

**KISMİ VE TAM KESME BAĞLANTILI  
KOMPOZİT KİRİŞLERİN  
SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİYLE MODELLENMESİ**

**Erdem Gedik**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2008  
ANKARA**

Erdem Gedik tarafından hazırlanan KISMİ VE TAM KESME BAĞLANTILI  
KOMPOZİT KİRİŞLERİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİYLE  
MODELENMESİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu  
onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Meral BEĞİMGİL .....  
Tez Danışmanı, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mehmet Emin TUNA .....  
Mimarlık Anabilim Dalı, G.Ü.

Yrd. Doç. Dr. Meral BEĞİMGİL .....  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Doç. Dr. Uğur POLAT .....  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, O.D.T.Ü.

Tarih: 10 / 07 / 2008

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini  
onamıştır.

Prof. Dr. Nermin ERTAN .....  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Erdem Gedik

**KISMİ VE TAM KESME BAĞLANTILI  
KOMPOZİT KİRİŞLERİN  
SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİYLE MODELLENMESİ  
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Erdem GEDİK**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
Haziran 2008**

**ÖZET**

Uzun yıllardan beri , dünyanın önde gelen ekonomik güce sahip kalkınmış ülkelerinde özellikle sanayi yapılarında çelik malzemesi çok sıklıkla kullanılmıştır [1] . Ülkemizde de yıldan yıla toplam inşaatlar içinde daha çok paya sahip olmaya başlayan çelik yapılar konusunda akademik çalışmalar da artmaktadır . Çok katlı çelik yapıların maliyetlerinde ciddi düşüşler sağlayan , kat döşeme kirişlerinde kompozit davranış sağlanması ise çelik yapı tasarımı için önemli bir uygulamadır . Yapılan çalışmalar betonun da taşıma gücüne katkısıyla kat döşemesi kirişlerinde ciddi kesit azalmaları ve dolayısıyla maliyet azalması sağlandığını göstermektedir . Bu kirişlerde gerçek kompozit davranışı sağlamanın tek yolu , çelik kiriş ve beton döşeme arasında kayma bağlantıları kullanılmasıdır . Bu bağlantıların da en yaygın ve pratik olanı , kayma çivileridir .

Kayma çivileri ile ilgili bir çalışma yapma ihtiyacı A.B.D. ve avrupa ülkelerinde uzunca yıllardır vardır . Bu konuda çok eski tarihlerde yapılmış pek çok deneysel araştırma bulunmakla beraber , aradan uzun yıllar geçmesi sebebiyle hem verilere ulaşmak zordur , hem de ulaşılsa bile bu verilerin güvenilirliğinden kuşku duyulmaktadır . Laboratuvar ortamında bir kompozit

kiriş deneyi yapmaksam hem maliyetli hem de oldukça zaman harcanan bir uğraştır .

Bu çalışmada bulunabildiği oranda elde edilebilen kompozit giriş deneylerinin sonlu elemanlar yöntemiyle çözümlenilmesine çalışılmıştır. Günümüz bilgisayar teknolojisi sayesinde geliştirilen sonlu elemanlar paket programları ; 3 boyutlu analiz yapmayı hızlı ve kolay bir şekilde mümkün kılmıştır. Çözümlenmelerde SAP2000 programı kullanılmış , elde edilen sonuçlar mevcut deney sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır . Kompozit etkiyi sağlayan kayma çivilerinin tek sıra veya iki sıra kullanılması durumundaki farklar deneysel çalışmalardan yola çıkılarak kıyaslanmıştır . Kayma çivilerinin farklı modelleme metodları arasındaki farklar da irdelenmiştir.

**Bilim Kodu** : 911.1.144  
**Anahtar Kelimeler** : Kompozit giriş , Kayma çivisi , Sonlu eleman modelleme  
**Sayfa Adedi** : 78  
**Tez Yöneticisi** : Yrd. Doç. Dr. Meral Begimgil

**MODELLING OF FULL AND PARTIALLY SHEAR CONNECTED  
COMPOSITE BEAMS  
WITH FINITE ELEMENT METHOD  
(M.Sc. Thesis)**

**Erdem Gedik**

**GAZI UNIVERSITY  
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

**June 2008**

**ABSTRACT**

**Steel material is commonly used in the most important economically improved countries for several years [1] . The academic research about steel has started to share a high market in our country . Developing composite behaviour on slab beams , which gains a save of money , is an important point . Followed researches show , adding the concrete strength to beam strength reduces the section of the slab beam and reduces costs . The only way to obtain real composite behaviour between those two materials is to use shear connectors between them . Most commonly used of those connectors are shear studs .**

**In U.S. and european countries , there have made several researches about composite beams . There are several experimental studies done in early years . But, because of they are very old , it is hard to access to the data of those , and if only accessed , it is generally not reasonable to verify those data . To have an experimental study in labrotary about composite beams is very expensive and time consuming .**

**In this research , it is tried to find as many experimental studies as and tried to be solved by finite element modeling techniques . Nowadays computer sciences made it easy and fast to work with 3D analysis programs . In this subject**

**SAP2000 commercial program used , and the results tried to be compared by the experimental studies . The differences in using the shear studs providing the composite action , single or pairs have been observed . The different ways of modelling studs investigated.**

**Science Code : 911.1.144**

**Key Words : Shear stud , Composite beam , Finite element analysis ,FEM**

**Page Number: 78**

**Adviser : Asst. Prof. Dr. Meral Begimgil**

**TEŞEKKÜR**

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla ben yönlendiren Hocam Yrd. Doç. Dr. Meral Begimgil'e , ve araőtırmalarım sırasında bana desteklerini esirgemeyen sayın Ameer Saleem Khan'a teőekkürü borç bilirim .



## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....	xii
RESİMLERİN LİSTESİ .....	xvi
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYMA ÇİVİLERİ .....	3
3. KAYMA ÇİVİLERİNİN ÇELİK PROFİLE ETKİLERİ .....	7
3.1. Kompozit Kiriş Tasarımında Analitik Yaklaşım .....	8
3.1.1. Çalışan tabla genişliği .....	9
3.1.2. Kayma çivisi için dayanım limit durumu.....	12
4. MODEL KONTROL DENEYLERİ.....	18
4.1. Deney Parametreleri.....	18
4.2. Deney İşleyişi.....	22
4.3. Deney Sonuçları.....	22
4.3.1. Test 1 .....	22
4.3.2. Test 2 .....	25
4.3.3. Test 3 .....	25
5. SONLU ELEMEN MODELLERİ.....	28

**Sayfa**

5.1. Modelleme Parametreleri .....	28
5.1.1. Kabuller.....	28
5.1.2. Model İdealizasyonu .....	29
5.2. Modeller .....	35
5.2.1. Model 1. ....	36
5.2.2. Model 2 .....	42
5.2.3. Model 3 .....	48
5.2.4. Model 4 .....	53
5.2.5. Modelleme sonuçları .....	58
5.3. Değişken Parametrelerle Model Kıyaslaması .....	58
5.3.1. Modelleme için en düşük çivi sayısı .....	59
5.3.2. Çivi sayısı –Açıklık deplasmanı ilişkisi.....	61
5.3.3. Yük durumu , çivi sayısı değişimi - deplasman ilişkisi .....	67
5.4. Değişken Parametrelerin Modellenmesi Sonuçları .....	71
6. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	73
KAYNAKLAR .....	75
EKLER .....	76
EK-1 Kayma Çivisi Kataloğu .....	77
ÖZGEÇMİŞ .....	78

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 4.1. Deney Model Parametreleri .....	18
Çizelge 4.2. Deney Modelleri çivi pozisyon ve sayısı .....	19
Çizelge 5.1. Modelleme malzeme dayanımları .....	31
Çizelge 5.2. Model 1 deplasmanları.....	41
Çizelge 5.3. Model 2 deplasmanları.....	47
Çizelge 5.4. Model 3 deplasmanları.....	52
Çizelge 5.5. Model 4 deplasmanları.....	57
Çizelge 5.6. Deney ve Model sonuçlarının kıyaslanması .....	58
Çizelge 5.7. Dörtlü yüklemde çivi sayısı – açıklık deplasmanı değişimi.....	67
Çizelge 5.8. Tekil Yük durumu deplasmanları.....	68
Çizelge 5.9. İkili yükleme deplasmanları.....	70

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Kayma Çivisi .....	3
Şekil 2.2. Kompozit kiriş elemanları.....	4
Şekil 2.3. Kayma çivisinin kaynaklanma prosedürü .....	5
Şekil 3.1. Kompozit kiriş boykesiti.....	8
Şekil 3.2. Çalışan tabla genişliği .....	10
Şekil 3.3. Deformasyonda kayma çivilerinin davranışı .....	14
Şekil 3.4. Kompozit ve kompozit olmayan kesit tesirleri .....	15
Şekil 3.5. Güçlü ve zayıf yöndeki çiviler .....	16
Şekil 3.6. Kayma çivisi sürtünme yükleri .....	17
Şekil 4.1. Çivi yerleşimleri.....	20
Şekil 4.2. Modelle kıyaslanan deney düzeneği görünüşleri.....	21
Şekil 4.3 Test 1 Toplam yük-deplasman grafiği .....	23
Şekil 4.4 Test 2 Toplam yük-deplasman grafiği .....	25
Şekil 4.5 Test 3 Toplam yük-deplasman grafiği .....	26
Şekil 5.1. Kayma çivisi modellenmesi.....	29
Şekil 5.2 Kayma çivisi link/ support durumu özellikleri .....	30
Şekil 5.3. Kayma çivisi frame tanımlanması özellikleri .....	31
Şekil 5.4. Beton malzeme özellikleri (kip,in) .....	32
Şekil 5.5. Çelik (flanj) malzeme özellikleri (kip,in) .....	32
Şekil 5.6. Çelik (gövde) malzeme özellikleri (kip,in).....	33
Şekil 5.7. Kiriş açıklığı boyunca düğüm noktaları numaraları (yakınlaştırılmış)..	33

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 5.8. Beton örtüsü için tanımlanan “shell” elemanın özellikleri (kip,in) .....	34
Şekil 5.9. Kiriş açıklığı boyunca düğüm noktaları numaraları .....	34
Şekil 5.10 Yükleme noktaları mesafeleri ve deney düzeneği [3].....	36
Şekil 5.11. Tek sıra kayma çivili modelin kesit resmi.....	37
Şekil 5.12. Model 1 , 3 boyutlu görünüşü.....	38
Şekil 5.13. Model 1, boykesit .....	38
Şekil 5.14. Model 1 yükler .....	39
Şekil 5.15. Model 1 , kesit deforme olmuş şekli .....	39
Şekil 5.16. Model 1 , deforme olmuş şekli .....	40
Şekil 5.17. Model 1 SVM Gerilme diyagramı .....	40
Şekil 5.18. Yükleme noktaları mesafeleri ve deney düzeneği .....	43
Şekil 5.19. Model 2, kayma çivisi tanımlanması .....	44
Şekil 5.20. Model 2, kesit resmi .....	44
Şekil 5.21. Model 2, 3 boyutlu görünüşü .....	45
Şekil 5.22. Model 2 yükler .....	45
Şekil 5.23. Model 2, kesit deforme olmuş şekli .....	46
Şekil 5.24. Model 2 SVM diyagramı .....	46
Şekil 5.25. Yükleme noktaları mesafeleri ve deney düzeneği [3] .....	48
Şekil 5.26. İki sıra kayma çivili modelin kesit resmi (link) .....	49
Şekil 5.27. Model 3 , 3 boyutlu görünüşü .....	49
Şekil 5.28. Model3, boykesit .....	50
Şekil 5.29. Model 3 yükler.....	50
Şekil 5.30. Model 3 , kesit deforme olmuş şekli .....	51

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 5.31. Model 3 , deforme olmuş şekli.....	51
Şekil 5.32. Model 3 SVM Gerilme diyagramı.....	52
Şekil 5.33. Yükleme noktaları mesafeleri ve deney düzeneği.....	54
Şekil 5.34. Model 4, kayma çivisi tanımlanması .....	54
Şekil 5.35. Model 4, kesit resmi... ..	55
Şekil 5.36. Model 4, 3 boyutlu görünüşü .....	55
Şekil 5.37. Model 4 yükler.....	56
Şekil 5.38. Model 4, kesit deforme olmuş şekli.....	56
Şekil 5.39. Model 4 SVM gerilme dağılımı.....	57
Şekil 5.40. W16x31 çelik kiriş ölçüleri .....	60
Şekil 5.41. Yükleme Durumları .....	61
Şekil 5.42 Model 5 Boy kesit .....	62
Şekil 5.43 Model 5 Kesit deforme olmuş şekli .....	63
Şekil 5.44. Model 6 kesit resimleri .....	63
Şekil 5.45. Model 7 Boy kesit .....	64
Şekil 5.46. Model 7 Kesit deforme olmuş şekli.....	64
Şekil 5.47. Model 8 Boy kesit .....	65
Şekil 5.48. Model 8 Kesit deforme olmuş şekli .....	65
Şekil 5.49. Model 9 Boy kesit .....	66
Şekil 5.50. Model 9 Kesit deforme olmuş şekli .....	66
Şekil 5.51. Dörtlü Yüklemede Çivi Sayısı- Açıklık Deplasmanı Grafiği.....	67
Şekil 5.52. Tekil konsantre yük durumu .....	68
Şekil 5.53. Tekil yük durumunda çivi sayısı-deplasman ilişkisi .....	68

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 5.54. İkili yükleme .....	69
Şekil 5.55. Üç nokta yüklemesi durumunda çivi sayısı-deplasman ilişkisi.....	70
Şekil 5.56. Farklı yükleme durumu – deplasman ilişkisi .....	72

**RESİMLERİN LİSTESİ**

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 2.1. Kayma Çivisinin kaynaklanması .....	6
Resim 2.2. Kayma Çivisinin kaynaklanması .....	6
Resim 4.1. Test 1 Deplasman Resmi .....	23
Resim 4.2. Test 1 Gövdede akmanın başlangıcı .....	24
Resim 4.3. Test 1 Kayma çivisinin deneyden sonraki resmi .....	24
Resim 4.4. Test 3 Gözlenen en büyük deplasman .....	26
Resim 4.5. Test 3 kiriş boyunca oluşan çatlaklar .....	27



## 1.GİRİŞ

Uzun yıllardan beri , dünyanın önde gelen ekonomik güce sahip kalkınmış ülkelerinde özellikle sanayi yapılarında çelik malzemesi çok sıklıkla kullanılmıştır[1]. Ülkemizde de son yıllarda yaygınlaşan çelik profillerle yapı yapma eğilimi , beraberinde pek çok bilgi eksikliği de getirmiştir. Bu eksikliklerden en önemlisi yapıların tasarlanmasıdır . Kullanılacak profil tipleri , imalat-montaj tekniği , teknolojik gelişmeler , yapının tasarlanması sırasında hakim olunması gereken konulardır . Bunların bilinmesiyle betonarme yapılara kıyasla bir miktar daha maddi külfet gerektiren çelik yapının makul maddi değerlere çekilmesi sağlanabilir.

Sanayi amaçlı olmayan çelik yapılarda kat döşemesi olarak trapez vb. sac yerine genellikle beton tercih edilir. Çelik malzemeye oranla birim ağırlığıyla taşıyabileceği yük oldukça düşük olan beton malzeme kullanılması , yapıya oldukça fazla yük getireceği için döşeme betonunu taşıyan çelik profillerde gerekenden daha büyük gerilmeler oluşması kaçınılmazdır. Bu büyük gerilmelerin oluşması beraberinde daha yüksek ataletli yani daha ağır profiller kullanılmasını gerektirir ki bu da maliyete olumsuz etki edecektir.

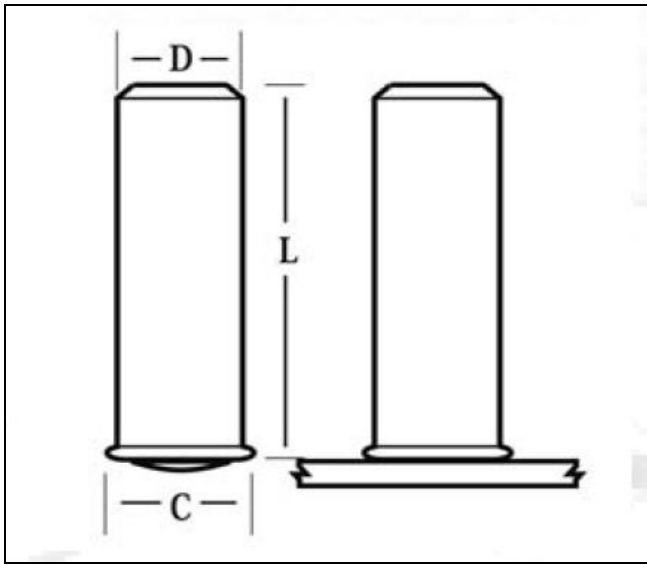
Gelişen teknolojiyle beraber döşeme betonun yapıya olumsuz etkisini olumluya çevirmek mümkün hale gelmiştir . ABD ve Avrupa'nın pek çok ülkesinde yıllardan beri bunun için kullanılan yöntem kayma çivisi ( shear stud ) kullanılmasıdır . Yapı maliyetini oldukça düşürdüğü görülen bu yöntemin ülkemizde de uygulanmaya çalışılması , ancak yeterli teknik bilgiye sahip olunmaması bu çalışmanın yapılmasına gerek duyulmasına sebep olmuştur.

Kayma çivilerinin yapıya etkisi uzun yıllardır araştırılmış, bu çiviler sayesinde oluşturulan kompozit kirişlerle ilgili de pek çok deneyler yapılmış ve pek çok da ampirik formüle ulaşılmıştır. Hatta uluslararası bu kompozit etkileşimle ilgili standart deneysel çalışmalar bırakılmış ve artık bu bağlantıları dairesel kirişler , soğuk haddelenmiş kirişler , yapma kirişler , sıcaklık etkisindeki kirişler gibi özel durumlarda incelenmeye başlanmıştır .

Çelik olsun betonarme olsun her tür yapının tasarımı için günümüzde sıklıkla da öte başvurduğumuz bilgisayarlar ve sonlu eleman analiz programlarının , kayma bağlantılarının sağladığı kompozit etkileşimi ne derecede gerçeğe uygun aktarabildiği sorusu ise bu konuda yapılmış deneylerin derlenmesi ve deneylerde ortaya konan modellerin bir de sonlu elemanlar programlarıyla modellenmesi ve sonuçların kıyaslanması fikrini uyandırmıştır. ETABS , ANSYS gibi pek çok tasarım programıyla yapılmış çalışmalar bulunmaktadır . Bu çalışmada , erişilebilen az sayıda deney datası SAP2000 sonlu elemanlar programıyla modellenecek , ve sonuçlar deney sonuçlarıyla kıyaslanacaktır .

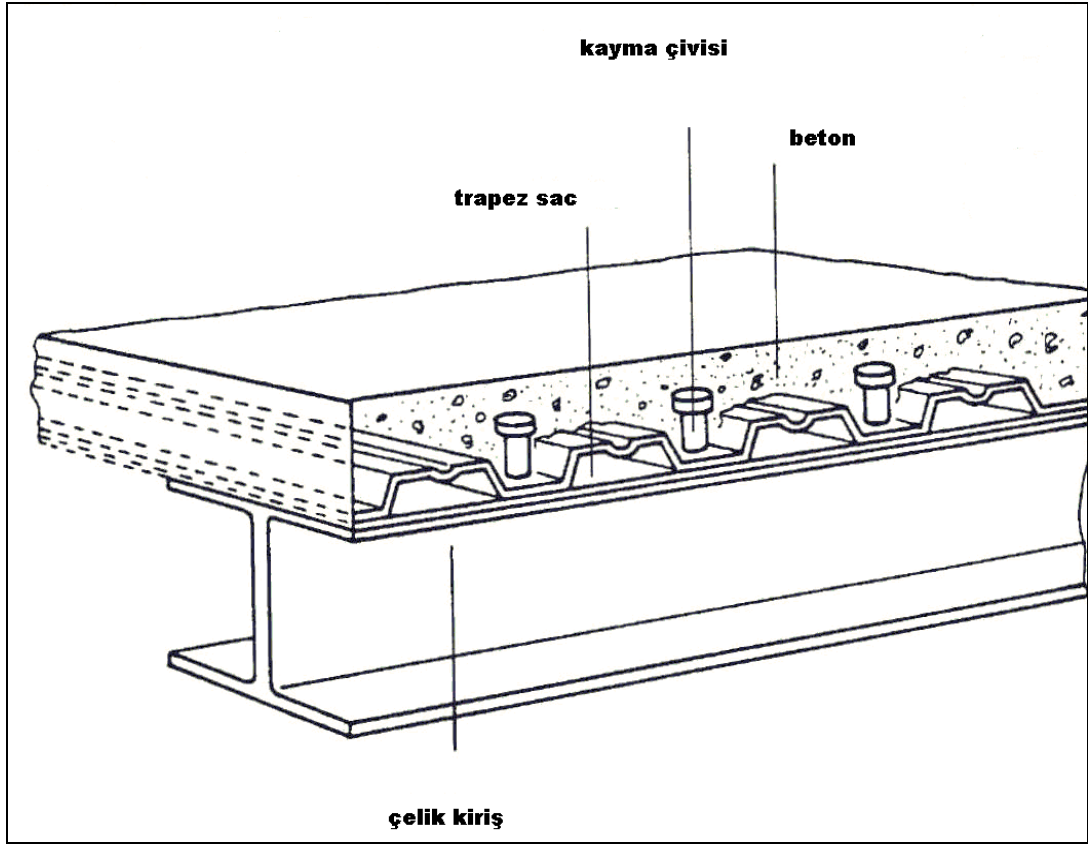
## 2. KAYMA ÇİVİLERİ

Çelik profil kiriş ve döşeme arasında kompozit etkiyi sağlayan kayma çivilerinin çok çeşitli tipleri bulunmaktadır. Bunlardan en yaygın olarak kullanılanları Nelson firması tarafından üretilenlerdir . Tipik kayma çivisi şekli Şekil 2.1’de görülebilir. EK-1 ‘de bu firmanın Türkiye distribütörünün web sayfasından alınan bir katalog görülebilir.



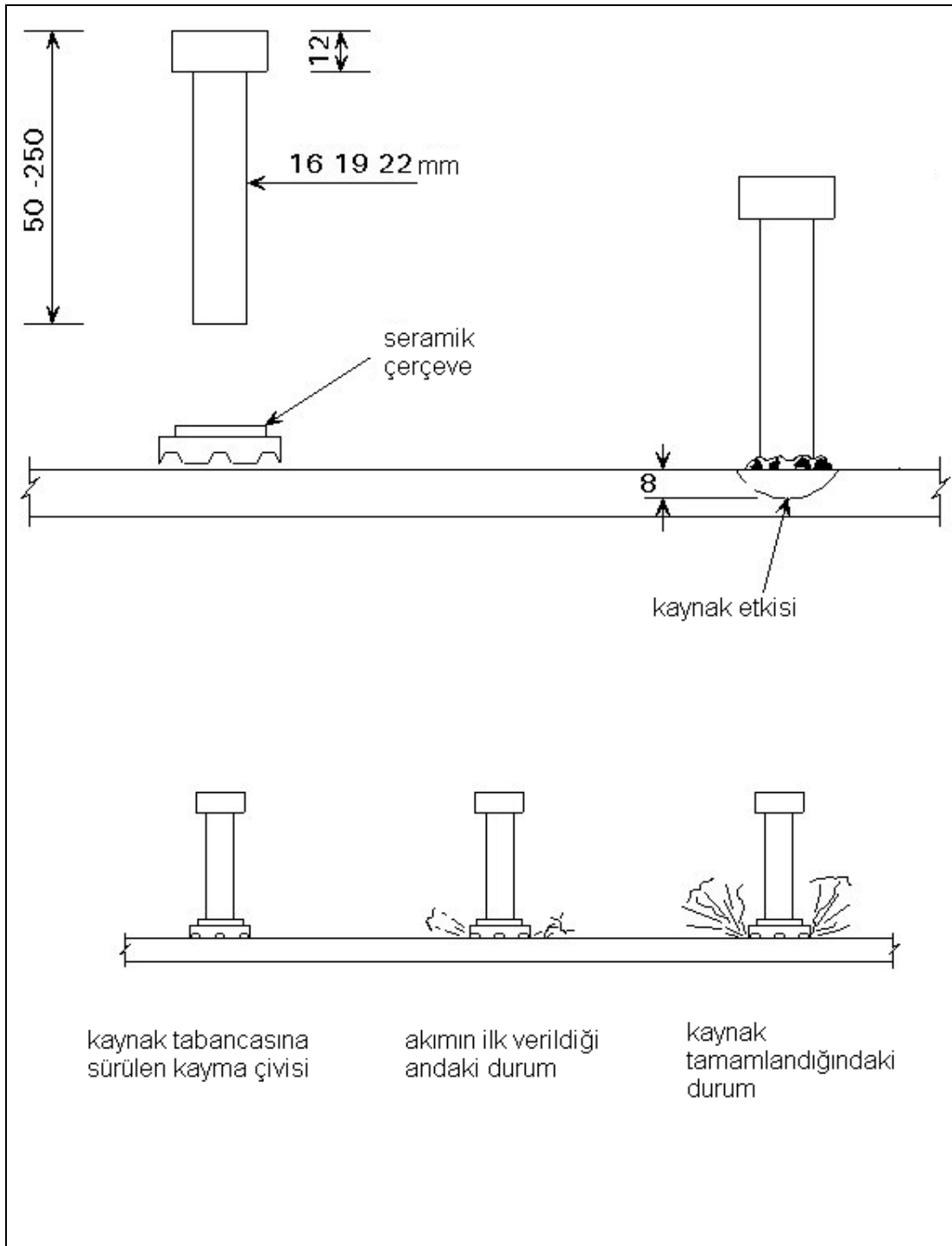
Şekil 2.1. Kayma Çivisi

Günümüzde gelişen malzeme çeşitliliği sayesinde , bu uygulamanın bir diğer yararı daha ortaya çıkmıştır . Bilindiği üzere çelik profil kirişlerin üzerine dökülecek beton için bir kalıp ihtiyacı vardır . Günümüz konstrüksiyon yöntemlerinde , çelik profillerin üzerine galvanizli trapez sac serilir . Bu sacın haddelenmiş çukurları ile profil kirişin kesiştiği noktalara belli kriterlere göre bu çiviler uygulanır . Çivi kaynak aparatının içine sürüldükten sonra doğrudan galvaniz sac üzerine kaynatılır . Açığa çıkan enerji galvaniz sacı da eriterek çivinin doğrudan çelik profil kirişe saplanmasını sağlar . Bu sayede çelik profil kiriş , galvanizli trapez sac ve kayma çivisi bir arada durabilir . galvanizli trapez sacın üzerine hasır çelikli beton uygulanmasıyla beraber , kat döşemesi hazır hale gelir . Bu yöntemin en büyük avantajı döşeme betonu için kalıp kurulmasına gerek bırakmamasıdır.



Şekil 2.2. Kompozit kiriş elemanları [3].

Prensip olarak, kayma çivileri çelik profil kirişe sabitlenmelidir. Sabitleme işlemi ise kaynaklanması suretiyle gerçekleşir. Ancak bu kaynağın uygulaması bilinen kaynak metodlarından farklıdır. Çivinin profile kaynaklanması 0.7 sn gibi bir sürede gerçekleşir. Kaynaklama sırasında özel aparatlar kullanılır. Kayma çivisi tabanca şeklinde bir kaynak aparatının içine sürülür. Yaklaşık 250 kw gücünde bir akım çivi ile çelik profilin birleştiği noktaya etki ettirilir, çivinin alaşımında bulunan çeşitli metaller ergiyerek standart kaynak prosedüründen çok daha sağlam bir kaynak elde edilmesini sağlar. Resim 2.1 ve 2.2 'de kayma çivisinin sahada kaynaklanması gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Kayma çivisinin kaynaklana prosedürü



Resim 2.1. Kayma çivisinin kaynaklanması



Resim 2.2. Kayma çivisinin kaynaklanması

### 3. KAYMA ÇİVİLERİNİN ÇELİK PROFİLE ETKİLERİ

Günümüzde çelik , sanayi tesisleri , köprüler dışında konut , okul vb. gibi yapılar için de bir malzeme alternatifi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunda en önemli etken gerekli ekipman ve işgücünün yanı sıra kullanılacak malzemelerin de daha kolay erişilebilir hale gelmiş olmasıdır . Bunlara erişimin kolay olmasının yanı sıra , montaj süresinin kısalığı da göz önüne alındığında , bu gibi yapılar için de çeliğe yönelmek günümüzde sık rastladığımız bir durumdur.

Konut tipi yapılarda ise üzerinde yürünecek , eşya yerleştirilecek döşemenin , yaşam alanında konfor sağlaması aranan en önemli özelliktir. Bir kısım sanayi yapıları da dahil , özellikle de konut tipi yapılarda rastlanan en yaygın döşeme malzemesi ise hala betondur . Çelik malzemeye oranla birim ağırlığıyla taşıyabileceği yük oldukça düşük olan beton malzeme kullanılması , yapıya oldukça fazla yük getireceği için döşeme betonunu taşıyan çelik profillerde gerekenden daha büyük gerilmeler oluşması kaçınılmazdır. Bu büyük gerilmelerin oluşması beraberinde daha yüksek ataletli yani daha ağır profiller kullanılmasını gerektirir ki bu da maliyete olumsuz etki edecektir . Bu maliyetin azaltılması için , döşeme için kullanılan betonun , üzerine oturduğu çelik kirişte yük arttırmasının yanı sıra ; onun taşıyabileceği yük miktarını da arttırması gerekir . Yani çelik profil ve üzerine dökülen beton malzeme arasında bir kompozit etki yaratılması , beton malzemenin çelik kirişle beraber çalışması sağlanmalıdır. Şekil 3.1’de bir kompozit kirişin boyuna kesiti görülebilir .





Kompozit kiriş tasarımında , ülkemiz normlarında yer alan herhangi bir kriter yoktur. Çeşitli üniversitelerimizde bu konuda az sayıda da olsa çalışmalar yapılmış ve bir takım ampirik formüllere de ulaşılmıştır .

Ülkemizde genel anlamda yapı tasarımı amacıyla kompozit kirişler de tasarlanacaksa, Avrupa Eurocode ve American AISC ASD kriterleri genellikle daha çok kullanılır .

