

VİBRASYON SÜRESİNE VE BİRİM AĞIRLIĞA BAĞLI OLARAK BETON BASINÇ DAYANIMININ FARKLI YÖNTEMLERLE TAHMİN EDİLMESİ

THE ESTIMATION OF CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH WITH DIFFERENT METHODS BASED ON THE VIBRATION TIME AND UNIT WEIGHT

Serkan SUBAŞI^a, Ahmet BEYÇİOĞLU^b

^a, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye. E-posta: serkansubasi@duzce.edu.tr

^b Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye. E-posta: abeycioglu@duzce.edu.tr

Özet

Bu araştırmanın amacı farklı vibrasyon süreleri uygulanmış ve farklı birim ağırlık değerlerine sahip beton basınç dayanımlarının tahmin edilmesi için alternatif tahmin modelleri geliştirmektir.

Bu amaçla C 16 sınıfında tasarımı yapılmış betondan TS EN 12390-2 standardına uygun olarak toplam 60 adet 15x15x15 ebadında küp numune hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelere daldırma vibratörü kullanılarak 0, 5, 10, 15 ve 20 sn vibrasyon uygulanmıştır. Vibrasyon uygulanan numuneler bir gün sonra kalıptan çıkarılarak kür tankına konulmuştur. 28. günde numunelerin birim ağırlıkları ölçülerek TS EN 12390-3 standardına uygun olarak basınç dayanımları belirlenmiştir. Vibrasyon süresi ve birim ağırlık değerlerine bağlı olarak çoklu lineer regresyon ve bulanık mantık yöntemleri ile beton basınç dayanımı tahmin edilmiştir. Tahmin modellerinden elde edilen veriler ile gerçek basınç dayanımı değerleri karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak oluşturulan bulanık model ve çoklu lineer regresyon modeli ile beton basınç dayanımının tahmin edilmesinin mümkün olduğu, bulanık modelin çoklu lineer regresyona göre beton basınç dayanımını daha doğru tahmin ettiği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Vibrasyon Süresi, Birim Ağırlık, Basınç Dayanımı, Bulanık Mantık, Regresyon

Abstract

The aim of this study is to develop different estimating methods for guessing the compressive strength of the concrete having different unit weights and vibration times.

For this reason, totally 60 numbers of concrete specimens having 15x15x15 cm dimensions were obtained from the C16 concrete in accordance with the TS EN 12390-2 Standard. Vibration operation was performed on the prepared specimens during 0, 5, 10, 15 and 20 sec using diver type vibrator. Vibrated specimens were cured after one day. At the 28th day, the unit weight of the specimens was measured and compressive strengths were determined according to the TS EN 12390-3 Standard. Concrete compressive strength was estimated using multi linear regression and fuzzy logic based on the vibration time and the unit weight. The values obtained from the

estimation model were evaluated comparatively with the experimental values.

As a result, it is seen that estimation of the concrete compressive strength using multi linear regression and fuzzy logic methods is possible; however the fuzzy logic method was estimated the concrete compressive strength excellently than the multiple linear regression method.

Keywords: Vibration time, unit weight, compressive strength, fuzzy logic, regression.

1. Giriş

Beton malzemelerinin karılması ve taze betonun yerine yerleştirilmesi işlemleri esnasında, beton karışımının içerisine kendiliğinden (istenmeden) bir miktar hava da sıkışmaktadır. İçerisinde büyük miktarda hapsolmuş hava boşluğu bulunduran taze beton, yerleştirildiği kalıbın içerisini tamamen doldurmamış ve yoğunluğu az olan bir beton durumundadır; o haliyle sertleştiği takdirde, agregalarla çimento hamuru arasında, betonla donatı arasında veya betonla kalıp arasında boşluklar bulunduran, su geçirgenliği yüksek, dayanımı ve dayanıklılığı düşük olan bir beton elde edilmektedir. O nedenle, betonu yerine yerleştirdikten hemen sonra, içerisinde yer alan hapsolmuş havanın mümkün olabildiği kadar dışarı çıkartılması gerekmektedir [1-3].

