İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME BİNALARDA DEPREM PERDELERİNİN ÖN BOYUTLANDIRILMASI VE DÜZENLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Selim BAYKUL

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Turgut ÖZTÜRK

MAYIS 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME BİNALARDA DEPREM PERDELERİNİN ÖN BOYUTLANDIRILMASI VE DÜZENLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Selim BAYKUL
501111069

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Turgut ÖZTÜRK

MAYIS 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501111069 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Selim BAYKUL** ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **"Betonarme Binalarda Deprem Perdelerinin Ön Boyutlandırılması ve Düzenlenmesi "** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	**Prof. Dr. Turgut ÖZTÜRK** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Doç. Dr. A. Necmettin GÜNDÜZ** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
	Doç. Dr. Murat Serdar KIRÇIL Yıldız Teknik Üniversitesi	.....

Teslim Tarihi : **28 Nisan 2014**
Savunma Tarihi : **28 Mayıs 2014**

Aileme,

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada, betonarme binalardaki deprem perdelerinin ön boyutlandırılması hakkında çalışılmış ve düzenlemeler hakkında bilgi verilmiştir.

Bu tez çalışmasının oluşmasında ve gelişim sürecinde, yönlendirici ve öğretici çalışmaları ile tez aşamalarını beraber yürüttüğüm Sn. Prof. Dr. Turgut ÖZTÜRK hocama ve bu günlere gelmemde önemli katkıları bulunan, öğrenim hayatım boyunca her türlü maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen aileme, sevgili dostlarım Samet KILIÇ ve Safiye GÜNDOĞAN'a gönülden teşekkür ediyorum.

Mayıs 2014

Selim BAYKUL
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
KISALTMALAR ..... **xi**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xiii**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xv**
ÖZET ..... **xvii**
SUMMARY ..... **xix**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı 2
2. PERDELİ VE PERDE-ÇERÇEVELİ SİSTEMLER **5**
2.1 Perde Elemanı 5
2.2 Perdelerin Dünyadaki ve Ülkemizdeki Şiddetli Depremlerdeki Davranışları 7
2.3 Depreme Dayanıklı Yapılarda Tünel Kalıp Sisteminin Kullanılması 12
2.3.1 Depremin yapılara etkileri 13
2.3.2 Tünel kalıp sisteminin tanımı 14
2.3.3 Tünel kalıp sisteminin yapısal özellikleri 14
2.3.4 Tünel kalıp sisteminin statik özellikleri 15
2.3.5 Tünel kalıp sistemlerin hızı, ekonomik ve teknik özellikleri 16
2.4 Konsol Perdelerin Davranışları 17
2.5 Konsol Perdelerin Göçme Şekilleri 21
2.6 Çeşitli Perde Kesitleri 22
2.7 Perdelerin Yerleştirilmesinde İzlenecek Yollar 23
2.8 Yapı Özellikleri 27
2.8.1. Rijitlik 27
2.8.2. Dayanım 29
2.8.3. Süneklik 30
2.9 Perde-Çerçeveli Sistem Etkileşimleri 32
3. GÜNCEL DEPREM YÖNETMELİĞİ 2007'DEKİ İLGİLİ BÖLÜMLER **35**
3.1 Zemin Koşullarının Belirlenmesi 35
3.1.1 Zemin grupları ve yerel zemin sınıfları 35
3.2 Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması: Spektral İvme Katsayısı 38
3.3 Elastik Deprem Yüklerinin Azaltılması: Deprem Yükü Azaltma Katsayısı 40
3.4 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile Deprem Yükünün Belirlenmesi 42
3.5 Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi 44
3.6 Betonarme Binalar İçin Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları 45
3.6.1. Süneklik düzeyi yüksek perdeler 45
4. BİNALARDAKİ DEPREM PERDELERİNİN ÖN BOYUTLANDIRILMASI **53**
4.1 Ortalama Düşey ve Yatay Yükler 55
4.1.1 Düşey yükler 55
4.1.2 Yatay yükler 56

4.2 Perde Boyutlandırılmasında Esas Alınan Kriterler 58
4.2.1 Katlar arasında göreli yer değiştirme 58
4.2.2 Perde uç bölge donatıları 59
4.2.3 Perde elemanlarında süneklik 59
4.2.4 Perdelerde kesme kontrolü 60
4.2.5 Perdeler en kesit koşulları 61
4.3 Hesap Aşamaları 62
5. SAYISAL UYGULAMALAR 67
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 97
KAYNAKLAR 101
EKLER 103
ÖZGEÇMİŞ 129
..... 129

KISALTMALAR

$A(T)$: Spektral ivme katsayısı
A_0 : Etkin yer ivme katsayısı
A_c : Kolonun veya perde uç bölgesinin brüt en kesit alanı (m^2)
A_{ch} : Boşluksuz perdenin, boşluksuz veya boşluklu döşemede her bir döşeme parçasının brüt enkesit alanı (m^2)
A_t : Birinci doğal titreşim modunun hesabında kullanılan eşdeğer alan (m^2)
A_{wj} : Binanın temel üzerindeki ilk katında j'inci perdenin brüt enkesit alanı (m^2)
A_{sh} : s enine donatı aralığına karşı gelen yükseklik boyunca, kolonda veya uç bölgesindeki tüm etriye kollarının ve çirozların enkesit alanı değerlerinin gözönüne alınan b_k'ya dik doğrultudaki iz düşümlerinin toplamı
$\sum A_g$: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının brüt enkesitleri alanı toplamı
$\sum A_p$: Binanın tüm katlarının plan alanlarının toplamı
b_w : Kirişin ve perde parçasının plandaki uzunluğu
C_t : Eşdeğer deprem yükü yönteminde birinci doğal titreşim periyodunun yaklaşık olarak belirlenmesinde kullanılan katsayı
d_{fi} : Binanın i'inci katında F fiktif yüklerine göre hesaplanan yer değiştirme
d_i : Binanın i'inci katında deprem yüklerine göre hesaplanan yer değiştirme
f_{cd} : Betonun tasarım basınç dayanımı
f_{ck} : Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı
f_{ctd} : Betonun tasarım çekme dayanımı
f_{yd} : Boyuna donatının tasarım akma dayanımı
f_{yk} : Boyuna donatının karakteristik akma dayanımı
f_{ywk} : Enine donatının karakteristik akma dayanımı
F_{fi} : Birinci doğal titreşim modunun hesabında i'inci kata etkiyen fiktif yük
F_i : Eşdeğer deprem yükü yönteminde i'inci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü
g : Yerçekim ivmesi (9.81 m/s^2)
g_i : Binanın i'inci katındaki toplam sabit yük
h : Kolonun gözönüne alınan deprem doğrultusundaki enkesit boyu
h_i : Binanın i'inci katının kat yüksekliği
H_{cr} : Kritik perde yüksekliği
H_i : Binanın i'inci katının temel üzerinden itibaren ölçülen yüksekliği
H_N : Binanın temel üzerinde ölçülen toplam yüksekliği (m)
H_w : Temel üzerinden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği
L : Binanın göz önüne alınan deprem doğrultusundaki plan boyu

$\mathbf{I}$	**:** Bina önem katsayısı
$\mathbf{I_{wj}}$	**:** Binanın temel üzerindeki ilk katında j'inci perdenin, göz önüne alınan deprem doğrultusundaki uzunluğu (m)
$\mathbf{m_i}$	**:** Binanın i'inci katının kütlesi
$\mathbf{n_b}$	**:** Binanın her katındaki perde sayısı
$\mathbf{N}$	**:** Binanın temel üzerinden itibaren toplam kat sayısı
$\mathbf{N_d}$	**:** Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel kuvvet
$\mathbf{n}$	**:** Hareketli yük katılım katsayısı
$\mathbf{q_i}$	**:** Binanın i'inci katındaki toplam hareketli yük
$\mathbf{R}$	**:** Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$\mathbf{R_a(T)}$	**:** Deprem yükü azaltma katsayısı
$\mathbf{S(T)}$	**:** Spektrum katsayısı
$\mathbf{T}$	**:** Binanın doğal titreşim periyodu (s)
$\mathbf{T_{1A}}$	**:** Binanın ampirik bağıntılarla hesaplanan doğal titreşim periyodu (s)
$\mathbf{V_c}$	**:** Betonun kesme dayanımına katkısı
$\mathbf{V_d}$	**:** Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti
$\mathbf{V_t}$	**:** Eşdeğer deprem yükü
$\mathbf{V_r}$	**:** Perde kesitinin kesme dayanımı
$\mathbf{W}$	**:** Binanın toplam ağırlığı
$\Delta\mathbf{F_N}$	**:** Binanın N'inci katına etkiyen eşdeğer deprem yükü
$\boldsymbol{\theta_i}$	**:** i'inci katta tanımlanan ikinci mertebe gösterge değeri
$\boldsymbol{\varepsilon_{cu}}$	**:**Beton uç bölgesindeki birim kısalma
$\boldsymbol{\varepsilon_y}$	**:**Beton donatısındaki birim uzama

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Otel ve apartman tipi binalarda tipik perde düzenlemeleri. 6
Şekil 2.2 : Perde sistemlerinin burulma stabilitesi için örnekler. 7
Şekil 2.3 : Tünel kalıp detayları. 14
Şekil 2.4 : Tünel kalıp sistemleri kat planı. 15
Şekil 2.5 : Tünel kalıp sistemi örneği 16
Şekil 2.6 : Konsol perde 17
Şekil 2.7 : Perde kesitinde eğilme momenti-eğrilik değişimi. 19
Şekil 2.8 : Konsol perdeler 19
Şekil 2.9 : Boyutları yükseklik ile değişen perdeler 21
Şekil 2.10 : Konsol perdelerin güç tükenmesi durumları 21
Şekil 2.11 : Perdede davranışın kesme dayanımı tarafından belirlenmesi. 22
Şekil 2.12 : Perde kesit şekilleri 22
Şekil 2.13 : Perde sistemlerinin burulma stabilitesi 24
Şekil 2.14 : Betonarme çekirdeklerle sağlanan yatay kuvvet belirlenmesi 25
Şekil 2.15 : Betonarme perdelerin planda düzenlenme şekilleri. 27
Şekil 2.16 : Konsol perde üzerinde ötelenme rijitliğinin tanımlanması 28
Şekil 2.17 : Moment eğrilik ilişkisi üzerindeki eğilme rijitliği 29
Şekil 2.18 : Betonarme elemanlarda yük-yerdeğiştirme ilişkisi 31
Şekil 2.19 : Perde – Çerçeve yapısındaki yanal yük etkime durumu altında perde çerçeve etkileşimi 32
Şekil 3.1 : Spektrum katsayı grafiği. 40
Şekil 3.2 : Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi 44
Şekil 3.3 : Herhangi bir kata etkiyen fiktif yükün belirlenmesi. 45
Şekil 3.4 : Süneklik düzeyi yüksek perde detayı 50
Şekil 3.5 : Perdeler için tasarım eğilme momenti. 50
Şekil 4.1 : Tarafsız eksen derinliği 60
Şekil 4.2 : Kesme sürtünmesi. 61
Şekil 5.1 : 12 kat, 400 m^2 kat alanına sahip yapıya ait kat planı 67
Şekil 5.2 : Temel üstü momenti. 68
Şekil 5.3 : Etabs verileri 71
Şekil 5.4 : 12 kat, 400 m^2 kat alanına sahip yapıya ait kat planı 72
Şekil 5.5 : Etabs verileri 75
Şekil 5.6 : 21 kat, 600 m^2 kat alanına sahip yapıya ait kat planı. 76
Şekil 5.7 : 21 kat, 600 m^2 kat alanına sahip yapıya ait kat planı 80
Şekil 5.8 : 18 kat, 800 m^2 kat alanına sahip yapıya ait kat planı 84
Şekil 5.9 : 18 kat, 800 m^2 kat alanına sahip yapıya ait kat planı 87
Şekil 5.10 : 15 kat, 600 m^2 kat alanına sahip yapıya ait kat planı. 90
Şekil 5.11 : 15 kat, 600 m^2 kat alanına sahip yapıya ait kat planı 93

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Zemin grupları 36
Çizelge 3.2 : Yerel zemin sınıfları. 37
Çizelge 3.3 : Etkin yer ivme katsayısı 38
Çizelge 3.4 : Bina önem katsayısı 38
Çizelge 3.5 : Spektrum karakteristik periyotları 39
Çizelge 3.6 : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) 41
Çizelge 3.7 : Hareketli yük katılım katsayısı 43
Çizelge 4.1 : Binalardaki gerekli perde alanları önerisi 54
Çizelge 4.2 : Etkin yer ivme katsayısı 57
Çizelge 4.3 : Bina önem katsayısı (I) 57

BETONARME BİNALARDA DEPREM PERDELERİNİN ÖN BOYUTLANDIRILMASI VE DÜZENLENMESİ

ÖZET

Bu çalışmada, yatay deprem yükleri altında, taşıyıcı sistemi süneklik düzeyi yüksek perde ve perde-çerçeveli olarak belirlenmiş betonarme binalardaki perde boylarının tespiti yapılmıştır.

Perdelerin yatay rijitlikleri nedeni ile, yatay kuvvetleri taşımada perdelerin önemi üzerinde durulmuştur. Perdeli sistemler, perdelerin boyutlandırılması ile ilgili ortaya çıkan problemlerin ayrımını kolaylaştırmak için çeşitli sınıflandırmalar ve kabuller yapılarak incelenmiştir. Bununla birlikte perdelerin davranışında sadece yatay kuvvetlerin etkili olmadığı tespit edilmiştir. Deprem kuvvetlerine karşı perdeleri modellemek için önemli kriterler, yapılan kabuller ve ayrıca boyutlama yapan proje mühendisinin sağlamayı amaç edineceği üç kriter rijitlik, dayanım, süneklik incelenmiştir.

Perdelerin deprem etkisi altında betonarme binalarda kullanılan etkili bir taşıyıcı sistem elemanı olduğu konusu üzerinde durulmuş ve perde elemanının önemini kavratmak ve perde boylarının ön tespitinde bir kaynak sağlamak açısından 24 kata (72m) kadar olan binalardaki çeşitli kat adetleri için bina alanı, zemin grubu, deprem bölgesi, perde genişliği ve malzeme dayanımları sabit alınarak uygun perde boyları belirlenmiştir.

Perdelerin çeşitli özelliklerini incelemek ve boyutlama için gerçekçi bir yöntem geliştirmek için yapılan kabuller verilmiştir.

Temel prensiplerin ve boyutlama esaslarının daha iyi anlaşılması, özellikle Deprem yönetmeliği 2007 de perdelerle ilgili kayıtların sonuçlara etkisini göstermek için örnekler çözülmüştür.

Çalışmanın ilk bölümünde, çalışmanın amaç ve kapsamı açıklanmıştır. İkinci bölümde, betonarme perdeler hakkında genel bilgiler verilmiştir. Yine ikinci bölümde, perdelerin yerleştirme ve modelleme esasları, depremdeki davranışları, göçme şekilleri, yer değiştirmeleri ve süneklikleri ile perde çerçeve karşılıklı etkileşimleri gibi temel kavramlardan bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde, yönetmelikteki süneklik düzeyi yüksek perde ve kolonlar için konstrüktif kurallar ve tezin hesap aşamasında deprem yüklerinin hesabını kolaylaştırması açısından kullanılan eşdeğer deprem yükü yöntemi özetlenmiştir. Sonraki bölümde, perde boylarının teşkili için yapılan kabuller ve belirlenmesinde kullanılacak kriterler düzenlenmiş ve birkaç sayısal uygulama verilmiştir.

Sonuç bölümünde ise dayanım ve süneklik için perde elemanlarının boyutlandırılması ile ilgili tavsiyeler ve dikkat edilmesi gereken koşullar verilmiştir. Perdelerin önemi, deprem yönetmeliği kayıtları ile ilgili kıyaslamalar ile elde edilen grafikler yorumlanmıştır.

THE PRE-DIMENSIONING AND THE ARRANGEMENT OF EARTHQUAKE SHEAR WALLS IN THE REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

SUMMARY

The lengths of shear walls of the buildings in which seismic loads are fully resisted by solid structural walls and are jointly resisted by frames and solid and/or coupled structural walls are determined.

The importance of shear walls about resisting lateral loads due to their lateral stiffness is mentioned. The systems containing shear walls are examined by making classifications and admissions in order to distinguish the problems that arise when dimensioning shear walls. In addition to this, the fact that lateral forces are not the only factor affects the behavior of shear walls is indicated here. To create models counteracting earthquake forces, the crucial criteria and acceptations are examined in this paper. In addition, the three criteria sufficient stiffness, stability and strength are major subjects of this thesis.

It is mentioned that shear walls are effectual on the structural elements in the buildings under the earthquake loads. Moreover, the suitable structural walls in buildings which have the total height approximately 72 meters (24storey) lengths are determined by taking number of stories, structure area, soil class, seismic zone, shear wall width and material strength into the consideration to make required comprehension about the importance of shear walls and to supply a source while making dimensioning.

The basic criteria that the designer will aim to satisfy are those discussed in this study (stiffness, strength, and ductility). Structural walls provide a nearly optimum means of achieving these objectives. Buildings braced by structural walls are invariably stiffer than framed structures, reducing the possibility of excessive deformations under small earthquakes. It will thus often be unnecessary to separate the possibility of excessive deformations under small earthquakes. It will thus often be unnecessary to separate the nonstructural components from the lateral-force-resisting structural system. The necessary strength to avoid structural damage under moderate earthquakes can be achieved by properly detailed longitudinal and transverse reinforcement, and provided that special detailing measures are adopted, dependable ductile response can be achieved under major earthquakes.

In low-rise buildings or in the lower stories of medium to high-rise buildings, squat walls may be used. These are characterized by a small height-to-length ratio. The potential flexural strength of such walls may be very large in comparison with the lateral forces, even when code-specified minimum amounts of vertical reinforcement are used. Because of the small height, relatively large shearing force must be generated to develop the flexural strength at the base. Therefore, the inelastic behavior of such walls is often strongly affected by effects of shear. It is possible to ensure inelastic flexural response of such walls. Effects of shear however may

diminish energy dissipation. Therefore, it is advisable to design such squat walls for larger lateral force resistance in order to reduce ductility demand.

The acceptations are given in order to examine different specialties of shear walls and to develop more realistic method for dimensioning.

The examples are solved to understand the basic principles of shear wall design better especially to show the impacts of the seismic design code parameters on the results.

At the first part of the study, the target and scope are explained. In this paper by taking the wide spread usage of different types of story numbers and plan areas into account the graphs which represent the lengths of shear walls belonging to the systems consist only shear walls or the systems consist shear walls and moment frames together in different soil class and seismic zones. Therefore, it is aimed that design engineers would have an idea of shear wall length determination before detailing and it would help architects about preventing compulsory changes in architectural projects and choosing load bearing system truly.

Secondly, the general information about shear walls is given.

The shear walls are the vertical structural elements, which have the long dimensions, are seven times greater proportional to short dimensions. It is effective on carrying lateral loads. They can be used with columns or alone. It decreases the story drifts, which causes deformation on buildings. To indicate the real behavior of structure comprehension of the behavior of shear walls is crucial due to the fact that shear walks carry the bulk of earthquake loads. During shear wall design, it is important to determine the shear wall length and number initially. The expectation from the system is that containing only shears walls and the system that containing shear walls and moment frames together must be different from each other. Generally, it can be possible to satisfy the enough ductility and strength demand with minimum reinforcement requirement written in seismic design codes. If the existing shear wall number is less the design procedure should be carried out carefully. During high-rise structure design behind others, there are also shear walls in the stories below the ground level, which resist against the soil and soil surcharge. Although they are vertical elements, they are loaded perpendicular to their plane surface. They are dimensioned with the approximately same procedure.

In the second part, the tunnel system which supplies economy is debated. It can be defined as the method that requires only single operation for casting walls and floors with the steel mold. In addition, this steel mold must be taken back by horizontal moments after casting. It is indicated that architects and civil engineer should study together to find the correct places and number of shear walls.

Tunnel mold system resembles the traditional method. However, it requires precast elements. All the secondary elements are precast and they are constituted with main elements in the site. Especially this system is used for flat construction due to its economy. Generally, it is arranged that the entire span does not exceed 5 meters. It decreases the beam need so that the building becomes more rigid.

The section type can be chosen with respect to usage target and place. However, it is impossible to calculate the complex lateral forces exactly with the traditional methods. For this reason, the special calculation methods are needed. Nevertheless this paper does not containing such a study. There is no graph belonging to polygon shear walls.

The polygon shear walls, which are located around stairs or elevators, can decrease the demand of inertial moments so that the lengths of shear walls will be shorter.

The cross sections of shear walls could be determined, as they are desired however, the complex shaped shear walls make the earthquake load calculation and distribution very hard. This thesis does not contain the polygon shaped shear wall calculations. In fact the polygon shaped shear walls constructed around the stairs and elevators supply extra moment of inertia to the building so that the considerable augmentation of seismic resistance of the building is seen.

In the second part, the basic characteristics of the structure rigidity strength and ductility are mentioned briefly. Additionally the information about the different types is given.

Rigidity prevents permanent deformation during small and medium-scaled earthquake when ductility supplies the enhancement of the fundamental period that means smaller rigidity smaller lateral forces during earthquakes. To sum up, the shape changes make smaller forces. This relation can be obtained with the geometric and material specialties of the element.

Also, the ability, which causes plastic deformations my resisting, can be called as ductility. It can be defined as energy absorption capacity and large deformation ability. For this reason, it is the most desirable characteristic of building for design engineers.

Also in the second part, the principles of placing and modeling of shear walls, earthquake behaviors, collapse shapes, drifts and interactions with moment frames are analyzed. Thirdly, the constructive rules of high ductile columns and shear walls are given. In addition, the equivalent seismic force method, which makes calculation of lateral force easier, is summarized in the calculation phase of the thesis. In the last part the acceptations which are used for determination of shear wall lengths and regulation criteria are introduced. Moreover, a few numeric problems are solved.

For 9 12 15 18 21 24 story buildings which are made by the materials widely used in the market are compared. It is advised that shear walls must carry as much as possible axial load to the foundation. So that less flexural reinforcement will be used in shear walls. In addition, foundation will be able to carry overturning moment easily.

Turkey is in the seismic zone, which is the one of the most active. In the recent years a few devastating earthquakes happened in our country. Most of them cause some much damage. Many people died also economic loss and decreases of labor arise after them. After the earthquake, so many researches were carried out. The analysis show that the poor quality of concrete wrong reinforcement placing the lack of joint shear control the absence of stirrups generally cause such damages. In addition it is recognized that the lateral load bearing systems which do not have shear wall damaged badly compared to the systems which have. It is accepted that systems contain only shear walls and moment frames and the systems containing only moment frames are the ideal load bearing systems.

In the result part, the advices and the rules, which are needed careful approach for ductile shear wall design, are summarized. The graphs obtained from the comparison of the seismic design code coefficients and parameters are interpreted.

The importance of the shear walls is interpreted with the comparison between

seismic design code and calculated graphs. This should not be forgotten that the determination of shear wall length is related with the choosing of lateral load bearing system. For this reason, the graphs in the index do not examine the negative or positive effects of load bearing system. They are just advices; engineers should consider every detail while designing.

1. GİRİŞ

Çerçeve türü taşıyıcı sistemler çok yaygın olarak ülkemizde kullanılıyor olsa da, betonarme perdelerin taşıyıcı sisteme olan katkısı hızla önem kazanmaktadır. Bilindiği üzere, perdeler rijitlikleri nedeniyle yatay etkilerin önemli bir kısmını karşılar. Çerçeve türü taşıyıcı sistemlerin yatay yer değiştirmesini sınırlayarak deprem etkisinde taşıyıcı olan veya olmayan elemanlarda hasarın sınırlı kalmasını sağlarlar. Yatay yüklerin altında kat yer değiştirmelerinin sınırlandırılması bakımından, bazı durumlarda perdelerin kullanılması zorunlu olur. Taşıyıcı sistemlerin yükseklik parametreleri arttıkça perdeler önemli bir yapı elemanı olarak ortaya çıkar. Örneğin bina türü yapılarda 20 kata kadar perdeli bir sistem seçmek uygun olurken, 30 katın üzerinde bina tipi yapılarda, perdelerden oluşan sistemler gerek ekonomi açısından gerekse yanal yer değiştirmeleri kontrol etmek açısından bir zorunluluk haline gelir. Bu nedenle daha yüksek yapıların yapılmaya başlanması eğilimi ile taşıyıcı sistemlerde perdelerin daha yoğun kullanılmaya başlanması gözlenmektedir.

Türkiye sismik etkiler açısından dünyada oldukça aktif ve tehlikeli bir coğrafyada yer almaktadır. Ülkemiz bölgesel anlamda % 92 ye yakın bir oranda deprem bölgesinde yer alırken, yaşayan ülke nüfusunun % 95'i bu bölge içerinde yer almaktadır. Ayrıca büyük sanayi merkezlerinin % 98'i ve barajlarımızın %93'ü bu sismik bölge içerinde projelendirilmiştir [1].

Ülkemizdeki birçok sorunlara bağlı olarak, büyük şehirlere olan göçler oldukça yüksek seviyelere ulaşmıştır. Şehir belediyelerinin altyapı ve ekonomik eksikliklerinin olması ve şehir merkezlerinin dışındaki yer altı ve yer üstü yapılarına gereken önemi vermemesinden veya şehir dışına yeterli hizmetin sunulamamasından dolayı oluşan göç etkisi, şehir merkezlerindeki popülasyonu arttırmış ve bu çoğunluğun istihdam edilebilmesi ve iş sahasının sağlanabilmesi açısından yüksek katlı yapı yapma zorunluluğu doğmuştur.

Dünyada ve ülkemizde meydana gelen orta ve büyük şiddetteki depremlerden dolayı, ülkemiz son yıllarda çok büyük can, mal ve iş kaybına uğramıştır. Çok acıdır ki yakın tarihte gerçekleşen ciddi örneklerimiz bulunmaktadır.

Son yıllarda meydana gelen şiddetli depremlerin ardından, binalarda yapılan incelemeler doğrultusunda, perdeli binaların depreme karşı olan direncinin çerçeveli sistemlere oranla çok daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

Bu sistemleri incelediğimizde perdeler ve çerçeveler yük taşıma durumunda birbirlerinden farklı davranırlar. Bu nedenle yatay yük paylaştırılarak, perde ve çerçevenin bağımsız şekilde çözülmesi uygun değildir. Perdenin şekil değiştirmesinde eğilme momenti etkili olurken, katlar arasındaki en büyük yer değiştirme üst katlarda meydana gelir. Çerçeveli sistemlerde ise yatay ötelemeler kat rijitliklerine bağlı olarak kesme kuvvetinin en büyük olduğu alt katlarda meydana gelmekte ve üst katlara doğru azalmaktadır. Yer değiştirmenin bu şekilde farklı olması nedeni ile genel olarak üst katlarda perdenin yatay yer değiştirmesi çerçeve tarafından engellenir. Bu nedenle alt katlarda iki sistem yatay yükün taşınmasında birbirine yardım ederken, üst katlarda perdeye etkiyen yük işaret değiştirir. Bu durum, bina yüksekliğine, çerçeve ve perde rijitliklerine bağlı olarak farklı biçimlerde ortaya çıkabilir.

Perdeler yatay kuvvetler doğrultusunda genel rijitlikleri göz önüne alındığında rölatif ve toplam yatay yer değiştirmeleri ve sınırlandırmaları açısından en uygun yapı elemanı olarak görülebilir.

Daha iyi deprem davranışı elde etmek açısından perdeli sistemleri tercih etmek ve bu sistemin ilgili makam ve örgütlerce insanlara anlatılması sonucunda ve bu sistemin belirli kriterlerine uyulması sonucunda daha az can, mal ve iş kaybına hasıl olunacağı aşikardır.

1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı

Özellikle son yıllarda önemine daha çok işaret edilen perdeli sistemler yapı taşıyıcı sisteminde tek başlarına kullanılabildikleri gibi, çerçevelerle birlikte de kullanılarak perde çerçeve karşılıklı etkileşimi ile yapıya özellikle süneklik ile birlikte kazandırılan dayanım sebebi ile tercih edilmektedir. Ayrıca perdeler depremden hasar gören yapıların onarımı için, en uygun ve ucuz bir yapı elemanıdır.

Taşıyıcı sistemi perde veya perde-çekirdek'ten oluşan binaların ise depremden çok az zarar gördüğü gözlenmektedir. Bu husus detaylı bir şekilde Fintel tarafından tespit edilmiştir. Perdelerden oluşan sistemlerin, binaların deprem dayanımı için, diyagonal çatlağın oluşmasından sonraki davranışları hususunda bazı araştırılması gerekli noktaların bulunmasına rağmen, en iyi çözüm olduğu belirtilmiştir [2].

Perdelerin bu özelliği Uğur ERSOY tarafından da görülmüş ve deprem etkilerini almak için, 2-10 katlı iş yeri ve konut olarak kullanılan yapılar için, planda birbirlerine dik iki doğrultuda, her birinin yatay kesit alanı, bina esas plan alanının %1,5'i olan perde oluşturulması önerilmiştir [3]. Ancak bu öneride çok önemli bir faktör olan kat adedi göz önüne alınmamış ve tek bir alan olarak belirlenecek perde alanının bina planı gereği kısımlara nasıl bölüneceği belirtilmemiştir.

Bu çalışmada piyasada kullanım genişliği göz önüne alınarak seçilen çeşitli kat adedi ve plan alanlarına bağlı olarak, güncel yönetmelikteki mevcut deprem bölgeleri ve zemin grupları çeşitliliğinde konut, işyeri vb. gibi yapılarda, yalnız perdeli ve perde çerçeveli olarak teşkil edilen sistemlere ait perde boyları grafiklerle teşkil edilmiştir.

Böylelikle statik proje ön safhasında, proje mühendisine taşıyıcı sistemi oluşturmada fikir vermesi, ayrıca mimarın çizilecek mimari projeyi gereken perde boylarını göz önünde bulundurması ile mühendisin taşıyıcı sistemi oluşturmasında karşılaşabileceği bazı kısıtlamaları veya mimari projedeki zorunlu değişikliklerin engellenmesi amaç edinilmiştir.

2. PERDELİ VE PERDE-ÇERÇEVELİ SİSTEMLER

2.1 Perde Elemanı

Perdeler, literatürde plandaki uzun kenarının kısa kenarına oranının en az yedi olan, düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Perdeler yatay yüklerin taşınmasında etkili olan yapı elemanlarıdır. Bir yapıda çerçeveler ile birlikte kullanılabildikleri gibi, düşey yüklerin sadece perdeler tarafından taşındığı sistemlerde de kullanılabilirler.

Perdeler yatay yüklerin karşılanmasında ve yerdeğiştirmelerin sınırlandırılmasında etkili olan düşey taşıyıcı elemanlardır.

Yapı içerisine uygun şekilde yerleştirilen perdeler, sistemin yatay rijitliğini arttırarak depremde hasara neden olan göreli yerdeğiştirmelerin azaltılmasını sağlamaktadırlar. Perdeler bulundukları sistemde deprem kuvvetlerinin büyük bir kısmını veya tamamını taşıdıklarından davranışları yapının genel deprem davranışının belirlenmesinde önemli olmaktadır.

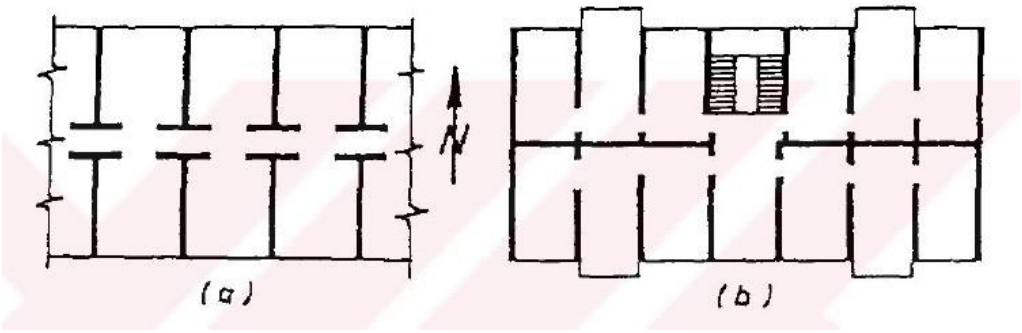
Perdelerin ana görevi yatay yükleri taşımak ve yapının yatay ötelenmesini sınırlandırmaktır. Bu görevleri yaparken perdeler eğilme dayanımlarına, kesme dayanımlarından önce ulaşarak sünek davranmalıdır.

Perdelerin tasarımında yapı içindeki perdelerin sayısı ve uzunlukları önemli olabilmektedir. Bu tez kapsamında bu konu üzerinde durulmuştur. Taşıyıcı sistemi sadece perdelerden oluşan (tünel kalıp sisteminde) bir taşıyıcı sistemdeki herhangi bir perdeden beklenen davranış istemi ile ana taşıyıcıları perde ve çerçeveden oluşan bir sistem içindeki perdeden beklenen davranış istemi farklı olacaktır. Çoğu zaman çok sayıda perdenin olduğu sistemlerde, yönetmeliklerde öngörülen minimum donatılar ile yeterli dayanımı ve süneklik istemlerini sağlamak mümkün olabilmektedir. Az sayıda perdelerin bulunduğu sistemlerde yatay yüklere karşı dayanımda ana taşıyıcı olarak kullanılacak bu perdelerin tasarımında özel özen gösterilmesi tavsiye edilmektedir.

Yüksek yapılarda kullanılan perdelerin yanı sıra, bodrum katlarda binanın dış çevresindeki zemin itkisini karşılamak için de perde kullanılır. Bu tür perdeler düşey

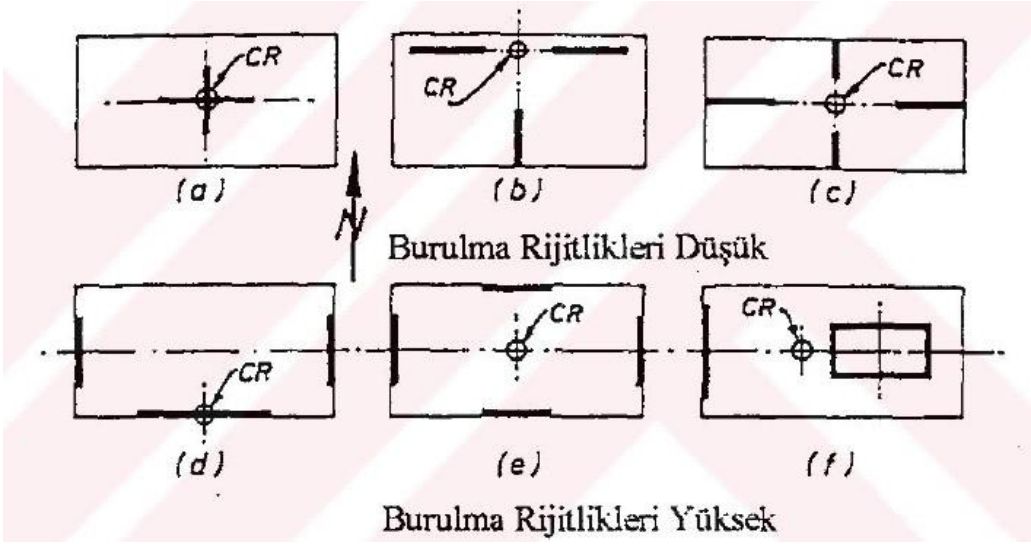
düzlemde bulunur, ancak dış yükler, düzlemlerine dik veya yatay olarak ortaya çıkar. Bu bakımdan bu tip perdeler normal bina kat döşemelerine benzerler ve boyutlandırılmaları da benzer kurallar kullanılarak yapılır [1].

Otel ve apartman tipi yapılarda, döşemeleri bütün katlarda düzgün ve birbirlerine yakın bölümlere ayırmakla, birçok perdeden sadece yatay kuvvet taşımada faydalanılmaz aksine düşey kuvvetlerin taşınmasında da faydalanılabilir. Bu tip perde düzenlemeleri Şekil 2,1'de gösterilmiştir. Şekil 2.1a da kuzey-güney doğrultusunda birçok perdenin bulunması sebebi ile perde başına düşen yatay kuvvet küçük olacaktır. Bu durumda, büyük depremlerde dahi elastik davranışı sağlamak için yönetmeliğin belirlediği minimum donatı genelde yeterli olur. Bu yapının, doğu batı yönündeki davranışı daha kritik bir durumdur. Bunun sebebinin ise sadece kullanım maksatlı kapıların bu yönde sıralanması ve bu durumun mimari plana olan etkisidir. Şekil 2.1b'de ise, kuzey güney doğrultusunda deprem etkisi altında, kapı boşluğu nedeni ile oluşan küçük boylu perdeler sebebi ile kesitli formda oluşmuş iki merkezi perde tarafından taşınmaktadır.



Şekil 2.1: Otel ve Apartman tipi binalarda tipik perde düzenlemeleri.

Perdelerdeki hakim deprem etkilerini, bir doğrultudaki toplam perde alanının toplam kat alanına oranıyla uygun şekilde ifade etmek mümkündür.



Şekil 2.2 : Perde sistemlerinin burulma stabilitesi için örnekler.

Şekil 2.2d, e ve f burulma açısından stabil sistemleri gösterir. Şekil 2.2d perde düzenlemesi halinde, doğu batı doğrultusundaki deprem etkisi altında önemli derecede dış merkez olmasına rağmen, kısa perdelerin düzleminde sebep olduğu etkilerle burulma dayanımı sağlanmaktadır. Ancak dış merkez sistemler, şekil 2.2d ve f de gösterildiği gibi, depreme karşı dayanım için seçilen kat planları dahilinde yer almamalıdır. Bu gibi sistemlere yatay kuvvet taşıyan elemanlar, sünek çerçeveler gibi ilave edilmelidir.

2.2 Perdelerin Dünyadaki ve Ülkemizdeki Şiddetli Depremlerdeki Davranışları

Perdeli sistemlerin dünyanın çeşitli bölgelerinde meydana gelen depremlerdeki davranışları incelenmiş ve sonuçları özetlenmiştir.

Şili (Mayıs 1960)

Perdeli sistemler başlığı altında rapor edilen ilk gözlemler arasında, Portland Çimento Birliği tarafından yayınlanan, Gelişmiş Mühendislik Bülteni'nde değinilen 1960 Şili depremidir. Raporda "… Şili deneyimi, depremlerde yasal olmayan hasarları kontrol etmek hususunda beton perde duvarların ne kadar uygun olduğunu teyit etmektedir. Perde duvarların çatlamasının söz konusu olduğu durumlar oluşmuştur; ancak bu, binaların bir bütün olarak performansını etkilememiştir. Gözlemlenen bütün durumlarda parçalanmadan sonra açığa çıkan çelik miktarları bir kural olarak yönetmeliklerde belirlenenden az olmasına rağmen donatılar, duvarları

iki doğrultuda bir arada tutmuştur. Esas olarak, duvarlar hasar oluştuktan sonra da işlevlerini sürdürmüşlerdir…" denilmektedir.

Üsküp, Yugoslavya (Temmuz 1963)

Temmuz 1963'de, Üsküp-Yugoslavya'daki depremde, bina boyunca veya çekirdekte donatısız beton duvarlı bazı binalarda guseli kirişlerin alt kısımlarında oluşan az miktardaki ayrılmalar hariç, katlar arası şekil bozukluklarının engellenmesi sebebi ile hiçbir hasar meydana gelmemiştir. Bu durum, söz konusu binaların maruz kaldığı ve kayıtlara geçmiş şiddetli sarsıntılara rağmen oluşmuştur. Bu sarsıntıda bazı çerçeveli binalar çökmüş ve çoğuda hasara uğramıştır.

Karakas, Venezüella (Temmuz 1967)

Perde çerçeveli sistemlerin binalardaki davranışlarına ilişkin dikkate değer bir örnek de Karakas 'daki 17 katlı Plaza One Binasıdır. Her iki yönde de duvarlardan müteşekkil bir yük taşıyıcı sisteme sahip olan Karakas 'daki bu bina, çevredeki binalardan bir kaçının çökmesi ve diğerlerinin büyük hasarlara, bazılarınınsa tamiri mümkün olmayan hasarlara maruz kalmasına neden olan bir deprem sonucunda, depremi hiçbir şekilde hasara uğramaksızın atlatmıştır.

Güney ve orta Amerika'nın büyük bölümünde olduğu gibi Karakas 'daki binalar, kırılgan kil tuğla bölme duvarları olan, nispeten esnek bir betonarme çerçeve içermektedir. Karakas 'daki bu çok katlı binaların bir bölümü çökmüş ve diğer çok katlı çerçeve binaların çoğunda ise içi boş kil tuğladan bölme duvarlar çok büyük hasara uğramıştır.

San Fernendo, California (Şubat 1971)

Taşıyıcı sistemi perde + çerçeveli olarak teşkil edilen 6 katlı Indian Hill Tıp Merkezi, sadece orta derecede tamirat gerektirecek şekilde depremde ayakta kalabilmiştir. Öte yandan komşusu 8 katlı Holly Cross Hastanesinin taşıyıcı sistemi çerçeveli olarak teşkil edilmiş olup, bu depremde büyük ölçüde hasar görmüş ve yıkılmıştır.

Birçok Bina ve köprüde büyük hasarlar meydana gelmiştir. Bunlar arasında mühendislik literatüründe en çok sözü edilen Olize View Hastanesidir.

Managua, Nikaragua (1972)

Managua'da meydana gelen şiddetli deprem, perde duvarlı ve perde duvarsız binaların depreme dayanıklılık açısından farklarına ilişkin özellikle öğretici bir örnek olmuştur.

Managua Milli Tiyatrosu salonunu çerçeveleyen beton duvar sayesinde hiçbir hasara uğramamıştır. 18 katlı Banco de Amerika ve 16 katlı Banco Central hasara uğramış ve yıkılmak zorunda kalmıştır. Öte yandan, çekirdek duvarlı karşılı etkileşim sistemli ve perde duvar iskeletli bir yapı olan Banco de Amerika ise çok az hasara uğramıştır.

Aralarında belli bir mesafe olmasına rağmen, Managua'da karşılaştırma yapabilecek diğer iki binada büyük hasara uğrayan beş katlı betonarme çerçeveli Sigorta Binası ile çerçeveye ek olarak nispeten büyük bir çekirdek içeren 5 katlı Enaluf Binası'dır. Enaluf Binası depremi hemen hemen hiç hasara uğramadan atlatmıştır.

Bükreş, Romanya (Mart 1977)

Yaklaşık 35 adet çok katlı binanın çöktüğü Bükreş'te, bazılarının koridorları, diğerlerinin de binalar boyunca beton duvarlar içermesi yüzlerce yüksek apartmanı, hiç bozulmadan çoğunlukla da hasarsız olarak ayakta tutmuştur.

Mexico City (Ekim 1985)

Mexico City de meydana gelen şiddetli deprem, çok katlı binaların beton çerçevelerini güçlendirmek için perde duvarlar ihtiva etmemesinin sonuçları hakkında daha fazla delil sağlamaktadır. Yaklaşık 280 adet, 6 ile 15 kat arası, bina bu depremde çökmüştür. Bunlardan hiçbirinde perde duvar bulunmamaktadır. Güney ve orta Amerika ülkelerinin çoğunda olduğu gibi, sağlamlaştırıcı duvarlar olmaksızın betonarme çerçeveler çok katlı binalar için en yaygın yapı sistemleri olmuştur.

Şili (1985)

1985 yılında Şili'de meydana gelen depremde, aynı yıl meydana gelen Meksika depremine yakın şiddette olmasına rağmen, mühendisler arasında daha az ilgi toplamıştır. Depremin mühendisler arasında daha az ilgi toplamasının ana nedeni, olayın şiddetine rağmen büyük ölçekli kayıpların meydana gelmemesidir.

Hasarların oranlarının göz ardı edilebilir seviyede olmasının temel sebebi, Şili'de yaygın olarak kullanılan ve kaymayı kontrol etmek amacı ile binalara perdeler ilave edilmesi esasına dayanan mühendislik uygulamalarıdır. Şili'deki perde duvarlar için

uygulanan detayların genel olarak ABD'deki sismik bölgelere ait sünek detay şartlarına uymadığını, fakat daha çok daha önceki ACI İnşaat Yönetmeliği'ndeki konvansiyonel detaylara uyduğunu kaydetmek gerekir.

1960 ve özellikle 1985 depremlerinde Şili'deki binaların son derece iyi bir performans göstermeleri, perde duvarların sağladığı kayma kontrolü ile sünek olmayan çerçeve elemanlarını koruyabileceğini göstermektedir.

Ermenistan (Aralık 1988)

Perdeleri çok katlı yapılara ilave etmenin faydaları veya tam tersine, perde duvarları ihmal etmenin olumsuz sonuçları 1988 Ermenistan depreminde bir kez daha gözlenmiştir.

Bu depremde Leninakan, Spitak, Krikovan ve Stepanaman kentlerinde toplam olarak 72 çerçeveli tip bina çökmüş ve 149 bina da büyük ölçüde hasara uğramıştır. Aynı zamanda bu şehirlerdeki 21 büyük panel tipli binanın tamamı depremi hiçbir hasar görmeden atlatmıştır.

Hemen hemen tümü ile harap olan Spitak şehrinde ayakta kalan ve hasara uğramayan tek yapı, her iki yönde betonarme perde elemanlarına sahip, büyük panel yapı olarak inşa edilmiş olan 5 katlı bir binadır. [2, 4]

Erzincan (26 Aralık 1939)

Türkiye'nin bu yüzyılda yaşadığı en şiddetli deprem kuşkusuz Erzincan Depremidir. Kışın en şiddetli günlerinde Erzincan halkını vuran bu felakette açıklanan ölü sayısı 32962 dir. 7.9 şiddetinde meydana gelen Erzincan depreminin ardından yurt çapında yas ilan edilmiştir. Oluşan deprem neticesinde 116.720 bina yıkılmış ve Dünyanın büyük depremleri arasında sayılan bu deprem Türkiye'nin en ciddi deprem felaketlerinden birisi olarak tarihe geçmiştir. Şiddetli bu depremin yıkıcı etkisinin fazlası ile hissedilmesinin temel sebebinin uygunsuz inşa kalitesi ve perde çerçeveli sistemlerin kullanım sıklığına rastlanmaması olarak gösterilebilir. Erzincan depreminde, görkemli bir bina olan Devlet Demir yolları Gar binası yıkılmadan ayakta kalabilmiştir.

Gölcük (17 Ağustos 1999)

17 Ağustos 1999'da yerel saatte 03.02 sularında meydana gelen merkezi Kocaeli / Gölcük olan 7.5 şiddetindeki deprem, büyük çapta can ve mal kaybına neden olmuştur.

Resmi raporlara göre, 17.480 ölüm, 23.781 yaralı olduğu belgelenmiştir. 505 kişinin sakat kaldığı 285.211 konut binasının, 42.902 işyerinin hasar gördüğü tespit edilmiştir. Resmi olmayan bilgilere göre ise 50 000 ölüm, ağır ve hafif olmak üzere 100 000'e yakın yaralı olmuştur. Ayrıca 600 000 kişiyi evsiz bırakmıştır. Bu yüzden Türkiye yakın tarihini derinden etkileyen en önemli olaylardan birisidir. Depremin Türkiye'nin önemli bir sanayi bölgesi olan Marmara Bölgesi'nde meydana gelmiş ve çok geniş bir coğrafyayı etkilemiş olması, ülkemizde büyük sıkıntılara sebep olmuştur.

