



Makale

Seyitömer Uçucu Külünün Betonun Basınç Dayanımına Etkisi Üzerine Bulanık Mantık Yaklaşımı

Tayfun UYGUNOĞLU, Osman ÜNAL

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Afyonkarahisar

ÖZET

Bu çalışmada uçucu külün betonun basınç dayanımı üzerindeki etkisi bulanık mantık ile modellenmesi araştırılmıştır. Bu yöntem diğer sektörlerde olduğu gibi inşaat sektöründe de son yıllarda önem kazanmaya başlamıştır. Modelleme için Matlab paket programlama dili kullanılmıştır. Bulanık mantık ile modelleme yaklaşımında uçucu kül ikameli betonun 1, 3, 7, 28 ve 56 günlük yaşı, çimento ile ikame edilen 0 (kontrol), 10, 15, 20 ve 25 kg/m³ uçucu kül miktarı ve bunlara göre elde edilen beton numunelerin basınç dayanımları dikkate alınmıştır. Bulanık mantık yaklaşımı ile deneysel olarak elde edilmiş veriler karşılaştırılmış ve sonuçların çok yakın olduğu görülmüştür. Bulanık mantık yaklaşımı ile betona en iyi basınç dayanımını kazandıracak optimum uçucu kül miktarı belirlenmiş olacaktır.

1. GİRİŞ

İnşaat mühendisliği alanında birkaç yıldır, portland çimentolu betonun üretimi ile ilgili olan enerjinin korunumu üzerine inşaat sanayii organizasyonları bir araya gelmişlerdir. Bu organizasyonlar, mineral karışımlar gibi düşük enerjili yoğun malzemelerin portland çimentosuna daha fazla enerji kazandırması amacıyla ya doğrudan ya da çimentoyla yer değiştirilerek ilave edilmesini teşvik ederler. Mineral karışımlardan olan uçucu kül betonun dayanıklılık karakteristikleri üzerine önemli bir etkiye sahiptir[1].

Uçucu küller, portland çimentosu klinkerindeki kadar olmasa da az bir miktarda çimento minerallerini içermektedir. Bu da, termik santrallerde büyük miktarda açığa çıkan uçucu küllerin çimentolu malzemelerde çimentonun belirli bir kısmıyla yer değiştirme yöntemiyle kullanılabilmesi anlamına gelmektedir[2].

Hem taze ve sertleşmiş haldeki betonun bazı özelliklerini iyileştirmek, hem de üretimde ekonomikliğini sağlamak amacıyla betonda çimentonun bir kısmı yerine uçucu kül kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Genel olarak küresel tane şekliyle taze betonda işlenebilmeyi iyileştiren, pompalanabilme ve kohezyonu artıran uçucu kül puzolanik özelliği nedeniyle de sertleşmiş betonda dayanım ve dayanıklılığı arttırabilmekte ve terlemeyi azaltmaktadır.

Beton kalıba döküldüğü ilk andan itibaren dayanım kazanmaya başlar ve gün geçtikçe kazandığı dayanım artma eğimindedir. Beton çeşitli bileşenlerden meydana gelen bir kompozit olduğu için içerisindeki bileşenlerin değiştirilmesi ile bileşenler arasındaki belirsiz davranışlar nedeniyle değişen özellikleri matematiksel olarak ifade etmek çok güçtür. Bu çalışmada matematiksel modelleme gerektirmeden kullanılabilen ve deneysel verilerle çok yakın sonuçlara götüren *bulanık mantık* yaklaşımı, uçucu kül içeren betonun uçucu kül miktarına ve betonun yaşına göre basınç dayanımındaki değişimi modellemek için kullanılmıştır.

