THBB AKADEMİ

TEKNİK BÜLTEN

5

THBB AR-GE ÇALIŞMASI RAPORU

Numune Kalıbı Şekli, Numune Alımı-Saklaması ve Yüzey Düzeltme Parametrelerinin Beton Basınç Dayanımına Etkisi

TÜRKİYE HAZIR BETON BİRLİĞİ YAYINIDIR.

Haziran 2022

Numune Kalıbı Şekli, Numune Alımı-Saklaması ve Yüzey Düzeltme Parametrelerinin Beton Basınç Dayanımına Etkisi

THBB	Cenk KILINÇ	Mekanik Deney Laboratuvarı Müdürü
TeknoBeton	Mehmet MUTLU	Beton Danışmanı
Karbeton	Serap DİNÇ	Kalite Kontrol Müdürü
Miltaş	Ömer YILDIRIM	Kalite Kontrol Müdürü

Özet

1999 Gölcük Depremi sonrasında betonarme binaların büyük çoğunluğunun yıkılması üzerine, o zamanki Bayındırlık ve İskân Bakanlığı (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı) tarafından getirilen Yapı Denetimi Kanunu ile birlikte sıkı bir denetime tabi tutulan Hazır Beton üretimi, son yıllarda numune kalıpları, numune alım şekli, kürü, kırımı ve yüzey düzeltmesi kaynaklı büyük bir basınç dayanımı karmaşası yaşamaktadır. Taze beton numuneleri, Bakanlık onaylı yapı laboratuvarları tarafından genellikle 15 cm'lik PLASTİK KÜP veya nispeten daha az sayıda 10x20 cm PLASTİK SİLİNDİR NUMUNE kalıplara alınmakta, bu taze beton numunelerinin yaklaşık yarısı düşük sonuç verdiği için, istisna olması gerekirken, Karot numune alımına gidilmekte ve taze beton numune sonucu düşük olarak raporlanan yapı elemanının karot numune sonuçları bu aşamada yaklaşık %99 oranında uygun sonuç vermektedir. Gereksiz yere alınan bu karot numuneleri nedeniyle, yapıya çentik hasarı verilmekte olup, yapı güvenliği tehdit altında kalmaktadır. Bu durum, aşağıdaki konularla ilgili sorgulamanın yapılması gerekliliğini doğurmaktadır:

- Kullanılan 15 cm'lik plastik küp kalıp betonu yeterince temsil ediyor mu?
- Silindir numune kalıplarının başlıklama yöntemleri dayanımı etkiliyor mu?
- Numune kalıp kalitesi, numunelerin alımı ve saklanması şartları değiştiğinde dayanım nasıl etkileniyor?

Konuya ilişkin olarak sahada yaşanan sıkıntıları azaltmak üzere, THBB gözetiminde Beton Danışmanı eşliğinde ve gönüllü 2 Hazır Beton Firmasının imkânlarını kullanarak kapsamlı bir plan çerçevesinde endüstriyel denemeler yapılmıştır. Çalışmanın amacı, sahada tartışmalara yol açan bazı uygulamaların etkilerini masaya yatırmaktır. Yurdumuzda en çok kullanılan beton sınıfı olan C30/37 sınıfında, bir beton santralinde, 3 farklı tarihte, 4'er m^3 beton (4*3=12 m^3) üretilmiş ve 19 farklı tip ve koşul için, 7 ve 28 günlük 3 er adetten, 19*6*3=342 adet numune ile denemeler gerçekleştirilmiştir.

Denemelerde, öncelikle numune tipi ele alınmış; 10 cm'lik KÜP, 15 cm'lik KÜP, 10/20 SİLİNDİR ve 15/30 SİLİNDİR numune tipleri seçilmiş olup, en çok kullanılan tiplere ağırlık verilmiştir.

Numune alımında ve saklanmasında standartlara uygun olanları ve olmayanları ele alınmış, silindir ile kırılacak yüzeylerin düzeltilmesi konusunda da AŞINDIRMA, EPOKSİ BAŞLIK ve KAUÇUK BAŞLIK ile düzeltme seçenekleri denenmiştir.

Yapılan bu çalışmanın sonunda; Küçük-Büyük numune katsayıları ile çarpılarak elde edilen ortalama KÜP dayanımı 41 MPa ve aynı şekilde bulunan SİLİNDİR dayanımları ise 39 MPa gibi, sadece 2 MPa'lık bir fark çıkmış olup, standarda göre bu fark; 37-30=7 MPa'dır. Bu durum, küp aleyhine 5 MPa'lık fark demektir. Dolayısıyla hedefin daha yüksek olması nedeniyle (Küp için 37 MPa iken, Silindir için 30 MPa), KÜP'lerin hedefi tutturmakta zorlandığı, bunun sebebinin de SENTİL ile yapılan yüzey düzgünlüğü kontrollerinde, PLASTİK KÜP numunelerin hiçbirinin toleransları sağlamamasına bağlanabileceği düşünülmektedir. Standart numune alımı ve uygun şartlarda saklanma koşulları kötüleştikçe, kusurların artmasına paralel olarak dayanımların düştüğü görülmüştür. Bu düşüşler, Küplerde daha çok hissedilmiştir. Küp numunelerde 1 kusur bile etkili olduğunda dayanım 37 MPa'nın altına inerek, 35-36 MPa olmaktadır. Silindir numunelerde ise 2 kusur mevcut olduğunda bile dayanımın 30 MPa'nın altına düşmediği ve 30,7 MPa çıktığı gözlenmiştir. Silindirlerin başlık düzeltmesi konusunda ise, Kauçuk Başlığın hakiki beton dayanımını iyi yansıttığı, betonun potansiyel basınç dayanımının düşüşünü en aza indirdiği, Epoksi başlığın kauçuk başlığa çok yakın olduğu ve Aşındırmanın sonra geldiği gözlenmiştir. Hiç başlık yapılmaması halinde de aşırı düşüşlerin yaşandığı ve hedefi tutmayan sonuçların elde edilebildiği görülmüştür.

1. DENEYSEL ÇALIŞMA PLANI ve ÜRETİM

Yapılan çalışmada ele alınan konular aşağıdaki gibi seçilmiştir.

1.1. Deney Planı ve Özellikleri

Sahada kullanılan kalıp tip ve ebatlarına bakıldığında, Yapı Denetim Laboratuvarlarının, yüzey düzeltme zahmeti olmadığı için, tercih ettiği kalıp tipinin 15 cm Plastik KÜP olduğu görülmektedir Dayanım Sınıfının nispeten yüksek olduğu projelerde ise, 10/20 cm Silindir Kalıp kullanılmaktadır. Daha seyrek kullanılan; Küp kalıplardan 10 cm'lik Küp'ler ve 15/30 cm Silindir kalıplar da deney planına eklenmiştir. Kalıpların genel özellikleri aşağıya çıkartılmıştır.

