

T.C.
İSTANBUL NİŞANTAŞI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**PERDELİ PERDESİZ BETONARME YAPILARIN
DEPREME KARŞI DAVRANIŞLARININ ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ünal KARAGÖZ

Enstitü Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği
Enstitü Bilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Tefik Naci YÜCEFER

MART 2023

T.C.
İSTANBUL NİŞANTAŞI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**PERDELİ PERDESİZ BETONARME YAPILARIN
DEPREME KARŞI DAVRANIŞLARININ ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ünal KARAGÖZ

ORCID ID : 0000-0003-0680-108X

Enstitü Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Enstitü Bilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

“Bu tez 17/03/ 2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.”

JÜRİ ÜYESİ	KANAATİ	İMZA
Prof. Dr. Tefik Naci YÜCEFER	BAŞARILI	
Prof. Dr. Yusuf AYVAZ	BAŞARILI	
Prof. Dr. Mükerrrem Fatma ÖZİLKİŞİK	BAŞARILI	

Enstitü Müdürü
Onay

BEYAN

Bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

Ünal KARAGÖZ

17.03.2023



ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının önerilmesinde, yönlendirilmesinde ve kaynak temininde bulunan, tez süresi boyunca çalışmalarımı özenle takip eden ve yardımlarını esirgemeyen başta saygıdeğer danışman hocam sayın Prof. Dr. Tevfik NACİ YÜCEFER' e emekleri ve katkılarından dolayı en içten dileklerimle, teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım. Ayrıca, başta betonarme hocam saygıdeğer Prof. Dr. Yusuf AYVAZ'a ve diğer değerli jüri üyesi hocalarıma da teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışma sürecinde yeri geldiğinde değerli bilgilerinden faydalandığım saygıdeğer hocam Arş. Gör. Okan ÇETİNKAYA ve değerli meslektaşım Yük. İnş. Müh. Gürkan KARAGÖZ'e teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin çalışma süresi boyunca destekleri ile yanımda olan aileme de sonsuz sevgi ve şükranlarımı sunarım.

Ünal KARAGÖZ

17.03.2023

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	i
KISALTMALAR.....	iii
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 1 : GİRİŞ	1
1.1 Betonarme Perdeler	3
1.2 Perde-Çerçevesel Sistemler.....	4
BÖLÜM 2 : RAYLEIGH YÖNTEMİ.....	9
2.1 Çerçeve Sistemler İçin Rayleigh Yöntemi.....	9
2.2 Çok Katlı Sistemlerde “Rayleigh Yöntemi” İle Periyot Hesabı.....	10
BÖLÜM 3 : TOPLAM DEPREM KUVVETİNİN KAT HİZALARINA PAYLAŞTIRILMASI.....	14
BÖLÜM 4 : GÖZ SAYISINA BAĞLI PERİYOT HESAPLAMA.....	17
BÖLÜM 5 : 10 KATLI BİR ÇERÇEVENİN PERİYOT HESABI.....	32
5.1 Katlara gelen paylaştırılmış deprem kuvveti	33
5.2 Kat Kesme Kuvvetleri (Q_i) ve Deplasmanların Bulunması	34

BÖLÜM 6 : TEK PERDENİN BAĞIMSIZ TİTREŞİMİ.....	40
6.1 Istvan Szabo Formülü İle Perde Zati Kütlesinin Periyoda Katkısı.....	40
 BÖLÜM 7 : PERDELİ, ÇERÇEVELİ YÜKSEK BİNALAR.....	42
7.1 Perdeli-Çerçeveli Sistemlerde Schmidts Yöntemi.....	43
7.2 Schmidts Yöntemine Göre Perde Deplasmanları ve Momentleri.....	46
7.3 Perde ve Çerçevenin Toplam Yapı Kütlesi ile Yaptığı Deprem Titreşimi Modeli...	52
 BÖLÜM 8 : AFAD İNTERAKTİF DEPREM HARİTASI İLE DEPREM KUVVETİ HESABI.....	53
8.1 DD1-ZE, DD2-ZE , DD3-ZE , DD4-ZE , DD1-ZA, DD2-ZA, DD3-ZA, DD4-ZA Sınıfı için afad çıktıları.....	48
 SONUÇ	93
KAYNAKÇA.....	94
EKLER	95

KISALTMALAR

J_{kolon}	: Kolon Eylemsizlik Momenti
$J_{kiriş}$	: Kiriş Eylemsizlik Momenti
J_{perde}	: Perde Eylemsizlik Momenti
h	: Kat yüksekliği, Kesit genişliği
H	: Yapı Yüksekliği(m)
b	: Kiriş açıklığı
$GA_{Eşdeğer}$	: Çerçeve Sistem Fiktif Kayma Rijitliği
x	: Tabandan itibaren ara yükseklik
$\xi = x/H$	: Abak giriş değeri (yükseklik oranı)
$k = \alpha.H$	: Katsayı
E	: Elastisite Modülü [kN/m ²]
δ	: Yatay Deplasman [m]
α	: Rijitlik Oranı [m ⁻¹]
I	: Eylemsizlik Momenti [m ⁴]
K_Y, K_M, K_P	: Katsayılar
M	: Eğilme Momenti [kN.m]
p_o	: - Perde Tabandaki Deprem Kuvveti
S_s	: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı
S_1	: 1 saniyelik periyot için harita spektral ivme katsayısı
F_1	: Kısa periyot için yerel zemin etki katsayısı

F_2	: 1 saniyelik için yerel zemin etki katsayısı
S_{Ds}	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
S_D	: 1 saniyelik periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
$S_{ae}(T)$	: Yatay Deprem Spektrum Katsayısı
$R_a(T)$	: Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
R	: Taşıyıcı davranış katsayısı
I	: Bina önem katsayısı
T	: Bina periyodu
F_D	: Yatay Deprem Kuvveti [N/m]
F_{Di}	: Paylaştırılmış ilgili kat deprem kuvveti
Q_i	: İlgili katın kesme kuvvetidir.
ρ	: Betonun yoğunluğu [t/m ³]
T_A, T_B	: Yatay Elastik Tasarım İvme Spektrumu Köşe Periyotları
DD_4	: Deprem yer hareketi düzeyi
ZE	: Yerel zemin sınıfı
n	: Çerçeve göz sayısı
$n+1$	: Çerçevedeki kolon sayısı

TABLO LİSTESİ

Tablo 1 :Deplasman Değerleri.....	39
Tablo 2 : Kısa Periyot Bölgesi İçin Yerel Zemin Etki Katsayıları.....	56
Tablo 3 :1.0 Saniye Periyot İçin Yerel Zemin Etki Katsayıları	56
Tablo 4 :TBDY 2019 Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	59
Tablo 5 :Afad Sitesi Sonuçları.....	95



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 : Kütle ve Rijitlik Merkezi	2
Şekil 1.2 : Çerçeve ve Perde Etkileşimi.....	4
Şekil 1.3 : Konsol Perde Davranışı	5
Şekil 1.4 : Perdelerin Göçme Durumu.....	5
Şekil 2.1 : Kat Deplasmanı	6
Şekil 2.2 : Çok Katlı Yapı Periyod Hesabı İçin Örnek Sistem.....	7
Şekil 3.1 : Deprem Kuvvetini Katlara Paylaştırma	10
Şekil 4.1 : n göz sayısına bağlı periyot grafiği	23
Şekil 7.1 : Kompozit Sistem (Perde + Çerçeve)	38
Şekil 7.2 : Perde Yükleri.....	39
Şekil 7.3 : Deplasman Hesabı için K_y Diyagramı	41
Şekil 7.4 : Perde Momenti Hesabı için K_M Diyagramı.....	41
Şekil 8.1 : DD1-ZE Zemin Sınıfı Afad Sonuçları... ..	54
Şekil 8.2 : Yatay Elastik Tasarım Spektrumu (TBDY 2019 2.1).....	57
Şekil 8.3 : Yatay Elastik Tasarım Spektrumu (TBDY 2019 2.2).....	59
Şekil 8.4 : DD1-ZE Sınıf Deprem Düzeyi Yatay Elastik Tasarım Spektrumu.....	59
Şekil 8.5 : Yatay Elastik Tasarım Spektrumu.....	61
Şekil 8.6 : DD2-ZE Sınıf Deprem Düzeyi Yatay Elastik Tasarım Spektrumu.....	63
Şekil 8.7 : DD3-ZE Zemin Sınıfı Afad Sonuçları	65
Şekil 8.8 : DD3-ZE Sınıf Deprem Düzeyi Yatay Elastik Tasarım Spektrumu.....	67
Şekil 8.9 : DD4-ZE Zemin Sınıfı Afad Sonuçları	69
Şekil 8.10 : DD4-ZE Sınıf Deprem Düzeyi Yatay Elastik Tasarım Spektrumu.....	71
Şekil 8.11 : DD1-ZA Zemin Sınıfı Afad Sonuçları	73
Şekil 8.12 : DD1-ZA Sınıf Deprem Düzeyi Yatay Elastik Tasarım Spektrumu.....	75
Şekil 8.13 : DD2-ZA Zemin Sınıfı Afad Sonuçları	77
Şekil 8.14 : DD2-ZA Sınıf Deprem Düzeyi Yatay Elastik Tasarım Spektrumu.....	79
Şekil 8.15 : DD3-ZA Zemin Sınıfı Afad Sonuçları	81
Şekil 8.16 : DD3-ZA Sınıf Deprem Düzeyi Yatay Elastik Tasarım Spektrumu.....	83
Şekil 8.17 : DD4-ZA Zemin Sınıfı Afad Sonuçları	85
Şekil 8.18 : DD4-ZA Sınıf Deprem Düzeyi Yatay Elastik Tasarım Spektrumu.....	87

Tezin Başlığı: Perdeli Perdesiz Betonarme Yapıların Depreme Karşı Davranışlarının Analizi	
Tezin Yazarı: Ünal KARAGÖZ	Danışman: Prof. Dr. Tefvik Naci YÜCEFER
Kabul Tarihi: 17.03.2023	Sayfa Sayısı: viii (önkısım)+92 (tez)+1(ek)
Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği	Bilim Dalı: İnşaat Mühendisliği
Ülkemizde ve Dünya’da ortalama her yıl doğal afetler meydana gelmektedir. Meydana gelen bu doğal afetlerden biri de depremlerdir. Yaşanan bu depremler sonucu önemli ölçüde can kaybı ve ekonomik kayıplar meydana gelmektedir. Bu kayıplardan biri de yaşamımızı sürdürdüğümüz mevcut yapıların büyük çoğunluğunu oluşturan betonarme yapılardır. Ülkemizde deprem fay hattı üzerinde yer alan bu yapılar çoğunlukla yüksek katlı yapılar olduğundan dolayı yapılarda deprem yönetmeliği çerçevesinde betonarme perdenin kullanılmaması sonucunda can kaybı ve ekonomik kayıplar gibi olumsuz sonuçların artacağı öngörülmüştür. Yapılan bu araştırma da bu sonuçları minimuma indirmek için yatay yüklerin karşılanmasında önemli bir rolü olan betonarme perdelerin yapıda bulunup bulunmaması durumunda yapı periyodunda ve kat ötelemelerinde meydana gelen değişikliği karşılaştırma amaçlı perdesiz yapılar için Rayleigh yöntemi ile çerçeveli perdeli yapılar için ise STUTGART Üniversitesinde SCHMIDTS tarafından yapılmış bir doktora çalışmasında kullanılan Shmidtts yöntemi ile araştırma sonucu bir analiz yapılmıştır. Yapılan bu analiz sonucunda betonarme bir yapının yatay ve düşey yer değiştirmeleri ile periyotlarının belirlenmesinde genel olarak, yapının taşıyıcı sistemini teşkil eden perdelerin etkin rol oynadığı öngörülmüştür.	
Anahtar Kelimeler: Betonarme Perdeler, Shmidtts Yöntemi, Periyot, Rayleigh Yöntemi TBDY 2018.	

The Title of Thesis: Earthquake Analysis of Reinforced Concrete Structures without Shearwalls	
Author of the Thesis: Ünal KARAGÖZ	Counselor: Prof. Dr. Tevfik Naci YÜCEFER
Acceptance Date : 17.03.2023	Number of Pages: viii (pree text) +92 (main body)
Department: Faculty of Engineering	Science: Faculty of Engineering
Natural disasters occur on average every year in our country and in the world. One of these natural disasters is earthquakes. As a result of these earthquakes, significant loss of life and economic losses occur. One of these losses is the reinforced concrete structures that make up the majority of the existing structures in which we live. Since these structures located on the earthquake fault line in our country are mostly high-rise structures, it is predicted that negative consequences such as loss of life and economic losses will increase as a result of not using reinforced concrete shears in the framework of earthquake regulations. In this research, in order to minimize these results, a doctorate made by SCHMIDTS at STUTGART University with the Rayleigh method for curtainless structures and for framed sheared structures to compare the changes in the building period and storey drifts in the absence of reinforced concrete shears, which have an important role in meeting the horizontal loads. An analysis was made as a result of the research with the Shmidts method used in the study. As a result of this analysis, it has been predicted that the shears, which constitute the structural system of the building, play an active role in determining the horizontal and vertical displacements and periods of a reinforced concrete structure.	
Keywords: Reinforced Concrete Shears, Shmidts Method, Period , Rayleigh Method TBDY 2018.	

BÖLÜM 1: PERDELİ PERDESİZ YAPI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Dünya’da olduğu gibi ülkemizde de ortalama her sene depremler meydana gelmektedir. Meydana gelen bu depremler sonucu can kaybı ve ekonomik kayıplar yaşanmaktadır. Yaşanan bu kayıplardan birisi de günümüzün vazgeçilmez yapılarından birisi olan betonarme yapılardır. Ülkemiz daha çok deprem fay hattında bulunduğu için dolayı betonarme yapıların yatayda ve düşeyde gelebilecek deprem kuvvetlerine karşı dayanıklı tasarlanmalıdır. Yapılar genellikle yüksek katlı yapılar olduğundan dolayı yapıların tasarlanmasında kolonlar dayanıklılık açısından zayıftırlar. Bundan dolayı yapının tasarlanmasında betonarme perdelerin kullanılması şarttır. Bu çalışmada betonarme yapılarda deprem yönetmeliği çerçevesinde perdelerin kullanılıp kullanılmaması durumunda yapının periyodundaki değişikliği karşılaştırma amaçlı çerçeveli yapılarda Rayleigh yöntemi ile perdeli yapılarda ise STUTTGART T.U’ya kabul edilmiş bir Doktora Tezi sunmuş olan SCHMIDTS’ yöntemleriyle bir araştırma yapılmıştır.

Rayleigh yönteminde sonsuz rijitliğe sahip kabul edilebilecek kat giriş sistemlerinde yatay deprem kuvvetlerinden kaynaklanan periyod değerini bulmak için virtuel iş teoremi ile deplasman hesabında kullanılan “fiktif bir deprem kuvveti” alınarak çözüme ulaşılabilir. Önemle vurgulanması gereken bir husus da titreşim periyodunun titreşimi oluşturan kuvvet değerine bağlı olmamasıdır. Dolayısıyla periyod hesabı için herhangi bir “Fiktif Kuvvet” alınabilir (Yücefer, 2021: 23).

Schmidts Yöntemi ise 1999 Yılında Stuttgart’da SCHMIDTS tarafından yapılmış ve kabul edilmiş doktora çalışması kapsamında İnternet ortamında yayınlanmış çalışma kapsamındaki açıklamalar ve abaklar yardımı ile perdeli ve çerçeveli sistemlerdeki periyod hesabı önemli bir çalışma olarak ön plandadır. SCHMIDTS’te çerçeve sistemin yalnızca kayma rijitliği, perdenin ise yalnızca eğilme rijitliğine sahip olduğu dikkate alındığında, eğer limit durum olarak çerçevenin kayma rijitliği olmadığı varsayılırsa “ α ” değeri sıfıra eşit olacağından abaktan da görüldüğü gibi tüm deprem momenti perde tarafından alınır. ($K_M=1$)

Tam tersine yüksek α değerlerinde perde üst kısımlarında ters yönde eğilme momentlerinin oluştuğu görölmektedir. Diğer taraftan boyutlandırma ve donatma açısından en kritik bölgenin doğal olarak perdenin tabana yakın kısımlar olduğu da yine abaktan görölmektedir.

Bu çalışmada öncelikle tek kat ve tek gözlü bir çerçeve ele alınarak Rayleigh yöntemi ile bir periyot hesaplanmış, sonrasında ise tek gözlü ve 5 katlı bir binada fiktif (hayali) bir deprem kuvveti etkiyerek çerçevede deprem kuvvetini katlara paylaştırma ve kat kesme kuvvetleri bulunmuştur.

Daha sonrasında kat sayısı sabit tutularak, göz sayısını (n) artırarak çerçeveye fiktif (hayali) bir deprem kuvveti de etkiyerek Rayleigh yöntemi ile farklı periyot değerleri bulunmuştur. Başka bir örnekte ise 4 gözlü 10 katlı bir çerçeveye fiktif (hayali) bir deprem kuvveti etkiyerek Rayleigh yöntemi bir periyot değeri hesaplanmıştır. En son aşamada ise ISTVAN SZABO yöntemi ile çerçeveden bağımsız tek bir perdenin kendi başına periyodu hesaplanmış olup perde ile çerçeve sistemin beraber çalıştığı durumda Schmitds yöntemi ile bir periyot değeri bulunmuş ve bulunan periyot ile Afad sisteminde (Türkiye deprem tehlike haritası)'nde 4 farklı deprem yer hareketi ile iki farklı zemin sınıfı ile sisteme girilerek farklı değerler de spektrum ivme değerleri bulunmuştur (Yücefer, 2022: 23).

1.1. Betonarme Perdeler

Perdeler, deprem yönündeki rijitliklerinin kolonlara göre oldukça büyük olmasından dolayı, yapının deprem esnasındaki deplasmanını engellediği için yapının hasar görmesini önlemektedir. Kolonlar ve perdelerden meydana gelen taşıyıcı sistemlerde depremin oluşturduğu yatay kuvvetler kolonlar ve perdeler tarafından birlikte karşılanır.

Yüksek yapı tasarımının ana taşıyıcılarından olan bu betonarme perdeler, güçlü deprem yer sarsıntısı sırasında bir binanın birden fazla yer değiştirme periyodu boyunca sallanmasıyla oluşan kesme, moment ve eksenel kuvvete karşı binalarda deprem etkilerini karşılamak için perde tasarım şekli ve sınır değerleri yönetmeliklerce sınırlandırılarak gereken mukavemet ve dayanıklılıkla tasarlanması amaçlanır.

Deprem Yönetmeliği çerçevesinde perdeler, planda uzun kenarının (ℓ_w) kalınlığına (b_w) oranı, en az 6 katı olan düşey taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Perde kesiti alanı; $A_c \geq N_{dm}/(0,35f_{ck})$ denklemini sağlamak zorundadır. Bu denklem ile normal kuvvet sınırlandırılarak perdelerde belirli süneklik sağlanır. Perdelerde uzun kenar doğrultusundaki atalet momentleri çok daha büyük olduğundan, yatay yükleri uzun kenar doğrultusunda etkileyerek yapının yatay ötelenme rijitliğini artırır, katlar arasında yatay ötelenmeleri sınırlandırır ve tersinir deprem yükleri altında yapıya süneklik sağlar.

1.2. Perde-Çerçevesi Sistemler

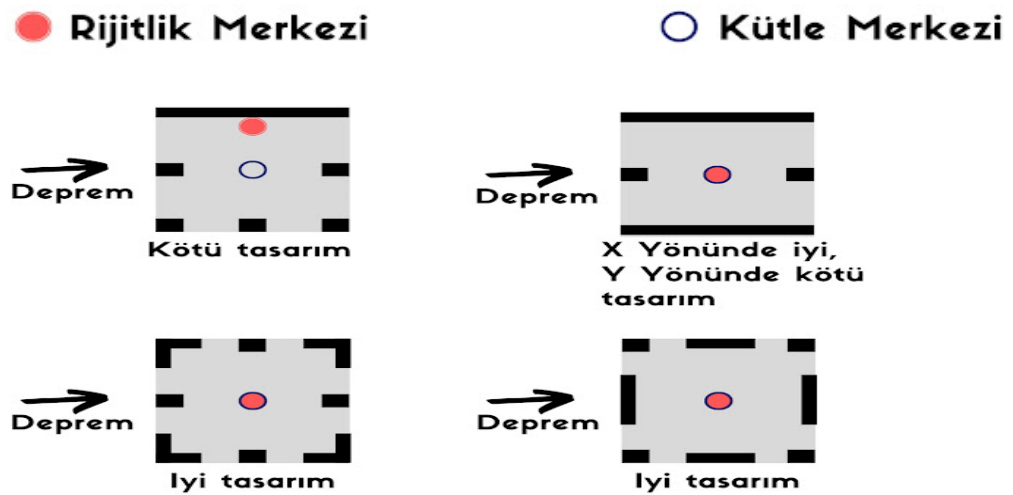
Yapılarda giderek artan yükseklikler itibarı ile çerçeve sistemlerin perdelerle kombine edilmesi kaçınılmazdır. Çerçevelerle beraber veya bağ kirişleriyle birleşen perdeler gruplar halinde de kullanılabilirler.

Çerçeve ile beraber olduğu durumda perdelerin rijitlikleri fazla olduğu için, deprem veya rüzgârdan oluşan yatay yükleri, perde ve çerçeveler rijitlikleri oranında karşılarlar. Perdeler çerçevelerle birlikte kullanıldığında daha sünek sistemler elde edilir.

Perdelerin uç bölgelerinde sargı donatısı kullanılarak süneklik artırılabilir. Deprem etkisi içerisindeki bu betonarme yapılarda hem ekonomik açıdan hem de yapının en çok zorlanan alt katlarındaki taşıyıcı sistem boyutlarının aşırı büyük çıkması nedeniyle perdesiz yapı tasarımı mümkün görülmemektedir.

Yapılarda çoğunlukla mimari zorunluluklar nedeniyle, perdeler asansör veya merdiven boşlukları çevrelerine yerleştirmektedir. Eğer bu boşluklar yapının içinde simetrik bir yerde değilse, yapıda kütle ve rijitlik merkezleri arasında önemli uzaklıklar olacak ve depremde burulma etkileri oluşacaktır. Bu durumda yapıya kütle ve rijitlik merkezlerini birbirine yakınlaştırarak burulmayı önleyecek ek perde duvarlar konulmalıdır.

Ayrıca kütle ve rijitlik merkezlerinde çakışması gerekmektedir. Eğer kütle merkezi ve rijitlik merkezi çakışmıyorsa, yapı rijitlik merkezi etrafında dönecektir. Oysa, deprem yükünün doğrudan rijitlik merkezine etkimesi durumunda, yapı deprem kuvvetinin etkidiği doğrultuda eşit öteleme yapacağından burulma momenti oluşmayacaktır.



Şekil 1.1: Kütle ve Rijitlik Merkezi

Yapıda meydana gelen toplam kesme kuvveti tabandaki kesme kuvvetidir. Perdelerin aldığı kesme kuvvetlerinin dışındaki kesme kuvvetleri kolonlar arasında rijitlikleri oranında paylaşılır.

Yüksek rijitliğe sahip olan perdeler yapıya etki eden deprem ve rüzgâr gibi yatay kuvvetlerin önemli bir bölümünü karşılar ve sistemin rölatif kat ötelenmelerini sınırlayarak deprem kuvvetleri altında taşıyıcı sistem elemanlarının daha az hasar görmelerini sağlar.

Kolonlara göre kesiti büyük olan düşey taşıyıcı perde elemanlar, çerçeveli yapılarda yatay yükler altındaki aşırı deplasmanlarını kısıtlamak için değişik fiziksel özelliklerdeki sık kullanılan düşey taşıyıcılardır.

Büyük depremlerde ilk olarak perde hasarı beklenmektedir. Perde duvarlarda hasar oluştuğundan sonra yaptığı ötelenmeler artacağı için, çerçeve elemanlarda hasar oluşmaya başlamaktadır.

Perdelerin yaptığı ötelenmeyi kolon uç bölgelerinde karşılayacak güç yoksa bu bölgelerde mafsallaşma olabilmekte ve bu durum yapının göçmesine neden olmaktadır. Bu durumun önüne geçmek için süneklik düzeyi yüksek perde tasarımında, kapasite ve plastik şekil değiştirmelerden oluşan enerji harcaması, plastik mafsal bölgelerinde eğilmeden dolayı oluşan yer değiştirmenin miktarı dikkate alınmalıdır.

Taşıyıcı sistemde yatay yükler altında oluşacak rölatif ötelenmeler ve eğilmeler, ikinci mertebe momentlerini artırmaktadır. Perde duvarlar bu olumsuzluğu azaltır. Ancak bunun için, planda x ve y doğrultusunda düşey taşıyıcılardan özellikle perde duvar ve geniş kolonların dengeli dağıtılması önemlidir.