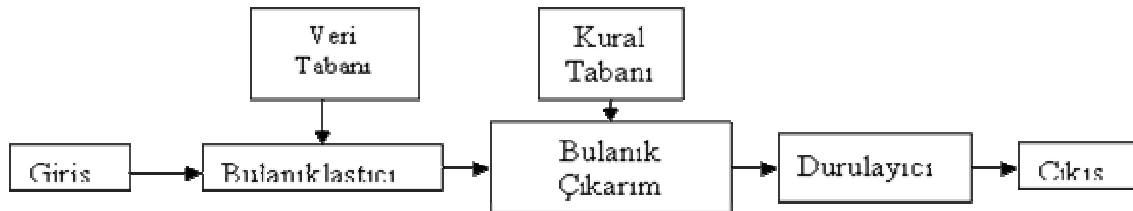
2. BULANIK MANTIK

Gerçek dünyada olaylar çok karmaşık durumdadır ve bu olayların belirli matematiksel ifadelerle tanımlanması ve kesin bir şekilde kontrol altında tutulması mümkün değildir. Bütün teori ve denklemler gerçek dünyayı yaklaşık bir biçimde ifade ederler. İncelenen bir konunun tam ve kesinlikle bilinmemesi bulanıklığı ifade etmektedir[3]. Bu belirsizliklerin sözel ifadeler kullanılarak daha belirgin hale gelmesi için geliştirilen mantığa da *Bulanık Mantık* denilmektedir.

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 ilk olarak Lofti A.Zadeh tarafından tanımlanmıştır. Zadeh bu çalışmasında insan beyninin büyük bir bölümünün bulanık olduğunu belirtmiştir. Araştırmalar bulanık mantık denetimi ile elde edilen sonuç performansının klasik yöntemlerle elde edilenlere göre daha iyi olduğunu göstermiştir[4].

Klasik kümeler olarak bilinen kesin kümeler ait olduğu evrensel kümenin her bir elemanına 1 ya da 0 değerini atamaktadır. Bir nesne 1 değerini alırsa kümenin elemanı, 0 değerini alırsa kümenin elemanı değildir. 0 ve 1 değerlerini alan kesin kümeler karşılık olarak bulanık mantık kümelerinde 0 ve 1 arasında değişebilen değerler vererek üyelik işlevlerini ortaya koymuştur. Bulanık mantıkta belirsizlik durumları, bu durumu temsil eden küme elemanlarına üyelik fonksiyonlarının verilmesi ile tanımlanır. En büyük önem derecesine sahip olan öğelere 1 değeri atanırsa, diğerleri 0 ile 1 arasında değişim gösterir. Bu şekilde 0 ile 1 arasındaki değişimin her bir öğe için değerine üyelik derecesi, ve bunun bir alt küme içindeki değişimine de üyelik fonksiyonu denilmektedir[5].

Bulanık mantık (B.M.) bulanık denetleyiciden oluşmaktadır. Şekil-1’de basit bir bulanık denetleyici görülmektedir. Bulanık denetleyici, giriş, veri tabanı, bulanıklaştırma, bulanık çıkarım, kural tabanı, durulaştırma ve çıkış işlemlerinden meydana gelmektedir.



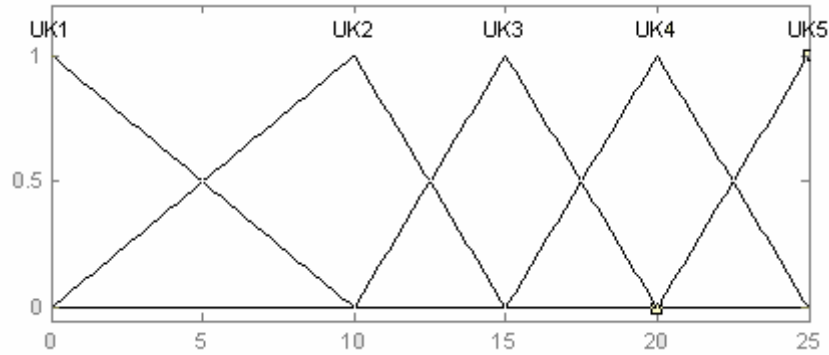
Şekil-1. Bulanık Denetleyici

- **Giriş/Veri Tabanı:** İncelenecek olan olayın maruz kaldığı girdi değişkenlerini ve bunlar hakkındaki tüm bilgileri içerir. Buna **veri tabanı** veya kısaca **giriş** adı da verilir. Genel veri tabanı denilmesinin nedeni, buradaki bilgilerin sayısal ve/veya sözel olabilmesidir.
- **Bulanıklaştırıcı:** Sistemden alınan denetim giriş bilgilerini dilsel niteleyiciler olan sembolik değerlere dönüştürme işleminin yapıldığı bölümdür.

