm^2 arasında değişir.

Ersoy (1999), betonun basınç dayanımını etkileyen nedenleri, numunenin geometrisi ve boyutları, yükleme hızı, (Türkiye yönetmeliklerinde bu değer genellikle $1,0 \text{ kgf/cm}^2/\text{saniye}$ olarak verilmektedir), su/çimento oranı, bakımı ve olgunlaştırılması (kür), deney sırasında numunenin nemli olup olmaması ve deney presinin özellikleri olarak sıralamıştır.

Arslan (2001)'nin bildirdiğine göre, yapılan araştırmalar, betonun basınç mukavemetinin yüksek olduğu oranda diğer (çekme, eğilme ve aşınma) mekanik dayanımlarının da yüksek olduğunu göstermektedir. Betonun basınç dayanımını etkileyen faktörlerden en önemlileri, agrega tane dayanımı ve granülometresi, çimento dayanımı ve dozajı, su/çimento oranı, betonun kompasitesi ile betonun döküm koşulları ve kürüdür.

Güner ve Süme, (2001), betonun dayanımını etkileyen faktörleri,

- Betonu oluşturan karışım malzemelerin kalitesi,
- Bu malzemelerin karışım oranları,
- Betonun karıştırılması, taşınması ve yerine yerleştirilmesi,
- Betonun olgunlaştırılması şeklinde sıralamıştır.

3. Materyal ve Yöntem

Araştırmada laboratuvar koşullarını arazi koşullarına uygulamak amacıyla, materyal olarak, Portland Çimento, Puzolanik Çimento, Kompoze Çimento ve Sülfata Dayanıklı Çimento olmak üzere 4 çeşit çimento kullanılmıştır.

Bu çimentolarla, arazide 4 farklı karışımda standart silindir beton örnekler üretilmiş ve bu örnekler 4 farklı ortamda bakımı yapılarak olgunlaştırılmıştır. Arazide silindir beton örneklerin üretilmesinde uygulanan beton karışım oranları Çizelge 1’de verilmiştir.

Betonların hazırlanmasında ince agrega (0-4.76 mm) ve kaba agrega (4.76-32 mm) DSİ Adana Bölge Müdürlüğü Kanalet Üretim Tesislerinden sağlanmış ve beton karma suyu olarak şehir şebeke suyu kullanılmıştır.

Materyal olarak seçilen dört çeşit çimento ile arazi koşullarında “TS 3068 Beton Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Bakımı” standardına göre yeterli sayıda standart silindir örnekler üretilmiştir. Beton örnekler üretilirken her çeşit çimento ile,

Birinci karışım: %40 kum-%60 çakıl, 250 kg/m³ çimento ve 125 kg su

İkinci karışım: %40 kum-%60 çakıl, 300 kg/m³ çimento ve 150 kg su,

Üçüncü karışım: %45 kum-%55 çakıl, 250 kg/m³ çimento ve 125 kg su,

Dördüncü karışım: %45 kum-%55 çakıl, 300 kg/m³ çimento ve 150 kg su, olmak üzere farklı karışımlar uygulanmıştır. Farklı karışımlarda üretilen beton silindir örnekler,

I. Uygulama: Doğal – 1- (Üretilen

beton silindir örnekler hiç sulanmamış)

II. Uygulama: Doğal – 2- (Beton silindir örnekler üretildikten 24 saat sonra bir kez sulanmış)

III. Uygulama: Doğal – 3 – (Beton silindir örnekler üretildikten 24 saat ve 48 saat sonra olmak üzere iki kere sulanmış)

IV. Uygulama: Kür – (Üretilen beton silindir örnekler 28 gün su içerisinde bekletilerek olgunlaştırılmış) olmak üzere dört farklı biçimde olgunlaştırılmıştır.

Arazide dört çimento çeşidinin dört farklı karışımında üretilen beton silindir örneklerin 16’şar tanesi kürde (açık alandaki havuzda su içerisinde) 12’şer tanesi ise doğal ortamda (açık alanda) 28 gün bekletilerek olgunlaştırılmıştır. Kürde olgunlaştırılan 16 adet silindir beton örneklerin 12’şer tanesi basınç dayanımlarının belirlenmesinde, geri kalan 4’er adet numune ise karışımların “Elastisite Modüllerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

Dört çimento çeşidinin dört farklı karışımında üretilen ve doğal ortamda olgunlaştırılan 12’şer adet beton silindir örnekler arazide açık hava koşullarında 28 gün bekletilerek, 4’er tanesi hiç sulanmamış, 4’er tanesi üretildikten 24 saat sonra bir kez sulanmış ve 4’er tanesi ise üretildikten 24 saat sonra ve 48 saat sonra olmak üzere iki kez sulanarak olgunlaştırılmıştır. Bu uygulamayla, üretilen betonların kalıptan çıktıktan sonra sulanmasının ya da sulanmamasının beton dayanımına etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Uygulanan bu yöntem dört çeşit çimentonun tüm farklı karışımları için yapılmış ve 256 adet kürde 192 adet doğal ortamda olgunlaştırılmış toplam 448 adet standart beton silindir örnek

Çizelge 1. Standart Silindir Örneklerin Üretilmesinde Uygulanan Beton Karışım Miktarları.

Beton Bileşenleri	1 m ³ Beton için DKY Durumunda Ağırlıklar (Kg)			
	I. Karışım (% 40 Kum -% 60 Çakıl)	II. Karışım (% 40 Kum -% 60 Çakıl)	III. Karışım (% 45 Kum -% 55 Çakıl)	IV. Karışım (% 45 Kum -% 55 Çakıl)
Kum (0/4.76 mm)	741	741	833,4	833,4
Çakıl I (4.76/9.52 mm)	555,6	555,6	509,3	509,3
Çakıl II (9.52/32 mm)	555,6	555,6	509,3	509,3
Çimento (Kg)	250	300	250	300
Su (Kg)	125	150	125	150
Su/Çimento	0,50	0,50	0,50	0,50
Toplam Agregata Miktarı = 1852 Kg				

Not . Çizelge 1’de verilen karışım oranları tüm çimento çeşitleri için aynıdır.

