Kendiliğinden Yerleşen Harç Viskozitelerinin Bulanık Mantıkla Tahmin Edilmesi

İlker Bekir TOPÇU[1] ve Tayfun UYGUNOĞLU[2]

[1]Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık-Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü, 26480, Eskişehir, e-mail: ilkerbet@ogu.edu.tr

[2]Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi,
Yapı Eğitimi Bölümü, 03200, Afyonkarahisar, e-mail: uygunoglu@aku.edu.tr

ÖZET

Yüksek akışkanlığa sahip olan kendiliğinden yerleşen betonların (KYB) kararlı bir duruma sahip olmaları için uygun bir viskoziteye sahip olmaları gereklidir. Viskozite, genel olarak özel ve pahalı bir cihaz olan reometre ile kendiliğinden yerleşen harçlarda (KYH) belirlenmektedir. Ayrıca kendiliğinden yerleşen beton ve harçların viskozitesi hakkında bilgi edebilmek amacıyla V-kutusu akış süreleri ölçülmektedir. Bu çalışmada viskozitenin tüm laboratuvar ve şantiye ortamlarında kolayca belirlenebilmesi amacıyla harcın su-bağlayıcı oranı, kimyasal katkı içeriği ve harcın mini V-kutusu akış hızı ile ilişkilendirilerek bir model oluşturulmuştur. Oluşturulan model girdi ve çıktı parametreleri olan bulanık mantık yaklaşımıdır. Modelin oluşturulmasında, girdi olarak kendiliğinden yerleşen harçtaki su-bağlayıcı oranı, kimyasal katkı miktarı ve harcın mini V-kutusundan akış süresi kullanılmıştır. Çıktı parametresi olarak da viskozite değeri elde edilmektedir. Oluşturulan modelden tahmin edilen viskozite değerleri literatürde verilen ve reometre ile ölçülmüş olan viskozite değerleriyle karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlardan, oluşturulan modelin deneysel verilerle yüksek derecede ilişkili olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: *Kendiliğinden yerleşen harç; Viskozite, Modelleme, Bulanık mantık.*

ABSTRACT

Self-consolidating concretes (SCC), which have high flow, must have to proper viscosity in order to they can be staid at stability condition. In general, viscosity is defined on self-consolidating mortars (SCM) by using rheometer that it is very expensive and special instrument for site. Moreover, V-box flowing time is measured for opine about viscosity of SCM. In this study, a model was developed by using the water to powder ratio, chemical admixture content and V-box flowing time of mortar in order to easily prediction of viscosity of mortar in site and laboratory. Model is fuzzy logic which has input and output values. In the developing of model, water to powder ratio, chemical admixture content and V-box flowing time of mortar was used as input values. As output value, viscosity can be obtained. Viscosity values that predicted from the model were compared with viscosity values which are determined as experimentally in literature. From the obtained results, it was noted that values, obtained from the model, were close to experimental values in high degree.

Keywords: *Self-consolidating mortar; Viscosity; Modeling; Fuzzy logic.*

1. GİRİŞ

Taze betonda, hazırlanışı ve yerleştirilmesi aşamalarında; karıştırma, pompalama, kendi ağırlığı veya vibrasyon etkisiyle akma gibi etkilerle ayrışma oluşur. Bu etkilere karşı betonun istenilen özeliklerini koruması reolojik açıdan kararlılığına bağlıdır. Bir taze beton karışımının kendiliğinden yerleşen özelikte olabilmesi için kendiliğinden yerleşen beton (KYB) harcının düşük eşik kayma değerine ve optimum viskoziteye sahip olması gereklidir. Viskozite, kendiliğinden yerleşen betonun akmaya karşı gösterdiği dirençtir [1-3]. Kendiliğinden yerleşebilirlik için viskozite değerinin belirli sınırlar içerisinde olması gereklidir. Harcın viskozitesi çok düşükse taşınması ve yerleştirilmesi sırasında ayrışma riski oldukça yüksektir. Harcın viskozitesinin çok yüksek olması durumunda da harcın bloklaşması söz konusudur. Taze harcın viskozitesi "reometre" ile belirlenebilmektedir. Ancak bu tip cihazların pahalı olması taze betonun reolojik özelliklerinin belirlenmesini özellikle şantiyelerde zorlaştırmaktadır [4]. Bu nedenle özellikle şantiye ve laboratuarlarda KYH'nin mini V-kutusundaki akış süresinin belirlenmesiyle (Şekil 1) viskozitesi hakkında fikir elde edilir.