TS EN 12390-1 [1] Standardına uygun;

- 10 cm KÜP, Plastik, Alttan Üflemeli, 2'li, Yerli (4 seri)
- 15 cm KÜP, Plastik, Alttan Üflemeli, İthal (4 seri), Yerli (1 seri),
- 10/20 cm SİLİNDİR, Plastik, Yandan Açmalı, İthal (9 seri),
- 15/30 cm SİLİNDİR, Plastik, Alttan Üflemeli, Yerli (1 seri) Toplam 19 seri deneme tipi belirlenmiştir.

Numune alımı ve Kür koşullarına gelince, TS EN 12390-2 [2] ye göre;

- Standart Numune (SN) alımı ile standartlara uygun olarak alınan numuneleri göstermektedir.
- Standart Dışı Numune (SDN), laborantların numuneyi uygun olarak almadığı, koşulların uygun olmadığı (düzgün zeminde numune alınmaması, el arabası olmaması, çatlak, yıpranmış-boyutları hatalı kalıp kullanımı, kalıpların yağlanmaması, yeterince sıkıştırılmaması, vb.) durumları göstermektedir.
- Standart Kür (SK) ile, standarda uygun ortam ve sıcaklıkta saklanan numuneleri göstermektedir.
- Standart Dışı Kür (SDK) ile, Numunelerin; kalıbında 20±5°C, kür havuzunda; 20±2°C su sıcaklığının sağlanamadığı durumları göstermektedir.

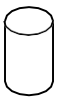
Silindirler için alt-üst yüzeylerin düzeltilmesi ile ilgili olarak, TS EN 12390-3 [3] standardında yer alan 4 yöntemden, sadece Aşındırma metodu seçilmiştir. Diğerleri sağlıklı-pratik olmadığı ve piyasada az kullanıldığından tercih edilmemiştir. Yüzey düzeltme yöntemleri karşılaştırıldığında;

- **Aşındırma:** İlk yatırım maliyeti yüksek, işletme giderleri (su, elektrik) fazla, işçilik gideri yüksek, aşındırıcı kafanın (kullanım sıklığına göre) belirli periyotlarla değişmesi maliyeti ve su-gürültü kirliliği sorunları mevcuttur. Küçük çaplı AR-GE faaliyetlerine uygun olup, endüstriyel kullanıma pek uygun değildir.
- **Epoksi Başlık:** Epoksi maliyeti ve işçilik gideri yüksektir. Sağlık tehdidi mevcuttur. İstisna olarak çıkacak karotlar için uygun ve faydalı olup, taze beton için ekonomik değildir.
- **Kauçuk Başlık:** İlk yatırımı düşüktür (alt ve üst çelik çanak maliyeti var). İşletme maliyeti olarak da Kauçuk yastıkların 100 kullanımda düşük bir değişim maliyeti mevcuttur. Amerika'da ve Amerikan Standartlarının kullanıldığı pek çok ülkede (Meksika, Afganistan vb.) kullanılan ASTM C1231 Standardına [4] göre olan bu yöntem, henüz Türk Standartlarına girmemiş durumdadır. Kauçuk ile Kırım metodu, TS EN 12390-3 standardında yer alan Kum Kutusuna oldukça benzemekte olup, farkı; yüzey kusurları Kum ile değil Kauçuk ile düzeltilmektedir.

Standarda göre, aşındırmaya eşdeğerliği ispatlanmış herhangi bir metot ile de düzeltme yapılabilir notu ile başka yöntemlere de izin verildiği için, Amerikan Standardında (ASTM C 1231-00) yer alan, KAUÇUK YASTIKLAR (Neoprene Pads) Metodu ve piyasada karot başlıklamasında çok kullanılan EPOKSİ BAŞLIKLAMA Yöntemi eklenerek, uygulanan düzeltme yöntemleri ve özellikleri aşağıya (Tablo 1) çıkartılmıştır;

Tablo 1: Deney Planı

KÜPLER	10 cm'lik			15 cm'lik				
DENEY NO.:	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
	SN	SDN	SN	SDN	SN	SDN	SN	SDN	SN
	SK	SK	SDK	SDK	SK	SK	SDK	SDK	SK
									(yerli)

SİLİNDİRLER	15/30	10/20 cm'lik							
DENEY NO.:	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**
	SN	SN	SDN	SN	SN	SN	SN	SN	SN	SDN
	SK	SK	SDK	SK	SK	SK	SK	SK	SK	SK
	SA	*SA*	*SA*	*SDA*	*AY*	*KB*	*EB*	*EB*	*SA+EB*	*SA*

SN : Standart Numune **SDN** : Standart Dışı Numune
SK : Standart Kür **SDK** : Standart Dışı Kür
***SA** : Standart Aşındırma* ***SDA** : Standart Dışı Aşınma* ***AY** : Aşındırma Yapılmamış*
***EB** : Epoksi Başlık* ***SA+EB** : SA + Epoksi Başlık* ***KB** : Kauçuk Başlık*

1.2. Betonun Üretimi ve Saklanması

Yapılan bu çalışmada, Türkiye çapında genellikle C30/37 sınıfı (büyük şehirlerde C30/37 ve C35/45, küçük yerleşimlerde C25/30 ve C30/37) betonun kullanılması nedeniyle, beton sınıfı olarak, en yoğun olarak dökülen C30/37 tercih edilmiştir.

İlk 2 üretim, 340 kg CEM II/A çimentosu ile [≥280], süper akışkanlaştırıcı bir formülle, 3.üretim ise, 265 kg CEM II/A çimentosu + 60 kg/m^3 uçucu küllü ve süper akışkanlaştırıcı katılmış bir reçete ile yapılmıştır. S/Ç değeri 0.52-0.55 [≤ 0,55], çökme (slamp) değeri 17,0 cm ve taze beton birim ağırlığı 2.350 kg/m^3 bulunmuştur. Bu değerler, TS13515:2021 [5] standardındaki C30/37 beton sınıfının XC3 Çevresel Etki Sınıfının gerekleri olan eşdeğer çimento ≥ 280 kg/m^3 ve S/Ç oranı ≤ 0,55 koşullarına uygundur.

İstanbul piyasasına hazır beton tedarik eden iki firmanın Samandıra ve Gebze hazır beton santrallerinde, katılımcıların eşliğinde, 10 Şubat 2022, 14 Şubat 2022 ve 03 Mart 2022 olmak üzere 3 ayrı tarihte, 4'er m^3 C30/37 betonu üretilmiş, deney planına göre 114'er adet numune alınmıştır.

