T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI ENDÜSTRİYEL KALIP VE İSKELE SİSTEMLERİNİN TASARIMI VE UYGULAMASI

SERKAN YILDIRIM

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MEKANİK PROGRAMI

DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ ZEYNEP FIRAT ALEMDAR

İSTANBUL, 2019

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI ENDÜSTRİYEL KALIP VE İSKELE SİSTEMLERİNİN TASARIMI VE UYGULAMASI

Serkan YILDIRIM tarafından hazırlanan tez çalışması 04.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep FIRAT ALEMDAR

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep FIRAT ALEMDAR, Danışman

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Dr. Öğr. Üyesi Çağrı MOLLAMAHMUTOĞLU, Üye

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Şenol ATAOĞLU, Üye

İstanbul Teknik Üniversitesi _____

ÖNSÖZ

Değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Zeynep FIRAT ALEMDAR'a tez çalışmamda bana yardım ve katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Meslek hayatımda bana büyük katkıları olan sayın büyüğüm İnş. Yük. Müh. Aziz Ayhan AKPINAR'a gönülden teşekkür ederim.

Maddi ve manevi her zaman yanımda olan aileme ve her türlü zorlukta yanımda olduğunu bildiğim sevgili eşim Zeynep Begüm YILDIRIM'a sonsuz teşekkür ederim.

Temmuz, 2019

Serkan YILDIRIM

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ ix

KISALTMA LİSTESİ xiii

ŞEKİL LİSTESİ xiv

ÇİZELGE LİSTESİ xviii

ÖZET xix

ABSTRACT xxi

BÖLÜM 1

GİRİŞ 1

1.1 Literatür Özeti 1
1.2 Tezin Amacı 3
1.3 Hipotez 3

BÖLÜM 2

FARKLI ENDÜSTRİYEL KALIP VE İSKELE SİSTEMLERİ 4

2.1 Tırmanır Kalıp İskele Sistemleri 4
2.1.1 Vinç Yardımı ile Hareket Ettirilen Tırmanır Sistemler 5
2.1.1.1 Platform Tırmanır Sistemler 9
2.1.1.2 Destek Kuşaklı Platform Tırmanır Sistemler 10
2.1.1.3 Tek Taraflı Platform Tırmanır Sistemler 11
2.1.1.4 Vinç Yardımı ile Hareket Ettirilen Tırmanır Sistemlerin Rotasyonu 11
2.1.1.5 Vinç Yardımı ile Hareket Ettirilen Tırmanır Sistemlerin Projelendirme Esasları 13
2.1.1.6 Vinç Yardımı ile Hareket Ettirilen Tırmanır Sistemlerin Projelendirme Aşamaları 14
2.1.2 Hidrolik Tırmanır Sistemler 14

2.1.2.1 Rüzgar Perdeleri 15
2.1.2.1.1 Rüzgar Perdelerini Oluşturan Elemanlar 18
2.1.2.1.2 Rüzgar Perdelerinin Rotasyonu 22
2.1.2.2 Şaft Ve Köprü Ayak Platformları 23
2.1.2.2.1 Şaft, Köprü Platformlarını Oluşturan Elemanlar 26
2.1.2.2.2 Şaft ve Köprü Platformlarının Rotasyonu 29
2.1.2.3 Hidrolik Tırmanır Sistemlerin Avantajları 31
2.1.2.4 Hidrolik Tırmanır Kalıp Sistemlerin Projelendirme Esasları 31
2.1.2.5 Hidrolik Tırmanır Kalıp Sistemlerin Projelendirme Aşamaları 31
2.2 Köprü Ve Viyadük Kalıpları 33
2.2.1 Klasik Yöntem 34
2.2.2 İtme Sürme Yöntemi 36
2.2.3 Dengeli Konsol Yöntemi 39
2.2.4 Hareketli İskele Yöntemi 42

BÖLÜM 3

TIRMANIR KALIP SİSTEMLERİNE ETKİYEN YÜKLER 44

3.1 Düşey Yükler 44
3.1.1 Sabit Yükler 44
3.1.2 Hareketli Yükler 44
3.2 Yatay Yükler 46
3.2.1 Rüzgar Yükü 47
3.2.1.1 Esas Rüzgar Hızı 47
3.2.1.2 Ortalama Rüzgar Hızı 48
3.2.1.3 Arazi Pürüzlülüğü 49
3.2.1.4 Arazi Orografisi 50
3.2.1.5 Geniş ve Dikkate Alınmaya Değer Yükseklikteki Komşu Yapılar 50
3.2.1.6 Rüzgar Türbülansı 51
3.2.1.7 Tepe Hız Kaynaklı Rüzgar Basıncı 51
3.2.1.8 Basınç Katsayıları 51
3.2.1.9 Yapı Geçicilik Katsayısı 55
3.2.1.10 Dairesel Kesitli Yapılara Etkiyen Rüzgar Yükleri 55
3.2.1.11 Rüzgar Hızının Rüzgar Basıncına Çevrilmesi 55
3.2.2 Taze Beton Basıncı 56
3.3 Vinç ile Hareket Ettirilen Tırmanır Sistemlerin Statik Modeli ve Sisteme Etki Eden Yükler 63
3.4 Hidrolik Tırmanır Sistemlerin Statik Modeli ve Sisteme Etki Eden Yükler 67

BÖLÜM 4

TIRMANIR KALIP SİSTEMLERİNDE EMNİYETLİ ANKRAJ TASARIMI 70

4.1 Ankraj Sistemleri 70
4.2 Betona Uygulanan Ankraj Sistemleri 71
4.3 Ankraj Göçme Modları 72
4.3.1 Betonlama Esnasında Yerleştirilen Ankrajlarda Göçme Modları 72

4.3.2 Sonradan Yerleştirilen Ankrajlarda Göçme Modları 74
4.3.3 Ankrajların Dayanımını Etkileyen Faktörler 75
4.3.4 Bağlayıcı Cinsi 75
4.3.5 Ankraj Deliğinin Temizliği 76
4.3.6 Ankraj Deliğinin Islaklığı 76
4.3.7 Yüksek sıcaklık ve sünme 76
4.3.8 Ankraj kenar uzaklığı ve ankrajlar arasındaki uzaklık 77
4.3.9 Ankraj Derinliği Etkisi 77
4.3.10 Beton Dayanımının Etkisi 77
4.3.11 Ankraj Çapının Etkisi 78
4.4 Ankrajların Çekme Ve Kesme Dayanımının Belirlenmesi 79
4.4.1 Çelik Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı 80
4.4.1.1 Çelik Göçme Modu İçin Güvenlik Faktörleri 80
4.4.1.2 Çelik Göçme Modu İçin Çekme Dayanımı Hesabı 80
4.4.1.3 Çelik Göçme Modu İçin Kesme Dayanımı Hesabı 80
4.4.2 Beton Koni Kopması Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı 81
4.4.2.1 Beton Koni Kopması Göçme Modu İçin Güvenlik Faktörleri 81
4.4.2.2 Beton Koni Kopması Göçme Modu İçin Ankrajların Çekme Dayanımı Hesabı 81
4.4.2.3 Beton Köşe Göçme Modu İçin Ankrajların Kesme Dayanımı Hesabı 84

BÖLÜM 5

TIRMANIR SİSTEM ELEMANLARI TASARIMI VE ÖRNEK ÇÖZÜMLER 89

5.1 Tırmanır Sistem Elemanları Tasarımı 89
5.1.1 Yüzey Kaplama Elemanı Tasarımı 89
5.1.2 Kaplama Izgarası Tasarımı 90
5.1.3 Tırmanma Rayı Tasarımı 93
5.1.4 Tırmanma Konsolu İskelesi Tasarımı 96
5.1.5 Yük Genişliklerinin Belirlenmesi 97
5.2 Vinç Yardımı ile Hareket Ettirilen Tek Taraflı Tırmanır Sistemlerin Hesabı 98
5.2.1 Örnek 1 99
5.2.1.1 Yük Genişliklerinin Belirlenmesi 101
5.2.1.2 Taze Beton Basıncından Oluşan Kuvvetlerin Hesaplanması 102
5.2.1.3 Rüzgar Yükünden Oluşan Kuvvetlerin Hesaplanması 104
5.2.1.4 Hareketli Yüklerden Oluşan Kuvvetlerin Hesaplanması 105
5.2.1.5 Tırmanma Konsolu Tahkiki 106
5.2.1.6 Platform Ahşaplarının Tahkiki 106
5.2.1.7 Reaksiyon Kuvvetlerinin Hesaplanması 109
5.2.2 Örnek 2 112
5.2.2.1 Rüzgar Yükünden Oluşan Kuvvetlerin Hesaplanması 112
5.2.2.2 Hareketli Yüklerden Oluşan Kuvvetlerin Hesaplanması 112
5.2.2.3 Platform Ahşaplarının Tahkiki 113
5.2.2.4 Reaksiyon Kuvvetlerinin Hesaplanması 113

5.2.3 Örnek 3 114
5.2.3.1 Rüzgar Yükünden Oluşan Kuvvetlerin Hesaplanması 114
5.2.3.2 Reaksiyon Kuvvetlerinin Hesaplanması 114
5.2.4 Emniyetli Ankraj Tasarımı 114
5.2.4.1 Çelik Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı 117
5.2.4.2 Beton Koni Kopması Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı 117
5.2.4.3 Beton Köşe Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı 119
5.3 Hidrolik Tırmanır Rüzgar Perdelerinin Tasarımı 121
5.3.1 Örnek 1 122
5.3.1.1 Yük Genişliklerinin Belirlenmesi 124
5.3.1.2 Rüzgar Yükünün Hesaplanması 124
5.3.1.3 Hareketli Yüklerden Oluşan Kuvvetlerin Hesaplanması 125
5.3.1.4 Platform Izgarasının Tahkiki 126
5.3.1.5 Rüzgar Perdesi Kaplama Elemanı Tahkiki 127
5.3.1.6 Rüzgar Perdesi Kaplama Izgarası Tahkiki 128
5.3.1.7 Tırmanma Rayı Tahkiki 128
5.3.1.8 Reaksiyon Kuvvetlerinin Hesaplanması 130
5.3.2 Emniyetli Ankraj Tasarımı 132
5.3.2.1 Çelik Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı 134
5.3.2.2 Beton Koni Kopması Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı 135
5.3.2.3 Beton Köşe Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı 137
5.3.3 Emniyetli Ankraj Tasarımı 2 139
5.3.3.1 Beton Koni Kopması Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı 139
5.3.3.2 Beton Köşe Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı 141
5.3.4 Emniyetli Ankraj Tasarımı 3 143
5.3.4.1 Beton Koni Kopması Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı 143
5.3.4.2 Beton Köşe Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı 145
5.3.5 Emniyetli Ankraj Tasarımı 4 147
5.3.5.1 Çelik Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı 147
5.3.5.2 Beton Köşe Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı 148
5.3.6 Emniyetli Ankraj Tasarımı 5 149
5.3.6.1 Çelik Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı 150
5.3.6.2 Beton Köşe Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı 150

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER 153

KAYNAKLAR 156

ÖZGEÇMİŞ 158

SİMGE LİSTESİ

Q_z	Sisteme etkiyen net rüzgar kuvveti
q_p (Z_e)	Z_e yükseklikte tepe hız kaynaklı rüzgar basıncı
Z_e	Sistemin zeminden yüksekliği
C_p	Aerodinamik katsayı
g	Yapının geçicilik katsayısı
V_b	Temel rüzgar hızı
$C_{r(z)}$	Z metre yükseklikteki pürüzlülük katsayısı
$C_{o(z)}$	Z metre yükseklikteki orografi katsayısı
z_o	Yüzey pürüzlülük uzunluğu
k_r	Z_o'a bağlı arazi katsayısı
z_{min}	Yüzey pürüzlülük katsayısının sabit olduğu minimum yükseklik
h_{low}	Yapı yüksekliği
h_{high}	Yüksek olan yapının yüksekliği
r	Yarıçap
x	Komşuluk mesafesi
d_{small}	Yapı uzun kenarı
d_{large}	Yapı kısa kenarı
$I_v(z)$	Z metre yükseklikteki türbülans şiddeti
k_1	Türbülans faktörü
C_p	Basınç katsayısı
Ψ_α	End-effect faktörü
α_{min}	Minimum rüzgar basıncı
ρ	Havanın birim ağırlığı
V_{ref}	Referans rüzgar hızı
q_{ref}	V_{ref} hızında oluşan rüzgar basıncı
P_b	Taze beton basıncı
V	Beton yükselme hızı
H	Beton döküm yüksekliği
h_s	Hidrostatik basınç yüksekliği

K_1	Beton priz alma süresi katsayısı
γ_c	Betonun birim ağırlığı
Te	Priz gecikme süresi
F	Beton kıvam sınıfı
SVB	Kendiliğinden yerleşen beton
$\sigma_{hk,\ max}$	Maksimum taze beton basıncı
H_1	1 numaralı ankrajda oluşan eksenel kuvvet
H_2	2 numaralı ankrajda oluşan eksenel kuvvet
V	Ankrajda oluşan kesme kuvveti
N_{Sd}	Çelik eleman için dizayn çekme yükü
V_{Sd}	Çelik eleman için dizayn kesme yükü
$N_{Rk,s}$	Çelik eleman karakteristik çekme dayanımı
$V_{Rk,s}$	Çelik eleman karakteristik kesme dayanımı
γ_{Ms}	Çelik eleman güvenlik faktörü
$N_{RK,C}$	Beton koniği karakteristik çekme dayanımı
γ_{Mc}	Betonarme eleman güvenlik faktörü
$V_{Rk,Cp}$	Beton koniği karakteristik kesme dayanımı
As	Çelik eleman enkesit alanı
fyk	Çelik akma dayanımı
f_{uk}	Çelik kopma dayanımı
γ_c	Beton güvenlik faktörü
γ_s	Ankraj uygulama faktörü
$f_{ck,cube}$	Beton küp karakteristik dayanımı
h_{ef}	Beton içerisinde kalan etkili ankraj derinliği
$N^0_{Rk,c}$	Beton koniği yalın karakteristik çekme dayanımı
$A°_{c,N}$	Öngörülen beton konisi alanı
$S_{cr,N}$	Beton konisi kenar uzunluğu
$A_{c,N}$	Mevcut beton konisi alanı
$C_{cr,N}$	Ankrajın beton kenarına olması gereken kritik mesafe
$\Psi_{s,N}$	Çekme kuvveti etkisinde betondaki gerilmelerin beton kenarlarına yayılmasından kaynaklanan bozulmalar ile ilgili katsayı
$\Psi_{re,N}$	Plak yayılma faktörü
$\Psi_{ec,N}$	Ekzantriklik faktörü

α	Ankraj boyu ile ilgili katsayı
β	Ankraj çapı ile ilgili katsayı
c_1	Kesme kuvveti doğrultusunda ankrajın beton kenarına olan mesafesi
l_f	Ankraj başlığının ankraj gövdesi ile aynı genişlikte olması durumu
$\Psi_{s,v}$	Kesme kuvveti altında betondaki gerilmelerin beton kenarlarına yayılmasından kaynaklanan bozulmalar ile ilgili katsayı
$\Psi_{h,v}$	Beton kalınlığı ile ilgili katsayı
$\Psi_{\alpha,v}$	α açısına bağlı katsayı
$\Psi_{ec,v}$	Kesme kuvveti etkisinde ekzantriklik faktörü
$\Psi_{re,v}$	Ankraj bölgeside bulunan donatı durumu ile ilgili katsayı
M_{max}	Maksimum eğilme momenti değeri
f_{max}	Maksimum sehim değeri
b	Ahşap kiriş genişliği
h	Ahşap kiriş yüksekliği
c	Tarafsız eksenin dış life olan mesafesi
E	Elastisite modülü
σ	Eğilme emniyet gerilmesi
ζ	Kesme gerilmesi
S	Dış lifteki eğilme gerilmesi
I	Atalet momenti değeri
W	Mukavemet momenti değeri
T_w	Ahşap kiriş başlık genişliği
T	Ahşap kiriş başlık derinliği
B_w	Ahşap kiriş gövde genişliği
I_y	Y eksenindeki atalet momenti
W_y	Y eksenindeki mukavemet momenti
$V_{pl,rd}$	Çelik kesit plastik dizayn dayanımı
γ_{mo}	Çelik için dayanım azaltma katsayısı
$M_{c.Rd}$	Çelik kesit dizayn moment dayanımı
W_{pl}	Kuvvetli eksen plastik mukavemet momenti
L_p	Platform genişliği
$d_{1,2}$	Konsol mesafeleri
c	Orta açıklık mesafesi

x	Konsollar arası farkın orta açıklığa oranı
h_0	İki mesnet arası mesafe
h_p	Diyagonal destek yüksekliği
w_{cp}	Betonlama platformu zati ağırlığı
w_{wp}	Çalışma platformu zati ağırlığı
w_{fp}	Söküm platformu zati ağırlığı
w_f	Perde kalıbı zati ağırlığı
$Q_{rüzgar}$	Rüzgar yükü
Q_c	Hareketli yükler
V_{cp1}	Betonlama platformunda oluşan mesnet tepki kuvveti
V_{cp2}	Betonlama platformunda oluşan mesnet tepki kuvveti
V_{wp1}	Çalışma platformunda oluşan mesnet tepki kuvveti
V_{wp2}	Çalışma platformunda oluşan mesnet tepki kuvveti
V_{fp1}	Söküm platformunda oluşan mesnet tepki kuvveti
V_{fp2}	Söküm platformunda oluşan mesnet tepki kuvveti
$R_{beton,1}$	Perde kalıbı üst çelik kuşağında taze beton basıncından dolayı oluşan mesnet kuvveti
$R_{beton,2}$	Perde kalıbı alt çelik kuşağında taze beton basıncından dolayı oluşan mesnet kuvveti
$R_{rüzgar1}$	Perde kalıbı üst çelik kuşağında rüzgar yükünden dolayı oluşan mesnet kuvveti
$R_{rüzgar2}$	Perde kalıbı alt çelik kuşağında rüzgar yükünden dolayı oluşan mesnet kuvveti
L_A	Bina A kenarı ölçüsü
L_B	Bina B kenarı ölçüsü
n	Hiperstatiklik derecesi
r	Toplam mesnet tepkileri
j	Düğüm noktası toplam kuvvetleri
b	Toplam çubuk sayısı

KISALTMA LİSTESİ

ACI-347	American Concrete Institute Guide to Formwork for Concrete
DIN 18218	Pressure of Fresh Concrete on Vertical Formwork
DIN EN 12811	Service and Working Scaffolds, General Rules, Safety Requirements
DIN EN 12812	Falsework Performance Requirements and General Design
DIN EN 13377	Prefabricated Timber Formwork Beams
ETAG	Guideline for European Technical Approval of Metal Anchors For Use in Concrete Annex C Design Methods for Anchorages
EUROCODE 1-4	Actions on Structures Part 1-4: General Actions - Wind Actions
EUROCODE 3-1	Design of Steel Structures Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings
TS 647	Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1 Çalışma, betonlama ve söküm platformları 6
Şekil 2. 2 Destek kirişleri ve payandaları 6
Şekil 2. 3 Perde hareketi için ray sistemi 7
Şekil 2. 4 Gömülü ankraj takımı 7
Şekil 2. 5 Tırmanma konsolu 7
Şekil 2. 6 Korkuluk 8
Şekil 2. 7 75 cm çalışma mesafeli platform 9
Şekil 2. 8 Platform sistem 9
Şekil 2. 9 Destek payandalı platform sistem 10
Şekil 2. 10 Destek payandalı platform sistem 11
Şekil 2. 11 Tırmanır kalıp rotasyonu 1-3 12
Şekil 2. 12 Tırmanır kalıp rotasyonu 4-6 13
Şekil 2. 13 Rüzgar perdesi [11] 15
Şekil 2. 14 Rüzgar perdesi [11] 16
Şekil 2. 15 Rüzgar perdesi bulunan yapının en üst çalışma katı [11] 16
Şekil 2. 16 Rüzgar perdesine bağlı malzeme çıkartma platformu [11] 17
Şekil 2. 17 Rüzgar perdesi çeşitleri 1 17
Şekil 2. 18 Rüzgar perdesi çeşitleri 2 18
Şekil 2. 19 Tırmanma rayı (profili) 19
Şekil 2. 20 Tırmanma rayı kılavuzları 19
Şekil 2. 21 Tırmanma ayakları 19
Şekil 2. 22 Izgara bağlayıcılar 19
Şekil 2. 23 Kaplama ızgaraları (kereste) 20
Şekil 2. 24 Yüzey kaplama elemanı (delikli pano) 20
Şekil 2. 25 Yüzey kaplama elemanı (sac) 20
Şekil 2. 26 Yüzey kaplama elemanı (delikli sac) 20
Şekil 2. 27 Yüzey kaplama elemanı (plywood) 21
Şekil 2. 28 Hidrolik piston 21
Şekil 2. 29 Hidrolik pompa 21
Şekil 2. 30 Ankraj takımları 21
Şekil 2. 31 Tırmandırma işlemine hazırlık [11] 22
Şekil 2. 32 Hidrolik tırmanma [11] 23
Şekil 2. 33 Tırmanma işlemi sonrası görünüm 23

Şekil 2. 34 Şaft platformu [11] 24
Şekil 2. 35 Köprü platformu [11] 24
Şekil 2. 36 Köprü platformu [11] 25
Şekil 2. 37 Standart şaft, köprü platformu kesiti [11] 25
Şekil 2. 38 Tırmanma rayı(profili) 26
Şekil 2. 39 Tırmanma rayı kılavuzları 26
Şekil 2. 40 Tırmanma ayağı 27
Şekil 2. 41 Çalışma platformu 27
Şekil 2. 42 Destek kirişleri ve payandaları 27
Şekil 2. 43 Korkuluk 28
Şekil 2. 44 Hidrolik piston 28
Şekil 2. 45 Hidrolik pompa 28
Şekil 2. 46 Ankraj takımları 28
Şekil 2. 47 Kalıp rotasyon planı 29
Şekil 2. 48 Tipik şaft platform kesiti 29
Şekil 2. 49 Köprü ayak kalıbı platformu [11] 30
Şekil 2. 50 Köprü ayak kalıbı platformu [11] 30
Şekil 2. 51 Demiryolu köprüsü 33
Şekil 2. 52 Klasik köprü kalıbı 35
Şekil 2. 53 Köprü ana taşıyıcı iskelesi 35
Şekil 2. 54 Köprü yan kanat kalıbı 35
Şekil 2. 55 Taban ve yan duvarların beton dökümü 36
Şekil 2. 56 Üst tabliye ve konsol kanatların beton dökümü 36
Şekil 2. 57 Segmentin taban ve yan duvarlarının dökülmesi 37
Şekil 2. 58 Segmentin taban ve yan duvarlarının dökülmesi 37
Şekil 2. 59 Segmentin üst tabliye kalıbının hazırlanması 37
Şekil 2. 60 Segmentin üst tabliye kalıbının beton dökümü 38
Şekil 2. 61 Segmentin üst tabliyesinin dökülmesi 38
Şekil 2. 62 Dökümü tamamlanan segmentin ilerletilmesi 38
Şekil 2. 63 Segment döküm alanı 39
Şekil 2. 64 İtme-sürme metodu yapım şeması 39
Şekil 3. 1 Farklı durumlara göre hareketli yük değerleri 45
Şekil 3. 2 Tırmanır kalıp sistemi platformları 46
Şekil 3. 3 Türkiye rüzgar atlası 48
Şekil 3. 4 Beş farklı topoğrafik durum için 50 m yükseklikteki rüzgar potansiyelleri 48
Şekil 3. 5 Yapılara yüksek komşu yapı etkisi 51
Şekil 3. 6 c_{pe}-A ilişkisi 52
Şekil 3. 7 Dikdörtgen kesitli binalar için basınç katsayıları bölgeleri 52
Şekil 3. 8 Bağlantısız duvarlar ve parapetlere ait bölgeler için açıklamalar 54
Şekil 3. 9 Yüksekliğe bağlı taze beton basıncı değişimi 57
Şekil 3. 10 DIN 18218'e göre taze beton basınç dağılımı 58
Şekil 3. 11 t_e (Priz alma süresi) 5 h - Maksimum taze beton basıncı grafiği 60
Şekil 3. 12 t_e (Priz alma süresi) 10 h- Maksimum taze beton basıncı grafiği 60
Şekil 3. 13 t_e (Priz alma süresi) 15 h - Maksimum taze beton basıncı grafiği 61
Şekil 3. 14 t_e (Priz alma süresi) 20 h - Maksimum taze beton basıncı grafiği 61
Şekil 3. 15 Kalıba etki eden taze beton basıncı ve h_s uzunluğu 63

Şekil 3. 16 Tek taraflı tırmanır sistemin statik modeli 64
Şekil 3. 17 Statik modeli oluşturan elemanlar 64
Şekil 3. 18 Statik model 65
Şekil 3. 19 Sistemin hiperstatiklik derecesi 65
Şekil 3. 20 Statik modele etki eden yatay ve düşey yükler 66
Şekil 3. 21 Statik modelde oluşan reaksiyon kuvvetleri 66
Şekil 3. 22 Rüzgar perdesi statik modeli 67
Şekil 3. 23 Rüzgar perdesine etki eden yükler 68
Şekil 3. 24 Şaft ve köprü ayak platformları statik modeli 68
Şekil 3. 25 Şaft ve köprü ayak platformlarına etki eden yükler 69
Şekil 4. 1 Betonlama esnasında yerleştirilen ankrajlar 71
Şekil 4. 2 Betona sonradan yapılan ankrajlar 72
Şekil 4. 3 Mekanik, Sürtünme, Kimyasal Bağlı ankraj çeşitleri 72
Şekil 4. 4 Betonlama esnasında yerleştirilen ankrajlarda göçme modları 73
Şekil 4. 5 Ankrajın köşeye yakın olma durumu 74
Şekil 4. 6 Sonradan yerleştirilen ankrajların göçme modları 75
Şekil 4. 7 Üç değişik malzemenin ankraj çapı – ankraj taşıma kuvveti ilişkisi 78
Şekil 4. 8 Beton içerisinde kalan etkili ankraj derinliği 82
Şekil 4. 9 Tekli ankraj için çekme kuvveti altında ideal beton konisi alanı ($A^0_{c,N}$) 83
Şekil 4. 10 Tekli ankraj için çekme kuvveti altında beton konisi alanı ($A_{c,N}$) 83
Şekil 4. 11 İkili ankraj grubu için çekme kuvveti altında beton konisi alanı ($A_{c,N}$) 83
Şekil 4. 12 Çoklu ankraj grubu için çekme kuvveti altında beton konisi alanı ($A_{c,N}$) 84
Şekil 4. 13 Tekli ankraj için kesme kuvveti altında ideal beton konisi alanı ($A°_{c,V}$) 85
Şekil 4. 14 Tekli ankraj için kesme kuvveti altında mevcut beton konisi alanı ($A_{c,V}$) 85
Şekil 4. 15 İkili ankrajlar için kesme kuvveti altında mevcut beton konisi alanı ($A_{c,V}$) 86
Şekil 4. 16 Çoklu ankrajlar için kesme kuvveti altında mevcut beton konisi alanı ($A_{c,V}$). 86
Şekil 4. 17 Kesme kuvvetinin α_v açısı ile uygulanması durumu 87
Şekil 4. 18 Sol kenara olan ankraj mesafesinin uygunluk durumu 87
Şekil 4. 19 Sol kenara olan ankraj mesafesinin uygunluk durumu 87
Şekil 5. 1 Kereste üzerine plywood yerleşimi 90
Şekil 5. 2 NPU çelik profil kesiti 94
Şekil 5. 3 IPE çelik profil kesiti 94
Şekil 5. 4 Tırmanma konsolu 96
Şekil 5. 5 Destek kirişleri ve payandaları 96
Şekil 5. 6 İzin verilen maksimum yük genişliği belirlenmesi 97
Şekil 5. 7 Platform statik sistem 97
Şekil 5. 8 Platform plan görünüşü 99
Şekil 5. 9 Örnek sistem kesiti 100
Şekil 5. 10 Platform statik sistem 101
Şekil 5. 11 Emniyetli yük genişliği bulunması 102
Şekil 5. 12 Perde kalıbı moment-kesme diyagramı 103
Şekil 5. 13 Taze beton basıncından dolayı oluşan reaksiyon kuvvetleri 103
Şekil 5. 14 Rüzgar kuvveti-perde kalıbı 104
Şekil 5. 15 Taze beton basıncından dolayı oluşan reaksiyon kuvvetleri 104
Şekil 5. 16 1 metre yük genişliğine göre betonlama platformunda oluşan kuvvetler .. 105
Şekil 5. 17 1 metre yük genişliğine göre çalışma platformunda oluşan kuvvetler 106

Şekil 5. 18 Betonlama platformu kesiti 107
Şekil 5. 19 Betonlama platformu planı ve ahşap tahkiki 107
Şekil 5. 20 Çalışma platformu planı ve ahşap tahkiki 108
Şekil 5. 21 Toplam Yükleme Durumu 109
Şekil 5. 22 Toplam yükleme durumu 110
Şekil 5. 23 Kuvvet yönleri 110
Şekil 5. 24 Reaksiyon kuvvetleri 111
Şekil 5. 25 Ankrajda oluşan kuvvetler 115
Şekil 5. 26 Ankraj yerleşim ölçüleri 116
Şekil 5. 27 Bina ölçüleri 122
Şekil 5. 31 Yük genişliğinin belirlenmesi 124
Şekil 5. 33 Hesap için seçilen platform kerestesi 126
Şekil 5. 34 H20 Ahşap kiriş moment-kesme diyagramları 127
Şekil 5. 35 Kaplama ızgarası 128
Şekil 5. 36 H20 Ahşap moment-kesme diyagramları 128
Şekil 5. 37 Rüzgar perdesi tırmanma rayı moment-kesme diyagramı 129
Şekil 5. 38 Rüzgar perdesi tırmanma rayı moment-kesme diyagramı 130
Şekil 5. 41 Ankraj mesafeleri 134
Şekil 5. 42 Örnek ankraj dayanım tablosu 139

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3. 1 Genel rüzgar yükü değerleri 47
Çizelge 3. 2 Beş değişik arazi tipi için ilgili z_o ve z_{min} değerleri 49
Çizelge 3. 3 Dikdörtgen kesitli binalar için basınç katsayıları 53
Çizelge 3. 4 Bağlantısız duvarlar ve parapetlere ait tavsiye edilen basınç katsayıları 53
Çizelge 3. 5 Dairesel kesitlerde basınç dağılımını kontrol eden parametreler 55
Çizelge 3. 6 Örnek basınç-hız çizelgesi 56
Çizelge 3. 7 Beton yayılma sınıfları 58
Çizelge 3. 8 Beton kıvam sınıflarına göre taze beton basıncı-hız ilişkisi 59
Çizelge 3. 9 Priz alma süresine göre farklı K_1 değerleri 59
Çizelge 5.1 TS 647'ye [19] göre ahşap malzemelerin emniyet gerilmeleri 90
Çizelge 5.2 TS 647'ye [19] ahşap malzemelerin elastisite ve kayma modülü değerleri 91
Çizelge 5.3 Dolu gövdeli ahşap kiriş statik-mukavemet değerleri 92
Çizelge 5.4 IPE çelik kiriş ölçü ve kesit bilgileri 94
Çizelge 5.5 Yapısal çeliklerde karakteristik akma gerilmesi ve çekme dayanımı [20] 95

ÖZET

FARKLI ENDÜSTRİYEL KALIP VE İSKELE SİSTEMLERİNİN TASARIMI VE UYGULAMASI

Serkan YILDIRIM

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Zeynep FIRAT ALEMDAR

Günümüzde artan nüfusun barınma ve ulaşım ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla gelişen teknolojinin yardımıyla yüksek ve karmaşık betonarme yapıların yapımı yaygınlaşmıştır. Yaygınlaşan bu yapılar yükselirken bazı yapım zorluklarını da beraberinde getirmiştir. Bu yapıların genelde kısa zamanda bitirilme zorunluluğu, aynı kat planın çok sayıda tekrar ediyor olması, işçilik maliyetlerinin düşürülmesi gerekliliği ile farklı endüstriyel kalıp sistemlerinin kullanılması kaçınılmaz olmuştur.

Bu çalışmanın ilk bölümünde konuyla ilgili giriş yapılarak literatür özeti sunulmuştur. İkinci bölümünde ise sistemlerin tanımı, sistemleri oluşturan elemanlar, rotasyon planları, projelendirme esasları ile ilgili bilgiler verilmişti. Üçüncü bölümünde tırmanır kalıp iskele sistemlerine etkiyen düşey ve yatay yüklerin DIN ve Eurocode normlarına göre hesaplamaları incelenmiştir. Dördüncü bölümde sistemlerde kullanılan ankraj sistemlerinin çeşitleri, farklı göçme modları ve bu göçme modlarına göre emniyetli

ankraj tasarımı irdelenmiştir. Beşinci bölümde ise tırmanır sistem elemanlarının tasarımı ve örnek emniyetli ankraj tasarımı yapılmıştır. İncelemeler sonucunda ankrajın boyu ve çapı arttıkça, ankraj dayanımının arttığı veya içerisinde bulunduğu betonda daha az dayanıma gerek duyulduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel Kalıp, İskele, Tırmanır Sistemler, Ankraj

ABSTRACT

DESIGN AND APPLICATION OF DIFFERENT TYPE OF INDUSTRIAL FORMWORK SYSTEMS

Serkan YILDIRIM

Department of Civil Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Assist. Prof. Dr. Zeynep FIRAT ALEMDAR

Today, the construction of high and complex reinforced concrete structures has become widespread with the help of developing technology to meet the housing and transportation needs of the growing population. While these structures became widespread, they also brought some construction difficulties. The necessity to complete these structures in a short period of time, the repetition of the same floor plan and the reduction of the labor costs, the use of different industrial formwork systems was inevitable.

In the first part of this study, an introduction to the literature is presented. In the second chapter, the definition of the systems, the elements forming the systems, the rotation plans, and the design principles were given. In the third chapter, vertical and horizontal loadings on the climbing scaffolding systems were investigated according to DIN and Eurocode norms. In the fourth chapter, the types of anchor systems used in

the systems, different collapse modes and safe anchor design according to these migration modes are examined.

In the fifth chapter, the design of the climbing system elements and the sample anchor design have been made. As a result of the research, it was found that as the length and diameter of the anchor increased, the anchor strength is increased or less concrete strength is required.

Key Words: Industrial Formwork, Scaffolding, Climbing Systems, Anchor

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Endüstriyel kalıp sistemleri hakkında Altan [1]; önemli biligiler içeren kitabını 1992 yılında yayımlamıştır. Altan ve Aydoğan [2] düşey kalıp yüzeylerine etki eden taze beton basınçlarının DIN 18218 VE ACI-347 yönetmeliklerine göre hesabını ve bu yöntemlerin karşılaştırmalarını yapmışlardır. Karşılaştırmanlar sonucunda yüksek beton döküm hızlarında ACI-347, yüksek betonlama hızlarında ise DIN 18218 sonuçlarının kullanılması önerilmiştir.

Benli tarafından hazırlanmış tez çalışmasında çok katlı yüksek yapılarda kullanılan kalıp sistemleri irdelenmiş ve farklı endüstriyel kalıp sistemlerinden biri olan tırmanır kalıp sistemlerinin öneminden bahsedilmiştir [3].

Özkul, Karayiğit, Erdoğan [4] tarafından hazırlanan çalışmada farklı endüstriyel kalıp sistemlerinden olan köprü kalıp sistemlerinin kullanıldığı itme sürme yöntemiyle inşa edilmiş ardgermeli köprülerin deprem tasarımı konusu incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucunda köprü boyuna yönde kullanılan viskoz akışkanlı sönümleyiciler sayesinde boyuna yöndeki deprem etkileri azaltılmış ve böylece malzeme miktarı açısından daha ekonomik kesitler kullanılmıştır. Malzeme miktarı bakımından diğer bir avantaj ise, temele aktarılan tesirlerin ve özellikle de deprem sebebiyle temelde oluşan moment değerlerinin büyük oranda azalması ve temel boyutlarının daha küçük olarak hesaplanmasıdır. Bu yapı sistemi sayesinde tek seferde uzun açıklık geçilerek, ayaklar üzerinde tek sıra mesnet kullanılmış ve sadece kenar ayaklarda olmak üzere iki yerde

derz kullanılmıştır. Buda, köprüler için daha az bağlantı elemanı kullanılması, buna bağlı olarak da köprü bakım ve onarım maliyetlerinin azalması anlamına gelmektedir.

Özkul, Özel, Erdoğan [5] tarafından hazırlanan çalışmada ise farklı endüstriyel kalıp sistemlerinden olan köprü kalıp sistemlerinin kullanıldığı yerinde dökme konsol köprülerin döküm eğrisi takibi konusu incelenmiştir. Buna göre, yerinde dökme dengeli konsol köprü inşası sırasındaki inşaat aşamaları aslına uygun öngörülmeli ve bilgisayar modeli oluşturulmalıdır. Gerekli görülen hallerde de sahadaki değişikler modele aktarılarak sonuçlar mevcut durumu yansıtacak şekilde güncellenmelidir. Dilimsel dengeli konsol yöntemiyle büyük açıklıklar, kalıp arabası sistemi sayesinde kolaylıkla ve randımanlı bir şekilde geçilebilmekte ve estetik köprüler oluşturulabilmektedir. Ancak, döküm eğrisi hesabına ve kontrolüne gerekli önem verilmelidir.

Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Boğaziçi Üniversitesi [9] tarafından 2009 yılında İstanbul ili için yüksek binalar rüzgar yönetmeliği yayımlanmıştır.

Şafak [10] tarafından 2011 yılında yayımlanan çalışmada yüksek yapılarda rüzgar yükünün hesabı incelenmiştir. Bu makalede binalardaki statik ve dinamik rüzgar yüklerinin hesabındaki ana kabuller ve yaklaşımlar verilmiş ve hesap prosedürü Eurocode şartnamesinde belirtilen yönteme paralel olarak özetlenmiştir.

Öztüran, Gesoğlu, Özel, Güneyisi [15] tarafından hazırlanmış çalışmada kimyasal, harçlı, mekanik ankrajların çekme ve kesme yükleri altındaki davranışları incelenmiş, yapılan deneyler sonucunda beton dayanımının artışıyla kimyasal ve harçlı ankrajların statik çekme yükleri altındaki taşıma kapasitelerinde yaklaşık %30 oranında, genişleyen mekanik ankrajlarda ise %20 oranında artış olduğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca ankraj gömme derinliği ve ankraj çapının artışının ankraj dayanımını arttırdığını gözlemlemişlerdir.

Gürbüz [17] tarafından yayımlanmış olan tez çalışmasında; yapılan deneyler sonucunda sığ ankrajlarda betonun konik olarak göçmesi modu gözlemlenirken daha derin ankrajlarda beton konisi ve ankraj sıyrılması göçme modları gözlemlenmiştir. Birbirine yakın olan ankrajlarda komşuluk ilişkisi sebebiyle kapasite düşümü gözlemlenmiştir. Temizlenmemiş ankrajlarda %40'a, nemli ve ıslak deliklere uygulanan ankrajlarda ise ankraj dayanımlarının %30 oranında azaldığı gözlemlenmiştir.

1.2 Tezin Amacı

Ülkemizde ve dünyada yapımı hızla artmakta olan betonarme yüksek ve kompleks yapılar, yapım süreçlerinde beraberlerinde bazı zorlukları da beraberlerinde getirir. Bu yapım zorluklarını günümüzde ancak ve ancak farklı endüstriyel kalıp sistemleri ile üstesinden gelebilmekteyiz. Ülkemizde bu tür sistemlerin kullanımına ilişkin çok kısıtlı çalışmalar bulunmasından ötürü bazı ülke yönetmelikleri ve çalışmalarının kriterleri baz alınarak böyle bir çalışmanın yapılmasına gerek duyulmuştur. Bu tez çalışmasında:

- Farklı endüstriyel kalıp sistemlerinin tanımlarının yapılması, sistemleri oluşturan elemanlar ve projelendirme esaslarının belirlenmesi,
- Sistemlere etkiyen yüklerin belirlenmesi,
- Sistemlerde kullanılan ankraj sistemleri ve emniyetli ankraj tasarımının yapılabilmesi,
- Örnek çözümler ile elde edilen sonuçların değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

1.3 Hipotez

Farklı endüstriyel kalıp sistemlerinin projelendirilmesinde etkili olan unsurlar belirlenip, tırmanır sistemlere etki eden yükler incelenerek emniyetli ankraj tasarımı yapılacaktır. Ankrajların belirli özellikleri değiştirilerek dayanımlarında oluşan değişiklikler gözlenip tırmanır kalıp iskele sistemlerine etkisinin araştırılması hedeflenmektedir.

BÖLÜM 2

FARKLI ENDÜSTRİYEL KALIP VE İSKELE SİSTEMLERİ

Betonun dökümünden itibaren sertleşerek istenilen dayanımı kazanmasına kadar geçen süre içerisinde onu taşıyan ve şel almasına yardım eden elemanlara kalıp denir [1]. Bu sistemler basit tek katlı betonarme yapılardan karmaşık betonarme köprü yapılarına kadar kullanılan ve geniş bir yelpazeye yayılan sistemlerdir. Betonarme yapıların yapım zorluğu artıkça kullanılan kalıp ve iskele malzemeleri de ihtiyaca uygun olarak değişmeli ve gereksinim duyulan yüksek standartlara cevap verebilmelidir. İşte bu ihtiyaçlar cevap verebilen ve çoğunlukla standart olamayan sistemlere farklı endüstriyel kalıp ve iskele sistemleri olarak isimlendirilebilir. Bu sistemler:

- Tırmanır Kalıp İskele Sistemleri
- Köprü ve Viyadük Kalıp İskele Sistemleri

olmak üzere ikiye ayrılır ve bu tez kapsamında incelenecektir.

2.1 Tırmanır Kalıp İskele Sistemleri

Tırmanır kalıp sistemleri, uygulama yüzeyinde her beton dökümünden sonra yukarı doğru hareket ettirilerek kullanılan, yüksek yapılarda gerekli iş güvenliğini sağlayan bir sistemdir. Kalıbın her beton dökümü öncesi ve sonrasında sökülüp birleştirilmesine gerek yoktur. Genelde yüksek katlı binaların ve veya yüksek irtifalı yapıların perde ve kolonlarının dışa bakan kısımlarında tek seferde dökülemeyecek kadar yüksek olan perde ve kolon kalıplarında kullanılır. Böylece kalıp altında destek için çok yüksek iskele sisteminin kurulmasına gerek kalmaz. Ayrıca rahat bir çalışma alanı ile beraber işçilerin

güvenli bir şekilde çalışmasına olanak sağlar; bu şekilde işçilik süresinin azaltılmasını da sağlamış olur. Tırmanır kalıp sistemi genellikle baraj, köprü ayakları, yüksek istinat duvarları, çok katlı binalar, silolar, merdiven ve asansör duvarları, kolonlar, bacalar, otoyol viyadük ayakları gibi yapıların inşasında kullanılır. Bu tip kalıplar:

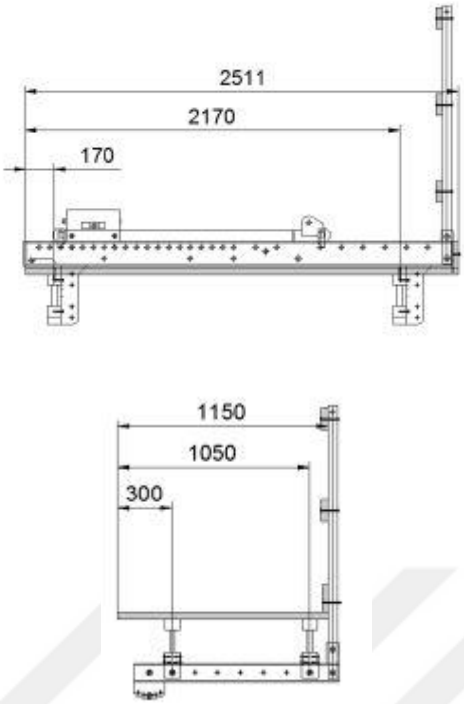
- Vinç yardımı ile hareket ettirilen,
- Hidrolik bir mekanizmayla hareket ettirilen kalıp sistemleri

olmak üzere ikiye ayrılır.