Bu denli şiddetli olmasının yanı sıra yıkıcı etkisinin büyük olmasında özensiz imalatların etkisinin olduğu kadar uygunsuz taşıyıcısı sistem seçimi ve gerekli zemin emniyetlerinin karşılanamaması gibi sebepler gösterilebilir.

17 Ağustos depreminde önceden bilinen konuların yapılaşmada göz önüne alınmadığı açık bir şekilde gözlenmiştir. 7,5 şiddetinde meydana gelen etkisinin sanayi bölgesinde büyük bir şekilde hissedildiği bu depremde, tünel kalıp sistemi ile yapılmış yapıların veya perde + çerçeveli olarak taşıyıcı sistemleri teşkil edilmiş olan yapıların, çerçeveli sistemlere kıyasla daha az hasar gördüğü veya kullanılabilir seviyeye daha yakın olduğu gözlenmiştir. Perde duvarlı teşkil edilen sistemler depremin yıkıcı etkisine karşı büyük bir direnç göstermiştir. Gerekli deprem dayanımına sahip olmayan çok katlı yapıların sanayi sitelerinin neredeyse tamamına yakını yıkılmış yada onarılmayacak derecede hasar görmüştür. Buna karşın aynı bölgede zemin özelliklerini ve deprem tasarım ilkelerini göz önüne alarak inşa edilen çok katlı toplu konut siteleri ve sanayi tesisleri hiç hasar görmemiştir. İzmit Büyükşehir Belediyesi tarafından tünel kalıp sistemi ile yaptırılan 2000 konutluk sitelerde depremden dolayı oluşan herhangi bir hasara rastlanılmamıştır.

Van (23.10.2011)

23 Ekim 2011 günü Türkiye saati ile 13.41 sularında Van ve çevresinde meydana gelen 25 saniye süren depremin merkez üssü Van'a 17 km uzaklıkta olan Tabanlı köyüdür. Deprem, Ulusal Kuvvetli Yer Hareketi Gözlem Ağı'na bağlı 22 istasyon

tarafından kaydedildi. Van depremi, Cumhuriyet tarihi boyunca Anadolu'da meydana gelen en büyük depremlerden biri olarak kayda geçti.

Van ile ve Erciş ilçesi yakınlarında etkisi büyük oranda hissedilen bu depremin 5739 binanın hasarlı ve oturulmaz, 4882 binanın hasarlı ancak oturulabilir olduğu tespit edilmiş ve deprem nedeni ile 2262 binanın yıkıldığı verilerine ulaşılmıştır. Deprem etkisi ile elektrik ve telefon hatları kesilmiş, Van-Erciş karayolu üzerinde üç ayrı noktada çökme meydana gelmiş ve yolların çökmesi nedeni ile birçok zorlukla karşılaşılmıştır.

Depremin büyüklüğünün yanında bölgedeki yapı stoğu kalitesinin bu hasarın oluşmasında en büyük etken olduğu açıktır. İyi denetime sahip olmayan ve kalitesiz yapı malzemeleri ile inşa edilmeye çalışılan yapılar, bu bölgede 1950 ve sonrasında Türkiye nüfusunun hızla artmasına paralel olarak plansız kentleşme ile yapıların imar kurallarına aykırı olarak inşa edilmesi, bu denli yıkıcı sonuçların alınmasının en büyük sebebi olarak görülmelidir. Yapının taşınabilirliği noktasında yapılan hatalar, yetersiz zemin etütleri, özellikle yüksek katlı yapılarda yapı taşıyıcı sistemlerinin çerçeveli sistemler yerine perdeli veya perde çerçeveli teşkil edilen sistemlerin seçilmemesinin kayıplarda etkisi büyük oranda gözlenmektedir.

Taşıyıcı sistem elemanların yanal deprem yüklerine karşı daha dirençli olmasının temel sebebinin doğru bir mimari plan uygulamasının yanı sıra taşıyıcı sistem özelliklerinin perdeli sistemler veya perde + çerçeveli sistemlerden seçilmesine olan ilginin arttırılması yönünde çalışmaların devam etmesi gerektiğinin çok açık bir ispatı olarak Van depremi gösterilebilir.

2.3 Depreme Dayanıklı Yapılarda Tünel Kalıp Sisteminin Kullanılması

Dünyanın en aktif deprem kuşaklarından biri üzerinde bulunan ülke topraklarımızın %42'si 1. Derece deprem bölgesi kuşağında, %24'ü ise 2. Derece deprem bölgesi kuşağında yer almaktadır. Bir başka deyişle topraklarının %66'sı her an her büyüklükte depremin olabileceği bölgede yer almaktadır. Bu bölgede yaşayan nüfus ise, Türkiye toplamının yaklaşık %70'i olup çok yüksek deprem riski altındadır. Ayrıca sanayi tesislerimizin %98'i ve barajların %92'si, çeşitli derecedeki deprem bölgelerinde inşa edilmiştir [5].

Yapı olgusu; hızlı üretim tekniği, ekonomisi, niteliği yönünden büyük ölçüde, kalıp tekniğinin doğru seçilip, detaylarının doğru çözümlenmesine bağlıdır [6]. Son yıllarda ülkemizde toplu konut ve çok katlı yapılar üretiminde taşıyıcı sistem olarak perdeli çerçeveli yapılara alternatif olarak tünel kalıp sistemler çokça kullanılmaya başlanmıştır [7]. Gerek üst yapı, gerek altyapı inşaatlarının maaliyetlerinde en önemli girdi olan kalıp, aynı zamanda teknolojik yapı üretiminin ayrılmaz bir parçasıdır [6].

17 ağustos marmara depreminde tünel kalıp sistemi ile yapılmış yapılar depremin yıkıcı etkisine karşı mükemmel bir direnç göstermiştir. Bu sistemin en önemli özelliklerinden biri, genellikle toplu konutlarda, çok kısa sürede ve çok sayıda ekonomik yapılar üretebilmektir. Tünel kalıp, yapının duvar ve döşemelerinin kesin boyutlu ve düzgün yüzeyli çelik yapılarda bir kerede, tek parça olarak (monolitik) dökülebildiği sistemdir. Bu özelliklerinden dolayı depreme karşı rahatlıkla önerilen ve hızlı üretim imkanı sağlayan bir sistem olduğu söylenebilir [6].

2.3.1 Depremin yapılara etkileri

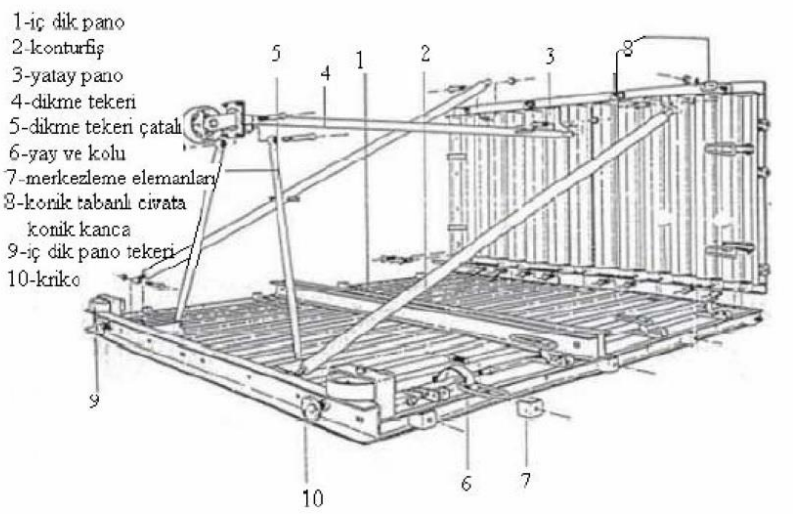
Deprem anında meydana gelen sarsıntılar, yeryüzünde yatay ve düşey doğrultuda yer ivmeleri oluşturur. Ancak yapılar için önemli olan ivmeler, yatay doğrultuda olanlardır. Bu ivmeler, yapılarda yatay atalet kuvvetlerinin oluşmasına sebep olur. Yapılarda deprem sırasında meydana gelen yatay kuvvetler, yapının titreşim özelliklerine bağlı olarak ortaya çıkar ve her yapı için farklıdır. Pratik olarak 5-10 kat arası betonarme binalar ağırlıklarına oranla en fazla yatay yüklere maruz kalırlar.

17 Ağustos depreminde, önceden bilinen konuların yapılaşmada göz önüne alınmadığı ortaya çıkmıştır. Mesela, dere yataklarındaki yapıların tamamına yakını çökmüştür. Gerekli deprem dayanımına sahip olmayan çok katlı yapıların, sanayi tesislerinin neredeyse tamamı ya yıkılmış ya da onarılmayacak derecede hasar görmüştür. Buna karşın aynı bölgede zemin özelliklerini ve depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkeleri göz önüne alınarak inşa edilen çok katlı toplu konut siteleri ve sanayi tesisleri hiç hasar görmemiştir. İzmit Büyükşehir Belediyesi tarafından tünel kalıp sistemi ile yaptırılan 2000 konutluk sitelerde depremden dolayı herhangi bir hasara rastlanmamıştır.

2.3.2 Tünel kalıp sisteminin tanımı

Tünel kalıp sistemi, yapının duvar ve döşemelerinin hassas boyutlu ve düzgün yüzeyli çelik kalıplar yardımı ile tek bir operasyonla dökülebildiği yapı tekniği olarak tanımlanabilir. Aynı zamanda kalıpların yapının enine boyuna doğrultuda hareket ettirilerek çıkarıldığı ve gerekse yatay yapı elemanlarının aynı anda dökülebildiği bir yapı sistemidir.

Taşıyıcı duvar ve döşemelerin bütün halinde ve tek işlemle yerinde dökümünü sağlayan tünel kalıp sistemi, geleneksel yapım sistemine benzemektedir. Ancak sistemin nitelikleri açısından beraberinde ön yapımlı (prefabrik) bazı yapı elemanlarının kullanımına olanak sağladığı için yarı ön yapımlı sistem olarak da kabul edilebilir. Bu sistemde cephe elemanları, merdivenler, sahanlıklar, bölme duvarlar, bacalar vb. Ön yapımlı olarak üretilip yerinde dökülen ana yapı ile birleştirilerek kullanılmaktadır. Sistemin en büyük avantajı yapım süresinin kısaltılmasıdır. Özellikle toplu konut üretiminde kullanılmakta ve belli bir ekonomi sağlayabilmektedir [6].

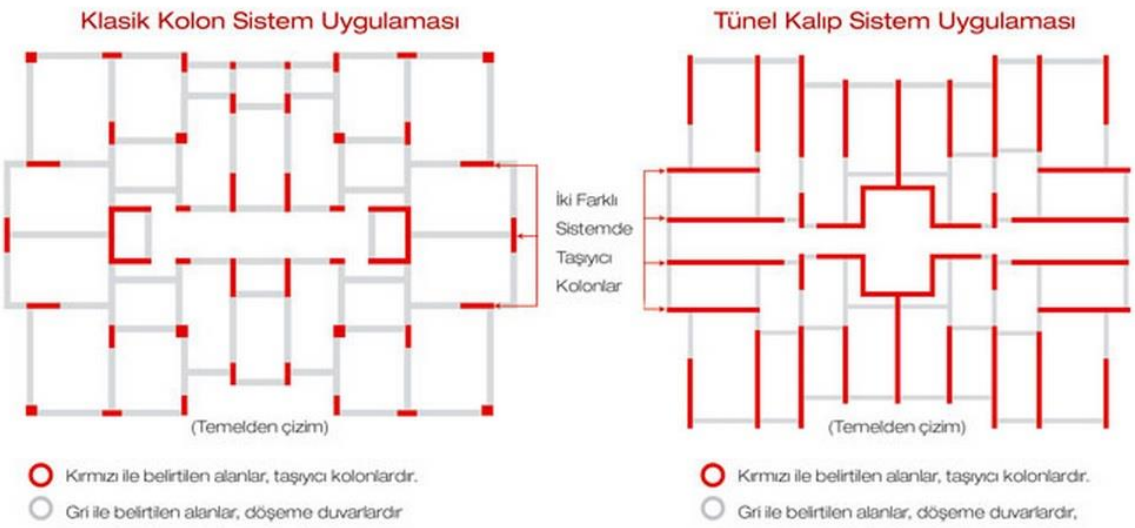


Şekil 2.3 : Tünel kalıp detayları.

2.3.3 Tünel kalıp sisteminin yapısal özellikleri

Tünel kalıp sistemlerinin uygulanmasında, betonarmenin fiziksel özelliklerinin sağlamış olduğu avantajlardan büyük ölçüde yararlanılmakta ve sistemin işlenebilirliği sağlandığı takdirde ekonomik çözümler elde edilebilmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde konut inşaatlarına ait maliyetlerin düşürülmesi için

döşeme açıklıklarının 5 metreyi geçmeyecek şekilde modüle edilmesi gerekir. Bu itibarla tünel kalıp sistemiyle betonarme döşeme inşaatı sözü edilen açıklıklarla ekonomik olarak inşa edilebilmektedir. Bu sistemde temeldeki bağ kirişlerine duyulan ihtiyacı azaltmakta ve tek bir kiriş gibi görev yapmaktadır. Böylelikle yapının direncinde artış sağlanmaktadır [8].



Şekil 2.4 : Tünel kalıp sistemi kat planı.

2.3.4 Tünel kalıp sisteminin statik özellikleri

Türkiye'nin deprem kuşağı üzerinde olmasına bir de sosyal ve ekonomik nedenler eklenirse ortaya depreme dayanıklı yapılar yapma gereği çıkar. Taşıyıcı perde duvarlı sistemler rijitliklerinin çok büyük olması nedeni ile bu gereği iyi sağlayan yapı özelliği taşırlar. Perdeli yapıların buna karşılık sünek davranışta çerçeve sistemler kadar sünek olmadığı ve yatay yüklerden kaynaklanan enerji tüketmekte eksikleri olduğu söylense de bu eksik yan, fiktif deprem kuvveti hesaplanırken gerekli yapı katsayısı 1.50 seçilmek sureti ile bu değeri 0,60 ve 0,80 çelik ve betonarme karkas yapılar durumuna özdeş hale getirilerek rijitliğine yararları son sınıra kadar dayandırılabilir [6].

2.3.5 Tünel kalıp sistemlerin hızı, ekonomik ve teknik özellikleri

Tünel kalıp, hızlı bir yapım sistemidir. Sistemin en önemli özelliklerinden biri 8 saatlik çalışma ile 24 rotasyonlu bir iş programı uygulanabilmesidir. Tünel kalıp sistemi ile elde edilen yapılarda ekonomik açıklıklar üç metreden altı metreye kadar olup, günlük rotasyon (yapılan işlem basamakları) için en uygun alanı 70 m^2 ile 150 m^2 arasında değişmektedir. Konutun gereksinimi olan açıklıklar ve birim m^2 alanlarla ilişkin bu uygunluk nedeni ile tünel kalıp sistemi Türkiye'deki konut açığını karşılamak için en iyi yöntemlerden biri olarak görülmektedir. Bu sistemin ekonomik olabilmesi için alt sınır konut sayısının 100'den az olmaması gereklidir. Bir tünel kalıbın ömrü 1000 kez kullanılabilmeye eşdeğerdir.

Kalıptan çıkan yüzeyler duvar kâğıdına ve boyaya hazırdır. Dış cephe kalıp yüzeylerine istenen hazır tekstür elemanları konularak arzu edilen dekoratif dokular elde edilebilir. Isı izolasyonu, yönetmelik ve ısı açısından tünel kalıba kolaylıkla adapte edilebilir. Tünel kalıplar imalat tekniği bakımından milimetrik hassasiyetle üretilir. Belli sayıda bir üretim amaçlandığı zaman, iyi planlama ile yapımda üretim hızının arttırılmasının yanı sıra ekonomi de sağlanabilmektedir [9].



Şekil 2.5: Tünel kalıp sistemi örneği.

Tünel kalıp sisteminin kısa zamanda popüler bir inşa yöntemi olmasındaki en büyük sebep monolitik bir yapı sistemi olması olarak görülebilir. Monolitik yapı sistemi deprem bölgeleri için en elverişli sistemdir. Tünel kalıp sisteminin diğer

teknolojilerle kıyaslamasını yaptığımızda çok net somut sonuçlar görülebilir. İnşaat maliyetlerinin düşürülmesi, işçiliğin minimum indirilmesi, kalıpların yüzlerce defa kullanılabilmesinden dolayı yapım maliyetleri önemli derecede azalmaktadır.

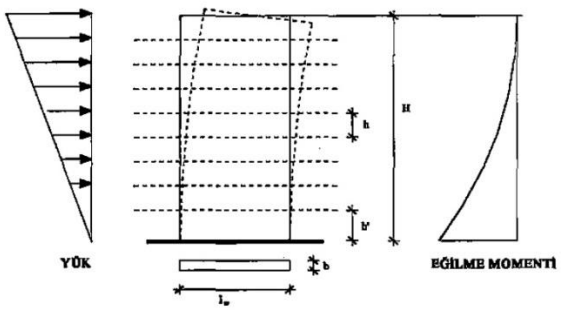
Literatürde tünel kalıp sistemi, çabuk, ekonomik, yüksek nitelikli, uygulaması kolay, güvenliği yüksek bir monolitik yapı sistemi olarak yer edinmiştir.

Yapım maliyetleri ve yapım süreçleri göz önüne alındığında tünel kalıp sistemlerinin geleneksel yapım sistemlerine göre ön plana çıktığı görülmektedir. Dolayısıyla tünel kalıp sistemi az katlı ve çok katlı yapılarda deprem bölgeleri için uygun olduğu söylenebilir. Kalıplar bekletilmeden yapının diğer katlarında kullanılabildiği için üretim hızı büyük ölçüde artmaktadır. Kalıpların, yüzlerce defa kullanılmasından dolayı yapım maliyetleri de önemli derecede azalmaktadır [9].

Sonuç olarak depremlerde can ve mal kaybını ortadan kaldırabilmenin en aza indirilmesinin tek yolu dayanıklı yapı yapmak olarak görülebilmektedir. Depremleri önleyemediğimiz ve önceden tahmin edemediğimize göre etkilerini azaltıp, zararsız yada en az zararla atlatabilmenin yolu proje aşamasından itibaren, zeminin durumunu da dikkate almak kaydı ile depreme dayanıklı yapı inşa etmek gereklidir.

2.4 Konsol Perdelerin Davranışları

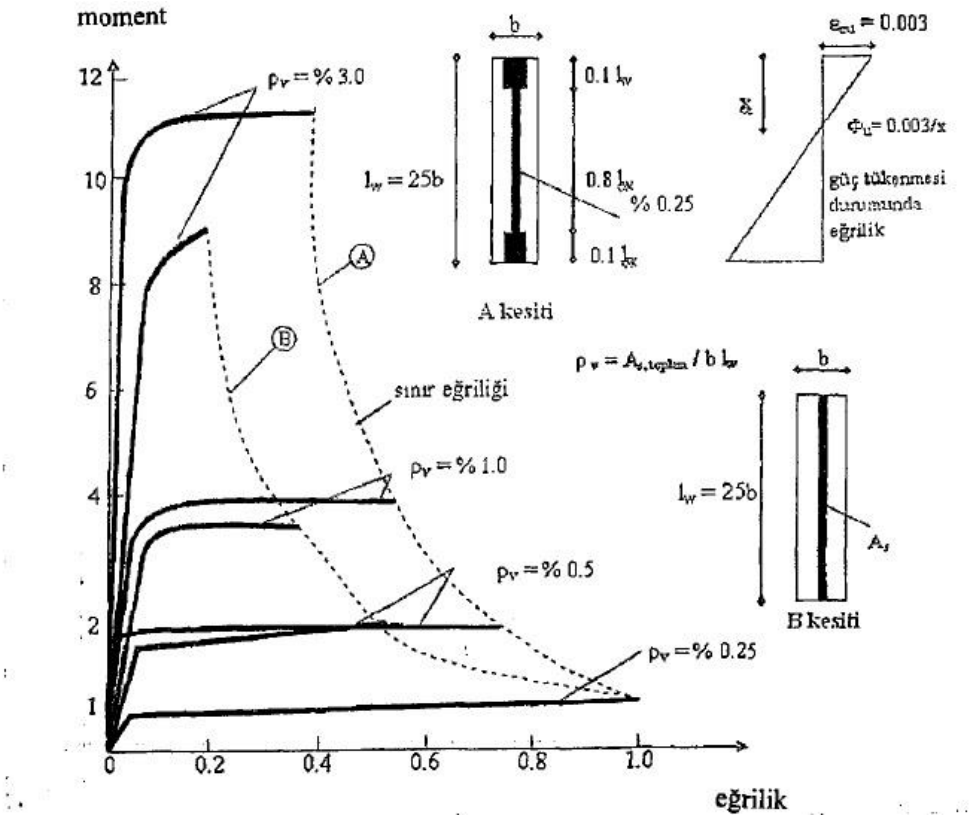
Yüksek bir yapıda bulunan perdeler yatay yükler altında konsol kiriş gibi davranır (Şekil 2.6). Perdeler, kat seviyelerinde kat döşemeleri ile bağlandığı için, ince kesitlerine rağmen yanal burkulma tehlikesi genellikle söz konusu değildir. Kat döşemelerinin yanal diyafram gibi etkimelerinden dolayı perdelerde burulmaya neden olan kritik boyun perde yüksekliği yerine, kat yüksekliğinin kabul edilmesi son derece uygundur. Konsol perdeler yatay yüklerden oluşan eğilme momenti yanında, düşey yüklerden gelen eksenel normal kuvvetinde etkisi altındadır.



Şekil 2.6 : Konsol perde.

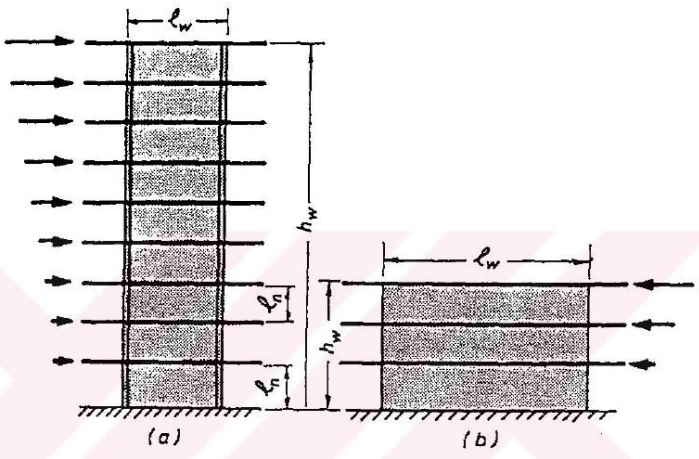
Karşılıklı etki diyagramlarından hareketle, kesitin tasarımı yapılabilir [8]. Kesitin taşıma gücü elde edilirken gövdede bulunan düşey donatının da hesaba katılması ile ekomonik sonuç elde edilebilir. Kolonlarla kıyaslandığında perdeler rijitlikleri nedeni ile önemli ölçüde eğilme momenti taşıdıkları halde, aynı oranda büyük eksenel kuvvet etkisi altında değildir. Bu nedenle perde kesitlerinde eğilme momenti etkilidir. Özellikle bu durum perdelerin temellerinde bir problem olarak ortaya çıkar. Normal kuvvet küçük olduğu için, çekme gerilmelerinin oluştuğu alanı azaltmak için büyük perde temeli yapılması veya komşu kolonları da içine alan ve bu suretle normal kuvveti arttıran bir temel yapılması gerekli olabilir. Bu nedenle perdelerin temelinde yeterli normal kuvvetin sağlanması ve her kat döşemesinden yatay kuvvetlerin alınabilmesi için, döşeme ile perde arasında bağın oluşturulması ve arada hiç bir şekilde boşluk bırakılmaması önerilmektedir.

Yüksekliği az olan yapılarda deprem kuvvetleri yapı ağırlığı ile doğru orantılı geliştiği için küçük olacaktır. Dolayısıyla perdeler genellikle katın mimari düzenine uygun olarak çoğu durumlarda da gereğinden büyük yerleştirildiği için aşırı zorlanmazlar böyle durumlarda iki doğrultuda % 0, 25 oranında bir konstrüktif donatı tavsiye edilir. Böylece perdenin moment taşıma özelliği sağlandığı gibi, sünekliği de önemli ölçüde artar. Gövdede bulunan donatının kuvvet kolu küçük olduğundan etkili bir şekilde kullanılmaz. Perdelerde gövde donatısının arttırılması ile taşınacak moment büyütülse de kesitin göçme durumunda ulaşabileceği eğrilik, yani kesitin sünekliği azalır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 : Perde kesitinde eğilme momenti-eğrilik değişimi.

Birçok konsol perde, Şekil 2.8a da gösterildiği gibi, betonarme kiriş ve kolonlardan oluşmuş çerçeveler gibi davranır. Konsol perdeler, diyafram etkisi yapan döşemelerin hizasında etkiyen, yatay kuvvetlere maruzdurlar. Kat döşemeleri, perdelerin yanal burkulmasına engel olurlar. Böylece perde kalınlıkları daha küçük tutulabilir.



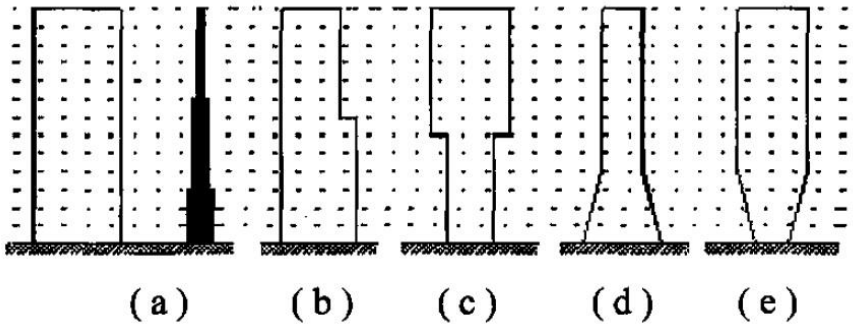
Şekil 2.8 : Konsol perdeler.

Yüksekliği az olan binalarda, Şekil 2.8b'de gösterildiği tipte perdeler kullanılır. Bunlar yüksekliğin uzunluğuna oranının küçük olduğu perdelerdir. Bu tip perdelerin eğilme dayanımı yatay kuvvetlere göre karşılaştırıldığında, hatta yönetmeliklerde belirtilen minimum düşey donatı kullanıldığında bile çok daha büyük olur. Yüksekliklerinin az olması sebebi ile temelde eğilme dayanımına büyük kayma kuvvetleri ile erişilir. Bu sebeple bu tip perdelerin plastik davranışı, genelde kesme kuvvetlerinin etkisi altındadır.

Perdelerin en çok zorlandığı mesnet kesitinde betonun en büyük kısalmasını büyütmek ve böylece kesitin sünekliğini arttırmak için, kolonlardaki gibi mesnetten yukarı bölgede perdenin plandaki boyuna yakın yükseklik boyunca etriyelerin sıkıştırılması uygundur. Bunun yanında perdelerde de boyuna donatıların burkulmasını önlemek için, kolonlardaki gibi bütün yükseklik boyunca yatay donatılara ihtiyaç vardır. Perdelerin eleman olarak burkulmasını önlemek, uç bölgelerinde beton basınç bölgesini büyütmek ve zorlamayı hafifletmek için, özellikle binaların bodrum katlarında ve kritik perde yüksekliği boyunca, perde başlık bölgesi düzenlemesi tavsiye edilir. Bir perdenin dik doğrultuda başka bir perde ile birleşmiş olması durumunda, başlık bölgesi doğrudan oluşmuş olur. Başlık bölgesi yatay yükün belirli bir yönü için tamamen basınç etkisi altında olacağından, bu bölgenin kolonlardaki konstrüktif kurallara uyularak donatılması yerinde olur. Başlık bölgesinin bulunması perdenin eğilme momenti kapasitesini önemli derecede arttırır. Hatta kesme kuvvetini eğilme momentinden daha kritik duruma getirebilir [1].

Bina yüksekliği boyunca perdelerin boyu ve genişlikleri sabit olabileceği gibi, perde boyları bazen genişlikleri ile beraber üst katlara doğru azalabilir (Şekil 2.9a). Kesitlerin boyutlarındaki azalmalar ile gerçek rijtilikleri, karşılıklı etkileşimi olan perdelerin bulunması durumunda hesaba katmak gerekir. Perde genişliklerinin ani (Şekil 2.9b) veya sürekli (Şekil 2.9d) değiştiği durumlarda, rijitliklerin daha büyük değişiklikler meydana gelir. Yukarı doğru kalınları azalan perdeler yapısal açıdan oldukça etkilidir ancak oluşabilecek plastik mafsalların boylarını ve yerlerini belirlemede oldukça dikkatli olunmalıdır. Buna rağmen mimari açıdan tercih edilebilecek olan, yükseklik boyunca kalınlaşan perdelerin (Şekil 2.9c ve Şekil 2.9e) yapılmasının yapısal açıdan çok etkili olmadığı da açıktır. Plastik mafsalın perdenin temelinde gerekmesi halinde, plastik mafsal boyunu önemli derecede sınırlandırmak

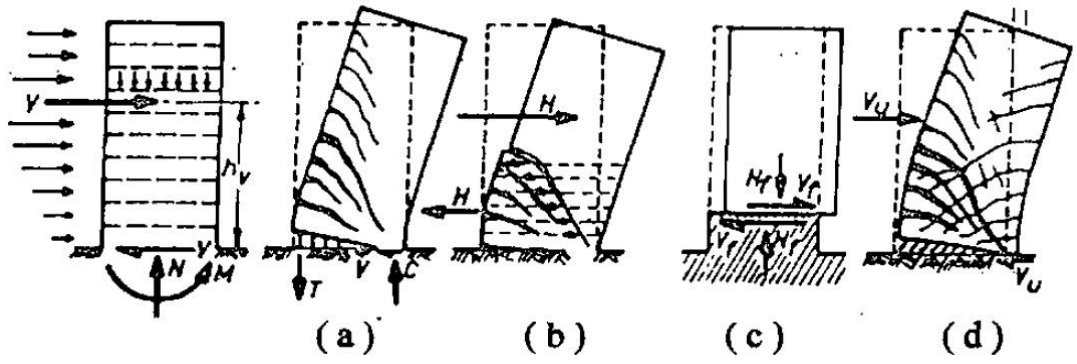
gerekecektir. Bu tip perdeler süneklik düzeyi yüksek çerçevelerle kullanılırsa, plastik mafsalın perde tabanında oluşması açısından bir avantaj sağlayacaktır. [10].



Şekil 2.9 : Boyutları yükseklikle değişen perdeler.

2.5 Konsol Perdelerin Göçme Şekilleri

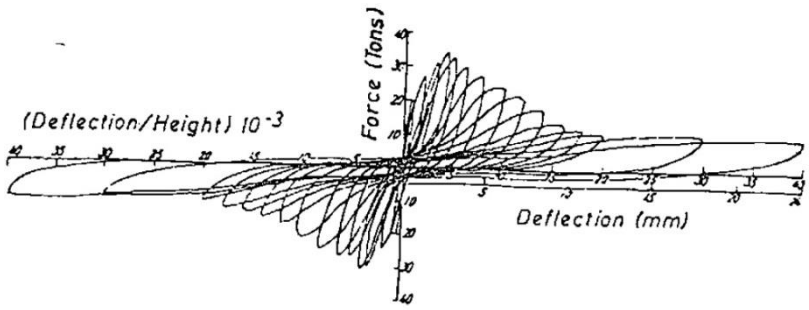
Sünek perdelerin tasarımında kapasite ve plastik şekil değiştirmeden oluşan enerji sönümlemesi, plastik mafsal bölgelerinde oluşacak eğilme yer değiştirmesinin kontrol etmesi istenir. Böylelikle bu temel tasarım ilkesi gevrek göçme mekanizmasının veya sınırlı sünekliğin oluşmasına izin vermez. Bu durum kapasite boyutlandırma yöntemleri ile güç tükenmesi için istenen düzeni sağlayarak ve oluşabilecek plastik mafsal bölgelerinin uygun şekilde detaylandırılmasını sağlamakla mümkün olur.



Şekil 2.10 : Konsol perdelerin güç tükenmesi durumları.

Konsol perdelerin göçme biçimleri çeşitli şekillerde olabilir. Konsol perdelerin bu dayanıma ulaşma biçimleri Şekil 2.10 de gösterilmiştir. Bunlardan ilki, perdenin eğilme momenti etkisinde dayanıma ulaşmasıdır (Şekil2.10a). Bu davranış sünek olacağından tercih edilen bir davranış türüdür. Kesme kuvveti sonucu oluşan eğik

çekme veya eğik basınç gerilmeleri sonucu dayanım kaybı (Şekil2.10b), perde temel birleşiminde yeterli filiz donatı bulunmadığında ortaya çıkacak olan perdenin yatay düzlem üzerinde kayması (Şekil2.10c) ve kesme ve aderans kaybı sonucu oluşan dayanım kaybı (Şekil 2.10d) ani dayanım kayıpları olduğundan oluşmaları engellenmelidir. Doğrusal olmayan eğilme davranışı arttıkça eğilme ve kenetlenme kaybı ile çatlak genişliği artmakta ve kesme dayanımı azalmaktadır.

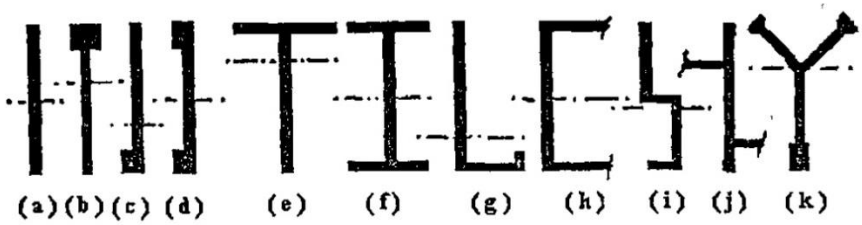


Şekil 2.11: Perdede davranışın kesme dayanımı tarafından belirlenmesi.

Şekil 2.11'de kesme dayanımının eğilme dayanımından daha düşük olması nedeni ile tekrarlı yükler altında önce kesme dayanımına ulaşan bir perdenin davranışı gösterilmektedir. Davranış incelendiğinde yön değiştiren çevrimsel yük etkisinde her çevrimde dayanımın önemli oranda azaldığı ve genel davranışın sünekliğinin az olduğu gözlenmektedir.

2.6 Çeşitli Perde Kesitleri

Perde kesitleri gerek mimari kullanım açısından faydalı alan sağlamak için gerek her iki deprem doğrultusunda yeterli etkinlikte çalışmasını sağlamak için I, T, L, H, C, U, Y gibi farklı özellikte farklı mimari planlara entegre edilebilir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12 : Perde kesit şekilleri.

Bu perdelerin minimum kalınlıkları betonun işlene bilirliğini, kolay yerleşmesini sağlamak ve yangın riskini en aza indirmek için yönetmelik tarafından belirlenmiştir. Deprem anında yatay kuvvetler perdeler üzerine etkili olmaya başladığında kayma dayanımını ve stabilitesini sağlamak için perde kalınlıklarında bir artış söz konusu olabilir. Ancak perde kesitinin iki ucunda gerilmeler büyük olacağı için donatı perde uç bölgelerinde yoğunlaşır ve buralarda kalınlığın artması ile bu sorun giderilebilir. Böylelikle perde uç bölgeleri oluşturulabilir. Perde ucuna diğer doğrultuda başka bir perdenin birleşmesi durumunda, uç elemanı bu perde içinde oluşturabilir.

Perdelerin birbirleri ile dik açıyla birleşmeleri sonucunda poligon perde şekilleri oluşur. Bu tip perdelerin binanın iki ana doğrultusunda dayanım göstermesi beklenir. Böyle perdeler genellikle çift yönde çalıştıkları için büyük potansiyel dayanım sağlarlar. Kanatlı veya poligon olarak nitelendirilen perdelerin kanat kısımları basınç olduğu zaman oldukça sünek davranırlarken, özellikle Şekil 2.12e ve g de gösterilen T ve L kesitli perdelerde, kanatları çekmeye zorlandığında oldukça sınırlı sünekliğe sahiptir. Uç elemanlı perdeler kirişlerin mesnetlenmesini kolaylaştırdıkları gibi, eğilme donatılarının yerleştirilmesinde de kolaylık sağlarlar. Bunun yanında perde kanat kısımları yanal burkulma stabilitesini arttırır ve potansiyel plastik mafsal bölgelerindeki basınca maruz betonun daha iyi sarılmasını sağlarlar. Böylelikle plastik mafsal bölgelerinde sıkışan betonun erken dağılması önlenmiş olur.

2.7 Perdelerin Yerleştirilmesinde İzlenecek Yollar

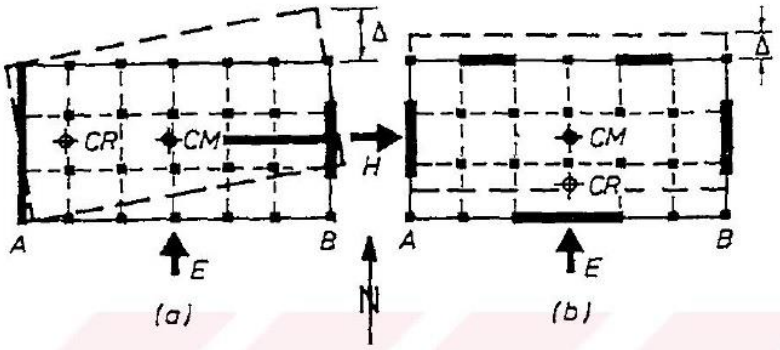
Perdeler yatay, düşey ve burulma etkisi altındadır. Perdenin boyutuna, şekline plandaki yerine göre bir perdenin kat kesme kuvveti, eğilme momenti ve burulma dayanımları değişecektir. Bir binada perdelerin yerleri genellikle mimari ihtiyaca ve kullanım kolaylığına paralel olarak seçilir. Bu durumda bazen perdelerin yerleri taşıyıcı sistem açısından pek uygun olmayabilir. Binanın amacı ve döşemelerin büyüklüğü perdelerin yerinin belirlenmesinde etkili olur. Bunun yanında bina çevresinin, mimari ve bina sahibinin istekleri nedeni ile taşıyıcı sistem açısında perdelerin yerleri uygun olmayabilir. Taşıyıcı sistemi belirlerken, deprem kuvvetlerine karşı dayanım sağlayabilmek için perdelerin yeri seçilmeli ve sonra rüzgâr kuvvetlerine karşı yeterli dayanımın sağlanması yoluna gidilmelidir. Çünkü genellikle deprem kuvvetleri yeterli güvenlikle taşıyan sistemler rüzgâr kuvvetlerini de taşıyabilmektedir.

Depreme karşı yeterli dayanımı, en uygun şekilde belirleyebilmek için perdelerin yerlerinin belirlenmesinde mimar ve inşaat mühendisinin birlikte çalışması uygun olur.

Perdeler tek başlarına düşünüldüğünde, burkulma stabilitesine sahip, rijitlikleri simetrik ve temelde devrilmeye karşı yeterli güvenlikte olmalıdır. Perdeleri planda yerleştirirken, beklenen plastik şekil değiştirmelerin tüm bina planında düzgün bir şekilde dağılmasını sağlamak, sadece bir kaç perdede oluşmasını önlemek, en akılcı çözüm olacaktır. Aksi durumda bazı perdeler aşırı zorlanırken, bazıları da kapasitesinin altında zorlanacaktır.

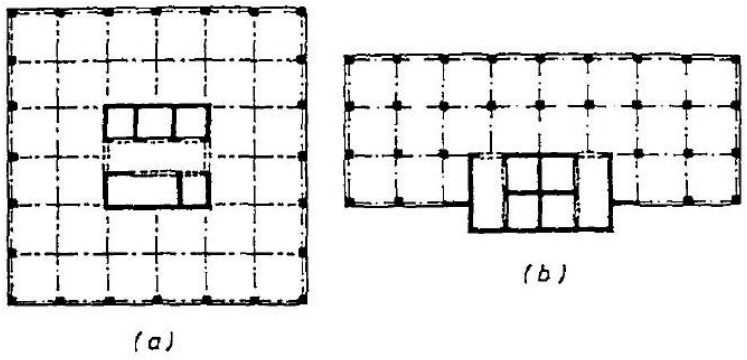
Perdeli bir yüksek yapıda yeterli rijitlik sağlanabilmesi için, sistem çizgileri bir noktadan geçmeyen en az üç perde teşkil edilmelidir.

Taşıyıcı sistemin uygunluğu, perdelerin yeterli sayıda olması ve yatay, düşey yüklere olan dayanımının uygun bir şekilde belirlenmesinin yanında, özellikle yatay yükleri taşımada kullanılan ve yapının rijitlik merkezini belirlemede öncelikli etkisi bulunan perdelerin yerleşim düzeni de son derece önemlidir. Yapını rijitlik merkezi ile kütle merkezinin yakın olması sistemin burulmasını azaltmakla birlikte sistemin stabilitesini geliştiren önemli bir ayrıntıdır. Ayrıca sistemin kütle merkezinin ve rijitlik merkezinin birbirine yaklaştırılmasında, perdelerin burulma rijitliğine dikkat edilmesi gerekir. Kat planlarında düzenleme yapılırken bu unsurlar göz önünde bulundurulmalıdır. Kattaki burulma etkisi, düşey elemanların üzerine etkiyen kesme kuvvetinin moment kolunun genişletilmesi olduğu için, moment kolu en büyük olan perde veya çerçevede burulma etkisi daha büyük olacaktır [10].



Şekil 2.13: Perde sistemlerinin burulma stabilitesi.

Plastik şekil değiştirme yapabilen perdeli sistemlerin burulma stabilitesini göstermek için, Şekil 2.13 da gösterilen düzenlemeler incelenebilir. Uzun doğrultudaki yatay deprem kuvveti (H) iki sistemde de etkili bir şekilde taşındığı gözlenmektedir. Şekil2.13a durumunda, (H) deprem kuvveti sebebiyle oluşacak dış merkezlik küçük olacağı için, T kesitli perdenin kanatları plastik şekil değiştirme yapsa da kısa doğrultudaki elemanlar burulma dayanımını sağlar. Kısa doğrultudaki deprem etkisi (E) altında Şekil 2.13a daki yapı rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasında önemli dış merkezlik olmasına rağmen uygun gibi görünür. Ancak (E) deprem kuvvetine paralel iki duvarın dayanımları ne kadar dikkatli hesaplanırsa hesaplansın, Kütle ve rijitlik dağılımının belirsizliği nedeni ile iki duvarı aynı anda güç tükenmesi durumuna getirmek mümkün olmayacak ve birisi daha çok zorlanırken, diğerinde düşük kesit tesirleri ortaya çıkacaktır. Böylelikle bu yapı burulma yönünden stabil olmayacaktır.



Şekil 2.14: Betonarme çekirdeklerle sağlanan yatay kuvvet dayanımı.

Asansör boşlukları ve merdiven kovaları, betonarme çekirdeklerin oluşturulmasına izin verir. Çok katlı binalarda, yatay kuvvetlere karşı dayanımı sağlamak için, ilave perdeler yada bina çevresinde çerçeveler oluşturulması gerekebilir. Böyle bir sisteme örnek olarak Şekil 2.14a'daki düzenleme gösterilebilir.

Binanın bir cephesindeki uzunluğu betonarme çekirdeği kapsayamayacak kadar küçük olduğunda Şekil 2.14b' de görüldüğü gibi burulma açısından büyük bir dengesizlik ortaya çıkar. Binanın diğer üç kenarına koyulacak ilave perdelerle burulma stabilitesini sağlama yoluna gidilmelidir. Burada dikkat edilmesi gereken çekirdek karşısındaki uzun doğrultuya konulacak bir perde ile burulma stabilitesini sağlamaya çalışmak uygun değildir. Eğer bu şekilde burulma dayanımını sağlamak mümkün olmuyorsa, o zaman yatay kuvvet taşıyan çekirdekten vazgeçilmeli, yerine

fonksiyonel perde elemanları veya fiziksel beton duvarlar yapılmalıdır. Yatay kuvveti taşıyabilmek için burulma stabilitesi sağlanmış sünek çerçeve sistemler kullanılmalıdır.

Perde kesit şekilleri, bulundukları yere ve kullanım amacına göre istenilen şekilde düzenlenebilir. Fakat yatay kuvvetlerin karmaşık kesitli perdelere taşıtılması halinde, temel kriterleri kullanarak deprem hesabı yapmak mümkün olmayacaktır. Bunun için özel hesaplar yapmak gerekir. Bu tezin kapmanı dahilinde çekirdek perdelerin hesap yöntemleri veya kat planlarındaki perde boylarına ilişkin bir çalışma düzenlenmemiştir. Ekte yer alan grafikler perde sayılarına ve plandaki düzenlenme şekillerine göre poligon perdeleri içermemektedir. Yapı asansör boşluklarına veya merdiven kovalarına düzenlenecek çekirdek elemanlar gerekli atalete sahip perde boylarında azalmaya sebep olacak ve gereğinden daha kısa perde boyları ile deprem kuvvetleri güvenli bir şekilde taşınabilecektir.

Yatay kuvvet taşıyıcı perdeler için uygun yer seçiminde dikkat edilmesi gereken bir kaç kural verilebilir:

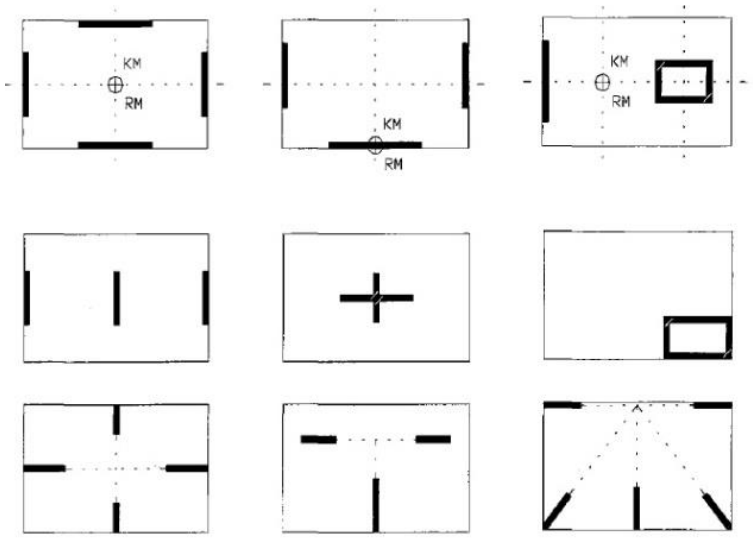
a- En büyük burulma rijitliğini sağlamak için, perdeler mümkün olduğunca kat planlarının dış çevrelerine, mümkünse köşelerine simetrik olarak yerleştirilmeye çalışılmalıdır.

b- Mümkün olduğu kadar fazla düşey yük, perdeler tarafından temele iletilmelidir. Bu sayede perdelerde eğilme donatısına az ihtiyaç olacaktır.

c- Özellikle deprem kuşağında yapılan çok katlı yapılarda, toplam yatay kuvvet dayanımının bir yada iki perdeyle sağlanmaya çalışılması durumunda, bu perdelere gelen yatay kuvvetlerin büyük olması sebebi ile perdeler için yapılacak temeller de boyut olarak büyüyecek ve özel önlem almak gerekecektir. Bu nedenle bu unsurdan kaçınılmasında fayda vardır.

d- Perde duvarlar özellikle çok katlı yapılı sistemlerde her iki yönde de yerleştirilmeye çalışılmalıdır. Bu şekilde bir önlem alınırsa rijitlik merkezi ile kütle merkezinin mesafesinin azaltılması ve dolayısıyla burulmaya karşı dayanım artışı sağlanabilir.

e- Perde duvarlar, simetrisi bozuk bir şekilde veya kat içinde belli bir bölgeye yoğunlaştırılarak düzenlenmemelidir (Şekil 2.15).



