

BETON BASINÇ DAYANIMINDA ŞEKİL-BOYUT ETKİSİNİN KARŞILAŞTIRMALI İNCELENMESİ VE KÜÇÜK EBATLI KÜP BETON NUMUNELERİN KULLANIMI

İrem Şanal

Bahçeşehir Üniversitesi,
İstanbul

Deniz Sarıalioğlu

OYAK Beton,
Ankara

Özet

Çeşitli standartlarda basınç dayanım testleri için kabul edilen numune şekil ve boyutları fark gösterebilmektedir. Ancak, zaman ve ekonomik faktörler göz önünde bulundurulduğunda kalite kontrolünde 100mm’lik küp numune kullanımının, zayi olan beton miktarının ve atığın azaltılması ve düşük kapasiteli basınç yükleme makinası kullanımıyla daha üstün olacağı öngörülmekte; ancak TS-EN206 ve TS-13515’de yer almasına rağmen pratik uygulamada ne yazık ki kullanılmamaktadır. Bu çalışma kapsamında, 100 mm’lik küp numune kullanımının pratik uygulamada da arttırılabilmesi için, numune tip ve boyutlarının beton basınç dayanımı üzerindeki etkisinin detaylıca incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, i) iki farklı kaynaktan alınan (santral/laboratuvar), ii) iki farklı karışım içeriğine sahip (mineral katkı/katkısız), iii) dört ayrı beton sınıfına ait (C30, C35, C50, C70), iv) iki ayrı tipte (küp/ silindir) ve v) dört farklı boyuttaki numuneler kullanılarak ölçülen basınç dayanım sonuçları birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Böylelikle, basınç deneyinde kullanılan numunelerin şekil ve boyutlarının deneysel sonuçlara olan etkileri değerlendirilmiş ve 100mm’lik küplerin pratikte kullanımının uygunluğu incelenmiştir.

Abstract

The acceptable sample size and shape for compression tests may be different according to various standards. However, when time and economic factors are taken into consideration, it is foreseen that the use of 100 mm cube specimen in quality control will be advantageous by reducing the amount of concrete loss and waste material and by using a low-capacity compression-testing machine. Although being included in TS-EN206 and TS-13515 standards, unfortunately 100 mm cube specimen is not used in practical applications. In the scope of this study, it is aimed to investigate the effect of

sample type and dimensions on concrete compressive strength so that the use of 100 mm cube sample can be increased in practical application. In this context, specimens i) taken from two different sources (plant / laboratory), ii) with two different mixture contents (mineral admixture / no admixture), iii) belong to four different concrete classes (C30, C35, C50, C70), iv) two different types (cube / cylinder) and v) four different sizes were compared with each other. Thus, the effects of the size and shape of the specimens, on compression test results were evaluated and the suitability of practical use of the 100 mm cube was investigated.

1. GİRİŞ

Beton konusunda yapılan birçok araştırmada, basınç dayanımı en önemli malzeme özelliği olarak kabul edilmektedir. Betonun, diğer birçok özelliğinin basınç dayanımıyla ilişkili olduğu bilinmektedir. Basınç dayanımını etkileyen etkenlerin başında su-bağlayıcı oranı, agrega, çimento ve kullanılan katkıların kalitesi ile kür şartları ve süresi gelmektedir. Ancak, betonun basınç dayanımını etkileyen diğer önemli bir faktör ise, numune boyut ve şeklinin değişimidir. Çünkü basınç dayanımı, betonun kırılma mekaniklerinden dolayı numune boyut ve şekline bağlı olarak değişmektedir.

Beton basınç dayanımını ölçmede kullanılan numune boyut ve şekilleri ülkeden ülkeye farklılıklar gösterse de en çok kullanılan numune şekilleri küp ve silindirdir. Ülkemizin standartlarında yer alan küp numune boyutları ise 150mm'dir. Ancak, kolay çalışılabilirlik, iş ve işçi sağlığı, deney aletlerinin kapasitelerinin küçük olması, daha az beton kullanma ve buna bağlı olarak maliyetin daha düşük olması gibi çeşitli sebeplerden dolayı, uygulamalarda standartlarda belirtilen 100 mm boyutlarındaki numunelerin de kullanılmasının yaygınlaştırılması amaçlanmaktadır. Basınç dayanımı deneyi sonunda elde edilen dayanım değerini etkileyen önemli faktörlerden bazıları; numune şekli ve boyutları (Bazant, 1984) (Krauthammer, 2003) (Koç ve Şener, 2004) (Şener vd, 2004) basınç presi başlığının özellikleri, yükleme hızı, kür süresi, koşulları ve deney anında ortamın nemlilik-sıcaklık durumu, numunenin alındığı kaynak ve taşınması ve beton karışımı içeriği (mineral katkı, agrega tipi-boyutu, vb) olarak sayılabilir. (Elwell ve Fu, 1995) (Erdoğan, 2003) (Özdemir, 1994) (Çopuroğlu, 2001). Bu çalışmada, diğer etkiler sabit tutularak, numune kaynağının, mineral katkı kullanımının, numune şekil ve boyutunun basınç dayanımına etkileri incelenmiştir.