2.1.1 Vinç Yardımı ile Hareket Ettirilen Tırmanır Sistemler

Tırmanır (bir vinç yardımıyla hareket ettirilen) kalıp sistemleri aşağıdaki kısımlardan oluşur:

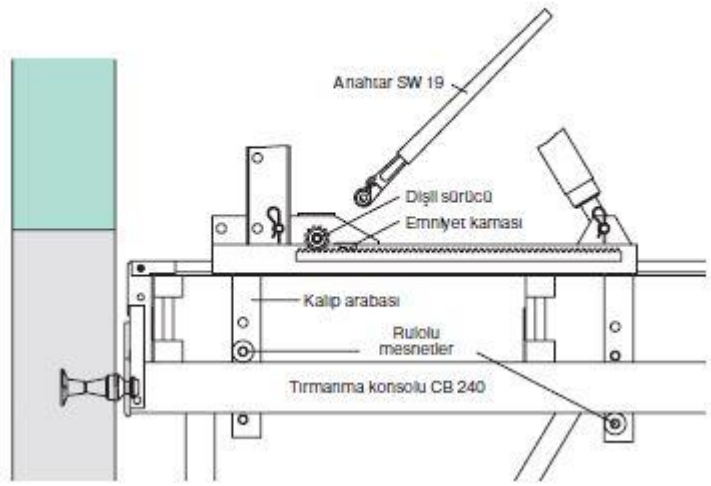
- Çalışma platformları
- Destek kirişleri
- Destek payandaları
- Betonlama platformu
- Korkuluk
- Platform ahşapları ve keresteleri
- Perde kalıbı yatay hareketi için ray
- Tırmanma bileziği
- Tırmanma konusu
- Gömülü ankraj takımı ve bağlantı civatası
- Rüzgar bağlantı gergisi
- Tırmanma konsolu



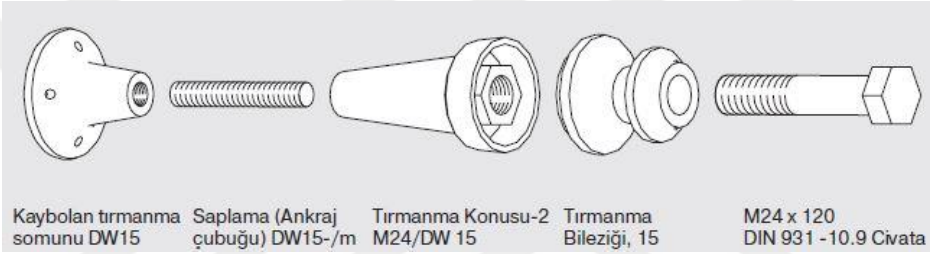
Şekil 2. 1 Çalışma, betonlama ve söküm platformları



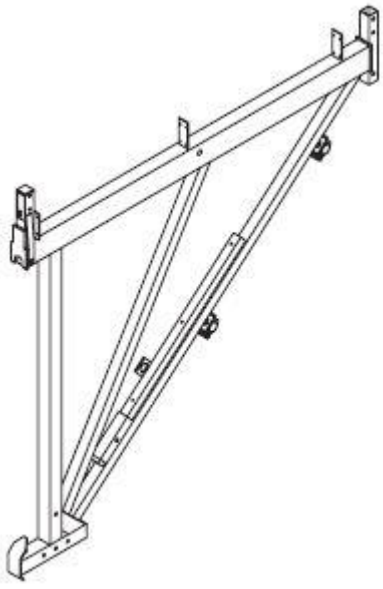
Şekil 2. 2 Destek kirişleri ve payandaları



Şekil 2. 3 Perde hareketi için ray sistemi



Şekil 2. 4 Gömülü ankraj takımı



Şekil 2. 5 Tırmanma konsolu



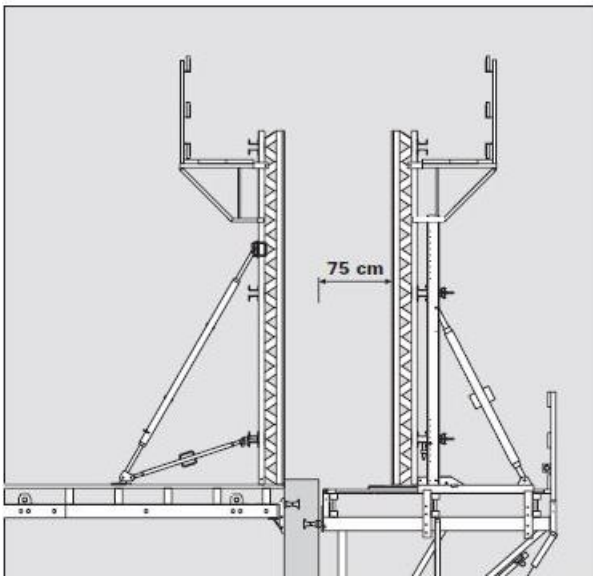
Şekil 2. 6 Korkuluk

Kalıp yüzeyi (büyük yüzeyli elemanlardır), tırmanma konsoluna bağlanır. Tırmanma konsolu ise firmalara göre değişen askı elemanları ile yapıya tespit edilir. Kalıp yüzeyini tırmanma konsoluna bağlamak için vidalı çubuk elemanlar ya da vidalı çubuklarla birlikte ileri-geri hareket edebilen bir ray sistemi kullanılır. Arabalı bağlama durumunda, kalıp yüzeyi duvardan 75 cm geriye çekilebildiği için hacim avantajları sağlar. Bu sayede:

- Kalıp yerleştirilmeden önce kalıp yüzeyinin kontrol edilmesi ve kalıp yüzeyinin temizlenmesi [3],
- Bir sonraki yükseklikte düzenlenecek perdenin tırmanma konsolu için askı elemanlarının yerine konabilmesi,
- Betonda oluşan ankraj deliklerinin kapatılması,
- Perde duvarı donatısının yerleştirilmesi,
- Tüm bu işlemler sırasında, geri çekilmiş olan kalıp yüzeyinin yüksekte çalışan işçileri koruması gibi işlemlere olanak sağlanmış olunur.

Bu sistemler kendi içerisinde üçe ayrılır:

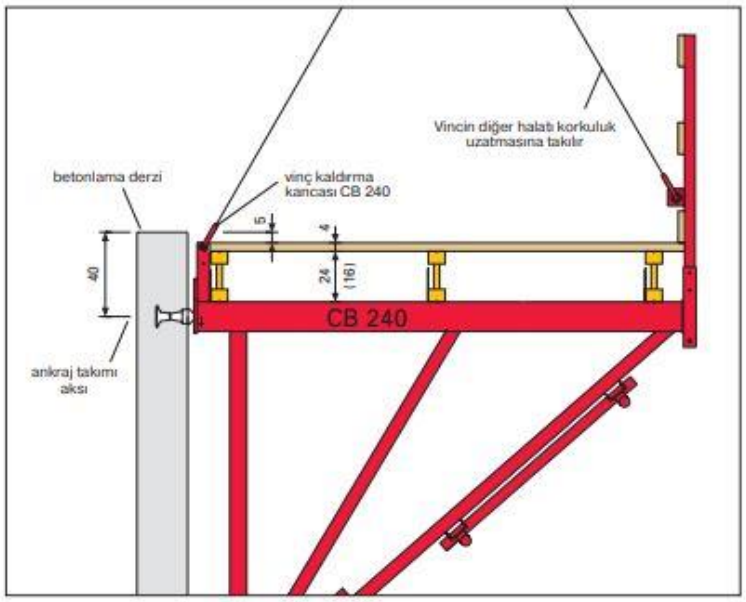
- Platform tırmanır sistemler.
- Destek kuşaklı platform tırmanır sistemler.
- Tek Taraflı platform tırmanır sistemler.



Şekil 2. 7 75 cm çalışma mesafeli platform

2.1.1.1 **Platform Tırmanır Sistemler**

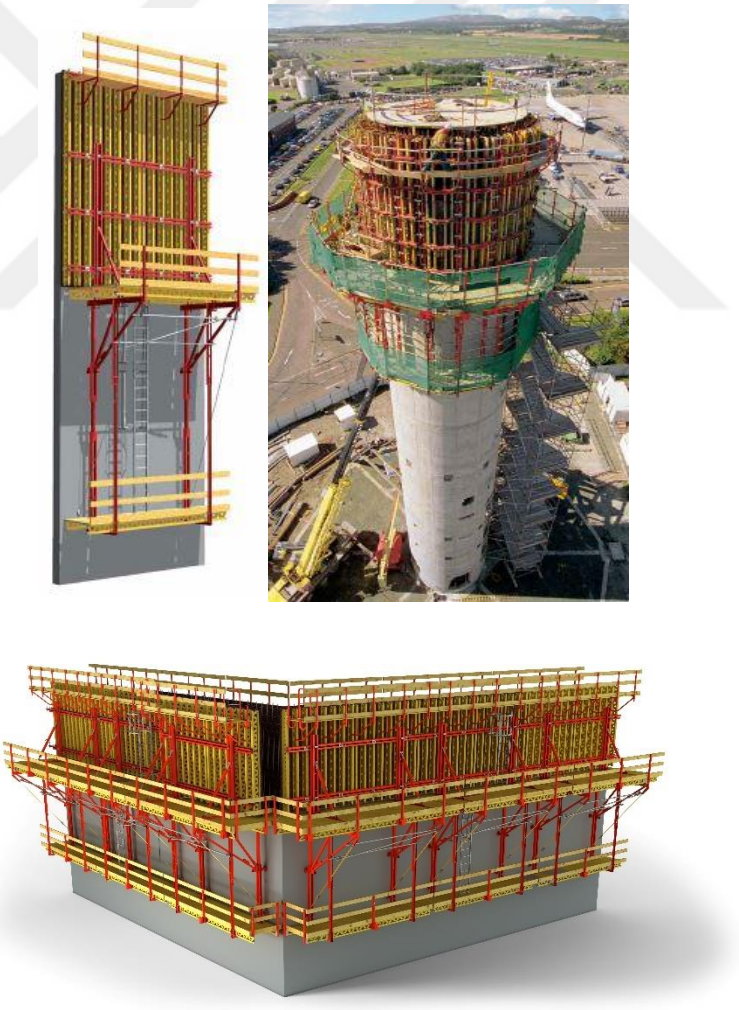
Platform sistemlerin kullanım amacı; beton dökümü yapılacak olan sistemin etrafında emniyetli bir çalışma alanı oluşturmaktır. Bu sistemler platformunu oluşturduğu perde veya kolon kalıbı sistemlerine bağlı değillerdir. Sistemlerin proje içerisinde yatay ve dikey hareketleri, söküm ve montajları birbirlerinden bağımsız olarak vinç yardımı ile yapılır. Genellikle tek kademe çalışma platformundan oluşur ve çok yüksek olmayan yapıların iç ve dış duvarlarında kullanılır.



Şekil 2. 8 Platform sistem

2.1.1.2 **Destek Kuşaklı Platform Tırmanır Sistemler**

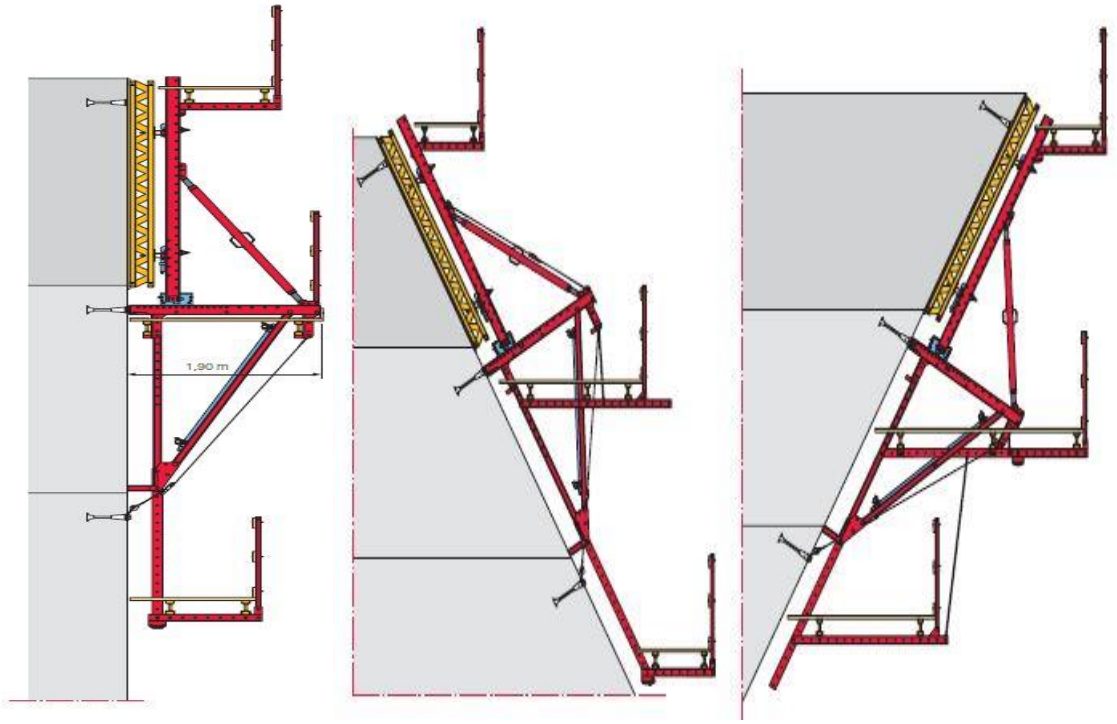
Destek kuşaklı platform sistemlerin kullanım amacı ise beton dökümü yapılacak olan sistemin etrafında emniyetli bir çalışma alanı oluşturmak ve yüksek perde duvarlarının beton dökümünü mümkün kılmaktır. Bu sistemler platformunu oluşturduğu perde veya kolon kalıbı sistemlerine bağlıdırlar. Sistemlerin proje içerisinde yatay ve dikey hareketleri, söküm ve montajları birlikte yapılır. Bu sistemlerin avantajı, bağlı olduğu perde duvarı kalıbı sistemlerini kendi üzerinde bulunan ray yardımı ile 75 cm geri veya ileri hareket ettirerek demir işçileri için gerekli çalışma ortamına olanak sağlar. Bu sistemler bir ana çalışma platformu ve bir söküm platformu olmak üzere toplam iki kademe platformlardan oluşmaktadır ve genellikle yüksek yapıların iç ve dış duvarlarında kullanılır.



Şekil 2. 9 Destek payandalı platform sistem

2.1.1.3 **Tek Taraflı Platform Tırmanır Sistemler**

Tek taraflı platform tırmanır sistemler, çift taraflı kalıp kurmanın mümkün olmadığı ve taze beton basıncının perde kalıbı ankraj çubukları ile karşılanamadığı durumlar için tasarlanmış bir sistemdir. İstinat duvarları, kalın perdeler, baraj yapıları gibi çift taraflı ankraj uygulaması yapılamayan durumlarda beton dökümüne olanak sağlamaktadır. Perde yüksekliğine ve artan beton basıncına bağlı olarak destek tipi ve ara mesafeleri değiştirilir. Önceden beton içine yerleştirilen ankrajlar ile sistemin kurulumu yapılır. Sistem ilk kurulum aşamasından sonra sökülmeden ve tek parça halinde taşınarak kalıp sirkülasyonu sağlanır. Sistem üzerinde bulunan ray yardımı ile 75 cm geri veya ileri hareket ettirerek demir işçileri için gerekli çalışma ortamına olanak sağlar Beton dökümü yapılacak yüzeylere göre düz veya eğik olarak uygulanabilirler. Genellikle bir ana çalışma platformu ve bir söküm platformu olmak üzere toplam iki kademe platformlardan oluşmaktadır.

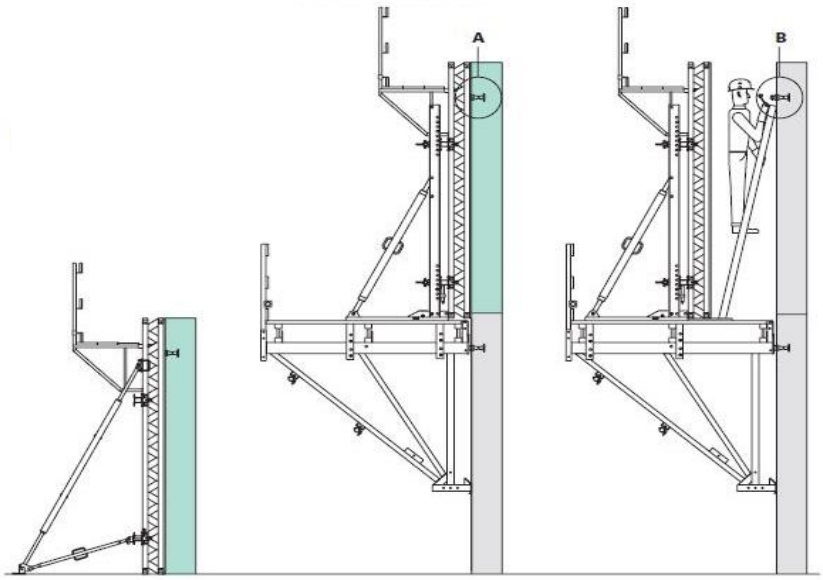


Şekil 2. 10 Destek payandalı platform sistem

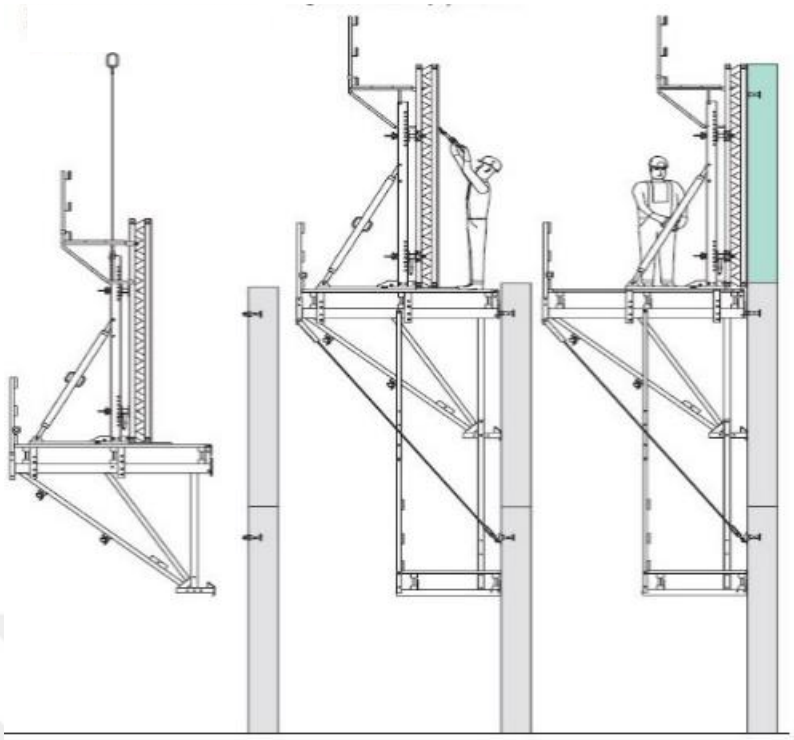
2.1.1.4 **Vinç Yardımı ile Hareket Ettirilen Tırmanır Sistemlerin Rotasyonu**

Tırmanır kalıpların rotasyonu altı aşamada gerçekleşir.

- İlk kademe perde betonu dökülür. Perde kalıbı üzerine sabitlenen tırmanma konusu ve gömülü ankraj beton içerisinde kalır.
- Ankraj yeri belirleyicisi çıkarılıp tırmanma konsollarının oluşturduğu platform tırmanma bileziğine asılır.
- Vinç tarafından askıya alınan perde kalıbı platformun üzerine taşınır.
- Perde kalıbı platforma oturtulur. Perde kalıbı dikey çelik kuşağı ve taşıma plakası sayesinde tırmanma konsoluna sabitlenir ve beton dökülür.
- Perde kalıbı geriye doğru çekilir. Yer tutucu sökülüp, yerine tırmanma askısı monte edilir.
- Vinç, tırmanma konsolu ve perde kalıbını birlikte taşıyarak bir üst kattaki tırmanma askısına asar.



Şekil 2. 11 Tırmanır kalıp rotasyonu 1-3



Şekil 2. 12 Tırmanır kalıp rotasyonu 4-6

2.1.1.5 **Vinç Yardımı ile Hareket Ettirilen Tırmanır Sistemlerin Projelendirme Esasları**

Vinç ile hareket ettirilen tırmanır sistemler, üzerinde bulunan perde kalıbının tek veya çift taraflı olması durumu dikkate alınarak projelendirilir. Sisteme etkiyen yatay ve dikey yükler bahsedilen bu duruma göre değişkenlik gösterir. Tek taraflı sistemlerde taze beton basıncı dikkate alınırken, çift taraflı sistemlerde bu yük perde kalıbı üzerinde bulunan tie-rod çubuklarıyla karşılanacağı için dikkate alınmaz.

Rüzgar etkileri, tırmanan sistemlerin alt kısmını yapıdan uzaklaştıracak biçimde kalıpta bir eğilme momenti oluşturur. Dolayısıyla alt kısımda çekmeye karsı bir ankraj düzenlenir. Tırmanma işleminin bir sonraki yüksekliğe geçebilmesi için alttaki betonun mukavemetinin belirli bir dayanıma ulaşması beklenmelidir. Bu süre genellikle 1 veya 2 gün olmakla birlikte bekleme süresinin uzaması toplam inşaat süresine doğrudan etki ederek maliyet artışlarına sebep olur. Dolayısıyla her iki tipte olan tırmanır sistemlerde beton dayanımına göre uygun ankraj seçimi çok önemlidir.

2.1.1.6 **Vinç Yardımı ile Hareket Ettirilen Tırmanır Sistemlerin Projelendirme Aşamaları**

Yapılarda tırmanır sistemlerin teşkili belirli bir sıralamaya göre yapılır. Bu bağlamda yapının tanınmasından başlanarak yönetmelikler ve baz alınan yükler ile hesaplamalar devam eder ve en sonunda emniyetli ankrajların seçimi yapılır.

- Yük genişliklerinin belirlenmesi,
- Taze beton basıncından oluşan kuvvetlerin hesaplanması,
- Rüzgar yükünden oluşan kuvvetlerin hesaplanması,
- Hareketli yüklerin oluşturduğu kuvvetlerin hesaplanması,
- Tırmanır sistem elemanları tahkiki,
- Ankraja gelen yükler ve sistem reaksiyon kuvvetleri hesaplanması,
- Emniyetli ankraj seçimi.

2.1.2 Hidrolik Tırmanır Sistemler

Hidrolik tırmanır kalıp sistemleri, hidrolik pistonlar yardımı ile bir kule vincin yardımı olmaksızın düşey hareketlerini kendileri sağlayabilen sistemlerdir. Bu sistemlerin kullanımı yüksek katlı yapıların yapısına göre farklılık gösterir. Yapıların dış yüzeylerinde bulunan perde duvarı kalıbı imalatını kolaylaştırmak ve emniyetli bir platform oluşturmak için kullanılırken yapıların iç kısımlarında ise projede var olan boşlukların kapatılması ve yapılacak olan imalatlar için uygun ortam sağlamaktır. Ayrıca bu sistemler yapının çalışılan katlarında hava muhalefetinden etkilenmeksizin çalışma ortamı da sağlar. Sistemler hem iş ve işçi güvenliği hem hızlı betonarme imalatı imkanı sayesinde gelişmiş ülkelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemler kullanıldıkları yapılar ve amaçlarına göre ikiye ayrılır:

- Rüzgar Perdeleri
- Şaft ve Köprü Ayak Platformları

2.1.2.1 **Rüzgar Perdeleri**

Rüzgar perdeleri, gökdelenlerde ve kule tipi yapılarda, katlarda güvenli çalışma alanları sağlamak için kullanılır. Bir vince gerek kalmadan hidrolik ekipmanlar kullanılarak rahatça kendiliğinden tırmanabilir. Rüzgar perdesi binanın çevresini saran kompakt bir sistemdir. Yüksekte daha etkili olan her tür hava koşullarında kullanılabilen bir sistemdir. Saatte 70 km rüzgar hızında tırmanma operasyonunu gerçekleştirebilirken saatte 165 km rüzgara dayanıklı olarak dizayn edilebilmektedir. Binayı çevreleyen ve hidrolik sistemin raylarına bağlanmış plywood veya sac yüzeyli panel modüller yapısına göre rüzgar etkisini tamamen veya kısmen durdurarak içeride aynı zemindeki gibi konforlu bir çalışma ortamı sağlar. Koruma perdelerinin koruma yüksekliği ihtiyaca göre yapının 2,5 veya 3,5 katı olarak, özel durumlarda ise 5,5 kata kadar projelendirilebilir.



Şekil 2. 13 Rüzgar perdesi [11]



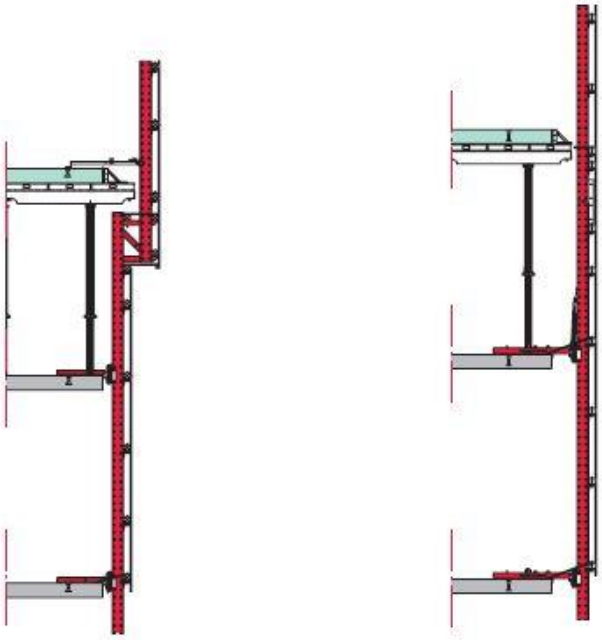
Şekil 2. 14 Rüzgar perdesi [11]



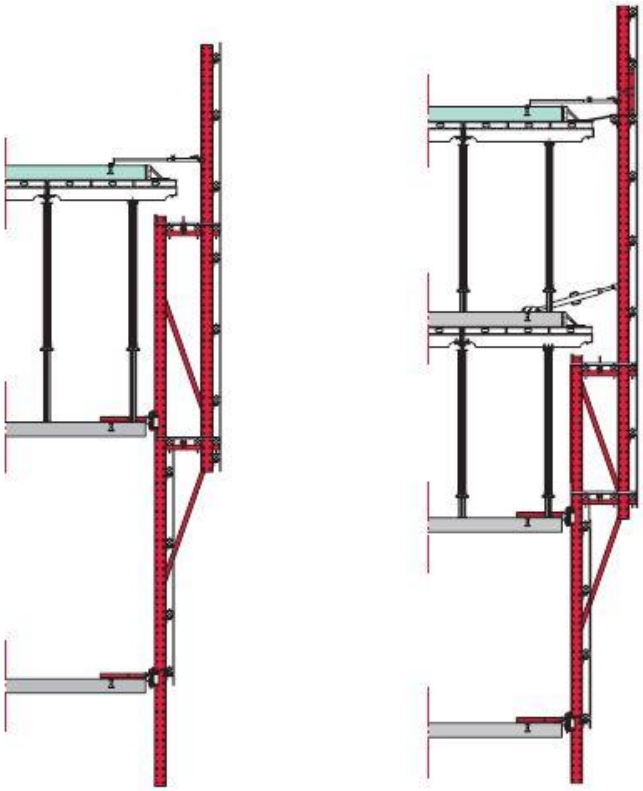
Şekil 2. 15 Rüzgar perdesi bulunan yapının en üst çalışma katı [11]



Şekil 2. 16 Rüzgar perdesine bağlı malzeme çıkartma platformu [11]



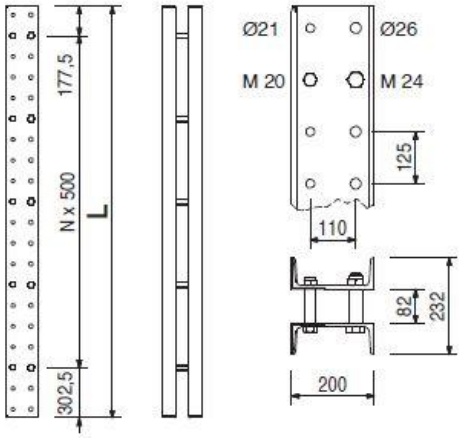
Şekil 2. 17 Rüzgar perdesi çeşitleri 1



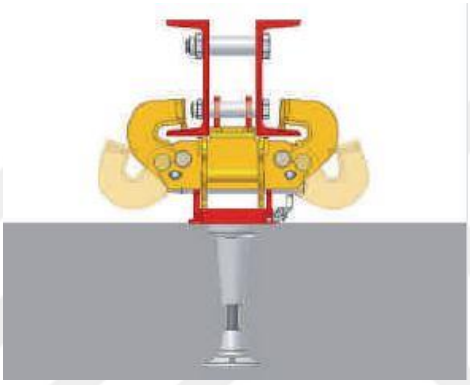
Şekil 2. 18 Rüzgar perdesi çeşitleri 2

2.1.2.1.1 Rüzgar Perdelerini Oluşturan Elemanlar

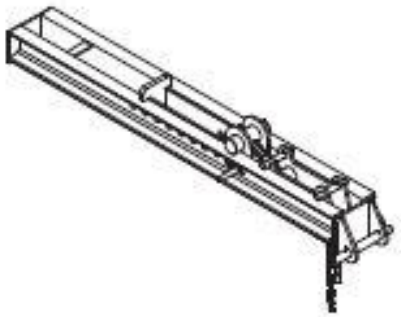
- Tırmanma rayları
- Tırmanma rayı kılavuzları
- Tırmanma ayakları
- Ahşap bağlayıcılar
- Kaplama ızgaraları
- Yüzey kaplama elemanları
- Hidrolik piston
- Hidrolik pompa
- Ankraj takımları



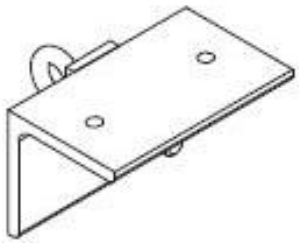
Şekil 2. 19 Tırmanma rayı (profili)



Şekil 2. 20 Tırmanma rayı kılavuzları



Şekil 2. 21 Tırmanma ayakları



Şekil 2. 22 Izgara bağlayıcılar



Şekil 2. 23 Kaplama ızgaraları (kereste)



Şekil 2. 24 Yüzey kaplama elemanı (delikli pano)



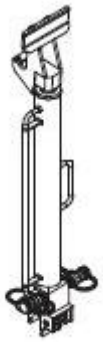
Şekil 2. 25 Yüzey kaplama elemanı (sac)



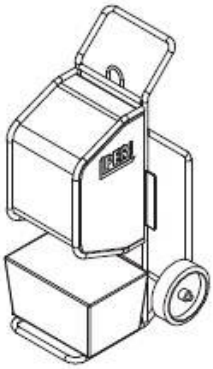
Şekil 2. 26 Yüzey kaplama elemanı (delikli sac)



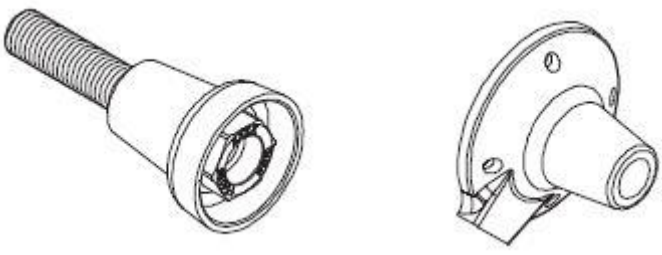
Şekil 2. 27 Yüzey kaplama elemanı (plywood)



Şekil 2. 28 Hidrolik piston



Şekil 2. 29 Hidrolik pompa

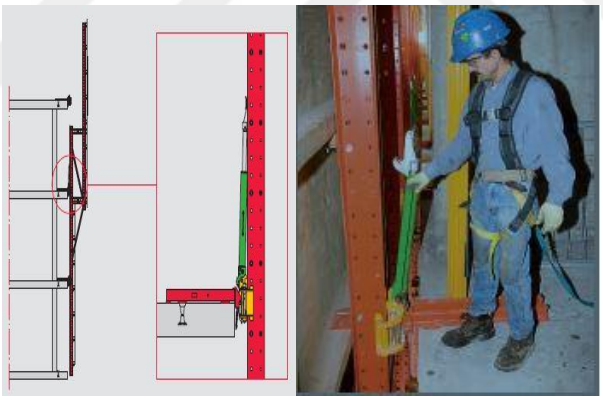


Şekil 2. 30 Ankraj takımları

Rüzgar perdeleri yukarıda bulunan malzemelerin projeye uygun tasarımı ile kullanılması düşünülen yapıya hizmet eder.

2.1.2.1.2 Rüzgar Perdelerinin Rotasyonu

Rüzgar perdelerinin koruma yüksekliği genellikle 3 x bina kat yüksekliği + 2,00 m'dir. Son dökümü yapılmış olan kattan 2 metre yüksekliğe kadar koruma sağlar. Sistem dökümü yapılan kat betonun istenen dayanıma ulaşmasını takiben hidrolik pistonlar ile yükseltilir. Genellikle ankrajların sistemi güvenli bir şekilde taşıması için gerekli olan beton dayanımı 10-25 N/mm^2 'dir. İstenilen dayanıma ulaşmış olan betona bağlı ankraj takımlarına tırmanma ayakları ve bu ayaklara ise tırmanma rayı kılavuzları bağlanır. Hidrolik piston ve pompa yardımı ile sistem ortalama olarak 30 cm/dakika hızında yükseltilerek tırmanma raylarının, tırmanma kılavuzlarının içerisine sürülmesi sağlanır. Bu işlem tüm sistemin bir kat yüksekliği kadar yükseltilmesi ile son bulur. Oluşturulan yeni muhafazalı alanda betonarme imalatlarının güvenli bir şekilde yapımına devam edilir.



Şekil 2. 31 Tırmandırma işlemine hazırlık [11]



Şekil 2. 32 Hidrolik tırmanma [11]



Şekil 2. 33 Tırmanma işlemi sonrası görünüm

2.1.2.2 **Şaft Ve Köprü Ayak Platformları**

Bu hidrolik kalıp tipi genellikle yüksek yapıların şaft boşluklarını çevreleyen çekirdek perde duvar, köprü ve viyadük yapılarının imalatında daha hızlı, verimli, güvenli çalışma ortamı sağlanabilmesi için kullanılan sistemlerdir. Sistem sahip olduğu çalışma platformları sayesinde perde duvarlarının donatılarının bağlanması, beton dökümü gibi işlemlerin güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak sağlar. Bu sistemler platformunu oluşturduğu perde veya kolon kalıbı sistemlerine bağlıdırlar. Sistemlerin proje içerisinde yatay ve dikey hareketleri, söküm ve montajları birlikte yapılır. Rüzgar perdesi sistemi gibi düşey hareketi hidrolik olarak kule vinçten bağımsız olarak

gerçekleşir. Her türlü hava şartlarında çalışmak için tasarlanmış sistemlerdir. Bu sistemin varlığı sayesinde yüksek iskelelere veya platformlara ihtiyaç duyulmaz.



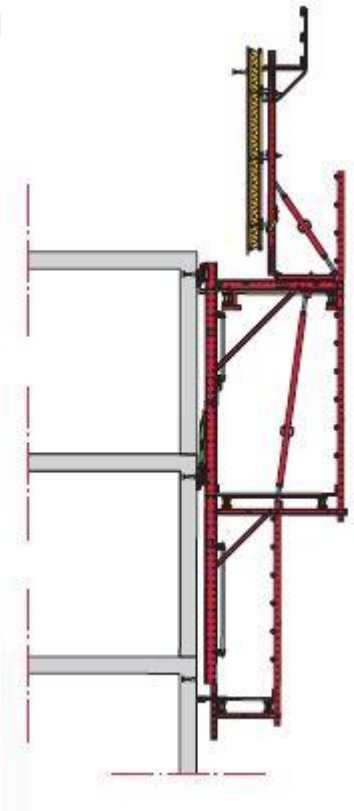
Şekil 2. 34 Şaft platformu [11]



Şekil 2. 35 Köprü platformu [11]



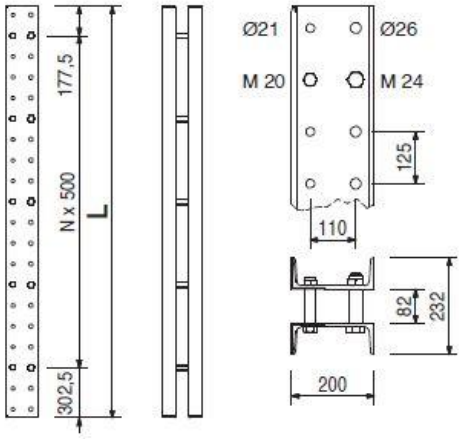
Şekil 2. 36 Köprü platformu [11]



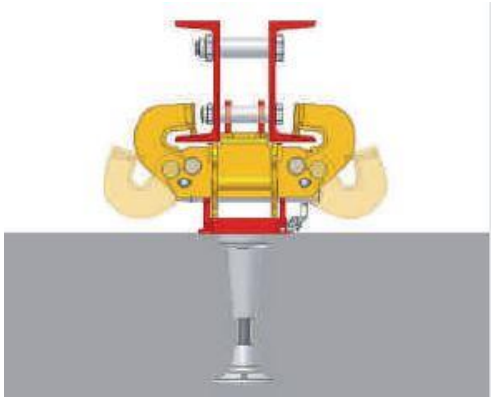
Şekil 2. 37 Standart şaft, köprü platformu kesiti [11]

2.1.2.2.1 Şaft, Köprü Platformlarını Oluşturan Elemanlar

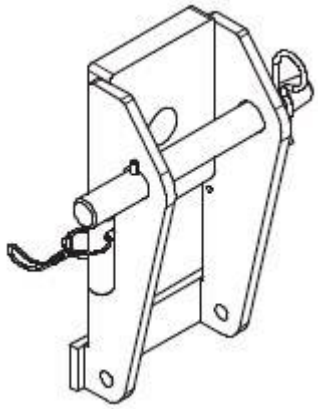
- Tırmanma rayları
- Tırmanma rayı kılavuzları
- Tırmanma ayakları
- Çalışma platformları
- Destek kirişleri ve payandalar
- Korkuluklar
- Hidrolik piston
- Hidrolik pompa
- Ankraj takımları



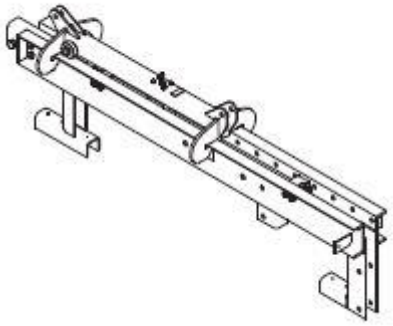
Şekil 2. 38 Tırmanma rayı(profili)



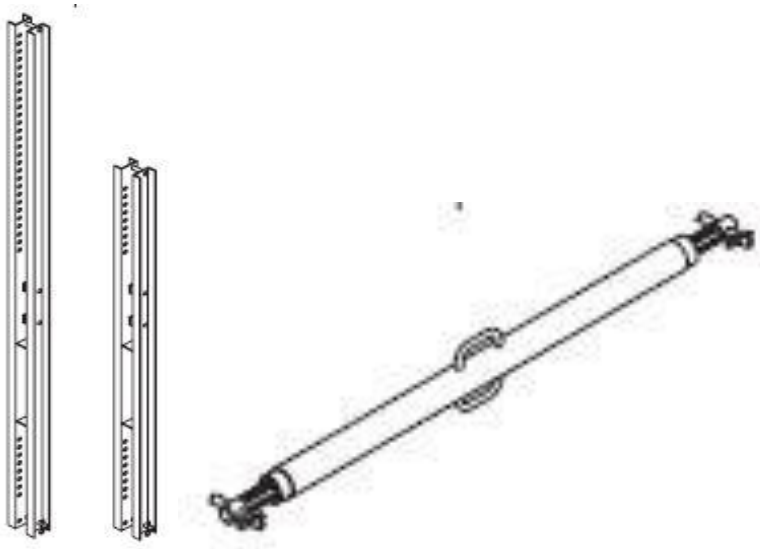
Şekil 2. 39 Tırmanma rayı kılavuzları



Şekil 2. 40 Tırmanma ayağı



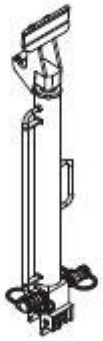
Şekil 2. 41 Çalışma platformu



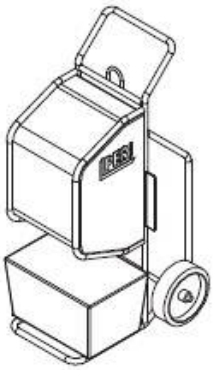
Şekil 2. 42 Destek kirişleri ve payandaları



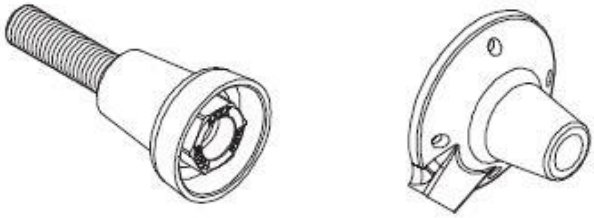
Şekil 2. 43 Korkuluk



Şekil 2. 44 Hidrolik piston



Şekil 2. 45 Hidrolik pompa

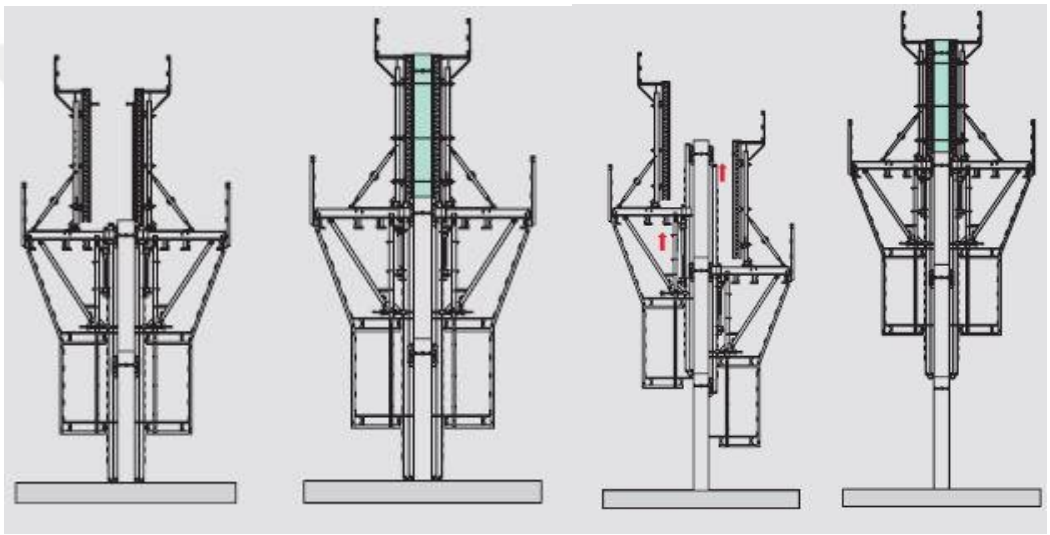


Şekil 2. 46 Ankraj takımları

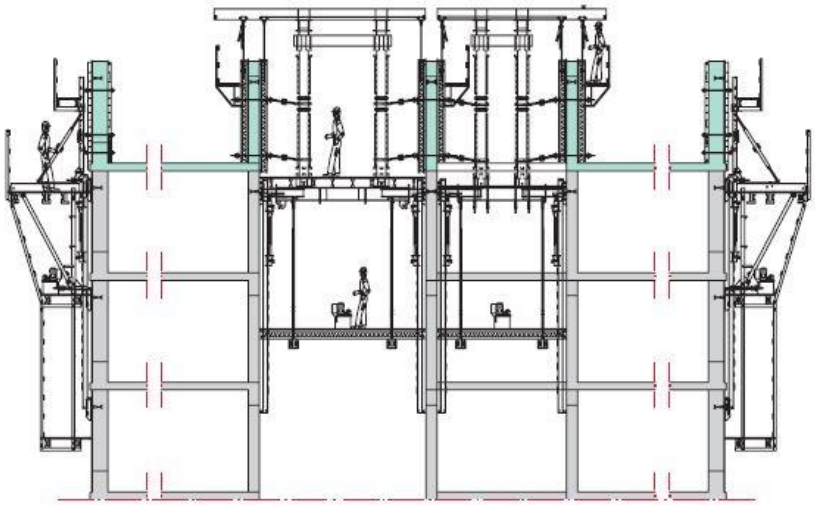
2.1.2.2.2 Şaft ve Köprü Platformlarının Rotasyonu

Otomatik tırmanır kalıplarda rotasyon dört aşamada gerçekleşir.

- Dökümü yapılacak perde kalıbının tek yüzü kapatılır. Donatı işçiliği yapılır ve ankrajlar sağlamlaştırılır.
- Kalıp kapatılır betonlama işlemine geçilir.
- Tırmanma askısı takılır sonrasında ray ve platform kumanda vasıtasıyla tırmandırılır.
- İlk adımda işlemler tekrarlanır.



Şekil 2. 47 Kalıp rotasyon planı



Şekil 2. 48 Tipik şaft platform kesiti



Şekil 2. 49 Köprü ayak kalıbı platformu [11]



Şekil 2. 50 Köprü ayak kalıbı platformu [11]

2.1.2.3 Hidrolik Tırmanır Sistemlerin Avantajları

Yapıya monte edilerek çalıştıkları için, yapının istenilen yerinde kalıp iskelesi gerekmeden uygulanabilir.

Kayar kalıptaki gibi beton yüzeye sürtünerek değil, yeniden kurularak ilerlediğinden beton yüzeyinde iz oluşmaz.

Aynı boyutlu elemanları olan binalarda ekonomi ve hız sağlar.

Kule vinçten bağımsız olarak hareket edebilme özellikleri sayesinde projeyi ilave vinç maliyetlerinden kurtarır.

Çalışmanın zor ve tehlikeli olduğu yüksek yapılarda iş ve işçi güvenliği açısından emniyetli alanlar sağlar.

Sistem elemanları projeye özel değildir ve diğer projelerde de kullanılabilir.

2.1.2.4 Hidrolik Tırmanır Kalıp Sistemlerin Projelendirme Esasları

Hidrolik olarak hareket ettirilen tırmanır sistemler, kullanım amacı dikkate alınarak projelendirilir. Eğer rüzgar perdesi olarak kullanılacaksa sadece rüzgar yükünden bahsetmek mümkündür fakat şaft ve köprü ayak platformu olarak kullanılacak ise dikkate değer hareketli yükler hesaba dahil edilmelidir.

Rüzgar etkileri, tırmanan sistemlerin alt kısmını yapıdan uzaklaştıracak biçimde kalıpta bir eğilme momenti oluşturur. Dolayısıyla alt kısımda çekmeye karsı bir ankraj düzenlenir. Tırmanma işleminin bir sonraki yüksekliğe geçebilmesi için alttaki betonun mukavemetinin belirli bir dayanıma ulaşması beklenmelidir. Bu süre genellikle 1 veya 2 gün olmakla birlikte bekleme süresinin uzaması toplam inşaat süresine doğrudan etki ederek maliyet artışlarına sebep olur. Dolayısıyla her iki tipte olan hidrolik tırmanır sistemlerde beton dayanımına göre uygun ankraj seçimi çok önemlidir.

2.1.2.5 Hidrolik Tırmanır Kalıp Sistemlerin Projelendirme Aşamaları

Yapılarda hidrolik tırmanır sistemlerin teşkili belirli bir sıralamaya göre yapılır. Bu bağlamda yapının tanınmasından başlanarak yönetmelikler ve baz alınan yükler ile hesaplamalar devam eder ve en sonunda emniyetli ankrajların seçimi yapılır.

- Yük genişliklerinin belirlenmesi,
- Rüzgar yükünün hesaplanması,
- Rüzgar yükünden oluşan kuvvetlerin hesaplanması,
- Hareketli yüklerin oluşturduğu kuvvetlerin hesaplanması (Platform var ise),
- Tırmanır sistem elemanları tahkiki,
- Ankraja gelen yükler ve sistem reaksiyon kuvvetleri hesapları,
- Emniyetli ankraj seçimi.

2.2 Köprü Ve Viyadük Kalıpları

Akarsu, yol, demiryolu vb. engelleri geçmek için yapılan üzerine dolgu gelmeyen ve mesnet eksenleri arasındaki açıklığı 10 m'den fazla olan sanat yapılarına köprü adı verilir. Köprüler kullanım amaçlarına, yapısında kullanılan malzemelere, taşıyıcı sistemlerine göre sınıflandırılırlar.



