



DEĞİŞKEN KESİTLİ ÇERÇEVELERİN ELEKTRONİK TABLOLARLA ANALİZ VE TASARIMI

Sedat Savaş¹, Mustafa Ülker²

¹Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 23119, Elazığ

ÖZET

Bu çalışmada, değişken kesitli çubuklardan oluşan düzlem çerçevelerin, doğrusal-elastik analizi esas alınarak optimum tasarımı üzerine bir araştırma yapılmıştır. Günümüzde optimum yapı tasarımı için çok sayıda araştırma yapıldığı görülmüştür. Ancak bu çalışmalarda genel olarak sabit enkesitten oluşan, prizmatik enkesitli sistemler üzerine araştırmalar yapılmıştır. Değişken kesitli çubuklardan oluşan çerçevelerin analizi ve optimizasyonu hakkında az sayıda araştırma bulunmaktadır. Bu düşünceyle bu çalışmada, güvenli ve minimum ağırlıklı olan bir yapı elde edebilmek için, değişken kesitli çubuklardan oluşan çerçevelerin analizi ve optimum boyutlandırılması üzerine araştırma yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Değişken Kesitli Çerçeveler, Optimum Tasarım

GİRİŞ

Son yıllarda yapılan araştırmalarda, yapıların optimum boyutlandırılması konusunda en uygun çözümler bulunmasına yönelik çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Özellikle yüksek kapasiteli bilgisayarların da devreye girmesiyle, yapısal optimizasyon alanında çok sayıda yeni yöntem geliştirilmiştir.

Yapı analizlerinde genel olarak prizmatik kesitli çubuklardan oluşan sistemler incelenmiştir. Değişken kesitli çubuklardan oluşan çerçeveler konusunda ise az sayıda araştırmaya rastlanmıştır. Bu düşünceyle bu çalışmada, güvenli ve daha ekonomik bir yapı tasarımı gerçekleştirmek amacıyla, değişken kesitli çerçevelerin analizi ve optimizasyonu üzerine bir araştırma yapılmıştır.

Çalışma iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Önce değişken enkesitli çerçevelerin analizini yapan bir program kodlanmış ve bu programla iki çerçeve sistemi çözümlenmiş, ikinci adımda ise bu analizden elde edilen kuvvet ve deplasmanlar kullanılarak optimum boyutlandırma yapan algoritma yazılmıştır.

Değişken kesitli çerçevelerin analizi ve optimizasyonu üzerine yapılan araştırmalar geniş bir şekilde taranmıştır. Değişken kesitli çubuklarda aşağıda belirtilen şekilde kesit tanımlamaları yapılmıştır;

- a) Çubuk kesiti birinci uçtan ikinci uca doğru doğrusal olarak değişmektedir
- b) Çubuk kesiti birinci uçtan ikinci uca doğru parabolik olarak değişmektedir

c) Çubuk kesiti birinci uçtan açıklık ortasına kadar doğrusal veya parabolik olarak azalmakta ve ikinci uca doğru ise simetrik bir şekilde artmaktadır.

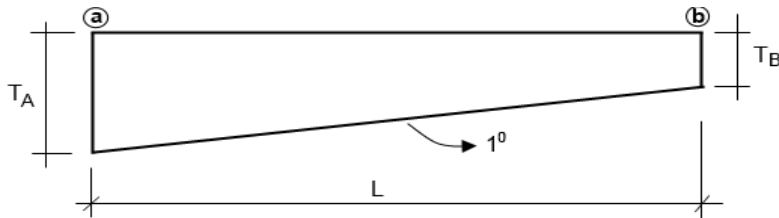
Çerçevelerde kiriş-kolon birleşim noktalarında, statik etkilerin sistemde etkin olması sebebiyle kiriş kesitleri yukarıda açıklanan ‘c’ maddesine uygun olarak alınmaktadır (gerilmenin yoğun olduğu yerde büyük kesit öngörülmüştür). Yanal dış yüklerin meydana getirdiği statik etki, kolonların alt uç bölgelerinde yoğun olacağı için kesit olarak, yukarıda ‘a’ ve ‘b’ maddelerine uygun kesitler alınmıştır. Çerçevenin analizini yapan algoritma, matris-deplasman yöntemi esas alınarak kodlanmıştır. Analiz algoritması hem prizmatik kesitli hem de değişken kesitli çubuklardan oluşan sistemler için geliştirilmiştir.

