

## BETONUN ÇARPMA MUKAVEMETİNİN TESBİTİ

**Erdinç ARICI<sup>a</sup>, Resul DURSUN<sup>a</sup> ve Ragıp İNCE<sup>b</sup>**

<sup>a</sup> Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Elazığ, Türkiye

<sup>b</sup> Fırat Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye

### ÖZET

Bu çalışmada; betonun çarpma mukavemetini belirleyebilmek için Charpy metodu kullanılmış ve bu metodun betona uygulanabilirliği araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda 100x100x500 mm. lik beton numunelerde kullanılacak boyutlarda Charpy deney düzeneği hazırlanmıştır.

Çarpma mukavemetinin belirlenmesi için yapılan deneylerde max. agrega çapı 8 ve 16 mm. olan, iki farklı başlangıç çatlak boyutuna ( relatif çentik boyu 0,2 ve 0,3 ) sahip iki seri numune hazırlanmıştır. Ayrıca serilerin basınç, yarma ve eğilme dayanımları belirlenebilmesi içinde numuneler dökülmüştür. Elde edilen deneysel verilerden çarpma dayanımında max. agrega boyutunun etkisi incelenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Beton, max. agrega çapı, Charpy metodu, çarpma dayanımı.

### DETERMINATION OF IMPACT STRENGTH OF CONCRETE

#### ABSTRACT

In this study, Charpy method was used so as to determine the impact strength of concrete and applicability of this method to concrete was investigated. For this aim, Charpy experiment apparatus was prepared in size of 100x100x500mm to be used in concrete specimens.

In the experiments done to determine the impact strength, two serial specimens with two different initial crack sizes ( relative notch length 0,2 and 0,3 ) and whose aggregate diameter were maximum 8 and 16 mm were prepared. In addition, to determine the pressure, split and bending strength of the serials, samples were forged. From the findings obtained, the effect of maximum agrega size in impact strength was investigated.

**Key Words:** Concrete, maximum aggregate diameter, Charpy method, impact strength.

## 1. GİRİŞ

Betonun kalitesi genel olarak dayanımla ölçülmektedir. Beton dayanımı, üzerine gelen yüklerin neden olacağı şekil değiştirmelere ve kırılmaya karşı, betonun gösterebileceği maksimum direnme olarak tanımlanmaktadır [1]. Betonun üzerine değişik yönlerde uygulanan yükler, değişik etkilere sebep olabilmektedir. Basınç, çekme, eğilme ve kayma etkisi yaratacak yükler altında beton şekil değiştirmeye ve kırılmaya karşı mukavet gösterebilmelidir. Betonun kullanılacağı yapının tasarımı yapılırken, betonun üzerine gelebilecek değişik türdeki yüklerin büyüklükleri göz önünde tutulmakta ve üretilecek betonun mekaniksel özelliklerinin bu yüklerle karşı yeterli dayanımı göstereceği varsayılmaktadır. Üretilecek betondaki dayanım değerlerinin, tasarım hesaplarında kullanılmış olan değerlerden daha az olmaması gerekmektedir [2]. Gelişen teknolojiyle birlikte farklı türde malzeme kullanımları ile betonların mekaniksel özelliklerinin iyileştirilmesi için çalışmalar yapılmıştır [3]. Ayrıca kırılma mekaniğindeki gelişmelere paralel olarak betonun kırılma parametreleride malzeme parametrelerine bağlı olarak incelenmiştir [4]. Betonun mekaniksel özelliklerinden biri olan çarpma dayanımının belirlenebilmesi için kesin bir metod belirtilmemiş ve dolaylı yollardan belirlenmeye çalışılmıştır.

Bir cismin belirli bir yükseklikten düşmesi veya bir kuvvetin birden bire uygulanmasıyla malzeme çarpma etkisine maruz kalmaktadır. Çarpma sonucu, gerilme çok kısa süre içerisinde artarak büyük değerlere ulaşır. Bu tür çarpma etkisinin meydana getirdiği gerilme altında, malzeme çarpma tesirlerine dayanıklı değilse kısa sürede deformasyona uğrar ve beklenen fonksiyonu gösteremez. Çarpma olayında, malzeme dış kuvvetlerin yapmış olduğu bir işe maruz kalmaktadır. Malzemedeki deformasyonun kritik bir değere ulaşması halinde malzeme çarpma etkisiyle mukavemetini kaybederek kırılır [5].

