

Ataköy 1. Kısımındaki Fınaların
Titreşim Özellikleri

Handan İlhan

Yüksek Lisans Tezi

65

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ATAKÖY I. KISIMDAKİ BİNALARIN TİTREŞİM
ÖZELLİKLERİ İLE HAKİM PERİYODUN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Handan İLHAN

İSTANBUL - 1985

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
GENEL KİTAPLIĞI

Kot : R 150
Alındığı Yer : Fen Bil. Ens. 65
Tarih : 8.12.1986
Fatura :
Fiatı : 1000 TL
Ayniyat No : 1/32
Kayıt No : 44616
UDC :
Ek :



YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Comp-



ATAKÖY I. KISIMIDAKİ BİNALARIN TİTREŞİM ÖZELLİKLERİ İLE AKIM PERİYODUN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DENETLEYEN

0203 İnş. Müh. Handan İLHAN

Doç. Tuncer KODAMANOĞLU

İSTANBUL - 1985

İÇİNDEKİLER

Sayfa No.

1. Giriş	(1)
2. Özel periyodun önemi	(1)
2.1 Dinamik analiz.....	(2)
2.2. Statik deplasmana dayanan formüller.....	(2)
2.3. Tek serbestlik dereceli sistemler.....	(5)
2.4. Çoklu serbestlik dereceli sistemler.....	(6)
<u>S U M M A R Y</u>	
The design of structural systems against wind and earthquake loads is dependent upon the natural period which can be evaluated by different procedures in this paper. Some of these procedures are both reviewed and discussed.	
3.3. Çerçevelerin özel periyotlarının hesaplanması.....	(16)
Period Calculations is necessary at all the structural systems that exposed to dynamic effects.	
3.3.2. Çerçevelerin kolonlar ve kirişler birleşim noktalarındaki titreşimlerin hesaplanması.....	(18)
Sometimes, We use wrong methods at Calculating periyod. Because, Calculations of the periods change about kinds of structural systems.	
3.5. Perde ve çerçevelerden meydana gelen yapıların doğal periyotlarının hesaplanması.....	(25)
In this study, We have offered some natural period methods and equations to some kinds structural systems and after that used one of them at Ataköy - I Block.	
4. Simetrik olmayan yapıların dinamik özellikleri.....	(33)
4.1. Yanal rijitlik özellikleri.....	(34)
4.2. Bağımsız titreşimler.....	(35)
4.3. Bağımlı titreşimler.....	(38)
5. Yığın yapıların yatay yüklerle göre hesapları.....	(40)
5.1. Hesap yöntemi.....	(41)
5.2. Kat Adanışları.....	(41)
5.3. Kat rijitlikleri.....	(42)
5.4. Yapı özel periyodu.....	(43)
5.5. Deprem yükleri ve deplasman hesapları.....	(45)

İ Ç İ N D E K İ L E RSayfa No

1 . Giriş	(1)
2 . Özel peryodun önemi	(1)
2.1 Dinamik analiz.....	(2)
2.2. Statik deplasmana dayanan formüller.....	(2)
2.3. Tek serbestlik dereceli özel yapılar.....	(5)
2.4. Ölçme yoluyla peryod tespiti.....	(6)
3. Statik deplasmana dayanan formüller ile yapılan özel peryodların tayini.....	(7)
3.1. Özel peryodun tayini.....	(7)
3.2. Baca kule gibi yapıların özel peryodlarının tayini	(10)
3.3. Çerçevelerin özel periyodlarının tayini.....	(16)
3.3.1. Kirişlerin guseli olması hali.....	(18)
3.3.2. Kirişlerin kolanlara elastik bir bağlantıyla birleşmeleri.....	(18)
3.3.3. Döşemenin nervürlü olması hali.....	(22)
3.4. Çerçevelerden meydana gelen yapıların özel peryodlarının tayinin.....	(25)
3.5. Perde ve çerçevelerden meydana gelen yapıların özel peryodlar tayini.....	(26)
3.6. İçlerinde büyük boşluklar bulunan perdeler ile çerçevelerden meydana gelen yapıların özel periyodlarının tayinin.....	(30)
4. Simetrik olmayan yapıların dinamik özellikleri.....	(33)
4.1. Yanal rijitlik özellikleri.....	(34)
4.2. Bağımsız titreşimler.....	(36)
4.3. Bağımlı titreşimler.....	(38)
5. Yığma yapıların yatay yüklere göre hesabı	(40)
5.1. Hesap yöntemi.....	(41)
5.2. Kat Ağırlıkları.....	(41)
5.3. Duvar rijitlikleri.....	(42)
5.4. Yapı özel peryodu.....	(43)
5.5. Deprem yükleri ve devrilme momentleri.....	(45)

6. Tuğla yığma yapıları yatay	
yükler altında davranışları.....	(46)
6.1 Dinamik özellikler.....	(46)
7. Sonuç ve öneriler.....	(52)
8. Ataköy I. kısımdaki binaların yapı	
özel periyodu.....	(53)
9. Kaynaklar.....	(61)
10. Özgeçmiş.....	(62)

Yüksek metotlar.

Yapı mühendisliğinin pratik ihtiyaçlarını karşılamak için ikinci sınıfa giren metotları basitlikleri yanında doğruluğu bakımından da yeterli bulunduklarından hemen hemen bütün yönetmeliklerde yer almaktadırlar. Bu metotlarda zıttıf statik kuvvetleri tayin etmek için özel periyodların bilinmesi gerekmektedir.

2. ÖZEL PERİYODUN ÖNEMİ

Çeşitli ülkelerde depreme dayanıklı yapı yönetmeliklerinde, deprem yükleri statik eşdeğer yatay yük olarak alınır. Genellikle statik eşdeğer yatay yük yapı ağırlığının belirli bir yüzdesi olarak ifade edilir. Bu ağırlık yüzdesinin yapının malzemesi, katmanlılık, ivmeye karşılık geldiği varsayılır. Birçok yönetmeliklerde bu yüzde C ile sembolleştirilir ve statik eşdeğer deprem yükü katsayısı olarak bilinir. Periyodun önemi bu katsayının değerlendirilmesinde ortaya çıkar. Kısa periyodlu (râzî) yapıların ivmesi fazla olacağından katsayı C de yüksek alınır. Uzun periyodlu yapılarda ise ivme az ve dolayısıyla yapıya etkisi depremin kuvvetleri de azdır. Genellikle C için 0 ile 0,25 arasında değerler alınır.

Yapıların özel periyodunun tayininde kullanılan metotlara kısaca şöyle ayrılabiliriz:

- 1) Dinamik Analiz
- 2) Statik denklemlere dayanan formlüler
- 3) Ayrık formlüler

2.1. DİNAMİK ANALİZ

1. G İ R İ Ş

Yapılarda depremden meydana gelen tesirileri tayin etmek için kullanılan metodlar iki ana sınıfa ayrılabilir.

I. Belirli zaman artımlarında depremden meydana gelen tesirleri veya bunların maksimumlarını doğrudan doğruya tayin eden dinamik metodlar.

II. Depremden meydana gelen maksimum tesirleri veren fiktif statik kuvvetleri tayin ederek dinamik problemi statik probleme çeviren metotlar.

Yapı mühendisliğinin pratik ihtiyaçlarını karşılamak için ikinci sınıfa giren metotları basitlikleri yanında doğruluğu bakımından da yeterli bulunduklarından hemen hemen bütün yönetmeliklerde yer almaktadırlar. Bu metotlarda fiktif statik kuvvetleri tayin etmek için özel periyodların bilinmesi gerekmektedir.

2. ÖZEL PERİYODUN ÖNEMİ

Çeşitli ülkelerde depreme dayanıklı yapı yönetmeliklerinde, deprem yükleri statik eşdeğer yatay yük olarak alınır. Genellikle statik eşdeğer yatay yük yapı ağırlığının belirli bir yüzdesi olarak ifade edilir. Bu ağırlık yüzdesinin yapının salınımı esnasındaki ivmeye karşılık geldiği varsayılır. Birçok yönetmeliklerde bu yüzde C'ile sembolleştirilir ve statik eşdeğer deprem yükü katsayısı olarak bilinir. Periyodun önemi bu katsayının değerlendirilmesinde ortaya çıkar. Kısa periyodlu (râjit) yapıların ivmesi fazla olacağından katsayı C'de yüksek alınır. Uzun periyodlu yapılarda ise ivme az ve dolayısıyla yapıya etkileyen deprem kuvvetleri de azdır. Genellikle C için 0 ile 0,25 arasında değerler alınır.

Yapıların özel periyodunun tayininde kullanılan metodları üç grupta toplayabiliriz.

- 1) Dinamik Analiz
- 2) Statik deplasmana dayanan formüller
- 3) Amprik formüller

2.1. DİNAMİK ANALİZ

Bu yöntemle elde edilen periyod değeri dinamik analize esas olan kabullerin gerçeğe yakınlığı oranda doğru olur.

Günümüzde elektronik hesaplayıcılarla yapıların periyodları hesaplanabilmektedir. Fakat malzeme özelliklerinin yapı temel durumunun ve yapı hareketli yüklerinin hassaslıkla belirlenemesi nedeniyle bu metodun diğerlerine oranla fazla bir üstünlüğü olmamaktadır.

Ayrıca yapı özel periyodundaki küçük değişimlerin statik eşdeğer deprem yüküne tesiri önemli olmamaktadır.

Dinamik analiz metodu diğer metodların geçerli olmadığı hal-lerde ve hesap parametreleri iyice bilinen yapılar için kullanıl-maktadır.

2.2 STATİK DEPLASMANA DAYANAN FORMÜLLER

Bu metotta yapı için kabul edilen bir çeşit yükleme ve onun oluşturduğu deplasmanlara göre yapı özel periyodunun yaklaşık olarak bulunmasıdır.

Çok katlı yapılar için kabul edilen yükleme her katta birim yatay yük olabileceği gibi statik eşdeğer deprem yükü dağılımına daha uygun düşen tabandan başlayarak yukarıya doğru lineer olarak artan bir yüklemede olabilir. Bu metodun en önemli özelliği elde edilen periyodun kabul edilen yük dağılımıyla fazla değişmemesidir.

Çok katlı yapıların özel periyodu Rayleigh oranı olarak şöyle plabilir.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum M_i D_i^2}{\sum P_i D_i}} = \frac{2\pi}{\sqrt{g}} \sqrt{\frac{\sum M_i g D_i^2}{\sum P_i D_i}}$$

T = Özel periyod (saniye)

P_i = i 'inci kata uygulanan yatay yük

D_i = i 'inci kat deplasmanı

M_i = i 'inci kat kütlesi

ağırlığı (eşit olsun veya olmasın) o

Katların ağırlığı eşit ise, bu yapıda her katın kendi ağırlığına eşit statik yatay yüklerle yüklendiğinde en üst kat deplasmanı hesaplanır. Bunu (δ) gösterelim.

Denklemdaki P_i kuvvetleri birbirine eşittir. W (kat ağırlığı)

$P_i = W = \text{sabittir}$

$D(x) = \left(\frac{x}{H}\right)\delta$ $D(x)$ = temelden x yükseklikteki yatay deplasman

H = Yapının toplam yüksekliğidir.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\int_0^H \delta^2 \left(\frac{x}{H}\right)^2 dx}{g \int_0^H \delta \left(\frac{x}{H}\right) dx}} \quad \text{veya} \quad T = \frac{2\pi}{1,5} \sqrt{\delta} = 0,164 \sqrt{\delta}$$

δ = en üst kat deplasmanı (cm)

g = yerçekimi ivmesi (981 cm/sn^2)

Hesaplar yukarı doğru artan üçgen yükler için tekrarlanırsa

$$T = 0,20 \sqrt{\delta} \text{ bulunur.}$$

Ayrıca düzgün yayılı kütleye sahip bir konsol kirişin yapı dinamiği esaslarından yararlanarak elde edilen özel periyodu

$$T = \frac{2\pi}{3,5176} \sqrt{\frac{m H^4}{EI}} \quad \text{olarak bulunur.}$$

m = birim boy kütlesi

H = Konsol boyu

EI = Eğilme rijitliği

$$\text{Eğer } m = \frac{W}{g}$$

kendi ağırlığından dolayı konsol kirişin

sehimi

$$\delta = \frac{WH^4}{BEI}$$

olarak alınırse $T = 0,1613$

olur.

Deplasman veya yük dağılımı kabulleri özel periyod değerlendirmesini fazla değiştirmemektedir.

Yapının her katının ağırlığı (eşit olsun veya olmasın) o kata yatay yük olarak uygulanacak ve yapının en üst katındaki yatay deplasmanı (cm) olarak hesaplanacaktır.

Böylece özel periyod

$$T = 0,16 \sim 0,20 \sqrt{\delta} \text{ (sn) olarak hesaplanır.}$$

Bu formülde tek bilinmeyen olan δ hesaplanırken yapının rijitliği ve malzeme özellikleri gözönünde bulundurulacağından bu formül amprik formüllere nazaran daha güvenilir kabul edilmelidir.

AMPİRİK FORMÜLLER

Periyod hesabı için kullanılan en yaygın formül

$$T = \frac{0,09 H}{\sqrt{D}}$$

T = özel periyod (Sn)

H = Yapının temel tabanından yüksekliği (m)

D = Deprem yönünde yapı genişliği (m)

Bu formül 500 çeşitli yapı tipinin periyod ölçülerinden derlenmiştir. Eğriler çizilmiştir Ort. periyod eğrisi $T = 0,10 \sqrt{H^2/D}$ olarak görülmektedir. Ancak emniyetli olmak için $T = \frac{0,09 H}{\sqrt{D}}$ kullanılır.

Yatay yükleri eğilmeye çalışarak perdesiz uzay çerçevesi sistemlerde periyod

$$T = (0,07 - 0,10) N$$

N = Kat adedidir.

Bu denklem çerçevesi sistemlerde daha doğru neticeler vermektedir.

$$\text{Perdeli sistemler için } T = C_1 N \sqrt{B}$$

C = Bir sabit

B = Yapının deprem yönüne dik boyutu

2.3. TEK SERBESTLİK DERECELİ ÖZEL YAPILAR

Su kulesi, rafineri kulesi ve benzeri tek serbestli derece-ey-
si (kütlenin bir noktada toplandığı kabul edilebilecek) yapılar için

$$T = 2 \sqrt{\frac{m}{k}} \quad \text{formülü kullanılabilir.}$$

Burada $m = \frac{W}{g}$ rijitlik $k = \frac{W}{\delta}$ alınır

$$T = 2 \pi \sqrt{\frac{\delta}{g}} = 0,20$$

δ = ağırlık W'nin statik yatay yük olarak yapıya tatbikiyle
elde edilen statik deplasmandır. (cm) Bu formül Japonyada yay-
gın olarak kullanılmaktadır.

Baca tipi yapılar için Hindistan şartnamesi ayrı bir formül
vermektedir.

$$T = C_t \frac{W h}{E A g}$$

C_t = Yapının narinliğine dayanan bir katsayı

W = Yapının toplam ağırlığı

h = Yapının temelden yüksekliği

E = Malzeme elastiklik modülü

A = Temelde kesit alanı

g = Yerçekimi ivmesi

Narinlik katsayısı K

C_t

5

14,4

10

21,2

15

29,6

20

38,4

25

47,2

30

56,0

35

65,0

40

73,8

45

82,2

50

1,8 k

2.4. ÖLÇME YOLUYLA PERİYOD TESPİTİ

Yapı sistemlerinin periyodları deneysel metodla da tespit edilebilmektedir.

Önemli olan yapının periyodunun yapının inşaadından önce hesaplanma safhasında değerlendirilmesidir. Ancak yapılara deneysel metodlarla periyodlarının tespiti daha sonraki hesaplar için önem olmakta bunlardan ampirik formüller çıkarılmaktadır.

Yapı periyodunun tespitinde kullanılan en önemli deneysel alet vibrasyon jeneratörüdür.

Vibrasyon jeneratörü eksantrik iki kütleli belirli frekanslarla ters yönlerde bir motor vasıtasıyla döndürür ve periyodu elde edilmek istenen yapının yalnız bir yönde salınımını sağlar. Yapı periyoduna yaklaşıldıkça yapının mukabelesi fazlalaşır ve rezonans olayı meydana gelir. İvme ölçerleri ile rezonans olay değerlerinden elde edilen eğride max ivmeye karşılık gelen yapının bir titreşim moduna tekabül eden frekansına aittir. Vibrasyon jeneratörünün frekansının değiştirilmesiyle elde edilecek diğer eğrilerden değişik modlara ait frekanslar bulunur. En küçük frekansa tekabül eden periyod yapının birinci titreşim moduna karşılık gelen özel periyod olacaktır.

Yapıların özel periyodlarının değerlendirilmesinde kullanılan çeşitli yöntemler, uygulama açısından kısaca anlatılmıştır. Yapıların açıklamaların ışığı altında şu sonuca varılabilir.

Yatay statik deplasman cinsinden özel periyod değerlendirilmesi problemi daha kısa yoldan çözüme yaradığından, birçok kez yapı dinamiği esaslarına dayanan metodlar kadar doğru neticeler vermektedir.

Bu nedenle statik deplasmana dayanan formülleri geniş olarak ve değişik yapı tipleri için ayrı ayrı inceleyebiliriz.

3. STATİK DEPLASMANA DAYANAN FORMÜLLER İLE YAPILARIN ÖZEL PERİYOTLARININ TAYİNİ

Özel periyotları değişik yapı tipleri için ayrı ayrı inceleyebiliriz.

- Çerçevelerin özel periyotlarının tayini
- Perde ve çerçevelerden meydana gelen yapıların özel periyotlarının tayini
- İçlerinde büyük boşluklar bulunan perdeler ile çerçevelerden meydana gelen yapıların özel periyotlarının tayini

3.1. ÖZEL PERİYOTLARIN TAYİNİ

Sistemin lineer elastik malzemeden yapıldığını ve kütlelerinin düğüm noktaları denilen belirli noktalarda toplandığı kabul edilmiştir.

i düğüm noktasının birinci normal moda ait

deplasmanı : $\vec{u}_i(t)$

kütlesi : m_i olsun.

