

BETONARME PERDE KALIPLARIN BİLGİSAYAR
DESTEKLİ PARAMETRİK TASARIMLARI VE
DENEYSEL UYGULAMASI

T.C. BAŞBAKANLIK D.P.T.

Proje kodu:2002K120250-17

(Kesin Rapor)

Proje Yön: Prof. Dr. Metin ARSLAN

Yrd. Araş: Gökhan DURMUŞ

Yrd. Araş: Serkan SUBAŞI

ANKARA 2004

ÖZET

Bu çalışmada, AutoLISP kullanılarak ACI 347, CIRIA Report 108, DIN 18218 hesap modellerinin ön gördüğü yanal basınç parametrelerini tanıtan bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Bu program hesaplama modellerine göre; beton yanal basınç hesaplaması kalıp elemanlarının düzenlenmesi, iki boyutlu kalıp elemanlarının düzenlenmesi, kalıp elemanlarının ölçülendirilmesi, metraj ve maliyet çizelgelerinin hazırlanması işlemlerini gerçekleştirebilmektedir.

Deneyisel uygulama süresinde, 3 adet 2 m yükseklik, 1 m genişlik, 15 cm kalınlığında beton blok deney örneği hazırlanmıştır. Bu kalıplarının yüzey malzemeleri kontrplak olarak seçilmiştir. Hazırlanan kalıplara BS 20 betonu yerleştirilerek vibratör ile sıkıştırılmıştır.

Sonuç olarak, bilinen hesap modellerinin karşılaştırılması sonucunda; düşük beton döküm hızlarında ACI 347, Yüksek beton döküm hızlarında ise DIN 18218 hesap modelinin kullanılması önerilmiştir.

ABSTRACT

In this thesis, a computer software to calculate, lateral concrete pressure according to ACI 347, CIRIA Report 108 and DIN 18218 methods was developed using AutoLISP. This software can calculate lateral concrete pressure, determine optimum dimensions and spacings of formwork members it can produce 2D drawings of the formwork and it can also calculate cost of the proposed formwork.

Throughout the experimental applied process of formwork, which are suitable for producing 3 concrete blocks of 2m length, 1m width, 15 cm thickness concrete samples were prepared. These concrete blocks are produced plywood formwork surface material. BS 20 concrete is placed in prepared formworks and vibrated by vibrator.

As a result of comparative studies, it was proposed to use ACI 347 methods for low concrete filling rates, and DIN 18218 for high concrete filling rate.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın gerçekleştirilmesinde; değerli yardımlarını esirgemeyen G.Ü. Rektör Yardımcısı Sn. Prof. Dr Ahmet AKSOY'ya, desteğini esirgemeyen G. Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Bölümü Başkanı Prof. Dr. M. Haluk ÇELİK'e, deney kalıpların metal kontrüksiyonlarının oluşturulmasında G. Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Metal Bölümü Doç. Dr. Yusuf ÖZÇATALBAŞ'a ,deneysel işlemlerin gerçekleşmesinde yardımcı olan G. Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Bölümü öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Osman ŞİMŞEK'e ve bölüm Araştırma görevlisi arkadaşlara teşekkür ederim.

Baştaş Beton Tesisleri Genel müdürü Sn. Hulusi DEMİR'e ve beton ve ekipman yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Araştırma süresi içinde; Satın alma işlemlerin hazırlanması ve gerçekleştirilmesinde yardımcı olan, G. Ü. Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri personeline teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	v
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	vi
1. GİRİŞ	1
2. KALIPLARI OLUŞTURAN MALZEMELER VE BETONARME PERDELERDE KALIP	3
2.1. Betonarme Perde Kalıpların Kontrüksiyonları	3
2.2. Kalıp Malzemeleri	7
2.2.1. Kalıp keresteleri.....	7
2.2.2. Kontrplak	8
2.2.2.1. Yüksek yoğunluklu kaplama kontrplak.....	9
2.2.3. Metaller.....	9
2.3. Kalıp Elemanları.....	10
2.3.1. Kalıp yüzeyleri	10
2.3.1.1. Ahşap kalıp yüzeyleri	10
2.3.1.2. Ahşap keresteler	13
2.3.2. Kalıplarda kullanılan bağlama elemanları.....	14
2.3.2.1. Germe teli ile bağlama.....	14
2.3.2.2. Kalıp ankrajı ile bağlama.....	15
2.3.3. İskele elemanları.....	17
2.3.3.1. Ahşap iskeleler	17
2.3.3.2. Çelik iskeleler	17

3.	BETON YANAL BASINCI	18
3.1.	Beton Yanal Basıncını Etkileyen Faktörler	18
3.1.1.	Betonun ağırlığı	18
3.1.2.	Betonu yerleştirme hızı	19
3.1.3.	Betonun sıkıştırma metodu	19
3.1.4.	Beton sıcaklığı	21
3.1.5.	Beton derinliği (yüksekliği)	22
3.2.	Beton Yanal Basınçların Hesaplama Teknikleri	23
3.2.1.	ACI 347-78'e göre beton yanıl basıncı	23
3.2.1.1.	Betonarme perde duvar kalıpları üzerine gelen beton yanıl basıncı	23
3.2.2.	Ciria Report 108'e göre beton yanıl basıncı	25
3.2.3.	DIN 18218'e göre beton yanıl basıncı	29
3.2.4.	Gardner J.'ye göre beton yanıl basıncı	32
3.2.5.	Department Of Main Roads göre beton yanıl basıncı	35
3.2.6.	Ertingshause göre beton yanıl basıncı	36
3.2.7.	Spect'e göre beton yanıl basıncı	37
3.2.8.	Fransız ve belçika kayar kalıp inşaatçılarına göre beton yanıl basıncı	37
4.	TASARIM TEKNİKLERİ	39
4.1.	Kalıpta Kullanılan, Ahşap İnşaat Malzemesinin Emniyet Gerilmelerinin Hesaplanması	39
5.	AUTOLISP KULLANILARAK BETONARME PERDE KALIPLARIN BİLGİSAYAR DESTEKLİ PARAMETRİK TASARIMI	42
5.1.	Programın Hazırlanması	43
5.2.	Tasarım Programının Yüklmesi	43
5.3.	Tasarım Programının Kullanımı	46
5.4.	Programın Düzgün Çalışması İçin Hata Mesajları	54

6.	DENEYSEL UYGULAMA.....	57
6.1.	Deney örneklerinin hazırlanması.....	57
6.2.	Beton döküm işlemleri.....	58
6.3.	Yanal basınç deneyi.....	59
7.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	62
	KAYNAKLAR.....	63
	EKLER.....	66

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2-1. Geleneksel perde duvar kalıbı (yatay kuşaklarla teşkil edilmiş kalıp yüzeyi hali).....	4
Şekil 2-2. Perde Alın Kalıbı.....	5
Şekil 2-3. İki perdenin birleştiği köşe teşkili	6
Şekil 2-4. Dikdörtgen kirişin en kesiti için semboller	13
Şekil 2-5. Perde kalıp kesiti	14
Şekil 2-6. Kuşak ile bağlama	15
Şekil 2-7. Kalıp ankraji (tek parçalı)	15
Şekil 2-8. Çok Parçalı kalıp ankraji	16
Şekil 3-1. Kalıplarda beton yanal basıncına etki eden faktörler	18
Şekil 3-2. Kalıp dışına monte edilen dış vibrasyon uygulaması.....	21
Şekil 3-3. DIN 18218'göre taze beton yanal basınç dağılımı	29
Şekil 3-4. Gardner'ın 1979 da deneysel çalışma sonuçları	33
Şekil 3-5. Gardner'ın 1979'da deneysel olarak ölçülen taze beton yanal basınç değerleri	34
Şekil 3-6. DMR diyagramı	35
Şekil 3-7. Yüksek Betonlama hızları için ($V_b > 3$ m/h) DMR tarafından önerilen taze beton basınç dağılımı	36
Şekil 3-8. Ertingshausen'e göre taze beton yanal basınçları dağılımı.....	37
Şekil 3-9. Fransız ve Belçika kayar kalıp inşaatçıların önerdiği kalıplarda taze beton basınç dağılımı	38
Şekil 4-1. Duvar kalıp şekli tamamlayıcılardan aralıkları ve açıklık uzunluğu	41
Şekil 5-1 Autolisp programının 2D ve 3D boyutlu betonarme perdelerin kalıp programını tasarlama algoritması.....	44
Şekil 5-2. AutoCAD de Autolisp açıları kullanılması	45
Şekil 5-3. Hazırlanmış LSP uzantılı dosyalara ulaşılması.....	45
Şekil 5-4. Çizdirilecek boyutların seçilmesi	46
Şekil 5-5. Betonarme perde kalıp dizaynı için gerekli veriler	47

Şekil 5-6.	ACI 347-78 göre beton yanal basınç için gerekli veriler	48
Şekil 5-7.	CIRIA report 108 göre beton yanal basıncını etkileyen değerler.....	50
Şekil 5-8.	DIN 18218 göre beton yanal basıncı için gerekli değerlerin girilmesi	52
Şekil 5-9	Kkalıbın AutoCAD çizim sayfasında gözüken şekiller a,b,c ve d	54
Şekil 5-10.	Perde kalıp kontrolü	55
Şekil 5-11.	Perde betonun kalınlığının kontrolü.....	55
Şekil 5-12.	Kesme gerilmesinin kontrolü	56
Şekil 6-1	Tasarımı yapılan perde duvar kalıbı perspektifleri	57
Şekil 6-2	Perde duvar kalıpları	57
Şekil 6-3	Kalıpların alt ve üst kısımlarına yerleştirilen streingeç lamaları.....	58
Şekil 6-4	Transmikser ve pompa yardımı ile betonun kalıplara dökülmesi	59
Şekil 6-5	Lama üzerinde streingeçlerin düzeni ve tam köprü devresinin görünüşü	59
Şekil 6-6	Streingeç lamaları belirli kuvvetler uygulayarak kalibrasyonu ve kalıplara yerleştirildikten sonra kontrol işlemleri	60
Şekil 6-7	Beton dökümü ve priz süresince yanal basınç değerlerinin data logera kayıt edilmesi	60
Şekil 6-8	1 m yüksekliğindeki taze betonun kalıplara uyguladığı kuvvet.....	61
Şekil 6-9.	2 m yüksekliğindeki taze betonun kalıplara uyguladığı kuvvet.....	61

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2-1. Kereste boyutları (TS 51).....	8
Çizelge 2-2. Dört yan yüzeye ait kuru kerestenin(nem< %19) özellikleri.	12
Çizelge 2-3. DIN 18216'a göre ankraj çubukları kullanma yükleri.....	16
Çizelge 3-1. ACI 347 göre, beton döküm hızı ve sıcaklığına göre beton yanal basınç değerleri.	24
Çizelge 3-2. Duvar kalıpları için, beton yerleştirme hızı, maksimum basınç ve beton sıcaklığı arasındaki ilişki [22].	25
Çizelge 3-3. Çimento cinsi ve katkı maddelerine bağlı C_2 katsayılar.....	26
Çizelge 3-4. Ciria Report 108'e göre 5°C için beton yanal basıncı değerleri, kN/m^2	27
Çizelge 3-5. Ciria Report 108'e göre 5°C deki beton yanal basınç grafiği	27
Çizelge 3-6. Ciria Report 108'e göre 10°C için beton yanal basıncı değerleri, kN/m^2	27
Çizelge 3-7. Ciria Report 108'e göre 10°C deki beton yanal basınç grafiği	28
Çizelge 3-8. Ciria Report 108'e göre 15°C için beton yanal basıncı değerleri.....	28
Çizelge 3-9. Ciria Report 108'e göre 15°C deki beton yanal basınç grafiği	29
Çizelge 3-10. Priz gecikme katsayısı	30
Çizelge 3-11. DIN 18218'e göre maksimum taze beton basınçları.....	30
Çizelge 3-12. Beton Birim hacim ağırlıklarına göre düzeltme faktörleri	31
Çizelge 3-13. Beton döküm hızına ve çeşitli beton sınıflarına göre yanal basınç değerler	31
Çizelge 3-14. Gardner formülüne göre hesaplanmış maksimum beton yanal basınçları.....	33

1. GİRİŞ

Kalıp, beton veya betonarme yapı elemanlarına gereken boyut ve şekli vermek, beton ağırlığına ve hidrostatik basınca karşı koymak, beton dökme ve yerleştirmeden gelecek darbe ve titreşim etkilerine dayanmak, gerektiğinde çalışma platformu olarak da kullanılması şeklinde, özetlenebilir [1].

Kalıp sisteminin tasarımına başlanmadan önce bazı temel kararların verilmesi gerekir. Yüzey kalitesi ve kalıp tasarımıyla ilgili olan bu kararların çoğu, tasarımın gerekleri olarak ortaya çıkmaktadır.

Tasarımcının alması gereken temel kararlar;

- a) Kalıbın yüzey malzemesinin seçimi, (arzu edilen yüzey kalitesi kalıp yüzey malzemesinin türünü ve özelliklerini belirleyecektir.)
- b) Kalıp yüzeyini destekleyici sistemin seçimi,
- c) Kalıbın yüzey malzemesinin elde edilebilirliği,
- d) Kalıp sökme, (kalıp sökme gereksinimi kalıp montaj metodunun seçiminde önemli faktördür.)

olarak özetlenmektedir [2].

Kalıp, taze betonun hidrostatik basıncı yanında, beton dökümünden ve çevre faktörlerinden kaynaklanabilecek bütün yükleri taşımak durumundadır. Kalıba tesir eden kuvvetlerin en önemlileri beton döküm sıcaklığı ve betonun hidrostatik basıncıdır. Özellikle düşey kalıp yüzeyinde (perde, duvar, kolon gibi düşey konumdaki betonarme yapı elemanları kalıplarında) betonun hidrostatik basıncının kalıp tasarımında (kalıp elemanlarının kesit tayininde) en etkin faktör olduğu bilinmektedir. Taze betonun düşey kalıp yüzeylerine yapmış olduğu yanal basınç hesaplanarak, kalıp elemanları boyutlandırılır [3].

Düşey konumdaki betonarme yapı elemanları çoğu zaman yerinde döküm (in-situ) ile gerçekleştirilir. Kalıp maliyetleri toplam betonarme sistem maliyetinin %50'sine kadar tutabilmektedir [4,5]. Bu nedenle kalıp, maliyetlerinin düşürülmesiyle, önemli sayılabilecek tasarruflar sağlanabilecektir. Geçici bir yapı olan kalıp maliyetinin düşürülmesinde; tasarımda sağlanacak rasyonel gelişmelere paralel olarak, kıt ve

pahalı kaynak durumunda olan ahşap kerestesinin, en ekonomik şekilde kullanılması gerekmektedir [5].

Bu çalışmanın amacı; taze betonun düşey kalıp yüzeylerine yapmış olduğu yanal basınç ve diğer parametreleri esas alarak, betonarme perde kalıpların bilgisayar ortamında, tasarımına ilişkin bilgisayar programı hazırlamaktır.

2. KALIPLARI OLUŞTURAN MALZEMELER VE BETONARME PERDELERDE KALIP

Uzunlukları genişliklerin 5 katından fazla olan kolonlar perde olarak adlandırılır. Perde kalıbının teşkiline etki eden faktörler:

- Perde yüksekliği,
- Perde uzunluğu ve kalınlığı,
- Kesit formu,
- Perde eğimi,
- Plandaki eğriliği,
- Köşelerin teşkili,
- Perde birleşimleri ve perdedeki boşluklardır.

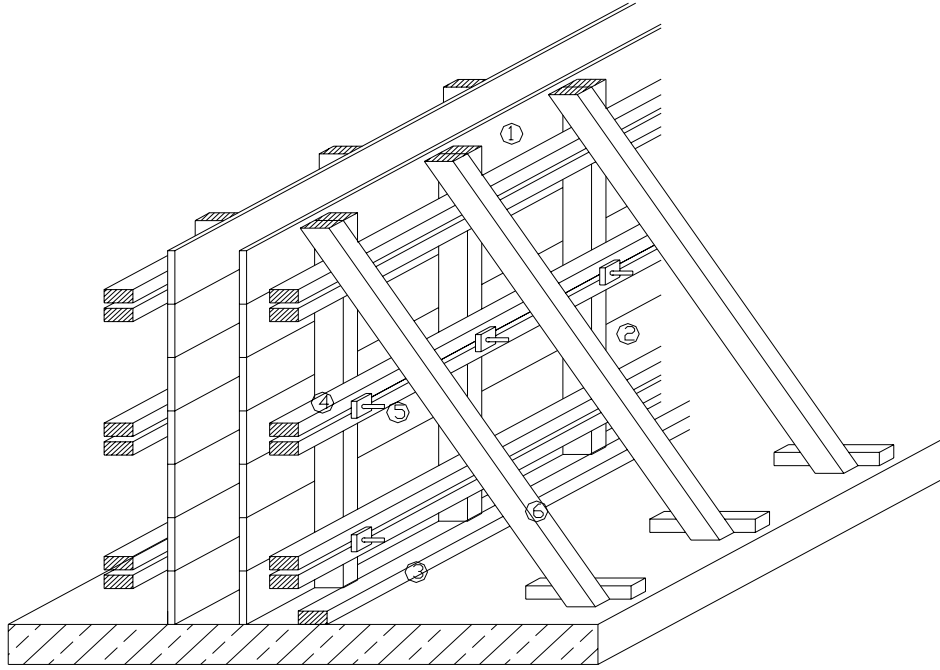
Ayrıca perde kalıbının hazırlanması sırasında, perdenin iki taraftan kaplanmış, karşılıklı bağlanabilen ve serbest duran bir perde mi olduğu, yoksa bir taraftan kaplanmış ve tüm beton basıncının bir konstrüksiyonla aktarıldığı tek taraflı perde mi olduğu önemlidir. Kalıp bu iki durumda da farklı şekilde oluşturulmaktadır.

2.1. Betonarme Perde Kalıpların Kontrüksiyonları

Perde kalıp konstrüksiyonlarının oluşturulmasında, beton yanal basıncının elemanlara dengeli bir şekilde aktararak, kalıp dengesinin sağlanması birinci faktör olarak görülmektedir.

Şekil 2.1’de geleneksel bir perde kalıp örneği görülmektedir. Kalıp yüzeyi yatay olarak yerleştirilmiş kalıp tahtalarından oluşmaktadır. Bunlar beton basınçlarını dikmelere aktarır. Dikmeler kalıp yüzey elemanları doğrultusuna dik düzenlenmiş 5/10, 8/10 veya 12/16’cm boyutlu kesitlerindeki elemanlardır.

Kalıp yüzeyi elemanlarının ek yerlerinde, kalıp yüzeyi boyunca bir düşey taşıyıcı yerleştirilmesi uygun olmaktadır. Aksi halde kalıp yüzey elemanı konsol kiriş gibi çalışacağı için deformasyonlar meydana gelip beton sızıntısına neden olmaktadır [1].



Şekil 2-1. Geleneksel perde duvar kalıbı (yatay kuşaklarla teşkil edilmiş kalıp yüzeyi hali)

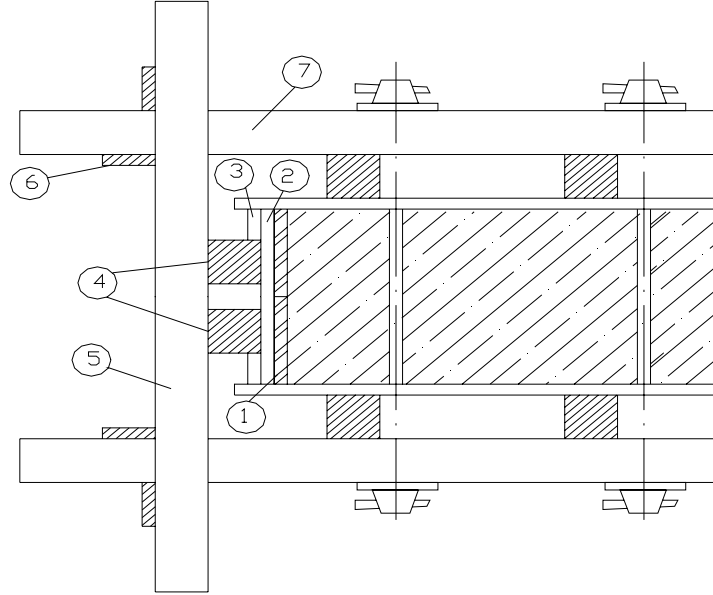
- 1- Kalıp yüzeyi,
- 2- Dikme,
- 3- Betona çivilenmiş tespit latası,
- 4- Kuşak,
- 5- Kalıp ankrajı,
- 6- Payanda,

Taşıyıcı konstrüksiyonun ikinci elemanı yatay kuşaklardır. Kuşaklar dikmelerden gelen fazla yükleri taşımak amacıyla konulurlar. Kuşaklarında taşıyamayacağı yükler için de ankraj çubukları kullanılır.

İki kalıp yüzeyini belirli mesafede tutmak ve beton yanal basıncını karşılamak için kuşaklama ve kalıp ankrajları kullanılır. Ankraj sıraları arasındaki düşey uzaklık 50-80 cm olup en alttan 25 cm yükseklikte teşkil edilmektedir. Ankrajların düşey taşıyıcılar üzerine gelmeleri sağlanmaktadır.