Çarpma deneyleri, malzeme şekline ve cinsine bağlı olarak farklı şekillerde yapılabilmektedir. Bunlar;

- a- Hareketli Sarkaç – Charpy [6-7], İzod [8-9]
- b- Düşen Top – Düşme makinesinin tipine göre; sabit yükseltideki düşüş veya değişken yükseltideki düşüş [10-11]
- c- Belirli bir yükseklikten düşürülen yapısal elemanlar [12]
- d- Patlayıcı Maddeler [10-11-13]

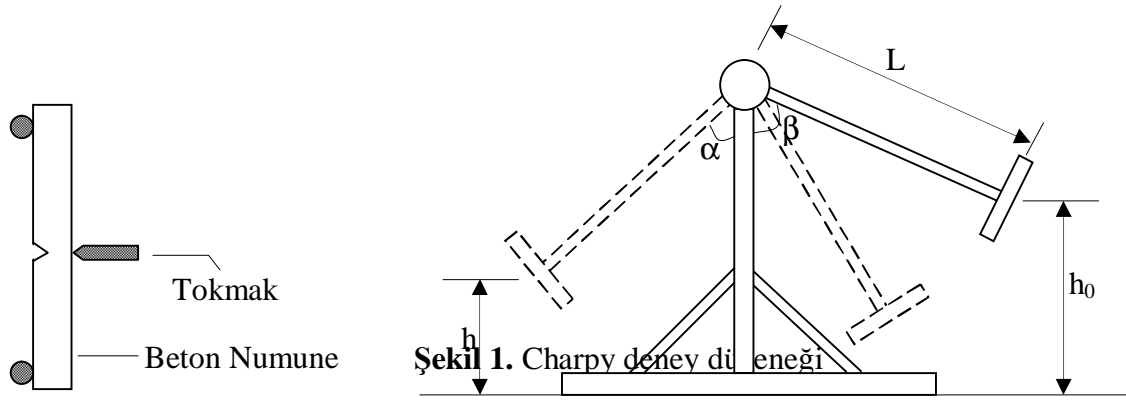
Beton ve betonarme elemanlar kullanım yerlerine bağlı olarak önemli ölçüde çarpma etkisi altında kalabilirler. Hava alanları, yollar, genel amaçlı döşeme kaplamaları, kazık ve palpaş başlıkları çarpma tesiri altında kalabilmektedir. Betonun yeterli çarpma dayanımına sahip olmaması halinde bu gibi yapılar ve elemanlar işlevlerini göremez hale gelirler veya faydalı ömürleri kısalmır. Bir malzeme üzerinde çarpma etkisi, yüzeyine bir cismin belirli yükseklikten düşmesi ile olacağı gibi aniden uygulanan kuvvetler şeklinde de olabilir. Çarpma sonucunda bir cisimde gerilmeler çok kısa sürede büyük değerlere ulaşabilmekte, gerilme ve deformasyonların irdelemesi karmaşık ve zor hale gelebilmektedir.

Bir cismin çarpma dayanımı, gerilme- birim deformasyon eğrisinin altındaki alan, yani tokluluğu ile yakından ilişkilidir. Bu alanın büyük olması cismin yüksek dayanımına sahip olması kadar, sünek olmasına da bağlıdır. Genelde kırılma bir malzeme olan betonda dayanım, normal agrega kullanılması halinde harç matrisine ve ara yüzeyinin kalitesine bağlı olarak değişmektedir [14].

Yüklemeye şekli esas alındığında malzemeyi kırmak iki yolla mümkündür. Birincisi, gerilme-şekil değiştirme diyagramlarının elde edilmesinde yapıldığı gibi yükü yavaş yavaş arttırmak suretiyle kırmaktır ve kırılma işi, şekil değiştirme eğrisinin altında kalan alanla ölçülür. İkincisi ise malzemeyi, sarkaç şeklinde G ağırlığındaki bir tokmak vasıtasıyla kırmaktır. Metallerde çarpma dayanımı İzod veya Charpy çentik darbe deneyi kullanılarak belirlenirken, yapı taşlarında ağırlığın belirli bir yükseklikten serbestçe numune üzerine düşürülmesi yöntemi uygulanır [14].