Taze betonun içerisindeki hapsolmuş havanın dışarı çıkartılması işlemine "betonun sıkıştırılması" denilmektedir. Bazen, "betonun sıkıştırılması" terimi yerine, "birleştirme, pekiştirme, bütünleştirme, yoğunlaştırma" anlamlarına gelen "konsolidasyon" terimi de kullanılmaktadır [1].

Üretilen taze betonun kalıbına yoğun ve homojen olarak yerleşmesini sağlamak için çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Yerinde üretilen geleneksel betonarme yapı sistemleri için en uygun vibrasyon yöntemi dalgıç vibratörlerle betonun sıkıştırılmasıdır. Uygulanan vibrasyon sonucu beton kütlesi içerisinde titreşim dalgaları oluşmakta, tanelerin titreşime uğraması ve hareketliliği sonucu hava boşlukları yok edilerek beton sıkıştırılmaktadır. Sıkıştırılmış taze betonda kompasitenin yükseltilmesi sonucu beton kalitesi, yani sertleşmiş betonun dayanım ve dayanıklılığı önemli oranda artırılmış olmaktadır. Ayrıca betonla donatı arasındaki aderans güçlenerek betonarmenin monolitik davranışına olumlu katkı sağlamaktadır [4,5].

Taze betonun kalıba yerleştirilmesinde iki önemli hedef vardır. Bunlardan birincisi, betonu kalıbın her tarafına yaymak ve donatıları, devamlı bir şekilde kaplamasını sağlamak, ikincisi ise, kalıba dökülen betonu sıkıştırmak, böylelikle hava boşluklarını dışarıya çıkartarak kompasiteyi artırmaktır. İşte bu iki hedefe ulaşabilmek için betonun iyi bir şekilde sıkıştırılması gerekmektedir [6].

Taze betonu sıkıştırmak için modern vibratörler hizmete girinceye kadar betonun yerleştirilmesi işlemi, kürek, el tokmağı, şiş gibi aletlerle veya işçilerin ayakları ile yapılmaktaydı. Ancak günümüzde, yüksek frekanslı vibratörler ile betonun mükemmel bir şekilde sıkıştırılması mümkün olabilmektedir [7].

Vibrasyonla sıkıştırma için, betonun çökme değerinin 0–10 cm arasında olması gerektiği belirtilmiştir. Optimum bir sıkıştırma elde edebilmek için, vibratör süresinin 15–25 saniye olması gerektiği ve vibratörle sıkıştırılan tabakanın kalınlığının 70 cm'yi geçmemesi ve en az 30 cm olması gerektiği belirlenmiştir [4,5]. Vibrasyon, beton yüzeyinde parlak ve akıcı bir yüzey görüntüsü elde edilinceye kadar ve hava kabarcıklarının çıkışı sona erinceye kadar devam etmelidir. Bu durumu elde etmek için gerekli süre normal kıvamlı işlenebilen karışımlarda 5–20 saniyeyi geçmediği belirtilmiştir [8].

Diğer bir araştırmacı tarafından ise vibrasyon süresinin 5–15 saniye arasında olması gerektiği ifade edilmektedir. Bu süre içerisinde sıkışmanın olacağını eğer süre aşılsa betonun yüzeyinde şerbet birikimi olacağını ve bununla betonun basınç dayanımını düşüreceğini belirtmiştir [9]. TS 1247, Beton Yapım, Döküm ve bakım kuralları standardında, vibratörün beton içerisinde 5–15 saniye tutulması gerektiği belirtilmiştir [10].