Yapıda aynı deplasmanları meydana getiren fiktif $\vec{P}_i$ statik kuvvetleri, düğüm noktalarına etkiyen iç kuvvetlere zıt işaretlerle eşit olacaklarından

$\vec{P}_i(t) = + m_i \frac{d^2 u_i(t)}{dt^2}$ ($i = 1, 2, \dots, n$) ile ifade edilebilir.

Titreşim için $\vec{u}_i(t) = \vec{D}_i \sin \omega t$ (2)

olursa

$\vec{P}_i(t) = m_i \omega^2 \vec{D}_i \sin \omega t = \vec{P}_i \sin \omega t$

$\vec{P}_i = m_i \omega^2 \vec{D}_i$ ($i = 1, 2, \dots, n$) elde edilir. (3)

Burada

ω : Birinci normal moda ait özel açısal frekansı

$T = \frac{2\pi}{\omega}$: " " " " " Periyodu gösterir.

O halde, birinci normal moda ait en büyük $\vec{D}_i$ deplasmanlarını veren fiktif $\vec{P}_i$ kuvvetleri (3) denklemi ile verilmiş

İlk dörtte bir periyotta kinetik enerjideki değişme,

$$\frac{1}{2} \sum_i m_i \left(\frac{d\vec{u}_i}{dt} \right)^2_{t=0} \quad (4)$$

$\vec{u}_i(t)$ nın (2) deki değeri (4) de yerine konursa kinetik enerjideki değişme için,

$$\frac{1}{2} \sum_i m_i w^2 (\vec{D}_i)^2 \quad (5) \text{ bulunur.}$$

Aynı süre içindeki deformasyon enerjisindeki değişme virtüel iş teoremine göre dış kuvvetlerin yaptığı işe eşit olacağından

$$\frac{1}{2} \sum \vec{P}_i \cdot \vec{D}_i \text{ dir.} \quad (6)$$

Buradaki çarpı işareti skaler çarpımı ifade etmektedir. (5) ve (6) nın birbirine eşit oldukları gözönünde tutulursa özel açısal frekans

$$w^2 = \frac{\sum \vec{P}_i \cdot \vec{D}_i}{m_i \cdot \vec{D}_i^2} \quad (7) \text{ olur}$$

Sağ taraftaki ifadeye Rayleigh oranı adı verilen bu formül yardımı ile w hesaplandıktan sonra

$$T = \frac{2\pi}{w} \quad (8) \text{ yardımı ile yapının özel periyodu tayin edilir.}$$

Düğüm noktalarının D_i deplasmanlarının hepsinin aynı doğrultuda olmaları özel halinde, P_i dış kuvvetleri de aynı doğrultuda olacaklarından, w özel açısal frekansını veren (7) formülü

$$w^2 = \frac{\sum P_i \cdot D_i}{\sum m_i \cdot D_i^2} \quad (7') \text{ şeklini alır.}$$

Başlangıçta birinci normal moda ait $\vec{D}_i$ deplasmanları ve (3) ile bunlara bağlı olarak tarif edilen $\vec{P}_i$ statik kuvvetleri bilinmediğinden bir ardışık yaklaşım metodunu başvurmak gerekmektedir. Bunun için önce birinci moda ait $\vec{P}_i$ kuvvetleri tahmin edilir ve bir statik hesapla D_i deplasmanları bulunur. (3) formülünde $w = 1$ olarak alınıp D_i 'ler yerlerine konarak bulunan $\vec{P}_i$ kuvvetleri başlangıçta tahmin edilenler ile orantılı olmalıdır.

Aksi halde, bu oranlar birbirine yeter derecede yakın oluncaya kadar ve her adımda son bulunan $\overrightarrow{P_i}$ ler kullanılarak hesap tekrarlanmalıdır. En son bulunan $\overrightarrow{P_i}$ ve $\overrightarrow{D_i}$ ler (7) de yerlerine konarak w^2 elde edilir.

Birinci moda ait P_i kuvvetleri tahmin edilerek T özel periyodu tayin edilir. Daha sonra $\overrightarrow{P_i}$ lerin bir kısmı bir λ parametresinin çeşitli değerleriyle çarpılıp bulunan yeni $\overrightarrow{P_i}$ kuvvetlerine göre hesap tekrarlanarak yeni T değerleri bulunur. Birbirine yakın olan bu T değerlerinden en büyüğü gerçek değere en yakın olduğundan birinci normal moda ait özel periyod olarak alınabilir.

Pratik ihtiyaçlar için hesabın çok defa tekrarına lüzum yoktur. Hatta hesabın bir defa yapılması bile yetmektedir.

Bunun için önce, birinci normal modu veren $\overrightarrow{P_i}$ kuvvetleri tahmin edilir. Daha sonra $\overrightarrow{P_i}$ kuvvetlerinden meydana gelen D_i deplasmanları tayin edilerek (7) formülünde yerine konur ve w^2 hesaplanır (8) yardımı ile de aranan T özel periyodu bulunur.

Pratikte birçok yapı için birinci normal modun şeklini dolayısı ile P_i kuvvetlerini gerçeğe oldukça yakın olarak tahmin etmek mümkün olmaktadır. Ayrıca yapılan sayısal örneklerden, $\overrightarrow{P_i}$ kuvvetlerindeki değişiminin T özel periyot değerine etkisinin çok küçük olduğu da anlaşılmaktadır. Bundan dolayı, $\overrightarrow{P_i}$ kuvvetleri olarak eşit kuvvetler hatta rüzgar kuvvetlerinin alınması bile oldukça iyi sonuçlar vermektedir.

Deplasmanların tayini, bu hesabın uzun ve yorucu kısmını teşkil etmektedir. Aşağıdaki kısımlarda çeşitli yapı sistemleri için deplasmanlar nisbeten basit şekilde hesaplanarak T özel periyotları tayin edilir

3.2. BACA VE KULE GİBİ YAPILARIN ÖZEL PERİYOTLARININ TAYİNİ

Baca ve kule gibi yapılar tabanlarından zemine ankastre veya elastik ankastre olarak bağlı olan ve üst uçları başta bulunan konsol kirişler gibi çalışırlar.

Bu tip yapıların özel periyotlarının bilinmesi, gerek rüzgar ve gerekse depremden meydana gelen dinamik etkilerin tayini için lazım olmaktadır. Bunların serbest titreşimleri sırasında birinci normal moda ait deplasmanlar tabanda sıfır olan ve yukarıya doğru artan değerler alırlar. Genellikle kütleler de aşağıya doğru artan değerler aldıklarından $m_i D_i$ ler ile orantılı olan P_i statik kuvvetlerinin tabanda sıfır olan ve yukarıya doğru lineer olarak artan kuvvetler olarak tahmin edilip hesaba bağlanması uygun olmaktadır.

P_i ve D_i ler bütün kesitlerde bir doğrultuya paralel olduklarından (7) yerine kullanılacak olan (7') de yerlerine konularak w^2 ve (8) ile de özel periyot tayin edilir.

$$w^2 = \frac{\sum P_i D_i}{\sum m_i D_i^2} \quad (7') \quad T = \frac{2\pi}{w} \quad (8)$$

Bulunan D_i deplasmanları ile m_i kütlelerinin çarpımları olan $m_i D_i$ lerin tahmin edilen P_i kuvvetleriyle orantılı olmadıkları hallerde bu $m_i D_i$ ler orantılı olan yeni P_i ler için hesabın tekrarı gerekir. Buna rağmen ikinci adımda bulunan T ile birinci adımda bulunan T birbirine eşit olduklarından hesabın tekrarına lüzum kalmamaktadır.

P_i kuvvetleri olarak bacanın üstünde yatay bir kuvvetin alınması halinde rölatif hata % 6 ya yükselmektedir.

Baca veya kulenin tabanda redörü R olan elastik bir mesnetde oturması halinde bu mesnetteki θ dönmeside gözönünde tutularak T özel periyodu aynı şekilde tayin edilebilir.

Baca 10 eşit parçaya ayrılmış ve her kesite yukarıdan aşağıya doğru 0' dan itibaren 10'a kadar indisler verilmiştir.

M, P kuvvetlerinden tabanda meydana gelen eğilme momentini gösterdiğine göre tabandaki dönme

$$\theta = \frac{M}{R\chi} \quad \text{değerini alır.}$$

$$R = K_2 \frac{\pi r^4}{4}$$

ile verilen $R\chi$ ifadesinde K_2 zeminin yatak katsayısını r 'de dairesel temel yarıçapını göstermektedir.

θ taban dönmesinden dolayı D_i lere eklenecek dD_i deplasmanlarının ifadesi

$$dD_i = \theta h_i = \frac{M}{R\chi} h_i \quad \text{rin}$$

Burada h_i , i kesitinin tabandan olan yüksekliğini göstermektedir. Ayrıca deformasyon işini veren

$$\sum P_i D_i$$

ifadesine elâstik mesnetle yapılan

$$M.e = \frac{M^2}{R\chi}$$

işi de eklenirse elastik mesnetli baca ve kuleler için (7') formülü

$$W^2 = \frac{\frac{M^2}{R} + \sum_i P_i D_i}{\sum_i m_i (D_i + \frac{M}{R} h_i)^2} \quad \text{şeklini alır (7)}$$

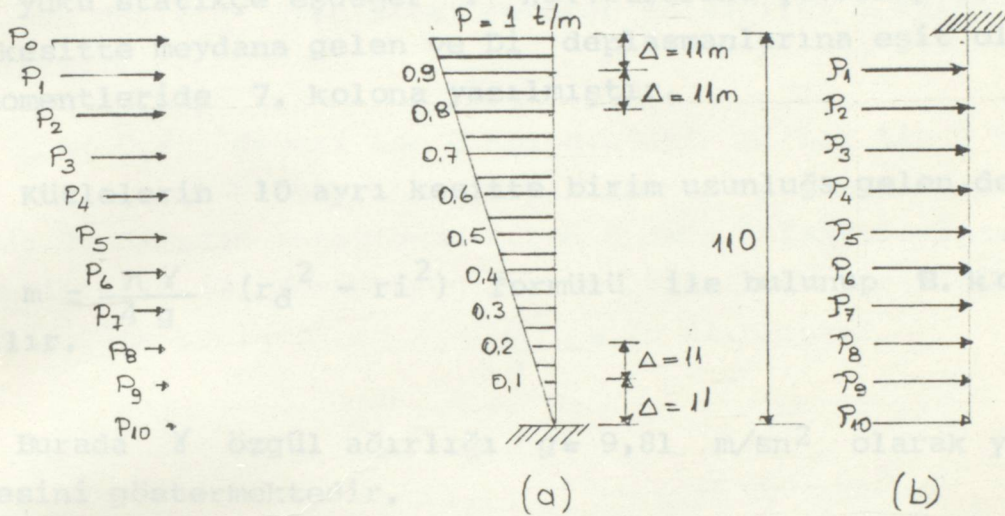
1. Baca ve kule gibi yapıların özel periyotlarının tayini:

Yüksekliği 110 m olan ve r_i iç, r_d dış yarıçapları yükseklikle lineer olarak değişen betonarme bir bacanın tabanında

$r_d \approx 9,40$ m $r_i = 8,64$ m
 tepesinde $r_d = 3,40$ m $r_i = 3,04$ m dir.

Bu bacanın birinci normal moda ait T özel periyodu aranmaktadır.

Baca 10 eşit parçaya ayrılmış ve her kesite yukarıdan aşağıya doğru 0 ' dan itibaren 10'a kadar indisler verilmiştir.



Her kesitte $I = \frac{\pi}{4} (r_d^4 - r_i^4)$ ile tayin edilen atalet momentleri Tablonun 2.kolonunda gösterilmiştir.

Statik kuvvetler olarak şiddeti tabanda sıfır üstte 1 olan lineer yayılı P yükü alınmıştır. Bu yük statikçe eşdeğer P yüklerine çevrilmiştir.

Buna göre P_0 kenar kuvveti

$$P_0 = \frac{\Delta}{12} \left[3,5 p_0 + 3 P_1 + 0,5 P_2 \right] \quad \Delta = 11 \text{ m}$$

ile ara kuvvetlerden P_i ise

$$P_i = \frac{\Delta}{12} \left[P_{i-1} + 10 P_i + P_{i+1} \right] \quad \Delta = 11 \text{ ile tayin edilerek tabloda kolon 4'e yazılmıştır.}$$

P kuvvetlerinden konsol kirişte meydana gelen M eğilme momentleri kendilerine ait EI eğilme rijitliklerine bölünerek her kesit için tayin edilen M/EI değerleri tabloda kolon 5'e yazılmıştır. Betonarmede $E = 2 \cdot 10^6 \text{ t/m}^2$ alınmıştır.

Mohr teoremine göre üstünde ankastre tabanda başta olan fiktif kirişte M/EI yayılı fiktif yükünden meydana gelen eğilme momenti D_i deplasmanlarını verecektir. Bunun için M/EI yayılı yükü statikçe eşdeğer P kuvvetlerine çevrilip 6. kolona her kesitte meydana gelen ve D_i deplasmanlarına eşit olan eğilme momentleride 7. kolona yazılmıştır.

Kütlelerin 10 ayrı kesitte birim uzunluğa gelen değerleri Burada da Simpson formülünün 9 daki katsayılarından faydalanarak $m = \frac{n \gamma}{4 g} (r_d^2 - r_i^2)$ formülü ile bulunup 8. Kolona yazılır.

Burada γ özgül ağırlığı $g = 9,81 \text{ m/sn}^2$ olarak yerçekimi ivmesini göstermektedir.

Bacada betonarme, chamot tuğlası, ateş tuğlası olmak üzere üç ayrı cins kütle vardır. Bunların γ özgül ağırlıkları, sırasıyla 2,4 , 0,6 ve 1,9 t/m³ eşittir.

Bu üç cins malzemenin tabanda ve tepedeki dış ve iç yarıçapları şöyledir.

Malzeme	Tabanda		Tepede	
	r_d (m)	r_i (m)	r_d (m)	r_i (m)
Betonarme	9,40	8,64	3,40	3,04
Chamot tuğlası	8,64	8,18	3,04	2,58
Ateş tuğlası	8,18	7,97	2,58	2,37

(7) formülündeki $\sum P_i D_i$ değeri tabloda 3. kolonunda bulunan p ler ile 7. kolonunda bulunan D_i 'lerin çarpımlarının toplamına eşittir. Bu iki büyüklük de yayılı olduklarından toplamın hesabında Simpson formülünden faydalanılmıştır. Buna göre her satirin çarpılması gereken katsayılar 9. kolonda gösterilmiştir.

$\sum m_i D_i^2$ değeri ise 8 kolonundaki m_i 'ler ile 7 kolonundaki D_i 'lerin karelerinin çarpımlarının toplamına eşittir. Burada da Simpson formülünün kolon 9 daki katsayılarından faydalanılmıştır (7) formülünün pay ve paydasında biribirini götürdüğünden toplamlarda $\frac{\Delta}{3} = 1$ alınmıştır.

Serit No	I m^4	P t/m	P t	$\frac{M}{EI} 10^{-5}$	$P 10^{-4}$	$D 10^2$ m	m tsn^2/m	Simpson katsayı ları	$m D 10^2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	2,37	1,0	5,317	0,000	-	12,47	0,728	1	9,08
1	4,32	0,9	9,90	0,644	0,726	10,26	0,927	4	9,51
2	7,28	0,8	8,80	1,478	1,599	8,14	1,144	2	9,31
3	11,53	0,7	7,70	2,024	2,201	6,19	1,379	4	8,54
4	17,40	0,6	6,60	2,296	2,508	4,48	1,631	2	7,31
5	25,26	0,5	5,50	2,376	2,603	3,05	1,902	4	5,80
6	35,50	0,4	4,40	2,337	2,554	1,91	2,190	2	4,18
7	48,58	0,3	3,30	2,228	2,447	1,04	2,496	4	2,60
8	64,96	0,2	2,20	2,082	2,289	0,45	2,820	2	1,27
9	85,15	0,1	1,10	1,918	2,110	0,11	3,162	4	0,35
10	109,71	0,0	-	1,751	0,994	0,00	-	1	0,00

3.3 ÇERÇEVELERİN ÖZEL PERİYOTLARININ TAYINI

Bu hesaplar yapıldıktan sonra

$$W^2 = \frac{\sum P_i D_i}{\sum m_i D_i^2} = \frac{9417}{1030.8} = 9,136$$

$$W = 3,02 \quad T = \frac{2\pi}{W} = 2,09 \text{ sn}$$

olarak elde edilmiştir.