Şekil 2. 51 Demiryolu köprüsü

Kullanım amaçlarına göre;

- Demir yolları köprüleri
- Kara yolu köprüleri
- Kanal köprüleri
- Yaya köprüleri
- Vinç, kreyn, taşıt bantları için

Yapısında kullanılan malzemelere göre:

- Betonarme köprüler
- Çelik köprüler
- Ahşap köprüler

- Kompozit köprüler

Taşıyıcı sistemlerine göre:

- Kemer köprüler
- Kirişli köprüler
- Kafes sistemli kiriş köprüler
- Konsol köprüler
- Asma köprüler
- Kablo gergili köprüler

olarak sayılabilir. Bütün farklı köprü tipleri için farklı yapım yöntemleri mevcuttur. Yalnızca yerinde dökme betonarme köprüler için endüstriyel kalıp sistemi kullanımı gereklidir. Bu tip köprüler yapım yöntemine göre farklı kalıp sistemlerine ihtiyaç duyarlar. Yerinde dökme betonarme köprüler için günümüzde en yaygın kullanılan yöntemler:

- Klasik
- İtme sürme
- Dengeli konsol
- Ardgerme
- Hareketli iskele sistemi

Köprü özellikleri, arazi şekli ve diğer özellikler yukarıda bulunan köprü yapım yöntemini belirler.

2.2.1 Klasik Yöntem

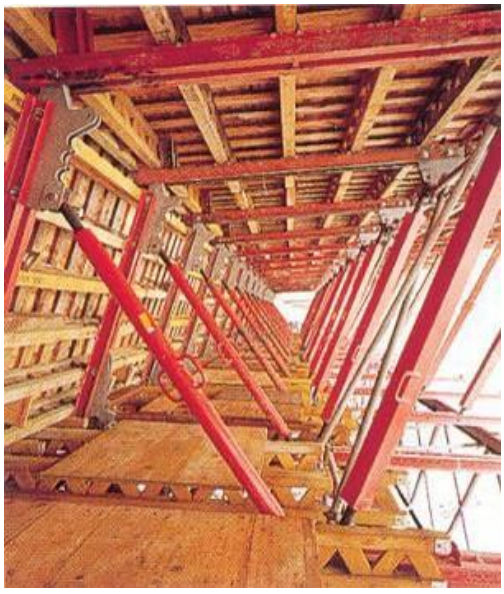
Bu yapım yöntemi en bilindik yapım yöntemi olup köprü tabliye yüksekliğinin çok olmadığı düz veya eğri köprüler için kullanılır. Bütün açıklıklarda kullanılması mümkündür.



Şekil 2. 52 Klasik köprü kalıbı

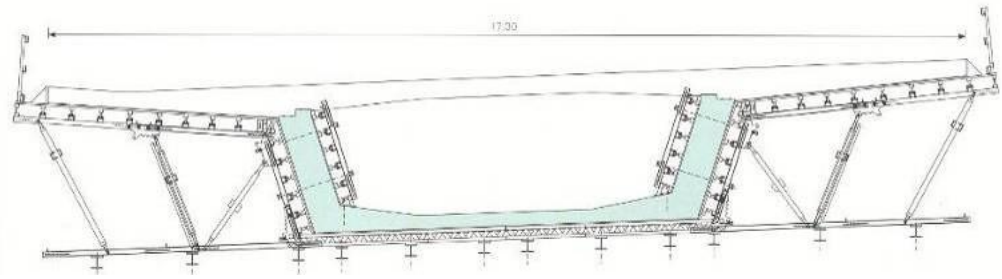


Şekil 2. 53 Köprü ana taşıyıcı iskelesi

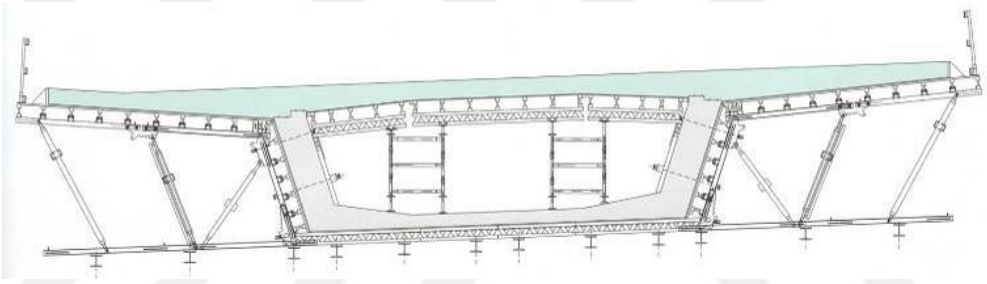


Şekil 2. 54 Köprü yan kanat kalıbı

Uygun aralıklarla yerleştirilen ana taşıyıcı iskele kuleleri üzerine kalıp mahyaları ve ızgaraları yerleştirilir. İstenen şekle göre ise ayar milleri ile düzeltmeler yapılır. Genellikle iskele üzeri mahya olarak çelik profil, ızgara için ise ahşap dolu gövdeli kirişler kullanılır. Montajı tamamlanan köprü kalıbı üzerine donatı uygulandıktan sonra sırasıyla köprü tabliyesi alt ve yan perde betonlarının dökümü yapılır.



Şekil 2. 55 Taban ve yan duvarların beton dökümü

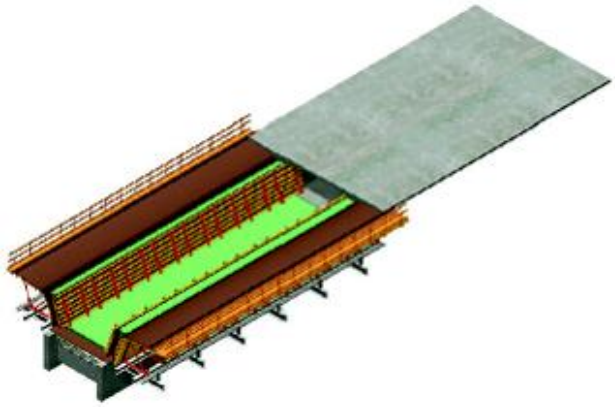


Şekil 2. 56 Üst tabliye ve konsol kanatların beton dökümü

2.2.2 İtme Sürme Yöntemi

Gelişmiş ülkelerde birçok örneği bulunan İtme Sürme Yöntemi ülkemizde de kullanılan bir köprü yapım yöntemidir. Bu yöntem ile köprü tabliyesinin bir kenar ayak arkasında ardışık segmentler halinde dökülmesi ve betonun istenilen mukavemete erişmesinin ardından hidrolik pistonlar yardımı ile ilerletilerek istenilen pozisyonuna ulaştırılmasıdır. Önce ayakların inşa edilmesi ile başlayan üretim, sabit kalıp sahasının kurulması ile devam eder. Ardından, tabliye birbiri ardına dökülerek, kalıptan itilir. İtme işlemi süresince, üstyapıda oluşacak eğilme momentlerini sınırlandırmak için "Gaga" adı verilen ve tabliyeye rijit olarak bağlanan çelik yapı elemanı kullanılabilir. Ayrıca, sürme işlemi süresince ayaklarda geçici kayıcı mesnetler kullanılarak, itmeden dolayı oluşan etkiler azaltılmak istenmektedir. Tabliye açıklıkları genelde 40m–60m arasında değişmekte, uzunlukları 700m–800m'ye varan sürekli tabliyeler oluşmaktadır. İnşaat

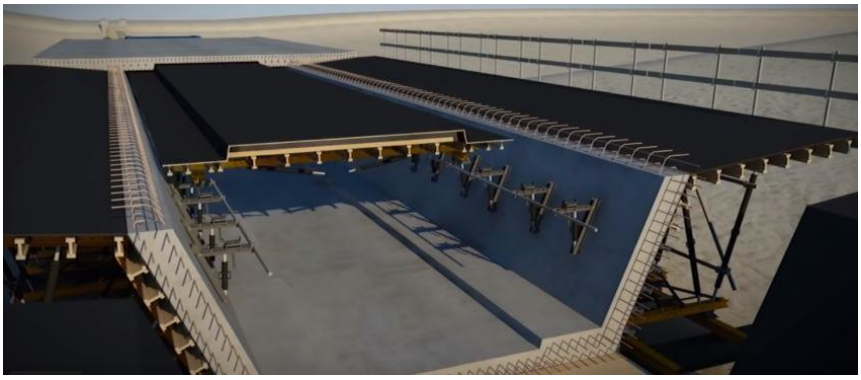
süresinin kısalması, hiperstatik sürekli tabliye ile malzeme miktarlarındaki azalma, mesnet sayısının ve genleşme derz sayısının azalması, bu metodun sağladığı en büyük ekonomik faydalardır. Bunun yanında, esnek ayak tasarımıyla da ayaklarda ve temellerde önemli malzeme tasarrufu sağlanmaktadır [4].



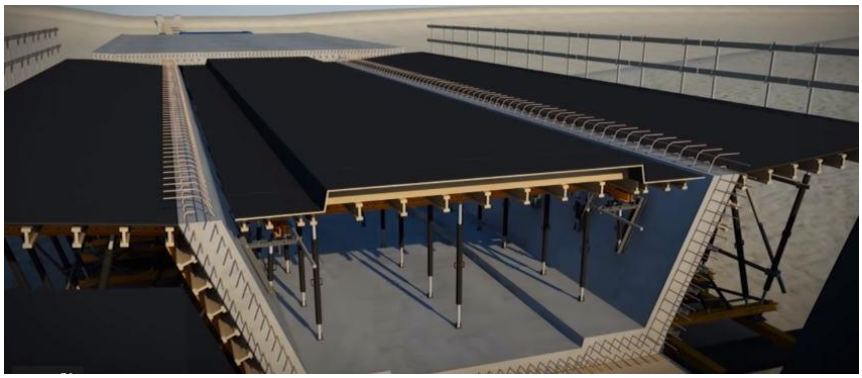
Şekil 2. 57 Segmentin taban ve yan duvarlarının dökülmesi



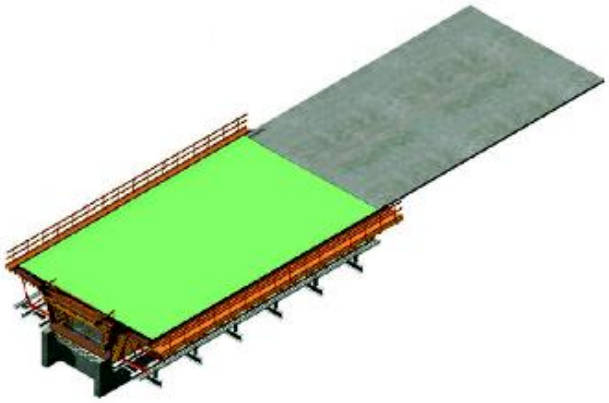
Şekil 2. 58 Segmentin taban ve yan duvarlarının dökülmesi



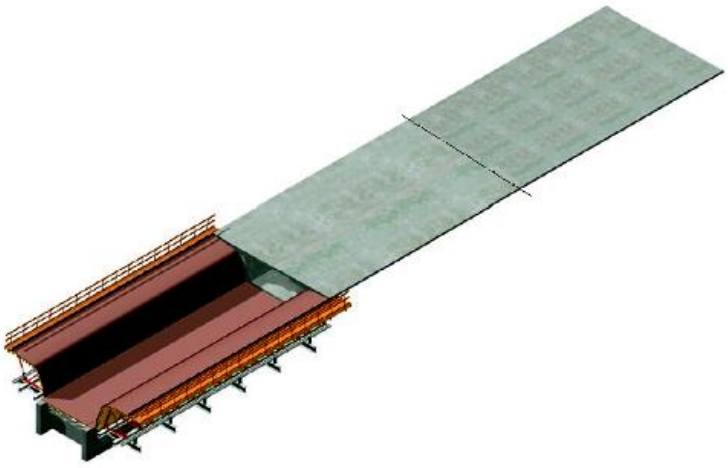
Şekil 2. 59 Segmentin üst tabliye kalıbının hazırlanması



Şekil 2. 60 Segmentin üst tabliye kalıbının beton dökümü



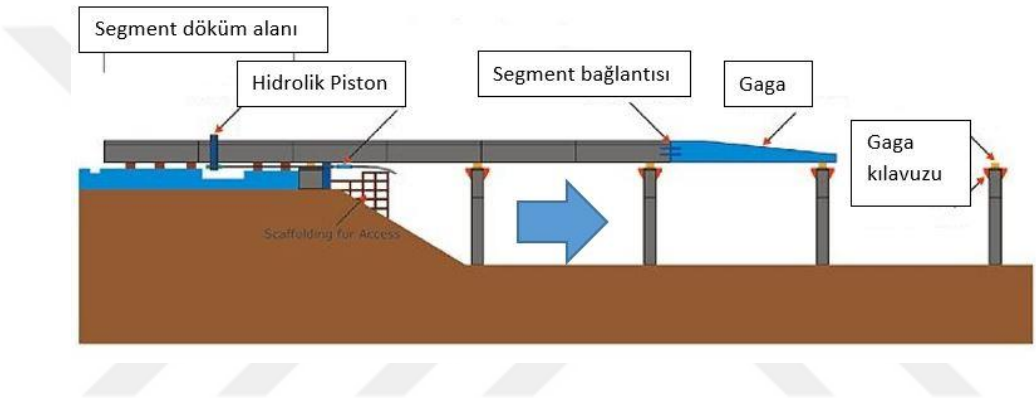
Şekil 2. 61 Segmentin üst tabliyesinin dökülmesi



Şekil 2. 62 Dökümü tamamlanan segmentin ilerletilmesi



Şekil 2. 63 Segment döküm alanı



Şekil 2. 64 İtme-sürme metodu yapım şeması

Bu yöntemin avantajları ise;

- Herhangi bir iskele destek sistemine ihtiyaç duyulmaması
- Sadece 1 adet segment kalıbı kullanılması
- Tekrarlanan iş sayesinde iş kalitesinin sürekli artması
- Üretim kalitesinin sürekli tutulabilmesi imkanı

olarak sıralanabilir.

2.2.3 Dengeli Konsol Yöntemi

Dengeli konsol metodu birçok ülkede uzun zamandır kullanılan ve pek çok örneği olan bir köprü inşa yöntemidir. Ülkemizde ise çok yaygın olmasa da kullanılmaktadır. Bu yöntem kullanılarak 50 ile 250 metre arasındaki açıklıklar efektif olarak geçilmekte, estetik köprüler oluşturulmaktadır. Ancak yerinde dökme dengeli konsol metodunun

uygulanmasında; inşaat aşamalarının detaylı olarak incelenmesi gerekmektedir. İnşaat sırasında oluşturulan konsollar, farklı zamanlarda betonu dökülen ve tendonları gerilen, değişken kesitli dilimlerden oluşmaktadır. Dolayısıyla sünme, büzülme ve sıcaklık değişimi gibi etkenler her bir dilim üzerinde farklı etkiler oluşturmaktadır. Köprü tabliyesinin yapacağı deformasyonların önceden belirlenebilmesi ve sahada oluşan deplasmanların kontrol altında tutulabilmesi amacıyla, kalıp kotunu belirleyen köprü döküm eğrisinin hazırlanması büyük önem taşımaktadır. Döküm eğrisi belirlenirken dilimlerin ağırlıkları, uygulanacak ardgerme miktarı, tendon geometrisi, kalıp arabasının ağırlığı ve geometrisi ile öngörülen zaman etkileri göz önüne alınmalıdır. Köprü tamamlandığında sünme ve büzülme etkilerinden dolayı, tabliye üst kotunun yukarı yönlü ters sehim yapması istenmektedir. Genelde bu hesaplar yapılırken 10.000 gün sonraki sehim değerleri dikkate alınır ve tabliyenin yaklaşık 30 yıl sonra kırmızı kotta olacağı varsayılır. Sahadaki uygulamanın, varsayılan bu eğriye uygunluğunun yakından takip edilmesi, inşaat sırasında beklenmeyen olaylar veya gecikmeler değerlendirilerek döküm eğrisinin güncellenmesi gerekmektedir [5].



Şekil 2. 65 Dengeli konsol yapım metodu



Şekil 2. 66 Yeni segmentin beton dökümüne hazırlanması



Şekil 2. 67 Yeni segmentte beton dökümünün yapılması



Şekil 2. 68 Kalıbın sökülmesi ve yeni segmentin hazırlanması



Şekil 2. 69 Yeni segmentte beton dökümünün yapılması



Şekil 2. 70 Dengeli konsol yöntemi ilerleme şeması

2.2.4 Hareketli İskele Yöntemi

Bu yöntem karayolu köprüleri ve demir yolu köprüleri için tip kesit olarak single T, double T, single box, double box kesitlerinde köprü inşaatı için bir yapım metodudur. Yerinde dökme köprüler için iş gücü maliyetinin düşük olması, yapım süresinin kısalması, kapalı bir sistem olmasından ötürü yüksekte çalışan işçiler için iş güvenliği özellikleri ile ön plana çıkmaktadır. Bu yöntem ile 20 m ile 70 m arasındaki açıklıklara ve yatay eğrilik yarıçapı minimum 250 metre ve üstü olan güzergahlarda efektif olarak uygulanabilir. Türkiye'de Ankara - Sivas arası Yüksek Hızlı Tren Hattı Projesinde Kırıkkale'deki viyadük inşaatında 40 metre ve 90 metre açıklık ile uygulanmaktadır. Sistem, kendi askı sistemi ile çalışmakta ve açıklıklar arasındaki tabliyelere döküm tek seferde uygulanmaktadır [21].

İki farklı tipi mevcuttur:

- Alttan destekli sistem
- Üstten askılı sistem



Şekil 2. 71 Üstten askılı sistem



Şekil 2. 72 Üstten askılı sistem



Şekil 2. 73 Alttan destekli sistem



Şekil 2. 74 Alttan destekli sistem

BÖLÜM 3

TIRMANIR KALIP SİSTEMLERİNE ETKİYEN YÜKLER

3.1 Düşey Yükler

Tırmanır kalıp sistemlerine etkiyen düşey yükler sabit ve hareketli yüklerden oluşur. Tırmanır kalıp sistemi ve üzerinde bulunan perde duvarı kalıbının ağırlıklarının toplamı sabit yükü verir. Hareketli yük ise malzemelerin, çalışanların, inşaat araç ve ekipmanlarının ağırlıklarının etkisini içermektedir. Düşey yükler, sabit yükler ve hareketli yükler olarak ikiye ayrılır.

3.1.1 Sabit Yükler

Tırmanır sistemlerin ağırlığı, ihtiyaca göre oluşturulan modülün bütün malzemelerinin ağırlıklarının toplamı olarak bulunur. Bu sisteme bağlı olan kalıp sistemi zati ağılığı ise Q_1 = 0,60 kN/m² alınabilir.

3.1.2 Hareketli Yükler

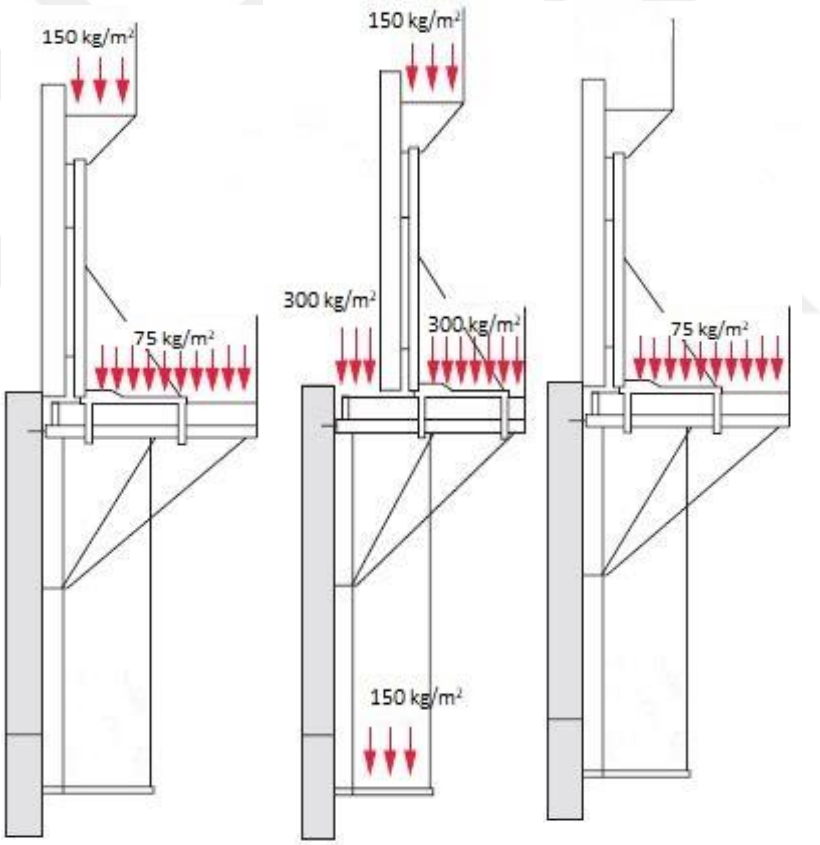
Kalıp sistemi platformlarının üzerinde bulunan çalışan işçilerin, malzeme ve ekipmanların toplam ağırlıkları hareketli yüklerin toplamını verir. DIN EN 12811 normuna göre bu hareketli yükler üç durum için ayrı ayrı hesaba katılır. Bu durumlar; çalışma durumu, beton dökümü durumu ve ekstrem durum.

Çalışma durumu; tırmanır kalıba bağlı perde kalıbının 75 cm geri çekilerek oluşan boşlukta demir işçilerin demir montajı yapması ve sonrasında ise perde kalıbının beton dökümüne hazırlanması durumudur.

Beton dökümü durumu; döküme hazırlanan perde duvarının beton dökümünün tırmanır sistemin en üst platformundan yapılması durumudur.

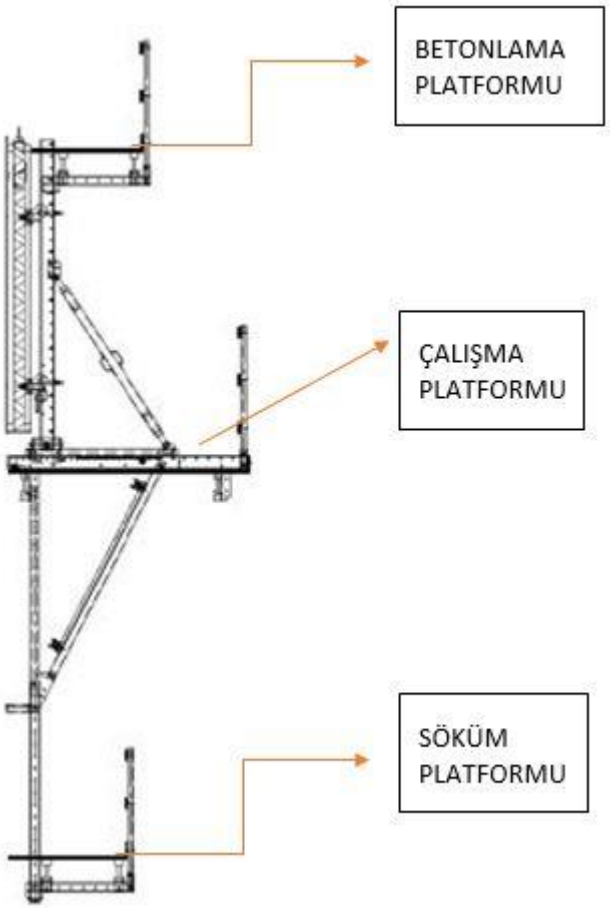
Ekstrem durum; oluşabilecek en elverişsiz hava durumu anında oluşan durumdur.
DIN EN 12811'e göre hareketli yüklerin belli durumlara göre değerleri:

- Çalışma durumunda betonlama platformunda 1,50 kN/m^2, ana çalışma platformunda 3 kN/m^2, söküm platformunda ise 1,50 kN/m^2 olarak alınır
- Beton döküm durumunda betonlama platformunda 1,50 kN/m^2, ana çalışma platformunda 0,75 kN/m^2, söküm platformunda ise yük alınmaz
- Ekstrem durumda ise betonlama platformunda ve söküm platformunda yük alınmaz iken, sadece ana çalışma platformunda 0,75 kN/m^2 yük alınır



a) Beton döküm durumu b) Çalışma Durumu c) Ekstrem Durum

Şekil 3. 1 Farklı durumlara göre hareketli yük değerleri



Şekil 3. 2 Tırmanır kalıp sistemi platformları

3.2 Yatay Yükler

Tırmanır kalıp sistemlerine etkiyen yatay yükler taze beton basıncı ve rüzgar yüklerinden oluşur. Tırmanır kalıp sistemine etkiyen bu yükler sistemi taşıyan ankrajlara çekme kuvveti olarak etki eder. Etki eden bu yükler tırmanır sistemin tek taraflı veya çift taraflı olmasına göre farklılık gösterir. Çift taraflı sistemlerde yatay yük olarak sadece rüzgar yükleri dikkate alınır. Taze beton basıncı ise tırmanır sistem üzerinde bulunan perde kalıbının tie-rod çubukları ile karşılanır. Tek taraflı sistemlerde ise hem taze beton basıncı hem de rüzgar yükleri dikkate alınmalıdır. Sistem tek taraflı olduğu ve perde kalıbı üzerinde bulunan tie-rod çubukları bulunmadığından taze beton basıncı da hesaplamalarda dikkate alınmalıdır.

3.2.1 Rüzgar Yükü

Rüzgar yükleri tırmanır sistemin zeminden yüksekliğine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Eurocode 1 [7] ve DIN EN 12812'ye [23] göre sistemin zeminden yüksekliğine bağlı genel rüzgar yükleri Çizelge 3.1'de gösterilmiştir;

Çizelge 3. 1 Genel rüzgar yükü değerleri

Zeminden Yükseklik (m)	q (kN/m^2)
0-20	0.8
20-100	1.1
>100	1.3

Rüzgara dik doğrultudaki düzlemde z yüksekliğindeki bir yüzeye etkiyen maksimum rüzgar yükü, Q(z), maksimum rüzgar basıncı q_p(z)'nin yüzey alanı A ve yüzey basınç katsayısı Cp ile çarpılmasıyla bulunur [8].

$$Qz = qp\,(Ze)\,.Cp\,.g\,.A \text{ [7]} \quad (3.1)$$

Q_z = Sisteme etkiyen net rüzgar kuvveti

q_p (Z_e) = Z_e yükseklikte tepe hız kaynaklı rüzgar basıncı

Z_e = Sistemin zeminden yüksekliği

C_p = Aerodinamik katsayı

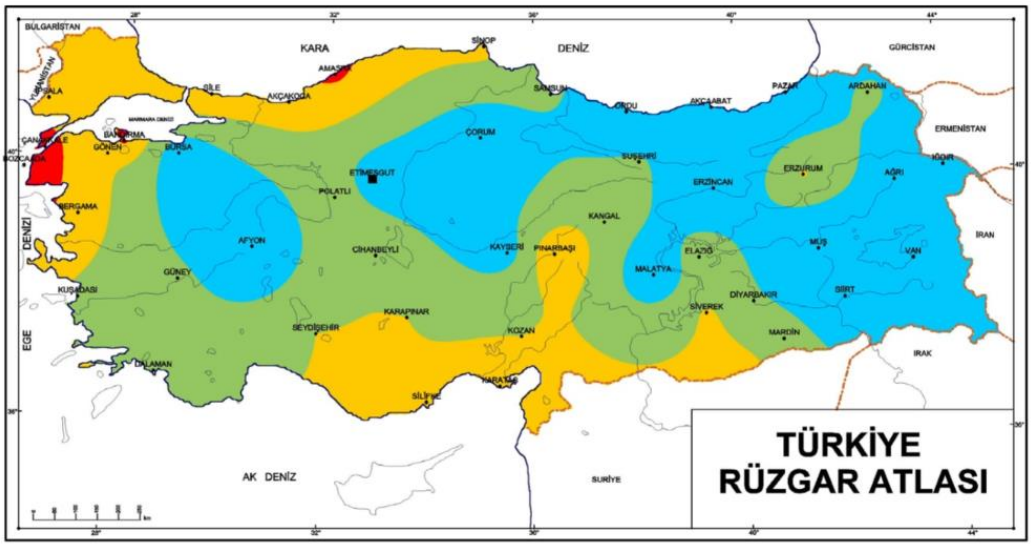
g = Yapının geçicilik katsayısı

A = Yüzey alanı

3.2.1.1 **Esas Rüzgar Hızı**

q_p(Z_e) değeri ilgili yükseklikteki tepe hız kaynaklı rüzgar basıncıdır. Bu basıncın hesaplanabilmesi için yapının bulunduğu bölgede ki temel rüzgar hızının bilinmesi gereklidir. Temel rüzgar hızı ise açık bir bölgede, yerden 10 m yükseklikte herhangi bir yönde ölçülen 10 dakikalık ortalama rüzgar hızlarından 50 yılda en az bir kere aşılma olasılığına karşı gelen rüzgar hızıdır. İstanbul Atatürk Havaalanı'nda sürekli olarak 1

dakika ara ile yapılan rüzgar hızı ölçüm verilerinin analizi sonucunda, İstanbul ve civarı için temel rüzgar hızı V_b = 25 m/s olarak tanımlanmıştır [9]. Ülkemizde yayınlanan bir rüzgar atlası da bulunmaktadır (Şekil 3.3) fakat ölçümler 50 m yükseklikteki rüzgar potansiyelleri içindir.



Şekil 3. 3 Türkiye rüzgar atlası

Beş farklı topoğrafik durum için yer seviyesinden 50 m yükseklikteki rüzgar potansiyelleri[1]										
	Kapalı Araziler[2]		Açık Araziler[3]		Kıyılar[4]		Açık Deniz[5]		Tepe ve Bayırlar[6]	
	ms^{-1}	Wm^{-2}	ms^{-1}	Wm^{-2}	ms^{-1}	Wm^{-2}	ms^{-1}	Wm^{-2}	ms^{-1}	Wm^{-2}
	> 6.0	> 250	> 7.5	> 500	> 8.5	> 700	> 9.0	> 800	> 11.5	> 1800
	5.0 – 6.0	150 – 250	6.5 – 7.5	300 – 500	7.0 – 8.5	400 – 700	8.0 – 9.0	600 – 800	10.0-11.5	1200 – 1800
	4.5 – 5.0	100 – 150	5.5 – 6.5	200 – 300	6.0 – 7.0	250 – 400	7.0 – 8.0	400 – 600	8.5-10.0	700 – 1200
	3.5 – 4.5	50 – 100	4.5 – 5.5	100 – 200	5.0 – 6.0	150 – 250	5.5 – 7.0	200 – 400	7.0-8.5	400 – 700
	< 3.5	< 50	< 4.5	< 100	< 5.0	< 150	< 5.5	< 200	< 7.0	< 400

Şekil 3. 4 Beş farklı topoğrafik durum için 50 m yükseklikteki rüzgar potansiyelleri

3.2.1.2 **Ortalama Rüzgar Hızı**

Bir alanda z metre yükseklikte ortalama rüzgar hızı Eşitlik 3.2 kullanılarak bulunur.

$$Vm(z) = Cr(z) \,.\, Co(z) \,.\, Vb \text{ [7]} \tag{3.2}$$

V_b = Temel rüzgar hızı

$C_{r(z)}$ = z metre yükseklikteki pürüzlülük katsayısıdır.

$C_{o(z)}$ = z metre yükseklikteki orografi katsayısıdır.

3.2.1.3 **Arazi Pürüzlülüğü**

Arazi pürüzlülük katsayısı Yapının bulunduğu bölgede, yer seviyesinden olan yüksekliğe ve rüzgarın yönü dikkate alındığında, yapının rüzgara maruz kaldığı doğrultudaki arazinin pürüzlülüğüne bağlı olarak ortalama rüzgar hızı değişkenlik göstermektedir. Arazi pürüzlülük katsayısı değeri Çizelge 3.2 ve Eşitlik 3.3 ile hesaplanır.

zmin ≤ z ≤ zmax için $cr(z) = kr \,.\, ln(z/zo)$ [7] (3.3)

$z \leq z_{min}$ $c_r(z) = c_r(z_{min})$

$kr = 0{,}19 \,.\, (zo \,/\, zo\ \imath\imath)\ 0{,}07$ [7] (3.4)

z_o = Yüzey pürüzlülük uzunluğu

k_r = z_o'a bağlı arazi katsayısı.

z_{min} = Yüzey pürüzlülük katsayısının sabit olduğu minimum yükseklikliktir

Beş değişik arazi tipi için ilgili z_o ve z_{min} değerler Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3. 2 Beş değişik arazi tipi için ilgili z_o ve z_{min} değerleri

Arazi Tip No	**Arazi Tipi**	**Z_0 (m)**	**Z_{min} (m)**
0	Denize açık kıyı şeritleri.	0,003	1
1	Göl çevreleri veya engebesiz düz ve geniş alanlar.	0,01	1
2	Seyrek ağaçların ve yapıların olduğu ova, çayır tipi alanlar (engebe aralıkları ortalama engebe yüksekliğinin 20 katından fazla).	0,05	2
3	Köyler, banliyöler, ormanlık alanlar (engebe aralıkları ortalama engebe yüksekliğinin 20 katından az).	0,3	5
4	Şehir merkezleri ve benzeri en az %15 oranında ortalama yüksekliği 15 m ve üzeri yapılarla kaplı alanlar.	1,0	10

3.2.1.4 **Arazi Orografisi**

Arazi orografisi katsayısı tepelerin ve yamaçların rüzgâr hızını %5'ten daha fazla arttırdığı yerlerde bunların tesirleri orografi katsayısı c_o kullanılarak dikkate alınmaktadır.

Genellikle hesaplarda 1 alınabilir İstanbul ili ve çevresi için z metre yükseklikteki yapılar için Eşitlik 3.5 kullanılabilir;

$$Co(z) = 1{,}0 + 0{,}001 \,.\, z \text{ [9]} \tag{3.5}$$

3.2.1.5 **Geniş ve Dikkate Alınmaya Değer Yükseklikteki Komşu Yapılar**

Bir yapı, minimum 2 katı yüksekliğe sahip bir yapıya komşu ise yapının özelliklerine bağlı olarak bazı durumlarda yapıya tesir eden rüzgar hızları artar. Bu durumlar yüksek yapılarda dikkate alınmalıdır.

Yapı yüksekliğinin komşu yapıların ortalama yüksekliklerinin (h_{ave}) 2 katından fazla olması durumunda Eşitlik 3.6 kullanılır.

$$\begin{aligned} x \le r \quad & zn = 0{,}5 \,.\, r \\ r < x < 2r \quad & zn = 0{,}5 \,.\, (r - (1 - (2hlow/r))) \\ x \ge 2r \quad & zn = hlow \text{ [7]} \end{aligned} \tag{3.6}$$

Eşitlik 3.6' da kullanılan r değerleri Eşitlik 3.7'de aşağıdaki şekilde bulunur:

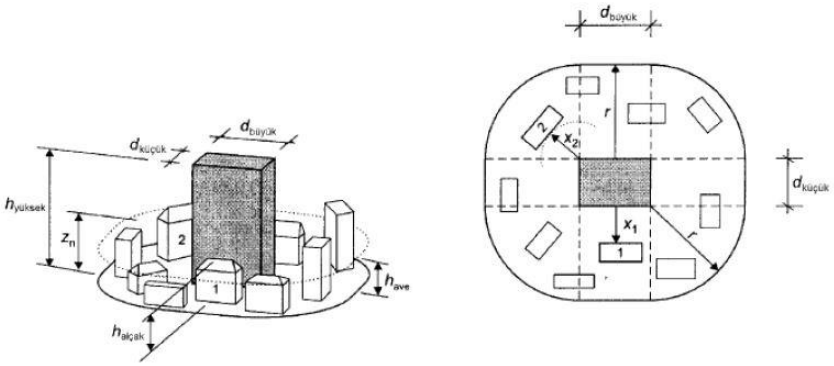
$$\begin{aligned} hhigh \le 2 \,.\, dlarge \quad & r = hhigh \\ hhigh > 2 \,.\, dlarge \quad & r = 2 \,.\, dlarge \text{ [7]} \end{aligned} \tag{3.7}$$

h_{low} = Yapı yüksekliği

h_{high} = Yüksek olan yapının yüksekliği

r = Yarıçap

x, d_{small}, d_{large} = Mesafe ve boyutlar



Şekil 3. 5 Yapılara yüksek komşu yapı etkisi

3.2.1.6 **Rüzgar Türbülansı**

Dinamik rüzgar hızına rüzgar türbülansı adı verilir ve standart sapması σ_v'dir. Z metre yükseklikteki türbülans şiddeti $l_v(z)$ Eşitlik 3.8 yardımıyla bulunur:

$$zmin \leq z \leq zmax \; için \;\; lv(z) = k1 \,/\, (co(z) \,.\, ln(z/zo))$$

$$z \leq zmin \quad için \;\; lv(z) = lv(zmin) \text{ [7]} \tag{3.8}$$

k_1 = Türbülans faktörüdür ve genellikle 1 alınır.

Bütün bu değerler bulunduktan sonra $q_p(z_e)$ Eşitlik 3.9 yardımıyla bulunur.

3.2.1.7 **Tepe Hız Kaynaklı Rüzgar Basıncı**

Bu rüzgar basıncı z metre yükseklikteki, kısa süreli ve ortalama hız değişikliklerinin içerir ve Eşitlik 3.9 yardımı ile belirlenir.

$$qp(ze) \;=\; (1 \,+\, 7.\; lv(z)) \,.\; 1/2 \;.\rho \,.\, vm(z)2 \text{ [7]} \tag{3.9}$$

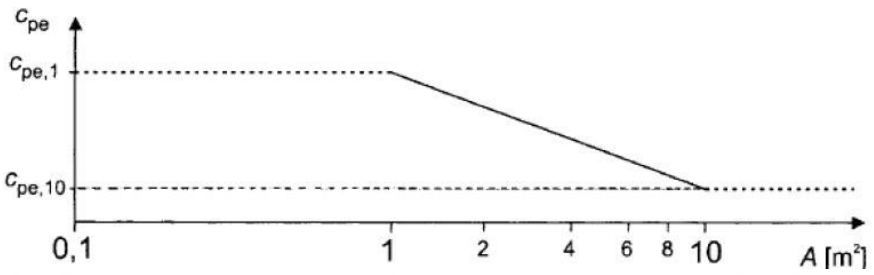
Yukarıda bulunan formülde ρ ortalama hava yoğunluğudur ve 1,25 kg/m³'tür.

3.2.1.8 **Basınç Katsayıları**

Binaların yüzeylerine iç ve dış olarak iki farklı basınç türü etki eder C_p katsayısının değeri ve işareti yüzeyin binadaki konumuna göre (örneğin, binanın rüzgara göre ön yüzünde, arka yüzünde, yan yüzünde, çatıda veya yapının içinde olmasına göre) değişir. Artı işaretli katsayılar yüzeye dik doğrultudaki basınca, eksi işaretli katsayılar ise yüzeye dik doğrultudaki çekmeye karşı gelir. Binaya ve bina elemanlarına gelen rüzgar

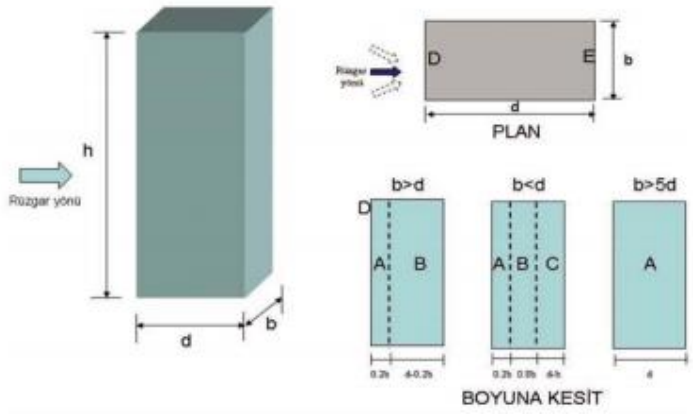
yüklerinin hesabında kullanılacak C_p katsayısının değeri rüzgara maruz yüzeyin büyüklüğüne göre değişir. 1,0 m^2 veya daha küçük alanlar için $C_{p,1}$ katsayısı, 10,0 m^2 veya daha büyük alanlar için $C_{p,10}$ katsayısı kullanılır. Aradaki alan değerlerine karşı gelen $C_{p,A}$ değerleri logaritmik interpolasyonla Eşitlik 3.10 yardımıyla bulunur;

$$Cp, A = Cp, 1 - (Cp, 1 - Cp, 10) log 10A \text{ [7]} \quad (3.10)$$



Şekil 3. 6 c_{pe}-A ilişkisi

$C_{p,1}$ katsayısı taşıyıcı olmayan elemanlara ve bağlantılarına gelen rüzgar yüklerinin hesaplanmasında, $C_{p,10}$ katsayısı ise yapının taşıyıcı sistemine etki eden yüklerin hesaplanmasında kullanılır. Örnek olarak, dikdörtgen kesitli binalar için binanın rüzgar yükleri açısından değişik bölgeleri Şekil 3.5'te, her bölgeye karşı gelen $C_{p,1}$ ve $C_{p,10}$ katsayıları ise Çizelge 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3. 7 Dikdörtgen kesitli binalar için basınç katsayıları bölgeleri

Çizelge 3. 3 Dikdörtgen kesitli binalar için basınç katsayıları

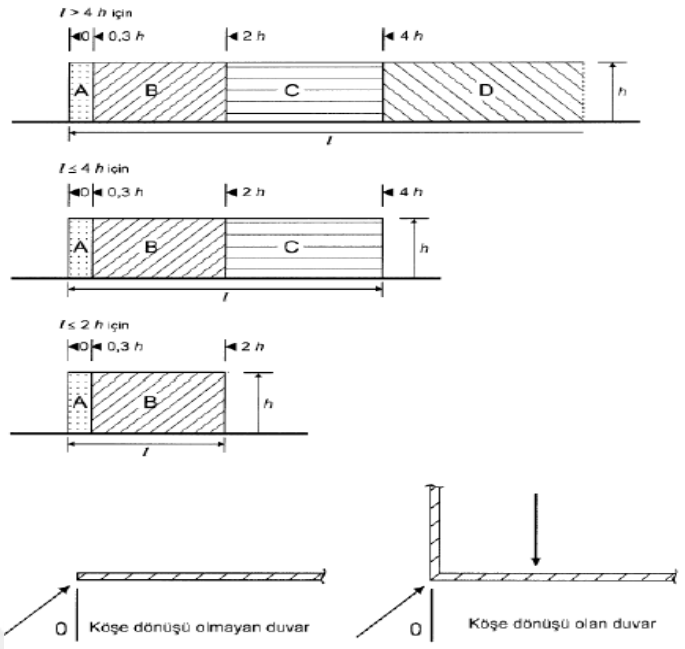
Bölge	**A**		**B**		**C**		**D**		**E**	
h/d	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5.0	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	-0,5	0,8	1,0	-0,7	-0,7
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	-0,5	0,8	1,0	-0,5	-0,5
0.25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	-0,5	0,8	1,0	-0,3	-0,3

C_p değeri, tırmanır sistemin uygulandığı yapının hangi bölgesinde (köşe, orta gibi.) olduğu binanın dış ölçüleri-bina kat yüksekliği ilişkisine bağlı olduğu kadar. Bina yüzey pürüzlülüğü, bina yüzeyinde oluşan türbülanslara ve komşu yüksek bina ilişkisine de bağlıdır.

Bağlantısız duvarlar ve parapetlerde ise iki farklı doluluk oranı için tavsiye edilen C_p katsayı değerleri Çizelge 3.4'te gösterildiği gibi A, B, C, D bölgeleri için belirlenmektedir.

Çizelge 3. 4 Bağlantısız duvarlar ve parapetlere ait tavsiye edilen basınç katsayıları

Doluluk	**Bölge**		**A**	**B**	**C**	**D**
1	Köşe dönüşü olmayan köşeler	l/h≤3	2,3	1,4	1,2	1,2
		l/h=5	2,9	1,8	1,4	1,2
		l/h≥10	3,4	2,1	1,7	1,2
1	Köşe dönüşü uzunluğu ≥ h_s olan duvarlar		2,1	1,8	1,4	1,2
0,8			1,2	1,2	1.2	1,2



Şekil 3. 8 Bağlantısız duvarlar ve parapetlere ait bölgeler için açıklamalar

Çizelge 3.4'te yer alan değerlere ilave olarak bu tür tırmanır sistem üretimi yapan üreticilerin yaptıkları rüzgar tüneli deneyi sonuçlarına göre daha farklı C_p değerleri kullanmaları mümkündür.

İç basınç katsayıları ise bina açıklıklarının boyutu bina yüzeyindeki açıklıkların boyutu ve sıklığı ile değişir. Bir yüzeydeki açıklıklar diğer yüzeydeki açıklıkların en az iki katı veya daha fazla ise, o yüz iç basınçlar açısından binanın hakim yüzü olarak adlandırılır. Hesaplara pencere ve kapı boşluklarının açık olacağı kabul edilir. İç basınç katsayıları açıklık oranına bağlı olarak:

Eğer yüzeydeki açık alanlar diğer yüzeylerdeki açık alanların toplamının en az iki katı ise:

$$Cpi = 0{,}75 \,.\, Cpe \text{ [7]} \tag{3.11}$$

Eğer yüzeydeki açık alanlar diğer yüzeylerdeki açık alanların toplamının en az üç katı ise:

$$Cpi = 0{,}90 \,.\, Cpe \text{ [7]} \tag{3.12}$$

olarak hesaplanır. Burada C_{pe} hakim yüzeydeki dış basınç katsayısını gösterir.

3.2.1.9 **Yapı Geçicilik Katsayısı**

Bir yapının geçicilik durumuna göre maruz kaldığı rüzgar yükü Eurocede 1 [7] uyarınca azaltılabilir. Kullanım süresi 24 aya kadar olan yapılarda bu rüzgar yükü azaltma katsayısı 0,7, 12 aya kadar yapılarda ise 0,6 alınabilir.

3.2.1.10 **Dairesel Kesitli Yapılara Etkiyen Rüzgar Yükleri**

Dikdörtgen kesitli yapılara etki eden rüzgar yüklerine benzer şekilde hesaplanır. Basınç katsayısının hesabı Eşitlik 3.13 'de gösterilmiştir.

$$Cp = Cp,0 \ . \Psi\alpha \text{ [7]} \quad (3.13)$$

Burada $C_{p,0}$ end-effect'siz basınç katsayısı ve Ψ_α ise end–effect faktörüdür.

