

KÜR SÜRESİNİN BETONUN KIRILMA PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Kürşat Esat ALYAMAÇ, Ragıp İNCE

Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,
Elazığ, Türkiye

ÖZET

Beton dünyada en çok kullanılan yapı malzemesidir. Betonun davranışı birçok yönden incelenmektedir. Bu çalışmada, geleceğin beton yapıların tasarım yöntemi olarak görülen Kırılma Mekaniği Prensiplerinden İki Parametrelili Model kullanılmıştır. Bu yaklaşım betonda kırılmayı, kritik gerilme şiddet çarpanı K_{Ic}^s ve kritik çatlak ucu açılımı $CTOD_c$ gibi iki parametre ile modellemektedir. Farklı çimentolarla, çimento miktarı ve çökme miktarı eşit olan karışımlar elde edilmiş ve bunlarla çentikli beton kiriş ve standart küp numuneler yapılmıştır. Oluşturulan her bir seriye ayrı ayrı 3, 7 ve 28 gün su kürü uygulanmıştır. 28 gün sonunda küp numunelerden betonların basınç dayanımları belirlenmiş ve daha sonra kiriş numuneler, üç noktali eğilme deneylerine tabi tutularak, kırılma yükleri hesaplanmıştır. Elde edilen bu değerler, kırılma mekaniği metotlarından İki Parametrelili Model ile analiz edilerek, betonların kırılma parametreleri hesaplanmıştır. 28 gün boyunca su kürü uygulanan betonların en iyi kırılma parametrelerine sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca dayanımı yüksek olan çimento ile üretilen betonların kırılma parametrelerinin daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Beton, Kür, Kırılma Mekaniği, İki Parametrelili Model, Pik Yük Metodu

INVESTIGATION OF EFFECT OF CURING TIME ON FRACTURE PARAMETERS OF CONCRETE

ABSTRACT

Concrete is the most commonly used construction supply. About the usage of concrete and about its effectiveness, have been investigated in many ways. In this study, two parameters model -which is a principal of fracture mechanics- has been used. This system is called as the future design method of the concrete buildings. This approach, models the breaking in the concrete with two parameters such as the critical stress intensity factor K_{Ic}^s and the critical crack opening displacement $CTOD_c$. Some mixtures were also obtained with different cements. The amount of cement and the amount of slump of these mixtures were equal. Some samples of notched beams of concrete and samples of standard cubic have been formed out of them. Different water cures have been applied to each formed series during 3,7 and 28 days. At the end of 28 days, the compressive strength of concretes of the cubic samples, have been indicated. At a later stage, the notched beams are being tested three-point bending, and the load of peak load is being measured. These values were analyzed with the two parameters

method from methods of fracture mechanics. It has been observed that the concretes who had a water cure during 28 days have the best fracture parameters. Additionally, it has been observed that the concretes, made of higher performans cement have better fracture parameters.

Keywords: Concrete, Curing, Fracture Mechanics, Two Parameters Model, Peak Load Method

1. GİRİŞ

Yapıların inşasında birçok çeşit malzeme kullanılmaktadır. Beton bunlar içerisinde en çok kullanılan yapı malzemesidir. Bu nedenle betonun mekanik davranışının tam olarak anlaşılmasının önemi her geçen gün artmaktadır. Barajlar, nükleer santraller, yüksek katlı yapılar, köprüler vb. gibi önemli yapılarda meydana gelecek beton hasarları çok büyük maddi ve manevi zararlara yol açabilir. Bu sebeplerden dolayı betonun çatlama davranışının incelenmesine olan ilgi günden güne artmaktadır [1].

Çatlamış bir yapı ancak Kırılma Mekaniği prensipleri kullanılarak gerçekçi bir şekilde analiz edilebilir. Kırılma Mekaniği Bilimi, malzemede varolan, çentik, çatlak ve boşluk gibi gerilme yığılmasını artıran kusurları ve bunlara bağlı olarak meydana gelen hasarları inceler. Kırılma Mekaniği, öncüsü olan Griffith'in 1920'li yıllarda gevrek ve homojen bir malzeme olan camlarda yaptığı çalışmalara dayanmaktadır [2]. Daha sonra Irwin, Griffith'in yaptığı çalışmaları bir adım daha ileriye götürmüş ve gevrek olmayan malzemelerde uygulamaya başlamıştır [3].

