

Üç Boyutlu Çerçeve Yapıların Statik Analizi için Geliştirilen Bir Bilgisayar Programı: YapAn05

Mahmud Sami Döven, Burak Kaymak, Mehmet Tevfik Bayer

Dumlupınar Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kütahya
msamidoven@gmail.com, burakkaymak@gmail.com

Özet: Bu çalışmada üç boyutlu çerçeve yapıların statik analizi için kullanıcı dostu arayüze sahip bir bilgisayar programı (YapAn05) geliştirilmiştir. Geliştirilen programda düğüm, eleman, kesit, malzeme ve yükleme bilgileri girilerek yapı tarif edilmekte ve yapının statik analizi yapılmaktadır. Analiz sonunda tasarım için gerekli, düğüm noktası deplasmanları ve çubuk ucu kuvvetleri raporlanmaktadır. Bunun yanında, girilen yapı geometrisi açık kaynak kodlu bir matematik ve grafik programı olan SCILAB ile otomatik olarak kontrol edilebilmektedir. YapAn05 programı kullanılarak örnek yapılar analiz edilmiş ve sonuçların üç boyutlu analiz için yaygınca kullanılan Sap2000 programının sonuçları ile aynı olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yapı Analizi, Üç Boyutlu Çerçeve Yapı.

A Software Developed for Static Analysis of 3D Frame Structures: YapAn05

Abstract: In this study a computer program (YapAn05), which has a user friendly interface, is developed in order to carry out static analysis of three dimensional frame structures. In this software, structure is described by entering information related to nodes, members, cross sections, materials and loads, and static analysis is performed. At the end of the analysis, the information as nodal displacements and member end forces, which are necessary for design, is reported. The structure geometry can be checked by using the open source coded mathematical and graphical program SCILAB. If this program is loaded on the computer then it can be called automatically by YapAn05. Sample structures are analyzed by using the program, YapAn05, and it is seen that the results are the same as those of Sap2000 which is widely used for 3D structural analysis.

Keywords: Structural Analysis, 3D Frame Structure.

1. Giriş

Bilgisayar teknolojisinin kişisel kullanım düzeyinde olmadığı dönemlerde yapı analizi, daha az işlem gerektiren, iki boyutlu analiz teknikleri kullanılarak yapılmakta idi. Bilgisayar teknolojisinin gelişmesi ve yaygınlaşması ile üç boyutlu analiz sadece akademik bir çalışma olmaktan çıkıp paket programlar vasıtasıyla mühendisler tarafından kullanılabilir hale gelmiştir.

Yapıların üç boyutlu analizi için geliştirilmiş bir çok paket program mevcuttur. Bu programların mühendisler tarafından tasarım amaçlı kullanılmasının yanında bazılarının akademik çalışmalarda da kullanılması mümkündür. Ancak açık kaynak kodlu olmayan bu programlara data girmenin haricinde müdahale imkanı olmadığından dolayı, analiz tekniklerinin geliştirilmesi gibi bazı çalışmalarda kullanılmaları mümkün olmamaktadır. Bu durumda araştırmacının kendi analiz programını geliştirmesi zorunlu hale gelmektedir.

Bu çalışmada akademik çalışmalarda kullanılmak üzere yapıların üç boyutlu statik analizini gerçekleştiren kullanıcı dostu arayüze sahip bir bilgisayar programı (YapAn05) geliştirilmiştir.

2. Deplasman metodu ile Sistemik Analiz

Yapılarda deplasman metodu ile sistemik analiz yapılabilmesi için, yapı matematik olarak tarif edilmelidir.

Bunun için düğüm ve elemanlar sistematik olarak numaralandırılır. Bu numaralar ilgili matris ve vektörlerin kolon veya satır numarasına denk geleceğinden dolayı ardışık olarak atanmalıdır. Daha sonra her bir düğüm ve çubuk eleman için koordinat, serbestlik, yük, kesit ve malzeme özellikleri, lokal eksen özellikleri gibi gerekli bilgiler matrisler veya vektörler içerisinde nümerik olarak depolanır.

