

Yapı Çerçevelerinin Göçme Yükünün Belirlenmesinde Yeni Bir Hesaplama Tekniği

Perihan (Karakulak) EFE*

Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Balıkesir.

Özet

Yapı çerçevelerinin göçme yüklerinin belirlenmesi konusunda değişik hesap metotları mevcuttur. Ancak mevcut hesap yöntemleri ile hesap yapılırken, özellikle hiperstatiklik derecesi yüksek olan karmaşık sistemlerin göçme yüklerinin belirlenmesi konusunda sıkıntılar yaşanabilmektedir. Bu çalışmada, değişik yüklemelere maruz yapı çerçevelerinin göçme yükü parametresini belirleyen yeni bir hesaplama tekniği takdim edilmiştir. Bu hesap tekniğine ait denklem takımının çözümünde Lindo Lineer Optimizasyon Bilgisayar Programı kullanılmıştır. Bu hesap metoduyla herhangi bir yapı çerçevesinin göçme yükü parametresi kısa sürede belirlenmekte ve çözüm sonucunda, yapıda mafsalların hangi kesitlerde oluştuğu görülebilmektedir.

Anahtar kelimeler: Göçme, göçme yükü, göçme yükü parametresi.

A New Calculation Technique in Determinine Collapse Load of Frame Structures

Abstract

Several methods are available in determing collapse load in frame structures. However, While determing collapse load in structures with available calculation techniques especially with a high degree undeterminated complicated systems can be experienced difficulties. In this study, a new calculation technique that determine collapse load parameter of frame structures subjected to different load has been presented. Lindo Lineer Optimization of Computer Programs was used to solve the batch of the equations concerning calculation technique. . By means of this calculation method, collapse load parameter of any frame structure are determined in a short time and after determination, it can be seen which cross-section does the joints

Keywords: Collapse, collapse load, parameter of collapse load.

* pefe@balikesir.edu.tr, Tel: (266) 6121194.

1. Giriş

Bir yapının göçmesi, gerçek anlamda göçüp yerle bir olması anlamında değildir. Göçme herhangi bir yapının hiperstatiklik derecesi kadar mafsalla donatıldıktan sonra sonsuz küçük bir deplasman ile ilave bir mafsalın oluşması sonucunda yapının labil duruma geçerek taşıma gücünü yitmesidir. Göçme denildiğinde yapının hangi yük altında taşıma gücünü yitireceği anlaşılmalıdır. Şayet bu yük veya yük çarpanı belirlenebiliyorsa yapının göçmeye karşı güvenliği de belirlenmiş olur [1].

Herhangi bir yapının göçme yükünün belirlenmesinde Virtüel İş Metodu, Mekanizmaların Süperpozisyonu, Eşitsizlikler Metodu, Yük-Değiştirme Metodu, Moment-Dağıtım Metodu, Ardışık Yaklaşım Metodu v.b. gibi metodlar mevcuttur. Ancak özellikle çok katlı ve çok açıklıklı karmaşık yapıların göçme yükleri belirlenirken, Ardışık Yaklaşım Metodu dışındaki diğer metodlarla yapılan hesaplar yetersiz kalabilmekte veya mevcut yöntemlerle yapılan hesapların çok karmaşık ve yorucu olması nedeniyle de çoğu zaman kesin sonuca gidilememektedir [2, 3, 4]. Bu düşünce ile çalışmada; herhangi bir yapıya ait göçme yükünü kesin ve kısa sürede hesaplayabilme imkanı sağlayan yeni bir hesaplama tekniği verilmiştir. Ayrıca “4” nolu literatürde birkaç yöntemin süperpozisyonu ile göçme yükü parametresi belirlenen, yatay ve düşey tekil yüklerle yüklü dört katlı ve üç açıklıklı bir yapı çerçevesi gözönüne alınarak; çalışmamızda verilen hesap tekniği ile bu çerçeveye ait göçme yükü parametresi belirlenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

2. Çalışmada önerilen hesap tekniği

Çalışmada verilen hesap tekniği, Göçme incelemesinde göz önüne alınan ana prensip ve teoremlerin yanı sıra [2, 4, 5], Kiriş ve Kolon teoremi olmak üzere iki özel teorem üzerine kurulmaktadır [1]. Bu teoremler;

a) Kiriş Teoremi: Herhangi bir hiperstatik yapı sisteminde, göz önüne alınan bir kirişin herhangi bir kesitinde, moment diyagramı kapama çizgisi ile moment diyagramı çizgisi arasındaki ordinat, aynı yük ile yüklü ve aynı açıklıklı basit kirişin o kesitinde oluşan moment değerine eşittir.

b) Kolon Teoremi: Eşit kat yükseklikli herhangi bir hiperstatik yapı sisteminde, en üst kattan başlayarak herhangi bir kata kadar yatay kuvvetlerden dolayı oluşan momentler o katın kolon uçlarına dağılırlar.

Çalışmada verilen hesap tekniği ile herhangi bir yapı sisteminin göçme yükü parametresi belirlenmeye çalışılırken, izlenecek yol aşağıda kısaca maddeler halinde verilmektedir.

* Yapıya etki eden yükler, en küçük yük birim alınarak tek bir parametreye bağlı olarak ifade edilirler.