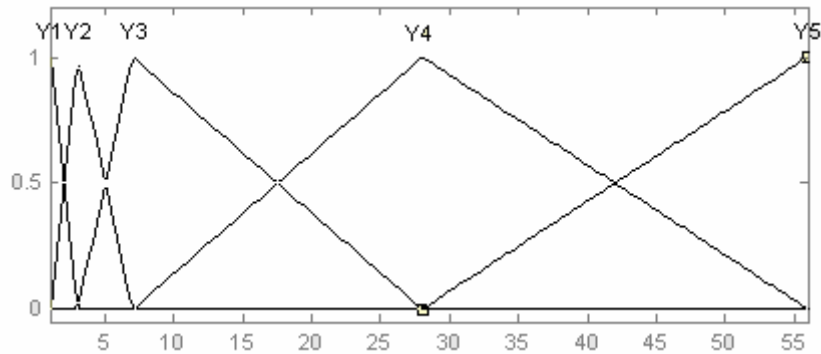
- **Bulanık Kural Tabanı:** Veri tabanındaki girişleri çıkış değişkenlerine bağlayan mantıksal, **EĞER-İSE (IF – THEN)** türünde yazılabilen bütün kuralların tümünü içerir. Bu kuralların yazılmasında sadece girdi verileri ile çıktılar arasında olabilecek tüm aralık bağlantıları (rule base) düşünölür. Böylece, her bir kural girdi uzayının bir parçasını çıktı uzayına mantıksal olarak bağlar. İşte bu bağlamaların tümü kural tabanını oluşturur.
- **Bulanık ıkarım:** Bulanık kural tabanında giriş ve çıkış bulanık kümeleri arasında kurulmuş olan parça ilişkilerin hepsini bir arada toplayarak sistemin bir çıkışlı davranmasını temin eden işlemler topluluğunu içeren bir mekanizmadır. Bu motor her bir kuralın çıkarımlarını bir araya toplayarak tüm sistemin girdileri altında nasıl bir çıktı vereceğinin belirlenmesine yarar.
- **Durulaştırma:** Bulanık ıkarım motorunun bulanık küme ıkışları üzerinde ölçek değişikliği yapılarak gerçek sayılara dönüştürdüğu birimdir.
- **ıkış:** Bilgi ve bulanık kural tabanlarının bulanık çıkarım vasıtasıyla etkileşimi sonucunda elde edilen çıktı değerlerinin topluluğunu belirtir.

3. DENEYSEL ALIşMA

Çalışmada Tandırlı[7]'nin taze ve sertleşmiş betonun özelliklerine uçucu külün etkileri üzerine yapmış olduğu çalışmasında elde edilen sonuçlar kullanılmıştır. Seyit Ömer uçucu külü kullanılarak karışımlar hazırlanmıştır. Veri tabanı bölümünde (Input) beton yaşı ve ikame edilen uçucu kül oranı olmak üzere iki farklı faktör alınmıştır. Çimento ile 0 (şahit), %10, %15, %20 ve %25 oranlarında ikame edilen uçucu kül miktarları(UK) sırası ile UK1, UK2, UK3, UK4 ve UK5 olarak kodlanarak birinci veri tabanındaki 5 adet üyelik fonksiyonları oluşturulmuştur (şekil-2). İkinci veri tabanı da şekil-3'te görüldüğu gibi 1., 3., 7., 28. ve 56. günler dikkate alınarak sembolik olarak (Y1, Y2,...,Y5) 5 adet üyelik fonksiyonları oluşturulmuştur.