Şekil 1. Mini V-kutusu deneyi

Bu çalışmada yüksek akışkanlığa sahip KYH'lerin viskozitelerinin tahmin edilebilmesi amacıyla bulanık mantık modeli geliştirilmiştir. Bulanık mantık yaklaşımında, literatürde verilen farklı su/toz oranı ile farklı tip ve oranlardaki katkılarla hazırlanmış olan KYH'lerin viskozite değerleri kullanılarak model oluşturulmuş ve verilerle uygunluğu test edilmiştir.

2. BULANIK MANTIK

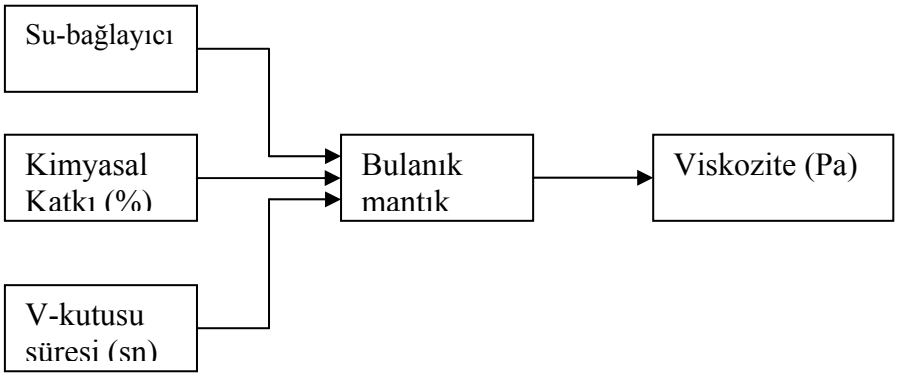
2.1. Bulanık Mantık Hakkında Genel Bilgiler

Bulanık mantık (Fuzzy Logic) sistemlerin ve modellerin tanımlanmasında ve kontrol edilmesinde geniş çapta kullanılan bir sistemdir. Bu yaklaşım ilk olarak 1965 yılında

yayınlanan bir makalede Lotfi A. Zadeh tarafından tanımlanmıştır [5]. Zadeh bu çalışmasında insan beyninin büyük bir bölümünün bulanık olduğunu belirtmiştir. Yapılan araştırmalar, bulanık mantık yaklaşımı ile elde edilen sonuç performansının klasik yöntemlerle elde edilen sonuçlara göre daha iyi olduğunu göstermektedir. Bulanık mantık (BM) bulanık denetleyiciden oluşmaktadır. Bir bulanık denetleyici giriş, veri tabanı, bulanıklaştırma, bulanık çıkarım motoru, kural tabanı, durulaştırma ve çıkış birimlerinden meydana gelir [6].