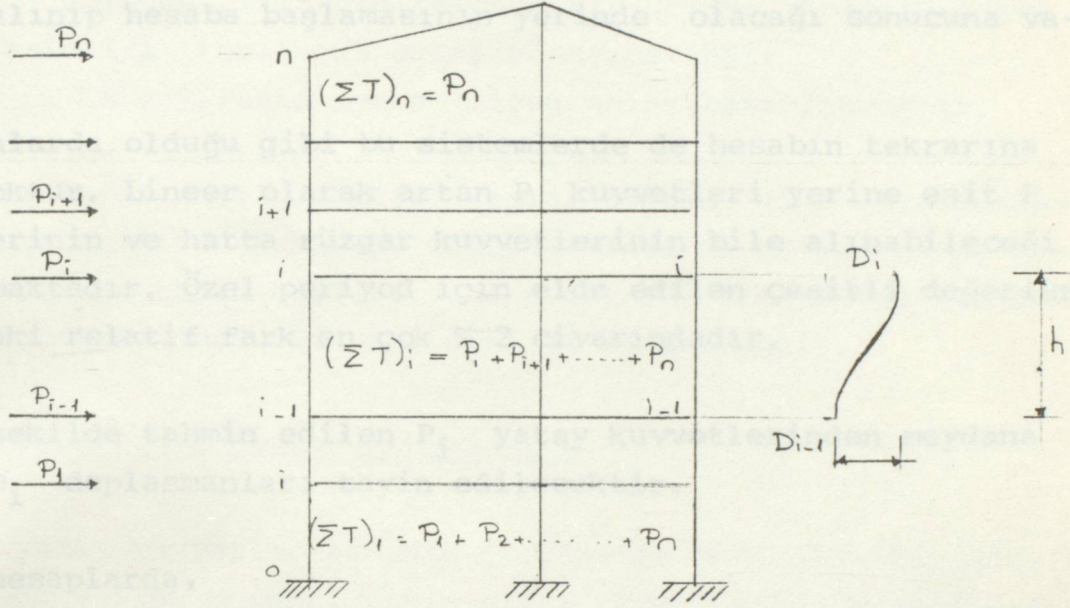
10 kolonunda gösterilen $m_i D_i$ lerin başlangıçta alınan P ler ile orantılı olmadıkları görülmektedir. Bundan dolayı $m_i D_i$ lere esit olarak alınan P 'ler için hesaplar yeniden yapılmış ve yine $T = 2,08$ sn bulunmuştur.

Buradan P yüklerinin başlangıçta lineer olarak tahmin edilmeleri halinde hesabın tekrarına lüzum kalmadığı görülmektedir.

Bir kat üzerinde bulunan düğüm noktalarının deplasmanları birbirine eşit olan bu tip çerçevelerin katları aşağıdan yukarıya doğru sıfırdan itibaren artan değerler olan indisler ile belirtilmiştir. Her katın ortak yatay deplasmanı $D_1, D_2, \dots, D_n$ ile ve her katın toplam kütlesi de $m_1, \dots, m_n$ ile gösterilmektedir. Bir kat üzerinde bulunan düğüm noktalarının deplasmanları birbirine eşit olduğundan düğüm noktalarında toplanan kütlelerin her kat üzerinde toplanması (7) formülünün sonucunda bir değişiklik meydana getirmemektedir. Ayrıca, gerçekte kirisler üzerinde yatay bulunan kütlelerin düğüm noktalarında toplanmaları özel periyodu çok az değiştirmektedir.

Bu tip sistemlerin serbest titreşimlerinde birinci normal moda ait D_1 deplasmanlarının aşağıdan yukarıya doğru yaklaşık olarak lineer bir surette arttığı görülmektedir.

3.3 ÇERÇEVELERİN ÖZEL PERİYOTLARININ TAYİNİ



Düsey kolonlu çerçevelerin düğüm noktalarının deplasmanları yatay doğrultuda olduklarından bunların özel periyotlarının tayini için (7) formülü kullanılacaktır.

Bir kat üzerinde bulunan düğüm noktalarının deplasmanları birbirine eşit olan bu tip çerçevelerin katları aşağıdan yukarıya doğru sıfırdan itibaren artan değerler olan indisler ile belirtilmiştir. Her katın ortak yatay deplasmanı $D_1, D_2, \dots, D_n$ ile ve her katın toplam kütlesi de $m_1, \dots, m_n$ ile gösterilmiştir. Bir kat üzerinde bulunan düğüm noktalarının deplasmanları birbirine eşit olduğundan düğüm noktalarında toplu olan kütlelerin her kat üzerinde toplanması (7) formülünün sonucunda bir değişiklik meydana getirmemektedir. Ayrıca, gerçekte kirişler üzerinde yayılı bulunan kütlelerin düğüm noktalarında toplanmaları özel periyodu çok az değiştirmektedir.

Bu tip sistemlerin serbest titreşimlerinde birinci normal moda ait D_1 deplasmanlarının aşağıdan yukarıya doğru yaklaşık olarak lineer bir suretle arttığı görülmektedir.

Katlarda bulunan m_i kütlelerinin de birbirine yakın değerler aldıkları düşünülürse $m_i D_i$ ler ile orantılı olan P_i kuvvetlerinin temelden itibaren yukarıya doğru lineer artan kuvvetler olarak alınıp hesaba başlamasının yerinde olacağı sonucuna varılır.

Bacalarda olduğu gibi bu sistemlerde de hesabın tekrarına gerek yoktur. Lineer olarak artan P kuvvetleri yerine eşit P kuvvetlerinin ve hatta rüzgar kuvvetlerinin bile alınabileceği anlaşılmaktadır. Özel periyod için elde edilen çeşitli değerler arasındaki relatif fark en çok % 2 civarındadır.

Bu şekilde tahmin edilen P_i yatay kuvvetlerinden meydana gelen D_i deplasmanları tayin edilecektir.

Bu hesaplarda,

δ_i : i ve $i-1$ katları arasındaki kolonların üst uçlarının alt uçlarına göre relatif yatay deplasmanlarını

$(\sum T)_i$ = i ve $i-1$ katları arasındaki kolonların kesme kuvvetlerinin toplamını göstermektedir.

$(\sum T)_i$ i ve daha üstteki katlara etkiyen D kuvvetlerinin toplamına eşittir.

$$\delta_i = \frac{(\sum T)_i}{(\sum R)_i} \text{ dir.}$$

Burada $(\sum R)_i$ i ve $i-1$ katları arasındaki kolonların R katsayılarının toplamına eşittir.

$$R = \frac{12 EI}{h^3} k \text{ olarak tarif edilmiştir.}$$

EI kolonun eğilme rijitliğini h da yüksekliğini göstermektedir. Her katta $(\sum T)_i$ R ler ile orantılı olarak dağıtılıp kolonların kesme kuvvetleri bulunabilir, k ile alt, ara ve üst katlarda ayrı ayrı diyağramlarla verilen katsayılar gösterilmektedir. Bu katsayılar r_0 ve r_u gibi iki parametreye ayrıca alt kat kolonlarında yapının katlarının sayısına da bağlıdır.

r_o : Kolonun I/I 'nin kolonun üst ucunda birleşen kolon ve kirişlerin I/I 'nin toplamına oranını

r_u : Kolonun I/I 'nin kolonun alt ucunda birleşen kolon ve kirişlerin I/I toplamına oranı göstermektedir.

k katsayılarını veren diyogramlar hazırlanmıştır.

Kolonların δ_i relatif deplasmanları (10) ile bulunduğundan sonra aşağıdan yukarıya doğru toplanarak katların D_i yatay deplasmanları tayin edilir. Daha sonra (7) ile w (8) ile de birinci normal moda ait özel periyot tayin edilir.

3.3.1. KİRİŞLERİN GUSELİ OLMASI HALİ

P yatay kuvvetlerine göre çerçevenin hesabında kirişlerin ortasında eğilme momentlerinin sıfır olduğu kabul edildiğinden guseli kirişlerde I atalet momenti yerine

$$(m_i \theta_i + m_i \theta_j) \frac{1}{6E} \quad (12)$$

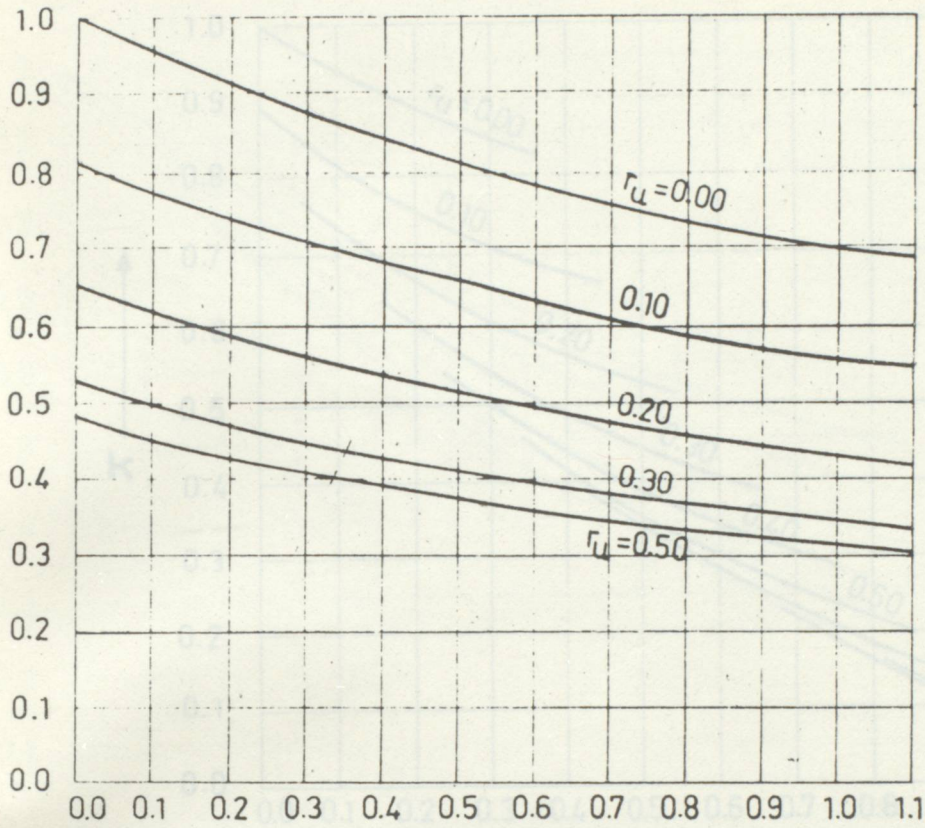
alınması gerekmektedir.

Buradaki $m_i \theta_i$ ve $m_i \theta_j$ guse şekillerine bağlı olarak verilir.

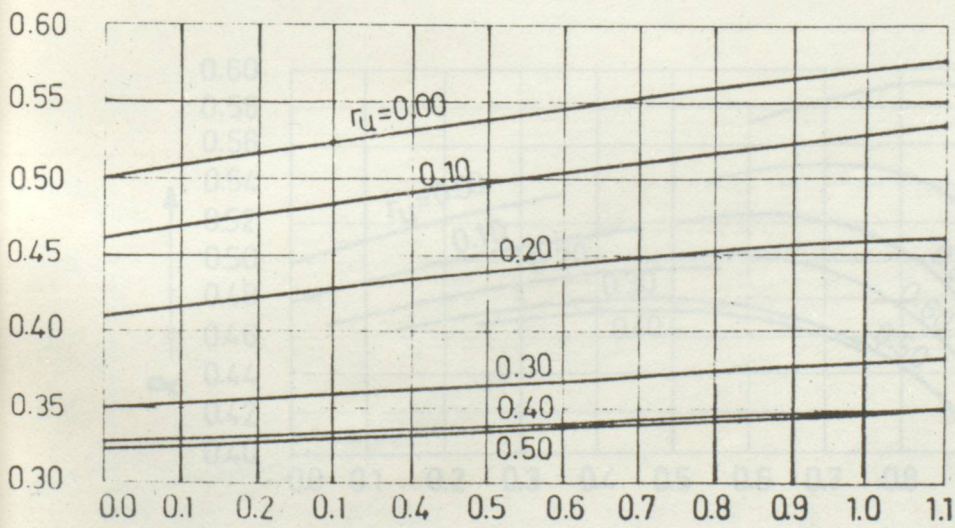
3.3.2. KİRİŞLERİN KOLONLARA ELASTİK BİR BAĞLANTIYLA BİRLEŞMELERİ HALİ

Kirişlerin kolonlara redörü R_b olan elastik bir bağlantıya birleşmeleri halinde (bulonlu, perçinli v.s birleşimler) kirişlerin I atalet momenti yerine alınacak olan I_f atalet momenti

$$\frac{1}{I_f} = \frac{1}{I} + \frac{6E}{R_b} \quad (12') \quad \text{ile tayin edilmelidir.}$$

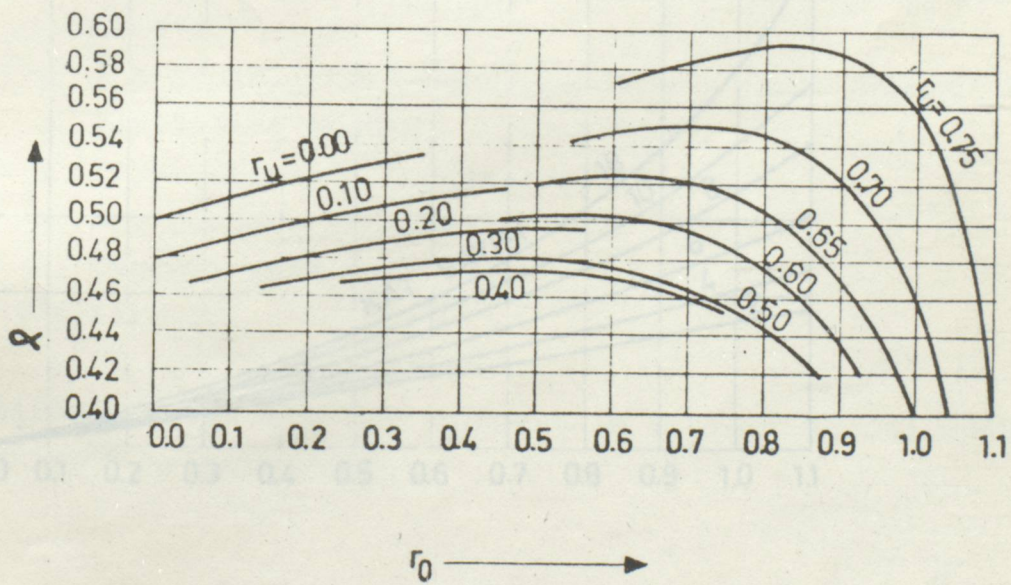
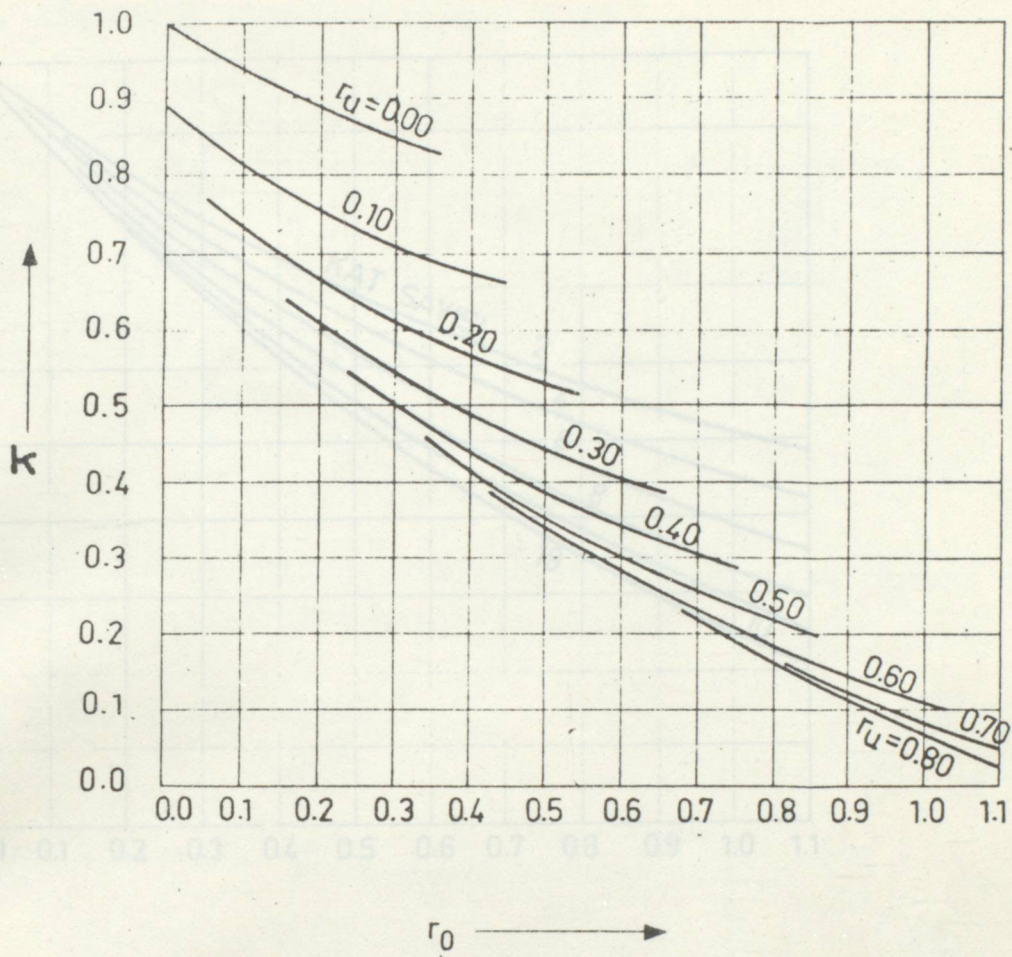