DEĞİŞKEN KESİTLİ ÇERÇEVELERİN ANALİZİ

Değişken kesitli çerçevelerin analizi, Timoshenko ve Young [1], Fertis ve Keene[2], Tezcan[3], Eisenberger[4], Funk ve Wang[5], Browns[6] ve Chan[7] adlı araştırmacılar tarafından etraflıca incelenmiştir. Bu çalışmada değişken kesitli çubukların rijitlik matrislerinin kurulmasında bilgisayar programlamasına daha uygun olduğu için Funk ve Wang[5]’in araştırması kullanılmıştır.

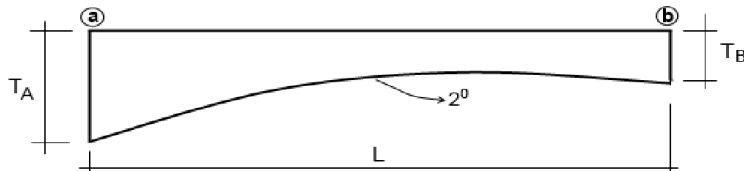
Geliştirilen algoritmada, dört tip değişken kesitli çubuk tanımlanmıştır. Bu çubuklardan iki tanesinde kesit değişimi doğrusal, diğer ikisinde ise parabolik olarak alınmıştır. Çubukların tümünde rijitlik matrislerinin kurulumu aynıdır yalnızca bilgisayar programlamasının alt programında her çubuk, kesit tipine göre göz önüne alınmıştır. Aşağıda söz konusu değişken kesitli çubuk tipleri şekillerle açıklamalı olarak verilmiştir:

Şekil 1’de görülen çubukta, yükseklik a ucundan b ucuna doğru doğrusal olarak değişmektedir. Çubuğun ilk ucunda yükseklik T_A , ikinci ucunda ise T_B olarak alınmıştır.



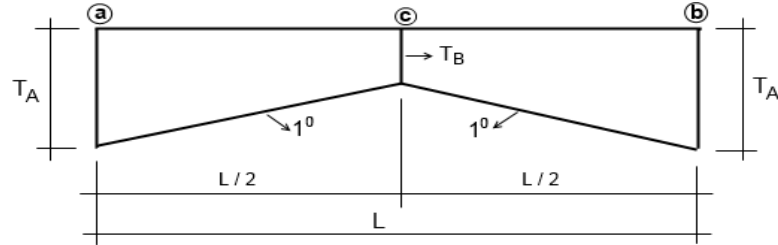
Şekil - 1: Kesit Değişimi Doğrusal Çubuk

Şekil 2’de görülen çubukta yükseklik a ucundan b ucuna doğru 2. dereceden bir parabol olarak değişmektedir. Çubuğun ilk ucunda yükseklik T_A , ikinci ucunda ise T_B olarak alınmıştır.



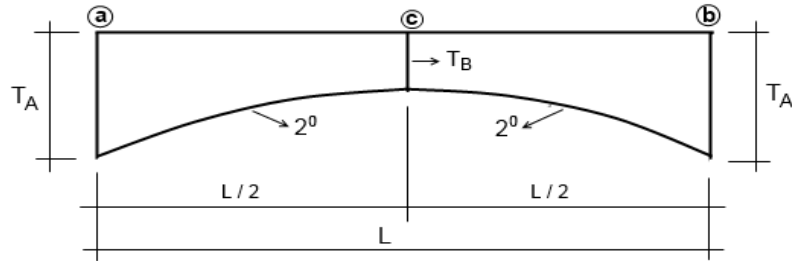
Şekil - 2: Kesit Değişimi Parabolik Çubuk

Şekil 3'te görülen değişken kesitli çubukta, yükseklik a ucundan c ucuna doğru belirli bir oranda doğrusal olarak azaltılmakta, c ucundan b ucuna doğru ise yine aynı oranda doğrusal olarak artırılmaktadır. Çubuğun her iki ucunda yükseklik aynı olup T_A değerindedir, orta noktada ise T_B olarak alınmıştır.



