

BETONUN BAKIM VE KORUNMASI ÜZERİNE GELİŞTİRİLEN BİR BİLGİSAYAR PROGRAMI

Tahir ÇELİK* Tony THORPE Prof. Ronald McCAFFER
BSc., MSc. MIED. BSc., MSc. BSc., PhD., C. Eng., MICE, FCIQB.

Civil Engineering Department, Loughborough University of Technology.
Loughborough, LEICS, LE 11 3TU, UK.

ÖZET

Betonun istenilen kaliteye ulaşabilmesi, kapsamındaki su ve çimentonun reaksiyonunu hangi ölçüde tamamlayabildiği ile orantılıdır. Bu reaksiyonun belirli bir zaman süresi içerisinde en yüksek düzeyde gerçekleşebilmesi şu iki şarta bağlıdır: rutubetli ortam ve uygun sıcaklık. Bu nedenle, kalıbına yerleştirilen taze betonun bakım ve korunması uygun bir metodla yapılmalıdır. Bu araştırmada, betonun bakım ve korunması üzerine bir bilgisayar programı, geliştirilmiştir. Bu program, ilgili sahada bilgi ve deneyime gereksinim duyan genç veya tecrübesiz mühendis veya öteki kontrol görevlilerine bilgi aktararak onların bilgi ve deneyimlerini geliştirmeyi amaçlamaktadır. Aktarılan bilgiler, bu konuda uzman bir kişinin vereceği önerileri andırmaktadır.

* : Tahir ÇELİK: İnş. Müh. Bölümü, Doğu Akdeniz Üniversitesi,
G. Magosa, KIBRIS.

1. GİRİŞ

Kalıbına yerleştirilmiş olan taze betonun bakım ve korunması (kür yapılması) uygun bir metodla gerçekleştirilmelidir. Beton küründeki amaçlar şunlardır: (1) betondaki çimento ve suyun reaksiyonunu (hidrasyon) en üst düzeyde gerçekleştirebilmesi için gerekli rutubetli ortamın kür süresince sağlanması; (2) bu reaksiyonun istenilen hızla gerçekleştirilebilmesi için betonu uygun bir sıcaklıkta korumak.

Betonun amaçlanan mukavemet, dayanıklılık ve görünüşde elde edilebilmesi yukarıda verilen iki maddenin kür süresince hangi ölçüde gerçekleştirilebildiğine bağlıdır. Beton kürünün başarıya ulaşabilmesi için kür metodu doğru seçilmeli, ve seçilen metod hatasız uygulanmalıdır.

1986 yılında Kuzey Kıbrısta 84 adet beton şantiyesi ziyaret edilmiştir. Bu ziyaretlerdeki amaç, beton operasyonlarının nasıl gerçekleştirildiğini ve üretilen beton mukavemetlerinin ne düzeyde olduğunu tesbit etmektir. Ziyaretler esnasında betonun öteki operasyonları yanında, küründe de birtakım hata ve noksanlıklar gözlemlenmiştir. Örneğin, bu şantiyelerde beton kür süresinin 7 gün olması gerekirken, beton bakımı sadece 3 gün sürdürülmüştür. Bu da beton mukavemetinin % 17 oranında azalmasına neden olmaktadır [1].

Beton işlerinde kullanılacak olan metodun seçimi ve uygulanması üzerine uzmanca tavsiye verebilecek bir bilgisayar programının, uygulamadaki hataları azaltabileceği düşünülmüştür. Bu nedenle, bir Ekspert Sistem (Expert System) bilgisayar programı geliştirilmiş ve adına ESCON denilmiştir. ESCON'un geliştirilmesi için bilgiler teknik yayınlardan (kitap, magazin, el kitabı, vs.), ve İngilterede 6 adet beton eksperti ile yapılan mülâkatlardan elde edilmiştir. Yazarların bu konudaki deneyimleri de ESCON'un geliştirilmesine yardımcı olmuştur.

Bu bildiride betonun bakım ve korunmasında uygulanabilecek metodlar incelenmiş ve bu konuda uzmanca tavsiyeler vererek, beton kalitesinin artırılmasına yardımcı olabileceği düşünülen bu bilgisayar programının tanıtılmasına çalışılmıştır.

2. ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışmanın amaçları şunlardır:

- 1) Beton kür metodlarının iyice anlaşılması,
- 2) Beton kürü hakkında toplanan bilgilerin şantiyelerdeki deneyimsiz genç kontrol grubuna aktarılmasına yardımcı olacak bir bilgisayar programı, Ekspert Sistem, geliştirilmesi,
- 3) Programı kullananların bu konuda eğitilmesine yardımcı olmak.

3. EKSPERT SİSTEMLER

Ekspert sistemler yaklaşık son on yıl içerisinde ortaya çıkmış bir bilgisayar bilim koludur. Ekspert sistemlerin standard bir tanımı şöyle olabilir: "Ekspert sistemler ihtiva ettikleri deneyim, yargı ve sezîşe dayanan bilgilerle, ve kullanıcı ile bilgisayar arasında karşılıklı bir diyalog kurarak, kullanıcıya ilgili konuda uzmanca önerilerde bulunup, ona bilgi aktaran bilgisayar programlarıdır". Ekspert sistemlerin daha detaylı tanımlarına birçok yayınlarda rastanabilir. Örneğin, Fenves [2], Adeli [3] ve Waterman [4].

4. TAZE BETONUN BAKIM VE KORUNMASI

Kalıbına yerleştirilmiş taze beton aşırı soğuk ve sıcaktan korunmalı ve kür süresince devamlı olarak rutubetli tutulmalıdır. Dolayısı ile beton kürü şu iki madde ile özetlenebilir: (1) Uygun beton ısı; (2) yeterli rutubet.

4.1. Uygun Beton Isısı

Beton içerisinde bulunan su ve çimento arasındaki reaksiyonun hızı, betonun sıcaklığı ile orantılıdır. Hirdasyon ne ölçüde gerçekleşmiş ise, beton mukavemeti de o ölçüde kazanılmış olur. Erken mukavemet kazanması istenen betonlar için 10 C altındaki beton sıcaklıkları uygun değildir. Beton sıcaklığı 5 C'in altına düştüğünde mukavemet kazanımı yavaşlar, ve 0 C' da ise çok az mukavemet kazanılır [5]. Örneğin, 5 C'da korunan bir betonun 1., 2., 4., ve 8. günler sonundaki mukavemetleri.

20C' da korunan bir beton mukavemetinin yaklaşık olarak sırasıyle, % 39, % 62, % 81, ve % 96'sına eşittir [6]. Kür süresince beton sıcaklığının 71 C'i geçmesi halinde hızlı buharlaşma betona birtakım hasarlar verebilir [5], ve şantiyelerde üretilen betonlar için uygun değildir. Kür süresince kabul edilebilir beton ısısının 5-71 C arasında olmasına rağmen, Transportation Research Board [7], plak beton ısısının yaz ve kış mevsimlerinde sırasıyle 16-32 C ve 13-21 C olmasını uygun görmektedir.

4.2. Yeterli Rutubet

Çimento ile su arasındaki reaksiyon ilk karışım anında başlar. Bu reaksiyon beton içerisindeki su buhar basıncının % 80' nin altına düşmesi ile durur [8]. Beton içerisindeki su miktarı iki şekilde azalır:

- 1) Buharlaşma,
- 2) Hidrasyon neticesinde kendiliğinden kuruma.

