

NAVODILA ZA UPORABO PROGRAMA E A V E K

V S E B I N A

OPIS PROGRAMA	N - 1
OMEJITVE	N - 3
KOORDINATNI SISTEM	N - 4
ENOTE	N - 5
SPLOŠNA PRAVILA ZA PODAJANJE PODATKOV	N - 6
PREGLED UKAZOV PROGRAMA EAVEK	N - 9
NASLOVNI IN ZAKLJUČNI UKAZI	N - 10
Naslovni ukaz konstrukcije	N - 10
Naslovni ukaz elementa	N - 10
Naslovni ukaz obtežbe	N - 10
Zaključni ukaz	N - 10
PODATKI O KONSTRUKCIJI	N - 11
Ukaz o tipu konstrukcije	N - 11
Ukazi o velikosti problema	N - 11
Ukaz o elastičnih konstantah	N - 12
Ukaz o vpetosti konstrukcije	N - 12
Ukaza o metodah računa	N - 13
Ukazi o etažnih višinah	N - 13
Ukazi o masah konstrukcije	N - 14
Ukazi o vertikalni obtežbi konstrukcije	N - 15
Ukaz o izpisu matrik	N - 17
Ukaz o risanju na printer	N - 17
Ukaz o risanju na ploter	N - 18
PODATKI O ELEMENTIH	N - 19
Ukaz o tipu elementa	N - 19
Ukaz o številu etaž elementa	N - 21
Ukaz o nosilni smeri elementa	N - 21
Ukaz o položaju elementa	N - 22
Ukaz o vpetosti elementa	N - 22
Ukazi o masah elementa	N - 22
Ukazi o vertikalni obtežbi elementa	N - 24

Ukazi o karakteristikah elementov	N - 25
Tip CANTILEVER	N - 26
Tip SCANTILEVER	N - 26
Tip FRAME	N - 27
Tip WALL	N - 28
Tip TUBE	N - 30
Tip FLEXIBILITY	N - 34
Tip STIFFNESS	N - 36
Tip PELEMENT	N - 36
Ukaz o izpisu matrik	N - 36
PODATKI O OBTEŽBI	N - 38
Ukaz o tipu obtežbe	N - 38
Ukaz za račun notranjih sil	N - 38
Ukazi o izpisu	N - 39
Podatki o statični obtežbi	N - 41
Ukazi o statični obtežbi	N - 41
Podatki za račun po metodi s spektrom odziva	N - 42
Ukazi o spektru	N - 42
Ukaz o množilnih faktorjih	N - 43
Podatki pri računu odziva	N - 44
Ukaz o koeficientih dušenja	N - 44
Ukazio časovnem poteku dinamične obtežbe	N - 44
Ukazi o dinamični obtežbi	N - 45
Ukaz o časovnem intervalu računa odziva	N - 46
Ukaz o številu korakov računa odziva	N - 47
Ukazi o izpisu	N - 47
Ukazi o risanju na printer	N - 50
Ukazi o risanju na ploter	N - 52
NAPAKE	N - 53
IZPIS	N - 55
OBDELAVA PODATKOV V RAČUNALNIKU	N - 55
PREGLED UKAZOV V PROGRAMU E A V E K	N - 56

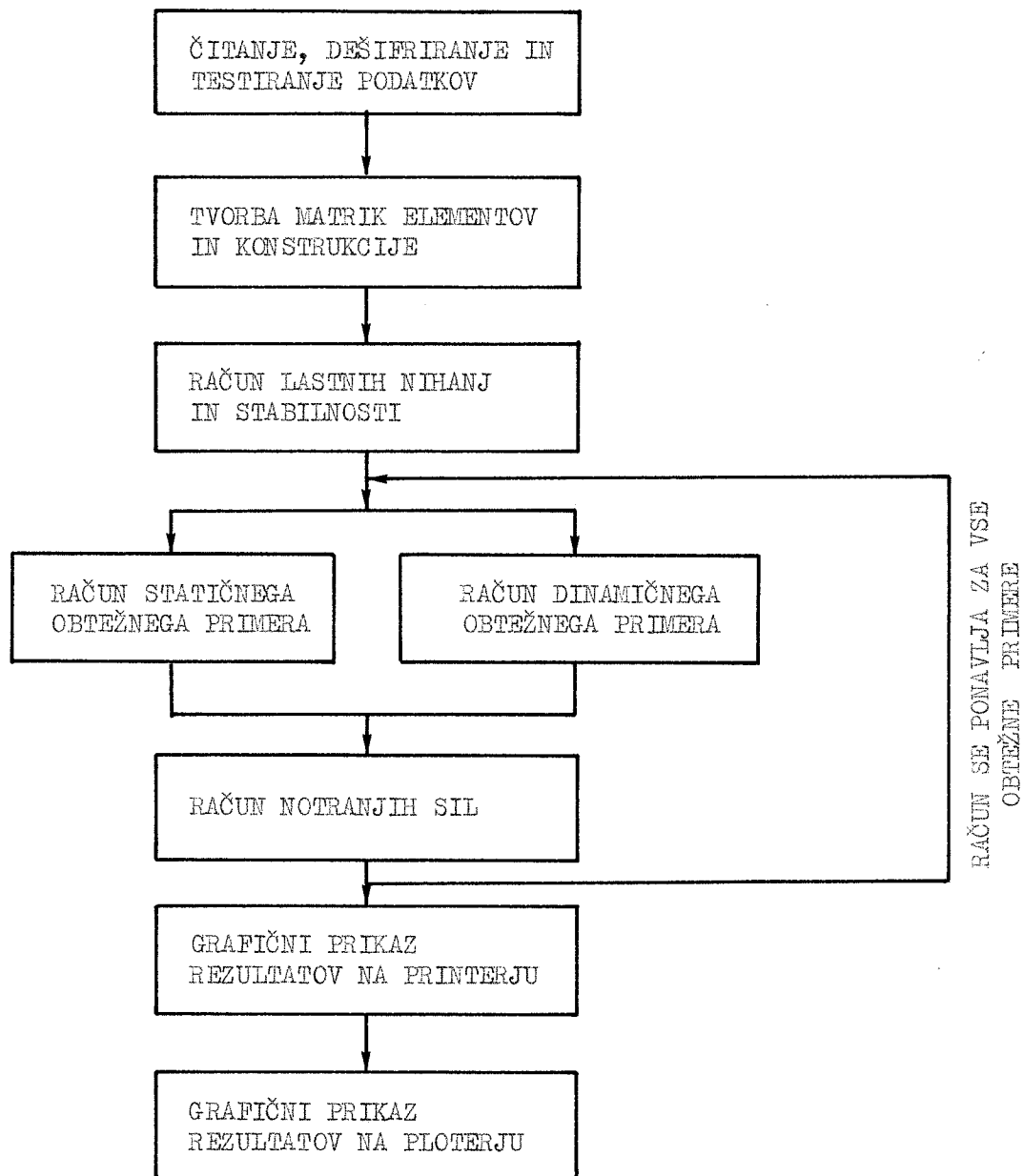
OPIS PROGRAMA

Program EAVEK (Elastična Analiza VEčetažnih Konstrukcij) je namenjen za statično, dinamično in stabilitetno analizo večetažnih objektov po teoriji elastičnosti. Možno je uporabljati teorijo 1. ali 2. reda. Priprava podatkov je zelo enostavna in ne zahteva nobenega znanja programiranja. Rezultati so podani deloma v numerični in deloma v grafični obliki.

Teoretično osnovo programa predstavlja metoda končnih elementov, pri čemer so upoštevane predpostavke, ki so tipične za objekte v visokogradnji.

Program EAVEK je napisan v FORTRANu in prirejen za računalnik CYBER 72. Celoten program je razbit na posamezne dele (overlaye), od katerih je v vsakem trenutku samo eden v hitrem pomnilniku. Za shrajevanje vmesnih rezultatov so uporabljene zunanje pomnilne enote.

Postopek računa je sledeč:



V vsakem delu programa je vključen tudi izpis ustreznih rezultatov. Program preskoči tiste dele računa, ki niso zahtevani s podatki.

OMEJITVE

Za obdelavo podatkov ima program na razpolago omejen prostor v hitrem pomnilniku, zato je pri pripravi podatkov potrebno upoštevati nekatere omejitve. Za nekatere količine so določene fiksne maksimalne vrednosti, za druge pa je omejitev v velikosti odvisna tudi od velikosti ostalih količin in od uporabljene metode računa.

Fiksne omejitve so sledeče:

Maksimalno število etaž	= 30
Maksimalno število elementov	= 50
Maksimalno število obtežnih primerov	= 20
Maksimalno število nihajnih oblik	= 9

Poleg teh omejitev je treba upoštevati še dodatne omejitve pri dinamični obtežbi, ki pa so le redko kritične:

Račun z metodo spektrov

$$I1 + 3 + LF1 + (1 + ITON) * 4 * NE \leq A \quad \text{Šifra} = 1$$

Račun časovnega odziva konstrukcije

$$I1 + 1 + LF1 + LF2 + LF3 + 17 * NE \leq A \quad \text{Šifra} = 2$$

Risanje funkcije

$$\text{Maksimalno število točk funkcije (število parov podatkov)} = 898$$

Risanje časovnega odziva

$$M * LSTEP \leq A \quad \text{Šifra} = 6$$

Oznake pomenijo

$$A = 8100$$

$$I1 = \text{število etaž za ravninske in } 4 \times \text{število etaž za prostorske konstrukcije}$$

$$NE = \text{število prostostnih stopenj} = \text{število etaž za ravninske in } 3 \times \text{število etaž za prostorske konstrukcije}$$

$$ITON = \text{število nihajnih oblik}$$

- LF1, LF2, LF3 = število podatkov za prvo, drugo in tretjo funkcijo (vsaka točka funkcije pomeni dva podatka)
- LSTEP = število intervalov pri računu odziva
- M = največje število od števila premikov oziroma notranjih sil, ki jih rišemo v enem obtežnem primeru ≤ 9

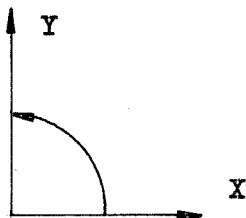
Pri uporabi sten z več vrstami odprtin (TYPE SWALL) veljajo še posebne omejitve, ki so navedene pri opisu podatkov za ta tip elementa.

