

Cam Elyaf Katkılı Betonların Yarmada Çekme Dayanımlarının Yapay Sinir Ağları İle Tahmini

S. Yıldız¹, Y. Bölükbaş² and O. Keleştemur³

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

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

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

Estimation of Split Tensile Strength of Concretes with Glass Fiber by Artificial Neural Network

Abstract—In this study, split tensile 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, Split tensile strength, Artificial neural network

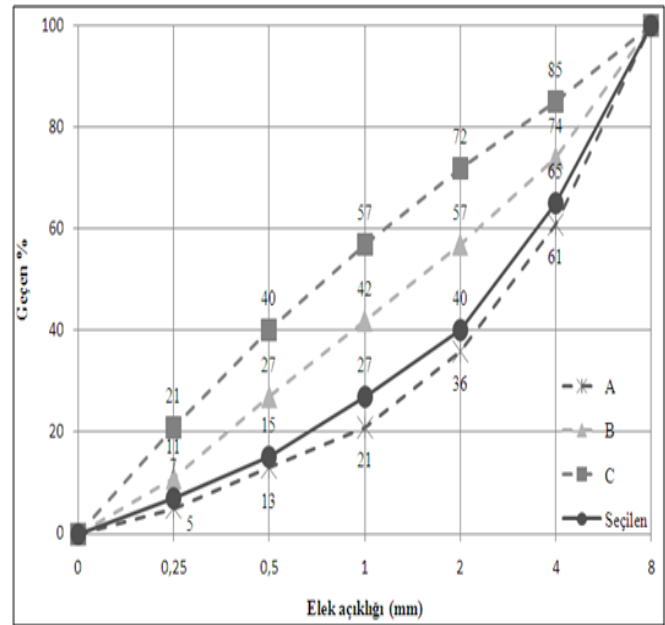
I. GİRİŞ

Yapı uygulamalarında geniş olarak kullanılan malzemelerden biri olan beton, bilindiği üzere yüksek basınç dayanımına sahip olmasına rağmen özellikle eğilme ve kesme yüklerine karşı zayıftır. Betonun zayıf olan bu özelliklerini geliştirmek amacıyla yapılan çalışmalar sonucu ortaya çıkan “Cam Lif Takviyeli Beton”; cam lif, çimento, agrega ve su karışımından oluşan malzemedir [1]. Beton içerisinde kullanılan cam lifler özellikle malzeme tokluğuna etki ederek betonun daha fazla deformasyon yapmasını sağlamaktadır [2, 3]. YSA; insan beyninin çalışma sisteminin yapay olarak benzetimi çabalarının bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. En genel anlamda YSA insan beynindeki birçok nöronun (sinir hücresinin), ya da yapay olarak basit işlemcilerin birbirlerine değişik etki seviyeleri ile bağlanması sonucu oluşan karmaşık bir sistem olarak düşünülebilir. Mühendislik uygulamalarında YSA'nın geniş çaplı kullanımının en önemli nedeni, klasik tekniklerle çözümü zor problemler için etkin bir alternatif oluşturmasıdır. Çünkü bilgisayarlar insanın beyninsel yeteneğinin en zayıf olduğu çarpma, bölme gibi matematiksel ve algoritmik hesaplama işlemlerinde hız ve doğruluk açısından yüzlerce kat başarılı olmalarına rağmen insan beyninin öğrenme ve tanıma gibi işlevlerini hala yeteri kadar gerçekleştirememektedir [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 yarmada çekme dayanımları modellenen yapay sinir ağları ile tahmin edilmeye çalışılmıştır.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

A. Materyal

Deney çalışmalarında agrega olarak Elazığ Palu yöresine ait yıkanmış dere agregası kullanılmıştır. Maksimum dane çapı 16 mm olarak seçilen agregaya ait granülometri eğrisi Şekil 1’ de gösterilmiştir.



Şekil 1: Kullanılan agreganın granülometri eğrisi.