Mühendislik araştırmalarında kullanılan birçok tahmin yöntemi bulunmaktadır. Bunlardan bazıları istatistik bazıları ise yapay zeka temellidir. Bu çalışmada istatistik yöntemlerden olan regresyon analizi ve yapay zeka yöntemlerinden olan bulanık mantık yöntemi ele alınmıştır. Regresyon analizi bir bağımlı değişken ile bir bağımsız (basit regresyon) veya birden fazla bağımsız (çoklu regresyon) değişken arasındaki ilişkilerin bir matematiksel eşitlik ile açıklanması süreci olarak tanımlanmaktadır. Basit doğrusal regresyon modeli birçok durum için elverişli olabilmektedir. Ancak gerçek hayatta birçok modelin açıklaması için iki veya daha fazla açıklayıcı değişkene gerek duyulmaktadır. Birden çok açıklayıcı değişkenli modeller çoklu regresyon modeli olarak adlandırılmaktadır [11].

Yaygın olarak kullanılmaya başlanan yöntemlerden olan bulanık mantık modelleme ise ilk olarak 1965'de L. A. Zadeh'in yeni bir matematiksel yöntemi açıklayan "Fuzzy Sets (Bulanık Kümeler)" [12] adlı ünlü makalesini ortaya çıkarmıştır. O zamandan günümüze, bulanık kümeler kuramı hem Zadeh'in kendisi, hem de sayısız araştırmacı tarafından hızlı bir biçimde geliştirilmiştir [13]. Çalışmada farklı vibrasyon süreleri uygulanmış ve farklı birim ağırlık değerlerine sahip beton basınç dayanımlarını tahmin eden modeller, regresyon ve bulanık mantık yöntemleri ile oluşturulmaya çalışılmıştır.

2. Regresyon Analizi ve Bulanık Mantık Yönteminin Uygulanması

Çalışmada farklı vibrasyon süreleri uygulanmış ve farklı birim ağırlık değerlerine sahip betonların basınç dayanımlarının tahmin edilmesi amacıyla hem regresyon analizi hem de bulanık mantık yöntemiyle iki farklı tahmin yaklaşımı uygulanmıştır. Çalışmada ilk olarak birden fazla bağımsız değişkenin arasındaki ilişkileri bir matematiksel eşitlik ile açıklanmasını sağlayan çoklu lineer regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Çoklu doğrusal regresyon modeli ile tahmin yaklaşımı Eşitlik 1'de verilen genel regresyon denklemi kullanılarak uygulanmıştır.

$$y = b_0 + b_1X_1 + \dots + b_nX_n + \varepsilon \quad (1)$$

Model denklemlerde,

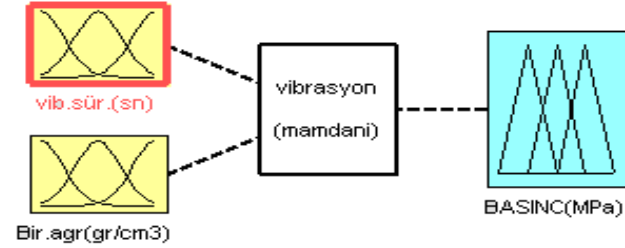
Y= Bağımlı değişkeni

X_i=Bağımsız değişkenleri

b_i= Hesaplanan katsayı parametreleri

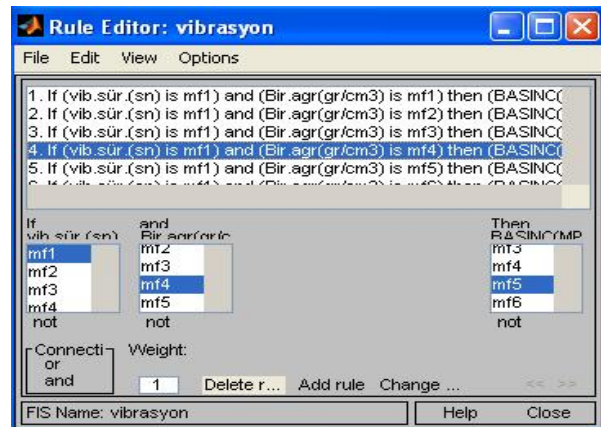
ε = Hata terimini ifade etmektedir.