Yapıyı tarif eden matris ve vektörler kullanılarak eleman rotasyon matrisleri ve eleman rijitlik matrisleri elde edilir. Elde edilen eleman rijitlik matrislerinden, yapı rijitlik matrisi toplama metodu ile elde edilir. Öngörülen yükler altında oluşacak deplasmanlar lineer denklem takımı çözüm metodlarından birisi ile çözülür. Öncelikle deplasmanların hesaplanması nedeniyle deplasman metodu adını alan bu yöntemde hesaplanan eleman rijitlik matrisleri ve deplasmanlar kullanılarak çubuk ucu kuvvetleri hesaplanır.

3. Geliştirilen Bilgisayar Programı

Bu çalışma kapsamında geliştirilen yapı analizi programı YapAn05'de bir ara yüz (Şekil 1) vasıtasıyla datalar girilmekte ve yapılan analiz sonunda hesaplanan deplasman ve çubuk ucu kuvvetleri raporlanmaktadır. Ayrıca girilen geometrinin doğru olup olmadığı ile ilgili bir fikir vermesi için açık kaynak kodlu bir program olan SCILAB programı, bilgisayarda kurulu olması halinde, otomatik olarak çağrılmakta ve girilen geometrinin komut-



Şekil 1. YapAn05 ana pencere görüntüsü

ları hazır olarak gelmektedir. Açılan bu sayfada hazır kod çalıştırıldığında grafik ortamda çubuk elemanlar çizdirilerek çubuk sistem incelenebilir.

Hazırlanan bilgisayar programının (YapAn05) akış diyagramı Şekil 2'de verilmektedir. Bu programın özellikleri şunlardır:

-*Projeleri kaydedebilme*: Dataları girilen yapılar bir proje adı ile kaydedilebilir ve daha sonra dosyadan açılabilir. Açılan proje farklı isimle kaydedilebilir.

-*Sistem özelliklerini seçebilme*: Yeni proje seçilmesi durumunda açılan bir pencere aracılığı ile yapı özellikleri tanımlanabilmektedir. Çerçeve veya kafes, ayrıca 2 boyutlu veya 3 boyutlu olarak seçilebilen proje özelliklerine göre data girişinde kolaylık (bazı serbestliklerin otomatik olarak atanması gibi) sağlanmaktadır.

-*Düğüm noktası bilgileri*: Seçilen bir orijine göre düğüm noktası koordinatları girilen düğüm noktalarının serbestlikleri atanabilir. Düğüm noktası yükleri ve lokal eksen takımları tarif edilebilir.

-*Malzeme Bilgileri* : Çelik ve beton gibi malzemeler hazır kütüphanede depolanırken yeni malzeme ekleme imkanı vardır. Malzeme özellikleri olarak elastisite modülü, birim hacim ağırlık ve poisson oranı girilebilir, otomatik olarak atanan yeni malzeme ismi değiştirilebilir. Seçilen malzemelerin özellikleri değiştirilebilir.

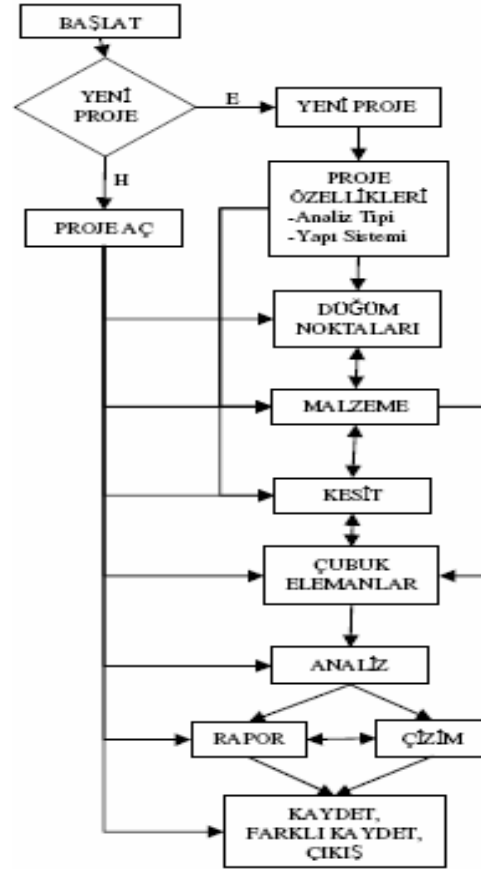
-*Kesit özellikleri* : Genel kesit tipi tanımlanabilir. Kesit özellikleri olarak isim, kesit alanı, x,y, ve z eksenlerinde atalet momentleri girilebilir. Ayrıca dikdörtgen, daire, kutu ve boru kesitler en, boy, çap ve et kalınlığı gibi bilgileri girilerek alan ve atalet moment değerleri otomatik olarak hesaplanıp atanabilir. Bu değerlerde değişiklik yapılabilir.

