

BETONARME DUVAR KALIPLARIN ÜÇ BOYUTLU PARAMETRİK TASARIMI

Metin ARSLAN ve Gökhan DURMUŞ

Yapı Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Teknikokullar/Ankara
metina@gazi.edu.tr, gduumus@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 24.02.2006; Kabul/Accepted: 16.08.2006)

ÖZET

Bu araştırmada, AutoLISP programlama dili kullanılarak betonarme duvar kalıplarının üç boyutlu katı modelini otomatik olarak çizdirebilen bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Burada kalıbın boyu, yüksekliği, kalınlığı, kalıpta kullanılan dikme, kuşak ve payanda elemanlarının özellikleri kullanıcı tarafından değiştirilebilmektedir. Ayrıca kalıp tasarımının en önemli ölçütü olan beton yanal basıncının hesaplanmasında ACI 347r-03, CIRIA Report 108 ve DIN 18218'e göre hesap yöntemleri tercih edilmiştir. Hazırlanan program kalıp eleman kesitlerinin uygunluğu ve üç boyutlu kalıp planlarının çizdirilmesi gibi işlemleri gerçekleştirebilmektedir. Yapılan testlerde, düşük beton döküm hızlarında ACI 347r-03, yüksek beton döküm hızlarında ise DIN 18218 hesap yöntemleri kullanılması, tasarım ve maliyet açısından uygun görünmüştür.

Anahtar kelimeler: Kalıp, beton yanal basıncı, AutoLISP, beton, ahşap.

THREE DIMENSIONAL PARAMETRIC DESIGN OF REINFORCED CONCRETE WALL FORMWORKS

ABSTRACT

In this study, a computer program that can automatically draw the 3D solid model of the formwork of reinforced concrete wall was developed by using AutoLISP software program. The length, height and thickness of the formwork and the properties of studs, wales and brace which are used in the formwork can be changed by the user. ACI 347r-03, CIRIA Report 108, and DIN 18218 calculation models were preferred for the computation of lateral pressure of concrete which is the most important criterion in the design of formwork. This program can execute processes such as controlling the convenience of formwork elements dimensions, and drawing the 3D formwork plans. ACI 347r-03 calculation model were approved for low speed concrete pouring, and DIN 18218 calculation model were approved for high speed concrete pouring in terms of design and cost, according to the results of performed tests.

Keywords: Formwork, concrete lateral pressure, AutoLISP, concrete, wood.

1. GİRİŞ (Introduction)

Yapay zekanın uygulandığı alanlardan biri de uzman sistemler olarak bilinmektedir. Bu tür sistemler, beynin işlevini yerine getirerek bir yöntem oluşturmak ve bu yöntemi modellemek için tasarlanan sistemler olarak görülmektedir. Uzman sistemler bilgi işleme yöntemindeki farklılık ve uygulama alanları nedeniyle çeşitli bilim dallarında kullanılabilmektedir [1]. Özellikle üretim yöntemlerinin optimizasyonu, ürün analizi, kalite analizi ve kontrolü, planlama ve yönetim analizi gibi alanların yanı sıra son yıllarda yapı

elemanlarının tasarımda da kullanıldığı görülmektedir. Taze betonun yanal basıncını etkileyen faktörlerin belirlenmesi üzerinde çeşitli araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Bu araştırmacılar tarafından betonun yerleştirme hızı, karışım oranları, kıvamı, sıkıştırılma metodu, kalıp şekil ve boyutu, çelik donatının miktar ve dağılımı, yoğunluğu, döküm yüksekliği, döküm sırasındaki hava sıcaklığı, kalıp yüzeyinin pürüzlülüğü ve geçirgenliği, boşluk suyu basıncı, çimento tipi gibi faktörler beton yanal basıncını etkileyen önemli faktörler olarak görülmüştür [2,3,4,5,6].

Beton hazırlanmasında hidrasyonu sağlamak ve karışımın işlenebilirliğini artırmak amacı ile kullanılan suyun, özellikle pompa ile dökülecek betonlarda oldukça yüksek oranlara ulaştığı bilinmektedir. Beton içerisine bu şekilde katılan su taze betonun yanıl basıncını büyük oranda artırmaktadır. Dolayısıyla inşaat maliyetleri içerisinde önemli bir paya sahip olan kalıp maliyetleri artmaktadır. Özellikle duvar ve kolon gibi düşey betonarme elemanların betonun kalıba yerleştirilmesi sürecinde akıcı kıvamı sağlamak için betona katılan fazla suyun kalıp dışına direne edilmesiyle, taze betonun kalıp yüzeylerine yapmış olduğu yanıl basınç miktarının azaltılabileceği bilinmektedir [7].

Kalıp malzemesinin en uygun şekilde sokma çalışmalarına ilişkin çok sınırlı sayıda olduğu görülmektedir. Toplam kalıp malzemesi maliyetini azaltma konusunda sadece Hanna ve Senouci'nin yaptıkları çalışma ile karşılaşılmaktadır [8]. Betonarme bir yapıda kaba inşaat maliyetinin büyük bir kısmını kalıp maliyeti teşkil eder. İstatistik bilgilerine göre kaba inşaat maliyetinin ortalama %40-60 arasındadır ve toplam bina maliyetinin %10'nu oluşturmaktadır. Geleneksel kalıpların maliyet üzerindeki bu büyük etkisini kalıp işçiliyle yakından ilişkilidir [9]. Bu durumda, işçilik maliyetlerini azaltacak önlemlerin alınması uygun olacaktır. Eğer her bir yapının maliyet değerleri göz önüne alınacak olursa kalıp işçilik bedelin toplam işçilik bedeline oranı %30-60 arasındadır. Bu oranın büyük oluşu kalıp işçilik bedelinin maliyet faktörüne önemli derecede etkilediği görülmektedir [10]. Bu nedenle, rasyonel bir yaklaşımla, kalıp elemanların en elverişli boyut ve sıklıklarda tasarlanmasının kalıp maliyetlerini azaltacağı düşünülmektedir.