Amerikan AISC ASD kriterlerine göre , kompozit kiriş elemanları için minimum şartlar ;

- Trapez sac oluk yüksekliği :  $h_r < 7.6 \text{ cm (3 in)}$
- Trapez sac ortalama oluk genişliği :  $w_r > 5.1 \text{ cm (2 in)}$
- Kayma bağlantıları : Yalnız kayma çivileri , en az 1.9 cm (3/4in) çapında
- Kayma Bağlantısı Boyu : en az oluk yüksekliğinden 3.8 cm (3/2in) yüksek
- Trapez sac üzerinde en az beton kalınlığı :  $d > 5.1 \text{ cm (2in)}$

### 3.1.1. Çalışan tabla genişliği

Çalışan tabla genişliği olarak nitelenen alanda , kompozit davranışın varlığı mümkün olarak kabul edilmektedir . Beton örtü ve kiriş arasındaki etkileşim sayesinde , çalışan tabla genişliği mesafesinde yükler beton tarafından da karşılanır . Çalışan tabla genişliği (  $b_{ef}$  ) için ;

- AISC ( binalarda )

$$b_{ef} \leq \begin{cases} l_x \\ l/4 \\ 16d + b_{ao} \end{cases} \quad (3.1)$$

- AASHTO ( köprülerde )

$$b_{ef} \leq \begin{cases} l_x \\ l/4 \\ 12d \end{cases} \quad (3.2)$$

Olmakla birlikte  $l_x > l/20$  ise ;

$$b_{ef} = b_{ao} + \frac{l_x}{\sqrt{1+12(2l_x/l)^2}} \quad (3.3)$$

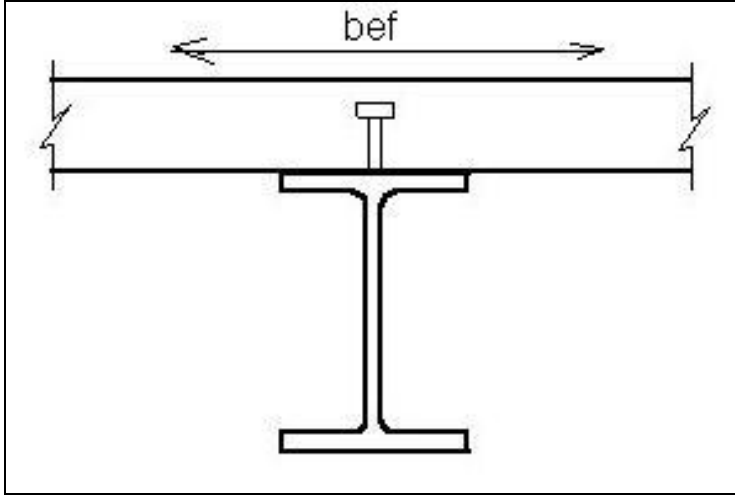
Formülleri bulunur , burada ;

$l_x$  : kirişler arası aks aralığı

$l$  : kiriş açıklığı

$d$  : tabla kalınlığı

$b_{ao}$  : çelik profil üst başlık genişliği



Şekil 3.2. Çalışan tabla genişliği

Kompozit kirişte, çelik profil üzerinde bulunan beton örtü de yükün taşınmasına yardım eder . Oluşan yeni kesitte tarafsız eksenin yeri , ve atalet momenti değişmiştir. Bu yeni değerlerin hesaplanması için , beton örtüsünün çelik gibi düşünülüp süperpoze edilmesi gerekmektedir. Kiriş yüksekliğine göre çok daha küçük olan beton örtü yüksekliği , beton örtüsünün geniş alana yayılmasından ötürü

atalet momentine büyük katkı sağlar . İki kiriş arasındaki mesafeye “b” dersek , bir kirişe düşen etkili alan da “b”ye eşit olacaktır . Süperpozisyon için Amerikan Çelik Yapı Enstitüsü yayınlarında elastisite modülleri oranlarından yararlanılmıştır . İki farklı malzemenin birbirine dönüştürülmesi için kesitleri elastisite modülleri oranında azaltılıp veya artırılarak birbirlerine dönüştürülür .

$$E_{\text{beton}} = 250\,000 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{\text{çelik}} = 2\,000\,000 \text{ N/mm}^2$$

Olduğu için ;

$$\frac{E_{\xi}}{Eb} \approx n = 8 \text{ değerini elde ederiz}$$

Bu durumda kompozit kiriş etkili genişliği “b<sub>ef</sub>” ;

$$b_{\text{ef}} = b/n \text{ bulunur}$$

Kompozit kirişin toplam atalet momentini hesaplarırken , ilgili çelik profil kiriş , ve üzerindeki etkili genişlik kadar ve döşeme ile aynı yükseklikte çelik malzemesinin atalet momentlerini toplamak gerekir [2] . Ortaya çıkan dönüştürülmüş kesit için tarafsız eksenin yeri ;

$$y_b = \frac{d}{2} + \left[ \frac{\frac{A_{ctr}}{A_s}}{\left(1 + \frac{A_{ctr}}{A_s}\right)} \right] \left( Y_2 + \frac{d}{2} \right) \quad (3.4)$$

y<sub>b</sub> : çelik profil en alt lifinden tarafsız eksenin uzaklığı,

$$Y_2 : \left( r_y + t/2 \right)$$

h<sub>r</sub> : trapez sac oluk yüksekliği

$A_s$  : profil çelik kiriş enkesit alanı

$A_c$  : beton enkesit alanı

$A_{ctr}$  : dönüştürülmüş beton enkesit alanı ( $A_c/n$ )

Dönüştürülmüş kompozit enkesit atalet momenti ;

$$I_{tr} = I_s + A_{ctr} \left[ \frac{t^2}{12} + \left( Y_2 + \frac{d}{2} \right)^2 \frac{1}{\left( \frac{A_{ctr}}{A_s} + 1 \right)} \right] \quad (3.5)$$

Bu kabulün yapılabilmesi için , kayma çivilerinin iki yüzey arasında tam etkileşim sağladığı kabulünün de yapılması gerekir . Bilindiği gibi , düzgün yayılı yük altındaki bir kiriş , açıklığının en ortasında en büyük değerde olacak şekilde deformasyona uğrar . Kirişin tarafsız eksenini üzerinde seçilecek 2 noktanın arasındaki mesafe değişmezken , kirişin alt yüzeyinde seçilecek iki nokta birbirinden uzaklaşacaktır . Aynı şekilde kirişin üst yüzeyinde seçilecek iki nokta da , birbirine yaklaşacaktır .

### 3.1.2. Kayma çivisi için dayanım limit durumu

1971 yılında Ollgaard tarafından beton döşeme içine gömülü kayma çivilerinin mukavemetlerini ölçmek için deneysel çalışmalar yapılmıştır . Deneylede öngörülen değişkenler kayma çivisi çapı , döşemedeki toplam kayma çivisi sayısı betondaki agrega tipi ( hafif ve normal ağırlıklı agrega ) ve beton özellikleridir [7] .

Yapılan çalışmalar sonunda betona gömülü tek *bir kayma çivisinin nominal kesme dayanımı*  $Q_n$ ;

$$Q_n = 0.5A_{sc} \sqrt{f'_c E_c} \leq A_{sc} F_u \quad (3.6)$$

$A_{sc}$  : Kayma çivisi enkesit alanı ( $mm^2$ )

$f'_c$  : 28 günlük beton basınç dayanımı (MPa)

$E_c$  : Beton elastisite modülü

$F_u$  : Kayma çivisi kopma dayanımı

Güvenli Kesme Dayanımı :

$$Q_r = \phi_{sc} Q_n \quad (3.7)$$

$\phi_{sc}$  : kayma çivisi güvenlik katsayısı (tablodan 0.85 alınmıştır) .

Gerekli Kayma Çivisi Sayısı :

$$n_s Q_r = V_h \quad (3.8)$$

$n_s$  : gerekli kayma çivisi sayısı

$Q_r$  : güvenli kayma çivisi kesme dayanımı

$V_h$  : birleşim yerindeki nominal kesme kuvveti

Nominal kesme kuvveti :

$$C = V_h = F_{yw} D \cdot t_w + F_{yt} \cdot b_t \cdot t_t + F_{yc} \cdot b_c \cdot t_c \quad (3.9)$$

$$V_h = F_y \cdot A_s \quad (3.10)$$

$$V_h = 0.85 f' c b t_s \quad (3.11)$$

$C$  : Basınç kuvveti

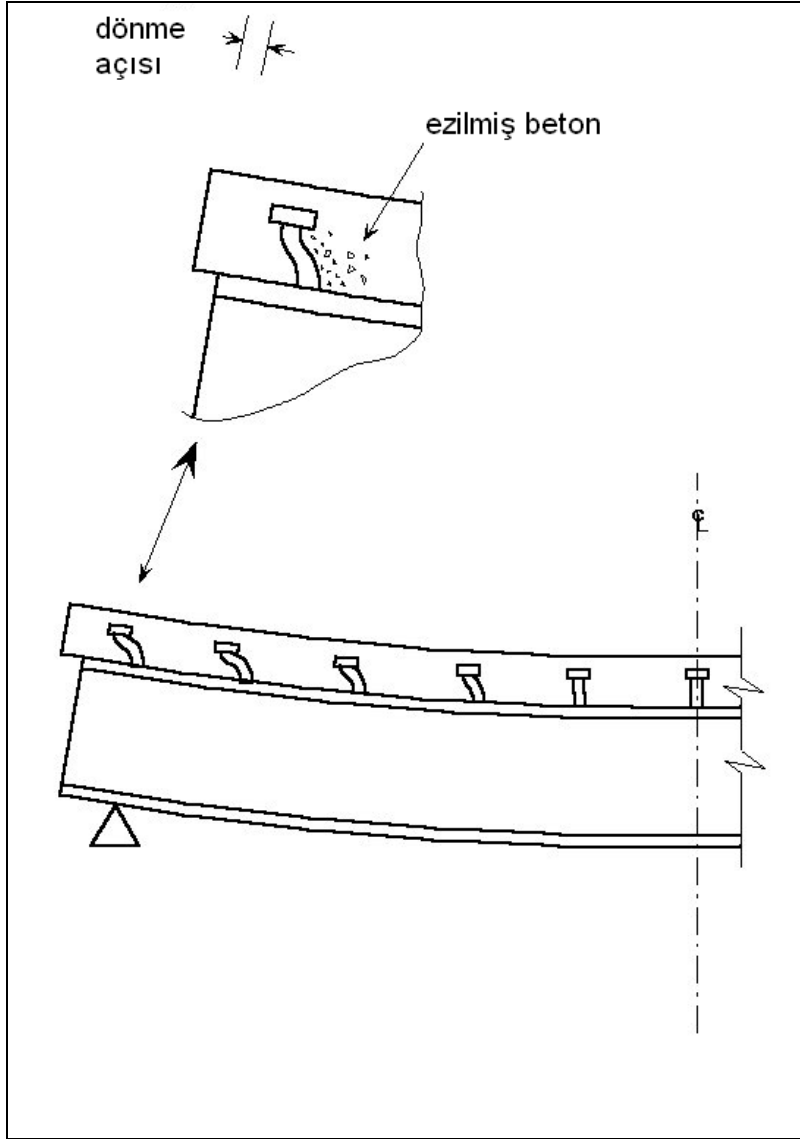
$V_h$  : Birleşim yerindeki kesme kuvveti

$F_{yw}$  ,  $F_{yt}$  ,  $F_{yc}$  : Profil flanş ve gövde için çekme ve basınç dayanımları

$D$  : döşeme derinliği

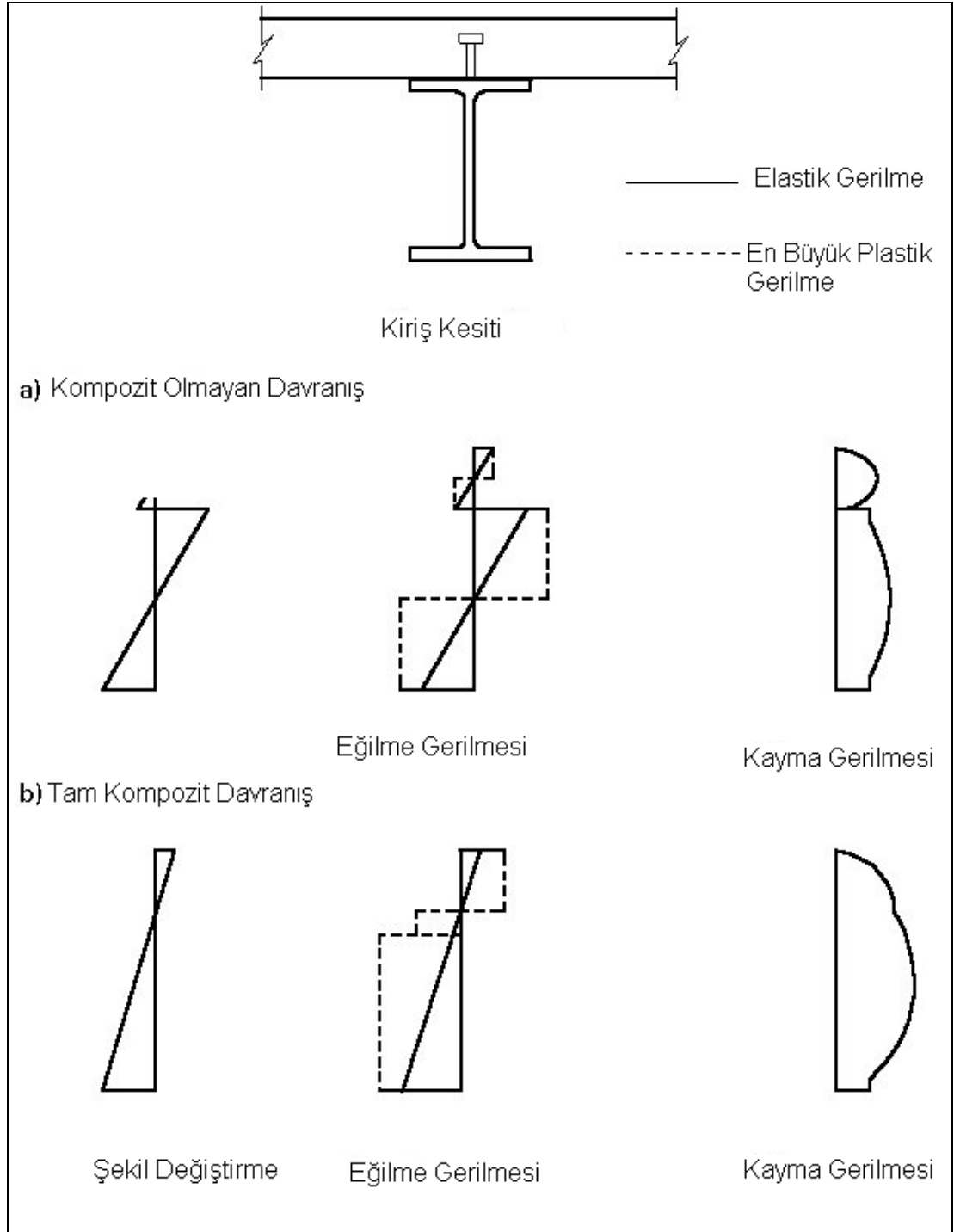
$t_w$  : döşeme kalınlığı

$b_t$  ,  $t_t$  ,  $b_c$  ,  $t_c$  : çekme ve basınç flanşlarının genişlik ve kalınlıkları



Şekil 3.3. Deformasyonda kayma çivilerinin davranışı

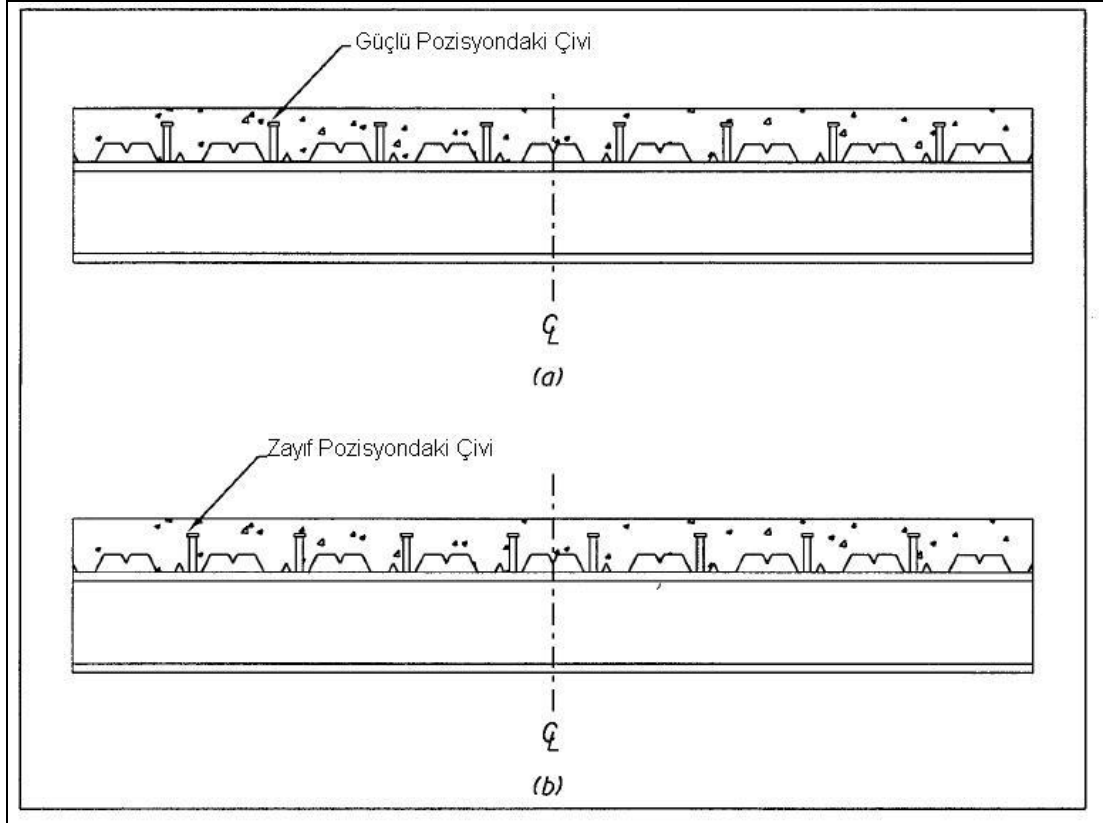
Deformasyona uğrayan kompozit kiriş üzerinde bulunan kayma çivileri de birbirlerine yaklaşmaya çalışır . Çivinin tepe noktasında bu mesafe daha da azalacaktır . Ancak çivilerin arası betonla dolu olduğu için , ve betonun basınç mukavemeti de oldukça yüksek olduğu için , beton bu davranışa karşı koyar . Bu durum kiriş üzerindeki yükten , betonun da pay almasını sağlar ve kompozit davranış ortaya çıkmış olur .



Şekil 3.4. Kompozit ve Kompozit olmayan kesit tesirleri

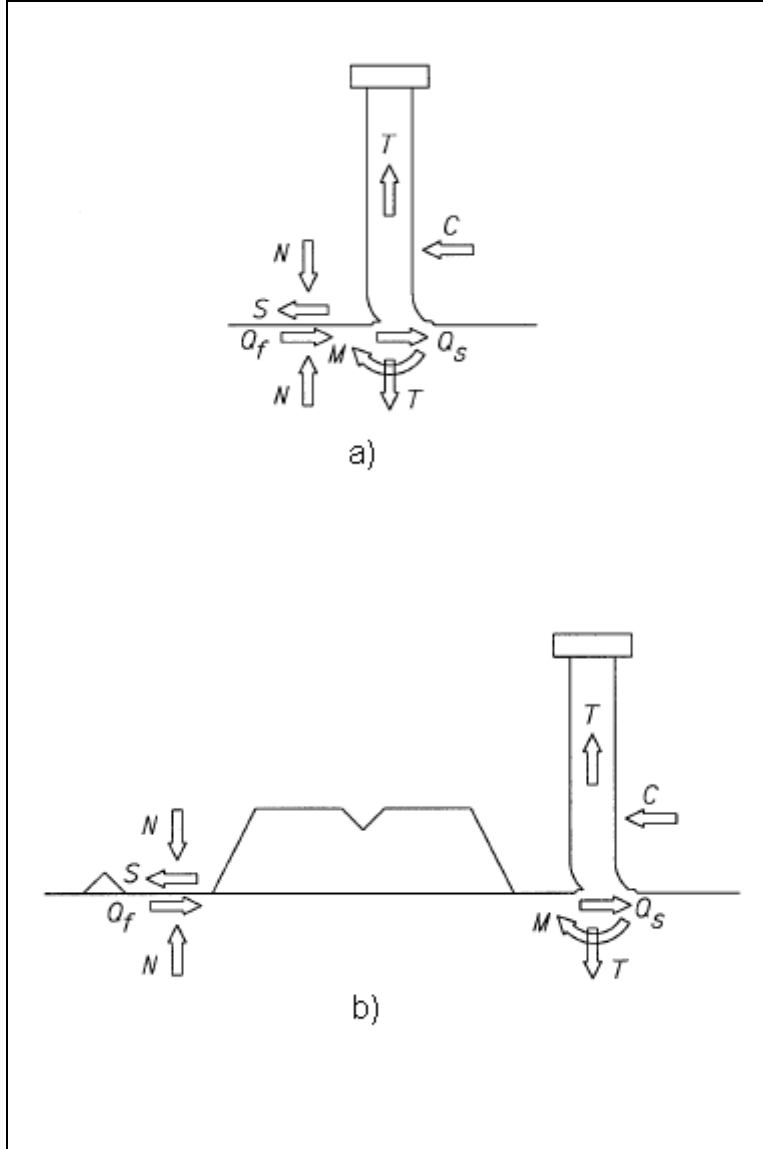
Kompozit etki sağlanırken , kayma çivilerinin trapez sac üzerinde kaynatıldığı konum da önem arz eder . Yapılarda kullanılan tipik trapez saclar , oluklarının ortasında berkitmeler ihtiva eder [3] . Bu yüzden çivilerin oluk merkezinin sağna

veya soluna uygulanması gerekir . Çivinin betona basınç uyguladığı tarafının oluk kenarına yakın veya uzak olması , çivinin güçlü ya da zayıf pozisyonda bulunması demek olur . Çiviler oluk kenarına yakın taraftan betona basınç uyguluyorsa zayıf , bu durumun tersindeyse güçlü pozisyonda olarak adlandırılır [3] .



Şekil 3.5. Güçlü ve zayıf yöndeki çiviler





Şekil 3.6. Kayma çivisi sürtünme yükleri

- a) Normal döşemede kayma çivisi sürtünme yükleri
- b) Güçlü yöndeki kayma çivisi sürtünme yükleri

#### 4.MODEL KONTROL DENEYLERİ

Bilindiği üzere , laboratuvar şartlarında yapılan deneysel çalışmalar çok zaman almakta , pahalı olmakta ve bazı durumlarda da pratik olamamaktadır . Diğer yandan son yıllarda gelişen bilgisayar teknolojisi sayesinde sonlu elemanlar metodu her tip mühendislik probleminin çözümünde verimli bir araç haline gelmiştir [2] . Abdollahi'ye göre , ayrıntılı bir sonlu eleman modeli , yapılacak deney sayısında uygun bir azalma sağlar [4] .

Bu nedenlerle bu çalışmada , önceki yıllarda Virjinya Polyteknik Enstitüsünde yapılmış bir doktora çalışmasına ait deneyler bilgisayar ortamında sonlu elemanlar metoduyla modellenmiştir . Michelle Deanna Rambo-Roddenberry tarafından 2002 yılında gerçekleştirilen doktora çalışmasında yer verilmiş deneyler modellerimize referans olacak [3], ayrıca analiz sonuçlarının deneysel sonuçlarla kıyaslanmasını sağlayacaktır.

##### 4.1. Deney Parametreleri

Alınan deneylerde 3 adet kompozit kiriş test edilmiştir . Kirişler arasındaki yegane fark , kayma çivilerinin sayıları ve yerleridir . Deney parametreleri Tablo 4.1 de özetlenmiştir.

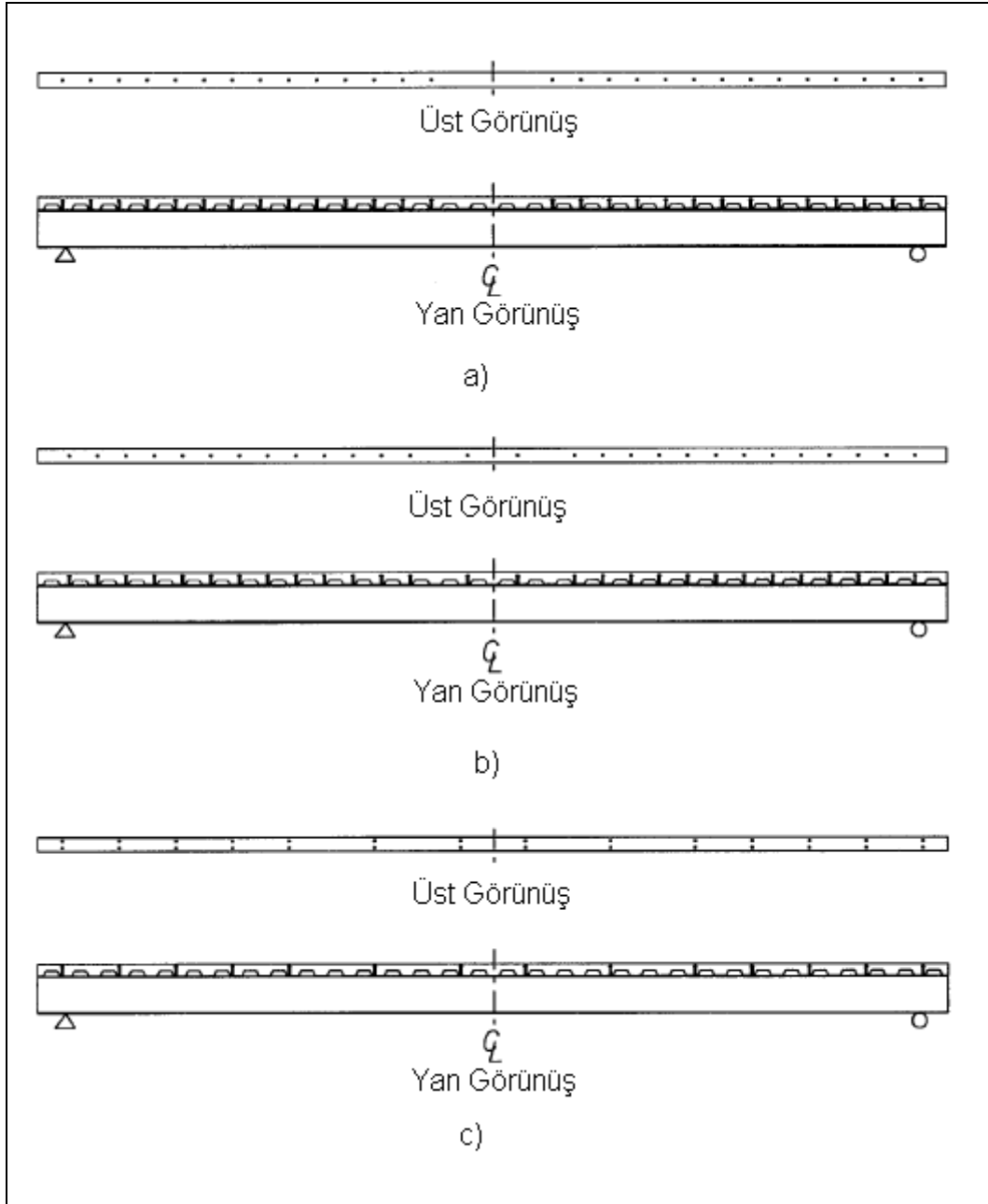
Çizelge 4.1 Deney Model Parametreleri

Kiriş açıklığı	9.15m(30 ft) (9.75m (32 ft) kiriş tam boyu))
Kiriş kesiti	W16x31
Döşeme Boyutları	12.7cmx2.05mx9.75m (5inx81inx32ft)
Trapez Sac	5.1cm/51cm (2in/20in) oluk
Çivi Boyutları	1.9cmx8.9cm (¾ in x 3 ½ in )
$f_c'$ (beton basınç dayanımı)	27.58 N/mm <sup>2</sup> (4000 psi)
Kirişteki toplam çivi sayısı	28

Çizelge 4.2 Deney Modelleri çivi pozisyon ve sayısı

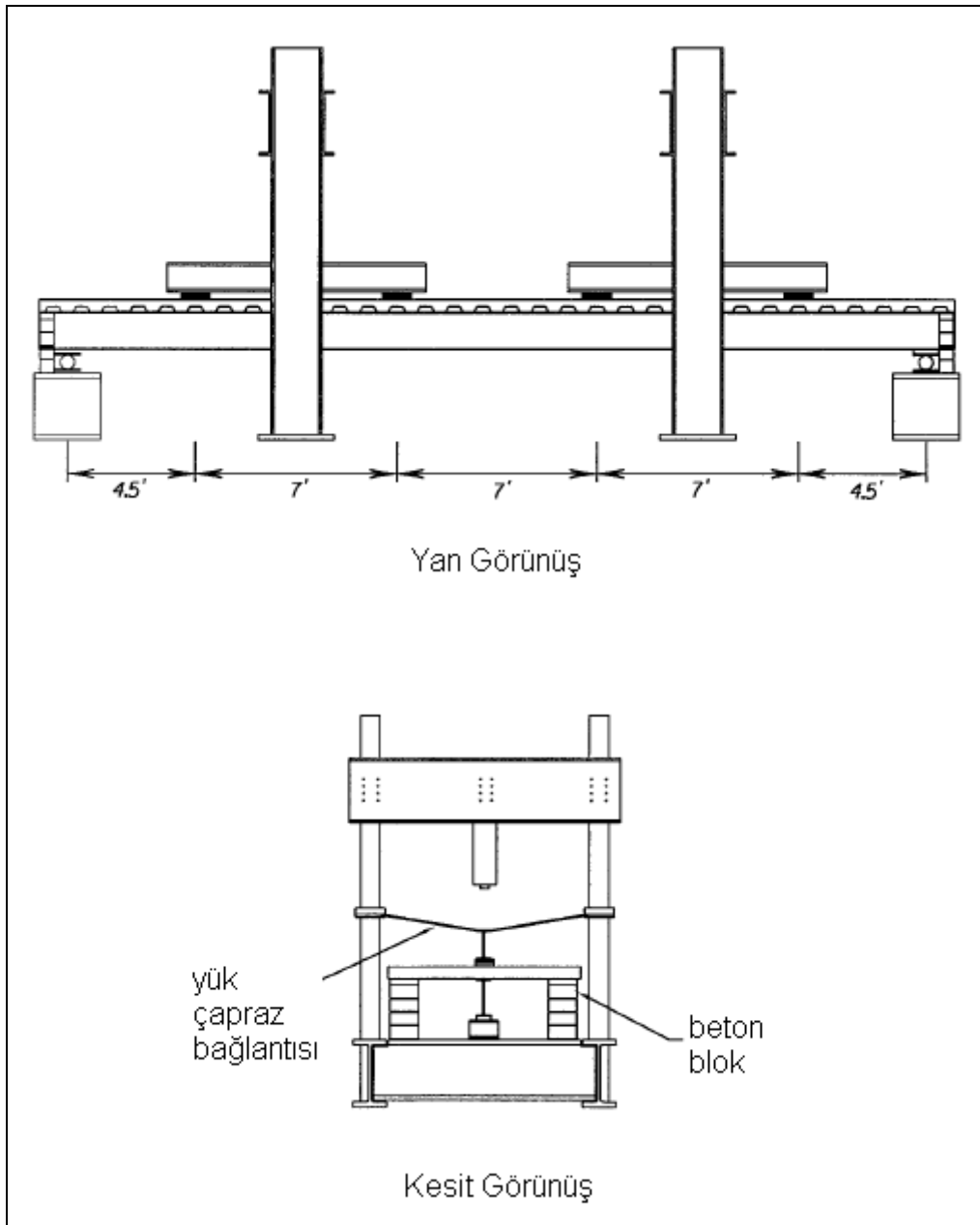
Deney No	Çivi Pozisyonu	Tek-Çift
1	Güçlü	Tek
2	Zayıf	Tek
3	Güçlü	Çift

Tüm deneyler W16x31 kesitli çelik profil ve 12.7cm (5 in) kalınlığında beton örtüden meydana gelmiştir . Kirişler 9.75m (32 ft) boyundadır ancak mesnet açıklığı 9.15 m (30 ft)'dir . Kompozit kirişlere 28'er adet 1.9cmx8.9cm (  $\frac{3}{4}$  in x 3  $\frac{1}{2}$  in) 'lik çiviler kaynatılmıştır . Kaynatma işlemi trapez sacın üzerinden yapılmıştır . Trapez sac 5.1cm (2 in) derinliğindedir , ve oluklar kirişe dik konumlandırılmıştır . Deney modelleri aynı ortamda , aynı sıcaklık altında test edilmişlerdir . Bu yüzden sıcaklık gibi bir etki çelik profil ve çivi için göz önüne alınmamıştır .



