



## 36. Basit kuvvet metodu

Basit kuvvet metodu hakkında çok kısa bilgi verilecektir. Basit kuvvet metodunda  $\underline{x}$  hiperstatik bilinmeyenlerinin hesaplanmasına, dolayısıyla buna ait denklem sisteminin kurulmasına gerek yoktur. Bu; bellek gereksimini ve işlem sayısını büyük miktarda azaltır, çok daha hızlı hesap yapılır. Klasik ve basit kuvvet metodunun hesap adımları karşılaştırmak amacıyla aşağıda verilmiştir.

Adım	Klasik kuvvet metodu	Basit kuvvet metodu
1	$\underline{N} \underline{F} = \underline{P}$ kur	$\underline{N} \underline{F} = \underline{P}$ kur
2	$\underline{N} \underline{B}_0 = \underline{I}$ den $\underline{B}_0$ hesapla(GAUSS)	$\underline{N} \underline{B}_0 = \underline{I}$ den $\underline{B}_0$ hesapla(GAUSS)
3	$\underline{N} \underline{B}_x = \underline{0}$ dan $\underline{B}_x$ hesapla(GAUSS)	$\underline{N} \underline{B}_x = \underline{0}$ dan $\underline{B}_x$ hesapla(GAUSS) → $\begin{bmatrix} \underline{N} \\ \underline{B}_x^T \end{bmatrix}$
4	$\underline{B}_x^T \underline{f} \underline{B}_x \underline{x} = -\underline{B}_x^T \underline{f} \underline{B}_0 \underline{P} - \underline{B}_x^T \underline{v}_t$ kur, $\underline{x}$ hesapla(CHOLESKY)	$\underline{B}_x^T \underline{f} \underline{F} = -\underline{B}_x^T \underline{v}_t$ hesapla → $\begin{bmatrix} \underline{N} \\ \underline{B}_x^T \underline{f} \end{bmatrix}$
5	$\underline{F} = \underline{B}_0 \underline{P} + \underline{B}_x \underline{x}$ hesapla	$\begin{bmatrix} \underline{N} \\ \underline{B}_x^T \underline{f} \end{bmatrix} \underline{F} = \begin{bmatrix} \underline{P} \\ -\underline{B}_x^T \underline{v}_t \end{bmatrix}$ kur, $\underline{F}$ hesapla(GAUSS)
6	$\underline{U} = \underline{B}_0^T \underline{f} \underline{F} + \underline{B}_0^T \underline{v}_t$ hesapla	$\underline{U} = \underline{B}_0^T \underline{f} \underline{F} + \underline{B}_0^T \underline{v}_t$ hesapla

## Karşılaştırılırsa:

- İlk üç adım aynıdır. Her iki metodda da  $\underline{B}_0$  ve  $\underline{B}_x$  matrisleri hesaplanmak zorundadır. Ancak; basit kuvvet metodunda  $\underline{B}_x$  için sadece bir vektörlük bellek gerekir, hesaplanan her vektörün transpozu hemen  $\underline{N}$  matrisini sonuna eklenir.
- Klasik kuvvet metodunun 4. adımında süreklilik denklemleri kurulur ve CHOLESKY ile bu denklem sistemi çözülerek  $\underline{x}$  hiperstatik bilinmeyenleri hesaplanır. Hem  $\underline{B}_x^T \underline{f}$  hem de  $\underline{B}_x^T \underline{f} \underline{B}_x$  matrisleri için bellek ayırmak gerekir.  $\underline{B}_x^T \underline{f} \underline{B}_x$  simetrik ve pozitif tanımlıdır, sadece yarısı depolanır. Basit kuvvet metodunun 4. adımında süreklilik denklemleri kurulur.  $\underline{B}_x^T \underline{f}$  için bellek ayırmaya gerek yoktur. Daha önce  $\underline{N}$  matrisinin sonuna eklenmiş olan  $\underline{B}_x^T$  matrisi  $\underline{f}$  ile çarpılır, aynı satırlara depolanır.  $\underline{B}_x^T \underline{f}$  simetrik değildir, fakat satırları doğrusal bağımsızdır.
- Klasik kuvvet metodunun 5. adımında  $\underline{F}$  eleman kuvvetleri hesaplanır. Basit kuvvet metodunun 5. adımında  $\underline{N}$  nin sonuna eklenmiş olan süreklilik denklemleri GAUSS ile indirgenir,  $\underline{F}$  eleman kuvvetleri hesaplanır.
- Her iki metodun 6. adımında  $\underline{U}$  yer değiştirmeleri hesaplanır.

