

BULANIK MANTIK VE İSTATİSTİKSEL ANALİZ YÖNTEMLERİ İLE REVİBRASYON UYGULANMIŞ BETONLARDA BASINÇ DAYANIMI TAHMİNİ

Serkan SUBAŞI , Ahmet BEYÇİOĞLU** , Mustafa ÇULLU****

Özet

Bu araştırmada, farklı sürelerde revibrasyon uygulanmış betonların basınç dayanımlarının tahmini için regresyon ve bulanık mantık yöntemleri ile iki tahmin modeli geliştirilmiştir.

Çalışma kapsamında C 16 sınıfında toplam 50 adet 15x15x15 ebadında küp numune hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelere 10 sn süreyle ön vibrasyon uygulanmıştır. Daha sonra 10'ar adet numuneye 30-60-90 ve 120 dakikalarda revibrasyon uygulanmıştır. 10 adet numuneye ise revibrasyon uygulanmamıştır. 28. günde numunelerin birim ağırlıkları ve basınç dayanımları belirlenmiştir. Elde edilen deney sonuçları kullanılarak tahmin modelleri geliştirilmiştir. Regresyon analizi ve bulanık mantık yöntemleriyle geliştirilen tahmin modellerinde basınç dayanımı değerleri revibrasyon süresi ve birim ağırlığa bağlı olarak tahmin edilmiştir. Modellerden elde edilen sonuçlar ile deney sonuçları karşılaştırılmıştır. Geliştirilen modellerin tahmin performansları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak revibrasyon uygulanmış betonlarda basınç dayanımının oluşturulan bulanık model ve çoklu lineer regresyon modeli ile tahmin edilmesinin mümkün olduğu, bulanık modelin çoklu lineer regresyona göre beton basınç dayanımını daha düşük bir hata oranıyla tahmin ettiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Revibrasyon, Bulanık Mantık, Regresyon, Birim Ağırlık, Basınç Dayanımı

PREDICTION OF COMPRESSIVE STRENGTH ON REVIBRATED CONCRETE USING FUZZY LOGIC AND STATISTICAL BASED METHODS

Abstract

The purpose of this study is to develop two different prediction models based on regression analysis and fuzzy logic for prediction of compressive strength of concrete samples which were subjected to vibration for different amount of time.

For this study, a total of 50 cubic samples in C 16 class were prepared. The sample sizes were 15x15x15 cm. After applying 10 second initial vibration to all samples, they were grouped in to tens. Later, 30, 60, 90 and 120 second vibrations were applied to four different groups of samples. The samples in the last group were left unvibrated. On the 28th days, unit weights and compressive strengths of the samples were measured. Using these measurements, two prediction models were developed. With these newly developed regression analysis and fuzzy logic models, compressive strength values were predicted in relation to unit weight and vibration time. The results obtained from the prediction models were compared to the results obtained from the tests and prediction performances of the new models were evaluated comparatively.

* Düzce Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü. E-posta: serkansubasi@duzce.edu.tr

** Düzce Üniversitesi, Kaynaşlı Meslek Yüksekokulu, Yapı Ressamlığı Bölümü, Kaynaşlı, Düzce.

*** Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane Düzce Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü. E-posta: serkansubasi@duzce.edu.tr

The results showed that compressive strength of concrete can be predicted using fuzzy logic and multiple linear regression models. Moreover, it has been observed that fuzz logic model can predict concrete compressive strength with less amount of error compared to the multiple-linear regression model.

Key Words: Revibrated, Fuzzy logic, Regression, Concrete density, Compressive strength