* Yapının seçilen en küçük açıklık veya yüksekliği birim alınarak, bütün açıklık ve yükseklikler bu birime bağlı olacak şekilde tek bir parametreye bağlı olarak ifade edilirler.

* Sistemdeki kritik kesitler (En büyük moment değerlerini alabilecek kesitler) belirlenir ve bu kesitlerde yükler altında oluşan momentler; kritik kesitlerin numaraları ile adlandırılırlar.

* Kiriş ve kolon teoremleri göz önüne alınarak her bir kat kirişi ve kat kolonlarına ait denge denklemleri ile düğüm noktalarına ait denge denklemleri yazılır. Denge denklemleri yazılırken, düğüm noktalarında saat ibresi tersi yönündeki momentler, açıklıklarda ise altta çekme yapan momentler pozitif kabul edilir.

* Her bir kritik kesit için kısıtlayıcı denklemler yazılır.

* Denge denklemleri ve kısıtlayıcı denklemlerin bütün elemanları “ M_0 ” kesit taşıma momentine bölünerek boyutsuz hale getirilirler. Boyutsuz hale getirilen denklemler “ $M_i/M_0=m_i$ ” olacak şekilde yeni bir notasyonla gösterilirler. Ayrıca moment denge denklemlerinde kuvvet ve mesafeye bağlı olarak ifade edilen moment ifadeleri “ M_0 ” ile bölümdükten sonra elde edilen yeni parametre (göçme yükü parametresi) “ $FL/M_0=f$ ” kabul edilerek denklem takımına yerleştirilir. Son olarak denge denklemlerinde “ $m_i=X_i-K_i$ ” dönüşümü yapılır. Buradaki “ K_i ” katsayısı her “ m_i ” değeri için ait olduğu elemanın moment taşıma kapasitesi katsayısıdır.

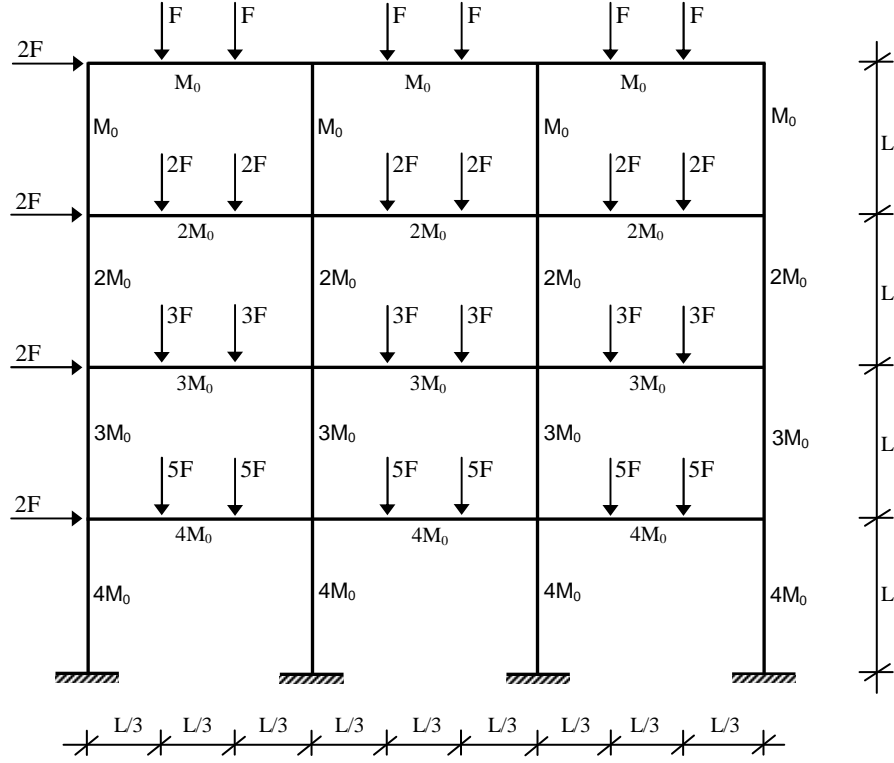
Kısıtlayıcı denklemler de “ M_0 ” kesit taşıma momentine bölünerek boyutsuz hale getirilirler. Boyutsuz hale getirilen kısıtlayıcı denklemlerin denklem sistemine katılabilmesi için tek taraflı olmaları gereklidir. Bunun içinde bir takım matematiksel operasyonlarla denklemler tek taraflı hale getirilirler. Boyutsuz hale getirilen ve lineer denklem takımına dönüştürülen denklemler bir lineer programlama programı ile çözümlenerek, o yapıya ait göçme yükü parametresi “ $FL/M_0=f$ ” belirlenir.

2.1. Önerilen hesap tekniği ile herhangi bir yapı çerçevesinin göçme yükü parametresinin belirlenmesi

Bu bölümde yatay ve düşey tekil yüklere maruz “4” nolu literatürde birkaç yöntemin süperpozisyonu ile göçme yükü parametresi belirlenen, dört katlı ve üç açıklıklı bir yapı çerçevesinin; çalışmamızda önerilen hesap tekniği ile göçme yükü parametresi belirlenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çerçeveye etki eden yatay ve düşey yükler ile çerçevenin boyutları ve her bir elemanın M_0 kesit taşıma momentleri Şekil 1 de gösterilmektedir.