Şekil 4.1. Çivi Yerleşimleri

- a) Test1 Güçlü pozisyon tekli yerleşim
- b) Test2 Zayıf pozisyon tekli yerleşim
- c) Test 3 Güçlü pozisyon çiftli yerleşim



Şekil 4.2. Modelle Kıyaslanan deney düzeneği görüşleri [3]

## 4.2 Deney İşleyişi

Tüm testler aynı şekilde gerçekleştirilmiştir . Yükler ilk olarak düzeneğin üzerinde duran hidroliklerle etkililir ve üzerlerindeki yük hücreleriyle büyüklükleri ölçülür . Her hidrolik yükünü , test edilecek kirişle mesnetlenen dağıtma kirişlerine aktarır . Bu durumda 2 hidrolikten çıkan yük , kirişe 4 noktadan etkimiş olur .

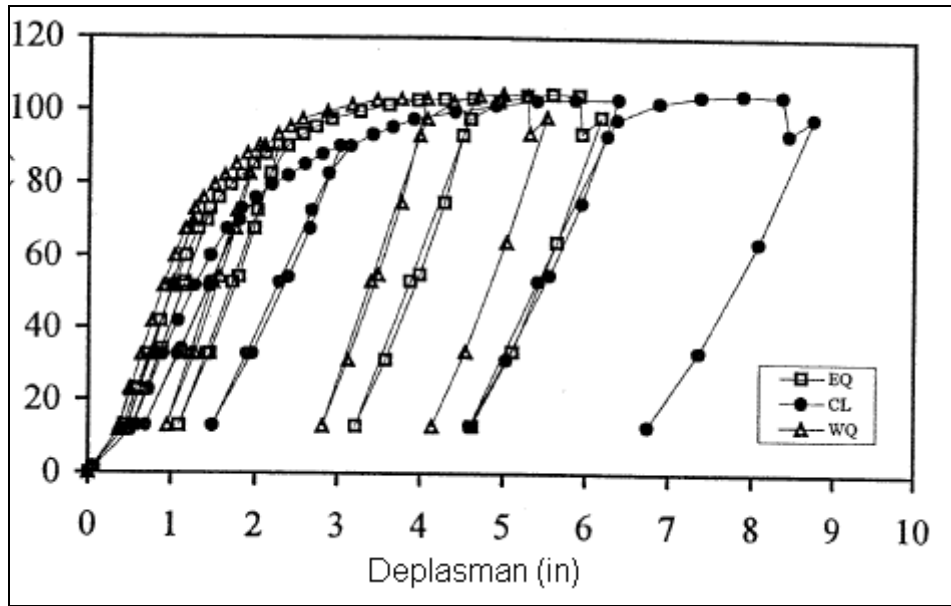
Kirişler önce öngörülen kapasitelerinin %15ine yüklenmişler ardından yük artırılmıştır . Göçme yüküne kadar yük adım adım arttırılmıştır.

## 4.3 Deney Sonuçları

### 4.3.1. Test 1

İlk test edilen kiriş güçlü yönde tekli kayma çivilerine sahiptir . En büyük ve en küçük momentler arasında kalan kesme bölgesinde 12 kayma çivisi , ve toplamda da 28 kayma çivisi bulunur . Beton basınç dayanımı 27.58 N/mm<sup>2</sup> (4000 psi) ve özgül ağırlığı 141.3 pcf 'dir . Kayma çivileri fabrika verilerine göre 66.8 ksi 'lik dayanıma sahiptir . W16x31 profilinin flanjlari 54.3 ksi ve 72.6 ksi 'lik akma ve göçme dayanımına sahiptir . Profil gövdesinde ise bu değerler 58.2 ksi ve 72.4 ksi 'dir .

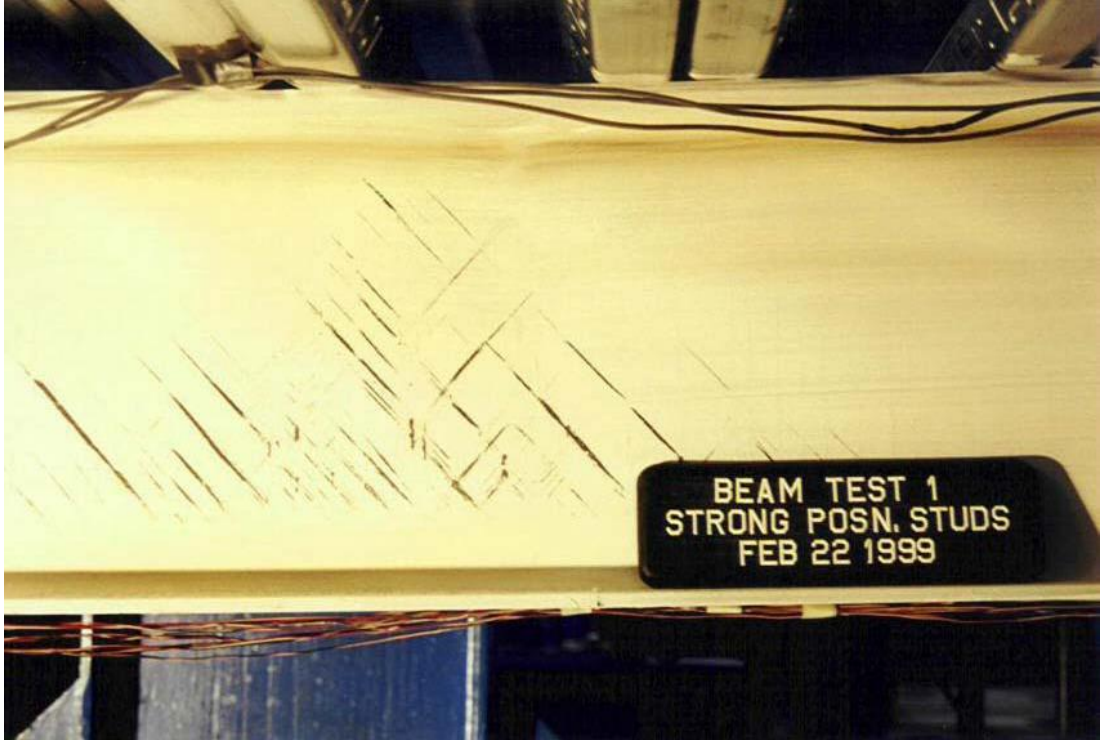
Kirişe etki ettirilen en son yük 104.5 psi 'dir . Bu yük altında kiriş açıklığının ortasında 7.88in 'lik bir deplasman tespit edilmiştir .



Şekil 4.3. Test 1 Toplam yük-deplasman grafiği [3]



Resim 4.1. Test 1 Deplasman Resmi [3]



Resim 4.2. Test 1 Gövdede akmanın başlangıcı [3]

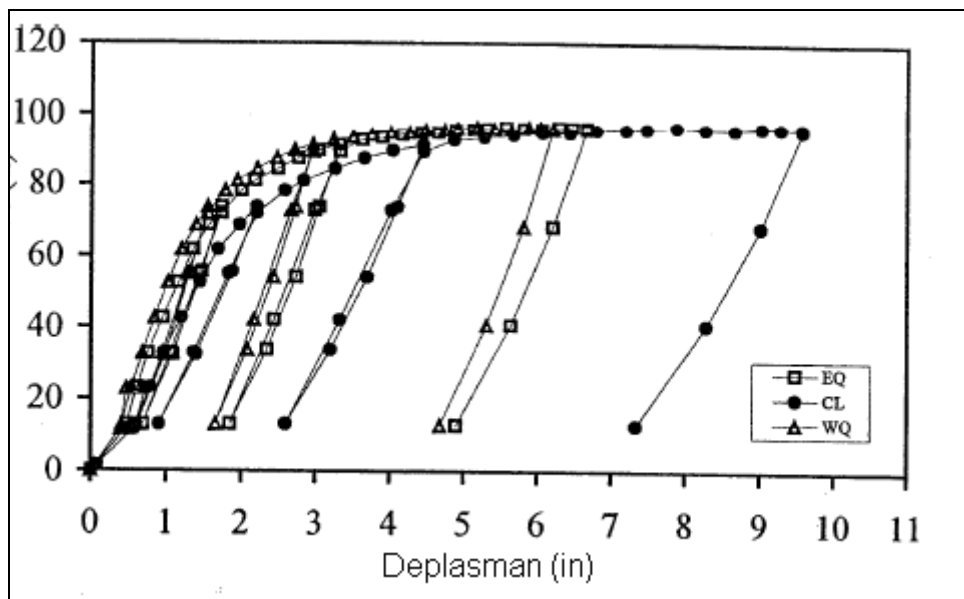


Resim 4.3. Test 1 Kayma çivisinin deneyden sonraki resmi [3]



### 4.3.2 Test 2

2 numaralı test için de 1 numaralı testteki parametreler aynen geçerlidir . Bu kirişte ise yine toplamda 28 kayma çivisi vardır . Tek fark bu kez kayma çivilerinin zayıf yönde ve yine tekli olarak tertip edilmiş olmasıdır . Ancak bu testte kirişe etki ettirilen en büyük yük 96.2 ksi olabilmıştır . Kiriş açıklık ortasında , 1. testte olduğu gibi 7.88 in'lik bir deplasman gözlenmiştir.

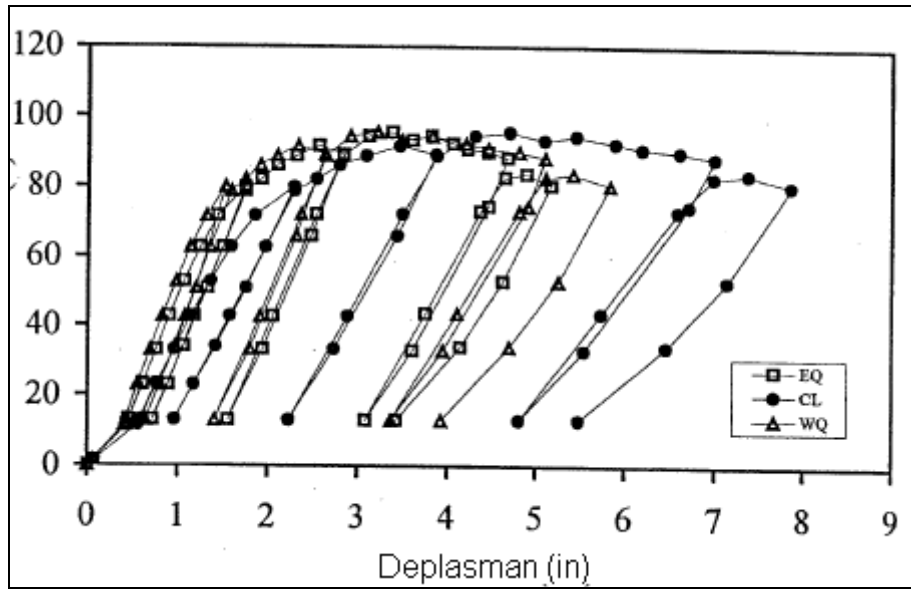


Şekil 4.4. Test 2 Toplam yük-deplasman grafiği [3]

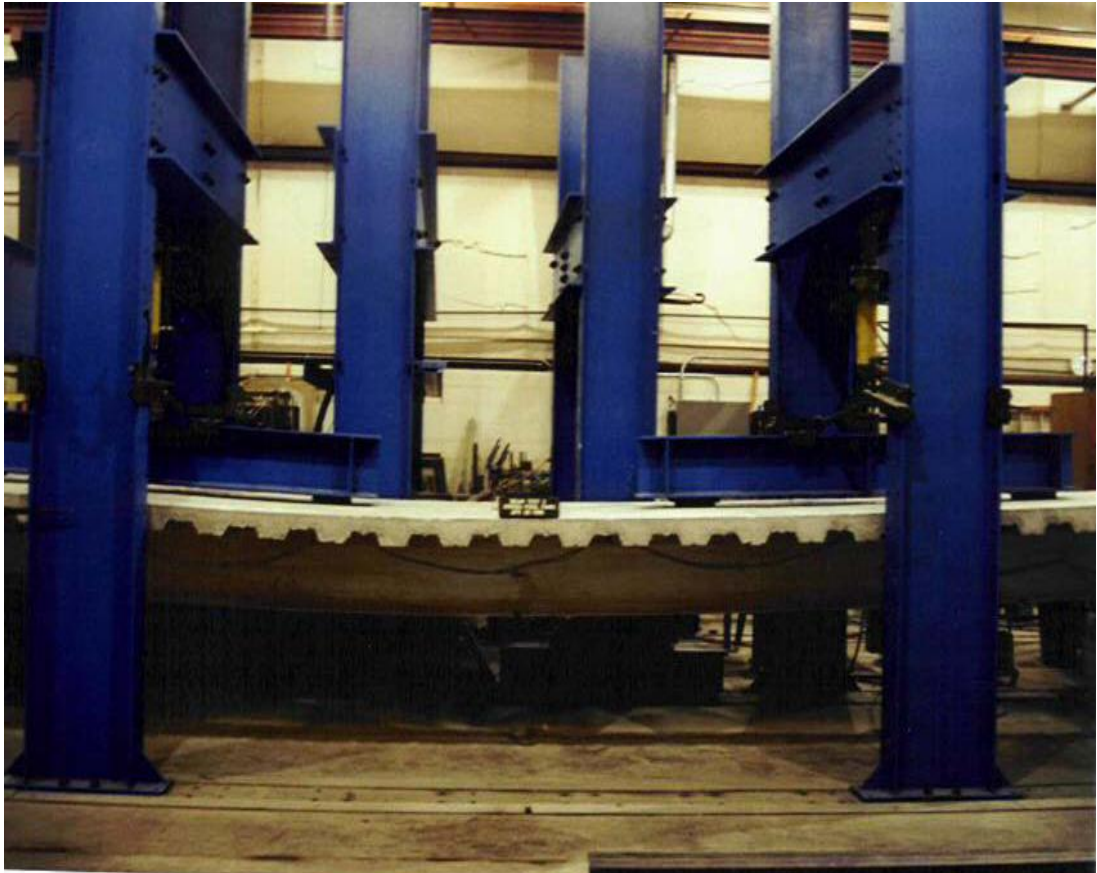
### 4.3.3 Test 3

Test 3 için de diğer testlerdeki parametreler aynen geçerlidir . Bu kirişte ise toplamda 56 kayma çivisi vardır . Ancak bu kayma çivileri güçlü yönde olmakla birlikte , çiftli olarak oluklarda sıralanmıştır .

Bu kirişe etki ettirilen en büyük yük 95.48 k olabilmıştır . Açıklığın ortasındaki deplasman 4.70 in olarak ölçülmüştür .



Şekil 4.5. Test 3 Toplam yük-deplasman grafiği [3]



Resim 4.4. Test 3 Gözlenen en büyük deplasman [3]



Resim 4.5. Test 3 giriş boyunca oluşan çatlaklar [3]

## 5. SONLU ELEMAN MODELLERİ

Günümüzde gelişen bilgisayar teknolojisi , son derece karmaşık sonlu eleman modellerinin hızlı ve kolay çözümünü mümkün kılmıştır . Bu gelişmeler günümüzde hem akademik çalışmalar hem de pratik çalışmalar yapan bilimadamları ve mühendisler için ANSYS , SAP2000 gibi paket programların doğmasına yol açmıştır [2] . Bu çalışmada laboratuvar ortamında deneyleri gerçekleştirilmiş , bölüm 4'te incelenen kompozit kirişlerin SAP2000 programıyla bir de bilgisayar ortamında modellenmesi ve sonuçların kıyaslanması amacını taşımaktadır . Programın bazı avantajlı özellikleri ;

- Eleman ve malzeme tip ve davranışlarının tanımlanması ,
- Sayısal çözümleme kontrolü
- 3 boyutlu kullanıcı arayüzü
- Otomatik çoğaltma , bölme , ekleme gibi özellikler
- Çok gelişmiş sayısal işlemleyiciler
- Analizi hızlandırıcı grafik ve diyagramlara erişilebilirliğidir .

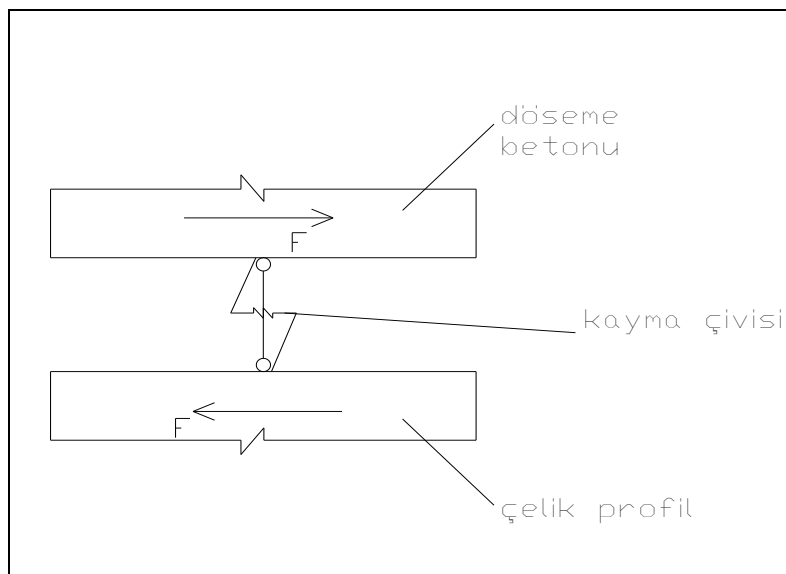
### 5.1. Modelleme Parametreleri

#### 5.1.1. Kabuller

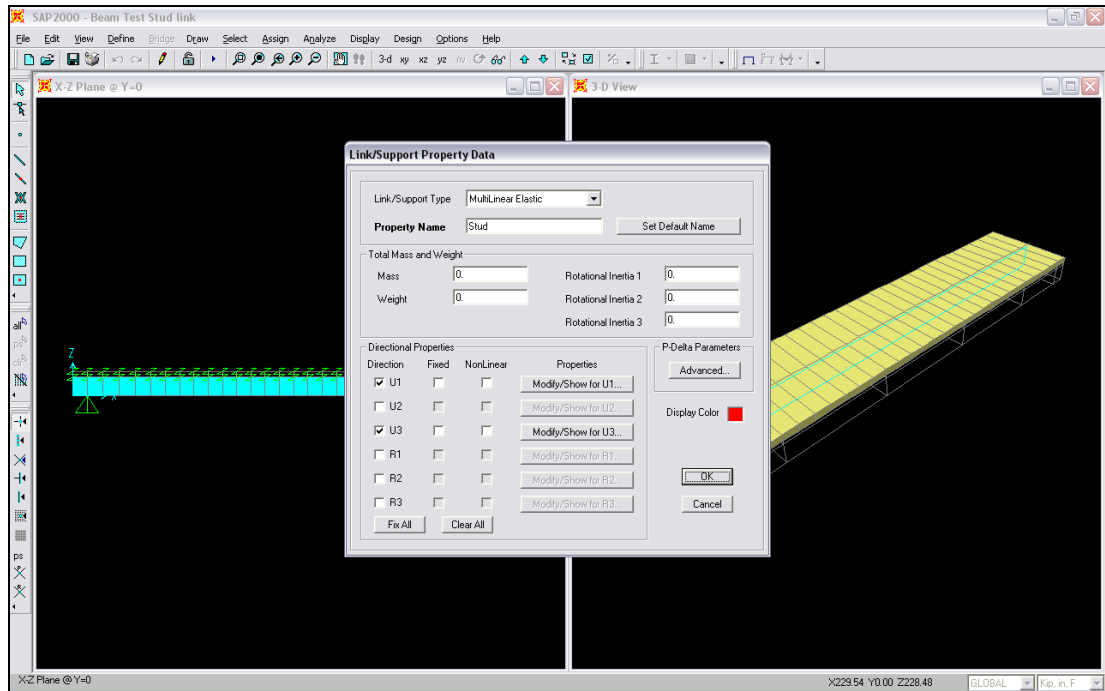
- Çelik profil , betonarme döşeme , kayma bağlantıları tamamen non-linear davranış sergiler .
- Kayma bağlantısı rijitlik etkisini çelik profil üst flanş üzeri ve beton döşeme arasında yapar .
- Beton döşeme elemanı Shell olarak tanımlanmış ve 12.7 cm (5 in) olan kalınlığı çelik profil ve beton arasında bu değerinde boşluk olarak bırakılmıştır.

### 5.1.2. Model idealizasyonu

Bu çalışmada kompozit kirişlerin modellenmesi 3 boyutlu gerçekleştirilmiştir . Kompozit kirişin çelik profil kısmı shell (kabuk) olarak modellenmiştir . Ancak deneyde kullanılan profilin flanş ve gövdesine ait malzeme özellikleri biraz farklı olduğu için , gövde ve flanşın tanımlanmasında ayrı ayrı kabuklar kullanılmıştır . Gövdenin modellenmesi için tanımlanan kabuğa “beamweb” , flanşın tanımlanması için kullanılan kabuğa “beamfl” adı verilmiştir . Bunların dayanım , elastisite modülü gibi malzeme özellikleri aynen deneydeki malzeme özellikleri gibi tanımlanmıştır . Döşeme betonu için shell ( kabuk madde) özelliği kullanılmış , buna da “ conc” adı verilmiştir . Kayma çivileri içinse spring ve frame olmak üzere 2 farklı özellik kullanılmıştır . Kayma çivilerinin modellenmesi bir dizi kabul gerektirir . Buna göre kayma çivileri 2 noktayı birbirine bağlar ve belli bir rijitlikle bu iki nokta arasında yük transferi sağlar. Çivilerin spring (link/support) olarak tanımlanması için , çiviye çevreleyen betonla beraber çivinin kendi rijitliğini de göz önünde bulundurmak gerekir . Beton ve çelik arasındaki etkiyi tam anlamıyla karşılması için link support olarak tanımlanan kayma çivilerinin U1 ve U3 ( kiriş boyuna doğrultusu ve düşey doğrultu) ötelemeleri sınırlandırılmıştır . Multilinear elastic olarak tanımlanan link supportlarla ilgili özellikleri gösteren şekiller 5.1 ve 5.2 de görülebilir .

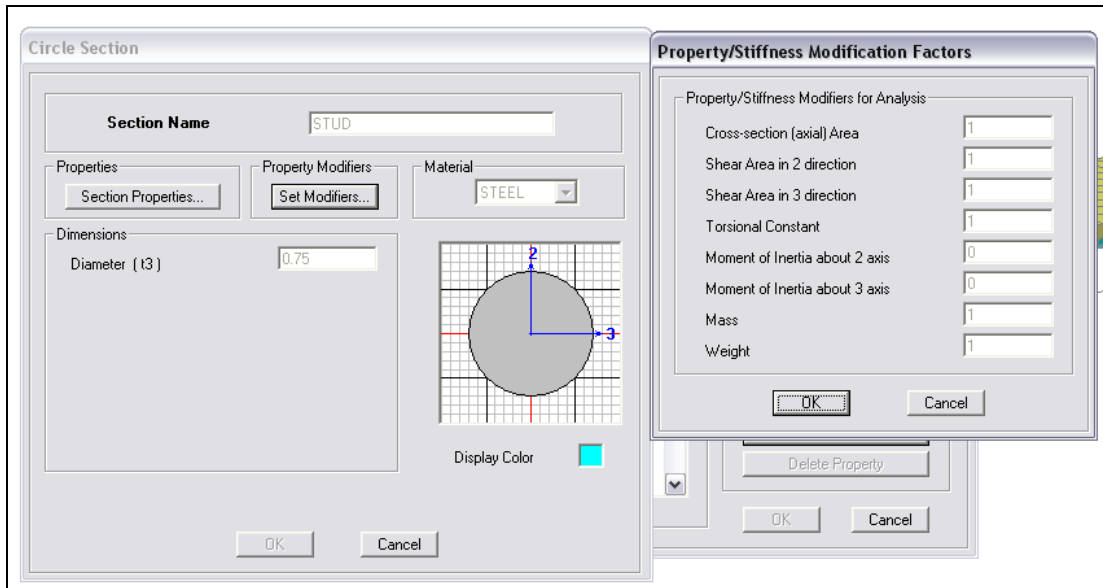


Şekil 5.1. Kayma çivisi modellemesi



Şekil 5.2. Kayma çivisi link/support durumu özellikleri

Link/Support durumuyla kıyaslanabilmesi açısından bir diğer yaklaşım da çivilerin frame olarak modellenmesidir . 1.9 cm (3/4 in) çapındaki kayma çivileri yuvarlak çubuk olarak tanımlanmıştır . Ancak burada görülen bir sorun vardır , teoride önemsemediğimiz çivilerin kesite katkısı , sonlu eleman modelinde çelik profil kirişin atalet momentini arttırmaktadır . Bu sorunu ortadan kaldırmak için çubukların moment alma yetileri “0”lanmıştır . Çivilerin ve bu moment tutma kapasitesinin azaltılmasıyla ilgili Şekil 5.3 ‘e bakılabilir .



Şekil 5.3. Kayma çivisi frame tanımlanması özellikleri .

Kuşkusuz malzemelerin doğru tanımlanması , modelleme sonuçlarının deney sonuçlarıyla çok daha tutarlı olmasını sağlayacaktır . Deneysel çalışmada kullanılan W16x31 kirişinin gövde ve flanş dayanımları farklıdır . Çizelge 5.1 ‘de profil kiriş ve beton için dayanımlar görülmektedir .


Çizelge 5.1. Modelleme malzeme dayanımları

	Fy(N/mm2)	Fu(N/mm2)	Fcu(N/mm2)
çelik flanş	374.4(54.3 ksi)	500.6(72.6 ksi)	-
çelik gövde	401.3 (58.2 ksi)	499.18(72.4ksi)	-
beton	-	-	27.88(4 ksi)

Şekil 5.4 , 5.5 , ve 5.6 da bu özelliklerin bilgisayar programında nasıl tanımlandıkları Şekil 5.7’de de beton örtü tanımlanmasında kullanılan “shell” elamanın tanımlanması görülebilir .

**Material Property Data**

**Material Name** CONC

**Display Color**  
Color 

**Type of Material**  
 Isotropic  Orthotropic  Anisotropic

**Type of Design**  
Design Concrete

**Analysis Property Data**

Mass per unit Volume	2.248E-07
Weight per unit Volume	8.681E-05
Modulus of Elasticity	3600.
Poisson's Ratio	0.2
Coeff of Thermal Expansion	5.500E-06
Shear Modulus	1500.

**Design Property Data (Chinese 2002)**

Concrete Strength Grade, fcu,k	4.
Bending Reinf. Yield Stress, fyk	60.
Shear Reinf. Yield Stress, fyks	40.
<input type="checkbox"/> Lightweight Concrete	
Shear Strength Reduc. Factor	1.0

**Advanced Material Property Data**


Time Dependent Properties...  
Material Damping Properties...  
Stress-Strain Curve Definitions...

OK Cancel

Şekil 5.4. Beton malzeme özellikleri (kip,in)

**Material Property Data**

**Material Name** Stfl

**Display Color**  
Color 

**Type of Material**  
 Isotropic  Orthotropic  Anisotropic

**Type of Design**  
Design Steel

**Analysis Property Data**

Mass per unit Volume	7.345E-07
Weight per unit Volume	2.836E-04
Modulus of Elasticity	21000.
Poisson's Ratio	0.3
Coeff of Thermal Expansion	6.500E-06
Shear Modulus	8076.9231

**Design Property Data (Chinese 2002)**

Minimum Yield Stress, Fy	54.3
Minimum Tensile Stress, Fu	72.6

**Advanced Material Property Data**

Time Dependent Properties...  
Material Damping Properties...  
Stress-Strain Curve Definitions...


OK Cancel

Şekil 5.5. Çelik (flanş) malzeme özellikleri (kip,in)



**Material Property Data**

**Material Name** Stweb

**Display Color**  
Color 

**Type of Material**  
 Isotropic  Orthotropic  Anisotropic

**Type of Design**  
Design Steel

**Analysis Property Data**

Mass per unit Volume 7.345E-07

Weight per unit Volume 2.836E-04

Modulus of Elasticity 21000.

Poisson's Ratio 0.3

Coeff of Thermal Expansion 6.500E-06

Shear Modulus 8076.9231

**Design Property Data (Chinese 2002)**

Minimum Yield Stress, Fy 58.2

Minimum Tensile Stress, Fu 72.4

**Advanced Material Property Data**

Time Dependent Properties...

Material Damping Properties...

Stress-Strain Curve Definitions...