Kırılma Mekaniği önceleri sadece gevrek ve homojen bir malzeme olan camda ve yine bazı homojen metallerde kullanılmıştır. Daha sonraki yıllarda bunun beton gibi yarı gevrek ve heterojen bir malzemede kullanılabilirliği araştırıldı. Bununla ilgili çalışmalar ilk kez Kaplan ile başladı [4]. Kaplan, betonu LEKM (Lineer Elastik Kırılma Mekaniği) Prensiplerini kullanarak incelemiştir. Daha sonra yapılan çalışmalarda, betonun kırılmasının tek bir parametre ile ifade edilemeyeceği anlaşılmıştır. Bu sebeple betonun kırılmasının karakterize edilmesi için, Lineer Olmayan Kırılma Mekaniği Yaklaşımları geliştirilmiştir. Betonun lineer olmayan kırılma davranışını karakterize etmek için önerilen metotlar, Kohezif Çatlak Modelleri ve Efektif Çatlak Modelleri olarak iki kategoride sınıflandırılmaktadır. Kohezif çatlak modelleri içerisinde Kırılma-ışi-enerjisi yaklaşımı [5] ve Boyut Etkisi Modeli yer almaktadır [6]. Efektif Çatlak Modelleri sınıfında ise İki Parametrelili Model [7] ve Efektif Çatlak Modeli [8] gibi iki model yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, diğer bölümde ayrıntılarıyla açıklanan İki Parametrelili Model kullanılmıştır.

Betonun dayanım ve dayanıklılık performansı, üretimi, dökümü ve bakımı ile ilgili birçok etkene bağlıdır. Bunların hepsi betonun kırılma parametreleri üzerine de etkilidir. Betonun üretimi ile ilgili, agrega tipi, su/çimento oranı (W/C), çimento dozu ve en büyük agrega çapı (d_{max}) gibi faktörler betonun kırılma parametreleri üzerine büyük oranda etkilidir [9]. Betonun kalıba yerleştirilme biçimi, sıkıştırılması işlemleri ve betonun kürü gibi dayanımı doğrudan etkileyen durumlarda mutlaka kırılma parametrelerini değiştirmektedir.

Kür, beton dayanımını doğrudan etkileyen unsurlardan biridir. Dayanım ise betonun kırılma parametreleri üzerine en etkili faktördür. Uygulamada birçok beton yapıda, çeşitli sebeplerle farklı kür süreleri uygulanmaktadır. Özellikle farklı çimentolarla üretilmiş ve farklı kür sürelerine sahip betonların dayanımları, farklılıklar göstermektedir [10].

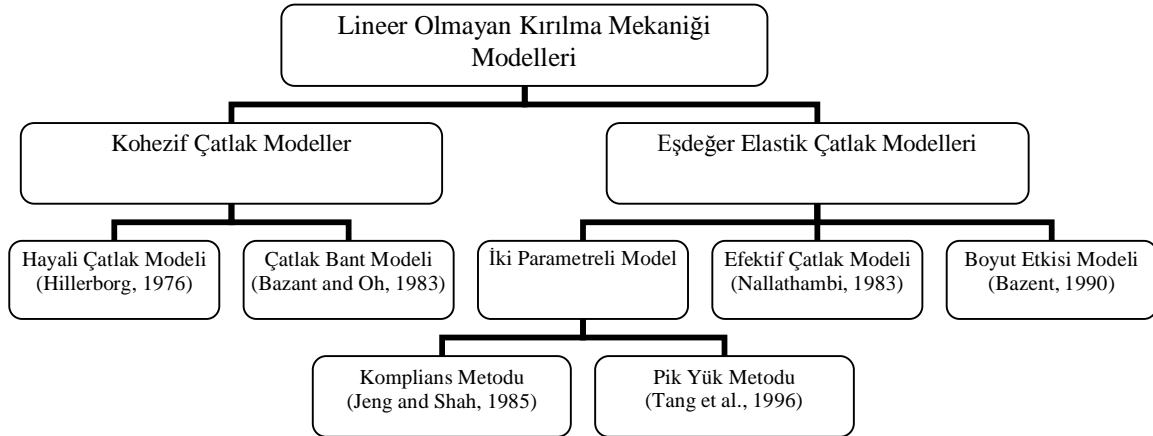
Bu çalışma da , 9 seri olarak, toplam 54 adet çentikli kiriş (15x15x45 cm) ve 27 adet standart küp numune (15x15x15 cm) üretilmiştir. Üretilen seriler 3,7 ve 28 gün su kürüne maruz

bırakılmıştır. 28 gün sonunda kiriş ve küp numuneler kırılmış ve elde edilen sonuçlar, İki Parametrelili Model ile analiz edilmiştir. Bu şekilde her bir serinin kırılma parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylece kür sürelerinin, betonun kırılma parametreleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Kür süresi arttıkça betonun dayanımının ve kırılma parametrelerinin de arttığı görülmüştür. Sonuçta, çeşitli yapılar için standartlarda yer alan, minimum beton kür süresi miktarına mutlaka uyulmalıdır. Kür süresi betonun dayanımı için önemli olduğu kadar, dayanıklılığı içinde önemlidir.