$r_0 \longrightarrow$



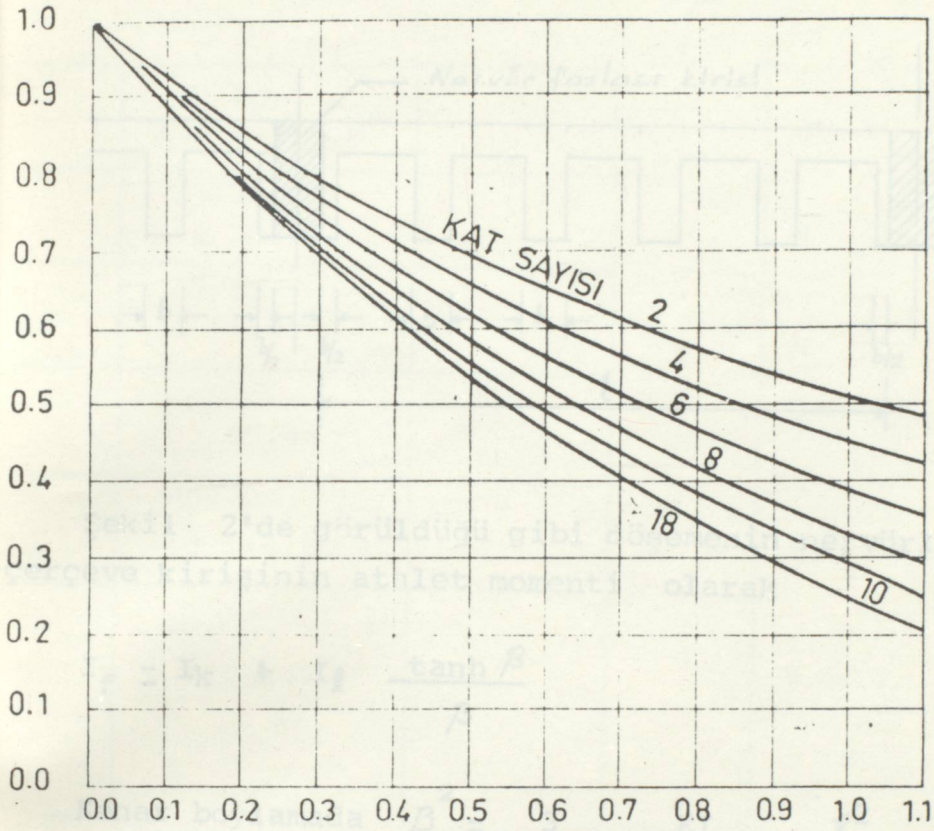
$r_0 \longrightarrow$

ÜST KAT

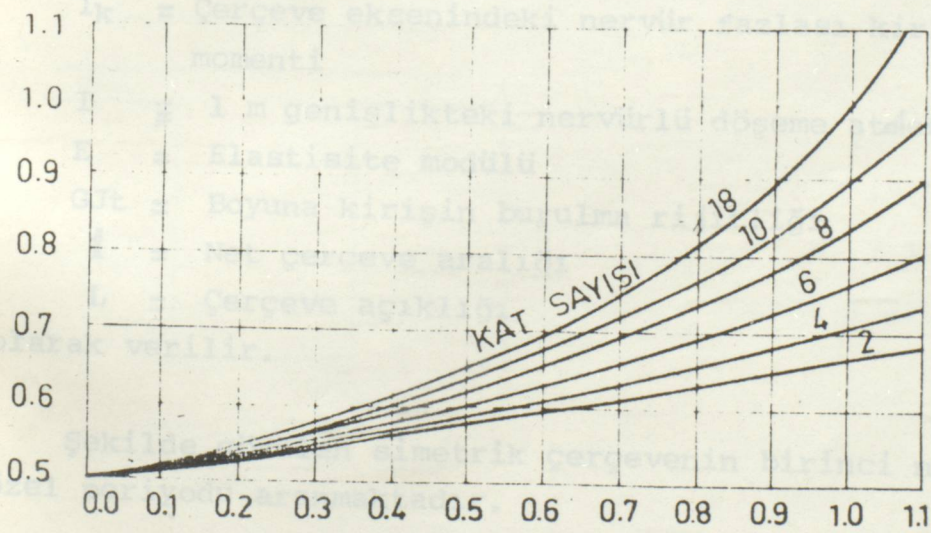


ARA KAT

3.3.3. DÖŞEMENİN NERVÜRLÜ OLMASI HALİ



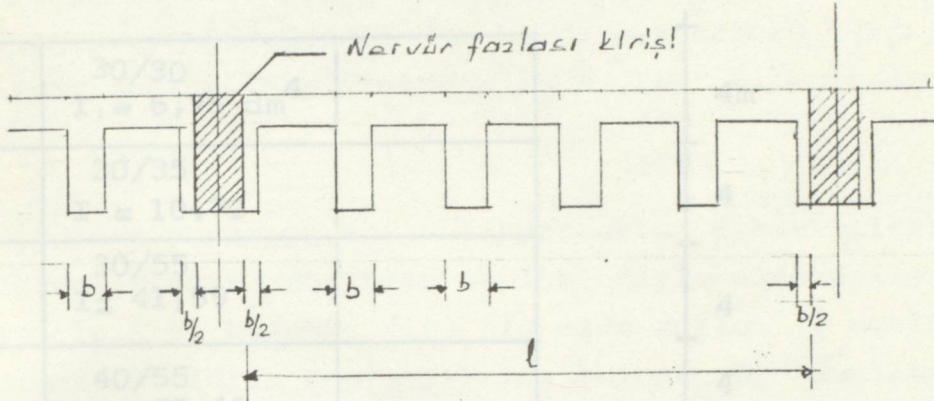
r_n →



r_0 →

ALT KAT

3.3.3. DÖŞEMENİN NERVÜRLÜ OLMASI HALİ



Şekil 2'de görüldüğü gibi döşemenin nervürlü olması halinde çerçeve kirişinin atalet momenti olarak

$$I_f = I_k + I_f \frac{\tanh \beta}{\beta}$$

$$\text{Kenar boylamada } \beta^2 = \frac{3}{2} \frac{EI}{GJt} \frac{l^2}{L}$$

$$\text{Orta boylamada : } \beta^2 = \beta^2_{\text{sol}} + \beta^2_{\text{sağ}} \quad \text{alınmalıdır.}$$

Burada,

I_k = Çerçeve eksenindeki nervür fazlası kirişinin atalet momenti

I = 1 m genişlikteki nervürlü döşeme atalet momentini

E = Elastisite modülü

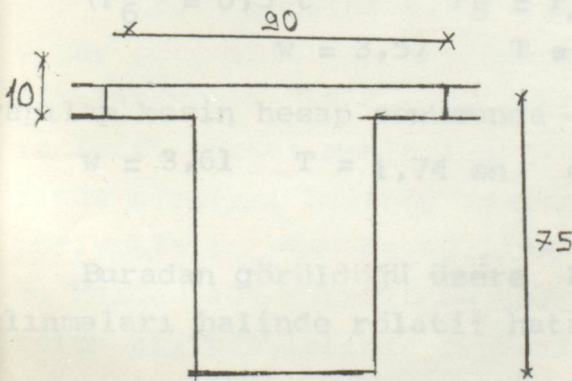
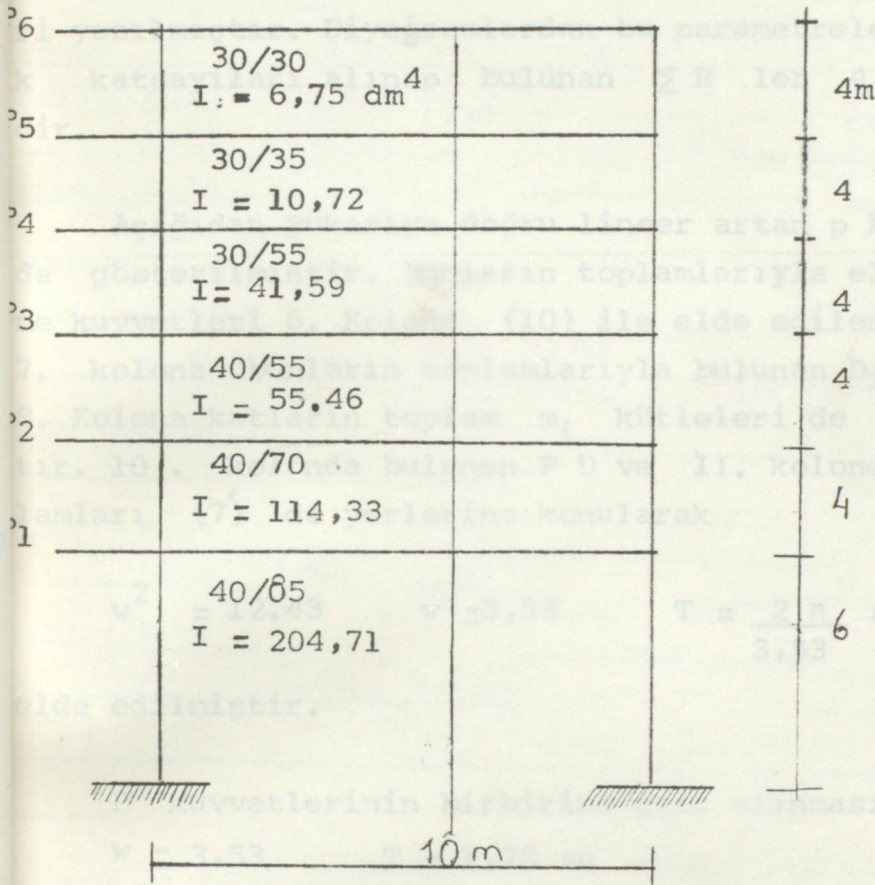
GJt = Boyuna kirişin burulma rijitliği

l = Net çerçeve aralığı

L = Çerçeve açıklığı

olarak verilir.

Şekilde görülen simetrik çerçevenin birinci normal moda ait özel periyodu aranmaktadır.



$$I = 154,97 \text{ dm}^4$$

$$I/I = 15,50 \text{ dm}^4/\text{m}$$

$$E = 2 \cdot 10^6 \text{ t/m}^2$$

Çerçeve aralığı 5 cm

Bütün hesaplar tablo üzerinde yapılmıştır. 1. Kolona katı numaraları, 2. Kolona I/I değerleri 3. Kolona r_o, r_u parametreleri yazılmıştır. Diyağramlardan bu parametrelere karşılık gelen k katsayıları alınıp bulunan $\sum R$ ler 4. kolonda görülmektedir.

Aşağıdan yukarıya doğru lineer artan p kuvvetleri 5. kolonda gösterilmiştir. Bunların toplamlarıyla elde edilen $\sum T$ kesme kuvvetleri 6. Kolona (10) ile elde edilen δ deplasmanları 7. kolona bunların toplamlarıyla bulunan D_i deplasmanları 8. Kolona katların toplam m_i kütleleri de 9. kolona yazılmıştır. 10. kolonda bulunan $P D$ ve 11. kolondaki $m D^2$ lerin toplamları (7) de yerlerine konularak

$$w^2 = 12.43 \quad w = 3.53 \quad T = \frac{2\pi}{3.53} = 1.78 \text{ sn}$$

elde edilmiştir.

P kuvvetlerinin birbirine eşit alınması halinde

$$w = 3.53 \quad T = 1.78 \text{ sn}$$

P kuvvetleri olarak rüzgar kuvvetlerinin alınması halinde

$$(P_6 = 0.5 t \quad P_5 = P_4 = P_3 = P_2 = 1t \quad P_1 = 1.25t)$$

$$w = 3.57 \quad T = 1.76 \text{ sn}$$

yapılan kesin hesap sonucunda

$$w = 3.61 \quad T = 1.74 \text{ sn} \quad \text{elde edilmiştir.}$$

Buradan görüldüğü üzere P kuvvetlerinin eşitli şekillerde alınmaları halinde rölatif hata en çok % 2 civarında olmaktadır.

Bütün kolon rijitliklerinin toplamının alınması ve (7) formülündeki m_i yerine de yapının i katındaki bütün kütlelerin toplamının alınması gerekmektedir.

at o	$\frac{I}{l}$	$\frac{r_o}{r_u}$	$\sum R$ (t/m)	P t	$\sum t$ t	$\zeta 10^2$ m	$D.10^2$ m	m tsn ² /m	$P. D. 10^2$ m	$D^2 10^4$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6	1,69	$\frac{0,11}{0,09}$	395	1,30	1,30	0,329	1,807	4,077	2,349	13,31
5	2,69	$\frac{0,16}{0,10}$	627	1,10	2,40	0,383	1,478	7,645	1,626	16,70
4	10,40	$\frac{0,57}{0,35}$	1217	0,90	2,30	0,271	1,095	"	0,986	9,17
3	13,96	$\frac{0,54}{0,31}$	1747	0,70	4,00	0,229	0,829	"	0,580	5,25
2	28,58	$\frac{0,37}{0,58}$	1200	0,50	4,50	0,375	0,595	"	0,298	2,71
	34,12	$\frac{0,77}{-}$	2184	0,30	4,80	0,220	0,220	"	0,066	0,37
					4,80	0,220				
									$\sum$ 5.905	47.51

3.4. ÇERÇEVELERDEN MEYDANA GELEN YAPILARIN ÖZEL - PERİYOTLARININ TAYİNİ

Birçok yapılar birbirine dik x,y yatay eksenlerine paralel düşey çerçevelerden meydana gelirler. Bu çerçeveler çok defa kat hizalarında rijit döşemelerle birbirine bağlıdırlar. Bu tip sistemlerin normal modlarına ait titreşimlerinin x ve y doğrultularında olmaları halinde bunların birinci normal modlarına ait özel periyotları -4- de verilen formüller ile tayin edilebilir. Ancak bu halde (10) formülünde çerçevenin iki katı arasında bulunan kolon rijitliklerinin toplamını gösteren $\sum R$ yerine yapının iki katı arasında bulunan bütün kolon rijitliklerinin toplamının alınması ve (7) formülündeki m_i yerine de yapının i katındaki bütün kütlelerin toplamının alınması gerekmektedir.

Bir yapının normal moduna ait titreşiminin mesela x doğrultusunda olması için her kata üst kolonlardan gelen $(R_x)_o$ kesme kuvvetleriyle, alt kolonlardan gelen $(R_x)_u$ kesme kuvvetleri farklarının bileşkesiyle mD_x kuvvetlerinin bileşkesinin çakışması veya birbirine yakın olması gerekmektedir. İki kat arasında sabit olan x ler ve her katta sabit olan R_x 'ler daha önceden tayin edilmiş olduklarından bu şartın kontrolu çok kolay olmaktadır.

Her kattaki kütle merkeziyle kolonların R_x rijitliklerinin merkezinin çakıştığı sistemlerde bu şartın sağlanacağı açıktır.

Bu sebeple periyodu bulunan çerçevelerden n tanesinin yan yana gelmesinden meydana gelen bir yapıda kolonların rijitliklerinin toplamı $n R$, kütlelerin toplamı da $n.m$ olacaktır. P_i kuvvetleri yerine çerçevenin D_i deplasmanları ve dolayısıyla (7') ve (8) ile bulunan T özel periyodları birbirinin aynı olacaktır.

5. PERDE VE ÇERÇEVELERDEN MEYDANA GELEN YAPILARIN ÖZEL PERİYOTLARININ TAYİNİ

Yüksek yapılar çok defa birbirine dik x, y yatay eksenlerine paralel olan ve kat hizalarında rijit döşemelerle birbirine bağlanan düşüğü perde ve çerçevelerden meydana gelmektedirler. Bu tip sistemlerin normal modlarına ait özel periyodları yine (7') ve (8) formülleriyle tayin edilebilir.

Meselâ x doğrultusuna ait özel periyot tayin edilirken (7') formülünde P_i , i katına uygulanan x doğrultusundaki ortak yatay kuvveti, D_i , i katının x doğrultusundaki ortak yatay deplasman m_i , yapının i katındaki toplam kütlelerini göstermektedir. Özel periyot hesabı için P_i yatay

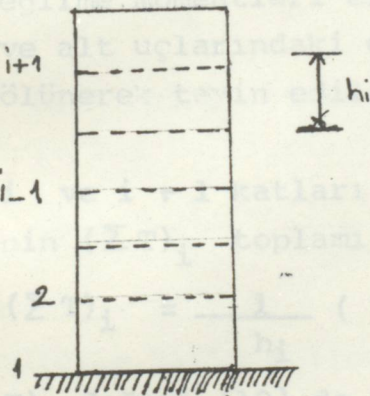
kuvvetlerinden meydana gelen D_i deplasmanlarının tayini gerekmektedir.

Bu hesaplar perdelerde delik bulunmaması ve kesme kuvvetinden meydana gelen deformasyonların gözönüne alınmaması halinde şöyle özetlenebilir.

Önce, her kat için

$$(h'_i - K_i)X_{i+1} + (2h'_i + 2h'_{i-1} + K_i + K_{i-1})X_i + (h'_{i-1} - K_{i-1})X_{i-1} + h'_i M_{O,i+1} + 2M_{O,i} (h'_i + h'_{i-1}) + h'_{i-1} M_{O,i-1} = 0$$

denklemini yazılır. (14)



Bu denklemde

EI_p : İki kat arasındaki perdelerin eğilme rijitlikleri toplamını

EI_k : Kolonların eğilme rijitliklerini

h : İki kat arasındaki yüksekliği göstermek üzere

$$h' = \frac{h}{6 EI_p} \quad K = \frac{1}{\sum \frac{12 EI}{h}} \quad (15) \text{ dir.}$$

$M_{O,i}$ = Tabandan ankastre olan konsol kirişte, P yatay kuvvetlerinden i katı hizasında meydana gelen eğilme momentini göstermektedir.

Perde ve kolonlar altlarındaki katın indisiyle belirtilmektedir. (15) deki toplam yapının iki katı arasındaki bütün kolonlar üzerinde yapılacaktır. k katsayıları ise diyağramlardan alınarak hesap edilecektir.

Üst ve alt katlar için iki ve ara katlar için üç bilinmeyenli olan (14) denklem takımı çözülerek x bilinmeyenler tayin edilir. Bunların sayısı katların sayısına eşittir.

Daha sonra kat hizalarında perdelerine gelen toplam M_i eğilme momentleri

$$M_i = M_{oi} + X_i \quad (16)$$

denklemleriyle bulunur. Bu M_i değeri perdelerin aynı hizadaki EI eğilme rijitlikleriyle orantılı olarak dağıtılıp her perdeye düğün eğilme momentleri elde edilir. Her perdenin kesme kuvveti üst ve alt uçlarındaki eğilme momentlerinin farkı h yüksekliğine bölünerek tayin edilir.

i ve $i + 1$ katları arasında bulunan kolonların kesme kuvvetlerinin $(\sum T)_i$ toplamı ise şöyle bulunur.

$$(\sum T)_i = \frac{1}{h_i} (X_{i+1} - X_i) \quad (17)$$

$(\sum T)_i$ değeri (10) da yerine konarak i rölatif deplasmanları elde edilir (10) formülündeki $(R)_i$ nin iki kat arasında bulunan bütün kolonların (11) de verilen rijitliklerinin toplamını gösterdiği bilinmektedir.

