

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TEK KATLI UZUN ÇELİK BİR YAPININ KARŞI DÜZLEM HAREKETİNE
KARŞI DAYANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Abdullah Tarık TAŞDEMİR

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

MAYIS 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TEK KATLI UZUN ÇELİK BİR YAPININ KARŞI DÜZLEM HAREKETİNE
KARŞI DAYANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Abdullah Tarık TAŞDEMİR
(501111001)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Abdul HAYIR

MAYIS 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501111001 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Abdullah Tarık TAŞDEMİR**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**TEK KATLI UZUN BİR ÇELİK YAPININ KARŞI DÜZLEM HAREKETİNE KARŞI DAYANIMI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Abdul HAYIR**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Ünal ALDEMİR**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. İrfan ÇOŞKUN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **05 Mayıs 2014**

Savunma Tarihi : **30 Mayıs 2014**

Anneme,

ÖNSÖZ

Ülkemizde deprem yıllardır büyük sorunlar oluşturmaktadır. Deprem kuşağında bulunan Türkiye tarihte büyük depremlere sahne olmuş ve bu depremler çok büyük maddi ve manevi yıkımlara sebebiyet vermiştir. Özellikle 1999 Gölcük depremi binlerce ölümlere sebebiyet vermiş ve ülke ekonomisine büyük zararlar vermiştir. Bu çalışmanın deprem konusunda mühendislik çalışmalarına yardımcı olması ve depremlerde ölümlerin olmaması dileğiyle.

Tez boyunca bana yardımcı olan hocam Prof. Dr. Abdul Hayır'a ve aileme teşekkürlerimi ve minnettarlıklarımı iletmeyi bir borç bilirim

Mayıs 2014

Abdullah Tarık Taşdemir
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
2. YAPININ GENEL BİLGİLERİ VE YÜKLEMELER.....	11
2.1 Yapının Genel Bilgileri	11
2.2 Yüklemeler	14
2.2.1 Kar yükü.....	14
2.2.2 Çatı kaplamasının yükü.....	15
2.2.3 Deprem yükü.....	16
2.2.4 Yük kombinasyonları	19
2.2.5 Love dalgalarından oluşan yer değiştirmelerinin yapıya uygulaması.....	20
3. KESİT TESİRLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	23
3.1 Çerçeveedeki Kesit Tesirleri	23
3.2 Yan Duvar Çaprazlarının Kesit Tesirleri.....	24
3.3 Çatı Çaprazlarının Kesit Tesirleri	26
4. FARKLI KOLON YER DEĞİŞTİRMELERİNİN KESİT TESİRLERİNE ETKİSİ.....	29
5. YAPI ELEMANLARININ BOYUTLANDIRILMASI	37
5.1 Kolonların Boyutlandırılması.....	37
5.2 Kirişlerin Boyutlandırılması.....	41
5.3 Yan Duvar Çaprazlarının Boyutlandırılması.....	44
5.4 Çatı Çaprazlarının Boyutlandırılması.....	45
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	47
KAYNAKLAR	51
EKLER.....	53
ÖZGEÇMİŞ.....	77

KISALTMALAR

- TS 648** : Türk Standartları, Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları
TS 498 : Türk Standartları, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında
Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri
D.B.Y.Y.H.Y : Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
TSDS : Tek serbestlik dereceli sistemler

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1 : Kolon yer değiştirmelerine bağlı seçilen noktalardaki moment değerleri.....	30
Çizelge 4.2 : Kolon yer değiştirmelerine bağlı normal kuvvet değerleri	33
Çizelge 6.1 : Metraj Tablosu I.	48
Çizelge 6.2 : Metraj Tablosu II.....	49

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Tek serbestlik dereceli sistemler..	1
Şekil 1.2: İvme Spektrum Eğrisi.....	2
Şekil 1.3: Çelik Binalarda Yük Azaltma Katsayıları.....	3
Şekil 1.4: New Mexico depreminden doğan düşey deformasyon.	5
Şekil 1.5: New Mexico depreminden doğan yatay deformasyon.	6
Şekil 1.6: Love dalgalarının yer kabuğundaki hareketi.	6
Şekil 1.7: Rayleigh dalgalarının yer kabuğundaki hareketi.....	7
Şekil 1.8: Love ve Rayleigh dalgalarının hareket yönleri ve düzlemleri... ..	7
Şekil 1.9: Love dalgalarının yapı kolonlarına etkisi.	8
Şekil 1.10: Rayleigh dalgalarının yapı kolonlarına etkisi.....	9
Şekil 2.1: Yapının perspektif görünüşü.	12
Şekil 2.2: Çerçeve görünüşü.	12
Şekil 2.3: Yapı üst görünüşü.....	13
Şekil 2.4: Yan duvar görünüşü.	13
Şekil 2.5: İlk ve son akslarda(1-4) kar yüklemesi(t/m).	14
Şekil 2.6: Orta akslarda(2-3) kar yüklemesi(t/m).	15
Şekil 2.7: İlk ve son akslarda(1-4) kaplama yüklemesi(t/m).....	15
Şekil 2.8: Orta akslarda(2-3) kaplama yüklemesi(t/m).	16
Şekil 2.9: Enine doğrultuda(x) pozitif yönlü deprem yüklemesi(EXP).	17
Şekil 2.10: Enine doğrultuda(x) negatif yönlü deprem yüklemesi(EXN).	18
Şekil 2.11: Boyuna doğrultuda(y) pozitif yönlü deprem yüklemesi(EYP).	18
Şekil 2.12: Boyuna doğrultuda(y) negatif yönlü deprem yüklemesi(EYN).	19
Şekil 2.13: Love dalgalarından doğan yerdeğiştirmelerin sisteme uygulaması(m)...	20
Şekil 3.1: G+S+EYP yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.	24
Şekil 3.2: G+S+EYN yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.....	25
Şekil 3.3: G+S+D yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.....	25
Şekil 3.4: G+S+EYP yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.	26
Şekil 3.5: G+S+EYN yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.....	26
Şekil 3.6: G+S+D yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.	27
Şekil 3.7: Love dalgalarından doğan burulma etkisi.	28
Şekil 4.1: Kesit tesirlerinin değişimi için seçilen noktalar.	29
Şekil 4.2: 1 noktasındaki moment değişim grafiği.....	30
Şekil 4.3: 2 noktasındaki moment değişim grafiği.	31
Şekil 4.4: 3 noktasındaki moment değişim grafiği.	31
Şekil 4.5: 4 noktasındaki moment değişim grafiği.	32
Şekil 4.6: 5 noktasındaki moment değişim grafiği.....	32
Şekil 4.7: 1 noktasındaki normal kuvvet değişim grafiği.	33
Şekil 4.8: 2 noktasındaki normal kuvvet değişim grafiği.	34
Şekil 4.9: 3 noktasındaki normal kuvvet değişim grafiği.	34
Şekil 4.10: 4 noktasındaki normal kuvvet değişim grafiği.	35
Şekil 4.11: 5 noktasındaki normal kuvvet değişim grafiği.	35

Şekil A1: G+S yükleme durumunda moment diyagramı.....	55
Şekil A2: G+S+EXP yükleme durumunda moment diyagramı.....	55
Şekil A3: G+S+EXN yükleme durumunda moment diyagramı.....	56
Şekil A4: G+S+D yükleme durumunda moment diyagramı.....	56
Şekil A5: G+S yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.....	56
Şekil A6: G+S+EXP yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.....	57
Şekil A7: G+S+EXN yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.....	57
Şekil A8: G+S+D yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.....	57
Şekil A9: G+S yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.....	58
Şekil A10: G+S+EXP yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.....	58
Şekil A11: G+S+EXN yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.....	58
Şekil A12: G+S+D yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı..	59
Şekil B1: G+S yükleme durumunda moment diyagramı.....	61
Şekil B2: G+S+EXP yükleme durumunda moment diyagramı.....	61
Şekil B3: G+S+EXN yükleme durumunda moment diyagramı.....	62
Şekil B4: G+S+ D yükleme durumunda moment diyagramı.....	62
Şekil B5: G+S yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.....	62
Şekil B6: G+S+EXP yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.....	63
Şekil B7: G+S+EXN yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.....	63
Şekil B8: G+S+D yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.....	63
Şekil B9: G+S yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.....	64
Şekil B10: G+S+EXP yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.....	64
Şekil B11: G+S+EXN yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.....	64
Şekil B12: G+S+D yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.....	65
Şekil C1: G+S yükleme durumunda moment diyagramı.....	67
Şekil C2: G+S+EXP yükleme durumunda moment diyagramı.....	67
Şekil C3: G+S+EXN yükleme durumunda moment diyagramı.....	68
Şekil C4: G+S+D yükleme durumunda moment diyagramı.....	68
Şekil C5: G+S yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı..	68
Şekil C6: G+S+EXP yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.....	69
Şekil C7: G+S+D yükleme durumunda normal kuvveti diyagramı..	69
Şekil C8: G+S yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.....	69
Şekil C9: G+S+EXP yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.....	70
Şekil C10: G+S+EXN yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.....	70
Şekil C11: G+S+D yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.....	70
Şekil D1: G+S yükleme durumunda moment diyagramı.....	71
Şekil D2: G+S+EXP yükleme durumunda moment diyagramı.....	71
Şekil D3: G+S+EXN yükleme durumunda moment diyagramı.....	72
Şekil D4: G+S+D yükleme durumunda moment diyagramı.....	72
Şekil D5: G+S yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.....	72
Şekil D6: G+S+EXP yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.....	73
Şekil D7: G+S+EXN yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.....	73
Şekil D8: G+S+D yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.....	73
Şekil D9: G+S yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı..	74
Şekil D10: G+S+EXP yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.....	74
Şekil D11: G+S+EXN yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.....	74
Şekil D12: G+S+D yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.....	75

TEK KATLI UZUN ÇELİK BİR YAPININ KARŞI DÜZLEM HAREKETİNE KARŞI DAYANIMI

ÖZET

Bu çalışma örnek çelik bir endüstri yapısının zemin hareketlerine, farklı deprem dalgalarına ve farklı deprem uygulamalarına göre davranışını içermektedir. D.B.Y.B.H.Y. ile yani deprem yönetmeliği ile Love dalgalarından meydana gelen deprem etkileri yapıya ayrı ayrı uygulanarak kesit tesirleri incelenmiş ve boyutlandırılmaya gidilerek etkileri karşılaştırılmıştır.

Deprem esnasında yapıya depremden meydana gelen iki çeşit deprem dalgası etkimektedir. Birincil dalgalar yapıya deprem doğrultusunda etkir ve zemindeki noktalarda farklı yönlü yer değiştirmeler meydana gelmez. Yapıya önce bu dalgalar ulaşır. Ardından deprem doğrultusuna dik yönde olan ikincil dalgalar etkir. Bu dalgalar zemin düzlemindeki Love dalgaları ve zemin düzlemine dik Rayleigh dalgalarıdır. Love dalgaları yarattığı karşı düzlem hareketi sebebiyle uzun yapılarda ciddi etkiler meydana getirir ve bu tür yapılarda etkileri göz ardı edilmemelidir.

Örnek yapı tek gözlü, 4 çerçeve ve 3 aralıktan oluşan bir endüstri yapısıdır. Çerçeveler arası 20 metre olup toplam uzunluğu 60 metredir. Göz açıklığı 30 metre ve yapı yüksekliği toplam 12,5 metredir. İki çerçeve arası uzunluk ve yapının toplam uzunluğu yüksek olduğundan dolayı ikincil deprem dalgalarının yapıya etkisinin göz ardı edilmeyeceği öngörülmüştür. Yapıya hem deprem yönetmeliğinin öngördüğü deprem yükü hem de ikincil deprem dalgası olan (S dalgası) Love dalgası uygulanmıştır.

D.B.Y.B.H.Y. göre hesaplanmış ve bulunan deprem yükleri kolon uçlarından yapıya uygulanmıştır. Love dalgalarından meydana gelen etki ise ilk ve üçüncü akslardaki kolon ayaklarına pozitif yönde 10 santimetre, ikinci ve üçüncü akslarda ise negatif 10 santimetre yer değiştirme uygulanarak tanıtılmıştır. Diğer yüklerle birlikte deprem etkilerinin meydana getirdiği yük kombinasyonları yapıya uygulanarak kesit tesirleri gözlenmiştir. Bu tesirlerde ilk dikkati çeken Love dalgalarından meydana gelen kesit zorları yönetmelikle hesaplanan depremden meydana gelen kesit zorlarından çok daha yüksek miktarda olduğu görülmüştür. Yapı Z3 zemin sınıfında ve birinci deprem bölgesinde olduğu için 10 santimetrelik bu yerdeğiştirme seçilmiştir.

Love dalgalarından meydana gelecek farklı yer değiştirmeler(10, 8, 6, 4, 2, 1cm) yapıya uygulanarak ikinci akstaki çerçevede meydana gelen moment ve eksenel kuvvet değerleri elde edilmiştir. Bu değerler grafik haline getirilerek yer değiştirme miktarının kesit tesirlerinin değişimine etkisi gözlenmiştir. Bu grafiklerde moment ve eksenel kuvvet değişimlerinin farklı yer değiştirmelerle lineer olarak değiştiği anlaşılmıştır.

Yapı ayrıca bu deprem uygulamalarıyla elde edilen kesit tesirlerine göre farklı farklı boyutlandırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Love dalgalarının etkisi profil

seçimine çok önemli derece değiştirmiştir. Love dalgaları ile boyutlanan yapının toplam ağırlığı yaklaşık 138 ton olurken, deprem yönetmeliğine göre hesapta bu değer yaklaşık 78 tondur.

Kısaca, uzun yapılarda depremden meydana gelen ikinci dalgaların etkisi ihmal edilmemeli ve boyutlandırmada göz önünde tutulmalıdır. Bu dalgaların yıkıcı etkisi çeşitli depremlerde gözlenebilmektedir.

RESPONSE OF ONE FLOOR, LONG STEEL STRUCTURE IN THE CASE OF ANTI PLANE MOTION

SUMMARY

In Turkey, earthquake is a serious problem for years. This country is on earthquake zone particularly eastern anatolia provience, blacksea provience and marmara provience. Some destructive earthquakes occured in Turkey such as Gölcük earthquake occured in 1999 and Erzincan earthquake occured in 1939. The results of these earthquakes were devastating. Ten thousands of people died and many more are injured. Besides, these earthquakes caused economic damage to the country. Before Gölcük earthquake, there was no proper earthquake codes for engineering and this makes structures vulnerable to earthquakes and collapse. Even though a proper code was published after the earthquake and updated in 2007, there is still some issues about this code. Because of the expected Istanbul earthquake which might be cause serious problems to the city living 15 million people, these issues are being considered.

Turkish earthquake norm contains total equivalent seismic load approach and structures are designed in respect of this phenomenon. In case of earthquake secondary ground waves show up after primary waves and the norm ignores these waves.

This study comprises the response of a sample industrial steel structure according to plane motion, different earthquake waves and different earthquake applications. Frame forces are analyzed according to Love wave application which is a secondary wave and Turkish Earthquake Norm application differently and frames are designed. By using these earthquake applications, effects are compared with each other.

There are two plane waves created by earthquake which affect structure during an earthquake. Earthquake loads obtained from Turkish Earthquake Norm are applied to the structue according to the directon of earthquake and differential plane motion does not appear. Turkish earthquake norm does not include wave application.

Primary waves arrives to the structure firstly. After these waves, secondary waves arrives to the structure which is perpendicular to the direction of earthquake. These waves are Love waves in plane surface and Rayleigh waves in vertical surface. Love waves create anti plane motion and cause serious effects on long structures and cannot be ignored

The sample structure is one spanned, one floor steel structure, consist of 4 frame and axes longitudinally. Range between two frames is 20 meter and total length of structure is 60 meter. The lenght of span is 30 meter and total height of structure is 12,5 meter. The roof slope is $9,46^\circ$. The steel material used for structure is St37(S235). The structure is in first earthquake zone and the soil class is Z3 according to earthquake zone. The snow zone is second snow zone according to

turkish standarts. Since range between two frames and total length is high, SH- Love waves cannot be neglected. Both earthquake loads required by Turkish Earthquake Norm and Love waves that is a secondary wave is applied to the structure.

There are three load cases for the structure which are dead load(both frames and plates) snow load and the earthquake load. The snow load is determined by turkish standarts. The earthquake loads determined by both by turkish earthquake norm and Love wave which is a secondary wave. By using these load cases, load combinations are formed and applied to the structure.

Effects of earthquake loads are evaluated in respect of D.B.Y.B.H.Y.(Turkish Earthquake Norm) and earthquake loads are applied to the peak of the columns and structure. When evaluating the effects of love wave, 10 cm displacement is applied to the columns' restraints in first and third axes positively and the columns' restraints in second and fourth negatively. Because of the Z3 soil class and first earthquake zone, displacement of columns' restraints are chosen 10 cm.

Using the loads of earthquake, snow and dead load, load combinations are obtained and frame forces are observed. The first thing drawing attention is frame forces by Love waves are much more higher and compulsive than the frame forces by the earthquake that is evaluated according to the Turkish Earthquake Norm. There are significant moment increments like 2-3 times in column-beam links and column restraints. In some cases direction of moment changes in column restraints. There are moment increment and moment direction changes in beams between Turkish earthquake norm application and Love wave but these changes in beams are not much as the changes in columns in respect to both moment and axial force. The axial force changes in columns are also notable. The axial forces of columns in Love wave are twice size of axial forces of Turkish Earthquake Norm application and in some cases direction of axial force changes in Love waves.

In longitudinal direction, torsion effect caused by Love wave is observed in structure. Because of the differential ground motion, torsion occurs between axes. This affects diagonal frames between axes which are in purposed to carry longitudinal forces. Torsion effect caused axial force increment to these diagonal frames. In some cases, axial force caused by Love waves are 5-10 times more than axial force caused by earthquake loads evaluated with using Turkish Earthquake Norm and this may bring design changes to structures in general.

Different displacement(10, 8, 6, 4, 2, 1cm) caused by love waves is also applied to the structure and Moments and axial forces are obtained in frame on second axis. Graphs are obtained by using these moment and axial force values and the effect of different displacements to the frame forces are observed. As expected, moment and axial force values goes higher while the displacement increases. Some values change positive to negative or vice versa. It is seen that moment and axial force change are linear with different displacement in these graphics.

Frames of structure are designed differently by Love wave application and Turkish Earthquake Norm application. This shows design differences between total equivalent seismic load application and Love waves that they both affect structure differently. According to the results, Love wave which is a secondary wave affects section properties significantly. Most of the frame profiles designed in respect to earthquake norm increases due to the axial force and moment increment caused by Love wave affect. All of the main frame profiles of structure changes. Despite the axial force and moment increment, some longitudinal frame profiles of structure do

not changes. Because of the buckling requirements of Turkish Earthquake Norms, most of longitudinal frames are designed in respect to buckling but not the moment and axial forces.

The column profiles of structure are chosen HE1000A which has 272 kg/m unit weight, the beam profiles are chosen HE1000B which has 314 kg/m unit weight, side diagonal profiles are chosen 273-4 mm pipe which has 26,5 kg/m unit weight, roof diagonal profiles are chosen 273-4 mm pipe according to Turkish earthquake norm application. These profiles is changed when Love wave is applied. According to Love wave application, the column profiles and beam profiles are chosen HE1000x584 which has 584 kg/m unit weight, side diagonal profiles are chosen 273-4 mm pipe, and roof diagonal profiles are chosen 273-5 mm pipe which has 33 kg/m unit weight. The structure designed in respect to Love wave application forces has a total weight of approximate 138 tones while the structure that is designed in respect to earthquake norm application is 78 tones.

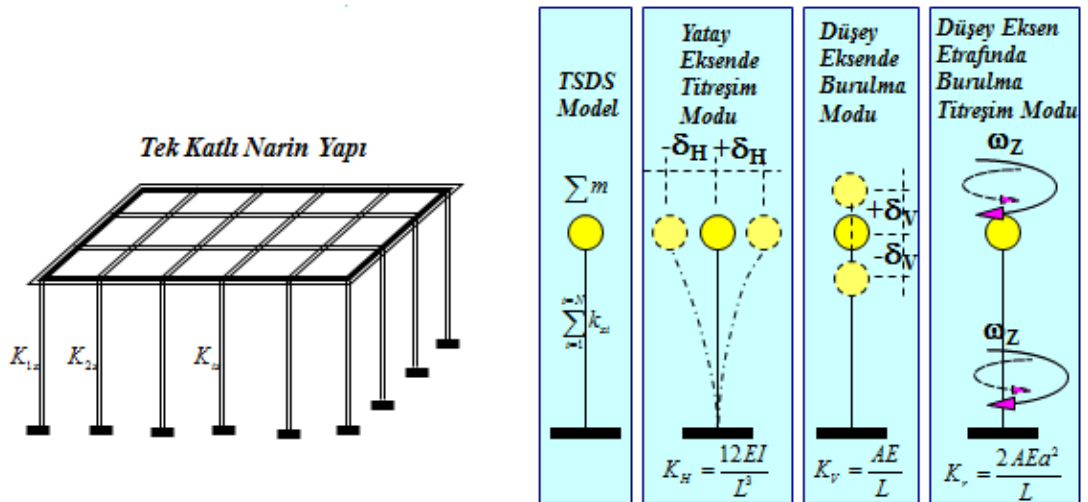
Briefly, earthquake is a dynamic ground motion that gives structure horizontal forces. Earthquakes form ground waves and these waves are classified as primary and secondary waves. Primary waves are first wave that arrive structure and same direction to earthquake. Secondary waves arrive to structure after primary waves and their direction is perpendicular to the earthquake direction. Turkish Earthquake Norm does not include wave approaches. However; SH-Love waves should not be ignored in long structures and should be considered when designing. The devastating effects of this kind of waves can be seen in important earthquakes. These waves affect significantly to frame forces of structure thus, design of structure is most probably different from total equivalent seismic load design.

1. GİRİŞ

Deprem yer kabuğundaki kırılmalar nedeniyle aniden ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde zemin içinde yayılarak yeryüzünü sarsma olayıdır. Bu sarsma yer yüzünde bulunan yapılara atalet kuvvetinden doğan yatay yük olarak yansır. Deprem yüküne karşı yapının davranışı taşıyıcı sistemin rijitliğine, sünekliğine ve dayanımına bağlıdır ve bu özellikler deprem yükünün güvenli şekilde taşınmasında rol oynar [1].

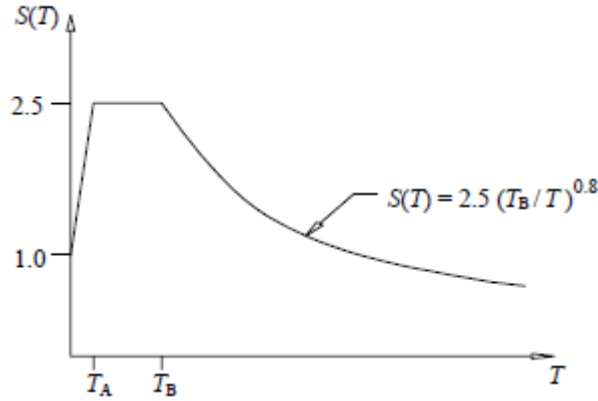
Ülkemizde deprem hesaplanırken Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik(2007) kullanılır. Yönetmelikte deprem yükü, eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemi olarak iki şekilde hesaplanır.

Deprem analizlerinde karışık olmayan modelleme ile yani tek kütleli ve toplam kolon rijitliğini temsil eden bir eşdeğer kolon ile tek serbestlik dereceli sistem(TSDS) kabul edilir. Tek serbestlik dereceli sistem kabulünde yapı yükü ve kütlesi kolon hizasında etkin kabul edilir. Ayrıca deprem etkilerinde yatay, düşey ve burulma davranışları sergilenebileceğine rağmen TSDS modelinde sadece yatay hareket göz önünde bulundurularak diğer serbestlikler ihmal edilerek basitleştirilir[2].



Şekil 1.1: Tek serbestlik dereceli sistemler.

Eşdeğer deprem yükü yönteminde deprem esnasında yapıya etkiyebilecek yükler taban kesme kuvveti olarak yapının her bir katına statik tekil yük olarak uygulanır. Bu yükler yapının ağırlığı ile doğru orantılıdır. Ayrıca zemin türüne ve deprem bölgesine bağlı olarak etkin yer ivmesi katsayısına, karakteristik periyotlara ve yapı periyoduna bağlıdır. Deprem dalgaları farklı periyotlarda, genliklerde harmonik titreşimler ihtiva etmektedir. Bu durum yapıda farklı dinamik davranışlar oluşmasına farklı atalet kuvvetlerine ve dolayısıyla farklı iç kuvvetlere neden olmaktadır. Bunun için bu dalgaların neden olacağı etkileri maksimize eden deprem spektrumları elde edilir. Bu spektrumlar kullanılarak ivme spektral eğrisi zemin sınıflarına göre belirlenen karakteristik periyotlar kullanılarak Şekil 1.2’de görülen şekilde elde edilir ve yapı periyoduna göre bu eğri kullanılarak spektrum katsayısı elde edilir.



Şekil 1.2: İvme Spektrum Eğrisi.

Bu spektrum katsayısı yapı önem katsayısı ve etkin yer ivmesi katsayısıyla yapıya uygulanacak deprem kuvvetini doğru orantılı olarak etkilemektedir. Yapının sünek davranışı da depremin yapı üzerindeki etkisinin azalmasını sağlamaktadır. Yapının süneklik düzeyi arttıkça yapının enerji yutma kapasitesi artar ve dinamik etkiler azalır. Taşıyıcı sisteme ve süneklik düzeyine bağlı olarak deprem yükü azaltma katsayısı bulunmaktadır. Bu katsayı çelik yapılara göre Şekil 1.3’te belirtildiği şekilde tayin edilir.

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

Şekil 1.3: Çelik Binalarda Yük Azaltma Katsayıları.

Yapının süneklik düzeyini belirlerken deprem yönetmeliğinin öngördüğü koşullar sağlanmalıdır. Bu koşullar; kirişlerde ve kolonlarda başlık genişliği/kalınlığı ve gövde genişliği/kalınlığı oranlarına, kolonların kirişlerden güçlü olması durumuna, kiriş-kolon birleşim bölgelerindeki şartlara, kolon ve kiriş eklerinin durumuna ve kiriş başlıklarının yanal doğrultuda mesnetlenmesi koşullarına bağlıdır.

Çelik yapılar malzeme özelliklerine bağlı olarak deprem etkisi göz önüne alındığında betonarme yapılara nazaran ağırlık ve süneklik düzeyi olarak farklılık göstermektedir. Betonun gevrek bir malzeme olmasına karşın çelik daha sünek bir malzeme olması dinamik etkiler altında enerji yutma kapasitesi yüksek olduğu için yapıya etki eden deprem enerjisini yutarak yükünü azaltmaktadır.

Çelik yapıların deprem durumu göz önüne alındığında deprem yönetmeliği bazı koşulların yerine getirilmesi gerektiğini belirtir. Çelik birleşimlerinde kaynak akma dayanımının çelik malzemenin akma dayanımından yüksek olması ve bulonlu birleşimlerde kullanılacak bulonların ISO 8.8, 10.9 veya daha yüksek kalitede bulonlar kullanılma zorunluluğu vardır. Ayrıca deprem yükleri etkisinde aynı birleşim noktasında hem bulonlu hem kaynaklı birleşimlerin bir arada kullanılmayacağı belirtilmiştir. Emniyet gerilmelerine göre hesapta deprem

etkisinin dahil olduğu yük durumlarında çelik malzemenin emniyet gerilmesi %33'e kadar çıkarılabilmektedir [3].

Deprem etkisinden meydana gelen sismik dalgalar depremin yönüne göre boyuna dalgalar ve enine dalgalar şeklinde olabilir. Bu dalgalardan boyuna dalgalar basınç şeklindedir ve birincil dalgalar ya da P(primer) dalgaları olarak adlandırılır. Enine dalgalar ise ikincil dalgalardır ve S(sekonder) dalgaları olarak adlandırılır. P dalgaları herhangi bir maddede meydana gelebilirken S dalgaları maddenin kesme direncine bağlıdır ve buna bağlı olarak katı maddelerde meydana gelir.

P dalgaları normal sıcaklıklarda havada saniyede 340 metre hızla katı maddelerde ise saniyede 5000 metre hızla ilerler. P dalgaları su içinde saniyede 1450 metre hızla ilerler ve su tarafından tarafından taşınabilirken S dalgaları taşınamaz. P dalgaları deprem esnasında S dalgasından önce zemin üzerinden gelir ancak S dalgasına nazaran daha küçük genlikte olmasından dolayı S dalgasından daha az hasar verir.

S dalgaları deprem yönüne dik ve enine dalgalardır. Bu dalgalar sadece katı maddelerden ilerleyebilir. S dalgaları katı maddede meydana gelebilirken P dalgalarına nazaran daha yavaş hızdadır. P dalgalarına nazaran çok daha yüksek genlikte olduğundan dolayı daha fazla zarar verir.

Deprem etkisine maruz kalan yapılarda deprem yönetmeliği gereği zeminin ve yapı temelinin bütün noktaları aynı doğrultu ve yönde aynı miktarda yerdeğiştirdiği kabul edilir ve S dalgaları ve zemindeki dalga yayılması gözardı edilir. Ancak köprü, baraj, tünel ve endüstri yapıları gibi uzun yapılarda zemin dalgalanmalarının sebep olduğu zemin yüzeyi üzerindeki noktalarda farklı yönde ve miktarda yerdeğiştirmeler yani S dalgaları meydana gelmektedir. Bu tür yer değiştirmeler kolon ayaklarında rölatif yer değiştirmelere sebebiyet vermektedir. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik kullanılarak hesaplanan deprem yükleri bu tür farklı zemin hareketlerini ve kolon ayaklarının rölatif yer değiştirmelerini göz ardı etmektedir. Tepki spektrumu kullanılarak belirlenen bu deprem hesabının yapı elemanlarının kesit tesirlerine etkisiyle depremden kaynaklanan farklı zemin hareketleri uygulamasıyla yapıya uygulanan deprem etkisinin kesit tesirleri arasında farklılıklar oluşmaktadır.