üretilmiş ve daha sonra bu örnekler “TS 3114 (1989) Beton Basınç Dayanımı Deney Metodu” standardına göre preste kırılarak 28 günlük basınç dayanımları belirlenmiştir.

Karışımların Elastisite Modülünün belirlenmesi “TS 3502, Betonda Statik Elastisite Modülü ve Poisson Oranı Tayini” standardına göre yapılmıştır. Bu standarda göre, betonda elastisite modülü, beton deney örneklerinde elastik bölgede uygulanan kuvvetin oluşturduğu basınç gerilmelerinin örneklerde boyuna kısalmaya oranı olarak ifade edilmektedir (TS 3502, 1981).

Bu oran elastik bölgede çizilen gerilme deformasyon doğrusunun eğiminden belirlenmektedir. Buna göre TS 3502’ye göre elastik bölgedeki doğrunun başlangıç değeri yaklaşık 28 kgf/cm^2 ve sınır yükü de basınç dayanımının %40’ı alınmış ve bu sınırlar arasında yapılan okuma değerleri için lineer regrasyon analizi yapılarak doğrunun denklemi $y=ax+b$ şeklinde bulunmuştur. Bu doğrunun eğimi elastisite modülünü vereceğinden ve doğru denkleminin türevi $y'=a$ olduğuna göre lineer denklemdeki a katsayısı elastisite modülünü vermektedir.

4. Bulgular

4.1. Arazi Koşulunda Üretilen Betonların Dayanımları

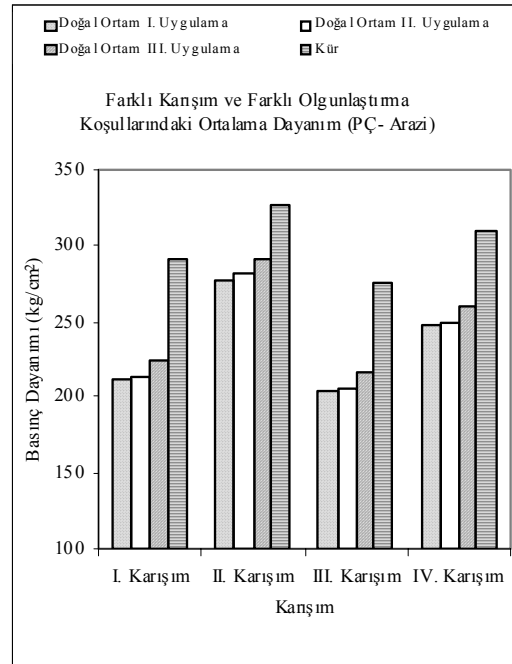
Arazi koşullarında Portland Çimento ile farklı karışımlarda üretilen silindir beton örneklerin 28 günlük aksenal basınç dayanımları ve beton sınıfları Çizelge 2’de verilmiş ve Şekil 1’de ise basınç dayanımları grafiksel olarak gösterilmiştir.

Çizelge 2 ve Şekil 1’de görüldüğü gibi, arazide Portland Çimento kullanılarak üretilen betonlarının tüm karışımlarında bakım yapılmayan betonların dayanımı düşük çıkarken, kür uygulanan betonların dayanımı ise yüksek bulunmuştur. Yine II. ve IV. karışım betonları I ve III. karışım betonlarına göre daha yüksek dayanıma ulaştıkları belirlenmiştir. En yüksek dayanımı II. ve IV. karışımların kürde olgunlaştırılan betonları verirken (BS 30), en düşük dayanımı ise I. ve III. karışımların doğal ortamda olgunlaştırılan betonları

vermiştir (BS 16).

Çizelge 2. Arazide Portland Çimento İle Üretilen Silindir Örneklerin Dayanımları ve Beton Sınıfları.

Çeşit	Karışım	Uygulama	Ort. Day. (kg/cm ²)	fck	Beton Sınıfı
P o r t l a n d	I	Doğal 1	212	182	BS 16
		Doğal 2	212,5	182,5	BS 16
		Doğal 3	224	194	BS 16
		Kür	291	279	BS 25
	II	Doğal 1	227	247	BS 20
		Doğal 2	281,5	252	BS 25
		Doğal 3	291	262	BS 25
		Kür	326	312	BS 30
Ç i m e n t o	III	Doğal 1	204	174	BS 16
		Doğal 2	205	175	BS 16
		Doğal 3	217	187	BS 16
		Kür	276	267	BS 25
IV	Doğal 1	247	217	BS 20	
	Doğal 2	250	220	BS 20	
	Doğal 3	260	230	BS 20	
	Kür	310	294	BS 30	



Şekil 1. Arazide Portland Çimentosu İle Dört Değişik Karışımında Üretilen Betonların Farklı Olgunlaştırma Koşullarında Ortalama Dayanımları.

Kompoze Çimento ile farklı karışımlarda üretilen silindir beton

örneklerin 28 günlük aksel basınç dayanımları ve beton sınıfları Çizelge 3’de verilmiş ve Şekil 2’de ise basınç dayanımları grafiksel olarak gösterilmiştir.

