

Tarımsal Yapılardaki Yapı Elemanlarında Beton Basınç Dayanımlarının ve Donatı Durumlarının Belirlenmesi

Naciye Aygen ÖZHAN¹ Kenan BÜYÜKTAŞ^{2*} Ahmet TEZCAN²

¹Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Antalya, Türkiye

²Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Antalya, Türkiye
Sorumlu yazar: kbuyuktas@akdeniz.edu.tr

Geliş tarihi:19/07/2018 Yayına kabul tarihi: 27/11/2018

Özet: Çalışmada Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi bünyesinde bulunan bitkisel üretim yapılarındaki lizimetreler ve hayvansal üretim yapılarındaki su basmanı, döşeme, betonarme perde duvar gibi yapı elemanlarının mevcut dayanımlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla beton test çekici kullanılarak yapı elemanların da okumalar yapılmış ve elde edilen okumalar TS EN 13791 Standardındaki Madde 9'a göre değerlendirilerek beton sınıfları belirlenmiştir. Daha sonra donatı tarama cihazı kullanılarak bu yapı elemanlarında kullanılan boyuna ve enine donatı çapı ve sayısı ile pas payı kalınlıkları belirlenmiştir. Böylece her iki yöntemle elde edilen sonuçlar "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar" yönetmeliğindeki değerler ile karşılaştırılmıştır. Sonuçta tarımsal yapılarda kullanılan yapı elemanlarının yönetmelikte geçerli olan beton sınıfı koşulunu sağlayıp sağlamadığı belirlenmiştir. Çalışma sonunda beton test çekici kullanılarak elde edilen sonuçlara göre yapı elemanlarındaki en düşük beton sınıfı C12 ile lizimetrede ve en yüksek beton sınıfı ise C30 ile süt sığırları işletmesi silaj yem deposu perde duvarında bulunmuştur. Yine bu yapı elemanlarında donatı tarama cihazı kullanılarak elde edilen sonuçlara göre donatı çapları Ø8 mm ile Ø24 (Ø16 mm ± 8 mm) arasında ve pas payları ise 14 mm ile 69 mm arasında bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Beton test çekici, dayanım, donatı tarama cihazı, pas payı.

Determination of Concrete Compressive Strength and Reinforcement Situations in Construction Elements in Agricultural Constructions

Abstract: The purpose of the study was to determine existing strength of structures elements of crop and animal production structures located in Akdeniz University Faculty of Agriculture. Lysimeters in vegetable production structures, basement, floor and reinforced concrete curtain wall in animal production structures were selected for examination. For this purpose, readings were done in structural elements using concrete test hammer. Readings obtained were evaluated according to Article 9 of TS-EN 13791 Standard and concrete classes were determined for each elements. Then, longitudinal and transverse reinforcement diameter and number, thickness of concrete cover used in these structural elements were determined by using reinforcement scanning device. As a result, it was determined that whether the structural elements used in agricultural structures provide the concrete class condition applicable to the regulation or not. According to results obtained by using concrete test hammer, the lowest concrete class was found on lysimeters as C12, the highest concrete class was found in reinforced concrete curtain wall of silage feed storage of dairy cattle barn as C30. According to results obtained by using reinforcement scanning device, reinforcement diameters were found between Ø8 mm and Ø24 (Ø16 mm ± 8 mm) and concrete covers were found between 14 mm and 69 mm.

Keywords: Concrete test hammer, strength, covermeter, concrete cover.

Giriş

Tarımsal işletmelerde tarımsal yapılar gereksinim vardır. Bu yapılar, Tarımsal işletmelerde tarımsal bitkisel ve hayvansal üretim yapıları, ürün faaliyetlerin yürütülebilmesi için bazı depolama yapıları veya konutlar gibi ana

yapılarla bu ana yapılar yardımcı ve tamamlayıcı birçok yapı ve bölümlerden oluşur. Tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilir olması için bu ana yapılarla yardımcı yapıların fonksiyonel ve şartnamelere uygun şekilde projelendirilmesi ve planlanması gerekir.

Bir yapıyı oluşturan ana unsur kullanılan yapı malzemeleridir. Çeşitli yapı malzemeleri kullanılarak yapıların taşıyıcı elemanları oluşturulur ve bu yapı elemanları da yapıları oluşturur. Yapılar, sadece barınma ve korunma gereksinimini karşılamakla kalmayıp aynı zamanda içinde yaşayanların konforunu ve verimini en yüksek düzeye çıkaracak uygun yaşam ortamını da sağlayacak şekilde planlanmalıdır.

Çoğu zaman, tarımsal yapılar yetersiz genişlikte, ucuz ve konforsuz bir yapı olarak düşünülmektedir. Oysa tarımsal yapılar planlanırken öncelikle içerisinde barınacak materyalin canlı materyal olduğu unutulmamalı ve yapı canlı türüne göre uygun olarak planlanmalıdır. Bu nedenle, tarımsal üretim yapıları diğer yapılar gibi yapılaşma amacına uygun şekilde projelendirilmeli ve standartlara uygun, emniyetli, ekonomik ve çevre yapılarla uyumlu bir şekilde yapılmalıdır.

Ülkemizdeki mevcut yapıların çok büyük bir kısmını betonarme yapılar oluşturmakta ve bu yapılarda deprem ve benzeri etkilerden dolayı oluşan sorunlara sık sık rastlanmaktadır. Ortaya çıkan yapısal problemlerin esas kaynağını beton kalitesindeki düşüklük oluşturmaktadır (Eren, 1999; Celep, 1999).

Bu nedenle, yapım aşamasında olan veya yapımı yeni tamamlanmış betonarme yapıların ya da yıllardır kullanılmakta olanların yeniden gözden geçirilip değerlendirilmesi gerekir. Bu değerlendirmede temel amaç, yapının kabul edilebilir bir yapı güvenliğini sağlayıp sağlamadığının saptanmasıdır. Yapı güvenliğinde amaçlanan ise, göçmeye karşı güvenliğin ve kullanılabilirliğin sağlanmasıdır (Aköz, 2005).

Ravindraja (1992), yüksek dayanımlı betonların dayanımını tahribatsız yöntemlerle belirlemeyi amaçlamıştır. Tahribatsız yöntemlerin, ekonomi, hız ve en az zarar verme gibi birçok faydası olduğunu vurgulamıştır.

Breysse et al. (2008), beton yapıların daha iyi değerlendirilmesi için tahribatsız yöntemleri birleştirmişlerdir. Tahribatsız yöntemleri var olan betonarme yapıların yerinde yapısal değerlendirmesinin etkili ve pratik bir yolu olarak görmektedirler.

Betonun basınç dayanımını bulabilmek üzere Türkiye'de en çok kullanılan tahribatsız yöntemler, beton test çekici ve ultrasonik test yöntemleridir. Bazen bir beton eleman üzerinde hem beton test çekici yöntemiyle hem de ultrasonik yöntemle ölçümler yapılmakta ve bulunan sonuçlar birlikte değerlendirilmektedir (Erdoğan, 2010).

Bu çalışmada "Tahribatsız Deney Yöntemi" ve "Donatı Tarama Yöntemi" birlikte kullanılarak Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi bünyesinde bulunan tarımsal üretim yapılarındaki yapı elemanlarının mevcut dayanımları ve bu elemanlarda kullanılan donatı yapılarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Materyal

Çalışmada materyal olarak Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi bünyesinde bulunan tarımsal üretim yapıları kullanılmıştır. Fakülte bünyesinde bulunan yapılardaki yapı elemanlarının mevcut dayanımların belirlenmesinde darbe enerjisi 225 kgxm olan N34 tipi "Beton Test Çekici" ve mevcut yapı elemanlarında kullanılan donatı durumunun belirlenmesinde ise 300 mm derinliğe kadar ölçüm yapabilme özelliğine sahip "Donatı Tespit Cihazı" kullanılmıştır. Çalışmada materyal olarak seçilen yapılar ve beton test çekicinin uygulandığı yapı elemanları Çizelge 1'de, donatı durumunun belirlenmesinde tarama cihazının uygulandığı elemanlar ise Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Beton test çekicinin uygulandığı tarımsal yapı elemanları

Table 1. Agricultural structural elements in which concrete test hammer is applied