Program samo ugotovi, če so omejitve prekoračene in javi šifro omejitve in število celic, ki jih zmanjka.

KOORDINATNI SISTEM

Program uporablja dva desnoročna kartezična koordinatna sistema - globalni in lokalni. Globalni koordinatni sistem se nanaša na celotno konstrukcijo. Vse podatke o konstrukciji, o obtežbah in o koordinatah ter nosilnih smereh elementov podajamo v globalnem koordinatnem sistemu. Od rezultatov so podane v globalnem koordinatnem sistemu tiste vrednosti, ki se nanašajo na konstrukcijo. Izhodišče tega koordinatnega sistema lahko izberemo poljubno, vendar se moramo pri tem zavedati, da bodo rezultati (premiki in obtežba konstrukcije) veljali za izhodišče. Ravnina X-Y mora sovpadati s tlorisno ravnino objekta, Z os mora biti orientirana od temeljev navzgor. Os X ima lahko poljubno smer v tlorisni ravnini, vendar jo je najugodnejše usmeriti tako, da se obe osi (X in Y) ujemata s smermi večine elementov. Pri konstrukcijah, ki jih obravnavamo ravninsko, se mora X os ujemati z nosilno smerjo elementov.

Lokalni koordinatni sistem se nanaša na posamezne nosilne elemente. Njegovo izhodišče je praviloma v strižnem središču elementa, njegove osi pa so vzporedne glavnim osem elementa. Pri tako izbranem koordinatnem sistemu so pri prostorskih elementih premiki v posameznih smereh medsebojno neodvisni in prostorski element je možno razbiti na tri ravninske elemente. V programu je potrebno vsak tak ravninski element posebej podati. Vsi podatki o elementu (razen koordinat in nosilne smeri) ter vsi rezultati za element se nanašajo na lokalni koordinatni sistem.



Pozitivna smer zasukov

ENOTE

Podatke lahko podajamo v poljubnih konsistentnih enotah. Rezultati bodo izračunani v istih enotah. Izjemoma je pri metodi računa s spektri odziva obvezna dolžinska enota meter in časovna enota sekunda, ker je v programu vgrajena vrednost pospeška prostega pada 9.81 . Za običajne konstrukcije je priporočljivo uporabljati enote meter, sekunda in kilonewton, saj je izpis prilagojen velikostnemu redu vrednosti v teh enotah. Enota za zasuke so radiani.

SPLOŠNA PRAVILA ZA PODAJANJE PODATKOV

Podatki za program EAVEK so sestavljeni iz posameznih ukazov, ki jih pišemo v tako imenovanem "prostem formatu", kar pomeni, da lahko v splošnem prosto izbiramo mesto (kolone) posameznih podatkov na kartici. Uporabnik običajno ne luknja podatkov direktno na kartice, pač pa jih napiše na posebne 80-kolonske formularje, kjer vsaka vrstica ustreza eni kartici in vsaka kolona ustreza eni koloni kartice.

Ukazi so sestavljeni iz števil in besed, ki so med seboj ločene s presledki. Presledek sestavlja poljubno število praznih znakov. Števila so lahko cela (n. pr. 5) ali decimalna (n. pr. 5., -5.1, .5). Za decimalno ločilo uporabljamo piko. Pri podajanju podatkov je treba strogo ločiti obe vrsti števil. Podrobnosti bodo opisane pozneje, velja pa splošno pravilo, da podajamo količine, ki so v naravi cela števila, s celimi števili (n. pr. število etaž, oznake etaž, itd), količine, ki v naravi niso cela števila, pa z decimalnimi števili (n. pr. višine etaž, koordinate, obtežba, itd). Kot eno število velja vse, kar je napisano med dvema presledkoma, zato med minusom oziroma decimalno piko in številkami ne sme biti presledkov. **Število znakov, iz katerih je sestavljeno število, sme biti največ 10.**

Znaki, ki jih smemo uporabljati za besede, so vse velike črke latinske abecede brez šumnikov, vse arabske številke in posebni znaki plus (+), minus (-), vejica (,), pika (.), okrogli oklepaj in zaklepaj (), enačaj (=), zvezdica (*) in poševna črta (/). Beseda se mora pričenjati s črko, sestavljajo pa jo vsi znaki od začetka do prvega presledka oziroma konca kartice. Za program so važni samo prvi štirje znaki besede, vse ostale jemlje kot komentar, zato lahko pišemo n. pr.

FACT

FACTOR

FACTORZAMATRIKO

FACTOR-ZA-MATRIKO

Vsakega od teh zapisov prebere program kot eno besedo. Pomen je vedno isti, saj so prve štiri črke vedno iste. Pozneje bodo razložene besede (prve štiri črke), ki jih program razume. Če se pri podajanju podatkov zmotimo pri prvih

štirih črkah (n. pr. FAKTOR namesto FACTOR), potem program besede ne razume in javi napako. Besede, ki imajo manj kot štiri črke, ne smemo podaljševati (n. pr. besede OF v skupini NUMBER OF STORIES).

Vsak ukaz za program EAVEK podajamo praviloma na eni sami kartici (v eni vrstici formularja). Samo izjemoma je možno podati en ukaz na več karticah. To je dovoljeno ponekod pri podajanju karakteristik elementov (za ukazom SECTION PROPERTIES), pri podajanju spektra ali dinamične obtežbe (za ukazom FUNCTION) in pri ukazu TABULATE MAXIMUMS.

Vrstni red podatkov je deloma predpisan. Najprej je treba podati vse podatke o konstrukciji, nato vse podatke o elementih in nazadnje podatke za obtežne primere. Prva kartica konstrukcije je vedno STRUCTURE, prva kartica vsakega elementa ELEMENT in prva kartica vsakega obtežnega primera LOADING. Zadnja kartica podatkov za vsako konstrukcijo je SOLVE. Podatke za več konstrukcij je možno zlagati enega za drugim. Naslovnim karticam (STRUCTURE, ELEMENT, LOADING) mora vedno slediti TYPE kartica. Vrstni red nadaljnjih kartic je poljuben razen redkih izjem, ki so navedene pri opisu podatkov za konstrukcijo, elemente in obtežbo.

Na poljubno mesto je možno dati kartico s komentarjem. Ta kartica ima v prvi koloni znak #, nato pa sledi poljuben tekst komentarja. Kartice s komentarjem je možno dati tudi pred ukazom STRUCTURE in za ukazom SOLVE.

Kot smo že omenili, jemlje program kot komentar tudi vse znake od vključno petega dalje pri posameznih besedah. Znaki ne smejo biti ločeni s presledkom, če pričakuje program še kakšen podatek za obravnavano besedo. Za zadnjo besedo na kartici lahko napišemo poljuben komentar, ne smemo pa pisati komentarja za numeričnimi podatki in pri ukazih METHOD ter TABULATE.

Primeri:

<u>TYPE</u> CANTILEVER	ELEMENT RACUNAMO KOT KONZOLO
<u>FACTOR</u> ZAMATRIKO	10000.

Podčrtani znaki so bistveni znaki, ostali znaki predstavljajo komentar.

Nekatere ukaze lahko podajamo v obliki

n_1 THRU n_2 a_1

Tak ukaz vedno pomeni, da veljajo isti parametri a_i za vse etaže od vključno n_1 do vključno n_2 .

Vrednosti, ki so enake nič, je treba eksplicitno podati, če sledijo v istem ukazu od nič različne vrednosti. Vrednosti, ki so enake nič in ki jim ne sledi nobena od nič različna vrednost, praviloma ni treba podajati. Izjema pri tem pravilu je ukaz FUNCTION, kjer je treba vrednosti podajati vedno paroma.

Izpis rezultatov je v splošnem predviden na celotno širino papirja. Če želimo izpis na širino A4 formata, moramo upoštevati sledeče omejitve:

- Pri pripravi podatkov smemo uporabljati le prvih 72 kolon.
- Število nihajnih oziroma uklonskih oblik (NUMBER OF MODES) sme biti največ 6.
- Pri ukazu o izpisu časovnega poteka premikov (TABULATE DISPLACEMENTS) smemo zahtevati največ 7 premikov.
- Pri risanju na printer mora biti zahtevana širina slike maksimalno 20.
- Pri tipu SWALL sme znašati število polj največ 6.

PREGLED UKAZOV PROGRAMA EAVEK

V nadaljnjem so podani vsi ukazi programa EAVEK. Ukazi, ki jih morajo obvezno vsebovati podatki za vsako konstrukcijo, so označeni z dvema zvezdicama (* *). Ukazi, ki so obvezni, če izberemo določeno metodo reševanja, so označeni z eno zvezdico (*). Če so taki ukazi obvezni samo za prostorske primere, je poleg zvezdice napisana še črka P (* P). Pri vsakem ukazu so podčrtani tisti znaki v besedah, ki jih je treba obvezno podati v nespremenjeni obliki.

NASLOVNI IN ZAKLJUČNI UKAZINaslovni ukaz konstrukcije

* *

STRUCTURE naslov

To je prvi ukaz pri podajanju podatkov za vsako konstrukcijo. Kot naslov lahko podamo poljuben alfanumeričen tekst, ki služi za identifikacijo konstrukcije. Prvih 40 znakov na kartici (vključno beseda STRUCTURE) program izpisuje v glavi na vsaki strani izpisa.

Primer:

STRUCTURE STOLPNICA P+12 (ENOTE MP,M)

Naslovni ukaz elementa

* *

ELEMENT naslov

To je prvi ukaz pri podajanju podatkov za vsak element. Kot naslov lahko podamo poljuben alfanumeričen tekst, ki služi za identifikacijo elementa.

Primer:

ELEMENT STENA V OSI 2

ELEMENT 2 JEDRO X-SMER

Naslovni ukaz obtežbe

*

LOADING naslov

To je prvi ukaz pri podajanju podatkov za vsak obtežni slučaj. Kot naslov lahko podamo poljuben alfanumeričen tekst, ki služi za identifikacijo obtežnega slučaja. Prvih 27 znakov na kartici (vključno z besedo LOADING) program izpisuje v glavi na vsaki strani izpisa rezultatov za ta obtežni slučaj.