-*Çubuk bilgileri* : Önceden atanmış düğüm noktaları, malzeme ve kesit tipleri arasından başlangıç, bitiş düğümleri, kesit tipi ve malzeme adı seçilerek çubuklar tarif edilir. Çubuk uçlarında mafsal veya farklı serbestlik olması durumunda çubuk ucu serbestlikleri tarif edilebilir. Tarif edilen bu serbestliklere yük atanabilir. Seçilen çubuklarda bu özellikler değiştirilebilir. Çubuklar üzerinde noktasal ve düzgün yayılı yükler tarif edilebilir.

- *Analiz* : Analiz butonu ile, tarif edilen yapı sisteminin statik analizi gerçekleştirilir.

- *Rapor* : Rapor butonu ile düğüm noktası deplasmanları ve çubuk ucu kuvvetleri raporlanır.

- *Çizim* : Çizim butonu ile matematik ve grafik özellikli, açık kaynak kodlu bir yazılım olan SCILAB programının kurulu olması halinde, girilen geometrinin kontrolü için yapının geometrisi bir grafik datası şeklinde otomatik olarak hazırlanmakta ve SCILAB programında komut sayfası derlenmeye hazır şekilde otomatik olarak çağrılmaktadır. Açılan bu sayfada F5 tuşu ile yapı geometrisi çizdirilebilmektedir.



Şekil 2. Akış Diyagramı

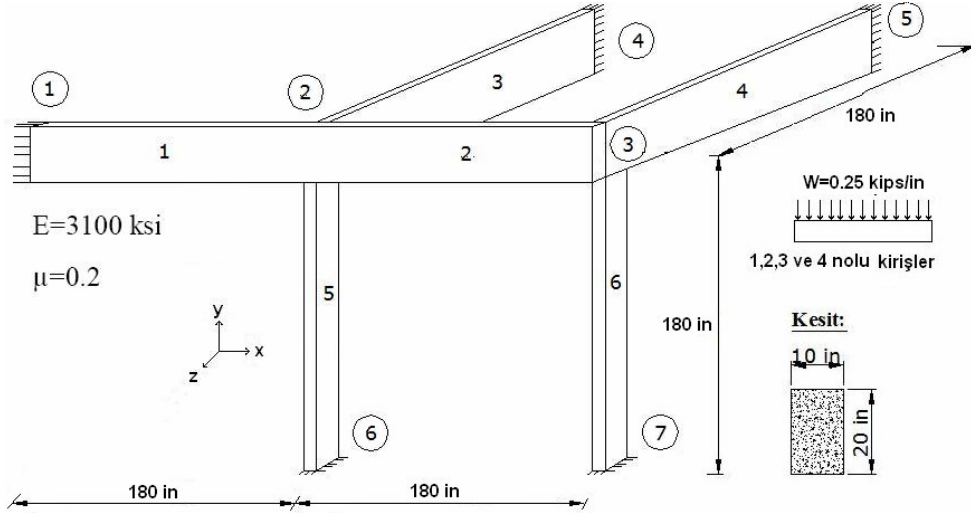
4. Uygulamalar

Geliştirilen yapı analizi programı YapAn05 ile bazı örnek yapıların statik analizi yapılmıştır. Aynı yapılar yaygın olarak kullanılan analiz programlarından Sap2000 programı ile analiz edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