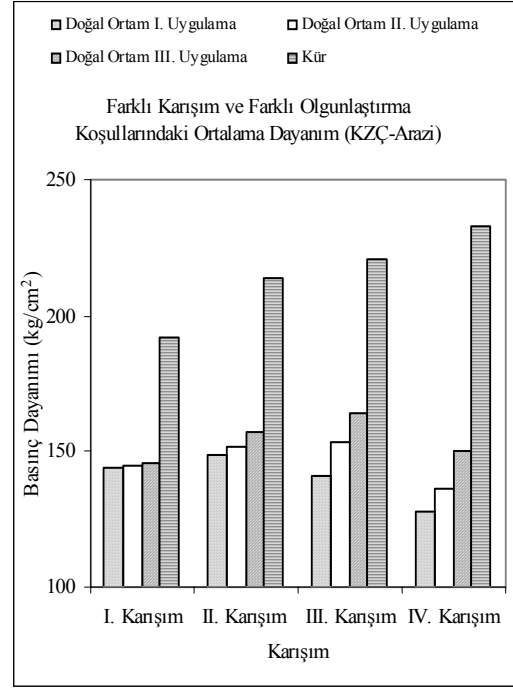
Çizelge 3. Arazide Kompoze Çimento İle Üretilen Silindir Örneklerin Dayanımları ve Beton Sınıfları.

Çeşit	Karışım	Uygulama	Ort. Day. (kg/cm ²)	fck	Beton Sınıfı
K o m p o z e Ç i m e n t o	I	Doğal 1	144	114	BS 14’den küçük
		Doğal 2	144,5	115	BS 14’den küçük
		Doğal 3	146	116	BS 14’den küçük
		Kür	192	175	BS 16
	II	Doğal 1	149	119	BS 14’den küçük
		Doğal 2	152	122	BS 14’den küçük
		Doğal 3	157	127	BS 14’den küçük
		Kür	214	202	BS 20
	III	Doğal 1	141	111	BS 14’den küçük
		Doğal 2	153	123	BS 14’den küçük
		Doğal 3	164	134	BS 14
		Kür	221	207	BS 20
IV	Doğal 1	128	98	BS 14’den küçük	
	Doğal 2	136	106	BS 14’den küçük	
	Doğal 3	150,5	121	BS 14’den küçük	
	Kür	233	216	BS 20	

Çizelge 3 ve Şekil 2’de görüldüğü gibi, arazide Kompoze Çimento kullanılarak üretilen betonlarının tüm karışımlarında bakım yapılmayan betonların dayanımı düşük çıkarken, kür uygulanan betonların dayanımı ise yüksek çıkmıştır. Kürde olgunlaştırılan betonların I. karışımda BS16 diğer karışımlarda ise BS 20 niteliğinde olduğu gözlenmiştir. Yine tüm karışımların doğal ortamda olgunlaştırılan betonların dayanım sınıfları BS14’den küçük çıktığı gözlenmiştir.

Puzolanik Çimento kullanılarak farklı karışımlarda üretilen silindir beton örneklerin 28 günlük aksel basınç dayanımları ve beton sınıfları Çizelge 4’de verilmiş ve Şekil 3’de ise basınç dayanımları grafiksel olarak gösterilmiştir.

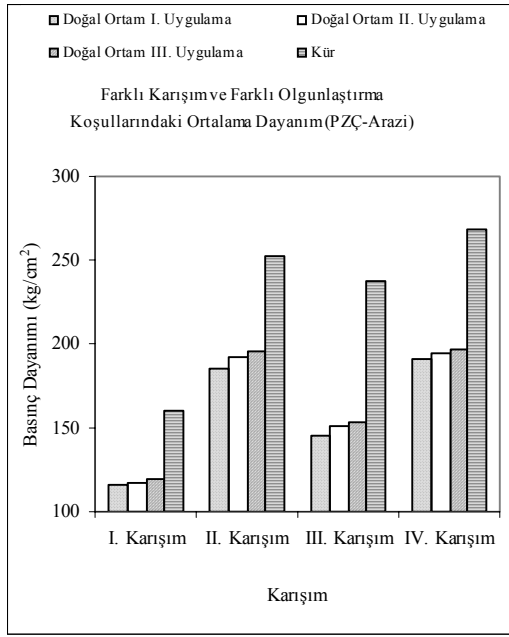
Çizelge 4 ve Şekil 3’de görüldüğü gibi, arazide Puzolanik Çimento kullanılarak



Şekil 2. Arazide Kompoze Çimentosu İle Dört Değişik Karışımda Üretilen Betonların Farklı Olgunlaştırma Koşullarında Ortalama Dayanımları.

Çizelge 4. Arazide Puzolanik Çimento İle Üretilen Silindir Örneklerin Dayanımları ve Beton Sınıfları.

Çeşit	Karışım	Uygulama	Ort. Day. (kg/cm ²)	fck	Beton Sınıfı
P u z o l a n i k Ç i m e n t o	I	Doğal 1	115,5	86	BS 14’den küçük
		Doğal 2	117	87	BS 14’den küçük
		Doğal 3	119	89	BS 14’den küçük
		Kür	160	147	BS 14
	II	Doğal 1	185,5	155	BS 14
		Doğal 2	191,5	162	BS 16
		Doğal 3	196	163	BS 16
		Kür	252	238	BS 25
	III	Doğal 1	146	116	BS 14’den küçük
		Doğal 2	151	121	BS 14
		Doğal 3	153	123	BS 14
		Kür	238	228	BS 25
IV	Doğal 1	191	161	BS 16	
	Doğal 2	194	164	BS 16	
	Doğal 3	197	167	BS 16	
	Kür	268	252	BS 25	



Şekil 3. Arazide Puzolanik Çimentosu İle Dört Değişik Karışım Üretilen Betonların Farklı Olgunlaştırma Koşullarında Ortalama Dayanımları.

üretile betonlarının tüm karışımlarında bakım yapılmayan betonların dayanımı düşük çıkarken, kür uygulanan betonların dayanımı ise yüksek çıkmıştır. I. karışımın doğal ortamda olgunlaştırılan betonları ile III. karışımın Uygulama-1de olgunlaştırılan betonun BS 14'den küçük yani kötü beton niteliğinde olduğu gözlenmiştir. Kürde olgunlaştırılan betonların I. karışımında BS 14, diğer 3 karışımında ise BS 25 niteliğinde olduğu gözlenmiştir.