Çoklu regresyon analizi ile model denklemi oluşturulmasının yanı sıra diğer bir tahmin yöntemi olarak Şekil 1'de görüldüğü gibi 2 girdi ve 1 çıktılı bulanık mantık model oluşturulmuştur. Oluşturulan modelde, daldırma vibratörü kullanılarak 0, 5, 10, 15 ve 20 sn vibrasyon uygulanmış ve birim ağırlık değerleri tayin edilmiş olan farklı dayanıma sahip beton numunelere ait değerler referans olarak kullanılmıştır.



Şekil 1. Bulanık mantık modelinin genel yapısı

Modelde vibrasyon süresi girdisi için 5, birim ağırlık girdisi için 6 ve basınç dayanımı çıktısı için ise 12 adet üçgen üyelik fonksiyonu belirlenmiştir. Üyelik fonksiyonları belirlendikten sonra Şekil 2'de görülen kural tabanında girdiler ve çıktı arasındaki ilişkilendirme kuralları belirlenmiştir.



Şekil 2. Kuralların oluşturulması

3. Deneysel Çalışma

Beton numunelerinin hazırlanmasında 0-4, 4-16 mm elek açıklığına sahip kırmataş kalker agregası kullanılmıştır. Bağlayıcı olarak CEM I 42,5 R çimentosu ile betonlar dökülmüştür. Beton karışımları TS 802 standardına uygun olarak dizayn edilmiştir [14]. Tasarımı gerçekleştirilen C16 betonunun karışım miktarları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. 1m³ Beton karışımı malzeme miktarı

Malzeme	Ağırlık (kg)	Yoğunluk (kg/dm ³)	Hacim (dm ³)
Çimento	316	3,05	104
Su	167	1	167
Hava	----	----	20
Agrega 0-4 (%56)	1012	2,55	397
Agrega 4-16 (%44)	833	2,67	312

Vibrasyon süresinin beton basınç mukavemetine etkisini belirlemek için hazırlanan taze beton numuneleri 5 – 10 – 15 ve 20 sn. süre ile frekansı 3000 vuruş/dakika olan 50 Hz. motorlu vibratör masasında vibrasyona tabi tutulmuştur. Belirlenen her vibrasyon süresi için 5 adet (15x15x15 boyutlarında küp) deney numunesi hazırlanmıştır.

Hazırlanan beton numuneleri 28 gün suda kür edildikten sonra basınç dayanımı ve birim ağırlık deneylerine tabi tutulmuştur. Basınç dayanımı deneyi TS 12390-3 "Beton – Sertleşmiş Beton Deneyleri, Bölüm 5: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini" standardında belirtilen esaslara uygun olarak, birim ağırlık deneyi ise TS 12390-7 "Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Sertleşmiş Betonun Yoğunluğunun Tayini" deneyine uygun olarak gerçekleştirilmiştir [15,16].