Aşağıdan yukarıya doğru D_i ler toplanarak aranan D_i yatay deplasmanları elde edilir.

Özel periyot hesabı için bu sistemlerde de daha önce incelenen sistemlerde olduğu gibi, P kuvvetleri olarak, eşit kuvvetler veya rüzgar kuvvetleri alınabilir.

Bu yapıların normal modlarına ait titreşimlerinin mesela x doğrultusunda olmaları için şu şartın sağlanması gerekmektedir.

Her kata üstteki perde ve kolonlardan gelen kesme kuvvetleriyle, alttaki perde ve kolonlardan gelen kesme kuvvetlerinin farklarının bileşkesi, bu kata etkiyen mD kuvvetlerinin bileşkesiyle çakışmalı veya bunlar birbirine yakın olmalıdır. Bunun için gerekli büyüklükler daha önce hesap edilmiş olduklarından, bu şartın kontrolu kolay olmaktadır. Simetrik yüklü simetrik sistemlerde bu şartın sağlanacağı açıktır.

Perdelerin tabanlarında saat akrebi yönünde θ kadar dönme-leri halinde (14) denklem takımından birincisinin sağ tarafında sıfır yerine $-\theta$ bulunacaktı. Perdenin, redörü R_z olan elastik mesnede oturması halinde ise birinci denklemin sağ tarafında sıfır yerine

$$\frac{-X_i}{R_x} \quad (18) \quad \text{bulunur.}$$

Buradaki R_z zemin redörü, her perdeye ait R_{z1} , R_{z2} redörlerine bağlı olarak

$$\frac{1}{R_z} = \frac{1}{R_{z1}} + \frac{1}{R_{z2}} + \dots \quad (18')$$

formülüyle tayin edilecektir.

Perde ve çerçevelerden meydana gelen bu tip sistemlerin özel periyotlarının tayini için şu yaklaşık yoldan faydalanmak mümkündür.

Bütün yapıya uygulanan

$$w^2 = \frac{\sum P D}{\sum m D^2} \quad (7')$$

formülünde P'ler yapıda D deplasmanlarını meydana getiren fiktif kuvvetlerdir.

P_p : Yalnız perdelerde aynı D deplasmanlarını meydana getiren

P_c : Yalnız çerçevelerde aynı D deplasmanlarını meydana getiren kuvvetleri gösterdiğine göre

$$P = P_p + P_c \quad (19) \text{ dir}$$

Perde ve çerçeveler için (7') formülü ayrı ayrı yaklaşık olarak uygulanırsa, perde ve çerçevelere ait w_p ve w_c 'yi veren

$$w_p^2 \cong \frac{\sum P_p D}{\sum m D^2}, \quad w_c^2 \cong \frac{\sum P_c D}{\sum m D^2} \quad (20)$$

formülleri elde edilir (7') de (19) yerine konur ve (20) göz önünde tutulursa

$$w^2 \cong w_p^2 + w_c^2 \quad (21)$$

yaklaşık formülü elde edilir. Bu ispat şekline anlaşılabileceği üzere sistemi teşkil eden n tane eleman varsa bunların özel açısal frekanslarına bağlı olarak sistemin özel açısal frekansı

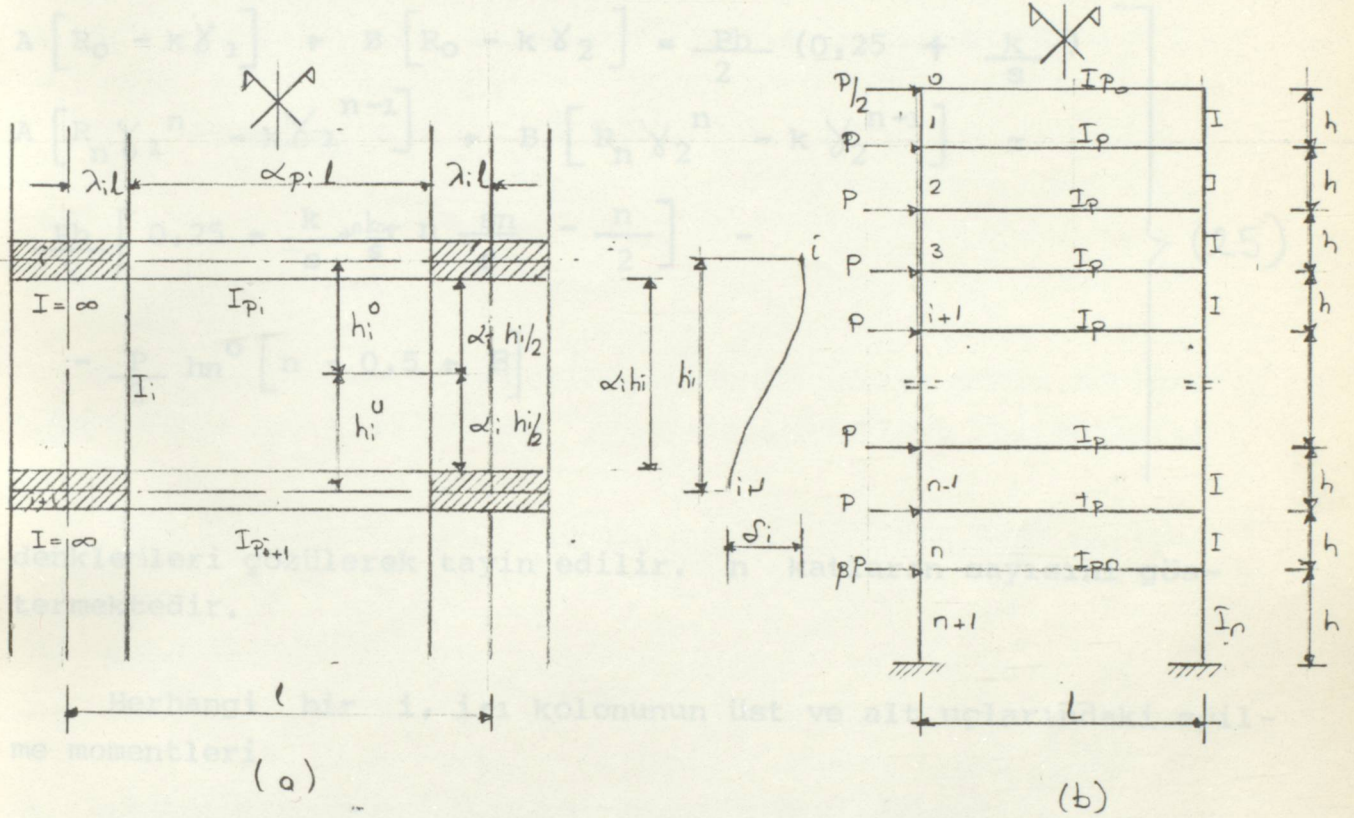
$$w^2 \cong w_1^2 + w_2^2 + \dots + w_n^2 \quad (21')$$

formülüyle yaklaşık olarak tayin edilebilir (7') ve (20)den görüldüğü üzere her elemanın w sının tayininde toplam kütle alınmaktadır.

3.6. İÇLERİNDE BÜYÜK BOŞLUKLAR BULUNAN PERDELER İLE ÇERÇEVELERDEN MEYDANA GELEN YAPILARIN ÖZEL PERİYOTLARININ TAYİNİ

Birbirine dik yatay x, y eksenlerine paralel olan düşey perde ve çerçevelerden meydana gelen yapıların bazılarının perdelinde kapı ve pencereler dolayısıyla büyük boşluklar bulunmaktadır. Çerçevelerin çok narin olması nedeniyle, bütün yatay kuvvetlerin perdeler tarafından alınması özel halinde x ve y doğrultularındaki serbest titreşimlere ait özel açısal frekanslar yine (7') formülüyle tayin edilebilir. Bu formüldeki D_i deplasmanlarını tayin etmek için boşluklu perdelerin yatay kuvvetlere göre hesap edilmeleri gerekmektedir.

Çerçevelerin yatay kuvvetlerin bir kısmını almaları halinde toplam kütleler gözönünde tutularak yalnız çerçeve sistem için bulunan w_c ve yalnız perdeler için bulunan w_p değerleri (21) de yerlerine konularak bütün yapıya ait w özel açısal frekansı elde edilir.



Pratikte çok kullanılan şekil 4 deki bir açıklıklı, simetrik boşluklu perdede P yatay kuvvetlerinden meydana gelen kesit tesirlerinin ve deplasmanlarının nasıl tayin edileceği şöyle özetlenebilir.

$$k = \frac{EI}{\alpha h}, \quad kn = \frac{EIn}{\alpha_n h_n}, \quad So = \frac{6 EI p_0}{l \alpha^3 p_0}$$

$$S = \frac{6 EI p}{l \alpha^3 p^3}, \quad sn = \frac{6 EI p_n}{l \alpha_n^3 p_n^3}$$

$$R_0 = k + So, \quad R = 2k + s, \quad R_n = k + kn + Sn$$

$$\gamma_{1,2} = 1 + \frac{S}{2k} \pm \sqrt{\frac{S}{2k} + \left(\frac{S}{2k}\right)^2}$$

(23)

formülleri olduğuna göre düğüm noktalarının dönmeleri

$$\theta_i = A \gamma_1^i + B \gamma_2^i + i \frac{Ph}{2s} \quad (24)$$

Buradaki A, B sabitleri

$$\left. \begin{aligned} A [R_0 - k \gamma_1] + B [R_0 - k \gamma_2] &= \frac{Ph}{2} (0,25 + \frac{k}{s}) \\ A [R_n \gamma_1^n - k \gamma_1^{n-1}] + B [R_n \gamma_2^n - k \gamma_2^{n-1}] &= \\ \frac{Ph}{2} [0,25 + \frac{k}{s} + n \frac{sn}{s} - \frac{n}{2}] - & \\ - \frac{P}{2} \ln^0 [n - 0,5 + \beta] & \end{aligned} \right\} (25)$$

denklemleri çözülerek tayin edilir. n katların sayısını göstermektedir.

Herhangi bir i, i+1 kolonunun üst ve alt uçlarındaki eğilme momentleri

$$\begin{aligned} M_i^o &= \frac{P(i+0,5)}{4} h + k (\theta_i - \theta_{i+1}) \\ M_i^n &= \frac{P(i+0,5)}{4} h - k (\theta_i - \theta_{i+1}) \end{aligned} \quad (26)$$

ve en alttaki n, n+1 kolonunun üst ve alt uçlarındaki eğilme momentleri de

$$\begin{aligned} M_n^o &= \frac{P(n-0,5 + \beta)}{4} h_n + k n \theta_n \\ M_n^u &= \frac{P(n-0,5 + \beta)}{4} h_n - k n \theta_n \end{aligned} \quad (26')$$

formülüyle tayin edilir.

Herhangi bir i, i+1 kolonunun δ_i rölatif deplasmanı

$$\delta_i = - \frac{h}{2} (\theta_i + \theta_{i+1}) + \frac{P(i+0,50)}{\frac{24 EI}{\alpha^3 h^3}} \quad (27)$$

ve en alttaki n , $n+1$ kolonunun rölatif deplasmanı da

$$\delta_n = - \frac{hn}{2} \theta_n + \frac{P(n-0,5 + \beta)}{\frac{24 EI_n}{\alpha^3 hn^3}} \quad (27')$$

formülüyle bulunur.

δ rölatif deplasmanları aşağıdan yukarıya doğru toplanarak elde edilen her kata ait D_i yatay deplasmanları kullanılarak

$$w_p^2 = \frac{\sum_i P_i D_i}{\sum_i m_i D_i^2} \quad \text{ve buradan da yapının özel periyodu}$$

$$T_p = \frac{2\pi}{w_p} \quad \text{bulunur.}$$

4. SİMETRİK OLMAYAN YAPILARIN DİNAMİK ÖZELLİKLERİ

Rijitlik ve kütle merkezi çakışmayan dört tip çağdaş bina yapılarının dinamik özellikleri şöyledir.

Dört tip çağdaş bina ele alınmış olup bunlar,

- 1) Düşey yapı elemanları kolonlar olan binalar
- 2) Düşey yapı elemanları perde duvar olan ve ilave kolonlarla birleştirilmiş perde duvar olan binalar
- 3) Düşey yapı elemanları kafes giriş olan ve ilave kolonlarla birleştirilmiş kafes giriş olan binalar
- 4) Düzlem çerçeve bileşenlerinden oluşan rijit çerçeve yapılar.

Döşemeler kendi düzlemlerinden rijit kabul edilmiştir. Düşey yönde yapı düzenli kabul edilmiştir. Yani bütün kat yükseklikleri eşit ve malzeme modülü ile kesit alanı özellikleri

sabit alınmıştır. Düşey elemanlar tabanda rijit zemine temel duvarı kafesine v.b oturtulmuştur. Tip 1, 2 ve 3'te çerçeve davranışı oluşmayacak şekilde döşemeler düşey elemanlara mafsallı olarak bağlanmışlardır. 2 nci tip yapıda perde duvar yüksekliği en az genişliğinin iki katı alınmalıdır. 3 cü tip yapıda eğilme etkisine kesme etkisine göre daha hakim olması için yükseklik boyunca kafes giriş panolarının en az 5 adet olması gerekmektedir. 1. 2 ve 3 cü tip yapılardaki uçları mafsallı kolonların yanıl rijitliğe katkıları olmadığı için dinamik analizde ihmal edilmişlerdir. 4 cü tip binalarda bütün çerçeve elemanları Fritz ve Csonka (4)'nin tanımladığı anlamda düzenlenmiştir. Hatta bütün çerçeve elemanlarında bağlantı girişlerinin yay katsayısı eşit alınmıştır.

Dört tip yapıda düşey elemanların tabana ankestre olduğu ve eğilme ile burulmaya çalıştığı düşünülebilir.

Bütün katlarda kütle dağılımının eşit olduğu kabul edildiğinden düşey bir kütle dağılımının eşit olduğu kabul edildiğinden düşey bir kütle eksenini de vardır. Bundan başka bütün katların kütleleri eşittir. Genel olarak kütle eksenini ile rijitlik eksenini çakışmaz.

4.1. YANAL RİJİTLİK ÖZELLİKLERİ

Yapı kesitinin kesme merkezi yerinin ve ilgili binanın rijitlik ekseninin belirlenmesi yapı statik metotlarıyla bulunmaktadır. Örneğin, karşılıklı dik tek perde duvarları içeren perde duvarlı yapılar için hesap sonuçları aşağıdaki gibidir.

Duvarlara paralel ankastrenin kesitinin yerini alan S'den ana eksenler x ve y geçmektedir. Rijitlik eksenini ile çakışan Z eksenini ise yapının tabanında başlamakta ve böylece x,y,z bir sağ el sistemi meydana getirmektedir.

Şöyleki,

$x'y'$ duvarlara paralel seçilmiş herhangi koordinat eksenleri
 $I'_{xi} \quad I'_{yo} = x$ yönüne paralel i 'ninci duvarın atalet momenti
 ve y yönüne paralel j 'ninci duvarın atalet momenti
 $x'_j, y'_i = yy$ yönünde j 'ninci duvarın y ve x yönünde i 'ninci
 duvarın koordinatları olup

Duvarların sektöriyel atalet çarpımı

$$I'_{xzi} = y'_i I'_{xi}, \quad I'_{yzi} = x'_j I'_{yi} \text{ dir. (1)}$$

Bütün duvarların sektöriyel atalet çarpımları toplanarak
 ankastre girişin sektöriyel atalet çarpımları bulunur.

$$I'_{xz} = \sum_i I'_{xzi}, \quad I'_{yz} = \sum_i I'_{yzi} \quad (2)$$

Yapının rijitlik eksenleri koordinatları şöyledir.

$$x'_s = I'_{yz} / I'_y, \quad y'_s = I'_{xz} / I'_x \quad (3)$$

Böylece x ve y yönünde ankastre girişin atalet momentleri

$$I'_x = \sum_i I'_{xi}, \quad I'_y = \sum_i I'_{yi} \text{ olur.}$$

Ankastre girişin eksenleri etrafındaki sektöriye atalet momenti ise

$$I'_x = \sum_i (y'_i - y'_s)^2 I'_{xi} + \sum_i (x'_j - x'_s)^2 I'_{yi} \text{ olur. (4)}$$

Perde duvarı yapıları için çıkarılan sonuçlar rijit - çer-
 çeve yapılar içinde geçerlidir. Şöyleki I'_{xi} , x yönünde i 'nin
 ci çerçeve bileşenlerinin bütün kolonlarının atalet momentlerinin
 toplamı I'_{yj} ise y yönünde j 'ninci çerçeve bileşenlerinin bütün
 kolonlarının atalet momentleri toplamıdır.

Bir rijit çerçevenin yanal rijitliği sadece ana eşdeğer
 girişin atalet momentleri I'_x, I'_y, I'_z tarafından değil aynı
 zamanda boyutsuz giriş - rijitlik katsayısı C tarafından da
 etkilenmektedir. Sıkça karşılaşılan bir durum, herhangi bir
 çerçeve elemanının kolonları arasındaki açıklıklar eşit ve iç
 kolonlarının atalet momentleri dıştakilerin iki katı ise C
 katsayısı

$$C = L J / (h J') \quad \text{olur} \quad (6)$$

Burada L kolanlar arası açıklık J dış kolonların atelet momenti ve J' ise kirişlerin atalet momentidir.