OK Cancel

Şekil 5.6. Çelik (gövde) malzeme özellikleri (kip,in)

315	490	491	492	493	494	495
20	150	152	154	156	158	160
19	149	151	153	155	157	159

Şekil 5.7. Kiriş açıklığı boyunca düğüm nokta numaraları (yakınlaştırılmış)

**Area Section Data**

**Section Name** Slab

**Material**

Material Name CONC

Material Angle 0.

**Area Type**

Shell  
 Plane  
 Axisymmetric Solid (Asolid)

**Thickness**

Membrane 5.  
Bending 5.

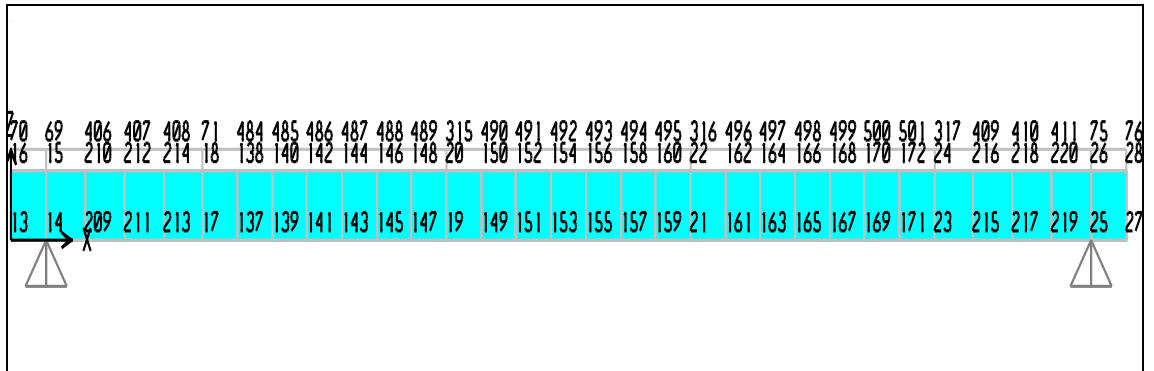
**Type**

Shell  Membrane  Plate  
 Thick Plate

Set Modifiers... Display Color  

OK Cancel

Şekil 5.8. Beton örtüsü için tanımlanan “shell” elamanın özellikleri (kip,in)



Şekil 5.9. Kiriş açıklığı boyunca düğüm nokta numaraları

## 5.2 Modeller

Sonlu eleman modelleri hazırlanmasında baz alınan deneysel çalışmadaki 3 adet deneydeki sonuçlara göre , 1 ve 2 nolu deneylerde çivilerin güçlü veya zayıf pozisyonda yer alması , giriş açıklığının ortasındaki deplasmanı değiştirmemiştir . Buradan hareketle , 1 nolu deneyi önce link , sonra frame olarak tanımlanmış kayma çivileriyle modellemek , ve sonuçları deneysel sonuçlarla kıyaslamak yoluna gidilmiştir .

2 nolu deney için modelleme yapılmamış , 3 nolu deneydeki iki sıra kayma çivili durum ise yine hem link hem frame olarak tanımlanan kayma çivileriyle sağlanmış toplam 4 adet model bu çalışmada yer almıştır .

Bu modellerde tek sıra kayma çivili durum için ,

- 288 düğüm noktası
- 217 kabuk elemanı (çelik ve beton için toplam)
- 30 kayma çivisi (frame ya da link)

İki sıra kayma çivili durum için ,

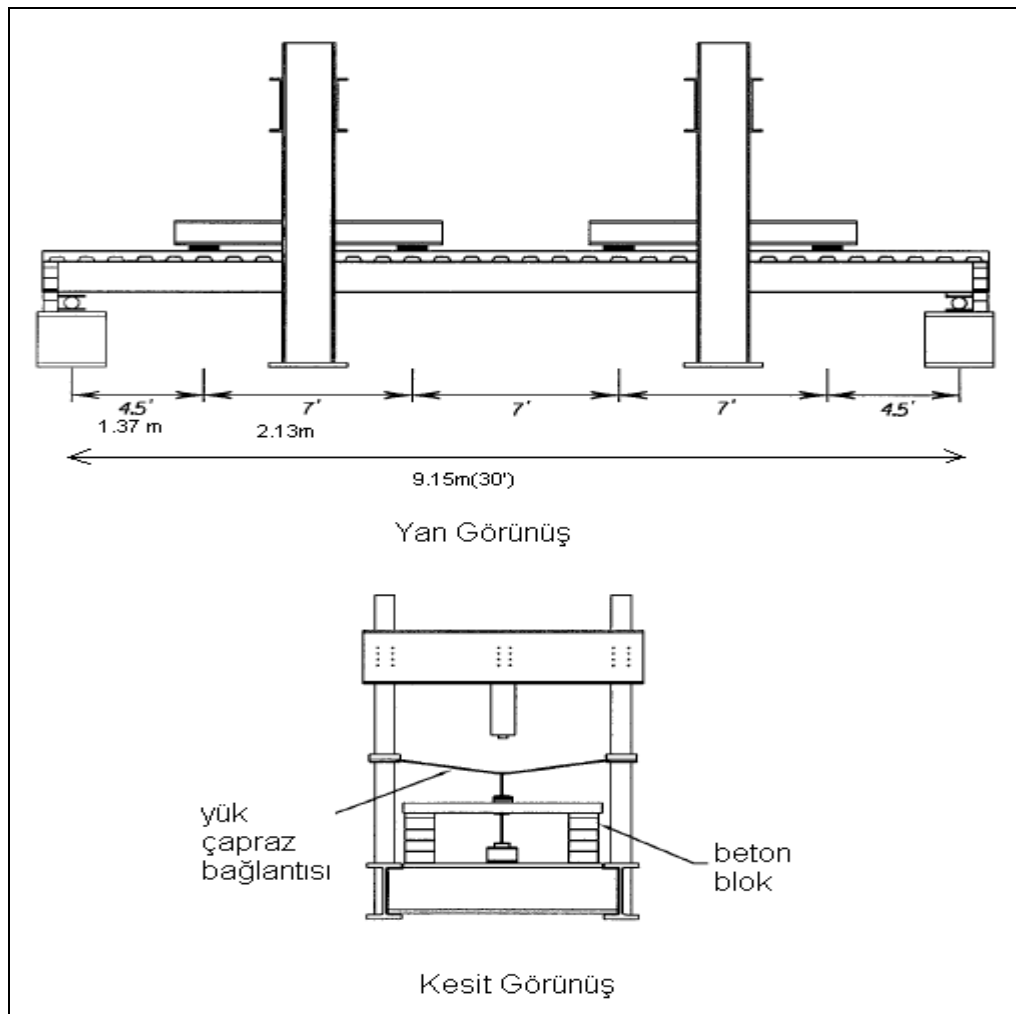
- 352 düğüm noktası
- 279 kabuk elemanı (çelik ve beton için toplam)
- 60 kayma çivisi (frame ya da link)

Tanımlanmıştır .

Hatırlanacağı üzere , Test 1 deneyinde(tek sıra kayma çivili durum) 28 , Test 3 deneyinde(iki sıra kayma çivili durum) ise 56 kayma çivisi bulunmaktadır . Ancak modelleme sırasında , mesnetlerden sonraki kısımlara da 1 veya 2 adet kayma çivisi konulması gerekmiş , sayılar bu yüzden 30 ve 60 olmuştur .

### 5.2.1. Model 1

Test 1 çalışmasında tek sıra kayma çivileri bulunmaktadır. Modellemede link elemanları kayma çivilerini tanımlanmaktadır. Sap2000 programında öncelikle W16x31 kirişinin flanaj ve gövdesinin malzeme tanımları yapılmış ardından 3 boyutlu kullanıcı ara yüzü sayesinde 9.75 m (32 ft) boyunda bir kiriş olarak tüm noktalarının koordinatları atanmıştır. Kirişin iki ucundan 30.5 cm (1 ft) mesafede mesnetler tanımlanmıştır. Üzerine 12.7 cm (5 in) yüksekliğinde ve 2.06 m (81 in) genişliğinde beton örtüsü "conc" malzemesi tanımlanarak shell olarak girilmiştir. Kayma çivileri olarak tanımladığımız Link elemanlarının, trapez sacdaki konumlarına göre koordinatları hesaplanıp ilgili yerlere konulmuştur.

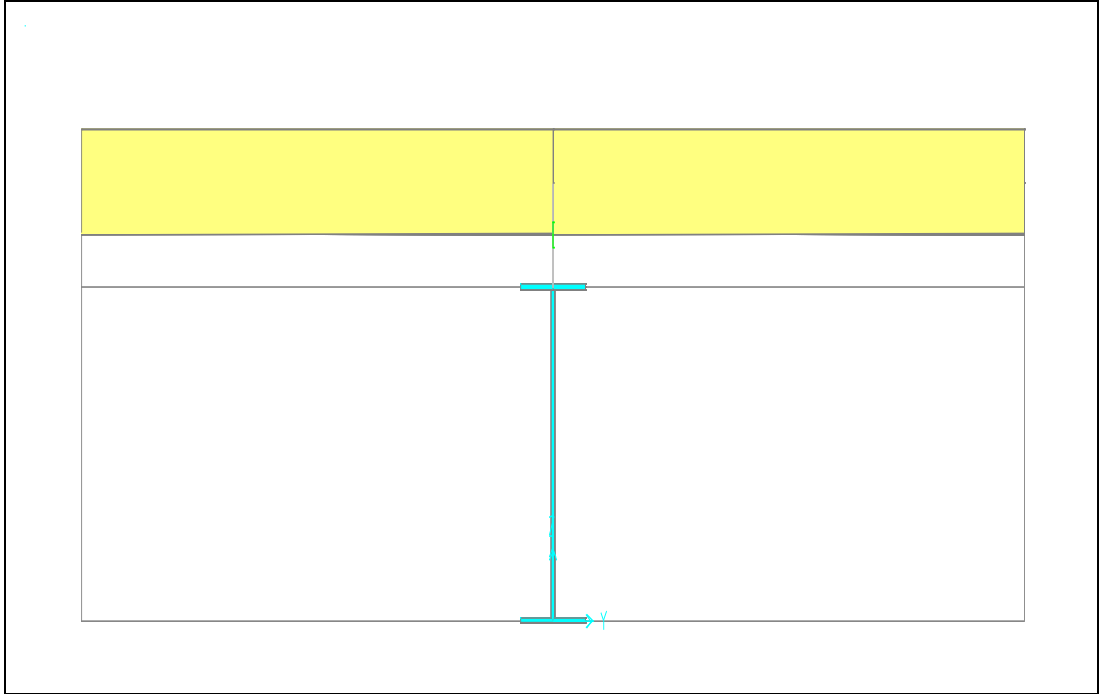


Şekil 5.10. Yükleme noktaları mesafeleri ve deney düzeneği [3]

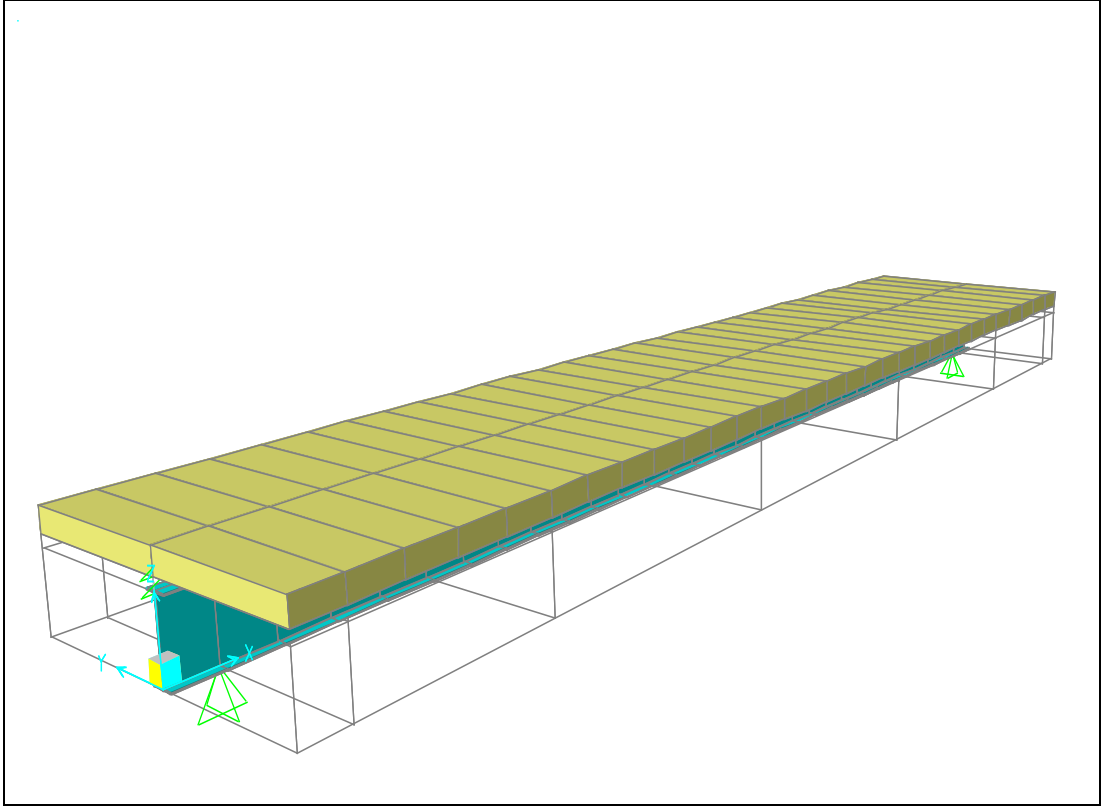
Malzeme tanımlanılması sırasında deneyde kullanılan malzeme özelliklerine uyulması en önemli husustur . Bu aşamadan sonra deneyde etki ettirilen 465 kN (104.5 k) 'lik yükün 214 cm (7 ft) aralıklı 4 noktaya aktarılması gerekmektedir . Bu noktalar shell yüzey yani beton örtü üzerindedir . Yük tanımlaması için "DEAD" adı kullanılmıştır

$$465/4=116.25 \text{ kN}(26.13 \text{ k})$$

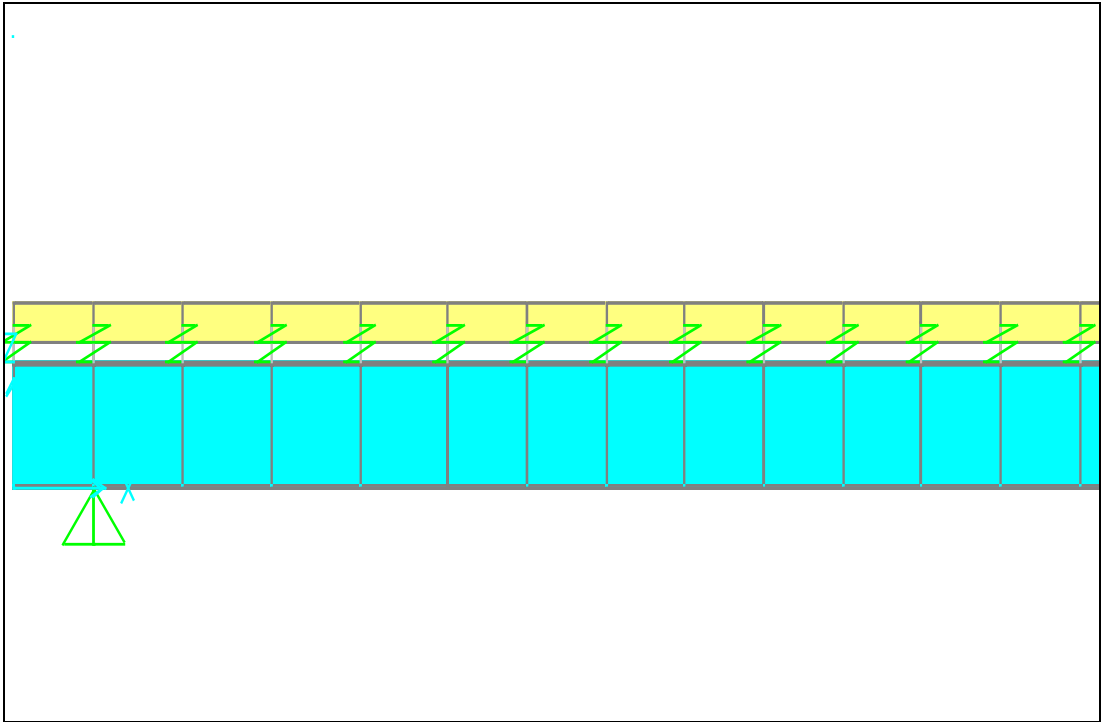
116.25kN'luk yük bu 4 noktaya etki ettirilmiştir .



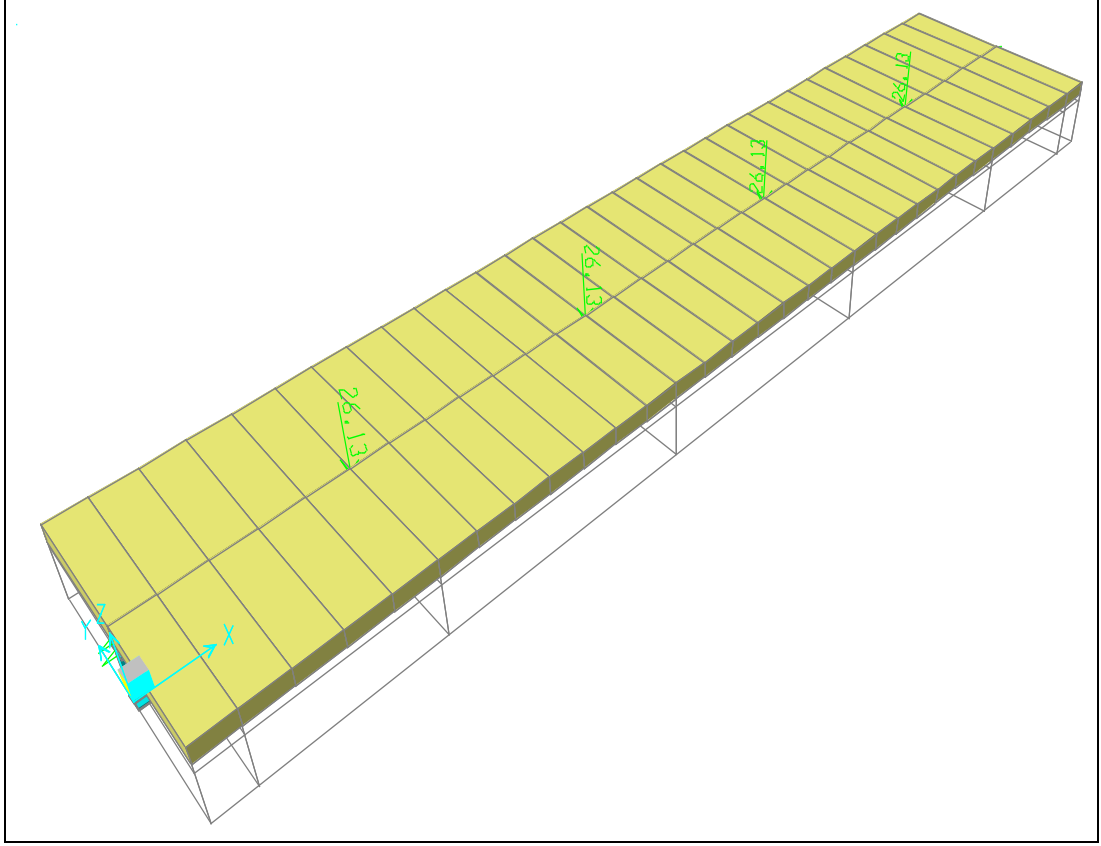
Şekil 5.11. Tek sıra kayma çivili modelin kesit resmi



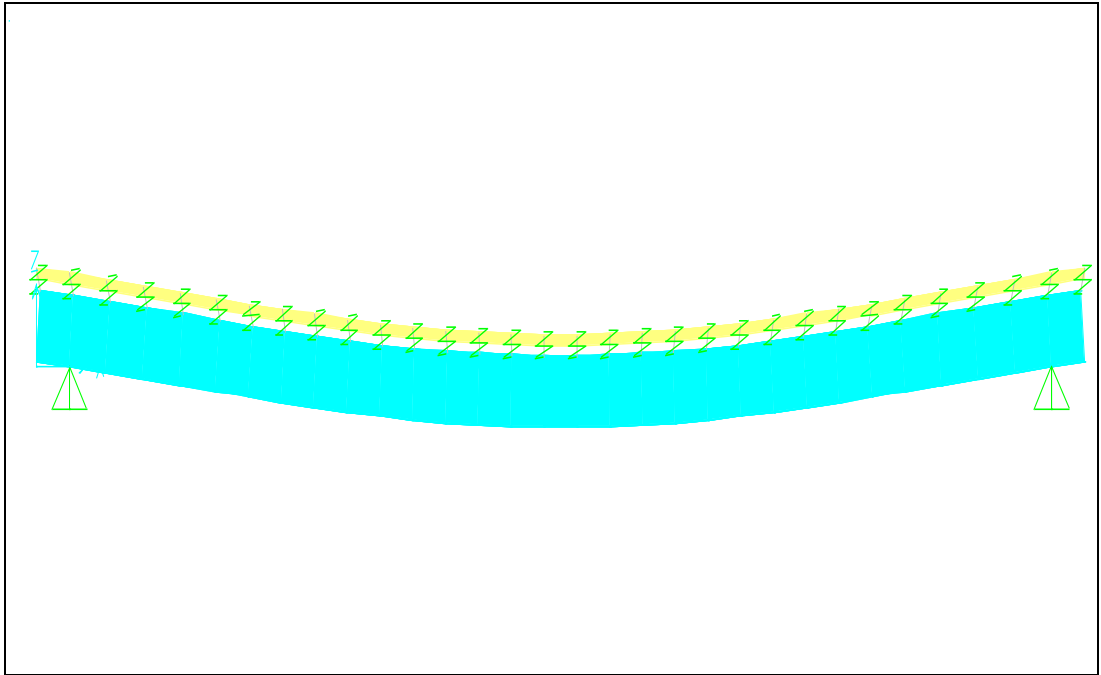
Şekil 5.12. Model 1 , 3 boyutlu görünüşü



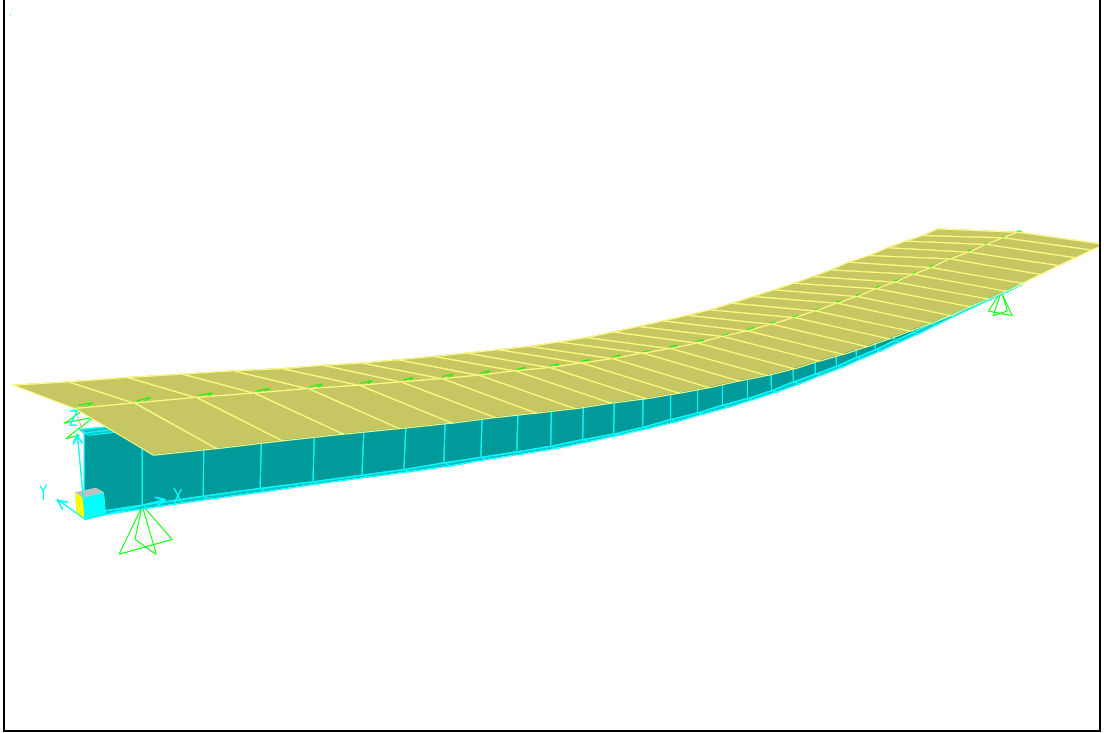
Şekil 5.13. Model 1, boykesit



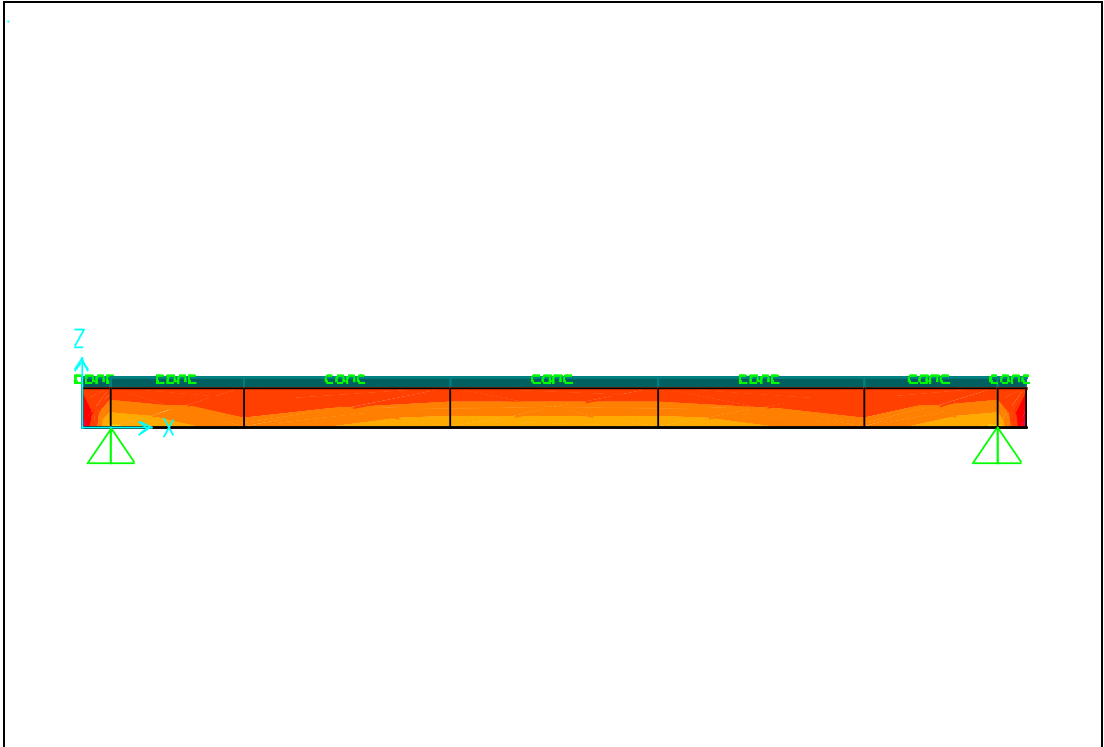
Şekil 5.14. Model 1, yükler



Şekil 5.15. Model 1 , kesit deforme olmuş şekli



Şekil 5.16. Model 1 , deforme olmuş şekli



Şekil 5.17. Model 1 SVM diyagramı



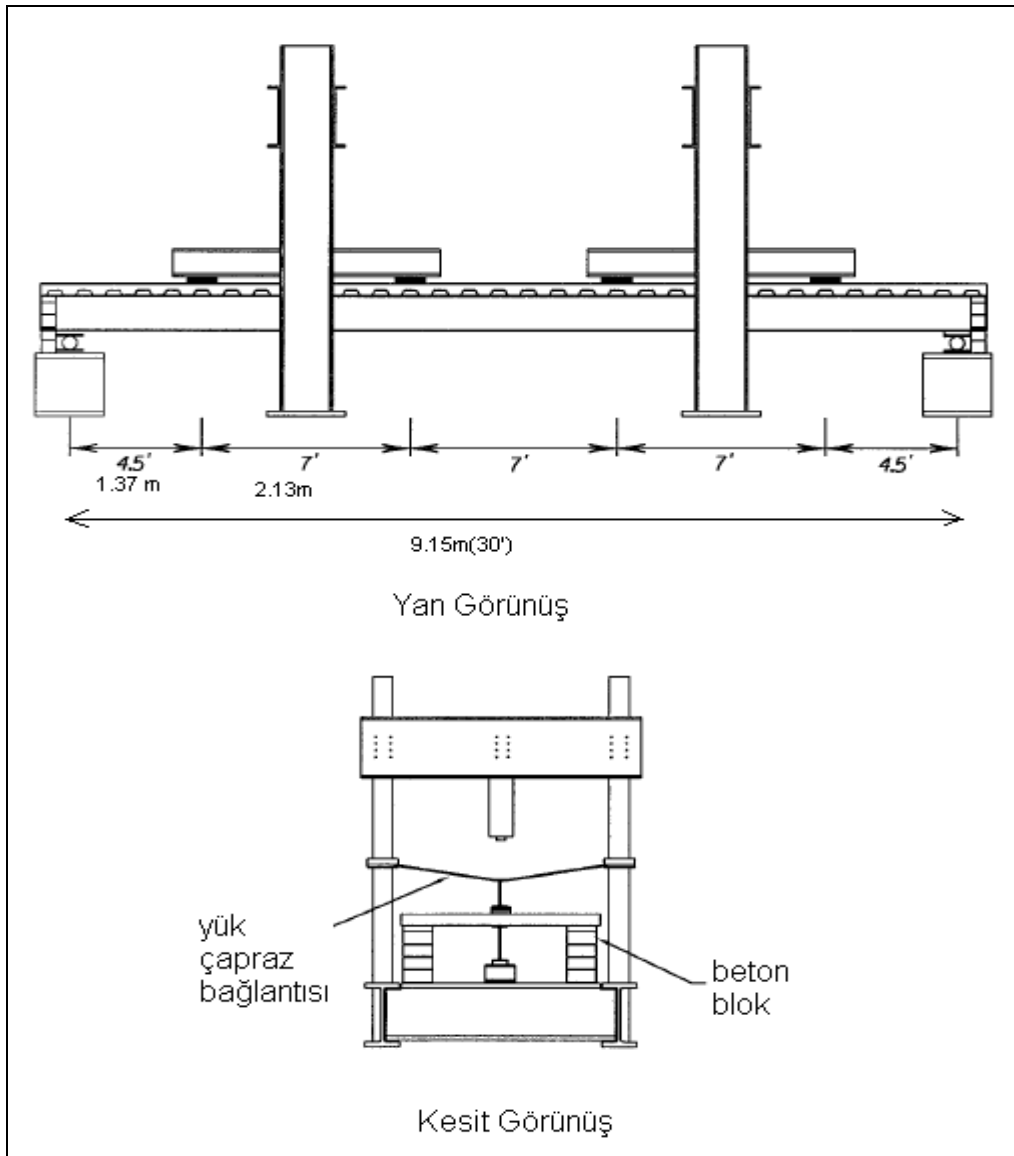
Çizelge 5.2. Model 1 deplasmanları

<b>TABLE: Joint Displacements</b>								
<b>Joint</b>	<b>OutputCase</b>	<b>CaseType</b>	<b>U1</b>	<b>U2</b>	<b>U3</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
Text	Text	Text	in	in	in	Radians	Radians	Radians
13	DEAD	LinStatic	-0.01	0.00	0.54	0.00	0.04	0.00
14	DEAD	LinStatic	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00
17	DEAD	LinStatic	-0.17	0.00	-2.86	0.00	0.05	0.00
19	DEAD	LinStatic	-0.10	0.00	-6.36	0.00	0.02	0.00
21	DEAD	LinStatic	0.10	0.00	-6.36	0.00	-0.02	0.00
23	DEAD	LinStatic	0.17	0.00	-2.86	0.00	-0.05	0.00
25	DEAD	LinStatic	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.05	0.00
27	DEAD	LinStatic	0.01	0.00	0.54	0.00	-0.04	0.00
137	DEAD	LinStatic	-0.18	0.00	-3.49	0.00	0.05	0.00
139	DEAD	LinStatic	-0.18	0.00	-4.09	0.00	0.05	0.00
141	DEAD	LinStatic	-0.18	0.00	-4.65	0.00	0.05	0.00
143	DEAD	LinStatic	-0.17	0.00	-5.17	0.00	0.04	0.00
145	DEAD	LinStatic	-0.15	0.00	-5.63	0.00	0.04	0.00
147	DEAD	LinStatic	-0.13	0.00	-6.03	0.00	0.03	0.00
149	DEAD	LinStatic	-0.07	0.00	-6.60	0.00	0.02	0.00
151	DEAD	LinStatic	-0.04	0.00	-6.77	0.00	0.01	0.00
153	DEAD	LinStatic	-0.01	0.00	<b>-6.85</b>	0.00	0.00	0.00
155	DEAD	LinStatic	0.01	0.00	<b>-6.85</b>	0.00	0.00	0.00
157	DEAD	LinStatic	0.04	0.00	-6.77	0.00	-0.01	0.00
159	DEAD	LinStatic	0.07	0.00	-6.60	0.00	-0.02	0.00
161	DEAD	LinStatic	0.13	0.00	-6.03	0.00	-0.03	0.00
163	DEAD	LinStatic	0.15	0.00	-5.63	0.00	-0.04	0.00
165	DEAD	LinStatic	0.17	0.00	-5.17	0.00	-0.04	0.00
167	DEAD	LinStatic	0.18	0.00	-4.65	0.00	-0.05	0.00
169	DEAD	LinStatic	0.18	0.00	-4.09	0.00	-0.05	0.00
171	DEAD	LinStatic	0.18	0.00	-3.49	0.00	-0.05	0.00
209	DEAD	LinStatic	-0.07	0.00	-0.67	0.00	0.05	0.00
211	DEAD	LinStatic	-0.11	0.00	-1.38	0.00	0.05	0.00
213	DEAD	LinStatic	-0.15	0.00	-2.12	0.00	0.05	0.00
215	DEAD	LinStatic	0.15	0.00	-2.12	0.00	-0.05	0.00
217	DEAD	LinStatic	0.11	0.00	-1.38	0.00	-0.05	0.00
219	DEAD	LinStatic	0.07	0.00	-0.67	0.00	-0.05	0.00

Modelin analizi sonucu elde edilen moment diyagramı ve deplasmanlar verilmiştir . Çizelge 5.2 çelik kirişin en alt lifinden ve kiriş eksenini boyunca geçen düğüm noktalarına ait deplasman ve dönmeleri vermektedir . Tabloya göre U1 , U2 , U3 yönleri sırasıyla X , Y , Z yönlerine ait değerleri in cinsinden vermektedir .

