

IKPIR

UNIVERZA EDVARDA KARDELJA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ARHITEKTURO, GRADBENIŠTVO
IN GEODEZIJO

INŠTITUT ZA KONSTRUKCIJE,
POTRESNO INŽENIRSTVO IN RAČUNALNIŠTVO

Publikacija IKPIR št. 22

Vlado Ljubič

Navodila za uporabo programov

**DIMEN, PREREZ, RPZEA,
STEBER in TEMELJ**

Ljubljana, marec 1981

IKPIR

UNIVERZA EDVARDA KARDELJA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ARHITEKTURO, GRADBENIŠTVO
IN GEODEZIJO

INŠTITUT ZA KONSTRUKCIJE,
POTRESNO INŽENIRSTVO IN RAČUNALNIŠTVO

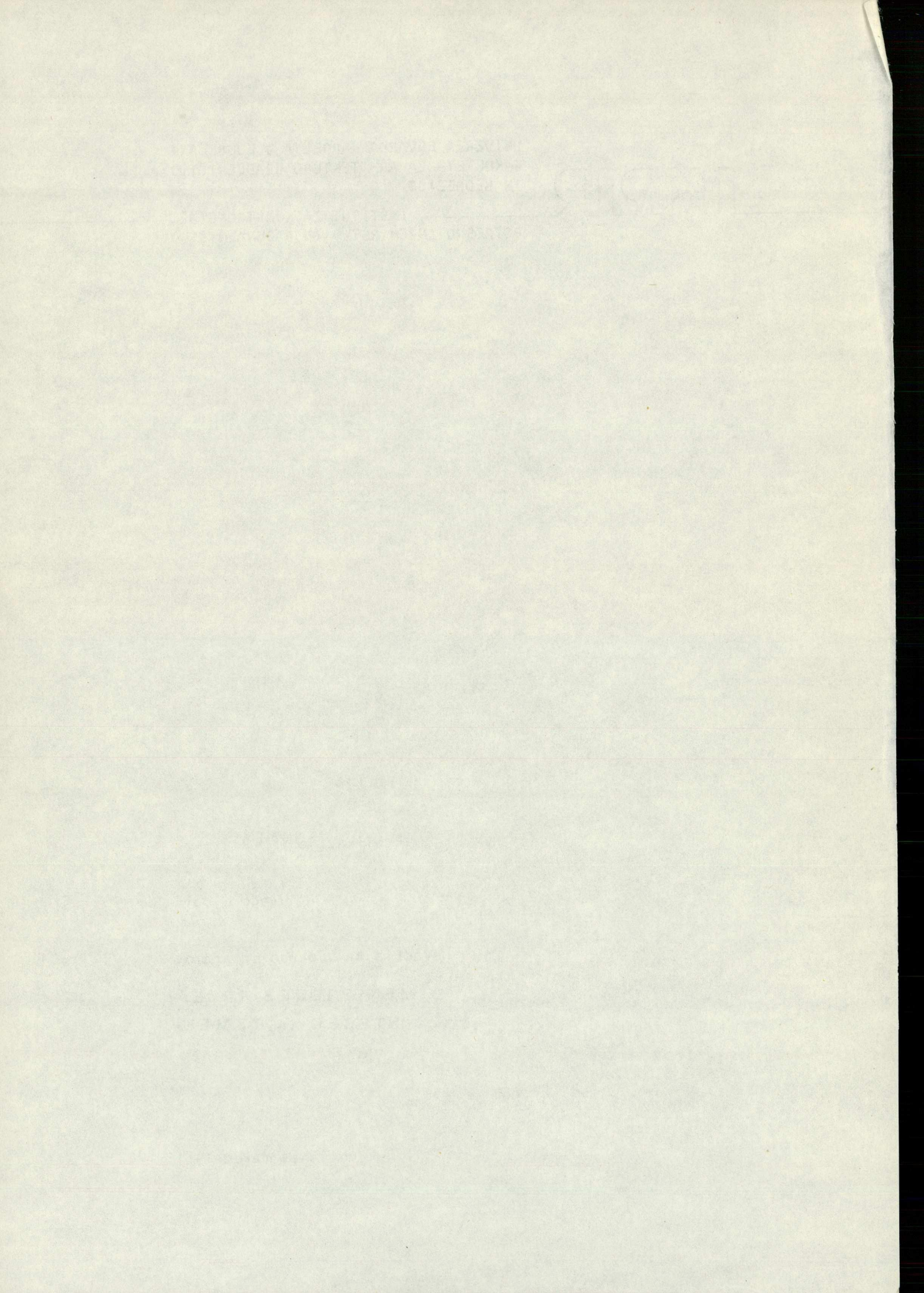
Publikacija IKPIR št. 22

Vlado Ljubič

Navodila za uporabo programov

**DIMEN, PREREZ, RPZEA,
STEBER in TEMELJ**

Ljubljana, marec 1981



V S E B I N A

	stran
UVOD	ii
Program DIMEN	D 1 - D 3
Program PREREZ	P 1 - P 11
Program RPZEA	R 1 - R 6
Program STEBER	S 1 - S 24
Program TEMELJ	T 1 - T 5

UVOD

Z razvojem elektronskih računalnikov ter posebnih enot, ki jih lahko priključimo nanje (risalniki, posebni terminali z grafičnim zaslonom, digitalne table) se odpirajo vedno večje možnosti avtomatizacije procesa projektiranja konstrukcij.

Na IKPIR, FAGG smo z nabavo grafične opreme začeli razvijati programe z interaktivnim dialogom med uporabnikom in računalnikom in z grafičnim prikazom rezultatov. Rezultate izrisane in izpisane na zaslonu lahko s posebno kopirno napravo (hard copy unit) dobimo v nekaj sekundah preslikane na papir. Te kopije lahko kasneje vlagamo v projekt.

V publikaciji je predstavljenih pet manjših programov s področja dimenzioniranja in računanja karakteristik prerezov. Za vse programe obstajajo verzije za kartično in za interaktivno obdelavo. Programi v veliki meri omogočajo grafični prikaz rezultatov.

Pregled in kratek opis programov

Program DIMEN

Namenjen je računanju in izpisovanju tabel za dimenzioniranje upogibno obremenjenih elementov po metodi dovoljenih napetosti.

Program PREREZ

Je namenjen računanju in grafični predstavitvi upogibnih karakteristik prerezov podanih kot poligon.

Program RPZEA

Namenjen je računanju in izpisovanju geometrijskih karakteristik stenastih konstrukcij potrebnih za program EAVEK.

Program STEBER

Omogoča dimenzioniranje poljubnih prerezov podanih kot poligon in obremenjenih z osno silo in dvema upogibnima momentoma. Omogoča upoštevanje uklona po veljavnih predpisih (PAB). Uporablja metodo dovoljenih napetosti.

Program TEMELJ

Namenjen je računu napetosti pod točkovnimi temelji. Za temelje je predpostavljeno, da so togi in je uporabljena trapezna metoda.


```

XXXXXXXXXX  XXXXXXXXXXXX  XX  XX  XXXXXXXXXXXX  XX  XX
XXXXXXXXXX  XXXXXXXXXXXX  XXXX  XXXX  XXXXXXXXXXXX  XXXX  XX
XX  XX  XX  XX  XX  XXXX  XX  XX  XX  XX  XX
XX  XX  XX  XX  XX  XX  XX  XX  XX  XX  XX
XX  XX  XX  XX  XX  XX  XX  XX  XX  XX  XX
XX  XX  XX  XX  XX  XX  XX  XX  XX  XX  XX
XXXXXXXXXX  XXXXXXXXXXXX  XX  XX  XXXXXXXXXXXX  XX  XXX
XXXXXXXXXX  XXXXXXXXXXXX  XX  XX  XXXXXXXXXXXX  XX  XX

```

PROGRAMSKI JEZIK : STRUCTRAN ali FTN 4 ext./ FTN 10
 VERZIJA : 1.0 BATCH , 2.0 interaktivna
 RAČUNALNIK : BATCH-CYBER 72, DECsystem 10

NAMEN : Program DIMEN je namenjen računu in izpisovanju tabel za dimenzioniranje upogibnih elementov (grede, plošče) po metodi dovoljenih napetosti. Tabele dobljene s programom, omogočajo hitro dimenzioniranje velikega števila geometrijsko enakih elementov in sicer na naslednji način: za izbran prerez b/h_t in izbrano zaščitno plast betona a_z , ter izbrano dovoljeno natezno napetost jekla in dovoljeno robno tlačno napetost betona dobimo s programom DIMEN tabelo. Iz te tabele lahko za določeno vrednost momenta M_a takoj odčitamo potrebno natezno armaturo in, če je potrebna, tudi tlačno armaturo. Kot najmanjši procent armiranja je vgrajena vrednost 0,1%.

TEORIJA V PROGRAMU

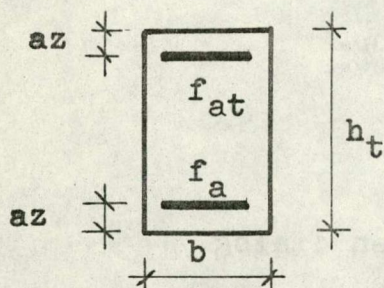
Vse enačbe iz literature: Rajko Rogač, Franc Saje: Priročnik za dimenzioniranje armiranobetonskih konstrukcij, Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Ljubljana 1977 (druga izdaja).

UPORABLJENE ENOTE

Uporabljene enote so kN, m za momente, dovoljene napetosti in geometrijo, potrebna armatura pa v cm^2 .

UPORABA PROGRAMA

Obstajata dve verziji programa. Prva je namenjena kartični obdelavi na računalniku CYBER 72. Podatki se podajajo v brezformatni obliki in na sledeč način:



[σ_a]- dovoljena natezna nap. v armaturi
 [σ_{br}]- dovoljena tlačna nap. v betonu

Slika D - 1

prva kartica naslov dolg 40 znakov ,
druga kartica b, h_t, az, a , br

Primer: PREREZ 30/40 CM
.3 .4 .02 220000 12000

Program lahko računa poljubno število primerov:

Primer: PREREZ GREDE 1
.3 .6 .02 220000 12000
PA - 23
.3 .3 .015 160000 8000

Verzija izdelana za računalnik DECsystem 10 je interaktivna. Program skrbi za dialog z uporabnikom programa. Tabele se izpisujejo na datoteko TABELE.DAT in datoteko TABELE.TEM, ki se sama usmeri na tiskalnik.

PROGRAM DIMEN

INTERAKTIVNI DIALOG

LINK: Loading
[LINKXCT DIMEN execution]

PROGRAM DIMEN JE NAMENJEN RACUNANJU TABEL ZA DIMENZIONIRANJE GRED PO METODI
ENOTE KN-M DOVOLJENIH NAPETOSTI.

Podaj geometrijo prereza !
Sirina in visina prereza ?
1.0 .15

Zaščitna plast betona ?
.02

Dovoljena napetost armature (KN/m²) ?
220000

Dovoljena napetost betona robno (KN/m²) ?
12000

Ali hoces izpis podatkov (da,ne) ?
da

PODATKI	
sirina prereza	1.000 m
visina prereza	0.150 m
zascitna plast betona	0.020 m
dov.natezna napetost armature	220000.0 KN/m ²
dov.robna tlačna nap. betona	12000.0 KN/m ²

Ali imas se kakšen primer (da,ne) ?
ne

Slika D - 2 Interaktiven dialog

Primer izpisanih tabel na računalniku DECsystem 10

TABELE ZA DIMENZIONIRANJE PO METODI DOVOLJENIH NAPETOSTI

stran 1

PODATKI

sirina prereza 1.000 m
 visina prereza 0.200 m
 zascitna plast betona 0.015 m
 dov.natezna napetost armature 260000.0 KN/m2
 dov.robna tlačna nap. betona 12000.0 KN/m2
 x je oddaljenost nevtralne osi od zg.roba

Ma (KNm)	fa (cm2)	fat (cm2)	x-nevt.os (m)	sig.bet.t. (KN/m2)
10.0	2.18	0.00	0.03	4312.
11.0	2.41	0.00	0.03	4545.
12.0	2.63	0.00	0.03	4770.
13.0	2.86	0.00	0.03	4987.
14.0	3.08	0.00	0.03	5199.
15.0	3.31	0.00	0.03	5404.
16.0	3.54	0.00	0.03	5604.
17.0	3.76	0.00	0.03	5800.
18.0	3.99	0.00	0.03	5991.
19.0	4.22	0.00	0.04	6178.
20.0	4.45	0.00	0.04	6362.
21.0	4.68	0.00	0.04	6542.
22.0	4.91	0.00	0.04	6720.
23.0	5.14	0.00	0.04	6894.
24.0	5.37	0.00	0.04	7066.
25.0	5.60	0.00	0.04	7235.
26.0	5.84	0.00	0.04	7401.
27.0	6.07	0.00	0.04	7566.
28.0	6.30	0.00	0.04	7728.
29.0	6.54	0.00	0.04	7891.
30.0	6.77	0.00	0.04	8049.
31.0	7.01	0.00	0.04	8206.
32.0	7.24	0.00	0.05	8362.
33.0	7.48	0.00	0.05	8516.
34.0	7.71	0.00	0.05	8669.
35.0	7.95	0.00	0.05	8819.
36.0	8.18	0.00	0.05	8969.
37.0	8.42	0.00	0.05	9114.
38.0	8.66	0.00	0.05	9262.
39.0	8.90	0.00	0.05	9409.
40.0	9.13	0.00	0.05	9554.
41.0	9.37	0.00	0.05	9697.
42.0	9.61	0.00	0.05	9840.
43.0	9.85	0.00	0.05	9981.
44.0	10.09	0.00	0.05	10121.
45.0	10.33	0.00	0.05	10261.
46.0	10.57	0.00	0.05	10399.
47.0	10.81	0.00	0.05	10537.
48.0	11.05	0.00	0.05	10669.
49.0	11.29	0.00	0.05	10807.
50.0	11.53	0.00	0.05	10943.
51.0	11.78	0.00	0.06	11077.
52.0	12.02	0.00	0.06	11211.
53.0	12.26	0.00	0.06	11344.


```

LLLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL
LLLLLLLL LL LLLLLLLL LLLLLLLL LL LLLLLLLL LLLLLLLL LL
LL LL LL LL LL LL LL LL LL LL LL LL LL LL LL
LLLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL
LLLLLLLL LL LL LL LL LL LL LL LL LL LL LL LL LL
LL LL LL LL LL LL LL LL LL LL LL LL LL LL LL
LL LL LL LL LLLLLLLL LL LL LLLLLLLL LLLLLLLL
LL LL LL LLLLLLLL LL LL LLLLLLLL LLLLLLLL

```

PROGRAMSKI JEZIK : STRUCTRAN ali FTN 4 extended
STRUCTRAN ali FTN 10 DECsystem 10
VERZIJE : 1.0 grafična, interaktivna
2.0 interaktivna brez grafike
3.0 kartična, tiskalniška grafika
4.0 kartična brez grafike
RAČUNALNIK : CYBER 72 za verzije 1.0, 2.0, 3.0, 4.0
DECsystem 10 za verziji 1.0, 2.0

NAMEN: Program PREREZ je namenjen računanju upogibnih karakteristik prereza, podanega kot poligon z obkrožitvijo v protiurni smeri. Z njim lahko računamo površino, statična, vztrajnostna in deviacijski moment glede na poljubno izbrani osi in glede na težišče. Sliko prereza z vrisanimi smermi glavnih vztrajnostnih momentov dobimo pri grafičnih verzijah izrisano na zaslon oz. na tiskalnik.