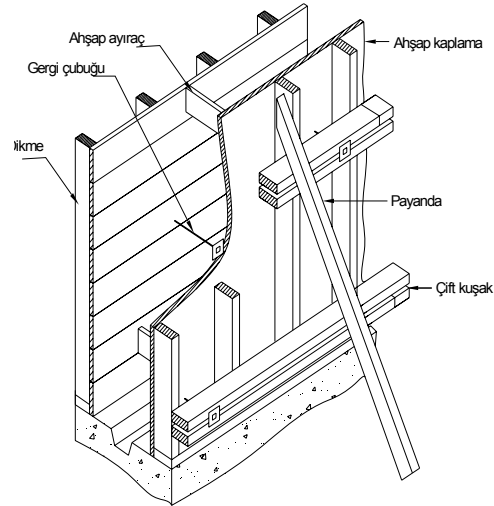
Bu çalışmanın amacı; taze betonun yanıl basıncında kullanılan ACI 347, CIRIA Report 108 ve DIN 1821'e göre hesap yöntemleri göre beton yanıl basıncını hesaplayan bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Bu basıncına göre ölçüleri bilinen kalıp elemanlarının (dikme ve kuşak) en elverişli aralıklarla yerleştirilmesi ve bunların 3D boyutlu olarak AutoCAD ortamında çizdirilmesi esas alınmıştır. Bu işlemleri yapay zeka çalışmalarında kullanılan LISP programının AutoCAD'e uyarlanmış biçimi olan VisualLISP programı ile gerçekleştirilmiştir.

2. LİTERATÜR (Literature)

2.1. Kalıp Elemanları (Formwork Components)

Geleneksel betonarme perde kalıpları Şekil 1'de görüldüğü gibi ahşap kaplama, dikmeler, kuşaklar, kalıp gergi çubukları ve payandalardan oluşmaktadır. Kalıp yapımında ahşap, ahşap ürünleri, çelik ve

alüminyum gibi malzemeler kullanılmaktadır [11]. Ahşap ve ahşap ürünleri yoğunluğunun az, mekanik mukavemetlerinin yüksek, ısı iletisi kat sayısının düşük ve işçiliğinin kolay olması nedeniyle kalıp yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle ile çalışmada II. sınıf çam kerestesi verileri esas alınarak kesit tayinlerinin uygunluğu araştırılmıştır.



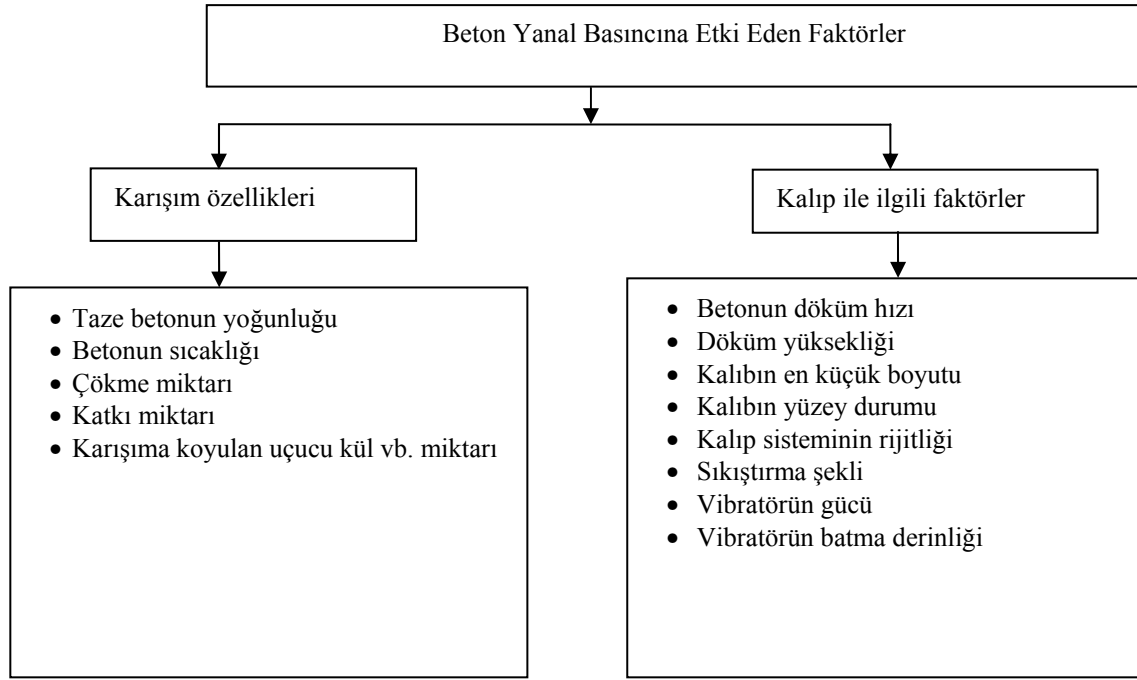
Şekil 1. Geleneksel perde duvar kalıbı (Conventional wall formwork)