### 5.2.2. Model 2

İkinci modelde , Test1 çalışmasındaki tek sıra kayma çivilerinin modellenmesinde frame elemanları kullanılmıştır . Sap2000 programında öncelik W16x31 kirişinin flanş ve gövdesinin malzeme tanımları yapılmış ardından 3 boyutlu kullanıcı ara yüzü sayesinde 9.75 m (32 ft) boyunda bir kiriş olarak tüm noktalarının koordinatları atanmıştır . Kirişin iki ucundan 30.5 cm (1 ft) mesafede mesnetler tanımlanmıştır . Üzerine 12.7 cm (5 in) yüksekliğinde ve 2.06 m (81 in) genişliğinde beton örtüsü “conc” malzemesi tanımlanarak shell olarak girilmiştir . Kayma çivileri olarak tanımladığımız frame elemanlarının , trapez sacdaki konumlarına göre koordinatları hesaplanıp ilgili yerlere konulmuştur .

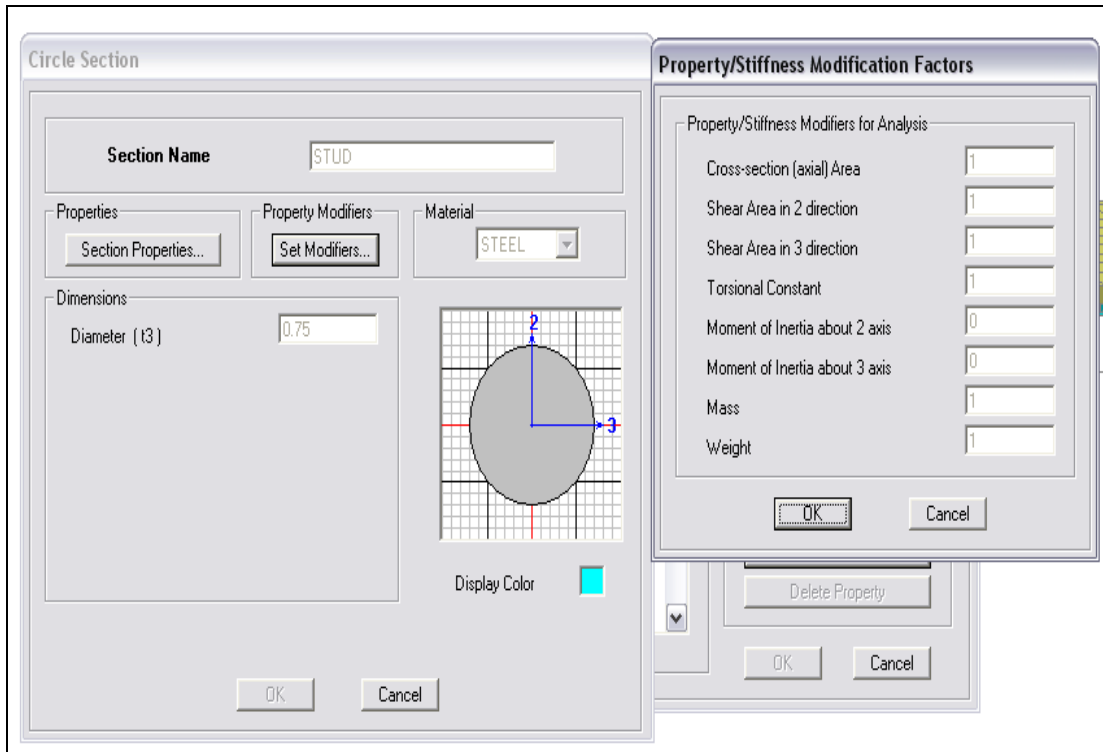


Şekil 5.18. Yükleme noktaları mesafeleri ve deney düzeneği

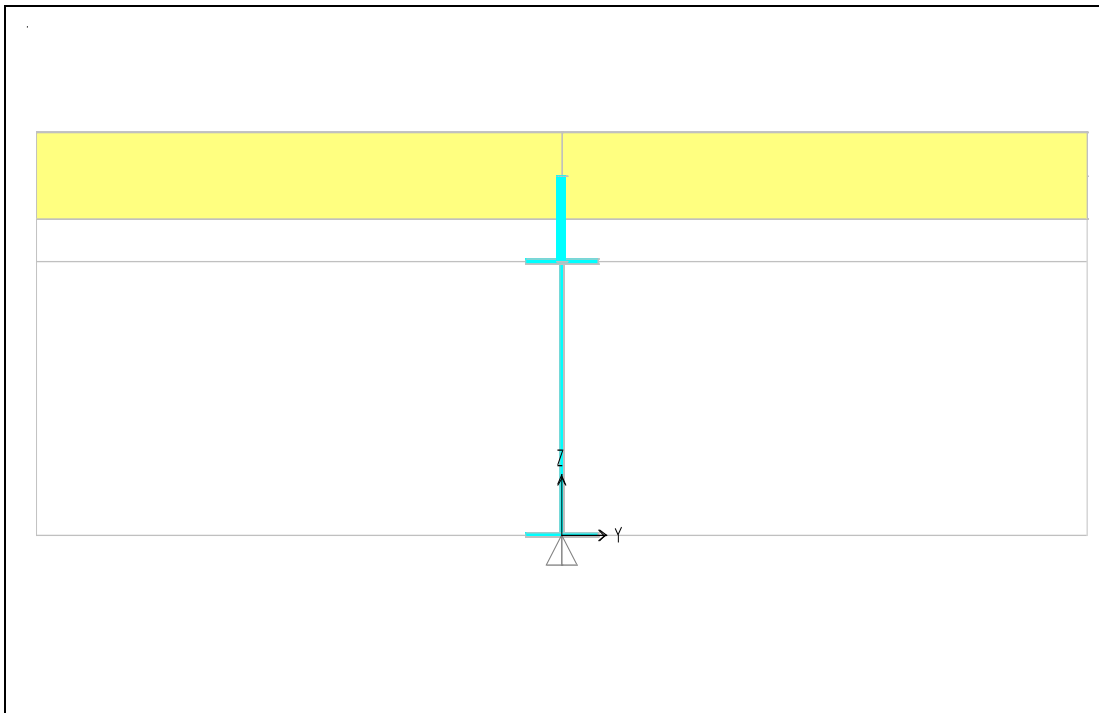
Malzeme tanımlanması sırasında deneyde kullanılan malzeme özelliklerine uyulması en önemli husustur . Bu aşamadan sonra deneyde etki ettirilen 465kN (104.5 k) 'luk yükün 213.5cm (7 ft) aralıklı 4 noktaya aktarılması gerekmektedir . Bu noktalar solid yüzey yani beton örtü üzerindedir . Yük tanımlaması için “DEAD” adı kullanılmıştır .

$$465/4=116.25 \text{ kN (26.13 k)}$$

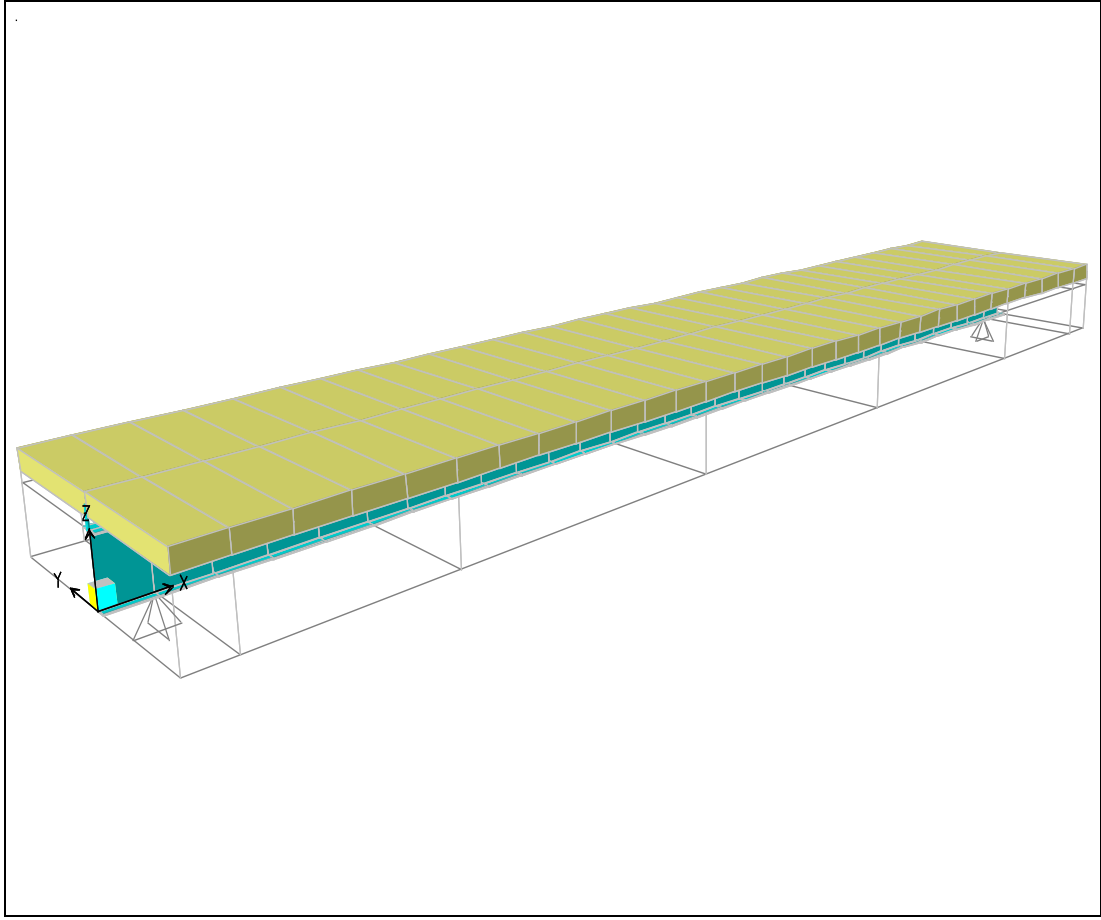
116.25 kN 'luk yük bu 4 noktaya etki ettirilmiştir.



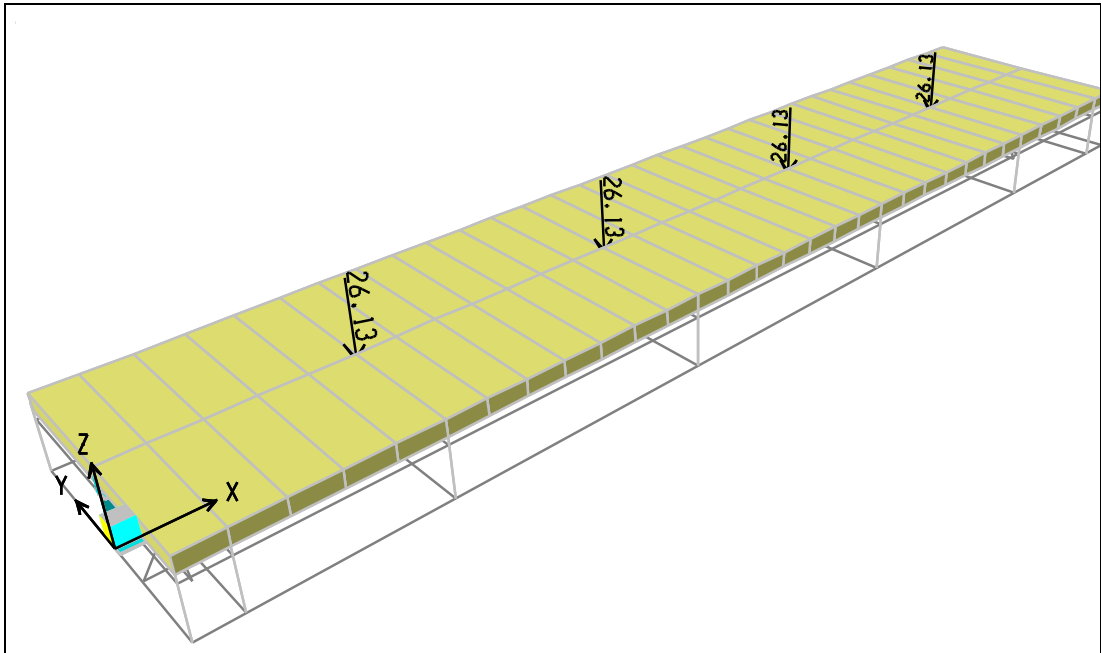
Şekil 5.19. Model 2, kayma çivisi tanımlanması



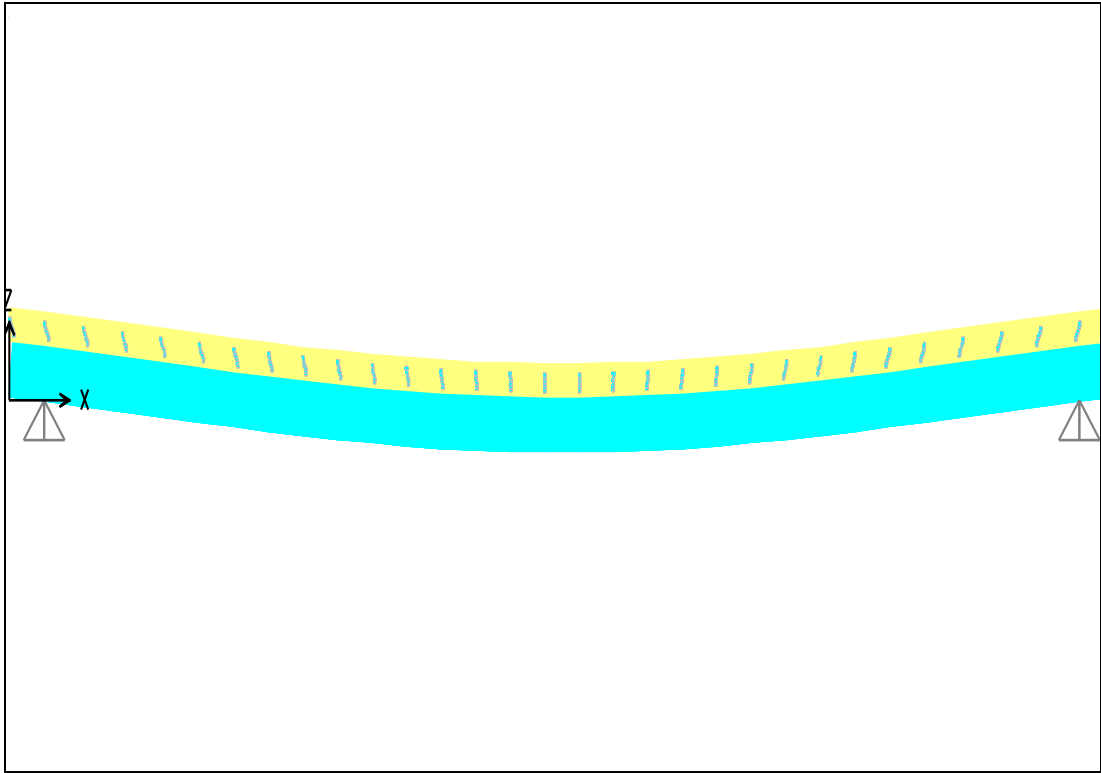
Şekil 5.20. Model 2, kesit resmi



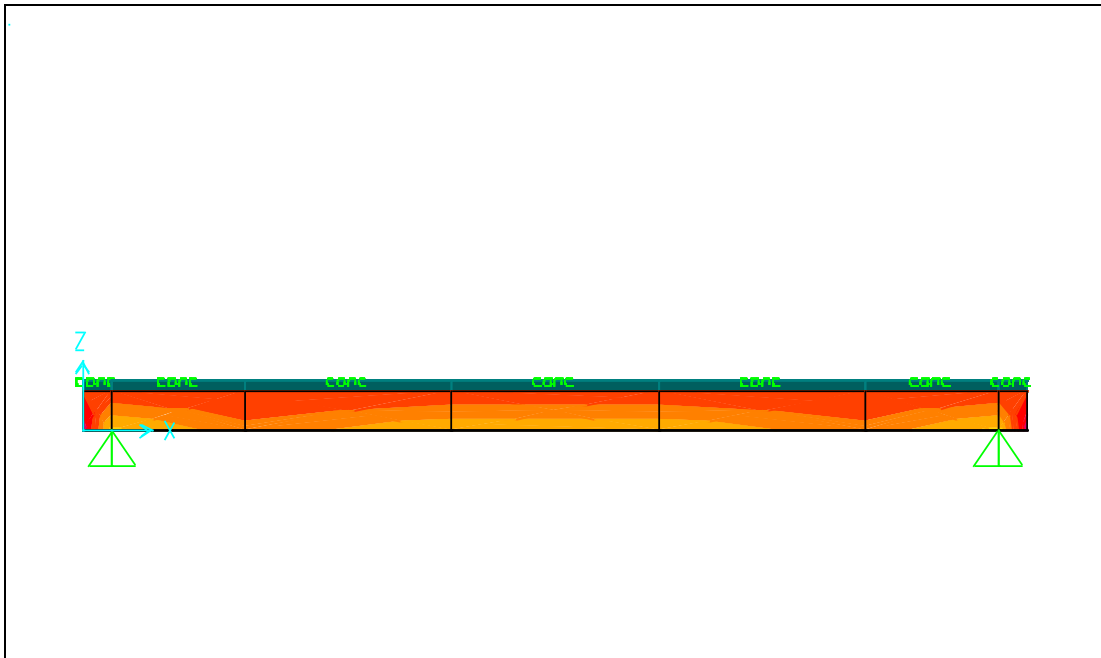
Şekil 5.21. Model 2, 3 boyutlu görünüşü



Şekil 5.22. Model 2 yükler



Şekil 5.23. Model 2, kesit deforme olmuş şekli



Şekil 5.24. Model 2 SVM diyagramı

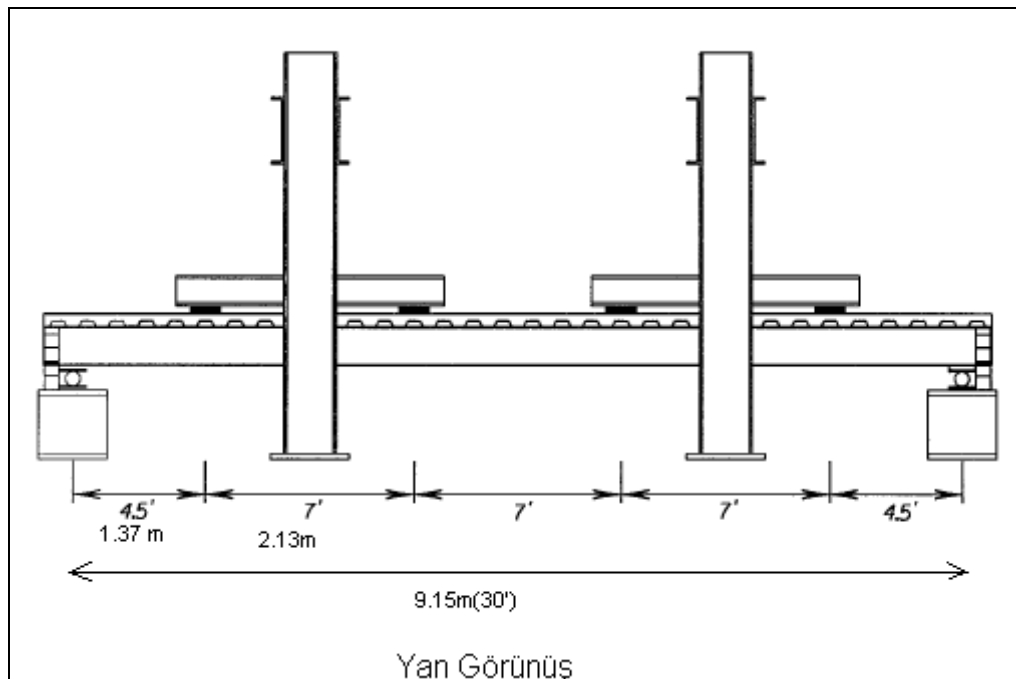
Çizelge 5.3. Model 2 deplasmanları

<b>TABLE: Joint Displacements</b>								
<b>Joint</b>	<b>OutputCase</b>	<b>CaseType</b>	<b>U1</b>	<b>U2</b>	<b>U3</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
Text	Text	Text	in	in	in	Radians	Radians	Radians
13	DEAD	LinStatic	-0.01	0.00	0.54	0.00	0.04	0.00
14	DEAD	LinStatic	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00
17	DEAD	LinStatic	-0.17	0.00	-2.86	0.00	0.05	0.00
19	DEAD	LinStatic	-0.10	0.00	-6.36	0.00	0.02	0.00
21	DEAD	LinStatic	0.10	0.00	-6.36	0.00	-0.02	0.00
23	DEAD	LinStatic	0.17	0.00	-2.86	0.00	-0.05	0.00
25	DEAD	LinStatic	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.05	0.00
27	DEAD	LinStatic	0.01	0.00	0.54	0.00	-0.04	0.00
137	DEAD	LinStatic	-0.18	0.00	-3.49	0.00	0.05	0.00
139	DEAD	LinStatic	-0.18	0.00	-4.09	0.00	0.05	0.00
141	DEAD	LinStatic	-0.18	0.00	-4.65	0.00	0.05	0.00
143	DEAD	LinStatic	-0.17	0.00	-5.17	0.00	0.04	0.00
145	DEAD	LinStatic	-0.15	0.00	-5.64	0.00	0.04	0.00
147	DEAD	LinStatic	-0.13	0.00	-6.04	0.00	0.03	0.00
149	DEAD	LinStatic	-0.07	0.00	-6.61	0.00	0.02	0.00
151	DEAD	LinStatic	-0.04	0.00	-6.77	0.00	0.01	0.00
153	DEAD	LinStatic	-0.01	0.00	<b>-6.85</b>	0.00	0.00	0.00
155	DEAD	LinStatic	0.01	0.00	<b>-6.85</b>	0.00	0.00	0.00
157	DEAD	LinStatic	0.04	0.00	-6.77	0.00	-0.01	0.00
159	DEAD	LinStatic	0.07	0.00	-6.61	0.00	-0.02	0.00
161	DEAD	LinStatic	0.13	0.00	-6.04	0.00	-0.03	0.00
163	DEAD	LinStatic	0.15	0.00	-5.64	0.00	-0.04	0.00
165	DEAD	LinStatic	0.17	0.00	-5.17	0.00	-0.04	0.00
167	DEAD	LinStatic	0.18	0.00	-4.65	0.00	-0.05	0.00
169	DEAD	LinStatic	0.18	0.00	-4.09	0.00	-0.05	0.00
171	DEAD	LinStatic	0.18	0.00	-3.49	0.00	-0.05	0.00
209	DEAD	LinStatic	-0.07	0.00	-0.67	0.00	0.05	0.00
211	DEAD	LinStatic	-0.11	0.00	-1.38	0.00	0.05	0.00
213	DEAD	LinStatic	-0.15	0.00	-2.12	0.00	0.05	0.00
215	DEAD	LinStatic	0.15	0.00	-2.12	0.00	-0.05	0.00
217	DEAD	LinStatic	0.11	0.00	-1.38	0.00	-0.05	0.00
219	DEAD	LinStatic	0.07	0.00	-0.67	0.00	-0.05	0.00

Modelin analizi sonucu elde edilen moment diyagramı ve deplasmanlar verilmiştir . Çizelge 5.3. çelik kirişin en alt lifinden ve kiriş eksenini boyunca geçen düğüm noktalarına ait deplasman ve dönmeleri vermektedir . Tabloya göre U1 , U2 , U3 yönleri sırasıyla X , Y , Z yönlerine ait değerleri in cinsinden vermektedir .

### 5.2.3. Model 3

Test 3 çalışmasında iki sıra kayma çivileri bulunmaktadır . Modellemede link elemanları kayma çivilerini tanımlamaktadır . Sap2000 programında öncelikle W16x31 kirişinin flanaj ve gövdesinin malzeme tanımları yapılmış ardından 3 boyutlu kullanıcı ara yüzü sayesinde 9.75 m (32 ft) boyunda bir kiriş olarak tüm noktalarının koordinatları atanmıştır . Kirişin iki ucundan 30.5 cm (1 ft) mesafede mesnetler tanımlanmıştır . Üzerine 12.7 cm (5 in) yüksekliğinde ve 2.06 m (81 in) genişliğinde beton örtüsü “conc” malzemesi tanımlanarak shell olarak girilmiştir . Kayma çivileri olarak tanımladığımız Link elemanlarının , trapez sacdaki konumlarına göre koordinatları hesaplanıp ilgili yerlere konulmuştur .



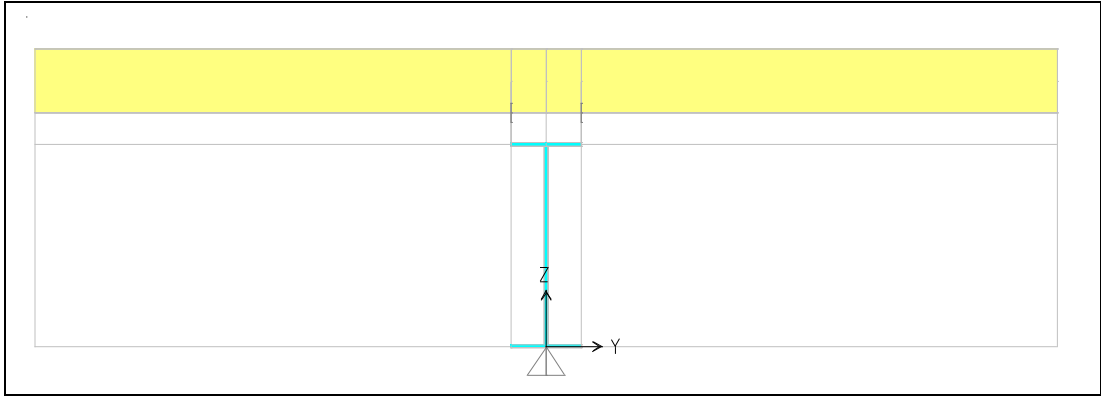
Şekil 5.25. Yükleme noktaları mesafeleri ve deney düzeneği [3].