Kalınlığı 25 cm den fazla olan perde duvar kalıplarında Şekil 2.2’de görüldüğü gibi perde alın kalıbı oluşturulur

Payandaların iki fonksiyonu vardır. Kalıbın istenilen eğimde veya düşey doğrultuda tutar, rüzgar ve/veya başka itkilerden doğan yatay tesirleri karşılarlar. Payandalar genellikle 45° eğimde yerleştirilir ve alt uçlarından zemine oturtulurlar



Şekil 2-2.Perde Alın Kalıbı

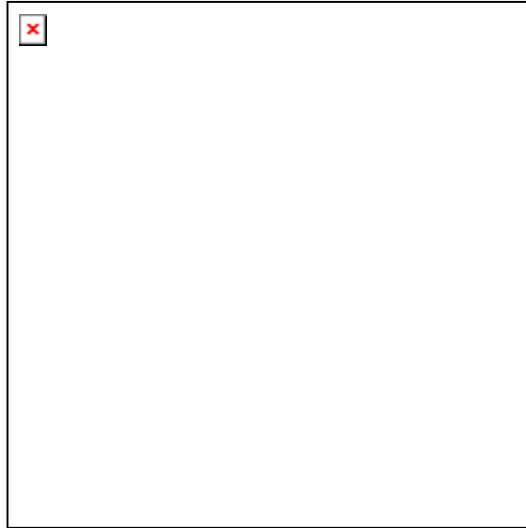
- 1- Perde ucu için kalıp tahtaları,
- 2- Enine kuşak (yatay kuşak),
- 3- Kenar latası,
- 4- Alın kalıbı için dikmeler,
- 5- Alın kalıbı için kuşak,
- 6- Kuşakların emniyeti için tespit latası,
- 7- Kuşak,

(4-5-6-7 Perde kalınlığının 25 cm fazla olması durumunda kullanılacaktır.)

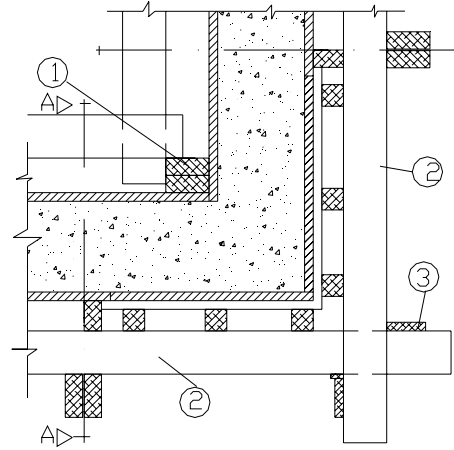
Kalıbın alt yüzey ile temas ettiği çizgi boyunca bir ahşap lata yerleştirilir. Bu lata kalıbın ilk çakılan elemanı olduğundan hassas ölçü ile yerleştirilmesi gerekmektedir (Şekil 2.3).

İki perdenin birleşimine kalıp teşkili Şekil 2.3’de görülmektedir. Burada farklı doğrultudan gelen kalıp yüzeyleri 1 nolu iç dikmede birbiriyle birleştirilir. Dış köşede ise her iki taraf kalıp yüzeyi ayrı birer dikme ile desteklenerek birleştirilir. Bu

köşede ankraj elemanı kullanılmayacağından dış kuşaklar kullanılmaktadır. Bu amaçla latalar kullanılır. Ayrıca her iki yüzeyde köşeye yakın ankrajların farklı yükseklikte olması gerekmektedir.



A-A Kesiti



Üst görünüş

Şekil 2-3. İki perdenin birleştiği köşe teşkili

1. İç dikmeler
2. Dış kuşaklar
3. Tespit latası

Perde birleşim köşesi Şekil 2.3’de görüldüğü gibi bina dış yüzüne rastlarsa alttaki betonarme döşemeye betonlama sırasında yerleştirilmiş olan ankraj çubukları bağlanır. Bağlantının yapılabilmesi için betonun şerleşmiş olması gerekir. Kapı ve boşlukları ise aynı perde kalıpları gibi oluşturmalı ve kullanılan ölçü toleranslarına uyulmalıdır.

Kalıp yüzeyi olarak ahşap panolar kullanılabilir. Panoların boyutları dikme aralıklarına uygun olmalıdır. Bu durumda dikme aralıkları $150/2 = 75$ cm, $150/3 = 50$ cm veya büyük gerilme durumlarında $150/4 = 37.5$ ’de bir yapılır.

Pano kalıp yüzeyi kullanılması halinde ankraj çubuklarının panoların birleşim noktalarında ve özellikle yatay yerleşim yerlerinde teşkil edilmesi gerekir. Böylece kalıp yüzeyi delinmemiş olur [1].

2.2. Kalıp Malzemeleri

Betonarme kalıplarında yüzey malzemeleri olarak, keresteler, odun lifi sert levha, kontrplak, cam elyaf, oluklu kutular, çelik, alüminyum, magnezyum ve plastikler gibi malzemeler kullanılmaktadır [6].

2.2.1. Kalıp keresteleri

Yapı kerestelerin, genellikle özgül ağırlığının az, mukavemetinin fazla, işlenebilme kabiliyetinin iyi, ısı ileticiliğinin az olmasından dolayı tercih edilir. Türkiye’de yetişen ve kereste olarak kullanılan, ağaç türleri, iki grup altında incelenmektedir.

1. İbrelili (iğne) yapraklı ağaçlar
2. Geniş yapraklı ağaçlar

İbrelili yapraklı ağaçlar, Türkiye’nin hemen hemen her yerinde yetişmektedir. Genellikle düzgün elyaflı, reçineli yapıya sahiptir [7]. Yapı kerestelerinde en yaygın kullanılan ağaçlardır. Dış etkenler tesiri altındaki yapı kısımlarında bulunmayan kısımlarda kullanılmaktadır [8]. Ağaç türleri, karaçam, sarıçam, köknar, vb. olarak bilinirler [9].

Geniş yapraklı ağaçlar genellikle döşeme kaplamasında ve mobilyacılıkta kullanılırlar[7]. Bu ağaç türleri, meşe, kestane, akasya ağacı, karaağaç, dışbudak, kırmızı ve beyaz kayın ağaçları vb. olarak bilinirler [9].

Keresteler, yapıda kullanılacakları yere ve ağacın cinsine göre çeşitli boylarda ve özel isimler altında piyasada bulunmaktadır. Çam ile kayın kerestelerinin özel boyutları vardır. Diğer ağaçların keresteleri, gövdenin durumuna göre değişir. Piyasada bulunan kerestelerin ölçü ve isimleri Çizelge 2.1’de görülmektedir.

Çizelge 2-1.Kereste boyutları (TS 51)

Kereste Çeşidi	Boyutlar (cm)	
Çıta	0,8/2,4-1,2/2,4-1,8/2,4	
Lata	1,8/4,8-2,4/4,8-2,8/4,8-3,8/5,8	
Kadron	2,8/2,8-2,8/5,8-3,8/3,8-3,8/7,8-4,8/4,8-4,8/5,8-4,8/7,8-4,8/9,8-5,8/5,8-7,8/7,8-9,8/9,8	
Kiriş	12/12-12/15-12/17-12/19-15/15-15/17-15/19-17/17-17/19-19/19	
Azman	20/20-20/22-20/25-20/28-20/30-22/22-22/25-22/28-22/30-25/25-25/28-25/30-28/28-30/30	
Kalas	Kalınlık	3,8-4,8-5,8-7,8-9,8
	Genişlik	8-10-12-15-17-19-22-25-28-30
Tahta	Kalınlık	1,2-1,82,4-2,8
	Genişlik	8-10-12-15-17-19-22-25-28-30

Çıta : Kalınlık 1,5 cm ile 3 cm'dir. Genişlikleri 2 cm ile 5 cm arasındadır. Uzunlukları 0,5 m ile 4 m arasındadır. Kalıplarda daha çok detay kısımlarında kullanılır.

Kadron: Genişlikleri ve kalınlıkları eşittir ve 4 cm ile 15 cm arasında bulunurlar. Genellikle kalıplarda dikme olarak kullanılırlar [9].

Lata: Dikdörtgen kesitlidirler. Kalınlıkları 2,5 cm ile 6 cm, genişlikleri 8 cm ile 12 cm arasındadırlar. Betonarme kalıplarında ızgara kirişi olarak kullanılırlar.

Kiriş: Dikdörtgen kesitli kirişlerdir. Kalınlıkları 8 cm ile 28 cm arasında değişmektedir. Yüksekliği ise 10 cm ile 30 cm arasında değişir. Genellikle kemer ve köprü kalıplarında kullanılır.

Tahta : Bu çeşit keresteler daha çok kalıplarda yüzey kaplama işlerinde kullanılır. Kalınlıkları 1 cm ile 3,5 cm, genişlikleri 15 cm ile 32 cm, uzunlukları ise 2,5 m ile 4 m arasında değişmektedir [7].

Kalas: Kalınlık 4 cm ile 10 cm'dir. Genişlikleri 15 cm ile 40 cm'dir. Uzunlukları 3 m ile 6 m arasındadır. Kalıplarda daha çok dikme ve kuşaklarda kullanılır.

2.2.2. Kontrplak

Kalıp yüzeyine kontrplak, yaygın bir biçimde kullanılır. Özellikle üstü açık döşeme ve şekilli kaplamalarda kullanılır. Avantajları arasında pürüzsüz yüzey, değişik boyut seçenekleri ve kalınlıklarının bulunması, inşaat süresince yükleme boşaltma kolaylığı başta gelmektedir.

Kontrplaklar çeşitli şekilde imal edilirler. Bunlar reçine emdirilerek ve/veya pres altında tutkallanarak oluşturulur. Kalıp için, iç kısmı tutkallı kontrplakların kullanılması gerekmektedir [6,10].

2.2.2.1. Yüksek yoğunluklu kaplama kontrplak

Kontrplak sınıfları, yüzey gerilmesine karşı dayanıklı olması için pürüzsüz, saydam olmayan, ısıya dayanıklı olması istenir. Betona temas eden yüzeylerde reçine emdirilmiş malzemelerle kaplanarak daha dayanıklı hale getirilmektedir. Kontrplak endüstrisinde yüksek yoğunluklu kaplayıcı olarak isimlendirilir. Kalınlıkları 2 cm olan kontrplakların minimum toleransları 0,03125 cm'den daha az olmalıdır. Daha kalın tabakalar için belirtilen tolerans %5 civarındadır. Yüksek dayanıklı kontrplak aşındırmaya karşı dayanıklı olduğundan 100 kere kullanılma imkanı vermektedir.

Hazırlanan bilgisayar programında, kontrplağa gelen beton yanal basıncı kullanılarak, kontrplak üzerindeki maksimum sehim ve eğilme gerilmesi hesaplanır. Bu hesaplamalar ile dikmelerin merkezden merkeze olan uzaklıkları belirlenir[6].

2.2.3. Metaller

Metal kalıp yüzeyleri ahşaba göre 14 kat daha mukavemetli, 20-30 kere fazla elastisite modülüne sahip olmakla beraber 12 kere daha ağırdır [1]. Metal kalıplar absorbsiyon özelliği bulunmayan malzemelerdir. Absorbsiyon özelliği bulunan diğer kalıp yüzeylerden farklı özellik göstermektedir. Beton yüzeyinde renk bozukluğuna neden olmayan metal kalıp yüzeyleri; hava boşluğu, şeffaf yüzey gibi yüzey kusurlarının oluşmasına neden olmaktadır [11].

Hazırlanan bilgisayar programında, metal kalıp yüzeyi ile ilgili seçenekler bulunmamaktadır.

2.3. Kalıp Elemanları

Bir kalıp sistemini üç gruba ayırarak incelemek mümkündür

- 1- Kalıp yüzeyleri
- 2- Bağlama elemanları
- 3- İskele elemanları (dikme ve takviyeler)

2.3.1. Kalıp yüzeyleri

Kalıp yüzeyi kalıbın beton ile direk teması olan kısmıdır. Kalıp, betonda istenilen yüzey düzgünlüğünü sağlamak için çeşitli özelliklere sahip olmak durumundadır.

Bu özellikler;

- Betonla uyumlu bir malzemeden imal edilmektedir.
- Betonun sertleşmesi sırasında kimyasal reaksiyona girmemek, sırasında kimyasal reaksiyona girmemek,
- Çimento ve ince malzemeleri geçirmemek,
- Betona ısıl izolasyon sağlamak,
- Kabul edilebilir sınırların üzerinde deforme olmamak,
- Ekonomik olmak,
- Yeniden kullanım miktarı sağlamak,

gibi temel özellikleri taşımak durumundadır.

2.3.1.1.Ahşap kalıp yüzeyleri

Ahşap kalıplarda çam, köknar, kavak keresteleri kullanılmaktadır. Kalıpta kullanılacak ahşap, fiziksel ve mekaniksel özellikler bakımından yeterli olmalıdır. Çam grubu kerestelerin, yoğun olarak kullanıldığı görülmektedir. Çam kerestelerinde işin önemine göre I, II, III sınıflardan seçilerek kullanılır. Genellikle II sınıf çam kerestesi kullanılır. Kereste de en çok kalıptan çıkınca şekil değiştirmemesi (deforme) istenir. Bazı bölgelerden çıkan keresteler (Ege bölgesi gibi) fazla şekil değişimi olduğundan tercih edilmezler [12].

Ahşap kalıp yüzeyleri absorbsiyon özelliği bulunan kalıp yüzeyleridir. Absorbsiyon değerleri yüksek olan kalıp yüzeyleri daha koyu beton rengi vermektedir. Kalıp yüzeyini oluşturan bütün tahtalar aynı derecede absorbsiyon özelliğine sahip olmaması durumunda farklı koyulukta bölgeler oluşmaktadır. Her kullanımda kalıp yağı ve ince taneler ahşabın gözeneklerini doldurduğu için kullanım sayısı arttıkça daha açık renkli beton yüzeyleri oluşur [13,14]. Diğer taraftan, taze betonun akışkanlığından dolayı kalıp yüzeyi tabanından başlamak suretiyle yukarıya doğru azalan bir hidrostatik basınç tesiri altında kalmaktadır. Tabandan itibaren yukarıya doğru azalmakta olan basınç, aynı şekilde tabandan yukarıya doğru azalan bir absorbsiyon değişimine neden olur. Bunun doğal sonucu olarak tabandan yukarıya doğru bir renk değişimi oluşur [13,15].

Hesaplamalarda kullanılan terim, tanım ve semboller aşağıda açıklanmıştır.

En kesit : Bir kalıp elemanının boyuna eksenine dik olarak alınan kesittir.

Tarafsız eksen : Basınç ve çekme gerilmesinin sıfır olduğu noktadan itibaren X ve Y yönünde çizilen çizgidir. Şekil 2.4’de tarafsız eksen X-X yada Y-Y olarak gösterilmektedir. Elemanın orta derinliğinde ve yük yönüne dik olacak biçimdeki eksene, tarafsız eksen denir.

Atalet momenti:(I) Bir kirişin en kesitinin hareketsizlik noktası, kesitin tarafsız ekseninden alanlara olan uzaklığın karesi, onun başlangıç alanlarının her birinin ürünleri toplamının çarpımıdır. Kesitin tarafsız ekseninden olan bir kiriş uzunluğun karesi ile çarpımıdır.

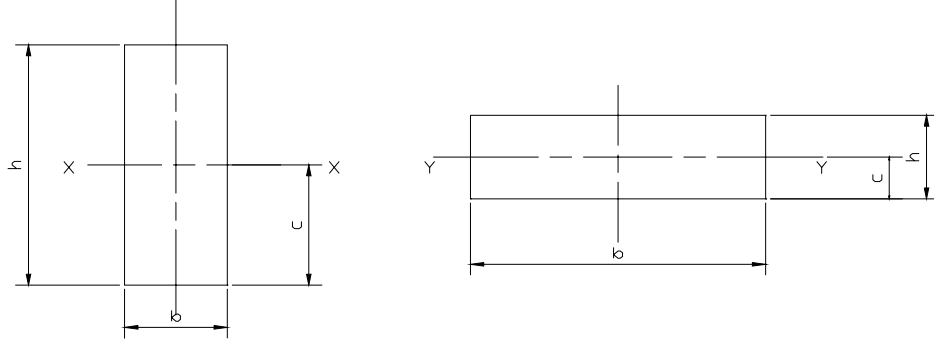
Parça modülleri:(S) Bir kirişin en kesitinin parça modülleri parçanın hareketsizlik momentinin tarafsız ekseninden parçanın uç noktasına olan uzaklığa bölümüdür.

Çizelge 2-2.Dört yan yüzeye ait kuru kerestenin(nem< %19) özellikleri.

Normal ölçü		Net alan	Gerçek ölçü		X-X		Y-Y	
					X-X		Y-Y	
cm		cm ²	cm		Ix cm ⁴	Sx cm ³	Iy cm ⁴	Si cm ³
2,5	10,0	25,0	2,4	9,0	8,6	32,4	10,4	8,6
2,5	15,0	37,5	2,4	14,0	33,3	78,4	16,1	13,4
2,5	20,0	50,0	2,4	19,0	76,2	144,4	21,9	18,2
2,5	25,0	62,5	2,4	24,0	158,3	230,4	27,6	23,0
2,5	30,0	75,0	2,4	29,0	284,8	336,4	33,4	27,8
5,0	10,0	50,0	4,8	9,0	17,2	64,8	82,9	34,6
5,0	15,0	75,0	4,8	14,0	66,6	156,8	129,0	53,8
5,0	20,0	100,0	4,8	19,0	152,4	288,8	175,1	73,0
5,0	25,0	125,0	4,8	24,0	316,6	460,8	221,2	92,2
5,0	30,0	150,0	4,8	29,0	569,5	672,8	267,3	111,4
8,0	10,0	80,0	7,8	9,0	27,9	105,3	355,9	91,3
8,0	15,0	120,0	7,8	14,0	108,1	254,8	553,6	142,0
8,0	20,0	160,0	7,8	19,0	247,7	469,3	751,4	192,7
8,0	25,0	200,0	7,8	24,0	514,4	748,8	949,1	243,4
8,0	30,0	240,0	7,8	29,0	925,5	1093,3	1146,8	294,1
10,0	10,0	100,0	9,5	9,0	33,9	128,3	643,0	135,4
10,0	15,0	150,0	9,5	14,0	131,7	310,3	1000,3	210,6
10,0	20,0	200,0	9,5	19,0	301,7	571,6	1357,5	285,8
10,0	25,0	250,0	9,5	24,0	626,6	912,0	1714,8	361,0
10,0	30,0	300,0	9,5	29,0	1127,2	1331,6	2072,0	436,2
12,0	12,0	144,0	11,5	11,5	87,3	253,5	1457,5	253,5
15,0	15,0	225,0	14,0	8,9	49,9	184,0	2019,8	289,2
15,0	20,0	300,0	14,0	14,0	193,7	454,4	3174,0	454,4
15,0	25,0	375,0	14,0	18,4	443,6	789,6	4183,9	599,0
15,0	30,0	450,0	14,0	23,5	921,4	1285,3	5338,1	764,2
20,0	20,0	400,0	19,1	19,1	669,7	1152,2	10974,9	1152,2
20,0	25,0	500,0	19,1	24,1	1361,1	1848,7	13901,5	1459,5
20,0	30,0	600,0	19,1	29,2	2414,4	2709,0	16828,1	1766,7
25,0	25,0	625,0	24,1	24,1	1724,0	2341,6	28251,9	2341,6
25,0	30,0	750,0	24,1	29,2	3058,2	3431,4	34199,7	2834,6
30,0	30,0	900,0	29,2	29,2	3702,1	4153,8	60665,9	4153,8

Çizelge 2.2’de verilen değerler net boyutlar ve kuru keresteler içindir.

Şekil 2.4’de dikdörtgen dikme kirişinin en kesiti gösterilmektedir. Kirişin eni ve derinliği “b” ve “d” olarak sırayla gösterilmektedir.



Şekil 2-4.Dikdörtgen kirişin en kesiti için semboller

Dikdörtgen kirişlerin en kesitleri ile ilgili hesaplamalar yapılacağı zaman genellikle aşağıdaki semboller ve eşitlikler kullanılmaktadır;

A= Bir kesitin en kesitsel alanı, $b \cdot h$ (cm^2)

b= En kesit genişliği şekil 2.4’de gösterilmektedir,(cm)

d=En kesit yüksekliği şekil 2.4’de gösterilmektedir, (cm)

I= Bir dikdörtgen kiriş için en kesitin atalet momenti : $bh^3/12$, (cm^4)

c= Tarafsız ekseninden kirişin uç liflerine olan uzaklık ,(cm)

S= Dikdörtgen kirişin en kesitin parça modülleri: $bh^2/6$, (cm^3)

r= Kirişin en kesitin dönüş yarıçapı: $\sqrt{I/A}$, (cm)

E= Esneklik modülü,

Q= Alanın statik momenti, (kesme için dayanım ölçüsü)(cm^3)

X-X= Kirişin en kesitindeki dar yüzeye dik gelecek biçimde uygulanan yük. X-X eksenini kirişin en kuvvetli dayanımını gösteren yön olarak ifade edilir.

Y-Y= Kirişin en kesitindeki geniş yüzeye dik gelecek biçimde uygulanan yük. Y-Y eksenini kirişin en zayıf dayanımını gösteren yön olarak ifade edilir.

2.3.1.2. Ahşap keresteler

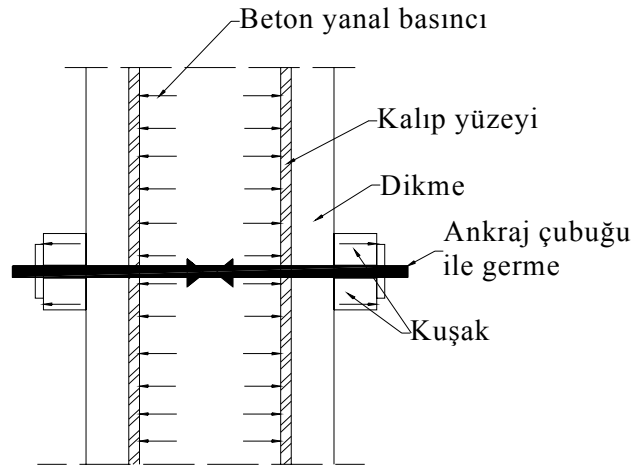
Kalıp yüzeylerinde kontrplakların kullanılmasının yanısıra 2,5-5 cm kalınlıkta ve 15-20 cm genişlikte olabilmektedir. Diğer taraftan, plastik ve kağıt levhalar, sac ve

alüminyum levhalarında, kalıp yüzeyinde kullanıldığı görülmektedir. Kalıp sökülmesinden sonra üzeri sıvanmadan bırakılan çıplak beton (brüt beton) kalıplarında betona temas eden yüzleri rendelenir ve birbirine zıvana geçme ile birleştirilerek betonun düzgün çıkması temin edilir [12]

2.3.2. Kalıplarda kullanılan bağlama elemanları

Kalıp sisteminde bağlantıyı gerçekleştirmede çeşitli konstrüksiyonlar kullanılmaktadır. Bunlar germe teli ve kalıp ankrajı gibi elemanların kullanımı ile gerçekleştirilebilir.

