

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMINDA
KAYMA VE EĞİLME RİJİTLİKLERİNİN YAPI
YÜKSEKLİĞİNCE DEĞİŞMESİ HALİ İÇİN
BİRİNCİ SERBEST TİTREŞİM PERİYODUNUN
HESABINA İLİŞKİN BİR YAKLAŞIM**

Aylin VARAN

Mayıs, 2018
İZMİR

**DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMINDA
KAYMA VE EĞİLME RİJİTLİKLERİNİN YAPI
YÜKSEKLİĞİNCE DEĞİŞMESİ HALİ İÇİN
BİRİNCİ SERBEST TİTREŞİM PERİYODUNUN
HESABINA İLİŞKİN BİR YAKLAŞIM**

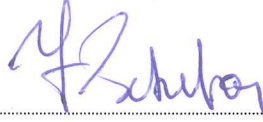
**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yapı Programı**

Aylin VARAN

**Mayıs, 2018
İZMİR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

AYLİN VARAN, tarafından PROF. DR. YILDIRIM ERTUTAR yönetiminde hazırlanan “DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMINDA KAYMA VE EĞİLME RİJİTLİKLERİNİN YAPI YÜKSEKLİĞİNCE DEĞİŞMESİ HALİ İÇİN BİRİNCİ SERBEST TİTREŞİM PERİYODUNUN HESABINA İLİŞKİN BİR YAKLAŞIM” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Yıldırım ERTUTAR

Yönetici



Prof. Dr. Karot Burak BOZDOĞAN

Jüri Üyesi



Doç. Dr. H. Murat TAMARSLAN

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Latif SALUM

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans programı süresince, engin bilgi ve deneyimlerinden yararlanma fırsatı bulduğum, özellikle tez çalışmam esnasında karşılaştığım güçlüklerde beni yönlendiren, teşvik eden ve yol gösteren değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Yıldırım ERTUTAR' a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Lisans ve yüksek lisans eğitimim süresince bilgi ve deneyimlerini paylaşan, zorlukları aşmamda yardımcı olan Sayın Dr. Özgür BOZDAĞ başta olmak üzere tüm hocalarıma teşekkür ederim.

Tez sürecim boyunca destek olan Araş. Gör. Yunus SEYREK, Araş. Gör. Yiğit OKTAR ve Gökhan ERASLAN başta olmak üzere tüm arkadaşlarıma en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Bugünlere gelmemde en büyük pay sahibi olan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme canı gönülden teşekkür ederim.

Aylin VARAN

DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMINDA KAYMA VE EĞİLME RİJİTLİKLERİNİN YAPI YÜKSEKLİĞİNCE DEĞİŞMESİ HALİ İÇİN BİRİNCİ SERBEST TİTREŞİM PERİYODUNUN HESABINA İLİŞKİN BİR YAKLAŞIM

ÖZ

Önemli bir deprem hattı üzerinde yer alan ülkemizde, yapı taşıyıcı sistemlerinin analizinde uzun ve yorucu kısım yatay yüklere göre hesapta görülmektedir. Bilgisayar programlarının gelişmesi ile bu hesaplamalar hızlı ve doğru bir biçimde sonuçlandırılabilir. Ancak bu sonuçların, kabul ve yaklaşımları içeren bazı yaklaşık yöntemler kullanılarak kontrolü mühendislik kavramı ve yaklaşımı içinde gerekli görülebilmektedir.

Yapıların tasarım aşamasındaki hesaplarında yürürlükte bulunan yönetmelik kriterlerinin sağlandığını gözlemlemek için bilinmesi gereken değerlerden biri de binanın serbest titreşim periyodudur. Serbest titreşim periyodu günümüzde, birçok yöntem ve bilgisayar programları kullanılarak elde edilebilmektedir. Bunların yanında bu çözümleri destekleyici ve sonuçları irdelemek amaçlı olmak üzere bazı yöntemler de mevcuttur. Diferansiyel denklem yöntemi de bu amaçla kullanılabilen pratik ve kolay sonuca ulaştıran bir yöntemdir. Bu çalışmada; malzemenin lineer elastik, kat döşemelerinin düzlemleri içinde sonsuz rijit olduğu ve kat seviyelerinde düğüm noktalarının eşit yatay yer değiştirme ve dönme yaptığı kabulleri altında kiriş enkesit boyutları değişmeyen, kolon ve/veya perde enkesit boyutları yapı yüksekliği boyunca değişen çerçeve ve perde-çerçeve sistemlerin, diferansiyel denklem yöntemi ile serbest titreşim periyodunun hesabına ilişkin bağıntılar geliştirilmiştir. Geliştirilen bu bağıntılar kullanılarak MATLAB ile sayısal örnekler çözülmüş ve SAP2000 bilgisayar programlarında elde edilen sonuçlar ile kıyaslanmıştır.

Anahtar kelimeler: Çerçeve sistem, perde-çerçeve sistem, serbest titreşim periyodu, diferansiyel denklem yöntemi

AN APPROACH TO CALCULATE THE FIRST MODE VIBRATION PERIOD FOR EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURAL DESIGN IN CASE OF CHANGING SHEAR AND FLEXURAL RIGIDITIES ALONG HEIGHT

ABSTRACT

In our country, which is located on an important earthquake fault line, the long and tiring part of the analysis is seen during calculation under horizontal force. Although these calculations can be concluded quickly and accurately on developing computer programmes, the results are able to be checked using some methods based on acceptance and approximation with engineering approach.

The free vibration period is one of the criteria that should be known to ensure that the calculation meets the design criteria of the regulations. Nowadays, the free vibration period is obtained by some computer programmes. In addition to these programs solutions, there are some methods to support that the solution is correct. The differential equation method is a practical and easy method that can be used for this purpose. In this study, it is assumed that the material of structural components is linear elastic, the slabs are infinitely rigid in each plane, there are equal rotations and horizontal displacements at the nodal points of the floor levels, the beam cross-section dimensions are unchanged, and the column and/or shear wall cross-sectional dimensions are changed along the height of the structure. Numerical examples have been solved using this method and the results obtained in MATLAB and SAP2000 computer programs are compared.

Keywords: Frame structures, wall-frame structures, free vibration period, differential equation method

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ	x
BÖLÜM BİR- GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	1
1.2 Literatürde Konu ile İlgili Çalışmalar	2
BÖLÜM İKİ- YÜKSEK YAPILARDA TAŞIYICI SİSTEMLER.....	4
2.1 Çerçeve Sistemler.....	4
2.2 Perdeli Sistemler.....	4
2.3 Perdeli-Çerçevesi Sistemler	5
2.4 Çekirdek Sistemler	6
2.5 Tüp Sistemler	6
BÖLÜM ÜÇ- TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİ VE EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ	8
3.1 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	8
3.2 Eşdeğer Deprem Yüğü'nün Belirlenmesi	8
3.2.1 Spektral İvme Katsayısı (A(T))	9
3.2.2 Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A0)	10
3.2.3 Bina Önem Katsayısı (I)	10
3.2.4 Spektrum Katsayısı (S(T)).....	11
3.2.5 Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı (Ra(T)).....	11

3.3 Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi	12
BÖLÜM DÖRT- DİFERANSİYEL DENKLEM YÖNTEMİ	13
4.1 Diferansiyel Denklem Yöntemine Giriş.....	13
4.2 Kabuller ve Referans Sistemi	13
4.3 Diferansiyel Denklemin Oluşturulması.....	14
BÖLÜM BEŞ- TAŞIYICI SİSTEM ELEMAN ENKESİT BOYUTLARININ YAPI YÜKSEKLİĞİNCE DEĞİŞMESİ HALİ İÇİN SERBEST TİTREŞİM PERİYODU HESABI	17
5.1 Çerçeve Sistemlerde Kayma Rijitliğinin Değişmesi Durumu için Serbest Titreşim Periyodunun Hesabı.....	17
5.2 Perde-Çerçeve Sistemlerde Çerçeve Kayma Rijitliğinin Değişmesi Durumu için Serbest Titreşim Periyodunun Hesabı	22
5.3 Perde-Çerçeve Sistemlerde Perde Eğilme Rijitliğinin Değişmesi Durumu için Serbest Titreşim Periyodunun Hesabı	24
5.4 Perde-Çerçeve Sistemlerde Perde Eğilme Rijitliğinin ve Çerçeve Kayma Rijitliğinin Değişmesi Durumu için Serbest Titreşim Periyodunun Hesabı ..	28
BÖLÜM ALTI- SAYISAL ÖRNEKLER	31
BÖLÜM YEDİ- SONUÇLAR.....	47
KAYNAKLAR	49
EKLER.....	51
Ek 1: Matlab Ortamında Çerçeve Sistemlerde Kayma Rijitliğinin Değişmesi Durumu için Frekans Denkleminin Oluşturulması ve Akış Şeması	51

Ek 2: Matlab Ortamında Perde-Çerçeve Sistemlerde Çerçeve Kayma Rijitliğinin Değişmesi Durumu için Frekans Denkleminin Oluşturulması ve Akış Şeması	54
Ek 3: Matlab Ortamında Perde-Çerçeve Sistemlerde Perde Eğilme Rijitliğinin Değişmesi Durumu için Frekans Denkleminin Oluşturulması ve Akış Şeması	73



ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Kayma kirişi davranışı gösteren düzlem çerçeve	4
Şekil 2.2 Eğilme kirişi davranışı gösteren düzlem perde	5
Şekil 2.3 Perde-çerçeve etkileşimi	5
Şekil 2.4 Çekirdek-perde sistem örnekleri	6
Şekil 2.5 Çekirdek-çerçeve sistem örnekleri	7
Şekil 3.1 Özel tasarım ivme spektrumu	11
Şekil 3.2 F_{fi} fiktif yükünü sistem üzerinde şematik gösterimi	12
Şekil 4.1 Kayma çerçevesi referans sistemi	14
Şekil 5.1 Değişken A_1 değerlerine göre t değerleri grafiği	21
Şekil 6.1 Üç açıklıklı çerçeve sistem aksı	32
Şekil 6.2 İki açıklıklı çerçeve sistem aksı	33
Şekil 6.3 Perde-çerçeve sistem aksı	34
Şekil 6.4 Çerçeve sistem kat planı	35
Şekil 6.5 Perde-çerçeve sistem kat planı	41

TABLÖLER LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 3.1 Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar	8
Tablo 3.2 Bina kullanım amacına göre hareketli yük dağılım katsayısı değerler	9
Tablo 3.3 Etkin yer ivmesi katsayısı (A_0)	10
Tablo 3.4 Bina Önem Katsayısı (I)	10
Tablo 3.5 Spektrum karakteristik periyotları (T_A , T_B)	11
Tablo 6.1 Örnek 1 için 1. moda ait serbest titreşim periyot değerleri	32
Tablo 6.2 Örnek 2 için 1. moda ait serbest titreşim periyot değerleri	33
Tablo 6.3 Örnek 3 için 1. moda ait serbest titreşim periyot değerleri	34
Tablo 6.4 Örnek 4 için serbest titreşim periyot değerleri (x doğrultusu için)	40
Tablo 6.5 Örnek 4 için serbest titreşim periyot değerleri (y doğrultusu için)	40
Tablo 6.6 Örnek 5 için serbest titreşim periyot değerleri (x doğrultusu için)	46
Tablo 6.7 Örnek 5 için serbest titreşim periyot değerleri (y doğrultusu için)	46
Tablo 7.1 Örneklere ait periyot değerlerinin karşılaştırılması	47

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Ülkemizin önemli bir bölümünün deprem hattı üzerinde bulunması, inşaat mühendisliği açısından depreme dayanıklı tasarımını önemli kılmaktadır. Nüfusun hızlı bir şekilde artması, çok katlı yapı tasarımı ihtiyacı doğurmuştur. Bu tasarımlarda yapıların, sıkça gerçekleşen ve orta şiddetteki depremlerden dolayı meydana gelen titreşimlerden etkilenmemesi, daha seyrek olan orta şiddetteki depremlerin tesiri altında lineerliğini bozmaması ve çok nadir gerçekleşen büyük şiddetteki depremlerden ise can kaybı olmadan atlatması beklenmektedir. Binaların taşıyıcı sisteminin bu özelliklere uyması için hafif ve orta şiddetteki deprem etkisinde rijit, büyük şiddetteki deprem etkisinde ise gevrek olmayan (sünek) davranış göstermesi gerekmektedir.

Yapıların kat adedinin artması yapıdaki taşıyıcı elemanların kesit boyutlarının da artmasına ve yapının mukavemeti açısından bazı sorunlara neden olmaktadır. Aynı zamanda kesit alanındaki bu artış yapıda kullanılabilir alanı azalttığından istenen bir sonuç değildir. Bu sorunların yaşanması taşıyıcı eleman olarak perde kullanılmasını gerekli kılmıştır. Yapıdaki çerçeve sistem yapının sünekliğini artırıcı yönde, perde sistem ise rijitliğini artırıcı yönde rol oynamaktadır. Farklı davranış gösteren bu iki taşıyıcı sistemin beraber çalışması kendi düzleminde sonsuz rijit kabul edilen döşeme plakları ile olabilmektedir.

Çok katlı yapıların dinamik analizinde bilindiği üzere sürekli sistem hesap modeli ve ayrık sistem hesap modeli olmak üzere iki farklı hesap modeli kurulabilmektedir. Sürekli sistem hesap modeline göre yapının titreşim hareketini oluşturan rijitlik, kütle ve sönümün yapı içinde eşit bir şekilde dağılmış olduğu kabul edilir. Buna karşın ayrık sistem hesap modelinde bu üç parametrenin sistemin belirli bölgelerinde toplandığı varsayılmaktadır.

Bu kapsamda, yatay yükler etkisindeki çok katlı perde-çerçeve sistemlerin davranışının bilinmesi, bu davranışa uygun mühendislik yaklaşımları ile modellerin oluşturularak ön boyutlandırma için yaklaşık yöntemlerin geliştirilmesi kesin yöntemlerin yanında yapılması gerekli çalışmalardır.

Türk Deprem Yönetmeliği (TDY)' ne göre yapıya etkiyen deprem yükünü temsil eden üçgen yayılı yük ve atalet kuvveti etkisinde, taşıyıcı sistem boyutlarının yapı yüksekliği boyunca değişmediği kabulü ile statik analiz ve serbest titreşim periyot hesabı için önerilmiş olan Diferansiyel Denklemler Yöntemi bu çalışmada kullanılmış, kiriş enkesit boyutları yapı yüksekliğince sabit, kolon ve perde enkesit boyutlarının değişmesi hali için diferansiyel denklemler yeniden oluşturulmuş ve serbest titreşim periyodunun hesabına ilişkin bağıntılar geliştirilmiştir. Geliştirilen bağıntılar MATLAB ortamında programlaştırılmış ve çeşitli örnekler çözülmüştür. Tüm bu örnekler SAP2000 programında modellenip çözülmüş ve MATLAB ortamında elde edilen sonuçlarla kıyaslanmıştır.

1.2 Literatürde Konu ile İlgili Çalışmalar

Yapıların dinamik analizi için ayrık kütleli hesap modelini ve sürekli sistem hesap modelini konu alan birçok çalışma yapılmış olup sürekli sistem hesap modeline göre taşıyıcı sistemi perde ve çerçevelerden oluşan sistemlerin dinamik analizine ait Smith ve Crowe (1986), Hoenderkamp ve Snijder (2000), Sigalov (1976) ve Zalka (2001) çalışmalar yapmışlardır. Ülkemizde ise bu yöntemle ilişkin çalışmalar arasında Bilyap (1979) ve Ertutar (1995) çalışmaları mevcuttur.

Alonso-Rodríguez ve Miranda (2016) çalışmasında ankastre sistemlerin yatay rijitliğinin yükseklik boyunca azaltılmasının yapının dinamik karakteristikleri üzerindeki etkisini görmek amacıyla Legendre diferansiyel denklemlerini kullanarak bir çalışma yapmıştır. Çalışmada yatay rijitliğin azaltılmasının periyot değerleri ve mod şekilleri üzerindeki etkilerini gözlemlemiştir.

Bilyap (1979) çalışmasında taşıyıcı sistemi perde ve çerçevelerden oluşan sistemlerin kayma rijitliğinin sabit olması hali için diferansiyel denklemler kullanarak bir çalışma yapmış ve serbest titreşim periyodunun hesabına ilişkin amprik formüller ve abaklar geliştirmiştir.

Bozdoğan ve Kaya (2004) yaptığı çalışmada diferansiyel denklemler yardımıyla perde-çerçeve sistemlerin periyotlarının tayini için sürekli sistem hesap modeline dayalı bir formül düzenlemiştir. Çalışmasında sunduğu sayısal örnekte, önerdiği yöntemle elde edilen periyot değerlerinin, SAP2000 ile bulunan periyot değerlerine oldukça yakın olduğu ve yöntemin ön boyutlandırma ve proje aşamasında kullanılabileceğini önermiştir.

Bozdoğan ve Öztürk (2007) çalışmasında taşıyıcı sistemi perde ve/veya çerçevelerden oluşan çok katlı yapıların eksenel deformasyon ve burulma etkileri de göz önüne alınarak indirgenmiş rijitlik matrisi ile statik ve dinamik analizi için bir yaklaşım sunmuştur. Sayısal örnekleri Matlab ortamında çözümlemiş, sonuçları Sonlu Elemanlar Yöntemi ile elde ettiği sonuçlarla kıyaslamış ve yaklaşık sonuçlara ulaşmıştır.

Farsangi, Melatdoust ve Adnan (2014) çalışmasında Sturm-Liouville diferansiyel denklemleri ile sürekli modelleme yaparak taşıyıcı sistemi perde ve çerçevelerden oluşan sistemlerin dinamik analizine ilişkin çalışmalar yapmıştır. Çalışmalarında geliştirdiği yöntem verileriyle sonlu elemanlar yöntemi ile elde ettiği verileri kıyaslamış ve %5' ten küçük hata oranlarına ulaşmıştır.

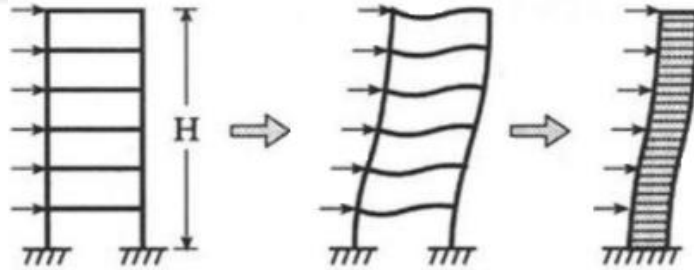
BÖLÜM İKİ

YÜKSEK YAPILARDA TAŞIYICI SİSTEMLER

2.1 Çerçeve Sistemler

Aynı düzlemdeki moment aktaran rijit düğüm noktaları ile birleşen kolon ve kirişlerden oluşmaktadır. Çerçeve sistemli yapılar, deprem etkisine maruz kaldığında yatay yükleri düğüm noktalarındaki elemanların rijitlikleri ile karşılamaktadır.

Çerçeve sistemlerin deprem esnasında enerji tüketme güçleri, diğer sistemlere kıyasla azdır. Deprem yönetmeliğinde bu tür sistemlerin enerji tüketme güçlerini artırabilmek için taşıyıcı eleman (kolon, kiriş) boyutlarına, donatı çapları ve oranlarına ve etkisinde kaldıkları yük etkilerine çeşitli sınırlamalar getirilmiştir. Bu nedenle çok katlı yapıların tasarımında tek başına kullanılmaları çoğu durumda uygun görülmemektedir. Şekil 2.1’ de kayma kirişi davranışı gösteren çerçeve sistem verilmiştir.



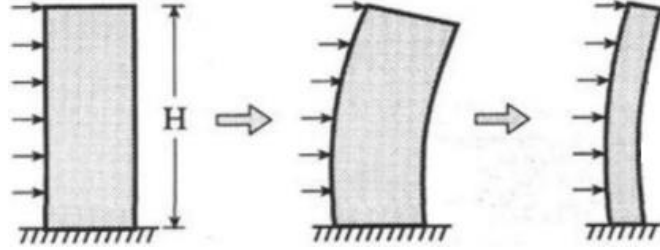
Şekil 2.1 Kayma kirişi davranışı gösteren düzlem çerçeve (Atımtay, 2000)

2.2 Perdeli Sistemler

Yatay rijitlikleri yüksek olan perde duvarlar, yapıların yatay ötelenmelerini azaltmak üzere kullanılan enerji tüketme kapasiteleri yüksek taşıyıcı elemanlardır.

Bu sistemlerde yatay ötelenmeler yükseklikle doğru orantılı olarak artmakta olup çerçeveli sistemlere göre daha azdır. Diğer yandan bu sistemler çerçeveli sistemlere göre daha az sünekliğe sahiptir. TDY’ de yapılarda perde kullanımını artırıcı,

özendirici maddeler yer almaktadır. Şekil 2.2’ de eğilme kirişi davranışı gösteren perde sistem verilmiştir.

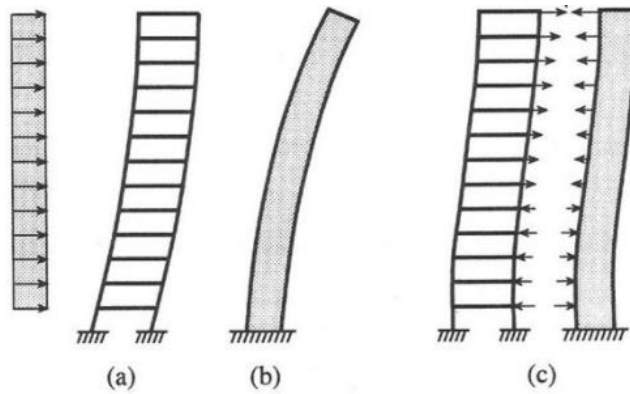


Şekil 2.2 Eğilme kirişi davranışı gösteren düzlem perde (Atımtay, 2000)

2.3 Perdeli-Çerçevesel Sistemler

Çok katlı yapılarda çerçevesel sistemlerde yatay yükler kabul edilemeyecek düzeyde yatay ötelenmeler yaratabilir. Bu nedenle ötelenmeyi azaltmak amacıyla sisteme perdeler eklenir.

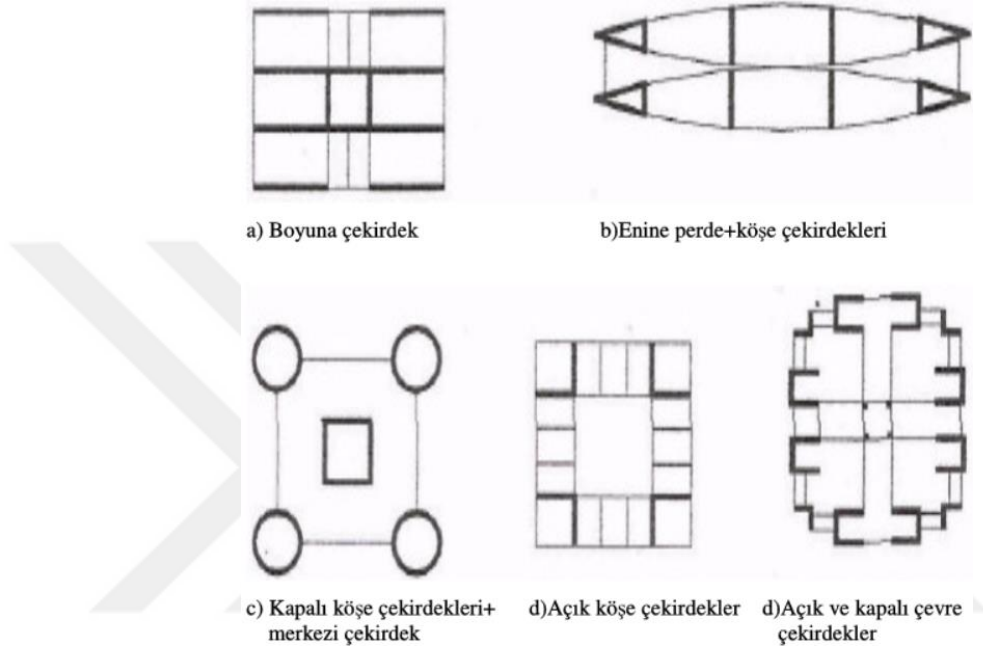
Az katlı perdeli-çerçevesel yapılarda deprem yüklerinin önemli bir miktarı perde duvarlar tarafından taşınmakta olup çok katlı perdeli-çerçevesel yapılarda kat sayısının artmasıyla perde duvarların karşılamış olduğu yükler azalarak çerçeveler daha etkili olmaktadır (Doğangün, 2007). Şekil 2.3’ te perde-çerçeve sistemin etkileşimi verilmiştir. Şekilde (a) kayma kirişi davranışı gösteren çerçeveyi, (b) eğilme kirişi davranışı gösteren perdeyi, (c) etkileşim içindeki çerçeve ve perde sistemi temsil etmektedir.



Şekil 2.3 Perde-çerçeve etkileşimi (Atımtay, 2000)

2.4 Çekirdek Sistemler

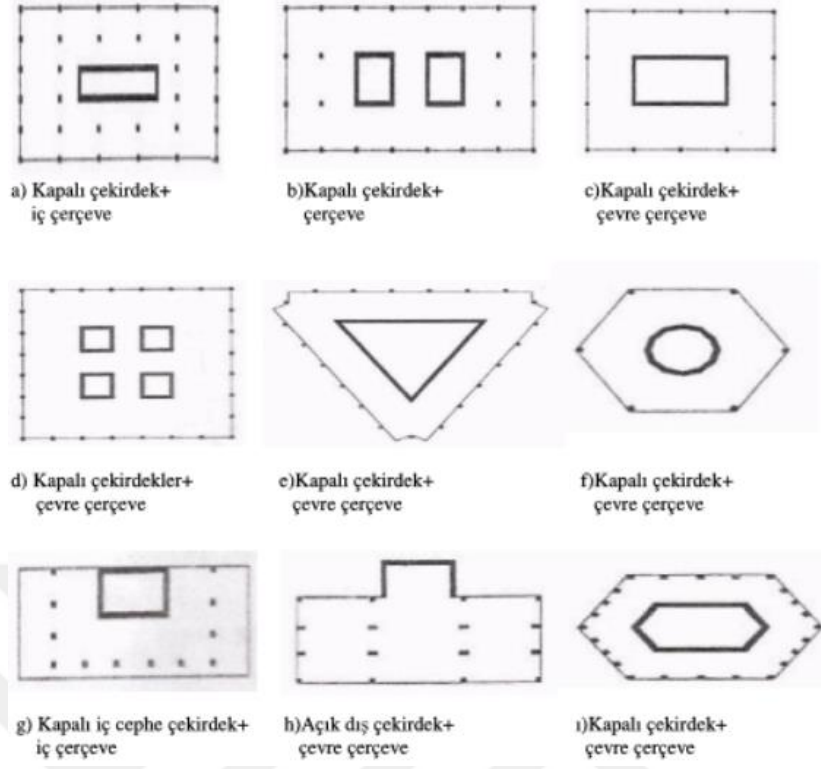
Genel olarak ticari amaçlı kullanılacak yapılarda, kullanılabilir alanı artırmak amacı ile tercih edilen sistemlerdir. Yapının yatay rijitliğini sağlayacak şekilde perdelerden meydana gelen çekirdek veya çekirdeklerden oluşur.



Şekil 2.4 Çekirdek-perde sistem örnekleri (Atımtay, 2000)

2.5 Tüp Sistemler

Tüp sistemler 1 m ile 3 m arasında değişen aralıklarla yerleştirilen kolonlar ve bu kolonları kuşaklama bağlayan kirişlerden meydana gelir. Bu sistemler yapının 30 kattan fazla olduğu durumlarda yatay rijitliği sınırlamak üzere tercih edilir.



Şekil 2.5 Çekirdek-çerçeve sistem örnekleri (Atımtay, 2000)

BÖLÜM ÜÇ

TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİ VE EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ YÖNTEMİ

3.1 Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi

Eşdeğer deprem yükü yöntemi, yapıya etkiyen toplam deprem yükünün Türk Deprem Yönetmeliği (TDY, 2007)' nde verilen belirli kriterlere ve sınırlandırmalara göre seçilen katsayılar yardımıyla hesaplanıp, belirlenmiş formülasyonlarla katlara etki ettirilmesi ile önerilen bir yöntemdir.

Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar aşağıdaki tabloda belirtildiği gibi sınıflandırılmıştır.

Tablo 3.1 Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar (TDY, 2007)

<i>Deprem Bölgesi</i>	<i>Bina Türü</i>	<i>Toplam Yükseklik Sınırı</i>
1, 2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı binalar	$H_N \leq 25$ m
1, 2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	$H_N \leq 40$ m
3, 4	Tüm binalar	$H_N \leq 40$ m

3.2 Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi

Türk Deprem Yönetmeliği (TDY, 2007)' nde binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü değeri,

$$V_t = W \cdot A(T_1) / R_a(T_1) \geq 0,10 \cdot A_0 \cdot I \cdot W \quad (3.1)$$

bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

(3.1) bağıntısında yer alan ve etkiyen deprem yüklerinin hesabında kullanılacak bina toplam ağırlığı W ,

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (3.2)$$

şeklinde hesaplanacaktır. Burada kat ağırlıkları olan w_i ,

$$w_i = g_i + n q_i \quad (3.3)$$

ifadesiyle hesaplanır.

(3.3) bağıntısında yer alan g_i yapının i . katındaki sabit yükü, q_i yapının i . katındaki hareketli yükünü temsil eder. Bağıntıda yer alan n ise hareketli yükün katılım katsayısını ifade eder ve binanın kullanım amacına göre Tablo 3.2’ de sınıflandırılmıştır.