4.2. BAĞIMSIZ TİTREŞİMLER

n : kat sayısı

h H : kat yüksekliği ve yapının yüksekliği

E : elastisite modülü

q : binanın her birim yükseklikleri ağırlığı

i : rijitlik eksenini etrafında binanın kütle dönme yarıçapı olarak kabul edilirse

Boyutsuz yapı parametreleri

$$d_y = I_x / I_y \quad d_z = i^2 I_x / I_z \quad \text{olur.} \quad (7)$$

Kütle ekseninin rijitlik eksenini ile çakışması durumunda yapının titreşim modları bağımsızdır. X yönünden n tane düzlem titreşim modu, y yönünde n tane düzlem titreşim modu ve z eksenini etrafında n tane dönme titreşim modu oluşur X yönünde eğilme titreşimine karşı olan n tane periyodun en büyüğü, y yönünde eğilme titreşimine karşı olan n tane periyodun en büyüğü ve z eksenini etrafında burulma titreşimine karşı olan n tane periyodunun en büyüğü şöyle bulunur.

$$T_x = d H^2 \sqrt{q/(EI_x)} \quad T_y = \sqrt{d_y T^2} \quad T_z = \sqrt{d_z T_x} \quad (8)$$

Bağımsız titreşim katsayısı d , kat adedi n ve kiriş eğilme katsayısı C 'ye bağımlıdır. Yapı tipleri 1, 2 ve 3 de $C = \infty$ olur. d 'nin sayısal değerler, Tablo da gösterilmiştir.

Yapının temel titreşim modu üç bağımsız titreşim modları olan T , T_y ve T_x 'in en büyüğüdür.

PERİYOD KATSAYILARI d (m^{-1}/sn^2)

n	C=0	0,125	0,25	0,50	1	2	4	C=8	16	∞
1	0,579	0,597	0,613	0,643	0,692	0,766	0,859	0,954	1,03	1,16
2	0,234	0,249	0,269	0,297	0,326	0,384	0,461	0,552	0,645	0,859
3	0,145	0,156	0,167	0,185	0,215	0,260	0,321	0,397	0,483	0,762
4	0,104	0,114	0,122	0,137	0,161	0,198	0,248	0,312	0,389	0,714
5	0,0814	0,0891	0,0961	0,109	0,129	0,160	0,203	0,258	0,327	0,685
6	0,0667	0,0733	0,0793	0,0898	0,107	0,134	0,171	0,221	0,283	0,666
7	0,0565	0,0623	0,0675	0,0766	0,0919	0,115	0,146	0,193	0,249	0,652
8	0,0490	0,0541	0,0587	0,0669	0,0803	0,101	0,131	0,171	0,223	0,642
9	0,0433	0,0479	0,0520	0,0592	0,0713	0,0901	0,117	0,154	0,202	0,634
10	0,0388	0,0429	0,0466	0,0532	0,0642	0,0812	0,106	0,140	0,185	0,623
11	0,0351	0,0388	0,0423	0,0483	0,0583	0,0740	0,0968	0,128	0,170	0,623
12	0,0820	0,0355	0,0386	0,0442	0,0535	0,0679	0,0891	0,119	0,157	0,618
13	0,0295	0,0327	0,0356	0,0407	0,0493	0,0627	0,0824	0,110	0,147	0,615
14	0,0273	0,0303	0,0330	0,0378	0,0458	0,0583	0,0767	0,103	0,137	0,612
15	0,0254	0,0282	0,0309	0,0352	0,0427	0,0545	0,0718	0,0962	0,129	0,609

4.3. BAĞIMLI TİTREŞİMLER

Şayet yapının kütle eksenini G ve rijitlik eksenini z çakışmazlarsa eğilmeli ve burulmalı titreşimleri birbirine bağımlıdır. Yapının temel titreşimler periyodu yapının bağımsız periyodu T_x ile yakından ilgilidir. Şöyleki t : boyutsuz periyod katsayısı olup

$$T = \sqrt{t T_x} \quad \text{dir.} \quad (9)$$

Bina titreşim yaptığı zaman kat döşemeleri yatay hareket yaparlar. Bu ötelemesi sıfır olan bir nokta etrafında dönme olarak düşünülebilir.

(5) temel mod'da bütün kat döşemeleri ötelemesinin sıfır olduğu noktalar dikey bir çizgi üzerindedir.

Böylece eğilmeli-burulmalı titreşim önceden bilinmeyen bir dönme eksenini R çevresinde olan bir burulmalı titreşim olarak düşünülebilir. Dönme eksenini burulmalı titreşimin periyodunun en büyük olduğu eksenidir.

Matematiksel maksimumlar gereklerini uygulayarak dönme ekseninin koordinatları, kütle ekseninin koordinatları,

X_g , Y_g ve periyot katsayısı t ile

$$X_r = \frac{X_g}{1 - t/d_y} \quad Y_r = \frac{Y_g}{1 - t} \quad (10)$$

olarak tanımlanır.

Hakim periyod katsayısı üçüncü derece periyod katsayısı denkleminin köklerinin en büyüğüdür.

$$t^2 - B_2 t^2 - B_1 t - B_0 = 0 \quad (11)$$

Eşitlikteki katsayılar,

$$\begin{aligned} B_2 &= 1 + dy + dz & B_0 &= k dy dz \\ B_1 &= dy + (1 - y_g^2 / i^2) dz + (1 - x_g^2 / i^2) dy dz \end{aligned} \quad \text{olur}$$

Buradan,

$$k = 1 - (x_g^2 + y_g^2) / i^2 \quad \text{dir.}$$

Periyot katsayısı t üç yapı parametresi 1 , dy ve dz 'nin en büyüğünden daha büyüktür.

t bulunduktan sonra yapının temel periyodu eşitlik (9)dan ve dönme eksenini (10) dan bulunur. Mod. şekli dönme ekseninden ölçülen bağımsız burulmalı titreşimlerin titreşim genlikleri ile belirlenir. Şekil de kiriş-eğilme katsayısı C 'nin üç değer için mod şekilleri gösterilmektedir.

Yapının yanal rijitlerinin bütün yönlerde eşit olduğu ($I_x = I_y$) özel durumlarda eşitlik (11) deki köklerden biri 1 olur. Bu durumda titreşim rijitlik ve kütle eksenlerinden geçen düzlemde bir yatay titreşimdir. Diğer iki köklerden büyüğü ise

$$t = (1 + d_z) / 2 + \sqrt{(1 + d_z)^2 / 4 - k d_z} \quad \text{olur} \quad (14)$$

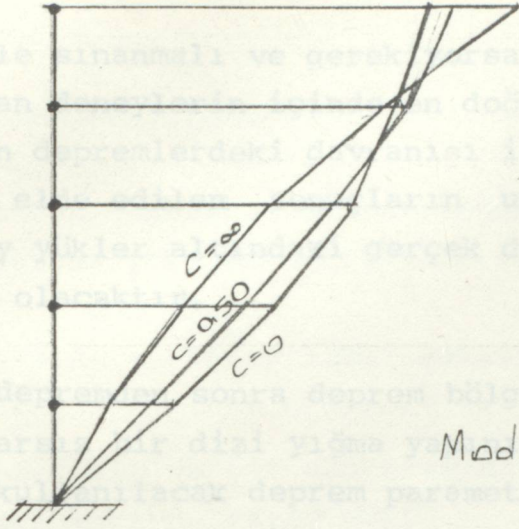
Yapının ve kütlenin ortak bir simetri düzlemi olduğu özel durumlarda, diyelim ki k_{xz} , Eşitlik (11) deki köklerden biri yine 1 olur. Buna karşılık olan titreşim ise simetri düzlemi içindeki düzlem titreşimdir.

Diğer iki köklerden büyüğü ise

$$t = (dy + dz) / 2 + \sqrt{(dy + dz)^2 / 4 - k dy dz} \quad \text{dir.} \quad (15)$$

Buna karşılık olan dönme eksenini ise simetri düzlemi içindedir.

Rijitlik eksenini ile kütle ekseninin çakıştığı ($x_g = y_g = 0$) olduğu özel durumlarda ise periyot katsayısı denkleminde üç kök 1 , dy ve dz bulunur. Bağımsız titreşim olan temel titreşim üç bağımsız periyot T_x , T_y ve T_z 'nin en büyüğüne karar olmalıdır.



Mod şekilleri

5. YIĞMA YAPILARIN YATAY YÜKLERE GÖRE HESABI

Betonarme ahşap ve çelik yapıların gerek düşey ve gerekse yatay yükler altında ne şekilde davrandığı yılların bilgi birikimi olarak yapılan çalışmaların amacı yapının gerçek davranışının öğrenilmesi veya başka bir deyişle yapının gerçek davranış ile hesaplanan davranışı arasındaki farkın en aza indirilmesidir. Bu nedenle yapı yönetmeliklerinde betonarme ahşap ve çelik yapılar için bazı alt sınırlar verilmiştir. Yapıyı oluşturan bileşenlerin boyutlandırılması ve yapı içinde düzenlenmesi mühendise bırakılmıştır.

Yığma yapıların düşey ve özellikle yatay yükler altındaki davranışı daha belirsizdir. Bu nedenle güvenlik katsayıları daha büyük alınmaktadır. Ayrıca yapı yönetmeliklerinde yığma yapılar için alt sınırlara ek olarak üst sınırlarda verilmiştir. Örneğin yönetmeliklerde betonarme yapıların yüksekliklerinin sınırlayan kesin kayıtlar bulunmadığı halde yığma yapıların yüksekliklerini sınırlayan kesin kayıtlar bulunmadığı halde yığma yapıların yükseklikleri yönetmelikte sınırlandırılmıştır. Yığma yapılar için yönetmeliklerde öngörülen sınırlayıcı etkenler, yığma yapılarla ilgili çalışmalara ve gözlemlere dayanmaktadır. Yapıların çeşitli yükler altındaki davranışları daha iyi tanındıkça yönetmeliklerdeki kısıtlayıcı sınırların değiştirilmesi kaçınılmazdır. Yığma yapılarla ilgili olan kısıtlayıcı koşullarda

deneylerle sinanmalı ve gerekiyorsa değiştirilmelidir. Yapıyı sinayan deneylerin içinde en doğal olanı depremlerdir. Yapıların depremlerdeki davranışı ile ilgili gözlemlerle, teoriden elde edilen sonuçların uyuşumunun sağlanması yapıların yatay yükler altındaki gerçek davranışının anlaşılmasında yardımcı olacaktır.

Her depremden sonra deprem bölgesinde bulunan hasar görmüş veya hasarsız bir dizi yığma yapının davranışı hesaplanabilir. Hesapta kullanılacak deprem parametreleri deprem kayıtlarından ve bölgede yapılacak gözlemlerden malzeme özellikleri yapıdan alınan örnekler üzerinde yapılacak laboratuvar deneylerinden elde edilebilir. Hesap sonuçları ile yapılarda gözlenen hasar durumu arasındaki uyuşum, gerek hesap yönteminin doğruluk mertebesi ve gerekse güvenlik katsayılarının yığma yapılarda ne büyüklükte alınması gerektiği hakkında bilgi verecektir. Ayrıca yönetmeliklerde yığma yapılar ile ilgili kısıtlayıcı koşulların kontrolü sağlanmış olacaktır.

5.1. HESAP YÖNTEMİ

Bu bölümde yığma yapıların deprem yüklerine göre hesaplanmasında izlenecek yöntemin adımları verilecektir.

5.2. KAT AĞIRLIKLARI

Yığma yapılarda yapının kütlesi yapı yüksekliğince dağılmış durumda olmakla birlikte yapının kat hizalarında toplanan tekil kütlelerden oluştuğu varsayımı yapılmaktadır. Yapının elastik davranışını kontrol eden küçük modlarda bu varsayımın sonuca etkisi azdır. Kat ağırlığı olarak ardışık iki katın orta düzlemleri arasında kalan hacimdeki ağırlıkların toplamı alınabilir. Kat ağırlıkları yapının elastik titreşim periyodları ve yapıya gelen deprem yüklerinin bulunmasında kullanılır.

5.3. DUVAR RİJİTLİKLERİ

İki ucundan ankastre olarak bağlı dikdörtgen kesitli bir duvar parçasında yük-yer değiştirme bağıntısı

$$\delta = 1,2 Vh/G.A + Vh^3 / 12EI \text{ şeklindedir. (1)}$$

Burada,

δ = Duvarın alt ve üst ucu arasındaki yatay yer değiştirmeyi

V = Duvara etkiyen yatay yükü

h = Duvar yüksekliğini

A = Duvar kesit alanını

I = Eğilme yönündeki atalet momentini

E, G = Duvar malzemesinin elastik ve kayma modüllerini göstermektedir.

$G/E = \alpha$ ve t duvar kalınlığı olduğuna göre (1) bağıntısı

$$\delta = \frac{V}{E t} \left(\frac{1,2h}{\alpha A/t} + \frac{h^3}{12I/t} \right) \quad (2)$$

şeklinde yazılabilir. Burada k duvar rijitliği

$$k = \frac{V}{\delta} = \frac{E t}{\frac{1,2h}{\alpha A/t} + \frac{h^3}{12I/t}}$$

bağıntısından bulunur. Eğer duvarda boşluklar varsa duvar uygun sayıda parçaya ayrılır. Her duvar parçası için (1) veya (2) bağıntısı o parçaya gelen kesme kuvvetinin fonksiyonu olarak yazılır. Daha sonra duvarı oluşturan parçalar arasındaki denge ve uygunluk koşulları yazılıp çözümlenerek her duvar parçasına gelen kesme kuvveti bu duvara etkiyen tüm yatay yükün oranı olarak elde edilir. Bu değerler daha önce yazılan (1) veya (2) bağıntılarında yerine konursa her duvar parçasının iki ucu arasında yatay yerdeğiştirmeler de duvara etkiyen yatay yükün fonksiyonu olarak bulunur. Duvarın iki ucu arasındaki yatay yerdeğiştirme, duvar parçalarının yatay yer değiştirmelerin toplanması,

rijitliği ise bu deđerin duvara gelen yatay yüke bölünmesi ile elde edilir.

5.4. YAPI ÖZEL PERİYODU

Yapıya gelen deprem yükünün bulunmasında gerekli olan yapı özel periyodu yönetmeliklerdeki yaklaşığ sonuç veren formüllerden veya aşığıda kısaca özetlenen yöntemler yardımı ile bulunabilir.

a) Prizmatik Konsol Kiriş Yöntemi

Prizmatik bir konsol kirişin özel periyodu

$$T = 1.787 L^2 \sqrt{m/EI} \quad (4)$$

bağıntısından bulunabilir. Burada, L ubuk boyunu, m birim uzunluktaki kütleyi, E elastiklik modülünü ve I kesit atalet momentini göstermektedir. Eğer kiriş boyu kısa ise kesme kuvvetini de gözönüne almak için (4) bağıntısı

$$T = 1.787 L^2 \sqrt{(I\beta) m/EI} \quad (5)$$

şeklinde yazılabilir. Bu bağıntıda α katsayısı düzgün yayılı yükle yüklü konsol kirişin ucunda kesme ve eğilme deformasyonlarından meydana gelen yerdeğiştirmeler oranı olup

$$\beta = 8/L^2 \quad EI/GA = 8/L^2 \cdot I/\alpha A \quad (6)$$

bağıntısından hesaplanabilir. Bu bağıntıdan β bulunur. Gözönüne alınan yığma yapı planda düzgün ise yapı yüksekliğinin ve planda oturduğu alanı birlikte düşünerek özel periyodu (4) veya (5) bağıntılarından biri ile bulunabilir.

b) Raleigh Oranı Yöntemi

Yapının birinci mod şekli için uygun bir seğıim yaptıktan sonra ağısal özel frekansı ve periyodu

$$w^2 = \frac{\{\phi\}^T [K] \{\phi\}}{\{\phi\}^T [M] \{\phi\}}$$

$$T = 2\pi / w$$

bağıntılarından bulunabilir. Bu bağıntılarda

ω , T : Yapının açısal özel frekansı ve periyodunun ,

$\{\emptyset\}$: Birinci mod şekli kolon matrisini ,

$[K]$, $[M]$: Yapının rijitlik ve kütle matrislerini

göstermektedir. Raleigh oranı yöntemi, mod şeklinin seçiminde yapılan küçük hatalara karşı duyarlı değildir. Birinci mod şekli için seçilen değerler örneğin düzgün yayılı yüklerle yüklü konsol kirişin elastik eğrisinden alınırsa gerçeğe oldukça yaklaşık sonuçlar elde edilebilir.

c) Matris İterasyonu Yöntemi

Sönümsüz serbest titreşimde hareket denklemi

$$\omega^2 [M] \emptyset = [K] \{\emptyset\} \quad (9)$$

şeklinde yazılabilir. Bu denklemin her iki yanı soldan $\frac{I}{\omega}$ $[K]^{-1}$ çarpılırsa

$$[K]^{-1} [M] \{\emptyset\} = \frac{I}{\omega^2} \{\emptyset\} \quad \text{şeklini alır.} \quad (10)$$

$$D = [K]^{-1} [M] \quad (11)$$

olduğuna göre (10) denklemi yeniden yazılırsa

$$[D] \{\emptyset\} = \frac{I}{\omega^2} \{\emptyset\} \quad (12)$$

olur. Yapının özel periyodunu ve birinci mod şeklini bulmak için önce bir elamanı I olan $\{\emptyset\}$ birinci mod şekli kolon matrisi seçilir. Bu kolon matris (12) denkleminin sol yanında yerine konarak elde edilen kolon matris, daha önce I olan elaman yine I olacak şekilde normalize edilir. (12) denkleminin sol yanında en son elde edilen normalize edilmiş kolon matris kullanılarak hesaba devam edilir. (12) denkleminin sol yanında kullanılan kolon matrisle elde edilen normalize edilmiş kolon matris istenilen doğrulukta birbirine yakınsa hesaba son verilir. Son adımda elde edilen kolon matrisi normalize etmekte kullanılan değer $\frac{I}{\omega^2}$ değerine eşittir. Bu şekilde özel açısal frekans bulunulduktan sonra (8) bağıntısından T özel periyodu bulunur.

