



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
İNŞAAT FAKÜLTESİ - İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

DÜZLEM ÇERÇEVE SİSTEMLERİN SAP2000 İLE ÇÖZÜMÜ

PROF. DR. ALİ KOÇAK

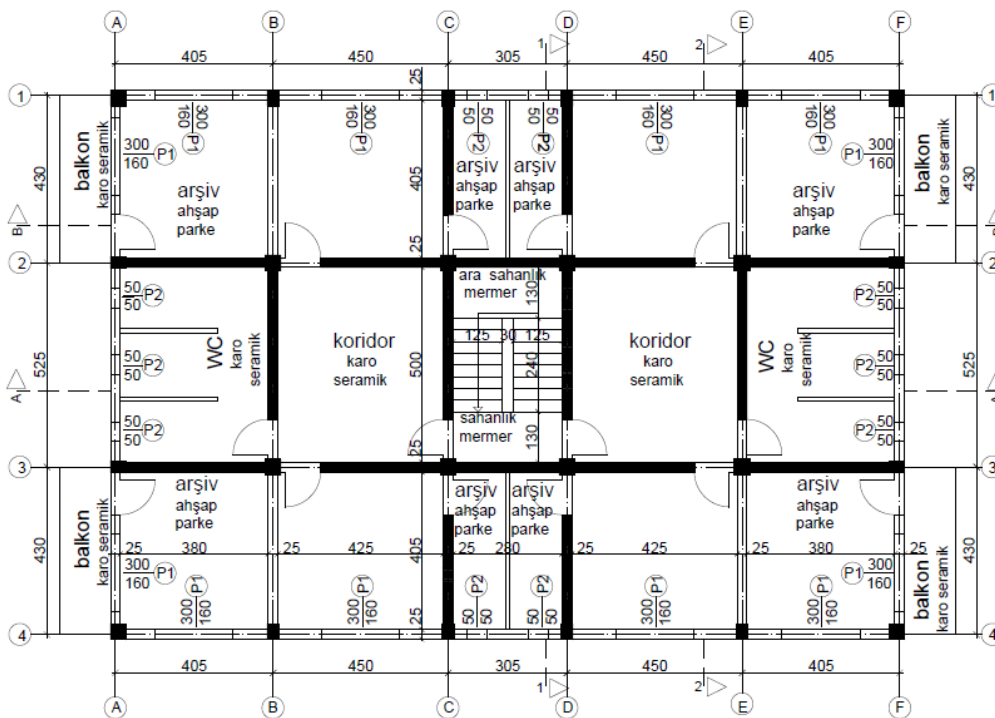
NİSAN 2021

1. Yapı Sistemlerinin Tasarımı ve Modellenmesi

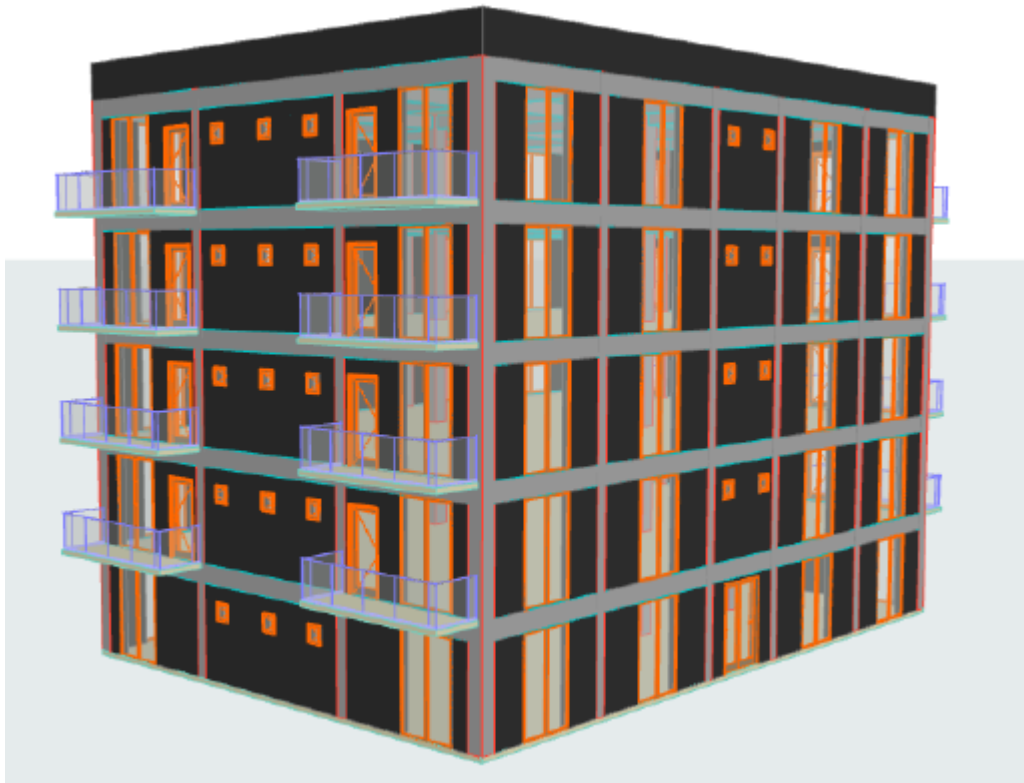
Yapı sistemlerinin tasarımında amaç, yapıya gelen yüklerin taşıyıcı sistem elemanlarında hiçbir hasar oluşturmada güvenle zemine aktarılmasını sağlamaktır. Ayrıca tasarımda süneklik, rijitlik ve dayanım ilke olarak göz önünde bulundurulmalıdır. Tasarımın yanı sıra sistemin sayısal olarak modellenmesi de kesit tesirleri ve gerilmeler açısından sonucu önemli şekilde etkilemektedir. Bir yapısal sistemin veya yapısal sistemin taşıyıcı elemanlarının dış yükler altında kesit tesirleri veya gerilme bağıntılarını matematiksel denklemlerle ifade etmek ve bu bağıntıları çözmek hem külfetli hem de zaman alıcıdır. Bunun yerine yapı sistemini veya yapı elemanlarını gerçeğe yakın sayısal yöntemlerle modellemek ve çözmek daha pratik olacaktır. Bu yöntem gerek statik yükler için ve gerekse deprem gibi dinamik yükler için geçerlidir. Ancak yapılan bu idealleştirme sonuçlarda veya hesaplarda dikkate alınmalıdır. Örneğin binaya etki eden deprem kuvvetleri statik yük olarak değil de dinamik yük olarak dikkate alınırsa, Türkiye bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018' e göre sonuçta binaya etki eden dinamik yükler statik yüklerin 0,9 katından az olamaz. Bu durum yalnızca hesaplardaki basitleştirici ya da idealleştirmeler sonucunda dikkate alınmaz, ayrıca idealleştirilen yapının fiziksel durumu da hesapları etkileyecektir. Örneğin Türkiye bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018' e göre *“Planda çıkıntılar olması ve/veya döşeme süreksizliği bulunan binalarda, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarabildiğini göstermek üzere iki boyutlu levha (mambren) veya kabuk sonlu elemanlar ile modellenenecektir.”*

Sistemin sayısal modellenmesinde ise; gerçek sistem davranışını temsil edecek yaklaşımlarda bulunmak gerekmektedir. Buradan da anlaşılacağı gibi tasarımın gerek davranış yönünden ve gerekse ilgili yönetmeliklere göre sünek, dayanıklı ve yeterli rijitliğe sahip olması, modelleme yönündense gerçek davranışı verecek şekilde kurgulanması güvenli yapı imalatı açısından önemlidir. Örneğin betonarme bir bina Şekil 1' de verildiği gibi 3 boyutlu olarak modellenenecektir. Binada yönetmeliklerde verilen düzensizlikler yoksa binanın kat döşemelerini ayrıca modellemeden yalnızca kolon, kiriş, temel gibi diğer taşıyıcı elemanları modellemek, her kat seviyesinde rijit diyafram tarifi yapmak yeterli olacaktır. Bu da çözümü kısaltacak, bilinmeyen sayısını azaltacaktır. Yine modellemelerde zemindeki çökme ve dönmelerin üst yapıya etkisi veya binanın temel altı kazıklardaki etkisi dikkate alınmak istenirse, sayısal modelde binanın temeline zeminin dönme ve oturmalarını temsil

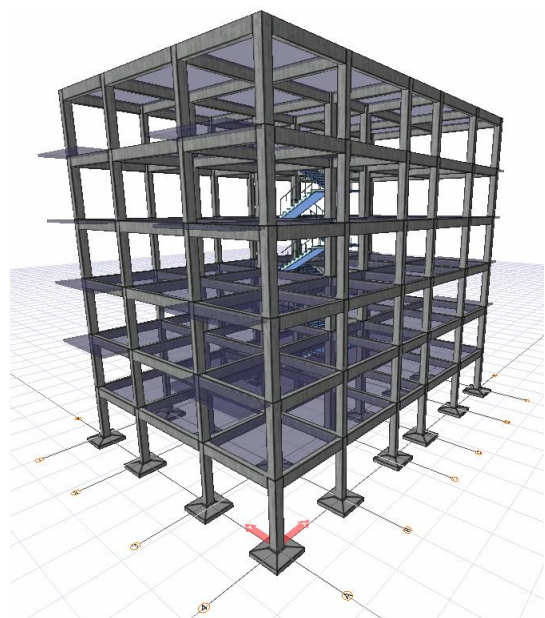
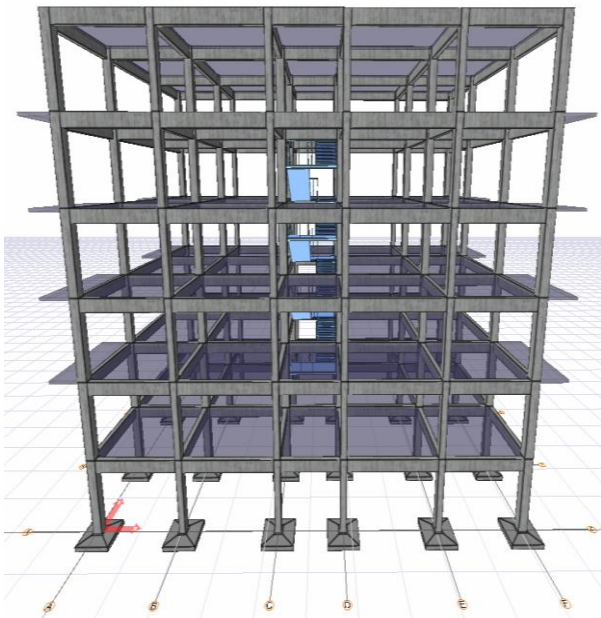
(a)



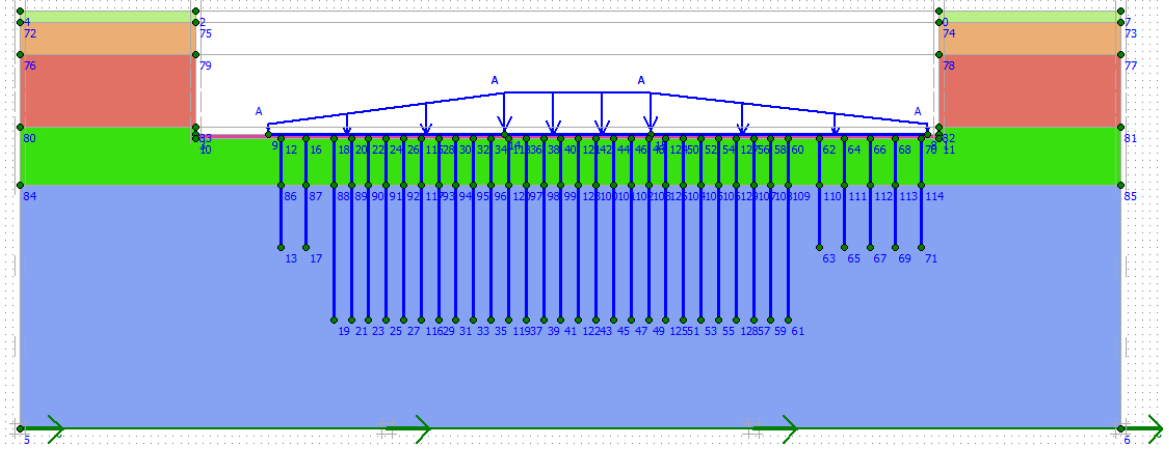
(b)



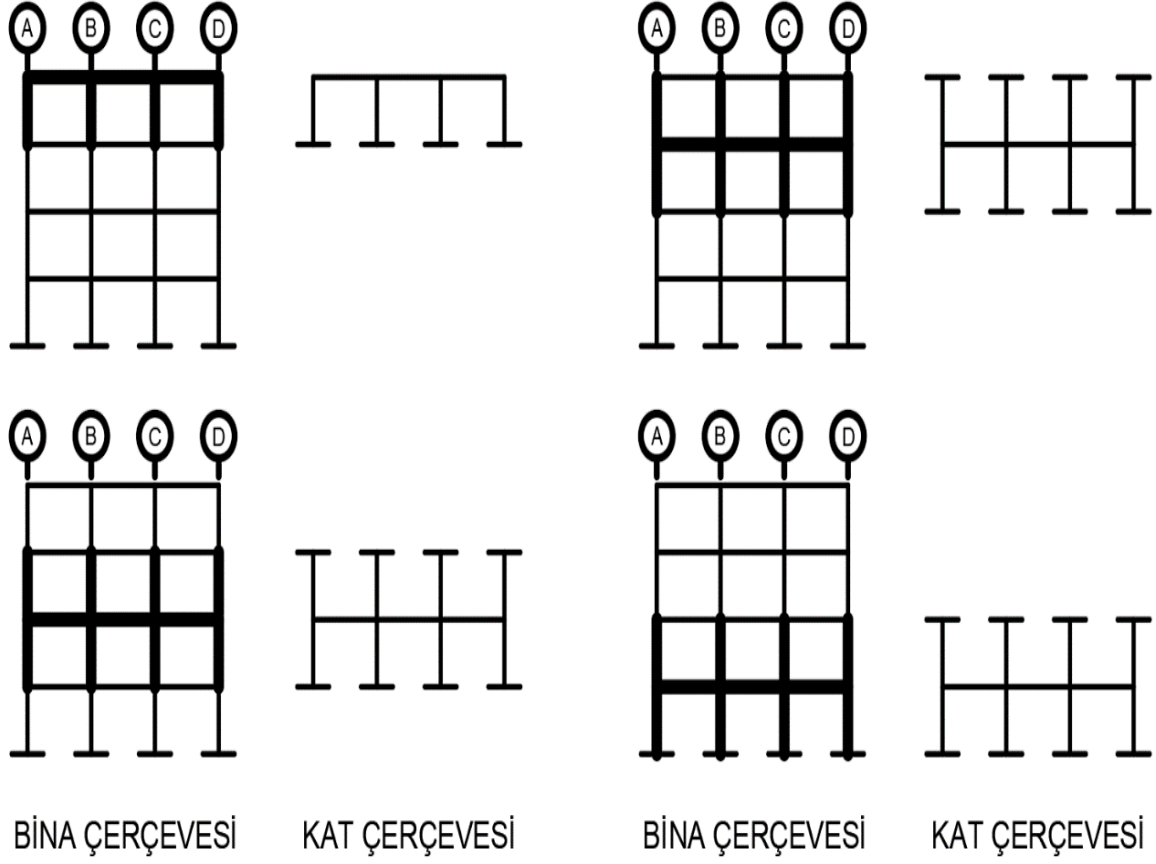
(c)



(d)



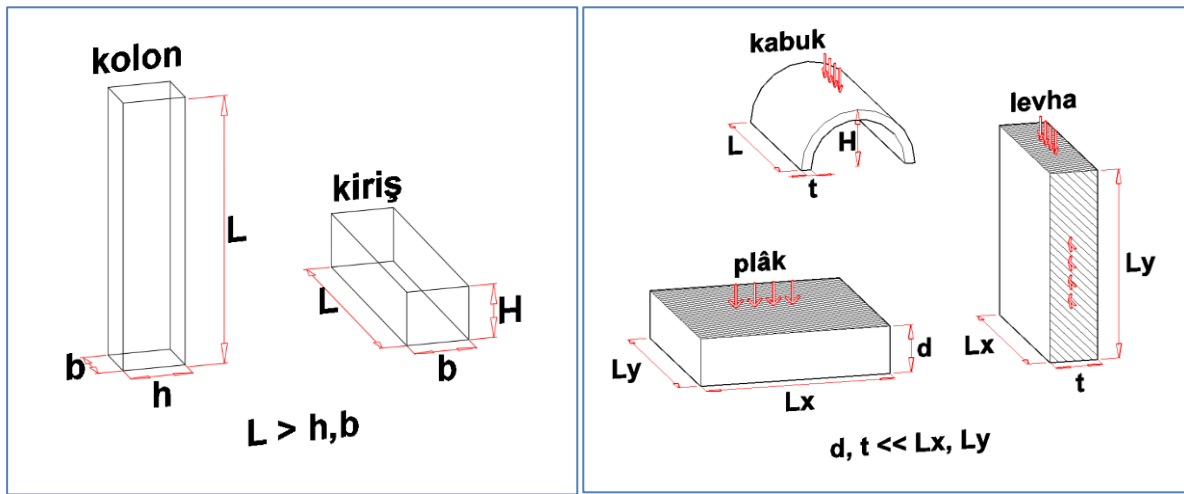
Tasarım için olmasa da, taşıyıcı elemanların kısmi kontrolü için binanın bazı çerçevelerini tek tek ele almak mümkündür. Bu bina çerçevesi veya kat çerçevesi şeklinde olmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Bina ve Kat Çerçeveleri

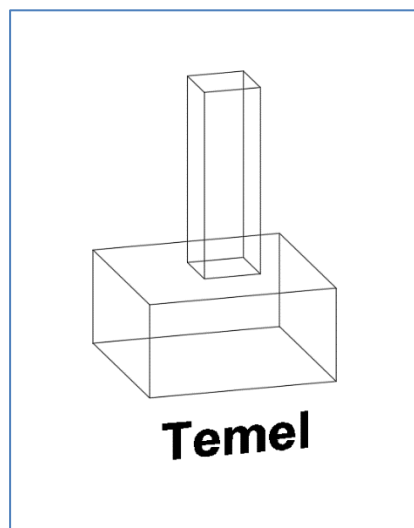
2. Taşıyıcı Elemanlar ve Çubuk Sistemlerin Modellenmesi

Taşıyıcı elemanları bir boyutlu, iki boyutlu ve üç boyutlu elemanlar olarak üç gruba ayırabiliriz. Bir boyutlu taşıyıcı elemanlar, iki boyutunun diğer üçüncü boyutuna göre çok küçük olan kolon, kiriş vb elemanlardır. İki boyutlu taşıyıcı elemanlar, kalınlıkları diğer iki boyutuna nazaran çok küçük olan levha, plak ve kabuk gibi elemanlardır. Üç boyutu da bir birine yakın elemanlar ise üç boyutlu taşıyıcı elemanlar olarak tanımlanır ve temeller buna örnek olarak verilebilir (Şekil 4). Bir boyutlu taşıyıcı elemanlara aynı zamanda çubuk elemanlarda denilmektedir. Çubuk elemanların oluşturduğu sisteme çubuk sistem de denilmektedir. Bu çalışmada yalnızca bu tür sistemler anlatılacaktır.



a) Bir Boyutlu Taşıyıcı Elemanlar

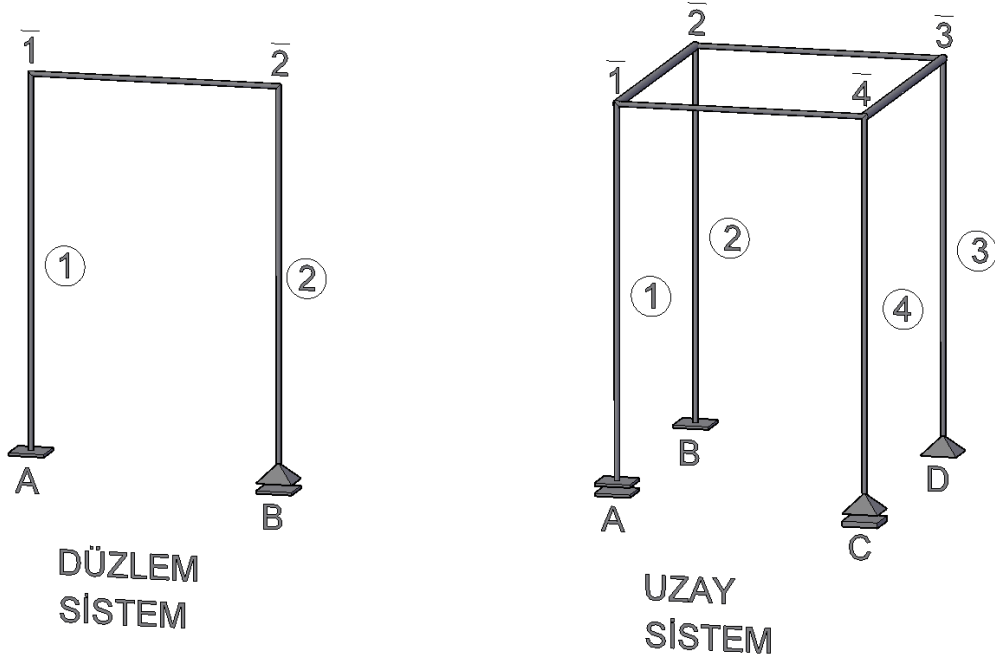
b) İki Boyutlu Taşıyıcı Elemanlar



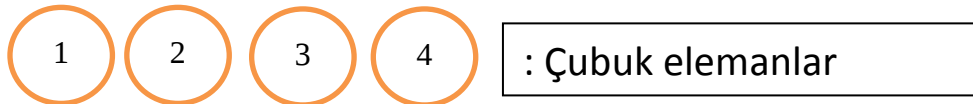
c) Bir Boyutlu Taşıyıcı Elemanlar

Şekil 4. Bir, İki ve Üç Boyutlu Taşıyıcı Elemanlar

Bir boyutlu taşıyıcı elemanların düğüm noktası, mesnet, mafsal gibi elemanlarla birlikte kullanılmasından yada birlikte teşkilinden oluşan sisteme çubuk sistem, bunun birbirine dik iki düzlemde ele alınmasından oluşan sisteme düzlem çerçeve sistemler denilmektedir. Çerçeve sistemlerin birbirine dik üç düzlemde dikkate alınmasından meydana gelen sistemlere ise uzay sistemler denilmektedir (Şekil 5).



A, B, C, D : Mesnetler

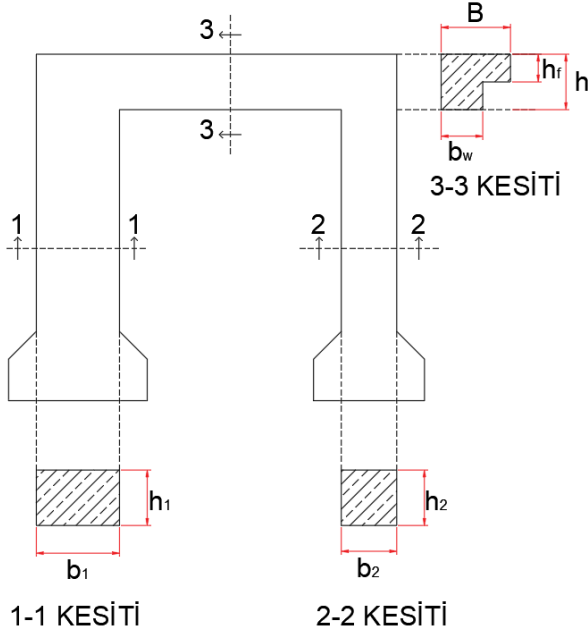


1, 2, 3, 4 : Düğüm noktaları

Şekil 5. Düzlem ve 3 Boyutlu Sistem

2.1. Çubuk Kesiti : Çubuğa dik olarak alınan kesite çubuk kesiti denir. Elde edilen kesitin alanı çubuk alanı, hangi doğrultuda işlem yapılacaksa, o doğrultuya ilişkin alınan atalet momenti çubuk atalet momentidir (Şekil 6). Şekil 6a' ve Şekil 6b' de görüldüğü gibi kiriş tablalı kiriştir. Kirişe etkiye eğilme momentinin pozitif olması durumunda kiriş kesitinin üstü kısmı basınç, alt kısmı ise çekmeye çalışacaktır. Bu durumda kiriş gövde genişliği basınç bölgesi içinde iken, kiriş kesitinin yanındaki döşemenin bir kısmı da basınç bölgesinin içinde yer alacaktır. Dolayısıyla kiriş kesiti T biçiminde

olacaktır. Bazı durumlarda kiriş gövdesinin bir yanında döşeme de bulunabilir. Bu durumda kiriş kesiti Γ şeklinde olacaktır.