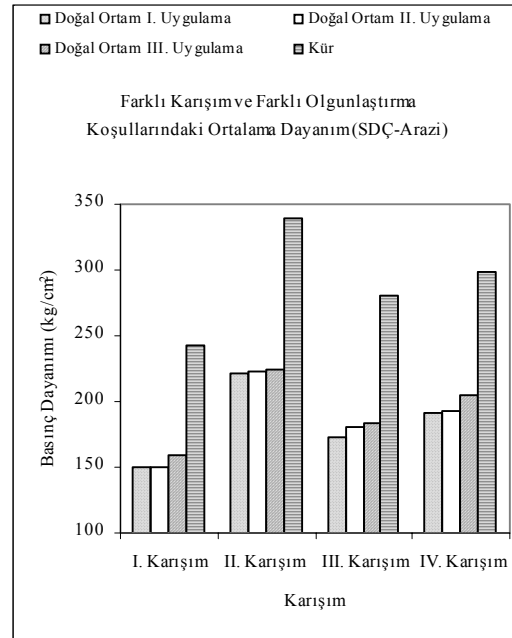
Sülfata Dayanıklı Çimento ile farklı karışımlarda üretilen silindir beton örneklerin 28 günlük aksenal basınç dayanımları ve beton sınıflarına bakıldığında durum Çizelge 5'de ve Şekil 4'de ki gibi olmuştur.

Arazide Sülfata Dayanıklı Çimento kullanılarak üretilen betonlarının tüm karışımlarında bakım yapılmayan betonların dayanımı düşük çıkarken, kür uygulanan betonların dayanımı ise yüksek çıkmıştır. Yine II. ve IV karışım betonları I ve III. karışım betonlarına göre daha yüksek dayanıma ulaşmışlardır. En yüksek dayanımı II karışımın kürde olgunlaştırılan betonu verirken (BS 30), en düşük dayanımı ise I. karışımın doğal ortamda olgunlaştırılan

betonları vermiştir (BS 14'den küçük).

Çizelge 5. Arazide Sülfata Dayanıklı Çimento İle Üretilen Silindir Örneklerin Dayanımları ve Beton Sınıfları.

Çeşit	Karışım	Uygulama	Ort. Day. (kg/cm²)	fck	Beton Sınıfı
S ü l f a t a	I	Doğal 1	149,5	119	BS 14'den küçük
		Doğal 2	150,5	120,5	BS 14'den küçük
		Doğal 3	159,5	130	BS 14'den küçük
		Kür	242,5	226	BS 20
D a y a n ı k l ı	II	Doğal 1	221	191	BS 16
		Doğal 2	223	193	BS 16
		Doğal 3	225	195	BS 16
		Kür	340	325	BS 30
Ç i m e n t o	III	Doğal 1	172	142	BS 14
		Doğal 2	180	150	BS 14
		Doğal 3	183,5	154	BS 14
		Kür	281	267	BS 25
Ç i m e n t o	IV	Doğal 1	191	161	BS 16
		Doğal 2	193	163	BS 16
		Doğal 3	205	175	BS 16
		Kür	299	284	BS 25

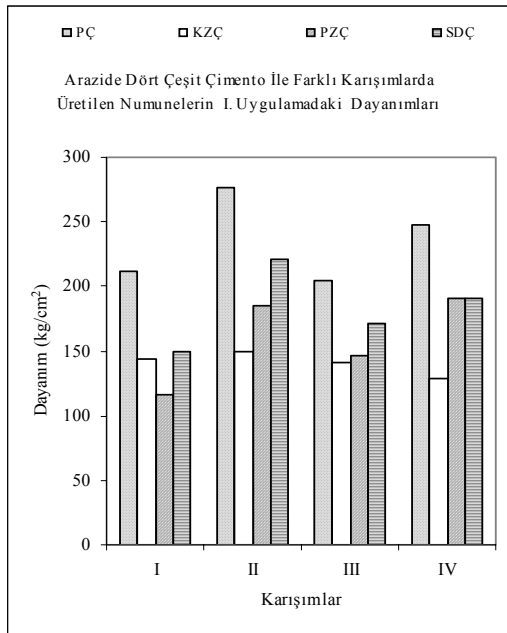


Şekil 4. Arazide Sülfata Dayanıklı Çimento İle Dört Değişik Karışım Üretilen Betonların Farklı Olgunlaştırma Koşullarında Ortalama Dayanımları.

Sonuç olarak, arazi koşullarında her çeşidin farklı karışım ve farklı olgunlaştırma koşulundaki dayanımına bakıldığında, dört çeşit çimentoda da II. ve IV. karışımlarda üretilen betonlar I. ve III. karışımlarda üretilen betonlara oranla daha yüksek dayanımlı çıkmıştır. Ancak bakım yapılmayan yani doğal ortamda olgunlaştırılan betonların düşük dayanımlı beton olduğu gözlenmiş, özellikle Kompoze Çimento ve Puzolanik Çimentolarla üretilen ve doğal ortamda olgunlaştırılan betonların kötü nitelikte (BS 14'den küçük) olduğu gözlenmiştir.

Yine arazi koşullarında dört çeşit çimento ile üretilen betonların farklı olgunlaştırma koşullarındaki dayanımlarına bakıldığında, durum Şekil 5, Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8'deki gibi olmuştur.

