ISSN 1019-1011

Ç.Ü.MÜH.MİM.FAK.DERGİSİ Haziran/Aralık 2006 Ç.Ü.J.FAC.ENG.ARCH.
CİLT.21 SAYI.1-2 June/December VOL.21 NO.1-2

ÇELİK YAPILARIN SAP2000 PROGRAMI İLE ANALİZ VE TASARIMI

Sinem KOCABAŞ ve Beytullah TEMEL
Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : *Bu çalışmasında, tek açıklıklı kafes ve dolu gövdeli endüstri yapıları ile iki katlı bir binanın analiz, tasarım ve projelendirilmesi yapılmıştır. Endüstri yapılarının analiz ve tasarımı statik yükler (öz ağırlık ve kar yükü) ve rüzgar yükleri altında, iki katlı binanın analiz ve tasarımı ise statik yükler (sabit ve hareketli) ve deprem yükleri altında yapılmıştır. Tüm analiz ve boyutlandırmalar sonlu elemanlar yöntemine dayalı yapı analizi yapan SAP2000 programı ile gerçekleştirilmiştir.*

ANALYSIS AND DESIGN OF STEEL STRUCTURES BY USING SAP2000

ABSTRACT : *In this study, a truss beam-column frame system and single storey gabled frame system and two storey building have been analyzed, designed and projected. Industrial buildings have been analyzed and designed under static loads (dead and snow) and wind loads. Two-storey building has been analyzed and designed under static loads (dead and live) and seismic loads. Analysis and design of structures are executed by using general purpose SAP2000 computer program, which use finite elements method for analysis.*

1. GİRİŞ

Mühendislik yapılarında çelik malzeme yaklaşık iki yüz yıldan beri kullanılmaktadır. 20.yüzyıl başlarında kaynaklı birleşimlerle uygulama alanına girmesiyle kullanımı yaygınlaşmıştır.

Günümüzde gerek içerisinde kolon bulunmayan büyük açıklıklı binalara, gerekse büyük yerleşim yerlerinde belirli merkezlerde toplanan yoğun insan kitlesini barındıracak çok katlı binalara olan ihtiyaç; bu binaların taşıyıcı iskelelerinde yüksek dayanımlı malzeme kullanma zorunluluğu getirmektedir. Büyük açıklıklı ve çok katlı betonarme taşıyıcı sistem kullanılması halinde esas taşıyıcı elemanlara etkiyen kesit tesirlerinin büyüklüğü, çok büyük betonarme kesitlerin kullanılmasını gerektirmektedir. Binalarda büyük kesitli kolon ve kirişler fazla yer kaplamakta, dolayısı ile bina öz ağırlığının artmasına ve ayrıca maliyetlerin yükselmesine neden olmaktadır. Bu nedenle çeliğin kullanılması ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Böylece, büyük açıklıkların daha küçük kesitli taşıyıcı elemanlarla aşılması sayesinde rahat hacimler sağlanmış olacak ve nüfus yoğunluğu fazla olan yerleşim merkezlerinde çok katlı bina yapılarak ihtiyaçlar karşılanmış olacaktır. Bugün ülkemizde çelik yapılar genellikle büyük açıklıklı, tek katlı endüstri yapıları veya çok katlı teknolojik binalar şeklinde uygulanmaktadır.

Her türlü yapı için geçerli olan temel esaslardan biri olan doğru analizin yanı sıra malzeme seçiminde etken olarak, mimari, işlevsel katkılar, yapım süresi ve rekabet gücü gibi tasarıma dair özellikler söz konusudur. Bu noktada çelik malzeme, yapı tasarımı aşamasında özellikle detaylandırma ve uygulama konusunda proje yapan mühendislere değişik seçenekler sunmaktadır.

İlerleyen teknoloji ve beyin gücü ile en zorlu uygulamalar bile hayata geçirilebilmektedir. Bu sürecin projelendirme aşamasında faydalanılan üç boyutlu yapı modelleme programlarından biri de SAP2000 programıdır. Genel hatlarıyla SAP2000, sonlu elemanlar yöntemine dayalı, hızlı ve kolay modelleyebilme, hazır model kütüphanesinden ve başka bir programdan model aktarabilme veya ekleme, model üzerinde her an değişiklik yapabilme, analiz sonuçlarını şeklen ve sayısal olarak izleyebilme, boyutlandırmada optimizasyon gibi pek çok işleve izin veren kapsamlı bir programdır. Hesap ve detaylarda titizlikle çalışmaya izin vermesinin yanında tasarım aşamasında oluşturulan eleman verilerinin CNC (Computer numerically controlled) tezgahlarına elektronik ortamda aktarımı ile aynı uygulamanın farklı safhalarında aynı verilerin işlenmesini mümkün kılmaktadır. Böylece klasik sistemlerdeki her iş istasyonunda düzenlenmesi gereken belge kalabalığı ve getirebileceği sorunlar da ortadan kalkmış olmaktadır (1).

Beklentileri karşılayabilmek ve teknolojiyi yakalayabilmek için, kalifiye işçilerin ve bu konuda çalışan projecilerin az olması gibi caydırıcı sebeplere rağmen çelik kullanımını artırmaya, ufku açık bireyler yetiştirmenin de önünü açmaya yönelik çalışmalar arasında yer almasını hedeflediğimiz bu çalışma kapsamında; çelik ve çelik yapı tasarımı ile ilgili mevcut bilgi düzeyini artırmanın yanında, çelik yapıların SAP2000 programı ile analizi ve tasarımı hakkında da ışık tutması amaçlanmıştır.