Tablo 3.2 Bina kullanım amacına göre hareketli yük dağılım katsayısı değerleri (TDY, 2007)

<i>Binanın Kullanım Amacı</i>	<i>n</i>
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

3.2.1 Spektral İvme Katsayısı ($A(T)$)

Türk Deprem Yönetmeliği (TDY, 2007)’ nin 2.4 nolu maddesinde deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınan ve elastik spektral ivmenin yer çekim ivmesi olan g ’ ye bölünmesiyle elde edilen spektral ivme katsayısı $A(T)$,

$$A(T) = A_0 I S(T) \quad (3.4)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Burada A_0 etkin yer ivmesi katsayısı, I bina önem katsayısı ve $S(T)$ spektrum katsayısıdır.

3.2.2 Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0)

Türk Deprem Yönetmeliği (TDY, 2007)' nin 2.4.1 nolu maddesinde yer alan, (3.4) bağıntısında kullanılan etkin yer ivmesi katsayısı A_0 değerleri deprem bölgelerine göre Tablo 3.3' te verilmiştir.

Tablo 3.3 Etkin yer ivmesi katsayısı (A_0) (TDY, 2007)

Deprem Bölgesi	A_0
1	0,40
2	0,30
3	0,20
4	0,10

3.2.3 Bina Önem Katsayısı (I)

Türk Deprem Yönetmeliği (TDY, 2007)' nin 2.4.2 nolu maddesinde yer alan ve (3.4) bağıntısında kullanılan 1,0- 1,5 arasında değişen bina önem katsayısı değerleri bina kullanım amaçlarına göre Tablo 3.4' te verilmiştir.

Tablo 3.4 Bina Önem Katsayısı (I) (TDY, 2007)

<i>Binanın Kullanım Amacı veya Türü</i>	<i>Bina Önem Katsayısı (I)</i>
<u>1- Deprem sonrasında kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</u> a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gereken binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1,5
<u>2- İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar</u> a) Okullar, diğer eğitim ve bina tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kıışlalar, cezaevleri, vb. b) Müzeler	1,4
<u>3- İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</u> Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1,2
<u>4- Diğer Binalar</u> Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer tür binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.	1,0

3.2.4 Spektrum Katsayısı ($S(T)$)

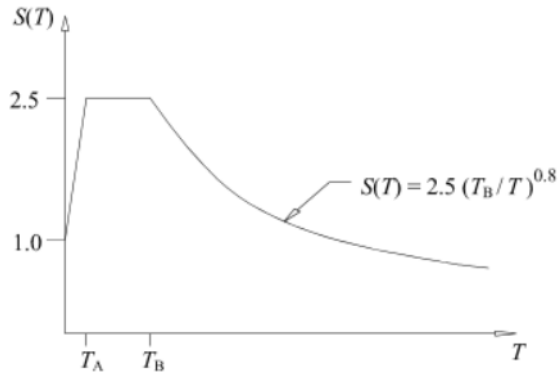
Türk Deprem Yönetmeliği (TDY, 2007)' nin 2.4.3 nolu maddesinde yer alan ve (3.4) bağıntısında kullanılan spektrum katsayısı, zemin koşullarına ve bina doğal periyoduna bağlı olarak aşağıdaki bağıntılarla hesaplanır. (Şekil 3.1)

$$\begin{aligned} S(T) &= 1 + 1,5 T / T_A & (0 \leq T \leq T_A) \\ S(T) &= 2,5 & (T_A < T \leq T_B) \\ S(T) &= 2,5 (T_B / T)^{0,8} & (T_B < T) \end{aligned} \quad (3.5)$$

Spektrum karakteristik periyotları olarak tanımlanan T_A ve T_B değerleri yerel zemin sınıflarına bağlı olarak Tablo 3.5' te verilmiştir.

Tablo 3.5 Spektrum karakteristik periyotları (T_A, T_B) (TDY, 2007)

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (sn)	T_B (sn)
Z1	0,10	0,30
Z2	0,15	0,40
Z3	0,15	0,60
Z4	0,20	0,90



Şekil 3.1 Özel tasarım ivme spektrumu (TDY, 2007)

3.2.5 Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı ($R_d(T)$)

Depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışını göz önüne almak üzere hesaplanan spektral ivme katsayısına göre bulunacak elastik deprem yükleri

$$\begin{aligned}
R_a(T) &= 1,5 + (R-1,5) * T/T_A & 0 \leq T \leq T_A \\
R_a(T) &= R & T_A < T
\end{aligned} \tag{3.6}$$

ile tanımlanan deprem yükü azaltma katsayısına bölünecektir. (3.6) bağıntısında yer alan R taşıyıcı sistem davranış katsayısıdır. (TDY, 2007)

3.3 Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi

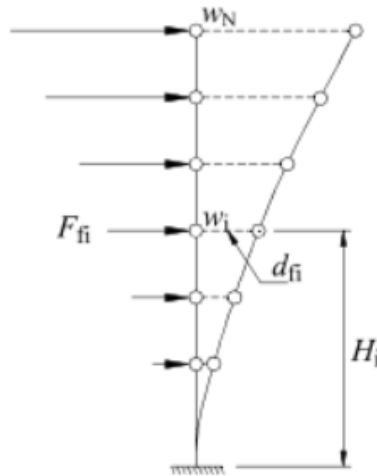
Yapılara eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanması ile yapının birinci doğal titreşim periyodu aşağıdaki formül ile hesaplanabilir. (TDY, 2007)

$$T_1 = 2\pi [(\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^2) / (\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi})]^{1/2} \tag{3.7}$$

Burada m_i , yapının i. katının kütlesini, F_{fi} , yapının i. katına etkiyen fiktif yükü, d_{fi} ise bu F_{fi} fiktif yükünün aynı noktasının elastik eğride oluşturduğu yer değiştirmeyi ifade eder. F_{fi} fiktif yükü ise

$$F_{fi} = (w_i H_i) / (\sum_{j=1}^N w_j H_j) \tag{3.8}$$

bağıntısı yardımı ile elde edilir. (Şekil 3.2)



Şekil 3.2 F_{fi} fiktif yükünü sistem üzerinde şematik gösterimi (TDY, 2007)

BÖLÜM DÖRT

DİFERANSİYEL DENKLEM YÖNTEMİ

4.1 Diferansiyel Denklem Yöntemine Giriş

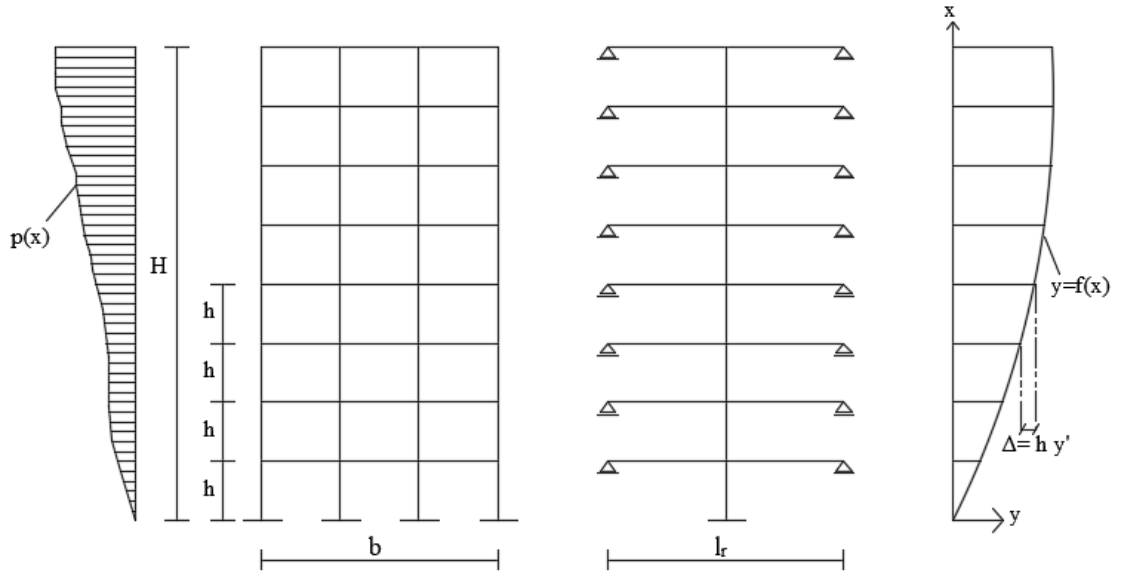
Çok katlı yapıların dinamik analizinde bilindiği üzere sürekli sistem hesap modeli ve ayrık sistem hesap modeli olmak üzere iki farklı hesap modeli kurulabilmektedir. Sürekli sistem hesap modeline göre yapının titreşim hareketini oluşturan rijitlik, kütle ve sönümün yapı içinde eşit bir şekilde dağılmış olduğu kabul edilir. Buna karşın ayrık sistem hesap modelinde bu üç parametrenin sistemin belirli bölgelerinde toplandığı varsayılmaktadır.

Çok katlı betonarme yapılar, düşey taşıyıcıların, kat hizasındaki kirişler ve kendi düzlemlerinde sonsuz rijit olan döşemelerin bağlanması ile oluşur. Geometrisi ve yükleme durumu simetrik ve bu nedenle burulmasız çok katlı bir yapının farklı düşey düzlemlerdeki farklı taşıyıcı elemanların kat seviyeleri boyunca eşit deplasmanlar yaptığı kabul edilirse elastik eğri, farklı düşey düzlemlerdeki düşey elemanlar için aynı olacaktır. Bu kabullere göre farklı düzlemlerde bulunan taşıyıcılar tek bir düzlemde irdelenebilecektir.

Farklı düzlemlerde bulunan elemanların birlikte düşünülmesiyle oluşan hesap modeli, iki ucu mafsallı rijit çubuklarla bağlanarak oluşur. Bu rijit çubuklar yapıdaki döşeme plaklarını temsil eder.

4.2 Kabuller ve Referans Sistemi

Yatay yükler altında çok katlı bir kayma çerçevesinin aynı kattaki düğüm noktası dönmelerinin aynı olması kabulü altında dikkate alınan referans sistemi aşağıdaki gibidir.



Şekil 4.1 Kayma çerçevesi referans sistemi

Yöntemde

1. Malzemenin lineer elastik olduğu,
2. Yapıdaki kolon ve kirişlerin ortogonal olduğu,
3. Kat döşemelerinin düzlemleri içinde sonsuz rijit olduğu,
4. Sistemin burulmasız olduğu,
5. Yapıdaki perdelerde klasik kiriş teorisindeki bağıntıların geçerli olduğu,
6. Kat seviyelerinde eşit yatay yer değiştirmelerin olduğu,
7. Kat yüksekliğinin, yapının yüksekliği boyunca sabit olduğu,
8. Düğüm noktalarına etkiyen kuvvetlerin, yapı yüksekliği boyunca yayılı olduğu,
9. Yapıdaki taşıyıcı eleman boyutlarının yapı yüksekliği boyunca sabit olduğu kabulleri yapılmıştır.

4.3 Diferansiyel Denklemin Oluşturulması

Çok katlı bir kayma çerçevesinde kiriş ve kolonların moment sıfır noktalarının çubukların orta noktalarında bulunduğu kabulü yapıldığında çerçevenin K_s kayma rijitliği ifadesi,

$$K_s = \frac{12}{h * \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{s}\right)} \quad (4.1)$$

bağıntısı ile verilmektedir. Bu bağıntıda yer alan r, bir kattaki kiriş redörlerinin toplamı, s ise bir kattaki kolon redörlerinin toplamıdır. (Bilyap, S. (1979))

$$\text{Toplam } i_r \text{ kiriş redörü, } r = \sum (E * I_r / l) \quad (4.2)$$

$$\text{Toplam } i_s \text{ kolon redörü, } s = \sum (E * I_s / h) \quad (4.3)$$

Bir kayma çerçevesinde, komşu katlar arası rölatif Δ yer değiştirmesinin kat yüksekliğine oranı ile $y=f(x)$ elastik eğrisinin y' dönmesi elde edilir. (Şekil 4.1)

$$y' = \frac{\Delta}{h} \quad (4.4)$$

(4.4) bağıntısı kullanılarak yapının herhangi bir x kotundaki kesme kuvveti T_0 ,

$$T_0 = K_s * y' \quad (4.5)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Çerçeve sistemde kenar kolonların eksenel şekil değişimi elastik eğrinin y' dönmesinde etkili olacaktır. Bu sebeple ilave oluşan y_1' dönmesi virtüel iş denklemi yardımıyla,

$$y_1' = \int_0^x \frac{MM' dx}{D_0} \quad (4.6)$$

şeklinde yazılır. Bağıntıda $M' = 1$, $M = N_x * b$, D_0 ise çerçevenin eğilme rijitliğidir ve

$$D_0 = \frac{E * F_l * b^2}{1 + \frac{F_l}{F_r}} \quad (4.7)$$

olarak ifade edilir. Burada E elastisite modülü, F_l ve F_r kenar kolon kesit alanları, b kenar kolonlar arasındaki mesafedir. (4.6) ve (4.7) bağıntıları (4.5) bağıntısında yerine konulursa denklem,

$$K_s(y' + \frac{b}{D_0} \int_0^x N_x dx) = T_0 \quad (4.8)$$

şeklinde yazılır. (4.8) bağıntısına perdelerin D eğilme rijitliğinin ilave edilmesiyle,

$$-Dy'''' + K_s(y' + \frac{b}{D_0} \int_0^x N_x dx) = T_0 \quad (4.9)$$

şeklinde yazılır. (Bilyap, 1979)

(4.9) denkleminin bir defa türevi alınırsa perde-çerçeve sistemin yatay yük etkisi altında çözümüne ilişkin dördüncü mertebeden sabit katsayılı diferansiyel denklemi elde edilir. Bu denklemin çözümü ile tüm iç kuvvet bağıntıları elde edilmektedir. Ayrıntılar Bilyap (1979) çalışmasında verilmektedir.

Aynı yayında kayma ve eğilme rijitliğinin sabit olması hali için serbest titreşim periyoduna ilişkin bağıntı ve abaklar da verilmiştir.

BÖLÜM BEŞ
TAŞIYICI SİSTEM ELEMAN ENKESİT BOYUTLARININ YAPI
YÜKSEKLİĞİNCE DEĞİŞMESİ HALİ İÇİN SERBEST TİTREŞİM
PERİYODU HESABI

Bu bölümde, kiriş enkesit boyutlarının değişmediği, kolon ve perde enkesit boyutlarının değiştiği çok katlı yapılarda diferansiyel denklem yöntemi kullanılarak serbest titreşim periyodunun hesabına ilişkin bağıntılar geliştirilmiştir. Bağıntıların geliştirilmesinde kenar kolonlardaki eksenel şekil değişimleri ihmal edilmiştir.

Kolon ve perde enkesit boyutlarının yapı yüksekliğince değişmesi durumu, yapının kayma ve eğilme rijitliklerin değişmesi anlamına gelmektedir. Bu değişimler dikkate alınarak değişken katsayılı diferansiyel denklemler elde edilmiş, çözümleri kuvvet serisi kullanılarak yapılmış ve serbest titreşim periyodu elde edilmiştir. Diferansiyel denklem yönteminin uygulanmasında yük olarak atalet kuvvetleri dikkate alınmıştır.

5.1 Çerçeve Sistemlerde Kayma Rijitliğinin Değişmesi Durumu için Serbest Titreşim Periyodunun Hesabı

Çerçeve sistemlerde düşey taşıyıcı eleman enkesit boyutlarının yapının yüksekliği boyunca değişmesi durumunda kayma rijitliği ifadesi,

$$K_s(x) = K_s(0) \left[1 - \frac{x}{H} (1 - A_1) \right] \quad (5.1)$$

şeklinde yazılır. Burada $K_s(0)$ $x=0$ kotundaki kayma rijitliği olup $K_s(x)$ yükseklik boyunca herhangi x kotundaki kayma rijitliğidir. A_1 yükseklik boyunca kayma rijitliğindeki değişimin parametresi olarak tanımlanır. Kayma rijitliği değerleri $x=0$ ve $x=H$ seviyeleri için hesaplanırsa A_1 parametresi,

$$A_1 = \frac{K_s(H)}{K_s(0)} \quad (5.2)$$

olarak elde edilir. Çerçeve sistemin herhangi bir kesitinde yatay kuvvet denge şartı olan (4.5) denkleminin bir defa türevi alınırsa

$$K_s(x) * y'' + p(x) = 0 \quad (5.3)$$

denklemini elde edilir. Bu denkleminde serbest titreşim periyodu hesabı için $p(x)$

$$p(x) = - \frac{m}{h} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \quad (5.4)$$

olarak atalet kuvveti kullanılırsa,

$$K_s(0) \left[1 - \frac{x}{H} (1 - A_1) \right] \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - K_s(0) \left[\frac{(1 - A_1)}{H} \right] \frac{\partial y}{\partial x} - \frac{m}{h} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0 \quad (5.5)$$

ikinci mertebeden kısmi diferansiyel denklemi elde edilir. Burada m bir katın kütlesi, h bir katın yüksekliğini ifade etmektedir. $y = X(x) * T(t)$ dönüşümü ve $T = \sin(wt)$ tanımı ile elde edilen,

$$\begin{aligned} y' &= X'_{(x)} * T(t) & y'' &= X''_{(x)} * T(t) \\ y' &= X_{(x)} * T'_{(t)} & y'' &= X_{(x)} * T''_{(t)} \\ T &= \sin(wt) & T' &= -w * \cos(wt) & T'' &= -w^2 * \sin(wt) = -w^2 * T \end{aligned} \quad (5.6)$$

işlemleri ve (5.1) bağıntısı kullanılarak

$$\left[1 - \frac{x}{H} (1 - A_1) \right] X'' - \frac{(1 - A_1)}{H} X' + \frac{m w^2}{h K_s(0)} X = 0 \quad (5.7)$$

ikinci mertebeden değişken katsayılı diferansiyel denklem elde edilir. (5.7) diferansiyel denkleminin çözümü için

$$X = C_0 + C_1x + C_2x^2 + C_3x^3 + C_4x^4 + C_5x^5 + \dots + C_{15}x^{15} \quad (5.8)$$

kuvvet serisi kullanılır. (5.8) bağıntısının türevleri alınır

$$X' = C_1 + 2C_2x + 3C_3x^2 + 4C_4x^3 + 5C_5x^4 + \dots + 15C_{15}x^{14} \quad (5.9)$$

$$X'' = 2C_2 + 6C_3x + 12C_4x^2 + 20C_5x^3 + \dots + 210C_{15}x^{13} \quad (5.10)$$

ve

$$a = \frac{(1-A_1)}{H} \quad (5.11)$$

$$\lambda = \frac{m w^2}{h K_s(0)} \quad (5.12)$$

tanımları yapılırsa ve (5.7) denkleminde yerine konulursa

$$\begin{aligned} & (2*C_2 - a*C_1 + \lambda*C_0) + x(6*C_3 - 4*a*C_2 + \lambda*C_1) + x^2(12*C_4 - 9*a*C_3 + \lambda*C_2) + \\ & x^3(20*C_5 - 16*a*C_4 + \lambda*C_3) + x^4(30*C_6 - 25*a*C_5 + \lambda*C_4) + x^5(42*C_7 - 36*a*C_6 + \\ & \lambda*C_5) + x^6(56*C_8 - 49*a*C_7 + \lambda*C_6) + x^7(72*C_9 - 64*a*C_8 + \lambda*C_7) + x^8(90*C_{10} - \\ & 81*a*C_9 + \lambda*C_8) + x^9(110*C_{11} - 100*a*C_{10} + \lambda*C_9) + x^{10}(132*C_{12} - 121*a*C_{11} + \\ & \lambda*C_{10}) + x^{11}(156*C_{13} - 144*a*C_{12} + \lambda*C_{11}) + x^{12}(182*C_{14} - 169*a*C_{13} + \lambda*C_{12}) + \\ & x^{13}(210*C_{15} - 196*a*C_{14} + \lambda*C_{13}) = 0 \end{aligned} \quad (5.13)$$

denklemini elde edilir. (5.13) bağıntısında tüm sabitler, C_0 ve C_1 türünden ifade edilir ve

- 1) $X(0) = 0$
- 2) $K_s(H)*X'(H) = 0$

sınır koşulları uygulanırsa $C_0 = 0$ elde edilir. İkinci sınır koşulu uygulandığında,

$$\begin{aligned}
& 1 + a^*H + a^2*H^2 + a^3*H^3 + a^4*H^4 + a^5*H^5 + a^6*H^6 + a^7*H^7 + a^8*H^8 + a^9*H^9 + \\
& a^{10}*H^{10} + a^{11}*H^{11} + a^{12}*H^{12} + a^{13}*H^{13} + a^{14}*H^{14} - \frac{13*H^{14}*a^{12}*\lambda}{14} + \frac{33*H^{14}*a^{10}*\lambda^2}{182} \\
& - \frac{55*H^{14}*a^8*\lambda^3}{4368} + \frac{5*H^{14}*a^6*\lambda^4}{13728} - \frac{H^{14}*a^4*\lambda^5}{228800} + \frac{H^{14}*a^2*\lambda^6}{55598400} - \frac{H^{14}*\lambda^7}{87178291200} \\
& - \frac{12*H^{13}*a^{11}*\lambda}{13} + \frac{55*H^{13}*a^9*\lambda^2}{312} - \frac{5*H^{13}*a^7*\lambda^3}{429} + \frac{7*H^{13}*a^5*\lambda^4}{22880} - \frac{7*H^{13}*a^3*\lambda^5}{2316600} \\
& + \frac{7*H^{13}*a*\lambda^6}{889574400} - \frac{11*H^{12}*a^{10}*\lambda}{12} + \frac{15*H^{12}*a^8*\lambda^2}{88} - \frac{7*H^{12}*a^6*\lambda^3}{660} + \frac{7*H^{12}*a^4*\lambda^4}{28512} \\
& - \frac{7*H^{12}*a^2*\lambda^5}{3801600} + \frac{H^{12}*\lambda^6}{479001600} - \frac{10*H^{11}*a^9*\lambda}{11} + \frac{9*H^{11}*a^7*\lambda^2}{55} - \frac{14*H^{11}*a^5*\lambda^3}{1485} \\
& + \frac{7*H^{11}*a^3*\lambda^4}{38016} - \frac{H^{11}*a*\lambda^5}{1108800} - \frac{9*H^{10}*a^8*\lambda}{10} + \frac{7*H^{10}*a^6*\lambda^2}{45} - \frac{7*H^{10}*a^4*\lambda^3}{864} \\
& + \frac{H^{10}*a^2*\lambda^4}{8064} - \frac{H^{10}*\lambda^5}{3628800} - \frac{8*H^9*a^7*\lambda}{9} + \frac{7*H^9*a^5*\lambda^2}{48} - \frac{5*H^9*a^3*\lambda^3}{756} + \frac{5*H^9*a*\lambda^4}{72576} \\
& - \frac{7*H^8*a^6*\lambda}{8} + \frac{15*H^8*a^4*\lambda^2}{112} - \frac{5*H^8*a^2*\lambda^3}{1008} + \frac{H^8*\lambda^4}{40320} - \frac{6*H^7*a^5*\lambda}{7} + \frac{5*H^7*a^3*\lambda^2}{42} \\
& - \frac{H^7*a*\lambda^3}{315} - \frac{5*H^6*a^4*\lambda}{6} + \frac{H^6*a^2*\lambda^2}{10} - \frac{H^6*\lambda^3}{720} - \frac{4*H^5*a^3*\lambda}{5} + \frac{3*H^5*a*\lambda^2}{40} \\
& - \frac{3*H^4*a^2*\lambda}{4} + \frac{H^4*\lambda^2}{24} - \frac{2*H^3*a*\lambda}{3} - \frac{H^2*\lambda}{2} = 0
\end{aligned}
\tag{5.14}$$

denklemini oluşturulur. Burada H çerçeve yüksekliğidir. (5.14) denkleminin kökleri hesaplanır ve açısal frekans değerleri bulunur.

$$w_i = \sqrt{\frac{\lambda_i * h * K_s(0)}{m}} \quad (5.15)$$

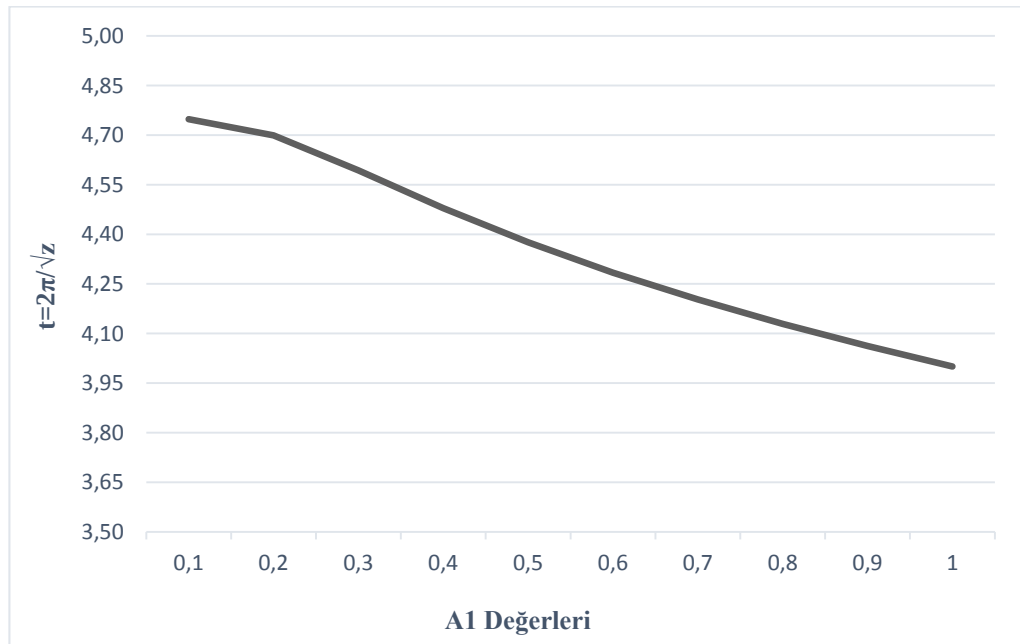
$$T_i = \frac{1}{w_i} \quad (5.16)$$

(5.15) ve (5.16) ifadeleri kullanılırsa,

$$T_i = 2 * \pi * \sqrt{\frac{m}{\lambda_i * h * K_s(0)}} \quad (5.17)$$

bağıntısı elde edilir. (5.17) bağıntısından çerçeve kayma rijitliğinin yapı yüksekliği boyunca değişmesi haline ilişkin serbest titreşim periyodu hesaplanabilmektedir. Serbest titreşim periyodunun hesaplanması için gerekli işlem adımları MATLAB ortamında programlanmış ve Ek 1’ de verilmiştir.

(5.14) denkleminde $aH=(1-A_1)$ ve $\lambda H^2=z$ tanımları yapıldıktan sonra denklem MATLAB ortamında A_1 değerleri için çözülürse



Şekil 5.1 Değişken A_1 değerlerine göre t değerleri grafiği

şeklinde bir değişim grafiği oluşturulur. Bu grafikte (5.2) denklemi ile hesaplanan A_1 değerine karşılık gelen t değeri okunur ve $T_1 = t \cdot H \cdot \sqrt{\frac{m}{h \cdot K_s(0)}}$ denkleminde yerine yazılırsa birinci moda ait serbest titreşim periyot değeri elde edilir.