Göçme yükü parametresi belirlenecek olan bu çerçevenin kritik kesitleri ve bu kesitlerde oluşacak olan momentler, kritik kesitlerin numaraları ile adlandırılarak Şekil 2 de gösterilmektedir. Çalışmada verilen hesap tekniği ile çözüm yapılırken, çerçeveye ait denge denklemleri kritik kesitler göz önüne alınarak yazılmıştır.

Göz önüne alınan çerçevede kiriş ve kolon teoremlerine göre her bir kat kirişi ve kat kolonları için yazılan moment denge denklemlerinin yanısıra düğüm noktaları için yazılan moment denge denklemleri ve her bir kritik kesit için yazılan kısıtlayıcı denklemler aşağıda verilmektedir.



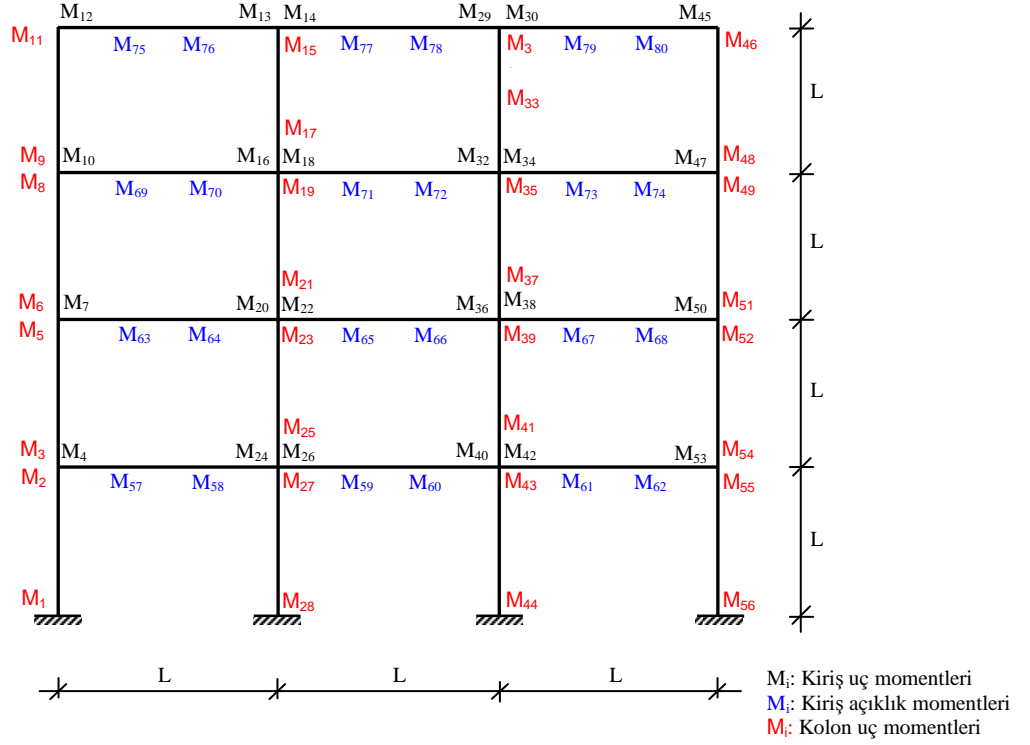
Şekil 1. Göçme yükü parametresi belirlenecek olan yapı çerçevesi.

Düğüm noktalarına ait moment denge denklemleri;

$$\left. \begin{aligned}
 M_2 + M_3 + M_4 &= 0 \\
 M_5 + M_6 + M_7 &= 0 \\
 M_8 + M_9 + M_{10} &= 0 \\
 M_{11} + M_{12} &= 0 \\
 M_{13} + M_{14} + M_{15} &= 0 \\
 M_{16} + M_{17} + M_{18} + M_{19} &= 0 \\
 M_{20} + M_{21} + M_{22} + M_{23} &= 0 \\
 M_{24} + M_{25} + M_{26} + M_{27} &= 0 \\
 M_{29} + M_{30} + M_{31} &= 0 \\
 M_{32} + M_{33} + M_{34} + M_{35} &= 0 \\
 M_{36} + M_{37} + M_{38} + M_{39} &= 0 \\
 M_{40} + M_{41} + M_{42} + M_{43} &= 0 \\
 M_{45} + M_{46} &= 0 \\
 M_{47} + M_{48} + M_{49} &= 0 \\
 M_{50} + M_{51} + M_{52} &= 0 \\
 M_{53} + M_{54} + M_{55} &= 0
 \end{aligned} \right\} \quad (2.1)$$

Kat kolonlarına ait moment denge denklemleri;

$$\left. \begin{aligned}
 -M_1 - M_2 - M_{27} - M_{28} - M_{43} - M_{44} - M_{55} - M_{56} - 8FL &= 0 \\
 -M_3 - M_5 - M_{23} - M_{25} - M_{39} - M_{41} - M_{52} - M_{54} - 6FL &= 0 \\
 -M_6 - M_8 - M_{19} - M_{21} - M_{35} - M_{37} - M_{49} - M_{52} - 4FL &= 0 \\
 -M_9 - M_{11} - M_{15} - M_{17} - M_{31} - M_{33} - M_{46} - M_{48} - 2FL &= 0
 \end{aligned} \right\} \quad (2.2)$$



Şekil 2. Kritik kesitler ve bu kesitlerde oluşan momentler.