Genel olarak tasarım, işlevsel tasarım ve taşıyıcı sistemin tasarımı olmak üzere iki bölümde düşünülebilir. İşlevsel tasarımda iç ve dış mimari göz önünde tutulur; taşıyıcı sistemin tasarımında ise işletme yüklerini güvenle taşıyacak elemanların seçimi gerekir. Tasarımın adımları, planlama, ön tasarım, yüklerin saptanması, ön boyutlama, analiz

(yüklerin ve sistemin modellenmesi, iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin saptanması), değerlendirme (dayanım ve işletme koşullarının kontrolü; sonucun optimum tasarım kriterleriyle uyumunun belirlenmesi), gerekiyorsa yeniden tasarım ve sonuç şeklinde özetlenebilir.

Tasarım adımları, bu çalışmada incelenen, Türkiye'de kullanımı yaygınlaşan yapı tiplerinden gerek hal gerekse karkas yapılara örnek üç farklı çelik yapı projesinin, SAP2000 programı yardımıyla hesap ve projelendirmesinde izlenen yol ve yöntemler ile örneklenmiştir. Farklı tasarım şekilleri uygulanarak verilerin karşılaştırılması ile çeşitli sonuçlara varılmış ve öneriler sunulmuştur. Çalışmada ayrıca temel projelendirmesinde İdeCAD ve çizimlerin hazırlanmasında AutoCAD programlarından yararlanılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Materyal

Bu çalışmada, tek ve çok açıklıklı taşıyıcı sistemler ile çok katlı sistemlerin ilgili yönetmelik koşullarına göre analiz ve tasarımları yapılmıştır. Endüstri yapılarının statik yükler ve rüzgar yükleri altında projelendirilmesinde TS498 (Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yükler), TS648 (Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları), ve TS3357 (Çelik Yapılarda Kaynaklı Birleşimlerin Hesap ve Yapım Kuralları) kullanılmıştır. Ayrıca iki katlı binanın statik yükler ve deprem yükleri altında projelendirilmesinde ise bu standartlara ek olarak TDY98 (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik) kullanılmıştır.

Yapı analiz ve tasarımları için geliştirilmiş sonlu elemanlar yöntemine dayalı, genel amaçlı SAP2000 yapısal analiz programı kullanılmıştır. Ayrıca yardımcı program olarak İdeCAD ve AutoCAD programlarından da yararlanılmıştır.

2.2. Metod

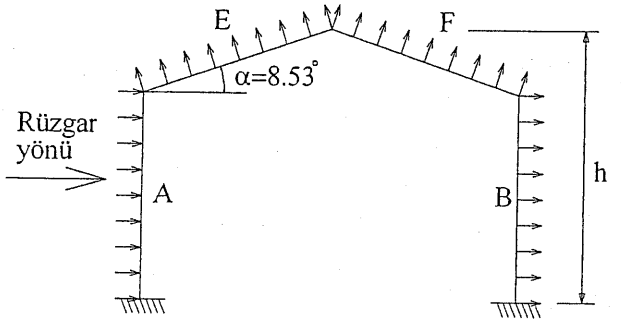
SAP2000 bir (çubuk), iki (alan) ve üç (katı cisim) boyutlu elemanlar ile mühendisin problemlerine cevap verebilmektedir. Genel olarak kullanılan elemanlar bir boyutlu çubuk (frame) elemanlardır. Çubuk elemanlar aslında sonlu elemanlar yönteminin özel bir halini temsil eder. En gerçekçi davranışa ulaşabilmek için örneğin bir kiriş elemanının katı modellemesi yapılabilir veya iki boyutlu alan elemanları ile çözüme ulaşılabilir. Ancak, bu konuda yapılan teorik çalışmalar neticesinde belirli bir geometride üç boyutlu ya da iki boyutlu yapısal elemanların bir boyutlu çubuk elemanlar ile temsil edilebileceği belirlenmiştir.

Bu çalışmada da düzlemsel ve üç boyutlu bina çerçevelerini modellerken taşıyıcı sistem elemanları için çubuk elemanları kullanılmıştır. Çubuk eleman kesitleri seçimi için SAP2000 programındaki çelik profil kütüphanesinden yararlanılmıştır.

Çalışmada ilk olarak tek açıklıklı kafes kiriş-kolon çerçevesinin çözümü için tasarım adımları izlenerek SAP2000 programı ile kesit tesirleri elde edilmiştir ve kesit tahkikleri yapılmıştır. Çeşitli kontroller ve hesaplamalar ile ekonomik ve güvenli olacak şekilde kesitler ve elemanlar seçilmiştir. Yapı temeline ait hesaplar için İdeCAD programından yararlanılmıştır. Analiz ve boyutlandırma sonrasında uygulama projeleri AutoCAD programı ile hazırlanmıştır. Dolu gövdeli çerçeve sisteminde ve iki katlı kiriş- kolon çerçeve sisteminde de aynı sıra izlenmiştir.

3. KAFES KİRİŞ KOLON VE DOLU GÖVDELİ SİSTEM YÜK ANALİZİ

Çatı örtüsü öz ağırlığı (A)..... =5.00kg/m^2 (Y.D.)
Aşık öz ağırlığı (B)..... =10.00kg/m^2 (Y.D.)
Çatı makası öz ağırlığı (C)..... =15.00kg/m^2 (Y.D.)
=30.00kg/m^2 (Y.D.)
Kar yükü (2) h=10.4m (D)..... =75.00kg/m^2 (Y.D.)
Rüzgar yükü hesabı, h=10.4m => q_r=80 kg/m^2, P=C*q



C_A=+0.8
C_B=-0.4
C_E=(1.2sinα-0.4)
C_F=-0.4

Şekil 1. Rüzgar yükünün etkisi

E düzleminde $P_{re}=C_e.q=(1,2\sin\alpha-0,4).q=(1,2.0,148-0,4).80$..... =-17.80kg/m^2 (Ç.D)
F düzleminde $P_{rf}=C_f.q=(-0,4).q=(-0,4).80$..... =-32.00kg/m^2 (Ç.D)
A düzleminde $P_{ra}=C_a.q=(0,8).q=(0,8).80$..... = 64.00kg/m^2 (D.D)
B düzleminde $P_{rb}=C_b.q=(-0,4).q=(-0,4).80$..... =-32.00kg/m^2 (D.D)