## Bellek gereksinimi ve hesap süresi karşılaştırması:

Matris	Bellek gereksinimi	
	Klasik kuvvet metodu	Basit kuvvet metodu
$\underline{N}$	$m \cdot m = m^2$	$m^2$
$\underline{F}$	$m$	$m$
$\underline{P}$	$n$	$n$
$\underline{B}_0$	$m \cdot n$	$m \cdot n$
$\underline{B}_x$	$m \cdot (m-n) = m^2 - m \cdot n$	$m$
$\underline{f}$	$m \cdot m_e$	$m \cdot m_e$
$\underline{B}_x^T \underline{f}$	$(m-n) \cdot m_e = m \cdot m_e - n \cdot m_e$	0
$\underline{B}_x^T \underline{f} \underline{B}_x$	$1/2(m-n) \cdot (m-n) = 1/2(m^2 - n^2) - m \cdot n$	0
$\underline{B}_0 \underline{P}$	0	0
$\underline{B}_x^T \underline{v}_t$	$m-n$	0
$\underline{x}$	$m-n$	0
$\underline{F}$	$m$	$m$
$\underline{U}$	$n$	$n$
TOPLAM	$5/2 m^2 + 4m + 2m \cdot m_e$ $-m \cdot n - n \cdot m_e - 1/2n^2$	$m^2 + m \cdot n + m \cdot m_e + 3m + 2n$

38	38	38	38	38	38	38	38	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	40
36	36	36	36	36	36	36	36	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	38
34	34	34	34	34	34	34	34	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	36
32	32	32	32	32	32	32	32	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	34
30	30	30	30	30	30	30	30	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	32
28	28	28	28	28	28	28	28	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	30
26	26	26	26	26	26	26	26	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	28
24	24	24	24	24	24	24	24	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	26
22	22	22	22	22	22	22	22	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	24
20	20	20	20	20	20	20	20	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	22
18	18	18	18	18	18	18	18	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	20
16	16	16	16	16	16	16	16	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	18
14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	16
12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14
10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12
8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10
6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8
4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6
2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4

20x20=400 eleman ve 21x21=441 noktalı plak modeli

Yukarıda, tablonun sağında, görülen plak modelinde  $m=3604$ (=eleman kuvvetleri=bilinmeyen sayısı),  $n=1323$ (=denklem sayısı),  $m_e=9$ (=plak eleman esneklik matrisinin kolon sayısı) dır. Bu örnekte bellek gereksinimi, klasik kuvvet metodu için=26896164 birim<sup>1</sup>, basit kuvvet metodu için=17802802 birim dır. Basit kuvvet metodu 1.5 kat daha az bellek gerektirmiştir.

Aynı plağın klasik kuvvet metodu ile hesabı 311 saniye, basit kuvveti ile hesabı 99 saniye sürmüştür. Basit kuvvet metodu 3.1 kat daha az hesap süresi gerektirmiştir.

<http://mmf2.oqu.edu.tr/atopcu> sayfasından indirilebilen SEM2015 programı basit kuvvet metodu kullanılarak yazılmıştır.

<sup>1</sup> Ondalık bir sayının depolanabilmesi için gerekli bellektir. Programlamada genellikle DOUBLE(=8 Byte) kullanılır. Buna göre klasik kuvvet metodu 26896164\*8 Byte=215169312 Byte≈210.1 MB, basit kuvvet metodu 17802802\*8=139.1 MB bellek gerektirmektedir.

### 36. Basit kuvvet metodu

**Basit kuvvet metodu matrislerinin deseni(=pattern) ve doluluk oranı:**

**Desen:** Matrisin sıfırdan farklı elemanları yerine bir nokta konularak oluşturulan görüntüdür. Matrisin yapısı hakkında bir fikir verir. Programlama matrisin yapısı dikkate alınarak yapılır.