TEORIJA V PROGRAMU

Geometrijske karakteristike prereza so definirane z enačbami :

$$F = \iint_G dx \, dy \quad (1) \quad \text{površina prereza}$$

$$S_x = \iint_G y \, dx \, dy \quad (2) \quad \text{statični moment prereza na os } x - x$$

$$S_y = \iint_G x \, dx \, dy \quad (3) \quad \text{statični moment prereza na os } y - y$$

$$I_x = \iint_G y^2 \, dx \, dy \quad (4) \quad \text{vztrajnostni moment prereza na os } x - x$$

$$I_y = \iint_G x^2 \, dx \, dy \quad (5) \quad \text{vztrajnostni moment prereza na os } y - y$$

$$I_{xy} = - \iint_G x \, y \, dx \, dy \quad (6) \quad \text{deviacijski moment}$$

Izraze od (1) do (6), ki so ploskovni integrali, je mogoče z uporabo Greenovega integralnega izreka prevesti na integrale po robu prereza, kar je ugodnejše za njihov izračun.

$$\iint_G \frac{\partial P}{\partial y} dx dy = - \int_K P dx \quad (7)$$

Če upoštevamo enačbo (7) v enačbah od (1) do (6), dobimo izraze:

$$F = \iint_G dx dy = - \int_K y dx \quad (8)$$

$$S_x = \iint_G y dx dy = - \frac{1}{2} \int_K y^2 dx \quad (9)$$

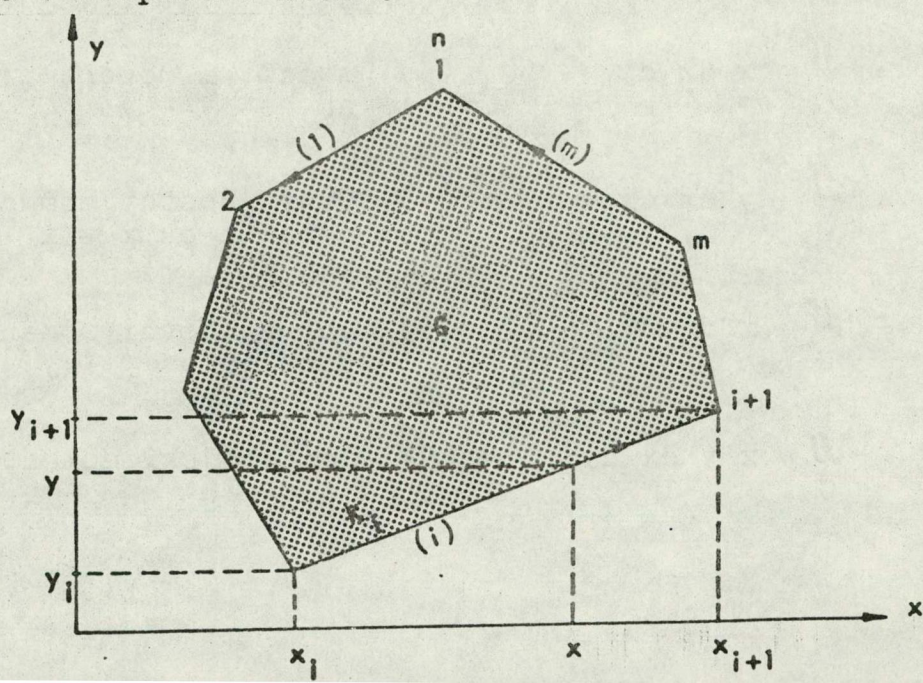
$$S_y = \iint_G x dx dy = - \int_K x y dx \quad (10)$$

$$I_x = \iint_G y^2 dx dy = - \frac{1}{3} \int_K y^3 dx \quad (11)$$

$$I_y = \iint_G x^2 dx dy = - \int_K x^2 y dx \quad (12)$$

$$I_{xy} = - \iint_G x y dx dy = \frac{1}{2} \int_K x y^2 dx \quad (13)$$

Prerezi, ki jih srečujemo v gradbeništvu, so največkrat poligoni ali pa se dajo v okviru določene natančnosti prevesti na tako obliko. Oglišča poligona oštevilčimo tako, da protiurno obkrožujemo prerez, odprtine pa v nasprotni smeri.



Za točke na robu (i) velja

$$\Delta x_{(i)} = x_{i+1} - x_i$$

$$\Delta y_{(i)} = y_{i+1} - y_i$$

$$y = y(x) = y_i + \frac{\Delta y_{(i)}}{\Delta x_{(i)}} (x - x_i)$$

in izraz za ploščino se glasi

$$\begin{aligned} F &= \iint_G dx dy = - \int_K y dx = - \sum_{i=1}^{i=m} \frac{1}{K_i} (y_{(i)} + \\ &\quad \frac{\Delta y_{(i)}}{\Delta x_{(i)}} (x - x_{(i)})) dx = \\ F &= - \sum_{i=1}^{i=m} (y_i + \frac{1}{2} \Delta y_i) \Delta x_i \end{aligned} \quad (14)$$

Podobno dobimo izraze za računanje ostalih geometrijskih karakteristik prereza :

$$S_x = - \sum_{i=1}^{i=m} ((y_i + \Delta y_i) y_i + \frac{1}{3} \Delta y_i^2) \Delta x_i \quad (15)$$

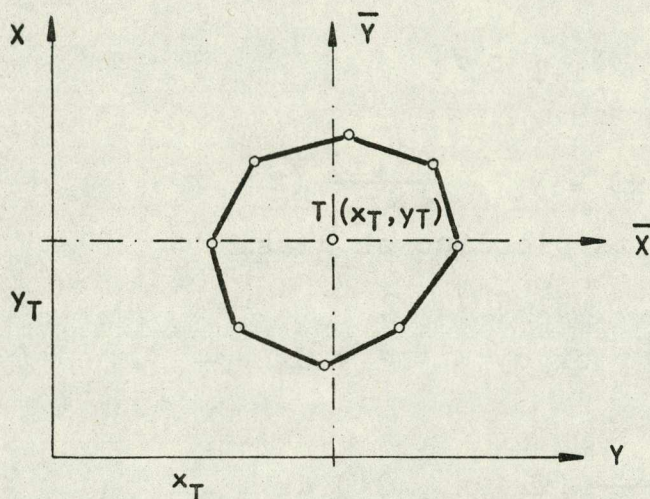
$$S_y = - \sum_{i=1}^{i=m} (x_i (y_i + \frac{1}{2} \Delta y_i) + (\frac{1}{2} y_i + \frac{1}{3} \Delta y_i) \Delta x_i) \Delta x_i \quad (16)$$

$$I_x = -\frac{1}{3} \sum_{i=1}^{i=m} (\frac{1}{4} \Delta y_i^3 + (y_i (y_i + \frac{3}{2} \Delta y_i) + \Delta y_i^2)) \Delta x_i \quad (17)$$

$$\begin{aligned} I_y &= - \sum_{i=1}^{i=m} (x_i (x_i (y_i + \frac{1}{2} \Delta y_i) + \Delta x_i (y_i + \frac{2}{3} \Delta y_i)) + \\ &\quad \Delta x_i^2 (\frac{1}{3} y_i + \frac{1}{4} \Delta y_i)) \Delta x_i \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} I_{xy} &= \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{i=m} (x_i (\frac{1}{3} \Delta y_i^2 + y_i (y_i + \Delta y_i)) + \\ &\quad + \Delta x_i (\frac{1}{4} \Delta y_i^2 + y_i (\frac{1}{2} y_i + \frac{2}{3} \Delta y_i))) \Delta x_i \end{aligned} \quad (19)$$

Enačbe (14) do (19) nam omogočajo določitev geometrijskih karakteristik prereza glede na izbrani osi X, Y v katerih smo podajali točke prereza.



Slika P - 2 Težišče prereza in koordinatni osi v težišču

Če hočemo geometrijske karakteristike določiti na osi v težišču prereza, moramo najprej določiti koordinati težišča x_T in y_T

$$x_T = S_y / F \quad (20)$$

$$y_T = S_x / F \quad (21)$$

I_x, I_y in I_{xy} transformirani glede na težišče se glase:

$$I_{xT} = I_x - y_T^2 F \quad (22)$$

$$I_{yT} = I_y - x_T^2 F \quad (23)$$

$$I_{xyT} = I_{xy} - x_T y_T F \quad (24)$$

Za določitev glavnih vztrajnostnih momentov prereza v težišču upoštevamo enačbi (25) in (26)

$$I_{1T} = (I_{xT} + I_{yT})/2 + (I_{xT} - I_{yT}) \cdot \cos(2\alpha)/2 + I_{xyT} \cdot \sin(2\alpha) \quad (25)$$

$$I_{2T} = (I_{xT} + I_{yT})/2 - (I_{xT} - I_{yT}) \cdot \cos(2\alpha)/2 - I_{xyT} \cdot \sin(2\alpha) \quad (26)$$

in kot med pozitivno X in pozitivno (1) osjo

$$\alpha = \frac{1}{2} \arctg \frac{-2 \cdot I_{xyT}}{I_{xT} - I_{yT}} \quad (27)$$

UPORABA KARTIČNIH VERZIJ PROGRAMA PREREZ

Podatke podajamo v brezformatni obliki na naslednji način

kartica

1	naslov - tekst do 20 znakov
2	2znaka dolga merska enota (npr. m ,cm)
3	število točk poligona prereza (ntočk)
4	koordinati x in y 1 točke
5	koordinati x in y 2 točke
6	koordinati x in y 3 točke
...	...
3+ntočk	koordinati x in y ntočk točke

Temu primeru lahko sledi naslednji primer s kartico 1 - naslovom.

Primer:

```

TESTNI PRIMER
CM
8
40 0
60 0
60 50
100 50
100 90
0 90
0 50
40 50

```

Na slikah

Na straneh P-6 in P-7 je primer izpisa grafične kartične verzije programa s printersko grafiko. Verzija 4.0 izpiše samo stran P-7.

UPORABA INTERAKTIVNIH VERZIJ PROGRAMA PREREZ

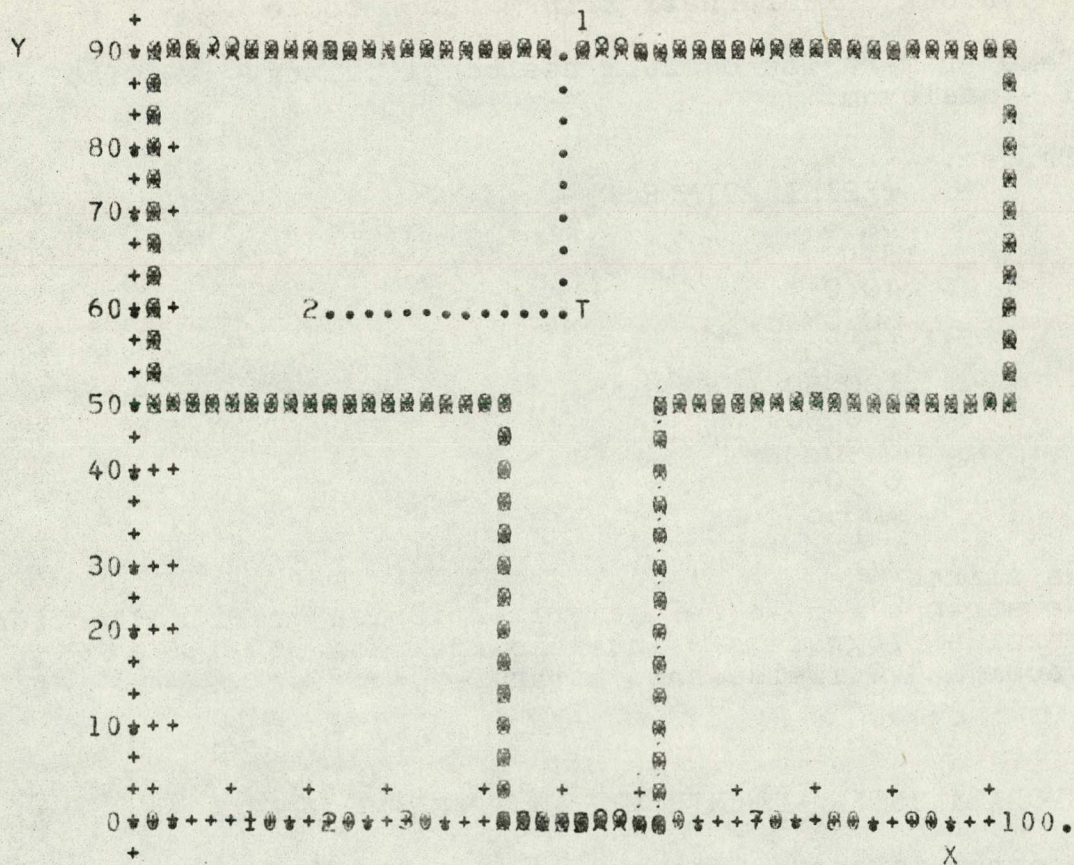
Program izvajamo interaktivno na grafičnem terminalu TEKTRONIX 4014 (velja za grafično verzijo), vse druge verzije lahko izvajamo na katerem koli terminalu. Delo z interaktivno grafično verzijo je prikazano na straneh P-8 do P-11.


```

=====
IKPIR      P R O G R A M   P R E R E Z      04/16/80      STRAN 1
=====
GRAFICNI PRIKAZ PREREZA      TESTNI PRIMER VERZIJA 4
=====

```

TOCKA	X-KOOR	Y-KOOR
1	40.0	0.0
2	60.0	0.0
3	60.0	50.0
4	100.0	50.0
5	100.0	90.0
6	0.0	90.0
7	0.0	50.0
8	40.0	50.0




```
=====
KPIR      P R O G R A M   P P E R E Z      04/10/80      STRAN   2
=====
      IZPIS      REZULTATOV      TESTNI PRIMER VERZIJA 4
=====
```

R E Z U L T A T I

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE NA OSI X IN Y

```

XT  =      50.0000  CM
YT  =      61.0000  CM

F   =      5000.0000  CM**2
SX  =      305000.0000  CM**3
SY  =      250000.0000  CM**3

IX  =      20966666.6667  CM**4
IY  =      15866666.6667  CM**4
IXY =      15250000.0000  CM**4

```

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE - V TEZISU

```

IXT =      2361666.6667  CM**4
IYT =      3366666.6667  CM**4
IXYT =      0.0000  CM**4

IIT =      3366666.6667  CM**4
I2T =      2361666.6667  CM**4
ALFA =      90.  STOPINJ

```


Institut za konstrukcije,
potresno inženirstvo in računalništvo
FAGG - Jamova 2 Ljubljana

program p r e r e z 1.0 Ljubic U.