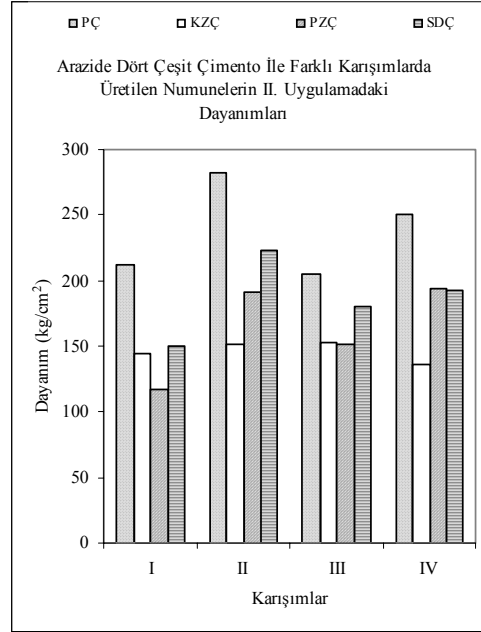
Şekil 5'de görüldüğü gibi, I. Uygulamada (Doğal ortam-1) olgunlaştırılan betonlarda dört karışımda da en yüksek dayanımı Portland Çimento verirken, en düşük dayanımı ise Kompoze Çimento ve Puzolanik Çimento vermiştir.



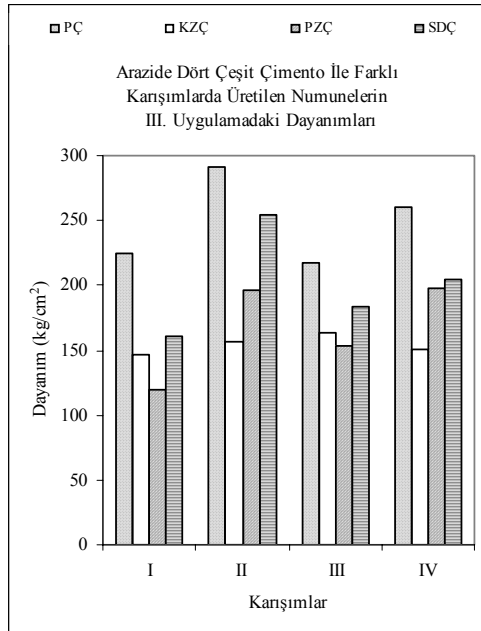
Şekil 5. Arazide Dört Çeşit Çimento İle Farklı Karışımlarda Üretilen Betonların I. Uygulamadaki Ortalama Dayanımları.

Şekil 6'da görüldüğü gibi, II. Uygulamada (Doğal ortam-2) olgunlaştırılan

betonlarda dört karışımda da en yüksek dayanımı Portland Çimento ile üretilen betonlar verirken, en düşük dayanımı ise Kompoze Çimento ile üretilen betonlar vermiştir.

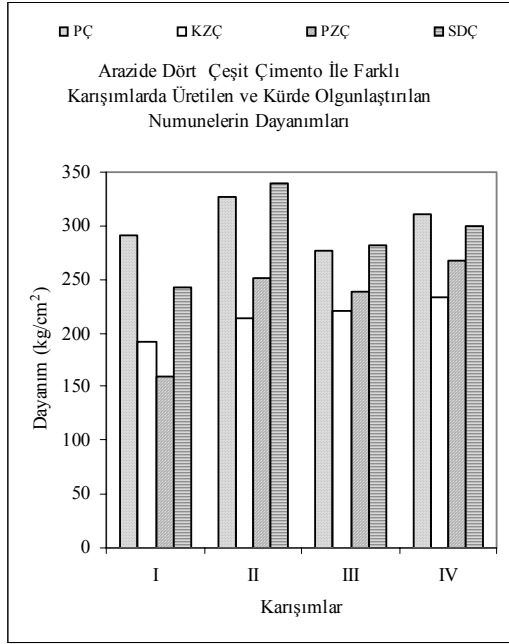


Şekil 6. Arazide Dört Çeşit Çimento İle Farklı Karışımlarda Üretilen Betonların II. Uygulamadaki Ortalama Dayanımları .



Şekil 7. Arazide Dört Çeşit Çimento İle Farklı Karışımlarda Üretilen Betonların III. Uygulamadaki Ortalama Dayanımları.

Şekil 7'de ise, III. Uygulamada (Doğal ortam-3) olgunlaştırılan betonlarda dört karışımda da en yüksek dayanımı



Şekil 8. Araziye Dört Çeşit Çimento İle Farklı Karışımlarda Üretilen ve Kürde Olgunlaştırılan Betonların Ortalama Dayanımları.

Portland Çimento ile üretilen betonlar verirken, en düşük dayanımı ise I. ve III. karışımda Puzolanik Çimento, II. ve IV. karışımda ise Kompoze Çimento ile üretilen betonlar vermiştir. IV. karışımda Puzolanik çimento Sülfata Dayanıklı Çimento ile eşit dayanımı vermiştir.

Şekil 8'de, IV. Uygulamada (Kür) olgunlaştırılan betonlarda dört karışımda da en yüksek dayanımı Portland Çimento ve Sülfata Dayanıklı Çimento ile üretilen betonlar verirken, en düşük dayanımı ise Kompoze ve Puzolanik Çimentolar ile üretilen betonlar vermiştir.

Genel olarak bakıldığında, dört farklı olgunlaştırmada (uygulamada) da II. ve IV. karışımlar I. ve III. karışımlarda üretilen betonlara oranla tüm çeşitlerde de yüksek dayanımlı çıkmıştır.

4.2. Arazi Koşullarında Üretilen Betonların Elastisite Modülleri

Arazi koşullarında dört çeşit

çimento kullanılarak farklı karışımlarda üretilen ve kürde olgunlaştırılan betonların elastisite modülü değerleri belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6'da da görüldüğü gibi karışımların Elastisite Modülü değerleri TS 500 Standardında belirtilen değerlere çok yaklaşmıştır. Yine her çeşidin gerilme-deformasyon eğrileri farklı karışımlara göre değerlendirildiğinde, dayanımı yüksek olan betonların Elastisite Modüllerinin de yüksek olduğu gözlenmiştir.