2.2. Viskozitenin Tahmini İçin Bulanık Mantık Modelinin Oluşturulması

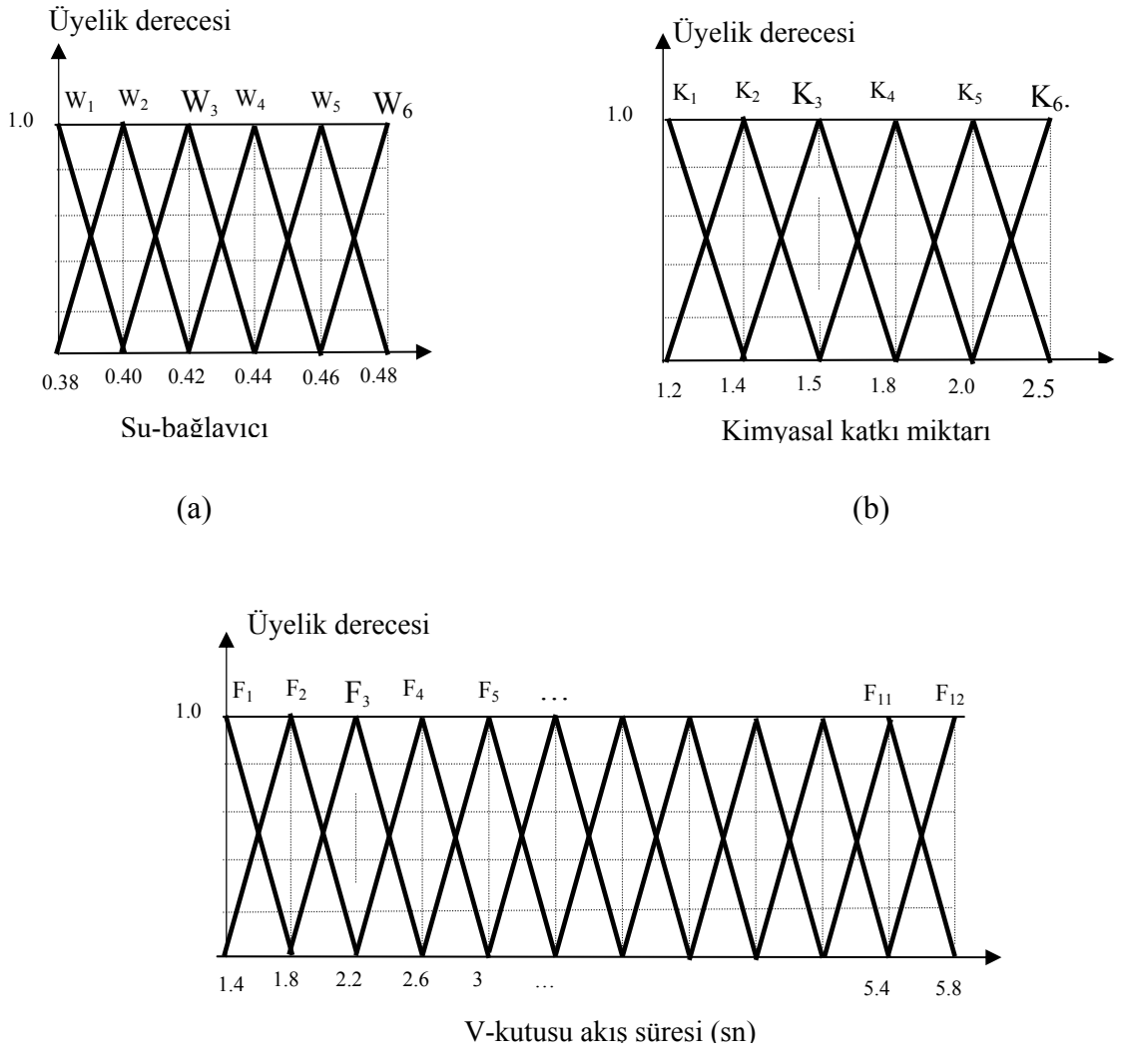
KYH'lerin viskozitelerinin pahalı bir cihaz olan reometre ile ölçüldüğü daha önce bahsedilmişti. Bu çalışmada, KYH'lerin V-kutusu akış süresi, su-bağlayıcı oranı ve kimyasal katkı miktarları kullanılarak, kolay ve ucuz bir şekilde viskozitelerinin tahmin edilebilmesi amacıyla bulanık mantık modeli geliştirilmiştir. Modelin geliştirilmesinde girdi parametresi, harcın mini V-kutusundan akış süresi, su-bağlayıcı oranı ve kimyasal katkı miktarıdır. Kimyasal katkı miktarının girdi parametresi olarak seçilmesinin nedeni süperakışkanlaştırıcı katkıların yanı sıra viskozite düzenleyici gibi katkıların da etkisini göz önünde bulundurmaktır. Girdi parametreleri bulanık mantık ile bulanıklaştırılıp, bulanık çıkarım motoru ile durulaştırıldıktan sonra çıktı parametresi olarak KYH'nin viskozitesi elde edilebilmektedir. Şekil 2'de viskozite için geliştirilen model şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2. Geliştirilen modelin şematik görünümü