Eleman No	Bina Adı	Sınıf / Bölüm	Uygulanan Eleman
1	Süt Sığırı İşletmesi	Silaj Yem Deposu	Ön Betonarme Perde Duvarı 1
2	Süt Sığırı İşletmesi	Silaj Yem Deposu	Ön Betonarme Perde Duvarı 2
3	Süt Sığırı İşletmesi	Silaj Yem Deposu	Orta Betonarme Perde Duvar1
4	Süt Sığırı İşletmesi	Silaj Yem Deposu	Orta Betonarme Perde Duvar2
5	Süt Sığırı İşletmesi	Silaj Yem Deposu	Arka Betonarme Perde Duvar 1
6	Süt Sığırı İşletmesi	Silaj Yem Deposu	Arka Betonarme Perde Duvar 2
7	Süt Sığırı İşletmesi	Kaba Yem Deposu	Zemin Betonu
8	Süt Sığırı İşletmesi	Kaba Yem Deposu	Su Basman Betonu
9	Süt Sığırı İşletmesi	Gübrelik	Betonarme Perde Duvar 1
10	Süt Sığırı İşletmesi	Gübrelik	Betonarme Perde Duvar 2
11	Süt Sığırı İşletmesi	Dinlenme alanı	Zemin Betonu
12	Süt Sığırı İşletmesi	Silaj Yem Deposu	Zemin Betonu
13	Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Uygulama Alanı	Lizimetreler	Lizimetreler 1
14	Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Uygulama Alanı	Lizimetreler	Lizimetreler 2
15	Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Uygulama Alanı	Lizimetreler	Lizimetreler 3
16	Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Uygulama Alanı	Lizimetreler	Lizimetreler 4
17	Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Uygulama Alanı	Lizimetreler	Lizimetreler 5
18	Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Uygulama Alanı	Lizimetreler	Lizimetreler 6
19	Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Uygulama Alanı	Lizimetreler	Lizimetreler 7
20	Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Uygulama Alanı	Lizimetreler	Lizimetreler 8
21	Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Uygulama Alanı	Lizimetreler	Lizimetreler 9
22	Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Uygulama Alanı	Lizimetreler	Lizimetreler 10
23	Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Uygulama Alanı	Lizimetreler	Lizimetreler 11
24	Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Uygulama Alanı	Lizimetreler	Lizimetreler 12

Çizelge 2. Donatı tarama cihazının uygulandığı tarımsal yapılar

Table 2. Agricultural structures where reinforcement scanning device is applied

Eleman No	Bina Adı	Sınıf / Bölüm	Uygulanan Eleman
1	Süt Sığırı İşletmesi	Silaj Yem Deposu	Ön Betonarme Perde Duvarı 1
2	Süt Sığırı İşletmesi	Silaj Yem Deposu	Ön Betonarme Perde Duvarı 2
3	Süt Sığırı İşletmesi	Silaj Yem Deposu	Orta Betonarme Perde Duvar 1
4	Süt Sığırı İşletmesi	Silaj Yem Deposu	Orta Betonarme Perde Duvar 2
5	Süt Sığırı İşletmesi	Silaj Yem Deposu	Arka Betonarme Perde Duvar 1
6	Süt Sığırı İşletmesi	Silaj Yem Deposu	Arka Betonarme Perde Duvar 2
7	Süt Sığırı İşletmesi	Gübrelik	Betonarme Perde Duvar 1
8	Süt Sığırı İşletmesi	Gübrelik	Betonarme Perde Duvar 2

Metot

Bu çalışmada “Tahribatsız Deney Yöntemi” ve “Donatı Tarama Yöntemi” birlikte kullanılarak Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi bünyesinde bulunan tarımsal üretim yapılarındaki yapı elemanlarının mevcut dayanımları ve bu elemanlarda kullanılan donatı yapısı belirlenmiştir.

Çalışmada, materyal olarak seçilen tarımsal yapıların yapı elemanlarının mevcut dayanımlarının belirlenmesinde tahribatsız

yöntem olarak “beton test çekici” kullanılmış ve seçilen yapı elemanlarına 300 mm x 300 mm’yi geçmeyen bir alan üzerinde 20 mm-50 mm’lik karelağlar oluşturularak 10’ar adet okuma yapılmıştır. Beton test çekici ile beton yüzey sertliği ölçümleri “TS EN 12504-2 Yapılarda Beton Deneyleri -Bölüm 2: Tahribatsız Deneyler” standardına göre Çizelge 1’de verilen elemanların tümüne uygulanmıştır.

Çizelge 3. Geri tepme sayısına karşılık gelen küp basınç değerleri (Yüksel, 1995)

Table 3. Cube pressure values corresponding to the number of recoil (Yüksel, 1995)

Geri Tepme Sayısına Karşılık Gelen Küp Basınç Direnci R Değerleri				
R	Wmax		Wmin	
	kp/cm ²	N/mm ²	kp/cm ²	N/mm ²
20	101	8.9	54	5.3
21	113	11.1	64	6.3
22	126	12.4	75	7.4
23	139	13.6	86	8.4
24	152	14.9	98	9.6
25	166	16.3	110	10.8
26	180	17.7	122	12
27	195	19.1	135	13.2
28	210	20.6	149	14.6
29	226	22	163	16
30	241	23.6	178	17.5
31	257	25.2	193	18.9
32	274	26.9	209	20.5
33	291	28.5	225	22.1
34	309	30.1	240	23.5
35	324	31.8	256	25.1
36	342	33.5	273	26.8
37	360	35.2	290	28.4
38	377	37	307	30.1
39	395	38.7	324	31.8
40	413	40.4	341	33.4
41	432	42.4	359	35.2
42	450	44.1	377	37
43	469	46	395	38.7
44	488	47.8	414	40.6
45	507	49.7	432	42.4
46	526	51.5	451	44.2
47	546	53.5	470	46.1
48	565	55.4	489	48
49	584	57.3	508	49.8
50	604	59.2	527	51.7
51	623	61.1	546	53.5
52	643	63.1	565	55.4
53	663	65	584	57.3
54	683	67	603	59.1
55	703	68.9	622	61

Her elemana yapılan 10'ar adet okumaların en küçük ve en büyük değerleri çıkartılarak geri kalan 8 okumaların aritmetik ortalaması alınmış ve geri tepme sayısına karşılık gelen küp basınç direnci olan R değerleri bulunmuştur. Bulunan R değerleri o test yüzeyini temsil eden dönüşüm eğrisinde yerine konularak R değerine karşılık gelen beton basınç dayanımları belirlenmiştir (Çizelge 3). Elde edilen değerler TS EN 13791 standardındaki Madde 9' da belirtilen (Çizelge 4) Boy/Çap=1 katsayılarına göre değerlendirilerek yapı elemanlarının dayanım değerleri ve beton sınıfları belirlenmiştir.

Daha sonra Donatı Tarama Yöntemi olarak "Donatı tespit cihazı" ile Çizelge.2'de verilen yapı elemanlarına "Anonim, (2016)-Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında" yönetmeliğine göre tarama yapılarak bu yapı elemanlarında kullanılan boyuna donatıların çapları ve sayıları, enine donatıların çapları ve aralıkları ile beton dış yüzeyi ile donatı arasındaki mesafe olan pas payı kalınlıkları belirlenmiştir. Kontrol edilen yapı elemanlarındaki donatının

pozisyonunu, derinliği, sayısı ve çapı ile ilgili elde edilen sonuçlar cihazın taşınabilir monitöründe üç boyutlu olarak görüntülenerek bilgisayara aktarılmıştır. Donatı tarama cihazı kullanılırken, tarama kafası beton yüzeyi ile temas halinde tutularak mesnetlerden başlanarak beton yüzey yukarıdan aşağıya ve soldan sağa doğru taranarak donatıların yerleri ve çapları belirlenmiştir.

Son olarak elde edilen sonuçlar değerlendirilerek mevcut yapıların yapı elemanlarının dayanım sınıfları ve donatı durumları belirlenerek tablo ve grafik olarak ifade edilmiştir. Ayrıca donatı tarama cihazı ile elde edilen tarama görüntüleri kullanılarak mevcut donatı durumuna ilişkin istatistiksel raporlar ProVista paket programı kullanılarak hazırlanmıştır. Böylece Ziraat Fakültesi bünyesinde bulunan bitkisel üretim yapıları ve hayvansal üretim yapılarının dayanım durumları, dayanım sınıfları ve donatı uygulamalarına göre yönetmeliklere uygun olarak yapılmadığı belirlenen yapıların, iyileştirilmesi ya da güçlendirilmesi için önerilerde bulunulmuştur.