Primer:

LOADING VERTIKALNA OBTEŽBA

LOADING 3 POTRES KC=0.10

Zaključni ukaz

* *

SOLVE

Ta ukaz je zadnji ukaz pri podajanju podatkov za vsako konstrukcijo.

PODATKI O KONSTRUKCIJI

Vsi podatki o konstrukciji morajo biti podani med ukazom STRUCTURE in prvim ukazom ELEMENT. Naslovnemu ukazu STRUCTURE mora slediti ukaz TYPE, pri nadaljnjih ukazih pa je pomembno le, da je število etaž podano pred podatki o etažnih višinah, masah in vertikalni obtežbi ter da so mase podane pred vertikalno obtežbo, če je ta definirana z ukazom FACTOR.

Ukaz o tipu konstrukcije

* *

Možna sta dva tipa konstrukcije. Glede na to, ali obravnavamo konstrukcijo ravninsko ali prostorsko, podamo enega od ukazov

TYPE PLANE

ali

TYPE SPACE

Ukaz o tipu konstrukcije mora slediti naslovnemu ukazu STRUCTURE.

Ukazi o velikosti problema

Velikost problema definiramo s štirimi ukazi

NUMBER OF STORIES n

* *

NUMBER OF ELEMENTS n

* *

NUMBER OF LOADINGS n

* *

NUMBER OF MODES n

n predstavlja celo (INTEGER) število brez decimalne pike.

Prva dva ukaza predstavljata število etaž in elementov konstrukcije in sta obvezna. Tretji ukaz podaja število obtežnih primerov in ga je možno spustiti. V tem primeru velja, da je število obtežnih primerov enako nič, kar je možno samo, če računamo le lastne vrednosti. Četrty ukaz predpiše število nihajnih oblik, ki jih program upošteva pri dinamični analizi (METHOD DYNAMIC) in število uklonskih oblik (pri METHOD STABILITY), ki jih računa. Če ta ukaz ni podan, program računa toliko nihajnih oziroma uklonskih oblik, kolikor je prostostnih stopenj konstrukcije (število etaž pri ravninskih in 3x število etaž pri prostorskih konstrukcijah), vendar največ 9. Število pozitivnih lastnih vrednosti je omejeno s številom podanih mas oziroma s podano vertikalno obtežbo. Pri stabilitetni analizi negativna lastna vrednost ne vpliva na

račun, pri dinamični analizi pa povzroči napako v programu, zato smemo zahtevati le toliko nihajnih oblik, kolikor je prostostnih stopenj s podanimi masami ali masnimi vztrajnostnimi momenti.

Število etaž mora biti podano pred podatki o etažnih višinah, masah in vertikalni obtežbi.

Omejitve

maksimalno število etaž	30
maksimalno število elementov	50
maksimalno število obtežnih primerov	20
maksimalno število nihajnih oblik	9

Ukaz o elastičnih konstantah

Podatka o elastičnih konstantah E in G podamo z ukazom

CONSTANTS a_1 a_2

kjer sta a_1 in a_2 decimalni števili (REAL) in sicer predstavlja a_1 vrednost elastičnega modula E, a_2 pa vrednost strižnega modula G. Če vrednost a_2 ni podana, velja

$$G = 0.4E$$

Primeri:

CONSTANTS 3000000. 1200000.

CONSTANTS 3000000.

Oba ukaza sta enakovredna.

Podani vrednosti E in G veljata za vse etaže celotne konstrukcije. Če želimo upoštevati različne vrednosti elastičnih konstant za razne dele konstrukcije, moramo ustrezno spremeniti karakteristike prerezov (SECTION PROPERTIES), tako da dobimo željene togosti. Pri upogibnem elementu lahko n. pr. upoštevamo povečanje elastičnega modula E s povečanjem vztrajnostnega momenta J, tako da je togost EJ v programu enaka dejanski togosti.

Ukaz o vpetosti konstrukcije

V verziji 1 programa je možna samo toga vpetost konstrukcije. Ukaz

FOUNDATION RIGID

pomeni isto, kot če ni podan noben ukaz o vpetosti.

Ukaza o metodah računa

Metode računa predpišemo z ukazoma

METHOD metoda

✖ ✖

in

SECOND ORDER THEORY

Metode, ki jih lahko uporabimo v poljubni kombinaciji, so:

METHOD STATIC

METHOD DYNAMIC

METHOD STABILITY

Z ukazom SECOND ORDER THEORY zahtevamo račun po teoriji drugega reda. Če drugi ukaz ni podan, program računa po teoriji prvega reda. Metoda STATIC zahteva najmanj en obtežni slučaj. Pri metodi DYNAMIC program avtomatično določi karakteristike lastnega nihanja, vsiljeno nihanje pa obravnava, če je podan eden ali več dinamičnih obtežnih slučajev. Pri metodi STABILITY program izračuna uklonske varnosti in uklonske oblike. Ukaz SECOND ORDER THEORY ne vpliva na uklonske rezultate. Možno je podati več METHOD kartic ali podati več metod na eni kartici.

Primeri:

METHOD STATIC

METHOD DYNAMIC

METHOD STABILITY STATIC DYNAMIC

Ukazi o etažnih višinah

✖ ✖

Podatke o etažnih višinah podajamo z naslovnim ukazom

STORY HEIGHTS

ki mu sledijo ukazi oblike

n a

ali

n_1 THRU n_2 a

Etaža je označena s celim številom n, etažna višina pa z decimalnim številom a. Z besedico THRU označimo, da imajo vse etaže od vključno n_1 do vključno n_2 isto

etažno višino a. Vrstni red podajanja etaž ni pomemben, vendar morajo biti podane etažne višine vseh etaž. Etaže se označujejo od spodaj navzgor.

Primer:

STORY HEIGHTS

1 3.2

2 THRU 15 3.

Višina prve (spodnje) etaže znaša 3.2, medtem ko višina vseh ostalih etaž (od 2 do 15) 3.

Ukazi o masah konstrukcije

Podatke o masah konstrukcije podajamo z naslovnim ukazom

MASSES

ki mu sledijo ukazi oblike

n a₁ a₂ a₃ a₄

ali

n₁ THRU n₂ a₁ a₂ a₃ a₄

Z n je označena etaža, parametri a pa pomenijo

a₁ celotna masa, skoncentrirana v etaži

a₂ masni vztrajnostni moment celotne etaže glede na težišče mas

a₃, a₄ x in y koordinati težišča mas v izbranem koordinatnem sistemu

Masni vztrajnostni moment ima pri rotaciji isti pomen kot masa pri translaciji. Izračunamo ga tako, da maso pomnožimo s kvadratom vztrajnostnega polmera. Za koncentrirane (glede na tloris) mase je vztrajnostni polmer kar enak razdalji mase od težišča, za maso, ki je enakomerno razporejena po celotnem tlorisu, pa izračunamo kvadrat vztrajnostnega polmera po enačbi

$$r^2 = \frac{J_x + J_y}{F}$$

kjer sta J_x in J_y vztrajnostna momenta tlorisa in F površina tlorisa.

Za ravninske konstrukcije parametri a_2 , a_3 in a_4 nimajo nobenega pomena, zato jih ni treba podajati.

Če zahtevamo samo statično ali stabilitetno analizo, mas sploh ni potrebno podajati. Če želimo dinamično analizo, mora biti podana vsaj ena masa, bodisi pri konstrukciji, bodisi pri kateremkoli elementu. Če mase v katerikoli etaži ne upoštevamo, je ni treba podajati. Vrstni red etaž ni pomemben.

Pozor: Podajajo se mase in ne teže. Pri pretvarjanju teže v maso ($m = Q/g$) je treba paziti na dimenzijo pospeška prostega pada, ki mora biti v skladu z ostalimi dimenzijami. Pri metodi s spektri odziva je treba za dolžinsko enoto obvezno uporabiti meter in s tem za velikost pospeška prostega pada 9.81.

Primeri:

MASSES

1	THRU	12	21.5	4320.	0.	5.2
13			18.	2500.		

Vse mase, masni momenti in koordinate težišča od etaže 1 do etaže 12 so enaki, spremenijo pa se v etaži 13, kjer sta koordinati težišča nič.

MASSES

2		112.
3		51.5
4	THRU	6 27.2

Konstrukcija je ravninska. Mase v prvi (spodnji) etaži ne upoštevamo.

Ukazi o vertikalni obtežbi konstrukcije

Podatke o vertikalni obtežbi podamo z ukazi, ki so povsem analogni ukazom pri podajanju mas.

Naslovnemu ukazu

VERTICAL LOADING

sledijo ukazi oblike

$n \quad a_1 \quad a_2 \quad a_3 \quad a_4$

ali

$n_2 \text{ THRU } n_2 \quad a_1 \quad a_2 \quad a_3 \quad a_4$

Z n je označena etaža, parametri a pa pomenijo

a_1 celotna vertikalna obtežba etaže

a_2 vztrajnostni moment vertikalne obtežbe celotne etaže glede na težišče vertikalne obtežbe. Za vztrajnostni moment veljajo iste enačbe, kot pri masah, le da je treba mase zamenjati z vertikalno obtežbo.

a_3, a_4 koordinati težišča vertikalne obtežbe v izbranem koordinatnem sistemu.

Za ravninske konstrukcije parametri a_2 , a_3 in a_4 nimajo nobenega pomena, zato jih ni treba podajati.

Če zahtevamo samo statično ali dinamično analizo po teoriji prvega reda, vertikalne obtežbe ni treba podajati, drugače pa mora biti podana vsaj ena vertikalna obtežba, bodisi pri konstrukciji, bodisi pri kateremkoli elementu.

Primeri:

VERTICAL LOADING

1 THRU 12 215. 43200. 0. 5.2
13 180. 25000.

Vertikalna obtežba, vztrajnostni momenti vertikalne obtežbe in kordinate težišča se ne spreminjajo od etaže 1 do 12. V etaži 13 so kordinate težišča enake nič.

VERTICAL LOADING

2 1120.
3 515.
4 THRU 6 272.

Konstrukcija je ravninska. V spodnji etaži ni vertikalne obtežbe.