KYH'de su-bağlayıcı oranına, kimyasal katkı oranı ve tipine ve harcın akış hızına bağlı olarak viskozite değerleri Leemann ve Winnefeld [2] tarafından reometreyle deneysel olarak ölçülmüş olan çalışmadan derlenmiştir. Toplam 50 adet verinin kullanıldığı çalışmada harçlar, çimento pastası % 57 oranında sabit tutularak farklı su-bağlayıcı oranlarında, kimyasal katkı

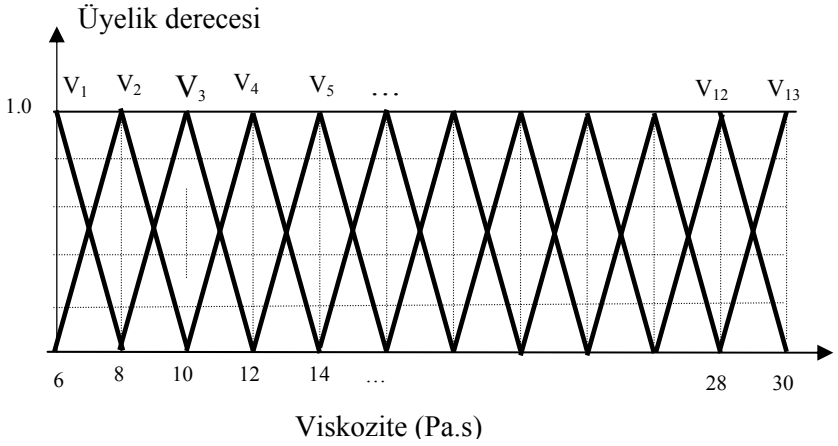
tipi ve miktarı içeriklerinde üretilmişlerdir. Tüm karışımlarda % 1 oranında süperakışkanlaştırıcı katkı kullanılmıştır. Süperakışkanlaştırıcı katkıya ilave olarak da % 0.2, 0.4, 0.8, 1 ve 1.5 oranlarında farklı tiplerde viskozite düzenleyici katkılar kullanılarak, yine farklı su-bağlayıcı oranlarında üretilen harçların viskoziteleri deneysel olarak reometreyle belirlenmiştir. Daha sonra KYH'nin viskozite değerleri BM ile modellenmiştir (Şekil 3 ve 4).



Şekil 3. a, b, c. Bulanık mantık modellemesinde kullanılan girdi parametreleri

Verileri kullanarak bulanık mantıkla modelleme işleminde, girdi parametrelerinden su-bağlayıcı oranı, kimyasal katkı miktarı ve harcın mini V-kutusu akış süresi sırasıyla W, K ve F harfleriyle simgelenmiştir. Çıktı birimindeki viskozite de V harfi ile simgelenmiştir. Modelin geliştirilmesinde düşük su/toz oranlarını da kapsaması amacıyla 0.38 ile 0.48 arasında olacak şekilde 6 adet üyelik fonksiyonu (W_1, W_2, W_3, …, W_6) tasarlanmıştır (Şekil

3.a). Kimyasal katkı miktarı için % 1.2 ile 2.5 oranında 6 adet (K_1, K_2, K_3, …, K_6) (Şekil 3.b); harcın akış süresi için de 12 adet (F_1, F_2, F_3, …, F_{12}) üyelik fonksiyonu geliştirilmiştir (Şekil 3.c). Şekil 4'te görüldüğü gibi çıktı parametresi olarak da KYH'nin viskozite değerleri için 13 adet (Y_1, Y_2, Y_3, …, Y_{13}) üyelik fonksiyonu tasarlanarak model oluşturulmuştur.



