

## Betonun Mekanik Özelliklerinin Çarpma Dayanımına Etkisi

*The effect of mechanical properties of concrete on impact strength*

**Kürşat KAYMAZ<sup>\*1,a</sup>, Erdiñç ARICI<sup>2,b</sup>**

<sup>1</sup>Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Tunceli, Türkiye

<sup>2</sup>Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye

• Geliş tarihi / Received: 27.06.2018

• Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 03.11.2018

• Kabul tarihi / Accepted: 07.11.2018

### Öz

Bu çalışmada; betonun mekanik özelliklerinden olan basınç, eğilmede çekme ve yarmada çekme dayanımlarının çarpma dayanımı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda maksimum agrega çapı 4, 8 ve 16 mm, su/çimento (S/Ç) oranı ise 0.50 ve 0.55 olan altı seri numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler üzerinde basınç, eğilme, yarma ve Charpy darbe dayanımları belirlenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda; betonun mekanik özelliklerini agrega çapındaki artış olumlu etkilerken S/Ç oranındaki artış olumsuz yönde etkilemiştir. Betonun çarpma dayanımındaki değişim de aynı şekilde olmuştur. Fakat çarpma dayanımı S/Ç oranındaki artıştan daha az etkilenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Basınç Dayanımı, Beton, Charpy Deneyi, Çarpma Dayanımı, Çekme Dayanımı.

### Abstract

*In this study, impact strength of concrete is investigated with the effect of mechanical properties such as compressive strength, flexural tensile strength and splitting tensile strength. For this purpose, six serial specimens with three different maximum aggregate diameter (4, 8 and 16 mm) and whose water/cement (w/c) ratio of 0.50 to 0.55 were prepared. The compressive, bending, splitting and impact strength of the prepared specimens were determined. As a result of study; The mechanical properties of the concrete were positively effected by the increase in the aggregate size, while the increase in the W/C ratio adversely effected. The change in the impact strength of concrete has also been the same. But the impact strength is less effected than the increase in W/C ratio.*

**Keywords:** Compressive Strength, Concrete, Charpy Experiment, Impact Strength, Tensile Strength.

\*<sup>a</sup> Kürşat KAYMAZ; kkyamaz@munzur.edu.tr ; Tel: 0 (4248) 213 17 94; orcid.org/ 0000-0002-8346-8260