2.2. Taze Betonun Yanıl Basıncını Etkileyen Faktörler (Factors Affect The Lateral Pressure of Fresh Concrete)

Genel olarak kalıp yüzeyine gelebilecek en büyük yanıl basınç $P=w \cdot h$ formülü ile ifade edilebilir [12]. Burada, w =beton yoğunluğu, h =kalıp yüksekliği'dir. Kalıbın bir noktasındaki basıncın zamanla değişiyor olmasına rağmen, bu değişimin kesin değeri kalıp tasarımcısının ihtiyaçları içerisinde değildir. Çünkü yukarıda verilen formülden elde edilecek değer tasarımda kullanılacak en büyük değeri vermektedir. Tasarımcı bu değere göre yapacağı kalıp tasarımında en güvenli eleman kesitlerini tayin edebilir. Ancak bu değere göre yapılan kalıp tasarımlarında ekonomiktikten uzaklaşmış olacaktır. Daha gerçekçi bir kalıp tasarımı için kalıp yüzeylerine etki eden taze beton yanıl basıncının büyüklüğünü etkileyen faktörlerin detaylı olarak belirlenmesinde fayda vardır. Taze beton yanıl basıncının büyüklüğünü etkileyen faktörler Şekil 2'de gösterildiği gibi düzenlenebilir.

2.2.1. Beton yoğunluğu (Density of concrete)

Betonun kalıba uyguladığı basıncın en önemli parametresi beton yoğunluğudur. Çünkü bir akışkanın herhangi bir noktasındaki hidrostatik basınç, akışkanın yoğunluğu tarafından oluşturulmaktadır. Taze beton, katı taneler ile suyun karıştırılmasından meydana gelen yarı akışkan bir malzemedir. Ancak beton belirli bir süreden sonra



Şekil 2. Beton yanıl basıncına etki eden faktörler (Factors affect concrete lateral pressure)

katılmasında nedeniyle, uygulamış olduğu yanıl basıncında bir azalma gerçekleşmektedir [13,7]. Hazırlanan bilgisayar programında beton yoğunluğu ACI'deki gibi 24 kN/m^3 olarak kabul edilmiştir. Ayrıca kullanıcının bu değeri değiştirebilmesine olanak tanınmıştır.

2.2.2. Beton yerleştirme hızı (Rate of placement of concrete)

Betonun kalıp içindeki ortalama yükselme oranı yerleştirme hızı olarak adlandırılır. Beton kalıba yerleştirildikçe, herhangi bir noktadaki yanıl basınç, bu nokta üzerindeki beton derinliği yükseldikçe artar. Belli bir zaman sonra betonun sertleşmesiyle bu noktadaki beton kendi kendini taşımaya başlar ve artık kalıpta yanıl basınç meydana getirmmez. Dolayısıyla beton yerleştirme hızı, yanıl basınç üzerine birinci dereceden etkilidir ve en büyük yanıl basınç yerleştirme hızı ile doğru orantılıdır. Yanıl basıncın üst limiti ise tam akışkan basıncına eşittir [13,7]. Tasarım programında beton yerleştirme hızı yöntemlere göre kullanıcı değişkenli olarak girilebilmektedir.

2.2.3. Vibrasyon (Vibration)

Vibrasyon sonucunda, normal şişlemeye göre % 10–20 daha fazla bölgesel geçici yanıl basınçlar meydana gelir, çünkü tüm vibrasyon derinliği boyunca betonun bir sıvı gibi davranmasına yol açabilir. Günümüzde iç vibrasyonlar yaygın olarak kullanıldığından dolayı, vibrasyondan gelen fazla basınca karşı koyabilecek şekilde kalıp tasarımı yapılmalıdır [13,7]. Tasarım programında betonun,

vibratörle iyice sıkıştırıldığı kabul edilmiştir.

2.2.4 Sıcaklık (Temperature)

Yerleştirme anındaki beton sıcaklığı, basınç üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Çünkü sıcaklık betonun olgunlaşma (sertleşme) zamanını etkiler. Düşük sıcaklıklarda betonun sertleşmesi daha uzun zaman alır. Dolayısıyla betonun daha az bir bölümü kendini taşımaya yetebilecek kadar katılmasından önce daha fazla derinlikte beton yerleştirilebilir. Akışkan kıvamdaki beton üst seviyesi ne kadar yüksek olursa o kadar yüksek yanıl basınçlara neden olur [13,7]. Tasarım programında uygulanacak yönteminin içerisindeki formül gereği sıcaklık girilmiş ve kullanıcının değiştirmesine olanak sağlayacak şekilde düzenlenmiştir.

2.3. Betonun Yüksekliği (Height of Concrete)

Kalıp yüksekliği fazla olan perde, duvar ve kolonlara beton dökümü sırasındaki beton karışım suyunun yüzeye çıktığı görülür. Bu suyun yüzeye çıkmasını önlemek için beton dökme hızını yavaşlatmak gerekmektedir [14]. Bilindiği gibi beton yüksekliği arttıkça tabanda oluşan yanıl basınç şiddeti de artar. Tasarım programında beton yüksekliği en büyük 15 m boyutunda genişliğini ise sınırsız olarak girilebilmektedir.

