

Sıkıştırma İşleminin Betonarme Elemanların Sertleşmiş Betonun Dayanım Özelliklerine Etkisi

¹Mucteba Uysal, ¹Kemalettin Yılmaz ¹Huseyin Ulugol
¹Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, Turkey

Özet

Betonarme yapıların halihazırdaki basınç dayanımını belirlemek amacıyla TS EN 13791 standardına göre sertleşmiş betonun karot basınç dayanımını etkileyen faktörler; karot numunenin rutubet içeriği, numune içerisindeki boşluk miktarı, döküm yönüne göre doğrultusu, numunelerdeki kusurlar, karot numunenin çapı, narınlığı, karot numunedeki maksimum agrega tane boyutu ve betonarme elemandan alınan karot numunelerin donatı içerip içermemesi olarak sıralanabilir.

Bu çalışmada C20/25 ve C30/37 sınıflarında üretilen boyutları 1m x 1.5 m olan perde duvar yapı elemanları ile 1 m x 1 m boyutundaki döşeme yapı elemanlarına sıkıştırma işlemi uygulamanın bu elemanların karot basınç dayanımına etkisi farklı numune çaplarında ve narınlık oranlarında alınan karot numuneler üzerinde basınç dayanımı deneyleri gerçekleştirilerek belirlenmeye çalışılmıştır. Böylelikle sıkıştırma işlemi uygulamanın farklı eleman türlerinde ve farklı beton sınıflarında üretilen numunelerdeki etkisi sıkıştırma işlemi uygulanmamış elemanlara göre karşılaştırılmıştır. Deney sonuçlarına göre betonarme elemanlara sıkıştırma işlemi uygulamanın oldukça önemli olduğu ve bu önemin beton kıvam değerinin artmasıyla azaldığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Vibrasyon, perde elemanı, döşeme elemanı, beton sınıfı.

The Effect of Vibration Process on the Core Compressive Strength of Hardened Concretes

Abstract

The factors which effect core compressive strength of concrete that humidity content of core sample, voids in the sample, direction through pouring point, defects in the sample, core sample's diameter, slenderness of the sample, maximum aggregate grain size in core sample and whether or not the sample contains rebar according to TS EN 13791 standard which about assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components.

In this study, the concretes were produced as C20/25 and C30/37 and reinforced concrete slabs (1m x 1.5 m) and reinforced concrete curtain wall (1m x 1m) elements were produced. The effect of vibration process on these elements was investigated for various sample diameters and slenderness ratio. There was a comparison between vibrated reinforced concrete elements and non-vibrated reinforced concrete elements (slab and curtain wall). Test results indicated that vibration has positively affected core compressive strength of reinforced concrete elements and increasing of consistency has decreased this effect.

Keywords: Vibration, curtain wall element, slab element, concrete type.

*Corresponding author: Mucteba Uysal, Address: Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: mucteba@sakarya.edu.tr, Phone: +902642955745 Fax: +902642955601

1. Giriş

Beton farklı boyutlarda ince ve iri agrega içeren çimento hamuru olarak tanımlanabilir. Aynı zamanda betonun performansını iyileştirmek ya da ekonomi sağlamak için kullanılan kimyasal ve mineral katkı malzemeleri de beton içerisinde yer alabilir. Bunun yanı sıra bir miktar hapsolmuş hava ve hava sürükleyici katkı maddelerinden kaynaklı sürüklenmiş hava boşlukları da içerebilir [1]. Betonun yapıda kendisinden beklenen yeterli basınç dayanımı ve durabilite özellikleridir. Betonun basınç dayanımı eksenel basınç altında betonun kırılmadan gösterebileceği maksimum direnme olarak tanımlanır [2]. Betonun basınç dayanımının yüksek olabilmesi için beton kompozisyonu, kür ve ortam koşulları, beton yaşı ve olgunluğu, deney koşulları gibi faktörler önemlidir [3].

Betonun basınç dayanımının belirlenmesi temel olarak iki şekilde olmaktadır. İlki taze betondan alınan numunelerle ikincisiyse mevcut yapı üstünde yapılan farklı deney yöntemleriyle gerçekleştirilmektedir. Standart deney yönteminde beton dökümü sırasında alınan numuneler standart kalıplara uygun şekilde sıkıştırılmaması, belirli bir süre kür edilmesi ve kırılması söz konusudur [3]. Ancak bu yöntemde kalıp içerisindeki taze betonun priz alırken hareket ettirilmesi ve sarsılması, yeterli kür edilmemesi, deney hataları gibi pek çok sebepten dolayı basınç dayanımı düşük çıkabilir bu durumda yerinde basınç dayanımı deneyleri yapılarak beton sınıfı tespit edilir [1].