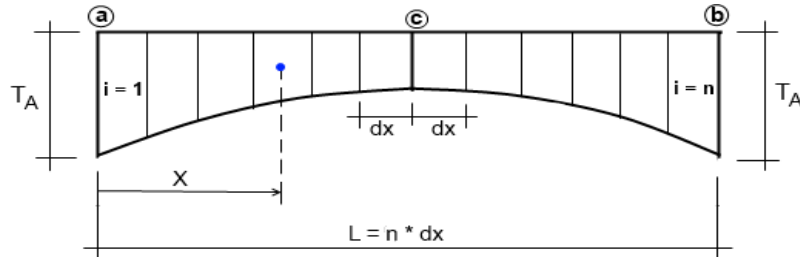
Şekil - 3: Kesit Değişimi Doğrusal-Simetrik Çubuk

Şekil 4'te görülen çubukta, yükseklik a ucundan b ucuna doğru 2. dereceden bir parabol olarak değişmektedir. Orta nokta c, simetri noktasıdır, çubuğun her iki ucunda yükseklik aynıdır ve T_A değerindedir, orta noktada ki yükseklik ise T_B olarak alınmıştır.



Şekil - 4: Kesit Değişimi Parabolik- Simetrik Çubuk

Şekil 5'te görülen çubuk, n adet eşit parçaya bölünmüş ve her parçanın boyu dx olarak alınmıştır. Burada n sayısının artırılması halinde hata oranının azalacağı görülmektedir.



Şekil - 5: Değişken Kesitli n Parçaya Bölünmüş Çubuk

Her parçanın başlangıç noktasına uzaklığı;

$$X = \left(i - \frac{1}{2}\right) * dx \quad (1)$$

bağıntısıyla hesaplanır (burada i, parça numarasını gösterir). Her bir i parçası ayrı ayrı değerlendirilerek kesit alanları ve atalet momentleri hesaplanır ve bu şekilde rijitlikler elde edilmiş olur.

Kaynak [5]'te, değişken kesitli bir çubuğun rijitlik matrisi ayrıntılı olarak incelenmiş ve aşağıdaki formda verilmiştir:

$$S = \begin{bmatrix} PC & 0 & 0 & -PC & 0 & 0 \\ 0 & \frac{P_1}{P_1P_3-P_2^2} & \frac{-P_2}{P_1P_3-P_2^2} & 0 & \frac{-P_1}{P_1P_3-P_2^2} & \frac{P_4}{P_1P_5-P_4^2} \\ 0 & \frac{-P_2}{P_1P_3-P_2^2} & \frac{P_3}{P_1P_3-P_2^2} & 0 & \frac{P_2}{P_1P_3-P_2^2} & \frac{P_4L-P_5}{P_1P_5-P_4^2} \\ -PC & 0 & 0 & PC & 0 & 0 \\ 0 & \frac{-P_1}{P_1P_3-P_2^2} & \frac{P_2}{P_1P_3-P_2^2} & 0 & \frac{P_1}{P_1P_3-P_2^2} & \frac{-P_4}{P_1P_5-P_4^2} \\ 0 & \frac{P_4}{P_1P_5-P_4^2} & \frac{P_4L-P_5}{P_1P_5-P_4^2} & 0 & \frac{-P_4}{P_1P_5-P_4^2} & \frac{P_5}{P_1P_5-P_4^2} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Çubuklara ait rijitlik matrisleri kurulduktan sonra tüm çerçevenin “*sistem rijitlik matrisi*” oluşturulur. Sistem rijitlik matrisi dış yüklerle dış deplasmanları birbirine bağlar ve aşağıdaki yapı denge denklemi kurulmuş olur;

$$SX = L \quad (3)$$

Burada S; sistem rijitlik matrisi, X; dış deplasman vektörü, L ise sisteme etkileyen dış yükler vektörüdür. (3) denklemi çözülerek, optimizasyon algoritmasına aktarılacak olan çubuk kuvvetleri ve düğüm noktası deplasmanları elde edilir.

