



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2010, Volume: 5, Number: 3, Article Number: 1A0099

ENGINEERING SCIENCES

Received: May 2009
Accepted: June 2010
Series : 1A
ISSN : 1308-7231
© 2010 www.newwsa.com

Ahmet Bilgil¹
Ayhan Şamandar²
Ahmet Beycioğlu²
Nigde University¹
Duzce University²
abilgil@nigde.edu.tr
ayhansamandar@gmail.com
abeycioglu@duzce.edu.tr
Nigde-Turkey

**TAZE BETONUN REOLOJİK ÖZELLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN BULANIK
MANTIK YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ**

ÖZET

Hedef betonun önceden belirlenmiş düzeylere çekilmesi, segregasyonsuz yerleştirilebilme, işlenebilirlik, akışkanlık, sıkıştırılabilirlik, stabilite, pompalanabilirlik veya kıvam gibi birçok karmaşık ilişkilerinin tanımlanması ile mümkündür. Ülkemiz beton teknolojisinde de yer alan bu tanımlamalar genel olarak Slump deneyi, K-Slump deneyi, Vebe deneyi gibi yöntemler ile yapılabilmektedir. Taze betonun reolojik özelliklerine göre hedeflenen beton üzerine kesin bir matematik model oluşturulamamıştır. Bu çalışmada taze betonun reolojik özelliklerine göre işlenebilirlik özelliğini yansıtan slump değerinin belirlenmesinde bulanık mantık yaklaşımı kullanılmış ve kabul edilebilecek sınırlar içerisinde sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Taze Beton, Reolojik Özellikler, Bulanık Mantık, Slump Değeri, Stabilite

**INVESTIGATION OF RELATIONSHIP AMONG RHEOLOGICAL PROPERTIES OF FRESH
CONCRETE BY FUZZY LOGIC**

ABSTRACT

The adaptation of the target concrete to the previously defined levels is possible with defining such complex relations as being placed without segregation, workability, fluidity, compressibility, stability, being pumped or consistency. These definitions that also take place in the concrete technology of our country can be done by such methods as Slump experiment, K-Slump experiment and Vebe experiment. A certain mathematical model on target concrete according to the rheological features of fresh concrete could not be established. In this study, fuzzy logic approach has been used in defining slump rate that reflects the workability of fresh concrete according to its rheological features and acceptable results have been acquired.

Keywords: Fresh concrete, Rheological properties, Fuzzy logic, Slump Value, Stability

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yüksek performanslı beton; geleneksel bileşenler ve normal karıştırma yöntemlerinin alışılmış şekilde kullanılmasıyla her zaman elde edilemeyen özel performans kombinasyonlarına ve biçimsellik gerekliliklerine cevap veren beton olarak tanımlanabilir. Özel performans kombinasyonlarından betonun basınç ve çekme gerilmelerinin önceden belirlenmiş düzeylere çekilmesi kastedilmektedir. Biçimsellikten ise akışkan bir sıvı olarak değerlendirilen betonun segregasyonsuz yerleştirme ve işlenebilirlik, akışkanlık, sıkıştırılabilirlik, pompalanabilirlik veya kıvam gibi birçok diğer özellikler anlaşılır.

Betonun yerleştirilme kolaylığı genellikle işlenebilirlik olarak tanımlanmaktadır. İşlenebilirlik ise iki özellik göz ardı edilerek genelde yanlış ifade edilmiştir. Bu iki özellik taze betonun akma gerilmesi (yield stress) ve plastik viskozite değerleridir. Kullanılabilir dotalarının deneysel tespitinde de birçok zorluklar vardır. İşlenebilirlik için niceliksel bir ölçüm sağlayan ve taze betonun akış özelliklerini değerlendirmek için kullanılan en yaygın metot Slump testi dir. Ferraris ve Larrard [1] taze betonun reolojik özelliklerini modellemiştir. Tattersall [2] Slump testinin akma gerilmesi üzerinde negatif bir güç kanununa sahip olduğu ve viskoziteden büyük oranda bağımsız olduğu sonucuna vararak iki nokta yöntemini geliştirmiştir. Dzuy ve Boger [3] doğrudan akma gerilmesi ölçümü için Vane metodunu kullanmışlar ve doğrudan akma gerilmesinin ölçümü için basit ama doğru bir metot olduğunu belirtmişlerdir. Pashias ve Boger [4], Murata [4] tarafından hazırlanan Slump ölçümleri ile teorik yaklaşımlar arasında uygun bir uyum bulmuşlar ve Slump testinin akma gerilmesinin ölçümünde zor ve pahalı olmayan bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Morinaga [6] tarafından yapılan çalışmada ise silindirik bir beton reometresi kullanarak Slump ile akma gerilmesi arasında ters bir ilişki bulunmuştur. Saak ve arkadaşları [7] Slump testini akma gerilmesi ile ilişkilendiren boyutsuz bir model geliştirmişlerdir ve akma gerilmesi ile Slump arasında malzemenin bağımsız temel bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir.