<sup>b</sup> orcid.org/0000-0002-6153-5805

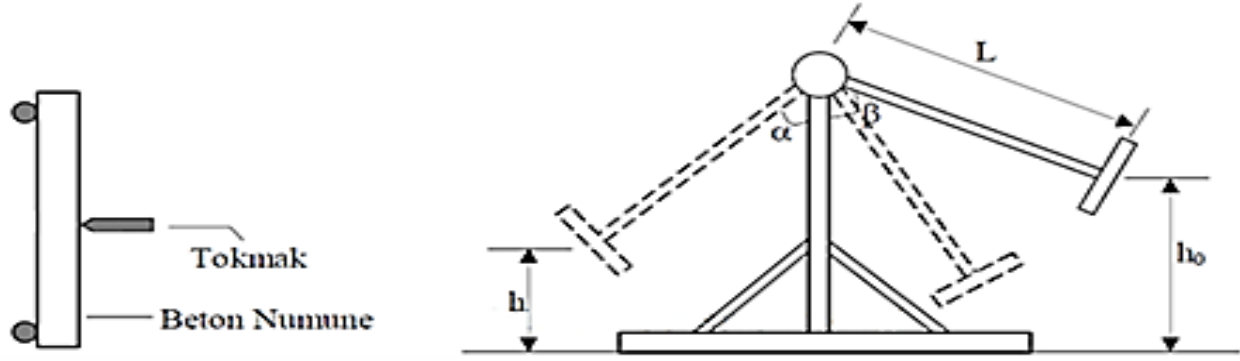
## 1. Giriş

Değişik türdeki yapılarda kullanılmakta olan betonun üzerine değişik yönlerde etki yapan statik veya dinamik yükler gelebilmektedir. Beton, bu yükleri taşıyabilmek için direnç göstermektedir. Doğal olarak, üzerine gelen yükün etkisiyle betonda bir miktar şekil değişikliği meydana gelmektedir. Üzerine gelen yüklerin büyüklüğü arttıkça, hem betondaki şekil değişikliğinin miktarı artmakta, hem de bu yükleri taşıyabilmek için daha çok direnç gerekmektedir. Eğer meydana gelen yüklem betonun taşıma kapasitesinden daha fazla boyutlarda oluşursa, betonda şekil değişikliğiyle birlikte betonun kırılmasına neden olmaktadır (Mather, B., 1994). Betonun üzerine değişik yönlerde uygulanan yükler, değişik etkiler yaratabilmektedir. Basınç, çekme, eğilme ve kayma etkisi yaratacak yükler altında betonun şekil değiştirmeye ve kırılmaya karşı göstereceği direnme kabiliyeti sırasıyla; basınç dayanımı, çekme dayanımı, eğilme dayanımı, kayma dayanımıdır (Erdoğan, 2003). Özellikleri en az bilinen ve incelenmiş yüklemelerden biri de çarpma yüklemesidir (Murtiadi, 1999). Çarpma yüklemesinde anlık yüksek değerlerdeki şiddet etkiyle meydana gelen gerilmeler diğer yüklemeye göre daha fazladır. Çarpma sonucu oluşan dinamik etki, statik yüklemelere göre yapıda yüksek oranlarda ani gerilme artışları meydana getirmektedir. Bu gerilme artışları yapı elemanlarında anlık çatlamalara sebep olarak yapı güvenliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Çarpma kuvvetlerinin oluşturduğu gerilmelerin yapı elemanları üzerindeki etkileri belirleyecek kesin bir yöntem olamaması ise bu konu üzerinde yapılan çalışmaların en büyük sorunudur. Kullanım amaçlarına göre beton ve betonarme yapı elemanları çarpma etkisi altında kalabilirler. Örneğin birçok beton ve betonarme yapıdan; döşeme kaplamaları, hava alanları, yollar, kazık ve palpaş başlıkları çarpma tesirine maruz kalabilmektedir. Bir malzeme üzerinde çarpma etkisi, yüzeyine bir cismin belirli yükseklikten düşmesi yolu ile olacağı gibi aniden uygulanan kuvvetler şeklinde de olabilir. Çarpma sonucunda bir cisimde gerilmeler çok kısa sürede büyük değerlere ulaşabilmekte, gerilme ve deformasyonlar karmaşık hale geldiği için teorik olarak irdelemesi zor olmaktadır. (Arıcı vd., 2007). Teknolojik gelişmelerle birlikte çelik ve beton gibi temel yapı malzemelerinin çarpma yükleri altında gösterdikleri davranış biçimi daha

da önem kazanmıştır. Örneğin nükleer santrallerde reaksiyonlar sırasında ortaya çıkan yükler kısa sürede çok büyük değerlere ulaşabilmektedir (Kantar vd., 2011). Çarpma deneyleri yakın tarihimize kadar temel yapı malzemelerinden olan çelik üzerinde yoğunlaşmıştır. Fakat betonun aktif kullanımı yaygınlaştıkça, çarpma etkisi altında davranışı önem kazanmaya başlamıştır. Bu güne kadar yapılan çalışmalarda deney metotları ve prosedür hakkında herhangi bir standart oluşturulamamıştır (Arıcı vd., 2007; Selvi, 2008). Çarpma deneyleri, malzeme şekline ve cinsine bağlı olarak farklı şekillerde yapılabilmektedir. Bunlar;

- Hareketli Sarkaç – Charpy (Edgington vd., 1974; Johnston, 1974) İzod (Arıcı, E., 2010).
- Düşen Top – Düşme makinesinin farklı tipleri ise sabit yükseltideki düşüş veya değişken yükseltideki düşüş (Verhagen, 1978; Jamrozy vd., 1979).
- Kesin bir yükseklikten düşürülen yapısal elemanlar (Barb vd., 1974).
- Patlayıcı Maddeler (Verhagen, 1978; Jamrozy vd., 1979; Williamson, G. R., 1965) ‘dir.