Çizelge 4. Madde 9'a göre dayanım sınıfları (TS EN 13791, 2010)

Table 4. Strength classes according to Article 9

TS EN 13791; Madde 9 Değerlendirme Tablosu		
Dayanım sınıfları	Boy / Çap = 1	Boy / Çap = 2
C8/10	5.1	3.40
C12/15	9.35	6.80
C20/25	17.85	13.60
C25/30	22.1	17.85
C30/37	28.05	22.10
C35/45	34.85	26.35
C40/50	39.1	30.60
C45/55	43.35	34.85
C50/60	47.6	39.10
C55/67	53.55	43.35
C60/75	60.35	47.60

Bulgular ve Tartışma

Beton Test Çekici İle İlgili Bulgular

Beton test çekici ile Ziraat Fakültesine ait tarımsal üretim yapılarında 24 adet farklı beton elemanda her yüzey için 10 adet olmak üzere toplamda 240 okuma yapılmıştır. Her eleman için yapılan 10'ar adet okumaların en küçük ile en büyük değerleri çıkartılarak geri kalan 8 okumanın aritmetik ortalamasına karşılık gelen yüzey

sertliği geri tepme değerleri (R' değerleri) elde edilmiştir

Elde edilen bu 'R' değerlerine karşılık gelen basınç dayanım değerleri beton test çekicinin üzerindeki abak yardımı (Çizelge 3) ile minimum ve maksimum değerler olarak 'MPa' cinsinden hesaplanmıştır. Daha sonra hesaplanan her bir MPa değeri 0.689 sabiti ile

Çizelge 5. Beton test çekici ile yapılan okuma sonuçlarına göre elde edilen ortalama R değerleri, maksimum ve minimum basınç dayanım değerleri ve beton sınıfları

Table 5. Average R values, maximum and minimum compressive strength values and concrete classes according to the results of reading with concrete test hammer

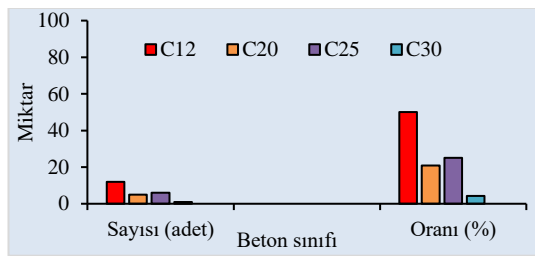
Eleman No	Beton Test Çekici Okumaları										Ort. R Değeri	Minimum		Maksimum		Beton Sınıfı
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		Beton Basınç Dayanımı Değeri (Mpa)	Beton Basınç Dayanımı Değerinin 0.689 ile çarpımı (MPa)	Beton Basınç Dayanımı Değeri (Mpa)	Beton Basınç Dayanımı Değerinin 0.689 ile çarpımı (MPa)	
1	45	46	45	46	47	44	48	46	50	45	46	44.2	30.5	51.5	35.5	C30
2	42	38	40	40	37	40	38	39	41	40	39.5	32.6	22.5	39.6	27.3	C25
3	38	40	37	38	42	44	44	45	42	42	41.3	35.2	24.3	42.4	29.2	C25
4	38	40	42	40	38	40	38	36	40	38	39	31.8	21.9	38.7	26.7	C20
5	36	37	41	42	41	40	40	40	40	37	39.5	32.6	22.5	39.6	27.3	C25
6	38	39	36	39	35	37	42	36	36	37	37.3	28.4	19.6	35.2	24.3	C20
7	34	43	39	35	39	33	36	34	33	34	35.5	25.95	17.9	32.7	22.5	C20
8	36	40	41	41	39	38	42	37	44	40	39.8	33.4	23	40.5	27.9	C25
9	45	43	40	40	45	40	43	40	40	40	41.4	36.1	24.9	43.3	29.8	C25
10	44	41	40	41	44	40	48	46	48	48	44	40.6	27.97	47.8	32.9	C25
11	34	36	35	37	35	36	35	37	40	40	36.4	27.6	19.02	34.4	23.7	C20
12	35	32	31	33	30	34	37	33	36	34	33.5	22.8	15.71	29.3	20.2	C12
13	33	32	32	36	31	35	30	29	30	35	32.3	20.5	14.12	26.9	18.53	C12
14	31	30	33	29	33	35	39	30	37	39	33.5	22.8	15.7	29.3	20.19	C12
15	29	29	34	29	35	29	35	34	31	31	31.5	19.7	13.57	26.05	17.95	C20
16	32	30	30	40	39	36	30	35	30	34	33.3	22.1	15.23	28.5	19.64	C12
17	34	34	30	34	36	40	35	30	31	30	33	22.1	15.2	28.5	19.6	C12
18	36	35	35	34	30	34	30	31	30	31	32.5	21.3	14.7	27.7	19.08	C12
19	30	29	31	29	30	34	36	30	29	33	30.8	18.9	13	25.2	17.4	C12
20	36	36	35	30	34	30	37	30	30	37	33.5	22.8	15.7	29.3	20.2	C12
21	33	30	30	32	35	30	35	30	36	30	31.9	20.5	14.1	26.9	18.5	C12
22	33	30	35	30	30	35	37	30	32	31	32	20.5	14.1	26.9	18.5	C12
23	37	30	37	30	38	36	34	35	30	31	33.8	23.5	16.2	30.1	20.7	C12
24	30	30	31	27	30	29	30	31	29	30	29.9	17.4	11.9	23.6	16.3	C12
	Ortalama										35.9	26.8	18.5	33.5	23.1	

çarpılarak beton sınıfının belirlenmesinde kullanılan beton basınç değerleri (MPa) bulunmuştur. Bulunan minimum ve maksimum beton basınç dayanım değerlerinden minimum beton basınç dayanım değeri beton sınıfını belirlemede dikkate alınmıştır (Çizelge 5). Beton sınıfının belirlenmesi “TS EN 13791 Basınç Dayanımının Yapılar ve Öndökümlü Beton Bileşenlerde Yerinde Tayini” standardında bulunan ve Çizelge 4’de verilen Madde 9’a göre yapılmıştır.

Çizelge 5’de de görüldüğü gibi yapı elemanlarının beton sınıfları C12 ila C30 değerleri arasında bulunmuştur. Kontrol edilen yapı elemanlarının yarısında beton sınıfı C12, %20.8’inde C20 beton sınıfı, %25’inde C25 ve %4.2’inde beton sınıfı C30 olarak bulunmuştur. Beton test çekici ile elde edilen sonuçlara göre yapı elemanlarının beton sınıfları ve oranları Çizelge 6’da ve beton sınıflarının sayısı ve yüzde oranları ise Şekil 1’de, verilmiştir.

Çizelge 6. Beton test çekici sonuçlara göre yapı elemanlarının beton sınıfları ve oranları

Beton Sınıfı	Eleman No	Yüzde (%)
C12	12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24	50
C20	4, 6, 7, 11, 15	20.8
C25	2, 3, 5, 8, 9, 10	25
C30	1	4.2



Şekil 1. Yapı elemanlarının beton sınıflarına göre sayıları ve yüzde dağılımları

Figure 1. Number and percentage distributions of building elements according to concrete classes

Deprem yönetmeliğine göre binaların projelendirilmesi için minimum C20 sınıfı beton kullanılması öngörülmektedir (Anonim, 2016). Günümüzde ise konut yapımında yaygın olarak C20 ve C25 beton

sınıfları kullanılmaktadır. Yapılan çalışma sonucunda test edilen tarımsal yapı elemanlarının %50’sinde beton sınıfı C12, %20.8’inde beton sınıfı C20, %25’inde beton sınıfı C25 ve %4.2’inde beton sınıfı C30 olarak bulunmuştur. Buna göre yapı elemanlarının %50’sinde beton sınıfı C20’den düşük iken %50’sinde ise beton sınıfı Deprem Yönetmeliğinin öngördüğü beton sınıfı olan C20 ve daha yüksek beton sınıfında bulunmuştur (Çizelge 6) (Şekil 1).

Qasrawi ve Marie (2003), beton dayanımının tahmininde tahribatsız test yöntemlerini birleştirerek sonuca varmayı hedeflemiştir. Bu amaçla çalışmada geleneksel olarak iyi bilinen Schmidt çekici ve ultrasonik dalga hızı yöntemlerini birlikte kullanmıştır. Sonuçları, çeşitli grafik ve abaklara dökmüştür. Çalışma sonucunda elde ettiği grafiklerin % 95 oranında doğru tahmin aralığında olduğunu belirtmiştir.

Turan ve Tanrıku 2013, iki farklı agrega granülometrisi ve 4 farklı su/çimento (s/ç) oranı kullanılarak her biri 4 küp ve 7 silindirden oluşan 32 grup beton numuneler hazırlanmıştır. Deney numuneleri üzerinde test çekici ve ultrasonik ses hızı-(ultrasonic pulse velocity)- (UPV) ölçümleri yapıldıktan sonra basınç ve yarmada çekme dayanımları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda numunelerden beton test çekici ile elde edilen en düşük basınç dayanımını 8.90 MPa ve en yüksek basınç dayanımını ise 44.61 MPa olarak bulmuşlardır. Bu çalışmada beton test çekici ile elde edilen beton basınç dayanımları en düşük 9.10 MPa ve en yüksek 35.62 MPa değerleri ile benzer olduğu gözlenmiştir.