1.kat kirişlerine ait moment denge denklemleri;

$$\left. \begin{aligned}
 -2M_4 + M_{24} + 3M_{57} - 5FL &= 0 \\
 -M_4 + 2M_{24} + 3M_{58} - 5FL &= 0 \\
 -2M_{26} + M_{40} + 3M_{59} - 5FL &= 0 \\
 -M_{26} + 2M_{40} + 3M_{60} - 5FL &= 0 \\
 -2M_{42} + M_{53} + 3M_{61} - 5FL &= 0 \\
 -M_{42} + 2M_{53} + 3M_{62} - 5FL &= 0
 \end{aligned} \right\} \quad (2.3)$$

2.kat kirişlerine ait moment denge denklemleri;

$$\left. \begin{aligned}
 -2M_7 + M_{20} + 3M_{63} - 3FL &= 0 \\
 -M_7 + 2M_{20} + 3M_{64} - 3FL &= 0 \\
 -2M_{22} + M_{36} + 3M_{65} - 3FL &= 0 \\
 -M_{22} + 2M_{36} + 3M_{66} - 3FL &= 0 \\
 -2M_{38} + M_{50} + 3M_{67} - 3FL &= 0 \\
 -M_{38} + 2M_{50} + 3M_{68} - 3FL &= 0
 \end{aligned} \right\} \quad (2.4)$$

3. kat kirişlerine ait moment denge denklemleri;

$$\left. \begin{aligned}
 -2M_{10} + M_{16} + 3M_{69} - 2FL &= 0 \\
 -M_{10} + 2M_{16} + 3M_{70} - 2FL &= 0 \\
 -2M_{18} + M_{32} + 3M_{71} - 2FL &= 0 \\
 -M_{18} + 2M_{32} + 3M_{72} - 2FL &= 0 \\
 -2M_{34} + M_{47} + 3M_{73} - 2FL &= 0 \\
 -M_{34} + 2M_{47} + 3M_{74} - 2FL &= 0
 \end{aligned} \right\} \quad (2.5)$$

4. kat kirişlerine ait moment denge denklemleri;

$$\begin{cases}
 -2M_{12}+M_{13}+3M_{75}-FL=0 \\
 -M_{12}+2M_{13}+3M_{76}-FL=0 \\
 -2M_{14}+M_{29}+3M_{77}-FL=0 \\
 -M_{14}+2M_{29}+3M_{78}-FL=0 \\
 -2M_{30}+M_{45}+3M_{79}-FL=0 \\
 -M_{30}+2M_{45}+3M_{80}-FL=0
 \end{cases} \quad (2.6)$$

Ayrıca her bir kritik kesit için yazılan kısıtlayıcı denklemler aşağıda verilmektedir.

$$\begin{cases}
 -4M_0 \leq M_1 \leq 4M_0 \\
 -4M_0 \leq M_2 \leq 4M_0 \\
 -3M_0 \leq M_3 \leq 3M_0 \\
 -4M_0 \leq M_4 \leq 4M_0 \\
 -3M_0 \leq M_5 \leq 3M_0 \\
 \vdots \\
 -M_0 \leq M_{79} \leq M_0 \\
 -M_0 \leq M_{80} \leq M_0
 \end{cases} \quad (2.7)$$

Göçme yükü belirlenecek olan çerçeve göz önüne alınarak, yazılan moment denge denklemleri ve kısıtlayıcı denklemlerde “ $M_i/M_0=m_i$ ” dönüşümü yapılarak denklemler boyutsuz hale getirildikten sonra, “ $m_i=X_i-K_i$ ” ve “ $FL/M_0=f=X_{81}$ ” dönüşümleri yapılarak “X” değişkenine bağlı olarak ifade edilirler [6]. Birinci kat kirişlerine ait moment denge denklemlerinden biri ve bir kısıtlayıcı denklem üzerinde bu dönüşümlerin nasıl yapıldığı gösterilirse;

Birinci kat kirişlerine ait moment denge denklemlerinden ilki göz önüne alınırsa;

$$\begin{cases}
 -2M_4+M_{24}+3M_{57}-5FL=0 \\
 -2 \frac{M_4}{M_0} + \frac{M_{24}}{M_0} + 3 \frac{M_{57}}{M_0} - 5 \frac{FL}{M_0} = 0 \\
 -2m_4 + m_{24} + 3m_{57} - 5f = 0 \\
 -2(X_4 - 4) + (X_{24} - 4) + 3(X_{57} - 4) - 5X_{81} = 0 \\
 -2X_4 + X_{24} + 3X_{57} - 5X_{81} = 8
 \end{cases} \quad (2.8)$$