ÇERÇEVELERİN OPTİMUM TASARIMI

Yapıların optimizasyonunda amaç, belirli sınırlayıcılar sağlanarak minimum yapı ağırlığının elde edilmesidir. Çerçeve sistemlerinde etkin olan sınırlayıcılar deplasmanlar, gerilmeler, minimum ve maksimum alan büyüklükleri ve rijitlik olabilmektedir. İyi kurulmuş ve tasarlanmış bir optimizasyon problemi aşağıdaki şekildedir:

Amaç Fonksiyonu:

$$\min W = F(X_i) \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (4)$$

Sınırlayıcılar:

$$\text{Gerilme:} \quad \sigma \leq \sigma_{em}$$

$$\text{Deplasman:} \quad \delta \leq \delta_{em} \quad (5)$$

$$\text{Rijitlik:} \quad SX = L$$

$$\text{Alan:} \quad A_{min} \leq A_i \leq A_{max}$$

Problemin özelliğine göre çerçevelerde, sınırlayıcıların bir kısmı aktif (etkin sınırlayıcı) bir kısmı ise pasiftir. Boyutlandırma, aktif sınırlayıcıya göre yapılmaktadır.

Yapılan araştırmada, yapının davranışına ve fiziksel karakterine uygun olan yaklaşım “Optimumluk Kriteri Yaklaşımı” olduğundan, bu çalışmada tercih edilmiştir. Optimumluk kriteri yaklaşımı geliştirilirken esas amaç, optimizasyon probleminin yapısındaki özel avantajları, fiziki karakterleri hesaba katarak optimum tasarım için etkin bir algoritma geliştirmektir. Bu yaklaşımın teorik alt yapısı Prager ve Taylor tarafından kurulmuş olup temeli ardışık yaklaşım yöntemlerine dayanmaktadır.

Yukarıda verilen amaç fonksiyonu ve sınırlayıcılarla kurulan optimizasyon problemi, “sınırlayıcı” bir problemdir. Optimumluk kriteri yönteminde sınırlayıcı olan bu problem, Lagrange Çarpınları yöntemiyle “sınırlayıcısız” bir probleme dönüşmektedir:

$$W(A_i, \lambda_j) = \sum_{i=1}^n \rho_i A_i L_i + \sum_{j=1}^m \lambda_j g_j(A_i) \quad (6)$$

λ_j ; Lagrange çarpanı

Lagrange çarpanlarının hesaplanmasında, sınırlayıcıları *aktif* ve *pasif* olarak ayırmak gerekmez. Pasif sınırlayıcılara karşılık gelen Lagrange çarpanı çok küçüktür ve sistemi etkilemez.

Optimumluk kriteri yaklaşımı esas alınarak geliştirilen algorithmada, boyutlandırma değişkeni olan kesit alanı için aşağıdaki şekilde lineer olmayan bir tekrarlama bağıntısı kodlanmıştır ve bu denklem *Optimumluk Kriteri* olarak adlandırılır.

$$A_k^{v+1} = \left[\frac{1}{E \rho \sum_{i=1}^{m_k} L_i} \sum_{j=1}^p \lambda_j \left(\sum_{i=1}^{m_k} F_i \bar{F}_{ij} L_i \right) \right]^{1/2} \quad (7)$$

Burada ‘v+1’ ve ‘v’ adım sayısını gösterir. Verilen bu yineleme bağıntısının ardı sıra kullanılmasıyla her optimizasyon adımında boyutlandırma değişkenlerinin yeni değerleri elde edilir. Bu denklemi kullanmak için Lagrange çarpanlarının ilk değerlerinin seçilmiş olması gerekir. Yöntemin yakınsaması bu seçime bağlıdır. Optimum boyutlandırmada Lagrange çarpanlarının ilk değeri için 5000 değeri seçilmiş ve uygun bir yaklaşım sağlanmıştır.

Lagrange çarpanları için de bir tekrarlama bağıntısının kurulması gerekir. Araştırmada, aşağıdaki şekilde bir tekrarlama bağıntısı kullanılmıştır:

$$\lambda_j^{v+1} = \lambda_j^v \left[\frac{\Delta_j}{\bar{\Delta}_j} \right]^{1/c} \quad (8)$$