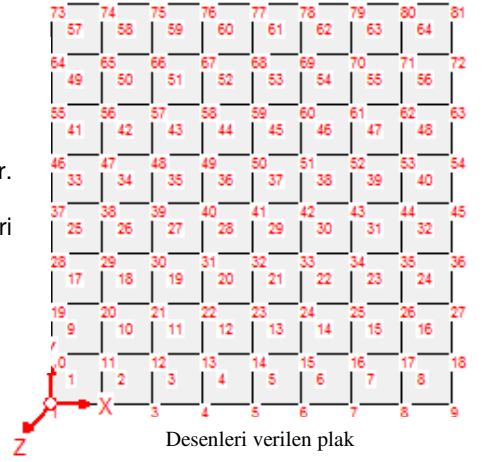
**Doluluk:** Sıfırdan farklı elemanların toplamının toplam eleman sayısına oranıdır.

Örnek 34.1 model 8x8 deki plağın SEM2015 programı ile alınan matris desenleri yorumlanarak verilecektir. Bu problemde:

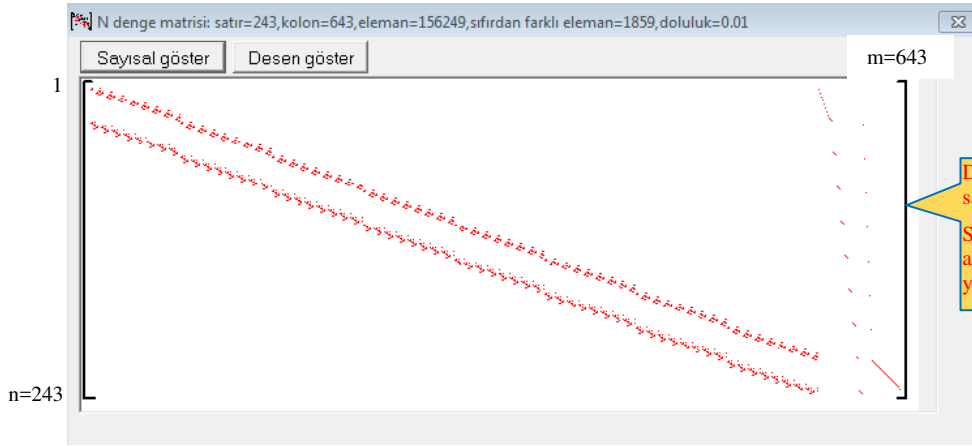
n=243 denklem sayısı

m=643 bilinmeyen sayısı

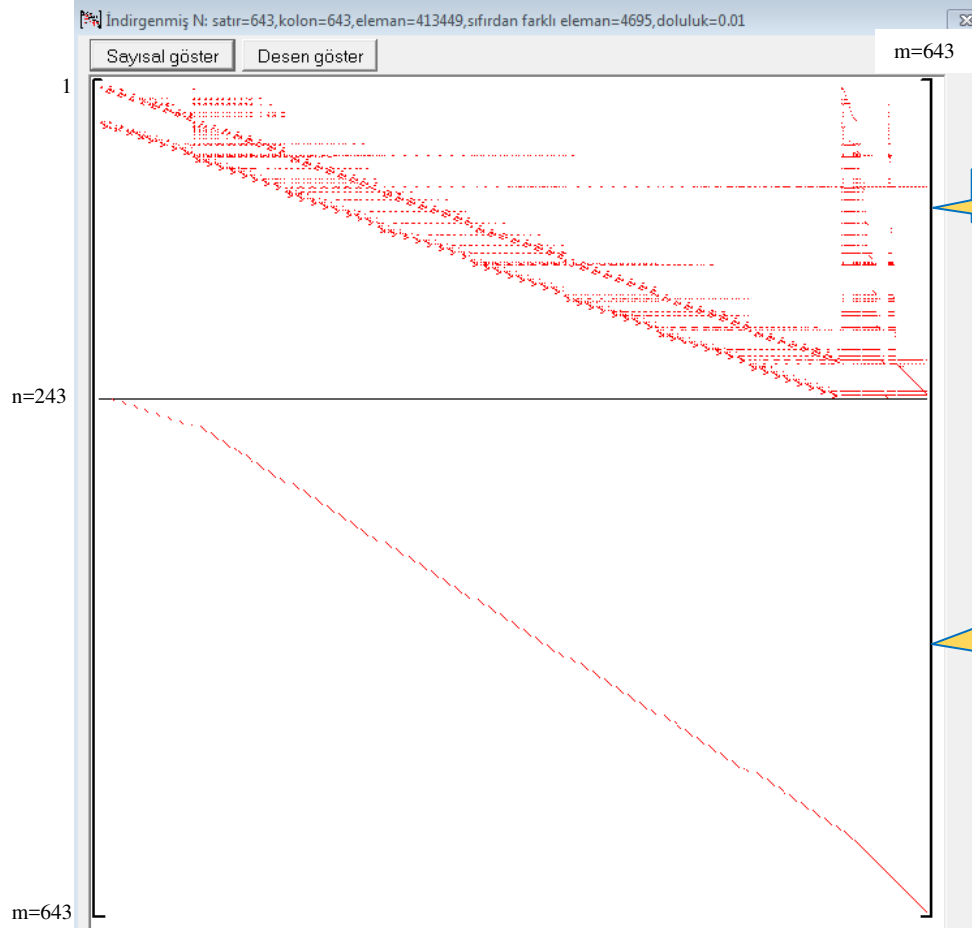
r=400 hiperstatiklik derecesidir.