İlk kritik kesit için yazılan kısıtlayıcı denklem göz önüne alınırsa;

$$\begin{aligned}
 & -4M_0 \leq M_1 \leq 4M_0 \\
 & -4 \frac{M_0}{M_0} \leq \frac{M_1}{M_0} \leq 4 \frac{M_0}{M_0} \\
 & -4 \leq m_1 \leq 4 \\
 & -4 + 4 \leq m_1 + 4 \leq 4 + 4 \\
 & 0 \leq m_1 + 4 \leq 8 \\
 & m_1 + 4 \leq 8 \\
 & (X_1 - 4) + 4 \leq 8 \\
 & X_1 \leq 8
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} & -4M_0 \leq M_1 \leq 4M_0 \\ & -4 \frac{M_0}{M_0} \leq \frac{M_1}{M_0} \leq 4 \frac{M_0}{M_0} \\ & -4 \leq m_1 \leq 4 \\ & -4 + 4 \leq m_1 + 4 \leq 4 + 4 \\ & 0 \leq m_1 + 4 \leq 8 \\ & m_1 + 4 \leq 8 \\ & (X_1 - 4) + 4 \leq 8 \\ & X_1 \leq 8 \end{aligned}} \right\} \quad (2.9)$$

Boyutsuz hale getirilen ve “X” değişkenine bağlı olarak ifade edilen tüm denge denklemleri ve kısıtlayıcı denklemler aşağıda toplu olarak verilmektedir.

Düğüm noktalarına ait boyutsuz denge denklemleri;

$$\begin{aligned}
 & X_2 + X_3 + X_4 = 11 \\
 & X_5 + X_6 + X_7 = 8 \\
 & X_8 + X_9 + X_{10} = 5 \\
 & X_{11} + X_{12} = 2 \\
 & X_{13} + X_{14} + X_{15} = 3 \\
 & X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{19} = 7 \\
 & X_{20} + X_{21} + X_{22} + X_{23} = 11 \\
 & X_{24} + X_{25} + X_{26} + X_{27} = 15 \\
 & X_{29} + X_{30} + X_{31} = 3 \\
 & X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} = 7 \\
 & X_{36} + X_{37} + X_{38} + X_{39} = 11 \\
 & X_{40} + X_{41} + X_{42} + X_{43} = 15 \\
 & X_{45} + X_{46} = 2 \\
 & X_{47} + X_{48} + X_{49} = 5 \\
 & X_{50} + X_{51} + X_{52} = 8 \\
 & X_{53} + X_{54} + X_{55} = 11
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} & X_2 + X_3 + X_4 = 11 \\ & X_5 + X_6 + X_7 = 8 \\ & X_8 + X_9 + X_{10} = 5 \\ & X_{11} + X_{12} = 2 \\ & X_{13} + X_{14} + X_{15} = 3 \\ & X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{19} = 7 \\ & X_{20} + X_{21} + X_{22} + X_{23} = 11 \\ & X_{24} + X_{25} + X_{26} + X_{27} = 15 \\ & X_{29} + X_{30} + X_{31} = 3 \\ & X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} = 7 \\ & X_{36} + X_{37} + X_{38} + X_{39} = 11 \\ & X_{40} + X_{41} + X_{42} + X_{43} = 15 \\ & X_{45} + X_{46} = 2 \\ & X_{47} + X_{48} + X_{49} = 5 \\ & X_{50} + X_{51} + X_{52} = 8 \\ & X_{53} + X_{54} + X_{55} = 11 \end{aligned}} \right\} \quad (2.10)$$

Kat kolonlarına ait boyutsuz denge denklemleri;

$$\begin{aligned}
 & -X_1 - X_2 - X_{27} - X_{28} - X_{43} - X_{44} - X_{55} - X_{56} - 8X_{81} = 32 \\
 & -X_3 - X_5 - X_{23} - X_{25} - X_{39} - X_{41} - X_{52} - X_{54} - 6X_{81} = 24 \\
 & -X_6 - X_8 - X_{19} - X_{21} - X_{35} - X_{37} - X_{49} - X_{51} - 4X_{81} = 16 \\
 & -X_9 - X_{11} - X_{15} - X_{17} - X_{31} - X_{33} - X_{46} - X_{48} - 2X_{81} = 8
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} & -X_1 - X_2 - X_{27} - X_{28} - X_{43} - X_{44} - X_{55} - X_{56} - 8X_{81} = 32 \\ & -X_3 - X_5 - X_{23} - X_{25} - X_{39} - X_{41} - X_{52} - X_{54} - 6X_{81} = 24 \\ & -X_6 - X_8 - X_{19} - X_{21} - X_{35} - X_{37} - X_{49} - X_{51} - 4X_{81} = 16 \\ & -X_9 - X_{11} - X_{15} - X_{17} - X_{31} - X_{33} - X_{46} - X_{48} - 2X_{81} = 8 \end{aligned}} \right\} \quad (2.11)$$

1.kat kirişlerine ait boyutsuz denge denklemleri;

$$\left. \begin{aligned} -2X_4+X_{24}+3X_{57}-5X_{81}&=8 \\ -X_4+2X_{24}+3X_{58}-5X_{81}&=16 \\ -2X_{26}+X_{40}+3X_{59}-5X_{81}&=8 \\ -X_{26}+2X_{40}+3X_{60}-5X_{81}&=16 \\ -2X_{42}+X_{53}+3X_{61}-5X_{81}&=8 \\ -X_{42}+2X_{53}+3X_{62}-5X_{81}&=16 \end{aligned} \right\} \quad (2.12)$$