1. Giriş

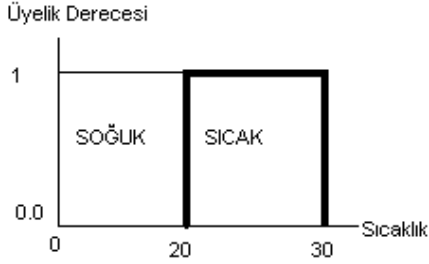
Hazır beton sektöründeki gelişmeler beton üretimini önemli ve profesyonellik gerektiren bir iş haline getirmiştir. Üretimde uygun malzeme seçimi ve özellikle hammaddelerin doğru kullanımı, maliyetleri önemli ölçüde doğrudan etkilemektedir. Maliyetler içerisindeki hammadde payının üretimin cinsine göre % 60 mertebelerine kadar çıktığı dikkate alınırsa, konunun önemi daha iyi anlaşılır. Aynı malzeme ile daha yüksek performanslı beton üretmek ana amaçtır ve maliyetlerin en aza indirilmesi için ön koşuldur. Betonun vibrasyonunun, ürün kalitesinin ve performansının artırılmasında en önemli unsurlardan biri olduğu şüphesizdir [1]. Betonda kalite ve tasarrufun ana parametrelerinden birisi olan vibrasyon vazgeçilmez ve kalıcı bir şekilde beton teknolojisi içerisinde yerini almıştır [2]. İlk vibrasyondan belirli bir süre sonra tekrar vibrasyon uygulanmasına revibrasyon uygulaması ve bu iki vibrasyon arasında geçen süreye de revibrasyon süresi denilmektedir [3]. Sitemli revibrasyon zamanı betonun yerleştirilmesinden sonradır [4].

Revibrasyon betonun dayanımını arttırmak için su keselerini ve hava boşluklarını azaltarak iyi bir karışım hazırlanmasına yardımcı olmaktadır [5-6]. Beton karışımının basınç dayanımı, onun stabilitesine ve kompasitesine bağlıdır. Basınç dayanımındaki önemli gelişim revibrasyonla sağlanabilir. Başlangıç vibrasyonu ve revibrasyon arasındaki optimum periyot aynı zamanda en iyi revibrasyon süresini belirler [7].

Bu çalışmada 30-60-90 ve 120. dakikalarda revibrasyon uygulanmış ve birim ağırlıkları belirlenmiş betonların deneysel olarak elde edilen basınç dayanımlarının bulanık mantık ve regresyon tekniğiyle tahmin edilebilirliği belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Bulanık mantık ve regresyon analizi

Bulanık mantık son yıllarda üzerinde çalışılan esnek modelleme yöntemlerinden birisidir. Klasik mantıkta bir şey ya tümüyle siyahtır ya da tümüyle beyazdır. Bulanık mantığa göre ise bir şey kısmen siyah ve kısmen beyaz olabilir. [8] Zadeh [9] bulanık mantık kavramında, Aristo' nun 1 veya 0, var veya yok gibi iki kesin ve ayrı durum içeren klasik küme mantığının yerine insan düşüncesine daha daha yatkın olarak belirli değer aralıklarını sözel ifadelerle tanımlayarak, kümeler arası geçişe esneklik kazandırmış ve gerçek yaşamdakine benzetmiştir. Bu durum basitçe şu şekilde açıklanabilir. Örneğin Şekil 1' de görülen klasik küme teorisinde sıcaklık eğer 16 °C ise soğuktur. Fakat Şekil 2'deki bulanık küme teorisinde ise 16 °C sıcaklık için "sıcaktır" veya "soğuktur" diye kesin çizgilerle ayrılmış yargılar kullanılamaz. Çünkü 16 °C sıcaklık değerinin belli bir derecede sıcak kümesine ve belli bir derecede soğuk kümesine üyeliği bulunmaktadır. Şekil 2'deki küme mantığı insanın düşünme yeteneğine daha uyumlu bir yapıdadır [10].



Şekil 1. Klasik mantık



Şekil 2. Bulanık mantık

Regresyon analizi ise 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]. Basit ve çoklu doğrusal regresyon denklemlerinin formülize edilmiş biçimi sırasıyla Denklem 1 ve Denklem 2'de verilmiştir. Basit ve çoklu lineer regresyon model denklemleri aşağıdaki gibi yazılmaktadır.

$$y = b_0 + b_1 X + \varepsilon \quad (1)$$

$$y = b_0 + b_1 X_1 + \dots + b_n X_n + \varepsilon \quad (2)$$

Model denklemlerde,

Y = Bağımlı değişkeni

X_i = Bağımsız değişkenleri

b_i = Hesaplanan katsayı parametreleri

ε = Hata terimini ifade etmektedir.