Foto 1: Deneylere katılan ekip

Foto 2: Kalıbındaki numuneler (iç ortam, SK)

Foto 3: Kalıbındaki numuneler (dış ortam, SDK

Alınan numunelerin bir kısmı, 1 gün standarda uygun (SK) 20±5°C de iç ortamda saklanmıştır. (Foto 2), bir kısmı da standart dışı bir şekilde (SDK) dış ortamda soğukta (Foto 3) bırakılmıştır.

Ertesi gün sökülen numuneler, deney planına göre 6 ve 27 gün boyunca,

- **Standart Kür (SK):** 20±2°C de Standarda uygun bir kür havuzunda veya
- **Standart Dışı Kür (SDK):** 10±10°C de dış ortam şartlarında saklanmışlardır.

2. NUMUNELERİN TOLERANS KONTROLLERİ

2.1. Numunelerin Tolerans Kontrolleri

Sağlıklı bir basınç dayanım testi yapılabilmesi için, yük uygulanacak alt ve üst yüzeylerin düzlükten sapma, diklikten sapma, ebat, paralellik vb. toleransları mutlaka denetlenmelidir. Bu amaçla, KUMPAS, SENTİL, SU TERAZİSİ ve GÖNYE vb. aletlerden yararlanılmıştır. Numunelerin ebatları ve çapları KUMPAS ile ölçülerek standartlara uygun olup olmadığına bakılmış ve toleranslar içerisinde olduğu görülmüştür.

Basınç Dayanımını etkileyen en önemli konu, yük uygulanacak yüzeylerin düzlükten sapması (çukurluk-tümseklik) olup, 0,03 mm'den 1,00 mm aralığına kadar olan bir SENTİL kullanılarak, tüm numunelerin ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ölçümlerin sonuçları aşağıda gösterilmektedir;
TS EN 12390-1 [1] Standardına göre; 0,0006*d toleransı (on binde 6) mevcut olup; burada, mm olarak, d: çap/kenardır. Numuneler için izin verilen toleranslar aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

10'luk KÜP ve 10/20 SİLİNDİR için; 0,0006*100 = 0,06 mm'den küçük olmalıdır. 15'luk KÜP ve 15/30 SİLİNDİR için; 0,0006*150 = 0,09 mm'den küçük olmalıdır. Yani 15'luk KÜP ve 15/30 SİLİNDİR için 0,09 mm sentil GEÇMEZ ise UYGUN denir.

Tablo 2 : Tolerans Kontrolleri

KÜPLER	10 cm'lik ..... . 15 cm'lik								
DENEY NO.:	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
GEÇEN	0,06	0,06	0,06	0,06	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09 mm
GEÇMEYEN	0,09	0,09	0,09	0,09	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12 mm
(SENTIL) TOLERANS : 0,06					TOLERANS : 0,09				
KÜP NUMUNELERİN HİÇBİRİ STANDARDA UYGUN DEĞİL									

SİLİNDİRLER	15/30 10/20 cm'lik									
DENEY NO.:	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**
	SA	*SA*	*SA*	*SDA*	*AY*	*KB*	*EB*	*EB*	*SA+EB*	*SA*
GEÇEN	0,06	0,03	0,03	0,03	1,00	Kauçuk	0,03	0,03	0,03	0,03
GEÇMEYEN	0,09	0,06	0,06	0,06	1,20	Başlık	0,06	0,06	0,06	0,06
(SENTİL)	0,09 TOLERANS : 0,06									
SİLİNDİR NUMUNELERİN HEPSİ STANDARDA UYGUN										
(14 No.lu Aşındırma yapılmamış hariç)										

Tolerans ile ilgili olarak aşağıda fotoğraflar eşliğinde irdeleme yapılmıştır:

Foto 4: 10 cm KÜP numunenin (3 Numaralı deney) sentil ile ölçümü yapıldığında, 0,06 mm sentilin geçmemesi gerekirken geçtiği için, bu numune kalıbının kullanılmaması gerekir.
Foto 5: 10/20 cm SİLİNDİR numunenin (14 Numaralı deney) sentil ile ölçümü yapıldığında, 0,09 mm sentilin geçmemesi gerekirken geçtiği için, bu numune kalıbının kullanılmaması gerekir. Yani bu numuneler (Foto 5 ve 6) UYGUN OLMAYAN numunelerdir.
Dolayısı ile, bu numunelerden (Foto 4 ve 5) alınacak sonuçlar geçersiz kabul edilmelidir.
Foto 6: 10/20 cm SİLİNDİR numunenin (17 Numaralı deney) Epoksi başlık ile başlıklanması sonrası, sentil ile ölçümü yapıldığında, 0,05 mm sentilin geçmediği, dolayısıyla 0,06 mm de geçmeyeceği için, numunenin UYGUN olduğu görülmektedir.
Foto 7: 10/20 cm SİLİNDİR numunenin (19 Numaralı deney) Aşındırma düzeltilmesi sonrası, SU TERAZİSİ ile ölçümü yapıldığında, alt ve üst yüzlerin paralel olduğu, yani, numunenin UYGUN olduğu görülmektedir.

Yük uygulanacak yüzeylerin düzgünlüğü bakımından, çok eski kalıp kullanılmayıp, ithal ve nispeten yeni (3-5 aylık) plastik küp kalıplar tercih edilse dahi hiçbiri standarda uygun olmamaktadır. Silindir numunelere gelince, herhangi bir yöntemle düzeltme yapıldığı takdirde UYGUN YÜZEY elde edilirken, düzeltme yapılmayan yüzeylerin UYGUN OLMAYAN yüzeye sahip olduğu, dolayısıyla, silindirlerin düzeltilmesi halinde yüzeylerin uygun hale geldiği görülmüştür.

Foto 4: Deney 3, 0,06 mm geçiyor
UYGUN OLMAYAN numune

Foto 5: Deney 14, 1,00 mm geçiyor
UYGUN OLMAYAN numune

Foto 6: Deney 17, 0,05 mm geçmiyor
10/20 cm silindir, 0,06 de geçmez
UYGUN numune

Foto 7: Deney 19, Su terazisi ile
Alt-Üst yüzlerin paralelliği UYGUN numune

2.1. Numunelerin Yüzeyindeki Çizikler, Oluklar-Tümsekler

Gerçekleştirilen çalışmada, dikkati çeken bir durum olarak, alttan üflemeli PLASTİK KÜP kalıplarda ebat toleransları dahilinde kalan, alt kenarların kısa, üst kenarların uzun olması sorunu ile karşılaşılmıştır. Küp kalıpların, numunelerin kalıptan rahat çıkarılmasını temin amaçlı alt kısmı dar, üst kısmı geniş olarak üretildiği bilinmektedir. Bu durum, yükün dik uygulanmasını etkileyebilir. Alt ve üst kenarların eşit veya az fark olması durumunda, numunenin alttan yukarı doğru çıkarken zorlanması nedeniyle yüzeyde çizilmeler (Foto 8) oluşmaktadır. Eğer, yanlara açılan ÇELİK veya PİK kalıp kullanılması halinde ise, çizilmeler olmayacağı için, yüzey kusurlarının ortaya çıkmayacağı düşünülebilir. Ancak, piyasa koşullarında, ağırlığının fazla olması, temizliğinin zaman alması vb. nedenlerle plastik dışındaki kalıplar ilgi görmemektedir. Plastik küp kalıpların yüzeyindeki çiziklerin yarattığı tolerans dışı durum, başka bir araştırmanın konusu olabilir. Yani, küp numunelerin çizik yüzeyleri aşındırılarak düzeltildikten sonra kırım yapılarak bu hatadan kurtulmanın mümkün olup olmadığı sorusunun yanıtı aranabilir.