4.1 Altı çubuklu çerçeve

Şekil 3'de verilen yapı [1,2] iki kolon ve dört kirişten oluşan, kirişleri düzgün yayılı yüklü üç boyutlu bir

çerçeve. Kesit ve malzeme özellikleri Şekil 3'de verilen yapı YapAn05 ve Sap2000 programları ile analiz edilmiştir. Her iki program ile hesaplanan sonuçlar birebir örtüşmektedir. Sonuçlar Şekil 4'de listelenmektedir. YapAn05 programının bu örnekteki yapının geometrisi için otomatik olarak oluşturduğu SCILAB hazır komut sayfası Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Altı çubuklu çerçeve

RAPOR										
Dugum noktaları deplasmanları										
d.n	Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz				
1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
2	-0.000264	-0.019729	-0.000695	-0.000635	-0.000635	0.000002	-0.000317			
3	-0.000619	-0.011188	-0.000756	-0.000689	-0.000689	-0.000002	0.001287			
4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000			
5	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000			
6	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000			
7	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000			
çubuk eksen takimine göre uc kuvvetleri										
c.no	i	k	i-k	N	Sy	Sz	T	My	Mz	
1)	1	2	i	0.909935	22.125328	0.005852	0.005852	20.853060	-0.572945	677.688101
			k	-0.909935	22.874672	-0.005852	-0.005852	-20.853060	-0.480462	-745.129146
2)	2	3	i	1.220498	25.848664	0.001388	0.001388	1.794677	-0.010180	792.207045
			k	-1.220498	19.151336	-0.001388	-0.001388	-1.794677	-0.239587	-189.447601
3)	2	4	i	2.395536	19.231477	-0.004350	-0.004350	10.416517	0.437724	307.945665
			k	-2.395536	25.768523	0.004350	0.004350	-10.416517	-0.345242	-896.279841
4)	3	5	i	2.605122	19.385564	-0.004293	-0.004293	-42.275334	0.317936	315.540659
			k	-2.605122	25.614436	0.004293	0.004293	42.275334	0.454862	-876.139060
5)	6	2	i	67.954813	-0.306214	-2.400000	-2.400000	-0.052918	143.112787	-18.457071
			k	-67.954813	0.306214	2.400000	2.400000	0.052918	288.887281	-36.661383
6)	7	3	i	38.536901	1.224792	-2.606509	-2.606509	0.078349	155.425701	73.290240
			k	-38.536901	-1.224792	2.606509	2.606509	-0.078349	313.745983	147.172267

Şekil 4. Altı çubuklu çerçeve için YapAn05 analiz raporu

```

SciPad 6.129.BP2 - grafdata.sce
File Edit Search Execute Debug Scheme Options Windows Help
1 x1=[0;180];
2 y1=[180;180];
3 z1=[180;180];
4 x2=[180;360];
5 y2=[180;180];
6 z2=[180;180];
7 x3=[180;180];
8 y3=[180;180];
9 z3=[180;0];
10 x4=[360;360];
11 y4=[180;180];
12 z4=[180;0];
13 x5=[180;180];
14 y5=[0;180];
15 z5=[180;180];
16 x6=[360;360];
17 y6=[0;180];
18 z6=[180;180];
19 plot3d(x1,z1,y1)
20 plot3d(x2,z2,y2)
21 plot3d(x3,z3,y3)
22 plot3d(x4,z4,y4)
23 plot3d(x5,z5,y5)
24 plot3d(x6,z6,y6)
25 //çizim için klavyeden F5 tuşuna basınız
Line: 1 Column: 1 Logical line: 1

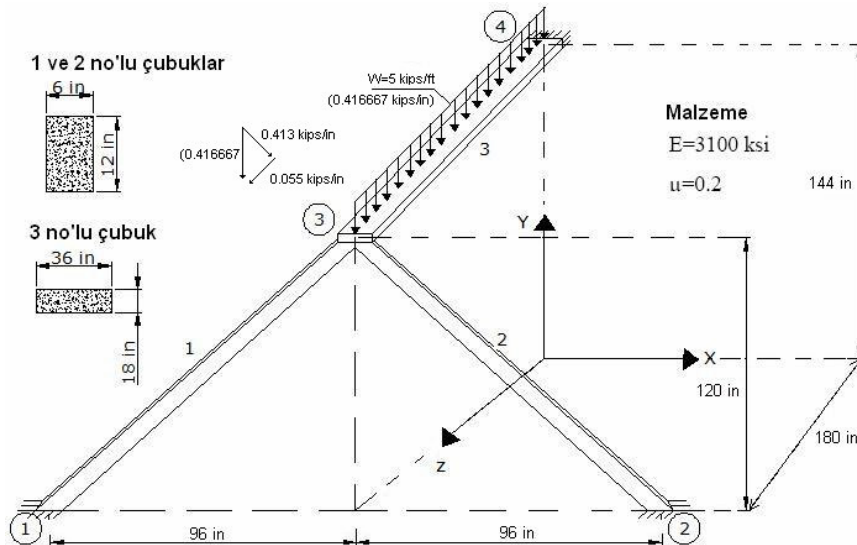
```

