

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YAPI SİSTEMLERİNİN
BİRİNCİ DOĞAL TİTREŞİM PERİYOTLARININ
HESABI İÇİN AMPİRİK PERİYOT İFADELERİ**

T.C. YÜKSEK ÖĞRETİM BAKANLIĞI
DOĞUŞANLIYON ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Çevre Müh. Pınar TEYMÜR
(501960062011)

100532

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 31 Mayıs 1999

Tezin Savunulduğu Tarih : 16 Haziran 1999

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Sumru PALA

Diğer Jüri Üyeleri: Prof. Dr. H. Faruk KARADOĞAN

Prof. Dr. Gülay ALTAY (B.Ü.)

Pala
Karadoğan
Altay

15.7.99

HAZİRAN 1999

ÖNSÖZ

“Yapı Sistemlerinin Birinci Doğal Titreşim Periyotlarının Hesabı İçin Ampirik Periyot İfadeleri” adlı çalışmayı içeren bu yüksek lisans tezini hazırlamam sırasında bilgi ve hoşgörü ile yardımlarını esirgemeyip, yol gösteren değerli hocam Sayın Prof. Dr. Sumru PALA’ya, Sayın Prof. Dr. Günay ÖZMEN’e ve Yapı Statik Anabilim Dalı’nın değerli öğretim ve araştırma görevlilerine teşekkür ederim.

Mayıs,1999

Pınar TEYMÜR



İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
SUMMARY	ix
1. GİRİŞ	1
2. DEPREM ve DEPREM YÖNETMELİKLERİ	2
2.1. Deprem-Spektrum-Periyot İlişkileri	2
2.2. Hesap Yöntemleri	7
2.3. Ampirik Periyot Formülleri Açısından Deprem Yönetmelikleri	13
2.3.1. Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik (ABYYHY)	13
2.3.2. Dünya deprem yönetmelikleri	16
2.3.2.1. Uniform building code (UBC)	16
2.3.2.2. Earthquake resistant design of structures (Eurocode 8)	17
2.3.2.3. National earthquake hazards reduction program (NEHRP)	18
2.3.2.4. Kanada deprem yönetmeliği	19
2.3.2.5. Kolombiya deprem yönetmeliği	20
2.3.2.6. Küba deprem yönetmeliği	20
2.3.2.7. İran deprem yönetmeliği	22
3. PERİYOT HESABI İÇİN ABYYHY'DE GETİRİLEN KISITLAMALAR	24
3.1. Periyot Hesabı İçin ABYYHY'de Getirilen Kısıtlamaların İrdelenmesi	24
3.2. İrdeme Sonucu Yapılan Öneriler	30
4. ÖNERİ DOĞRULTUSUNDA YAPILAN ÇALIŞMALAR	32
4.1. Uygulanan Yöntem	32
4.2. Tipik Yapıların Tanıtılması	32
4.2.1. Normal çerçeve yapının özellikleri	32
4.2.2. Rijit kolonlu çerçeve yapının özellikleri	36
4.2.3. Sabit kolonlu çerçeve yapının özellikleri	36
4.2.4. Perdeli yapının özellikleri	36
4.2.5. Boşluklu perdeli yapının özellikleri	37
4.2.6. Perdeli çerçeve yapının özellikleri	39
4.3. Tipik Yapıların Öneriler Doğrultusunda İrdelenmesi	39
5. SONUÇLAR	43
KAYNAKLAR	48
ÖZGEÇMİŞ	49

KISALTMALAR

UBC	: Uniform Building Code
NEHRP	: National Earthquake Hazards Reduction Program
EUROCODE 8	: Earthquake Resistant Design of Structures
ABYYHY	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1	Spektrum katsayısı eğrisi 10
Şekil 2.2	Kat yerdeğiştirmeleri 15
Şekil 3.1	Normal çerçeve tipi yapıların T-Kat Sayısı grafiği 27
Şekil 3.2	Rijit kolonlu çerçeve tipi yapıların T-Kat Sayısı grafiği 28
Şekil 3.3	Sabit kolonlu çerçeve tipi yapıların T-Kat Sayısı grafiği 28
Şekil 3.4	Perde-çerçeve tipi yapıların T-Kat Sayısı grafiği 29
Şekil 3.5	Boşluklu perde tipi yapıların T-Kat Sayısı grafiği 29
Şekil 3.6	Perde tipi yapıların T-Kat Sayısı grafiği 30
Şekil 4.1	Normal çerçeve tipi yapının kolon ve giriş rijitlikleri 33
Şekil 4.2	Rijit kolonlu çerçeve tipi yapının kolon ve giriş rijitlikleri 34
Şekil 4.3	Sabit kolonlu çerçeve tipi yapının kolon ve giriş rijitlikleri 35
Şekil 4.4	6 katlı perdeli yapı örneği 36
Şekil 4.5	8 katlı boşluklu perde örneği 37
Şekil 4.6	Perdeli-çerçeve yapılarının perde, kolon ve giriş rijitlikleri 38
Şekil 4.7	Normal çerçeve tipi yapıların T-Kat Sayısı grafiği 39
Şekil 4.8	Rijit kolonlu çerçeve tipi yapıların T-Kat Sayısı grafiği 40
Şekil 4.9	Sabit kolonlu çerçeve tipi yapıların T-Kat Sayısı grafiği 40
Şekil 4.10	Perde-çerçeve tipi yapıların T-Kat Sayısı grafiği 41
Şekil 4.11	Boşluklu perde tipi yapıların T-Kat Sayısı grafiği 41
Şekil 4.12	Perde tipi yapıların T-Kat Sayısı grafiği 42

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 Etkin yer ivmesi katsayısı	10
Tablo 2.2 Spektrum karakteristik periyotları	11
Tablo 2.3 Bina önem katsayısı	11
Tablo 2.4 Taşıyıcı sistem davranış katsayısı	12
Tablo 2.5 Hareketli yük katılım katsayısı	12
Tablo 2.6 C_t katsayısı değerleri	16
Tablo 2.7 C_t katsayısı değerleri	18
Tablo 2.8 C_t katsayısı değerleri	19
Tablo 3.1 6 katlı tipik yapıların ABYYHY'e göre hesaplanan T değerleri	25
Tablo 3.2 8 katlı tipik yapıların ABYYHY'e göre hesaplanan T değerleri	25
Tablo 3.3 12 katlı tipik yapıların ABYYHY'e göre hesaplanan T değerleri	25
Tablo 3.4 16 katlı tipik yapıların ABYYHY'e göre hesaplanan T değerleri	26
Tablo 3.5 20 katlı tipik yapıların ABYYHY'e göre hesaplanan T değerleri	26
Tablo 3.6 24 katlı tipik yapıların ABYYHY'e göre hesaplanan T değerleri	26
Tablo 3.7 p katsayısı değerleri	31
Tablo 4.1 Perde tipi yapıların perde rijitlikleri	36
Tablo 4.2 Boşluklu perde tipi yapıların perde ve boşluk uzunlukları	37
Tablo 4.3 Boşluklu perde tipi yapıların perde ve bağ kirişi rijitlikleri	37

YAPI SİSTEMLERİNİN BİRİNCİ DOĞAL TİTREŞİM PERİYOTLARININ HESABI İÇİN AMPİRİK PERİYOT İFADELERİ

ÖZET

Bilindiği gibi yapı sistemlerinin dinamik analizinde yapının titreşim periyotlarının, özellikle birinci doğal titreşim periyotlarının bilinmesi son derece önemlidir. “Yapı sistemlerinin birinci doğal titreşim periyotlarının hesabı için ampirik periyot ifadeleri” isimli bu çalışmada, yapı sistemlerinin birinci doğal titreşim periyotlarının bulunması için deprem yönetmeliklerinde yer alan yöntemler incelenmiş ve ampirik periyot ifadesi kullanılması konusu üzerinde durulmuştur.

2. bölümde depremlerin oluş nedenlerine ve ölçüm tekniklerine kısaca değinilmiştir. Ayrıca yapı sistemlerinin deprem etkilerine göre hesabında kullanılan deprem spektrumlarına, ortalama spektrum düşüncesine ve tasarım ivme spektrum kavramlarına da yer verilmiştir. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte yer alan ‘Mod Birleştirme Yöntemi’, ‘Zaman Tanım Alanı Hesap Yöntemleri’ ve daha geniş olarak ‘Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi’ ele alınmıştır. Dünya deprem yönetmelikleri, ABYYHY başta olmak üzere ampirik periyot formülleri bakımından incelenmiştir.

3. bölümde ABYYHY’de Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi binanın birinci doğal titreşim periyodunun Rayleigh oranı,

$$T_1 = 2\pi [\sum (m_i d_{fi}^2) / \sum (F_{fi} d_{fi})]^{1/2} \quad (1)$$

ile hesaplanması ve bulunan bu değerin

$$T_{1A} = C_t H_N^{3/4} \quad (2)$$

ampirik periyot ifadesi ile bulunan T_{1A} değeri ile karşılaştırılması ve $T_{1A} > 1.0s$ durumunda, T_1 yerine $T_{1B} = 1.3T_{1A}$ değeri kullanılması zorunluluğu; tablolar ve grafikler yardımıyla seçilen tipik yapılar üzerinde farklı kat sayıları için ele alınmış ve irdelenmiştir. Tipik yapılar;

- Normal çerçeveler
- Rijit kolonlu çerçeveler
- Sabit kolonlu çerçeveler

- Perdeli ve çerçevesiz yapılar
- Boşluklu perdeler
- Perde

şeklinde gruplandırılmış ve 6, 8, 12, 16, 20 ve 24 olmak üzere 6 farklı kat sayısı için incelenmiştir. Tablolar ve grafikler her tip yapı için ayrı ayrı verilerek, açıklanmıştır.

Bu incelemelerden çerçevelerden oluşan yapılarda, ampirik formül ile bulunan T_{1A} 'nın çok küçük değerler olduğu görülmüş ve dolayısıyla hesaba esas alınacak deprem yüklerinin aşırı mertebede büyüdüğü gözlenmiştir. Bunun yanında Rayleigh oranı ile bulunan T_1 'in ise yapının deprem sırasında sahip olabileceği gerçek periyot değerinden büyük olabildiğini, yapılan deneyler göstermektedir. Bu durum da, T_1 ile hesaplanacak deprem yüklerinin yapının karşılayacağı gerçek deprem yüklerinden küçük kalma ihtimalini ortaya çıkarmaktadır. Bu yüzden yönetmelikte yer alan

$$T_{1B}=1.3T_{1A} \quad (3)$$

değerleri de gözönüne alınmış ve bu şekilde hesaplanan T_{1B} değerlerinin daha uygun olduğu gözlenmiştir. Ancak yönetmelikte “kuvvetli kolon, zayıf kiriş” şartına uygun olarak seçilmiş bulunan Rijit Kolonlu Çerçeve tipi yapı için, T_{1B} ifadesinin de çok gerçekçi olmadığı gözlenmiş ve bütün çerçeve tipi yapılar için yeni bir ampirik periyot formülü önerilmiştir.

Perdeli-çerçevesiz, boşluklu perdeli ve perdeli yapılarda da T_{1A} 'nın T_1 'den çok küçük olduğu gözlenmiştir. ABYYHY’de verilen T_{1B} ifadesinin bu tip yapılar için uygun olmadığı görülmüştür. Yeni bir ampirik periyot formülü gereksinimi burada da ortaya çıkmaktadır.

Önerilen ampirik formül aşağıdaki ifadede verilmiştir:

$$T=0.1N-p \quad (4)$$

Tablo 1.a p katsayısının değerleri

	N	SA	R	PÇ	BP	PER
p	0	0	0	0.20	0.40	0.50

4. bölümde önerilen formül doğrultusunda tipik yapılar yeniden incelenmiştir ve gerekli kritikler yapılmıştır. Sonuç olarak;

- Önerilen yeni formül ile elde edilen periyot değerinin 25m’den yüksek çerçeve tipi yapılar için uygun olduğu, ancak 25m’den alçak yapılar için bu değerin %20 artırılması gerektiği sonucuna varılmıştır.
- Perde-çerçeve tipi yapılar için de yukarıda verilen aynı sonuç elde edilmiştir, ancak artım oranı %30 olarak belirlenmiştir.

- Boşluklu perde ve perde tipi yapılar için önerilen yeni formül ile elde edilen periyot değerinin tüm yükseklikler için uygun olduğu sonucuna varılmıştır.



THE EMPIRICAL FORMULAE FOR THE CALCULATION OF THE FIRST NATURAL PERIODS OF THE STRUCTURAL SYSTEMS

SUMMARY

It is well known in the dynamic analysis of the structures that it is very important to know vibration periods, particularly the first natural period. In this study, the empirical formulae given for the first natural period by several earthquake codes are examined.

The aim of the study is introduced in the first chapter.

The second chapter of the study consists of how the earthquakes occur and how they are analysed. Under this topic the average spectrum and design acceleration spectrum concepts are mentioned.

In the third chapter, the comparison between the period values obtained by the Raleigh quotient given in equation 1,

$$T_1 = 2\pi [\sum (m_i d_{fi}^2) / \sum (F_{fi} d_{fi})]^{1/2} \quad (1)$$

and the empirical formula given in equation 2,

$$T_{1A} = C_t H_N^{3/4} \quad (2)$$

are presented by the tables and the graphs on the chosen structures. These structures are,

- Simple frames
- Frames with strong columns-weak beams
- Frames with weak columns-strong beams
- Dual systems
- Coupled shear walls
- Shear walls

They are analysed for six different storey numbers like 6, 8, 12, 16, 20 and 24. All of the tables and the graphs are given and explained for each of the typical structures.

As a result of the analysis, it has seen that T_{1A} period values are very small and consequently the equivalent lateral loads are extremely high. Besides that the experiments show that the period values obtained from the Raleigh quotient are higher than the real period values that are measured during an earthquake. This will cause the equivalent lateral loads to be smaller than what is expected during an earthquake. Because of these Equation 3,

$$T_{1B}=1.3T_{1A} \quad (3)$$

is also taken into consideration and it is observed that the results obtained by this equation seem more realistic than the others. On the other hand, it has been observed that these values are not good enough for the frames with “strong column, weak beam”. So a new empirical formula is recommended for the three types of the frame structures.

It is also observed that T_{1A} , T_1 and T_{1B} values are not good enough for the rest of the typical structures. The necessity for a new empirical formula also arises for these kinds of structures.

The new empirical formula is given below;

$$T=0.1N-p \quad (4)$$

where the p values are given in Table 1.a.

Table 1.a The values of the constant, p

	N	SA	R	PÇ	BP	PER
p	0	0	0	0.20	0.40	0.50

In the fourth chapter, the analyses for the structures are repeated for the new formula. The below conclusions are drawn out:

- The period values obtained from the new empirical formula are suitable for the frame structures, that are higher than 25m. However they have to be increased 20% for the ones that are lower than 25m.
- The same results for the dual systems are also obtained except that the increase should be 30%.
- The new empirical formula is good enough for the coupled shear walls and shear walls.

1. GİRİŞ

Yapı sistemlerinin deprem etkisi altındaki davranışını tarifleyebilmek ve dayanımını belirleyebilmek için yapının periyot değerlerinin bilinmesi gereklidir. Periyotların, bilinen hesap yöntemleri ile belirlenmesi genellikle çok zaman almaktadır. Özellikle yapıların ön boyutlama safhasında ve çok katlı olmayan yani dinamik hesap yapılması zorunlu olmayan yapılarda periyot değerini yaklaşık da olsa tahmin edebilmek oldukça önemlidir. Bu nedenle çağdaş dünya deprem yönetmeliklerinin bir çoğunda yapıların çeşitli özelliklerine bağlı olarak geliştirilen bazı ampirik periyot formülleri verilmiştir.