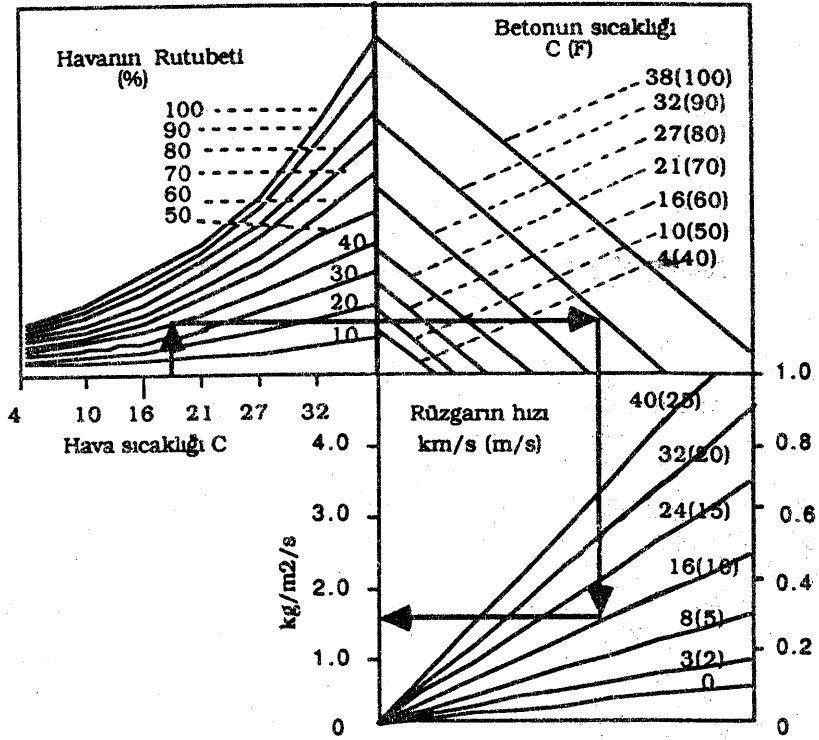
4.2.1. Buharlaşma

Beton içerisindeki suyun buharlaşmasını etkileyen faktörler şunlardır: betonun sıcaklığı; havanın sıcaklığı; havanın rutubeti; ve rüzgarın hızı. Bu faktörlerin beton yüzeyinden beklenen buharlaşma miktarına olan etkileri Şekil 1'de verilmiştir.

4.2.2. Kendiliğinden Kuruma

Beton içerisindeki suyun bir kısmı hidrasyon esnasında kullanılır. Geriye kalan azalmış su miktarı, betonu doygun hale getirmeye yetmeyebilir. Bu o'ay betonun kendi kendine kurumasına (self-desiccation) neden olur. Kendiliğinden kuruma, su/çimento oranın 0.5 'den az olduğu durumlarda ve sulama ile yapılmayan kür metodları uygulamsında özellikle önem kazanmakatadır. Bu hallerde, beton içerisindeki kılcal aralıklardaki su buhar basıncı % 80'nin altına düşer ve kür tam olarak tamamlanamamış olur [9]. Böyle durumlarda beton kür süresince devamlı olarak suya doygun durumda bulundurulmalıdır.

Uygun bir kür yapmanın kazanımları şöyle sıralanabilir: mukavemet artar; aşınmaya karşı betonun direnci artar; betonun görünüşü iyileşir; betondaki büzülme ve çatlakları azalır; ve betonun geçirimsizliği azalır.



Sekil 1 - Hava sıcaklığı, beton sıcaklığı, hava rutubeti, ve rüzgar hızının buharlaşmaya olan etkileri. (ACI 305.R-77'ye göre çizilmiştir.)

5. KÜR METODLARI

Beton kür metodları iki ana grupta toplanabilir:

- 1) Sürekli rutubetli ortam metodu.
- 2) Buharlaşmayı önleme metodu.

5.1. Sürekli Rutubetli Ortam Metodu

Bu metod buharlaşmayı önleme metoduna nazaran teorik olarak daha iyidir. Fakat bu methodda, beton kür süresince devamlı olarak rutubetli bir ortamda bulundurulmalıdır. Özellikle ilk 2 veya 3 gün zarfında betonun bir kuruyup bir rutubetlendirilmesi zararlıdır, beton yüzeyinde çatlaklara sebep olur. Bu da betonun dayanıklılığını azaltır [10,11]. Kür için kullanılacak su, betonun görünüşü önemli ise, leke bırakabilecek

maddelerden anı olacak ve suyun sıcaklığı beton sıcaklığından en çok 11 C daha düşük olacaktır [2]. Bu metoddaki kūr yöntemleri şunlardır:

- 1) Beton üzerinde su havuzlandırmak (yatay yüzeyler için),
- 2) Su pūskürtmek,
- 3) Beton yüzeyini su emebilen bir malzeme ile kaplamak (çadır bezi, kilim, battaniye, vs.),
- 4) Beton yüzeyini toprak, kum, saman tipi maddelerle kaplamak.

5.1.1. Su Havuzlandırmak

Bu sistemde beton plak etrafı su sızdırmayan her hangi bir malzeme ile çevrilir ve plak üzerine su pompalanır. Kūr süresince beton devamlı olarak su altında kalmış olduğu için, bu yöntem en güvenilir beton kūr metodudur. Havuzlandırma olayı, beton yerleştirildikten sonra, taze betona zarar vermeyen en erken bir zamanda yapılmalıdır.