1.1 Küçük Boyutlu Numunelerin Basınç Dayanım Testinde Kullanılması

Basınç dayanımı deneylerinde kullanılan beton numunelerin boyutunun küçük olması bazı üstünlükler sağlamaktadır. Bu üstünlükler: (i) küçük boyutlu numunelerin daha kolay kaldırılabilir ve taşınabilir olması, (ii) numuneler için kullanılan kalıplar da küçük olduğundan maliyetlerin daha düşük olması, (iii) daha az miktarda beton kullanılması sonucu, zayi olan beton miktarının ve atığın azalması (iv) küçük boyutlu numunelerin kesit alanları ve dolayısıyla kırılma yükleri de daha küçük olduğundan, daha düşük kapasiteli makinelerde deneye tabi tutulabilmeleri ve (v) numunelerin hazırlanması için daha az beton, kür işlemleri için daha az alan gerekli olması gibi sıralanabilir. TS EN 206 Standardı 150 mm kenar ebatlı küp ve 150/300 mm ebadında silindir numunelerin kullanılmasına izin vermiş; ancak farklı ebatlar için de açık kapı bırakmıştır. 2015 yılında yayınlanan bir genelge ile 100/200 mm ebadında silindir numune alınmasının da önü açılmıştır (EK 1). 100 mm'lik küp numune kullanımı ise birçok avantajı olmasına

ve standartlar açısından kullanımının mümkün olmasına rağmen pratik uygulamada ne yazık ki yer almamaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada, 100 mm’lik küp numune kullanımının pratik uygulamada da arttırılabilmesi için, numune tip ve boyutlarının beton basınç dayanımı üzerindeki etkisinin detaylı olarak incelenmesi amaçlanmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1. Kullanılan Malzemeler

Hem laboratuvarda yapılan deneysel çalışmalar süresince, hem de santralden temin edilen numuneler için kullanılan malzemeler ve özellikleri aşağıda belirtilmiştir. Çalışmaların tamamında aynı kaynaktan ve aynı kırma eleme tesisinden elde edilen kırmakum (0-4mm), kırmataş No1(4-11,2 mm) ve No2 (11,2-22,4 mm) agregaları, CEM I 42.5 tipi çimento, Tunçbilek Uçucu külü ve su azaltma amacıyla akışkanlaştırıcı kimyasal katkı kullanılmıştır. Söz konusu katkı C30 ve C35’de Glenium 150; C50 beton sınıfında Glenium 3561; C70 da ise Glenium 608’dir.

2.2 Deney Yöntemi ve Karışım Oranları

Deneysel çalışmada basınç dayanım testine tabi tutulacak numuneler 2 farklı boyutta (10cm x20 cm ve 15cm x30cm) silindir ve 2 farklı boyutta (10 cm ve 15 cm) küp numuneler olarak belirlenmiştir. Kullanılan betonun TS 802 standardına göre karışımlar hesaplanmış ve bu değerlere göre üretim yapılmıştır. Beton basınç dayanımının elde edilmesi Standart deney yöntemi TS EN 12390-3:2010 verilmektedir. Üretilen numunelerin tamamına TS EN 12390-2 standardına uygun olarak su kürü uygulanmıştır. İzlenen ısıtma işlem programında numuneler 28 gün süreyle $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ’de kirece doygun su içinde saklanmıştır.

Deneysel çalışmada numune boyut ve şekil değişkenlerine ek olarak, 4 farklı dayanım sınıfında hem mineral katkısız, hem de mineral (uçucu kül) katkılı beton üretimi hedeflenmiştir.

3. ÇIKTILAR

3.1 Deneysel Çıktılar

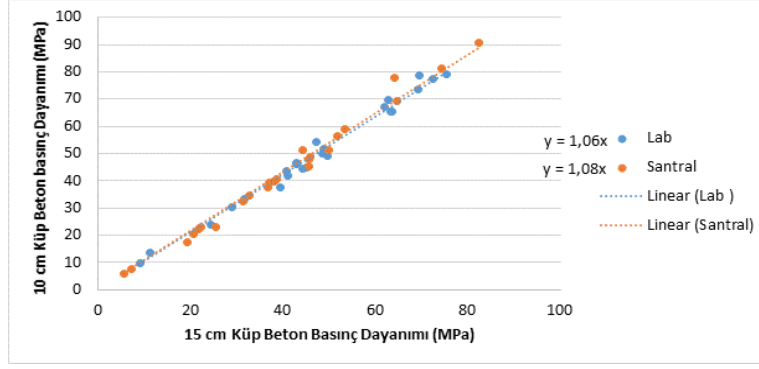
Deneysel çalışmaya kapsamındaki tüm numunelerin aynı yükleme ve ortam koşullarında elde edilen ortalama (3 numunedan) basınç dayanımları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Basınç Dayanım Sonuçları

Katkı	Kaynak	Beton Sınıfı	Ortalama Beton Basınç Dayanımı (MPa)											
			2 günlük				7 günlük				28 günlük			
			K10	K15	S10	S15	K10	K15	S10	S15	K10	K15	S10	S15
Katkısız	Lab	C30	14	11	11	10	46	43	39	37	50	49	43	42
		C35	24	23	23	22	42	41	41	40	49	50	48	47
		C50	45	45	43	40	65	63	60	58	74	69	68	66
		C70	33	32	29	27	70	63	59	58	79	72	74	71
	Santral	C30	8	7	7	6	32	31	28	29	38	37	35	34
		C35	22	22	21	21	39	37	35	35	48	46	46	45
		C50	19	18	17	16	49	46	45	43	56	52	50	47
		C70	51	50	45	46	78	70	69	68	91	82	76	74
Katkılı	Lab	C30	10	9	9	9	40	37	37	36	46	43	46	41
		C35	31	29	27	27	44	41	40	39	54	49	49	47
		C50	45	44	45	43	65	64	61	60	77	72	68	66
		C70	52	49	45	42	67	62	67	60	82	75	80	71
	Santral	C30	6	6	6	5	25	23	23	23	35	33	31	30
		C35	23	22	22	20	40	38	36	36	45	46	45	43
		C50	20	21	17	16	51	44	45	44	59	54	51	46
		C70	41	39	35	33	69	65	58	56	81	74	72	67

3.1.1. Numune Kaynağının Basınç Dayanımına Etkisi

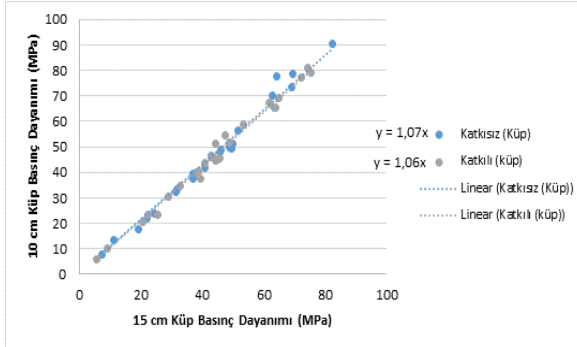
Tablo 1’deki basınç dayanım sonuçlarından da görüleceği gibi, santralden alınan beton numunelerin basınç dayanımları, C70 sınıfı numuneler hariç, laboratuvar numunelerine göre çoğunlukla düşük dayanım göstermiştir. Santral numunelerinin basınç dayanımındaki düşüşü daha iyi gözlemleyebilmek amacıyla, Şekil 1’de beton sınıflarına göre, santral ve laboratuvar numuneleri arasındaki basınç dayanımının değişimi verilmiştir. C30-35 sınıfı normal dayanımlı betonlarda, santralden alınan numunelerin beton basınç dayanımları, laboratuvar ortamında dökülen numunelerin beton basıncından düşük çıkmıştır. Yalnızca, C70 sınıfı şantiyeden alınan numunelerin basınç dayanımları, laboratuvar ortamında dökülen numunelerin basınç dayanımından yüksek çıkmıştır. Santral numunelerinin basınç dayanım sonuçlarının laboratuvar numunelerine kıyasla, kürün hemen başlatılamaması, santralden numunelerin taşınma süresi, şantiye ortamında kalıpların durumu, ve benzeri gibi sebepler düşünüldüğünde düşük çıkması beklenen bir durumdur. 10 cm ebatlı ve 15 cm ebatlı küp numunelerin beton basınç dayanımlarının kaynak etkisine göre karşılaştırılmasının verildiği Şekil 1, detaylıca incelendiğinde numunenin alındığı kaynağın, farklı boyutlardaki küp numune basınç dayanımı arasındaki ilişki ve dönüşüm katsayısı üzerinde belirgin bir etkisi olmadığı görülmektedir.



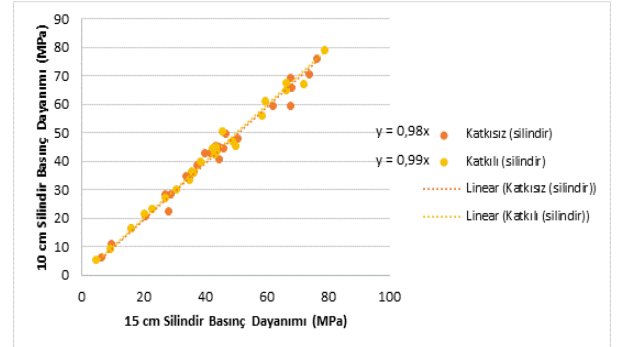
Şekil 1. 10 cm ebatlı ve 15 cm ebatlı küp numunelerin beton basınç dayanımlarının kaynak etkisine göre karşılaştırılması

3.1.2. Mineral Katkı Kullanımının Basınç Dayanımına Etkisi

Mineral katkı kullanımının beton basınç dayanımına etkisi Tablo 1 ve Şekil 2’den detaylıca incelendiğinde, mineral katkı kullanılan numunelerin 2 günlük basınç dayanımlarında düşüş gözlenirken, kür süresi 2 günden 28 güne çıktığında numunelerin büyük çoğunluğu için basınç dayanımlarında olumsuz bir etki olmadığı görülmüştür. Dolayısıyla mineral katkılı betonlarda beklenen bir sonuç olan, erken yaşlarda basınç dayanımında düşüş gözlenirken, ileriki yaşlarda basınç dayanımı üzerinde fazla bir değişim gözlenmemektedir. Çalışma sonuçlarına göre, C50 sınıfı betonlarda mineral katkının beton basınç dayanımı üzerinde etkisi neredeyse hiç yoktur.



(a)

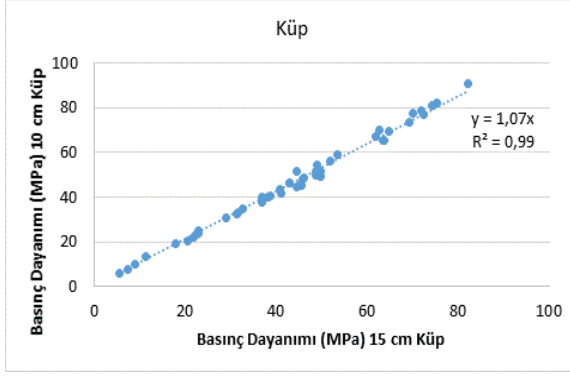


(b)

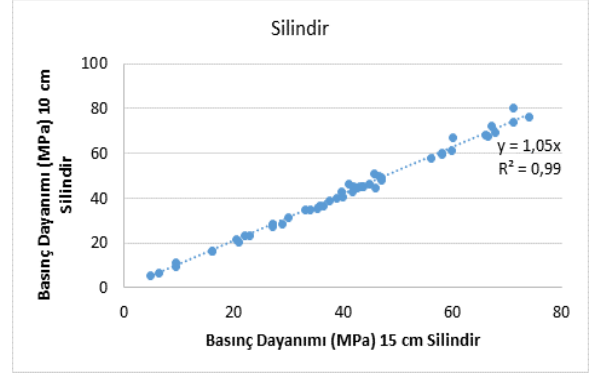
Şekil 2. 10 cm ebatlı ve 15 cm ebatlı a) küp ve b) silindir numunelerin beton basınç dayanımlarının mineral katkı etkisine göre karşılaştırılması

3.1.3 Numune Boyutunun Basınç Dayanımına Etkisi

Aynı betondan üretilen değişik boyuttaki numunelerin basınç dayanımları, boyut etkisinden dolayı farklı olabilmektedir. Numunelerin beton basınç dayanım sonuçlarından da görülebileceği üzere, (15 cm’lik) büyük boyutlu numunelerin sonuçlarında çoğunlukla azalma olduğu farkedilmiştir. Büyük boyutlu numunelerin beton basınç dayanımlarının küçük boyutlu numunelere göre düşük çıkması, literatürdeki önceki çalışmalar ve numunedeki kusur bulunma olasılığının artışı göz önünde bulundurulduğunda, beklenen bir sonuçtur.



(a)



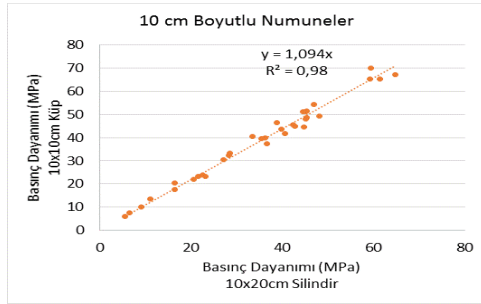
(b)

Şekil 3. a) Küp ve b) silindir numunelerin beton basınç dayanımlarının boyut etkisine göre karşılaştırılması

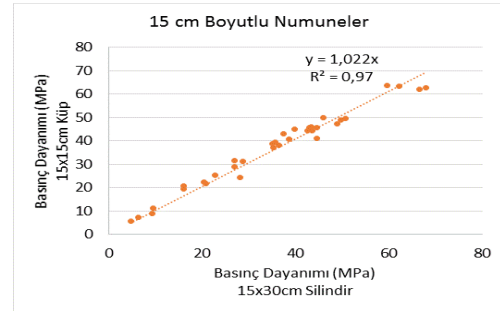
Şekil 3’den de görüldüğü üzere, küp numunelerde 15 cm ebatlı numune ve 10 cm ebatlı numune arasındaki dönüşüm katsayısı oldukça yüksek bir korelasyonla 1,07 çıkmış olup, bu dönüşüm katsayısı silindir numuneler için yine çok yüksek bir korelasyonla 1,05 çıkmıştır. Bu sonuçlardan yola çıkarak, hem küp, hem de silindir numuneler için boyut arttıkça, beton basınç dayanımı azalmakta olduğunu ifade edebiliriz. Bu durum oluşmasındaki başlıca neden, küçük boyutlu numunelerin kesit alanları ve hacimlerinin küçük olması ve bulunan kusur oranının azalmasından kaynaklanmaktadır. Numune boyutlarının büyümesi, istatistiksel olarak numunede bulunabilecek mikro çatlakların veya diğer hatalı bölümlerin miktarını da artırmaktadır. Bu nedenle, küçük numuneler üzerinde yapılan deneylerde daha yüksek dayanım elde edilmektedir.

3.1.4 Numune Şeklinin Basınç Dayanımına Etkisi

Küp numuneler üzerinde elde edilen basınç dayanımı değeri, silindir numuneden elde edilen basınç dayanımından yüksektir. Değişik dayanımlara sahip betonlar kullanılarak araştırılan 15x30cm boyutlu silindirlerle, 15cm boyutlu küpler ve 10x20cm boyutlu silindirlerle, 10cm boyutlu küpler arasındaki ilişki Şekil 8 ve Tablo 8’de detaylı olarak verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 4. a) 10 cm ebatlı ve b) 15 cm ebatlı küp ve silindir numunelerin beton basınç dayanımlarının şekil etkisine göre karşılaştırılması

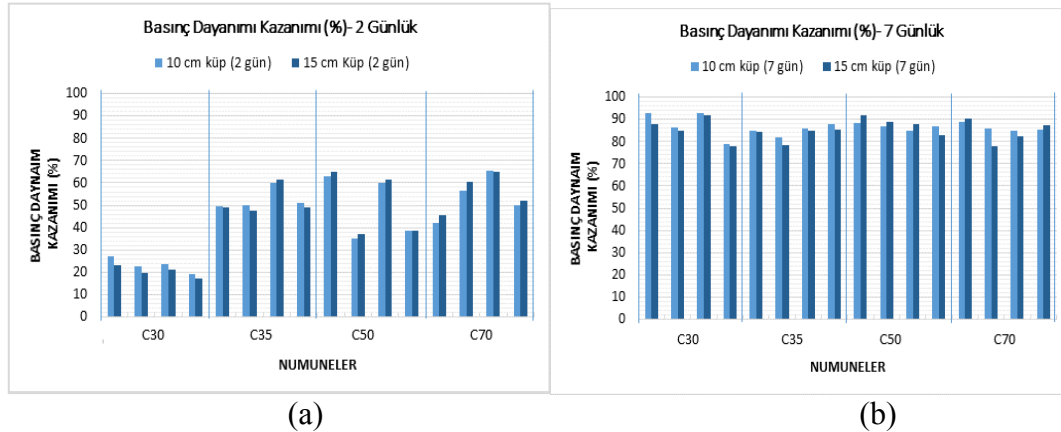
Standart küp ve silindir numunelerin basınç dayanımları arasındaki ilişki Şekil 4’te gösterilmektedir. Şekilden de anlaşıldığı gibi küp ve silindir numune dayanımları arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Deney sonuçlarına göre, hem 10cm, hem de 15cm kenar uzunluğu olan küp numunelerde, silindir numunelere göre daha yüksek dayanım elde edilmiştir. Silindir basınç dayanımı ve küp basınç dayanımı arasında

dönüşüm katsayısı olarak 10 cm'lik numuneler için, 1.094 bulunurken; 15 cm'lik numuneler için 1.022 bulunmuş olup, küp numunelerin basınç dayanımlarının silindir numunelerden yüksek olması beklenen bir durumdur.

Şekil 4 daha detaylı incelendiğinde ve bulunan silindir-küp basınç dayanımı dönüşüm katsayıları da göz önünde bulundurulduğunda, silindir basınç dayanımı ile küp basınç dayanımı arasındaki farkın, küçük boyutlu betonlarda daha fazla olduğu görülmektedir. Yani numune boyutu küçüldükçe, silindir-küp beton basınç dayanımı arasındaki fark artmaktadır. Yapılan çalışmalarda ve literatürde yer alan makalelerde de C50 ve üzeri beton sınıflarında küp ve silindir numune arasındaki dayanım farkının standardın belirttiği değerlerden daha az olduğu tespit edilmiştir. (Arioğlu, 1996)

3.1.5 Numune Yaşının Beton Basınç Dayanımına Etkisi

Beton dayanımını etkileyen önemli faktörlerden biri de betonun yaşıdır. Beton basınç testleri standarda uygun olarak, 28 günlük dayanımları ölçmek üzere uygulanır, çünkü 28 günden sonraki dayanım artışı çok azdır. Deneysel çalışma kapsamında, numune yaşının beton boyutlarına bağlı bir etkisi olup olmadığının detaylıca incelenmesi için, erken basınç dayanımlarının da ölçülüp karşılaştırılması düşünülmüş ve beton numunelerin 2 günlük, 7 günlük ve 28 günlük basınç dayanım değerleri ölçülmüştür. 10cm ve 15 cm ebatlı numuneler için, dayanım kazanım değerleri nihai dayanıma göre yüzdesel olarak hesaplanmış ve aralarındaki ilişki Şekil 5'de detaylıca verilmiştir. Şekil 5a ve 5b'den de görüleceği üzere, daha küçük boyutlu olan 10 cm ebatlı küp numuneler, C30 ve C35 sınıfı numuneler için, hem 2 günlük hem de 7 günlük dayanım sonuçlarında daha yüksek sonuç vermişlerdir. Dolayısıyla C30 ve C35 sınıfı betonlarda, küçük boyutlu numunelerin dayanım kazanımının, büyük boyutlu numunelere göre daha hızlı olduğu sonucu görülmüştür.

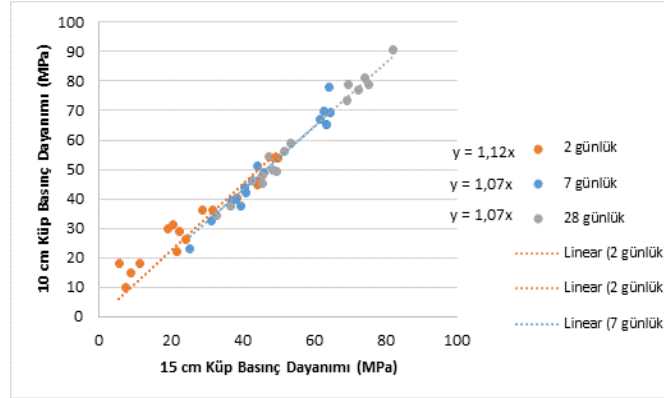


Şekil 5. 10 cm ve 15 cm ebatlı küp numunelerin 28 günlük basınç dayanımlarına göre, dayanım kazanım yüzdeleri a) 2 günlük kür süresi, b) 7 günlük kür süresi

C50 sınıfı numuneler için 2 ve 7 günlük dayanım kazanımlarında ise, 10 cm ve 15 cm ebatlı numunelerin basınç dayanım kazanımlarında numune boyutunun etkisi neredeyse hiç görülmemiştir. Ancak, C70 sınıfı numunelerin sonuçları incelendiğinde, bu kez büyük boyutlu olan 15 cm ebatlı küp numunelerin, hem 2, hem de 7 günlük sonuçlarında küçük boyutlu numunelere göre az da olsa daha fazla dayanım kazandığı görülmüştür.

Deneysel çalışma sonucu ölçülen bu değerler, beklendiği gibi daha küçük boyutlu numunelerin, daha büyük boyutlu numunelere göre daha hızlı kurumakta olup, daha hızlı dayanım kazanması sonucuyla örtüşmektedir. O nedenle, ilk günlerde, deneye tabi tutulan numunelerde, daha küçük boyutlu olanlar, daha yüksek dayanım göstermektedir. Bu etki düşük sınıftaki betonlar için (C30 ve C35) daha fazla görülmektedir. Betonun yaşı, ilerledikçe, değişik boyutlu numuneler arasındaki dayanım farkı azalmakta, dolayısıyla numune boyut etkisi de gözlenmemektedir.