5.2 Perde-Çerçeve Sistemlerde Çerçeve Kayma Rijitliğinin Değişmesi Durumu için Serbest Titreşim Periyodunun Hesabı

Taşıyıcı sistemi perde-çerçeve olan yapılarda düşey taşıyıcı elemanlardan kolonların enkesit boyutlarının yapı yüksekliği boyunca değişmesi durumunda çerçeve kayma rijitliği ifadesi (5.1) bağıntısından alınır ve perde-çerçeve sistemin herhangi bir kesitinde yatay kuvvet denge şartı olarak,

$$-D \cdot y'''' + K_s(x) \cdot y' - T_0 = 0 \quad (5.18)$$

yazılan denklemin bir defa türevi alınırsa,

$$-D \cdot y'''' + K_s(0) \cdot \left[1 - \frac{x}{H} (1 - A_1) \right] \cdot y'' - K_s(0) \cdot \frac{(1 - A_1)}{H} \cdot y' + p(x) = 0 \quad (5.19)$$

dördüncü dereceden diferansiyel denklemi elde edilir. Burada D perde-çerçeve sistemdeki perdelerin eğilme rijitliği ifadesidir. (5.19) denkleminde (5.4) atalet kuvveti ifadesi kullanılarak $y = X(x) \cdot T(t)$ dönüşümü ve $T = \sin(\omega t)$ tanımı yapıp (5.6) ifadeleri denkleme yerine yazılırsa,

$$-D \cdot X'''' + K_s(0) \cdot \left[1 - \frac{x}{H} (1 - A_1) \right] \cdot X'' - K_s(0) \cdot \frac{(1 - A_1)}{H} \cdot X' + \frac{m \omega^2}{h} X = 0 \quad (5.20)$$

diferansiyel denklemi elde edilir. Denkleme

$$a = \frac{(1 - A_1)}{H} \quad (5.21)$$

$$b = \frac{K_s(0)}{D} \quad (5.22)$$

$$\lambda = \frac{m w^2}{h D} \quad (5.23)$$

tanımları yapılırsa,

$$X^{IV} - b \cdot X'' + a \cdot b \cdot x \cdot X'' + a \cdot b \cdot X' - \lambda \cdot X = 0 \quad (5.24)$$

diferansiyel denklemi elde edilir. Çözüm için (5.24) denkleminde (5.8) bağıntısındaki kuvvet serisi ve türevleri yazılırsa

$$24 \cdot C_4 - 2 \cdot b \cdot C_2 + a \cdot b \cdot C_1 - \lambda \cdot C_0 + x^n \cdot \left\{ \sum_{n=1}^{\infty} [(n+4) \cdot (n+3) \cdot (n+2) \cdot (n+1) \cdot C_{n+4} - b \cdot (n+2) \cdot (n+1) \cdot C_{n+2} + a \cdot b \cdot (n+1)^2 \cdot C_{n+1} - \lambda \cdot C_n] \right\} = 0 \quad (5.25)$$

denklemi elde edilir. (5.25) denklemindeki sabitler,

$$C_4 = \frac{2 \cdot b \cdot C_2 - a \cdot b \cdot C_1 + \lambda \cdot C_0}{24} \quad (5.26)$$

$$C_{n+4} = \frac{b \cdot (n+2) \cdot (n+1) \cdot C_{n+2} - a \cdot b \cdot (n+1)^2 \cdot C_{n+1} + \lambda \cdot C_n}{(n+4) \cdot (n+3) \cdot (n+2) \cdot (n+1)}, n \geq 1 \text{ için} \quad (5.27)$$

şeklinde yazılır ve tüm sabitler C_0 , C_1 , C_2 ve C_3 türünden ifade edilirse,

- 1) $X(0) = 0$
- 2) $X'(0) = 0$
- 3) $D \cdot X''(H) = 0$
- 4) $K_s(H) \cdot X'(H) - D \cdot X'''(H) = 0$

sınır koşulları altında frekans denklemi elde edilir. Bu hesaplamalar için MATLAB ortamındaki işlem adımları ve frekans denklemi Ek 2' de verilmiştir. Bu frekans denkleminin kökleri bulunursa frekans değerleri hesaplanır.

$$w_i = \sqrt{\frac{\lambda_i * h * D}{m}} \quad (5.28)$$

$$T_i = \frac{1}{w_i} \quad (5.29)$$

(5.28) ve (5.29) ifadeleri kullanılırsa,

$$T_i = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\lambda_i * h * D}} \quad (5.30)$$

periyot bağıntısı elde edilir. (5.30) bağıntısından perde-çerçeve sistemlerde kolon enkesit boyutlarının yani çerçeve kayma rijitliğinin yapı yüksekliği boyunca değişmesi haline ilişkin serbest titreşim periyodu hesaplanabilmektedir.

5.3 Perde-Çerçeve Sistemlerde Perde Eğilme Rijitliğinin Değişmesi Durumu için Serbest Titreşim Periyodunun Hesabı

Taşıyıcı sistemi perde-çerçeve olan yapılarda düşey taşıyıcı elemanlardan perdelerin enkesit boyutlarının yapı yüksekliği boyunca değişmesi durumunda eğilme rijitliği ifadesi,

$$D(x) = D(0) \left[1 - \frac{x}{H} (1 - A_2) \right] \quad (5.31)$$

şeklinde yazılır. Burada $D(0)$ $x=0$ kotundaki perde eğilme rijitliği olup $D(x)$ yükseklik boyunca herhangi x kotundaki perde eğilme rijitliğidir. A_2 yükseklik boyunca perde

eğilme rijitliğindeki değişimin parametresi olarak tanımlanır. Perde eğilme rijitliği değerleri $x=0$ ve $x=H$ seviyeleri için düzenlenecek olursa A_2 parametresi,

$$A_2 = \frac{D(H)}{D(0)} \quad (5.32)$$

olarak elde edilir. Perde-çerçeve sistemin herhangi bir kesitte yatay kuvvet denge şartı olarak,

$$-D(x) \cdot y''' + K_s \cdot y' - T_0 = 0 \quad (5.33)$$

yazılır ve (5.31) bağıntısı (5.33) bağıntısında yerine konulursa,

$$-D(0) \cdot \left[1 - \frac{x}{H} (1 - A_2) \right] \cdot y''' + K_s \cdot y' - T_0 = 0 \quad (5.34)$$

denklemini oluşturulur. (5.34) denkleminin bir defa türevi alınır,

$$-D(0) \cdot \left[1 - \frac{x}{H} (1 - A_2) \right] \cdot y^{iv} + D(0) \cdot \left[\frac{1}{H} (1 - A_2) \right] \cdot y''' + K_s \cdot y'' + p(x) = 0 \quad (5.35)$$

denklemini elde edilir. Denkleminde

$$a = \frac{(1 - A_2)}{H} \quad (5.36)$$

$$b = \frac{K_s}{D(0)} \quad (5.37)$$

tanımları yapılırsa,

$$(1 - ax) \cdot y^{iv} - a \cdot y''' - b \cdot y'' + \frac{m}{h \cdot D(0)} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0 \quad (5.38)$$

dördüncü mertebeden kısmi diferansiyel denklem elde edilir. $y=X(x)*T(t)$ dönüşümü ve $T= \sin(wt)$ tanımı ile elde edilen

$$\begin{aligned} y' &= X'_{(x)} * T(t) & y'' &= X''_{(x)} * T(t) \\ y' &= X_{(x)} * T'_{(t)} & y'' &= X_{(x)} * T''_{(t)} \\ T &= \sin(wt) & T' &= -w * \cos(wt) & T'' &= -w^2 * \sin(wt) = -w^2 * T \end{aligned} \quad (5.39)$$

işlemleri kullanılır ve $\lambda = \frac{m w^2}{h D(0)}$ tanımı yapılırsa,

$$X^{IV} - a * x * X^{IV} - a * X''' - b * X'' - \lambda * X = 0 \quad (5.40)$$

dördüncü dereceden değişken katsayılı diferansiyel denklem elde edilir. (5.40) diferansiyel denkleminin çözümü için (5.8) kuvvet serisi ve türevleri denklemde yazılırsa,

$$\begin{aligned} 24 * C_4 - 6 * a * C_3 - 2 * b * C_2 - \lambda * C_0 + x^n * \left\{ \sum_{n=1}^{\infty} [(n+4) * (n+3) * (n+2) * (n+1) * C_{n+4} \right. \\ \left. - a * (n+3) * (n+2) * (n+1) * n * C_{n+3} - a * (n+3) * (n+2) * (n+1) * C_{n+3} - b * (n+2) * (n+1) \right. \\ \left. * C_{n+2} - \lambda * C_n \right\} = 0 \end{aligned} \quad (5.41)$$

denklemini elde edilir. Denklemin aşıkâr çözümünün olması durumunda,

$$C_4 = \frac{6 * a * C_3 + 2 * b * C_2 + \lambda * C_0}{24} \quad (5.42)$$

$$C_{n+4} = \frac{a * (n+3) * (n+2) * (n+1)^2 * C_{n+3} + b * (n+2) * (n+1) * C_{n+2} + \lambda * C_n}{(n+4) * (n+3) * (n+2) * (n+1)}, n \geq 1 \text{ için} \quad (5.43)$$

bağıntıları yazılır. (5.43) bağıntısında tüm sabitler C_0 , C_1 , C_2 ve C_3 türünden ifade edilir ve

- 1) $X(0) = 0$
- 2) $X'(0) = 0$
- 3) $D(H) \cdot X''(H) = 0$
- 4) $K_s \cdot X'(H) - D(H) \cdot X'''(H) = 0$

sınır koşulları uygulanırsa, frekans denklemi oluşturulur. Hesaplamalar için MATLAB ortamındaki işlem adımları ve frekans denklemi Ek 3' de verilmiştir. Bu frekans denkleminin kökleri bulunursa frekans değerleri elde edilir.

$$w_i = \sqrt{\frac{\lambda_i \cdot h \cdot D(0)}{m}} \quad (5.44)$$

$$T_i = \frac{1}{w_i} \quad (5.45)$$

(5.44) ve (5.45) ifadeleri kullanılırsa,

$$T_i = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\lambda_i \cdot h \cdot D(0)}} \quad (5.46)$$

periyot bağıntısı elde edilir. (5.46) bağıntısından perde-çerçeve sistemlerde perde eğilme rijitliğinin yapı yüksekliği boyunca değişmesi haline ilişkin serbest titreşim periyodu hesaplanabilmektedir.

5.4 Perde-Çerçeve Sistemlerde Perde Eğilme Rijitliğinin ve Çerçeve Kayma Rijitliğinin Değişmesi Durumu için Serbest Titreşim Periyodunun Hesabı

Taşıyıcı sistemi perde-çerçeve olan yapılarda düşey taşıyıcı elemanlardan perdelerin ve kolonların enkesit boyutlarının yapı yüksekliği boyunca değişmesi durumunda çerçeve kayma rijitliği ifadesi ve perde eğilme rijitliği ifadesi,

$$K_s(x) = K_s(0) \left[1 - \frac{x}{H} (1 - A_1) \right] \quad (5.47)$$

$$D(x) = D(0) \left[1 - \frac{x}{H} (1 - A_2) \right] \quad (5.48)$$

şeklinde yazılır. (5.47) ifadesinde A_1 yükseklik boyunca çerçeve kayma rijitliğindeki değişimin parametresi, A_2 yükseklik boyunca perde eğilme rijitliğindeki değişimin parametresi olarak tanımlanır ve

$$A_1 = \frac{K_s(H)}{K_s(0)} \quad (5.49)$$

$$A_2 = \frac{D(H)}{D(0)} \quad (5.50)$$

olarak elde edilir. Perde-çerçeve sistemin herhangi bir kesitte yatay kuvvet denge şartı olarak,

$$-D(x) \cdot y''' + K_s(x) \cdot y' - T_0 = 0 \quad (5.51)$$

yazılır ve (5.47) ve (5.48) bağıntıları (5.51) bağıntısında yerine konulursa,

$$-D(0) \cdot \left[1 - \frac{x}{H} (1 - A_2) \right] \cdot y''' + K_s(0) \cdot \left[1 - \frac{x}{H} (1 - A_1) \right] \cdot y' - T_0 = 0 \quad (5.52)$$

denklemini oluşturulur. (5.52) denkleminin bir defa türevi alınıp

$$d = \frac{(1-A_2)}{H} \quad (5.53)$$

$$e = \frac{(1-A_1)}{H} \quad (5.54)$$

$$f = \frac{K_s(0)}{D(0)} \quad (5.55)$$

$$\lambda = \frac{m w^2}{h D(0)} \quad (5.56)$$

tanımları yapılır ve (5.39) bağıntıları ve $p(x) = -\frac{m}{h} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$ bağıntısı kullanılırsa,

$$X^{IV} - d \cdot X \cdot X^{IV} - d \cdot X''' - f \cdot X'' - e \cdot f \cdot X \cdot X'' + e \cdot f \cdot X' - \lambda \cdot X = 0 \quad (5.57)$$

dördüncü dereceden değişken katsayılı diferansiyel denklem elde edilir. (5.57) diferansiyel denkleminin çözümü için (5.8) kuvvet serisi ve türevleri denklemde yazılırsa,

$$24 \cdot C_4 - 6 \cdot d \cdot C_3 - 2 \cdot f \cdot C_2 + e \cdot f \cdot C_1 - \lambda \cdot C_0 + x^n \left\{ \sum_{n=1}^{\infty} [(n+4) \cdot (n+3) \cdot (n+2) \cdot (n+1) \cdot C_{n+4} - \right. \\ d \cdot (n+3) \cdot (n+2) \cdot (n+1) \cdot n \cdot C_{n+3} - d \cdot (n+3) \cdot (n+2) \cdot (n+1) \cdot C_{n+3} - f \cdot (n+2) \cdot (n+1) \cdot C_{n+2} + \\ \left. e \cdot f \cdot (n+1) \cdot n \cdot C_{n+1} + e \cdot f \cdot (n+1) \cdot C_{n+1} - \lambda \cdot C_n] \right\} = 0 \quad (5.58)$$

denklemini elde edilir. (5.58) denklemindeki sabitler

$$C_4 = \frac{6 \cdot d \cdot C_2 + 2 \cdot f \cdot C_2 - e \cdot f \cdot C_1 + \lambda \cdot C_0}{24} \quad (5.59)$$

$n \geq 1$ için

$$C_{n+4} = \frac{d*(n+3)*(n+2)*(n+1)^2*C_{n+3} + f*(n+2)*(n+1)*C_{n+2} - e*f*(n+1)^2*C_{n+1} + \lambda*C_n}{(n+4)*(n+3)*(n+2)*(n+1)} \quad (5.60)$$

şeklinde yazılır ve tüm sabitler C_0 , C_1 , C_2 ve C_3 türünden ifade edilirse

- 1) $X(0) = 0$
- 2) $X'(0) = 0$
- 3) $D*X''(H) = 0$
- 4) $K_s(H)*X'(H) - D*X'''(H) = 0$

sınır koşulları altında frekans denklemi elde edilebilir. Bu çalışmada bu hal için çözüm yapılmamış ve bağıntılar oluşturulmamıştır.

Bu bölümde geliştirilen bağıntılarda rijitlik değişim parametreleri olan A_1 ve A_2 , 1 (bir) olarak alındığında 4. Bölüm' de açıklanan ve Bilyap, S. (1979) referansında verilen kayma ve eğilme rijitliklerinin sabit olması hali için bağıntılar elde edilebilmektedir. 6. Bölüm' de verilmiş olan örnekler bu hal için sınanmış ve referansta verilen bağıntılardan elde edilen sonuçlara varılmıştır.

BÖLÜM ALTI

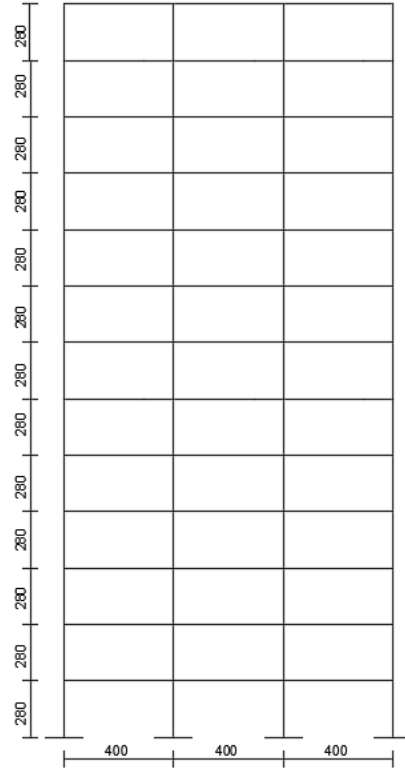
SAYISAL ÖRNEKLER

Bu bölümde taşıyıcı sistemi çerçeve ve perde-çerçeve sistemlerden oluşan yapıların birinci moda ait serbest titreşim periyodunun; çerçeve sistemlerde çerçeve kayma rijitliğinin, perde-çerçeve sistemlerde çerçeve kayma rijitliğinin ve perde eğilme rijitliğinin yapı yüksekliğince değişmesi durumlarına ait hesabı için örnekler sunulmuştur.

Verilen örnekler; tek açıklıklı 6 katlı ve iki açıklıklı 10 katlı çerçeve aksı, 10 katlı perde-çerçeve aksı ile kat planları verilen 5 katlı çerçeve ve perde-çerçeve sistemleri kapsamaktadır.

Tüm bu örnekler, 5. Bölüm’ de açıklanan ve geliştirilen bağıntılar kullanılarak oluşturulan MATLAB programı ve SAP2000 bilgisayar programı ile çözülmüş ve elde edilen serbest titreşim periyotları tablolar halinde kıyaslamalı olarak verilmiştir.

Örnek 1: Şekil 6.1’ de verilen 13 katlı üç açıklıklı çerçeve aksının kat yüksekliği tüm katlarda eşit olup 2,80 m dir. $x=0$ seviyesinde kolon enkesit boyutları 40/75 cm, $x=36,40$ m seviyesinde kolon enkesit boyutları 40/40 cm dir. Kiriş enkesit boyutları tüm katlarda aynı olmak üzere 40/50 cm dir. Sistemin ortalama kat kütlesi $1,263 \text{ ts}^2/\text{m}$, elastisite modülü 3000000 t/m^2 dir.



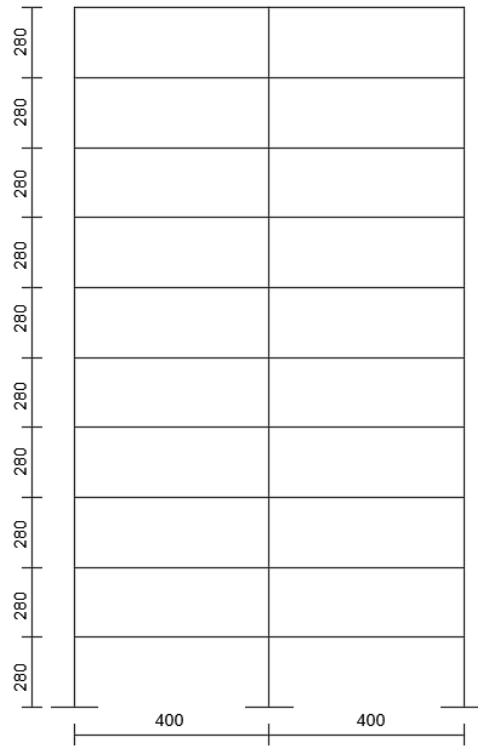
Şekil 6.1 Üç açıklıklı çerçeve sistem aksı

Çözüm için bu işlem adımlarından sonra MATLAB ve SAP2000 bilgisayar ortamında hesaplanan değerleri Tablo 6.1’ de verilmiştir.

Tablo 6.1 Örnek 1 için 1. moda ait serbest titreşim periyot değerleri

Modlar	Periyot (sn)	
	MATLAB ile çözüm	SAP2000 ile Çözüm
1. Mod	0,565	0,567

Örnek 2: Şekil 6.2’ de verilen 10 katlı iki açıklıklı çerçeve aksının kat yüksekliği tüm katlarda eşit olup 2,80 m dir. $x=0$ seviyesinde kolon enkesit boyutları 25/70 cm, $x=28,00$ m seviyesinde kolon enkesit boyutları 25/50 cm dir. Kiriş enkesit boyutları tüm katlarda aynı olmak üzere 25/50 cm dir. Sistemin ortalama kat kütlesi $0,574 \text{ ts}^2/\text{m}$, elastisite modülü 3000000 t/m^2 dir.



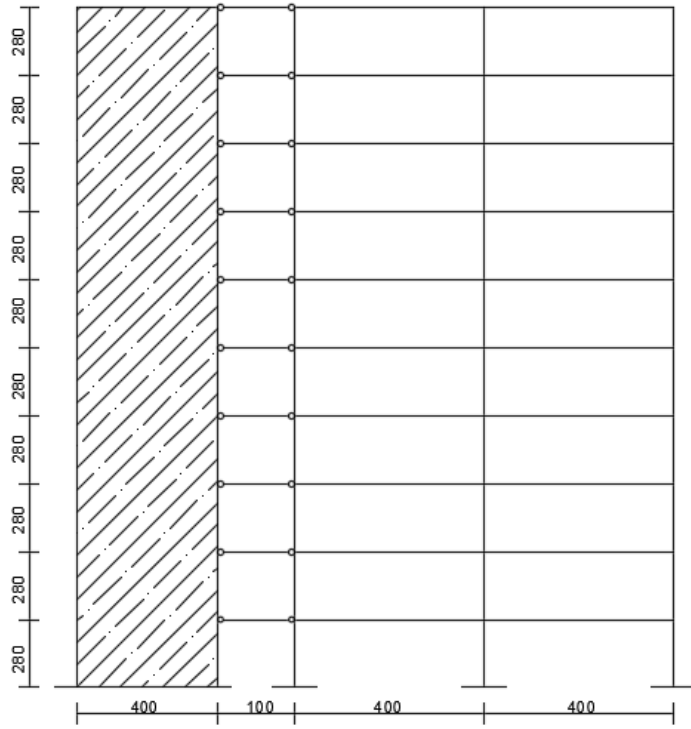
Şekil 6.2 İki açıklıklı çerçeve sistem aksı

Çözüm için 5.1 Bölümü’nde verilen formülasyonlara göre işlemler yapıldıktan sonra MATLAB ve SAP2000 bilgisayar ortamında hesaplanan değerleri Tablo 6.2’de verilmiştir.

Tablo 6.2 Örnek 2 için 1. moda ait serbest titreşim periyot değerleri

Modlar	Periyot (sn)	
	MATLAB ile çözüm	SAP2000 ile Çözüm
1. Mod	0,438	0,449

Örnek 3: Şekil 6.3’te verilen 10 katlı perde-çerçeve aksının kat yüksekliği tüm katlarda eşit olup 2,80 m dir. $x=0$ seviyesinde kolon enkesit boyutları 25/60 cm, $x=28,00$ m seviyesinde kolon enkesit boyutları 25/40 cm dir. Kiriş enkesit boyutları tüm katlarda aynı olmak üzere 25/50 cm dir. Perde kalınlığı 25 cm dir. Sistemin ortalama kat kütlesi $1,258 \text{ ts}^2/\text{m}$, elastisite modülü 3000000 t/m^2 dir.



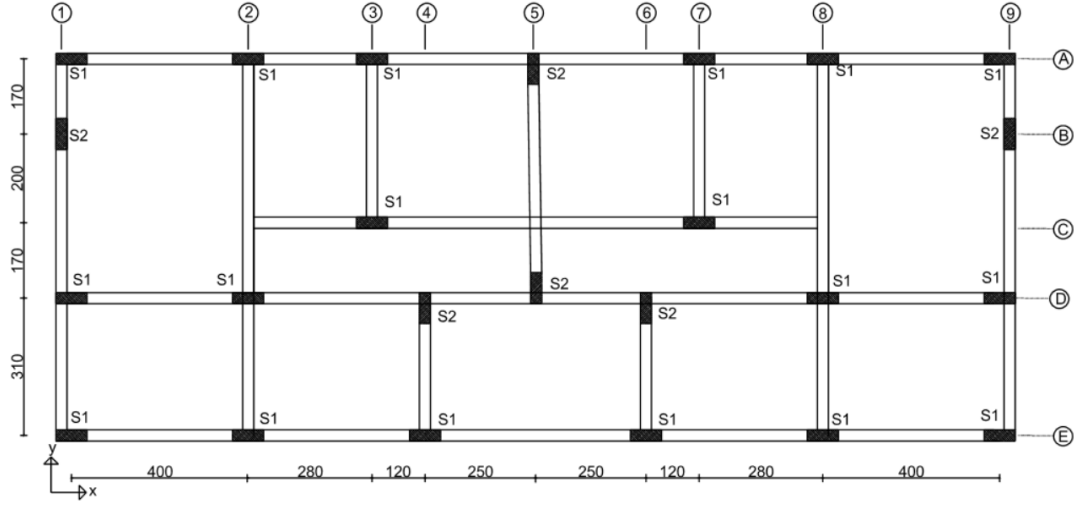
Şekil 6.3 Perde-çerçeve sistem aksı

Çözüm için 5.2 Bölümü’ nde verilen formülasyonlara göre işlemler yapıldıktan sonra MATLAB ve SAP2000 bilgisayar ortamında hesaplanan değerleri Tablo 6.3’ te verilmiştir.

Tablo 6.3 Örnek 3 için 1. moda ait serbest titreşim periyot değerleri

Modlar	Periyot (sn)	
	MATLAB ile çözüm	SAP2000 ile Çözüm
1. Mod	0,357	0,382

Örnek 4: Şekil 6.4’ de kat planı verilen 5 katlı çerçevenin kat yüksekliği tüm katlarda eşit olup 2,70 m dir. $x=0$ seviyesinde kolon enkesit boyutları 25/70 cm, $x=13,50$ m seviyesinde kolon enkesit boyutları 25/50 cm dir. Kiriş enkesit boyutları tüm katlarda aynı olmak üzere 25/60 cm dir. Sistemin ortalama kat kütlesi $14,51 \text{ ts}^2/\text{m}$, elastisite modülü 2700000 t/m^2 dir.



Şekil 6.4 Çerçeve sistem kat planı

Yapının x doğrultusu için serbest titreşim periyodunun diferansiyel denklem yöntemi ile hesaplanma aşamaları aşağıdaki gibidir

-Kiriş atalet momentini:
$$I_r = \frac{0,25 \cdot 0,60^3}{12} = 4,50 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

- x= 0 için S1 kolonu atalet momentini:
$$I_{S1}(0) = \frac{0,25 \cdot 0,70^3}{12} = 7,15 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

- x= H için S1 kolon atalet momentini:
$$I_{S1}(H) = \frac{0,25 \cdot 0,50^3}{12} = 2,60 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

- x= 0 için S2 kolonu atalet momentini:
$$I_{S2}(0) = \frac{0,70 \cdot 0,25^3}{12} = 9,12 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

- x= H için S2 kolonu atalet momentini:
$$I_{S2}(H) = \frac{0,50 \cdot 0,25^3}{12} = 6,51 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

A aksı için:

$$\text{-x=0 için kayma rijitliği: } K_{SA}(0) = \frac{12}{2,70 * (\frac{1}{21321,14} + \frac{1}{43787,50})} = 63729,34 \text{ t}$$

$$\text{-x=H için kayma rijitliği: } K_{SA}(H) = \frac{12}{2,70 * (\frac{1}{21321,14} + \frac{1}{16251})} = 40986,62 \text{ t}$$

C aksı için:

$$\text{-x=0 için kayma rijitliği: } K_{SC}(0) = \frac{12}{2,70 * (\frac{1}{14292} + \frac{1}{15246,14})} = 32785,91 \text{ t}$$

$$\text{-x=H için kayma rijitliği: } K_{SC}(H) = \frac{12}{2,70 * (\frac{1}{5200} + \frac{1}{15246,14})} = 17253,10 \text{ t}$$

D aksı için:

$$\text{-x=0 için kayma rijitliği: } K_{SD}(0) = \frac{12}{2,70 * (\frac{1}{31318,50} + \frac{1}{21870})} = 57233,39 \text{ t}$$

$$\text{-x=H için kayma rijitliği: } K_{SD}(H) = \frac{12}{2,70 * (\frac{1}{12353} + \frac{1}{21870})} = 35084,93 \text{ t}$$

E aksı için:

$$\text{-x=0 için kayma rijitliği: } K_{SE}(0) = \frac{12}{2,70 * (\frac{1}{42876} + \frac{1}{14580})} = 48356,39 \text{ t}$$

-x=H için kayma rijitliği:
$$K_{SE}(H) = \frac{12}{2,70 * (\frac{1}{15600} + \frac{1}{14580})} = 33495,03 \text{ t}$$

-x=0 için toplam kayma rijitliği:
$$\sum K_{S_x}(0) = 202105,05 \text{ t}$$

-x=H için toplam kayma rijitliği:
$$\sum K_{S_x}(H) = 126819,68 \text{ t}$$

-A parametresi:
$$A = \frac{126819,68}{202105,05} = 0,627$$

-a katsayısı:
$$a = \frac{(1-A)}{H} = 0,028$$

Hesaplanan değerler (5.14) bağıntısında yazılır ve bu denklemden λ_1 değeri elde edilir. (5.17) periyot denklemi kullanılarak x doğrultusu için 1. moda ait periyot değeri,

$$T_1 = 2 * \pi * \sqrt{\frac{m}{\lambda_1 * h * K_s(0)}} = 0,297 \text{ sn}$$

olarak hesaplanır.

Yapının y doğrultusu için serbest titreşim periyodunun diferansiyel denklem yöntemi ile hesaplanma aşamaları aşağıdaki gibidir.

-Kiriş atalet momenti:
$$I_t = \frac{0,25 * 0,60^3}{12} = 4,50 * 10^{-3} \text{ m}^4$$

- x= 0 için S1 kolonu atalet momenti:
$$I_{S1}(0) = \frac{0,70 * 0,25^3}{12} = 9,12 * 10^{-4} \text{ m}^4$$

- x= H için S1 kolon atalet momenti:
$$I_{S1}(H) = \frac{0,50 * 0,25^3}{12} = 6,51 * 10^{-4} \text{ m}^4$$

- x= 0 için S2 kolonu atalet momenti: $I_{S2}(0)=\frac{0,25*0,70^3}{12}=7,15*10^{-3} \text{ m}^4$

- x= H için S2 kolonu atalet momenti: $I_{S2}(H)=\frac{0,25*0,50^3}{12}=2,60*10^{-3} \text{ m}^4$

1 ve 9 aksı için:

-x=0 için kayma rijitliği: $K_{S_{1,9}}(0)=\frac{12}{2,70*(\frac{1}{14350,20}+\frac{1}{9880,50})}=26006,88 \text{ t}$

-x=H için kayma rijitliği: $K_{S_{1,9}}(H)=\frac{12}{2,70*(\frac{1}{14350,20}+\frac{1}{4553})}=15361,64 \text{ t}$

2 ve 8 aksı için:

-x=0 için kayma rijitliği: $K_{S_{2,8}}(0)=\frac{12}{2,70*(\frac{1}{2736}+\frac{1}{14350,20})}=10208,12 \text{ t}$

-x=H için kayma rijitliği: $K_{S_{2,8}}(H)=\frac{12}{2,70*(\frac{1}{1953}+\frac{1}{14350,20})}=7640,20 \text{ t}$

3 ve 7 aksı için:

-x=0 için kayma rijitliği: $K_{S_{3,7}}(0)=\frac{12}{2,70*(\frac{1}{1823}+\frac{1}{3283,98})}=5209,92 \text{ t}$

-x=H için kayma rijitliği: $K_{S_{3,7}}(H)=\frac{12}{2,70*(\frac{1}{1302}+\frac{1}{3283,98})}=4143,71 \text{ t}$

4 ve 6 aksı için:

-x=0 için kayma rijitliği:
$$K_{S_{4,6}}(0) = \frac{12}{2,70 * (\frac{1}{8057,50} + \frac{1}{3919,35})} = 11718,96 \text{ t}$$

-x=H için kayma rijitliği:
$$K_{S_{4,6}}(H) = \frac{12}{2,70 * (\frac{1}{3255} + \frac{1}{3919,35})} = 7903,15 \text{ t}$$

5 aksı için:

-x=0 için kayma rijitliği:
$$K_{S_5}(0) = \frac{12}{2,70 * (\frac{1}{14292} + \frac{1}{10430,84})} = 26799,79 \text{ t}$$

-x=H için kayma rijitliği:
$$K_{S_5}(H) = \frac{12}{2,70 * (\frac{1}{5208} + \frac{1}{10430,84})} = 15438,43 \text{ t}$$

-x=0 için toplam kayma rijitliği:
$$\sum K_{S_y}(0) = 133087,55 \text{ t}$$

-x=H için toplam kayma rijitliği:
$$\sum K_{S_y}(H) = 85556,33 \text{ t}$$

-A parametresi:
$$A = \frac{85556,33}{133087,55} = 0,643$$

-a katsayısı:
$$a = \frac{(1-A)}{H} = 0,026$$

Hesaplanan değerler (5.14) bağıntısında yazılır ve bu denklemden λ_1 değeri elde edilir. (5.17) periyot denklemi kullanılarak y doğrultusu için 1. moda ait periyot değeri,

$$T_1 = 2 * \pi * \sqrt{\frac{m}{\lambda_1 * h * K_s(0)}} = 0,365 \text{ sn}$$

olarak hesaplanır. Çerçevelerden oluşan yapının MATLAB ve SAP2000 ortamında hesaplanan serbest titreşim periyot değerleri Tablo 6.4 ve Tablo 6.5’ de kıyaslamalı olarak verilmiştir.