2. BETONUN KIRILMA MEKANIĞI

Betonun Kırılma Mekaniği Prensipleri kullanılarak incelenmesi konusu ilk kez 1961 de gündeme gelmiştir [4]. Kaplan, çalışmalarında, betonun kırılması için tek bir parametre öneren (kritik gerilme şiddet çarpanı K_{Ic} veya kırılma tokluğu G_{Ic} gibi) LEKM prensiplerinden faydalanmıştır.

Gluckish ise LEKM'nin, homojen bir malzeme için geçerli olduğunu, beton gibi heterojen bir malzemeye değiştirilerek uygulanması gerektiğini savunmuştur (Gluckish, 1963). Bununla beraber daha sonra yapılan deneysel araştırmalar, K_{Ic} veya G_{Ic} gibi parametrelerinin numunenin boyut ve geometriye bağlı olarak değiştiğini gösterdi. LEKM nin uygulamadaki bu kusurları, çatlak ucunda yer alan ve diğer malzemelere nazaran daha büyük bir yer işgal eden kırılma işlem süreci bölgesinin varlığından kaynaklanmaktadır. Kırılma işlem süreci bölgesi daha sonra bazı araştırmacılar tarafından karakterize edebilmek için bazı lineer olmayan kırılma mekaniği yaklaşımları önerilmiştir. Bu yaklaşımlar Şekil 1 de şematik olarak verilmiştir. Beton için lineer olmayan kırılma mekaniği yaklaşımlarından en çok, Hayali Çatlak modeli, Boyut Etkisi Modeli ve İki Parametrelili Model kullanılmaktadır. Bu çalışmada, bir sonraki bölümde ayrıntılı bir şekilde açıklanan İki Parametrelili Model kullanılmıştır.



Şekil 1. Lineer Olmayan Kırılma Mekaniği Modelleri.

2.1 İki Parametrelili Model (IPM)

Lineer olmayan kırılma mekaniği yaklaşımları içerisinde, İki Parametrelili Model, beton bir yapıda, gerilme şiddet çarpanı K_I (burada sadece Mod I durumu dikkate alınmaktadır) ve çatlak ucu açılımı $CTOD$ değerleri, kritik gerilme şiddet çarpanı K_{Ic}^s ve kritik çatlak ucu açılımı $CTOD_c$ olan kritik değerlerine eriştiğinde göçmenin meydana geldiğini kabul etmektedir. Bu kırılma parametreleri Lineer Elastik Kırılma Mekaniğine (LEKM) ait denklemlerle aşağıdaki şekilde bulunabilir:

$$K_{Ic}^s = \sigma_{Nc} \sqrt{\pi a_c} f_1 \quad (1)$$

Pik yük metodu yaklaşımı aynı zamanda K_{Ic}^s ve $CTOD_c$ parametreleri ile malzemenin elastisite modülü E_c i kombine ederek yapının gevreklik indeksi adı verilen uzunluk boyutunda Q parametresini de kullanmaktadır. Büyük Q değerleri, malzemenin daha sünek bir davrandığını göstermektedir.

$$Q = \left[\frac{E_c \cdot CTOD_c}{K_{Ic}^s} \right]^2 \quad (5)$$

Yapılan deneysel araştırmalar Q değerlerinin sertleşmiş ğimento harcı için 12.5-50 mm, harç betonu için 50-150 mm ve beton için 150-350 mm aralığında değiştiğini göstermektedir [7].

3. BETONUN KÜRÜ

Betonun ilk günlerinde, yeterince hidratasyon yapabilmesini sağlamak ve betonun içerisinde yeterli miktarda suyun ve sıcaklığın bulundurulması için betonun kr edilmesi gerekir. Betonun hidratasyon hızı ve buna bağlı olarak dayanım kazanma hızı birçok faktör tarafından etkilenmektedir. O nedenle, betonun yeterli dayanım kazanabilmesi için ne kadar süreyle kr edilmesi gerektiğini kesin olarak belirtmek kolay değildir [17]. Buna rağmen minimum kr süresinin ne kadar uzunlukta olmasına dair bazı öneriler bulunmaktadır [18].

Beton için birçok çeşit kr yöntemi olmasına rağmen uygulamada da en çok kullanılan s kürü yöntemi, bu çalışmada tercih edilmiştir. Krn betonun dayanımı kadar dayanıklılığı açısından da ok önemli olduğu bilinmektedir. Bu çalışmanın amacı, su kürü süresinin, betonun dayanıklılığı üzerine etkisini, kırılma mekaniği açısından incelemektir. Böylece standartlarda yer alan minimum kr süresinin gerekliliği, betonun dayanıklılığı açısından da ortaya konulacaktır.