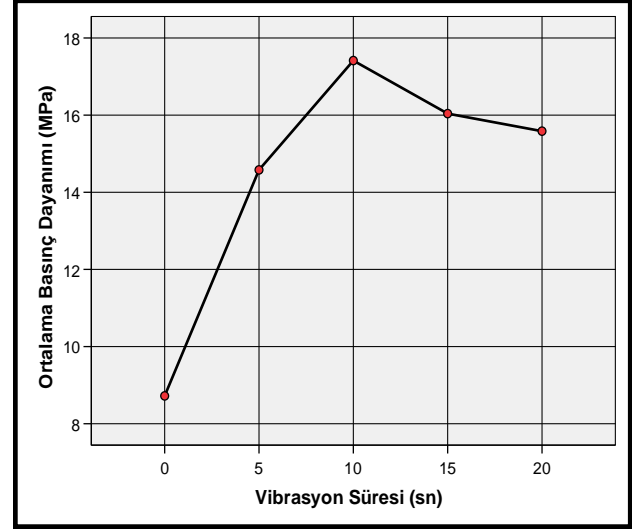
4. Bulgular ve Tartışma

4.1. Deneysel Bulgular

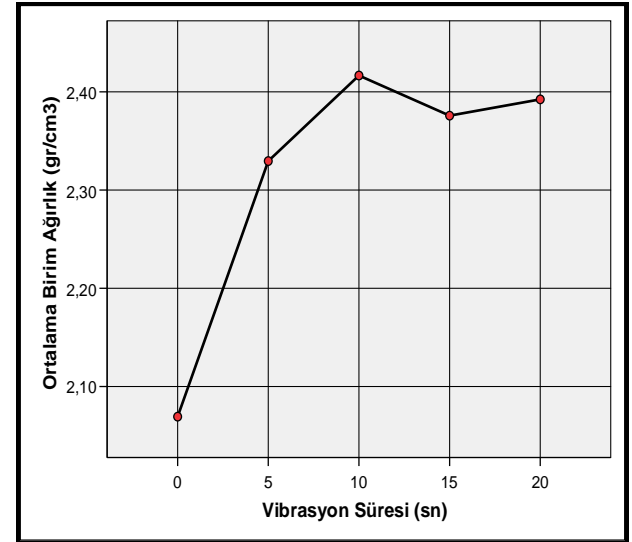
Farklı sürelerde vibrasyona tabi tutulmuş beton numunelerinin deney sonuçlarına ait açıklayıcı istatistikler Çizelge 2'de verilmiştir. Ayrıca, ortalama basınç dayanımı değerlerine ait grafik Şekil 3'te ortalama birim ağırlık değerlerini gösteren grafik ise Şekil 4'te görülmektedir.

Çizelge 2. Deney sonuçlarına ait açıklayıcı istatistikler

Deney Türü	Vib. Süresi (sn)	N	Ortalama	Std. Hata	Min.	Maks.
Birim Ağırlık (gr/cm ³)	0	5	2,06	0,00599	2,06	2,09
	5	5	2,32	0,01680	2,27	2,38
	10	5	2,41	0,02441	2,35	2,48
	15	5	2,37	0,01039	2,35	2,40
	20	5	2,39	0,01083	2,37	2,43
Basınç dayanımı (MPa)	0	5	8,72	0,32456	8,15	9,91
	5	5	14,58	0,14437	14,23	15,10
	10	5	17,41	0,18755	16,81	17,81
	15	5	16,03	0,15777	15,68	16,42
	20	5	15,58	0,24324	15,02	16,26



Şekil 3. Ortalama basınç dayanımı değerleri



Şekil 4. Ortalama birim ağırlık değerleri

Elde edilen veriler ve grafikler incelendiğinde 10 sn den daha fazla vibrasyon uygulandığında numunelerin basınç dayanımı değerlerinin düştüğü görülmektedir. Bu duruma aşırı vibrasyondan dolayı betonda meydana gelen segregasyonun neden olduğu düşünülmektedir.

4.2. Regresyon Analizi Bulguları

Deneysel çalışma sonucunda elde edilen veriler üzerinde çoklu lineer regresyon uygulanmıştır. Vibrasyon süresi ve birim ağırlık değerlerine bağlı olarak basınç dayanımı değerlerini tahmin eden $Y=a+bX_1+cX_2$ model denklemi oluşturulmuştur. Oluşturulan model denklemde;

Y = Basınç dayanımı (MPa)