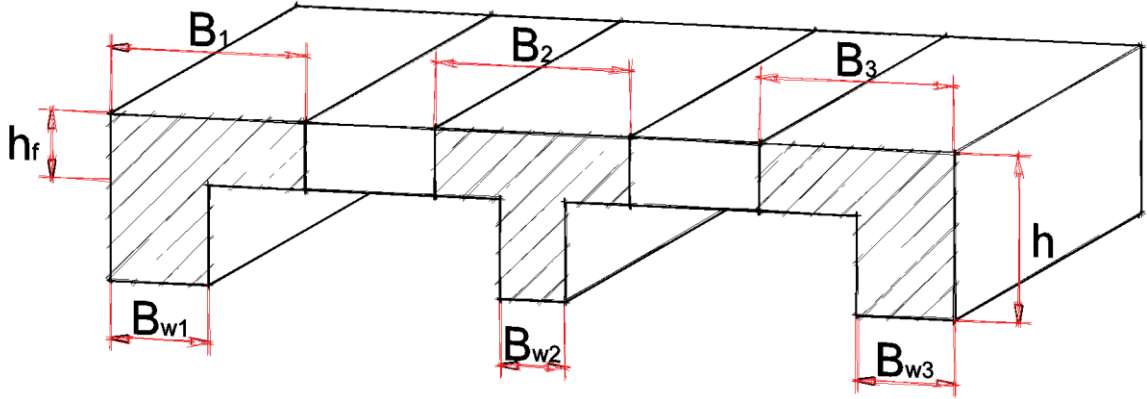


B_1, B_2, B_3 : Etkin tabla genişliği

b_w : kiriş gövde genişliği

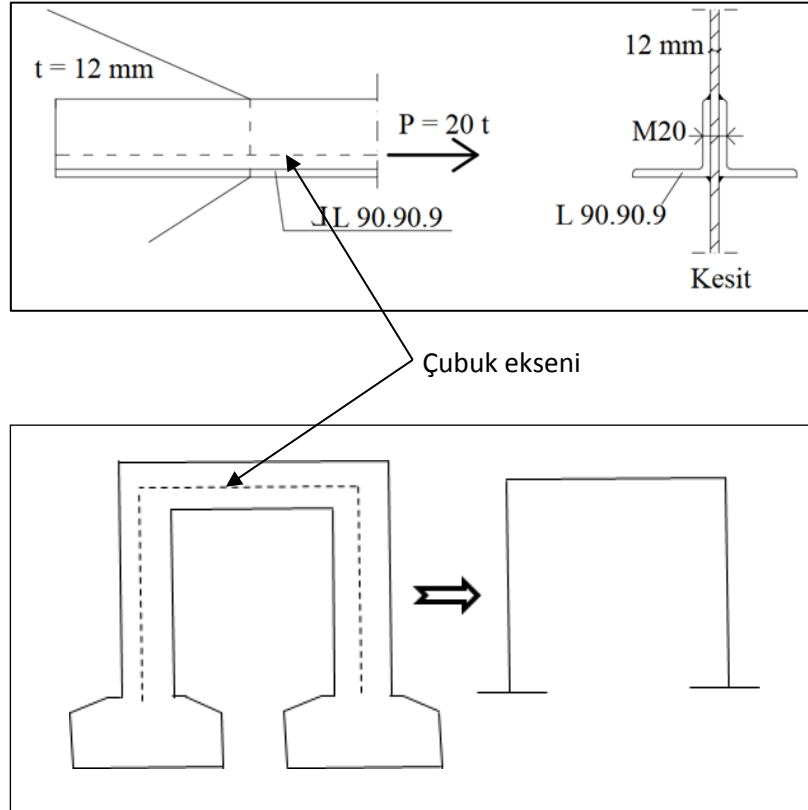
h : kiriş yüksekliği

h_f : döşeme kalınlığı



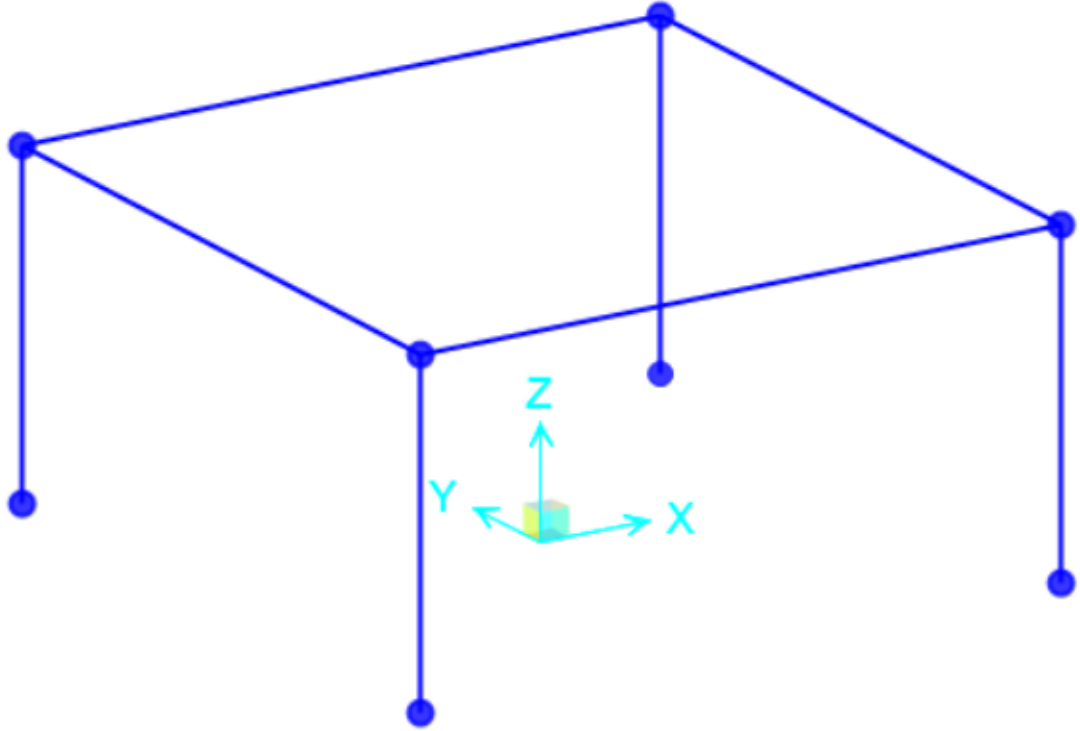
Şekil 6. Kolon, Kiriş Kesitleri

2.2.Çubuk ve Sistem Eksenleri, Koordinat Dönüşümü: Çubuğa dayatılan dik kesitle çubuk arakesitinin ağırlık merkezini birleştiren noktaların geometrik yerine çubuk eksenini denir (Şekil 7). Sonlu elemanlar ve matris-yer değiştirme yöntemlerinde çubuk ve sistem eksenleri ayrı ayrı tarif edilir. Hesap sonucu bulunan kesit tesirleri ve gerilmeler de bu eksen takımlarına göre değerlendirilir. SAP2000 ve benzeri yazılımlarda sistem eksenleri global eksenler, çubuk eksenleri ise lokal eksenler olarak tariflenir.



Şekil 7. Çubuk eksenleri

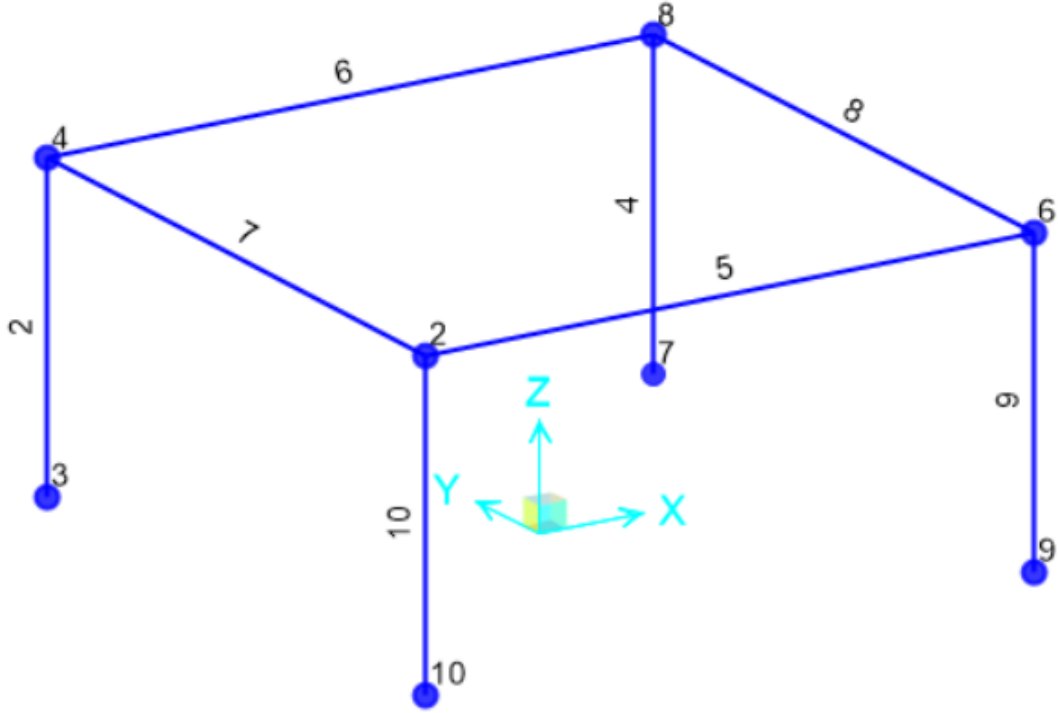
2.3. SAP2000' de Eksen Takımları: SAP2000 iki farklı eksen takımını kullanmaktadır. Bunlar global ve local eksen takımlarıdır. Global eksen takımları isminden de anlaşılacağı gibi elemanlardan bağımsız olarak tanımlanmış kartezyen koordinat sistemidir. Her ne kadar SAP2000 her doğrultuyu istenilen şekilde kullanmaya olanak verse de, Z doğrultusu düşey yön olarak kabul edilirken X ve Y diğer iki doğrultu olarak kullanılır. Şekil 7'de tanımlanan uzay çerçeve sistemin ortasında SAP2000'in tanımladığı global koordinat sistemi ve pozitif yönleri gösterilmektedir.



Şekil 7. Global koordinat sistemi

SAP2000'in kullandığı bir diğer koordinat sistemi, lokal koordinat sistemidir. Lokal koordinat sistemi ise SAP2000'de kullanılan her elemanın kendine özel olarak tanımlanmış koordinat sistemidir

Lokal koordinat sisteminin tanımlarına geçmeden önce SAP2000'in çubuk geometrisini oluşturma prensibinin anlaşılması gerekmektedir. SAP2000'de elemanlar düğüm noktalarının (joint) birleşimlerinden oluşmakta olup Şekil 8'de görüldüğü üzere 10 numaralı düşey çubuk eleman 10 ve 2 numaralı noktaların birleşiminden oluşmaktadır. Burada elemanı tanımlarken SAP2000 başlangıç ve bitiş noktası üzerinden tanımlama yapmaktadır. Modelleme sırasında eleman tanımı sırasında ilk tıklanan nokta başlangıç noktası yani i olarak tanımlanırken son tıklanan nokta ise j noktası olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 8. Çubuk ve Düğüm Noktalarının isimlendirmeleri

SAP2000 elemanlara özel lokal koordinat sistemini tanımlarken elemanın başlangıç ve bitiş noktalarını da gözeterek 3 eksen tanımlı yapmaktadır. Lokal eksen takımı 1,2 ve 3 şeklinde isimlendirilmiştir. Program lokal eksen takımının hızlı bir şekilde anlaşılması için her bir doğrultu için bir renk belirlemiş olup;

Lokal Eksen 1 – Kırmızı →

Lokal Eksen 2 – Yeşil →

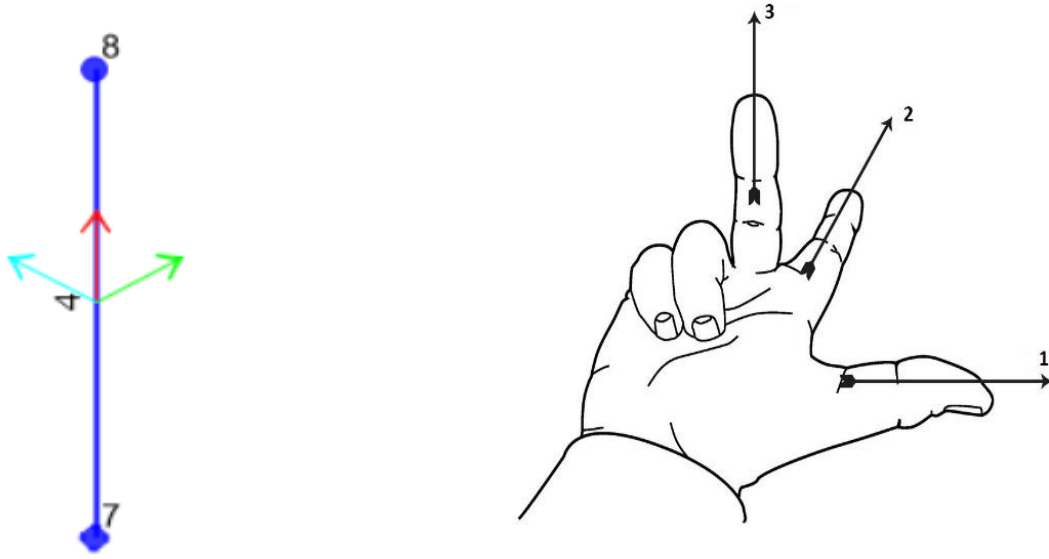
Lokal Eksen 3 – Mavi →

olarak göstermektedir.

Elemanlarda 1 no'lu lokal eksen elemanın boyuna doğrultusundaki ekseni olmakla birlikte pozitif yönü başlangıç noktasından bitiş noktasında yani i noktasından j noktasına doğrudur. Şekil 9'da i (başlangıç noktası) 7, j (bitiş noktası) 8 olan bir çubuk eleman tanımlanmış ve eleman 4 numaralı eleman olarak gösterilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı üzere 1 no'lu lokal eksen çubuk boyuna doğrultusunda olup, i noktasından j noktasında doğru

olup kırmızı ok ile gösterilmiştir. 2 ve 3 no' lu eksenler ise sırası ile yeşil ve mavi renk ile gösterilmiştir.

Düşey elemanlarda yeşil ile gösterilen 2 no'lu eksen takımı X doğrultusunda olmakta iken mavi ile gösterilen 3 no'lu eksen takımı ise Şekil 9b'de gösterilen sağ el kuralı ile tespit edilebilir. Yatay elemanlarda ise 2 no'lu eksen takımı her zaman z eksenine paralel olmakla birlikte 3 no'lu eksen takımı sağ el kuralı ile tespit edilebilir.



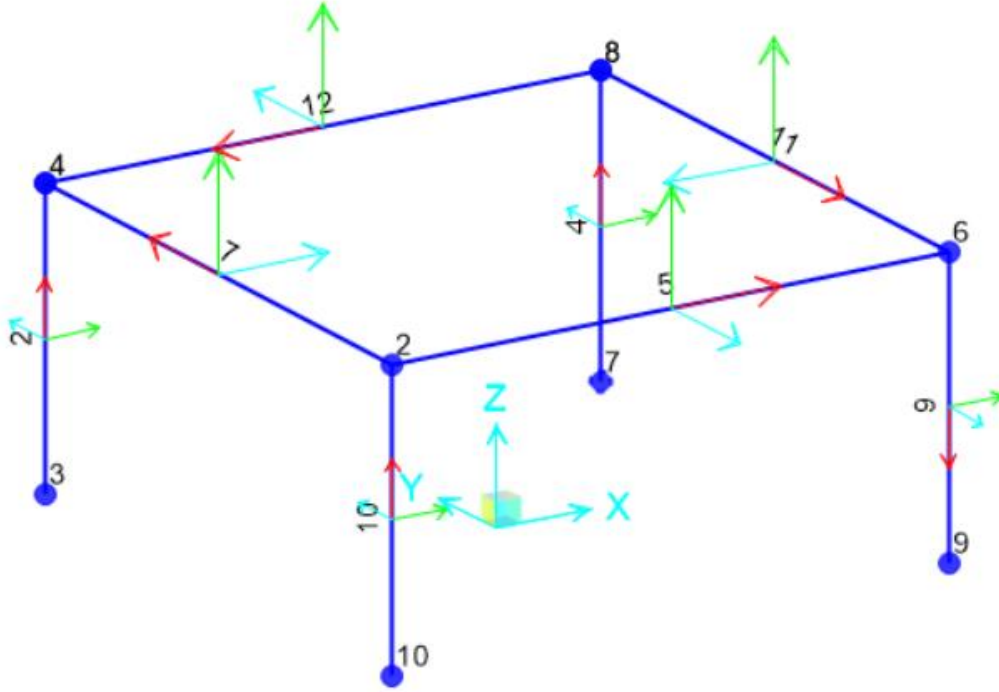
a. Lokal eksen takımları

b. Sağ el kuralı

Şekil 9. SAP2000' e göre lokal eksen kuralı

Şekil 10 dikkate alınarak örnek vermek gerekirse, 10 numaralı çubukta i ucu 10 numaralı nokta j ucu ise 2 numaralı nokta olduğunda lokal eksen takımı 1 numara 10 numaralı noktadan 2 numaralı noktaya, 2 nolu eksen x doğrultusunda 3 numaralı eksen takımı ise sağ el kuralı çerçevesinde y yönünde oluşmaktadır. 9 numaralı çubukda ise i noktası 6, j noktası 9 olarak tanımlanmış, dolayısıyla 1 nolu eksen 6 numaradan 9 numaralı noktaya göre oluşturulmuş, 2 numaralı ekse x doğrultusunda 3 numaralı eksen ise sağ el kuralı çerçevesinde -y doğrultusunda oluşturulmuş olur.

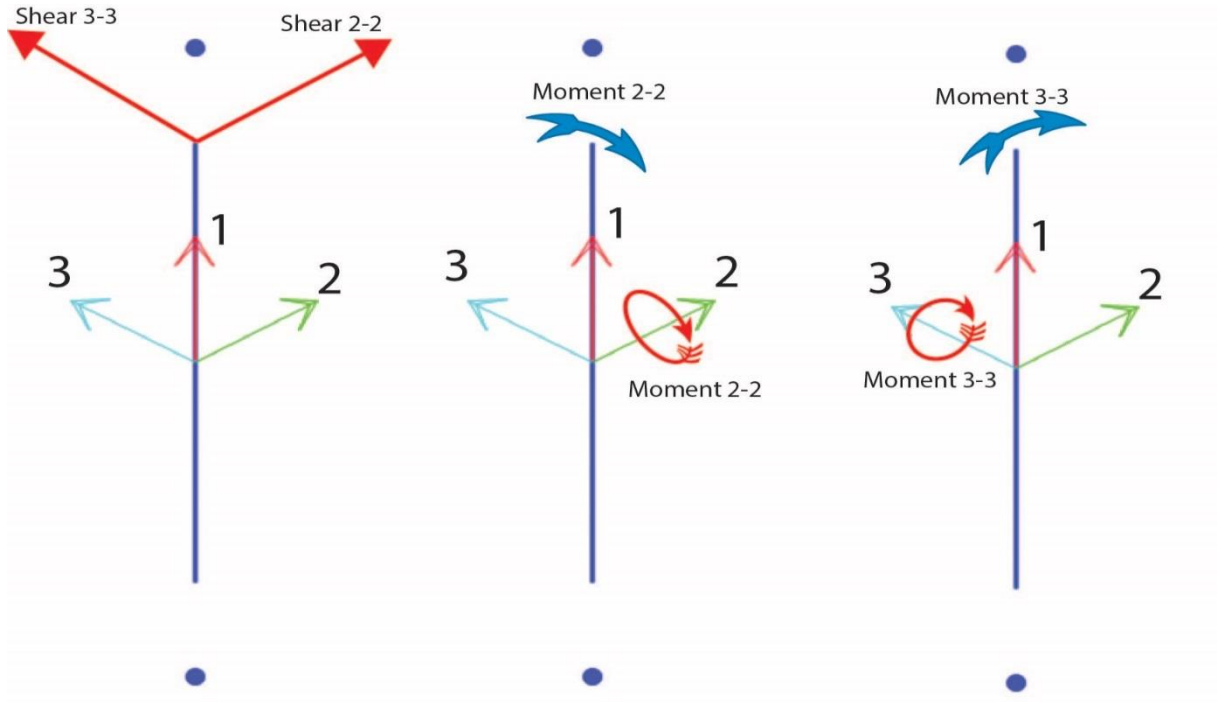
Yatay elemanlarda ise 1 eksenini yine başlangıç noktasında bitiş noktasına doğru oluşturulurken, 2 eksenini düşey olarak z doğrultusunda yerleştirilir. 3 no'lu eksen ise sağ el kuralı ile yerleştirilir.



Şekil 10. Lokal Eksen Takımları

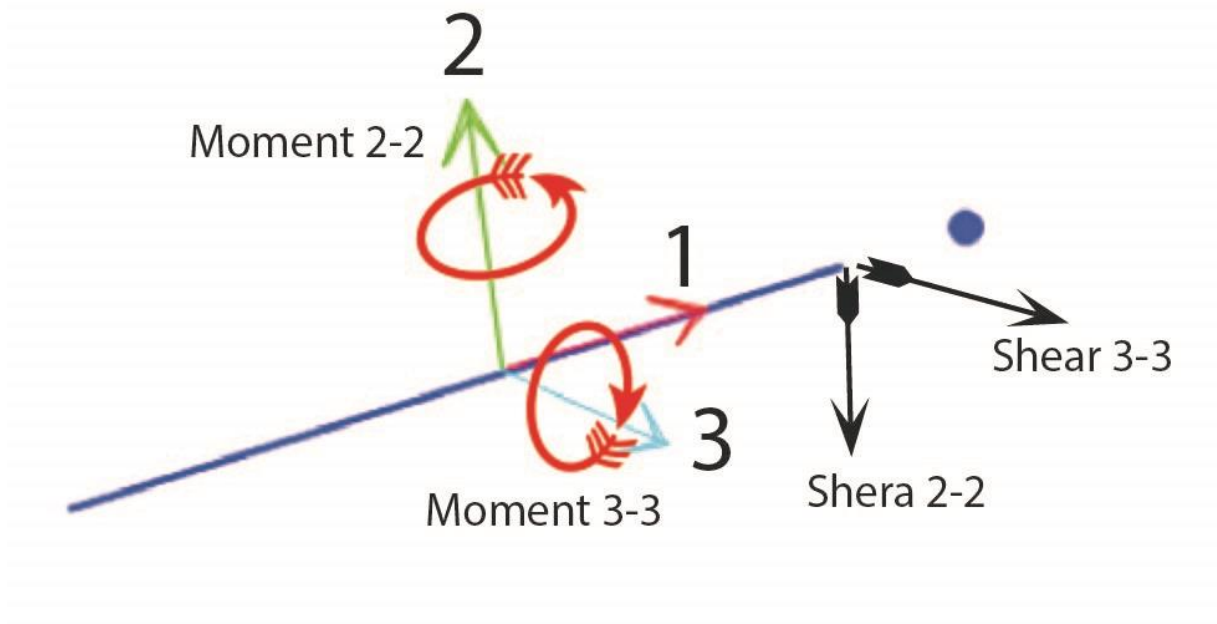
SAP2000 üzerinde moment ve kesme kuvvetlerinin gösterimi ise lokal eksenler üzerinde yapılmaktadır. Şekil 11’de görüldüğü üzere çubuğun 2 doğrultusunda kesme kuvveti Shear 2-2, 3 no’lu doğrultuda Shear 3-3 ile else edilmektedir.

Moment konusunda ise çubuğun 2 eksenı etrafında dönmesini sağlayan moment Moment 2-2 ile gösterilirken 2 eksenı etrafında dönmesini sağlayan moment ise Moment 3-3 ile gösterilir.