S dalgalarından meydana gelen dalga hareketleri zemin düzlemine paralel olan Love dalgaları ve zemin düzlemine dik olan Rayleigh dalgaları olmak üzere ikiye ayrılır.

Love dalgalarından oluşan hareketler yatay hareketler olurken Rayleigh dalgalarından meydana gelen hareketler düşey olmaktadır. Bu dalgalar büyük genlikteki yüzey dalgaları olup iri daneli zeminlerde büyük yerdeğiştirmeler meydana getirmektedir. Şekil 1.4'te 1985'de Mexico City'de meydana gelen depremde yüzey dalgalarından doğan büyük yer değiştirmeler ve karayoluna verdiği zarar görölmektedir.



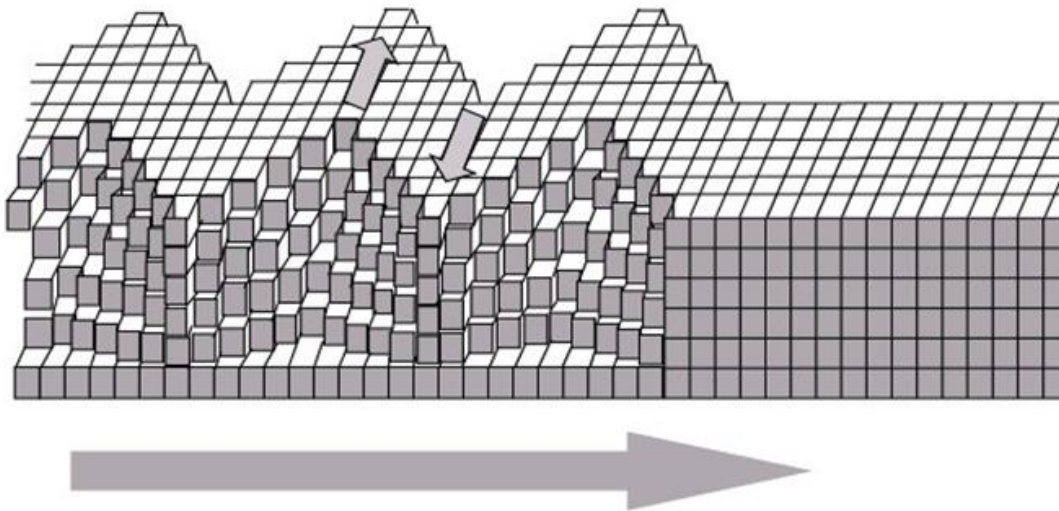
Şekil 1.4: New Mexico depreminden doğan düşey deformasyon.

Zemin yüzeyine dik olan yer değiştirmelerden dolayı karayolundaki deformasyon Rayleigh dalgalarının oluşturduğu bir hasar olduğu söylenebilir. Rayleigh dalgalarının zemin düzlemine dik olan düzlemde yaptığı dönme hareketi karayolunda düşey deformasyonlara sebebiyet vermiştir. Love dalgalarından meydana gelen deformasyonlar ise Rayleigh dalgalarından daha farklı şekildedir. Bu dalgalar zemin düzleminde karşı düzlem hareketi meydana getirip düzlem üzerinde farklı yönlü yer değiştirmeler meydana getirir. Şekil 1.5'te görünen demiryolu da aynı şehirde 2010'da meydana gelen depremden hasar görmüş olup zemin yüzeyine paralel doğrultuda deformasyonlar olmuştur. Bu deformasyonların da Love dalgalarından meydana geldiği söylenebilir.



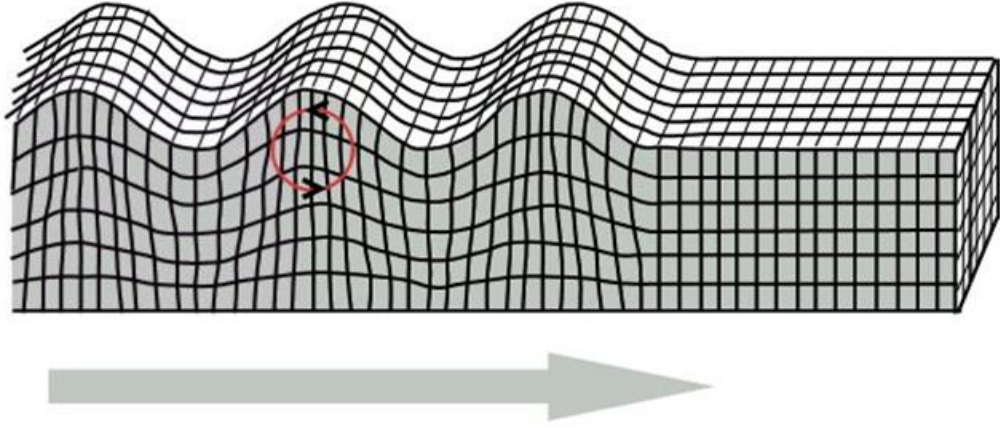
Şekil 1.5: New Mexico depreminden doğan yatay deformasyon.

Love dalgaları yatay düzlemde oluşmuş S dalgalarıdır. Elastik dalgaların yer kabuğunun içinde ve yüzeyinde defalarca yansımalarından meydana gelir. Bu dalgaların oluşabilmesi için tabakalı bir ortama ihtiyaç vardır. Bu dalgalar zemin hareketine dik şekilde oluşur. Farklı yönlerde meydana gelen bu harekete karşı düzlem hareketi denir.

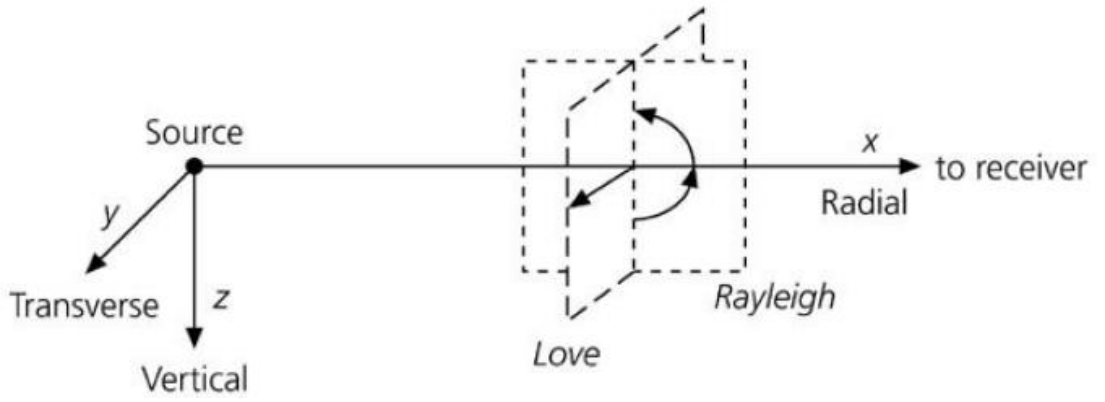


Şekil 1.6: Love dalgalarının yer kabuğundaki hareketi.

Rayleigh dalgaları ise love dalgalarının aksine tabakalı bir ortama gereksinimi yoktur. Bu dalgalar düşey doğrultuda eliptik olarak zeminde hareket eder. Rayleigh dalgaları SV dalgalarından oluşmaktadır. SV dalgaları S dalgalarının düşey bileşenidir. Rayleigh dalgaları dönme hareketi şeklindedir ve zemin hareketine dik şekildedir. Rayleigh dalgaları Love dalgalarının hızından daha küçüktür.



Şekil 1.7: Rayleigh dalgalarının yer kabuğundaki hareketi.

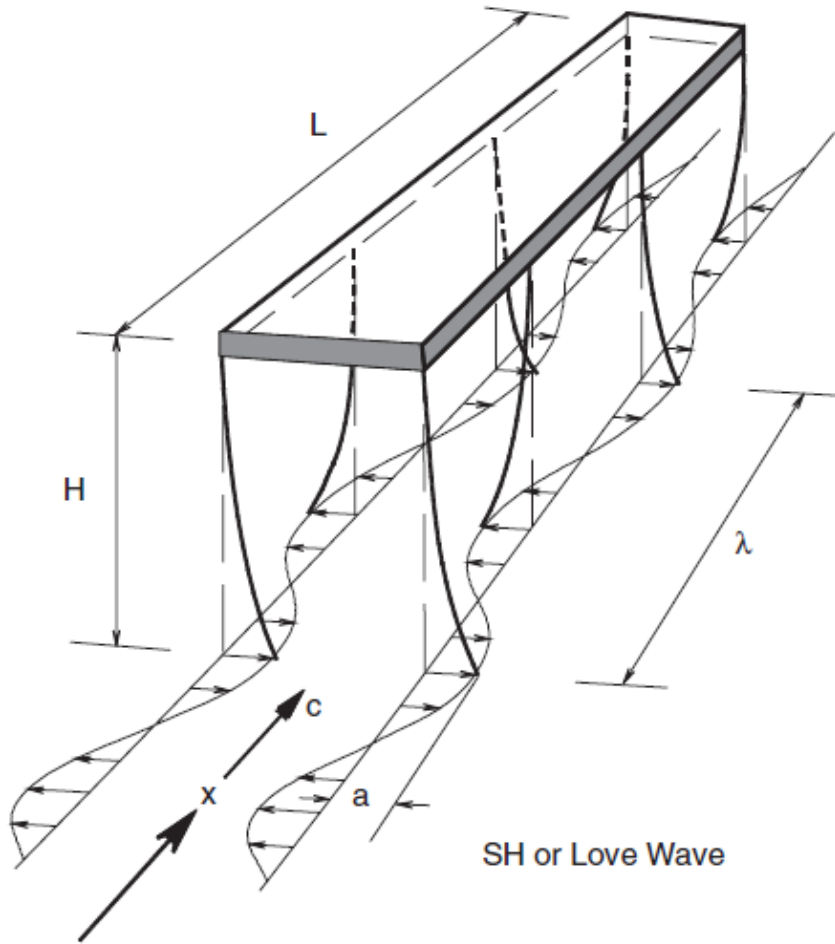


Şekil 1.8: Love ve Rayleigh dalgalarının hareket yönleri ve düzlemleri.

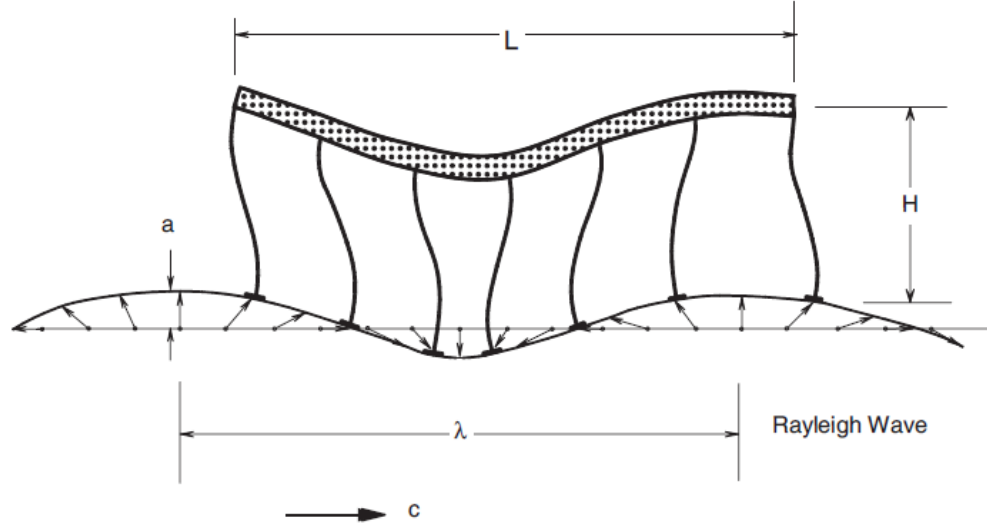
Şekil 1.6'da Love dalgalarının Şekil 1.7'de ise Rayleigh dalgalarının yer kabuğundaki dağılışı gösterilmiştir. Şekil 1.8'de ise iki dalgaının etki yüzeyleri ve karşılaştırılması gösterilmiştir. Love dalgaları zemin yüzeyinde(y) etkin iken Rayleigh dalgaları zemin içinde(x-z) etkindir [4].

Bu dalgalar zemin üzerindeki yapıları normal deprem uygulamasından daha farklı şekilde etkiler. Daha önceden de belirtildiği gibi eşdeğer deprem yönteminde zemin

hareketlerinin farklı yönde ve miktarda olmadığı kabul edilir ve hesap da buna göre yapılır. Ancak Love ve Rayleigh dalgaları göz önünde bulundurulduğunda yapının depreme tepkisi değişir. Şekil 1.9'da Love dalgalarının Şekil 1.10'da ise Rayleigh dalgalarının yapı kolonlarına etkisi görülmektedir. Bu tezde eşdeğer deprem yöntemiyle hesaplanan deprem ve Love dalgaları olması durumunda oluşacak deprem etkisi incelenecek ve karşılaştırılacaktır. Love dalgaları yer kabuğu yüzeyinde yatay doğrultuda yaptığı farklı yönde yer değiştirmelerle yapı kolonlarında birbirinden farklı yer değiştirmeler meydana getirerek rölatif yer değiştirmelere sebep olur. Bu kolon yer değiştirmeleri yapının temelinde, zeminin rijitliğine, kolonları bağlayan kirişlere, döşemeye ve temel rijitliğine bağlıdır. Love dalgaları yapıda yatay kuvvetlerin yanında burulma da meydana getirmektedir. Zemindeki farklı yer değiştirmeler yapı temelinde ve kolon ayaklarında da farklı yer değiştirmelere sebep olarak yapıda iç gerilmeler meydana getirir ve kesit tesirlerine etki eder.



Şekil 1.9: Love dalgalarının yapı kolonlarına etkisi.



Şekil 1.10: Rayleigh dalgalarının yapı kolonlarına etkisi.

Uzun yapılarda “a” kolonların yer değiştirmesi, “λ” zemin dalga boyu olmak üzere; $a/\lambda < 10^{-4}$ olması durumunda zeminin farklı yer değiştirmeleri ve yapı üzerindeki etkileri ihmal edilebilir. İncelenen yapıda kolon yer değiştirmesi 10cm ve dalga boyu 40m dir. Buna göre yapının a/λ oranı $2,5 \times 10^{-3}$ olmaktadır. Dolayısıyla farklı zemin hareketlerinin etkisi göz ardı edilmemez durumdadır [5].

Bu çalışmada deprem esnasında kolon ayaklarında Love dalgalarından meydana gelen yer değiştirmelerin kesit tesirlerine etkisi araştırılacaktır ve farklı kolon yer değiştirmelerinin ihmal edildiği eşdeğer deprem yükü yöntemiyle hesaplanan deprem hesabının kesit tesirleri üzerindeki etkileri ile karşılaştırılacaktır.

Bunun için 4 çerçevesel 8 kolonlu bir endüstri yapısına deprem yönetmeliğinin öngördüğü deprem etkisi ve Love dalgalarından meydana gelecek kolon yer değiştirmeleri ayrı ayrı uygulanacak ve bu etkilerden meydana gelen kesit tesirleri karşılaştırılacaktır. 10 cm olan kolon yer değiştirmeleri 8, 6, 4, 2, 1 cm olması durumunda çerçeve üzerindeki kesit tesirleri üzerindeki farklar incelenecektir. Aynı zamanda eşdeğer deprem yükü hesabı ve Love dalgaları etkisi ile hesaplanan elde edilen değerler ile boyutlandırma yapılacak, metraj elde edilecek ve yapıya harcanacak toplam çelik ağırlıkları karşılaştırılacaktır.

2. YAPININ GENEL BİLGİLERİ VE YÜKLEMELER

2.1 Yapının Genel Bilgileri

Yapı dört çerçeveden ve tek açıklıktan oluşan bir endüstri yapısıdır. Yapı enine doğrultuda üzerine gelen yükleri rijit çerçevelerle taşıırken boyuna doğrultuda ilk ve son aralıkta oluşturulan çelik çaprazlarla taşımaktadır. Bu çaprazlar çerçevelere mafsallı olarak bağlanmıştır ve aksenal kuvvet taşınması amaçlanmıştır. Kolon ayakları enine doğrultuda(x) ankastre olarak çalışırken boyuna doğrultuda(y) mafsallıdır.

Yapı Bilgileri:

Malzeme: St37 çeliği

Deprem Bölgesi: I

Zemin Sınıfı: Z3

Kar Bölgesi: 2

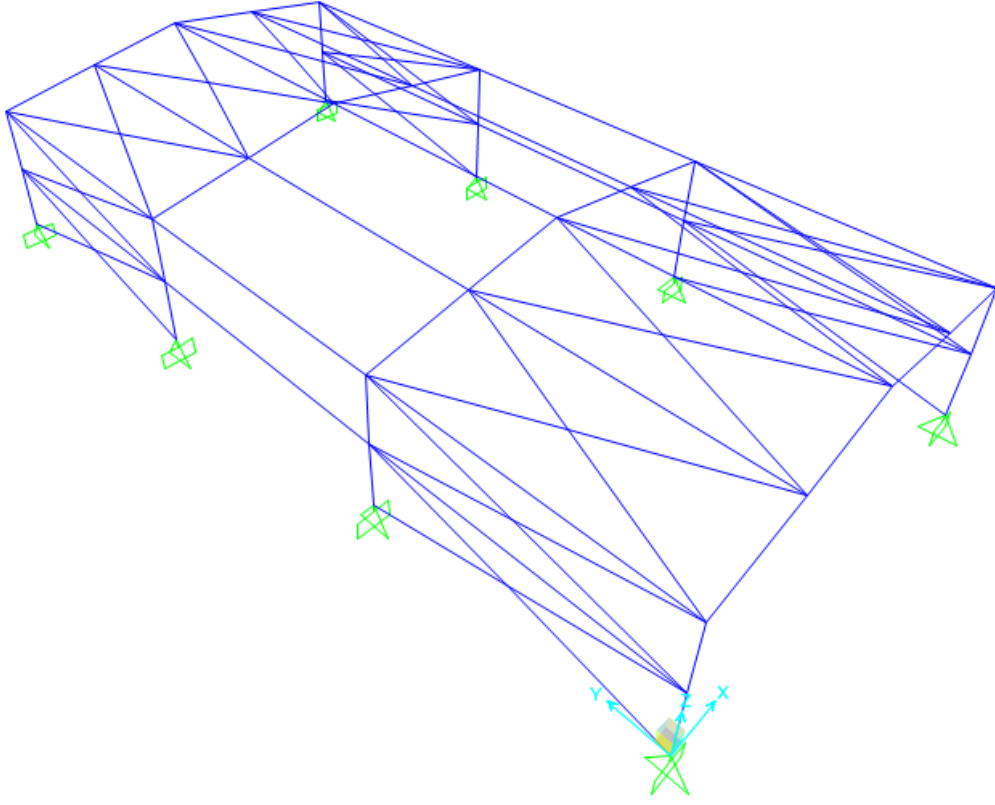
Çatı Kaplaması: Trapezoidal Sandviç Panel

Çerçeve Aralığı: 20m

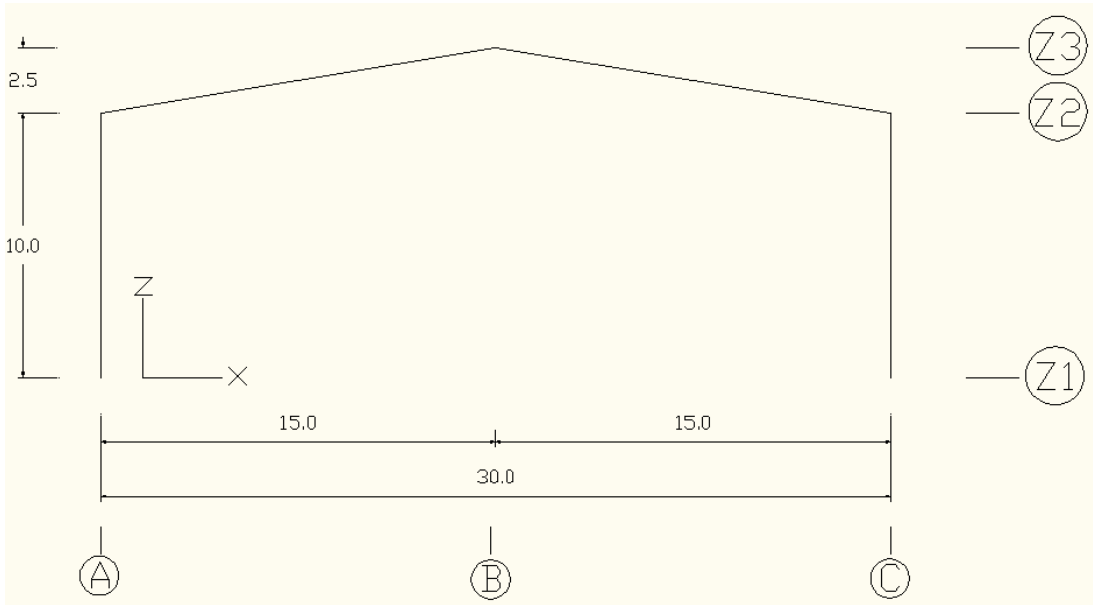
Çerçeve Açıklığı: 30m

Toplam Yapı Yüksekliği: 12,5m

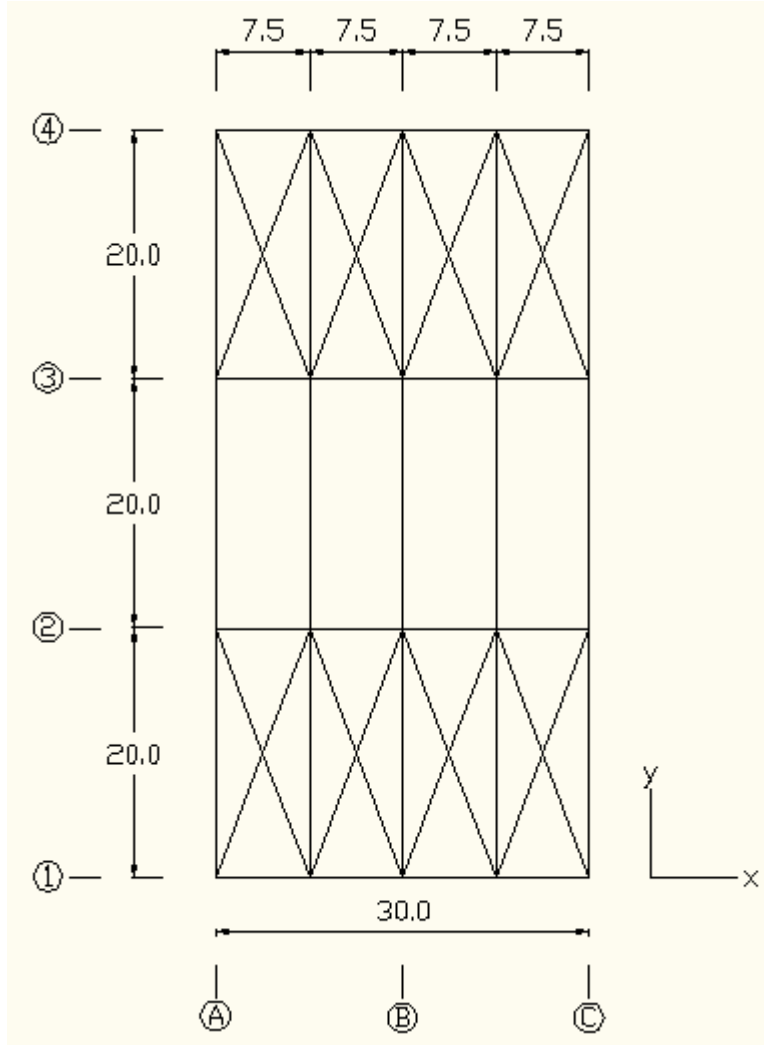
Çatı Eğimi: 9,46°



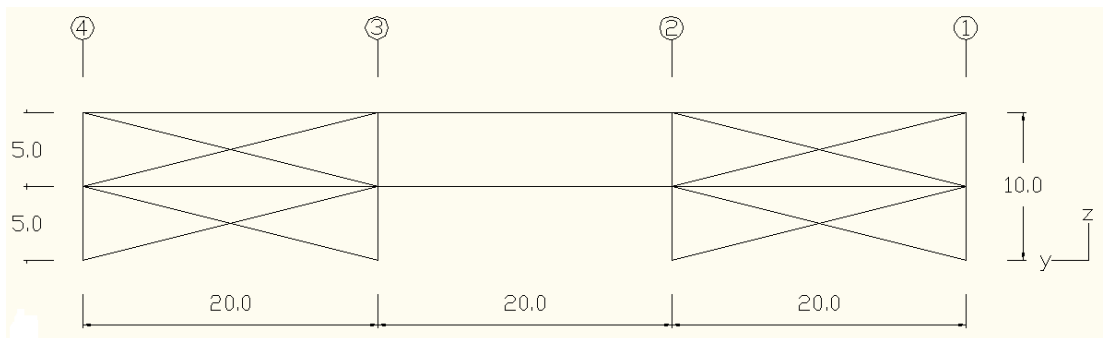
Şekil 2.1: Yapının perspektif görünüşü.



Şekil 2.2: Çerçeve görünüşü.



Şekil 2.3: Yapı üst görünüşü.



Şekil 2.4: Yan duvar görünüşü.

2.2 Yüklemler

2.2.1 Kar yükü

Yapı 2. Kar bölgesindedir. Yapının bulunduğu yerin denizden yüksekliği 100m dir.

Çatı eğimi 30° den küçük ve $9,46^\circ$ dir.

$$P_k = mP_{k0}$$

$$\text{Çatı eğimi: } \alpha = 9,462^\circ$$

TS 498 Çizelge 3' e göre

$$m=1 \text{ (Çatı eğimi } 30^\circ \text{ den küçük)}$$

$$P_k = P_{k0}$$

Kar Bölgesi: 2

Yapı yerinin denizden yüksekliği: 100m (İstanbul)

TS 498 Çizelge 4' e göre [6]:

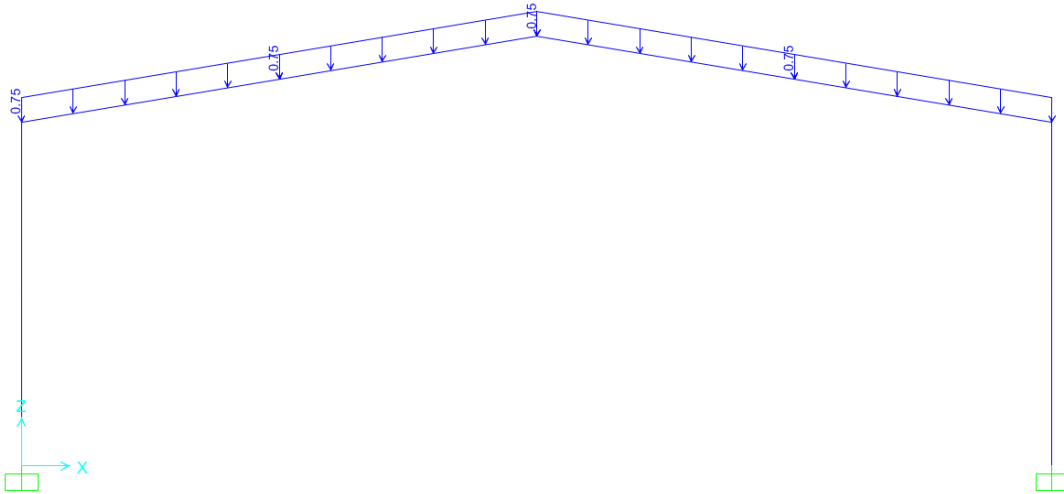
$$P_{k0} = 0,75 \text{ kN/m}^2$$

$$P_k = 0,75 \text{ kN/m}^2 = 75 \text{ kg/m}^2$$

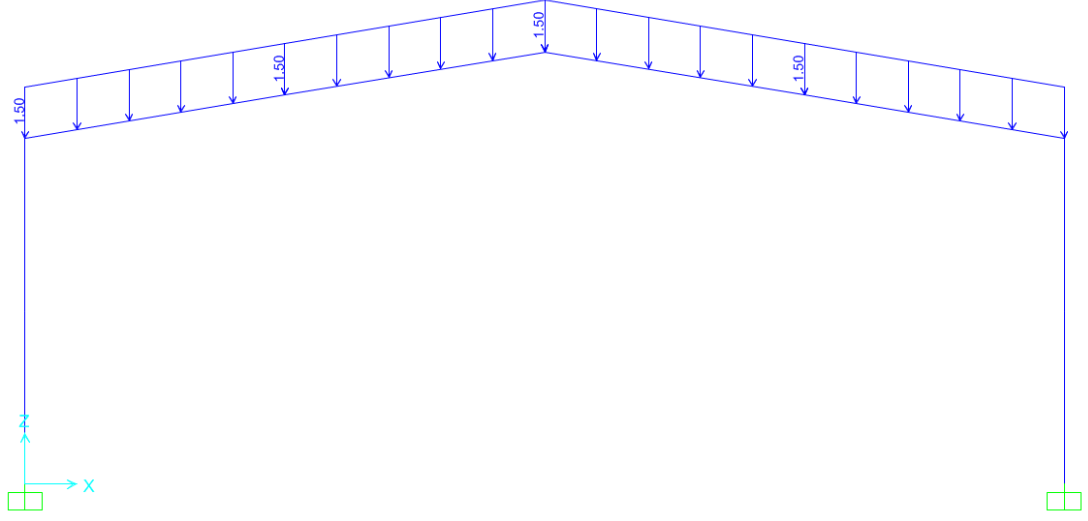
Çatıya gelecek çizgisel yük:

$$\text{İlk ve son çerçevelerde: } S = 75 \times 10 = 750 \text{ kg/m}$$

$$\text{Orta çerçevelerde: } S = 75 \times 20 = 1500 \text{ kg/m}$$



Şekil 2.5: İlk ve son akslarda(1-4) kar yüklemesi(t/m).