Bu formüller, yapılmış deneysel araştırmalardan ve daha önce meydana gelmiş depremlerden yola çıkılarak elde edilmişlerdir. Ancak bu formüller incelendiğinde, bina özel periyot değerlerinin oldukça düşük değerler olarak hesaplandığı görülmektedir. Bu durum, toplam yatay yükün aşırı derecede artmasına yol açmaktadır.

Bilgisayar teknolojisinin gelişmesi ile kesin değere oldukça yakın değerler veren yaklaşık yöntemler geliştirilmiştir. Ancak eldeki deprem kayıtlarıyla ve deneysel çalışmalar ile yapılan karşılaştırmalar, kesin olarak nitelendirilen bu değerlerin gerçek değerlerden oldukça büyük değerler verdiğini göstermektedir. Bu durumda toplam yatay yük küçük olarak hesaplanmakta yani tasarım güvensiz tarafta kalmaktadır. Hesap edilen periyodun büyük olmasının başlıca nedeni, analitik hesaplarda gözönüne alınmayan dolgu duvarlarının deprem sırasında rijitliği arttırıcı ve dolayısıyla özel periyot değerini azaltıcı etkileridir.

Bu çalışmada, yukarıda verilen açıklamalar doğrultusunda daha güvenilir bir ampirik periyot formülü önerilmeye çalışılmıştır. Çalışmada bir ‘Sayısal Deney’ yöntemi kullanılmıştır. Önerilen ampirik periyot ifadesi seçilen tipik yapılar için kullanılmış, elde edilen değerler ABYYHY’de verilen ampirik formül ve kesin yöntem ile elde edilenler ile karşılaştırılarak, verilen formülün geçerliliği irdelenmiştir.

2. DEPREM ve DEPREM YÖNETMELİKLERİ

Bu bölümde depremin nasıl oluştuğu, nasıl ölçüldüğü, spektrum eğrilerinin nasıl oluşturulduğu ve bu eğrilerden yapının periyot hesabına nasıl geçildiği açıklanmıştır.

2.1. Deprem-Spektrum-Periyot İlişkisi

Deprem, yer kabuğunun soğuma veya çeşitli etkilerden meydana gelen şekil değiştirme enerjisinin ani olarak açığa çıkması sonucu oluşur. Böyle bir olay sırasında yer kabuğunu oluşturan plakalar, kendisini sınırlayan çizgiler olan faylar boyunca ani olarak kayar. Bu tür tektonik depremde ortaya çıkan yer değiştirme dalgaları sönümlenerek uzaklara yayılır. Bazı depremler volkanik hareketlere, yeraltı mağaraların çökmesine ve hatta yeraltına basılarak uzaklaştırılan kullanılmış suların ortaya çıkardığı gerilmelere bağlı olarak da oluşabilmektedir. Ancak tektonik olmayan bu depremlerin sayısı ve şiddetleri azdır.

Deprem, yer kabuğunun bir titreşimi olduğu için yapıların mesnetlerinde zamana bağlı bir yer değiştirme hareketi doğurarak dinamik bir etki oluşturur. Yapıların dinamik davranışlarının belirlenmesinde doğal titreşim periyotları ve bunlara karşı gelen mod şekilleri önemli yer tutar. Sismograflar kullanılarak mevcut yapıların periyot ve mod şekilleri bulunabilir. Bu aletler; özellikle yıkıcı bir depremin merkez üstü bölgesinde yer hareketini ölçmek için uygun değildirler, çünkü sismograflar dünyanın herhangi bir noktasındaki küçük bir yer hareketini kaydetmek için düzenlenmişlerdir. Yapılarda hasar meydana getiren yer hareketleri kuvvetli yer hareketleridir ve büyümesinin fazla olması nedeniyle, merkez üstü bölgesindeki bir sismograf böyle bir hareketi göstermeye yetmez veya alet tahrip olabilir. Deprem mühendisliği için bunların ölçülmesi gerekir. Bu ise, sismograflardan değişiklik yapılarak elde edilen Kuvvetli Hareket İvme Ölçerleri ile gerçekleştirilir. Bu aletler normal olarak sükunette olup, ancak yer hareketi ivmesinin belirli bir değeri aşmasından sonra harekete geçerler. Alınan kayıtlarda, aletin belirli bir değerden

sonra çalışması sebebiyle ve elde olmayarak ortaya çıkan hataların düzeltilmesi gerekir, [1].

Ölçü aletleri ile mevcut yapıların periyot ve mod şekilleri bulunması için yapılan incelemelerde zorlamalar küçük olacağı için yapının davranışının elastik sınır içinde kaldığı kabul edilebilir. Bu amaçla deprem kayıtları kullanılabildiği gibi aşağıda verilen dinamik zorlama şekilleri de gözönüne alınabilir:

- a) Rüzgar ve taşıtların yapıya olan dinamik etkilerinden doğan kayıtlar değerlendirilerek, iki yöndeki ilk iki serbest titreşim karakteristikleri elde edilebilir. Yapının farklı yerlerindeki kayıtlar değerlendirilerek mod şekilleri bulunabilir.
- b) Depremden doğan titreşimler yanında meydana gelen patlamalardan elde edilen kayıtlardan da değerlendirmede faydalanılabilir. Yapıya yakın zeminde yapılacak kayıtlar ise dış zorlamanın karakteristiklerini belirlemede kullanılabilir. Bütün aletlerin kayıtları zaman bakımından uyumlu duruma getirilmişse, doğrusal davranış durumu için kütle matrisinin de bilinmesiyle yapının rijitlik ve sönüm matris elemanları da bulunabilir.
- c) Yapıya dış merkez kütleli dinamik alet bağlayıp farklı frekanslarda çalıştırılarak, yapının frekansı ölçülebilir. Sonuçlardan rezonans eğrisi çizilerek, yapının doğal titreşim frekansları belirlenebilir. Farklı yerlerde yer değiştirmenin ölçülmesiyle mod şekilleri de elde edilebilir.
- d) Titreşim aletini yüksek frekansda çalıştırıp daha sonra aleti tahrik motorundan ayırarak frekansın yavaş yavaş düşmesi sağlanabilir. Zorlama frekansı, yapının doğal frekansını geçerken yerdeğistirmeler büyüyeceği için, bu değerler kolayca belirlenebilir.
- e) Yapı özellikle rijitliği küçükse, serbest titreşime zorlanarak titreşim periyodu belirlenebilir. En düşük titreşim frekansı için bu kolayca yapılabilse de yüksek frekanslar için karmaşık zorlama biçimlerine ihtiyaç duyulabilir. Yer değiştirmenin zamanla olan azalmasından sönüm hakkında da bilgi edinilebilir.

Yapıların deprem etkisine göre hesabında akla gelen bir çözüm yöntemi, değişik deprem kayıtlarını veya en azından bunlardan seçilen bir tanesini alarak hareket

denklemlerini zaman veya frekans alanında integre ederek yer değiştirme, hız, ivme ve elastik kuvvetlerin bulunmasıdır. Ancak pek çok durumda bu uzun hesapların yapılması hem yorucu ve uzun, hem de gereksizdir. Daha elverişli bir çözüm yöntemi deprem spektrumlarından yararlanmaktır.

Verilen bir depremin spektrumu, bu deprem etkisine maruz kalan tek serbestlik dereceli bir sistemin davranışının (ivme, hız ve yerdeğiştirme) maksimumunu, serbest titreşim periyoduna bağlı olarak gösteren eğridir. İvme spektrumu (S_a), hız spektrumu (S_v) ve yerdeğiştirme spektrumu (S_d) arasında yaklaşık olarak şu bağıntı yazılabilir:

$$S_a = \omega S_v = \omega^2 S_d \quad (2.1)$$

Burada ω açısal frekansı göstermektedir. Yerdeğiştirme ve hız spektrumları sistemin yere göre relatif yerdeğiştirme ve hızı kullanılarak elde edilirken, ivme spektrumunda sistemin mutlak ivmesi gözönüne alınmaktadır. Tek serbestlik dereceli sistemde (2.1) bağıntısındaki spektrum değerleri kullanılarak bulunan maksimum elastik kuvvet, maksimum taban kesme kuvveti olarak görülebilir ve

$$f_{smax} = m \omega^2 S_d = m S_a = S_a w/g \quad (2.2)$$

şeklinde yazılabilir. Burada w sistemin ağırlığı olup, S_a/g ise maksimum yatay kuvvetin ağırlığa olan oranına karşı gelmektedir. Verilen (2.1) bağıntısı, spektrum değerlerinden birinin bilinmesinin yeterli olduğunu gösterir.

Spektrum eğrilerinin incelenmesinden ve spektrum tarifinden aşağıdaki özellikler görülebilir:

- a) Sönüm oranı sıfıra yaklaştıkça, periyottaki küçük değişmeler özellikle ivme spektrum eğrisinde büyük farklar meydana getirmektedir.
- b) Sönüm oranı; spektrum değerine, özellikle küçük periyotlar bölgesinde önemli ölçüde etki ederek onlar daha yumuşak değişen eğriler haline getirir.
- c) Periyodun büyük olması durumunda, sistem deprem hareketini takip edemeyeceği için hız spektrumu değişimi yatay doğruya yaklaşır. Bu durumda spektrumlar

arasındaki yaklaşık bağıntılardan, yerdeğiştirme spektrumunun periyotla doğru orantılı ve ivme spektrumunun periyotla ters orantılı olarak değiştiği belirlenebilir. Maksimum taban kesme kuvvetinin ivme spektrumuyla orantılı olduğu hatırlanırsa, $1/T$ ile de orantılı olduğu söylenebilir. Bu nedenle pek çok ülke deprem yönetmeliğinde maksimum taban kesme kuvveti $1/T$ ile veya daha güvenli olarak $1/T^{2/3}$ veya $1/T^{1/2}$ ile orantılı kabul edilir.

- d) Periyodun çok küçük olması durumunda, sistem deprem tarafından sadece sürüklenecektir. Bu durumda sistemin yere göre olan yer değiştirmesi sıfır, mutlak yer değiştirmesi ise deprem hareketinin yer değiştirmesine eşit olacaktır. $T \rightarrow 0$ iken $S_d \rightarrow 0$, $S_v \rightarrow 0$ ve $S_a \rightarrow$ maksimum deprem ivmesi olacaktır.
- e) Periyodun çok büyük olduğu durumda, sistem deprem hareketine ataleti ile karşı koyacak ve hareket etmemek isteyecektir. Bu durumda sistemin yere göre olan yer değiştirmesi, deprem hareketinin yer değiştirmesinin ters işaretine eşit olacaktır. Bu sebepten periyot büyürken; $S_d \rightarrow$ maksimum deprem yer değiştirmesi, gerçek hız spektrumu $S_v \rightarrow$ maksimum deprem hızı ve $S_a \rightarrow 0$ olur. Burada S_d ve S_v 'nin relatif yerdeğiştirme ve hız spektrumuna, S_a 'nın ise mutlak ivme spektrumuna karşı geldiği hatırlanmalıdır.
- f) Gerçek ve yaklaşık hız spektrumları arasındaki fark çok büyük periyotlarda belirgin olur. Sönümsüz sistemde hesaplanacak gerçek ve yaklaşık ivme spektrumları arasında fark yoktur.

Değişik depremlerde spektrum eğrilerinin özellikleri aynı kalmakla beraber, iniş ve çıkışlar farklı yerlerde ortaya çıkar. Bu durum gözönüne alınarak "ortalama spektrum" düşüncesi ortaya atılmıştır. Bu amaçla yerdeğiştirme spektrumu sönümsüz durumda $T \rightarrow \infty$ değerine göre ve ivme spektrumu ise $T=0$ 'daki maksimum yer hareketi ivmesine göre boyutsuzlaştırılmıştır. Ortalama spektrum eğrileri basitleştirilerek yönetmeliklerde kullandığımız tasarım ivme spektrumları oluşturulmuştur.

Yapı elemanlarının taşıyabileceği yüklerin hesaplanmasındaki belirsizlikler, dinamik yükler altındaki malzeme davranışından kaynaklanmaktadır. Boyutlandırma malzemeye ait deneysel bilgiler, statik denebilecek yüklerin yön değiştirerek

malzemeye uygulanmasından elde edilmiştir. Yön değiştirme frekansı daha büyük olan ve dinamik etkinin daha belirgin şekilde ortaya çıktığı yükleme deneyleri ancak yeni olarak gerçekleştirilebilmektedir. Bunların yanında en değerli bilgilerin, depremden hasar görmüş yapı elemanlarının incelenmesiyle elde edildiğini eklemek gerekir.

Hemen hemen tüm deprem yönetmeliklerinde yapılarda deprem etkisi, eşdeğer yatay kuvvetlere dönüştürülerek incelenir. Genellikle depremden meydana gelen düşey yükler gözönüne alınmaz. Bu durum, yapının zaten düşey yerçekimi yükleri altında belirli bir güvenliğe sahip olması şeklinde açıklanabilir. Yatay deprem yükleri ise normal mevcut olanlara göre farklı özelliktedir. Normal durumda düşey ivme yerçekimi ivmesine eşit olduğu halde, yatay ivme mevcut değildir.

Deprem yönetmeliklerinde belirli bir biçimde bir yatay yük olarak tanımlanan deprem etkisini, statik özellikte olan yüklerle aynı türde hesaba katmak yanıltıcı olabilir. Statik yüklerle birlikte dinamik yükler de taşıyan sistemlerin bir çoğunda, dinamik yük etkisi statik yük etkilerinden oldukça küçüktür. Bu gibi durumlarda dinamik etkinin ayrıntılı bir hesabı yerine; eşdeğer bir statik yük tanımlayarak, çarpma katsayısı veya benzeri bir çarpan uygulayarak, bazen de güvenlik katsayısını değiştirerek işlemlerin yürütülmesi yoluna gidilir, [2].

Deprem yükünün statik yüklerden çok farklı iki özelliği vardır:

- 1) Depremi temsil etmek üzere alınan yatay kuvvetlerin karşı geldiği ivme değerleri; elastik davranan bir yapının söz konusu olabilecek şiddetli bir depremde maruz kalacağı ivmelerin $1/2 \sim 1/10$ 'u kadardır. Bu küçük ivmeler, yapının plastik şekil değiştirmelerle yani belirli düzeydeki hasarlarla göçmeden karşı koyacağı ivme düzeyini elastik davranan bir yapıda temsil ederler.
- 2) Deprem etkisi yön değiştiren, dönüşümlü bir etkidir. Bu nedenle sadece bir doğrultuda etki eden yüklerden farklı olarak, bazı malzeme özelliklerinin değişmesine neden olabilir. Yapının söz konusu büyük ve iki yöndeki yer değiştirmelere dayanabilmesi ancak iyi detaylandırma ve yapım işçiliği ile mümkündür.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında tüm dünyada uygulanan ilke; yapının sık ve küçük şiddetteki depremleri elastik sınırlar içinde kalacak, orta şiddetteki depremleri elastik sınırların ötesinde fakat taşıyıcı sistemde kolayca onarılabilecek önemsiz hasarlarla, çok seyrek şiddetli depremleri büyük hasarlarla fakat taşıyıcı sistemi tamamen göçmeden, can kaybı olmaksızın karşılayabilmesidir. Bu ilke doğrultusunda bazı kurallar belirlenmiş ve "Deprem Yönetmelikleri" oluşturulmuştur. Deprem yönetmeliğinin ana hedefi, depremde can kaybına yol açacak tipte çökmenin meydana gelmeyeceği yapıların inşa edilmesidir. Ekonomik yapı ortaya çıkarılması da arzu edilirse de, insan hayatının güvenliği sağlanması daha önce gelir. Deprem yönetmeliğinin, bu konuda elde edilen bilgiler çerçevesinde zaman zaman yenilenmesi doğaldır. Yasal olarak zorunlu olması bakımından minimum koşulları içerir. Yönetmelikte verilen koşullara uyularak yeterince rijitlik, süneklik ve dayanıma sahip yapılar elde edilebilir. Yönetmelik, deprem etkisinin daha rahat karşılanması bakımından, yapıda düzgün taşıyıcı sistem seçimini özendirici ve tersini caydırıcı hükümlere sahiptir.