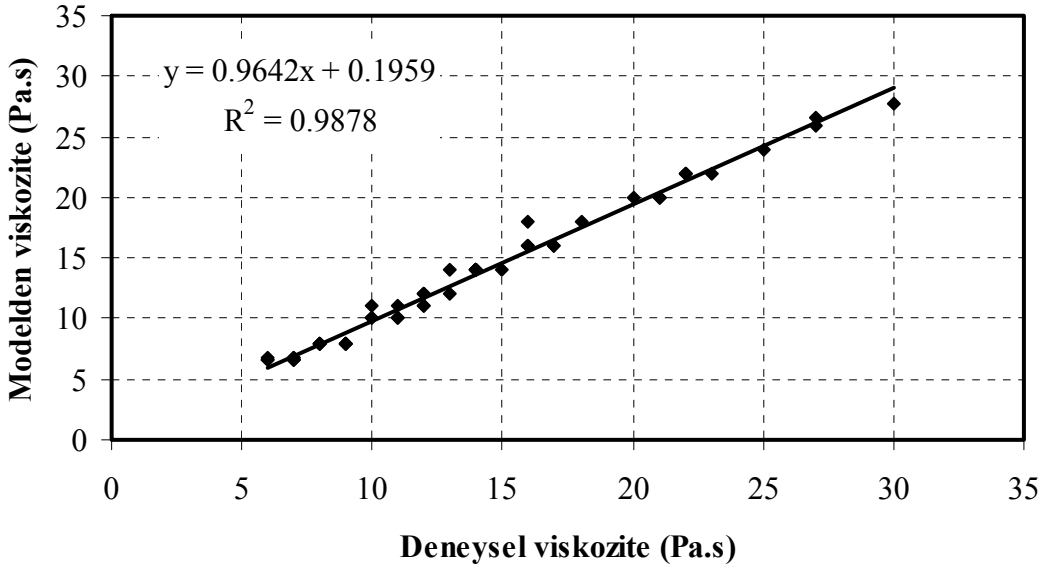
Şekil 4. Bulanık mantık modellemesinde kullanılan çıktı parametresi

Giriş ve çıkış verileri sembolik olarak girildikten sonra (1) nolu denklem ile kural tabanları oluşturulmuştur. Kural tabanı oluşturulduktan sonra bulanık çıkarım motoru ile veriler ilişkilendirilmiş ve çıktı biriminden viskozite değerleri alınmıştır. Bulanık mantık yaklaşımında verilerin girilmesi ve kuralların oluşturulmasından sonra oluşturulmuş kurallar çerçevesinde çıktı biriminden viskozite değerlerine ait tek bir rakamsal sonuç çıkmaktadır.

EĞER W=i, K=j ve F=k **İSE** Y=m'dir. (i: 1, 2,…,6), (j: 1, 2,…,6), (k: 1, 2,…,12), (m: 1, 2,…,13) (1)

2.3. Sonuçların Değerlendirilmesi

Bulanık mantık modelinde verilerin girilerek kural tabanının oluşturulmasından sonra çıktı biriminden alınan viskozite değerleri, Leemann ve Winnefeld [2] tarafından 4 farklı kimyasal katkı tipiyle üretilen harçlarda deneysel olarak belirlenen viskozite değerleriyle ilişkilendirilmiştir (Şekil 5). Deneysel olarak ölçülen ve oluşturulmuş olan bulanık mantık (BM) modeli ile tahmin edilen viskozite değerleri karşılaştırıldığında, her iki sonuç arasında oldukça yüksek belirlilik katsayısına sahip doğrusal ilişki olduğu görülmektedir (R^2= 0.99).