Şekil 2.6: Orta akslarda(2-3) kar yüklemesi(t/m).

2.2.2 Çatı kaplaması yükü

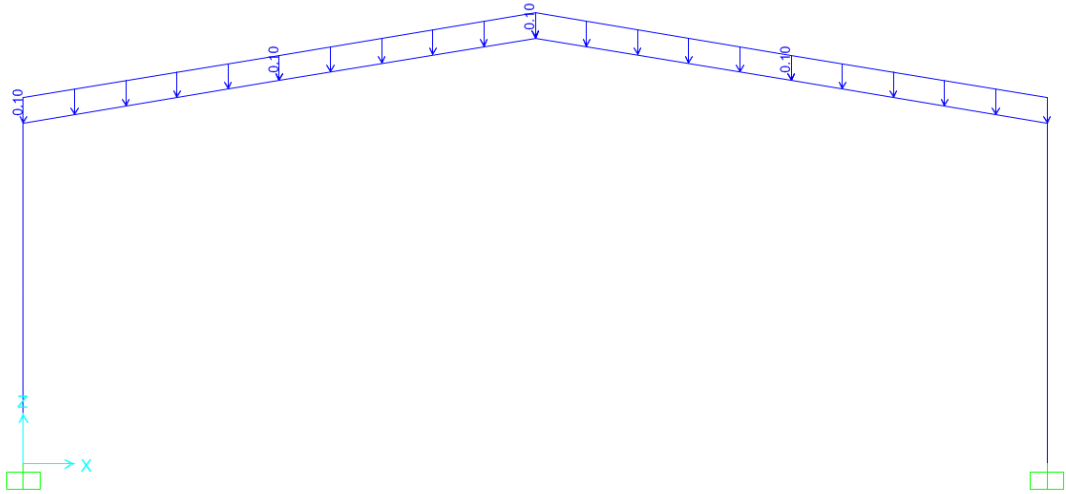
0,50 mm kalınlığında trapezoidal sandviç panel kullanılmıştır.

$$P_p = 10 \text{ kN/m}^2 = 0,10 \text{ kg/m}^2$$

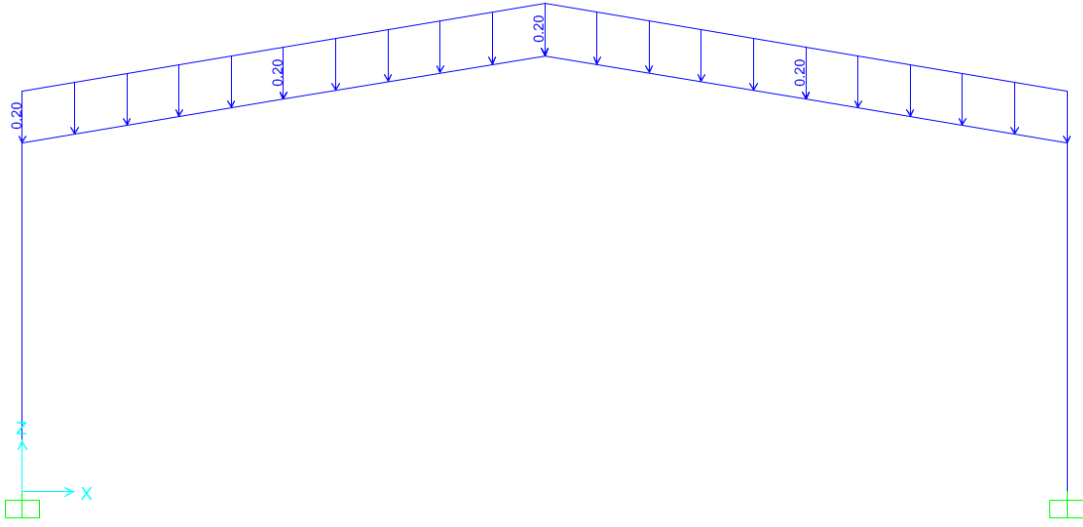
Çatıya gelecek çizgisel yük:

$$\text{İlk ve son çerçevelerde: } S = 10 \times 10 = 100 \text{ kg/m}$$

$$\text{Orta çerçevelerde: } S = 10 \times 20 = 200 \text{ kg/m}$$



Şekil 2.7: İlk ve son akslarda(1-4) kaplama yüklemesi(t/m) .



Şekil 2.8: Orta akslarda(2-3) kaplama yüklemesi(t/m).

2.2.3 Deprem yükü

Deprem yükleri eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesaplanmıştır.

Deprem Bölgesi: 1

Zemin Sınıfı: Z3

Etkin Yer İvmesi Katsayısı(A_0): 0,4

Yapı Önem Katsayısı(I): 1

Deprem Yükü Azaltma Katsayısı(R): $R_x = 8$ $R_y = 6$

Hareketli Yük Katılım Katsayısı(n): 0,3

Spektrum Karakteristik Periyotları: $T_A = 0,15s$ $T_B = 0,60s$

Yapının doğal Titreşim Periyodu:

Enine Doğrultuda: $T_x = 0,392s$

Boyuna Doğrultuda: $T_y = 0,186s$

$T_A < T_x$, $T_y < T_B$

$S(T_{x,y}) = 2,5$

$A(T_{x,y}) = 2,5 \times 0,4 \times 1 = 1$

$$W = G+nQ$$

n: Hareketli yük katılım katsayısı(Endüstri yapılarında 0,3)

$$W = G+0,3Q \text{ (Ölü yük+Kaplama yükü+0,3Kar yükü)}$$

$$W = 199,52t$$

$$V_{tx} = \frac{WA(T)}{R} > 0,1A_0IW$$

$$V_{tx} = \frac{199,52 \times 1}{8} = 24,94t > 0,1 \times 0,4 \times 1 \times 199,52 = 7,98$$

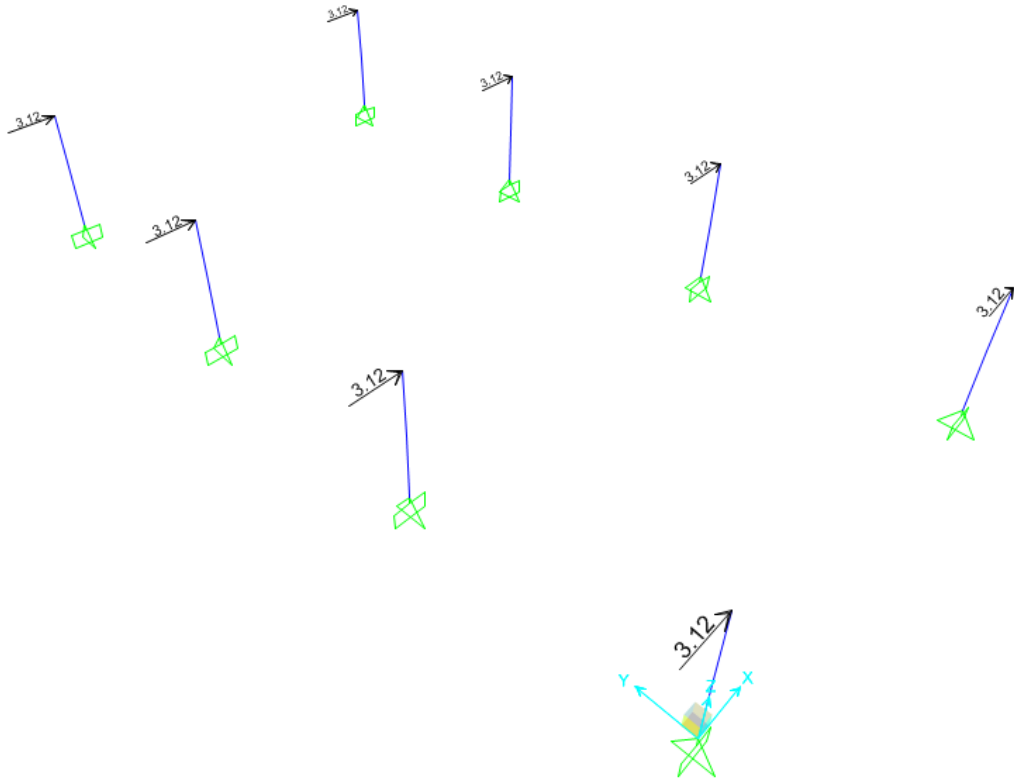
Her bir kolona gelen deprem yükü(8 Kolon):

$$F_{dx} = \frac{24,94}{8} = 3,12t$$

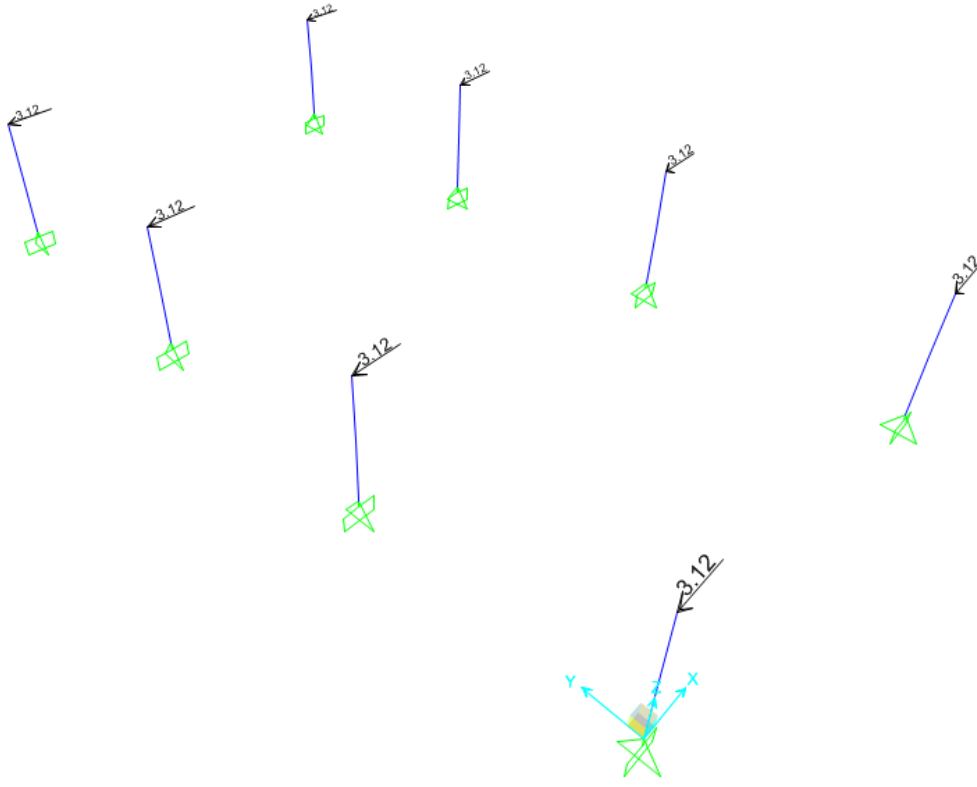
$$V_{ty} = \frac{199,52 \times 1}{6} = 33,25t$$

Her bir kolona gelen deprem yükü(8 Kolon):

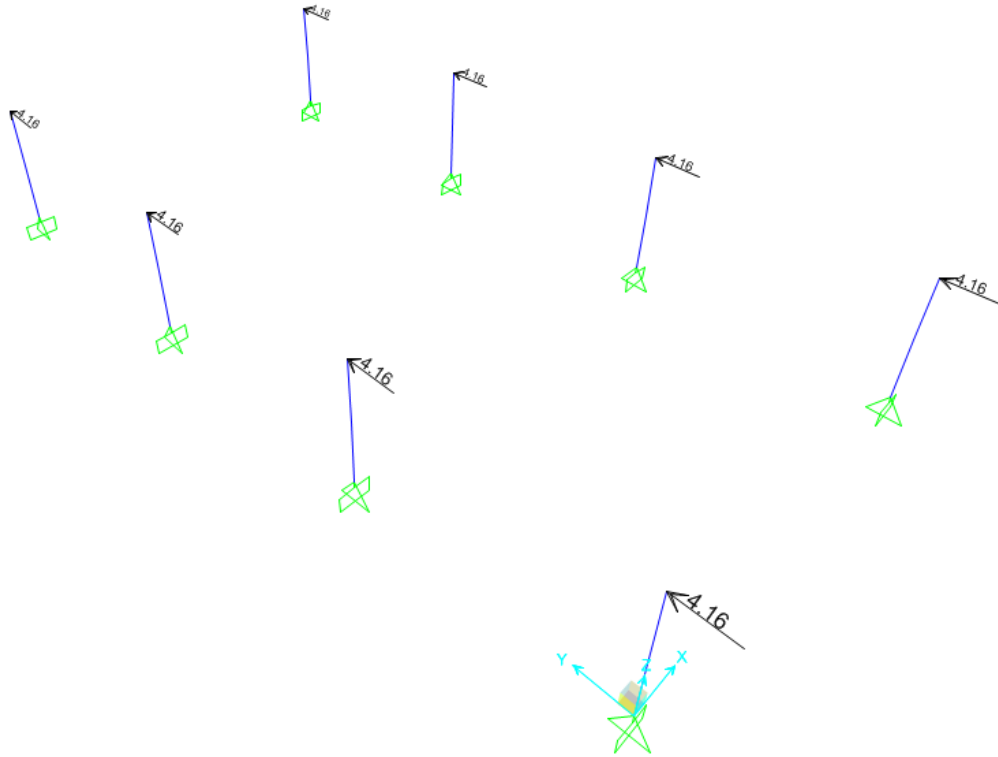
$$F_{dy} = \frac{33,25}{8} = 4,16t$$



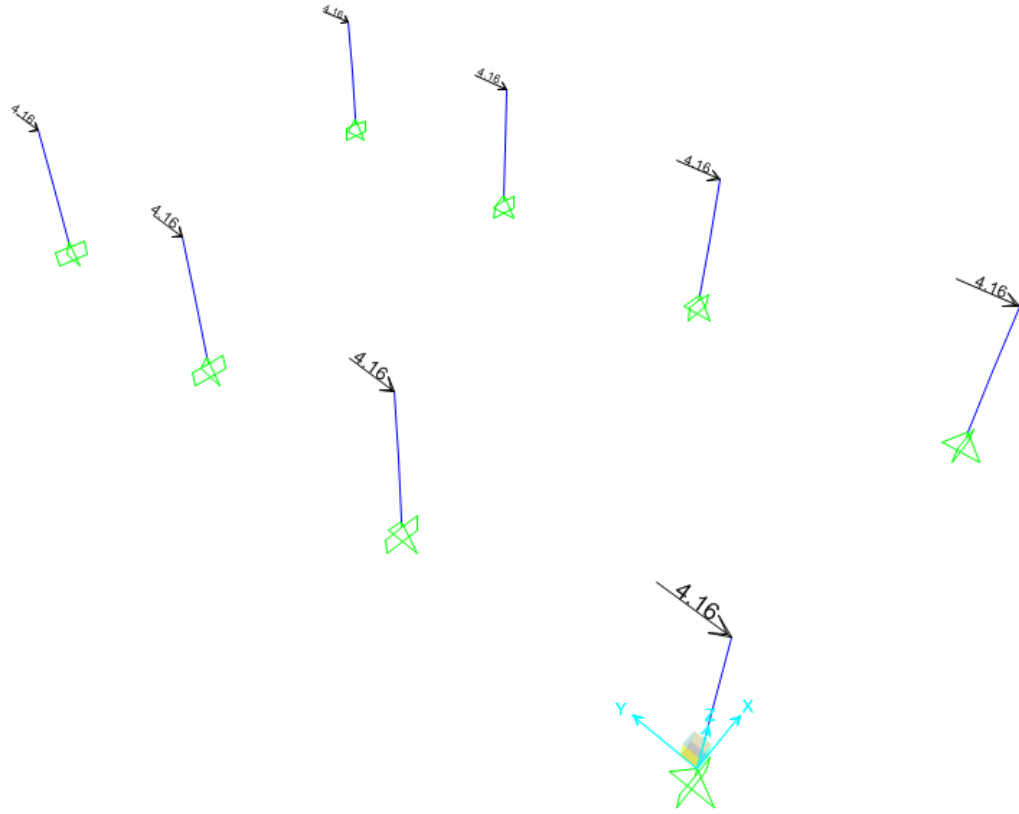
Şekil 2.9: Enine doğrultuda(x) pozitif yönlü deprem yüklemesi(EXP).



Şekil 2.10: Enine doğrultuda(x) negatif yönlü deprem yüklemesi(EXN).



Şekil 2.11: Boyuna doğrultuda(y) pozitif yönlü deprem yüklemesi(EYP).



Şekil 2.12: Boyuna doğrultuda(y) negatif yönlü deprem yüklemesi(EYN).

2.2.4 Yük kombinasyonları

G: Kaplama Yüğü

S: Kar yüğü

EXP: Enine doğrultuda pozitif yönde(+x) etkiyen deprem kuvveti

EXN: Enine doğrultuda negatif yönde(-x) etkiyen deprem kuvveti

EYP: Boyuna doğrultuda pozitif yönde(+y) etkiyen deprem kuvveti

EYN: Boyuna doğrultuda negatif yönde(-y) etkiyen deprem kuvveti

Olmak üzere

G+S+EXP

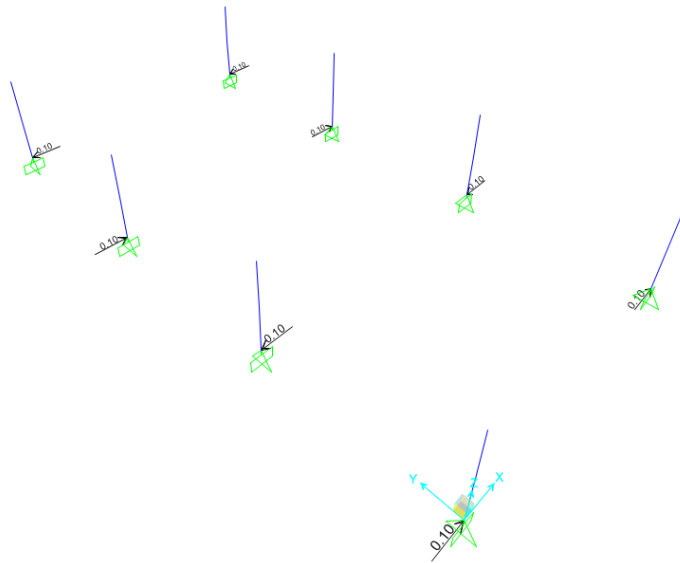
G+S+EXN

G+S+EYP

G+S+EYN

2.2.5 SH-Love dalgalarından oluşan yer değiştirmelerinin yapıya uygulaması

Yapı zemin etkileşimi ve oluşacak dinamik etkileri dikkate alarak çözüm yapmaktaki güçlüklerden dolayı, bu tez çalışmasında, sadece SH veya Love dalgası etkisinde zeminde oluşacak olan yer değiştirmeler dikkate alınarak hesaplamalar yapılacaktır. Elbetteki dinamik etkiler göz önüne alınarak yapılacak çözümler daha kritik sonuçlar doğuracaktır. Burada yapılan kabule göre yapılan çözümlerin güvenli tarafta olduğu söylenebilir. Z3 zemini kabulünde kayma dalgası hızı 200-400 m/s arasında değişiklik göstermektedir [7]. Bu çalışmada SH dalgası hızı $v_{sh}=200$ m/s, Love dalgası hızı $v_L=185$ m/s olarak alınmıştır. Kayma dalgası frekansları yapılan araştırmalara göre 0.23 ile 30.8 arasında değişmekte olup, 0.5Hz den küçük olanlar düşük frekanslı, 0.5Hz büyük olanlar yüksek frekanslı olarak kabul edilmektedir [8]. Dalga boyu $\lambda=2\pi.(v_L/\omega)$ olduğu düşünülürse $\omega=29,05$ Hz lik yüksek frekans durumunda dalga boyu $\lambda=40$ m olmaktadır. Bu durumda genlik 10cm olarak kabul edilip, bu dalgalardan meydana gelen kolon yer değiştirmeleri 10cm olarak kolon ayaklarına uygulanacaktır. İlk ve üçüncü aks pozitif yönde 10cm, ikinci ve dördüncü akslar ise negatif yönde 10cm yer değiştirme verilecektir. Böylece akslar arası rölatif yer değiştirme 20cm olacaktır. Bu yerdeğiştirmeler yapıya deprem yükü yerine uygulanacak ve etkileri incelenecektir.



Şekil 2.13: SH-Love dalgalarından doğan yerdeğiştirmelerin sisteme uygulaması(m).

Bu yerdeşiftirmelerin kombinasyonlara uygulaması:

D: Zemin dalgalanmasından birinci ve üçüncü akslarda pozitif 10cm, ikinci ve dördüncü akslardan negatif 10cm yerdeşiftirme meydana getiren yer değiftirme olmak üzere

G+S+D

3. KESİT TESİRLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Diyagramlardaki değerler KiloNewton ve metre cinsindedir. “D” ifadesi farklı zemin hareketlerinden doğan kolonlardaki yer değiştirmeyi ifade etmektedir. Karşılaştırma amaçlı, gösterilen diyagramlar farklı kolon yer değiştirmesi olmaksızın ve olması durumu art arda konulmuştur.

3.1 Çerçeveadaki Kesit Tesirleri

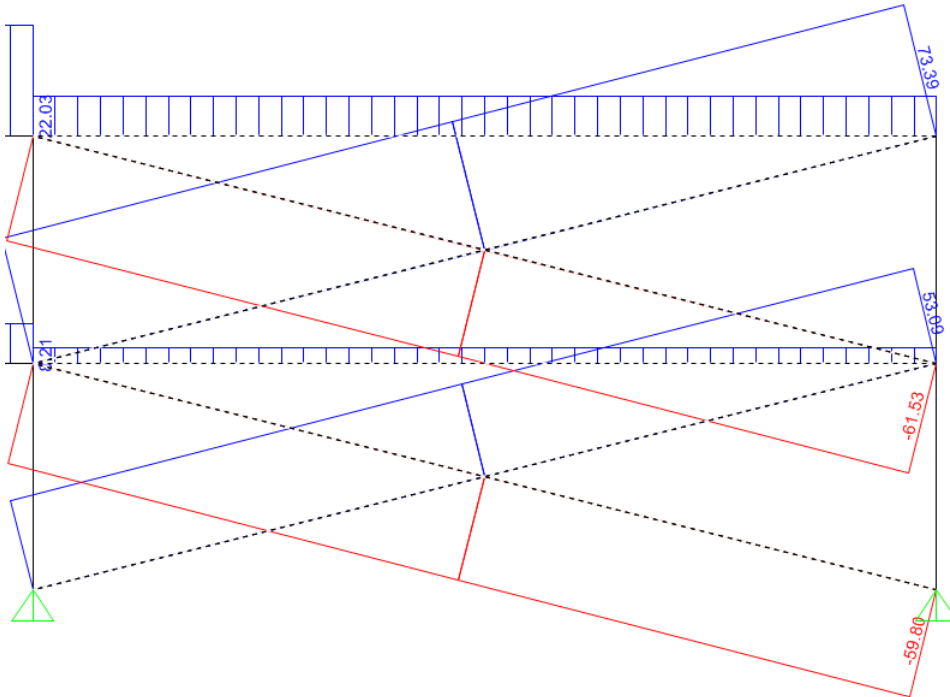
1, 2, 3 ve 4 nolu akslarda bulunan çerçevelerin deprem yönetmeliğine göre ve Love dalgası uygulamasına göre moment, normal kuvvet ve kesme kuvveti diyagramları ekteedir. Normal deprem yükleme durumlarında(G+S+E kombinasyonu) beklenildiği üzere çatı makası bir kiriş gibi çalışıp uç noktalarında yani kolon kiriş birleşimlerinde büyük momentler görülmektedir. Kolon ayakları x doğrultusunda ankastre olduğu için moment taşımaktadır. Depremin yönüne bağlı olarak bu ankastre ayaklarda ve kolon kiriş birleşimlerinde moment farklılıklar meydana gelmektedir. Eksenel kuvvete bakıldığında depremin yönü bu kuvvetlere dikkate değer derecede bir etki etmemektedir. Yani farklı yönde yapıya etkileyen deprem yükleri yapı elemanlarının normal kuvvetleri üzerinde etki etmemektedir. Yatay kuvvetlerden doğacak farklılıklar ankastre mesnetlere moment olarak yansımakta ve depremden doğacak yatay kuvvet x doğrultusunda bu mesnetlerle karşılanmaktadır. Yapı elemanlarındaki eksenel kuvvetler yapı üzerine gelen düşey kuvvetlerden kaynaklanmaktadır. Deprem yükünün eksenel kuvvetlere etkisi ihmal edilebilecek derecede küçüktür. Bundan dolayı eksenel kuvvetler deprem yükünden etkilenmediği söylenebilir.

Farklı zemin hareketlerinden yani SH-Love dalgaları uygulamasından doğan kolon yerdeğiştirmelerinin(G+S+D kombinasyonu) yapıya etkimesi durumunda kesit tesirlerinde ciddi miktarda farklılıklar meydana gelmektedir. Bu durumda kolonlarda ekzantirisite oluşmakta ve çerçeveadaki moment ve eksenel kuvvet değerleri etkilenmektedir.

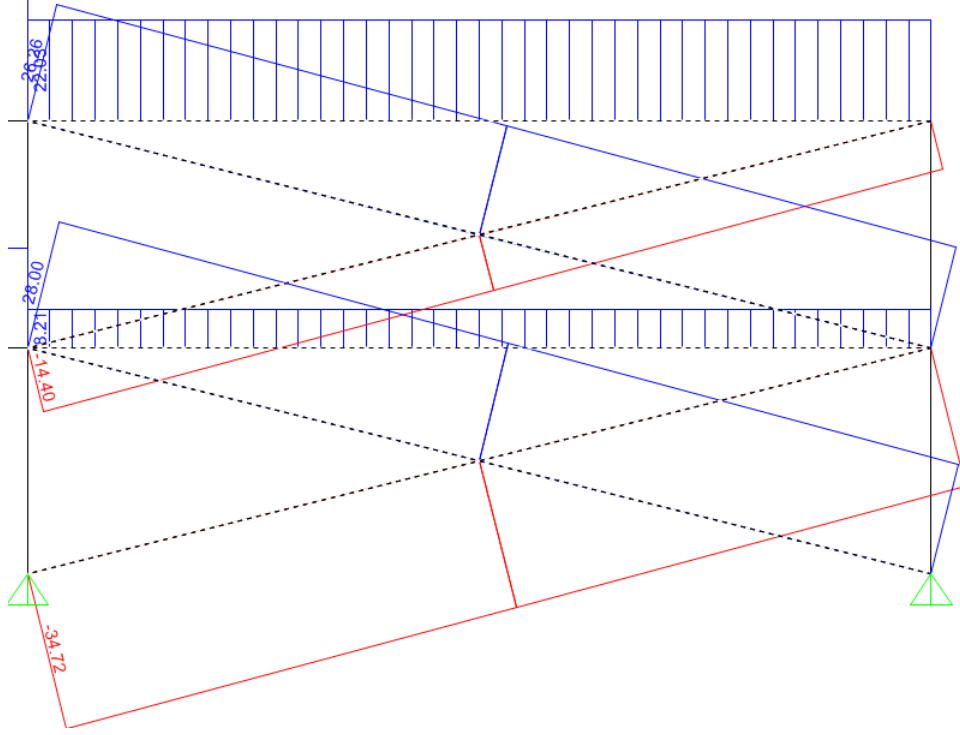
Deprem etkisini bu kolon yer değiştirmeleri ile tanımlandığı durumlar değerlendirildiğinde diygramlardan da görüldüğü gibi kolon-kiriş birleşimlerinin birinde moment değeri yaklaşık 2-2,5 kat artarken diğerinde ise moment yön değiştirmekte yani negatif moment pozitif momente dönüşmektedir. Mahyadaki moment değişmemektedir ancak açıklıklık momentleri de bir yöndeki artarken diğer yöndeki moment yön değiştirmektedir. Kolon ayaklarında dönmeye bağlı olarak ciddi miktarda moment değişimleri olmaktadır. Bir ayakta moment değeri 3-4 kat artarken diğer ayakta moment hem yön değiştirip hem de değer olarak artmaktadır. Eksenel kuvvetlerde de önemli miktarda değişimler olmaktadır ve bu kuvvetler hem değer hem de yön değiştirmektedir. Kolonların birinde eksenel kuvvet yaklaşık iki katına çıkarken diğer kolonda basınç azalmakta hatta bazı akslarda çekmeye dönüşmektedir. Kirişlerde de eksenel kuvvet değerleri birbirinden farklı olarak değişmektedir. Kirişlerin birinde bu değer yaklaşık 3 kat artmakta iken diğer kirişte eksenel kuvvet basınçken çekme olmaktadır.