Taze beton parametreleri için bazı yöntemler bulunsa da uygulamada genel bir metot mevcut değildir. Bu bağlamda akışkan betonlar Bingham Sıvısı olarak değerlendirilerek betonun plastik viskozitesi üzerinde de çalışılması ve taze betonun reolojisi, ileri düzeyde tetkik edilmesi gereken parametreler olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü kolay yerleştirme, konsolidasyon, durabilite, sağlamlık ve pompalanabilirlik gibi pek çok faktör akış özelliklerine bağlı olup, karışımdaki kompleks ilişki, hava boşluğu ve agrega segregasyonu gibi etkilere sebep olabilmektedir. Son zamanlarda bu konuda birçok deneysel ve nümerik çalışmalara Li, [8], Leeman and Winnefeld, [9], Bentz [10], Roussel et al. [11], Patzák and Bittnar [12], Bethmont et al [13], Chidiac and Mahmoodzadeh [14] örnek verilebilir.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Ülkemizde henüz üretilen taze betonların viskozite değerlerini belirleyebilecek bir yöntem kullanılmamaktadır. Uygulamalarda pratik kullanıma sahip betonun akma gerilmesini belirleyen Slump deney parametreleri kullanılmaktadır. Slump değeri de yeterli düzeyde işlenebilirlik özelliğine doğrudan etki etmektedir. İşlenebilirlik özelliği; su/çimento oranı, betonun granülometrik bileşimi, agrega danelerinin boyutu ve biçimi, çimento miktarı, gerekli katkı maddeleri gibi birçok faktörlerin etkisi altındadır. Diğer bir deyişle işlenebilirlik betonun reolojik özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Ancak

tanımlamada oldukça güçlükle karşılaşılmaktadır. Taze betonun reolojik özelliklerine göre hedeflenen beton üzerine kesin bir matematik model oluşturma çalışmaları hala devam etmektedir. Bu çalışmada karışıma giren malzemelerin özellik ve miktarlarına göre değişkenlik gösteren akma gerilmesi ve viskozite değerleri ile slump değerlerinin etkileşimi Bulanık Mantık yaklaşımı kullanılarak belirlenmiş ve kabul edilebilecek sınırlar içerisinde sonuçlar elde edilmiştir.

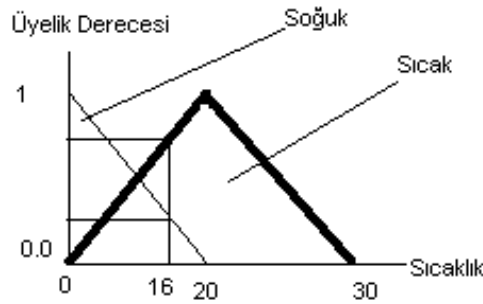
3. BULANIK MANTIK (FUZZY LOGIC)

İlk olarak 1965 yılında L. A. Zadeh [15] tarafından ortaya koyulan bu yöntem, "kısa adam", veya 1'den daha büyük gerçek sayılar" gibi belirsiz kümeleri veya şüpheli fikirleri elde etmeye ve tanımlamaya olanak sağlamıştır. O zamandan günümüze, bulanık kümeler kuramı hem Zadeh'in kendisi, hem de sayısız araştırmacı tarafından hızlı bir biçimde geliştirilmiştir. Aynı zamanda bu kuramın gerçek uygulamaları da başarılı bir biçimde gerçekleştirilmiştir. Bulanık kümeler kuramının ana fikri, tamamen sezgisel ve doğal olmasıdır [16]. Bulanık mantık, 'kesin doğru' ve 'kesin yanlış' kavramları arasındaki 'kısmen doğru' kavramını kullanması nedeniyle ikili mantığın genelleştirilmiş halidir. Bulanık mantık kavramının temelini oluşturan bulanık küme, üyelik derecelerinin $[0,1]$ aralığında olmasıyla klasik kümeden ayrılmaktadır [17].