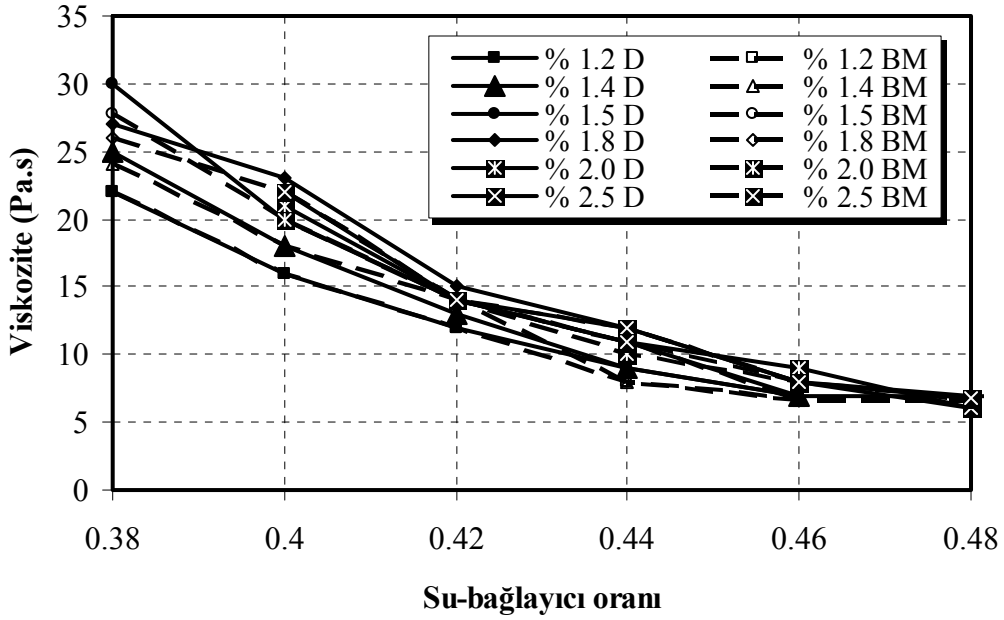


Şekil 5. Deneysel sonuçlarla model sonuçları arasındaki ilişki

Şekil 6'da su-bağlayıcı oranına göre % 1.2, 1.4, 1.5, 1.8, 2.0 ve 2.5 oranındaki kimyasal katkı içeriğinde üretilmiş KYH'lerin hem deneysel olarak belirlenmiş hem de BM yaklaşımıyla belirlenmiş viskoziteleri görülmektedir. Su-bağlayıcı oranı 0.38'den 0.46'ya kadar arttırıldığında tüm harçların viskoziteleri azalmıştır. Sabit katkı içeriğinde su-bağlayıcı oranının artmasıyla agregalar arasındaki iç sürtünmeler azalmış ve böylece harcın viskozitesi de azalmıştır. % 1.2 kimyasal katkı içeriğindeki harçların viskoziteleri su-bağlayıcı oranının arttırılmasıyla 22 Pa.s'den 8 Pa.s'ye kadar azaldığı görülmektedir. BM ile elde edilen viskozite değerleri incelendiğinde, deneysel verilerle aynı olduğu görülebilir. %1.2 kimyasal katkı içeriğindeki serilerde BM'den elde edilen viskozite değerleri de su-bağlayıcı oranına bağlı olarak 22 ile 8 Pa.s arasında değerler almıştır. Diğer su-bağlayıcı oranlarıyla üretilmiş harçlarda da deneysel sonuçlarla BM yaklaşımından alınan sonuçlar birbirine çok yakındır.

Aynı su-bağlayıcı oranlarına sahip harçlarda kimyasal katkı miktarı arttıkça viskozitenin de azalacağı düşünülebilir. Ancak daha önce de belirtildiği gibi deneysel çalışmalarda kullanılan kimyasal katkıların tipi farklıdır. Kimyasal katkı miktarı % 1.2 olan harçların viskoziteleri su-bağlayıcı oranına göre 22 ile 8 Pa.s arasında değişirken katkı miktarının % 1.4 oranında kullanılması durumunda viskozite değerleri aynı su-bağlayıcı oranları için 25 ile 6 Pa.s arasında değerler almıştır. En yüksek viskozite değerleri de 30 Pa.s olarak 0.38 su-bağlayıcı oranında ve % 1.5 kimyasal katkı içeriğindeki harçlarda elde edilmiştir. Dolayısıyla burada

katkıların viskozite üzerindeki etkileri de farklıdır. Bu durum tüm katkı içeriklerindeki harçlar için geçerlidir. Kimyasal katkı miktarı arttıkça viskozite değerinin de azaldığı görülmüştür.



Şekil 6. Su-bağlayıcı oranına göre viskozite değerlerinin değişimi

Kimyasal katkı oranı % 1.4 ve % 1.5 olan kendiliğinden yerleşen harçlarda BM ile elde edilen viskozite değerleri deney sonuçlarıyla karşılaştırıldığında, modelden elde edilen sonuçların deneysel sonuçlara çok yakın olduğu görülmektedir. % 1.4 katkı içeriğindeki değerler arasında en fazla 1 Pa.s'lik fark olduğu görülebilir. 0.48 su-bağlayıcı oranında ve % 2.5 katkı içeriğinde üretilmiş olan harçlarda viskozite değerleri arasındaki en fazla fark da % 13 değerindedir. Deneysel olarak ölçülen viskozite değeri 9 Pa.s iken, BM yaklaşımıyla elde edilen viskozite değeri 8 Pa.s olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla deneysel verilerle BM'den elde edilen model sonuçları arasındaki fark en fazla % 13 olarak en fazla su-toz ve kimyasal katkı içeriğinde olduğu görülmüştür. Bunun nedeni de KYH'nin ayrışma riskinden dolayıdır.