3.2 Yan Duvar Çaprazlarının Kesit Tesirleri

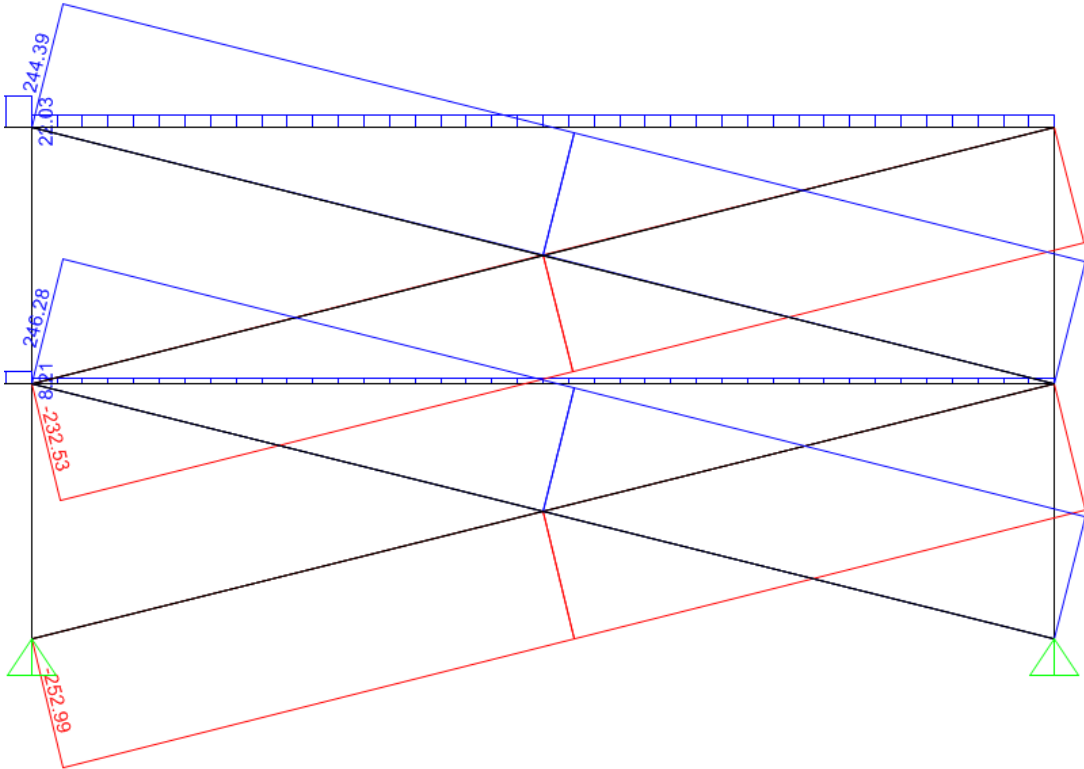
İlk ve son aralıkta bulunan çaprazların kesit tesirleri simetriktir. Bu çaprazlar kolonlara mafsallı olarak bağlı olduğu için sadece eksenel kuvvete maruzdurlar.



Şekil 3.1: G+S+EYP yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.

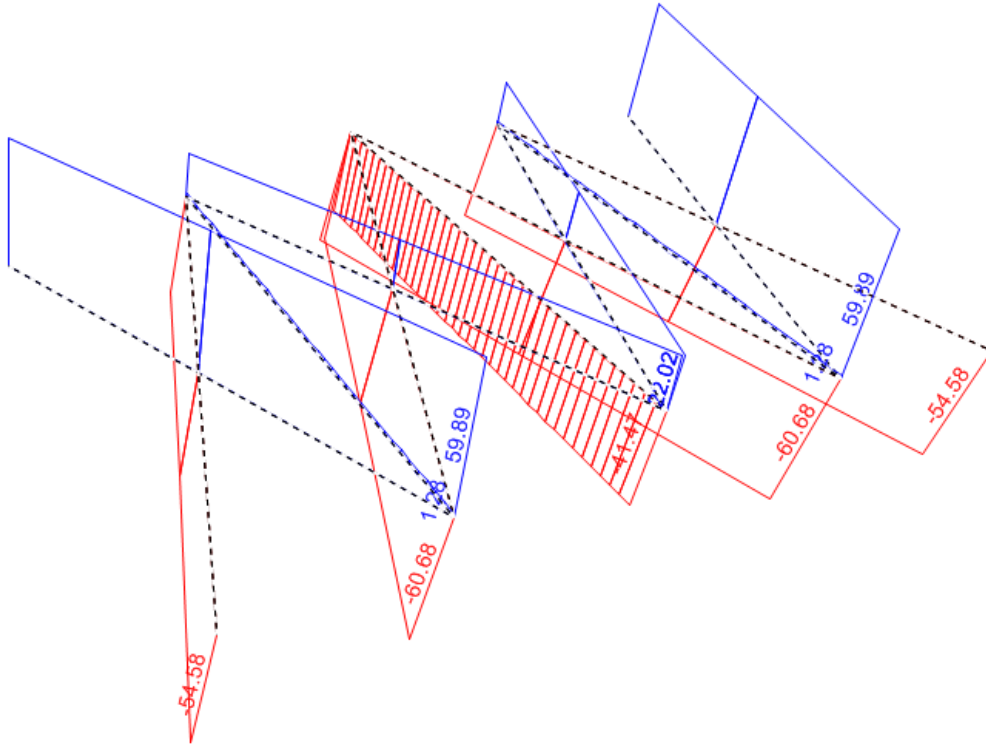


Şekil 3.2: G+S+EYN yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.

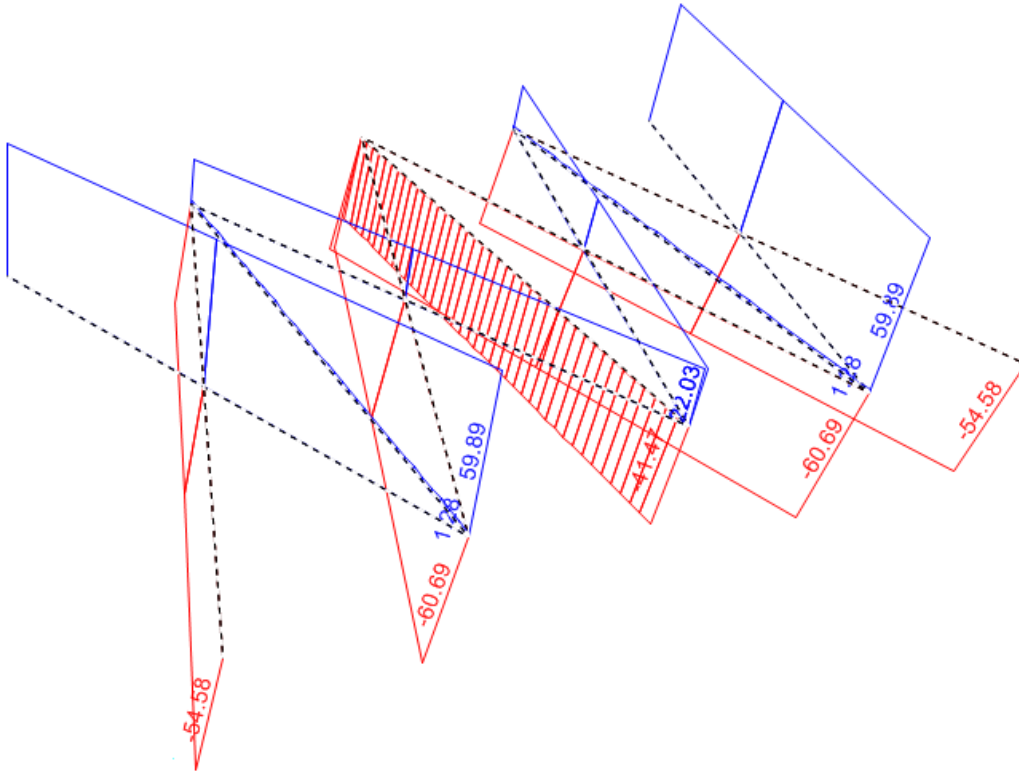


Şekil 3.3: G+S+D yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.

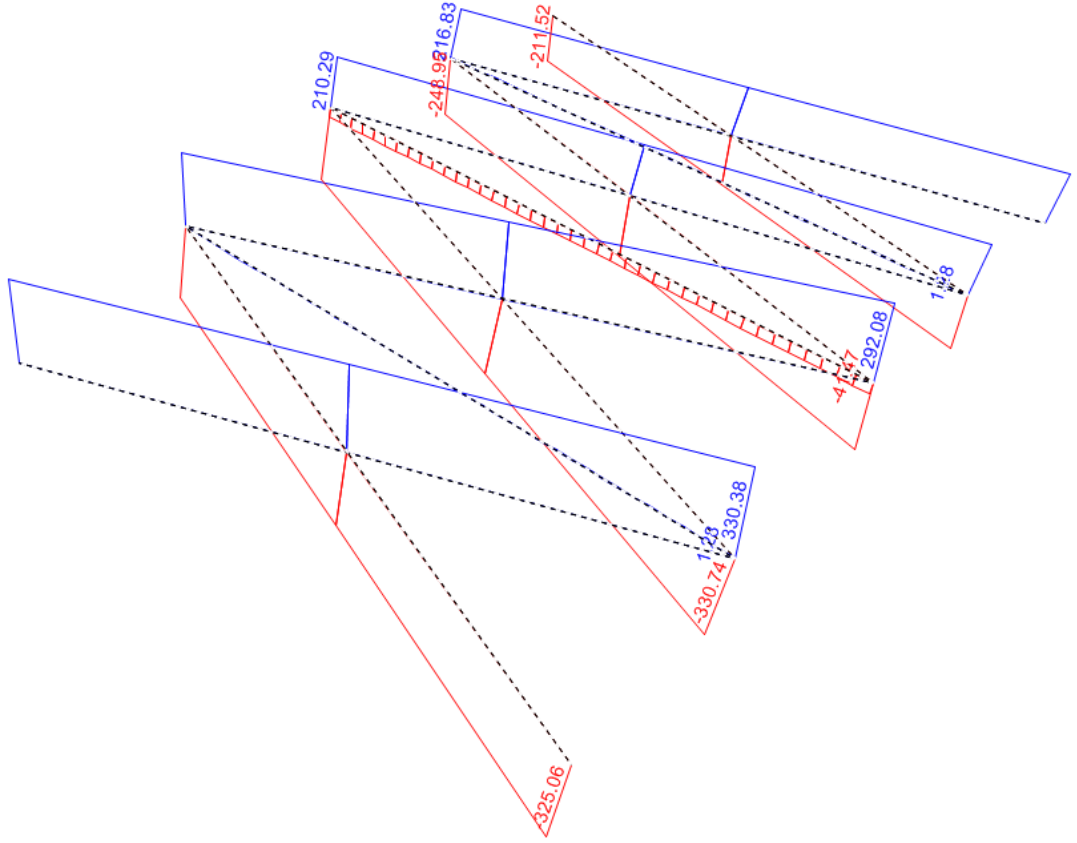
3.3 Çatı Çaprazlarının Kesit Tesirleri



Şekil 3.4: G+S+EYP yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.



Şekil 3.5: G+S+EYN yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.



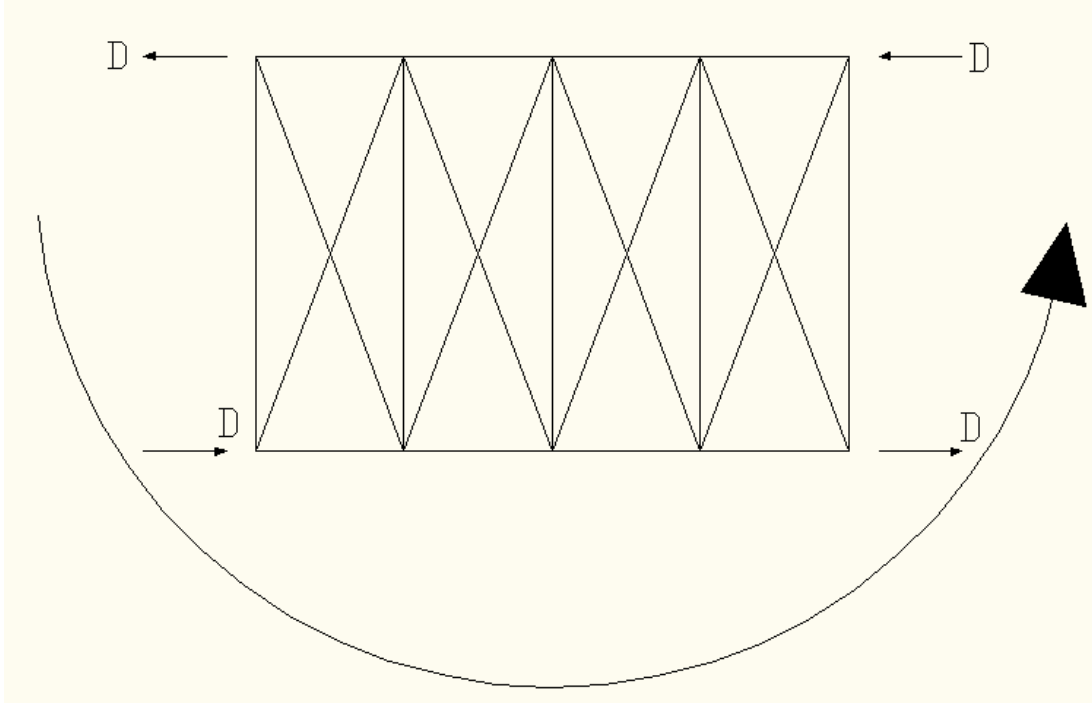
Şekil 3.6: G+S+D yüklemesinde normal kuvvet diyagramı.

Kesit tesirlerinin yorumu:

Yapının ilk ve son aks aralıklarında bulunan çatı ve yan duvar çaprazları boyuna doğrultuda yani y doğrultusunda yapıya gelen yükleri zemine aktarmak için kullanılmaktadır. Çünkü bu doğrultuda kolon ayakları mafsallı olarak çalışmaktadır. Çaprazlar kolon ve kirişlere mafsallı olarak bağlıdır ve bu çaprazlar sadece eksenel kuvvet taşır. Boyuna doğrultudaki deprem yüklerinin büyük kısmının yan duvar çaprazları tarafından taşındığı görülmektedir.

Farklı zemin hareketlerinden meydana gelen kolon hareketleri zemin düzleminde yapıda burulma etkisi yaratmaktadır.

Bu yapı elemanlarına etkileyen eksenel kuvvet yapı elemanları boyutlandırmasında belirleyici olduğu gibi çerçevelere bağlanan birleşimleri de etkilemektedir. Kaynaklı veya bulonlu yapılan bu birleşimler ek levhaları da içermektedir. Birleşimlerde kullanılan kaynak, bulon ve ek levhaları eksenel kuvvete bağlı olarak yapılırken kuvvetlerin değişmesi durumunda birleşim detayları da değişebilmektedir.

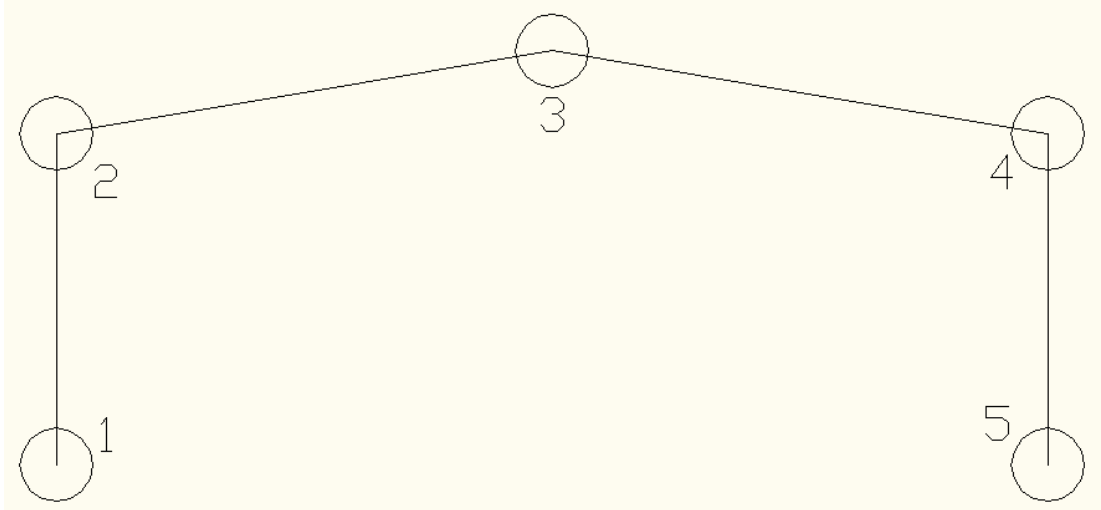


Şekil 3.7: Love dalgalarından doğan burulma etkisi.

Bu burulma etkisi çaprazlara aksenal kuvvet olarak yansımaktadır. Taşıyıcı elemanlarda ciddi miktarda farklılık göstermektedir. Çaprazlardan aynı doğrultuda olan kısımlar basınç kuvveti olarak artarken diğer doğrultuda olanlar aynı miktarda çekme kuvveti olarak artmaktadır. Bazı akslarda deprem yönüne bağlı olarak aksenal kuvvet hem işaret değiştirmekte hem de değer olarak büyük miktarda artmaktadır. Çatı çaprazları diyagramlardan görüldüğü üzere kolon yer değiştirmeleri olması durumunda üzerine gelen aksenal kuvvet hem basınç hem de çekme kuvveti taşıyan elemanlarda yaklaşık 5-6 kat artmaktadır. Yan duvar çaprazlarında ise bu kuvvetler yaklaşık 8-10 kat artmakla birlikte, deprem yükünün yönüne göre sönümleyici etkiden dolayı bu kuvvet daha azalmaktadır. Bu etkilerin göz önünde bulundurulup boyutlandırma ve detay hesapları buna göre yapılmalıdır.

4. FARKLI KOLON YER DEĞİŞTİRMELERİNİN KESİT TESİRLERİNE ETKİSİ

SH-Love dalgalarından meydana gelen kolon yer değiştirmelerinin farklı olması durumunda kesit tesirleri de değişir. Zemin hareketlerine bağlı olan bu yer değiştirmeler depremin yapıya olan etkisini belirlemektedir. Bu zemin hareketlerinin farklı miktarda olması durumunda kesit tesirlerine etkisi ve değişimi incelenecektir. Bunun için kolon ayaklarına daha önceden uygulanan 10cm lik yer değiştirmenin yanı sıra 8cm, 6cm ,4cm, 2cm, 1cm lik yer değiştirmeler verilecektir. Çerçeve üzerinde belirlenen noktalarda moment ve normal kuvvet değerleri belirlenip grafiği çizilerek yer değiştirme – kesit tesiri değişimi elde edilecektir.



Şekil 4.1: Kesit tesirlerinin değişimi için seçilen noktalar.

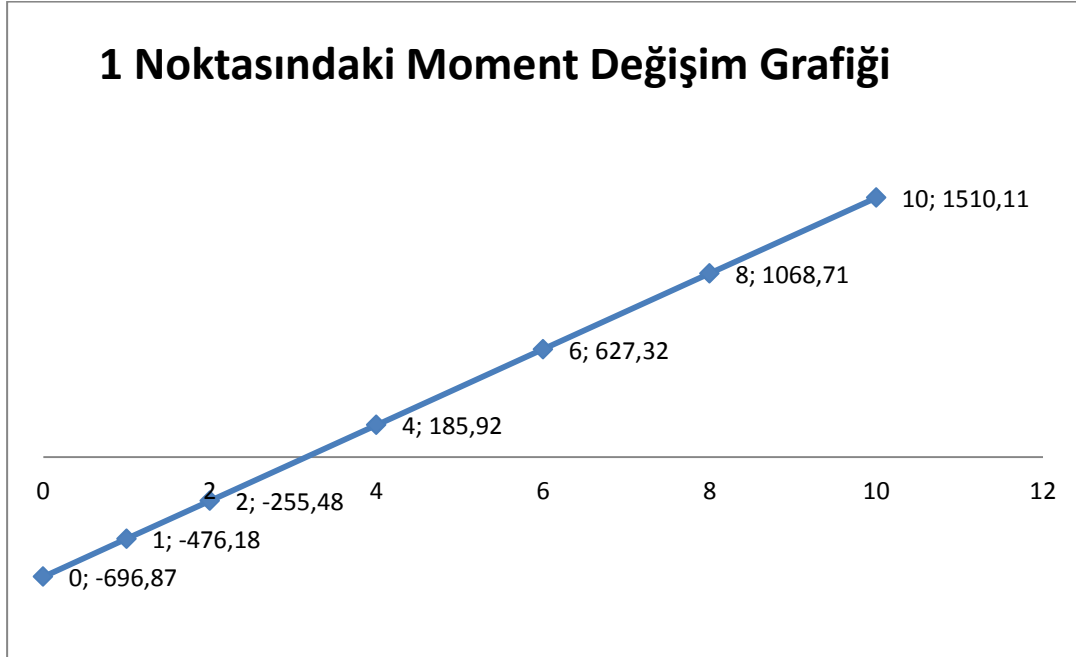
Kesit tesirleri 2 aksınındaki çerçevde incelenecektir. Bunun için bu çerçevde Şekil 4.1 'de de görünen kolon ayakları, kolon-kiriş birleşimleri ve mahya noktaları seçilmiş ve numaralandırılmıştır.

Elde edilen sonuçlar şöyledir:

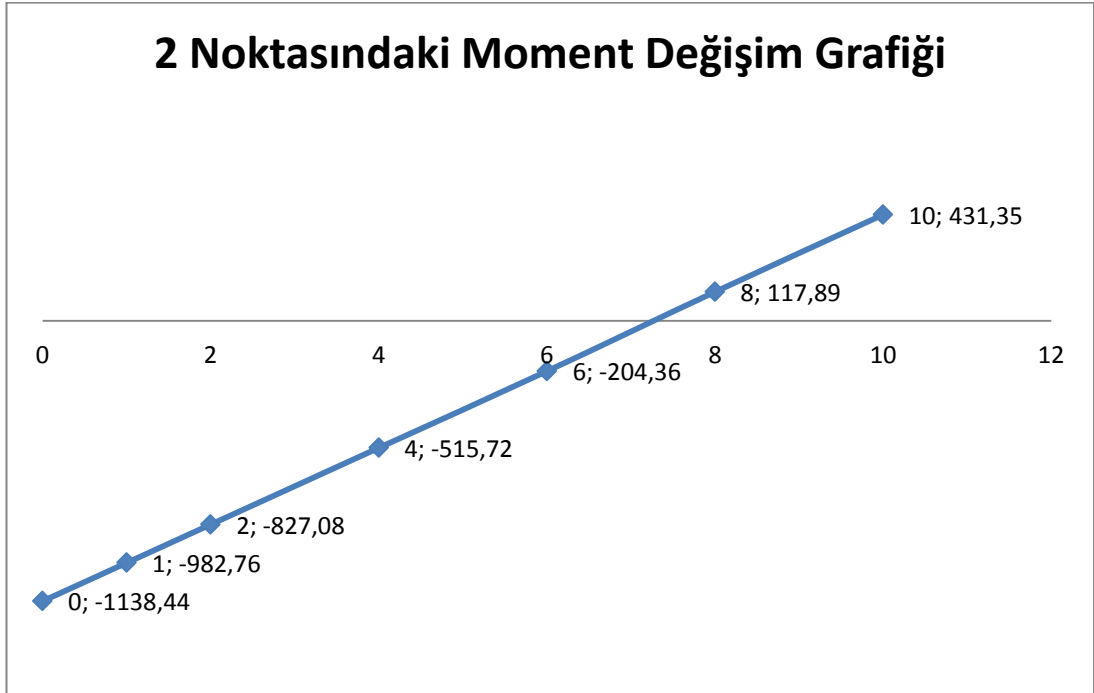
Çizelge 4.1: Kolon yer değiştirmelerine bağlı seçilen noktalardaki moment değerleri.

Moment(KNm)	Seçilen noktalardaki değerler				
	1	2	3	4	5
Kolon yer değiştirmeleri					
10 cm	1510.11	431.35	986.93	-2695.24	2903.86
8 cm	1068.71	117.89	986.73	-2383.88	2462.46
6 cm	627.32	-204.36	986.53	-2072.52	2021.06
4 cm	185.92	-515.72	986.34	-1761.16	1579.67
2 cm	-255.48	-827.08	986.14	-1449.8	1138.27
1 cm	-476.18	-982.76	986.04	-1294.12	917.57
0	-696.87	-1138.44	985.94	-1138.44	696.87

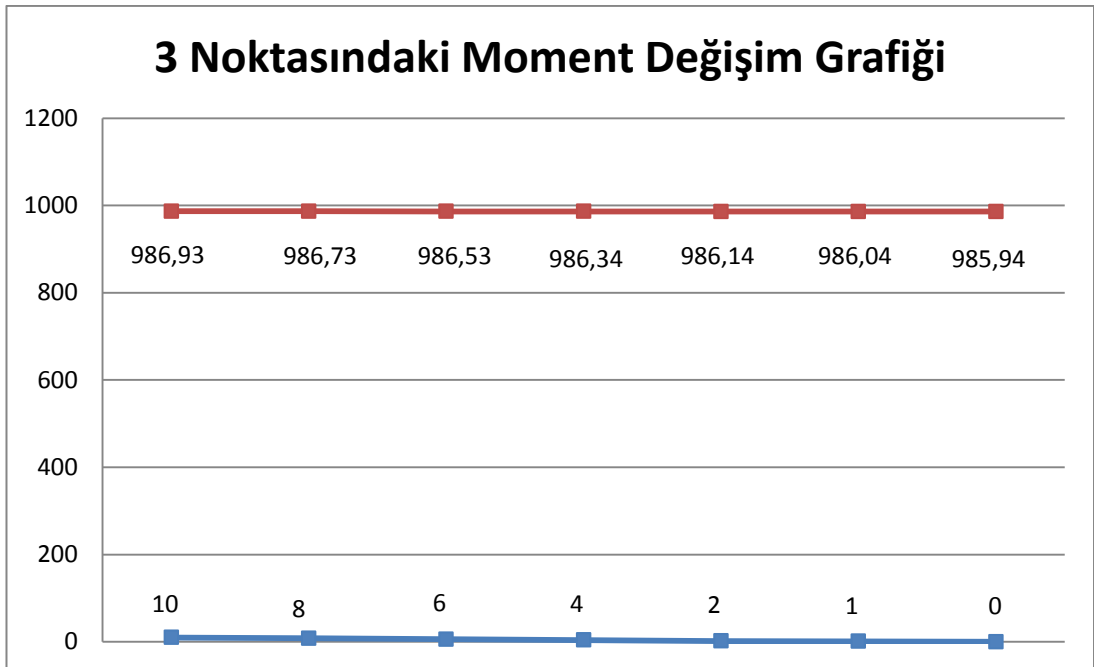
Grafiklerde yatay eksen yer değiştirme miktarını, dikey eksen de moment değerini göstermektedir.



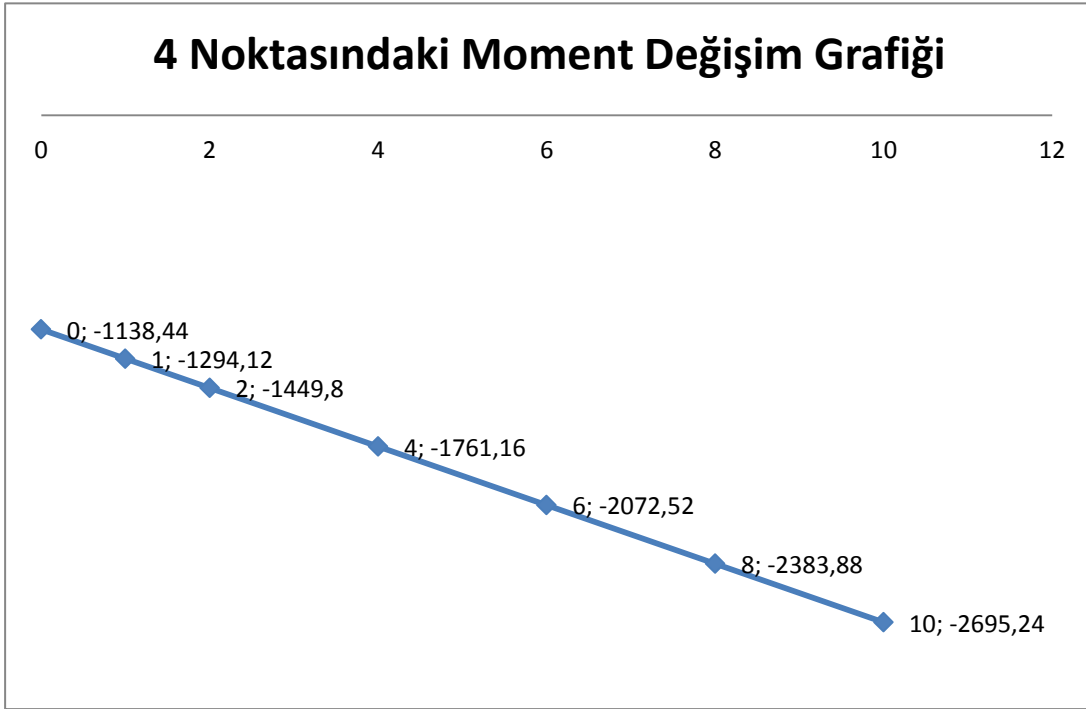
Şekil 4.2: 1 noktasındaki moment değişim grafiği.