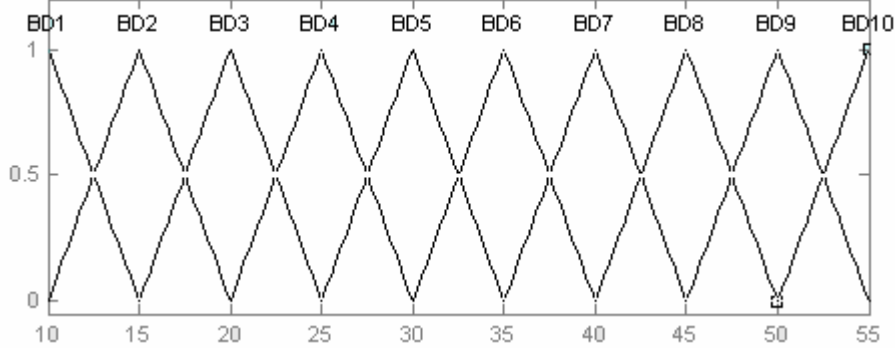


şekil-2. Uçucu Kül Miktarları İçin Üyelik Fonksiyonu Oluşturulması



şekil-3. Betonun Yaşı İçin Üyelik Fonksiyonu Oluşturulması

Bulanık mantığın bir özelliği de verilerin sembolik olarak girilmesidir. Girişlerin sembolik olduğu gibi çıkışların da (Output) sembolik olarak belirlenmesi gereklidir. Basınç dayanımı için seçilmiş olan üyelik fonksiyonları da Şekil-4'te gösterilmiş olup, BD1, BD2, ..., BD10 olarak 10 adet üyelik fonksiyonu seçilmiştir. Giriş ve çıkış verileri sembolik olarak girildikten sonra Tablo-1' de verilen kural tabanı çerçevesinde (1) nolu denklem ile kurallar belirlenmiştir.



Şekil-4. Betonun Basınç Dayanımı İçin Üyelik Fonksiyonu Oluşturulması

Bulanık mantık yaklaşımında verilerin girilmesi ve kuralların oluşturulmasından sonra oluşturulan kurallar çerçevesinde durulayıcı biriminden tek bir sonuç çıkmaktadır. Buna göre her uçucu kül miktarında ve her beton yaşında ayrı ayrı değerler alınarak grafik ortamına aktarılmıştır.

Tablo-1. UK Betonlarında B.M. Kural Tablosu

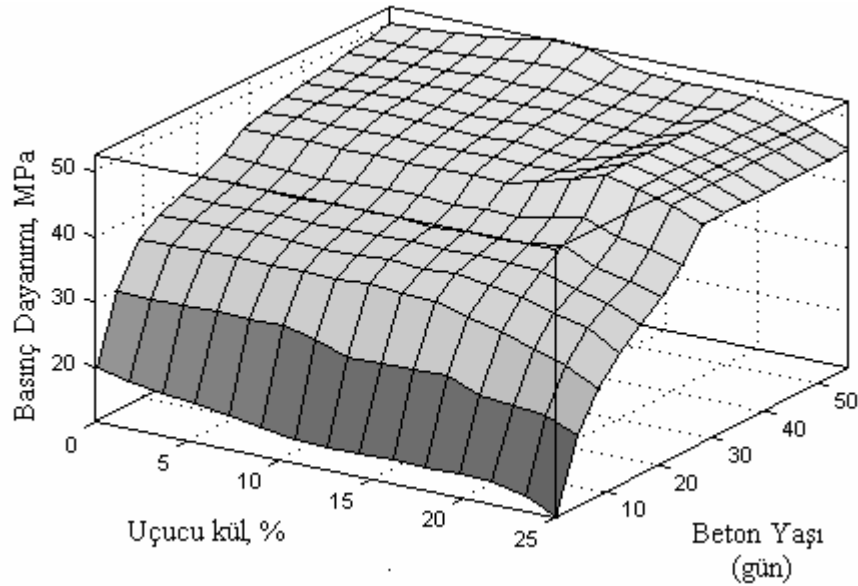
Y/UK	UK1	UK2	UK3	UK4	UK5
Y1	BD3	BD2	BD2	BD2	BD1
Y2	BD4	BD4	BD3	BD3	BD3
Y3	BD6	BD6	BD6	BD5	BD4
Y4	BD8	BD8	BD8	BD9	BD8
Y5	BD9	BD10	BD9	BD9	BD8

EĞER UK=i ve Y=j ise **O HALDE** BD=k (i=1, 2,..., 5), (j=1, 2, ...,5), (k=1, 2,..., 10)

4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Seyit Ömer uçucu külün beton basınç dayanımı üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada elde edilen sonuçlar yardımıyla karışıma katılan uçucu kül miktarı, beton yaşı ve basınç dayanımları arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla bulanık mantık yaklaşımı geliştirilmiştir. Uçucu külün betona çimento ile ikame edilerek katılması sonucu elde edilen deney sonuçlarından bağımsız olarak Bulanık Mantık Yöntemi ile elde etmek amacıyla bir hesap algoritması geliştirilmiş ve matlab dilinde bir bilgisayar programı hazırlanmıştır.