5.1.2. Su Pūskürtmek

Bu yöntem her türlü beton yüzeyleri için geçerlidir. Bu metotta en önemli husus, beton yüzeyinin tamamen kurumadan tekrar sulanmasıdır. Hava sıcaklığının 15 C'in üzerinde olduğu günlerde, beton yüzeyleri gündüzleri yaklaşık olarak her 3 saatte bir, ve geceleri de en az bir defa olmak üzere sulanmalıdır [12].

5.1.3. Beton Yüzeyinin Su Emebilen Bir Malzeme İle Kaplanması

Beton yüzeyleri suyu çekip hemen kurumayan bir malzeme ile (çadır bezi, kilim, battaniye, paspas vs.) kaplanır. Bu malzemeler sürekli olarak ıslak tutulmalı ve beton ile tam temasları sağlanmalıdır. Bu malzemeler ıslatılmalarını seyrekletirmek için, iki kat olarak kullanılabilirler.

5.1.4. Beton Yüzeyini Toprak, Kum, Saman Tipi Maddelerle Kaplamak

Bu yöntem yatay veya yataya yakın yüzeyler için geçerlidir. Toprak kullanılacaksa 25 mm'den iri parçalardan arındırılmış olmalıdır. Beton üzerine konacak toprak veya kum kalınlığı en az 50 mm, saman tipi malzeme kalınlığı 150 mm olmalıdır. Bu malzemelerin sulandıktan sonra tamamen kurumaları için gerekli olan zamanın yaklaşık 1.5 misli kadar bir aralıkla sulandırılmaları önerilir [12].

5.2. Buharlaşmayı Önleme Metodu

Bu metoddan, kür yapılacak beton yüzeyi geçirimsiz bir malzeme ile tamamen kapatılır ve beton içerisindeki suyun buharlaşması önlenir. Sürekli rutubetli ortam metoduna göre bu metodun uygulanması daha kolaydır. Bu metoddan kullanılan yöntemler şunlardır:

- 1) Beton yüzeylerinin naylon bir malzeme ile sarılması,
- 2) Beton yüzeylerinin katranlı kağıt ile sarılması,
- 3) Beton yüzeyine sıvı kür malzemesi püskürtülmesi,
- 4) Kalıpların geç sökülmesi.

5.2.1. Beton Yüzeyinin Naylon Bir Malzeme İle Sarılması

Kullanılacak olan naylon kalınlığı en az 0.1 mm ve deliksiz olmalıdır. Kış aylarında siyah veya renksiz, yaz aylarında ise beyaz renkli naylonlar tercih edilmelidir. Naylonun altında oluşabilen su buharının betonun renginde değişiklikler meydana getirebileceği için, görünüşü önemli olan betonların küründe naylon kullanılmasından kaçınılmalıdır. Çok sıcak günlerde naylon altındaki beton yüzeyi ayrıca sulanabilir.

5.2.2. Beton Yüzeyinin Katranlı Kağıt İle Sarılması

Bu amaç için kullanılacak kağıt iki kat olup, arası katran ile kaplıdır. Bu katran tabakası betondaki suyun buharlaşarak kaçmasını önleyerek, betondaki rutubeti korur. Bu kağıtların uçları en az 50-100 mm üst üste bindirilmeli ve kağıtlar deliksiz olmalıdır.

5.2.3. Beton Yüzeyine Sıvı Kür Malzemesi Püskürtülmesi

Yaz aylarında beyaz veya gri, kış aylarında reksiz veya siyah renkli sıvı kür malzemelerinin kullanılması önerilir. Hava sıcaklığının 27 C'dan fazla olduğu durumlarda, renksiz sıvı kür malzemeleri kullanımından kaçınılmalıdır [7]. Bu malzemeler kullanılırken, beton yüzeyinin ne zaman ve nasıl bir işleme tabii tutulacağı ve bu malzemelerin beton yüzeyinden ne kadar zaman sonra ve nasıl sökülebileceği bilinmelidir. Sıvı kür malzemeleri betonun üzerine su toplanması (bleeding) durur durmaz hemen uygulanmalıdır. Bu malzemenin kullanım oranı ortalama olarak 0.2 to 0.25 litre/m² dir. Uygulama iki el olarak yapılacaksa, her elde bu miktarın yarısı kullanılır ve iki eldeki fırçalama veya püskürtme yönü birbirine dik olur.