(NOT: 25 sene öncesinde plastik küp kalıplar henüz kullanılmıyorken, yüzeyleri yanlara açılan ÇELİK veya PİK kalıplar kullanıldığı için, yüzeylerde çizilme ve oluklanmalar söz konusu olmamakta ve bugün yaşanmakta olan küp-silindir ikilemi ile, dayanımlarda bu denli şüpheli durumlara rastlanmamaktaydı).

Foto 8: Küp yüzeylerindeki çizikler

3. NUMUNELERİN KIRIMLARI

3.1. Numunelerin Kırıma Hazırlanması

Havuzda veya dış ortamda bulunan 7. ve 28. gününü dolduran küp numuneler, tolerans kontrolleri yapıldıktan sonra, silindir numuneler ise, farklı başlıklar uygulanarak basınç dayanım testi için hazırlandılar (Foto 9).

Küp numunelerin hiçbirinin standarda uygun düzlükte olmaması nedeniyle testinin yapılmaması gerekmesine rağmen, araştırma amacı ile testleri yapılmıştır.

Silindir numunelerin başlıklarının yapılması, tam otomatik Aşındırma Cihazı (aynı zamanda 3 adet 10/20 silindirin bir yüzünü aşındıran) kullanılarak, bütün aşındırmaları aynı teknisyen yapacak şekilde, alt-üst yüzleri hazırlanmıştır.

Epoksi başlık yapımı da tek kişi tarafından gerçekleşmiştir (Foto 10).

Foto 9: Test için hazırlanan küp-silindir numuneler

Foto 10: 10/20 cm silindir EPOKSİ BAŞLIK yapımı

3.2. Numunelerin Basınç Dayanım Testi

Numuneler TS EN 12390-4 [5] standardına uygun 2.000 kN (200 Ton) kapasiteli, 3 ay önce kalibre edilmiş bir preste, tecrübeli bir teknisyen tarafından, temiz bir alt ve üst yüzeye merkezlenerek yerleştirildikten sonra, titiz bir şekilde kırılmıştır (Foto 11).

Kauçuk Başlık ile kırım için, ASTM C 1231'e göre, işçilik istenmeden alta-üste çanak içine kauçuk başlık konularak hazırlanmıştır (Foto 12). En sağdaki fotoğraftan da Kauçuk ile yapılan testin TAM KUM SAATİ şeklinde doğru bir kırım örneği görülmektedir.

Foto 11: Numune Testi

Foto 12: Deney 15, Kauçuk Başlık ile Numune TESTİ

4. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1. Numune Alım ve Kür Şartlarının karşılaştırması

Çalışma kapsamındaki değişkenler, deney numaraları ve özellikleri aşağıya çıkartılmıştır.

10 cm KÜP için; 1- SN, SK / 2- SDN, SK / 3- SN, SDK / 4- SDN, SDK

15 cm KÜP için; 5- SN, SK / 6- SDN, SK / 7- SN, SDK / 8- SDN, SDK

10/20 SİLİNDİR: 11-SN, SK / 12-SDN, SDK / 13- SDA / 14-AY / 15-KB / 16-EB / 17-EB (El vib.) / 18-SA+EB / 19-SDN, SK

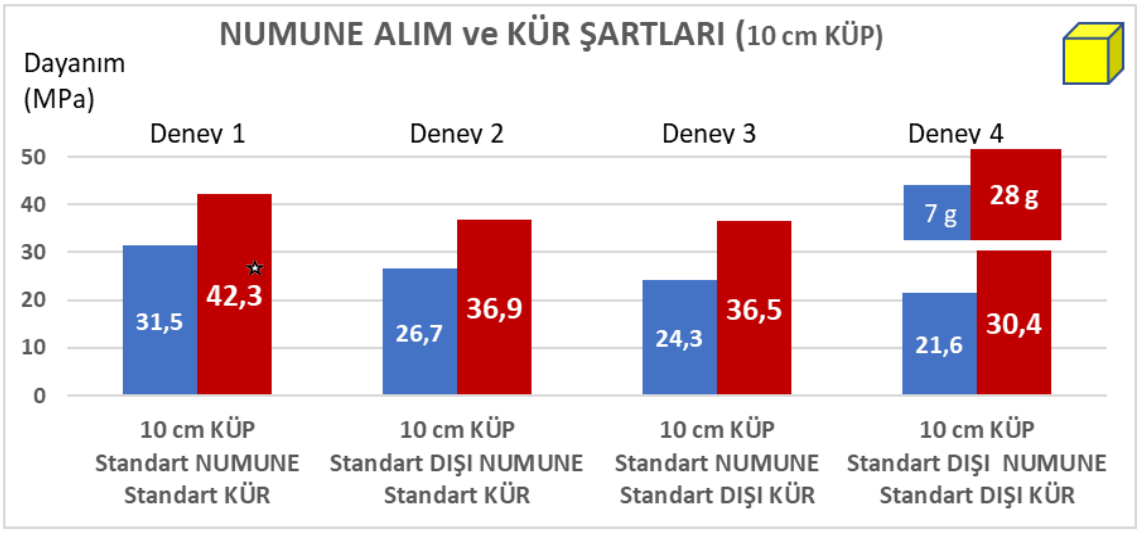
Özetle hem küp hem silindir numunelerde,

KÜP (10 cm): 1-5-11.Deney, tamamen STANDARTLARA uygun iken, KÜP (15 cm): 2-6-19.Deneyde, sadece NUMUNE ALIMI kusuru SİLİNDİR: 3-7.Deneyde sadece NUMUNE KÜR'ü kusuru ve

SİLİNDİR: 4-8-12.Deneyde ise, Her iki OLUMSUZLUK değişkenlerine yer verilmiştir. Yani, en iyi koşuldan en kötü koşula doğru yola çıkılmıştır.