Donatı Tarama Cihazı ile İlgili Bulgular

Donatı tarama cihazı ile Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi’nde bulunan yapıların yapı elemanlarında 8 okuma yapılmış ve kullanılan boyuna ve enine donatıların sayıları, çapları, aralıkları ile beton dış yüzeyle donatı arasındaki mesafe olan pas payları tespit edilmiştir. Her tarama için okuma numarası belirlenmiş ve okumalar cihaz hafızasına kaydedilmiştir. Kaydedilen okumalar bilgisayar ortamına aktarılarak Provista paket programı ile grafik ve rapor haline getirilmiştir. Rapor ve grafik haline getirilen okumalarda Röntgen cihazı ile elde

edilen boyuna (x) ve enine (y) donatı durumları, ortalama pas payları, standart sapma değerleri, maksimum ve minimum pas payı kalınlıkları ve bu kalınlıklar arasındaki farklar (span) hesaplanmış ve Çizelge 7’de verilmiştir. Donatı tarama cihazı yapı elemanlarındaki enine ve boyuna donatıları 10 mm aralıklarla taramıştır. Donatı tarama cihazıyla yapı

elemanlarına yapılan taramalarda donatı çaplarının $\text{Ø}8$ mm ile $\text{Ø}24$ ($\text{Ø}16$ mm \pm 8 mm) arasında olduğu belirlenmiştir. Materyal olarak seçilen ve röntgen cihazı ile donatı tespiti yapılan yapı elemanlarının donatı durumları Şekil 2- Şekil 9’da verilmiştir.

Çizelge 7. Donatı tarama cihazı ile elde edilen boyuna (x) ve enine (y) donatı durumları

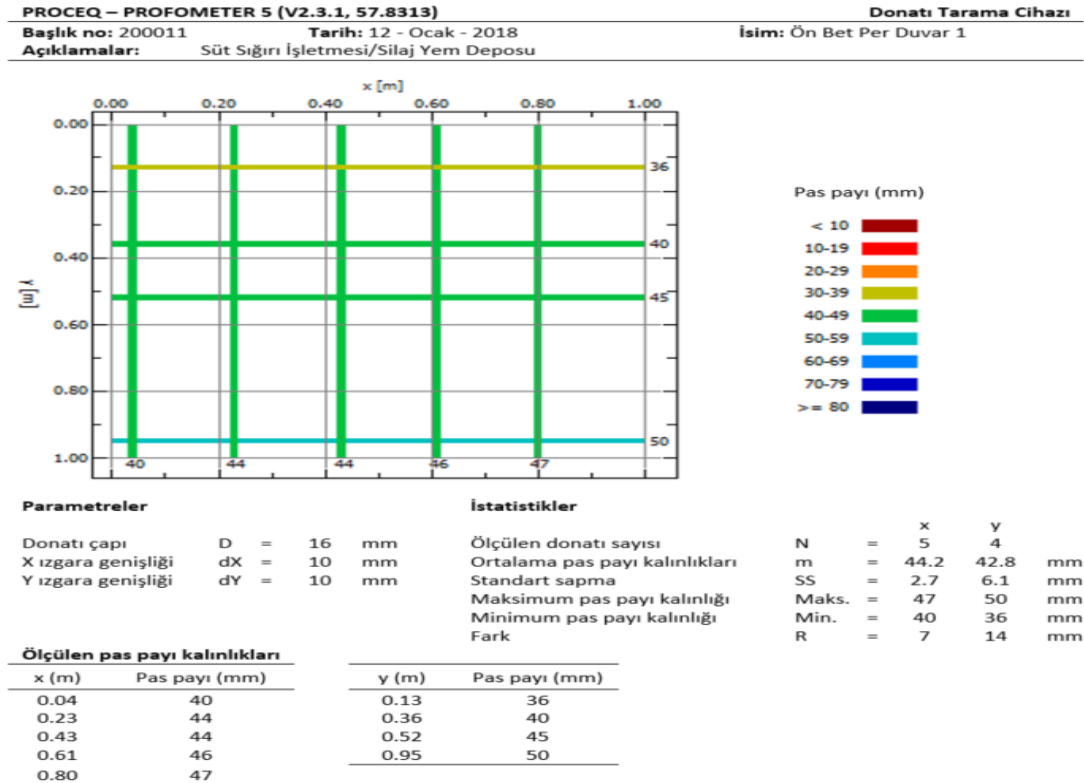
Table 7. Reinforcement conditions of longitudinal (x) and transverse (y) obtained by reinforcement scanning device

Eleman No	Enine donatı sayısı (y) (adet)	Boyuna donatı sayısı (x) (adet)	Enine ve boyuna donatı çap aralığı (mm)	Enine donatı minimum pas payları (y) (mm)	Enine donatı maksimum pas payları (y) (mm)	Enine donatı ortalama pas payları (m) (mm)	Boyuna donatı minimum pas payları (x) (mm)	Boyuna donatı maksimum pas payları (x) (mm)	Boyuna donatı ortalama pas payları (m) (mm)	Standart sapma (x) (mm)	Standart sapma (y) (mm)
1	4	5	16 \pm 8	36	50	42.8	40	47	44.2	2.7	6.1
2	5	4	16 \pm 8	33	43	38.6	56	64	59.5	3.7	4.0
3	5	5	16 \pm 8	17	25	21.0	24	39	33.2	6.1	3.2
4	6	5	16 \pm 8	30	49	41.8	41	47	45.0	2.5	7.5
5	4	5	16 \pm 8	53	68	59.5	42	49	46.4	2.7	6.6
6	5	3	16 \pm 8	38	42	39.6	21	57	33.7	20.2	1.5
7	3	6	16 \pm 8	36	47	42.7	14	45	29.7	11.1	5.9
8	1	-	16 \pm 8	69	69	69.0	-	-	-	-	-
Ortalama				39	49.1	44.4	34	49.7	41.7	7	4.9

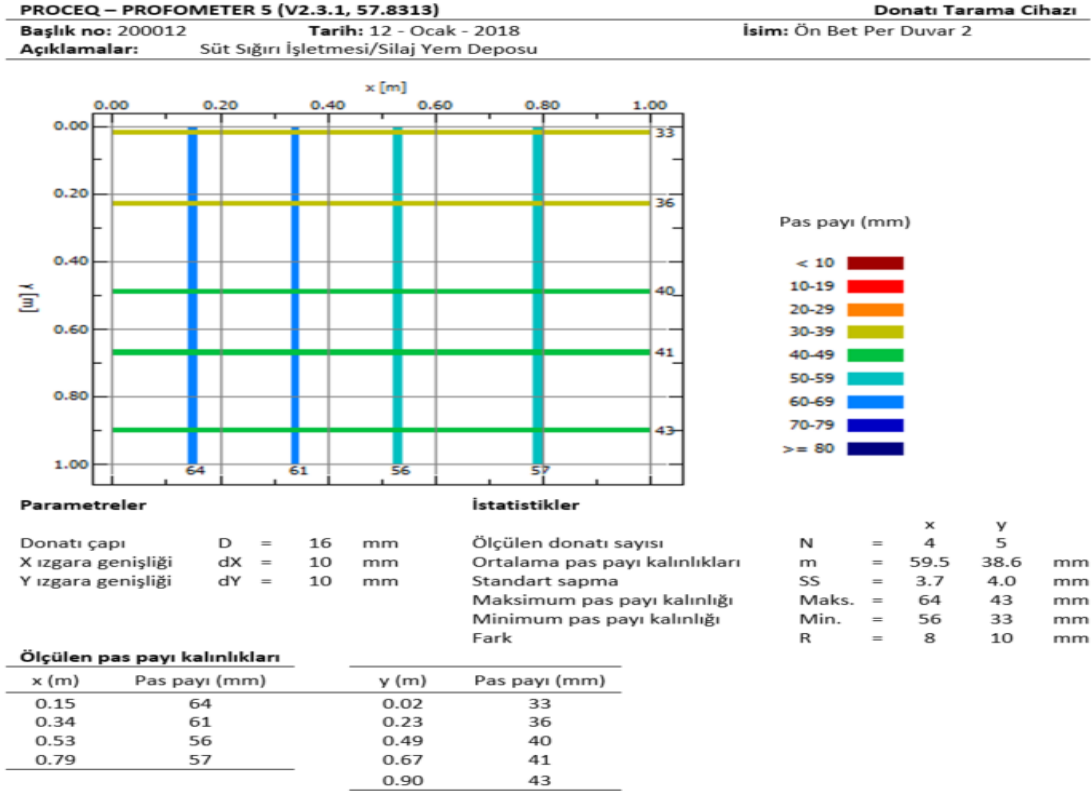
Şekil 2 donatı tarama cihazı ile 1 nolu elemana yapılan taramanın sonuçlarını göstermektedir. Buna göre 1 nolu elemenda boyuna donatı sayısının 5 adet, enine donatı sayısının 4 adet olduğu belirlenmiştir. Boyuna donatıların x doğrultusundaki pas paylarının beton yüzeyine olan mesafeleri 40 mm, 44 mm, 44 mm, 46 mm ve 47 mm, y doğrultusunda ise 36 mm, 40 mm, 45 mm ve 50 mm olduğu gözlenmiştir. Ortalama pas payı değerleri x doğrultusunda 44.2 mm ve y doğrultusunda ise 42.8 mm olarak bulunmuştur. Maksimum ve minimum pas payları mesafeleri arasındaki farkların (R değeri) x doğrultusunda 7 mm, y doğrultusunda 14 mm, standart sapma değerlerinin ise x yönünde 2.7 mm ve y yönünde 6.1 mm olduğu görülmüştür. Ayrıca boyuna donatıların y düzlemine olan mesafeleri sırasıyla 0.04 m, 0.23 m, 0.43 m, 0.61 m ve 0.80 m (ortalama 0.42 m), enine donatının x düzlemine mesafeleri 0.13 m,