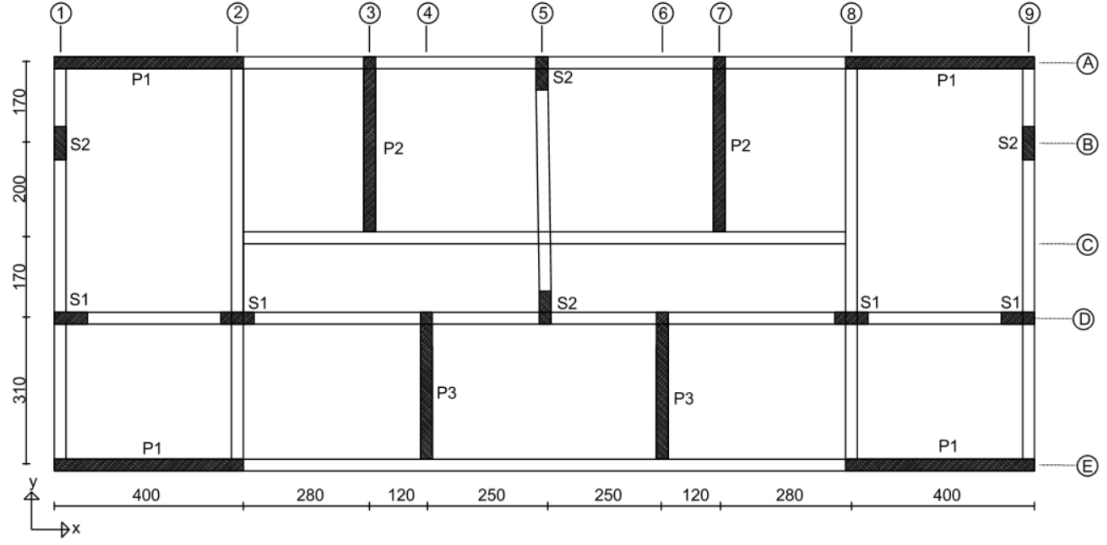
Tablo 6.4 Örnek 4 için serbest titreşim periyot değerleri (x doğrultusu için)

Modlar	Periyot (sn)	
	MATLAB ile çözüm	SAP2000 ile Çözüm
1. Mod	0,297	0,318

Tablo 6.5 Örnek 4 için serbest titreşim periyot değerleri (y doğrultusu için)

Modlar	Periyot (sn)	
	MATLAB ile çözüm	SAP2000 ile Çözüm
1. Mod	0,365	0,431

Örnek 5: Şekil 6.5’ te kat planı verilen 5 katlı perde-çerçeve yapının kat yüksekliği tüm katlarda eşit olup 2,70 m dir. x=0 seviyesinde kolon enkesit boyutları 25/70 cm, x=13,50 m seviyesinde kolon enkesit boyutları 25/50 cm dir. Perde kalınlıkları 25 cm dir. Kiriş enkesit boyutları tüm katlarda aynı olmak üzere 25/60 cm dir. Sistemin ortalama kat kütlesi 16,86 ts²/m, elastisite modülü 2700000 t/m² dir.



Şekil 6.5 Perde-çerçeve sistem kat planı

Yapının x doğrultusu için serbest titreşim periyodunun diferansiyel denklem yöntemi ile hesaplanma aşamaları aşağıdaki gibidir

-Kiriş atalet momenti;
$$I_r = \frac{0,25 \cdot 0,60^3}{12} = 4,50 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

- x= 0 için S1 kolonu atalet momenti:
$$I_{S1}(0) = \frac{0,25 \cdot 0,70^3}{12} = 7,15 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

- x= H için S1 kolon atalet momenti:
$$I_{S1}(H) = \frac{0,25 \cdot 0,50^3}{12} = 2,60 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

- x= 0 için S2 kolonu atalet momenti:
$$I_{S2}(0) = \frac{0,70 \cdot 0,25^3}{12} = 9,12 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

- x= H için S2 kolonu atalet momenti:
$$I_{S2}(H) = \frac{0,50 \cdot 0,25^3}{12} = 6,51 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

A aksı için:

-x=0 için kayma rijitliği:
$$K_{SA}(0) = \frac{12}{2,70 * (\frac{1}{4817,76} + \frac{1}{15246,14})} = 16270,74 \text{ t}$$

-x=H için kayma rijitliği:
$$K_{SA}(H) = \frac{12}{2,70 * (\frac{1}{4557,26} + \frac{1}{15246,14})} = 15593,42 \text{ t}$$

-Perde eğilme rijitliği:
$$D_A = 2 * \frac{2,70 * 10^6 * 0,25 * 4^3}{12} = 7,20 * 10^6 \text{ tm}^2$$

D aksı için:

-x=0 için kayma rijitliği:
$$K_{SD}(0) = \frac{12}{2,70 * (\frac{1}{33401,76} + \frac{1}{21870})} = 58739,78 \text{ t}$$

-x=H için kayma rijitliği:
$$K_{SD}(H) = \frac{12}{2,70 * (\frac{1}{14957,26} + \frac{1}{21870})} = 39477,43 \text{ t}$$

E aksı için:

-Perde eğilme rijitliği:
$$D_A = 2 * \frac{2,70 * 10^6 * 0,25 * 4^3}{12} = 7,20 * 10^6 \text{ tm}^2$$

-x=0 için kayma rijitliği:
$$K_{SE}(0) = \frac{12}{2,70 * (\frac{1}{3906,26} + \frac{1}{8505})} = 11896,99 \text{ t}$$

-x=H için kayma rijitliği:
$$K_{SE}(H) = \frac{12}{2,70 * (\frac{1}{3906,26} + \frac{1}{8505})} = 11896,99 \text{ t}$$

-x=0 için toplam kayma rijitliği: $\sum K_{S_x}(0) = 100178,25 \text{ t}$

-x=H için toplam kayma rijitliği: $\sum K_{S_x}(H) = 80238,58 \text{ t}$

-Toplam eğilme rijitliği: $\sum D_x = 14,40 \cdot 10^6 \text{ tm}^2$

-A parametresi: $A = \frac{K_{S_x}(H)}{K_{S_x}(0)} = 0,801$

-a katsayısı: $a = \frac{(1-A)}{H} = 0,015$

-b katsayısı: $b = \frac{K_{S_x}(0)}{D} = 0,007$

Hesaplanan değerler Ek.2' de sunulan MATLAB ortamında girildiğinde,

$$T_1 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{\lambda_1 \cdot h \cdot D}} = 0,181 \text{ sn}$$

olarak hesaplanır.

Yapının y doğrultusu için serbest titreşim periyodunun diferansiyel denklem yöntemi ile hesaplanma aşamaları aşağıdaki gibidir

-Kiriş atalet momenti; $I_r = \frac{0,25 \cdot 0,60^3}{12} = 4,50 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$

- x= 0 için S1 kolonu atalet momenti: $I_{S1}(0) = \frac{0,70 \cdot 0,25^3}{12} = 9,12 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$

- x= H için S1 kolon atalet momenti: $I_{S1}(H)=\frac{0,50*0,25^3}{12}=6,51*10^{-4} \text{ m}^4$

- x= 0 için S2 kolonu atalet momenti: $I_{S2}(0)=\frac{0,25*0,70^3}{12}=7,15*10^{-3} \text{ m}^4$

- x= H için S2 kolonu atalet momenti: $I_{S2}(H)=\frac{0,25*0,50^3}{12}=2,60*10^{-3} \text{ m}^4$

1 ve 9 aksı için:

-x=0 için kayma rijitliği: $K_{S1,9}(0)=\frac{12}{2,70*(\frac{1}{14350,20}+\frac{1}{11963,76})}=28997,25 \text{ t}$

-x=H için kayma rijitliği: $K_{SA}(H)=\frac{12}{2,70*(\frac{1}{14350,20}+\frac{1}{7157,26})}=21224,28 \text{ t}$

2 ve 8 aksı için:

-x=0 için kayma rijitliği: $K_{S2,8}(0)=\frac{12}{2,70*(\frac{1}{14350,20}+\frac{1}{4817,76})}=16030,41 \text{ t}$

-x=H için kayma rijitliği: $K_{S2,8}(H)=\frac{12}{2,70*(\frac{1}{14350,20}+\frac{1}{4557,26})}=15372,55 \text{ t}$

3 ve 7 aksı için:

-Perde eğilme rijitliği: $D_{3,7}=\frac{2,70*10^6*0,25*3,7^3}{12}=2849231,25 \text{ tm}^2$

4 ve 6 aksı için:

-Perde eğilme rijitliği: $D_{4,6} = \frac{2,70 \cdot 10^6 \cdot 0,25 \cdot 3,1^3}{12} = 1675743,75 \text{ tm}^2$

5 aksı için:

-x=0 için kayma rijitliği: $K_{S_5}(0) = \frac{12}{2,70 \cdot \left(\frac{1}{10430,84} + \frac{1}{14292} \right)} = 26799,79 \text{ t}$

-x=H için kayma rijitliği: $K_{S_5}(H) = \frac{12}{2,70 \cdot \left(\frac{1}{10430,84} + \frac{1}{5200} \right)} = 15422,61 \text{ t}$

-x=0 için toplam kayma rijitliği: $\sum K_{S_y}(0) = 116855,11 \text{ t}$

-x=H için toplam kayma rijitliği: $\sum K_{S_y}(H) = 88616,27 \text{ t}$

-Toplam eğilme rijitliği: $\sum D_y = 9049950 \text{ tm}^2$

-A parametresi: $A = \frac{K_{S_y}(H)}{K_{S_y}(0)} = 0,758$

-a katsayısı: $a = \frac{(1-A)}{H} = 0,018$

-b katsayısı: $b = \frac{K_{S_y}(0)}{D} = 0,013$

Hesaplanan değerler Ek.2' de sunulan MATLAB ortamında girildiğinde,

$$T_1 = 2 * \pi * \sqrt{\frac{m}{\lambda_1 * h * D}} = 0,207 \text{ sn}$$

olarak hesaplanır. Perde-çerçeve yapının MATLAB ve SAP2000 ortamında hesaplanan serbest titreşim periyot değerleri Tablo 6.6 ve Tablo 6.7’ de kıyaslamalı olarak verilmiştir.

Tablo 6.6 Örnek 5 için serbest titreşim periyot değerleri (x doğrultusu için)

Modlar	Periyot (sn)	
	MATLAB ile çözüm	SAP2000 ile Çözüm
1. Mod	0,181	0,206

Tablo 6.7 Örnek 5 için serbest titreşim periyot değerleri (y doğrultusu için)

Modlar	Periyot (sn)	
	MATLAB ile çözüm	SAP2000 ile Çözüm
1. Mod	0,207	0,223

BÖLÜM YEDİ

SONUÇLAR

Yapı sistemlerinin hesabı için kullanılan bilgisayar programlarından elde edilen sonuçların yanında, çözümün güvenilirliği ve doğruluğu bakımından pratik ve yaklaşık yöntemlerle kontrol edilmesi önemlidir. Bu nedenle çeşitli amaçlar için birçok pratik ve yaklaşık yöntem geliştirilmiştir. Bu çalışmada, kayma ve eğilme rijitliğinin yapı yüksekliği boyunca değiştiği kabul edilen çerçeve ve perde-çerçeve sistemlerin, diferansiyel denklem yöntemi ile serbest titreşim periyodunun hesabına ilişkin bağıntılar geliştirilmiştir. Geliştirilmiş olan bağıntılar kullanılarak sayısal örnekler MATLAB ve SAP2000 programları ile bilgisayar ortamında çözülmüş ve elde edilen sonuçlar kıyaslamalı olarak sunulmuştur.

Örneklerde, bu çalışmada geliştirilen bağıntılar kullanılarak birinci moda ait serbest titreşim periyot değerleri hesaplanmış ve SAP2000 programı ile elde edilen sonuçlarla kıyaslanmıştır. İki farklı yöntemle bulunan sonuçlar ve fark yüzdeleri Tablo 7.1’ de verilmiştir.

Tablo 7.1 Örneklere ait periyot değerlerinin karşılaştırılması

ÖRNEK NO	MATLAB		SAP2000		FARK %	
	X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü
1	0,565	-	0,567	-	0,353	-
2	0,438	-	0,449	-	2,450	-
3	0,357	-	0,382	-	6,544	-
4	0,297	0,365	0,318	0,431	6,604	15,313
5	0,181	0,207	0,206	0,223	12,136	7,175

MATLAB ve SAP2000 programlarında elde edilen sonuçlar arasındaki farklar %0,35 ile %15,31 arasında değişiklik göstermektedir.

Yapının birinci moda ait serbest titreşim periyot değeri belli kabuller altında yapılan ve yaklaşık bir sonuç veren diferansiyel denklem yöntemi ile hesaplandığında eşdeğer

deprem yükü yöntemini esas alan SAP2000 programına kıyasla daha küçük periyot değerleri vermiştir. SAP2000 programında çözüm aşamasında kenar kolonların eksenel şekil değişimlerinin ihmal edilmesi durumunda elde edilen periyot değerlerinin MATLAB ortamında elde edilen periyot değerlerine daha yaklaşık sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Serbest titreşim periyodunun hesabı için kullanılan kuvvet serilerinin terim sayılarının artırılmasıyla daha iyi sonuçlar edilebileceği de göz ardı edilmemelidir.

Bu bölümde geliştirilen bağıntılarda diferansiyel denklem yöntemi kullanılmış olup, bu yöntem önceki bölümlerde de açıklandığı gibi bazı kabulleri içermektedir. Taşıyıcı sistem boyutlarının sabit alınması hali için verilmiş olan Bilyap (1979) çalışmasında ayrıca kenar kolonların eksenel şekil değişimlerinin etkisi de hesaplamalarda yer alırken, bu çalışmada geliştirilen bağıntılarda bu etki dikkate alınmamıştır. Bu etki, çok katlı yapılarda özellikle 6 kattan sonra sonuçları önemli miktarda değiştirebilmektedir. MATLAB ve SAP2000 programlarında elde edilen sonuçları arasındaki farkın buradan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu katkı özellikle perdeli sistemlerde daha fazla ön plana çıkmaktadır. Bu çalışma öz alınarak ileride yapılacak olan bir çalışmada kenar kolon uzamalarının ve kısaltmalarının da dikkate alınması önerilebilir.

Çalışmanın 5.4 Bölümü' nde sözü edilen perde-çerçeve sistemlerde perde eğilme rijitliğinin ve çerçeve kayma rijitliğinin birlikte değişmesi durumu için serbest titreşim periyodunun hesabına ilişkin oluşturulan diferansiyel denkleminin çözümü ve örneklemeleri ileriki çalışmalarda ele alınabilir. Günümüzde bu ve benzeri hesaplamalar çok katlı tüm yapılar için, çeşitli firmalar tarafından hazırlanmış olan ticari ya da akademik bilgisayar programları ile yapılabilmektedir. Ancak, her şeye karşın bu çalışmada ve benzer tüm çalışmalarda geliştirilen yaklaşık yöntemler kesin sonuçları destekleme, irdeleme kapsamında gerekli olabilmektedir. Bu çalışma da bu amaçlar kapsamında oluşturulmuştur. Hedef, daha pratik, sonuca hızlı bir şekilde ulaştırabilen yöntem ve bağıntılar elde edebilmektedir. Bu tür çalışmalar bu hedeflere katkı sağlayabilir ve geliştirilmelidir.

KAYNAKLAR

Alonso-Rodríguez, A., & Miranda, E. (2016). Assessment of Effects of Reductions of Lateral Stiffness along Height on Buildings Modeled as Elastic Cantilever Shear Beams. *Journal of Earthquake Engineering*, 1-16.

Alonso-Rodríguez, A., & Miranda, E. (2016). Dynamic Behavior of Buildings with Non-uniform Stiffness Along Their Height Assessed Through Coupled Flexural and Shear Beams. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 14 (12), 3463-3483.

Atımtay E. (2000). *Çerçevesi ve Perdeli Betonarme Sistemlerinin Tasarımı*. Ortadoğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Ankara.

Bilyap, S. (1979). Betonarme Yüksek Yapılarda Burulmasız Perde-Çerçeve Sistemlerinin Yatay Kuvvetlere Göre Yaklaşık Hesap Yöntemleri ve Dinamik Karakteristikleri. *Ege Üniversitesi İnşaat Fakültesi Yayınları*, (3).

Bozdoğan, K. B., & Kaya, E. (2004). Perde çerçevelerden oluşan yapıların sürekli sistem modeline göre periyodlarının tayini. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10 (1), 95-99.

Bozdoğan, K. B., & Öztürk, D. (2007). Çok Katlı Yapıların İndirgenmiş Rijitlik Matrisi ile Statik ve Dinamik Analizi. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3 (2), 123-132.

Bozdoğan, K. B., & Öztürk, D. (2006) Çok katlı asimetrik yapıların periyot ve modlarının taşıma matrisi yöntemine göre hesabı. *Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, (3).

Doğangün, A. (2007). *Betonarme yapıların hesap ve tasarımı: DBYBHY-2007 TS500-2000 ve Deprem yönetmeliği-2007'ye uygun*. İstanbul: Birsan yayınevi.

Ertutar, Y. (1995). Betonarme Yüksek Yapılarda Yatay Yük Etkisi. *Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir*.

Farsangi, E. N., Melatdoust, H., & Adnan, A. B. (2014). A mathematical formulation to estimate the fundamental period of high-rise buildings including flexural-shear behavior and structural interaction. *Journal of Solid Mechanics*, 6 (2), 122-134.

Hoenderkamp, J. C. D., & Snijder, H. H. (2000). Approximate analysis of high-rise frames with flexible connections. *The structural design of tall buildings*, 9 (3), 233-250.

Li, G. Q., & Choo, B. S. (1996). A continuous-discrete approach to the free vibration analysis of stiffened pierced walls on flexible foundations. *International Journal of Solids and Structures*, 33 (2), 249-263.

Sigalov, E., Murashev, E., & Baikov, V. (1976). Design of Reinforced Concrete Structures.

Smith, B. S., & Crowe, E. (1986). Estimating periods of vibration of tall buildings. *Journal of structural engineering*, 112 (5), 1005-1019.

Tekelli, H., Demir, F., & Atımtay, E. (2008). Çerçevesel ve perdeli-çerçevesel betonarme binaların ötelenmesi: Analitik çözümler. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23 (1), 9-19.

Türk Deprem Yönetmeliği (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. *T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi*.

Zalka, K. A. (2001). A simplified method for calculation of the natural frequencies of wall-frame buildings. *Engineering Structures*, 23 (12), 1544-1555.

EKLER

Ek 1: Matlab Ortamında Çerçeve Sistemlerde Kayma Rijitliğinin Değişmesi Durumu için Frekans Denkleminin Oluşturulması ve Akış Şeması

```
clear
clc
syms a b x Ks(H) Ks(0) H h
h=input('kat yüksekliği = '); %m, kolon yüksekliği
m=input('kat kütlesi = '); %ts2/m kütle,
H=input('yapı toplam yüksekliği = '); %m, bina yüksekliği,
Ks(0)=input('x=0 için kayma rijitliği değeri = ');
Ks(H)=input('x=H için kayma rijitliği değeri = ');
A1=Ks(H)/Ks(0)
a=(1-A1)/H
syms b
Denklem=((87178291200*H^14*a^14 - 80951270400*H^14*a^12*b +
15807052800*H^14*a^10*b^2 - 1097712000*H^14*a^8*b^3 +
31752000*H^14*a^6*b^4 - 381024*H^14*a^4*b^5 + 1568*H^14*a^2*b^6 -
H^14*b^7 + 87178291200*H^13*a^13 - 80472268800*H^13*a^11*b +
15367968000*H^13*a^9*b^2 - 1016064000*H^13*a^7*b^3 +
26671680*H^13*a^5*b^4 - 263424*H^13*a^3*b^5 + 686*H^13*a*b^6 +
87178291200*H^12*a^12 - 79913433600*H^12*a^10*b +
14859936000*H^12*a^8*b^2 - 924618240*H^12*a^6*b^3 +
21403200*H^12*a^4*b^4 - 160524*H^12*a^2*b^5 + 182*H^12*b^6 +
87178291200*H^11*a^11 - 79252992000*H^11*a^9*b +
14265538560*H^11*a^7*b^2 - 821882880*H^11*a^5*b^3 +
16052400*H^11*a^3*b^4 - 78624*H^11*a*b^5 + 87178291200*H^10*a^10 -
78460462080*H^10*a^8*b + 13561067520*H^10*a^6*b^2 -
706305600*H^10*a^4*b^3 + 10810800*H^10*a^2*b^4 - 24024*H^10*b^5 +
87178291200*H^9*a^9 - 77491814400*H^9*a^7*b + 12713500800*H^9*a^5*b^2 -
576576000*H^9*a^3*b^3 + 6006000*H^9*a*b^4 + 87178291200*H^8*a^8 -
```

$$\begin{aligned}
& 76281004800 \cdot H^8 \cdot a^6 \cdot b + 11675664000 \cdot H^8 \cdot a^4 \cdot b^2 - \\
& 432432000 \cdot H^8 \cdot a^2 \cdot b^3 + 2162160 \cdot H^8 \cdot b^4 + 87178291200 \cdot H^7 \cdot a^7 - \\
& 74724249600 \cdot H^7 \cdot a^5 \cdot b + 10378368000 \cdot H^7 \cdot a^3 \cdot b^2 - 276756480 \cdot H^7 \cdot a \cdot b^3 + \\
& 87178291200 \cdot H^6 \cdot a^6 - 72648576000 \cdot H^6 \cdot a^4 \cdot b + 8717829120 \cdot H^6 \cdot a^2 \cdot b^2 - \\
& 121080960 \cdot H^6 \cdot b^3 + 87178291200 \cdot H^5 \cdot a^5 - 69742632960 \cdot H^5 \cdot a^3 \cdot b + \\
& 6538371840 \cdot H^5 \cdot a \cdot b^2 + 87178291200 \cdot H^4 \cdot a^4 - 65383718400 \cdot H^4 \cdot a^2 \cdot b + \\
& 3632428800 \cdot H^4 \cdot b^2 + 87178291200 \cdot H^3 \cdot a^3 - 58118860800 \cdot H^3 \cdot a \cdot b + \\
& 87178291200 \cdot H^2 \cdot a^2 - 43589145600 \cdot H^2 \cdot b + 87178291200 \cdot H \cdot a + \\
& 87178291200)) / 87178291200
\end{aligned}$$

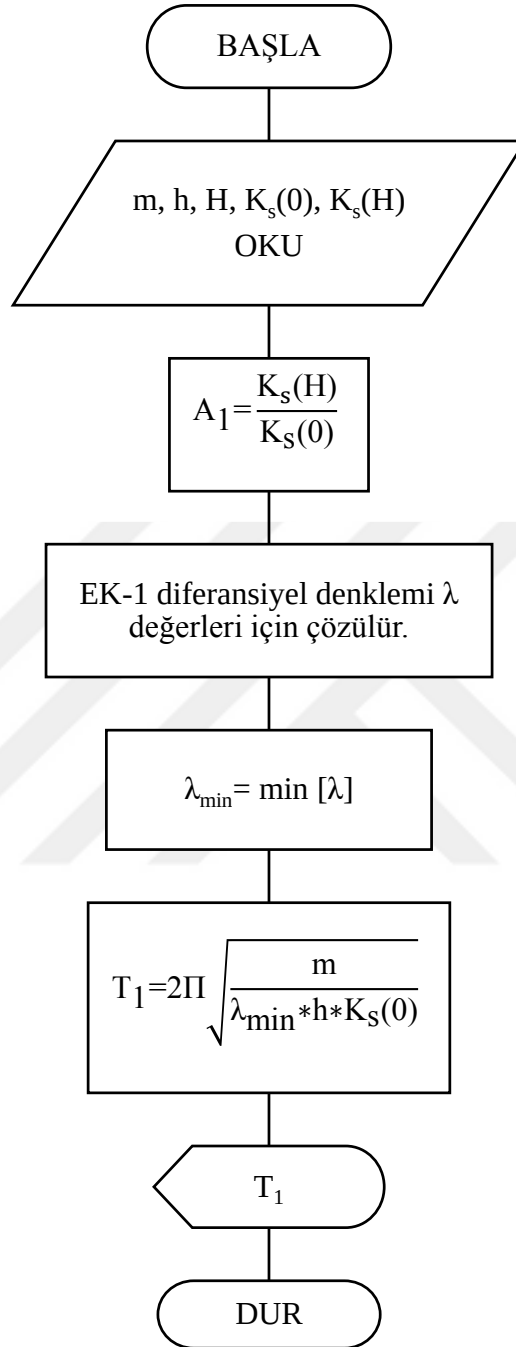
[S1]=solve(Denklem)

S2=vpa(S1)

Sonuc1=min(S2)

T1=2*3,1416*(m/(Sonuc1*h*Ks(0)))^0,5

⇒ AKIŞ ŞEMASI



Ek 2: Matlab Ortamında Perde-Çerçeve Sistemlerde Çerçeve Kayma Rijitliğinin Değişmesi Durumu için Frekans Denkleminin Oluşturulması ve Akış Şeması

```

clear
clc
syms a b x Ks(H) Ks(0) D H h
h=input('kat yüksekliği = '); %m, kolon yüksekliği
m=input('kat kütlesi = '); %ts2/m kütle,
H=input('yapı toplam yüksekliği = '); %m, bina yüksekliği,
Ks(0)=input('x=0 için kayma rijitliği değeri = ');
Ks(H)=input('x=H için kayma rijitliği değeri = ');
D= input('perde eğilme rijitliği değeri = ');
A1=Ks(H)/Ks(0);
a=(1-A1)/H;
b=Ks(0)/D;
syms X
Denklem=(- (D*(189770319758320755277824000000*H^4*X
451834094662668464947200000*H^8*X^2
152132691805612277760000*H^12*X^3 - 13931565183664128000*H^16*X^4 +
462393656524800*H^20*X^5 - 93027916800*H^24*X^6 - 14394240*H^28*X^7 -
306*H^32*X^8 + 355687428096000*H^18*b^9 + 142274971238400*H^20*b^10 +
9431106048000*H^22*b^11 + 247005158400*H^24*b^12 +
3392928000*H^26*b^13 + 28005120*H^28*b^14 + 148512*H^30*b^15 +
510*H^32*b^16 + H^34*b^17 + 338875570997001348710400000*H^8*X*b^2 -
20081515318340820664320000*H^10*X^2*b
5020378829585205166080000*H^10*X*b^3
47541466189253836800000*H^12*X*b^4
5015363466119086080000*H^14*X^3*b + 313460216632442880000*H^14*X*b^5
+ 1523764941963264000*H^16*X*b^6 - 362445489229824000*H^18*X^4*b +
8536498274304000*H^18*X*b^7 + 66402685440000*H^22*X^5*b +
1138199769907200*H^20*X*b^8 + 84879954432000*H^22*X*b^9 +
21110181120*H^26*X^6*b + 247005158400*H^24*X*b^10 +