3.1. Düğüm Noktası Yüklerinin Hesabı

Öz ağırlık: A+B+C
g=30.6,00.2,00=360 kg=0,360 t g/2=0,180 t

Tam kar ve yarım kar yüklemesi:
k =75 kg/m^2 ; k =75.6,00.2,00=900 kg=0,900 t k/2 =0,450 t
y_k =75 kg/m^2 ; y_k =75.6,00.2,00=900 kg=0,900 t y_k/2=0,450 t

Rüzgar yüklemesi:
r_{sol}-E= r_{sag}-F =P_{we}=$P_{re}.a_1.L$=-17,80.2,02.6,00=-215,74 kg= -0,216 t P_{we} /2=0,108 t
r_{sol}-F= r_{sag}-E = P_{wf}=$P_{rf}.a_1.L$=-32,00.2,02.6,00=-387,84 kg= -0,388 t P_{wf} /2=0,194 t
r_{sol}-A= r_{sag}-B =P_{wa}=P_{ra}.L=-64,00.6,00=-384 kg/m (*1.25)=480 kg/m
r_{sol}-B= r_{sag}-A =P_{wb}=P_{rb}.L=32,00.6,00=192 kg/m (*1.25)=240 kg/m

Kolon zati yüklemesi:
g=0.0124*8.00*7.850=0.78t (kafes kiriş kolon çerçeve sistem için)
g=0.0239*7.850=188 kg/m=0.188 t/m (dolu gövdeli çerçeve sistem için)

Kren yüklemesi: (kren kirişi hesabından) (kafes kiriş kolon çerçeve sistem için)
v_{sol}=v_{sag}=-12.33 t (+z yönünde) ; -1.233 t (+x yönünde)

4. İKİ KATLI KİRİŞ KOLON ÇERÇEVE SİSTEM YÜK ANALİZİ

4.1. Zemin Kat Döşeme Yükü

Sabit Yük—G

Zati yük G yüklemesinin içindedir.

Kaplama	=170	kg/m^2
OSB:(10mm) 1000kg/m^{3}x0.010m	=10	kg/m^2
Alçıpan:(10mm)	=10	kg/m^2
	=190	kg/m^2
Duvar 2 yüzü alçıpan: 2x10x(h=3.00m)	=60	kg/m

Hareketli Yük—Q

Odalarda:	=200	kg/m^2

X Doğrultusunda Ana Kiriş Yükü (Duvarlı)

Sabit Yük—G

Zati yük G yüklemesinin içindedir.

Döşeme yükü döşemeden aktarılmaktadır.

Duvar yükü:	=60	kg/m
	=60	kg/m

Hareketli Yük—Q

Döşeme yükü döşemeden aktarılmaktadır.

X Doğrultusunda Ana Kiriş Yükü (Duvarsız)

Sabit Yük—G

Zati yük G yüklemesinin içindedir.

Döşeme yükü döşemeden aktarılmaktadır.

	=0.001	kg/m
	=0.001	kg/m

Y Doğrultusunda Ana Kiriş Yükü (Duvarsız, 2Yanı Döşemeli)

Sabit Yük—G

Zati yük G yüklemesinin içindedir.

Döşeme yanı:	190 kg/m^{2}x0.50m	=95	kg/m
		=95	kg/m

Hareketli Yük—Q

200 kg/m^{2}x0.50m	=100	kg/m
	=100	kg/m

Y Doğrultusunda Ana Kiriş Yükü (Duvarlı, 2Yanı Döşemeli)

Sabit Yük—G

Zati yük G yüklemesinin içindedir.

Döşeme yanı:	190 kg/m^{2}x0.50m	=95	kg/m
Duvar yükü:	duvar kirişin üzerinde ise	=60	kg/m
		=155	kg/m

Hareketli Yük—Q

200 kg/m^{2}x0.50m	=100	kg/m
	=100	kg/m

Y Doğrultusunda Ana Kiriş Yükü (Duvarlı, 1Yanı Döşemeli)

Sabit Yük--G

Zati yük G yüklemesinin içindedir.

Döşeme yanı: 190 kg/m^{2}x0.25m	=48	kg/m
Duvar yükü:	=60	kg/m
	=108	kg/m

Hareketli Yük—Q

200 kg/m^{2}x0.25m	=50	kg/m
	=50	kg/m

Y Doğrultusunda Tali Kiriş Yükü (Duvarsız, 2Yanı Döşemeli)

Sabit Yük—G

Zati yük G yüklemesinin içindedir.

Döşeme yanı: 190 kg/m^{2}x0.50m	=95	kg/m
	=95	kg/m

Hareketli Yük—Q

200 kg/m^{2}x0.50m	=100	kg/m
	=100	kg/m

4.2.1. Kat Döşeme Yükü

Sabit Yük—G	=190	kg/m^2
Duvar 2 yüzü alçıpan: 2x10x(h=1.00m)	=20	kg/m
Hareketli Yük—Q		
Odalarda:	=150	kg/m^2

X Doğrultusunda Ana Kiriş Yükü (Duvarlı)

Sabit Yük—G

Zati yük G yüklemesinin içindedir.

Döşeme yükü döşemeden aktarılmaktadır.

Duvar yükü:	=20	kg/m
	=20	kg/m

Hareketli Yük—Q

Döşeme yükü döşemeden aktarılmaktadır.

X Doğrultusunda Ana Kiriş Yükü (Duvarsız)

Sabit Yük—G

Zati yük G yüklemesinin içindedir.

Döşeme yükü döşemeden aktarılmaktadır.