Podaj naslov primera največ 30 znakov >primer za priro'nik

Podaj mersko enoto 2 znaka >cm

Število točk, ki podajajo prerez
maksimalno število točk je 50.
točke podajamo v protiurni smeri.
Prva in zadnja točka ni nujno, da
sovpadata.

>8

Podaj koordinate x in y 1 točke >40 0

Podaj koordinate x in y 2 točke >60 0

Podaj koordinate x in y 3 točke >60 40

Podaj koordinate x in y 4 točke >100 40

Podaj koordinate x in y 5 točke >100 70

Podaj koordinate x in y 6 točke >0 90

Podaj koordinate x in y 7 točke >0 50

Podaj koordinate x in y 8 točke >40 50

Hoces testni izpis (0-ne,1-da) >1

P O D A T K I:

točka	x-koor	y-koor
1	40.0	0.0
2	60.0	0.0
3	60.0	40.0
4	100.0	40.0
5	100.0	70.0
6	0.0	90.0
7	0.0	50.0
8	40.0	50.0

Ali je kakšen podatek napacen(0-ne,1-da) >0

Tudi pri interaktivni verziji programa PREREZ je podajanje podatkov v brezformatni obliki. Imamo pa možnost popraviti napake, ki jih opazimo med testnim izpisom ali že po grafični predstavitvi prereza.

PROGRAM PREREZ

R E Z U L T A T I :

primer za priro'nik

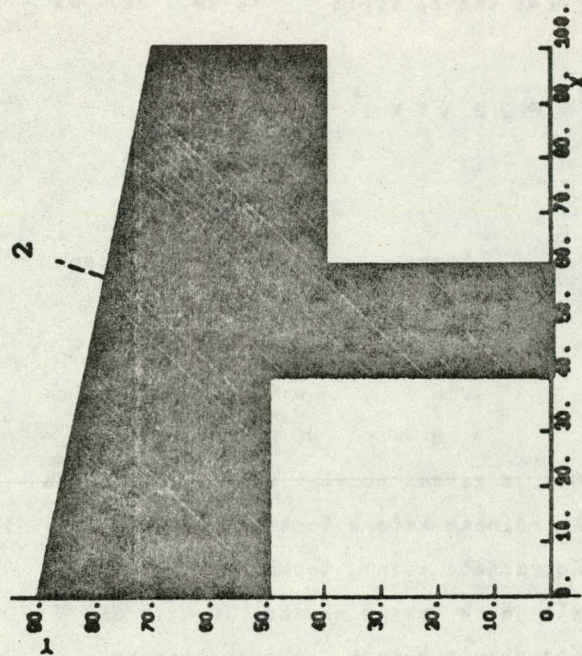
21-feb-81

Geometrijske karakteristike na osi x in y

xt	=	48.9394	cm
yt	=	54.4597	cm
F	=	4400.0000	cm ²
Sx	=	238666.6600	cm ³
Sy	=	215333.3400	cm ³
Ixx	=	1481333.0000	cm ⁴
Iyy	=	13480001.0000	cm ⁴
Ixy	=	11190000.0000	cm ⁴

geometrijske karakteristike - v teziscu

Ixt	=	1758762.8000	cm ³
Iyt	=	2941717.6000	cm ³
Ixt	=	-539141.8800	cm ⁴
Ilt	=	3150564.8000	cm ⁴
I2t	=	1549015.6000	cm ⁴
alfa	=	-21. stopinj	



IZPIS IN GRAFICNA PREDSTAVITEV REZULTATOV V PROGRAMU PREREZ V1.0-DEC
primer za priro'nik

Hoces testni izpis (0-ne,1-da) >1

P O D A T K I:

točka	x-koor	y-koor
1	40.0	0.0
2	60.0	0.0
3	60.0	40.0
4	100.0	40.0
5	100.0	70.0
6	0.0	90.0
7	0.0	50.0
8	40.0	50.0

Ali je kaksen podatek napacen(0-ne,1-da) >1

Koordinate katere tocke so napacne >3

Koordinate x in y tocke 3 >60 50

Ali je se kaksna napaka (0-ne,1-da) >1

Koordinate katere tocke so napacne >4

Koordinate x in y tocke 4 >100 50

Ali je se kaksna napaka (0-ne,1-da) >1

Koordinate katere tocke so napacne >5

Koordinate x in y tocke 5 >100 90

Ali je se kaksna napaka (0-ne,1-da) >0

POPRAVLJANJE PODATKOV O PREREZU

PROGRAM PREREZ

R E Z U L T A T I :

Primer za priro'nik

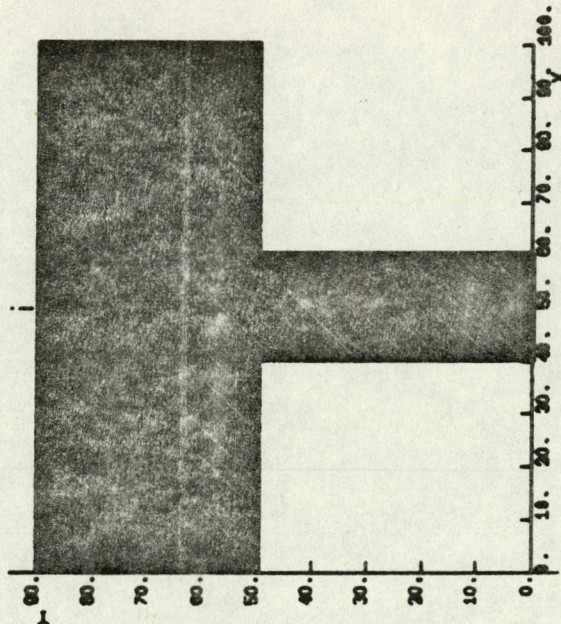
21-Feb-81

Geometrijske karakteristike na osi x in y

xt	=	50.0000	cm
yt	=	61.0000	cm
F	=	5000.0000	cm ² 2
Sx	=	305000.0000	cm ² 3
Sy	=	250000.0000	cm ² 3
Ixx	=	20966667.0000	cm ² 4
Iyy	=	15866667.0000	cm ² 4
Ixy	=	15250000.0000	cm ² 4

geometrijske karakteristike - v teziscu

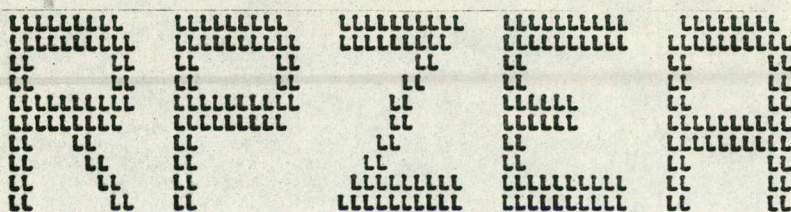
Ixt	=	2361666.5000	cm ² 4
Iyt	=	3366666.5000	cm ² 4
Ixyt	=	0.0000	cm ² 4
Ilt	=	3366666.5000	cm ² 4
Iet	=	2361666.5000	cm ² 4
alfa	=	90.	stopinj



POPRAVLJEN PREREZ - IZPIS IN GRAFICNA PREDSTAVITEV REZULTATOV
 TERMINAL TEKTRONIX 4014-1 IN HARD COPY UNIT TEKTRONIX 4631 KMK

Primer za priro'nik

Literatura: Lutar Boris, GEKAR - geometrijske karakteristike
 prerezov, Univerza v Ljubljani, FAGG, IKPIR publ.15
 Iztok Kovačič, Andrej Vitek: Priročnik za -P-paket
 Priročnik dosegljiv na računalnikih CYBER in DEC10

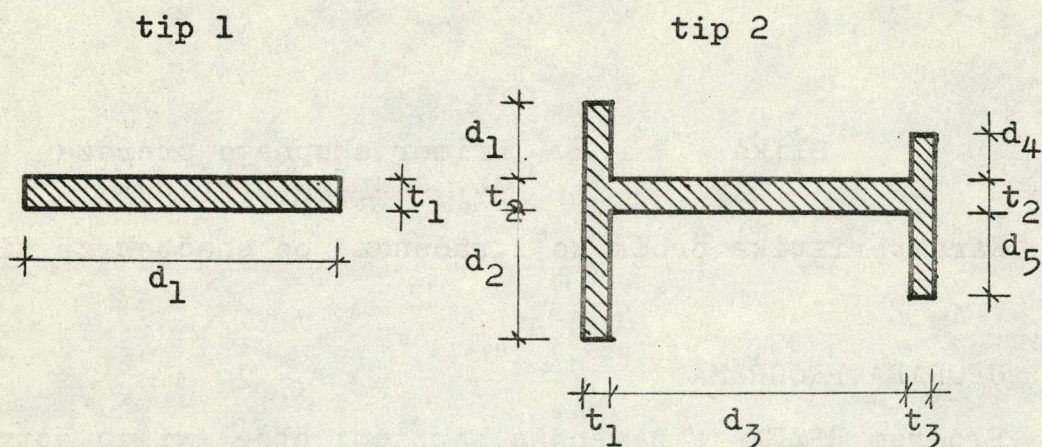


PROGRAMSKI JEZIK : STRUCTRAN ali FTN 4 extended
 VERZIJA : 1.0 batch
 RAČUNALNIK : CYBER 72

NAMEN : Program RPZEA je namenjen risanju in računanju podatkov potrebnih za program EAVEK. Rezultate programa dobimo izpisane na papir in izrisane na risalniku VERSATEC. Slike so A4 format. Program je primeren pri računu karakteristik stenastih konstrukcij.

TEORIJA V PROGRAMU

Najprej si moramo ogledati dva tipa prerezov sten, ki lahko nastopata (Slika R - 1).



Slika R - 1

Za račun karakteristik tipa 1 uporabimo enačbe:

$A = d_1 \cdot t_1$	...površina
$A_s = A / 1.2$	...strižna površina
$I = t_1 \cdot d_1^3 / 12$	...vztrajnostni moment
$x_t = d_1 / 2$	...težišče prereza

Za prereze tipa 2 :

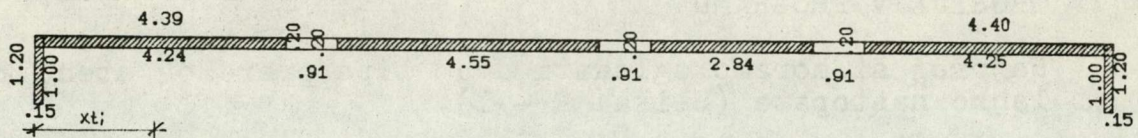
$$A = t_1 \cdot (d_1 + d_2 + t_2) + d_3 \cdot t_2 + t_3 \cdot (d_4 + d_5 + t_2) = A_1 + A_2 + A_3$$

$$A_s = \max (A/2 , (d_3 + t_1 + t_3) \cdot t_2 / 1.2)$$

$$xt = (A_1 \cdot t_1 / 2 + A_2 \cdot (d_3 / 2 + t_1) + A_3 \cdot (t_1 + d_3 + t_3 / 2)) / A$$

$$I = d_3^3 \cdot t_2 / 12 + (d_1 + d_2 + t_2) \cdot t_1^3 / 12 + (d_4 + d_5 + t_2) \cdot t_3^3 / 12 + \\ A_1 \cdot (xt - t_1 / 2)^2 + A_2 \cdot (xt - d_3 / 2 - t_1)^2 + A_3 \cdot (t_1 + d_3 + t_3 / 2 - xt)^2$$

Ločiti je potrebno dva pojma : prerez in skupni prerez. Prerez je prerez tipa 1 ali 2, skupni prerez pa je skupina prerezov, ki so različnih tipov. (Slika R - 2)



Slika R - 2 Primer skupnega prereza
oz. skupine prerezov

Karakteristike prečk so izračunane po enačbah za tip 1.