Malzemelerin çarpma dayanım değerlerini tespiti etmek amacıyla malzemenin cinsine göre farklı deney metotlarını içeren standartlar mevcuttur. Çarpma dayanımının belirlenmesine yönelik son zamanlarda farklı çalışmalarda Charpy darbe deneyi üzerinde araştırmalar yapılmıştır (Arıcı, 2010). Darbe testinde dinamik bir yüklemeye numunelerin kırılması için gerekli enerji belirlenir. Bu enerji miktarları numunelerin kesit alanına bölünerek darbe direnci değeri olarak çarpma dayanımını elde edilmektedir. Enerjinin korunumunun temel prensibindeki Charpy düzeneğinde; sarkaca belli bir yükseklikte enerji kazandırılır, sarkaç serbest bırakıldığında enerjinin bir kısmı numuneyi kırmada harcanırken geri kalanı ile sarkaç bir miktar daha yükselir. Şekil 1’deki Charpy deney düzeneğinde ağırlığı  $G$  olan sarkaç,  $h_0$  yüksekliğinde potansiyel enerjisi ( $Gxh_0$ ) yükseklikte maximum düzeydedir. Sarkaç bu yükseklikten serbest bırakıldığında, düşey bir doğrultuda salınarak numuneyi kırma işleminden sonra bir  $h$  yüksekliğine çıkmaktadır. Böylece bu kırılma işlemi sonrasındaki sarkaçta kalan potansiyel enerji ( $Gxh$ ) yüksekliğindedir. Şekil 1’de gösterilen Charpy deney düzeneğinde enerjinin korunumu kanununda faydalanılarak hesaplamalar yapılmaktadır.



Şekil 1. Charpy Deney Düzenegi

Numunenin kırılmasında, sarkaçtaki tokmağın numune ile temas ettiği noktadaki enerjisi ile numunenin kırılma sonrasındaki sarkaçta kalan potansiyel enerjisi farkı o numunenin kırılması için gerekli enerjiyi göstermektedir. Bu formülle şu şekilde gösterilebilir.

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

Burada, sarkaç tokmağının ilk ve son konum noktalarındaki potansiyel enerji farklarından elde edilen değerler bulunur ve bu değerler numunenin kesit alanları da hesaba katılarak çarpma mukavemeti formülle elde edilir.

$$\zeta = \frac{U}{A} = \frac{G(h_0 - h)}{A} \quad (2)$$

## 2. Materyal ve Metot

Deneylerde kullanılan agrega, Elazığ ili, Palu ilçesinden temin edilmiştir. Mineralojik olarak nehir kumu niteliğinde olan agreganın özellikleri Tablo 1’de verilmiştir. Çimento olarak; Tablo 2’deki fiziksel ve kimyasal özelliği verilen Ergani Çimento Sanayi T.A.Ş.’nin üretimindeki CEM IV 32.5 R tipi kullanılmıştır. Deney numuneleri TS 802’ye göre hazırlanmış (Williamson, 1965) ve Tablo 3’de bu veriler gösterilmiştir. Numunelerin seri özelliklerine göre, maksimum dane çapları 4, 8 ve 16 mm olarak alınmıştır. Granülometrik bir karışım oluşturulması amacıyla TS 706’daki sınır değerlere uygun olarak ayarlanmıştır.

**Tablo 1.** Karışıma giren agregaya ait genel özellikler

Özgül ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Su emme (%)	Aşınma kaybı (%)	Kil miktarı (%)	Donma kaybı (%)
2.48	4	16.6	2.0	1.83

**Tablo 2.** CEM IV 32.5 R Tipi çimentonun fiziksel ve kimyasal analizleri

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>		
26.86	8.09	5.18	45.88	3.64	2.41		
45µ	Blaine	Priz b.	Priz s.	Öz. ağı.	Yoğunluk	H. gen.	2 gün
1.9	4326	2.35	3.45	2.98	925	4	16.9

Serilerin karışım hesaplamalarında, max. agrega çapı 4, 8 ve 16 mm., S/Ç (su/çimento) oranı ise 0.50 ve 0.55 olarak alınmıştır.