5.2.4. Kalıpların Geç Sökülmesi

Kalıpların kür süresince sıkıca yerinde korunması halinde, kalıplı beton yüzeylerinden buharlaşma önlenerek, betonun rutubetli kalması sağlanabilir.

6. ESCON'un KÜR MÖDÜLÜ

ESCON, betonun ölçeklendirilmesi, karışımı, taşınması ve yerleştirilmesi, sıkıştırılması, kalıpsız beton yüzeylerinin finışı ve kürü üzerine geliştirilmiş bir Ekspert Sistemin adıdır. ESCON çatısı altındaki her beton operasyonu ayrı bir modül program olarak bulunmakta ve gerektiğinde ayrı ayrı çalıştırılabilmektedir. Bu tebliğde, ESCON'un KÜR MÖDÜLÜ'nün tanıtılmasına çalışılacaktır.

Beton bakım ve korunması üzerine ulaşılabilen tüm yayınlar gözden geçirilip, beton kür metodları ve problemleri belirlenmiştir. Bu bilgilerle bir ön program geliştirilmiş ve bu program İngiltere'de 6 adet beton uzmanına sırayla takdim edilmiştir. Program uzmanlarla tartışılmış ve onların verdiği görüşler doğrultusunda ilaveler, eksiltmeler, veya değişiklikler yapılmıştır. Neticede, bu program uzmanlarla uyumlu haline getirilmiş ve yine İngiltere'de bir beton köprü şantiyesinde denenip, güvenilirliği ve başarısı saptanmıştır.

Uygulanacak olan beton kür metodu hava şartlarına bağlı olduğu için, ESCON önce geçerli hava şartlarının tayinine çalışır. Kullanıcı hava şartlarını "sıcak", "soğuk", veya "normal" olarak tanımlayamazsa, ESCON şekil 1'deki grafiklerin formüllerini kullanarak, beton yüzeyinden beklenen buharlaşma miktarını hesap eder. Bu buharlaşma miktarı 1 kg/m²/saat'i geçiyorsa, hava şartları "sıcak" olarak adlandırılır. Buharlaşma oranı 1 kg/m²/saat 'in altında ise ve beton sıcaklığı 10-24 C arasında ise, hava şartları "normal"; beton sıcaklığı 10 C 'dan az ise, hava şartları "soğuk" olarak belirlenir.

Buharlaşmanın hesaplanması için gerekli dört faktörden (havanın sıcaklığı, havanın rutubeti, betonun sıcaklığı, ve rüzgarın hızı) bilinmeyen varsa ESCON hava sıcaklığını beton sıcaklığına göre tayin

eder. Beklenen beton sıcaklığı önceki kayıtlardan elde edilemiyorsa, ESCON beton sıcaklığını da hesap edebilir. Bunun için, program kullanıcısı ESCON'a beton karışım oranlarını, ve bu malzemelerin karışım anındaki sıcaklıklarını vermelidir. Neticede hava şartları aşağıdaki gibi belirlenir.