Malzeme tanımlanılması sırasında deneyde kullanılan malzeme özelliklerine uyulması en önemli husustur . Bu aşamadan sonra deneyde etki ettirilen 424.89kN (95.48 k)'luk yükün 213.5 cm (7 ft) aralıklı 4 noktaya aktarılması gerekmektedir . Bu noktalar shell yüzey yani beton örtü üzerindedir . Yük tanımlaması için “DEAD” adı kullanılmıştır

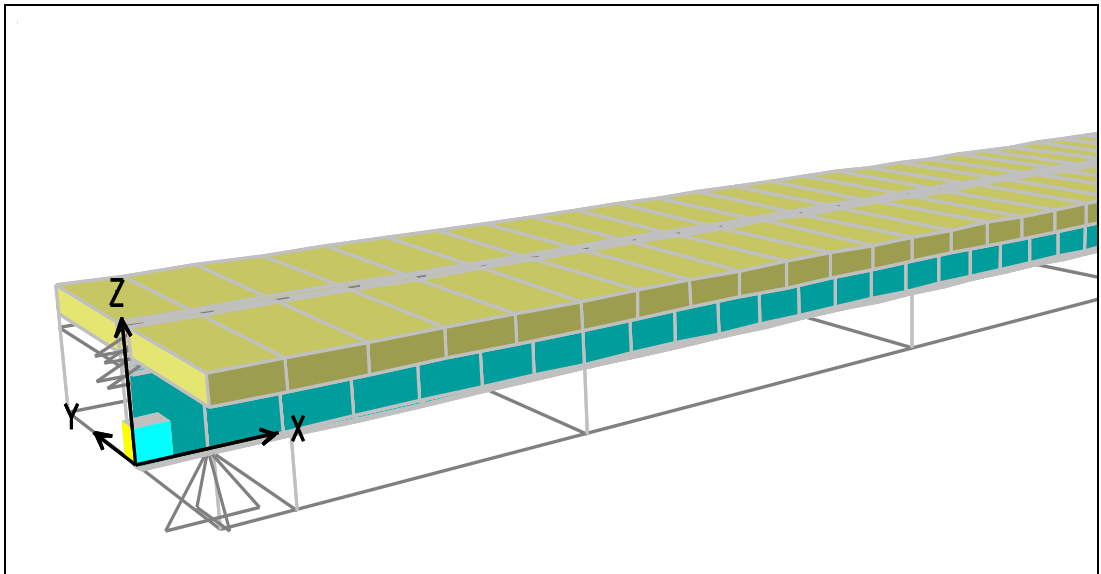


$$425/4=106.25\text{kN} (23.87 \text{ k})$$

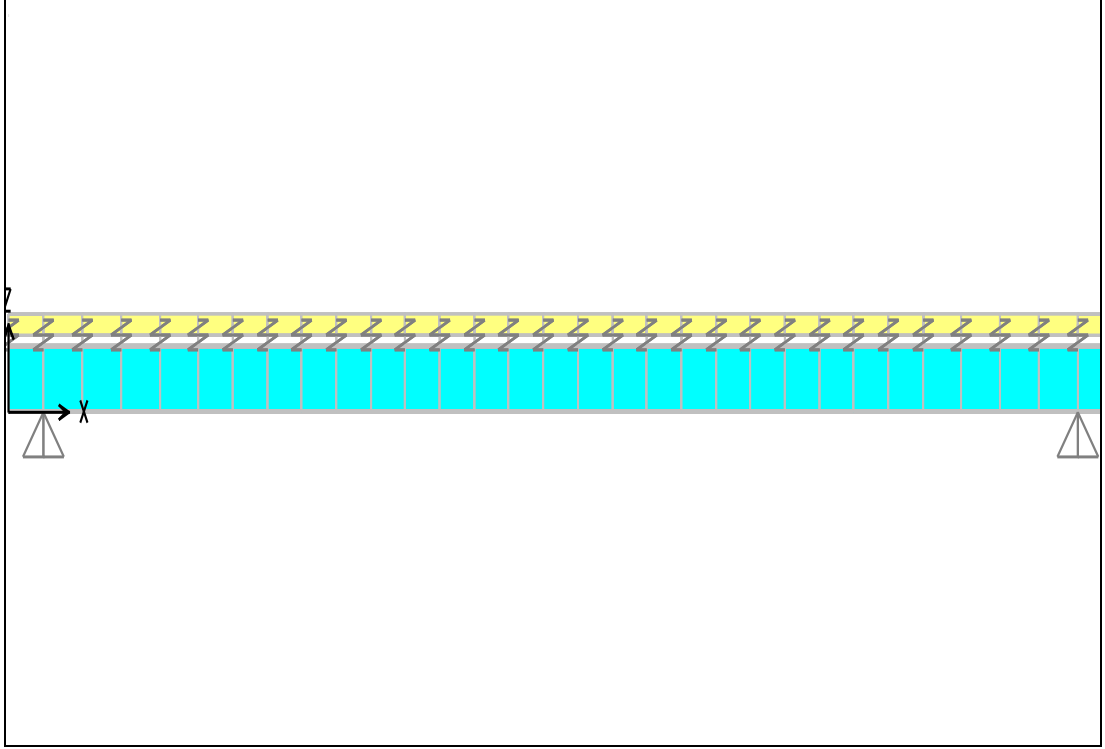
106.25 kN'luk yük bu 4 noktaya etki ettirilmiştir .



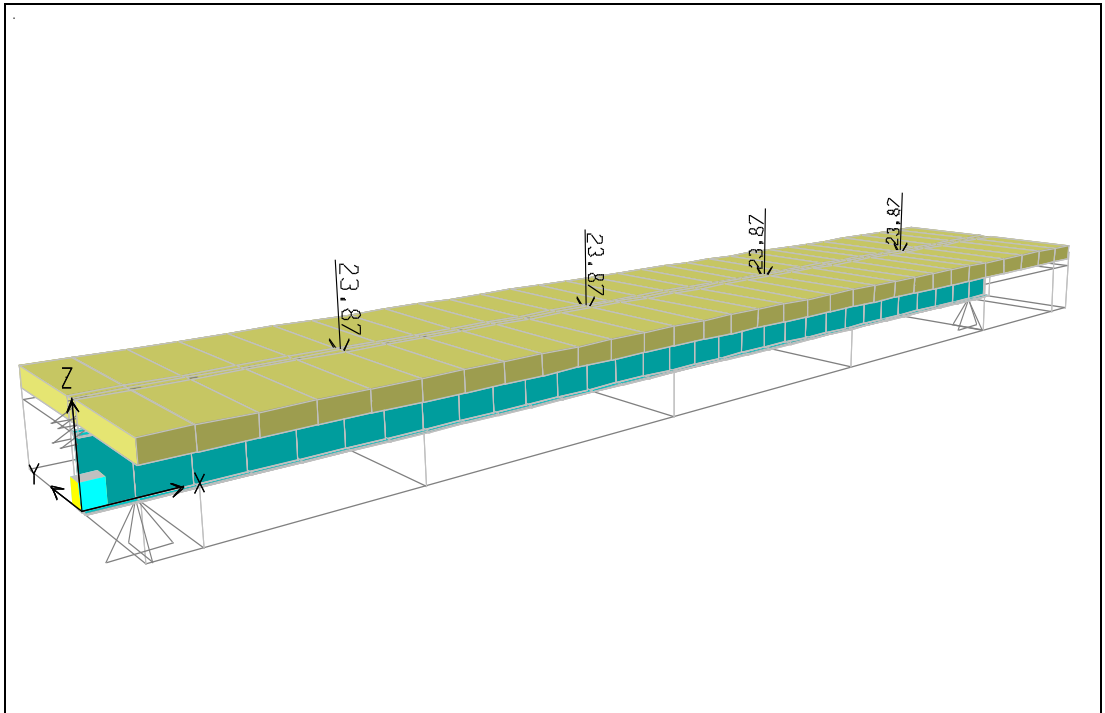
Şekil 5.26. İki sıra kayma çivili modelin kesit resmi (link)



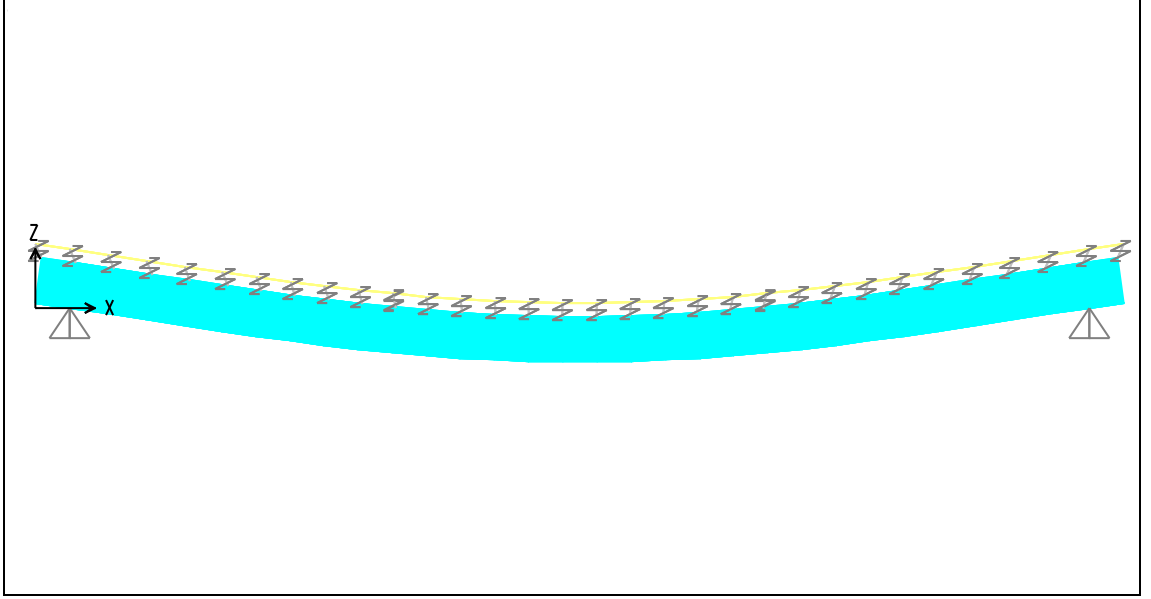
Şekil 5.27. Model 3 , 3 boyutlu görünüşü



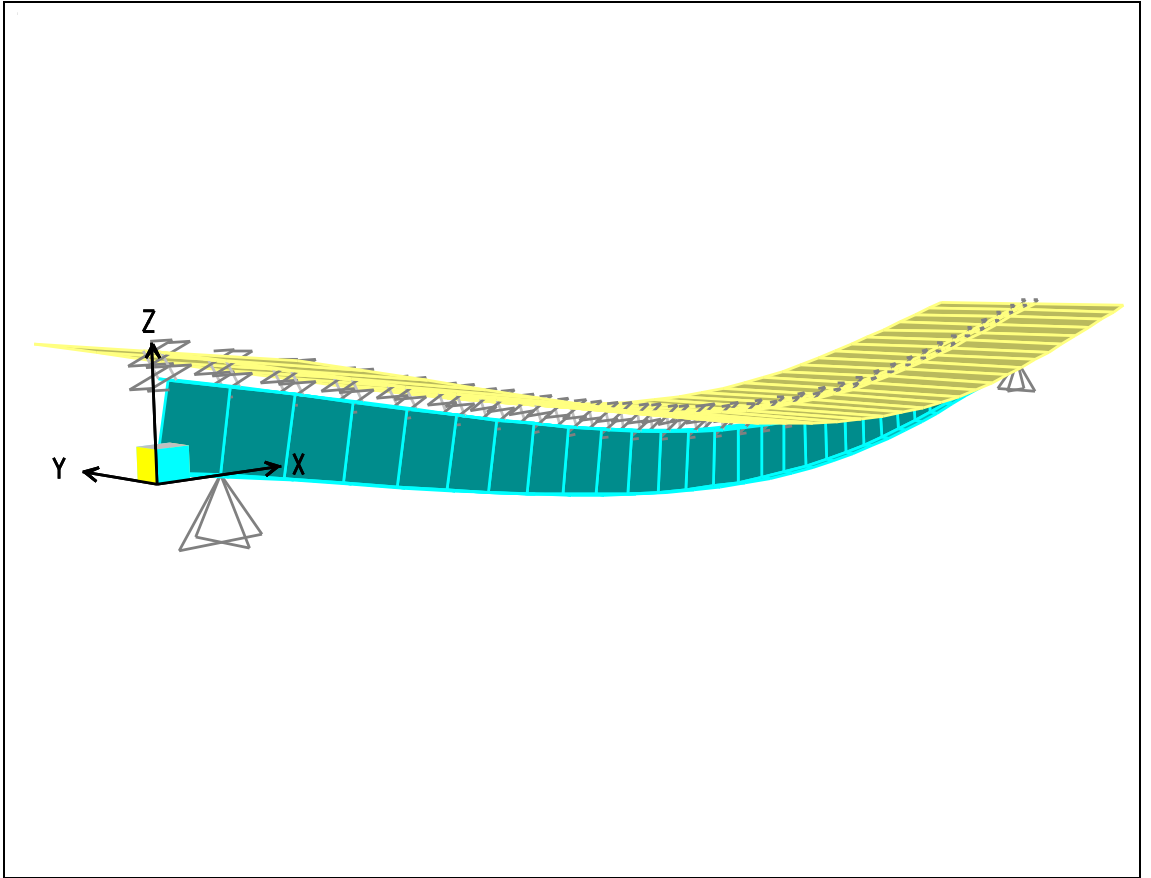
Şekil 5.28. Model3, boykesit



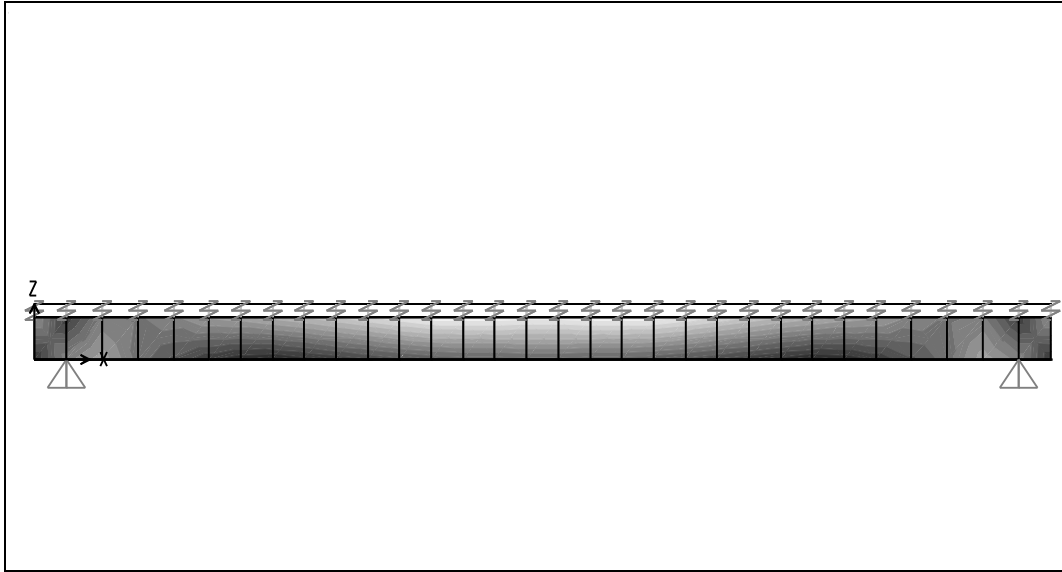
Şekil 5.29. Model 3 yükler



Şekil 5.30. Model 3 , kesit deforme olmuş şekli



Şekil 5.31. Model 3 , deforme olmuş şekli



Şekil 5.32. Model 3 SVM Gerilme diyagramı

Çizelge 5.4. Model 3 deplasmanları

TABLE: Joint Displacements								
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	in	in	in	Radians	Radians	Radians
13	DEAD	LinStatic	-0.01	0.00	0.40	0.00	0.03	0.00
14	DEAD	LinStatic	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
17	DEAD	LinStatic	-0.11	0.00	-2.05	0.00	0.04	0.00
19	DEAD	LinStatic	-0.06	0.00	-4.43	0.00	0.02	0.00
21	DEAD	LinStatic	0.06	0.00	-4.43	0.00	-0.02	0.00
23	DEAD	LinStatic	0.11	0.00	-2.05	0.00	-0.04	0.00
25	DEAD	LinStatic	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.03	0.00
27	DEAD	LinStatic	0.01	0.00	0.40	0.00	-0.03	0.00
137	DEAD	LinStatic	-0.11	0.00	-2.49	0.00	0.04	0.00
139	DEAD	LinStatic	-0.11	0.00	-2.91	0.00	0.03	0.00
141	DEAD	LinStatic	-0.11	0.00	-3.29	0.00	0.03	0.00
143	DEAD	LinStatic	-0.10	0.00	-3.64	0.00	0.03	0.00
145	DEAD	LinStatic	-0.09	0.00	-3.95	0.00	0.02	0.00
147	DEAD	LinStatic	-0.08	0.00	-4.21	0.00	0.02	0.00
149	DEAD	LinStatic	-0.05	0.00	-4.60	0.00	0.01	0.00
151	DEAD	LinStatic	-0.03	0.00	-4.70	0.00	0.01	0.00
153	DEAD	LinStatic	-0.01	0.00	<b>-4.76</b>	0.00	0.00	0.00
155	DEAD	LinStatic	0.01	0.00	<b>-4.76</b>	0.00	0.00	0.00
157	DEAD	LinStatic	0.03	0.00	-4.70	0.00	-0.01	0.00
159	DEAD	LinStatic	0.05	0.00	-4.60	0.00	-0.01	0.00
161	DEAD	LinStatic	0.08	0.00	-4.21	0.00	-0.02	0.00

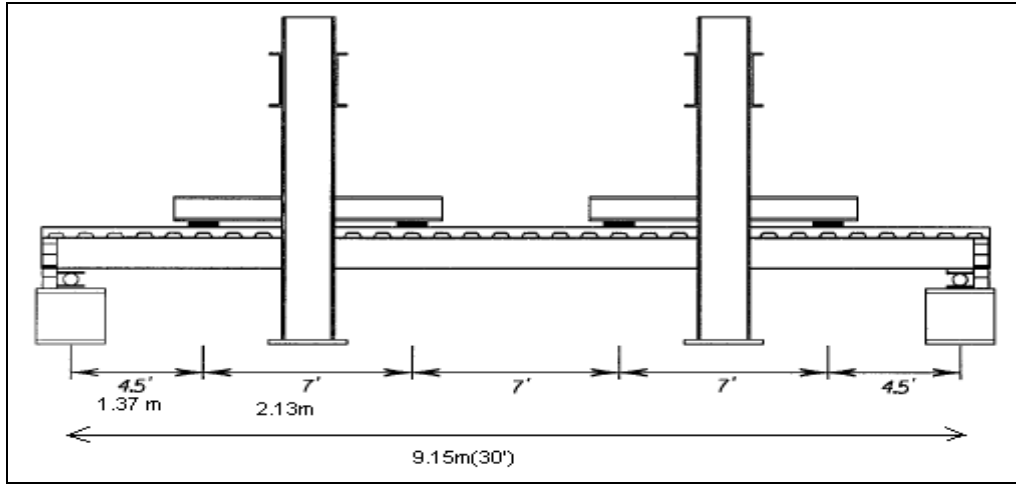
Çizelge 5.4. (Devam) Model 3 deplasmanları

163	DEAD	LinStatic	0.09	0.00	-3.95	0.00	-0.02	0.00
165	DEAD	LinStatic	0.10	0.00	-3.64	0.00	-0.03	0.00
167	DEAD	LinStatic	0.11	0.00	-3.29	0.00	-0.03	0.00
169	DEAD	LinStatic	0.11	0.00	-2.91	0.00	-0.03	0.00
171	DEAD	LinStatic	0.11	0.00	-2.49	0.00	-0.04	0.00
209	DEAD	LinStatic	-0.05	0.00	-0.50	0.00	0.04	0.00
211	DEAD	LinStatic	-0.08	0.00	-1.02	0.00	0.04	0.00
213	DEAD	LinStatic	-0.10	0.00	-1.54	0.00	0.04	0.00
215	DEAD	LinStatic	0.10	0.00	-1.54	0.00	-0.04	0.00
217	DEAD	LinStatic	0.08	0.00	-1.02	0.00	-0.04	0.00
219	DEAD	LinStatic	0.05	0.00	-0.50	0.00	-0.04	0.00

Modelin analizi sonucu elde edilen moment diyagramı ve deplasmanlar verilmiştir . Çizelge 5.4 çelik kirişin en alt lifinden ve kiriş eksenini boyunca geçen düğüm noktalarına ait deplasman ve dönmeleri vermektedir . Tabloya göre U1 , U2 , U3 yönleri sırasıyla X , Y , Z yönlerine ait değerleri in cinsinden vermektedir .

#### 5.2.4. Model 4

İkinci modelde , Test1 çalışmasındaki 2 sıra kayma çivilerinin modellenmesinde frame elemanları kullanılmıştır . Sap2000 programında öncelik W16x31 kirişinin flanş ve gövdesinin malzeme tanımları yapılmış ardından 3 boyutlu kullanıcı ara yüzü sayesinde 9.75 m (32 ft) boyunda bir kiriş olarak tüm noktalarının koordinatları atanmıştır . Kirişin iki ucundan 30.5 cm (1 ft) mesafede mesnetler tanımlanmıştır . Üzerine 12.7 cm (5 in) yüksekliğinde ve 2.06 m (81 in) genişliğinde beton örtüsü “conc” malzemesi tanımlanarak shell olarak girilmiştir . Kayma çivileri olarak tanımladığımız frame elemanlarının , trapez sacdaki konumlarına göre koordinatları hesaplanıp ilgili yerlere konulmuştur .

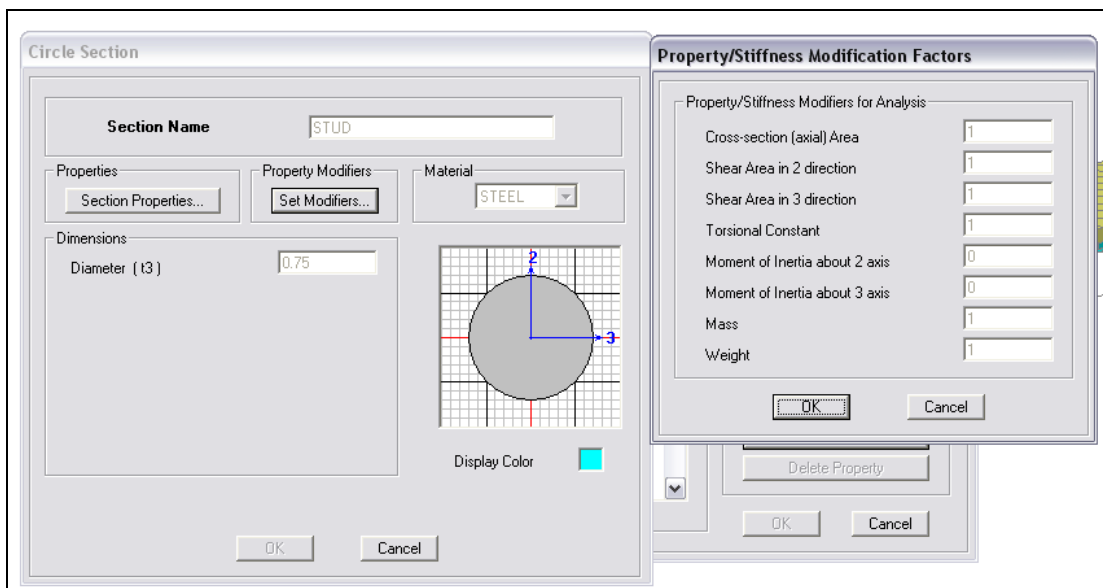


Şekil 5.33. Yükleme noktaları mesafeleri ve deney düzeneği [3].

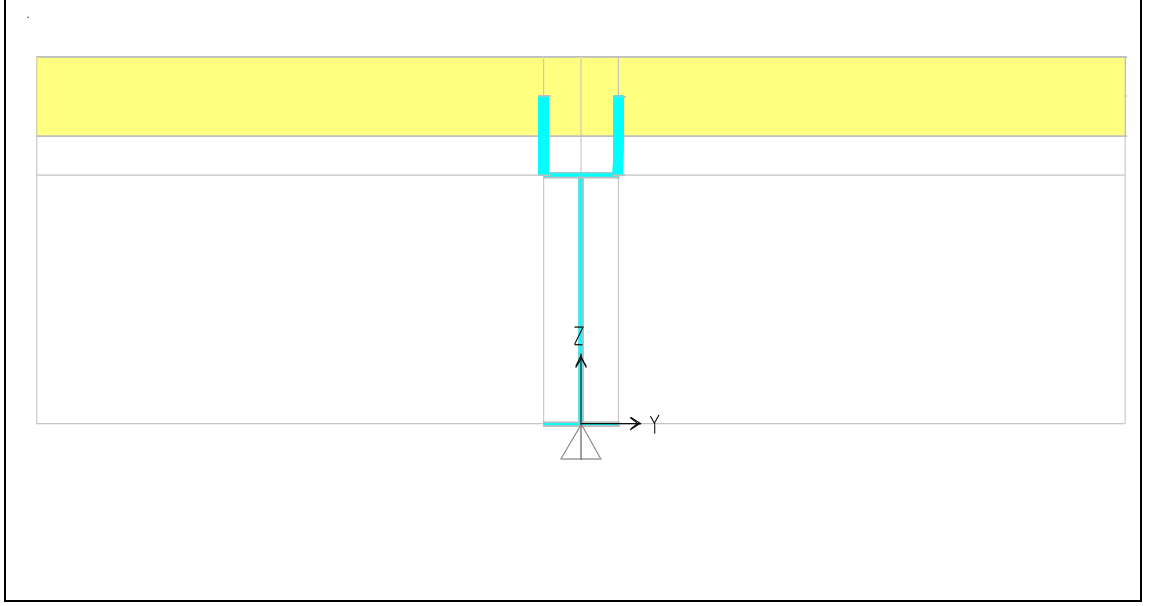
Malzeme tanımlanması sırasında deneyde kullanılan malzeme özelliklerine uyulması en önemli husustur . Bu aşamadan sonra deneyde etki ettirilen 425 kN (95.48 k)'luk yükün 214 cm (7 ft) aralıklı 4 noktaya aktarılması gerekmektedir . Bu noktalar shell yüzey yani beton örtü üzerindedir . Yük tanımlaması için "DEAD" adı kullanılmıştır

$$425/4=106.25 \text{ kN (23.87 k)}$$

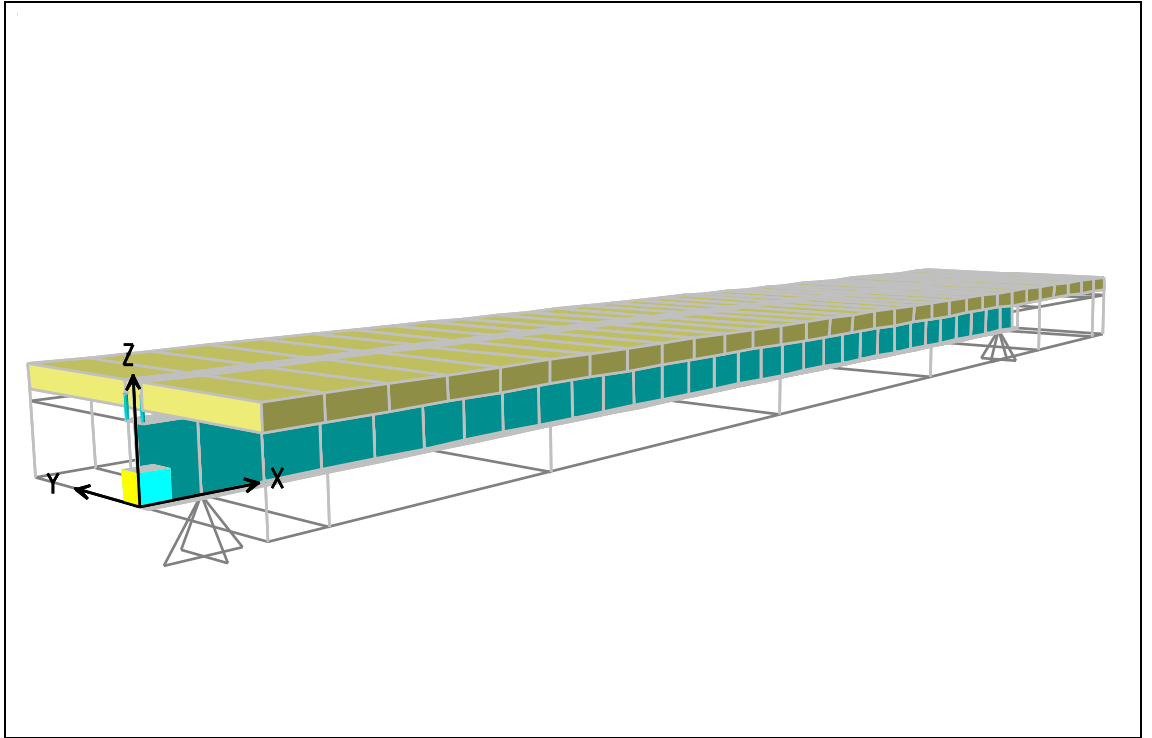
106.25 kN 'luk yük bu 4 noktaya etki ettirilmiştir .