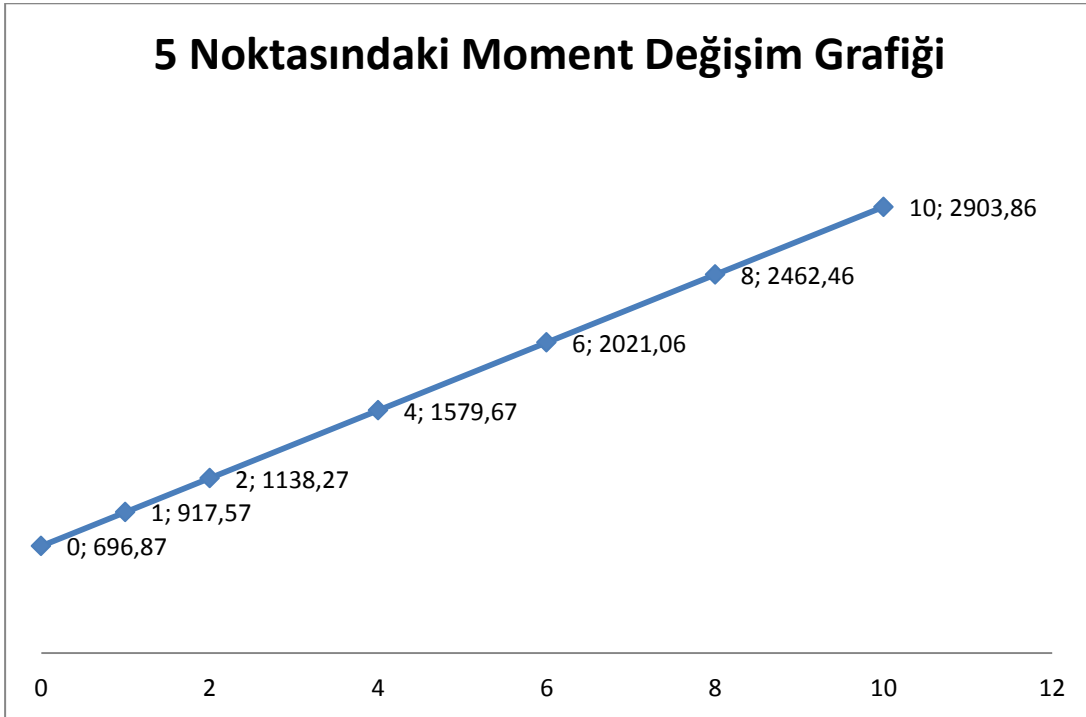
Şekil 4.3: 2 noktasındaki moment değişim grafiği.



Şekil 4.4: 3 noktasındaki moment değişim grafiği.



Şekil 4.5: 4 noktasındaki moment değişim grafiği.

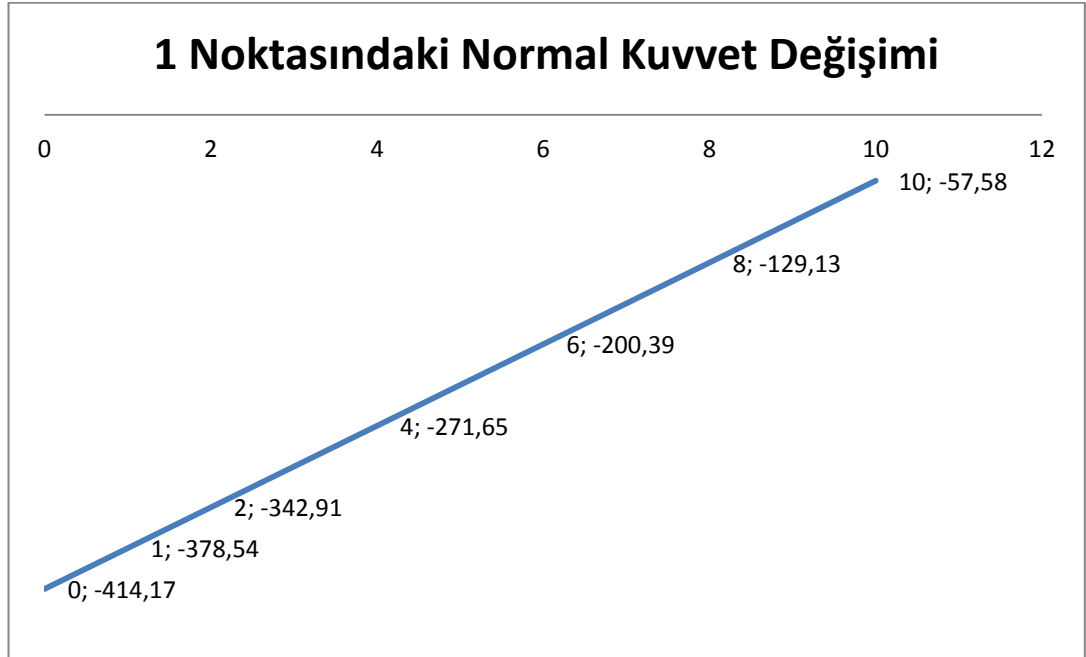


Şekil 4.6: 5 noktasındaki moment değişim grafiği.

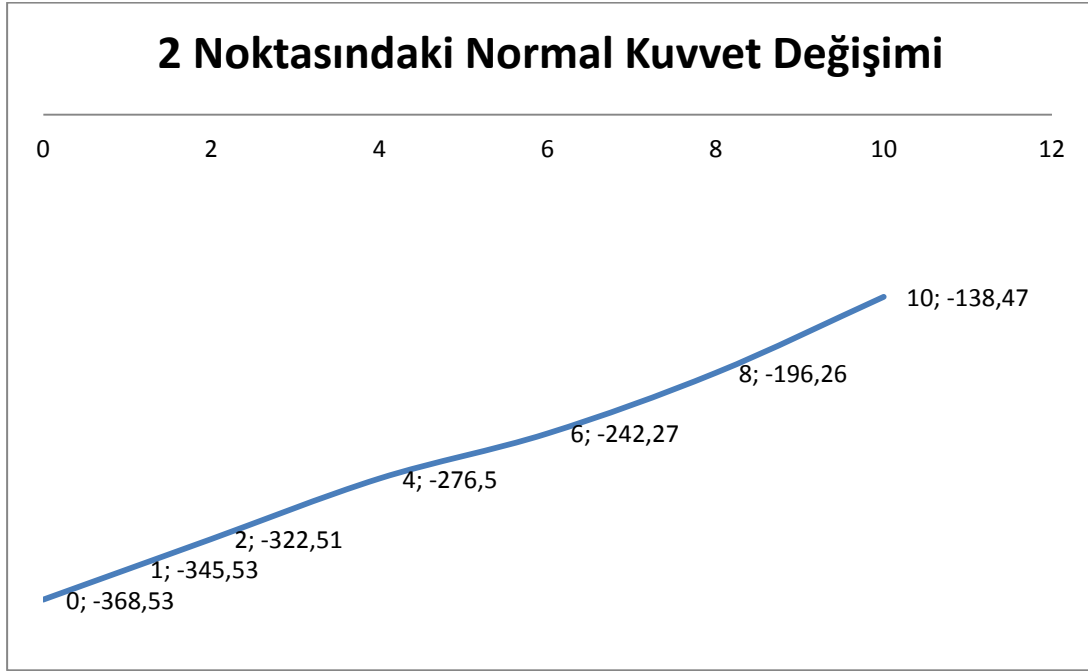
Çizelge 4.2: Kolon yer değiştirmelerine bağlı normal kuvvet değerleri.

Normal Kuvvet(KN)	Seçilen noktadaki değerler				
	1	2	3	4	5
Kolon yer değiştirmeleri					
10	-57.58	-138.47	-343.08	-598.6	-770.47
8	-129.13	-196.26	-320.48	-552.58	-699.21
6	-200.39	-242.27	-297.87	-506.57	-627.95
4	-271.65	-276.5	-275.26	-460.56	-556.69
2	-342.91	-322.51	-252.66	-414.55	-485.43
1	-378.54	-345.53	-241.35	-391.54	-449.8
0	-414.17	-368.53	-230.52	-368.53	-414.17

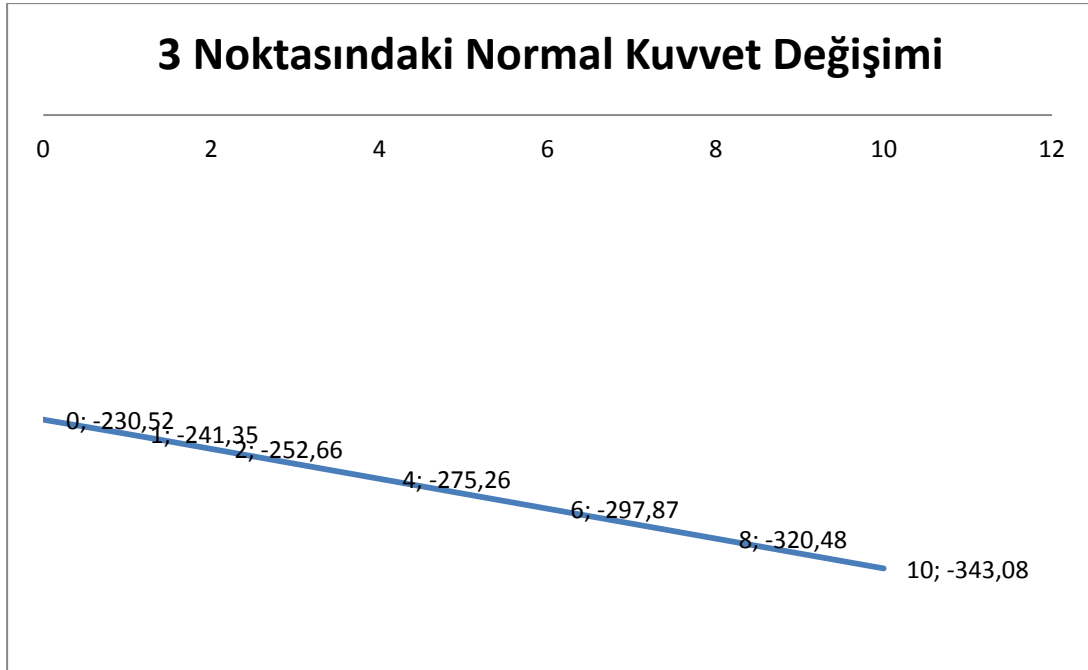
Grafiklerde yatay eksen yer değiştirme miktarını, dişey eksen de moment değerini göstermektedir.



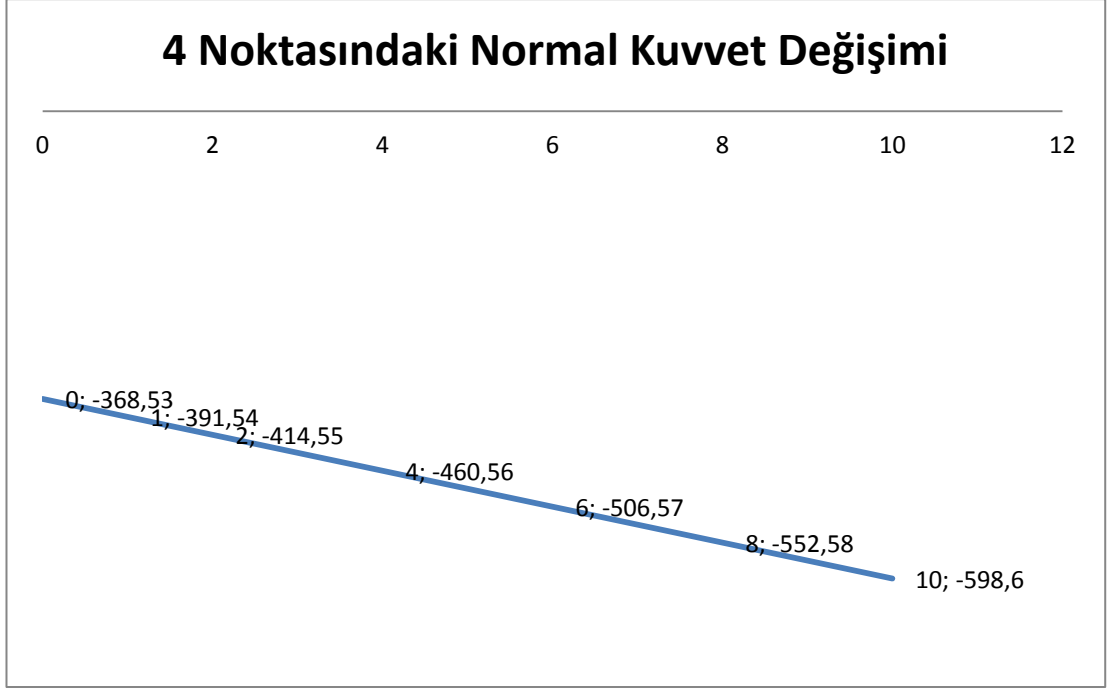
şekil 4.7: 1 noktasındaki normal kuvvet değişim grafiği.



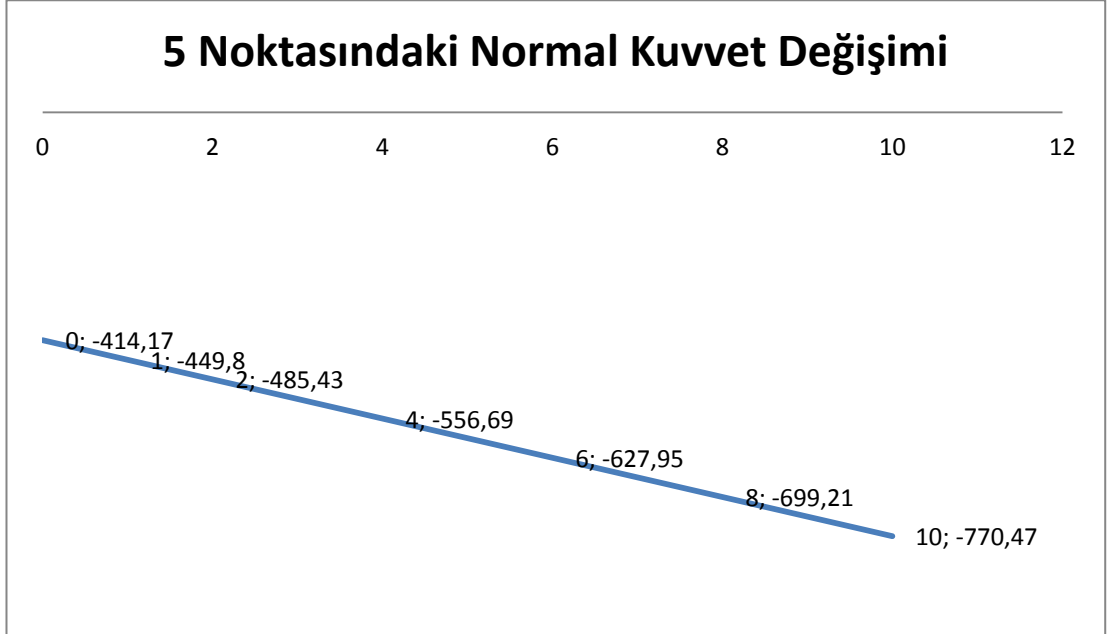
Şekil 4.8: 2 noktasındaki normal kuvvet değişim grafiği.



Şekil 4.9: 3 noktasındaki normal kuvvet değişim grafiği.



Şekil 4.10: 4 noktasındaki normal kuvvet değişim grafiği.



Şekil 4.11: 5 noktasındaki normal kuvvet değişim grafiği.

Beklendiği üzere moment ve normal kuvvet değerleri farklı kolon yer değiştirmelerinde büyük ölçüde değişmiştir. Bu değişimlerin lineer olduğu gözlenmektedir. 1 noktasındaki moment değişimi 2cm yer değiştirmesine kadar pozitif olurken bu yer değiştirmesinden sonra yön değiştirmiş ve negatif momente dönüşmüştür. Yer değiştirme olmaksızın olan moment değeri 10cm yer değiştirme

olduğu durumdaki moment farkı yaklaşık 2200 kN dur. Normal kuvvete bakıldığında 10 cm kolon yer değiştirmesi olması durumu ile kolon yer değiştirmesi olmadığı durumda aksenal kuvvet 470 kN fark etmiştir. Yine bu değişim de lineerdir. 2 noktasında moment değişimi 6 cm yer değiştirmesi durumunda yön değişirmiştir. Yer değişirme olmadığı durum ile 10 cm yer değişirme olduğu durum arasında yaklaşık 1570 kNm moment farkı, normal kuvvet olarak 230 kN fark vardır. Bu nokta kolon-kiriş birleşimi olduğu için momentin işaret değiştirmesi de detay şeklinde ve hesabında farklılıklar meydana getirir. 3 noktasında moment değişimi olmadığı grafikte görölmektedir. Normal kuvvet değişimi ise diğer noktalara nazaran daha az olduğu görölmektedir. 4 noktası da 2 noktası gibi kolon-kiriş birleşimidir. Kolon yer değiştirmesinin yönünden dolayı bu noktada momentler yer değiştirmelere bağlı olarak işaret değişmemiştir. 10 cm yer değişirme olması durumu ile olmaması durumu arasında 1550 kNm moment değişimi söz konusudur. Aksenal kuvvet de yer değişirme artması durumunda artmaktadır. 5 noktası da 1 noktası gibi kolon ayağı olmasına rağmen kolon yer değiştirmesinin yönünden dolayı üzerine gelen moment yön değiştirmemiştir ancak yer değiştirmesi ile doğru orantılı olarak artmıştır. Yine üzerine gelen normal kuvvet de yer değiştirmeyle doğru orantılı olarak artmaktadır.

Özet olarak kolon yer değiştirmesi miktarı yapı elemanlarının kesit tesirleri üzerinde önemli miktarda değişiklikler meydana getirmektedir. Yer değiştirmesi arttıkça yapı elemanları üzerine daha elverişsiz tesirler meydana getirmekte ve bazı durumlarda bu tesirlerin yön değiştirmesine neden olmaktadır. Seçilen noktalar göz önüne alındığında bu noktalar her biri çelik birleşim detaydır. Değişen kesit tesirlerinin detay hesaplarını etkilemesi de göz önüne alınmalıdır.

5. YAPI ELEMANLARININ BOYUTLANDIRILMASI VE EKONOMİK KARŞILAŞTIRILMASI

Yapı çelik elemanlardan oluşmaktadır. Bu elemanları boyutlandırırken en elverişsiz kesit tesirleri alınacak ve TS648 Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları yönetmeliği[9] kullanılacaktır. Önce normal deprem uygulamasıyla sonra SH-Love dalgalarından oluşan farklı kolon yer değiştirmesi uygulamasıyla yapı elemanları boyutlandırılıp karşılaştırılacaktır. Metraj elde edilip toplam çelik ağırlık farkı hesaplanacaktır.

5.1 Kolonların Boyutlandırılması

Normal deprem yüklemesine(G+S+E) göre:

En elverişsiz kesit tesirleri:

$$N = -376,98 \text{ kN} \quad M = -1262,65 \text{ kNm} = -126265 \text{ kNcm}$$

Seçilen profil: HE 1000A

Profil değerleri:

$$W_x=111,90\text{m}^3 \quad F=346,80\text{cm}^2 \quad i_y=6,35\text{cm}$$

$$S_b = 500\text{cm} \quad \lambda = S_b / i_y = 76,92$$

$$C_b = 1,75 + 1,05 \left(\frac{M1}{M2} \right) + 0,3 \left(\frac{M1}{M2} \right)^2 \quad (6.1)$$

M1: Uç momentlerin küçüğü

M2: Uç momentlerin büyüğü

$$M1 = 87544 \text{ kNcm}$$

$$M_2 = -126265 \text{ kNcm}$$

$$C_b = 1,75 + 1,05 \left(\frac{87544}{-126265} \right) + 0,3 \left(\frac{87544}{-126265} \right)^2$$

$$C_b = 1,17$$

$$F_b = 115,11 \text{ cm}^2$$

$$I_{yb} = 6980 \text{ cm}^2$$

$$i_{yb} = \sqrt{\frac{I_{yb}}{F_b}} \quad (6.2)$$

$$i_{yb} = \sqrt{\frac{6980}{115,11}}$$

$$i_{yb} = 7,78 \text{ cm}$$

$$\lambda_{yb} = \frac{500}{7,78} = 64,21$$

$$\lambda_{yb}^* = \sqrt{\frac{3 \times 10^7 \times C_b}{\sigma_a}} \quad (6.3)$$

$$\lambda_{yb}^* = \sqrt{\frac{3 \times 10^7 \times 1,17}{2400}} = 120,74$$

$$\lambda_{yb} < \lambda_{yb}^*$$

$$\sigma_{Bx} = \left(\frac{2}{3} - \frac{\sigma_a \times \lambda_{yb}^2}{9 \times 10^7 \times C_b} \right) \times 24 \quad (6.4)$$

$$\sigma_{Bx} = \left(\frac{2}{3} - \frac{2400 \times 64,21^2}{9 \times 10^7 \times 1,17} \right) \times 24$$

$$\sigma_{Bx} = 13,73 \text{ kN/cm}^2 < 19,20 \text{ kN/cm}^2 \text{ (Deprem yüklemesi için emniyet gerilmesi)}$$

σ_{Bx} maksimum 19,20 kadar olabilir

$$\sigma_{Bx} = 13,40 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{eB} = N/F$$

$$\sigma_{eb} = \frac{376,98}{346,8} = 1,08 \text{ kN/cm}^2$$

$$w = 1,57$$

$$\sigma_{bem} = \frac{\sigma_{cem}}{w} \quad (6.5)$$

$$\sigma_{bem} = \frac{19,20}{1,57} = 12,23 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{bx} = \frac{M}{W_x} \quad (6.6)$$

$$\sigma_{bx} = \frac{126265}{11190} = 11,28 \text{ kN/cm}^2$$

Tahkikler:

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ba}} = \frac{1,08}{24} = 0,05 < 0,15 \quad (6.7)$$

Olduğuna gore:

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ba}} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} \leq 1,0$$

$$\frac{1,08}{24} + \frac{11,28}{13,73} = 0,87 \leq 1,0$$

Kesit yeterlidir.

SH-Love dalgaları uygulaması(G+S+D) ile

En elverişsiz kesit tesirleri:

$$N = -770,47 \text{ kN} \quad M = -2903,85 \text{ kNm} = -290385 \text{ kNcm}$$

Seçilen profil: HE 1000x584

Profil değerleri:

$$W_x = 23600 \text{ cm}^3 \quad F = 743.7 \text{ cm}^2 \quad i_y = 6,7 \text{ cm}$$

$$S_b = 500 \text{ cm} \quad \lambda = S_b / i_y = 74,63$$

$$C_b = 1,75 - 1,05 \left(\frac{-270326}{290385} \right) + 0,3 \left(\frac{-270326}{290385} \right)^2$$

$$C_b = 1,03$$

$$\lambda_{yb}^* = \sqrt{\frac{3 \times 10^7 \times 1,03}{2400}} = 113,6$$

$$\lambda_{yb} = 60,36$$

$$\lambda_{yb} < \lambda_{yb}^*$$

$$\sigma_{Bx} = \left(\frac{2}{3} - \frac{2400 \times 60,36^2}{9 \times 10^7 \times 1,35} \right) \times 24$$

$$\sigma_{Bx} = 13,74 < 19,20 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{eB} = N/F$$

$$\sigma_{eb} = \frac{770,47}{743,7} = 1,04 \text{ kN/cm}^2$$

$$w=1,54$$

$$\sigma_{bem} = \frac{\sigma_{cem}}{w}$$

$$\sigma_{bem} = \frac{19,2}{1,54} = 12,46 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{bx} = \frac{M}{W_x}$$

$$\sigma_{bx} = \frac{290385}{23600} = 12,31 \text{ t/cm}^2$$

Tahkikler:

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ba}} = \frac{1,04}{24} = 0,04 < 0,15$$

Olduğuna göre:

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ba}} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} \leq 1,0$$

$$\frac{1,04}{24} + \frac{12,30}{13,74} = 0,94 \leq 1,0$$

Kesit yeterlidir.

5.2 Kirişlerin Boyutlandırılması

Normal deprem yüklemesine(G+S+E) göre:

En elverişsiz kesit tesirleri:

$$N = -259,46\text{kN} \quad M = -1265,20 \text{ kNm} = -126520 \text{ kNcm}$$

Seçilen profil: HE 1000B

Profil değerleri:

$$W_x=12890\text{m}^3 \quad F=400\text{cm}^2 \quad i_y=6,38\text{cm}$$

$$S_b = 500\text{cm} \quad \lambda = S_b / i_y = 119,12$$

$$C_b = 1,75 + 1,05 \left(\frac{M1}{M2} \right) + 0,3 \left(\frac{M1}{M2} \right)^2$$

M1: Uç momentlerin küçüğü

M2: Uç momentlerin büyüğü

$$M1 = 98591 \text{ kNcm}$$

$$M2 = -126520 \text{ kNcm}$$

$$C_b = 1,75 + 1,05 \left(\frac{98591}{-126220} \right) + 0,3 \left(\frac{98591}{-126220} \right)^2$$

$$C_b = 1,11$$

$$F_b = 132,83 \text{ cm}^2$$

$$I_{yb} = 8107 \text{ cm}^2$$

$$i_{yb} = \sqrt{\frac{6980}{115,11}}$$

$$i_{yb} = 7,81 \text{ cm}$$

$$\lambda_{yb} = \frac{760}{7,81} = 97,28$$

$$\lambda_{yb}^* = \sqrt{\frac{3 \times 10^7 \times 1,11}{2400}} = 118$$

$$\lambda_{yb} < \lambda_{yb}^*$$

$$\sigma_{Bx} = \left(\frac{2}{3} - \frac{2400 \times 97,28^2}{9 \times 10^7 \times 1,11} \right) \times 24$$

$$\sigma_{Bx} = 10,56 \text{ kN/cm}^2 < 19,20 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{Bx} = 10,56 \text{ t/cm}^2$$

$$\sigma_{eB} = N/F$$

$$\sigma_{eb} = \frac{259,46}{400} = 0,65 \text{ kN/cm}^2$$

$$w = 2,48$$

$$\sigma_{bem} = \frac{\sigma_{cem}}{w}$$

$$\sigma_{bem} = \frac{19,2}{2,48} = 7,74 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{bx} = \frac{M}{W_x}$$

$$\sigma_{bx} = \frac{126520}{12890} = 9,82 \text{ kN/cm}^2$$

Tahkikler:

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ba}} = \frac{0,65}{24} = 0,03 < 0,15$$

Olduğuna gore:

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ba}} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} \leq 1,0$$

$$\frac{0,65}{24} + \frac{9,82}{10,56} = 0,96 \leq 1,0$$

Kesit yeterlidir.

SH-Love dalgaları uygulaması(G+S+D) ile

En elverişsiz kesit tesirleri:

$$N = -563,19 \text{ kN} \quad M = -2695,24 \text{ kNm} = -269524 \text{ kNcm}$$

Seçilen profil: HE 1000x584

Profil değerleri:

$$W_x = 23600 \text{ cm}^3 \quad F = 743.7 \text{ cm}^2 \quad i_y = 6.7 \text{ cm}$$

$$S_b = 500 \text{ cm} \quad \lambda = S_b / i_y = 74.63$$

$$C_b = 1.75 - 1.05 \left(\frac{98693}{-269524} \right) + 0.3 \left(\frac{98693}{-269524} \right)^2$$

$$C_b = 1.41$$

$$\lambda_{yb}^* = \sqrt{\frac{3 \times 10^7 \times 1.41}{2400}} = 113.43$$

$$\lambda_{yb} = 91.75$$

$$\lambda_{yb} < \lambda_{yb}^*$$

$$\sigma_{Bx} = \left(\frac{2}{3} - \frac{2400 \times 91.75^2}{9 \times 10^7 \times 1.41} \right) \times 24$$

$$\sigma_{Bx} = 12.17 < 19.2 \text{ kN/cm}^2,$$

$$\sigma_{eB} = N/F$$

$$\sigma_{eb} = \frac{563.19}{743.7} = 0.76 \text{ kN/cm}^2$$

$$w = 1.81$$

$$\sigma_{bem} = \frac{\sigma_{cem}}{w}$$

$$\sigma_{bem} = \frac{19.2}{1.81} = 10.61 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{bx} = \frac{M}{W_x}$$

$$\sigma_{bx} = \frac{269524}{23600} = 11.42 \text{ t/cm}^2$$

Tahkikler:

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ba}} = \frac{0.76}{24} = 0.03 < 0.15$$

Olduğuna göre:

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ba}} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} \leq 1,0$$

$$\frac{0,76}{24} + \frac{11,42}{12,17} = 0,97 \leq 1,0$$

Kesit yeterlidir.

5.3 Yan Duvar Çaprazlarının Boyutlandırılması

Normal deprem yüklemesine(G+S+EYN) göre hesap:

En çok zorlanan kesitteki değerler:

$$N = -61,53\text{kN}$$

Seçilen profil: 273mm çaplı 4mm et kalınlıklı boru profil

Profil değerleri:

$$F=33,8\text{cm}^2 \quad i_{\min}=9,5\text{cm}$$

$$S_k=1031\text{cm}$$

$$\lambda = \frac{1031}{9,5} = 108,5 < 120$$

$$w=2,18$$

$$\sigma = \frac{w \times N}{F}$$

$$\sigma = \frac{2,18 \times 61,53}{33,8} = 3,97 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{em} = 19,2 \text{ kN/cm}^2$$

Bu elemanlar boyutlandırılırken deprem yönetmeliğinin şart koştuğu burkulma sınırı ($\lambda < 120$) etkili olmuştur. Görüldüğü gibi gerilme emniyet gerilmesinden çok küçük olduğu halde burkulma sınırını aşmamak için atalet yarıçapı yüksek bir profil seçilmek zorunda kalınmıştır.

SH-Love dalgaları uygulaması(G+S+D) ile hesap:

En çok zorlanan kesitteki değerler:

$$N = -279,66\text{kN}$$

Seçilen profil: 273mm çaplı 4mm et kalınlıklı boru profil

Profil değerleri:

$$F=33,8\text{cm}^2 \quad i_{\min}=9,5\text{cm}$$

$$S_k=1031\text{cm}$$

$$\lambda = \frac{1031}{9,5} = 108,5 < 120$$

$$w=2,18$$

$$\sigma = \frac{w \times N}{F}$$

$$\sigma = \frac{2,18 \times 279,66}{33,8} = 18,04 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{em} = 19,2 \text{ kN/cm}^2$$

SH-Love uygulaması ile hesaplanan deprem yükü aksenal kuvveti ve dolayısıyla gerilmeyi yüksek miktarda artırmasına rağmen burkulma sınırının sağlanması için normal deprem uygulaması ile aynı profilde seçilmiştir.