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 bulanmaktadır. Şekil 2' deki küme mantığı insanın düşünme yeteneğine daha uyumlu bir yapıdadır [18].

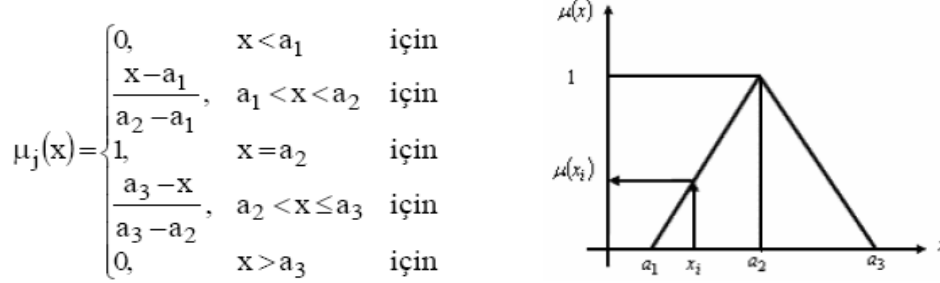


Şekil 1. Klasik küme teorisi
(Figure 1. Classical Set Theory)



Şekil 2. Bulanık küme teorisi
(Figure 2. Fuzzy Set Theory)

Bulanık üyelik fonksiyonları çok değişik şekillerde olabilir, ama genellikle üçgen olanları tercih edilir. Eşit aralıklı üçgen üyelik fonksiyonları pratik uygulamalarda sıkça kullanılır. [19] Üçgen üyelik fonksiyonlarının genel formülasyonu Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. Üçgen üyelik fonksiyonu gösterimi ve formülasyonu
(Figure 3. Representation and formulation of a triangular membership function)

4. MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

Çalışmada deneysel veri seti olarak Ferraris ve De Larrard tarafından elde edilen taze beton reolojik özellikleri kullanılmıştır. Araştırmacılar tarafından elde edilen ve bulanık mantık modellemede kullanılan veri setleri Tablo 1’de görülmektedir.

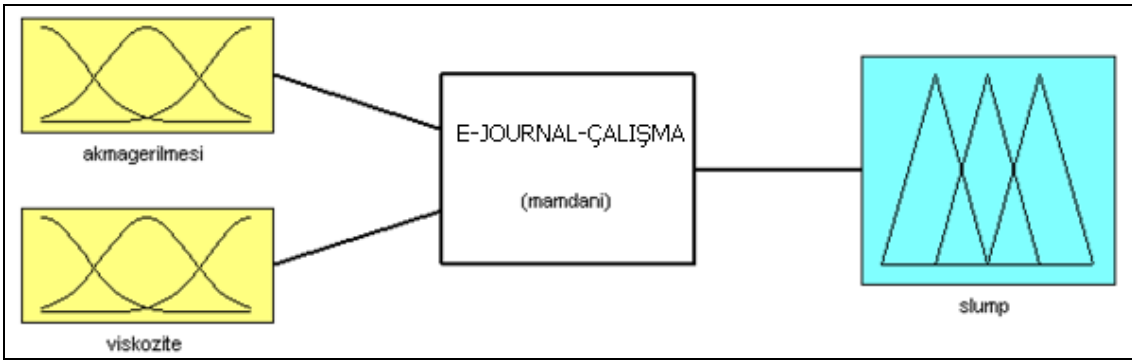
Tablo 1. Modellemede kullanılan deneysel veriler
([1] Datalar, yazardan izin alınarak kullanılmıştır)
(Table 1. Experimental data used in modelling)