Taze beton eğik ve/veya düşey kalıp yüzeylerine yanal basınç yapar. Beton yanal basınç Şekil 2.5’de görüldüğü gibi kalıp yüzeyleri tarafından dikmelere aktarılır. Dikmeler basıncı kuşaklara aktarır. Kuşaklarda aktarılan yanal basınç ankraj çubukları ve yan bağlantılar tarafından dengelenir.

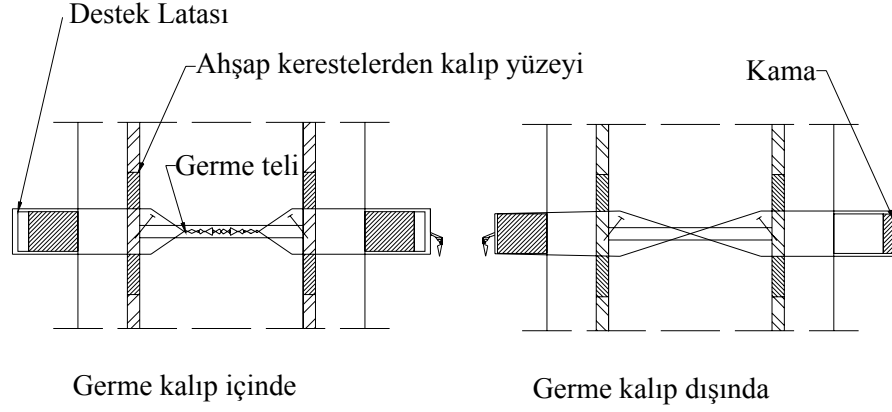


Şekil 2-5. Perde kalıp kesiti

2.3.2.1. Germe teli ile bağlama

Kuşaklama, yumuşak bükülebilir 3-4 mm çaplı çelik telin iki kere kalıp etrafında çevrilmesi ile yapılır. Bunlar bir tane 5x10 kereste ile çaprazlanır. Çubuk uçları dış kısmında bükülerek kapatılır (Şekil 2-6). Germe, çeşitli şekillerde gerçekleştirilebilir.

Eğer germe yeri kalıp içerisinde yapılabiliyorsa çaprazlanmış kuşak bir gergi çubuğun vasıtasıyla burularak gerilir.

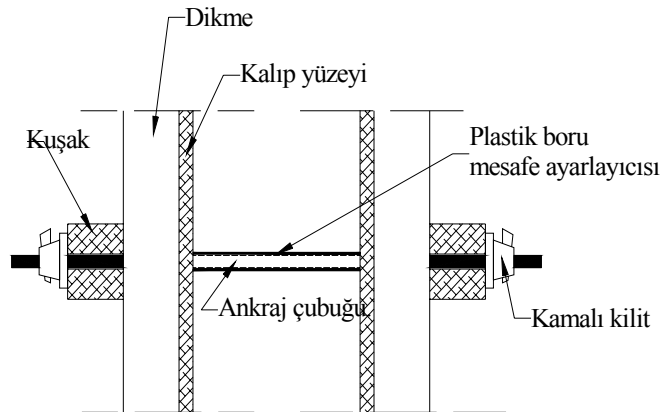


Şekil 2-6. Kuşak ile bağlama

Her iki durumda da kalıpların iki yüzünü belirli uzaklıklarda tutabilmek için mesafe ayarlayıcı kullanılır. Bunlar ahşap ise düşmemesi için yukarıdan aşağıya doğru eğik bir şekilde çakılır ve beton döküm sırasında aşağıya düşmez. Ahşap mesafe ayarlayıcılar kalıptaki beton dökümü bu yüksekliğe geldiği zaman alınmaktadır.

2.3.2.2. Kalıp ankrajı ile bağlama

Kalıp ankrajı, ankraj çubuğu kilidi ve mesafe oluşmaktadır (Şekil 2.7).



Şekil 2-7. Kalıp ankrajı (tek parçalı)

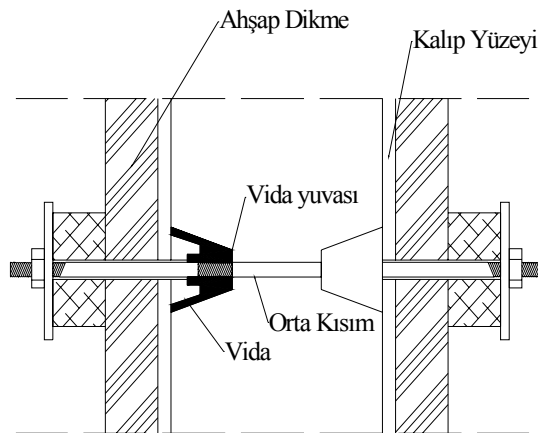
Ankraj çubuğu çekme gerilmesine maruz kalır. Ankraj çubuğu çoğu zaman daire kesitli çelik çubuklardır. Çizelge 2.16’de daire kesitli çubukların alanları ve DIN 18216’ya göre müsaade edilen kullanma yükleri gösterilmiştir.

Çizelge 2-3. DIN 18216'a göre ankraj çubukları kullanma yükleri

Ankraj Çubuğu çapı (mm)	5	6	8	10	12	14
Kesit Alanı cm ²	0.20	0.28	0.50	0.79	1.13	1.54
KN olarak müsaade edilen P kuvveti	3	4.25	7.5	1.2	17	23
Ankraj Çubuğu çapı (mm)	16	18	20	22	25	28
Kesit Alanı cm ²	2.01	2.54	3.14	3.8	4.91	6.16
KN olarak müsaade edilen P kuvveti	30	38	47	57	74	92

Ankraj Çubukları tekrar kullanılabilirler şekilde teşkil edilirler. Bir veya birkaç parçadan oluşabilirler (Şekil 2.8).

Tekrar kullanılan tek parçalı ankraj çubukları plastikten imal edilmiş ve aynı zamanda mesafe ayarlayıcı olarak kullanılan borular içerisine geçirilir. Bu borular beton içinde kalır. Böylece ankraj çubuğu borunun içinden çekilerek beton içinde kalması önlenir. Kalıp sökümünde, ankraj çubuğu borunun içinden çekilerek alınır. Duvarı ortaya çıkan delikler sıva ile veya özel kaplama malzemesi ile kapatılır.



Şekil 2-8. Çok Parçalı kalıp ankrajı

İki ucuna vida başları (manşon) vidalanır. Bu başlar kalıp için mesafe ayarlayıcılarıdır. Betonlamadan sonra yardımcı kısımlar kalıptan çevrilerek alınır. Manşon özel bir anahtarla dışarı çıkartılır. Ankraj çubuğunun orta kısmı beton içinde kalır. Beton yüzeyindeki oyuklar daha sonra kapatılır [1].

2.3.3. İskele elemanları

Geleneksel kalıp sistemlerinde rijitleştirme ve taşıyıcı elemanlar olarak dikmeler, kuşaklar ve yanlamalar kullanılır. Geleneksel kalıp sistemlerde, sık aralıklarla eleman kullanımı gerektiğinden malzeme sarfiyatı fazladır. Gelişmiş kalıp sistemlerinde özel olarak geliştirilmiş iskele elemanları montaj kolaylığı ve malzeme sarfiyatını önlemektedir.

İskele yapımında kullanılan malzemeler bakımından ahşap ve çelik iskeleler olarak sınıflandırılabilirler.

2.3.3.1.Ahşap iskeleler

Ahşap iskeleler, dairesel veya dikdörtgen kesitli elemanlardan oluşabilmektedirler. Dairesel kesitlerin çapı minimum 70 mm, düzgün ve budaksız olmalıdır. Ahşap iskele, 5 m'den yüksek olduğu zaman, burkulma boyunu önlemek amacıyla kuşak veya çaprazlarla desteklenmelidir.

2.3.3.2.Çelik iskeleler

Ahşap malzemeye göre daha kolay takma ve sökme kolaylığı sağlayan metal iskele elemanlarının mekanik mukavemetlerinin de yüksek olduğu bilinmektedir. Son günlerde geleneksel kalıp sistemlerinde de kalıp yüzey elemanlarının eskisi gibi masif ahşap yapılmasına karşın taşıyıcı sistemin metal elemanlardan (metal boru ve bağlantı elemanları gibi.) kurulduğu görülmektedir [13].

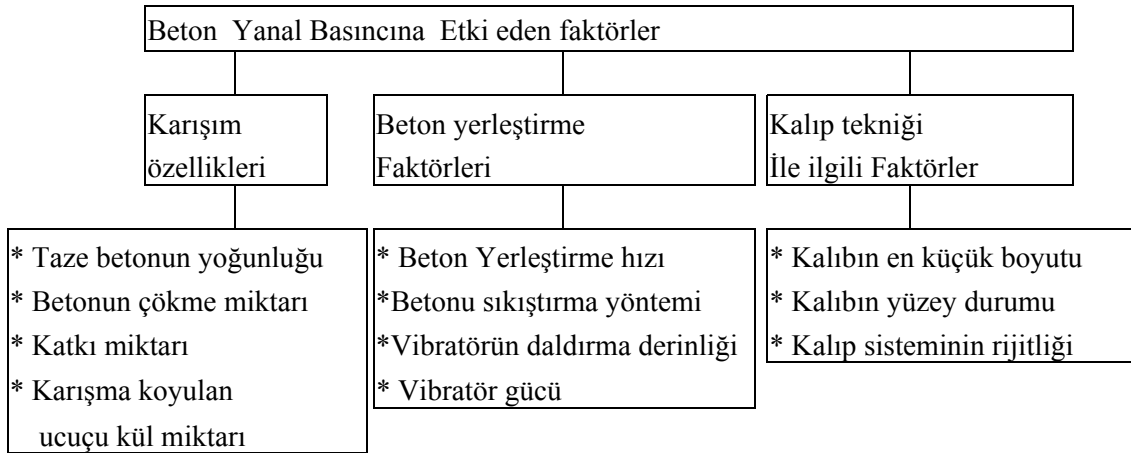
3. BETON YANAL BASINCI

3.1. Beton Yanal Basıncını Etkileyen Faktörler

Kalıp yüzeyine etki eden yanal beton basıncının şiddetini etkileyen faktörler Şekil 3.1’da gösterildiği gibi sıralanabilir. Bu faktörlerden en önemlileri önem sıralarına göre;

1. Betonun yoğunluğu,
2. Betonun yerleştirme hızı,
3. Betonun sıkıştırma metodu,
4. Beton sıcaklığı,
5. Beton derinliği (yüksekliği),

olarak yazılabilir.



Şekil 3-1. Kalıplarda beton yanal basıncına etki eden faktörler

3.1.1. Betonun ağırlığı

Beton yoğunluğunun, kalıba gelen basınca direkt etkisi vardır, çünkü bir akışkanın herhangi bir noktasındaki hidrostatik basınç, akışkanın yoğunluğu tarafından oluşturulmaktadır. Bir akışkanın hidrostatik basıncı, akışkanın herhangi bir noktasında tüm yönler için aynıdır ve akışkanla temas halinde olan herhangi bir yüzeye dik açıyla etkir. Bir noktaya tesir eden basınç, akışkanın yoğunluğu ile (beton

için genellikle 2400 gr/cm^3 kabul edilebilir.) basınç hesaplanacak olan nokta derinliğin çarpılması ile çıkan sonuca eşittir. Ancak, taze beton, katı taneler ile suyun karıştırılmasından meydana gelmektedir. Buna rağmen betonun da bir sıvının davranışına yakın bir davranış gösterdiği kabul edilir. Ancak betonun katılaşmasından dolayı bir zaman sınırı vardır [16].

3.1.2. Betonu yerleştirme hızı

Betonun kalıp içindeki ortalama yükselme hızı, beton yerleştirme hızı olarak adlandırılır. Beton kalıpta yükseldikçe herhangi bir noktadaki yanal basınç bu nokta üzerindeki beton derinliğine bağlı olarak artar. Betonun katılaşmaya başlamasıyla azalma eğilimine giren yanal basınç betonun sertleşmesiyle sona erer. Yerleştirme hızı, yanal basınç üzerine birinci dereceden etkilidir ve yanal basınç yerleştirme hızı ile doğru orantılıdır. Yanal basıncın üst limiti ise betonun tam sıvı olarak kabul edilmesi halidir [17].

3.1.3. Betonun sıkıştırma metodu

Betonun sıkıştırma işleminde şişler, tokmaklar ve vibratörler kullanılır. Sıkıştırma işlemleri, kaba ve ince agreganın kümeleşmemesi, beton içerisinde hava boşlukların kalmaması, her beton döküm tabakasının bir alt tabaka ile karışarak bağlanmasının sağlanması, çelik donatı çevresindeki beton ile tam olarak sarılması ve kalıpla temas halinde olan beton yüzeylerinde yeterince ince malzeme birikerek düzgün bir beton yüzeyi elde edilmesi amacı ile yapılır. Betonun sıkıştırma işlemlerinde kullanılan araçlar içerisinde en çok kullanılanı ve en iyi sonuç vereni vibratörlerdir. Vibratörler kullanım şekillerine göre iç (daldırma) vibratörler, kalıp vibratörleri ve yüzey vibratörleri olarak üç gruba ayrılır [3].

İç vibrasyonlar, betonu konsolide etmek için birinci yöntemdir. İç vibrasyon sonucunda, normal şişlemeye göre %10-20 daha fazla geçici bölgesel yanal basınç meydana gelir [18]. Bu durum, vibrasyon derinliği boyunca betonun bir sıvı gibi davranmasına yol açar. Bu tür yöntemlerle sıkıştırılan beton tabakasının kalınlığı en

az 30 cm ve en fazla 70 cm olmalıdır. Vibratör beton içinde 5 sn –15 sn tutulmaktadır. Sıkıştırma işlemi içerisinde vibratör birbirinden uzak noktalarda uzun süre ile tutulmak yerine yakın noktalarda kısa süre ile tutulmalıdır [19]. Günümüzde iç vibrasyonlar yaygın olarak kullanıldığından, ekstradan gelen fazla basınca karşı koyabilecek şekilde kalıp tasarımı yapılmaktadır [16].

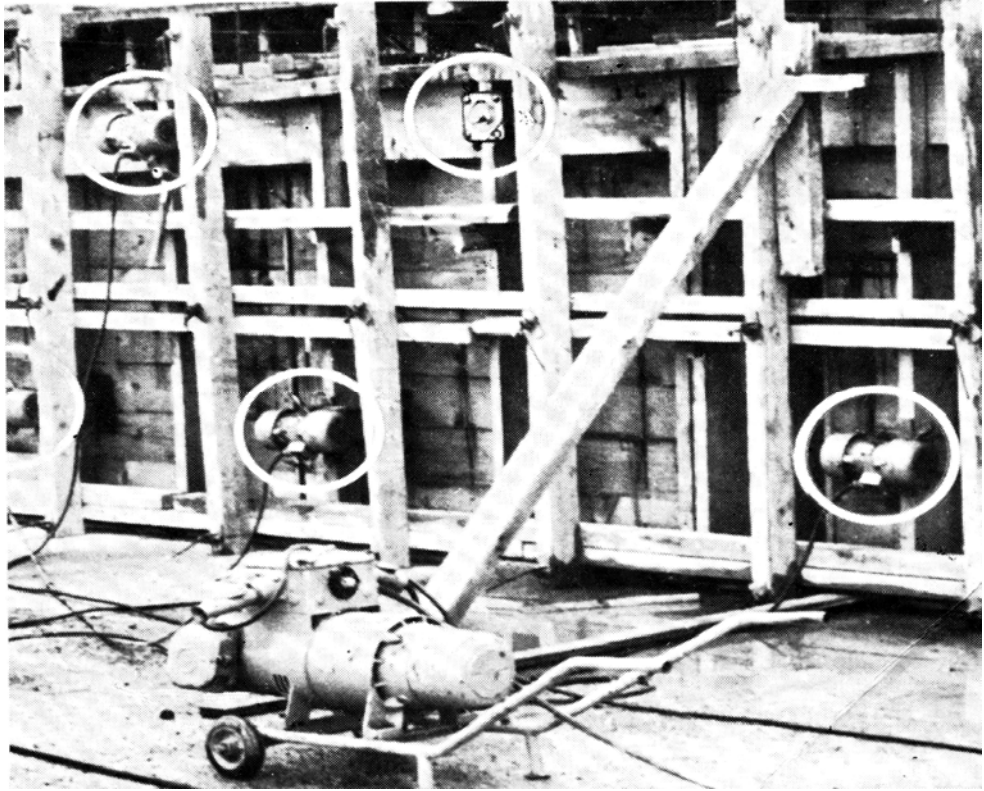
Tekrar vibrasyonlar ve dış vibrasyonlar bazı yapı tipleri için uygulanmaktadır. Bu yöntemler normal iç vibrasyonlara göre kalıp üzerinde daha büyük etkiler oluşturmaktadır. Dolayısıyla buralarda kullanılacak kalıplar da özel tasarlanmaktadır.

Kalıp dışına monte edilerek yapılan vibratörler kalıp vibratörleri olarak da adlandırılabilir. Kalıp vibratörleri en büyük tane çapı fazla olan betonlarda ve donatı alanının büyük olduğu hallerde sıkıştırma yapılacaksa kalıp vibratörü kullanılması yararlıdır [20]. Şekil 3.2’de görüldüğü gibi vibratörün kalıp dışına monte edilmesiyle uygulanır. Bu vibratörlerin değişik tiplerde olanı vardır. Bunlar harmonik hareketi oluşturan döner ve pistonlu tipte olanlarıdır [19]. Çalışma sistemi ise; kalıbı sarsarak, kalıp da kendisini bu sarsıntıya (vibrasyonu) betona aktarır. Yani kalıbın kendisi titreşime maruz bırakılır ve bu titreşimi betona ileterek betonu sıkıştırır. Dış vibrasyonun frekansı ve genliği kalıbı parçalamayacak ve dağıtmayacak şekilde ayarlanmaktadır. Aynı zamanda da betonun kalıp içerisinde sıkışmasını sağlamaktadır [13].

Beton yüzeyinde yapılacak sıkıştırmalarda kullanılacak yüzey vibratörleri büyük genlikli ve düşük frekanslı olmalıdır. Sıkıştırma işlemi sırasında vibratör, arkasında bıraktığı beton yüzeyi homojen ve nemli görünüşte olacak düzeyde yavaş hareket ettirilmektedir. Yüzey vibratörü ile sıkıştırma tabaka kalınlığı 20 cm den fazla olmamalıdır.

Şişleme ve tokmaklama, vibratör kullanılmasının mümkün ve/veya uygun olmadığı durumlarda uygulanabilir. Tokmaklama, beton yüksekliğinin az, beton yüzeyinin geniş olduğu ve su oranı yüksek beton karışımı kullanıldığı hallerde uygulanabilir. Tokmakla, sıkıştırma yapılacak yüzey, düz veya ızgara şeklinde olabilir. Tokmaklar

olabildiğince ağır olmalıdır. Şişleme ve tokmaktama uygulanacak (katı kıvamlı) betonların çökme değerleri 2,5 cm – 7,5 cm olmaktadır. Çökmesi az betonların sıkıştırabilmesi için tabaka kalınlığını 15 cm den fazla olmaması gerekmektedir. Tokmaktama, beton serbest yüzeyi düzgün ve parlak bir görünüş alıncaya kadar sürdürülür. Şişlenerek sıkıştırıldığında, beton içindeki hava kabarcıkları giderilip, beton sıkı bir yapı kazanıncaya kadar devam ettirilmelidir [20].



Şekil 3-2. Kalıp dışına monte edilen dış vibrasyon uygulaması

3.1.4. Beton sıcaklığı

Beton yanal basıncı üzerine beton iç sıcaklığının önemli bir faktör olduğu bilinmektedir [21]. Çünkü betonun düşük sıcaklıklarda sertleşmesi daha uzun zaman alır ve dolayısıyla betonun az bir bölümü, kendini taşımaya yetebilecek kadar katılaşmadan önce daha fazla derinlikte beton yerleştirilebilir. Soğuk havalarda veya uçucu kül vb. katkıları kullanılarak beton yerleştirilecekse, kalıp tasarlanırken bu etkiler dikkate alınmaktadır [22].

3.1.5. Beton derinliği (yüksekliği)

Kalıp yüksekliği fazla olan perde, duvar ve kolonlara beton dökümü sırasında, çoğu zaman beton karışım suyunun yüzeye çıktığı görülür. Beton karışım suyunun yüzeye çıkmasını önlemek için beton dökme hızını yavaşlatmak, ince malzeme miktarı fazla olan daha kuru kıvamda beton dökme gibi önlemler alınabilir. Ancak betonun tasarlanan diğer özelliklerine etki yapabilecek değişiklikleri planlarken dikkatli olunması gerekir. Özellikle yüksek perde duvar kalıplarına beton dökülürken, kalıp üst seviyesinin yaklaşık 25-30 cm altında döküm işlemi durdurularak dökülen betonun katılaşması için yaklaşık 1 saate kadar beklenilebilir. Son tabaka olan 25-30'lık bu tabaka için daha katı kıvamda bir karışım hazırlayarak dökülebilir [13].

Yapılan araştırmalarda, beton yanal basıncın hesaplanmasında kullanılan modellerde, ACI 347-78, CIRIA Report 108 ve DIN 18218'e göre beton yanal basıncın beton yüksekliğinin beton yanal basıncına etkisinin olduğu anlaşılmaktadır.

Düşey kalıp yüzeylerine gelen taze beton yanal basıncının hesaplanmasında farklı sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Bu farklılıklar gerek yapılan deneysel çalışmalarda, gerekse çeşitli yönetmeliklerde öngörülen ampirik bağıntılarda, ikinci dereceden önem arz eden faktörlerin kısmen dikkate alınmamasından kaynaklanmaktadır [23].