Şekil 2.15 : Betonarme perdelerin planda düzenlenme şekilleri.

2.8 Yapı Özellikleri

2.8.1. Rijitlik

Yatay yüklerin etkisi ile yapıda oluşan deformasyonların sınırlandırılması, rijitlik ölçüsü olarak adlandırılmaktadır. Aynı yanal kuvvet veya yük etkisi altındaki elemanlardan daha az deformasyon yapan eleman diğerine kıyasla daha rijittir denilebilmektedir. Bu yatay yükler etkisindeki şekil değiştirme kontrol etmek amacı ile çıkan bu rijitlik kavramı neticesinde, rijitlik ile binaların kullanılabilirlik sınır durumlarında oluşacak ötelenmeler belirlenir.

Rijitlik kavramı, deprem etkisi altındaki yapılarda hafif ve orta şiddetteki depremlerde yanal deformasyonların kalıcı ve büyük olmamasını, şiddetli olarak nitelendirilen depremlerde ise rijitliğin küçülebilmesini, yapının sünek davranması ve bina periyodunun büyüyerek bir dış kuvvet oluşumunu en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Özet olarak şekil değiştirme miktarı şekil değiştirmeye sebep olan kuvvetle ilişkilidir. Bu ilişki elemanın geometrik özelliklerinden ve malzemenin elastik özelliklerinden faydalanılarak kolayca kurulabilir. Kullanılabilirlik kriteri yeterli güvenliği sağladığında, elemandaki çatlakların etkisi ayrıca betonun çekmede katkısı, malzemenin özellikleri, elemanın geometrisi, kesit şeklini belirlerken bile düşünülmelidir.

Depreme dayanıklı bir yapı tasarlamak için yeterli rijitliğe sahip olması istenmektedir. Bu kavram perdeler için iki başlık altında incelenebilir. Ötelenme ve eğilme rijitliği olarak ele alınabilir.

a) Ötelenme Rijitliği

Ötelenme rijitliği tamamen yapıya etkiyen kuvvet ile bu kuvvet altında yapının ötelenmesi arasında bir ilişki kurar. Ötelenme rijitliği kolon, kiriş ve perdelerin kesit özelliklerinin yanında elemanların açıklık/uzunluk ve mesnet şartlarına da bağlı bir kavramdır.

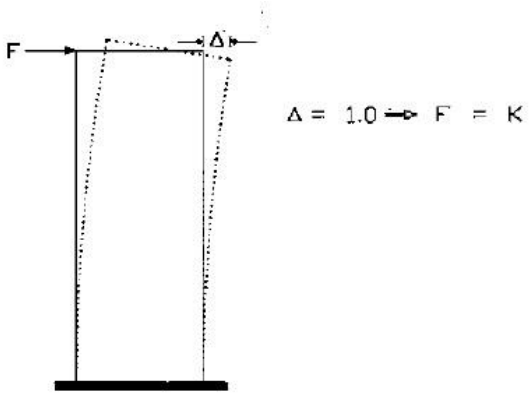
$K_{\Delta}(\Delta) = F$ Olarak tanımlanan rijitlikte,

K_{Δ} = Rijitlik

F = Kuvvet

Δ = Ötelenme olarak tanımlanır

Δ = 1.0 değerinde $K_{\Delta}(\Delta) = F$ olarak tanımlanır ve bu ötelenme rijitliğinin bir tanımıdır (Şekil 2.16).



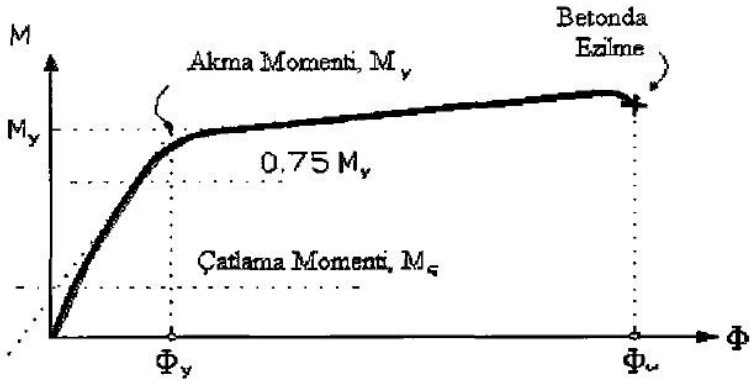
Şekil 2.16 : Konsol perde üzerinde ötelenme rijitliğinin tanımlanması.

b) Eğilme Rijitliği

Eğilme rijitliğinin ölçüsü Şekil 2.17'de verilen grafik üzerinde tanımlanır. Eğilme rijitliği yapıyı oluşturan elemanların kesit özellikleri ile ilgili bir kavramdır. Eğilme rijitliği, eleman kesiti üzerinde geliştirilen moment – eğrilik ilişkisi olarak ifade edilebilir. Eğilme rijitliğinin ölçüsü olan EI bu eğri üzerinde tanımlanır (Şekil 2.17).

Kullanılabilir sınır durumunun hesabında alınacak rijitlik akma dayanımında kesitin taşıyabileceği momentin %75'i oranındaki kuvvetin ölçüsüdür [4].

$$K = \frac{0.75F_y}{\Phi_y} \tag{2.1}$$



Şekil 2.17 : Momet eğrilik ilişkisi üzerindeki eğilme rijitliği.

2.8.2. Dayanım

Herhangi bir deprem esnasında, deprem kuvvetlerine maruz kalan yapıda genel durumda, üç sınır durumu göz önüne alınarak boyutlandırma yapılabilir. Bunlar, kullanılabilirlik sınır durumu, hasarın belli bir seviye ile sınırlandırıldığı durum ve son olarak da yapı göçmesinin sınır durumu. İlk olanda, çok sık meydana gelen depremler için yapıda kullanım durumunu etkileyecek çatlak ve sehimlerin ortaya çıkmaması ve oluşmaması istenir. Bunun için, bu büyüklükteki deprem etkisi altında taşıyıcı sistem elastik davranacak şekilde boyutlandırılır. İkinci durumda ise, orta şiddetteki depremleri yapının onarılabilir düzeyde hasarla karşılaması esas alınır. Bu durumda, kesitlerin yeterli dayanıma sahip olması beklenir. Bu dayanımlar hesaplanırken malzemelerin elastik olmayan davranışı göz önüne alınır. Ancak, taşıyıcı sistemin plastik davranış altında çözümlenmesi oldukça zor olduğu için, deprem yükü azaltma katsayıları kullanılarak elastik çözüm yapılır. Üçüncü sınır durumunda ise, yapının göçme durumu kontrol edilir. Buna göre statik hesaplara esas olan orta şiddetteki depremden daha büyük bir deprem durumunda hasar kabul edilir, fakat göçmenin kontrollü bir şekilde oluşması esas alınır. İstenilen türde göçmenin

ortaya çıkması durumu için, taşıyıcı sistem elemanlarının kapasiteleri kontrol edilerek, zayıf kesitin istenilen yerde oluşması sağlanır.

2.8.3. Süneklik

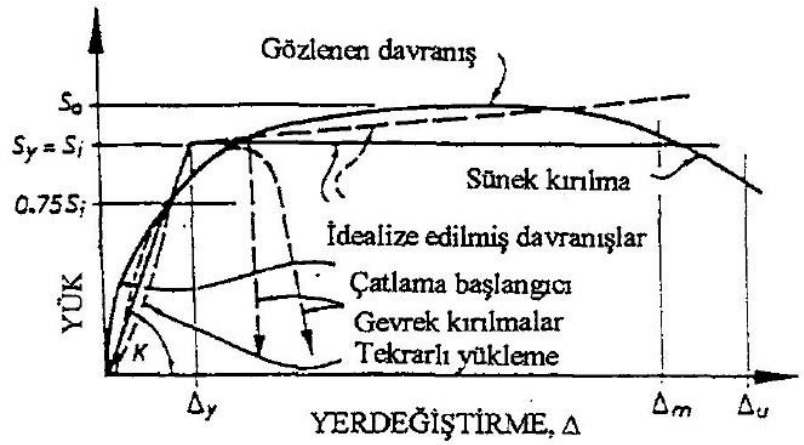
Orta şiddetteki depremlere maruz kalan yapılarda hayati tehlikeyi önlemek için büyük hasarları minimuma indirmek istenir. Büyük bir deprem yapıyı büyük şekil değiştirmelere zorladığında, yapının başlangıçta sahip olduğu dayanımın büyük bir bölümünü koruma yeteneğine sahip olması beklenir. Bu deformasyonlar elastik sınırın çok ötesinde olabilir. Yapıyı oluşturan, dayanımında önemli bir azalma olmadan plastik şekil değiştirme yapan malzemenin yada elemanın yeteneği süneklik olarak isimlendirilir. Süneklik, büyük şekil değiştirmeler yapabilme yeteneği ve enerji yutabilme, enerjiyi soğurabilme kapasitesinin de göstergesidir. Bunun için deprem etkilerinin aktif olduğu bölgelerde yapılan yapılarda, boyutlama yapan mühendis için en önemli ve arzu edilen özellik, yapının sünek davranmasıdır. Şekil 2.18'de Δ_u yer değiştirmesi ile gösterilen süneklik sınırı, dayanımın azalmaya başladığı sınırla ilişkilidir. Ulaşılan bu sınır göçme sınırı olarak isimlendirilmesine rağmen, yapıda güç tükenmesine ulaşmaksızın önemli plastik şekil değiştirmeler hala gözlenebilir. Şekil 2.18'e bakıldığında sünek göçme ile gevrek (ani) göçme arasındaki fark açıkça görülebilir. Gevrek göçme yıkım anında haber vermediği için tehlikeli boyutta sayılabilir. Gevrek göçme anında tamamı ile dağılma görülür ve dayanım tamamen kaybolur. Bu tip göçme, şiddetli depremlerde çok can kaybına sebep olur.

Süneklik, genel olarak toplam yer değiştirmenin akma yer değiştirmeye oranı olarak tanımlanır. Şekil 2.18'den faydalanılarak

$$\mu = \frac{\Delta}{\Delta_y} > 1 \tag{2.2}$$

Şeklinde ifade edilebilir. Denklemdeki Δve Δ_y yer değiştirmeleri, şekil değiştirmeyi, eğrilik yada dönmeyi ifade eder. Göçme anında meydana gelen süneklik için Şekil 2.18'den de faydalanılarak (2.3) şeklinde elde edilebilir.

$$\mu = \frac{\Delta_u}{\Delta_y} \tag{2.3}$$



Şekil 2.18 : Betonarme elemanlarda yük - yerdeğiştirme ilişkisi.

Yapının güvenilir olarak nitelendirilebilmesi için ilk aranan yapısal özellik sünek davranmasıdır. Bu sayede oluşabilecek hasarlar haberli ve kontrol altında tutulabilir olmaktadır. Dolayısı ile hayatı tehlikeler en aza indirilebilir.

Eğer yapı elemanlarını oluşturan malzeme sünek ise ancak o zaman yapı elemanlarındaki süneklilikten bahsedilebilir veya geliştirilebilir. Örnek olarak çekmede dayanım çelik ile sağlanırsa, istenilen sünekliği sağlamak oldukça kolay olacaktır. Ancak, çelik basınca maruz kaldığında erken burulması nedeni ile büyük plastik şekil değiştirmelerin oluşması engellenmelidir. Bu sebeple bazı önlemler almak gerekebilir.

Beton doğası gereği gevrek bir malzeme olarak nitelendirilir. Betonun çekme dayanımı çok küçük olmasına rağmen bu malzeme kullanım amacı olarak basınç gerilmeleri için uygundur. Ancak, özel önlemler almadıkça basınçta meydana gelen maksimum şekil değiştirmeler de oldukça sınırlıdır.

Çelik ve betondan meydana gelen kompozit yapının detaylandırılmasındaki ilk amaç, bu malzemeleri o şekilde birleştirelim ki sünek bir eleman ortaya çıksın ve bu elemanlar şiddetli depremlere maruz kaldıklarında plastik şekil değiştirme yapabilir seviyede olsun istenir.

Betonarme yapıların projelerinin hazırlanmasında, yerleştirme çizimlerinin hazırlığı, çelik donatıların biçimleri ve cinsleri, yapılarda donatıların yerlerinin belirtilmesini kapsar. Kullanma yükleri altında yapının her bir bölümünün güvenli bir şekilde davranışını sağlayacak boyutlama yöntemi ile detaylandırma birleştirilmelidir.

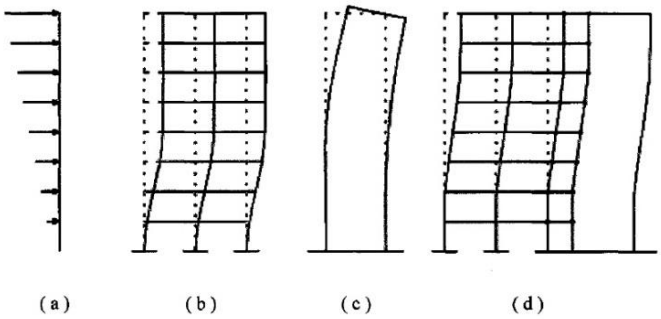
Ayrıca seçilen kritik bölgelerin büyük plastik şekil değiştirmeler yapmaya uygun olması gerekir. Donatı çapının seçimi, donatıların yerleştirilmesi, eğilme donatısı kesim yerleri ve eklenmesi, donatının kenetlenmesi gibi hususlara kayma dayanımını sağlamak ve kritik bölgede de yapıyı daha sünek yapmak amacı ile detaylandırmada dikkat etmek gerekir.

Yapısal davranışı anlamaya, değişen ekonomi taleplerini değerlendirmeye, yapının yapım aşamasındaki sınırlamalara dayanan detaylandırma yapı boyutlandırma sanatında en az diğer nitelikler kadar önemlidir.

2.9 Perde-Çerçeveli Sistem Etkileşimleri

Bir yapıda yanal deprem kuvvetleri, taşıyıcı sistemi sadece perdelerden oluşan sistemlerle taşınabileceği veya sadece çerçeveli sistemlerde taşınabileceği gibi, aynı zamanda her iki taşıyıcı sistemin birlikte kullanılması ile de karşılanabilir. Bu şekilde çerçeve ve perdelerin birlikte kullanıldığı sistemlere kompozit veya karma sistemler denilir. Yüksek yapıların birçoğunda böyle sistemler her iki sistemin de avantajlarının birleştirilmesi sebebi ile tercih edilmektedir.

Perdeli ve çerçeveli teşkil edilen sistemlerde her iki sistemin avantajlarının birleştirilmesine örnek olarak, alt uçlarda ankastre perdeler çok rijit olduğundan deprem sırasında alt katlarda kat yer değiştirmelerinin küçük kalmasını sağlarlar. Ayrıca kolon mafsallarını içeren kat mekanizmasının oluşmasını kolayca ortadan kaldırabilir. Buna karşılık perdelerle teşkil edilen sünek çerçeveler ise, üst katlarda enerji dağılımının büyük bir kısmını karşılayarak deplasmanları azaltırlar.



Şekil 2.19 : Perde - çerçeve yapısındaki yanal yük etkime durumu altında perde çerçeve etkileşimi.

Yatay kuvvetler etkisinde bir çerçeve, kesme modunda bir yer değiştirme yapar (Şekil2.19b). Buna karşın perde, öncelikle eğilme yer değiştirmeleri ile bir düşey konsol gibi davranacaktır (Şekil 2.19c). Şekil değiştirmelerin uyumluluğu, çerçeve ve perdelerin her katta belirli yanal yer değiştirmelerinin sağlanmasını amaçlar (Şekil 2.19d). Karma sistemlerin karşılıklı etkileşim sonucundaki hareketi gözlenmektedir.

Perdenin şekil değiştirmesinde eğilme momenti etkili olmakta ve yükün etkidiği seviyenin üstünde sabit bir eğim ortaya çıkmaktadır. Bu şekil değiştirmenin özelliğinden dolayı başlangıçta yatay olan her kata bir dönme olmaktadır. Çerçevelerde ise yatay ötelemeler alt katlarda meydana gelmekte ve yükün üzerindeki katlar ise yukarı doğru düşey doğrultuya gelmektedir. Yer değiştirmelerin bu şekilde farklı olması sebebi ile üst katlarda perdenin yatay yer değiştirmesi çerçeveler tarafından engellenir. Bu nedenle alt katlarda iki sistem yatay yükün taşınmasında birbirlerine yardım ederken, üst katlarda perdeye etkiyen yük işaret değiştirir.

3. GÜNCEL DEPREM YÖNETMELİĞİ 2007'DEKİ İLGİLİ BÖLÜMLER

Bu bölümde işlenecek olan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'nin [11] ve TS 500'e [12] yapılan atıfların yalnızca tez çalışmasını kapsayacak olan bilgilerine yer verilecektir.

Bu yönetmelik hükümleri, deprem bölgelerinde yeni yapılacak binalar ile daha önce yapılmış mevcut binalara uygulanır.

Bu Yönetmeliğe göre yeni yapılacak binaların depreme dayanıklı tasarımının ana ilkesi; hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlanmasıdır.

Bu Yönetmeliğe göre yeni binaların tasarımında esas alınacak tasarım depremi, şiddetli depreme karşı gelmektedir. Bölüm 3, Çizelge 3.1'te tanımlanan Bina Önem Katsayısı I = 1 olan binalar için, tasarım depreminin 50 yıllık bir süre içinde aşılma olasılığı %10'dur. Farklı aşılma olasılıklı depremler, mevcut binaların değerlendirmesi ve güçlendirilmesinde gözönüne alınmak üzere farklı bir bölümde tanımlanmıştır.

Bu Yönetmelik hükümleri, betonarme (yerinde dökülmüş ve öngerilmeli veya öngerilmesiz prefabrike), çelik ve yığma binalar ile bina türü yapılar için geçerlidir.

3.1 Zemin Koşullarının Belirlenmesi

3.1.1 Zemin grupları ve yerel zemin sınıfları

Bu Yönetmelikte yerel zemin koşullarının tanımlanması için esas alınan zemin grupları Çizelge 3.1'de, yerel zemin sınıfları ise Çizelge 3.2'de verilmiştir. Çizelge 3.1'deki zemin parametrelerine ilişkin değerler, zemin gruplarının belirlenmesinde yol göstermek üzere verilen standart değerlerdir.

Aşağıda belirtilen binalarda, gerekli saha ve laboratuar deneylerine dayanan zemin araştırmalarının yapılması, ilgili raporların düzenlenmesi ve proje dökümanlarına eklenmesi zorunludur. Raporlarda Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2'ye göre tanımlanan zemin grupları ve yerel zemin sınıfları açık olarak belirtilecektir.

(a) Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde toplam yüksekliği 60 m'den fazla olan tüm binalar,

(b) Bütün deprem bölgelerinde, bina yüksekliğinden bağımsız olarak, Bölüm 2'de Çizelge 2.3 ile tanımlanan Bina Önem Katsayısı'nın I =1.5 ve I =1.4 olduğu binalar.

Yukarıdaki belirtilenlerin kapsamı dışında kalan diğer binalar için ise, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, zemin gruplarının ve yerel zemin sınıflarının Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2'deki tanımlara göre belirlenmesini sağlayacak yerel bilgilerin ya da gözlem sonuçlarının deprem hesap raporlarında belirtilmesi veya bu konuda yayınlanmış kaynaklara referans verilmesi zorunludur.

Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, Çizelge 3.1'de (C) ve (D) gruplarına giren zeminlerde, deprem yükleri altında kazıkların yatay yataklanma parametreleri ile yatay ve eksenel yük taşıma güçlerinin belirlenmesi, saha ve laboratuar deneylerini içeren zemin araştırmalarına göre yapılacaktır.

Çizelge 3.1 : Zemin grupları.

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Stand. Penetr. (N/30)	Relatif Sıkılık (%)	Serbest Basınç Direnci (kPa)	Kayma Dalgası Hızı (m/s)
(A)	1. Masif volkanik kayaçlar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayaçlar, sert çimentolu tortul kayaçlar.... 2. Çok sıkı kum, çakıl.....	— > 50 > 32	— 85–100 —	> 1000 — > 400	> 1000 > 700 > 700
(B)	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayaçlar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayaçlar.... 2. Sıkı kum, çakıl.....	— 30–50 16–32	— 65–85 —	500–1000 — 200–400	700–1000 400–700 300–700

(C)	1.Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayaçlar ve çimentolu tortul kayaçlar.....….. 2. Orta sıkı kum, çakıl.....	— 10–30 8–16	— 35–65 —	< 500 — 100–200	400–700 200–400 200–300
(D)	1.Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları..... 2. Gevşek kum.....	— < 10 < 8	— < 35 —	— — < 100	< 200 < 200 < 200

Çizelge 3.2 : Yerel zemin sınıfları.

Yerel Zemin Sınıfı	Tablo 6.1'e Göre Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h_1)
Z1	(A) grubu zeminler h_1 δ 15 m olan (B) grubu zeminler
Z2	h_1 > 15 m olan (B) grubu zeminler h_1 δ 15 m olan (C) grubu zeminler
Z3	15 m < h_1 δ 50 m olan (C) grubu zeminler h_1 δ 10 m olan (D) grubu zeminler
Z4	h_1 > 50 m olan (C) grubu zeminler h_1 > 10 m olan (D) grubu zeminler

Çizelge 3.2'ye İlişkin Notlar:

(a) Temel tabanı altındaki en üst zemin tabakası kalınlığının 3 metreden az olması durumunda, bir alttaki tabaka, Çizelge 3.2'de belirtilen en üst zemin tabakası olarak gözönüne alınabilir.

(b) Temel sisteminin düşey ya da düşeye göre eğimi 1/6'ya eşit veya daha az eğik kazıklardan oluşması durumunda, Çizelge 3.2'de belirtilen en üst zemin tabakası, en kısa kazığın alt ucundaki tabaka olarak yorumlanabilir. Ancak bu durumda deprem hesabında kazıkların, bina taşıyıcı sisteminin elemanları olarak üstyapı ile birlikte gözönüne alınması veya yatay ve düşey kazık rijitliklerinin kazık başlıklarının altında eşdeğer yaylarla idealleştirilmesi zorunludur. Hesaplarda, grup etkisi de dikkate alınarak kazıkların zemine yatay ve düşey doğrultulardaki yataklanmaları (kazık-zemin etkileşimi) ile birlikte, kazık başlıklarının ve bağ kirişlerinin rijitlik ve eylemsizlik özellikleri mutlaka gözönüne alınacaktır.

3.2 Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması: Spektral İvme Katsayısı

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan Spektral İvme Katsayısı, A(T), Denk.(3.1) ile verilmiştir. %5 sönüm oranı için tanımlanan Elastik İvme Spektrumu'nun ordinatı olan Elastik Spektral İvme, $S_a(T)$, Spektral İvme Katsayısı ile yerçekimi ivmesi g'nin çarpımına karşı gelmektedir.

$$A(T) = A_o\, I\, S(T)$$

$$S_{ae}(T) = A(T)\, g \qquad (3.1)$$

Etkin Yer İvmesi Katsayısı

Denk.(3.1)'de yer alan Etkin Yer İvmesi Katsayısı, A_O , Çizelge 3.3'de tanımlanmıştır.

Çizelge 3.3 : Etkin yer ivme katsayısı (A_O).

Deprem Bölgesi	A_O
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Bina Önem Katsayısı

Denk.(3.1)'de yer alan Bina Önem Katsayısı, I , Çizelge 3.4'te tanımlanmıştır.

Çizelge 3.4 : Bina önem katsayısı (I).

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı (I)
1.Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5

2.İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. b) Müzeler	1.4
3.İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
4.Diğer binalar Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)	1.0

Spektrum Katsayısı

Denk.(3.1)'de yer alan Spektrum Katsayısı, S(T), yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T'ye bağlı olarak Denk.(3.2) ile hesaplanacaktır (Şekil 3.5).

$$S(T) = 1 + 1.5\frac{T}{T_A} \qquad (0 \le T \le T_A)$$

$$S(T) = 2.5 \qquad (0 \le T \le T_A) \qquad (3.2)$$

$$S(T) = 2.5\left(\frac{T_B}{T}\right)^{0.8} \qquad (T_B < T)$$

Denk.(3.2)'deki Spektrum Karakteristik Periyotları, T_A ve T_B , Çizelge 3.2 ile tanımlanan Yerel Zemin Sınıfları'na bağlı olarak Tablo 3.5'te verilmiştir.

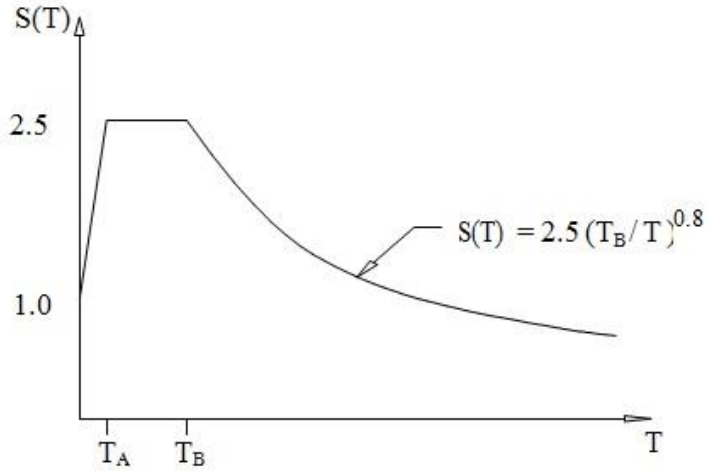
Çizelge 3.5 : Spektrum karakteristik periyotları (T_A , T_B).

Tablo 3.2'ye göre Yerel Zemin Sınıfı	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Özel Tasarım İvme Spektrumları

Gerekli durumlarda elastik tasarım ivme spektrumu, yerel deprem ve zemin koşulları gözönüne alınarak yapılacak özel araştırmalarla da belirlenebilir. Ancak, bu şekilde belirlenecek ivme spektrumu ordinatlarına karşı gelen spektral ivme katsayıları, tüm periyotlar için, Çizelge 3.5'teki ilgili karakteristik periyotlar

gözönüne alınarak Denk. (3.1)'den bulunacak değerlerden hiçbir zaman daha küçük olmayacaktır.



Şekil 3.1 : Spektrum katsayı grafiği.

3.3 Elastik Deprem Yüklerinin Azaltılması: Deprem Yükü Azaltma Katsayısı

Depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışını gözönüne almak üzere, 3.2'te verilen spektral ivme katsayısına göre bulunacak elastik deprem yükleri, aşağıda tanımlanan Deprem Yükü Azaltma Katsayısı'na bölünecektir. Deprem Yükü Azaltma Katsayısı, çeşitli taşıyıcı sistemler için Tablo 3.6'da tanımlanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, R'ye ve doğal titreşim periyodu, T'ye bağlı olarak Denk.(3.3) ile belirlenecektir.

$$R_a(T) = 1.5 + (R - 1.5)\frac{T}{T_A} \qquad (0 \le T \le T_A)$$

$$R_a(T) = R \qquad (T_A < T) \qquad (3.3)$$

Taşıyıcı sistemlerin Süneklik Düzeylerine İlişkin Genel Koşullar

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayıları Çizelge 3.6'te verilen süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemler ve süneklik düzeyi normal taşıyıcı sistemler'e ilişkin tanımlar ve uyulması gerekli koşullar, betonarme binalar için verilmiştir.

Çizelge 3.6'da süneklik düzeyi yüksek olarak gözönüne alınacak taşıyıcı sistemlerde, süneklik düzeyinin her iki yatay deprem doğrultusunda da yüksek olması zorunludur. Süneklik düzeyi bir deprem doğrultusunda yüksek veya karma, buna dik diğer deprem doğrultusunda ise normal olan sistemler, her iki doğrultuda da süneklik düzeyi normal sistemler olarak sayılacaktır. Süneklik düzeyleri her iki doğrultuda aynı olan veya bir doğrultuda yüksek, diğer doğrultuda karma olan sistemlerde, farklı doğrultularda birbirinden farklı R katsayıları kullanılabilir.

Çizelge 3.6 : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R).

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	Süneklik Düzeyi Normal Sistemler	Süneklik Düzeyi Yüksek
(1)YERİNDEDÖKME BETONARMEBİNALAR (1.1)		
Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4	8
(1.2) Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar.....	4	7
(1.3) Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar.....	4	6
(1.4) Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar..	4	7
(2)PREFABRİKEBETONARMEBİNALAR		
(2.1) Deprem yüklerinin tamamının bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen çerçevelerle taşındığı binalar	3	7
(2.2) Deprem yüklerinin tamamının, üstteki bağlantıları mafsallı olan kolonlar tarafından taşındığı tek katlı binalar.....	—	3
(2.3) Deprem yüklerinin tamamının prefabrike veya yerinde dökme boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı, çerçeve bağlantıları mafsallı olan prefabrike binalar..	—	5
(2.4) Deprem yüklerinin, bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen prefabrike çerçeveler ile yerinde dökme boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar.....	3	6

(3)ÇELİK BİNALAR		
(3.1) Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar.....….	5	8
(3.2) Deprem yüklerinin tamamının, üstteki bağlantıları mafsallı olan kolonlar tarafından taşındığı tek katlı binalar.....	—	4
(3.3) Deprem yüklerinin tamamının çaprazlı perdeler veya yerinde dökme betonarme perdeler tarafından taşındığı binalar		
(a) Çaprazların merkezi olması durumu.....….	4	5
(b) Çaprazların dışmerkez olması durumu.....….	—	7
(c) Betonarme perdelerin kullanılması durumu.....	4	6
(3.4) Deprem yüklerinin çerçeveler ile birlikte çaprazlı çelik perdeler veya yerinde dökme betonarme perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar		
(a) Çaprazların merkezi olması durumu.....….	5	6
(b) Çaprazların dışmerkez olması durumu.....….	—	8
(c) Betonarme perdelerin kullanılması durumu.....	4	7

3.4 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile Deprem Yükünün Belirlenmesi

a) Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi, tüm binaların ve bina türü yapıların deprem hesabında kullanılabilir.

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yükü (taban kesme kuvveti), V_t , Denk.(3.4) ile belirlenecektir.

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0{,}10 A_0 IW \tag{3.4}$$

Denk.(3.4)'te yer alan ve binanın deprem yüklerinin hesaplanmasında kullanılacak toplam ağırlığı, W, Denk.(3.5) ile belirlenecektir.

$$W = \sum_{i=1}^{N} w_i \tag{3.5}$$

Denklem (3.5)'deki w_i kat ağırlıkları ise Denklem (3.6) ile hesaplanacaktır.

$$w_i = g_i + nq_i \tag{3.6}$$

Denk.(3.6)'da yer alan Hareketli Yük Katılım Katsayısı, n , Çizelge 3.7'de verilmiştir.

Endüstri binalarında sabit ekipman ağırlıkları için n = 1 alınacak, ancak vinç

kaldırma yükleri kat ağırlıklarının hesabında gözönüne alınmayacaktır. Deprem yüklerinin belirlenmesinde kullanılacak çatı katı ağırlığının hesabında kar yüklerinin %30'u gözönüne alınacaktır.

Çizelge 3.7 : Hareketli yük katılım katsayısı.

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza, vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, vb.	0.30

b) Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi

Denk.(3.4) ile hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak Denk.(3.7) ile ifade edilir (Şekil 3.2a).

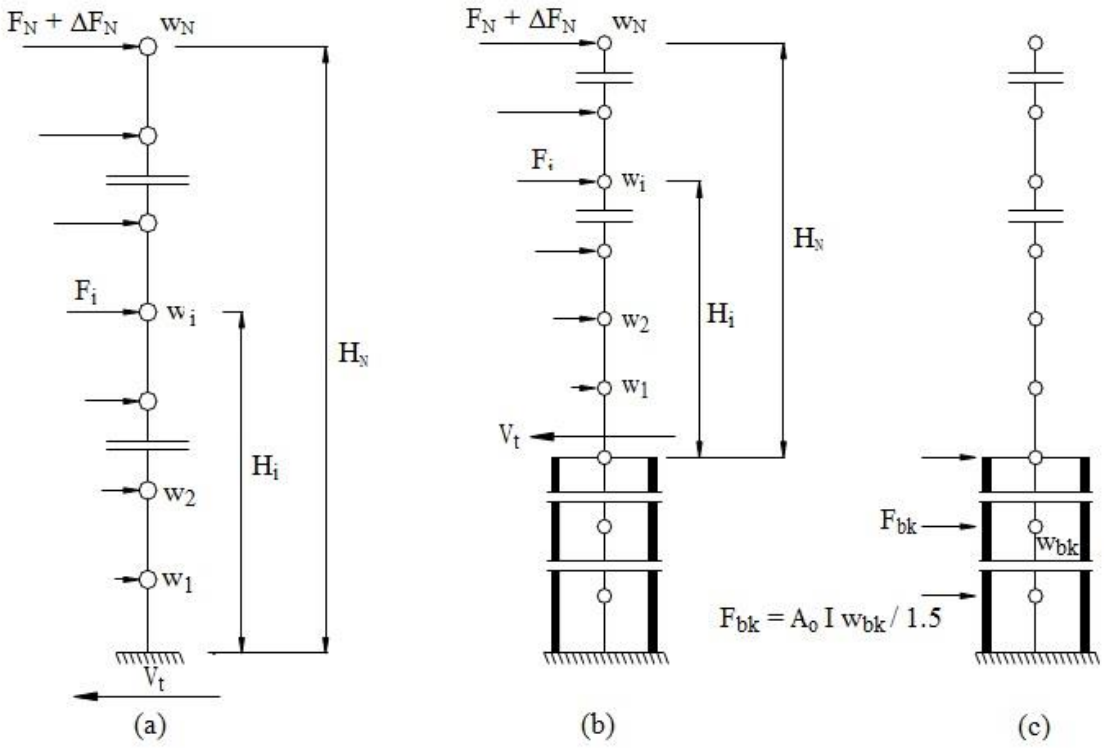
$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^{N} F_i \tag{3.7}$$

Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N'in değeri Denk.(3.8) ile belirlenecektir.

$$\Delta F_N = 0.0075 N V_t \tag{3.8}$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışında geri kalan kısmı, N'inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına Denk.(3.9) ile dağıtılacaktır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{i=1}^{N} w_j H_j} \tag{3.9}$$



Şekil 3.2 : Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi.

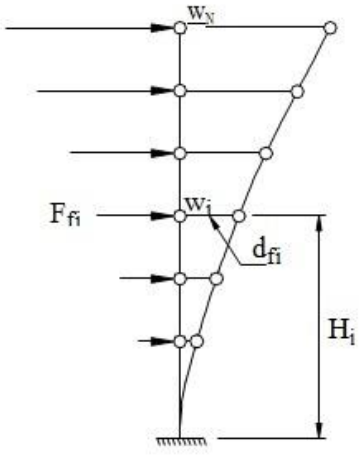
3.5 Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin uygulanması durumunda, binanın deprem doğrultusundaki hakim doğal periyodu, Denk.(3.10) ile hesaplanan değerden daha büyük alınmayacaktır.

$$T_1 = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^{N} (m_i d_{fi}^2)}{\sum_{i=1}^{N} (F_{fi} d_{fi})} \right)^{1/2} \qquad (3.10)$$

i'inci kata etkiyen fiktif yükü gösteren F_{fi} , Denk.(3.9)'da $(V_t - \Delta F_N)$ yerine herhangi bir değer (örneğin birim değer) konularak elde edilecektir (Şekil 3.3).

Denk.(3.10) ile hesaplanan değerden bağımsız olarak, bodrum kat(lar) hariç kat sayısı N > 13 olan binalarda doğal periyod, 0.1N'den daha büyük alınmayacaktır.



Şekil 3.3 : Herhangi bir kata etkiyen fiktif yükün belirlenmesi

3.6 Betonarme Binalar İçin Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları

3.6.1. Süneklik düzeyi yüksek perdeler

<u>En kesit Koşulları</u>

Perdeler, planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az yedi olan düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Özel durumlar dışında, gövde bölgesindeki perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/20'sinden ve 200 mm'den az olmayacaktır.

Taşıyıcı sistemi sadece perdelerden oluşan binalarda, Denk.(3.11) ile verilen koşulların her ikisinin de sağlanması durumunda perde kalınlığı, binadaki en yüksek katın yüksekliğinin 1/20'sinden ve 150 mm'den az olmayacaktır.

$$\sum A_g / \sum A_p \geq 0,002$$

$$V_t / \sum A_g \leq 0,5 f_{ctd} \qquad (3.11)$$

Denk.(3.11), bodrum katlarının çevresinde çok rijit betonarme perdelerin bulunduğu binalarda zemin kat düzeyinde, diğer binalarda ise temel üst kotu düzeyinde uygulanacaktır.

Kat yüksekliği 6 m'den daha büyük olan ve kat yüksekliğinin en az 1/5'ine eşit uzunluktaki elemanlarla yanal doğrultuda tutulan perdelerde, gövde bölgesindeki perde kalınlığı, yanal doğrultuda tutulduğu noktalar arasındaki yatay uzunluğun

en az 1/20'sine eşit olabilir. Ancak bu kalınlık 300 mm'den az olamaz.

Perde Uç Bölgeleri ve Kritik Perde Yüksekliği

H_w / ℓ_w > 2.0 olan perdelerin planda her iki ucunda perde uç bölgeleri oluşturulacaktır (Şekil 3.4). Perde uç bölgelerindeki perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/15'inden ve 200 mm'den az olmayacaktır. Kat yüksekliği 6 m'den daha büyük olan perdelerin uç bölgelerinin, kat yüksekliğinin en az 1/5'ine eşit uzunluktaki elemanlarla yanal doğrultuda tutulduğu durumlarda, uç bölgesindeki perde kalınlığı, yanal doğrultuda tutulan noktalar arasındaki yatay uzunluğun en az 1/20'sine eşit olabilir. Ancak, bu kalınlık kat yüksekliğinin 1/20'sinden veya 300 mm'den az olamaz. Perde uç bölgeleri, perde uç bölgesinin kendi kalınlığı içinde oluşturulabileceği gibi, perdeye birleşen diğer bir perdenin içinde de düzenlenebilir.

Temel üstünden veya perdenin plandaki uzunluğunun %20 den daha fazla küçüldüğü seviyeden itibaren kritik perde yüksekliği, $2\ell_w$ değerini aşmamak üzere, Denk.(3.12)'de verilen koşulların elverişsiz olanını sağlayacak biçimde belirlenecektir.

$$H_{cr} \geq l_w$$

$$H_{cr} \geq H_w / 6 \qquad (3.12)$$

Burada H_w, temel üstünden veya perdenin plandaki uzunluğunun %20'den daha fazla küçüldüğü seviyeden itibaren ölçülen perde yüksekliğidir. Bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme çevre perdelerinin bulunduğu ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, H_w ve H_{cr} büyüklükleri zemin kat döşemesinden itibaren yukarıya doğru gözönüne alınacaktır. Bu tür binalarda kritik perde yüksekliği, en az zemin katın altındaki ilk bodrum katının yüksekliği boyunca aşağıya doğru ayrıca uzatılacaktır.

Dikdörtgen kesitli perdelerde, yukarıda tanımlanan kritik perde yüksekliği boyunca uç bölgelerinin her birinin plandaki uzunluğu, perdenin plandaki toplam uzunluğunun %20'sinden ve perde kalınlığının iki katından daha az olmayacaktır.

Kritik perde yüksekliğinin üstünde kalan perde kesimi boyunca ise, perde uç bölgelerinin her birinin plandaki uzunluğu, perdenin plandaki toplam uzunluğunun %10'undan ve perde kalınlığından az olmayacaktır (Şekil 3.4).

Perde uç bölgelerinin, perdeye birleşen diğer bir perdenin veya perdenin ucunda genişletilmiş bir kesitin içinde düzenlenmesi durumunda; her bir perde uç bölgesinin enkesit alanı, en az dikdörtgen kesitli perdeler için üst paragrafda tanımlanan alana eşit olacaktır.

Gövde Donatısı Koşulları

Perdenin her iki yüzündeki gövde donatılarının toplam enkesit alanı, düşey ve yatay donatıların her biri için, perde uç bölgelerinin arasında kalan perde gövdesi brüt enkesit alanının 0.0025'inden az olmayacaktır. $H_W / \ell_W \leq 2.0$ olması durumunda perde gövdesi, perdenin tüm kesiti olarak gözönüne alınacaktır. Perde gövdesinde boyuna ve enine donatı aralığı 250 mm'den fazla olmayacaktır (Şekil 3.4).

Denk.(3.11) ile verilen koşulların her ikisinin de sağlandığı binalarda, düşey ve yatay toplam gövde donatısı oranlarının herbiri 0.0015'e indirilebilir. Ancak bu durumda donatı aralığı 300 mm'yi geçmeyecektir.

Uç bölgeleri dışında, perde gövdelerinin her iki yüzündeki donatı ağları, beher metrekare perde yüzünde en az 4 adet özel deprem çirozu ile karşılıklı olarak bağlanacaktır. Kritik perde yüksekliği boyunca, uç bölgeleri dışındaki beher metrekare perde yüzünde en az 10 adet özel deprem çirozu kullanılacaktır. Çirozların çapı, en az yatay donatının çapı kadar olacaktır.

Gövde Donatılarının Düzenlenmesi

Perdelerin yatay gövde donatıları, alttaki iki paragrafda belirtildiği şekilde düzenlenebilir (Şekil 3.4). Bu şekilde düzenlenen yatay gövde donatıları, kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgelerine konulacak sargı donatısının belirlenmesinde hesaba katılabilir.

Yatay gövde donatıları etriyelerle sarılı perde uç bölgesinin sonunda 90 derece kıvrılarak karşı yüzde köşedeki düşey donatıya 135 derecelik kanca ile bağlanacaktır.

Yatay gövde donatılarının perde ucunda 90 derece kıvrım yapılmaksızın bitirilmesi durumunda, perdenin her iki ucuna gövde donatısı ile aynı çapta olan ⊃ biçiminde yatay donatılar yerleştirilecektir. Bu donatılar, perde uç bölgesinin iç sınırından itibaren perde gövdesine doğru en az kenetlenme boyu kadar uzatılacaklardır. Ancak, gövde donatısının kenetlenme boyunun perde uç bölgesi uzunluğundan daha küçük veya eşit olması durumunda ⊃ biçimindeki donatılar konmayabilir. Bu durumda perde uç bölgelerindeki enine donatının birim boydaki toplam alanı, perde gövdesindeki yatay donatının birim boydaki toplam alanından az olmayacaktır.

Perde Uç Bölgelerinin Donatı Koşulları

Perde uç bölgelerinin her birinde, düşey donatı toplam alanının perde brüt enkesit alanına oranı 0.001'den az olmayacaktır. Ancak, kritik perde yüksekliği boyunca bu oran 0.002'ye çıkarılacaktır. Perde uç bölgelerinin her birinde düşey donatı miktarı 4∅14'ten az olmayacaktır (Şekil 3.4).

Perde uç bölgelerindeki düşey donatılar, aşağıdaki kurallara uyularak, kolonlarda olduğu gibi etriyeler ve/veya çirozlardan oluşan enine donatılarla sarılacaktır.

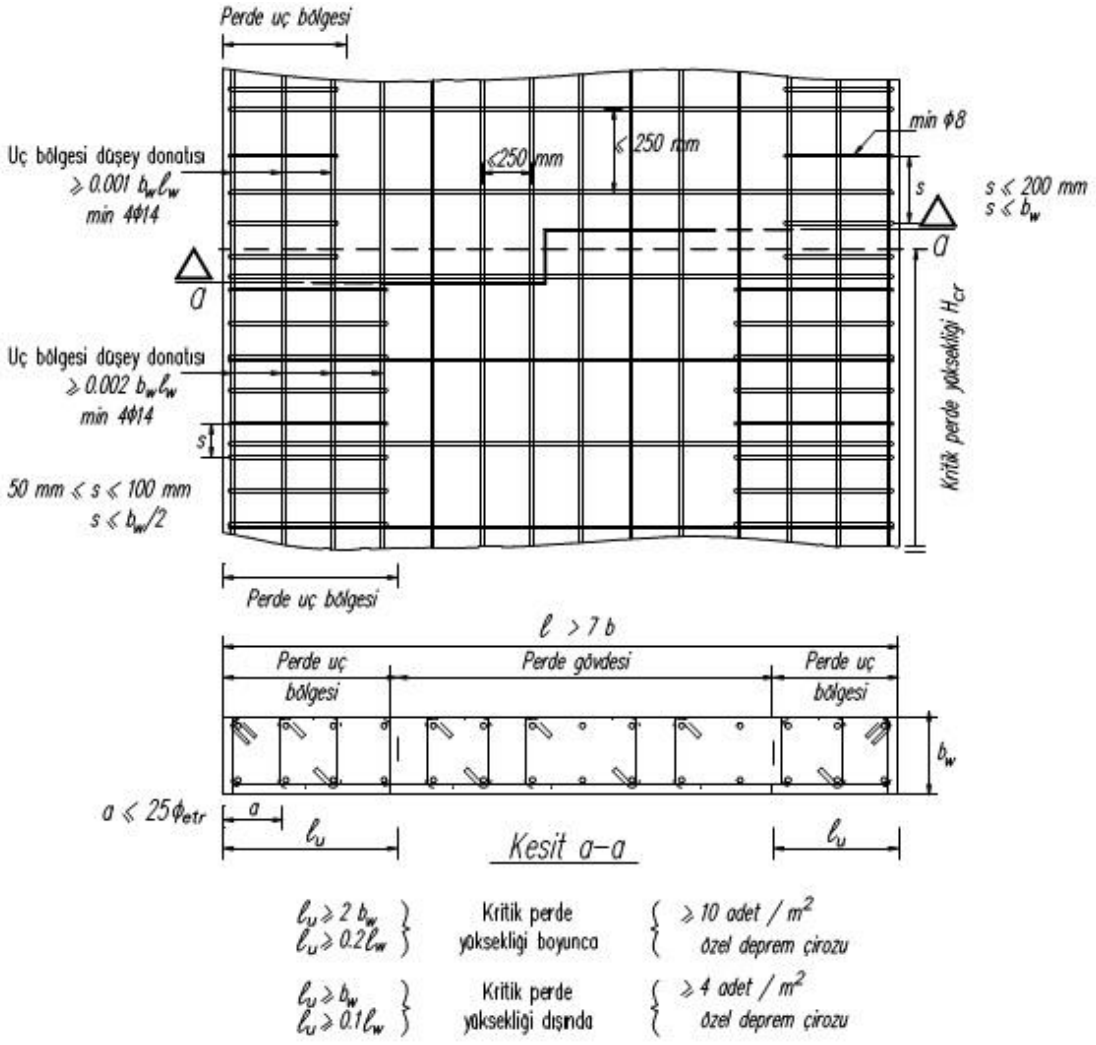
- Uç bölgelerinde kullanılacak enine donatının çapı 8 mm'den az olmayacaktır. Etriye kollarının veya çirozların arasındaki yatay uzaklık, a, etriye ve çiroz çapının 25 katından fazla olmayacaktır.
- Düşey doğrultuda etriye ve/veya çiroz aralığı perde kalınlığının yarısından ve 100 mm'den daha fazla, 50 mm'den daha az olmayacaktır (Şekil 3.4). Bu donatılar, temelin içinde de en az perde kalınlığının iki katı kadar bir yükseklik boyunca devam ettirilecektir.
- Kritik perde yüksekliğinin dışında kalan perde uç bölgelerinde düşey doğrultudaki etriye ve/veya çiroz aralığı, perde duvar kalınlığından ve 200 mm'den daha fazla olmayacaktır (Şekil 3.4).