Çağdaş deprem yönetmeliklerinin hepsinde yapıya etki edecek deprem yüklerinin belirlenmesinde Spektral İvme Katsayısına gerek duyulmaktadır. Bu katsayı öncelikle yapının doğal periyoduna ve tasarım ivme spektrumuna bağlı olarak tarif edilir. Gerekli durumlarda elastik tasarım ivme spektrumu, yerel deprem ve zemin koşulları gözönüne alınarak yapılacak özel araştırmalarla da belirlenebilir. Yönetmeliklerde bunlar için bir alt sınır oluşturacak değerler verilmiştir.

2.2. Hesap Yöntemleri

Binaların ve bina türü yapıların deprem hesapları için çeşitli yöntemler kullanılabilir. Yönetmeliklerde çeşitli durumlarda kullanılması gereken yöntemler ve bunların uygulama sınırları verilmiştir. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY) [3]'de "Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi", "Mod Birleştirme Yöntemi" ve "Zaman Tanım Alanı Hesap Yöntemleri" kullanılabilecek yöntemler olarak verilmiştir. Özel yapıların analizinde daha ileri yöntemler söz konusu olabilir. Dünya yönetmeliklerinin hepsinde standart binalar için belli sınırlar altında Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin kullanılabileceği belirtilmektedir.

Deprem etkisindeki yapılarda meydana gelen etkiler, esas olarak yapı dinamiğinin ilkelerini kullanan Dinamik Hesap Yöntemi kullanılarak hesap edilebilir. Ancak deprem etkisi bazı durumlarda eşdeğer statik yüklere çevrilerek hesap basitleştirilebilir. Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminde yapıya etkiyen dinamik yükler, statik yük şekline çevrilirler. Bu çevirme yapılırken yapının 1.modunu temsil ettiği düşünülen yaklaşık bir mod şeklinden yararlanılır. ABYYHY'de verildiğı şekilde Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi aşağıdaki durumlarda uygulanabilir, [3]:

- 1) 1. ve 2. Derece deprem bölgelerinde toplam bina yüksekliğı 25m'den küçük, A1 türü burulma düzensizliğı olmayan, varsa her bir katta tanımlanan burulma düzensizliğı katsayısı (η_{bi}) ≤ 2.0 koşulunu sağlayan binalar
- 2) 1. ve 2. Derece deprem bölgelerinde toplam bina yüksekliğı 60m'den küçük A1 türü burulma düzensizliğı olmayan, varsa her bir katta tanımlanan burulma düzensizliğı katsayısı (η_{bi}) ≤ 2.0 koşulunu sağlayan ve ayrıca B2 türü düzensizliğı olmayan binalar
- 3) 3. ve 4. Derece deprem bölgelerinde toplam bina yüksekliğı 75m'den küçük bütün yapılar

Her iki yöntemle göre yapılacak hesapta deprem kuvvetlerinin, yapılara birbirine dik eksenler yönünde ayrı ayrı etkiğiğı kabul edilecektir.

Dinamik hesap yönteminin statik hesap yönteminden en önemli farkı, toplam yatay kuvveti ve bunların düşey doğrultudaki yayılışının daha doğru yöntemle hesaplanmasıdır. Yatay kuvvetlerin şiddeti de yapının serbest titreşim periyotlarına bağılıdır. Bunlar ise sistemdeki kütlelerin ve rijitliğın yükseklik boyunca dağılımından hesap edilir. Dinamik hesap için, taşıyıcı sistemi temsil edecek bir model kurulur. Bu modelde kütleler kat seviyelerinde toplanır ve bu kütlelerin dinamik serbestlikleri gözönüne alınır. Modların Süperpozisyonu Yönteminin uygulamasında yapının önemli modları gözönüne alınır. Bir ön yaklaşım olarak en az ilk üç mod ve periyodu 0.4s'den büyük olan bütün modlar hesaba alınmalıdır. Hesaba alınması gerekli titreşim modu sayısı, gözönüne alınan birbirine dik x ve y deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının, hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin %90'ından az olmaması kuralına göre belirlenecektir. Ayrıca

gözönüne alınan deprem doğrultusunda etkin kütlesi, bina toplam kütlesinin %5'inden büyük olan bütün titreşim modları gözönüne alınacaktır. Bu yöntemde maksimum iç kuvvetler ve yerdeğiştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun herbiri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir.

Özel durumlarda, bina ve bina türü yapıların Zaman Tanım Alanında doğrusal elastik ya da doğrusal elastik olmayan deprem hesabı için daha önce kaydedilen veya yapay yollarla üretilen benzeştirilmiş deprem yer hareketleri kullanılabilir. Zaman Tanım Alanında yapılacak deprem hesabında en az üç tane kaydedilmiş veya benzeştirilmiş ivme kaydı kullanılacak ve bunlara göre elde edilen büyüklüklerin en elverişsiz olanları tasarıma esas alınacaktır. Doğrusal elastik olmayan hesap yapılması durumunda, taşıyıcı sistem elemanlarının tekrarlı yükler altındaki davranışını tanımlayan iç kuvvet-şekildeğiştirme bağıntıları, geçerliliğı teorik ya da deneysel olarak kanıtlanmış yöntemlerle elde edilecektir.

Bu çalışmada Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile yapının birinci titreşim periyodu belirlenmesi konusu ele alınacağından, ABYYHY'de ele alınış şekli ile daha detaylı aktarmak gerekmektedir. Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (taban kesme kuvveti);

$$V_1 = W A(T_1) / R_a(T_1) \geq 0.10 A_0 I W \quad (2.3)$$

ifadesi ile verilmiştir.

$A(T_1)$: Spektral ivme katsayısı

W : Hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam yapı ağırlığı

A_0 : Etkin yer ivmesi katsayısı

I : Bina önem katsayısı

$R_a(T_1)$: Deprem yüğü azaltma katsayısı

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan ve tanım olarak %5 sönüm oranı için elastik Tasarım İvme Spektrumunun yerçekimi ivmesi g 'ye bölünmesine karşı gelen Spektral İvme Katsayısı şu denklem ile verilmiştir.

$$A(T_1) = A_0 I S(T_1) \quad (2.4)$$

$S(T_1)$: Spektrum katsayısı

Etkin yer ivmesi katsayısı Tablo 2.1’de tanımlanmıştır.

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Tablo 2.1 Etkin yer ivmesi katsayısı

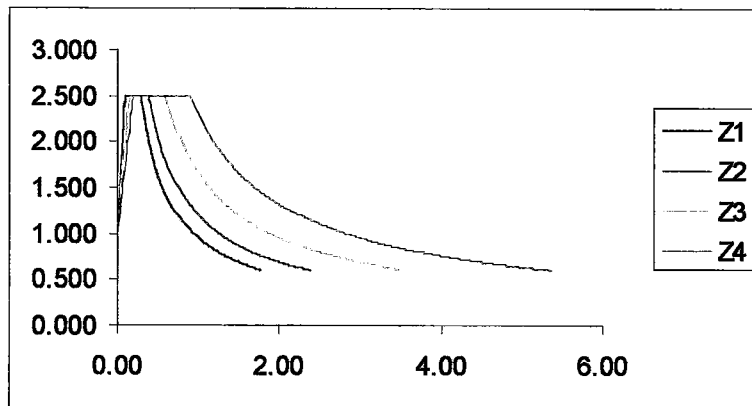
Spektrum katsayısı, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T_1 ’e bağlı olarak Denklem 2.5 ile hesaplanacaktır. (Şekil 2.1)

$$S(T_1) = 1 + 1.5 T_1 / T_A \quad (0 \leq T_1 \leq T_A) \quad (2.5a)$$

$$S(T_1) = 2.5 \quad (T_A < T_1 \leq T_B) \quad (2.5b)$$

$$S(T_1) = 2.5 (T_B / T_1)^{0.8} \quad (T_1 > T_B) \quad (2.5c)$$

T_A, T_B : Spektrum karakteristik periyotları, [s]



Şekil 2.1 Spektrum katsayısı eğrisi

Spektrum karakteristik periyotları, yerel zemin sınıflarına bağlı olarak Tablo 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2.2 Spektrum karakteristik periyotları

Yerel Zemin Sınıfı	T_A	T_B
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Bina önem katsayısı Tablo 2.3'te verilmiştir.

Tablo 2.3 Bina önem katsayısı

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı
Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar	1.5
İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar	1.4
İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar	1.2
Diğer binalar	1.0

Depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışını gözönüne almak üzere, spektral ivme katsayısına göre bulunacak elastik deprem yükleri deprem yükü azaltma katsayısına bölünecektir. Deprem yükü azaltma katsayısı, çeşitli taşıyıcı sistemler için aşağıdaki Tablo 2.4'de tanımlanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısına ve doğal titreşim periyodu T_1 'e bağlı olarak 2.6 bağıntısı ile belirlenecektir.

$$R_a(T_1)=1.5+(R-1.5)T_1/T_A \quad (0 \leq T_1 \leq T_A) \quad (2.6a)$$

$$R_a(T_1)=R \quad (T_1 > T_A) \quad (2.6b)$$

Tablo 2.4 Taşıyıcı sistem davranış katsayısı

Bina Taşıyıcı Sistemi	Süneklik Düzeyi Normal Sistemler	Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler
Yerinde Dökme Betonarme Binalar	R	R
Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4	8
Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar	4	7
Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar	4	6
Deprem yüklerinin, çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	4	7

Binanın deprem sırasındaki toplam ağırlığı olarak gözönüne alınacak olan W , Denklem 2.7 ile belirlenecektir.

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (2.7)$$

w_i ; hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan kat ağırlıkları ise 2.8 bağıntısı ile hesaplanacaktır.

$$w_i = g_i + nq_i \quad (2.8)$$

Hareketli yük katılım katsayısı Tablo 2.5'te verilmiştir. Kar yüklerinin %30'u sabit yük olarak gözönüne alınacaktır. Endüstri binalarında; sabit ekipman ağırlıkları için $n=1$ alınacak, ancak vinç kaldırma yükleri kat ağırlıklarının hesabında gözönüne alınmayacaktır.

Tablo 2.5 Hareketli yük katılım katsayısı

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

Toplam yüksekliği 25m'den büyük olan yapılarda, yüksek modların etkisini hesaba katmak amacıyla, yapının en üst katı hizasına ek bir yatay kuvvetin etkimesi öngörülmüştür. Bu ek tepe kuvveti,

$$\Delta F_N = 0.07 T_1 V_t \leq 0.2 V_t \quad (2.9)$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Toplam yüksekliği 25m'den küçük olan yapılar için $\Delta F_N = 0$ alınacaktır.

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışında geri kalan kısmı, N'inci kat dahil olmak üzere bina katlarına Denklem 2.8 ile dağıtılacaktır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (2.10)$$

F_i : Eşdeğer deprem yükü yönteminde i'inci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü

H_i : Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği, [m]

2.3. Ampirik Periyot Formülleri Açısından Deprem Yönetmelikleri

Bu bölümde çalışmanın amacına uygun olarak dünya deprem yönetmelikleri ve ABYYHY yönetmeliği taranmış, kullanılan ampirik periyot formülleri ve bu formüllerle hesaplanan periyot değerlerine getirilen kısıtlamalar incelenmiştir.

2.3.1. Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik

Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin uygulandığı tüm binaların birinci doğal titreşim periyodu, 2.14 ifadesinde verildiği gibi hesaplanabilir. Ancak birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde $H_N \leq 25m$ koşulunu sağlayan yapıların, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde ise Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin uygulandığı tüm yapıların birinci doğal titreşim periyodunun 2.11 ifadesindeki yaklaşık yöntemle hesaplanmasına izin verilmiştir. Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde $H_N > 25m$ olması durumunda 2.14 ifadesinin uygulanması zorunludur. Ancak bu şekilde hesap edilen periyot değeri, Denklem 2.11'de verilen yaklaşık ifadede elde edilen değerle karşılaştırılmıştır.

Yukarıda belirtilen koşullar göz önüne alınarak binanın birinci doğal titreşim periyodu aşağıdaki yaklaşık bağıntı ile hesaplanabilir:

$$T_1 \cong T_{1A} = C_t H_N^{3/4} \quad (2.11)$$

T_{1A} : Binanın ampirik bağıntı ile hesaplanan birinci doğal titreşim periyodu, [s]

H_N : Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen toplam yükseklik), [m]

Denklemdaki C_t değeri, bina taşıyıcı sistemine bağlı olarak aşağıda tanımlanmıştır:

- a) Deprem yüklerinin tamamının betonarme perdelerle taşındığı binalarda C_t değeri Denklem 2.12 ile hesaplanacaktır.

$$C_t = 0.075 / A_t^{1/2} \leq 0.05 \quad (2.12)$$

Denklem 2.12'deki A_t , eşdeğer alanı, Denklem 2.13'te verilmiştir. Bu bağıntıda (l_{wj} / H_N) oranının en büyük değeri 0.9 olarak göz önüne alınacaktır.

$$A_t = \sum A_{wj} [0.2 + (l_{wj} / H_N)^2] \quad (2.13)$$

l_{wj} : Binanın temel üstündeki ilk katında j 'inci perdenin, gözönüne alınan deprem doğrultusunda çalışan uzunluğu, [m]

A_{wj} : Binanın temel üstündeki ilk katında j 'inci perdenin brüt en kesit alanı, [m²]

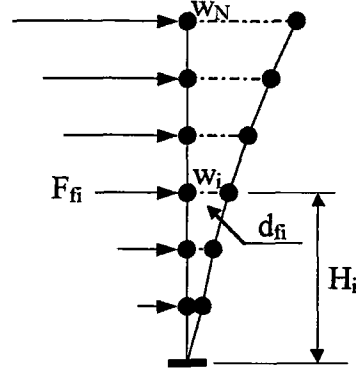
- b) Taşıyıcı sistemi sadece betonarme çerçevelerden veya dış merkez çaprazlı çelik perdelerden oluşan binalarda $C_t = 0.07$, taşıyıcı sistemi sadece çelik çerçevelerden oluşan binalarda $C_t = 0.08$, diğer tüm binalarda ise $C_t = 0.05$ alınacaktır.

Binanın birinci doğal titreşim periyodu daha kesin bir hesap yapılmadıkça, 2.14 ifadesi ile hesaplanacak ve elde edilen değer aşağıdaki kısıtlamalarla sınırlandırılacaktır.

$$T_1 = 2\pi [\sum (m_i d_{fi}^2) / \sum (F_{fi} d_{fi})]^{1/2} \quad (2.14)$$

m_i : Binanın i 'inci katının kütlesi ($m_i = w_i / g$)

d_{fi} : Binanın i 'inci katında F_{fi} fiktif yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme



Şekil 2.2 Kat yerdeğiştirmeleri

i 'inci kata etkiyen fiktif yükü gösteren F_{fi} , 2.15 bağıntısı ile elde edilecektir.

$$F_{fi} = w_i H_i / \sum (w_j H_j) \quad (2.15)$$

w_i : Binanın i 'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı

H_i : Binanın i 'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda i 'inci katın zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen yüksekliği), [m]

Her katta fiktif yükler, gözönüne alınan deprem doğrultusunda gerçek kütle merkezine veya tekil kütlelere etki ettirilecektir.