Çeşitli zamanlarda yapılan ölçümlerde diğer bazı değişkenlerin de yanal basınç üzerinde etkili olduğu gösterilmiştir. Bunlar betonun kıvamını, donatının yerleştirme şekli ve miktarı, çevre sıcaklığı, boşluk suyu basıncı, maksimum agrega boyutu, yerleştirme yöntemi çimento tipi ve yerleştirme derinliği, kalıbın en kesit ölçüsü, kalıbın yüzey düzgünlüğü ve geçirimsizliği olarak bilinmektedir. Ancak genel beton uygulamalarında bu değişkenleri etkileme düzeyleri küçüktür ve dolayısıyla ihmal edilebilir. Uçucu kül ve diğer puzolanların düşük ortam çevre sıcaklıklarında çimento ile yer değiştirmesinde veya priz geciktirici katkıların kullanılmasında yanal basınçlar üzerinde gözden kaçırılmaması gereken önemli etkiler oluşur. Benzer

şekilde, süper akışkanlaştırıcı katkıların ve priz geciktiricilerin etkileri göz önüne bulundurulmalıdır [13].

3.2. Beton Yanal Basınçların Hesaplama Teknikleri

Taze betonun kalıp yüzeyine yapmış olduğu yanal basınçın hesaplanmasında farklı yaklaşımlar görülmektedir. Bunların en yaygın olarak kullanılanları ACI 347-78, CIRIA Report 108, DIN 18218, Gardner J., Department of Main Roads, Ertingshausen, Specth, Fransız ve Belçika kayar kalıp üreticileri, tarafından önerilen hesap yöntemleridir.

3.2.1. ACI 347-78'e göre beton yanal basıncı

Taze beton basınçlarının hesabında betonlama hızı ve taze beton sıcaklığı göz önüne alınmaktadır. ACI Comitte kalıbın, betonun tüm hidrostatik yanal basıncına göre tasarlanmasını tavsiye etmektedir.

$$P = w \cdot h \quad (3.1)$$

$$P = \text{yanal basınç} \dots \text{kgf/m}^2$$

$$w = \text{taze beton birim ağırlığı,} \dots \text{kg/m}^3$$

$$h = \text{plastik kıvamdaki betonun derinliği,} \dots \text{m}$$

Hızlı bir şekilde yerleştirilen betonlarda, örneğin kolonlarda, h yüksekliği olarak kalıbın toplam yüksekliğidir [22].

3.2.1.1. Betonarme perde duvar kalıpları üzerine gelen beton yanal basıncı

ACI 347-78, betonarme perde duvar kalıpları üzerine gelen yanal basıncı hesaplanmasında; beton içerisinde herhangi bir katkı olmayan çimento ile üretilmiş ve maksimum çökmesi 10-15 cm olan, 2400 kg/m³ birim ağırlığına sahip betonu esas almaktadır.

Kalıbın, yüzeyine gelen beton yanal basıncına göre dizaynı için;

$$P_m = 0,073 + \frac{8 * R}{T + 17,8} \quad \text{betonlama döküm hızı } R < 2 \text{ m/h} \quad (3.2)$$

$$P_m = 0,073 + \frac{11,78}{T + 17,8} + \frac{2,49 * R}{T + 17,8} \quad \text{betonlama döküm hızı } R = 2-3 \text{ m/h} \quad (3.3)$$

P_m = Maksimum yanal basınç, (kg/m²)

R = Beton döküm hızı, (m/h)

T = Taze beton sıcaklığı (°C)

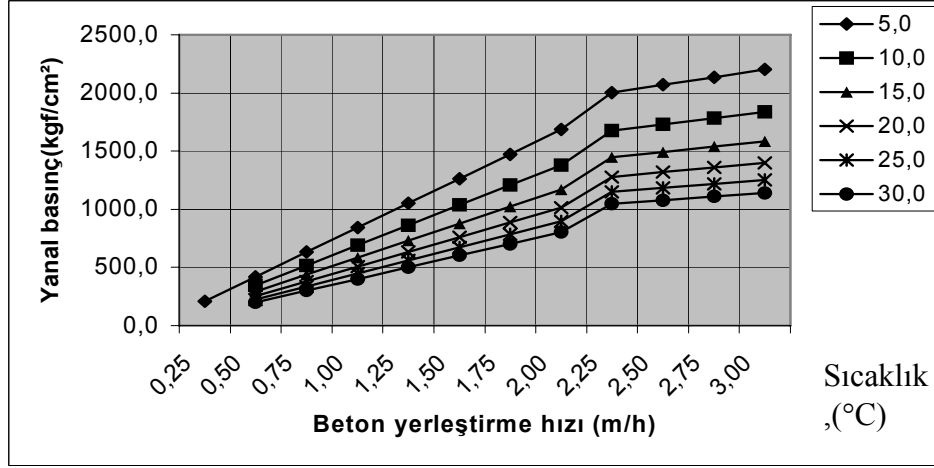
3.2 ve 3.3’de verilen bu denklemlerle hesaplanan yanal basınç değerleri 0,24xh’den büyük olamaz. Eğer doldurma hızı 3,05 m/h dan büyük ise maksimum basınç=0,24xh olur.

Çizelge 3-1. ACI 347 göre, beton döküm hızı ve sıcaklığına göre beton yanal basınç değerleri.

Beton Döküm hızı (m/h)	Belirtilmiş sıcaklıklar için maksimum yanal basınç (kgf/cm ²)*						
	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C
0,25	210,6						
0,50	421,1	345,4	292,8	254,0	224,4	200,9	
0,75	631,7	518,1	439,1	381,0	336,5	301,3	272,8
1,00	842,2	690,7	585,4	508,0	448,7	401,7	363,7
1,25	1052,7	863,4	731,8	635,0	560,8	502,2	454,6
1,50	1263,2	1036,0	878,1	762,0	673,0	602,6	545,5
1,75	1473,8	1208,7	1024,5	889,0	785,1	703,0	636,4
2,00	1684,3	1381,4	1170,8	1015,9	897,3	803,4	727,3
2,25	2004,9	1675,8	1447,1	1278,9	1149,9	1048,0	818,3
2,50	2070,5	1729,6	1492,6	1318,4	1184,8	1079,2	909,2
2,75	2136,0	1783,3	1538,2	1357,4	1219,7	1110,5	1000,1
3,00	2201,5	1837,1	1583,7	1397,4	1254,6	1141,7	1091,0

* Çökme miktarı 10 cm, birim ağırlığı 2400kg/cm² olan betonlar için geçerlidir.

Çizelge 3-2. Duvar kalıpları için, beton yerleştirme hızı, maksimum basınç ve beton sıcaklığı arasındaki ilişki [22].



3.1, 3.2 ve 3.3 verilen denklemler 2400 kgf/m^3 birim ağırlığı için verilmişti. Ancak 2400 kgf/m^3 'ten daha ağır veya hafif beton kullanıldığında daha az veya daha çok basınç hesaplanacaktır. Bunu düzeltmek için ACI tarafından bir düzeltme katsayısı verilmiştir.

$$P_{md} = \left[\frac{D'}{150} \right] \cdot P_m \quad (3.4)$$

P_{md} = Düzeltilmiş basınç, (kgf/m^2)

D' = Beton birim ağırlığı, (kgf/m^3)

P_m = 2400 kgf/m^3 göre hesaplanmış maksimum beton basıncı

3.2.2. Ciria Report 108'e göre beton yanal basıncı

Bu rapora göre kalıplarda maksimum beton yanal basıncının hesaplanmasında;

$$P_{b \max} = \gamma_b \left[C_1 \sqrt{V_b} + C_2 \cdot k \sqrt{h - C_1 \sqrt{V_b}} \right] \quad (3.5)$$

formülünün kullanımı önerilmektedir [5].

Formülde ;

$P_{\max}$ = beton yanal basıncı, kN/m^2

$C_1 = 1,0$ perde kalıplarında

= 1,5 kolon kalıplarında

$C_2 = 0,3-0,6$ çimento cinsi ve katkı maddelerine bağlı katsayısı (Çizelge 2),

$\gamma_b = \text{kN/m}^3$ olarak beton birim hacim ağırlığı,

h = kalıp yüksekliği(betonlama yüksekliği), (m)

$$k = \left(\frac{36}{T + 16} \right)^2 \text{ sıcaklık katsayısı,} \quad (3.6)$$

V_b =beton döküm hızı [m/h],

T = taze beton sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$],

olarak verilmektedir [24] .

Çizelge 3-3.Çimento cinsi ve katkı maddelerine bağlı C_2 katsayılar

Betonlarda kullanılan çimentolar için C_2 katsayıları	
PÇ , EPÇ veya SDÇ birlikte katkılar	0,3
PÇ , EPÇ veya SDÇ birlikte katılar ,priz geciktiriciler	0,3
CC,KÇ, PZÇ/B, Traslı, Uçucu küllü Çimentoları	0,45
KZÇ/A,KZÇ/B,Yüksek alüminyumlu Çimentolar	0,6

PÇ : Portlant Çimentosu, (TS 19)

EYÇ :Erken Dayanımlı Yüksek Çimento, (TS 3646)

SDÇ: Sülfata Dayanıklı Çimento, (TS 10157)

CC : Cüruf Çimentosu, (TS 20)

KÇ : Katkılı Çimento, (TS 10156)

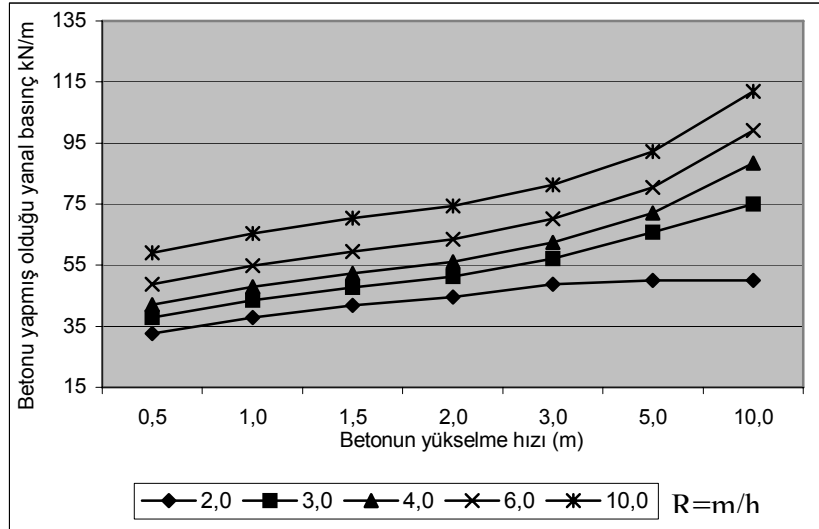
PZÇ/B : Puzolanik Çimento, (TS 12144)

KZÇ/A ,KZÇ/B :Kompoze Çimentolar, (TS 12142)

Çizelge 3-4. Ciria Report 108'e göre 5°C için beton yanal basıncı değerleri, kN/m²

Betonun yükselme hızı (m/h)	Beton dökülen kalıbın yüksekliği (m)				
	2,0	3,0	4,0	6,0	10,0
0,5	32,67	37,87	42,02	48,72	59,05
1,0	37,80	43,52	47,91	54,87	65,41
1,5	41,80	47,79	52,39	59,56	70,28
2,0	44,51	51,32	56,14	63,50	74,39
3,0	48,71	57,11	62,34	70,09	81,26
5,0	50,00	65,73	72,00	80,45	92,13
10,0	50,00	75,00	88,53	99,15	111,99

Çizelge 3-5. Ciria Report 108'e göre 5°C deki beton yanal basınç grafiği

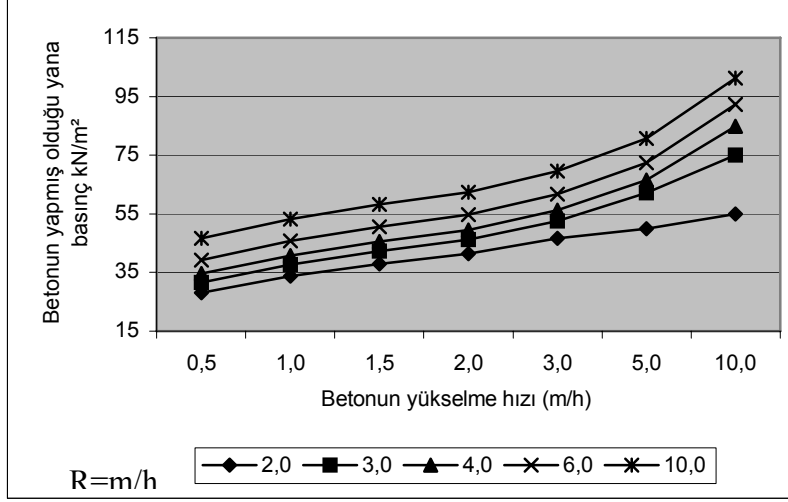


$C_1=1.0$, $C_2=0.3$ ve 5°C değerleri esas alınarak, 3.5 nolu formül ile hesaplanan verileri göstermektedir. (Çizelge 3.4 ,Çizelge 3.5)

Çizelge 3-6. Ciria Report 108'e göre 10°C için beton yanal basıncı değerleri, kN/m²

Betonun yükselme hızı (m/h)	Beton dökülen kalıbın yüksekliği (m)				
	2,0	3,0	4,0	6,0	10,0
0,5	28,01	31,67	34,59	39,31	46,57
1,0	33,71	37,73	40,82	45,71	53,13
1,5	37,94	42,33	45,57	50,61	58,16
2,0	41,37	46,17	49,55	54,73	62,39
3,0	46,60	52,50	56,19	61,63	69,49
5,0	50,00	62,15	66,56	72,50	80,72
10,0	55,00	75,00	84,78	92,25	101,29

Çizelge 3-7. Ciria Report 108'e göre 10°C deki beton yanal basınç grafiği

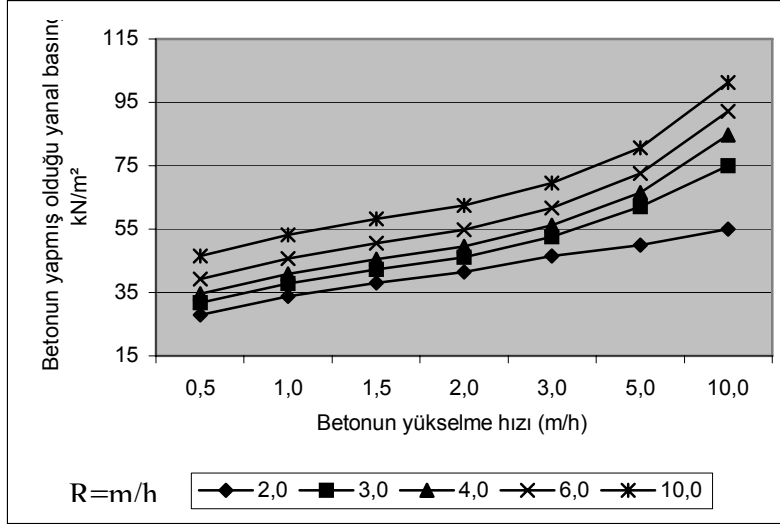


$C_1=1.0$, $C_2=0.3$ ve 10°C değerleri esas alınarak, 3.5 nolu formül ile hesaplanan verileri göstermektedir. (Çizelge 3.6 ,Çizelge 3.7)

Çizelge 3-8. Ciria Report 108'e göre 15°C için beton yanal basıncı değerleri

Betonun yükselme hızı (m/h)	Beton dökülen kalıbın yüksekliği (m)				
	2,0	3,0	4,0	6,0	10,0
0,5	28,01	31,67	34,59	39,31	46,57
1,0	33,71	37,73	40,82	45,71	53,13
1,5	37,94	42,33	45,57	50,61	58,16
2,0	41,37	46,17	49,55	54,73	62,39
3,0	46,60	52,50	56,19	61,63	69,49
5,0	50,00	62,15	66,56	72,50	80,72
10,0	55,00	75,00	84,78	92,25	101,29

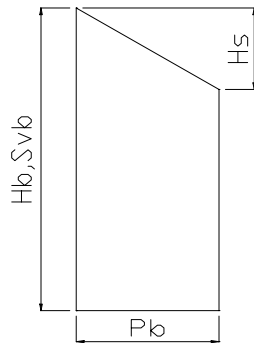
Çizelge 3-9. Ciria Report 108'e göre 15°C'deki beton yanıl basınç grafiğı



$C_1=1.0$, $C_2=0.3$ ve 15°C değerleri esas alınarak, 3.5 nolu formül ile hesaplanan verileri göstermektedir. (Çizelge 3.8 ,Çizelge 3.9)

3.2.3. DIN 18218'e göre beton yanıl basınç

Taze beton yanıl basınçlarının hesabında beton sınıfları, betonlama hızı, beton birim ağırlığı, priz süresi, vibrasyon durumu göz önüne alındığında, taze beton basınçlarının kalıp yüksekliğı boyunca dağılımı Şekil 3-3'de görülen diyagramda verilmiştir.



Şekil 3-3.DIN 18218'göre taze beton yanıl basınç dağılımı

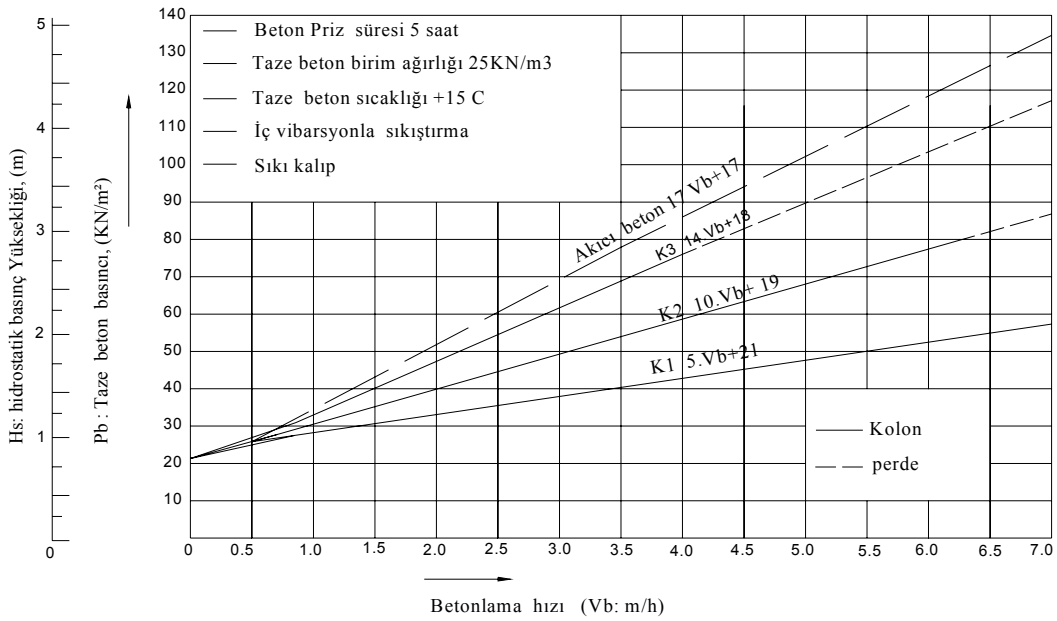
P_b = maksimum basınç değeri ve h_s hidrostatik basınç yüksekliğı beton sınıflarına ve V_b betonlama hızına bağılı olarak Şekil 3-1'deki diyagramdan alınabilir. Diyagramda verilen şartlardan birinin veya birkaçının değışmesi durumunda P_b ve h_s değeri

Çizelge 3-12. Beton Birim hacim ağırlıklarına göre düzeltme faktörleri

γ_b kN/m ³	α	γ_b kN/m ³	α
10	0.40	24	0.96
12	0.48	25	1.00
14	0.56	26	1.04
16	0.64	28	1.12
18	0.72	30	1.20
20	0.80	35	1.40
22	0.88	40	1.60

Formül 3.7 , 3.8 ve 3.9 kullanılarak, beton priz süresi 5 saat, taze beton birim hacim ağırlığı 25 kN/m³ taze beton sıcaklığı +15 °C ve iç vibrasyonlarla sıkıştırma için yanal basınç değerleri Çizelge 3-13’de görülmektedir

Çizelge 3-13. Beton döküm hızına ve çeşitli beton sınıflarına göre yanal basınç



3.2.4. Gardner J.'ye göre beton yanal basıncı

Gardner ayrıntılı deneysel çalışmaların sonucunda taze beton yanal basıncının hesaplanmasına yönelik formüller ortaya koymuştur. Gardner'ın formülü; $h \leq 1,0$ m, $d \leq 1000$ mm, vibrasyonun gücü 1-2,5 HP, vibrasyon süresi 0-5 dak, betonun sıcaklığı $T = 8-29^\circ\text{C}$, 28 günlük silindir basınç dayanımı $286-371 \text{ kgf/cm}^2$, çökme 50-220 mm, beton döküm hızı $R = 1,52-3,66 \text{ m/sa}$, katkı maddesi süper akışkanlaştırıcı, deney şartları altında geçerlidir [25].

Gardner formülü (1980,1984,1986)

$$P_{mak} = 24.h_i + \frac{3000HP}{d} + \frac{d}{40} + \frac{400.R^{0.5}}{18+T} \left[\frac{100}{100-\beta} \right] + \frac{\Delta-75}{10}, (Kpa) \quad (3.10)$$

$$P_{mak} \leq 24.h \text{ (Kpa)}$$

P_{max} : Maksimum yanal basınç, Kpa

h_0 : Maksimum yanal basıncın oluşturduğu yükseklik, m

h : Kalıbın yüksekliği, m

h_i : Vibratörün batma derinliği, m

R : Beton dökme hızı, m/sa

T : Beton sıcaklığı, $^\circ\text{C}$

B : Uçucu kül veya curuf miktarı (yüzde olarak ağırlıkça)

Δ : Çökme miktarı, mm

Kalıp tasarımı için Gardner formülü (1986);

$$P_{mak} = 24.h_i + \frac{d}{40} + \frac{400.R^{0.5}}{18+T} \left[\frac{100}{100-\beta} \right] + \frac{\Delta}{10}, (Kpa)$$

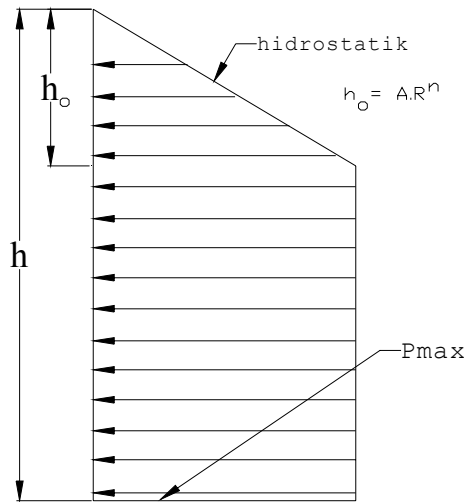
Normal betonlar için yaklaşık yanal taze beton basıncı; formül 3.10 yerine konulmasıyla aşağıdaki formül elde edilir.