2.kat kirişlerine ait boyutsuz denge denklemleri;

$$\left. \begin{aligned} -2X_7+X_{20}+3X_{63}-3X_{81}&=6 \\ -X_7+2X_{20}+3X_{64}-3X_{81}&=12 \\ -2X_{22}+X_{36}+3X_{65}-3X_{81}&=6 \\ -X_{22}+2X_{36}+3X_{66}-3X_{81}&=12 \\ -2X_{38}+X_{50}+3X_{67}-3X_{81}&=6 \\ -X_{38}+2X_{50}+3X_{68}-3X_{81}&=12 \end{aligned} \right\} \quad (2.13)$$

3.kat kirişlerine ait boyutsuz denge denklemleri;

$$\left. \begin{aligned} -2X_{10}+X_{16}+3X_{69}-2X_{81}&=4 \\ -X_{10}+2X_{16}+3X_{70}-2X_{81}&=8 \\ -2X_{18}+X_{32}+3X_{71}-2X_{81}&=4 \\ -X_{18}+2X_{32}+3X_{72}-2X_{81}&=8 \\ -2X_{34}+X_{47}+3X_{73}-2X_{81}&=4 \\ -X_{34}+2X_{47}+3X_{74}-2X_{81}&=8 \end{aligned} \right\} \quad (2.14)$$

4.kat kirişlerine ait boyutsuz denge denklemleri;

$$\left. \begin{aligned} -2X_{12}+X_{13}+3X_{75}-X_{81}&=2 \\ -X_{12}+2X_{13}+3X_{76}-X_{81}&=4 \\ -2X_{14}+X_{29}+3X_{77}-X_{81}&=2 \\ -X_{14}+2X_{29}+3X_{78}-X_{81}&=4 \\ -2X_{30}+X_{45}+3X_{79}-X_{81}&=2 \\ -X_{30}+2X_{45}+3X_{80}-X_{81}&=4 \end{aligned} \right\} \quad (2.15)$$

kısıtlayıcı denklemler;

$$\left. \begin{aligned} X_1 &\leq 8 \\ X_2 &\leq 8 \\ X_3 &\leq 6 \\ X_4 &\leq 8 \\ X_5 &\leq 6 \\ &\vdots \\ X_{79} &\leq 2 \\ X_{80} &\leq 2 \end{aligned} \right\} \quad (2.16)$$

Boyutsuz hale getirilen ve “X” değişkenine bağlı olarak ifade edilen 44 adet denge denklemi ile 80 adet kısıtlayıcı denklemden oluşan denklem takımı bir lineer programlama programı ile çözümlenerek “X_i” değerleri ve göçme yükü parametresi “f=FL/M₀” değeri elde edilir [7]. Yapılan çözümlerin sonucunda çerçeveye ait göçme yükü parametresi;

$$X_{81}=f=FL/M_0=2.865672 \quad (2.17)$$

olarak elde edilmiştir. Denklem takımının çözümünden elde edilen X_i değerleri ve bu değerlere bağlı olarak hesaplanan m_i boyutsuz moment değerleri aşağıda verilmektedir.

X ₁ =0.000000	m ₁ =X ₁ -K ₁ =0.00-4.00= -4.00*
X ₂ =6.164179	m ₂ =2.164179
X ₃ =0.000000	m ₃ =-3.00*
X ₄ =4.835821	m ₄ =0.835821
X ₅ =1.791045	m ₅ =-1.208955
X ₆ =1.507463	m ₆ =-0.492537
X ₇ =4.701492	m ₇ =1.701492
X ₈ =1.029851	m ₈ =-0.970149
X ₉ =0.835821	m ₉ =-0.164179
X ₁₀ =3.134328	m ₁₀ =1.134328
X ₁₁ =0.432836	m ₁₁ =-0.567164
X ₁₂ =1.567164	m ₁₂ =0.567164
X ₁₃ =2.000000	m ₁₃ =1.00*
X ₁₄ =1.000000	m ₁₄ =0.00
X ₁₅ =0.000000	m ₁₅ =-1.00*
X ₁₆ =4.000000	m ₁₆ =2.00*
X ₁₇ =0.000000	m ₁₇ =-1.00*
X ₁₈ =3.000000	m ₁₈ =1.00
X ₁₉ =0.000000	m ₁₉ =-2.00*
X ₂₀ =6.000000	m ₂₀ =3.00*
X ₂₁ =0.000000	m ₂₁ =-2.00*
X ₂₂ =4.701492	m ₂₂ =1.701492
X ₂₃ =0.298507	m ₂₃ =-2.701493
X ₂₄ =8.000000	m ₂₄ =4.00*
X ₂₅ =2.164179	m ₂₅ =-0.835821
X ₂₆ =4.835821	m ₂₆ =0.835821
X ₂₇ =0.000000	m ₂₇ =-4.00*
X ₂₈ =0.000000	m ₂₈ =-4.00*
X ₂₉ =2.000000	m ₂₉ =1.00*
X ₃₀ =1.000000	m ₃₀ =0.00
X ₃₁ =0.000000	m ₃₁ =-1.00*
X ₃₂ =4.000000	m ₃₂ =2.00*
X ₃₃ =0.000000	m ₃₃ =-1.00*
X ₃₄ =3.000000	m ₃₄ =1.00
X ₃₅ =0.000000	m ₃₅ =-2.00*
X ₃₆ =6.000000	m ₃₆ =3.00*
X ₃₇ =0.000000	m ₃₇ =-2.00*