	=0.001	kg/m
	=0.001	kg/m

Y Doğrultusunda Ana Kiriş Yükü (Duvarsız, 2Yanı Döşemeli)

Sabit Yük—G

Zati yük G yüklemesinin içindedir.

Döşeme yanı: 190 kg/m^{2}x0.50m =95 kg/m
=95 kg/m

Hareketli Yük—Q
150 kg/m^{2}x0.50m =75 kg/m
=75 kg/m

Y Doğrultusunda Ana Kiriş Yükü (Duvarlı, 1Yanı Döşemeli)
Sabit Yük--G
Zati yük G yüklemesinin içindedir.
Döşeme yanı: 190 kg/m^{2}x0.25m =48 kg/m
Duvar yükü: =20 kg/m
=68 kg/m

Hareketli Yük—Q
150 kg/m^{2}x0.25m =38 kg/m
=38 kg/m

Y Doğrultusunda Tali Kiriş Yükü (Duvarsız, 2Yanı Döşemeli)
Sabit Yük—G
Zati yük G yüklemesinin içindedir.
Döşeme yanı: 190 kg/m^{2}x0.50m =95 kg/m
=95 kg/m

Hareketli Yük—Q
150 kg/m^{2}x0.50m =75 kg/m
=75 kg/m

4.3. Kolon Yükü
Sabit Yük—G
Zati yük G yüklemesinin içindedir.
=0.001 kg/m
=0.001 kg/m

4.4. Deprem Hesabı
Deprem hesabında Afet yönetmeliğinden yararlanılmıştır. Eşdeğer deprem yöntemi ile sünekliliği yüksek yapı olarak çözülmüştür. Bina konut tipi, zemin Z3 sınıfı, bölge 1.derece deprem bölgesi kabul edilmiştir.

Üst kat---G=12390 kg ---Q=7508 kg
Alt kat---G=15049 kg ---Q=10003 kg
$W_i = G + nQ$ n=0.3
$W_{i1} = 12390 + 0.3 \times 7508 = 14642kg$
$W_{iz} = 15049 + 0.3 \times 10003 = 18050kg$
$W = \Sigma W_i = 32692kg$
T= 0.08 * H$^{0.75}$ =0.08*6$^{0.75}$ =0.31
I=1

Ta=0.15 Tb=0.60
Ao=0.40
R=8

$$V(t) = W \times \frac{A(T1)}{R}$$

$$A(T1) = A_0 \times S(T) \times I$$

$$A(T1) = 0.4 \times 2.5 \times 1 = 1$$

$$V(t) = 32692 \times \frac{1}{8} = 4087kg$$

$$W_{i1} \times H_i = 14642 \times 6 = 87852kg$$

$$W_{iz} \times H_i = 18050 \times 3 = 54150kg$$

$$\Sigma W_i \times H_i = 142002kg$$

$$F_i = V(t) \times \frac{W_i H_i}{\Sigma W_i H_i}$$

$$F_1 = 4087 \times \frac{87852}{142002} = 2528kg$$

$$\frac{2528}{3} = 843kg \qquad \frac{2528}{4} = 632kg$$

$$F_z = 4087 \times \frac{54150}{142002} = 1559kg$$

$$\frac{1559}{3} = 520kg \qquad \frac{1559}{4} = 390kg$$

5. BİR SİSTEMİN SAP2000'DE OLUŞTURULMASI VE ÇÖZÜMÜ

Yük analizi sonrasında SAP2000'de analiz ve tasarımın adımları şunlardır :

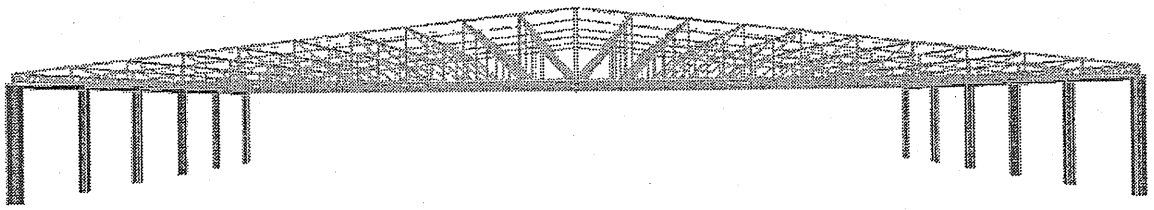
Birim şeçilir.
Modelleme yapılır.
Malzeme tanımlanır.
Dosya kaydedilir.
Kesit tanımlanır.
Çubuklar ve düğüm noktaları sıralanır, istenirse özel olarak isimlendirilir.
Seçimde veya verilerin okunmasında kolaylık açısından gruplandırma yapılır.
Kesitler çubuklara atanır.
Yüklemeler tanımlanır.
Analiz tanımları düzenlenir.
Yükler sisteme atanır.
Yük kombinasyonları tanımlanır.
Düğüm noktası birleşim detaylarına göre düğüm noktası şartları tanımlanır.
Düzlemsel veya üç boyutlu sistem olmasına göre serbestlikler belirlenir.
Analiz yapılır ve kesit tesirleri elde edilir
Boyutlandırmada esas alınacak yönetmelik seçilir, gerekli düzeltmeler yapılır.
Boyutlandırmada esas alınacak yük kombinasyonları seçilir.

Kesit tahkiki yapılır.