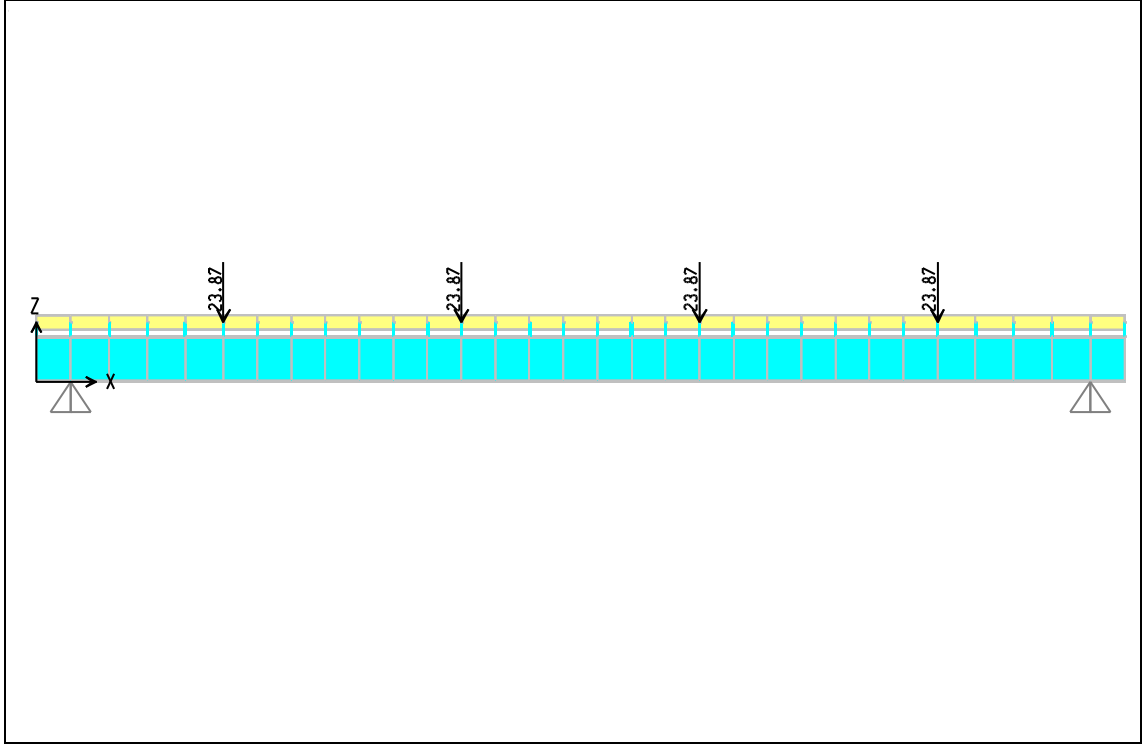
Şekil 5.34. Model 4, kayma çivisi tanımlanması



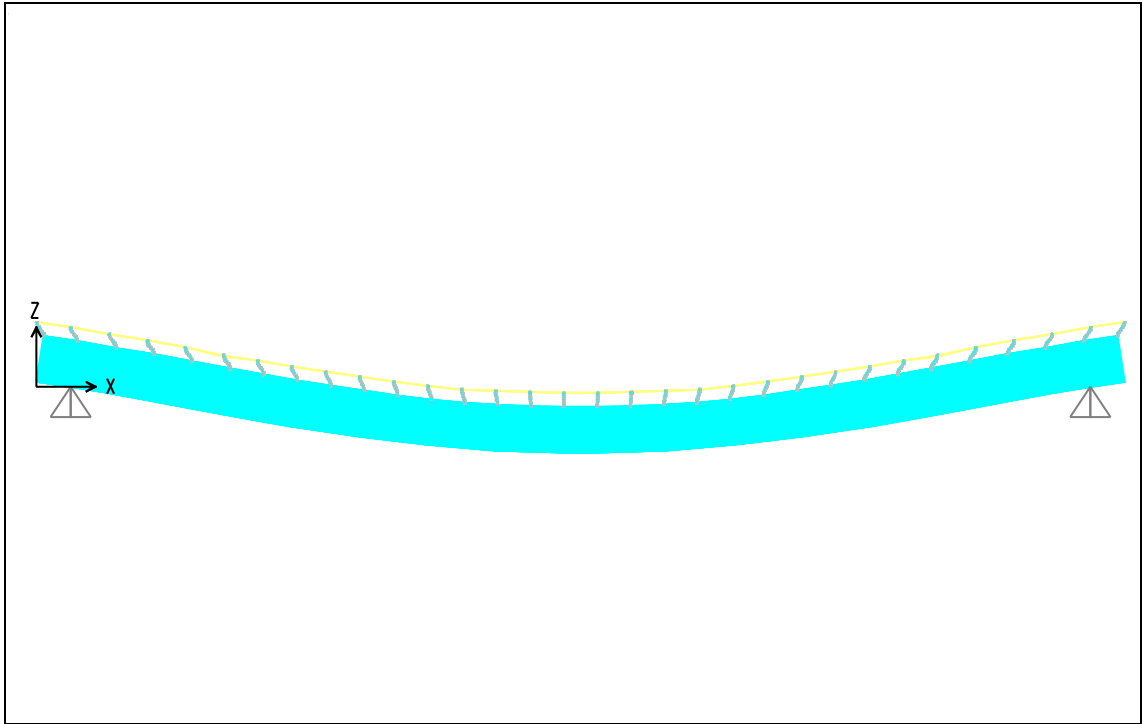
Şekil 5.35. Model 4, kesit resmi



Şekil 5.36. Model 4, 3 boyutlu görünüşü

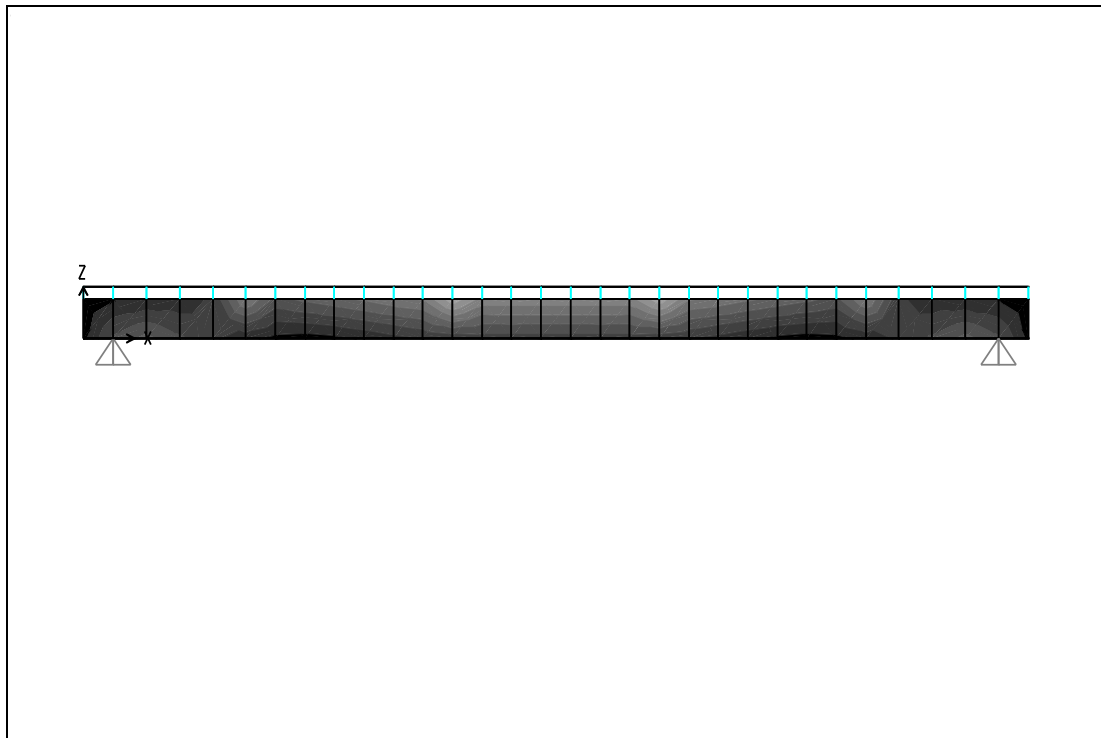


Şekil 5.37. Model 4 yükler



Şekil 5.38. Model 4, kesit deforme olmuş şekli





Şekil 5.39. Model 4 SVM gerilme dağılımı

Çizelge 5.5. Model 4 deplasmanları

TABLE: Joint Displacements								
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	in	in	in	Radians	Radians	Radians
13	DEAD	LinStatic	0.00	0.00	0.37	0.00	0.03	0.00
14	DEAD	LinStatic	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
17	DEAD	LinStatic	-0.10	0.00	-1.96	0.00	0.04	0.00
19	DEAD	LinStatic	-0.06	0.00	-4.23	0.00	0.02	0.00
21	DEAD	LinStatic	0.06	0.00	-4.23	0.00	-0.02	0.00
23	DEAD	LinStatic	0.10	0.00	-1.96	0.00	-0.04	0.00
25	DEAD	LinStatic	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.03	0.00
27	DEAD	LinStatic	0.00	0.00	0.37	0.00	-0.03	0.00
137	DEAD	LinStatic	-0.11	0.00	-2.38	0.00	0.03	0.00
139	DEAD	LinStatic	-0.11	0.00	-2.77	0.00	0.03	0.00
141	DEAD	LinStatic	-0.10	0.00	-3.14	0.00	0.03	0.00
143	DEAD	LinStatic	-0.10	0.00	-3.47	0.00	0.03	0.00
145	DEAD	LinStatic	-0.09	0.00	-3.77	0.00	0.02	0.00
147	DEAD	LinStatic	-0.07	0.00	-4.02	0.00	0.02	0.00
149	DEAD	LinStatic	-0.04	0.00	-4.38	0.00	0.01	0.00
151	DEAD	LinStatic	-0.03	0.00	-4.49	0.00	0.01	0.00
153	DEAD	LinStatic	-0.01	0.00	<b>-4.54</b>	0.00	0.00	0.00
155	DEAD	LinStatic	0.01	0.00	<b>-4.54</b>	0.00	0.00	0.00

Çizelge 5.5. (Devam) Model 4 deplasmanları

157	DEAD	LinStatic	0.03	0.00	-4.49	0.00	-0.01	0.00
159	DEAD	LinStatic	0.04	0.00	-4.38	0.00	-0.01	0.00
161	DEAD	LinStatic	0.07	0.00	-4.02	0.00	-0.02	0.00
163	DEAD	LinStatic	0.09	0.00	-3.77	0.00	-0.02	0.00
165	DEAD	LinStatic	0.10	0.00	-3.47	0.00	-0.03	0.00
167	DEAD	LinStatic	0.10	0.00	-3.14	0.00	-0.03	0.00
169	DEAD	LinStatic	0.11	0.00	-2.77	0.00	-0.03	0.00
171	DEAD	LinStatic	0.11	0.00	-2.38	0.00	-0.03	0.00
209	DEAD	LinStatic	-0.04	0.00	-0.48	0.00	0.04	0.00
211	DEAD	LinStatic	-0.07	0.00	-0.97	0.00	0.04	0.00
213	DEAD	LinStatic	-0.09	0.00	-1.47	0.00	0.04	0.00
215	DEAD	LinStatic	0.09	0.00	-1.47	0.00	-0.04	0.00
217	DEAD	LinStatic	0.07	0.00	-0.97	0.00	-0.04	0.00
219	DEAD	LinStatic	0.04	0.00	-0.48	0.00	-0.04	0.00

Modelin analizi sonucu elde edilen moment diyagramı ve deplasmanlar verilmiştir . Çizelge 5.5. çelik kirişin en alt lifinden ve kiriş eksenini boyunca geçen düğüm noktalarına ait deplasman ve dönmeleri vermektedir . Tabloya göre U1 , U2 , U3 yönleri sırasıyla X , Y , Z yönlerine ait değerleri in cinsinden vermektedir .

### 5.2.5. Modelleme sonuçları

Model 1, 2, 3, ve 4'ün açıklıktaki en büyük deplasmanlarının , deneylerdeki sonuçlarla kıyaslaması Çizelge 5.5'te verilmiştir .

Çizelge 5.6 Deney ve Model sonuçlarının kıyaslanması

	Deneysel Sonuç	Modelleme Sonucu
Model 1	20 cm (7.88 in)	17.4 cm (6.85 in)
Model 2	20 cm (7.88 in)	17.4 cm (6.85 in)
Model 3	11.94 cm (4.7 in)	12.1 cm (4.76 in)
Model 4	11.94 cm (4.7 in)	11.53 cm (4.54 in)

### 5.3. Değişken Parametrelerle Model Kıyaslaması

Çalışmanın bu bölümünde , Model 2 'de yapılacak çivi sayısı değişimi ile deplasman arasındaki ilişki ve yük değişimi ve deplasman arasındaki ilişki üzerinde

durulmuştur . Öncelikle Model 2 'de tüm parametreler sabit olmakla beraber çivi sayısı izin verilen minimum çivi sayısına doğru yaklaştırılarak , açıklık ortasındaki en büyük deplasmanın artışı incelenecektir . Ardından yine Model 2'deki yük durumu dışındaki tüm parametreler sabit tutularak çivi sayısı azaltılacak , 4 noktadan etki eden yük yerine aynı yükün 2 ve 1 noktaya konsantre edilmesi durumlarındaki deplasman değişimleri irdelenecektir .

Model 2'de kullanılan 30 adet kayma çivisi sayısı , takip eden 5 modelde sırasıyla 29 , 27 , 24 , 22 , ve 19 'a indirilmiş , ve modelleme sonucu çivi sayısı ve deplasman arasındaki farklar irdelenmiştir. Bu açıklık ve kesitteki kompozit kirişte bulunması gereken asgari kayma çivisi sayısı bulunmuş , modellerde de asgari çivi sayısı olarak bu değer göz önüne alınmıştır .

Sonraki aşamada ise , açıklıktaki en büyük deplasman değerinin çivi sayısı değişimiyle ve yükleme yoğunluğunun değişimiyle nasıl değiştiği irdelenmiştir . Deneysel çalışmada ve modellemede kompozit kirişe 4 noktadan 116.25 kN (26.13 kip) olmak üzere toplam 465 kN (104.5 kip) etki ettirilen yükün , 4 yerine 1 veya 2 noktaya konsantre edilmesi halinde ve kayma çivi sayısının azaltılması veya arttırılmasıyla , açıklık deplasmanındaki değişim irdelenmiştir .

Modelleme sırasında , Model 2'ye ait tüm geometrik özellikler ve malzeme tanımlamaları sabit tutulmuştur. Yalnız kabuk (shell) elemanlar daha seyrek bölünmüş (mesh) edilmiştir . Ancak bölünme sayısının azalmasının sonuçların hassasiyetini azaltacağı düşünüldüğünden , çiviler çubuk (frame) olarak girildikten sonra tüm kabuklar tekrar 2 parçaya bölünmüştür .

### **5.3.1 Modelleme için en düşük çivi sayısı**

Bölüm 3'te , 3.5 , 3.6 , ve 3.7 numaralı denklemler kullanılarak gerekli en düşük çivi sayısı hesaplanacak olursa ;

$$Q_n = 0.5A_{sc}\sqrt{f'_c E_c} \leq A_{sc}F_u$$

$$A_{sc} = \frac{\pi}{4} 19^2 = 284 \text{ mm}^2$$

$$E_c = 24800 \text{ MPa}$$

$$f'_c = 27.6 \text{ Mpa}$$

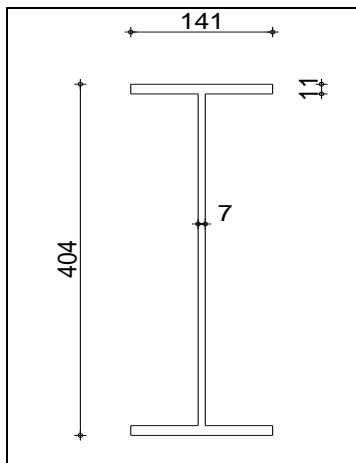
$$Q_n = 0.5 \times 284 \times \sqrt{27.6 \times 24800} = 117481 \text{ N} = 117.5 \text{ kN}$$

$$A_{sc} \cdot f_u = 284 \times 400 = 113.6 \text{ kN}$$

$$Q_n = 113.6 \text{ kN}$$

$$Q_r = 0.85 Q_n = 0.85 \times 113.6 = 96.6 \text{ kN}$$

$$V_h = F_{yw} D \cdot t_w + F_{yt} \cdot b_t \cdot t_t + F_{yc} \cdot b_c \cdot t_c$$



Şekil 5.40. W16x31 çelik kiriş ölçüleri (mm)

$$V_h = 401 \times (404 - 2 \times 11) \times 7 + 374 \times 141 \times 11 + 374 \times 141 \times 11 = 2.23 \times 10^6 \text{ N}$$

$$V_h = 0.85 f'_c b t_s = 0.85 \times 27.6 \times 2050 / 4 \times 127 = 1.53 \times 10^6 \text{ N}$$

$$B_{ef} = b/4$$

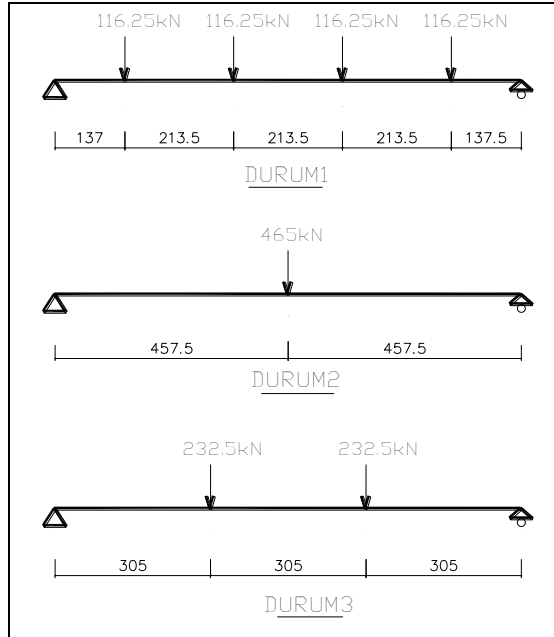
$$V_h = 1530 \text{ kN}$$

$$n_s Q_r = V_h$$

$$n_s = 1530/96.6 = 16 \text{ asgari kayma çivi sayısı}$$

### 5.3.2 Çivi sayısı –Açıklık deplasmanı ilişkisi

Çalışmanın bu kısmında , yükleme durumunun ve çivi sayısının beraber değişmesi durumunda , açıklıktaki maksimum deplasmanın nasıl bir değişim göstereceği incelenecektir . Bunun için baz alınan deneysel çalışmalardan Test 1 ‘e ait parametrelerle oluşturulan Model 2 sonlu eleman modelinde, yükleme durumu ve çivi sayısı değiştirilecektir . Test 1’de uygulanan 465kN ‘luk yük önce testteki gibi 4 noktadan , ardından sırasıyla tek noktadan ve 2 noktadan etki ettirilicek , bu modellerde de ayrı ayrı çivi sayıları değiştirilerek , açıklıktaki maksimum deplasmanın değişimi gözlenecektir .



Şekil 5.41. Yükleme Durumları (kN ,cm)

İncelenecek ilk durumda , Model 2’de kullanılan 30 adet kayma çivisi sayısı , takip eden 5 modelde sırasıyla 28 , 26 , 24 , 22 , ve 19 ‘a indirilmiş , ve modelleme sonucu çivi sayısı ve deplasman arasındaki farklar irdelenmiştir. Bu modellere sırasıyla Model 5 , 6 , 7 , 8, 9 denecektir .

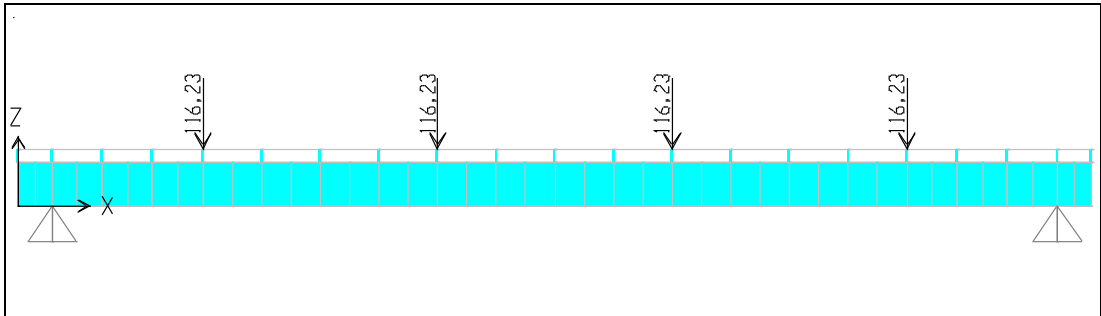
Modelleme sırasında , Model 2’ye ait tüm geometrik özellikler ve malzeme tanımlamaları sabit tutulmuştur. Yalnız kabuk (shell) elemanlar daha seyrek bölünmüş (mesh) edilmiştir . Ancak bölünme sayısının azalmasının sonuçların hassasiyetini azaltacağı düşünüldüğünden , çiviler çubuk (frame) olarak girildikten sonra tüm kabuklar tekrar 2 parçaya bölünmüştür .

### Model 5

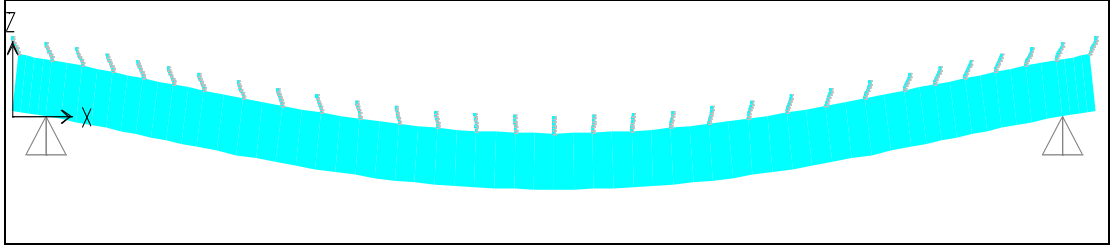
Model 5’in modellenmesinde , önceki tüm modelleme kabulleri ve çivi sayısı dışındaki tüm parametreler sabit tutulmuştur . Bu modelin Model 2’den tek farkı , 30 yerine 28 kayma bağlantısına sahip olmasıdır .

Modelde mesnetten sonraki ilk yükler arası 5 parçaya bölünmüş ve 27.5 cm aralıklarla çiviler yerleştirilmiştir . Yükler arasındaki mesafe ise 6 parçaya bölünmüş ve çiviler 35.5 cm arayla yerleştirilmiştir .

Modelin analizi sonucunda , kiriş açıklığı ortasında 17.55 cm (6.91 in ) deplasman gözlenmiştir .



Şekil 5.42. Model 5 Boy kesit



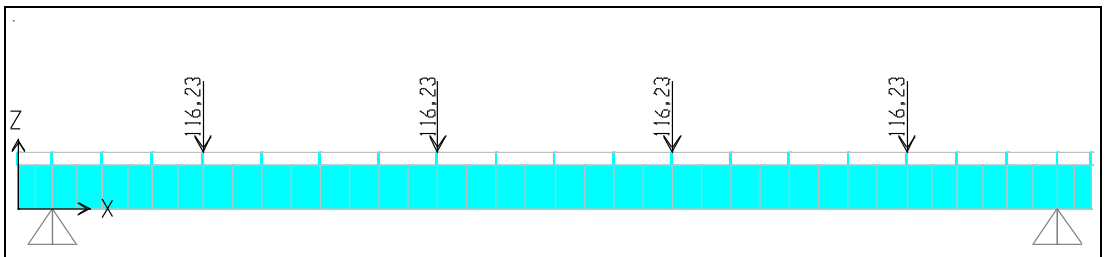
Şekil 5.43. Model 5 Kesit deforme olmuş şekli

### Model 6

Model 6'in modellenmesinde , önceki tüm modelleme kabulleri ve çivi sayısı dışındaki tüm parametreler sabit tutulmuştur . Bu modelin Model 2'den tek farkı , 30 yerine 26 kayma bağlantısına sahip olmasıdır .

Modelde mesnetten sonraki ilk yükler arası 4 parçaya bölünmüş ve 34.4 cm aralıklarla çiviler yerleştirilmiştir .Yükler arasındaki mesafe ise 6 parçaya bölünmüş ve çiviler 35.5 cm arayla yerleştirilmiştir .

Modelin analizi sonucunda , kiriş açıklığı ortasında 17.86 cm (7.03 in ) deplasman gözlenmiştir .



Şekil 5.44. Model 6 kesit resimleri

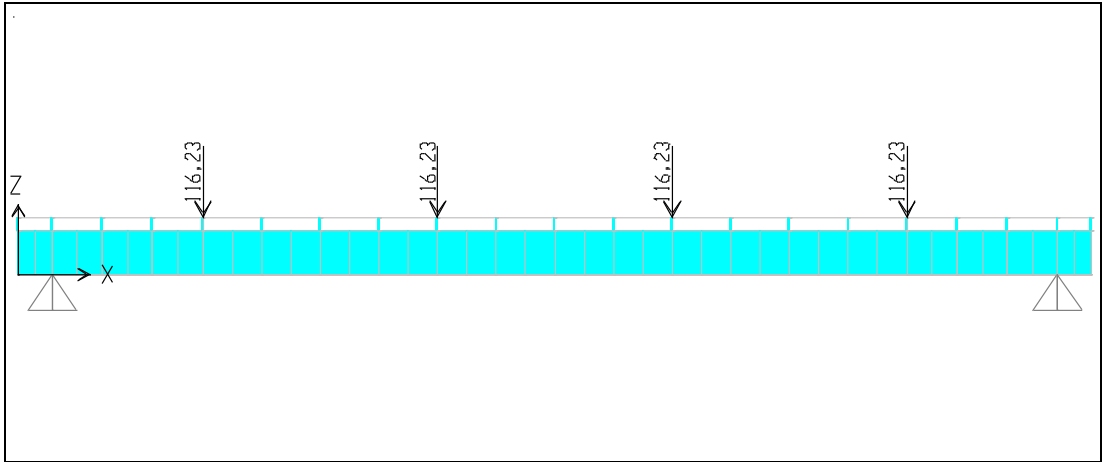
- Model 6 Boy kesit
- Model 6 Kesit deforme olmuş şekli

### Model 7

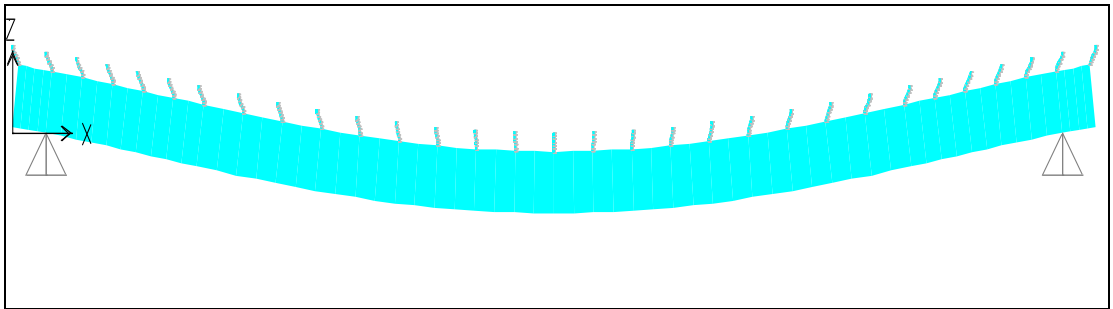
Model 7'in modellenmesinde , önceki tüm modelleme kabulleri ve çivi sayısı dışındaki tüm parametreler sabit tutulmuştur . Bu modelin Model 2'den tek farkı , 30 yerine 24 kayma bağlantısına sahip olmasıdır .

Modelde mesnetten sonraki ilk yükler arası 4 parçaya bölünmüş ve 34.4 cm aralıklarla çiviler yerleştirilmiştir .Yükler arasındaki mesafe ise 5 parçaya bölünmüş ve çiviler 42.6 cm arayla yerleştirilmiştir .

Modelin analizi sonucunda , kiriş açıklığı ortasında 18.05 cm (7.11 in ) deplasman gözlenmiştir .



Şekil 5.45. Model 7 Boy kesit



Şekil 5.46. Model 7 Kesit deforme olmuş şekli

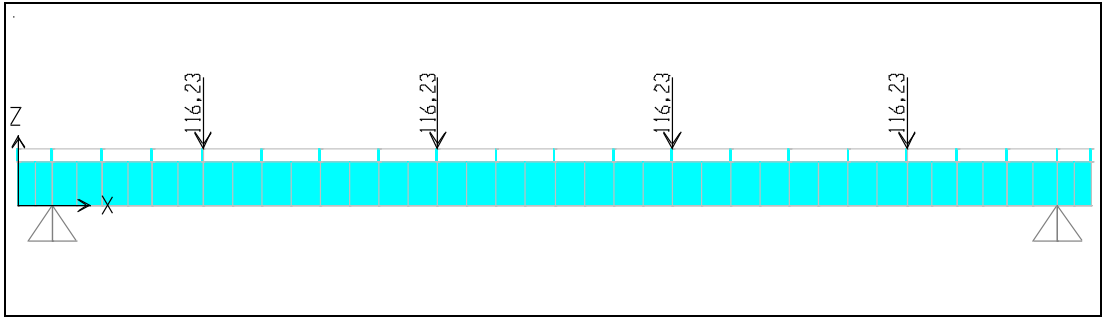


### Model 8

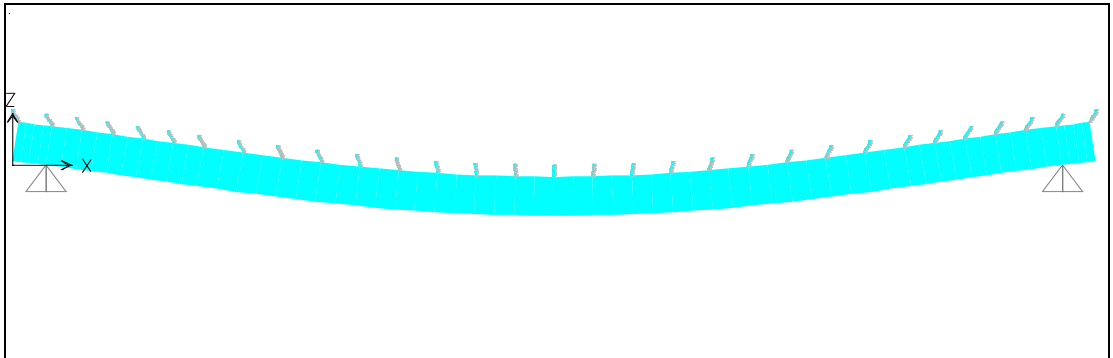
Model 8'in modellenmesinde , önceki tüm modelleme kabulleri ve çivi sayısı dışındaki tüm parametreler sabit tutulmuştur . Bu modelin Model 2'den tek farkı , 30 yerine 22 kayma bağlantısına sahip olmasıdır .

Modelde mesnetten sonraki ilk yükler arası 3 parçaya bölünmüş ve 45.9 cm aralıklarla çiviler yerleştirilmiştir .Yükler arasındaki mesafe ise 5 parçaya bölünmüş ve çiviler 42.6 cm arayla yerleştirilmiştir .

Modelin analizi sonucunda , kiriş açıklığı ortasında 18.16 cm (7.15 in ) deplasman gözlenmiştir .