End-Effect faktörü dairesel kesitte bulunulan bölgeyi tanımlayan α açısına bağlıdır Eşitlik 3.9'da tanımlanır.

$$0° \leq \alpha \leq \alpha min \qquad \Psi\alpha = 1$$

$$\alpha min \leq \alpha \leq \alpha A min \; \Psi\alpha = \Psi A + (1 - \Psi A) \, . cos((\pi/2) \, . ((\alpha - \alpha \, min)/(\alpha A - \alpha min))$$

$$\alpha \, A \leq \alpha \leq 180° \qquad \Psi\alpha = \Psi A \quad \text{[7]} \quad (3.14)$$

α_{min} ve α_A minimum basınç ve akımın ayrılma noktalarına karşı gelen α değerlerini gösterir. Bu değerler Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3. 5 Dairesel kesitlerde basınç dağılımını kontrol eden parametreler

α_{min}	$C_{p0,min}$	α_{min}	$C_{p0,A}$
75	-1,5	105	-0,8

3.2.1.11 **Rüzgar Hızının Rüzgar Basıncına Çevrilmesi**

Herhangi bir yapıya etki eden rüzgar kuvveti rüzgar hızıyla birlikte, yapı ile hava akımı arasındaki etkileşime bağlıdır. Rüzgar, devinim halinde olduğundan yapıya uygulayabileceği basınç kinetik enerjisiyle ilintilidir. Bu enerjinin tamamı basınç veya çekme kuvvetine dönüştürülürse, aşağıda ki Eşitlik 3.15'te ki gibi tanımlanır:

$$qref = \frac{1}{2} . \rho . (\frac{Vref}{3.6})^2 . 10^{-3}$$ [7] (3.15)

ρ = Havanın özkütlesi 1,25 kg/m³

V_{ref} = Referans rüzgar hızı (km/h)

q_{ref} = V_{ref} hızında oluşan referans rüzgar basınçları (kN/m²)

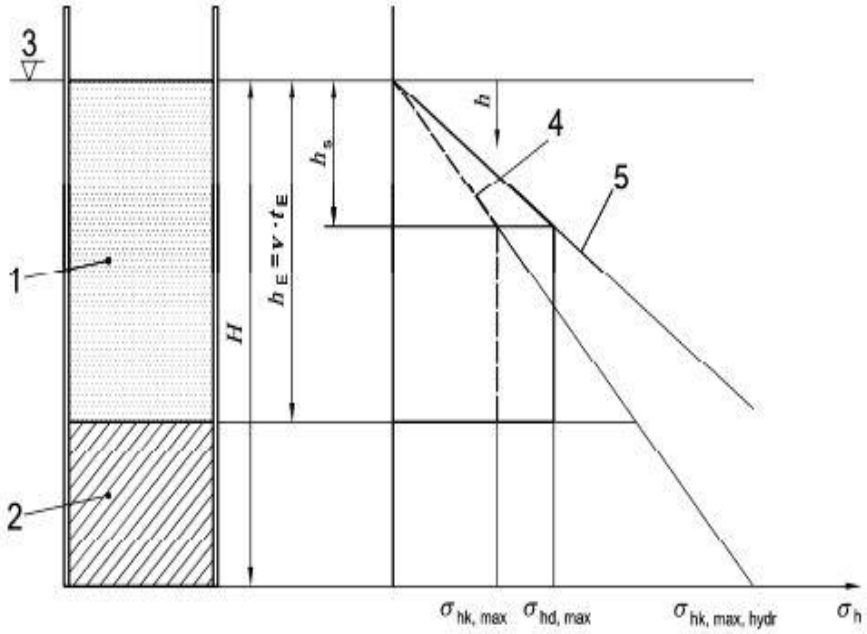
Çizelge 3. 6 Örnek basınç-hız çizelgesi

q_{ref} (kN/m²)	V_{ref} (km/h)
0,25	72
0,5	102
0,8	129
1,1	151
1,3	164

Çizelge 3.6'da örnek olarak bazı yük-hız değerleri verilmiştir. Bulunan bu yükler referans olarak rüzgar hızının belli olduğu durumlarda ve hesaplarda kullanılabilinir.

3.2.2 Taze Beton Basıncı

DIN 18218'e [6] göre taze beton yanal basınçlarının hesabında beton sınıfları, betonlama hızı, beton birim ağırlığı, priz süresi, vibrasyon durumu gibi parametreler ele alınmaktadır.



Şekil 3. 9 Yüksekliğe bağlı taze beton basıncı değişimi

1 = Taze Beton

2 = Sertleşmiş Beton

3 = Beton üst sınırı

4 = Hidrostatik taze beton basıncı

5 = γ_F-zaman hidrostatik taze beton basıncı

DIN 18218 [6] normuna göre hesap yönteminde kullanılacak simge ve semboller aşağıdaki gibidir.

P_b = Taze beton basıncı (kN/m²)

V = beton yükselme hızı (m/saat)

h = Döküm yüksekliği (m)

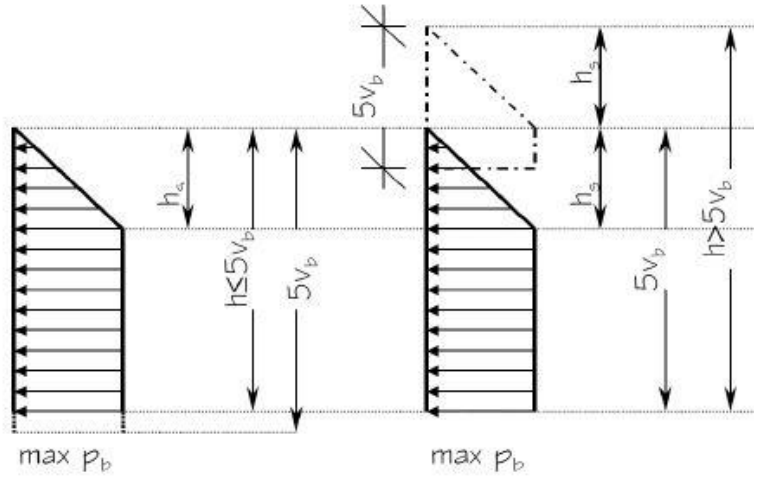
h_s = Hidrostatik basınç(kafa) yüksekliği (m)

K_1 = Beton priz alma süresi katsayısı

γ_c = Betonun birim hacim ağırlığı (kN/m³)

te = Priz gecikme süresi (saat)

Taze beton basıncı, betonun kıvam sınıfına, ortam bulunduğu sıcaklığa, kullanılan betonun birim ağırlığına, beton döküm-yükselme hızına ve vibrasyon sekline bağlıdır. h döküm yüksekliği boyunca P_b değişimi, Şekil 3.10'da verilmiştir.



Şekil 3. 10 DIN 18218'e göre taze beton basınç dağılımı

h ≤ 5Vb yüksekliğine kadar beton dökümlerinde, Pb basıncı hs yüksekliğine kadar lineer olarak artmakta ve daha sonra döküm yüksekliği h' a kadar sabit gitmektedir. Bundan sonra ise beton basıncının gerçekleşmediği kabul edilir. Betonun priz alma süresi için en çok 5Vb değeri ile hesap yapılır. h > 5Vb kalıp yüksekliklerinde taze beton basıncı için en elverişsiz durum dikkate alınır [2].

Çizelge 3. 7 Beton yayılma sınıfları

Sınıf	**Yayılma Çapı (mm)**
F1	≤ 340
F2	350 – 410
F3	420 – 480
F4	490 - 550
F5	560 - 620
F6	≥ 630

Çizelge 3. 8 Beton kıvam sınıflarına göre taze beton basıncı-hız ilişkisi

Beton Kıvam sınıfı	$\sigma_{hk,\ max}$
F1	(5 x v + 21) x K1 ≥ 25
F2	(10 x v + 19) x K1 ≥ 25
F3	(14 x v + 18) x K1 ≥ 25
F4	(17 x v + 17) x K1 ≥ 25
F5	25 + 30 x v x K1 ≥ 30
F6	25 + 38 x v x K1 ≥ 30
SCC	25 + 33 x v x K1 ≥ 30

v = Beton yükselme hızı (m/h)

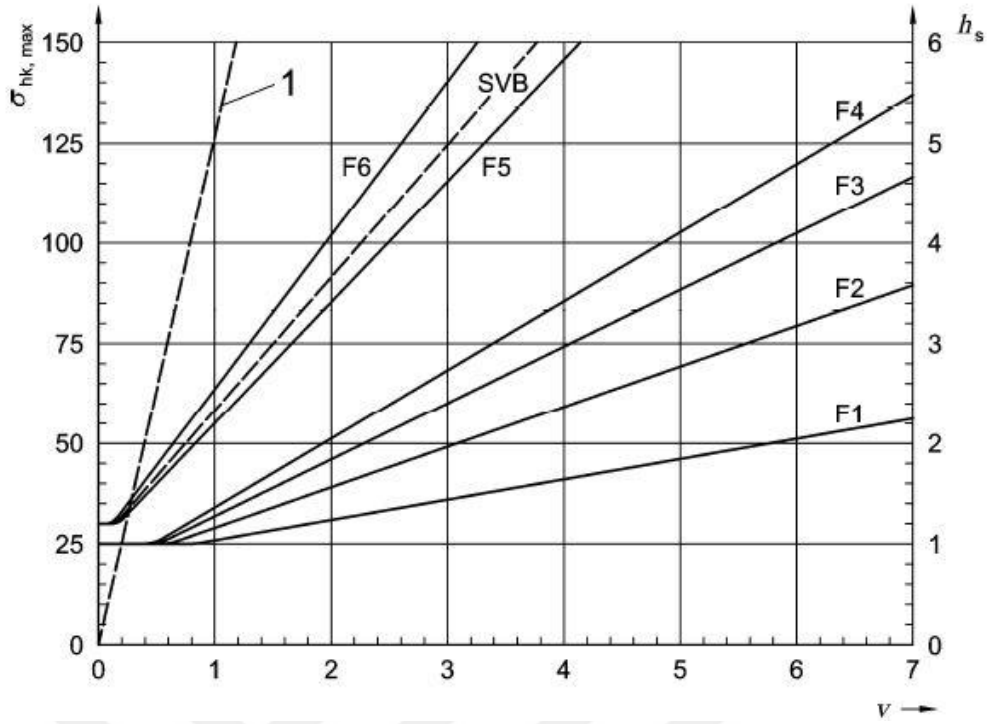
K_1 = Priz alma süresi katsayısı

Çizelge 3. 9 Priz alma süresine göre farklı K_1 değerleri

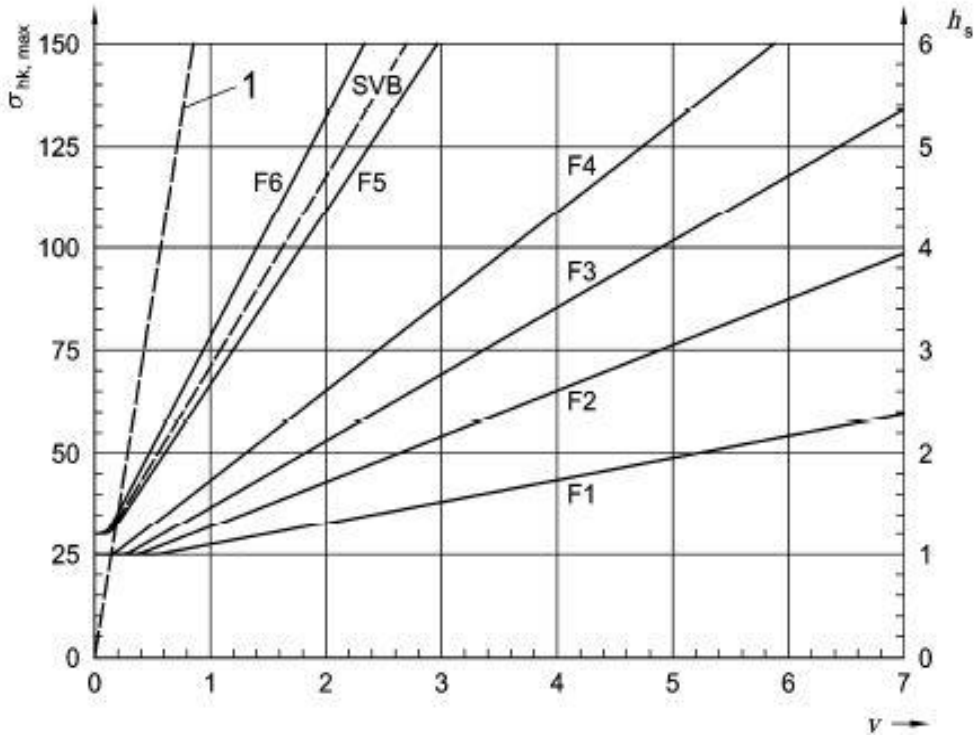
Kıvam sınıfı	Priz alma Süresi t_e = 5 saat	Priz alma Süresi t_e = 10 saat	Priz alma Süresi t_e = 20 saat	Genel [b]
F1 [a]	1,0	1,15	1,45	1 +0.03 x (t_e - 5)
F2 [a]	1,0	1,25	1,80	1 +0.053 x (t_e - 5)
F3 [a]	1,0	1,40	2,15	1 +0,077 x (t_e - 5)
F4 [a]	1,0	1,70	3,10	1 +0,14 x (t_e - 5)
F5, F6, SCC	1,0	2,00	4	t_e / 5

a = 10 metreye kadar olan beton dökümlerinde geçerlidir.

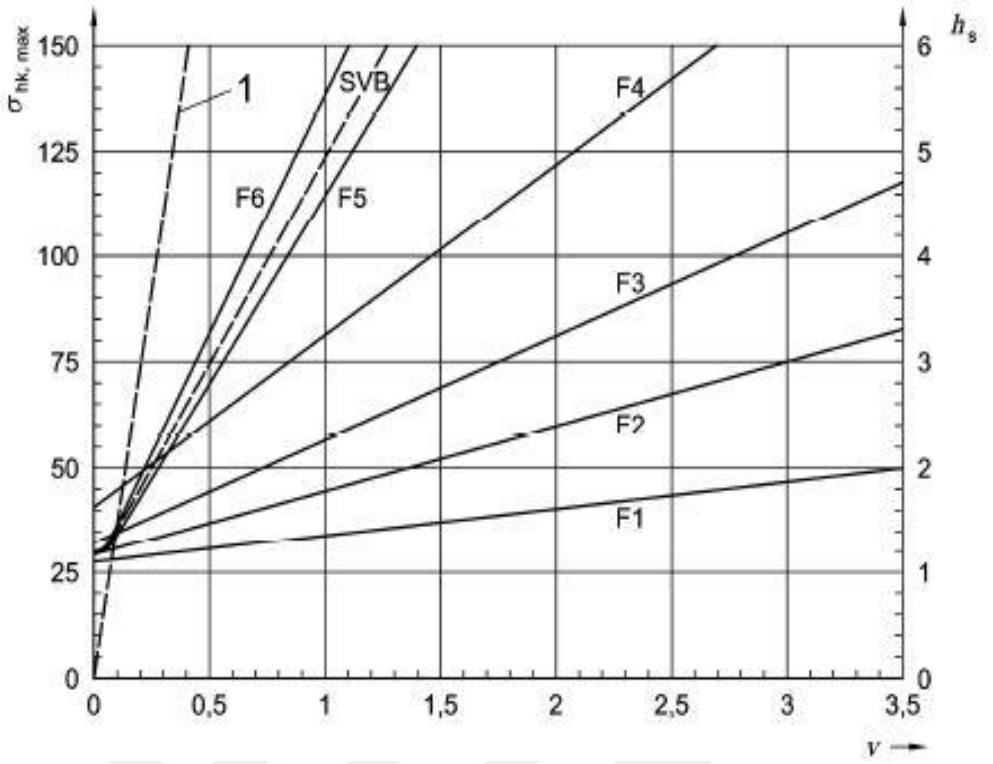
b = Priz alma süresi (t_e) 5 h ≤ t_e ≤ 20 saat durumu için geçerlidir.



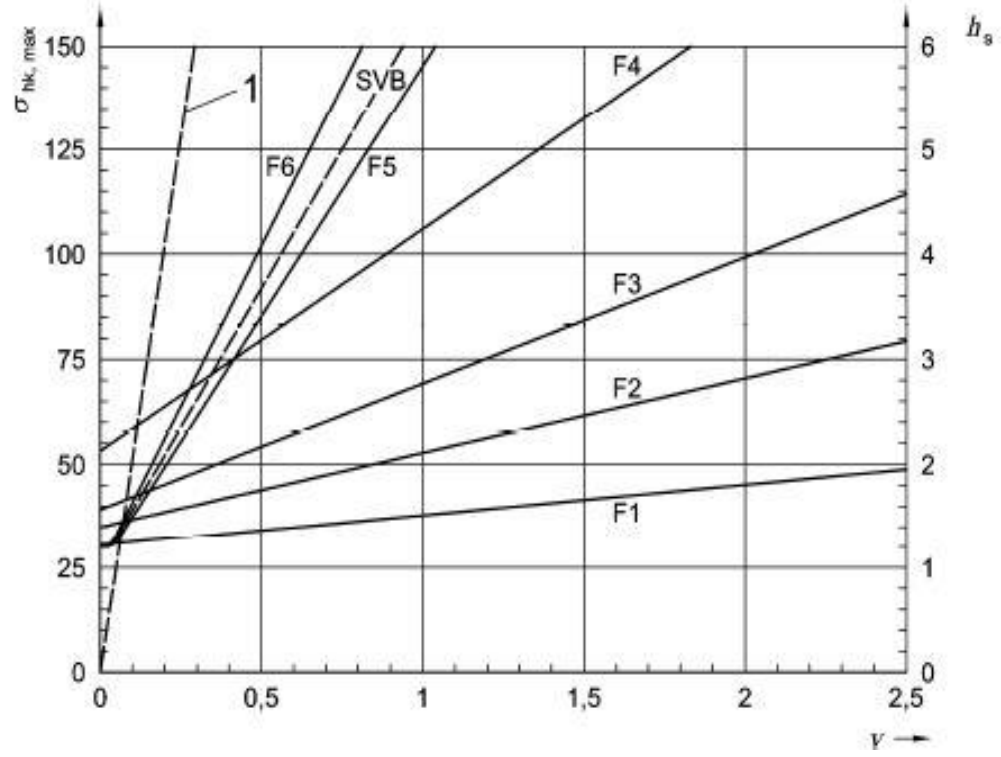
Şekil 3. 11 t_e (Priz alma süresi) 5 h - Maksimum taze beton basıncı grafiği



Şekil 3. 12 t_e (Priz alma süresi) 10 h- Maksimum taze beton basıncı grafiği



Şekil 3. 13 t_e (Priz alma süresi) 15 h - Maksimum taze beton basıncı grafiği



Şekil 3. 14 t_e (Priz alma süresi) 20 h - Maksimum taze beton basıncı grafiği

1=hidrostatik durum

SVB=kendinden yerleşen beton

t_e = 5, 10, 15, 20 h (saat)

γ_c = 25 kN/m^3

Maksimum taze beton basıncı $\sigma_{hk,\,max}$ (kN/m^2)

Beton yükselme hızı v (m/h)

Hidrostatik basınç yüksekliği h_s (m)

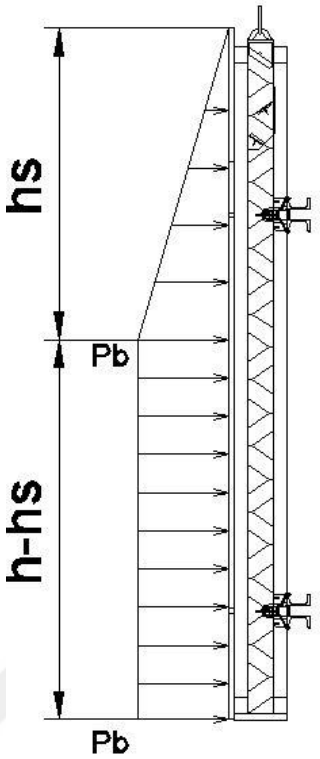
Yukarıda bulunan Şekil 3.7, 3.8, 3.9, 3.10 yardımları ile betonun kıvamı ve priz alma süresi ve amaçlanan yükselme hızı biliniyorsa betonun temas ettiği yüzeyde oluşturacağı P_b kolaylıkla bulunabilir. Fakat betona dair özellikler bilinmiyorsa hesaplamalarda kullanılması açısından bazı yaklaşım formülleri aşağıda verilmiştir.

$$P_b = \gamma c . h \text{ [2]} \quad (3.16)$$

$$h_s = 1{,}53 . Vb^{0{,}2657} \text{ [2]} \quad (3.17)$$

Eğer P_b değeri belli bir değer ile sınırlandırılmış ise hidrostatik basınç yüksekliği Eşitlik 3.18 yardımı ile bulunabilir.

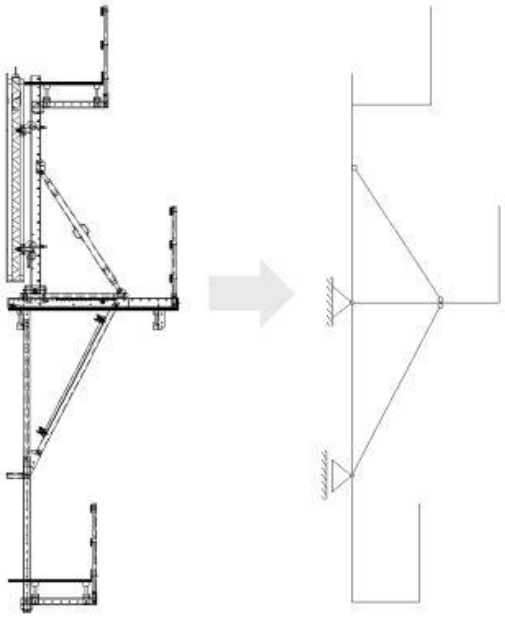
$$hs = Pb / \gamma c \text{ [2]} \quad (3.18)$$



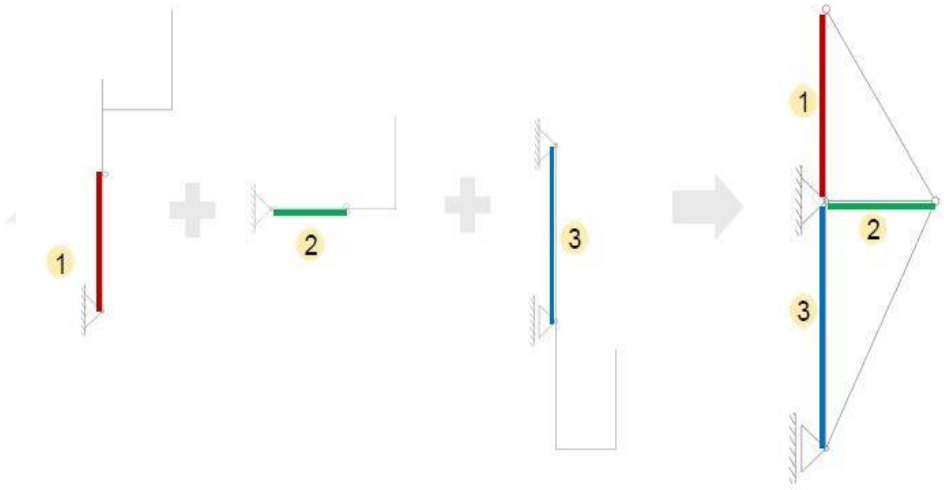
Şekil 3. 15 Kalıba etki eden taze beton basıncı ve h_s uzunluğu

3.3 Vinç ile Hareket Ettirilen Tırmanır Sistemlerin Statik Modeli ve Sisteme Etki Eden Yükler

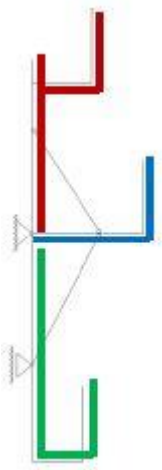
Vinç ile hareket ettirilen tırmanır sistemlere kullanım amaçlarına göre farklı yükler etki eder. Eğer tek taraflı bir sistem kullanılacaksa sisteme taze beton basıncı, rüzgar yükü ve hareketli yükler etki ederken, diğer kullanım durumlarında ise sadece rüzgar yükü ve hareketli yükler etki eder ve projelendirme bu yüklere göre yapılır.



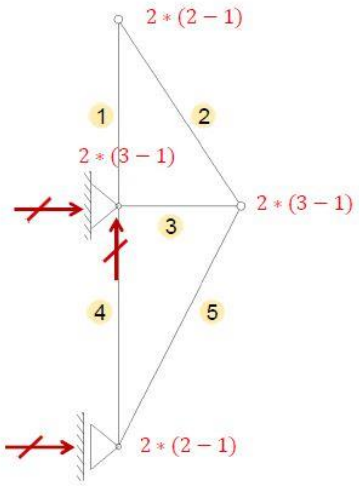
Şekil 3. 16 Tek taraflı tırmanır sistemin statik modeli



Şekil 3. 17 Statik modeli oluşturan elemanlar



Şekil 3. 18 Statik model



Şekil 3. 19 Sistemin hiperstatiklik derecesi

n = hiperstatiklik derecesi

r = toplam mesnet tepkileri

j = düğüm noktası toplam kuvvetleri

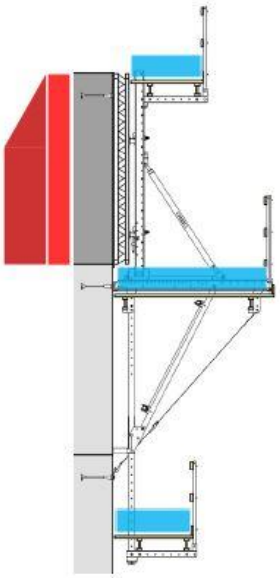
b = toplam çubuk sayısı

$$n = r + j - 3\,.\,b \tag{3.19}$$

$$= (2 + 1) + (2 + 4 + 4 + 2) - 3\,x\,5$$

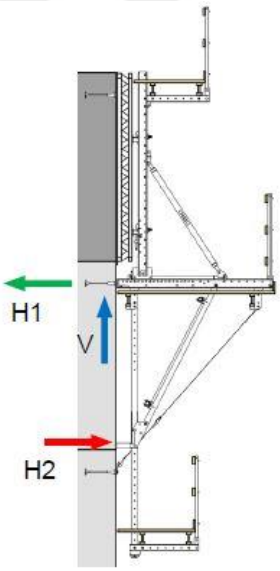
$$= (3 + 12) - 15$$

$$= 0 \text{ sistem izostatiktir.}$$



Şekil 3. 20 Statik modele etki eden yatay ve düşey yükler

- Bordo renk = taze beton basıncı
- Kırmızı renk = rüzgar yükü
- Mavi renk = hareketli yüklerdir.

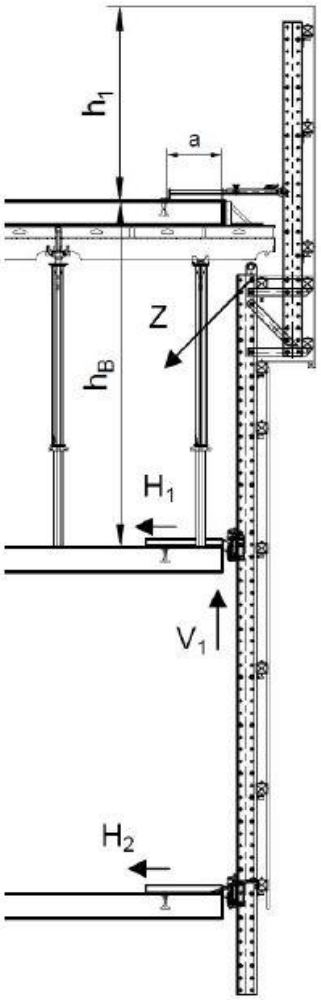


Şekil 3. 21 Statik modelde oluşan reaksiyon kuvvetleri

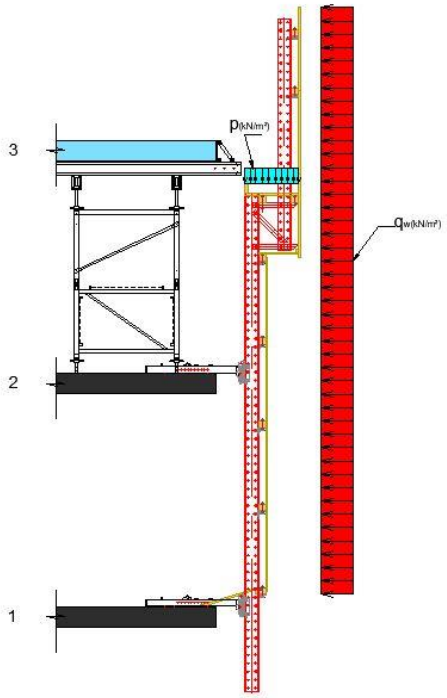
- -H1; ankrajda oluşan çekme kuvveti
- -H2; dayanma noktasında oluşan basınç kuvveti
- -V ise ankrajda oluşan kesme kuvvetidir.

3.4 Hidrolik Tırmanır Sistemlerin Statik Modeli ve Sisteme Etki Eden Yükler

Hidrolik tırmanır sistemlerde kullanım amaçlarına göre farklı yükler etki eder. Kullanım amacına göre platformlu rüzgar perdelerine rüzgar yükü ve hareketli yükler etki ederken platformsuz rüzgar perdelerine ise sadece rüzgar yükü etki eder. Köprü ve şaft platformlarında ise rüzgar yükü ve hareketli yükler birlikte etki ederler.

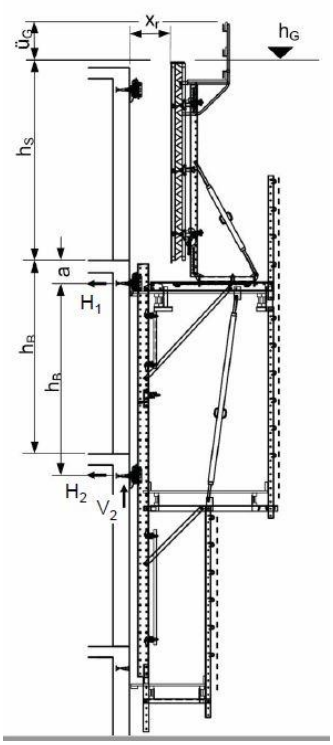


Şekil 3. 22 Rüzgar perdesi statik modeli

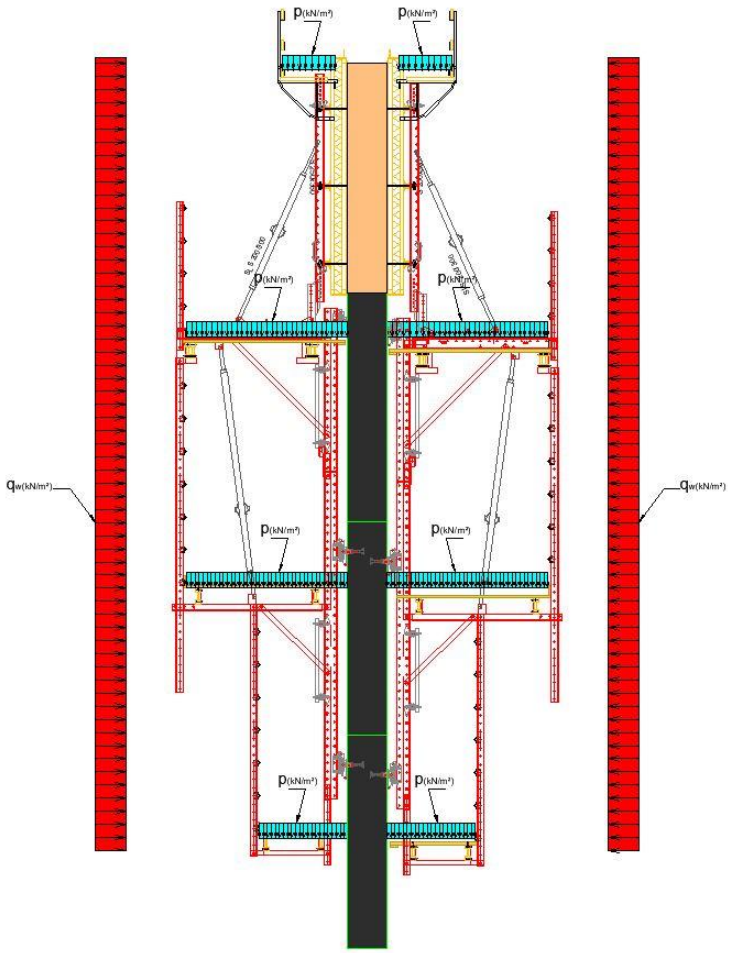


Şekil 3. 23 Rüzgar perdesine etki eden yükler

- Kırmızı renk = rüzgar yükü
- Mavi renk = hareketli yüklerdir.



Şekil 3. 24 Şaft ve köprü ayak platformları statik modeli



Şekil 3. 25 Şaft ve köprü ayak platformlarına etki eden yükler

- Kırmızı renk = rüzgar yükü
- Mavi renk = hareketli yüklerdir.

BÖLÜM 4

TIRMANIR KALIP SİSTEMLERİNDE EMNİYETLİ ANKRAJ TASARIMI

4.1 Ankraj Sistemleri

Birbirlerinden farklı zamanlarda imal edilen taşıyıcı elemanların mevcut yapıda imal edilmiş betonarme elemanlarla bağlantısı ankraj sistemleriyle sağlanmaktadır. Bu elemanlara özellikle güçlendirme uygulamalarında ve betonarme-çelik kompozit yapı sistemlerinde sıklıkla rastlanmaktadır. Mevcut betona yeni taşıyıcı elemanların eklenmesi ya da yeni betonun mevcut betonla bir arada çalışabilmesinin sağlanabilmesi için ankrajların farklı yükleme tipleri altındaki davranışı tasarımcı mühendisler açısından hayati öneme sahiptir.

Betonarme yapılarda beton ve donatının birlikte çalışması için beton ile donatı arasında aderansın tam olarak sağlanması gerekmektedir. Çekme gerilmesi taşıyan donatının betondan sıyrılmaması için beton içerisine kenetlenme boyu kadar uzatılması gereklidir. Onarım ve güçlendirme amacıyla mevcut beton içerisine ekilecek donatı filizlerinin kenetlenme boyu kadar beton içerisine yerleştirilmesi pratik olarak mümkün değildir. Dolayısıyla uygulaması yapılabilecek kadar kısa bir mesafede gerekli kenetlenmenin sağlanması ancak sonradan yapılan ankrajlarla mümkün olabilmektedir. Ankrajlar üzerlerindeki çekme yüklerini monte edildikleri betona ankrajın bağlı derinliği boyunca oluşan aderans gerilmeleri vasıtasıyla aktarırlar. Kimyasal ankrajlarda aderansın beş bileşeni:

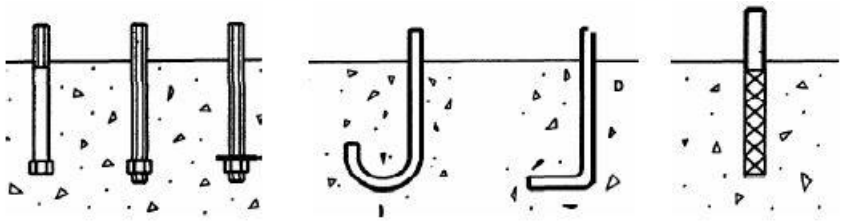
- Epoksi ile beton arasındaki sürtünme
- Epoksi ile çelik arasındaki sürtünme
- Epoksi ile beton arasında oluşan kimyasal bağ
- Epoksi ile çelik arasındaki kimyasal bağ
- Çelik üzerindeki mekanik diş kuvvetleridir

4.2 Betona Uygulanan Ankraj Sistemleri

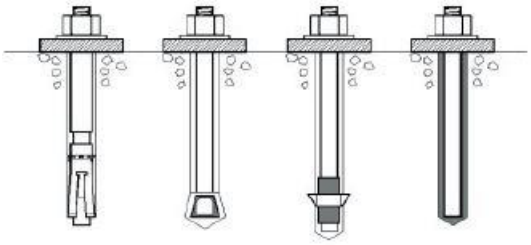
Betona yapılan ankrajlar; betonlama esnasında yapılan (cast-in-place anchors) ve sertlesmis betona sonradan yapılan ankrajlar (postinstalled anchors) olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır.

- Betonlama esnasında yerleştirilen ankrajlar (cast-in-place anchors)
- Betona sonradan yapılan ankrajlar (post-installed anchors) [13]

Betona sonradan yapılan ankrajlar elemanları daha çok onarım ve restorasyon işlerinde kullanılmakta ve geniş olanaklar sağlamaktadır. Bu tür ankrajlar; betona açılan silindir şeklindeki deliğe yerleştirilen ve genişleyerek betona sürtünme kuvvetleri yolu ile yük aktaran elemanlar ve betona açılan deliğe yerleştirildikten sonra delik cidarı ile arasındaki boşluk bağlayıcı bir malzeme ile doldurulan elemanlar olmak üzere ikiye ayrılır.



Şekil 4. 1 Betonlama esnasında yerleştirilen ankrajlar

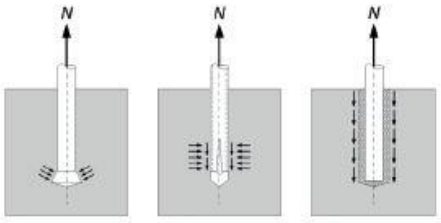


Şekil 4. 2 Betona sonradan yapılan ankrajlar

Bağlayıcı malzeme açısından da bağlayıcısı polimer esaslı olanlar ve çimento esaslı döküm harçlı olanlar olmak üzere farklı ankraj türlerine rastlanılabilir [13].

Polimer, epoksi ankraj çubuklarında kullanılan en yaygın bağlayıcı maddedir. Bunun dışında poliester ve vinilester de bağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Reçine belli oranda sertleştirici polimer ile karıştırıldıktan sonra deliğe enjekte edilir. Döküm harçları kumlu olabilirler. Açılan deliklerin iyi bir şekilde doldurmaları ve ankraj elemanını sarmaları için bunların yeterli kıvama sahip olmaları gerekir [13].

Tez konusu olan sistemlerde bu ankraj türlerinin her ikisi de yaygın şekilde kullanılmaktadır. Betona sonradan yerleştirilen ankrajlarda çekip çıkarma kapasitesi, önceden taze betona yerleştirilen ankrajlardan %10 daha düşüktür.



Şekil 4. 3 Mekanik, Sürtünme, Kimyasal Bağlı ankraj çeşitleri

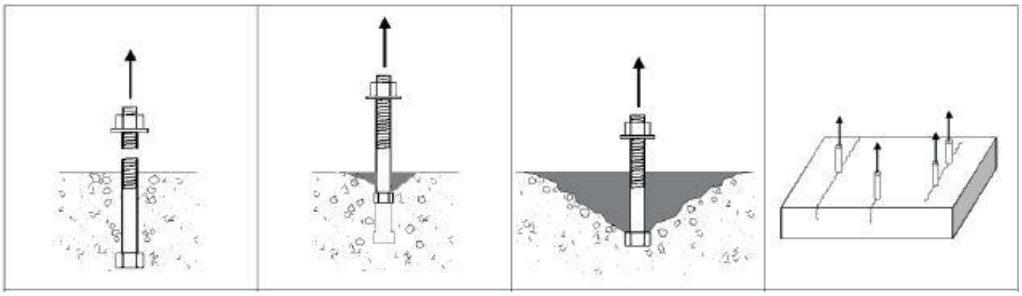
4.3 Ankraj Göçme Modları

4.3.1 Betonlama Esnasında Yerleştirilen Ankrajlarda Göçme Modları

Çekme kuvveti etkisindeki betonlama esnasında yerleştirilen mekanik ankrajlar için dört olası göçme modu vardır:

- Çelik göçme modu
- Ankrajın betondan sıyrılması göçme modu

- Beton koni kopması göçme modu
- Betonun parçalanması göçme modu



Şekil 4. 4 Betonlama esnasında yerleştirilen ankrajlarda göçme modları

Ankraja uygulanan çekme kuvveti çeliğin nihai çekme dayanımına ulaşıp betonda hasar oluşmadıysa, çelik göçme modu meydana gelir. Bu göçme modu nadirdir, fakat beton içerisine ankraj gömülme derinliğinin çok derin olduğu durumlarda gerçekleşebilir.

Beton ve çelik hasar görmeden ankraj tüm olarak betondan çıkarsa sıyrılma göçme modu oluşur.

Bu durum ankraj kafası alanının gerekenden küçük olduğu durumlarda uygulanan çekme kuvvetinin beton-ankraj aderans kuvvetinden fazla olduğu durumlarda gerçekleşir. Ankrajın beton içerisinde çıktığı bölümde betonun bölgesel olarak kırıldığı gözlemlenir. Bu durum ankraj kafasının alanı büyütülerek önlenebilir.

Üçüncü göçme modu ise koni şeklinde bir kırılma yüzeyinin oluşumuyla karakterize edilir. Koninin kırılma çizgisi ile beton yüzeyi arasındaki açı deneyler arasında farklılık gösterebilir fakat ortalama 35°'dir. Eğimin kesin değeri temel malzemedeki stres alanlarının durumuna (yani, sıkıştırma veya gerilme) durumuna bağlıdır. Ankraj bölgesi, ankraj yük yönüne dik olarak etki eden çekme gerilmeleri bu açının değerini küçültürken basınç gerilmeleri ise bu değeri arttırır. Bu göçme bütün ankraj tipleri içerisinde oldukça yaygındır ve uygulanan çekme kuvveti sebebiyle betonun çekme dayanımı aşılmış, çelik ise akmamıştır.

Son göçme modu ise ankrajın uygulamasından kaynaklanan hatalar ile ankrajın betondan ayrılmasıyla oluşan göçme modudur. Genellikle derinliği az olan veya beton kenarına yakın olan bölgelerde yapılan uygulamalarda veya birbirine çok yakın olan ankraj gruplarında görülür.

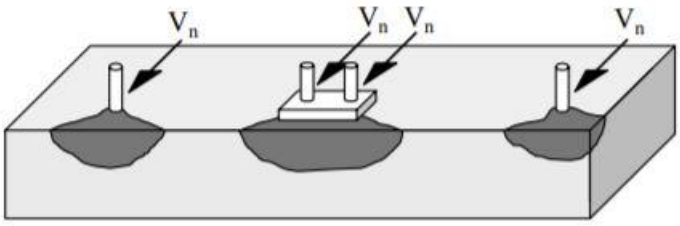
Kesme kuvveti etkisindeki betonlama esnasında yerleştirilen mekanik ankrajlar için dört olası göçme modu vardır:

- Çelik göçme modu
- Beton kanırtma göçme modu
- Beton köşe göçme modu

Ankraja etki eden kesme kuvveti ankrajın kesme dayanımından fazla ise bu göçme modu oluşur. Ankraj çapının arttırılması veya kullanılan çeliğin kalitesinin değiştirilmesi ile bu göçme modu önlenebilir.

Beton kanırtma göçme modu ise; kesme kuvveti etkisindeki, kuvvetin tersi yönünde oluşur. Genellikle derin olmayan ankraj gruplarında gözlemlenir.

Beton köşe göçme modu ise; ankraj sisteminin beton kenarına fazla yakın olduğu durumlarda gerçekleşir. Beton kenar yüzeyi blok şeklinde kopar ve ankraj dayanımını ciddi biçimde düşürür. Ankraj sistemlerini beton kenarlarına uygun mesafelerde yerleştirmek gerekir.



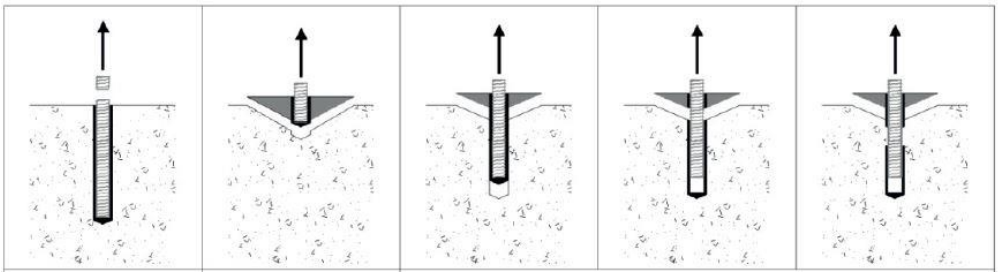
Şekil 4. 5 Ankrajın köşeye yakın olma durumu

4.3.2 Sonradan Yerleştirilen Ankrajlarda Göçme Modları

Sonradan yerleştirilen ankrajların göçme modu önceden yerleştirilen ankrajların göçme modu ile benzerlik gösterip ilave olarak beton ve ankraj arasında aderansı sağlayan kimyasal malzemelerden de kaynaklanan durumları ekleyebiliriz.

- Çelik göçme modu
- Beton koni kopması göçme modu
- Beton-yapıştırıcı aderans sorunu

- Çelik-yapıştırıcı aderans sorunu
- Karma aderans sorunu



Şekil 4. 6 Sonradan yerleştirilen ankrajların göçme modları

4.3.3 Ankrajların Dayanımını Etkileyen Faktörler

Sonradan yerleştirilen ankrajların dayanımlarını etkileyen faktörler aşağıda alt başlıklar olarak açıklanmıştır.

4.3.4 Bağlayıcı Cinsi

Kimyasal ankrajlarda elde edilen aderans mukavemeti kimyasal yapıştırıcının niteliklerine bağlıdır. Her kimyasalın farklı aderans mukavemeti vardır. Kullanılan yapıştırıcının beton ile aderans mukavemeti, çelik ile aderans mukavemeti ve mekanik özellikleri (çekme ve basınç dayanımları) ankraj performansını etkileyen önemli unsurlardan biridir [16]. Bağlayıcı sisteminin aderans dayanımı üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir. Genel olarak epoksi esaslı bağlayıcıların esterlerden daha yüksek aderans sağladığı kaydedilmiştir [13]. Bu durum, döküm harcı ile ekilen donatıların delik çaplarının ve aderans boylarının, diğer iki epoksi esaslı bağlayıcıya göre daha büyük olmasından kaynaklanabilir. Döküm harcı kullanıldığında, daha geniş ve derin delik açılması ve dolayısı ile bu delikleri doldurabilmek için daha fazla miktarda bağlayıcı madde kullanılması gerekecektir [13]. Malzeme tercihi yapılırken ekonomik açıdan analiz yapılarak optimum çözüm bulunmalıdır. Cook, 16 farklı kimyasal yapıştırıcının bağ gerilmelerini belirlemek için kapsamlı bir çalışma yapmış ve bağ gerilmelerinin kullanılan kimyasala göre farklılık gösterdiğini, ankraj rijitliğinin yapışma dayanımı az olan ankrajlarda küçük olduğunu görmüştür. Elastik teoriye göre belli bir ankraj derinliğinden itibaren ankraj derinliğinin artması ankraj kapasitesini arttırmayacaktır.