Yerinde basınç dayanımının yoğun olarak kullanıldığı uygulama alanlarından birisi kentsel dönüşüm projeleridir. Türkiye’de devam etmekte olan kentsel dönüşüm projeleri kapsamında 13386 yapının yıkımı gerçekleştirilmiştir [4]. Bu gibi dönüşüm projesi kapsamında incelenen bir yapıda beton sınıfının tespit edilmesi yerinde basınç dayanımı deneyleri yapılarak gerçekleşir.

Yerinde basınç dayanımı deneyleri tahribatlı ve tahribatsız yöntemler olmak üzere ikiye ayrılır. Yapıya zarar vermesi istenmiyorsa veya beton kalitesi hakkında yaklaşık bir bilgi edinmenin gerektiği durumlarda tahribatsız yöntemler kullanılabilir. Bu yöntemler beton test çekici, penetrasyon direnci deneyi, çekip çıkarma deneyi, ultrases yöntemi gibi deneylerdir. Tahribatlı yöntem ise beton basınç dayanımı hakkında daha kesin sonuçlar veren karot yöntemidir [1]. Karot yönteminde sertleşmiş betondan kesilerek çıkartılan silindirik numuneler basınç altında kırılarak basınç dayanımları tespit edilmektedir. Hasarsız yöntemlerin kullanılması gerektiği durumlardaysa beton test çekici denilen alet beton yüzeyine uygulanarak yüzey sertliğinden basınç dayanımı hakkında bilgi edinilebilir. Bir diğer hasarsız test yöntemi olan ultrasonik test cihazı yönteminde betonun içerisinde geçen dalgaların hızına göre beton basınç dayanımı hakkında fikir edinilebilir [3]. Basınç dayanımının yerinde tayini; mevcut yapının modifiye edileceği durumlarda, kusurlu işçilik, yangın gibi durumların betonu bozduğundan şüphe edildiği hallerde, standart deney yönteminde betonun yeterli performansı vermemesi durumu hallerinde yapılmaktadır [5].

Karot sadece betonun basınç dayanımı hakkında bilgi veren bir deney yöntemi olmayıp karotun gözle incelenmesi durumunda kullanılan agreganın gradasyonu, ayrışmaya uğrayıp uğramadığı, karbonatlaşma derinliği, korozyon durumu hakkında da bilgi sahibi olunabilir [3]. Karot deneyi sonunda ortaya çıkacak dayanım değerini belirleyen faktörler beton karakteristikleri ile ilgili faktörler ve deney değişkenleriyle ilgili faktörler olmak üzere ikiye ayrılır [5]. Karotun suya doygun olması suyun hidrostatik basıncı sebebiyle basınç dayanımını olumsuz etkiler. Karotun betonun döküm yönünde alınması durumunda basınç dayanımı yatay yönde alınması durumuna göre daha büyük çıkmaktadır. Karottaki agrega ve donatı altında kalan su boşlukları, çatlak gibi kusurlar da dayanımı olumsuz etkilemektedir [5]. Deney değişkenleriyle alakalı faktörlerden birisi karot çapıdır. Yatay yönde alınan 100 mm. çapa sahip boy/çap oranı 1 olan bir karotun dayanım değeri 150 mm. kenar uzunluğu olan küp numunenin dayanımına denk gelmektedir. Karot yüksekliğinin çapa oranı büyüdükçe dayanım değeri düşecek, oran küçüldükçe dayanım büyüyecektir [5].