3. Materyal ve Yöntem

Çalışmada TS 802'ye [12] göre C 16 sınıfında toplam 50 adet 15x15x15 cm ebadında küp numune hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelere 10 sn süreyle ön vibrasyon uygulanmıştır. Daha sonra 10'ar adet numuneye 30-60-90 ve 120. dakikalarda revibrasyon uygulanmıştır. 10 adet numuneye ise revibrasyon uygulanmamıştır. 28. günde numunelerin birim ağırlıkları ve basınç dayanımları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar

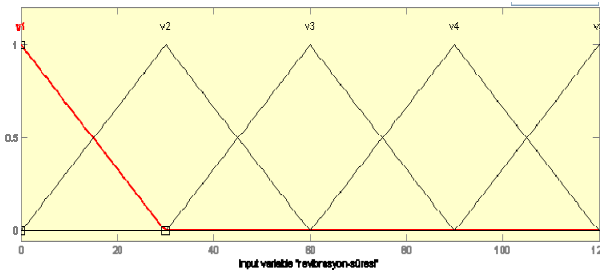
Numune	Ref (0 dk.)		I (30 dk.)		II (60 dk.)		III (90 dk.)		IV (120 dk.)	
	Birim Ağırlık (gr/cm ³)	Basınç Mukavemeti (MPa)	Birim Ağırlık (gr/cm ³)	Basınç Mukavemeti (MPa)	Birim Ağırlık (gr/cm ³)	Basınç Mukavemeti (MPa)	Birim Ağırlık (gr/cm ³)	Basınç Mukavemeti (MPa)	Birim Ağırlık (gr/cm ³)	Basınç Mukavemeti (MPa)
1	2.33	14.57	2.40	15.24	2.39	15.81	2.43	17.87	2.34	17.21
2	2.33	14.44	2.41	15.34	2.38	15.37	2.39	16.78	2.40	17.46
3	2.34	14.56	2.36	14.02	2.37	14.67	2.37	17.08	2.40	17.69
4	2.27	14.23	2.37	14.27	2.39	15.73	2.44	18.71	2.41	17.76
5	2.38	15.10	2.38	15.05	2.41	16.60	2.43	18.26	2.33	17.13
ORT	2.33	14.58	2.38	14.78	2.39	15.64	2.41	17.74	2.38	17.45

4. Bulgular ve Tartışma

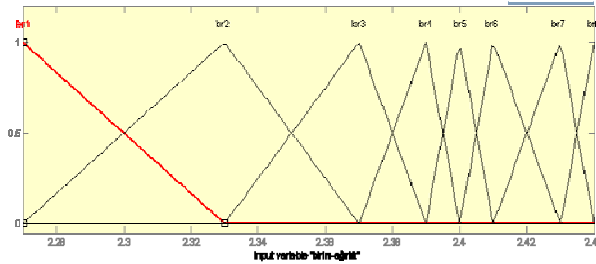
Çalışmada revibrasyon süresi ve birim ağırlığın beton basınç dayanımına etkisini belirlemek amacıyla bulanık mantık ve regresyon tekniği ile iki farklı tahmin modeli üzerinde durulmuştur. Revibrasyon süresi ve birim ağırlığa bağlı olarak betonun basınç dayanımı tahmin etmek amacıyla ilk olarak bulanık mantık yöntemiyle bir tahmin modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen modelin genel yapısı Şekil 3’de görülmektedir. Modelin girdileri olan revibrasyon süresi (dk) ve birim ağırlık (gr/cm^3) ile modelin çıktısı olan basınç dayanımı değerleri için oluşturulan üyelik fonksiyonları Şekil 4-5-6’da görülmektedir.



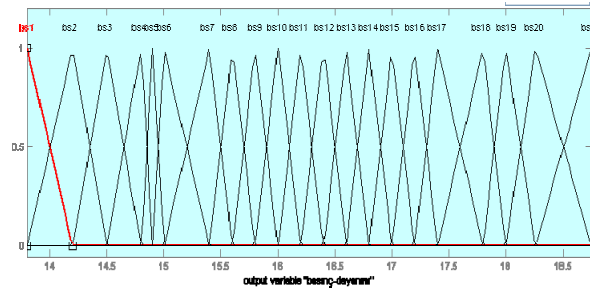
Şekil 3. Basınç dayanımı tahmin modelinin genel yapısı