Çimento olarak, Çimentaş 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 ($\text{Na}_2\text{O}+0,658\text{K}_2\text{O}$)	-
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 Yarmada çekme Dayanımı (MPa)	22,4
7 Günlük Yarmada çekme Dayanımı (MPa)	39,4
28 Günlük Yarmada çekme Dayanımı (MPa)	51

Çalışmada cam lif olarak Cam Elyaf Sanayii A.Ş. tarafından üretilen EMAT(1) 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

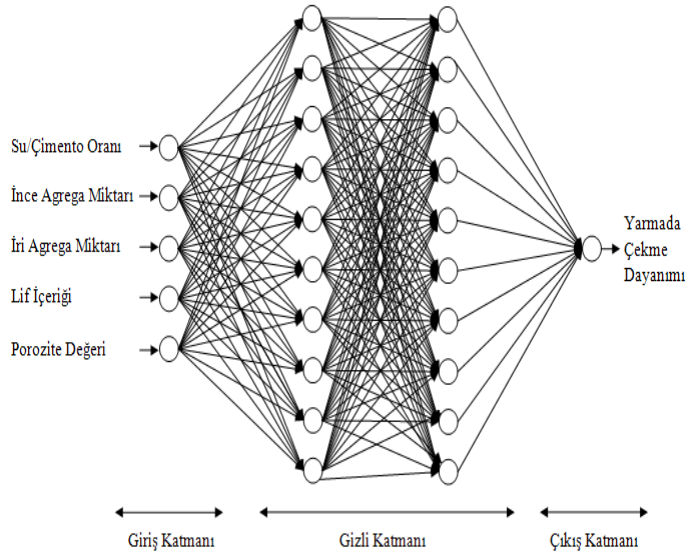
Sika yapı kimyasalları A.Ş. tarafından üretilen, Sikament 98R ürün kodlu süper akışkanlaştırıcı ve priz geciktirici katkı maddesi kullanılarak, beton numunelerin üretimi esnasında lif takviyesi ile birlikte artan su ihtiyacı karşılanmıştır. Süper akışkanlaştırıcı katkı maddesi deneylerde çimento ağırlığının %1 oranında kullanılmıştır.

B. Yöntem

Deneylerde kullanılan 100 mm’lik küp beton numuneler, TS 802 [5]’de belirtilen beton karışım esaslarına göre hazırlanmıştır. Kontrol numuneleri ile birlikte 45 seri beton elde edilmiştir. Numunelerin isimlendirilmesinde referans (R), lifli numuneler (L), çimento dozajı (D), su/çimento oranı (S/Ç) ve lif içeriği (L) şeklinde bir sistem kullanılmıştır. Deneyler sırasında 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] ve TS EN 12390-3 [7]’e uygun olarak sırasıyla porozite tayini deneyi ve yarmada çekme dayanımı deneyi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, beton numunelerin yarmada çekme dayanımlarının tahmini için ileri beslemeli (feed-forward) yapay sinir ağı modellenmiştir. Yapay sinir ağının eğitiminde hatanın geriye yayılım algoritması kullanılmıştır. Oluşturulan YSA modeli Şekil 2’ de verilmiştir. YSA modellenmesinde deneysel 45 veri kullanılmıştır. Bunların 36 tanesi eğitim verisi, 9 tanesi ise test verisi olarak ayrılmıştır. Çalışmada yapay sinir ağının modellenmesinde Matlab programı kullanılmıştır.

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

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



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
Yarmada çekme dayanımı (MPa)	2,256	3,939

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
Çıkış katmanındaki nöron sayısı	1
Momentum katsayısı	0,90
Eğitim katsayısı	0,05
İterasyon sayısı	2000
Transfer fonksiyonu	Tanjant sigmoid

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

A. Yarmada çekme Dayanımı

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

Tablo 6: Numunelere ait yarmada çekme dayanımı.