```

$$\begin{aligned}
& 37322208000 * H^{26} * X * b^{11} + 879648 * H^{30} * X^7 * b + 336061440 * H^{28} * X * b^{12} \\
& + 5 * H^{34} * X^8 * b + 1930656 * H^{30} * X * b^{13} + 7140 * H^{32} * X * b^{14} + \\
& 15 * H^{34} * X * b^{15} - 18977031975832075527782400000 * H^5 * a * b^2 - \\
& 451834094662668464947200000 * H^7 * a * b^3 - \\
& 6275473536981506457600000 * H^9 * a * b^4 - \\
& 57049759427104604160000 * H^{11} * a * b^5 - 365703586071183360000 * H^{13} * a * b^6 \\
& - 1741445647958016000 * H^{15} * a * b^7 - 6402373705728000 * H^{17} * a * b^8 + \\
& 28454994247680000 * H^{19} * a * b^9 + 3651724261785600 * H^{21} * a * b^{10} + \\
& 135807927091200 * H^{23} * a * b^{11} + 2293619328000 * H^{25} * a * b^{12} + \\
& 21111552000 * H^{27} * a * b^{13} + 114566400 * H^{29} * a * b^{14} + 365568 * H^{31} * a * b^{15} + \\
& 578 * H^{33} * a * b^{16} - 380331729514030694400000 * H^{12} * X^2 * b^2 - \\
& 4179469555099238400000 * H^{14} * X^2 * b^3 + \\
& 73140717214236672000 * H^{16} * X^3 * b^2 - \\
& 30475298839265280000 * H^{16} * X^2 * b^4 + 644505619709952000 * H^{18} * X^3 * b^3 - \\
& 151878531796992000 * H^{18} * X^2 * b^5 - 3770286737817600 * H^{20} * X^4 * b^2 + \\
& 6366804962918400 * H^{20} * X^3 * b^4 + 2240830797004800 * H^{20} * X^2 * b^6 + \\
& 226539016704000 * H^{22} * X^4 * b^3 + 415777046630400 * H^{22} * X^3 * b^5 + \\
& 273502075392000 * H^{22} * X^2 * b^7 + 2081900620800 * H^{24} * X^5 * b^2 + \\
& 10585935360000 * H^{24} * X^4 * b^4 + 15314319820800 * H^{24} * X^3 * b^6 + \\
& 9139190860800 * H^{24} * X^2 * b^8 + 124181164800 * H^{26} * X^5 * b^3 + \\
& 291791808000 * H^{26} * X^4 * b^5 + 308756448000 * H^{26} * X^3 * b^7 + \\
& 385706880 * H^{28} * X^6 * b^2 + 156074688000 * H^{26} * X^2 * b^9 + \\
& 2240409600 * H^{28} * X^5 * b^4 + 4144757760 * H^{28} * X^4 * b^6 + \\
& 3584655360 * H^{28} * X^3 * b^8 + 7425600 * H^{30} * X^6 * b^3 + \\
& 1568286720 * H^{28} * X^2 * b^{10} + 24652992 * H^{30} * X^5 * b^5 + \\
& 35494368 * H^{30} * X^4 * b^7 + 10200 * H^{32} * X^7 * b^2 + 25841088 * H^{30} * X^3 * b^9 + \\
& 66300 * H^{32} * X^6 * b^4 + 9950304 * H^{30} * X^2 * b^{11} + 160140 * H^{32} * X^5 * b^6 + \\
& 187170 * H^{32} * X^4 * b^8 + 70 * H^{34} * X^7 * b^3 + 117300 * H^{32} * X^3 * b^{10} + \\
& 296 * H^{34} * X^6 * b^5 + 40290 * H^{32} * X^2 * b^{12} + 553 * H^{34} * X^5 * b^7 + \\
& 541 * H^{34} * X^4 * b^9 + 297 * H^{34} * X^3 * b^{11} + 92 * H^{34} * X^2 * b^{13} + \\
& 6325677325277358509260800000 * H^6 * a^2 * b^2 + \\
& 338875570997001348710400000 * H^8 * a^2 * b^3 -
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 62754735369815064576000000 * H^9 * a^3 * b^3 & + \\
& 7530568244377807749120000 * H^{10} * a^2 * b^4 & - \\
& 2966587490209439416320000 * H^{11} * a^3 * b^4 & + \\
& 95082932378507673600000 * H^{12} * a^2 * b^5 & + \\
& 380331729514030694400000 * H^{12} * a^4 * b^4 & - \\
& 58512573771389337600000 * H^{13} * a^3 * b^5 & + \\
& 783650541581107200000 * H^{14} * a^2 * b^6 & + \\
& 15673010831622144000000 * H^{14} * a^4 * b^5 & - \\
& 661749346224046080000 * H^{15} * a^3 * b^6 & - \\
& 1532472170203054080000 * H^{15} * a^5 * b^5 & + \\
& 4571294825889792000 * H^{16} * a^2 * b^7 + 274277689553387520000 * H^{16} * a^4 * b^6 & \\
& - 4929827753410560000 * H^{17} * a^3 * b^7 - 55572603765719040000 * H^{17} * a^5 * b^6 & \\
& + 1055680286588928000 * H^{18} * a^2 * b^8 & + \\
& 108057840655564800000 * H^{18} * a^4 * b^7 & + \\
& 191075286373171200000 * H^{18} * a^6 * b^6 & + \\
& 14082376653176832000 * H^{19} * a^3 * b^8 & + \\
& 296885182483169280000 * H^{19} * a^5 * b^7 + 401499968834764800 * H^{20} * a^2 * b^9 & \\
& + 37924816333307904000 * H^{20} * a^4 * b^8 & + \\
& 35242933125464064000 * H^{20} * a^6 * b^7 + 1521109142500147200 * H^{21} * a^3 * b^9 & \\
& + 7680240072400896000 * H^{21} * a^5 * b^8 + 23257107514368000 * H^{22} * a^2 * b^{10} - & \\
& 49171652809703424000 * H^{21} * a^7 * b^7 + 1022860037541888000 * H^{22} * a^4 * b^9 - & \\
& 24778587434065920000 * H^{22} * a^6 * b^8 + 37618795804262400 * H^{23} * a^3 * b^{10} - & \\
& 1593026984779776000 * H^{23} * a^5 * b^9 + 481660058880000 * H^{24} * a^2 * b^{11} - & \\
& 2474420431601664000 * H^{23} * a^7 * b^8 - 21910345570713600 * H^{24} * a^4 * b^{10} - & \\
& 770142323478528000 * H^{24} * a^6 * b^9 + 181019494656000 * H^{25} * a^3 * b^{11} + & \\
& 1511671569408000000 * H^{24} * a^8 * b^8 - 48237143373619200 * H^{25} * a^5 * b^{10} + & \\
& 4417592256000 * H^{26} * a^2 * b^{12} + 480453544540569600 * H^{25} * a^7 * b^9 - & \\
& 853796401920000 * H^{26} * a^4 * b^{11} + 14792482065715200 * H^{26} * a^6 * b^{10} - & \\
& 3623647104000 * H^{27} * a^3 * b^{12} + 44996023115366400 * H^{26} * a^8 * b^9 - & \\
& 220087929600000 * H^{27} * a^5 * b^{11} + 15738877440 * H^{28} * a^2 * b^{13} + & \\
& 12710734654464000 * H^{27} * a^7 * b^{10} - 8269631884800 * H^{28} * a^4 * b^{12} - & \\
& 16678222589952000 * H^{27} * a^9 * b^9 + 526728698496000 * H^{28} * a^6 * b^{11} - &
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 53235187200 * H^{29} * a^3 * b^{13} \quad - \quad 3883595453337600 * H^{28} * a^8 * b^{10} \quad + \\
& 4467249446400 * H^{29} * a^5 * b^{12} \quad - \quad 32375616 * H^{30} * a^2 * b^{14} \quad - \\
& 30287537280000 * H^{29} * a^7 * b^{11} \quad - \quad 22080764160 * H^{30} * a^4 * b^{13} \quad - \\
& 332937290649600 * H^{29} * a^9 * b^{10} \quad + \quad 3677050191360 * H^{30} * a^6 * b^{12} \quad - \\
& 287382144 * H^{31} * a^3 * b^{14} \quad - \quad 83310004377600 * H^{30} * a^8 * b^{11} \quad + \\
& 53021525760 * H^{31} * a^5 * b^{13} \quad - \quad 496740 * H^{32} * a^2 * b^{15} \quad + \\
& 86381232537600 * H^{30} * a^{10} * b^{10} \quad - \quad 2355294305280 * H^{31} * a^7 * b^{12} \quad + \\
& 108923760 * H^{32} * a^4 * b^{14} \quad + \quad 15713063116800 * H^{31} * a^9 * b^{11} \quad - \\
& 4046413440 * H^{32} * a^6 * b^{13} \quad - \quad 646204 * H^{33} * a^3 * b^{15} \quad - \\
& 105719980800 * H^{32} * a^8 * b^{12} \quad + \quad 183873360 * H^{33} * a^5 * b^{14} \quad - \\
& 1630 * H^{34} * a^2 * b^{16} \quad + \quad 1056002572800 * H^{32} * a^{10} * b^{11} \quad - \\
& 14465906560 * H^{33} * a^7 * b^{13} \quad + \quad 739336 * H^{34} * a^4 * b^{15} \quad + \\
& 235677881600 * H^{33} * a^9 * b^{12} \quad - \quad 107486720 * H^{34} * a^6 * b^{14} \quad - \\
& 207647193600 * H^{33} * a^{11} * b^{11} \quad + \quad 4382645120 * H^{34} * a^8 * b^{13} \quad - \\
& 30495315200 * H^{34} * a^{10} * b^{12} \quad + \quad 126513546505547170185216000000 * H^6 * X * b \quad - \\
& 379540639516641510555648000000 * H^3 * a * b \quad - \\
& 4518340946626684649472000000 * H^7 * X * a * b \quad - \\
& 80036841980150415360000 * H^{14} * X^2 * a^2 * b^2 \quad - \\
& 2697499308686966784000 * H^{16} * X^2 * a^2 * b^3 \quad + \\
& 408778756363321344000 * H^{17} * X^2 * a^3 * b^3 \quad + \\
& 17051655302922240000 * H^{18} * X^3 * a^2 * b^2 \quad - \\
& 36644341592162304000 * H^{18} * X^2 * a^2 * b^4 \quad + \\
& 28119225315557376000 * H^{19} * X^2 * a^3 * b^4 \quad + \\
& 503368848241459200 * H^{20} * X^3 * a^2 * b^3 \quad + \\
& 788985853002547200 * H^{20} * X^2 * a^2 * b^5 \quad - \\
& 3561853904953344000 * H^{20} * X^2 * a^4 * b^4 \quad - \\
& 155486218567680000 * H^{21} * X^3 * a^3 * b^3 \quad + \\
& 9846228691353600 * H^{22} * X^4 * a^2 * b^2 \quad + \\
& 1373522572335513600 * H^{21} * X^2 * a^3 * b^5 \quad + \\
& 96416391304396800 * H^{22} * X^3 * a^2 * b^4 \quad + \\
& 157505399125401600 * H^{22} * X^2 * a^2 * b^6 \quad + \\
& 1337503600071475200 * H^{22} * X^2 * a^4 * b^5 \quad +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 64852134617088000 * H^{23} * X^3 * a^3 * b^4 + 78480275328000 * H^{24} * X^4 * a^2 * b^3 \\
& + 159865331318784000 * H^{23} * X^2 * a^3 * b^6 + 3210938744832000 * H^{24} * X^3 * a^2 * b^5 + 530034318987264000 * H^{23} * X^2 * a^5 * b^5 + 5119698373171200 * H^{24} * X^2 * a^2 * b^7 - 7251943136256000 * H^{24} * X^3 * a^4 * b^4 \\
& - 245192717952000 * H^{25} * X^4 * a^3 * b^3 + 3509496668160 * H^{26} * X^5 * a^2 * b^2 + 26746488437760000 * H^{24} * X^2 * a^4 * b^6 + 234173721600000 * H^{25} * X^3 * a^3 * b^5 + 20730790080000 * H^{26} * X^4 * a^2 * b^4 + 2015658328320000 * H^{25} * X^2 * a^3 * b^7 + 61717360320000 * H^{26} * X^3 * a^2 * b^6 - 29215526338252800 * H^{25} * X^2 * a^5 * b^6 + 69867173376000 * H^{26} * X^2 * a^2 * b^8 - 495392163840000 * H^{26} * X^3 * a^4 * b^5 + 7838417664000 * H^{27} * X^4 * a^3 * b^4 + 7104487680 * H^{28} * X^5 * a^2 * b^3 - 1567754818560000 * H^{26} * X^2 * a^4 * b^7 - 4222310400000 * H^{27} * X^3 * a^3 * b^6 + 243773798400 * H^{28} * X^4 * a^2 * b^5 - 7687813225881600 * H^{26} * X^2 * a^6 * b^6 - 13083130368000 * H^{27} * X^2 * a^3 * b^8 + 196299926323200 * H^{27} * X^3 * a^5 * b^5 + 474656624640 * H^{28} * X^3 * a^2 * b^7 + 608584550400 * H^{28} * X^4 * a^4 * b^4 - 38325104640 * H^{29} * X^5 * a^3 * b^3 + 114403200 * H^{30} * X^6 * a^2 * b^2 - 631612670976000 * H^{27} * X^2 * a^5 * b^7 + 389521059840 * H^{28} * X^2 * a^2 * b^9 - 3420416102400 * H^{28} * X^3 * a^4 * b^6 - 76918118400 * H^{29} * X^4 * a^3 * b^5 + 18670080 * H^{30} * X^5 * a^2 * b^4 - 31364097177600 * H^{28} * X^2 * a^4 * b^8 - 313124659200 * H^{29} * X^3 * a^3 * b^7 + 315906240 * H^{30} * X^4 * a^2 * b^6 + 239204663193600 * H^{28} * X^2 * a^6 * b^7 - 483712266240 * H^{29} * X^2 * a^3 * b^9 + 2152720281600 * H^{29} * X^3 * a^5 * b^6 + 103194624 * H^{30} * X^3 * a^2 * b^8 - 55128241920 * H^{30} * X^4 * a^4 * b^5 + 36034560 * H^{31} * X^5 * a^3 * b^4 - 165240 * H^{32} * X^6 * a^2 * b^3 + 4608342374400 * H^{29} * X^2 * a^5 * b^8 - 217803456 * H^{30} * X^2 * a^2 * b^{10} - 60027571200 * H^{30} * X^3 * a^4 * b^7 - 1455352320 * H^{31} * X^4 * a^3 * b^6 - 3822960 * H^{32} * X^5 * a^2 * b^5 + 44528563814400 * H^{29} * X^2 * a^7 * b^7 - 163411441920 * H^{30} * X^2 * a^4 * b^9 - 1381325061120 * H^{30} * X^3 * a^6 * b^6 - 3654635520 * H^{31} * X^3 * a^3 * b^8 + 5605985280 * H^{31} * X^4 * a^5 * b^5 - 13826508 * H^{32} * X^4 * a^2 * b^7 + 115317120 * H^{32} * X^5 * a^4 * b^4 - 756840 * H^{33} * X^6 * a^3 * b^3 + 860 * H^{34} * X^7 * a^2 * b^2 + 4451960478720 * H^{30} * X^2 * a^6 * b^8 - 3985579008 * H^{31} * X^2 * a^3 * b^{10} +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 6067384320 \cdot H^{31} \cdot X^3 \cdot a^5 \cdot b^7 & - & 19889184 \cdot H^{32} \cdot X^3 \cdot a^2 \cdot b^9 & + \\
& 33117360 \cdot H^{32} \cdot X^4 \cdot a^4 \cdot b^6 & - & 811920 \cdot H^{33} \cdot X^5 \cdot a^3 \cdot b^5 & - \\
& 6820 \cdot H^{34} \cdot X^6 \cdot a^2 \cdot b^4 & + & 138761256960 \cdot H^{31} \cdot X^2 \cdot a^5 \cdot b^9 & - \\
& 13424628 \cdot H^{32} \cdot X^2 \cdot a^2 \cdot b^{11} & + & 318182880 \cdot H^{32} \cdot X^3 \cdot a^4 \cdot b^8 & - \\
& 7768660 \cdot H^{33} \cdot X^4 \cdot a^3 \cdot b^7 & - & 40210 \cdot H^{34} \cdot X^5 \cdot a^2 \cdot b^6 & - \\
& 999246182400 \cdot H^{31} \cdot X^2 \cdot a^7 \cdot b^8 & + & 642497184 \cdot H^{32} \cdot X^2 \cdot a^4 \cdot b^{10} & - \\
& 5713338240 \cdot H^{32} \cdot X^3 \cdot a^6 \cdot b^7 & - & 14626528 \cdot H^{33} \cdot X^3 \cdot a^3 \cdot b^9 & + \\
& 164784400 \cdot H^{33} \cdot X^4 \cdot a^5 \cdot b^6 & - & 97258 \cdot H^{34} \cdot X^4 \cdot a^2 \cdot b^8 & - \\
& 261560 \cdot H^{34} \cdot X^5 \cdot a^4 \cdot b^5 & + & 780601920 \cdot H^{32} \cdot X^2 \cdot a^6 \cdot b^9 & - \\
& 12414420 \cdot H^{33} \cdot X^2 \cdot a^3 \cdot b^{11} & + & 208183360 \cdot H^{33} \cdot X^3 \cdot a^5 \cdot b^8 & - \\
& 107190 \cdot H^{34} \cdot X^3 \cdot a^2 \cdot b^{10} & + & 2353960 \cdot H^{34} \cdot X^4 \cdot a^4 \cdot b^7 & - \\
& 112291979520 \cdot H^{32} \cdot X^2 \cdot a^8 \cdot b^8 & + & 803421360 \cdot H^{33} \cdot X^2 \cdot a^5 \cdot b^{10} & + \\
& 3872279040 \cdot H^{33} \cdot X^3 \cdot a^7 \cdot b^7 & - & 59092 \cdot H^{34} \cdot X^2 \cdot a^2 \cdot b^{12} & + \\
& 6257160 \cdot H^{34} \cdot X^3 \cdot a^4 \cdot b^9 & - & 28025760 \cdot H^{34} \cdot X^4 \cdot a^6 \cdot b^6 & - \\
& 13058774400 \cdot H^{33} \cdot X^2 \cdot a^7 \cdot b^9 & + & 7897440 \cdot H^{34} \cdot X^2 \cdot a^4 \cdot b^{11} & + \\
& 10584000 \cdot H^{34} \cdot X^3 \cdot a^6 \cdot b^8 & - & 234841600 \cdot H^{34} \cdot X^2 \cdot a^6 \cdot b^{10} & + \\
& 2070521600 \cdot H^{34} \cdot X^2 \cdot a^8 \cdot b^9 & & & - \\
& 263569888553223271219200000 \cdot H^9 \cdot X \cdot a \cdot b^2 & & & + \\
& 9127961508336736665600000 \cdot H^{11} \cdot X^2 \cdot a \cdot b & & & - \\
& 6161374018127297249280000 \cdot H^{11} \cdot X \cdot a \cdot b^3 & & & - \\
& 80454788935660339200000 \cdot H^{13} \cdot X \cdot a \cdot b^4 & & & - \\
& 2396229211590230016000 \cdot H^{15} \cdot X^3 \cdot a \cdot b & & & - \\
& 679163802703626240000 \cdot H^{15} \cdot X \cdot a \cdot b^5 & & & - \\
& 4033495434608640000 \cdot H^{17} \cdot X \cdot a \cdot b^6 + 193138273456128000 \cdot H^{19} \cdot X^4 \cdot a \cdot b & + & & + \\
& 159347967787008000 \cdot H^{19} \cdot X \cdot a \cdot b^7 + 71522428723200 \cdot H^{23} \cdot X^5 \cdot a \cdot b & + & & + \\
& 22574295436492800 \cdot H^{21} \cdot X \cdot a \cdot b^8 + 973290144153600 \cdot H^{23} \cdot X \cdot a \cdot b^9 & + & & + \\
& 13057632000 \cdot H^{27} \cdot X^6 \cdot a \cdot b + 18701819136000 \cdot H^{25} \cdot X \cdot a \cdot b^{10} & + & & + \\
& 193019904000 \cdot H^{27} \cdot X \cdot a \cdot b^{11} + 313344 \cdot H^{31} \cdot X^7 \cdot a \cdot b & + & & + \\
& 1160939520 \cdot H^{29} \cdot X \cdot a \cdot b^{12} + 4066944 \cdot H^{31} \cdot X \cdot a \cdot b^{13} & + & & + \\
& 7004 \cdot H^{33} \cdot X \cdot a \cdot b^{14} + 50203788295852051660800000 \cdot H^{10} \cdot X \cdot a^2 \cdot b^2 & + & & + \\
& 2472156241841199513600000 \cdot H^{12} \cdot X \cdot a^2 \cdot b^3 & & & + \\
& 351075442628336025600000 \cdot H^{13} \cdot X^2 \cdot a \cdot b^2 & & & -
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 321819155742641356800000 * H^{13} * X * a^3 * b^3 & + \\
& 50153634661190860800000 * H^{14} * X * a^2 * b^4 & + \\
& 5851257377138933760000 * H^{15} * X^2 * a * b^3 & - \\
& 13583276054072524800000 * H^{15} * X * a^3 * b^4 & - \\
& 70272453794070528000 * H^{17} * X^3 * a * b^2 & + \\
& 579030677946040320000 * H^{16} * X * a^2 * b^5 & + \\
& 57365268403322880000 * H^{17} * X^2 * a * b^4 & + \\
& 1340913148927672320000 * H^{16} * X * a^4 * b^4 & - \\
& 242009726076518400000 * H^{17} * X * a^3 * b^5 & - \\
& 732716101877760000 * H^{19} * X^3 * a * b^3 & + \\
& 8291073948917760000 * H^{18} * X * a^2 * b^6 & + \\
& 709596419051520000 * H^{19} * X^2 * a * b^5 & + \\
& 144096090870251520000 * H^{18} * X * a^4 * b^5 & + \\
& 6022126907596800 * H^{21} * X^4 * a * b^2 & + \\
& 33662258195005440000 * H^{19} * X * a^3 * b^6 & + \\
& 16385334187622400 * H^{21} * X^3 * a * b^4 & + \\
& 91482806506291200000 * H^{19} * X * a^5 * b^5 & + \\
& 1481438138019840000 * H^{20} * X * a^2 * b^7 & + \\
& 43945181741260800 * H^{21} * X^2 * a * b^6 & + \\
& 28638528960577536000 * H^{20} * X * a^4 * b^6 & + \\
& 1016827209216000 * H^{23} * X^4 * a * b^3 + 3598608272523264000 * H^{21} * X * a^3 * b^7 & \\
& + 2403584741376000 * H^{23} * X^3 * a * b^5 & - \\
& 12808067160784896000 * H^{21} * X * a^5 * b^6 & + \\
& 107722093280256000 * H^{22} * X * a^2 * b^8 + 2399273378611200 * H^{23} * X^2 * a * b^7 & \\
& + 2138358942720 * H^{25} * X^5 * a * b^2 + 1441935276687360000 * H^{22} * X * a^4 * b^7 + & \\
& 31316725440000 * H^{25} * X^4 * a * b^4 - 2100927075287040000 * H^{22} * X * a^6 * b^6 + & \\
& 131507342733312000 * H^{23} * X * a^3 * b^8 + 67397121792000 * H^{25} * X^3 * a * b^6 - & \\
& 467825973608448000 * H^{23} * X * a^5 * b^7 + 2723972886835200 * H^{24} * X * a^2 * b^9 & \\
& + 54517567104000 * H^{25} * X^2 * a * b^8 + 172994088960 * H^{27} * X^5 * a * b^3 - & \\
& 16331981073408000 * H^{24} * X * a^4 * b^8 + 663505920000 * H^{27} * X^4 * a * b^5 + & \\
& 354422761684992000 * H^{24} * X * a^6 * b^7 + 1126343522304000 * H^{25} * X * a^3 * b^9 & \\
& + 989227008000 * H^{27} * X^3 * a * b^7 + 148299840 * H^{29} * X^6 * a * b^2 - &
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 33919030643097600 * H^{25} * X * a^5 * b^8 + 29945982528000 * H^{26} * X * a^2 * b^{10} + \\
& 651442176000 * H^{27} * X^2 * a * b^9 + 2444083200 * H^{29} * X^5 * a * b^4 - \\
& 7949331726336000 * H^{25} * X * a^7 * b^7 - 1861903169280000 * H^{26} * X * a^4 * b^9 + \\
& 6935086080 * H^{29} * X^4 * a * b^6 + 2845347421593600 * H^{26} * X * a^6 * b^8 - \\
& 12449783808000 * H^{27} * X * a^3 * b^{10} + 8065474560 * H^{29} * X^3 * a * b^8 + \\
& 3655680 * H^{31} * X^6 * a * b^3 - 431598537216000 * H^{27} * X * a^5 * b^9 + \\
& 132184166400 * H^{28} * X * a^2 * b^{11} + 4460451840 * H^{29} * X^2 * a * b^{10} + \\
& 19192320 * H^{31} * X^5 * a * b^5 - 4275656275968000 * H^{27} * X * a^7 * b^8 - \\
& 26697728977920 * H^{28} * X * a^4 * b^{10} + 39115776 * H^{31} * X^4 * a * b^7 + \\
& 680 * H^{33} * X^7 * a * b^2 + 232325994700800 * H^{28} * X * a^6 * b^9 - \\
& 271262684160 * H^{29} * X * a^3 * b^{11} + 36922368 * H^{31} * X^3 * a * b^9 + \\
& 18020 * H^{33} * X^6 * a * b^4 + 338404908441600 * H^{28} * X * a^8 * b^8 + \\
& 6865887974400 * H^{29} * X * a^5 * b^{10} - 167818560 * H^{30} * X * a^2 * b^{12} + \\
& 17547264 * H^{31} * X^2 * a * b^{11} + 65076 * H^{33} * X^5 * a * b^6 - \\
& 11638113177600 * H^{29} * X * a^7 * b^9 - 102384172800 * H^{30} * X * a^4 * b^{11} + \\
& 102238 * H^{33} * X^4 * a * b^8 + 3933429427200 * H^{30} * X * a^6 * b^{10} - \\
& 1781230080 * H^{31} * X * a^3 * b^{12} + 80716 * H^{33} * X^3 * a * b^{10} + \\
& 25268900966400 * H^{30} * X * a^8 * b^9 + 134269470720 * H^{31} * X * a^5 * b^{11} - \\
& 4206480 * H^{32} * X * a^2 * b^{13} + 33558 * H^{33} * X^2 * a * b^{12} - \\
& 688583884800 * H^{31} * X * a^7 * b^{10} + 442353600 * H^{32} * X * a^4 * b^{12} - \\
& 2288894361600 * H^{31} * X * a^9 * b^9 - 2942822400 * H^{32} * X * a^6 * b^{11} - \\
& 4652560 * H^{33} * X * a^3 * b^{13} + 40006848000 * H^{32} * X * a^8 * b^{10} + \\
& 622934400 * H^{33} * X * a^5 * b^{12} - 15782 * H^{34} * X * a^2 * b^{14} - \\
& 11327276800 * H^{33} * X * a^7 * b^{11} + 3985960 * H^{34} * X * a^4 * b^{13} - \\
& 69386329600 * H^{33} * X * a^9 * b^{10} - 233943360 * H^{34} * X * a^6 * b^{12} + \\
& 833660800 * H^{34} * X * a^8 * b^{11} + 6090515200 * H^{34} * X * a^{10} * b^{10} - \\
& 2277243837099849063333888000000)) / (355687428096000 * H * (26676557107200 * \\
& H^4 * X + 533531142144000 * H^2 * b + 8821612800 * H^8 * X^2 + 514080 * H^{12} * X^3 \\
& + 9 * H^{16} * X^4 + 26676557107200 * H^4 * b^2 + 635156121600 * H^6 * b^3 + \\
& 8821612800 * H^8 * b^4 + 80196480 * H^{10} * b^5 + 514080 * H^{12} * b^6 + \\
& 2448 * H^{14} * b^7 + 9 * H^{16} * b^8 + 26464838400 * H^8 * X * b^2 + \\
& 240589440 * H^{10} * X^2 * b + 320785920 * H^{10} * X * b^3 + 2570400 * H^{12} * X * b^4 +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 9792*H^{14}*X^3*b + 14688*H^{14}*X*b^5 + 63*H^{16}*X*b^6 - \\
& 35568742809600*H^5*a*b^2 - 1190917728000*H^7*a*b^3 - \\
& 21171870720*H^9*a*b^4 - 233906400*H^{11}*a*b^5 - 1762560*H^{13}*a*b^6 - \\
& 9639*H^{15}*a*b^7 - 40*H^{17}*a*b^8 + 3084480*H^{12}*X^2*b^2 + \\
& 24480*H^{14}*X^2*b^3 + 90*H^{16}*X^3*b^2 + 135*H^{16}*X^2*b^4 + \\
& 11432810188800*H^6*a^2*b^2 + 723372249600*H^8*a^2*b^3 - \\
& 142910127360*H^9*a^3*b^3 + 18605583360*H^{10}*a^2*b^4 - \\
& 7110754560*H^{11}*a^3*b^4 + 267321600*H^{12}*a^2*b^5 + \\
& 999371520*H^{12}*a^4*b^4 - 149817600*H^{13}*a^3*b^5 + 2472480*H^{14}*a^2*b^6 \\
& + 41224320*H^{14}*a^4*b^5 - 1817640*H^{15}*a^3*b^6 - 4461480*H^{15}*a^5*b^5 + \\
& 16002*H^{16}*a^2*b^7 + 739080*H^{16}*a^4*b^6 - 14525*H^{17}*a^3*b^7 - \\
& 157720*H^{17}*a^5*b^6 + 1270312243200*H^6*X*b - 400148356608000*H^3*a*b \\
& - 793945152000*H^7*X*a*b + 1008576*H^{14}*X^2*a^2*b^2 + \\
& 23220*H^{16}*X^2*a^2*b^3 - 4350*H^{17}*X^2*a^3*b^3 - \\
& 31757806080*H^9*X*a*b^2 - 140343840*H^{11}*X^2*a*b - \\
& 561375360*H^{11}*X*a*b^3 - 5875200*H^{13}*X*a*b^4 - 5508*H^{15}*X^3*a*b - \\
& 41310*H^{15}*X*a*b^5 - 210*H^{17}*X*a*b^6 + 9463184640*H^{10}*X*a^2*b^2 + \\
& 324898560*H^{12}*X*a^2*b^3 - 3525120*H^{13}*X^2*a*b^2 - \\
& 62277120*H^{13}*X*a^3*b^3 + 4993920*H^{14}*X*a^2*b^4 - \\
& 41310*H^{15}*X^2*a*b^3 - 1872720*H^{15}*X*a^3*b^4 - 100*H^{17}*X^3*a*b^2 + \\
& 46080*H^{16}*X*a^2*b^5 - 300*H^{17}*X^2*a*b^4 + 261720*H^{16}*X*a^4*b^4 - \\
& 25500*H^{17}*X*a^3*b^5 + 3201186852864000)) - \\
& (A1*H*K0*(4326763290489713220334387200000*H^4*X \\
& 32450724678672849152507904000000*H^2*b \\
& 3433939119436280333598720000*H^8*X^2 \\
& 571751435137575813120000*H^{12}*X^3 - 31141145704660992000*H^{16}*X^4 + \\
& 579262382899200*H^{20}*X^5 - 227856706560*H^{24}*X^6 - 22325760*H^{28}*X^7 - \\
& 342*H^{32}*X^8 - 1081690822622428305083596800000*H^4*b^2 - \\
& 19315907546829076876492800000*H^6*b^3 - \\
& 214621194964767520849920000*H^8*b^4 - \\
& 1625918143672481218560000*H^{10}*b^5 - 8933616174024622080000*H^{12}*b^6 - \\
& 37223400725102592000*H^{14}*b^7 - 121645100408832000*H^{16}*b^8 +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 5762136335155200 * H^{18} * b^9 + 776045297664000 * H^{20} * b^{10} + \\
& 31122649958400 * H^{22} * b^{11} + 586297958400 * H^{24} * b^{12} + \\
& 6301152000 * H^{26} * b^{13} + 42771456 * H^{28} * b^{14} + 192780 * H^{30} * b^{15} + \\
& 576 * H^{32} * b^{16} + H^{34} * b^{17} + 5150908679154420500398080000 * H^8 * X * b^2 - \\
& 130073451493798497484800000 * H^{10} * X^2 * b + \\
& 65036725746899248742400000 * H^{10} * X * b^3 + \\
& 536016970441477324800000 * H^{12} * X * b^4 + \\