## 2. CHARPY DENEY METODU

Darbe deneyinde, numunenin dinamik bir zorlama altında kırılması için gereken enerji miktarı tayin edilir. Bulunan değer, malzemenin darbe mukavemeti olarak tanımlanır. Ağırlığı “G” olan sarkaç, “h<sub>0</sub>” yüksekliğine çıkarıldığında potansiyel enerji (Gxh<sub>0</sub>) mertebesindedir. Sarkaç bu yükseklikten serbest bırakıldığında, düşey bir düzlem içinde hareket ederek numuneyi kırar ve aksi istikamette “h” yüksekliğine kadar çıkar. Böylece, numunenin kırılmasından sonra sarkaçta kalan potansiyel enerji (Gxh) mertebesinde demektir.



Sarkacın başlangıçta bırakıldığı andaki enerjisi ile numune kırıldıktan sonra sarkaçta kalan potansiyel enerji farkı, o numunenin kırılması için gereken enerjiyi başka bir deyimle, darbe direncini verir. Bu enerji aşağıdaki formülle de gösterilebilir:

$$U = G(h_0 - h) = G.L. (\cos\beta - \cos\alpha) \quad (1)$$

Bu deney tamamen ampirik olduğu ve şartlar değiştiğinde malzeme farklı özellik gösterdiği için numunelerin cihaza uygun bir şekilde yerleştirilmesi ve deney şartları doğru sonuç alma yönünden önemlidir.

Deney esnasında sarkaç, daha önce tespit edilen potansiyel enerjiye sahip olabileceği bir yüksekliğe çıkarılır. Daha sonra numune, uygun bir şekilde yerleştirilir. Örneğin, en çok uygulanan Charpy deneyinde numune, mesnetlere tam yaslanacak şekilde ve çekicinin salınım düzlemi ile çentiğin simetri düzlemi 0,5 mm içinde birbirine çıkışacak şekilde yerleştirilir. Bu durum cihaza bağlı, yardımcı bir aletle sağlanabilir. Numune uygun şekilde yerleştirildikten sonra, okumaların yapıldığı kadranın göstergesi başlangıç durumuna getirilir ve sarkaç düzgün bir şekilde serbest bırakılır. Sonuç, deneyden sonra kadrandan okunur [15]. Tokmanın ilk ve son konumlarındaki potansiyel enerjileri arasındaki fark bulunur ve numune kesit alanından faydalanılarak çarpma mukavemeti belirlenir.

Charpy metodunun temelindeki ana fikri enerjinin korunumudur. Sarkaç belli bir yükseklikte durgun halde iken potansiyel enerjisi maksimumdur. Numuneye çarptığı anda kinetik enerji

maksimum seviyeye ulaşmıştır. Numuneyi kırıldığında enerjinin belli bir miktarı numunenin kırılma enerjisi olarak harcanır, geriye kalan enerji vasıtasıyla tokmak devam ederek yükselir. Buradaki enerji kaybı, bize çarpmadaki kırılma enerjisini verir. Kırılma enerjisinden faydalanarak çarpma mukavemeti belirlenir. Genel olarak çarpma dayanımı  $\text{kg.m/cm}^2$  veya  $\text{N.mm/mm}^2$  cinsinden ifade edilmektedir.

$$\zeta = U/A = (G(h_0 - h))/A \quad (2)$$

### 3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Çarpma dayanımının belirlenmesi için yapılan deneylerde kullanılacak numunelerin karışım hesaplamaları TS 802 esasları dikkate alınarak yapılmıştır. Numuneler; max. agrega çapı 8 ve 16 mm. olan, iki farklı başlangıç çatlak boyutuna (relatif çentik boyu (a) 0,2 ve 0,3) sahip iki seri halinde hazırlanmıştır. 28 günlük numunelerin basınç, eğilmede çekme ve yarma dayanımlarının belirlenmesinde yükleme kapasitesi maksimum 2,5 MN olan hidrolik yük kontrollü pres kullanılmıştır. Çarpma dayanımlarının belirlenmesinde ise beton numune boyutlarına uygun olarak hazırlanan Charpy deney düzeneği kullanılmıştır. Basınç dayanımlarının belirlenmesinde standart silindir numuneler kullanılırken, eğilme ve çarpma deneylerinde 100x100x500 mm. boyutunda numuneler üzerinde deneyler yapılmıştır.