4. DENEYSEL ALIşMALAR

Bu alışma için 9 seri beton üretilmiştir. Her bir seri 6 adet çentikli kiriş ve 3 adet standart kp numuneden oluşmaktadır. Her 3 seri numune, 1 deney grubunu olarak ifade edilirse, bir deney grubunda toplam 18 adet çentikli kiriş ve 9 adet standart küp numune mevcuttur. Her deney grubunun betonu bir seferde üretilmiştir. Tüm seriler aynı günü üretilmiştir. Deney grupları farklı tip çimentolarla hazırlanmıştır. Grup içerisindeki bir seriye 3 gün, bir seriye 7 gün ve diğer seriye de 28 gün kür havuzunda su kürü uygulanmıştır. Böylece kr süresi ile betonun kırılma parametreleri arasındaki ilişkinin bulunması amaçlanmıştır.

Çalışmada 15x15x15 cm standart numuneler ve 15x15x45 (bxdxL) cm beton kiriş numuneler kullanılmıştır. a_0 başlangıç çentik boyu olmakzere, kirişlerin relatif çentik boyları yaklaşık olarak $\alpha_0 = a_0/d = 0.1, 0.2$ ve 0.25 olarak seçilmiş ve her bir çentik boyundan iki adet numune dklmştir. Çalışmada elik kalıplar kullanılmış ve beton, kalıplara çentiğe paralel pozisyonda dklmştir.

Beton karışım hesapları TS 802 dikkate alınarak yapılmıştır [19]. En büyük agrega çapı 16 mm olan doğal malzeme kullanılarak, 400 dozlu beton üretilmiştir. Tüm karışım gruplarında, en büyük agrega çapı, imento dozu ve betonun çökme değeri sabit tutulmuştur. Kullanılan doğal agreganın ortalamazgül ağırlılığı 2.62 g/cm^3 , su emme miktarı 0.02 dir. Agrega granülometrisi B eğrisi değerleri ile yaklaşık aynıdır. CEM I 42.5 N, CEM IV/B 32.5 ve CEM II/B-M 32.5 Portland imentoları kullanılmıştır (TS EN 197-1, 2002). Akışkanlaştırıcı

kimyasal katkı olarak; Sikament FFN, çimento ağırlığının %1.2 si oranında karışım suyuna ilave edilerek kullanılmıştır. Beton karışım miktarları Çizelge 1 de verilmiştir.

Çizelge 1. Beton karışım miktarları ve karışım özellikleri[kg/m³].

Seri Adı	Malzemeler ve Özellikler								
	Çimento	Su	İri agrega	Kum	Katkı	W/C (%)	Çimento Tipi	Çökme [cm]	Su Kürü [gün]
	[kg/m ³]								
A1	400	160	733	1100	4,8	0.40	CEM I 42.5 N	0-1	3
A2	400	160	733	1100	4,8	0.40	CEM I 42.5 N	0-1	7
A3	400	160	733	1100	4,8	0.40	CEM I 42.5 N	0-1	28
B1	400	172	708	1062	4,8	0.43	CEM II/B-M 32.5 R (P)	0-1	3
B2	400	172	708	1062	4,8	0.43	CEM II/B-M 32.5 R (P)	0-1	7
B3	400	172	708	1062	4,8	0.43	CEM II/B-M 32.5 R (P)	0-1	28
C1	400	188	695	1042	4,8	0.47	CEM IV/B 32.5 R	0-1	3
C2	400	188	695	1042	4,8	0.47	CEM IV/B 32.5 R	0-1	7
C3	400	188	695	1042	4,8	0.47	CEM IV/B 32.5 R	0-1	28

Beton karıştırıcı yardımıyla elde edilen, çökme değeri 0-1 cm olan beton, çelik kalıplara, laboratuvar vibratörü yardımıyla yerleştirilmiştir. 24 saat sonra kalıplardan çıkarılan beton numuneler, kür işlemine tabi tutulmaya başlanmıştır. A1, B1 ve C1 isimli seriler, 3 gün kür havuzunda, 25 gün laboratuvarda açık havada, A2, B2 ve C2 isimli seriler, 7 gün kür havuzunda, 21 gün laboratuvarda açık havada, A3, B3 ve C3 isimli seriler ise 28 gün kür havuzunda bekletilmişlerdir. Su kürü sabit 23 °C sıcaklıkta gerçekleşmiştir. Deneyin yapıldığı 28 gün içerisinde laboratuvarda ortalama, en düşük sıcaklık 25.1 °C ve en yüksek sıcaklık 32.8 °C olarak tespit edilmiştir. 28 gün sonunda kirişler, mesnet açıklığı 37.5 cm olan üç noktalı eğilme deneyine tabi tutulmuş ve her bir numunenin kırılma yükü tespit edilmiştir. Ayrıca küp numuneler yardımıyla her bir serinin beton basınç dayanımı tespit edilmiştir. Numunelerin kırılmaları 2500 kN yük kapasiteli test makinesinde gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucunda elde edilen değerler Çizelge 2 de verilmiştir.