& 16676083524845961216000 * H^{14} * X^3 * b + \\
& 3126765660908617728000 * H^{14} * X * b^5 + 13624251245789184000 * H^{16} * X * b^6 - \\
& 707142175797657600 * H^{18} * X^4 * b + 94755130844774400 * H^{18} * X * b^7 + \\
& 203885115033600 * H^{22} * X^5 * b + 6208362381312000 * H^{20} * X * b^8 + \\
& 280103849625600 * H^{22} * X * b^9 + 39559777920 * H^{26} * X^6 * b + \\
& 5862979584000 * H^{24} * X * b^{10} + 69312672000 * H^{26} * X * b^{11} + \\
& 1138320 * H^{30} * X^7 * b + 513257472 * H^{28} * X * b^{12} + 5 * H^{34} * X^8 * b + \\
& 2506140 * H^{30} * X * b^{13} + 8064 * H^{32} * X * b^{14} + 15 * H^{34} * X * b^{15} + \\
& 927163562247795690071654400000 * H^5 * a * b^2 + \\
& 25754543395772102501990400000 * H^7 * a * b^3 + \\
& 390220354481395492454400000 * H^9 * a * b^4 + \\
& 3752118793090341273600000 * H^{11} * a * b^5 + \\
& 25014125287268941824000 * H^{13} * a * b^6 + 122618261212102656000 * H^{15} * a * b^7 + \\
& 460970906812416000 * H^{17} * a * b^8 + 230485453406208000 * H^{19} * a * b^9 + \\
& 14938871980032000 * H^{21} * a * b^{10} + 373471799500800 * H^{23} * a * b^{11} + \\
& 4763670912000 * H^{25} * a * b^{12} + 35286451200 * H^{27} * a * b^{13} + \\
& 160392960 * H^{29} * a * b^{14} + 440640 * H^{31} * a * b^{15} + 612 * H^{33} * a * b^{16} - \\
& 2144067881765909299200000 * H^{12} * X^2 * b^2 - \\
& 20845104406057451520000 * H^{14} * X^2 * b^3 + \\
& 217988019932626944000 * H^{16} * X^3 * b^2 - \\
& 136242512457891840000 * H^{16} * X^2 * b^4 + \\
& 1842603152508518400 * H^{18} * X^3 * b^3 - 517631914108108800 * H^{18} * X^2 * b^5 - \\
& 5401136692224000 * H^{20} * X^4 * b^2 + 22893336281088000 * H^{20} * X^3 * b^4 + \\
& 13071512982528000 * H^{20} * X^2 * b^6 + 808236164736000 * H^{22} * X^4 * b^3 + \\
& 1360504412467200 * H^{22} * X^3 * b^5 + 902556848793600 * H^{22} * X^2 * b^7 +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 4749013463040 * H^{24} * X^5 * b^2 + 25223026752000 * H^{24} * X^4 * b^4 + \\
& 36350473420800 * H^{24} * X^3 * b^6 + 21693024460800 * H^{24} * X^2 * b^8 + \\
& 230118071040 * H^{26} * X^5 * b^3 + 541899072000 * H^{26} * X^4 * b^5 + \\
& 573404832000 * H^{26} * X^3 * b^7 + 590780736 * H^{28} * X^6 * b^2 + \\
& 289852992000 * H^{26} * X^2 * b^9 + 3421716480 * H^{28} * X^5 * b^4 + \\
& 6330175488 * H^{28} * X^4 * b^6 + 5474746368 * H^{28} * X^3 * b^8 + \\
& 9639000 * H^{30} * X^6 * b^3 + 2395201536 * H^{28} * X^2 * b^{10} + \\
& 32001480 * H^{30} * X^5 * b^5 + 46074420 * H^{30} * X^4 * b^7 + 11520 * H^{32} * X^7 * b^2 + \\
& 33543720 * H^{30} * X^3 * b^9 + 74880 * H^{32} * X^6 * b^4 + 12916260 * H^{30} * X^2 * b^{11} + \\
& 180864 * H^{32} * X^5 * b^6 + 211392 * H^{32} * X^4 * b^8 + 70 * H^{34} * X^7 * b^3 + \\
& 132480 * H^{32} * X^3 * b^{10} + 296 * H^{34} * X^6 * b^5 + 45504 * H^{32} * X^2 * b^{12} + \\
& 553 * H^{34} * X^5 * b^7 + 541 * H^{34} * X^4 * b^9 + 297 * H^{34} * X^3 * b^{11} + \\
& 92 * H^{34} * X^2 * b^{13} - 193159075468290768764928000000 * H^6 * a^2 * b^2 - \\
& 11160302138167911084195840000 * H^8 * a^2 * b^3 + \\
& 1560881417925581969817600000 * H^9 * a^3 * b^3 - \\
& 260146902987596994969600000 * H^{10} * a^2 * b^4 + \\
& 75042375861806825472000000 * H^{11} * a^3 * b^4 - \\
& 3394774146129356390400000 * H^{12} * a^2 * b^5 - \\
& 7861582233141667430400000 * H^{12} * a^4 * b^4 + \\
& 1500847517236136509440000 * H^{13} * a^3 * b^5 - \\
& 28662018558328995840000 * H^{14} * a^2 * b^6 - \\
& 323099118293890498560000 * H^{14} * a^4 * b^5 + \\
& 17166556569694371840000 * H^{15} * a^3 * b^6 + \\
& 26976017466662584320000 * H^{15} * a^5 * b^5 - \\
& 170303140572364800000 * H^{16} * a^2 * b^7 - \\
& 5654064267002511360000 * H^{16} * a^4 * b^6 + \\
& 129071853907476480000 * H^{17} * a^3 * b^7 + \\
& 968038904306073600000 * H^{17} * a^5 * b^6 + \\
& 16958607471732326400 * H^{18} * a^2 * b^8 + \\
& 1742559660982812672000 * H^{18} * a^4 * b^7 + \\
& 3125408357683003392000 * H^{18} * a^6 * b^6 + \\
& 112220806314000384000 * H^{19} * a^3 * b^8 +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 2289232742220103680000 * H^{19} * a^5 * b^7 + \\
& 2165554403131392000 * H^{20} * a^2 * b^9 + 199304923402690560000 * H^{20} * a^4 * b^8 \\
& + 127011453642178560000 * H^{20} * a^6 * b^7 + \\
& 6124937511813120000 * H^{21} * a^3 * b^9 + 25246693646254080000 * H^{21} * a^5 * b^8 \\
& + 76001511198412800 * H^{22} * a^2 * b^{10} - 202186961626890240000 * H^{21} * a^7 * b^7 \\
& + 3185714449741824000 * H^{22} * a^4 * b^9 - 81539920141295616000 * H^{22} * a^6 * b^8 \\
& + 101584329464217600 * H^{23} * a^3 * b^{10} - 4426387767683481600 * H^{23} * a^5 * b^9 \\
& + 1133020804608000 * H^{24} * a^2 * b^{11} - 6046401727689523200 * H^{23} * a^7 * b^8 - \\
& 53504965385625600 * H^{24} * a^4 * b^{10} - 1765894272823296000 * H^{24} * a^6 * b^9 + \\
& 358863208704000 * H^{25} * a^3 * b^{11} + 3583148246802432000 * H^{24} * a^8 * b^8 - \\
& 99414636152832000 * H^{25} * a^5 * b^{10} + 8128486080000 * H^{26} * a^2 * b^{12} + \\
& 1006341359063040000 * H^{25} * a^7 * b^9 - 1584638909568000 * H^{26} * a^4 * b^{11} + \\
& 28101071142144000 * H^{26} * a^6 * b^{10} - 6139842508800 * H^{27} * a^3 * b^{12} + \\
& 79229374608384000 * H^{26} * a^8 * b^9 - 355687428096000 * H^{27} * a^5 * b^{11} + \\
& 23716772352 * H^{28} * a^2 * b^{13} + 21055566576844800 * H^{27} * a^7 * b^{10} - \\
& 12560051911680 * H^{28} * a^4 * b^{12} - 27896056860672000 * H^{27} * a^9 * b^9 + \\
& 803454957527040 * H^{28} * a^6 * b^{11} - 74743119360 * H^{29} * a^3 * b^{13} - \\
& 5965240871116800 * H^{28} * a^8 * b^{10} + 6313708477440 * H^{29} * a^5 * b^{12} - \\
& 42797160 * H^{30} * a^2 * b^{14} - 45057590323200 * H^{29} * a^7 * b^{11} - \\
& 28307815200 * H^{30} * a^4 * b^{13} - 455233714790400 * H^{29} * a^9 * b^{10} + \\
& 4741203559680 * H^{30} * a^6 * b^{12} - 346636800 * H^{31} * a^3 * b^{14} - \\
& 107672904460800 * H^{30} * a^8 * b^{11} + 64014416640 * H^{31} * a^5 * b^{13} - \\
& 561888 * H^{32} * a^2 * b^{15} + 111909622809600 * H^{30} * a^{10} * b^{10} - \\
& 2847591936000 * H^{31} * a^7 * b^{12} + 123647040 * H^{32} * a^4 * b^{14} + \\
& 19043497267200 * H^{31} * a^9 * b^{11} - 4672627200 * H^{32} * a^6 * b^{13} - \\
& 684216 * H^{33} * a^3 * b^{15} - 115711142400 * H^{32} * a^8 * b^{12} + \\
& 194689440 * H^{33} * a^5 * b^{14} - 1630 * H^{34} * a^2 * b^{16} + \\
& 1178082662400 * H^{32} * a^{10} * b^{11} - 15316842240 * H^{33} * a^7 * b^{13} + \\
& 739336 * H^{34} * a^4 * b^{15} + 249541286400 * H^{33} * a^9 * b^{12} - \\
& 107486720 * H^{34} * a^6 * b^{14} - 219861734400 * H^{33} * a^{11} * b^{11} + \\
& 4382645120 * H^{34} * a^8 * b^{13} - 30495315200 * H^{34} * a^{10} * b^{12} + \\
& 231790890561948922517913600000 * H^6 * X * b +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 12980289871469139661003161600000 * H^3 * a * b & - \\
& 111603021381679110841958400000 * H^7 * X * a * b & - \\
& 513980717212216590336000 * H^{14} * X^2 * a^2 * b^2 & - \\
& 15054797626597048320000 * H^{16} * X^2 * a^2 * b^3 & + \\
& 2408829083043102720000 * H^{17} * X^2 * a^3 * b^3 & + \\
& 59428113211308441600 * H^{18} * X^3 * a^2 * b^2 & - \\
& 139820158884652646400 * H^{18} * X^2 * a^2 * b^4 & + \\
& 189011608240354099200 * H^{19} * X^2 * a^3 * b^4 & + \\
& 1415082569615769600 * H^{20} * X^3 * a^2 * b^3 & + \\
& 4238817619238092800 * H^{20} * X^2 * a^2 * b^5 & - \\
& 23847234531434496000 * H^{20} * X^2 * a^4 * b^4 & - \\
& 514418255098675200 * H^{21} * X^3 * a^3 * b^3 & + \\
& 35108832036096000 * H^{22} * X^4 * a^2 * b^2 & + \\
& 5846082263639654400 * H^{21} * X^2 * a^3 * b^5 & + \\
& 318642813425664000 * H^{22} * X^3 * a^2 * b^4 & + \\
& 515629555564032000 * H^{22} * X^2 * a^2 * b^6 & + \\
& 4495490675020800000 * H^{22} * X^2 * a^4 * b^5 & + \\
& 173473839931392000 * H^{23} * X^3 * a^3 * b^4 & + \\
& 146330198784000 * H^{24} * X^4 * a^2 * b^3 & + \\
& 433813940711424000 * H^{23} * X^2 * a^3 * b^6 & + \\
& 7541746071552000 * H^{24} * X^3 * a^2 * b^5 & + \\
& 1437204941848166400 * H^{23} * X^2 * a^5 * b^5 & + \\
& 12048716194099200 * H^{24} * X^2 * a^2 * b^7 & - \\
& 18791560230912000 * H^{24} * X^3 * a^4 * b^4 - 497378568960000 * H^{25} * X^4 * a^3 * b^3 \\
& + 6614367724800 * H^{26} * X^5 * a^2 * b^2 + 59157863751168000 * H^{24} * X^2 * a^4 * b^6 \\
& + 457638128640000 * H^{25} * X^3 * a^3 * b^5 + 38377893312000 * H^{26} * X^4 * a^2 * b^4 \\
& + 4093092622080000 * H^{25} * X^2 * a^3 * b^7 & + \\
& 113687323200000 * H^{26} * X^3 * a^2 * b^6 - 61511716804608000 * H^{25} * X^2 * a^5 * b^6 \\
& + 128659829760000 * H^{26} * X^2 * a^2 * b^8 - 899618379264000 * H^{26} * X^3 * a^4 * b^5 \\
& + 13012627968000 * H^{27} * X^4 * a^3 * b^4 + 9688498560 * H^{28} * X^5 * a^2 * b^3 & - \\
& 2924626383360000 * H^{26} * X^2 * a^4 * b^7 - 7383011328000 * H^{27} * X^3 * a^3 * b^6 + \\
& 368995461120 * H^{28} * X^4 * a^2 * b^5 - 14017011362611200 * H^{26} * X^2 * a^6 * b^6 & -
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 22558511923200 \cdot H^{27} \cdot X^2 \cdot a^3 \cdot b^8 + 332705901772800 \cdot H^{27} \cdot X^3 \cdot a^5 \cdot b^5 + \\
& 717851676672 \cdot H^{28} \cdot X^3 \cdot a^2 \cdot b^7 + 837789419520 \cdot H^{28} \cdot X^4 \cdot a^4 \cdot b^4 - \\
& 53544222720 \cdot H^{29} \cdot X^5 \cdot a^3 \cdot b^3 + 150162768 \cdot H^{30} \cdot X^6 \cdot a^2 \cdot b^2 - \\
& 1042381932134400 \cdot H^{27} \cdot X^2 \cdot a^5 \cdot b^7 + 588559675392 \cdot H^{28} \cdot X^2 \cdot a^2 \cdot b^9 - \\
& 5171736453120 \cdot H^{28} \cdot X^3 \cdot a^4 \cdot b^6 - 108578396160 \cdot H^{29} \cdot X^4 \cdot a^3 \cdot b^5 + \\
& 21591360 \cdot H^{30} \cdot X^5 \cdot a^2 \cdot b^4 - 47694253178880 \cdot H^{28} \cdot X^2 \cdot a^4 \cdot b^8 - \\
& 440301588480 \cdot H^{29} \cdot X^3 \cdot a^3 \cdot b^7 + 392885640 \cdot H^{30} \cdot X^4 \cdot a^2 \cdot b^6 + \\
& 368106717265920 \cdot H^{28} \cdot X^2 \cdot a^6 \cdot b^7 - 679772860416 \cdot H^{29} \cdot X^2 \cdot a^3 \cdot b^9 + \\
& 2972719595520 \cdot H^{29} \cdot X^3 \cdot a^5 \cdot b^6 + 106106112 \cdot H^{30} \cdot X^3 \cdot a^2 \cdot b^8 - \\
& 71244658080 \cdot H^{30} \cdot X^4 \cdot a^4 \cdot b^5 + 44210880 \cdot H^{31} \cdot X^5 \cdot a^3 \cdot b^4 - \\
& 190080 \cdot H^{32} \cdot X^6 \cdot a^2 \cdot b^3 + 6575025623040 \cdot H^{29} \cdot X^2 \cdot a^5 \cdot b^8 - \\
& 302818824 \cdot H^{30} \cdot X^2 \cdot a^2 \cdot b^{10} - 77215991040 \cdot H^{30} \cdot X^3 \cdot a^4 \cdot b^7 - \\
& 1756097280 \cdot H^{31} \cdot X^4 \cdot a^3 \cdot b^6 - 4329360 \cdot H^{32} \cdot X^5 \cdot a^2 \cdot b^5 + \\
& 61601650606080 \cdot H^{29} \cdot X^2 \cdot a^7 \cdot b^7 - 210133064160 \cdot H^{30} \cdot X^2 \cdot a^4 \cdot b^9 - \\
& 1794112467840 \cdot H^{30} \cdot X^3 \cdot a^6 \cdot b^6 - 4409161344 \cdot H^{31} \cdot X^3 \cdot a^3 \cdot b^8 + \\
& 6920398080 \cdot H^{31} \cdot X^4 \cdot a^5 \cdot b^5 - 15653664 \cdot H^{32} \cdot X^4 \cdot a^2 \cdot b^7 + \\
& 129339360 \cdot H^{32} \cdot X^5 \cdot a^4 \cdot b^4 - 801360 \cdot H^{33} \cdot X^6 \cdot a^3 \cdot b^3 + \\
& 860 \cdot H^{34} \cdot X^7 \cdot a^2 \cdot b^2 + 5750591708160 \cdot H^{30} \cdot X^2 \cdot a^6 \cdot b^8 - \\
& 4808028672 \cdot H^{31} \cdot X^2 \cdot a^3 \cdot b^{10} + 7283485440 \cdot H^{31} \cdot X^3 \cdot a^5 \cdot b^7 - \\
& 22510944 \cdot H^{32} \cdot X^3 \cdot a^2 \cdot b^9 + 38859840 \cdot H^{32} \cdot X^4 \cdot a^4 \cdot b^6 - \\
& 859680 \cdot H^{33} \cdot X^5 \cdot a^3 \cdot b^5 - 6820 \cdot H^{34} \cdot X^6 \cdot a^2 \cdot b^4 + \\
& 167605208640 \cdot H^{31} \cdot X^2 \cdot a^5 \cdot b^9 - 15190704 \cdot H^{32} \cdot X^2 \cdot a^2 \cdot b^{11} + \\
& 362666880 \cdot H^{32} \cdot X^3 \cdot a^4 \cdot b^8 - 8225640 \cdot H^{33} \cdot X^4 \cdot a^3 \cdot b^7 - \\
& 40210 \cdot H^{34} \cdot X^5 \cdot a^2 \cdot b^6 - 1211791138560 \cdot H^{31} \cdot X^2 \cdot a^7 \cdot b^8 + \\
& 731091312 \cdot H^{32} \cdot X^2 \cdot a^4 \cdot b^{10} - 6388873920 \cdot H^{32} \cdot X^3 \cdot a^6 \cdot b^7 - \\
& 15486912 \cdot H^{33} \cdot X^3 \cdot a^3 \cdot b^9 + 174477600 \cdot H^{33} \cdot X^4 \cdot a^5 \cdot b^6 - \\
& 97258 \cdot H^{34} \cdot X^4 \cdot a^2 \cdot b^8 - 261560 \cdot H^{34} \cdot X^5 \cdot a^4 \cdot b^5 + \\
& 710861760 \cdot H^{32} \cdot X^2 \cdot a^6 \cdot b^9 - 13144680 \cdot H^{33} \cdot X^2 \cdot a^3 \cdot b^{11} + \\
& 220429440 \cdot H^{33} \cdot X^3 \cdot a^5 \cdot b^8 - 107190 \cdot H^{34} \cdot X^3 \cdot a^2 \cdot b^{10} + \\
& 2353960 \cdot H^{34} \cdot X^4 \cdot a^4 \cdot b^7 - 125628168960 \cdot H^{32} \cdot X^2 \cdot a^8 \cdot b^8 + \\
& 850681440 \cdot H^{33} \cdot X^2 \cdot a^5 \cdot b^{10} + 4100060160 \cdot H^{33} \cdot X^3 \cdot a^7 \cdot b^7 - \\
& 59092 \cdot H^{34} \cdot X^2 \cdot a^2 \cdot b^{12} + 6257160 \cdot H^{34} \cdot X^3 \cdot a^4 \cdot b^9 -
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 28025760 \cdot H^{34} \cdot X^4 \cdot a^6 \cdot b^6 - 13826937600 \cdot H^{33} \cdot X^2 \cdot a^7 \cdot b^9 + \\
& 7897440 \cdot H^{34} \cdot X^2 \cdot a^4 \cdot b^{11} + 10584000 \cdot H^{34} \cdot X^3 \cdot a^6 \cdot b^8 - \\
& 234841600 \cdot H^{34} \cdot X^2 \cdot a^6 \cdot b^{10} + 2070521600 \cdot H^{34} \cdot X^2 \cdot a^8 \cdot b^9 - \\
& 4994820537361862303416320000 \cdot H^9 \cdot X \cdot a \cdot b^2 + \\
& 64036160735408491069440000 \cdot H^{11} \cdot X^2 \cdot a \cdot b - \\
& 95053676091621978931200000 \cdot H^{11} \cdot X \cdot a \cdot b^3 - \\
& 1048210964418888990720000 \cdot H^{13} \cdot X \cdot a \cdot b^4 - \\
& 8267974184587493376000 \cdot H^{15} \cdot X^3 \cdot a \cdot b - \\
& 7663641325756416000000 \cdot H^{15} \cdot X \cdot a \cdot b^5 - \\
& 40155687882326016000 \cdot H^{17} \cdot X \cdot a \cdot b^6 + 494110812613017600 \cdot H^{19} \cdot X^4 \cdot a \cdot b \\
& + 1266816343906713600 \cdot H^{19} \cdot X \cdot a \cdot b^7 + 198353482629120 \cdot H^{23} \cdot X^5 \cdot a \cdot b + \\
& 92349390422016000 \cdot H^{21} \cdot X \cdot a \cdot b^8 + 2676547896422400 \cdot H^{23} \cdot X \cdot a \cdot b^9 + \\
& 21198309120 \cdot H^{27} \cdot X^6 \cdot a \cdot b + 38842239744000 \cdot H^{25} \cdot X \cdot a \cdot b^{10} + \\
& 322618982400 \cdot H^{27} \cdot X \cdot a \cdot b^{11} + 372096 \cdot H^{31} \cdot X^7 \cdot a \cdot b + \\
& 1625315328 \cdot H^{29} \cdot X \cdot a \cdot b^{12} + 4902120 \cdot H^{31} \cdot X \cdot a \cdot b^{13} + \\
& 7416 \cdot H^{33} \cdot X \cdot a \cdot b^{14} + 1190172081168256251985920000 \cdot H^{10} \cdot X \cdot a^2 \cdot b^2 + \\
& 45561442487525572608000000 \cdot H^{12} \cdot X \cdot a^2 \cdot b^3 + \\
& 2115480310009030508544000 \cdot H^{13} \cdot X^2 \cdot a \cdot b^2 - \\
& 7151657534512510795776000 \cdot H^{13} \cdot X \cdot a^3 \cdot b^3 + \\
& 757123970748586721280000 \cdot H^{14} \cdot X \cdot a^2 \cdot b^4 + \\
& 30899801825449869312000 \cdot H^{15} \cdot X^2 \cdot a \cdot b^3 - \\
& 239123126258059051008000 \cdot H^{15} \cdot X \cdot a^3 \cdot b^4 - \\
& 216349012263960576000 \cdot H^{17} \cdot X^3 \cdot a \cdot b^2 + \\
& 7408186614897868800000 \cdot H^{16} \cdot X \cdot a^2 \cdot b^5 + \\
& 269616761495617536000 \cdot H^{17} \cdot X^2 \cdot a \cdot b^4 + \\
& 27829479491130949632000 \cdot H^{16} \cdot X \cdot a^4 \cdot b^4 - \\
& 3527246940949315584000 \cdot H^{17} \cdot X \cdot a^3 \cdot b^5 - \\
& 1036452840475852800 \cdot H^{19} \cdot X^3 \cdot a \cdot b^3 + \\
& 115514827585597440000 \cdot H^{18} \cdot X \cdot a^2 \cdot b^6 + \\
& 4271023499091148800 \cdot H^{19} \cdot X^2 \cdot a \cdot b^5 + \\
& 2445722121284989747200 \cdot H^{18} \cdot X \cdot a^4 \cdot b^5 + \\
& 16012863240192000 \cdot H^{21} \cdot X^4 \cdot a \cdot b^2 +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 254922887016058060800 * H^{19} * X * a^3 * b^6 & + \\
& 80376120115200000 * H^{21} * X^3 * a * b^4 & + \\
& 655331119021522944000 * H^{19} * X * a^5 * b^5 & + \\
& 7977289733373542400 * H^{20} * X * a^2 * b^7 & + \\
& 180692446994841600 * H^{21} * X^2 * a * b^6 & + \\
& 143776981043852083200 * H^{20} * X * a^4 * b^6 & + \\
& 2712116639232000 * H^{23} * X^4 * a * b^3 & + \\
& 14496681369423052800 * H^{21} * X * a^3 * b^7 & + \\
& 6592920542208000 * H^{23} * X^3 * a * b^5 & - \\
& 53261008723928678400 * H^{21} * X * a^5 * b^6 & + \\
& 352087709647564800 * H^{22} * X * a^2 * b^8 + 6598001791180800 * H^{23} * X^2 * a * b^7 & + \\
& + 4770629498880 * H^{25} * X^5 * a * b^2 + 4549096696854528000 * H^{22} * X * a^4 * b^7 + & + \\
& 65212076160000 * H^{25} * X^4 * a * b^4 - 5924623129012224000 * H^{22} * X * a^6 * b^6 + & + \\
& 355873355615232000 * H^{23} * X * a^3 * b^8 + 139978637568000 * H^{25} * X^3 * a * b^6 - & - \\
& 1273439520976896000 * H^{23} * X * a^5 * b^7 + 6409262706739200 * H^{24} * X * a^2 * b^9 & + \\
& + 113228793216000 * H^{25} * X^2 * a * b^8 + 288157409280 * H^{27} * X^5 * a * b^3 - & - \\
& 41979333570048000 * H^{24} * X * a^4 * b^8 + 1109002752000 * H^{27} * X^4 * a * b^5 + & + \\
& 838784988892569600 * H^{24} * X * a^6 * b^7 + 2270927425536000 * H^{25} * X * a^3 * b^9 & + \\
& + 1653422284800 * H^{27} * X^3 * a * b^7 + 210978432 * H^{29} * X^6 * a * b^2 - & - \\
& 70036311453696000 * H^{25} * X * a^5 * b^8 + 55125385920000 * H^{26} * X * a^2 * b^{10} + & + \\
& 1088839065600 * H^{27} * X^2 * a * b^9 + 3421716480 * H^{29} * X^5 * a * b^4 - & - \\
& 22931925346713600 * H^{25} * X * a^7 * b^7 - 3462008014080000 * H^{26} * X * a^4 * b^9 + & + \\
& 9709120512 * H^{29} * X^4 * a * b^6 + 5247418194432000 * H^{26} * X * a^6 * b^8 - & - \\
& 21218402304000 * H^{27} * X * a^3 * b^{10} + 11291664384 * H^{29} * X^3 * a * b^8 + & + \\
& 4406400 * H^{31} * X^6 * a * b^3 - 706074908774400 * H^{27} * X * a^5 * b^9 + & + \\
& 199498291200 * H^{28} * X * a^2 * b^{11} + 6244632576 * H^{29} * X^2 * a * b^{10} + & + \\
& 23133600 * H^{31} * X^5 * a * b^5 - 7140690913075200 * H^{27} * X * a^7 * b^8 - & - \\
& 40574049417216 * H^{28} * X * a^4 * b^{10} + 47148480 * H^{31} * X^4 * a * b^7 + & + \\
& 720 * H^{33} * X^7 * a * b^2 + 354658332764160 * H^{28} * X * a^6 * b^9 - & - \\
& 381020350464 * H^{29} * X * a^3 * b^{11} + 44504640 * H^{31} * X^3 * a * b^9 + & + \\
& 19080 * H^{33} * X^6 * a * b^4 + 536427371335680 * H^{28} * X * a^8 * b^8 + & + \\
& 9734153564160 * H^{29} * X * a^5 * b^{10} - 224318808 * H^{30} * X * a^2 * b^{12} & +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 21150720H^{31}X^2a^*b^{11} + 68904H^{33}X^5a^*b^6 - \\
& 16096506347520H^{29}X^*a^7b^9 - 131499049536H^{30}X^*a^4b^{11} + \\
& 108252H^{33}X^4a^*b^8 + 5075266403520H^{30}X^*a^6b^{10} - \\
& 2148641424H^{31}X^*a^3b^{12} + 85464H^{33}X^3a^*b^{10} + \\
& 32719943520000H^{30}X^*a^8b^9 + 162142065792H^{31}X^*a^5b^{11} - \\
& 4758948H^{32}X^*a^2b^{13} + 35532H^{33}X^2a^*b^{12} - \\
& 832731459840H^{31}X^*a^7b^{10} + 502680600H^{32}X^*a^4b^{12} - \\
& 2790524943360H^{31}X^*a^9b^9 - 3494302560H^{32}X^*a^6b^{11} - \\
& 4926240H^{33}X^*a^3b^{13} + 44658028800H^{32}X^*a^8b^{10} + \\
& 659577600H^{33}X^*a^5b^{12} - 15782H^{34}X^*a^2b^{14} - \\
& 11993587200H^{33}X^*a^7b^{11} + 3985960H^{34}X^*a^4b^{13} - \\
& 73467878400H^{33}X^*a^9b^{10} - 233943360H^{34}X^*a^6b^{12} + \\
& 833660800H^{34}X^*a^8b^{11} + 6090515200H^{34}X^*a^{10}b^{10} - \\
& 389408696144074189830094848000000))/ (121645100408832000*(2667655710720 \\
& 0H^4X + 533531142144000H^2b + 8821612800H^8X^2 + \\
& 514080H^{12}X^3 + 9H^{16}X^4 + 26676557107200H^4b^2 + \\
& 635156121600H^6b^3 + 8821612800H^8b^4 + 80196480H^{10}b^5 + \\
& 514080H^{12}b^6 + 2448H^{14}b^7 + 9H^{16}b^8 + 26464838400H^8X^*b^2 + \\
& 240589440H^{10}X^2b + 320785920H^{10}X^*b^3 + 2570400H^{12}X^*b^4 + \\
& 9792H^{14}X^3b + 14688H^{14}X^*b^5 + 63H^{16}X^*b^6 - \\
& 35568742809600H^5a^*b^2 - 1190917728000H^7a^*b^3 - \\
& 21171870720H^9a^*b^4 - 233906400H^{11}a^*b^5 - 1762560H^{13}a^*b^6 - \\
& 9639H^{15}a^*b^7 - 40H^{17}a^*b^8 + 3084480H^{12}X^2b^2 + \\
& 24480H^{14}X^2b^3 + 90H^{16}X^3b^2 + 135H^{16}X^2b^4 + \\
& 11432810188800H^6a^2b^2 + 723372249600H^8a^2b^3 - \\
& 142910127360H^9a^3b^3 + 18605583360H^{10}a^2b^4 - \\
& 7110754560H^{11}a^3b^4 + 267321600H^{12}a^2b^5 + \\
& 999371520H^{12}a^4b^4 - 149817600H^{13}a^3b^5 + 2472480H^{14}a^2b^6 \\
& + 41224320H^{14}a^4b^5 - 1817640H^{15}a^3b^6 - 4461480H^{15}a^5b^5 + \\
& 16002H^{16}a^2b^7 + 739080H^{16}a^4b^6 - 14525H^{17}a^3b^7 - \\
& 157720H^{17}a^5b^6 + 1270312243200H^6X^*b - 400148356608000H^3a^*b \\
& - 793945152000H^7X^*a^*b + 1008576H^{14}X^2a^2b^2 +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 23220 \cdot H^{16} \cdot X^2 \cdot a^2 \cdot b^3 - 4350 \cdot H^{17} \cdot X^2 \cdot a^3 \cdot b^3 - \\
& 31757806080 \cdot H^9 \cdot X \cdot a \cdot b^2 - 140343840 \cdot H^{11} \cdot X^2 \cdot a \cdot b - \\
& 561375360 \cdot H^{11} \cdot X \cdot a \cdot b^3 - 5875200 \cdot H^{13} \cdot X \cdot a \cdot b^4 - 5508 \cdot H^{15} \cdot X^3 \cdot a \cdot b - \\
& 41310 \cdot H^{15} \cdot X \cdot a \cdot b^5 - 210 \cdot H^{17} \cdot X \cdot a \cdot b^6 + 9463184640 \cdot H^{10} \cdot X \cdot a^2 \cdot b^2 + \\
& 324898560 \cdot H^{12} \cdot X \cdot a^2 \cdot b^3 - 3525120 \cdot H^{13} \cdot X^2 \cdot a \cdot b^2 - \\
& 62277120 \cdot H^{13} \cdot X \cdot a^3 \cdot b^3 + 4993920 \cdot H^{14} \cdot X \cdot a^2 \cdot b^4 - \\
& 41310 \cdot H^{15} \cdot X^2 \cdot a \cdot b^3 - 1872720 \cdot H^{15} \cdot X \cdot a^3 \cdot b^4 - 100 \cdot H^{17} \cdot X^3 \cdot a \cdot b^2 + \\
& 46080 \cdot H^{16} \cdot X \cdot a^2 \cdot b^5 - 300 \cdot H^{17} \cdot X^2 \cdot a \cdot b^4 + 261720 \cdot H^{16} \cdot X \cdot a^4 \cdot b^4 - \\
& 25500 \cdot H^{17} \cdot X \cdot a^3 \cdot b^5 + 3201186852864000)))
\end{aligned}$$