ABYYHY'de binanın hesaplanan birinci doğal titreşim periyodu için aşağıdaki gibi bir kısıtlama verilmiştir:

$$T_{1A} > 1.0 \text{ s ise } T_1 \leq T_{1B} = 1.3 T_{1A} \quad (2.16)$$

Burada daha gerçekçi bir yöntemle hesaplanan T_1 , ampirik bir formül ile hesaplanan T_{1A} ile kontrol edilmekte ve hatta onun ile kısıtlanmaktadır.

Bu çalışmada esas olarak bu konu üzerinde durulacak ve birinci doğal titreşim periyodu için konmuş olan kısıtlamanın ve ampirik periyot formülünün geçerliliği tartışılacaktır.

2.3.2. Dünya deprem yönetmelikleri

Bu bölümde dünya deprem yönetmelikleri çalışmanın amacına uygun olmak üzere taranmış ve birinci doğal titreşim periyodunun hesabı için verilmiş formüller ve kontroller özetlenmiştir.

2.3.2.1. Uniform building code

Uniform Building Code (UBC) [4]'de yapıların periyotlarının hesabı için şu yaklaşımlar verilmiştir:

1- Metot A: Bütün binalar için T değeri aşağıdaki formül ile yaklaşık olarak hesaplanabilir:

$$T(A) = C_t (h_n)^{3/4} \quad (2.17)$$

h_n : bina yüksekliği [m]

Tablo 2.6 C_t katsayısı değerleri

	Çelik Çerçeveler	Betonarme Çerçeveler	Diğer Binalar
C_t	0.0853	0.0731	0.0488

Betonarme perdelerden oluşan sistemler için $C_t = 0.0743 / \sqrt{A_c}$ olarak alınabilir. A_c değeri şu formülden belirlenmelidir:

$$A_c = \sum A_e [0.2 + (D_e / h_n)^2] \quad (2.18)$$

A_c : Binanın ilk katındaki perdelerin faydalı alanı, [m²]

A_e : Binanın ilk katındaki perdenin yatay düzlemdeki minimum enkesit alanı, [m²]

D_e : İlk kattaki perdenin deprem doğrultusunda çalışan uzunluğu, [m]

$(D_e / h_n) \leq 0.9$ olmalıdır.

2- Metot B : Binanın temel periyodu taşıyıcı sistemin yapısal özelliklerini ve şekil değiştirme karakteristiklerini gözönüne alarak

$$T(B)=2\pi [\sum(w_i\delta_i^2) / g\sum(f_i\delta_i)]^{1/2} \quad (2.19)$$

formülüyle de hesap edilebilir.

f_i : Yatay yükler

δ_i : Yatay yüklere karşı gelen yatay yerdeğiştirmeler

w_i : Kat ağırlıkları

Metot B ile hesaplanan periyot değeri, $T(B)$;

- 1., 2. ve 3. Deprem bölgesinde $T(B)<1.4T(A)$
- 4. Deprem bölgesinde $T(B)<1.3T(A)$

olmalıdır.

Görüldüğü gibi bu yönetmelikte de ABYYHY’de olduğu gibi Rayleigh oranı ile hesaplanan $T(B)$ periyodu, ampirik formül ile hesaplanan $T(A)$ periyot değeri ile kısıtlanmaktadır. Ancak $T(A)$ değeri için, ABYYHY’de yer alan T_{1A} ’nın 1.0s ile kontrolüne karşı gelen bir üst sınır verilmemiştir.

2.3.2.2. Earthquake resistant design of structures

Bu yönetmelikte binanın periyot değerinin Rayleigh Metoduyla bulunabileceği söylenmiştir. Ön boyutlandırma amacıyla aşağıda verilen yaklaşık periyot formülleri verilebilir [5]:

a- Metot A: Bütün binaların periyot değerleri bu formülden yaklaşık olarak hesaplanabilir.

$$T_1 = C_t h^{3/4} \quad (2.20)$$

h : Bina yüksekliği, [m]

Tablo 2.7 C_t katsayısı değerleri

	Çelik Çerçeveler	Betonarme Çerçeveler	Diğer Binalar
C_t	0.085	0.075	0.05

Alternatif olarak C_t değeri betonarme perdeler için,

$$C_t = 0.075 / \sqrt{A_c} \quad (2.21)$$

$$A_c = \sum A_e [0.2 + (l_{wi} / h_n)^2] \quad (2.22)$$

A_c : Binanın ilk katındaki perdelerin faydalı alanı, $[m^2]$

A_e : Binanın ilk katındaki perdenin yatay düzlemdeki minimum enkesit alanı, $[m^2]$

l_{wi} : Etki eden yük doğrultusunda, ilk kattaki i'inci perdenin boyu, $[m]$

$(l_{wi} / h_n) \leq 0.9$ olmalıdır.

b- Metot B: Alternatif olarak T_1 'in tahmini aşağıdaki ifade ile de yapılabilir.

$$T_1 = 2\sqrt{d} \quad (2.23)$$

d: Yatay olarak etki eden öz ağırlık etkisindeki binanın tepesinin yanal yer değiştirmesi

2.3.2.3. National earthquake hazards reduction program

Taban kesme kuvveti katsayısını $1/T^{2/3}$ ile orantılı alıp, yanal kuvvetlerin yükseklik boyunca lineer olarak etkidiğini varsayarak Rayleigh Metodu ile periyot analizi yapıldığında, çerçeve yapıların periyotlarının $h_n^{3/4}$ ile orantılı olduğu sonucuna varılmıştır. Binanın periyodunun yaklaşık değeri aşağıdaki formülle hesaplanabilir, [6]:

$$T_a = C_t h_n^{3/4} \quad (2.24)$$

Tablo 2.8 C_t katsayısı değerleri

	Çelik Çerçeveler	Betonarme Çerçeveler
C_t	0.035	0.030

Perdeler için ise aşağıda verilen yaklaşık formül kullanılabilir.

$$T_a = 0.5h_n / \sqrt{L} \quad (2.25)$$

h_n : Binanın zeminden itibaren ölçülen toplam bina yüksekliği, [m]

L : Perdenin deprem doğrultusunda çalışan uzunluğu, [m]

N : Binanın zeminden itibaren kat sayısı

Alçak ve orta yükseklikteki binalar için $T=0.1N$ yaklaşımı da yapılabilir. Kesin analiz yöntemleri ile hesaplanan periyot değeri, T_b ;

$$T_b \leq 1.3T_a$$

olmalıdır.

Görüldüğü gibi bu yönetmelikte de ABYYHY’de olduğu gibi kesin analiz yöntemleri ile hesaplanan periyot değeri T_b , ampirik formül ile hesaplanan T_a periyot değeri ile kısıtlanmaktadır. Ancak T_a değeri için, ABYYHY’de yer alan T_{1A} ’nın 1.0s ile kontrolüne karşı gelen bir üst sınır verilmemiştir.

2.3.2.4. Kanada deprem yönetmeliği

Deprem kuvvetlerinin yatay yönde etkidiği düşünülmelidir. Ancak herhangi bir yönde etkiyen deprem kuvvetlerine karşı, her bir eksen için yapılan bağımsız tasarımların bina için yeterli dayanım sağlaması gerekir.[7]

Periyot değeri, her çeşit çerçeve için $T= 0.1N$ formülü ile hesaplanabilir. Kullanılan öbür formüller ise;

$$T= 0.085 h_n^{3/4} \quad \text{Çelik çerçeve} \quad (2.26)$$

$$T= 0.075 h_n^{3/4} \quad \text{Betonarme çerçeve} \quad (2.27)$$

$$T= 0.09 h_n/D_s^{1/2} \quad \text{Diğer binalar} \quad (2.28)$$

h_n : Binanın zeminden itibaren ölçülen toplam bina yüksekliği, [m]

D_s : Perdenin deprem doğrultusunda çalışan uzunluğu, [m]

2.3.2.5. Kolombiya deprem yönetmeliği

Betonarme ve çelik çerçeve yapılarda yaklaşık periyot değeri için aşağıda verilen formül kullanılabilir [7].

$$T_a = 0.08 h_n^{3/4} \quad (2.29)$$

T_a : Yaklaşık periyot değeri, [s]

h_n : Temelden itibaren bina yüksekliği, [m]

Diğer yapı sistemleri için şu formül kullanılabilir:

$$T_a = 0.09 h_n / \sqrt{L} \quad (2.30)$$

L : Yapının hesap yapılan doğrultuda, temeldeki uzunluğu, [m]

Periyot değeri (T); binanın deprem dayanım özelliklerine dayandırılarak, yapı dinamiği prensiplerinin öngördüğü doğrultuda elde edilebilir. Ancak binanın temelden sabitlendiği varsayılmalı ve yapının lineer elastik bir matematik modeli kullanılmalıdır. Bu şekilde hesaplanan periyot değeri,

$$T \leq 1.2 T_a$$

olmalıdır.

Görüldüğü gibi bu yönetmelikte de ABYYHY’de olduğu gibi kesin analiz yöntemleri ile hesaplanan periyot değeri T , ampirik formül ile hesaplanan T_a periyot değeri ile kısıtlanmaktadır. Ancak T_a değeri için, ABYYHY’de yer alan T_{1A} ’nın 1.0s ile kontrolüne karşı gelen bir üst sınır verilmemiştir.

2.3.2.6. Küba deprem yönetmeliği

Periyodun tahmin edilen T_a değeri aşağıda tanımlanan değişik tip yapılar için şu şekilde hesaplanabilir [7]:

a) Tip1 türü yapılar için;

$$T_a = 0.085 h_n^{3/4} \text{ Çelik çerçeve} \quad (2.31)$$

$$T_a = 0.073h_n^{3/4} \text{ Betonarme çerçeve} \quad (2.32)$$

b) Tip 2 ve 3 türü yapılar için;

$$T_a = 0.09h_n/\sqrt{L} \quad (2.33)$$

c) Tip 4, 5, 6 ve 7 türü yapılar için;

$$T_a = 0.05h_n/\sqrt{L} \quad (2.34)$$

Tip1: Sünek çerçeveye sahip betonarme binalar. Diğer bütün rijit elemanlardan bağımsız çalıştıkları gözönüne alınırsa, etkiyen yatay kuvvetin %100'üne karşı koyabildikleri görülür. Çelik çerçevelerden oluşan binalar da bu gruba girer.

Tip2: Aşağıdaki kriterlere göre tasarlanan özel sünek çerçeveli betonarme binalar ve özel perdeler:

- Çerçeveler ve perdeler toplam yatay kuvvete, karşılıklı etkileşimleri gözönünde bulundurularak belirlenen rijitliklerine göre karşı koyarlar.
- Eğer bağımsız olarak hareket ediyorlarsa çerçevelerin, yatay kuvvetin %25'ini karşılayacak kapasiteye sahip olması gerekir.

Tip 3: Bir önceki duruma benzer betonarme binalar ama çerçeveleri ve/veya perdeleri, özel süneklik şartlarını bütünüyle sağlamıyor. Diğer tip binalarda tanımlanmamış ahşap ve çelik yapılar da bu gruba dahildir.

Tip 4: Yatay kuvvetin sadece perdeler veya benzer yapılarla karşılandığı binalar.

Tip 5: Duvarları donatılı yapılar.

Tip 6: Duvar harcıyla güçlendirilmiş yapılar

Tip 7: Donatısız güçlendirilmiş yapılar. Kerpiç binalar ve diğerleri bu gruba dahil değildir.

Yapının periyodu ise;

$$T = 2\pi [\sum W_i s_i^2 / g \sum F_i s_i]^{1/2} \quad (2.35)$$

W_i : i seviyesinin ağırlığı

s_i : i seviyesindeki elastik deformasyon

F_i : i seviyesindeki yanal kuvvet

g : yerçekimi ivmesi

2.3.2.7. İran deprem yönetmeliği

Binanın periyodu aşağıdaki ampirik ifadelerle belirlenebilir [7]:

a) Eğer binanın diğer elemanları bina çerçevesinin hareketine engel olmuyorlarsa, çerçeve tipi binalar için;

$$T_a = 0.08H^{3/4} \quad \text{Çelik çerçeveler} \quad (2.36)$$

$$T_a = 0.07H^{3/4} \quad \text{Betonarme çerçeveler} \quad (2.37)$$

b) Yukarıdaki şıktaki binalar hariç, bütün bina tipleri için;

$$T_a = 0.09H / \sqrt{D} \quad (2.38)$$

D : Yapının hesap yapılan doğrultuda, temeldeki uzunluğu, [m]

H : Temelden itibaren bina yüksekliği, [m]

Eğer elde edilen değer, $0.06H^{3/4}$ 'den elde edilenden daha büyükse, küçük olan değer esas alınır.

Periyot değeri ampirik formüller yerine yapının özelliklerine ve elemanlarının deformasyonlarına bağlı olarak dinamik analiz yöntemi ile de hesaplanabilir. Bu şekilde elde edilen periyot değeri (T),

$$T < 1.25T_a$$

olmalıdır.

Görüldüğü gibi bu yönetmelikte de ABYYHY’de olduğu gibi kesin analiz yöntemleri ile hesaplanan periyot değeri T , ampirik formül ile hesaplanan T_a periyot değeri ile kısıtlanmaktadır. Ancak T_a değeri için, ABYYHY’de yer alan T_{1A} ’nın 1.0s ile kontrolüne karşı gelen bir üst sınır verilmemiştir.

$H < 80\text{m}$ olan düzenli yapılar eşdeğer deprem yükü yöntemi, $H > 80\text{m}$ olan düzenli yapılar ise dinamik analiz metoduyla tasarlanmalıdır. $H < 18\text{m}$ ve katsayısı 5’den az olan düzensiz yapılar eşdeğer deprem yükü yöntemi ile aksi taktirde dinamik analiz metoduyla tasarlanmalıdır.



3. PERİYOT HESABI İÇİN ABYYHY'DE GETİRİLEN KISITLAMALAR

Bilindiği gibi ABYYHY'de, binanın birinci doğal titreşim periyodu Denklem 2.14 ile hesaplanmakta ve daha sonra Denklem 2.11'de verilen ampirik periyot ifadesi ile bulunan T_{1A} değeri ile karşılaştırılmaktadır. $T_{1A} > 1.0s$ durumunda T_1 yerine $T_{1B} = 1.3T_{1A}$ değeri kullanılması zorunluluğu getirilmiştir. Bu bölümde yönetmelikte verilen bu kısıtlamalar ve kontroller üzerinde durulacak, gereklilikleri veya gereksizlikleri tartışılacaktır.

3.1. Periyot Hesabı İçin ABYYHY'de Getirilen Kısıtlamaların İrdelenmesi

Verilen kısıtlamaların anlamlarını incelemek amacı ile bazı tipik yapılar seçilmiş ve bu yapılar üzerinde yapılan irdellemeler tablolar ve grafikler halinde verilmiştir. Bu kısıtlamalara benzer kısıtlamalar 2. Bölümde verildiği gibi diğer dünya yönetmeliklerinde de görülmektedir, ancak 2.11 ifadesi ile elde edilen ampirik periyot değeri T_{1A} 'nın 1saniye ile kontrolüne karşı gelen bir üst sınıra rastlanmamıştır. Tipik yapılar;

- Normal çerçeveler (N)
- Rijit kolonlu çerçeveler (R)
- Sabit kolonlu çerçeveler (SA)
- Perdeli ve çerçeveli yapılar (PÇ)
- Boşluklu perdeler (BP)
- Perde (PER)

şeklinde gruplandırılmıştır. Parantez içinde verilen harfler, yapı tiplerini ifade etmektedir. Her gruptaki yapılar 6, 8, 12, 16, 20 ve 24 olmak üzere 6 farklı kat sayısı için ayrı ayrı ele alınmıştır. 8 katlı örneklerin 25m olan toplam yüksekliği,

yönetmelikte Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile binanın birinci doğal titreşim periyodunun hesabında verilen sınır değere eşittir. Bu sınır değeri de inceleyebilmek için, toplam yüksekliği 19m olan 6 katlı örnekler de gözönüne alınmıştır. Bu yapıların özellikleri Bölüm 4’te açıklanacaktır.