$H_i = 1\text{ m}$, $d=300\text{ mm}$, $T=15^\circ\text{C}$, $\beta=0$, $\Delta=75\text{ mm}$ için;

$$P_{\text{mak}} = 39 + 12.12 R^{0.5} \text{ (Kpa)} \quad (3.11)$$

Çizelge 3-14. Gardner formülüne göre hesaplanmış maksimum beton yanal basınçları

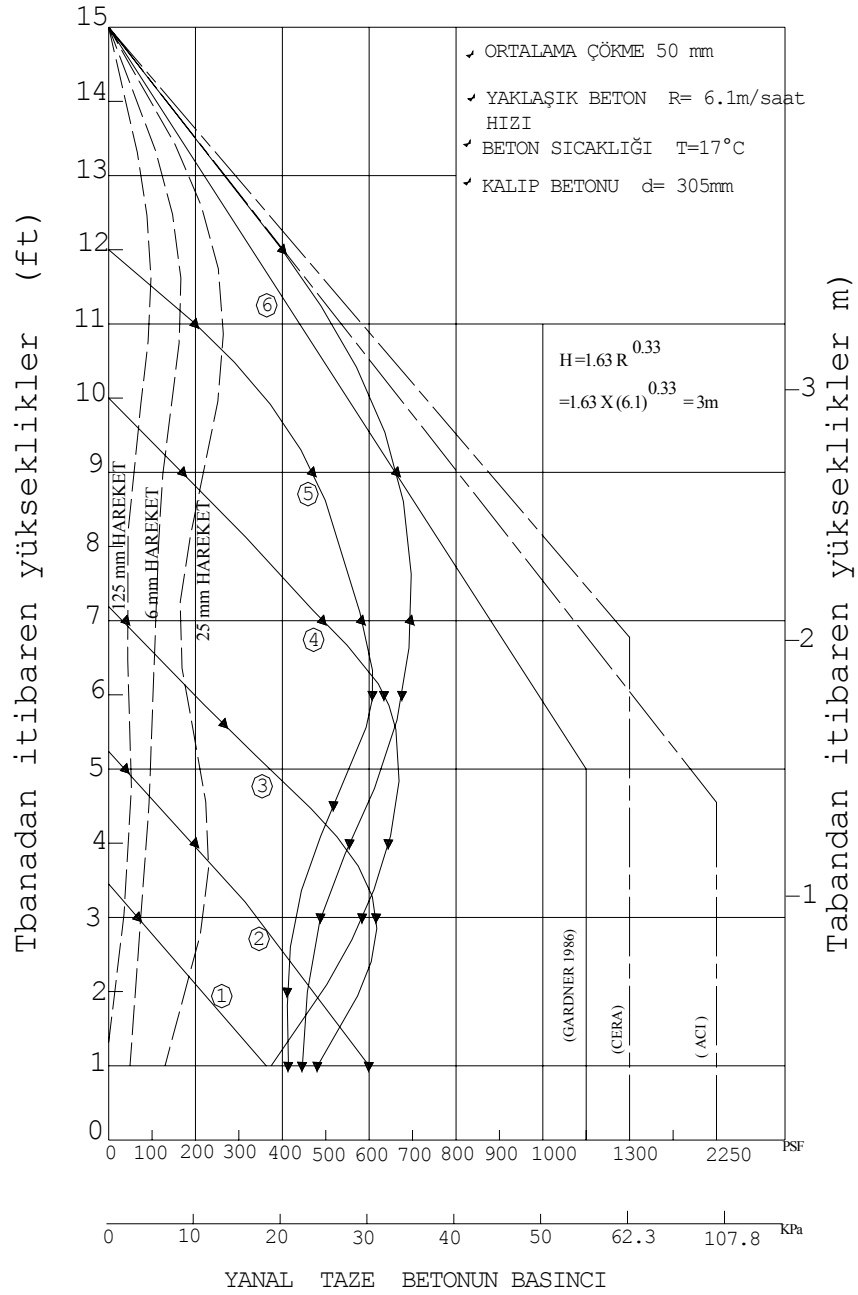
R (m/saat)	1	2	3	4	5	6
P_{mak} (Kpa)	51	56	60	63	66	69



Burada;
 h_0 =hesaplanmasında
 Rodin kullanmış olduğu
 amprik formüllerdir
 $A=1,63$ $n=0,33$

Şekil 3-4. Gardner'ın 1979 da deneysel çalışma sonuçları

Kalıp tasarımı için yanal basınç eğrisi hidrostatik basınçta olduğu gibi kabul edilebilir. Bu basınç kalıp üst noktasında sıfır değer alırken, daha sonra bir limit değerine ulaşır ve kalıp tabanına kadar sabit kalır (Şekil 3.4). Yanal basınç, betonun yoğunluğu, çökme miktarı, uçucu kül, katkıları, döküm hızı, vibrasyon ve beton ısı ile arttıkça artar.



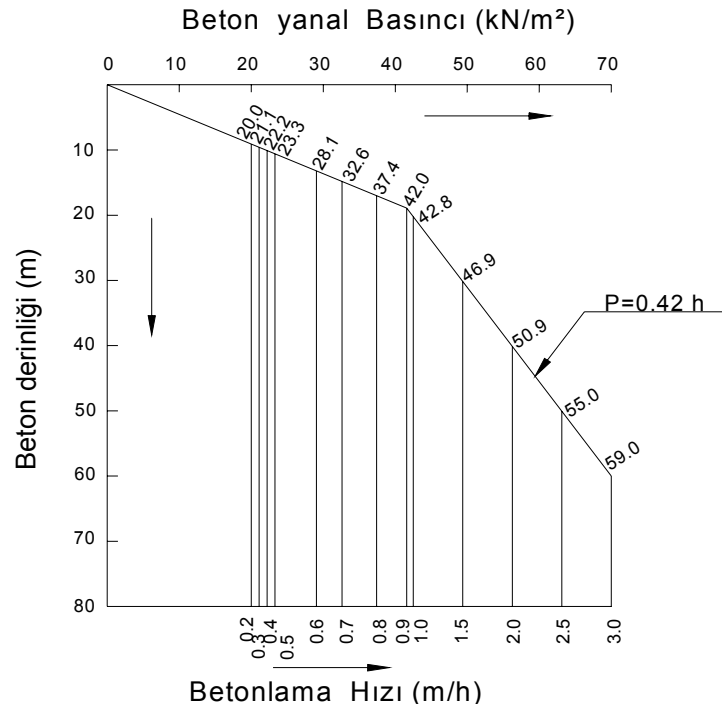
Şekil 3-5. Gardner'ın 1979'da deneysel olarak ölçülen taze beton yanal basınç değerleri

Perde duvar kalıplarının tasarımında güvenli ve ekonomik olabilmek için yeteri derecede hassas konservatif yaklaşımların sınırlarını iyi belirlemek gerekmektedir [26]. Günümüzde kalıplara etki eden beton yanal basınçların konservatif için yaklaşımla hesaplandığı görülmektedir [27].

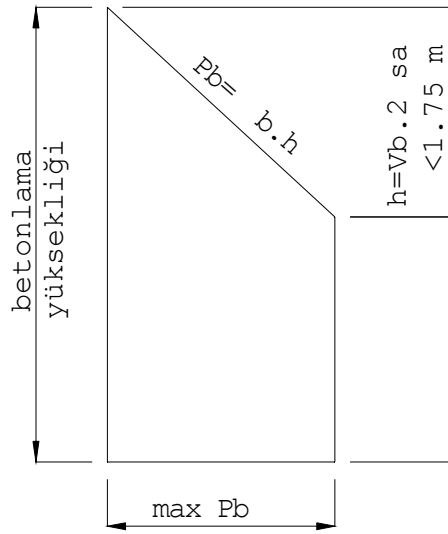
3.2.5. Department Of Main Roads göre beton yanal basıncı

Beton yanal basınç için, Avusturya “Department Of Main Roads” tarafından DMR diyagramı olarak isimlendirilen bir diyagram önerilmiştir (Şekil 3-6). Bu diyagramdan beton üst yüzeyinden itibaren h derinliğinde oluşan maksimum taze beton basıncı $P_{b_{max}}$, betonlama hızına bağlı olarak seçilebilmektedir. Beton dökümü takip eden ilk iki saatte 24 kN/m^3 birim ağırlıklı betonda betonlama hızının $v_b = 0,9 \text{ m/h}$ değeri için 1,75 m derinliğe kadar hidrostatik basınç almaktadır. Bu noktadan itibaren 3 m/h betonlama hızına ve 5,80 m beton derinliğine kadar $p_b = 0,42 \cdot h$ ’lik azaltılmış basınç değeri esas alınmaktadır.

Bu sınır değerlerin üstündeki taze beton basınçları Şekil 3.6’de gösterildiği gibi üçgen-dikdörtgen bir diyagram olarak şekillenmektedir. Beton birim hacim ağırlığının 24 kN/m^3 farklı olması durumunda $\gamma_b/24$ oranında ve iç vibrasyon uygulanması durumunda %10 bir artırım gerekmektedir [17].



Şekil 3-6. DMR diyagramı



Şekil 3-7. Yüksek Betonlama hızları için ($V_b > 3$ m/h) DMR tarafından önerilen taze beton basınç dağılımı

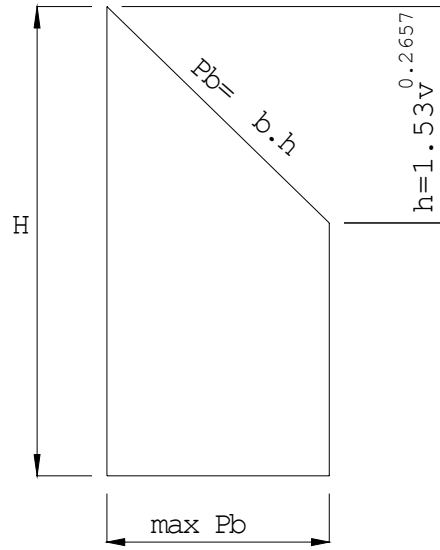
3.2.6. Ertingshausa göre beton yanal basıncı

Ertingshausen'in önerisine göre taze beton basınçlarında esas parametre betonlama hızıdır. Taze beton basınçları V_b [m/h] betonlama hızının 4 m/h den büyük veya küçük oluşuna göre ampirik iki formül ile verilmiştir.

$$V_b \geq 4 \text{ m/h için } P_b = 30 \cdot \sqrt{V_b} \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad (3.12)$$

$$V_b < 4 \text{ m/h için } P_b = 30 \cdot \sqrt{V_b} \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad (3.13)$$

Formül 3.12 ve 3.13'de γ_b beton birim hacim ağırlığı 24 kN/m³ olarak kabul edilmiştir. Yükseklik boyunca taze beton basınçlarının dağılımı Şekil 3.8'de görüldüğü gibidir. Bu sonuçlar katı kıvamdaki betonlar için uygun sonuçlar vermekte olup plastik kıvamdaki betonlar için ise sonuçlar düşük kalmaktadır [17].



Şekil 3-8. Ertingshausen'e göre taze beton yanal basınçları dağılımı

3.2.7. Spect'e göre beton yanal basıncı

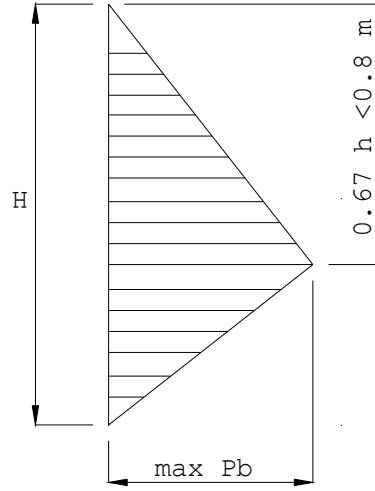
Spect'in önerisine göre katı ve plastik betonlar için maksimum taze beton yanal basıncı P_b betonlama hızını [m/h] bağlı olarak ;

$$\text{Max } P_b = 7,5 v_b + 21 \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad (3.14)$$

Bağlantısı ile ifade edilmiştir. İçerdiği sabit terimden dolayı düşük betonlama hızlarında bir minimum taze beton basınç değeri göz önüne alınabilmektedir [16].

3.2.8. Fransız ve belçika kayar kalıp inşaatçılarına göre beton yanal basıncı

Fransız ve Belçika kayar kalıp inşaatçılarına göre beton yanal basıncı, kayar kalıp basıncı dağılımı $0,67 \times h$ ($\leq 0,80$ m) yüksekliğe kadar hidrostatik basınç şeklinde, bu noktadan itibaren alt uçta sıfıra inen lineer iki doğru gibi alınabilmektedir. [17] (Şekil 3.7).



Şekil 3-9. Fransız ve Belçika kayar kalıp inşaatçıların önerdiği kalıplarda taze beton basınç dağılımı

Ayrıca yamaçlardaki yumuşak zeminleri tutmak için bentonit kullanılır. Bentonit kullanılarak yapılan diyagram, duvarlara etki eden yatay basınçlar, kalıplara etki eden yatay basınçlar hesaplama yöntemiyle belirlenmiştir. kritik derinliğinin etki eden en önemli unsur betonun sıvı gibi basınç yaparak yanal basıncı artırmasıdır[11]. 20 m'ye kadar derinlikte olan duvarlar kritik derinlik kabul edilebilir. Taze beton yanal basıncı dağılımının, ikili lineer şekilde ve kritik derinliğinde duvar derinliğinin 1/3 ü olarak alınması önerilmektedir [28].

4. TASARIM TEKNİKLERİ

Kalıplar, üzerine gelen betonun oluşturduğu basınca karşı dayanmalıdır. Bu yüzden kalıp şekilleri tasarlanırken mühendislik ilkelerine özen gösterilir. Kalıp elemanların boyutları ve açıklıklarının seçimi, varsayımlarla ya da fikir yürütmeler ile yapıldığı takdirde, beklenen sonuçlar elde edilmeyebilir. Yetersiz boyutsal düzenlemeler, şekillerin başarısızlığı ile sonuçlanırken; aşırı boyutlandırmalar ise yüksek derece maliyete neden olabilir.

Uygun bir biçimde kalıpları oluşturmak için bazı kesin ve temel bilgilere ihtiyacımız vardır. Kalıp elemanları için kullanılmış malzemelerin fiziki özelliklerinin bilinmesinin yanı sıra; kalıp elemanların üzerindeki, dinamik ve statik etkilerin bilinmesi gerekir.

4.1. Kalıpta Kullanılan, Ahşap İnşaat Malzemesinin Emniyet Gerilmelerinin Hesaplanması

Eğilmeye ve makaslamaya çalışan kiriş adını verdiğimiz taşıyıcı elemanlar, ahşap inşaat, yapıma şekillerine ve mesnet tiplerine göre çok çeşitlidirler bunlardan bazıları ;

- a- Basit kiriş
- b- Kamalı kiriş
- c- Çivili kirişler
- d- Kafes kirişler

Yukarıda sayılan kirişler, pratikte en çok kullanılan kiriş şekilleridir. Betonarme perde kalıplarda kullanılan ahşap malzemeler daha çok basit kiriş hesaplarıyla çözümlenerek yapılır. Basit kirişin çözümü nasıl yapılacağı aşağıda anlatılmıştır.

3.1. Basit Kiriş

İki mesnet üzerinde serbestçe oturan bu iki kirişlerde en kesit, tek parçalı, en kesit şekilde dikdörtgen veya daire tarzındadır. Daire en kesitler, daha ziyade,

geçici bir süre kullanılacak elemanlar için uygulanır. Daimi yapılarda, daha çok dikdörtgen kesit kullanılır.

Dikdörtgen kesitli ahşap basit kirişlerin ekonomik olması için kesitin B genişliği ile H yüksekliği arasında $\frac{B}{H} = \frac{1}{\sqrt{2}}$ oranının, $\frac{L}{300}$ sehimi şartı

bakımından da $\frac{B}{H} = \frac{4}{7}$ oranının bulunması gerekir.

Basit kirişlerin hesabında takip edilecek sıra şöyledir:

Kirişte max M , ve max Q statik tesirleri ve

$$I_x = \frac{bh^3}{12} \dots\dots\dots \text{atalet momenti,}$$

$$W_x = \frac{bh^2}{6} \dots\dots\dots \text{mukavemet momenti,}$$

$F = b \cdot h$ alanı hesaplanır. Sonra da tahkikler yapılır.

$$\sigma_e = \frac{\max M}{W_x} \leq \sigma_{em} \quad \text{eğilme gerilmesi} \quad (4.1)$$

$$\tau = \frac{\max Q \cdot S}{b \cdot I} \quad S = \frac{bh^2}{6}, \quad I = \frac{bh^3}{12}$$

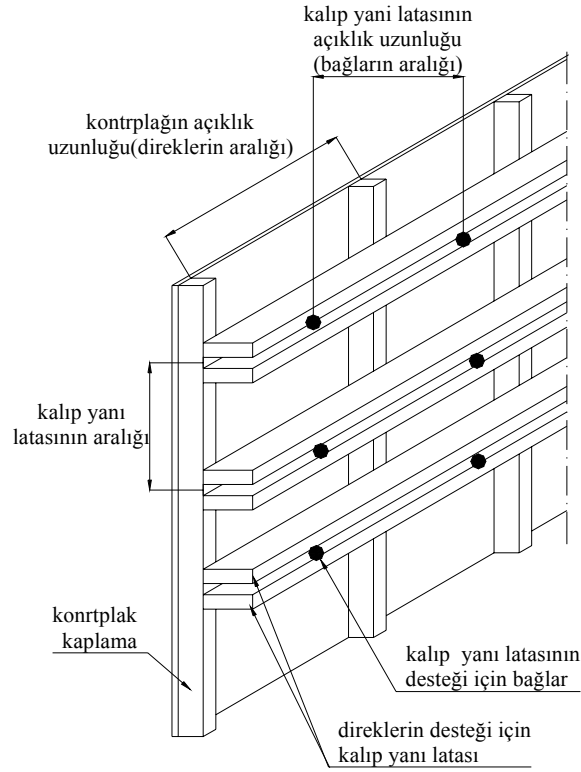
$$\tau = \max Q \cdot \frac{\frac{bh^2}{8}}{b \cdot \frac{bh^3}{12}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{\max Q}{F} \text{ 'den}$$

$$\tau = \frac{3}{2} \cdot \frac{\max Q}{F} \leq \tau_{em}, \quad \text{makaslama gerilmesi} \quad (4.2)$$

$$f = \frac{5}{48} \cdot \frac{\max M \cdot l^2}{E \cdot I} \leq f_{em} = \frac{l}{k}, \quad \text{sehim} \quad (4.3)$$

tahkikleri yapılır [29].

Formül 4.1, 4.2 ve 4.3 deki tahkikler aşağıdaki işlemler takip edilerek tekrarlanır.



Şekil 4-1. Duvar kalıp şekli tamamlayıcılardan aralıkları ve açıklık uzunluğu

Kalıp tasarımı aşağıdaki gibi yapılmalıdır.

- Betonun sıcaklığı, kalıba yerleştirme hızı, kalıbın yüksekliği, betonun yoğunluğu ve kıvamı,vb. kullanılarak betonun maksimum yanal basıncını belirlenmesi.
- Dikme aralıkların belirlenmesi (kontrplağın dayanım ve sehim hesabı yapılarak belirlenmesi).
- Kuşak aralıkların belirlenmesi (dikmelerin dayanım ve sehim hesabı yapılarak).
- Dikme ve kuşak elamanların mukavemetin kontrol edilmesi
- Kuşakların taşıyamadığı dayanım basıncına göre ankraj çubuklarının uzaklıkları ve kalınlıklarının belirlenmesi [2].

5. AUTOLISP KULLANILARAK BETONARME PERDE KALIPLARIN BİLGİSAYAR DESTEKLİ PARAMETRİK TASARIMI

Literatür kapsamında yapılan araştırmalar AutoCAD R14 tasarım sisteminde uygulanmıştır. Geliştirilen bilgisayar programı ise AutoCAD R14 altında çalışan AutoLISP programlama dilinde yazılmıştır.

LISP, yapay zeka çalışmalarında kullanılan bir programlama dilidir. List Processing'in (liste işleme) kısaltılmış ifadesidir. AutoLISP ise LISP'in Autocad ile kullanılabilecek şekilde uyarlanmış halidir. AutoLISP sayesinde kullanıcıların AutoCAD'e yeni komutlar eklenmesi, kişiselleştirilmesi ve ondan artan bir verim elde edilmesi mümkündür. Tabi ki yeni komutlardan kastedilen, kullanıcının AutoLISP fonksiyonlarını kullanarak hazırladığı program dosyalarını AutoCAD ortamında çağırarak kullanılmasıdır [31].

AutoCAD, iki ve üç boyutlu tasarımı imkan vermesinin yanında kullanıcıların tasarım sistemine yeni özellikler kazandırılmasına imkan vermektedir. Bu özellikler yukarıda bahsedilen program çerçevesi ile mümkün olur. AutoLISP dili ile tasarımcının özel tasarım ihtiyaçlarına cevap verebilecek programlar yazılabilirken, daha hızlı ve kolay tasarıma giden yolda sisteme yeni özellikler kazandırabilmektedir.