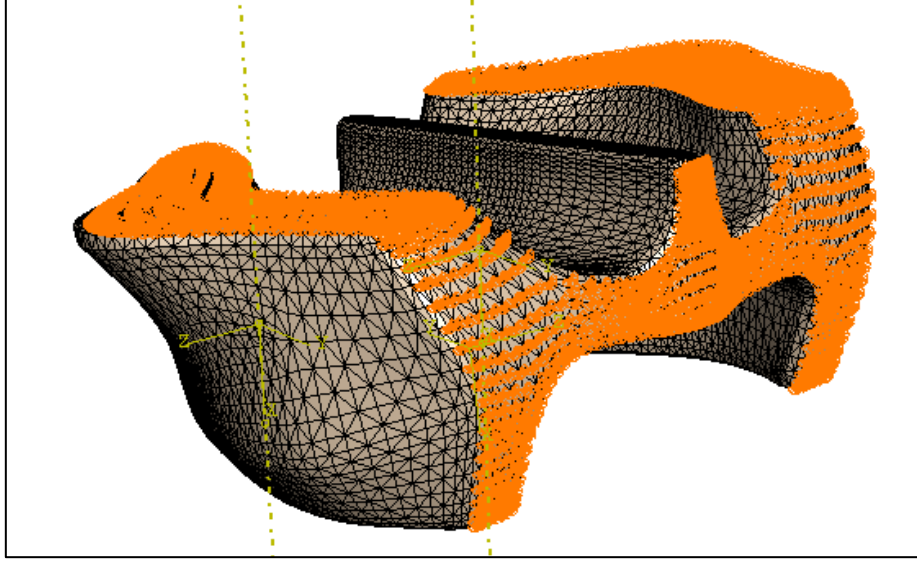
Şekil 11. SAP2000' de Moment ve Kesme kuvveti yönleri

Kirişlerde momentler incelendiğinde ise Şekil 12'de gösterildiği gibi 2 no'lu doğrultuda yani kirişin kesme kuvveti hakim doğrultusundaki kesme kuvveti Shear 2-2 ile gösterilirken Kirişin düzlem içi momentini yani 3 eksenini etrafında dönmesine sebep olacak moment ise Moment 3-3 ile gösterilmektedir. Shear 2-2 ve Moment 2-2 ise sırasıyla düzlem dışı moment ve düzlem dışı momentini göstermektedir

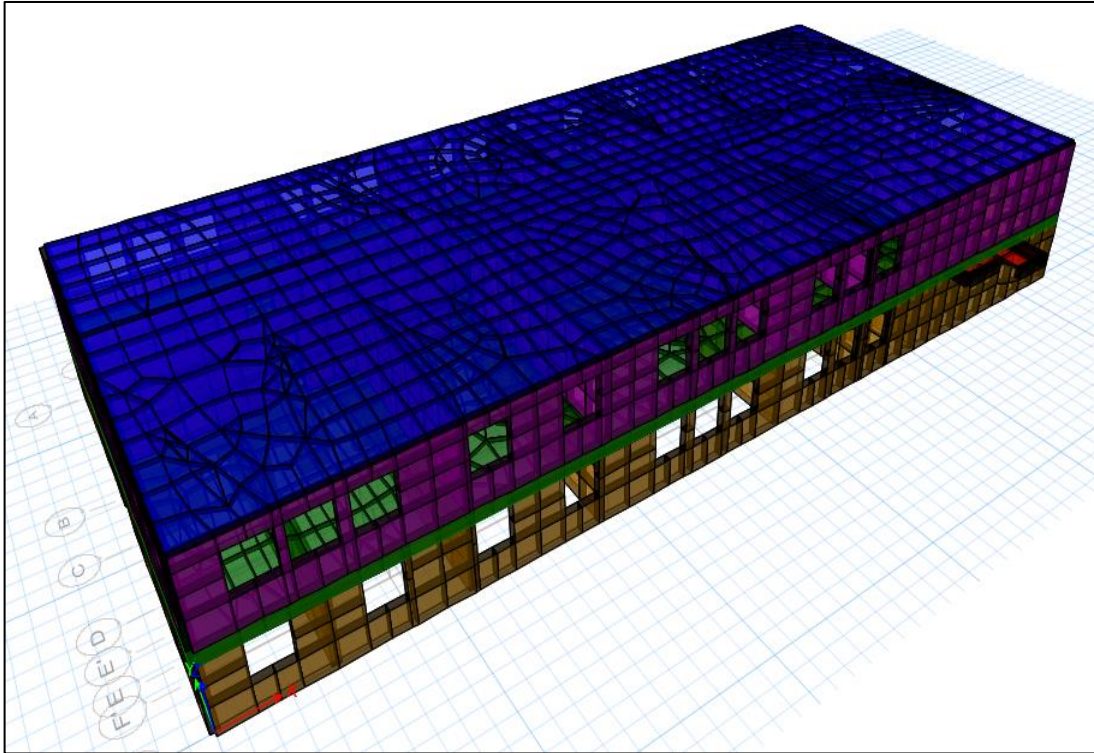


Şekil 12. Kirişlerde kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri

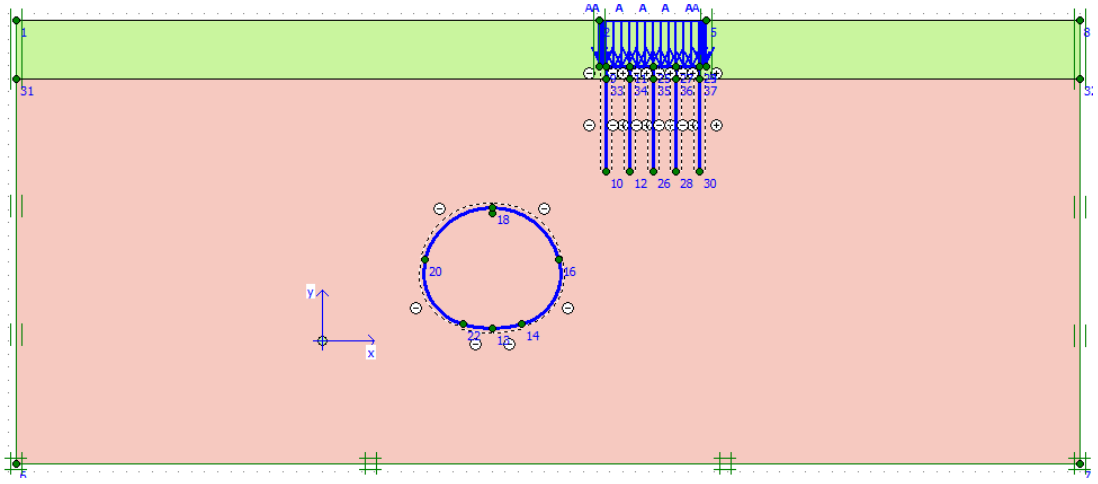
2.4.Sonlu Elemanlar ve Matris Yerdeğiştirme Yöntemi: Sonlu Elemanlar Yöntemi; sürekli bir sistemi veya elemanı çözümüne de uygun düşecek şekilde daha küçük elemanlara ayırarak, elde edilen elemanlar üzerinde enerji teoremleri uygulamak ve sonrasında bu elemanların birleştirilmesine dayalı sayısal varyasyonel bir yöntemdir (Şekil 13).



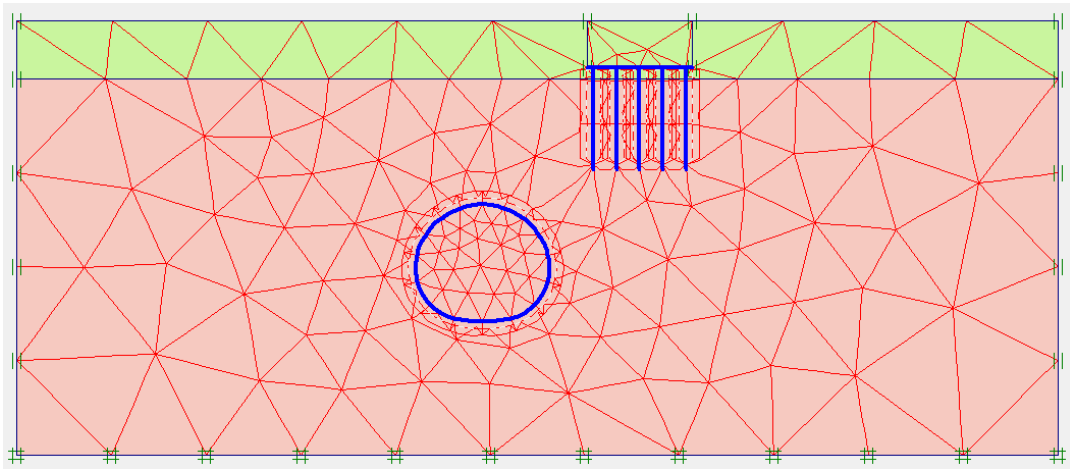
(a) Çene kemiği sonlu elemanlar modeli



(b) Y
ığm
a
Bina
Sonl
u
ele
man
lar
mod
eli



(c) Tünel, bina ve bina kazıklarının durumu



(d) Tünel, kazık ve zeminin sonlu elemanlar modeli

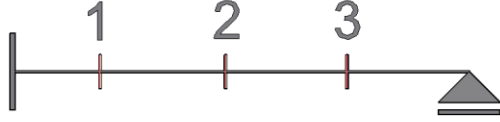
Şekil 13a,b,c,d. Çeşitli sistemlerin sonlu elemanlar modeli

Sonlu Elemanlar Yöntemi analitik yöntemlerle çözilemeyen karmaşık problemlere rahatlıkla uygulanabilir. Ele alınan sistemdeki mesnet koşulları, dış yüklerin değişimi, dinamik yükler kolayca göz önüne alınabilir. Sonlu elemanlar yönteminde sistem sonlu sayıda elemana ayrılmaktadır. Sistemi oluşturan elemanların her birine sonlu elemanlar denir ve birleştikleri köşe noktaları da düğüm noktası olarak adlandırılır (Şekil 14). Aşağıda şekilden de görüleceği gibi seçilen sonlu elemanın şekli ve fonksiyonu plak, levha, çubuk veya kabuk için farklıdır. Hatta çözümü yapılacak herhangi bir şekil için de o şekle özel sonlu eleman tipi seçilmelidir. Seçilecek olan sonlu eleman tipi o sistemin yer ve şekil değiştirme, sınır koşullarını sağlamalıdır.

ÇÖZÜMÜ YAPILACAK ELEMAN ÇUBUK İSE



Çubuk (1 Boyutlu) Eleman

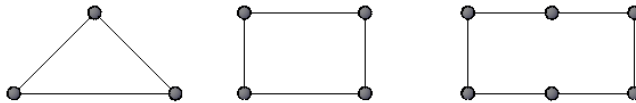
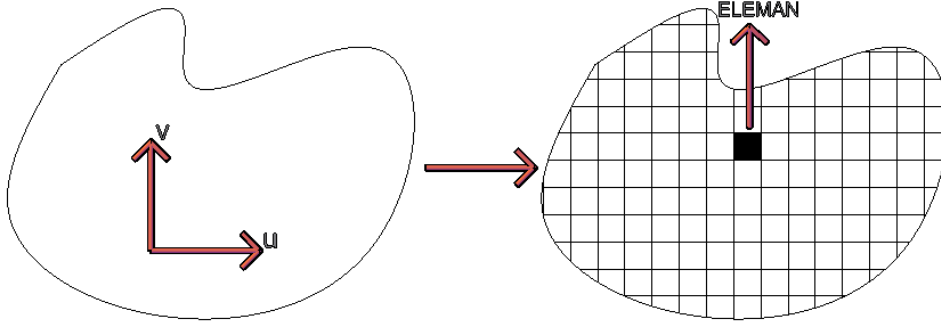


Çubuğun Sonlu Elemanlara Ayrılması



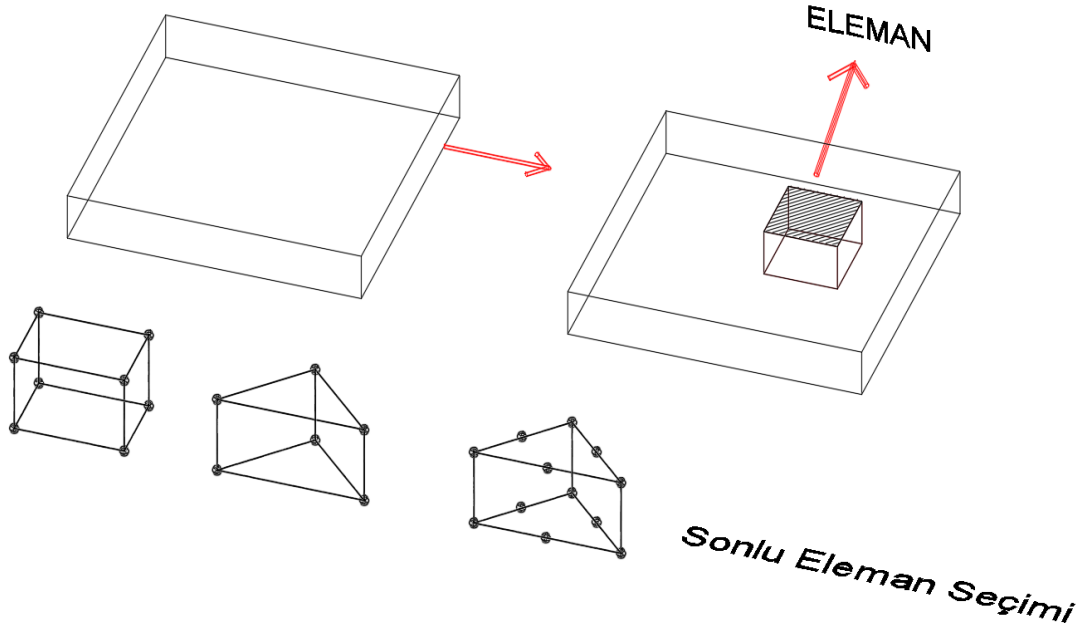
Sonlu Eleman Seçimi

ÇÖZÜMÜ YAPILACAK ELEMAN YÜZEY İSE



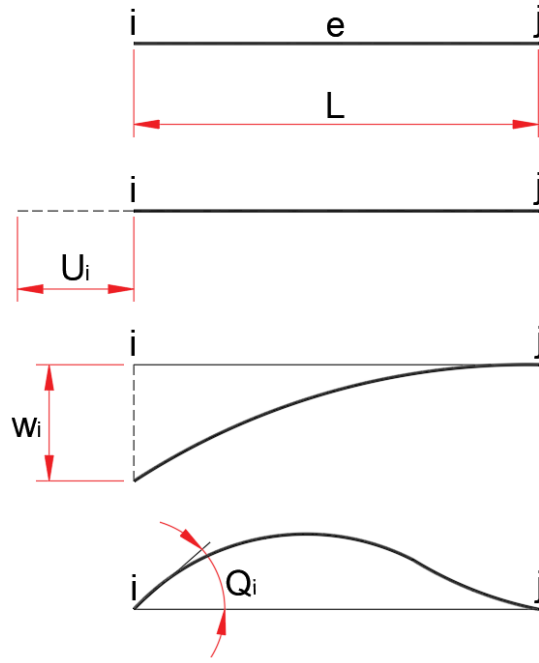
Sonlu Eleman Seçimi

ÇÖZÜMÜ YAPILACAK ELEMAN 3 BOYUTLU İSE

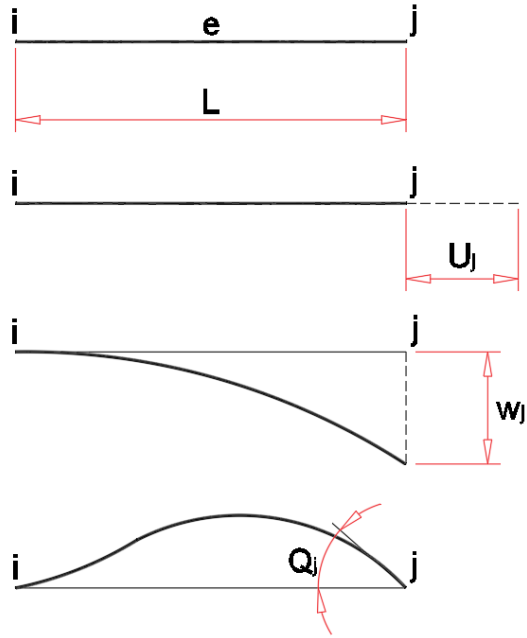


Şekil 14. Bir, iki ve üç boyutlu sistemlerde örnek sonlu eleman seçimleri

Sonlu eleman yüzeyinin şekil değiştirmesi; düğüm noktalarının yerdeğiştirme parametrelerine bağlı olarak ifade edilebilir (Şekil 15). Yer değiştirme parametreleri; yer değiştirme bileşenleri (u_i, v_i) , dönmeler (θ_i, θ_j) ve burulma eğriliği gibi yerdeğiştirme vektörlerini içermektedir. Örneğin, eğilme hesaplarında düğüm noktalarının yerdeğiştirme parametrelerinin belirlenmesi, sistemin yerdeğiştirme yüzeyinin ve her düğüm notasındaki kesit tesirlerinin belirlenmesi için yeterlidir.



a) Çubuğun i ucunun yer değiştirmeleri



b) Çubuğun j ucunun yer değiştirmeleri

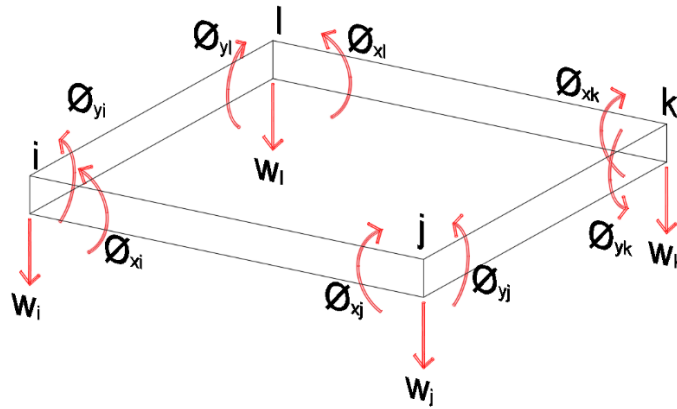
Şekil 15. Çubuk elemanda uç yer değiştirmeleri ve seçilen yer değiştirme fonksiyonları

Yerdeğiştirme fonksiyonları, rijit cisim hareketi ve şekil değiştirme şartını sağlayacak şekilde seçilmelidir. Koordinat eksenini değişince çözüm farklı olmamalıdır. Bun için yer değiştirme fonksiyonları ya tam polinom veya tabii koordinatlarının fonksiyonu şeklinde olmalıdır. Örneğin çubuğun i ve j uçlarındaki yer değiştirmeler uzama (u), çökme (w) ve dönme (θ) ise yer değiştirme fonksiyonları uzama için $u^e = \bar{a}_1 + \bar{a}_2x$, çökme ve dönme yer değiştirmeleri için $w^e = a_1 + a_2x + a_3x^2 + a_4x^3$ şeklinde seçilebilecektir. Buradan da anlaşılacağı gibi çubuk elemanın her düğüm noktasında 3 serbestlik olmak üzere 2 düğüm noktasında toplam 6 serbestlik olacaktır (Şekil 16).



Şekil 16. Çubuk elemanda toplam yer değiştirmeler

Benzer şekilde plak elemanı ele alacak olursak ve sonlu elemanı dörtgen eleman olarak seçecek olursa, her düğüm noktasında bir düşey ve iki dönme doğrultusunda yer değiştirme olduğu dikkate alınır, bir düğümde 3 serbestlik olmak üzere toplam elemanda 12 serbestlik olacaktır (Şekil 17). Bu durumda seçilecek yer değiştirme fonksiyonu ya da polinomu, $w^e = a_1 + a_2x + a_3y + a_4x^2 + a_5xy + a_6y^2 + a_7x^3 + a_8x^2y + a_9xy^2 + a_{10}y^3 + a_{11}x^3y + a_{12}xy^3$ şeklinde olacaktır.



Şekil 17. Plak elemanın yer değiştirmeleri

Seçilen yer değiştirme fonksiyonuna ya da polinoma, çubuğun her bir u yerdeğiştirmesi bir birim olarak ve elemanın $x = 0, x = l$ gibi sınır koşulları da dikkate alındığında polinomun $a_1, a_2, a_3, \dots$ katsayıları belirlenmiş olur. Bu fonksiyona şekil fonksiyonu denir. Her bir eleman için belirlenen şekil fonksiyonları yardımı ile elemanın rijitlik ve yk matrisleri belirlenip, birleştirme matrisleri ile sistemin rijitlik ve yk matrisleri bulunur. Varyasyona dayalı hesaplar sonucunda sistem ve çubuk u yer değiştirmeleri ile çubuk u kuvvetleri hesaplanmış olur.

İki boyutlu düzlem ve üç boyutlu uzay ereve sistemlerin iç kuvvet, şekil değiştirme ve yer değiştirmelerinin hesabında sıklıkla kullanılan diğer bir yöntemde matris- yer değiştirme yöntemidir. Yöntemde, sonlu elemanlar yönteminde olduğu gibi çubuk eleman rijitlik ve yük matrisi bulunur. Birleştirme matrisleri yardımıyla sistem rijitlik ve yk matrisleri hesaplanır. sistem çözümünün sonucunda sistem ve çubuk u yer değiştirmeleri ile çubuk u kuvvetleri hesaplanır. Ancak matris- yer değiştirme yönteminde sonlu elemanlar yönteminde olduğu gibi varyasyon yöntemler kullanılmayacaktır.

2.5.Sap 2000 Yazılımı

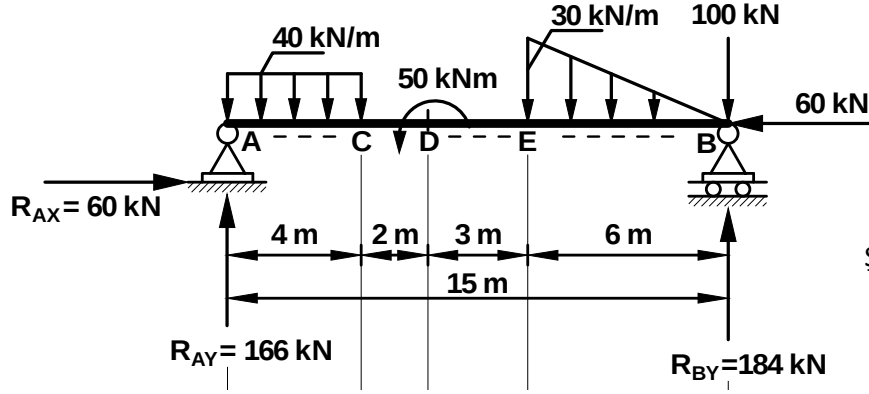
Yapı retiminde, projelendirmeden imalata kadar olan süreçte en önemli kısmı projelendirme ve tasarım süreci oluşturmaktadır. Projede bir hata imalatla %90' lara varan maliyet artışına sebep olmaktadır. Diğer yandan hatalı tasarımlar yapının dış yükler altında ciddi hasar almasına neden olmaktadır. Bununla birlikte yapı modelinin de gerçeğe yakın olması, hesap sonucu ortaya çıkan yer ve şekil değiştirmelerle kesit tesirlerinin de gerçeğe yakın olmasını sağlayacaktır. Bilgisayar teknolojisinin gelişimi, analiz ve boyutlandırma yapan yazılımların da gelişimini sağlamıştır. Bu yazılımlar sayesinde çok uzun ve zahmetli analizler çok daha kısa sürede ve gerçeğe daha yakın çözümler yapılabilmektedir. Bu yazılımlardan biri de SAP2000 yazılımıdır. Genel amaçlı sonlu eleman yazılımı olmasına rağmen, ereve sistemlerde matris-yer değiştirme, diğer kabuk, plak gibi elemanlarda sonlu elemanlar yöntemini kullanmaktadır. Doğrusal hesap, performans analizi, zaman tanım alanında hesapları rahatlıkla yapabilen bir yazılımdır. Grafik arayüzü sayesinde modelleme yapmak son derece kolaydır. Yazılımın bir çok hesabı kolay çözmesi, sonuçların da zlen yapı için yeterli ve uygun olacağı anlamına gelmemektedir. Burada daha önemli olan konu tasarımın da uygun olmasıdır. Başka bir deyişle iyi bir mühendislik; doğru tasarım, iyi bir modelleme ve hesap, iyi bir mühendislik sağduyusuyla gerçekleşecektir.

SAP 2000 yazılımında modelleme ve hesaplarda genellikle aşağıda verildiği gibi bir sıralama yapılmaktadır:

- a) Modelin tanımlanması: Grafik arayüzle sistemin uzunlukları ile birlikte düğüm noktaları, mesnetler, mafsallar, varsa yaylar, çubuk, kabuk, plak, levha vb elemanlar tanımlanarak sistem modeli oluşturulur.
- b) Malzeme özelliklerinin tanımlanması: Modelde kullanılacak beton, çelik, ahşap, alüminyum vb malzemeler karakteristik değerleri ile birlikte sistemde tanımlanır.
- c) Eleman kesitlerinin tanımlanması: Bu kısımda modelde kullanılan eleman kesitleri tariflenir. Gerekğinde eleman kesitleri grafik arayüz yardımı ile yazılımın kütüphanesinde bulunan kesitlerden farklı halde çizilerek sistemde tanımlanabilir.
- d) Yüklerin tanımlanması: Sisteme etki eden tüm yükler ve kombinasyonlar, kütleler ya da dinamik kuvvetler tanımlanır.
- e) Analiz: Hangi tür çözüm yapılacaksa, çözümler tanımlandıktan sonra sistem analizi yapılır. Çözüm sonuçları grafik üzerinden incelenebildiği gibi, tüm hesap çıktıları tablolar halinde de alınabilir.
- f) Boyutlandırma: İlgili yönetmeliklere göre çözümü yapılan sistemin dizaynı yapılır.

Grafik arayüzleri ve modellemeler örnekler üzerinde aşağıda anlatılmıştır.

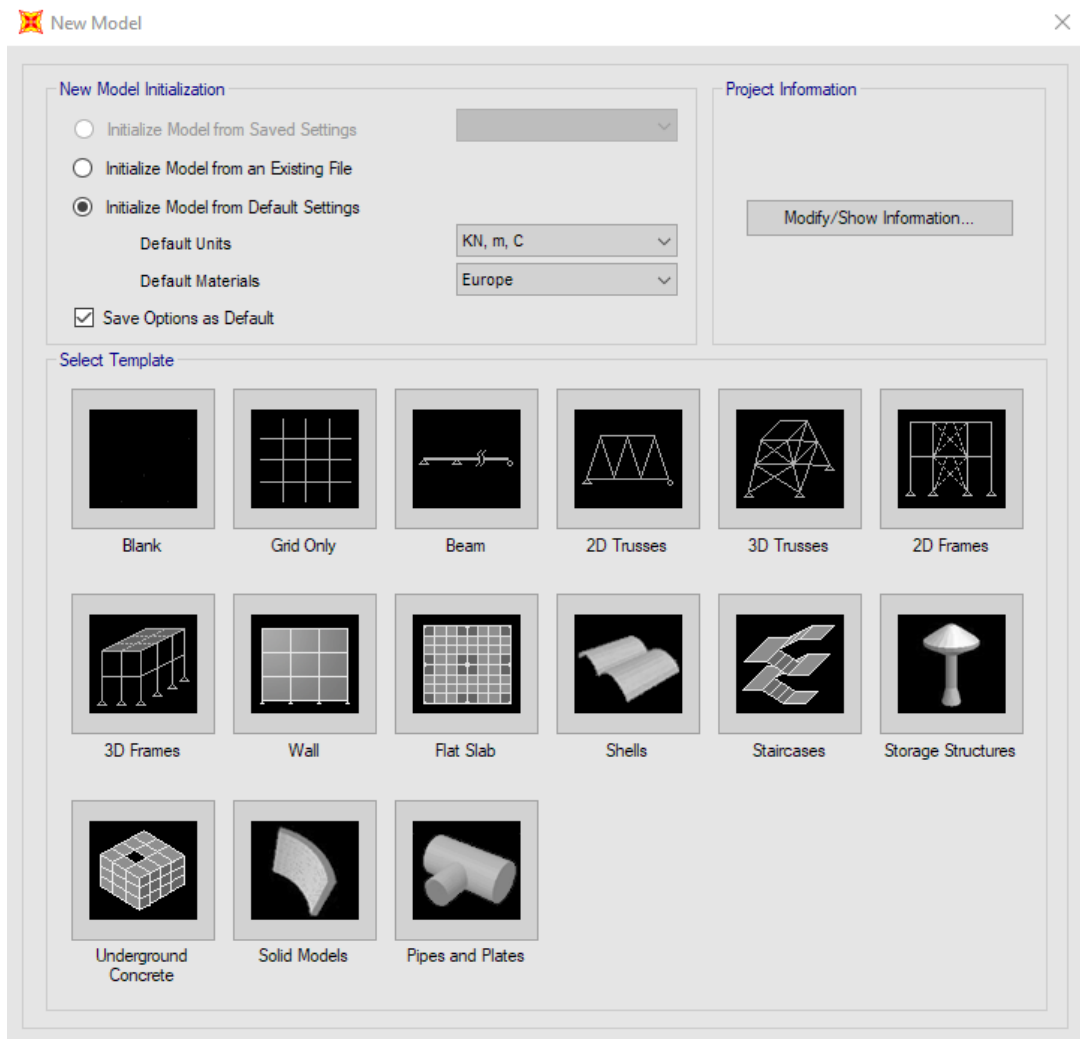
Örnek 1: Aşağıda Şekil 18’ de verilen basit kirişin kesit tesirleri diyagramlarını ve yer değiştirmelerini hesaplayalım.