5.4 atı aprazlarının Boyutlandırılması

Normal deprem yüklemesine(G+S+EYN) göre hesap:

En çok zorlanan kesitteki değerler:

$$N = -60,91\text{kN}$$

Seçilen profil: 273mm çaplı 4mm et kalınlıklı boru profil

Profil değerleri:

$$F=33,8\text{cm}^2 \quad i_{\min}=9,5\text{cm}$$

$$S_k=1070\text{cm}$$

$$\lambda = \frac{1070}{9,5} = 112,63 < 120$$

$$w=2,29$$

$$\sigma = \frac{w \times N}{F}$$

$$\sigma = \frac{2,29 \times 60,91}{33,8} = 4,13 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{em} = 19,2 \text{ kN/cm}^2$$

SH-Love dalgaları uygulaması(G+S+D) ile hesap:

En çok zorlanan kesitteki değerler:

$$N = -330,74\text{kN}$$

Seçilen profil: 273mm çaplı 5mm et kalınlıklı boru profil

Profil değerleri:

$$F=42,1\text{cm}^2 \quad i_{\min}=9,5\text{cm}$$

$$S_k=1070\text{cm}$$

$$\lambda = \frac{1070}{9,5} = 112,63 < 120$$

$$w=2,29$$

$$\sigma = \frac{w \times N}{F}$$

$$\sigma = \frac{2,29 \times 330,74}{42,1} = 17,99 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{em} = 19,2 \text{ kN/cm}^2$$

Burkulma sınırının aşılmaması için normal deprem uygulamasıyla hesaplanan profil kesit tesiri göz önüne alındığında çok büyük bir profildir [10]. Ancak SH-Love uygulamasında gerilmeler çok büyüdüğü için normal deprem hesabında seçilen profil dahi gerilmeyi karşılayamamıştır. Görüldüğü gibi gerilme çok büyümüş ve burkulma sınırından bağımsız olarak gerilme şartının sağlanabilmesi için kesit artırılmak zorunda kalınmıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Deprem yer kabuğunda oluşan çeşitli sismik dalgaların zemin üzerinde bulunan yapılara etkisi depremin ivmesi, zemin türü, yapı ağırlığı gibi parametreleri bağlı olmakla birlikte bu dalgaların çeşitine de bağlıdır. Deprem esnasında yapıya öncelikle birincil dalgalar olan P dalgaları etkirken arkasından ikincil dalgalar olan SH-Love dalgaları da etki edebilir. Türk Deprem Yönetmeliği'nde bu dalgaların yapı üzerine etkisi eşdeğer deprem yükü yöntemiyle yapıya yansıtılmaktadır. Bu da zemin dalgalarından meydana gelen farklı kolon yer değiştirmelerini göz ardı eder. Ancak köprü, endüstri yapısı gibi uzun yapılarda bu dalgalar yapıda ihmal edilemeyecek derecede hasarlar meydana getirmektedir.

Bu çalışmada deprem yönetmeliğinin öngördüğü şekilde ve yapının SH-Love dalgalarına göre farklı yerdeğiştirme yapan kolon uygulaması karşılaştırılmış ve bunların kesit tesirleri üzerine etkisi, boyutlandırmadaki etkisi ve maliyet etkisi üzerinde durulmuştur. Görüleceği gibi Love dalgaları uygulaması deprem yönetmeliğinin uygulamasına nazaran yapının genelini, kolon ayaklarını ve yapı elemanlarını daha fazla zorlamaktadır. Bunun en önemli nedenlerinden birisi farklı kolon yer değiştirmesinden doğan burulma etkisidir. Bu etki iki kolon aksı arasında etkili olup çerçeveleri birbirine bağlayan çapraz elemanlara çok ciddi eksenel yük uygulamaktadır. Diğer bir neden ise kolon ayaklarında ya da temellerde meydana gelen yer değiştirmeler çerçeve üzerindeki ikinci mertebe etkileri ortaya çıkarmaktadır. Deprem esnasında kolon yer değiştirmesi olarak 10 cm seçilmiştir. Z3 zemin sınıfı göz önüne alındığında Love dalgası hızı 185 m/s olup dalga frekansı 0,23 ile 30,8 Hz arasındadır. Dalga frekansı yüksek frekanslı kabul edilip 29,05 Hz olduğu düşünüldüğünde Love dalgasının dalga boyu hesaplamalarla 40 metre olmaktadır. Bu da her bir aksın kolonlarının zıt yönde hareket edeceği anlamına gelir. 10 cm miktarındaki yer değiştirme birinci derece deprem kuşağında ve Z3 zemin sınıfında olan yapılar için makul bir değerdir.

Eş değer deprem yöntemi yapıya uygulandığında bu kolon yer değiştirmeleri yerine kolon uçlarına yani birinci kat noktalarına hesaplanan deprem yükü uygulanır. Bunun nedeni deprem yönetmeliğinin yapı kütlelerinin kat üzerinde yoğunlaşacağını ve bu yoğunlaşmadan dolayı deprem etkisinin bu noktalara olacağı öngörüsüdür.

Yapıda aks aralıklarının büyük olması ve hesaplanan dalga boyu nedeniyle Love dalgalarının ihmal edilmemesi durumundaki yapı davranışı incelenmiştir ve deprem yönetmeliği hesabıyla karşılaştırılmıştır. Görüleceği gibi yapının davranışındaki değişiklikler göz ardı edilemeyecek derecede ciddi olup kesit tesirlerinde ve profil seçimlerinde farklılıklar meydana getirmiştir.

Love dalgalarından meydana gelen kolon yer değiştirmeleri farklı miktarlarda yapıya uygulanarak seçilen 2 aksında meydana gelen moment ve normal kuvvet değerlerinin değişimi araştırılmıştır. Hem moment hem de normal kuvvet değişimi 10cm, 8cm, 6cm, 4cm, 2cm, 1cm kolon yer değiştirilmesinde incelenerek bu değişimin diyagramları elde edilmiştir. Diyagramlardan da görüleceği üzere bu değişimler doğrusal bir şekilde olmuştur. Yani kesit tesirlerine kolon yer değiştirmelerinin etkisi birinci derecedir.

Love dalgaları ve deprem yönetmeliği hesapları ile kesit tesirleri elde edilmiş ve boyutlandırma yapılmıştır. Bu boyutlandırmada Love dalgalarının etkisi daha iyi görülmektedir. Her iki uygulamayla yapı boyutlandırılırken Love dalgalarından meydana gelen etkinin deprem yönetmeliğinin öngördüğü hesaplara uygulanan deprem etkisinden daha zorlayıcı olmasından dolayı profiller de artmıştır. Bazı yan duvar ve çatı çaprazları deprem yönetmeliğinde zorunlu koşulan burkulma sınırı nedeniyle her iki uygulamayla da aynı profil ile boyutlandırılmıştır.

Normal deprem yüklemesiyle boyutlandırılan yapı elemanlarının metrajı:

Çizelge 6.1: Metraj Tablosu I.

Profil Adı	Birim Ağırlık(kg/m)	Uzunluk(m)	Adet	Toplam Uzunluk(m)	Toplam Ağırlık(kg)
HE1000A	272	10	8	80	21760
HE1000B	314	15.21	8	121.68	38207.52
Boru 273-4	26.5	20.62	16	329.92	8742.88
Boru 273-4	26.5	21.4	16	342.4	9073.6
				Toplam:	77784

SH-Love dalgaları uygulaması ile boyutlandırılan yapı elemanlarının metrajı:

Çizelge 6.1: Metraj Tablosu II.

Profil Adı	Birim Ağırlık(kg/m)	Uzunluk(m)	Adet	Toplam Uzunluk(m)	Toplam Ağırlık(kg)
HE1000x584	584	10	8	80	46720
HE1000x584	584	15.21	8	121.68	71061.12
Boru 273-4	26.5	20.62	16	329.92	8742.88
Boru 273-5	33	21.4	16	342.4	11299.2
				Toplam:	137823.2

Boyutlandırmadan ve metraj tablolarından görüldüğü üzere yapının SH-Love dalgaları uygulamasıyla boyutlandırılması normal deprem yüklemesiyle yapılan boyutlandırmadan yaklaşık 2 kat daha ağır bulunmuştur. Çelik yapıların maliyetinin ağırlıkla doğrudan bağlantılı olduğu göz önünde tutulduğunda kesit tesirlerinin artmasından dolayı farklı kolon hareketleri uygulaması yapı maliyetini çok ciddi ölçüde etkilemektedir.

Deprem kuşağında bulunan ve geçmişinde yıkıcı depremlere sahne olan ülkemizde ikincil dalga olan SH-Love dalgalarının etkisi özellikle uzun yapılarda gözardı edilmemesi gereken bir etkidir. Yapıların dizayn ve boyutlandırılmasında önemli etkiye sahip olup yıkıcı etkileri olabilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] <<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/Personel/comoglu/depremnedir/#KONU2> > alındığı tarih: 09.03.2014
- [2] **Beyen. K.** (2010). Yapı Dinamik Davranışı ve Spektral Yaklaşım, İMO İstanbul Şubesi Seminerleri
- [3] **D.B.Y.Y.H.Y.**(1997). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [4] <<http://www.geo.mtu.edu/UPSeis/waves.html> >, alındığı tarih: 09.03.2014
- [5] **Trifunac. M.D. ve Gicev V.** (2005). Response Spectra for Differential Motion of Columns Paper II. Department of Civil Engineering, University of Southern California, Los Angeles, CA 90089-2531, USA
- [6] **TS 498** (1997). Türk Standartları, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara
- [7] **Kıyak A., Ergüven H., Karavul C.** (2007). Soil Classification An Application With Fuzzy Logic Systems, International Earthquake Symposium, Kocaeli
- [8] **Castrol R.R., Franceschina G., Pacor F., Bindi D., Luzi L.** (2006). Analysis of the Frequency Dependence of the S-Wave Radiation Pattern from Local Earthquakes in Central Italy, Bulletin of the Seismological Society of America vol. 96, no: 2, 415-426
- [9] **TS 648** (1998). Türk Standartları, Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [10] **Deren, H., Uzgider E., Piroğlu F., Çağlayan Ö.** (2008). Çelik Yapılar, Çağlayan Basımevi, İstanbul

EKLER

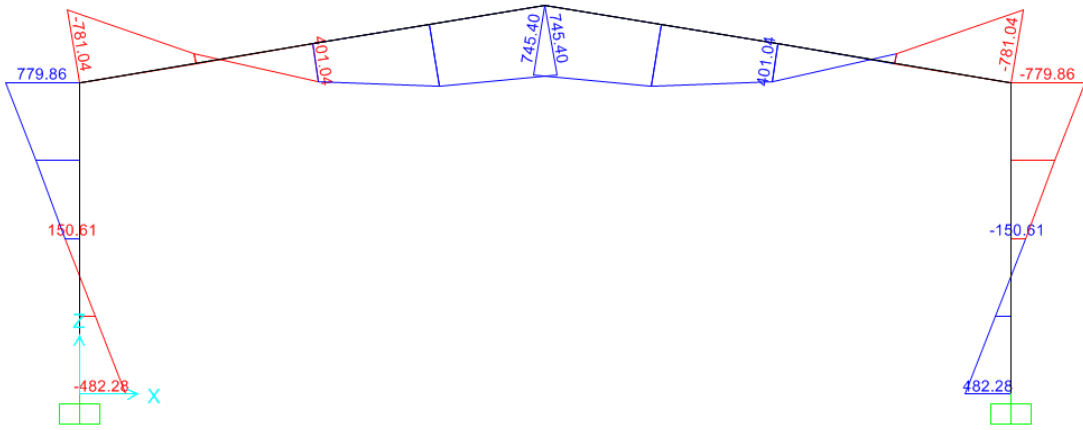
EK A: 1 Aksındaki Çerçeve Kesit Tesirleri

EK B: 2 Aksındaki Çerçeve Kesit Tesirleri

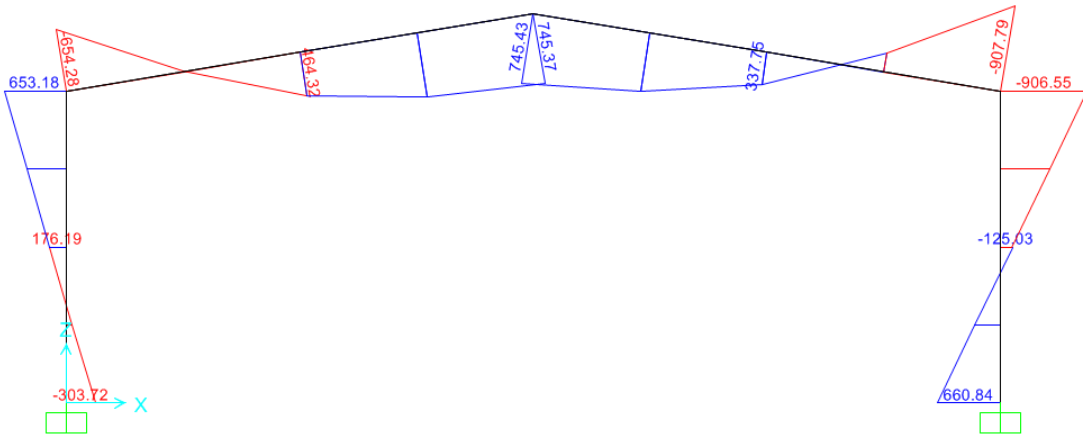
EK C: 3 Aksındaki Çerçeve Kesit Tesirleri

EK D: 4 Aksındaki Çerçeve Kesit Tesirleri

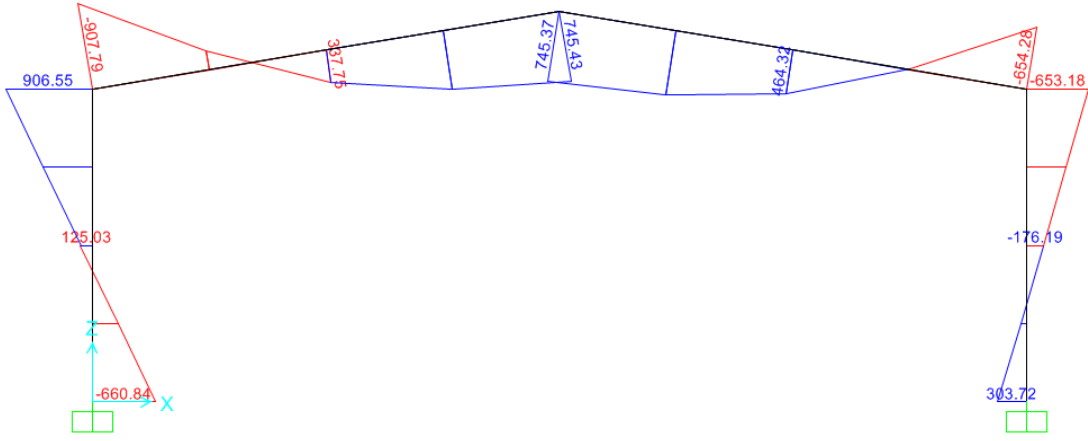
EK A



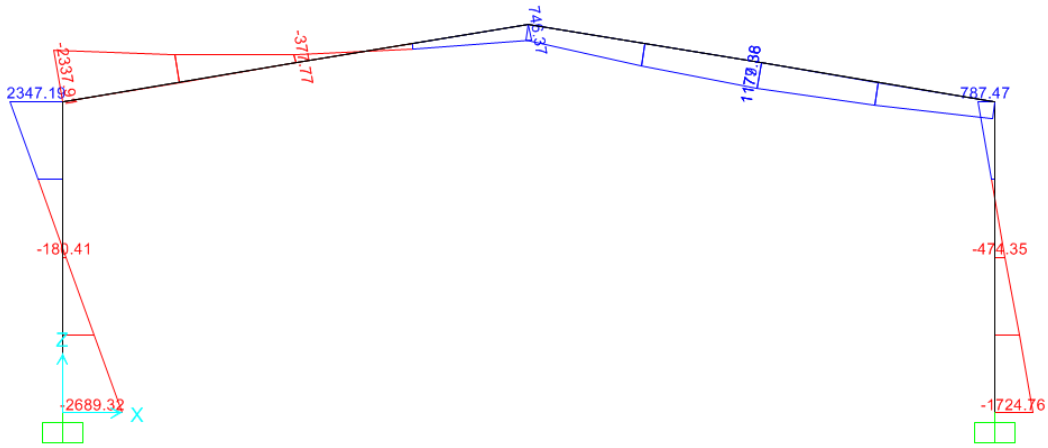
Şekil A1: G+S yükleme durumunda moment diyagramı.



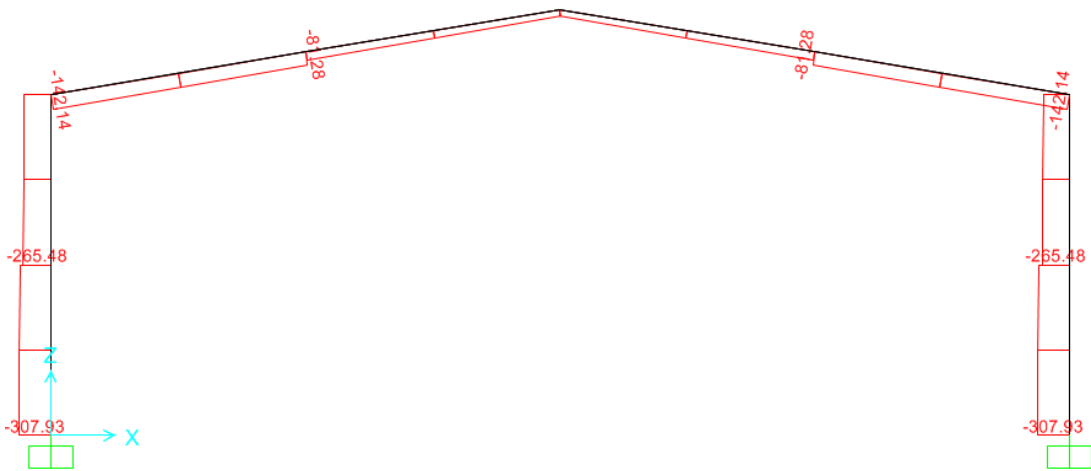
Şekil A2: G+S+EXP yükleme durumunda moment diyagramı.



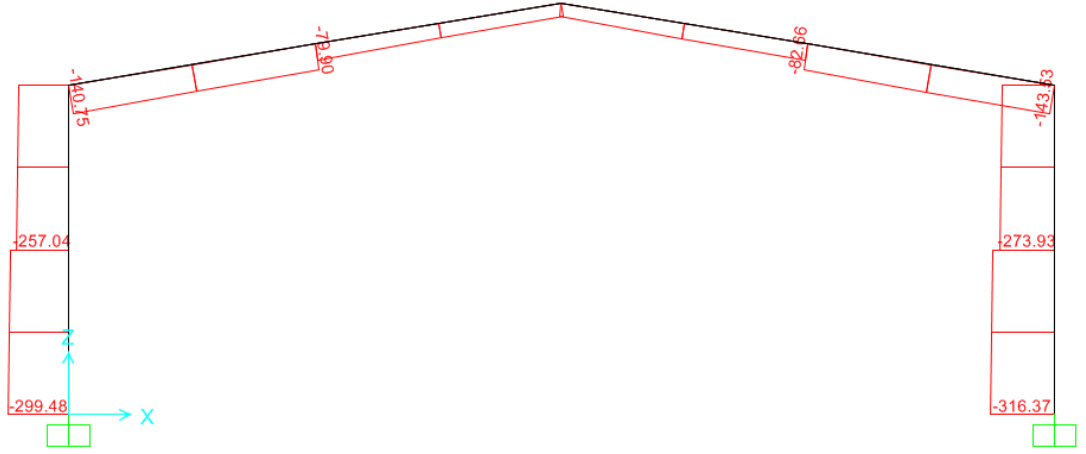
Şekil A3: G+S+EXN yükleme durumunda moment diyagramı.



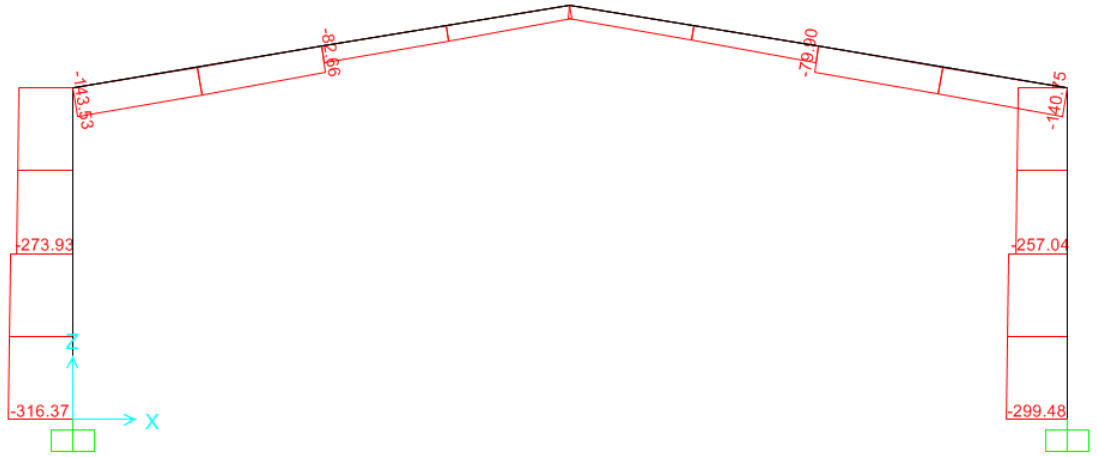
Şekil A4: G+S+D yükleme durumunda moment diyagramı.



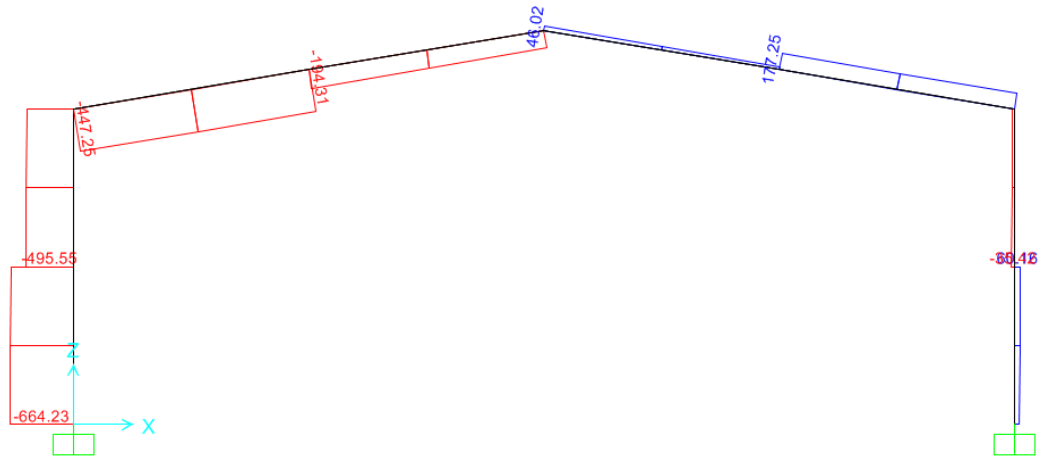
Şekil A5: G+S yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.



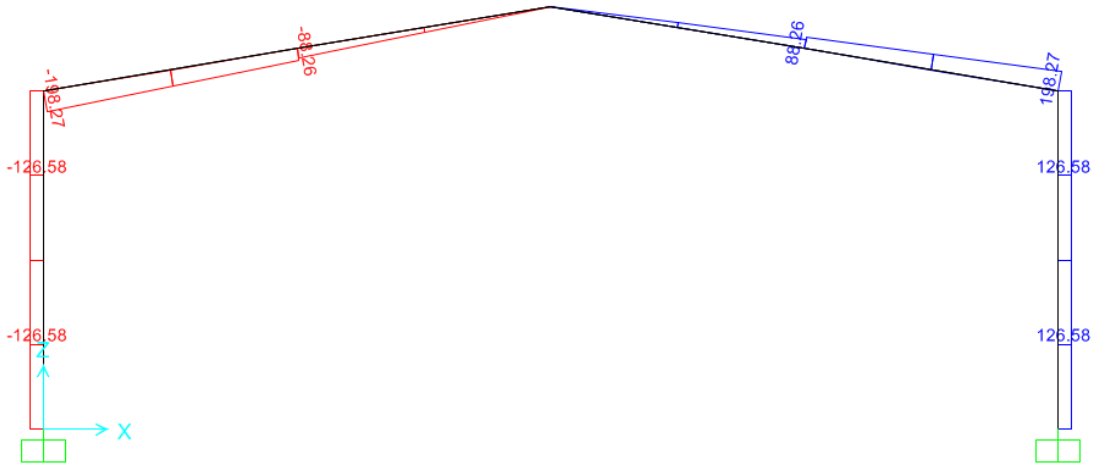
Şekil A6: G+S+EXP yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.



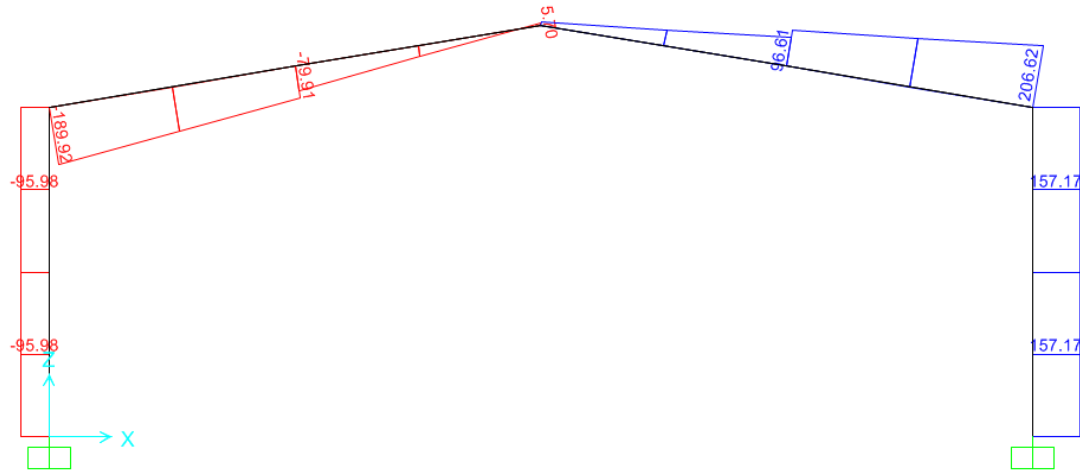
Şekil A7: G+S+EXN yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.



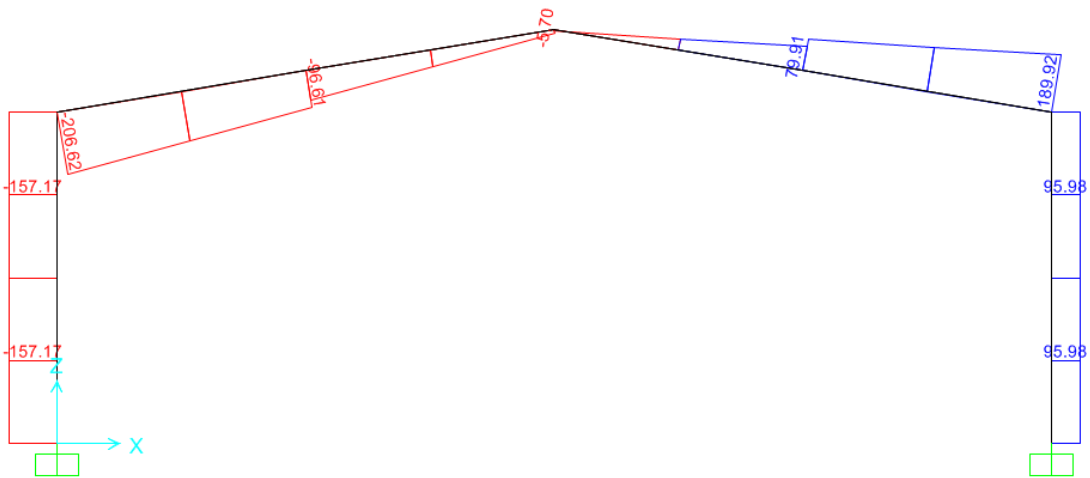
Şekil A8: G+S+D yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.



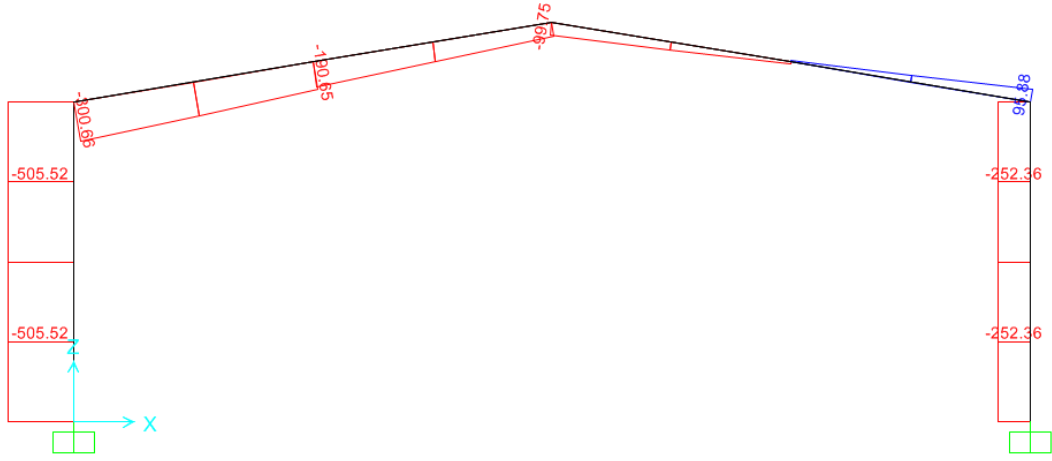
Şekil A9: G+S yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.