Desenleri verilen plak



Denge matrisi N. Elemanların çoğu sıfır, sadece %1 i dolu. Son kolonlar reaksiyon bilinmeyenlerine aittir, denge denklemlerinin bant yapısını bozmaktadır.



İndirgenmiş denge matrisi N. Elemanların çoğu sıfır.

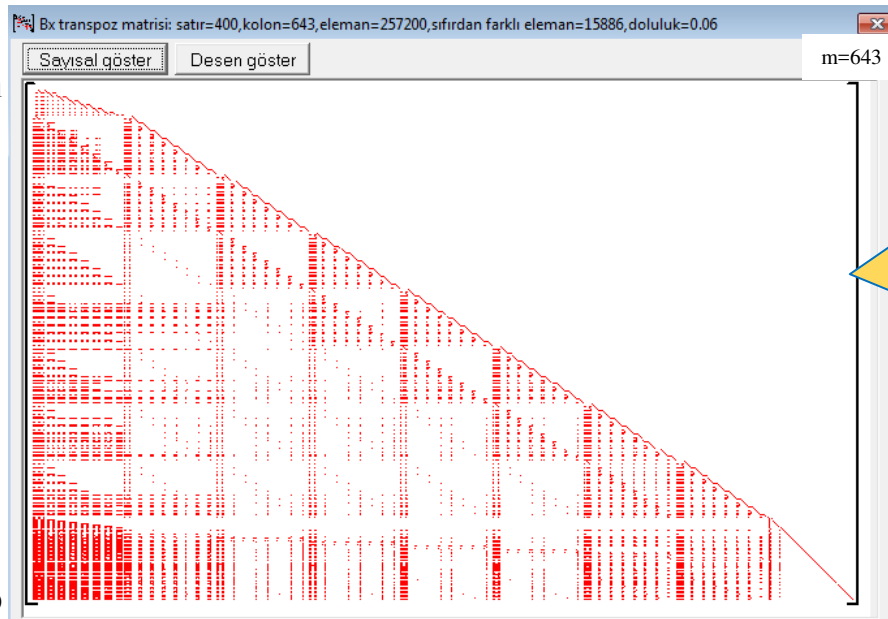
Doluluk=%1

Seçilen hiperstatik bilinmeyenlere ait satırlar. Her satırda sadece 1 sayısı vardır. Buraya süreklilik denklemleri depolanır.