Çimento çeşitleri içerisinde farklı karışımlarda hazırlanan betonların gerilme-deformasyon ilişkilerinde, Portland Çimento kullanılarak üretilen betonlardan en yüksek elastisite değerini II. karışım, en düşük değeri ise III. karışım verirken, Kompoze Çimentoda en yüksek elastisite değerini IV. karışım, en düşük değeri ise I. karışım, Puzolanik Çimentoda en yüksek elastisite değerini IV. karışım, en düşük değeri ise I. karışım ve Sülfata Dayanıklı Çimento da ise en yüksek elastisite değerini II. karışım, en düşük değeri de I. karışım vermiştir.

Genel olarak her çeşidin kendi içerisinde farklı karışımlardaki durumlarına bakıldığında, II. ve IV. karışımların I. ve III. karışımlara oranla daha büyük elastisite değerine sahip olduğu gözlenmiştir.

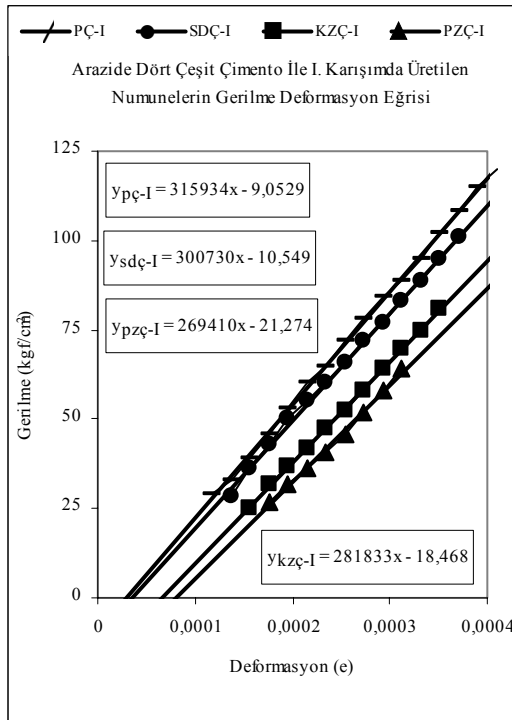
Karışımlar bazında dört çeşit çimentonun gerilme-deformasyon ilişkisine bakıldığında durum Şekil 9, Şekil 10, Şekil 11 ve Şekil 12'deki gibi bulunmuştur.

Şekil 9'da dört çeşit çimento ile I. karışımda üretilen betonların gerilme-deformasyon ilişkilerine bakıldığında, çok büyük fark olmamakla birlikte, Portland Çimento ve Sülfata Dayanıklı Çimento kullanılarak üretilen betonların elastisite değerlerinin, yeni tip çimentolar olan Kompoze ve Puzolanik Çimento kullanılarak üretilen betonların elastisite değerlerinden büyük değere sahip olduğu gözlenmiştir.

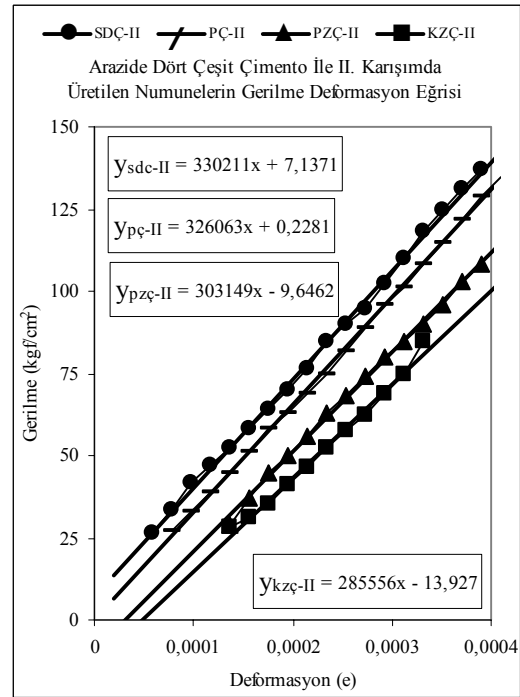
Şekil 10'da dört çeşit çimento ile II. karışımda üretilen betonların gerilme-deformasyon ilişkilerine bakıldığında ise, yine değerlerin birbirlerine çok yakın olduğu gözlenmiştir. II. karışımda en yüksek elastisite değerini Sülfata Dayanıklı Çimento ve Portland Çimento kullanılarak üretilen betonlar verirken, en düşük değeri elastisite

Çizelge 6. Arazi Koşullarında Dört Çeşit Çimento ile Farklı Karışımda Üretilen ve Kürde Olgunlaştırılan Silindir Örneklerin 28 Günlük Elastisite Modülü Değerleri.

Çeşit	Karışım	Ortalama Dayanım (kg/cm ²)	Beton Sınıfı	Elastisite Modülü (kgf/cm ²) (TS 500)	Elastisite Modülü (kgf/cm ²) (Bulunan Değer)
Kompoze Çimento	I	192	BS 20	285.000	281.833
	II	214	BS 20	285.000	285.556
	III	221	BS 20	285.000	288.070
	IV	233	BS 25	302.500	298.901
Puzolanik Çimento	I	160	BS 16	270.000	269.410
	II	252	BS 25	302.500	303.149
	III	238	BS 25	302.500	299.042
	IV	268	BS 25	302.500	308.100
Sülfata Dayanıklı Çimento	I	242,5	BS 25	302.500	300.730
	II	340	BS 35	332.000	330.221
	III	281	BS 30	318.000	312.847
	IV	299	BS 30	318.000	317.741
Portland Çimento	I	291	BS 30	318.000	315.934
	II	326	BS 35	332.000	326.063
	III	276	BS 30	318.000	310.889
	IV	310	BS 30	318.000	322.886