0.36 m, 0.52 m ve 0.95 m (ortalama 0.49 m) olarak bulunmuştur.

2 nolu elemenda boyuna donatı sayısının 4 adet, enine donatı sayısının 5 adet olduğu belirlenmiştir (Şekil 3). Boyuna donatıların x doğrultusundaki pas paylarının beton yüzeyine olan mesafeleri 64 mm, 61 mm, 56 mm ve 57 mm, y doğrultusunda ise 33 mm, 36 mm, 40 mm, 41 mm ve 90 mm olduğu gözlenmiştir. Ortalama pas payı değerleri x doğrultusunda 59.5 mm ve y doğrultusunda ise 38,6 mm olarak bulunmuştur. Maksimum ve minimum pas payı mesafeleri arasındaki farkın (R değeri) x doğrultusunda 8 mm, y doğrultusunda 10 mm, standart sapma değerlerinin ise x yönünde 3.7 mm ve y yönünde 4.0 mm olduğu görülmüştür. Ayrıca boyuna donatıların y düzlemine olan mesafeleri sırasıyla 0.15 m, 0.34 m, 0.53 m ve 0.79 m (ortalama 0.45 m), enine donatının x düzlemine mesafeleri 0.02 m, 0.23 m, 0.49 m, 0.67 m ve 0.90 m (ortalama 0.46 m) olarak bulunmuştur.



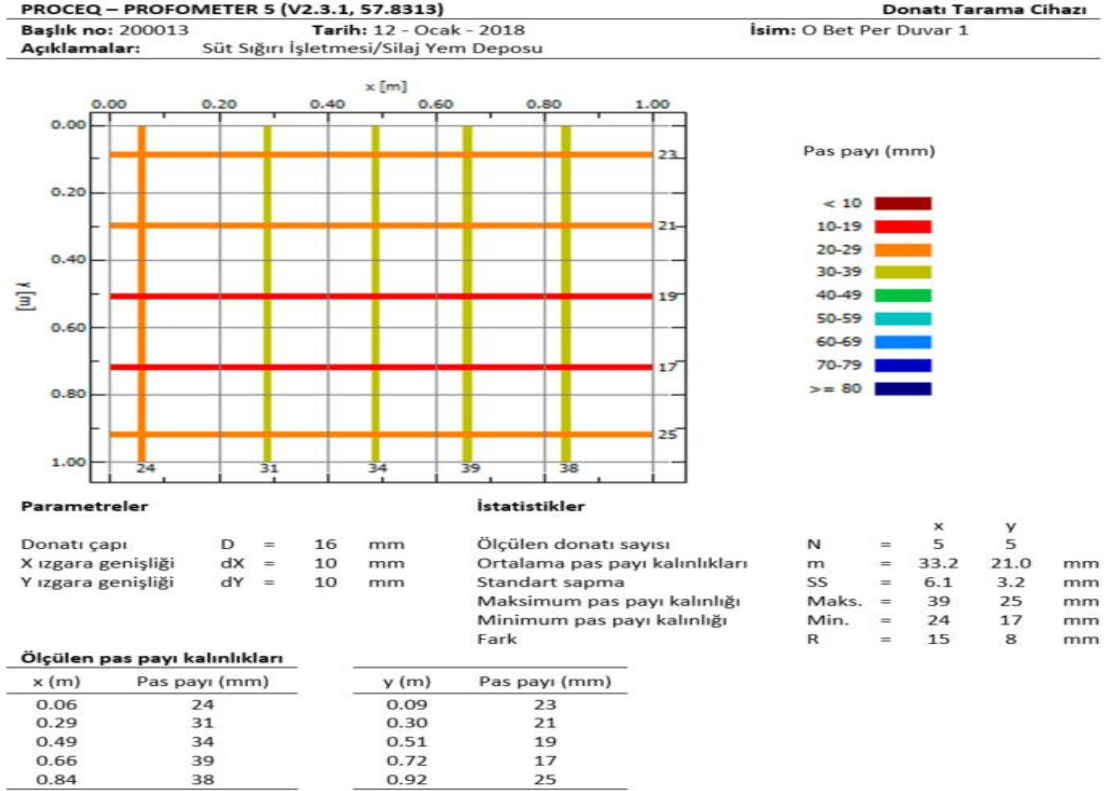
Şekil 2. 1 nolu elemendaki (perde duvar) donatı koşulları
Figure 2. Reinforcement conditions in element 1 (curtain wall)



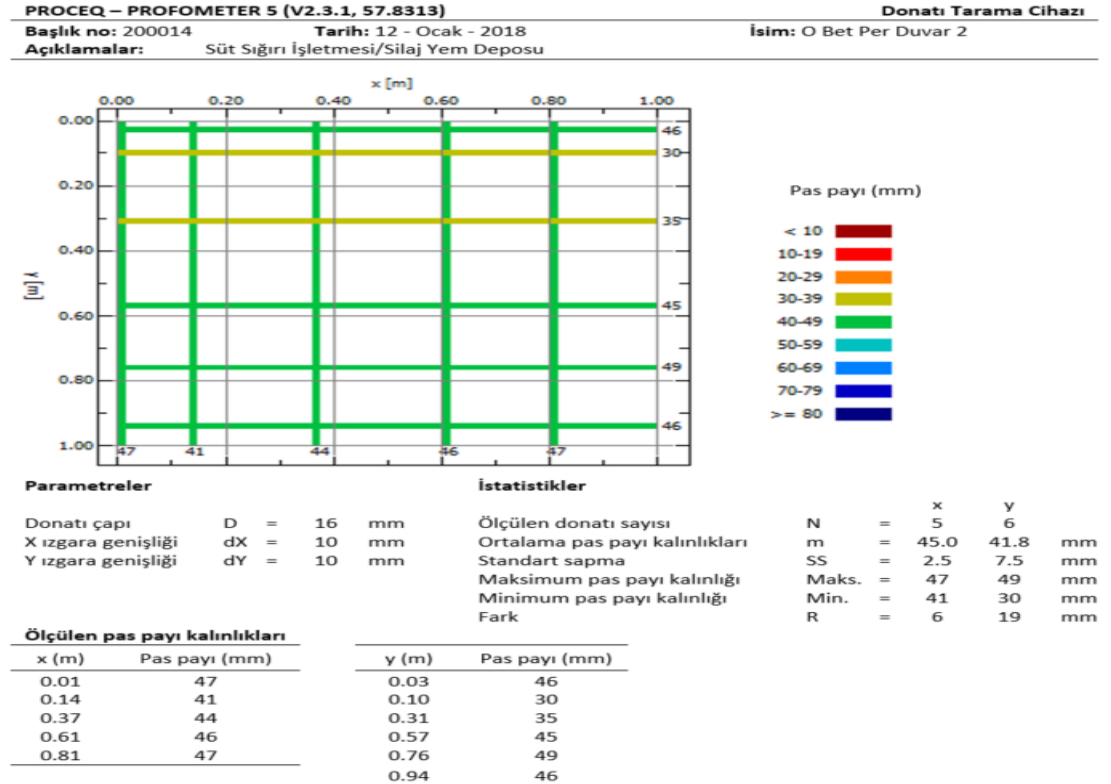
Şekil 3. 2 nolu elemandaki (perde duvar) donatı koşulları
Figure 3. Reinforcement conditions in element 2 (curtain wall)