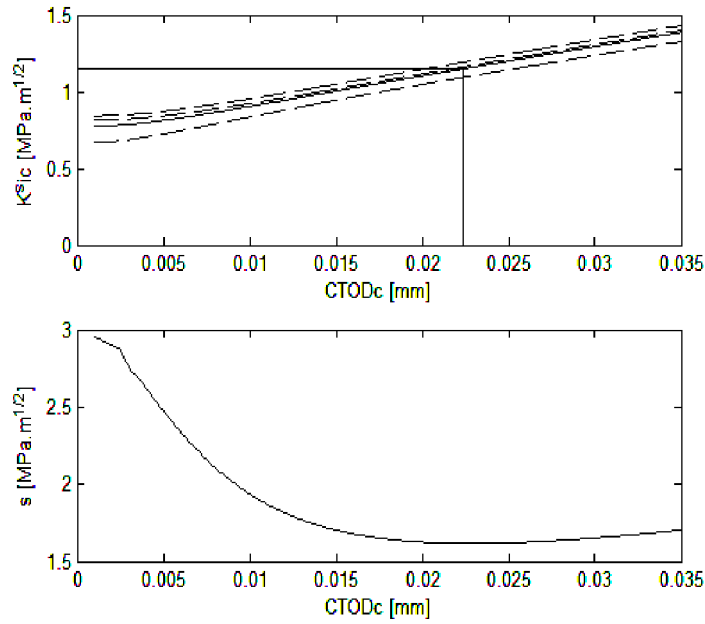
Çizelge 2. Deney Sonuçları.

Seri Adı	Ortalama çentik boyları [mm]	Ortalama kırılma yükleri [kN]	Küp beton basınç dayanımı [MPa]	Seri Adı	Ortalama çentik boyları [mm]	Ortalama kırılma yükleri [kN]	Küp beton basınç dayanımı [MPa]	Seri Adı	Ortalama çentik boyları [mm]	Ortalama kırılma yükleri [kN]	Küp beton basınç dayanımı [MPa]
A1	16	20.3	49.8	B1	16	16.9	37.6	C1	16	17.2	37.6
	31	17.6			30.9	15.1			30.8	15.3	
	39	14.9			38.6	12.5			38.8	12.4	
A2	16.3	21.8	50.9	B2	15.3	17.8	39.1	C2	16	17.9	38.4
	33.1	17.5			31.2	15.8			31.2	15.8	
	40	15.9			38.8	13.3			38.1	13.4	
A3	16	24.1	53.3	B3	15.5	19.1	42.2	C3	15.8	19.1	39.6
	32.8	19.4			31.5	17.1			31.9	16.6	
	37.8	16.6			38.5	14.6			37.5	14.8	

Deneylerden elde edilip, Çizelge 2 de verilen değerler, Pik Yük Metodu kullanılarak, İki Parametrelili Modele göre analiz edilmiştir. Deneyde basınç mukavemetinin tespiti için küp numuneler kullanıldığından küp beton basınç dayanımı değerleri (f_c) elde edilmiştir. Analiz için ihtiyaç duyulan silindir beton basınç dayanım değerleri İfade (6) yardımıyla belirlenmiştir [20].

$$f'_c = \left[0.76 + 0.2 \log \left(\frac{f_c}{19.58} \right) \right] f_c \quad (6)$$

Her bir seri için ayrı ayrı, kritik gerilme şiddet çarpanı K_{Ic}^s ve kritik çatlak ucu açılım deplasmanı $CTOD_c$ hesaplanmıştır. Ayrıca tüm serilerin gevreklik indeksi değerleri belirlenmiştir. Şekil 3 de görüldüğü gibi standart sapmanın minimum olduğu noktanın yatay eksen değeri, $CTOD_c$ değerine eşittir. Ortalama K_{Ic}^s - $CTOD_c$ eğrisi ve $CTOD_c$ değeri yardımıyla K_{Ic}^s değeri hesaplanmıştır. Bu hesaplama metoduna örnek olarak, B3 serisinin analiz grafiği sunulmuştur. Elde edilen kırılma parametreleri ve gevreklik indeksi değerleri Çizelge 3 de yer almaktadır.