Aşağıdaki tablolarda tipik yapıların 2.14 ifadesiyle hesaplanan T_1 ve 2.11 ifadesiyle hesaplanan T_{1A} değerleri, T_{1A} ’nın 1.0s ile kontrolü ve bu kontrol sonucunda hesaplanan T_{1B} değerleri verilmiştir. Tabloların birinci satırındaki kısaltmalar yapı tiplerini göstermektedir. Gri fonla belirginleştirilen periyot değerleri, ABYYHY’de verilen kontroller ve kısıtlamalar sonucunda deprem hesabı için kullanılması gereken periyot değerleridir.

Tablo 3.1 6 Katlı tipik yapıların ABYYHY’e göre hesaplanan T değerleri

6 Katlı	N	SA	R	PÇ	BP	PER
T_1	1,2	1,04	1,02	0,75	0,36	0,28
T_{1A}	0,64	0,64	0,64	0,45	0,45	0,45
$T_{1A} > 1,0s$	<1,0s	<1,0s	<1,0s	<1,0s	<1,0s	<1,0s
$T_{1B}=1,3T_{1A}$	-	-	-	-	-	-

Tablo 3.2 8 Katlı tipik yapıların ABYYHY’e göre hesaplanan T değerleri

8 Katlı	N	SA	R	PÇ	BP	PER
T_1	1,21	1,16	1,06	0,9	0,48	0,4
T_{1A}	0,78	0,78	0,78	0,56	0,56	0,51
$T_{1A} > 1,0s$	<1,0s	<1,0s	<1,0s	<1,0s	<1,0s	<1,0s
$T_{1B}=1,3T_{1A}$	-	-	-	-	-	-

Tablo 3.3 12 Katlı tipik yapıların ABYYHY’e göre hesaplanan T değerleri

12 Katlı	N	SA	R	PÇ	BP	PER
T_1	1,52	1,42	1,35	1,29	0,81	0,76
T_{1A}	1,05	1,05	1,05	0,75	0,75	0,56
$T_{1A} > 1,0s$	>1,0s	>1,0s	>1,0s	<1,0s	<1,0s	<1,0s
$T_{1B}=1,3T_{1A}$	1,36	1,36	1,36	-	-	-

Tablo 3.4 16 Katlı tipik yapıların ABYYHY'e göre hesaplanan T değerleri

16 Katlı	N	SA	R	PÇ	BP	PER
T_1	1,99	1,87	1,77	1,73	1,27	1,18
T_{1A}	1,3	1,3	1,3	0,93	0,93	0,58
$T_{1A} < 1,0s$	$>1,0s$	$>1,0s$	$>1,0s$	$<1,0s$	$<1,0s$	$<1,0s$
$T_{1B}=1,3T_{1A}$	1,69	1,69	1,69	-	-	-

Tablo 3.5 20 Katlı tipik yapıların ABYYHY'e göre hesaplanan T değerleri

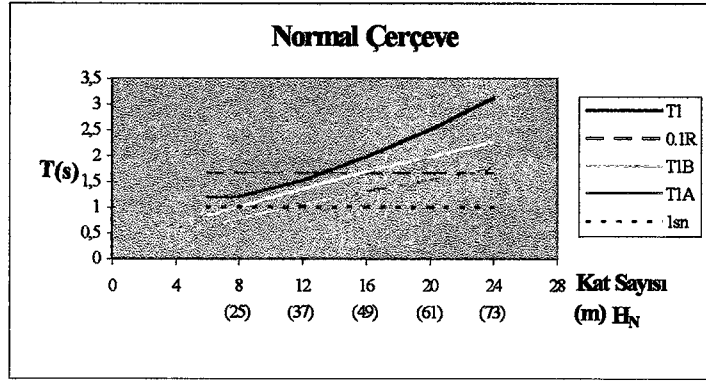
20 Katlı	N	SA	R	PÇ	BP	PER
T_1	2,52	2,37	2,25	2,19	1,71	1,63
T_{1A}	1,53	1,53	1,53	1,09	1,09	0,6
$T_{1A} < 1,0s$	$>1,0s$	$>1,0s$	$>1,0s$	$>1,0s$	$>1,0s$	$<1,0s$
$T_{1B}=1,3T_{1A}$	1,99	1,99	1,99	1,42	1,42	-

Tablo 3.6 24 Katlı tipik yapıların ABYYHY'e göre hesaplanan T değerleri

24 Katlı	N	SA	R	PÇ	BP	PER
T_1	3,12	2,95	2,78	2,7	2,2	2,09
T_{1A}	1,75	1,75	1,75	1,25	1,25	0,61
$T_{1A} < 1,0s$	$>1,0s$	$>1,0s$	$>1,0s$	$>1,0s$	$>1,0s$	$<1,0s$
$T_{1B}=1,3T_{1A}$	2,27	2,27	2,27	1,62	1,62	-

Tablolar incelendiğinde; perde tipi yapılar dışında kalan diğer yapı türlerinin hepsinde, kat sayıları arttıkça ampirik formülle hesaplanan periyot değerlerinin 1.0s'den büyük değerler aldıkları dolayısı ile T_1 periyodu yerine T_{1B} periyodunun kullanılması gerektiği gözlenmektedir.

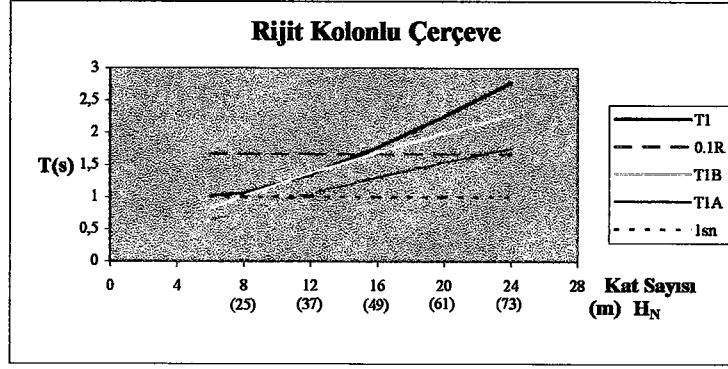
Seçilen her tipik yapı grubunda 2.14 ifadesiyle hesaplanan T_1 değerlerinin, 2.11 ifadesiyle hesaplanan T_{1A} değerlerinin kat sayısına bağlı değişimleri grafikler halinde verilmiştir. Grafiklerde $1.3T_{1A}$ kısıtlaması sonucu hesaplanmış T_{1B} değerleri, 1.0s kısıtlaması ve $S(T) < 0.1R$ koşuluna karşı gelen periyot değerleri de yer almaktadır. Grafikler $H_N \leq 25m$ ve $H_N > 25m$ olmak üzere iki adımda incelenmiştir. Her tipik yapı kendi içersinde değerlendirilmiştir.



Şekil 3.1 Normal çerçeve tipi yapıların T-Kat Sayısı grafiği

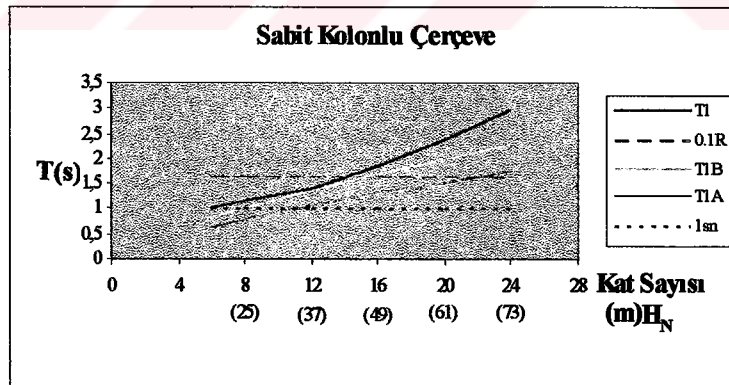
- **Normal Çerçeve:** ABYYHY Yönetmeliğinde birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde yükseklikleri 25m'den küçük olan yapıların birinci doğal titreşim periyodunun 2.11 ifadesinde verilmiş olan yaklaşık yöntemle hesaplanmasına izin verilmiştir. Bu ifade ile hesaplanan periyot değerinin oldukça düşük değerler verdiği ve dolayısıyla toplam yatay yükün aşırı derecede arttığı görülmektedir. Öte yandan 2.14 ifadesiyle hesaplanan T_1 periyotlarının, gerçek yapılarda deneysel olarak hesaplanan özel periyotlardan oldukça büyük olduğu bilinmektedir, [6]. Bunun da başlıca nedeni; hesaplarda gözönüne alınmayan dolgu duvarlarının rijitliği artırıcı ve dolayısıyla özel periyot değerini azaltıcı etkileridir. Bu da pratik ama gerçekçi bir yaklaşık periyot ifadesinin bulunması gerektiğini göstermektedir. Bu doğrultuda yönetmelikte de yer alan T_{1B} ifadesinin daha güvenilir olduğu görülmektedir. (Şekil 3.1)

Yükseklikleri 25m'den büyük olan yapılarda ise periyodun 2.14 ifadesiyle hesaplanması zorunludur. 2.11 ifadesiyle hesaplanan periyot değerleri 1.0s'den küçük olduğu zaman, deprem hesabında 2.14 ifadesi ile hesaplanan değerlerin kullanılması; büyük olduğu zaman ise $T_{1B}=1.3T_{1A}$ değerlerinin kullanılmasını zorunlu kılınmaktadır. Grafikler incelendiğinde T_{1B} değerlerinin makul değerler verdiği görülmektedir. Bu yüzden her yükseklikteki yapı için, 1.0s kısıtlamasına gerek kalmadan T_{1B} ifadesi kullanılabilir. Spektrum fonksiyonlarının büyük periyot değerlerindeki belirsizliğine karşı getirilmiş bir önlem niteliğinde olan $S \geq 0.1R$ koşulundan ötürü yaklaşık 16 kata kadar olan yapılarda T_{1B} ifadesi kullanılabilir.



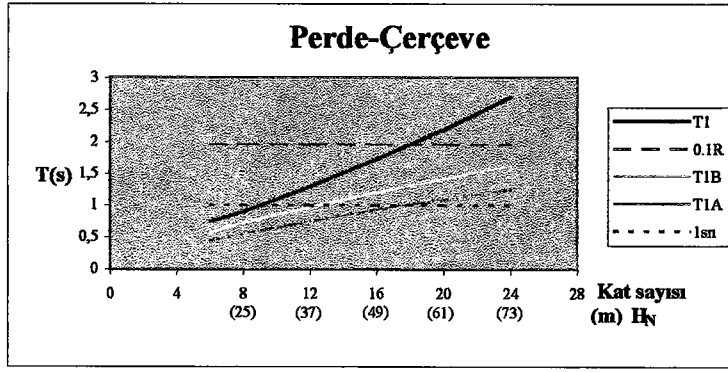
Şekil 3.2 Rijit kolonlu çerçeve tipi yapıların T-Kat Sayısı grafiği

- **Rijit Kolonlu Çerçeveler:** Bu örnek ABYYHY’de yer alan “kuvvetli kolon, zayıf kiriş” boyutlamasına örnek olmak üzere seçilmiştir. Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde yükseklikleri 25m’den küçük olan yapılar için elde edilen sonuçlar, normal çerçevedekiyle aynıdır. Ancak yükseklikleri 25m’den büyük olan yapılarda 1.0s koşulu gereği gözönüne alınan T_{1B} değerlerinin 0.1R sınırına kadar, 2.14 ifadesiyle hesaplanan değerlere çok yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu durum 25m ve 0.1R koşuluna karşı gelen yapı yüksekliği sınırları arasındaki bölge boyunca da gözlenmektedir. Bu yüzden 1.0s koşulu burada pek anlamlı değildir. Bu durumda daha güvenilir ve gerçekçi periyot değerleri veren bir ampirik periyot ifadesi gerekli görülmektedir. (Şekil 3.2)



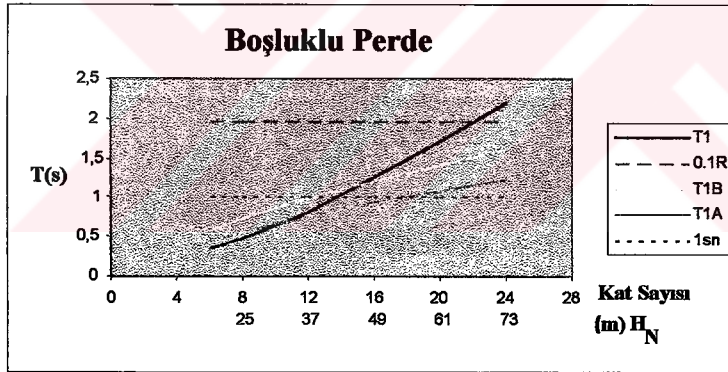
Şekil 3.3 Sabit kolonlu çerçeve tipi yapıların T-Kat Sayısı grafiği

- **Sabit Kolonlu Çerçeveler:** Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde yükseklikleri 25m’den büyük ve küçük olan yapılar için elde edilen sonuçlar, normal çerçeveninki ile aynıdır. $S \geq 0.1R$ koşulundan ötürü yaklaşık 16 kata kadar olan yapılarda T_{1B} ifadesi kullanılabilmektedir. (Şekil 3.3)



Şekil 3.4 Perde-Çerçeve tipi yapıların T-Kat Sayısı grafiği

- **Perdeli-Çerçevesel Yapılar:** Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde yükseklikleri 25m'den büyük ve küçük olan yapılar için elde edilen sonuçlar, normal çerçeveninkine benzemektedir. Ancak T_{1B} değerlerinin kat sayısı arttıkça hesaplanan T_1 periyotlarından çok küçük kaldığı gözlenmektedir. Bu durumda daha güvenilir ve gerçekçi periyot değerleri veren bir ampirik periyot ifadesi gerekli görülmektedir. (Şekil 3.4)

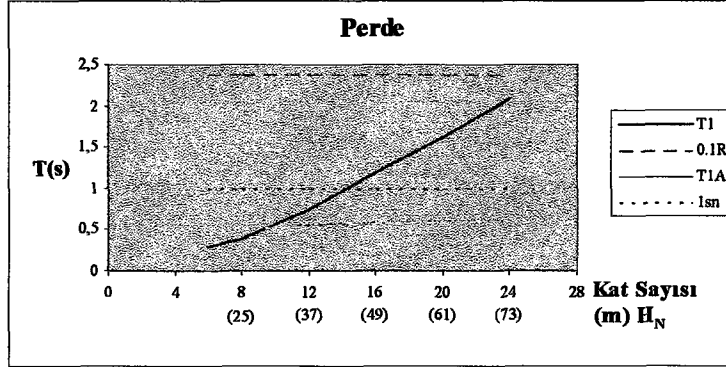


Şekil 3.5 Boşluklu Perde tipi yapıların T-Kat Sayısı grafiği

- **Boşluklu Perdeli Yapılar:** Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde yükseklikleri 25m'den küçük olan yapıların birinci doğal titreşim periyodunun 2.11 ifadesinde verilmiş olan yaklaşık yöntemle hesaplanması sonucunda 2.14 ifadesinden daha büyük değerler aldığı görülmektedir. (Şekil 3.5)

Yükseklikleri 25m'den büyük olan yapıların ise yönetmeliğe uygun olarak $T_{1A} > 1.0s$ değerine ulaşmaya kadar, 2.14 ifadesiyle elde edilen değerler, ulaştıktan sonra da T_{1B} değerlerini kullanması uygundur. Grafik bütün olarak ele alındığında; T_{1B} değerlerinin bütün kat sayılarında makul sonuçlar vermediği

gözlenmiştir. Bu durumda daha güvenilir ve gerçekçi periyot değerleri veren bir ampirik periyot ifadesi gerekli görülmektedir.