Şekil 4. Revibrasyon süresi üyelik fonksiyonları

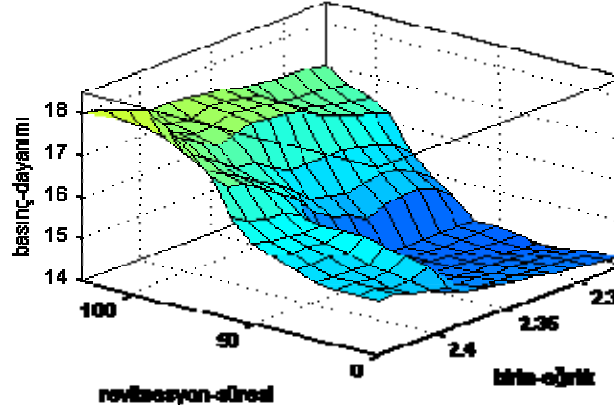


Şekil 5. Birim ağırlık üyelik fonksiyonları



Şekil 6. Basınç dayanımı üyelik fonksiyonları

Model girdileri ve çıktıları için üyelik fonksiyonları belirlendikten sonra girdiler ve çıktı arasındaki ilişkiyi belirleyen kurallar oluşturulmuştur. Oluşturulan kuralların girdiler ve çıktı arasında oluşturduğu ilişki Şekil 7’de görülmektedir.



Şekil 7. Girdiler ile çıktı arasındaki ilişki grafiği

Model kurallarının oluşturulmasından sonra modelin tahmin ettiği net sonuçları alarak modeli test etmek amacıyla durulaştırma işlemi yapılmıştır. Durulaştırma işleminde bulunan tahmin sonuçları ile deney sonuçları karşılaştırılmış ve aralarında yüksek oranda bir benzerlik görülmüştür. Elde edilen ilişki grafiği Şekil 8’de görülmektedir. Çalışmada diğer bir yöntem olan regresyon analizinde ise veriler SPSS programında düzenlenerek girdiler ile çıktı arasındaki ilişkiyi temsil eden model denklemi oluşturulmuştur. Model özeti Çizelge 2. de görülmektedir.

Çizelge 2. Regrasyon analizi sonuçları

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Tahminin standart hatası
1	0.902	0.814	0.797	0.65369

Regresyon analizi sonuçları değerlendirildiğinde basınç dayanımı için denklem şu şekilde ifade edilir.

$$Y = 0,739 * X_1 + 0,284 * X_2$$

Burada;

Y = Basınç dayanımını (MPa),

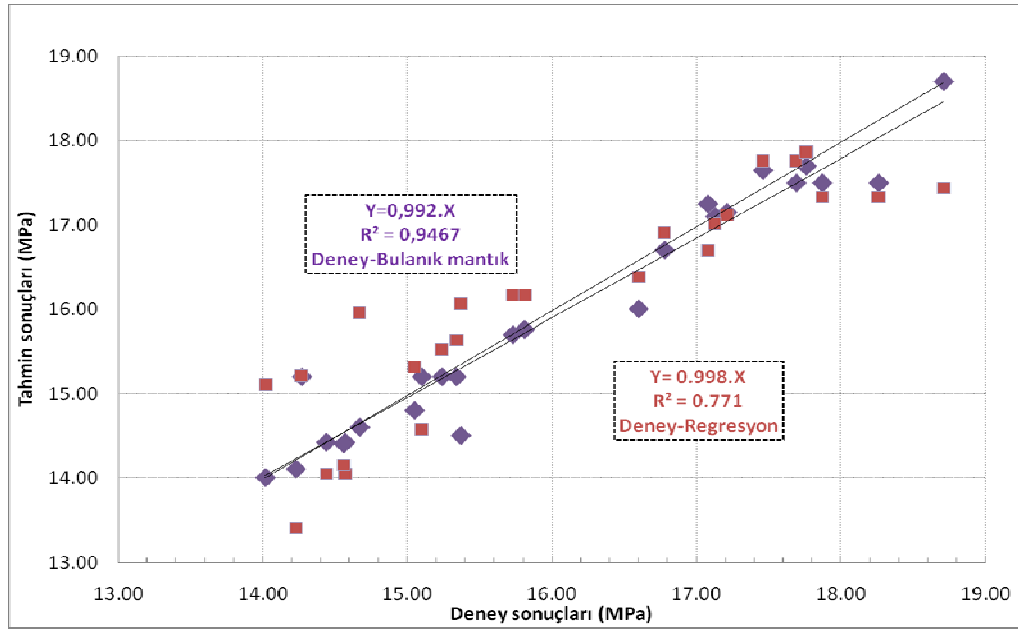
X₁ = Revibrasyon süresini (dak),

X₂ = Birim ağırlığı (gr/cm³) temsil etmektedir.