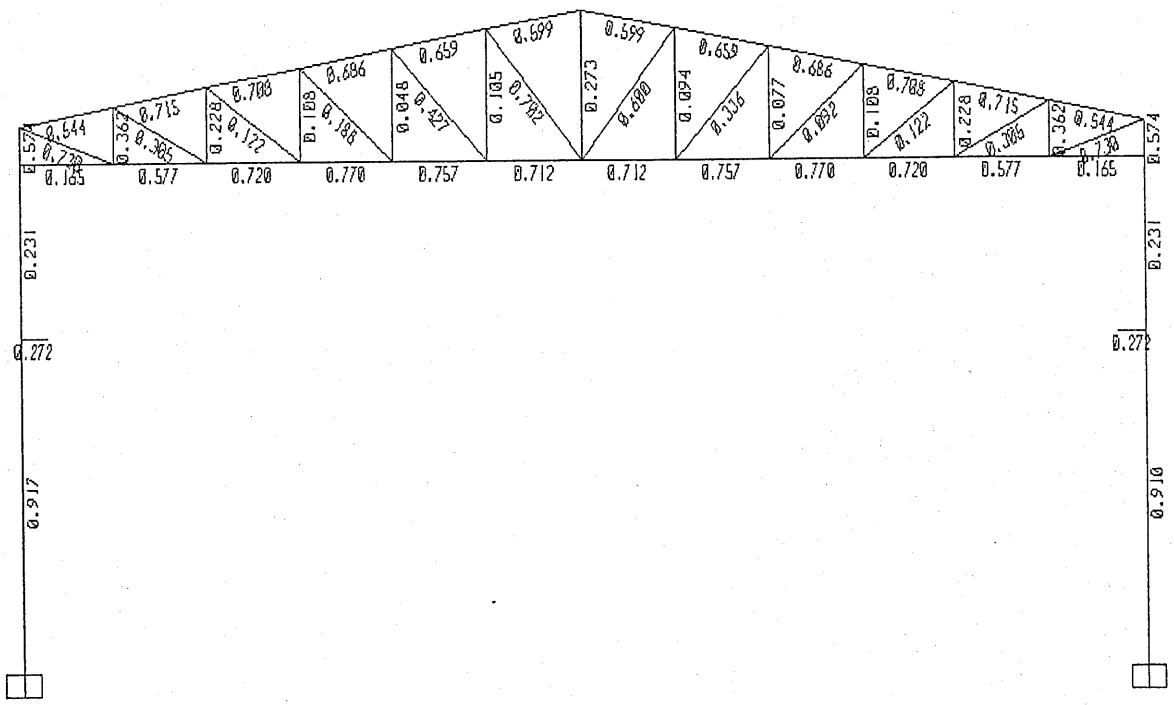
Statik hesap sonucu elde edilen kesit tesirleri yardımı ile çelik birleşim detayları şekillendirilir, ve imalat ile uygulama projeleri hazırlanır.

Ayrıca aşık hesabı ve detaylandırılması da bağımsız olarak yapılır.