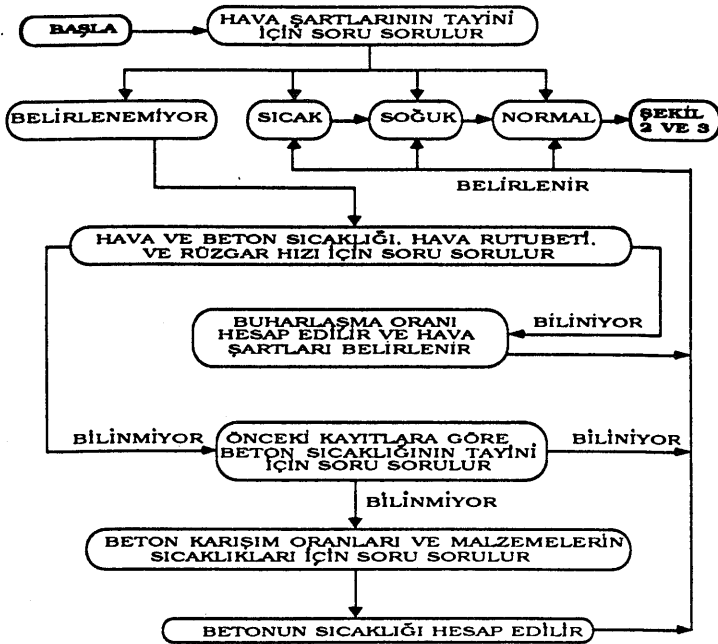
Hava Şartları

Sıcak
Normal
Soğuk

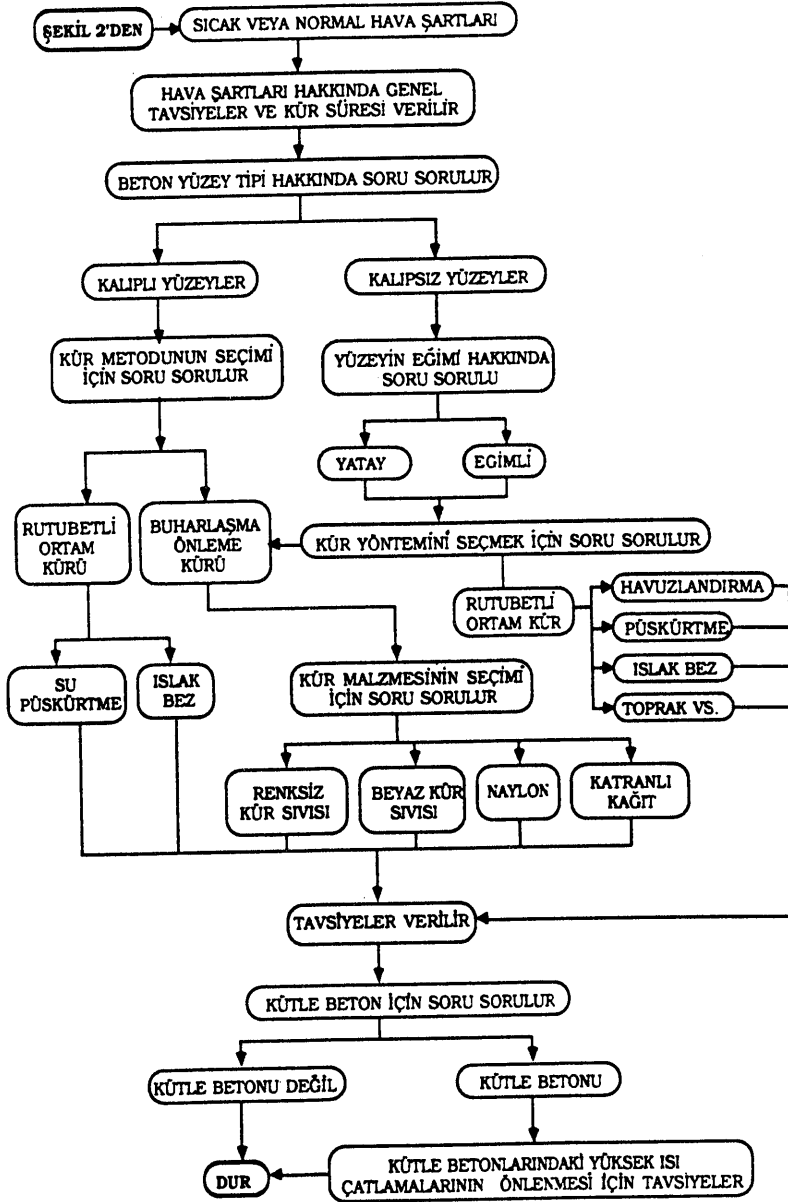
Beton Sıcaklığı

24 C'dan fazla [13]
10-24 C
10 C'dan az.

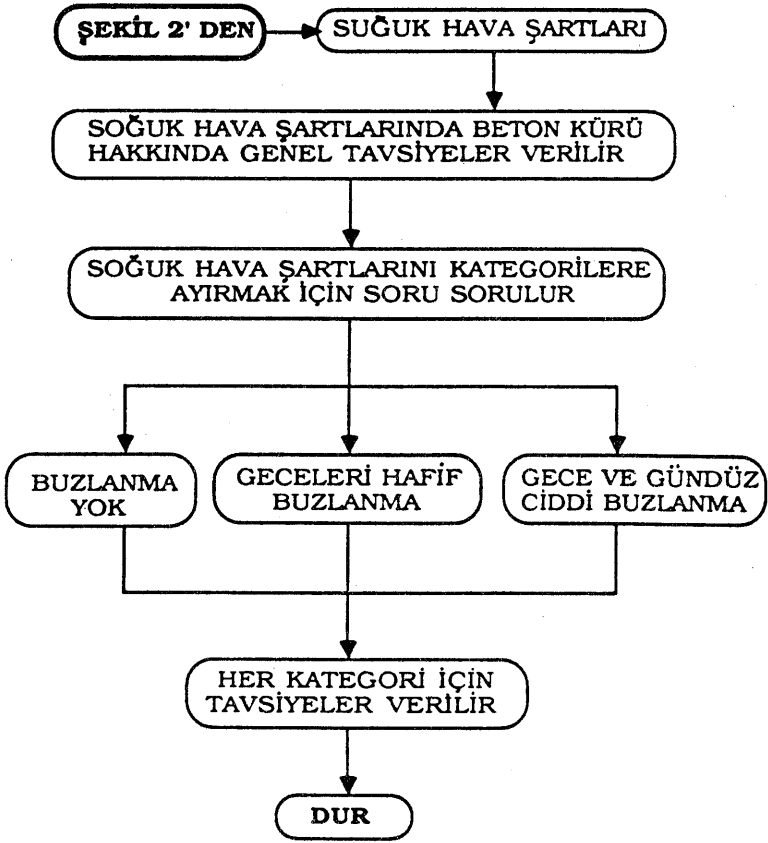
ESCON'un hava şartlarını tayin hakkındaki akış diyagramı Sekil 2'de verilmiştir. Geçerli hava şartlarının sıcak veya normal olması halinde, ESCON'un izleyeceği akış diyagramı Sekil 3'de; hava şartlarının soğuk olması halindeki akış diyagramı ise Sekil 4'de verilmiştir.



Sekil 2 - Hava şartları tayininin akış diyagramı



Şekil 3 - Sıcak ve Normal hava şartları için akış diyagramı



Sekil 4 - Soğuk hava şartları akış diyagramı

7. SONUÇ

Betonun kür yapılması, kaliteyi çok yakından etkilemektedir. Dolayısı ile, kür metodu doğru seçilmeli ve hatasız uygulanmalıdır. Beton kür metodları üzerine geliştirilen bir ekspert sistem bilgisayar programı şantiyedeki genç ve pratiği az mühendis veya öteki kontrol elemanlarına bilgi aktararak, onların bilgi ve deneyimlerinin gelişmesine yardımcı olur. Böyle bir programda depolanan bilgiler işçilere aktarırsa, onların şantiyede eğitilip, deneyimlerinin artırılması da ucuz ve kolayca sağlanabilir. Bu şekilde, betonun kür yapılmasındaki hatalar azaltılıp, betonun kalitesi artırılabilir.

8. KAYNAKLAR

1. Popovics, S., "Effect of Curing Methods and Final Moisture Conditions on Compressive Strength of Concrete", ACI Journal, Proceedings, July/August, 1986, pp 650-57.