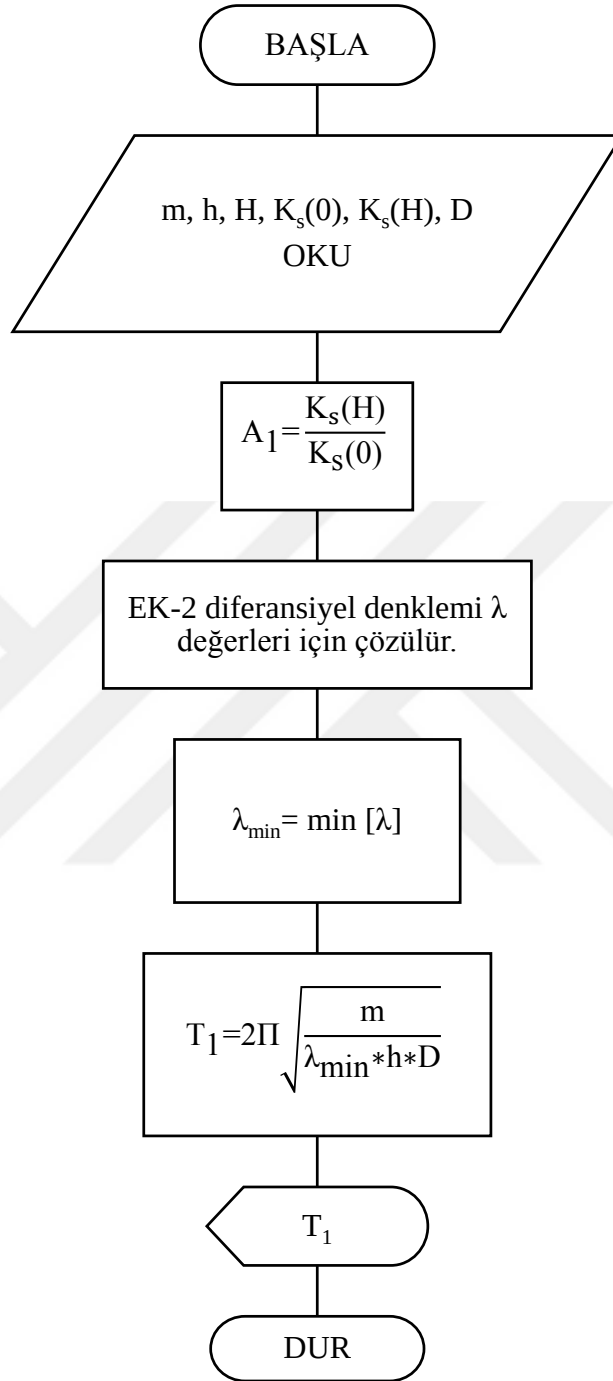
[S1]=solve(Denklem)

S2=vpa(S1)

Sonuc1=min(S2)

T1=2*3,1416*(m/(Sonuc1*h*D))^{0,5}

⇒ AKIŞ ŞEMASI



Ek 3: Matlab Ortamında Perde-Çerçeve Sistemlerde Perde Eğilme Rijitliğinin Değişmesi Durumu için Frekans Denkleminin Oluşturulması ve Akış Şeması

```

clear
clc
syms a b x Ks D(H) D(0) H h
h=input('kat yüksekliği = '); %m, kolon yüksekliği
m=input('kat kütlesi = '); %ts2/m kütle,
H=input('yapı toplam yüksekliği = '); %m, bina yüksekliği,
Ks=input('kayma rijitliği değeri = ');
D(0)= input('x=0 için perde eğilme rijitliği değeri = ');
D(H)= input('x=H için perde eğilme rijitliği değeri = ');
A2=D(H)/D(0);
a=(1-A2)/H;
b=Ks/D(0);
syms X
Denklem=((H*Ks*(180953677536952320000*H*a
3015894625615872000*H^4*X      +      22619209692119040000*H^2*b      +
2393567163187200*H^8*X^2 - 398529331200*H^12*X^3 + 31711680*H^16*X^4
+ 13728*H^20*X^5 + H^24*X^6 + 135715258152714240000*H^2*a^2 +
108572206522171392000*H^3*a^3 + 90476838768476160000*H^4*a^4 +
77551576087265280000*H^5*a^5 + 67857629076357120000*H^6*a^6 +
60317892512317440000*H^7*a^7 + 54286103261085696000*H^8*a^8 +
49351002964623360000*H^9*a^9 + 45238419384238080000*H^10*a^10 +
41758540970065920000*H^11*a^11 + 38775788043632640000*H^12*a^12 +
753973656403968000*H^4*b^2 + 13463815292928000*H^6*b^3 +
149597947699200*H^8*b^4 + 1133317785600*H^10*b^5 +
6227020800*H^12*b^6 + 2335132800*H^14*b^7 + 144144000*H^16*b^8 +
3459456*H^18*b^9 + 42120*H^20*b^10 + 286*H^22*b^11 + H^24*b^12 -
3689085390262272000*H^6*X*a^2 - 3530511565701120000*H^7*X*a^3 +
4134343281868800*H^9*X^2*a - 3321074438922240000*H^8*X*a^4 -
3107285371846656000*H^9*X*a^5 - 2905464140587008000*H^10*X*a^6 -