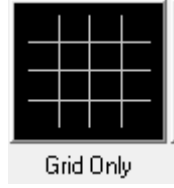
Şekil 18. Basit Kiriş

- **Sistem Geometrisinin oluşturulması**

1. Ekranın sağ alt köşesindeki **KN , m , C** seçilir. KN, m, C
2. **File** (Dosya) menüsünden **New Model** (Yeni Model) komutu seçilir (Şekil 19).



Şekil 19. SAP2000’ de Yeni Model Oluşturma

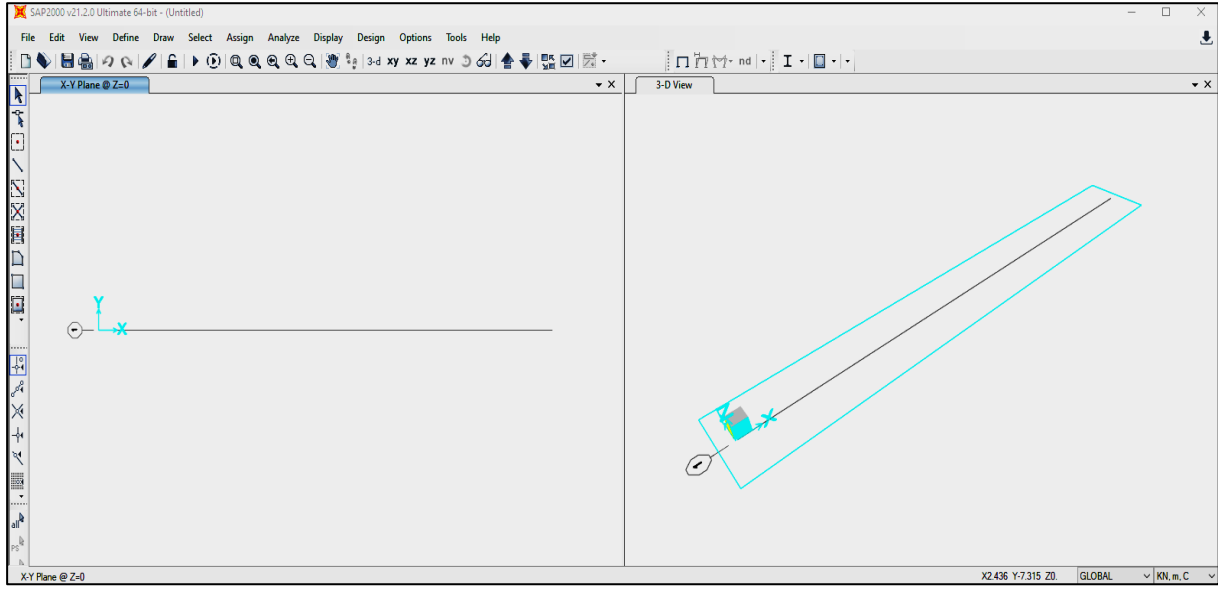


3. **Grid Only** (Sadece Izgara Çizgileri) seçeneği tıklanarak **New Coord/Grid System** (Yeni Koordinat / Izgara Sistemi) penceresi görüntülenir.Bu pencerede:

- **Cartesian** (Kartezyen) sekmesi seçilir.
- **Number Of Grid Lines** (Izgara Çizgi Sayısı) alanında, **X direction** (X doğrultusu) kutusuna 5 yazılır.
- **Number Of Grid Lines** (Izgara Çizgi Sayısı) alanında, **Y direction** (Y doğrultusu) kutusuna 1 yazılır.
- **Number Of Grid Lines** (Izgara Çizgi Sayısı) alanında, **Z direction** (Z doğrultusu) kutusuna 1 yazılır.
- **Grid Spacing** (Izgara Çizgi Aralığı) **X direction** (X doğrultusu) kutusuna 4 yazılır.
- **Grid Spacing** (Izgara Çizgi Aralığı) **Y direction** (Y doğrultusu) kutusuna 1 yazılır.
- **Grid Spacing** (Izgara Çizgi Aralığı) **Z direction** (Z doğrultusu) kutusuna 1 yazılır
- **OK** kutusuna tıklanır (Şekil 20).

Şekil 20. Izgara Çizgileri Oluşturma

Sistem düzlem çerçeve ve basit kiriş olduğundan Y ve Z eksenleri doğrultusunda herhangi bir çubuğa sahip bulunmamaktadır. Bu nedenle tabloda görüldüğü gibi Number of Grid Lines ve Grid Spacing değerleri 1 girilmiştir. Kartezyende Ok tuşuna basıldıktan sonra Şekil 21’ de verildiği gibi basit kirişin çizgisi elde edilir.



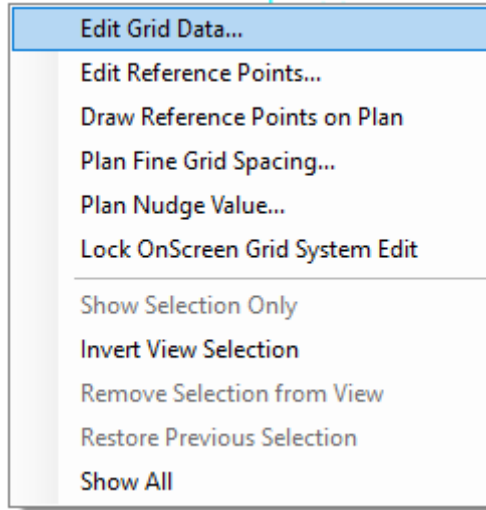
Şekil 21. Basit Kirişin Düzlem ve 3 Boyutlu Görünüşü

4. **3-D View** (3 Boyutlu Görünüş) penceresinin sağ üst köşesindeki 'x' işareti tıklanarak bu pencere kapatılır.
5. Ekranda **X-Z** düzlemi **Y=0** durumu görüntülenir.  (Şekil 22)



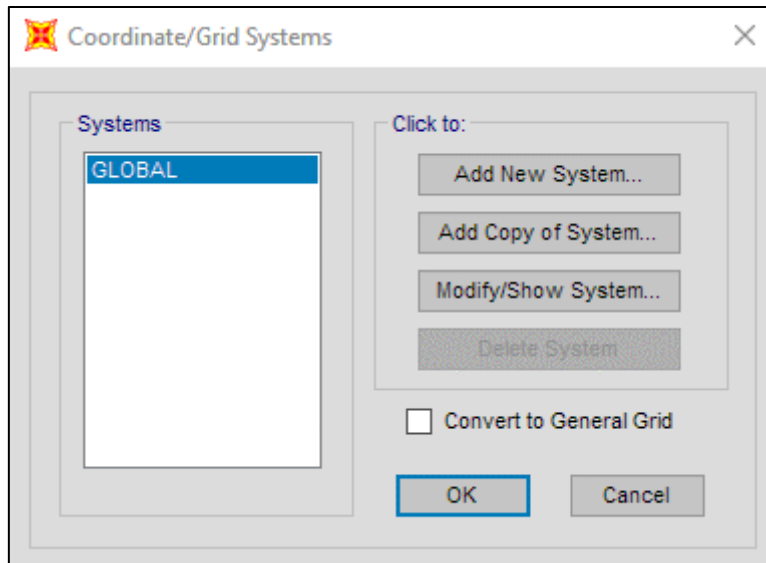
Şekil 22. Çubuğun X-Z düzlemindeki Görünümü

6. Daha sonra ekranda boş bir yerde mouse sağ tuşuna basarak aşağıdaki menü ekranı getirilir ve mouse sol tuşu ile **Edit Grid Data** seçeneğine tıklanır (Şekil 23).



Şekil 23.Mesafelerin Düzenlenmesi

7. Ekranı gelen **Coordinate /Grid Systems** iletişimindeki Global başlığı altındaki **Modify /Show System** düğmesine basarak **Coordinate /Grid System** ileti kutusu ekrana getirilir (Şekil 24).



Şekil 24. Global Sistem Mesafelerinin Düzenlenmesi

- **X Grid Data** bölümündeki listede bulunan **0, 4, 6, 9, 15** (X doğrultusunda açıklıkların mesafeleri kümülatif olarak toplandı) sayıları sırayla yazılır .
- **Y Grid Data ve Z Grid Data** bölümündeki listede bulunan **0** (Z doğrultusunda açıklık olmadığından mesafe değiştirilmedi).
- **2 Kez OK** düğmesine basılır ve böylece aks ölçüleri düzenlenmiş olur (Şekil 25).

Define Grid System Data

System Name: GLOBAL

X Grid Data

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
A	0	Primary	Yes	End	
B	4	Primary	Yes	End	
C	6	Primary	Yes	End	
D	9	Primary	Yes	End	
E	16	Primary	Yes	End	

Add Delete

Y Grid Data

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
1	0	Primary	Yes	Start	

Add Delete

Z Grid Data

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
Z1	0	Primary	Yes	End	

Add Delete

Grid Lines

Quick Start...

Display Grids as

☒ Ordinates ☐ Spacing

☐ Hide All Grid Lines

☒ Glue to Grid Lines

Bubble Size: 1.

Reset to Default Color

Reorder Ordinates

OK Cancel

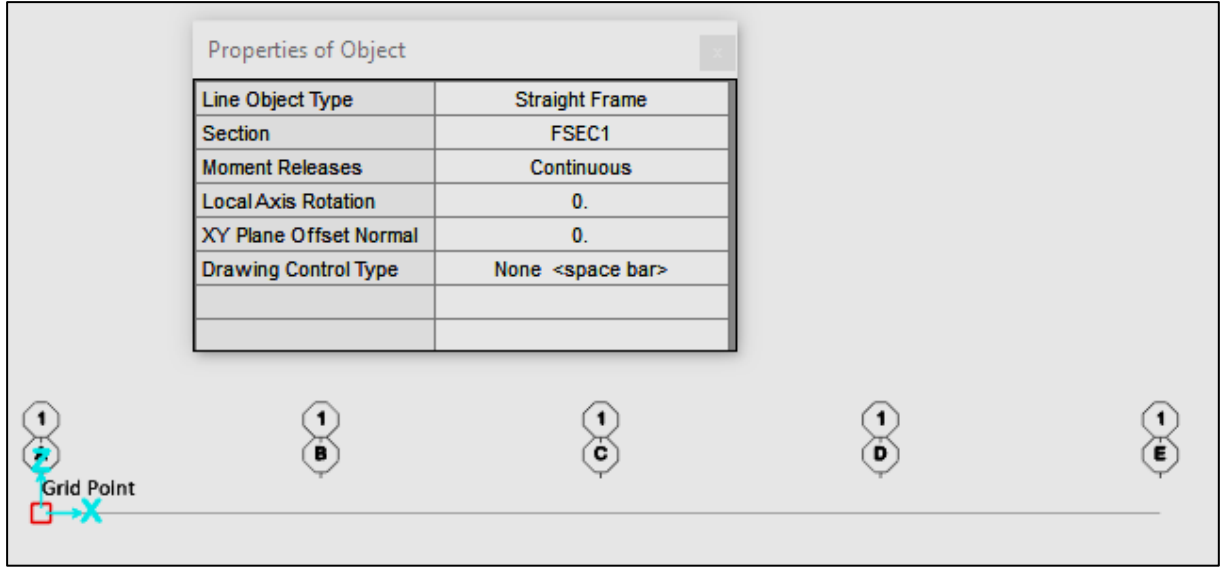
Şekil 25. X, Y ve Z mesafelerinin düzenlenmesi



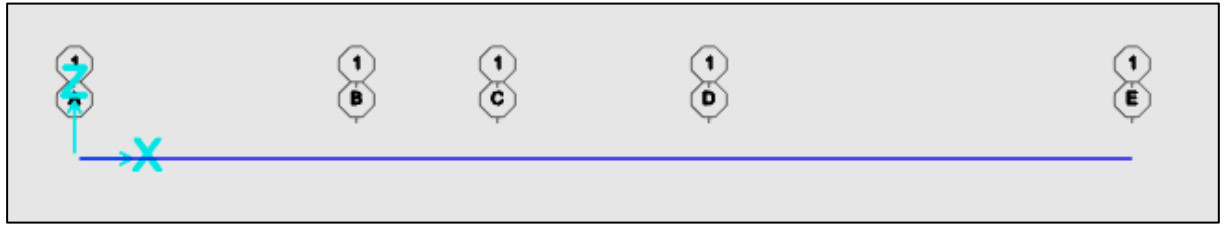
8.Araç çubuğundan **Draw Frame /Cable** (Çubuk /Kablo kutusuna tıklanarak ya da **Draw** (Çiz) menüsü , **Draw Frame /Cable** komutu seçilerek sırasıyla düğüm noktaları (Grid Point) arası birleştirilir.

veya;

9.Araç çubuğundan **Quick Draw Frame /Cable/Tendon** (Çubuk /Kablo /Tendon) kutusuna tıklanarak ya da **Draw** (Çiz) menüsü , **Quick Draw Frame /Cable/Tendon** (Hızlı Çizim Modu) komutu seçilerek yatay çubuklar ızgara çizgileri üzerine tıklanarak çizilir (Şekil 26). Sonuçta Şekil 27' de görüldüğü gibi düğüm noktaları arasındaki çubuklar tariflenmiş olur.



Şekil 26. Düğüm Noktaları Arasındaki Çubukların Çizilmesi

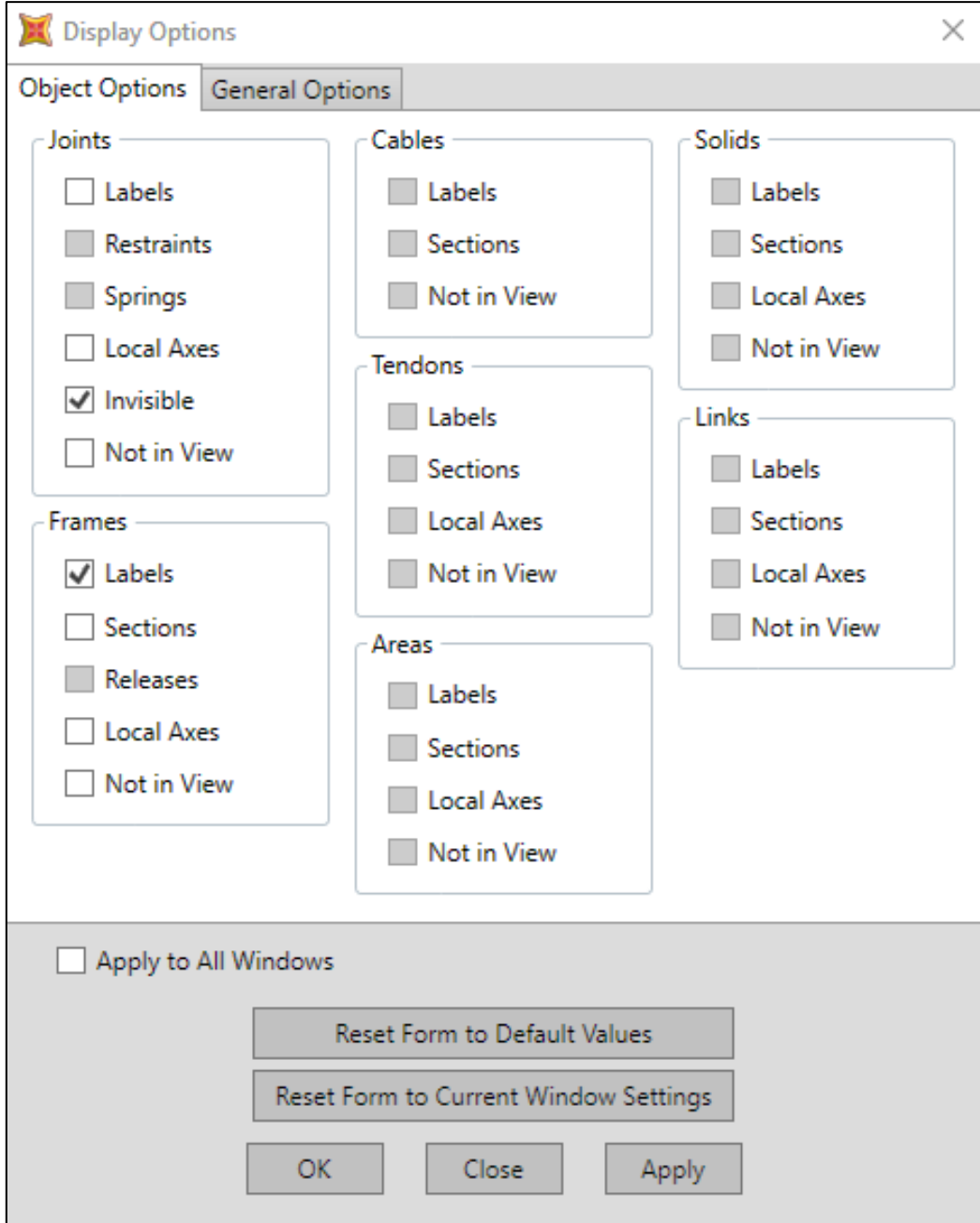


Şekil 26. Çubukların Eklenmiş Hali

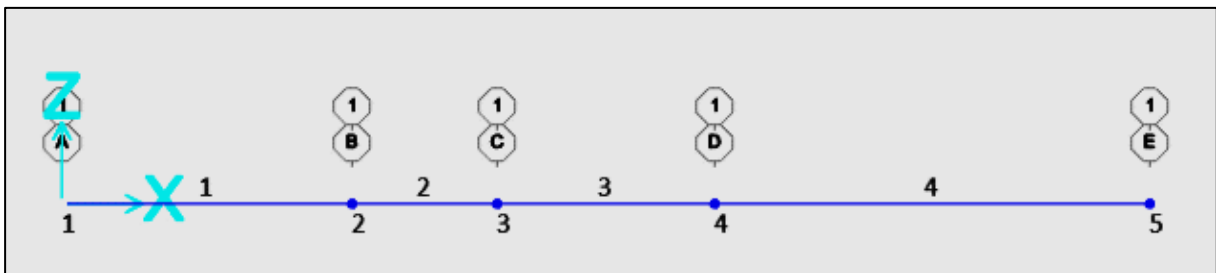
10. , **Set Display Options** (Görüntü Seçeneklerini Ayarla) düğmesine basılarak (Şekil 27) açılan **Display Options For Active Window** (Seçili Pencere İçin Görüntü) penceresinde **Joints** (Düğüm Noktalarının) kısmında **Labels** (Etiketler) kutucuğuna basılır. **Invisible** kutucuğu seçili durumdan kaldırılarak, bu seçim düğüm noktalarının görünmesi sağlanır. Aynı şekilde **Frame /Cable/Tendons** (Çubuk /Kablo /Tendon) kısmında **Labels** (Etiketler) kutucuğuna basılır (Şekil 28) ve eleman numaralarının görünmesi sağlanır (Şekil 29).



Şekil 27. Set Display Options Düğmesi



Şekil 28. Set Display Option (Görüntü Seçeneklerini Ayarla) Düğmesi

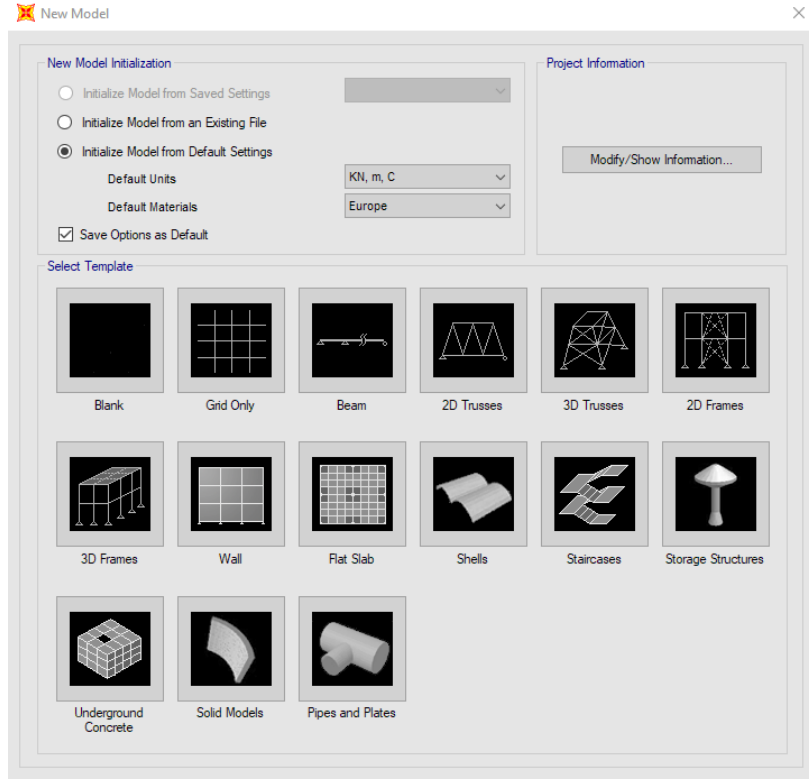


Şekil 29. Düğüm Noktaları ve Çubuk İsimlerinin Eklenmiş Hali

- **Sistem Geometrisinin oluşturulması**

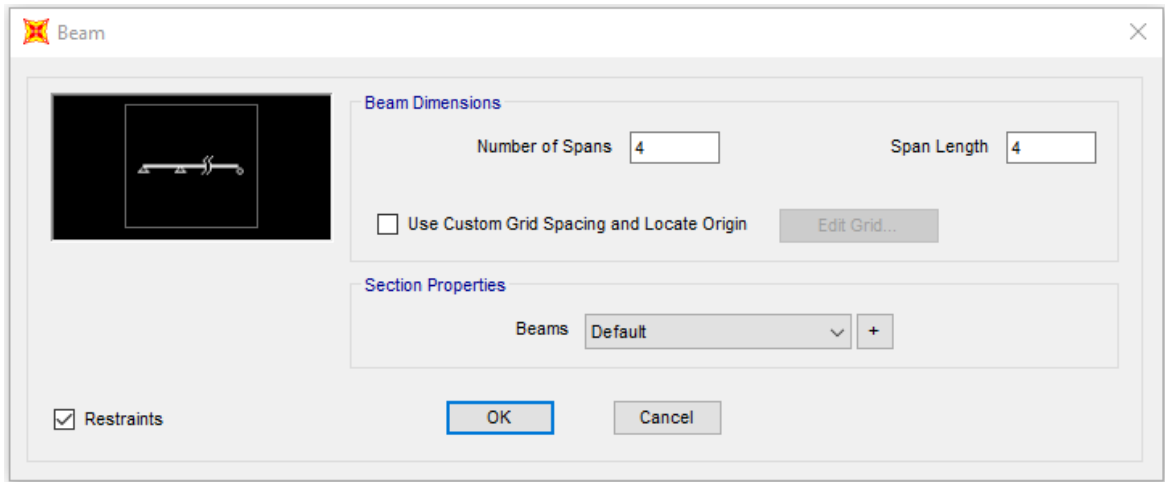
11. Sistem geometrisinin oluşturulması şu şekilde de yapılabilir:

11.1. **File (Dosya)** menüsünden **New Model (Yeni Model)** komutu seçilir (Şekil 30). Açılan ekrandan Beams düğmesine basılır.



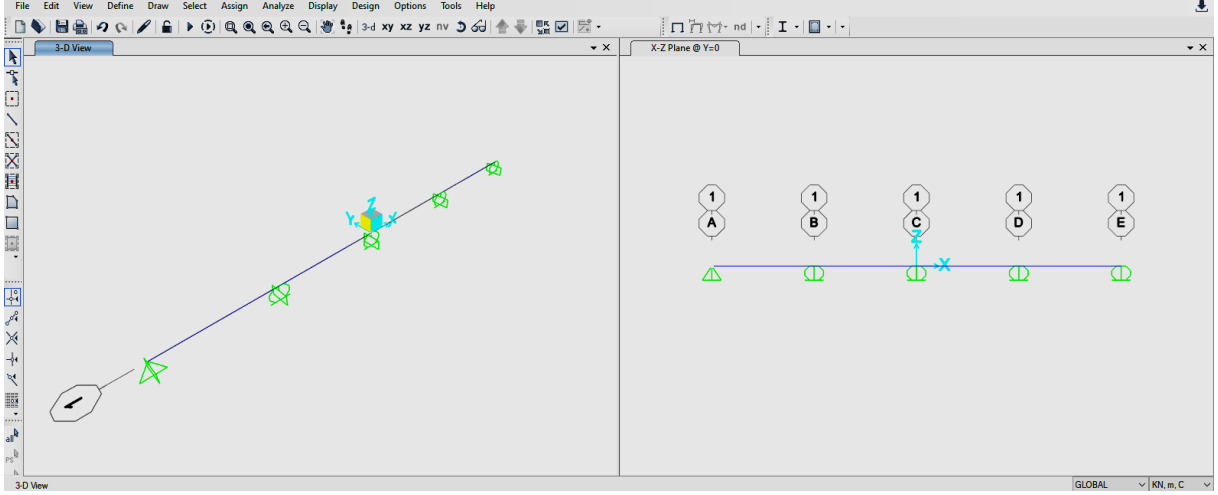
Şekil 30. SAP2000’ de Yeni Model Oluşturma

11.2. Beams sekmesinde Number of Spans (Açıklık Sayısı) yazan yazılı yere 4, Span Length (Açıklık Uzunluğu) yazan yere de 4 yazılır (Şekil 31). Diğer açıklıklar sonrada düzenlenecektir.