Regresyon analizinde model denklemi için katsayılar Çizelge 3. de görülmektedir. %95 güven aralığında tahmin edilen basınç dayanımı değerleri ile deneysel olarak elde edilen basınç dayanımı değerleri karşılaştırıldığında aralarında yüksek oranda ilişki bulunmuş ve Şekil 8’de ilişki grafiği verilmiştir.

Çizelge 3. Regresyon analizinde model denklemleri için katsayılar

Model	Standartlaştırılmamış katsayılar		Standartlaştırılmış katsayılar		t	Önemlilik düzeyi
	B	Std. hata	Beta			
(Sabit)	-10.665	9.039			-1.180	0.251
Revibrasyon Süresi (dak)	0.025	0.003	0.739		7.187	0.000
Birim Ağırlık (gr/cm ³)	10.605	3.839	0.284		2.763	0.011



Şekil 8. Model sonuçları (regresyon-bulanık mantık) ve deney sonuçları arasındaki ilişki

5. Sonuçlar

Araştırmada, regresyon analizi ve bulanık mantık yöntemi, farklı sürelerde revibrasyon uygulanmış betonların basınç dayanımlarını tahmin etmek amacıyla kullanılmıştır.

Bulanık mantık yöntemi sonuçları ile deneysel sonuçlar arasındaki ilişki göz önünde bulundurulacak olursa model sonuçları ile deneysel sonuçlar arasında $R^2=0.95$ gibi yüksek bir ilişkisi olduğu görülmektedir. Benzer şekilde regresyon analizi yöntemi de deneysel sonuçları tahmin etmede başarılı sonuçlar vermiş ve aralarında $R^2=0.77$ gibi bir ilişki olduğu çıkmıştır. Sonuçlar değerlendirilecek olursa iki tahmin modelinin de başarılı olduğu söylenebilir. Fakat bulanık mantık yöntemi sonuçlarının regresyon yöntemine göre daha başarılı olduğu görülmektedir. Bu durumun bulanık mantığın esnek bir modelleme yöntemi olmasından ve insan deneyimleri kullanılarak girdiler ile çıktı arasındaki ilişkinin kurallarda yorumlanabilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kaynaklar

- [1]. Uslu, Ö., “Beton Vibrasyonu- Bölüm 1”, Beton Prefabrikasyon Dergisi, Sayı: 32, Sayfa: 11-13, Ekim 1994.
- [2]. Şimşek, O., Bektaş, S., Erdal, M., “Vibrasyon Süresinin Betonun Basınç Dayanımına ve Birim Ağırlığına Etkisi”, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Politeknik Dergisi, Cilt: 5, Sayı: 2, S. 185-193, Ankara, 2002.
- [3]. Yılmaz K. Arman A. “Tekrarlı Vibrasyonun Beton Kalitesindeki Önemi” Hazır Beton Mart-Nisan 54-58, 2005.
- [4]. Vollick, C. A., “Effects of Revibrating Concrete,” ACI JOURNAL, Proceedings Vol: 54, No: 9, pp. 721-732, Mar. 1958.
- [5]. Tuthill, Lewis H., “Vibration Reexamined”, Concrete Construction, V. 22, No. 10, pp. 537-539, Oct. 1977.
- [6]. ACI Committee, “Behavior of Fresh Concrete During Vibration, Chapter 1-History of Concrete Vibration”, ACI 309.1 R-93, Page:1-3, 1998.
- [7]. Al-Khalaf , M.N., Yousif, H.A., “Effect of revibration on the stability and compactibility of concrete”, [Cement and Concrete Research](#), [Volume 15, Issue 5](#), Pages 842-848, September 1985.
- [8]. Ö. Kişi, M. E. Karahan, Z. Şen “Nehirlerdeki askı maddesi miktarının bulanık mantık ile modellenmesi” itüdergisi/d mühendislik Cilt:2, Sayı:3, 43-54 Haziran 2003.
- [9]. L. A. Zadeh, “Fuzzy Sets”, Information and Control, 8, 338-352, 1965.
- [10]. Beycioğlu A “Endüstriyel Atıkların Hafif Beton Özelliklerine Etkilerinin Bulanık Mantık Yöntemiyle Modellenmesi” Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Anabilim dalı, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 2008.
- [11]. Kalaycı, Ş. “SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri”, Ankara. Asil Yayınları, 2006.
- TS-802 Beton Karışım Hesap Esasları. TSE, Ankara,1985.