Şekil 5.47. Model 8 Boy kesit



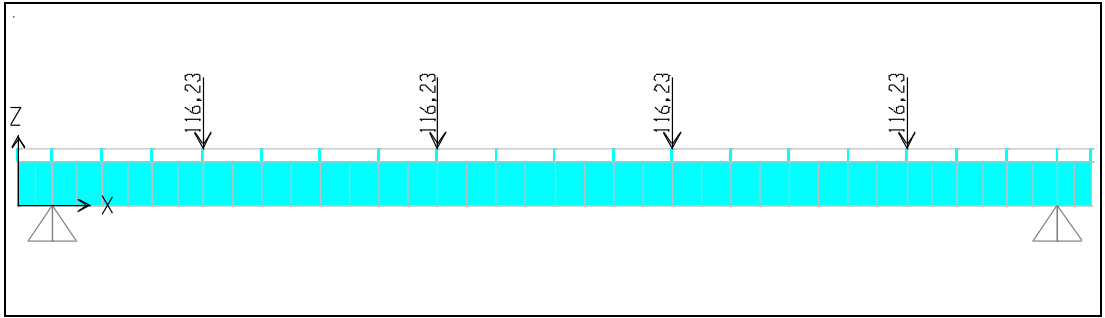
Şekil 5.48. Model 8 Kesit deforme olmuş şekli

### Model 9

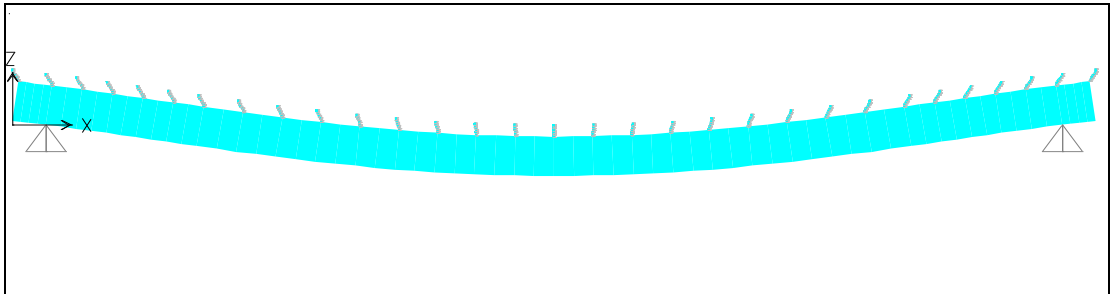
Model 9'in modellenmesinde , önceki tüm modelleme kabulleri ve çivi sayısı dışındaki tüm parametreler sabit tutulmuştur . Bu modelin Model 2'den tek farkı , 30 yerine 19 kayma bağlantısına sahip olmasıdır .

Modelde mesnetten sonraki ilk yükler arası 3 parçaya bölünmüş ve 45.9 cm aralıklarla çiviler yerleştirilmiştir .Yükler arasındaki mesafe ise 4 parçaya bölünmüş ve çiviler 53.3 cm arayla yerleştirilmiştir .

Modelin analizi sonucunda , kiriş açıklığı ortasında 18.22 cm (7.17 in ) deplasman gözlenmiştir .



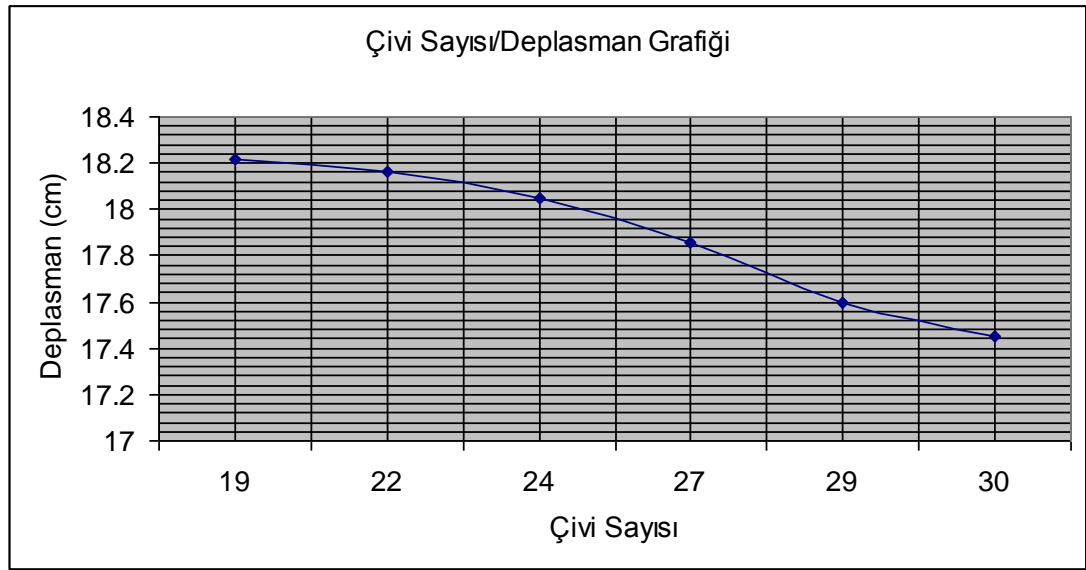
Şekil 5.49. Model 9 Boy kesit



Şekil 5.50. Model 9 Kesit deforme olmuş şekli

Çizelge 5.7. Dörtlü yüklemde çivi sayısı – açıklık deplasmanı değişimi

	Çivi Sayısı	Açıklık ortası Deplasmanı
Model 9	19	18.22cm (7.17in)
Model 8	22	18.16cm (7.14in)
Model 7	24	18.05cm (7.1in)
Model 6	27	17.86cm (7.03in)
Model 5	29	17.55cm (6.91in)
Model 2	30	17.45cm (6.87in)



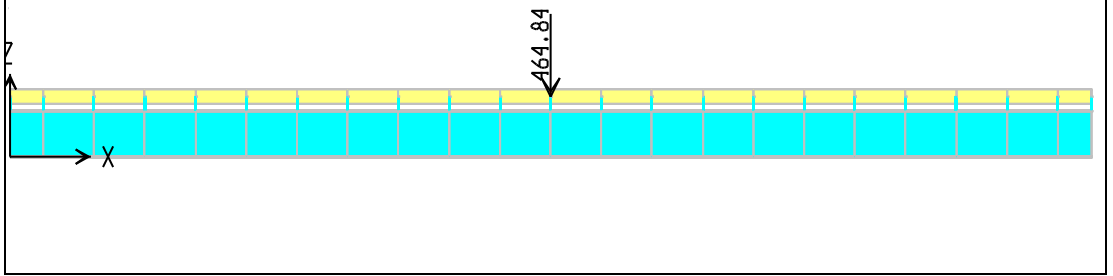
Şekil 5.51. Dörtlü Yüklemde Çivi Sayısı- Açıklık Deplasmanı Grafiği

### 5.3.3. Yük durumu , çivi sayısı değişimi - deplasman ilişkisi

#### Tekil Yük Durumu

Çalışmanın bu kısmında , 5.3.2’de belirtildiği gibi , çivi sayısı ve yük konsantrasyonu parametrelerini değişmesi durumunda açıklık deplasmanında nasıl bir değişiklik olacağı irdelenmiştir .İlk olarak 465 kN ‘luk yük , diğer modellerin aksine açıklığın tam ortası olmak üzere tek noktaya konsantre ettirilmiş , bu yükten mesnetlere kadar kalan 457 cm’lik mesafe eşit parçalara bölünmüştür . Yükün sağında ve önce 10 ‘ar parça bölünmüş , bu noktalara atanan kayma çivileri toplam

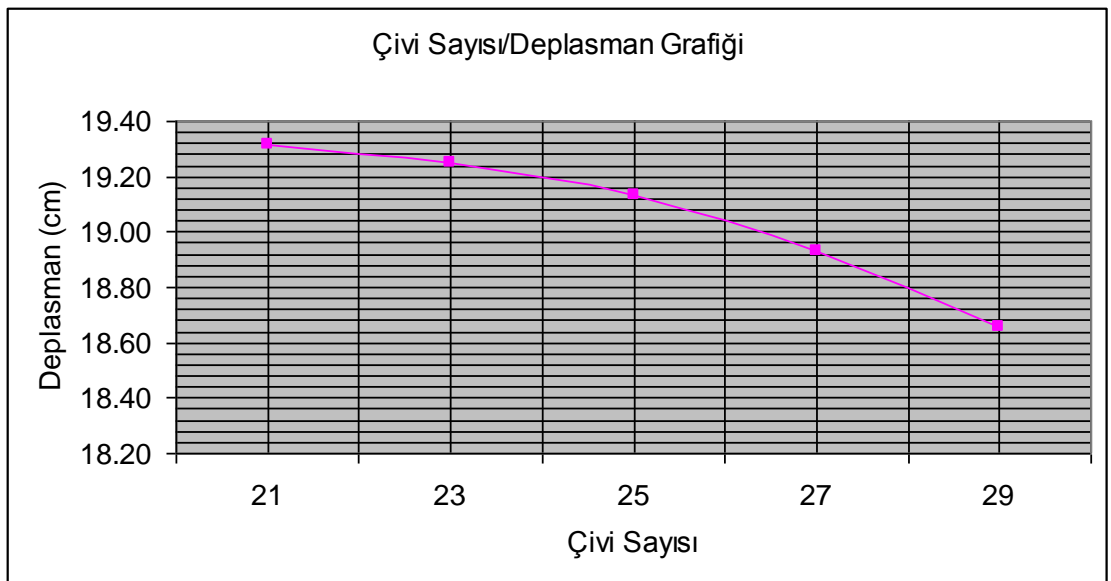
21 adet olmuştur . Ardından bu sayı 23 , 25 , 27 , ve 29' a çıkarılmış , ve açıklık ortasındaki deplasman değerleri kaydedilmiştir .



Şekil 5.52 Tekil konsantre yük durumu

Çizelge 5.8. Tekil Yük durumu deplasmanları

Çivi sayısı	Açıklık Ortası Deplasmanı (cm)
21	19.31
23	19.25
25	19.13
27	18.93
29	18.66

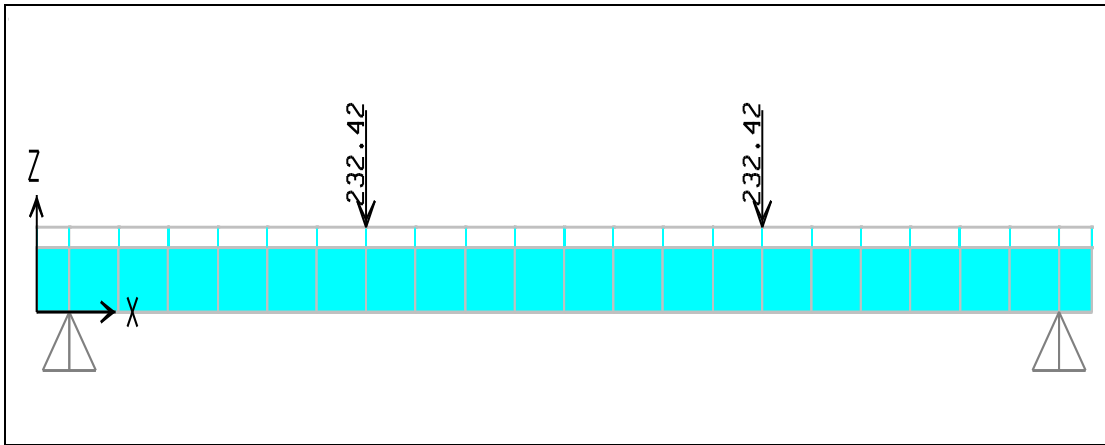


Şekil 5.53 Tekil yük durumunda çivi sayısı-deplasman ilişkisi

Şekil 5.52'den de görülebileceği gibi , çivi sayısının azalması ile modelin açıklık ortasındaki deplasman değeri artmaktadır . Kayma bağlantılarının kompozit davranış üzerindeki etkisini açıkça ortaya koymakta olan bu tablo , kompozit ve kompozit olmayan durumun birbirine yakınlığını da ortaya çıkarmaktadır . Çivi sayısının azalması , dolayısıyla da çivi aralığının artması çivilere gelen kayma kuvvetini arttırdığından , çivinin yatay yöndeki yer değiştirmesi artmakta , dolayısıyla çelik profilin düşey yer değiştirmesi de artmaktadır . Bu durumda beton örtü , kompozit davranış için alması gereken yatay basınç gerilmesini daha az miktarda almakta , kompozit davranışa katkısı azalmaktadır .

#### İki Noktadan Yükleme Durumu

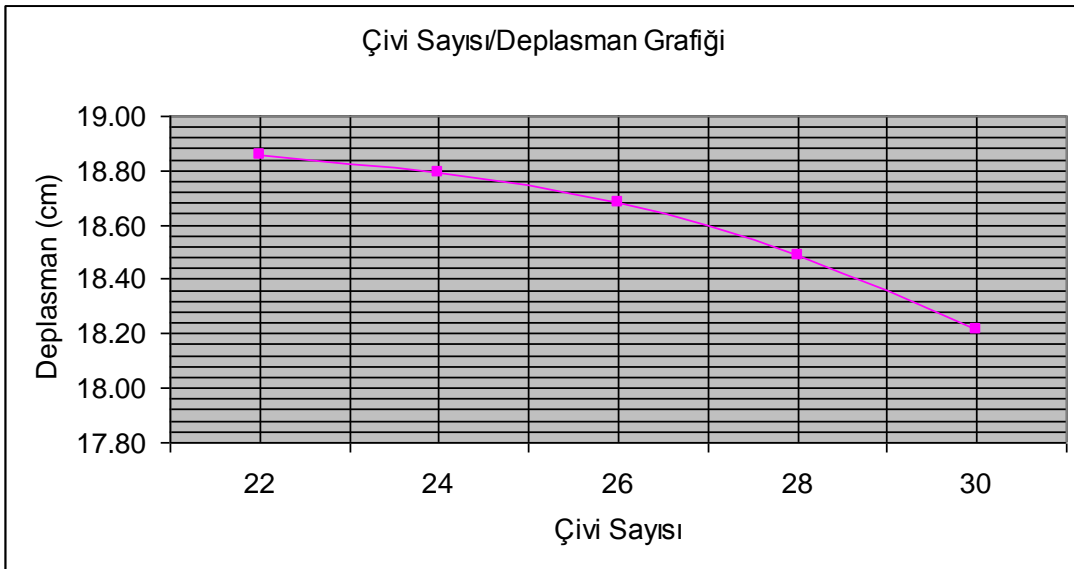
Çalışmanın bu kısmında ise , tekil yük durumundakine benzer biçimde , kompozit kiriş üzerindeki toplam 465 kN'luk yük iki noktaya konsantre edilmiştir . 9.15 m'lik kiriş mesnet açıklığı , 3 eşit parçaya bölünmüştür . 232.5 kN 'luk yükler 3.05 m arayla kompozit kirişe etki ettirilmiştir . Kiriş açıklığı önce 21 parçaya bölünmüş , ve toplam 22 adet kayma çivisi kullanılmıştır . Ardından bu çivi sayısı sırasıyla 24 , 26 , 28 , ve 30 a çıkarılmıştır ve açıklık ortasındaki deplasman değerleri kaydedilmiştir .



Şekil 5.54. İkili yükleme

Çizelge 5.9. İkili yükleme deplasmanları

Çivi sayısı	Açıklık Ortası Deplasmanı (cm)
22	18.86
24	18.80
26	18.68
28	18.49
30	18.22



Şekil 5.55. Üç nokta yüklemesi durumunda çivi sayısı-deplasman ilişkisi

Şekil 5.55'ten de görülebileceği gibi , çivi sayısının azalması ile modelin açıklık ortasındaki deplasman değeri artmaktadır . Kayma bağlantılarının kompozit davranış üzerindeki etkisini açıkça ortaya koymakta olan bu tablo , kompozit ve kompozit olmayan durumun birbirine yakınlığını da ortaya çıkarmaktadır . Çivi sayısının azalması , dolayısıyla da çivi aralığının artması çivilere gelen kayma kuvvetini arttırdığından , çivinin yatay yöndeki yer değiştirmesi artmakta , dolayısıyla çelik profilin düşey yer değiştirmesi de artmaktadır . Bu durumda beton örtü , kompozit davranış için alması gereken yatay basınç gerilmesini daha az miktarda almakta , kompozit davranışa katkısı azalmaktadır .

#### 5.4. Değişken Parametrelerin Modellenmesi Sonuçları

Yapılan modelleme çalışmalarında ilk olarak , bu çalışmanın asıl amacı olan , sonlu eleman modelleriyle deneysel çalışmaların kıyaslanmasına çalışılmıştır . Bölüm 4 'te belirtilen deneysel doktora çalışmasındaki 3 adet deneyden , ikisi , ikişer farklı biçimde modellenmek üzere , 4 farklı sonlu eleman modeli elde edilmiştir .

Çizelge 5.5 'ten de görüleceği üzere , 9.75m (32 ft) açıklıklı bir kiriş için elde edilen yaklaşıklıklar gayet tatmin edicidir . Model 1,2 ve Model 3,4'ün aynı deneylerin modelleridir . Aradaki tek fark çivilerin modellenme şekilleridir . Model 1 ve Model 2 , sonlu eleman modellerinde de aynı sonuçları vermiştir . Link ve Frame olarak modellenen çiviler ilk iki modelde aynı sonuçları vermiştir . Deney 1 sonucu oluşan gerçek sonuçtan Model 1 ve Model 2 'nin modelleme sonuçları %13 daha azdır . Deney 3 'ü modelleyen Model 3-4 ile Deney 3 arasında ise farklar değişkendir . Model 3 modelleme sonucu , Deney 3'ten %1.3 fazla ; Model 4 sonucu ise Deney 3 'ten % 3.4 az olmuştur . Bu farklara karşın sonuçların gerçek duruma yeterince yakın olduğu düşünülmektedir . Bu farkın sebepleri olarak kabukların bölünme sayıları ve göz önüne alınmayan trapez sac ağırlığı , donatı ağırlığı olabilir .

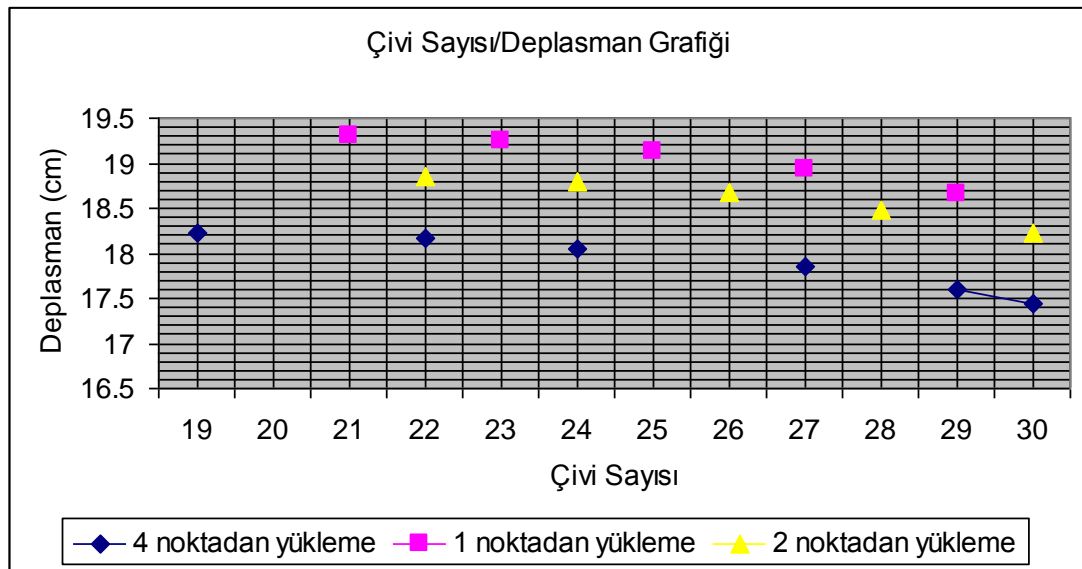
Deneysel çalışma sonuçları ve modellerin sonuçları kıyaslanıp , modeller doğrulandıktan sonra , yük ve çivi sayısı parametrelerindeki değişimlerle açıklık deplasmanları arasındaki ilişki ortaya konulmaya çalışılmıştır .

Bu aşamada , önce deneysel çalışmadaki tüm parametreler sabit tutulmuş , ve çivi sayısındaki azalma ile açıklık deplasmanının ilişkisi incelenmiştir . Deneysel çalışmadaki gibi 4 noktadan yükleme yapılmıştır .

Çizelge 5.6 'dan da görülebileceği gibi , çivi sayısının azalmasıyla açıklık deplasmanları artmaktadır . Bölüm 5'te hesaplanan bu kiriş için asgari çivi sayısı olan 16 dan büyük olmak üzere çivi sayısı azaltılmış ve Model 2 de kullanılan 30 adet çiviye göre kıyaslanmıştır . En büyük deplasman değerine ulaşan Model 9'un deplasman değeri , Model 2'den % 4.4 daha fazla olmuştur .

Çalışmanın sonraki aşamasında ise , çivi sayısı azaltılırken , Model 2 'de 4 noktadan uygulanan 465 kN 'luk yük sırasıyla 1 ve 2 noktadan uygulanmıştır . Yükün açıklık ortasına konsantre edilmesiyle deplasmanın artacağı bilinmektedir , ancak sonlu eleman modelleriyle bu artışın ne mertebede olacağı ve açıklığın hangi oranında olacağı araştırılmıştır .

Çizelge 5.7 ve 5.8 'den de görülebileceği üzere , yükün açıklık ortasında tek noktaya konsantre edilmesi durumunda deplasman değerleri 2 ve 4 noktadan etki ettirilen yük durumuna göre daha yüksektir. Bu üç yöntemin kıyaslamalı grafiği , şekil 5.56 'te gösterilmiştir .



Şekil 5.56. Farklı yükleme durumu – deplasman ilişkisi

Grafiğe göre , sonlu eleman modelleri mantıklı bir sonuca ulaşmıştır . 4 noktadan yükleme 1 noktadan yüklemeden %6.5 , 4 noktadan yükleme 2 noktadan yüklemeden %4.5 , ve 2 noktadan yükleme 1 noktadan yüklemeden % 2.4 daha az deplasman sonucu vermektedir .



## 6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çelik yapılardaki, tasarım sorunlarından biri olan kompozit kiriş davranışının öngörülmesi ile ilgili bu çalışmada, deneysel çalışmalardaki çeşitli güçlükler nedeniyle, daha önceden yapılmış bir deneysel çalışmanın sonlu elemanlar yöntemiyle bilgisayar ortamında modellenmesi yöntemine başvurulmuştur. Bu çalışmada 19 sonlu eleman modeli kayda geçirilmiştir.

Öncelikle oluşturulan sonlu eleman modelleri, deney sonuçlarıyla kıyaslanmıştır. İki farklı deneye ait 4 sonlu eleman modeli oluşturulmuş, deney sonuçları ile modelleme sonuçları arasında en çok %13 mertebesinde bir fark olduğu gözlenmiştir. Bu fark göz önünde bulundurulmayan çeşitli parametreler yüzünden olabilir. Bu yaklaşığın yeterli olduğu düşüncesiyle modelleme metodu doğrulanmış ve çalışma daha ileriye götürülmeye çalışılmıştır.

Modelleme metodu doğrulandıktan sonra kıyaslamada yeni bir gözlem aracı olması amacıyla çeşitli parametrelerin değiştirilmesi böylelikle de kompozit kiriş davranışının daha belirgin şekilde ortaya konması amaçlanmıştır. Değiştirilen ilk parametre çivi sayısıdır. Çivi sayısının azalması ile kirişteki açıklık ortası deplasmanının nasıl değiştiği gözlenmiştir. Deneysel Çalışmada 30 olan kayma çivisi sayısı , şartnamelerce izin verilen en düşük sayı olan 16'ya yaklaştırıldıkça, kiriş açıklığında da deplasmanın arttığı gözlenmiştir. Kullanılan en düşük çivi sayısı olan 19 çivili modelde (Model 9) , 30 çivi kullanılan modele (Model 2) göre %4.4 daha fazla deplasman gözlenmiştir.

Ardından deneysel çalışmadaki bir diğer parametre olan yük konsantrasyonu değiştirilmiştir. Deneysel çalışmada kompozit kirişe 4 noktadan etki eden yük, 1 ve 2 noktaya konsantre edilerek, merkeze yoğunlaştırılan yükün hem deneysel çalışma sonuçlarıyla , çivi sayısının azalmasıyla nasıl değiştiği gözlenmiştir.

En büyük deplasmanlar , kiriş açıklığının ortasına tek noktadan konsantre edilen yük durumunda ortaya çıkmış , bu durumda 4 noktadan etki ettirilen yüktekine göre

%6.5'lük bir deplasman artışı olmuştur . 1 ve 2 noktaya etki ettirilen yük durumlarında da çivi sayısının azalmasıyla %2.4-%3.4 lük artışların olduğu kaydedilmiştir.

Bu çalışmada modeller arası kıyaslama için yalnız yükleme durumu ve çivi sayısı parametreleri değiştirilmiştir. Başka çalışmalarda bu parametrelerle beraber malzeme özellikleri , kayma çivisi özellikleri , kiriş açıklığı gibi parametrelerin de değiştirilmesi ile bu çalışma daha da ileriye götürülebilir . Sonlu eleman modelleme programlarındaki gelişmeler sayesinde, çok sayıda modelleme yaparak bunları birbirleriyle kıyaslamak, parametrik değişikliklerle sonuçlar arasındaki ilişkiyi gözlemlemek oldukça pratik hale gelmiştir.

Çoğunlukla akademik alan yerine doğrudan uygulamaya yönelik bina tasarımıyla ilgilenen mühendislerin , günümüzde daha da sık karşılaşmaya başladıkları çelik profil kirişlere oturan betonarme döşemelerin tasarım problemleri , ülkemizde bu konuda yapılacak akademik çalışmalarla giderileceği düşünülebilir . Kompozit kiriş kullanılması, kat kirişlerinde büyük ekonomik avantajlar sağlamaktadır. Bu konuda bir standart eksikliğimiz olması , TSE 'nin yapacağı bir düzenleme için bu gibi çalışmaların artmasını gerektirecektir .

## KAYNAKLAR

1. Queiroz , F . D . , “Finite Element Modelling of Composite Beams With Full and Partial Shear Connection “, *Journal of Constructional Steel Research*,63:505-521 ( 2006)
2. Arda , T. S., “Kompozit Kirişlerin Plastik Hesabı”, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 1-87 , (2000)
3. Rambo-Roddenbery, M . D . , “Behaviour and Strength of Welded Stud Shear Connectors”, Doctor of Philosophy , *Virginia Polytechnic Institute and State University* , Blacksburg , 179-202 (2002)
4. Abdollahi A., “Numerical Strategies in the Application of the FEM to RC structures I”, *Computers and Structures*, 58(6):1171-82 (1996)
5. Chapman J.C. , Balakrishnan S., “Experiments on Composite Beams”, *The Structural Engineer*, 42(11):369-83 (1964)
6. “Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Buildings , AISC, *American Institute for Steel Construction (AISC)*, Chicago , (1999)
7. Barker , Richard M., Puchett , Jay .A , “Design Of Highway Bridges” , *John WaleySorc Inc.* , 835-846 , (1997)
8. Lam D , El-Lobody E , “Behaviour of Headed Stud Shear Connectors in Composite Beam” , *Journal of Structural Engineering* , 131(1), (2005)
9. “Manual of Steel Construction”, *American Institute for Steel Construction (AISC)*, Chicago, (1970)
10. “Design of Composite Steel and Concrete Structures “ , Part I:General Rules and Rules for Buildings , *Eurocode 4* , (1994)

**EKLER**

## EK-1. Kayma Çivisi Kataloğu



✓ Check Standard Stock

### NELSON STUD WELDING

*SPECIFICATION: Metric **ANC** ANS, ANA Unthreaded Stored Arc® Studs*

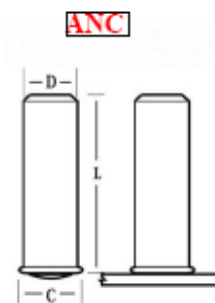
Metric Nelson ANC, ANS and ANA unthreaded studs are designed to be welded to thin gauge sheet metal using the Stored-Arc® method of stud welding, or a transformer/rectifier power-control source in the short-cycle mode. These applications generally provide a weld bond that is greater than the strength of the sheet to which they are welded.

Nelson Stored Arc studs have a flanged weld base that is 1mm greater than the nominal stud diameter. The "A" flange allows automatic stud feeding for increased production speeds. The flange also increases the stress area on the sheet. Standard studs come in lengths up to 30mm.

Unthreaded Stored Arc® studs are commonly used as locator or stop points. They may also be tapped with internal threads, or have smaller diameter externally threaded extensions. They also may have Speed Clips or self-threading nuts installed on them, and can be made with special chamfers to aid in the installation of such clips or nuts.

Mild steel studs are copper flash plated, stainless studs are passivated, and aluminum studs are acid etched to assure superior weld results.

For similar function metric studs, see Nelson **ATC Threaded Stored Arc® studs**, **AXC "Fir Tree" studs**, **Grounding studs**, **H8X "T" studs**, and **"W" Top Wide Flange studs**. In the imperial line of Nelson studs, see **TATC Auto-Feed Capacitor Discharge studs**, **TFNC Flanged Capacitor Discharge studs**, **TFTC Flanged Capacitor Discharge studs**, and **TUTC Unflanged Capacitor Discharge Studs**.



When ordering, specify **Type, Description, Material, Quantity, and Part Number**

*Example: ANC M4 x 8.25mm; Mild Steel; 10,000 pieces; #101211133*

Stud Diameter D	Flange Thickness A	Flange Diameter C	Minimum Length L*	Required Standard Accessories		
				Chuck	Foot	Spark Shield
3.00	0.75	4.00	8.00	5000011355	502001137	511001108
4.00	0.90	5.00	8.00	500001003	501001137	511001108
5.00	1.10	6.00	8.00	500001003	502001137	511001108
6.00	1.30	7.00	10.00	500001276	502001137	511001108
8.00	1.65	9.00	12.00	500001009	502001137	511001108

**MATERIALS:** Studs are available in Low Carbon Mild Steel with copper flash plate (ANC), 18-8 Stainless Steel (ANS), and 1100 Aluminum (ANA). Some materials may be available by special order. For specific grade information and physical and chemical properties, conforming standards, and information on stud plating and heat treating, please see **General Material Specifications**.

**\*AUTO FEED:** For automatic feed applications, stud length must be a minimum of 1-1/2 times the flange diameter. Studs to be used in automatic feed systems must be 100% sorted (Auto Feed quality). Therefore, "Auto Feed (AF) Quality" must be requested and specified at time of quotation and order entry.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : GEDİK , Erdem  
 Uyuğu : T.C.  
 Doğum tarihi ve yeri : 13.07.1982 Ankara  
 Medeni hali : Bekar  
 Telefon : 0 (312) 476 88 75  
 Faks : 0 (312) 476 88 55  
 e-mail : [erdem\\_gedik@hotmail.com](mailto:erdem_gedik@hotmail.com)

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / İnş Müh. Bölümü	2008
Lisans	Gazi Üniversitesi/ İnş Müh. Bölümü	2005
Lise	Gazi Anadolu Lisesi	2000

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2005-2005	ARM Müh. Müş. Ltd. Şti	Proje Müh.
2005-	BMAK Müh. Müş. Ltd. Şti	Proje Müh.

### Yabancı Dil

İngilizce  
 Almanca