5.5. DEPREM YÜKLERİ VE DEVRİLME MOMENTLERİ

Depremden sonra depremin en büyük ivmesi kaydedilebilmiş veya arazi gözlemlerinden elde edilebilmişse yapıya gelen toplam yatay yük deprem yönetmeliklerinde öngörüldüğü gibi yapı ağırlığının bir katsayısı (deprem katsayısı) ile çarpılması ile bulunur. Deprem katsayısının saptanmasında yapının özel periyodu ve depremin en büyük ivmesinden yararlanılır. Yapının katlarına gelen yatay yükler yine deprem yönetmeliklerinde öngörüldüğü gibi kat ağırlıkları ve yükseklikleri ile orantılı olarak hesaplanır. Bir depremden sonra saptanan deprem katsayısı C ise yapının toplam yatay yükü,

$$F = CW \quad (13)$$

katlara gelen yatay yükler ise

$$Q_i = F \cdot \frac{W_i H_i}{\sum W_i H_i} \quad (14)$$

bağıntısından bulunur. Ba bağıntılarda,

F = Toplam yatay yükü,

Q_i = i 'ninci kata gelen yatay yükü,

W = Toplam yapı ağırlığını

W_i = i 'ninci katın ağırlığını

H_i = i 'ninci katın zeminden yüksekliğini

göstermektedir.

Eğer depremde depremin ivme kaydı elde edilebilmişse, depremin davranış spektrumları çizilebilir. Yapıya gelen deprem yüklerinin hesabında yalnız birinci modun etkisi gözönüne alınacaksa bu moda ait katkı çarpanı

$$\gamma = \frac{\{\phi\}^T [M] \{I\}}{\{\phi\}^T [M] \{\phi\}} \quad (15)$$

bağıntısından hesaplandıktan sonra katların temele göre yatay yerdeğiştirmeleri ve katlara gelen yatay yükler

Yapının Türü	Yükseklik H (m)	Uzunluk L (m)	Geni W (m)	Periyot T (s)	H/W	Periyot T (s)	H/W
Tek katlı Tuğla	2,5	7,5	4,1	0,033	0,4	—	0,33
Tek katlı Tuğla	2,5	9,9	4,4	0,034	0,33	—	0,33

$$\gamma = \frac{S_a}{2} \{ \emptyset \} \quad (16)$$

$$\{ \emptyset \} = K^W \{ \Delta \} \quad (17)$$

bağıntılarından bulunur. Burada

γ : Birinci modun katkı çarpanını,

$\{ I \}$: Bütün elamanları 1 olan kolon matrisi,

$\{ \Delta \}$: Katların temele göre yatay yerdeğiştirmeleri kolon matrisini,

S_a : Yapının özel periyoduna karşı gelen ivme spektrumu değerini,

$\{ \emptyset \}$: Katlara gelen yatay yük kolon matrisini

göstermektedir. Bu bağıntılarda kullanılan S değeri depremin en büyük ivmesinide gözönüne alarak standart bir ivme spektrumundan da alınabilir.

Böylece yapıya kat hizalarında etkiyen yatay deprem yükleri bulunduğundan sonra yapıyı zemine ankastre bağlı bir konsol giriş gibi düşünüp kesme kuvvet ve eçilme momenti (devrilme momenti) diyağramları çizilir. Yiğma yapının çeşitli kesimlerinde doğan gerilmelerin hesabında kat orta hizalarındaki kesme kuvvetleri ve eçilme momentleri kullanılır.

6. TUĞLA YIĞMA YAPILARIN DİNAMİK ÖZELLİKLERİ VE YATAY YÜKLER ALTINDA DAVRANIŞLARI

Dinamik özellikler:

Tuğla yiğma yapılar büyük boyutlu duvarları nedeni ile rijit yapılardır ve titreşim periyotları genellikle küçüktür. Yiğma yapıların periyotları kat adetlerine göre 0,05 - 0,15 aranda değişmektedir.

Tabloda çeşitli yiğma yapıların titreşim periyotları verilmektedir.

TABLO VII
Yığma Yapıların Titreşim Periyotları

Yapının Tanımı	Yükseklik H (m)	Uzunluk L (m)	Genişlik W (m)	Periyot (sn)	H/w	Periyot (sn)	H/L
Tek katlı Tuğla	2.5	7.8	6.3	0.093	0.4	—	0.32
Tek katlı Tuğla	2.5	9.8	4.6	0.054	0.55	—	0.26
Tek katlı Tuğla	2.5	8.0	6.8	0.045	0.37	—	0.31
Tek katlı Taş	2.5	11.0	9.9	—	0.25	0.042	0.23
Üç katlı Tuğla	—	—	—	0.073	—	0.049	—
Dört katlı Tuğla	11.0	17.25	15.0	0.16	0.067	—	0.64
İki katlı Tuğla Bodrumlu	9.0	21.0	14.25	—	0.63	0.065	0.43
İki katlı Tuğla Bodrumsuz	6.5	21.0	14.25	0.036	0.45	0.043	0.31
Dört katlı Tuğla Bodrumlu	12.0	26.0	24.0	0.164	0.5	0.156	0.46
Üç Katlı Tuğla	7.8	19.7	9.75	0.126	0.8	0.156	0.4
Aynı yukarıdaki gibi Depremde büyük hasar görmüş boşluk oranı daha az	7.8	19.7	9.75	0.095	0.8	0.39	0.4

Yukarıdaki çok az sayıdaki örnekten giderek, yığma yapı periyodu (T) ile yapı kat adedi arasında şöyle bir ilişkinin bulunduğu ileri sürülebilir:

$$T = 0.05 (N)$$

Yapı periyotları yapının kat yüksekliği, eni, boya ve dolu duvar oranları ile ilgilidir. Yapı yükseldikçe periyodu uzar. Ayrıca eni ve boyu büyük yapıların periyodu kısalır. Bundan başka yapıya gelen ve yapıda titreşim yapan kuvvetlerin boyutları büyüdükçe yapının periyodu uzamaya başlar.

Yapıya gelen büyük boyutlu deprem kuvvetleri yapıda hasar ve çatlama yaptıkça kesitlerin azalması sonucu yine yapının doğal titreşim periyodu uzamaktadır. Periyodu kısa olan bir yapı rijit bir yapıdır. Betonarme yapılar eğer taşıyıcı sistemleri kolonlardan oluşuyorsa tuğla yığma yapılara göre daha uzun

periyotlu yapılar olurlar. Buna karşılık betonarme perde duvarlı yapıların periyodu daha kısadır. Betonarme yapılar için yapının kat sayısı ile periyodu arasında şu ilişkinin bulunduğu yaklaşık olarak kabul edilir.

$$T = (0,10 - 0,07) N$$

Burada N kat adedidir. Üç katlı bir betonarme yapının periyodu 0,24 - 0,30 sn civarında iken 10 katlı bir betonarme yapıda periyod 0,80 - 1,00 sn civarındadır.

Çok sınırlı sayıda tuğla ve taş yığma yapıda yapılan periyot ölçümleri sonuçları şöyledir.

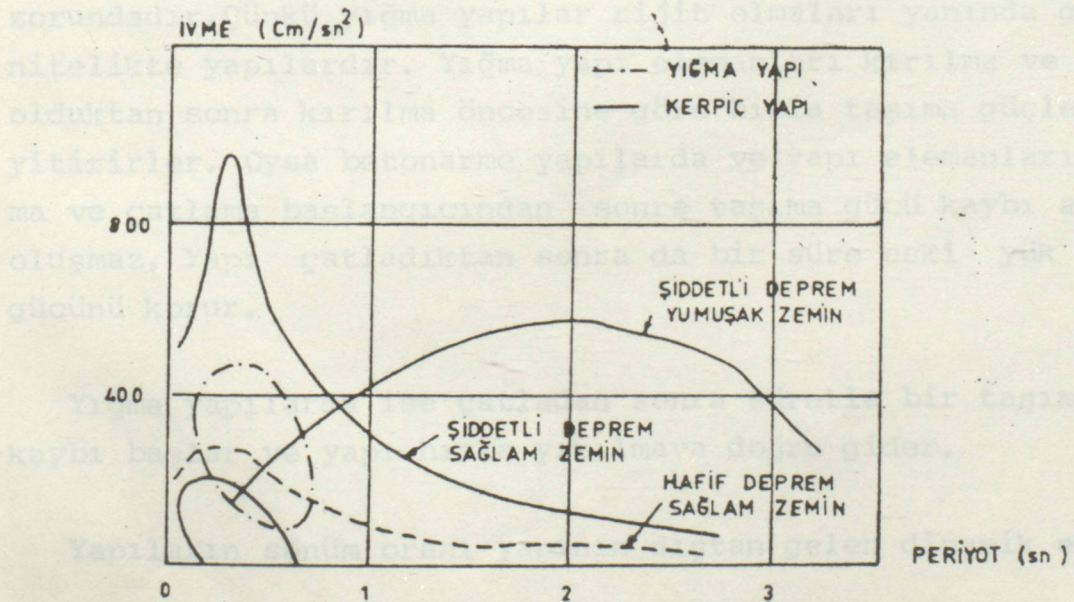
NO	YERİ VE CİNSİ	ŞEMATİK PLANI	PERİYOT X - YÖNÜ	PERİYOT Y - YÖNÜ	$\frac{H}{X}$	$\frac{H}{Y}$
1	YENİ KIBRIS KÖYÜ 1972 - A/21		—	0.044	0.33	0.41
2	KOÇ HISAR 1972 - I/11		—	0.054		
3	BEYPAZARI GEYİK PINAR 67 - 06		—	0.045		
4	1972 - A/22 TAŞ YIĞMA KIZILCIHAMAM		—	0.042	0.26	0.35
5	DİKMEN SAĞLIK MERKEZİ 3 - KATLI		0.073	0.049		
6	MECATİBEY CAD. 4 - KATLI TUĞLA		—	0.16	0.80	0.70
7	27 ARALIK İLKOKULU DİKMEN 2 + BODRUM		0.061	—	0.40	0.60
8	FAİKERBAĞI İLKOKULU İNCİRLİ 2 - KAT		0.044	0.036	0.40	0.42
9	BAHÇELİEVLER 70. SOKAK 4 - KATLI AP		0.17	0.16	0.75	0.60
10	ÇALDIRAN LOJMAN 3 KATLI BODRUMLU		0.053	0.030	0.83	0.32
11	MURADIYE LOJMAN 3 - KATLI UZUN YOM AĞIR (Y) HASARLI		0.095	0.39	0.80	0.395
12	PALU TEKEL 2 - KATLI BODRUMSUZ		0.065	0.055	0.73	0.42
13	ANKARA LOJMAN II. MÖLÜ YAPININ EŞİ 3 - KATLI BODRUMLU		0.115	0.126	0.90	0.45

Bu ölçümlerden yararlanılarak şöyle bir formül verilebilir.
 $T = 0,035 N$

Sınırlı sayıda ölçüm sonucu bulunan bu periyot ilişkisinin çok dikkatli olarak kabulü gerekir. Tuğla yığma yapıların en çok dört katlı yapıldığı düşünülürse tuğla yığma yapı periyotlarının 0,05 - 0,20 sn arasında olacağı görülmektedir. Bu periyotlar yığma yapıların rijit yapılar sınıfına girdiğini gösterir. Bir yapının rijit olması o yapının sağlam ve dayanıklı olduğunu göstermez.

Depremlerde yapılara gelen kuvvetler yapının titreşim periyodu ve ağırlığına bağlıdır. Depremlerde oluşan şiddetli yer hareketleri altında yapılara periyotlarına bağlı olarak gelen maksimum yatay kuvvet ivmeleri yapı mukabele spektrumlarından bulunur. Maksimum ivme değeri ile yapının kütesinin çarpımı yapıya gelen yatay deprem kuvvetini verir.

Şekilde şiddetli depremlerin değişik zeminlerde oluşturabilecekleri maksimum ivmeleri gösteren bir spektrum verilmektedir.



Şekil - 50 DEPREMLERDE YAPILARA GELEN İVMELER VE YİĞMA VE KERPİC YAPI PERİYOTLARI

Buradan bazı sonuçlar çıkarılabilir.

Birincisi sağlam zeminlerde kısa periyotlu yapılara büyük ivmelerin geldiği, yumuşak zeminlerde ise uzun periyotlardaki yapılara büyük ivmelerin geldiğidir. Yığma yapılar kısa periyotlu yapılar olduklarından, eğer yığma yapılara depremlerde büyük ivmelerin gelmesi önlenmek isteniyorsa, bunların daha küçük yatay ivmelere maruz kalacakları yumuşak zeminler üzerinde yapılmalrı daha uygun görünmektedir. Gerçekten de birçok depremde sağlam zeminler üzerindeki yığma yapıların yumuşak zeminler üzerindeki yığma yapılara göre daha çok hasar gördüğü gözlenmiştir. Burada sağlam zemin olarak kayalık, sıkı ve yoğun kumlu çakıllı zeminler, yumuşak zemin olarak da kumlu ve killi fazla sıkı olmayan genç dolgu ve alüvyon zeminler kastedilmektedir.

Kısaca sağlam bir zemin üzerinde olan bir yapının periyodu kısa ise depremde daha büyük bir yatay kuvvetle zorlanma olasılığı yükselmektedir. Tuğla yığma yapılar çok kısa periyotlu olduklarından depremlerde büyük yatay kuvvetlere maruz kalmaktadırlar. Birçok ülkenin deprem yönetmeliğinde periyodu 0,5'sn den küçük olan yapılarda deprem kuvveti dinamik katsayısı (s katsayısı) 1 olarak alınırken daha uzun periyotlu yapılarda bu miktar azaltılır. Yapı tipi katsayısı $K: 1,5$ olarak alınmak zorundadır. Çünkü yığma yapılar rijit olmaları yanında geçek nitelikte yapılardır. Yığma yapı elemanları kırılma ve çatlama olduktan sonra kırılma öncesine göre hızla taşıma güçlerini yitirirler. Oysa betonarme yapılarda ve yapı elemanlarında kırılma ve çatlama başlangıcından sonra taşıma gücü kaybı aniden oluşmaz. Yapı çatladıktan sonra da bir süre eski yük taşıma gücünü korur.

Yığma yapılarda ise çatladıktan sonra süratle bir taşıma gücü kaybı başlar ve yapı hızla yıkılmaya doğru gider.

Yapıların sönüm oranı yapının dıştan gelen dinamik etkiyi

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

giderek harcaması olarak nitelenebilir. Genellikle sönüm oranı yapı periyodu ve yapı elemanlarındaki gerilim düzeyi gibi faktörlere bağlıdır. Genellikle kısa periyotlu yapılarda sönüm oranı küçüktür. (%2 - 5 gibi) Yapının deprem sırasında hasar görmesi yapı elemanlarında çatlaklar olması ve çatlaklar arasındaki yüzeylerin sürtünmesi yapının sönümünü arttırır. Bu nedenle depremde çatlamaya başladıktan sonra yapıdaki sönüm oranı daha yüksek bir düzeye (%5 - 10 gibi) ulaşır. Sönümü yüksek olan bir yapıya depremde gelen yatay kuvvetler daha küçüktür. Yığma yapıların kısa periyotlu ve düşük sönümlü olmaları depremde hasar görerek hem periyot hemde sönümlerinde bir miktar artış olması ve yapıya gelen deprem kuvvetlerinin azalması söz konusu olabilir. Ancak bu azalış önemli boyutlara ulaşmamaktadır.

problemi daha kısa yoldan çözüme yarıdığında birçok kez yapı dinamiği esaslarına dayanan metodlar kadar doğru neticeler vermektedir. Ancak bu metotta da yatay statik deplasman tayininde kullanılacak basitleştirici kaboller ve parametreler hakikate yakın seçilmelidir.

3) Ampirik özel periyot formülleri çok dikkatle kullanılmalıdır. Yapı rijitliğinin göz önünde bulundurulmadığı ampirik formüller ancak bu formüllerin çıkmasına esas olan ölçülerin yapıldığı tip yapılar için geçerlidir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu yazıda yapıların özel periyodlarının değerlendirilmesinde kullanılan çeşitli yöntemler uygulama açısından kısaca anlatılmıştır.

Açıklamalardan şu sonuçlara varılabilir.

- 1) Günümüzde yapı dinamiği esasları kullanılarak elektronik sayısal hesaplayıcılar yardımı ile yapı özel periyodunun tayini ekonomik ve uygulanabilir duruma gelmekte ise de, elde edilen sonuçların doğruluğu değerlendirmede kullanılan parametrelerin geçerliliğine bağlıdır.
- 2) Yatay statik deplasman cinsinden özel periyod değerlendirilmesi, problemi daha kısa yoldan çözüme yaradığından birçok kez yapı dinamiği esaslarına dayanan metodlar kadar doğru neticeler vermektedir. Ancak bu metodda da yatay statik deplasman tayininde kullanılacak basitleştirici kabuller ve parametreler hakikate yakın seçilmelidir.
- 3) Ampirik özel periyod formülleri çok dikkatle kullanılmalıdır. Yapı rijitliğinin göz önünde bulundurulmadığı ampirik formüller ancak bu formüllerin çıkmasına esas olan ölçmelerin yapıldığı tip yapılar için geçerlidir.