2.4. Diğer Değişkenler (Other Variables Affects)

Çeşitli zamanlarda yapılan ölçümlerde diğer bazı değişkenlerin de yanıl basınç üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Bunlar betonun kıvamı, donatının yerleştirilme şekli ve miktarı, çevre

sıcaklığı, boşluk suyu basıncı, en büyük agrega boyutu, yerleştirme yöntemi, çimento tipi, yerleştirme derinliği, kalıbın en kesit ölçüsü, kalıbın yüzey düzgünlüğü ve geçirimsizliği gibi etkilere. Ancak genel beton uygulamalarında bu değişkenlerin etkileme düzeyleri genellikle küçüktür ve dolayısıyla ihmal edilebilmektedir.

2.5. Beton yanal Basıncın Hesaplanmasında Kullanılan Yöntemler (Models Used to Calculate the Lateral Pressure of Concrete)

2.5.1. ACI 347r-03 göre beton yanal basıncı (Concrete lateral pressure according to ACI 347r-03)

Taze beton basınçlarının hesabında beton döküm hızı ve taze beton sıcaklığı göz önüne alınmaktadır. ACI Committee kalıba gelen tüm hidrostatik yanal basınca göre tasarlanmasını tavsiye etmektedir.

İçerisinde herhangi bir katkı olmayan çimento ile üretilmiş ve en büyük çökmesi 10 cm olan, 23,54 kN/m³ birim ağırlığına sahip beton, yüksekliği 120 cm'den daha küçük olan bir perde kalıbına normal vibrasyon ile yerleştirilmiş beton esas alınmaktadır [12].

Duvarlar için;

$$P_m = C_w C_c \left[7.2 + \frac{1156}{T+17.8} + \frac{244R}{T+17.8} \right] \quad (1)$$

en büyük 95,8 kPa veya $P_m = w \cdot h$

C_w = Birim ağırlık katsayısı (Tablo 1),

C_c = Kimyasal katsayısı (Tablo 2)

Tablo 1. C_w Birim katsayı değerleri (Unit coefficient valuable)

Betonun birim ağırlığı (kg/m ³)	C_w
2200 – 2400 arasında	1.00
2200 > küçük ise	$0.5[1 + \{w/145\}]$, ancak > 0.80
2400 < büyük ise	$w/145$

Tablo 2. C_c Kimyasal katsayı değerleri (Chemical coefficient valuable)

Beton özellikleri	C_c
Normal Portland Çimentosu, Değiştirilmiş Portland çimentosu ve ilk dayanımı Yüksek Portland Çimentolarına katkı maddesi kullanılmayan	1.0
Normal Portland Çimentosu, Değiştirilmiş Portland çimentosu ve ilk dayanımı Yüksek Portland Çimentolarına katkı maddesi kullanılmış	1.2
Diğer Tip çimentolar veya karışımında %70'ten az öğütülmüş yüksek fırın cürufu yada %40 toz halinde uçucu kül içermeyen katkılar kullanılan	1.2
Diğer Tip çimentolar veya karışımında %70'ten az öğütülmüş yüksek fırın cürufu yada %40 toz halinde uçucu kül içeren bir katkı ile priz geciktirici kullanılan	1.4

2.5.2. Ciria Report 108'e göre beton yanal basıncı (Concrete lateral pressure according to CIRIA Report 108)

CIRIA, kalıp tasarımıda kullanılacak en büyük basıncın hesaplanmasında iki formül geliştirmiştir. Bu rapora göre duvar kalıplara gelen en büyük beton yanal basıncının formülü aşağıda verilmiştir [15].

$$P_{max} = D \left[C_1 \sqrt{R} + C_2 K \sqrt{H - C_1 \sqrt{R}} \right] \quad (2)$$

Formülde;

P_{max} = Beton yanal basıncı, kN/m²

C_1 = Kalıp büyüklüğüne bağlı olan katsayı [$m \cdot h^{0.5}$]; $C_1 = 1.0$

C_2 = Çimento cinsi ve katkı maddelerine bağlı katsayısı [$m^{0.5}$]; Portland çimentosu için = 0.3 alınmıştır.

D = Beton birim hacim ağırlığı, (kN/m³)

H = Kalıp yüksekliği, (m)

h = Beton döküm yüksekliği, (m)

K = Sıcaklık katsayısı; $k = \left(\frac{36}{T + 16} \right)^2$

R = Beton döküm hızı (m/h),

T = Taze beton sıcaklığı (°C),

olarak verilmektedir.

2.5.3. DIN 18218' göre beton yanal basıncı (Concrete Lateral pressure according to DIN 18218)

DIN 18218'de beton karışımları dört tipte sınıflandırılmıştır. Bunlar K1 katı veya kuru beton, K2 plastik beton, K3 yumuşak beton ve K4 akıcı betondur. Beton yanal basıncı hesaplamak için hazırlanan formüllerde; beton yoğunluğu; 25 kN/m³, sertleşme süresi; 5 saat, geçirimsiz kalıp, iç vibratörle yerleştirilmiş beton ve beton sıcaklığı; 15°C olarak kabul edilmiştir. Buna göre beton yanal basıncı hesaplamak için;

K1 için; $P_{max} = 5V + 21$ (3)

K2 için; $P_{max} = 10V + 19$ (4)

K3 için; $P_{max} = 14V + 18$ (5)

K4 için; $P_{max} = 17V + 17$ (6)

V = beton döküm hızı, m/h formülleri önerilmektedir [7,10,12,13].