Şekil 5. Altı çubuklu çerçeve geometrisi SCILAB komut sayfası

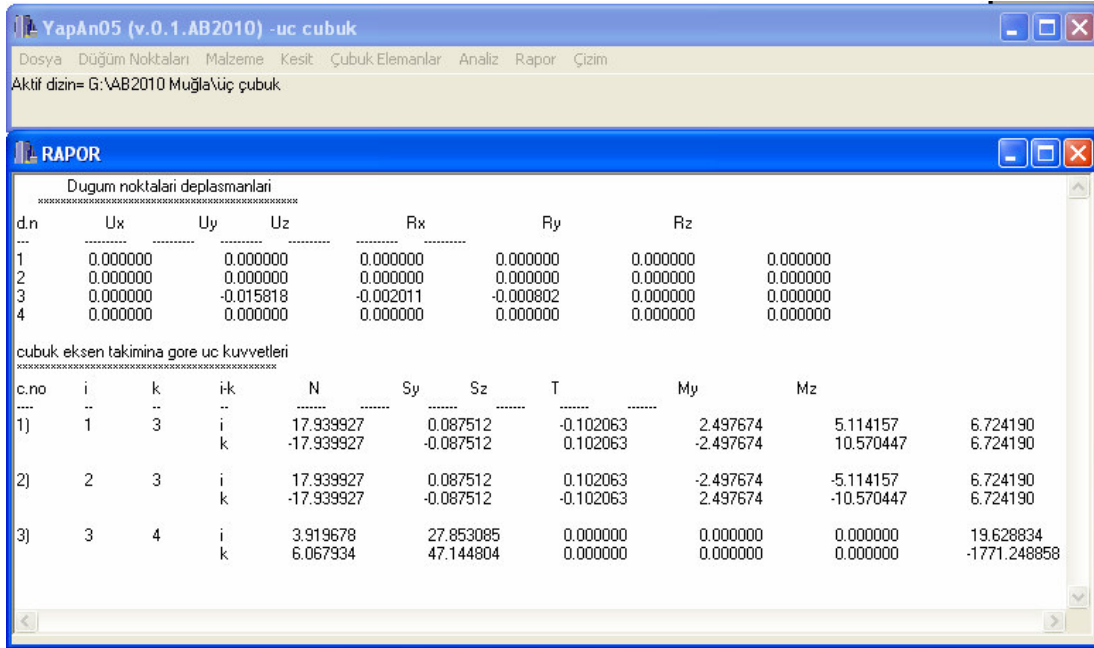
4.2 Üç çubuklu çerçeve

Şekil 6'da verilen üç boyutlu çerçeve sistem [1,2] iki çapraz kolon ve bir çapraz kirişten oluşmaktadır. Çapraz

kiriş yer çekimi doğrultusunda düzgün yayılı yük taşımaktadır. Kesit ve malzeme özellikleri şekilde verilen sistem YapAn05 ve Sap2000 programları ile analiz edilmiştir. Her iki programla hesaplanan sonuçlar birebir örtüşmektedir. Sonuçlar Şekil 7'de listelenmektedir.