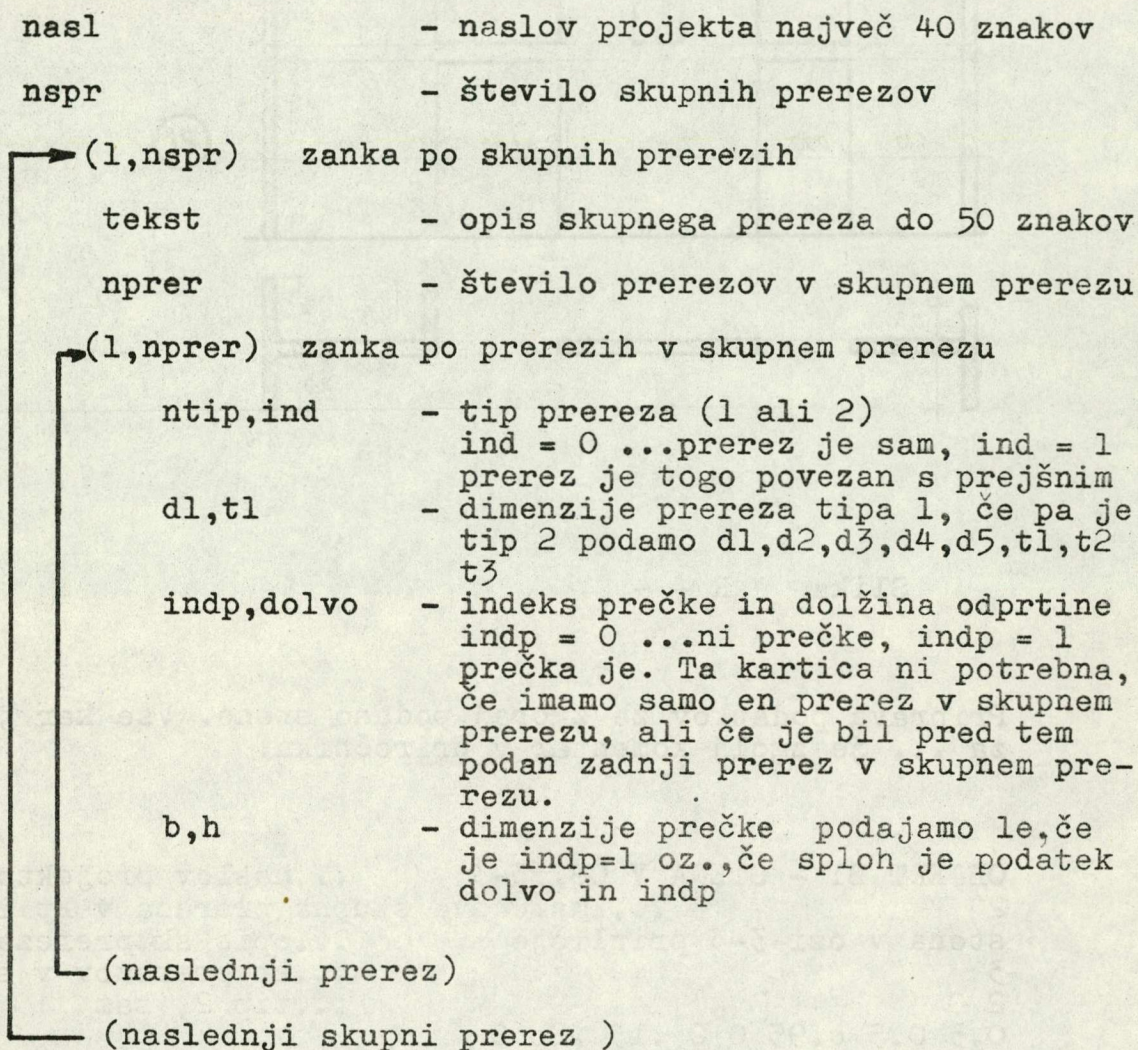
UPORABA PROGRAMA

Program RPZEA je namenjen kartični obdelavi in potrebuje ob obdelavi tudi priključitev traku, na katerega se zapiše informacija za risalnik VERSATEC. Program potrebuje zaradi grafične obdelave več časa kot navadni posli. Uporabniku ni potrebno skrbeti za kontrolne kartice in sestavlja le podatke.

Vhodni podatki

Podatke sestavljamo po shemi 1 (Slika R -3) in to v brezformatni obliki. Računamo lahko več primerov skupnih prerezov hkrati.

Shema 1 : vhodni podatki za program RPZEA

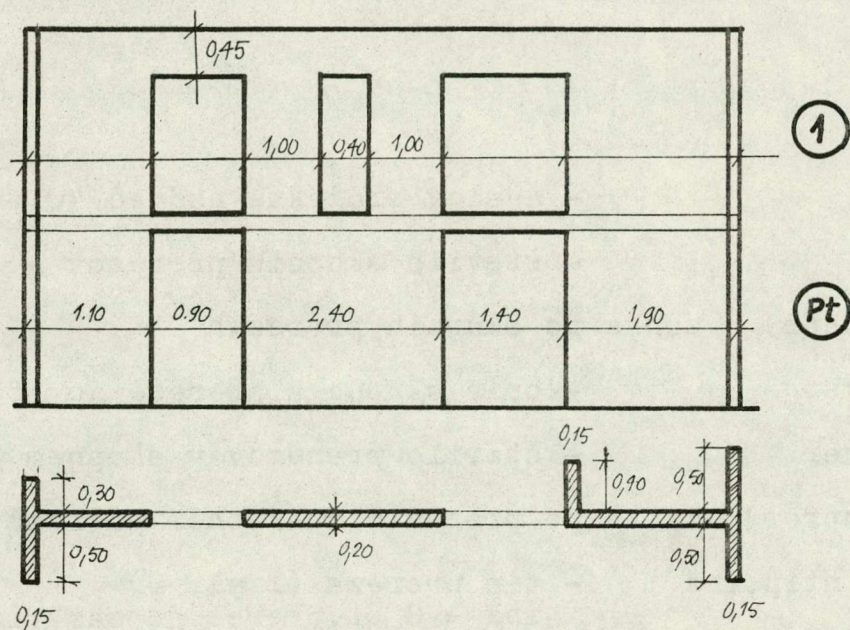


Slika R - 3

Podajanje podatkov je v brezformatni obliki. Program sam ne kontrolira smiselnosti podatkov, zato je potrebno lete skrbno kontrolirati.

Na sliki R - 4 je podana stena, za katero bomo pripravili vhodne podatke.

Objekt B1 - stena v osi 3-3



Slika R - 4

Priprava podatkov za zgoraj podano steno. Vse kar je za ... je zgolj komentar v priročniku!

OBJEKT B1 - STENA V OSI 3-3	...naslov projekta
2	...imamo dva skupna prereza v Pt in l
stena v osi 3-3 pritličje	...opis sk.prereza
3	...št.prerezov v sk.pr.
2 0	...tip 2, sam
0.3 0.5 0.95 0 0 .15 .20 0	
1 0.9	
0.2 0.15	
1 0	
2.4 0.2	
1 1.4	
0.2 0.15	
2 0	
0.4 0 1.6 0.5 0.5 0.15 0.2 0.15	
stena v osi 3-3 1.etaža	
4	
2 0	
0.3 0.5 0.95 0 0 0.15 0.2 0	
1 0.9	
0.2 0.45	
1 0	
1 0.2	
0 0.4	

1 1 ...prerez je tego povezan s prejšnim
 1.0 0.2
 1 1.4
 .2 .45
 2 0
 0.4 0 1.6 0.5 0.5 0.15 0.2 0.15

Opomba: Prereza 2 in 3 v 1. etaži računamo kot tego
 povezana (Steinerjev stavek).

Rezultati

Rezultati so izpisani na papir in grafično predstavljeni
 na risalniku VERSATEC (mali).

Omejitve

Skupna dolžina skupnega prereza naj ne presega 20 m, ker
 dolžina A4 formata risbe to ne dopušča. V takih primerih
 je smiselno skupni prerez razdeliti na več delov.
 Maksimalno število prerezov v enem skupnem prerezu je 5,
 prečk pa 4.

Del izpisa programa RPZEA

```
=====
IKPIR      P R O G R A M   R P Z E A      05/15/80      STRAN 2
=====
STANOVANJSKA  ZGRADBA  D2  TRHOVO      *      KARAKTERISTIKE STEP
=====
```

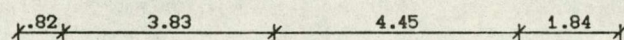
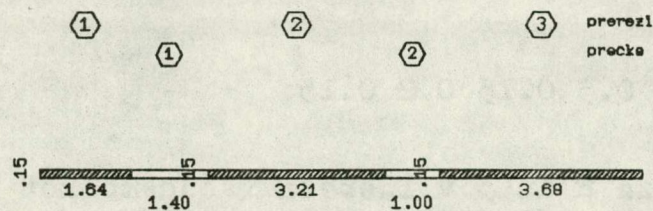
PRECNA STENA 2 1-7.NADSTROPJE XT = - 7.5 M

PREREZI	(I)	(A)	(AS)	(I)
1		.246	.205	.05514
2		.482	.401	.41345
3		.552	.460	.52295

PRECNA STENA 2 1-7.NADSTROPJE XT = - 7.5 M

PRECKE	(N)	(AP)	(ASP)	(IP)
1		.023	.019	.00004
2		.023	.019	.00004

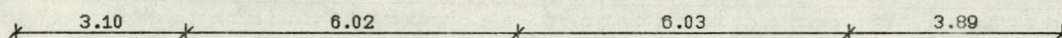
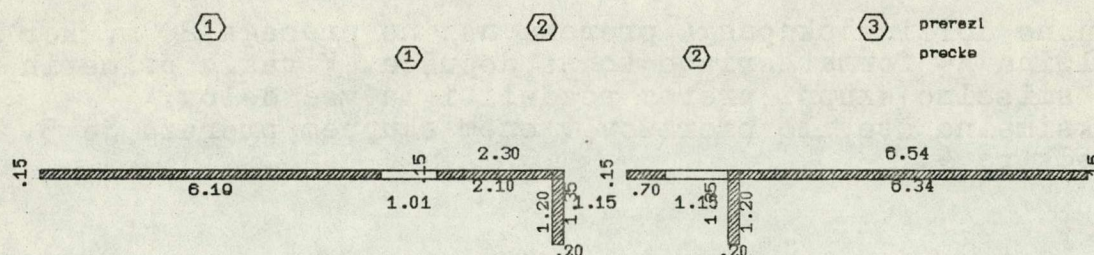
PRECNA STENA 2 1-7.NADSTRÖPJE XT - - 7.5 M



prerezl	1	2	3
A	.246	.482	.552
AS	.205	.401	.460
I	.05514	.41345	.62295

precke	1	2
AP	.023	.023
APS	.019	.019
IP	.00004	.00004

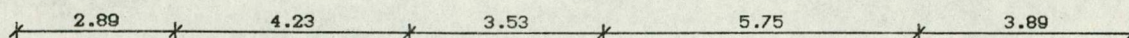
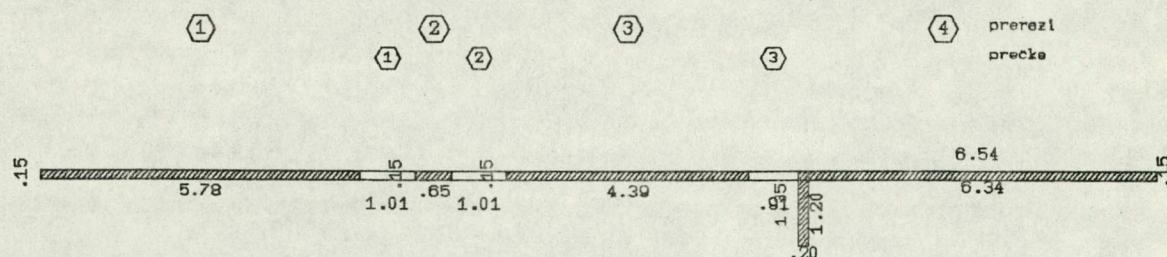
PRECNA STENA 3 PRITLICJE XT - - 3.75M



prerezl	1	2	3
A	.929	.690	1.221
AS	.774	.380	.793
I	2.96471	.75165	5.43506

precke	1	2
AP	.072	.023
APS	.060	.019
IP	.00138	.00004

PRECNA STENA 3 1.-6.NADSTRÖPJE XT - - 3.75M



prerezl	1	2	3	4
A	.867	.098	.659	1.221
AS	.723	.081	.549	.793
I	2.41376	.00343	1.05756	5.43506

precke	1	2	3
AP	.072	.072	.090
APS	.060	.060	.075
IP	.00138	.00138	.00270


```

LLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL
LLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL
LL      LL      LL      LL      LL      LL      LL
LL      LL      LL      LL      LL      LL      LL
LLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL
LLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL
LL      LL      LL      LL      LL      LL      LL
LL      LL      LL      LL      LL      LL      LL
LLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL
LLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL LLLLLLLL

```

PROGRAMSKI JEZIK : STRUCTRAN ali FTN 4 EXTENDED
 VERZIJA : 1.0 kartična, 2.0 interaktivna
 RAČUNALNIK : CYBER 72

1.0 NAMEN : Program je namenjen dimenzioniranju stebrov poljubne poligonalne konture po metodi dovoljenih napetosti (PAB). Obstajata dve verziji programa. Prva je namenjena kartični obdelavi in je primerna za račun večjega števila primerov. Druga verzija pa je interaktivna in vključuje grafični prikaz podatkov in rezultatov na grafičnem terminalu Tektronix 4014.

Literatura : M.Črepinšek : diplomsko delo, Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, FAGG 1979
 Iztok Kovačič, Andrej Vitek : Priročnik za -P- paket, Priročnik je dosegljiv na računalnikih CYBER (RRC) in DEC10(Univerza)

1.1 ENOTE V PROGRAMU

Uporabljene so enote kp, m. V pripravi je verzija z novimi veljavnimi enotami kN,m.

1.2 DOVOLJENE NAPETOSTI

Uporabljeni so veljavni jugoslovanski predpisi: Pravilnik za beton in armirani beton.

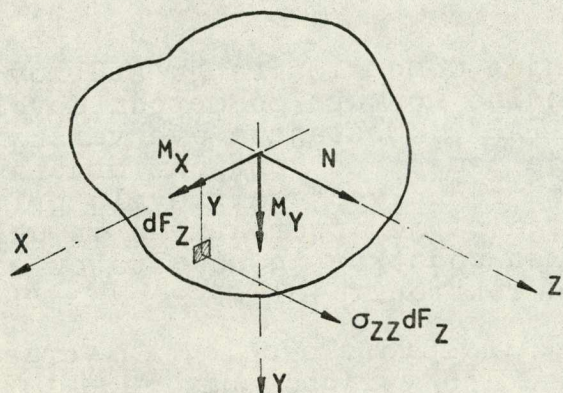
1.3 UPOŠTEVANJE UKLONA

V programu je mogoče upoštevati tudi vpliv uklona po pravilniku za beton in armirani beton.

2.0 TEORIJA V PROGRAMU

2.1 Mala ekscentričnost

Obravnavamo premočrtni gredni nosilec, ki je obremenjen s poševnim upogibom z osno silo. Upoštevamo samo majhne deformacije.