No	Agrega	Kum	İnce kum	Çimento	Su	Su/ çimento	Slump	Akma dayanımı	Viskozite
1	957	617	191	362	20	0,553	80	1717	174
2	952	614	190	360	204	0,567	100	1489	163
3	947	611	189	358	208	0,581	130	1219	160
4	943	607	189	356	212	0,595	165	881	133
5	938	604	188	354	216	0,610	225	802	84
6	1006	648	201	240	204	0,850	55	1387	285
7	996	642	199	237	212	0,893	125	1037	163
8	986	635	197	235	220	0,936	170	1185	130
9	483	993	308	230	235	1,020	35	1385	258
10	478	983	305	228	243	1,066	60	1206	200
11	473	972	302	226	251	1,113	185	799	127
12	1207	405	126	356	212	0,595	80	1906	147
13	1201	403	125	354	216	0,610	135	1679	209
14	1194	401	124	352	220	0,624	185	1913	223
15	460	944	293	347	231	0,666	95	1008	208
16	455	934	290	344	239	0,696	95	951	172
17	450	925	287	340	247	0,727	160	839	90
18	0	1207	375	323	284	0,877	55	2216	73
19	0	1193	370	319	292	0,914	70	2036	77
20	0	1179	366	316	300	0,950	65	2132	96
21	1093	367	114	529	220	0,416	12	1473	183
22	1081	363	113	523	228	0,436	155	1147	147
23	1070	359	111	518	236	0,456	195	752	117
24	851	549	170	527	222	0,421	105	1688	146
25	843	543	169	522	230	0,440	170	1090	111
26	834	537	167	517	238	0,460	205	888	59
27	413	849	264	512	244	0,477	105	1432	75
28	409	840	261	507	252	0,498	150	1068	73
29	405	831	258	501	260	0,519	225	733	34
30	0	1107	344	486	282	0,580	80	1702	52
31	0	1094	340	481	290	0,603	170	1123	35
32	0	1082	336	475	298	0,627	210	1024	46
33	0	984	305	635	296	0,466	115	1195	48
34	0	973	302	628	304	0,484	175	976	36
35	0	961	298	621	312	0,503	230	731	25

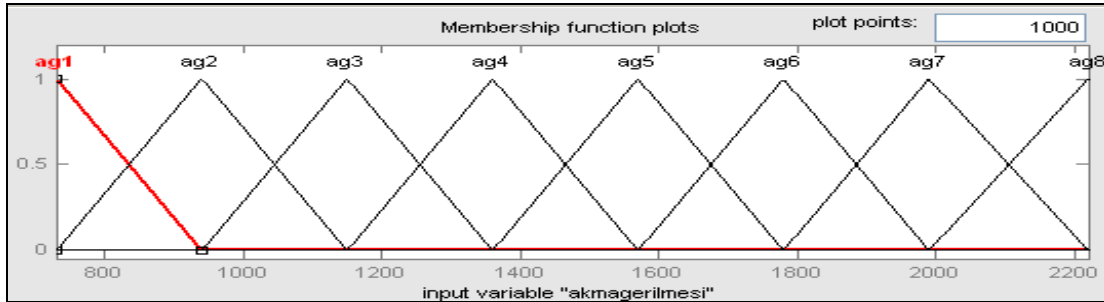
5. OLUŞTURULAN BULANIK MANTIK MODELİ VE BULGULAR (DEVELOPED FUZZY LOGIC MODEL AND FINDINGS)

Çalışmada Ferraris ve De Larrard tarafından bir reometre yardımıyla deneysel olarak elde edilen taze beton özelliklerinden viskozite - akma gerilmesi ve slump (çökme) değerleri bulanık mantık modeli oluşturulurken kullanılmıştır. Modellemede viskozite ve akma gerilmesi değerleri girdi parametresi olarak slump değerleri ise çıktı parametresi olarak kullanılmıştır.

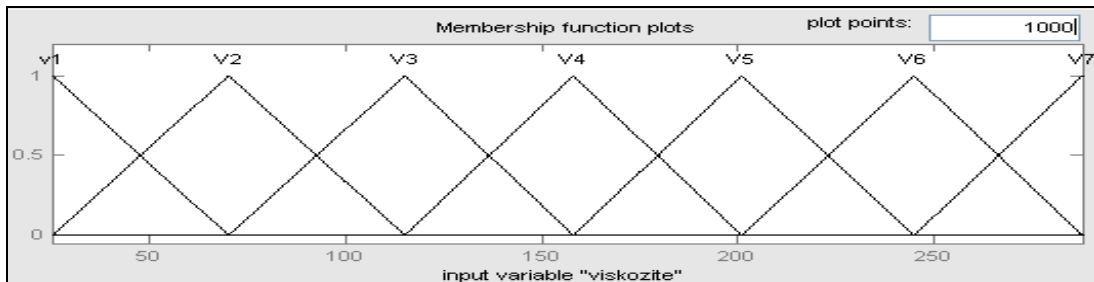
Girdi parametrelerinden akma gerilmesi için 8 tane (ag1-ag2-ag3-ag4-ag5-ag6-ag7-ag8) ve viskozite için 7 tane (v1-v2-v3-v4-v5-v6-v7) üçgen üyelik fonksiyonu belirlenmiştir. Çıktı parametresi olan slump değeri için ise 18 tane (s1-s2-.....-s18) üçgen üyelik fonksiyonu seçilmiştir. Modelin genel yapısı ile modelin girdileri ve çıktısı için belirlenen üyelik fonksiyonları Şekil 4, 5, 6 ve 7'de sırasıyla verilmiştir. Girdiler ile çıktı arasındaki ilişkiyi temsil edecek 56 tane kural yazıldıktan sonra modelin tahmin sonuçları durulaştırma ekranından alınmıştır. (Şekil 5).