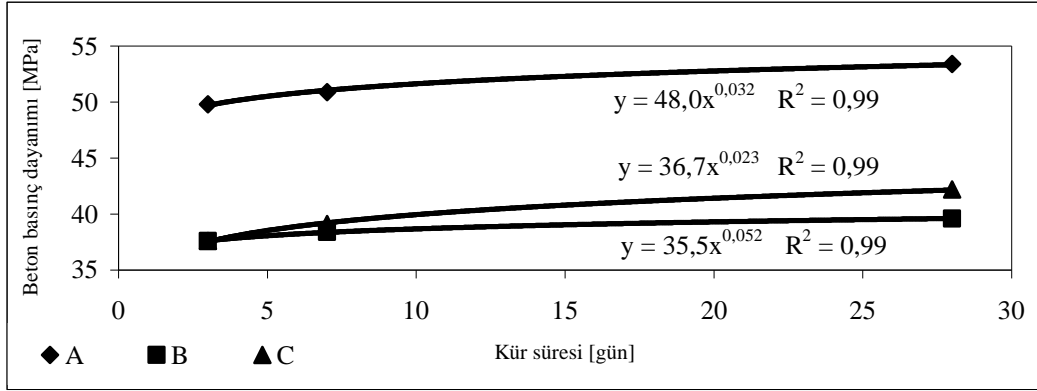
Şekil 3. B3 Serisi Pik Yük Metodu analiz grafiği.

Çizelge 3. Analiz sonuçları.

Seri Adı	K_{Ic}^s [MPa.m ^{1/2}]	$CTOD_c$ [mm]	Q [mm]	Seri Adı	K_{Ic}^s [MPa.m ^{1/2}]	$CTOD_c$ [mm]	Q [mm]	Seri Adı	K_{Ic}^s [MPa.m ^{1/2}]	$CTOD_c$ [mm]	Q [mm]
A1	1.2317	0.0224	313	B1	1.0307	0.0214	308	C1	1.0434	0.0218	312
A2	1.2954	0.0229	302	B2	1.0804	0.022	303	C2	1.0906	0.0222	308
A3	1.378	0.0236	298	B3	1.1505	0.0224	285	C3	1.1653	0.0227	304

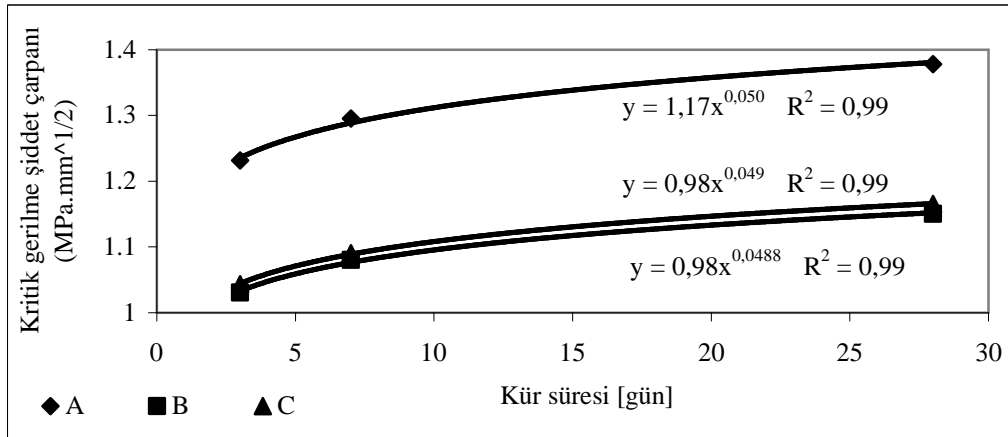
4.1 Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Sertleşmiş betonun dayanımını etkileyen birçok faktör mevcuttur. Bu faktörlerden en önemlilerinden biri de betonun su kürü süresidir. Betona uygulanan kür günü sayısı arttıkça, beton dayanımı da artacaktır. Bu sonuç daha önce birçok kez ortaya konulmuştur. Bu çalışmada da her grup karışım için kür günü arttıkça, beton dayanımının arttığı belirlenmiştir (Şekil 4)

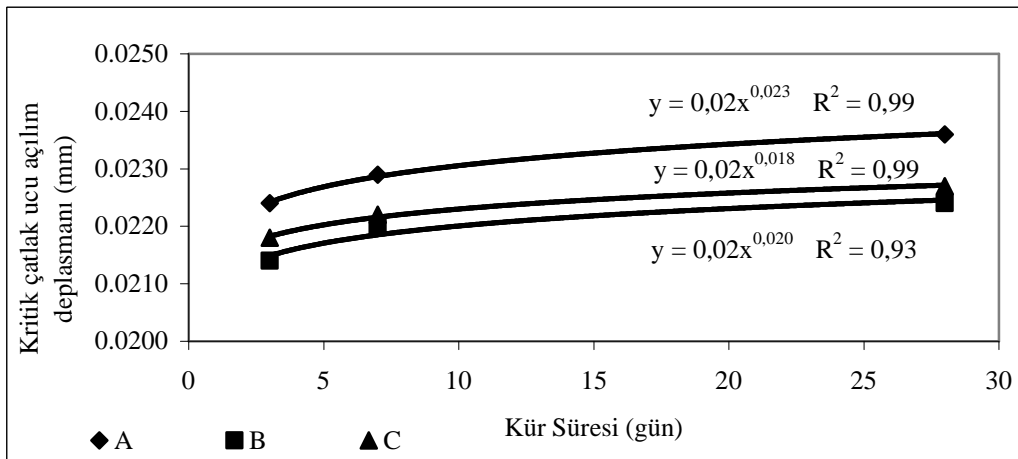


Şekil 4. Beton basınç dayanımı-kür süresi ilişkisi.