Şekil 6. Altı çubuklu çerçeve

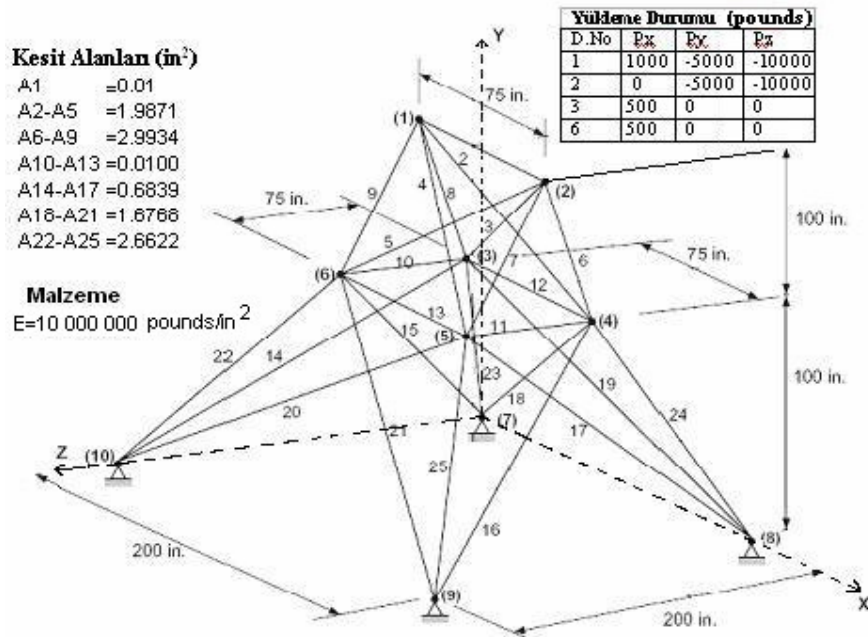


Şekil 7. Üç çubuklu çerçeve için YapAn05 analiz raporu

4.3 Yirmi beş çubuklu uzay kafes sistem

Şekil 8'de verilen yirmi beş çubuklu uzay kafes sistem, birçok araştırmacı tarafından [3,4,5] kesit optimizasyonu problemi olarak incelenmiştir. Bu çalışmada kesit ve malzeme özellikleri Şekil 8'de gösterildiği gibi alınmıştır.

Şekil 8'de verilen yükleme altında yapının statik analizi YapAn05 ve Sap2000 programları ile yapılmıştır. Her iki programla hesaplanan sonuçlar birbir örtüşmektedir. Sonuçlar Şekil 9'da listelenmektedir. Yapı geometrisinin kontrolü için YapAn05 programı tarafından oluşturulan SCILAB komut sayfası derlendiğinde elde edilen geometri Şekil 10'da gösterilmektedir.