**Tablo 3.** Karışıma giren malzeme miktarları

$D_{max}$ (mm)	S/Ç	Çimento (kg)	Su (kg)	Agrega (mm)		
				0-4	4-8	8-16
4	0.50 (Seri 1)	400	200	1564	-	-
	0.55 (Seri 2)	357	197	1609	-	-
8	0.50 (Seri 3)	380	190	1142	489	-
	0.55 (Seri 4)	345	190	1162	498	-
16	0.50 (Seri 5)	334	167	963	350	437
	0.55 (Seri 6)	304	167	976	355	443

Basınç deneyleri 150x300 mm. lik silindir numunelerle, eğilmede çekme deneyleri 100x100x500 mm. lik kiriş numunelerde, yarma deneyleri 100x200 mm. lik silindir numunelerde ve Charpy darbe deneyleri ise 100x100x500 mm. lik numunelerde yapılmıştır. Betonun mekanik özellikleri ile çarpma dayanımları arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla, çarpma dayanım değerleri sırasıyla basınç dayanımının karekökü, eğilmede çekme dayanımı ve yarmada çekme

dayanımları ile bölünerek “q” değeri elde edilmiştir.

$$q = \frac{C}{\sqrt{\sigma}} \quad (3)$$

Ayrıca  $D_{max}$  (max. agrega çapı) ve S/Ç (su / çimento) oranlarına bağlı olarak dayanım değerlerindeki değişim oranları hesaplanmıştır. Aşağıda Tablo 4 ve Tablo 5’de bu değerler gösterilmektedir.

**Tablo 4.** Serilerin dayanım değerleri

Seri No	Çarpma Dayanımı (Ç) (N.mm)	Basınç Dayanımı (σ) (N/mm <sup>2</sup> )	$q_{\sigma}$ (Ç/√σ)	Eğilmede Çekme Dayanımı (σ <sub>E</sub> ) (N/mm <sup>2</sup> )	$q_{\sigma E}$ (Ç/σ <sub>E</sub> )	Yarma Dayanımı (σ <sub>ç</sub> ) (N/mm <sup>2</sup> )	$q_{\sigma ç}$ (Ç/σ <sub>ç</sub> )
S1	3.84	25.49	0.76	4.41	0.87	3.50	1.10
S2	3.65	20.63	0.80	3.39	1.08	2.79	1.31
S3	4.10	27.11	0.79	4.78	0.86	3.94	1.04
S4	3.92	23.48	0.80	4.55	0.97	3.09	1.25
S5	4.69	31.86	0.83	5.34	0.88	4.35	1.08
S6	4.49	28.84	0.84	4.64	0.97	3.47	1.30

**Tablo 5.** Agrega çapı ve S/Ç oranına göre dayanımlarındaki azalma yüzdeleri

$D_{max}$	S/Ç	Basınç Dayanımı		Eğilme Dayanımı		Yarma Dayanımı		Çarpma Dayanımı	
		N/mm <sup>2</sup>	%	N/mm <sup>2</sup>	%	N/mm <sup>2</sup>	%	N/mm <sup>2</sup>	%
4	0.50	25.49	23.56	4.41	30.09	3.50	25.45	3.84	5.21
	0.55	20.63		3.39		2.79		3.65	
8	0.50	27.11	15.46	4.78	19.20	3.94	27.51	4.10	5.67
	0.55	23.48		4.01		3.09		3.88	
16	0.50	31.86	10.47	5.34	15.09	4.35	25.36	4.69	4.45
	0.55	28.84		4.64		3.47		4.49	

### 3. Sonuç ve Öneriler

Yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar şunlardır.