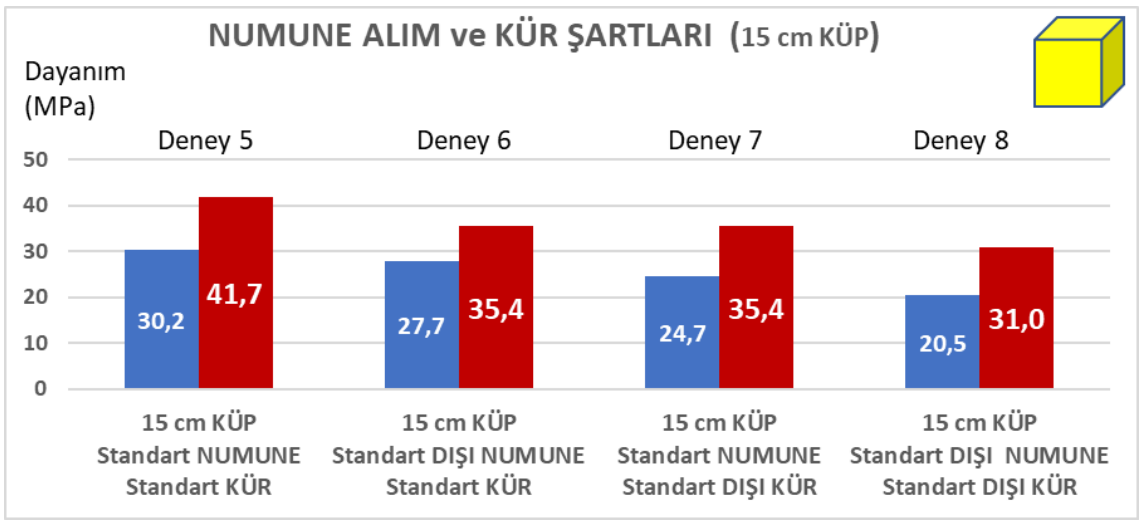
Silindirlerin yüzeyinin düzeltilmesi konusunda, aşındırmanın yanı sıra diğer yöntemler de denenmiştir.

10 cm KÜP üzerinde Değerlendirme

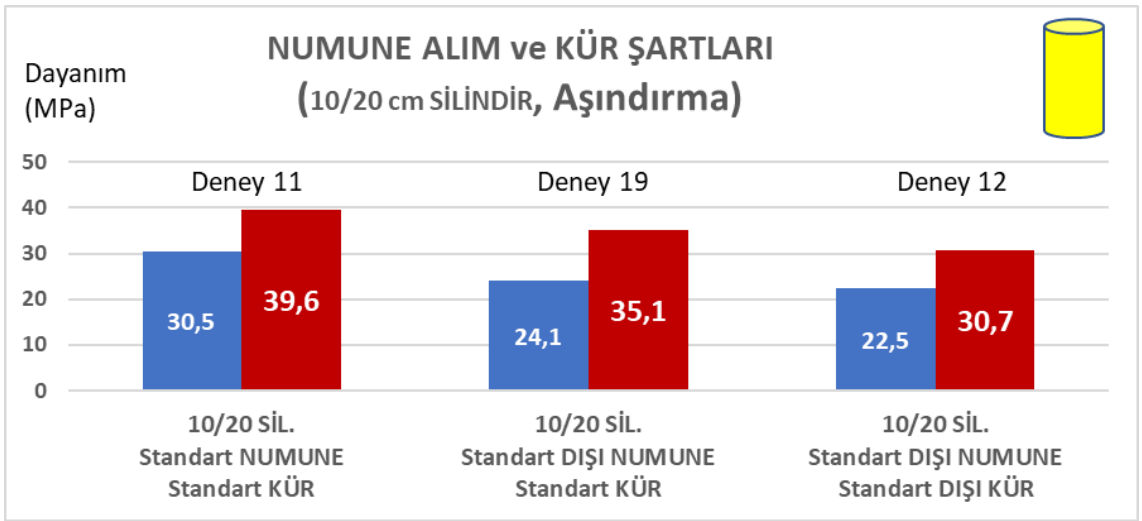


(Not: Her rakam 9 adet kırım sonucunun, yani 3 deney sonucunun ortalamasıdır)

15 cm KÜP üzerinde Değerlendirme



10/20 cm SİLİNDİR üzerinde Değerlendirme



10 cm KÜP, 15 cm KÜP ve 10/20 SİLİNDİR tiplerinde yapılan kapsamlı deneylerin, her 3 numune tipi ve her olumsuzluk için çizilen grafikleri dikkatlice incelenirse;

1. Her 3 numune tipinde de olumsuzluklar arttıkça dayanımlar da düşmektedir.

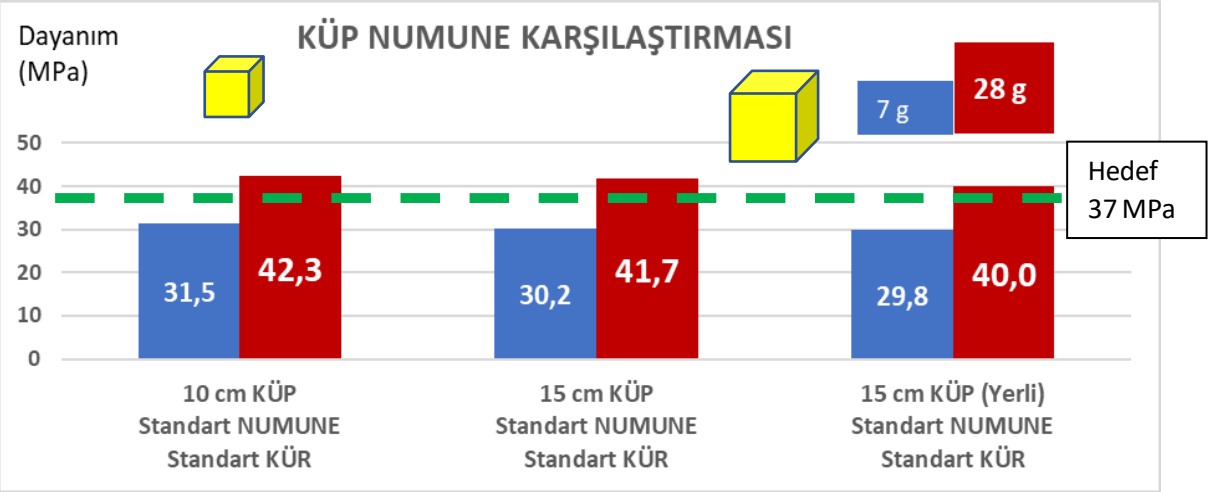
Örneğin, 15 cm KÜP'ün 28 günlük sonuçları; 41,7- 35,4- 35,4- 31,0 MPa şeklinde, giderek azalma yönünde çıkmıştır. Diğer tiplerde de aynı şekilde düşüşler gözlenmiştir.