Şekil 8. Yirmi beş çubuklu uzay kafes sistem

RAPOR

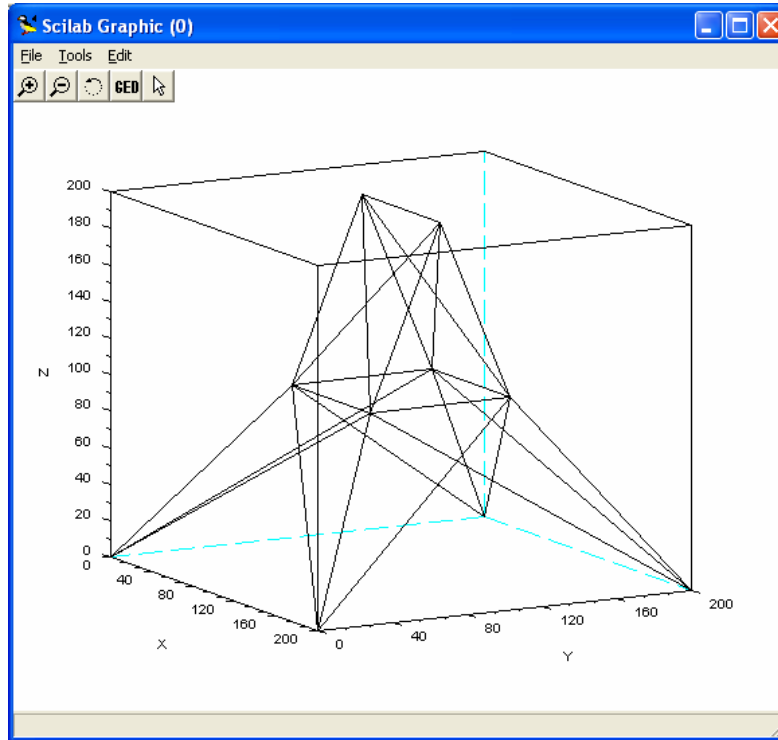
Dugum noktaları deplasmanları

d.n	Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz
1	0.006434	-0.022735	-0.350005	0.000000	0.000000	0.000000
2	0.033271	-0.032602	-0.350005	0.000000	0.000000	0.000000
3	0.018134	-0.122706	0.038325	0.000000	0.000000	0.000000
4	-0.011067	-0.130446	0.039887	0.000000	0.000000	0.000000
5	0.003898	0.079721	0.024756	0.000000	0.000000	0.000000
6	0.003170	0.087461	0.026317	0.000000	0.000000	0.000000
7	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
8	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
9	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
10	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

çubuk eksen takimine göre uç kuvvetleri

c.no	i	k	ik	N	Sy	Sz	T	My	Mz
1)	1	2	i	-35.781915	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
			k	35.781915	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
2)	4	1	i	6023.181624	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
			k	-6023.181624	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
3)	3	2	i	5153.156082	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
			k	-5153.156082	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
4)	5	1	i	-4220.868180	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
			k	4220.868180	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
5)	6	2	i	-5090.893722	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
			k	5090.893722	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

Şekil 9. Yirmi beş çubuklu uzay kafes sistem analiz raporu



Şekil 10. Yirmi beş çubuklu uzay kafes sistem (SCILAB)

5. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma kapsamında geliştirilen YapAn05 programı ile üç boyutlu yapıların statik analizi yapılabilmektedir. Data girişinde kolaylık sağlaması amacıyla kullanıcı dostu bir arayüzle tasarlanan programın analiz sonuçları yaygın olarak kullanılan yapı analizi programlarından Sap2000 sonuçları ile karşılaştırıldığında birebir örtüşükleri görülmüştür. YapAn05 programı ile tarif edilen yapıların proje olarak kaydedilebilmesi, kaydedilmiş projelerin çağrılabilmesi mümkündür. Açık kaynak kodlu bir matematik ve grafik programı olan SCILAB ile sistemin geometrisi otomatik olarak çizdirilebilmektedir.

YapAn05 programında, grafik ortamda data girişi, yükleme çeşitliliği gibi eklentiler yapılması da planlanmaktadır. Akademik çalışmalarda kullanılmak üzere geliştirilen bu programa dinamik analiz, plastik analiz, non-lineer analiz ve optimizasyon modüllerin eklenmesi düşünülmektedir.

6. Kaynaklar

- [1] Arbabi, F., "Structural Analysis and Behavior. ", **McGraw-Hill**, International Edition. (1991)
- [2] Mandal, F., "Üç Boyutlu Çerçeve Sistemlerin Deplasman Metoduna göre Analizi", Yüksek Lisans Tezi, **Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kütahya. (2008).
- [3] Schmit Jr LA. ve Miura H., " Approximation Concepts for Efficient Structural Synthesis ", **NASA CR-2552**, Washington, DC, NASA. (1976).
- [4] Saka MP., "Optimum design of pin-jointed steel structures with practical applications ", **J Struct Eng ASCE**, 116(10):2599–620. (1990).
- [5] Kaveh A, Talatahari S., " Particle swarm optimizer, ant colony strategy and harmony search scheme hybridized for optimization of truss structures", **Comput Struct**, 87(5–6):267–83.(2009)