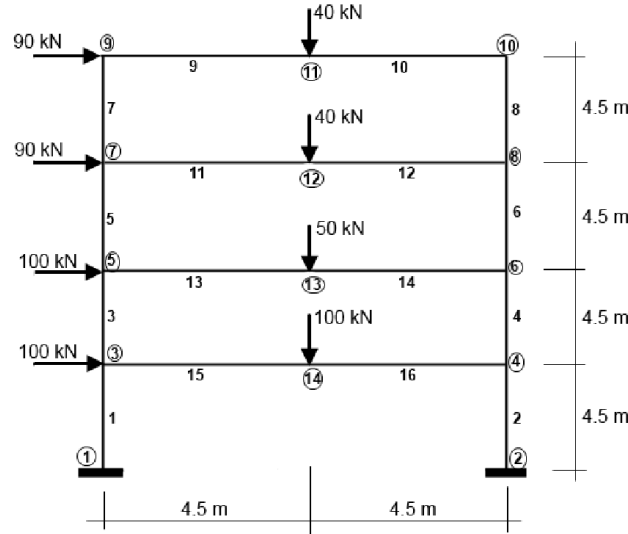
Burada ‘v+1’ ve ‘v’ adım sayısını gösterir. ‘c’ ise önceden seçilen bir katsayıdır ve adım boyu olarak bilinir. Yakınsamanın eldesi, bu ‘c’ katsayısının seçilen değerine bağlıdır. Adım boyu katsayısı ‘c’ için 0.5 değeri seçilmiş ve uygun bir yaklaşım sağlanmıştır.

Değişken kesitli çerçevelerin optimum tasarımı, yukarıda verilen (7) ve (8) numaralı Alan ve Lagrange çarpanları yineleme bağıntılarının, yakınsama sağlanıncaya kadar, ardışık kullanılmasıyla elde edilmiştir. Geliştirilen algorithmada, çerçeve analizinden elde edilen çubuk kuvvetleri ve deplasmanlarla optimizasyon algoritmasına dönülmektedir. Optimizasyon algoritmasında ise, alan ve Lagrange tekrarlama bağıntılarıyla minimum çerçeve ağırlığı elde edilmektedir.

SAYISAL ÖRNEKLER

Örnek 1: Dört Katlı Onaltı Çubuklu Çerçevenin Optimum Tasarımı

Geliştirilen algoritma ile önce, dört katlı bir düzlem çerçevenin optimum tasarımı yapılmıştır. Bu çerçevede tüm kolonlarda kesitler sabit olarak alınmış, giriş kesitleri ise doğrusal değişken kesit kabul edilerek atama yapılmıştır. Şekil 6’da çerçeve üzerinde yüklemeler ve çubuk bilgileri verilmiştir.



Şekil - 6: 4 Katlı 16 Çubuklu Çerçeve

Çerçevede, çubuklar dört grup altında toplanmıştır. Yapıların optimizasyonunda çubukların gruplandırılması, pratikte uygulanabilirlik bakımından önemlidir. Bu düşünce ile, '1, 2, 3 ve 4' numaralı kolonlar birinci grup, '5, 6, 7 ve 8' numaralı kolonlar ikinci grup, '9, 11, 13 ve 15' numaralı çubuklar üçüncü grup, '10, 12, 14 ve 16' numaralı çubuklar ise dördüncü grup olarak belirlenmiştir. Malzeme çelik seçilmiş olup, özellikleri ise, Elastisite Modülü; $E = 2.07 \cdot 10^4 \text{ kN/cm}^2$, Güvenlik Gerilmesi; $\sigma_{güv} = 14.1 \text{ kN/cm}^2$ olarak alınmıştır.

SAP2000 programı ile çözümlemede malzeme tanımlaması yapılırken, Birim Hacim Kütle; $\rho = 7.85 \cdot 10^{-8}$, Poisson Oranı $\nu = 0.3$, Isı Genleşme Katsayısı $\alpha = 1.2 \cdot 10^{-5}$, Minimum Akma Gerilmesi; $F_y = 24 \text{ kN/cm}^2$ olarak girilmiş, tasarım ise, Amerikan şartnamesi AISC-LRFD93 'e göre yapılmıştır. Gruplandırma için, yukarıda açıklandığı gibi dört grup tanımlanmış ve bu gruplar çubuklara atanmıştır. Çubuk kesitleri atanırken, optimizasyon algoritmasında en son adımda elde edilen kesit değerleri SAP2000 programında tanımlanmış ve atama yapılmıştır. Ancak, kesitler atanırken, kesit atalet momenti ile alan arasında doğrusal enterpolasyona dayalı olan Templeman [8]'in aşağıdaki formülünden hesaplanan atalet momentleri girilmiştir:

$$A = 0.559I^{1/2} \quad (9)$$

Tüm gruplarda minimum kesit alanı; $A_{\min} = 20 \text{ cm}^2$, maksimum kesit alanı; $A_{\max} = 500 \text{ cm}^2$, başlangıç kesit alanları 100 cm^2 olarak seçilmiştir. 9 numaralı düğüm noktasının yatay deplasman değerine 6 cm, 11 numaralı düğüm noktasının düşey deplasman değerine ise 3 santimetreyi aşmayacak şekilde deplasman üst sınırlaması getirilmiştir.

Çerçevenin optimum tasarımı 12 adımda gerçekleştirilmiştir. On iki adım sonra tüm sınırlayıcıların sağlandığı ve yapı hacminin $W = 869400 \text{ cm}^3$ olarak hesaplandığı görülmüştür. Sonuçlar Çizelge 1' de verilmiştir.

Örnek 2: Dört Çubuklu Kırık Çerçevenin Optimum Tasarımı

İkinci örnekte, dört çubuklu kırık bir fabrika çerçevesinin optimum tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu çerçevede, tüm çubuk kesitleri doğrusal değişken kabul edilerek atama yapılmıştır. Şekil 7'de çerçeve üzerinde yüklemeler ve çubuk bilgileri verilmiştir.

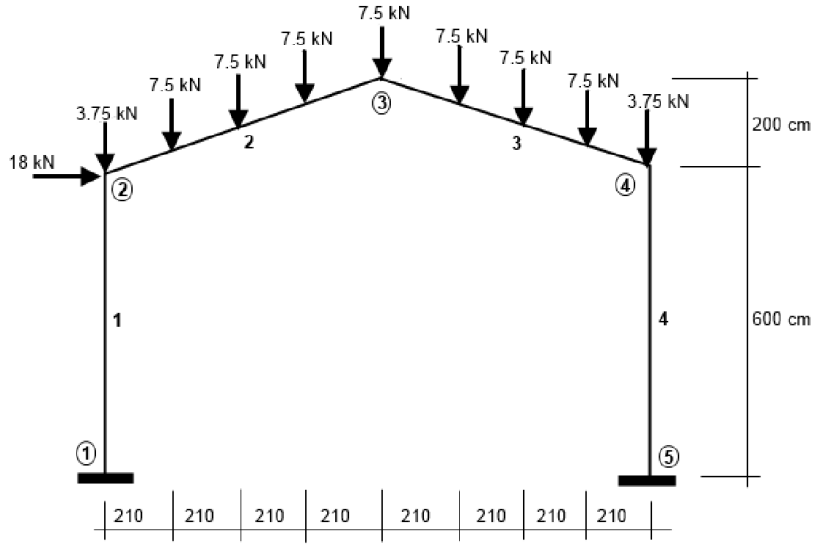
Çizelge 1: Dört Katlı Çerçevenin Optimum Tasarım Sonuçları

Adım No	Alanlar [cm ²]				Hacim [cm ³]
	A1	A2	A3	A4	
0	100,00	100,00	100,00	100,00	720000
1	148,40	122,70	79,36	68,25	753678
2	187,50	119,90	81,30	84,60	851940
3	190,70	124,30	96,63	82,50	889434
4	196,45	112,30	84,80	90,65	871560
5	194,15	125,70	82,80	75,70	861030
6	196,66	132,30	87,50	77,40	888948
7	198,10	130,66	89,25	80,90	898038
8	197,80	131,50	88,30	81,60	898560
9	194,80	122,45	86,90	82,75	876420
10	194,20	121,78	86,16	81,85	871182
11	194,12	121,60	86,05	81,30	869526
12	194,10	121,60	86,05	81,25	869400

Çerçevede, çubuklar iki grup altında toplanmıştır. ‘1 ve 4’ numaralı kolonlar birinci grup, ‘2 ve 3’ numaralı eğimli kirişler ise ikinci grup olarak tanımlanmıştır. Malzeme çelik seçilmiş, malzeme özellikleri ise, Elastisite Modülü; $E = 2.07 \cdot 10^4$ kN/cm², Güvenlik Gerilmesi; $\sigma_{güv} = 14.1$ kN/cm² olarak alınmıştır.