Slika 1

Prečne dimenzije nosilca so majhne v primerjavi z njegovo dolžino, zato upoštevamo samo vzdolžne specifične deformacije

$$\epsilon_{ZZ} = \epsilon_{ZZ}(X, Y, Z) \quad (1.1)$$

vse ostale zanemarimo

$$\epsilon_{XX} = \epsilon_{YY} = \epsilon_{XY} = \epsilon_{YZ} = \epsilon_{ZX} = 0 \quad (1.2)$$

Če upoštevamo Bernoulli-Navierjevo hipotezo o ravninskih prerezih - ravninski prerezi ostanejo ravni tudi po deformaciji, vidimo, da so vzdolžne specifične deformacije linearno razvrščene po prečnem prerezu in jih lahko definiramo z enačbo ravnine:

$$\epsilon_{ZZ} = A + B \cdot X + C \cdot Y \quad (1.3)$$

Upoštevajoč, da so prečne dimenzije glavnega nosilca majhne v primerjavi z njegovo dolžino, lahko upoštevamo samo vzdolžne normalne napetosti:

$$\sigma_{ZZ} = \sigma_{ZZ}(X, Y, Z) \quad (1.4)$$

vse ostale pa zanemarimo.

$$\sigma_{XX} = \sigma_{YY} = \sigma_{XY} = \sigma_{YZ} = \sigma_{ZX} = 0 \quad (1.5)$$

Izhajajoč iz sovisnosti med deformacijami in napetostmi

$$\epsilon_{ij} = \frac{1}{E} [(1 + \nu) \sigma_{ij} - \nu \delta_{ij} \sigma_{kk}] \quad (1.6)$$

za idealno elastični, homogeni in izotropni material dobimo:

$$\sigma_{ZZ} = E \epsilon_{ZZ} \quad (1.7)$$

Z vstavljanjem enačbe (1.3) v enačbo (1.7) dobimo

$$\sigma_{ZZ} = EA + EB X + EC Y \quad (1.8)$$

pri čemer so EA, EC in EB neznanke, ki jih je potrebno določiti. Iz enačbe (1.8) vidimo, da se tudi normalne napetosti razporedijo linearno po prerezu.

Sedaj poiščemo rezultante teh napetosti v prečnem prerezu (sl. 1).

$$N = \int_{F_Z} \sigma_{ZZ} dF_Z = EA \int_{F_Z} dF_Z + EB \int_{F_Z} X dF_Z + EC \int_{F_Z} Y dF_Z \quad (1.9a)$$

$$M_X = \int_{F_Z} \sigma_{ZZ} Y dF_Z = EA \int_{F_Z} Y dF_Z + EB \int_{F_Z} X Y dF_Z + EC \int_{F_Z} Y^2 dF_Z \quad (1.9b)$$

$$\begin{aligned} M_Y = - \int_{F_Z} \sigma_{ZZ} X dF_Z = & - EA \int_{F_Z} X dF_Z - EB \int_{F_Z} X^2 dF_Z - \\ & - EC \int_{F_Z} X Y dF_Z \end{aligned} \quad (1.9c)$$

Če pišemo za statične, vztrajnostne oziroma deviacijske momente prečnega prereza

$$F_Z = \int_{F_Z} dF_Z$$

$$S_X = \int_{F_Z} Y dF_Z$$

$$S_Y = \int_{F_Z} X dF_Z$$

$$I_X = \int_{F_Z} Y^2 dF_Z$$

$$I_Y = \int_{F_Z} X^2 dF_Z$$

$$I_{XY} = \int_{F_Z} X Y dF_Z$$

lahko pišemo enačbe (1.9):

$$N = E A F_Z + E B S_Y + E C S_X \quad (1.11a)$$

$$M_X = E A S_X + E B I_{XY} + E C I_X \quad (1.11b)$$

$$M_Y = - E A S_Y - E B I_Y - E C I_{XY} \quad (1.11c)$$

Upoštevajoč, da se težišče prečnega prereza ujema z izhodiščem koordinatnega sistema, sta statična momenta:

$$S_Y = 0 \quad S_X = 0 \quad (1.12)$$

in enačbe (1.11) se poenostavijo:

$$N = E A F_Z \quad (1.13a)$$

$$M_X = E B I_{XY} + E C I_X \quad (1.13b)$$

$$M_Y = - E B I_Y - E C I_{XY} \quad (1.13c)$$

Iz teh enačb določimo konstante EA, EB in EC:

$$E A = \frac{N}{F_Z} \quad (1.14a)$$

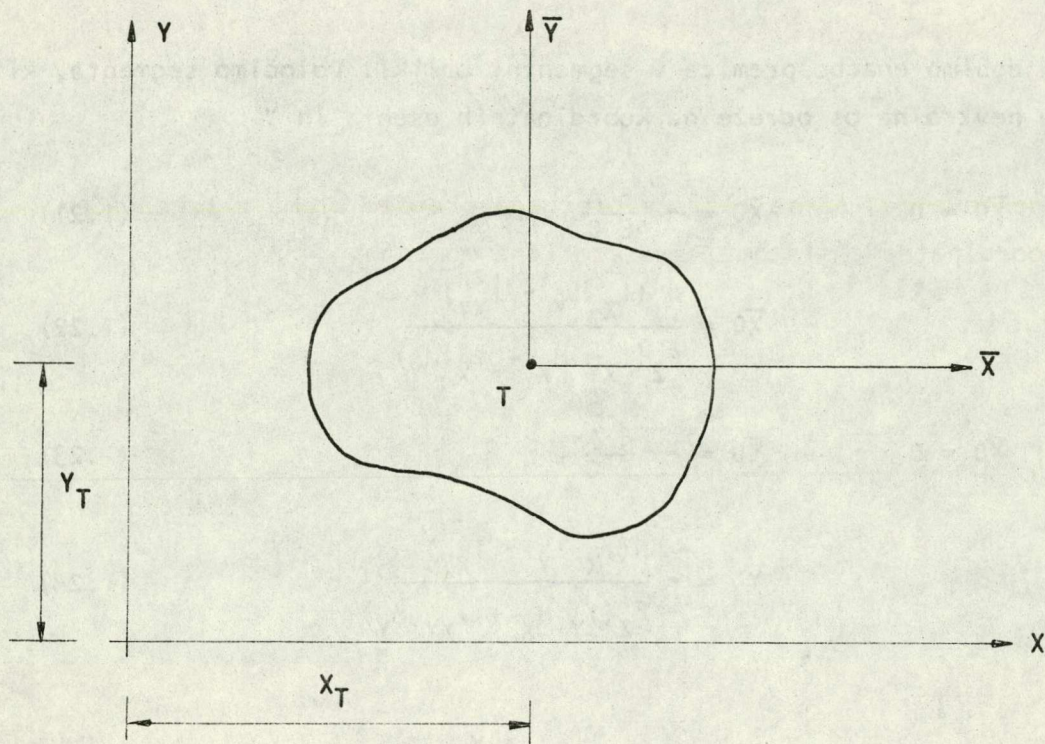
$$E B = - \frac{I_{XY} M_X + I_X M_Y}{I_X I_Y - I_{XY}^2} \quad (1.14b)$$

$$E C = \frac{I_Y M_X + I_{XY} M_Y}{I_X I_Y - I_{XY}^2} \quad (1.14c)$$

Z vstavljanjem enačb (1.14) v enačbo (1.8) dobimo izraz za normalne napetosti v prerezu:

$$\sigma_{ZZ} = \frac{N}{F_Z} - \frac{I_{XY} M_X + I_X M_Y}{I_X I_Y - I_{XY}^2} \bar{x} + \frac{I_Y M_X + I_{XY} M_Y}{I_X I_Y - I_{XY}^2} \bar{y} \quad (1.15)$$

pri čemer se $\bar{X}$ in $\bar{Y}$ nanašata na koordinatni sistem, ki gre skozi težišče prečnega prereza.



Slika 2

Če sta osi X in Y glavni vztrajnostni osi prečnega prereza, potem je deviacijski vztrajnostni moment:

$$I_{XY} = 0 \quad (1.16)$$

in enačba (1.15) se poenostavi.

$$\sigma_{ZZ} = \frac{N}{F_Z} - \frac{M_Y}{I_Y} \bar{X} + \frac{M_X}{I_X} \bar{Y} \quad (1.17)$$

Lego nevtralne osi določimo, če postavimo:

$$\sigma_{ZZ} = 0 \quad (1.18)$$

Pišemo

$$\sigma_{ZZ} = E A + E B \bar{X} + E C \bar{Y} \quad (1.19)$$

$$0 = E A + E B \bar{X} + E C \bar{Y} \quad (1.20)$$

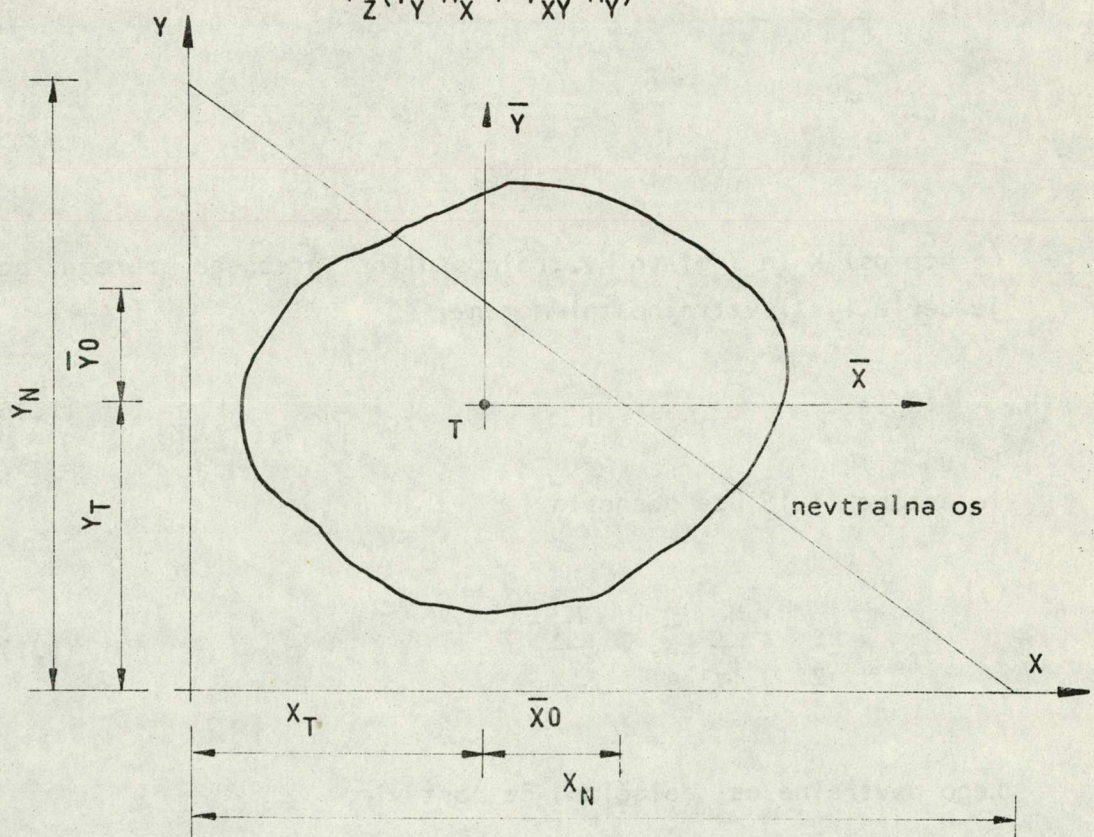
in dobimo enačbo premice v segmentni obliki. Določimo segmenta, ki ju nevtralna os odreže na koordinatnih oseh X in Y

$$\bar{Y}_0 = 0 \quad \bar{X}_0 = - \frac{E A}{E B} \quad (1.21)$$

$$\bar{X}_0 = \frac{N (I_X I_Y - I_{XY}^2)}{F_Z (I_{XY} M_X + I_X M_Y)} \quad (1.22)$$

$$\bar{X}_0 = 0 \quad \bar{Y}_0 = - \frac{E A}{E C} \quad (1.23)$$

$$\bar{Y}_0 = - \frac{N (I_X I_Y - I_{XY}^2)}{F_Z (I_Y M_X + I_{XY} M_Y)} \quad (1.24)$$



Slika 3

Na koordinatnih oseh X in Y pa odreže nevtralna os segmenta:

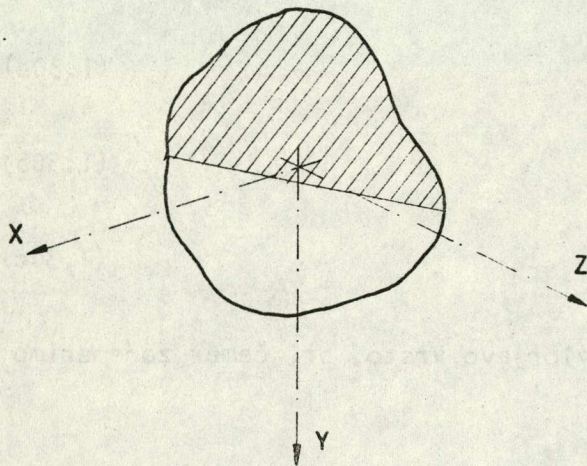
$$X_N = X_T + \bar{X}_0 + \frac{\bar{X}_0}{\bar{Y}_0} Y_T \quad (1.25)$$

$$Y_N = Y_T + \bar{Y}_0 + \frac{\bar{Y}_0}{\bar{X}_0} X_T \quad (1.26)$$

2.2 Velika ekscentričnost

Pri veliki ekscentričnosti se prerez računa po fazi II. Natezna cona betona razpoka in jo zato izključimo - natege prevzame armatura. Da določimo ravnotežje med notranjimi silami in zunanjo obremenitvijo, je potrebno pravilno izbrati nevtralno os.

Postopek določevanja nevtralne osi in s tem povezan račun deformacij in napetosti je iterativen.