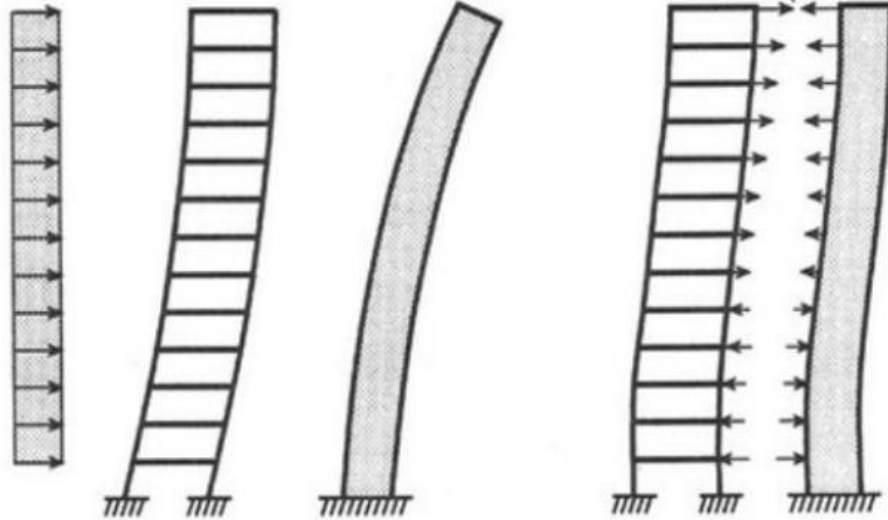
Yapısal perdelerle desteklenen bir binada, bina titreşiminin oluşturduğu atalet kuvvetleri döşemeler aracılığıyla perdelerle iletilir ve bu da kuvvetleri temele iletir. Döşemeler ve yapısal perdeler arasındaki iyi bağlantılar, sismik kuvvet yolu için çok önemlidir.

Perdelerin taşıyıcı sistemle bütünleşmesi ve yatay taşıyıcı elemanlardan düşey kuvvetlerin iletimi için gerekli bağlar oluşturulur. Perdelerin kritik bölgeleri, deprem etkisi altında en büyük kesit tesirlerinin olduğu bölgelerdir. Yani perdelerin taban ile birleştiği bölge (temele bağlandığı kısım) kritik bölgedir.

Bu bölgelerde oluşan eğilme momenti ve kesme kuvveti en büyüktür. Kritik bölge olduğundan bu bölgelerin iyi tasarlanması gerekir. Perdelerin beklenen davranışı kısmen duvar en boy oranına bağlıdır.

Deprem etkisinde perdelerin bir ucunda çekme kuvveti oluşurken diğer ucunda da basınç kuvveti oluşur. Kuvvet yön değiştirdiğinde basınç ve çekme uçları yer değiştirir. Bu yüzden perde uç bölgeleri hem çekme hem basınç olacak şekilde kolon gibi donatılır.

Perde duvarın deformasyon eğrisi “dış bükey”, çerçevenin deformasyon eğrisi ise “iç bükey” olma eğilimi gösterecektir. Ancak perde ve çerçevelerin birlikte davranmaları gereği, hem “eğilme kirişi” hem de “kayma kirişi” özellikleri gösteren bir deformasyon eğrisi oluşacaktır. Perde ve çerçevelerin göreceli rijitliklerinin bir fonksiyonuna bağlı olarak, karar kılınan deformasyon eğrisinde eğilme veya kayma kirişi deformasyon tipi ağırlığını hissettirecektir. Bunun sonucunda, perde ve çerçeve arasındaki yük taşıma oranlarında değişiklikler olacaktır.



Şekil 1.2: Çerçeve ve Perde Etkileşimi

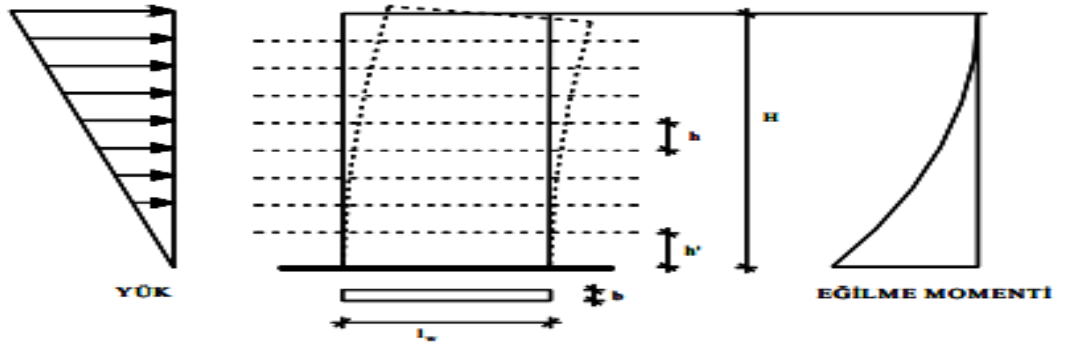
Perde duvarlar düşey doğrultuda temelden en üst kata kadar sürekli olarak teşkil edilmelidir. Bina yüksekliği boyunca perdelerin enkesit boyutları sabit olduğu gibi, perde boy ve genişliği üst katlara doğru azaltılabilir.

Perde genişliklerinin ani veya sürekli değiştiği durumlarda, rijitliklerinde daha büyük değişiklikler meydana gelir.

Yukarı doğru incelen perdeler yapısal açıdan etkili olmakla birlikte, oluşabilecek plastik mafsalların boylarını ve yerlerini belirlemede dikkatli olunmalıdır. Yükseklik boyunca kalınlaşan perdelerin yapısal olarak çok etkili olmadığı bilinmektedir.

Plastik mafsallın perdenin temelinde oluşması halinde, mafsal boyunu önemli derecede sınırlandırmak gerekecektir. Bu tip perdeler süneklik düzeyi yüksek çerçevelerle kullanılırsa, plastik mafsallı perde tabanında oluşması açısından bir avantaj sağlayacaktır

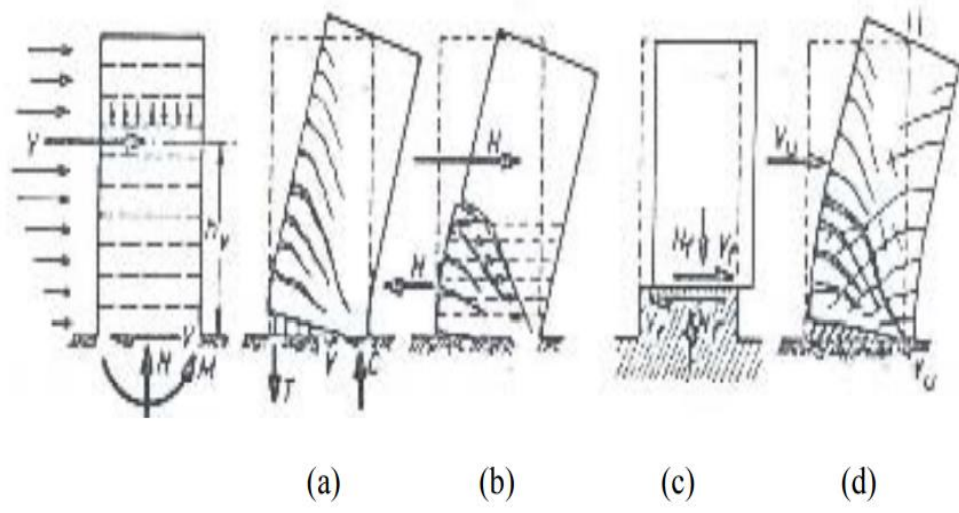
Kat döşemelerinin yanal diyafram gibi davranmaları nedeniyle perdelerde burkulmaya neden olan boyun perde yüksekliği yerine kat yüksekliği olarak alınması uygundur. Konsol perdeler yatay yüklerden oluşan eğilme momenti yanında, düşey yüklerden gelen eksenel normal kuvvetin de etkisi altındadır.



Şekil 1.3: Konsol Perde Davranışı

Yıkıcı deprem altında perde duvarlarda hasarlar oluşur. Bu hasarlar genellikle moment ve normal kuvvetin maksimum olduğu perde – temel birleşim düzeyinin hemen üstünde olur Deprem etkisinde perde duvarlarda şekil 1.4 de gösterilen dört tür kırılma gerçekleşir.

- a) Eğilme Kırılması
- b) Eğik Asal Çekme Kırılması
- c) Perde –Temel Birleşiminde Kayma
- d) Eğilme ve Taban Kaymasının Bir Arada Oluşması



Şekil 1.4: Perdelerin Göçme Durumu

BÖLÜM 2: RAYLEIGH YÖNTEMİ

2.1. Çerçeve Sistemler İçin Rayleigh Yöntemi

Bu yöntemde kiriş rijitlikleri sonsuz olarak alınmaktadır. (Katı cisim)

Bu durumda yalnızca her katın kolonları eşit olarak yatay yönde deplasmanlar oluşturmaktadır.

Her kolon yatay deplasman için yay davranışı göstermektedir.

Yay katsayısı ifadesi:

$$k_i = \frac{12.E.J_{kolon}}{h_k^3} \quad (2.1)$$

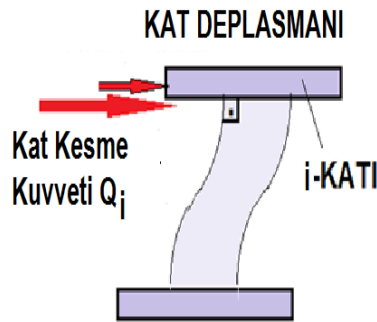
Her katın toplam yay katsayısı kolon sayısı $n+1$ ile $k_{kat} = (n+1).k_i$

Önemle vurgulamak gerekir ki yukarıda verilen ve SCHMIDTS tarafından kullanılan “Eşdeğer Kayma Rijitliği” ifadesi RAYLEIGH Yöntemi koşullarına uymak için kiriş rijitlikleri sonsuz olarak alındığında bir katın toplam yay katsayısını vermektedir.

Bir katın yatay deplasmanı kat kesme kuvveti Q_i ile:

$$\delta_i = \frac{Q_i}{k_{kat}} \quad (2.2)$$

Üst katlara doğru kat deplasmanları toplanmaktadır.



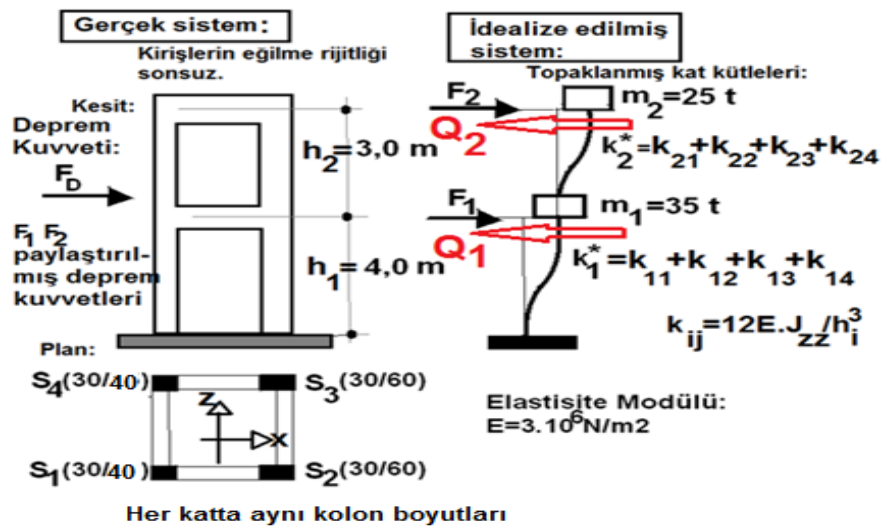
Şekil 2.1: Kat Deplasmanı

Zemin katın kat kesme kuvveti Q_1 kullanılan toplam fiktif deprem kuvveti F_D ' dir. Üst katlarda her katın altındaki kesme kuvveti ile de o katlarda oluşan "ilave deplasmanlar" elde edilir.

Her katın toplam deplasmanı alttaki deplasmanlara ilgili katın deplasmanı eklenerek bulunur.

2.2. Çok Katlı Sistemlerde "Rayleigh Yöntemi" İle Periyod Hesabı

Perdesiz yapılarda geçerlidir.



Şekil 2.2: Çok Katlı Yapı Periyod Hesabı İçin Örnek Sistem

Sonsuz rijitliğe sahip kabul edilebilecek kat kiriş sistemlerinde yukarıdaki şekilde verilen idealize edilmiş yatay deprem kuvvetlerinden kaynaklanan periyod değerini bulmak için virtuel iş teoremi ile deplasman hesabında kullanılan "fiktif bir deprem kuvveti" alınarak çözüme ulaşılabılır.

Önemle vurgulanması gereken bir husus da titreşim periyodunun titreşimi oluşturan kuvvet değerine bağlı olmamasıdır. Dolayısıyla periyod hesabı için herhangi bir "Fiktif Kuvvet" alınabilir!

Zaten statik sisteme gelen gerçek deprem kuvveti ki, (bu değerden giderek statik sistemlerin kesit tesirleri (iç kuvvetleri bulunmaktadır)

Deprem yönetmeliklerinde periyod değerlerine bağlıdır, bu itibarla da zaten periyod hesabı için fiktif bir deprem kuvveti gerekmektedir.

Bunun için öncelikle çok kütleli (burada kat kütleleri) sistemler için geliştirilmiş olan ve aşağıda gösterilen periyod formülü kullanılır (Yücefer, 2021: 33).

Her kat için, her katın eşdeğer yay katsayısı k^* ki, bu değer, o kattaki yay katsayılarının (j= ilgili “i” katındaki kolonlar) paralel bağlantılı yaylar olarak toplamıdır.

$$k_i^* = \sum_{j=1}^n k_j$$

(2.3)

Bir katın eşdeğer yay katsayısı için açısal hız ve ilgili kat kütlesi için başlangıçta elde edilen şu ifade geçerlidir.

$$k_i^* = m_i \cdot \omega^2 \quad (2.4)$$

Bu değer ile:

$$F_i = m_i \cdot \omega^2 \cdot \delta_i \quad (2.5)$$

Sol tarafı etki eden deprem kuvveti (“dış kuvvet”) , sağ tarafı ise bu deprem kuvvetinin yayda oluşturduğu iç kuvvet olarak düşünüldüğünde, her bir kattaki deplasman ile oluşan dış kuvvetin işi iç kuvvetin işine eşittir.

Virtuel kuvvetler için de geçerli olan bu ifade şu şekilde yazılabilir:

$$F_i \cdot \delta_i = (m_i \cdot \delta_i \cdot \omega^2) \cdot \delta_i \quad (2.6)$$

Bütün katlardaki toplam iş ise

$$\sum_{i=1}^n F_i \cdot \delta_i = \sum_{i=1}^n m_i \cdot \omega^2 \cdot \delta_i^2 = \omega^2 \cdot \sum_{i=1}^n m_i \cdot \delta_i^2 \quad (2.7)$$

Buradan da Periyod “T” için:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot \delta_1^2}{\sum_{i=1}^n F_i \cdot \delta_i}} \quad (2.8)$$

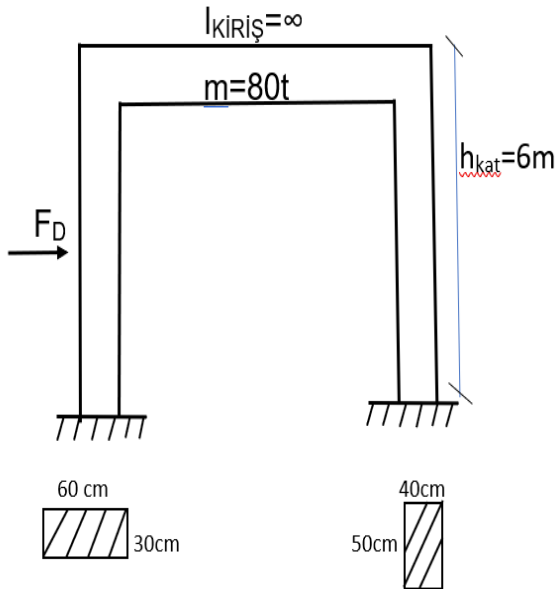
Dikkat edilirse, her katın yatay deplasmanında paylaştırılmış deprem kuvvetlerinin oluşturduğu kat altlarındaki kesme kuvvetleri etkilidir.

Bir başka deyişle, örneğin birinci katın yatay deplasmanı için zemin kat kolonunun üstündeki kesme kuvveti, yani toplam (fiktif) yatay deprem kuvveti etkilidir.

Periyod ifadesinden de görüleceği üzere, bu ifadede deprem kuvvetlerinin gerçek değerleri etkili değildir! Bu itibarla periyod hesabı doğrudan doğruya fiktif deprem kuvveti olarak kabul edilecek herhangi bir değer paylaştırılması ile de yapılabilir.

Burada yukarıdaki şekilde verilen değerler ile bir örnek çözülmüştür.

ÖRNEK: Tek katlı ve tek gözlü bir çerçevenin Rayleigh yöntemi ile periyodun bulunması;



$$E = 3 \cdot 10^6 \text{ N/cm}^2 = 3 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$$

CEVAP:

$$J_1 = \frac{bh^3}{12} = \frac{0,3 \cdot 0,6^3}{12} = 5,4 \cdot 10^{-3} \text{m}^4$$

$$J_2 = \frac{bh^3}{12} = \frac{0,5 \cdot 0,4^3}{12} = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{m}^4$$

$$k_1 = \frac{12 \cdot E \cdot J_1}{h_{\text{kat}}^3} = \frac{12 \cdot 3 \cdot 10^{10} \cdot 5,4 \cdot 10^{-3}}{(6,0)^3} = 0,9 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$$

$$k_2 = \frac{12 \cdot E \cdot J_2}{h_{\text{kat}}^3} = \frac{12 \cdot 3 \cdot 10^{10} \cdot 2,7 \cdot 10^{-3}}{(6,0)^3} = 0,45 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$$

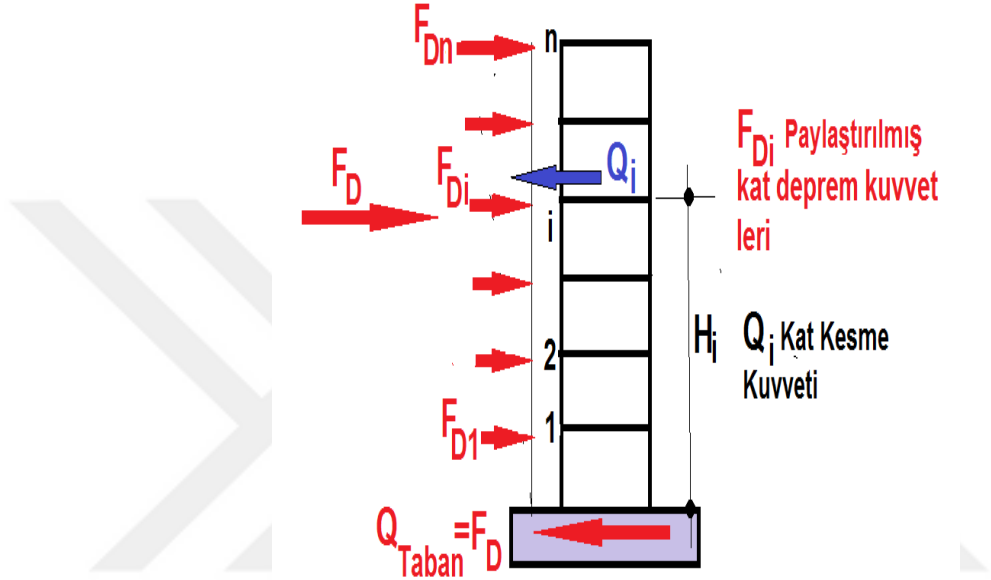
$$k_{\text{çerçeve}} = k_1 + k_2 = (0,9 + 0,45) \cdot 10^7 = 1,35 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$$

2-) Çerçevenin titreşim periyodu;

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{800000}{1,35 \cdot 10^7}} = 0,37 \text{s}$$

BÖLÜM 3: TOPLAM DEPREM KUVVETİNİN KAT HİZALARINA PAYLAŞTIRILMASI

Binaya incelenen yönde etki eden toplam deprem kuvvetinin nasıl paylaştırılacağı deprem yönetmeliklerinde aşağıdaki şekilde verilmiştir. Doğal olarak fiktif deprem kuvveti kullanıldığında bu değer de aynı ifade ile kat hizalarına paylaştırılır.



Şekil 3.1: Deprem Kuvvetini Katlara Paylaştırma

W_i ...Her katın ağırlığı ile Deprem Yönetmeliğine göre

$$F_i = F_D \cdot \frac{W_i \cdot H_i}{\sum_{j=1}^n W_j \cdot H_j} \quad (3.1)$$

Burada ;

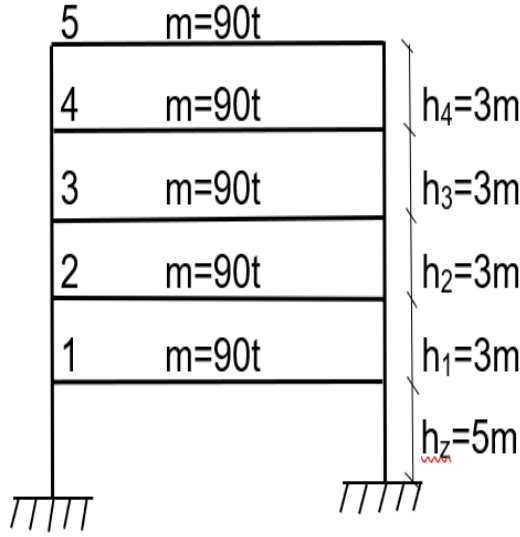
F_{Di} : Paylaştırılmış ilgili kat deprem kuvveti

Q_i : İlgili katın kesme kuvvetidir.

En alt katta (F_{D1}) bu değer toplam deprem kuvveti yani F_D 'ye eşittir. En üst katta ise F_{Dn} değeridir. Ara katlarda ise üst değerlerin toplamıdır.

Bu kuvvet aynı zamanda depremten dolayı bina tabanında oluşan kesme kuvvetidir. Bina tabanında ilaveten çok büyük eğilme momenti de oluşur.

ÖRNEK:



$F_D = \%12$ Bina Ağırlığı

Kat yükseklikleri eşit olup 3m'dir.

Her katın kütlesi eşit olup 90t'dur.

- 1-) Katlara gelen deprem kuvvetlerini bulunuz.
- 2-) Kat kesme kuvvetlerini bulunuz.

CEVAP:

Toplam Bina Ağırlığı;

$$G = 5 \cdot G_1 = 5 \cdot m \cdot g = 5 \cdot 90000 \cdot 10 = 4500000N$$

 Kat sayı

Toplam deprem kuvveti;

$$F_D = 0,12 \cdot G = 0,12 \cdot 4500000 = 540000N$$

(Soruda deprem kuvvetini bina ağırlığının %12'si verildiğinden dolayı 0,12 katsayısı ile çarpılır.)

1-Toplam deprem kuvvetinin kat hizalarına paylaştırılması;

$$F_i = F_D \cdot \frac{W_i \cdot H_i}{\sum_1^n W_i \cdot H_i}$$

$$W_i = m \cdot g = 90000 \cdot 10 = 900000 \text{ N}$$

$$F_{D1} = 4500000 \cdot \frac{900000 \cdot 5 \text{ m}}{900000 \cdot (5+8+11+14+17) \text{ m}} = 409090 \text{ N}$$

$$F_{D2} = 4500000 \cdot \frac{900000 \cdot 8 \text{ m}}{900000 \cdot (5+8+11+14+17) \text{ m}} = 654545 \text{ N}$$

$$F_{D3} = 4500000 \cdot \frac{900000 \cdot 11 \text{ m}}{900000 \cdot (5+8+11+14+17) \text{ m}} = 900000 \text{ N}$$

$$F_{D4} = 4500000 \cdot \frac{900000 \cdot 14 \text{ m}}{900000 \cdot (5+8+11+14+17) \text{ m}} = 1145454 \text{ N}$$

$$F_{D5} = 4500000 \cdot \frac{900000 \cdot 17 \text{ m}}{900000 \cdot (5+8+11+14+17) \text{ m}} = 1390909 \text{ N}$$

$$\text{KONTROL: } F_D = \sum F_i$$

$$4500000 = 409090 + 654545 + 900000 + 1145454 + 1390909 \quad \checkmark$$

2- Kat Kesme Kuvvetleri;

En alt veya en üst kattan başlayarak bulunabilir.