SAP2000 programı ile çözümlemeye, yine Örnek-1 de açıklandığı gibi malzeme tanımlaması yapılmış, tasarımda ise Amerikan şartnamesi AISC-LRFD93 standartlarına uyulmuştur. Gruplandırma için, iki grup tanımlanmış ve çubuklara atanmıştır. Çubuk kesitleri atanırken, optimizasyon algoritmasında en son adımda elde edilen kesit değerleri SAP2000 programında tanımlanmıştır ve çubuklara atanmıştır. Bu örnekte de birinci örnekte olduğu gibi, kesitler atanırken kesit atalet momenti ile alan arasında doğrusal enterpolasyona dayalı olan Templeman formülünden hesaplanan atalet momentleri girilmiştir. Tüm gruplarda minimum kesit alanı; $A_{min} = 20$ cm², maksimum kesit alanı; $A_{max} = 500$ cm², başlangıç kesit alanları 150 cm² olarak seçilmiştir. İki numaralı düğüm noktasının yatay deplasmanına 2 cm, üç numaralı düğüm noktasının düşey deplasmanına ise 1 cm deplasman üst sınırlaması getirilmiştir. Kırık çerçevenin optimum tasarımı 8 adımda gerçekleştirilmiştir. Sekiz adım sonra tüm

sınırlayıcıların sağlandığı ve yapı hacminin $W = 831949,9 \text{ cm}^3$ olarak hesaplandığı görülmüştür. Sonuçlar Çizelge 2’ de verilmiştir.



Şekil - 7: Dört Çubuklu Fabrika Çerçevesi

Çizelge 2: Dört Çubuklu Kırık Çerçevenin Optimum Tasarım Sonuçları

Adım No	Alanlar [cm ²]		Hacim [cm ³]
	A1	A2	
0	150,00	150,00	439044,0
1	265,60	375,76	967642,5
2	243,88	331,20	864625,2
3	238,54	370,15	925482,2
4	236,73	324,27	844077,3
5	235,48	322,28	839140,7
6	228,66	323,35	832804,5
7	228,50	323,20	832353,5
8	228,25	323,14	831949,9

ELEKTRONİK TABLOLARLA SAYISAL ÖRNEKLER

Son olarak, yukarıda açıklanan algoritmanın pratik uygulanabilirliğini görmek üzere, elde edilen amaç fonksiyonu ve sınırlayıcılarla Microsoft EXCEL 2010 ‘un Spreadsheet

(elektronik tablola) özelliğinden yararlanılmıştır. MS EXCEL’de sınırlayıcı ve sınırlayıcı olmayan optimizasyon işlemleri için mevcut olan “SOLVER- ÇÖZÜCÜ” eklentisi ile çerçevelerin optimizasyonu yapılarak, optimumluk kriteriyle hemen hemen aynı sonuçlara ulaşılmıştır. Birinci örnek için MS EXCEL’de çözücü parametreleri ve tanımlamaları Şekil 8’ de, sonuçları ise Çizelge 3’te verilmiştir.

Çözücü Parametreleri

Hedef Ayarla:

Hedef: ☐ En Büyük ☒ En Küçük ☐ Değeri:

Değişken Hücreleri Değiştirerek:

Kısıtlamalara Bağlıdır:

- \$N\$13:\$Q\$13 <= 500
- \$N\$13:\$Q\$13 >= 20
- \$N\$17 <= 6
- \$N\$18 <= 3
- \$T\$13 <= 14,1

☒ Kısıtlanmamış Değişkenleri Pozitif Yap

Çözme Yöntemi Seçin:

Çözüm Yöntemi

Düzenli doğrusal olmayan Çözücü Problemleri için GRG Doğrusal Olmayan altyapısını seçin. Doğrusal Çözücü Problemleri için Basit LP altyapısını seçin ve düzensiz olmayan Çözücü problemleri için Açılım altyapısını seçin.

Yardım Çöz Kapat

Şekil 8: Dört Katlı Çerçevenin MS-EXCEL’de Çözücü Parametreleri

Dört katlı çerçevenin Çizelge 1 ve Çizelge 3 sonuçları karşılaştırıldığında, %99,7 yaklaşıklık oranıyla benzer olduğu görülmektedir.