28 günlük su kürü, beton basınç dayanımını ortalama %8 artırmıştır. Beton basınç dayanımı arttıkça, betonun kırılma parametrelerinin de arttığı bilinmektedir. Betonun kürü, beton basınç dayanımını olduğu gibi, betonun kırılma parametrelerini de olumlu yönde etkilemektedir (Şekil 5-6). 28 günlük su kürü betonun kırılma parametrelerinden, kritik gerilme şiddet çarpanı, K_{Ic}^s 'nin değerinin ortalama %12, kritik çatlak ucu açılımı, $CTODc$ 'nin değerinin ise ortalama %5 artırmaktadır.



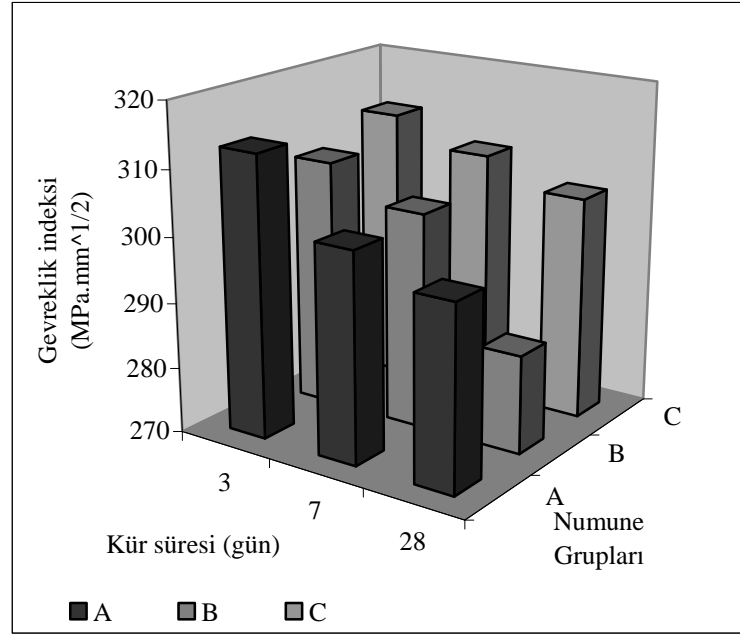
Şekil 5. Kritik gerilme şiddet çarpanı K_{Ic}^s – kür süresi ilişkisi.



Şekil 6. Kritik çatlak ucu açılımı $CTODc$ – kür süresi ilişkisi.

A grubunda dayanımı 42.5 MPa olan çimento kullanıldığı için, kırılma parametreleri, B ve C gruplarından daha yüksek çıkmıştır. B grubunun kritik gerilme şiddet çarpanı (K_{Ic}^s) değerleri, C grubunun kritik gerilme şiddet çarpanı değerlerine yakın olmasına rağmen, kritik çatlak ucu açılımının ($CTOD_c$) değerleri aynı yakınlığı göstermemektedir. Bu durum $CTOD_c$ parametresinin betonun iç yapısıyla ilgili özelliklere bağlı olduğunu göstermektedir.

Gevreklik indeksi beton basınç dayanımı ile ters orantılıdır. Bu çalışmada da kür süresi arttıkça gevreklik indeksinin azaldığı görülmektedir (Şekil 7). Beton dayanımı arttıkça, betonun sünekliliğinin azalacağı gerçeği, çalışmanın sonucunu desteklemektedir.



Şekil 7. Gevreklik indeksi.

Bu çalışmada, her 3 deney grubunda da kür süresi arttıkça, gevreklik indeksi azalmıştır. Gevreklik indeksi değeri yaklaşık bir sonuç vermesine rağmen, 28 günlük betonlarda TPM3C serisinin en sünek davranışı sergilediği söylenebilir.

5. SONUÇLAR

Kırılma mekaniği, geleceğin beton tasarım yöntemi olarak görülmektedir. Dolayısıyla betonun dayanımı ve dayanıklılığı ile ilgili tüm parametreler kırılma mekaniği açısından incelenmelidir. Bu çalışmada da beton için büyük önem taşıyan kür konusu, kırılma mekaniği prensipleriyle incelenmiştir. Farklı çimentolarla üretilmiş beton numunelere, farklı sürelerde su kürü uygulanmış ve elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır:

1. Kür süresi arttıkça beton basınç dayanımı ve kırılma parametreleri artmıştır. Dayanım ve dayanıklılığın artması için betona mümkün olduğu kadar uzun sürelerde su kürü uygulanmalıdır.
2. Yüksek dayanımlı çimento kullanılan beton numunelerde, dayanım kadar kırılma parametreleri yani dayanıklılığı da artmıştır.
3. Beton numunelerde dayanım arttıkça gevreklik indeksi azalmıştır. Bu da dayanım arttıkça sünekliliğin azalması anlamına gelmektedir.