Şekil A10: G+S+EXP yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.

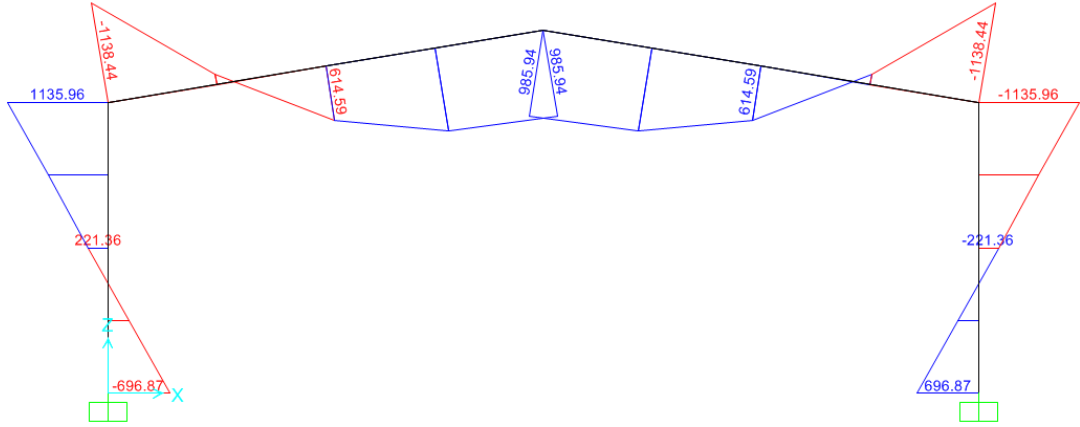


Şekil A11: G+S+EXN yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.

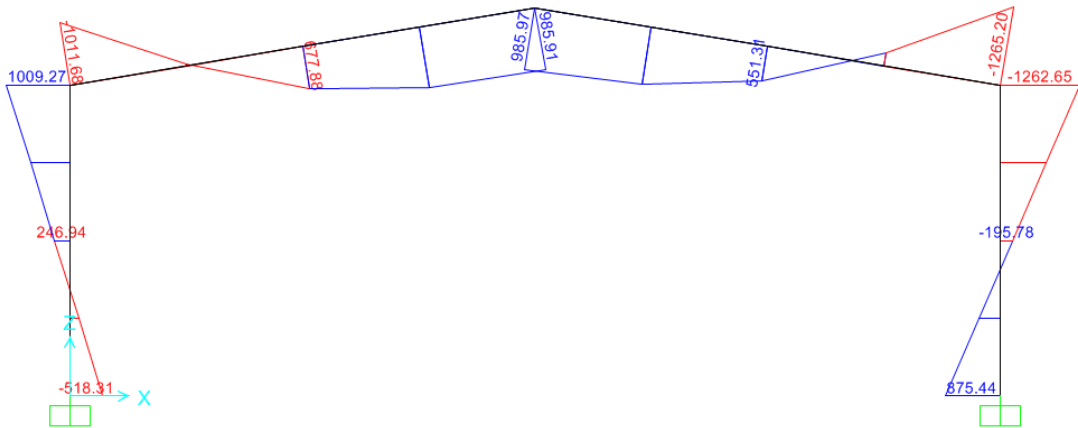


Şekil A12: G+S+D yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.

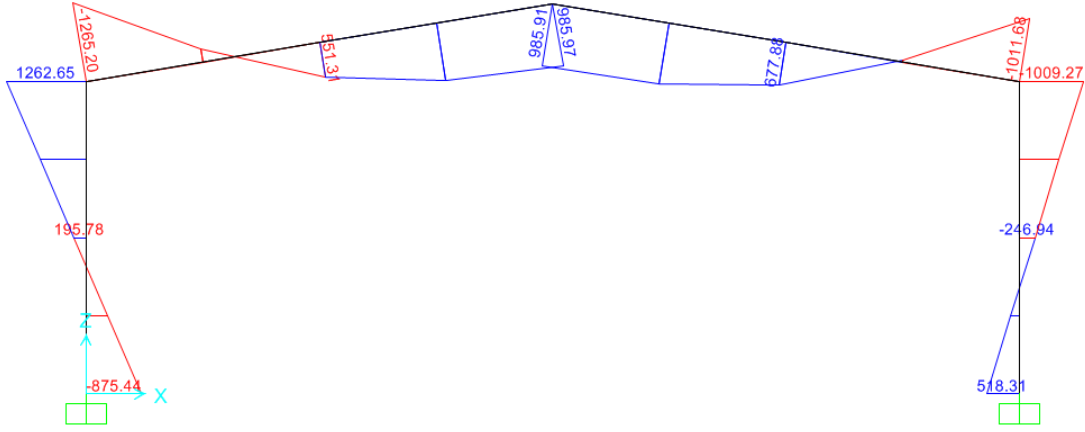
EK B



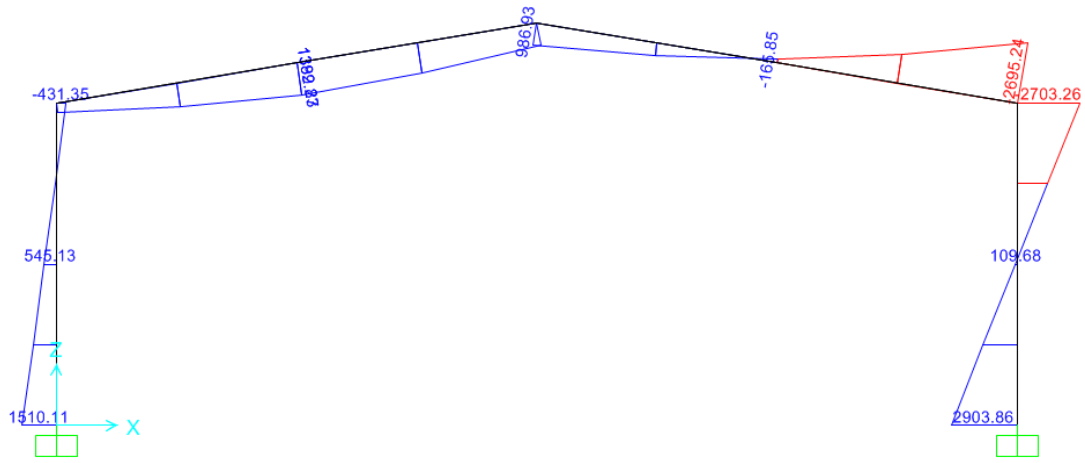
Şekil B1: G+S yükleme durumunda moment diyagramı.



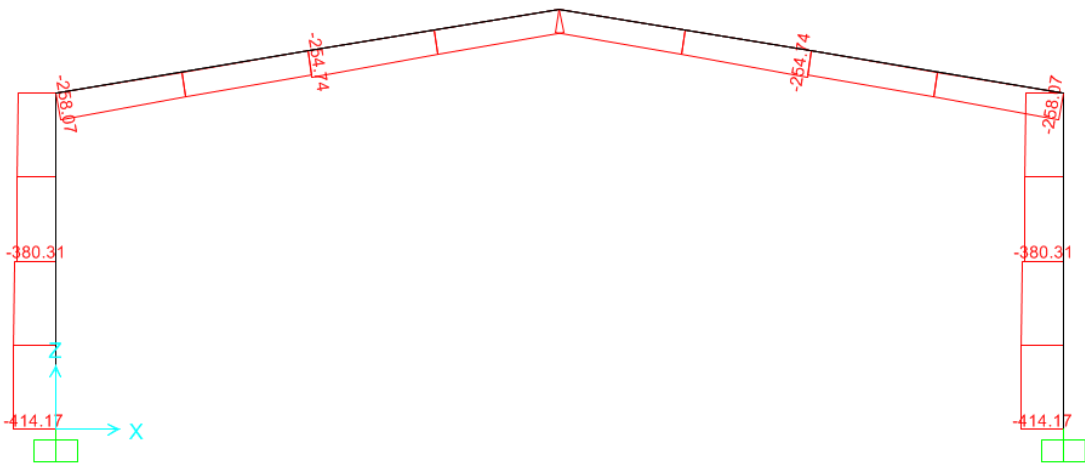
Şekil B2: G+S+EXP yükleme durumunda moment diyagramı.



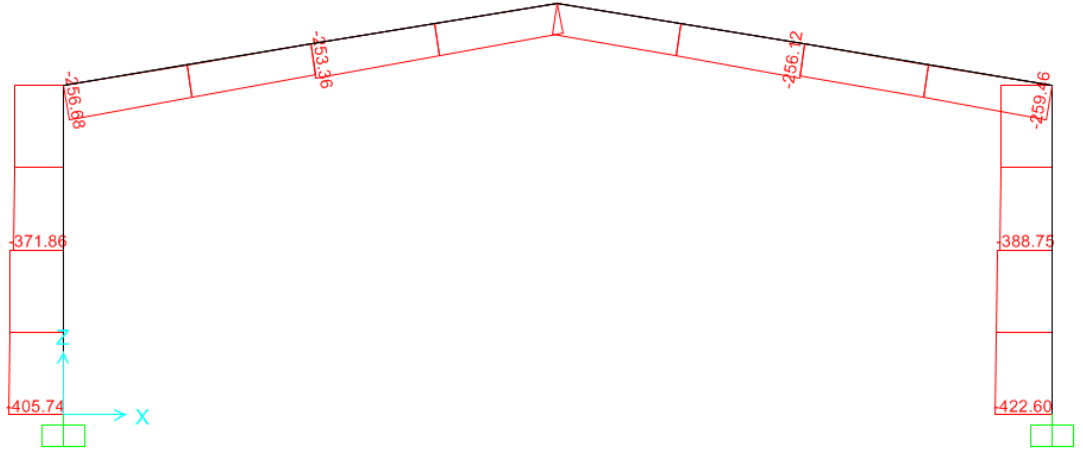
Şekil B3: G+S+EXN yüklem durumunda moment diyagramı.



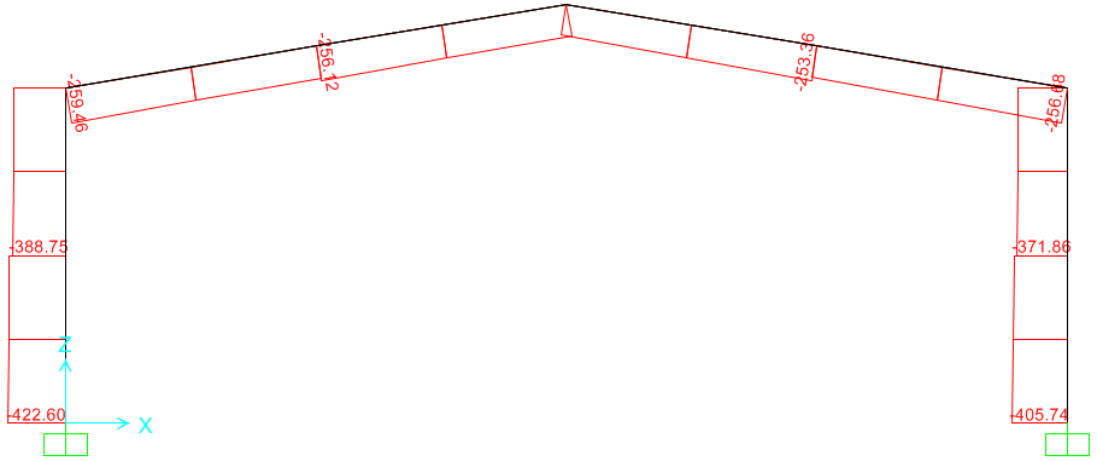
Şekil B4: G+S+ D yüklem durumunda moment diyagramı.



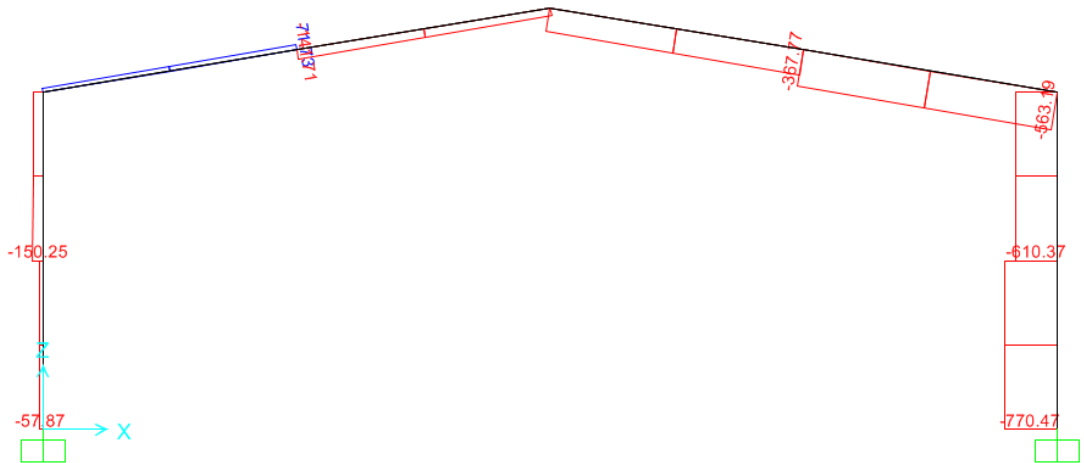
Şekil B5: G+S yüklem durumunda normal kuvvet diyagramı.



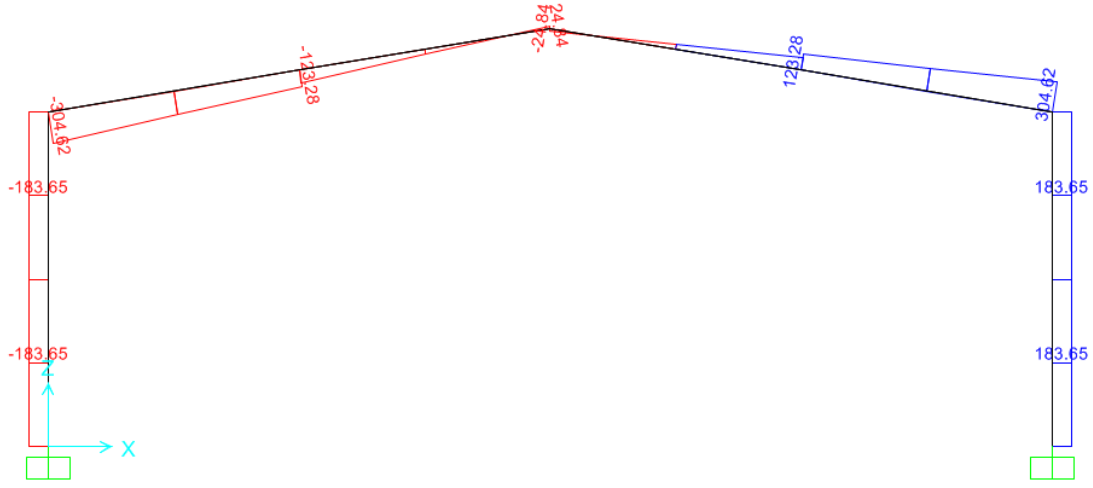
Şekil B6: G+S+EXP yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.



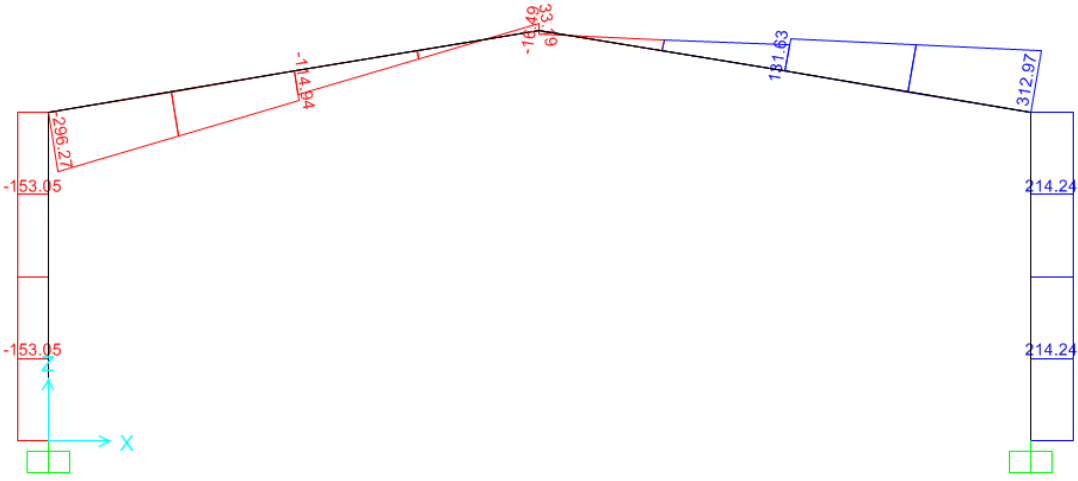
Şekil B7: G+S+EXN yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.



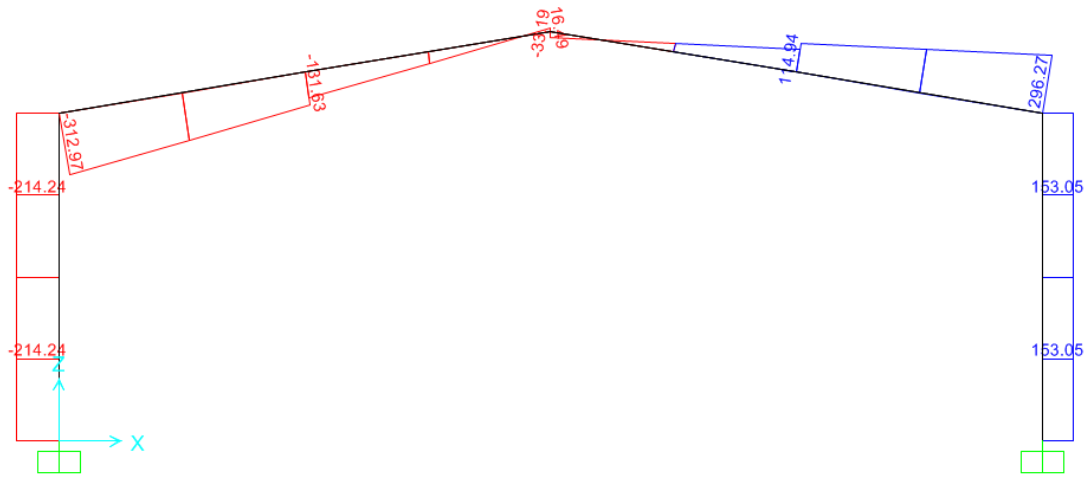
Şekil B8: G+S+D yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.



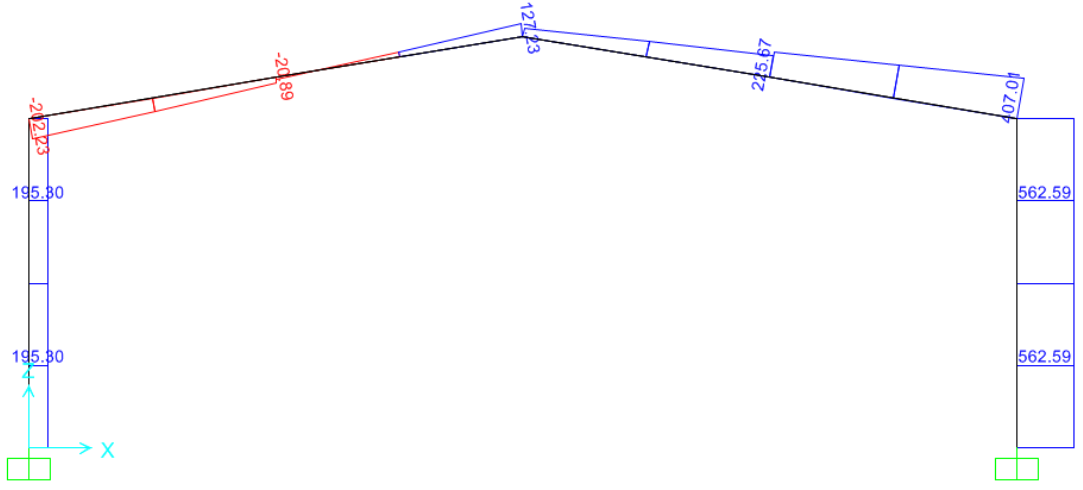
Şekil B9: G+S yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.



Şekil B10: G+S+EXP yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.

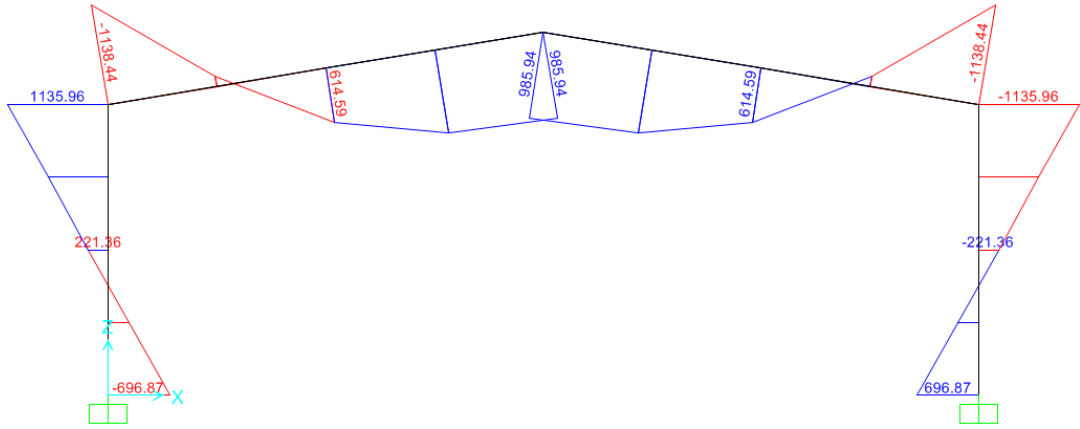


Şekil B11: G+S+EXN yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.

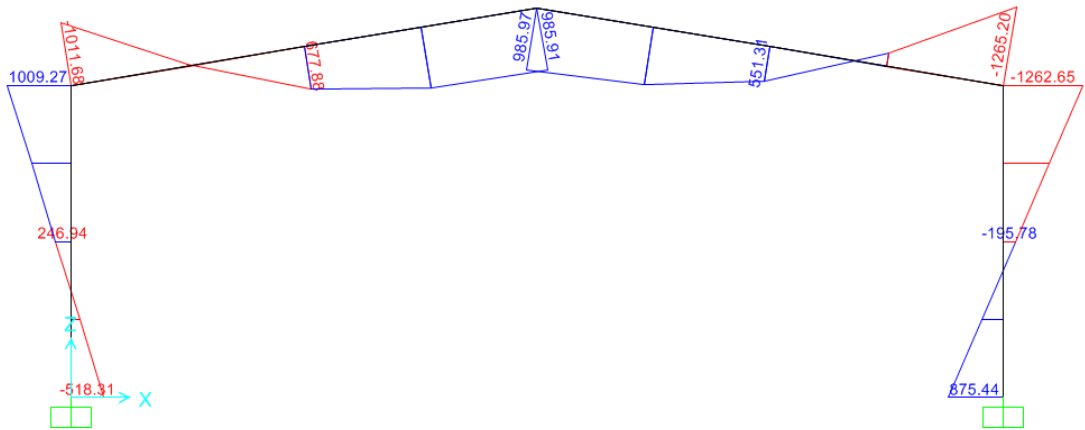


Şekil B12: G+S+D yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.

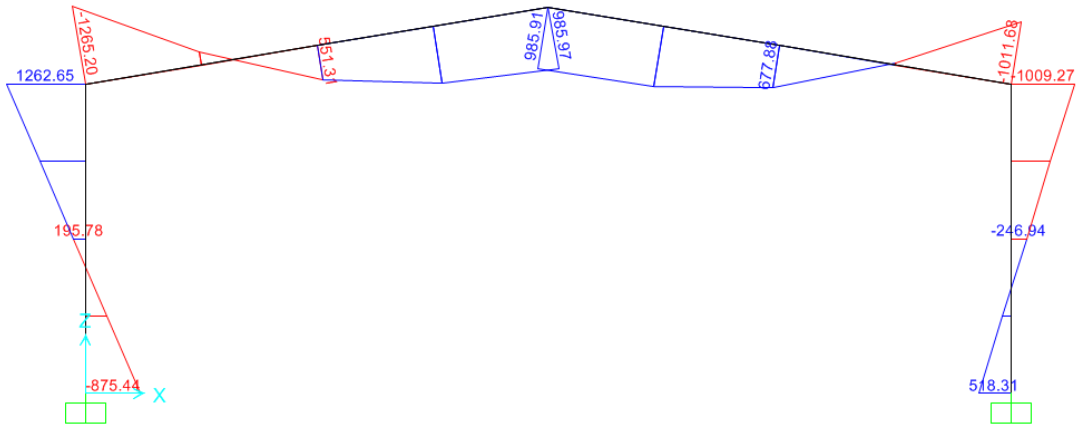
EK C



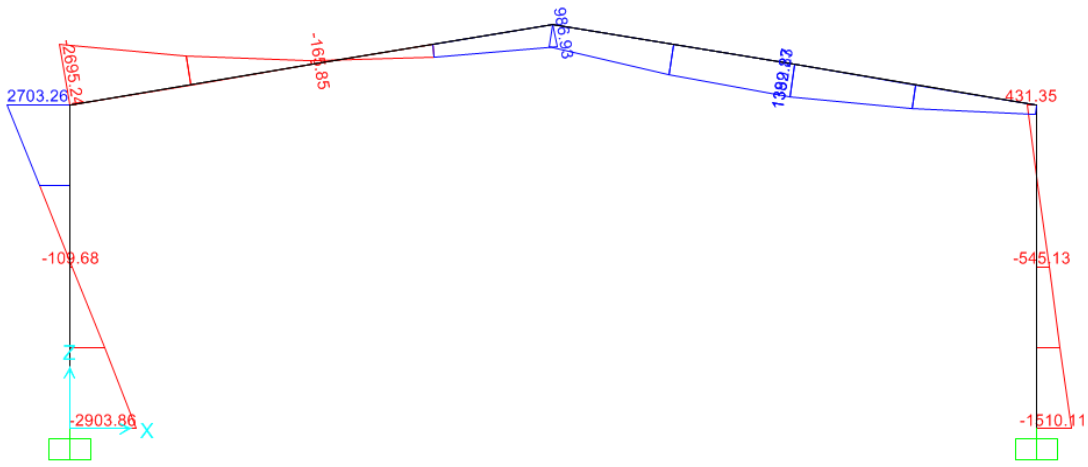
Şekil C1: G+S yükleme durumunda moment diyagramı.



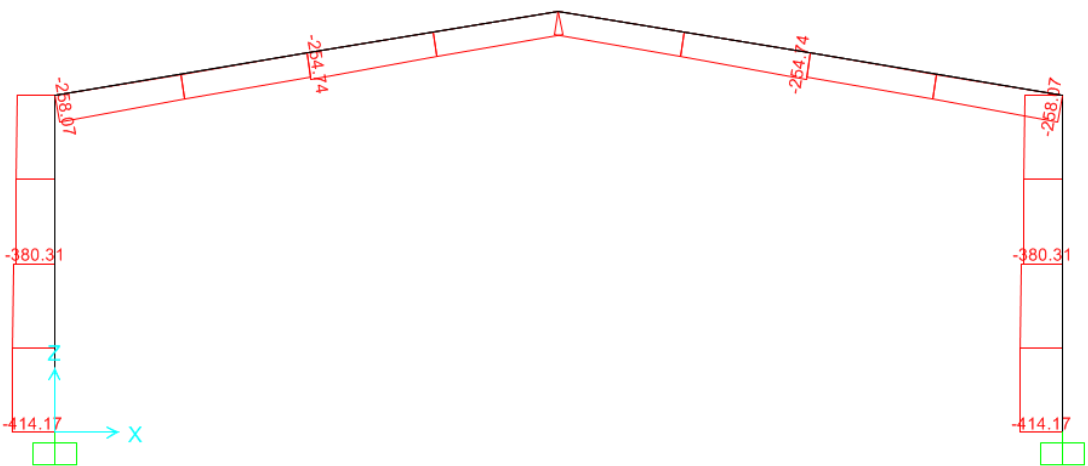
Şekil C2: G+S+EXP yükleme durumunda moment diyagramı.



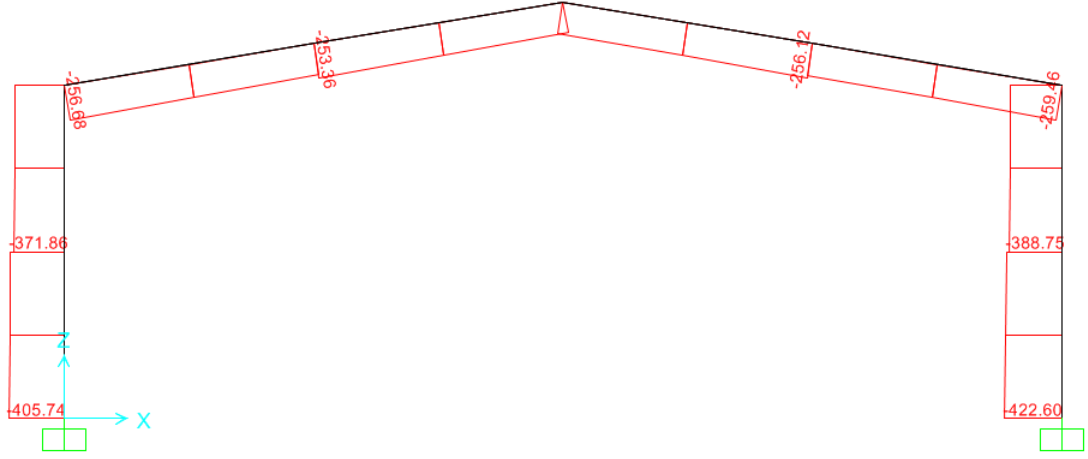
Şekil C3: G+S+EXN yükleme durumunda moment diyagramı.