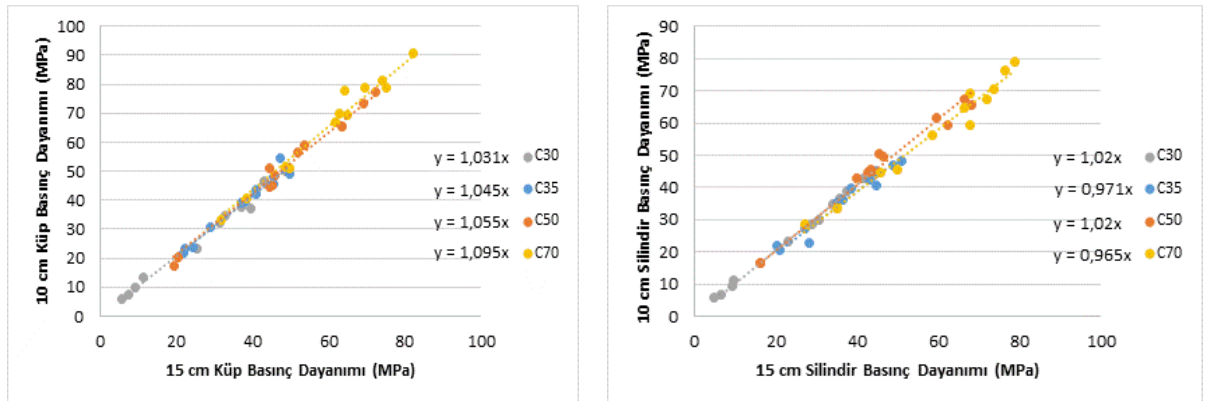
Şekil 6.da görüldüğü gibi, 10cm ve 15 cm ebatlı küp ve silindir numunelerin basınç dayanım sonuçları arasındaki ilişki, erken dayanım değerleri için (2 günlük) küçük boyutlu numunelerde, büyük boyutlu numunelere göre daha yüksek olup, aralarındaki fark 1,12 dönüşüm katsayısı ile daha fazla iken, 7 ve 28 günlük dayanım sonuçlarında, küçük boyutlu numunelerin basınç dayanımı büyük boyutlu numunelere göre daha az artış göstermekte, dönüşüm katsayısı 1,07'ye inmekte ve basınç dayanım kazanım yüzdesi üzerinde numune boyutunun etkisi azalmaktadır.



Şekil 6. 10 cm ebatlı ve 15 cm ebatlı a) küp numunelerin beton basınç dayanımlarının beton yaşına göre karşılaştırılması

3.1.6. Farklı Beton Sınıfının Basınç Dayanımına Etkisi

Araştırma sonucunda, standart olarak kullanılmakta olan 15 cm' lik küp numuneler ile 10 cm'lik küp ve silindir numunelerin basınç dayanımları arasında lineer bir ilişki bulunmuştur; ancak bu ilişkinin farklı beton sınıflarına göre nasıl bir değişim gösterdiği ise daha detaylı olarak Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. 10 cm ebatlı ve 15 cm ebatlı küp ve silindir numunelerin beton basınç dayanımlarının beton sınıflarına göre karşılaştırılması

Şekil 7’de görüldüğü üzere, 15 cm ebatlı küp numunelerin basınç dayanımlarının 10 cm ebatlı küp numune basınç dayanımlarıyla ilişkilendirilmesi için bulunmuş olan katsayılar 1,031 ile 1,095 arasında değişen bir oran bulunmuştur. Genel eğilim, dayanım sınıfı arttıkça, bu oranın arttığı yönündedir. Yüksek dayanım sınıfında küçük boyutlu numuneler kullanıldığında, elde edilen dayanım sonuçlarının artmasıyla birlikte, numune boyutuna bağlı olan dayanım ilişkisindeki değişkenliğin arttığı da söylenebilir. Dolayısıyla, basınç dayanımı arttıkça boyut etkisi de azalmaktadır. (Mardani, 2012) Yine Şekil 7’de görüldüğü üzere, 15 cm ebatlı silindir numunelerin basınç dayanımlarının 10 cm ebatlı silindir numune basınç dayanımlarıyla ilişkilendirilmesi için bulunmuş olan katsayılar 0,965 ile 1,02 arasında değişen bir oran bulunmuştur.

4. SONUÇLAR

Çalışma sonucunda, numunenin alındığı kaynağın, farklı boyutlardaki küp numune basınç dayanımı arasındaki ilişki ve dönüşüm katsayısı üzerinde belirgin bir etkisi olmadığı görülmektedir. Mineral katkı kullanımının ise, nihai basınç dayanımları üzerinde özellikle erken yaşlarda düşüş gözlenirken, ileriki yaşlarda basınç dayanımı üzerinde fazla bir değişim yaratmadığı gözlenmiştir. Bununla birlikte 10 cm ve 15 cm ebatlı küp ve silindir numunelerin basınç dayanım sonuçları arasındaki ilişki ve dönüşüm katsayıları, mineral katkı kullanımından da oldukça az etkilenmiştir. Küp numuneler üzerinde elde edilen basınç dayanım sonuçları ise, beklendiği gibi silindir numunelerinkinden yüksek çıkmakta olup, silindir ve küp basınç dayanımı arasındaki fark, yüksek dayanımlı betonlarda daha fazla olmaktadır. Büyük boyutlu numunelerin beton basınç dayanımlarının küçük boyutlu numunelere göre düşük çıkması, literatürdeki önceki çalışmalar ve numunedeki kusur bulunma olasılığının artışı göz önünde bulundurulduğunda, beklenen bir sonuçtur.