3. METOT (Method)

3.1. AUTOLISP TABANLI TASARIM PROGRAMININ HAZIRLANMASI (Design Program Developed Using AutoLISP Software)

LISP, yapay zeka çalışmalarında kullanılan bir programlama dilidir. List Processing'in (liste İşleme) kısaltılmış ifadesidir. AutoLISP ise LISP'in AutoCAD ile kullanılabilir şekilde uyarlanmış halidir. AutoLISP sayesinde kullanıcıların

AutoCAD'e yeni komutlar eklenmesi, kişiselleştirilmesi ve ondan artan bir verim elde edilmesi mümkündür. Yeni komutlardan kastedilen, kullanıcının AutoLISP fonksiyonlarını kullanarak hazırladığı program dosyalarını AutoCAD ortamında çağırarak kullanılmasıdır [15].

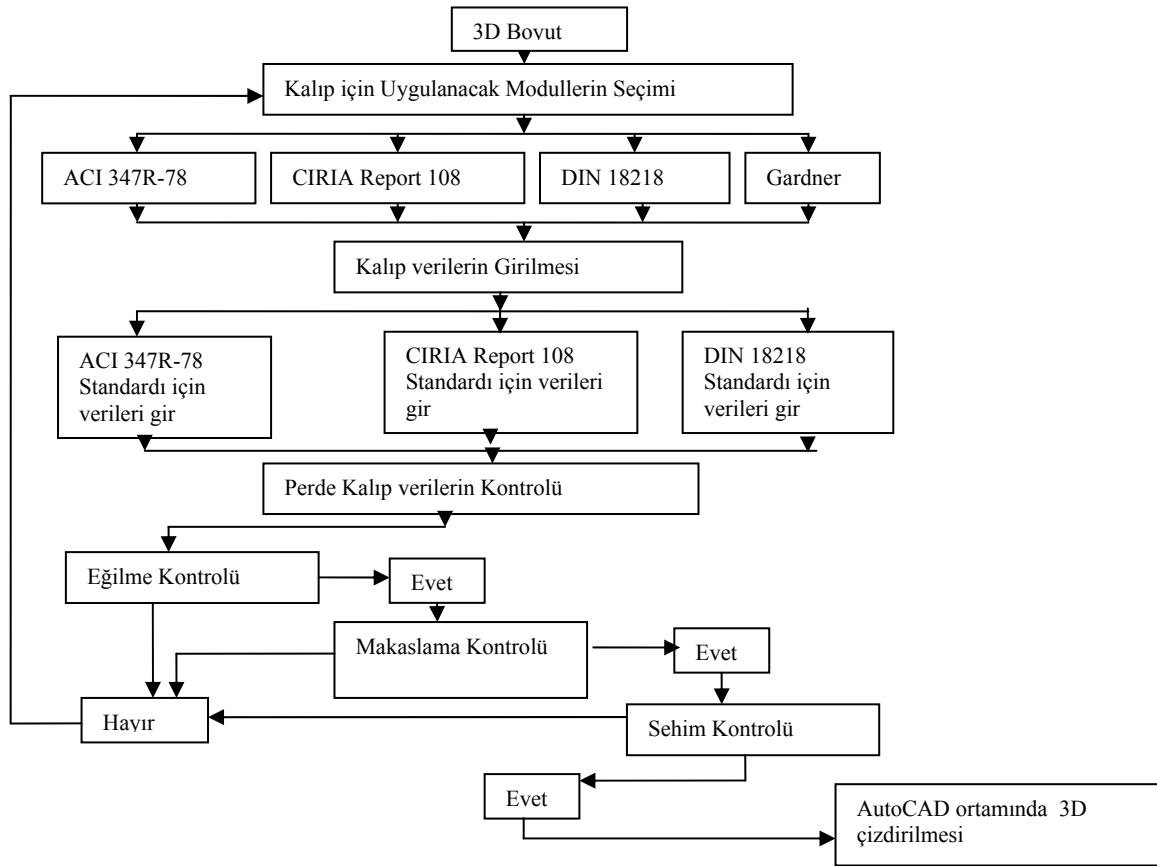
AutoCAD, iki ve üç boyutlu tasarıma ve kullanıcıların tasarım sistemine yeni özellikler kazandırmasına olanak vermektedir. Bu özellikler yukarıda bahsedilen program çerçevesiyle mümkün olabilir. AutoLISP programlama dili ile tasarımcının özel tasarım ihtiyaçlarına cevap verebilecek programlar yazılabilirken, daha hızlı ve kolay tasarıma giden yolda sisteme yeni özellikler kazandırabilmektedir.

Yapılan araştırma çerçevesinde AutoLISP programlama dilinin seçilmesinin nedenleri aşağıda belirtilmiştir [16].

- ✓ AutoCAD çizim komutlarını doğrudan kullanılması ve AutoCAD ile uyumlu bir arabirim oluşturulması
- ✓ Program deneme imkanının kolaylığı
- ✓ Lisp tabanlı bir program olmasından dolayı esnek, fonksiyonel ve genişletilebilir bir dil olmasıdır.

3.2. Programın Hazırlanması (Preparation of Computer Program)

AutoLISP programlama dili hazırlanırken ilk önce elde veriler nelerin olduğu ve bunların nasıl yönlendirileceği planlanır. Bu plan çerçevesinde üç boyutlu tasarım algoritması aşağıda şekilde hazırlanmıştır [9]. (Şekil 3).