Slika 4

Izhajamo iz enačb:

$$\epsilon_{ZZ} = A + B X + C Y$$

$$\sigma_{ZZ} = EA + EB X + EC Y$$

$$N = EA F_Z + EB S_Y + EC S_X$$

$$M_X = + EA S_X + EB I_{XY} + EC I_X$$

$$M_Y = - EA S_Y - EB I_Y - EC I_{XY}$$

Ravnotežje je doseženo, kadar je:

$$\{\bar{S}\} - \{S_n\} = 0 \quad (1.27)$$

pri čemer sta:

$$\{\bar{S}\} = \begin{Bmatrix} \bar{N} \\ \bar{M}_X \\ \bar{M}_Y \end{Bmatrix} \quad \text{vektor zunanje obremenitve} \quad (1.28)$$

$$\{S_n\} = \begin{Bmatrix} N \\ M_X \\ M_Y \end{Bmatrix} \quad \text{vektor notranjih sil} \quad (1.29)$$

Dobimo sistem enačb, ki ga razrešimo po Newton-Raphsonovi metodi

$$N = N(EA, EB, EC) \quad (1.30a)$$

$$M_X = M_X(EA, EB, EC) \quad (1.30b)$$

$$M_Y = M_Y(EA, EB, EC) \quad (1.30c)$$

Enačbe (1.30) razvijemo v Taylorjevo vrsto, pri čemer zanemarimo kvadratne in višje odvode:

$$\bar{N} = N + \frac{\partial N}{\partial EA} dEA + \frac{\partial N}{\partial EB} dEB + \frac{\partial N}{\partial EC} dEC \quad (1.31a)$$

$$\bar{M}_X = M_X + \frac{\partial M_X}{\partial EA} dEA + \frac{\partial M_X}{\partial EB} dEB + \frac{\partial M_X}{\partial EC} dEC \quad (1.31b)$$

$$\bar{M}_Y = M_Y + \frac{\partial M_Y}{\partial EA} dEA + \frac{\partial M_Y}{\partial EB} dEB + \frac{\partial M_Y}{\partial EC} dEC \quad (1.31c)$$

Enačbe (1.31) vstavim v sistem enačb (1.27) in dobim:

$$\frac{\partial \{S_n\}}{\partial \{\varphi\}} \{\Delta \varphi\} = \{\bar{S}\} - \{S_n\} = \{\Delta S\} \quad (1.32)$$

pri čemer so:

$$\frac{\partial \{S_n\}}{\partial \{\varphi\}} = \begin{bmatrix} \frac{\partial N}{\partial EA} & \frac{\partial N}{\partial EB} & \frac{\partial N}{\partial EC} \\ \frac{\partial M_X}{\partial EA} & \frac{\partial M_X}{\partial EB} & \frac{\partial M_X}{\partial EC} \\ \frac{\partial M_Y}{\partial EA} & \frac{\partial M_Y}{\partial EB} & \frac{\partial M_Y}{\partial EC} \end{bmatrix} \quad (1.33)$$

$$\{\Delta\varphi\} = \begin{Bmatrix} DEA \\ DEB \\ DEC \end{Bmatrix} \quad \begin{array}{l} DEA = \Delta EA \\ DEB = \Delta EB \\ DEC = \Delta EC \end{array} \quad (1.34)$$

Upoštevamo enačbe (1.32), (1.33) in (1.11) ter dobimo:

$$\begin{Bmatrix} \Delta N \\ \Delta M_X \\ \Delta M_Y \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} F_Z & S_Y & S_X \\ S_X & I_{XY} & I_X \\ -S_Y & -I_Y & -I_{XY} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DEA \\ DEB \\ DEC \end{Bmatrix} \quad (1.35)$$

Izraze DEA, DEB in DEC dobimo z invertiranjem matrike (1.33)

$$\begin{Bmatrix} DEA \\ DEB \\ DEC \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} F_Z & S_Y & S_X \\ S_X & I_{XY} & I_X \\ -S_Y & -I_Y & -I_{XY} \end{bmatrix}^{-1} \begin{Bmatrix} \Delta N \\ \Delta M_X \\ \Delta M_Y \end{Bmatrix}$$

Izraze za DEA, DEB in DEC lahko določimo tudi direktno iz enačbe (1.11)

$$\Delta N = F_Z DEA + S_Y DEB + S_X DEC$$

$$\Delta M_Y = S_X DEA + I_{XY} DEB + I_X DEC$$

$$\Delta M_X = -S_Y DEA - I_Y DEB - I_{XY} DEC$$

$$\begin{aligned}\frac{\Delta N}{F_Z} &= DEA + DEB \frac{S_Y}{F_Z} + DEC \frac{S_X}{F_Z} \\ \frac{\Delta M_X}{S_X} &= DEA + DEB \frac{I_{XY}}{S_X} + DEC \frac{I_X}{S_X} \\ \frac{\Delta M_Y}{S_Y} &= - DEA - DEB \frac{I_Y}{S_Y} - DEC \frac{I_{XY}}{S_Y} \\ DEA &= \frac{\Delta N}{F_Z} - DEB \frac{S_Y}{F_Z} - DEC \frac{S_X}{F_Z}\end{aligned}\quad (1.37)$$

Izraz vstavimo v enačbi:

$$\begin{aligned}\frac{\Delta M_X}{S_X} &= \frac{\Delta N}{F_Z} + DEB \left(\frac{I_{XY}}{S_X} - \frac{S_Y}{F_Z} \right) + DEC \left(\frac{I_X}{S_X} - \frac{S_X}{F_Z} \right) \\ \frac{\Delta M_Y}{S_Y} &= - \frac{\Delta N}{F_Z} - DEB \left(\frac{I_Y}{S_Y} - \frac{S_Y}{F_Z} \right) - DEC \left(\frac{I_{XY}}{S_Y} - \frac{S_X}{F_Z} \right) \\ \frac{\Delta M_X F_Z - \Delta N S_X}{S_X F_Z} &= DEB \left(\frac{I_{XY} F_Z - S_X S_Y}{S_X F_Z} \right) + DEC \left(\frac{I_X F_Z - S_X^2}{S_X F_Z} \right) \\ \frac{\Delta M_Y F_Z + \Delta N S_Y}{S_Y F_Z} &= - DEB \left(\frac{I_Y F_Z - S_Y^2}{S_Y F_Z} \right) - DEC \left(\frac{I_{XY} F_Z - S_X S_Y}{S_Y F_Z} \right)\end{aligned}$$

Iz enačb določimo DEB in DEC:

$$\begin{aligned}\frac{\Delta M_X F_Z - \Delta N S_X}{I_X F_Z - S_X^2} &= DEB \left(\frac{I_{XY} F_Z - S_X S_Y}{I_X F_Z - S_X^2} \right) + DEC \\ \frac{\Delta M_Y F_Z + \Delta N S_Y}{I_{XY} F_Z - S_X S_Y} &= - DEB \left(\frac{I_Y F_Z - S_Y^2}{I_{XY} F_Z - S_X S_Y} \right) - DEC\end{aligned}$$

Enačbi seštejemo in damo izraze na skupni imenovalec

$$\begin{aligned}
& \frac{(\Delta M_X F_Z - \Delta N_Z S_X)(I_{XY} F_Z - S_X S_Y) + (\Delta M_Y F_Z + \Delta N S_Y)(I_X F_Z - S_X^2)}{(I_X F_Z - S_X^2)(I_{XY} F_Z - S_X S_Y)} = \\
& = DEB \left(\frac{(I_{XY} F_Z - S_X S_Y)(I_{XY} F_Z - S_X S_Y) - (I_Y F_Z - S_Y^2)(I_X F_Z - S_X^2)}{(I_X F_Z - S_X^2)(I_{XY} F_Z - S_X S_Y)} \right) \\
& DEB = \frac{(\Delta M_X F_Z - \Delta N_Z S_X)(I_{XY} F_Z - S_X S_Y) + (\Delta M_Y F_Z + \Delta N_Z S_Y)(I_X F_Z - S_X^2)}{(I_{XY} F_Z - S_X S_Y)^2 - (I_Y F_Z - S_Y^2)(I_X F_Z - S_X^2)} \\
& \hspace{25em} (1.38)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\frac{\Delta M_X F_Z - \Delta N S_X}{I_{XY} F_Z - S_X S_Y} &= DEB + DEC \left(\frac{I_X F_Z - S_X^2}{I_{XY} F_Z - S_X S_Y} \right) \\
\frac{\Delta M_Y F_Z + \Delta N S_Y}{I_Y F_Z - S_Y^2} &= - DEB - DEC \left(\frac{I_{XY} F_Z - S_X S_Y}{I_Y F_Z - S_Y^2} \right) \\
& \frac{(\Delta M_X F_Z - \Delta N S_X)(I_Y F_Z - S_Y^2) + (\Delta M_Y F_Z + \Delta N S_Y)(I_{XY} F_Z - S_X S_Y)}{(I_{XY} F_Z - S_X S_Y)(I_Y F_Z - S_Y^2)} = \\
DEC & \frac{I_X F_Z - S_X^2}{(I_{XY} F_Z - S_X S_Y)(I_Y F_Z - S_Y^2)} - \frac{(I_Y F_Z - S_Y^2)(I_Y F_Z - S_Y^2) - (I_{XY} F_Z - S_X S_Y)(I_{XY} F_Z - S_X S_Y)}{(I_{XY} F_Z - S_X S_Y)(I_Y F_Z - S_Y^2)} \\
DEC &= \frac{(\Delta M_X F_Z - \Delta N S_X)(I_Y F_Z - S_Y^2) + (\Delta M_Y F_Z + \Delta N S_Y)(I_{XY} F_Z - S_X S_Y)}{(I_X F_Z - S_X^2)(I_Y F_Z - S_Y^2) - (I_{XY} F_Z - S_X S_Y)^2} \\
& \hspace{25em} (1.39)
\end{aligned}$$

Izraz za DEA določimo iz enačbe (1.37)

$$DEA = \frac{\Delta N}{F_Z} - DEB \frac{S_Y}{F_Z} - DEC \frac{S_X}{F_Z} \quad (1.40)$$

Iz enačb (1.38), (1.39) in (1.40) ali z razrešitvijo enačb (1.36)

dobimo prirastke napetosti:

$$\{\Delta\varphi\} = \begin{Bmatrix} \text{DEA} \\ \text{DEB} \\ \text{DEC} \end{Bmatrix} \quad (1.41)$$

in nove vrednosti:

$$\{\varphi\}_{i+1} = \{\varphi\}_i + \{\Delta\varphi\}_i \quad (1.42)$$

i ... število iteracij

$$\begin{Bmatrix} \text{EA} \\ \text{EB} \\ \text{EC} \end{Bmatrix}_{i+1} = \begin{Bmatrix} \text{EA} \\ \text{EB} \\ \text{EC} \end{Bmatrix}_i + \begin{Bmatrix} \text{DEA} \\ \text{DEB} \\ \text{DEC} \end{Bmatrix} \quad (1.43)$$

Napetosti v poljubni točki in novo lego nevtralne osi določimo iz enačbe:

$$\sigma_{ZZ} = \text{EA} + \text{EB} \bar{X} + \text{EC} \bar{Y} \quad (1.44)$$

Lego nevtralne osi določimo (sl. 3):

$$\sigma_{ZZ} = 0$$

$$0 = \text{EA} + \text{EB} \bar{X} + \text{EC} \bar{Y}$$

$$\bar{X}_0 = 0 \quad \bar{Y}_0 = - \left(\frac{\text{EA}}{\text{EC}} \right) \quad (1.45)$$

$$\bar{Y}_0 = 0 \quad \bar{X}_0 = - \left(\frac{\text{EA}}{\text{EB}} \right) \quad (1.46)$$

$$x_N = x_T + \bar{X}_0 + \left(\frac{\bar{X}_0}{\bar{Y}_0} \right) y_T$$

$$y_N = y_T + \bar{Y}_0 + \left(\frac{\bar{Y}_0}{\bar{X}_0} \right) x_T \quad (1.48)$$

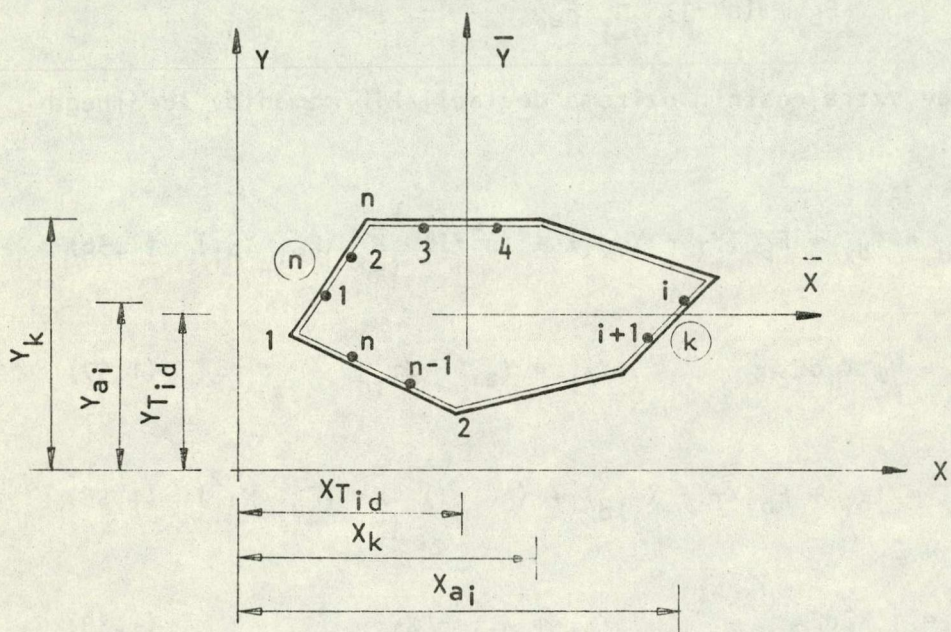
2.3 Postopek računa

2.3.1 Mala ekscentričnost

Kadar normalna tlačna sila deluje izven težišča prereza, se ves prerez računa kot homogen - po fazi I - samo dotlej, dokler v prerezu razmerje med istočasnimi največjimi napetostmi tlaka in natega znaša:

$$\sigma_n \leq -\frac{1}{3} \sigma_r \quad \left(-\frac{1}{4} \sigma_r \quad MB > 300\right)$$

V primeru male ekscentričnosti dimenzioniramo tako, kot če bi obravnavali idealni homogeni prerez:



Slika 5

Za račun male ekscentričnosti je potrebno izračunati idealne geometrijske karakteristike.