Epoksi ile ekilen ankrajlarda, elastik limitin aşılmasından sonra ankraj davranışının yeterli güvenlikte kestirilemeyeceğini gözlemiştir [12]. Gürbüz ve arkadaşları iki farklı kimyasal yapıştırıcı (M1 ve M2) ile yaptıkları çalışmada, yapışma dayanımlarının M1 kimyasal yapıştırıcı kullanılan ankrajlarda 9-10 MPa, M2 kimyasal yapıştırıcı kullanılan ankrajlarda ise 4–5 MPa düzeylerinde olduğunu görmüşlerdir. Bu da ankraj uygulamalarında kullanılan kimyasal yapıştırıcıların, ankraj performansında çok etkili olabileceğini göstermektedir [16].

4.3.5 Ankraj Deliğinin Temizliği

Açılan deliğin istenen düzeyde temiz olmaması ankraj sistemlerinde büyük sebebiyet vermektedir. Bağlayıcılar uygulanırken yüzey kalitesi çok önemlidir. Beton yüzeyler temiz ve sağlam olmalı, yağ, gres, çimento şerbeti ve zayıf yapışmış parçacıklardan arındırılmalıdır. Yüzey birikmiş sudan, oynak parçacıklardan ve yapışmaya engel olan mevcut kaplamalardan arındırılmalıdır. Temizlenmemiş numunelerde, ankrajın eksenel yük kapasitesi temizlenmiş ankrajlara oranla %40'lara varan düşüş göstermiştir. Yüzey temizliği işlemi yapılmamış numunelerde kimyasal yapıştırıcı delik duvarında yeteri kadar yapışma yüzeyi oluşturamamakta ve düşük yük seviyelerinde yapışma dayanımını kaybederek sıyrılmaktadır [17].

4.3.6 Ankraj Deliğinin Islaklığı

Ankraj deliklerinin ıslak veya nemli olması ankraj dayanımı belli bir ölçüde düşürmektedir. Nemli ve ıslak ankraj deliklerine uygulanan ankrajlarda eksenel yük kapasitelerinde düşüş gözlenmiştir. Kullanılan kimyasal yapıştırıcının kürünü tamamlayabilmesi için gereken ortam şartlarının nemli yüzeylerde sağlanamaması kimyasal yapıştırıcının oluşturduğu kimyasal bağın gücünü düşürmektedir. Nemli yüzeylere uygulanan ankrajların göçme yükleri %30 oranında azalmıştır [17].

4.3.7 Yüksek sıcaklık ve sünme

Sıcaklıkların yüksek oluşu ankraj dayanımı belirli oranlarda düşürmektedir, fakat bu yüksek sıcaklık altında oluşan büzülme davranışı daha da önemlidir. Sıcaklık değişiminin

sık olması betonda çatlamalara neden olacağından ankraj dayanımını belirli oranlarda düşürebilmektedir.

4.3.8 Ankraj kenar uzaklığı ve ankrajlar arasındaki uzaklık

Ankraj serbest kenara yakın ise taban betonunun çatlayarak yarılması nedeniyle göçme oluşabilir. Ankraj eksenel çekme altında beton oluşan göçme nedeniyle kapasitesine erişiyorsa betonda oluşan çatlaklar yanındaki komşu ankrajların kapasitelerini de etkileyecektir. Ankrajlar arası yeterli mesafe bırakılmadığında oluşan çatlaklar komşu ankrajların kapasitelerini düşürebilmektedir [17].

4.3.9 Ankraj Derinliği Etkisi

Ankrajların yük taşıma kapasitelerini etkileyen diğer bir parametre ise ankraj boyudur. Göçme yükü ekme boyuyla birlikte artarken bu artışın her zaman doğrusal olmadığı gözlenmiştir. Belli bir ankraj derinliğinden itibaren derinlikteki artışın ankraj kapasitesine olan etkisi azalmaya başlar. Ankraj derinliği ile ankraj kapasitesi arasındaki ilişkinin doğrusal olmaması, gerçekte ankraj derinliği boyunca oluşan kayma gerilmelerinin düzgün yayılı olmadığının göstergesidir [17]. Ankrajların yük taşıma kapasiteleri ekme boyuyla birlikte artarken bu artışın her zaman doğrusal olmadığı gözlenmiştir. Yüksek dayanımlı betonda 12 cm ekme boyundaki ankrajların deneyleri beton koni göçmesi ile sonlandığı halde çeliğin kopma yüküne yakın taşıma kapasitelerine ulaşılmıştır. Bu durum normal dayanımlı betonlara ekilen ankrajlar için geçerli değildir ve ekme boyu 12 cm'den 16 cm'ye derinleştiğinde göçme yükü yaklaşık %18 oranında artmıştır [15].

12 mm çapındaki ankrajlar ise hem normal hem de yüksek dayanımlı betonlarda 4, 6 ve 8 cm derinliklerde ekme boyu ile doğrusal artan göçme yüklerine ulaşmışlardır [15].

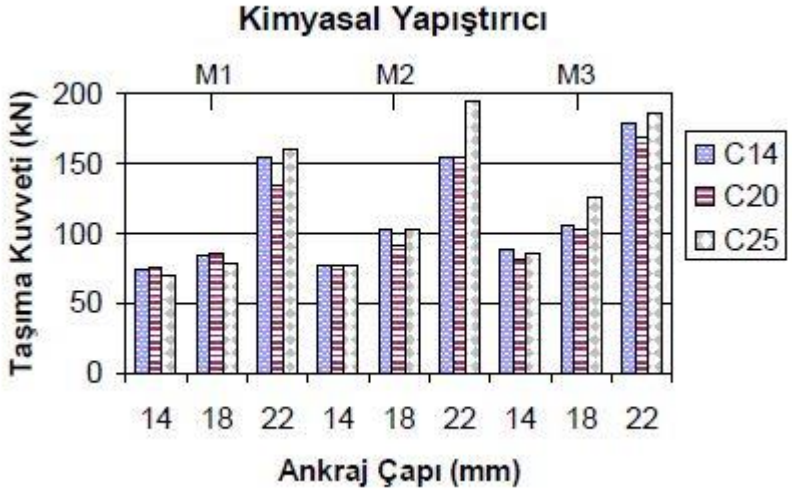
4.3.10 Beton Dayanımının Etkisi

Ankrajların göçme yükünü etkileyen en önemli faktörlerden birisi de karakteristik beton basınç dayanımıdır. Ankrajların kapasiteleri beton basınç dayanımı artmasına bağlı olarak yükselmektedir. Sığ ankrajlar incelendiğinde yüksek dayanımlı betondaki kimyasal ve harçlı ankrajların göçme yüklerinin normal dayanımlı betondakilerden %30

oranında daha büyük olduğu görülmektedir. 12 cm ekme boylarında ise kimyasal ankrajlarda yukarıda verilen oran korunurken, harçlı ankrajlarda her iki betondaki göçme yükleri birbirlerine yakındır [15]. Kimyasal ankrajlar genel olarak beton koni göçmesi göstermiş ve göçme yükleri beton dayanımından etkilenmiştir. 16 cm ekme boyunda kimyasal ankraj deneyleri çelik kopması ile sonlandığı için beton dayanımındaki artıştan pek fazla etkilenmemişlerdir [13]. Kimyasal ankraj çekme kapasitesine betonda oluşan göçme nedeniyle ulaşıyorsa betonun çekme dayanımı ankraj kapasitesini etkilemektedir [17].

4.3.11 Ankraj Çapının Etkisi

Ankraj çapının artması aderans gerilmelerinin oluştuğu yüzey alanının artmasını veya azalmasını sağlayarak, ankraj kapasitesini etkilemektedir [17]. Özkul çalışmalarında 3 farklı ankraj çapında çalışmışlar ve çapı büyük olan donatıların taşıyabildiği kuvveti daha büyük bulmuşlardır [13]. C14, C20 ve C25 beton sınıflarında; 3 farklı kimyasal yapıştırıcı (M1, M2 ve M3) ile 14, 18 ve 22 mm ankraj çaplarında çalışmalar yapmışlardır. Şekil 4.7'de C14, C20 ve C25 beton dayanımlarında üç değişik malzemenin ankraj çapı – ankraj taşıma kuvveti ilişkisi görülmektedir [13].



Şekil 4. 7 Üç değişik malzemenin ankraj çapı – ankraj taşıma kuvveti ilişkisi

4.4 Ankrajların Çekme Ve Kesme Dayanımının Belirlenmesi

Bu çalışmada mekanik ankraj sistemlerinin çekme ve kesme dayanımlarının belirlenebilmesi için ETAG 001 [10] belgesinden yararlanılmıştır. Belgeye göre bu dayanımlar göçme modlarına göre değişiklik göstermektedir. Bu çalışmada çekme kuvveti etkisinde çelik göçme modu ve beton koni kopması göçme modu, kesme kuvveti etkisinde ise çelik göçme modu ve beton köşe göçme modu incelenecektir.

$$NSd \leq NRk,s \; / \; \gamma Ms \tag{4.1}$$

Çelik ankraj elemanının çekme kuvveti altında uygunluk koşulu:

$$VSd \leq VRk,s \; / \; \gamma Ms \tag{4.2}$$

Çelik ankraj elemanının kesme kuvveti altında uygunluk koşulu:

N_{Sd} = Dizayn çekme yükü

$N_{Rk,s}$ = Çelik eleman karakteristik çekme dayanımı

γ_{Ms} = Çelik eleman güvenlik faktörü

V_{Sd} = Dizayn kesme yükü

$V_{Rk,s}$ = Çelik eleman karakteristik kesme dayanımı

$$NSd \leq NRk,C \; / \; \gamma Mc \tag{4.3}$$

Betonarme elemanının kesme kuvveti altında uygunluk koşulu

$$VSd \leq VRk,Cp \; / \; \gamma Mc \tag{4.4}$$

Betonarme elemanının kesme kuvveti altında uygunluk koşulu

N_{Sd} = Dizayn çekme yükü

$N_{RK,C}$ = Beton koniği karakteristik çekme dayanımı

γ_{Mc} = Betonarme eleman güvenlik faktörü

V_{Sd} = Dizayn kesme yükü

$V_{Rk,Cp}$ = Beton koniği karakteristik kesme dayanımı

4.4.1 Çelik Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı

Bu moda göre tasarım genellikle derinliği 60 cm'den daha büyük ankraj uygulamalarında veya etki eden yükün çok büyük olduğu durumlarda yapılır.

4.4.1.1 **Çelik Göçme Modu İçin Güvenlik Faktörleri**

Mevcut deneyimlere göre bu mod için güvenlik faktörü çekme ve kesme yüklerinde 2 farklı değer alır.

Çekme kuvveti etkisinde;

$$\gamma Ms \ = \ 1{,}2 \ /(fyk \ / \ fuk) \ \geq \ 1{,}4 \qquad (4.5)$$

olarak alınabilir.

Kesme kuvveti etkisinde ise eğer $f_{uk} \leq 800$ N/mm^2 ise,

$$\gamma Ms \ = 1{,}0 \ / \ (fyk \ / \ fuk) \ \geq \ 1{,}25 \qquad (4.6)$$

$fuk \ \geq \ 800 \ N/mm^2$ ise,

$\gamma Ms \ = 1{,}5$

olarak alınabilir.

f_{yk} = Çelik eleman maksimum akma dayanımı

4.4.1.2 **Çelik Göçme Modu İçin Çekme Dayanımı Hesabı**

Çelik elemanın bu göçme moduna göre hesabı Eşitlik 4.7 yardımı ile bulunabilir.

$$NRk,s \ = \ As \ . fuk \qquad (4.7)$$

A_s = Çelik eleman enkesit alanı

f_{uk} = Çelik eleman maksimum çekme dayanımı

4.4.1.3 **Çelik Göçme Modu İçin Kesme Dayanımı Hesabı**

Mevcut deneyimlere dayanarak çelik ankraj elemanının bu göçme moduna göre dayanımı Eşitlik 4.8 yardımı ile bulunur.

$$VRk,s = \ 0{,}5 \ . As \ . fuk \qquad (4.8)$$

4.4.2 Beton Koni Kopması Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı

Bu tür sistemlerde kullanılan ankrajların tasarımında genellikle bu göçme modu dikkate alınır. Uygulanan betonun çatlamış veya çatlamamış olması durumuna göre tasarım yapılır.

4.4.2.1 Beton Koni Kopması Göçme Modu İçin Güvenlik Faktörleri

Bu göçme modu için güvenlik faktörleri aşağıda ki gibi Eşitlik 4.9 hesaplanabilir.

$$\gamma Mc = \gamma c \,.\, \gamma 2 \tag{4.9}$$

γ_c = Beton için güvenlik faktörüdür. 1,5 alınması uygundur.

γ_s = Ankrajın uygulama güvenilirliğine göre değişik değerler alır.

Çekme kuvveti için:

Ankraj uygulamasının yüksek güvenlik standartında yapıldığı durum için γ_2 = 1,0

Ankraj uygulamasının normal güvenlik standartında yapıldığı durum için γ_2 = 1,2

Ankraj uygulamasının asgari güvenlik standartında yapıldığı durum için γ_2 = 1,4 alınabilir. Genellikle hesaplarda 1,4 kullanılır.

Kesme kuvveti için:

γ_2 = 1,0 alınabilir.

4.4.2.2 Beton Koni Kopması Göçme Modu İçin Ankrajların Çekme Dayanımı Hesabı

Beton içerisinde bulunan ankrajın karakteristik çekme dayanımı Eşitlik 4.10 yardımı ile bulunabilir.

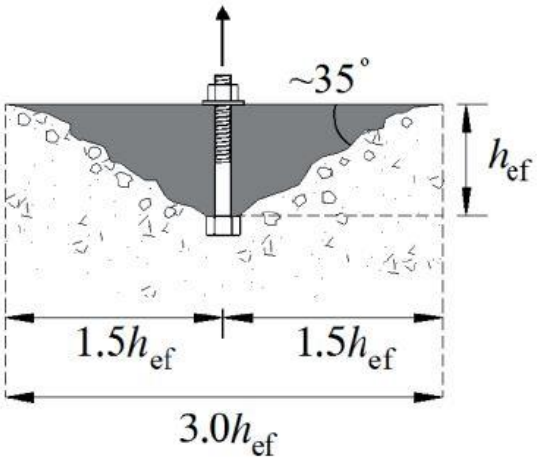
$$NRk,c = N0Rk,c \,.\, (Ac,N \,/\, A0c,N) \,.\, \Psi s,N \,.\, \Psi re,N \,.\, \Psi ec,N \text{ [10]} \tag{4.10}$$

$$N0Rk,c = kcr \,.\, \sqrt{fck,cube} \,.\, hef^{1.5} \text{ [10]} \tag{4.11}$$

k_{cr} = Çatlamış betonda yük aktarma mekanizmalarının etkisinin hesaba katılması için gerekli bir faktördür. Deneyimlere bağlı olarak 7,2 alınması uygundur. Çatlamamış betonda ise deneyimlere bağlı olarak 10,1 alınması uygundur.

$f_{ck,cube}$ = Beton küp karakteristik dayanımı N/mm^2.

h_{ef} = Beton içerisinde kalan etkili ankraj derinliği.



Şekil 4. 8 Beton içerisinde kalan etkili ankraj derinliği

$A°_{c,N}$ = Öngörülen beton konisi alanı tekil ankraj için Eşitlik 4.12 ile hesaplanır.

$A°_{c,N} = S_{cr,N} . S_{cr,N}$

$S_{cr,N}$ = Beton konisi kenar uzunluğu.

$$Scr, N = 3 . hef \quad (4.12)$$

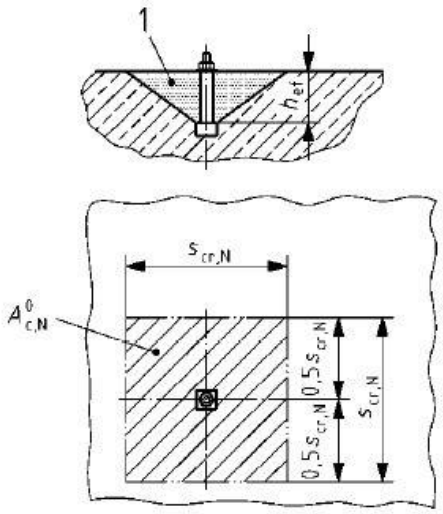
h_{ef} = Beton içerisinde kalan etkili ankraj derinliği.

$A_{c,N}$ = Mevcut beton konisi alanı tekil ankraj için Eşitlik 4.13 ile hesaplanır.

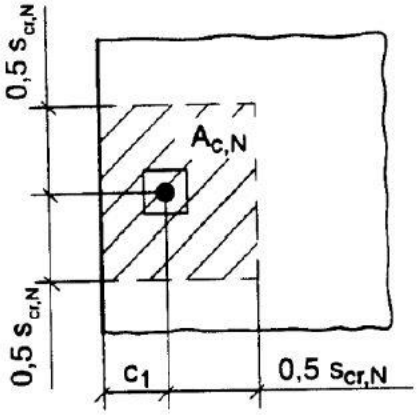
$$Ac, N = (c1 + 0{,}5scr, N) . scr, N \quad (4.13)$$

$C_{cr,N}$ = Tek bir ankrajın beton kopma konisi göçme modunda karakteristik çekme dayanımı kapasitesini sağlamak için beton kenarına olan mesafesi.

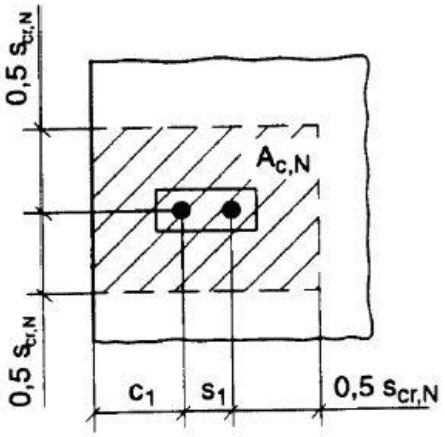
Deneyimlere dayanarak $s_{cr,N} = 2.c_{cr,N} = 3.h_{ef}$ olarak alınabilir.



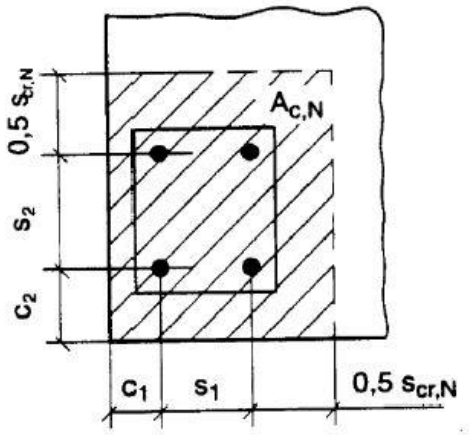
Şekil 4. 9 Tekli ankraj için çekme kuvveti altında ideal beton konisi alanı ($A^0_{c,N}$)



Şekil 4. 10 Tekli ankraj için çekme kuvveti altında beton konisi alanı ($A_{c,N}$)



Şekil 4. 11 İkili ankraj grubu için çekme kuvveti altında beton konisi alanı ($A_{c,N}$)



Şekil 4. 12 Çoklu ankraj grubu için çekme kuvveti altında beton konisi alanı ($A_{c,N}$)

$\Psi_{s,N}$ = Betondaki gerilmelerin beton kenarlarına yayılmasından kaynaklanan bozulmalar ile ilgili katsayı.

$0{,}7 + 0{,}3(c / ccr, N) \leq 1$ olması şartı istenir. (4.14)

$\Psi_{re,N}$ = Plak yayılma faktörü. Donatı etkisinin hesaba dahil edilmesini sağlar.

$0.5 + (hef / 200)] \leq 1$ olması şartı istenir. h_{ef} (mm)'dir. (4.15)

$\Psi_{ec,N}$ = Eksantriklik faktörü. Birden fazla ankraj takımlarında çekme yükünün tam ortadan uygulanmaması durumudur.

$1 / (1 + 2eN / scr, N)] \leq 1$ olması şartı istenir. (4.16)

4.4.2.3 **Beton Köşe Göçme Modu İçin Ankrajların Kesme Dayanımı Hesabı**

Beton içerisinde bulunan ankrajın karakteristik kesme dayanımı Eşitlik 4.17 yardımı ile bulunabilir. Çatlamış beton için k_1 değeri 1,7, çatlamamış betonda ise 2,4 alınabilir.

$VRk, c = V0Rk, c.(Ac, v / A0c, v).\Psi s, v.\Psi h, v.\Psi \alpha, v.\Psi re, v.\Psi ec, v$ [10] (4.17)

$V0Rk, c = k1 \cdot dnom\alpha \cdot lf\beta \cdot \sqrt{fck, cube} \cdot c1^{1,5}$ [10] (4.18)

$\alpha = 0.1 . (lf / c1)^{0,5}$ (4.19)

$\beta = 0.1 . (dnom / c1)^{0,2}$ (4.20)

$f_{ck,cube}$ = Beton küp karakteristik dayanımı N/mm^2.

c_1 = Kesme kuvveti yönünnde ankrajın, beton kenarına olan uzaklığı

$l_f = h_{ef}$ (başlık çapı ile ankraj gövdesinin aynı genişlikte olması durumunda)

$d_{nom} \leq 60$ mm

$A^0_{c,V}$ = Öngörülen beton konisi alanı tekil ankraj için Eşitlik 4.21 ile hesaplanır.

$$A0c, V \ = \ 4{,}5 \, . \, c1^2 \tag{4.21}$$

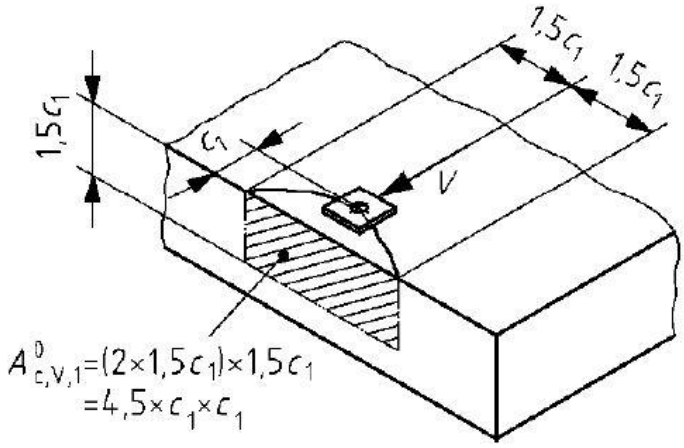
$A_{c,V}$ = Mevcut beton konisi alanı tekil ankraj için Eşitlik 4.22 ile hesaplanır.

$$Ac, V \ = \ 1{,}5c1 \, . \, (1{,}5c1 \ + \ c2)$$

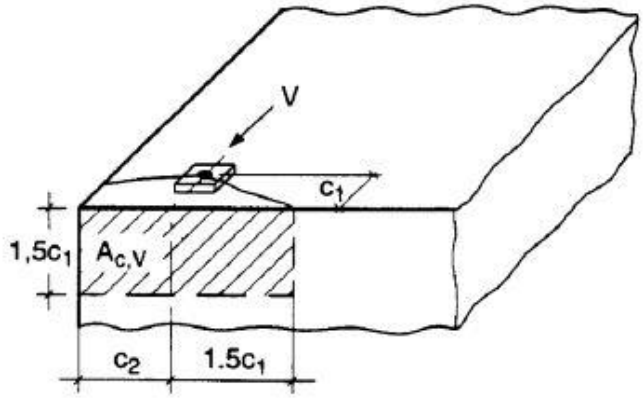
$$s \ \leq \ 3 \, . \, c1$$

$$c2 \ \leq \ 1{,}5 \, . \, c1$$

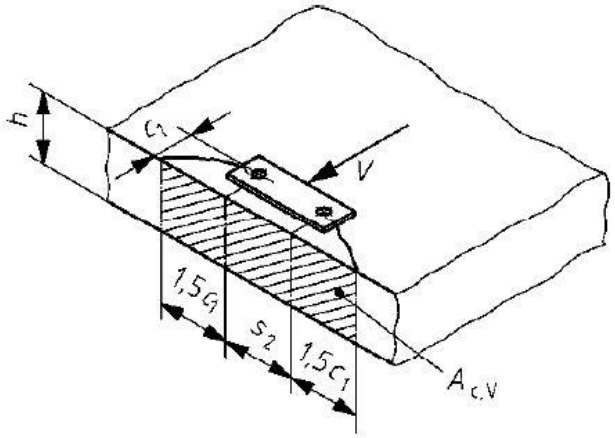
$$h \ \leq \ 1{,}5 \, . \, c1 \tag{4.22}$$



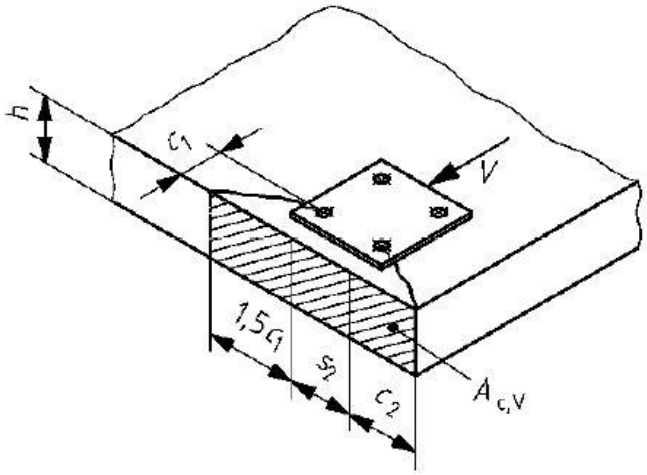
Şekil 4. 13 Tekli ankraj için kesme kuvveti altında ideal beton konisi alanı ($A°_{c,V}$)



Şekil 4. 14 Tekli ankraj için kesme kuvveti altında mevcut beton konisi alanı ($A_{c,V}$)



Şekil 4. 15 İkili ankrajlar için kesme kuvveti altında mevcut beton konisi alanı ($A_{c,V}$)



Şekil 4. 16 Çoklu ankrajlar için kesme kuvveti altında mevcut beton konisi alanı ($A_{c,V}$)

$\Psi_{s,v}$ = Kesme kuvveti altında betondaki gerilmelerin beton kenarlarına yayılmasından kaynaklanan bozulmalar ile ilgili katsayıdır.

$$(0{,}7 + (0{,}3c2 / 1{,}5c1) \leq 1{,}0 \quad (4.23)$$

$\Psi_{h,v}$ = Beton kenar direnci ve $A_{c,v}$ / $A^0_{c,v}$ oranında bahsedilen beton kalınlığı ile ilgili katsayıdır.

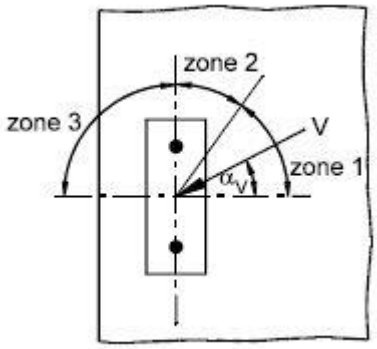
$$(1.5c1 / h)^{0,5} \leq 1{,}0 \quad (4.24)$$

$\Psi_{\alpha,v}$ = Kesme kuvveti yönü ile beton kenarına dik olan uzunluk arasında kalan α_v açısı ile ilişkisini temsil eder.

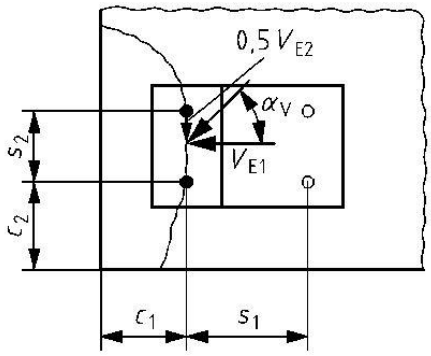
Bölge 1 için $\Psi_{\alpha,v} = 1$

Bölge 2 için $\Psi_{\alpha,v} = 1 / (\cos_{\alpha,v})^2 + (\sin_{\alpha,v} / 2.5)^2 \geq 1{,}0$

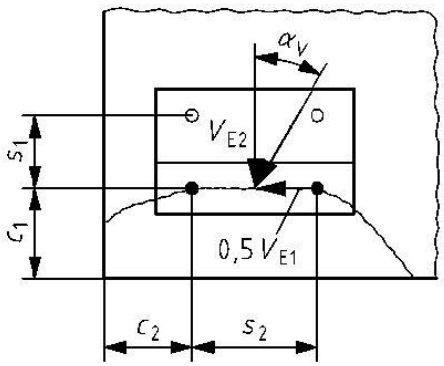
Bölge 3 için $\Psi_{\alpha,v} = 2$ (4.25)



Şekil 4. 17 Kesme kuvvetinin α_v açısı ile uygulanması durumu



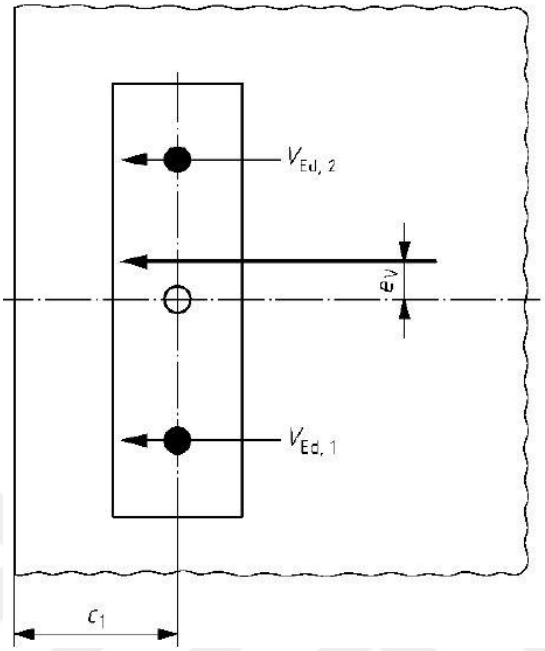
Şekil 4. 18 Sol kenara olan ankraj mesafesinin uygunluk durumu



Şekil 4. 19 Sol kenara olan ankraj mesafesinin uygunluk durumu

$\Psi_{ec,v}$ = Eksantriklik faktörü. Kesme kuvvetinin birden fazla ankraja farklı etki etmesi durumudur.

$$1 / (1 + 2ev / 3c1) \leq 1{,}0 \quad (4.26)$$



Şekil 4. 20 Kesme kuvvetinin eksantrik uygulanması durumu

$\Psi_{re,v}$ = Ankrajların çatlamış veya çatlamamış betondaki konumu ve beton kenarına uygulanan ilave donatı tipi ilişkisini temsil eden faktördür. 3 farklı durum için aldığı değerler farklıdır. (4.27)

$\Psi_{re,v}$ = 1,0 çatlamamış betonda ilave donatı olmadığı durum.

$\Psi_{re,v}$ = 1,2 çatlamış betonda boyuna ilave donatı uygulandığı durum. (≥Ø12 mm)

$\Psi_{re,v}$ = 1,4 çatlamış betonda örgü şeklinde ilave donatı uygulandığı durum. (a ≤ 100 mm)

a = Örgü içi boşluk mesafesi.

BÖLÜM 5

TIRMANIR SİSTEM ELEMANLARI TASARIMI VE ÖRNEK ÇÖZÜMLER

5.1 Tırmanır Sistem Elemanları Tasarımı

Tırmanır sistemler ihtiyaç ve kullanım türlerine göre farklı elemanların bir araya getirilerek oluşturduğu sistemlerdir. Sistemi oluşturan bu elemanlar farklılık gösterebilir, bu bölümde en sık kullanılan elemanların mukavemet değerleri ve tasarım yöntemlerinden bahsedilecektir.

5.1.1 Yüzey Kaplama Elemanı Tasarımı

Tırmanır sistemlerde yüzey kaplama elemanları rüzgar perdelerinde kullanılır. Yüzey kaplama elemanının amacı çalışılan katlarda yapıya etki edecek rüzgar etkilerini durdurmak veya minimum seviyeye indirmektir. Kaplama elemanı olarak ise plywood, metal sac, delikli pano kullanılır. Kullanılan bu malzemelerin arasında sıklıkla kolay temin edilebilmesi ve yapıda başka alanlarda da kullanılabilmesi açısından plywood tercih edilir.

Plywood ince ahşap plakaların lif yönlerine göre yatay ve dikey yerleştirilerek yüksek basınç altında tutkal yardımı ile preslenmesi ile elde edilir. Kullanım yeri ve ihtiyaca göre farklı ağaç türlerinden imal edilen bu ürünler genellikle sert ağaçlardan (huş, meşe, kayın, vb.) imal edilirler.

Çizelge 5.1 TS 647'ye [19] göre ahşap malzemelerin emniyet gerilmeleri

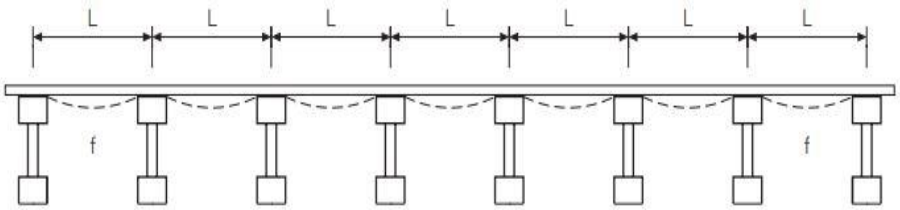
Sıra No:	Çalışma Şekli	Ahşap Malzemenin Cins ve Sınıfına göre Emniyet Gerilmesi Değerleri (Kgf/cm2)			
		İğne Yapraklı Ağaç Sınıfları			Meşe ve Kayın
		I	II	III	
1	Eğilme σ_{eem}	130	100	70	110
2	Çekme $\sigma_{çem}$	105	85	0	100
3	Basınç σ_{bem} ∥	110	85	60	100
4	Basınç σ_{bem} ⊥	20	20	20	30
5	Basınç σ_{bem} ⊥	25[1)]	25[1)]	25[1)]	40[1)]
6	Kesme ζ_{kem} ∥	9	9	9	10
1) Hafifçe ezilmelere izin verilmesi halinde.					

Çizgelde 5.1'de verilen değerlere göre plywood için moment ve sehim hesabı yapılabilir. Eşitlik 5.1 ile moment kapasitesi, Eşitlik 5.2 ile sehim kontrolü yapılabilir.

$$Mmax = 0{,}1071 \,.\, q \,.\, L^2 \tag{5.1}$$

$$fmax = 0{,}068 \,.\, q \,.\, L^4 \,/\, EI \tag{5.2}$$

Burada q sistem üzerine etkiyen yayılı yük, L sistemin mesnetlenme açıklığı, E ise elastisite modülüdür ve I atalet momenti değeridir. Rüzgar perdelerinde yüzey kaplaması olarak kullanılan plywood elemanlarında sehim şartı aranmaz, kritik olan moment değeridir.



Şekil 5. 1 Kereste üzerine plywood yerleşimi

5.1.2 Kaplama Izgarası Tasarımı

Keresteler; tırmanır kalıp sistemlerinin platformlarında ve rüzgar perdelerinde ana ızgara olarak kullanılırlar. Platformlarda kullanılan ahşaplar hareketli yüklere veya rüzgar yüküne maruz kaldığı için emniyetli taşıyabileceği kesme ve moment değerlerinin kontrol edilmesi gerekir.

Yapı kerestelerine ait parametre ve semboller aşağıda belirtilmiştir.

d = Ortalama yoğunluk (t/m^3)

b = Ahşap kiriş genişliği (cm)

h = Ahşap kiriş yüksekliği (cm)

c = Tarafsız eksenin dış life olan mesafesi (m)

E = Elastisite modülü (kg/cm^2)

σ = Eğilme emniyet gerilmesi (kg/cm^2)

ζ = Kesme gerilmesi (kg/cm^2)

S = Dış lifteki eğilme gerilmesi (kg/cm^2)

M = Eğilme momenti (kNm)

V = Toplam Kesme Kuvveti (kN)

I = Atalet momenti (cm^4)

W = Mukavemet momenti (cm^3)

L = Kiriş açıklığı (m)

f = Sehim (mm)

Çizelge 5.2 TS 647'ye [19] ahşap malzemelerin elastisite ve kayma modülü değerleri

Ahşap malzeme cinsi	**Liflere paralel Elastisite modülü $E_{//}$ (Kgf/cm^2)**	**Liflere dik Elastisite modülü $E_{\perp}$ (Kgf/cm^2)**	**Kayma modülü G (Kgf/cm^2)**
İğne yapraklı	100,000	3,000	5,000
Meşe ve kayın	125,000	6,000	10,000
Kontraplak*	70,000	30,000	5,000
*Kontraplak alt ve üst levhaların lif doğrultusu göz önüne alınarak.			

Çizelge 5.1 ve 5.2'de verilen değerler ile tırmanır sistemlerde kullanılan çam, karaçam, meşe, kayın ağaçları için ortalama bir yoğunluk, elastisite modülü, emniyet gerilmesi tayin edilebilir.

Genellikle platform ahşabı olarak H20 dolu gövdeli ahşap kiriş veya 10cmx10cm kereste kullanılır. Endüstriyel ahşap kirişlere ait DIN EN 13377 [18] uyarınca statik ve mukavemet değerleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 5.3 Dolu gövdeli ahşap kiriş statik-mukavemet değerleri

	T_w (mm)	T (mm)	B_w (mm)	H (mm)	I_y (cm^4)	W_y (cm^3)	M (kNm)	Q (kN)
H16	65	35	26.6	160	1985	248	2.5	6.94
H20	80	40	30	200	4613	461	4.7	10
H24	96	57	30	240	9959	830	8.5	14.72
H30	96	57	30	300	18061	1204	12.3	16.52
H36	96	57	30	360	29137	1619	16.5	18.32

Endüstriyel ahşap kirişlere ait simge ve semboller aşağıda verilmiştir.

T_w = Ahşap kiriş başlık genişliği

T = Ahşap kiriş başlık derinliği

B_w = Ahşap kiriş gövde genişliği

H = Ahşap kiriş yüksekliği

I_y = Y eksenindeki atalet momenti

W_y = Mukavemet momenti

M = Eğilme momenti

Q = Kesme kuvveti

Platform ahşabı olarak 10cmx10cm kullanılması halinde ise kerestenin moment kapasitesi Eşitlik 5.3 ile hesaplanır;

$$\sigma = M / W \quad (5.3)$$

$$W = I / c$$

$$I = b . h^3 / 12 = 10 . 10^3 / 12 = 833{,}33\ cm^4$$

$$W = I / c = (b . h^3 / 12) / (h / 2) = 166{,}67 cm^3$$

$$\sigma ort = M / W = M = 102{,}5\ kg/cm^2 . 166{,}67\ cm^3 = 17083{,}68\ kg.cm$$

$$Mmax = 1{,}7 kNm$$

M değeri Çizelge 5.2'den ortalama olarak 102,5 kg /cm^2 olarak bulunmuştur.

Benzer olarak, 10 cm x 10cm'lik ahşap kerestenin kesme dayanımı aşağıda formüller yardımı ile tayin edilir. Bu formüller sayesinde standart olmayan kereste kullanımlarında basit kiriş hesabı yapılarak bulunan mesnet kuvvetlerinin ahşabın kesme dayanımını aşıp aşmadığı kontrol edilir.

ζ = 9 kg/cm2 (Çizelge 5.1'den)

b =10 cm

h =10 cm

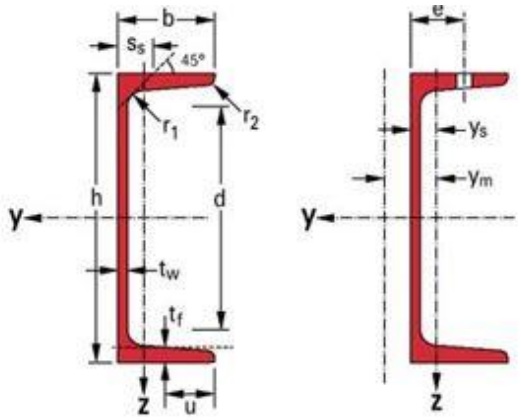
$$\zeta = 3V / 2b . h \quad (5.4)$$

$$Vmax = 2 . \zeta . b . h / 3 = 6\ kN$$

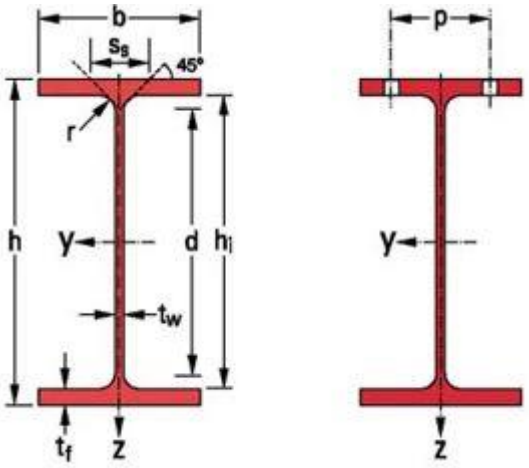
olarak bulunur ve statik hesap aşamasında 10 cm x 10 cm kerestenin maksimum kesme kapasitesi bu değer iken maksimum moment kapasitesi ise 1,7 kNm'dir.

5.1.3 Tırmanma Rayı Tasarımı

Hidrolik tırmanır sistemlerde kullanılan ana düşey çelik profilleri yapının stabilitesi ve ankraj bağlantısını sağlayan elemanlardır. Kullanım şekillerine göre NPU veya IPE profiller kullanılabilir. Tasarımları yapılırken bu elemanların ölçü ve statik değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Hesaplamalar ve çelik eleman değerleri için Eurocode 3 Design of Steel Structures'tan yararlanılacaktır.



Şekil 5. 2 NPU çelik profil kesiti



Şekil 5. 3 IPE çelik profil kesiti

Kullanılması düşünülen çelik profilin ilgili değerleri Çizelge 5.4 olduğu gibi bulunabilir.

Çizelge 5.4 IPE çelik kiriş ölçü ve kesit bilgileri

										Kesit Bilgileri					
Kesit		Boyutlar					Alan	Boyutlar		y-y aksı			z-z aksı		
	G kg/m	h mm	b mm	tw mm	tf mm	r mm	A cm^2	d mm	Ø	Iy cm^4	Wy cm^3	İy cm	İz cm^4	Wz cm^3	iz cm
İPE 300 A	36.5	297	150	6.1	9.2	15	46.53	248.6	M16	7173	483.1	12.42	519.0	69.20	3.34
İPE 300	42.2	300	150	7.1	10.7	15	53.81	248.6	M16	8356	557.1	12.46	603.8	80.50	3.35
İPE 300 O	49.3	304	152	8.0	12.7	15	62.83	248.6	M16	9994	657.5	12.61	745.7	98.12	3.45
İPE 330 A	43.0	327	160	6.5	10.0	18	54.74	271.0	M16	10230	625.7	13.67	685.2	85.64	3.54
İPE 330	49.1	330	160	7.5	11.5	18	62.61	271.0	M16	11770	713.1	13.71	788.1	98.52	3.55
İPE 330 O	57.0	334	162	8.5	13.5	18	72.62	271.0	M16	13910	833.0	13.84	960.4	118.6	3.64
İPE 360 A	50.2	357.6	170	6.6	11.5	18	63.96	298.6	M22	14520	811.8	15.06	944.3	111.1	3.84
İPE 360	57.1	360	170	8.0	12.7	18	72.73	298.6	M22	16270	903.6	14.95	1043	122.8	3.79
İPE 360 O	66.0	364	172	9.2	14.7	18	84.13	298.6	M22	19050	1047	15.05	1251	145.5	3.86
İPE 400 A	57.4	397	180	7.0	12.0	21	73.10	331.0	M22	20290	1022	16.66	1171	130.1	4.00
İPE 400	66.3	400	180	8.6	13.5	21	84.46	331.0	M22	23130	1156	16.55	1318	146.4	3.95

Bulunan bu değerler ile Çizelge 5.5'ten çelik sınıfı seçimi yapılarak düşey elemanın emniyetle taşıyabileceği moment ve kesme kuvvetleri bulunabilir.

Çizelge 5.5 Yapısal çeliklerde karakteristik akma gerilmesi ve çekme dayanımı [20]

Standart ve Çelik Sınıfı	Karakteristik Kalınlık, t (mm)			
	$t \leq 40$mm		40mm $< t \leq$ 80mm	
	F_y (N/mm^2)	F_u (N/mm^2)	F_y (N/mm^2)	F_u (N/mm^2)
EN 10025-2				
S235	235	360	215	360
S275	275	430	255	410
S355	355	510	335	470
S450	440	550	410	550
EN 10025-3				
S275 N/NL	275	390	255	370
S355 N/NL	355	490	335	470
S420 N/NL	420	520	390	520
S460 N/NL	460	540	430	540
EN 10025-4				
S275 M/ML	275	370	255	360
S355 M/ML	355	470	335	450
S420 M/ML	420	520	390	500
S460 M/ML	460	540	430	530
EN 10025-5				
S235 W	235	360	215	340
S355 W	355	510	335	490
EN 10025-6				
S460 Q/QL/QL1	460	570	440	550

Çelik profilin izin verilen maksimum kesme kapasitesi için Eşitlik 5.5'ten yararlanılabilir;

$$Vfk\,.\,\gamma f \;=\; VEd$$

$$VEd\;/\;Vc.Rd \;\leq\; 1$$

$$Vc,rd \;=\; Av\,.\,(Fy\;/\;\sqrt{3})\;/\;\gamma mo \qquad (5.5)$$

$V_{pl,rd}$ = Kesit plastik dizayn dayanımı

A_v = Kesme kuvvetine karşı koyan kesit alanı

F_y = Karakteristik akma gerilmesi

γ_{mo} = Çelik için dayanım azaltma katsayısı

Çelik profilin izin verilen maksimum moment kapasitesi için ise Eşitlik 5.6'dan yararlanılabilir.

$$MEd \,/\, Mc.Rd \;\leq\; 1$$

$$Mc.Rd \;=\; Wpl.Fy \,/\, \gamma mo \qquad (5.6)$$

M_{Ed} = Dizayn momenti

$M_{c.Rd}$ = Kesitin dizayn moment dayanımı

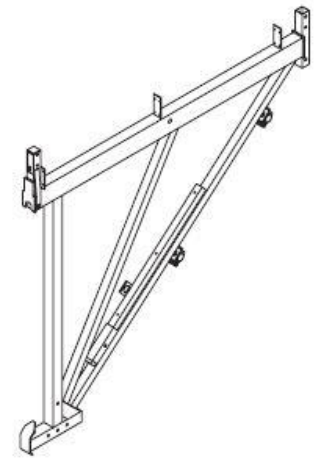
W_{pl} = Kuvvetli eksen plastik mukavemet momenti

F_y = Karakteristik akma gerilmesi

γ_{mo} = Çelik için dayanım azaltma katsayısı

5.1.4 Tırmanma Konsolu İskelesi Tasarımı

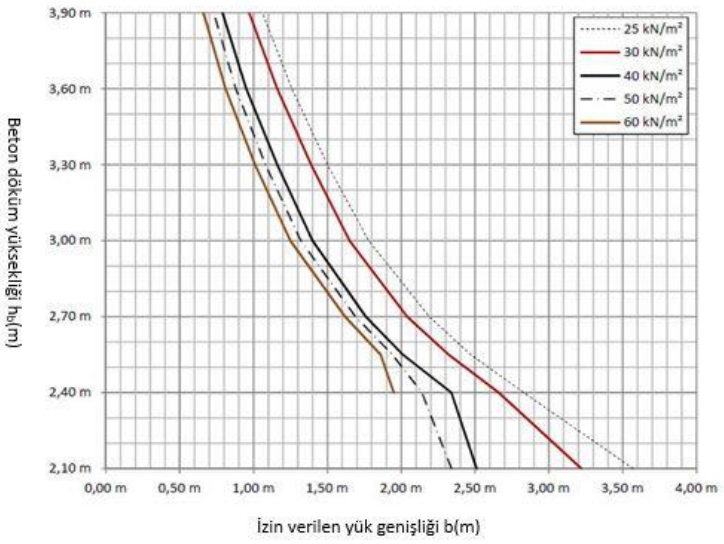
Tırmanma konsolu iskelesi ve destek payandaları tasarımında ve hesaplanmasında yük durumuna göre hazırlanmış çizelgelerden faydalanılır.