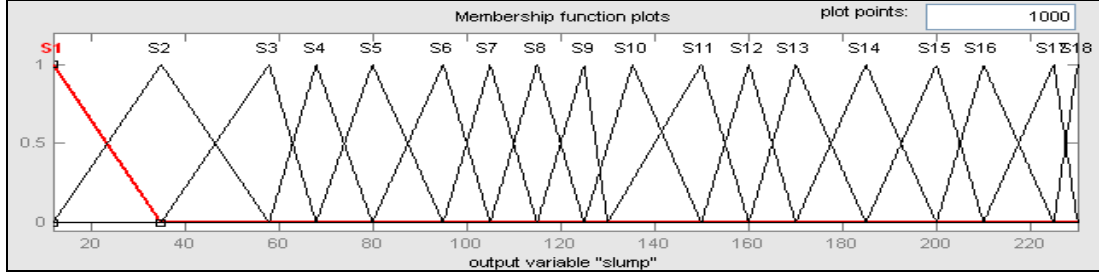
Şekil 4. Oluşturulan tahmin modelinin genel görünüşü
(Figure 4. General structure of the developed model)



Şekil 5. Akma gerilmesi girdi parametresinin üyelik fonksiyonları
(Figure 5. Membership functions of yield stress)

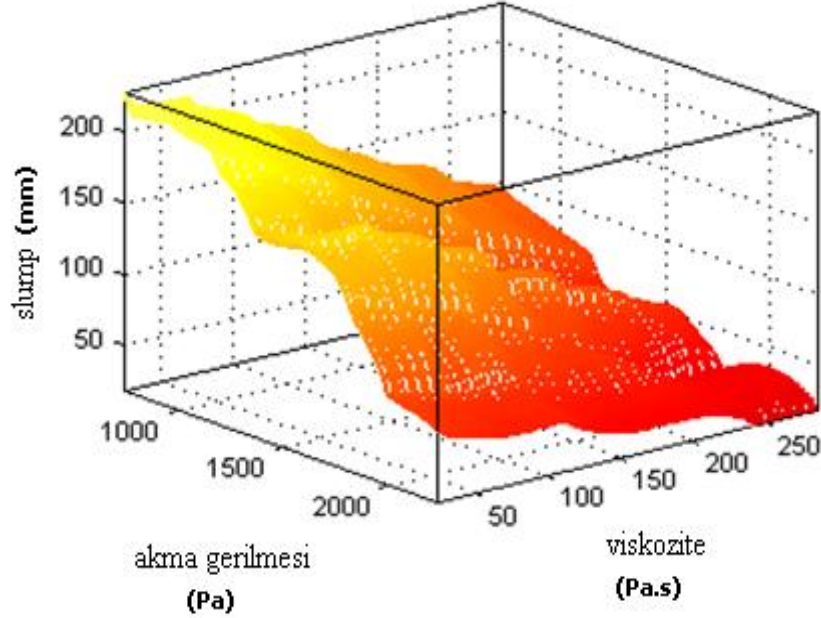


Şekil 6. Viskozite girdi parametresinin üyelik fonksiyonları
(Figure 6. Membership functions of viscosity)