Idealni prerez določimo:

$$F_{id} = F_b + (n^* - 1) \sum_{i=1}^n F_{ai} \quad (1.52)$$

$$n^* = \frac{E_{armature}}{E_{betona}}$$

Težišče idealnega prereza:

$$Y_{Tid} = \frac{\sum (F_i Y_i)}{\sum F_i} \quad (1.53)$$

$$Y_{Tid} = \frac{F_b Y_T + (n^*-1) \sum_{i=1}^n (F_{a_i} Y_{a_i})}{F_b + (n^*-1) \sum_{i=1}^n F_{a_i}} \quad (1.54)$$

$$X_{Tid} = \frac{\sum (F_i X_i)}{\sum F_i}$$

$$X_{Tid} = \frac{F_b X_T + (n^*-1) \sum_{i=1}^n (F_{a_i} X_{a_i})}{F_b + (n^*-1) \sum_{i=1}^n F_{a_i}} \quad (1.55)$$

Določitev vztrajnostnih oziroma deviacijskih momentov idealnega prereza:

$$I_{Xid} = I_{bX} + F_b (Y_T - Y_{Tid})^2 + (n^*-1) \sum_{i=1}^n (F_{a_i} Y_{A_i}^2) \quad (1.56)$$

$$I_{bX} = \int_{F_Z} Y^2 dF_Z \quad Y_{A_i} = Y_{a_i} - Y_{Tid} \quad (1.57)$$

$$I_{Yid} = I_{bY} + F_b (X_T - X_{Tid})^2 + (n^*-1) \sum_{i=1}^n (F_{a_i} X_{A_i}^2) \quad (1.58)$$

$$I_{bY} = \int_{F_Z} X^2 dF_Z \quad X_{A_i} = X_{a_i} - X_{Tid} \quad (1.59)$$

$$I_{XYid} = I_{bXY} + F_b (Y_T - Y_{Tid})(X_T - X_{Tid}) +$$

$$+ (n^*-1) \sum_{i=1}^n (F_{a_i} X_{A_i} Y_{A_i}) \quad (1.60)$$

$$I_{bXY} = \int_{F_Z} X Y dF_Z \quad (1.61)$$

Ko izračunamo geometrijske karakteristike idealnega prereza, lahko iz enačbe (1.15) izračunamo napetosti v katerikoli točki prečnega

prereza, če upoštevamo:

$$\bar{X}_k = X_k - X_{Tid} \quad (1.62a)$$

$$\bar{Y}_k = Y_k - Y_{Tid} \quad (1.62b)$$

pri čemer je k poljubna točka.

Račun po mali ekscentričnosti je končan, če sta v vsaki točki prereza izpolnjena pogoja:

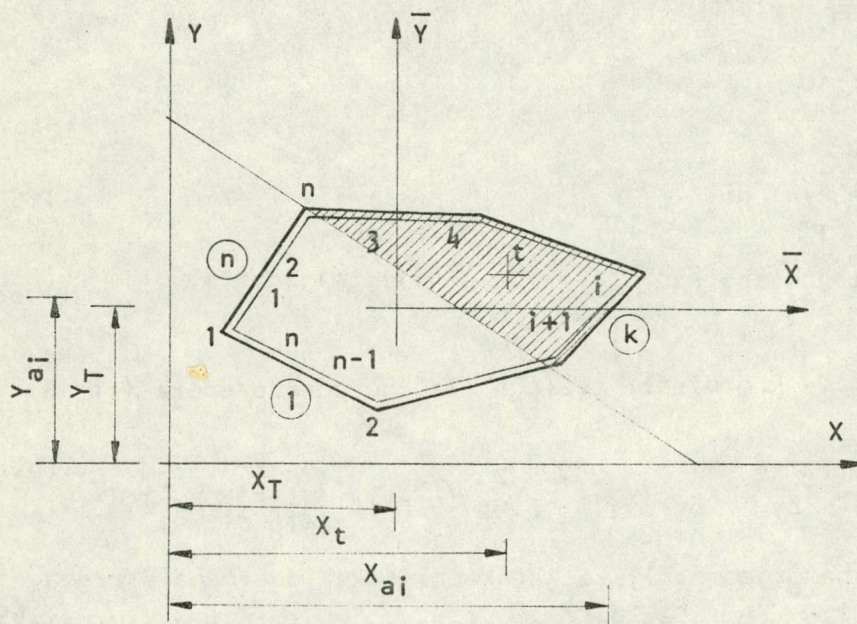
$$\sigma_r \leq \sigma_{dop} \quad (MB) \quad (1.63a)$$

$$\sigma_n \leq -\frac{1}{3} \sigma_r \quad \left(-\frac{1}{4} \sigma_r \quad MB > 300\right) \quad (1.63b)$$

2.3.2 Velika ekscentričnost

Če pogoj (1.63b) ni izpolnjen, nadaljujemo po veliki ekscentričnosti. Prerez računamo po fazi II. Natezna cona razpoka in jo zato izključimo. Vse natege pa prevzame armatura. Postopek je iterativen.

Iz enačb (1.21) do (1.26) izračunamo lego nevtralne osi, ki postane prvi približek za račun ravnotežja:



Slika 6

Izračunana nevtralna os nam razdeli prečni prerez na tlačeni del (črtkano) in natezni del. Z variiranjem lege nevtralne osi dosežemo po nekaj iteracijah ravnotežje. Obtežba deluje v težišču prečnega prereza.

Določitev idealnega prereza:

$$F_{id} = F_b + (n^* - 1) \sum_{i=1}^j F_{ai} + n^* \sum_{i=1}^m F_{ai} \quad (1.64)$$

$$F_b = \int_{F_Z^*} dF_Z \quad (1.65)$$

F_Z^* ... tlačeni del prereza

j ... število tlačene armature

m ... število natezne armature

Določitev vztrajnostnih in deviacijskih momentov

$$I_{X_{id}} = I_{bX} + F_b (Y_t - Y_T)^2 + (n^* - 1) \sum_{i=1}^j (F_{ai} Y_{Ai}^2) + n^* \sum_{i=1}^m (F_{ai} Y_{Ai}^2) \quad (1.66)$$

pri čemer so

$$I_{bX} = \int_{F_Z^*} Y^2 dF_Z \quad (1.67)$$

$$Y_{Ai} = Y_{ai} - Y_T \quad (1.68)$$

X_t, Y_t ... koordinati težišča tlačene cone prereza (sl. 6)

$$I_{Y_{id}} = I_{bY} + F_{bY} (X_t - X_T)^2 + (n^* - 1) \sum_{i=1}^j (F_{ai} X_{Ai}^2) + n^* \sum_{i=1}^m (F_{ai} X_{Ai}^2) \quad (1.69)$$

$$I_{bY} = \int_{F_Z^*} X^2 dF_Z \quad (1.70)$$

$$X_{Ai} = X_{ai} - X_T \quad (1.71)$$

$$I_{XYid} = I_{bXY} + F_b (Y_t - Y_T) (X_t - X_T) + (n^* - 1) \sum_{i=1}^j (F_{ai} X_{Ai} Y_{Ai}) + \\ + n^* \sum_{i=1}^m (F_{ai} X_{Ai} Y_{Ai}) \quad (1.72)$$

$$I_{bXY} = \int_{F_Z^*} X Y dF_Z \quad (1.73)$$

Določitev statičnih momentov

$$S_{Xid} = F_b (Y_t - Y_T) + (n^* - 1) \sum_{i=1}^j (F_{ai} Y_{Ai}) + n^* \sum_{i=1}^m (F_{ai} Y_{Ai}) \quad (1.74)$$

$$S_{Yid} = F_b (X_t - X_T) + (n^* - 1) \sum_{i=1}^j (F_{ai} X_{Ai}) + \\ + n^* \sum_{i=1}^m (F_{ai} X_{Ai}) \quad (1.75)$$

Iz enačb (1.11a,b,c) določimo vektor notranjih sil, pri čemer vzamemo za EA, EB in EC vrednosti iz računa po mali ekscentričnosti (prvi približek).

Nato po Newton-Raphsonovi metodi izračunamo iz enačbe (1.36) ali enačb (1.38 do 1.40) prirastke DEA, DEB in DEC.

Nove vrednosti EA, EB in EC nam dajo nove napetosti, ki jih izračunamo iz enačbe (1.44) in novo nevtralno os, ki jo izračunamo iz enačb (1.45 do 1.48).

Račun ponavljam, dokler razlika:

$$\{\bar{S}\} - \{S_n\} \approx R_n \quad (1.76)$$

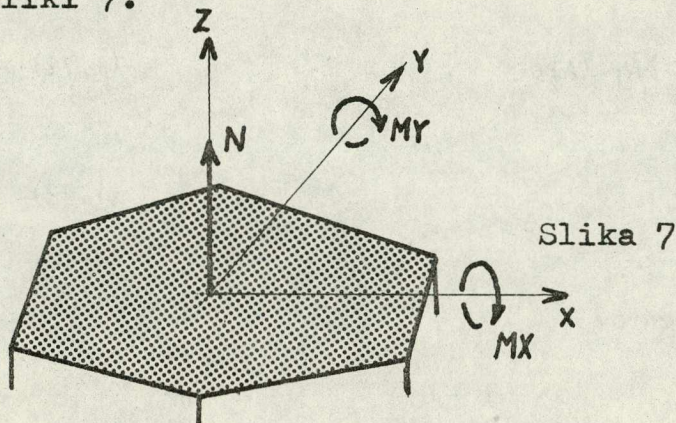
ne postane poljubno majhna.

3.0 UPORABA KARTIČNE VERZIJE PROGRAMA

Program je primeren za dimenzioniranje velikega števila primerov, kjer nimamo časa uporabljati interaktivno grafično verzijo programa STEBER.

3.1 Zgradba vhodnih podatkov

Pozitivne smeri obremenitve prereza so prikazane na sliki 7.



Vsi podatki so v kp in cm! Podatke podajamo v brezformatni obliki na naslednji način:

NASLOV	...naslov primera do 20 znakov
NTOČK	...število točk poligona, ki podaja prerez stebra
X(1),Y(1)	...koordinata točk prereza. Podajamo jih v protiurni smeri!
X(2),Y(2)	
.	
X(NTOČK),Y(NTOČK)	
NPALC	...število točk, kjer se nahaja armatura
XA(1),YA(1),FA(1)	...koordinata točke armature in
XA(2),YA(2),FA(2)	začetni prerez armature v cm ²
.	
XA(NPALC),YA(NPALC),FA(NPALC)	
MB	...izbrana marka betona
JEKLO	...šifra izbrane kvalitete jekla 1-ČO200, 2-ČO501, 3-ČBR40/50
IOSB	...število obtežnih primerov
N(1),MX(1),MY(1),IUKL(1)	
HSTEB(1),HLUX(1),HLUY(1),KAPA(1)	
.	...opis na naslednji strani
.	
N(IOSB),MX(IOSB),MY(IOSB),IUKL(IOSB)	
HSTEB(IOSB),HLUX(IOSB),HLUY(IOSB),KAPA(IOSB)	
NASLOV	...naslov naslednjega primera ali 6/7/8/9 kartica

Pomen oznak na prejšni strani:

IUKL ...paramater, ki pove ali uklon upoštevamo (=1),
 ali ne (=0)
 HSTEB ...višina stebra
 HLUX
 HLUY ...uklonska dolžina stebra v x in y smeri
 KAPA ...parameter pri upoštevanju uklona (glej PAB čl.81)

Primer vhodnih podatkov:

TESTNI PRIMER

8
 0 0
 20 0
 20 20
 40 20
 40 0
 60 0
 60 80
 0 80
 9
 5 5 3
 10 5 3
 15 5 3
 45 5 3
 50 5 3
 55 5 3
 5 75 3
 30 75 3
 55 75 3
 300
 3 1
 -30000 -2250000 -900000 0 1 1 1 1

Program sam določuje končno potrebno armaturo. Povečevanje armature se preneha, če je presežen maksimalni procent armiranja 6%. Pri vsakem obtežnem primeru jemlje kot začetno armaturo končno armaturo prejšnjega primera. Rezultati so izpisani na tiskalniku (glej naslednje strani).


```

=====
IKPIR      P R O G R A M   S T E R E R      03/30/81      STRAN 1
=====
TESTNI PRIMER      *      ENOTE KP - CM
=====

```

GEOMETRIJA

TOCKA	X-KOOR	Y-KOOR
1	0.0	0.0
2	20.0	0.0
3	20.0	20.0
4	40.0	20.0
5	40.0	0.0
6	60.0	0.0
7	60.0	80.0
8	0.0	80.0
9	0.0	0.0

ARMATURA

I	X-KOOR	Y-KOOR	FA-CM2
1	5.0	5.0	3.0
2	10.0	5.0	3.0
3	15.0	5.0	3.0
4	45.0	5.0	3.0
5	50.0	5.0	3.0
6	55.0	5.0	3.0
7	5.0	75.0	3.0
8	30.0	75.0	3.0
9	55.0	75.0	3.0


```

=====
IKPIR      P R O G R A M   S T E R E R      03/30/81      STRAN  2
=====
TESTNI PRIMER      *      ENOTE KP - CM
=====

```

1. O R T E Z N I P P I M E R

N = -30000. KP MX = -2250000. KPCM
 MY = -900000. KPCM

MATERIAL MR = 300. JEKLO CBR 40/50

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE BETONSKEGA PREREZA

FB - POVRšina = 4400.00 CM..2
 IXT - VZTR. MOMENT = 2153939.39 CM..4
 IYT - VZTR. MOMENT = 1426666.67 CM..4
 IXYT- DEV. MOMENT = .00 CM..4
 XT - TEZISCA = 30.00 CM
 YT - TEZISCA = 42.73 CM

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE IDEALNEGA PREREZA

VELIKA EKSCENTRICITOST

FBID = 1636.6573 CM..2
 IXTID = 1184818.0419 CM..4
 IYTID = 521447.2045 CM..4
 IXYTID = -184853.4932 CM..4
 X-NEVT = -49.6657 CM
 Y-NEVT = 35.5885 CM
 XTID = 22.1265 CM
 YTID = 59.0501 CM

IZRACUNANA ARMATURA

PALICA	X-KOOR	Y-KOOR	FA-CM2
1	5.0	5.0	3.0
2	10.0	5.0	3.0
3	15.0	5.0	3.0
4	45.0	5.0	3.0
5	50.0	5.0	3.0
6	55.0	5.0	3.0
7	5.0	75.0	3.0
8	30.0	75.0	3.0
9	55.0	75.0	3.0

POVRšina ARMATURE = 27.00 CM..2
 PROCENT ARMIPANJA = .62 %


```

=====
IKPIR      P R O G R A M   S T E R E R      03/30/81      STRAN   3
=====
TESTNI PRIMER      *      ENOTE KP - CM
=====

```

DOVOLJENE NAPETOSTI

DOVOLJENA SIGMA ROBN0 ZA BETON = -135.0 CM/KP..2
 DOVOLJENA NAPETOST V ARMATURI = 2200.0 CM/KP..2

NAPETOSTI V BETONU

TOCKA	X-KOOR	Y-KOOR	NAPETOST
1	0.0	0.0	85.8
2	20.0	0.0	120.3
3	20.0	20.0	72.1
4	40.0	20.0	106.6
5	40.0	0.0	154.8
6	60.0	0.0	189.4
7	60.0	80.0	-3.4
8	0.0	80.0	-107.0

NAPETOSTI V ARMATURI

PALICA	X-KOOR	Y-KOOR	NAPETOST
1	5.0	5.0	823.4
2	10.0	5.0	909.8
3	15.0	5.0	996.1
4	45.0	5.0	1514.1
5	50.0	5.0	1600.5
6	55.0	5.0	1686.8
7	5.0	75.0	-863.4
8	30.0	75.0	-431.7
9	55.0	75.0	-.0

4.0 UPORABA INTERAKTIVNE GRAFIČNE VERZIJE PROGRAMA STEBER

Program je primeren za dimenzioniranje zelo zapletenih prerezov, kjer nam grafična kontrola omogoča preverjanje podatkov in obnašanje prereza pri podani obtežbi.