2. Her bir olumsuzluk (Standart DIŞI NUMUNE ve Standart DIŞI KÜR, yaklaşık 5 MPa (1 sınıf azalma), ve 2 olumsuzluk birden olduğunda da yaklaşık 10 MPa'ya (2 sınıf azalma) dayanım kayıpları gözlenmiştir.

Buradan, numunenin standartlara uygun alınması kadar, uygun olarak saklanmasının da benzer etkiye sahip olduğu, her kusurun basınç dayanımını 1 sınıf düşürdüğü söylenebilir. Her 2 olumsuzluk bir arada olduğunda 2 sınıf düşük dayanımlar elde edilebilmektedir.

4.2. Numune Kalıbı Tipi ve Ebat Değişkenlerinin Karşılaştırması

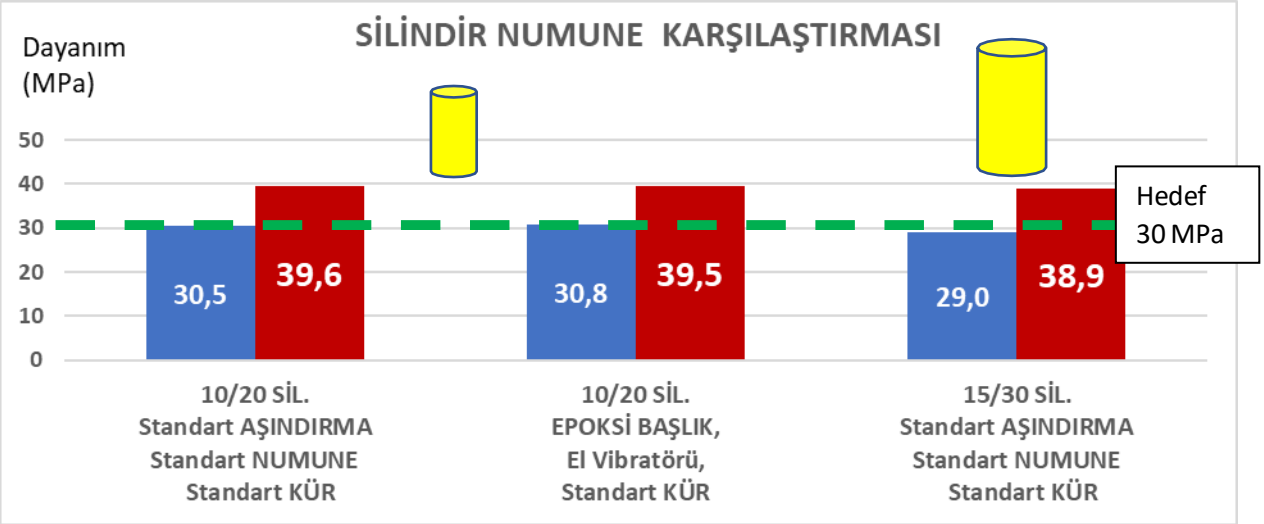
10 ve 15 cm KÜP üzerinde Değerlendirme



Standarda uygun bir şekilde alınan ve kür edilen, 10 ve 15 cm KÜP numunelerin dayanım deney sonuçlarına göre, en yüksek değerin 10 cm'lik küp numunelere ait olduğu (42,3 MPa), 15 cm küp numunelerin 'in ikinci yüksek dayanım sonucunu verdiği (41,7) ve sonrasında ise (40,0 MPa) ile yerli 15 cm küp numunelerin geldiği görülmüştür.

Standartta 10 ve 15 cm küp numuneler arasındaki ilişki olan 0,95'in, 0,98 olarak gerçekleştiği tespiti yapılmıştır. Ayrıca, yerli diye adlandırılan standarda uygunluğu çok zayıf olan 15 cm küp numuneler de beklendiği gibi en düşük sonucu vermiştir.

10/20 ve 15/30 cm SİLİNDİR üzerinde Değerlendirme



Standarda uygun bir şekilde alınan, kür edilen ve aşındırılan 10/20 ve 15/30 cm SİLİNDİR numunelerin değerlendirmesi yapıldığında, aşındırılan numuneler arasında en yüksek değerin 10/20 cm'lik silindir numunelere ait olduğu (39,6 MPa), sonrasında ise 15/30 cm'lik silindir numunelerin geldiği (38,9 MPa) görülmüştür.

Standartta 10/20 ve 15/30 cm silindir numunler arasındaki ilişki olan 0,97 katsayısı, 0,97 olarak aynı şekilde bulunmuştur.

Tüm numuneler masa vibratörü ile alınırken, 17 No.lu deneyde el vibratörü kullanılmış ve 28 günlük dayanımlarda standart numune alımına göre önemli bir fark bulunmamıştır (39,6 MPa ve 39,5 MPa).

Genel olarak, numune tipleri ve ebatlarına dair bir değerlendirme yapıldığı takdirde;

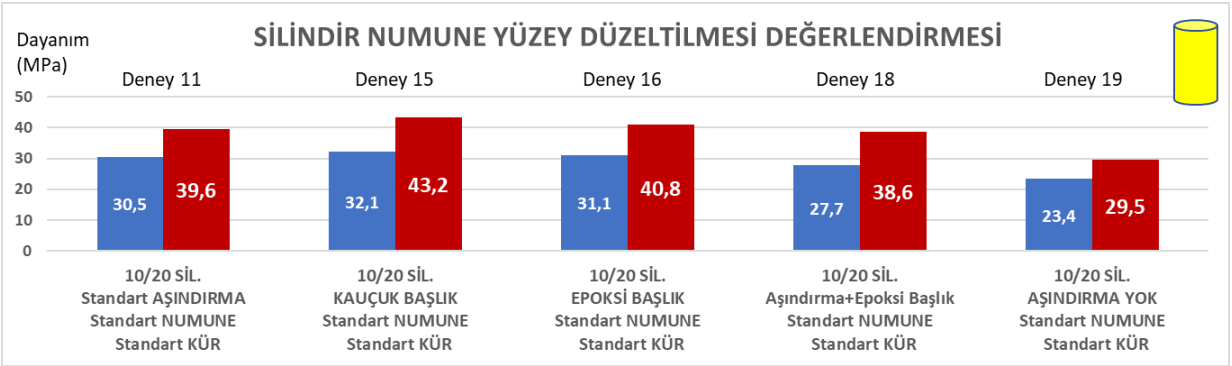
1. Küçük numunelerin (10 cm Küp ve 10/20 Silindir), büyük numunelere (15 cm Küp ve 15/30 Silindir) göre, %2-3 oranında daha yüksek basınç dayanım değeri verdiği görülmüştür ki, bu durum standarttaki değerlere yakındır.