```

$$\begin{aligned}
& 1052781649920 \cdot H^{13} \cdot X^3 \cdot a \quad - \quad 2720632214716416000 \cdot H^{11} \cdot X \cdot a^7 \quad - \\
& 2553417277931520000 \cdot H^{12} \cdot X \cdot a^8 \quad - \quad 882161280 \cdot H^{17} \cdot X^4 \cdot a \quad - \\
& 4406339550412800000 \cdot H^{13} \cdot X \cdot a^9 \quad - \quad 1346381529292800000 \cdot H^{14} \cdot X \cdot a^{10} \quad - \\
& 414271239782400000 \cdot H^{15} \cdot X \cdot a^{11} \quad - \quad 147888 \cdot H^{21} \cdot X^5 \cdot a \quad - \\
& 3590350744780800 \cdot H^8 \cdot X \cdot b^2 \quad + \quad 90665422848000 \cdot H^{10} \cdot X^2 \cdot b \quad - \\
& 45332711424000 \cdot H^{10} \cdot X \cdot b^3 \quad - \quad 373621248000 \cdot H^{12} \cdot X \cdot b^4 \quad - \\
& 2387024640 \cdot H^{14} \cdot X^3 \cdot b \quad + \quad 11675664000 \cdot H^{14} \cdot X \cdot b^5 \quad + \\
& 864864000 \cdot H^{16} \cdot X \cdot b^6 \quad + \quad 12540528 \cdot H^{18} \cdot X^4 \cdot b \quad + \quad 24216192 \cdot H^{18} \cdot X \cdot b^7 \quad + \\
& 858 \cdot H^{22} \cdot X^5 \cdot b \quad + \quad 336960 \cdot H^{20} \cdot X \cdot b^8 \quad + \quad 2574 \cdot H^{22} \cdot X \cdot b^9 \quad + \\
& 10 \cdot H^{24} \cdot X \cdot b^{10} \quad + \quad 27143051630542848000 \cdot H^4 \cdot a^2 \cdot b \quad + \\
& 1292526268121088000 \cdot H^5 \cdot a \cdot b^2 \quad + \quad 25850525362421760000 \cdot H^5 \cdot a^3 \cdot b \quad + \\
& 24234867527270400000 \cdot H^6 \cdot a^4 \cdot b \quad + \quad 29919589539840000 \cdot H^7 \cdot a \cdot b^3 \quad + \\
& 22619209692119040000 \cdot H^7 \cdot a^5 \cdot b \quad + \quad 407994402816000 \cdot H^9 \cdot a \cdot b^4 \quad + \\
& 21111262379311104000 \cdot H^8 \cdot a^6 \cdot b \quad + \quad 19740401185849344000 \cdot H^9 \cdot a^7 \cdot b \quad + \\
& 3661488230400 \cdot H^{11} \cdot a \cdot b^5 \quad + \quad 18506626111733760000 \cdot H^{10} \cdot a^8 \cdot b \quad - \\
& 261534873600 \cdot H^{13} \cdot a \cdot b^6 \quad + \quad 17399392070860800000 \cdot H^{11} \cdot a^9 \cdot b \quad + \\
& 16405141095383040000 \cdot H^{12} \cdot a^{10} \cdot b \quad - \quad 31135104000 \cdot H^{15} \cdot a \cdot b^7 \quad - \\
& 17896517558599680000 \cdot H^{13} \cdot a^{11} \cdot b \quad - \quad 1037836800 \cdot H^{17} \cdot a \cdot b^8 \quad - \\
& 14826240 \cdot H^{19} \cdot a \cdot b^9 \quad - \quad 102960 \cdot H^{21} \cdot a \cdot b^{10} \quad - \quad 312 \cdot H^{23} \cdot a \cdot b^{11} \quad + \\
& 5181528915763200 \cdot H^{10} \cdot X^2 \cdot a^2 \quad + \quad 5757254350848000 \cdot H^{11} \cdot X^2 \cdot a^3 \quad + \\
& 6036473963520000 \cdot H^{12} \cdot X^2 \cdot a^4 \quad - \quad 373102329600 \cdot H^{14} \cdot X^3 \cdot a^2 \quad + \\
& 3729138584371200 \cdot H^{13} \cdot X^2 \cdot a^5 \quad - \quad 224172748800 \cdot H^{15} \cdot X^3 \cdot a^3 \quad + \\
& 11020730860339200 \cdot H^{14} \cdot X^2 \cdot a^6 \quad - \quad 186925939200 \cdot H^{16} \cdot X^3 \cdot a^4 \quad + \\
& 12938653266739200 \cdot H^{15} \cdot X^2 \cdot a^7 \quad + \quad 473080608 \cdot H^{18} \cdot X^4 \cdot a^2 \quad - \\
& 14493275596800 \cdot H^{17} \cdot X^3 \cdot a^5 \quad + \quad 13537045057536000 \cdot H^{16} \cdot X^2 \cdot a^8 \quad + \\
& 1788044544 \cdot H^{19} \cdot X^4 \cdot a^3 \quad - \quad 9115874127360 \cdot H^{18} \cdot X^3 \cdot a^6 \quad + \\
& 1703115096883200 \cdot H^{17} \cdot X^2 \cdot a^9 \quad + \quad 2891760768 \cdot H^{20} \cdot X^4 \cdot a^4 \quad - \\
& 4004468582400 \cdot H^{19} \cdot X^3 \cdot a^7 \quad - \quad 142792 \cdot H^{22} \cdot X^5 \cdot a^2 \quad + \\
& 230150688768000 \cdot H^{18} \cdot X^2 \cdot a^{10} \quad + \quad 951275520 \cdot H^{21} \cdot X^4 \cdot a^5 \quad - \\
& 277794316800 \cdot H^{20} \cdot X^3 \cdot a^8 \quad - \quad 80912 \cdot H^{23} \cdot X^5 \cdot a^3 \quad + \\
& 207403040 \cdot H^{22} \cdot X^4 \cdot a^6 \quad - \quad 20295475200 \cdot H^{21} \cdot X^3 \cdot a^9 \quad - \quad 9640 \cdot H^{24} \cdot X^5 \cdot a^4 \\
& + \quad 7745920 \cdot H^{23} \cdot X^4 \cdot a^7 \quad + \quad 246400 \cdot H^{24} \cdot X^4 \cdot a^8 \quad +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 1494484992000 * H^{12} * X^2 * b^2 + 37621584000 * H^{14} * X^2 * b^3 + \\
& 484323840 * H^{16} * X^3 * b^2 + 1585584000 * H^{16} * X^2 * b^4 + \\
& 44972928 * H^{18} * X^3 * b^3 + 55351296 * H^{18} * X^2 * b^5 + 379080 * H^{20} * X^4 * b^2 + \\
& 1010880 * H^{20} * X^3 * b^4 + 926640 * H^{20} * X^2 * b^6 + 6292 * H^{22} * X^4 * b^3 + \\
& 11440 * H^{22} * X^3 * b^5 + 8294 * H^{22} * X^2 * b^7 + 12 * H^{24} * X^5 * b^2 + \\
& 46 * H^{24} * X^4 * b^4 + 62 * H^{24} * X^3 * b^6 + 37 * H^{24} * X^2 * b^8 + \\
& 1615657835151360000 * H^6 * a^2 * b^2 + 1795175372390400000 * H^7 * a^3 * b^2 + \\
& 44879384309760000 * H^8 * a^2 * b^3 + 1884934141009920000 * H^8 * a^4 * b^2 + \\
& 57119216394240000 * H^9 * a^3 * b^3 + 1919205670846464000 * H^9 * a^5 * b^2 + \\
& 713990204928000 * H^{10} * a^2 * b^4 + 66639085793280000 * H^{10} * a^4 * b^3 + \\
& 1919205670846464000 * H^{10} * a^6 * b^2 + 1025216704512000 * H^{11} * a^3 * b^4 + \\
& 73815602724864000 * H^{11} * a^5 * b^3 + 7322976460800 * H^{12} * a^2 * b^5 + \\
& 1898115498639360000 * H^{11} * a^7 * b^2 + 1318135762944000 * H^{12} * a^4 * b^4 + \\
& 79088145776640000 * H^{12} * a^6 * b^3 - 97639686144000 * H^{13} * a^3 * b^5 + \\
& 1864220579020800000 * H^{12} * a^8 * b^2 - 9490577493196800 * H^{13} * a^5 * b^4 + \\
& 2615348736000 * H^{14} * a^2 * b^6 - 338949196185600000 * H^{13} * a^7 * b^3 + \\
& 439378587648000 * H^{14} * a^4 * b^5 - 4556983637606400000 * H^{13} * a^9 * b^2 + \\
& 23726443732992000 * H^{14} * a^6 * b^4 - 10461394944000 * H^{15} * a^3 * b^6 + \\
& 466055144755200000 * H^{14} * a^8 * b^3 - 878757175296000 * H^{15} * a^5 * b^5 + \\
& 140107968000 * H^{16} * a^2 * b^7 + 2734190182563840000 * H^{14} * a^{10} * b^2 - \\
& 24856274386944000 * H^{15} * a^7 * b^4 + 19615115520000 * H^{16} * a^4 * b^6 - \\
& 207135619891200000 * H^{15} * a^9 * b^3 + 805527410688000 * H^{16} * a^6 * b^5 - \\
& 280215936000 * H^{17} * a^3 * b^7 + 9321102895104000 * H^{16} * a^8 * b^4 - \\
& 17261301657600 * H^{17} * a^5 * b^6 + 2594592000 * H^{18} * a^2 * b^8 - \\
& 276180826521600 * H^{17} * a^7 * b^5 + 256864608000 * H^{18} * a^4 * b^7 + \\
& 5753767219200 * H^{18} * a^6 * b^6 - 2718144000 * H^{19} * a^3 * b^8 - \\
& 88067865600 * H^{19} * a^5 * b^7 + 20386080 * H^{20} * a^2 * b^9 + \\
& 1019304000 * H^{20} * a^4 * b^8 - 9060480 * H^{21} * a^3 * b^9 + 61776 * H^{22} * a^2 * b^{10} - \\
& 3662157759676416000 * H^5 * X * a - 161565783515136000 * H^6 * X * b + \\
& 27143051630542848000 * H^3 * a * b - 278252182720512000 * H^7 * X * a * b + \\
& 15668741088000 * H^{14} * X^2 * a^2 * b^2 + 6507236736000 * H^{15} * X^2 * a^3 * b^2 + \\
& 609152544000 * H^{16} * X^2 * a^2 * b^3 + 43781721984000 * H^{16} * X^2 * a^4 * b^2 -
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 1121786265600 \cdot H^{17} \cdot X^2 \cdot a^3 \cdot b^3 + 6600642048 \cdot H^{18} \cdot X^3 \cdot a^2 \cdot b^2 - \\
& 40280521881600 \cdot H^{17} \cdot X^2 \cdot a^5 \cdot b^2 + 18854035200 \cdot H^{18} \cdot X^2 \cdot a^2 \cdot b^4 + \\
& 1093568636160 \cdot H^{18} \cdot X^2 \cdot a^4 \cdot b^3 - 6856971264 \cdot H^{19} \cdot X^3 \cdot a^3 \cdot b^2 + \\
& 17318382681600 \cdot H^{18} \cdot X^2 \cdot a^6 \cdot b^2 - 20173570560 \cdot H^{19} \cdot X^2 \cdot a^3 \cdot b^4 + \\
& 156821184 \cdot H^{20} \cdot X^3 \cdot a^2 \cdot b^3 - 556824153600 \cdot H^{19} \cdot X^2 \cdot a^5 \cdot b^3 + \\
& 240623136 \cdot H^{20} \cdot X^2 \cdot a^2 \cdot b^5 + 5484697920 \cdot H^{20} \cdot X^3 \cdot a^4 \cdot b^2 - \\
& 3748864204800 \cdot H^{19} \cdot X^2 \cdot a^7 \cdot b^2 + 11220206400 \cdot H^{20} \cdot X^2 \cdot a^4 \cdot b^4 - \\
& 106404480 \cdot H^{21} \cdot X^3 \cdot a^3 \cdot b^3 + 437528 \cdot H^{22} \cdot X^4 \cdot a^2 \cdot b^2 + \\
& 152759692800 \cdot H^{20} \cdot X^2 \cdot a^6 \cdot b^3 - 147064320 \cdot H^{21} \cdot X^2 \cdot a^3 \cdot b^5 - \\
& 2431877760 \cdot H^{21} \cdot X^3 \cdot a^5 \cdot b^2 + 1284140 \cdot H^{22} \cdot X^3 \cdot a^2 \cdot b^4 + \\
& 1141620480000 \cdot H^{20} \cdot X^2 \cdot a^8 \cdot b^2 - 3220588800 \cdot H^{21} \cdot X^2 \cdot a^5 \cdot b^4 + \\
& 1289756 \cdot H^{22} \cdot X^2 \cdot a^2 \cdot b^6 + 41054000 \cdot H^{22} \cdot X^3 \cdot a^4 \cdot b^3 - \\
& 99840 \cdot H^{23} \cdot X^4 \cdot a^3 \cdot b^2 - 30443212800 \cdot H^{21} \cdot X^2 \cdot a^7 \cdot b^3 + \\
& 42845088 \cdot H^{22} \cdot X^2 \cdot a^4 \cdot b^5 + 136547840 \cdot H^{22} \cdot X^3 \cdot a^6 \cdot b^2 - \\
& 469040 \cdot H^{23} \cdot X^3 \cdot a^3 \cdot b^4 + 2000 \cdot H^{24} \cdot X^4 \cdot a^2 \cdot b^3 + \\
& 518918400 \cdot H^{22} \cdot X^2 \cdot a^6 \cdot b^4 - 380016 \cdot H^{23} \cdot X^2 \cdot a^3 \cdot b^6 - \\
& 4580160 \cdot H^{23} \cdot X^3 \cdot a^5 \cdot b^3 + 3688 \cdot H^{24} \cdot X^3 \cdot a^2 \cdot b^5 + \\
& 44200 \cdot H^{24} \cdot X^4 \cdot a^4 \cdot b^2 - 5765760 \cdot H^{23} \cdot X^2 \cdot a^5 \cdot b^5 - \\
& 38438400 \cdot H^{23} \cdot X^3 \cdot a^7 \cdot b^2 + 2208 \cdot H^{24} \cdot X^2 \cdot a^2 \cdot b^7 + \\
& 58680 \cdot H^{24} \cdot X^3 \cdot a^4 \cdot b^4 + 36960 \cdot H^{24} \cdot X^2 \cdot a^4 \cdot b^6 + \\
& 492800 \cdot H^{24} \cdot X^3 \cdot a^6 \cdot b^3 - 348862414034534400 \cdot H^8 \cdot X \cdot a^2 \cdot b - \\
& 7996690295193600 \cdot H^9 \cdot X \cdot a \cdot b^2 - 388410671480832000 \cdot H^9 \cdot X \cdot a^3 \cdot b + \\
& 202253635584000 \cdot H^{11} \cdot X^2 \cdot a \cdot b - 408402397218816000 \cdot H^{10} \cdot X \cdot a^4 \cdot b - \\
& 123793173504000 \cdot H^{11} \cdot X \cdot a \cdot b^3 - 416237982031872000 \cdot H^{11} \cdot X \cdot a^5 \cdot b - \\
& 2428538112000 \cdot H^{13} \cdot X \cdot a \cdot b^4 - 416530901090304000 \cdot H^{12} \cdot X \cdot a^6 \cdot b - \\
& 30201050880 \cdot H^{15} \cdot X^3 \cdot a \cdot b - 753823012316774400 \cdot H^{13} \cdot X \cdot a^7 \cdot b - \\
& 132324192000 \cdot H^{15} \cdot X \cdot a \cdot b^5 - 22031697752064000 \cdot H^{14} \cdot X \cdot a^8 \cdot b - \\
& 5419814400 \cdot H^{17} \cdot X \cdot a \cdot b^6 + 3335904 \cdot H^{19} \cdot X^4 \cdot a \cdot b - \\
& 95282385149952000 \cdot H^{15} \cdot X \cdot a^9 \cdot b + 74568823160832000 \cdot H^{16} \cdot X \cdot a^{10} \cdot b - \\
& 91922688 \cdot H^{19} \cdot X \cdot a \cdot b^7 - 312 \cdot H^{23} \cdot X^5 \cdot a \cdot b - 739440 \cdot H^{21} \cdot X \cdot a \cdot b^8 - \\
& 2548 \cdot H^{23} \cdot X \cdot a \cdot b^9 - 12013168527360000 \cdot H^{10} \cdot X \cdot a^2 \cdot b^2 - \\
& 15305020803072000 \cdot H^{11} \cdot X \cdot a^3 \cdot b^2 + 303754074624000 \cdot H^{12} \cdot X^2 \cdot a^2 \cdot b -
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 216824864256000 * H^{12} * X * a^2 * b^3 + 2864429568000 * H^{13} * X^2 * a * b^2 - \\
& 17868062564352000 * H^{12} * X * a^4 * b^2 + 259542226944000 * H^{13} * X^2 * a^3 * b - \\
& 596299511808000 * H^{13} * X * a^3 * b^3 - 36751577864601600 * H^{13} * X * a^5 * b^2 + \\
& 7355668320000 * H^{14} * X * a^2 * b^4 + 880282795392000 * H^{14} * X^2 * a^4 * b - \\
& 54486432000 * H^{15} * X^2 * a * b^3 + 641632223232000 * H^{14} * X * a^4 * b^3 + \\
& 27664116480 * H^{16} * X^3 * a^2 * b + 13532860499558400 * H^{14} * X * a^6 * b^2 - \\
& 26589378816000 * H^{15} * X * a^3 * b^4 + 779373923328000 * H^{15} * X^2 * a^5 * b - \\
& 6711344640 * H^{17} * X^3 * a * b^2 - 1297212973056000 * H^{15} * X * a^5 * b^3 + \\
& 529873344000 * H^{16} * X * a^2 * b^5 - 8763955200 * H^{17} * X^2 * a * b^4 - \\
& 675862387200 * H^{17} * X^3 * a^3 * b - 19834804813824000 * H^{15} * X * a^7 * b^2 + \\
& 49037788800000 * H^{16} * X * a^4 * b^4 + 1273674834432000 * H^{16} * X^2 * a^6 * b + \\
& 1443672502272000 * H^{16} * X * a^6 * b^3 - 1012928716800 * H^{17} * X * a^3 * b^5 - \\
& 100172007936 * H^{18} * X^3 * a^4 * b - 130470912 * H^{19} * X^3 * a * b^3 + \\
& 16110548213760000 * H^{16} * X * a^8 * b^2 - 49430091110400 * H^{17} * X * a^5 * b^4 - \\
& 396486868377600 * H^{17} * X^2 * a^7 * b + 12516311808 * H^{18} * X * a^2 * b^6 - \\
& 186810624 * H^{19} * X^2 * a * b^5 + 53172288 * H^{20} * X^4 * a^2 * b - \\
& 874572617318400 * H^{17} * X * a^7 * b^3 + 1014485472000 * H^{18} * X * a^4 * b^5 - \\
& 126072460800 * H^{19} * X^3 * a^5 * b - 617760 * H^{21} * X^4 * a * b^2 - \\
& 5523616530432000 * H^{17} * X * a^9 * b^2 + 26611173388800 * H^{18} * X * a^6 * b^4 + \\
& 2876883609600 * H^{18} * X^2 * a^8 * b - 13610488320 * H^{19} * X * a^3 * b^6 - \\
& 1759680 * H^{21} * X^3 * a * b^4 - 22838400 * H^{21} * X^4 * a^3 * b + \\
& 230150688768000 * H^{18} * X * a^8 * b^3 - 524601792000 * H^{19} * X * a^5 * b^5 + \\
& 123158880 * H^{20} * X * a^2 * b^7 + 111344613120 * H^{20} * X^3 * a^6 * b - \\
& 1825200 * H^{21} * X^2 * a * b^6 - 6164750592000 * H^{19} * X * a^7 * b^4 - \\
& 24659002368000 * H^{19} * X^2 * a^9 * b + 7162309440 * H^{20} * X * a^4 * b^6 - \\
& 3571360 * H^{22} * X^4 * a^4 * b - 4576 * H^{23} * X^4 * a * b^3 + \\
& 114162048000 * H^{20} * X * a^6 * b^5 - 70012800 * H^{21} * X * a^3 * b^7 + \\
& 3274951680 * H^{21} * X^3 * a^7 * b - 9204 * H^{23} * X^3 * a * b^5 + 512 * H^{24} * X^5 * a^2 * b - \\
& 1522160640 * H^{21} * X * a^5 * b^6 + 495924 * H^{22} * X * a^2 * b^8 - \\
& 7436 * H^{23} * X^2 * a * b^7 - 4141280 * H^{23} * X^4 * a^5 * b + \\
& 14826240 * H^{22} * X * a^4 * b^7 + 1383782400 * H^{22} * X^3 * a^8 * b - \\
& 102960 * H^{23} * X * a^3 * b^8 - 51520 * H^{24} * X^4 * a^6 * b + 440 * H^{24} * X * a^2 * b^9 +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 271430516305428480000)) / (43589145600 * (3113510400 * H * a + 51891840 * H^4 * X \\
& + 1037836800 * H^2 * b + 17160 * H^8 * X^2 + H^{12} * X^3 + 2075673600 * H^2 * a^2 + \\
& 1556755200 * H^3 * a^3 + 1245404160 * H^4 * a^4 + 1037836800 * H^5 * a^5 + \\
& 889574400 * H^6 * a^6 + 778377600 * H^7 * a^7 + 691891200 * H^8 * a^8 + \\
& 622702080 * H^9 * a^9 + 566092800 * H^{10} * a^{10} + 518918400 * H^{11} * a^{11} + \\
& 479001600 * H^{12} * a^{12} + 51891840 * H^4 * b^2 + 1235520 * H^6 * b^3 + \\
& 17160 * H^8 * b^4 + 156 * H^{10} * b^5 + H^{12} * b^6 + 46949760 * H^6 * X * a^2 + \\
& 42007680 * H^7 * X * a^3 + 25740 * H^9 * X^2 * a + 37752000 * H^8 * X * a^4 + \\
& 34182720 * H^9 * X * a^5 + 31187520 * H^{10} * X * a^6 + 28654080 * H^{11} * X * a^7 + \\
& 26490240 * H^{12} * X * a^8 + 51480 * H^8 * X * b^2 + 468 * H^{10} * X^2 * b + \\
& 624 * H^{10} * X * b^3 + 5 * H^{12} * X * b^4 + 934053120 * H^4 * a^2 * b + \\
& 77837760 * H^5 * a * b^2 + 830269440 * H^5 * a^3 * b + 741312000 * H^6 * a^4 * b + \\
& 2471040 * H^7 * a * b^3 + 667180800 * H^7 * a^5 * b + 42900 * H^9 * a * b^4 + \\
& 605404800 * H^8 * a^6 * b + 553512960 * H^9 * a^7 * b + 468 * H^{11} * a * b^5 + \\
& 509483520 * H^{10} * a^8 * b + 471744000 * H^{11} * a^9 * b + 439084800 * H^{12} * a^{10} * b + \\
& 29328 * H^{10} * X^2 * a^2 + 30420 * H^{11} * X^2 * a^3 + 30280 * H^{12} * X^2 * a^4 + \\
& 6 * H^{12} * X^2 * b^2 + 88957440 * H^6 * a^2 * b^2 + 92664000 * H^7 * a^3 * b^2 + \\
& 3432000 * H^8 * a^2 * b^3 + 92664000 * H^8 * a^4 * b^2 + 4118400 * H^9 * a^3 * b^3 + \\
& 90810720 * H^9 * a^5 * b^2 + 70200 * H^{10} * a^2 * b^4 + 4586400 * H^{10} * a^4 * b^3 + \\
& 88058880 * H^{10} * a^6 * b^2 + 95550 * H^{11} * a^3 * b^4 + 4892160 * H^{11} * a^5 * b^3 + \\
& 882 * H^{12} * a^2 * b^5 + 84913920 * H^{11} * a^7 * b^2 + 117600 * H^{12} * a^4 * b^4 + \\
& 5080320 * H^{12} * a^6 * b^3 + 81648000 * H^{12} * a^8 * b^2 + 51891840 * H^5 * X * a + \\
& 2471040 * H^6 * X * b + 1037836800 * H^3 * a * b + 3706560 * H^7 * X * a * b + \\
& 4255680 * H^8 * X * a^2 * b + 102960 * H^9 * X * a * b^2 + 4461600 * H^9 * X * a^3 * b + \\
& 936 * H^{11} * X^2 * a * b + 4492800 * H^{10} * X * a^4 * b + 1560 * H^{11} * X * a * b^3 + \\
& 4433520 * H^{11} * X * a^5 * b + 4327680 * H^{12} * X * a^6 * b + 143520 * H^{10} * X * a^2 * b^2 + \\
& 173160 * H^{11} * X * a^3 * b^2 + 1300 * H^{12} * X^2 * a^2 * b + 2560 * H^{12} * X * a^2 * b^3 + \\
& 194040 * H^{12} * X * a^4 * b^2 + 6227020800)) + (A^2 * D0 * (2982752926433280000 * H * a \\
& - 248562743869440000 * H^4 * X + 591816056832000 * H^8 * X^2 - \\
& 199264665600 * H^{12} * X^3 + 20243520 * H^{16} * X^4 + 7920 * H^{20} * X^5 + H^{24} * X^6 \\
& + 2982752926433280000 * H^2 * a^2 + 2982752926433280000 * H^3 * a^3 + \\
& 2982752926433280000 * H^4 * a^4 + 2982752926433280000 * H^5 * a^5 +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 2982752926433280000 * H^6 * a^6 + 2982752926433280000 * H^7 * a^7 + \\
& 2982752926433280000 * H^8 * a^8 + 2982752926433280000 * H^9 * a^9 + \\
& 2982752926433280000 * H^{10} * a^{10} + 2982752926433280000 * H^{11} * a^{11} + \\
& 2982752926433280000 * H^{12} * a^{12} + 410572800 * H^{14} * b^7 + \\
& 49896000 * H^{16} * b^8 + 1774080 * H^{18} * b^9 + 28512 * H^{20} * b^{10} + 240 * H^{22} * b^{11} \\
& + H^{24} * b^{12} - 447412938964992000 * H^6 * X * a^2 - \\
& 497125487738880000 * H^7 * X * a^3 + 1183632113664000 * H^9 * X^2 * a - \\
& 532634451148800000 * H^8 * X * a^4 - 559266173706240000 * H^9 * X * a^5 - \\
& 579979735695360000 * H^{10} * X * a^6 - 511573708800 * H^{13} * X^3 * a - \\
& 596550585286656000 * H^{11} * X * a^7 - 610108553134080000 * H^{12} * X * a^8 - \\
& 338437440 * H^{17} * X^4 * a - 786535955251200000 * H^{13} * X * a^9 - \\
& 334603693670400000 * H^{14} * X * a^{10} - 127468073779200000 * H^{15} * X * a^{11} - \\
& 114840 * H^{21} * X^5 * a - 443862042624000 * H^8 * X * b^2 + \\
& 26302935859200 * H^{10} * X^2 * b - 6575733964800 * H^{10} * X * b^3 - \\
& 62270208000 * H^{12} * X * b^4 - 4926873600 * H^{14} * X^3 * b + \\
& 2052864000 * H^{14} * X * b^5 + 299376000 * H^{16} * X * b^6 + 6842880 * H^{18} * X^4 * b + \\
& 12418560 * H^{18} * X * b^7 + 720 * H^{22} * X^5 * b + 228096 * H^{20} * X * b^8 + \\
& 2160 * H^{22} * X * b^9 + 10 * H^{24} * X * b^{10} - 23471078400 * H^{13} * a * b^6 - \\
& 8211456000 * H^{15} * a * b^7 - 2753310393630720000 * H^{13} * a^{11} * b - \\
& 449064000 * H^{17} * a * b^8 - 8870400 * H^{19} * a * b^9 - 78408 * H^{21} * a * b^{10} - \\
& 288 * H^{23} * a * b^{11} + 1688319695462400 * H^{10} * X^2 * a^2 + \\
& 2105878802227200 * H^{11} * X^2 * a^3 + 2451104835379200 * H^{12} * X^2 * a^4 - \\
& 652126464000 * H^{14} * X^3 * a^2 + 2540697294643200 * H^{13} * X^2 * a^5 - \\
& 847832832000 * H^{15} * X^3 * a^3 + 3968677704499200 * H^{14} * X^2 * a^6 - \\
& 1047188736000 * H^{16} * X^3 * a^4 + 4745610635673600 * H^{15} * X^2 * a^7 + \\
& 350824320 * H^{18} * X^4 * a^2 - 7133143564800 * H^{17} * X^3 * a^5 + \\
& 5290086006374400 * H^{16} * X^2 * a^8 + 1178432640 * H^{19} * X^4 * a^3 - \\
& 5041041984000 * H^{18} * X^3 * a^6 + 794905071206400 * H^{17} * X^2 * a^9 + \\
& 2020125888 * H^{20} * X^4 * a^4 - 2471570956800 * H^{19} * X^3 * a^7 - \\
& 121200 * H^{22} * X^5 * a^2 + 123927293952000 * H^{18} * X^2 * a^{10} + \\
& 734342400 * H^{21} * X^4 * a^5 - 192709440000 * H^{20} * X^3 * a^8 - \\
& 74688 * H^{23} * X^5 * a^3 + 175540800 * H^{22} * X^4 * a^6 -
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 15611904000 * H^{21} * X^3 * a^9 - 9640 * H^{24} * X^5 * a^4 + 7150080 * H^{23} * X^4 * a^7 + \\
& 246400 * H^{24} * X^4 * a^8 + 498161664000 * H^{12} * X^2 * b^2 + \\
& 9580032000 * H^{14} * X^2 * b^3 + 115758720 * H^{16} * X^3 * b^2 + \\
& 548856000 * H^{16} * X^2 * b^4 + 23063040 * H^{18} * X^3 * b^3 + \\
& 28385280 * H^{18} * X^2 * b^5 + 256608 * H^{20} * X^4 * b^2 + 684288 * H^{20} * X^3 * b^4 + \\
& 627264 * H^{20} * X^2 * b^6 + 5280 * H^{22} * X^4 * b^3 + 9600 * H^{22} * X^3 * b^5 + \\
& 6960 * H^{22} * X^2 * b^7 + 12 * H^{24} * X^5 * b^2 + 46 * H^{24} * X^4 * b^4 + \\
& 62 * H^{24} * X^3 * b^6 + 37 * H^{24} * X^2 * b^8 - 9012894105600 * H^{13} * a^3 * b^5 - \\
& 912555528192000 * H^{13} * a^5 * b^4 + 469421568000 * H^{14} * a^2 * b^6 - \\
& 34764020121600000 * H^{13} * a^7 * b^3 + 81116046950400 * H^{14} * a^4 * b^5 - \\
& 525805804339200000 * H^{13} * a^9 * b^2 + 4562777640960000 * H^{14} * a^6 * b^4 - \\
& 2816529408000 * H^{15} * a^3 * b^6 + 95601055334400000 * H^{14} * a^8 * b^3 - \\
& 243348140851200 * H^{15} * a^5 * b^5 + 49268736000 * H^{16} * a^2 * b^7 + \\
& 630966965207040000 * H^{14} * a^{10} * b^2 - 7170079150080000 * H^{15} * a^7 * b^4 + \\
& 7041323520000 * H^{16} * a^4 * b^6 - 63734036889600000 * H^{15} * a^9 * b^3 + \\
& 297425505484800 * H^{16} * a^6 * b^5 - 123171840000 * H^{17} * a^3 * b^7 + \\
& 3585039575040000 * H^{16} * a^8 * b^4 - 7745455872000 * H^{17} * a^5 * b^6 + \\
& 1347192000 * H^{18} * a^2 * b^8 - 127468073779200 * H^{17} * a^7 * b^5 + \\
& 135489024000 * H^{18} * a^4 * b^7 + 3098182348800 * H^{18} * a^6 * b^6 - \\
& 1646568000 * H^{19} * a^3 * b^8 - 54195609600 * H^{19} * a^5 * b^7 + \\
& 13939200 * H^{20} * a^2 * b^9 + 705672000 * H^{20} * a^4 * b^8 - 6969600 * H^{21} * a^3 * b^9 + \\
& 52272 * H^{22} * a^2 * b^{10} - 372844115804160000 * H^5 * X * a - \\
& 16570849591296000 * H^6 * X * b - 33141699182592000 * H^7 * X * a * b + \\
& 4409551872000 * H^{14} * X^2 * a^2 * b^2 + 2932858368000 * H^{15} * X^2 * a^3 * b^2 + \\
& 214068096000 * H^{16} * X^2 * a^2 * b^3 + 15682284288000 * H^{16} * X^2 * a^4 * b^2 - \\
& 492060096000 * H^{17} * X^2 * a^3 * b^3 + 3420426240 * H^{18} * X^3 * a^2 * b^2 - \\
& 17999511552000 * H^{17} * X^2 * a^5 * b^2 + 9780724800 * H^{18} * X^2 * a^2 * b^4 + \\
& 574091020800 * H^{18} * X^2 * a^4 * b^3 - 4123405440 * H^{19} * X^3 * a^3 * b^2 + \\
& 9228855398400 * H^{18} * X^2 * a^6 * b^2 - 12182385600 * H^{19} * X^2 * a^3 * b^4 + \\
& 107002368 * H^{20} * X^3 * a^2 * b^3 - 339205363200 * H^{19} * X^2 * a^5 * b^3 + \\
& 164305152 * H^{20} * X^2 * a^2 * b^5 + 3750848640 * H^{20} * X^3 * a^4 * b^2 - \\
& 2277721036800 * H^{19} * X^2 * a^7 * b^2 + 7710436800 * H^{20} * X^2 * a^4 * b^4 -
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 81322560H^{21}X^3a^3b^3 + 369120H^{22}X^4a^2b^2 + \\
& 105171264000H^{20}X^2a^6b^3 - 112584384H^{21}X^2a^3b^5 - \\
& 1868771520H^{21}X^3a^5b^2 + 1083000H^{22}X^3a^2b^4 + \\
& 790352640000H^{20}X^2a^8b^2 - 2470723200H^{21}X^2a^5b^4 + \\
& 1088616H^{22}X^2a^2b^6 + 34703040H^{22}X^3a^4b^3 - \\
& 92160H^{23}X^4a^3b^2 - 23417856000H^{21}X^2a^7b^3 + \\
& 36216576H^{22}X^2a^4b^5 + 115294080H^{22}X^3a^6b^2 - \\
& 432960H^{23}X^3a^3b^4 + 2000H^{24}X^4a^2b^3 + \\
& 439084800H^{22}X^2a^6b^4 - 350784H^{23}X^2a^3b^6 - \\
& 4227840H^{23}X^3a^5b^3 + 3688H^{24}X^3a^2b^5 + \\
& 44200H^{24}X^4a^4b^2 - 5322240H^{23}X^2a^5b^5 - \\
& 35481600H^{23}X^3a^7b^2 + 2208H^{24}X^2a^2b^7 + \\
& 58680H^{24}X^3a^4b^4 + 36960H^{24}X^2a^4b^6 + \\
& 492800H^{24}X^3a^6b^3 - 47345284546560000H^8Xa^2b - \\
& 1109655106560000H^9Xa^3b + 59181605683200000H^9Xa^3b + \\
& 65757339648000H^{11}X^2a^3b - 69045206630400000H^{10}Xa^4b - \\
& 19727201894400H^{11}Xa^5b - 77330631426048000H^{11}Xa^5b - \\
& 318536064000H^{13}Xa^6b - 84360688828416000H^{12}Xa^6b - \\
& 20528640000H^{15}X^3a^3b - 118545308614656000H^{13}Xa^7b - \\
& 34898688000H^{15}Xa^8b - 6952804024320000H^{14}Xa^8b - \\
& 2345112000H^{17}Xa^9b + 2661120H^{19}X^4a^3b - \\
& 25493614755840000H^{15}Xa^9b + 28680316600320000H^{16}Xa^{10}b - \\
& 54996480H^{19}Xa^{11}b - 288H^{23}X^5a^3b - 563112H^{21}Xa^{11}b - \\
& 2352H^{23}Xa^{12}b - 1849425177600000H^{10}Xa^2b^2 - \\
& 2589195248640000H^{11}Xa^3b^2 + 109495933747200H^{12}X^2a^2b - \\
& 37661021798400H^{12}Xa^2b^3 + 1393894656000H^{13}X^2a^3b^2 - \\
& 3295339407360000H^{12}Xa^4b^2 + 142623684403200H^{13}X^2a^3b - \\
& 82054890086400H^{13}Xa^3b^3 - 5351405875200000H^{13}Xa^5b^2 + \\
& 1319649408000H^{14}Xa^2b^4 + 276322610995200H^{14}X^2a^4b - \\
& 9580032000H^{15}X^2a^3b^3 + 117918697881600H^{14}Xa^4b^3 - \\
& 12682137600H^{16}X^3a^2b + 2534876467200000H^{14}Xa^6b^2 - \\
& 7146703872000H^{15}Xa^3b^4 + 283109105664000H^{15}X^2a^5b -
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 2987772480 \cdot H^{17} \cdot X^3 \cdot a \cdot b^2 - 356009317171200 \cdot H^{15} \cdot X \cdot a^5 \cdot b^3 + \\
& 186240384000 \cdot H^{16} \cdot X \cdot a^2 \cdot b^5 - 3792096000 \cdot H^{17} \cdot X^2 \cdot a \cdot b^4 - \\
& 314179430400 \cdot H^{17} \cdot X^3 \cdot a^3 \cdot b - 5518788194304000 \cdot H^{15} \cdot X \cdot a^7 \cdot b^2 + \\
& 17531458560000 \cdot H^{16} \cdot X \cdot a^4 \cdot b^4 + 471199621939200 \cdot H^{16} \cdot X^2 \cdot a^6 \cdot b + \\
& 525001081651200 \cdot H^{16} \cdot X \cdot a^6 \cdot b^3 - 444445056000 \cdot H^{17} \cdot X \cdot a^3 \cdot b^5 - \\
& 55218746880 \cdot H^{18} \cdot X^3 \cdot a^4 \cdot b - 78059520 \cdot H^{19} \cdot X^3 \cdot a \cdot b^3 + \\
& 5948510109696000 \cdot H^{16} \cdot X \cdot a^8 \cdot b^2 - 22000543488000 \cdot H^{17} \cdot X \cdot a^5 \cdot b^4 - \\
& 183522757017600 \cdot H^{17} \cdot X^2 \cdot a^7 \cdot b + 6495128640 \cdot H^{18} \cdot X \cdot a^2 \cdot b^6 - \\
& 111767040 \cdot H^{19} \cdot X^2 \cdot a \cdot b^5 + 36343296 \cdot H^{20} \cdot X^4 \cdot a^2 \cdot b - \\
& 394796950732800 \cdot H^{17} \cdot X \cdot a^7 \cdot b^3 + 532718208000 \cdot H^{18} \cdot X \cdot a^4 \cdot b^5 - \\
& 74669760000 \cdot H^{19} \cdot X^3 \cdot a^5 \cdot b - 470448 \cdot H^{21} \cdot X^4 \cdot a \cdot b^2 - \\
& 2549361475584000 \cdot H^{17} \cdot X \cdot a^9 \cdot b^2 + 14131505203200 \cdot H^{18} \cdot X \cdot a^6 \cdot b^4 + \\
& 758738534400 \cdot H^{18} \cdot X^2 \cdot a^8 \cdot b - 8226187200 \cdot H^{19} \cdot X \cdot a^3 \cdot b^6 - \\
& 1340064 \cdot H^{21} \cdot X^3 \cdot a \cdot b^4 - 17601408 \cdot H^{21} \cdot X^4 \cdot a^3 \cdot b + \\
& 123927293952000 \cdot H^{18} \cdot X \cdot a^8 \cdot b^3 - 319904640000 \cdot H^{19} \cdot X \cdot a^5 \cdot b^5 + \\
& 84142080 \cdot H^{20} \cdot X \cdot a^2 \cdot b^7 + 77150937600 \cdot H^{20} \cdot X^3 \cdot a^6 \cdot b - \\
& 1389960 \cdot H^{21} \cdot X^2 \cdot a \cdot b^6 - 3793692672000 \cdot H^{19} \cdot X \cdot a^7 \cdot b^4 - \\
& 15174770688000 \cdot H^{19} \cdot X^2 \cdot a^9 \cdot b + 4929249600 \cdot H^{20} \cdot X \cdot a^4 \cdot b^6 - \\
& 3048000 \cdot H^{22} \cdot X^4 \cdot a^4 \cdot b - 4224 \cdot H^{23} \cdot X^4 \cdot a \cdot b^3 + \\
& 79035264000 \cdot H^{20} \cdot X \cdot a^6 \cdot b^5 - 53665920 \cdot H^{21} \cdot X \cdot a^3 \cdot b^7 + \\
& 2536934400 \cdot H^{21} \cdot X^3 \cdot a^7 \cdot b - 8496 \cdot H^{23} \cdot X^3 \cdot a \cdot b^5 + 512 \cdot H^{24} \cdot X^5 \cdot a^2 \cdot b - \\
& 1170892800 \cdot H^{21} \cdot X \cdot a^5 \cdot b^6 + 418968 \cdot H^{22} \cdot X \cdot a^2 \cdot b^8 - \\
& 6864 \cdot H^{23} \cdot X^2 \cdot a \cdot b^7 - 3822720 \cdot H^{23} \cdot X^4 \cdot a^5 \cdot b + \\
& 12545280 \cdot H^{22} \cdot X \cdot a^4 \cdot b^7 + 1170892800 \cdot H^{22} \cdot X^3 \cdot a^8 \cdot b - \\
& 95040 \cdot H^{23} \cdot X \cdot a^3 \cdot b^8 - 51520 \cdot H^{24} \cdot X^4 \cdot a^6 \cdot b + 440 \cdot H^{24} \cdot X \cdot a^2 \cdot b^9 + \\
& 2982752926433280000)) / (239500800 \cdot H \cdot (3113510400 \cdot H \cdot a + 51891840 \cdot H^4 \cdot X + \\
& 1037836800 \cdot H^2 \cdot b + 17160 \cdot H^8 \cdot X^2 + H^{12} \cdot X^3 + 2075673600 \cdot H^2 \cdot a^2 + \\
& 1556755200 \cdot H^3 \cdot a^3 + 1245404160 \cdot H^4 \cdot a^4 + 1037836800 \cdot H^5 \cdot a^5 + \\
& 889574400 \cdot H^6 \cdot a^6 + 778377600 \cdot H^7 \cdot a^7 + 691891200 \cdot H^8 \cdot a^8 + \\
& 622702080 \cdot H^9 \cdot a^9 + 566092800 \cdot H^{10} \cdot a^{10} + 518918400 \cdot H^{11} \cdot a^{11} + \\
& 479001600 \cdot H^{12} \cdot a^{12} + 51891840 \cdot H^4 \cdot b^2 + 1235520 \cdot H^6 \cdot b^3 + \\
& 17160 \cdot H^8 \cdot b^4 + 156 \cdot H^{10} \cdot b^5 + H^{12} \cdot b^6 + 46949760 \cdot H^6 \cdot X \cdot a^2 +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 42007680 \cdot H^7 \cdot X \cdot a^3 + 25740 \cdot H^9 \cdot X^2 \cdot a + 37752000 \cdot H^8 \cdot X \cdot a^4 + \\
& 34182720 \cdot H^9 \cdot X \cdot a^5 + 31187520 \cdot H^{10} \cdot X \cdot a^6 + 28654080 \cdot H^{11} \cdot X \cdot a^7 + \\
& 26490240 \cdot H^{12} \cdot X \cdot a^8 + 51480 \cdot H^8 \cdot X \cdot b^2 + 468 \cdot H^{10} \cdot X^2 \cdot b + \\
& 624 \cdot H^{10} \cdot X \cdot b^3 + 5 \cdot H^{12} \cdot X \cdot b^4 + 934053120 \cdot H^4 \cdot a^2 \cdot b + \\
& 77837760 \cdot H^5 \cdot a \cdot b^2 + 830269440 \cdot H^5 \cdot a^3 \cdot b + 741312000 \cdot H^6 \cdot a^4 \cdot b + \\
& 2471040 \cdot H^7 \cdot a \cdot b^3 + 667180800 \cdot H^7 \cdot a^5 \cdot b + 42900 \cdot H^9 \cdot a \cdot b^4 + \\
& 605404800 \cdot H^8 \cdot a^6 \cdot b + 553512960 \cdot H^9 \cdot a^7 \cdot b + 468 \cdot H^{11} \cdot a \cdot b^5 + \\
& 509483520 \cdot H^{10} \cdot a^8 \cdot b + 471744000 \cdot H^{11} \cdot a^9 \cdot b + 439084800 \cdot H^{12} \cdot a^{10} \cdot b + \\
& 29328 \cdot H^{10} \cdot X^2 \cdot a^2 + 30420 \cdot H^{11} \cdot X^2 \cdot a^3 + 30280 \cdot H^{12} \cdot X^2 \cdot a^4 + \\
& 6 \cdot H^{12} \cdot X^2 \cdot b^2 + 88957440 \cdot H^6 \cdot a^2 \cdot b^2 + 92664000 \cdot H^7 \cdot a^3 \cdot b^2 + \\
& 3432000 \cdot H^8 \cdot a^2 \cdot b^3 + 92664000 \cdot H^8 \cdot a^4 \cdot b^2 + 4118400 \cdot H^9 \cdot a^3 \cdot b^3 + \\
& 90810720 \cdot H^9 \cdot a^5 \cdot b^2 + 70200 \cdot H^{10} \cdot a^2 \cdot b^4 + 4586400 \cdot H^{10} \cdot a^4 \cdot b^3 + \\
& 88058880 \cdot H^{10} \cdot a^6 \cdot b^2 + 95550 \cdot H^{11} \cdot a^3 \cdot b^4 + 4892160 \cdot H^{11} \cdot a^5 \cdot b^3 + \\
& 882 \cdot H^{12} \cdot a^2 \cdot b^5 + 84913920 \cdot H^{11} \cdot a^7 \cdot b^2 + 117600 \cdot H^{12} \cdot a^4 \cdot b^4 + \\
& 5080320 \cdot H^{12} \cdot a^6 \cdot b^3 + 81648000 \cdot H^{12} \cdot a^8 \cdot b^2 + 51891840 \cdot H^5 \cdot X \cdot a + \\
& 2471040 \cdot H^6 \cdot X \cdot b + 1037836800 \cdot H^3 \cdot a \cdot b + 3706560 \cdot H^7 \cdot X \cdot a \cdot b + \\
& 4255680 \cdot H^8 \cdot X \cdot a^2 \cdot b + 102960 \cdot H^9 \cdot X \cdot a \cdot b^2 + 4461600 \cdot H^9 \cdot X \cdot a^3 \cdot b + \\
& 936 \cdot H^{11} \cdot X^2 \cdot a \cdot b + 4492800 \cdot H^{10} \cdot X \cdot a^4 \cdot b + 1560 \cdot H^{11} \cdot X \cdot a \cdot b^3 + \\
& 4433520 \cdot H^{11} \cdot X \cdot a^5 \cdot b + 4327680 \cdot H^{12} \cdot X \cdot a^6 \cdot b + 143520 \cdot H^{10} \cdot X \cdot a^2 \cdot b^2 + \\
& 173160 \cdot H^{11} \cdot X \cdot a^3 \cdot b^2 + 1300 \cdot H^{12} \cdot X^2 \cdot a^2 \cdot b + 2560 \cdot H^{12} \cdot X \cdot a^2 \cdot b^3 + \\
& 194040 \cdot H^{12} \cdot X \cdot a^4 \cdot b^2 + 6227020800)))
\end{aligned}$$

[S1]=solve(Denklem)

S2=vpa(S1)

Sonuc1=min(S2)

T1=2*3,1416*(m/(Sonuc1*h*D(0)))^0,5

⇒ AKIŞ ŞEMASI