Şekil 3.6 Perde tipi yapıların T-Kat Sayısı grafiği

- **Perdeli Yapılar:** Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde yükseklikleri 25m'den küçük olan yapıların birinci doğal titreşim periyodunun 2.11 ifadesinde verilmiş olan yaklaşık yöntemle hesaplanması sonucunda 2.14 ifadesinden daha büyük değerler aldığı görülmektedir. (Şekil 3.6)

Yükseklikleri 25m'den büyük olan yapıların ise $T_{1A} > 1.0s$ durumu oluşmamaktadır. Bu yüzden bu koşul bu tip yapılar için anlamsızdır. Bu tip yapılarda 2.14 ifadesi ile hesaplanan periyot değerlerinin deprem hesabında kullanılması uygundur. Kolaylık sağlaması açısından yaklaşık bir periyot ifadesi bulunabilir.

3.2. İrdeleme Sonucu Yapılan Öneriler

Çerçeve tipi yapılar bir bütün olarak ele alındığında; Normal ve Sabit Kolonlu Çerçevelerin deprem yükü hesabında kullanılacak periyot değerleri için yönetmelikte verilen kısıtlamaların uygun olduğu gözlenmektedir. Perdeli-Çerçeveli yapıları da bu grupta düşünebiliriz. Bunun yanında yukarıda da açıklandığı üzere 2.11 ifadesiyle elde edilen değerlerin arzu edilmeyen bir biçimde küçük, 2.14 ifadesiyle elde edilen değerlerin yapının gerçek davranışını yansıtmayacak derecede büyük olması nedeniyle $T_{1B} = 1.3T_{1A}$ değerlerinin kullanılması daha uygundur. Bu şekilde dolgu duvarlarının yapının titreşim periyoduna etkisi de yansıtılmaya çalışılmıştır. Ancak Rijit Kolonlu Çerçeveler için aynı ifadenin kullanılması, uygun görülmemektedir. Bu tip çerçeveler; ABYYHY'de yer alan “kuvvetli kolon, zayıf kiriş” özelliğini

sağladıkları için normal ve/veya sabit kolonlu çerçevelere göre yönetmelik tarafından daha tercih edilen çerçevelerdir. Dolayısıyla T_{1A} ve T_{1B} tanımlarının bu tip çerçeveler için uygun olmaması önemli bir sakıncadır. Bu yüzden çerçeve tipi yapılar için yeni bir yaklaşık formül önerilmeye çalışılmıştır.

Perdeli yapılarda 2.11 ifadesiyle hesaplanan periyot değerlerinin 1.0s'yi aşmadığı gözlenmiştir. Bu tip yapılarda bu koşulun getirilmesi gereksizdir. Ancak ABYYHY'de yer alan yaklaşık formül hesaplarımız için çok küçük değerler vermektedir. Hesaplarda yapının gerçek periyot değerlerine yakın değerler kullanılmak istendiği için, T_{1B} değerleri de yeterli sonucu vermemektedir. Bu yüzden perdeli yapılar için yeni bir yaklaşık formül önerilmeye çalışılmıştır.

Boşluklu Perdeli yapılarda ise $T_{1A} > 1.0s$ kısıtlaması sonucu yaklaşık 18 kattan daha yüksek yapıların deprem hesabı için T_{1B} değerlerinin kullanılması uygun olduğu halde, daha alçak yapılar için uygun olmadığı gözlenmektedir. Bu yüzden boşluklu perdeli yapılar için de yeni bir yaklaşık formül önerilmeye çalışılmıştır.

Önerilen ifadelerin; yapının kat sayısına (N) bağlı, lineer bir ifade olması öngörülmüştür. Bu doğrultuda 3.1 ifadesiyle verilen ampirik periyot formülü oluşturulmuştur. Burada p ve k katsayılarıdır. k tüm yapı tipleri için sabit ve 0.1'dir. p ise yapı tipleri için farklı sabit değerler olarak seçilmiş ve Tablo 3.7'de verilmiştir.

$$T = kN^{-p} \quad (3.1)$$

Tablo 3.7 p katsayısının değerleri

	N	SA	R	PÇ	BP	PER
p	0	0	0	0.20	0.40	0.50

4. ÖNERİ DOĞRULTUSUNDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu bölümde, Bölüm 3'te önerilmiş olan ampirik periyot formülü kullanılarak tipik yapılar üzerinde yapılan incelemelere devam edilmiştir. Yapılan incelemeler grafikler halinde sunulmuş; karşılaştırmak amacıyla T_{1B} , T_{1A} değerleri ve $S=0.1R$ kısıtlamasına karşı gelen periyot değerleri de grafiklerde gösterilmiştir.

4.1. Uygulanan Yöntem

Çalışmanın geliştirilmesinde parametrik bir “Sayısal Deney” yöntemi kullanılmıştır. Bunun için önce, bir önceki bölümde bahsedilen ve aşağıdaki bölümlerde açıklanacak olan düzenli yapı niteliğinde belirli tipik yapılar seçilmiştir. Daha sonra her tip yapının ABYYHY (1998) yönetmeliği esas alınarak, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılarak binanın birinci doğal titreşim periyotları hesap edilmiştir. Binaların; yerel zemin sınıfı Z2 grubunda tanımlanan zeminlere oturtulduğu, birinci deprem bölgesinde yer aldıkları ve süneklik düzeyi yüksek sistemler oldukları düşünülmüştür.

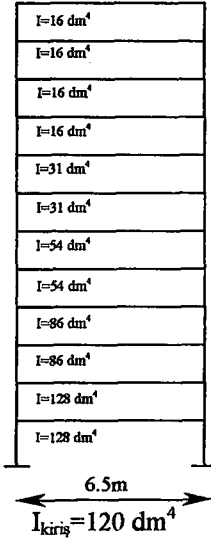
4.2. Tipik Yapıların Tanıtılması

Burada tipik yapıların; boyutları, kat ağırlıkları, kolon ve kiriş rijitliklerinin kat sayısına göre değişimi verilmiştir.

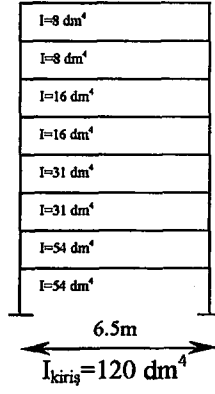
4.2.1. Normal çerçeve yapılarının özellikleri

6, 8, 12, 16, 20 ve 24 katlı normal çerçeve yapılarında çerçeve açıklığı 6.5m, kat ağırlıkları ise en üst katta 25 kN, diğer katlarda ise 35 kN alınmıştır. Her türlü tipik yapı için kat yükseklikleri en alt katta 4m, diğer katlarda ise 3m'dir. Kolon enkesit alanları en alt iki katta en büyük, yukarı doğru gidildikçe sabit bir farkla azalan değerler olarak alınmıştır. Dolayısı ile kolon rijitlik değişimleri de en alt iki katta en büyük, yukarı doğru gidildikçe azalan değerlere sahiptir. Bu durum klasik çerçeve boyutlandırmasında takip edilen bir düzendir. Yapının kolon ve kirişlerinin rijitlikleri Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

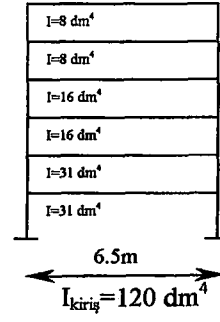
12 Katlı Yapı



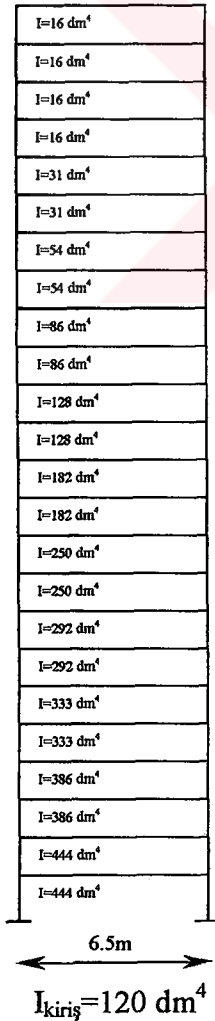
8 Katlı Yapı



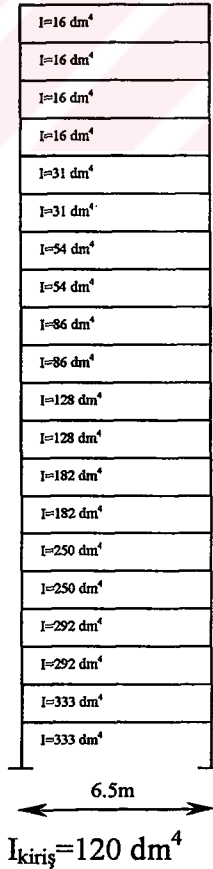
6 Katlı Yapı



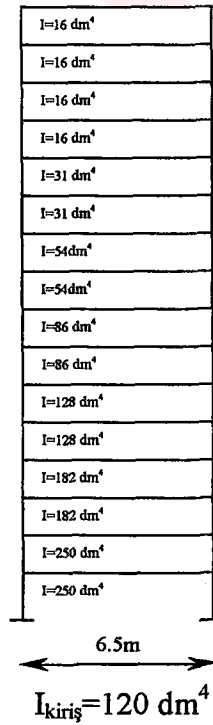
24 Katlı



20 Katlı



16 Katlı

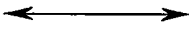


Şekil 4.1 Normal çerçeve tipi yapının kolon ve kiriş rijitlikleri

12 Katlı Yapı

$I=30 \text{ dm}^4$
$I=30 \text{ dm}^4$
$I=30 \text{ dm}^4$
$I=30 \text{ dm}^4$
$I=60 \text{ dm}^4$
$I=60 \text{ dm}^4$
$I=110 \text{ dm}^4$
$I=110 \text{ dm}^4$
$I=170 \text{ dm}^4$
$I=170 \text{ dm}^4$
$I=250 \text{ dm}^4$
$I=250 \text{ dm}^4$

6.5m

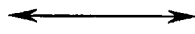


$$I_{\text{kiriş}}=120 \text{ dm}^4$$

8 Katlı Yapı

$I=15 \text{ dm}^4$
$I=15 \text{ dm}^4$
$I=30 \text{ dm}^4$
$I=30 \text{ dm}^4$
$I=60 \text{ dm}^4$
$I=60 \text{ dm}^4$
$I=110 \text{ dm}^4$
$I=110 \text{ dm}^4$

6.5m

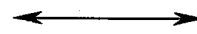


$$I_{\text{kiriş}}=120 \text{ dm}^4$$

6 Katlı Yapı

$I=15 \text{ dm}^4$
$I=15 \text{ dm}^4$
$I=30 \text{ dm}^4$
$I=30 \text{ dm}^4$
$I=60 \text{ dm}^4$
$I=60 \text{ dm}^4$

6.5m

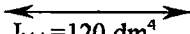


$$I_{\text{kiriş}}=120 \text{ dm}^4$$

24 Katlı

$I=30 \text{ dm}^4$
$I=30 \text{ dm}^4$
$I=30 \text{ dm}^4$
$I=30 \text{ dm}^4$
$I=60 \text{ dm}^4$
$I=60 \text{ dm}^4$
$I=110 \text{ dm}^4$
$I=110 \text{ dm}^4$
$I=170 \text{ dm}^4$
$I=170 \text{ dm}^4$
$I=250 \text{ dm}^4$
$I=250 \text{ dm}^4$
$I=360 \text{ dm}^4$
$I=360 \text{ dm}^4$
$I=500 \text{ dm}^4$
$I=500 \text{ dm}^4$
$I=590 \text{ dm}^4$
$I=590 \text{ dm}^4$
$I=670 \text{ dm}^4$
$I=670 \text{ dm}^4$
$I=770 \text{ dm}^4$
$I=770 \text{ dm}^4$
$I=900 \text{ dm}^4$
$I=900 \text{ dm}^4$

6.5m

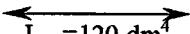


$$I_{\text{kiriş}}=120 \text{ dm}^4$$

20 Katlı

$I=30 \text{ dm}^4$
$I=30 \text{ dm}^4$
$I=30 \text{ dm}^4$
$I=30 \text{ dm}^4$
$I=60 \text{ dm}^4$
$I=60 \text{ dm}^4$
$I=110 \text{ dm}^4$
$I=110 \text{ dm}^4$
$I=170 \text{ dm}^4$
$I=170 \text{ dm}^4$
$I=230 \text{ dm}^4$
$I=230 \text{ dm}^4$
$I=250 \text{ dm}^4$
$I=250 \text{ dm}^4$
$I=360 \text{ dm}^4$
$I=360 \text{ dm}^4$
$I=500 \text{ dm}^4$
$I=500 \text{ dm}^4$
$I=590 \text{ dm}^4$
$I=590 \text{ dm}^4$
$I=670 \text{ dm}^4$
$I=670 \text{ dm}^4$

6.5m

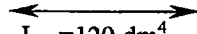


$$I_{\text{kiriş}}=120 \text{ dm}^4$$

16 Katlı

$I=30 \text{ dm}^4$
$I=30 \text{ dm}^4$
$I=30 \text{ dm}^4$
$I=30 \text{ dm}^4$
$I=60 \text{ dm}^4$
$I=60 \text{ dm}^4$
$I=110 \text{ dm}^4$
$I=110 \text{ dm}^4$
$I=170 \text{ dm}^4$
$I=170 \text{ dm}^4$
$I=250 \text{ dm}^4$
$I=250 \text{ dm}^4$
$I=360 \text{ dm}^4$
$I=360 \text{ dm}^4$
$I=500 \text{ dm}^4$
$I=500 \text{ dm}^4$

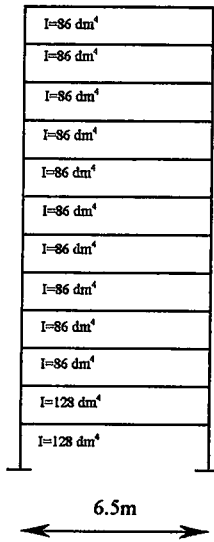
6.5m



$$I_{\text{kiriş}}=120 \text{ dm}^4$$

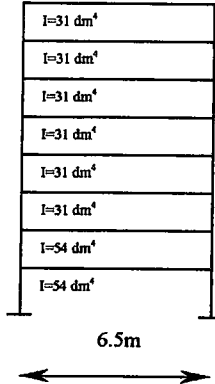
Şekil 4.2 Rijit kolonlu çerçeve tipi yapının kolon ve kiriş rijitlikleri