**Çizelge 1. Karışım Hesaplamaları**

Seri	Malzeme ( $\text{kg/m}^3$ )			
	Çimento	Su	Kum	Çakıl
I	430	230	890	820
II	395	210	750	980

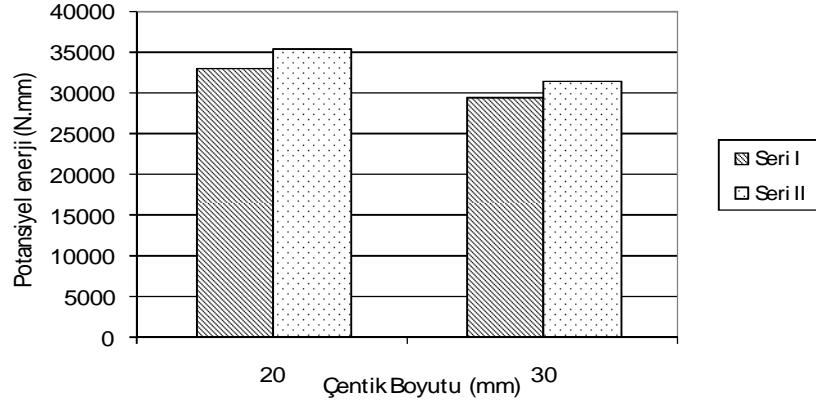
**Çizelge 2. Serilerin Dayanımları**

Dayanım cinsi	Seri I (dmax=8mm.)	Seri II (dmax=16 mm.)
Basınç Dayanımı (Mpa)	28	32
Eğilmede Çekme Dayanımı (Mpa)	2,81	3,79
Yarma Dayanımı (Mpa)	2,88	3,60

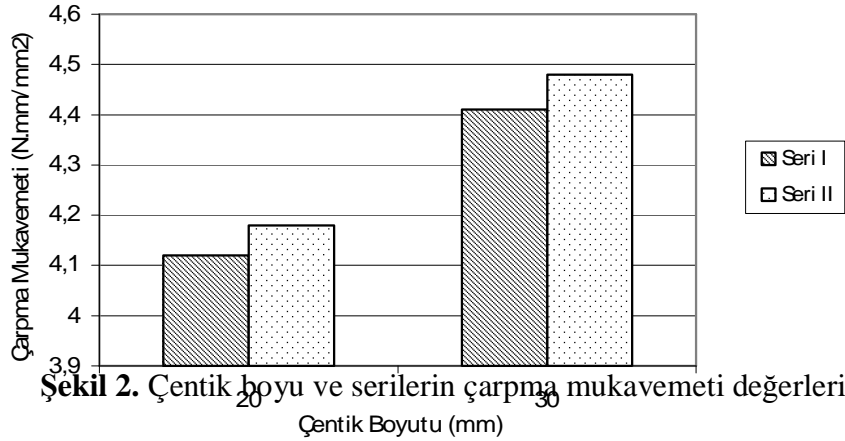
**Çizelge 3. Çarpma Dayanım Deney sonuçları**

	Seri I (dmax=8mm.)		Seri II (dmax=16 mm.)	
	Çentik Boyları (mm)			
	20	30	20	30
Potansiyel Enerji (U) (N.mm)	32943	29291	35274	31389
Çarpma Dayanımı (Ç) (N.mm/mm <sup>2</sup> )	4,12	4,18	4,41	4,48

Basınç Dayanımı ( $\sigma$ ) (Mpa)	28		32	
q ( $\zeta/\sqrt{\sigma}$ )	0,77	0,79	0,78	0,80