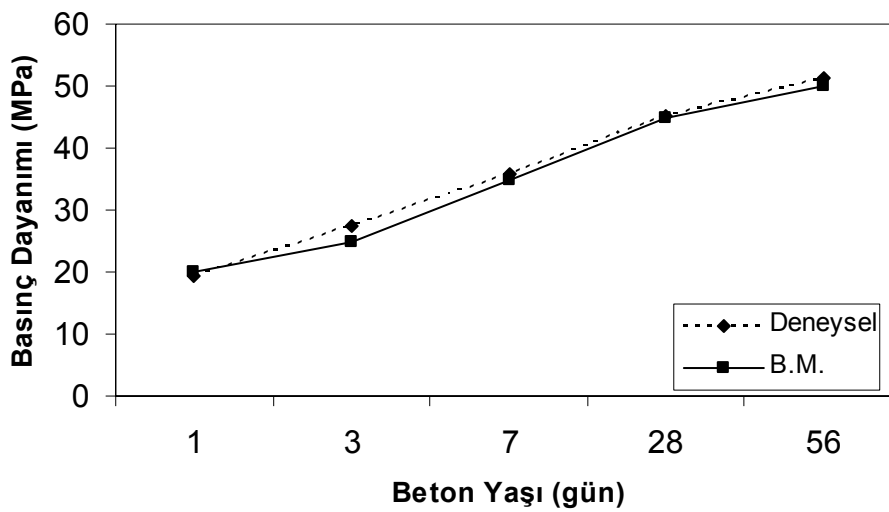
Bulanık mantık denetleyici bölümünden olan durulayıcı biriminden alınan sonuçlar yardımıyla uçucu kül ikameli betona ait basınç dayanımı-uçucu kül oranı-beton yaşı arasındaki ilişki Şekil-5'te grafik ortamında verilmiştir.



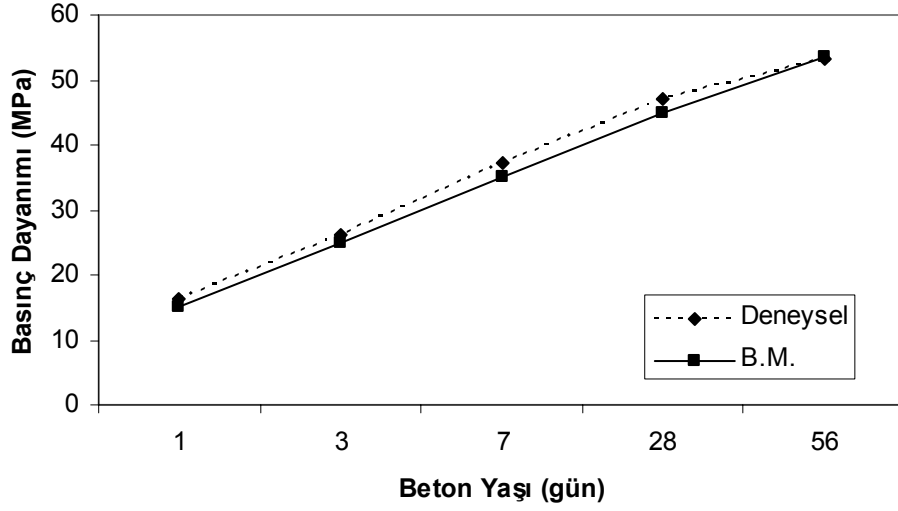
Şekil-5. B.M. İle Betonun Basınç Dayanımı- Yaşı ve Uçucu Kül Miktarı Arasındaki İlişki

Şekil-5 incelendiğinde beton ilk yaşlarında iken çimento ile ikame edilen uçucu kül oranının artması ile basınç dayanımında azalma eğilimi görülmektedir. Özellikle %10 oranında uçucu kül ikamesine kadar basınç dayanımındaki düşüş diğer oranlara göre daha belirgindir. İkame oranı %25 olduğunda basınç dayanımının diğer oranlara göre en düşük değerini aldığı görülmektedir. Buna göre uçucu külün betonun basınç dayanımına ilk yaşlarda olumsuz yönde etkilediği söylenebilir.