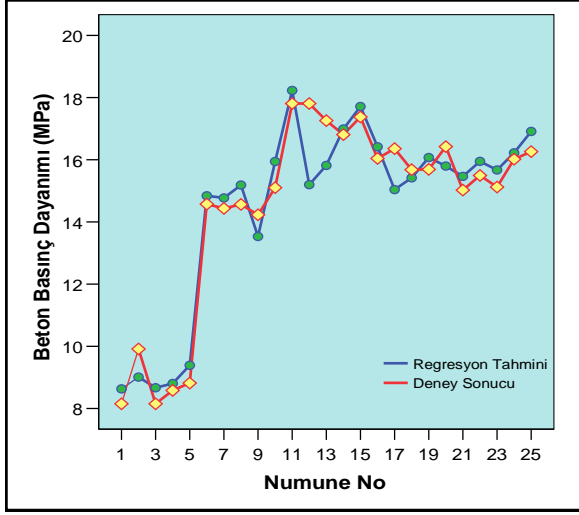
X_1 = Vibrasyon süresi (sn)

X_2 = Birim ağırlık (gr/cm³)

a, b, c = regresyon katsayılarını ifade etmektedir.

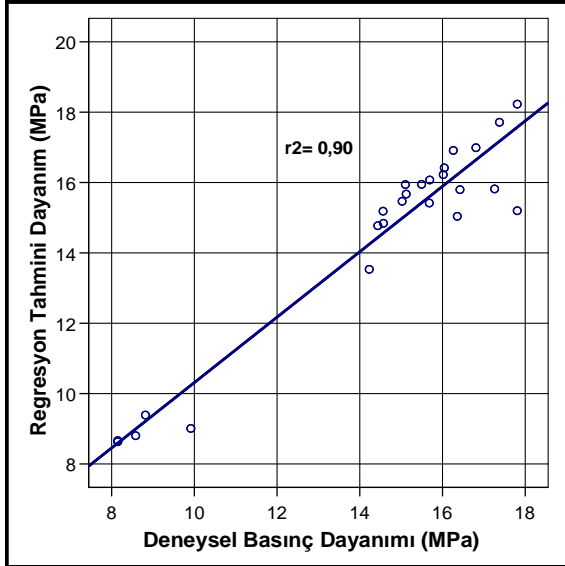
Çoklu lineer regresyon analizi sonucunda $r^2=0,90$ olan $Y=-39,192-0,018X_1+23,240X_2$ model denklemi elde edilmiştir.

Regresyon analizi sonucunda elde edilen çoklu lineer modelin %10 hata ile basınç dayanımı değerlerini tahmin ettiği tespit edilmiştir. Regresyon model denkleminin tahmin ettiği basınç dayanımı değerleri ile deneysel basınç dayanımı değerleri arasındaki ilişkiye ait grafik Şekil 5'te görülmektedir.



Şekil 5. Deneysel ve RT ile elde edilen değerlere ait grafik

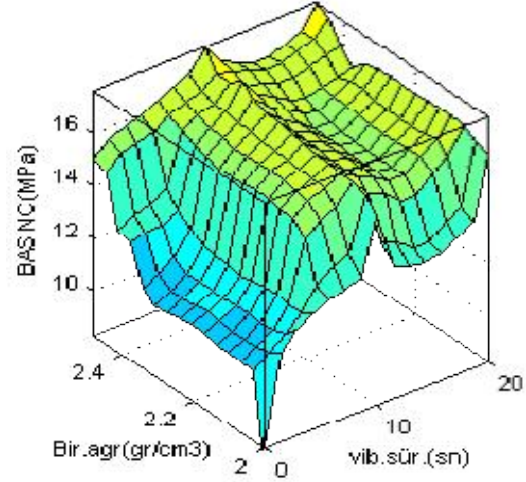
Regresyon tekniği ile elde edilen veriler ve deneysel olarak bulunan veriler arasındaki ilişki grafiği ise Şekil 6 'da görülmektedir.