AutoLISP fonksiyonlardan meydana gelen bir programlama dilidir. Esnek, genişletebilen ve etkileşimli bir programlama çerçevesine sahiptir. Programı kullanan kişi, kendi tanımlamış olduğu veya standart fonksiyonlardan seçtiği fonksiyonlarla yapmak istediği gerçekleştirilir [32]. Seçilen ve tanımlanmış olan bu fonksiyonlar, değişkenlere değer ataması ve bu değerlerin AutoLISP tarafından değerlendirilerek sonuçlar elde edilmesi mantığı ile çalışır [31].

Yapılan araştırma çerçevesinde AutoLISP programlama dilinin seçilmesinin nedenleri aşağıda belirtilmiştir [33,34].

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

5.1. Programın Hazırlanması

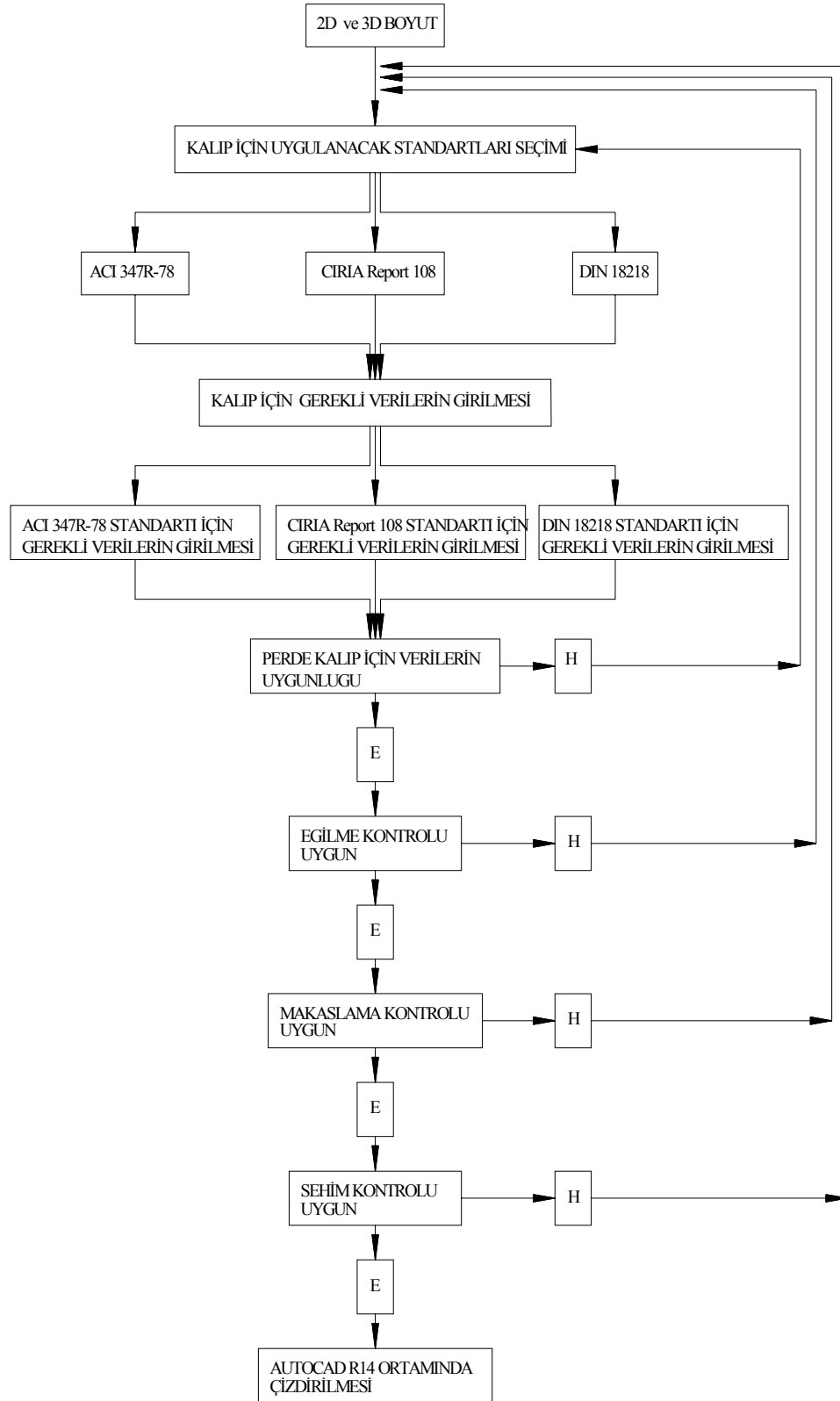
AutoLISP programlama dili hazırlanırken ilk önce elde veriler nelerin olduğu ve bunların nasıl yönlendirileceği planlanır. İki ve üç boyutlu tasarım algoritması aşağıda verilmiştir (Şekil 5.1).

5.2. Tasarım Programının Yüklenmesi

AutoLISP programlama dilinde yazılan AutoCAD çizim ortamında çalıştırılmasıyla için öncelikle yüklenmesi gerekir. Yükleme işlemi iki değişik şekilde yapılabilir. Birincisi; AutoCAD ortamında Command satırına aşağıda şekilde program adı yazılır ve çalıştıracak şifre de “KA” ise,

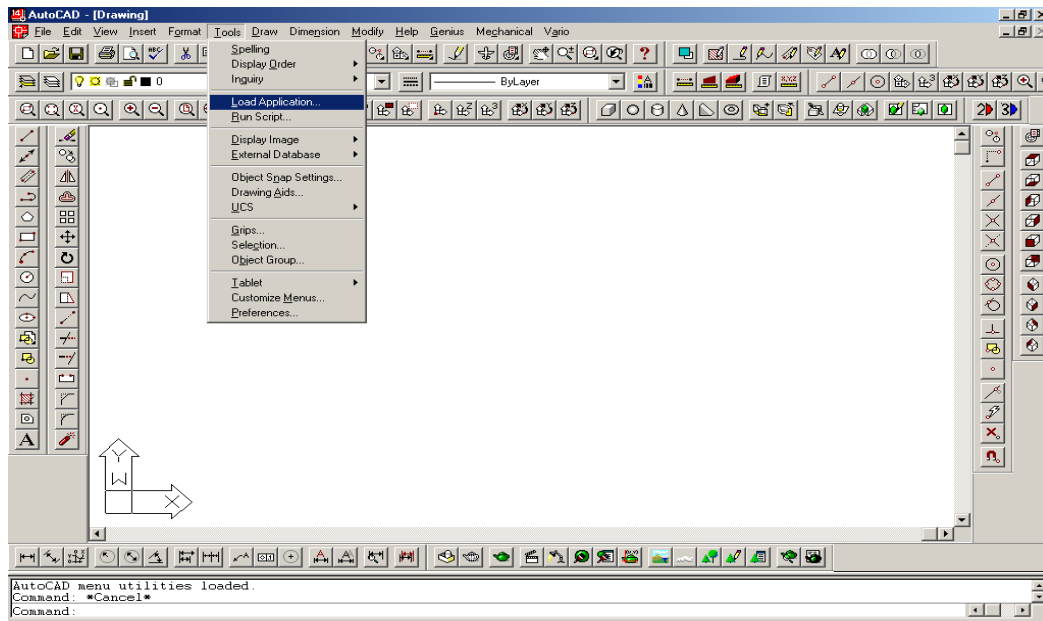
Command : (load “PERDE2D.LSP”) <enter>,

Şeklinde program yüklenir. Program da açık kalan parantez ve hata yoksa, “Command” satırı boş olarak tekrar ekrana gelir. Bu aşamadan sonra Command satırına Command: “KA” yazılarak “<enter>” tuşuna basıldığında “PERDE2D” programı çalışır.



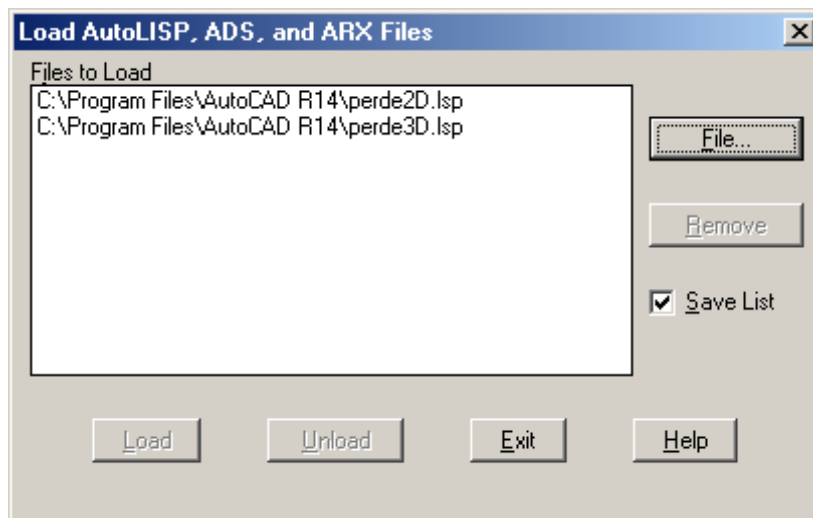
Şekil 5-1 Autolisp programının 2D ve 3D boyutlu betonarme perdelerin kalıp programını tasarlama algoritması

AutoLISP programının ikinci yükleme şekli ise “File” menüsü altında “Application” seçeneğinden gerçekleştirilir. Bu AutoCAD R12 programı için geçerli yükleme şeklidir. AutoCAD R14 sürümünde bu seçeneklere “Tools” menüsü altındaki “Load Application” komutuyla ulaşılır (Şekil 5.2).



Şekil 5-2. AutoCAD de Autolisp açılarak kullanılması

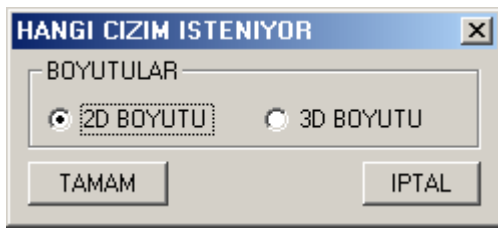
Seçimler yapıldıktan sonra ekrana .LSP uzantılı dosya adlarını veren bir diyalog kutusu çıkar. Bu diyalog kutusundan dosya adları ve istenilen dosya işaretlenip “Load” butonu seçilerek AutoLISP programları çizim ortamına yüklenmiş olur (Şekil 5.3).



Şekil 5-3. Hazırlanmış LSP uzantılı dosyalara ulaşılması

5.3. Tasarım Programının Kullanımı

Şekil 5.3’deki dosya yüklenmesi bittikten sonra program bilgisayara yüklenmiş olur. Programı çağırmak için 2D boyutlu giriş şifresi “KA” yazılarak aşağıdaki dialog kutusu ortaya çıkacaktır.(Şekil 5.4)



Şekil 5-4. Çizdirilecek boyutların seçilmesi

Boyut seçimi bittikten sonra Şekil 5.5’deki gibi bir dialog kutusu ortaya çıkar.

Bu çizelgenin;

- İlk aşamasında hangi beton yanal basınç hesap yöntemi yaptırılacağı seçilir. Bunlar; ACI 347-78, CIRIA Report 108 ve DIN 18218’dir.
- İkinci aşamada; kalıp elamanı ölçüleri hakkında detayı bilgiler girilir. Bunlar; kalıbın yüksekliği, boyutunu, perde betonun kalınlığını, yüzey malzemesinin liflere dik ve/veya paralel oluşu, yüzey kaplama malzemesinin kalınlığı ve/veya yüksekliğindeki değerler girilir.
- Üçüncü aşamada; dikme ve kuşaklarda kullanılan ahşap malzemenin eni ve boyutu hakkında bilgiler girilir.
- Dördüncü aşamada ise kalıp maliyeti hakkında bilgiler girilir. Bunlar; yüzey kaplama birim fiyatı, dikme ve kuşaklarda kullanılan ahşap malzemenin birim fiyatı ve ankraj çubuğunun birim fiyatları girilir.(Şekil 5.5)

BETONARME PERDE KALIP DIZAYNI v1.0

HESAP YAPILACAK STANDARTLAR

☒ A.C.I. 347-78 ☐ CIRA Reprot 108 ☐ DIN 18218

KALIP ELEMANLARININ OLCULERI HAKKINDA BILGILER

KALIP BOYUTLARI

KALIP YUKSEKLIGI K= (cm)

KALIP BOYUNU GIRINIZ UZ= (cm)

PERDE BETONUN KALINLIGINI W= (cm)

YUZEY MALZ. OZEL

☐ LIFLERE DIK ☐ LIFLERE PARALEL

YUZEY MALZ. KALIN. M= (cm)

YUZEY MALZ. YUKS. D= (cm)

LATANIN ENI B= (cm)

LATANIN BOYU H= (cm)

MALİYET ANALIZI

YUZEY KAPLAMA MALZEMESININ BIRIM FIYATI=.....(m³)

KIRISLERDE KULLANILAN MALZEMENIN BIRIM FIYATI=....(m³)

KALIPTA KULLANILAN ANKRAJ CUBUKLARIN =...(KG)

TAMAM

Şekil 5-5. Betonarme perde kalıp dizaynı için gerekli veriler

Tamam butonuna basıldıktan sonra Şekil 5.5’de gösterilen hesaplama yöntemlerini gösteren diyalog kutuları çıkacaktır.

Bu diyalog kutularının birincisi;

Şekil 5.6’da gösterilen ACI 347-78 göre beton standartıdır. Bu standartta girilmesi gerek değerler, beton döküm hızı ve sıcaklığı olarak görülmektedir. Bununla ilgili örnek Ek 1 içerisindeki örnek 2’de verilmiştir.

A.C.I. 347-78 PERDE KALIP DIZAYNI

A.C.I. 347-78 KALIP DEGERLERI

KUTLE BETONLARDA

Vb =

T =

PERDE BETONLARDA

Vb =

T =

KOLONLARDA

Vb =

T =

Vb= Betonlama hizi m/h
T=Sicaklik °C

TAMAM IPTAL

Şekil 5-6. ACI 347-78 göre beton yanal basınç için gerekli veriler

Yukarıda bulunan diyalog kutusunun AutoLISP kodları aşağıda verilmiştir.

;;;;;;;;;;;;; Aci347-78 değerleri tanımlanıyor;;;;;

```
defun aci_veri ( / dcl_id)
```

```
  (SETQ vb1 0.0)
```

```
  (setq t1 0.0)
```

```
  (setq dcl_id (load_dialog "KALIP1.dcl"))
```

```
  (if (not (new_dialog "KALIP1" dcl_id)) (exit))
```

```
  (set_tile "rad3" rtos vb1)
```

```
  (set_tile "rad4" rtos t1)
```

```
  (action_tile "rad3" "(setq vb1 atof $value)")
```

```
  (action_tile "rad4" "(setq t1 atof $value)")
```

```
  (action_tile "accept" "done_dialog")
```

```
  (action_tile "cancel" "exit")
```

```
  (start_dialog)
```

```
  (unload_dialog dcl_id)
```

```
  (acihesap)
```

Yanal basınç hesaplaması 3.2.1'deki konu başlığında gerekli bilgiler ışığında ACI 347-78 beton yanal basıncın hesaplanmasındaki AutoLISP kodu aşağıda verilmiştir..

```
;;;=== Aci347-78 yanal basınç değeri hesaplatılıyor =====
(defun acihesap ()
  IF(and (< vb1 2 )(> vb1 0))
    progn
      (setq pmax3 (* 8 vb1 ))
      (setq pmax2 (+ t1 17.8 ))
      (setq pmax1 (+ 0.073 (/ pmax3 pmax2)))
      (setq pmax4 (* pmax1 10000)) ;; burada 10000 kg/cm2 kg/m2
donusturuldu ;;;
      (setq pmax (* pmax4 (/ d 100))) ;üzerine gelen yanal basınç
  IF(and (>= vb1 2)(<= vb1 3))
    progn
      (setq pmax4 (/ 11.78 (+ t1 17.8 )))
      (setq pmax3 (* vb1 2.49 ))
      (setq pmax2 (/ pmax3 (+ t1 17.8 )))
      (setq pmax1 (+ 0.073 (+ pmax4 pmax2)))
      (setq pmax5 (* 10000 pmax1));; burada 10000 kg/cm2 kg/m2
donusturuldu ;;;
      (setq pmax (* pmax5 (/ d 100))) ; burası üzerine gelen yanal basınç
  IF (> vb1 3)
    progn
      (setq pmax2 (/ uz 100))
      (setq pmax1 (* 0.24 pmax2))
      (setq pmax3 (* 10000 pmax1))
      ;; burada 10000 kg/cm2 kg/m2 donusturuldu ;;;
      (setq pmax4 (/ k 100))
      (setq pmax (* pmax3 (/ d 100)));üzerindeki beton yanal basınç
      (princ "\n MAKSIMUM YANAL BASINC.....:")
      (princ pmax) ;(terpri)
      (PROMPT "..kg/m")
```

İkincisi ise CIRIA report 108 göre beton yanal basıncıdır. Bu kısım kendi içerisinde iki bölüme ayrılmıştır.

- Kullanılan formüldeki katsayılar; beton yoğunluğu, duvar katsayısı ve çimento çeşidi olarak görülmektedir.
- Betonun döküm hızı ve sıcaklığı olarak görülmektedir. Bununla ilgili örnek Ek 1 içerisindeki örnek 3’de verilmiştir.

CIRIA report 108, PERDE KALIP DIZAYNI

FORMULDEKİ KATSAYILAR

Lb = BETON YÖĞUNLUGU KN/m³ 0.0000

C1 = DUVAR İCİN KATSAYI (1.0) YAZINIZ 0.0000

C2 = PORTLAND CİMENTOSU (0.3) YAZINIZ 0.0000

DEĞİSKEN PARAMETRELER

T = BETON YERLESTİRME SICAKLIĞI °C 0.0000

Vb = BETONUN YERLESTİRME HIZI (m/h) 0.0000

BU DEĞERLER CIRIA REPORT 108'DEN ALINMIŞTIR

TAMAM IPTAL

Şekil 5-7. CIRIA report 108 göre beton yanal basıncını etkileyen değerler

Yukarıda bulunan dilaog kutusunun AutoLISP kodları aşağıda verilmiştir.

```
;;;;; Ciria Report 108 tanımlanıyor;;;;;
(defun ciria_veri ( / dcl_id)
  (setq lb 0.0)
  (setq c1 0.0)
  (setq c2 0.0)
  (setq tt 0.0)
  (setq vb 0.0)
  (setq dcl_id (load_dialog "KALIP2.dcl"))
  (if (not (new_dialog "KALIP2" dcl_id)) (exit))
  (set_tile "rad10" rtos lb)
  (set_tile "rad11" rtos c1)
  (set_tile "rad12" rtos c2)
  (set_tile "rad14" rtos tt)
  (set_tile "rad15" rtos vb)
  (action_tile "rad10" "(setq lb atof $value)")
  (action_tile "rad11" "(setq c1 atof $value)")
```

```

(action_tile "rad12" "(setq c2 atof $value)")
(action_tile "rad14" "(setq tt atof $value)")
(action_tile "rad15" "(setq vb atof $value)")
(action_tile "accept" "(done_dialog)")
(action_tile "cancel" "(exit)")

(start_dialog)
(unload_dialog dcl_id

```

Yanal basınç hesaplaması 3.2.2'daki konu başlığında gerekli bilgiler ışığında Ciria Report 108'e göre yanal basıncın hesaplanmasındaki AutoLISP kodu aşağıda verilmiştir.

```

;;;;;==== ciria 108 göre yanal basınç değeri hesaplatılıyor =====
(defun ciriahesap ()
  (setq pmax1 (* (sqrt vb) c1))
  (setq pmax2 (* (sqrt vb) c1))
  (setq pmax3 (- (/ K 100) pmax2))
  (setq pmax4 (expt pmax3 0.5))
  (setq tt1 (/ 36 (+ tt 16)))
  (setq tt2 (expt tt1 2))
  (setq pmax5 (* (* pmax4 tt2) c2))
  (setq pmax6 (+ pmax1 pmax5))
  (setq pmax7 (* pmax6 lb))
  (setq pmax8 (* 101.9716 pmax7))
  (setq pmax (* pmax8 (/ d 100)))

  (princ "\n MAKSIMUM YANAL BASINC.....:")
  (princ pmax) ;(terpri)
  (PROMPT "..kg/m")

```

Üçüncüsü ise DIN 18218 göre beton yanal basıncıdır. Bu standart da özellikle beton kıvamı oldukça önemlidir. Bu kıvama göre beton yanal basınç değerlerinin hesaplanması için beton döküm hızı değeri girilir. Bunlar; katı plastik ve akıcı beton kıvamı olmak üzere üçe ayrılır.(Şekil 5.8). Bununla ilgili örnek Ek 1 içerisindeki örnek 4'de verilmiştir.

DIN 18218 PERDE KALIP DIZAYNI

DIN 18218 KALIP DEGERLERI

KATI BETON KIVAMI

Vb = 0.0000
 $K1 = 5Vb + 21 \text{ kN/M}^2$

PLASTIK BETON KIVAMI

Vb = 0.0000
 $K1 = 10Vb + 19 \text{ kN/M}^2$

AKICI BETON KIVAMI

Vb = 0.0000
 $K1 = 14Vb + 18 \text{ kN/M}^2$

Beton Birim ağırlığı 25kN/M³
 Taze Beton sıcaklığı 15°C
 Priz Süresi 5 saat

TAMAM IPTAL

Şekil 5-8. DIN 18218 göre beton yanal basıncı için gerekli değerlerin girilmesi

Yanal basınç hesaplaması 3.2.3'daki konu başlığında gerekli bilgiler verilmiştir.