İkinci örnek için MS EXCEL’de çözücü parametreleri ve tanımlamaları Şekil 9’da, sonuçları ise Çizelge 4’te verilmiştir.

Dört çubuklu çerçevenin Çizelge 2 ve Çizelge 4 sonuçları karşılaştırıldığında, %99,5 yaklaşıklık oranıyla benzer olduğu görülmektedir.

Çizelge 3: Dört Katlı Çerçevenin MS-EXCEL’de Optimum Tasarım Sonuçları

11	M	N	O	P	Q
12		A1	A2	A3	A4
13		193,6	119,75	87,3	80,92
14					
15					
16	AmaçFonk W	866826			
17	g1	5,88			
18	g2	2,74			
19	gerilme	13,9			

Çözücü Parametreleri

Hedef Ayarla:

Hedef: ☐ En Büyük ☒ En Küçük ☐ Değeri:

Değişken Hücreleri Değiştirerek:

Kısıtlamalara Bağlıdır:

\$N\$12 <= 2
 \$N\$13 <= 1
 \$N\$14 <= 14,1
 \$N\$8:\$O\$8 <= 500
 \$N\$8:\$O\$8 >= 20

☒ Kısıtlanmamış Değişkenleri Pozitif Yap

Çözme Yöntemi Seçin:

Çözüm Yöntemi
 Düzgün doğrusal olmayan Çözücü Problemleri için GRG Doğrusal Olmayan altyapısını seçin. Doğrusal Çözücü Problemleri için Basit LP altyapısını seçin ve düzgün olmayan Çözücü problemleri için Ağılım altyapısını seçin.

Ekle
 Değiştir
 Sil
 Tümünü Sıfırla
 Yükle/Kaydet
 Seçenekler

Yardım Çöz Kapat

Şekil 9: Dört Çubuklu Kırık Çerçevenin MS-EXCEL’de Çözücü Parametreleri

Çizelge 4: Dört Çubuklu Çerçevenin MS-EXCEL’de Optimum Tasarım Sonuçları

N	M	N	O
7		A1	A2
8		226,14	322,65
9			
10			
11	AmaçFonk W	828571,6	
12	g1	1,96	
13	g2	0,95	
14	g3	13,69	

SONUÇLAR

Bu araştırmada değişken kesitli çerçevelerin analizini ve optimum tasarımını yapabilen bir algoritma geliştirilmiştir. Analiz için aynı zamanda SAP2000 yazılımı ile sağlama gerçekleştirilmiştir. Burada optimizasyon algoritmasında “optimumluk kriteri yaklaşımı” uygulanmış, hızlı ve etkin sonuçlar elde edilmiştir. MS-EXCEL’in optimizasyon için yerleşik alt programı olan “çözücü” ile de optimizasyon yapılarak, optimumluk kriteri yaklaşımına alternatif bir çözüm önerisinde bulunulmuştur. Böylece, değişken kesitli çerçevelerin analizi ve optimum tasarımı için pratik geçerliliği olan SAP2000 ve MS-EXCEL’in Solver-çözücü programlarının uygunluğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Timoshenko, S.P. ve Young, D.H., “Theory of Structures”, McGraw Hill,
- [2] Fertis, D. ve Keene, M., “Elastic and Inelastic Analysis of Nonprismatic Members”, J. Struct. Eng., ASCE, Vol. 116, No.2, pp475-489.
- [3] Tezcan, S., “Çubukların Stiffnes Matris Metodu ile Çözümü”, İstanbul.
- [4] Eisenberger, M., “Stiffness Matrices for Nonprismatic Members Including Transverse Shear”, Compt., and Struct. Vol. 40, No.4, pp831-835.
- [5] Funk, R.R ve Wang, K., “Stiffness of Nonprismatic Member”, J. Struct. Eng., ASCE Vol. 114, No.2.
- [6] Brown, C.J., “Approximate Stiffness Matrix for Tapered Beams”, J. Struct. Eng., ASCE Vol. 110, No.12.
- [7] Chan, S.L., “Buckling Analysis of Structures Compased of Tapered Members”, J. Struct. Eng., ASCE Vol. 116, No.7.
- [8] Majid, K.I., “Optimum Design of Structures”, London, Newnes-Butterworths, 1974