### 36. Basit kuvvet metodu

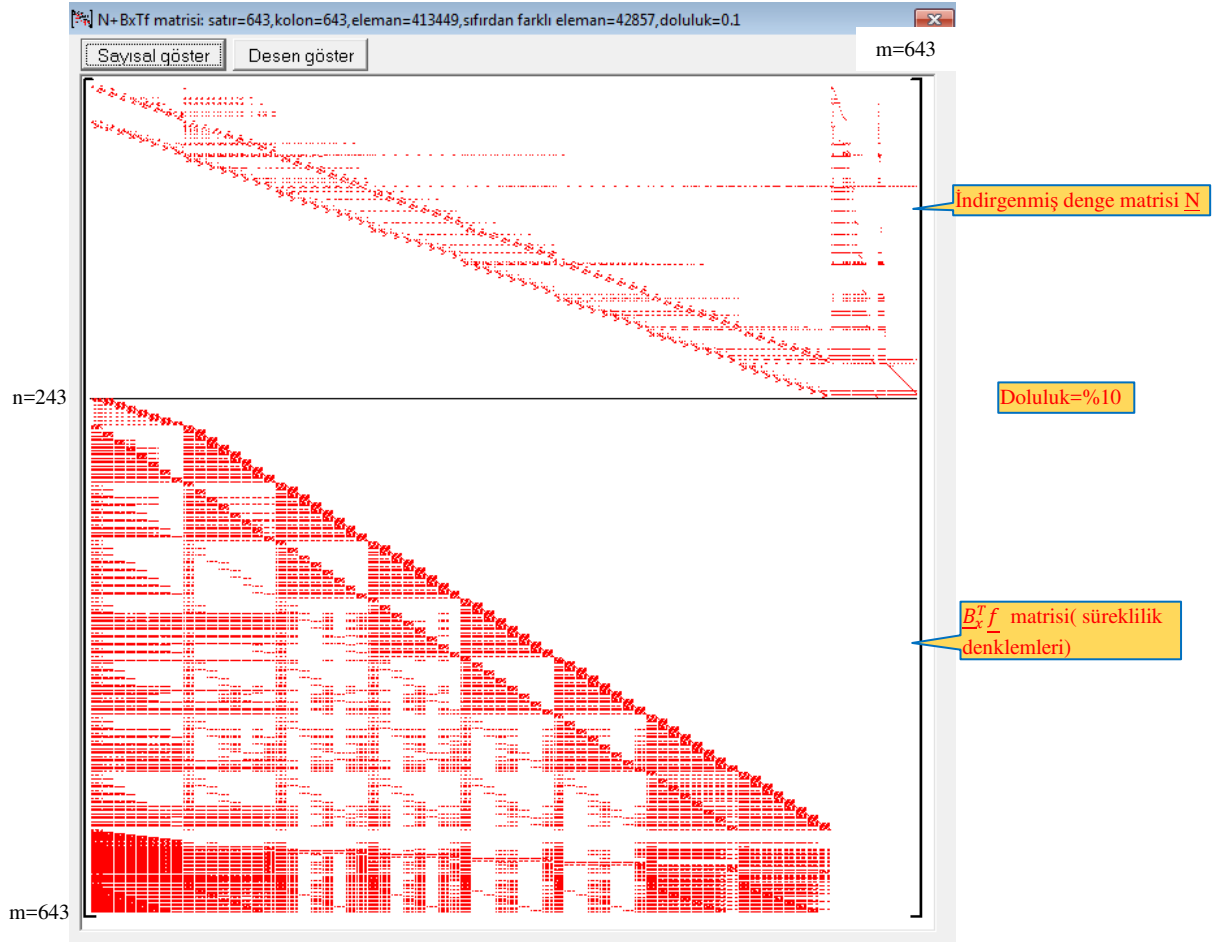