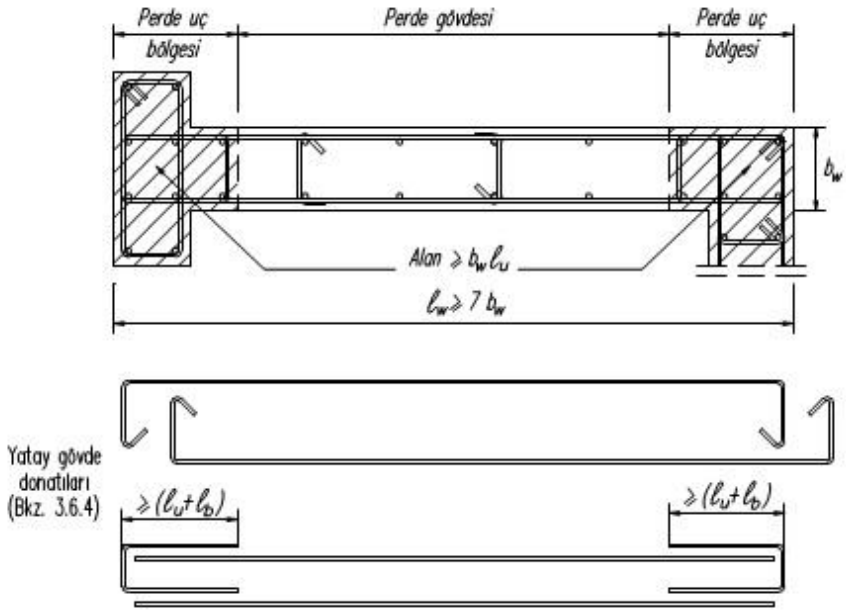
Tasarım Eğilme Momentleri ve Kesme Kuvvetleri

$H_W / \ell_W > 2.0$ koşulunu sağlayan perdelerde tasarıma esas eğilme momentleri,

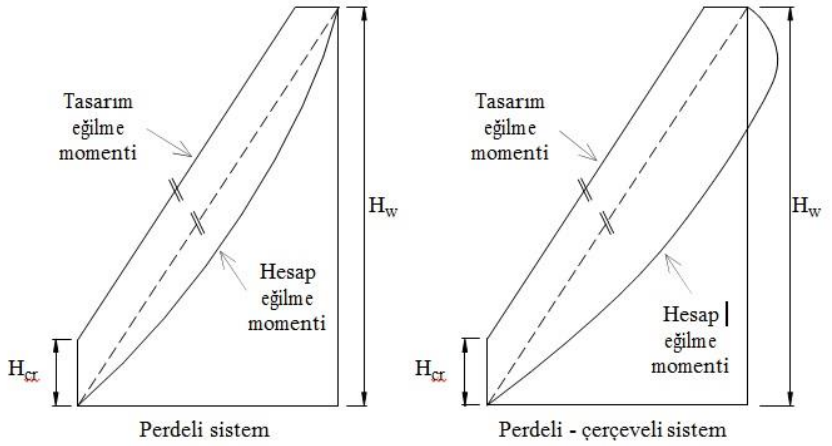
belirlenen kritik perde yüksekliği boyunca sabit bir değer olarak, perde tabanında Bölüm 2'ye göre hesaplanan eğilme momentine eşit alınacaktır. Kritik perde

yüksekliğinin sona erdiği kesidin üstünde ise, Bölüm 2'ye göre perdenin tabanında ve tepesinde hesaplanan momentleri birleştiren doğruya paralel olan doğrusal moment diyagramı uygulanacaktır (Şekil 3.5). Çevresinde rijit perdeler bulunan bodrumlu binalarda sabit perde momenti, kritik perde yüksekliği boyunca gözönüne alınacaktır. $H_W / \ell_W \leq 2.0$ olan perdelerin bütün kesitlerinde tasarım eğilme momentleri, Bölüm 2'ye göre hesaplanan eğilme momentlerine eşit alınacaktır.





Şekil 3.4 : Süneklik düzeyi yüksek perde detayı.



Şekil 3.5 : Perdeler için tasarım eğilme momenti.

H_w / ℓ_w > 2.0 olması durumunda, her bir katta perde kesitlerinin taşıma gücü momentlerinin, perdenin güçlü doğrultusunda kolonlar için Denk.(3.13) ile verilen koşulu sağlaması zorunludur. Aksi durumda perde boyutları ve/veya donatıları arttırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

$$(M_{ra} + M_{rü}) \geq 1,2(M_{ri} + M_{rj}) \qquad (3.13)$$

H_w / ℓ_w > 2.0 koşulunu sağlayan perdelerde, gözönüne alınan herhangi bir kesitte

enine donatı hesabında esas alınacak tasarım kesme kuvveti, V_e , Denk.(3.14) ile hesaplanacaktır.

$$V_e = \beta_v \frac{(M_P)_t}{(M_d)_t} V_d \qquad (3.14)$$

Bu bağıntıda yer alan kesme kuvveti dinamik büyütme katsayısı β_V = 1.5 alınacaktır. Ancak, deprem yükünün tamamının betonarme perdelerle taşındığı binalarda β_V = 1.0 alınabilir. Daha kesin hesap yapılmadığı durumlarda $(M_p)_t \approx 1.25\ (M_r)_t$ alınabilir. Düşey yükler ile birlikte R_a = 2 alınarak Bölüm 2'ye göre depremden hesaplanan kesme kuvvetinin Denk. (3.14) ile hesaplanan V_e'den küçük olması durumunda, V_e yerine bu kesme kuvveti kullanılacaktır. $H_W / \ell_W \leq 2.0$ olan perdelerin bütün kesitlerinde tasarım kesme kuvvetleri, Bölüm 2'ye göre hesaplanan kesme kuvvetlerine eşit alınacaktır.

Perdelerin Kesme Güvenliği

Perde kesitlerinin kesme dayanımı, V_r , aşağıdaki gibi hesaplanacaktır.

$$V_r = A_{ch}(0,65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{ywd})$$

V_e tasarım kesme kuvveti aşağıdaki koşulları sağlayacaktır:

$$V_e \leq V_r$$

$$V_e \leq 0,22 A_{ch} f_{cd}$$

Aksi durumda, perde enine donatısı ve/veya perde kesit boyutları bu koşullar sağlanmak üzere arttırılacaktır.

Temele bağlantı düzeyinde ve üst katlarda yapılacak yatay inşaat derzlerindeki düşey donatı, o kesitte aktarılan kesme kuvveti gözönüne alınarak, TS-500'de tanımlanan kesme sürtünmesi yöntemi ile kontrol edilecektir.

4. BİNALARDAKİ DEPREM PERDELERİNİN ÖN BOYUTLANDIRILMASI

Ülkemiz dünya deprem aktivitesinin oldukça yoğun olduğu bir bölgede yer almaktadır. Son yıllardaki meydana gelen depremlerin ülkemizde oldukça yıkıcı sonuçlar doğurması ve iş gücü kaybının yanı sıra, can ve mal kaybına da yol açması büyük zararın da etkisi ile oldukça yıpratıcı olmuştur. Depremler sonrasında yapılan analizlerde, yıkılan ve hasar gören yapılarda, öncelikle beton kalitesinin, donatı düzeninin, kolon kiriş birleşimlerinin etriye ve donatı bakımından yetersiz olduğu, kuvvetli kiriş-zayıf kolon düzenlemelerine oldukça fazla rastlanıldığı ve belkide en önemlisi olan uygulamadaki bir takım sorunların olduğuna dikkat çekilmiştir. Ancak sadece çerçeve sistemi ile taşıyıcısı sağlanan yapılarda, deprem perdelerine yer verilmeyen durumlardaki binaların deprem sonrasında çok daha fazla hasar aldığı gözlenmiş ve perdeli sistemlerin teşkil edildiği yapıların, çerçeveli sistemlerdeki hasarla kıyaslanamayacak kadar az olduğu sonucu tespit edilmiştir [1]. Yapılarda taşıyıcı sistemi perdeli veya perde-çerçeveli olarak uygun görülen sistemlerde deprem kuvvetlerine karşı gösterilen mukavemetin çok iyi olduğu bu sonuçlar neticesinde ulaşılan genel bir kabul haline gelmiştir.

Perdeli sistemlerin bu denli önemli oluşu ve bazı yapılar için kullanımının oldukça ekonomik sonuçlar doğurmasına rağmen, tercih edilmemesi veya tercih edilmesi noktasında teşvik edici sebeplerin yetersizliği nedeni ile perde kullanımına sık bir şekilde rastlanılmamaktadır. U.ERSOY' un 2-10 katlı konut ve işyerleri için kullanılan binalarda her iki doğrultuda perde boylarının plan alanının % 1.5'i olacak şekilde perde önerisi [3], E.ATIMTAY'ın Çizelge 4.1'deki gibi bir tablo önermesi (n: kat adedi, $\sum A_g / \sum A_p$: kattaki perde alanının plan alanına oranı) [13], kriterlerin çeşitliliği- deprem bölgesi, Zemin çeşidi, perde genişlikleri, malzeme kalitesi, kat adedi, bina plan alanı- göz önüne alındığında ülkemizdeki depremlerin şiddeti doğrultusunda yetersiz kalabilmektedir.

Çizelge 4.1: Binalardaki gerekli perde alanları önerisi.

n	1	2	3	4	5	6
$\Sigma A_g / \Sigma A_p$	0.0013	0.0025	0.0038	0.0050	0.0063	0.0079
n	7	8	9	10	15	20
$\Sigma A_g / \Sigma A_p$	0.0088	0.0101	0.0114	0.0126	0.019	0.025

Bu çalışmada az katlı binalarda deprem perdelerinin tasarımı için uygulanması ve denetlenmesi kolay, ağır koşullar içeren bir yöntem veya bir çalışmadan bahsedilmektedir. Kat adedi, kat alanı, deprem bölgesi, malzeme, seçilen perde genişliği, boyutlandırma kriterleri, gibi faktörleri perdenin bölüm esaslarını gösterecek şekilde ele alınmıştır.

Perde boyutlandırılmasında esas alınmasına dikkat çekilen bazı kriterler şunlardır ;

1-) Perdelerin sünekliliğinin arttırılmış olması istendiğinde, $k_x = \varepsilon_c / (\varepsilon_c + \varepsilon_s) \leq 0,423$ olmalıdır [14]. Bu şarta uymayan, yani sünekliliği arttırılmamış perdelerde yapı davranış katsayısı bu duruma göre belirlenmelidir.

2-) İyi bir betonlamanın temini ve 5nci kriterin sağlanması için, kolon gibi donatılan perde başlık bölgelerinde, bir perdede başlık alanındaki donatı oranı $\rho \leq 0,03$ olmalıdır [15].

3-) Perdelerde, f perde ucu yatay yer değiştirmenin H bina yüksekliğine oranı $\theta = f / H \leq 0,003$ olmalıdır denilebilir. Bu durum, sistemde ikinci Mertebe etkilerini ihmal edilebilir olmasını temin etmektedir [15].

4-) Perdelerin Kesme kuvveti tahkiki mutlaka yapılmalıdır. Bunun için perdelerde diyagonal çatlak oluşmamalıdır. Perdeler planda L, I gibi profil şekilli olması halinde bu kriterin kontrolü gerekebilir. Bu kriter 1972 Romanya Prefabrike Yapılar Yönetmeliğinde ve TS 9967 de yer almaktadır.

5-) Perdelerin kesme kuvveti taşıma kapasitesi, eğilme momenti taşıma kapasitesinden büyük olmalıdır. Bu hususu sağlamak için, diyagonal çatlak oluşmamasını temin etmek ve perde başlık bölgelerinde $(0,1 l_{bi} b)$ boyuna donatı oranı ≤0, 03 olarak tutmakla sağlanabilir. Yani ikinci ve dördüncü kriterin sağlanmış olması durumunda, beşinci kriterinde şüphesiz sağlandığı tespit edilmiştir.

Bu yüzden bu çalışmada konut, işyeri olarak hizmet verecek binalar için yapılan düzenlemelerde binalardaki kat yüksekliğinin 3 m olduğu kabulü yapılmış ve süneklilik düzeyi yüksek perdeli veya perde çerçeveli sistemler için 24 kata kadar olan çeşitli kat adetlerinde, 1000 m^2' ye kadar olan kat alanları için ve deprem bölgeleri, Zemin grupları çeşitleri açısından değerlendirilmiştir. Perde kalınlıkları ve malzeme kalitesi seçimi değişken olarak alınmamıştır. Ayrıca 4. Derece deprem bölgesi, deprem riskinin az olması ve aşırı grafik oluşumunu engellemek amacıyla değerlendirilmemiştir.

Hesaplanan Grafik Değerleri, deprem yönetmeliğinde temel üstü belirtilen kritik perde yüksekliği boyunca belirlenmiştir. Perde genişlikleri ile doğru orantılı olarak, üst katlarda bu perde boylarının genişliklerinin azaltılabileceği tahmin edilmektedir.

4.1 Ortalama Düşey ve Yatay Yükler

Grafiklerin tasarlanması noktasında kullanılan yapılara etkiyen yatay ve normal kuvvet hesabında kullanılacak kat ağırlıkları için aşağıda verilen yaklaşık değerler kullanılmıştır.

4.1.1 Düşey yükler

İnşa edilmiş binalar üzerinde yapılan incelemelerde, değişik kat yükseklikli, kat alanlı ve konut-işyeri olarak kullanılan yapılardaki incelemeler bir katın düşey yükünün ortalama olarak bir değer kabul edilebileceğini göstermektedir [16]. Bu çalışma da ise ortalama olarak deprem esnasında bir katın 1 m^2 sinin

$$m_i = 12\ kN/m^2 \tag{4.1}$$

olduğu kabul edilmiştir. Bu kabul ile bina temel üstü kat ağırlığı (4.2) ile hesap edilir.

$$W = N\ m_i\ A_p \tag{4.2}$$

Burada,

W = Bina Temel Üstü Toplam Ağırlığı

N = Kat Adedi

A_p = Bina Kat Alanı, olarak ifade edilebilir.

Temel üzerinde kat planındaki perdelerin sadece perdeli olarak taşıyıcısı seçilmiş sistemlerde, yapı üzerine etkiyen normal kuvvetin tamamı perdelerle taşınacağı düşüncesinden hareketle, perde normal kuvvetinin bina ağırlığının tamamını karşılayacağı kabülü öngörülmüştür. Fakat bazı mimari gerksinimler veya döşeme kalınlıklarının az olması isteği ile, sisteme ilave edilecek kolonlar ile perdeli çerçeveli bir sistem olarak tasarlanan durumda perdelerin üzerindeki normal kuvveti azaltma yoluna gidilmiştir. Ancak bu kolon ve çerçevelerin deprem direnci tezin kapsamı dahilinde göz önüne alınmamıştır. Bu prensip doğrultusunda perde normal kuvvetlerinin bina ağırlığının %75'ini veya %50'sini taşıyacak şekilde ikinci bir durum ortaya çıkmıştır. Eklerde yer alan grafiklerin elde edilmesinde temel üzerinde perdelerin taşıdığı normal kuvvet W_p, (4.3) ve (4.4) ile ifade edilmiştir.

$$W_P = 0,75 N m_i A_p \tag{4.3}$$

$$W_P = 0,5 N m_i A_p \tag{4.4}$$

Perde- çerçeveli sistemlerde perdelerin kat planları dahilinde alacakları normal kuvvetin, perdelerin kat planlarındaki düzenlenme şekilleri ile doğrudan ilişki olduğu aşikardır. Perdelerin mimari plandaki konumlarından hareketle ve perdelerin moment alma kapasitelerini arttırmak için binaların dış çevresine yerleştirilmesi durumunda perdeler üzerine etkiyen normal kuvvet; yapının plana göre daha orta bölümlerine yakın kısımlarında yerleştirilmesine nazaran, perdelerin taşıyacağı normal kuvvet daha azdır. Perdelerin planda yerleştirilmesi ile ilgili olan normal kuvvet taşıma durumlarına ilişkin olarak yapıya etkiyen normal kuvvetlerin %75 ve %50 si olması gibi (4.3) ve (4.4) ifadelerindeki iki durum baz alınarak inceleme yapılmıştır.

4.1.2 Yatay yükler

Yatay yüklerin hesabında, genel hesap tarzını basitleştirmek adına "Deprem Bölgelerinde Yapılacak binalar hakkında yönetmelik 2007" de belirtilen Eşdeğer Deprem Yükü yöntemi kullanılmıştır.

Göz Önüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen Toplam Eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti), V_t (4.5) ile hesaplanmıştır.

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0,10 A_0 I W \tag{4.5}$$

Formüldeki bina ağırlığını simgeleyen W, (4.2) denkleminden hesaplanmıştır.

(4.5) de yer alan $A(T_1)$, spektral ivme katsayısı (4.6) ile hesaplanmıştır.

$$A(T_1) = A_0 IS(T) \tag{4.6}$$

A_0, çeşitli deprem bölgelerinde değerlendirilerek, her bir deprem bölgesi için Çizelge 4.2 deki veriler kullanılmış, Yapı Önem katsaysı için, Tez için çalışılan konu dahilinde konut ve işyeri kapsamları incelenmesi sebebi ile 1 olarak alınmıştır.

Çizelge 4.2 : Etkin yer ivme katsayısı.

Deprem Bölgesi	A_o
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Çizelge 4.3: Bina önem katsayıları (I).

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı (I)
1.Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
2.İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. b) Müzeler	1.4
3.İnsanlarınkısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
4.Diğer Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (**Konutlar, işyerleri**, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)	**1.0**

Spektrum katsayısı S(T) hesabında, Periyod (T) değişkeni için bir kaç kabul yapılmış ve bu kabuller doğrultusunda Grafik verileri elde edilmiştir.

8 kata kadar olan yapılarda,

$$T_1 \cong T_{1A} = C_t H_N^{3/4} \quad (4.7)$$

Formülü kullanılmış ve formülde yer alan C_t katsayısı, taşıyıcı sistemi yalnız perdelerden oluşan yapıda 0,030-0,040 aralığında kabul edilmiş ve taşıyıcı sistemin perde çerçeveli olarak teşkil edildiği binalarda C_t katsayısı 0,050 olarak kabul edilmiştir [4].

Bina temel üstü yüksekliği 25m'den büyük olması durumunda, yani 9 kat ve üzeri katlı yapılarda denklem (4.8) kullanılmış ve bina periyodu tahmininde ilave bir referans sağlamıştır [17].

$$T_{1A} = \frac{0,09 x H_N}{\sqrt{L}} \quad (4.8)$$

H_n = Bina Toplam Yüksekliği

L= Deprem Doğrultusundaki Binanın Uzunluğu

Binada Temel üstü kat sayısı 13 den fazla olan yapılarda ise Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 de 2.7.4.2 maddesinde yer alan "Bodrum katlar hariç kat sayısı N > 13 olan binalarda doğal periyod, 0,1 N' den daha büyük alınmayacaktır." ibaresi kullanılmış ve 12 kattan daha fazla olan yapılarda periyod hesabı 0.1N katsayısına göre yapılmıştır [11].

4.2 Perde Boyutlandırılmasında Esas Alınan Kriterler

Perde boyutları tayini Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 ve TS 500" deki sınır şartlar ile mukayese edilerek boyutlandırma yapılmıştır [11, 12].

4.2.1 Katlar arasında göreli yer değiştirme

Herhangi bir perde için ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden azaltılmış göreli kat ötelemesi, Δ_i (4.9) ile belirlenir.

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (4.9)$$

Her bir deprem doğrultusu için, binanın i'inci katındaki perdeler için etkin göreli kat ötelemesi, δ_i, denklem (4.10) ile elde edilir.

$$\delta_i = R\Delta_i \quad (4.10)$$

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i'inci katındaki perdelerde, denklem (4.10) ile hesaplanan etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri δ_{imaks} denklem (4.11) ile hesaplanır.

$$\frac{\delta_{imaks}}{h_i} \leq 0.02 \tag{4.11}$$

Denklem (4.11) ile verilen koşulun binanın herhangi bir katında sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği arttırılarak deprem hesabı tekrarlanır.

Katlar arası göreli yer değiştirme hesabı, hesap aşamalarını kısaltmak amacı ile katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri belirlenerek Etabs Analiz Programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bina perde boylarının tesbitinin ilk evresi, binalardaki deplasman koşullarının sağlanmasını sağlayan perde boylarının tayinidir. Yukarıda detaylı açıklanan kriterler çerçevesinde binaya etkiyen eşdeğer deprem yükünün, konsol kiriş şeklinde idealize edilerek perdeye etkitilmesi sonucunda bu kuvvetleri sağlayacak idealize tek bir perde boyu bulunur [18,19]. Hesaplanan perde boyu değeri, perdenin betonarme sistemlerde kullanılması, gerek mimari gerekse taşıyıcı sistem davranışı açısından oldukça kullanışsızdır. Bu sebeble paralel olarak bina planındaki perde sayısı, n_b 4,6,8,10 olarak belirlenmiş ve deplasman koşulu ile belirlene perde boyunun sahip olduğu atalet momenti oranında, aynı b_w perde genişliği için denklem (4.12) ile n_b adet perdeye bölünerek boyutlandırma yapılmıştır [4].

$$l_w = \frac{l_ı}{n_b^{1/3}} \tag{4.12}$$

4.2.2 Perde uç bölge donatıları

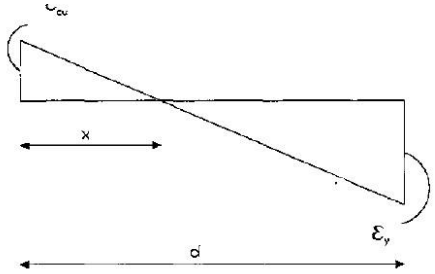
İyi bir betonlamanın temini ve perde kesme kuvveti taşıma kapasitesinin eğilme momenti taşıma kapasitesinden büyük olmasını sağlamak için diyagonal çatlak oluşmaması istendiğinde, perde başlık bölgelerindeki boyuna donatı oranının ≤0,03 olarak tutmakla sağlanabilir.

4.2.3 Perde elemanlarında süneklik

Perdelerin temel üstünde sünekliği arttırılmış olması istendiğinde bu perdelerde

$$k_x = \varepsilon_c / (\varepsilon_c + \varepsilon_s) \leq 0,423 \qquad (4.14)$$

k_x değeri Denklem (4.14) gibi olmalıdır. Bu sünekliği sağlamak amacı ile perdelerdeki basınç bölgesi üst lifinin, perde tarafsız eksenine uzaklığı olarak tanımlanan (Şekil 4.1) ve denklem (4.14) ile hesaplanan k_x değeri ortalama bir değer olarak kabul edilerek perdelerdeki süneklilik koşulunun yeterli olması sağlanmıştır [13,14].



Şekil 4.1 : Tarafsız eksen derinliği

4.2.4 Perdelerde kesme kontrolü

Perde kesitlerinin kesme dayanımı belirlenirken eğik asal çekme kırılması, eğik asal basınç gerilmeleri altında betonda ezilme oluşmaması ve perdenin inşaat derzleri nedeniyle zayıflamış kesitlerinde (örneğin temel ile birleşim kesiti) yatay kayma oluşmaması sağlanmalıdır.

Hw/ lw > 2.0 koşulunu sağlayan perdelerde, gözönüne alınan herhangi bir kesitte enine donatı hesabında esas alınacak tasarım kesme kuvveti, Ve denklem (4.15) ile hesaplanacaktır.

$$V_e = \beta_v \frac{(M_p)_t}{(M_d)_t} V_d \qquad (4.15)$$

Bu bağıntıda yer alan kesme kuvveti dinamik büyütme katsayısı β_v=1,5 alınacaktır. Ancak, deprem yükünün tamamının betonarme perdelerle taşındığı binalarda β_v=1,0 alınabilir. Daha kesin hesap yapılmadığı durumlarda $(M_p)_t \cong 1.25(M_r)_t$ alınabilir. Düşey yükler ile birlikte R=2 alınarak Deprem yönetmeliğinde yer alan bölüm 2 ye göre depremden hesaplanan kesme kuvveti kullanılacaktır.

Perde kesitlerinin kesme dayanımı Vr

$$V_r = A_{ch}(0,65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{ywd}) \tag{4.16}$$

Bağıntısı ile belirlenmektedir. Perde Kesitinde Enine donatı hesabında esas alınacak tasarım kesme kuvveti Ve

$$V_e \leq V_r \tag{4.17}$$

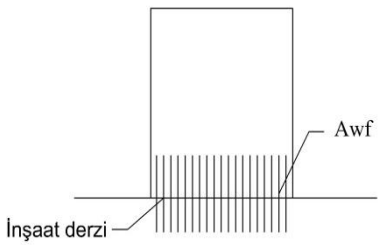
$$V_e \leq 0,22 A_{ch} f_{cd} \tag{4.18}$$

Koşullarınıda sağlamalıdır. Bu koşulların sağlanmaması durumunda perde enine donatısı ve perde kesit boyutları bu koşulları sağlayacak şekilde arttırılmalıdır.

Temel bağlantı düzeyinde ve üst katlarda oluşacak yatay inşaat derzlerindeki düşey donatı ve o kesitte aktarılan kesme kuvveti göz önüne alınarak kesme sürtünmesi yöntemi ile kontrol edilmelidir.

$$V_{r,kesmesürtünmesi} = A_{wf} f_{yd} \mu \tag{4.19}$$

Burada A_{wf} kesme sürtünme donatı kesit alanı, μ kesme sürtünme katsayısını göstermektedir. Farklı durumlar için kesme sürtünme katsayısının değerleri 0,6 ile 1,4 arasında değişmekle birlikte deprem etkileri altındaki hesaplarda güvenli tarafta kalmak üzere $\mu = 0,6$ değerinin kullanımı önerilir. Ekte yer alan grafiklerin oluşmasında yapılan hesaplamalarda μ değeri 0,6 alınmıştır.



Şekil 4.2: Kesme sürtünmesi.

4.2.5 Perdeler en kesit koşulları

Perdeler, literatürde planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az yedi olan düşey taşıyıcı sistem elemanları olarak geçmektedir. Perdeler gövde bölgesindeki perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/20' sinden ve 200 mm' den az olmayacaktır.

Taşıyıcı sistemi sadece perdelerden oluşan binalarda, denklem (4.20),(4.21) ile verilen koşullarında her ikisininde sağlanması durumunda perde kalınlığı, binadaki en yüksek katın yüksekliğinin 1/20'sinden ve 150 mm' den az olmayacaktır.

$$\sum A_g / \sum A_p \geq 0,002 \tag{4.20}$$

$$V_t / \sum A_g \leq 0,5 f_{ctd} \tag{4.21}$$

4.3 Hesap Aşamaları

Perde boyları belirlenirken, Ekte sunulan grafiklerde perde boyları için belirlenen kriterlere uygunluğu teyit edilmiş ve grafikler sunulmuştur.

Perde boyları belirlenirken ilk başta uyulmasına özen gösterilen deplasman kontrolü ile sağlanan, yapıya ait tek bir perde boyu belirlenmiştir. Perde boylarının tek bir perde olarak verilmesi, mimari ve statik davranış açısından oldukça kullanışsızdır. Bunun neticesinde bina planındaki perde sayısı, n_b 4, 6, 8, 10 olarak belirlenmiş ve deplasman koşulu ile belirlenen l_1 boyundaki perde, aynı atalet momentine sahip olacak şekilde n_b adet perdeye bölünmüştür.

Bölünen ve kat planına uygun bir şekilde yerleştirilen bu perdelere, yapıya etkiyen normal kuvvet ve moment perdelere dağıtılarak, konulması gereken donatı miktarlarının yönetmelikteki uç bölgelerindeki donatı koşullarına uygunluğu kontrol edilmiş ve kriterin sağlanmadığı durumlarda perde boylarının arttırılması yoluna gidilmiştir.

Donatı koşullarını sağlayabilmek için değiştirilen perde boylarının, beton ve donatıdaki uzama ve kısalma miktarlarının hesaplanması ile süneklik koşuluna uygunluğu teyit edilmiştir. Yine bu koşulun sağlanmadığı durumlarda perde boyları arttırılarak perde süneklikleri uygun hale getirilmiştir.

Bu hesaplar yapılırken bir excel tablosu hazırlanmış ve bu tablolar doğrultusunda kat yüksekliği, perde genişliği, malzeme kalitesi, deprem bölgesi ve zemin sınıfı belirlenen yapı için kesme güvenliği tahkiki ve konulması gereken donatı miktarlarının yönetmelikteki uç bölgelerindeki donatı koşullarına uygunluğu kontrol edilmiştir. Bu koşullar sağlanamadığı durumlarda perde boylarına müdahale edilerek, koşulları sağlayan perde boyunun bulunması yoluna gidilmiştir. Dışarıdan yapılan müdahalelerde hesap aşamalarını kısaltmak için excel programı kullanılmış, süneklik

koşulunu ve perde uç bölgeleri donatı oranlarını bu perdeler için de sağlamasını teminat altına almak için perde boyları arttırılarak, her seferinde belirtilen kriterlerin sağlatılması için hesaplar tekrarlanmıştır. Ekte yer alan grafiklerde belirtilen bir yöndeki perde sayıları değişken olarak alınmış, süneklik şartlarını ve perde uç bölgelerindeki donatı oranını sağlayan tek bir perde boyu elde edilmiş ve aynı atalete sahip olacak şekilde istenilen perde adedine bölünmüştür. Böylelikle perdeler için belirlenen beş kritere her bir perde elemanının uygun olması sağlanmıştır.

Yapıya etkiyen kesme kuvvetleri doğrultusunda belirlenen perde boyları için kesme kuvveti kontrolü yapılmıştır. Bulunan perde boylarının genellikle denklem (4.18)' i sağladığı ancak az katlı binalarda binalardaki perde sayısının az olması durumunda (örneğin n_b=4) perdelerin denklem (4.16)'da ρ_{min} değeri için yeterli kesme dayanımına sahip olmadığı, ancak yatay donatının arttırılarak kabul edilebilir sınırlar dahilinde bu koşulunda sağlandığı görülmüştür. Bu durum perde boylarının artmasına da sebep olmuştur. Ayrıca temele bağlantı düzeyinde veya üst katlarda yapılacak inşaat derzlerinde aktarılan kesme kuvveti için yapılan sürtünme kesmesi kontrolünün herhangi bir kritik bölge içerisinde yer almadığı gözlenmiştir.

Ek'de yer alan grafiklerin elde edimesinde;

Deplasman kontrolü 12 kat ve üzeri binalarda, genellikle kat plan alanının az olduğu durumlarda daha etkin ve dikkat edilmesi gereken bir unsur olarak ortaya çıkmaktadır. Bu binalarda kat alanlarının artması ile perde uç bölgesi donatı koşulları zorlanmakta ve bu koşulun yerine getirilebilmesi için perde boylarında artış gözlenmektedir.

9 ve daha az katlı yapılarda deplasman koşulunun yalnızca bazı deprem bölgesi ve bina alanlarının az olduğu durumlar için etkili olduğu gözlenmiş ancak genel bir kanı olarak süneklik ve donatı ile ilgili koşulların perde boyutlandırılmasında daha etkili olduğu gözlenmiştir. Yapıya gelen normal kuvvetin özellikle % 50 sinin perdeler tarafından taşındığını örneklemek için yapılan çalışmada, perdelerin moment taşıma kapasitesinin azalmasına bağlı bir durum olarak ortaya çıkan maksimum donatı oranı temel kriter olmuştur. Bunun yanı sıra plandaki perde adedinin az olması (örneğin n_b=4) perde en kesit koşullarının sağlanmadığı ve bu kriteri sağlamak için perde boylarının arttığı gözlenmiştir.

Böylelikle çeşitli deprem bölgeleri ve farklı zemin sınıflarında belirlenen perde boyları için önem arz eden beş kriterinde sağlanması yoluna gidilmiş ve hazırlanan grafikler ekte sunulmuştur. Buna göre,

Taşıyıcı sistemi yalnız perdelerden teşkil edilen sistemler için normal kuvvetin tamamının perdeler tarafından taşındığı durum için,

Birinci derece deprem bölgesi için kat adetlerinin 9, 12, 15, 18, 21, 24 olması durumunda Z1, Z2, Z3 zemin sınıfları için olan grafikler Şekil (1-3)'de, Birinci derece deprem bölgesi için kat adetlerinin 6, 9, 12, 15 olması durumunda Z4 zemin sınıfları için olan grafikler Şekil (4)'de, ikinci derece deprem bölgesi için kat adetlerinin 9, 12, 15, 18, 21, 24 olması durumunda Z1, Z2, Z3 zemin sınıfları için olan grafikler Şekil (5-7)'de, İkinci derece deprem bölgesi için kat adetlerinin 6, 9, 12, 15 olması durumunda Z4 zemin sınıfları için olan grafikler Şekil (8)'de, üçüncü derece deprem bölgesi için kat adetlerinin 9, 12, 15, 18, 21, 24 olması durumunda Z1, Z2, Z3 zemin sınıfları için olan grafikler Şekil (9-11)'de, üçüncü derece deprem bölgesi için kat adetlerinin 6, 9, 12, 15 olması durumunda Z4 zemin sınıfları için olan grafikler Şekil (12)'de,

Taşıyıcı sistemi karma yapıdan oluşan sistemlerde normal kuvvetin %75'inin perdeler tarafından taşıtılması durumu için,

Birinci derece deprem bölgesi için kat adetlerinin 9, 12, 15, 18, 21, 24 olması durumunda Z1, Z3 zemin sınıfları için olan grafikler Şekil (13-14)'de, ikinci derece deprem bölgesi için kat adetlerinin 9, 12, 15, 18, 21, 24 olması durumunda Z1, Z3 zemin sınıfları için olan grafikler Şekil (15-16)'de, üçüncü derece deprem bölgesi için kat adetlerinin 9, 12, 15, 18, 21, 24 olması durumunda Z1, Z3 zemin sınıfları için olan grafikler Şekil (17-18)'de,

Taşıyıcı sistemi karma yapıdan oluşan sistemlerde normal kuvvetin %50'inin perdeler tarafından taşıtılması durumu için,

Birinci derece deprem bölgesi için kat adetlerinin 9, 12, 15, 18, 21, 24 olması durumunda Z1, Z3 zemin sınıfları için olan grafikler Şekil (19-20)'de, üçüncü derece deprem bölgesi için kat adetlerinin 9, 12, 15, 18, 21, 24 olması durumunda Z1, Z3 zemin sınıfları için olan grafikler Şekil (21-22)'de gerekli perde boyları grafiklerde belirlenmiştir.

Grafiklerde, perdelerin taşıdığı normal kuvvet N=W olan yalnız perdeli sistemler için perde boyları Şekil 1 ile Şekil 12 aralığında gösterilmiştir. Perdelerin taşıdığı normal kuvvet N=0,75W olan perde – çerçeveli sistemler için perde boyları Şekil 13 ile Şekil 18 aralığında gösterilmiştir. Perdelerin taşıdığı normal kuvvet N=0,50W olan perde – çerçeveli sistemler için ise perde boyları Şekil 19 ile Şekil 22 aralığında gösterilmiştir.

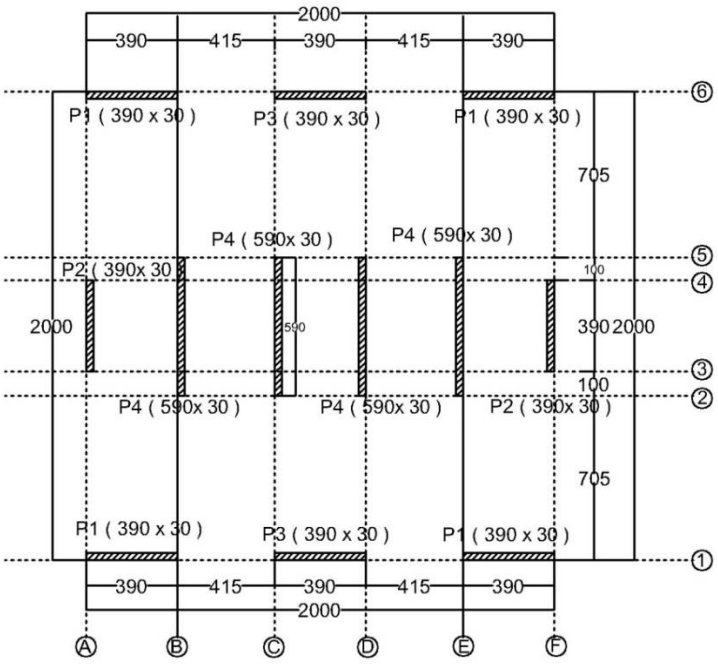
Ekte verilen grafiklerde kat adedi, zemin sınıfı, deprem bölgesi, perde genişliği b_w tanımlanmış ve grafiklerde perde boyu ordinatta l_w ve bina plan alanı apsiste A_p, o kat için kullanılan perde adedi n_b ile belirlenmiştir. Bir yönde belirlenen perde sayılarının dışında bir perde uygulaması yapılmak istendiğinde, uygun yapı için eklerde yer alan grafiklerde perde sayıları arasında interpolasyon yapılarak bulunabilir.

5. SAYISAL UYGULAMALAR

Bu sayısal uygulamalarda farklı kat alanına sahip, taşıyıcı sistemi yalnız perdelerle teşkil edilmiş konut projelerinin beton kalitesi, kat alanları ve perde genişlikleri sabit alınarak çeşitli zemin sınıfları ve deprem bölgesine göre ayrı ayrı mukayese edilmiş ve ekte sunulan grafikler ile perde kesitlerinin boyutlandırılması yapılmıştır.

1-) 1. Derece deprem bölgesi ve Z1 zemin sınıfında inşa edilecek olan 12 katlı, 400 m^2 kat alanına sahip, C25 beton ve S420a beton çeliği kullanılarak projelendirilen konut binasındaki perde boyutlandırılması, verilen mimari plana göre (Şekil 5.1) ekteki ilgili grafikler ile belirlenen kesitlerde kontroller gerçekleştirilmiştir.

Her iki doğrultuda da perde sayısı n_b: 6 olarak seçilmiş ve ekte sunulan Şekil 1'deki 12 katlı 400 m^2 kat alanına sahip yapı için verilen grafikteki perde genişliği, b_w:30 cm için perde boyu ilgili grafikten l_w: 390 cm olarak okunmuştur.



Şekil 5.1 : 12 kat, 400 m^2 kat alanına sahip yapıya ait kat planı.

Yapı ağırlığı:

$$W = Nm_i A_p = 12x12x400 = 57600kN$$

Yapı periyodu ve spektrum katsayısı:

$$T_1 = 2\pi\left[\sum_{i=}^{N}(m_i d_{fi}^2)/\sum_{i=}^{N}(F_{fi} d_{fi})\right]^{1/2} \cong 1,2 \text{ sn}$$

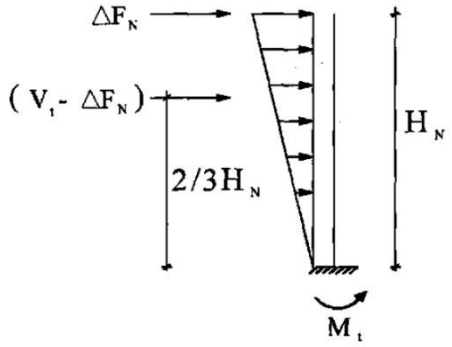
$$S(T) = 2.5(T_b / T)^{0.8} = 2.5(0.3/1.2)^{0.8} = 0,824$$

Kesme Kuvveti;

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} = \frac{57600x(0.4x1x0.824)}{6} = 3164,16 \text{ kN}$$

$$\Delta Fn = 0,0075NV_t = 0,0075x12x3164,16 = 284,8 \text{ kN}$$

Şekil 5.2'deki gibi hesaplanacak olan temel üstü momenti ile



Şekil 5.2 : Temel üstü momenti.

$$M_t = 2/3(V_t - \Delta Fn)H_n + \Delta FnH_n = 2/3x(3164,16 - 284,8)x36 + 284,8x36 = 79357kNm$$

Donatı ve Süneklik Kontrolü:

<u>P1 Perdesi (390/30)</u>

$$n = \frac{N_p}{b_w l_w f_{cd}} = \frac{12x12x4,02x5,98}{0,30*3,90*16667} = 0,177$$

$$m = \frac{M_t}{n_b b_w l^2 f_{cd}} = \frac{79357}{6*0,3*3,9^2*16667} = 0,17$$

$k_x = (\in_c /(\in_c + \in_s)) = 3/10 = 0,3 \le 0,423$

$\omega = 0,10$ - (tablodan) [20]

$\rho = \omega / (0,2x(f_{yd} / f_{cd}))$, $\rho = \omega / (0,2x(f_{yd} / f_{cd})) = 0,10 / (0,2*(20,5) = \%2,4$

P2 Perdesi (30/390)

$$n = \frac{N_p}{b_w l_w f_{cd}} = \frac{12x12x11,95x1,95}{0,30*3,90*16667} = 0,172$$

$$m = \frac{M_t}{n_b b_w l^2 f_{cd}} = \frac{79357}{6*0,3*3,9^2*16667} = 0,17$$

$k_x = (\in_c /(\in_c + \in_s)) = 3/10 = 0,3 \le 0,423$

$\omega = 0,10$ - (tablodan) [20]

$\rho = \omega / (0,2x(f_{yd} / f_{cd})) = 0,10 / (0,2*20,5) = \%2,4$

P3 Perdesi (390/30)

$$n = \frac{N_p}{b_w l_w f_{cd}} = \frac{12x12x8,05x4,03}{0,30*3,90*16667} = 0,23$$

$$m = \frac{M_t}{n_b b_w l^2 f_{cd}} = \frac{79357}{6*0,3*3,9^2*16667} = 0,17$$

$k_x = (\in_c /(\in_c + \in_s)) = 3/8 = 0,375 = 0,423$

$\omega = 0,10$ - (tablodan) [20]

$\rho = \omega / (0,2x(f_{yd} / f_{cd})) = 0,10 / (0,2*20,5) = \%2,43$

P4 Perdesi (30/390)

$$n = \frac{N_p}{b_w l_w f_{cd}} = \frac{12x12x4,02x11,95}{0,30*3,90*16667} = 0,35$$

$$m = \frac{M_t}{n_b b_w l^2 f_{cd}} = \frac{79357}{6*0,3*3,9^2*16667} = 0,17$$

$k_x = (\in_c /(\in_c + \in_s)) = 3,5/6 = 0,580 \le 0,423$

$\omega = 0,09$ - (tablodan) [20]

$\rho = \omega / (0,2x(f_{yd} / f_{cd})) = 0,09 / (0,2 * 20,5) = \%2,2$

Kesme Kuvveti Kontrolü,

Perde sayıları ve boyları her iki yönde eşit olduğu için, kontrolün herhangi bir yönde yapılması yeterli olacaktır.

$V_d = (V_t / n_b) = (9492,48 / 6) = 1582\,\text{kN}$

$V_d \le V_r$

$V_r = 0,22A_{ch} f_{cd} = 0,22x(0,3x3,9)16667 = 4290\,\text{kN}$

ρ_{sh} , minimum değer olan 0, 0025 alınarak kontrol yapılırsa [11],

$V_r = A_{ch}(0,65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{ywd}) = (0,3x3,9)x(0,65x1565 + 0,0025x365200) = 2258\,\text{kN}$

$V_r = A_{wf} f_{yd} \mu = 0,017x3,90x0,30x365220x0,6 = 4358\,\text{kN}$

Kesme sürtünmesi hesabı için yalnızca perde uç bölgelerindeki donatıların hesaba katılması yeterlidir.

Göreli Kat Ötelenmelerinin Sınırlandırılması Koşulu

Herhangi bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir İ'inci katındaki kolon veya perdelerde, aşağıdaki denklem ile hesaplanan δ_i etkin göreli kat ötelenmelerinin kat içindeki en büyük değeri δ_{imaks}, denklem (5.1)'deki koşulu sağlamalıdır.

$$\frac{\delta_{imaks}}{h_i} \le 0.02 \qquad (5.1)$$

Bu koşulun sağlanabilmesi için hesap aşamalarını kolaylaştırmak adına Etabs Analiz Programı kullanılmıştır.

δ_{imaks} Değeri Şekil 5.3'deki verilerden alınarak hesap aşamalarına devam edilmiştir.

STORY DRIFTS

STORY	DIRECTION	LOAD	MAX DRIFT
STORY12	X	DEPREM	1/197
STORY11	X	DEPREM	1/198
STORY10	X	DEPREM	1/201
STORY9	X	DEPREM	1/206
STORY8	X	DEPREM	1/215
STORY7	X	DEPREM	1/228
STORY6	X	DEPREM	1/249
STORY5	X	DEPREM	1/282
STORY4	X	DEPREM	1/336
STORY3	X	DEPREM	1/438
STORY2	X	DEPREM	1/672
STORY1	X	DEPREM	1/1614

Şekil 5.3 : Etabs verileri.

$\frac{\delta_{imaks}}{h_i} \le 0.02$; $\frac{(Rx\Delta_i)}{h_i} \le 0.02$; $\frac{2(1/197)}{3} \le 0.02$ koşulu sağlanmaktadır.

Minimum Kesit Kontrolü:

$$\sum A_g / \sum A_p \ge 0,002 = 6x(0,3x3,9)/400 = 0,017 \ge 0,002$$

$$V_t / \sum A_g \le 0.5 f_{ctd} = 3164,16/6x(0,3x3,90) \le 0,5x1565$$

Yapılan hesaplar ile elde edilen sonuçlar doğrultusunda, seçilen perde kesitlerinin yeterli olduğu, süneklik ve donatı oranlarının P4 perdesi haricinde limit durumda olmadığı gözlenmiştir. Perde kesitlerinin belirlenmesinde deplasman koşulunun ekstrem koşulu oluşturduğu gözlenmiştir.

Seçilen planda P4 perdelerinin taşıdığı normal kuvvet, perdelerin plandaki yerleştirme düzenlerinin farklı olmasından dolayı grafiklerde belirlenen perde boylarının hesabı için kullanılan normal kuvvetten daha fazla olduğu sonucunu doğurmakta ve sünekliği azaltmaktadır. Bu nedenle P4 perdelerinin kesiti süneklilik kriteri için yetersiz gelmiştir. Sorunun çözümü olarak ise perdelerin normal kuvvetleri daha orantılı alması için yapı kat planlarını değiştirmek veya o yöndeki perde sayılarında bir değişikliğe gitmek veya P4 perdesinin boyunu arttırmak mantıklı bir çözüm olacaktır.