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu deney kapsamında boyutları 1m x 1 m olan betonarme döşeme ve 1 m x 1.5 m olan betonarme perde elemanlar üretilmiştir. Bu elemanlarda C20/25 ve C30/37 sınıfı betonlar kullanılmıştır. Gerçek şantiye şartlarında bekletilen elemanlar yeterli miktarda küre tabi tutulduktan sonra elemanlardan farklı çaplarda karotlar alınmış ve bu karotlar farklı narinliklere sahip olacak şekilde kesilmiştir. Perde elemanlardan alınan karotlarda çap ve narinliğin yanı sıra perdenin alt orta ve üst kısımlarından alınan karotlarla donatılardan kaynaklanan segregasyon da incelenmiştir. Çalışma kapsamında C20/25 ve C30/37 sınıfı betonlar kullanılmış ve eleman tipi etkisini incelemek amacıyla da perde ve döşeme olarak tasarlanan elemanlar ikişer adet üretilerek sıkıştırma işlemi uygulanmış ve uygulanmamış numuneler üzerinde karotlar alınarak eleman tipi, karot çapı, basınç dayanımı etkisi ve narinlik parametreleri ışığında beton elemanların basınç dayanımı değişimleri belirlenmeye çalışılmıştır. Donatı tasarımında ise; döşeme betonu numunesinde yatayda Φ 8 donatısı 7 cm arayla tatbik edilmiştir (Φ 8/7) ve paspayı 3 cm olarak seçilmiştir. Perde duvarlarda ise yatayda Φ 8 (deprem yönetmeliği etriye aralık hesabına göre) etriye, düşeyde Φ 12 donatısı 15cm (Φ 12/15) arayla tatbik edilmiştir ve paspayı 3 cm olarak seçilmiştir. Perde ve döşeme elemanlarına ait detaylar Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. C20/25 ve C30/37 sınıflarında hazırlanan perde ve döşeme elemanları

Ayrıca çalışma kapsamında 15 cm küp elemanlara taze beton dökümü gerçekleştirilmiş ve 6 adet numune standartlar uygun şekilde sıkıştırılmış ve 6 adet numune ise küp kalıplar içerisine sıkıştırılmadan yerleştirilmiştir. Numuneler üzerinde taze halde iken slump deneyi yapılarak C20/25 sınıfı taze betonda slump değeri 22 cm, C30/37 sınıfı betonda ise 18 cm olarak bulunmuştur. Kalıplardan ertesi gün çıkarılan numuneler 23 ± 1.7 °C'de 28 gün boyunca standart kür işlemine tabi tutulan numuneler üzerinde 28 gün sonunda basınç dayanım deneyi gerçekleştirilmiştir.

İki farklı beton sınıfında betonlar dökülen perde ve döşeme elemanlarının kalıp sökme işlemleri gerçekleştirildikten sonra 28 gün boyunca pamuklu bir örtü sistemiyle muhafaza edilmiş ve örtü sistemi devamlı nemli tutularak perde ve döşeme elemanlar kür edilmiştir. 28 gün sonunda elemanlar üzerinde işaretleme yapılarak karot alınacak yerler tespit edilmiştir. Şekil 2'de C20/25 ve C30/37 sınıflarında hazırlanan perde ve döşeme elemanların karot alınımından önceki durumu gösterilmiştir.



Şekil 2. Perde ve döşeme elemanlarda karot alınacak yerlerin işaretlenmesi

Perde ve döşeme betonları üzerinde işaretleme yapılarak numuneler isimlendirilmiş ve yapılan isimlendirme Tablo 1’de verilmiştir. Çalışma kapsamında C20/25 sınıfında sıkıştırma yapılmamış döşeme betonu ile sıkıştırma yapılmış döşeme betonu, C20/25 sınıfında sıkıştırma yapılmamış perde betonu ile sıkıştırma yapılmış perde betonu, C30/37 sınıfında sıkıştırma yapılmamış döşeme betonu ile sıkıştırma yapılmış döşeme betonu ve C30/37

sınıfında sıkıştırma yapılmamış perde betonu ile sıkıştırma yapılmış perde betonu aynı bölgelerden karot numuneler alınmak suretiyle kıyaslanmıştır.

Tablo 1. Beton numuneleri işaretlenmesi

Eleman No	Sıkıştırma işlemi	Beton sınıfı	Eleman Tipi
A	Yok	C20/25	Döşeme
B	Var	C20/25	Döşeme
C	Yok	C30/37	Perde
D	Var	C30/37	Perde
E	Yok	C20/25	Döşeme
F	Var	C20/25	Döşeme
G	Yok	C30/37	Perde
H	Var	C30/37	Perde

Deneylerde agrega olarak doğal kum ile maksimum tane boyutu 31.5 mm olan ve Sakarya-Geyve yöresinden elde edilen kalker agregası ve çimento olarak da CEM I 42,5N tipi Portland çimentosu kullanılmıştır. Kimyasal katkı maddesi polikarboksilat eter bazlı, özgül ağırlığı 2.14 olan bir süperakışkanlaştırıcıdır. Kullanılan çimentoya ait kimyasal bileşimler ve bazı fiziksel ve mekanik özellikler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Çimento ve mineral katkıların kimyasal ve fiziksel özellikleri