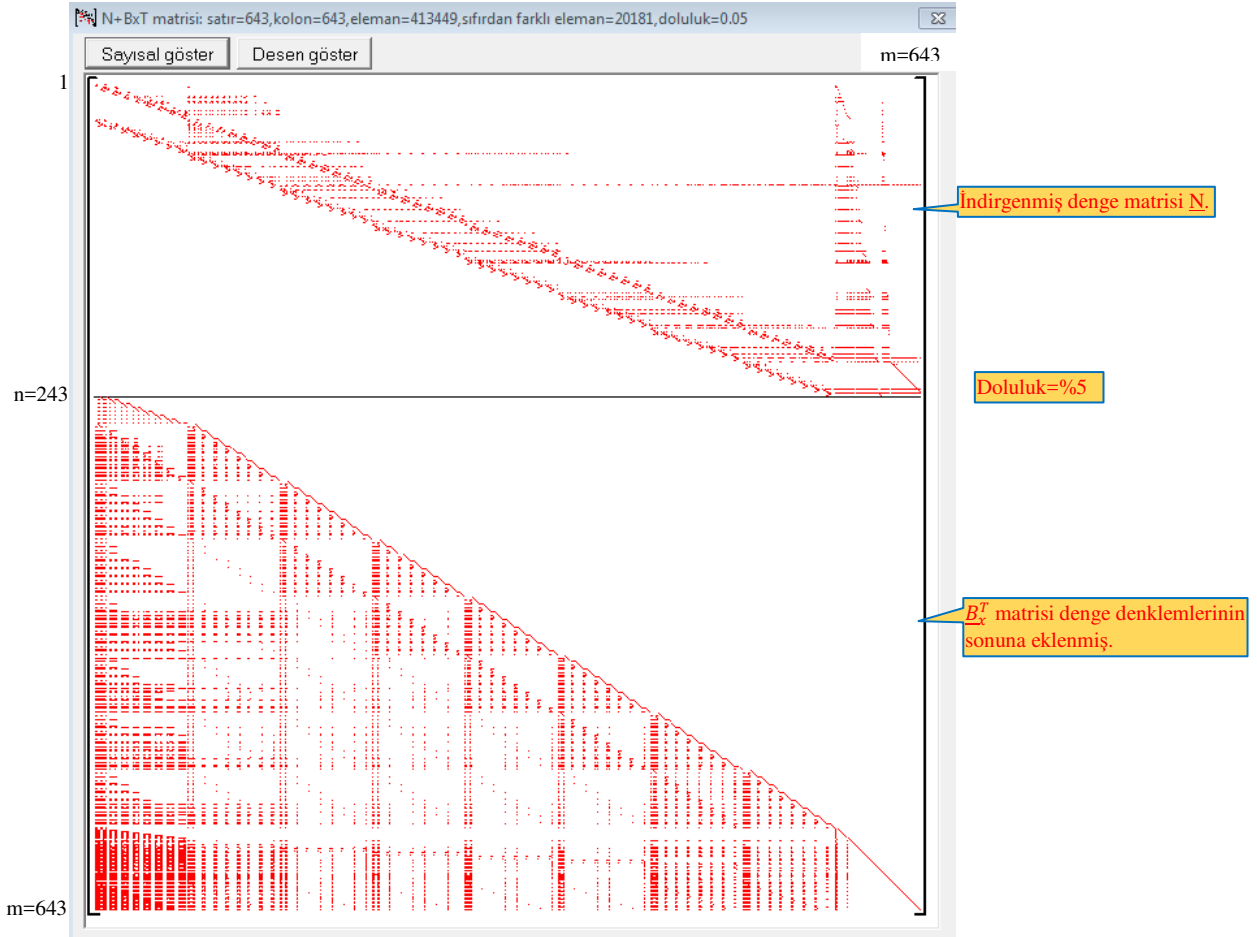