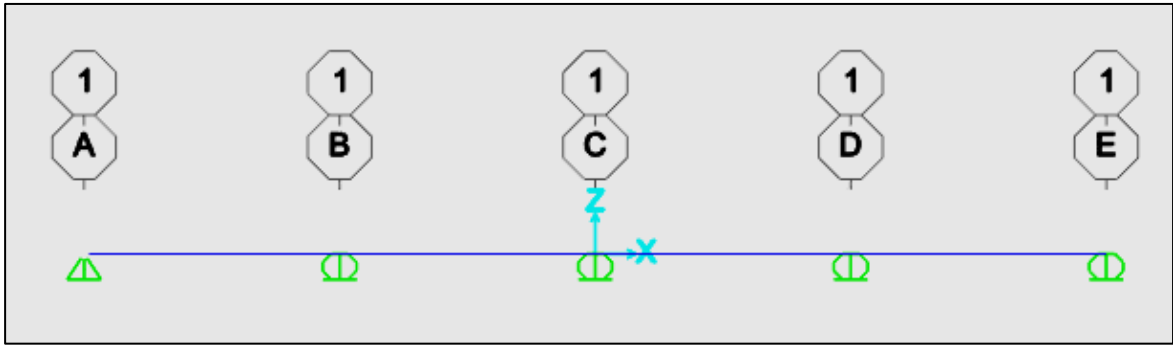


Şekil 31. Çubuk Tarifi

11.3. Böylece kiriş elemanımızı düğüm noktaları ile birlikte çizmiş oluruz (Şekil 32. Yine **3-D View** (3 Boyutlu Görünüş) penceresinin sağ üst köşesindeki 'x' işareti tıklanarak bu pencere kapatılır. Ekranda **X-Z** düzlemi **Y=0** durumu görüntülenir. (Şekil 33)



Şekil 32. Çubuk elemanın düzlem ve üç boyutlu görünümü



Şekil 33. Çubuğun X-Z eksenli görünümü

11.4. Yine ekranın boş bir yerine mouse sağ tuşuna basarak **Coordinate /Grid Systems** menü ekranı getirilir ve mouse sol tuşu ile **Edit Grid Data** seçeneğine tıklanır ve açıklık mesafeleri düzeltilir. Ekranı gelen **Coordinate /Grid Systems** iletişimindeki Global başlığı altındaki **Modify /Show System** düğmesine basarak **Define Grid System** ileti kutusu ekrana getirilir. Şekil 34' de verilen ekrandan da görüleceği üzere eksen takımı kiriş ortasında ele alınmıştır. Koordinatları isterseniz bu şekilde de düzenleyebilir ya da koordinat ekseninin çubuk başlangıcı da alabilirsiniz. Bu durumda **X Grid Data** sırasıyla 0, 4, 6, 9 ve 15 olacaktır. Diğer Y ve Z dataları sıfır olacaktır.

Ayrıca bu şekilde modellemede çubukları çizmeye gerek kalmayacaktır.

Define Grid System Data

System Name: GLOBAL

X Grid Data

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
A	-8	Primary	Yes	End	
B	-4	Primary	Yes	End	
C	0	Primary	Yes	End	
D	4	Primary	Yes	End	
E	8	Primary	Yes	End	

Add Delete

Y Grid Data

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
1	0	Primary	Yes	Start	

Add Delete

Z Grid Data

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
Z1	0	Primary	Yes	End	

Add Delete

Grid Lines

Quick Start...

Display Grids as

☒ Ordinates ☐ Spacing

☐ Hide All Grid Lines

☐ Glue to Grid Lines

Bubble Size: 1.

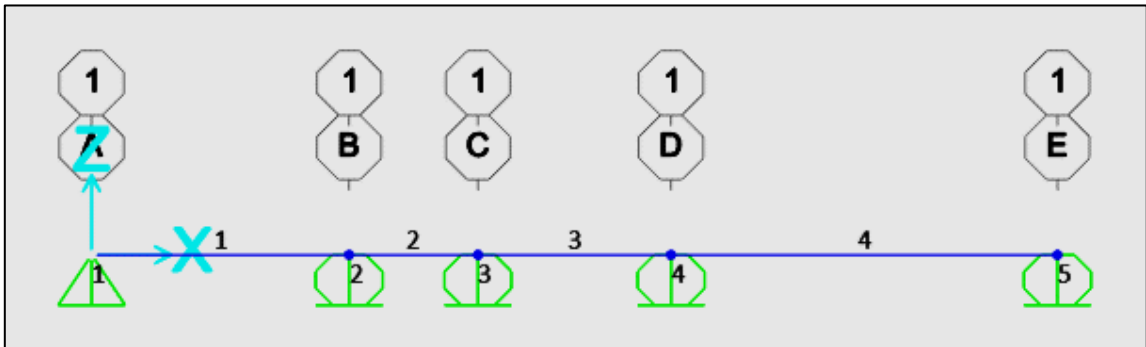
Reset to Default Color

Reorder Ordinates

OK Cancel

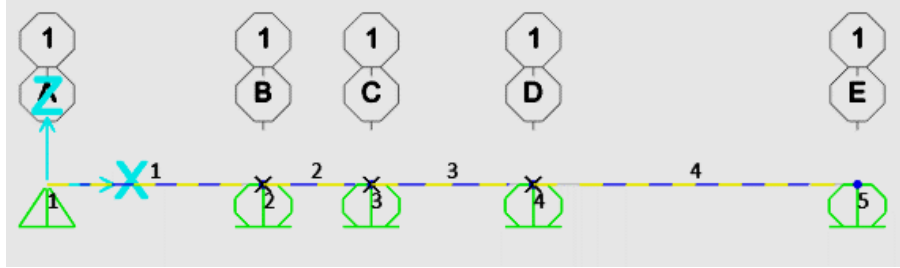
Şekil 34. X, Y ve Z meafelerinin düzenlenmesi

11.5. Çubuk mesafeleri düzenlendikten () **Set Display Options** (Görüntü Seçeneklerini Ayarla)düğmesine basılarak açılan **Object Option** (Nesne seçenekleri) penceresinde **Joints** (Düğüm Noktalarının) kısmında **Labels** (Etiketler) kutucuğuna basılır. **Invisible** kutucuğu seçili durumdan kaldırılarak, bu seçim düğüm noktalarının görünmesi sağlanır. Aynı şekilde **Frames** (Çubuklar) kısmında **Labels** (Etiketler) kutucuğuna basılır ve eleman numaralarının görünmesi sağlanır (Şekil 35).

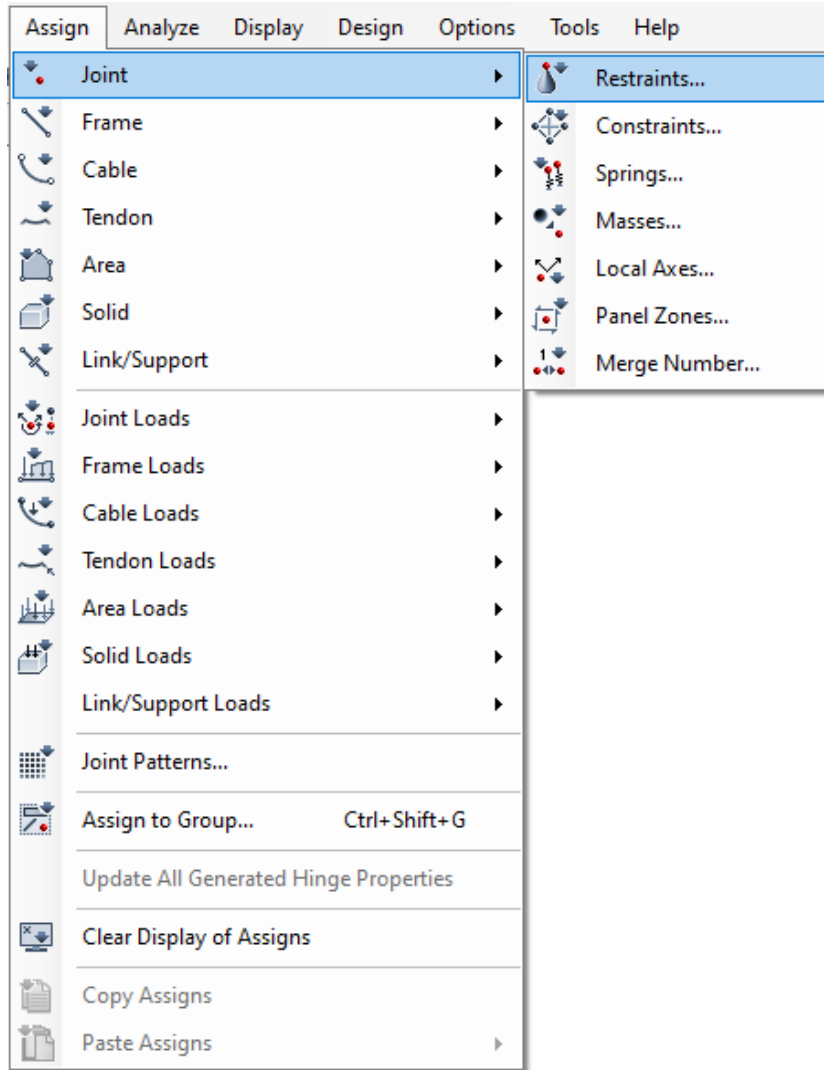


Şekil 35. Düğüm Noktaları ve Çubuk İsimlerinin Eklenmiş Hali

11.6. Şekilden de görüleceği gibi 2, 3 ve 4 nolu düğüm noktalarında mesnet var. Mesnetleri kaldırıp yerine düğüm noktası tariflemek için önce mesnetler mouse yardımıyla seçilir (Şekil 36). Sonra üstteki Assign (Atama) komutuna basılır, burada yeni açılan kutudan joint, buradan da açılan kutudan Restraints (Mesnet Koşulları) seçilir (Şekil 36). Ya da kısa yol tuşuna basılarak  da aynı işlem yapılmış olur.



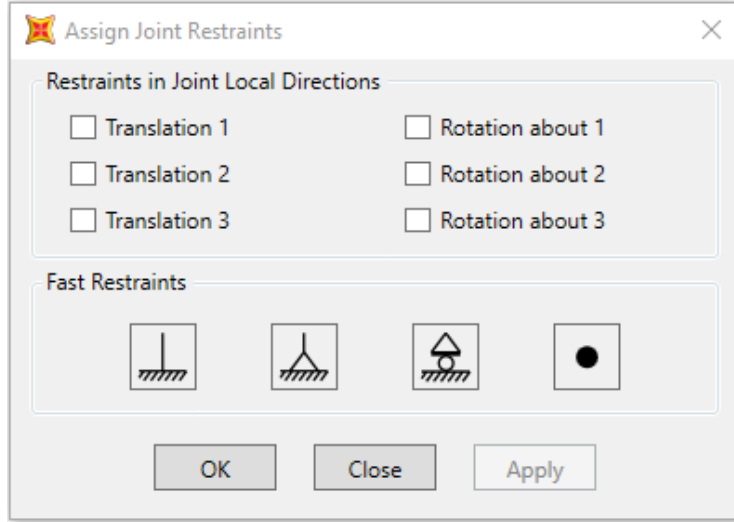
Şekil 36. Mesnetlerin İşaretlenmesi



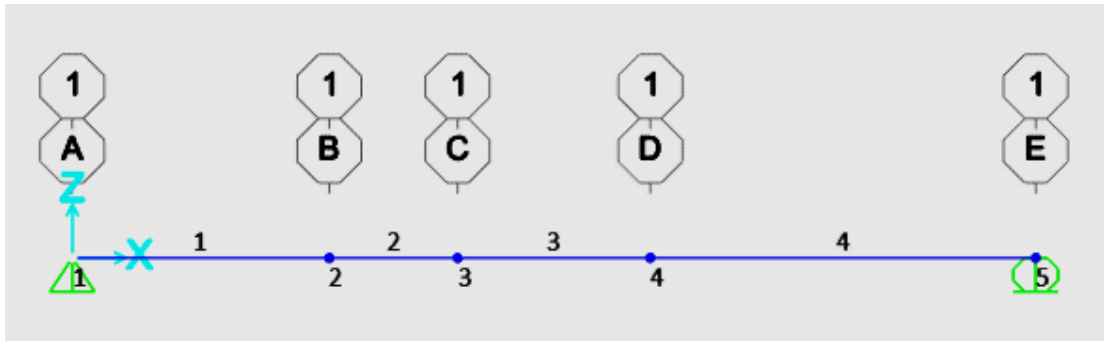
Şekil 37. Mesnet Atama Düğmesinin Seçimi

2, 3 ve 4 nolu düğüm noktalarındaki mesnetlerin kaldırılması için mesnetler seçilir ve ekrana gelen **Assign Joint Restraints** kutusundaki kısa yol tuşları ile en

sağdaki düğüm noktası  işaretlenir (Şekil 38). İşlem sonunda mesnetler kalkar, yerine düğüm noktası atanmış olur (Şekil 39). Dolayısıyla Grid' ler yardımıyla çizilen aynı şekli elde etmiş oluruz.



Şekil 38. Düğüm Noktalarının ve Mesnetlerin Seçildiği Kutu



Şekil 39. Çubuğun Düğüm Noktalı Hali

○ Mesnet Şartlarının Tanımlanması ve Mesnetlerin Atanması

12. Şekil 39' a göre çubuğun mesnetleri olduğu gibidir. Ancak biz çözüme yine 10. Maddeden kaldığımız yerden devam edecek olursak, yukarıda 11. Maddede verilen sıralama

takip edeceğiz. Önce 1 nolu mesnet seçilir ve Restraints kutucuğu açılıp sabit mesnet

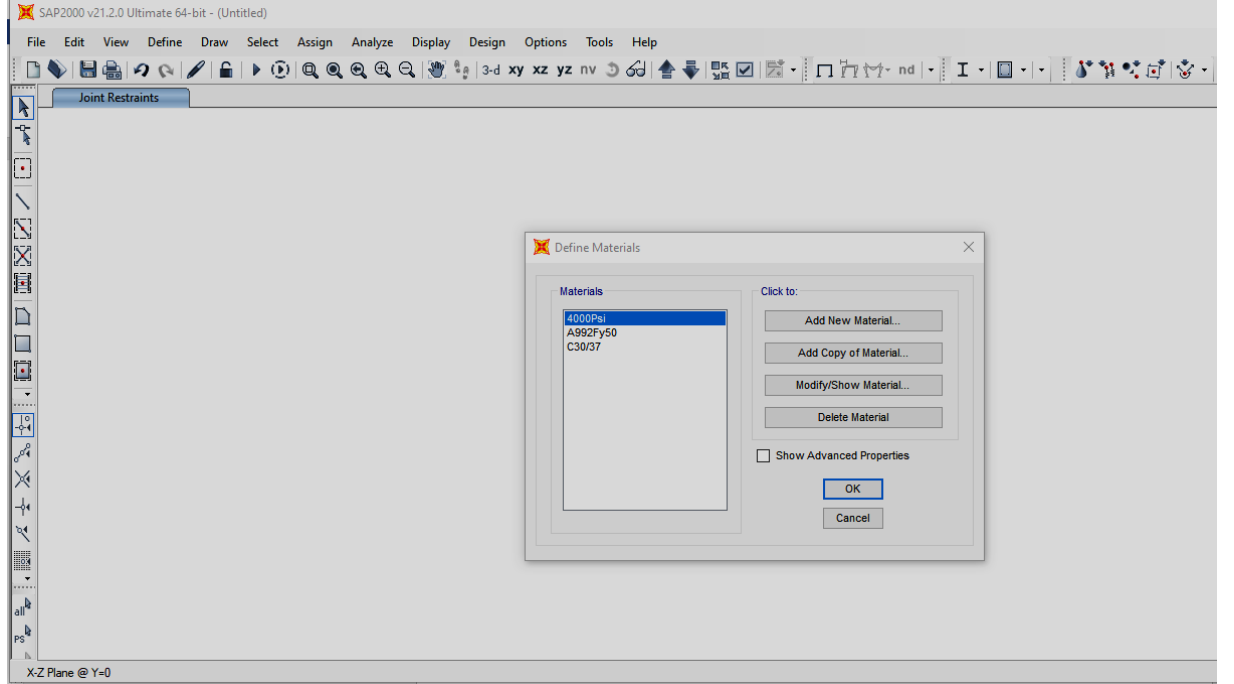


işaretlenir. Sonra 2 nolu mesnet seçilip, Restraints kutucuğu açılır ve hareketli mesnet seçilir. Böylece Şekil 39' da verilen çubuk ve mesnetleri tanımlanmış olur.

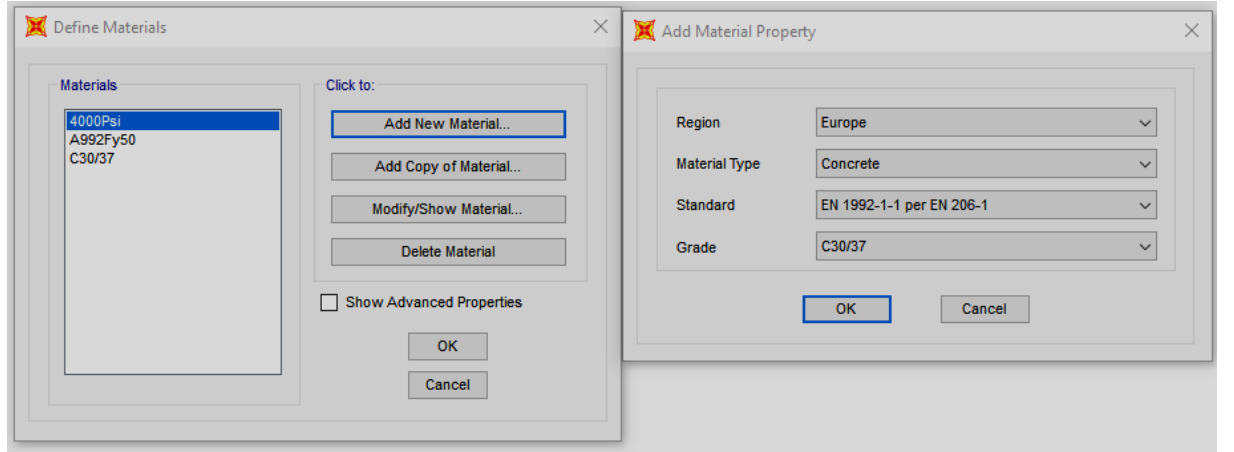


Malzeme özelliklerinin tanımlanması

13. **Define** (Tanımla) menüsü ,**Materials** (Malzemeler) komutu seçilerek **Define Materials** (Malzemeleri Tanımla) ve **Add New Materials** (Yeni Malzeme Ekle) kutusu tıklanarak **Add Material Property** (Malzeme Özellik Bilgileri)formu görüntülenir(Şekil 31, 32).



Şekil 31. Malzeme Seçimi Tablosu

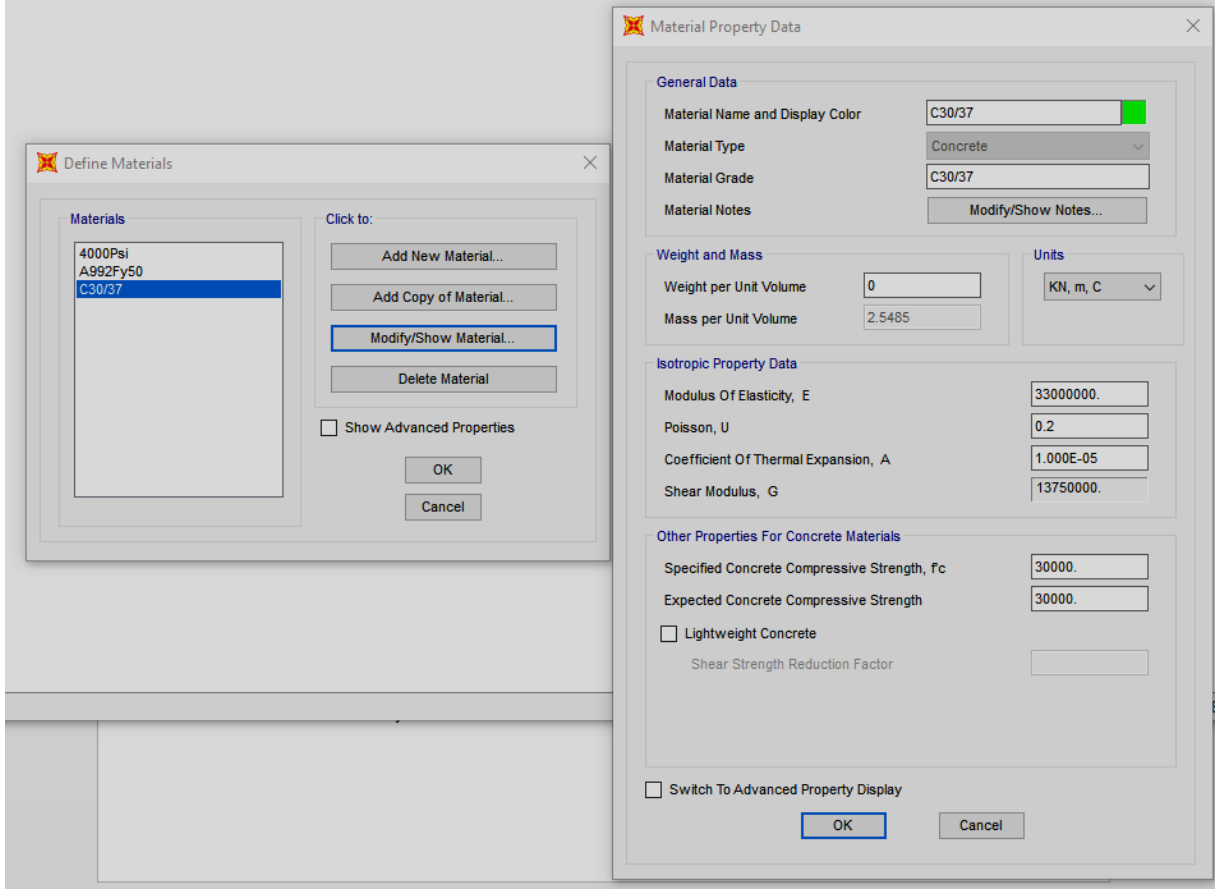


Şekil 32. Malzeme Ekleme Tablosu

Şekil 32' de verilen kutunun:

- **Region** (Bölge) bölümüne **Europe**,
- **Material Type** (Malzeme Cinsi) bölümüne **Concrete**,
- **Grade** (Malzeme Sınıfı) bölümüne seçilen beton sınıfı örneğin **C30/37** (30 silindir dayanımı, 37 küp dayanımını ifade etmektedir)
- **OK** tuşuna basılır.

C30/37 beton sınıfını düzenlemek için yine **Define**' dan **Materials**, açılan kutudan az önceki beton sınıfı **C30/37** üzerine gelinerek **Modify/Show Material** düğmesine basılır (Şekil 33).



Şekil 33. Malzeme Karakteristik Değerlerinin Düzeltilmesi

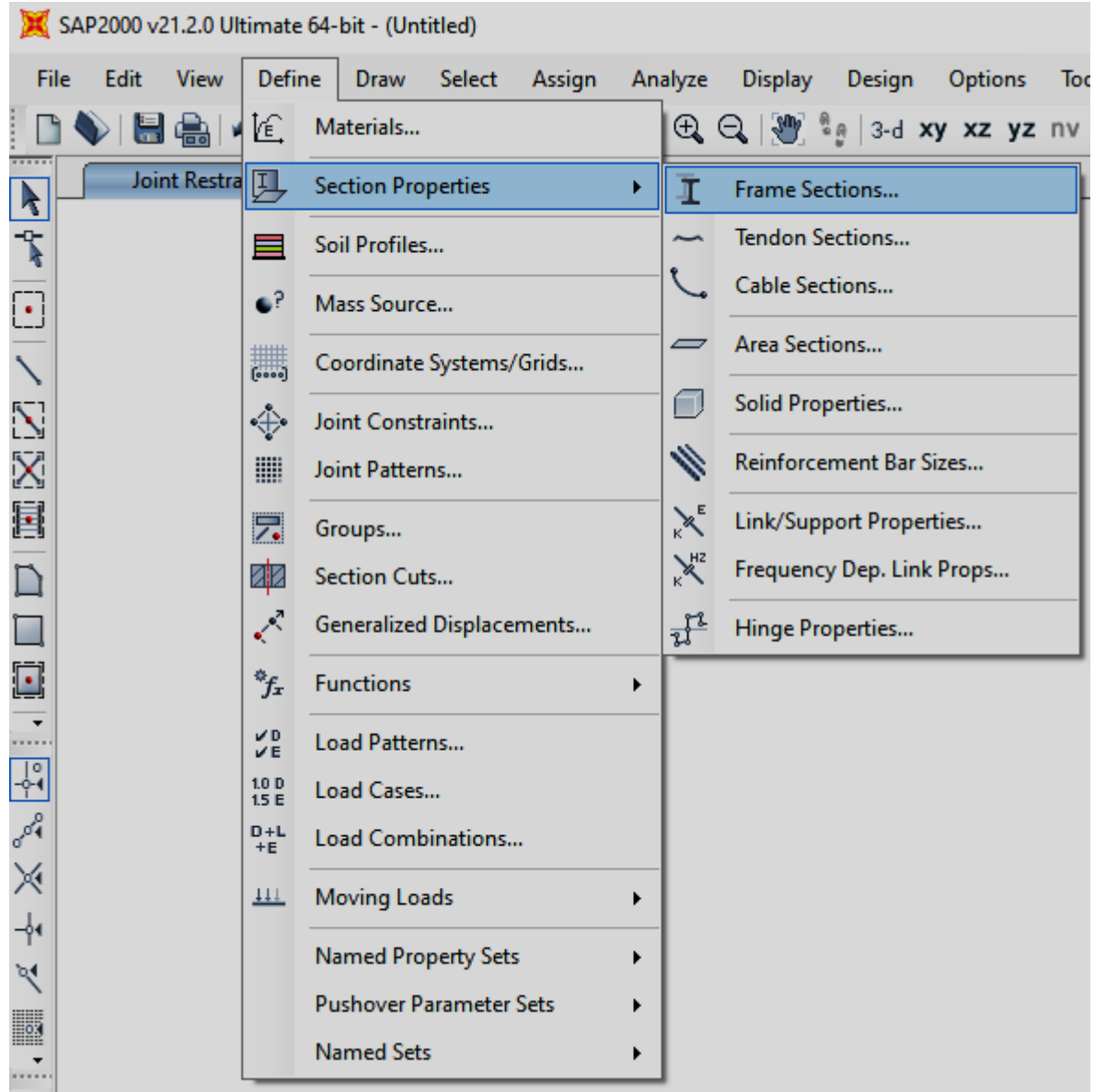
Bu formda :

- **Weight per unit Volume** (Birim Hacim Ağırlığı) yazı kutucuğuna **0** yazılır. (Şayet betonun kendi ağırlığı da dikkate alınacaksa buraya betonun birim hacim ağırlığı girilir).
- **Modulus of Elasticity** (Elastisite Modülü),
- **Coefficient Of Thermal Expansion** (Isıl genleşme katsayısı) kontrol edilir ve
- **2 kez Ok** düğmesine basılır.