Zemin Kat Altı : $Q_1 = 4500000 \text{ N}$ (Zemin kattaki kesme kuvveti toplam deprem kuvvetidir.)

$$\text{Birinci Kat Altı} : Q_2 = Q_1 - F_1 = 4500000 - 409090 = 4090910 \text{ N}$$

$$\text{İkinci Kat Altı} : Q_3 = Q_2 - F_2 = 4090910 - 654545 = 3436365 \text{ N}$$

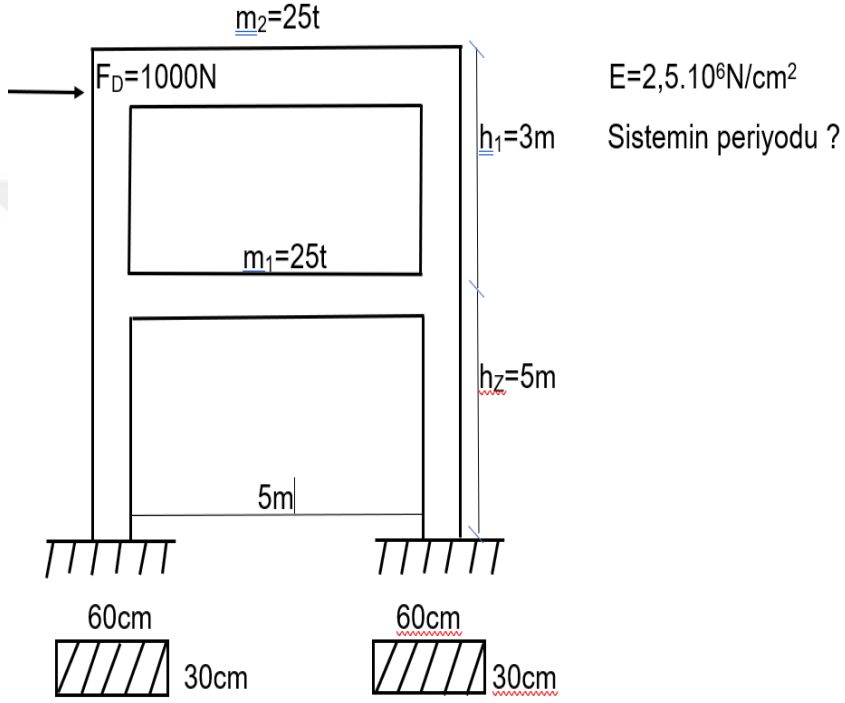
$$\text{Üçüncü Kat Altı} : Q_4 = Q_3 - F_3 = 3436365 - 900000 = 2536365 \text{ N}$$

$$\text{Dördüncü Kat Altı} : Q_5 = Q_4 - F_4 = 2536365 - 1145454 = 1390911 \text{ N}$$

BÖLÜM 4: GÖZ SAYISINA BAĞLI PERİYOT HESAPLAMA

Aşağıda ele alınan örnekte iki katlı bir çerçeve de kat sayısı sabit tutulup çerçevenin göz sayısını artırılması durumunda periyota oluşan değişiklik gözlemlenmiştir.

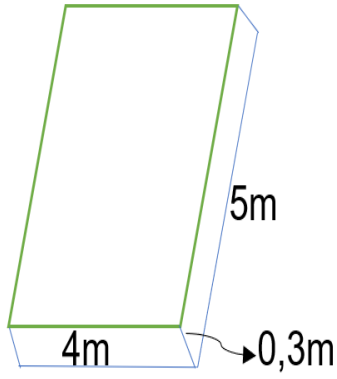
ÖRNEK:



CEVAP :

2 Katlı 1 gözlü çerçeve için periyot hesabı;

$$E = 2,5 \cdot 10^6 N/cm^2 = 2,5 \cdot 10^{10} N/m^2$$



Düşeme kalınlığı; şap ve üzerine gelen yüklerle beraber (karo mozaik vb.) 30 cm kabul edilmiştir

Bir katın kütlesi;

Betonun yoğunluğu(ρ) = 2,5t/m³ alınmıştır.

$$V = 4.5.0,3 = 6\text{m}^3$$

$$m_1 = \rho.V = 2500.6,0 = 15000\text{kg}$$

Plak yükü;

$$q = 5\text{kN/m}^2 = 500\text{kg/m}^2$$

$$Q = A.q = 4.5 = 20.500 = 10000\text{kg}$$

Toplam Kütle;

$$M = M_G + M_Q$$

$$M = 15000 + 10000$$

$$M = 25000\text{kg}$$

1-) Kolonların yay davranışı için yay sabitleri:

Şekildeki modelle uygun olarak kolon alt ve üst uçları ankastre kabul edildikleri için yay katsayıları,

1.kat yay sabitleri;

$$J_{(11)} = J_{(12)} = \frac{0,3 \cdot 0,6^3}{12} = 5,4 \cdot 10^{-3} \text{m}^4$$

1.kat yay katsayıları 5m ile;

$$k_1 = k_2 = \frac{12 \cdot E \cdot J_z}{h_z^3} = \frac{12 \cdot 2,5 \cdot 10^{10} \cdot 5,4 \cdot 10^{-3}}{5^3} = 1,3 \cdot 10^7 \text{N/m}$$

$$k_{\text{ç1}} = k_1 + k_2 = 1,3 \cdot 10^7 + 1,3 \cdot 10^7 = 2,6 \cdot 10^7 \text{N/m}$$

2. kat yay katsayıları 3m ile;

$$J_{(21)} = J_{(22)} = \frac{0,3 \cdot 0,6^3}{12} = 5,4 \cdot 10^{-3} \text{m}^4$$

$$k_1 = k_2 = \frac{12 \cdot E \cdot J_1}{h_1^3} = \frac{12 \cdot 2,5 \cdot 10^{10} \cdot 5,4 \cdot 10^{-3}}{3^3} = 6,0 \cdot 10^7 \text{N/m}$$

$$k_{\text{ç2}} = k_1 + k_2 = 6,0 \cdot 10^7 + 6,0 \cdot 10^7 = 12,0 \cdot 10^7 \text{N/m}$$

1-) Katlara gelen paylaştırılmış deprem kuvveti

$$F_{Di} = F_D \frac{W_i \cdot H_i}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot H_i}$$

$$W_i = m \cdot g = 25000 \cdot 10 = 250000 \text{N}$$

$$\sum F_i = 1000 \text{N (FİKTİF)}$$

$$F_{D1} = 1000 \frac{250000 \cdot 5 \text{m}}{250000 \cdot (5+8) \text{m}} = 385 \text{N}$$

$$F_{D2} = 1000 \frac{250000 \cdot 8 \text{m}}{250000 \cdot (5+8) \text{m}} = 615 \text{N}$$

KONTROL: $F_D = \sum F_i$ $Q_1 = 1000\text{N}$, $Q_2 = 615\text{N}$

$1000 = 385 + 615 \quad \checkmark$

2-) Kat Kesme Kuvvetleri;

$Q_1 = F_{i(\text{FİKTİF})} = 1000\text{N}$ (Zemin kattaki kesme kuvveti toplam deprem kuvvetidir.)

$Q_2 = Q_1 - F_{D1} = 1000 - 385 = 615\text{N}$

δ_1 , $\Delta\delta_2$ ve δ_2 değerlerinin bulunması

$Q_1 = \sum k_{\phi 1} \cdot \delta_1$

$1000 = 2,6 \cdot 10^7 \cdot \delta_1$

$\delta_1 = 3,8 \cdot 10^{-5}\text{m}$

$Q_2 = \sum k_{\phi 2} \cdot \Delta\delta_2$

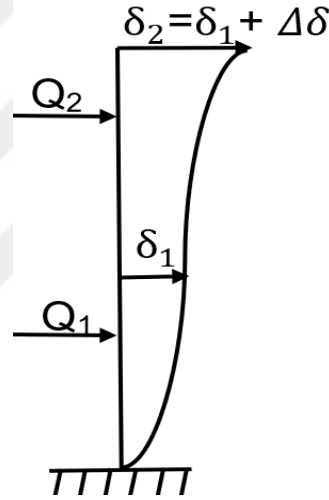
$615 = 12,0 \cdot 10^7 \cdot \Delta\delta_2$

$\Delta\delta_2 = 0,52 \cdot 10^{-5}\text{m}$

$\delta_2 = \delta_1 + \Delta\delta_2$

$\delta_2 = 3,8 \cdot 10^{-5} + 0,52 \cdot 10^{-5}$

$\delta_2 = 4,3 \cdot 10^{-5}\text{m}$

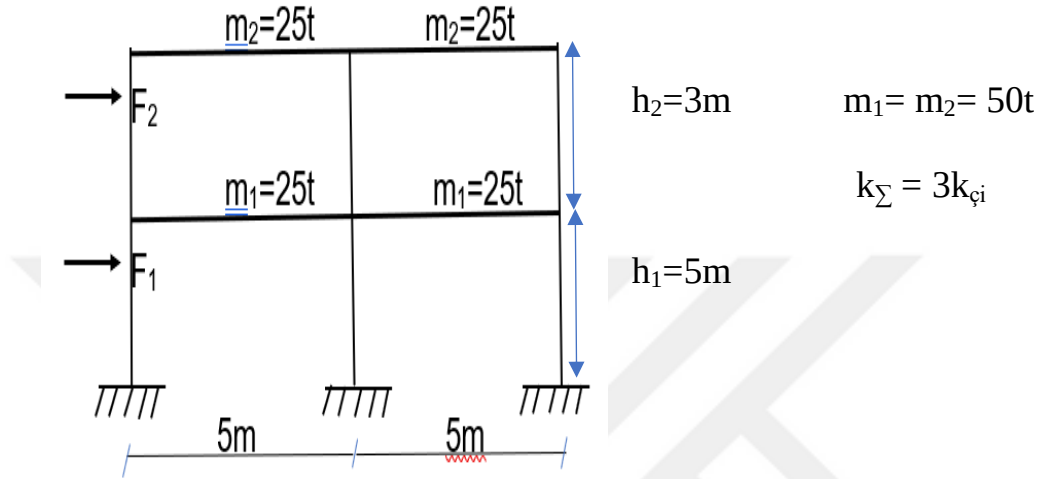


Periyot hesabı için formüldeki değerlerle tablo oluşturmak uygun olur.

KAT NO	m_i (kg)	δ_i	$m_i \cdot \delta_i^2$	F_i (N)	$F_i \cdot \delta_i$
1.KAT (i=1)	25000	$3,8 \cdot 10^{-5}$	$36,1 \cdot 10^{-6}$	385	$1463 \cdot 10^{-5}$
2.KAT (i=2)	25000	$4,3 \cdot 10^{-5}$	$46,6 \cdot 10^{-6}$	615	$2644 \cdot 10^{-5}$
$\sum(\dots)$	50000	$8,1 \cdot 10^{-5}$	$82,7 \cdot 10^{-6}$	1000	$4107 \cdot 10^{-5}$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot \delta_i^2}{\sum_{i=1}^n F_i \cdot \delta_i}} = 2\pi \sqrt{\frac{82,3 \cdot 10^{-6}}{4107 \cdot 10^{-5}}} = 0,28s$$

2 Katlı ve 2 gözlü çerçeve için periyot hesabı;



CEVAP:

1.kat yay katsayıları h=5m ile;

$$J_{(11)} = J_{(12)} = J_{(13)} = \frac{0,3 \cdot 0,6^3}{12} = 5,4 \cdot 10^{-3} m^4$$

$$k_1 = k_2 = k_3 = \frac{12 \cdot E \cdot J_z}{h_z^3} = \frac{12 \cdot 2,5 \cdot 10^{10} \cdot 5,4 \cdot 10^{-3}}{5^3} = 1,3 \cdot 10^7 N/m$$

$$k_{\Sigma 1} = k_1 + k_2 + k_3 = 1,3 \cdot 10^7 + 1,3 \cdot 10^7 + 1,3 \cdot 10^7 = 3,9 \cdot 10^7 N/m$$

2.kat yay katsayıları h=3m ile;

$$J_{(21)} = J_{(22)} = J_{(23)} = \frac{0,3 \cdot 0,6^3}{12} = 5,4 \cdot 10^{-3} m^4$$

$$k_1 = k_2 = k_3 = \frac{12 \cdot E \cdot J_1}{h_1^3} = \frac{12 \cdot 2,5 \cdot 10^{10} \cdot 5,4 \cdot 10^{-3}}{3^3} = 6,0 \cdot 10^7 N/m$$

$$k_{\zeta 2} = k_1 + k_2 + k_3 = 6,0 \cdot 10^7 + 6,0 \cdot 10^7 + 6,0 \cdot 10^7 = 18,0 \cdot 10^7 \text{ N/m}$$

δ_1 , $\Delta\delta_1$ ve δ_2 değerlerinin bulunması

$$Q_1 = \sum k_{\zeta 1} \cdot \delta_1$$

$$1000 = 3,9 \cdot 10^7 \cdot \delta_1$$

$$\delta_1 = 2,6 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$Q_2 = \sum k_{\zeta 2} \cdot \Delta\delta_2$$

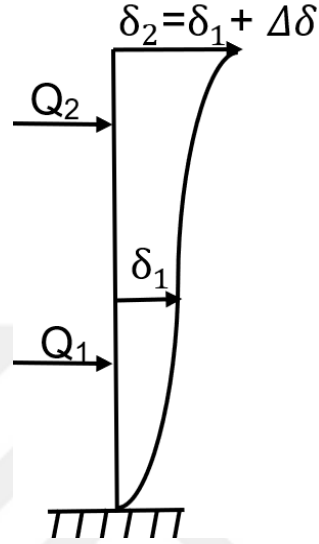
$$615 = 18,0 \cdot 10^7 \cdot \Delta\delta_2$$

$$\Delta\delta_2 = 0,34 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$\delta_2 = \delta_1 + \Delta\delta_2$$

$$\delta_2 = 2,6 \cdot 10^{-5} + 0,34 \cdot 10^{-5}$$

$$\delta_2 = 2,9 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

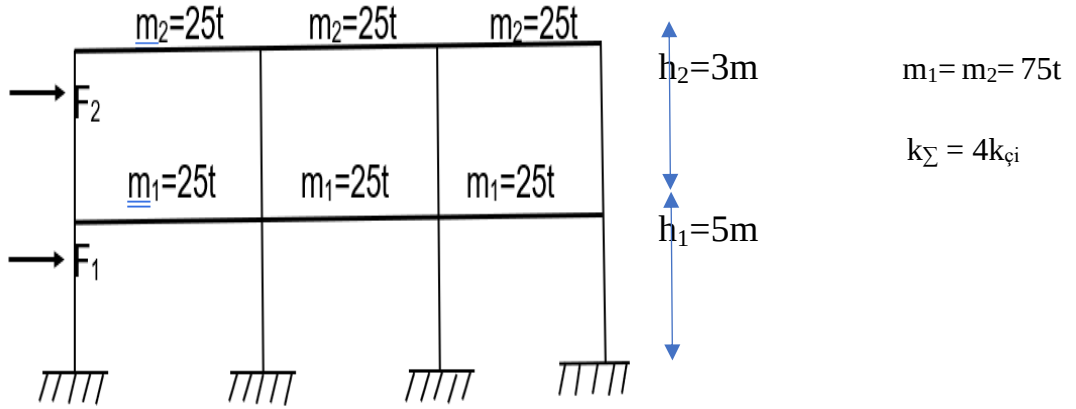


Periyod hesabı için formüldeki değerlerle tablo oluşturmak uygun olur.

KAT NO	m_i (kg)	δ_i	$m_i \cdot \delta_i^2$	F_i (N)	$F_i \cdot \delta_i$
1.KAT (i=1)	50000	$2,6 \cdot 10^{-5}$	$33,8 \cdot 10^{-6}$	385	$1001 \cdot 10^{-5}$
2.KAT (i=2)	50000	$2,9 \cdot 10^{-5}$	$42,2 \cdot 10^{-6}$	615	$1785 \cdot 10^{-5}$
$\Sigma(...)$	100000	$5,5 \cdot 10^{-5}$	$75,0 \cdot 10^{-6}$	1000	$2786 \cdot 10^{-5}$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot \delta_i^2}{\sum_{i=1}^n F_i \cdot \delta_i}} = 2\pi \sqrt{\frac{77,0 \cdot 10^{-6}}{2786 \cdot 10^{-5}}} = 0,33 \text{ s}$$

2 Katlı n=3 gözlü çerçeve için periyot hesabı;



CEVAP:

1.kat yay katsayıları h=5m ile;

$$J_{(11)} = J_{(12)} = J_{(13)} = J_{(14)} = \frac{0,3 \cdot 0,6^3}{12} = 5,4 \cdot 10^{-3} \text{m}^4$$

$$k_1 = k_2 = k_3 = k_4 = \frac{12 \cdot E \cdot J_z}{h_z^3} = \frac{12 \cdot 2,5 \cdot 10^{10} \cdot 5,4 \cdot 10^{-3}}{5^3} = 1,3 \cdot 10^7 \text{N/m}$$

$$k_{\Sigma 1} = k_1 + k_2 + k_3 + k_4 = 4 \cdot (1,3 \cdot 10^7) = 5,2 \cdot 10^7 \text{N/m}$$

2. kat yay katsayıları h=3m ile;

$$J_{(21)} = J_{(22)} = J_{(23)} = J_{(24)} = \frac{0,3 \cdot 0,6^3}{12} = 5,4 \cdot 10^{-3} \text{m}^4$$

$$k_1 = k_2 = k_3 = k_4 = \frac{12 \cdot E \cdot J_1}{h_1^3} = \frac{12 \cdot 2,5 \cdot 10^{10} \cdot 5,4 \cdot 10^{-3}}{3^3} = 6,0 \cdot 10^7 \text{N/m}$$

$$k_{\Sigma 2} = k_1 + k_2 + k_3 + k_4 = 4 \cdot (6,0 \cdot 10^7) = 24,0 \cdot 10^7 \text{N/m}$$

δ_1 , $\Delta\delta_1$ ve δ_2 değerlerinin bulunması

$$Q_1 = \sum k_{\phi 1} \cdot \delta_1$$

$$1000 = 5,2 \cdot 10^7 \cdot \delta_1$$

$$\delta_1 = 1,9 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$Q_2 = \sum k_{\phi 2} \cdot \Delta\delta_2$$

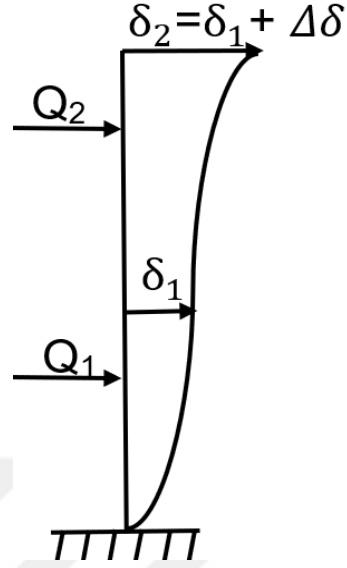
$$615 = 24,0 \cdot 10^7 \cdot \Delta\delta_2$$

$$\Delta\delta_2 = 0,26 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$\delta_2 = \delta_1 + \Delta\delta_2$$

$$\delta_2 = 1,9 \cdot 10^{-5} + 0,26 \cdot 10^{-5}$$

$$\delta_2 = 2,1 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

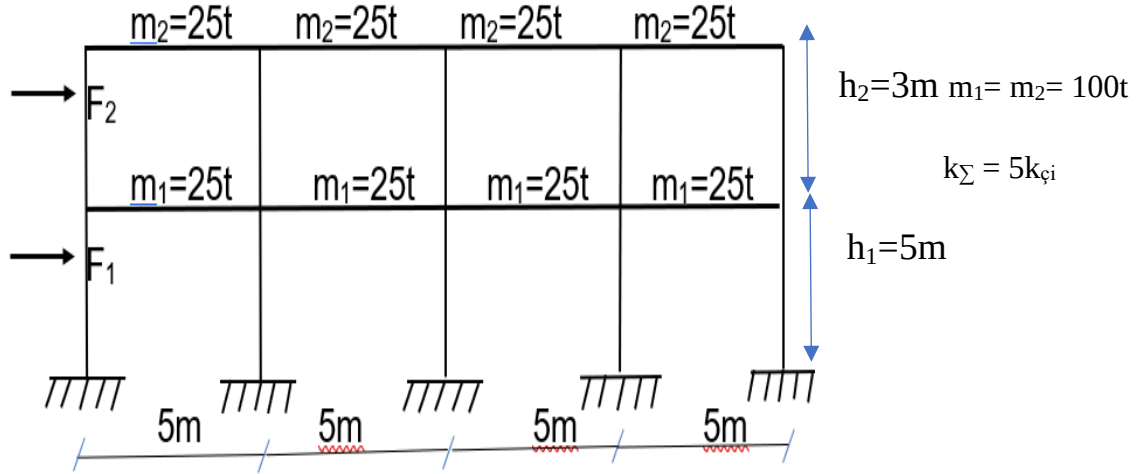


Periyod hesabı için formüldeki değerlerle tablo oluşturmak uygun olur.

KAT NO	m_i (kg)	δ_i	$m_i \cdot \delta_i^2$	F_i (N)	$F_i \cdot \delta_i$
1.KAT (i=1)	75000	$1,9 \cdot 10^{-5}$	$27,1 \cdot 10^{-6}$	385	$732 \cdot 10^{-5}$
2.KAT (i=2)	75000	$2,1 \cdot 10^{-5}$	$34,1 \cdot 10^{-6}$	615	$1340 \cdot 10^{-5}$
$\Sigma(\dots)$	150000	$4,1 \cdot 10^{-5}$	$61,2 \cdot 10^{-6}$	1000	$2072 \cdot 10^{-5}$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot \delta_i^2}{\sum_{i=1}^n F_i \cdot \delta_i}} = 2\pi \sqrt{\frac{61,2 \cdot 10^{-6}}{2072 \cdot 10^{-5}}} = 0,34 \text{ s}$$

2 katlı ve 4 gözülü çerçeve için periyot hesabı



CEVAP:

1.kat yay katsayıları $h=5\text{m}$ ile;

$$J_{(11)} = J_{(12)} = J_{(13)} = J_{(14)} = J_{(15)} = \frac{0,3 \cdot 0,6^3}{12} = 5,4 \cdot 10^{-3} \text{m}^4$$

$$k_1 = k_2 = k_3 = k_4 = k_5 = \frac{12 \cdot E \cdot J_z}{h_z^3} = \frac{12 \cdot 2,5 \cdot 10^{10} \cdot 5,4 \cdot 10^{-3}}{5^3} = 1,3 \cdot 10^7 \text{N/m}$$

$$k_{\zeta 1} = k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5 = 5 \cdot (1,3 \cdot 10^7) = 6,5 \cdot 10^7 \text{N/m}$$

2.kat yay katsayıları $h=3\text{m}$ ile;

$$J_{(21)} = J_{(22)} = J_{(23)} = J_{(24)} = J_{(25)} = \frac{0,3 \cdot 0,6^3}{12} = 5,4 \cdot 10^{-3} \text{m}^4$$

$$k_1 = k_2 = k_3 = k_4 = k_5 = \frac{12 \cdot E \cdot J_z}{h_1^3} = \frac{12 \cdot 2,5 \cdot 10^{10} \cdot 5,4 \cdot 10^{-3}}{3^3} = 6,0 \cdot 10^7 \text{N/m}$$

$$k_{\zeta 2} = k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5 = 5 \cdot (6,0 \cdot 10^7) = 30,0 \cdot 10^7 \text{N/m}$$

δ_1 , $\Delta\delta_1$ ve δ_2 değerlerinin bulunması

$$Q_1 = \sum k_{\phi 1} \cdot \delta_1$$

$$1000 = 6,5 \cdot 10^7 \cdot \delta_1$$

$$\delta_1 = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$Q_2 = \sum k_{\phi 2} \cdot \Delta\delta_2$$

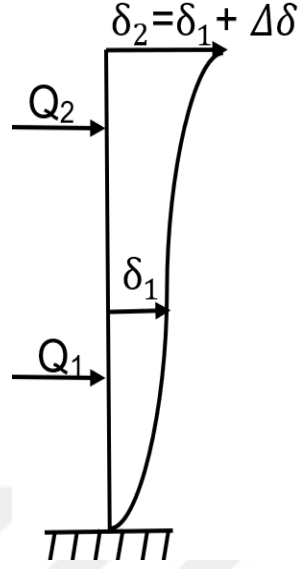
$$615 = 30,0 \cdot 10^7 \cdot \Delta\delta_2$$

$$\Delta\delta_2 = 0,20 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$\delta_2 = \delta_1 + \Delta\delta_2$$

$$\delta_2 = 1,5 \cdot 10^{-5} + 0,20 \cdot 10^{-5}$$

$$\delta_2 = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

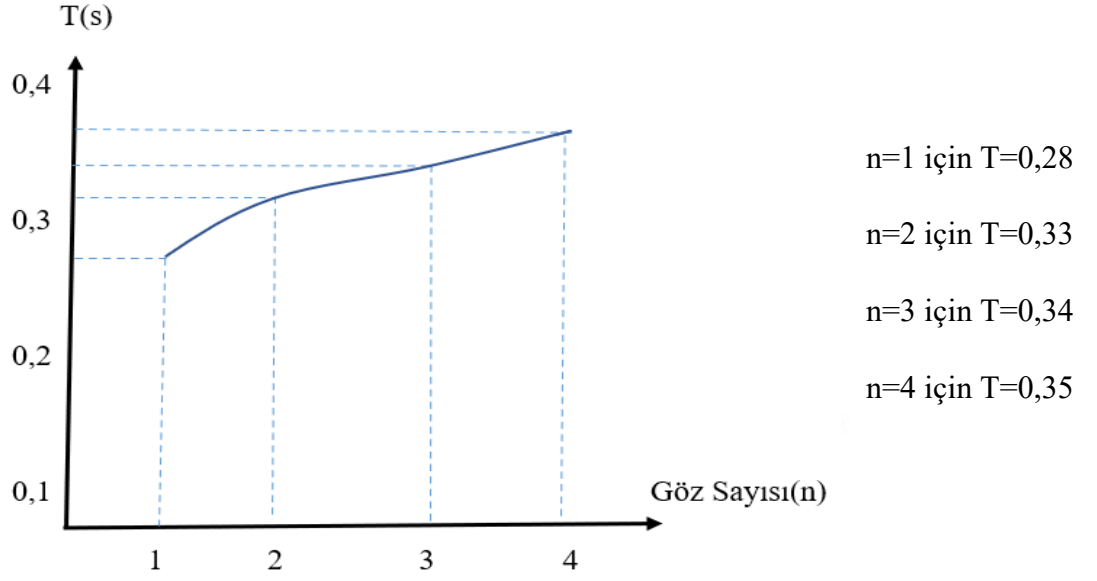


Periyot hesabı için formüldeki değerlerle tablo oluşturmak uygun olur.