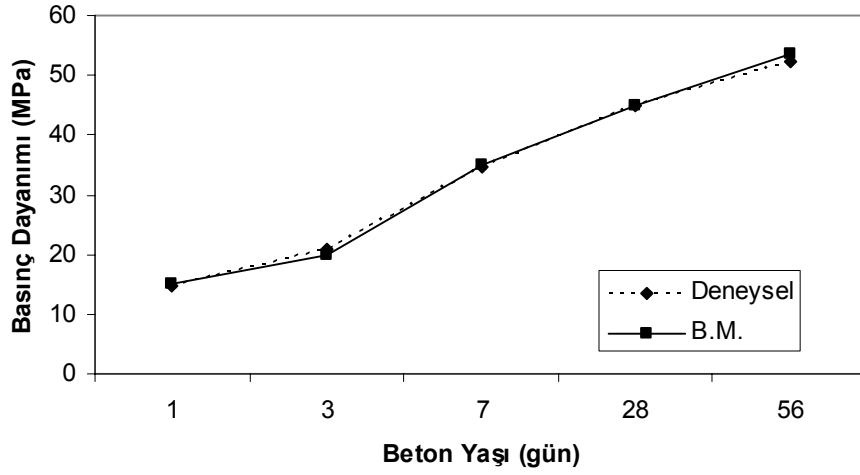
Şahit betonun(UK0) yaşının artması ile birlikte literatürden de bilindiği gibi basınç dayanımı da artış eğilimindedir. %15 ikame oranına kadar beton yaşının ilerlemesi ile özellikle 56 günlük betonlarda diğer ikame oranlarına göre maksimum dayanım elde edilmiştir. %15 ikame oranından sonra ikame oranının artması ile basınç dayanımı 28 günlük betonlarda artma eğiliminde olmasına karşın 56 günlük numunelerde azalma eğiliminde olduğu ve şahit betondan daha düşük basınç dayanımına sahip oldukları görülmüştür. Bu durumda betonun ileriki yaşları da göz önüne alındığında basınç dayanımı açısından en etkili ikame oranının yaklaşık olarak %10-15 arasında olduğu söylenebilir.



Şekil-6. UK0 Betonlarda B.M. İle Deneysel Sonuçların Karşılaştırılması



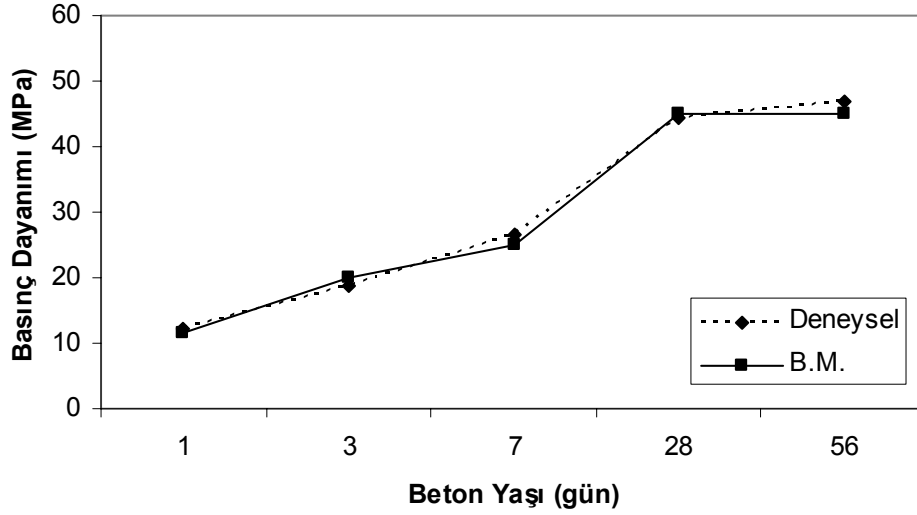
Şekil-7. UK10 Betonlarda B.M. İle Deneysel Sonuçların Karşılaştırılması