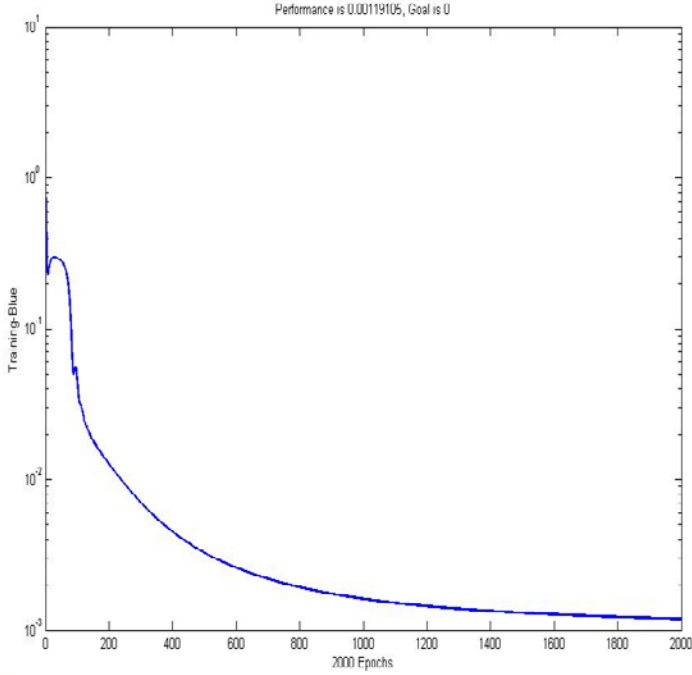
Numune	Yarmada çekme dayanımı	Numune	Yarmada çekme dayanımı
R.D30.SÇ55	2,256	R.D35.SÇ45	3,290
L.D30.SÇ55.L5	2,496	L.D35.SÇ45.L5	3,443
L.D30.SÇ55.L1 0	2,624	L.D35.SÇ45.L1 0	3,459
L.D30.SÇ55.L1 5	2,497	L.D35.SÇ45.L1 5	3,378
L.D30.SÇ55.L2 0	2,351	L.D35.SÇ45.L2 0	3,335
R.D30.SÇ50	2,365	R.D30.SÇ55	3,464
L.D30.SÇ50.L5	2,589	L.D30.SÇ55.L5	3,519
L.D30.SÇ50.L1 0	2,697	L.D30.SÇ55.L1 0	3,640
L.D30.SÇ50.L1 5	2,503	L.D30.SÇ55.L1 5	3,565
L.D30.SÇ50.L2 0	2,363	L.D30.SÇ55.L2 0	3,376
R.D30.SÇ45	2,589	R.D30.SÇ50	3,629
L.D30.SÇ45.L5	2,679	L.D30.SÇ50.L5	3,710
L.D30.SÇ45.L1 0	2,755	L.D30.SÇ50.L1 0	3,733
L.D30.SÇ45.L1 5	2,659	L.D30.SÇ50.L1 5	3,596
L.D30.SÇ45.L2 0	2,518	L.D30.SÇ50.L2 0	3,464
R.D35.SÇ55	2,908	R.D30.SÇ45	3,785
L.D35.SÇ55.L5	3,051	L.D30.SÇ45.L5	3,939
L.D35.SÇ55.L1 0	3,026	L.D30.SÇ45.L1 0	3,884
L.D35.SÇ55.L1 5	3,003	L.D30.SÇ45.L1 5	3,773
L.D35.SÇ55.L2 0	2,662	L.D30.SÇ45.L2 0	3,684
R.D35.SÇ50	3,104		
L.D35.SÇ50.L5	3,193		
L.D35.SÇ50.L1 0	3,242		
L.D35.SÇ50.L1 5	3,181		
L.D35.SÇ50.L2 0	3,085		

B. Numunelerin Yarmada çekme Dayanımlarının Yapay Sinir Ağı ile Tahmini

Eğitim verileri ile yapılan denemeler sonucunda elde edilen

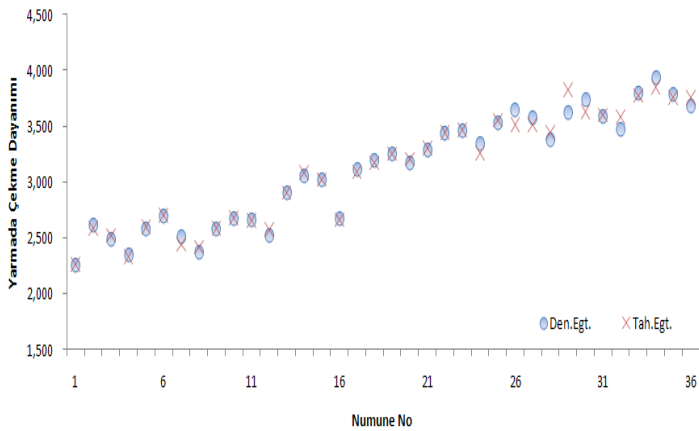
en iyi sonuç olan modelin ortalama karesel hatasındaki azalma Şekil 3’ de verilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi eğitim sonrası oluşan ortalama karesel hata $1,19 \cdot 10^{-4}$ olarak bulunmuştur.