$B_0$  matrisi.  $r=400$  tane satır sıfırdır. Sıfır satırlar izostatik bilinmeyenlere aittir. Doluluk=%15.

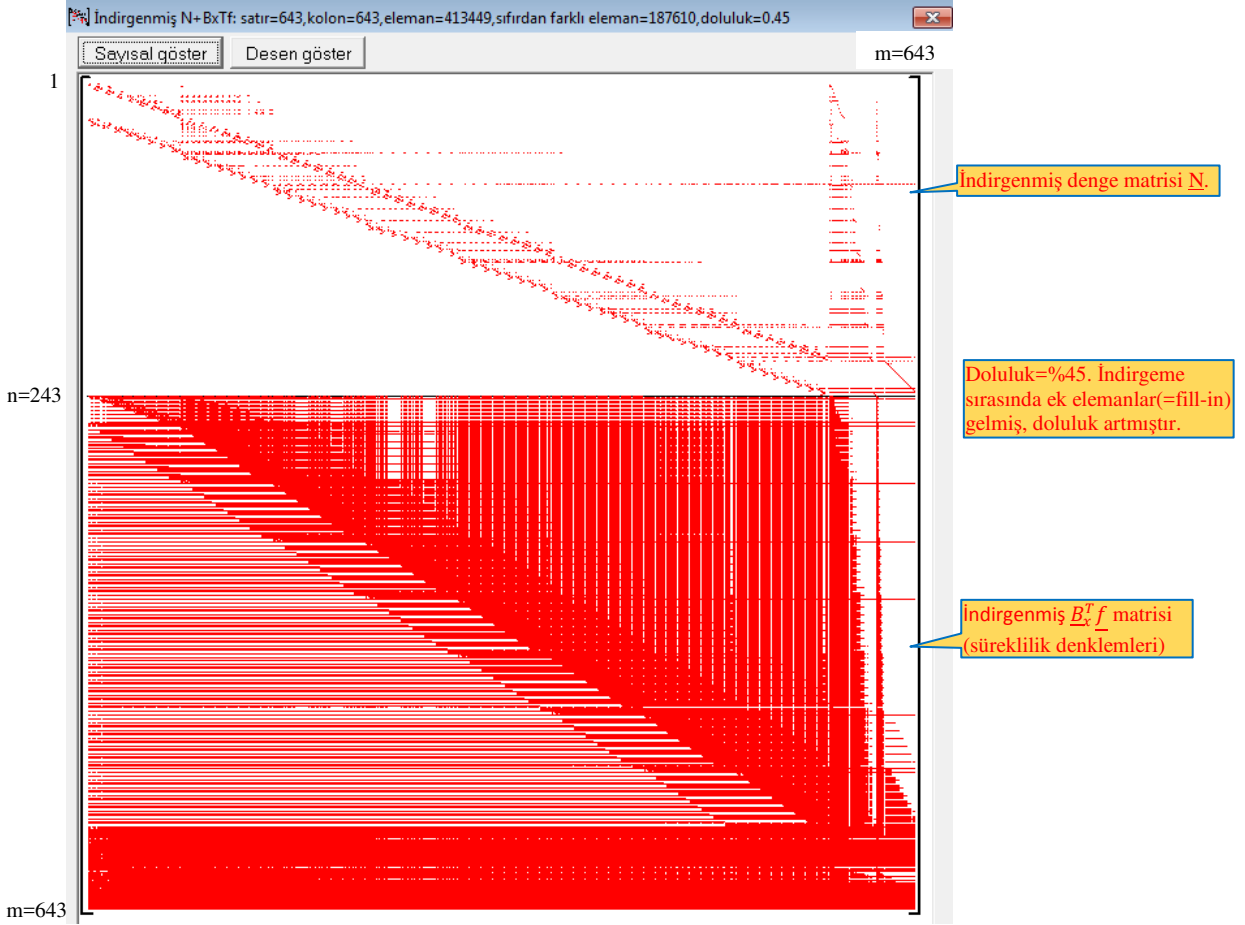


$B_x^T$  matrisi. Doluluk=%6.  $r=400$  tane kolonunun sadece diyagonalı ve altında sayılar vardır. Tüm kolonların üstündeki tüm sayılar sıfırdır. Bu sadece bu örneğe özgü değildir. Her tür sistemde böyledir.

### 36. Basit kuvvet metodu



### 36. Basit kuvvet metodu



#### Bu örnekte hesap süreleri:

```
GAUSS - izostatik esas sistem seçildi: 0 saniye  
B0 hesaplandı: 0.03 saniye  
Bx hesaplandı: 0.02 saniye  
Bxt*f hesaplandı: 0.01 saniye  
GAUSS - süreklilik denklemleri indirgendi: 0.97 saniye
```

Bu örnekte programın kullandığı toplam bellek: 70 MB.