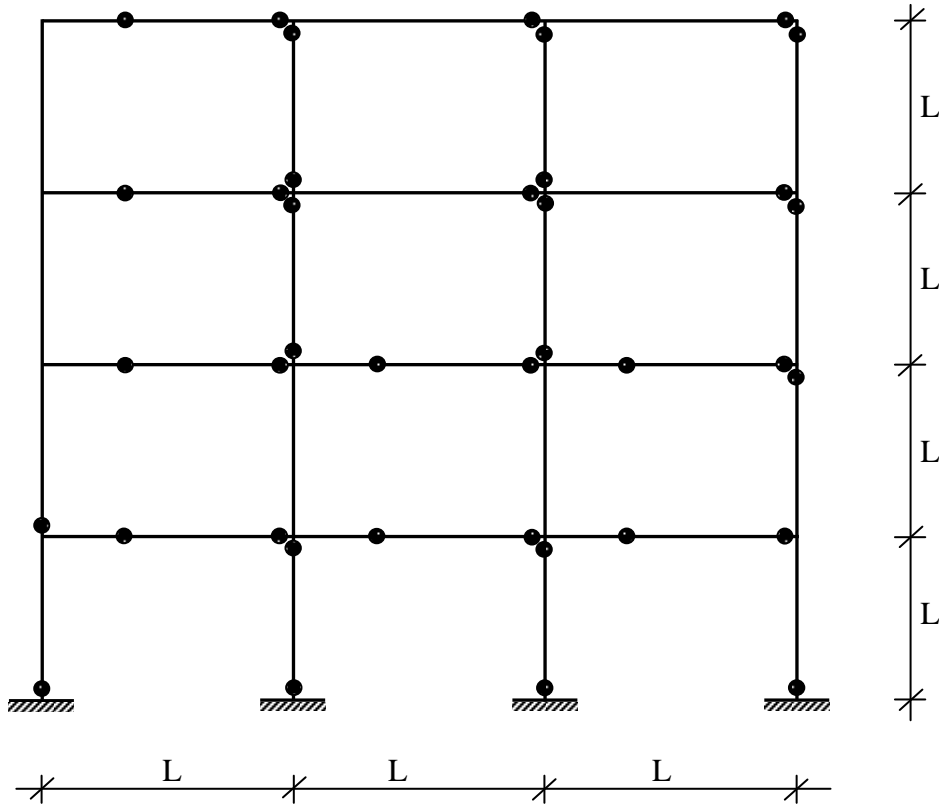
* Kesit taşıma momenti değerine ulaşılan kesitler ve bu kesitlerdeki boyutsuz moment değerleri

$X_{38}=4.701492$	$m_{38}=1.701492$
$X_{39}=0.298507$	$m_{39}=-2.701493$
$X_{40}=8.000000$	$m_{40}=4.00^*$
$X_{41}=2.164179$	$m_{41}=-0.835821$
$X_{42}=4.835821$	$m_{42}=0.835821$
$X_{43}=0.000000$	$m_{43}=-4.00^*$
$X_{44}=0.000000$	$m_{44}=-4.00^*$
$X_{45}=2.000000$	$m_{45}=1.00^*$
$X_{46}=0.000000$	$m_{46}=-1.00^*$
$X_{47}=4.000000$	$m_{47}=2.00^*$
$X_{48}=1.000000$	$m_{48}=0.00$
$X_{49}=0.000000$	$m_{49}=-2.00^*$
$X_{50}=6.000000$	$m_{50}=3.00^*$
$X_{51}=2.000000$	$m_{51}=0.00$
$X_{52}=0.000000$	$m_{52}=-3.00^*$
$X_{53}=8.000000$	$m_{53}=4.00^*$
$X_{54}=0.089552$	$m_{54}=-2.910448$
$X_{55}=2.910448$	$m_{55}=-1.089552$
$X_{56}=0.000000$	$m_{56}=-4.00^*$
$X_{57}=8.000000$	$m_{57}=4.00^*$
$X_{58}=6.388060$	$m_{58}=2.388060$
$X_{59}=8.000000$	$m_{59}=4.00^*$
$X_{60}=6.388060$	$m_{60}=2.388060$
$X_{61}=8.000000$	$m_{61}=4.00^*$
$X_{62}=6.388060$	$m_{62}=2.388060$
$X_{63}=6.000000$	$m_{63}=3.00^*$
$X_{64}=4.432836$	$m_{64}=1.432836$
$X_{65}=6.000000$	$m_{65}=3.00^*$
$X_{66}=4.432836$	$m_{66}=1.432836$
$X_{67}=6.000000$	$m_{67}=3.00^*$
$X_{68}=4.432836$	$m_{68}=1.432836$
$X_{69}=4.000000$	$m_{69}=2.00^*$
$X_{70}=2.955224$	$m_{70}=0.955224$
$X_{71}=3.910448$	$m_{71}=1.910448$
$X_{72}=2.910448$	$m_{72}=0.910448$
$X_{73}=3.910448$	$m_{73}=1.910448$
$X_{74}=2.910448$	$m_{74}=0.910448$
$X_{75}=2.000000$	$m_{75}=1.00^*$
$X_{76}=1.477612$	$m_{76}=0.477612$
$X_{77}=1.621891$	$m_{77}=0.621891$
$X_{78}=1.288557$	$m_{78}=0.288557$
$X_{79}=1.621891$	$m_{79}=0.621891$
$X_{80}=1.288557$	$m_{80}=0.288557$