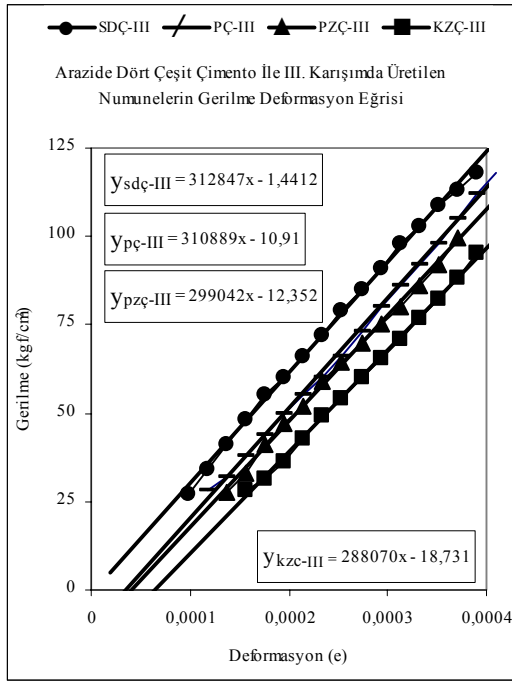
Şekil 9. Araziye Dört Çeşit Çimento İle I. Karışımlarda Üretilen Örneklerin Gerilme Deformasyon Eğrileri.



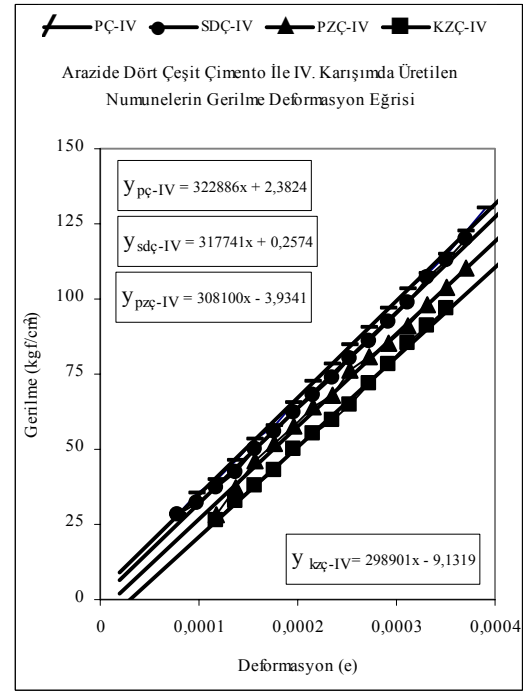
Şekil 10. Araziye Dört Çeşit Çimento İle II. Karışımlarda Üretilen Örneklerin Gerilme Deformasyon Eğrileri.

değerlerini ise, Kompoze Çimento kullanılarak üretilen betonların verdiği gözlenmiştir.

Şekil 11'de dört çeşit çimento ile III. karışımda üretilen betonların gerilme-deformasyon ilişkilerine bakıldığında, yine değerlerin birbirlerine çok yakın olduğu



Şekil 11. Arazide Dört Çeşit Çimento İle III. Karışımlarda Üretilen Örneklerin Gerilme Deformasyon Eğrileri.



Şekil 12. Arazide Dört Çeşit Çimento İle IV. Karışımlarda Üretilen Örneklerin Gerilme Deformasyon Eğrileri.

gözlenmiş, en yüksek elastisite değerini Sülfata Dayanıklı Çimento ve Portland Çimento kullanılarak üretilen betonlar verirken, en düşük değeri elastisite değerlerini ise, Kompoze Çimento kullanılarak üretilen betonların verdiği gözlenmiştir.

Şekil 12'de ise dört çeşit çimento ile IV. karışımda üretilen betonların gerilme-deformasyon ilişkilerine bakıldığında, yine değerlerin birbirlerine çok yakın olduğu gözlenmiş, en yüksek elastisite değerini Portland Çimento kullanılarak üretilen betonlar verirken, en düşük elastisite modülü değerlerini ise, Kompoze Çimento kullanılarak üretilen betonların verdiği gözlenmiştir.

Genel olarak karışımlar bazında dört çeşit çimentonun gerilme-deformasyon ilişkisine bakıldığında, dört karışımda da en yüksek elastisite değerine Portland Çimento ve Sülfata Dayanıklı Çimento ile üretilen betonlar verirken, en düşük değeri ise Puzolanik Çimento ve Kompoze Çimento vermiştir. Elastisite değerinin büyüklüğüne göre dört karışımda da Puzolanik Çimento 3. sırada, Kompoze Çimento ise 4. sırada yer almıştır.

5. Sonuçlar ve Tartışma

Çalışma sonucunda farklı karışım ve farklı olgunlaştırma koşulundaki beton basınç dayanımlarına bakıldığında, dört çeşit çimentoda da II. ve IV. karışımlarda üretilen betonlar I. ve III. karışımlarda üretilen betonlara oranla daha yüksek dayanımlı çıkmıştır. Bu nedenle yapılarda kullanılacak betonların kötü nitelikli olmaması için uygun dozaj ve uygun karışımlarda üretilmelidir.

Yine arazi koşullarında dört çeşit çimento ile üretilen betonların farklı olgunlaştırma koşullarındaki dayanımlarına bakıldığında, I.Uygulamada (Doğal ortam-1) ve II.Uygulamada (Doğal ortam-2) ve IV.Uygulamada (Kür) olgunlaştırılan betonlarda dört karışımda da en yüksek dayanımı Portland Çimento ve Sülfata Dayanıklı Çimento ile üretilen betonlar verirken, en düşük dayanımı ise Kompoze Çimento ve Puzolanik Çimento kullanılarak üretilen betonlar vermiştir. III.Uygulamada (Doğal ortam-3) olgunlaştırılan betonlarda dört karışımda da en yüksek dayanımı Portland Çimento ile üretilen betonlar

verirken, en düşük dayanımı ise I. ve III. karışımda Puzolanik Çimento, II. ve IV. karışımda ise Kompoze Çimento ile üretilen betonlar vermiştir.