2. KÜP'ler ile SİLİNDİR'lerin, düzeltilmiş halinin sırasıyla, 41 MPa ve 39 MPa dayanım sonucu verdiği, KÜP'ün SİLİNDİR'den 2 MPa daha yüksek çıktığı gözlenmiştir. Oysa standarda göre, KÜP numunenin, Silindir'den 7 MPa daha yüksek olduğu öngörülmektedir. (C30/37'de, KÜP'ün hedefi 37 MPa iken, SİLİNDİR'in hedefi 30 MPa olmalı). Grafiklere bakıldığında da KÜP numunelerde hedef dayanımın 3-5 MPa üzerinde ve düşük güvenlikli değerler bulunmuştur. Pratikte bu durumda hedefin altına düşen değerlerden KAROT alınması gerekmektedir. SİLİNDİR numunelerde ise hedef dayanımın 10-11 MPa üzerinde ve yüksek güvenlikli değerler bulunmuştur. Aynı harmanda oluşan bu fark nedeniyle pratikte daha az karot alımı ihtiyacı olacak ve standartlarda belirtildiği gibi, karot numuneler "İSTİSNA" olacaktır.

4.3. Silindir Numunelerin Yüzeylerini Düzeltme Yöntemlerinin karşılaştırması

Numune kırım yüzeyinin düzgünlüğü basınç dayanımı tayininde çok önemli olup, presin basacağı yüzeyin çukur veya tümsek olmasının dayanımlarda büyük rol oynadığı küp numunelerde görülmüştür. TS EN 12390-3 EK A'da verildiği üzere, standarda uygun numune alınması ve saklanması durumunda dahi, 4 farklı düzeltme metodundan sadece AŞINDIRMA alınmış, farklı olarak EPOKSİ ve KAUÇUK BAŞLIK yöntemleri ile denemeler yapılmıştır.

10/20 cm SİLİNDİRLERİN Yüzey Düzeltme Tipleri üzerinde Değerlendirme



Grafik incelendiğinde;

1. Yüzeyin kusursuz hale getirilmesi amaçlı bu yöntemlerden anlaşmazlık durumlarında, standardımız AŞINDIRMA'yı referans almakla beraber, KAUÇUK BAŞLIK ile kırım metodu, BETONUN POTANSİYEL DAYANIMINI en iyi koruyan, yani, en az dayanım kaybı yaşatan yöntem olarak öne çıkmaktadır. Kauçuk başlıklı numune sonuçları 43,2 MPa iken, aşındırma yöntemi uygulanan numuneler 39,6 MPa'da kalmıştır (Aşındırma, Kauçuktan 43,2-39,6=3,6 MPa daha düşüktür). EPOKSİ BAŞLIK yapılan numuneler ise, diğer iki yöntem uygulanan numunelerin arasında bir dayanım değeri vermiştir. (40,8 MPa),

2. Aşındırma yapılmayan numuneler, alım ve kür şartları uygun olsa bile, 2 sınıf daha düşük dayanım vermiştir. Deney 11'de 39,6 MPa veren aşındırılmış silindir ile deney 19'da 29,5 MPa veren aşındırma yapılmamış silindir numunelerin sonucu arasında yaklaşık 10 MPa (2 sınıf düşük) fark ortaya çıkmıştır. Yani, numunelerin üst yüzeylerinin düzeltilmemesinin ciddi dayanım kayıplarına sebep olduğu görülmekte olup, aşındırma yapıldıktan sonra da mutlaka denetlenmesi gerektiği gerçeği öne çıkmaktadır.

4.4. Kırım Sonuçlarının Sapmalarının Karşılaştırması

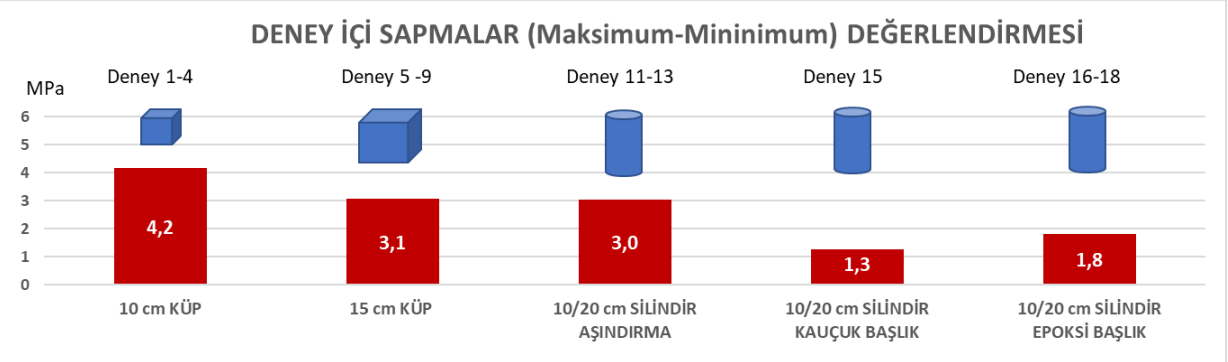
Değerlendirme yapılırken numune sonuçlarının dağılımını da göz ardı etmemek lazımdır. Çünkü bu değer (deney içi maksimum-minimum farkı), minimum ile ortalama arasındaki farkı belirleyecektir. Yani, sapmayı dikkate alarak istenen HEDEF dayanımının tutturulabilmesi için, ortalamanın ne kadar MPa uzakta tutulması gerektiği ortaya çıkacaktır. Sapmalar ne kadar az olur ise, ortalama hedefi o kadar yakınlaşacak, sapmanın çoğalması halinde ise, ortalama hedefi uzaklaşacaktır.

Aşağıdaki Grafikten görüleceği üzere; deney sonuçlarının sapmaları,

SİLİNDİRLER için; KAUÇUK (1,3 MPa) ve EPOKSİ (1,8 MPa) başlıkta en az sapma olurken, AŞINDIRMA'nın sapması 3,0 MPa gibi diğerlerinden yüksek seyretmektedir.

KÜPLER için ise; 15'lik KÜP 3,1 MPa iken, 10'luk KÜP'ün çok daha fazla sapmış (4,2 MPa) olduğu görülmüştür.

Buradan da SİLİNDİR numune kalıbı ve KAUÇUK veya EPOKSİ başlık kullanımı ile düzeltmenin yapılması halinde, çok daha güvenilir ve tutarlı sonuçlar elde edilebileceği söylenilebilir.