Göçme yükü parametresi ifadesindeki “F” ve “L” değerleri sırasıyla göz önüne alınan çerçeveye etki eden en küçük birim yük ile çerçeveye ait en küçük birim boyutu, “ M_0 ” değeri ise en küçük kesit taşıma momentini göstermektedir. Göçme yükü belirlenecek çerçeveye ait “P”, “L” ve “ M_0 ” ifadelerinin değerleri göçme yükü parametresi ifadesindeki yerlerine konulduğu takdirde o çerçeveye ait göçme yükünün gerçek sayısal değeri hesaplanmış olur.

Denklemin çözümünden elde edilen “ X_i ” değerlerine bağlı olarak hesaplanan “ m_i ” boyutsuz moment değerleri “ M_0 ” kesit taşıma momenti ile çarpıldığı zaman ($M_i = m_i \cdot M_0$) o kesitteki gerçek moment değeri elde edilmiş olur. Kesit taşıma moment değerine ulaşan moment değerlerinin bulunduğu kesitlere mafsallar yerleştirildiği takdirde yapı çerçevesinin göçme modu elde edilmiş olur. Yapılan hesaplama sonucunda çerçevede oluşan mafsallar ve mafsalların olduğu kesitler Şekil 3 de gösterilmektedir.

Çalışmamızda verilen hesap yöntemi ile yapılan çözümlerin sonucunda göz önüne alınan çerçeveye ait göçme yükü parametresi $f = FL/M_0 = 2.865672$ olarak hesaplanırken, aynı çerçeve için “4” nolu literatürde bu değer $f = FL/M_0 = 2.866$ olarak hesaplanmıştır. Sonuçlara bakıldığında; çalışmamızda verilen hesap yöntemi ile elde edilen göçme yükü parametresi değerinin “4” nolu literatürde verilen değer ile aynı olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Çerçevede mafsalların olduğu kesitler

3. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada Alt ve Üst Sınır Teoremlerini iki özel teorem (Kiriş ve Kolon Teoremi) ile pekiştiren bir çözüm tekniği kullanılarak, tekil yüklerin etkisi altındaki dört katlı ve üç açıklıklı bir yapı çerçevesinin göçme yükü parametresi belirlenmiş ve “4” nolu literatürde aynı çerçeve için farklı bir hesaplama tekniği ile hesaplanan göçme yükü parametresi ile karşılaştırılmıştır.

Çalışmada sunulan hesap tekniği ile herhangi yapı çerçevesinin göçme yükü parametresi belirlenirken, problem hiçbir hiperstatik bilinmeyene bağlı kalınmadan yazılan denge denklemleri ile kritik nokta sayısı kadar yazılan kısıtlayıcı denklemden oluşan denklem takımını içeren bir optimizasyon problemi haline getirilerek çözüm yapılmıştır. Bu hesaplama tekniği ile herhangi bir çerçeve yapının göçme yükü parametresi kısa sürede belirlenmekte ve çözüm sonucunda mafsalların hangi kesitlerde olduğu görülebilmektedir. Ayrıca hesap sonucunda elde edilen göçme yükü parametresi “ $f=FL/M_0$ ” değerinin mevcut yükler ile yapı göçmesi arasındaki güvenliği belirlemekte de yeterli olduğu düşünülmektedir.

Kaynaklar

- [1] Oğuz, S., **Çelik ve Betonarme Yapıların Göçme Yükü Teorisi**, Balıkesir, Ocak, (2001).
- [2] Oğuz, S., **Yapıların Plastik Analizine Giriş Kurs Notları**, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, Ankara, Şubat, (1983).
- [3] Neal, B.G., **The Plastic Methods of Structural Analysis**, Third Edition, John Wiley&Sons, New York, (1977).
- [4] Hodge, P.G., **Yapıların Plastik Analizi**, Çeviri:Şuhubi, E.-Cinemre, V., Arı Kitabevi Matbaası, (1967).
- [5] Horne, M.R. and Morris, L.J., **Plastic Design of Low-Rise Frames**, Granada Publishing Limited, Great Britain, (1981).
- [6] Efe (Karakulak), P., **Prefabrike Konut Yapılarında Göçme Yükü Hesabı**, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, (2005).
- [7] “LINDO (Linear Interactive Discrete Optimizer) Lineer optimizasyon Bilgisayar Programı”, Release 6.1 (12 May 03), LINDO Systems, Inc., Chicago.