Vertikalno obtežbo podamo lahko tudi kot mase, pomnožene z nekim faktorjem. V tem primeru naslovnemu ukazu

VERTICAL LOADING

sledi ukaz

FACTOR f

kjer decimalno število f predstavlja faktor, s katerim je potrebno pomnožiti vse podatke a_1 in a_2 o masah (mase in masne vztrajnostne momente), da bi dobili ustrezne vrednosti vertikalne obtežbe. Koordinate težišča ostanejo nespremenjene.

Podatki o masah morajo biti podani pred tem ukazom.

Primer:

VERTICAL LOADING

FACTOR 10.

Ukaza sta ekvivalentna ukazom v predhodnih primerih, če so pred tem podani taki ukazi o masah, kot so prikazani v primerih poglavja "Ukazi o masah konstrukcije".

Pozor: Program ni namenjen računu notranjih sil v konstrukciji zaradi vertikalne obtežbe, pač pa lahko izračuna uklonsko varnost konstrukcije (metoda STABILITY) in dodaten vpliv vertikalne obtežbe pri horizontalni obtežbi (SECOND ORDER THEORY - teorija drugega reda).

Ukaz o izpisu matrik

Program vedno izpiše podatke, lastne vrednosti in vektorje ter premike in ekvivalentno obtežbo konstrukcije (pri dinamičnih obtežnih slučajih samo maksimalne vrednosti). Če želimo dodatno še izpis matrik konstrukcije, podamo ukaz

TABULATE MATRICES

Ukaz o risanju na printer

Lastne vektorje (nihajne in uklonske oblike) lahko rišemo na printer z ukazom

PRINTPLOT n_1 n_2 EIGENVECTORS i_1 i_2 i_3

Parametri n_1 , n_2 , i_1 , i_2 in i_3 so cela števila, ki pomenijo

n_1 širina (višina) slike v cm

n_2 dolžina slike v cm

i_1, i_2, i_3 oznake lastnih vektorjev

Možni sta dve širini slike. Če je n_1 večji od 20, je izkoriščena celotna širina papirja (100 kolon), drugače pa je izkoriščena le širina A4 formata. Ne glede na parameter n_2 so po dolžini vedno narisane vse izračunane točke. Presledki med posameznimi točkami so določeni tako, da se dolžina slike čimbolj približa dolžini n_2 . Slika ni narisana v merilu, kajti vse izračunane točke so nanešene v enakomernih intervalih.

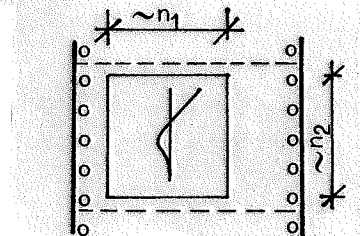
Podati je možno eno, dve ali tri oznake lastnih vektorjev (od 1 do števila izračunanih nihajnih oziroma uklonskih oblik). Vsi podani lastni vektorji bodo narisani na eni sliki.

Vsak PRINTPLOT ukaz definira eno sliko. Ista oznaka lastnega vektorja se lahko pojavi na več slikah. Možno je podati največ devet oznak lastnih vektorjev na največ devetih slikah.

Ukazi veljajo tako za nihajne kot tudi za uklonske oblike. Če je zahtevana metoda DYNAMIC, bodo narisane nihajne oblike, če STABILITY, potem uklonske, če pa sta zahtevani obe metodi, bodo na ločenih slikah narisane nihajne in uklonske oblike.

Primer:

```
PRINTPLOT 30 20 EIGENVECTORS 1 3 2
PRINTPLOT 10 20 EIGENVECTOR 1
```



Na celotni širini papirja želimo imeti na eni sliki narisane lastne vektorje 1, 2 in 3, na širino A4 formata pa na drugi sliki lastni vektor 1. Obe sliki bosta dolgi približno 20 cm.

Ukaz za risanje na ploter

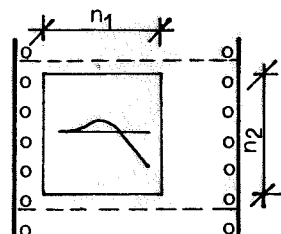
Lastne vektorje (nihajne in uklonske oblike) lahko rišemo na ploter z ukazom

PLOT n_1 n_2 EIGENVECTORS i_1 i_2 i_3

Ukaz je povsem analogen ukazu PRINTPLOT, le da ima slika točne dimenzije n_1 in n_2 ter da je narisana v merilu. Višina slike je omenjena s širino papirja in lahko znaša maksimalno 56 cm. Slika lastnih vektorjev je zasukana za kot 90° napram sliki pri ukazu PRINTPLOT.

Primer:

```
PLOT 30 21 EIGENVECTORS 1 3 5
PLOT 15 10 EIGENVECTORS 2 4
```



PODATKI O ELEMENTIH

Vsi podatki za en element morajo biti podani med naslovnim ukazom ELEMENT in naslednjim naslovnim ukazom. Naslovnemu ukazu mora slediti ukaz o tipu elementa. Vrstni red ostalih ukazov je poljuben s sledečimi izjemami:

- če je število etaž elementa drugačno (manjše) od števila etaž konstrukcije, je treba to število podati pred ukazi o karakteristikah elementa, o masah in o vertikalni obtežbi;
- če je vertikalna obtežba podana z ukazom FACTOR, morajo biti mase podane pred vertikalno obtežbo;
- če je pri podajanju matrike uporabljan ukaz FACTOR, mora biti ta podan za podatki o matriki.

Ukaz o tipu elementa

#

Tip elementa definiramo z ukazom

TYPE tip elementa

Ta ukaz mora biti tik za naslovnim ukazom elementa. Možno je uporabljati sledeče tipe elementov:

TYPE CANTILEVER

TYPE SCANTILEVER

TYPE FRAME

TYPE WALL

TYPE TUBE

TYPE FLEXIBILITY

TYPE STIFFNESS

TYPE PELEMENT n

TYPE SWALL n

Prvih sedem tipov je istih kot v programu DAVEK (konzola, element na stebrih, okvir, stena z odprtinami, jašek, podajnostna in togostna matrika). Podrobnosti so podane pri ukazih o karakteristikah elementov in v teoretičnih osnovah.

Tip PELEMENT pomeni, da veljajo za obravnavani element vsi podatki elementa z zaporedno številno n razen tistih, ki bodo v nadaljnjih ukazih do naslednjega naslovnega ukaza ponovno definirani. Edino izjemo pri tem predstavlja ukaz o izpisu matrik elementa (TABULATE MATRICES), ki ga je treba ponovno podati,

čeprav je bil izpis matrik že zahtevan pri elementu *n*. Tipa elementa in podane matrike ni možno spreminjati. Pri podatkih o karakteristikah elementa, o masah in vertikalni obtežbi je možno na novo definirati vrednosti za vse etaže ali samo za posamezne etaže. Pri tem je treba paziti, da vrednost, ki ni podana, ne pomeni ničlo, pač pa staro vrednost. Če želimo, da ima neka količina vrednost nič, moramo ničlo eksplicitno podati. Pri tipu PELEMENT ni dovoljeno uporabljati ukaza FACTOR pri vertikalni obtežbi, razen če vse mase definiramo na novo.

Oznaka *n* mora biti vedno manjša od zaporedne številke obravnavanega elementa, lahko pa se nanaša tudi na element tipa PELEMENT. Če je oznaka *n* spuščena, program kot osnovo vzame podatke elementa, ki je bil podan tik pred obravnavanim elementom.

Z ekonomskega stališča (cena računalnika) je ugodno, da se oznake elementov tipa PELEMENT nanašajo na bližnje elemente. Ob tem naj poudarimo, da dobijo elementi oznake glede na vrstni red pri podajanju podatkov in da morebitne številke na naslovni kartici ELEMENT ne vplivajo na oznake.

Primer:

```

ELEMENT STENA X1
TYPE CANTILEVER
NUMBER OF STORIES 10
TABULATE MATRICES
COORDINATES 10. 5.
DIRECTION X
SECTION PROPERTIES
1 THRU 10 1.2 3.
ELEMENT STENA X2
TYPE PELEMENT
COORDINATES 10. 10.
ELEMENT STENA Y1
TYPE PELEMENT 1
DIRECTION Y
COORDINATES 0. 15.5
ELEMENT STENA Y2
TYPE PELEMENT
NUMBER OF STORIES 8

```

COORDINATES 10. 15.5

SECTION PROPERTIES

8 0.6 0.5

TABULATE MATRICES

Za elementa STENA X2 in STENA Y1 veljajo isti podatki kot za element STENA 1, le koordinate so spremenjene, pri STENA Y1 pa tudi nosilna smer. Element STENA Y2 ima iste podatke kot element STENA Y1, spremenjene so le koordinate, število etaž in statične karakteristike elementa v osmi etaži. Element je nosilen v Y smeri. Isti rezultat bi dobili ob manjšem računskem času, če bi pri steni Y1 podali ukaz TYPE PELEMENT. Podajnostna in togostna matrika elementa bosta izpisani pri elementih STENA X1 in STENA Y2.

Ukaz o številu etaž elementa

Število etaž elementa podamo z ukazom

NUMBER OF STORIES n

kjer je n celo število, ki predstavlja število etaž. Število etaž elementa mora biti manjše ali enako številu etaž konstrukcije. Če ta ukaz ni podan, velja, da je število etaž elementa enako številu etaž konstrukcije, le pri tipu PELEMENT m je enako številu etaž elementa z oznako m.

Ukaz o nosilni smeri elementa

* P

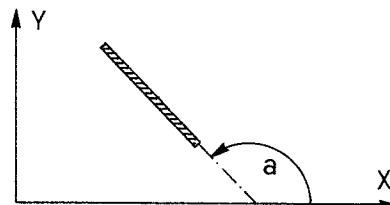
V programu je možno uporabljati le elemente, ki so nosilni v eni sami smeri. Ravninski nosilni elementi (n.pr. ravninski okvirji) so dejansko nosilni v eni sami smeri, medtem ko je prostorske nosilne elemente vedno možno razstaviti na tri elemente, od katerih sta dva nosilna za upogib, eden pa za torzijo. V ta namen moramo izbrati za koordinatno izhodišče strižno središče prereza elementa, za koordinatne osi pa osi vzporedne glavnim osem prereza. Nosilno smer elementa podamo z enim od ukazov

DIRECTION X

DIRECTION Y

DIRECTION Z

DIRECTION X a



ki pomenijo, da je element nosilen v globalni X, Y (upogibna elementa) ali Z smeri (torzijski element) oziroma, da je velikost kota med globalno X osjo in nosilno smerjo upogibnega elementa v radianih enaka decimalnemu številu a.