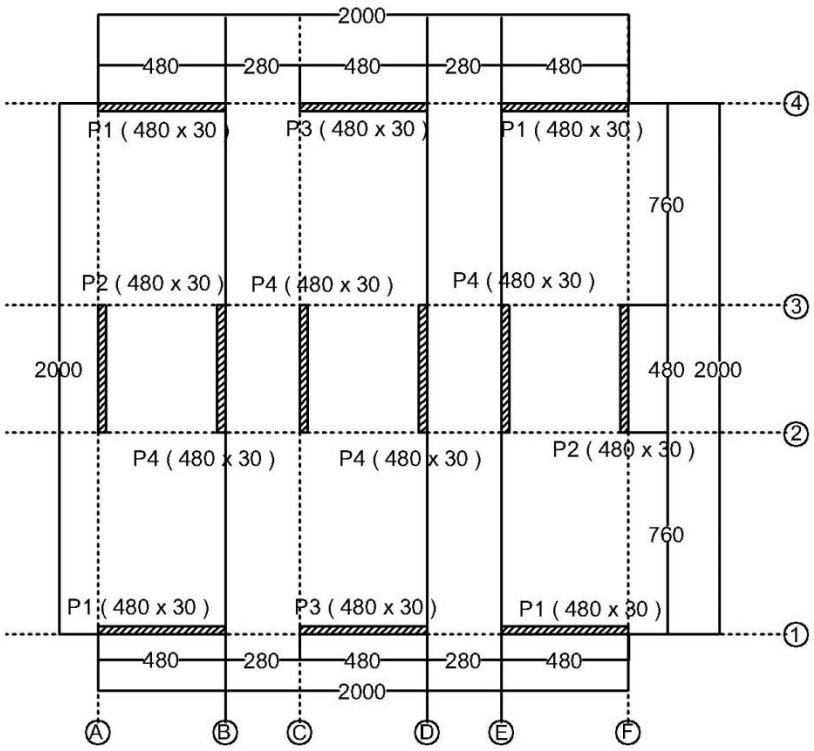
Her iki doğrultuda perde sayısı ve kat planı sabit olmak koşulu ile 400 m^2 kat alanına sahip b_w: 30 cm için P4 perde boyları l_w: 590 cm olarak seçilmiştir.

P4 perdesinin deplasman koşulu sınırında kaldığı denklem (5.2)'le gösterilmiştir.

$$k_x = (\in_c /(\in_c + \in_s)) = 3,5/8 = 0,425 \approx 0,423 \qquad (5.2)$$

2-) 1. Derece deprem bölgesi ve Z3 zemin sınıfında inşa edilecek olan 12 katlı, 400 m^2 kat alanına sahip, C25 beton ve S420a beton çeliği kullanılarak projelendirilen konut binasındaki perde boyutlandırılması, verilen mimari plana göre (Şekil 5.4) ekteki ilgili grafikler ile belirlenen kesitlerde kontroller gerçekleştirilmiştir.

Her iki doğrultuda da perde sayısı n_b: 6 olarak seçilmiş ve ekte sunulan Şekil 3'deki 12 katlı 400 m^2 kat alanına sahip yapı için verilen grafikteki perde genişliği, b_w:30 cm için perde boyu ilgili grafikten l_w: 480 cm olarak okunmuştur.



Şekil 5.4 : 12 kat, 400 m^2 kat alanına sahip yapıya ait kat planı.

Yapı ağırlığı:

$$W = Nm_i A_p = 12x12x400 = 57600\,\text{kN}$$

Yapı periyodu ve spektrum katsayısı:

$$T_1 = 2\pi\left[\sum_{i=}^{N}(m_i d_{fi}^2)/\sum_{i=}^{N}(F_{fi} d_{fi})\right]^{1/2} \cong 1,2\,\text{sn}$$

$$S(T) = 2.5(T_b / T)^{0.8} = 2.5(0.6/1.2)^{0.8} = 1,435$$

Kesme Kuvveti;

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} = \frac{57600x(0.4x1x1,435)}{6} = 5510,4\,\text{kN}$$

$$\Delta Fn = 0,0075NV_t = 0,0075x12x5510,4 = 495,9\,\text{kN}$$

$$M_t = 2/3(V_t - \Delta Fn)H_n + \Delta FnH_n = 2/3x(5510,4 - 495,9)x36 + 495,9x36 = 138200kNm$$

Donatı ve Süneklik Kontrolü:

P1 Perdesi (480/30)

$$n = \frac{N_p}{b_w l_w f_{cd}} = \frac{12x12x3,8x6,2}{0,30*4,8*16667} = 0,14$$

$$m = \frac{M_t}{n_b b_w l^2 f_{cd}} = \frac{138200}{6*0,3*4,8^2*16667} = 0,20$$

$$k_x = (\in_c /(\in_c + \in_s)) = 3/10 = 0,3 \le 0,423$$

$\omega = 0,12$ - (tablodan) [20]

$$\rho = \omega / (0,2x(f_{yd} / f_{cd}))\ ,\ \rho = \omega / (0,2x(f_{yd} / f_{cd})) = 0,12/(0,2*(20,5) = \%2,9$$

P2 Perdesi (30/480)

$$n = \frac{N_p}{b_w l_w f_{cd}} = \frac{12x12x12,4x2,4}{0,30*4,8*16667} = 0,17$$

$$m = \frac{M_t}{n_b b_w l^2 f_{cd}} = \frac{138200}{6*0,3*4,8^2*16667} = 0,20$$

$$k_x = (\in_c /(\in_c + \in_s)) = 2,9/10 = 0,29 \le 0,423$$

$\omega = 0,11$ - (tablodan) [20]

$$\rho = \omega / (0,2x(f_{yd} / f_{cd})) = 0,11/(0,2*(20,5) = \%2,6$$

P3 Perdesi (480/30)

$$n = \frac{N_p}{b_w l_w f_{cd}} = \frac{12x12x7,6x3,8}{0,30*4,8*16667} = 0,17$$

$$m = \frac{M_t}{n_b b_w l^2 f_{cd}} = \frac{138200}{6*0,3*4,8^2*16667} = 0,20$$

$$k_x = (\in_c /(\in_c + \in_s)) = 2,9/10 = 0,29 \le 0,423$$

$\omega = 0,11$ - (tablodan) [20]

$$\rho = \omega / (0,2x(f_{yd} / f_{cd})) = 0,11/(0,2*(20,5) = \%2,6$$

P4 Perdesi (30/480)

$$n = \frac{N_p}{b_w l_w f_{cd}} = \frac{12x12x3,8x12,4}{0,30*4,8*16667} = 0,28$$

$$m = \frac{M_t}{n_b b_w l^2 f_{cd}} = \frac{138200}{6*0,3*4,8^2*16667} = 0,20$$

$$k_x = (\in_c /(\in_c + \in_s)) = 3/8 = 0,375 \le 0,423$$

$\omega = 0,10$ - (tablodan) [20]

$$\rho = \omega / (0,2x(f_{yd} / f_{cd})) = 0,10/(0,2*(20,5) = \%2,4$$

Kesme Kuvveti Kontrolü,

Perde sayıları ve boyları her iki yönde eşit olduğu için, kontrolün herhangi bir yönde yapılması yeterli olacaktır.

$$V_d = (V_t / n_b) = (16531,2/6) = 2755 \text{ kN}$$

$V_d \le V_r$

$$V_r = 0,22A_{ch} f_{cd} = 0,22x(0,3x4,8)16667 = 5280 \text{ kN}$$

ρ_{sh} , minimum değer olan 0, 0025 alınarak kontrol yapılırsa [11],

$$V_r = A_{ch}(0,65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{ywd}) = (0,3x4,8)x(0,65x1565 + 0,0025x365200) = 2780kN$$

$$V_r = A_{wf} f_{yd} \mu = 0,017x4,8x0,30x365220x0,6 = 5364kN$$

Kesme sürtünmesi hesabı için yalnızca uç bölgelerindeki donatıların hesaba katılması yeterlidir.

Göreli Kat Ötelenmelerinin Sınırlandırılması Koşulu

STORY DRIFTS

STORY	DIRECTION	LOAD	MAX DRIFT
STORY12	X	DEPREM	1/226
STORY11	X	DEPREM	1/228
STORY10	X	DEPREM	1/231
STORY9	X	DEPREM	1/237
STORY8	X	DEPREM	1/247
STORY7	X	DEPREM	1/262
STORY6	X	DEPREM	1/286
STORY5	X	DEPREM	1/324
STORY4	X	DEPREM	1/387
STORY3	X	DEPREM	1/503
STORY2	X	DEPREM	1/773
STORY1	X	DEPREM	1/1855

Şekil 5.5 : Etabs verileri.

$\frac{\delta_{imaks}}{h_i} \le 0.02$; $\frac{(Rx\Delta_i)}{h_i} \le 0.02$; $\frac{2(1/226)}{3} \le 0.02$ koşulu sağlanmaktadır.

Minimum Kesit Kontrolü:

$$\sum A_g / \sum A_p \ge 0,002 = 6x(0,3x4,8)/400 = 0,021 \ge 0,002$$

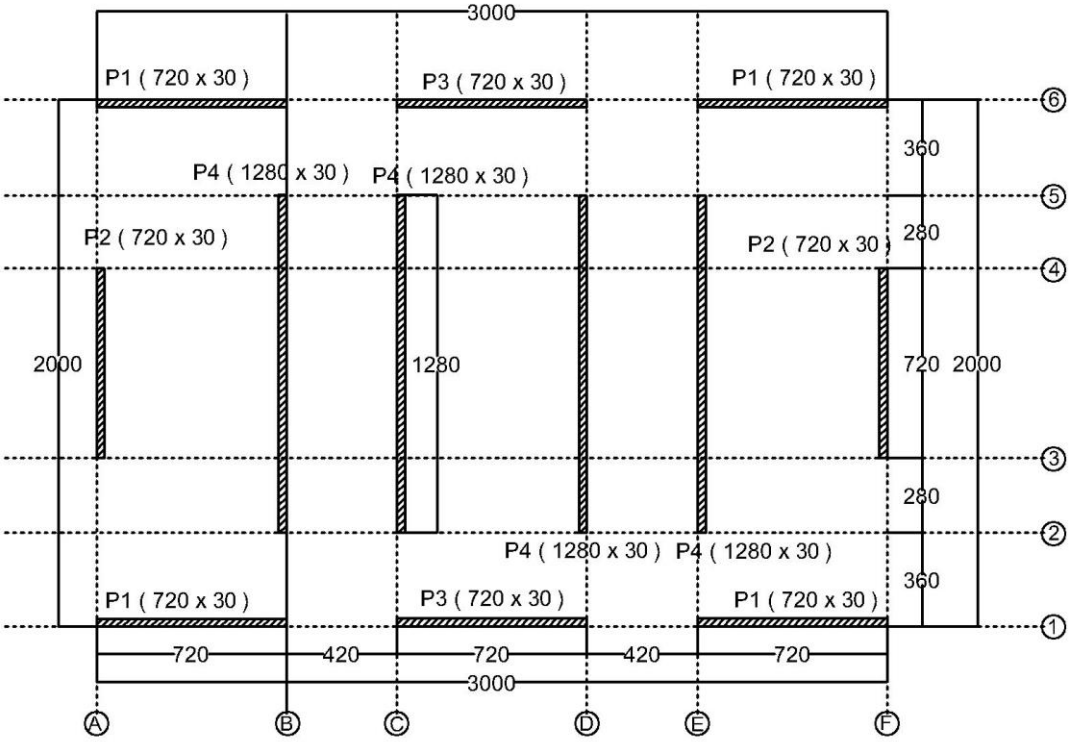
$$V_t / \sum A_g \le 0.5 f_{ctd} = 5510/6x(0,3x4,8) \le 0,5x1565$$

Yapılan hesaplar ile elde edilen sonuçlar doğrultusunda, bu kat planı için seçilen perde kesitlerinin yeterli olduğu, süneklik koşulunun P4 perdesi haricinde limit durumda olmadığı gözlenmiştir. Perde kesitlerinin belirlenmesinde deplasman koşulunun ekstrem koşulu oluşturduğu, donatı oranlarının ise %2 civarlarında olduğu gözlenmiştir. 1. Örnekte Z1 zemin sınıfına göre düzenlenen yapıda perde boyları P4 perdesi haricinde 390 cm perde boylarının yeterli olduğunu gösterirken, 2. Örnekte ise 480 cm perde boylarının her bir perde en kesit koşulları sağlanarak kabul edilebilir bir rakam olduğu gösterilmiştir. Yapının zemin sınıfı özelliğinin değiştirilmesi ile perde boylarında artış gözlenmiştir.

3-) 1. Derece deprem bölgesi ve Z1 zemin sınıfında inşa edilecek olan 21 katlı, 600 m^2 kat alanına sahip, C25 beton ve S420a beton çeliği kullanılarak projelendirilen

konut binasındaki perde boyutlandırılması, verilen mimari plana göre (Şekil 5.6) ekteki ilgili grafikler ile belirlenen kesitlerde kontroller gerçekleştirilmiştir.

Her iki doğrultuda da perde sayısı n_b: 6 olarak seçilmiş ve ekte sunulan Şekil 1'deki 21 katlı 600 m^2 kat alanına sahip yapı için verilen grafikteki perde genişliği, b_w:30 cm için perde boyu ilgili grafikten l_w: 720 cm olarak okunmuştur.



Şekil 5.6 : 21 kat, 600 m^2 kat alanına sahip yapıya ait kat planı.

Yapı ağırlığı:

$$W = Nm_i A_p = 21x12x600 = 151200 \text{ kN}$$

Yapı periyodu ve spektrum katsayısı:

$$T_1 = 2\pi\left[\sum_{i=}^{N}(m_i d_{fi}^2)/\sum_{i=}^{N}(F_{fi} d_{fi})\right]^{1/2} \cong 2{,}1 \text{ sn}$$

$$S(T) = 2.5(T_b / T)^{0.8} = 2.5(0.3/2{,}1)^{0.8} = 0{,}527$$

Kesme Kuvveti;

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} = \frac{151200x(0.4x1x0,527)}{6} = 5312,16 \text{ kN}$$

$$\Delta Fn = 0,0075NV_t = 0,0075x21x5312,16 = 836,66 \text{ kN}$$

$$M_t = 2/3(V_t - \Delta Fn)H_n + \Delta FnH_n = 2/3x(5312,16 - 836,66)x63 + 836,66x63 = 240680kNm$$

Donatı ve Süneklik Kontrolü:

P1 Perdesi (720/30)

$$n = \frac{N_p}{b_w l_w f_{cd}} = \frac{12x21x9,3x3,2}{0,30*7,2*16667} = 0,20$$

$$m = \frac{M_t}{n_b b_w l^2 f_{cd}} = \frac{240680}{6*0,3*7,2^2*16667} = 0,16$$

$$k_x = 0,250 \le 0,423$$

$\omega = 0,09$ - (tablodan) [20]

$$\rho = \omega / (0,2x(f_{yd} / f_{cd})) = 0,09 / (0,2*(20,5) = \%2,2$$

P2 Perdesi (30/720)

$$n = \frac{N_p}{b_w l_w f_{cd}} = \frac{12x21x13,6x2,50}{0,30*7,2*16667} = 0,23$$

$$m = \frac{M_t}{n_b b_w l^2 f_{cd}} = \frac{240680}{6*0,3*7,2^2*16667} = 0,16$$

$$k_x = 0,280 \le 0,423$$

$\omega = 0,08$ - (tablodan) [20]

$$\rho = \omega / (0,2x(f_{yd} / f_{cd})) = 0,08 / (0,2*(20,5) = \%1,95$$

P3 Perdesi (720/30)

$$n = \frac{N_p}{b_w l_w f_{cd}} = \frac{12x21x11,4x3}{0,30*7,2*16667} = 0,22$$

$$m = \frac{M_t}{n_b b_w l^2 f_{cd}} = \frac{240680}{6*0,3*7,2^2*16667} = 0,16$$

$k_x = 0,190 \leq 0,423$

$\omega = 0,075$ - (tablodan) [20]

$\rho = \omega / (0,2x(f_{yd} / f_{cd})) = 0,075 / (0,2*(20,5) = \%1,83$

P4 Perdesi (30/720)

$$n = \frac{N_p}{b_w l_w f_{cd}} = \frac{12x21x14,4x5,3}{0,30*7,2*16667} = 0,53$$

$$m = \frac{M_t}{n_b b_w l^2 f_{cd}} = \frac{240680}{6*0,3*7,2^2*16667} = 0,16$$

$k_x = 0,583 \leq 0,423$

$\omega = 0,07$ - (tablodan) [20]

$\rho = \omega / (0,2x(f_{yd} / f_{cd})) = 0,07 / (0,2*(20,5) = \%1,7$

Kesme Kuvveti Kontrolü,

Perde sayıları ve boyları her iki yönde eşit olduğu için, kontrolün herhangi bir yönde yapılması yeterli olacaktır.

$V_d = (V_t / n_b) = (15936,48 / 6) = 2656kN$

$V_d \leq V_r$

$V_r = 0,22A_{ch} f_{cd} = 0,22x(0,3x7,2)16667 = 7920kN$

ρ_{sh} , minimum değer olan 0, 0025 alınarak kontrol yapılırsa [11],

$V_r = A_{ch}(0,65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{ywd}) = (0,3x7,2)x(0,65x1565 + 0,0025x365200) = 4169kN$

$V_r = A_{wf} f_{yd} \mu = 0,017x7,2x0,30x365220x0,6 = 8046kN$

Kesme sürtünmesi hesabı için yalnızca uç bölgelerindeki donatıların hesaba katılması yeterlidir.

Göreli Kat Ötelenmelerinin Sınırlandırılması Koşulu

$\frac{\delta_{imaks}}{h_i} \leq 0.02$; $\frac{(Rx\Delta_i)}{h_i} \leq 0.02$; $\frac{2(1/51)}{3} \leq 0.02$ koşulu sağlanmaktadır.

Minimum Kesit Kontrolü:

$$\sum A_g / \sum A_p \geq 0,002 = 6x(0,3x7,2)/600 = 0,022 \geq 0,002$$

$$V_t / \sum A_g \leq 0.5 f_{ctd} = 5312/6x(0,3x7,2) \leq 0,5x1565$$

Yapılan hesaplar ile elde edilen sonuçlar doğrultusunda, seçilen perde kesitlerinin yeterli olduğu, süneklik ve donatı oranlarının P4 perdesi haricinde limit durumda olmadığı gözlenmiştir. Perde kesitlerinin belirlenmesinde deplasman koşulunun ekstrem koşulu oluşturduğu aşikârdır.

Seçilen planda P4 perdelerinin taşıdığı normal kuvvet, perdelerin plandaki yerleştirme düzenlerinin farklı olmasından dolayı grafiklerde belirlenen perde boylarının hesabı için kullanılan normal kuvvetten daha fazla olduğu sonucunu doğurmakta ve sünekliği azaltmaktadır. Bu nedenle P4 perdelerinin kesiti süneklik kriteri için yetersiz gelmiştir. Sorunun çözümü olarak ise perdelerin normal kuvvetleri daha orantılı almak için yapı kat planlarını değiştirmek veya o yöndeki perde sayılarında bir değişikliğe gitmek veya P4 perdesinin boyunu arttırmak mantıklı bir çözüm olacaktır.

Her iki doğrultuda perde sayısı ve kat planı sabit olmak koşulu ile 600 m^2 kat alanına sahip b_w:30 cm için P4 perde boyları l_w:1280 cm olarak seçilmiştir.

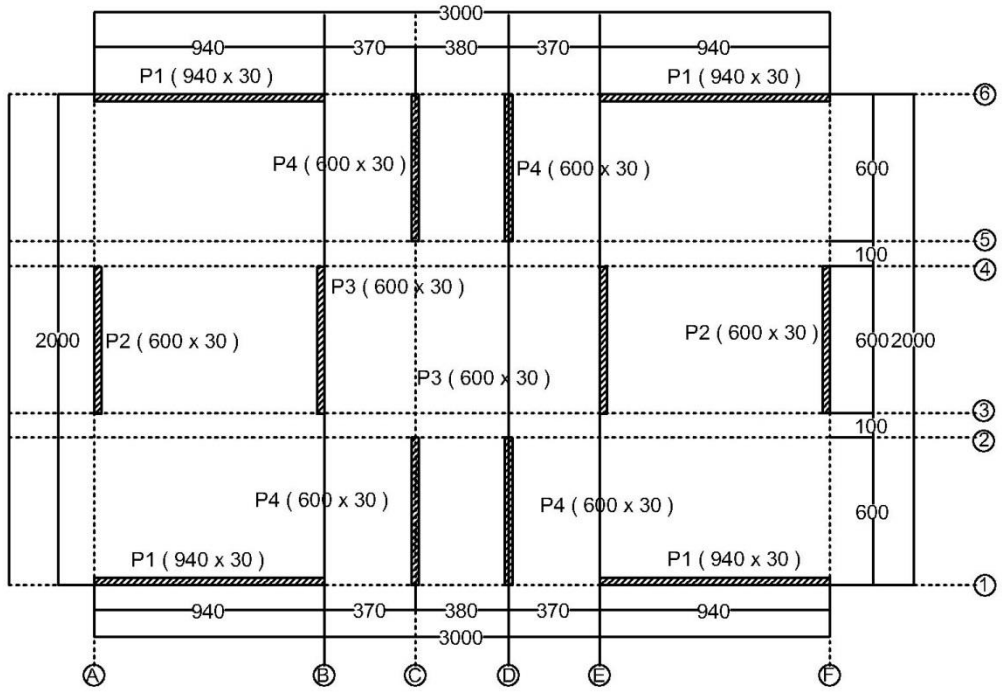
P4 perdesinin deplasman koşulu sınırında kaldığı denklem (5.3)'le gösterilmiştir.

$$k_x = (\in_c /(\in_c + \in_s)) = 3,4/8 = 0,425 \cong 0,423 \qquad (5.3)$$

Seçilen kat planına göre perdelerin yerleşim düzenlerinde ortaya çıkan durumun mimari açıdan kullanışsız olduğu gözlenmiştir. Genellikle tünel kalıp imalatlarında karşılaştığımız durum olan yapı ağırlığının tümünün perdeler ile taşındığı sistemde yapı merkezindeki perdelerin alacakları yapı ağırlığı doğrultusundaki normal kuvvetler sebebi ile süneklik koşulunu sağlamakta zorluk çekildiği gözlenmiştir. Bu duruma bir çözüm olarak yapı ağırlık merkezlerinde çekirdek perdelere ihtiyaç duyulmaktadır. Çekirdek perdelerin gerekli olan perde boylarında azalmaya sebebiyet vereceği düşünülmektedir. Böylelikle süneklilik koşulu dahilinde daha az atalet kuvvetlerine ihtiyaç olacak ve daha az perde boyları ile daha kullanışlı mimari plan hazırlanabilecektir.

4-) 3. örnekte detaylı olarak çözülen 1.Derece deprem bölgesi ve Z1 zemin sınıfında inşa edilmesi planlanan 21 katlı 600 m2 kat alanına sahip yapı için bu örnekte farklı perde yerleşim düzeni ve her iki yöndeki perde sayıları eşit alınmayarak bir çözüm yapılmıştır. X yönünde n_b: 4 uygun görülmüş ve y yönünde ise n_b:8 olarak tasarlanmıştır. Yeni kat planına göre projelendirilmiş konut binasındaki perde boyutlandırılması tekrar yapılmıştır. (Şekil 5.7) deki mimari plana göre, İlgili grafik verileri ile karşılaştırılmıştır.

X doğrultusunda perde sayısı n_b: 4 olarak, y doğrultusunda ise n_b: 8 olarak seçilmiştir ve ekte sunulan Şekil 1'deki 21 katlı 600 m^2 kat alanına sahip yapı için verilen grafikteki perde genişliği, b_w:30 cm için perde boyu ilgili grafikten x yönündeki perde boyları, l_w: 940 cm olarak okunmuştur. Y yönündeki perde boyları ise l_w: 600 cm olarak okunmuştur.



Şekil 5.7 : 21 kat, 600 m^2 kat alanına sahip yapıya ait kat planı.

Yapı ağırlığı:

$$W = Nm_i A_p = 21x12x600 = 151200 \text{ kN}$$

Yapı periyodu ve spektrum katsayısı:

$$T_1 = 2\pi\left[\sum_{i=}^{N}(m_i d_{fi}^2)/\sum_{i=}^{N}(F_{fi} d_{fi})\right]^{1/2} \cong 2{,}1\,\text{sn}$$

$$S(T) = 2.5(T_b / T)^{0.8} = 2.5(0.3/2{,}1)^{0.8} = 0{,}527$$

Kesme Kuvveti;

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} = \frac{151200x(0.4x1x0{,}527)}{6} = 5312{,}16\ \text{kN}$$

$$\Delta Fn = 0{,}0075NV_t = 0{,}0075x21x5312{,}16 = 836{,}66\ \text{kN}$$

$$M_t = 2/3(V_t - \Delta Fn)H_n + \Delta FnH_n = 2/3x(5312{,}16 - 836{,}66)x63 + 836{,}66x63 = 240680kNm$$

Donatı ve Süneklik Kontrolü:

<u>P1 Perdesi (940/30)</u>

$$n = \frac{N_p}{b_w l_w f_{cd}} = \frac{12x21x11{,}26x3{,}5}{0{,}30*9{,}4*16667} = 0{,}21$$

$$m = \frac{M_t}{n_b b_w l^2 f_{cd}} = \frac{240680}{4*0{,}3*9{,}4^2*16667} = 0{,}14$$

$$k_x = 0{,}20 \le 0{,}423$$

$\omega = 0{,}09$ - (tablodan) [20]

$$\rho = \omega/(0{,}2x(f_{yd}/f_{cd})) = 0{,}09/(0{,}2*(20{,}5) = \%2{,}2$$

<u>P2, P3, P4 Perdeleri (30/600)</u>

$n = 0{,}13$

$m = 0{,}14$

$$k_x = 0{,}20 \le 0{,}423$$

$\omega = 0{,}06$ - (tablodan) [20]

$$\rho = \omega/(0{,}2x(f_{yd}/f_{cd})) = 0{,}06/(0{,}2*(20{,}5) = \%1{,}5$$

Kesme Kuvveti Kontrolü,

Perde sayıları ve boyları her iki yönde eşit olmadığı için, kontrolün her iki yönde de yapılması gerekir. X yönündeki perde sayısı y yönündekine kıyasla daha az olduğu için perde başına düşen kesme kuvveti daha fazla olacaktır. X yönünde kesme hesabı sağlanıyorsa y yönünde mutlak suretle sağlanacaktır.

x yönünde hesap;

$V_d = (V_t / n_b) = (15936,48 / 4) = 3984,12\,\text{kN}$

$V_d \le V_r$

$V_r = 0,22 A_{ch} f_{cd} = 0,22x(0,3x9,4)16667 = 10340\,\text{kN}$

ρ_{sh} , minimum değer olan 0, 0025 alınarak kontrol yapılırsa [11],

$V_r = A_{ch}(0,65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{ywd}) = (0,3x9,4)x(0,65x1565 + 0,0025x365200) = 5443\,\text{kN}$

$V_r = A_{wf} f_{yd} \mu = 0,022x9,4x0,30x365220x0,6 = 13594\,\text{kN}$

y yönünde hesap;

$V_d = (V_t / n_b) = (15936,48 / 8) = 1992\,\text{kN}$

$V_d \le V_r$

$V_r = 0,22 A_{ch} f_{cd} = 0,22x(0,3x6)16667 = 6600\,\text{kN}$

ρ_{sh} , minimum değer olan 0,0025 alınarak kontrol yapılırsa [11],

$V_r = A_{ch}(0,65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{ywd}) = (0,3x6)x(0,65x1565 + 0,0025x365200) = 3474\,\text{kN}$

$V_r = A_{wf} f_{yd} \mu = 0,024x6x0,30x365220x0,6 = 9466\,\text{kN}$

Minimum Kesit Kontrolü:

$\sum A_g / \sum A_p \ge 0,002 = 4x(0,3x9,4) / 600 = 0,018 \ge 0,002$

$V_t / \sum A_g \le 0.5 f_{ctd} = 5312 / 4x(0,3x9,4) \le 0,5x1565$

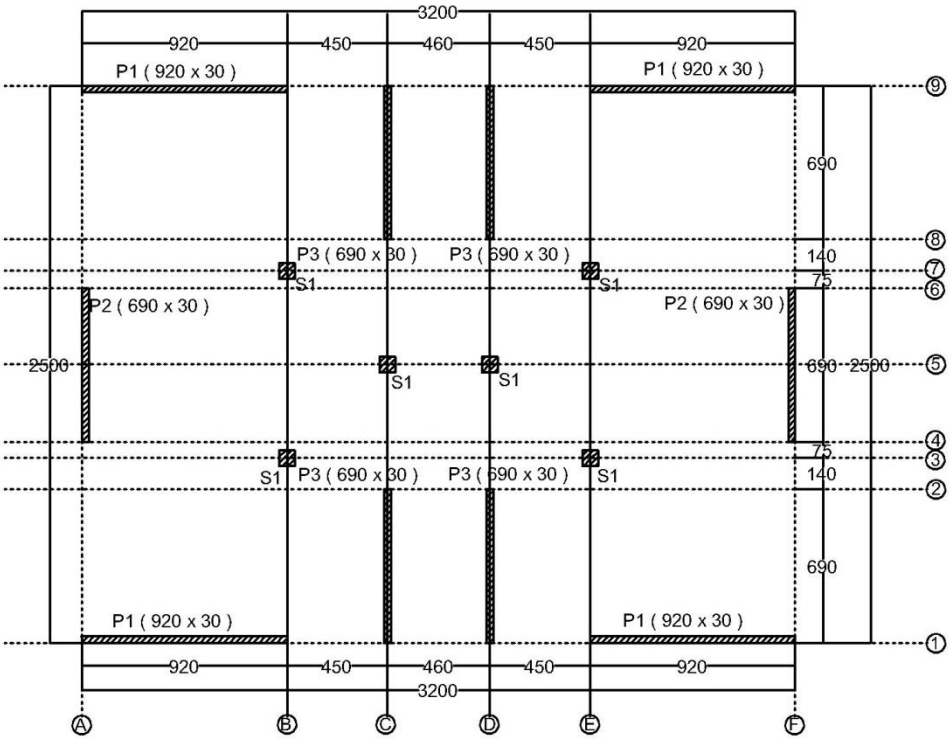
Yapılan iki örnekten çıkarılacak sonuç olarak perde boylarının tayininde plandaki yerlerinin düzenlenmesine paralel olarak perde boylarında inanılmaz artış olabileceği tespit edilmiştir. Perde boylarındaki bu artıştan dolayı kullanımı elverişsiz olan mimari planlar ortaya çıkmıştır. 4. örnekte, 3. örnekteki aynı yapı özellikleri

kullanılmış fakat farklı bir kat planı ve her iki yöndeki perde sayıları eşit alınmayarak farklı bir yol denenmiştir. Daha elverişli ve daha makul kabul edilebilecek perde boyların ulaşılmış daha kullanışlı bir plan elde edilmiştir. Ekte yer alan grafikler 3.örnekte örneğinde olduğu gibi kabul edilmiş ve perde boyları tasarımı bu kabule göre gerçekleştirilmiştir.

Bu bölümde ise 600 ve 800 m^2 kat alanına sahip, deprem kuvvetlerinin yalnız perdeler tarafından alındığı ve normal kuvvetin ise perdeler ve kolonlar tarafından karşılandığı bir konutun çeşitli kat alanı, deprem bölgesi ve bir yöndeki perde genişlikleri değişken olarak alınarak, tezin ekinde sunulan grafikler ile perde kesitleri belirlenerek kontroller yapılacaktır.

5-) 1.Derece deprem bölgesi ve Z1 zemin sınıfında inşa edilecek olan 18 katlı, 800 m^2 kat alanına sahip, C25 beton ve S420a beton çeliği kullanılarak projelendirilen konut binasındaki perde boyutlandırılması, verilen mimari plana göre (Şekil 5.8) ekteki ilgili grafikler ile belirlenen kesitlerde kontroller gerçekleştirilmiştir.

X doğrultusundaki perde sayısı n_b: 4 seçilirken, y doğrultusundaki perde sayısı n_b:6 olarak seçilmiştir. Plandaki kolonlar göz önüne alınarak bina yükünün %75'inin perdeler, %25'inin kolonlar tarafından karşılandığı durumda elde edilen grafikler yardımı ile perde kesitleri seçilmiştir. Ekte yer alan grafiklerde Şekil 13'de 18 kat, 800 m^2 kat alanına sahip yapılar için verilen grafikteki perde genişliği b_w=30 cm için perde boyları x yönünde l_w=920 cm, y yönünde l_w= 690 cm olarak seçilmiştir.



Şekil 5.8 : 18 kat, 800 m^2 Kat alanına sahip yapıya ait kat planı.

Yapı ağırlığı:

$$W = 0,75 N m_i A_p = 0,75x18x12x800 = 129600\,\text{kN}$$

Yapı periyodu ve spektrum katsayısı:

$$T_1 = 2\pi\left[\sum_{i=}^{N}(m_i d_{fi}^2)/\sum_{i=}^{N}(F_{fi} d_{fi})\right]^{1/2} \cong 1,8\,\text{sn}$$

$$S(T) = 2.5(T_b / T)^{0.8} = 2.5(0.3/1,8)^{0.8} = 0,596$$

Kesme Kuvveti;

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} = \frac{129600x(0.4x1x0,596)}{6} = 5149,44\,\text{kN}$$

$$\Delta Fn = 0,0075 N V_t = 0,0075x18x5149,44 = 695,17\,\text{kN}$$

$$M_t = 2/3(V_t - \Delta Fn)H_n + \Delta F n H_n = 2/3x(5149,44 - 695,17)x54 + 695,17x54 = 197892 kNm$$

Donatı ve Süneklik Kontrolü:

<u>P1 Perdesi (920/30)</u>

$n = 0,148$

$m = 0,139$

$k_x = 0,412 \leq 0,423$

$\omega = 0,9$ - (tablodan) [20]

$\rho = \omega / (0,2x(f_{yd} / f_{cd})) = 0,09 / (0,2*(20,5) = \%2,1$

P2 Perdesi (30/690)

$n = 0,207$

$m = 0,126$

$k_x = 0,350 \leq 0,423$

$\omega = 0,095$ - (tablodan) [20]

$\rho = \%2,3$

P3 Perdesi (30/690)

$n = 0,217$

$m = 0,126$

$k_x = 0,385 \leq 0,423$

$\omega = 0,095$ - (tablodan) [20]

$\rho = \%2,3$

Kesme Kuvveti Kontrolü

Perde sayıları ve boyları her iki yönde eşit olmadığı için, kontrolün her iki yönde de yapılması gerekir. X yönündeki perde sayısı y yönündekine kıyasla daha az olduğu için perde başına düşen kesme kuvveti daha fazla olacaktır. X yönünde kesme hesabı sağlanıyorsa y yönünde mutlak suretle sağlanacaktır.

x yönünde hesap;

$V_d = (V_t / n_b) = (15448,32 / 4) = 3862kN$

$V_d \leq V_r$

$V_r = 0,22 A_{ch} f_{cd} = 0,22x(0,3x9,2)16667 = 10120\,\text{kN}$

ρ_{sh} , minimum değer olan 0,0025 alınarak kontrol yapılırsa [11],

$V_r = A_{ch}(0,65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{ywd}) = (0,3x9,2)x(0,65x1565 + 0,0025x365200) = 5327\,\text{kN}$

$V_r = A_{wf} f_{yd} \mu = 0,024x9,2x0,30x365220x0,6 = 14515\,\text{kN}$

y doğrultusunda hesap yapmaya gerek yoktur.

Minimum Kesit Kontrolü:

$\sum A_g / \sum A_p \geq 0,002 = 4x(0,3x9,2)/800 = 0,013 \geq 0,002$

$\sum A_g / \sum A_p \geq 0,002 = 6x(0,3x6,9)/800 = 0,015 \geq 0,002$

$V_t / \sum A_g \leq 0.5 f_{ctd} = 5149 / 4x(0,3x9,2) \leq 0,5x1565$

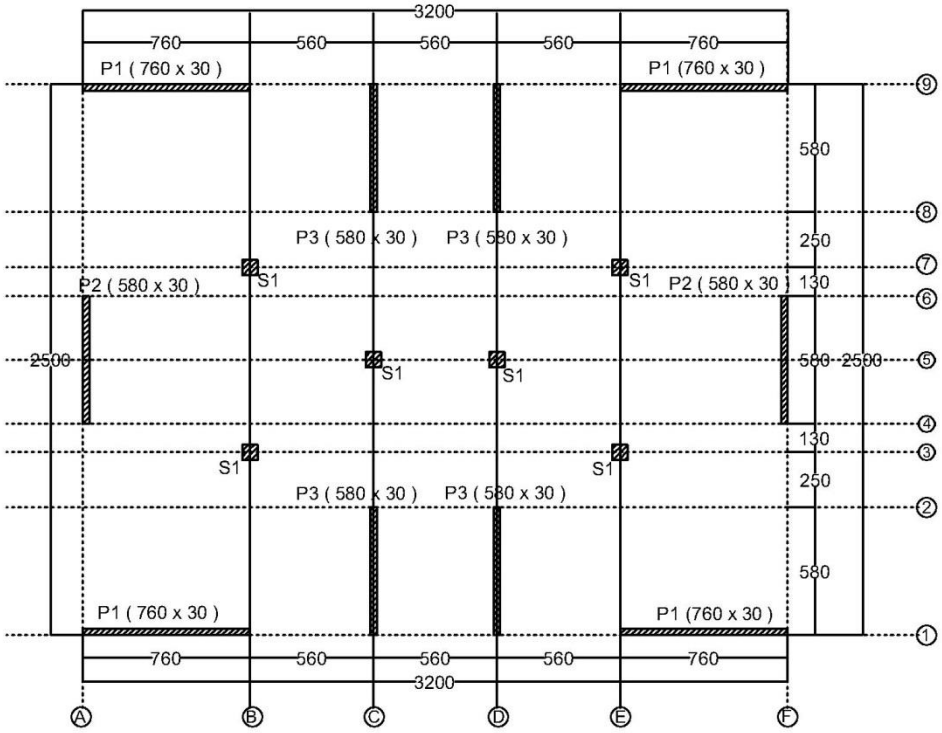
$V_t / \sum A_g \leq 0.5 f_{ctd} = 5149 / 6x(0,3x6,9) \leq 0,5x1565$

$(H_w / l_w) = (54 / (4x9,2)) = 1,46 < 2,0$

$(b_w / h) = (30 / 300) = 1/10 \geq 1/15$

6-) 3.Derece deprem bölgesi ve Z1 zemin sınıfında inşa edilecek olan 18 katlı, 800 m^2 kat alanına sahip, C25 beton ve S420a beton çeliği kullanılarak projelendirilen konut binasındaki perde boyutlandırılması, verilen mimari plana göre (Şekil 5.9) ekteki ilgili grafikler ile belirlenen kesitlerde kontroller gerçekleştirilmiştir.

X doğrultusundaki perde sayısı n_b: 4 seçilirken, y doğrultusundaki perde sayısı n_b: 6 olarak seçilmiştir. Plandaki kolonlar göz önüne alınarak bina yükünün %75'inin perdeler, %25'inin kolonlar tarafından karşılandığı durumda elde edilen grafikler yardımı ile perde kesitleri seçilmiştir. Ekte yer alan grafiklerde Şekil 17'de 18 kat, 800 m^2 kat alanına sahip yapılar için verilen grafikteki perde genişliği b_w=30 cm için perde boyları x yönünde l_w=760 cm, y yönünde l_w= 580 cm olarak seçilmiştir. 5. örnekte değerlendirilen yapının 3. Derece deprem bölgesinde olma ihtimali bu örnekte göz önüne alınmıştır.



Şekil 5.9 :18 kat, 800 m^2 kat alanına sahip yapıya ait kat planı.

Yapı ağırlığı:

$$W = 0,75 N m_i A_p = 0,75x18x12x800 = 129600\,\text{kN}$$

Yapı periyodu ve spektrum katsayısı:

$$T_1 = 2\pi\left[\sum_{i=}^{N}(m_i d_{fi}^2)/\sum_{i=}^{N}(F_{fi} d_{fi})\right]^{1/2} \cong 1,8\,\text{sn}$$

$$S(T) = 2.5(T_b / T)^{0.8} = 2.5(0.3/1,8)^{0.8} = 0,596$$

Kesme Kuvveti;

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} = \frac{129600x(0.2x1x0,596)}{6} = 2574,72\,\text{kN}$$

$$\Delta Fn = 0,0075 N V_t = 0,0075x18x2574,72 = 347,58\,\text{kN}$$

$$M_t = 2/3(V_t - \Delta Fn)H_n + \Delta Fn H_n = 2/3x(2574,72 - 347,58)x54 + 347,58x54 = 98946 kNm$$

Donatı ve Süneklik Kontrolü:

<u>P1 Perdesi (760/30)</u>

$n = 0,179$

$m = 0,102$

$k_x = 0,412 \leq 0,423$

$\omega = 0,09$ - (tablodan) [20]

$\rho = \omega / (0,2x(f_{yd} / f_{cd})) = 0,09 / (0,2*(20,5) = \%2,1$

P2 Perdesi (30/580)

$n = 0,189$

$m = 0,089$

$k_x = 0,405 \leq 0,423$

$\omega = 0,06$ - (tablodan) [20]

$\rho = \%1,5$

P3 Perdesi (30/690)

$n = 0,205$

$m = 0,089$

$k_x = 0,412 \leq 0,423$

$\omega = 0,06$ - (tablodan) [20]

$\rho = \%1,5$

Kesme Kuvveti Kontrolü,

Perde sayıları ve boyları her iki yönde eşit olmadığı için, kontrolün her iki yönde de yapılması gerekir. X yönündeki perde sayısı y yönündekine kıyasla daha az olduğu için perde başına düşen kesme kuvveti daha fazla olacaktır. X yönünde kesme hesabı sağlanıyorsa y yönünde mutlak suretle sağlanacaktır.

x yönünde hesap;

$V_d = (V_t / n_b) = (7724,16 / 4) = 1931\,\text{kN}$

$V_d \leq V_r$

$V_r = 0,22 A_{ch} f_{cd} = 0,22x(0,3x7,6)16667 = 8360\ \text{kN}$

ρ_{sh} , minimum değer olan 0, 0025 alınarak kontrol yapılırsa [11],

$V_r = A_{ch}(0,65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{ywd}) = (0,3x7,6)x(0,65x1565 + 0,0025x365200) = 4400\ \text{kN}$

$V_r = A_{wf} f_{yd} \mu = 0,015x7,6x0,30x365220x0,6 = 7494\ \text{kN}$

Minimum Kesit Kontrolü:

$\sum A_g / \sum A_p \geq 0,002 = 4x(0,3x7,6)/800 = 0,011 \geq 0,002$

$V_t / \sum A_g \leq 0.5 f_{ctd} = 2574/4x(0,3x7,8) \leq 0,5x1565$

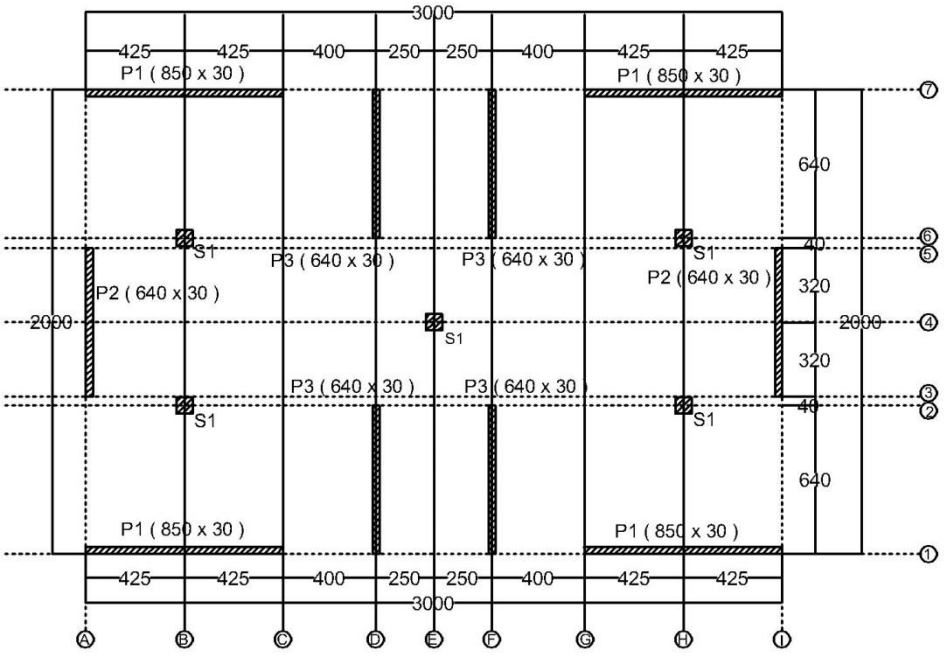
$(H_w / l_w) = (54/(4x7,6)) = 1,77 < 2,0$

$(b_w / h) = (30/300) = 1/10 \geq 1/15$

6. örnekte x yönünde 760 cm lik 4 adet perde, y yönünde ise 580 cm'lik 6 adet perde ekte yer alan grafikler dahilinde teyit edilmiş ve 3. Derece deprem bölgesi, Z1 zemin sınıfına göre 800 m^2 kat alanına sahip 18 katlı yapı için yeterli olduğu tespit edilmiştir. Zemin sınıfındaki değişiklik sebebi ile perde boylarında x yönünde 160 cm kadar, y yönünde ise 110 cm kadar azalma olduğu tespit edilmiştir. Perde boylarındaki bu değişim için kat planlarındaki yerleşim biçimlerinin oldukça önemli olduğu savunulmaktadır.

7-) 1.Derece deprem bölgesi ve Z3 zemin sınıfında inşa edilecek olan 15 katlı, 600 m^2 kat alanına sahip, C25 beton ve S420a beton çeliği kullanılarak projelendirilen konut binasındaki perde boyutlandırılması, verilen mimari plana göre (Şekil 5.10) ekteki ilgili grafikler ile belirlenen kesitlerde kontroller gerçekleştirilmiştir.

X doğrultusundaki perde sayısı n_b: 4 seçilirken, y doğrultusundaki perde sayısı n_b:6 olarak seçilmiştir. Plandaki kolonlar göz önüne alınarak bina yükünün %75'inin perdeler, %25'inin kolonlar tarafından karşılandığı durumda elde edilen grafikler yardımı ile perde kesitleri seçilmiştir. Ekte yer alan grafiklerde Şekil 14'de 15 kat, 600 m^2 kat alanına sahip yapılar için verilen grafikteki perde genişliği b_w=30 cm için perde boyları x yönünde l_w=850 cm, y yönünde l_w= 640 cm olarak seçilmiştir.



Şekil 5.10 : 15 kat, 600 m^2 kat alanına sahip yapıya ait kat planı.