=====DIN 18218 verileri tanımlanıyor=====

```
defun din_veri ( / dcl_id)
  (setq vb1 0.0)
  (setq vb2 0.0)
  (setq vb3 0.0)
  (setq dcl_id load_dialog "KALIP3.dcl")
  (if (not (new_dialog "KALIP3" dcl_id)) (exit))
  (set_tile "rad20" rtos vb1)
  (set_tile "rad21" rtos vb2)
  (set_tile "rad22" rtos vb3)
  (action_tile "rad20" "(setq vb1 atof $value)")
  (action_tile "rad21" "(setq vb2 atof $value)")
  (action_tile "rad22" "(setq vb3 atof $value)")
  (action_tile "accept" "(done_dialog)")
  (action_tile "cancel" "(exit)")
  (start_dialog)
  (unload_dialog dcl_id)
```

Yanal basınç hesaplaması 3.2.2'deki konu başlığında gerekli bilgiler ışığında DIN 18218'e göre yanal basıncın hesaplanmasındaki AutoLISP kodu aşağıda verilmiştir.

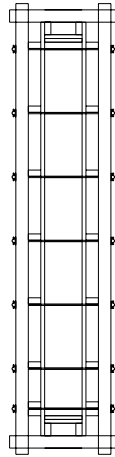
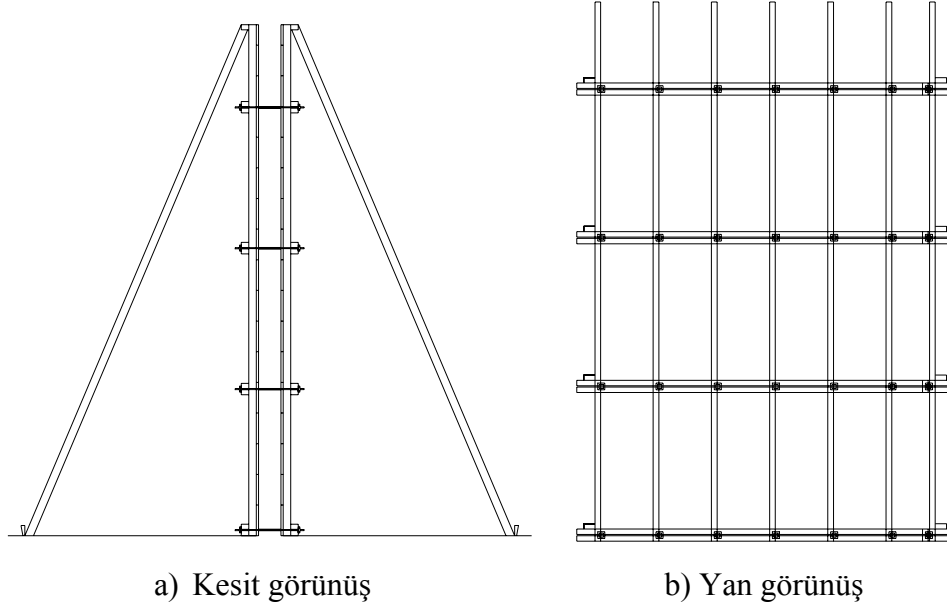
```

;;;;;;;;;DIN 18218 göre yanal basınç değeri hesaplatılıyor=====
(defun dinhesap
  (if(> vb1 0) (dk1))
  (if(> vb2 0) (dk2))
  (if(> vb3 0) (dk3))
;=====
(defun DK1
  (setq pmax2 (+ (* vb1 5 ) 21))
  (setq pmax1 (* pmax2 101.9716))
  (setq pmax (* pmax1 (/ d 100)))
  (princ "\n MAKSIMUM YANAL BASINC.:")
  (princ pmax) ;(terpri)
  (PROMPT "..kg/m")
;=====
(defun DK2
  (setq pmax2 (+ (* vb2 10 ) 19))
  (setq pmax1 (* pmax2 101.9716))
  (setq pmax (* pmax1 (/ d 100)))
  (princ "\n MAKSIMUM YANAL BASINC.:")
  (princ pmax) ;(terpri)
  (PROMPT "..kg/m")
;=====
(defun DK3
  (setq pmax2 (+ (* vb3 14 ) 18))
  (setq pmax1 (* pmax2 101.9716))
  (setq pmax (* pmax1 (/ d 100)))
  (princ "\n MAKSIMUM YANAL BASINC.:")
  (princ pmax) ;(terpri)
  (PROMPT "..kg/m")

```

Gerekli bütün veriler girildikten sonra program gerekli verileri alarak çalışmaya başlaması için Command satırında “BAŞLAMA NOKTASINI GİRİNİZ ” diye bir yazı gözükecektir. Bu yazıdan sonra AutoCAD in ekranında herhangi bir yere

tıklayarak program çalışmaya başlayacaktır. Çalışması bitince kalıbın kesitten görünüşü, üst görünüş, yan görünüşünü ve metrajını hesaplayarak çizme işlemini bitirecektir(Şekil 5-9).



	METRAJ		MALİYET	
KAPLAMA KERESTESİ (en x boy).....: 3 30	0.9	m³	0	TL
YATAY ve DUSEY KIRISLER (en x boy).....: 5 10	0.85	m³	0	TL
ANKRAJ CUBUGU (CAP).....: Ø 10	23.04	m	0	TL
MERKEZDEN MERKEZE DIKME ARALIĞI(DUSEY)....:	51.33	cm		
MERKEZDEN MERKEZE KUSAK ARALIĞI(YATAY)....:	137.88	cm		
MAKSIMUM BETON YANAL BASINCI.....:	853.92	kg/m		
EGİLME GERILMESİ.....:	62.5	kg/cm²		
MAKASLAMA GERILMESİ.....:	3.65	kg/cm²		
SEHİM DEGERİ.....:	0.2	cm		

d) kalıp hakkında bilgiler

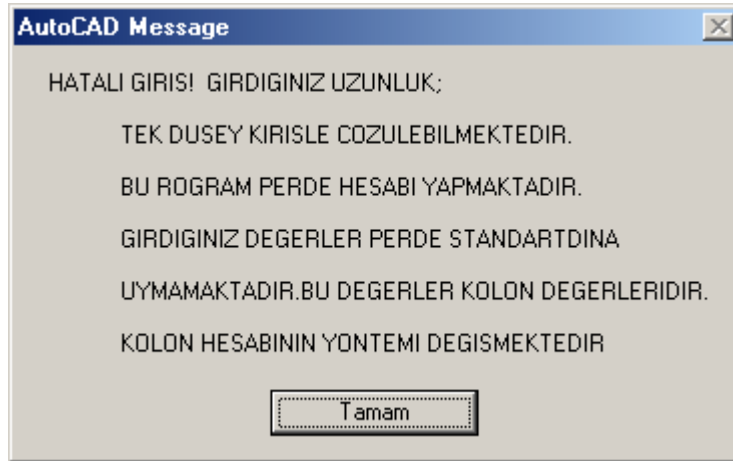
Şekil 5-9 Kkalıbın AutoCAD çizim sayfasında gözükken şekiller a,b,c ve d

5.4. Programın Düzgün Çalışması İçin Hata Mesajları

Bir çok program hazırlanış işlemi içerisinde program içerine birtakım kısıtlayıcı veriler yüklerler. Bunlar programın daha etkin ve hatasız çalışması içindir.

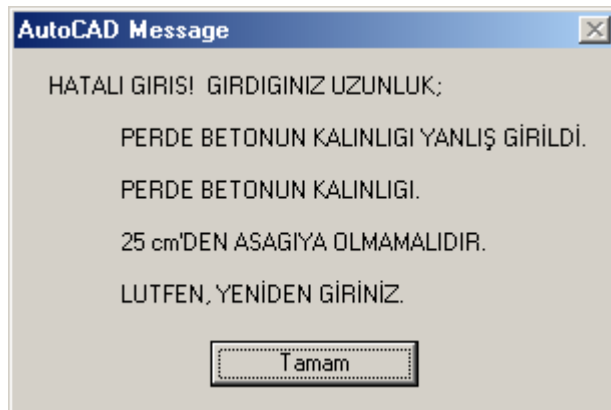
Bunlarda birincisi;

Perde uzunluğu genişliğinin 5 katından daha büyük kolonlar için tanımlanır. Hesabı yaptırılacak değerlerde bu tanım göz önüne alınarak perde olup olmadığı kontrol edilir ve hatalı ise aşağıdaki hata mesajı ortaya çıkar.



Şekil 5-10. Perde kalıp kontrolü

İkincisi ; yapılan araştırmalarda perde betonun kalınlığı 12 cm aşağıda yapılmadığı anlaşılmıştır. Bunu üzere programa aşağıdaki gibi bir hata mesajı hazırlanmıştır.



Şekil 5-11. Perde betonun kalınlığının kontrolü

üçüncüsü;

Kalıbın mukavemet hesaplarının kontrolüdür.

Bunlar

- Eğilme,
- Kesme
- Sehim tahkikleridir.

Bu tahkikler tasarım teknikleri bölümde anlatılan formüller kullanılmaktadır. Kontrolde 2.2 ve 2.3 konu başlıklı bölümde anlatıldığı gibi kontrol edilmiştir.(Çizelge 5.11)

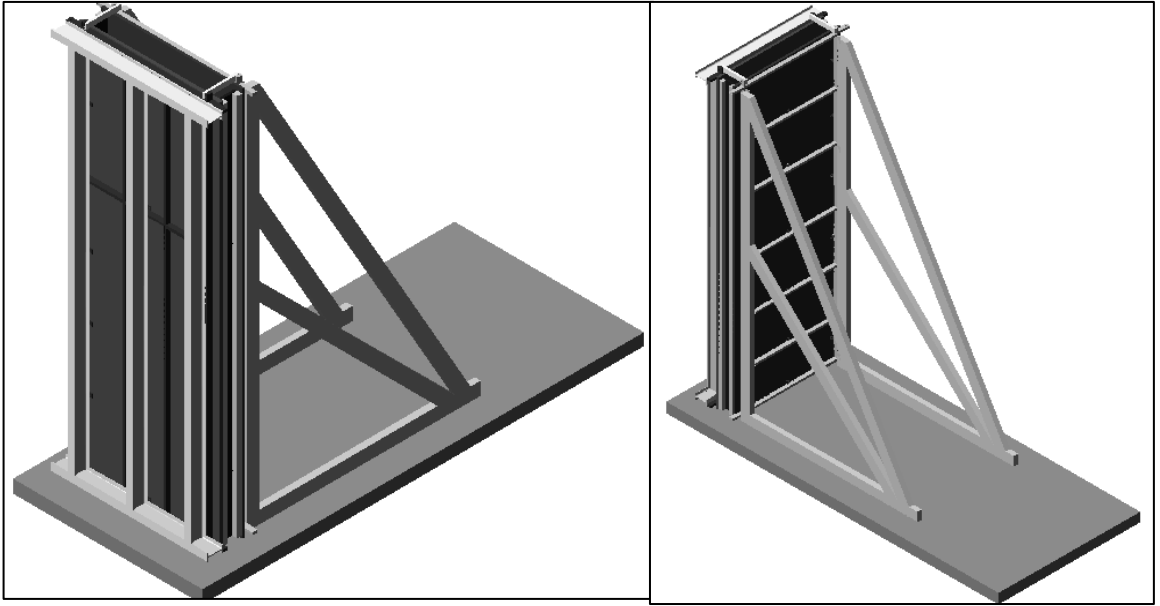


Şekil 5-12. Kesme gerilmesinin kontrolü

6. DENEYSEL UYGULAMA

6.1. Deney örneklerinin hazırlanması

Beton yanal basıncını ölçmek için 1 m genişlik ve 2 m yükseklikte beton dökümüne olanak sağlayacak 3 adet kontrplak yüzeyli duvar kalıbı hazırlanmıştır. Tasarımı yapılan sistem Şekil 6-1 de görülmektedir.



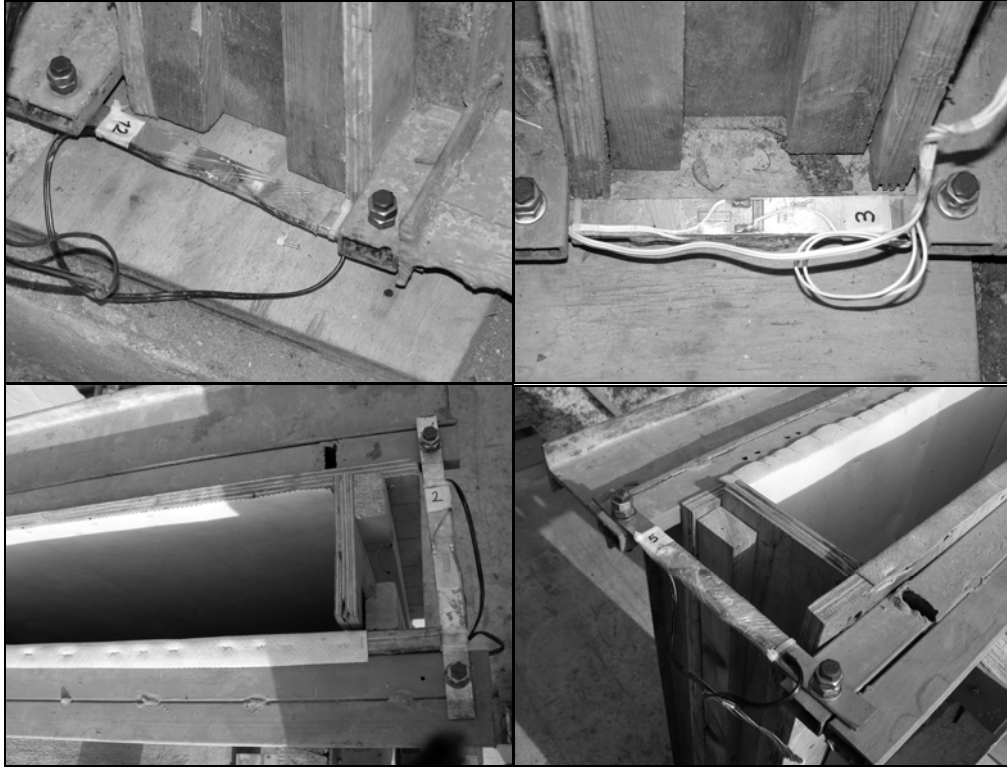
Şekil 6-1 Tasarımı yapılan perde duvar kalıbı perspektifleri

Kalıp yüzeylerinin birisi destek elemanları ile sabitlenecek, diğeri alt kısmı ise rulmanlar üzerine oturtulacak şekilde yapılmıştır (Şekil6-2).



Şekil 6-2 Perde duvar kalıpları

Her kalıp üst ve alt kısmından streingeç lamaları ile gerilerek bu bölgelerde toplam 12 noktada 12 streingeç laması ile yanal basınç değerleri ölçülmüştür (Şekil 6-3).



Şekil 6-3 Kalıpların alt ve üst kısımlarına yerleştirilen streingeç lamaları

6.2. Beton döküm işlemleri

Beton transmikser ve pompa ile 3 tabaka halinde dökülmüştür (Şekil 6-4). Her tabaka üç noktadan iç poker vibratör kullanarak sıkıştırılmıştır. Döküm hızı 1 m/h olacak şekilde beton döküm işlemi gerçekleştirilmiştir. Beton dökümü sırasında ve döküm işlemlerinin tamamlanmasından sonra, beton ve hava sıcaklıkları ölçülmüştür. Ölçülen beton ve hava sıcaklıkları Tablo-1’de verilmiştir.



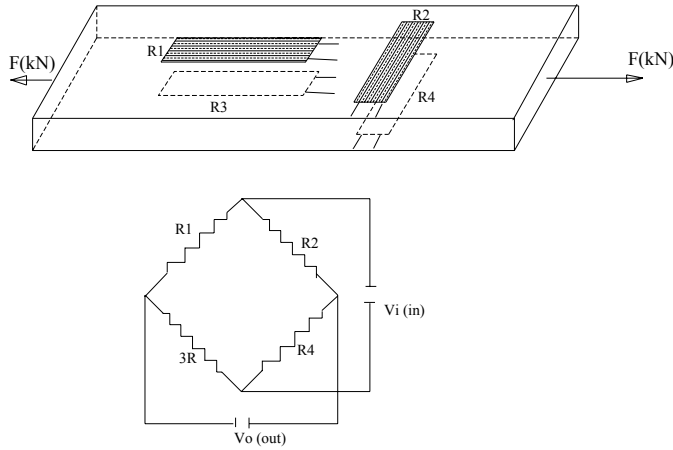
Şekil 6-4 Transmikser ve pompa yardımı ile betonun kalıplara dökülmesi

Tablo-1 Döküm sırasındaki beton ve hava sıcaklıkları

Hava sıcaklıkları (°C)		Nisbi Nem (%)		Beton sıcaklığı (°C)
Döküm öncesi	Döküm sonrası	Döküm öncesi	Döküm sonrası	
27,3	22,8	46	50	18,1

6.3. Yanal basınç deneyi

Yanal basıncın ölçülebilmesi için streingeç lamaları hazırlanmıştır. Şekil 6-5’de görüldüğü gibi, çekme çubuğu oluşturmak amacı ile, lamalar üzerinde tam köprü streingeç devresi kurularak (Dolly W.J. et all) oluşturuldu..



Şekil 6-5 Lama üzerinde streingeçlerin düzeni ve tam köprü devresinin görünüşü



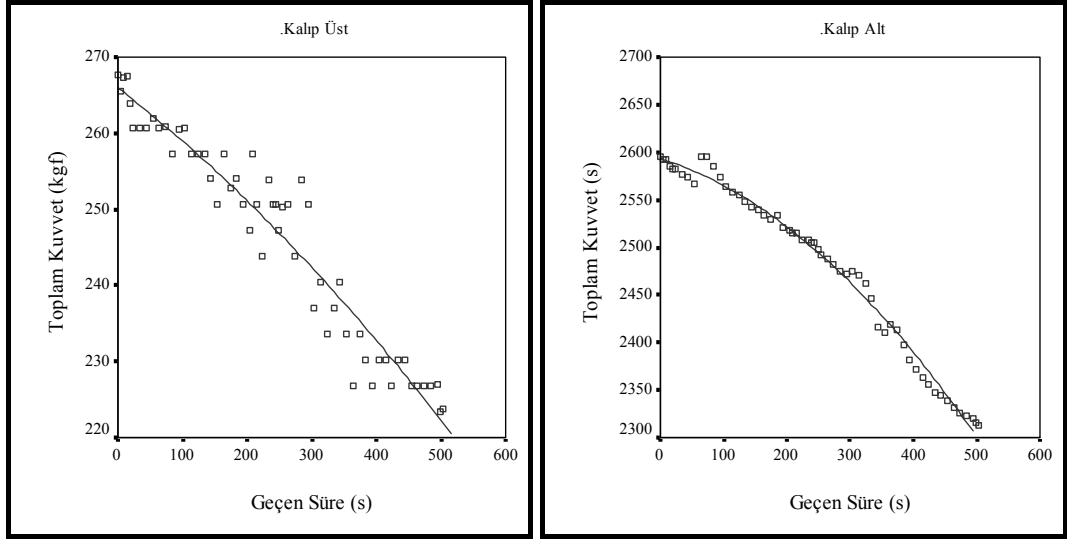
Şekil 6-6 Streingeç lamaları belirli kuvvetler uygulayarak kalibrasyonu ve kalıplara yerleştirildikten sonra kontrol işlemleri

Streingeç lamaları belirli kuvvetler uygulayarak kalibre edilmiştir (Şekil 6-6). Streingeç devreleri beton döküm öncesi kalıplar üzerine yerleştirilerek data logera bağlanmıştır.

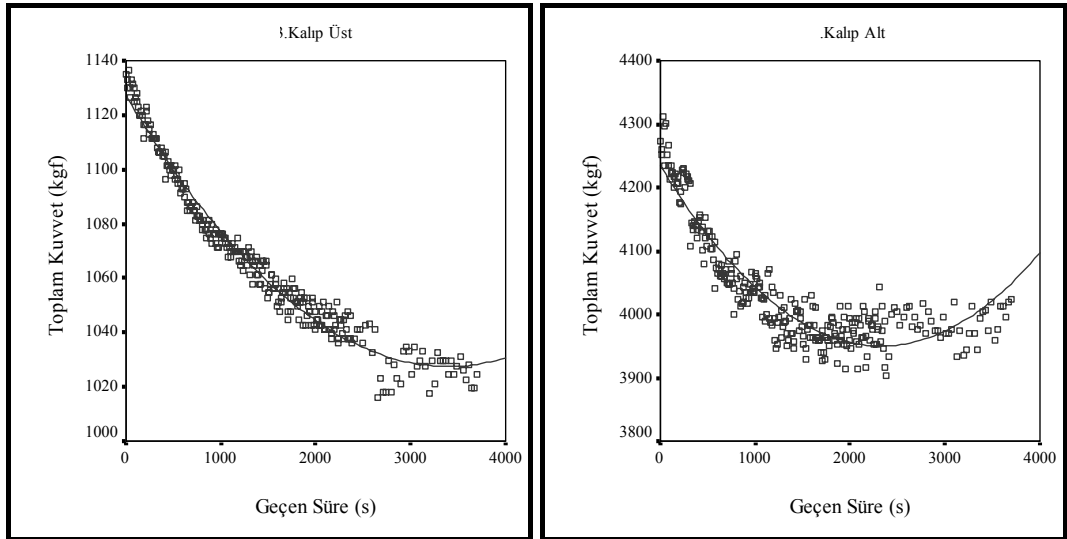


Şekil 6-7 Beton dökümü ve priz süresince yanal basınç değerlerinin data logera kayıt edilmesi

Beton yerine yerleştirildikten hemen sonra, beton yanal basınç okumaları data logera yardımıyla kayıt başlandı. Kalıbın 1.m dökülürken 5 saniye aralıklarla, 500 saniye okuma yapıldı. Kalıbın 2.m dökülürken 5 saniye aralıklarla, 4000 saniye okuma yapıldı. Çalışmalar bilgisayar ortamına aktarılmıştır (Şekil6-8,6-9).



Şekil 6-8 1 m yüksekliğindeki taze betonun kalıplara uyguladığı kuvvet



Şekil 6-9. 2 m yüksekliğindeki taze betonun kalıplara uyguladığı kuvvet

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ahşap betonarme perde duvar kalıplarının tasarımı için AutoLISP yazılımından yararlanılarak hazırlanan tasarım programı ACI 347, CIRIA Report 108 ve DIN 18218 hesap modellerini kapsamaktadır.