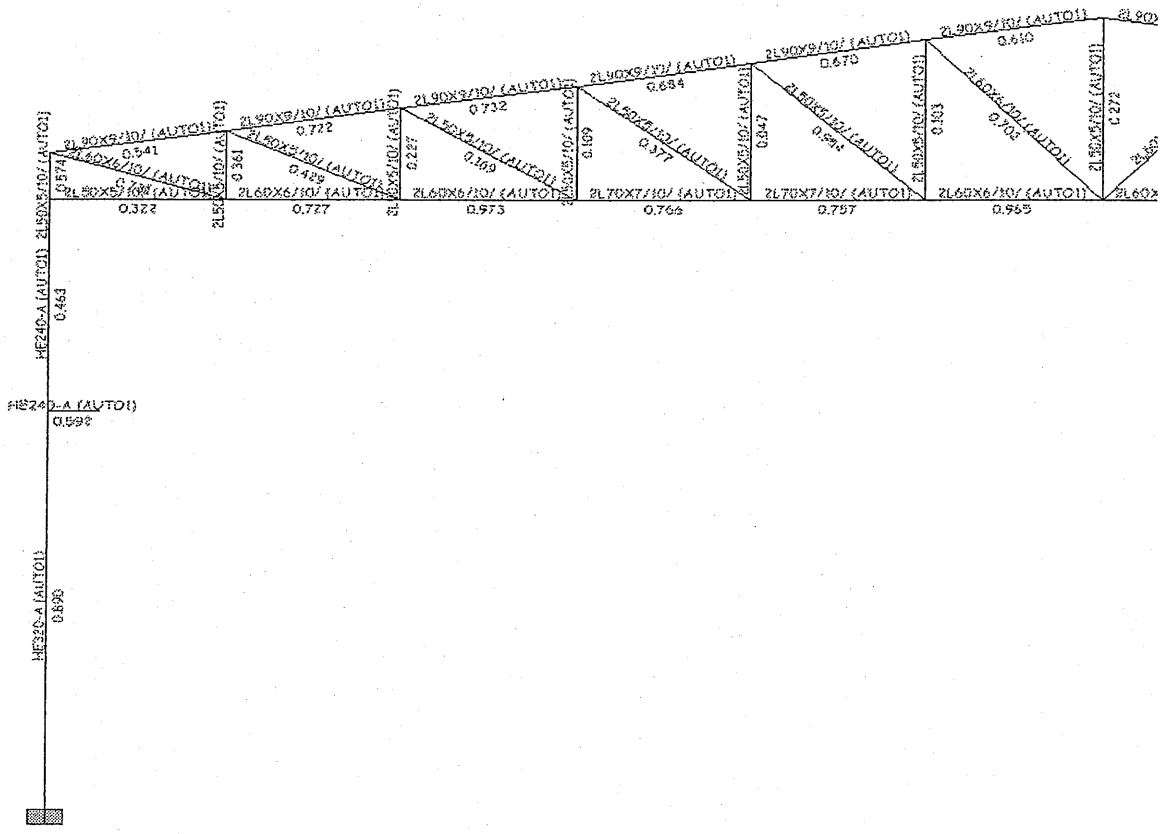
5.1. Kafes Kiriş Kolon Çerçeve Sistem



Şekil 2. Kafes kiriş kolon çerçeve sistem

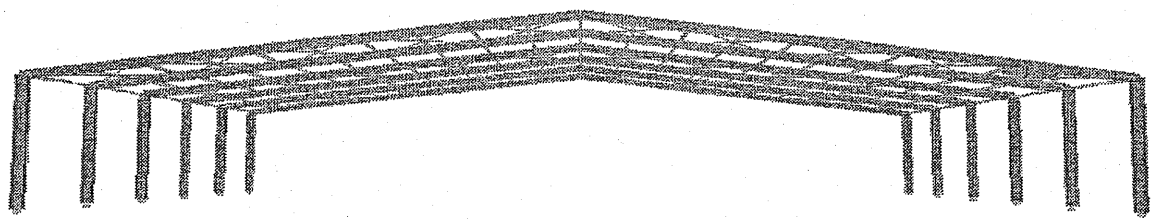


Şekil 3. Kesit tahkik sonuçları

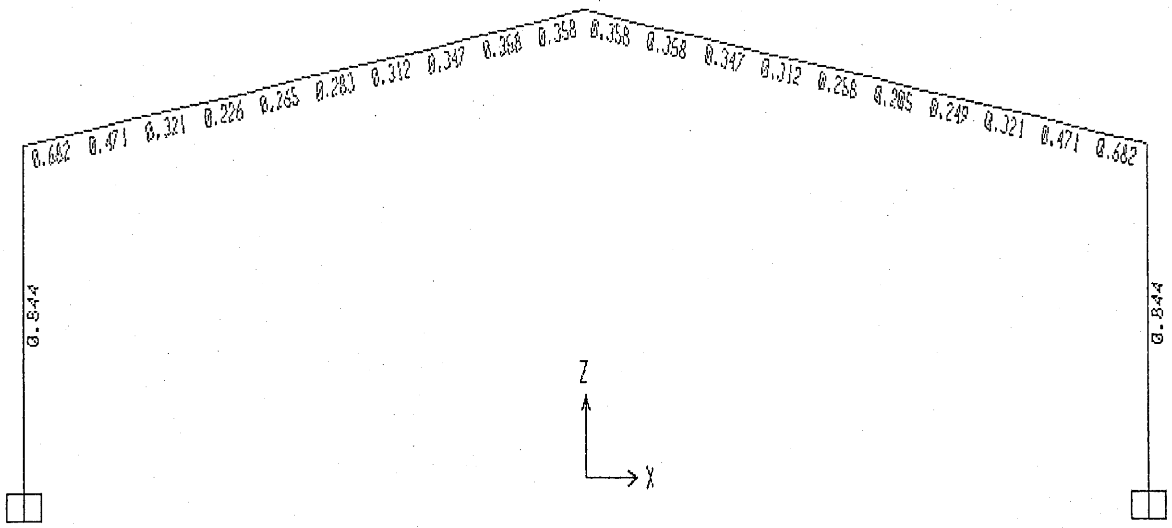


Şekil 4. AUTO1 listesine göre program tarafından atanan kesitlerin tahkik sonuçları