Ölçülen basınç dayanımı değerleriyle betonun basınç dayanımının numune boyutlarından etkilendiği, fakat bu etkinin daha çok yüksek dayanım düzeylerinde belirgin olduğu saptandı. Ayrıca biçim etkisinin boyut etkisine oranla daha önemli bir etki olup farklı tipteki numunelerin dayanımları arasındaki farkın artan dayanım düzeyiyle arttığı gözlemlendi. Sonuç olarak, küçük boyutlu numunelerin basınç dayanım sonuçlarında gerek şantiyelerde düşük kapasiteli basınç test makinası kullanımı, gerek azalan ağırlıkla birlikte numune taşıma kolaylığı ve gerek de zayi olan beton miktarının azaltılması bakımından, kalite denetiminde küçük boyutlu, 100 mm boyutunda küp numunelerin de kullanımında bir engel olmayıp (TS13515-T1 ve TS13515-T2), ölçümlerde gerekli hassasiyet sağlandığında, pratikte kullanımının yaygınlaşması oldukça faydalı olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma kapsamında, sağlanan veriler için OYAK Beton A.Ş.’ye ve araştırmamıza vermiş oldukları katkılar için OYAK Beton A.Ş.’nin çalışanlarına, özellikle değerli desteği için Sn.Tahir Turgut’a ve özverili çalışmaları ve yardımları için Sn. Armağan Sarıhan’a en içten teşekkürlerimizi iletmek isteriz.

Kaynaklar

1. TS 802, “Beton karışım tasarımı hesap esasları standardı”, 2009.
2. TS 13515, “TS EN 206-1’in Uygulamasına Yönelik Tamamlayıcı Standard”, 2014.
3. TS EN 206, “Beton- Özellik, performans, imalat ve uygunluk standardı”, 2014.
4. TS EN 12390, “Beton - Sertleşmiş beton deneyleri standardı”, 2002.
5. Elwell, J.D., Fu, G., “Compression Testing of Concrete: Cylinders vs. Cubes”, Transportation Research and Development Bureau of Newyork, 1995
6. Fu, X., Wang, Z., Tao, W., Yang, C., Hou, W., Dong, Y. and Wu, X., “Studies on Blended Cement with Large Amount of Fly Ash”, Cement and Concrete Research, Vol. 32, pp. 1153-1159, 2002.
7. Çopuroğlu, O., Beton Numunesi Şekil Ve Boyutunun Basınç Ve Çekme Dayanımına Etkisi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 2001.
8. Erdoğan, T.Y. Beton. Odtü Geliştirme Vakfı Ve Yayıncılık A.Ş., Ankara, 2003.
9. Bazant, Z. P., Kim, J. K., and Şener, S., “Size effect in shear failure of reinforced concrete beams”, ACI Journal, 81 (5), 456 - 468, (Discussion and Closure 82 (4), 579 - 583), 1984.
10. Krauthammer, T., Elfahal M.,M., Lim Ji, Ohno T., Beppu M., “Size effect for high-strength concrete cylinders subjected to axial impact”, International Journal of Impact Engineering, 28, 1001-1016, 2003.
11. Koç V. and Şener S., “Eksenel doğrultuda basınç yüklü çift konsollarda boyut etkisi”, Advances in Civil Engineering, 6th International Conference, Boğaziçi Üniversitesi., İstanbul, 531- 540, 2004.
12. Şener, S., Barr, B. I. G. and Abusiaf, H. F., “Size effect in axially loaded reinforced concrete Columns”, Journal of Structural Engineering, 130 (4): 662- 670, 2004.
13. Arıoğlu, E. ve Köylüoğlu, Ö.S.. “Yüksek Dayanımlı Betonlarda Numune Boyut Etkisi”, Beton Prefabrikasyon, Sayı: 38, Nisan, 1996.
14. Mardani-Aghabaglou, A., Tuyan, M., Çakır, Ö., Ramyar, K. “Agreganın En Büyük Tane Boyutu ve Numune Boyutunun Betonun Karot Dayanımına Etkisi”, İnşaat Mühendisliği’nde 100. Yıl Teknik Kongresi, 22–24 Kasım 2012.