Şekil-8. UK15 Betonlarda B.M. İle Deneysel Sonuçların Karşılaştırılması



Şekil-9. UK20 Betonlarda B.M. İle Deneysel Sonuçların Karşılaştırılması



Şekil-10. UK25 Betonlarda B.M. İle Deneysel Sonuçların Karşılaştırılması

Bulanık mantık yaklaşımı ile elde edilmiş olan sonuçlar ayrıca deneysel olarak her beton yaşı için elde edilmiş olan sonuçlar ile de karşılaştırılmıştır (Şekil-6-10). Şekillerden de görüldüğü gibi bulanık mantık yaklaşımından elde edilen sonuçlar ile deneysel sonuçlar birbirine çok yakındır. Şekiller incelendiğinde yukarıda da bahsedildiği gibi betonun ilk yaşlarında (1., 3., 7. gün) betona uçucu külün ikamesi ile betonun basınç dayanımı azalma eğilimindedir. İkame oranının artması ile birlikte basınç dayanımı daha da azalmıştır. Yine betonun ileriki yaşlarında en uygun ikame oranının %10-15 arasında olduğu, ikame oranının artması ile basınç dayanımının azalma eğiliminde olduğu görülmektedir.

5. SONUÇLAR

Beton ilk yaşlarda çimento ile ikame edilen uçucu kül oranının artması ile basınç dayanımında azalma eğilimi görülmektedir. Özellikle %10 oranında uçucu kül ikamesine kadar basınç dayanımındaki düşüş diğer oranlara göre daha belirgindir. İkame oranı %40 olduğunda basınç dayanımının diğer oranlara göre en düşük değerini aldığı görülmektedir.

Betonun ileriki yaşlarında ikame oranının %10-15 arasında olduğu, ikame oranının artması ile basınç dayanımının azalma eğiliminde olduğu görülmektedir.

Bu hesap modeli ile elde edilen basınç dayanımı değişiminin, beton karışımındaki farklı uçucu kül ikamesi oranlarına bağlı olarak elde edilen deneysel basınç dayanımı değerleri ile uyumlu olduğu şekillerden görülmektedir.

Bulanık mantık yaklaşımından elde edilen sonuçlar ile deneysel sonuçlar birbirine çok yakındır. Bununla birlikte, farklı beton karışımları ve farklı uçucu kül ikame oranları için de aksel basınç etkisinde basınç dayanımları benzer şekilde elde edilebileceği söylenebilir. Ayrıca bu modelleme ile betonun diğer özellikleri arasında da ilişki araştırılarak bazı deney sonuçlarına bağlı olarak değişim aralıklarındaki değerler belirlenebilir.

6. KAYNAKLAR

- 1- Dolch, W.L., Diamond, S., “Durability of concrete”, Part 39 of Civil Engineering Handbook, Editor-in-chief, W.F. Chen. Boca Raton: CRC, 1995.
- 2- Ferreira,C., Ribeiro,A., Ottosen, L., “Possible Applications For Municipal Solid Waste Fly Ash”, Journal of Hazardous Materials, B96, 201-216, 2003
- 3- T.Y., Erdoğan, Beton, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayın. ve İletişim Şti, Ankara, Mayıs 2003.
- 4- Şen, Z., “Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri”, Bilge Sanat Yapım Yay. Tan. Kağ. Turz. Tic. Ltd. Şti., Ekim, 2001.
- 5- Elmas, Ç., “Bulanık Mantık Denetleyiciler”, Seçkin yayınevi, Ankara, 2003. ISBN 975 347 613 2
- 6- Demir, F., Gençoğlu, M., Güler, K., “Çelik Tel Takviyeli Betonların Gerilme-Şekil Değiştirme Davranışı İçin Bir Bulanık Mantık Yaklaşımı”, Türkiye İnşaat Mühendisliği On Yedinci Teknik Kongre ve Sergisi, 15-16-17 Nisan 2004
- 7- Tandırlı, A.E., “Farklı Uçucu Kül İkamelerinin Taze ve Sertleşmiş Beton Özelliklerine Etkileri ve K-Eşdeğerlik Katsayıları”, Beton 2004 Kongresi, 10-12 Haziran 2004, İstanbul.