Pri ravninskih konstrukcijah je edina možna nosilna smer X smer, zato ukaza ni potrebno podajati. Pri prostorskih konstrukcijah je ukaz obvezen.

Primeri:

DIRECTION Y

DIRECTION X 1.57

Oba primera sta enakovredna (do velikosti napake pri podajanju kota $\pi/2$).

Ukaz o položaju elementa

Plorisni položaj elementa podamo z ukazom

COORDINATES a_1 a_2

kjer predstavljata a_1 in a_2 x in y koordinati strižnega središča elementa. Če ta ukaz ni podan, velja $a_1 = a_2 = 0$. Koordinati strižnega središča elementa se po višini konstrukcije ne smeta spreminjati.

Pri ravninskih konstrukcijah je položaj elementa brez pomena, zato ta ukaz opuščamo. Pri prostorskih konstrukcijah je pomembna pravokotna razdalja med nosilno osjo upogibnega elementa in koordinatnim izhodiščem konstrukcije, zato je pri elementih, ki so nosilni v smeri X ali Y osi konstrukcije, pomembna le ena koordinata (pri elementih definiranih z ukazom DIRECTION X je to y koordinata in obratno). Pri torzijskih elementih položaj elementa ni pomemben.

Primeri:

COORDINATES 0. -5.3

COORDINATES 12.3

V drugem primeru je koordinata y enaka nič (razen pri tipu PELEMENT).

Ukaz o vpetosti elementa

V verziji 1 programa je možno upoštevati samo togo vpetost elementa. Ukaz

FOUNDATION RIGID

ima isti pomen, kot če ni podan noben ukaz o vpetosti elementa.

Ukazi o masah elementa

Pri dinamični analizi večetažnih objektov običajno predpostavimo, da je celot-

na masa enakomerno razporejena po tlorisu cele etaže in z upoštevanjem te predpostavke izračunamo maso in masni vztrajnostni moment, ki se nanašata na celotno konstrukcijo. Včasih obstajajo na konstrukciji tudi koncentrirane mase (glede na tloris), katerih vpliv hočemo točno zajeti in jih zato upoštevamo pri računu mase in masnega vztrajnostnega momenta konstrukcije. Take mase so na primer mase nosilnih elementov, ki jih je možno neposredno podati z naslovnim ukazom

MASSES

ki mu sledijo ukazi oblike

n a

ali

n₁ THRU n₂ a

Z n je označena etaža, parameter a pa pomeni koncentrirano maso v etaži n za upogibne elemente oziroma koncentriran masni vztrajnostni moment v etaži n za torzijske elemente (tip TUBE).

Predpostavljeno je, da masa deluje v strižnem središču elementa, torej da se težišče in strižno središče elementa ujemata.

Če mase v katerikoli etaži ne upoštevamo, je ni treba podajati. Program pri tvorbi masne matrike konstrukcije avtomatično upošteva tudi mase elementov, tako da dobimo identične rezultate, kot če bi pri pripravi podatkov mase elementov sami transformirali v težišče konstrukcije in jih podali pri podatkih o masah konstrukcije.

Možno je podati samo mase konstrukcije, samo mase elementov ali oboje. Če želimo dinamično analizo, mora biti podana vsaj ena masa, bodisi pri konstrukciji, bodisi pri kateremkoli elementu. Če zahtevamo samo statično ali stabilizirano analizo, mas ni treba podajati.

Pozor: Če podajamo mase prostorskega elementa, ki smo ga razbili na tri ravninske elemente, podamo maso samo pri enem elementu od obeh upogibnih elementov, masni vztrajnostni moment pa pri torzijskem elementu.

Pozor: Podajajo se mase in ne teže (glej opombo pri podatkih o masah konstrukcije).

Primer:

TYPE FRAME

⋮

MASSES

1 THRU 2 15.

3 12.

5 THRU 8 11.2

Element ima upogibno togost (tip FRAME), zato se podatki nanašajo na mase. Mase v četrti etaži ne upoštevamo.

Ukazi o vertikalni obtežbi elementa

Analogno kot pri podatkih o masah je tudi pri vertikalni obtežbi možno podati poleg vertikalne obtežbe celotne konstrukcije še vertikalne obtežbe posameznih elementov.

Naslovnemu ukazu

VERTICAL LOADING

sledijo ukazi oblike

n a

ali

n_1 THRU n_2 a

Z n je označena etaža, parameter a pa pomeni vertikalno obtežbo v etaži n za upogibne elemente oziroma vztrajnostni moment vertikalne obtežbe v etaži n za torzijske elemente. Predpostavljeno je, da vertikalna obtežba deluje v strižnem središču elementa. Če vertikalne obtežbe v katerikoli etaži ne upoštevamo, je ni treba podajati.

Glede odnosa med vertikalno obtežbo konstrukcije in elementov veljajo analogne pripombe kot pri podatkih o masah. Vsaj ena vertikalna obtežba mora biti podana, če zahtevamo stabilnostno analizo ali analizo po teoriji 2. reda.

Primer:

TYPE FRAME

⋮

VERTICAL LOADING

1 THRU 2 150.

3 120.

5 THRU 8 112.

Element ima upogibno togost (tip FRAME), zato se podatki nanašajo na vertikalno obtežbo. V četrti etaži ni vertikalne obtežbe.

Enako kot pri podatkih o vertikalni obtežbi konstrukcije, je tudi tu možno podati obtežbo kot mase, pomnožene z nekim faktorjem. V tem primeru naslovnemu ukazu

VERTICAL LOADING

sledi ukaz

FACTOR f

kjer decimalno število f predstavlja faktor, s katerim je treba pomnožiti vrednosti a, podane pri podatkih o masah elementa. Produkt je enak vrednosti vertikalne obtežbe. Podatki o masah morajo biti podani pred tem ukazom.

Primer:

VERTICAL LOADING

FACTOR 10.

Ta ukaza sta ekvivalentna ukazom v predhodnem primeru, če so pred tem podani taki ukazi o masah, kot so prikazani v poglavju "Ukazi o masah elementa".

Pozor: Vertikalno obtežbo na tri ravninske elemente razbitega prostorskega elementa podajamo samo pri enem od obeh upogibnih elementov (podobno kot pri masah).

Pozor: Glej pripombo pri ukazih o vertikalni obtežbi konstrukcije.

Ukazi o karakteristikah elementov

Podatke o karakteristikah posameznih elementov podajamo z naslovnim ukazom

SECTION PROPERTIES

(Razen tipa PELEMENT)

ki mu sledijo ukazi oblike

n a₁ a₂

ali

n_1 THRU n_2 a_1 a_2

Pri podajanju matrik sledi lahko še ukaz

FACTOR f

Z n je označena etaža. Podatki morajo biti podani za vse etaže elementa (razen za tip PELEMENT).

Primer:

SECTION PROPERTIES

1 THRU 7 0.6 2.3

8 0.5 1.4

Pomen parametrov a_1 je odvisen od tipa elementa.

Tip CANTILEVER

a_1 = strižni prerez (prerez reduciran s strižnim koeficientom κ).

a_2 = vztrajnostni moment

Vrednosti koeficientov

Pravokotnik $\kappa = 1.2$

I, U, C profili in škatle $\kappa \cong 2$

Program upošteva pri računu podajnostne matrike upogibne in strižne deformacije. Če želimo strižne deformacije izločiti, je treba podati velik strižni prerez.

Tip SCANTILEVER

1. etaža

a_1 = razdalja med osmi stebrov (1)

a_2 = prerez levega stebra (F_1)

a_3 = strižni prerez levega stebra (F_{s1})

a_4 = vztrajnostni moment levega stebra (J_1)

a_5 = prerez desnega stebra (F_d)

a_6 = strižni prerez desnega stebra (F_{sd})

a_7 = vztrajnostni moment desnega stebra (J_d)

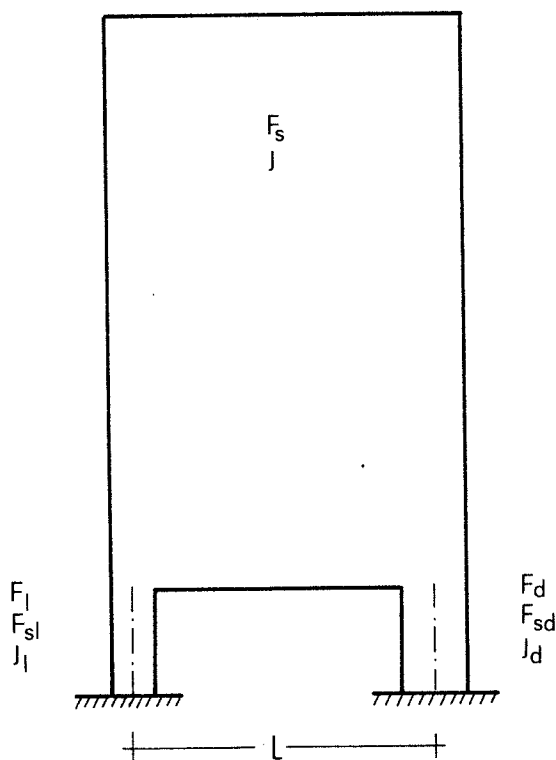
ostale etaže

a_1 = strižni prerez

(F_s)

a_2 = vztrajnostni moment

(J)



Program upošteva strižne in upogibne deformacije ter spremembo dolžine osi stebrov.

Tip FRAME

a_1 = vsota vztrajnostnih momentov stebrov etaže

$(\sum J_s)$

a_2 = vsota togosti prečk etaže

$(\sum (J_p/l))$

Vsoto togosti prečk izračunamo tako, da za vsako prečko najprej vztrajnostni moment delimo z dolžino prečke in nato količnike (togosti) seštejemo.