KAT NO	m_i (kg)	δ_i	$m_i \cdot \delta_i^2$	F_i (N)	$F_i \cdot \delta_i$
1.KAT (i=1)	100000	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$22,5 \cdot 10^{-6}$	385	$578 \cdot 10^{-5}$
2.KAT (i=2)	100000	$1,7 \cdot 10^{-5}$	$28,9 \cdot 10^{-6}$	615	$1045 \cdot 10^{-5}$
$\Sigma(...)$	200000	$3,2 \cdot 10^{-5}$	$51,4 \cdot 10^{-6}$	1000	$1623 \cdot 10^{-5}$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot \delta_i^2}{\sum_{i=1}^n F_i \cdot \delta_i}} = 2\pi \sqrt{\frac{51,4 \cdot 10^{-6}}{1623 \cdot 10^{-5}}} = 0,35 \text{ s}$$

- Sonuç olarak kat sayısını sabit tutarak çerçevenin göz sayısını artırdığımızda periyottaki değişimi aşağıdaki şekilde bir grafik elde edebiliriz.



Şekil 4.1 göz sayısı ve kütleye bağlı periyot değişim grafiği

Sonuç olarak şöyle bir durum yazabiliriz;

$n=1$ için;

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{n \cdot m}{(n+1)k_1}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{2k_1}} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{1}{2}} \cdot \sqrt{\frac{m}{k_1}}$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n}{n+1} = 1$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k_1}} \cdot \frac{n}{n+1} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k_1}}$$

$$2\pi \cdot \sqrt{\frac{1}{2}} \cdot \sqrt{\frac{m}{k_1}} < T < 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k_1}}$$

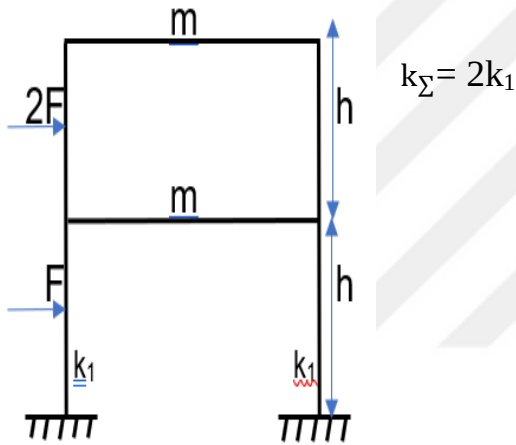
n=1 için

$\lim_{n \rightarrow \infty}$

Yazdığımız bu teorik ispatla ilgili aşağıda örnek verilmiştir

ÖRNEK

2 katlı tek gözlü çerçeveli sistem;



$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{n \cdot m}{(n+1)k_\Sigma}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_\Sigma}} \quad (\text{Tek göz olduğundan } n=1)$$

1. Kat deplasmanlarının bulunması

$$Q_1 = \sum k_{\Sigma} \cdot \delta_1$$

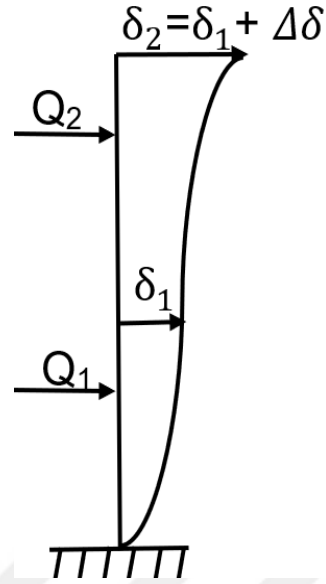
$$3F = 2k_1 \cdot \delta_1$$

$$\delta_1 = 3F/2k_1$$

$$Q_2 = k_{\Sigma} \cdot \Delta\delta$$

$$2F = 2k_1 \cdot \Delta\delta$$

$$\Delta\delta = 2F/2k_1$$



$$\delta_2 = \delta_1 + \Delta\delta$$

$$\delta_2 = 3F/2k_1 + 2F/2k_1$$

$$\delta_2 = 5F/2k_1$$

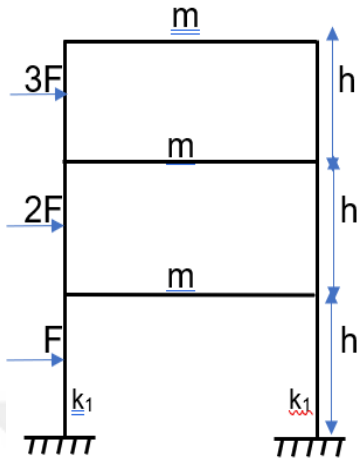
$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot \delta_i^2}{\sum_{i=1}^n F_i \cdot \delta_i}} = 2\pi \sqrt{\frac{m \cdot [(\frac{3F}{2k_1})^2 + (\frac{5F}{2k_1})^2]}{F \cdot \frac{3F}{2k_1} + 2F \cdot \frac{5F}{2k_1}}}$$

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{m \cdot [\frac{9}{4k_1^2} + \frac{25}{4k_1^2}]}{\frac{3}{2k_1} + \frac{10}{2k_1}}} = 2\pi \sqrt{\frac{m \cdot \frac{34}{4k_1^2}}{\frac{13}{2k_1}}}$$

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_1} \cdot \frac{68}{52}} = T_1 \cdot 2\pi \sqrt{\frac{68}{52}} > T_1$$

$$T_2 = 1,14 T_1$$

3 katlı tek gözlü çerçeve sistem;



Tek gözlü sistemin periyodu?

$$k_{\Sigma} = 2k_1$$

1. Kat deplasmanlarının bulunması

$$Q_1 = \sum k_{\Sigma} \cdot \delta_1$$

$$6F = 2k_1 \cdot \delta_1$$

$$\delta_1 = 6F/2k_1$$

$$Q_2 = k_{\Sigma} \cdot \Delta\delta_1$$

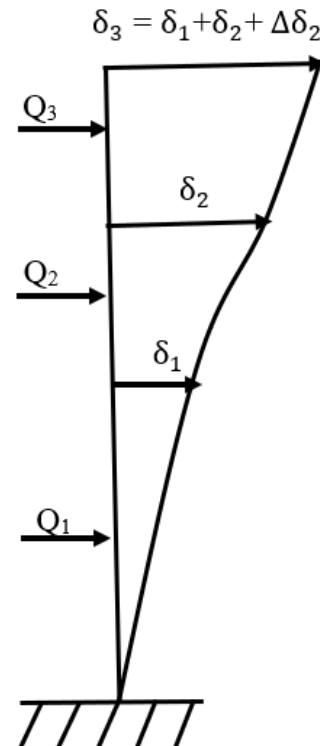
$$F = 2k_1 \cdot \Delta\delta_1$$

$$\Delta\delta_1 = 5F/2k_1$$

$$\delta_2 = \delta_1 + \Delta\delta_1$$

$$\delta_2 = 6F/2k_1 + 5F/2k_1$$

$$\delta_2 = 11F/2k_1$$



$$Q_3 = k_{\Sigma} \cdot \Delta \delta_2$$

$$3F = 2k_1 \Delta \delta_2$$

$$\Delta \delta_2 = 3F / 2k_1$$

$$\delta_3 = \delta_2 + \Delta \delta_2$$

$$\delta_3 = 11 / 2k_1 + 3F / 2k_1$$

$$\delta_3 = 14F / 2k_1$$

$$T_3 = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot \delta_i^2}{\sum_{i=1}^n F_i \cdot \delta_i}} = 2\pi \sqrt{\frac{m \cdot [(\frac{6F}{2k_1})^2 + (\frac{11F}{2k_1})^2 + (\frac{14F}{2k_1})^2]}{F \cdot \frac{6F}{2k_1} + 2F \cdot \frac{11F}{2k_1} + 3F \cdot \frac{14F}{2k_1}}}$$

$$T_3 = 2\pi \sqrt{\frac{m \cdot [\frac{36}{4k_1^2} + \frac{121}{4k_1^2} + \frac{196}{4k_1^2}]}{\frac{6}{2k_1} + \frac{22}{2k_1} + \frac{42}{2k_1}}} = 2\pi \sqrt{\frac{m \cdot \frac{353}{4k_1^2}}{\frac{70}{2k_1}}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_1} \cdot \frac{706}{280}} = T_1 \cdot 2\pi \cdot \sqrt{\frac{706}{280}}$$

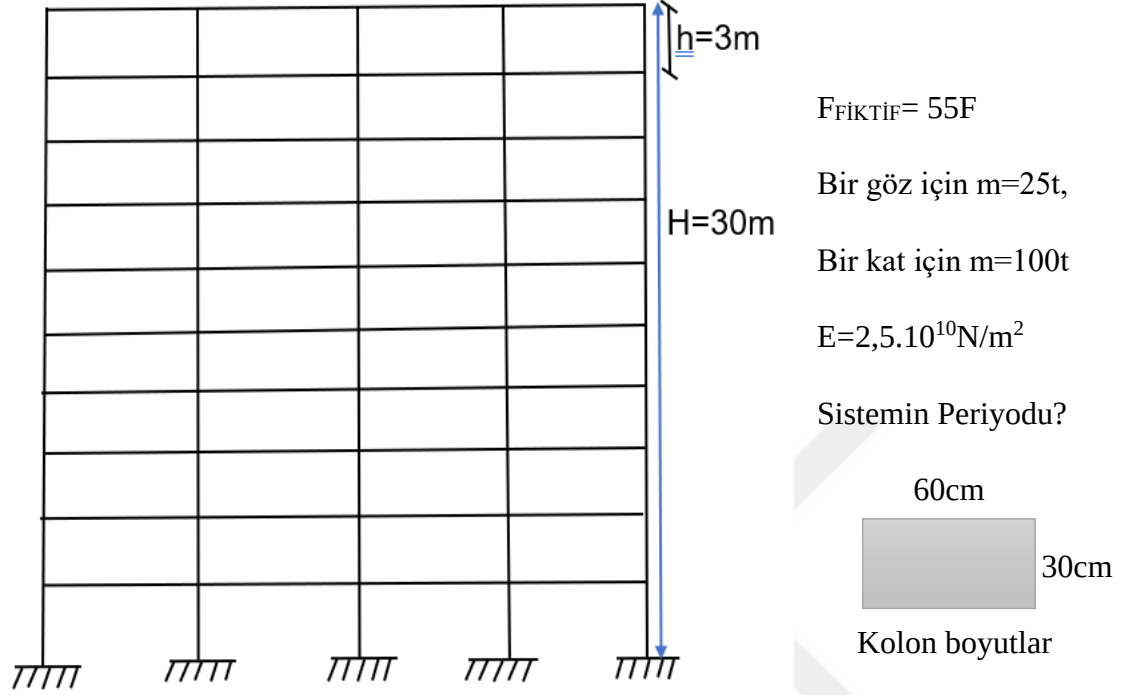
$$> T_1$$

$$T_3 = 1,59 T_1$$

$$T_3 > T_2 > T_1$$

BÖLÜM 5: 10 KATLI BİR ÇERÇEVENİN PERİYOT HESABI

ÖRNEK:



CEVAP:

1-)Kolonların yay davranışı için yay sabitleri:

Şekildeki modelle uygun olarak kolon alt ve üst uçları ankastre kabul edildikleri için yay katsayıları;

$$\frac{12 \cdot E \cdot J_i}{h_i^3}$$

Kolonlar, zemin ve diğer katlarda boyutlar aynı olduğundan dolayı zemin ve diğer katlarda yay sabitleri ve katsayıları eşittir.

Yay sabitleri;

$$J_{(11)}=J_{(12)}=J_{(13)}=J_{(14)}=\frac{0,3 \cdot 0,6^3}{12}=5,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

Yay katsayıları $h = 3\text{m}$ ile;

$$k_1 = k_2 = k_3 = k_4 = k_5 = \frac{12 \cdot E \cdot J_z}{h_z^3} = \frac{12 \cdot 2,5 \cdot 10^{10} \cdot 5,4 \cdot 10^{-3}}{3^3} = 6,0 \cdot 10^7 \text{ N/m}$$

$$k_\varphi = k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5 = 5 \cdot (6,0 \cdot 10^7) = 3,0 \cdot 10^8 \text{ N/m}$$

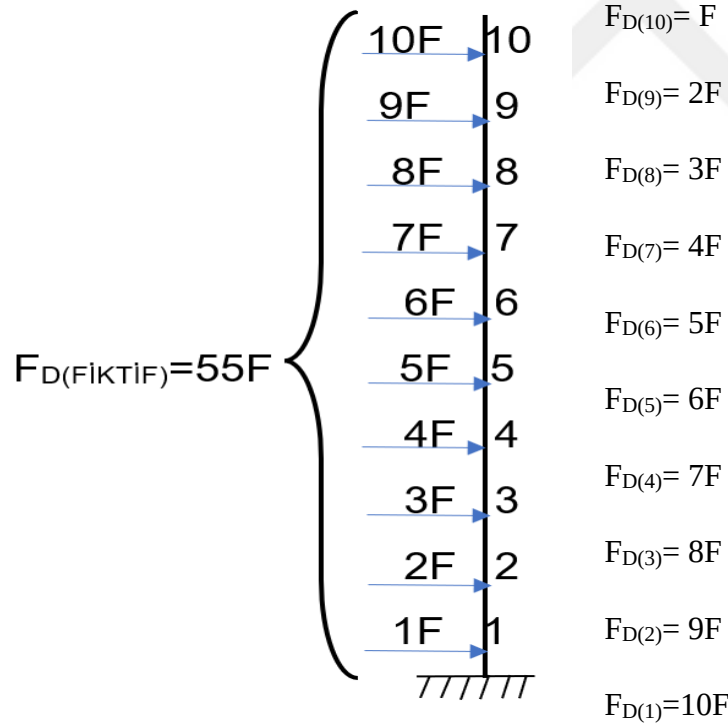
5.1. Katlara gelen paylaştırılmış deprem kuvveti

$$F_{Di} = F_D \frac{W_i \cdot H_i}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot H_i}$$

$$W_i = m \cdot g = 100000 \cdot 10 = 1000000 \text{ kg}$$

F_D (Deprem Kuvvetleri)

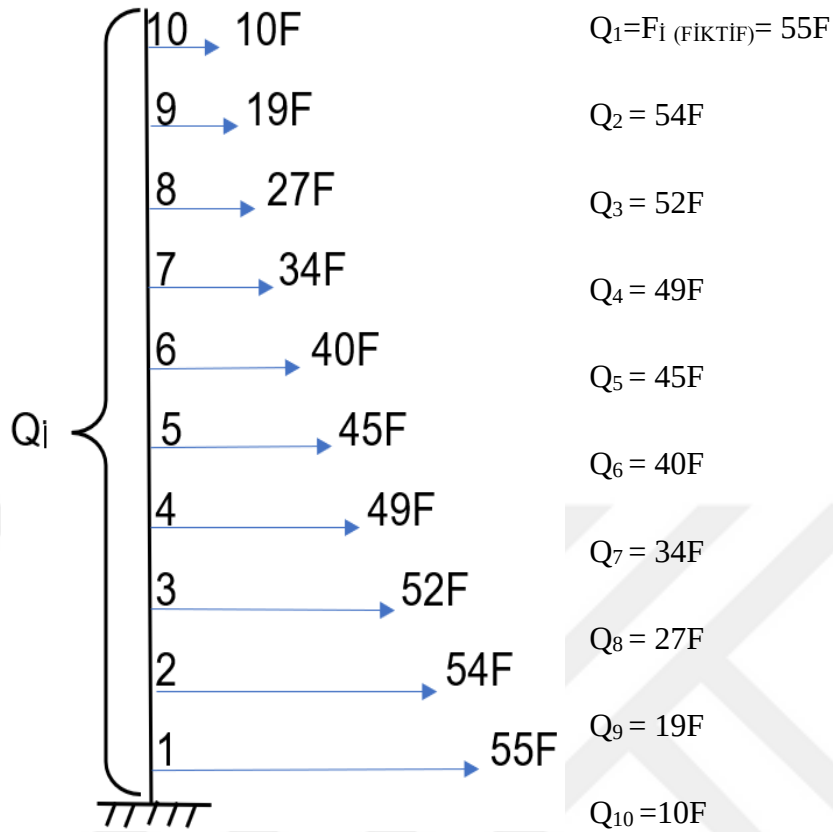
$$\sum F_i = 55F \text{ (FİKTİF)}$$



$$\text{KONTROL: } F_D = \sum F_i$$

$$55F = F + 2F + 3F + 4F + 5F + 6F + 7F + 8F + 9F + 10F \checkmark$$

5.2. Kat Kesme Kuvvetleri (Q_i)



5.3. Kat Deplasmanların Bulunması

1. Kat deplasmanlarının bulunması

$$Q_1 = \sum k_{\Sigma} \cdot \delta_1$$

$$55F = k_{\Sigma} \cdot \delta_1$$

$$\delta_1 = 55F / k_{\Sigma}$$

$$Q_2 = k_{\Sigma} \cdot \Delta \delta$$

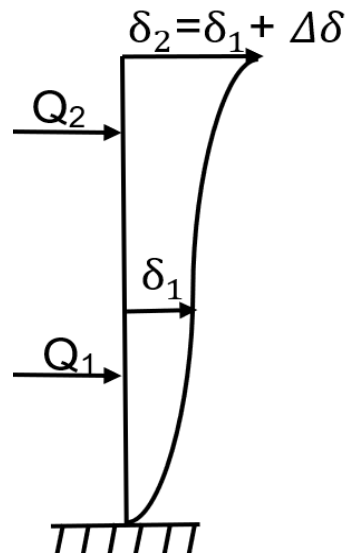
$$54F = k_{\Sigma} \cdot \Delta \delta$$

$$\Delta \delta = 54F / k_{\Sigma}$$

$$\delta_2 = \delta_1 + \Delta \delta$$

$$\delta_2 = 55F / k_{\Sigma} + 54F / k_{\Sigma}$$

$$\delta_2 = 109F / k_{\Sigma}$$



2. Kat deplasmanlarının bulunması

$$Q_3 = k_{\Sigma} \cdot \Delta\delta_1$$

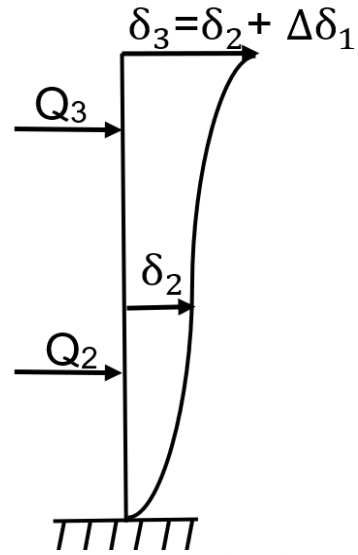
$$52F = k_{\Sigma} \cdot \Delta\delta_1$$

$$\Delta\delta_1 = 52F/k_{\Sigma}$$

$$\delta_3 = \delta_2 + \Delta\delta_1$$

$$\delta_3 = \delta_2 = 109F/k_{\Sigma} + 52F/k_{\Sigma}$$

$$\delta_3 = 161F/k_{\Sigma}$$



3. Kat deplasmanlarının bulunması

$$Q_4 = k_{\Sigma} \cdot \Delta\delta_2$$

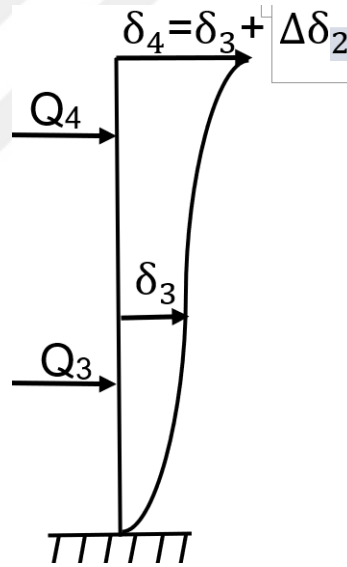
$$49F = k_{\Sigma} \cdot \Delta\delta_2$$

$$\Delta\delta_2 = 49F/k_{\Sigma}$$

$$\delta_4 = \delta_3 + \Delta\delta_2$$

$$\delta_4 = 161F/k_{\Sigma} + 49F/k_{\Sigma}$$

$$\delta_4 = 210F/k_{\Sigma}$$



4. Kat deplasmanlarının bulunması

$$Q_5 = k_{\Sigma} \cdot \Delta\delta_3$$

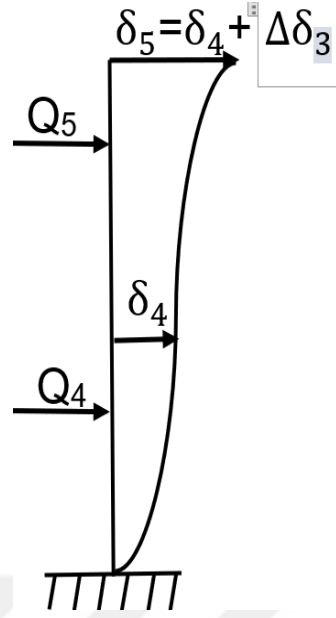
$$45F = k_{\Sigma} \cdot \Delta\delta_3$$

$$\Delta\delta_3 = 45F/k_{\Sigma}$$

$$\delta_5 = \delta_4 + \Delta\delta_3$$

$$\delta_5 = 210F/k_{\Sigma} + 45F/k_{\Sigma}$$

$$\delta_5 = 255F/k_{\Sigma}$$



5. Kat deplasmanlarının bulunması

$$Q_6 = k_{\Sigma} \cdot \Delta\delta_4$$

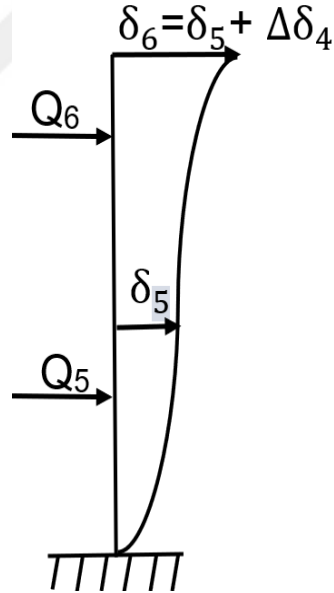
$$40F = k_{\Sigma} \cdot \Delta\delta_4$$