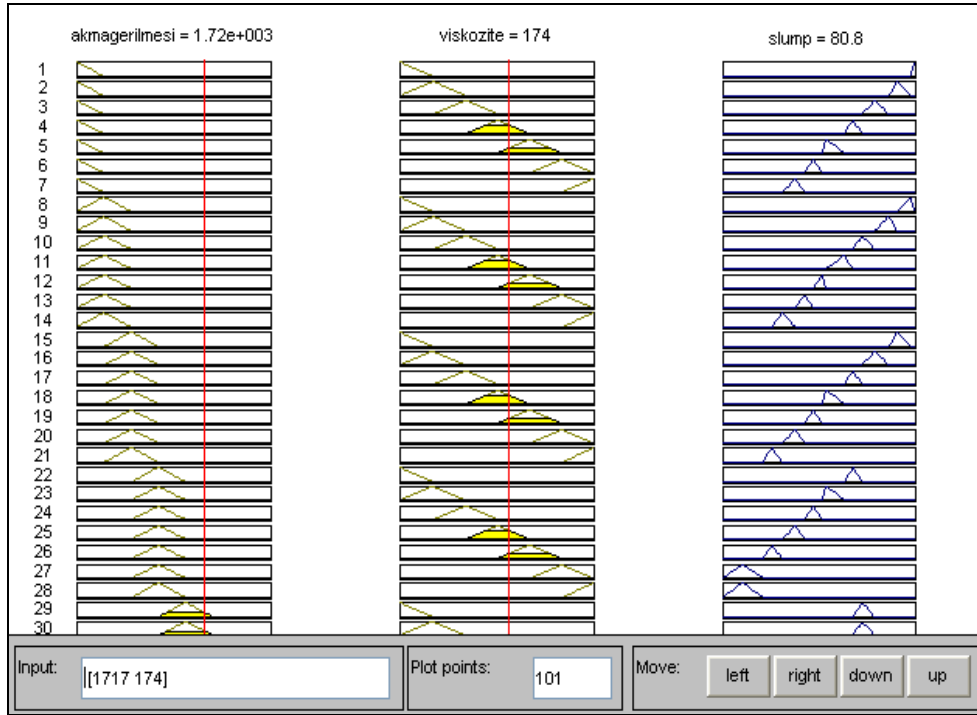


Şekil 7. Slump (çökme değeri) çıktı parametresinin üyelik fonksiyonları
(Figure 7. Membership functions of slump)

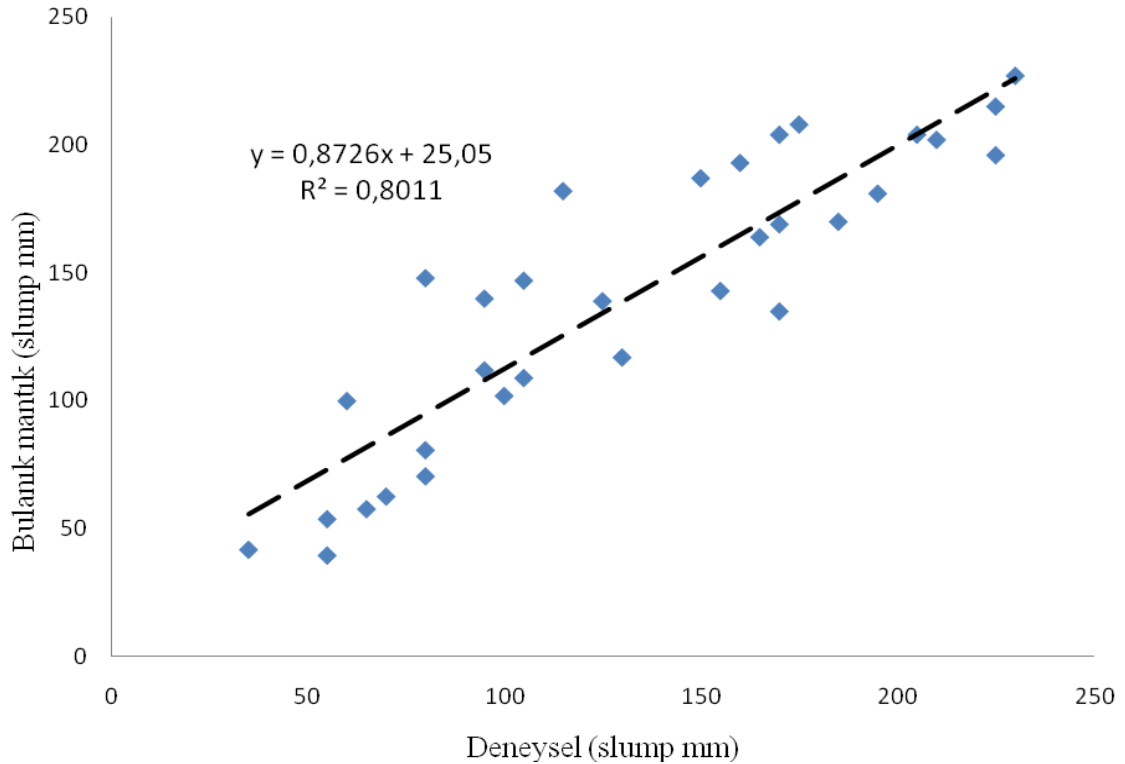
Oluşturulan kurallara göre girdiler ile çıktı arasında oluşan ilişki Şekil 8'de görülmektedir. Model oluşturulduktan sonra Şekil 9'da görülen durulaştırma ekranından modelin tahmin sonuçları elde edilerek deney sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Deney sonuçları ile model sonuçları arasındaki benzerlik ilişkisini gösteren korelasyon grafiği Şekil 10'da ve eşleşme grafiği ise Şekil 11'de görülmektedir.