Za račun podajnostne matrike elementa tipa FRAME uporablja program enačbe Sigalova, ki veljajo za ortogonalne okvirje, kjer so togosti prečk večje ali istega velikostnega reda kot togosti stebrov in kjer vpliv osnih sil ni pomemben. Za okvirje, pri katerih navedeni pogoji niso izpolnjeni, mora uporabnik glede na zahtevano natančnost oceniti, ali bo uporabil tip elementa FRAME in s tem enačbe Sigalova ali pa bo z drugim programom (n. pr. RAVOK, STRESS) določil podajnostno matriko in uporabil tip elementa FLEXIBILITY.

Enačbe Sigalova so izpeljane za toge priključke stebrov in gred, aproksimativno pa je z zmanjšanjem togosti mogoče upoštevati tudi členkaste priključke. Vrednost vztrajnostnega momenta obojestransko členkastega stebra in vrednost togosti obojestransko členkaste prečke je treba vzeti nič. Členkasto vpetost stebra prve etaže v temelj upoštevamo približno tako, da vztrajnostni moment stebra delimo s faktorjem 4.

Za tip elementa FRAME program nima dovolj podatkov za izračun notranjih sil v stebrih in prečkah, zato izpiše le etažno prečno silo, etažni upogibni moment in etažni pomik.

Tip WALL

a_1 = razdalja med osmi sten	(1)
a_2 = svetla odprtina	(a)
a_3 = prerez leve stene	(F_1)
a_4 = strižni prerez leve stene	(F_{s1})
a_5 = vztrajnostni moment leve stene	(J_1)
a_6 = prerez desne stene	(F_d)
a_7 = strižni prerez desne stene	(F_{sd})
a_8 = vztrajnostni moment desne stene	(J_d)
a_9 = strižni prerez prečke	(F_{sp})
a_{10} = vztrajnostni moment prečke	(J_p)

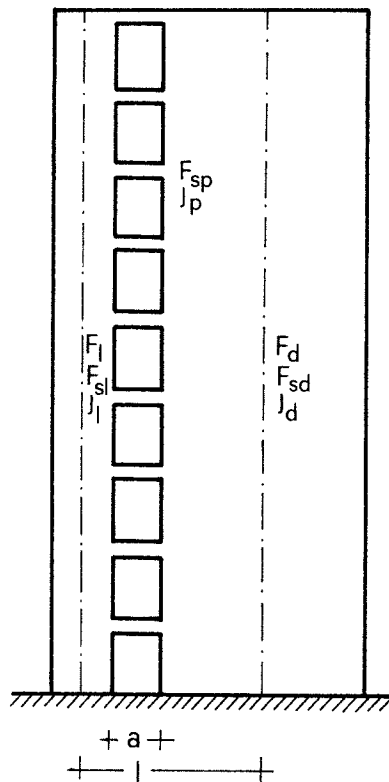
Podatke je možno podati na dveh karticah.

Pozor: Parametri a_1 do a_{10} morajo biti konstantni v vseh etažah.

Program upošteva strižne in upogibne deformacije sten in prečk ter spremembo dolžine osi sten.

Tip elementa WALL je namenjen za stene z eno vrsto odprtin, kjer imajo bistveno večjo togost od prečk. Program uporablja pri računu metodo kontinuirne elastične povezave, zato natančnost rezultatov pada z zmanjšanjem števila etaž, vendar je po naših izkušnjah v mejah inženirske natančnosti pri stenah z več kot štirimi etažami.

Enačbe so izpeljane ob predpostavki, da so etažne višine konstantne, vendar



je možno aproksimativno uporabljati element tipa WALL tudi pri spremenljivih etažnih višinah. Program v takem primeru računa s povprečno etažno višino.

Element je možno uporabljati tudi za račun simetričnih sten z dvema vrstama odprtin, če ustrezno priredimo parametre

$$a_3 = 2 F_l$$

$$a_4 = 2 F_{sl}$$

$$a_5 = 2 J_l$$

$$a_6 = \text{veliko število (n. pr. 99999.)}$$

$$a_9 = 2 F_{sp}$$

$$a_{10} = 2 J_p$$

Ostali parametri ostanejo nespremenjeni.

Rezultate za levo steno in za prečke je treba deliti z dva, osna sila v desni steni je enaka nič.

Tip SWALL

Tip elementa SWALL je namenjen za račun sten z več vrstami odprtin, pa tudi sten z eno ali dvema simetričnima vrstama odprtin, če so etažne višine različne ali če je število etaž majhno, tako da ni mogoče uporabiti tipa WALL.

Tip elementa definiramo z ukazom

TYPE SWALL n

kjer je n celo število, ki predstavlja število polj (= število vrst prečk).

Podatke o karakteristikah elementa podajamo na isti način kot pri ostalih elementih. Vrednosti a_1 mora biti $7n + 3$, kjer je n število polj. Podatke je možno podati na več karticah. Parametri a_1 predstavljajo

a_1	do	a_n	razdalje med osmi sten od leve na desno
a_{n+1}	do	a_{2n}	svetle odprtine od leve na desno
a_{2n+1}	do	a_{2n+3}	prerez, strižni prerez in vztrajnostni moment 1. (leve) stene
a_{2n+4}	do	a_{2n+6}	prerez, strižni prerez in vztrajnostni moment 2. stene
.		.	
.		.	
$a_{2n+3(n+1)-2}$	do	$a_{2n+3(n+1)}$	prerez, strižni prerez in vztrajnostni moment zadnje (desne, n+1) stene
a_{5n+4}	in	a_{5n+5}	strižni prerez in vztrajnostni moment 1. (leve) prečke
a_{5n+6}	in	a_{5n+7}	strižni prerez in vztrajnostni moment 2. prečke
.		.	
.		.	
a_{7n+2}	in	a_{7n+3}	strižni prerez in vztrajnostni moment n. (desne, zadnje) prečke

OMEJITVE PRI UPORABI TIPA SWALL

Pri uporabi sten z več vrstami odprtin je potrebno upoštevati sledeče omejitve:

Razdalje med osmi stene morajo biti konstantne po celotni višini elementa.

Ukaz tipa PELEMENT se lahko nanaša pri stenah z več vrstami odprtin samo na element, ki je podan neposredno pred obravnavanim elementom. Stene z več vrstami odprtin lahko uporabljamo pri statični analizi ali analizi s spektrom odziva, ni jih pa mogoče uporabljati pri dinamični analizi, kjer je zahtevan račun časovnega poteka odziva (TYPE RESPONSE HISTORY). Element se ne more uporabljati za račun enoetažnih sten.

Poleg že navedenih omejitev, ki omejujejo velikost problema, je potrebno pri uporabi tipa SWALL upoštevati še sledeče

$$n \leq 7$$

$$(6n + 3)m \leq 900$$

kjer predstavlja

n število polj

m število ukazov tipa i a₁ a₂ ... ali

 i₁ THRU i₂ a₁ a₂ ...

(število odsekov po višini stene z različnimi podatki)

$$(6 * NPOLJ + 3) * NPOD \leq 900$$

$$\text{Šifra} = 3$$

$$12 * IETAZ + 6 + NE * (NE + 1)/2 + 3 * 11 + NPOLJ * (NPOLJ + 1) *$$

$$* NETAZ \leq A$$

$$\text{Šifra} = 4$$

$$139 + (4 + M1) * NE + (2 * M1 + 7) * IETAZ + NETAZ * NPOLJ * (NPOLJ + 1) + NETAZ * (M1 + 14 * NPOLJ + 9) \leq A$$

$$\text{Šifra} = 5$$

OZNAKE POMENIJO

A, IL, NE, ITON, IF1, IF2, IF3, LSTEP, M

glej stran N - 3

NPOLJ število polj pri SWALL (vrednost n v omejitvah za tip SWALL)

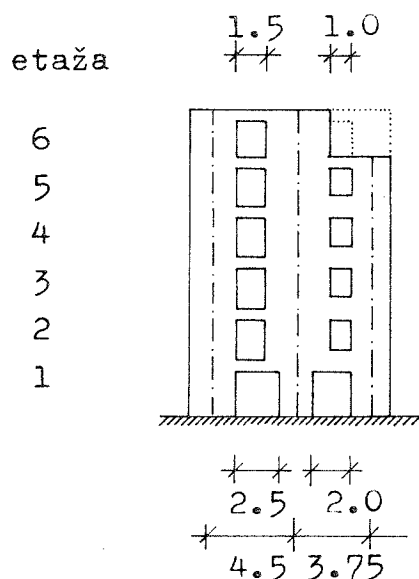
NPOD število odsekov po višini stene tipa SWALL z različnimi podatki (vrednost m v omejitvah za tip SWALL)

NETAZ	število etaž stene tipa SWALL
IETAZ	število etaž konstrukcije
MI	1 pri statični analizi, število nihajnih oblik pri dinamični analizi

PRAKTIČNI NAPOTKI

V praksi se le redko pojavijo primeri, ko je popolnoma izpolnjena predpostavka, da se osi sten ne lomijo po višini elementa. Na tej predpostavki temelji metoda, ki je uporabljena v programu EAVEK za račun sten z več vrstami odprtin. V primeru manjših odstopanj od te predpostavke je v okviru inženirske natančnosti še vedno mogoče uporabljati omenjen element in lome osi enostavno zanemariti. V primeru, ko manjkajo stene ali prečke zgoraj, jih moramo vseeno podati, vendar jim predpišemo zelo majhne vrednosti prereзов in vztrajnostnih momentov. V primeru, ko je nekje odprtina zapolnjena, to upoštevamo z ustreznimi vrednostmi prereзов in vztrajnostnih momentov sosednjih stebrov in prečk.