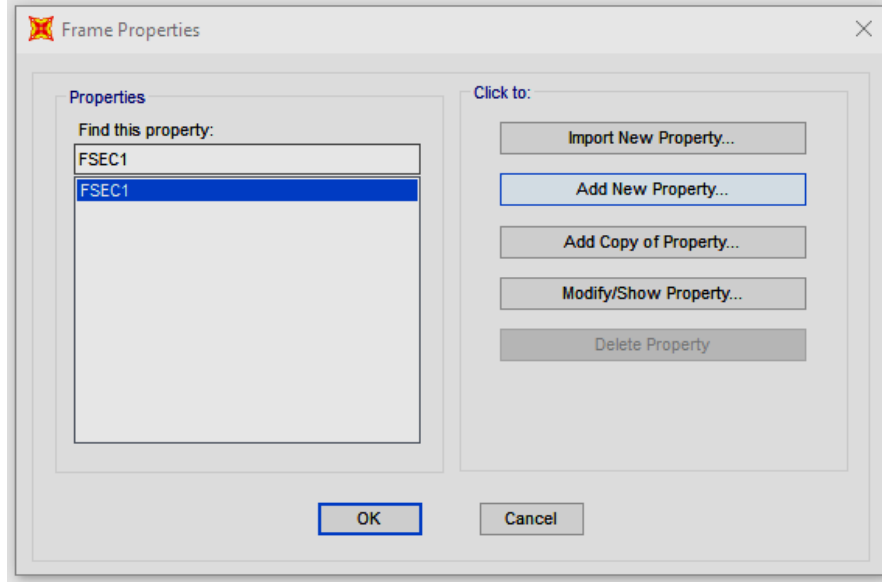
Materials kısmında gerekirse veya başka mazlemeler varsa bunların da tanımı yapılır. Bu bölümde donatı seçimi yapılmayacağından donatı ile ilgili herhangi bir tanımlama yapılmamıştır. İleriki bölümlerde bunlara ilişkin tanımlar anlatılmıştır.

○ Çubuk kesitlerinin tanımlanması ve çubuklara atanması

14. **Define** (Tanımla) menüsü, **Section Properties, Frame Sections** (Çubuk Kesitleri) komutu seçilerek (Şekil 34), **Frame Properties** (Çubuk Kesit Özellikleri) ve **Add New Property** (Yeni Özellik Ekle) kutusu (Şekil 35) tıklanarak formu görüntülenir.

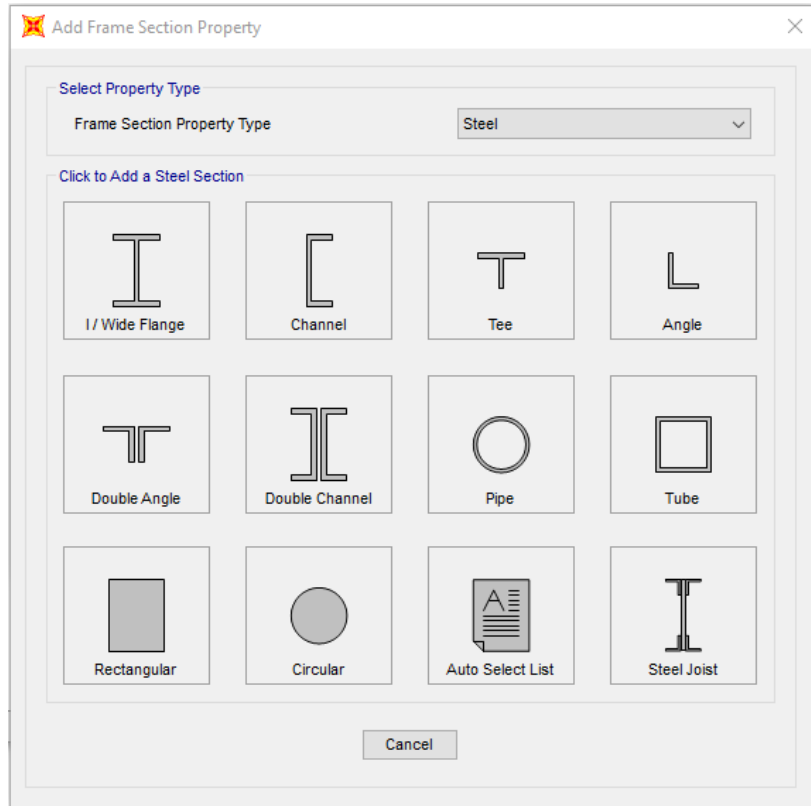


Şekil 34. Çubuk Kesit Seçim Kutucuğu

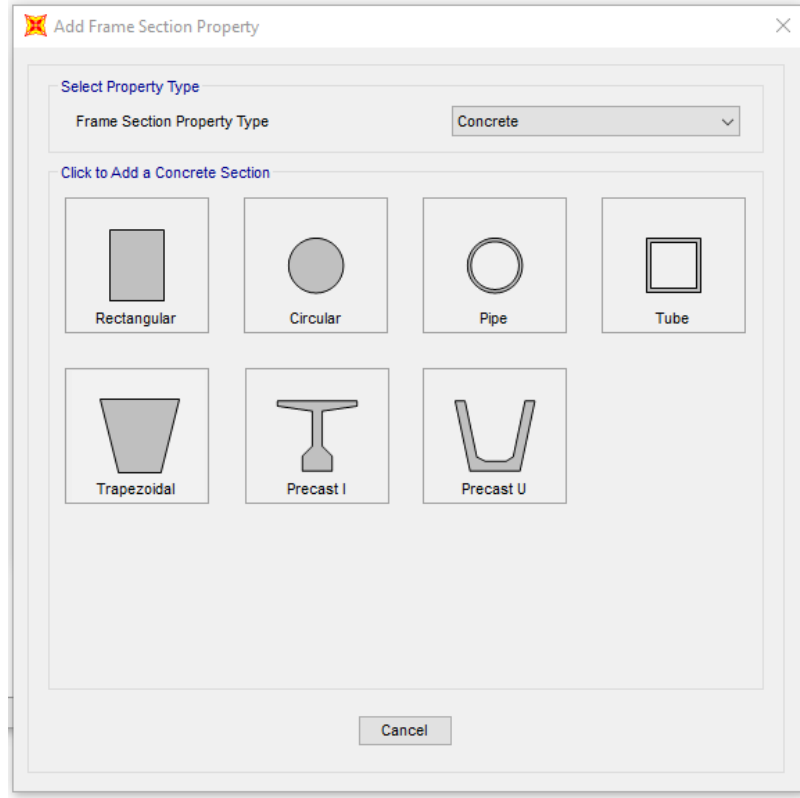


Şekil 35. Yeni Kesit Belirleme

15. Add New Property (Yeni Özellik Ekle) kutusu işaretinden sonra istediğimiz kesiti buradan ekleyebiliriz. Kesiti, aşağıda Şekil 36’ da verildiği gibi Steel sekmesi altında seçebilir, sonradan malzeme tarifi yapabilirsiniz ya da Steel yerine Concrete de seçerek kesiti belirleyebilirsiniz ancak Concrete sekmesi altında çok fazla kesit tipi yer almamaktadır (Şekil 37).

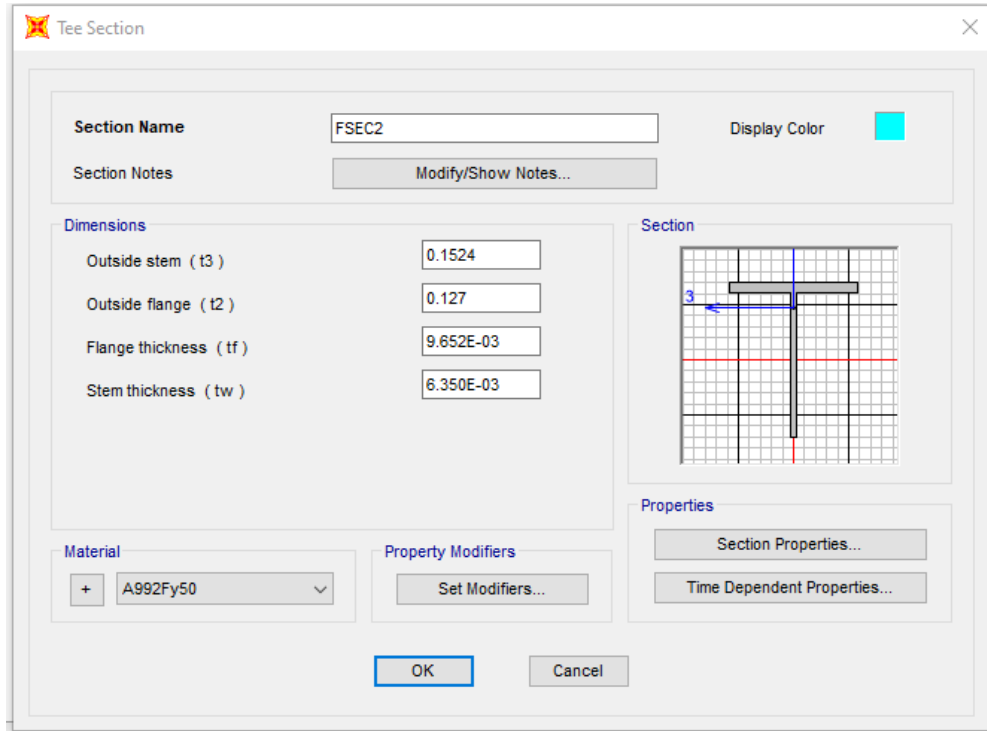


Şekil 36. Çubuk kesitleri

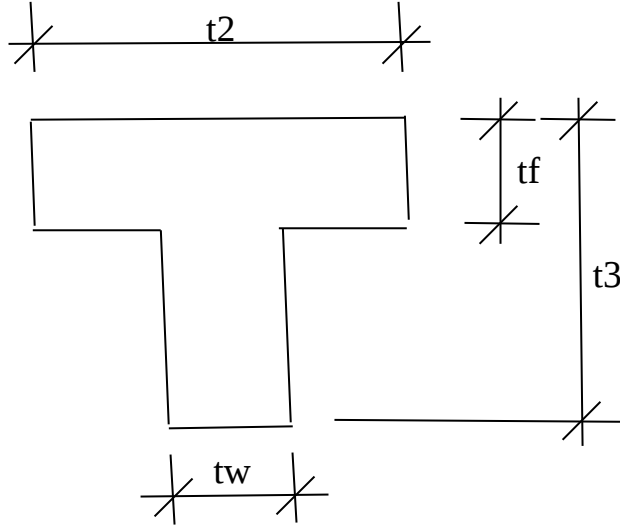


Şekil 37. Betonarme Kesit Tipleri

16. Stell sekmesi altında kesit T (Tablalı) şeklinde olduğundan Tee seçeneği işaretlenir ve çıkan kutucukta kesit boyutları yazılır (Şekil 38):



Şekil 38. Tablalı kesitin boyutları



Şekil 38. Tablalı Kesit Özellikleri

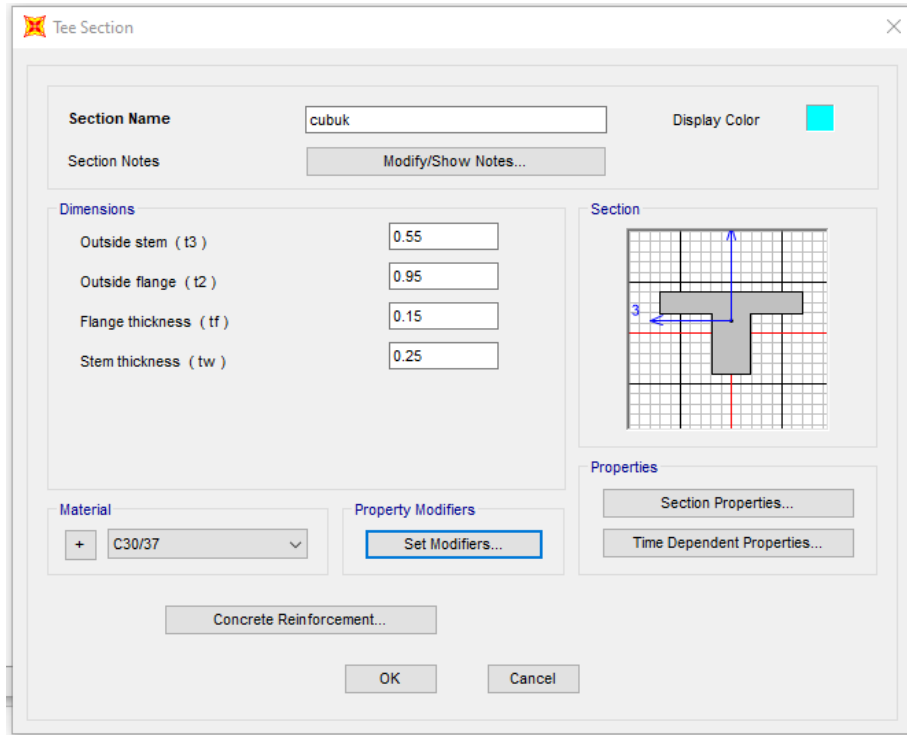
Outside stem (gövde uzunluğu/yüksekliği) : t_3

Outside flange (başlık genişliği) : t_2

Flange thicness (başlık kalınlığı) : t_f

Stem thickness : t_w

Kutuda verilen Section Name (Kesit Adı) yerine arzu edilen, projede rahatça bulunabilecek bir isim vermek doğru olacaktır. Burada tüm kesitler aynı olduğundan “**cubuk**” demek yeterli olacaktır. Buna göre t_3 : 0.55, t_2 : 0.95, t_f : 0.15, t_w : 0.25 m, material kısmı da önceden tanımlanan beton malzeme C30/37 olacak şekilde düzenlenecektir (Şekil 39).



Şekil 39. Kesit parametrelerinin tanımlanması

Kutuda verilen **Section Properties** düğmesine basarak tüm kesit alanlarını, her doğrultudaki atalet momentlerini görebilir ve kontrol edebilirsiniz (Şekil 40).

The 'Property Data' dialog box displays the following properties for the section named 'cubuk':

Property	Value
Cross-section (axial) area	0.2425
Moment of Inertia about 3 axis	6.044E-03
Moment of Inertia about 2 axis	0.0112
Product of Inertia about 2-3	0.
Shear area in 2 direction	0.1375
Shear area in 3 direction	0.1188
Torsional constant	2.987E-03
Section modulus about 3 axis	0.0167
Section modulus about 2 axis	0.0237
Plastic modulus about 3 axis	0.0302
Plastic modulus about 2 axis	0.0401
Radius of Gyration about 3 axis	0.1579
Radius of Gyration about 2 axis	0.2153
Shear Center Eccentricity (x3)	0.

OK

Şekil 40. Kesit alan, atalet vb değerleri

Şayet tasarım yapıyorsanız veya elemanlarda kullanacağınız donatıların özelliklerini sisteme girmek istiyorsanız Concrete Reinforcement düğmesine basarak donatıların çapı, pas payı gibi özelliklerini tanımlayabilirsiniz (Şekil 41). Bu bölüm ileride detaylı olarak anlatılmıştır.

The 'Reinforcement Data' dialog box shows the following settings:

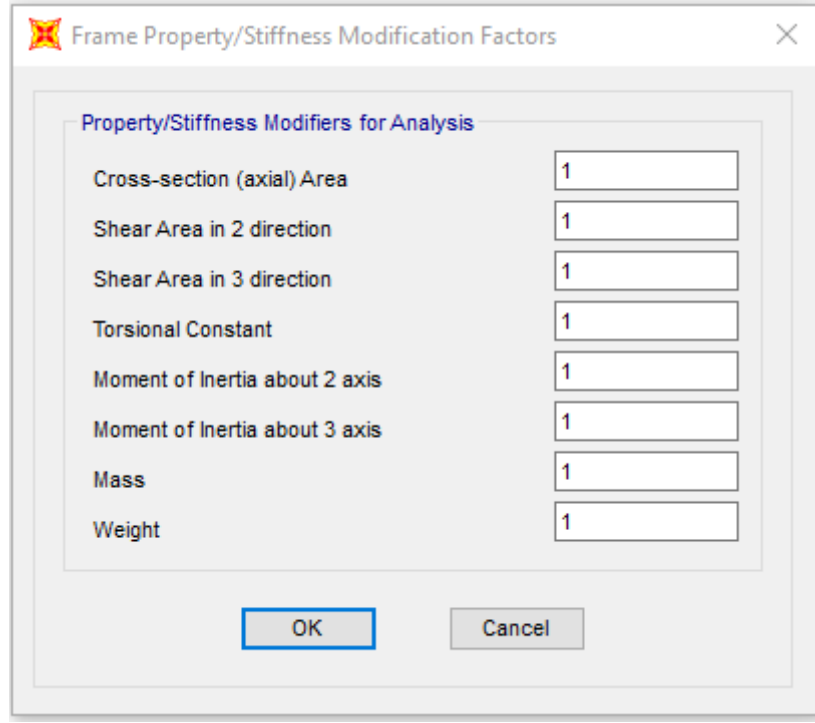
- Rebar Material:**
 - Longitudinal Bars: + A615Gr60
 - Confinement Bars (Ties): + A615Gr60
- Design Type:**
 - ☐ Column (P-M2-M3 Design)
 - ☒ Beam (M3 Design Only)
- Concrete Cover to Longitudinal Rebar Center:**
 - Top: 0.06
 - Bottom: 0.06
- Reinforcement Overrides for Ductile Beams:**

	Left	Right
Top	0.	0.
Bottom	0.	0.

OK Cancel

Şekil 41. Donatı değerlerinin sisteme tanımlanması

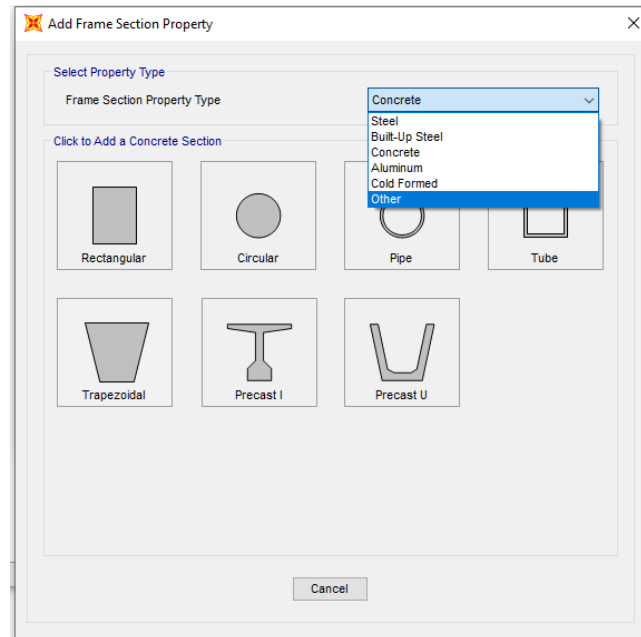
Yine Şekil 39’ da gösterilen kutudaki Set Modifiers düğmesine basılarak, sırasıyla kesit alanı, kayma rijitlik, burulma rijitlik, 2 ve 3 eksenli etrafındaki eğilme rijitlik, kütle ve ağırlık çarpanı girilir (Şekil 42). Bu bölümde ileride ayrıntılı olarak verilmiştir.



Property/Stiffness Modifiers for Analysis	
Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	1
Moment of Inertia about 3 axis	1
Mass	1
Weight	1

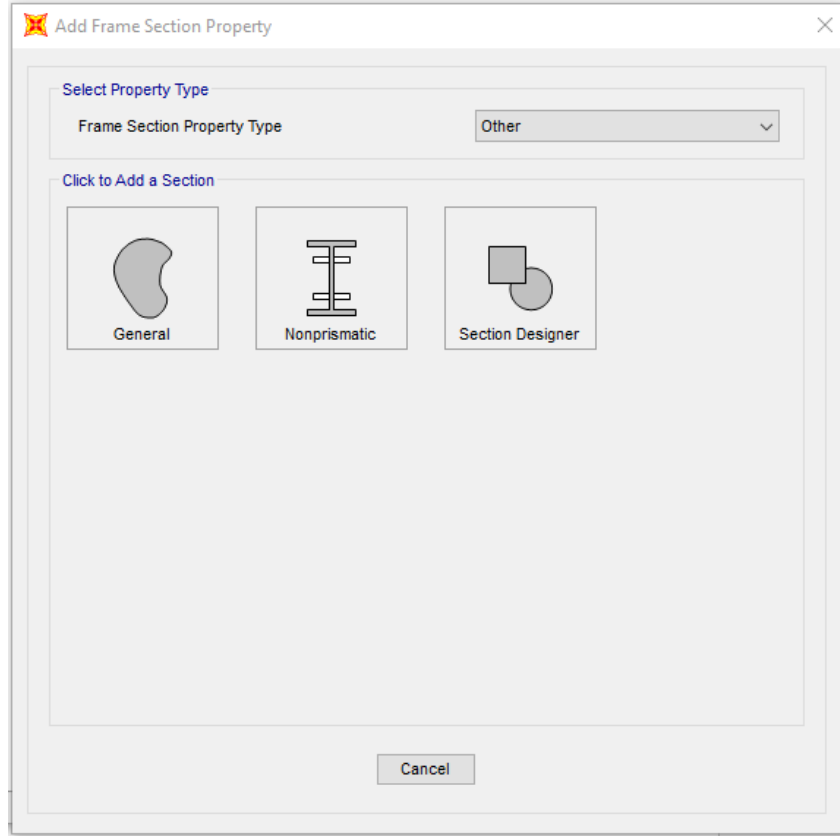
Şekil 42. Kesit, rijitlik, kütle ve ağırlık çarpanları

Burada hemen kesit özelliklerini bir başka yöntemle sisteme tanıtmaktan bahsedebiliriz. Kesit özelliklerinden Add New Property (Yeni Özellik Ekle) kutusu işaretinden sonra üst düğmeden Other seçilir (Şekil 43).



Şekil 43. Kesit Özelliklerinin Tanıtılması

Böylece Şekil 44’ de verilen durum ortaya çıkacaktır. **General** düğmesine basılarak Property Data kutusu belirecektir ve önceden hesapladığımız kesit özelliklerini ilgili düğmelere yazarak kesit özelliklerini tanımlamış olacağız (Şekil 45).



Şekil 44. Genel kesit tanımı

The dialog box is titled 'Property Data'. It has a 'Section Name' field set to 'FSEC2'. Below this is a 'Properties' section with two columns of input fields:

Property	Value	Property	Value
Cross-section (axial) area	1.	Section modulus about 3 axis	1.
Moment of Inertia about 3 axis	1.	Section modulus about 2 axis	1.
Moment of Inertia about 2 axis	1.	Plastic modulus about 3 axis	1.
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	1.
Shear area in 2 direction	1.	Radius of Gyration about 3 axis	1.
Shear area in 3 direction	1.	Radius of Gyration about 2 axis	1.
Torsional constant	1.	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

At the bottom are 'OK' and 'Cancel' buttons.

Şekil 45. Kesit değerlerinin tanımlanması

Kesit değerlerinin tanıtılmasından sonra OK tuşuna basılır ve Şekil 46' daki kutu ekrana gelir.

General Section

Section Name: FSEC2

Display Color: [Yellow]

Section Notes: [Modify/Show Notes...]

Dimensions:

Depth (t3): 0.4572

Width (t2): 0.254

Material: A992Fy50

Property Modifiers: [Set Modifiers...]

Section: [Preview of section shape]

Properties: [Section Properties...], [Time Dependent Properties...]

[OK] [Cancel]

Şekil 46. Kesit malzeme özelliklerinin ve isminin tanıtılması

General Section kutusunda Section Name yerine yukarıda da anlatıldığı gibi kolon, kiriş vb K101, S203 gibi isimler verilir. Material düğmesine basılarak önceden tanıflenmiş malzeme (C30/37) seçilir ve sonuç Şekil 47' deki gibi elde edilir.

General Section

Section Name: cubuk

Display Color: [Yellow]

Section Notes: [Modify/Show Notes...]

Dimensions:

Depth (t3): 0.4572

Width (t2): 0.254

Material: C30/37

Property Modifiers: [Set Modifiers...]

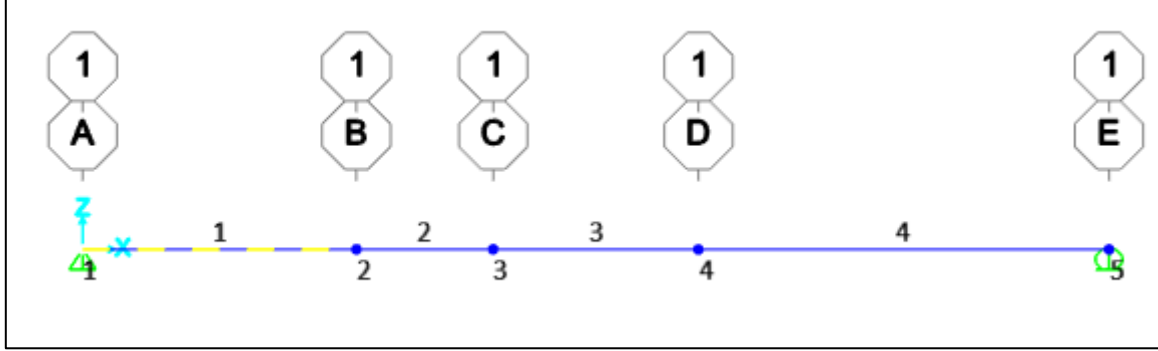
Section: [Preview of section shape]

Properties: [Section Properties...], [Time Dependent Properties...]

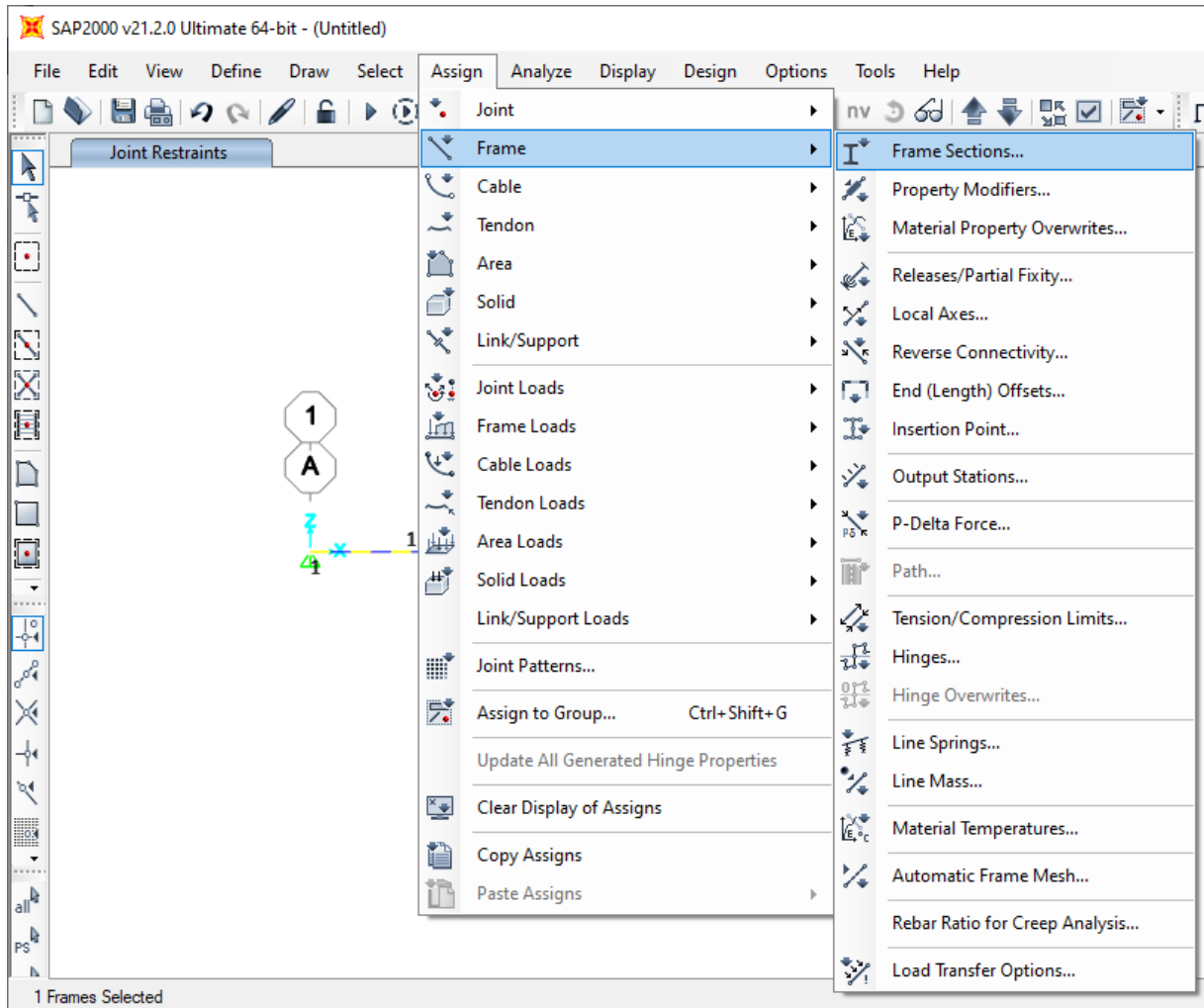
[OK] [Cancel]

Şekil 48. Kesit malzeme özelliklerinin ve isminin tanıtılmasından sonraki durum

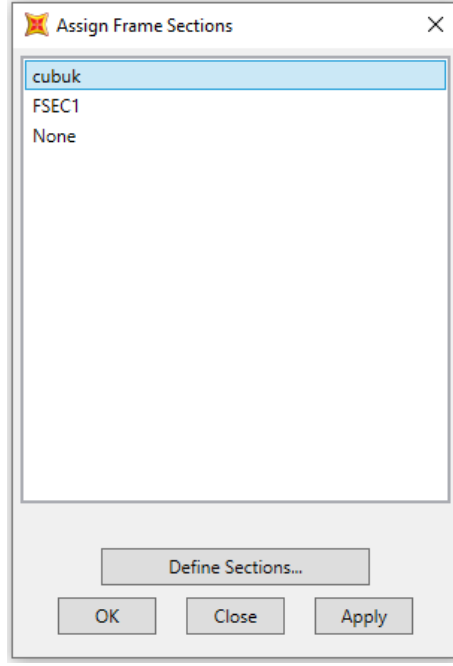
17. Kesitlerin çubuklara atanmasında, 1 nolu çubuk seçilir (Şekil 49), **Assign** (Ata) menüsünde **Frame** (Çubuk), **Frame Section** (Çubuk Kesitleri) (Şekil 50) ve tanımlanan **Frame Properties** (Çubuk Özellikleri) çubuğuna “cubuk” kesit özellikleri atanır.OK tuşuna basılır (Şekil 50, Şekil 51 ve Şekil 52).



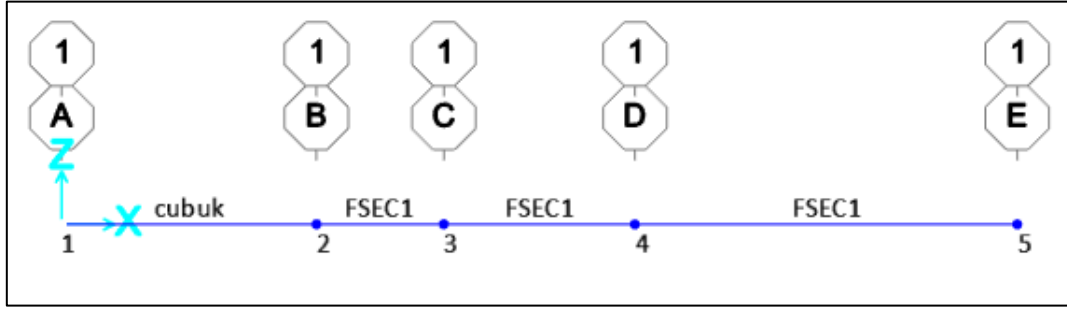
Şekil 49. Kesit özellikleri atanacak çubuğunda seçimi



Şekil 50. Çubuğa tanımlanacak kesit seçimi

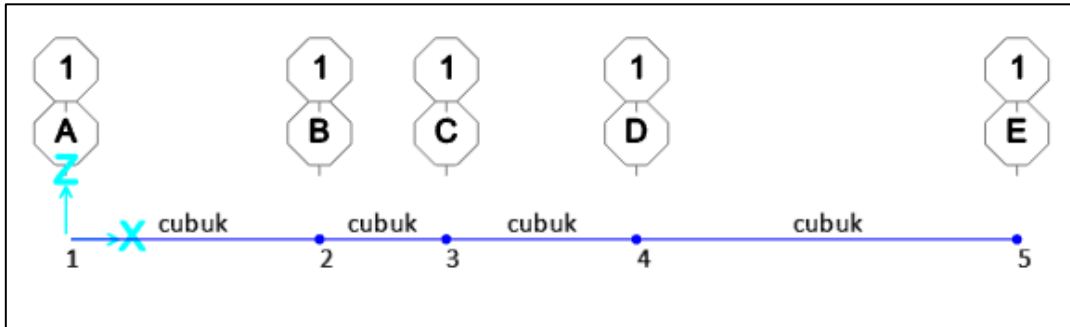


Şekil 51. Çubuğa tanımlanacak kesit seçimi



Şekil 52. 1 Nolu çubuğa kesit tanımlanmış durum

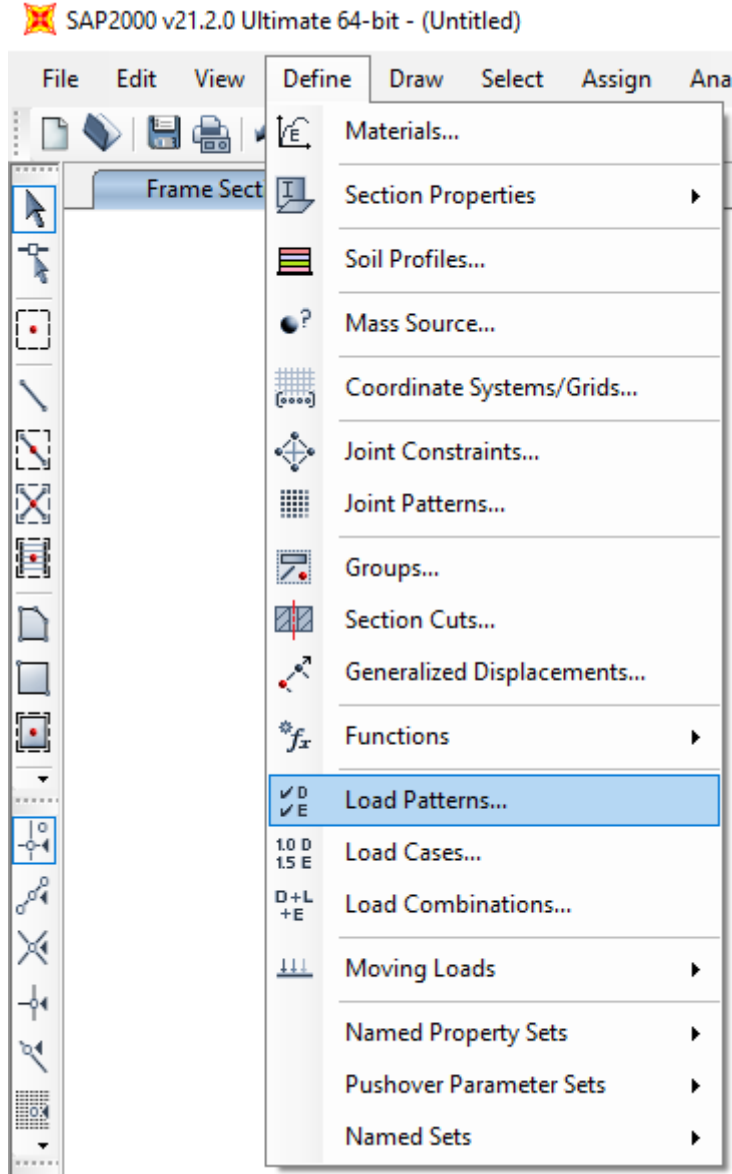
1 nolu kesitin ismi böylece cubuk oldu. Diğer çubuklarda aynı şekilde tanımlanır ve Şekil 53’deki durum elde edilir.



Şekil 53. Tüm sisteme kesit özelliklerinin tanımlanmış halı

• Yük Durumları ,Yük Şekillerinin Tanımlanması ve Atanması

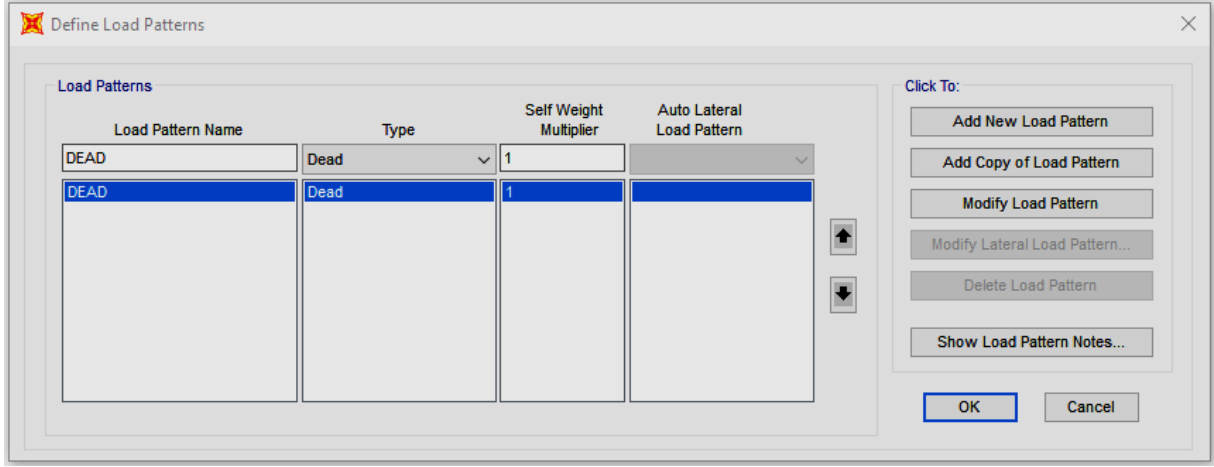
18. SAP2000 yazılımında tüm yüklerin tanımları önceden yapılmalıdır. Sonrasında yük kombinasyonları ya da her yük için kesit tesirleri ve yerdeğıştirmeleri ayrı ayrı bulmak mümkündür. Yük tanımları için Define (Tanımlama) sekmesi altında Load Patterns (Yük şekilleri) seçilir (Şekil 54).



Şekil 54. Yükleme şekillerinin belirlenmesi

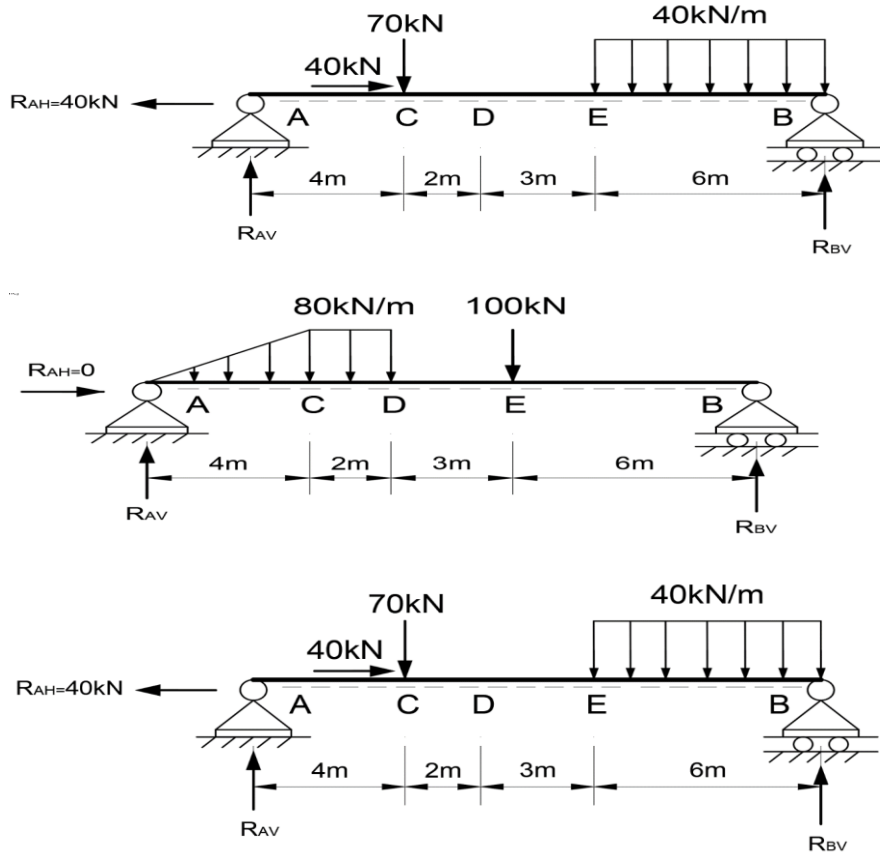
19. Dinamik yükler haricindeki dış yüklerin tanımlanmasında kullanılan Define Load Patterns kutucuğunda Load Patternsas Name (Yükleme şeklinin ismi) ile yükleme ismi, Type ile yükleme tipi belirlenir. Bu yklemelersabit yk, hareketli yük, eşdeğer deprem yükü, rüzgar, kar veya diğerk yüklerdir. Self Weight Multiplier (z ağırlık

çarpanı) ile eleman kendi ağırlığının dikkate alınması sağlanır. Bu değer 1 ise öz ağırlık dikkate alınır, 0 ise öz ağırlık dikkate alınmaz (Şekil 55).



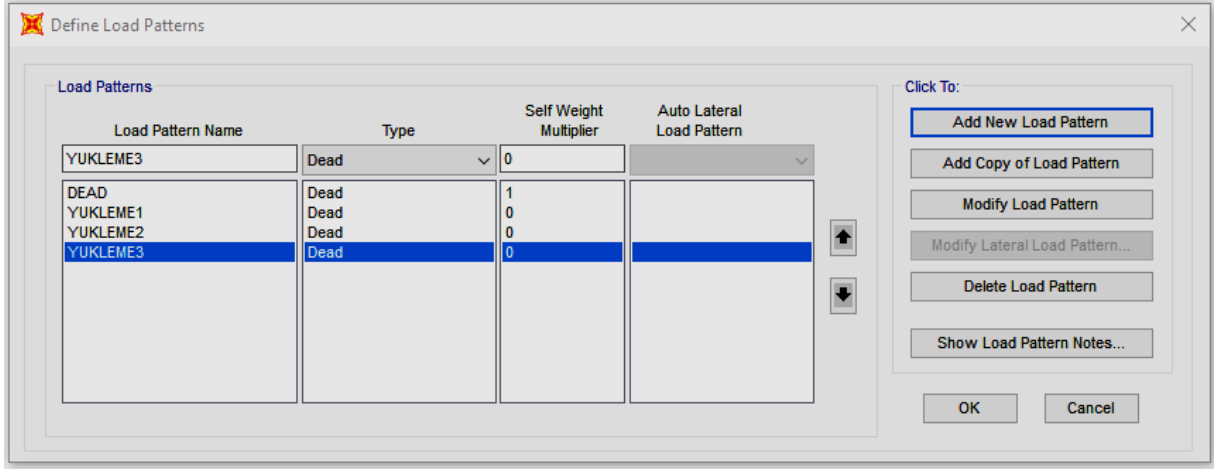
Şekil 55. Yük çeşitlerinin tanımlanması

20. Her ne kadar örneğimizde 1 grup yükleme olmasına rağmen örneğin daha iyi anlaşılması açısından 3 grup yükleme yapacağız. Şekil 56' da basit kiriş üzerinde yer alan 3 grup yükleme gösterilmiştir.



Şekil 56. Çubuk ve çubuğa etkiyen grup yükler

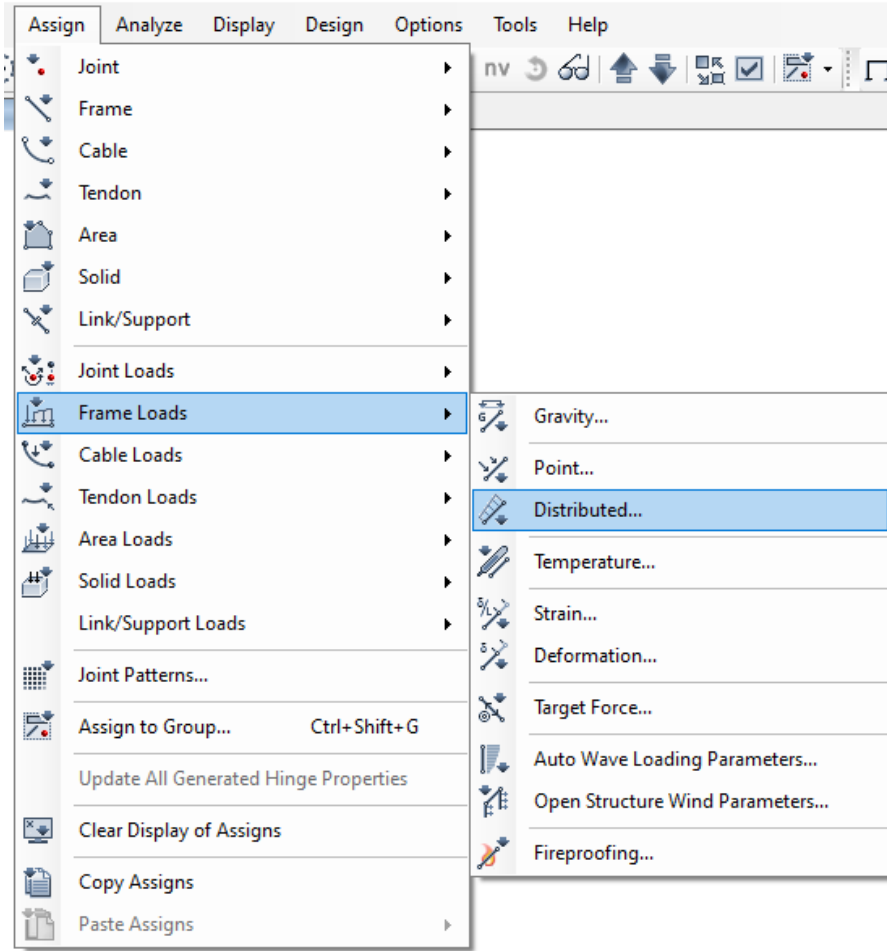
21. Add New Load Pattern ile Load Pattern Name (Yükleme ismi), Type (Tipi) ve Self Weight Multiplier (Yük Çarpanı) değeri yazılarak OK tuşuna basılır (Şekil 57).



Şekil 57. Yüklerin tanımlanmış halı

22. 1 No'lu çubuk seçilir ve **Assign** (Ata) menüsünden **Frame Loads** (Çubuk Yükleri), **Distributed** (Yayılı) ileti kutusunda (Şekil 58):

- **Load Pattern Name** kısmına **YUKLEME1** seçilir.
- **Load Direction** bölümüne Gravity, **Load Type** bölümüne **Force** yazılarak listeden **GLOBAL Coordinate System** seçilir.
- **Uniform Load** bölümündeki yazı kutucuğuna **40** yazılıp **OK** düğmesine basıldı. Böylece **-Z** yönünde **40 kN/m** şiddetindeki düzgün yayılı yük tanımlanmış oldu (Şekil 59).
- **OK** kutusu tıklanır.
- Şekilden de görüleceği gibi A-C arasında **40 kN/m** yayılı yük tanımlanmış oldu (Şekil 60).



Şekil 58. 1 Nolu çubuğa yayılı yük ataması

The image shows a dialog box titled 'Assign Frame Distributed Loads'. It has two main sections: 'General' and 'Options'.
 In the 'General' section, there are four dropdown menus: 'Load Pattern' (YUKLEME1), 'Coordinate System' (GLOBAL), 'Load Direction' (Gravity), and 'Load Type' (Force).
 In the 'Options' section, there are three radio buttons: 'Add to Existing Loads' (selected), 'Replace Existing Loads', and 'Delete Existing Loads'. Below these is a 'Uniform Load' section with a text box containing '40' and the unit 'kN/m'.
 Below the 'Options' section is a 'Trapezoidal Loads' section with four columns labeled 1., 2., 3., and 4.. Each column has two rows: 'Relative Distance' and 'Loads'. The values are: 1. (0, 0), 2. (0.25, 0), 3. (0.75, 0), 4. (1, 0). The unit 'kN/m' is at the end of the 'Loads' row. Below this section are two radio buttons: 'Relative Distance from End-I' (selected) and 'Absolute Distance from End-I'.
 At the bottom of the dialog box are three buttons: 'Reset Form to Default Values', 'OK', and 'Close'.