5.2. Dolu Gövdeli Çerçeve Sistem

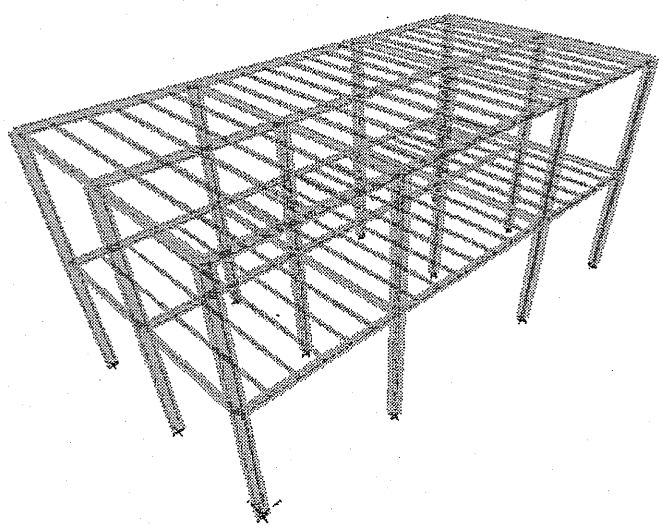


Şekil 5. Dolu gövdeli çerçeve sistem

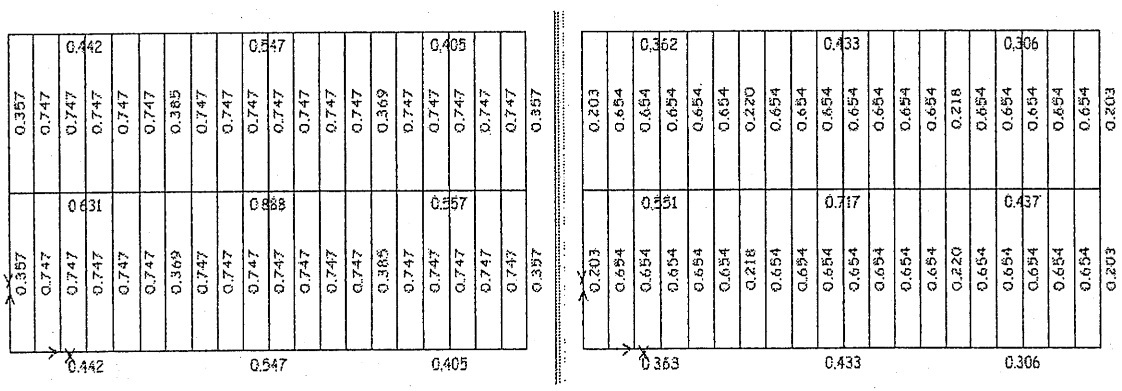


Şekil 6. Kesit tahkik sonuçları

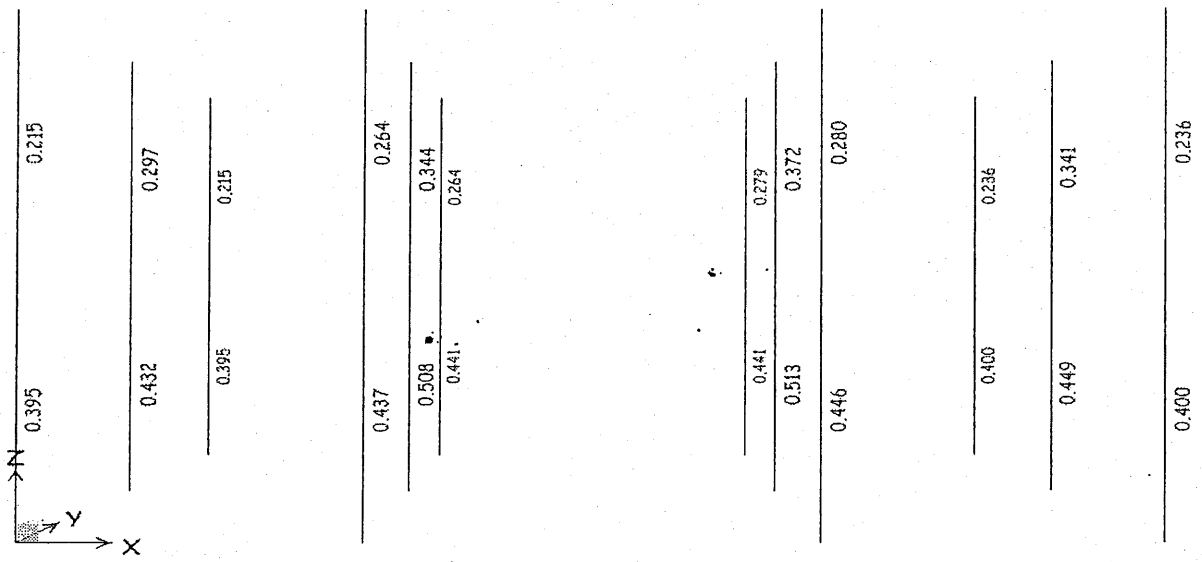
5.3. İki Katlı Kiriş Kolon Çerçeve Sistem



Şekil 7. İki katlı kiriş kolon çerçeve sistem



Şekil 8. Kiriş kesit tahkik sonuçları



Şekil 9. Kolon kesit tahkik sonuçları

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çeliğin vazgeçilmez bir malzeme haline geldiği dünyada, ülkemizde de çeliğin kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bunun nedeni ise, günden güne değişen, artan ihtiyaçlar ve bilinçlenen toplum çerçevesinde, yapılarda özellikle aranan depreme karşı performans, imalatta yüksek kalite ve uygulamada kontrol edilebilirlik, yapı ağırlığının az olması, düşük temel maliyeti, inşaat süresinin kısalması, mekandan tasarruf vb. gibi vasıflara uygunluğudur.

Estetik, işlevsellik, kullanım ömrü gibi yapının rekabet gücünü artıran yönler açısından düşünüldüğünde çelik malzeme, yapı tasarımına ve programlamaya özellikle detaylandırma ve uygulama konusunda projelendirmeyi yaparken mühendise değişik seçenekler sunmaktadır.

Bu çalışmada üç farklı proje ile çelik yapı çözümüne örnekleme yapılmıştır. Üst yapı statik hesabın yapılmasında SAP2000, yapı temel statik hesaplarında İdeCAD, çizimlerin hazırlanmasında AutoCAD programlarından yararlanılarak bilgisayar kullanımı en üst düzeyde tutulmaya çalışılmıştır. Böylece harcanan zaman kaybı azaltılmış, verimli ve etkin bir şekilde projenin sonuçlandırılması sağlanmıştır.

Her yapı tipi için çeşitli tasarım şekilleri uygulanarak bazı sonuçlara varılmış ve öneriler özetlenmiştir.

4. Bölümde,

24m açıklıklı kafes kiriş-makas, 8m yüksekliğinde kolon, 5.20m'de gezer vinçten oluşan, 30m uzunluğunda kafes kiriş-kolon sistem çözülmüştür.

Yapıya ait özellikler dikkate alınarak ve TS498, TS648 ve TS3357 kullanılarak, statik yükler ve rüzgar etkisinde, yük analizi için gerekli olan değerler ilgili tablolardan okunmuştur.

Makas ve kolon birlikte çerçeve olarak analiz edilmiştir. Tek başına makas çözülüp, mesnetlerden elde edilen reaksiyonların kolona yük olarak atandığı çözüm yöntemi ile yakın sonuçlar gözlenmiştir.

SAP2000'de modellemede uygulama aşamasında üst ve alt başlığın sürekliliği, dikme ve diyagonallerinse parçalı olduğu düşünülerek örgü çubuklarının başlıklara bağlantılarına mafsallı şartı atanmıştır.
Tüm makas elemanları birbirine rijit bağlı düşünüldüğünde, bir başka deyişle örgü çubuklarının dönmesi engellenip moment çubuğu gibi çalıştırıldığında, normal kuvvete çalıştığı esasına göre boyutlandırılan çubukların moment aldığı ve bazı çubuklar için kesitlerin yetersiz olduğu gözlenmiştir.

Tüm makas elemanları mafsallı bağlı düşünüldüğünde kesitler daha ekonomik çıkmaktadır. Ancak bu durum uygulamadaki birleşim şekline uygun değildir.

Aşık hesabında gergisiz durumda gerilme tahkiki ve sehim kontrolu sağlanamamıştır, aşık çift gergili teşkil edilmiştir. Gergiler aşık kesitini küçültmektedir. Bu da yapının ağırlığı ve ekonomiklik konusunda olumlu bir etkendir. Aynı zamanda sehimi azalttığı için de güvenlidir.