3 nolu elemanda boyuna donatı sayısının 5 adet, enine donatı sayısının 5 adet olduğu belirlenmiştir. Boyuna donatıların x doğrultusundaki pas paylarının beton yüzeyine olan mesafeleri 24 mm, 31 mm, 34 mm, 39 mm ve 38 mm, y doğrultusunda ise 23 mm, 21 mm, 19 mm, 17 mm ve 25 mm olduğu gözlenmiştir. Ortalama pas payı değerleri x doğrultusunda 33.2 mm ve y doğrultusunda ise 21.0mm olarak bulunmuştur. Maksimum ve minimum pas payı mesafeleri arasındaki farkın (R değeri) x doğrultusunda 15 mm, y doğrultusunda 8 mm, standart sapma değerlerinin ise x yönünde 6.1 mm ve y yönünde 3.2 mm olduğu görülmüştür. Ayrıca boyuna donatıların y düzlemine olan mesafeleri sırasıyla 0.06 m, 0.29 m, 0.49 m, 0.66 m ve 0.84 m (ortalama 0.47 m), enine donatının x düzlemine mesafeleri 0.09 m, 0.30 m, 0.51 m, 0.72 m ve 0.92 m (ortalama 0.51 m) olarak bulunmuştur (Şekil 4).

4 nolu elemanda boyuna donatı sayısının 5 adet, enine donatı sayısının 6 adet olduğu belirlenmiştir. Boyuna donatıların x doğrultusundaki pas paylarının beton yüzeyine olan mesafeleri 47 mm, 41 mm, 44 mm, 46 mm ve 47 mm, y doğrultusunda ise 46 mm, 30 mm, 35 mm, 45 mm, 49 mm ve 46 mm olduğu gözlenmiştir. Ortalama pas payı değerleri x doğrultusunda 45.0 mm ve y doğrultusunda ise 41.8mm olarak bulunmuştur. Maksimum ve minimum pas payı mesafeleri arasındaki farkın (R değeri) x doğrultusunda 6 mm, y doğrultusunda 19 mm, standart sapma değerlerinin ise x yönünde 2.5 mm ve y yönünde 7.5 mm olduğu görülmüştür. Ayrıca boyuna donatıların y düzlemine olan mesafeleri sırasıyla 0.01 m, 0.14 m, 0.37 m, 0.61 m ve 0.81 m (ortalama 0.39 m), enine donatının x düzlemine mesafeleri 0.03 m, 0.10 m, 0.31 m, 0.57 m, 0.76 m ve 0.94 m (ortalama 0.45 m) olarak bulunmuştur (Şekil 5)



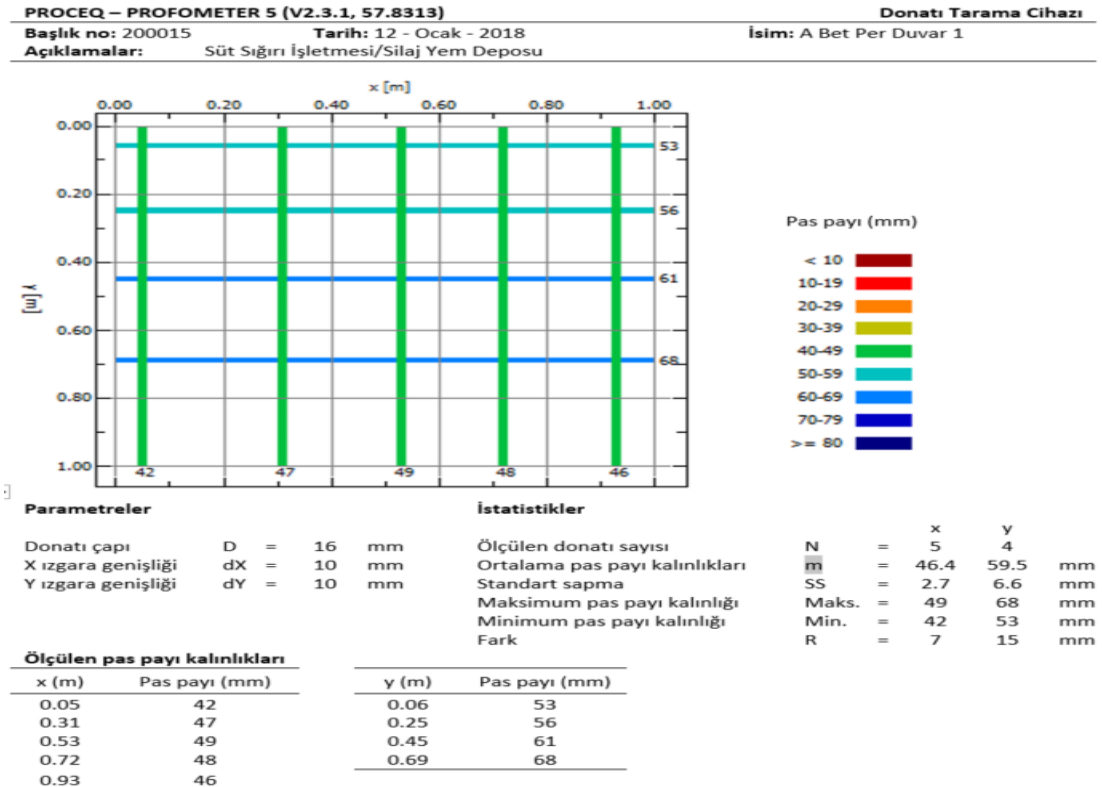
Şekil 4. 3 nolu elemandaki (perde duvar) donatı koşulları
Figure 4. Reinforcement conditions in element 3 (curtain wall)



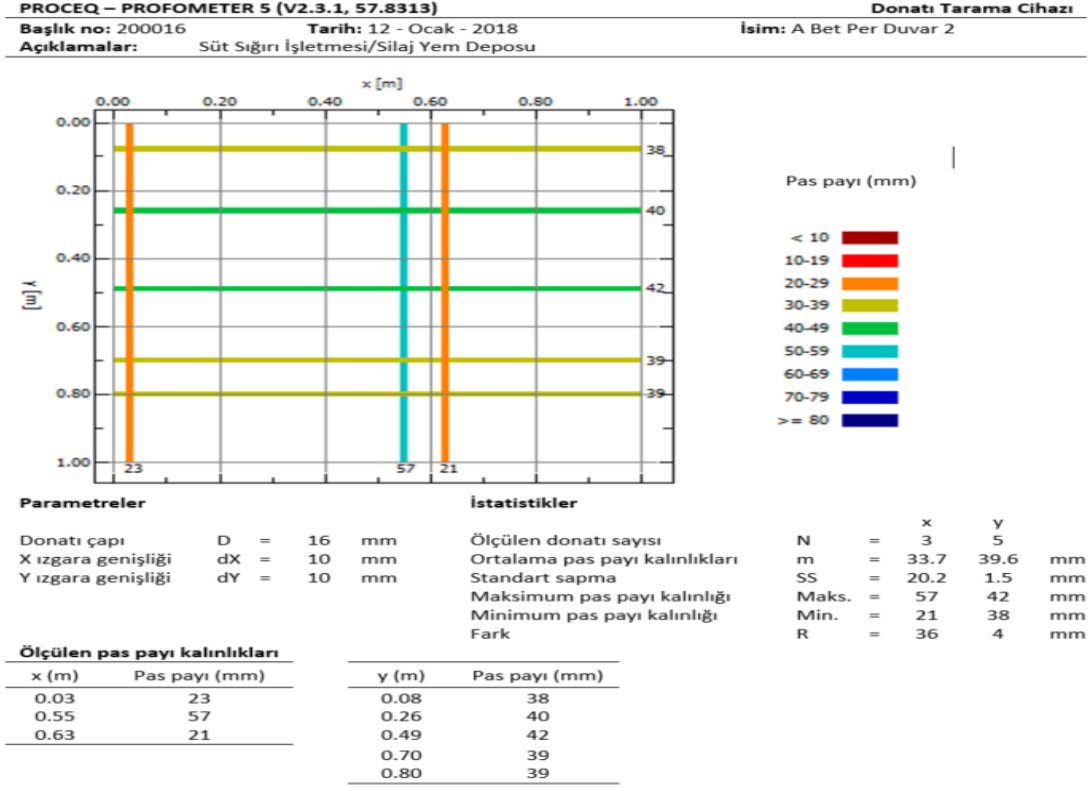
Şekil 5. 4 nolu elemandaki (perde duvar) donatı koşulları
Figure 5. Reinforcement conditions in element 4 (curtain wall)

5 nolu elemanda boyuna donatı sayısının 5adet, enine donatı sayısının 4 adet olduğu belirlenmiştir (Şekil 6). Boyuna donatıların x doğrultusundaki pas paylarının beton yüzeyine olan mesafeleri 42 mm, 47 mm, 49 mm, 48 mm ve 46 mm, y doğrultusunda ise 53 mm, 56 mm, 61 mm ve 68 mm olduğu gözlenmiştir. Ortalama pas payı değerleri x doğrultusunda 46.4 mm ve y doğrultusunda ise 59.5 mm olarak bulunmuştur. Maksimum ve minimum pas payı mesafeleri arasındaki farkın (R değeri) x doğrultusunda 7 mm, y doğrultusunda 15 mm, standart sapma değerlerinin ise x yönünde 2.7 mm ve y yönünde 6.6 mm olduğu görülmüştür. Ayrıca boyuna donatıların y düzlemine olan mesafeleri sırasıyla 0.05 m, 0.31 m, 0.53 m, 0.72 m ve 0.93 m (ortalama 0.51 m), enine donatının x düzlemine mesafeleri 0.06 m, 0.25 m, 0.45 m ve 0.69 m (ortalama 0.36 m) olarak bulunmuştur.

6 nolu elemanda boyuna donatı sayısının 3 adet, enine donatı sayısının 5 adet olduğu belirlenmiştir. Boyuna donatıların x doğrultusundaki pas paylarının beton yüzeyine olan mesafeleri 23 mm, 57 mm ve 21 mm, y doğrultusunda ise 38 mm, 40 mm, 42 mm, 39 mm ve 39 mm olduğu gözlenmiştir. Ortalama pas payı değerleri x doğrultusunda 33.7 mm ve y doğrultusunda ise 39.6 mm olarak bulunmuştur. Maksimum ve minimum pas payı mesafeleri arasındaki farkın (R değeri) x doğrultusunda 36 mm y doğrultusunda 4 mm olduğu, standart sapma değerlerinin ise x yönünde 20.2 mm ve y yönünde 1.5 mm olduğu görülmüştür. Ayrıca boyuna donatıların y düzlemine olan mesafeleri sırasıyla 0.03 m, 0.55 m ve 0.63 m (ortalama 0.40m), enine donatının x düzlemine mesafeleri 0.08 m, 0.26 m, 0.49 m, 0.70 m ve 0.80 m (ortalama 0.47 m) olarak bulunmuştur (Şekil 7).



Şekil 6. 5 nolu elemandaki (perde duvar) donatı koşulları
Figure 6. Reinforcement conditions in element 5 (curtain wall)



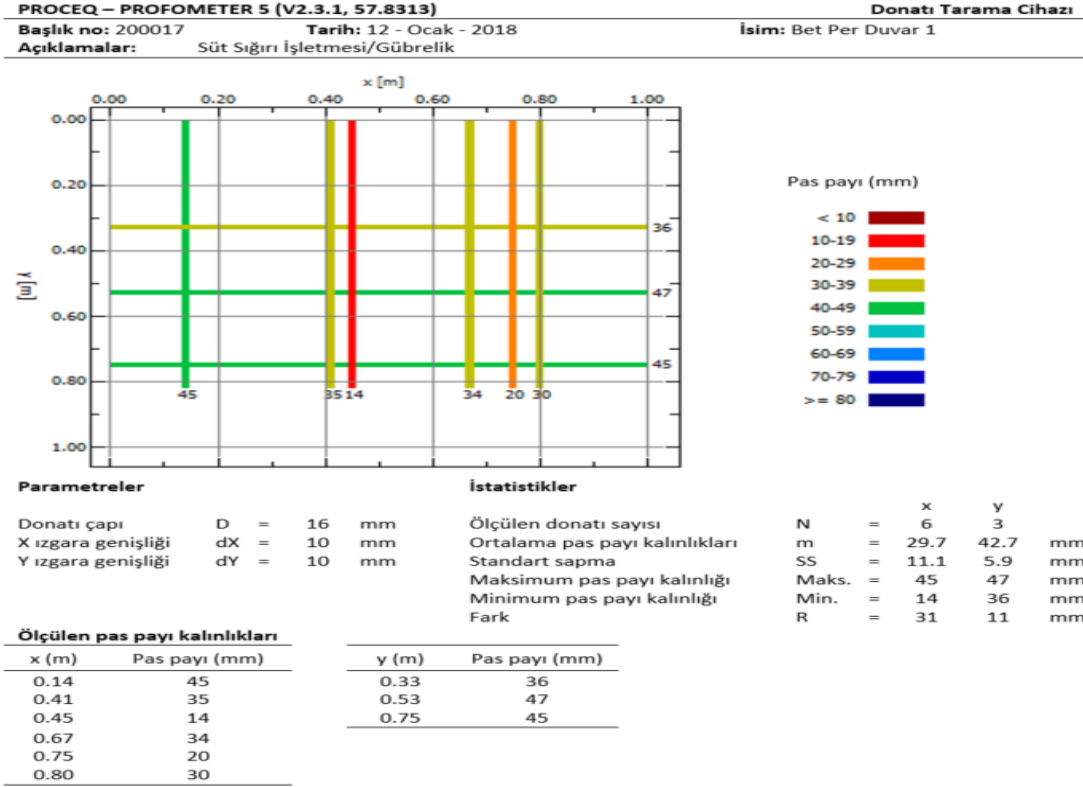
Şekil 7. 6 nolu elemandaki (perde duvar) donatı koşulları
Figure 7. Reinforcement conditions in element 6 (curtain wall)

7 nolu elemanda boyuna donatı sayısının 6 adet, enine donatı sayısının 3 adet olduğu belirlenmiştir (Şekil 8). Boyuna donatıların x doğrultusundaki pas paylarının beton yüzeyine olan mesafeleri 45 mm, 35 mm, 14 mm, 34 mm, 20 mm ve 30 mm, y doğrultusunda ise 36 mm, 47 mm ve 45 mm olduğu gözlenmiştir. Ortalama pas payı değerleri x doğrultusunda 29.7 mm ve y doğrultusunda ise 42.7 mm olarak bulunmuştur. Maksimum ve minimum pas payı mesafeleri arasındaki farkın (R değeri) x doğrultusunda 31 mm, y doğrultusunda 11 mm, standart sapma değerlerinin ise x yönünde 11.1 mm ve y yönünde 5.9 mm olduğu görülmüştür. Ayrıca boyuna donatıların y düzlemine olan mesafeleri sırasıyla 0.14 m, 0.41 m, 0.45 m, 0.67 m, 0.75 m ve 0.80 m (ortalama 0.54 m), enine donatının x düzlemine mesafeleri 0.33 m,

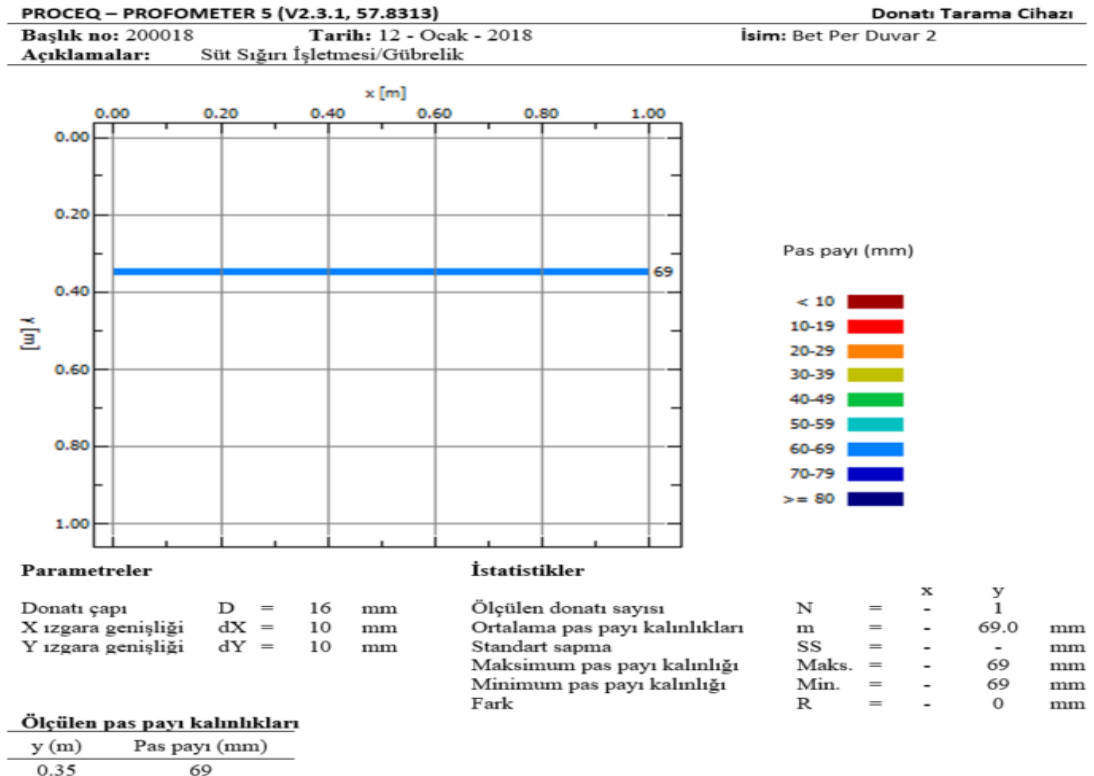
0.53 m ve 0.75 m (ortalama 0.54 m) olarak bulunmuştur.

8 nolu elemanda boyuna donatı sayısının bulunmadığı, enine donatı sayısının 1 adet olduğu belirlenmiştir. Boyuna donatının y doğrultusunda 69 mm olduğu gözlenmiştir. Ayrıca enine donatının x düzlemine mesafesi 0.35 m olarak bulunmuştur (Şekil 9).

Sivasubramanian et al. (2013), yapmış olduğu çalışmada donatı tespit cihazının pas payı kalınlığının artmasıyla çubuk çapının belirlenmesindeki hatanın arttığını, 70 mm'den daha büyük pas payı kalınlıklarını cihazın doğru ölçmediğini bildirmişlerdir. Ancak bu çalışmada kullanılan donatı tespit cihazı ile 300 mm'ye kadar derinlikteki donatı çapları doğru ve hassas bir şekilde ölçülebilmektedir.



Şekil 8. 7 nolu elemandaki (betonarme duvar) donatı koşulları
 Figure 8. Reinforcement conditions in element 7 (curtain wall)



Şekil 9. 8 nolu elemandaki (betonarme duvar) donatı koşulları
 Figure 9. Reinforcement conditions in element 8 (curtain wall)

Sonuçlar

Bu çalışmada beton test çekici ile yapı elemanlarına yapılan okumalardan elde edilen sonuçlara göre, beton sınıfını belirlemede en düşük beton basınç dayanımı 11.9 MPa iken (24 numaralı eleman) en yüksek beton basınç dayanımı ise 30.5 MPa (1 numaralı eleman) olarak bulunmuştur. Bulunan 30.5 MPa basınç dayanım değerine karşılık beton sınıfı C30 olarak, 11.9 MPa basınç dayanım değerine karşılık beton sınıfı ise C12 olarak belirlenmiştir (Çizelge 5). Test edilen yapı elemanlarının 12 tanesinde (%50) beton sınıfı C12, 5 tanesinde (%20.8) beton sınıfı C20, 6 tanesinde (%25) beton sınıfı C25 ve 1 tanesinde (%4.2) beton sınıfı C30 olarak bulunmuştur (Çizelge 6).

Yapı elemanlarının donatı durumlarının belirlenmesi için donatı tespit cihazı ile yapılan 8 okumada kullanılan donatı çaplarının $\varnothing 8$ mm ile $\varnothing 24$ ($\varnothing 16$ mm \pm 8 mm) arasında olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte bazı yapı elemanlarında donatı yerleştirme veya beton dökülmesi sırasında yapılan işçilik hatalarından dolayı, aynı sıradaki boyuna donatıların dış yüzeye olan mesafe (pas payı) kalınlıkları farklı çıkmıştır.

Boyuna ve enine donatılar için pas payı değerleri 14 mm ile 69 mm arasında bulunmuştur. Tarama yapılan 8 yapı elemanı arasından maksimum kalınlık 64 mm ile boyuna donatılarda 2 nolu elemanda ve enine donatılarda ise 69 mm ile 8 nolu elemanda bulunmuştur. Minimum kalınlık ise 14 mm ile boyuna donatılarda 7 nolu elemanda ve enine donatılarda ise 17 mm ile 3 nolu elemanda bulunmuştur (Çizelge 7).

Yapılan taramalar sonucunda en az boyuna donatı sayısı 3 adet ile 6 nolu elemanda, en fazla boyuna donatı sayısı ise 6 adet ile 7 nolu elemanda bulunmuştur. Yine en az enine donatı sayısı 1 adet ile 8 elemanda, en fazla enine donatı sayısı ise 6 adet ile 4 nolu elemanda bulunmuştur. Bununla birlikte 8 nolu elemanda boyuna donatının olmadığı belirlenirken 4 ve 6 numaralı yapı elemanlarında etriye sıklaştırılmasının yapıldığı gözlenmiştir (Çizelge 7).

Sonuç olarak deprem yönetmeliğine göre binaların projelendirilmesi için minimum

C20 sınıfı beton kullanılması öngörülmüştür. Buna göre beton test çekici ile yapılan ölçüm sonuçlarında elde edilen bulgulara göre mevcut yapı elemanlarının %46.2'sinde beton sınıfının C20'nin altında olduğu buna karşın %50'sinde ise beton sınıfının C20, C25 ve C30 olduğu belirlenmiştir. Bu değerlerin 2016 yılı "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar" yönetmeliğine göre "Betonarme (Yerinde Dökülmüş ve Öngerilmeli veya Öngerilmesiz Prefabrike), Çelik ve Yığma Binalar ile Bina Türü Yapılar" için geçerli beton sınıfı olan C20 olma koşulunu sağlamıştır. Bu yönetmelik koşullarını sağlamayan %50'lik kısımda ise çelik taşıyıcılarla destekleme ya da güçlendirme yapılarak dayanımları arttırılabilir. Mevcut yapı elemanlarının tamamına yakın kısmında kullanılan enine donatı çaplarının TS 500 2000'e göre en az $\varnothing 8$ mm, boyuna donatı çaplarının ise en az $\varnothing 16$ mm çapta olma koşulunu sağladığı görülmüştür. Yine pas payı kalınlıklarının iç mekanlarda en az 2.5 mm ve dış mekanlarda ise en az 4.0 mm olması koşulunu sağladığı gözlenmiştir.

Kaynaklar

- Aköz, F. 2005. Yığma Yapılarda Hasar Tespiti Deney ve Ölçüm Yöntemleri. YDGA 2005, Yığma Yapılarda Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, ODTÜ, Ankara.
- Anonim, 2016. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Alt Yapı ve Kentsel Dönüşüm Hizmetler Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Breyse, D., Lataste, J.F., Balayssac, J.P. and Garnier, V. 2008. Quality and Accuracy of Concrete Assessment Provided by NDT Measurement. Graubner, Schmidt & Proske: Proceedings of the 6th International Probabilistic Workshop, Darmstadt.
- Celep, Z. 1999. Yapılarda Deprem Sonrası Hasarların Belirlenmesi, Onarım ve Güçlendirme Yöntemleri. İSKİ yayınları, İstanbul, 63-108 s.

- Erdoğan, T.Y. 2010. Beton. ODTÜ Yayıncılık, Ders Kitabı, Ankara, 760 s.
- Eren, İ. 1999. Deprem Hasarlarının Sebepleri ve Öneriler. İSKİ Yayınları, İstanbul.
- Qasrawi, H.Y. and Marie, I.A. 2003. The Use of USPV to Anticipate Failure in Concrete Under Compression, Cement and Concrete Research, 2017-2021.
- Ravindrajah, R. 1992. Strength Evaluation of High-Strength Concrete by Ultrasonic, Non-Destructive Testing. Australia, 6-9 s.
- Sivasubramanian K., Jaya K.P. and sNeelemegam M. 2013. Covermeter for Identifying Cover Depth and Rebar Diameter in High Strength Concrete. International Journal of Civil and Structural Engineering, Volume 3, No 3.
- TS EN 12504-2, 2004. Yapılarda Beton Deneyleri -Bölüm 2: Tahribatsız Deneyler - Geri Sıçrama Değerinin Tayini. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 13791, 2010. Basınç Dayanımının Yapılar ve Öndökümlü Beton Bileşenlerde Yerinde Tayini. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- TS500, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- Turan, M. ve Tanrıku, M.A. 2013. Hasarsız Deney Yöntemleri ile Beton Kalitesinin Belirlenmesi. Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Sayı 32, Aralık 2013.
- Yüksel, İ. 1995. Bileşik Yıkıntısız Beton Deneyleri ile Beton Mukavemetinin Belirlenmesi ve Betonarme Bir Yapıda Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.