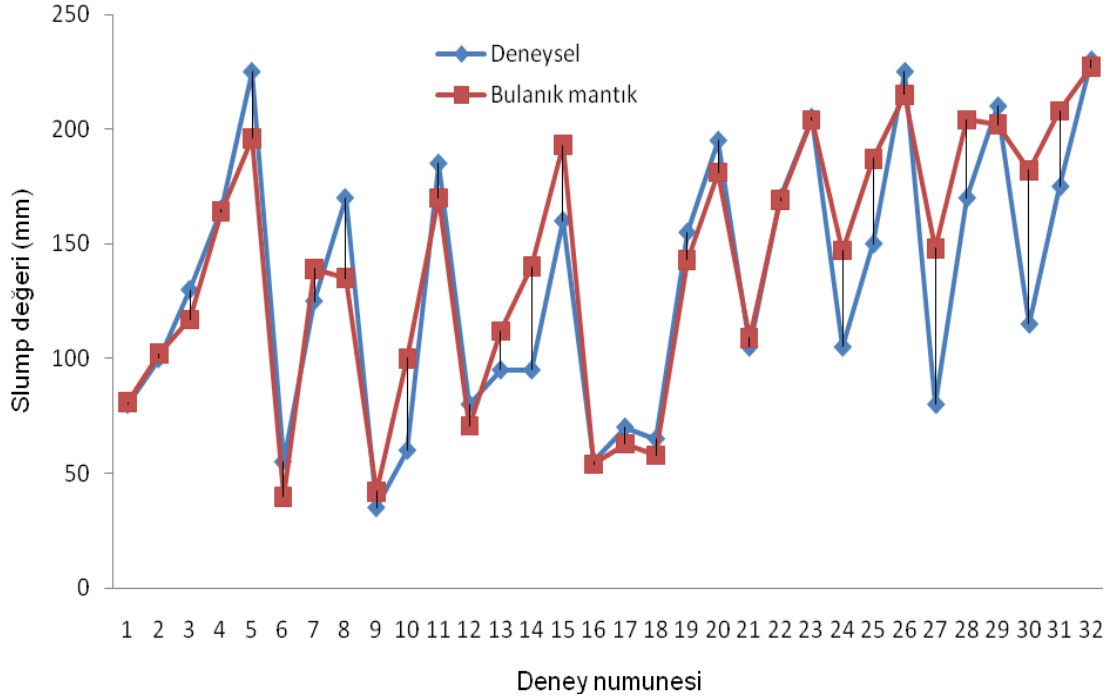
Şekil 8. Belirlenen kurallara göre girdiler ile çıktı arasında oluşan ilişki
(Figure 8. Relationship between inputs and output according to formed rules)



Şekil 9. Oluşturulan modelin tahmin sonuçlarının elde edildiği durulaştırma ekranı
(Figure 9. Defuzzification monitor of developed FL model)



Şekil 10. Modelin tahmin sonuçları ile deneysel sonuçlar arasındaki korelasyon
(Figure 10. Correlation between experimental results and developed FL models)



Şekil 11. Tahmin sonuçları ile deneysel sonuçlar arasındaki eşleşme
(Figure 11. Matching figure between experimental and predicted results)

6. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bulanık mantığın beton teknolojisinde kullanımı üzerine yapılan çalışmalar genellikle sertleşmiş betonun mekanik özelliklerinin belirlenmesine yöneliktir. Ancak taze beton özelliklerinin belirlenmesinde kullanımı üzerine yapılmış fazla çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışmada Ferraris ve De Larrard tarafından belirlenen taze beton reolojik özellikleri arasındaki ilişki bulanık mantık yöntemiyle modellenmiştir. Modellemede viskozite ve akma gerilmesi değerleri girdi olarak slump değerleri ise çıktı olarak kullanılmıştır. Bulanık mantık sonuçları ile deneysel sonuçlar arasındaki ilişki göz önünde bulundurulacak olursa model sonuçları ile deneysel sonuçlar arasında $R^2=0,80$ gibi kabul edilebilir bir korelasyon görülmektedir.