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



Şekil 3: Eğitim sonucu oluşan ortalama karesel hata.

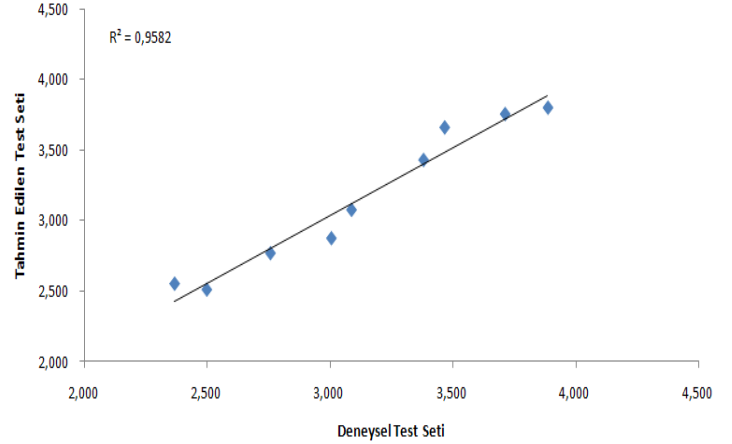
Eğitim sonrası tahmin edilen yarmada çekme dayanımı ile deneysel yarmada çekme dayanımı arasında oluşan korelasyon değeri $R^2=0,98$ olarak bulunmuştur.



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

Geliştirilen YSA modelinde eğitim için kullanılan değerler model değerleri ile karşılaştırıldıktan sonra test aşamasına

geçilmiş ve modele sadece girdi verileri girilerek çıktı değerleri olan yarmada çekme dayanımı değerleri tahmin ettirilmiştir. Modelin tahmin ettiği değerler ile deney sonuçları arasındaki ilişki Şekil 5’de verilmiştir. Test sonrasında deneysel yarmada çekme dayanımı ile tahmin edilen yarmada çekme dayanımı arasında oluşan korelasyon değeri $R^2=0,95$ olarak bulunmuştur.



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

IV. SONUÇLAR

Yapılan bu çalışma neticesinde ulaşılan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

1. Eğitim aşamasında elde edilen korelasyon değeri 0,98 seviyesindedir.
2. Test aşamasında elde edilen korelasyon değeri 0,95 seviyesindedir.
3. Test seti göz önüne alındığında, modellenen yapay sinir ağını %95 oranına başarı sağlamıştır.
4. Çalışma sonucunda, yapay sinir ağları kullanımı ile geliştirilen tahmin sistemlerinin güvenilir olduğu gözlemlenmiştir.
5. Çalışmada yapay sinir ağı tahmin uygulamasının daha verimli çalışmasında kullanılan verilerin fazla ve daha kapsamlı olması gerektiği sonucuna varılmıştır.

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, (Danışman: M. A. Taşdemir).
- [2]. B. Bahadır, *Liflerin Beton Kırılma Tokluğuna Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Sakarya, Türkiye, (2007), (Danışman: M. Sarıbıyık).
- [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]. Ş. Acır, *Beton Basınç Dayanımlarının Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Niğde, Türkiye, 2007.

- [5]. Türk Standardı Enstitüsü (TSE), “Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları”, TS 802, Ankara, Türkiye, 1-29 (2009).
- [6]. Türk Standardı Enstitüsü (TSE), “Kagir Birimler- Deney Metotları- Bölüm 4: Tabii Taş Kagir Birimlerin Toplam ve Görünen Porozitesi İle Boşluksuz ve Boşluklu Birim Hacim Kütlesinin, TS EN 772-4, Ankara, Türkiye, 1-21 (2000).
- [7]. Türk Standardı Enstitüsü (TSE), “Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 3: Deney numunelerinde yarmada çekme dayanımının tayini”, TS EN 12390-3, Ankara, Türkiye, 1-21 (2010).