$$\Delta\delta_4 = 40F/k_{\Sigma}$$

$$\delta_6 = \delta_5 + \Delta\delta_4$$

$$\delta_6 = 255F/k_{\Sigma} + 40F/k_{\Sigma}$$

$$\delta_6 = 295F/k_{\Sigma}$$



6. Kat deplasmanlarının bulunması

$$Q_7 = k_{\Sigma} \cdot \Delta\delta_5$$

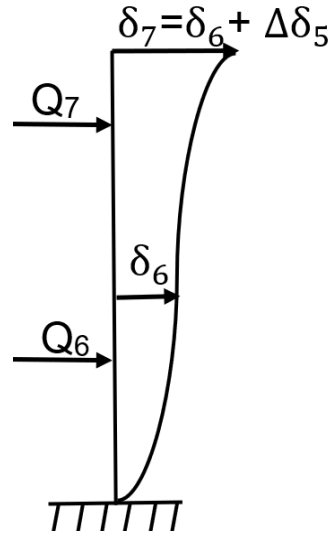
$$34F = k_{\Sigma} \cdot \Delta\delta_5$$

$$\Delta\delta_5 = 34F/k_{\Sigma}$$

$$\delta_7 = \delta_6 + \Delta\delta_5$$

$$\delta_7 = 295F/k_{\Sigma} + 34F/k_{\Sigma}$$

$$\delta_7 = 329F/k_{\Sigma}$$



7. Kat deplasmanlarının bulunması

$$Q_8 = k_{\Sigma} \cdot \Delta\delta_6$$

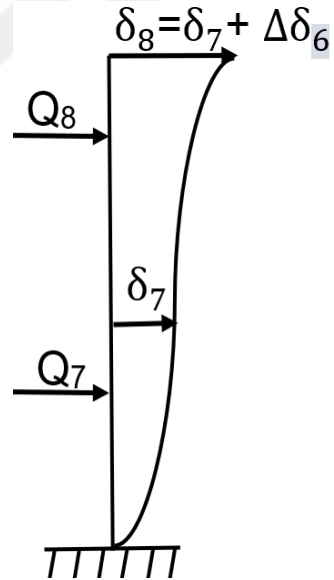
$$27F = k_{\Sigma} \cdot \Delta\delta_6$$

$$\Delta\delta_6 = 27F/k_{\Sigma}$$

$$\delta_8 = \delta_7 + \Delta\delta_6$$

$$\delta_8 = 329F/k_{\Sigma} + 27F/k_{\Sigma}$$

$$\delta_8 = 356F/k_{\Sigma}$$



8. Kat deplasmanlarının bulunması

$$Q_9 = k_{\Sigma} \cdot \Delta\delta_7$$

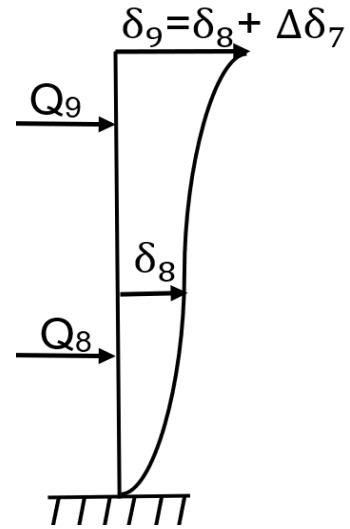
$$19F = k_{\Sigma} \cdot \Delta\delta_7$$

$$\Delta\delta_7 = 19F/k_{\Sigma}$$

$$\delta_9 = \delta_8 + \Delta\delta_7$$

$$\delta_9 = 356F/k_{\Sigma} + 19F/k_{\Sigma}$$

$$\delta_9 = 375F/k_{\Sigma}$$



9. Kat deplasmanlarının bulunması

$$Q_{10} = k_{\Sigma} \cdot \Delta\delta_8$$

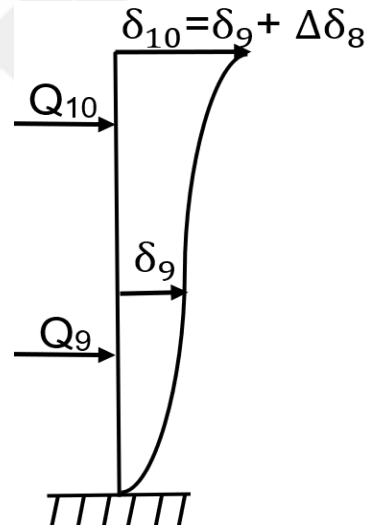
$$10F = k_{\Sigma} \cdot \Delta\delta_8$$

$$\Delta\delta_8 = 10F/k_{\Sigma}$$

$$\delta_{10} = \delta_9 + \Delta\delta_8$$

$$\delta_{10} = 375F/k_{\Sigma} + 10F/k_{\Sigma}$$

$$\delta_{10} = 385F/k_{\Sigma}$$



Tablo 1**Deplasman Değerleri**

KAT NO	m _i (kg)	δ _i (m)	m _i · δ _i ²	ΣF _i ·δ _i
1.KAT	100000	55F/k	m.3025F ² /k ²	3025F ² /k
2.KAT	100000	109F/k	m.11881F ² /k ²	5995F ² /k
3.KAT	100000	161F/k	m.25921F ² /k ²	8855F ² /k
4.KAT	100000	210F/k	m.44100 F ² /k ²	11550F ² /k
5.KAT	100000	255F/k	m.65025 F ² /k ²	14025F ² /k
6.KAT	100000	295F/k	m.87025 F ² /k ²	16225F ² /k
7.KAT	100000	329F/k	m.108241 F ² /k ²	18095F ² /k
8.KAT	100000	356F/k	m.126736 F ² /k ²	19580F ² /k
9.KAT	100000	375F/k	m.140625 F ² /k ²	20625F ² /k
10.KAT	100000	385F/k	m.148225 F ² /k ²	21175F ² /k
Σ(...)		2530F/k	m.760804 F ² /k ²	139150F ² /k

$$T=2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot \delta_i^2}{\sum_{i=1}^n F_i \cdot \delta_i}} = 2\pi \sqrt{\frac{760804 \cdot 10^5}{139150 \cdot 2,5 \cdot 10^{10}}} = 0,29s$$

BÖLÜM 6: TEK PERDENİN BAĞIMSIZ TİTREŞİMİ

6.1. Istvan Szabo Formülü İle Perde Zati Kütlesinin Periyoda Katkısı

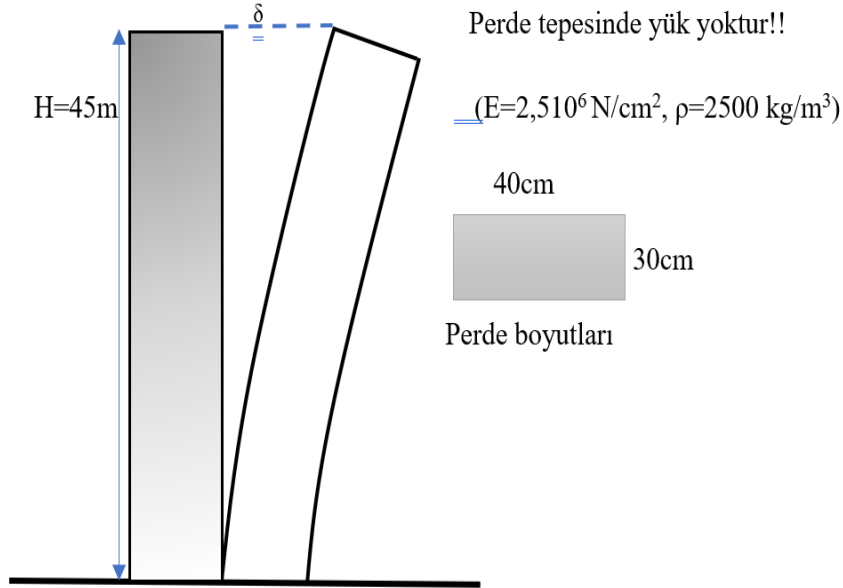
Bu durumdaki bir perdenin bağlantısız olarak tek başına kendi öz kütlesi ile titreşimi konu ile ilgili ISTVAN SZABO' nun verdiği ifade ile bulunabilir.

Bağımsız olarak oluşan deformasyon durumuna göre perdenin temsil ettiği yay katsayısı için şu ifade geçerlidir:

$$k_{\text{perde}} = \frac{3.E.J_{\text{Perde}}}{H_{\text{Perde}}^3}$$

ISTVAN SZABO Formülü:

$$T_{\text{perde}} = 2\pi \sqrt{\frac{m + \frac{33}{140}.m_{\text{perde}}}{k_{\text{perde}}}}$$



m_{perde} = Betonun yoğunluğu(ρ)= 2,5t/m³ alınmıştır.

$$m_{\text{perde}} = \rho \cdot V = \rho \cdot H \cdot b \cdot h = 2500 \cdot 45 \cdot 0,3 \cdot 4 = 135000 \text{ kg}$$

Perde Eylemsizlik Momenti;

$$J_{\text{perde}} = \frac{b_p h_p^3}{12} = \frac{0,3 \cdot 4,0^3}{12} = 1,6 \text{ m}^4$$

Perdenin yay davranış katsayısı;

$$k_{\text{perde}} = \frac{3 \cdot E \cdot J_P}{H^3} = \frac{3 \cdot 2,5 \cdot 10^{10} \cdot 1,6}{45^3} = 1,32 \cdot 10^6 \text{ N/m}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m + \frac{33}{140} \cdot m_{\text{perde}}}{k_{\text{perde}}}} = 2\pi \sqrt{\frac{31,82 \cdot 10^4}{1,32 \cdot 10^6}} = 1,52 \text{ s}$$

Eğer 45 m yüksekliğindeki perdenin tüm kendi kütlesi perde tepesinde konsantre edilmiş (“topaklanmış”) olarak alınsa idi klasik titreşim periyodu denklemi hesaplanırdı ve farklı bir değer olurdu.

BÖLÜM 7: PERDELİ, ÇERÇEVELİ YÜKSEK BİNALAR

Giderek yaygınlaşan, betonarme perdelerle donatılmış, çerçeve sistemli yüksek binalar özellikle yatay yükler karşısında konsol davranışı göstermektedir.

Bu yüklerin, perde-çerçeve şeklindeki “kompozit” sistemlerde perdeler ve çerçevelere nasıl paylaştırılacağı da çok sayıda araştırmaya konu olmuştur. Sonuçlara ulaşmak için çok sayıda basitleştirici kabul yapıldığı görülmektedir. Diğer taraftan ise bu basitleştirmelere karşın elde edilen “analitik çözümlerin” bir hayli karmaşık olduğu izlenmektedir.

Ülkemizde aktüel olarak daha çok ön plana çıkan “2019 AFET YÖNETMELİĞİ” ve AFAD tarafından sunulan “İTERAKTİF DEPREM TEHLİKE HARİTASI” dır.

Bu haritadan istenen adreste ve istenen donelere göre gerçek anlamda yapılarda oluşabilecek deprem kuvvetlerinin elde edilebilmesi için tasarlanan yapının deprem titreşim periyodunu AFAD sistemine girilmesi gerekmektedir.

TİTREŞİM periyodunun bulunuşu için “Fiktif” bir deprem kuvveti kullanmak yeterlidir. Perdesiz çerçeve sistemlerde kiriş rijitliklerini sonsuz alan RAYLEIGH Yöntemi uygundur. Gerçek kiriş rijitlikleri ile de çalışılabilir. Ancak titreşim periyodunun bulunuşundaki sorun, perde ve çerçevelerin birlikte bulunmaları durumunda ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada tek başlarına çok farklı titreşim modelleri oluşturan ve dolayısıyla farklı titreşim periyotlarına sahip olabilen perde ve çerçevelerin özellikle yüksek yapılarda birlikte kullanıldıklarında zorunlu olarak oluşan ortak titreşim periyodu ile yalın çerçeve sistemin periyodu karşılaştırmalı olarak sayısal bir örnekle incelenmiştir. Bu analiz için RAYLEIGH ve SCHMIDTS Yöntemleri baz alınmışlardır.

7.1. Perdeli-Çerçevesi Sistemlerde Schmidts Yöntemi

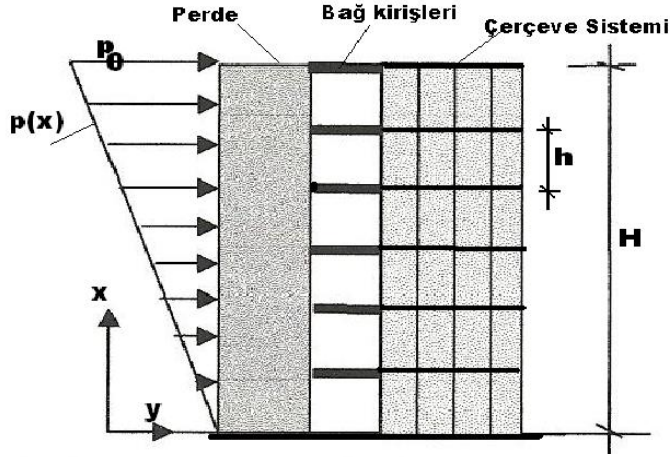
STUTGART Üniversitesinde SCHMIDTS tarafından yapılmış bir doktora çalışmasının sonunda perde momentlerinin elde edilmesi için oluşturulan ve pratik değeri olan grafik verilmiştir. Üstelik “kritik kesitlerden” (perde tabanından) uzaklaştıkça, yaklaşık ifadeler yüzünden oluşabilecek farkların da zaten önemi azalmaktadır. Zaten asıl (maksimal) değer ankastre olarak kabul edilen perde tabanında oluşmaktadır.

SCHMIDTS Perdeli-Çerçevesi Sistemler için oluşturduğu bu pratik önemi olan çalışmasında özetle aşağıdaki koşulları kabul etmiştir:

- a) Yatay yükler yönünde perde olarak çalışan tüm perdeler birleştirilerek bir “eğilme elemanı” oluşturulmuştur. Bu eleman aynı yöndeki bağ kirişleri ile çerçeve sisteme bağlanmıştır. Bağlantılar (yarım) mafsallı olarak algılanmıştır.
- b) Eşdeğer perdenin yalnızca eğilme rijitliği (EJ), çerçevenin ise yatay yüklere karşı yalnızca, yatay deplasmanlarla ilişkilerden kaynaklanan (fiktif) kayma rijitliği (GA) bulunduğu varsayılmıştır.
- c) Konsol kiriş olarak algılanan yüksek yapıda yük dağılımı için uygulanan statik sistem çözümünde birinci mertebe teorisi uygulanmış ve diferansiyel denklem bu koşula göre ifade edilmiştir.
- d) Deformasyonlar için doğrusal elastiklik (HOOKE) geçerlidir.
- e) Burulma etkisi yaratacak kolon-perde plan düzenlemesi olmadığı varsayılmıştır

İdealize edilmiş olarak bu “kompozit konsol kiriş” aşağıda verilmiştir:

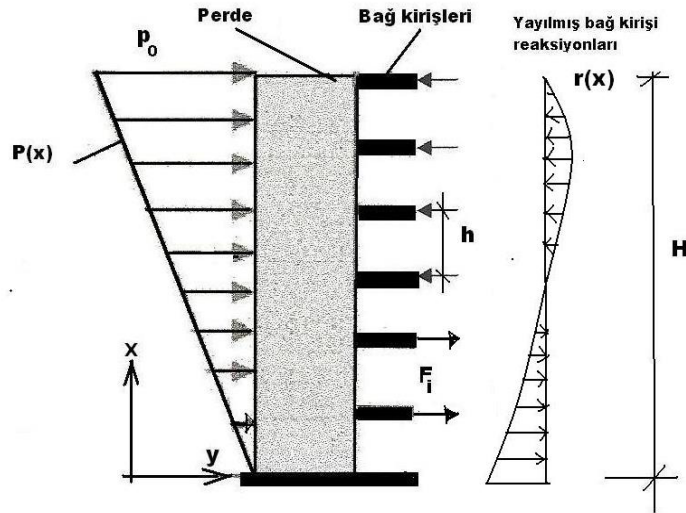
**(PERDE-ÇERÇEVE) ANKASTRE
KOMPOZİT KONSOL KİRİŞİ:**



Şekil 7.1 : “Kompozit Sistem” (Perde + Çerçeve)

Benzer davranış biçimlerine TEKELİ, ATIMTAY, DEMİR ve TÜKEN de de rastlanmaktadır.

**ÇERÇEVEDEN KESİM YOLU İLE AYRIŞTIRILMIŞ PERDE VE
ÇERÇEVEDEN BAĞ KİRİŞLERİNE GELEN REAKSİYONLAR**



Şekil 7.2: Perde Yükleri

Yatay deprem kuvvetleri deprem yönetmeliklerindeki kat hızlarında klasik tekil yüklere dönüştürülmek yerine en büyük değeri tepede olan üçgensel yük olarak alınarak diferansiyel denklem çözümünde “fonksiyonlaştırılmıştır.”

Çerçeve kısmının yatay yükler karşısında özellikle kolon eğilme rijitlikleri ve bir ölçüde kolonlara bağlı bulunan kirişlerin katkıları ile gösterdikleri direnç literatürde, incelemelerde “fiktif kayma rijitliği” (“eşdeğer kayma rijitliği”) olarak alınmaktadır. Bu rijitlik çeşitli yollarla tanımlanmıştır:

STAFFORD-COULI’yi kullanan SCHMIDTS tezinde yatay yükler yönündeki bir çerçeve için şu ifadeyi kullanmaktadır:

$$GA_{\text{eşdeğer}} = 12 \cdot \frac{E}{h} \cdot \frac{n \cdot (n+1) \cdot \frac{J_{\text{kiriş}}}{b} \cdot \frac{J_{\text{kolon}}}{h}}{(n+1) \cdot \frac{J_{\text{kolon}}}{h} + n \cdot \frac{J_{\text{kiriş}}}{b}} \quad (5.1)$$

n = çerçeve göz sayısı,

b = kiriş aralığı,

h = kat yüksekliği

7.2. Schmidt's Yöntemine Göre Perde Deplasmanları ve Momentleri

Yukarıda verilen ifade ve açıklamalar ve aşağıdaki diyagramlardan da görüleceği üzere perde eğilme momentleri ve perde deplasmanları için şu ifadeler verilmiştir:

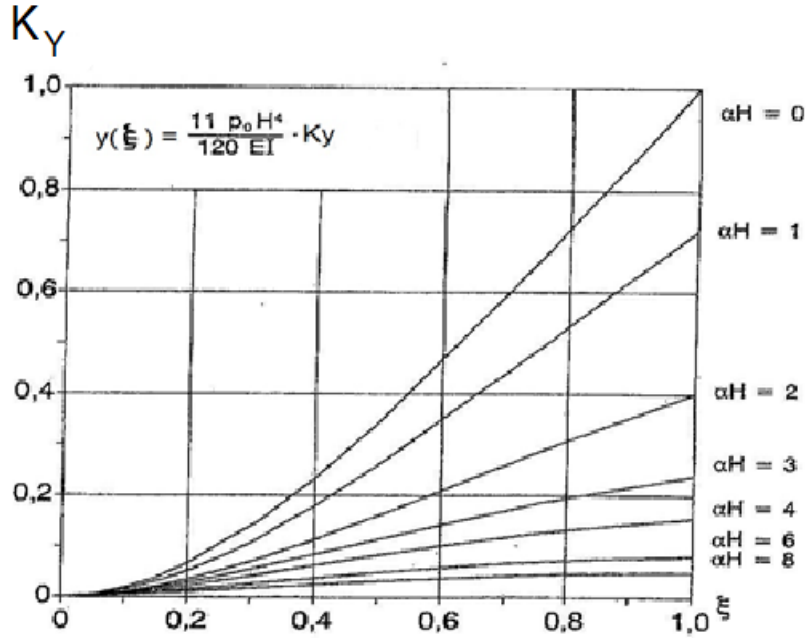
$$\alpha = \sqrt{\frac{G.A_{Eşdeğer,Toplam}}{E.J_{Perde}}} \quad (5.2)$$

$$M_{perde}(\xi) = \frac{p_o H^2}{3} \cdot K_M \quad (5.3)$$

$$\delta(\xi) = \frac{11.H^4.p_o}{120.E.J} \cdot K_y \quad (5.4)$$

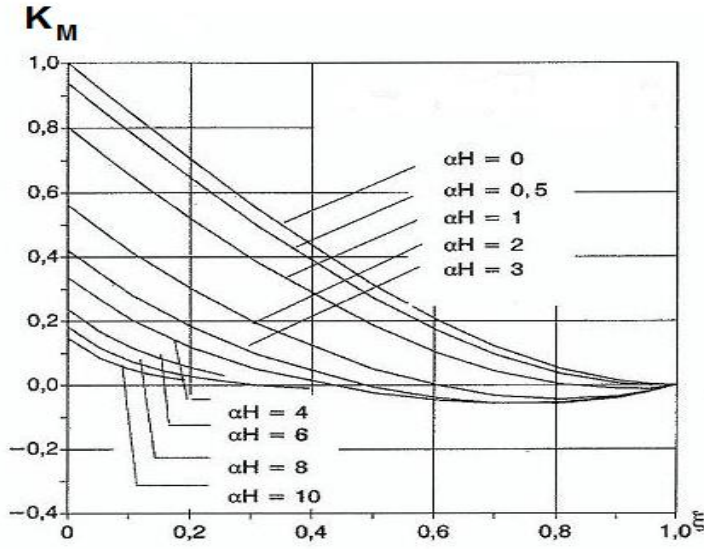
K_M Moment katsayısı ilgili diyagramdan $\alpha.H$ değerine göre okunacaktır.

PERDE DEPLASMAN KATSAYILARI

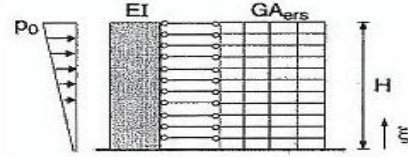


Şekil 7.3: Deplasman Hesabı için K_y Diyagramı

PERDE MOMENT KATSAYILARI

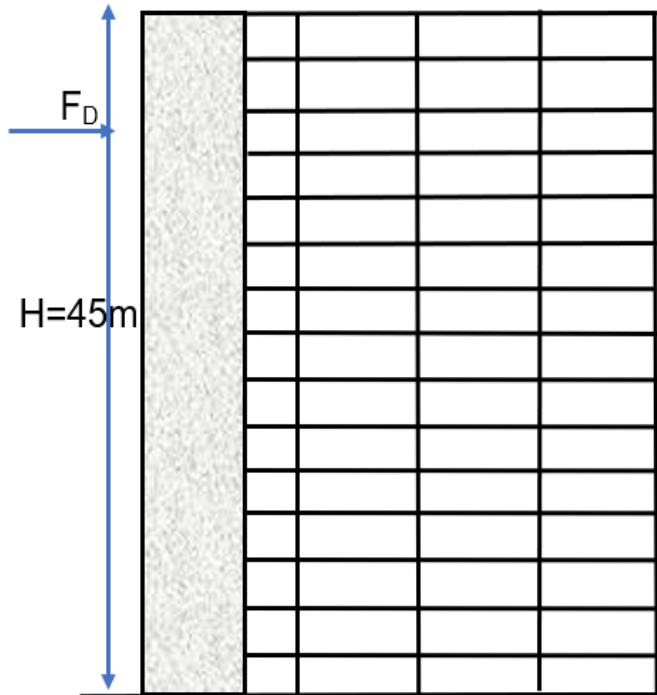


$$M_{\text{Perde}} = \frac{p_0 \cdot H^2}{3} \cdot K_M$$



Şekil 7.4: Perde Momenti Hesabı için K_M Diyagramı

ÖRNEK:



$$E = 2,5 \cdot 10^6 \text{ N/cm}^2$$

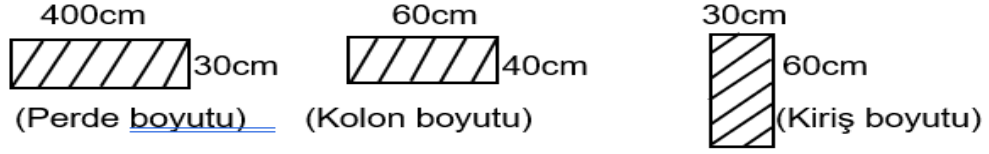
Kiriş aralıkları $b = 5\text{m}$

Bir göz için toplam kütle 25000 kg

15 Kat her kattaki 3 göz için toplam kütle 75000kg

Bir kat yüksekliği 3m'dir

CEVAP:



$F_{D(FİKTİF)} = 1000N$ Kabul edilmiştir.