12 Katlı Yapı



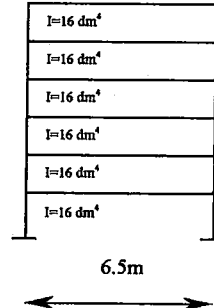
$$I_{\text{kiriş}}=120 \text{ dm}^4$$

8 Katlı Yapı



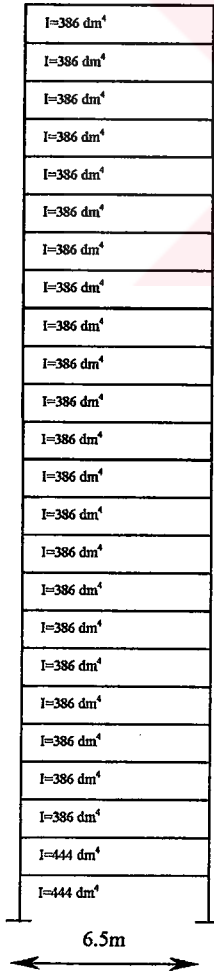
$$I_{\text{kiriş}}=120 \text{ dm}^4$$

6 Katlı Yapı



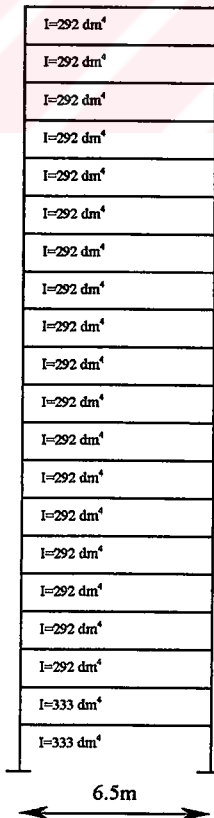
$$I_{\text{kiriş}}=120 \text{ dm}^4$$

24 Katlı



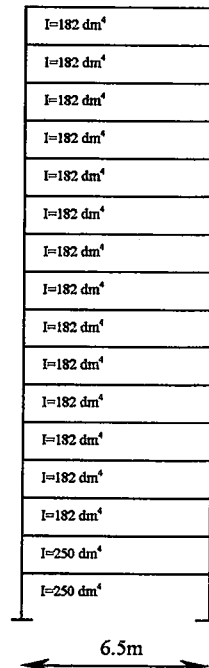
$$I_{\text{kiriş}}=120 \text{ dm}^4$$

20 Katlı



$$I_{\text{kiriş}}=120 \text{ dm}^4$$

16 Katlı



$$I_{\text{kiriş}}=120 \text{ dm}^4$$

Şekil 4.3 Sabit kolonlu çerçeve tipi yapının kolon ve kiriş rijitlikleri

4.2.2. Rijit kolonlu çerçeve yapının özellikleri

6, 8, 12, 16, 20 ve 24 katlı rijit kolonlu çerçeve tipi yapılarda, çerçeve açıklığı 6.5m, kat ağırlıkları ise; en üst katta 25 kN, diğer katlarda ise 35 kN alınmıştır. Kolon rijitlikleri normal çerçeveli yapılarınkinin yaklaşık iki katı olarak alınmışlardır. Bu örneğin ele alınmasındaki amaç; ABYYHY’de istenen ‘kuvvetli kolon, zayıf kiriş’ yapısının elde edilebilmesi ve bu durumun örnekleyebilmesidir. Yapının kolon ve kirişlerinin rijitlikleri Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

4.2.3. Sabit kolonlu çerçeve yapının özellikleri

6, 8, 12, 16, 20 ve 24 katlı sabit kolonlu çerçeve tipi yapıda, çerçeve açıklığı 6.5m, kat ağırlıkları ise; en üst katta 25 kN, diğer katlarda ise 35 kN alınmıştır. Kolon rijitlikleri en alt dört katta normal çerçevenin boyutları alınmış ve alttan dördüncü katın rijitliği yukarıya kadar sabit olarak çıkartılmıştır. Yapının kolon ve kirişlerinin rijitlikleri Şekil 4.3’te gösterilmiştir.

4.2.4. Perdeli yapının özellikleri

Perdeli yapıda 6 ve 8 katlı binada perde boyutu 0.25m*5.5m, 12 katlı binada 0.25m*6.0m, 16 katlı binada 0.25m*6.5m, 20 katlı binada 0.25m*7.0m ve 24 katlı binada 0.25m*7.5m olarak alınmıştır. Kat ağırlıkları; en üst katta 25 kN, diğer katlarda ise 35 kN alınmıştır. Yapının perde rijitlikleri Tablo 4.1’de verilmiştir. Şekil 4.4’de 6 katlı bir yapı örneği verilmektedir.

Tablo 4.1 Perde tipi yapıların perde rijitlikleri

Kat Sayısı	6	8	12	16	20	24
$I_{perde}(dm^4)$	34660	34660	45000	57200	71458	87891

6 Katlı Yapı



Şekil 4.4 6 Katlı perdeli yapı örneği

4.2.5. Boşluklu perdeli yapının özellikleri

Boşluklu perdeli yapıların perde ve boşluk uzunlukları Tablo 4.2’de verilmektedir. Kat ağırlıkları; en üst katta 25 kN, diğer katlarda ise 35 kN alınmıştır. Örnek olarak 8 katlı bir yapının perde ve bağ kirişi rijitlikleri Şekil 4.5’te gösterilmiştir. Yapının perde ve bağ kirişi rijitlikleri Tablo 4.3’te verilmektedir.

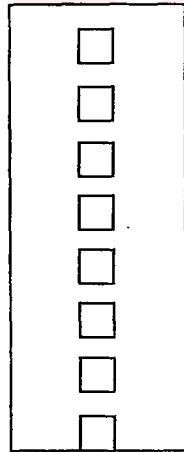
Tablo 4.2 Boşluklu perde tipi yapıların perde ve boşluk uzunlukları

Kat Sayısı	Perde Uzunluğu (m)	Boşluk Uzunluğu(m)
6-8	2,00	1,5
12	2,25	1,5
16	2,50	1,5
20	2,75	1,5
24	3,00	1,5

Tablo 4.3 Boşluklu perde tipi yapıların perde ve bağ kirişi rijitlikleri

Kat Sayısı	6	8	12	16	20	24
$I_{kiriş}(dm^4)$	81	81	100	100	100	100
$I_{perde}(dm^4)$	1650	1650	2350	3250	4350	5600

8 Katlı Yapı



2.5 1.5 2.5
5.5 m

$$I_{kiriş}=81 \text{ dm}^4$$

$$I_{perde}=1650 \text{ dm}^4$$

Şekil 4.5 8 Katlı boşluklu perde örneği

Diagram of a vertical pile with 14 horizontal reinforcement bars. The pile is 3.0m long and has a diameter of 1.5m. The reinforcement bars are located at depths of 192 dm, 192 dm, 192 dm, 192 dm, 372 dm, 372 dm, 648 dm, 648 dm, 1032 dm, 1032 dm, 1536 dm, and 1536 dm from the top. The total reinforcement area is $I_{kiriş} = 1440 \text{ dm}^2$ and $I_{perde} = 26000 \text{ dm}^2$.

Diagram of a multi-story building with a central core and perimeter columns. The core is 3.0m wide, and the perimeter is 1.5m from the core. The building has 8 stories. The column areas are: 96 dm² (top), 96 dm², 192 dm², 192 dm², 372 dm², 372 dm², 648 dm², and 648 dm² (bottom). The total area is 972 dm². The perimeter area is 26000 dm².

Diagram illustrating the cross-section of a ship's hull, showing the distribution of area (dm²) across different layers and the total area (I_{kiriş} = 972 dm², I_{perde} = 26000 dm²).

The hull is divided into two main sections: a 3.0m wide section on the left and a 1.5m wide section on the right.

The area distribution across the layers is as follows:

- Top layer: 192 dm² (left) and 192 dm² (right)
- Second layer: 192 dm² (left) and 192 dm² (right)
- Third layer: 192 dm² (left) and 192 dm² (right)
- Fourth layer: 372 dm² (left) and 372 dm² (right)
- Fifth layer: 372 dm² (left) and 372 dm² (right)
- Bottom layer: 372 dm² (left) and 372 dm² (right)

Total area: I_{kiriş} = 972 dm², I_{perde} = 26000 dm²

Diagram illustrating the cross-sectional areas of a vertical column, divided into two segments: 3.0m and 1.5m.

The cross-sectional areas (in dm^2) for the 3.0m segment are:

- 192 dm^2
- 192 dm^2
- 192 dm^2
- 192 dm^2
- 372 dm^2
- 372 dm^2
- 648 dm^2
- 648 dm^2
- 1032 dm^2
- 1032 dm^2
- 1536 dm^2
- 1536 dm^2
- 2184 dm^2
- 2184 dm^2
- 3000 dm^2
- 3000 dm^2
- 3504 dm^2
- 3504 dm^2
- 3996 dm^2
- 3996 dm^2

The cross-sectional areas (in dm^2) for the 1.5m segment are:

- 4632 dm^2
- 4632 dm^2
- 5328 dm^2
- 5328 dm^2

Summary of areas:

- $I_{\text{kiriş}} = 1440 \text{ dm}^2$
- $I_{\text{perde}} = 26000 \text{ dm}^2$

Diagram illustrating the distribution of moments of inertia (I) for stiffeners along a vertical pile. The pile is divided into two sections: 3.0m and 1.5m.

The moments of inertia for the stiffeners are listed on the right side of the diagram:

- 1=192 dm^4
- 192 dm^4
- 192 dm^4
- 192 dm^4
- 372 dm^4
- 372 dm^4
- 648 dm^4
- 648 dm^4
- 1032 dm^4
- 1032 dm^4
- 1536 dm^4
- 1536 dm^4
- 2184 dm^4
- 2184 dm^4
- 3000 dm^4
- 3000 dm^4
- 3504 dm^4
- 3504 dm^4
- 3996 dm^4
- 3996 dm^4

The total moment of inertia for the stiffeners is $I_{\text{kiriş}} = 1440 \text{ dm}^4$.

The total moment of inertia for the pile is $I_{\text{perde}} = 26000 \text{ dm}^4$.

Diagram illustrating the vertical section of a curtain wall with 14 horizontal mullions. The wall width is 3.0m and the height is 1.5m. The mullion positions are given in dm (decimeters) from top to bottom:

- 192 dm
- 192 dm
- 192 dm
- 192 dm
- 372 dm
- 372 dm
- 648 dm
- 648 dm
- 1032 dm
- 1032 dm
- 1536 dm
- 1536 dm
- 2184 dm
- 2184 dm
- 3000 dm
- 3000 dm

The total height of the wall is 26000 dm. The mullions are labeled with their respective heights and the total height is indicated as 26000 dm.

Dimensions and labels:

- Wall width: 3.0m
- Wall height: 1.5m
- Mullion heights (dm): 192, 192, 192, 192, 372, 372, 648, 648, 1032, 1032, 1536, 1536, 2184, 2184, 3000, 3000
- Total height: 26000 dm
- Labels: $I_{\text{kiriş}} = 1440 \text{ dm}^4$, $I_{\text{perde}} = 26000 \text{ dm}^4$

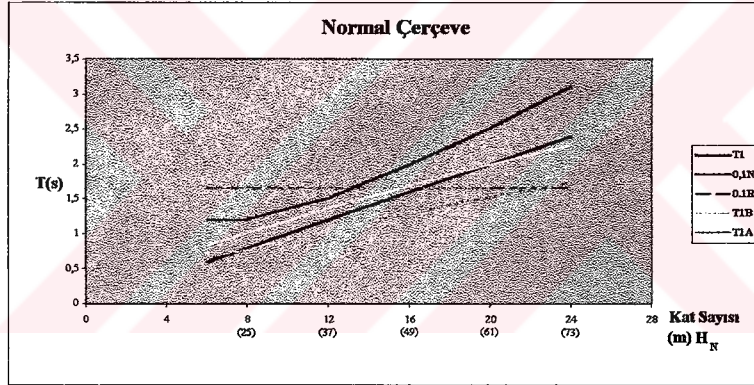
38

4.2.6. Perdeli çerçeve yapılarının özellikleri

Perdeli çerçeve yapı, düzlem çerçeve olarak idealleştirilmiş olup, perde boyutu bütün binalarda 0.25m*5.0m olarak alınmıştır. Kat ağırlıkları ise en üst katta 230 kN, diğer katlarda ise 330 kN alınmıştır. Yapının perde, kolon ve kiriş rijitlikleri Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

4.3. Tipik Yapıların Öneriler Doğrultusunda İrdelenmesi

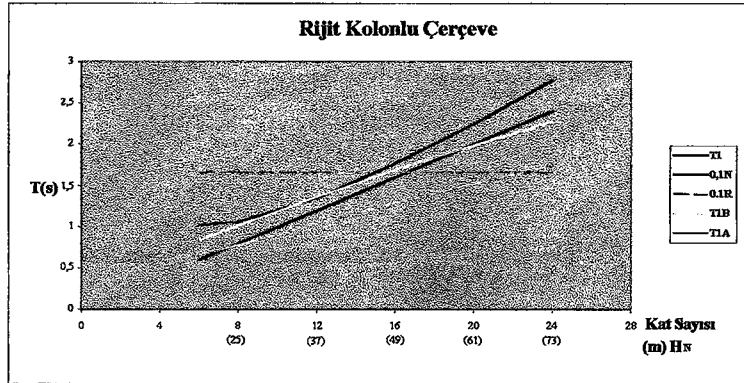
Bu bölümde yapının kat sayısına ve tipine bağlı olarak önerilen $T=0.1N-p$ ampirik periyot formülünün değerlendirilmesi yapılacaktır. Her tür yapı için Periyot-Kat sayısı grafikleri verilmiştir. Bu grafiklerin ABYYHY'de verilen kısıtlamalarla karşılaştırmasını yapabilmek için T_1 , T_{1A} , T_{1B} değişimleri ve $S=0.1R$ kısıtlaması da çizilmiştir.



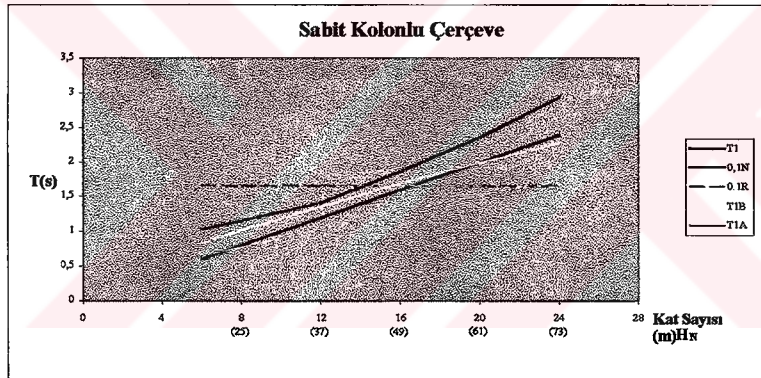
Şekil 4.7 Normal çerçeve tipi yapıların T-Kat Sayısı grafiği

- **Normal Çerçeve:** Bölüm 3'teki Şekil 3.1'den farklı olarak burada, önerilen 3.1 ifadesine ait eğri de gösterilmiştir, (Şekil 4.7). Yükseklikleri 25m'den küçük yapılar için T_{1B} ifadesinin uygun olduğuna Bölüm 3'te değinilmiştir. 3.1 ifadesiyle önerilen ampirik periyot formülü, ABYYHY'de yer alan 2.11 ifadesine benzer şekilde, yapının 2.14 ifadesiyle hesaplanan gerçek periyot değerinden küçük değerler verdiği görülmektedir. Yükseklikleri 25m'den büyük yapılar için T_{1B} ifadesinin uygun olduğuna da Bölüm 3'te değinilmektedir. 3.1 ifadesiyle önerilen ampirik periyot formülü, kat sayısı arttıkça T_{1B} gibi uygun sonuçlar vermektedir.

- **Rijit Kolonlu Çerçeveler:** Şekil 4.8’de görüldüğü gibi, 25m’den alçak yapılar için T_{1B} ifadesi, 25m’den yüksek yapılar için ise 3.1 ifadesi istenildiği gibi uygun sonuçlar vermektedir.