Kullanılan dört çeşit çimento ile, dört farklı karışımda üretilen ve kürde olgunlaştırılan betonların tamamında Elastisite modülü değerleri TS 500 Standardında belirtilen değerlere ulaşmıştır. Yine her çeşidin gerilme-deformasyon eğrileri farklı karışımlara göre değerlendirildiğinde dayanımı yüksek olan betonların Elastisite Modüllerinin de yüksek çıktığı gözlenmiştir.

Farklı karışımlarda hazırlanan betonların gerilme-deformasyon ilişkisine bakıldığında, Portland Çimentoda en yüksek elastisite değerini II. karışım, en düşük değeri ise III. karışım verirken, Kompoze Çimento ve Puzolanik Çimentoda en yüksek elastisite değerini IV. karışım, en düşük değeri I. karışım, Sülfata Dayanıklı Çimentoda ise en yüksek elastisite değerini II. karışım, en düşük değeri de I. karışım vermiştir.

Her çimento çeşidinin kendi içerisinde farklı karışımlardaki durumlarına bakıldığında, II. ve IV. karışımların I. ve III. karışımlara oranla daha büyük elastisite değerine sahip olduğu gözlenmiştir. Buna göre karışım oranından çok çimento miktarının artışı elastisite modülü değerinin yüksek çıkmasına neden olmuştur.

Karışımlar bazında dört çeşit çimentonun gerilme-deformasyon ilişkisine bakıldığında, dört karışımda da en yüksek elastisite değerine Portland Çimento ve Sülfata Dayanıklı Çimento ile üretilen betonlar verirken, en düşük değeri ise Puzolanik Çimento ve Kompoze Çimento vermiştir. Elastisite değerinin büyüklüğüne göre dört karışımda da Puzolanik Çimento 3. sırada, Kompoze Çimento ise 4. sırada yer almıştır.

DSİ Sulama İşleri Teknik Şartnamesi (1993)'e göre kanal kaplama betonu BS 14 niteliğinde olmalı ve bu değer bulunmasında en düşük çimento miktarı 275 kg/m^3 olmalıdır. Bu çalışmada diğer karışım oranları aynı olmakla birlikte 250 kg/m^3 çimento miktarı kullanılarak

Şartnamede öngörülen beton dayanımından daha yüksek dayanımlar elde edilmiştir. Dört çimento çeşidinin dört farklı karışımında üretilen ve kürde olgunlaştırılan betonların BS 16 ve daha yüksek nitelikte olduğu gözlenmiştir. Buna göre kullanılan çimento çeşitlerinin her karışımında sulama kanalı betonu üretilebilir.

Dayanımı yüksek betonun, kompasite, geçirimsizlik, aşınmaya dayanım ve dayanıklılık gibi diğer fiziksel ve mekanik özellikleri de yüksek olacağından kullanılan çimento çeşitlerinin her karışımında üretilen betonlarla yapılacak sulama kanalı betonlarının aşınma dayanımı yüksek, geçirimsizliği düşük olacaktır. Bu durum yapılan kanalların daha uzun ömürlü olmasını dolayısıyla uzun vadede ekonomik olmasını sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Ağacık, G., 1993. Betonit ve Kalitesinin Belirlenmesi. DSİ Teknik Bülteni, DSİ Genel Müd. Basımevi, Ankara, S. 78, 3-10 s.
- Arslan, M., 2001. Beton. Atlas Yayın Dağıtım Ltd.Şti. İstanbul, 237 s.
- DSİ Sulama İşleri Teknik Şartnamesi, 1993. DSİ Teknoloji Daire Başk. Basım ve Foto Film İşletme Şube Müd. Ankara, 88 s.
- Eriç, M., 1994. Yapı Fiziği ve Malzemesi. Literatür Yayıncılık İstanbul.
- Ersoy, U., 1999. Betonarme Temel İlkeler ve Taşıma Gücü Hesabı. Doğan Ofset, İstanbul, 643 s.
- Gökdemir, A., 1997. Yapı Malzemeleri ve Beton Teknolojisi. Şafak Matbaacılık Ltd.Şti., Ankara, 109 s.
- Güner, S.M., Süme, V., 2001. Yapı Malzemesi ve Beton. Bakanlar Media Ltd. Şti., Erzurum, 335 s.
- Odabaşı, Y., 1997. Betonarme İnşaat Elamanları. Beta Basım Dağıtım AŞ. İstanbul, 274 s.
- Postacıoğlu, B., 1987. Beton Cilt II. Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul, 404 s.
- TS 500, 1985. Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, Necatibey caddesi No:112, Bakanlıklar, Ankara.
- TS 802, 1985. Beton Karışım Hesap Esasları. Türk Standartları Enstitüsü, Necatibey caddesi No:112, Bakanlıklar, Ankara
- TS 3068, 1978. Laboratuvarında Beton Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Bakımı. Türk Standartları Enstitüsü, Necatibey caddesi No:112, Bakanlıklar, Ankara.
- TS 3114, 1989. Beton Basınç Dayanımı Deney Metodu. Türk Standartları Enstitüsü, Necatibey

Arazi Koşullarında Farklı Çimento Çeşitleri ile Üretilen Betonların Basınç Dayanımlarının ve Elastisite Modüllerinin Belirlenmesi

caddesi No:112, Bakanlıklar, Ankara
TS 3502, 1981. Betonda Statik Elastisite Modülü ve
Poisson Oranı Tayini. Türk Standartları
Enstitüsü, Necatibey caddesi No:112,
Bakanlıklar, Ankara.