Şekil 6. Deneysel ve RT tahmin verileri arasındaki ilişki grafiği

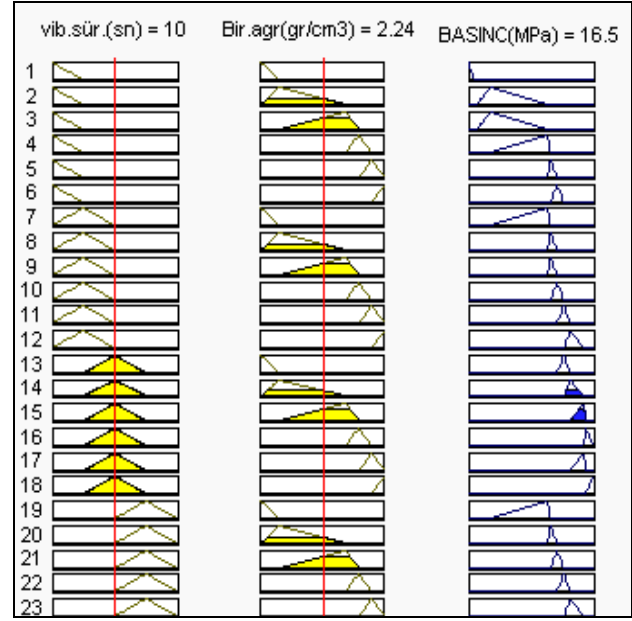
4.3. Bulanık Mantık Modeli Bulguları

Kural tabanında uzman görüşü ile belirlenen kurallara göre oluşan vibrasyon süresi-birim ağırlık-beton basınç dayanımı arasındaki ilişki Şekil 7'de görülmektedir.



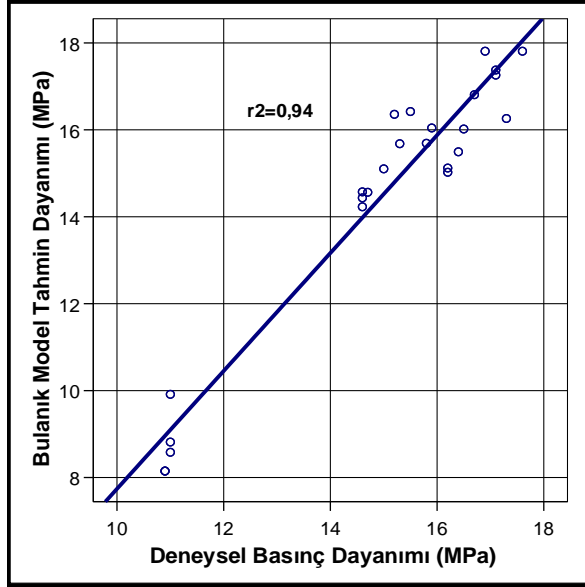
Şekil 7. Oluşturulan kurallara göre girdiler ile çıktı arasındaki ilişki

Modelin eğitilmesi işlemlerinden sonra modelin tahmin sonuçları Şekil 8'de görülen durulaştırma ekranından alınmıştır.



Şekil 8. Oluşturulan bulanık modele ait durulaştırma ekranı

Durulaştırma ekranından modelin tahmin sonuçları alındıktan sonra deneysel sonuçları tahmin etme yeteneğini belirlemek amacıyla deney sonuçları ile model sonuçları arasında ilişki grafiği çizilmiştir (Şekil 9). Bulanık modelden elde edilen veriler ile deney sonuçları arasında ilişki grafiği incelendiğinde, oluşturulan bulanık mantık modelinin basınç dayanımı değerlerini % 6 oranında hata ile tahmin ettiği görülmüştür.