Programın kullanımı;

- Hesaplama modellerinin seçilmesi,
- Standart eleman boyutların girilmesi,
- Kereste özelliklerinin girilmesi,
- Birim fiyatların girilmesi,
- Seçilen modelin parametrelerin girilmesi,
- Beton özelliklerinin girilmesi,

gibi işlemleri gerektirmektedir.

Model parametreleri ve diğer işlemlerin sisteme girilmesiyle program;

1. Beton yanal basıncının hesaplanması,
2. Kalıp elemanlarının düzenlenmesi,
3. İki boyutlu kalıp planlarının çizilmesi,
4. Metraj ve maliyete ait çizelgenin oluşturulması,
5. Kalıp elemanlarının ölçülendirilmesi
6. Programın düzgün çalışması için kullanıcıya yardımcı olan uyarı mesajları,
- 7.

işlemlerini gerçekleştirebilmektedir.

Yapılan bilgisayar ve deneysel çalışmalar sonunda, düşük beton döküm hızlarında ACI 347 modeli, yüksek beton döküm hızlarında ise DIN 18218 modelinin tercih edilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Altan M., 1992, Betonarme Elemanlarda Kalıp, **İ.T.Ü, İnşaat Fakültesi**, sayı: 1500, İstanbul
2. AS 3610, 1990, **Formwork For Concrete** (Supplement To As 3610-1990), Standard House, 80 Arthur St, North Sydney NSW,
3. Arslan M., 1997, Betonarme Elemanların Dayanıklılığı Üzerinde Araştırmalar, **T.C. Başbakanlık D.P.T. Projesi**, Ankara
4. Anthony, W.R., Stainer, P.J., 1988 “**Concrete High Rises Offer Many Cost Advantages**”, Concrete Construction, vol:33, Pp 453-456, CecoCord, Oak Brook, Pg 81, USA
5. Arslan M., 1994, “Ahşap Kalıp Yüzey Malzemesinin Performansını Belirlemeye Yönelik Kriterlerin Saptanması Ve Geleneksel Yapım Çerçevesinde Karakavak Kerestesinin Kalıp Yüzey Malzemesi Olarak Kullanım Sınırlarının Belirlenmesi” Doktora tezi, **G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara.
6. Peurifoy.L, R., Oberlender D., G., 1996, “**Formwork For Concrete Structures**” Third Edition, Pp: 35-135, USA
7. O. Şimşek., 2000., **Yapı malzemesi II**, **G.Ü.T.E.F.**, s76., ANKARA
8. Uluğ., T.N., Odabaşı., Y., 1979, **Ahşap ve Çelik İnşaat Hesapları.**, s:4., İstanbul
9. A. Türkmen., 1967, Ahşap yapılar, **İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası.**, sayı 690., s 23., İstanbul
10. APA-The Engineered wood Association, 1986, “**Playwood Design Specification.**”, Tacoma, WA, USA.
11. National design specification for wood construction” ,1991, ANSI/NfoPA NDS-1991, **American Forest & Paper Association**, Washington, DC.
12. Öksüzoğlu H., Yegül Ü., Yaman N., 1979 Yapıcılık (ahşap), **iş ve işlem yaprakları.**, s :89-90, Ankara.
13. Arslan M., 2001, Beton (Dökümü, Kalırları, Kusurları, Dayanıklılığı) s:60-65, s: 110-20, **Atlas yayıncılık .**, İstanbul.

14. Shmanstar, R.,N. Et Al. 1990, “Investigation Of Concrete İn Absorbing Formwork” **Hydro Technical Conctruction**, Vol: 23 Part: 11 Th, Pp:665-668,
15. Murpy, W., E., Concrete Surface Blemmishes, An İvestigation Into The İnfluence Of Concrete Mix Characteristics And Methods Of Placing Upon The Surface Appearance Of Concrete, **Cement And Concrete Association**, London.
16. Hund.,M.K,1989.,“Formwork For Concrete” Special Publication No.4 5th ed., **American Concrete Institute** ,detroit,MI.USA
17. Altan M.;Aydogan M.,1992 Düşey Kalıp Yüzeyine Teki Eden Taze Beton Basıncının Hesabı Hakkında,**İMO Teknik Dergi**, Yazı 38, 529-537, Ankara
18. Supplement to the National Design specification, National Forest Products Association, 1991, “**Design Value for Wood Construction**”, Washington, DC.
19. ACI. Commitee 439.3R, 2000, mechanical concrete of reinforcing bars, **ACI manual of concrete pratice part 3**, ACI Commitee, USA
20. TS 1247, 1985, Normal Hava Koşullarında Beton Yapım Döküm Ve Bakım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
21. Kawai, Toru; Kuroda, Yasuhiro; Mukawa, Yoshihiro; Source: Experimental study on the properties of highly flowable concrete using low heat generating cement, ; Doboku Gakkai Rombun-Hokokushu/Proceedings of the Japan Society of Civil Engineers , , n 462 pt 6-18, Mar, 1993, **Publ by Japan Soc of Civil Engineers**, Tokyo, Jpn, p 111-120, JAPAN
22. ACI 347R-94,1994, Guide To Fromwork For Concrete, **ACI Commitee**, USA
23. Arıoğlu, E.,1992, Düşey Kalıp Yüzeylerine Etki Eden Taze Beton Basınçlarının Hesabı, **İMO Teknik Dergi**, Yazı 46,604-608, Ankara.
24. CIRIA Report 108., **IB29 Formwork.**, information bülletin.

25. Gardner, N. J.; Feb, 1986 v 80, p 145-159 Concrete Pressure On Formwork,; *Author Affiliation:* Univ of Ottawa, Ottawa, Ont, Can *Source:* **Proceedings of the Institution of Civil Engineers** (London).
26. Dunston, Philip S.; Formwork pressures in tall walls with extended set concrete,; Johnston, David W.; McCain, Paul P.; *Author Affiliation:* North Carolina State Univ *Source:* Concrete International , v16, n11, Nov, 1994, **American Concrete Inst**, p 26-34 Detroit, MI, USA,
27. Gardner, N. J.; Formwork Pressures And Cement Replacement By Fly Ash. ;*Author Affiliation:* Univ of Ottawa, Ottawa, Ont, Can *Source:* **Concrete International: Design and Construction** , v 6, n 10, 1984, v 6, nOct, 1984, p 50-55 *Sponsored by:* , p 50-55 ISSN: 0162-4075
28. Lings, M.L.; Ng, C.W.W.; Nash, D.F.T.; Lateral pressure of wet concrete in diaphragm wall panels cast under bentonite; *Author Affiliation:* Univ of Bristol *Source:* **Proceedings of the Institution of Civil Engineers Geotechnical Engineering** , v 107, n 3, Jul, 1994, p 163-172 *CODEN:* PICGEH In English
29. Uluğ. N., Odanaşı, Y., Ahşap Ve Çelik İnşaat Hesapları, S 59-61 1979, İstanbul
30. Haris.O.Charles, 1962, Structural Design,by American Techical Society, ABD
31. Çıkış, E., 1994, AutoLISP, **Türkmen yayınevi**, s:1, İstanbul
32. Çetinkaya, K., Başak, H., mart 1999, Uygulamalı AutoLISP ve DCL ile programlama, **Seçkin Yayınevi**, ANKARA.
33. Kertlioğlu, S., Mayıs 1998, Üretim için tasarım, yüksek lisans tezi, **G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, ANKARA.
34. Şahin, İ., Ağustos 2001, Temel İz Düşümlerden Bilgisayar Destekli Üç Boyutlu Katı Model Oluşturma, yüksek lisans tezi, **G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara.

EKLER

EK- 1

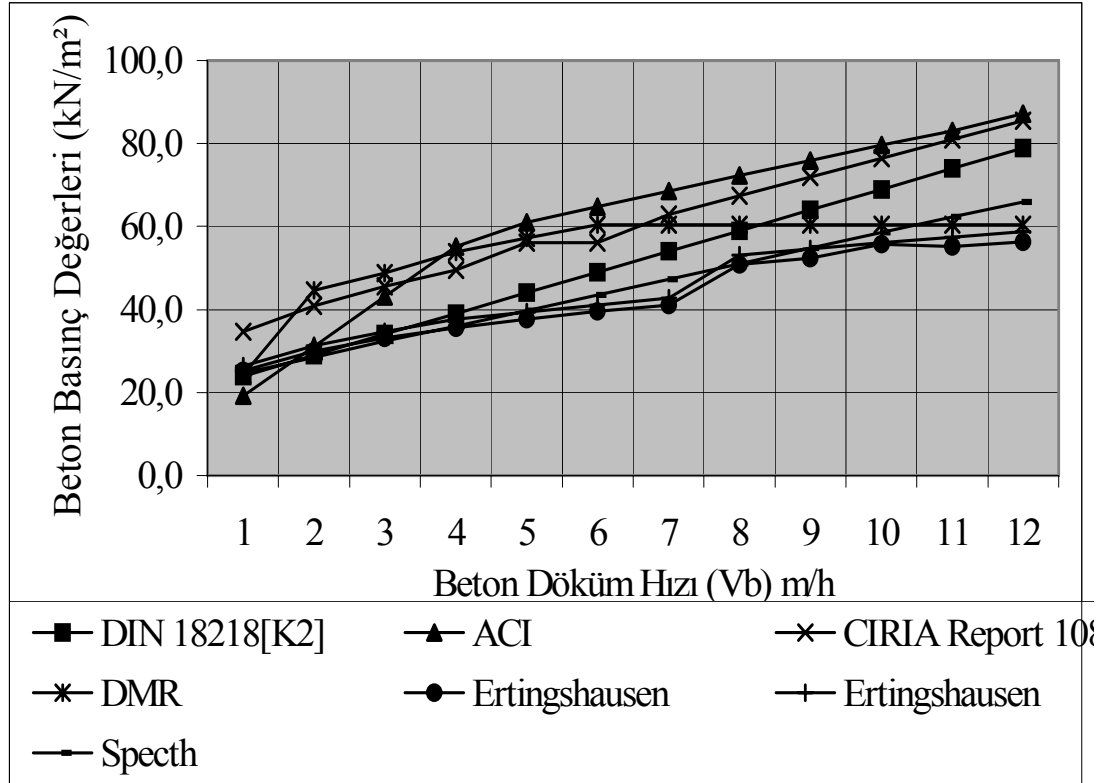
BETON YANAL BASINCINA KARŞI ÖRNEKLER

Örnek-1

15° C sıcaklığında $\gamma_b = 25 \text{ kN/m}^3$ birim hacim ağırlığında ve 4 m yükseklikli bir perde duvarın betonlama hızlarında oluşacak maksimum yanal basınç(Pb) Çizelge Ek1.1 verilmiştir. DMR ve Ertingshausen'e göre bulunan neticeler $\gamma_b = 24 \text{ kN/m}^3$ birim hacim ağırlığı içindir. $\gamma_b = 25 \text{ kN/m}^3$ birim hacim ağırlık için 25/24 katsayı kullanılarak buluna değerler parentez içerisinde verilmiştir.

Çizelge EK 1.1 maksimum Pb değerleri

Vb(m/h)	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
DIN 18218[K2]	24,0	29,0	34,0	39,0	44,0	49,0	54,0	59,0	64,0	69,0	74,0	79,0
ACI	19,2	31,2	43,1	55,1	61,1	64,8	68,5	72,3	76,0	79,7	83,1	87,2
CIRIA R.108	34,6	40,8	45,6	49,6	56,2	56,2	63,0	67,5	72,0	76,5	81,0	85,5
DMR	23,3	42,8	46,9	50,9	55,0	58,0	58,0	58,0	58,0	58,0	58,0	58,0
	(24,3)	(44,6)	(48,9)	(53,8)	(57,3)	(60,4)	(60,4)	(60,4)	(60,4)	(60,4)	(60,4)	(60,4)
Ertingshausen	25,2	30,0	33,2	35,7	37,7	39,5	41,0	50,9	52,4	55,8	55,1	56,3
	(26,3)	(31,3)	(34,6)	(37,7)	(39,3)	(41,1)	(42,7)	(53,0)	(54,6)	(56,1)	(57,4)	(58,7)
Specth	24,8	28,5	32,3	36,0	39,8	43,5	47,3	51,0	54,8	58,5	62,3	66,0



Çizelge EK 1.1 Maksimum Pb değerler grafiği

Örnek 2 :

Çizelge 5.5'den yararlanılarak, ACI347-78 seçilir, kalıp yüksekliği 500 cm, kalıp derinliği 300 cm, perde betonun kalınlığı 30 cm, yüzey malzemesinin lifleri betonun oluşturduğu basınca dik, yüzey malzemesinin kalınlığı 2,5 cm, yüzey malzemesinin yüksekliği 30 cm, dikmelerin ve kuşakların eni 5 cm, boyu 10 cm, yüzey kaplama malzemesinin m³ fiyatı 195,000,000 TL, Dikmelerde ve Kuşaklarda kullanılan ahşabın m³ fiyatı 185,000,000 TL, ankraj çubukların kg fiyatı 100,000,000 TL yazılır.

Çizelge 5.6'yada (Vb) betonlama hızı m/h 1,0 , beton döküm sıcaklığında 20°C yazılır.

Yukarıda bilgiler ışığında; hesaplanmış kalıp değerleri Çizelge EK 1.2 verilmiştir.

Çizelge EK1.2 ACI347-78 kullanılarak hesaplanmış kalıp değerleri

	METRAJ	MALİYET
KAPLAMA KERESTESİ (en x boy).....: 2,5 30	0.75 m ³	146250000 TL
YATAY ve DUSEY KIRISLER (en x boy).....: 5 10	1.05 m ³	194250000 TL
ANKRAJ CUBUGU (CAP).....: Ø 10	30.40 m	304000000 TL
MERKEZDEN MERKEZE DIKME ARALIGI(DUSEY).....:	42.73 cm	
MERKEZDEN MERKEZE KUSAK ARALIGI(YATAY).....:	150.97 cm	
MAKSIMUM BETON YANAL BASINCI.....:	853.92 kg/m	
EGİLME GERİLMESİ.....:	62.38 kg/cm ²	
MAKASLAMA GERİLMESİ.....:	3.65 kg/cm ²	
SEHİM DEĞERİ.....:	0.24 cm	

Örnek 3.

Çizelge 5.5'den yararlanılarak, CIRIA Report 108 seçilir, kalıp yüksekliği 500 cm, kalıp derinliği 300 cm, perde betonun kalınlığı 30 cm, yüzey malzemesinin lifleri betonun oluşturduğu basınca dik, yüzey malzemesinin kalınlığı 2,5 cm, yüzey malzemesinin yüksekliği 30 cm, dikmelerin ve kuşakların eni 5 cm, boyu 10 cm, yüzey kaplama malzemesinin m³ fiyatı 195,000,000 TL, Dikmelerde ve Kuşaklarda kullanılan ahşabın m³ fiyatı 185,000,000 TL, ankraj çubukların kg fiyatı 100,000,000 TL yazılır.

Çizelge 5.7 açılır ve beton yoğunluğunu 24 kN/m³, dvar katsayısını (C₁)=1,0 , Portlant Çimentosu için (C₂)= 0.3 , (Vb) betonlama hızı m/h 1,0 , beton döküm sıcaklığında 20°C yazılır.

Yukarıda bilgiler ışığında; hesaplanmış kalıp değerleri Çizelge EK 1.3'de verilmiştir.

Çizelge EK1.3 CIRIA Report 108 kullanılarak hesaplanmış kalıp değerleri

	METRAJ		MALİYET
KAPLAMA KERESTESİ (en x boy).....: 2.5 30	0.90	m ³	175500000 TL
YATAY ve DUSEY KIRISLER (en x boy).....: 5 10	0.95	m ³	175750000 TL
ANKRAJ CUBUGU (CAP).....: Ø 10	26.88	m	268800000 TL
MERKEZDEN MERKEZE DIKME ARALIGI(DUSEY).....:	43.72	cm	
MERKEZDEN MERKEZE KUSAK ARALIGI(YATAY).....:	127.25	cm	
MAKSIMUM BETON YANAL BASINCI.....:	1174.71	kg/m	
EGİLME GERİLMESİ.....:	62.38	kg/cm ²	
MAKASLAMA GERİLMESİ.....:	4.28	kg/cm ²	
SEHİM DEĞERİ.....:	0.17	cm	

Örnek 4

Çizelge 5.5’den yararlanılarak, DIN 18218 seçilir, kalıp yüksekliği 500 cm,kalıp derinliği 300 cm,perde betonun kalınlığı 30 cm, yüzey malzemesinin lifleri betonun oluşturduğu basınca dik, yüzey malzemesinin kalınlığı 2,5 cm, yüzey mal yüzey malzemesinin yüksekliği 30 cm, dikmelerin ve kuşakların eni 5 cm, boyu 10 cm, yüzey kaplama malzemesinin m³ fiyatı 195,000,000 TL, Dikmelerde ve Kuşaklarda kullanılan ahşabın m³ fiyatı 185,000,000 TL, ankraj çubukların kg fiyatı 100,000,000 TL yazılır.

Çizelge 5.8 açılır ve plastik beton kıvam bölgesne (Vb) betonlama hızı m/h 1,0 yazılır.

Yukarıda bilgiler ışığında; hesaplanmış kalıp değerleri Çizelge EK 1.4’de verilmiştir.

Çizelge EK1.4 DIN18218 kullanılarak hesaplanmış kalıp değerleri

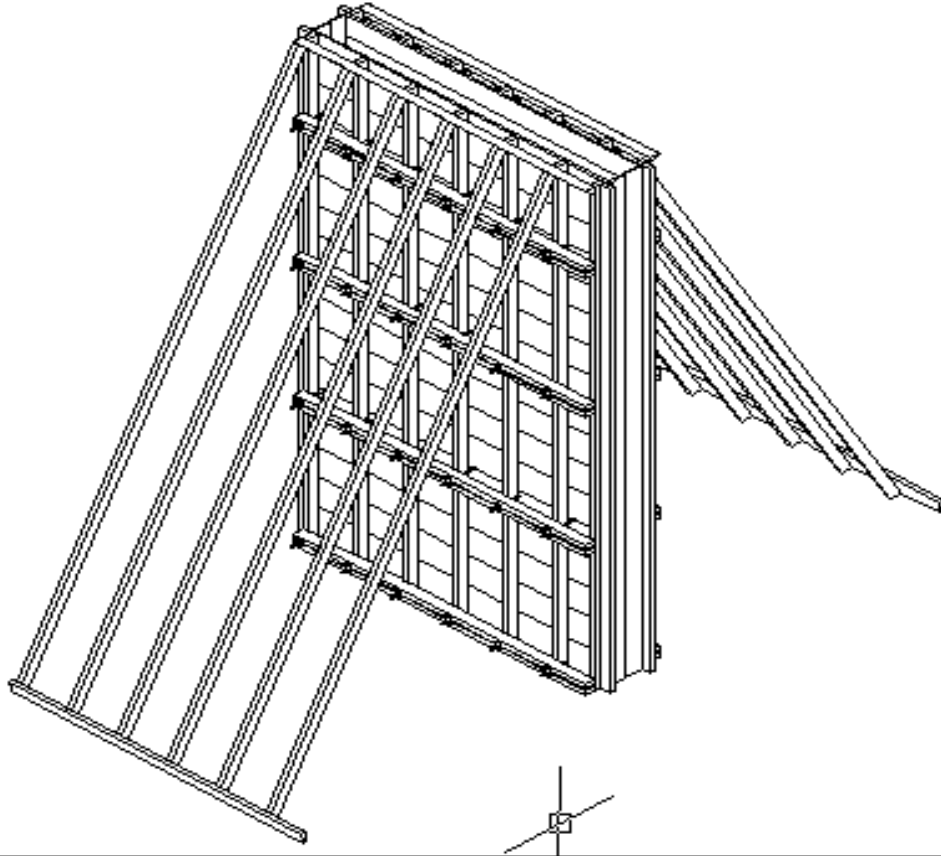
	METRAJ		MALİYET
KAPLAMA KERESTESİ (en x boy).....: 2.5 30	0.75	m ³	146250000 TL
YATAY ve DUSEY KIRISLER (en x boy).....: 5 10	1.05	m ³	194250000 TL
ANKRAJ CUBUGU (CAP).....: Ø 10	30.40	m	304000000 TL
MERKEZDEN MERKEZE DIKME ARALIGI(DUSEY).....:	41.93	cm	
MERKEZDEN MERKEZE KUSAK ARALIGI(YATAY).....:	149.53	cm	
MAKSIMUM BETON YANAL BASINCI.....:	887.15	kg/m	
EGİLME GERİLMESİ.....:	62.38	kg/cm ²	
MAKASLAMA GERİLMESİ.....:	3.72	kg/cm ²	
SEHİM DEĞERİ.....:	0.23	cm	

olarak bulunur.

EK-2

3B KATI NESNELERİN KÜTLE ÖZELLİKLERİ

Katı üzerinde bir takım 3B işlemler yapabilmek için (döndürme, taşıma v.b.) katılara ait sınır değerlerine ihtiyaç vardır. 3B katı nesnelerin bu değerleri AutoCAD’de “massprop” komutu ile elde edilir. Massprop komutu 3B katıların kütle özelliklerini vermektedir. Massprop komutu ile katı modellerin kütle (Mass), hacim (volume), sınır noktaları (Bounding box), Ağırlık merkezi (Centroid), Atalet momentleri (Moment of inertia), Atalet çarpımları (products of inertia), jirasyon yarıçapı (Radii of Gyration), ve temel momentleri (Principal moments) hesaplanabilir[35]. Şekil EK 2.1 de örnek 3B katı model gösterilmektedir. Bu katı modele ait yüzey kaplama malzemesinin bir tanesinin kütle özellikleri Çizelge EK 2.1 gösterilmektedir.



Şekil EK 2.1 Örnek 3B perde kalıp katı model

Çizelge EK 2.1 Perde kalıplarda yüzey kaplama malzemesine ait bir elemanın katı özellikleri