- Basınç dayanımı, eğilmede çekme ve yarmada çekme dayanımı değerleri agrega çapının büyümesine bağlı olarak artmıştır. Bu artış çarpma dayanımını da olumlu yönde etkilemiştir.
- S/Ç oranının artışı ile basınç, eğilmede çekme, yarmada çekme ve çarpma dayanımları azalmıştır.
- S/Ç oranındaki artış; basınç, eğilmede çekme ve yarmada çekme dayanımlarında aşırı derecede bir düşüşe sebep olurken, çarpma dayanımındaki düşme oranı % 5 gibi küçük bir değerde kalmıştır.
- S/Ç oranı ve agrega çapındaki değişimle beraber dayanım değerlerindeki % değişimlerine bakıldığında; basınç ve eğilmede çekme dayanımlarında değişim geniş bir aralıkta olmasına karşın yarmada çekme dayanımı ve çarpma dayanım değişimleri ortalama olarak aynı değerlerde (% 25 ve % 5) kalmıştır.
- Çarpma dayanımı hesaplandıktan sonra çekme dayanımı ile arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla çarpma dayanımı ile çekme dayanımı arasındaki oran ( $q$ ) hesaplanmıştır. Bu değerlerden görüleceği üzere  $d_{max}$  değerinin büyümesiyle beraber  $q$  değerinde de artış olmuştur. Aynı şekilde S/Ç oranının artması ile beraber  $q$  değerindeki artış devam etmiştir. Bunun sebebi S/Ç oranındaki artış, basınç, eğilme ve yarma dayanımlarını çok fazla düşürmesine karşın, çarpma dayanımındaki düşme miktarının daha küçük olmasıdır.

Charpy düzeneğinde deney esnasında bir miktar hesapta olmayan enerji kaybı meydana gelmektedir, bu kayıp deney sonuçlarına etki etmektedir. Fakat bütün deneyler aynı şartlar

altında yapıldığından ve bu enerji kaybı değeri çok küçük olduğundan dolayı ihmal edilmiştir. Daha sağlıklı sonuçların elde edilmesi için, bu kayıp oranlarının tam olarak belirlenip, sonuç üzerinde etki ettirilmesi daha uygun olacaktır. Ayrıca yarma dayanımı ile çarpma dayanımı arasındaki ilişkinin daha net incelenmesi yararlı olacaktır.

### Kaynaklar

- Arıcı, E., Dursun, R. ve İnce, R., 2007. Determination of Impact Strength of Concrete. 8th International Fracture Conference, November 2007, İstanbul, Turkey, 628-633.
- Arıcı, E., 2010. Effect of Compressive Strength on Impact Strength of Concrete. Journal of Technical, 9 (1), 1-9.
- Barb, S., Hanson, D., 1974. Investigation of Fiber Reinforced Breakwater Armour Units. Fiber Reinforced Concrete Publication SP-44, American Concrete Institute, Detroit, 434 p.
- Edgington, J., Hannant, D. J. ve Williams, G.I.T., 1974. Steel Fibre Reinforced Concrete. Building Research Establishment Current Paper, The Establishment, 46p.
- Erdoğan, T.Y., 2003. Beton. ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş Yayınları, Ankara, 446p.
- Jamrozy, Z. ve Swamy, R.N., 1979. Use of Steel Fibre Reinforcement for Impact Resistance and Machinery Foundations. International Journal of Cement Composites, 1 (2), 65-75.
- Johnston, C. D., 1974. Steel Fiber Reinforced Mortar and Concrete. A Review of Mechanical Properties Fiber Reinforced Concrete, Publication SP-44, American Concrete Institute. Detroit, 127-142.

- Kantar, E., Arslan, A. ve Anıl, Ö., 2011. Effect of Concrete Compressive Strength Variation on Impact Behaviour. Engineering Architecture Faculty journal Gazi University, 26 (1), 115-123.
- Mather, B., 1994. Cement and Concrete Terminology. American Concrete Institute, 116 (R-90), 1-68.
- Murtiadi, S., 1999. Behavior of High-Strength Concrete Plates under Impact Loading. Master Thesis, Faculty of Engineering and Applied Science Memorial University of Newfoundland, 17p.
- Selvi, M., 2008. Beton Dayanımındaki Değişimin Çarpma Dayanımına Olan Etkisinin Deneysel ve Sonlu Elemanlar Yöntemiyle İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara, 119 s.
- Verhagen, A. H., 1978. Impact Testing of Fibre Reinforced Concrete: Reflection on Possible Test Methods, Testing and Test Methods of Fibre Cement Composites RILEM Symposium Edited by R. N. Swamy, The Construction Press Ltd., Hornby, p.99-105.
- Williamson, G. R., 1965. Fibrous Reinforcements for Portland Cement Concrete. Technical Report. 1, 1-500.