Elde edilen bulgular değerlendirilecek olursa bulanık mantık gibi esnek modelleme yöntemlerinin, hem taze hem de sertleşmiş beton özelliklerinin belirlenmesi amacıyla beton teknolojisinde kullanılabilirliği üzerine yapılacak çalışmaların faydalı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Ferraris, F.C. and de Larrard, F. (1998). "Testing and Modelling of Fresh Concrete Rheology", *NISTIR 6094*, February
2. Tattersall, G.H., , "Relationship Between the British Standard Tests For Workability and The Two-Point Test", *Mag. Concr. Res.*, 28 (96), 1976, p. 143 - 147.
3. Dzuy, N.Q. and Boger, D.V., (1985). "Direct Yield Stress Measurement With The Vane Method", *J. Rheology*, 29(3), p.335-347.

4. Pashias, N. and Boger, D.V., (1996). "A Fifty Cent Rheometer for Yield Stress Measurement", *J. Rheology* 40(6), p. 1179-1189
5. Murata, J., (1984). "Flow and Deformation of Fresh Concrete", *Mater. Constr.*, 17 (98), p. 117- 129.
6. Morinaga, S., (1973). "Pumpability of Concrete and Pumping Pressure in Pipelines", *Fresh Concrete: Important Properties and their Measurement*, Proceedings of a RILEM Conference, Leeds, England, March, p. 7.3-1 - 7.3-39.
7. Saak, A.W., Jennings, H.M., S.P. and Shah, (2004). "A Generalized Approach For The Determination of Yield Stress By Slump and Slump Flow", *Cement and Concrete Research*, 34, p.363-371.
8. Li, Z., (2007). "State of Workability Design Technology For Fresh Concrete in Japan", *Cement and Concrete Research*, 37, p. 1308-1320
9. Leeman and Winnefeld, F., (2007). "The Effect of Viscosity Modifying Agents on Mortar and Concrete". *Cement and Concrete Composites*, 29, p. 341-349
10. Bentz, D.P., "Engineering Concrete Performance", *Concrete International*, 29, 2007, p. 33-37
11. Roussel, N., Geiker, M.R., Dufour, F., Thran, L.N. and Szabo, P., (2007). "Computational Modeling of Concrete flow: General Overview", *Cement and Concrete Research*, 37, p. 1298 -1307.
12. Patzák, and Bittnar, Z., "Modeling of Fresh Concrete Flow", *Computers and Structures*, 87, 2009, p. 962-969
13. Bethmont, S., D'Aloia Schwartzentruber, L., Stefani, C., Tailhan, J.L. and Rossi, P., (2009). "Contribution of Granular Interactions to Self Compacting Concrete Stability: Development of a New Device", *Cement and Concrete Research*, 39, p. 30 -35
14. Chidiac, S.E. and Mahmoodzadeh, F., (2009). "Plastic Viscosity of Fresh Concrete - A Critical Review of Predictions Methods", *Cement and Concrete Composites*, 31, 2009, p. 535-544
15. Zadeh, L.A., (1965). "Fuzzy Sets." *Information and Control*, 8, 3, p. 38-53.
16. Şen, Z., (2001). "Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri", Bilge Kültür Sanat, İstanbul.
17. Subaşı, S., Beycioğlu A., ve Emiroğlu M., (2009). "Mineral Katkı İçeren Betonların Sertleşme Sürelerinin Belirlenmesinde Yapay Zekâ Yaklaşımı" 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 13-15 Mayıs 2009, Karabük, Türkiye
18. Beycioğlu, A., (2008). "Endüstriyel Atıkların Hafif Beton Özelliklerine Etkilerinin Bulanık Mantık Yöntemiyle Modellenmesi" Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Anabilim dalı, Yüksek Lisans Tezi
19. Kişi, Ö., Karahan, M.E. ve Şen, Z., (2003). "Nehirlerdeki askı maddesi miktarının bulanık mantık ile modellenmesi" *itüdergisi/d mühendislik Cilt:2, Sayı:3, 43-54 Haziran 2003.*