Şekil 3. AutoLISP programının 3D boyutlu betonarme perdelerin kalıp programını tasarlama algoritması (Design algorithm of reinforced wall formwork prepared by using AutoLISP software)

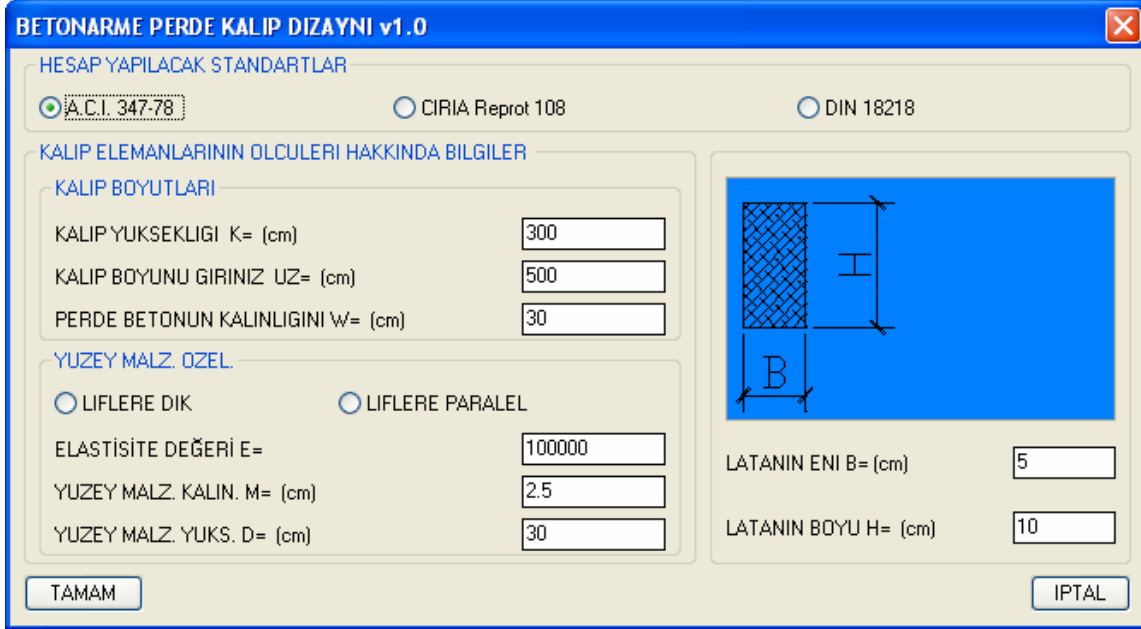
3.3 Tasarım programının kullanımı (Use of design software)

AutoCAD ortamında gerekli yüklemeler yaptıktan sonra program çalıştırmaya hazır hala gelir ve aşağıdaki dialog kutusu ortaya çıkmaktadır (Şekil 4.)

Tamam, butonuna basılmasıyla Şekil 5'deki diyalog kutusuna ekranda görüntülenir. Bu çizelgenin ilk kısmındaki; ACI 347R-78, CIRIA Report 108 ve DIN 18218' göre beton yanal basıncın hesaplanmasında kullanılan hesaplama yöntemleri bulunmaktadır. Kullanıcı tarafından bunlardan herhangi biri seçilerek işlem yaptırılabilir. İkinci kısmında; uygulanacak kalıp boyutları



Şekil 4. Çizdirilecek boyutların seçilmesi (Choose of drawing planes)



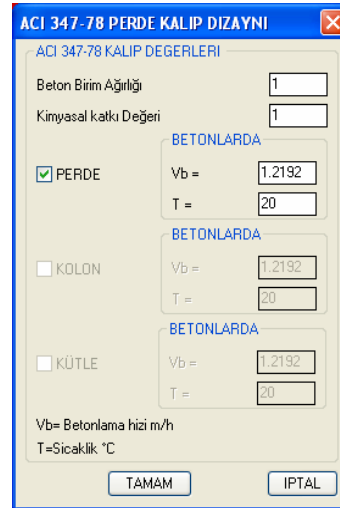
Şekil 5. Betonarme perde kalıp tasarımı için gerekli veriler (Necessary data for design of reinforced wall formwork)

hakkında bilgiler girilmektedir. Bunlar, kalıbın yüksekliği, boyutu ve perde betonun kalınlığı şeklindedir.

Üçüncü kısmında; beton yanal basınca karşı yüzey kaplama malzemesinin ahşap liflerinin dik ve/veya paralel olma durumun kullanıcı tarafından seçilmesidir. Dikme ve kuşaklarda kullanılan ahşap malzemenin eni ve boyutu hakkında bilgiler girilerek bu diyalog kutusu bitirilir. Tamam, butonuna basıldıktan sonra Şekil 5’de gösterilen hesaplama yöntemlerini gösteren diyalog kutuları çıkacaktır. Bu diyalog kutularının; Birincisi; Şekil 6’de gösterilen ACI 347r-03 göre beton standardıdır. Bu standartta girilmesi gerek değerler, beton döküm hızı ve sıcaklığı olarak görülmektedir.

İkincisi; CIRIA report 108 göre beton yanal basıncıdır. Bu kısım kendi içerisinde iki bölüme ayrılmıştır. İlki kullanılan formüldeki katsayılar; beton yoğunluğu, duvar katsayısı ve çimento çeşidi olarak görülmektedir. Sonuncusu ise betonun döküm hızı ve sıcaklığı olarak görülmektedir (Şekil 7).