Eylemsizlik momentleri;

$$J_{\text{Perde}} = \frac{b_p h_p^3}{12} = \frac{0,3 \cdot 4,0^3}{12} = 1,6m^4$$

$$J_{\text{Kolon}} = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,4 \cdot 0,6^3}{12} = 7,2 \cdot 10^{-3}m^4$$

$$J_{\text{Kiriş}} = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,3 \cdot 0,6^3}{12} = 5,4 \cdot 10^{-3}m^4$$

Kayma rijitliği;

$$GA_{\text{eşdeğer}} = 12 \cdot \frac{E}{h} \cdot \frac{n \cdot (n+1) \cdot \frac{J_{\text{kiriş}}}{b} \cdot \frac{J_{\text{kolon}}}{h}}{(n+1) \cdot \frac{J_{\text{kolon}}}{h} + n \cdot \frac{J_{\text{kiriş}}}{b}}$$

b:Kiriş boyu

h:Kolon boyu

n:Çerçeve göz sayısı

n+1: Çerçevadaki kolon sayısı

$$GA_{\text{eşdeğer}} = 12 \cdot \frac{2,5 \cdot 10^{10}}{3} \cdot \frac{3 \cdot 4 \cdot \frac{5,4 \cdot 10^{-3}}{5,0} \cdot \frac{7,2 \cdot 10^{-3}}{3,0}}{4 \cdot \frac{7,2 \cdot 10^{-3}}{3,0} + 3 \cdot \frac{5,4 \cdot 10^{-3}}{5,0}} = \frac{31,12 \cdot 10^{-6}}{12,84 \cdot 10^{-3}}$$

$$GA_{\text{eşdeğer}} = 12 \cdot \frac{2,5 \cdot 10^{10}}{3} \cdot \frac{31,12 \cdot 10^{-6}}{12,84 \cdot 10^{-3}} = 24,21 \cdot 10^7 \text{ N}$$

Perde abak girişi parametresi:

$$\alpha = \sqrt{\frac{G \cdot A_{\text{EşdeğerToplam}}}{E \cdot J_{\text{Perde}}}} = \sqrt{\frac{24,21 \cdot 10^7}{2,5 \cdot 10^{10} \cdot 1,6}} = 0,078 \text{ m}^{-1}$$

Abaklara giriş için gerekli parametre:

$$\alpha \cdot H = 0,078 \cdot 45 = 3,51 \text{ ile,}$$

Tabanda (Ankastre Perdede) $X=0$ için

$$\xi = \frac{X}{H}, \quad \xi = 0$$

Bu değer ile Perde Momentleri Abağından perde tabanı momenti için;

$$\alpha \cdot H = 3,51 \text{ ile okunan yaklaşık } K_M \text{ değeri; } K_M \approx 0,38$$

Perde tabanı eğilme momenti (M_{Perde});

Bu değer doğal olarak binaya gelen toplam deprem kuvvetine bağlıdır. Burada sanal olarak binanın bir perde ve bir çerçeveden oluşan bir sistem alınmıştır. Sisteme gelen toplam deprem kuvveti olarak “ F_{Deprem} ”(F_D) sembolü ile yükseklik yönündeki üçgensel dağılıma göre tepedeki maksimum “ p_0 ” değeri:

F_{Deprem} bileşke kuvvet olduğuna göre şu ifade yazılabilir.

$$F_{\text{Deprem}} = \frac{p_o \cdot H}{2}$$

$$p_o = \frac{2 \cdot F_D}{H} = 0,044 \cdot F_D$$

Bu değer ile de perde tabanında oluşan ve perde donatılmasına yönelik eğilme (ankastrelik) momenti:

$$M_{\text{perde}}(\xi=0) = \frac{p_o H^2}{3} \cdot K_M$$

$$M_{\text{perde}}(\xi=0) = \frac{0,044 \cdot F_D \cdot 45^2}{3} \cdot 0,38 = 11,29 \cdot F_D$$

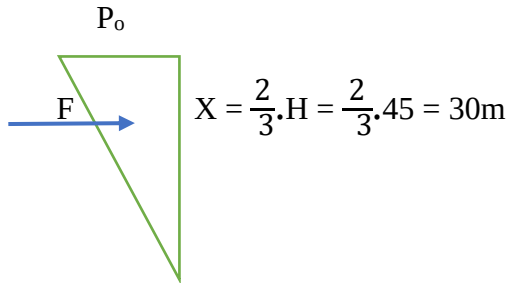
Perde Tepesindeki Deplasman Hesabı;

İlgili deplasman değerleri aşağından yukarıda bulunmuş olan bina rijitlik oranı,

$\alpha \cdot H = 3,51$ değeri ile;

Yatay deprem kuvvetleri deprem yönetmeliklerindeki kat hizalarında klasik tekil yüklere dönüştürülmek yerine en büyük değeri tepede olan üçgensel yük olarak alınarak diferansiyel denklem çözümünde fonksiyonlaştırılmıştır.

Üçgen yüke dönüştürülmüş deprem kuvvetinin üçgenin ağırlık merkezi olan $2 \cdot H/3$ için:



$$\xi = \frac{X}{H} = \frac{30}{45} = 0,67 \text{ ile yaklaşık okunan değer: } K_Y \approx 0,18$$

Bulunan bu K_Y değeri ile tepe deplasman hesabı;

$$F_{\text{Deprem}} = \frac{p_o \cdot H}{2}$$

$$p_o = \frac{2 \cdot F_D}{H} = 0,044 \cdot F_D$$

$$\delta (\xi) = \frac{11 \cdot H^4 \cdot p_o}{120 \cdot E \cdot J} \cdot K_y \text{ formülü ile,}$$

$$\delta (\xi=0,67) = \frac{11 \cdot 45^4}{120 \cdot 2,5 \cdot 10^{10} \cdot 1,6} \cdot p_o \cdot 0,18 = 1,69 \cdot 10^{-6} \cdot p_o$$

Tüm katlardaki çerçeve sisteme gelen yapı kütlesi ve perdenin kütlesi;

Bir gözün kütlesi: $m=25000\text{kg}$

Bir kat için toplam kütle: Çerçeve 3 gözlü olduğundan, $m_{1(\text{toplam})} = 3 \cdot 25000 = 75000\text{kg}$

15 Kat ve her kattaki 3 göz için toplam kütle: $m_{\text{çerçeve}} = 15 \cdot 75000 = 1125000\text{kg}$

Perdenin toplam kütlesi:

Perde kütlesi için betonun yoğunluğu(ρ)= $2,5\text{t/m}^3$ alınmıştır.

$$m_{\text{perde}} = \rho \cdot V = \rho \cdot H \cdot b \cdot h = 2500 \cdot 45 \cdot 0,3 \cdot 4 = 135000\text{kg}$$

Toplam kütle;

$$m_{\text{toplam}} = m_{\text{çerçeve}} + m_{\text{perde}} = 1125000 + 135000 = 1260000\text{kg} = 1260\text{t}$$

1000kN'luk Fiktif Deprem kuvveti için p_o ve alan merkezi deplasmanı:

$$F_{\text{Deprem}} = \frac{p_o \cdot H}{2}$$

$$p_o = \frac{2 \cdot F_D}{H} = 0,044 \cdot F_D = 0,044 \cdot 1000 = 44,0\text{N/m}$$

$$\delta (\xi=0,67) = 1,69 \cdot 10^{-6} \cdot p_o = 1,69 \cdot 10^{-6} \cdot 44,0 = 74,4 \cdot 10^{-6}\text{m}$$

7.3. Perde ve Çerçevenin Toplam Yapı Kütlesi ile Yaptığı Deprem Titreşimi Modeli

Perdeli çerçeveli sistemin oluşturduğu yay modeli için yay katsayısı için bir kabul yapılmıştır. Sistem topluca aynı deplasmanlar ile birlikte aynı titreşimi yapmaktadır. Titreşen toplam kütle tüm katlardaki çerçeve sisteme gelen yapı kütlesi ve ilaveten perdenin zati kütlesidir. Her çerçeve gözü için bir kata ait çerçevenin sağından ve solundan gelen zati yük ve servis yüklerinin toplamından oluşan bir kütlesi vardır.

Bu değerlere göre sistem titreşim periyodu için yay katsayısı:

$$k_{\text{sistem}} = \frac{F_D}{\delta} = \frac{1000}{74,36 \cdot 10^{-6}} = 13448000 \text{ N/m}$$

Bu yay katsayısı ile sistem titreşim periyodu:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m_{\text{toplam}}}{k_{\text{sistem}}}} = \sqrt{\frac{1260000}{13448000}} = 1,92 \text{ s}$$

Elde edilmiş olan deprem titreşim periyoduna kabul edilmiş yaklaşım çerçevesinde beklenen büyüklükte bir değer gözü ile bakılabilir ve diğer deprem parametreleri olan deprem tasarım sınıfı (DD!,...), zemin sınıfı (ZA, ZB,...), Lokasyon ile AFAD Haritasına girilerek mevcut duruma uygun gerçek deprem kuvveti elde edilerek, tasarlanmış binada ilave deprem hesapları (donatılar) bulunabilir.

BÖLÜM 8: AFAD İNTERAKTİF DEPREM HARİTASI İLE DEPREM KUVVETİ HESABI

Bu çalışmanın son kısmında AFAD Deprem Tehlike Haritasına incelenmek istenen bölgenin enlem-boylam değerleri, yapının yapılacağı yerin zemin sınıfı, beklenen depremin tahmin edilen büyüklüğü Deprem Yönetmeliği 2019 kriterlerine göre girilerek AFAD interaktif harita sisteminden elde edilen çıktılarla yapılabilecek inceleme için örnekler, bazı analizler ve dikkate değer bazı paradoksal durumlar eklenmiştir. Burada sadece yatay deprem kuvveti ele alındı. Düşey deprem kuvveti işlemleri benzerdir.

Deprem Kuvveti için AFAD çıktıları ile Ana Formül:

$$F_D = \frac{m.g.S_{ae.(T)}}{R_a} \geq 0,04.m.g.I.S_{DS} \quad (8.1)$$

AFAD tarafından sunulmuş olan “Türkiye İnteraktif Deprem Haritası” 2019 Afet (Deprem) yönetmeliği ile yapılacak deprem kuvveti hesabı için, yapılacak yapının adresine (enlem-boylam) beklenen depremin Afet Yönetmeliğinde tanımlanan deprem büyüklüğü (DD1-DD2-DD3-DD4) ve yapı yerinin zemin özellikleri (ZA,ZB,..) AFAD haritasındaki tablosuna girildiğinde, gerekli ön değerlerin çıktıları alınır. (S_1 , S_5),

8.1 DD1-ZE İçin afad ıktıları ;

Adres : DÜZCE

Deprem Sınıfı : DD1

Zemin Sınıfı : ZE

Bina Periyodu (T) :1,92s

Bina Kütlesi (m) :1260t

Bina Önem Katsayısı (I): 1,5

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R_a): 8

CEVAP: Lokasyona göre AFAD deprem harita ıktıları;



Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması

Kullanıcı Girdileri

Rapor
Başlığı: Tez
Araştırması

Deprem Yer
Hareketi
Düzeyi DD-1 50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

Yerel Zemin
Sınıfı ZE Gevşek kum, çakıl veya yumuşak - katı kil tabakaları veya $P_I > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($C_u < 25$ kPa) içeren profiller

Enlem: 40.854215°

Boylam 31.243901°

Çıktılar

$S_S = 2.265$

$S_1 = 0.610$

$PGA=0.892$

$PGV=56.151$

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

Şekil 8.1: DD1-ZE Zemin Sınıfı Afad Sonuçları

Lokasyon ;

ENLEM :40,85° BOYLAM:31,24°

1-) Harita spektral ivme katsayıları

$S_S = 2,265$ (Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı)

$S_1 = 0,610$ (1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı)

2-)Yerel Zemin Etki Katsayıları

$F_S = 0,80$ (S_S ve ZE için TBDY 2019 Tablo-2.1'den)

$F_1 = 2,0$ (S_1 ve ZE için TBDY 2019 Tablo-2.2'den)

Tablo 2

Kısa Periyot Bölgesi İçin Yerel Zemin Etki Katsayıları (TBDY 2019 2.1)

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).					

Tablo 3

1.0 Saniye Periyot İçin Yerel Zemin Etki Katsayıları (TBDY 2019 2.2)

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).					

3-) S_{DS} ve S_{D1} boyutsuz değerleri

$$S_{DS} = S_s \cdot F_s = 2,265 \cdot 0,8 = 1,812 \text{ (kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı)}$$

$$S_{D1} = S_1 \cdot F_1 = 0,610 \cdot 2,0 = 1,220 \text{ (1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı)}$$

4-) T_A ve T_B Yatay Elastik Tasarım İvme Spektrumu Köşe Periyotları aşığıdaki bağıntılardan bulunur.

$$T_A = 0,2 \cdot S_{D1} / S_{DS} = 0,2 \cdot 1,220 / 1,812 = 0,135s$$

$$T_B = S_{D1} / S_{DS} = 1,220 / 1,812 = 0,673s$$

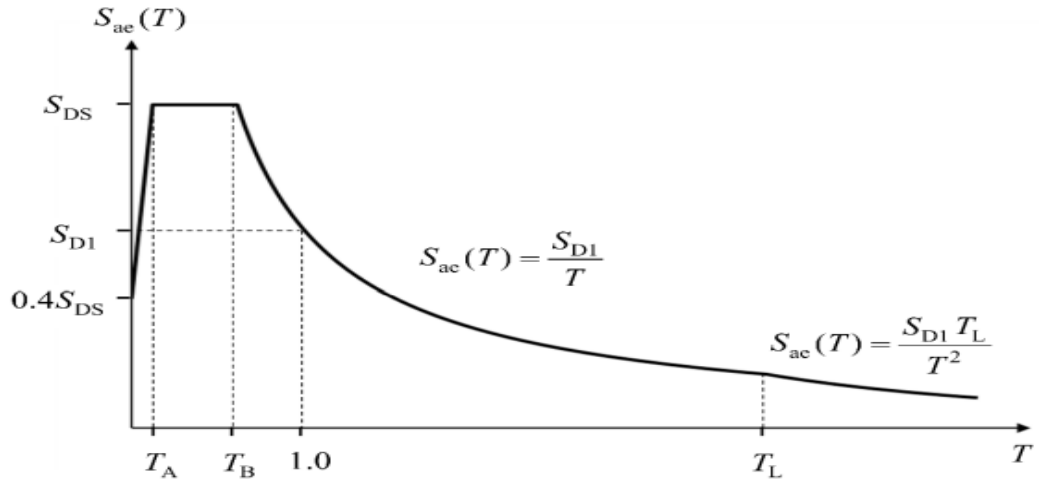
5-) Yatay Deprem Spektrum Katsayısı $S_{ae}(T)$

Yatay deprem spektrum katsayısı Şekil 2.1'deki bağıntılardan hesaplanan birinci doğal titreşim periyotları ve çalışmada esas alınan zemin sınıflarına göre uygun bağıntı esas alınarak Yatay Elastik Tasarım Spektrum Katsayısı $S_{ae}(T)$ (boyutsuz) hesaplanır.

Yatay Elastik Tasarım Spektral İvmeleri TBDY 2019 2.1 veya $S_{ae}(T)$ abağı ile bulunur.

$$\begin{aligned} S_{ae}(T) &= \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A} \right) S_{DS} & (0 \leq T \leq T_A) \\ S_{ae}(T) &= S_{DS} & (T_A \leq T \leq T_B) \\ S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} & (T_B \leq T \leq T_L) \\ S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1} T_L}{T^2} & (T_L \leq T) \end{aligned}$$

Şekil 8.2: Yatay Elastik Tasarım Spektral İvmeleri (TBDY 2019 2.1)

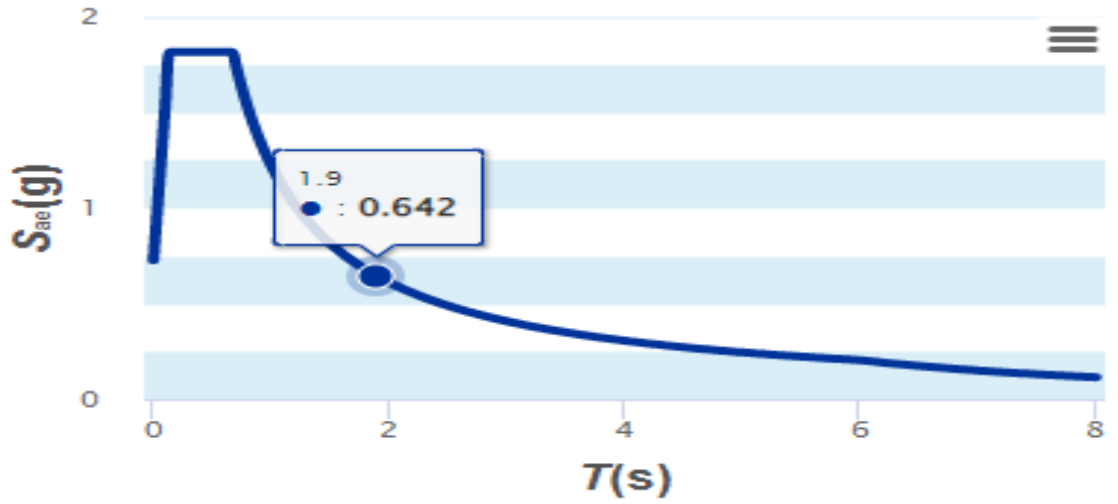


Şekil 8.3 Yatay Elastik Tasarım Spektrumu (TBDY 2019 2.2)

Yatay tasarım spektral ivme değerleri $S_{ae}(T)$ 'nin yerçekimi ivmesi cinsinden doğal titreşim periyoduna bağlı olarak aşağıda ifade edilmiştir.

$T_B < T < T_L$ bağıntısı uygundur

Bu durumda; $S_{ae}(T) = S_{D1} / T = 1,220 / 1,92 = 0,635$



$T_A = 0.135$ (s) $T_B = 0.673$ (s) $T_L = 6.000$ (s)

Şekil 8.4: DD1-ZE Sınıfı Deprem Düzeyi Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

6-) Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T)$

Yapı sistemine göre Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) tanımlayarak;

$$T \leq T_B \text{ ise; } R_a(T) = D + (R/I - D) \cdot T/T_B, \quad (\text{TBDY 2019 4A.6a})$$

$$T > T_B \text{ ise } R_a(T) = R/I \quad (\text{TBDY 2019 4A.6b})$$

Soruda $T > T_B$ olduğundan,

R için tasarlanan yapı türüne göre $R=8$ ve $D=3$ geçerli olursa: (TBDY 2019-Tablo-4.1)

$$R_a(T) = R/I = 8/1,5 = 5,33$$

Tablo 4

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (TBDY 2019 Tablo 4.1)

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	$BYS \geq 3$
A12. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	$BYS \geq 2$
A13. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	$BYS \geq 2$
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	8	2.5	$BYS \geq 2$
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	7	2.5	$BYS \geq 2$
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	—
A2. Süneklik Düzeyi Karma Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.6)			
A21. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	6	2.5	$BYS \geq 4$
A22. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	5	2.5	$BYS \geq 4$
A23. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı dolgulu (asmolen) veya dolgusuz tek doğrultulu dişli döşemeli</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	6	2.5	$BYS \geq 6$
A24. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı dolgulu (asmolen) veya dolgusuz tek doğrultulu dişli döşemeli</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	5	2.5	$BYS \geq 6$

7-) Yatay Deprem Kuvveti (F_D)

$$F_D = \frac{m \cdot g \cdot S_{ae}(T)}{R_a} \geq 0,04 \cdot m \cdot g \cdot I \cdot S_{DS}$$

$$F_D = m_t \cdot g \cdot 0,635/5,33 \geq 0,04 \cdot m_t \cdot g \cdot 1,5 \cdot 0,812$$

$$F_D = m_t \cdot g \cdot 0,119 \geq m_t \cdot g \cdot 0,049$$

$$F_D = m_t \cdot 10 \cdot 0,119 \geq m_t \cdot 10 \cdot 0,049$$

$$m_t \cdot 1,19 > m_t \cdot 0,49$$

Seçilen değerler minimum değerinin altındadır

8.2 DD2-ZE İçin afad çıktıları ;

Adres : DÜZCE

Deprem Sınıfı : DD2

Zemin Sınıfı : ZE

Bina Periyodu (T) :1,92s

Bina Kütlesi (m) :1260t

Bina Önem Katsayısı (I): 1,5

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R_a): 8

CEVAP: Lokasyona göre AFAD deprem harita çıktıları;



Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması

Kullanıcı Girdileri

Rapor
Başlığı: Tez
Araştırması

Deprem Yer
Hareketi
Düzeyi DD-2 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi

Yerel Zemin
Sınıfı ZE Gevşek kum, çakıl veya yumuşak - katı kil tabakaları veya $P_I > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($C_u < 25$ kPa) içeren profiller

Enlem: 40.854215°

Boylam: 31.243901°

Çıktılar

$S_S = 1.260$

$S_1 = 0.344$

$PGA=0.520$

$PGV=32.715$

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

Şekil 8.5: DD2-ZE Zemin Sınıfı Afad Sonuçları

Lokasyon ;

ENLEM :40,85° BOYLAM:31,24°

1-) Harita spektral ivme katsayıları

$S_S = 1,260$ (Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı)

$S_1 = 0,344$ (1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı)

2-) Yerel Zemin Etki Katsayıları

$F_S = 0,896$ (S_S ve ZE için TBDY 2019 Tablo-2.1'den)

$F_1 = 2,624$ (S_1 ve ZE için TBDY 2019 Tablo-2.2'den)

3-) S_{DS} ve S_{D1} boyutsuz değerleri

$S_{DS} = S_S \cdot F_S = 1,260 \cdot 0,90 = 1,129$ (kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı)

$S_{D1} = S_1 \cdot F_1 = 0,344 \cdot 2,624 = 0,903$ (1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı)

4-) T_A ve T_B Yatay Elastik Tasarım İvme Spektrumu Köşe Periyotları aşağıdaki bağıntılardan bulunur.

$T_A = 0,2$. $S_{D1} / S_{DS} = 0,2 \cdot 0,903 / 1,129 = 0,160s$

$T_B = S_{D1} / S_{DS} = 0,903 / 1,129 = 0,800s$

5-) Yatay Deprem Spektrum Katsayısı $S_{ae}(T)$

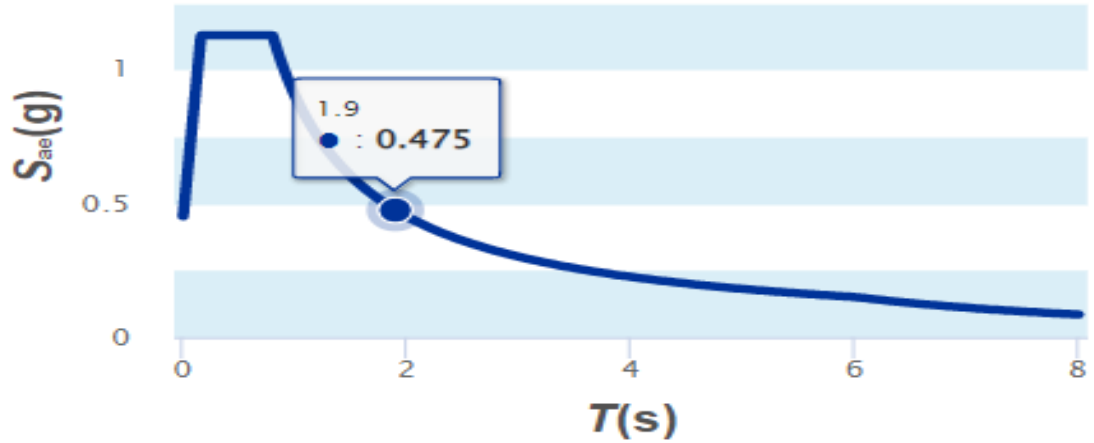
Yatay deprem spektrum katsayısı Şekil 2.1'deki bağıntılardan hesaplanan birinci doğal titreşim periyotları ve çalışmada esas alınan zemin sınıflarına göre uygun bağıntı esas alınarak Yatay Elastik Tasarım Spektrum Katsayısı $S_{ae}(T)$ (boyutsuz) hesaplanır.

Yatay tasarım spektral ivme değerleri $S_{ae}(T)$ 'nin yerçekimi ivmesi cinsinden doğal titreşim periyoduna bağlı olarak aşağıda ifade edilmiştir.