PRIMER



Prerezi, strižni prerezi in
vztrajnostni momenti sten

6	stena 1	$F = 0.50 \text{ m}^2$
5		$F_S = 0.42 \text{ m}^2$
4		$I = 0.260 \text{ m}^4$
3	stena 2	$F = 0.30 \text{ m}^2$
2	etaža 1	$F_S = 0.25 \text{ m}^2$
1		$I = 0.056 \text{ m}^4$
	stena 2	$F = 0.70 \text{ m}^2$
	etaže 2-6	$F_S = 0.58 \text{ m}^2$
		$I = 0.715 \text{ m}^4$
stena 1	stena 3	$F = 0.40 \text{ m}^2$
prečka		$F_S = 0.33 \text{ m}^2$
(polje)		$I = 0.133 \text{ m}^4$

Strižni prerezi in vztrajnostni momenti prečk

prečka 1 in prečka 2 v etaži 5

$$F_s = 0.10 \text{ m}^2$$

$$I = 0.0036 \text{ m}^4$$

prečka 2 v etažah 1 do 4

$$F_s = 0.20 \text{ m}^2$$

$$I = 0.0288 \text{ m}^4$$

Priprava podatkov za primer

TYPE SWALL 2

SECT PROP

1	4.5	3.75	2.5	2.					
	0.5	0.42	0.260	0.3	0.25	0.056	0.4	0.33	0.133
	0.1	0.0036	0.2	0.0288					
2 THRU 4	4.5	3.75	1.5	1.					
	0.5	0.42	0.260	0.7	0.58	0.715	0.4	0.33	0.133
	0.1	0.0036	0.2	0.0288					
5	4.5	3.75	1.5	1.					
	0.5	0.42	0.260	0.7	0.58	0.715	0.4	0.33	0.133
	0.1	0.0036	0.1	0.0036					
6	4.5	3.75	1.5	1.					
	0.5	0.42	0.260	0.7	0.58	0.715			
	0.0001	0.0001	0.000001						
	0.1	0.0036	0.0001	0.000001					

Tip TUBE

a_1 = vztrajnostni moment pri Saint Venantovi torziji (J_t)
 a_2 = vztrajnostni moment pri upogibni torziji (J_ω)

Pozor: Parametri se samo v posebnih primerih lahko spreminjajo v posameznih etažah.

Tip TUBE je namenjen za elemente s torzijsko nosilnostjo. V visokogradnji so to tenkostenski elementi, predvsem stopniščna jedra, deloma pa tudi stene sestavljenega tlorisa. Pri običajnih tlorisih konstrukcij v visokogradnji imajo ti elementi največkrat podrejen pomen, saj bistveni del torzijske togosti zgradbe predstavljajo upogibni elementi, ki so odmaknjeni od centra rotacije. Iz tega razloga je smiselno upoštevati torzijske elemente le, če njihova lokalna torzijska odpornost predstavlja zaznaven delež torzijske odpornosti konstrukcije.

Tenkostenski torzijski elementi imajo lahko zaprt, odprt ali elastično povezan presek. Teoretično se v vseh primerih pojavi kombinirana torzija (Saint Venantova in upogibna), vendar pri zaprtih presekih prevladuje Saint Venantova torzija in je vpliv upogibne torzije možno zanemariti, pri odprtih presekih pa je ravno obratno.

V programu upoštevamo ta dva posebna primera tako, da podamo za zaprte preseke le vrednost a_1 , medtem ko je a_2 enak nič, za odprte preseke pa obratno. Vrednosti je možno spreminjati po etažah.

Če želimo, da program upošteva enačbe za kombinirano torzijo, je treba podati dejanske vrednosti za a_1 in a_2 . V tem primeru ni dovoljeno spreminjati vrednosti po etažah.

Pri elastično povezanih presekih (n. pr. zaprto jedro z odprtinami) je nujno potrebno upoštevati kombinirano torzijo. V teoretičnem delu so podane enačbe za eno vrsto odprtin.

Tip FLEXIBILITY

a_i = koeficienti podajnostne matrike elementa

Podaja se spodnji trikotnik podajnostne matrike: za prvo etažo 1 koeficient, za drugo 2, itd.

```

1          x
2          x  x
3          x  x  x
:
:
:

```

Pri tem tipu ukaz n_1 THRU n_2 ni dovoljen. Oznaka etaže mora biti vedno prva oznaka na kartici, koeficiente a_i , ki sledijo, lahko podamo na več karticah. Pri tipu PELEMENT ni možno spreminjati podane matrike, možno pa je zmanjšati število etaž glede na element s podano matriko.

Tip FLEXIBILITY se uporablja za elemente, ki niso vgrajeni v program in moramo na njih izračunati matrike s posebnim programom. Podajnostna matrika predstavlja horizontalne pomike pri upogibnih elementih oziroma zasuke v horizontalnih ravninah pri torzijskih elementih zaradi obtežbe l (sile oziroma torzijski momenti) v višinah posameznih etaž. Red matrike je vedno enak številu etaž elementa.

Matrika stabilne konstrukcije mora biti vedno pozitivno definitna. Če program javi, da matrika ni pozitivno definitna, je najverjetneje nastala napaka pri pripravi podatkov za koeficiente matrike. Pri nekaterih elementih lahko že majhna napaka pri enem koeficientu povzroči, da matrika ni pozitivno definitna. Priporočljivo je podajati koeficiente z natančnostjo vsaj štirih mest.

Z ukazom

FACTOR f

povemo, da mora program pomnožiti vse koeficiente matrike s faktorjem f . Na ta način se izognemo zelo velikim in zelo majhnim številom pri podajanju koeficientov matrik. Če ta ukaz ni podan, ostanejo koeficienti matrik nespremenjeni.

Pri tipu FLEXIBILITY program nima dovolj podatkov za račun notranjih sil, zato izpiše le etažno silo, etažni upogibni moment in etažni premik.

Primer:

TYPE FLEXIBILITY

NUMBER OF STORIES 4

SECTION PROPERTIES

1	0.03243		
2	0.04443	0.1935	
3	0.05514	0.3192	0.7468
4	0.06473	0.4217	1.0938
	1.843		
FACTOR		0.0001	

Tip STIFFNESS

a_i = koeficienti togostne matrike elementa

Velja vse isto kot pri tipu FLEXIBILITY, le da namesto podajnostne matrike podajamo togostno matriko elementa. Togostna matrika, ki jo tu uporabljamo, je tako imenovana kondenzirana togostna matrika, ki ima red enak številu etaž elementa. Dobimo jo z inverzijo podajnostne matrike, definirane pri tipu FLEXIBILITY ali s kondenzacijo celotne togostne matrike.

Tip PELEMENT

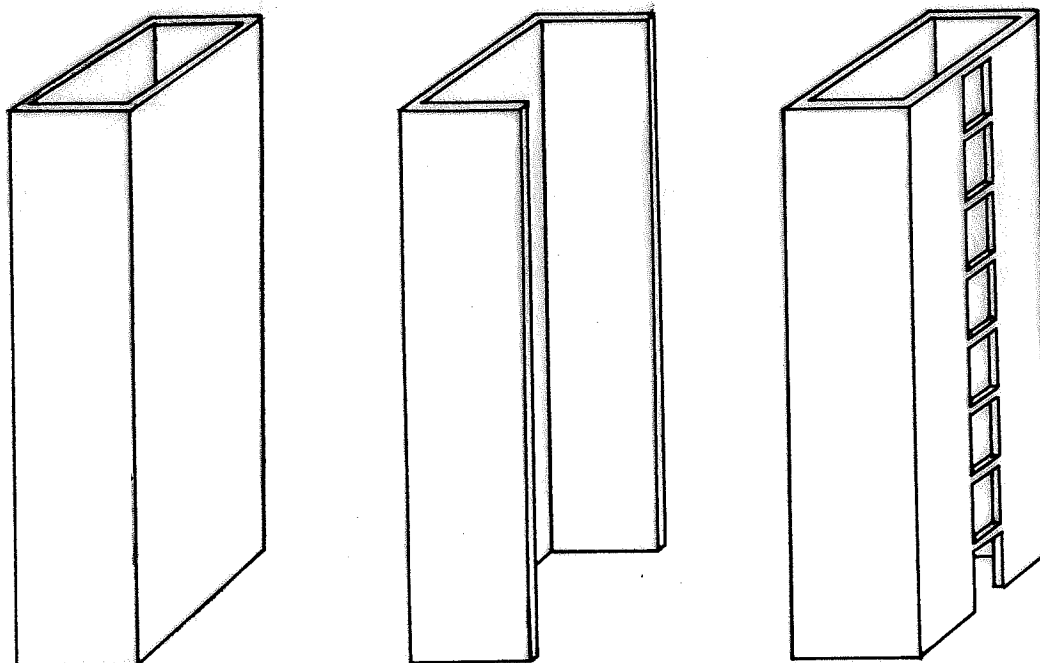
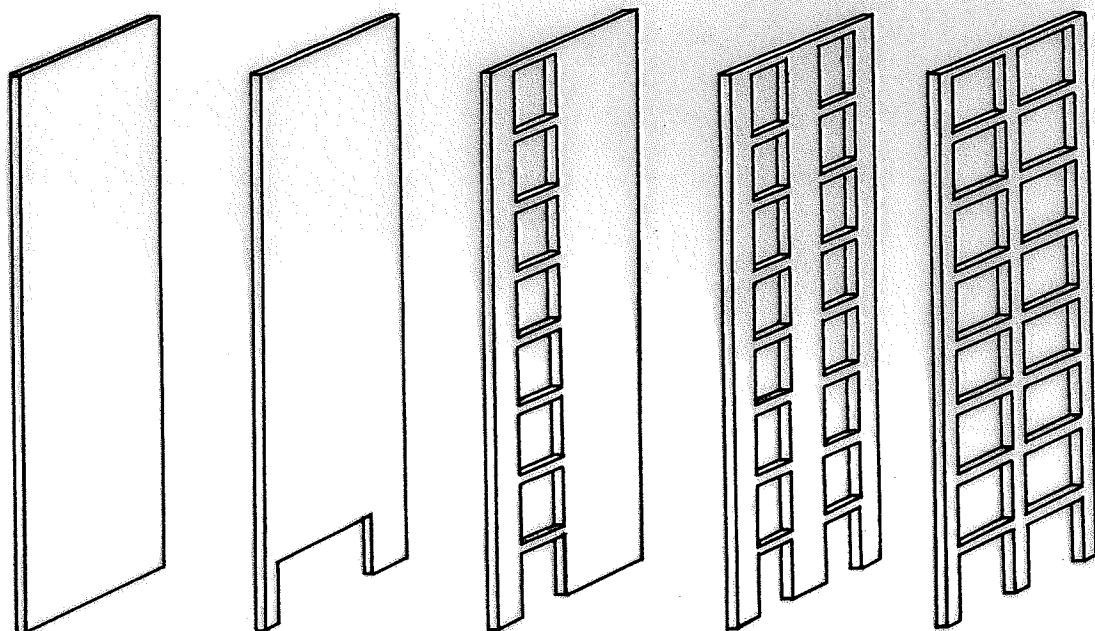
Tip PELEMENT ni poseben tip elementa, pač pa ima element isti tip kot neki predhodni podani element.