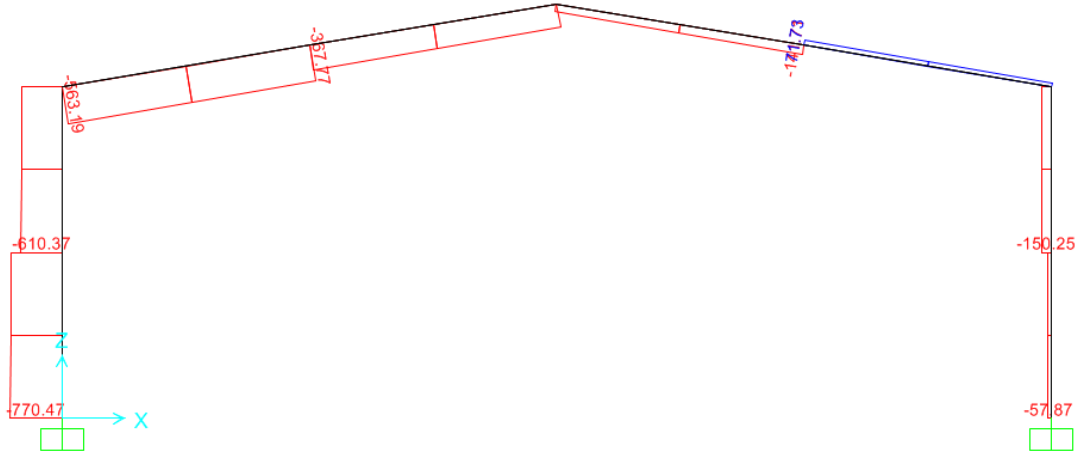
Şekil C4: G+S+D yükleme durumunda moment diyagramı.



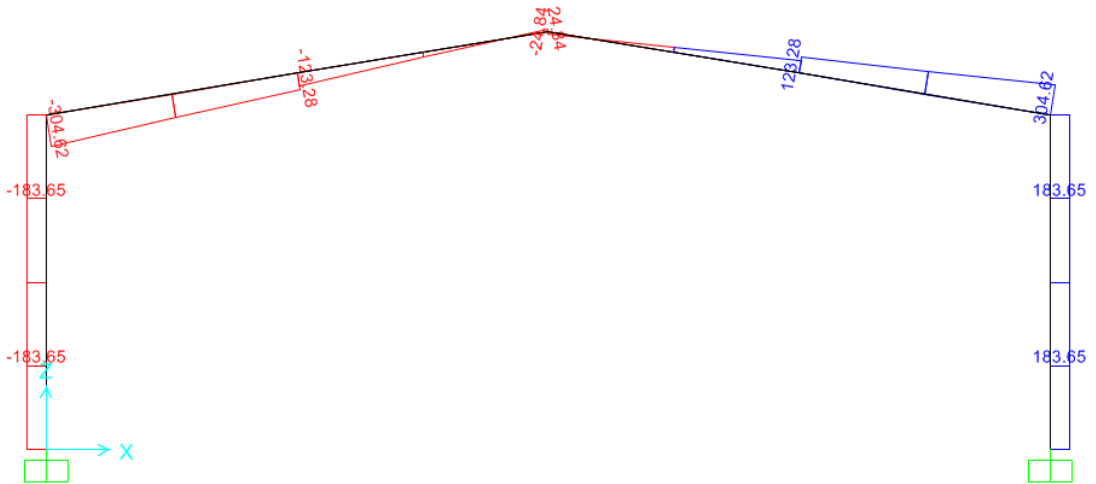
Şekil C5: G+S yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.



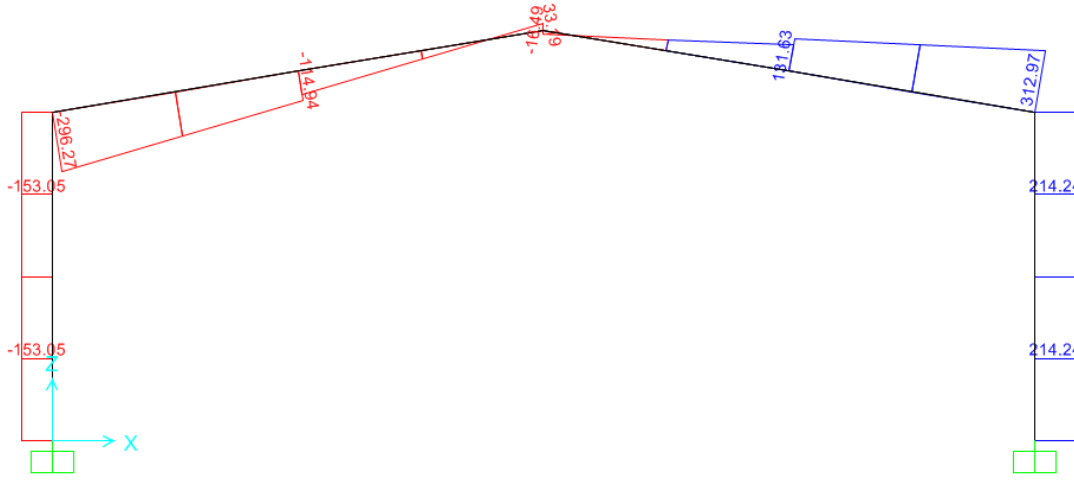
Şekil C6: G+S+EXP yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.



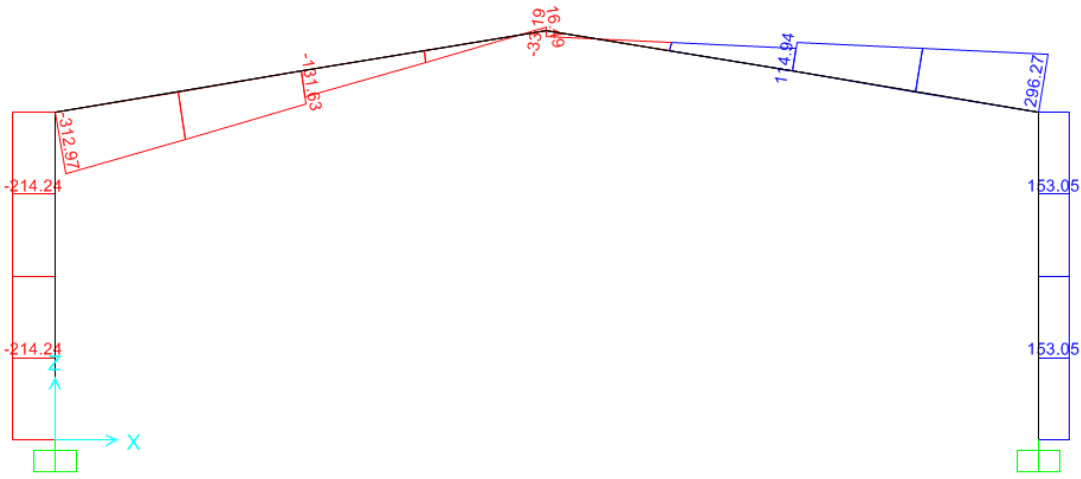
Şekil C7: G+S+D yükleme durumunda normal kuvveti diyagramı.



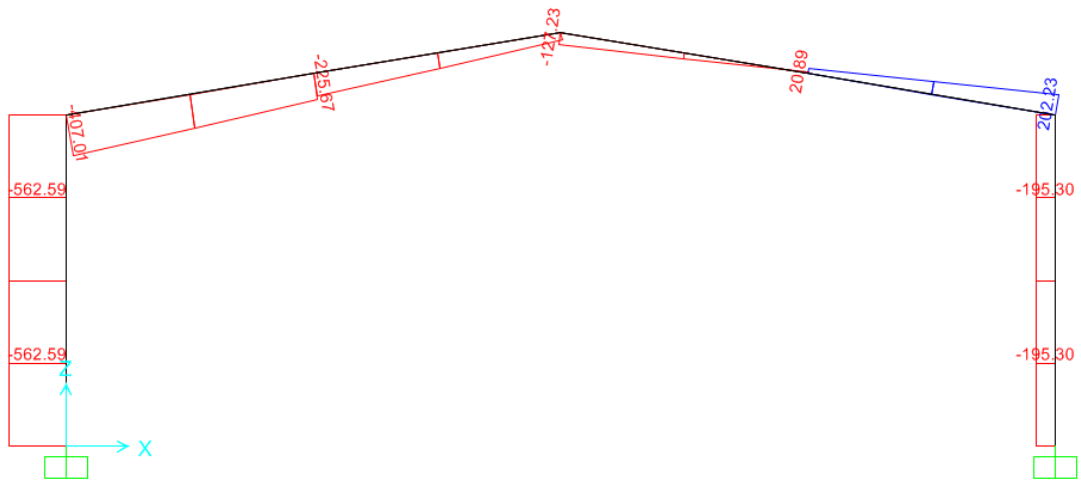
Şekil C8: G+S yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.



Şekil C9: G+S+EXP yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.

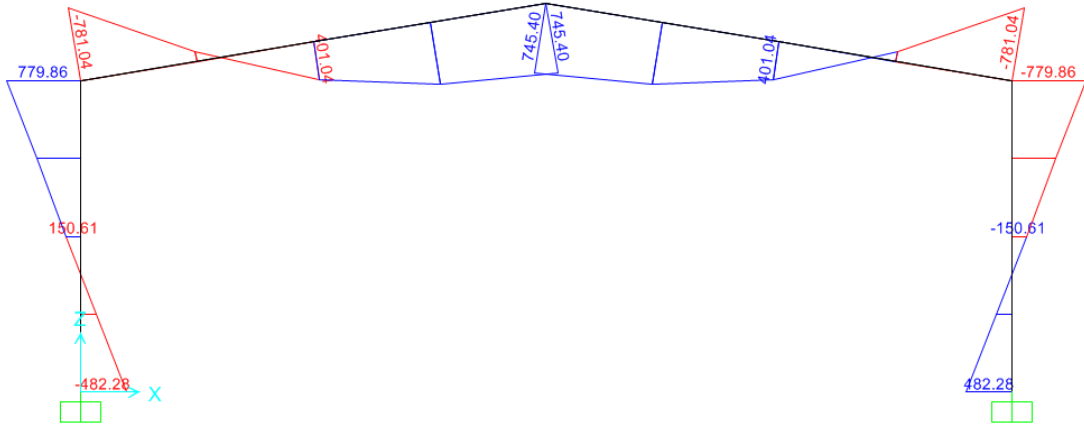


Şekil C10: G+S+EXN yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.

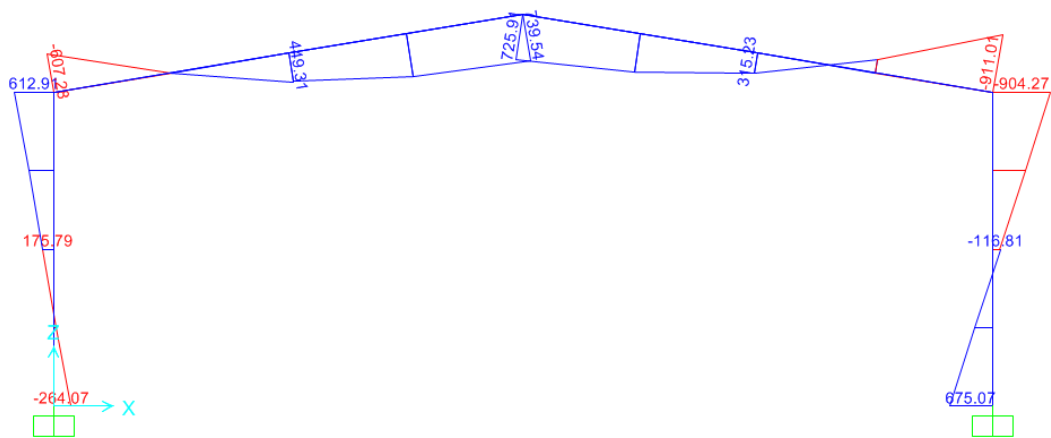


Şekil C11: G+S+D yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.

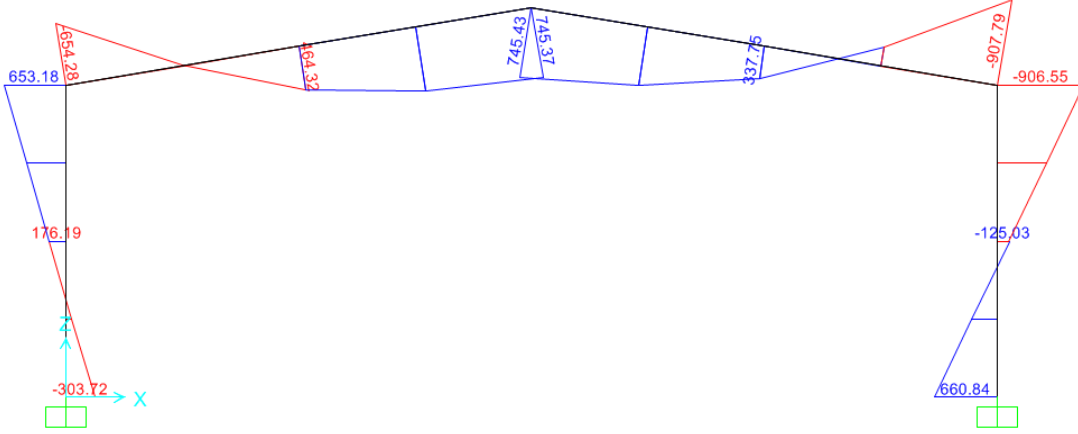
EK D



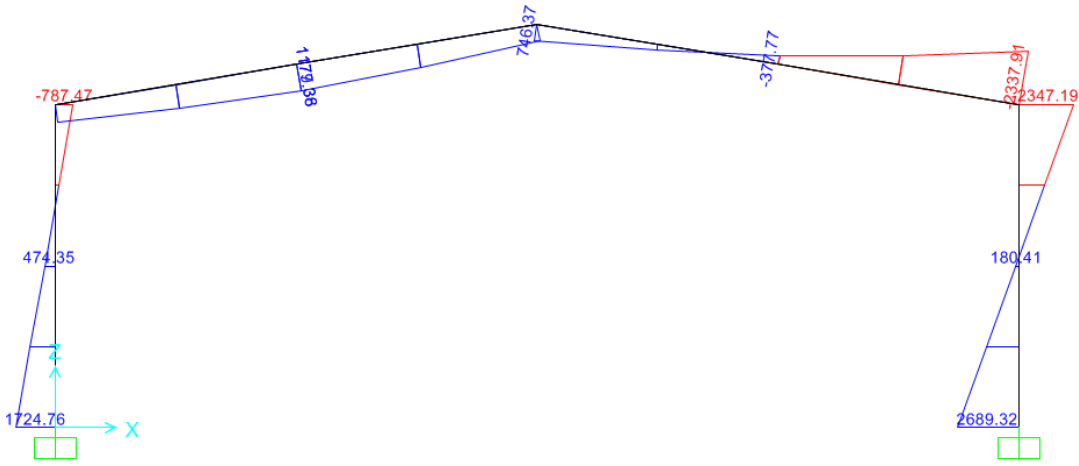
Şekil D1: G+S yükleme durumunda moment diyagramı.



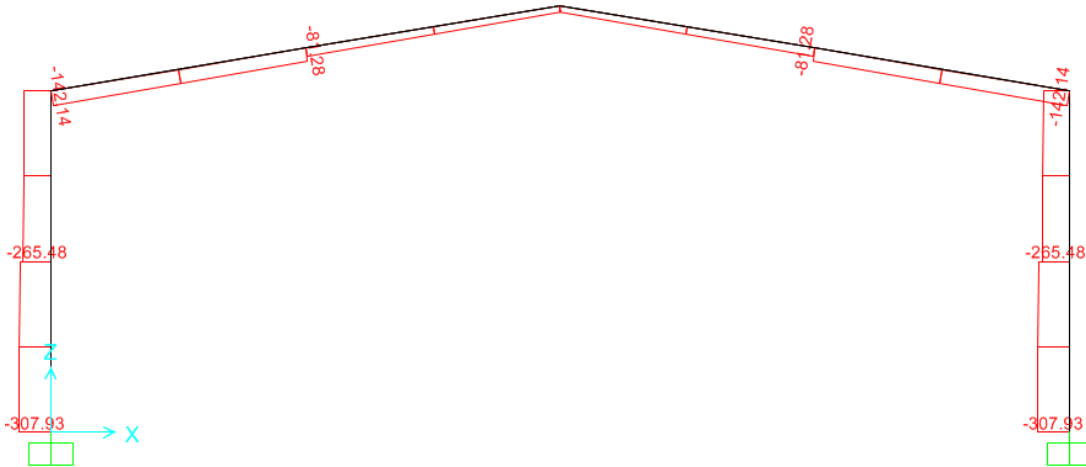
Şekil D2: G+S+EXP yükleme durumunda moment diyagramı.



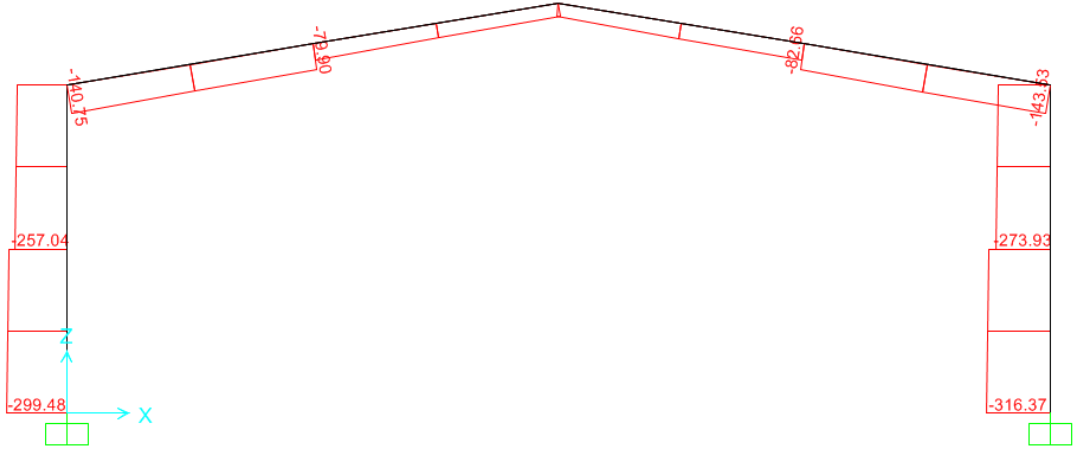
Şekil D3: G+S+EXN yüklem durumunda moment diyagramı.



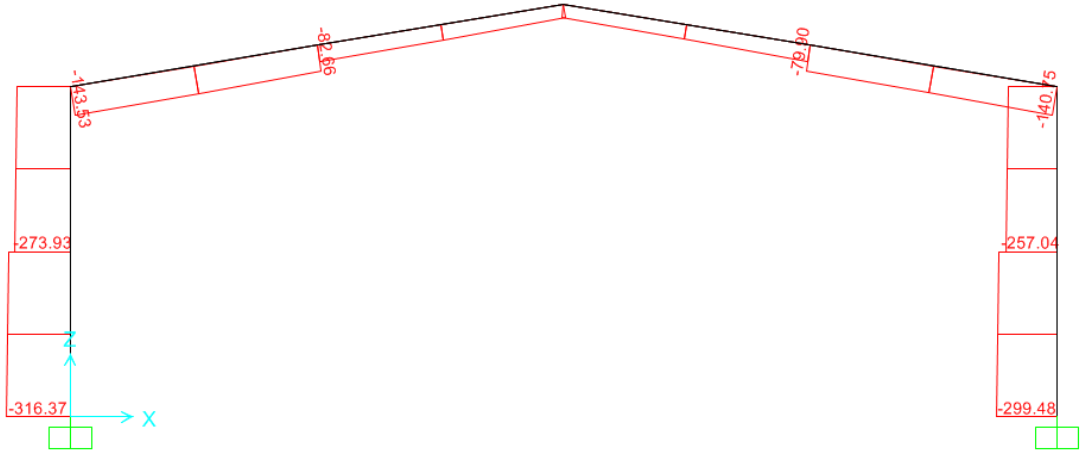
Şekil D4: G+S+D yüklem durumunda moment diyagramı.



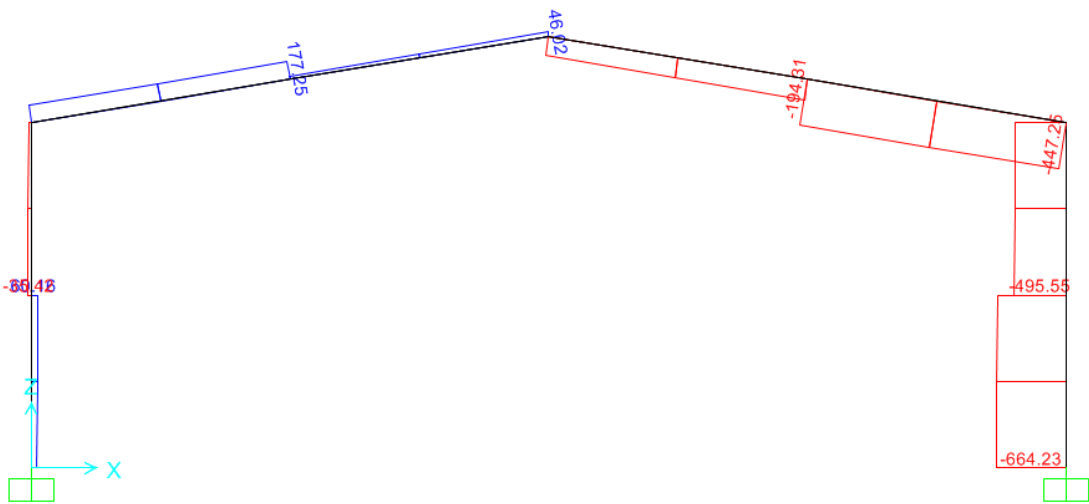
Şekil D5: G+S yüklem durumunda normal kuvvet diyagramı.



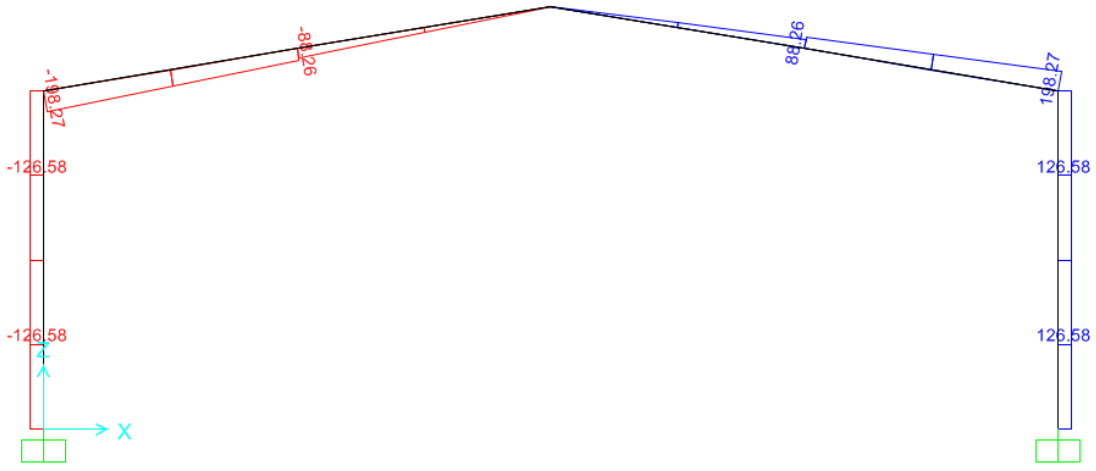
Şekil D6: G+S+EXP yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.



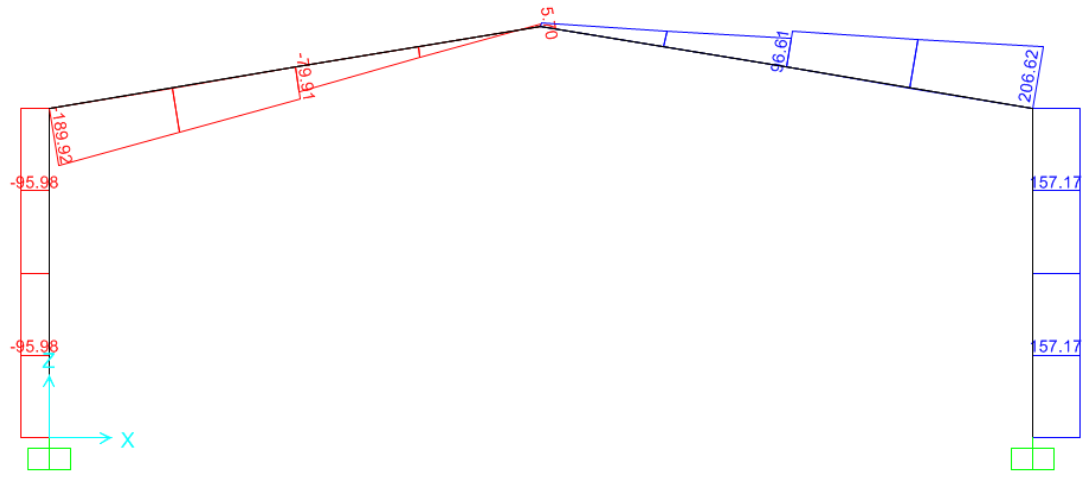
Şekil D7: G+S+EXN yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.



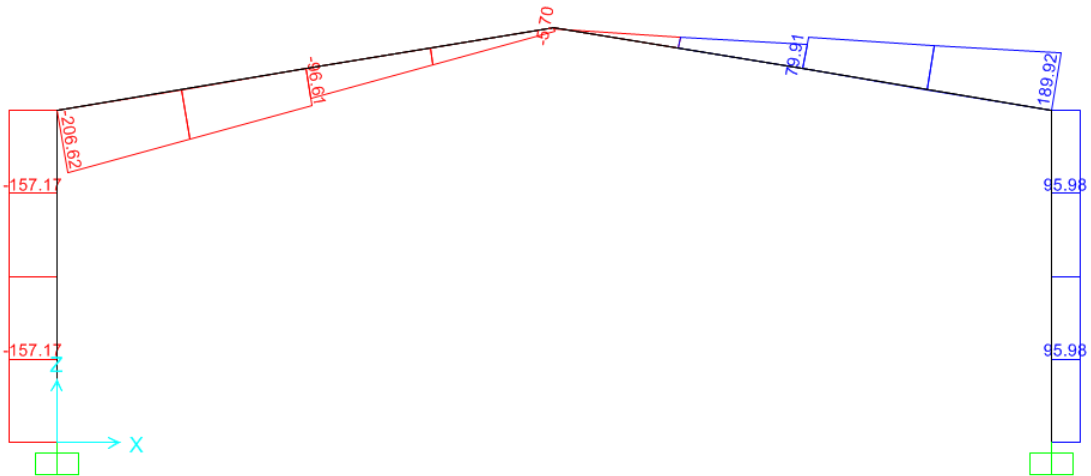
Şekil D8: G+S+D yükleme durumunda normal kuvvet diyagramı.



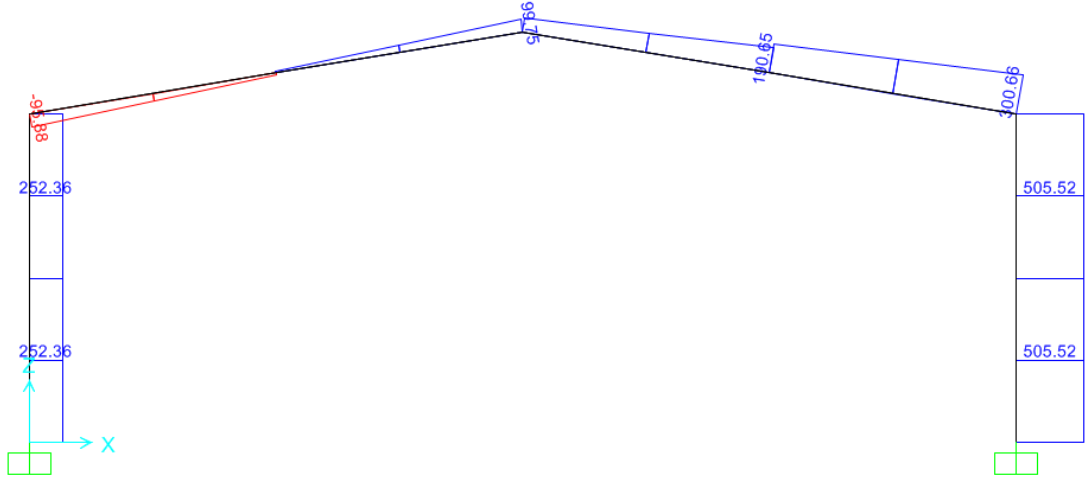
Şekil D9: G+S yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.



Şekil D10: G+S+EXP yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.

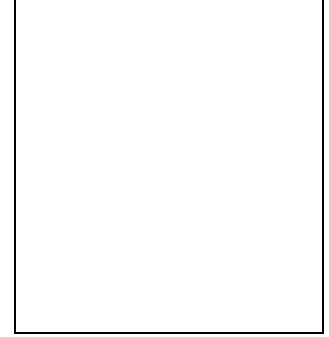


Şekil D11: G+S+EXN yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.



Şekil D12: G+S+D yükleme durumunda kesme kuvveti diyagramı.

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Abdullah Tarık TAŞDEMİR

Doğum Tarihi ve Yeri: 1989, Konya

E-posta : atarikt@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2011, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği