

Cam Elyaf Katkılı Betonların Basınç Dayanımlarının Yapay Sinir Ağları İle Tahmini

S. Yıldız¹, Y. Bölükbaş², O. Keleştemur³

¹ Fırat Üniversitesi, Elazığ/Türkiye, syildiz@firat.edu.tr

² Fırat Üniversitesi, Elazığ/Türkiye, bolukbasy@gmail.com

³ Fırat Üniversitesi, Elazığ/Türkiye, okelestemur@firat.edu.tr

Estimation of Compressive Strength of Concretes with Glass Fiber by Artificial Neural Network

Abstract—In this study, compressive strength of the concrete specimens, which have water-cement ratios of 0.45, 0.50 and 0.55, dosages of 300, 350 and 400, five various ratio of glass fiber, were modeled with artificial neural network (ANN). The data which were provided by ANN model were compared with the data obtained from experimental study and a good agreement was determined between the results.

Keywords—Concrete, Glass fiber, Compressive strength, Artificial neural network

I. GİRİŞ

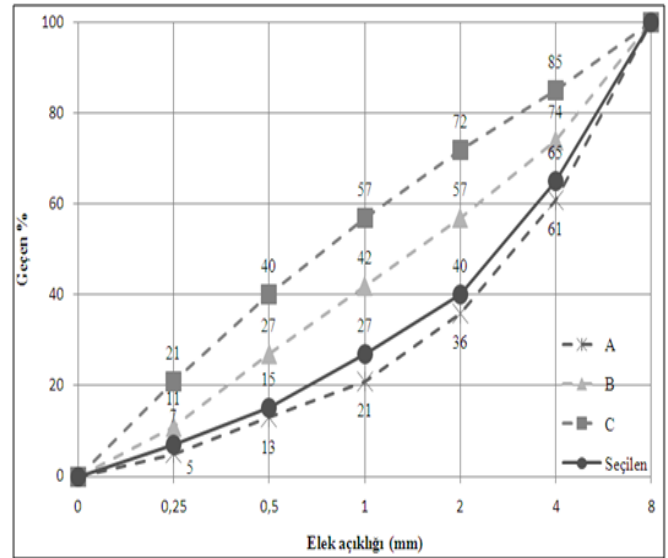
Beton, yapı uygulamalarında geniş uygulama alanına sahip bir malzemedir. Bu geniş kullanımı sebebiyle betonun özelliklerini geliştirebilmek amacıyla pek çok çalışma yapılmıştır. Betona ilave edilen farklı türdeki lifler ile elde edilen “Lif Takviyeli Beton”lar yapılan bu çalışmalardan biridir. Lif takviyeli beton; hidrolik çimento, agregata ve süreksiz dağılmış liflerin suyla karıştırılmasıyla elde edilen kompozit bir malzeme olarak tanımlanabilir. Lif takviyeli betonların bir çeşidi olan “Cam Lif Takviyeli Beton” ise cam lif, çimento, agregata ve su karışımından oluşan malzemedir [1]. Cam lif takviyesi, betonda erken dönemde oluşacak mikro çatlakların gelişimini engelleyerek veya geciktirerek betonun çekme dayanımını ve tokluğunu arttırmak amacıyla kullanılmaktadır [2, 3]. Yapay sinir ağları insanlar tarafından gerçekleştirilmiş örnekleri kullanarak olayları öğrenebilen, çevreden gelen olaylara karşı nasıl tepkiler üretebileceğini belirleyen bilgisayar sistemleridir. Örneklerden elde ettikleri bilgiler ile kendi deneyimlerini oluşturur; daha sonra benzer konularda benzer kararlar verirler. Teorik olarak bir yapay sinir ağının en temel görevi kendisine gösterilen bir girdi setine karşılık gelebilecek bir çıktı seti belirlemektir. Bunu yapabilmesi için ağ, ilgili olayın örnekleri ile eğitilerek (öğrenme) genelleme yapabilecek yeteneğe kavuşturulur. Bu genelleme yeteneği ile benzer olaylara karşılık gelen çıktı seti

belirlenmektedir [4]. Bu çalışmada; su/çimento oranı 0.45, 0.50 ve 0.55 olan, 300, 350 ve 400 dozlu, 5 değişik oranda cam elyaf içeren beton numunelerin basınç dayanımları modellenen yapay sinir ağları ile tahmin edilmeye çalışılmıştır.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

A. Materyal

Deney çalışmalarında kullanılan beton numunelerin hazırlanması amacıyla, agregata olarak Elazığ Palu yöresine ait yıkanmış dere agregası kullanılmıştır. Kullanılan agreganın en maksimum dane çapı 16 mm seçilmiş ve bu agregaya ait granülometri eğrisi Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1: Kullanılan agreganın granülometri eğrisi.

Beton numunelerin karışımında çimento olarak, Çimentoaş Elazığ çimento fabrikasında üretilen CEM I tipi PÇ 42,5 portland çimentosu kullanılmıştır. Kullanılan çimentoya ait kimyasal ve fiziksel özellikler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: Kullanılan çimentonun özellikleri.

Kimyasal Kompozisyon (%)	
SO ₃	2,69
MgO	2,1
Cl	0,005
Serbest Kireç	0,5
Çözünmeyen Kalıntı	0,26
Kızdırma Kaybı	1,58
Eşdeğer Alkali (Na ₂ O+0,658K ₂ O)	-
Fiziksel Özellikler	
Özgül Ağırlık (mg/m ³)	3,12
Özgül Yüzey (cm ² /gr)	3749
Priz Başlangıcı (Dakika)	161
Priz Sonu (Saat)	04,20
Su İhtiyacı (Vicat Suyu) (%)	29,6
Hacim Sabitliği (mm)	0,4
2 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	22,4
7 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	39,4
28 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	51

Beton numunelerin mekanik özellikleri üzerine lif katkısının etkisini belirleyebilmek amacıyla yapılan bu çalışmada lif katkısı olarak, Cam Elyaf Sanayii A.Ş. tarafından üretilen EMAT(1) cam lif keçeleri kullanılmıştır. Kullanılan cam life ait özellikler Tablo 2’ de verilmiştir.

Tablo 2: Kullanılan cam lifin özellikleri.

Lif Çeşidi	Lif Boyu (mm)	Lif Çapı (µm)	Özgül Ağırlık (mg/m ³)	Elastisite Modülü (MPa)	Çekme Mukavemeti (MPa)
Cam	12	14	2,68	72000	1700

Beton numunelerin üretimi esnasında, lif takviyesi ile birlikte artan su ihtiyacını karşılayabilmek amacıyla, Sika yapı kimyasalları A.Ş. tarafından üretilen, Sikament 98R ürün kodlu süper akışkanlaştırıcı ve priz geciktirici katkı maddesi kullanılmıştır. Süper akışkanlaştırıcı katkı maddesi deneylerde, üretici firma talimatlarına uygun olarak çimento ağırlığının %1 oranında kullanılmıştır.

B. Yöntem

Deneylerde kullanılan 100 mm’ lik küp beton numuneler, TS 802 [5]’de belirtilen beton karışım esaslarına göre hazırlanmıştır. Karışım hesabında beton dayanım sınıfı C30 olarak alınmış, su-çimento oranı 0,45, 0,50 ve 0,55 olarak belirlenmiştir. 300, 350 ve 400 doz olarak hazırlanan beton numunelerin üretimi sırasında, karışıma 5, 10, 15, 20 kg/m³ oranlarında kırılmış cam lif ilave edilerek, cam elyaf katılmamış kontrol numunelerini de içeren 45 seri beton elde edilmiştir. Numunelerin kodlanmasında referans (R), lifli numuneler (L), çimento dozajı (D), su/çimento oranı (S/Ç) ve

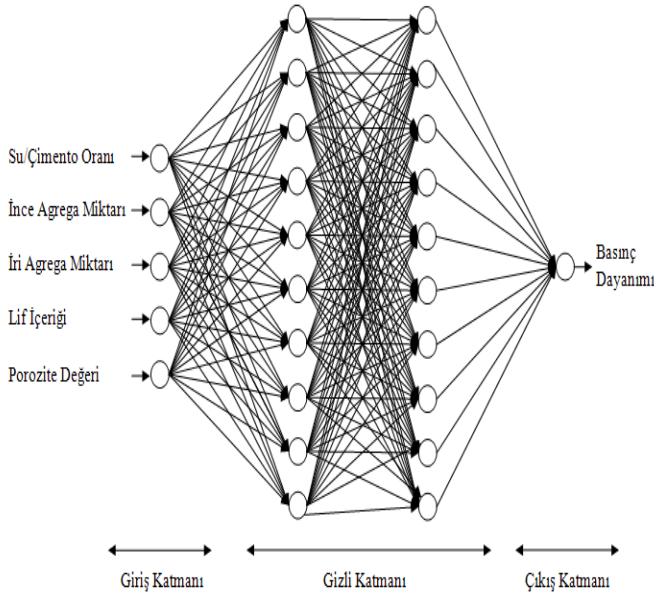
lif içeriği (L) şeklinde bir sistem kullanılmıştır. Hazırlanan numunelerin karışım oranları Tablo 3’ de verilmiştir. 24 saat sonunda kalıptan çıkarılan beton numuneler 28 gün boyunca 22±3 °C kirece doygun suda kür edilmiştir. Kür süresini tamamlayan numuneler üzerinde TS EN 772-4 [6]’ e uygun olarak porozite tayini deneyi ve TS EN 12390-3 [7]’ ye uygun şekilde basınç dayanımı deneyi gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3: Hazırlanan numunelere ait karışım oranları (1 m³).

Numune No	Çimento (kg)	Su (kg)	(0-4) Agrega (kg)	(4-8) Agrega (kg)	Lif Miktarı (kg)	Kimyasal Katkı (kg)
R-D30-SÇ55-L0	300,00	165,00	1311,99	706,46	0,00	3,00
L-D30-SÇ55-L5	300,00	165,00	1311,99	706,46	5,00	3,00
L-D30-SÇ55-L10	300,00	165,00	1311,99	706,46	10,00	3,00
L-D30-SÇ55-L15	300,00	165,00	1311,99	706,46	15,00	3,00
L-D30-SÇ55-L20	300,00	165,00	1311,99	706,46	20,00	3,00
R-D30-SÇ50-L0	300,00	150,00	1339,78	721,42	0,00	3,00
L-D30-SÇ50-L5	300,00	150,00	1339,78	721,42	5,00	3,00
L-D30-SÇ50-L10	300,00	150,00	1339,78	721,42	10,00	3,00
L-D30-SÇ50-L15	300,00	150,00	1339,78	721,42	15,00	3,00
L-D30-SÇ50-L20	300,00	150,00	1339,78	721,42	20,00	3,00
R-D30-SÇ45-L0	300,00	135,00	1367,56	736,38	0,00	3,00
L-D30-SÇ45-L5	300,00	135,00	1367,56	736,38	5,00	3,00
L-D30-SÇ45-L10	300,00	135,00	1367,56	736,38	10,00	3,00
L-D30-SÇ45-L15	300,00	135,00	1367,56	736,38	15,00	3,00
L-D30-SÇ45-L20	300,00	135,00	1367,56	736,38	20,00	3,00
R-D35-SÇ55-L0	350,00	192,50	1231,17	662,94	0,00	3,50
L-D35-SÇ55-L5	350,00	192,50	1231,17	662,94	5,00	3,50
L-D35-SÇ55-L10	350,00	192,50	1231,17	662,94	10,00	3,50
L-D35-SÇ55-L15	350,00	192,50	1231,17	662,94	15,00	3,50
L-D35-SÇ55-L20	350,00	192,50	1231,17	662,94	20,00	3,50
R-D35-SÇ50-L0	350,00	175,00	1263,58	680,39	0,00	3,50
L-D35-SÇ50-L5	350,00	175,00	1263,58	680,39	5,00	3,50
L-D35-SÇ50-L10	350,00	175,00	1263,58	680,39	10,00	3,50
L-D35-SÇ50-L15	350,00	175,00	1263,58	680,39	15,00	3,50
L-D35-SÇ50-L20	350,00	175,00	1263,58	680,39	20,00	3,50
R-D35-SÇ45-L0	350,00	157,50	1296,00	697,85	0,00	3,50
L-D35-SÇ45-L5	350,00	157,50	1296,00	697,85	5,00	3,50
L-D35-SÇ45-L10	350,00	157,50	1296,00	697,85	10,00	3,50
L-D35-SÇ45-L15	350,00	157,50	1296,00	697,85	15,00	3,50
L-D35-SÇ45-L20	350,00	157,50	1296,00	697,85	20,00	3,50
R-D40-SÇ55-L0	400,00	220,00	1150,34	619,42	0,00	4,00
L-D40-SÇ55-L5	400,00	220,00	1150,34	619,42	5,00	4,00
L-D40-SÇ55-L10	400,00	220,00	1150,34	619,42	10,00	4,00
L-D40-SÇ55-L15	400,00	220,00	1150,34	619,42	15,00	4,00
L-D40-SÇ55-L20	400,00	220,00	1150,34	619,42	20,00	4,00
R-D40-SÇ50-L0	400,00	200,00	1187,39	639,37	0,00	4,00
L-D40-SÇ50-L5	400,00	200,00	1187,39	639,37	5,00	4,00
L-D40-SÇ50-L10	400,00	200,00	1187,39	639,37	10,00	4,00
L-D40-SÇ50-L15	400,00	200,00	1187,39	639,37	15,00	4,00
L-D40-SÇ50-L20	400,00	200,00	1187,39	639,37	20,00	4,00
R-D40-SÇ45-L0	400,00	180,00	1224,44	659,32	0,00	4,00
L-D40-SÇ45-L5	400,00	180,00	1224,44	659,32	5,00	4,00
L-D40-SÇ45-L10	400,00	180,00	1224,44	659,32	10,00	4,00
L-D40-SÇ45-L15	400,00	180,00	1224,44	659,32	15,00	4,00
L-D40-SÇ45-L20	400,00	180,00	1224,44	659,32	20,00	4,00

Çalışmada, beton numunelerin basınç dayanımlarının tahmin için ileri beslemeli (feed-forward) yapay sinir ağı modellenmiştir. Yapay sinir ağına eğitiminde hatanın geriye

yayılım algoritması kullanılmıştır. Oluşturulan YSA modeli Şekil 2’ de verilmiştir.



Şekil 2: Çalışmada kullanılan yapay sinir ağı modeli.

YSA modelinde kullanılan girdi ve çıktı değişkenleri ve verileri Tablo 4’ de verilmiştir.

Tablo 4: Yapay sinir ağı modelinde kullanılan değişkenler.

Girdi ve çıktı değişkenleri	Eğitim ve test için kullanılan veriler	
	Minimum	Maksimum
Su/Çimento oranı	0,45	0,55
İnce agrega miktarı (kg)	1150,34	1367,56
İri agrega miktarı (kg)	619,41	736,38
Lif içeriği (kg)	0	20
Porozite değeri	7,472	12,613
Basınç dayanımı (MPa)	23,850	46940

YSA modelinde kullanılan parametreler Tablo 5’ de verilmiştir.

Tablo 5: Yapay sinir ağı modelinde kullanılan parametreler.

Giriş katmanındaki nöron sayısı	5
Gizli katman sayısı	2
Gizli katmandaki nöron sayısı	20
Çıktı katmanındaki nöron sayısı	1
Momentum katsayısı	0,90
Eğitim katsayısı	0,08
İterasyon sayısı	2000
Transfer fonksiyonu	Tanjant sigmoid

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

A. Basınç Dayanımı

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda beton numunelere ait basınç dayanımı değerleri Tablo 6’ da verilmiştir.

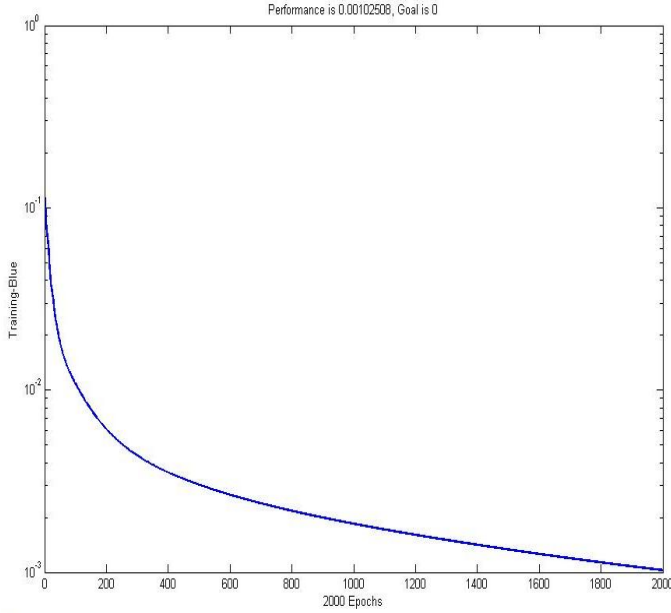
Tablo 6: Numunelere ait basınç dayanımı.

Numune	Basınç dayanımı	Numune	Basınç dayanımı
R.D30.SÇ55	26,500	R.D35.SÇ45	39,270
L.D30.SÇ55.L5	27,533	L.D35.SÇ45.L5	40,327
L.D30.SÇ55.L10	29,250	L.D35.SÇ45.L10	40,353
L.D30.SÇ55.L15	25,617	L.D35.SÇ45.L15	39,377
L.D30.SÇ55.L20	23,850	L.D35.SÇ45.L20	36,527
R.D30.SÇ50	29,583	R.D30.SÇ55	43,300
L.D30.SÇ50.L5	30,567	L.D30.SÇ55.L5	43,693
L.D30.SÇ50.L10	31,247	L.D30.SÇ55.L10	43,623
L.D30.SÇ50.L15	28,440	L.D30.SÇ55.L15	42,743
L.D30.SÇ50.L20	26,520	L.D30.SÇ55.L20	40,550
R.D30.SÇ45	32,007	R.D30.SÇ50	45,150
L.D30.SÇ45.L5	32,640	L.D30.SÇ50.L5	45,710
L.D30.SÇ45.L10	34,130	L.D30.SÇ50.L10	45,990
L.D30.SÇ45.L15	30,457	L.D30.SÇ50.L15	43,300
L.D30.SÇ45.L20	27,677	L.D30.SÇ50.L20	42,123
R.D35.SÇ55	34,433	R.D30.SÇ45	46,333
L.D35.SÇ55.L5	34,653	L.D30.SÇ45.L5	46,940
L.D35.SÇ55.L10	31,197	L.D30.SÇ45.L10	46,707
L.D35.SÇ55.L15	30,707	L.D30.SÇ45.L15	45,150
L.D35.SÇ55.L20	29,810	L.D30.SÇ45.L20	42,150
R.D35.SÇ50	36,563		
L.D35.SÇ50.L5	37,553		
L.D35.SÇ50.L10	37,250		
L.D35.SÇ50.L15	36,933		
L.D35.SÇ50.L20	34,617		

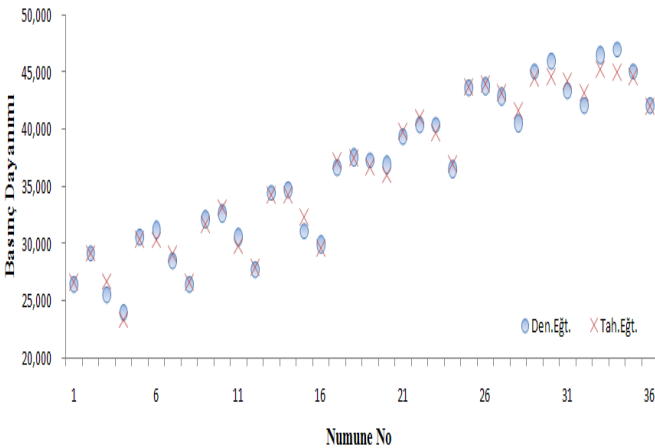
B. Numunelerin Basınç Dayanımlarının Yapay Sinir Ağı ile Tahmini

Yapay sinir ağı modellenmesinde deneysel 45 veri kullanılmıştır. Bunların 36 tanesi eğitim verisi, 9 tanesi ise test verisi olarak ayrılmıştır. Tüm veriler normalize edilerek matlab 7.0.1 programının neural network eklentisi ile modellenen ağı girilmiştir. Eğitim verileri ile yapılan denemeler sonucunda elde edilen en iyi sonuç olan modelin ortalama karesel hatasındaki azalma Şekil 3’ de verilmiştir. Görüldüğü gibi eğitim sonrası oluşan ortalama karesel hata $1,02.10^{-4}$ olarak bulunmuştur.

Eğitim sonrası tahmin edilen basınç dayanım değerleri ile deneysel basınç dayanım değerleri arasındaki benzeşim ve oluşan benzeşim ilişkisi Şekil 4’ de verilmiştir.