Çatı katı $d = 12$ cm

Döşeme katı : $0,12 \times 2,4 = 0,29 \text{ t/m}^2$

Tavan sıvası : $0,02 \times 2,0 = 0,04 \text{ "}$

Çatı konstrüksiyonu ----- $= 0,035 \text{ "}$

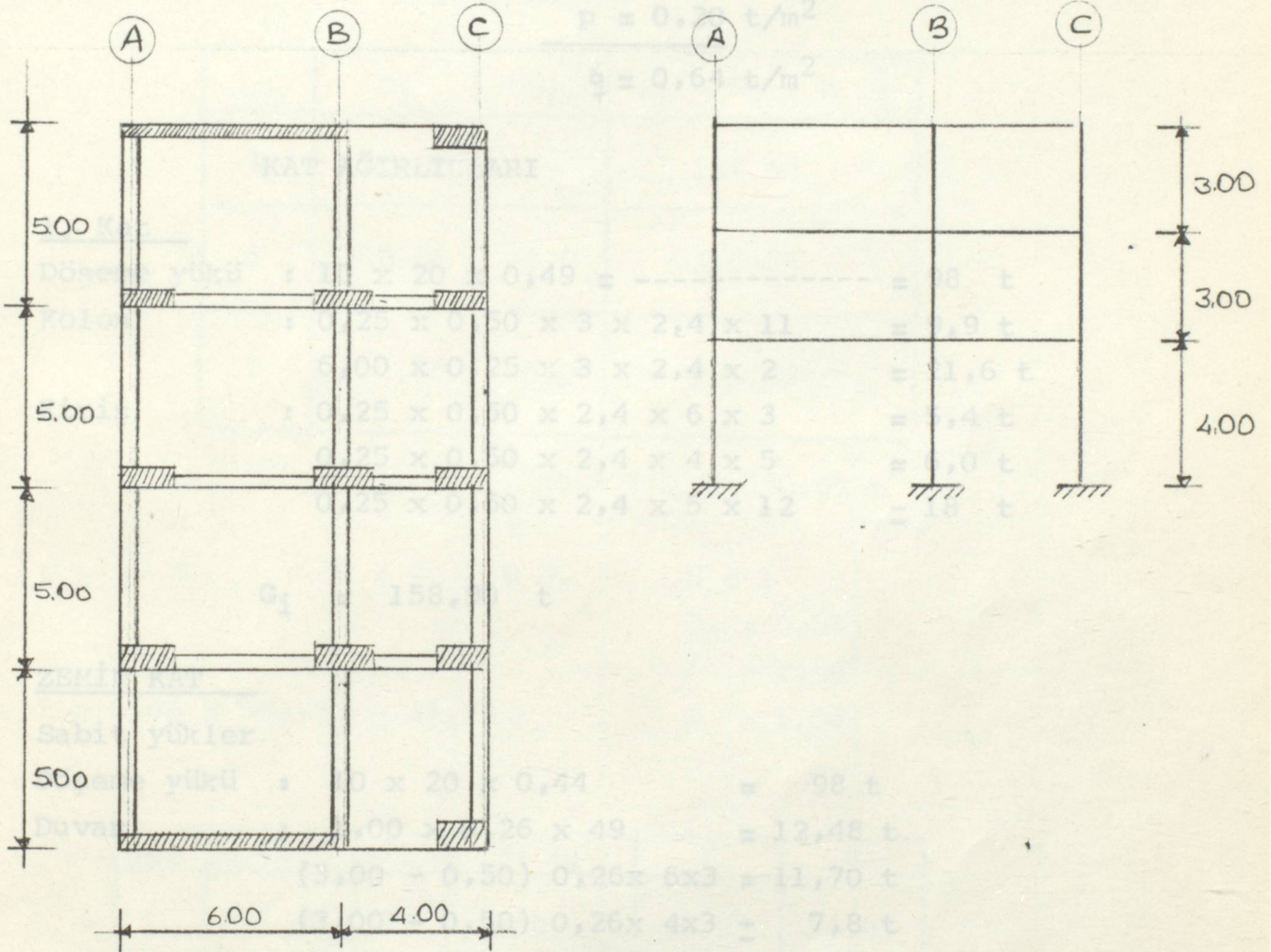
Kiremit çatı örtüsü ----- $= 0,050 \text{ "}$

Kar yükü ----- $= 0,075 \text{ "}$

$$q = 0,49 \text{ t/m}^2$$

Bu bilgilerin ışığında Ataköy I kısmında ki binaların yapı özel periyodunun bulalım

8. ATAKÖY I. KISIMDAKİ BİNALARIN YAPI ÖZEL PERİYODUNUN BULUNMASI



Yük Analizi

Çatı katı d = 12 cm

Döşeme zati : $0,12 \times 2,4 = 0,29 \text{ t/m}^2$

Tavan sıvası : $0,02 \times 2,0 = 0,04 \text{ "}$

Çatı konstrüksiyonu ----- = $0,035 \text{ "}$

Kiremit çatı örtüsü ----- = $0,050 \text{ "}$

Kar yükü ----- = $0,075 \text{ "}$

$$q = 0,49 \text{ t/m}^2$$

BODRUM KAT

Normal katlar

$$\text{Döşeme zati} : 0,12 \times 2,4 = 0,29 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Sıva + kaplama} : \text{-----} = 0,15 \text{ "}$$

$$g = 0,44 \text{ t/m}^2$$

$$p = 0,20 \text{ t/m}^2$$

$$q = 0,64 \text{ t/m}^2$$

KAT AĞIRLIKLARI1. Kat

$$\text{Döşeme yükü} : 10 \times 20 \times 0,49 = \text{-----} = 98 \text{ t}$$

$$\text{Kolon} : 0,25 \times 0,50 \times 3 \times 2,4 \times 11 = 9,9 \text{ t}$$

$$6,00 \times 0,25 \times 3 \times 2,4 \times 2 = 21,6 \text{ t}$$

$$\text{Kiriş} : 0,25 \times 0,50 \times 2,4 \times 6 \times 3 = 5,4 \text{ t}$$

$$0,25 \times 0,50 \times 2,4 \times 4 \times 5 = 6,0 \text{ t}$$

$$0,25 \times 0,50 \times 2,4 \times 5 \times 12 = 18 \text{ t}$$

$$G_i = 158,90 \text{ t}$$

ZEMİN KAT

Sabit yükler

$$\text{Döşeme yükü} : 10 \times 20 \times 0,44 = 98 \text{ t}$$

$$\text{Duvar} : 1,00 \times 0,26 \times 49 = 12,48 \text{ t}$$

$$(3,00 - 0,50) 0,26 \times 6 \times 3 = 11,70 \text{ t}$$

$$(3,00 - 0,50) 0,26 \times 4 \times 3 = 7,8 \text{ t}$$

$$(3,00 - 0,50) 0,26 \times 5 \times 4 = 13 \text{ t}$$

$$\text{Kolon} : 0,25 \times 0,50 \times 3 \times 2,4 \times 11 = 9,9 \text{ t}$$

$$6,00 \times 0,25 \times 3 \times 2,4 \times 2 = 21,6 \text{ t}$$

$$\text{Kiriş} : 0,25 \times 0,50 \times 2,4 \times 6 \times 3 = 5,4 \text{ t}$$

$$0,25 \times 0,50 \times 2,4 \times 4 \times 5 = 6,0 \text{ t}$$

$$0,25 \times 0,50 \times 2,4 \times 5 \times 12 = 18 \text{ t}$$

Hareketli yük

$$G_i = 203,88 \text{ t}$$

$$\text{Döşeme} : 10 \times 20 \times 0,20 = 40 \text{ t}$$

$$G_i = 203,98 \text{ t}$$

$$Q_i = 40 \text{ t}$$

BODRUM KAT

$$G_i = 203.88 \text{ t}$$

$$Q_i = 40 \text{ t}$$

DEPREM HESABI

KAT	G_i	Q_i	$W_i = G_i + n Q_i$
1	158.90	-	158.90
Z	203.86	40,0	215,86
B	203.86	40,0	215,86

$$\sum W_i = 590.62 \text{ t}$$

$$F = C W$$

$$C = C_o K S I$$

$$S = 1$$

$$C_o = 0,08$$

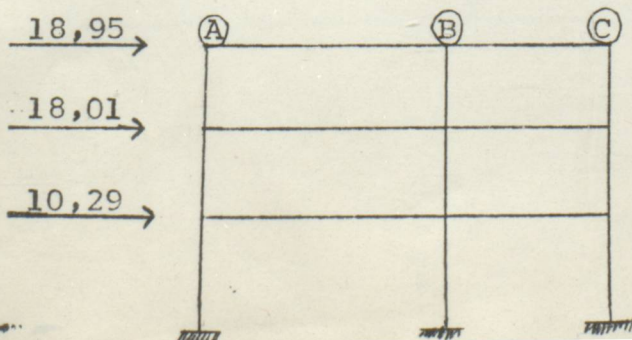
$$I = 1,00$$

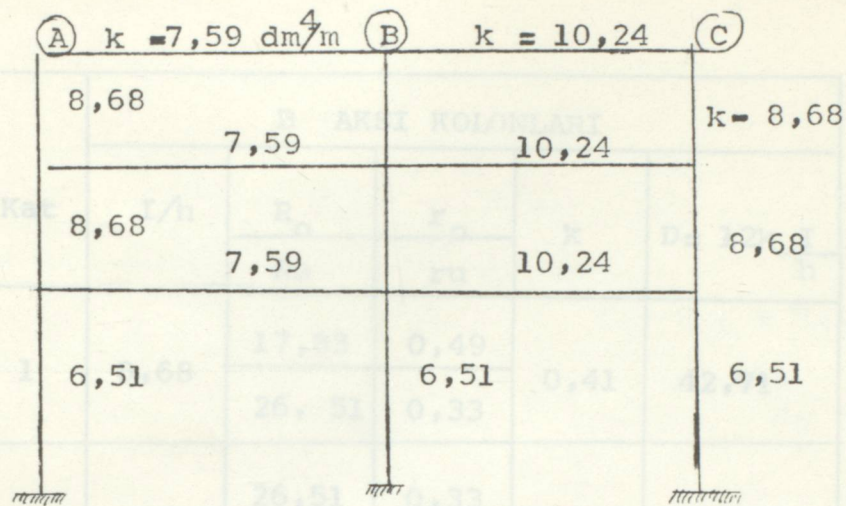
$$F = 0,08 \times 590,62 = 47,25 \text{ t}$$

$$K = 1,00$$

Kat	W_i	h_i	$W_i h_i$	F	Q
1	158,90	10	1589	18,95	18,95
Z	215,86	7	1511,02	18,01	36,96
B	215,86	4	863,44	10,29	47,25

$$\sum 3963,46 \text{ t}$$

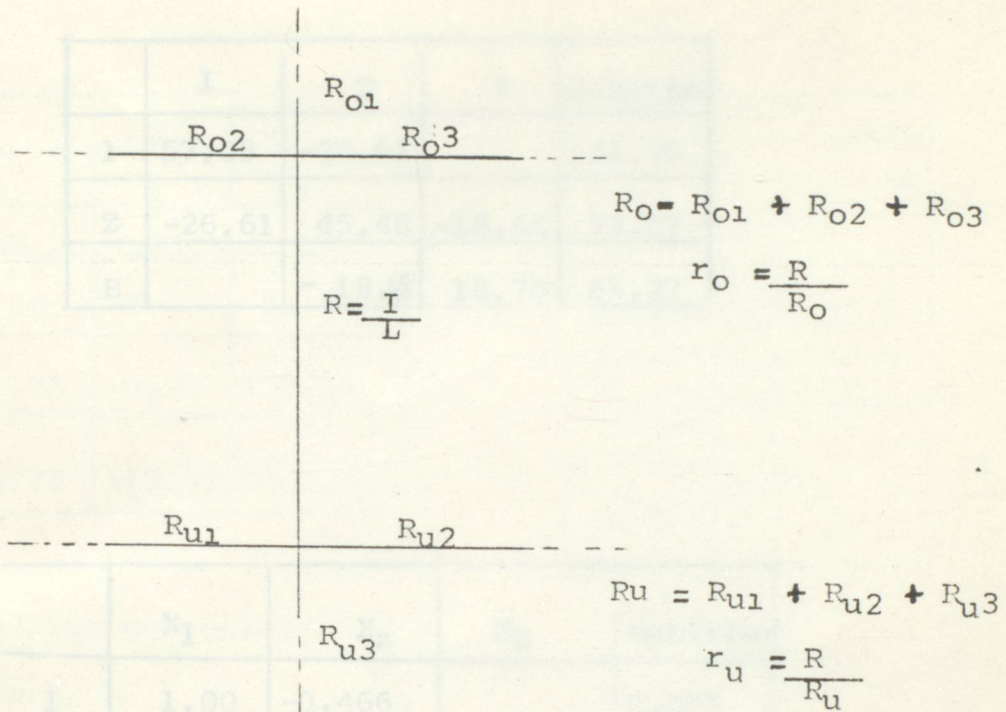




Kat	I/h	A AKSI KOLONLARI			
		$\frac{R_o}{R_u}$	$\frac{F_o}{r_u}$	k	$D = 12k \frac{I}{h}$
1	8,68	7,59	1,14	0,30	31,25
		16,27	0,53		
Z	8,68	16,27	0,53	0,32	33,33
		14,10	0,62		
B	6,51	16,27	0,40	0,73	57,03
		-	-		

Kat	B AKSI KOLONLARI				
	I/h	R_o	r_o	k	$D = 12k \frac{I}{h}$
		Ru	ru		
I	8,68	17,83	0,49	0,41	42,71
		26,51	0,33		
Z	8,68	26,51	0,33	0,50	52,08
		24,34	0,36		
B	6,51	26,51	0,25	0,81	63,28
		-	-		

Kat	C AKSI KOLONLARI				
	I/h	R_o	r_o	k	$D = 12k \frac{I}{h}$
		Ru	ru		
I	8,68	10,24	0,85	0,35	36,46
		18,92	0,46		
Z	8,68	18,92	0,46	0,38	39,58
		16,75	0,52		
B	6,51	18,92	0,34	0,76	59,37
		-	-		



at No	$\sum D$	$F = \frac{1}{D}$	f	M_O	$f M_O$	$f - F$	δ_{ii}	δ_{io}	Dös No
	dm^4/m	$1/\text{m}^3$	$1/\text{m}^3$	tm	t/m^2				
	331,26	30,19	0.05556	56,85	3,16	-	57,08	21,95	1
	374,97	25,67		167,73	9,32 (12,42)	-26,61	45,48	73,07	Z
	539,04	18,55	0.07407	356,73	26.42	-18.48	18.70	65,27	B

$$f_i = \frac{h_i}{6 (\sum EI_p)_i}$$

$$\delta_{i,i} = 2 (f_i + f_{i-1}) + F_i + F_{i-1}$$

$$\delta_{i,o} = f_i M_{i+1,o} + 2 (f_i + f_{i-1}) M_{i,o} + f_{i-1} \cdot M_{i-1,o}$$

	1	Z	B	sabitler
1	57.08	-26.61		21.95
Z	-26.61	45.48	-18.48	73.07
B		-18.48	18.70	65.27

	X_1	X_Z	X_B	sabitler
1	1.00	-0,466		0,385
Z	-1,00	1,709	-0,694	2,746
1+Z	-	1,243	-0,694	3,131
Z'		1,00	-0,558	2,519
B		-1,00	1,012	3,53
Z'+B		-	0,454	6,049

$$X_1 = -5,02$$

$$X_Z = -9,95$$

$$X_B = -13,32$$

$$W = \frac{W}{W}$$

$$W^2 = \frac{173,9}{0,0752} = 2312,5 \quad W = 48,09$$

$$T = \frac{20}{W} = 0,4146$$

Döş. No	PERDELER		
	M_e	x	M
	tm	tm	tm
1	56.85	-5.02	51.83
Z	167.73	-9.95	157.78
B	356.73	-13.32	343.41

ÇERÇEVELER		Kat
$\frac{x}{h}$	T_c	No
t	t	
-1,67	1,67	1
-3,32 (-2,45)	1,65	Z
-3,33	0,84	B

Perde eğilme momentleri

$$M_i = M_{io} + X_i$$

Çerçeve kat kesme kuvvetleri

$$(T_i) = \frac{X_i + X_i}{h_i}$$

ÖZEL PERİYOD HESABI

Kat No	P	$\sum T$	$\sum R$	$\xi 10^2$	$D 10^2$	m	$PD 10^2$	$m D^2 10^4$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	18,95	1,67	73.61	0,023	0,055	16,20	1,04	0,049
2	18.01	1,65	8,333	0,020	0,032	22,00	0,576	0,023
1	10,29	0,84	67,38	0,012	0,012	22,00	0,123	0,0032

$$\sum 1,739 \quad \sum 0,0752$$

$$m = \frac{W}{g}$$

$$W^2 = \frac{173,9}{0,0752} = 2312,5$$

$$W = 48,09$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 0,131 \text{ sn}$$

K A Y N A K L A R

.....

- Yapı Sistemleri dinamiğine toplu bir bakış

Prof : Adnan Çakıroğlu

- Betonerme Sistemlerin yatay yüklere göre projelendirilmesi

Prof : Adnan Çakıroğlu

Prof : Günay Özmen

Doç : Erkan Özer

- Yapıların özel periyotlarının tayini

Prof : Adnan Çakıroğlu

Prof : Günay Özmen

- Betonerme Yapılar

Prof : Hüseyin Celasun

- Deprem Araştırma Bültenleri

- Yığma Yapılar

İmar İskan Bakanlığı Deprem

Araştırma Enstitüsü Başkanlığı

- Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik

İmar İskan Bakanlığı Deprem

Araştırma Enstitüsü Başkanlığı

- Deprem ve depreme dayanıklı yapılar

İmar İskan Bakanlığı Deprem

Araştırma Enstitüsü Başkanlığı

- Deprem mühendisliği ders notları

Prof : Halit Demir

Ö Z G E Ç M İ Ş

1962 yılında Kayseri de doğdum. Babamın memuriyeti dolayısı ile yurdun çeşitli yerlerinde bulundum. 1973 yılında Sivas. Gazi Osman Paşa ilk okulundan, 1976 yılında Sivas Selçuk Ortaokulundan, 1979 yılında Kıbrıs Kurtuluş Lisesinden mezun oldum.

Aynı yıl üniversite Seçme sınavlarında Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Bölümünü kazandım. Burada süren 4 yıllık eğitimden sonra 1983 yılında mezun oldum ve halen aynı Üniversite de Lisans Üstü öğrenimini sürdürmekteyim.

Handan İlhan