Şekil 59. 1 Nolu çubukta üniform yayılı yükün teşkili

Assign Frame Distributed Loads

General

Load Pattern: YUKLEME1

Coordinate System: GLOBAL

Load Direction: Gravity

Load Type: Force

Options

☐ Add to Existing Loads

☒ Replace Existing Loads

☐ Delete Existing Loads

Uniform Load

0 kN/m

Trapezoidal Loads

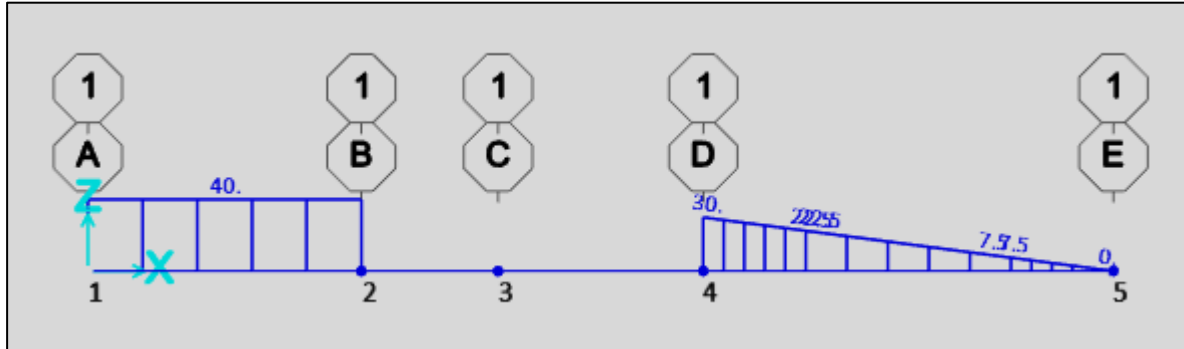
	1.	2.	3.	4.
Relative Distance	0	0.25	0.75	1
Loads	30	22.5	7.5	0

☒ Relative Distance from End-I ☐ Absolute Distance from End-I

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

Şekil 61. Üçgen yükün tanımlanması ve çubuğa atanması



Şekil 62. Üçgen ve düzgün yayılı yükün çubuğa tanımlanmış hali

24. 3 No'lu düğüm noktası seçilir ve **Assign** (Ata) menüsünden **Joint Loads** (Düğüm Noktası Yükleri) ,**Forces** (Kuvvetler) komutu seçilerek **Joint Forces** (Düğüm Noktası Kuvvetleri) penceresi görüntülenir.Bu pencerede:

- **Loads** (Yükler) bölümünde **Moment about Global Y** (Global Y yönünde moment) kutusuna -50 yazılır (Şekil 63).
- **OK** kutusu tıklanır.

Assign Joint Forces

General

Load Pattern: YUKLEME1

Coordinate System: GLOBAL

Forces

Force Global X: 0 kN

Force Global Y: 0 kN

Force Global Z: 0 kN

Moment about Global X: 0 kN-m

Moment about Global Y: -50 kN-m

Moment about Global Z: 0 kN-m

Options

☐ Add to Existing Loads

☒ Replace Existing Loads

☐ Delete Existing Loads

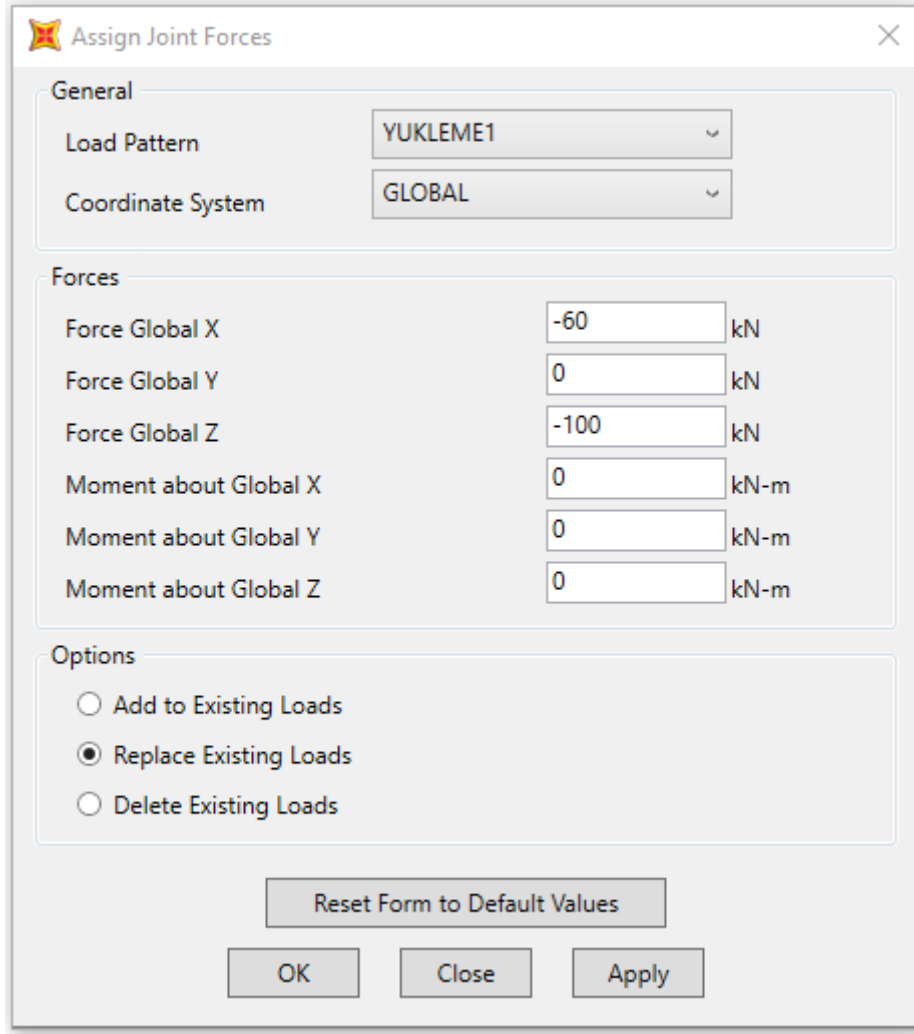
Reset Form to Default Values

OK Close Apply

Şekil 63. 3 No' lu düğüm noktasına moment eklemesi

25. 5 No'lu düğüm noktası seçilir ve **Assign** (Ata) menüsünden **Joint Loads** (Düğüm Noktası Yükleri) ,**Forces** (Kuvvetler) komutu seçilerek **Joint Forces** (Düğüm Noktası Kuvvetleri) penceresi görüntülenir.Bu pencerede:

- **Loads** (Yükler) bölümünde **Force Global Z** (Global Z yönünde kuvvet) kutusuna **-100**, **Force Global X** kutusuna **-60 kN** yazılır (Şekil 64).
- **OK** kutusu tıklanır.



The image shows a software dialog box titled "Assign Joint Forces". It is divided into three sections: "General", "Forces", and "Options".

- General:** Contains two dropdown menus. "Load Pattern" is set to "YUKLEME1" and "Coordinate System" is set to "GLOBAL".
- Forces:** Contains six input fields with units. "Force Global X" is -60 kN, "Force Global Y" is 0 kN, "Force Global Z" is -100 kN, "Moment about Global X" is 0 kN-m, "Moment about Global Y" is 0 kN-m, and "Moment about Global Z" is 0 kN-m.
- Options:** Contains three radio buttons. "Add to Existing Loads" is unselected, "Replace Existing Loads" is selected (indicated by a filled circle), and "Delete Existing Loads" is unselected.

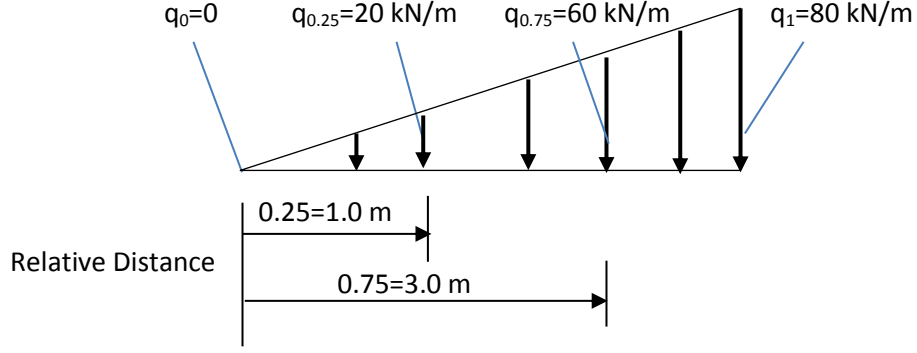
At the bottom of the dialog, there is a "Reset Form to Default Values" button, and three buttons: "OK", "Close", and "Apply".

Şekil 64. 4 No' lu düğüm noktasına (B mesnedi) dış tekil kuvvetlerin atanması

26. Yükleme2 grubu yüklerin atanması;

1 No' lu çubuk seçilir ve **Assign** (Ata) menüsünden **Frame Loads** (Çubuk Yükleri), **Distributed** (Yayılı) ileti kutusunda bu pencerede:

- **Load Pattern Name** kısmına **YUKLEME2** seçilir.
- **Load Type and Direction** bölümündeki açılır listeden **GLOBAL** ve **Gravity** seçilir.
- Bu durumda relatif mesafelere (0, 0.25 (1m), 0.75 (3m), 1) sırasıyla 0, 20, 60 ve 80 yazılır (Şekil 65).
- **OK** kutusu tıklanır.



Şekil 65. Yükleme2 1 nolu çubuğun üçgen yayılı yükünün tanımlanması

2 No' lu çubuk seçilir ve **Assign** (Ata) menüsünden **Frame Loads** (Çubuk Yükleri), **Distributed** (Yayılı) ileti kutusunda bu pencerede:

- **Load Pattern Name** kısmına **YUKLEME2** seçilir.
- **Load Type and Direction** bölümündeki açılır listeden **GLOBAL** ve **Gravity** seçilir.
- **Uniform Load** bölümündeki yazı kutucuğuna **80** yazılıp **OK** düğmesine basıldı. Böylece $-Z$ yönünde **80 kN/m** şiddetindeki düzgün yayılı yük tanımlanmış oldu.
- **OK** kutusu tıklanır.

4 No'lu düğüm noktası seçilir ve **Assign** (Ata) menüsünden **Joint Loads** (Düğüm Noktası Yükleri), **Forces** (Kuvvetler) komutu seçilerek **Joint Forces** (Düğüm Noktası Kuvvetleri) penceresi görüntülenir.Bu pencerede:

- **Loads** (Yükler) bölümünde **Force Global Z** (Global Z yönünde kuvvet) kutusuna **-100 kN** yazılır.
- **OK** kutusu tıklanır.

27. Yükleme3 grubu yüklerin atanması;

4 No' lu çubuk seçilir ve **Assign** (Ata) menüsünden **Frame Loads** (Çubuk Yükleri), **Distributed** (Yayılı) ileti kutusunda bu pencerede:

- **Load Pattern Name** kısmına **YUKLEME3** seçilir.
- **Load Type and Direction** bölümündeki açılır listeden **GLOBAL** ve **Gravity** seçilir.
- **Uniform Load** bölümündeki yazı kutucuğuna **40** yazılıp **OK** düğmesine basıldı. Böylece $-Z$ yönünde **40 kN/m** şiddetindeki düzgün yayılı yük tanımlanmış oldu.
- **OK** kutusu tıklanır.

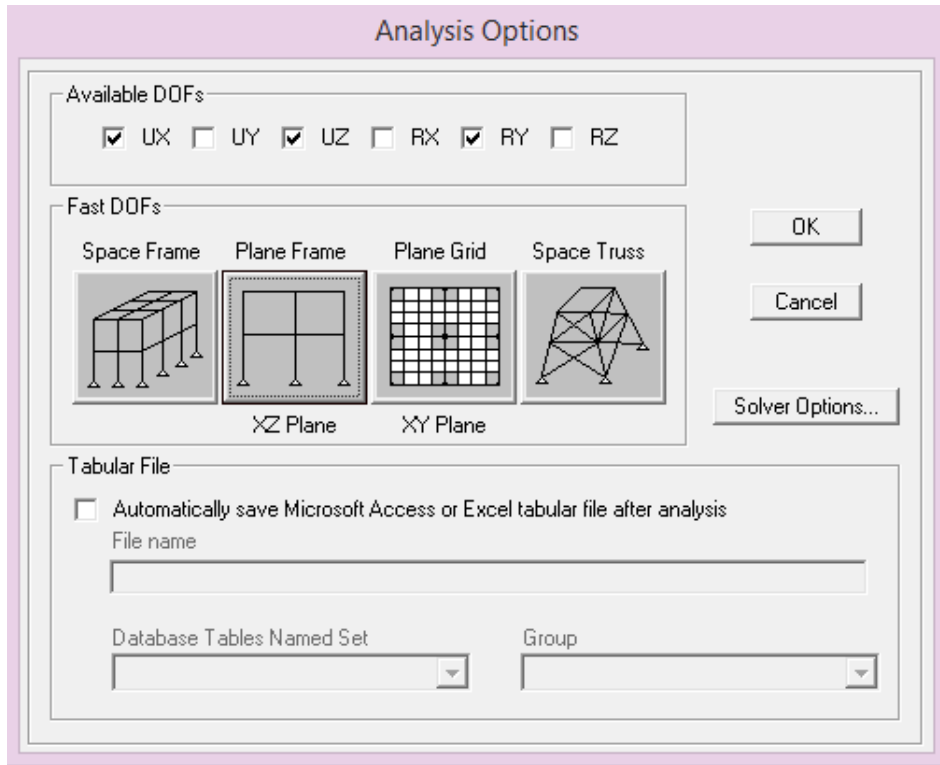
2 No'lu düğüm noktası seçilir ve **Assign** (Ata) menüsünden **Joint Loads** (Düğüm Noktası Yükleri), **Forces** (Kuvvetler) komutu seçilerek **Joint Forces** (Düğüm Noktası Kuvvetleri) penceresi görüntülenir.Bu pencerede:

- **Loads** (Yükler) bölümünde **Force Global Z** (Global Z yönünde kuvvet) kutusuna **-70 kN**, **Force Global X** kutusuna **+40 kN** yazılır.
- **OK** kutusu tıklanır.

• **Çözüm (Analiz) Aşaması**

28. Analyze (Çözüm) menüsü tıklanır.**Set Analysis Options** (Analiz Seçeneklerini Tanımla) komutu seçilerek **Analysis options** (Analiz Seçenekleri) formu görüntülenir.Bu formda :

- **Plane Frame XZ Plane** (Düzlem Çerçeve Xz Düzlemi) kutusuna tıklanarak uygun serbestlik dereceleri işaretlenir (Şekil 66).



Şekil 66. Analiz Seçenekleri

29. Run Analysis (Analize Başla)  ikonuna basılarak çözüme başlanır.

30. Display (Görüntüle) menüsünden **Show Forces/Stresses** (Kuvvetler /Gerilmeleri Göster),**Frame/Cable/Tendons**(Çubuk /Kablo /Tendon) komutu seçilerek **Member Force Diagram For Frames** (Kesit Tesirleri Diyagramı) penceresi görüntülenir.Bu pencerede:

- **Component** (Bileşenler) alanında görüntülemek istenen seçenek işaretlenir.
- **Fill Diagram** (Diyagramı Doldur) kutusundaki işaret kaldırılır.
- **Yükleme seçilir,**
- **Show Values On Diagram** (Diyagramda Değerleri Göster)kutusu işaretlenir.

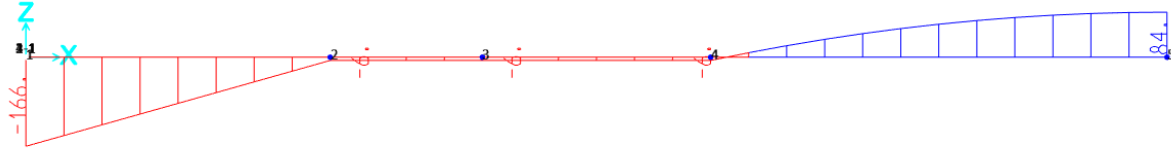
31. Kesit Tesiri Diyagramları: Yukarıda tanımlandığı gibi Yüklemel için Shear 2-2' den Kesme Kuvveti Diyagramı, Moment 3-3' den Eğilme Momenti Diyagramını ve Axial Force komutundan da Normal Kuvvet diyagramını çizdirebiliriz (Şekil 67).

Şekil 67. Kesit tesiri diyagramlarının çizilmesine ilişkin komutlar

Buna göre sırasıyla kesit tesiri diyagramları aşağıda verilmiştir.



Şekil 68. Yükleme1 Normal Kuvvet Diyagramı

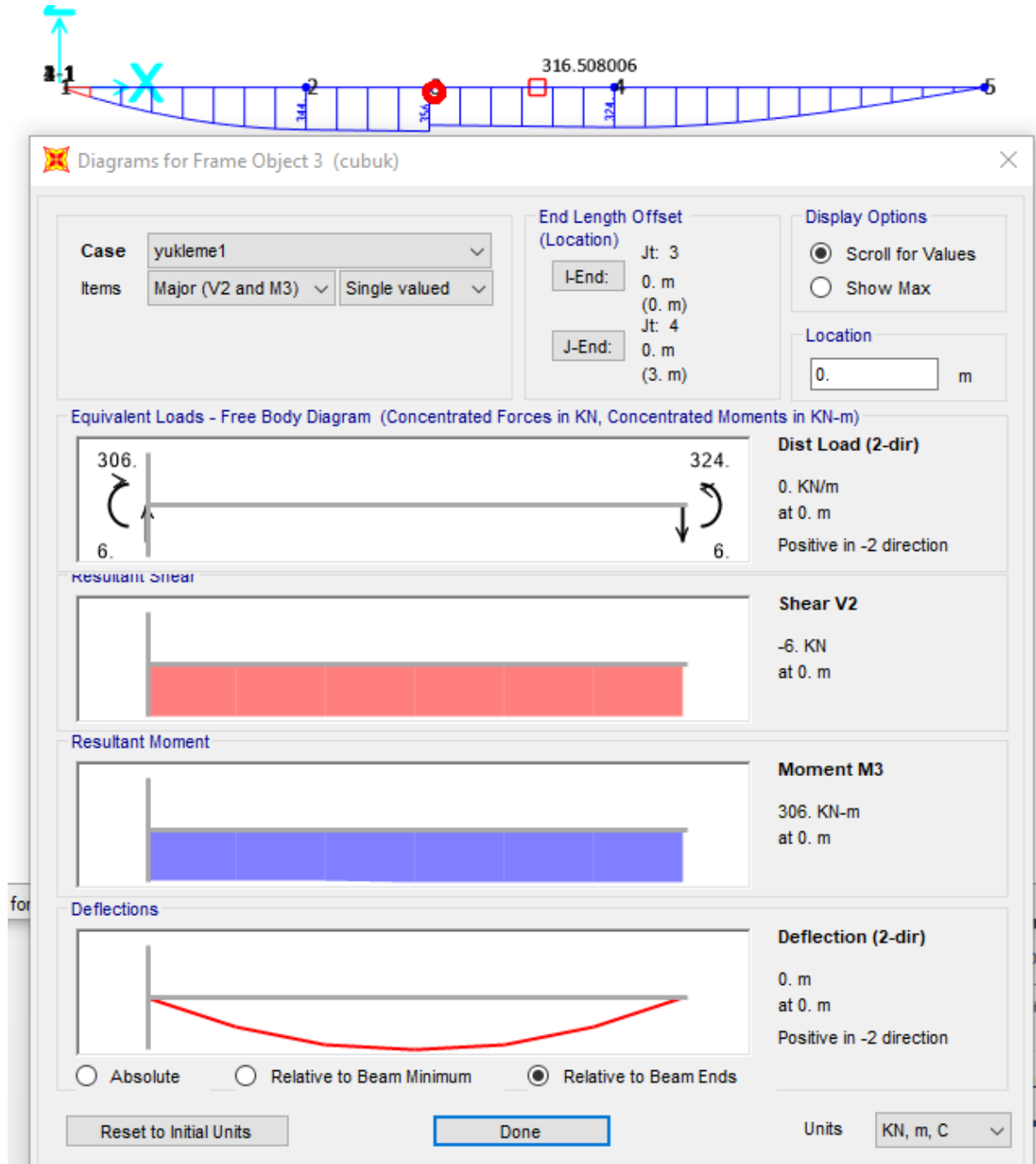


Şekil 69. Yükleme1 Kesme Kuvvet Diyagramı



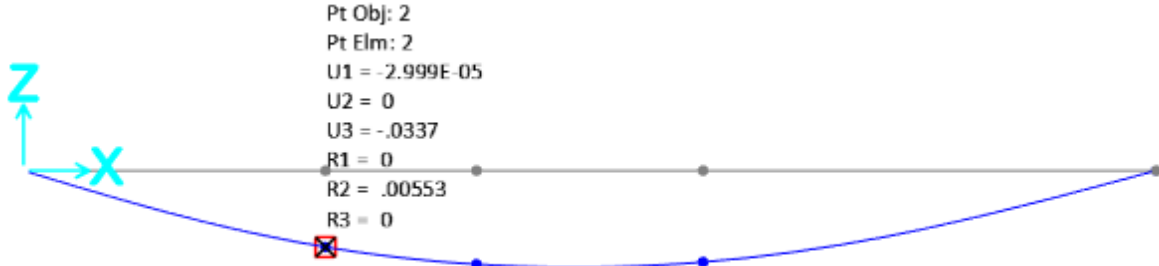
Şekil 70. Yükleme1 Eğilme Momenti Diyagramı

Şekilden de görüleceği gibi kırmızı renkler negatif, mavi renkler pozitif diyagramları göstermektedir. Yalnız eksenlerin yönüne göre kesme kuvveti işareti farklılık gösterebilir. Diğer yandan çözümden sonra okunamayan değer varsa ya da kirişin düğüm noktası haricinde ki kesit tesiri ya da yerdeğiştirmesine bakılmak isteniyorsa kirişin üzerine mouse ile tıklanarak değerler okunabilir (Şekil 71). Şekilden de görüleceği gibi 3 nolu kirişin sol ucundaki eğilme momenti değeri 306 kNm olarak okunacaktır. Halbuki Şekil 70' e bakıldığında buradaki eğilme momenti değeri 354 kNm olarak görülmektedir. Buradan da anlaşılabacağı gibi eğilme momenti düğüm noktası üzerinde +354 ve +304 kNm' dir.



Şekil 71. 3 No' lu çubuğun kesit tesiri değerleri

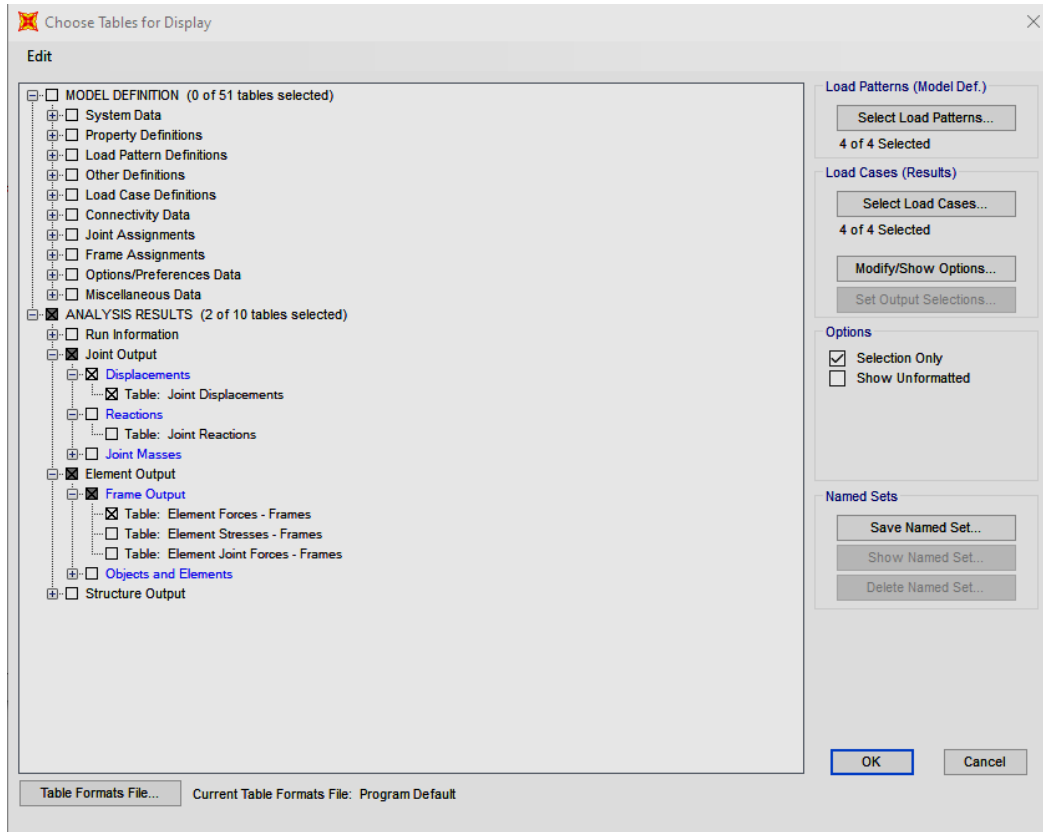
32. Display (Görüntüle) menüsünden **Show Deformed Shape** (Deformasyonları Göster), komutu seçilerek deformasyonlu kısım görüntülenebilir. Aynı yüklemenin yer değiştirme eğrisi Şekil 72' de verilmiştir.



Şekil 72. Yükleme1' e Ait Çubuk Yerdeğiştirme Eğrisi ve 2 No' lu Düğüm Noktasının Yerdeğiştirme Değerleri

Şekilden de görüleceği gibi 2 düğüm noktasının yatay yerdeğiştirmesi X ekseninin tersi yönünde $2.99 \cdot 10^{-5}$ m, Y eksenini yönünde sıfır, Z eksenini yönünde -0.0337 m, Y eksenini etrafındaki dönme 0.00553 radyan, diğer yönlerdeki dönme açıları sıfırdır.

33. Şayet tüm değerleri grafik yerine sayısal olarak almak istersek Display, Show Tables' dan istediğimiz kesit tesiri ve/veya yer değiştirmeleri seçebiliriz (Şekil 73, Şekil 74).



Şekil 73. Kesit tesirleri ve yer değiştirmelerin sayısal olarak elde edilmesi