Yapı ağırlığı:

$$W = 0,75 N m_i A_p = 0,75x15x12x600 = 81000\,\text{kN}$$

Yapı periyodu ve spektrum katsayısı:

$$T_1 = 2\pi\left[\sum_{i=}^{N}(m_i d_{fi}^2)/\sum_{i=}^{N}(F_{fi} d_{fi})\right]^{1/2} \cong 1,5\,\text{sn}$$

$$S(T) = 2.5(T_b / T)^{0.8} = 2.5(0.6/1,5)^{0.8} = 1,201$$

Kesme Kuvveti;

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} = \frac{81000x(0.4x1x1,201)}{6} = 6485,4\,\text{kN}$$

$$\Delta Fn = 0,0075 N V_t = 0,0075x15x6485,4 = 729,60\,\text{kN}$$

$$M_t = 2/3(V_t - \Delta Fn)H_n + \Delta Fn H_n = 2/3x(6485,4 - 729,60)x45 + 729,60x45 = 205506 kNm$$

Donatı ve Süneklik Kontrolü:

<u>P1 Perdesi (850/30)</u>

$n = 0,091$

$m = 0,085$

$k_x = 0,280 \leq 0,423$

$\omega = 0,09$ - (tablodan) [20]

$\rho = \omega / (0,2x(f_{yd} / f_{cd})) = 0,09 / (0,2*(20,5) = \%2,2$

P2 Perdesi (30/640)

$n = 0,155$

$m = 0,076$

$k_x = 0,290 \leq 0,423$

$\omega = 0,085$ - (tablodan) [20]

$\rho = \%2,1$

P3 Perdesi (30/640)

$n = 0,139$

$m = 0,076$

$k_x = 0,28 \leq 0,423$

$\omega = 0,095$ - (tablodan) [20]

$\rho = \%2,3$

Kesme Kuvveti Kontrolü,

Perde sayıları ve boyları her iki yönde eşit olmadığı için, kontrolün her iki yönde de yapılması gerekir. X yönündeki perde sayısı y yönündekine kıyasla daha az olduğu için perde başına düşen kesme kuvveti daha fazla olacaktır. X yönünde kesme hesabı sağlanıyorsa y yönünde mutlak suretle sağlanacaktır.

x yönünde hesap;

$V_d = (V_t / n_b) = (19456 / 4) = 4864 \text{ kN}$

$V_d \leq V_r$

$V_r = 0,22 A_{ch} f_{cd} = 0,22x(0,3x8,5)16667 = 9350\,\text{kN}$

ρ_{sh} , minimum değer olan 0, 0025 alınarak kontrol yapılırsa [11],

$V_r = A_{ch}(0,65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{ywd}) = (0,3x8,5)x(0,65x1565 + 0,0025x365200) = 4922\,\text{kN}$

$V_r = A_{wf} f_{yd} \mu = 0,023x8,5x0,30x365220x0,6 = 12852\,\text{kN}$

Minimum Kesit Kontrolü:

$\sum A_g / \sum A_p \geq 0,002 = 4x(0,3x8,5)/600 = 0,017 \geq 0,002$

$V_t / \sum A_g \leq 0.5 f_{ctd} = 4864 / 4x(0,3x8,5) \leq 0,5x1565$

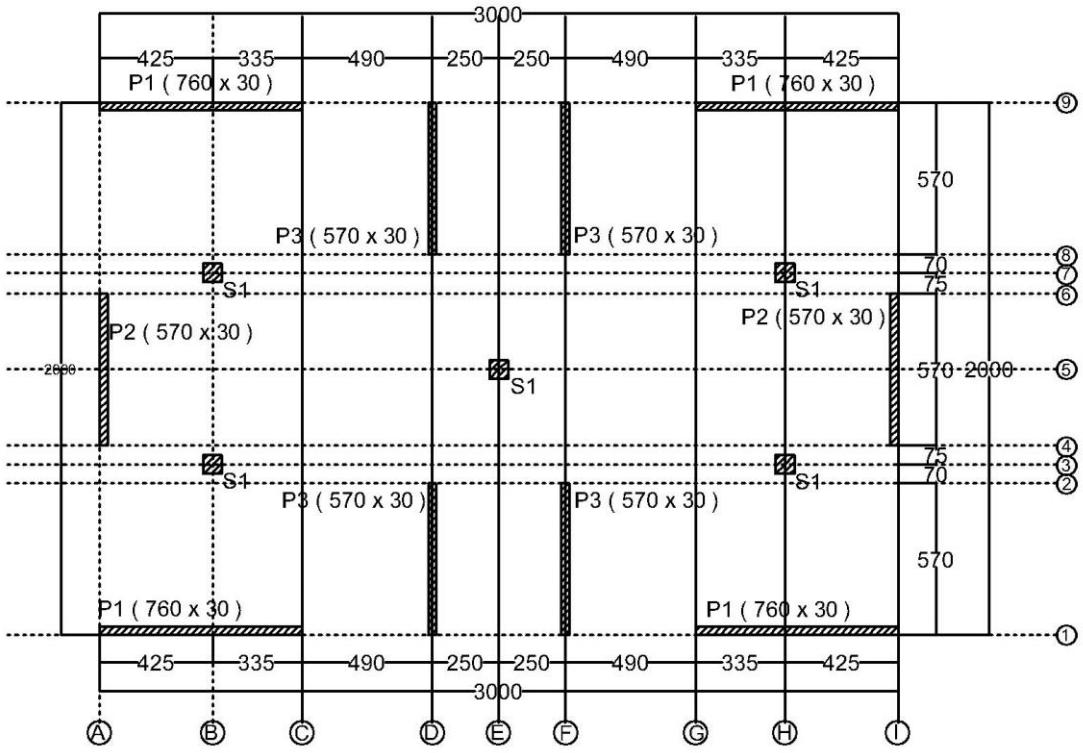
$(H_w / l_w) = (45/(4x8,5)) = 1,32 < 2,0$

$(b_w / h) = (30/300) = 1/10 \geq 1/15$

Yapılan hesaplar ile elde edilen sonuçlar doğrultusunda, seçilen perde kesitlerinin yeterli olduğu gözlenmiş ancak perde boylarının mimari kullanım açısından düşünüldüğünde olumsuz sonuç doğurabilecek nitelikte olduğu aşikârdır. Bu durumun ortadan kalkması için perde genişliklerinin arttırılması veya profil perde teşkil edilerek aynı perdeden her iki deprem doğrultusunda da yararlanılabilmesi akılcı bir mimari çözüm oluşturabilmektedir.

8-) 3.Derece deprem bölgesi ve Z3 zemin sınıfında inşa edilecek olan 15 katlı, 600 m^2 kat alanına sahip, C25 beton ve S420a beton çeliği kullanılarak projelendirilen konut binasındaki perde boyutlandırılması, verilen mimari plana göre (Şekil 5.11) ekteki ilgili grafikler ile belirlenen kesitlerde kontroller gerçekleştirilmiştir.

x doğrultusundaki perde sayısı n_b: 4 seçilirken, y doğrultusundaki perde sayısı n_b:6 olarak seçilmiştir. Plandaki kolonlar göz önüne alınarak bina yükünün %75'inin perdeler, %25'inin kolonlar tarafından karşılandığı durumda elde edilen grafikler yardımı ile perde kesitleri seçilmiştir. Ekte yer alan grafiklerde Şekil 18'de 15 kat, 600 m^2 kat alanına sahip yapılar için verilen grafikteki perde genişliği b_w=30 cm için perde boyları x yönünde l_w=760 cm, y yönünde l_w= 570 cm olarak seçilmiştir.



Şekil 5.11 : 15 kat, 600 m^2 kat alanına sahip yapıya ait kat planı.

Yapı ağırlığı:

$$W = 0,75 N m_i A_p = 0,75x15x12x600 = 81000\,\text{kN}$$

Yapı periyodu ve spektrum katsayısı:

$$T_1 = 2\pi\left[\sum_{i=}^{N}(m_i d_{fi}^2)/\sum_{i=}^{N}(F_{fi} d_{fi})\right]^{1/2} \cong 1,5\,\text{sn}$$

$$S(T) = 2.5(T_b / T)^{0.8} = 2.5(0.6/1,5)^{0.8} = 1,201$$

Kesme Kuvveti;

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} = \frac{81000x(0.2x1x1,201)}{6} = 3242,7\,\text{kN}$$

$$\Delta Fn = 0,0075 N V_t = 0,0075x15x3242,7 = 364,80\,\text{kN}$$

$$M_t = 2/3(V_t - \Delta Fn)H_n + \Delta Fn H_n = 2/3x(3242,7 - 364,80)x45 + 364,80x45 = 102753 kNm$$

Donatı ve Süneklik Kontrolü:

P1 Perdesi (760/30)

$n = 0,119$

$m = 0,106$

$k_x = 0,200 \leq 0,423$

$\omega = 0,095$ - (tablodan) [20]

$\rho = \omega / (0,2x(f_{yd} / f_{cd})) = 0,095 / (0,2*(20,5) = \%2,3$

P2 Perdesi (30/470)

$n = 0,190$

$m = 0,141$

$k_x = 0,412 \leq 0,423$

$\omega = 0,10$ - (tablodan) [20]

$\rho = \%2,4$

P3 Perdesi (30/470)

$n = 0,211$

$m = 0,141$

$k_x = 0,4125 \leq 0,423$

$\omega = 0,10$ - (tablodan) [20]

$\rho = \%2,4$

Kesme Kuvveti Kontrolü,

Perde sayıları ve boyları her iki yönde eşit olmadığı için, kontrolün her iki yönde de yapılması gerekir. x yönündeki perde sayısı y yönündekine kıyasla daha az olduğu için perde başına düşen kesme kuvveti daha fazla olacaktır. x yönünde kesme hesabı sağlanıyorsa y yönünde mutlak suretle sağlanacaktır.

X yönünde hesap;

$V_d = (V_t / n_b) = (9728/4) = 2432kN$

$V_d \leq V_r$

$V_r = 0,22 A_{ch} f_{cd} = 0,22x(0,3x7,6)16667 = 8360\ \text{kN}$

ρ_{sh} , minimum değer olan 0,0025 alınarak kontrol yapılırsa [11],

$V_r = A_{ch}(0,65 f_{ctd} + \rho_{sh} f_{ywd}) = (0,3x7,6)x(0,65x1565 + 0,0025x365200) = 4400\ \text{kN}$

$V_r = A_{wf} f_{yd} \mu = 0,024x7,6x0,30x365220x0,6 = 11990\ \text{kN}$

Minimum Kesit Kontrolü:

$\sum A_g / \sum A_p \geq 0,002 = 4x(0,3x7,6)/600 = 0,015 \geq 0,002$

$V_t / \sum A_g \leq 0.5 f_{ctd} = 2432/4x(0,3x7,6) \leq 0,5x1565$

$(H_w / l_w) = (45/(4x7,6)) = 1,48 < 2,0$

$(b_w / h) = (30/300) = 1/10 \geq 1/15$

Yapılan hesaplar ile elde edilen sonuçlarla birlikte seçilen perde kesitlerinin yeterli olduğu ve perde boylarının, bu örnekteki 3.derece deprem bölgesinde olan yapının 7. örnekte detayları paylaşılan 1.derece deprem bölgesinde olan yapıdan mimari açıdan daha olumlu bir sonuç elde edildiği gözlenmiştir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Düşey taşıyıcı yapı elemanlarından olan perdeler, genel literatür tanımı ile planda uzun kenarı ile kısa kenarı arasındaki oranı en az 7 olan yatay yüklerin karşılanmasında etkin olarak kullanılan düşey taşıyıcı elemanlardır. Yatay yüklerin tamamının perdeler tarafından karşılandığı sistemin yanı sıra perdeler, çerçeveli sistemlerdeki yatay yük davranışını iyileştirmek için karma sistemler içinde de kullanılabilir. Kat yüksekliklerinin artmasına bağlı olarak yatay deplasmanların sınırlandırılması aşamasında gerek ekonomik gerekse yönetmeliklerdeki kriterlerin sağlanması açısından perdelerin kullanılması bir taşıyıcı sistem seçiminden öte zorunluluk olarak görülmelidir. Yatay yükler altında perdeler en etkili taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Depremlerdeki davranışlarının da incelenmesi ile perdeli yapılara önem verilmesi gerektiği düşüncesi şiddetle savunulmalıdır.

Deprem etkisi altındaki perdelerde, boyutlama yapan mühendisin sağlamayı amaç edineceği üç kıstas rijitlik, dayanım ve sünekliktir. Bu üç kriterin en uygun şekilde elde edilmesi gereklidir. Taşıyıcı sistemi sadece perdelerden teşkil edilen sistemlerin her zaman çerçevelerden oluşmuş sistemlerden daha rijit ve küçük şiddetteki depremlere karşı şekil değiştirme olasılığı daha küçüktür. Orta şiddetteki depremlerde yapısal hasarlardan kaçınmak için gerekli dayanım, enine ve boyuna donatının uygun bir şekilde detaylandırılması ile elde edilebileceği fikri sunulabilir.

En büyük burulma rijitliğini sağlamak için, mümkün olduğu kadar perdeleri binanın dış çevre akslarına yerleştirilmesi mantıklı bir çözüm olacaktır.

Mümkün olduğu kadar fazla düşey yük, perdeler tarafından temele iletilmelidir. Bu sayede perdelerde daha az eğilme donatısı kullanılacak ve perdelerde oluşan devrilme momentlerini daha kolay bir şekilde temele taşıtmak mümkün olacaktır.

Gerekli perde miktarlarının kullanımına ilişkin çalışmalardan, U.ERSOY'un plan alanlarına ilişkin her iki deprem yönünde %1,5 oranında perde kullanımını önermesi ve E.ATIMTAY'ın perde alanlarını kat adedine bağlı olarak vermesi (Çizelge 4.1), önemini vurgulamayı amaç edindiğimiz perdelerin kullanımının hassasiyeti

açısından önemlidir. Bu verilerin yanı sıra perde kullanımı hassasiyetinin daha iyi izah edilebilmesi için plan alanları ve kat adetleri bağlı olmasının yanı sıra deprem bölgeleri, zemin grupları ve kat yüksekliklerinin de etkileri bu çalışma konusu dahilinde incelenmiştir. Ancak unutulmamalıdır ki binalardaki gerekli perde miktarlarının kullanılmasına ilişkin en önemli koşul, taşıyıcı sistemi tasarlayan mühendisin tasarladığı perde yerleşim düzeni ve bu düzenin deprem durumundaki gösterebileceği davranıştır.

Yüksek bir yapıda bulunan perde, yatay yükler altında bir konsol kiriş gibi davranır. Perdeler, kat seviyelerinde kat döşemeleri ile bağlandığı için, ince kesitlerine rağmen yanal burkulma tehlikesi azalır. Konsol perdeler, yatay yüklerden oluşan eğilme momentinin yanında düşey yüklerden gelen eksenel normal kuvvetin etkisi altındadır.

Perdeler, yatay rijitliklerinin büyük olması sebebi ile yatay deprem yükünün detayları önceki bölümlerde aktarıldığı gibi önemli bir kısmını taşırlar ve bunun sonucunda kesitlerinde büyük eğilme momentleri ortaya çıkar. Buna karşılık, normal bir bina kalıp planında kolon ve perdeler oldukça düzgün dağıtıldığı için düşey yüklerin karşılanmasında kesitlerinde büyük normal kuvvetler meydana gelmez. Bunun sonucu olarak kolon temellerinde normal kuvvet etkili olurken, perde temellerinde momentin etkili olduğu bir durum meydana gelir. Bu duruma engel olabilmek için kalıp planında taşıyıcı sistem belirlenirken perdeye yakın kolonlarla olan mesafeyi artırarak, perde normal kuvvetinin büyütülmesi söz konusu olabildiği gibi, perde temelinin, komşu kolon temelleri ile birleştirilmesi sureti ile kolon normal kuvvetlerinin faydalı etkisinden yararlanmakta bir çözüm olabilir.

Deprem kuvvetleri bir atalet kuvveti olduğu için, kütle yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde yani döşeme ve kirişlerde meydana gelirler. Bunların güvenli bir biçimde bertaraf edilebilmesi için perdelere aktarımının sağlanması gerekir. Bu iletim döşeme ve kirişlerin perde ile birleşen kesitlerinde ortaya çıkar. Güvensiz bir durumun oluşmasını önlemek için, perdenin döşeme ve kirişlerde birleşim bölgelerinde boşluklardan kaçınmak gerekir.

Perde boyları hesaplanırken öncelikle, perdeleri boyutlandırmada kullanabileceğimiz kriterler açısından bir sınırlandırma yapmak gerekmiştir. Perde boylarının tespiti, seçilen bu kriterler çerçevesinde etkin olmuştur.

Bu boyutlandırmada, perdeler her kat için plan alanına bağlı olarak belirli sayıda yapılması yoluna gidilmiştir (n_b = 4, 6, 8, 10). Bulunan bu perde sayılarının haricinde bir perde sayısının kullanılması durumunda grafik değerlerinde bir interpolasyon yapılması doğru sonuç elde etmede etkili olacaktır.

Kat adetlerinin ve plandaki bina alanlarının da kriterler dahilinde incelenmesi, perde boylarının kat adedi ve kat alanlarına bağlı olarak mutlak bir şekilde artış gösterdiğinden dolayı inceleme kapsamına alınmıştır. Aynı plan alanına sahip az katlı bir bina ile farklı kat alanlarına sahip çok katlı binalar arasında perde boylarında mukayese edilemeyecek farklar olduğu gözlenmiştir.

Bu çalışmada işlem basamaklarını kısaltmak ve ekte yer alan aşırı yoğun grafik oluşumunu azaltmak için, incelenen yapılarda malzeme kalitesi ve perde genişlikleri sabit alınmıştır. Bu sayede grafiksel açıdan aşırı derecede çeşitliliğin oluşması engellenmiş ve kullanılabilirlik koşulları da göz önüne alınarak mantıklı bir dizin oluşturulmuştur. Fakat şu bilgi verilmelidir ki;

Yüksek katlı yapılarda yapılan incelemelerde malzeme kalitesi ve perde genişliğinin artması ile perde boylarında azalma olacağının gözlenebileceği ve daha kullanılabilir bir düzeye çekilebileceği aşikârdır. Böylelikle mimari kısıtlamalarında önemli bir sorun olarak yapı dizilişine etkin olmasının önüne geçilebilir.

Deprem bölgesi, perde boylarının belirlenmesinde çok önemli bir değişken olarak düşünülmüş ve 1, 2 ve 3.derece deprem bölgeleri için perde boyları çeşitlendirilmiştir. Bu çalışmada belirlenen perde boyları neticesinde deprem bölgesinin ne kadar önemli olduğuna dikkat çekilmek istenmektedir.

Zemin de hiç kuşkusuz her eleman gibi yapının bir elemanıdır. Zemin özellikleri yapılara etkiyen deprem yüklerinin belirlenmesinde özellikle yüksek katlardaki bina periyodunun fazla olması nedeni ile oldukça önemlidir. Bu nedenle bu çalışmada zemin çeşitliliğinin de deprem perde boylarının tespitinde kullanılması uygun görülmüştür.

Binalarda perdelerin boyutlandırılmasında normal kuvvet etkisinde kesitin taşıyabileceği eğilme momentinin artması, bunun yanında sünekliğin azalması nedeni ile perdelere etkiyen normal kuvvetler de bir değişken olarak görülmüştür. Bu nedenle taşıyıcı sistemi yalnız perdeler ile kurulan sistemlerde normal kuvvetin tamamının ve mimari gereksinimlerden dolayı konulabileceği düşünülen kolonların

da etkisi ile azalabilecek olan normal kuvvetin %75'inin etkidiği 2 durum için hesaplar geliştirilmiştir. Perde + çerçeve olarak tasarlanan sistemlerde perde yerlerindeki değişkenlikten kaynaklanabilecek –örneğin perdelerin bina dış kontürlerine yerleştirilmesi ile perdelere etkiyen normal kuvvetin azalması, bina iç kısımlarında perdelerin yoğun olarak kullanılması ile perdelere etkiyen normal kuvvetin artması- olan çeşitlilikten dolayı perde çerçeveli olarak düşünülen yapılarda bina ağırlığının %50 ile %75 oranında değerlendirme yapılmıştır.

Bulunan perde boyları belirli genişliği ve uzunluğu olan dikdörtgen perdelerdir. Ancak yapılarda iki yöndeki perde uzunlukları kullanılarak I, T, L, H, C, U, Y şeklinde perdeler oluşturulabilir. Bu durum, perdelerin her iki yönde de etkidiği bir şekilde çalışmasını sağlaması ve perdelerin iç içe girmesi ile oluşan başlık bölgelerinin oldukça yüksek bir dayanım oluşturması açısından gayet istenen ve olumlu bir durumdur. Ayrıca binalarda belli yükseklikten sonra merdiven boşluklarının kullanma zorunluluğu [14] ve merdiven boşluklarının çevresinin perde ile teşkil edilmesi ile oluşan bir çekirdek neticesinde bulunan bu perde boylarında önemli bir azalma görülecektir.

Perde alanlarının belirlenmesinde ve teşkilindeki belirlenen kriterler çerçevesinde, bina perde boylarının değişkenlik göstereceği aşikârdır. Ancak unutulmaması önemlidir ki, gerek perdeli sistemler gerekse perde-çerçeveli sistemlerde, taşıyıcı sistemin teşkili gerekli perde boylarının belirlenmesi açısından son derece önemlidir. Bu nedenle ekte sunulan grafiklerdeki değerler yalnızca öneri verileri olup, hiç bir şekilde taşıyıcı sistemin olumsuz ve olumlu yanları göz önüne alınmamıştır. Asıl çözümün ise mühendisin taşıyıcı sistemin teşkili safhasında nasıl boyutlandırılacağını bilmek ve bu bilinç çerçevesinde belirtilen perde boylarını kullanmak son derece önemlidir.

KAYNAKLAR

[1] Celeb, Z. ve Kumbasar, N., 2004. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta, İstanbul.

[2] Fintel, M., 1991. Shearwalls an Answer For Seismic Resistance, Concrete İnternational.

[3] Ersoy, U., 1993. 1992 Erzincan Depreminde Alınması Gereken Dersler, 2.Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, ss395-403.

[4] Andinç E., 2005. Betonarme Binalarda Deprem Perdelerinin Boyutlandırılması, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

[5] Balkabak, İ., Fırat, S., Apay, A., 2000. 17 Ağustos Gölcük-Arifiye Depremi ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Tünel Kalıp Sistemi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Isparta.

[6] Balkabak, İ., 1998, "Seri Kalıp Teknolojisinde Tünel Kalıp Sistemler ve Genel Özellikleri" Süleyman Demirel Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Isparta.

[7] Balkabak, İ., Fırat, S., Apay, A., 2000, Tünel Kalıp Sistemlerin Yapısal Özellikleri ve Toplu Konutlardaki Yapısal Sorunların İrdelenmesi, Sakarya Üniversitesi.

[8] Apay, A., 1983, Türkiye'de konut sorunu ve çözümünde geliştirilen yeni teknolojiler, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Eskişehir.

[9] Sümer Y., 2003, Deprem Etkisindeki Tünel Kalıp Sistemli Yapılar İçin Karşılaştırılmalı Sistem Analizi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.

[10] Paulay, T. ve Priestly, M.J. N., 1992. Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonary Building, John Wiley and Sons Inc., USA.

[11] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007, İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul Şubesi

[12] TS 500, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü,* Ankara.

[13] Atımtay E., 2000. Açıklamalar ve Örneklerle Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (Betonarme Yapılar) C2., Bizim Büro, Ankara.

[14] (1985), "Kanada Ulusal Yapı Yönetmeliği", Ottowa, (İngilizce)

[15] Öztürk T., 2005. Binalarda Deprem Perde Boyutlarının Tayini. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

[16] TS498, (1987), "Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri", TSE, Ankara.

[17] ATC-22., 1989. A Handbook for Seismic Evaluation of Existing Building: Supporting Documentation, Federal Emergency Management Agency, FEMA 178, Redwood City, California.

[18] Çetmeli, E. ve Çakıroğlu, A., 1996. Yapı Statiği C1., Beta, İstanbul.

[19] Çetmeli, E. ve Çakıroğlu, A., 1996. Yapı Statiği C2., Beta, İstanbul.

[20] Altan M., Özden K. ve Aydoğan M., 1987. Betonarme Kesitlerin Boyutlandırılması., Uran Mühendislik Yayını, İstanbul.

EKLER

ŞEKİL LİSTESİ

- Perdelerin taşıdığı normal kuvvet N=W olan yalnız perdeli sistemler için perde boyları.

Şekil 1-Z1 Zemin Sınıfı, 1.Derece Deprem Bölgesi, 9, 12, 15, 18, 21, 24 katlı yapılar
Şekil 2-Z2 Zemin Sınıfı, 1.Derece Deprem Bölgesi, 9, 12, 15, 18, 21, 24 katlı yapılar
Şekil 3-Z3 Zemin Sınıfı, 1.Derece Deprem Bölgesi, 9, 12, 15, 18, 21, 24 katlı yapılar
Şekil 4-Z4 Zemin Sınıfı, 1.Derece Deprem Bölgesi, 6, 9, 12, 15 katlı yapılar
Şekil 5-Z1 Zemin Sınıfı, 2.Derece Deprem Bölgesi, 9, 12, 15, 18, 21, 24 katlı yapılar
Şekil 6-Z2 Zemin Sınıfı, 2.Derece Deprem Bölgesi, 9, 12, 15, 18, 21, 24 katlı yapılar
Şekil 7-Z3 Zemin Sınıfı, 2.Derece Deprem Bölgesi, 9, 12, 15, 18, 21, 24 katlı yapılar
Şekil 8-Z4 Zemin Sınıfı, 2.Derece Deprem Bölgesi, 6, 9, 12, 15 katlı yapılar
Şekil 9-Z1 Zemin Sınıfı, 3.Derece Deprem Bölgesi, 9, 12, 15, 18, 21, 24 katlı yapılar
Şekil 10-Z2 Zemin Sınıfı, 3.Derece Deprem Bölgesi, 9, 12, 15, 18, 21, 24 katlı yapılar
Şekil 11-Z3 Zemin Sınıfı, 3.Derece Deprem Bölgesi, 9, 12, 15, 18, 21, 24 katlı yapılar
Şekil 12-Z4 Zemin Sınıfı, 3.Derece Deprem Bölgesi, 6, 9, 12, 15 katlı yapılar

- Perdelerin taşıdığı normal kuvvet N=0,75W olan perde- çerçeveli sistemler için perde boyları.

Şekil 13-Z1 Zemin Sınıfı, 1.Derece Deprem Bölgesi, 9, 12, 15, 18, 21, 24 katlı yapılar
Şekil 14-Z3 Zemin Sınıfı, 1.Derece Deprem Bölgesi, 9, 12, 15, 18, 21, 24 katlı yapılar
Şekil 15-Z1 Zemin Sınıfı, 2.Derece Deprem Bölgesi, 9, 12, 15, 18, 21, 24 katlı yapılar
Şekil 16-Z3 Zemin Sınıfı, 2.Derece Deprem Bölgesi, 9, 12, 15, 18, 21, 24 katlı yapılar
Şekil 17-Z1 Zemin Sınıfı, 3.Derece Deprem Bölgesi, 9, 12, 15, 18, 21, 24 katlı yapılar

Şekil 18-Z3 Zemin Sınıfı, 3.Derece Deprem Bölgesi, 9, 12, 15, 18, 21, 24 katlı yapılar.

- Perdelerin taşıdığı normal kuvvet N=0,50W olan perde- çerçeveli sistemler için perde boyları.

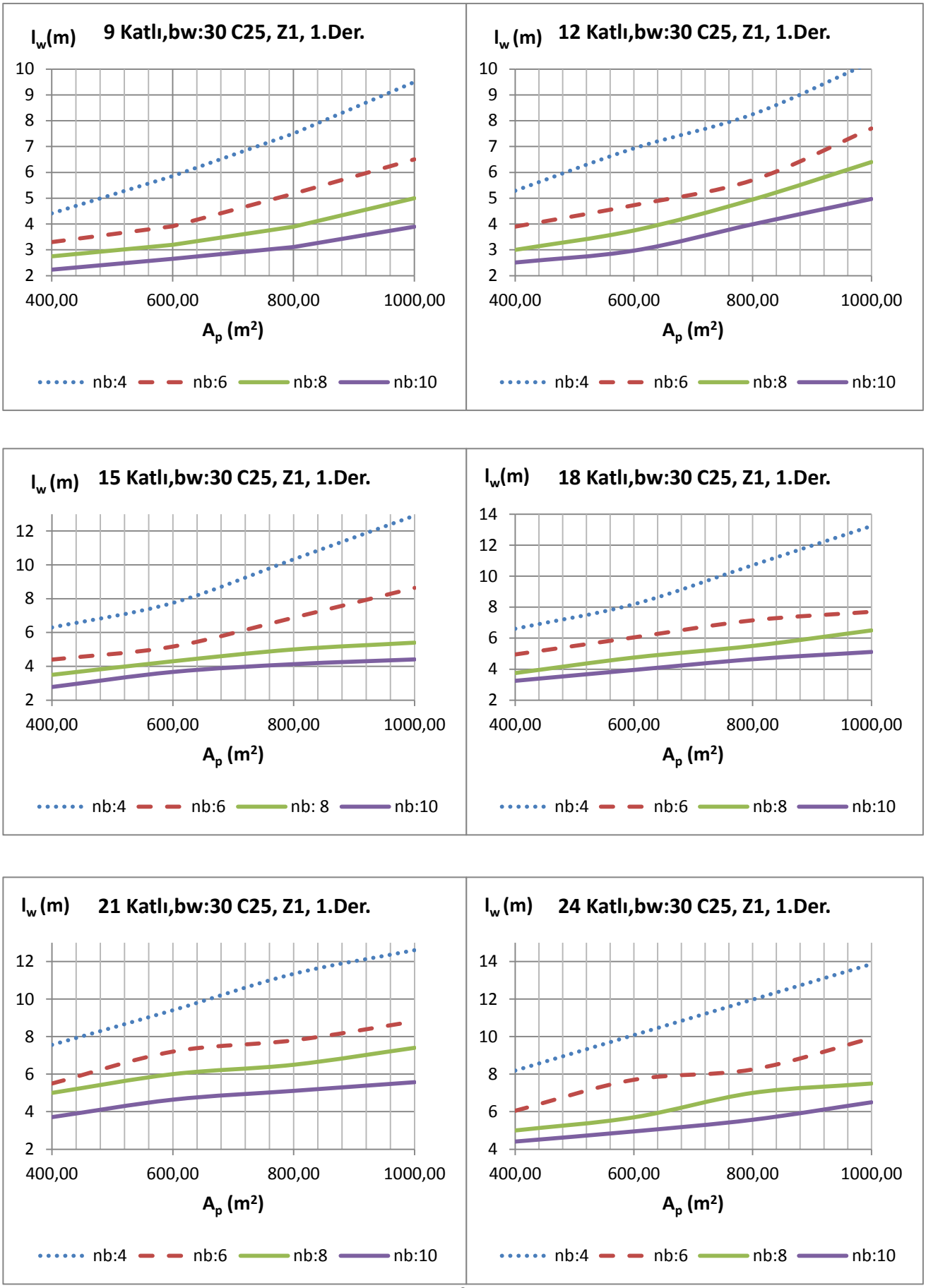
Şekil 19-Z1 Zemin Sınıfı, 1.Derece Deprem Bölgesi, 9, 12, 15, 18, 21, 24 katlı yapılar

Şekil 20-Z3 Zemin Sınıfı, 1.Derece Deprem Bölgesi, 9, 12, 15, 18, 21, 24 katlı yapılar

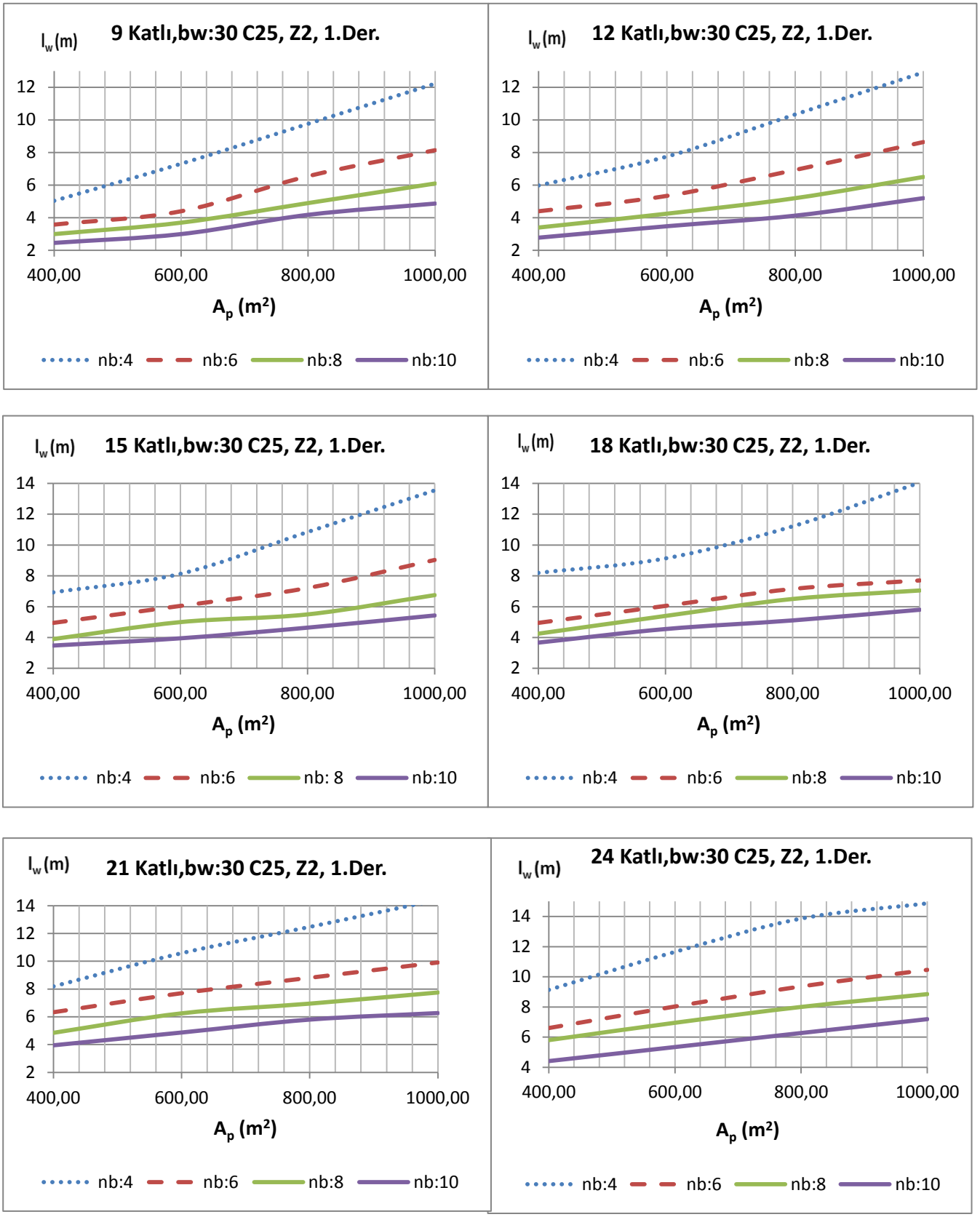
Şekil 21-Z1 Zemin Sınıfı, 3.Derece Deprem Bölgesi, 9, 12, 15, 18, 21, 24 katlı yapılar

Şekil 22-Z3 Zemin Sınıfı, 3.Derece Deprem Bölgesi, 9, 12, 15, 18, 21, 24 katlı yapılar.

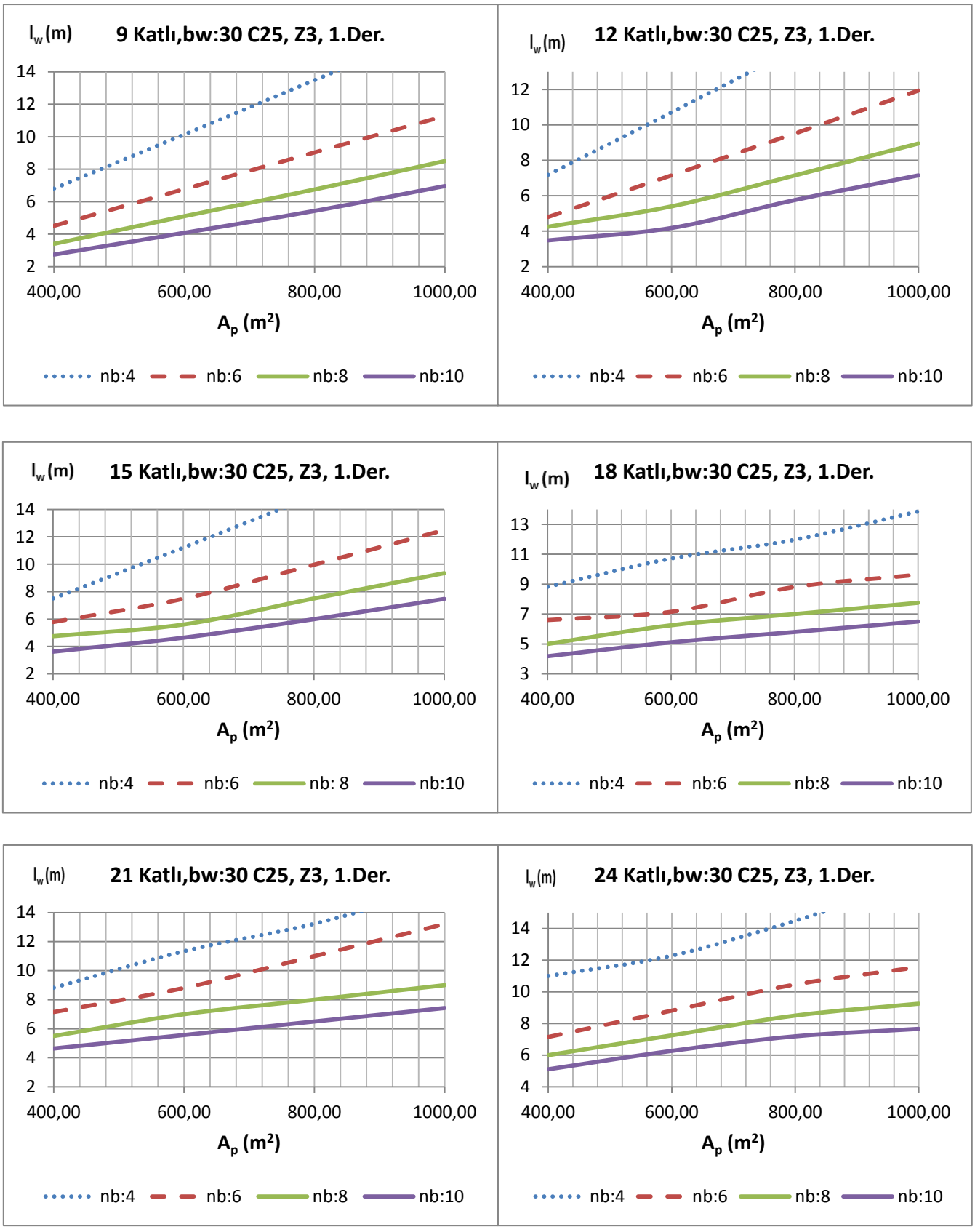
ŞEKİL 1


lw(m) 9 Katlı,bw:30 C25, Z1, 1.Der.
lw (m) 12 Katlı,bw:30 C25, Z1, 1.Der.
lw (m) 15 Katlı,bw:30 C25, Z1, 1.Der.
lw(m) 18 Katlı,bw:30 C25, Z1, 1.Der.
lw (m) 21 Katlı,bw:30 C25, Z1, 1.Der.
lw (m) 24 Katlı,bw:30 C25, Z1, 1.Der.
Ap (m²)
400,00
600,00
800,00
1000,00
nb:4
nb:6
nb:8
nb: 8
nb:10

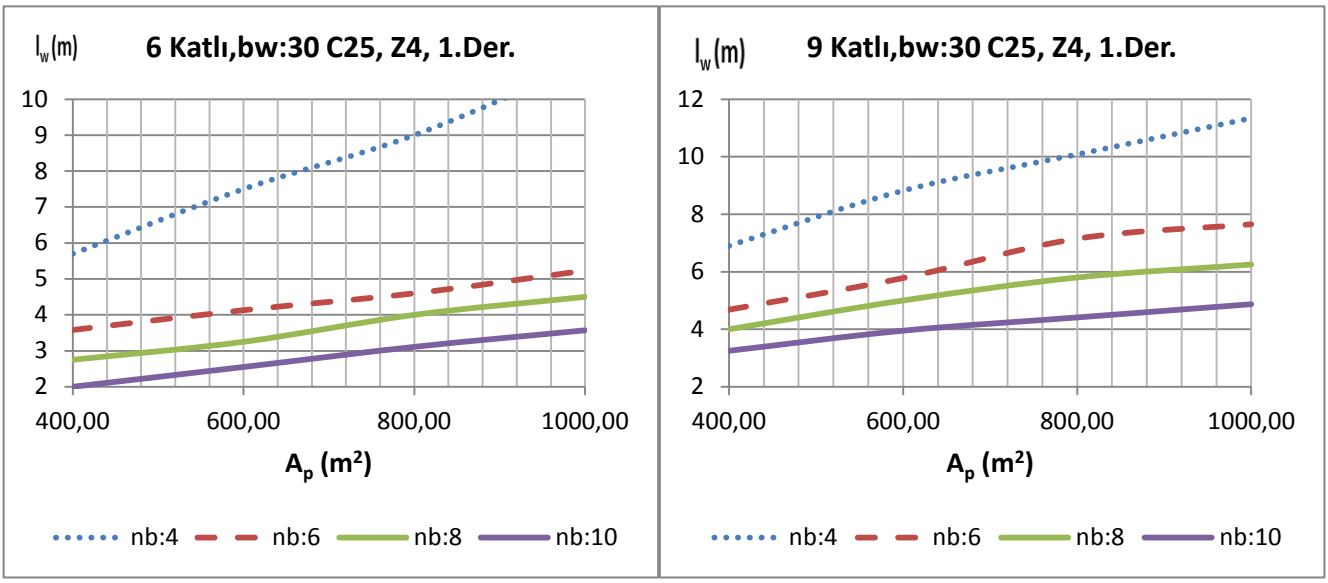
ŞEKİL 2


lw (m)
9 Katlı,bw:30 C25, Z2, 1.Der.
12
10
8
6
4
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
lw (m)
12 Katlı,bw:30 C25, Z2, 1.Der.
12
10
8
6
4
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
lw (m)
15 Katlı,bw:30 C25, Z2, 1.Der.
14
12
10
8
6
4
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb: 8
nb:10
lw (m)
18 Katlı,bw:30 C25, Z2, 1.Der.
14
12
10
8
6
4
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
lw (m)
21 Katlı,bw:30 C25, Z2, 1.Der.
14
12
10
8
6
4
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
lw (m)
24 Katlı,bw:30 C25, Z2, 1.Der.
14
12
10
8
6
4
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

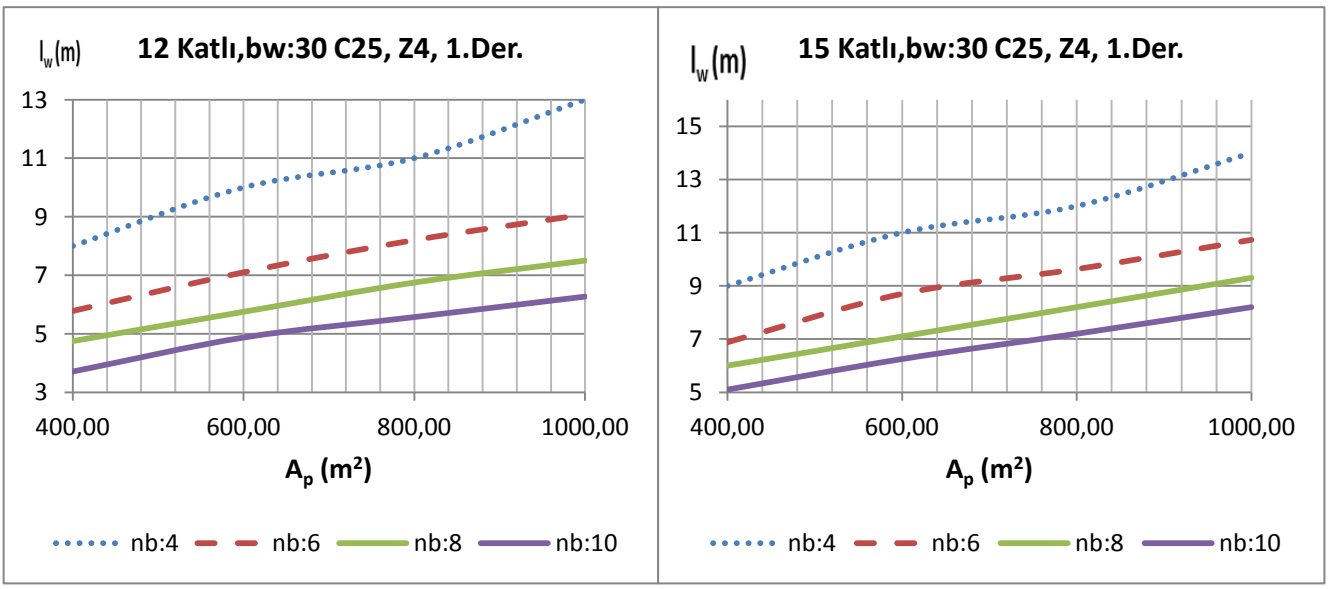
ŞEKİL 3


lw (m)
9 Katlı,bw:30 C25, Z3, 1.Der.
14
12
10
8
6
4
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
lw (m)
12 Katlı,bw:30 C25, Z3, 1.Der.
12
10
8
6
4
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
lw (m)
15 Katlı,bw:30 C25, Z3, 1.Der.
14
12
10
8
6
4
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb: 8
nb:10
lw (m)
18 Katlı,bw:30 C25, Z3, 1.Der.
13
11
9
7
5
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
lw (m)
21 Katlı,bw:30 C25, Z3, 1.Der.
14
12
10
8
6
4
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
lw (m)
24 Katlı,bw:30 C25, Z3, 1.Der.
14
12
10
8
6
4
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