Üçüncüsü; DIN 18218’göre beton yanal basıncıdır. Bu standart da özellikle beton kıvamı için katı, plastik ve akıcı beton kıvamı değerleri oldukça önemlidir (Şekil 8).

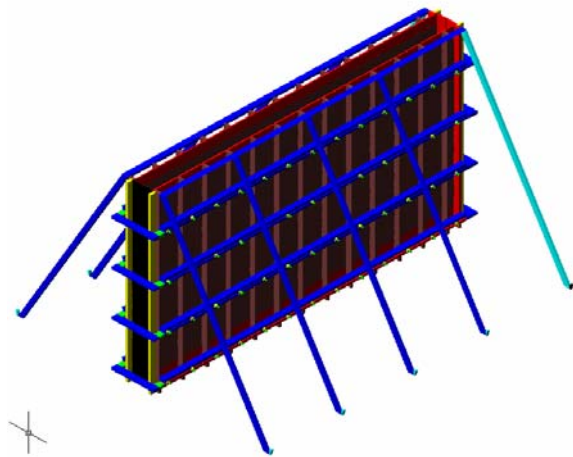


Şekil 6. ACI 347r-03 göre beton yanal basınç için gerekli veriler (Necessary data for concrete lateral pressure according to ACI 347r-03)

Gerekli veriler programa girildikten sonra Command satırında “BAŞLAMA NOKTASINI GİRİNİZ” yazısı gözükecektir. AutoCAD’in ekranında (x,y,z) 0,0,0 koordinatları girilmesiyle program çalışmaya başlayacak ve 3D boyutlu görünüşü ekranda belirecektir (Şekil 9).

Şekil 7. CIRIA report 108 göre beton yanal basıncını etkileyen değerler (Necessary data for concrete lateral pressure according to CIRIA report 108)

Şekil 8. DIN 18218 göre beton yanal basıncı için gerekli değerlerin girilmesi (Necessary data for concrete lateral pressure according to DIN 18218)



Şekil 9. Tasarım programının AutoCAD ortamında çizdirilmiş durumu (Appearance of design program on the AutoCAD base)

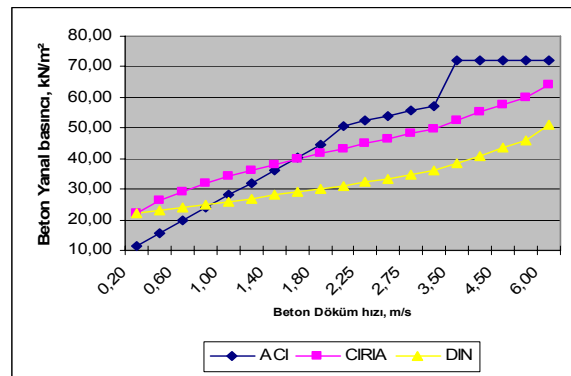
Yapılan değişik alıştırmalar aşağıda anlatılmıştır.

1. Kalıp için gerekli olan veriler;
Kalıp yüksekliği: 300cm, kalıp boyu: 500 cm, duvar kalınlığı: 30cm, elastisite geçeri: 100000 kg/cm²(II. Sınıf Çam) ve destek elamanları: 5x 10 cm olarak

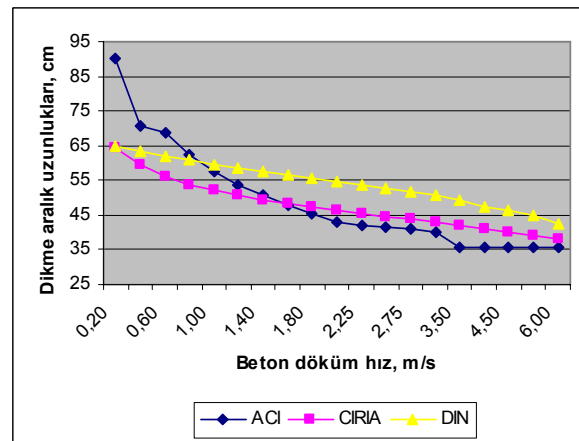
girilir. Bu ölçülere göre yerleştirilebilecek en uzun mesafe bilgisayar tarafından hesaplanır [9].

2. Uygulama yapılacak olan üç yöntemlerden biri seçilir. (ACI, CIRIA Report 108 ve DIN 18218). Aşağıdaki veriler sabit kabul edilerek beton yanal basınç şekil 10 değerleri şekil 10 gösterilmiştir. Bu yöntemlerdeki hesaplanan basınç değerlerine göre de dikme ve kuşak aralıklarının en uzak mesafeleri şekil 11 ve şekil 12 vermiştir.