Genel olarak incelendiğinde, geliştirilen BM modelinin harç üretiminde kullanılan kimyasal katkı tipinden bağımsız olarak KYH viskozitesinin elde edilmesinde oldukça elverişli olduğu görülmüştür. KYH'nin mini V-kutusundan akış süresi, kimyasal katkı içeriği ve su-bağlayıcı oranı bilindiği takdirde harç viskozitesi de yüksek güvenirlik derecesiyle şantiye ve laboratuar ortamlarında kolayca elde edilebilir. Uygun bir viskoziteye sahip harçlarla üretilen KYB'lerin de viskoziteleri uygun olacaktır. Böylece şantiye ve laboratuarda reolojik açıdan daha kararlı bir duruma sahip KYB üretilmesi sağlanarak taze beton özelikleri kontrol altında tutulacaktır.

3. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

KYH'lerin viskozitelerinin belirlenebilmesi amacıyla harcın su-bağlayıcı oranı, kimyasal katkı oranı ve harcın mini V-kutusu akma süresi kullanılarak bulanık mantık yaklaşımıyla model geliştirilmiştir. Geliştirilen model sonucunda gözlenen sonuçlar şu şekilde sıralanabilir:

- Belirlenmesi için özel ve pahalı bir cihaza gereksinim duyulan viskozitenin önerilen bulanık mantık modeli yaklaşımıyla, kullanılan kimyasal katkı tipinin farklı olmasına rağmen % 13 hata oranıyla deneysel verilere çok yakın değerlerde tahmin edilebilmiştir.
- Geliştirilen bulanık mantık yaklaşımı yardımıyla tüm laboratuvar ve şantiye ortamlarında harç bileşen oranları ve harç için geliştirilmiş mini V-kutusundan akış süresi kullanarak viskozite değeri deneysel verilere oldukça yakın bir şekilde tahmin edilebilecektir.
- KYB harcının viskozitesinin bilinmesiyle, KYB'nin istenilen reolojik özelliklere sahip olmaları için gerekli olan bileşenlerden su-bağlayıcı oranının belirlenmesi ve kimyasal katkı oranının miktarının seçimi daha ekonomik ve kolay bir şekilde gerçekleştirilebilir.
- Bu sayede çok sık beton üretiminin gerçekleştirildiği şantiye ve laboratuvarlarda taze beton özelikleri daha kararlı olan KYB üretimi gerçekleştirme imkânı sağlanmış olacaktır.

4. KAYNAKLAR

1. Topçu, İ.B., Ünal, O., Uygunoğlu, T., Kendiliğinden yerleşen Betonda Mineral katkıların Taze Beton Özeliklerine Etkilerinin Araştırılması, 2. Yapıda Kimyasal Katkılar Sempozyumu, 12-13 Nisan 2007, Ankara, ss. 181-193.
2. Leemann, A., Winnefeld, F., The effect of viscosity modifying agents on mortar and concrete, Cement & Concrete Composites 29 (2007) 341-349.
3. Lachemi M., Hossain K.M.A., Lambros V., Nkinamubanzi P.C., Bouzoubaa N., Performance of new viscosity modifying admixtures in enhancing the rheological properties of cement paste, Cement and Concrete Research 34 (2004) 185–193.
4. Schwartzentruber, L. D., Roy, R.L., J. Cordin, Rheological behaviour of fresh cement pastes formulated from a Self Compacting Concrete (SCC), Cement and Concrete Research 36 (2006) 1203-1213.
5. Zadeh, L.A. "Fuzzy Sets," Information and Control, 8, 338-352, 1965.
6. Topçu, İ.B., Sarıdemir, M., Prediction of compressive strength of concrete containing fly ash using artificial neural networks and fuzzy logic, Computational Materials Science 41 (2008) 305-311.