ŞEKİL 4

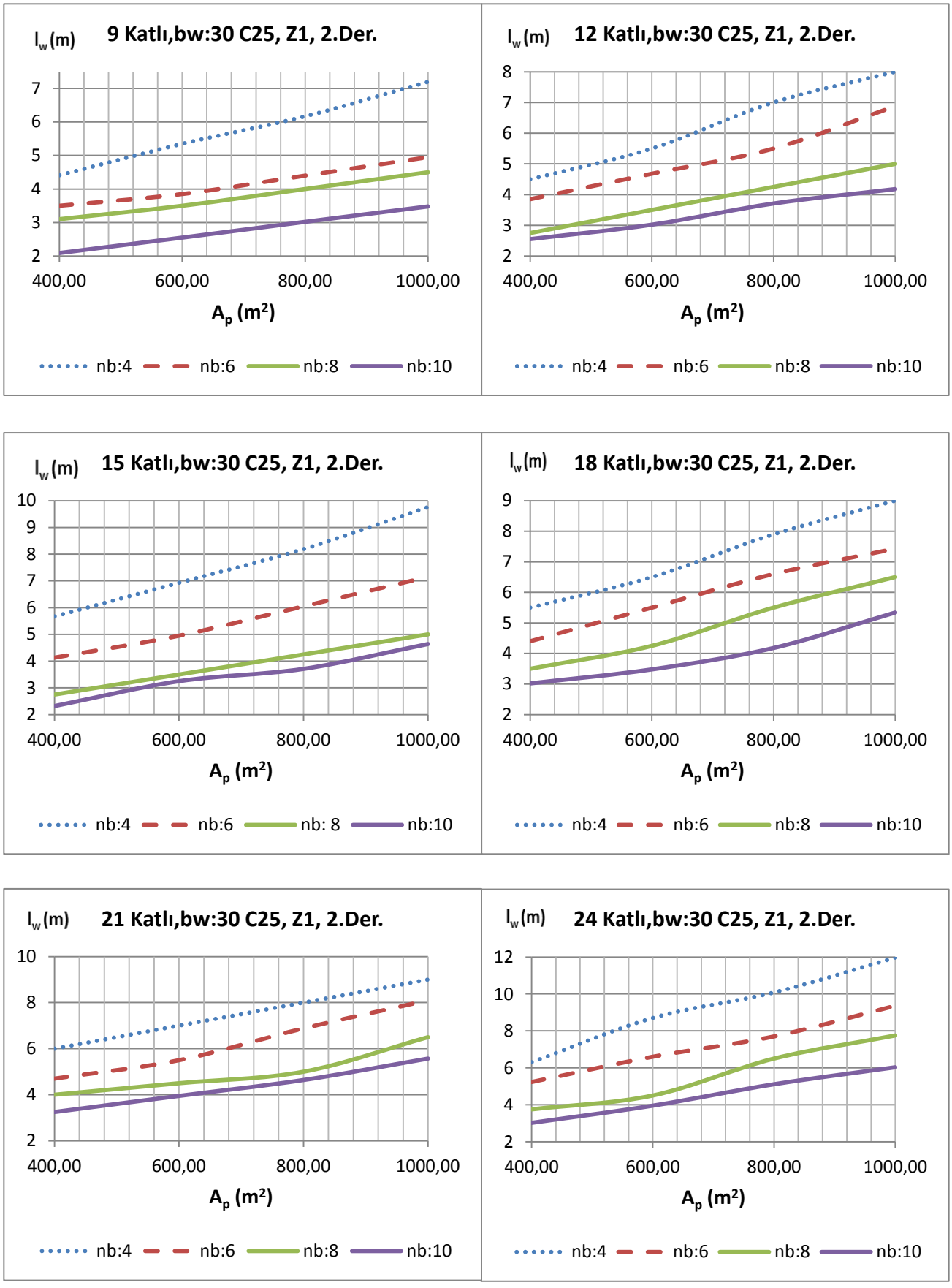

l_w(m)
6 Katlı,bw:30 C25, Z4, 1.Der.
10
9
8
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

l_w(m)
9 Katlı,bw:30 C25, Z4, 1.Der.
12
10
8
6
4
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

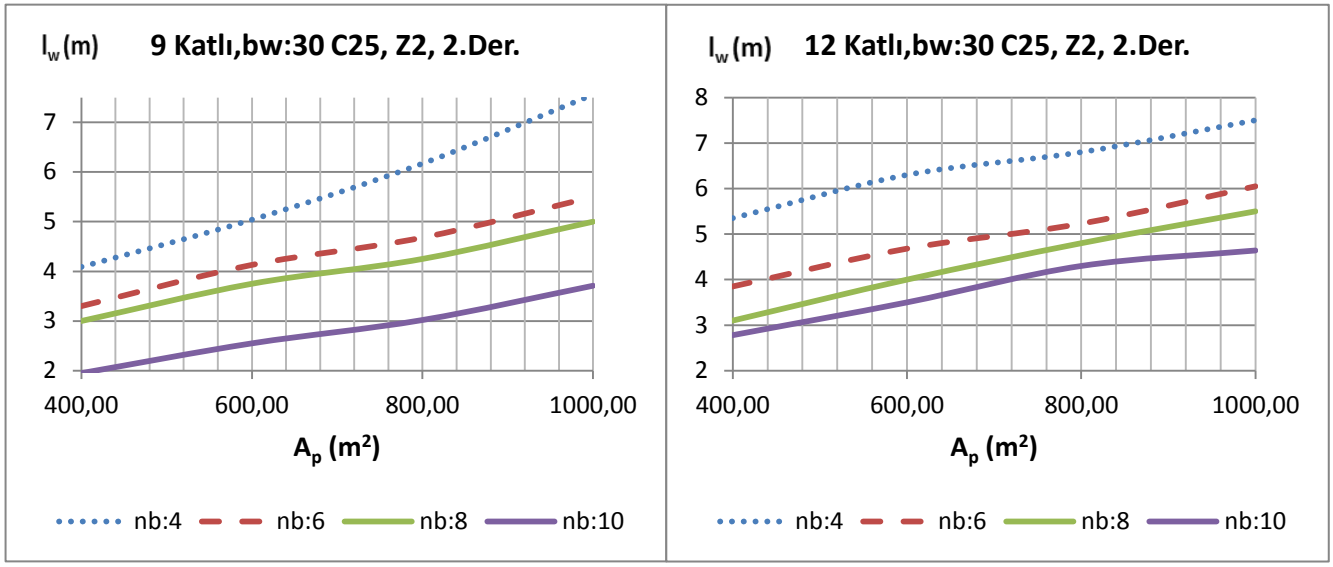

l_w(m)
12 Katlı,bw:30 C25, Z4, 1.Der.
13
11
9
7
5
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

l_w(m)
15 Katlı,bw:30 C25, Z4, 1.Der.
15
13
11
9
7
5
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

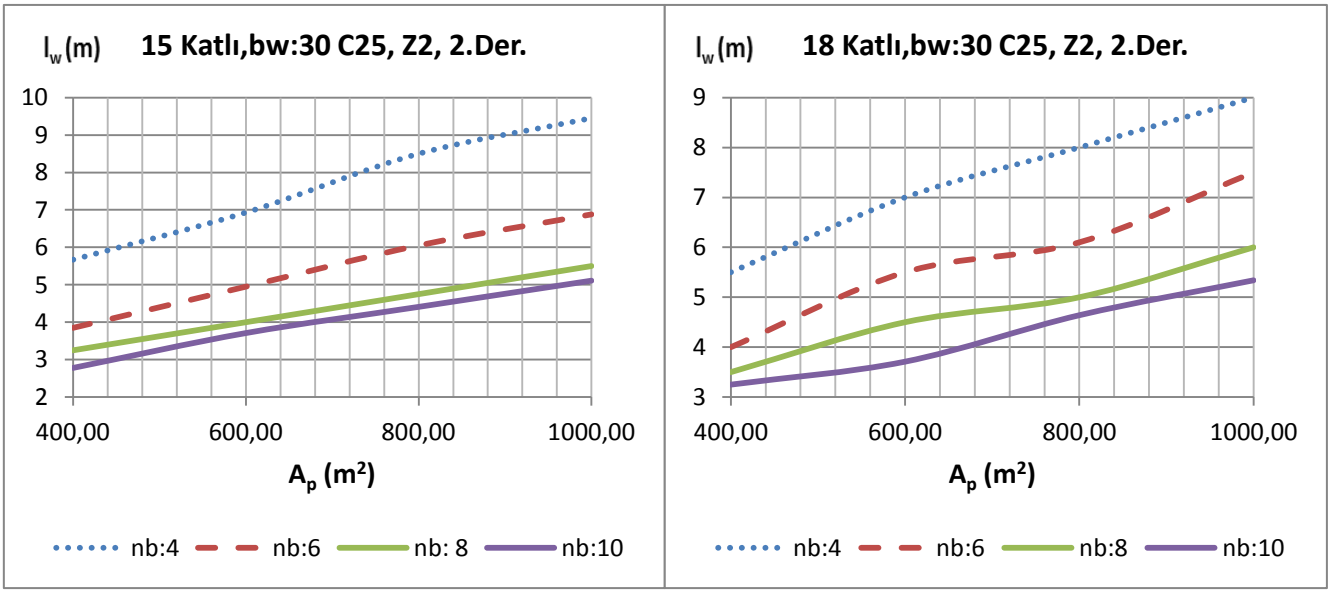
ŞEKİL 5


lw (m)
9 Katlı,bw:30 C25, Z1, 2.Der.
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
lw (m)
12 Katlı,bw:30 C25, Z1, 2.Der.
8
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
lw (m)
15 Katlı,bw:30 C25, Z1, 2.Der.
10
9
8
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb: 8
nb:10
lw (m)
18 Katlı,bw:30 C25, Z1, 2.Der.
9
8
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
lw (m)
21 Katlı,bw:30 C25, Z1, 2.Der.
10
8
6
4
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
lw (m)
24 Katlı,bw:30 C25, Z1, 2.Der.
12
10
8
6
4
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

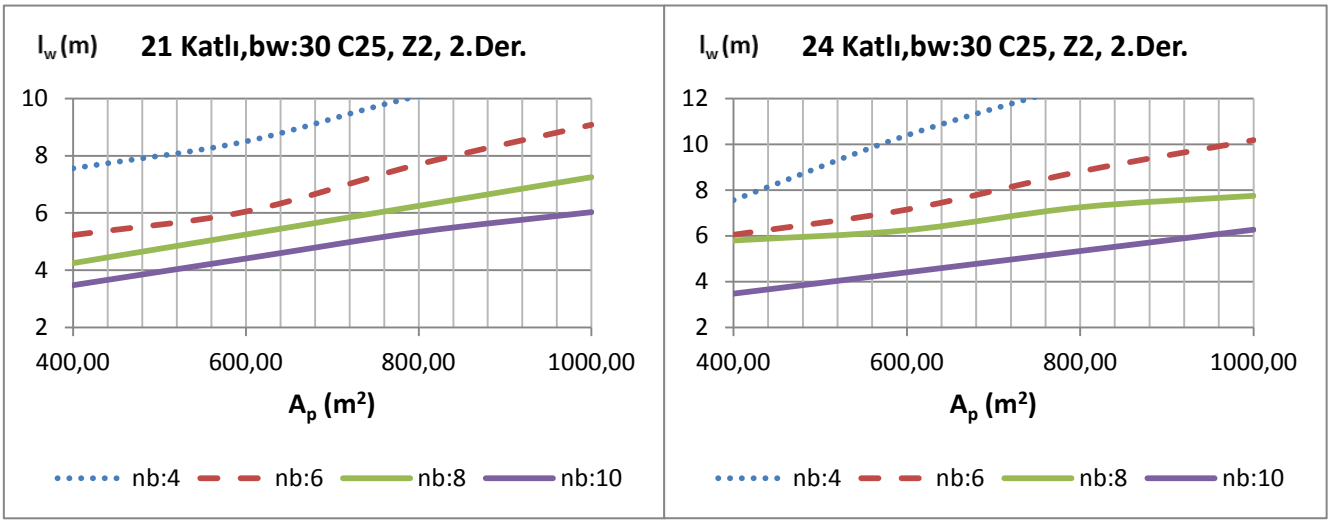
ŞEKİL 6


lw (m)
9 Katlı,bw:30 C25, Z2, 2.Der.
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

lw (m)
12 Katlı,bw:30 C25, Z2, 2.Der.
8
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

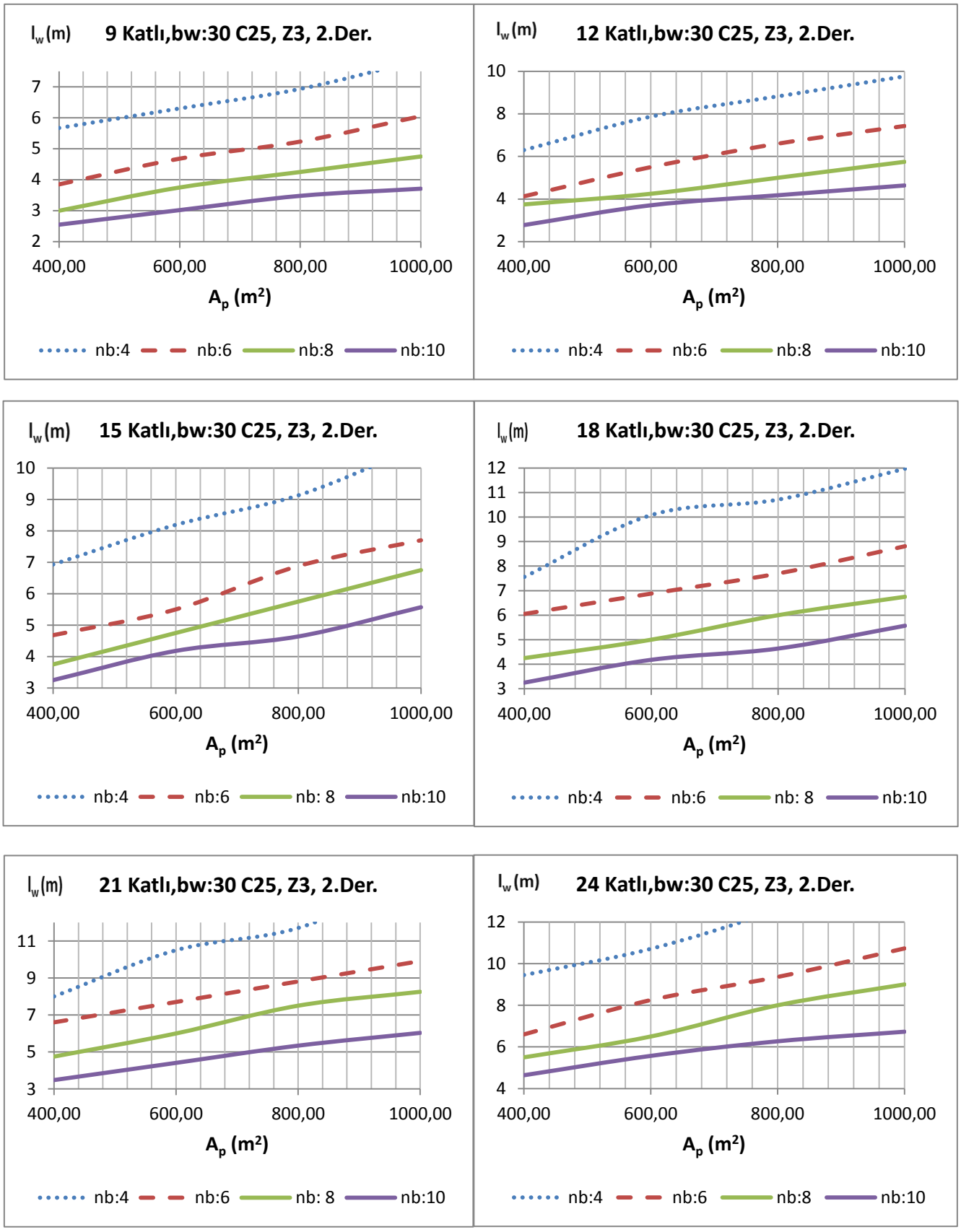

lw (m)
15 Katlı,bw:30 C25, Z2, 2.Der.
10
9
8
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb: 8
nb:10

lw (m)
18 Katlı,bw:30 C25, Z2, 2.Der.
9
8
7
6
5
4
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

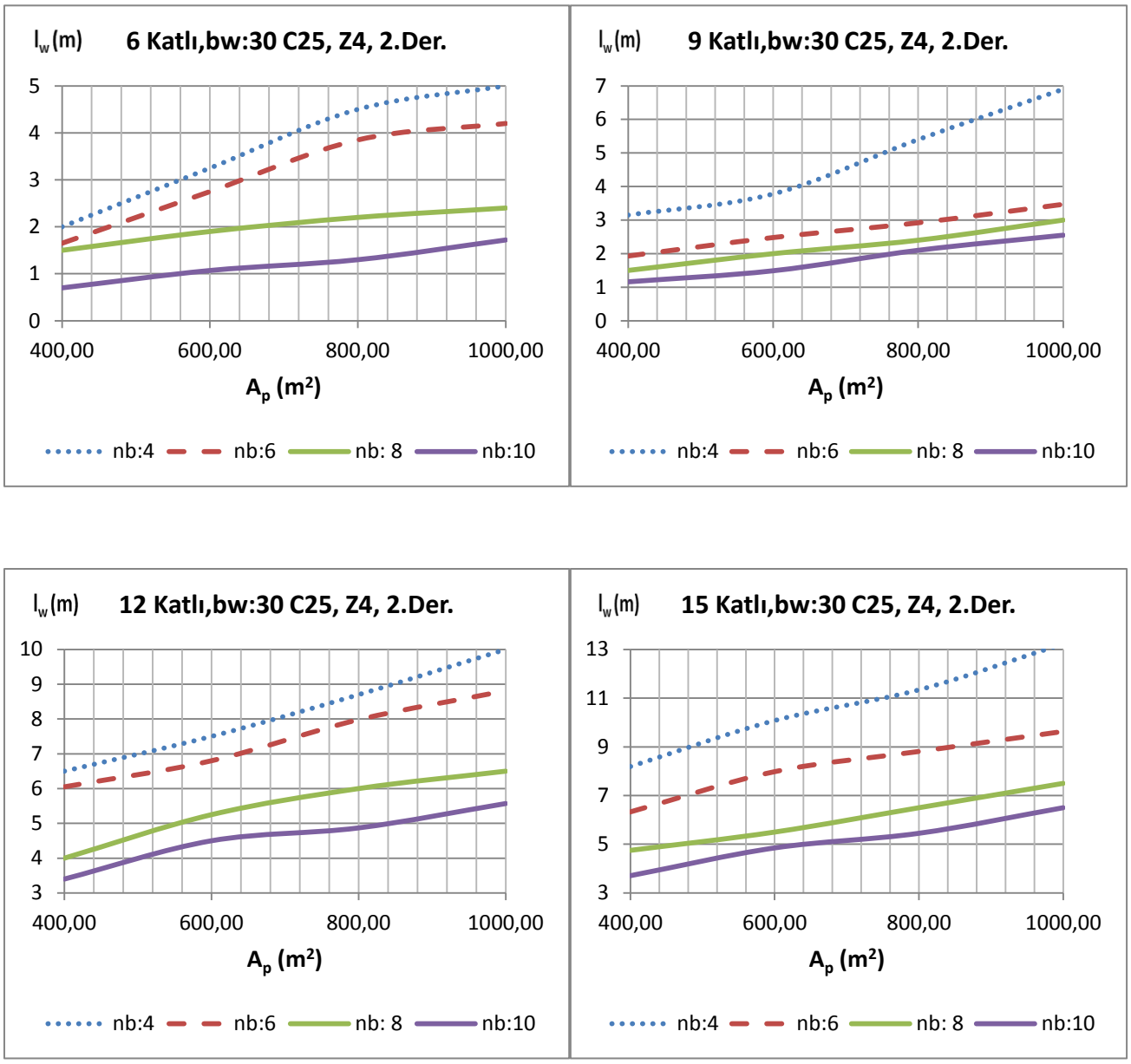

lw (m)
21 Katlı,bw:30 C25, Z2, 2.Der.
10
8
6
4
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

lw (m)
24 Katlı,bw:30 C25, Z2, 2.Der.
12
10
8
6
4
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

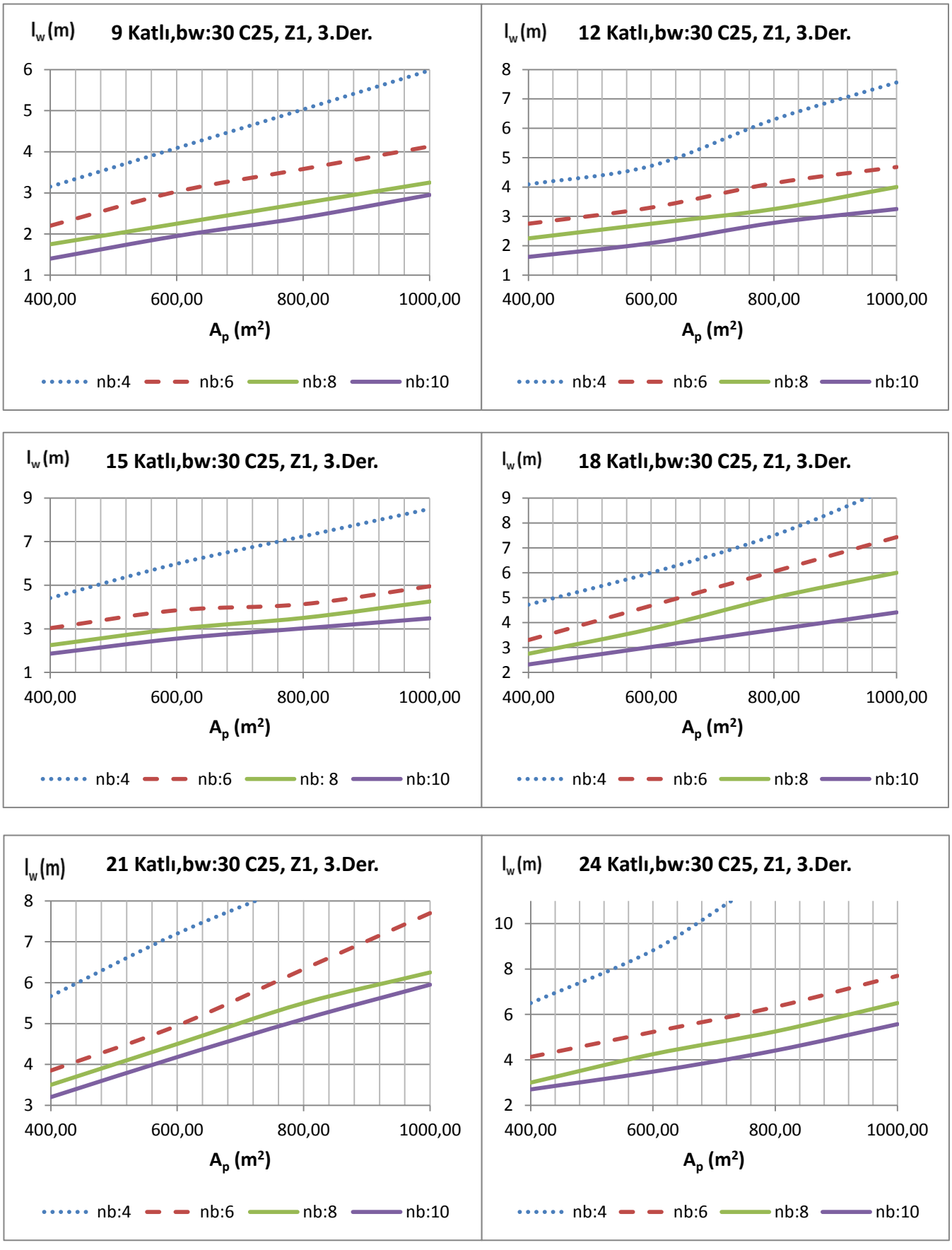
ŞEKİL 7


l_w(m) 9 Katlı,bw:30 C25, Z3, 2.Der.
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w(m) 12 Katlı,bw:30 C25, Z3, 2.Der.
10
8
6
4
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w(m) 15 Katlı,bw:30 C25, Z3, 2.Der.
10
9
8
7
6
5
4
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb: 8
nb:10
l_w(m) 18 Katlı,bw:30 C25, Z3, 2.Der.
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb: 8
nb:10
l_w(m) 21 Katlı,bw:30 C25, Z3, 2.Der.
11
9
7
5
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb: 8
nb:10
l_w(m) 24 Katlı,bw:30 C25, Z3, 2.Der.
12
10
8
6
4
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

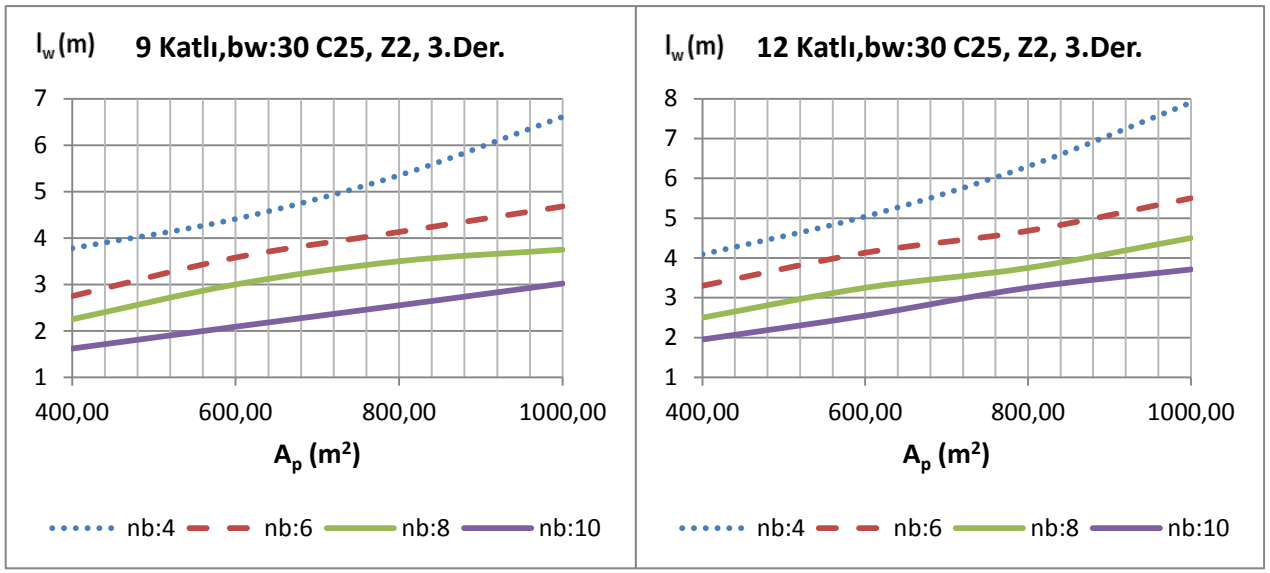
ŞEKİL 8

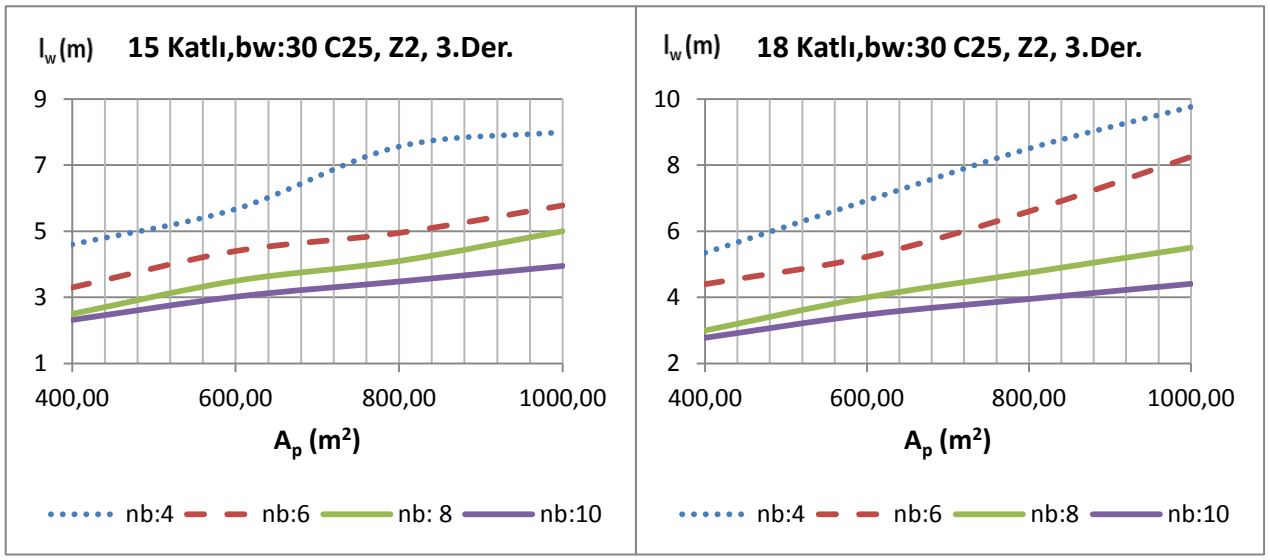

l_w(m)
6 Katlı,bw:30 C25, Z4, 2.Der.
5
4
3
2
1
0
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb: 8
nb:10
l_w(m)
9 Katlı,bw:30 C25, Z4, 2.Der.
7
6
5
4
3
2
1
0
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb: 8
nb:10
l_w(m)
12 Katlı,bw:30 C25, Z4, 2.Der.
10
9
8
7
6
5
4
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb: 8
nb:10
l_w(m)
15 Katlı,bw:30 C25, Z4, 2.Der.
13
11
9
7
5
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb: 8
nb:10

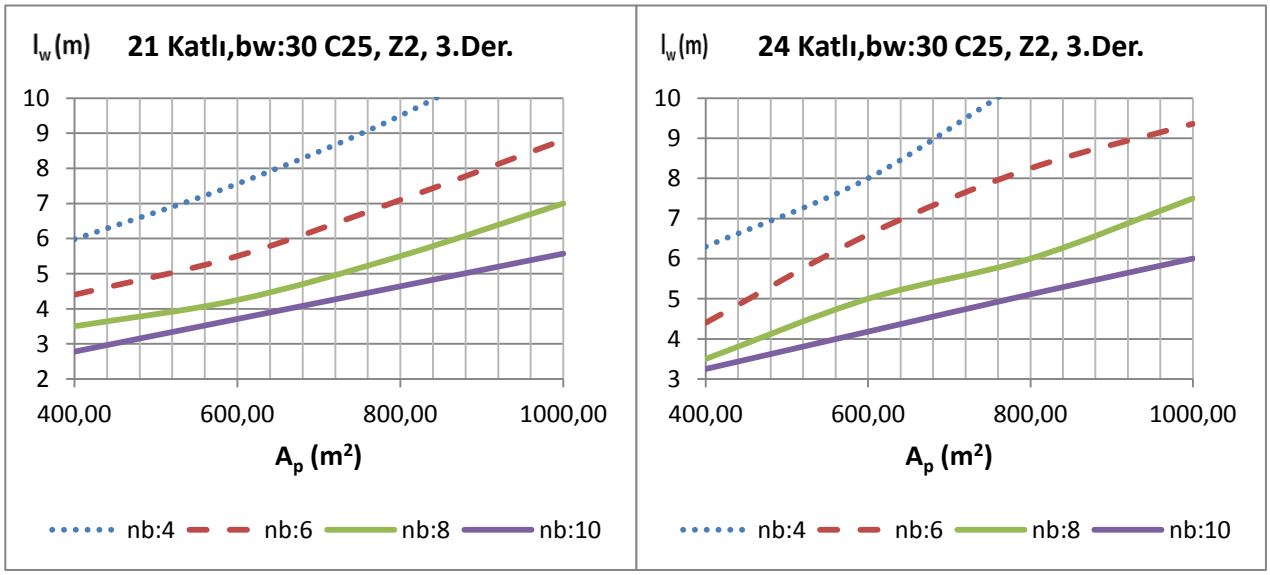
ŞEKİL 9


l_w (m)
9 Katlı,bw:30 C25, Z1, 3.Der.
6
5
4
3
2
1
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w (m)
12 Katlı,bw:30 C25, Z1, 3.Der.
8
7
6
5
4
3
2
1
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w (m)
15 Katlı,bw:30 C25, Z1, 3.Der.
9
7
5
3
1
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb: 8
nb:10
l_w (m)
18 Katlı,bw:30 C25, Z1, 3.Der.
9
8
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w (m)
21 Katlı,bw:30 C25, Z1, 3.Der.
8
7
6
5
4
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w (m)
24 Katlı,bw:30 C25, Z1, 3.Der.
10
8
6
4
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

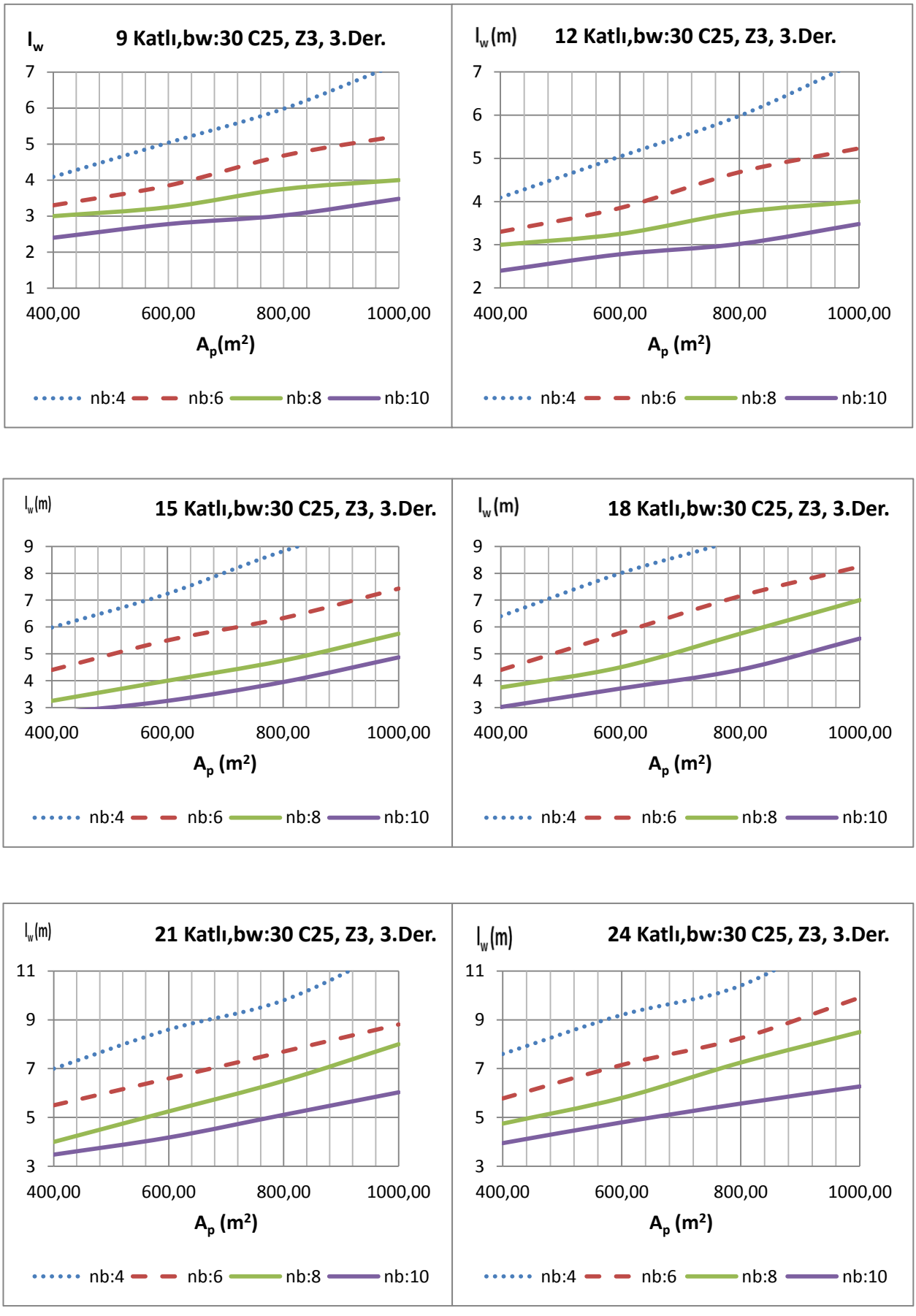
ŞEKİL 10


lw(m) 9 Katlı,bw:30 C25, Z2, 3.Der.
7
6
5
4
3
2
1
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
lw(m) 12 Katlı,bw:30 C25, Z2, 3.Der.
8
7
6
5
4
3
2
1
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

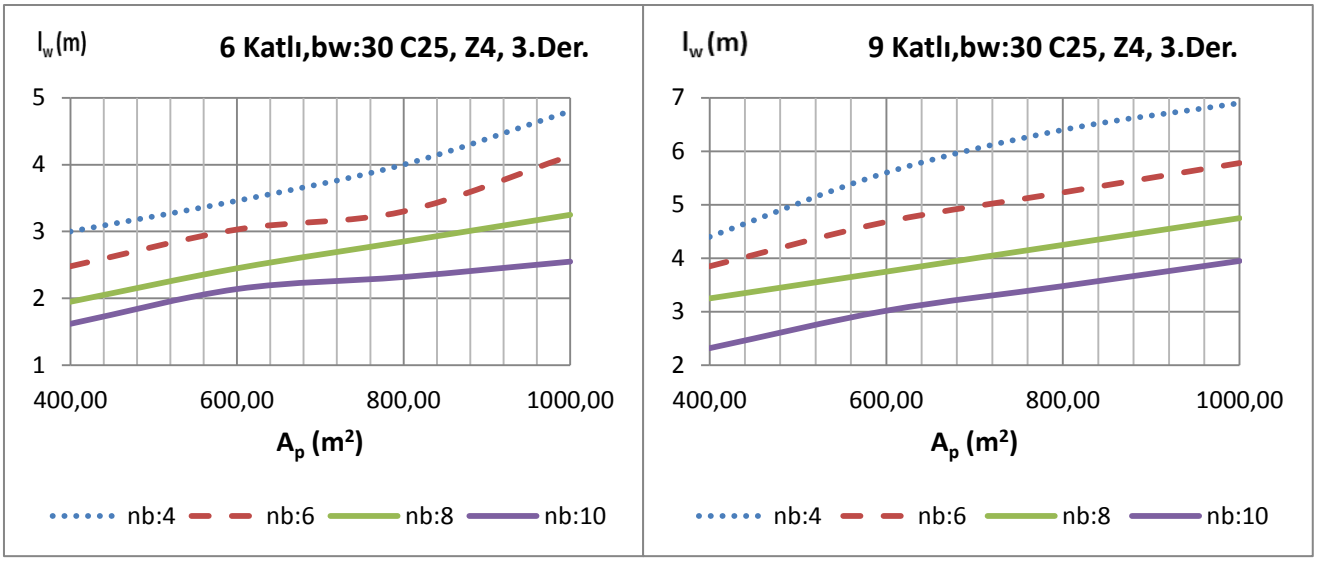

lw(m) 15 Katlı,bw:30 C25, Z2, 3.Der.
9
7
5
3
1
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb: 8
nb:10
lw(m) 18 Katlı,bw:30 C25, Z2, 3.Der.
10
8
6
4
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

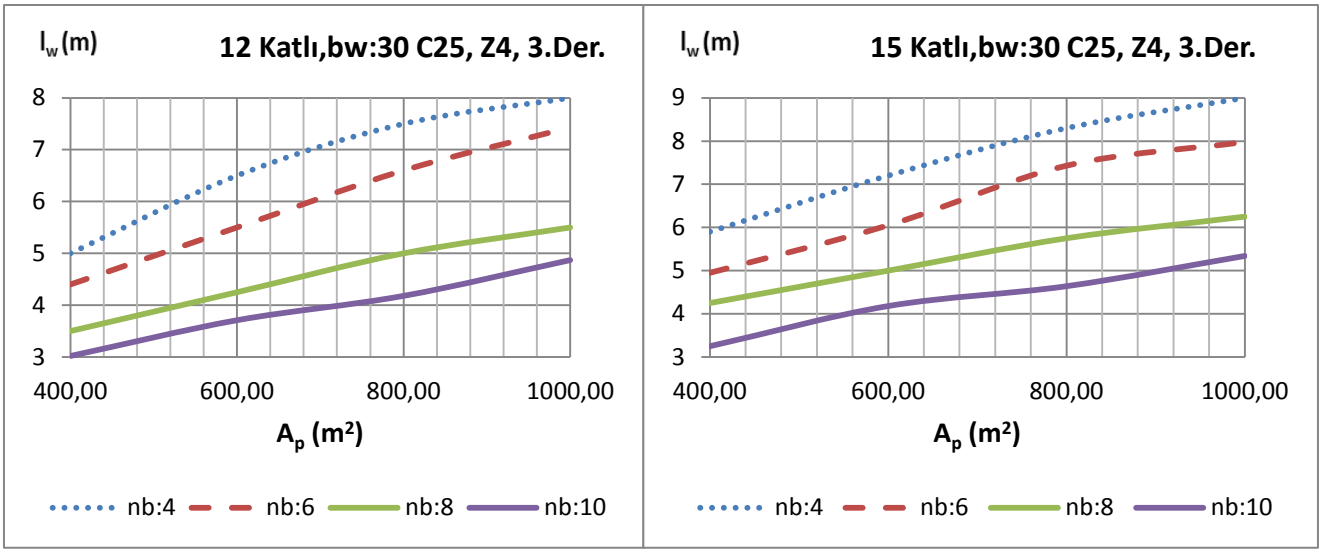

lw(m) 21 Katlı,bw:30 C25, Z2, 3.Der.
10
9
8
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
lw(m) 24 Katlı,bw:30 C25, Z2, 3.Der.
10
9
8
7
6
5
4
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

ŞEKİL 11

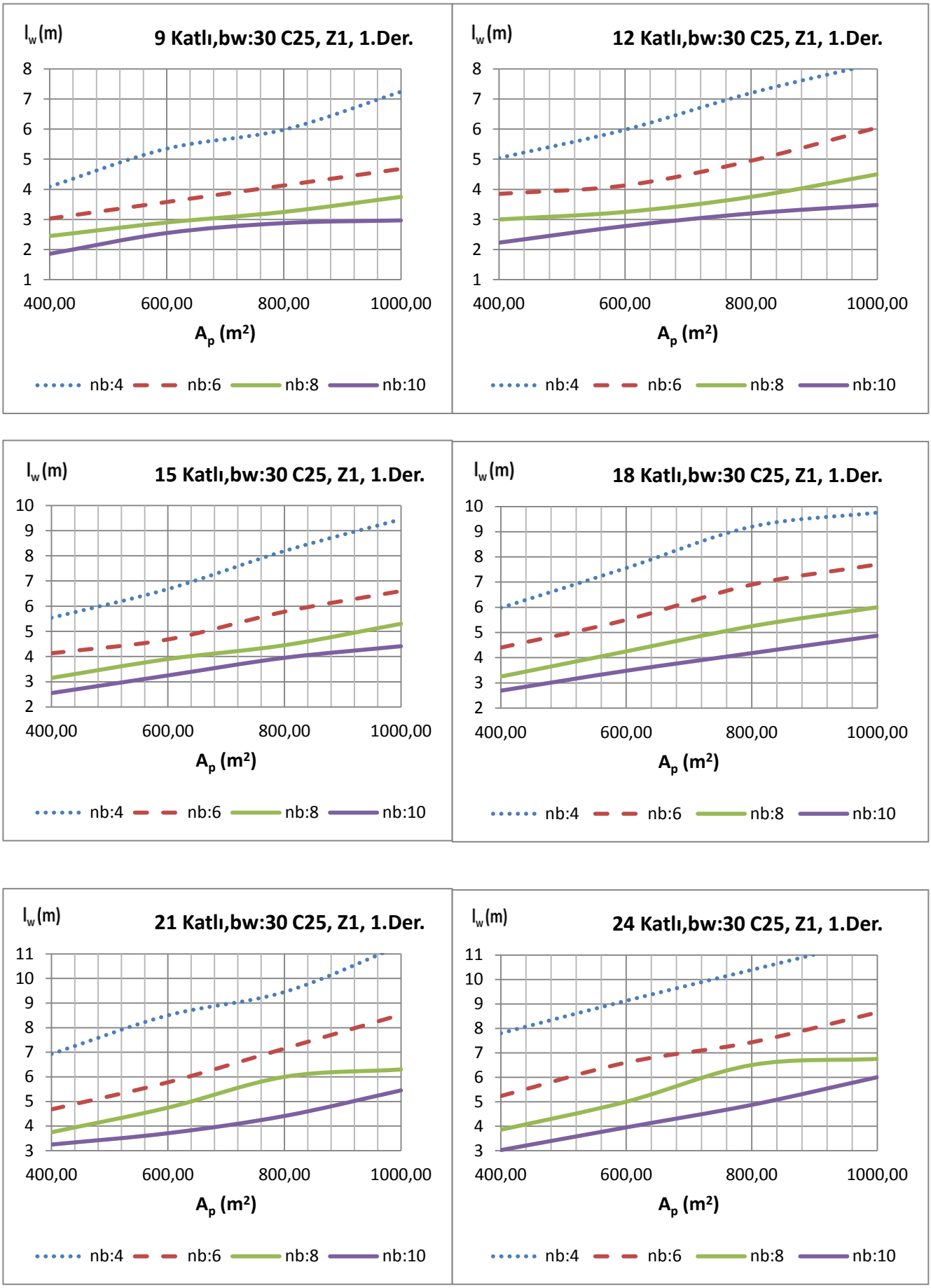

l_w
9 Katlı,bw:30 C25, Z3, 3.Der.
7
6
5
4
3
2
1
400,00
600,00
800,00
1000,00
$A_p(m^2)$
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w(m)
12 Katlı,bw:30 C25, Z3, 3.Der.
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m^2)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w(m)
15 Katlı,bw:30 C25, Z3, 3.Der.
9
8
7
6
5
4
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m^2)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w(m)
18 Katlı,bw:30 C25, Z3, 3.Der.
9
8
7
6
5
4
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m^2)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w(m)
21 Katlı,bw:30 C25, Z3, 3.Der.
11
9
7
5
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m^2)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w(m)
24 Katlı,bw:30 C25, Z3, 3.Der.
11
9
7
5
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m^2)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

ŞEKİL 12

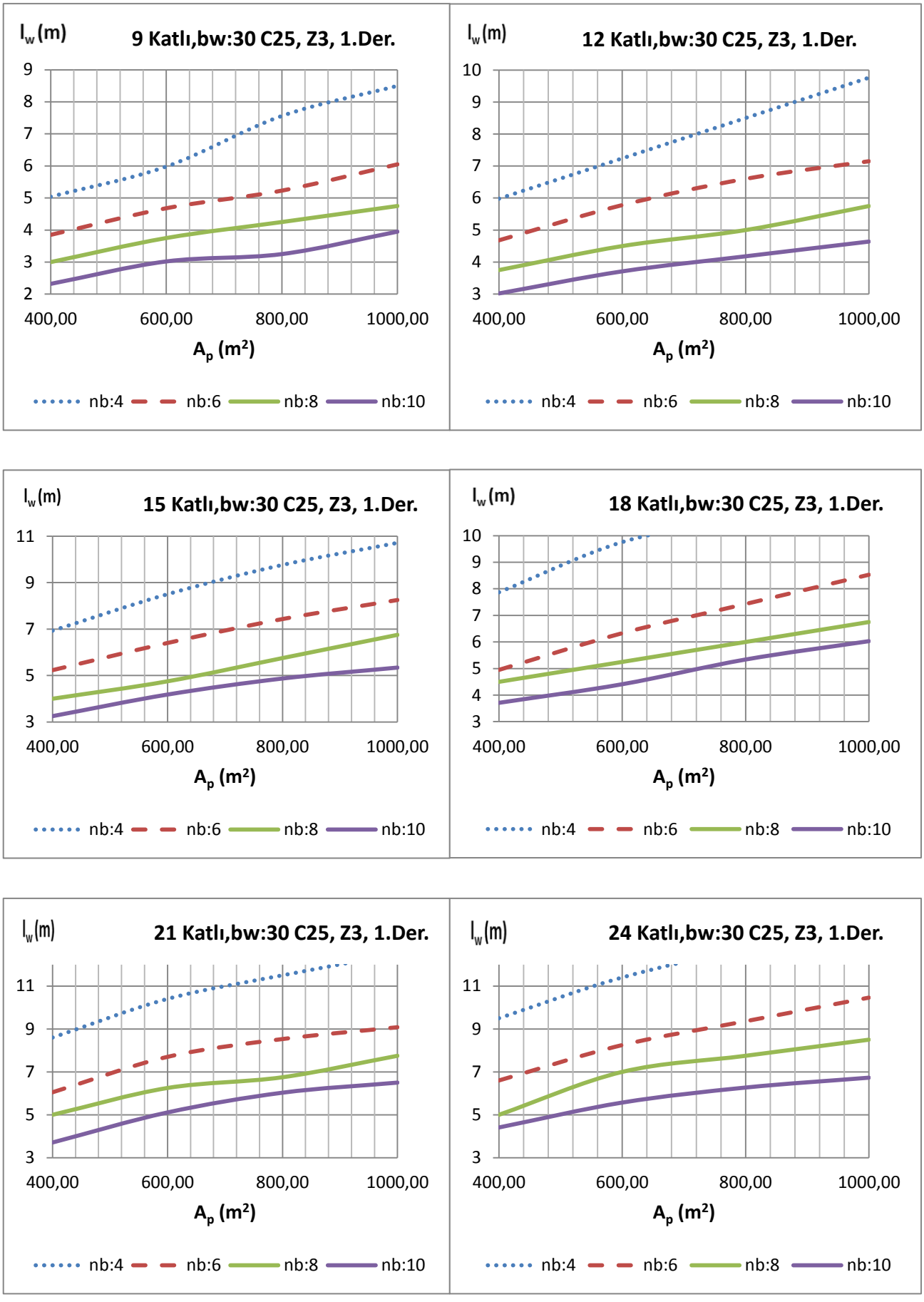

l_w(m)
6 Katlı,bw:30 C25, Z4, 3.Der.
5
4
3
2
1
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w (m)
9 Katlı,bw:30 C25, Z4, 3.Der.
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10


l_w(m)
12 Katlı,bw:30 C25, Z4, 3.Der.
8
7
6
5
4
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w(m)
15 Katlı,bw:30 C25, Z4, 3.Der.
9
8
7
6
5
4
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