Şekil 5. 4 Tırmanma konsolu



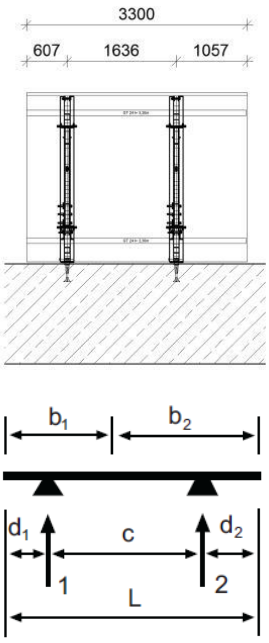
Şekil 5. 5 Destek kirişleri ve payandaları



Şekil 5. 6 İzin verilen maksimum yük genişliği belirlenmesi

Şekil 5.6'da gösterilen taze beton basıncı değerleri ile betonlama yükseklikleri h_b çakıştırılarak sistem için izin verilen maksimum yük genişliği b belirlenir. Platformun toplam genişliği için izin verilen maksimum yük genişliğinin 2 katından daha fazla olmamalıdır. Çelik tırmanma askı iskelesi, destek payandaları ve kirişleri izin verilen maksimum yük genişliğindeki uygunluk durumunun kontrol edilmesine gerek yoktur.

5.1.5 Yük Genişliklerinin Belirlenmesi



Şekil 5. 7 Platform statik sistem

Yukarıda planı bulunan sistemde platform ölçüleri simetrik olmadığı için tırmanır askı sistemlerine farklı yük genişlikleri tesir eder. Aşağıda bulunan formüller yardımı ile yük genişlikleri belirlenir.

$$Lp = d1 + c + d2$$

$$x = (d1 - d2) / c$$

$$b1 = L / 2 . (1 + x)$$

$$b2 = L / 2 . (1 - x) \quad (5.7)$$

Eşitlik 5.7 yardımı ile platformların yük genişliklerine karar verilir. Bulunan bu yük genişliğinin izin verilen maksimum yük genişliğine eşit veya küçük olması gerekmektedir.

L_p = Platform genişliği

d_1 = Sol konsol

d_2 = Sağ konsol

c = Orta açıklık

x = Sağ, sol konsol arası farkın orta açıklığa oranı

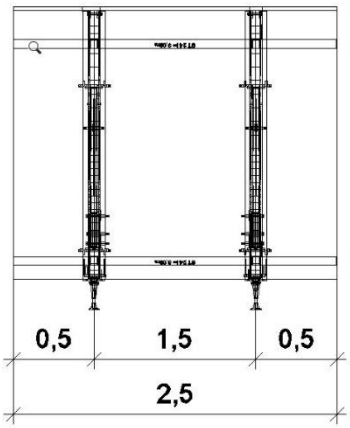
5.2 Vinç Yardımı ile Hareket Ettirilen Tek Taraflı Tırmanır Sistemlerin Hesabı

Tek taraflı tırmanır sisteminin tasarımında aşağıdaki adımlar izlenecektir:

- Yük genişliklerinin belirlenmesi
- Taze beton basıncından oluşan kuvvetlerin hesaplanması
- Rüzgar yükünden oluşan kuvvetlerin hesaplanması
- Hareketli yüklerin oluşturduğu kuvvetlerin hesaplanması
- Tırmanır sistem elemanları tahkiki
- Ankraja gelen yükler ve sistem reaksiyon kuvvetleri hesapları
- Emniyetli ankraj tasarımı

5.2.1 Örnek 1

Örnek olarak 2,50 m genişliğinde tek taraflı tırmanır sistemin üzerinde 3 m yükseklikte perde kalıbı olan maksimum taze beton basıncı 40 kN/m^2 ile sınırlandırılmış ve rüzgar basıncı 0,25 kN/m^2 (beton döküm durumunda), olan bir sistemin çözümünü ele alalım.



Şekil 5. 8 Platform plan görünüşü

L_P = 2,50 m

$Q_{rüzgar}$ = 0,25 kN/m^2 (72km/sa)

h_b = 3,00 m

$\sigma_{hk,\,max}$ = 40 kN/m^2 (sınırlandırılmış)

Q_c = 1,50 kN/m^2, 0,75 kN/m^2

a = 0,459 m

b = 1,48 m

c_2 = 0,35 m

h_0 = 2,20 m

w_{cp} = 1,60 kN

w_{wp} = 7,5 kN

w_{fp} = 1,60 kN

w_f = 3,80 kN

Tek taraflı tırmanır sistem tasarımında kullanılacak parametre ve sembollerin tanımı aşağıda verilmiştir.

hb = Beton döküm yüksekliği

c_2 = Ankrajın perde betonu birleşim noktasına olan mesafesi

h_{nom} = Ankraj derinliği

a = Perde kalıbı alt çelik kuşağının perde betonu birleşim noktasına olan mesafesi

b = Çelik kuşaklar ara mesafeleri

k = Perde kalıbı üst çelik kuşağının beton üst noktasına olan mesafesi

h_0 = İki mesnet arası mesafe

h_p = Diyagonal destek yüksekliği

L_p = Platform genişliği

w_{cp}, $w_{wp,}$ w_{fp} = Betonlama, çalışma ve söküm platformları zati ağırlıkları

w_f = Perde kalıbı zati ağırlığı

$Q_{rüzga\ r}$= Rüzgar yükü

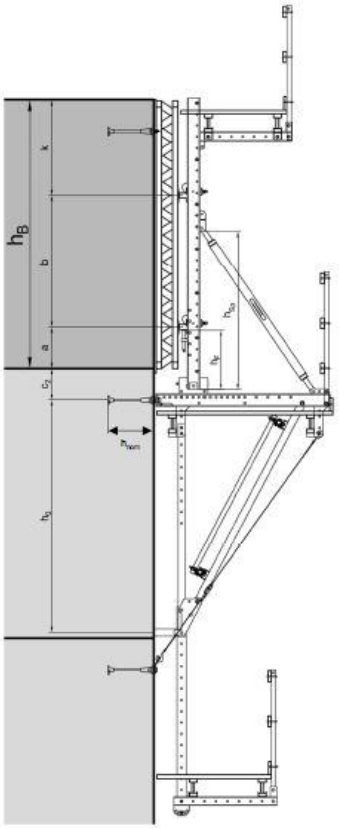
$\sigma_{hk,\ max}$ = Taze beton basıncı

Q_c= Hareketli yükler

V_{cp1}, V_{cp2} = Betonlama platformunda oluşan mesnet tepki kuvvetleri

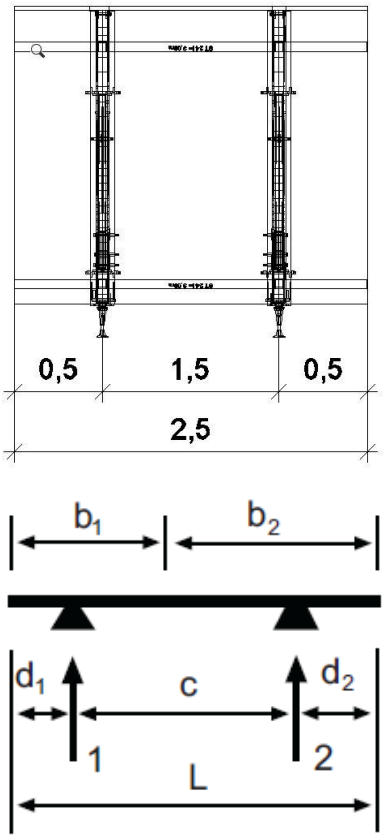
V_{wp1}, V_{wp2} = Çalışma platformunda oluşan mesnet tepki kuvvetleri

V_{fp1}, V_{fp2} = Söküm platformunda oluşan mesnet tepki kuvvetleri



Şekil 5. 9 Örnek sistem kesiti

5.2.1.1 **Yük Genişliklerinin Belirlenmesi**



Şekil 5. 10 Platform statik sistem

Şekil 5.10 da bulunan platformun Eşitlik 5.7 yardımı ile yük genişlikleri belirlenir.

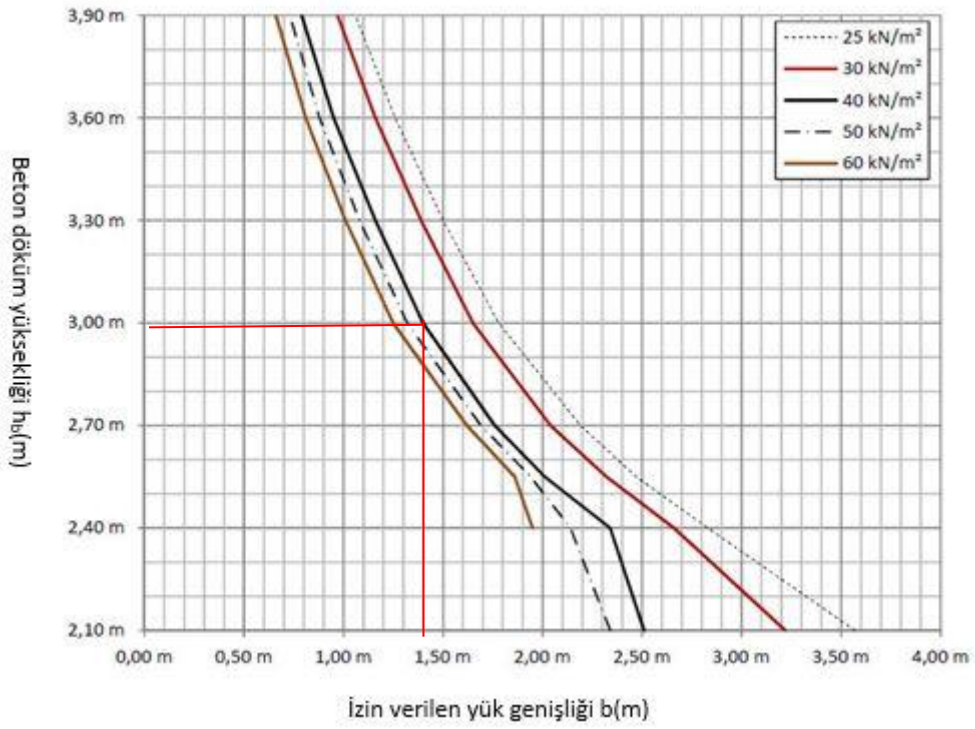
$$2{,}5\,m = 0{,}5\,m + 1{,}5\,m + 0{,}5\,m$$

$$x = (0{,}5\,m - 0{,}5\,m) / 1{,}5\,m = 0$$

$$b1 = 2{,}5 / 2\,.(1 + 0) = 1{,}25\,m$$

$$b2 = 2{,}5 / 2.(1 - 0) = 1{,}25\,m \qquad (5.7)$$

b_1= 1,25 m, b_2=1,25 m olarak bulunmuştur. Bulunan bu genişliğin Şekil 5.6'dan elde edilen izin verilen yük genişliği değeri ile karşılaştırılması gerekir.



Şekil 5. 11 Emniyetli yük genişliği bulunması

Şekil 5.6'da bulunan grafikte beton basıncı 40 kN/m^2 ve beton döküm yüksekliği çakıştırıldığında izin verilen maksimum yük genişliği 1,40 m olarak bulunur.

1,25 m ≤ 1,40 m olduğundan platform ölçüleri uygundur.

Diğer hesaplarda 1,25 m değeri kullanılacaktır.

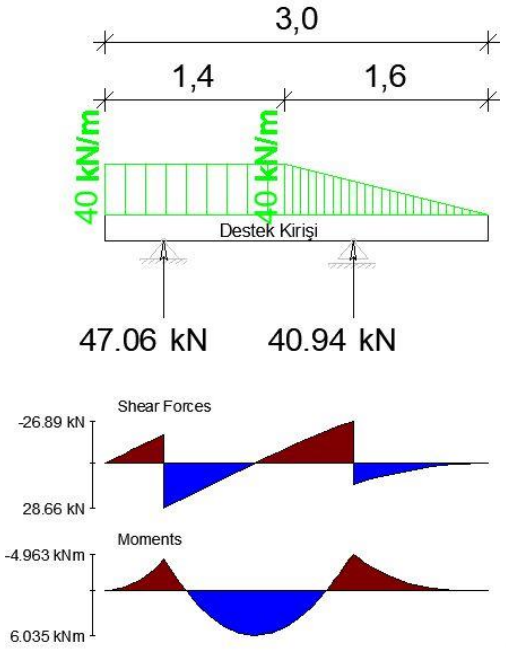
5.2.1.2 **Taze Beton Basıncından Oluşan Kuvvetlerin Hesaplanması**

Üzerinde bulunan perde kalıbına etkiyen taze beton basıncı ise 40 kN/m^2 ile sınırlandırılmıştır. Perde kalıbı üzerinde bulunan çelik kuşaklar mesnet noktası olarak kabul edilmiş ve aşağıda yer alan hesaplama 1 metre yük genişliği için yapılmıştır.

$$hs = (40\ kN/m^2) / (25\ kN/m^3) \quad (3.12)$$

h_s =1,6 m olarak bulunur.

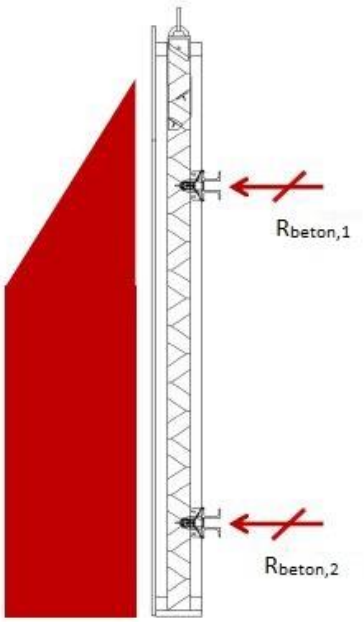
Şekil 5.12'de olduğu gibi sistemin çözümü yapılır.



Şekil 5. 12 Perde kalıbı moment-kesme diyagramı

$R_{beton,1}$ mesnet tepkisi, bulunan 1,25 m yük genişliği için toplam 41 kN x 1,25 = 51,25 kN olarak bulunur.

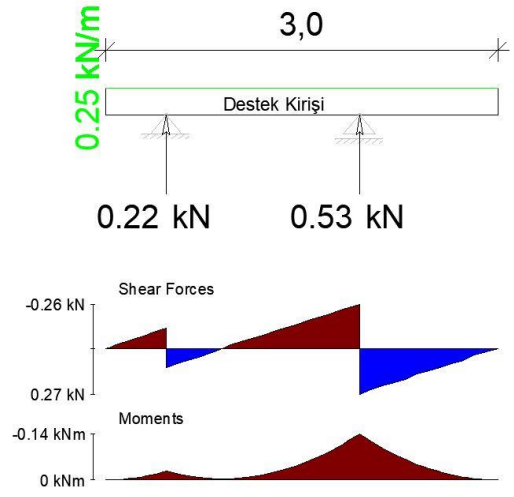
$R_{beton,2}$ mesnet tepkisi, bulunan 1,25 m yük genişliği için toplam 47 kN x 1,25 = 58.75 kN olarak bulunur.



Şekil 5. 13 Taze beton basıncından dolayı oluşan reaksiyon kuvvetleri

5.2.1.3 **Rüzgar Yükünden Oluşan Kuvvetlerin Hesaplanması**

Perde kalıbı yüzeyine etki eden rüzgar yükü (0,25 kN/m^2) perde kalıbının çelik kuşaklarında aşağıdaki kuvvetleri oluşturur. Aşağıda hesap 1 metre yük genişliğine göre yapılmıştır.



Şekil 5. 14 Rüzgar kuvveti-perde kalıbı

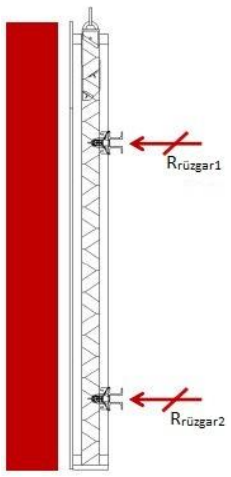
Seçilen maksimum yük genişliğine göre ise oluşan kuvvetler;

$R_{rüzgar1}$ mesnet tepkisi, seçilen 1,25 m yük genişliği için toplam:

0.53 kN x 1,25 = 0,66 kN olarak bulunur.

$R_{rüzgar2}$ mesnet tepkisi, seçilen 1,25 m yük genişliği için toplam:

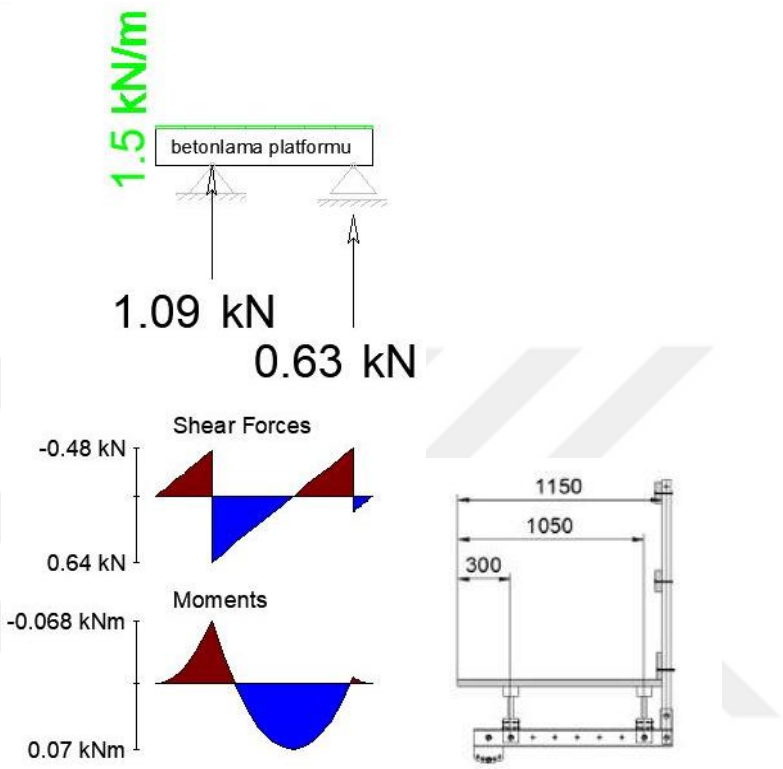
0,22 kN x 1,25 = 0,275 kN olarak bulunur.



Şekil 5. 15 Taze beton basıncından dolayı oluşan reaksiyon kuvvetleri

5.2.1.4 **Hareketli Yüklerden Oluşan Kuvvetlerin Hesaplanması**

Beton döküm durumunda betonlama platformunda ve 1 metre yük genişliğine göre 1.50 kN/m, çalışma platformunda 1 metre yük genişliği için 0,75 kN/m hareketli yük hesaplanır. Söküm platformunda ise yük hareketli yük hesaplanmaz.



Şekil 5. 16 1 metre yük genişliğine göre betonlama platformunda oluşan kuvvetler

Seçilen maksimum yük genişliğine göre ise oluşan kuvvetler;

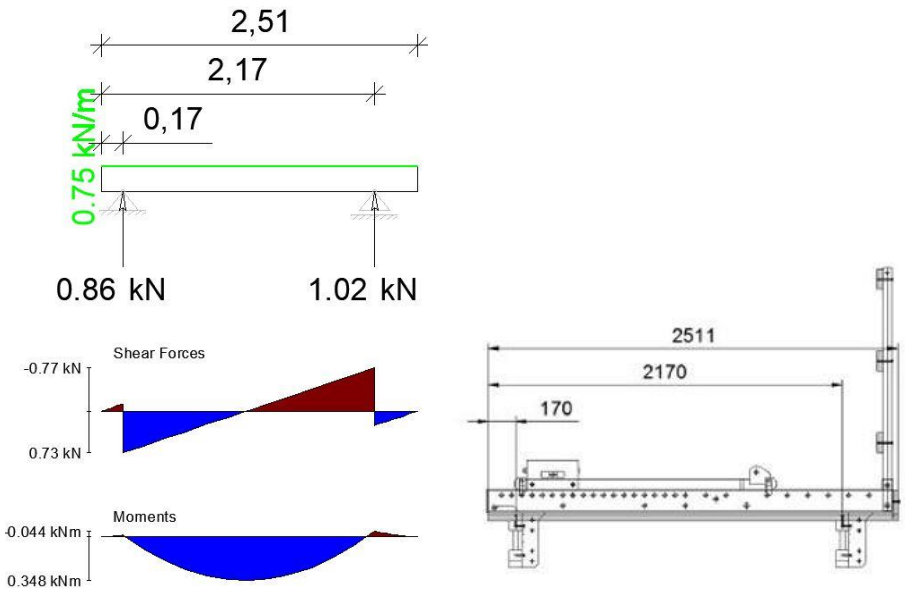
V_{cp1} mesnet tepkisi, seçilen 1,25 m yük genişliği için toplam:

1,09 kN x 1,25 =1,36 kN olarak bulunur.

V_{cp2} mesnet tepkisi, seçilen 1,25 m yük genişliği için toplam:

0,63 kN x 1,25 =0,79 kN olarak bulunur.

Çalışma platformunda ise 1 metre yük genişliğine göre 0,75 kN/m yük alınır.



Şekil 5. 17 1 metre yük genişliğine göre çalışma platformunda oluşan kuvvetler

Seçilen maksimum yük genişliğine göre ise oluşan kuvvetler;

V_{wp1} mesnet tepkisi, seçilen 1,25 m yük genişliği için toplam:

0.86 kN x 1,25 =1.08 kN olarak bulunur.

V_{wp2} mesnet tepkisi, seçilen 1,25 m yük genişliği için toplam:

1.02 kN x 1,25 =1.27 kN olarak bulunur.

5.2.1.5 **Tırmanma Konsolu Tahkiki**

Platform yük şeridi izin verilen maksimum yük şeridinden küçük olduğu için tırmanma konsolunun tahkikine gerek yoktur.

5.2.1.6 **Platform Ahşaplarının Tahkiki**

Bu tek taraflı tırmanır sistemin bütün platformlarında H20 dolu gövdeli ahşap kiriş kullanılmıştır. Beton döküm durumuna betonlama platformunda 1,50 kN/m^2 hareketli yük hesaplanmalıdır. Daha sonra ise platform üzerinde bulunan ahşap kirişler için yük şeridi bulunmalı ve en fazla yük şeridine sahip ahşap kiriş için moment ve kesme kuvveti değerleri hesaplanmalıdır.

$$1{,}15\ m\ =\ 0{,}3\ m\ +\ 0{,}75\ m\ +\ 0{,}1\ m$$

$$x\ =\ (0{,}3\ m - 0{,}1\ m)\ /\ 0{,}75\ m\ =\ 0{,}27$$

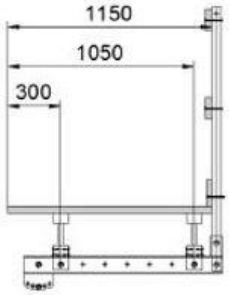
$$b1 \;=\; (1{,}15\,m\;/\;2)\,.\,(1\;+\;0{,}27)\;=\;0{,}72\,m$$

$$b2 = (1{,}15\,m\;/\;2)\,.\,(1\;-\;0{,}27)\;=\;0{,}43\,m \qquad (5.7)$$

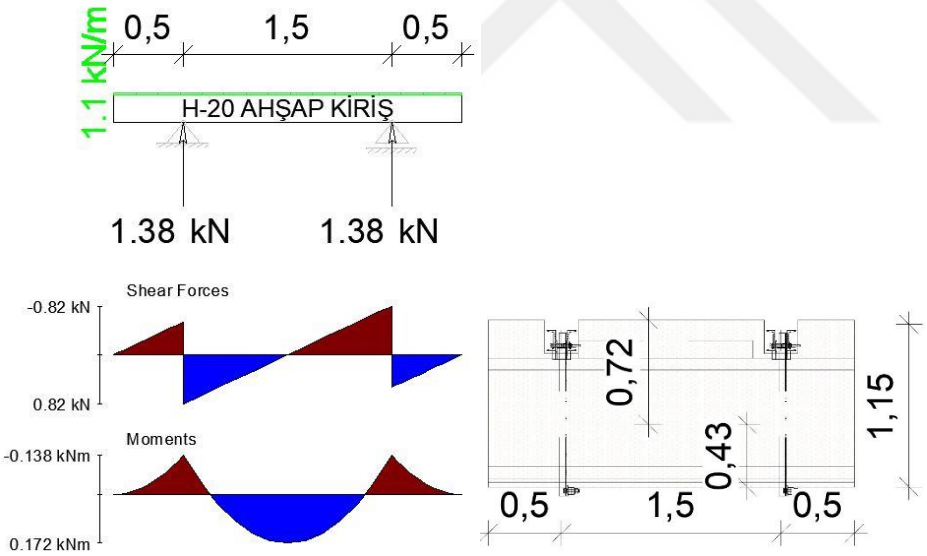
b_1= 0,72 m, b_2 = 0,43 m olarak bulunmuştur. b_1 > b_2 olduğundan b_1 yük genişliği ile hesaplamalara devam edilecektir.

$$b1\,.\,Qc \;=\; qc$$

$0{,}72\,m\,.\,1{,}50\,kN/m2 \;=\; 1{,}1\,kN/m$ olarak bulunur. (5.8)



Şekil 5. 18 Betonlama platformu kesiti



Şekil 5. 19 Betonlama platformu planı ve ahşap tahkiki

Hesaplama sonucunda bulunan değerler ile H20 dolu gövdeli ahşap kirişler için verilen emniyetli M_{maks}, V_{maks} dayanımları karşılaştırılmış, seçilen ahşap kirişin uygun olduğu görülmüştür. Çizelge 5.3'te bulunan H20 dolu gövdeli ahşap kiriş için M_{max} ve V_{max} değerleri karşılaştırılmış ve seçilen ahşabın uygun olduğu bulunmuştur.

M_{max} = 0,172 kNm < 5 kNm

V_{max} = 0,82 kN < 10 kN

Aynı işlem çalışma platformu için de yapılmalıdır. Betonlama durumunda çalışma platformunda 0,75 kN/m^2 hareketli yük hesaplanmalıdır. Daha sonra ise platform üzerinde bulunan ahşap kirişler için yük şeridi bulunmalı ve en fazla yük şeridine sahip ahşap kiriş için moment ve kesme kuvveti değerleri hesaplanmalıdır.

$$2{,}51\,m = 0{,}17\,m + 2{,}0\,m + 0{,}341\,m$$

$$x = (0{,}17\,m - 0{,}341\,m) / 2{,}0\,m = -0{,}086$$

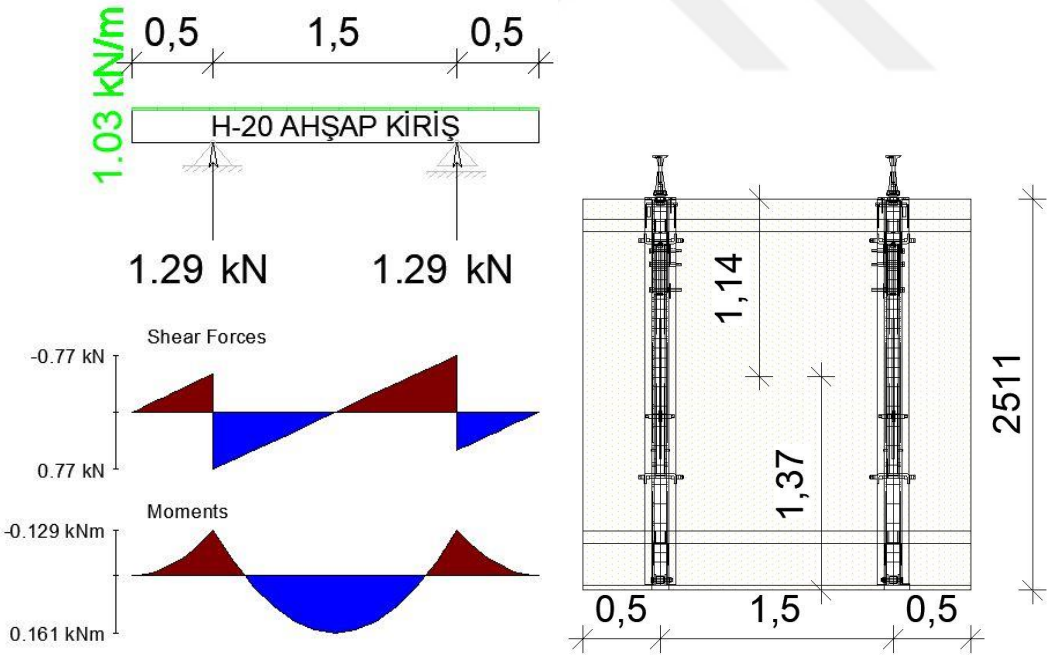
$$b1 = (2{,}51\,m / 2) . (1 - 0{,}086) = 1{,}14\,m$$

$$b2 = (2{,}51\,m / 2) . (1 + 0{,}086) = 1{,}37\,m \quad (5.7)$$

b_1 = 1,14 m, b_2 = 1,37 m olarak bulunmuştur. b_2 > b_1 olduğundan b_2 yük genişliği ile hesaplamalara devam edilecektir.

$$b1\ .Qc = qc \quad (5.8)$$

$1{,}37\,m\,.\,0{,}75\,kN/m2 = 1{,}03\,kN/m$ olarak bulunur.



Şekil 5. 20 Çalışma platformu planı ve ahşap tahkiki

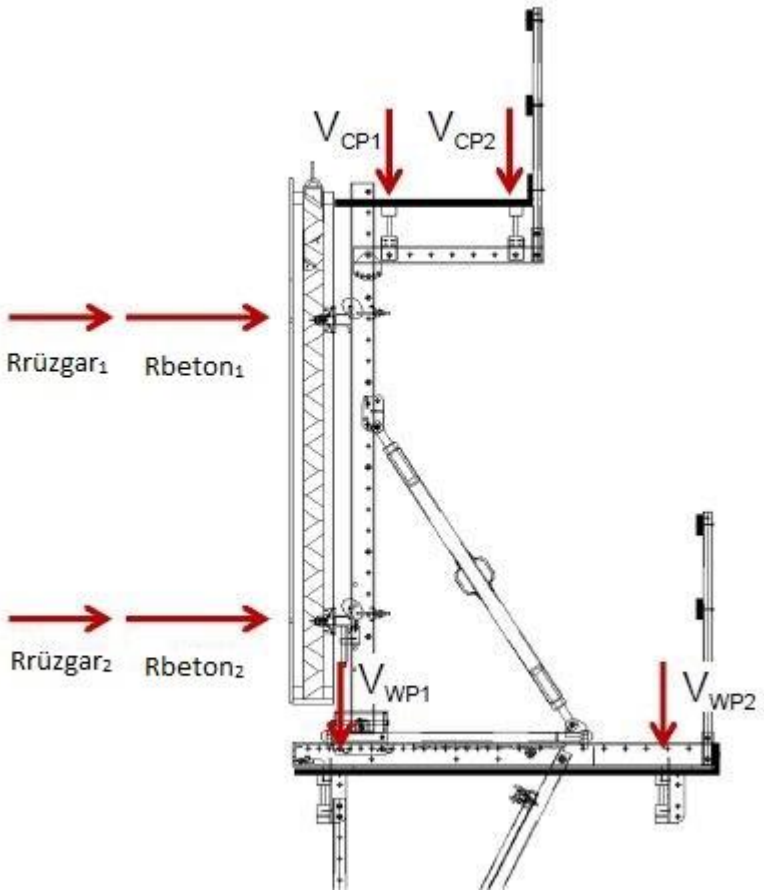
Hesaplama sonucunda bulunan değerler ile H20 dolu gövdeli ahşap kirişler için verilen emniyetli M_{maks}, V_{maks} dayanımları karşılaştırılmış, seçilen ahşap kirişin uygun olduğu

görülmüştür. Çizelge 5.3'te bulunan H20 dolu gövdeli ahşap kiriş için M_{max} ve V_{max} değerleri karşılaştırılmış ve seçilen ahşabın uygun olduğu bulunmuştur.

M_{max} = 0,161 kNm < 5 kNm

V_{max} =0,77 kN < 10 kN

5.2.1.7 **Reaksiyon Kuvvetlerinin Hesaplanması**



Şekil 5. 21 Toplam Yükleme Durumu

R_{beton1} = 51,25 kN

R_{beton2} = 58,75 kN

$R_{rüzgar1}$ = 0,66 kN

$R_{rüzgar2}$ = 0,275 kN

v_{cp1} = 1,36 kN

v_{cp2} = 0,79 kN

v_{wp1} = 1,08 kN

v_{wp2} = 1,27 kN

w_{cp} = 1,60 kN

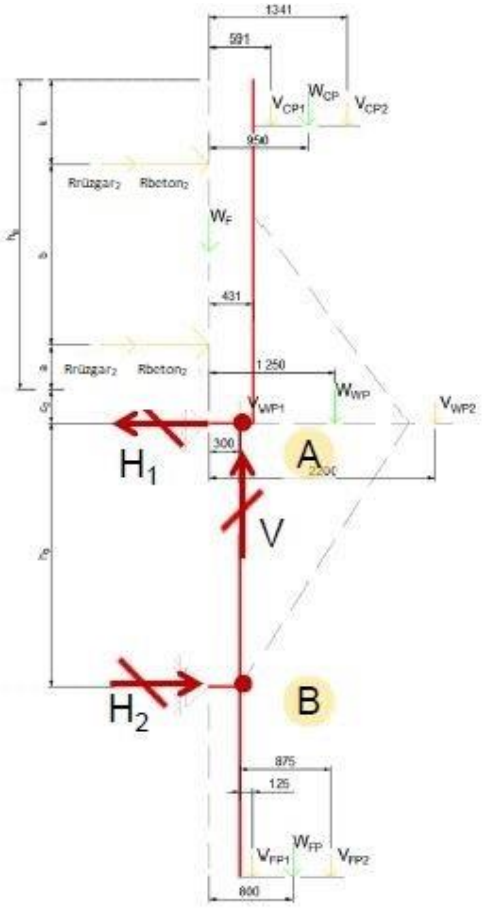
w_{wp} = 7,5 kN

w_{fp} = 1,60 kN

w_f = 3,80 kN

v_{fp1} = 0 kN

v_{fp2} = 0 kN



Şekil 5. 22 Toplam yükleme durumu



Şekil 5. 23 Kuvvet yönleri

$\sum M_A$= -(51,25 kN + 0,66 kN) x (1,48 m + 0,459 m + 0,35 m) – (58,75 kN + 0,275 kN) . (0,459 m + 0,35 m) – (1,36 kN) . (0,591 m) – (0,79 kN) . (1,341 m) – (1,60 kN) . (0,95 m)- (1,08 kN) . (0,30 m) - (1,27 kN) . (2,20 m) – (7,5 kN) . (1,25m) - (1,60 kN) . (0,80m) + H_2 . 2,58 m = 0

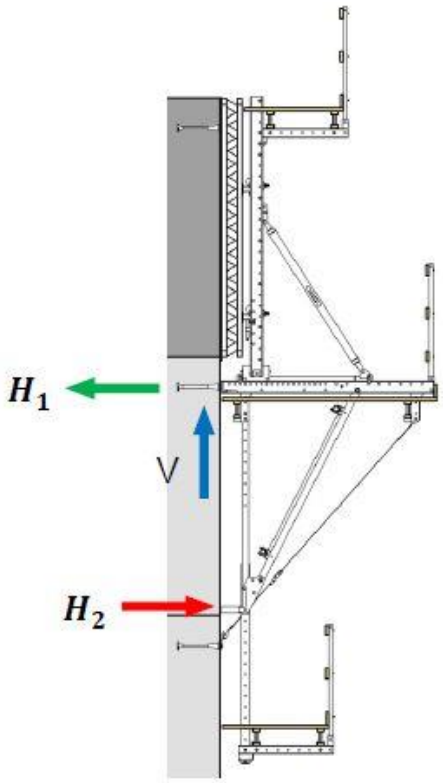
H_2 = 71,85 kN

$\sum F_h$ = 51,25 kN + 0,66 kN + 58,75 kN +0,275 kN – H_1 + 71,85 kN =0

H_1 = 182,78 kN

$\sum F_v$= -1,36 kN – 0,79 kN – 1,60 kN – 1,08 kN – 1,27 kN - 7.50 kN – 1.60 kN – 3.80 kN + V = 0

V = 19.0 kN (5.9)



Şekil 5. 24 Reaksiyon kuvvetleri

H_1= 181,51 kN (ankraja gelen çekme kuvveti)

V= 19 kN (ankraja gelen kesme kuvveti)

H_2= 70,58 kN (beton yüzeyine gelen basınç kuvveti)

5.2.2 Örnek 2

Örnek 1 çalışma durumu için çözülecektir. Betonlama durumundan farklı olarak çalışma durumunda:

$Q_{rüzgar}$=0,50 kN/m^2 (102 km/sa) rüzgar yükü

Q_c=1,50 kN/m^2, 3,0 kN/m^2, 1,50 kN/m^2 hareketli yükler dikkate alınacaktır.

5.2.2.1 **Rüzgar Yükünden Oluşan Kuvvetlerin Hesaplanması**

Toplam rüzgar yükü betonlama durumu rüzgar yükünün iki katı olduğu için oluşan mesnet reaksiyonları da 2 katı olarak bulunabilir.

$R_{rüzgar1}$=0,66 kN . 2=1,32 kN olarak bulunur.

$R_{rüzgar2}$=0,275 kN . 2=0,55 kN olarak bulunur.

5.2.2.2 **Hareketli Yüklerden Oluşan Kuvvetlerin Hesaplanması**

Çalışma durumunda, betonlama platformunda ve 1 metre yük genişliğine göre 1,50 kN/m, çalışma platformunda 1 metre yük genişliği için 3,0 kN/m, söküm platformunda ise 1,50 kN/m hareketli yük dikkate alınır.

Önceki örnekten çalışma platformu için 0,75 kN/m hareketli yük alınırken bu örnekte 3,0 kN/m alınacaktır. Diğer tüm özellikler aynı olduğundan mesnet tepkileri hareketli yük oranı kadar attırılır.

V_{wp1}=1.08 kN . 4 = 4,32 kN olarak bulunur.

V_{wp2} =1.27 kN . 4 = 5,08 kN olarak bulunur.

Söküm platformu ise betonlama platformuyla aynı ölçülere, özelliklere ve 1,50 kN/m hareketli yük için

V_{fp1} = 1,36 kN olarak bulunur.

V_{cp2} = 0.79 kN olarak bulunur.

5.2.2.3 **Platform Ahşaplarının Tahkiki**

Beton döküm durumunda ve çalışma durumunda, betonlama platformuna gelen hareketli yükler aynı olacağı için kullanılan H20 dolu gövdeli ahşapların uygunluğu çalışma durumu için de geçerlidir.

Çalışma platformunda ise Qc=3,0 kN/m2 hareketli yük dikkate alınır. Diğer tüm özellikler aynı olduğundan mesnet tepkileri hareketli yük oranı kadar attırılır. Bu hareketli yüke göre platform ahşaplarının uygunluk durumuna aşağıdaki gibi olacaktır.

Mmax = 0,161 kNm . 4 < 5kNm

Vmax = 0,77 kN . 4 < 10kN

Seçilen H20 dolu gövdeli ahşaplar bu durum için de uygun olacaktır.

Söküm platformunda ise bir önceki durumda hareketli yük öngörülmez iken, çalışma durumunda Q_c=1.50 kN/m^2 hareketli yük dikkate alınır. Söküm platformunun ölçüleri betonlama platformu ile aynı olduğu için aynı değerleri kullanabiliriz.

M_{max}= 0,172 kNm < 5kNm

V_{max}= 0,82 kN < 10kN

Seçilen H20 dolu gövdeli ahşaplar bu durum için de uygun olacaktır.

5.2.2.4 **Reaksiyon Kuvvetlerinin Hesaplanması**

Çalışma durumunda beton sertleştiği için kalıp betondan ayrılır artık kalıba etkiyen yatay bir taze beton basıncından bahsedilememektedir. Yatay kuvvet olarak yalnızca Q_{wind}=0,50 kN/m^2 (Çalışma Durumu) rüzgar yükü dikkate alınır. Düşey yükler ise Q_c=1,50 kN/m^2, 3,0 kN/m^2, 1,50 kN/m^2 olarak sırasıyla betonlama, çalışma, söküm platformlarına etki ettirilir. Tüm yüklerinin etkisi altında reaksiyon kuvvetleri ise aşağıdaki gibi olacaktır;

H_1 = 13,44 kN (ankraja gelen çekme kuvveti)
V = 28,20 kN (ankraja gelen kesme kuvveti)
H_2 = 11,57 kN (beton yüzeyine etkiyen basınç kuvveti) (5.9)
olarak bulunur.

5.2.3 Örnek 3

Örnek 1 ekstrem durum için çözülecektir. Betonlama durumundan farklı olarak çalışma durumunda:

$Q_{rüzgar}$ = 1,30 kN/m^2 (164km/sa)

Q_c = 0,75 kN/m^2 (sadece çalışma platformunda)

5.2.3.1 **Rüzgar Yükünden Oluşan Kuvvetlerin Hesaplanması**

Toplam rüzgar yükü betonlama durumu rüzgar yükünün 5,2 katı olduğu için oluşan mesnet reaksiyonları da 5,2 katı olarak bulunabilir.

$R_{rüzgar1}$ = 0,66 kN . 5,2 = 3,43 kN olarak bulunur.

$R_{rüzgar2}$ = 0,275 kN . 5,2 = 1,43 kN olarak bulunur.

5.2.3.2 **Reaksiyon Kuvvetlerinin Hesaplanması**

Ekstrem durumda sadece oluşabilecek maksimum Q_{wind}=1,30 kN/m^2 (Ekstrem Durum) rüzgar yükü dikkate alınır. Düşey yük olarak ise sadece çalışma platformuna Q_c=0,75 kN/m^2 olarak etki ettirilir. Tüm yüklerinin etkisi altında reaksiyon kuvvetleri ise aşağıda ki gibi olacaktır:

H_1 = 13,64 kN (ankraja gelen çekme kuvveti)

V = 16.85 kN (ankraja gelen kesme kuvveti)

H_2 = 8.78 kN (beton yüzeyine etkiyen basınç kuvveti)

Bu üç durum için ayrı ayrı reaksiyon kuvvetleri bulunarak en elverişsiz olan durumda ankraja gelen kuvvet belirlenir. Belirlenen bu kuvvet ile uygun ankraj seçimi yapılmalıdır.

5.2.4 Emniyetli Ankraj Tasarımı

Örnek 1 için emniyetli ankraj tasarımı yapılacaktır. Ankrajlarda reaksiyon kuvvetlerinin en fazla betonlama durumunda oluştuğu gözlemlenmiştir ve dolayısıyla ankraj tasarımı bu kuvvetler üzerinden yapılacaktır. Emniyetli ankraj tasarımında dizayn yükleri

kullanılacaktır ve oluşan reaksiyon kuvvetleri γf=1,5 yük arttırma faktörü ile arttırılacaktır.

$$NSd = H1,k \,.\, \gamma f \quad (5.10)$$

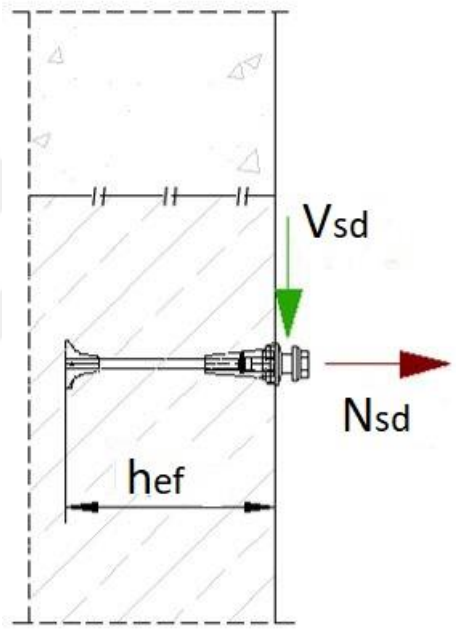
$$272{,}63\ kN = 181{,}75\ kN \,.\, 1{,}5$$

$$NSd = 272{,}63\ kN$$

$$VSd = Vk \,.\, \gamma f \quad (5.11)$$

$$28{,}50\ kN = 19{,}0\ kN \,.\, 1{,}5$$

$$VSd = 28{,}50\ kN$$



Şekil 5. 25 Ankrajda oluşan kuvvetler

Aşağıda kullanılması planlanan ankrajın ve içerisinde bulunduğu betonun özellikleri verilmiştir.