Kimyasal Bileşim		
Bileşen Adı	Çimento	
Çözünmez kalıntı	1.50	
Al ₂ O ₃	4.85	
Fe ₂ O ₃	3.24	
CaO	61.86	
MgO	2.02	
SO ₃	2.63	
Kızdırma Kaybı	2.90	
Cl	---	
Tayin Edilemeyen	1.90	
Serbest CaO	1.51	
Na ₂ O	---	
K ₂ O	---	
Özgül ağırlık	3.08	
İncelik (Blaine, cm ² /g)	3996	
Basınç Dayanımı (MPa)	2-Gün	28.3
	7-Gün	39.8
	28-Gün	48.3

3. DENEY SONUÇLARI VE İRDELEME

C20/25 sınıfında üretilen sıkıştırma işlemi uygulanmış ve uygulanmamış döşeme elemanları üzerinde alınan karot numuneler üzerinde yapılan basınç dayanımı deney sonuçları Tablo 3’de gösterilmiştir.

Tablo 3. Sıkıştırılmış ve sıkıştırılmamış C20/25 betonarme döşeme karot basınç dayanımı sonuçları

	Sıkıştırılmamış Eleman	Basınç Dayanımı (MPa)	Sıkıştırılmış Eleman	Basınç Dayanımı (MPa)	Fark (%)
C20 Döşeme	A4	9.71	B4	22.94	57.67
	A10	15.98	B10	26.42	39.52
	A14	24.46	B14	25.18	2.86
	A17	17.38	B17	19.50	10.87
	A18	24.96	B18	29.22	14.58
	A22	17.04	B22	23.32	26.93
	A34	17.24	B34	18.02	4.33

Deney sonuçları değerlendirildiğinde C20/25 sınıfında üretilen döşeme elemanlarına sıkıştırma işlemi uygulanması, sıkıştırma işlemi uygulanmamış numunelere göre basınç dayanımında % 2.86 ile %57.67 arasında iyileştirme sağlamıştır. 7 farklı bölgeden alınan karot numunelerin ortalaması alındığında sıkıştırma işlemi uygulanması basınç dayanımında ortalama olarak %22.39 mertebesinde artışa neden olmuştur.

C30/37 sınıfında üretilen sıkıştırma işlemi uygulanmış ve uygulanmamış döşeme elemanlardan alınan karot numunelerin basınç dayanımları Tablo 4’de gösterilmiştir.

Tablo 4. Sıkıştırılmış ve sıkıştırılmamış C30/37 döşeme karot basınç dayanımı sonuçları

	Sıkıştırılmamış Eleman	Basınç Dayanımı (MPa)	Sıkıştırılmış Eleman	Basınç Dayanımı (MPa)	Fark (%)
C30 Döşeme	C11	22.02	D11	24.66	10.71
	C15	22.41	D15	30.70	27.00
	C20	35.16	D20	35.32	0.46
	C28	29.54	D28	30.45	2.99
	C30	31.08	D30	32.40	4.07
	C32	31.59	D32	33.28	5.08

C30/37 sınıfında üretilen döşeme elemanlarından aynı noktalardan alınan karot numunelere ait deney sonuçları incelendiğinde sıkıştırma işlemi uygulanması, sıkıştırma işlemi uygulanmamış numunelere göre basınç dayanımında % 0.46 ile % 27.00 arasında iyileştirme sağlamıştır. 6 farklı bölgeden alınan karot numunelerin ortalaması alındığında sıkıştırma işlemi uygulanması basınç dayanımında ortalama olarak %8.39 mertebesinde artışa neden olmuştur. C30/37 sınıfı beton ile üretilmiş olan döşeme elemanlarına bakıldığında, C20/25 sınıfında üretilen betonlara göre sonuçlar birbirine biraz daha yakın çıkmış, C20 hücresinde sıkıştırılma yapılmamış elemandan alınan karot sıkıştırma yapılmış olan eş hücresi D20'den az miktar daha yüksek dayanım vermiştir.