$T_B < T < T_L$ bağıntısı uygundur

Bu durumda;

$$S_{ae}(T) = S_{D1}/T = 0,903/1,92 = 0,470$$



$$T_A = 0.160 \text{ (s)} \quad T_B = 0.800 \text{ (s)} \quad T_L = 6.000 \text{ (s)}$$

Şekil 8.6: DD2-ZE Sınıfı Deprem Düzeyi Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

6-) Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T)$

Yapı sistemine göre Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) tanımlayarak;

$$T \leq T_B \text{ ise; } R_a(T) = D + (R/I - D) \cdot T/T_B, \quad (\text{TBDY 2019 4A.6a})$$

$$T > T_B \text{ ise } R_a(T) = R/I \quad (\text{TBDY 2019 4A.6b})$$

Soruda $T > T_B$ olduğundan,

R için tasarlanan yapı türüne göre $R=8$ ve $D=3$ geçerli olursa: (TBDY 2019 Tablo-4.1)

$$R_a(T) = R/I = 8/1,5 = 5,33$$

7-)Yatay Deprem Kuvveti (F_D)

$$F_D = \frac{m \cdot g \cdot S_{ae}(T)}{R_a} \geq 0,04 \cdot m \cdot g \cdot I \cdot S_{DS}$$

$$F_D = m_t \cdot g \cdot 0,470/5,33 \geq 0,04 \cdot m_t \cdot g \cdot 1,5 \cdot 1,129$$

$$F_D = m_t \cdot g \cdot 0,088 \geq m_t \cdot g \cdot 0,068$$

$$F_D = m_t \cdot 10 \cdot 0,088 \geq m_t \cdot 10 \cdot 0,068$$

$$F_D = m_t \cdot 0,88 > m_t \cdot 0,68$$

Seçilen değerler minimum değer in üstündedir.

8.3 DD3-ZE İçin afad çıktıları ;

Adres : DÜZCE

Deprem Sınıfı : DD3

Zemin Sınıfı : ZE

Bina Periyodu (T) :1,92s

Bina Kütlesi (m) :1260t

Bina Önem Katsayısı (I): 1,5

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R_a): 8

CEVAP: Lokasyona göre AFAD deprem harita çıktıları;



Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması

Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	Tez Araştırması	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-3	50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak - katı kil tabakaları veya $P_f > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($C_u < 25$ kPa) içeren profiller
Enlem:	40.854215°	
Boylam	31.243901°	

Çıktılar

$S_S = 0.425$ $S_1 = 0.117$ $PGA = 0.182$ $PGV = 11.468$

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

Şekil 8.7: DD3-ZE Zemin Sınıfı Afad Sonuçları

Lokasyon ;

ENLEM :40,85° BOYLAM:31,24°

1-) Harita spektral ivme katsayıları

$S_S = 0,425$ (Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı)

$S_1 = 0,117$ (1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı)

2-) Yerel Zemin Etki Katsayıları

$F_S = 1,910$ (S_S ve ZE için TBDY 2019 Tablo-2.1'den)

$F_1 = 4,047$ (S_1 ve ZE için TBDY 2019 Tablo-2.2'den)

3-) S_{DS} ve S_{D1} boyutsuz değerleri

$S_{DS} = S_S \cdot F_S = 0,425 \cdot 1,910 = 0,812$ (kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı)

$S_{D1} = S_1 \cdot F_1 = 0,117 \cdot 4,047 = 0,473$ (1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı)

4-) T_A ve T_B Yatay Elastik Tasarım İvme Spektrumu Köşe Periyotları aşağıdaki bağıntılardan bulunur.

$T_A = 0,2 \cdot S_{D1} / S_{DS} = 0,2 \cdot 0,473 / 0,812 = 0,117s$

$T_B = S_{D1} / S_{DS} = 0,473 / 0,812 = 0,583s$

5-) Yatay Deprem Spektrum Katsayısı $S_{ae}(T)$

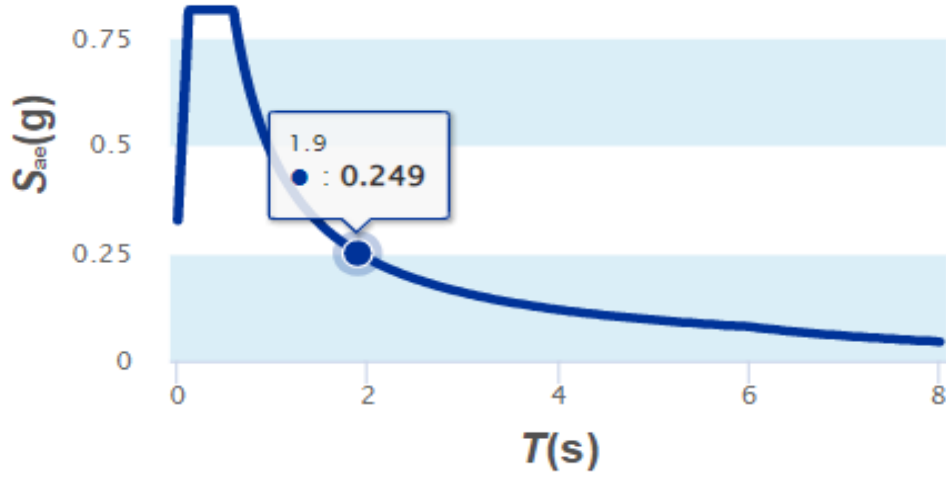
Yatay deprem spektrum katsayısı Şekil 2.1'deki bağıntılardan hesaplanan birinci doğal titreşim periyotları ve çalışmada esas alınan zemin sınıflarına göre uygun bağıntı esas alınarak Yatay Elastik Tasarım Spektrum Katsayısı $S_{ae}(T)$ (boyutsuz) hesaplanır.

Yatay tasarım spektral ivme değerleri $S_{ae}(T)$ 'nin yerçekimi ivmesi cinsinden doğal titreşim periyoduna bağlı olarak aşağıda ifade edilmiştir.

$T_B < T < T_L$ bağıntısı uygundur

Bu durumda;

$$S_{ae}(T) = S_{D1}/T = 0,473/1,92 = 0,246$$



$$T_A = 0.117 \text{ (s)} \quad T_B = 0.583 \text{ (s)} \quad T_L = 6.000 \text{ (s)}$$

Şekil 8.8: DD3-ZE Sınıfı Deprem Düzeyi Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

6-) Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T)$

Yapı sistemine göre Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) tanımlayarak;

$$T \leq T_B \text{ ise; } R_a(T) = D + (R/I - D) \cdot T/T_B, \quad (\text{TBDY 2019 4A.6a})$$

$$T > T_B \text{ ise } R_a(T) = R/I \quad (\text{TBDY 2019 4A.6b})$$

Soruda $T > T_B$ olduğundan,

R için tasarlanan yapı türüne göre $R=8$ ve $D=3$ geçerli olursa: (TBDY 2019-Tablo-4.1)

$$R_a(T) = R/I = 8/1,5 = 5,33$$

7-)Yatay Deprem Kuvveti (F_D)

$$F_D = \frac{m \cdot g \cdot S_{ae}(T)}{R_a} \geq 0,04 \cdot m \cdot g \cdot I \cdot S_{DS}$$

$$F_D = m_t \cdot g \cdot 0,246/5,33 \geq 0,04 \cdot m_t \cdot g \cdot 1,5 \cdot 0,812$$

$$F_D = m_t \cdot g \cdot 0,046 \geq m_t \cdot g \cdot 0,049$$

$$F_D = m_t \cdot 10 \cdot 0,046 \geq m_t \cdot 10 \cdot 0,049$$

$$F_D = m_t \cdot 0,46 < m_t \cdot 0,49$$

Seçilen değerler minimum değerinin altındadır.

8.4 DD4 -ZE İçin afad çıktıları ;

Adres : DÜZCE

Deprem Sınıfı : DD4

Zemin Sınıfı : ZE

Bina Periyodu (T) :1,92s

Bina Kütlesi (m) :1260t

Bina Önem Katsayısı (I): 1,5

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R_a): 8

CEVAP: Lokasyona göre AFAD deprem harita çıktıları;



Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması

Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	Tez Araştırması	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-4	50 yılda aşılma olasılığı %68 (tekrarlanma periyodu 43 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak - katı kil tabakaları veya $P_f > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($C_u < 25$ kPa) içeren profiller
Enlem:	40.854215°	
Boylam	31.243901°	

Çıktılar

$S_S = 0.245$ $S_1 = 0.065$ $PGA = 0.107$ $PGV = 6.307$

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

Şekil 8.9: DD4-ZE Zemin Sınıfı Afad Sonuçları

Lokasyon ;

ENLEM :40,85° BOYLAM:31,24°

1-) Harita spektral ivme katsayıları

$S_S = 0,245$ (Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı)

$S_1 = 0,065$ (1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı)

2-) Yerel Zemin Etki Katsayıları

$F_S = 2,40$ (S_S ve ZE için TBDY 2019 Tablo-2.1'den)

$F_1 = 4,20$ (S_1 ve ZE için TBDY 2019 Tablo-2.2'den)

3-) S_{DS} ve S_{D1} boyutsuz değerleri

$S_{DS} = S_S \cdot F_S = 0,245 \cdot 2,40 = 0,588$ (Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı)

$S_{D1} = S_1 \cdot F_1 = 0,065 \cdot 4,20 = 0,273$ (1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı)

4-) T_A ve T_B Yatay Elastik Tasarım İvme Spektrumu Köşe Periyotları aşağıdaki bağıntılardan bulunur.

$T_A = 0,2 \cdot S_{D1} / S_{DS} = 0,2 \cdot 0,273 / 0,588 = 0,093s$

$T_B = S_{D1} / S_{DS} = 0,273 / 0,588 = 0,464s$

5-) Yatay Deprem Spektrum Katsayısı $S_{ae}(T)$

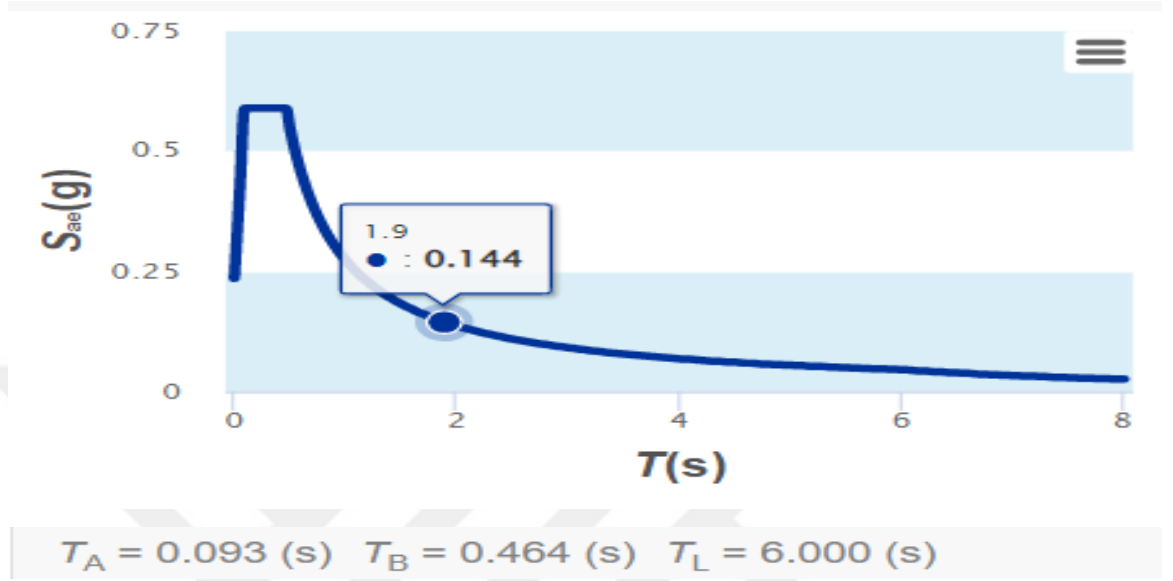
Yatay deprem spektrum katsayısı Şekil 2.1'deki bağıntılardan hesaplanan birinci doğal titreşim periyotları ve çalışmada esas alınan zemin sınıflarına göre uygun bağıntı esas alınarak Yatay Elastik Tasarım Spektrum Katsayısı $S_{ae}(T)$ (boyutsuz) hesaplanır.

Yatay tasarım spektral ivme değerleri $S_{ae}(T)$ 'nin yerçekimi ivmesi cinsinden doğal titreşim periyoduna bağlı olarak aşağıda ifade edilmiştir.

$T_B < T < T_L$ bağıntısı uygundur

Bu durumda;

$$S_{ae}(T) = S_{D1}/T = 0,273/1,92 = 0,142$$



Şekil 8.10: DD4-ZE Sınıfı Deprem Düzeyi Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

6-) Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T)$

Yapı sistemine göre Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) tanımlayarak;

$$T \leq T_B \text{ ise; } R_a(T) = D + (R/I - D) \cdot T/T_B, \quad (\text{TBDY 2019 4A.6a})$$

$$T > T_B \text{ ise } R_a(T) = R/I \quad (\text{TBDY 2019 4A.6b})$$

Soruda $T > T_B$ olduğundan,

R için tasarlanan yapı türüne göre $R=8$ ve $D=3$ geçerli olursa: (TBDY 2019 Tablo-4.1)

$$R_a(T) = R/I = 8/1,5 = 5,33$$

7-)Yatay Deprem Kuvveti (F_D)

$$F_D = \frac{m \cdot g \cdot S_{ae}(T)}{R_a} \geq 0,04 \cdot m \cdot g \cdot I \cdot S_{DS}$$

$$F_D = m_t \cdot g \cdot 0,142/5,33 \geq 0,04 \cdot m_t \cdot g \cdot 1,5 \cdot 0,588$$

$$F_D = m_t \cdot g \cdot 0,027 \geq m_t \cdot g \cdot 0,035$$

$$F_D = m_t \cdot 10 \cdot 0,027 \geq m_t \cdot 10 \cdot 0,035$$

$$F_D = m_t \cdot 0,27 < m_t \cdot 0,35$$

Seçilen değerler minimum değerinin altındadır.

8.5 DD1-ZA İçin afad çıktıları ;

Adres : DÜZCE

Deprem Sınıfı : DD1

Zemin Sınıfı : ZA

Bina Periyodu (T) :1,92s

Bina Kütlesi (m) :1260t

Bina Önem Katsayısı (I): 1,5

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R_a): 8

CEVAP: Lokasyona göre AFAD deprem harita çıktıları;



Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması

Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	Tez Araştırması	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-1	50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZA	Sağlam, sert kayalar
Enlem:	40.854215°	
Boylam	31.243901°	

Çıktılar

$S_S = 2.265$ $S_1 = 0.610$ $PGA=0.892$ $PGV=56.151$

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

Şekil 8.11: DD1-ZA Zemin Sınıfı Afad Sonuçları

Lokasyon ;

ENLEM :40,85° BOYLAM:31,24°

1-) Harita spektral ivme katsayıları

$S_S = 2,265$ (Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı)

$S_1 = 0,610$ (1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı)

2-) Yerel Zemin Etki Katsayıları

$F_S = 0,800$ (S_S ve ZE için TBDY 2019 Tablo-2.1'den)

$F_1 = 0,800$ (S_1 ve ZE için TBDY 2019 Tablo-2.2'den)

3-) S_{DS} ve S_{D1} boyutsuz değerleri

$S_{DS} = S_S \cdot F_S = 2,265 \cdot 0,800 = 1,812$ (kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı)

$S_{D1} = S_1 \cdot F_1 = 0,610 \cdot 0,800 = 0,488$ (1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı)

4-) T_A ve T_B Yatay Elastik Tasarım İvme Spektrumu Köşe Periyotları aşağıdaki bağıntılardan bulunur.

$T_A = 0,2$. $S_{D1} / S_{DS} = 0,488 / 1,812 = 0,054s$

$T_B = S_{D1} / S_{DS} = 0,488 / 1,812 = 0,269s$

5-) Yatay Deprem Spektrum Katsayısı $S_{ae}(T)$

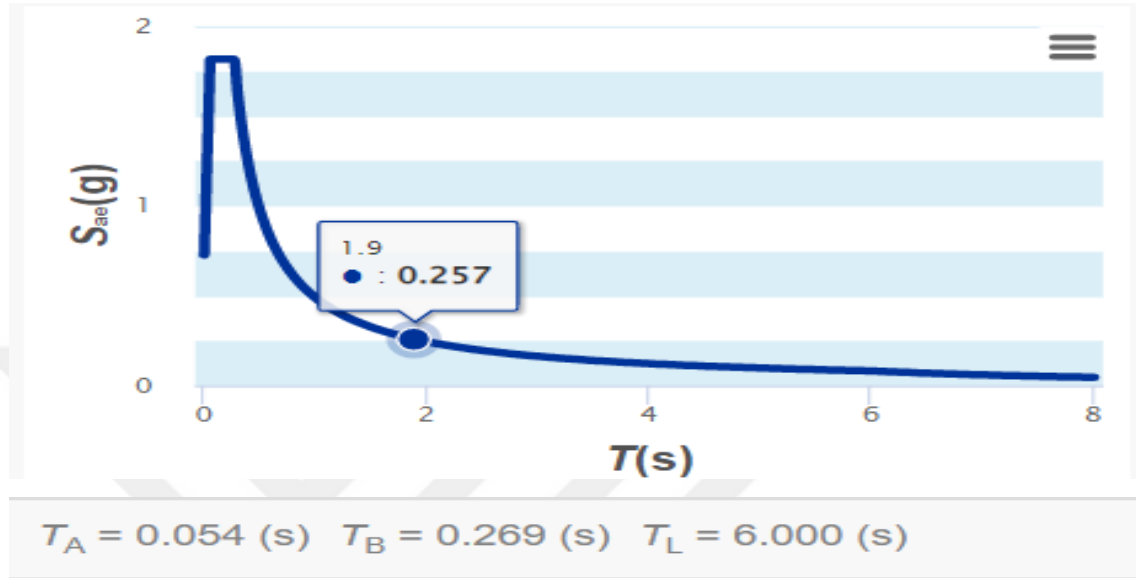
Yatay deprem spektrum katsayısı Şekil 2.1'deki bağıntılardan hesaplanan birinci doğal titreşim periyotları ve çalışmada esas alınan zemin sınıflarına göre uygun bağıntı esas alınarak Yatay Elastik Tasarım Spektrum Katsayısı $S_{ae}(T)$ (boyutsuz) hesaplanır.

Yatay tasarım spektral ivme değerleri $S_{ae}(T)$ 'nin yerçekimi ivmesi cinsinden doğal titreşim periyoduna bağlı olarak aşağıda ifade edilmiştir.

$T_B < T < T_L$ bağıntısı uygundur.

Bu durumda;

$$S_{ae}(T) = S_{D1}/T = 0,488/1,92 = 0,254$$



Şekil 8.12: DD1-ZA Sınıfı Deprem Düzeyi Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

6-) Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T)$

Yapı sistemine göre Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) tanımlayarak;

$$T \leq T_B \text{ ise; } R_a(T) = D + (R/I - D) \cdot T/T_B, \quad (\text{TBDY 2019 4A.6a})$$

$$T > T_B \text{ ise } R_a(T) = R/I \quad (\text{TBDY 2019 4A.6b})$$

Soruda $T > T_B$ olduğundan,

R için tasarlanan yapı türüne göre $R=8$ ve $D=3$ geçerli olursa; (TBDY 2019 Tablo-4.1)

$$R_a(T) = R/I = 8/1,5 = 5,33$$

7-)Yatay Deprem Kuvveti (F_D)

$$F_D = \frac{m \cdot g \cdot S_{ae}(T)}{R_a} \geq 0,04 \cdot m \cdot g \cdot I \cdot S_{DS}$$

$$F_D = m_t \cdot g \cdot 0,254/5,33 \geq 0,04 \cdot m_t \cdot g \cdot 1,5 \cdot 1,812$$

$$F_D = m_t \cdot g \cdot 0,0476 \geq m_t \cdot g \cdot 0,109$$

$$F_D = m_t \cdot 10 \cdot 0,0476 \geq m_t \cdot 10 \cdot 0,109$$

$$F_D = m_t \cdot 0,48 < m_t \cdot 1,09$$

Seçilen değer minimum değer altındadır.

8.6 DD2-ZA İçin afad ıktıları ;

Adres : DÜZCE

Deprem Sınıfı : DD2

Zemin Sınıfı : ZA

Bina Periyodu (T) :1,92s

Bina Kütlesi (m) :1260t

Bina Önem Katsayısı (I): 1,5

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R_a): 8

CEVAP: Lokasyona göre AFAD deprem harita ıktıları;



Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması

Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	Tez Araştırması	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZA	Sağlam, sert kayalar
Enlem:	40.854215°	
Boylam	31.243901°	

Çıktılar

$S_S = 1.260$ $S_1 = 0.344$ $PGA=0.520$ $PGV=32.715$

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

Şekil 8.13: DD2-ZA Zemin Sınıfı Afad Sonuçları

Lokasyon ;

ENLEM :40,85° BOYLAM:31,24°

1-) Harita spektral ivme katsayıları

$S_S = 1,260$ (Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı)

$S_1 = 0,344$ (1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı)

2-) Yerel Zemin Etki Katsayıları

$F_S = 0,800$ (S_S ve ZE için TBDY 2019 Tablo-2.1'den)

$F_1 = 0,800$ (S_1 ve ZE için TBDY 2019 Tablo-2.2'den)

3-) S_{DS} ve S_{D1} boyutsuz değerleri

$S_{DS} = S_S \cdot F_S = 1,260 \cdot 0,800 = 1,008$ (kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı)

$S_{D1} = S_1 \cdot F_1 = 0,344 \cdot 0,800 = 0,275$ (1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı)

4-) T_A ve T_B Yatay Elastik Tasarım İvme Spektrumu Köşe Periyotları aşağıdaki bağıntılardan bulunur.

$T_A = 0,2$. $S_{D1} / S_{DS} = 0,2 \cdot 0,275 / 1,008 = 0,055s$

$T_B = S_{D1} / S_{DS} = 0,275 / 1,008 = 0,275s$

5-) Yatay Deprem Spektrum Katsayısı $S_{ae}(T)$

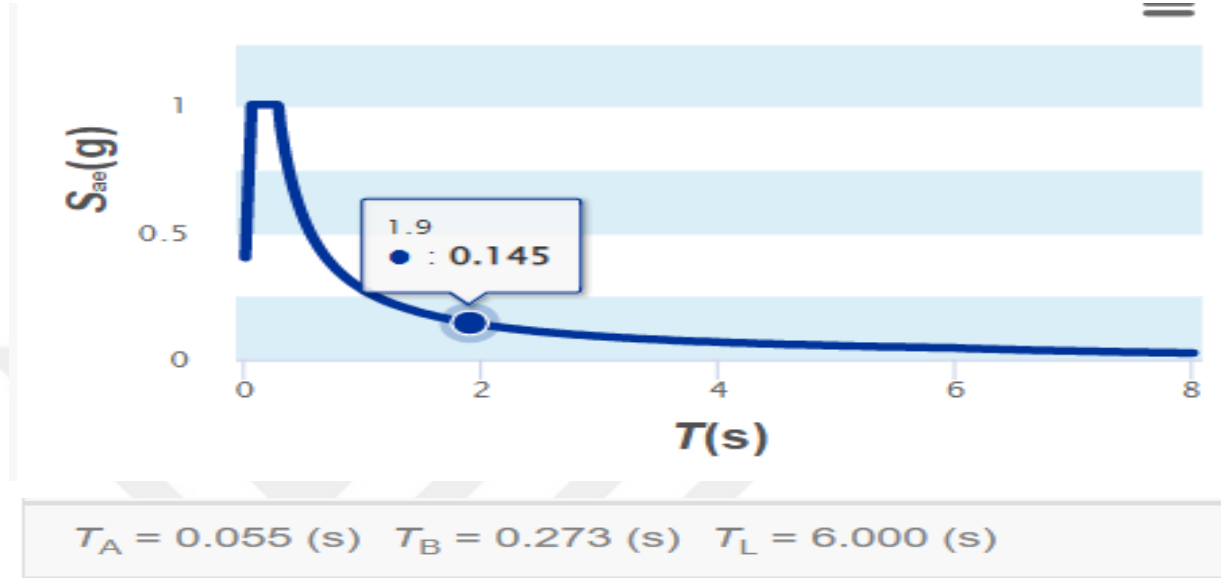
Yatay deprem spektrum katsayısı Şekil 2.1'deki bağıntılardan hesaplanan birinci doğal titreşim periyotları ve çalışmada esas alınan zemin sınıflarına göre uygun bağıntı esas alınarak Yatay Elastik Tasarım Spektrum Katsayısı $S_{ae}(T)$ (boyutsuz) hesaplanır.

Yatay tasarım spektral ivme değerleri $S_{ae}(T)$ 'nin yerçekimi ivmesi cinsinden doğal titreşim periyoduna bağlı olarak aşağıda ifade edilmiştir.