Beton sınıfı=C30

$f_{ck,cube}$ = 37 N/mm^2 (Beton 28 günlük küp karakteristik dayanımı)

h_{ef} = 600 mm (Beton içerisinde kalan ankraj derinliği)

k_1 = 10,1 (Betonun çatlak veya çatlak olmaması durumuna göre katsayı)

γ_{Mc} = 2,1 (Çekme yükü altında beton dayanım azaltma katsayısı)

γ_{Mc} = 1,5 (Kesme yükü altında beton dayanım azaltma katsayısı)

f_{yk} = 900 N/mm^2(Çelik eleman karakteristik akma sınırı)

f_{uk} = 1030 N/mm^2(Çelik eleman karakteristik çekme dayanımı)

γ_{Ms} = 1,5 (Kesme yükü altında çelik eleman dayanım azaltma katsayısı)

γ_{Ms} = 1,37 (Çekme yükü altında çelik eleman dayanım azaltma katsayısı)

N_{Sd} = 272,63 kN (Ankraja gelen dizayn çekme yükü)

V_{Sd} = 28,50 kN (Ankraja gelen dizayn kesme yükü)

d_{nom} = 30 mm (Ankraj çapı)

l_f=h_{ef} = 600 mm (başlık çapı ile ankraj gövdesinin aynı genişlikte olması durumu)

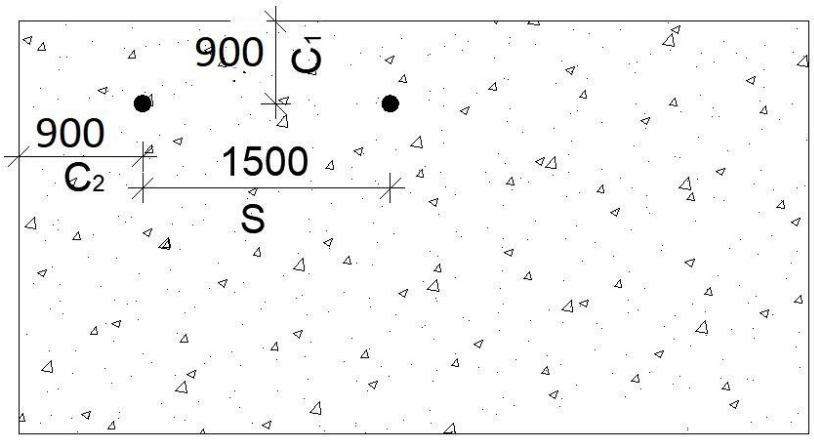
A_s = 706 mm^2 (Çelik eleman kesit alanı)

c_1 = 900 mm (Kesme kuvveti yönünde ankrajın, beton kenarına olan uzaklığı)

c_2 = 900 mm (Ankrajın köşe kenara olan uzaklığı)

s = 1500 mm (Ankrajlar arası mesafe)

h = 1000 mm (Beton kalınlığı)



Şekil 5. 26 Ankraj yerleşim ölçüleri

5.2.4.1 **Çelik Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı**

Çekme Kuvveti Etkisinde

Eşitlik 4.7'den faydalanılarak $N_{Rk,s}$ hesaplanır.

$$NRk,s = As \,.\, fuk \tag{4.7}$$

$NRk,s = 706\ mm2\,.1030\ N/mm2 = 727{,}18\ kN$ bulunur.

$$NSd \leq NRk,s \,/\, \gamma Ms \tag{4.1}$$

272,63 kN ≤ 727,18 kN / 1,37

$272{,}63\ kN \leq 530{,}79\ kN$

Eşitlik 4.1 doğrulanmış olur. Çelik ankraj elemanın çekme dayanımı çelik göçme moduna göre yeterlidir.

Kesme Kuvveti Etkisinde

Eşitlik 4.8'den faydalanılarak $V_{Rk,s}$ hesaplanır.

$$VRk,s = 0{,}5\,.\,As\,.\,fuk \tag{4.8}$$

$VRk,s = 0{,}5\,.706\ mm2.1030\ N/mm2 = 363{,}60\ kN$ bulunur.

$$VSd \leq VRk,s \,/\, \gamma Mc \tag{4.2}$$

$28{,}50\ kN \leq 363{,}60\ kN$ / 1,5

$28{,}50\ kN \leq 242{,}40\ kN$

Eşitlik 4.2 doğrulanmış olur. Çelik ankraj elemanın kesme dayanımı çelik göçme moduna göre yeterlidir.

Sonuç olarak çelik ankraj eleman, çelik göçme moduna göre uygundur.

5.2.4.2 **Beton Koni Kopması Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı**

Çekme Kuvveti Etkisinde

Beton içerisinde bulunan ankrajın betonun çatlamamış olması durumuna göre karakteristik çekme dayanımı Eşitlik xx den faydalanılarak bulunabilir.

$$NSd \leq NRk,C \,/\, \gamma Mc \tag{4.3}$$

$$NSd \,.\, \gamma Mc \;\leq\; NRk, C$$

$$272{,}63\ kN \,.\, 2{,}1 \;=\; 572{,}53\ kN$$

$$NRk, C \;=\; 572{,}53\ kN$$

$$NRk, c \;=\; N0Rk, c \,.\, (Ac, N \,/\, A°c, N) \,.\, \Psi s, N \,.\, \Psi re, N \,.\, \Psi ec, N \qquad (4.10)$$

$$N0Rk, c \;=\; k1 \,.\, \sqrt{fck, cube} \,.\, hef^{1{,}5} \qquad (4.11)$$

$$N0Rk, c \;= 10{,}1 \,.\, \sqrt{\,fck, cube} \,.\, 600^{1{,}5}$$

$$Ac, N \;=\; (c1 \;+\; 0{,}5 \,.\, scr.N) \,.\, scr.N \qquad (4.13)$$

$$ccr, N \;=\; 1{,}5 \,.\, hef$$

$$ccr, N \;=\; 1{,}5 \;.600$$

$$ccr, N \;=\; 900\ mm$$

$$scr, N \;=\; 3 \,.\, hef$$

$$scr, N \;=\; 3 \,.\, 600$$

$$scr, N \;=\; 1800\ mm$$

$s_{cr.N} \leq s$ ise ankrajlarda komşuluk ilşkisi yoktur

$1800 \leq 1500$ eşitlik sağlanmadığından ankrajlarda komşuluk ilişkisi vardır.

$c_1 \leq c_{cr,N}$

$900 \leq 900$ eşitlik sağlandığı için c_1 değeri kullanılabilir.

$c_2 \leq 0{,}5 \,.\, s_{cr,N}$

$c_2 \leq 0{,}5.\ 1800$

$900 \leq 900$ eşitlik sağlandığından c_2 değeri kullanılabilir.

$$Ac, N \;=\; (\,c1 \;+\; 0{,}5 \,.\, scr, N) \,.\, (0{,}5 \,.\, s \;+\; c2)$$

$$Ac, N \;=\; (900 \;+\; 0{,}5 \,.\, 1800) . (750 \;+\; 900)$$

$$Ac, N \;=\; 29700\ cm2$$

$$A0c, N \;=\; scr.N \,.\, scr.N \qquad (4.12)$$

$$A0c, N \;=\; 1800 \,.\, 1800$$

$A0c,N = 32400\ cm2$

$Ac,N\ /\ A°c,N = 0{,}917$ olarak bulunur.

$$\Psi s,N = 0{,}7 + 0{,}3\ .\ (c\ /\ ccr,N) \leq 1 \quad (4.14)$$

$ccr,N = 900\ mm$

c = en küçük köşeye olan ankraj mesafesi

$c = c2$

$c = 900\ mm$

$\Psi s,N = 0{,}7 + 0{,}3\ .\ (900\ /\ 900) \leq 1$

$\Psi s,N = 1$

$\Psi_{re,N}$ = Plak yayılma faktörü. Donatı etkisinin hesaba dahil edilmesini sağlar. 1 olarak alınması önerilir.

$$\Psi re,N = 1 \quad (4.15)$$

$\Psi_{ec,N}$ = Eksantriklik faktörüdür. Birden fazla ankraj takımlarında çekme yükünün tam ortadan uygulanmaması durumudur. Bu örnekte eksantriklik söz konusu değildir ve 1 alınması uygundur.

$$\Psi ec,N = 1 \quad (4.16)$$

$$NRk,c = N0Rk,c\ .\ (Ac,N\ /\ A°c,N)\ .\ \Psi s,N\ .\ \Psi re,N\ .\ \Psi ec,N \quad (4.10)$$

$572{,}53 = 10{,}1\ .\ \sqrt{fck,cube}\ .\ 600^{1{,}5}.\ 0{,}917\ .\ 1\ .\ 1\ .\ 1$

$fck,cube \geq 18\ N/mm^2$

Ankrajın güvenle kesme yükünü bu göçme moduna göre taşıyabilmesi için betonun en az 18 N/mm^2 mukavemete ulaşması gerekir.

5.2.4.3 **Beton Köşe Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı**

Kesme Kuvveti Etkisinde

Beton içerisinde bulunan ankrajın betonun çatlamamış olması durumuna göre karakteristik kesme dayanımı ise Eşitlik 4.4 yardımı ile bulunabilir.

$$VSd \leq VRk,C \,/\, \gamma Mc \quad (4.4)$$

$$VSd \,.\, \gamma Mc \leq VRk,C$$

$$28{,}50\ kN \,.\, 1{,}5 = 42{,}75\ kN$$

$$VRk,C = 42{,}75\ kN$$

$$VRk,c = V0Rk,c \,.\, (Ac,v / A0c,v) \,.\, \Psi s,v \,.\, \Psi h,v \,.\, \Psi \alpha,v \,.\, \Psi re,v \,.\, \Psi ec,v \quad (4.17)$$

$$V0Rk,c = k1 \cdot dnom^{\alpha} \cdot lf^{\beta} \cdot \sqrt{fck,cube} \cdot c1^{1{,}5} \quad (4.18)$$

$$\alpha = 0{,}1 \,.\, (lf \,/\, c1)^{0{,}5} \quad (4.19)$$

$$\alpha = 0{,}0817$$

$$\beta = 0{,}1 \,.\, (dnom/c1)^{0{,}2} \quad (4.20)$$

$$\beta = 0{,}0506$$

$k1 = 2{,}4$ (çatlamamış beton için)

$$lf = 600\ mm$$

$$dnom = 30\ mm$$

$$c1 = 900\ mm$$

$$Ac,v = 1{,}5 \,.\, c1 \,.\, (1{,}5c1 + c2) \quad (4.22)$$

h > 1,5c_1 ve $c_2 \leq 1{,}5c_1$ koşulu için,

1000 > 1350 ve 900 ≤ 1350 koşulları sağlanmadığından,

$Ac,v = h \,.\, (1{,}5c1 + 1{,}5c1)$ olarak kullanılması gerekir.

$$Ac,v = 1000 \,.\, 2700$$

$$Ac,v = 27000\ cm2$$

$$A0c,v = 4{,}5 \,.\, c1 \,.\, c1 \quad (4.21)$$

$$A0c,v = 4{,}5 \,.\, 900 \,.\, 900$$

$$A0c,v = 36450\ cm^2$$

$$Ac,v \,/\, A0c,v = 0{,}74$$

$$\Psi s,v = (0{,}7 + (0{,}3 \,.\, c2 \,/\, 1{,}5 \,.\, c1) \leq 1 \quad (4.23)$$

$$\Psi s, v = (0{,}7 + (0{,}3 \,.\, 900 \,/ 1{,}5 \,.\, 900) \leq 1$$

$$\Psi s, v = 0{,}9 \leq 1$$

$$\Psi s, v = 0{,}9$$

$$\Psi h, v = (1{,}5 \,.\, c1 \,/\, h)^{0.5} \geq 1 \qquad (4.24)$$

$$\Psi h, v = (1{,}5 \,.\, 900 \,/\, 1000)^{0{,}5} \geq 1$$

$$\Psi h, v = 1{,}5 \geq 1$$

$$\Psi h, v = 1{,}5$$

$\Psi_{\alpha,v}$ = Kesme kuvveti yönü ile beton kenarına dik olan uzunluk arasında kalan α_v açısı ile ilişkisini temsil eder. α_v açısı 180° olduğu için 2 alınması uygundur.

$$\Psi \alpha, v = 2 \qquad (4.25)$$

$$\Psi ec, v = 1 \qquad (4.26)$$

$\Psi re, v =$ Çatlamamış betonda ilave donatı olmadığı durum için 1 alınabilir. (4.27)

$$\Psi re, v = 1$$

$$VRk, c = k1 \cdot dnom^{\alpha} \cdot lf^{\beta} \cdot \sqrt{fck}, cube \cdot c1^{1{,}5} . (Ac, v / A0c, v) \,.\, \Psi s, v \,.\, \Psi h, v \,.\, \Psi \alpha, v \,.\, \Psi re, v \,.\, \Psi ec, v \qquad (4.17)$$

$$42{,}75 = 2{,}4 \cdot 1{,}32 \cdot 1{,}38 \cdot \sqrt{fck}, cube \cdot 27000 \,.\, 0{,}74 \,.\, 0{,}9 \,.\, 1{,}5 \,.\, 2 \,.\, 1 \,.\, 1$$

$$fck, cube \geq 1 \; N/mm^2$$

Ankrajın güvenle kesme yükünü bu göçme moduna göre taşıyabilmesi için betonun en az 1 N/mm^2 mukavemete ulaşması gerekir.

Hesaplamalar sonucunda kritik göçme modunun beton koni kopması göçme modu olduğu ve ankraj tasarımının bu moda göre tasarlanması gerektiği ankraj ve beton özelliklerinin yeterli olduğu, tırmanır sistemin emniyetli şekilde çalışabilmesi için betonun en az 18 N/mm^2 mukavemete sahip olması gerektiği bulunmuştur.

5.3 Hidrolik Tırmanır Rüzgar Perdelerinin Tasarımı

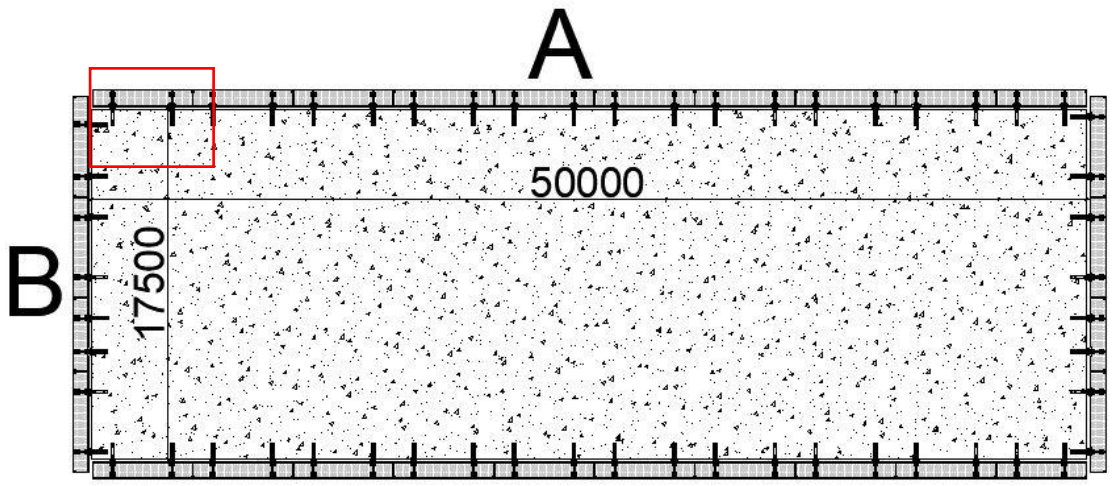
Örnek bir hidrolik tırmanır sisteminin tasarımında aşağıdaki adımlar izlenecektir:

- Yük genişliklerinin belirlenmesi

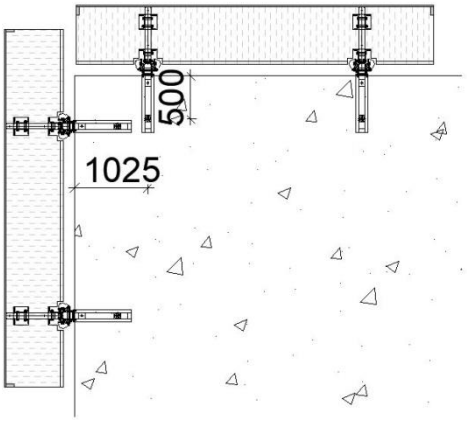
- Rüzgar yükünden oluşan kuvvetlerin hesaplanması
- Hareketli yüklerin oluşturduğu kuvvetleri hesaplanması (Platform var ise)
- Tırmanır sistem elemanları tahkiki
- Ankraja gelen yükler ve sistem reaksiyon kuvvetleri hesapları
- Emniyetli ankraj seçimi

5.3.1 Örnek 1

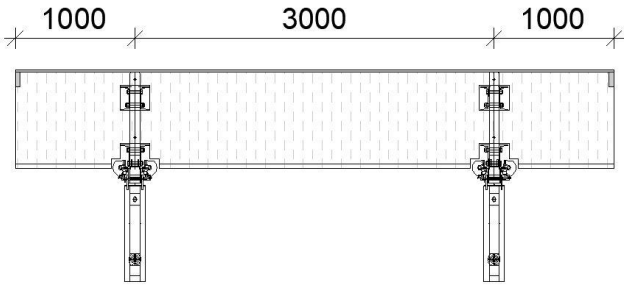
Örnek olarak aşağıda tüm detayları verilen ve İstanbul'da şehir içinde bulunan ölçüleri ve özellikleri aşağıda verilen dikdörtgen bir binada kullanılması düşünülen hidrolik tırmanır rüzgar perdelerinin çözümünü ele alalım.



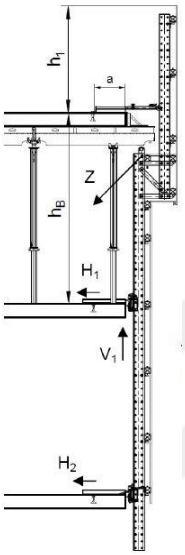
Şekil 5. 27 Bina ölçüleri



Şekil 5. 28 En kritik durumda olan paneller



Şekil 5. 29 Seçilen köşe panelin plan görünüşü



Şekil 5. 30 Seçilen köşe panel kesiti

h_1 = 2,0 m (en üst koruma yüksekliği)

h_b = 3,5 m (kat yüksekliği)

a = 0,5 m (ankrajın beton kenarına olan mesafesi)

L_A = 50 m (dikdörtgen bina A kenar ölçüsü)

L_B = 17,5 m (dikdörtgen bina B kenar ölçüsü)

W_f = 20 kN (rüzgar perdesi toplam zati ağırlığı)

W_p = 3,2 kN (platform zati ağırlığı)

Vb = 25 m/s (İstanbul ve çevresi için ölçülen temel rüzgar hızı)

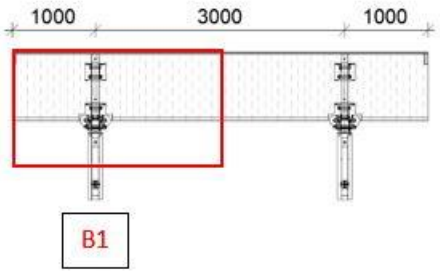
z = 100 m (Binanın en üst noktasının zeminden olan yüksekliği)

Arazi tipi = IV

Tırmanma rayı kesit özellikleri = S355 , IPE 300

5.3.1.1 **Yük Genişliklerinin Belirlenmesi**

Yukarıda planı bulunan sistemde platform ölçüleri simetrik olduğu için hidrolik tırmanır ana taşıyıcılarına eşit yük genişlikleri tesir eder. Rüzgar ve hareketli yükler, ilgili genişlik değeri ile çarpılarak hesaplamalara devam edilir.



Şekil 5. 31 Yük genişliğinin belirlenmesi

B_1 = 2,50 m olarak bulunur. Hesaplamalar bu yük genişliği üzerinden ilerleyecektir.

5.3.1.2 **Rüzgar Yükünün Hesaplanması**

Z metre yükseklikte pürüzlülük katsayısı $c_r(z)$, Eşitlik 3.3 yardımı ile hesaplanabilir.

$$zmin \leq z \leq zmax\ için\ cr(z) = kr\,.\,ln(z\,/\,zo) \quad (3.3)$$

$2\,m \leq z = 100\,m \leq 200\,m$ olduğundan pürüzlülük katsayısı Eşitlik 3.4 yardımı ile hesaplanır.

$$kr = 0{,}19\,.\,(zo\ /zo\ ıı)^{0.07} \quad (3.4)$$

$$kr = 0{,}19\,.\,(1\,/\,0{,}05)^{0.07} = 0{,}234$$

k_r yerine konulursa:

$cr(z) = 0{,}234\,.\,ln(100\,/\,1) = 1{,}08$ olarak bulunur. (3.3)

$C_{o(z)}$'yi bulmak için ise aşağıdaki Eşitlik 3.5'den faydalanılır.

$$Co(z) = 1{,}0 + 0{,}001\,.\,z \quad (3.5)$$

$$Co(z) = 1{,}0 + 0{,}001\,.\,100$$

$$Co(z) = 1{,}1$$

Bulunan bu değerlere bağlı olarak ortalama rüzgar hızı $V_{m(z)}$ Eşitlik 3.2 yardımıyla hesaplanır.

$$Vm(z) = 1{,}1 \,.\, 1{,}08 \,.\, 25 = 29{,}70\ m/s \quad (3.2)$$

z metre yükseklikteki türbülans şiddeti $Iv_{(z)}$, türbülansın standart sapmasının ortalama rüzgâr hızına oranı olarak tanımlanmıştır ve Eşitlik 3.8 yardımıyla hesaplanır.

$$zmin \leq z \leq zmax\ için\ \ lv(z) = k1\ /(co(z) \,.\, ln(z\ /\ zo)) \quad (3.8)$$

k_1 türbülans faktörü ve orografi katsayısı $c_{o(z)}$ için tavsiye edilen değer 1,0'dır.

$$lv(z) = 1{,}0\ /\ (1{,}0 \,.\, ln(100\ /\ 1)) = 0{,}217$$

Tepe rüzgâr basıncı $q_{p(z)}$ Eşitlik 3.9 yardımı ile belirlenmelidir.

$$qp(ze) = (1 + 7.lv(z)) \,.\, \frac{1}{2} \,.\, \rho \,.\, vm(z)^2 \quad (3.9)$$

Eşitlik 3.9'da değerler yerine konulursa:

$qp(ze) = (1 + 7 \,.\, 0{,}217)) \,.\, 0{,}5 \,.\, 1{,}25 \,.\, (29{,}70)^2 = 1{,}39\ kN\ /m^2$ olarak bulunur.

$g = 0{,}7$

$qp\ (Ze) = 1{,}39\ kN/m^2$

$Cp, A = 2{,}1$ için (Çizelge 3.4)

$$Qz = qp\ (Ze) \,.\, Cp \,.\, g \quad (3.1)$$

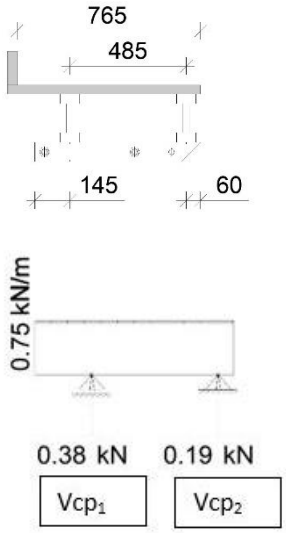
$Qz = 2{,}04\ kN/m^2$ olarak bulunur.

Hesap için ise bulunan bu değerin yük genişliği ile çarpılması gerekir.

2,04 kN/m². 2,5 m = 5,1 kN/m bina köşesinde bulunan bir rüzgar perdesi platformunun bir hidrolik ana taşıyıcısına etki eden toplam rüzgar yükü bulunur.

5.3.1.3 **Hareketli Yüklerden Oluşan Kuvvetlerin Hesaplanması**

Rüzgar perdelerinin platformunda 1 metre yük genişliğine göre 0,75 kN/m² hareketli yük hesaba katılır. Bu platform en üst döşeme kalıbı kurulurken döşeme betonu alın kalıplarının hazırlanması ve çevresel kontrol imkanı sağlar.



Şekil 5. 32 1 metre yük genişliğine göre betonlama platformda oluşan kuvvetler

Seçilen maksimum yük genişliğine göre ise oluşan kuvvetler:

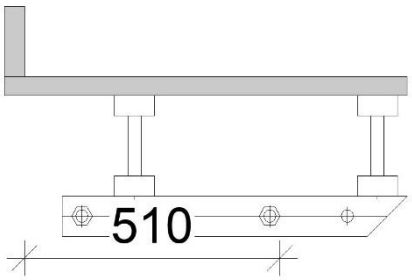
Vcp_1 mesnet tepkisi, seçilen 2,50 m yük genişliği için toplam 0,38 . 2,50 = 0,95 kN

Vcp_2 mesnet tepkisi, seçilen 2,50 m yük genişliği için toplam 0,19 . 2,50 = 0,48 kN

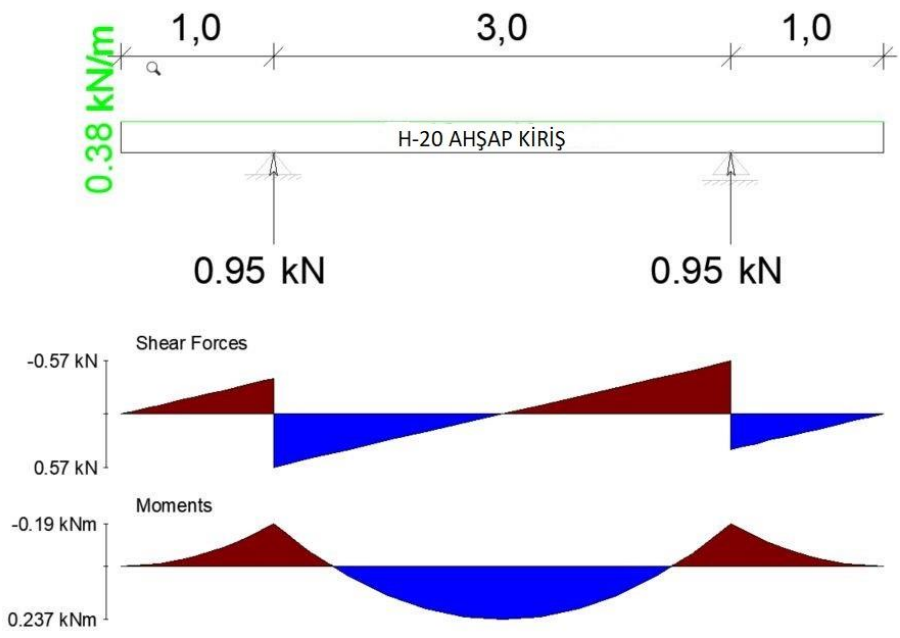
5.3.1.4 **Platform Izgarasının Tahkiki**

Platform ızgarası olarak en kritik yüklenen işaretli H20 dolu gövdeli ahşap kiriş seçilmiştir.

Taşıyıcı H20 dolu gövdeli kirişin 0,51 m yük genişliği için 0,38 kN/m hareketli yük altında statik çözümü Şekil 5.33'de ki gibidir.



Şekil 5. 33 Hesap için seçilen platform kerestesi



Şekil 5. 34 H20 Ahşap kiriş moment-kesme diyagramları

Çizelge 5.3'te bulunan H20 dolu gövdeli ahşap kiriş için M_{max} ve V_{max} değerleri karşılaştırılmış ve seçilen ahşabın uygun olduğu bulunmuştur.

M_{max} = 0,237 kNm < 5kNm

V_{max} = 0,57 kN < 10kN

5.3.1.5 **Rüzgar Perdesi Kaplama Elemanı Tahkiki**

Rüzgar perdesi kaplama plakası olarak 21 mm için meşe tipi plywood seçilmiştir. Çizelge 5.1'den meşe için eğilme emniyet girilmesi , σ_{em}=11 N/mm².

Çözümde en büyük açıklık 1750 mm için plywood emniyet gerilmesi tahkiki yapılacaktır. Plywood rüzgar perdesi yüzeyinde kullanıldığı için herhangi bir sehim şartı yoktur ve sehim kontrolüne de gerek yoktur.

$$Mmax = 0{,}1071 \,.\, q \,.\, L^2 \quad (5.1)$$

$$Mmax = 0{,}1071 \,.\, (2{,}04\ kN/m^2 . 1m) \,.\, (1{,}75\ m)^2 = 0{,}67\ kN.m$$

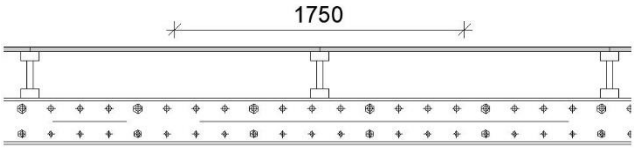
$$W = I \,/\, C = (bh^3/12) \,/\, (h/2) = b \,.\, h^2/6 = 1 \,.\, 0{,}0212 \,/\, 6 = 7{,}35.10 - 5\ m^3$$

$$\sigma em = M \,/\, W = 0{,}67\ kNm \,/\, 7{,}35.10 - 5\ m^3 = 9{,}17\ N/mm^2 < \sigma em = 11\ N/mm^2 \quad (5.3)$$

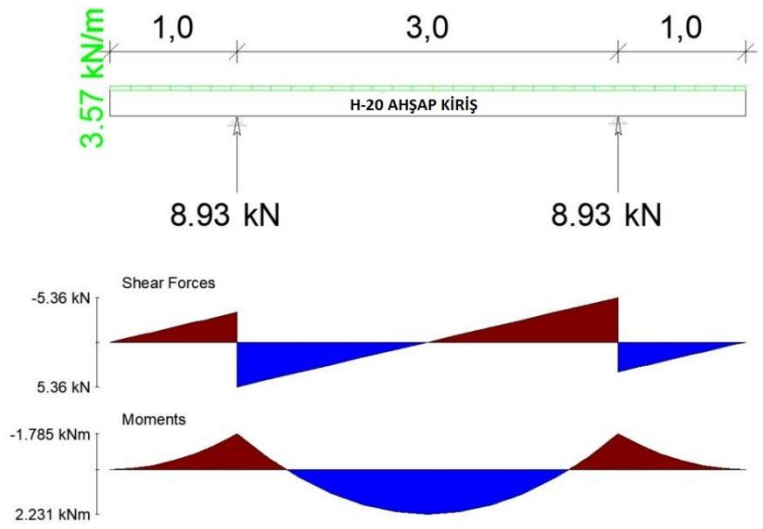
Seçilen plywoodun kullanımı uygundur.

5.3.1.6 **Rüzgar Perdesi Kaplama Izgarası Tahkiki**

Rüzgar perdesi kaplama ızgarası olarak H20 dolu gövdeli ahşap kiriş kullanılmıştır.



Şekil 5. 35 Kaplama ızgarası



Şekil 5. 36 H20 Ahşap moment-kesme diyagramları

Çizelge 5.3'te bulunan H20 dolu gövdeli ahşap kiriş için M_{max} ve V_{max} değerleri karşılaştırılmış ve seçilen H20 dolu gövdeli kirişin uygun olduğu bulunmuştur.

M_{max} = 2,23 kNm < 5kNm

V_{max} = 5,36 kN < 10kN

5.3.1.7 **Tırmanma Rayı Tahkiki**

Hidrolik tırmanır sistemlerde kullanılan ana düşey çelik profilleri yapının stabilitesi ve ankraj bağlantısını sağlayan elemanlardır. Bu örnekte tırmanma rayı S355 IPE 300 çelik profil seçilmiştir.

Seçilen çelik profil için izin verilen maksimum moment değeri Eşitlik 5.6 yardımıyla hesaplanabilir.

γ_{mo} = 1

$W_{pl,y}$ = 628,4 cm^3 (Çizelge 5.4)

Fy = 355 N/mm^2 (Çizelge 5.5)

A_v = 25,68 cm^2 (Çizelge 5.4)

$$Mc.Rd = Wpl,y . Fy / \gamma mo \quad (5.6)$$

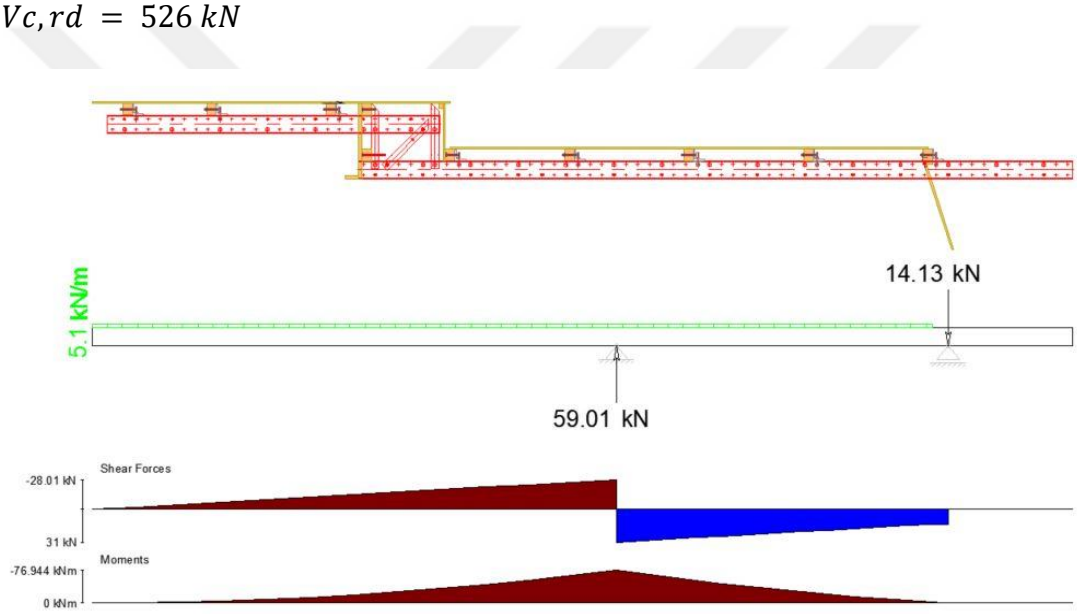
$$Mc.Rd = 628{,}4 . 10 - 6.355 . 10^3 / 1$$

$$Mc.Rd = 223\ kNm$$

$$Vc,rd = Av . (Fy / \sqrt{3}) / \gamma mo \quad (5.5)$$

$$Vc,rd = 25{,}68 . 10^{-4} (355 . 10^3 / \sqrt{3}) / 1$$

$$Vc,rd = 526\ kN$$



Şekil 5. 37 Rüzgar perdesi tırmanma rayı moment-kesme diyagramı

$$Vfk . \gamma f = VEd$$

$$\gamma f = 1{,}5\ için$$

$$Vfk = 76{,}95\ kN$$

$$76{,}95 . 1{,}5 = 115{,}43\ kN$$

V_{ed} = 115,43 kN

$$Ved / Vc.Rd \leq 1 \quad (5.5)$$

$$115{,}43 / 526 \leq 1$$

$0{,}219 \leq 1$

$Mfk \,.\, \gamma f = MEd$

$\gamma f = 1{,}5\ için$

$Mfk = 76{,}95\ kN.m$ (Şekil 5.37)

$76{,}95 \,.\, 1{,}5 = 115{,}43\ kNm$

$MEd = 115{,}43\ kNm$

$MEd \,/\, Mc.Rd \leq 1$ (5.6)

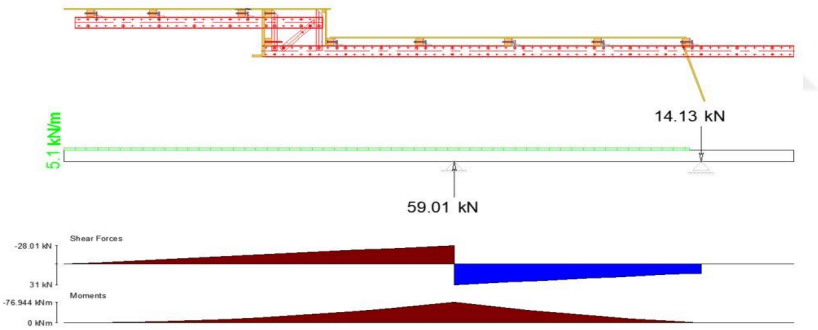
$115{,}43 \,/\, 223 \leq 1$

$0{,}52 \leq 1$

Seçilen tırmanır ray kesiti uygundur.

5.3.1.8 **Reaksiyon Kuvvetlerinin Hesaplanması**

q_z=5,1 kN/m ile sistemin statik çözümü yapılır:



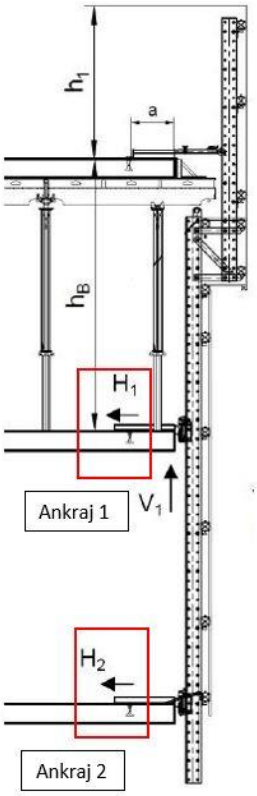
Şekil 5. 38 Rüzgar perdesi tırmanma rayı moment-kesme diyagramı

Tüm düşey yükler toplanarak ankraj rayına etki eden toplam basınç kuvveti bulunur.

$\sum Fv = -(wf \,/\, 2) - vcp1 - wp - vcp2 + V = 0$ (5.12)

$\sum Fv = -10\ kN - 0{,}38\ kN - 1{,}6\ kN - 0{,}19\ kN + V = 0$

$V = 12{,}17\ kN$ bulunur.



Şekil 5. 39 Rüzgar perdelerinin ankraj yerleşimleri

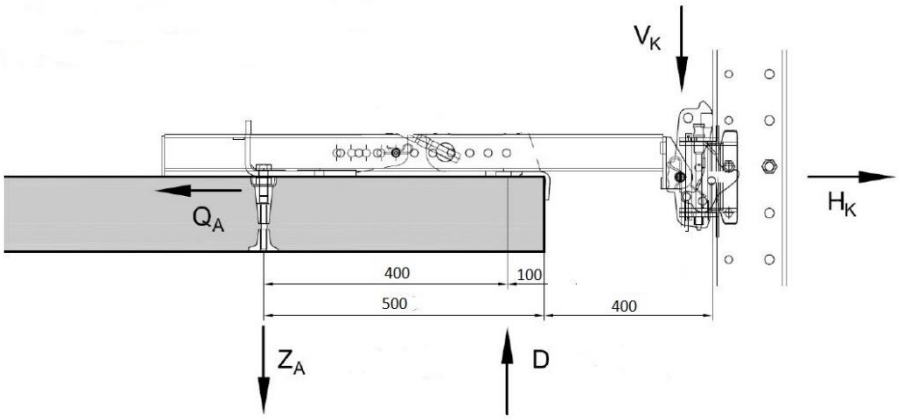
Rüzgar perdesinin ana tırmanma kuşağında oluşan H_1, H_2, V_1 kuvvetleri sırasıyla.

$H_{1,k}$ = 59,01 kN (1 numaralı ankrajda oluşan kesme kuvveti)

$V_{1,k}$ = 12,17 kN (ana tırmanma kuşağında oluşan basınç kuvveti)

$H_{2,k}$ = -14,13 kN (ankrajda oluşan kesme kuvveti)

Hidrolik ana tırmanma kuşağında oluşan bu kuvvetler aşağıdaki şekilde ankrajlara aktarılır. Aşağıda bulunan bağıntılar yardımı ile ankrajlarda reaksiyon kuvvetleri hesaplanır.



Şekil 5. 40 Ankraja gelen kuvvetler

$$ZA\,.\,0{,}4\;=\;Vk\,.\,0{,}5 \tag{5.10}$$

$$QA\,,1\;=\;H1,k \tag{5.13}$$

$$D\,.\,0{,}4\;=\;V1,k\,.\,0{,}9 \tag{5.14}$$

olarak hesaplanır.

Eşitlik 5.14 ile Ankraj 1 'de:

$$ZA,1\,.\,0.4\;=\;12{,}17\,.\,0.5$$

$$ZA\,,1\;=\;15{,}22\;kN$$

$$QA\,,1\;=\;H1,k \tag{5.13}$$

$$QA\,,1\;=\;59{,}01\;kN$$

Ankraj 1'de $Z_{A,1}$ = 15,21 kN, $Q_{A,1}$ = 34,71kN kuvvetleri oluşurken,

Ankraj 2 'de:

Z_2 = 0 (sistem düşeyde ankraj 1'den sabitlendiği için),

$$QA,2\;=\;H2,k \tag{5.15}$$

$QA,2\;=\;-14{,}13\;kN$ çekme kuvveti oluşur.

5.3.2 Emniyetli Ankraj Tasarımı

Söz konusu tırmanır sistemde ankraj 1'e bağlı tırmanma ayağında sabit mesnet, ankraj 2'ye bağlı tırmanma ayağında ise hareketli mesnet tanımlanmıştır. Bu tür sistemlerde emniyetli ankraj tasarımı en kritik yüklenen ankraj için yapılmaktadır. Bu örnekte ise en büyük yükler ankraj 1'de oluştuğu için hesaplamalar bu ankraj üzerinden ilerleyecektir. Emniyetli ankraj tasarımında dizayn yükleri kullanılacaktır ve oluşan reaksiyon kuvvetleri γf=1,5 yük arttırma faktörü ile arttırılacaktır.

$$NSd\;=\;ZA\,,1\,.\,\gamma f \tag{5.16}$$

$$22{,}83\;kN\;=\;15{,}22\;kN\,.\,1{,}5$$

$$NSd\;=\;22{,}83\;kN$$

$$VSd\;=\;QA\,,1\,.\,\gamma f \tag{5.17}$$

$88{,}52\ kN\ =\ 59{,}01\ kN.1{,}5$

$VSd\ =\ 88{,}52\ kN$

olarak bulunur. Aşağıda kullanılması planlanan ankraj ve betonun özellikleri verilmiştir.

Beton sınıfı C20

$f_{ck,cube}$ = 25 N/mm^2 (Beton 28 günlük küp karakteristik dayanımı)

h_{ef} = 200 mm (Beton içerisinde kalan ankraj derinliği)

k_1 = 10,1 (Betonun çatlak veya çatlak olmaması durumuna göre katsayı)

γ_{Mc} = 2,1 (Çekme kuvveti altındaki betonun dayanım azaltma katsayısı)

γ_{Mc} = 1,5 (Kesme kuvveti altındaki betonun dayanım azaltma katsayısı)

f_{yk} = 900 N/mm^2 (Çelik eleman karakteristik akma sınırı)

f_{uk} = 1030 N/mm^2 (Çelik eleman karakteristik çekme dayanımı)

γ_{Ms} = 1,5 (Kesme kuvveti altındaki çelik elemanın dayanım azaltma katsayısı)

γ_{Ms} = 1,37 (Çekme yükü altındaki çelik elemanın dayanım azaltma katsayısı)

N_{Sd} = 22,83 kN (Ankraja etkiyen dizayn çekme kuvveti)

V_{Sd} = 88,52 kN (Ankraja etkiyen dizayn kesme kuvveti)

d_{nom} = 20 mm (Ankraj çapı)

l_f=h_{ef} = 200 mm (başlık çapı ile ankraj gövdesinin aynı genişlikte olması durumu)

A_s = 314 mm^2 (Çelik elemanın kesit alanı)

c_1 = 500 mm (Kesme kuvveti yönünde ankrajın, beton kenarına olan uzaklığı)

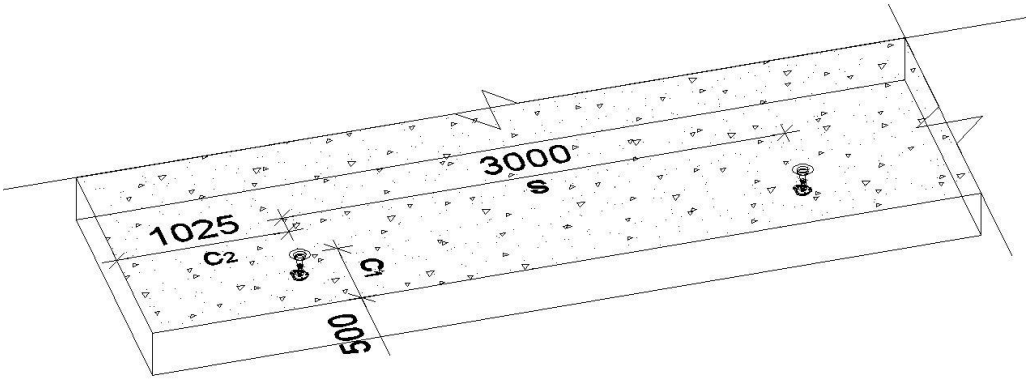
c_2 = 1025 mm (Ankrajın köşe kenara olan uzaklığı)

s = 3000 mm (Ankrajlar arası mesafe)

$c_{cr.N}$ = 300 mm (Çekme kuvveti etkisinde, kesme kuvveti yönünde ankrajın beton kenarına olan kritik uzaklığı)

$s_{cr.N}$ = 600 mm (Çekme kuvveti etkisinde, ankrajın etkilediği maksimum beton yüzey mesafesi)

h = 200 mm (Ankrajın içinde bulunduğu beton kalınlığı)



Şekil 5. 41 Ankraj mesafeleri

5.3.2.1 **Çelik Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı**

Çekme Kuvveti Etkisinde

Eşitlik 4.7 yardımıyla $N_{Rk,s}$ hesaplanır.

$$NRk,s = As \ . \ fuk \quad (4.7)$$

$NRk,s = 314\ mm^2\ .1030\ N/mm^2 = 323{,}42\ kN$ bulunur.

$$NSd \leq NRk,s\ /\ \gamma Ms \quad (4.1)$$

$22{,}83\ kN \leq 323{,}42\ kN\ /\ 1{,}37$

$22{,}83\ kN \leq 236{,}08\ kN$

Eşitlik 4.1 doğrulanmış olur. Çelik ankraj elemanın çekme dayanımı çelik göçme moduna göre yeterlidir.

Kesme Kuvveti Etkisinde

Eşitlik 4.8 yardımıyla $V_{Rk,s}$ hesaplanır.

$$VRk,s = 0{,}5\ .As\ .fuk \quad (4.8)$$

$VRk,s = 0{,}5\ .314\ mm^2.1030\ N/mm^2 = 161{,}71\ kN$ bulunur.

$$VSd \leq VRk,s\ /\ \gamma Ms \quad (4.2)$$

$88{,}52\ kN \leq 161{,}71\ kN\ /\ 1{,}5$

$88{,}52\ kN \leq 107{,}80\ kN$

Eşitlik 4.2 doğrulanmış olur. Çelik ankraj elemanın kesme dayanımı çelik göçme moduna göre yeterlidir.

Sonuç olarak çelik ankraj eleman, çelik göçme moduna göre uygundur. Aynı ankraj elemanının beton koni kopması göçme moduna göre de tahkiki yapılmalıdır.