Şekil 1. Çentik boyu ve serilerin kırılmadaki potansiyel enerji değerleri



Şekil 2. Çentik boyu ve serilerin çarpma mukavemeti değerleri

#### 4. SONUÇLAR

Yapılan çalışmalar esnasında ve elde edilen deneysel veriler neticesinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- 1- Çarpma mukavemetinin tayininde deney sonuçlarını etkileyen bazı faktörler vardır. Bunlar; tokmak ağırlığı, sarkaç kol boyu, düşme açısı, çarpma hızı ve mesnetlenmedir.
- 2- Betonun çarpma mukavemeti max. dane çapına ve dolayısıyla basınç dayanımına bağlı olarak artmaktadır.
- 3- Çentik boyunun artmasıyla, numunenin kırılması için gerekli olan potansiyel enerji değerinde azalmaktadır. Fakat çarpma dayanımı bunun aksine artmaktadır. Çalışmaya boyut etkisi açısından yaklaşımla sonuçlar daha iyi yorumlanabilir.

4- Betonun çarpma dayanımı ( $\bar{C}$ ) ile basınç dayanımının karekökü ( $\sqrt{\sigma}$ ) arasındaki orana ( $q$ ) baktığımızda, genel olarak bu değerler 0,7 - 0,8 arasında değişmektedir. Bu sonuçlar; Charpy metodunun, betona uygulanabilirliğini göstermekle beraber kapsamlı bir çalışma yapılarak formülasyona gidilebilir. Böylece dinamik bir etkiye betonun davranışını ve çarpma mukavemetini rahatlıkla belirleyebiliriz.

## KAYNAKLAR

1. ACI-116.R-90, “Cement and Concrete Terminology”, ACI Manual of Concrete Practice, Part I, 1994.
2. ERDOĞAN, T. Y., Beton, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş., Ankara, Mayıs 2003.
3. ESEN, Y., “Poliakrilonitril Lif Takviyeli Betonların Mekaniksel Özelliklerinin ve Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Vol. 15, pp.47-54, Elazığ, 2003.
4. ALYAMAÇ, K. E., “Betonun Kırılma Parametreleri Üzerine Malzeme Parametrelerinin Etkisi”, Fırat Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü. 82 sayfa, 2004.
5. GÜNER M. S., SÜME, V., Yapı Malzemesi ve Beton, Aktif Yayınevi, Ankar, 2000.
6. EDGINGTON, J., HANNANT, D. J. and WILLIAMS, G. I. T., “Steel fibre reinforced concrete”, Building Research Establishment Current Paper, CP 69/74, July 1974.
7. JOHNSTON, C. D., “Steel fiber reinforced mortar and concrete: a review of mechanical properties”, Fiber Reinforced Concrete, Publication SP-44, American Concrete Institute, Detroit, pp.127-142, 1974.
8. KRENCHER, H. and MILLER, A. Slagseghet, Metodstudie, Fibrobetong, Nordforsks projektkommitte for FRC material, Delrapporter, Nordforsks, Stockholm-Sub-Report R, pp.R1-R15.
9. SKARENDAHL, A., Stalfiberbetongs slagseghet vid 1-och 2-dimens. fiberorientering, Nordforsks projektkommitte for FRC material, Delrapporter, Nordforsks, Stockholm, Sub-Report S, pp. S1-S10.
10. VERHAGEN, A. H., “Impact testing of fibre reinforced concrete: reflection on possible test methods”, Testing and Test Methods of Fibre Cement Composites, RILEM Symposium , pp. 99-105, 1978.
11. JAMROZY, Z. and SWAMY, R.N., “Use of steel fibre reinforcement for impact resistance and machinery foundations”, International Journal of Cement Composites, Vol.1, No.2, pp.65-75, July 1979.
12. BARB, S. and HANSON, D., 1974, “Investigation of fiber reinforced breakwater armour units”, Fiber Reinforced Concrete Publication SP-44, American Concrete Institute, Detroit, pp.415-434.
13. U.S. Army Engineering Division, “Fibrous reinforcements for Portland cement concrete”, Technical Report No. 2-40, Cincinnati, Ohio 45227, May 1965.
14. KOCATAŞKIN, F., Yapı Malzemesi Bilimi, Arı Kitabevi, İstanbul, 1969.
15. ANIK, S., Metalik Malzemelerin Mekanik Deneyleri, Birsen Yayın Evi, İstanbul, 1999.
16. “TS. 802, Beton Karışım Hesap Esasları”, Türk Standartları Enstitüsü, Necati Bey Caddesi, 112, ANKARA, 1985.