C20/25 sınıfında üretilen sıkıştırma işlemi uygulanmış ve uygulanmamış perde elemanları üzerinde alınan karot numuneler üzerinde yapılan basınç dayanımı deney sonuçları Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5. Sıkıştırılmış ve sıkıştırılmamış C20/25 perde elemanı karot basınç dayanımı sonuçları

	Sıkıştırılmamış Eleman	Basınç Dayanımı (MPa)	Sıkıştırılmış Eleman	Basınç Dayanımı (MPa)	Fark (%)
C20 Perde	E10	23.15	F10	23.57	1.78
	E17	15.65	F17	16.99	7.89
	E20	21.77	F20	24.66	11.72
	E22	22.43	F22	23.92	6.23
	E24	19.12	F24	25.29	24.40
	E35	24.43	F35	31.46	22.35

Tablo 5'te yer alan deney sonuçları incelendiğinde C20/25 sınıfında üretilen perde elemanından aynı noktalardan alınan karot numunelere ait sıkıştırma işlemi uygulanması, sıkıştırma işlemi uygulanmamış numunelere göre basınç dayanımında % 1.78 ile % 24.40 arasında iyileştirme sağlamıştır. 6 farklı bölgeden alınan karot numunelerin ortalaması alındığında sıkıştırma işlemi uygulanması basınç dayanımında ortalama olarak % 12.50 mertebesinde artışa neden olmuştur. C20/25 sınıfı beton ile üretilmiş olan perde elemanlarına bakıldığında özellikle F20, F24 ve F35 hücrelerinde sıkıştırılmış betonlar eş hücreleri olan E20, E24 ve E35'e göre oldukça büyük dayanım sonuçları vermiştir.

C30/37 sınıfında üretilen sıkıştırma işlemi uygulanmış ve uygulanmamış perde elemanları üzerinde alınan karot numuneler üzerinde yapılan basınç dayanımı deney sonuçları Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Sıkıştırılmış ve sıkıştırılmamış C30/37 perde elemanı karot basınç dayanımı sonuçları

	Sıkıştırılmamış Eleman	Basınç Dayanımı (MPa)	Sıkıştırılmış Eleman	Basınç Dayanımı (MPa)	Fark (%)
C30 Perde	G10	25.95	H10	30.58	15.14
	G13	29.82	H13	30.81	3.32
	G21	19.41	H21	29.26	33.66
	G27	20.39	H27	33.38	38.92
	G31	19.78	H31	32.13	38.44
	G33	25.81	H33	29.06	11.18
	G40	32.07	H40	38.41	16.51

C30/37 sınıfında üretilen perde elemanlarından aynı noktalardan alınan karot numunelere ait deney sonuçları incelendiğinde sıkıştırma işlemi uygulanması, sıkıştırma işlemi uygulanmamış numunelere göre basınç dayanımında % 3.32 ile % 38.92 arasında iyileştirme sağlamıştır. 7 farklı bölgeden alınan karot numunelerin ortalaması alındığında sıkıştırma işlemi uygulanması basınç dayanımında ortalama olarak % 22.45 mertebesinde artışa neden olmuştur. C30/37 sınıfı beton ile üretilmiş olan perde elemanlarına bakıldığında sıkıştırmanın yapıldığı durumla yapılmadığı durum arasındaki karot basınç dayanımı farkının en yüksek değerlere ulaştığı görülmüştür.

4. SONUÇLAR

Yapılan deneysel çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Beklendiği üzere farklı beton sınıflarında üretilen perde ve döşeme elemanlarına sıkıştırma işlemi uygulanması basınç dayanımında önemli derecede artışlara neden olmuştur.
- Deney sonuçları karşılaştırıldığında sıkıştırma işleminin başarısı en etkin olarak C30/37 sınıfında üretilen sıkıştırma işlemi uygulanmış ve uygulanmamış perde elemanları üzerinde yapılan karşılaştırma sonucunda görülmüştür.
- Betonarme elemanlara sıkıştırma işlemi uygulamanın oldukça önemli olduğu ve bu önemin beton kıvam değerinin artmasıyla azaldığı anlaşılmıştır.

5. KAYNAKLAR

- [1] Baradan B., Türkel S., Yazıcı H., Ün H., Yiğiter H., Felekoğlu B., Tosun K., Aydın S., Yardımcı Y., Topal A., Öztürk U., “Beton”, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, 2012.
- [2] Erdoğan T., “Materials of Construction”, METU Press, 2005.
- [3] Erdoğan T., “Beton”, ODTÜ Yayıncılık, 2007.
- [4] <http://www.kentseldonusum.gov.tr/sayfalar-turkiyede-kentsel-donusum-faaliyetleri-21.html>
- [5] TS-EN-13791, Basınç Dayanımının Yapılar ve Öndökümlü Beton Bileşenlerde Yerinde Tayini, Nisan 2010.