4.1 Zgradba vhodnih podatkov

Interaktivna verzija programa sama skrbi za dialog z uporabnikom. Omogoča popraviljanje slučajnih napak. Program se lahko izvaja samo na grafičnih terminalih Tektronix. Kopijo zaslona dobimo z kopirno napravo (hard copy).

TESTNI PRIMER

04/09/80

ENOTE KP - CM

MB = 300.

JEKLO CBR 40/50

1. OBTEZNI SLUCAJ

N = -30000. KP MX = -2250000. KPCM
 MY = -900000. KPCM

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE BETONKEGA PREREZA

FB - POURSINA = 4400.00 CM..2
 IXT - UZTR. MOMENT = 2153939.39 CM..4
 IVT - UZTR. MOMENT = 1426666.67 CM..4
 IXYT- DEV. MOMENT = .00 CM..4

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE IDEALNEGA PREREZA

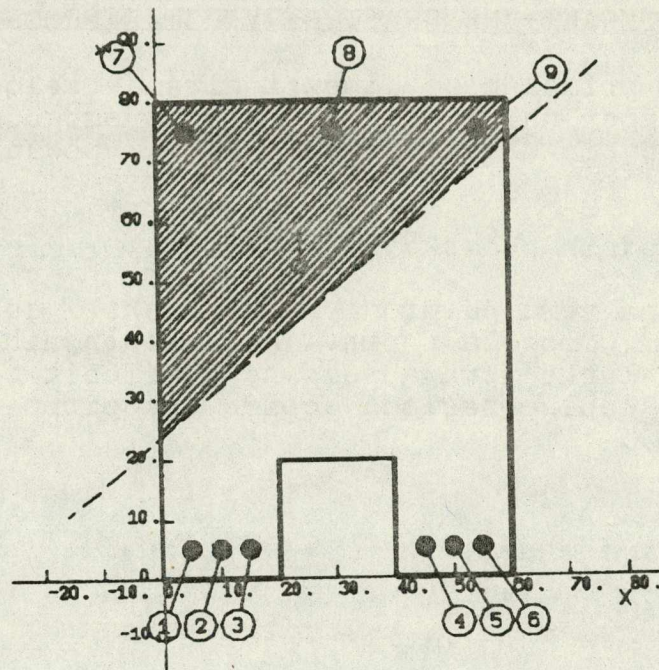
VELIKA EKSCENTRICNOST

FBID = 2507.7486 CM..2
 IXTID = 1764753.8436 CM..4
 IVTID = 824070.6834 CM..4
 IXYTID = -84674.0322 CM..4
 X-NEUT = -28.9826 CM
 Y-NEUT = 23.8090 CM

IZRACUNANA ARMATURA

PALICA	X-KOOR	Y-KOOR	FI/CM/
1	5.0	5.0	3.0
2	10.0	5.0	3.0

Izpis podatkov o obtežnem primeru, materialu in geometrijskih karakteristik prereza



Grafični prikaz programa STEBER


```

LLLLLLLLLL LLLLLLLLLL LL      LL LLLLLLLLLL LL      LLLLLLLL
LLLLLLLLLL LLLLLLLLLL LLLL LLLL LLLLLLLLLL LL      LLLLLLLL
  LL        LL        LL LLLL LL      LL        LL        LL
  LL        LL        LL LL      LL      LL        LL        LL
  LL        LLLLLL    LL LL      LL      LL        LL        LL
  LL        LLLLLL    LL LL      LL      LL        LL        LL
  LL        LL        LL LL      LL      LL        LL        LL
  LL        LL        LL LL      LL      LL        LL        LL
  LL        LLLLLLLLLL LL      LL LLLLLLLLLL LLLLLLLLLL LLLLLLLL
  LL        LLLLLLLLLL LL      LL LLLLLLLLLL LLLLLLLLLL LLLLLLLL

```

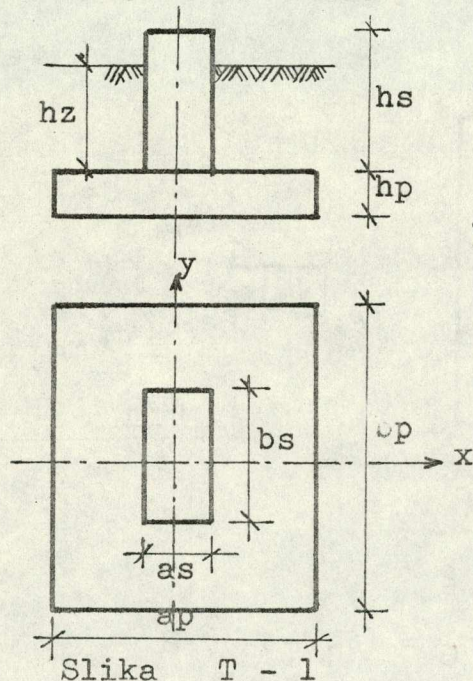
PROGRAMSKI JEZIK : STRUCTRAN ali FTN DECsystem 10
 VERZIJA : 1.0 interaktivna
 RAČUNALNIK : DECsystem 10

NAMEN : Program je namenjen računu napetosti pod temelji manjših dimenzij (a_p, b_p manj od 4m in $a_s \geq a_p/4$, oz. $b_s \geq b_p/4$). Primeren je za račun točkovnih temeljev stebrov in kratkih sten. Uporabljena je trapezna metoda.

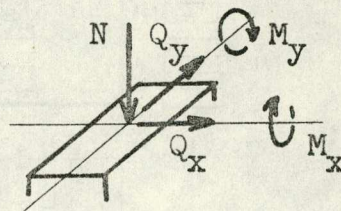
Literatura : Timoshenko: Teorija ploča i ljuski, GK 1962

TEORIJA V PROGRAMU

Obravnavamo temelj podan na sliki T - 1. Podatki o obtežbi temelja se podajajo za prerez 1 - 1.



γ_b - spec.teža betona
 γ_z - spec.teža zasutja



Slika T - 1

Obremenitev v prerezu 2 - 2 :

$$N_{22} = N_{11} + a_s \cdot b_s \cdot h_s \cdot \gamma_b$$

$$M_{x22} = M_{x11} + Q_{y11} \cdot h_s$$

$$M_{y22} = M_{y11} + Q_{x11} \cdot h_s$$

Obremenitev v prerezu 3 - 3 :

$$N_{33} = N_{22} + (a_p \cdot b_p - a_s \cdot b_s) \cdot h_z \cdot \gamma_z + b_p \cdot a_p \cdot h_p \cdot \gamma_b$$

$$M_{x_{33}} = M_{x_{11}} + Q_{y_{11}} \cdot (h_s + h_p)$$

$$M_{y_{33}} = M_{y_{11}} + Q_{x_{11}} \cdot (h_s + h_p)$$

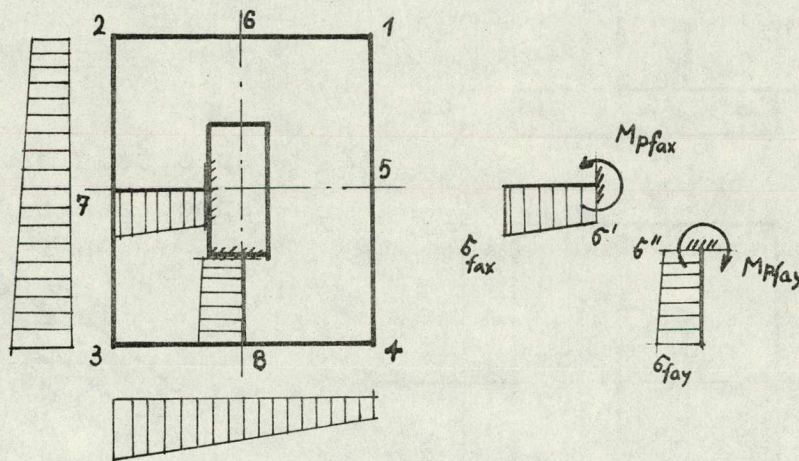
Račun napetosti pod temeljno ploskvijo :

$$\sigma_{1,2,3,4} = N_{33}/(a_p \cdot b_p) \pm M_{x_{33}} \cdot 6/(a_p \cdot b_p^2) \pm M_{y_{33}} \cdot 6/(a_p^2 \cdot b_p)$$

Povprečna napetost znaša :

$$\bar{\sigma} = N_{33}/(a_p \cdot b_p)$$

Določitev momentov za dimenzioniranje temeljne plošče:



Slika T - 2

$$\sigma_5 = (\sigma_1 + \sigma_4)/2 \quad \sigma_6 = (\sigma_1 + \sigma_2)/2$$

$$\sigma_7 = (\sigma_2 + \sigma_3)/2 \quad \sigma_8 = (\sigma_3 + \sigma_4)/2$$

$$\sigma_{f_{ax}} = \max(\sigma_5, \sigma_7) \quad \sigma_{f_{ay}} = \max(\sigma_6, \sigma_8)$$

$$\sigma'' = (\sigma_{f_{ay}} - \bar{\sigma}) \cdot b_s/b_p + \bar{\sigma}$$

$$\sigma' = (\sigma_{f_{ax}} - \bar{\sigma}) \cdot a_s/a_p + \bar{\sigma}$$

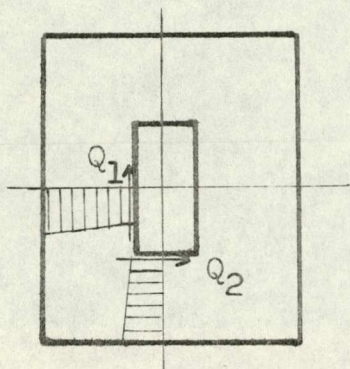
$$M_{pf_{ax}} = \sigma' \cdot (ap/2 - as/2)^2/2 + (\sigma_{f_{ax}} - \sigma') \cdot (ap/2 - as/2)^2/6$$

$$M_{pf_{ay}} = \sigma'' \cdot (bp/2 - bs/2)^2/2 + (\sigma_{f_{ay}} - \sigma'') \cdot (bp/2 - bs/2)^2/6$$

Potrebno armaturo plošče lahko določimo tako, da si pripravimo tabele s programom DIMEN za prerez lm'/hp .

Strižne napetosti

(Slika T - 3)



Slika T - 3

$$Q_1 = \sigma' \cdot (ap/2 - as/2) + (\sigma_{f_{ax}} - \sigma') \cdot (ap/2 - as/2)/2$$

$$Q_2 = \sigma'' \cdot (bp/2 - bs/2) + (\sigma_{f_{ay}} - \sigma'') \cdot (bp/2 - bs/2)/2$$

$$\tau_1 = Q_1 / (lm' \cdot hp \cdot 0,67)$$

$$\tau_2 = Q_2 / (lm' \cdot hp \cdot 0,67)$$

$$\tau_{max} = \max(\tau_1, \tau_2)$$

Sami moramo kontrolirati, da so napetosti pod temeljno ploskvijo pod dovoljenimi in prav tako, da so strižne napetosti pod dovoljenimi.

ENOTE V PROGRAMU

Uporabljeni sta enoti kN in m. Vsi rezultati so izpisani v teh enotah.

UPORABA PROGRAMA

Program TEMELJ je naložen v absolutni obliki na računalniku DECsystem 10. Je interaktiven in skrbi za dialog z uporabnikom. (Slika T - 4)
Poleg orientacijskih rezultatov, ki jih izpisuje med dialogom izpisuje rezultate v polni obliki na datoteko OUTPUT.DAT, ki jo kasneje pošljemo na tiskalnik.

PROGRAM TEMELJ

INTERAKTIVNI DIALOG

LINK: Loading
[LINKXCT TEMELJ execution]

IKPIR - PROGRAM T E M E L J

podaj naslov primera /exit koncas ?primer temelja

podaj oznako temelja ?t.3.a.2.1

podaj dimenzije temelja (m)
hs, hp, ap, bp, as, bs ? .8 .5 1.4 2.4 .6 .9

visina nasutja zemljine hz (m) ? .8

specifična teža betona in zemljine
v kN/m³ ? 25 20

obtežba-N11, QX11, QY11, MX11, MY11 (kN-m) ? 100 5 5 12 12

napetosti (1-4) v kN/m²: 96.27 49.07 21.54 68.74
povečam dimenzije temeljne plosce(0-ne, 1-da) ? 0

se kakšen primer(0-ne, 1-da) ? 0

podaj naslov primera /exit koncas ?/exit

STOP

END OF EXECUTION

CPU TIME: 0.18 ELAPSED TIME: 2:27.74

EXIT

Slika T - 4

Na strani T-5 je prikazan izpis rezultatov, ki je shranjen na datoteki OUTPUT.DAT .
Podajanje podatkov je v brezformatni obliki.

23-Feb-81

temelj: t.3.a.2.1

1-----1
 I I
 I I
 I I 0.80
 I I
 2-----2
 I I 0.50
 3-----3

J11	=	100.00	kN
QX11	=	5.00	kN
Qy11	=	5.00	kN
MX11	=	12.00	kNm
MY11	=	12.00	kNm
gamabet	=	25.00	kN/m3
gamazen	=	20.00	kN/m3

2		y	1
		1	

1			1
1			1
1			1
1	-----		1
1	1	1	1
1	1	0.901	1
1	1	0.60	1
1	-----		1
1			1
1			1

		1.40	
3			4

```
ast      =      0.5400 m2
istxx    =      0.03645 m4
istyy    =      0.01620 m4
apl      =      3.3500 m2
iplxx    =      1.61280 m4
iplyy    =      0.54880 m4

tezast   =      10.800 KN
tezaol   =      42.000 KN
tezaze   =      45.120 KN
```

napetosti v tockah 1-4

točka napetost (kN/m²) povprečna napetost je 58.90 kN/m²

1	96.27	N22	=	110.80	KN
2	49.07	Mx22	=	16.00	KNm
3	21.54	My22	=	16.00	KNm
4	68.74	N33	=	107.92	KN
		Mx33	=	18.50	KNm
		My33	=	18.50	KNm
mpfax =	5.86		mpfay	18.83	KNm
taumax =	153.83				KN/m2

Slika T - 5 Primer izpisa