$T_B < T < T_L$ bağıntısı uygundur

Bu durumda;

$$S_{ae}(T) = S_{D1}/T = 0,275/1,92 = 0,142$$



Şekil 8.14: DD2-ZA sınıfı Deprem Düzeyi Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

6-) Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T)$

Yapı sistemine göre Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) tanımlayarak;

$$T \leq T_B \text{ ise; } R_a(T) = D + (R/I - D) \cdot T/T_B, \quad (\text{TBDY 2019 4A.6a})$$

$$T > T_B \text{ ise } R_a(T) = R/I \quad (\text{TBDY 2019 4A.6b})$$

Soruda $T > T_B$ olduğundan,

R için tasarlanan yapı türüne göre $R=8$ ve $D=3$ geçerli olursa: (TBDY 2019 Tablo-4.1)

$$R_a(T) = R/I = 8/1,5 = 5,33$$

7-)Yatay Deprem Kuvveti (F_D)

$$F_D = \frac{m \cdot g \cdot S_{ae}(T)}{R_a} \geq 0,04 \cdot m \cdot g \cdot I \cdot S_{DS}$$

$$F_D = m_t \cdot g \cdot 0,142/5,33 \geq 0,04 \cdot m_t \cdot g \cdot 1,5 \cdot 1,008$$

$$F_D = m_t \cdot g \cdot 0,027 \geq m_t \cdot g \cdot 0,0605$$

$$F_D = m_t \cdot 10 \cdot 0,027 \geq m_t \cdot 10 \cdot 0,060$$

$$F_D = m_t \cdot 0,27 < m_t \cdot 0,6$$

Seçilen bu değer minimum değer altındadır.

8.7 DD3-ZA İçin afad çıktıları ;

Adres : DÜZCE

Deprem Sınıfı : DD3

Zemin Sınıfı : ZA

Bina Periyodu (T) :1,92s

Bina Kütlesi (m) :1260t

Bina Önem Katsayısı (I): 1,5

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R_a): 8

CEVAP: Lokasyona göre AFAD deprem harita çıktıları;



Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması

Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	Tez Araştırması	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-3	50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZA	Sağlam, sert kayalar
Enlem:	40.854215°	
Boylam	31.243901°	

Çıktılar

$S_S = 0.425$ $S_1 = 0.117$ $PGA=0.182$ $PGV=11.468$

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

Şekil 8.15: DD3-ZA Zemin Sınıfı Afad Sonuçları

Lokasyon ;

ENLEM :40,85° BOYLAM:31,24°

1-) Harita spektral ivme katsayıları

$S_S = 0,425$ (Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı)

$S_1 = 0,117$ (1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı)

2-) Yerel Zemin Etki Katsayıları

$F_S = 0,800$ (S_S ve ZE için TBDY 2019 Tablo-2.1'den)

$F_1 = 0,800$ (S_1 ve ZE için TBDY 2019 Tablo-2.2'den)

3-) S_{DS} ve S_{D1} boyutsuz değerleri

$S_{DS} = S_S \cdot F_S = 0,425 \cdot 0,800 = 0,340$ (Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı)

$S_{D1} = S_1 \cdot F_1 = 0,117 \cdot 0,800 = 0,094$ (1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı)

4-) T_A ve T_B Yatay Elastik Tasarım İvme Spektrumu Köşe Periyotları aşağıdaki bağıntılardan bulunur.

$T_A = 0,2 \cdot S_{D1} / S_{DS} = 0,2 \cdot 0,094 / 0,34 = 0,055s$

$T_B = S_{D1} / S_{DS} = 0,094 / 0,34 = 0,276s$

5-) Yatay Deprem Spektrum Katsayısı $S_{ae}(T)$

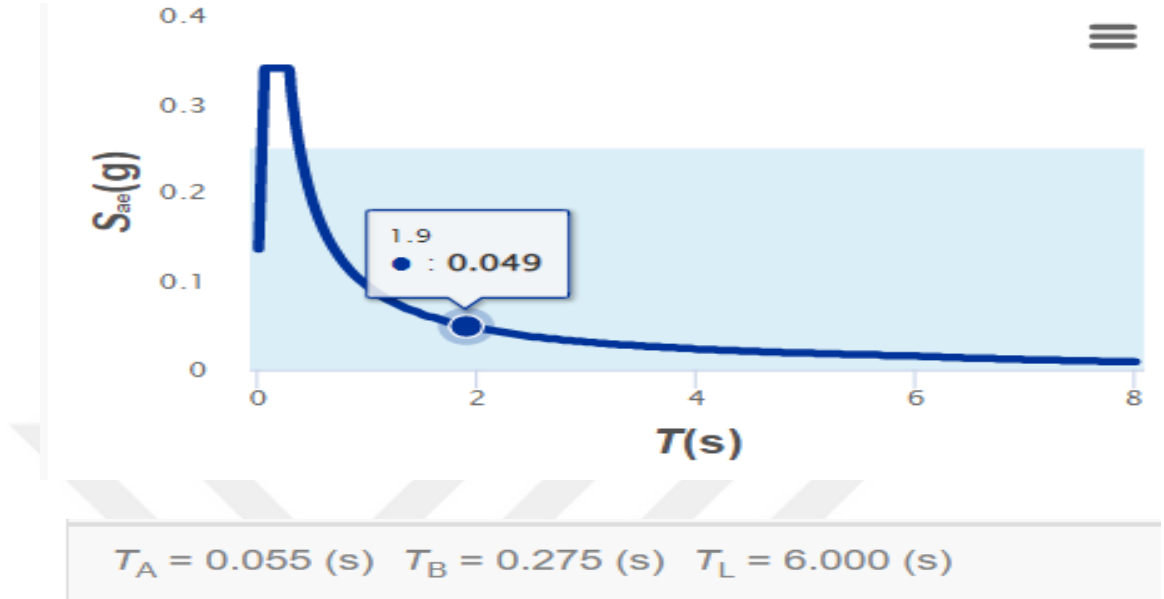
Yatay deprem spektrum katsayısı Şekil 2.1'deki bağıntılardan hesaplanan birinci doğal titreşim periyotları ve çalışmada esas alınan zemin sınıflarına göre uygun bağıntı esas alınarak Yatay Elastik Tasarım Spektrum Katsayısı $S_{ae}(T)$ (boyutsuz) hesaplanır.

Yatay tasarım spektral ivme değerleri $S_{ae}(T)$ 'nin yerçekimi ivmesi cinsinden doğal titreşim periyoduna bağlı olarak aşağıda ifade edilmiştir.

$T_B < T < T_L$ bağıntısı uygundur.

Bu durumda;

$$S_{ae}(T) = S_{D1}/T = 0,094/1,92 = 0,049$$



Şekil 8.16: DD3-ZA Sınıfı Deprem Düzeyi Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

6-) Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T)$

Yapı sistemine göre Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) tanımlayarak;

$$T \leq T_B \text{ ise; } R_a(T) = D + (R/I - D) \cdot T/T_B, \quad (\text{TBDY 2019 4A.6a})$$

$$T > T_B \text{ ise } R_a(T) = R/I \quad (\text{TBDY 2019 4A.6b})$$

Soruda $T > T_B$ olduğundan,

R için tasarlanan yapı türüne göre $R=8$ ve $D=3$ geçerli olursa; (TBDY 2019Tablo-4.1)

$$R_a(T) = R/I = 8/1,5 = 5,33$$

7-)Yatay Deprem Kuvveti (F_D)

$$F_D = \frac{m \cdot g \cdot S_{ae.(T)}}{R_a} \geq 0,04 \cdot m \cdot g \cdot I \cdot S_{DS}$$

$$F_D = m_t \cdot g \cdot 0,049/5,33 \geq 0,04 \cdot m_t \cdot g \cdot 1,5 \cdot 0,34$$

$$F_D = m_t \cdot g \cdot 0,009 \geq m_t \cdot g \cdot 0,020$$

$$F_D = m_t \cdot 10 \cdot 0,009 \geq m_t \cdot 10 \cdot 0,020$$

$$F_D = m_t \cdot 0,09 < m_t \cdot 0,2$$

Seçilen değer minimum değerinin altındadır.

8.8 DD4-ZA İçin afad ıktıları ;

Adres : DÜZCE

Deprem Sınıfı : DD4

Zemin Sınıfı : ZA

Bina Periyodu (T) :1,92s

Bina Kütlesi (m) :1260t

Bina Önem Katsayısı (I): 1,5

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R_a): 8

CEVAP: Lokasyona göre AFAD deprem harita ıktıları;



Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması

Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	Tez Araştırması	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-4	50 yılda aşılma olasılığı %68 (tekrarlanma periyodu 43 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZA	Sağlam, sert kayalar
Enlem:	40.854215°	
Boylam	31.243901°	

Çıktılar

$S_S = 0.245$ $S_1 = 0.065$ $PGA=0.107$ $PGV=6.307$

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

Şekil 8.17: DD4-ZA Zemin Sınıfı Afad Sonuçları

Lokasyon ;

ENLEM :40,85° BOYLAM:31,24°

1-) Harita spektral ivme katsayıları

$S_S = 0,245$ (Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı)

$S_1 = 0,065$ (1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı)

2-) Yerel Zemin Etki Katsayıları

$F_S = 0,800$ (S_S ve ZE için TBDY 2019 Tablo-2.1'den)

$F_1 = 0,800$ (S_1 ve ZE için TBDY 2019 Tablo-2.2'den)

3-) S_{DS} ve S_{D1} boyutsuz değerleri

$S_{DS} = S_S \cdot F_S = 0,245 \cdot 0,800 = 0,196$ (kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı)

$S_{D1} = S_1 \cdot F_1 = 0,065 \cdot 0,800 = 0,052$ (1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı)

4-) T_A ve T_B Yatay Elastik Tasarım İvme Spektrumu Köşe Periyotları aşağıdaki bağıntılardan bulunur.

$T_A = 0,2 \cdot S_{D1} / S_{DS} = 0,2 \cdot 0,052 / 0,196 = 0,053s$

$T_B = S_{D1} / S_{DS} = 0,052 / 0,196 = 0,265s$

5-) Yatay Deprem Spektrum Katsayısı $S_{ae}(T)$

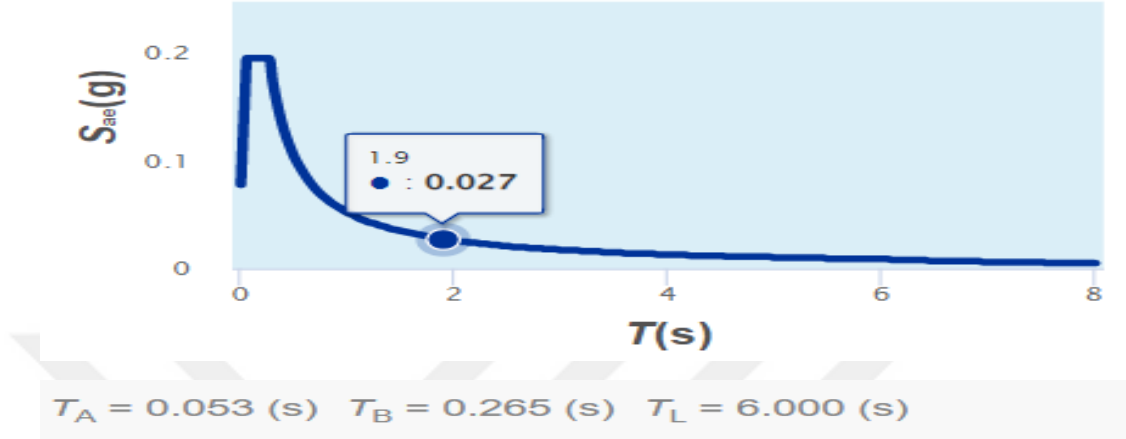
Yatay deprem spektrum katsayısı Şekil 2.1'deki bağıntılardan hesaplanan birinci doğal titreşim periyotları ve çalışmada esas alınan zemin sınıflarına göre uygun bağıntı esas alınarak Yatay Elastik Tasarım Spektrum Katsayısı $S_{ae}(T)$ (boyutsuz) hesaplanır.

Yatay tasarım spektral ivme değerleri $S_{ae}(T)$ 'nin yerçekimi ivmesi cinsinden doğal titreşim periyoduna bağlı olarak aşağıda ifade edilmiştir.

$T_B < T < T_L$ bağıntısı uygundur

Bu durumda;

$$S_{ae}(T) = S_{D1}/T = 0,052/1,92 = 0,027$$



Şekil 8.18: DD4-ZA Sınıf Deprem Düzeyi Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

6-) Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T)$

Yapı sistemine göre Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) tanımlayarak;

$$T \leq T_B \text{ ise; } R_a(T) = D + (R/I - D) \cdot T/T_B, \quad (\text{TBDY 2019 4A.6a})$$

$$T > T_B \text{ ise } R_a(T) = R/I \quad (\text{TBDY 2019 4A.6b})$$

Soruda $T > T_B$ olduğundan,

R için tasarlanan yapı türüne göre $R=8$ ve $D=3$ geçerli olursa: (TBDY 2019 Tablo-4.1)

$$R_a(T) = R/I = 8/1,5 = 5,33$$

7-) Yatay Deprem Kuvveti (F_D)

$$F_D = \frac{m \cdot g \cdot S_{ae}(T)}{R_a} \geq 0,04 \cdot m \cdot g \cdot I \cdot S_{DS}$$

$$F_D = m_t \cdot g \cdot 0,027/5,33 \geq 0,04 \cdot m_t \cdot g \cdot 1,5 \cdot 0,196$$

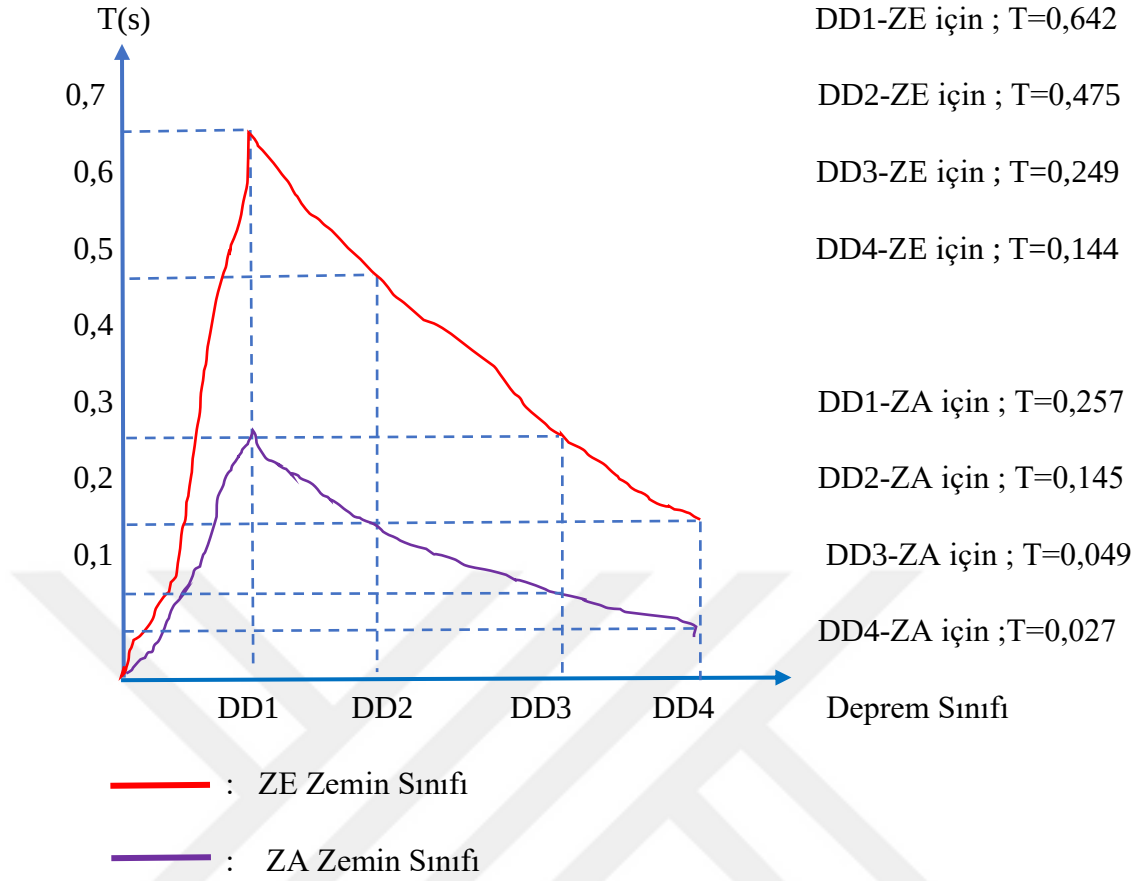
$$F_D = m_t \cdot g \cdot 0,005 \geq m_t \cdot g \cdot 0,012$$

$$F_D = m_t \cdot 10 \cdot 0,005 \geq m_t \cdot 10 \cdot 0,012$$

$$F_D = m_t \cdot 0,05 < 0,12 \cdot m_t \quad (\text{Seçilen değerler minimum değerinin altındadır.})$$

Tablo 5**Afad Sitesi Sonuçları**

Sıra no	Deprem – Zemin sınıfı	TA	TB	T	$S_{ae}(T)$
1	DD1 - ZE	0,135	0,673	1,92	0,635
2	DD2 - ZE	0,160	0,800	1,92	0,470
3	DD3 - ZE	0,117	0,583	1,92	0,246
4	DD4 - ZE	0,093	0,464	1,92	0,142
5	DD1 - ZA	0,054	0,269	1,92	0,254
6	DD2 - ZA	0,055	0,275	1,92	0,142
7	DD3 - ZA	0,055	0,276	1,92	0,049
8	DD4 - ZA	0,053	0,265	1,92	0,027

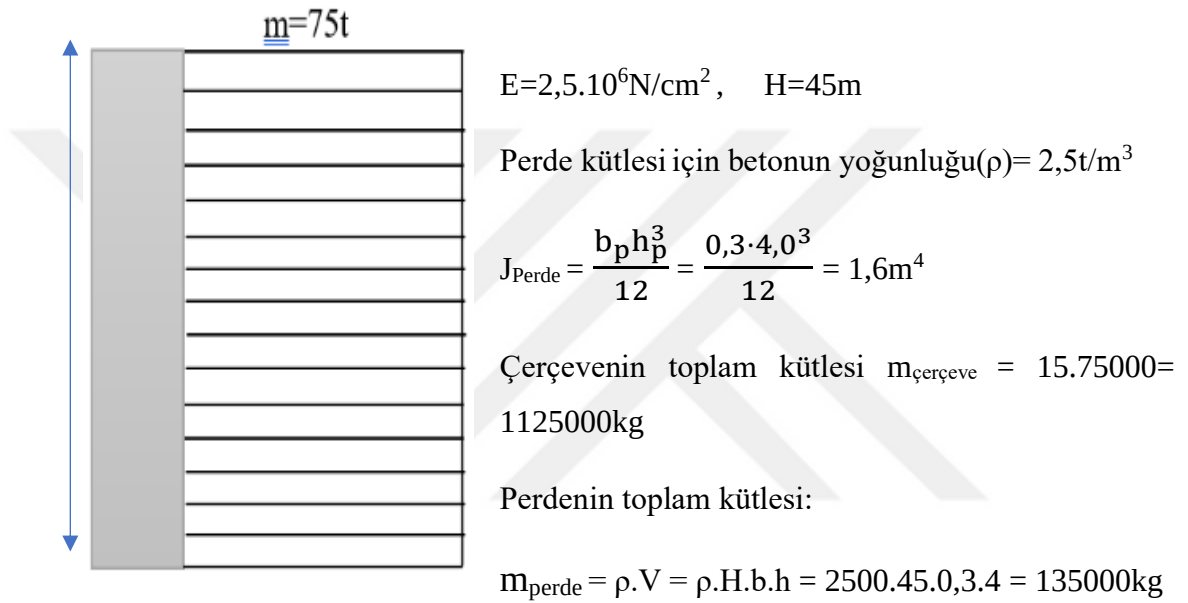


Deprem Kuvveti F_D kalkülasyonu kısaca analiz edilirse, şu hususlar görülmektedir:

- Spektrum Katsayısı S_{ae} değeri büyüdükçe Deprem Kuvveti F_D büyümektedir.
- Sağlam zeminlerde yapı periyodunun büyümesi S_{ae} değerinin etkin şekilde küçülmesini sağlamaktadır. Ancak zayıf zeminler için durum böyle değildir.
- ZE Zemin sınıfı için deprem sınıfı riski düştükçe periyod azalmıştır.
- ZA Zemin sınıfı için deprem sınıfı riski düştükçe yine periyod azalmıştır.

• İLAVE ANALİZ

Bir önceki soruda ISTVAN SZABO formülü ile perdenin periyodu ayrı hesaplanıp sonra çerçevenin periyodu hesaplanıp en sonunda perde + çerçevenin beraber olduğu durumda bir periyot bulundu. Burada ise kısa bir analiz çerçevenin toplam kütlesi sanki çerçeve yokmuş gibi perdeye dahil edilerek çerçeve kütlesini perde kütlesi olarak algılanırsa ISTVAN SZABO formülü ile bir periyot bulunur. Analiz sonucunda çerçevenin kütlesini perdeye aktarılması sonucu periyodun çok daha yüksek çıktığı görülmüştür.



Toplam kütle;

$$m_{\text{toplam}} = m_{\text{çerçeve}} + m_{\text{perde}} = 1125000 + 135000 = 1260000\text{kg} = 1260\text{t}$$

Perdenin yay davranış katsayısı;

$$k_{\text{perde}} = \frac{3.E.J_P}{H^3} = \frac{3.2,5.10^{10}.1,6}{45^3} = 1,32.10^6 \text{ N/m}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m + \frac{33}{140} m_{\text{perde}}}{k_{\text{perde}}}} = 2\pi \sqrt{\frac{0 + \frac{33}{140} \cdot 1260000}{1,32.10^6}} = 2,97\text{s}$$

SONUÇLAR

Bu çalışmada, betonarme binalarda perde duvarların kullanılıp kullanılması sonucu bina periyodunda ve kat ötelemelerinde oluşan değişikliği gözlemlemek amaçlı iki farklı yöntemle bu araştırma yapılmıştır. Araştırma da kullanılan yöntemler perdesiz çerçeveler için Rayleigh yöntemi çerçeveli perdeli yapılar için ise Schmidts yöntemi kullanılmıştır. Farklı örnekler üzerinden kat sayısı ve çerçeve sayısına bağlı olarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan çözüm yöntemi kullanılarak dört farklı deprem etkisi altında 2 ve 10 katlı iki farklı betonarme yapının çözümlemesi yapılmıştır. Perdeli-çerçeveli ve çerçeveli olarak belirlenen bu iki çok katlı yapıya, deprem kuvvetleri etkiltilmiş ve en olumsuz sonuçları veren deprem kaydı alınarak çözümlemeye gidilmiştir. Çözümlemeler sonucunda yapılara ait deprem davranışları ve deprem performansları belirlenmiştir. Yapıların hasar durumları için yatay yüklerin tamamının perdeler tarafından karşılandığı sistemlerin yanı sıra perdeler, çerçeveli sistemlerdeki yatay yük davranışını iyileştirmek için karma sistemler içerisinde de kullanılabilir.

Çalışma sonucunda yapılarda perdelerin kullanılmaması durumunda sadece çerçevenin bulunduğu durumda periyot daha küçük çıkmıştır ve çerçevenin göz sayısına bağlı olarak periyodun artışı görülmüş, perde ve çerçeve sistemin beraber bulunduğu durumda ise periyodun çok daha büyük çıktığı görülmüştür. Deprem sınıflarının, bina önem katsayısının ve zemin özelliklerinin yapıya etkileyen deprem yüklerinin belirlenmesinde oldukça önemli olmasından dolayı bulunan bu periyot değerleri ile farklı deprem sınıfları ve farklı zemin sınıfları dikkate alınarak Afad'ın sisteminden spektral ivmeleri ve periyot değerleri analiz edilmiştir. Bina yüksekliğinin artması durumunda, yönetmelik kriterlerinin sağlanması açısından perdelerin kullanılması bir seçimden öte bir zorunluluk haline almıştır. Yatay yükler altında perdeler en etkili taşıyıcı sistem elemanlarıdır.

KAYNAKÇA

- AFAD (2023). İnteraktif Deprem Tehlike Haritası. <https://tdth.afad.gov.tr> (10.03.2023).
- AFAD (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. <https://www.afad.gov.tr> (18.03.2018).
- TS500 Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları.
<https://www.resmigazete.gov.tr> (19.04.2002).
- TS498 Yapı Elemanların Boyutlandırmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değeri.
<https://abs.cu.edu.tr> (05.02.2003).
- Yücefer, T.N. (2016). *İnşaat Mühendisliğine Giriş*. İstanbul: İGÜ Yayını.
- Yücefer, T.N. (2021). *Büyük Depremi Beklerken*. Araştırma Dökümanı.
- Yücefer, T.N. (2021). *Deprem Kuvvetinin Perdelere Paylaştırılması*. Araştırma Dökümanı.

EKLER

Ek.1- Tezin Aktarıldığı 3 adet CD.

Ek.2- 3 Adet Spirali Tez Defteri.