2. Fenves, S. J., "What is an Expert System", Expert Systems in Civil Engineering, American Society of Civil Engineers, 1986.
3. Adeli, H., Expert Systems in Construction and Structural Engineering, Chapman and Hall, 1988.
4. Waterman, D., A., A Guide to Expert Systems, Addison-Wesley Publishing Company, 1986.
5. ACI Committee 308, "Standard Practice for Curing", ACI manual of Concrete Practice, Part 1, 1985, USA.
6. "Research on Materials", Report for the year 1976, Cement and Concrete Association, Slough, UK.
7. "Curing of Concrete Pavement", Transportation Research Circular, Transportation Research Board, June, 1979, Washington, D.C. USA.
8. Powers, T. C., "A Discussion of Concrete Hydration in Relation to the Curing of Concrete", Publication no: RX25, Portland Cement Association, Skokie, 1947, USA.
9. Neville, A. M., and Brooks, J. J., Concrete Technology, Longman Scientific & Technical, 1987, UK.
10. Blackledge, G. F., Curing Concrete, Man on the Job, Cement and Concrete Association, Slough, 1980, UK.
11. Carrier, R. E., "Concrete Curing Tests", Concrete International, April, 1983.
12. Govid, S., "Curing Concrete - Correcting Defects of Concreting", Conference on Our World in Concrete and Structure, Volume 3, Singapore, 1983-84.
13. ACI Committee 305, "Hot Weather Concreting", ACI Journal, Proceedings, August, 1977.