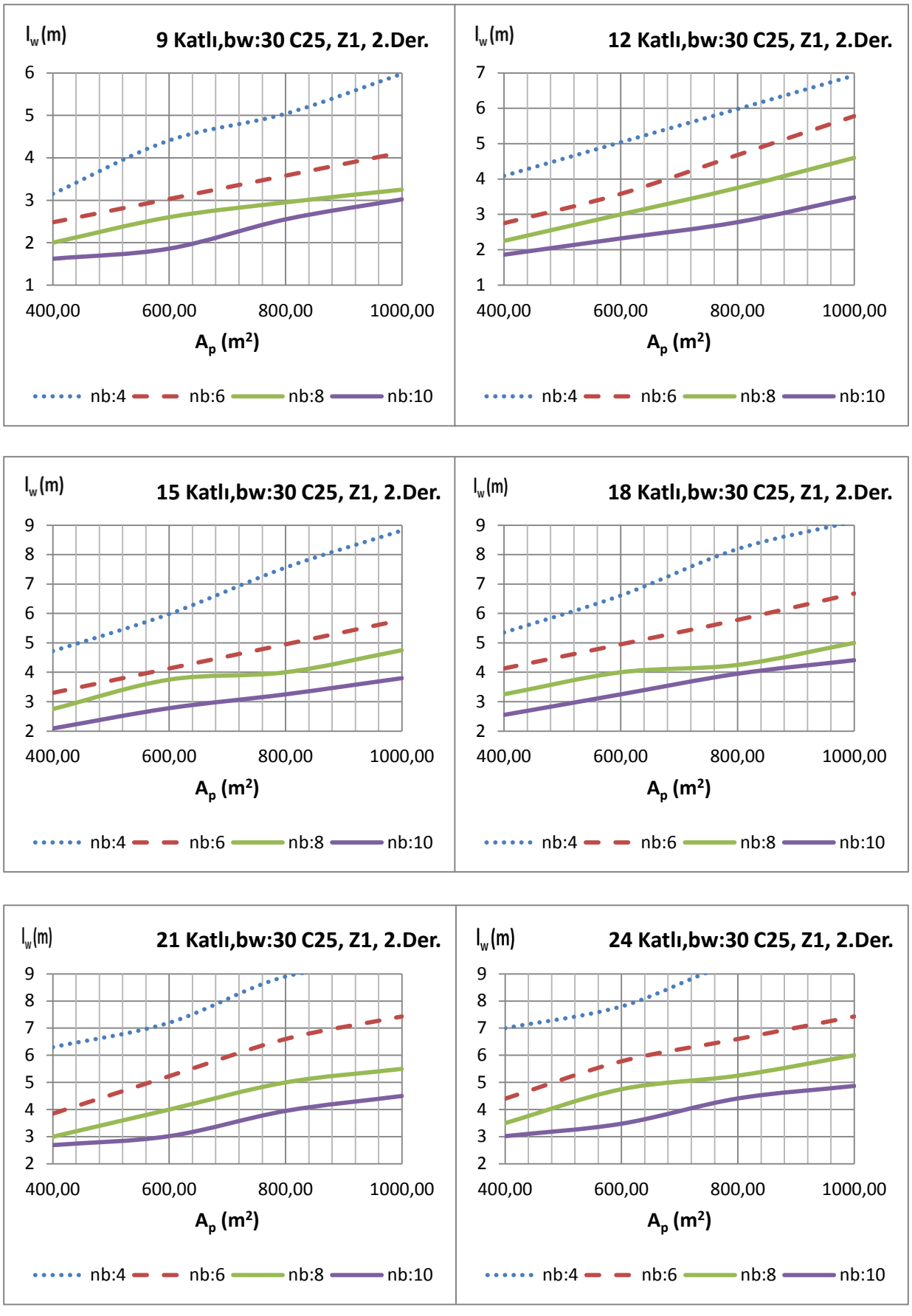
ŞEKİL 13


l_w (m)
9 Katlı,bw:30 C25, Z1, 1.Der.
8
7
6
5
4
3
2
1
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w (m)
12 Katlı,bw:30 C25, Z1, 1.Der.
8
7
6
5
4
3
2
1
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w (m)
15 Katlı,bw:30 C25, Z1, 1.Der.
10
9
8
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w (m)
18 Katlı,bw:30 C25, Z1, 1.Der.
10
9
8
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w (m)
21 Katlı,bw:30 C25, Z1, 1.Der.
11
10
9
8
7
6
5
4
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w (m)
24 Katlı,bw:30 C25, Z1, 1.Der.
11
10
9
8
7
6
5
4
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

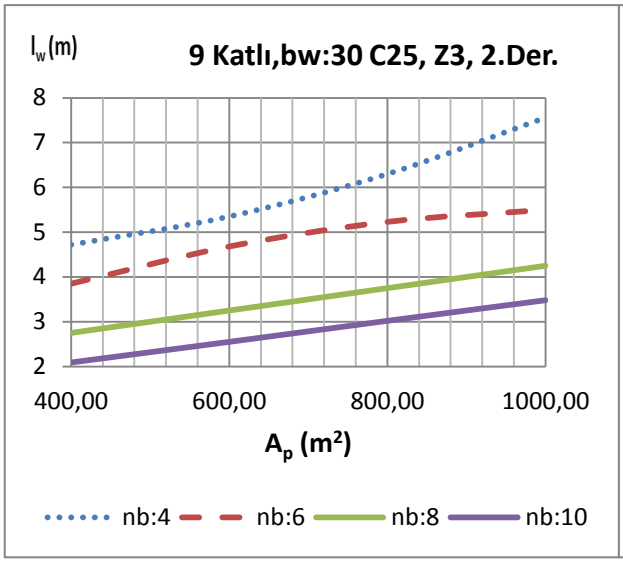
ŞEKİL 14

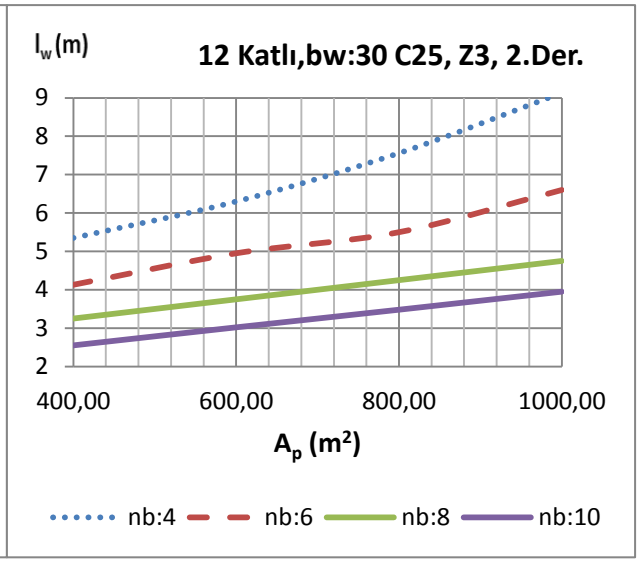

lw (m)
9 Katlı,bw:30 C25, Z3, 1.Der.
9
8
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
lw (m)
12 Katlı,bw:30 C25, Z3, 1.Der.
10
9
8
7
6
5
4
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
lw (m)
15 Katlı,bw:30 C25, Z3, 1.Der.
11
9
7
5
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
lw (m)
18 Katlı,bw:30 C25, Z3, 1.Der.
10
9
8
7
6
5
4
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
lw (m)
21 Katlı,bw:30 C25, Z3, 1.Der.
11
9
7
5
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
lw (m)
24 Katlı,bw:30 C25, Z3, 1.Der.
11
9
7
5
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

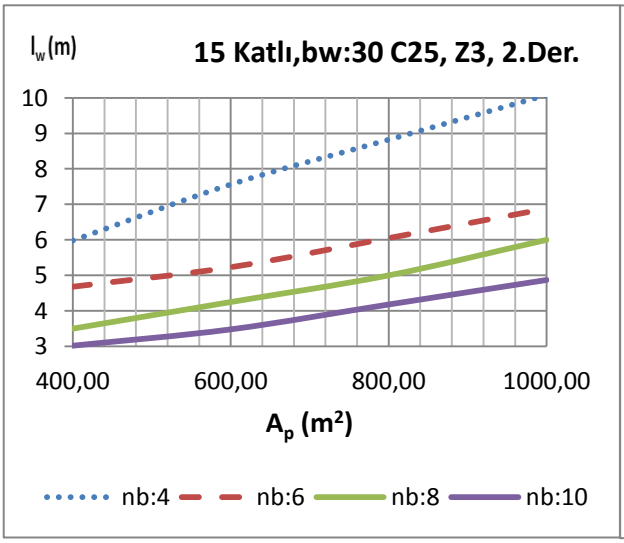
ŞEKİL 15

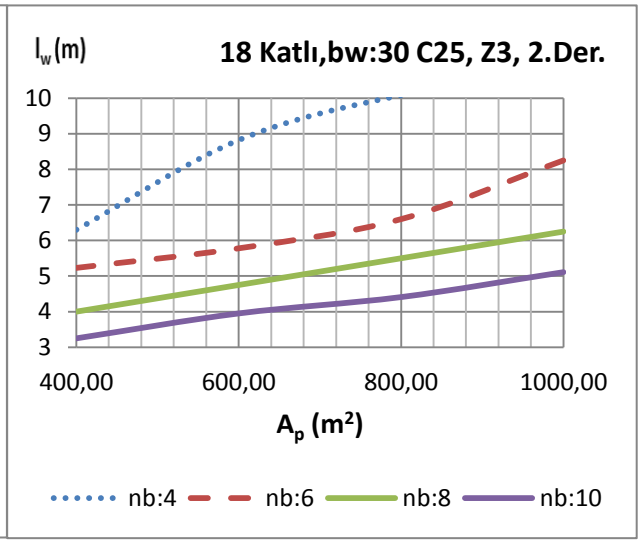

lw (m)
9 Katlı,bw:30 C25, Z1, 2.Der.
6
5
4
3
2
1
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
lw (m)
12 Katlı,bw:30 C25, Z1, 2.Der.
7
6
5
4
3
2
1
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
lw (m)
15 Katlı,bw:30 C25, Z1, 2.Der.
9
8
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
lw (m)
18 Katlı,bw:30 C25, Z1, 2.Der.
9
8
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
lw (m)
21 Katlı,bw:30 C25, Z1, 2.Der.
9
8
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
lw (m)
24 Katlı,bw:30 C25, Z1, 2.Der.
9
8
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

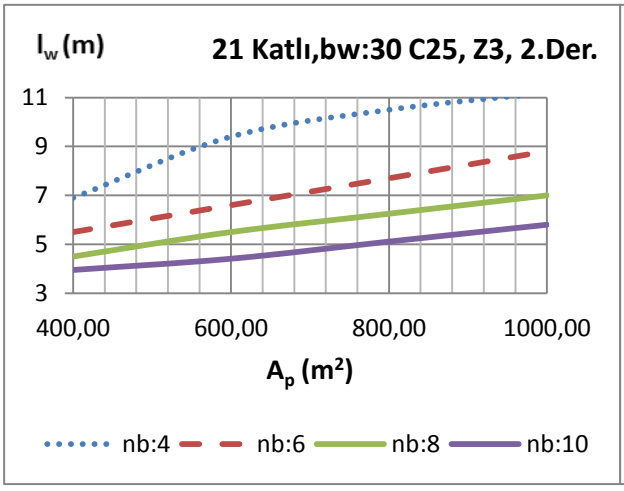
ŞEKİL 16

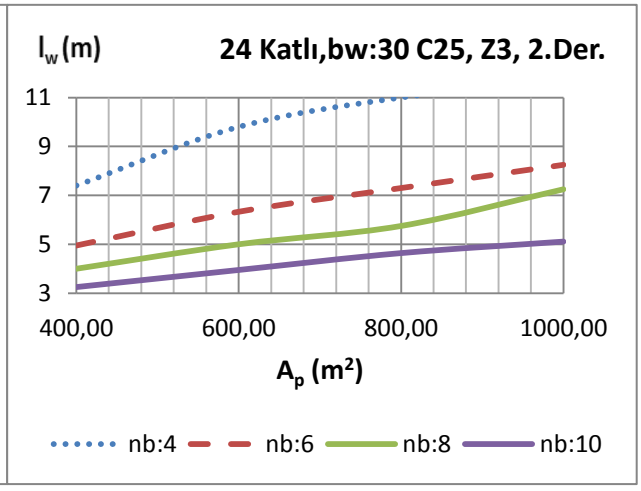

lw (m)
9 Katlı,bw:30 C25, Z3, 2.Der.
8
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10


lw (m)
12 Katlı,bw:30 C25, Z3, 2.Der.
9
8
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

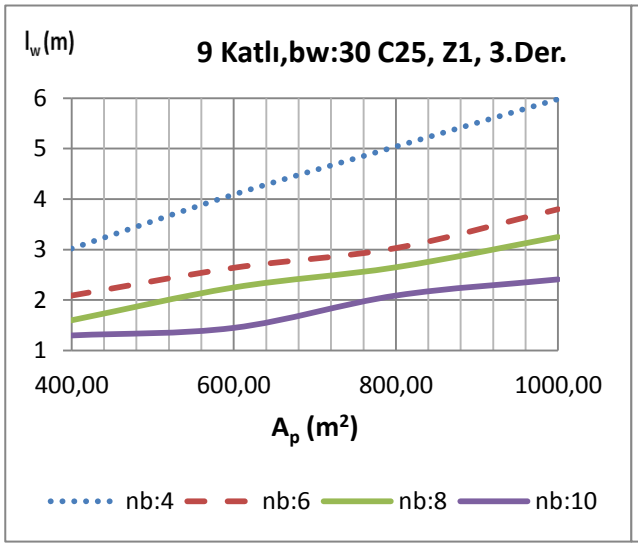

lw (m)
15 Katlı,bw:30 C25, Z3, 2.Der.
10
9
8
7
6
5
4
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

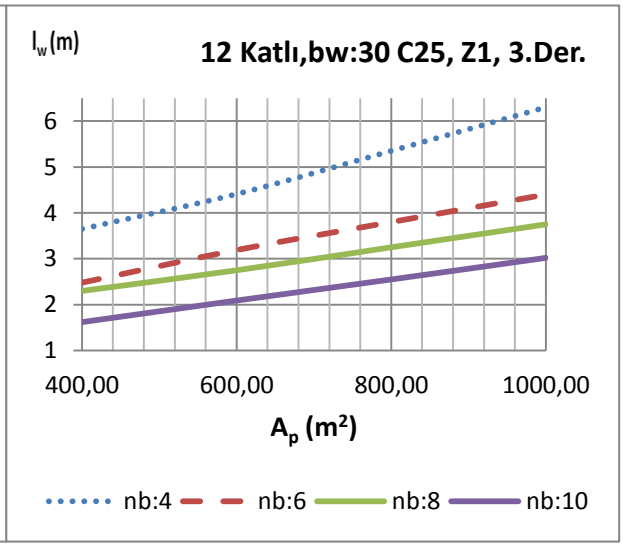

lw (m)
18 Katlı,bw:30 C25, Z3, 2.Der.
10
9
8
7
6
5
4
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

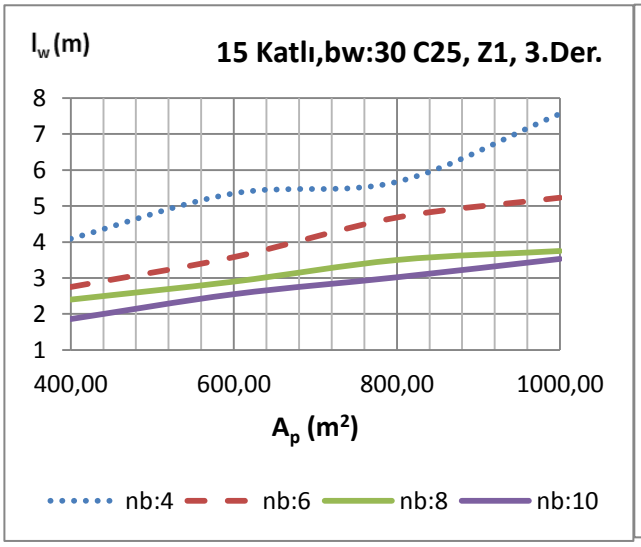

lw (m)
21 Katlı,bw:30 C25, Z3, 2.Der.
11
9
7
5
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

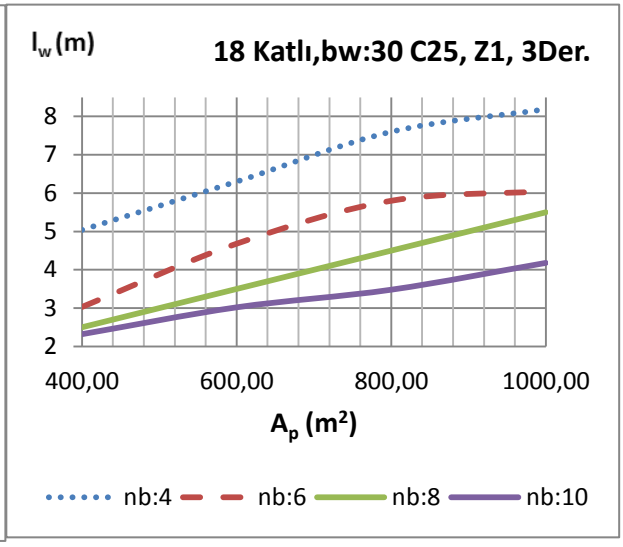

lw (m)
24 Katlı,bw:30 C25, Z3, 2.Der.
11
9
7
5
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

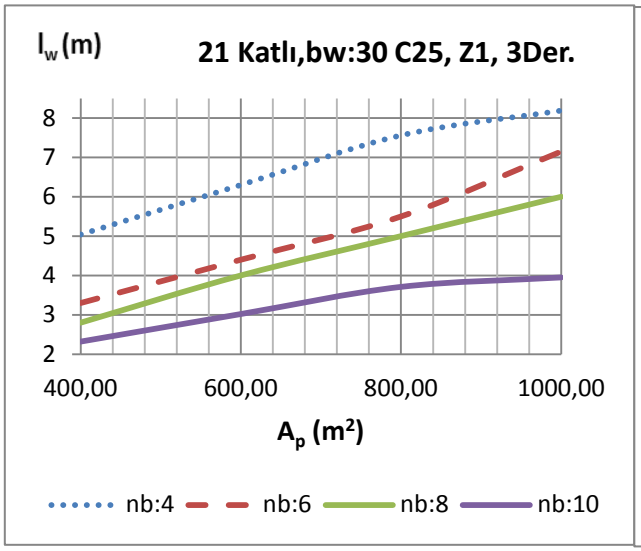
ŞEKİL 17

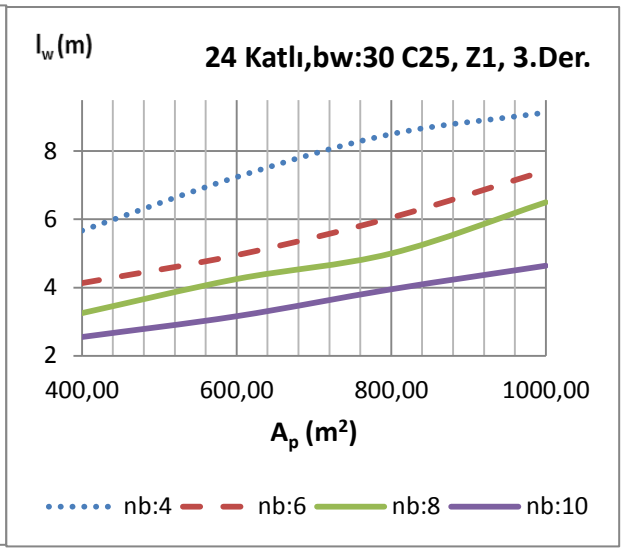

l_w (m)
9 Katlı,bw:30 C25, Z1, 3.Der.
6
5
4
3
2
1
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10


l_w (m)
12 Katlı,bw:30 C25, Z1, 3.Der.
6
5
4
3
2
1
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

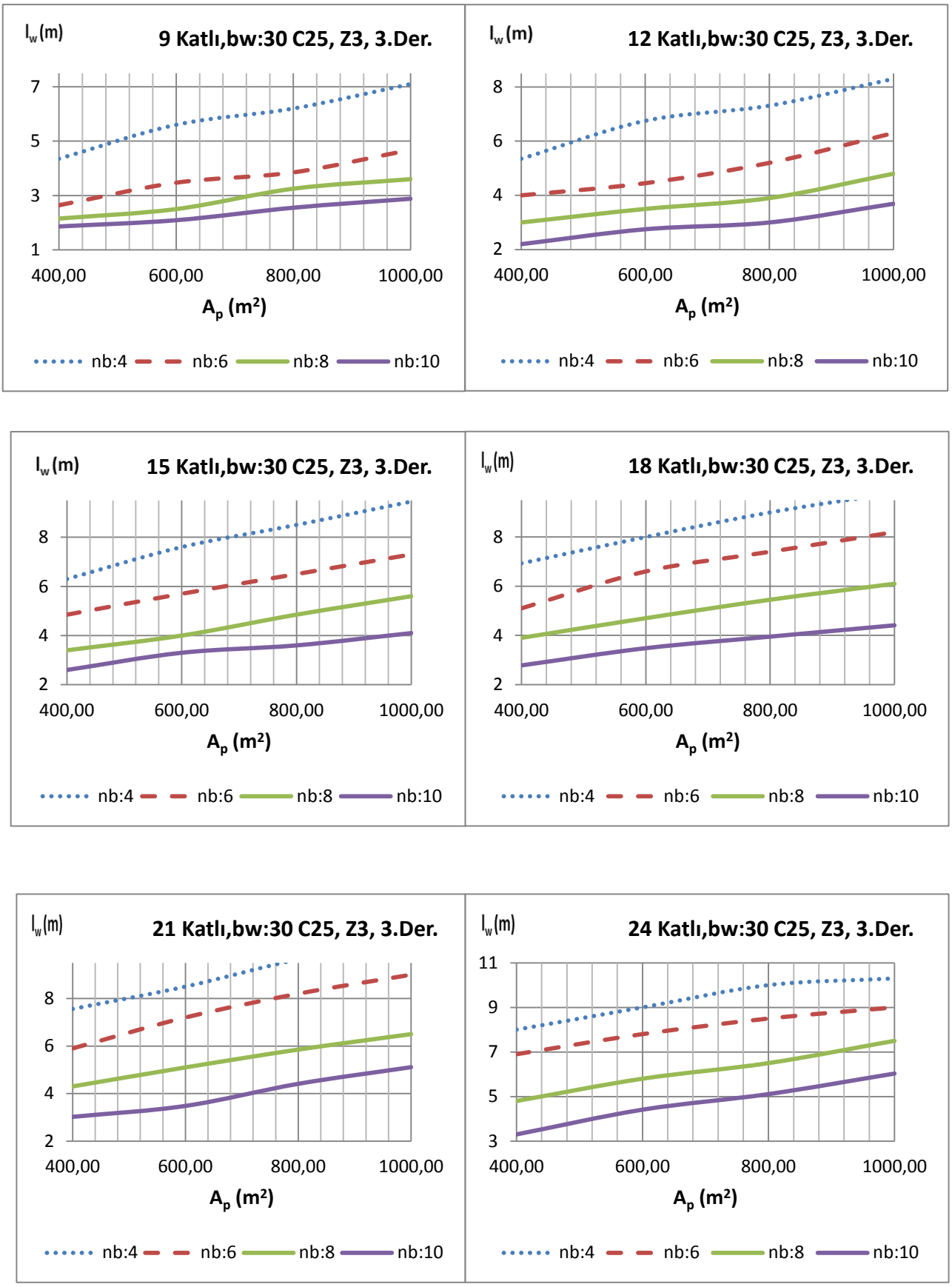

l_w (m)
15 Katlı,bw:30 C25, Z1, 3.Der.
8
7
6
5
4
3
2
1
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10


l_w (m)
18 Katlı,bw:30 C25, Z1, 3Der.
8
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

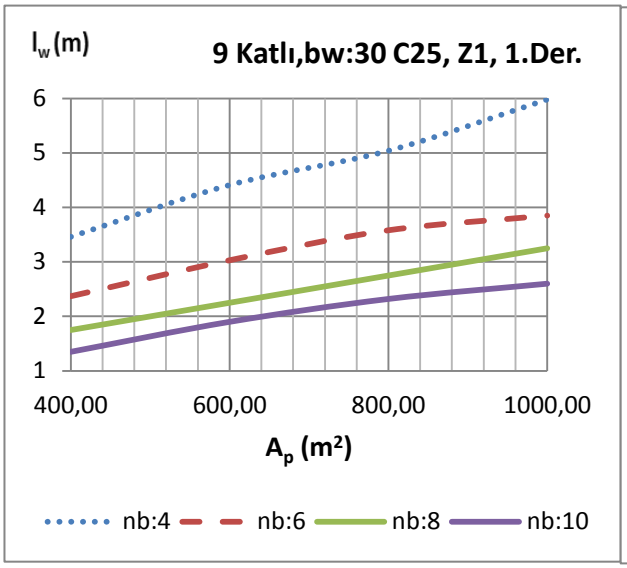

l_w (m)
21 Katlı,bw:30 C25, Z1, 3Der.
8
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

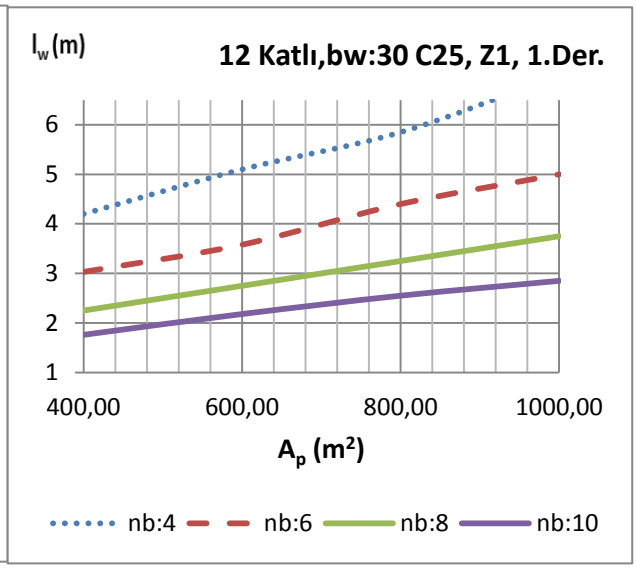

l_w (m)
24 Katlı,bw:30 C25, Z1, 3.Der.
8
6
4
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

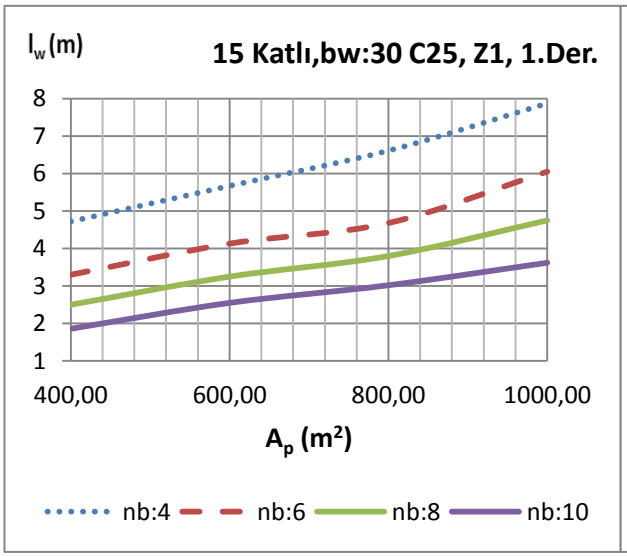
ŞEKİL 18

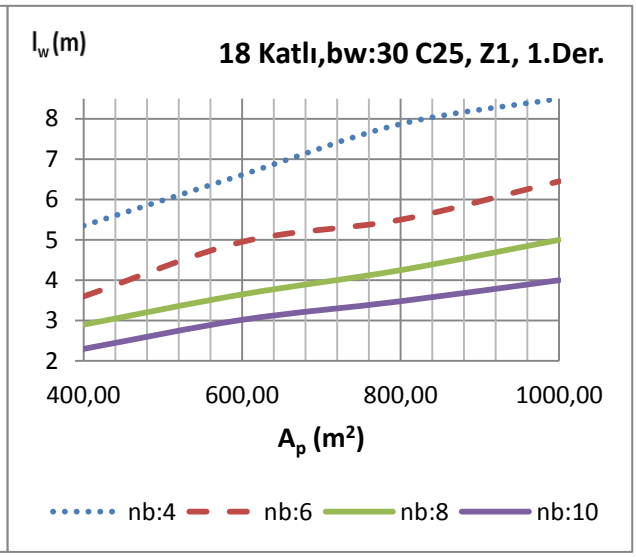

l_w(m)
9 Katlı,bw:30 C25, Z3, 3.Der.
7
5
3
1
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w(m)
12 Katlı,bw:30 C25, Z3, 3.Der.
8
6
4
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w(m)
15 Katlı,bw:30 C25, Z3, 3.Der.
8
6
4
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w(m)
18 Katlı,bw:30 C25, Z3, 3.Der.
8
6
4
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w(m)
21 Katlı,bw:30 C25, Z3, 3.Der.
8
6
4
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w(m)
24 Katlı,bw:30 C25, Z3, 3.Der.
11
9
7
5
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

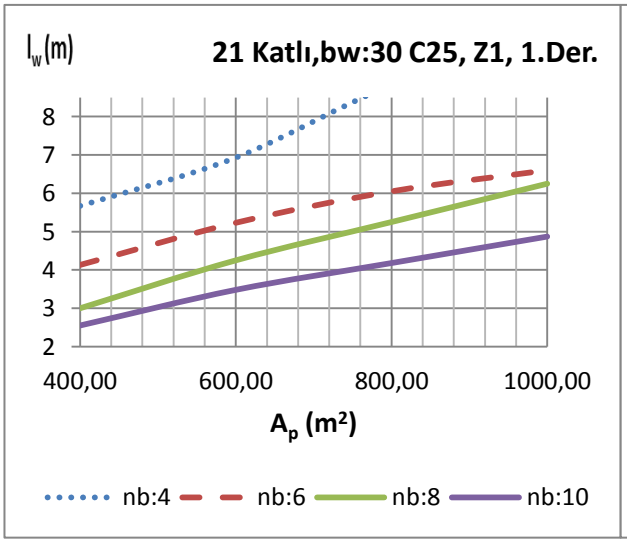
ŞEKİL 19

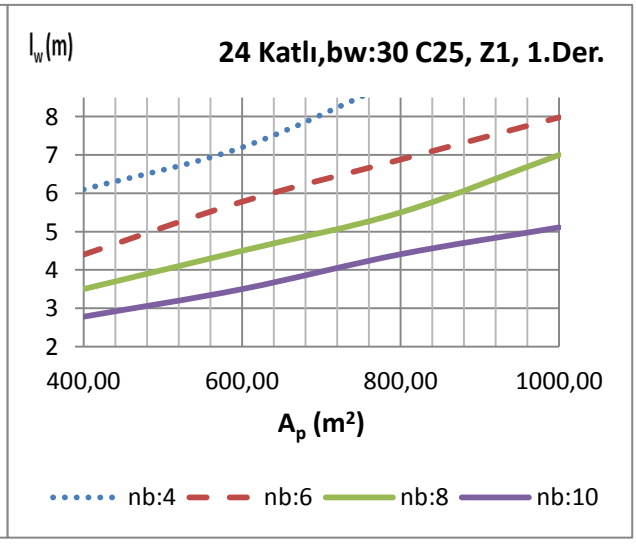

l_w (m)
9 Katlı,bw:30 C25, Z1, 1.Der.
6
5
4
3
2
1
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10


l_w (m)
12 Katlı,bw:30 C25, Z1, 1.Der.
6
5
4
3
2
1
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

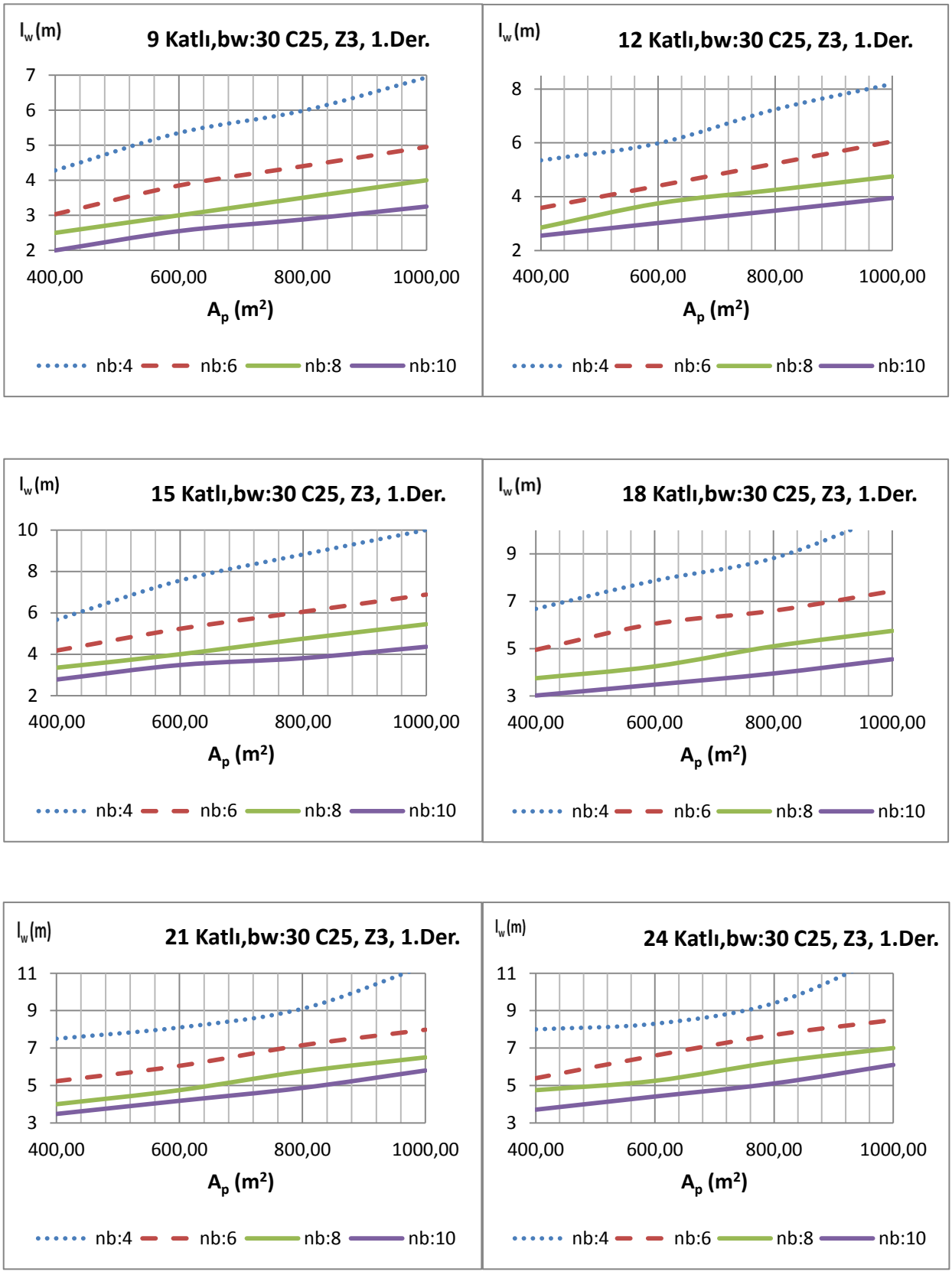

l_w (m)
15 Katlı,bw:30 C25, Z1, 1.Der.
8
7
6
5
4
3
2
1
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10


l_w (m)
18 Katlı,bw:30 C25, Z1, 1.Der.
8
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

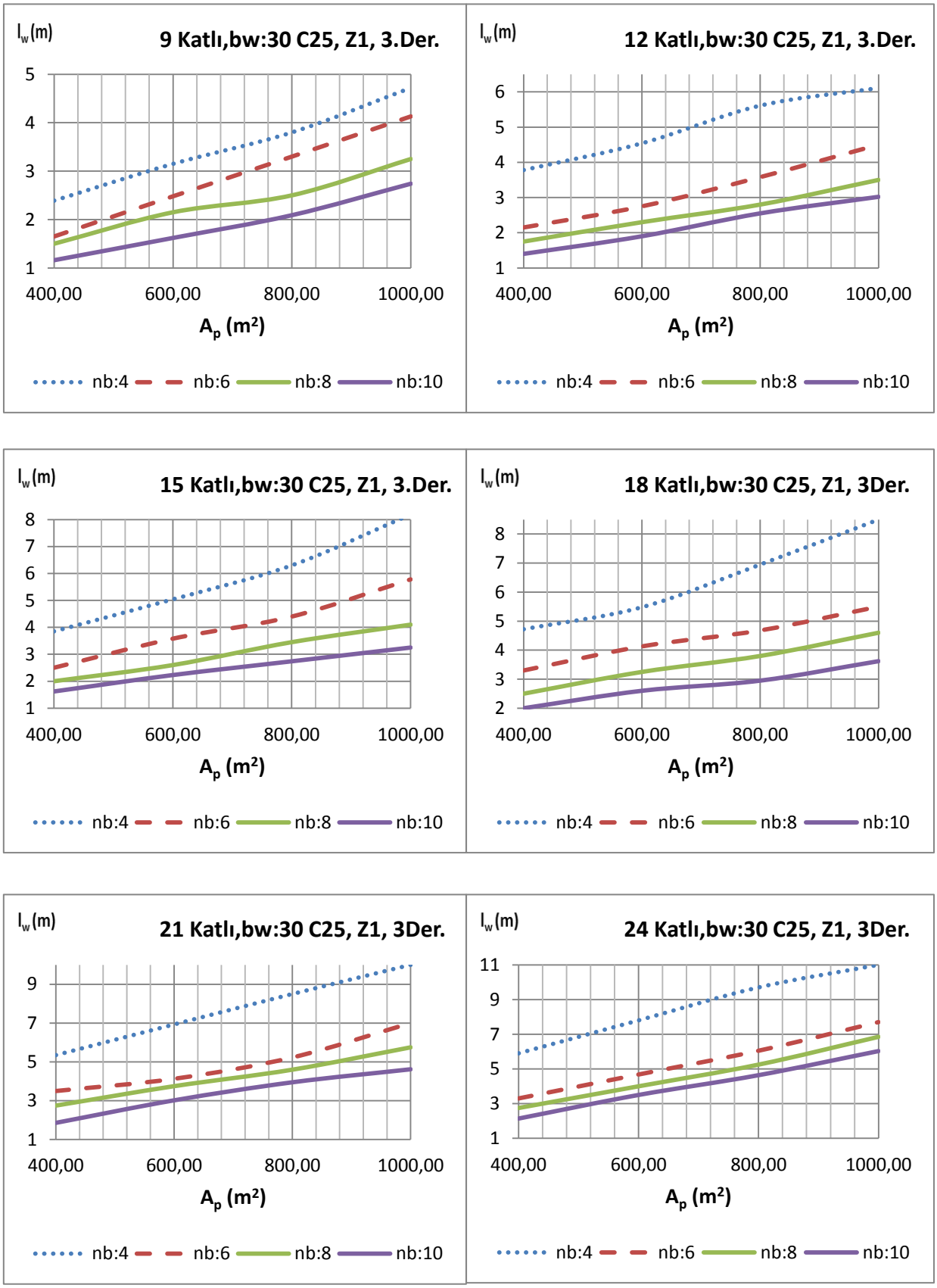

l_w (m)
21 Katlı,bw:30 C25, Z1, 1.Der.
8
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10


l_w (m)
24 Katlı,bw:30 C25, Z1, 1.Der.
8
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

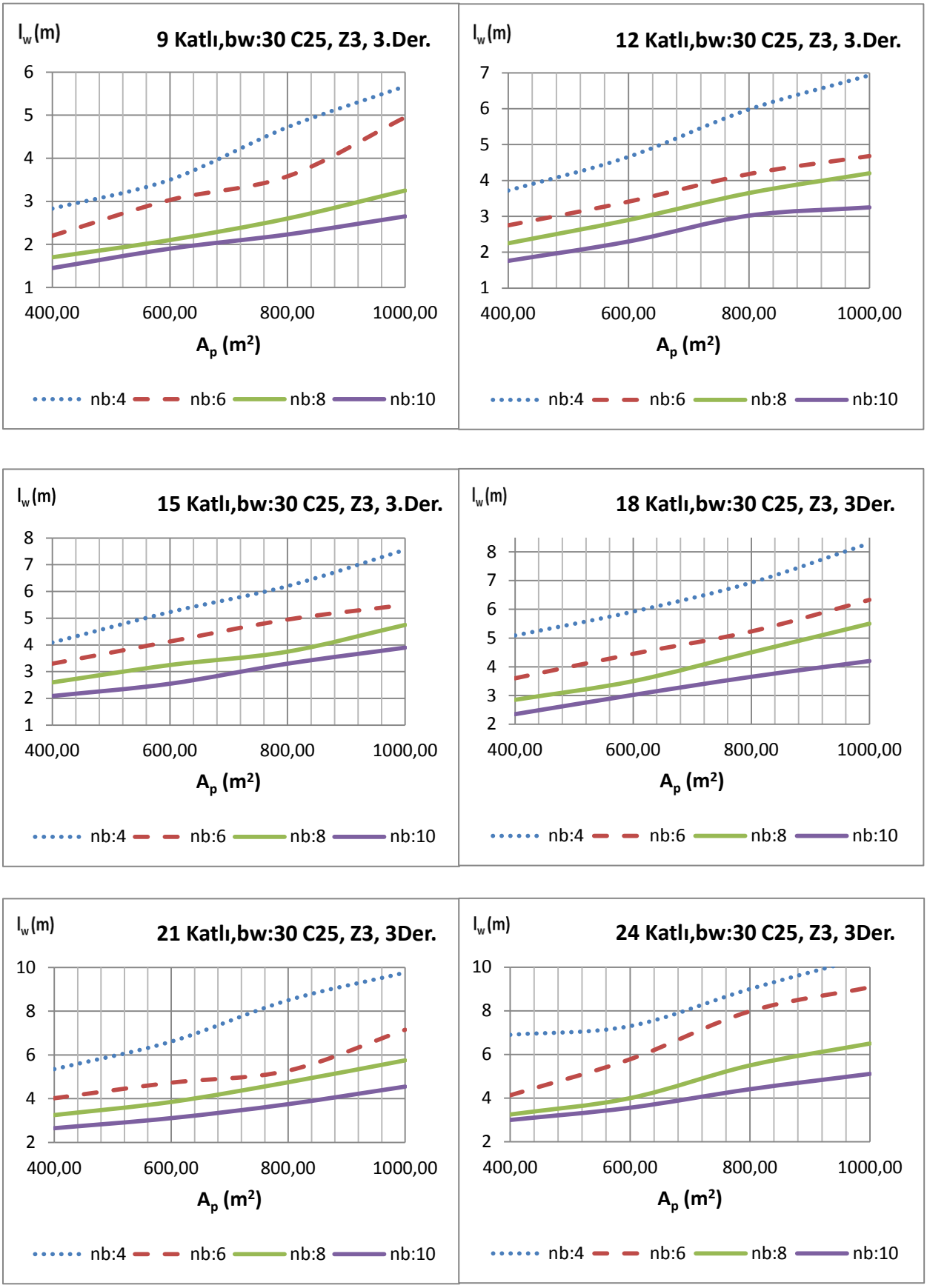
ŞEKİL 20


l_w (m)
9 Katlı,bw:30 C25, Z3, 1.Der.
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w (m)
12 Katlı,bw:30 C25, Z3, 1.Der.
8
6
4
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w (m)
15 Katlı,bw:30 C25, Z3, 1.Der.
10
8
6
4
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w (m)
18 Katlı,bw:30 C25, Z3, 1.Der.
9
7
5
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w (m)
21 Katlı,bw:30 C25, Z3, 1.Der.
11
9
7
5
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w (m)
24 Katlı,bw:30 C25, Z3, 1.Der.
11
9
7
5
3
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

ŞEKİL 21


lw(m)
9 Katlı,bw:30 C25, Z1, 3.Der.
5
4
3
2
1
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
lw(m)
12 Katlı,bw:30 C25, Z1, 3.Der.
6
5
4
3
2
1
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
lw(m)
15 Katlı,bw:30 C25, Z1, 3.Der.
8
7
6
5
4
3
2
1
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
lw(m)
18 Katlı,bw:30 C25, Z1, 3Der.
8
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
lw(m)
21 Katlı,bw:30 C25, Z1, 3Der.
9
7
5
3
1
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
lw(m)
24 Katlı,bw:30 C25, Z1, 3Der.
11
9
7
5
3
1
400,00
600,00
800,00
1000,00
Ap (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10

ŞEKİL 22


l_w(m)
9 Katlı,bw:30 C25, Z3, 3.Der.
6
5
4
3
2
1
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w(m)
12 Katlı,bw:30 C25, Z3, 3.Der.
7
6
5
4
3
2
1
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w(m)
15 Katlı,bw:30 C25, Z3, 3.Der.
8
7
6
5
4
3
2
1
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w(m)
18 Katlı,bw:30 C25, Z3, 3Der.
8
7
6
5
4
3
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w(m)
21 Katlı,bw:30 C25, Z3, 3Der.
10
8
6
4
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10
l_w(m)
24 Katlı,bw:30 C25, Z3, 3Der.
10
8
6
4
2
400,00
600,00
800,00
1000,00
A_p (m²)
nb:4
nb:6
nb:8
nb:10



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Selim BAYKUL

Doğum Tarihi ve Yeri: 08.08.1989, ESKİŞEHİR

E-posta : selimbaykul@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans :** Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, 2011