- ✓ ACI: Beton birim ağırlığı=1, kimyasal katkı değeri= 1, sıcaklık= 20°C
- ✓ CIRIA Report 108: Beton yoğunluğu =24 kN/m³, C₁=1, C₂=0.3, sıcaklık= 20°C
- ✓ DIN 18218: Katı beton kıvamı,



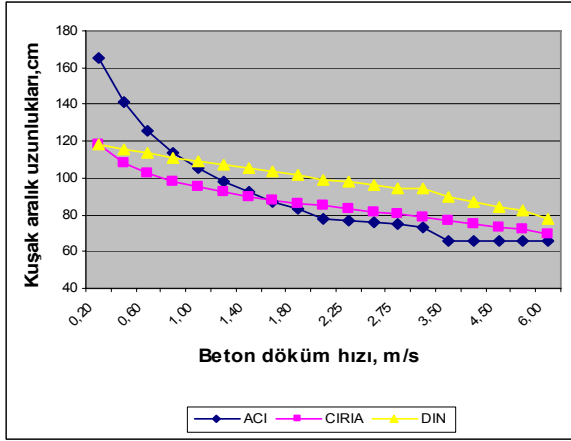
Şekil 10. Üç değişik hesaplama yöntemine göre beton yanal basıncı (Concrete lateral pressure according to three different calculation method)



Şekil 11. Kalıba yerleştirilecek dikmeler arasındaki en fazla mesafe (The maximum distance between the studs that will be located to formwork)

4. SONUÇLAR (Conclusion)

Perde duvar kalıplarının tasarımı için AutoLISP yazılımından yararlanılarak hazırlanan tasarım programı ACI 347, CIRIA Report 108, DIN 18218 ve GARDNER göre hesap modellerini kapsamaktadır. Programın kullanım süreci; hesaplama modellerinin seçilmesi, standart eleman boyutların, kereste



Şekil 12. Kalıba yerleştirilecek kuşaklar arasındaki en fazla mesafe (The maximum distance between the wales that will be located to formwork)

özelliklerinin, seçilen modelin parametrelerinin ve beton özelliklerinin girilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak hazırlanan betonarme duvar tasarım programı, yöntem parametrelerinin girilmesi ve gerekli süreç işlemlerin kısaltılması; beton yanal basıncının hesaplanması, kalıp elemanlarının düzenlenmesi, kalıp elemanlarını statik uygulununun belirlenmesi, 3D boyutlu kalıp planının çizdirilmesi, kullanıcıya yardımcı olan bilgi mesajları verme işlemlerini gerçekleştirebilmektedir. Ayrıca yapılan denemler sonucunda düşük beton döküm hızlarında ACI 347r-03 daha iyi sonuç verdiği, yüksek beton döküm hızlarında ise DIN 18218 daha uygun sonuç verdiği bulunmuştur.

Program içerisinde, playwood ve çelik gibi kalıp yüzey elemanları kullanılması ilişkin veri bankası oluşturulması ayrıca kolon, tırmanır ve döşeme kalıbı gibi kalıp sistemleri de bu programa eklenme çalışmaları sürmektedir.

KAYNAKLAR (References)

1. Kayır, Y., Gülesin, M., Uzman Sistem Yaklaşımı ile Delik Delme İşlemleri İçin Operasyonu ve Kesici Seçimi, MATİK-97, **Makine Tasarım Teorisi ve Modern İmalat Yöntemleri Konferansı.**, sayı 90-99, Ankara 1997.
2. ACI Committee 622, Pressure on Formwork, **Journal of the American Concrete Institute**,

- Cilt 30, Sayı 2, 173-190, Detroit MI, Ağustos, 1958.
3. Harrison, T., Introducing Controlled Permeability Formwork, **Concrete Construction**, 198-200, 1991
4. Gardner, N. J., Pressure of Concrete on Formwork-A Review, **Journal of the American Concrete Institute**, Proceedings, Cilt 82, Sayı 5, 744-753, Eylül 1985.
5. Rodin, S., Pressure of Concrete Formwork, Proceedings, **Institution of Civil Engineers**, Cilt. 1, 709-746, London, Kasım 1952.
6. Douglas, B. M., Saudi, M., Hayes, R., and Holcomb, G., **Field Measurements of Lateral Pressures on Concrete Wall Forms**, Concrete International, Cilt. 3, Sayı. 11, 56-62, Kasım 1981.
7. Arslan M., **Alternatif Kalıp Yüzeylerinin Taze Beton Hidrostatik Basıncı Üzerine Etkileri**, Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, Proje Kodu: 07/2001-13 Aralık, 2004
8. Hanna, A. S. ve Senouci, A. B., Design Optimization of Concrete-Slab Forms, **Journal of Construction Engineering and Management**, 215-221, 1995
9. Hanna. S., A., Concrete Formwork Systems, 4-5 ve 35-105, **Marchel Dekker**, New York, USA 1999.
10. Altan M., **Betonarme Elemanlarda Kalıp**, İ.T.Ü, İnşaat Fakültesi, Sayı: 1500, İstanbul 1992.
11. Peurifoy. L, R., Oberlender. D., G., **Formwork For Concrete Structures**, Third Edition, Sayfa 35-135, USA, 1996.
12. American Concrete Institute., **Guide to formwork for concrete**, ACI manual of concrete practice, Publication No: ACI 347R-94, Farmington Hills, MI.1997.
13. Hurd, M., K., **Formwork for Concrete**, Fifth Edition, 11-17, Kasım 1989.
14. Arslan M., **Beton (Dökümü, Kalıplan, Kusurları, Dayanıklılığı)**, 60-65 ve 110-120, Atlas yayıncılık, İstanbul 2001.
15. CIRIA Report 108, IB29 Formwork., **Information bulletin**, 1989.
16. Çıkış, E., **AutoLISP**, Türkmen yayınevi, 1-50, İstanbul 1994.
17. Kertlioğlu, S., **Üretim İçin Tasarım**, Yüksek Lisans Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Mayıs 1998.