Şekil 9. Deneysel ve bulanık model tahmin verileri arasındaki ilişki grafiği

5. Sonuçlar

Çalışmada tasarımı gerçekleştirilen C16 sınıfı taze beton numuneleri 0, 5, 10, 15 ve 20 sn vibrasyona tabi tutulmuştur. Farklı vibrasyon süreleri uygulanmış ve farklı birim ağırlık değerlerine sahip beton basınç dayanımlarının tahmini için çoklu lineer regresyon ve bulanık mantık modelleri oluşturulmuştur. Tahmin modellerinden elde edilen veriler ile gerçek basınç dayanımı değerleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda;

10 sn den daha fazla vibrasyon uygulandığında numunelerin basınç dayanımı değerlerinin azaldığı, bu azalmanın aşırı vibrasyondan dolayı betonda meydana gelen segregasyondan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Regresyon analizi sonucunda elde edilen çoklu lineer modelin %10 hata ile basınç dayanımı değerlerini tahmin ettiği, bulanık modelin ise basınç dayanımı değerlerini %6 oranında hata ile tahmin ettiği belirlenmiştir. Bulanık modelin regresyon tekniğine göre %4 oranında daha az hata ile deney sonuçlarını tahmin ettiği görülmüştür.

Kaynaklar

- [1]. Erdoğan, T. Y., "Beton", METU Press, I. Baskı, Ankara, 66-67, 191-198, 652-677, 2003.
- [2]. Mindess, S., Joung, J.F., Darwin, D., "Concrete", Second Edition Prentice Hall, London, 499-504, 2002.
- [3]. Neville, A. M., "Properties of concrete", Fourth and Final Edition, Pearson Prentice Hall, England, 303-306, 391-394, 504-505, 581-585, 605-609, 610-624, 2003.
- [4]. ACI 309R-96, "Guide for Consolidation of Concrete", ACI Manual of Concrete Practice, Detroit, 1996.
- [5]. ACI 309.1 R-98, "Behavior of Fresh Concrete During Vibration", ACI Manual of Concrete Practice, Detroit, 1998.

- [6]. M. Uyan ve B. Y. Pekmezci, "Tekrarlı Vibrasyonun Beton Özelliklerine Etkisi", Beton Prefabrikasyon Dergisi, Sayı 60, ss. 5-8, Ekim 2001.
- [7]. Osman Şimşek, Salih Bektaş, Mürsel Erdal, Vibrasyon Süresinin Betonun Basınç Dayanımına Ve Birim Ağırlığına Etkisi, Politeknik Dergisi, Cilt: 5 Sayı: 2 S. 185-193, 2002.
- [8]. Kemalettin Yılmaz, Fethullah Canpolat, Etkin Vibrasyonun Beton Kalitesindeki Önemi, Osmangazi Üniversitesi Müh.Mim.Fak.Dergisi C.Xv, S.2, 2002.
- [9]. Kemalettin Yılmaz, Hasan Arman, "Tekrarlı Vibrasyonun Beton Kalitesindeki Önemi Beton Sempozyumu, 2004.
- [10]. TS 1247, Beton Yapım, Döküm ve Bakım Kuralları (Normal Hava Koşullarında), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1984.
- [11]. Subaşı, S., Beycioğlu, A., "Farklı Tahmin Yöntemleri Kullanılarak Kırmataş Kalker Agregalı Betonların Basınç Dayanımının Belirlenmesi" e-Journal of New World Sciences Academy, Volume: 3, Number: 4, 2008
- [12]. Zadeh, L.A., "Fuzzy Sets", Information and Control, Vol. 8., pp. 338-353, 1965.
- [13]. Terzi, S, "Bitüm Miktarının Asfalt Betonu Dayanımına Etkisinin Bulanık Mantık Yöntemi İle Modellenmesi", 4. Uluslar arası İleri Teknolojiler Sempozyumu, 28-30 Eylül, Konya, 2005.
- [14]. TS 802, Beton Karışımı Hesap Esasları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1985.
- [15]. TS EN 12390-3, Beton – Sertleşmiş Beton Deneyleri, Bölüm 5: Deneysel Numunelerde Basınç Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2003.
- [16]. TS 12390-7, "Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Sertleşmiş Betonun Yoğunluğunun Tayini", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.