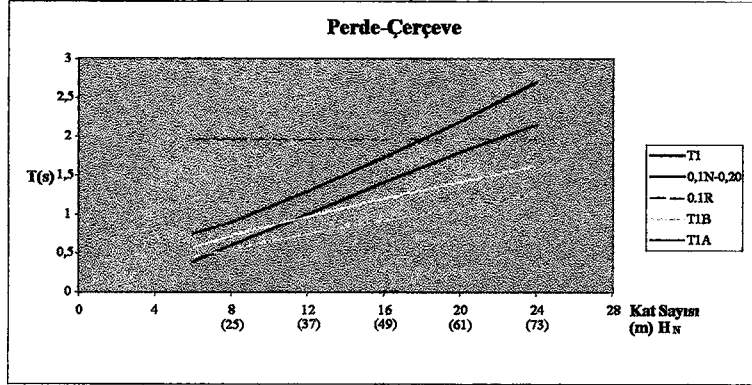


Şekil 4.8 Rijit kolonlu çerçeve tipi yapıların T-Kat Sayısı grafiği

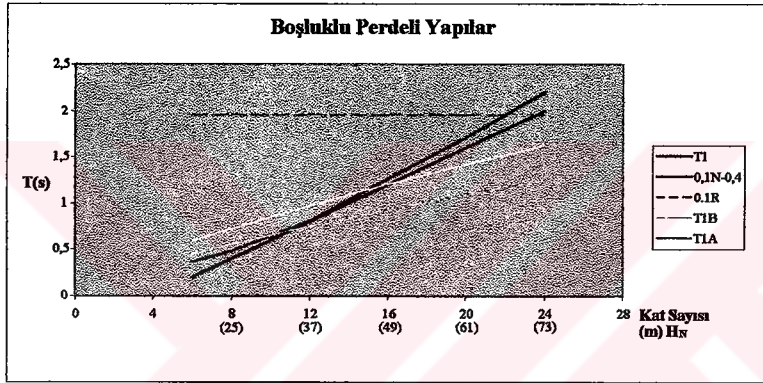


Şekil 4.9 Sabit kolonlu çerçeve tipi yapıların T-Kat Sayısı grafiği

- **Sabit Kolonlu Çerçeveler:** Yükseklikleri 25m’den küçük olan yapılar için T_{1B} ifadesinin uygun olduğu Şekil 4.9’da da görülmektedir. 25m’den büyük yapılar için ise 3.1 ifadesinin kat sayısı arttıkça T_{1B} ifadesinden daha uygun olduğu görülmektedir.
- **Perdeli-Çerçevesel Yapılar:** Yükseklikleri 25m’den küçük olan yapılar için T_{1B} ifadesinin uygun olduğu Şekil 4.10’da da görülmektedir. 25m’den yüksek yapılar için ise 3.1 ifadesinin istenildiği gibi uygun sonuçlar verdiği görülmektedir.

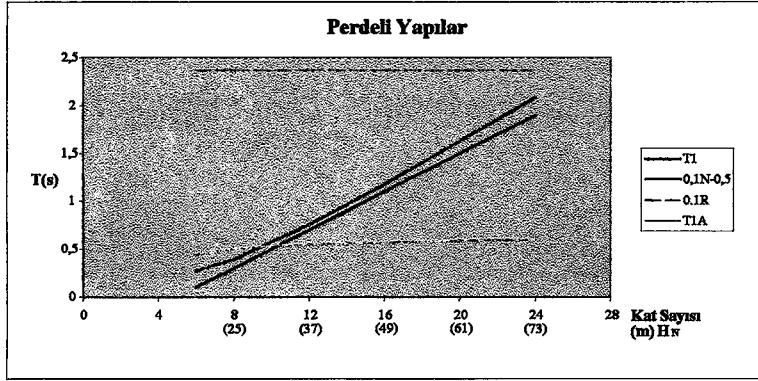


Şekil 4.10 Perde-Çerçeve tipi yapıların T-Kat Sayısı grafiği



Şekil 4.11 Boşluklu perde tipi yapıların T-Kat Sayısı grafiği

- **Boşluklu Perdeli Yapılar:** Bütün bina yükseklikleri için ABYYHY'de yer alan ampirik formül ve T_{1B} ifadesinin uygun olmadığı Bölüm 3'te söz edilmişti. 3.1 ifadesiyle önerilen ampirik formülün istenildiği gibi her yükseklikte uygun sonuç verdiği görülmektedir. (Şekil 4.11)
- **Perdeli Yapılar:** Bütün bina yükseklikleri için ABYYHY'de yer alan ampirik formül ve T_{1B} ifadesinin uygun olmadığı Bölüm 3'te söz edilmişti. 3.1 ifadesiyle önerilen ampirik formülün istenildiği gibi her yükseklikte uygun sonuç verdiği görülmektedir. (Şekil 4.12)



Şekil 4.12 Perde tipi yapıların T-Kat Sayısı grafiği

Perdeli ve boşluklu perdeli yapılarda dolgu duvarlarının periyodu azaltıcı etkisinin normal çerçeve yapılar kadar olmayacağı düşünülerek, önerilen yaklaşık ifadeden elde edilen periyot değerlerinin, 2.14 ifadesiyle hesaplanan T_1 periyot değerlerinden çok küçük kalması istenmemiştir.

5. SONUÇ

Bu tez kapsamında ABYYHY başta olmak üzere dünya deprem yönetmelikleri, yapı sistemlerinin birinci doğal titreşim periyotlarının bulunması için yer alan yöntemler ve ampirik periyot ifadesi kullanılması konuları üzerinde durularak, incelenmiştir.

Uygulamada karşılaşılan yapıları, olabildiğince geniş kapsamlı olarak inceleyebilmek amacı ile “tipik yapılar” olarak, değişik sistem karakteristiklerine sahip altı ayrı yapı türü seçilmiştir:

- Normal çerçeveler
- Rijit kolonlu çerçeveler
- Sabit kolonlu çerçeveler
- Perdeli ve çerçevesiz yapılar
- Boşluklu perdeler
- Perdeler

Bu tipik yapılar 6, 8, 12, 16, 20 ve 24 katlı olmak üzere 6 farklı kat sayısı için ayrı ayrı ele alınmıştır. Böylece 36 örnek yapı incelenmiştir.

Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin uygulandığı tüm binaların birinci doğal titreşim periyodu, 2.14 ifadesinde verildiği gibi hesaplanabilir. Ancak birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde $H_N \leq 25m$ koşulunu sağlayan yapıların, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde yer alan yapıların ve Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin uygulandığı tüm yapıların birinci doğal titreşim periyodunun 2.11 ifadesindeki yaklaşık yöntemle hesaplanmasına izin verilmiştir. Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde $H_N > 25m$ olması durumunda 2.14 ifadesinin uygulanması zorunludur.

$$T_1 \cong T_{1A} = C_t H_N^{3/4} \quad (2.11)$$

$$T_1 = 2\pi [\sum (m_i d_{fi}^2) / \sum (F_{fi} d_{fi})]^{1/2} \quad (2.14)$$

Ancak bu şekilde hesap edilen periyot değerine, Denklem 2.11’de verilen yaklaşık ifadeden elde edilen değerin 1.0s ile kontrolüne karşı gelen,

$$T_{1A} > 1.0s \text{ ise } T_1 \leq T_{1B} = 1.3 T_{1A} \quad (2.16)$$

şeklinde bir üst sınır getirilmiştir.

Bu kontrollerde iki konu dikkati çekmektedir:

1. T_{1A} ’nın 1.0s ile kontrolü kavramına, dünya yönetmeliklerinin hiçbirinde rastlanmamıştır. Yapılan çalışmalar ABYYHY’de bulunan bu kontrolün bir anlamı olmadığını ortaya koymuştur.
2. Dünya yönetmeliklerinin bir çoğunda, Rayleigh oranı ile hesaplanan periyot değerinin, ampirik ifade ile hesaplanan periyot değerinin belli bir katından büyük olmaması koşulu yer almaktadır. Bu katsayı ABYYHY’de olduğu gibi 1.3 civarında bir değerdir. Yapılan incelemeler bu şekilde bir üst sınırlamanın anlamlı olduğunu göstermektedir.
3. Toplam bina yüksekliği 25m’den az olan yapıların, ABYYHY’de yer aldığı şekliyle 2.11 ifadesi ile hesaplanan periyot değerlerinin küçük değerler olduğu çalışmada belirtilmektedir. Bu değerler yerine, 2.16 ifadesiyle verilen %30 artırılmış değerlerin kullanılmasının daha iyi sonuç verdiği yapılan incelemelerde ortaya konmuştur.

Bu konuda her yapı tipi için elde edilen sonuçlar, grafikler halinde Bölüm 3’te yer almaktadır. Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4, Şekil 3.5 ve Şekil 3.6 üzerinde yapılan incelemeler doğrultusunda şu sonuçlara varılmıştır.

- Çerçeve tipi yapılar bir bütün olarak ele alındığında; Normal ve Sabit Kolonlu Çerçevelerin deprem yükü hesabında kullanılacak periyot değerleri için yönetmelikte verilen kısıtlamaların uygun olduğu gözlenmektedir. Perdeli-Çerçeve yapıları da bu grupta düşünebiliriz. 2.11 ifadesiyle elde edilen

değerlerin arzu edilmeyen bir biçimde küçük, 2.14 ifadesiyle elde edilen değerlerin yapının gerçek davranışını yansıtmayacak derecede büyük olması nedeniyle $T_{1B}=1.3T_{1A}$ değerlerinin kullanılması daha uygundur. Bu şekilde dolgu duvarlarının yapının titreşim periyoduna etkisi de yansıtılmış olmaktadır.

- Rijit Kolonlu Çerçeveler için aynı ifadenin kullanılması, uygun görülmemektedir. Bu tip çerçeveler; ABYYHY’de yer alan “kuvvetli kolon, zayıf kiriş” özelliğini sağladıkları için normal ve/veya sabit kolonlu çerçevelere göre yönetmelik tarafından daha tercih edilen çerçevelerdir. Dolayısıyla T_{1A} ve T_{1B} tanımlarının bu tip çerçeveler için uygun olmaması önemli bir sakıncadır. Bu yüzden çerçeve tipi yapılar için yeni bir ampirik formül önerilmeye çalışılmıştır.
- Boşluklu Perdeli yapılarda, $T_{1A}>1.0s$ kısıtlaması sonucu yaklaşık 18 kattan daha yüksek yapıların deprem hesabı için T_{1B} değerlerinin kullanılması uygun olduğu halde, daha alçak yapılar için uygun olmadığı gözlenmektedir. Bu yüzden boşluklu perdeli yapılar için de yeni bir ampirik formül önerilmeye çalışılmıştır
- Perdeli yapılarda 2.11 ifadesiyle hesaplanan periyot değerlerinin 1.0s’yi aşmadığı gözlenmiştir. Bu tip yapılarda bu koşulun getirilmesi gereksizdir. Ancak ABYYHY’de yer alan ampirik formül hesaplarımız için çok küçük değerler vermektedir. Hesaplarda yapının gerçek periyot değerlerine yakın değerler kullanılmak istendiği için, T_{1B} değerleri de yeterli sonucu vermemektedir. Bu yüzden perdeli yapılar için yeni bir ampirik formül önerilmeye çalışılmıştır.

Önerilen ifadelerin; yapının kat sayısına (N) bağlı, lineer bir ifade olması öngörülmüştür. Bu doğrultuda 3.1 ifadesiyle verilen ampirik periyot formülü oluşturulmuştur. Burada p ve k katsayılarıdır. k tüm yapı tipleri için sabit ve 0.1’dir. p ise yapı tipleri için farklı sabit değerler olarak seçilmiş ve Tablo 3.1’de verilmiştir.

$$T=kN-p \quad (3.1)$$

Tablo 3.1 p katsayısının değerleri

	N	SA	R	PÇ	BP	PER
p	0	0	0	0.20	0.40	0.50

Önerilen periyot ifadelerinin örnek yapılara uygulanmasından elde edilen sonuçların yer aldığı Bölüm 4'teki Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil 4.9, Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12 üzerinde yapılan incelemeler doğrultusunda şu sonuçlar elde edilmiştir.

- **Normal Kolonlu Çerçeveler:** Yükseklikleri 25m'den küçük ve büyük yapılar için T_{1B} ifadesinin daha uygun olduğu Bölüm 3'te belirtilmişti. 3.1 ifadesiyle önerilen ampirik periyot formülü, kat sayısı arttıkça T_{1B} gibi uygun sonuçlar vermektedir. Ancak önerilen bu ifadenin yükseklikleri 25m'den küçük yapılar için %20 arttırılması gerekmektedir.
- **Rijit Kolonlu Çerçeveler:** Bölüm 3'te değinildiği gibi, 25m'den alçak yapılar için T_{1B} ifadesinin uygunluğu Şekil 4.8'de de devam etmektedir. Bu yüzden önerilen ampirik periyot ifadesinin %20 arttırılması gerekmektedir. 25m'den yüksek yapılar için ise 3.1 ifadesinin istenildiği gibi uygun sonuçlar verdiği görülmektedir.
- **Sabit Kolonlu Çerçeveler:** Yükseklikleri 25m'den küçük olan yapılar için T_{1B} ifadesinin uygun olduğu Şekil 4.9'da da devam etmektedir. 25m'den büyük yapılar için ise 3.1 ifadesinin kat sayısı arttıkça T_{1B} ifadesinden daha uygun olduğu görülmektedir. Ancak önerilen bu ifadenin yükseklikleri 25m'den küçük yapılar için %20 arttırılması gerekmektedir.
- **Perdeli-Çerçevesiz Yapılar:** Yükseklikleri 25m'den küçük olan yapılar için T_{1B} ifadesinin uygun olduğu Şekil 4.10'da da devam etmektedir. Bu yüzden önerilen ampirik periyot ifadesinin %30 arttırılması gerekmektedir. 25m'den yüksek yapılar için ise 3.1 ifadesinin istenildiği gibi uygun sonuçlar verdiği görülmektedir.
- **Boşluklu Perdeli Yapılar:** Bütün bina yükseklikleri için ABYYHY'de yer alan ampirik formül ve T_{1B} ifadesinin uygun olmadığı Bölüm 3'te belirtilmiştir. 3.1 ifadesiyle önerilen ampirik formülün istenildiği gibi her yükseklikte uygun sonuç verdiği görülmektedir. (Şekil 4.11)
- **Perdeli Yapılar:** Bütün bina yükseklikleri için ABYYHY'de yer alan ampirik formül ve T_{1B} ifadesinin uygun olmadığı Bölüm 3'te belirtilmiştir. 3.1 ifadesiyle

önerilen ampirik formülün istenildiği gibi her yükseklikte uygun sonuç verdiği görülmektedir. (Şekil 4.12)

Perdeli ve boşluklu perdeli yapılarda dolgu duvarlarının periyodu azaltıcı etkisinin normal çerçeveli yapılar kadar olmayacağı düşünülerek; önerilen yaklaşık ifadeden elde edilen periyot değerlerinin, 2.14 ifadesiyle hesaplanan T_1 periyot değerlerinden çok küçük kalması istenmemiştir.



KAYNAKLAR

- [1] **Celep, Z., ve Kumbasar, N.**, 1992. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Sema Matbaacılık, İstanbul.
- [2] **Celep, Z., ve Kumbasar, N.**, 1996. Yapı Dinamiğine Giriş ve Deprem Mühendisliği, Sema Matbaacılık, İstanbul.
- [3] **Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY)**, 1997. *İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı*, Ankara.
- [4] **Uniform Building Code (UBC 97)**, 1997. Volume 2 - Structural Engineering Design Provisions, *International Conference of Building Officials*, California.
- [5] **Earthquake Resistant Design of Structures (Eurocode 8)**, 1993. *European Committee For Standardization*, Brussels
- [6] **NEHRP Recommended Provisions for The Development of Seismic Regulations for New Buildings**, 1991. Part 2 - Commentary, *Building Seismic Safety Council*, Washington, D.C.
- [7] **Regulations For Seismic Design – A World List**, 1996. International Association for Engineering

ÖZGEÇMİŞ

Pınar Teymür, 1974 yılında İstanbul’da doğdu. Orta öğretimini Nişantaşı Anadolu Lisesi’nde 1992 yılında tamamladı. 1996 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği bölümünden mezun olup aynı yıl İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’na bağlı Yapı Mühendisliği, Yapı Analizi ve Boyutlandırma Programı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı. Şu anda Yapı Statiği Kürsüsü’nde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.