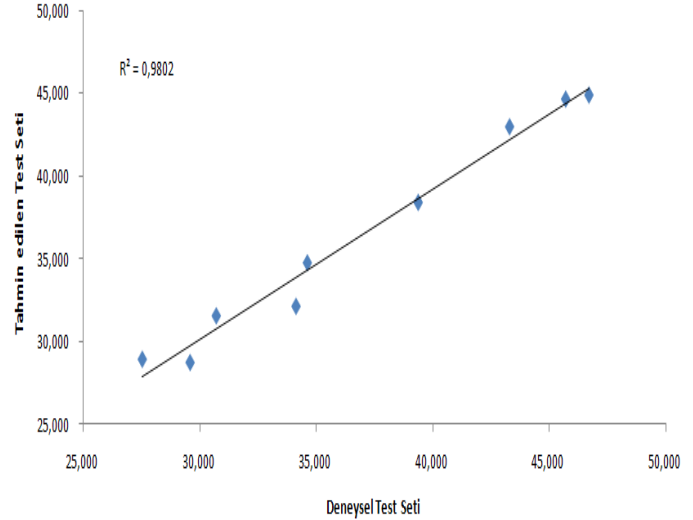
Şekil 3: Eğitim sonucu oluşan ortalama karesel hata.



Şekil 4: Eğitim aşamasında deney sonuçları ile tahmin sonuçları arasındaki ilişki.

Eğitim sonrası tahmin edilen basınç dayanımı ile deneysel basınç dayanımı değerleri arasında oluşan korelasyon değeri $R^2=0,9883$ olarak bulunmuştur.

Geliştirilen YSA modelinde eğitim için kullanılan değerler model değerleri ile karşılaştırıldıktan sonra test aşamasına geçilmiş ve modele sadece girdi verileri girilerek çıktı değerleri olan basınç dayanımı değerleri tahmin ettirilmiştir. Modelin tahmin ettiği değerler ile deney sonuçları arasındaki ilişki Şekil 5'de verilmiştir. Test sonrasında deneysel basınç dayanımı ile tahmin edilen basınç dayanımı arasında oluşan korelasyon değeri $R^2=0,9802$ olarak bulunmuştur.



Şekil 5: Test aşamasında deney sonuçları ile tahmin sonuçları arasındaki ilişki.

IV. SONUÇLAR

Yapılan bu çalışma ile elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

1. Modellenen yapay sinir ağından elde edilen eğitim sonuçları kabul edilebilir düzeydedir. Eğitim aşamasında elde edilen korelasyon değeri 0,9883 seviyesindedir.
2. Test aşamasında elde edilen korelasyon değeri 0,9802 seviyesindedir.
3. Test seti göz önüne alındığında, modellenen yapay sinir ağını %98 oranına başarı sağlamıştır.
4. Çalışma sonucunda, yapay sinir ağı kullanımı ile geliştirilen tahmin sistemlerinin güvenilir olduğu gözlemlenmiştir. Ancak ağı modellemesi sırasında deneme yanılma sürecinin uzun ve durağan olması, yöntemin eksikliği olarak görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1]. G. Kurt, "Lif İçeriğini ve Su/Çimento Oranının Fibrobetonun Mekanik Davranışına Etkileri", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye, (2006), (Danışman: M. A. Taşdemir).
- [2]. O. Ekincioglu, "Karma lif içeren çimento esaslı kompozitlerin mekanik davranışının incelenmesi", Sika Teknik Bülten, 10-11, (2003).
- [3]. Y. Bolukbas, S. Yıldız and O. Keleştemur, "Cam elyaf Katkısının Betonun Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi", Uluslararası Sürdürülebilir Yapılar Sempozyumu (ISBS), Ankara, Türkiye, 2010.
- [4]. E. Öztemel, *Yapay Sinir Ağları*, İstanbul, Papatya Yayıncılık, 2006.
- [5]. Türk Standardı Enstitüsü (TSE), "Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları", TS 802, Ankara, Türkiye, 1-29 (2009).
- [6]. Türk Standardı Enstitüsü (TSE), "Kagır Birimler- Deney Metotları- Bölüm 4: Tabii Taş Kagır Birimlerin Toplam ve Görünen Porozitesi İle Boşluksuz ve Boşluklu Birim Hacim Kütlelerinin, TS EN 772-4, Ankara, Türkiye, 1-21 (2000).
- [7]. Türk Standardı Enstitüsü (TSE), "Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 3: Deney numunelerinde basınç dayanımının tayini", TS EN 12390-3, Ankara, Türkiye, 1-21 (2010).