Uygun kesitin belirlenmesinde SAP2000'in sunduğu bir yöntem de çeşitli kesitlerden oluşan bir liste hazırlayıp, bu listeden eleman kesitlerinin program tarafından atanmasıdır. Auto select, nihai kesit seçimi için kullanılabileceği gibi ön seçim amaçlı da kullanılabilecek bir özelliktir. Bu özellik ile çözümde elde edilen kesitlerin ve yeterliliklerinin mevcut sonuçlar ile uyumluluğu gözlenmiştir.

5. Bölümde,

7.40m yüksekliğinde kolon, 3.00m orta yükseklikli, 40m açıklıklı kırık çerçeveden oluşan, 30m uzunluğunda dolu gövdeli çerçeve sistem çözülmüştür.

Yapıya ait özellikler dikkate alınarak ve TS498, TS648 ve TS3357 kullanılarak, statik yükler ve rüzgar etkisinde, yük analizi için gerekli olan değerler ilgili tablolardan okunmuştur.

Kolonun temele bağlantısı mafsallı teşkil edilmiştir. Kesit tesirleri ile köşe düğüm noktaları ve kolon temel bağlantı noktası birleşim detayları teşkil edilmiştir.

Kolonun temele bağlantısı ankastre teşkil edildiğinde ise kesitlerin çalışma kapasitelerinin düştüğü görülmektedir. Temel bağlantısının ankastre olmasıyla üst çerçevede daha küçük kesit seçilebilmektedir. Bu da yapının ağırlığı ve ekonomiklik konusunda olumlu bir etkendir.

6. Bölümde,

Bir doğrultuda 10m, diğer doğrultuda 5m açıklığı, 3.00m kat yüksekliği olan, dış cephesi iki yüzü alçıpan duvarla çevrili, döşemesi alçıpan+OSB+kaplama malzemesinden oluşan, iki katlı kiriş kolon çerçeve sistem çözülmüştür.

Yapıya ait özellikler dikkate alınarak ve TS498, TS648, TS3357'ye ek olarak TDY98, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik kullanılarak, statik ve (eşdeğer deprem yöntemine göre) dinamik yükler etkisinde, yük analizi için gerekli olan değerler ilgili tablolardan okunmuştur.

SAP2000'de modelleme yapılmış ve kesit tesirleri elde edilmiştir. Her kat döşeme düzlemi içinde diyafram gibi davranmaktadır, bu yüzden bir katı temsil eden düğüm noktalarına diyafram şartı atanmıştır.

Döşeme kirişleri sadece düşey kuvvet aktaracak şekilde teşkil edilmiştir, bir başka deyişle döşeme ızgaraları kirişlere mafsallı bağlıdır. Döşeme kirişleri ile ana kirişlerin

bağlantılarının mafsallı ve rijit olduğunda elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında rijit bağlıyken ortadaki kiriş ve kolonlarda çalışma kapasitelerinde artma olduğu gözlenmiştir. Sayısal bakımdan çok farklı olmasa da mafsallı detaylandırma ile orta ana kiriş ve kolon kesitleri daha küçük seçilebilir.

Kolon temel bağlantısı ankastredir.

Dinamik analizler eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesaplanmıştır. Her katın kütlesi (G ve Q olarak) hesaplandıktan ve yapının yapılacağı bölgeye, kullanım amacına ve zeminin sınıfına göre bazı parametreler belirlendikten sonra (1.deprem bölgesi, konut, Z3 sınıfı zemin), katlara gelen kesme kuvvetleri belirlenmiş ve etkitilmiştir. Daha sonra elde edilen kesit tesirleri kullanılarak detaylandırma yapılmıştır.

Sistemin 5m doğrultusundaki aksları ve 10m doğrultusundaki orta iki aks arasında 2L50*5/10 profili ile dış cephede çaprazlar teşkil edildiğinde kiriş ve özellikle kolon kesitlerinde ciddi anlamda küçülme olduğu gözlenmiştir. Sistem çaprazlı düzenlendiğinde kesitler azalmakta, yapı hafiflemekte ve gerek rüzgar gerekse dinamik etkilere karşı daha rijit olmaktadır.

Yapıların projelendirilmesinde kullanılan programların doğruluğu önemlidir. Ancak, aynı zamanda kullanıcı, programın temel varsayımlarını açıkça anlamalı ve programın oluşturduğu sonuçları kendisi bağımsız olarak kontrol edebilmelidir.

7. KAYNAKLAR

1. Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, Sayı :418, No:2, 2002.

2. Çelebi,T., Sanayi Yapı Projeleri, Üçer Matbaacılık, İstanbul, 1978.

3. Deren,H., Uzgider,E., Piroğlu,F., "Çelik Yapılar", Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 2002.

4. Odabaşı,Y., "Ahşap ve Çelik Yapı Elemanları", Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., 2000.

5. Özmen,G., Orakdöğen,E., Darılmaz,K., "SAP2000 Uygulamaları", İstanbul, 2003.

6. Öztürk,Z., "Çelik Yapılar", Birsen Yayınevi, İstanbul, 2002.

7. TDY98, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 1998.

8. TS498, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yükler, 1987

9. TS648, Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, 1982.

10. TS3357, Çelik Yapılarda Kaynaklı Birleşimlerin Hesap ve Yapım Kuralları, 1979.

11. Uluğ,T.N., "Çelik Yapılar", Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul, 1984.

12. Yorgun,C., "Çelik Yapılar 2 Ders Notları", İstanbul, 2002.

13. Yardımcı,N., "Çelik Yapılar 1 Ders Notları", İstanbul, 2001.

14. İDEYAPI Bilgisayar Destekli Tasarım Müh. Dan. Taah. Ltd.Şti., Bursa.

15. Wilson,E.L., "SAP2000 Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures", Computers and Structures, Inc., 1-2 1997.

16. The Apache Software Foundation "AutoCAD" Autodesk, Inc.

17. www.serki.com

18. www.itu.edu.tr