5. SONUÇLAR

Mevcut koşullar altında, sahada yaşanan karot numunesi kargaşasına ışık tutmak amacıyla farklı tip ve ebatta KÜP/SİLİNDİR ve farklı yüzey düzeltmeli 342 numune ile, en çok kullanılan C30/37 Sınıfı, 3 defa tekrarlı beton üretimi, beton santrali ile sınırlı tutulmuştur. Son yıllarda yüklenici, hazır beton üreticisi, yapı denetim ve yapı laboratuvarları arasında, taze beton numune deney sonuçları düşük çıkınca itilaflar oluşmuş, numunelerin tipleri, ebatları, alım şekli, kürü, başlık yapımı vb. konular tartışılmaya başlanmıştır. Hangi konunun etkisinin ne kadar olacağını bilebilmek amacı ile yapılan bu çalışmanın sonunda;

1. 10 ve 15 cm'lik PLASTİK KÜP numune kalıplarından çıkan numunelerden elde edilen dayanımlar ile, 10/20 ve 15/30 cm SİLİNDİR'lerden elde edilen 28 günlük dayanımlar arasında, standartta belirtilen 7 MPa fark, sadece (41-39) 2 MPa olarak ortaya çıkmakta ve KÜP kullanımı halinde aynı betonun 1 sınıf daha düşük olduğu kanısına varılmaktadır. Aynı beton için, diğer tüm şartlar aynı olduğunda SİLİNDİR numune alan laboratuvar betonu C30 olarak bulmakta, KÜP numune alan laboratuvar ise aynı betonu C25 olarak bulabilmektedir. Bunun temel nedeni olarak, KÜP'lerin yük uygulanan yüzeylerinin SENTİL ile ölçüldüğünde standartların izin çukurluk-tümseklik sınırlarına uygun olmadığı söylenebilir.

2. Numune alımı ve Saklamasının basınç dayanımı üzerinde ne kadar etki yaptığı sorusunun cevabı da araştırılmıştır. İster küçük ebatlı ister büyük ebatlı ister KÜP ister SİLİNDİR kalıp olsun, hepsinde de numune alımı kusuru veya saklama kusurunun, dayanımları yaklaşık 5 MPa (1 sınıf) düşürdüğü gözlenmiştir. Hatta eğer her 2 kusur da birlikte mevcut ise, beton sınıfının 10 MPa (2 sınıf) düşük elde edildiği görülmüştür.

3. Çalışma sonuçlarına göre, silindir numunelerin yüzeylerin düzeltilmesinde kullanılan yöntemlerden en sağlıklı olanı olarak, henüz Türk Standartlarına girmemiş olan KAUÇUK metodu öne çıkmaktadır. Kauçuk yöntem ile alınan sonuçlar 43,2 MPa iken, Aşındırma metodu ile 39,6 MPa olup, arasında 3,6 MPa Kauçuk lehine fark vardır. Bu durum, KAUÇUK ile kırım yapılması halinde, yüzeydeki tümsek ve çukurların çok iyi derecede kapatılması nedeniyle, dayanım kayıplarının en aza indiği görülmüştür. Epoksi başlığın da Aşındırma ile yaklaşık aynı olduğu görülmüştür.

4. Deney sonuçlarının sağlıklı olabilmesi için, aynı harmandan alınan deney içindeki kırım sonuçlarının birbirine yakın olması esastır. Çalışmada maksimum ile minimum değerler arasındaki farklara bakıldığında ise, KÜP numunelerin sapmasının SİLİNDİR numunelere göre daha az olduğu, özellikle de KAUÇUK ve EPOKSİ başlıkla yapılan kırımların 1-2 MPa gibi küçük bir sapma ile daha sağlıklı bir deney sonucuna ulaşılmasına imkân tanıdığı söylenebilir.

Sonuç olarak, numune tipi seçimi, numune alımı-saklama ve yüzey düzeltme konularında daha sağlıklı olanının seçilmesi, sahadaki doğru uygulamalar ile birlikte sektörü ve tüm tarafları bu KAROT kaosundan kurtarabilir. Aksi halde, tecrübeli kişilerce yapılması gereken karot işleminin yaşattığı süreçler maliyete, bunca zahmete ve yapılara zarar vermeye devam edecektir. Bu sebeple, silindirik olan karot numunesi almak yerine, beton dökümü sırasında alınan taze beton numunesini silindir alarak küp ve silindir farkı nedeniyle oluşan beton dayanımı anlaşmazlıkları bir nebze ortadan kaldırılabilir. Özellikle yüksek sınıflı betonlarda bu fark daha fazla olduğu için anlaşmazlık kaçınılmazdır. Ayrıca, beton sınıfı tarif edilirken ve kısaca yazılırken silindir telaffuz edilmekte (C30/37 yerine kısaca C30), ancak numune alımına gelince küp kullanılmaktadır. Bu durumda ise, dayanımlar konuşulurken tekrardan silindire dönülmekte, yani iki kez dönüşüm yapılarak gereksiz yere emniyet katsayılarının artırılmasına neden olunmaktadır. Dayanım hedefi tutmayınca üretici tarafından çimento dozajı artışına gidilecek, bu da ekonomik olarak gereksiz yere fazla çimento kullanımına sebep olacaktır.

Öte yandan, taze beton silindir olarak alındığında bu kez de başlıklama konusu kritik hale gelmekte ve bu noktada uygulama zafiyeti oluşması riski mevcut olmaktadır. Yani bir olumsuz parametreyi düzeltirken, bir başka olumsuz etki ile karşı karşıya kalınabilmektedir. Ülke çapındaki saha uygulamalarında numune tipi seçiminde bölge bazında beton sınıflarının yüksekliğine ve laboratuvar firmalarının teknik yeterliliklerine göre, silindir veya 15 cmlik küp kullanımı söz konusu olabilir.

10 cmlik küp numune kullanımı ise pratiklik olarak sahada avantajlı görünmekle beraber, gerek numune homojenliğinin daha önemli hale gelmesi, gerekse vibrasyon kalitesinin tutarlılığı açısından sapmaya çok duyarlıdır. Bu yüzden 10 cmlik küp numunelerinin laboratuvar ar-ge çalışmaları dışında sahada kullanımı sakıncalı görülmektedir.

Kaynaklar

[1]. TS EN 12390-1 Haziran 2013 Beton - Sertleşmiş beton deneyleri – Bölüm 1: Deney Numunesi ve kalıplarının şekil, boyut ve diğer özellikleri

[2]. TS EN 12390-2 Eylül 2019 Beton - Sertleşmiş beton deneyleri – Bölüm 2: Dayanım deneylerinde Kullanılacak deney numunelerinin hazırlanması ve küre tabi tutulması

[3]. TS EN 12390-3 Eylül 2019 Beton - Sertleşmiş beton deneyleri – Bölüm 3: Deney numunelerinin basınç dayanımının tayini

[4]. ASTM C1231-00 Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Concrete Cylinders

[5]. TS 13515:2021 TS EN 206'nın Uygulanmasına yönelik tamamlayıcı standart

[6]. TS EN 12390-4 Nisan 2002 Beton- Sertleşmiş beton deneyleri – Bölüm 4: Basınç dayanımı

- Deney makinelerinin özellikleri.

www.thbb.org

www.thbbakademi.org