4. Betona uygulanan kür süresinin artması, betonun dayanım ve dayanıklılıkla ilgili tüm özelliklerini olumlu yönde etkilemektedir. Öyle ise standartlarda yer alan minimum kür süreleri beton elemanlar için mutlaka uygulanmalıdır. Hatta farklı çimentolarla üretilen dayanım kazanma hızları farklı olacağından, istenmeyen olaylarla karşılaşılmasında kesinlikle minimum kür sürelerinin altına inilmemelidir.

Bu çalışma, eğer beton tasarımı, kür süresi-kırılma parametreleri ilişkisi ile yapılacaksa, yaklaşık bir sonuca ulaşmada yardımcı olacaktır. Kesin sonuca, imal edilecek betonların kendi şartları içerisinde, kırılma parametrelerinin bulunmasıyla ulaşılabilecektir.

KAYNAKLAR

1. Shah, S. P., and Taşdemir, M. A., “**Role of Fracture Mechanics in Concrete Technology**”, **Advances in Concrete Technology**, (ed. V. M. Malhotra), **CANMET, Second Edition**, 161-202, 1994.
2. Griffith, A. A., “The Phenomena of Rupture and Flow in Solids”, **Phil. Trans. Roy. Soc., A**, 163-198, 1920.
3. Irwin, G. R., “Analysis of stresses and strains near the end of a crack traversing a plate”, **J. Appl. Mech.**, 24, 361-364, 1957.
4. Kaplan, M. F., “Crack Propagation and the Fracture of Concrete”, **Journal of ACI**, 58, 591-610, 1961.
5. Hillerborg, A., Modeer, M., and Petersson, P. E., “Analysis of Crack Formation and Growth in Concrete by Means of Fracture Mechanics and Finite Elements”, **Cement & Concrete Research**, 6, 773-782, 1976.
6. Bazant, Z. P., and Kazemi, M. T., “Determination of Fracture Energy, Process Zone Length, and Brittleness Number from Size Effect with Application to Rock and Concrete”, **International Journal of Fracture**, 44, 111-131, 1990.
7. Jenq, Y. S., and Shah, S. P., “A Two-Parameter Model for Concrete”, **Journal of Engineering Mechanics- ASCE**, 111, 1227-1241, 1985.
8. Nallathambi, P., and Karihaloo, B. L., “Determination of the Specimen Size Independent Fracture Toughness of Plain Concrete”, **Magazine of Concrete Research**, 38, 67-76, 1986.
9. Alyamaç, K. E., “Effect of Materials Parameters on Fracture Parameters of Concrete”, Master Thesis, **Firat University Institute of Science and Technology**, 2004 (In Turkish).
10. Özer, B., and Özkul, M. H., “The Influence of Initial Water Curing On The Strength Development Of Ordinary Portland And Pozzolanic Cement Concretes”, **Cement and Concrete Research**, 34, 13-18, 2004.
11. Glücklich, J., Fracture of Plain Concrete, **ASCE J. Engineering. Mechanics**, 89, 127-138, 1963.
12. Tang, T., Ouyang, C., and Shah, S. P., “A Simple Method for Determining Material Fracture Parameters from Peak Loads”, **ACI Materials Journal**, 93, 147-157, 1996.
13. ACI 318-1989, Building Code Requirements for Reinforced Concrete, **American Concrete Institute**, Detroit.
14. Tang, T., Ouyang, C., and Shah, S. P., “A Simple Method for Determining Material Fracture Parameters from Peak Loads”, **ACI Materials Journal**, 93, 147-157, 1996.
15. RILEM Recommendation, “Determination of the Fracture Parameters (K_{Ic}^s and $CTOD_c$) of Plain Concrete Using Three-Point Bend Tests”, **Materials & Structures**, 23, 457-460, 1990.
16. Bazant, Z. P., and Oh, B. H., “Crack Band Theory for Fracture Concrete”, **Materials & Structures (RILEM)**, 16, 155-157, 1983.
17. Erdoğan, T. Y., “**Concrete**”, First Ed., Ankara: METU, 2003.
18. TS 500, “Requirements for design and construction of reinforced concrete structures”, **Turkish Standarts Institution**, Ankara, 2000.
19. TS 802, “Design Concrete Mixes”, **Turkish Standarts Institution**, Ankara, 1985.
20. Neville, A. M., AM. “**Properties of Concrete**”, Fourth Ed., London: Longman, 1995.