5.3.2.2 **Beton Koni Kopması Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı**

Çekme Kuvveti Etkisinde

Beton içerisinde bulunan ankrajın betonun çatlamamış olması durumuna göre karakteristik çekme dayanımı Eşitlik 4.3 yardımıyla bulunabilir.

$$NSd \leq NRk,C \;/\; \gamma Mc \tag{4.3}$$

$$NSd \,.\, \gamma Mc \leq NRk,C$$

$$22{,}83\ kN \,.\, 2{,}1 = 47{,}95\ kN$$

$$NRk,C = 47{,}95\ kN$$

$$NRk,c = N0Rk,c \,.\, (Ac,N / A°c,N) \,.\, \Psi s,N \,.\, \Psi re,N \,.\, \Psi ec,N \tag{4.10}$$

$$N0Rk,c = kcr \,.\, \sqrt{fck,cube} \,.\, hef^{1,5} \tag{4.11}$$

$k1 = 10{,}1$ (çatlamamış beton için)

$$N0Rk,c = 10{,}1 \,.\, \sqrt{fck,cube} \,.\, 200^{1,5}$$

$$scr,N = 600\ mm$$

$$ccr,N = 300\ mm$$

$s_{cr.N} \leq s$ ise ankrajlarda komşuluk ilişkisi yoktur.

600 ≤ 3000 ankrajlar arasında komşuluk ilişkisi yoktur ankraj çekme kapasitesi düşümü söz konusu değildir.

$$c1 \leq ccr,N$$

500 ≤ 300 koşulu sağlanmaz

$$c1 \geq scr.N \;/\; 2$$

500 ≥ 300 koşulu sağlanmaz

Ankrajlarda komşuluk ilişkisi olmadığı için ve köşeye olan mesafeleri ankrajın sahip olduğu maksimum beton yüzeyi mesafelerinden büyük olduğu için $s_{cr.N}$ mesafesi kullanılabilir.

$$Ac,N = scr,N.scr,N \quad (4.13)$$

$$Ac,N = 600 . 600$$

$$Ac,N = 36000\ cm2$$

$$A0c,N = scr.N . scr.N \quad (4.12)$$

$$A0c,N = 600.600$$

$$A0c,N = 36000\ cm^2$$

$Ac,N\ /\ A°c,N = 1$ olarak bulunur.

$$\Psi s,N = 0{,}7 + 0{,}3(c\ /\ ccr,N) \leq 1 \quad (4.14)$$

c = en küçük köşeye olan ankraj mesafesi

$$c = c2$$

c = 500 mm

$$\Psi s,N = 0{,}7 + 0{,}3(500\ /300) \leq 1$$

$\Psi s,N = 1{,}2 \leq 1$ eşitlik sağlanamadığı için,

$\Psi s,N = 1$ olarak alınmalıdır.

$\Psi re,N =$ Plak yayılma faktörü. Donatı etkisinin hesaba dahil edilmesini sağlar. 1 olarak alınması önerilir.

$$\Psi re,N = 1 \quad (4.15)$$

$\Psi ec,N =$ Eksantriklik faktörüdür. Birden fazla ankraj takımlarında çekme yükünün tam ortadan uygulanmaması durumudur. Bu örnekte eksantriklik söz konusu değildir ve 1 alınması uygundur.

$$\Psi ec,N = 1 \quad (4.16)$$

$$NRk,c = kcr . \sqrt{fck,cube} . hef^{1,5} . (Ac,N\ /\ A°c,N) . \Psi s,N . \Psi re,N . \Psi ec,N \quad (4.10)$$

$$47{,}95 = 10{,}1 . \sqrt{fck,cube} . 200^{1,5} . 1 . 1 . 1 . 1$$

$fck, cube \geq 3\ N/mm^2$

Ankrajın çekme kuvvetini emniyetli olarak bu göçme moduna göre taşıyabilmesi için içerisinde bulunduğu betonun en az 3 N/mm^2 mukavemete ulaşması gerekir.

5.3.2.3 **Beton Köşe Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı**

Kesme Kuvveti Etkisinde

Beton içerisinde bulunan ankrajın betonun çatlamamış olması durumuna göre karakteristik kesme dayanımı ise Eşitlik 4.4 yardımıyla bulunabilir.

$$VSd \leq VRk, Cp \,/\, \gamma Mc \quad (4.4)$$

$$VSd \,.\, \gamma Mc \leq VRk, C$$

$$88{,}52\ kN \,.\, 1{,}5 = 132{,}78\ kN$$

$$VRk, Cp = 132{,}78\ kN$$

$$VRk, c = V0Rk, c \,.\, (Ac, v / A0c, v) \,.\, \Psi s, v \,.\, \Psi h, v \,.\, \Psi \alpha, v \,.\, \Psi re, v \,.\, \Psi ec, v \quad (4.17)$$

$$V0Rk, c = k1 \cdot dnom^{\alpha} \cdot lf^{\beta} \cdot \sqrt{fck, cube} \cdot c1^{1{,}5} \quad (4.18)$$

$$\alpha = 0{,}1 \,.\, 0{,}5(lf \,/\, c1)^{0{,}5} \quad (4.19)$$

$$\alpha = 0{,}0632$$

$$\beta = 0{,}1 \,.\, (dnom \,/\, c1)^{0{,}2} \quad (4.20)$$

$$\beta = 0{,}0525$$

$k1 = 2{,}4$ (çatlamamış beton için)

$lf = 200\ mm$

$dnom = 20\ mm$

$c1 = 500\ mm$

$$Ac, v = 1{,}5c1 \,.\, (1{,}5c1 + c2) \quad (4.22)$$

h > 1,5c_1 ve $c_2 \leq 1{,}5c_1$ koşulu için,

200 > 750 ve 1025 ≤ 750 koşulları sağlanmadığından,

$Ac, v = h \,.\, (1{,}5c1 + 1{,}5c1)$ olarak kullanılması gerekir.

$Ac,v = 3000\ cm^2$

$A0c,v = 4{,}5 \,.\, c1 \,.\, c1$ (4.21)

$A0c,v = 4{,}5 \,.\, 500 \,.\, 500$

$A0c,v = 11250\ cm^2$

$Ac,v\ /\ A0c,v =$ 0,27 olarak bulunur.

$\Psi s,v = (0{,}7 + (0{,}3c2\ /\ 1{,}5c1) \leq 1$ (4.23)

$\Psi s,v = (0.7 + (0{,}3 \,.\, 1025\ /\ 1{,}5 \,.\, 500) \leq 1$

$\Psi s,v = 1{,}11 \leq 1$

$\Psi s,v = 1$

$\Psi h,v = (1{,}5 \,.\, 500\ /\ 200)^{0{,}5} \geq 1$ (4.24)

$\Psi h,v = 1{,}936$

$\Psi \alpha,v =$ Kesme kuvveti yönü ile beton kenarına dik olan uzunluk arasında kalan α_v açısı ile ilişkisini temsil eder. α_v açısı 180° olduğu için 2 alınması uygundur.

$\Psi \alpha,v = 2$ (4.25)

$\Psi re,v =$ Çatlamamış betonda ilave donatı olmadığı durum için 1 alınabilir.

$\Psi re,v = 1$ (4.26)

$VRk,c = k1 \cdot dnom^{\alpha} \cdot lf^{\beta} \cdot \sqrt{fck,cube} \cdot c1^{1{,}5}.(Ac,v/$
$A0c,v) \,.\, \Psi s,v \,.\, \Psi h,v \,.\, \Psi \alpha,v \,.\, \Psi re,v \,.\, \Psi ec,v$ (4.17)

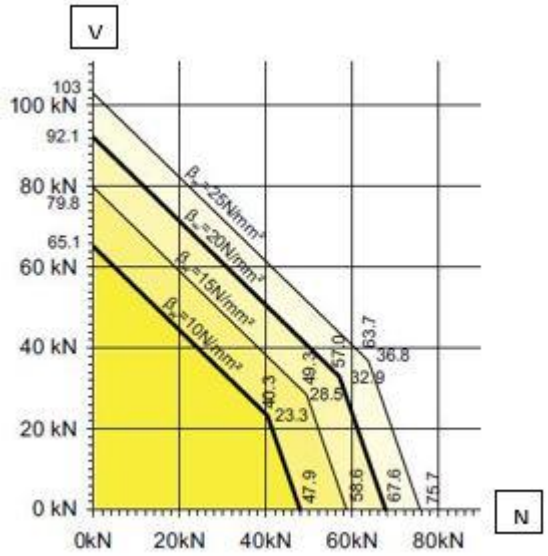
$132{,}78 = 2{,}4 \cdot 1{,}21 \cdot 1{,}33 \cdot \sqrt{fck,cube} \cdot 500^{1.5}.0{,}27 \,.\, 1 \,.\, 1{,}94 \,.\, 1 \,.\, 2 \,.\, 1$

$fck,cube \geq 10\ N/mm^2$

Ankrajın güvenle kesme yükünü bu göçme moduna göre taşıyabilmesi için betonun en az 10 N/mm^2 mukavemete ulaşması gerekir.

Hesaplamalar sonucunda kritik göçme modunun beton köşe göçme modu olduğu ve ankraj tasarımının bu moda göre tasarlanması gerektiği ankraj ve beton özelliklerinin yeterli olduğu, tırmanır sistemin emniyetli şekilde çalışabilmesi için betonun en az 10 N/mm^2 mukavemete sahip olması gerektiği bulunmuştur. Tırmanır sistemlerin güvenli

olarak kullanılabilmesi ve ekonomik olabilmesi için ankraj seçimi çok önemlidir. Betonun istenen mukavemete erişmesi için beklenilmesi gereken süre toplam inşaat süresini etkileyeceğinden süre-maliyet-emniyetli tasarım açısından en uygun ankraj sistemlerinin seçilmesine dikkat edilmelidir.



Şekil 5. 42 Örnek ankraj dayanım tablosu

5.3.3 Emniyetli Ankraj Tasarımı 2

Örnek 2 için girilen ankraj derinliği ve beton kalınlığı h_{ef}=250 mm ve h=250 mm olarak değiştirip inceleyelim,

Çelik elemanın özellikleri değiştirilmediği için çelik göçme modunun kontrol edilmesine gerek yoktur.

5.3.3.1 Beton Koni Kopması Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı

Çekme Kuvveti Etkisinde

$$NSd \leq NRk,C \,/\, \gamma Mc \qquad (4.3)$$

$$NSd \,.\, \gamma Mc \leq NRk,C$$

$$22{,}83\ kN \,.\, 2{,}1 = 47{,}95\ kN$$

$$NRk,C = 47{,}95\ kN$$

$$NRk,c = N0Rk,c \,.\, (Ac,N / A°c,N) \,.\, \Psi s,N \,.\, \Psi re,N \,.\, \Psi ec,N \qquad (4.10)$$

$N0Rk,c = kcr \cdot \sqrt{fck,cube} \cdot hef^{1,5}$ (4.11)

$k1 = 10{,}1$ (çatlamamış beton için)

$N0Rk,c = 10{,}1 \cdot \sqrt{fck,cube} \cdot 250^{1,5}$

$scr,N = 750\ mm$

$ccr,N = 375\ mm$

$s_{cr.N} \leq s$ ise ankrajlarda komşuluk ilşkisi yoktur

750 ≤ 3000 ankrajlar arasında komşuluk ilişkisi yoktur ankraj çekme kapasitesi düşümü sözkonusu değildir.

$Ac,N = scr.N \cdot scr.N$ (4.12)

$Ac,N = 600 \cdot 600$

$Ac,N = 36000\ cm^2$

$A0c,N = scr.N \cdot scr.N$ (4.13)

$Ac,N = 600 \cdot 600$

$Ac,N = 36000\ cm^2$

$Ac,N\ /\ A°c,N = 1\ olarak\ bulunur.$

$\Psi s,N = 0{,}7 + 0{,}3 \cdot (c\ /\ ccr,N) \leq 1$ (4.14)

c = en küçük köşeye olan ankraj mesafesi

$c = c1$

$c = 500\ mm$

$\Psi s,N = 0{,}7 + 0{,}3 \cdot (500/375) \leq 1$

$\Psi s,N = 1{,}1 \leq 1$ eşitlik sağlanamadığı için,

$\Psi s,N = 1$

$\Psi re,N =$ Plak yayılma faktörü. Donatı etkisinin hesaba dahil edilmesini sağlar. 1 olarak alınması önerilir.

$\Psi re,N = 1$ (4.15)

$\Psi_{ec,N}$ = Eksantriklik faktörüdür. Birden fazla ankraj takımlarında çekme yükünün tam ortadan uygulanmaması durumudur. Bu örnekte eksantriklik söz konusu değildir ve 1 alınması uygundur.

$$\Psi ec, N \ = \ 1 \tag{4.16}$$

$$NRk, c \ = \ kcr \, . \sqrt{} fck, cube \, . \, hef^{1,5} . \, (Ac, N \ / \ A°c, N) \, . \Psi s, N \, . \Psi re, N \, . \Psi ec, N \tag{4.10}$$

$$47{,}95 \ = \ 10{,}1 \, . \sqrt{} \, fck, cube \, . \, 250^{1,5} . \, 1 \, . \, 1 \, . \, 1 \, . \, 1$$

$$fck, cube \ \geq \ 1{,}5 \ N/mm^2$$

Ankrajın çekme kuvvetini emniyetli olarak bu göçme moduna göre taşıyabilmesi için içerisinde bulunduğu betonun en az 1,5 N/mm^2 mukavemete ulaşması gerekir.

5.3.3.2 **Beton Köşe Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı**

Kesme Kuvveti Etkisinde

$$VSd \ \leq \ VRk, Cp \ / \ \gamma Mc \tag{4.4}$$

$$VSd \, . \ \gamma Mc \ \leq \ VRk, C$$

$$88{,}52 \ kN \, . \, 1{,}5 \ = \ 132{,}78 \ kN$$

$$VRk, Cp \ = \ 132{,}78 \ kN$$

$$VRk, c \ = \ V0Rk, c \, . \, (Ac, v / \ A0c, v) \, . \Psi s, v \, . \Psi h, v \, . \Psi \alpha, v \, . \Psi re, v \, . \Psi ec, v \tag{4.17}$$

$$V0Rk, c \ = \ k1 \ \cdot \ dnom^{\alpha} \ \cdot \ lf^{\beta} \cdot \sqrt{} fck, cube \ \cdot \ c1^{1,5} \tag{4.18}$$

$$\alpha \ = \ 0{,}1 \, . \, 0{,}5 (lf \ / \ c1)^{0,5} \tag{4.19}$$

$$\alpha \ = \ 0{,}0632$$

$$\beta \ = \ 0{,}1 \, . \, (dnom \ / \ c1)^{0,2} \tag{4.20}$$

$$\beta \ = \ 0{,}0525$$

$k1 \ = \ 2{,}4$ (çatlamamış beton için)

$lf \ = \ 250 \ mm$

$dnom \ = \ 20 \ mm$

$c1 \ = \ 500 \ mm$

$c2 = 1025\,mm$

$scrn = 3\,.\,hef$

$scrn = 750\,mm$

$ccrn = 1{,}5\,.\,hef$

$ccrn = 375$

$Ac,v = 1{,}5c1\,.\,(1{,}5c1 + c2)$ (4.22)

h > 1,5c_1 ve $c_2 \leq 1{,}5c_1$ koşulu için,

250 > 750 ve 1025 ≤ 750 koşulları sağlanmadığından,

$Ac,v = h\,.\,(1{,}5c1 + 1{,}5c1)$ olarak kullanılması gerekir.

$Ac,v = 3750\,cm^2$

$A0c,v = 4{,}5\,.\,c1\,.\,c1$ (4.21)

$A0c,v = 4{,}5\,.\,500\,.\,500$

$A0c,v = 11250\,cm^2$

$Ac,v\,/\,A0c,v = 0{,}34$ olarak bulunur.

$\Psi s,v = (0{,}7 + (0{,}3\,c2\,/\,1.5\,.\,c1) \leq 1$ (4.23)

$\Psi s,v = (0.7 + (0{,}3\,.\,1025\,/1{,}5\,.\,500) \leq 1$

$\Psi s,v = 1{,}11 \leq 1$

$\Psi s,v = 1$

$\Psi h,v = (1{,}5\,.\,500\,/\,250)^{0{,}5} \geq 1$ (4.24)

$\Psi h,v = 1{,}73$

$\Psi \alpha,v =$ Kesme kuvveti yönü ile beton kenarına dik olan uzunluk arasında kalan α_v açısı ile ilişkisini temsil eder. α_v açısı 180° olduğu için 2 alınması uygundur.

$\Psi \alpha,v = 2$ (4.25)

$\Psi ec,v = 1$ (4.26)

$\Psi re,v =$ Çatlamamış betonda ilave donatı olmadığı durum için 1 alınabilir.

$$\Psi re, v = 1 \quad (4.27)$$

$$VRk, c = k1 \cdot dnom^{\alpha} \cdot lf^{\beta} \cdot \sqrt{fck, cube} \cdot c1^{1,5}. (Ac, v / A0c, v) . \Psi s, v . \Psi h, v . \Psi \alpha, v . \Psi re, v . \Psi ec, v \quad (4.17)$$

$$132{,}78 = 2{,}4 \cdot 1{,}235 \cdot 1{,}34 \cdot \sqrt{fck, cube} \cdot 500^{1,5}. 0{,}33. 1 . 1{,}73 . 1 . 2 . 1$$

$$fck, cube \geq 7\ N/mm^2$$

Ankrajın güvenle kesme yükünü bu göçme moduna göre taşıyabilmesi için betonun en az 7 N/mm^2 mukavemete ulaşması gerekir.

5.3.4 Emniyetli Ankraj Tasarımı 3

Örnek 2 için girilen ankraj derinliği ve beton kalınlığı h_{ef}=300 mm ve h=300 mm olarak değiştirip inceleyelim,

Çelik elemanın özellikleri değiştirilmediği için çelik göçme modunun kontrol edilmesine gerek yoktur.

5.3.4.1 **Beton Koni Kopması Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı**

Çekme Kuvveti Etkisinde

$$NSd \leq NRk, C \ / \ \gamma Mc \quad (4.3)$$

$$NSd . \gamma Mc \leq NRk, C$$

$$22{,}83\ kN . 2{,}1 = 47{,}95\ kN$$

$$NRk, C = 47{,}95\ kN$$

$$NRk, c = N0Rk, c . (Ac, N \ / \ A°c, N) . \Psi s, N . \Psi re, N . \Psi ec, N \quad (4.10)$$

$$N0Rk, c = kcr . \sqrt{fck, cube} . hef^{1,5} \quad (4.11)$$

$k1 = 10{,}1$ (çatlamamış beton için)

$$N0Rk, c = 10{,}1 . \sqrt{fck, cube} . 300^{1,5}$$

$$scr, N = 900\ mm$$

$$ccr, N = 450\ mm$$

$s_{cr.N} \leq s$ ise ankrajlarda komşuluk ilşkisi yoktur

900 ≤ 3000 ankrajlar arasında komşuluk ilişkisi yoktur ankraj çekme kapasitesi düşümü sözkonusu değildir.

$$Ac,N = scr.N \,.\, scr.N \quad (4.12)$$

$$Ac,N = 900 \,.\, 900$$

$$Ac,N = 81000\ cm^2$$

$$A0c,N = scr.N \,.\, scr.N \quad (4.13)$$

$$A0c,N = 900 \,.\, 900$$

$$A0c,N = 81000\ cm^2$$

$Ac,N \,/\, A°c,N = 1$ olarak bulunur.

$$\Psi s,N = 0{,}7 + 0{,}3(c\ /ccr,N) \leq 1 \quad (4.14)$$

c = en küçük köşeye olan ankraj mesafesi

c = c_1

c = 500 mm

$$\Psi s,N = 0{,}7 + 0{,}3(500 \,/\, 450) \leq 1$$

$\Psi s,N = 1{,}04 \leq 1$ eşitlik sağlanamadığı için,

$$\Psi s,N = 1$$

$\Psi re,N =$ Plak yayılma faktörü. Donatı etkisinin hesaba dahil edilmesini sağlar. 1 olarak alınması önerilir.

$$\Psi re,N = 1 \quad (4.15)$$

$\Psi ec,N =$ Eksantriklik faktörüdür. Birden fazla ankraj takımlarında çekme yükünün tam ortadan uygulanmaması durumudur. Bu örnekte eksantriklik söz konusu değildir ve 1 alınması uygundur.

$$\Psi ec,N = 1 \quad (4.16)$$

$$NRk,c = kcr \,.\, \sqrt{fck,cube} \,.\, hef^{1,5}.\,(Ac,N \,/\, A°c,N) \,.\, \Psi s,N \,.\, \Psi re,N \,.\, \Psi ec,N \quad (4.10)$$

$$47{,}95 = 10{,}1 \,.\, \sqrt{fck,cube} \,.\, 300^{1,5}.\,1 \,.\, 1 \,.\, 1 \,.\, 1$$

$$fck,cube \geq 0{,}84\ N/mm^2$$

Ankrajın çekme kuvvetini emniyetli olarak bu göçme moduna göre taşıyabilmesi için içerisinde bulunduğu betonun en az 0,84 N/mm^2 mukavemete ulaşması gerekir.

5.3.4.2 **Beton Köşe Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı**

Kesme Kuvveti Etkisinde

$$VSd \ \leq \ VRk, Cp \ / \ \gamma Mc \qquad (4.4)$$

$$VSd \ . \ \gamma Mc \ \leq \ VRk, C$$

$$88{,}52 \ kN \ . \ 1{,}5 \ = \ 132{,}78 \ kN$$

$$VRk, c \ = \ V0Rk, c \ . (Ac, v / \ A0c, v) \ . \Psi s, v \ . \Psi h, v \ . \Psi \alpha, v \ . \Psi re, v \ . \Psi ec, v \qquad (4.17)$$

$$V0Rk, c \ = \ k1 \ \cdot \ dnom^{\alpha} \ \cdot \ lf^{\beta} \cdot \sqrt{f}ck, cube \ \cdot \ c1^{1{,}5} \qquad (4.18)$$

$$\alpha \ = \ 0{,}1 \ . \ 0{,}5 (lf \ / \ c1)^{0{,}5} \qquad (4.19)$$

$$\alpha \ = \ 0{,}0632$$

$$\beta \ = \ 0{,}1 \ . (dnom \ / \ c1)^{0{,}2} \qquad (4.20)$$

$$\beta \ = \ 0{,}0525$$

$k1 \ = \ 2{,}4$ (çatlamamış beton için)

$lf \ = \ 300 \ mm$

$dnom \ = \ 20 \ mm$

$c1 \ = \ 500 \ mm$

$c2 \ = \ 1025 \ mm$

$scrn \ = \ 3 . hef$

$scrn \ = \ 900 \ mm$

$ccrn \ = \ 1{,}5 . hef$

$ccrn \ = \ 450 \ mm$

$$Ac, v \ = \ 1{,}5c1 \ . (1{,}5c1 \ + \ c2) \qquad (4.22)$$

h > 1,5c_1 ve $c_2 \leq 1{,}5c_1$ koşulu için,

300 >750 ve 1025 ≤ 750 koşulları sağlanmadığından,

$Ac,v\ =\ h\ .(1{,}5c1\ +\ 1{,}5c1)$ olarak kullanılması gerekir.

$Ac,v\ =\ 4500\ cm^2$

$A0c,v\ =\ 4{,}5\ .c1.c1$ (4.21)

$A0c,v\ =\ 4{,}5\ .500\ .500$

$A0c,v\ =\ 11250\ cm^2$

$Ac,v\ /\ A0c,v\ =\ 0{,}4$ olarak bulunur.

$\Psi s,v\ =\ (0{,}7\ +\ (0{,}3\ .c2\ /1{,}5\ .c1)\ \leq\ 1$ (4.23)

$\Psi s,v\ =\ (0{,}7\ +\ (0{,}3\ .1025\ /\ 1{,}5\ .500)\ \leq\ 1$

$\Psi s,v\ =\ 1{,}11 \leq\ 1$

$\Psi s,v\ =\ 1$

$\Psi h,v\ =\ (1{,}5\ .500\ /3\ 00)^{0{,}5} \geq\ 1$ (4.24)

$\Psi h,v\ =\ 1{,}58$

$\Psi\alpha,v\ =$ Kesme kuvveti yönü ile beton kenarına dik olan uzunluk arasında kalan α_v açısı ile ilişkisini temsil eder. α_v açısı 180° olduğu için 2 alınması uygundur.

$\Psi\alpha,v\ =\ 2$ (4.25)

$\Psi ec,v\ =\ 1$ (4.26)

$\Psi re,v\ =$ Çatlamamış betonda ilave donatı olmadığı durum için 1 alınabilir.

$\Psi re,v\ =\ 1$ (4.27)

$VRk,c\ =\ k1\ \cdot\ dnom^{\alpha}\ \cdot\ lf^{\beta}\ \cdot\ \sqrt{fck,cube}\ \cdot\ c1^{1{,}5}.(Ac,v/$
$A0c,v)\ .\Psi s,v\ .\Psi h,v\ .\Psi\alpha,v\ .\Psi re,v\ .\Psi ec,v$ (4.17)

$132{,}78\ =\ 2{,}4\ \cdot\ 1{,}26\ \cdot\ 1{,}35\ \cdot\ \sqrt{fck,cube}\ \cdot\ 500^{1{,}5}.0{,}40.1\ .1{,}58\ .1\ .2\ .1$

$fck,cube\ \geq\ 5{,}3\ N/mm^2$

Ankrajın güvenle kesme yükünü bu göçme moduna göre taşıyabilmesi için betonun en az 5,3 N/mm^2 mukavemete ulaşması gerekir.

5.3.5 Emniyetli Ankraj Tasarımı 4

Emniyetli ankraj tasarımı 2 başlığında incelenen örnekte kullanılan ankrajın çapını d_{nom}=25 mm olarak değiştirip inceleyelim.

Çap değişimi ankrajın beton koni kopması dayanımını değiştirmez sadece kesme kuvveti etkisinde ki beton kenar göçme modunda etkilidir. Bu ve sonra ki örnekte sadece bu göçme modu incelenecektir.

5.3.5.1 **Çelik Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı**

Çekme Kuvveti Etkisinde

$$NRk,s = As \,.\, fuk \tag{4.7}$$

$NRk,s = 491\ mm^2 . 1030\ N/mm^2 = 506$ kN bulunur.

$$NEd \leq NRd \leq NRk,s \,/\, \gamma Ms \tag{4.1}$$

$NRd \leq 506\ kN \,/\, 1{,}37$

$NRd \leq 370\ kN$

$NRd = 370\ kN$ çelik elemanın maksimum çekme dayanımı olarak bulunur.

Kesme Kuvveti Etkisinde

Eşitlik 4.2 yardımıyla $V_{Rk,s}$ hesaplanır.

$$VRk,s = 0{,}5 \,.\, As \,.\, fuk \tag{4.8}$$

$VRk,s = 0{,}5 \,.\, 491\ mm^2 \,.\, 1030\ N/mm^2 = 253\ kN$ bulunur.

$$VEd \leq VRd \leq VRk,s \,/\, \gamma Ms \tag{4.2}$$

$VRd \leq 253\ kN \,/\, 1{,}5$

$VRd \leq 169\ kN$

$VRd = 169\ kN$ çelik elemanın maksimum kesme dayanımı olarak bulunur.

5.3.5.2 **Beton Köşe Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı**

Kesme Kuvveti Etkisinde

$$VSd \leq VRk, Cp \,/\, \gamma Mc \quad (4.4)$$

$$VSd \,.\, \gamma Mc \leq VRk, C$$

$$88{,}52\ kN \,.\, 1{,}5 = 132{,}78\ kN$$

$$VRk, Cp = 132{,}78\ kN$$

$$VRk, c = V0Rk, c \,.\, (Ac, v / A0c, v) \,.\, \Psi s, v \,.\, \Psi h, v \,.\, \Psi \alpha, v \,.\, \Psi re, v \,.\, \Psi ec, v \quad (4.17)$$

$$V0Rk, c = k1 \cdot dnom^{\alpha} \cdot lf^{\beta} \cdot \sqrt{fck, cube} \cdot c1^{1{,}5} \quad (4.18)$$

$$\alpha = 0{,}1 \,.\, 0{,}5(lf \,/\, c1)^{0{,}5} \quad (4.19)$$

$$\alpha = 0{,}0707$$

$$\beta = 0{,}1 \,.\, (dnom \,/\, c1)^{0{,}2} \quad (4.20)$$

$$\beta = 0{,}055$$

$k1 = 2{,}4$ (çatlamamış beton için)

$lf = 250\ mm$

$dnom = 25\ mm$

$c1 = 500\ mm$

$c2 = 1025\ mm$

$scrn = 3 \,.\, hef$

$scrn = 750\ mm$

$ccrn = 1{,}5 . hef$

$ccrn = 375$

$$Ac, v = 1{,}5c1 \,.\, (1{,}5c1 + c2) \quad (4.22)$$

h > 1,5c_1 ve $c_2 \leq 1{,}5c_1$ koşulu için,

250 > 750 ve 1025 ≤ 750 koşulları sağlanmadığından,

$Ac, v = h.\,(1{,}5c1 + 1{,}5c1)$ olarak kullanılması gerekir.

$Ac,v = 3750\ cm^2$

$A0c,v = 4{,}5 \,.\, c1 \,.\, c1$ (4.21)

$A0c,v = 4{,}5.500.500$

$A0c,v = 11250\ cm^2$

$Ac,v\ /\ A0c,v = 0{,}34$ olarak bulunur.

$\Psi s,v = (0{,}7 + (0{,}3c2\ /\ 1{,}5c1) \leq 1$ (4.23)

$\Psi s,v = (0.7 + (0{,}3 \,.\, 1025\ /1{,}5 \,.\, 500) \leq 1$

$\Psi s,v = 1{,}11 \leq 1$

$\Psi s,v = 1$

$\Psi h,v = (1.5\ .500\ /\ 250)^{0{,}5} \geq 1$ (4.24)

$\Psi h,v = 1{,}73$

$\Psi \alpha,v =$ Kesme kuvveti yönü ile beton kenarına dik olan uzunluk arasında kalan α_v açısı ile ilişkisini temsil eder. α_v açısı 180° olduğu için 2 alınması uygundur.

$\Psi \alpha,v = 2$ (4.25)

$\Psi re,v =$ Çatlamış betonda ilave donatı olmadığı durum için 1 alınabilir.

$\Psi re,v = 1$ (4.26)

$VRk,c = V0Rk,c \,.\, (Ac,v/\ A0c,v) \,.\, \Psi s,v \,.\, \Psi h,v \,.\, \Psi \alpha,v \,.\, \Psi re,v \,.\, \Psi ec,v$ (4.17)

$132{,}78 = 2{,}4 \cdot 1{,}255 \cdot 1{,}354 \cdot \sqrt{fck,cube} \cdot 500^{1{,}5} . 0{,}33 \,.\, 1 \,.\, 1{,}73 \,.\, 1 \,.\, 2 \,.\, 1$

$fck,cube \geq 6{,}35\ N/mm^2$

Ankrajın güvenle kesme yükünü bu göçme moduna göre taşıyabilmesi için betonun en az 6,35 N/mm^2 mukavemete ulaşması gerekir.

5.3.6 Emniyetli Ankraj Tasarımı 5

Emniyetli ankraj tasarımı 3 başlığında incelenen örnekte kullanılan ankrajın çapını d_{nom}=30 mm olarak değiştirip inceleyelim.

5.3.6.1 **Çelik Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı**

Çekme Kuvveti Etkisinde

Eşitlik 4.7 yardımıyla $N_{Rk,s}$ hesaplanır.

$$NRk,s = As \,.\, fuk \quad (4.7)$$

$NRk,s = 707\ mm2\,.\,1030\ N/mm2 = 728{,}21\ kN$ bulunur.

$$NEd \leq NRd \leq NRk,s \,/\, \gamma Ms \quad (4.1)$$

$NRd \leq 728{,}21\ kN \,/\, 1{,}37$

$NRd \leq 531{,}54\ kN$

$NRd = 531{,}54\ kN$ çelik elemanın maksimum çekme dayanımı olarak bulunur.

Kesme Kuvveti Etkisinde

Eşitlik 4.8 yardımıyla $V_{Rk,s}$ hesaplanır.

$$VRk,s = 0{,}5\,.\,As\,.\,fuk \quad (4.8)$$

$VRk,s = 0{,}5\,.\,707\ mm2\,.\,1030\ N/mm2 = 364{,}1\ kN$ bulunur.

$$VEd \leq VRd \leq VRk,s \,/\, \gamma Ms \quad (4.2)$$

$VRd \leq 364{,}1\ kN \,/\, 1{,}5$

$VRd = 242{,}73\ kN$ çelik elemanın maksimum kesme dayanımı olarak bulunur.

5.3.6.2 **Beton Köşe Göçme Moduna Göre Ankraj Tasarımı**

Kesme Kuvveti Etkisinde

$$VSd \leq VRk,Cp \,/\, \gamma Mc \quad (4.4)$$

$VSd\,.\,\gamma Mc \leq VRk,C$

$88{,}52\ kN\,.\,1{,}5 = 132{,}78\ kN$

$VRk,Cp = 132{,}78\ kN$

$$VRk,c = V0Rk,c\,.\,(Ac,v/\,A0c,v)\,.\,\Psi s,v\,.\,\Psi h,v\,.\,\Psi \alpha,v\,.\,\Psi re,v\,.\,\Psi ec,v \quad (4.17)$$

$$V0Rk,c = k1 \cdot dnom^{\alpha} \cdot lf^{\beta} \cdot \sqrt{fck,cube} \cdot c1^{1{,}5} \quad (4.18)$$

$$\alpha = 0{,}1 \,.\, 0{,}5(lf \,/\, c1)^{0{,}5} \quad (4.19)$$

$$\alpha = 0{,}0774$$

$$\beta = 0{,}1 \,.\, (dnom \,/\, c1)^{0{,}2} \quad (4.20)$$

$$\beta = 0{,}057$$

$k1 = 2{,}4$ (çatlamamış beton için)

$$lf = 300\ mm$$

$$dnom = 30\ mm$$

$$c1 = 500\ mm$$

$$c2 = 1025\ mm$$

$$scrn = 3 \,.\, hef$$

$$scrn = 900\ mm$$

$$ccrn = 1{,}5 \,.\, hef$$

$$ccrn = 450\ mm$$

$$Ac,v = 1{,}5c1 \,.\, (1{,}5c1 + c2) \quad (4.22)$$

h > 1,5c_1 ve $c_2 \leq 1{,}5c_1$ koşulu için,

300 > 750 ve 1025 ≤ 750 koşulları sağlanmadığından,

$Ac,v = h.\,(1{,}5c1 + 1{,}5c1)$ olarak kullanılması gerekir.

$$Ac,v = 3750\ cm^2$$

$$A0c,v = 4{,}5 \,.\, c1 \,.\, c1 \quad (4.21)$$

$$A0c,v = 4{,}5 \,.\, 500 \,.\, 500$$

$$A0c,v = 11250\ cm^2$$

$Ac,v \,/\, A0c,v = 0{,}34$ olarak bulunur.

$$\Psi s,v = (\,0{,}7 + (0{,}3c2 \,/\, 1{,}5c1) \leq 1 \quad (4.23)$$

$$\Psi s,v = (0.7 + (0{,}3 \,.\, 1025 \,/ 1{,}5 \,.\, 500) \leq 1$$

$$\Psi s,v = 1{,}11 \leq 1$$

$\Psi s, v = 1$

$\Psi h, v = (1 . 5 . 500 / 300)^{0.5} \geq 1$ (4.24)

$\Psi h, v = 1{,}58$

$\Psi \alpha, v =$ Kesme kuvveti yönü ile beton kenarına dik olan uzunluk arasında kalan α_v açısı ile ilişkisini temsil eder. α_v açısı 180° olduğu için 2 alınması uygundur.

$\Psi \alpha, v = 2$ (4.25)

$\Psi re, v =$ Çatlamış betonda ilave donatı olmadığı durum için 1 alınabilir.

$\Psi re, v = 1$ (4.26)

$VRk, c = V0Rk, c . (Ac, v / A0c, v) . \Psi s, v . \Psi h, v . \Psi \alpha, v . \Psi re, v . \Psi ec, v$ (4.17)

$132{,}78 = 2{,}4 \cdot 1{,}301 \cdot 1{,}383 \cdot \sqrt{fck, cube} \cdot 500^{1,5} . 0{,}33 . 1 . 1{,}58 . 1 . 2 . 1$

$fck, cube \geq 4{,}70\ N/mm^2$

Ankrajın güvenle kesme yükünü bu göçme moduna göre taşıyabilmesi için betonun en az 4,70 N/mm^2 mukavemete ulaşması gerekir.

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada farklı endüstriyel kalıp iskele sistemlerinden biri olan tırmanır kalıp ve iskele sistemlerinin 2 farklı türü incelenmiştir.

İlk olarak sistemlerin yapısı daha sonra ise projelendirme aşamaları belirlenmiştir. Sistemlere etkiyen yatay ve düşey yükler hesaplanmış, vinç yardımıyla tırmanan tırmanır kalıp sistemlerinde taze beton basıncı, hareketli yükler, rüzgar yükü dikkate alınırken hidrolik tırmanan rüzgar perdelerinde ise hareketli yük ve rüzgar yükünün dikkate alındığı belirtilmiştir. Vinç yardımıyla tırmanan sistemlerde emniyetli yük genişliğinin belirlenmesinde taze beton basıncının etkin olduğu gözlemlenmiştir. Hidrolik tırmanan rüzgar perdelerinde ise emniyetli yük genişliklerinin belirlenmesinde rüzgar yükünün etkin olduğu ve bu yükün büyüklüğünün yapının yüksekliği, arazi kategorisi, yapının bulunduğu bölgedeki temel rüzgar hızı gibi özelliklere göre değişkenlik gösterdiği gözlemlenmiştir.

Sistemlere etki eden yükler altında sistem elemanlarının tahkikleri yapılmıştır. Yapılan bu tahkikler sonucunda sistem elemanlarının oluşan yükler altında uygunluk durumu kontrol edilmiştir.

En son olarak iki farklı sisteme emniyetli ankraj tasarımı yapılmıştır. Vinç yardımıyla tırmanan sistemde ankrajlara etki eden kesme ve çekme kuvvetleri etkisinde ankrajın, çelik göçme modları bakımından oldukça güvende olduğu, çekme kuvveti etkisinde beton koni kopması göçme modu için betonun minimum 1 N/mm^2 dayanıma ulaşması gerektiği, kesme kuvveti etkisinde ise beton köşe göçme modu için betonun minimum

18 N/mm^2 dayanıma ulaşması gerektiği hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerlere göre vinç yardımıyla tırmanan sistemde ankraj tasarımı yapılırken çekme kuvveti etkisinde oluşan beton koni kopması göçme modunun etkili olduğu ve ankrajın güvenli şekilde yük taşıyabilmesi için ihtiyaç duyulan minimum beton dayanım değerini bu göçme modunun belirlediği bulunmuştur.

Hidrolik tırmanır rüzgar perdelerinde ise çekme ve kesme kuvvetleri etkisinde ankrajın, çelik göçme modları bakımından oldukça güvende olduğu, çekme kuvveti etkisinde beton koni kopması göçme modununda betonun minimum 3 N/mm^2 dayanıma sahip olması gerektiği, kesme kuvveti etkisinde ise beton köşe göçme modunda betonun minimum 10 N/mm^2 dayanıma ulaşması gerektiği hesaplanmıştır. Ankraj derinliği ve ankraj çapının ankraj dayanımına olan etkisini incelemek amacıyla ankraj derinliği 200 mm, ankraj çapı 20 mm olarak hesaplanan hidrolik tırmanır rüzgar perdesinde ankraj derinliği sırasıyla 250 mm ve 300 mm, ankraj çapı 25 mm ve 30 mm olarak yeniden hesaplanmıştır. Yapılan yeni hesaplamalar doğrultusunda:

Ankraj derinliği 250 mm ve ankraj çapı 20 mm için;

- Beton koni kopma göçme modu için minimum beton dayanımı 1,5 N/mm^2
- Beton köşe göçme modu için minimum beton dayanımı 7 N/mm^2

Ankraj derinliği 300 mm ve ankraj çapı 20 mm için;

- Beton koni kopma göçme modu için minimum beton dayanımı 0,84 N/mm^2
- Beton köşe göçme modu için minimum beton dayanımı 5,3 N/mm^2

Ankraj derinliği 250 mm ve ankraj çapı 25 mm için;

- Beton koni kopma göçme modu için minimum beton dayanımı 1,5 N/mm^2
- Beton köşe göçme modu için minimum beton dayanımı 6,35 N/mm^2

Ankraj derinliği 300 mm ve ankraj çapı 30 mm için;

- Beton koni kopma göçme modu için minimum beton dayanımı 0,84 N/mm^2
- Beton köşe göçme modu için minimum beton dayanımı 4,70 N/mm^2

olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre ankraj boyunu arttırmanın sadece çekme kuvveti etkisinde beton koni kopma göçme moduna etkisi olduğu ve ankraj dayanımını arttırdığı, ankraj çapının arttırmanın ise kesme kuvveti etkisinde beton köşe göçme moduna etkisi olduğu ve ankrajın dayanımını arttırdığı gözlemlenmiştir.

Bu tür sistemlerde kullanılan ankrajların seçimi yapılırken fiyat-performans-güvenlik açısından yapıya en uygun sistemlerin seçilmesine dikkat edilmelidir. Aksi halde kalıp ve iskele rotasyon süresinin artarak yapının öngörülen bitiş süresine etki edeceği veya istenmeyen kazalara sebep olabileceği akılda tutulmalıdır.

Bu tür sistemlerin maruz kaldığı rüzgar yüklerinin bulunabilmesi ve sağlıklı bir tasarım yapılabilmesi için Türkiye'nin de Avrupa'da olduğu gibi temel rüzgar hızları açısından detaylı bir rüzgar haritasının çıkarılması gerekmektedir. Sadece İstanbul ili ve çevresi için bu değerler bilinmektedir. Çalışmanın tüm ülkeye uygulanması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Altan, M., (1992). Betonarme Elemanlarda Kalıp, İ.T.Ü. Yayınları, İstanbul.

[2] Altan M. ve Aydoğan, M., (1992). ''Düşey Kalıp Yüzeylerine Etkiyen Taze Beton Basınçlarının Hesabı'', İMO Teknik Dergi, 38: 529-537.

[3] Benli. N., (2005). Çok Katlı Yüksek Yapılarda Kullanılan Kalıp Sistemlerinin İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

[4] Özkul, Ö., Karayiğit, H., Erdoğan, J.E., (2015). ''İtme Sürme Yöntemiyle İnşa Edilmiş Sürekli Ardgermeli Köprülerin Deprem Tasarımı'', İMO 3. Köprüler Viyadükler Sempozyumu, 8-10 Mayıs 2015, Bursa.

[5] Özkul, Ö., Özel, C.N, Erdoğan, J.E., (2015). ''Yerinde Dökme Konsol Köprülerin Döküm Eğrisi Takibi'', İMO 3. Köprüler Viyadükler Sempozyumu, 8-10 Mayıs 2015, Bursa.

[6] DIN 18218, (2010). Pressure of Fresh Concrete on Vertical Formwork, DIN, Berlin.

[7] Eurocode 1, (2004). Actions on Structures/General Actions, Part 1-4: Wind Actions, CENT/TC 250, Eurocode, Brussels.

[8] Şafak, E., (2011). ''Yüksek Yapılardaki Rüzgar Yüklerinin Hesabı, İMO 4. Ulusal Çelik Yapılar Sempozyumu'', 8-10 Ekim 2009, İstanbul.

[9] İBBİM, (2009). İstanbul Yüksek Binalar Rüzgar Yönetmeliği, Yayın No: 5, İstanbul.

[10] ETAG 001, (2010). Guideline for European Technical Approval of Metal Anchors For Use in Concrete Annex C, EOTA, Brussels.

[11] Peri Gmbh, Ürün Katalogları, www.peri.com, 14 Mart 2019.

[12] Cook. R.A., (1993). ''Behavior of Chemically Bonded Anchors, ASCE Journal of Structural Engineering'', 119 (9): 2744-2762.

[13] Özkul H., Mutlu M. ve Sağlam A. R., (2001). ''Beton Ankrajları'' Sika Teknik Bülten, 4: 1-11.

[14] Muratli. H., Klingner. R.E., Graves. H.L., (2004). ‘’Breakout Capacity of Anchors in Concrete-Part 2 Shear’’, ACI Structural Journal, Technical Paper, 101 (6): 821-829.

[15] Özturan, T., Gesoğlu, M., Özel, M., Güneyisi, E., (2004). ‘’Kimyasal Harçlı ve Mekanik Ankrajların Çekme ve Kesme Yükleri Altında Davranışları’’, İMO Teknik Dergi, 208: 3105-3124.

[16] Gürbüz, T., Seyhan, E., İlki. A., Kumbasar, N., (2007). ‘’Güçlendirme çalışmalarında kullanılan kimyasal ankrajların eksenel çekme etkisi altında davranışları’’, 6. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim 2007, İstanbul.

[17] Gürbüz, T., (2007). Yapıların Güçlendirilmesinde Kullanılan Kimyasal Ankrajların Eksenel Çekme Etkisindeki Davranışlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[18] DIN EN 13377, (2002). Prefabricated Timber Formwork Beams-Requirements, Classification And Assesment, DIN, Berlin.

[19] TS 647, (1979). Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[20] Eurocode 3, (2005). Design of Steel Structures, part 1-9: Fatigue, Eurocode, Brussels.

[21] Yollar Fenni Şartnamesi, Köprüler, http://yollarfennisartnamesi.blogspot.com/2015/10/kopruler-karayolu-kopruleri-genel.html, 13 Mart 2019.

[22] DIN EN 12811, (2003). Scaffolds Performance Requirements and General Design, DIN, Berlin.

[23] DIN EN 12812, (2008). Falsework Performance Requirements and General Design, DIN, Berlin.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	:Serkan YILDIRIM
Doğum Tarihi ve Yeri	:1986 / ZONGULDAK
Yabancı Dili	:İngilizce
E-posta	:serkan.yildirim@live.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	**Alan**	**Okul/Üniversite**	**Mezuniyet Yılı**
Y. Lisans	İnşaat Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2019
Lisans	İnşaat Mühendisliği	Akdeniz Üniversitesi	2010
Lise	Fen Bilimleri	Zonguldak Atatürk Anadolu Lisesi	2004

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	**Firma/Kurum**	**Görevi**
2011-Halen	Peri Kalıp Ve İskeleleri	Kıdemli Tasarım Mühendisi
2010-2011	Topkaya İnşaat	Şantiye Şefi

YAYINLARI

Bildiri

1. Yıldırım, S. ve Fırat Alemdar, Z. (2018)., “Farklı Endüstriyel Kalıp ve İskele Sistemlerinin Tasarımı ve Uygulaması”, International Conference on Science, Engineering and Technology, 22-23 Kasım 2018, Ankara.