Ukaz o izpisu matrik

Izpis podajnostne in togostne matrike elementa zahtevamo z ukazom

TABULATE MATRICES

Če tega ukaza ni, ni izpisa matrik. To velja tudi za element tipa PELEMENT. Če je matrika podana kot podatek (tipa STIFFNESS in FLEXIBILITY), je pri podatkih izpisana v vsakem primeru.



Standardni makroelementi v programu EAVEK

PODATKI O OBTEŽBI

Vsi podatki za en obtežni primer morajo biti podani med naslovnim ukazom LOADING in naslednjim naslovnim ukazom LOADING oziroma ukazom SOLVE, če je element zadnji po vrsti. Ukaz o tipu obtežbe mora biti drugi ukaz obtežnega primera, vrstni red ostalih ukazov je poljuben.

Ukaz o tipu obtežbe

Tip obtežbe podamo z ukazom

TYPE tip obtežbe

Ta ukaz mora neposredno slediti naslovnemu ukazu obtežbe. Možno je uporabljati naslednje tipe obtežbe:

TYPE STATIC

TYPE YUSPECTRUM n

TYPE SPECTRUM

TYPE RESPONSE HISTORY

Prvi ukaz pomeni, da bo v tem obtežnem primeru podana statična obtežba. Drugi in tretji ukaz zahtevata dinamično analizo pri seizmični obtežbi z metodo **spektra odziva in sicer drugi po jugoslovanskih predpisih, pri tretjem** pa je potrebno spekter podati. Četrty ukaz zahteva račun časovnega poteka odziva konstrukcije. Za tip obtežbe STATIC mora biti predhodno podana metoda STATIC, za ostale tri tipe obtežbe pa metoda DYNAMIC.

Ukaz za račun notranjih sil

Program normalno računa notranje sile v vseh elementih pri statičnih obtežnih primerih (TYPE STATIC) in pri analizi s spektrom odziva (TYPE SPECTRUM, TYPE YUSPECTRUM). Pri računu odziva TYPE RESPONSE HISTORY izračuna notranje sile samo v tistih intervalih, kjer doseže katerikoli premik ali etažni premik oziroma katerakoli ekvivalentna sila konstrukcije maksimalno vrednost.

To pravilo je možno spremeniti z ukazoma

COMPUTE NFORCES

ali

COMPUTE FORCES

Prvi ukaz pomeni, naj program ne računa notranjih sil, drugi ukaz pa pomeni, naj program računa notranje sile v vseh intervalih. Drugi ukaz ima pomen samo pri računu odziva, medtem ko ima pri statični analizi in pri analizi s spektrom odziva isti učinek, kot če bi ukaz COMPUTE spustili.

Ukazi o izpisu

Program avtomatično izpiše za vsak obtežni primer premike in ekvivalentno obtežbo konstrukcije. Pri tipu RESPONSE HISTORY ni izpisan celoten časovni potek teh količin, pač pa samo maksimalne vrednosti. Dodatne izpise zahtevamo z ukazom oblike

TABULATE spisek

Na tem mestu so navedene samo tiste možnosti izpisa, ki jih je možno zahtevati pri vseh tipih obtežnih primerov, priporočljivi pa so le pri statični obtežbi ali pri računu s spektri. Pri računu odziva bi splošne možnosti izpisa, navedene na tem mestu, povzročile zelo obširen izpis, zato obstajajo pri tem tipu obtežbe še dodatne variante izpisa, ki so navedene pri navodilih za podajanje obtežbe tipa RESPONSE HISTORY.

Vse količine, ki jih program izračuna, lahko razdelimo na tri skupine. Z DISPLACEMENTS so označeni premiki konstrukcije in elementov, z LOADS ekvivalentna zunanja obtežba konstrukcije ali elementov in s FORCES notranje sile elementov. Oznaka ALL zajema vse tri skupine količin.

TABULATE DISPLACEMENTS

TABULATE LOADS

TABULATE FORCES

TABULATE ALL

Poljubno kombinacijo prvih treh oznak je možno podati na eni kartici (glej omejitev pri tipu RESPONSE HISTORY) ali na več karticah, n. pr.:

TABULATE DISPLACEMENTS FORCES

ali

TABULATE DISPLACEMENTS

TABULATE FORCES

Ukaza

TABULATE DISPLACEMENTS LOADS FORCES

in

TABULATE ALL

sta ekvivalentna.

Ekvivalentna zunanja obtežba (LOADS) je tista obtežba, ki bi dala dejanske pomike, če bi računali po statični metodi. Pri obtežbi, ki se nanaša na elemente, je pri tem vedno upoštevana teorija 1. reda, pri obtežbi, ki se nanaša na konstrukcijo, pa teorija 1. reda ali teorija 2. reda, odvisno od tega, kakršna metoda je bila zahtevana. Pri elementih je ekvivalentna zunanja obtežba torej vedno definirana z enačbo

$$\{P_e\} = [K] \{U\}$$

kjer so $\{U\}$ dejanski pomiki, določeni s statičnim ali dinamičnim postopkom, po teoriji 1. ali 2. reda, $[K]$ pa togostna matrika. Ekvivalentna obtežba se samo v primeru, ko so bili pomiki izračunani po statični teoriji 1. reda, ujema z dejansko obtežbo.

Pri konstrukciji je ekvivalentna obtežba definirana bodisi z enačbo

$$\{P_e\} = ([K] - [G]) \{U\}$$

če je bil podan ukaz SECOND ORDER THEORY ali z enačbo

$$\{P_e\} = [K] \{U\}$$

če so bili pomiki računani po teoriji 1. reda.

Pri konstrukciji se ekvivalentna obtežba ujema z dejansko obtežbo pri statičnih obtežnih slučajih, medtem ko je pri dinamičnih obtežnih slučajih enaka vsoti dejanske obtežbe in vztrajnostnih sil.

Oznaka FORCES se nanaša na notranje sile elementov. Pri tipih elementov FRAME, FLEXIBILITY in STIFFNESS ima program premalo podatkov, da bi izračunal notranje sile, zato izpiše vrednost prečnih sil in upogibnega momenta v posameznih etažah za celoten element ter vrednosti etažnih pomikov. Ker običajno računamo notranje sile takih tipov elementov z drugimi programi, zajema oznaka FORCES pri

omenjenih treh tipih elementov tudi izpis ekvivalentne zunanje obtežbe, ki ga je treba pri ostalih elementih zahtevati z oznako LOADS.

Pri računu dinamičnega odziva konstrukcije povzročijo navedeni ukazi izpis zahtevanega tipa količin v vsakem časovnem intervalu, tako za konstrukcijo, kot za vse elemente. Tak izpis je v splošnem zelo obsežen, zato ga uporabljamo le izjemoma.

PODATKI O STATIČNI OBTEŽBI (TYPE STATIC)

Ukazi o statični obtežbi

✱

Statično obtežbo podajamo z naslovnim ukazom

STATIC LOADS

ki mu sledijo ukazi oblike

n a_1 a_2 a_3

ali

n_1 THRU n_2 a_1 a_2 a_3

Z n je označena etaža, parametra a_1 in a_2 pomenita rezultanti vseh sil, ki delujejo na etažo v X oziroma Y smeri konstrukcije. Parameter a_3 predstavlja moment zunanje obtežbe, ki deluje na etažo, glede na koordinatno izhodišče.

V etažah, kjer je obtežba enaka nič, je ni treba podajati. Pri ravninskih konstrukcijah podajamo samo obtežbo v X smeri.

Primeri:

STATIC LOADS

5 THRU 10 -10.5

12 -8.

V etažah 5 do 10 delujejo sile v X smeri v iznosu -10.5, v 12. etaži pa sila v X smeri v iznosu -8.

STATIC LOADS

5 10. 0. 150.

V 5. etaži delujeta sila v X smeri in moment, ki se nanaša na izhodišče koordinatnega sistema.

PODATKI ZA RAČUN PO METODI S SPEKTROM ODZIVA (TYPE YUSPECTRUM, TYPE SPECTRUM)

Razlika med obema tipoma je v tem, da so za tip YUSPECTRUM že vgrajeni spektri odziva po starih in novih jugoslovanskih predpisih, medtem ko je za tip SPECTRUM spekter odziva potrebno podati med podatki. Če želimo račun po novih jugoslovanskih predpisih, je potrebno pri ukazu TYPE YUSPECTRUM podati še kategorijo tal, torej

TYPE YUSPECTRUM n

kjer n predstavlja celo število 1, 2 ali 3 in pomeni kategorijo tal po predpisih. Če število n ni podano, program računa po starih predpisih in za kombinacijo vpliva različnih nihajnih oblik upošteva formulo

$$\Phi = \sqrt{\Phi_{\max}^2 + 0.5 \sum \Phi_{\text{ostali}}^2}$$

V vseh ostalih primerih (YUSPECTRUM po novih predpisih in SPECTRUM) je za kombinacije upoštevana formula

$$\Phi = \sqrt{\sum \Phi_j^2}$$

Pri računu s spektri je potrebno uporabljati enoto meter.

Ukazi o spektru

Za račun po jugoslovanskih predpisih (TYPE YUSPECTRUM) je spekter že vgrajen, zato je potrebno podati samo še vrednost rezultantnega koeficienta

KC a

≡

Pri tem velja pri računu po starih predpisih (TYPE YUSPECTRUM) $KC \equiv k_c$, pri računu po novih predpisih (TYPE YUSPECTRUM n) pa $KC \equiv K_o \cdot K_s \cdot K_p$. Koeficient K_η je zajet v računu avtomatično.

Za račun s podanim spectrom (TYPE SPECTRUM) je treba spekter pospeškov podati s točkami. Najprej je treba podati naslovni ukaz

FUNCTION naslov

kjer je naslov poljuben alfanumeričen tekst, ki služi samo za identifikacijo. Naslovnemu ukazu sledijo podatki v obliki

$a_1 \quad f_1 \quad a_2 \quad f_2 \quad \dots\dots\dots$

kjer je z a_1 označena nihajna doba in s f_1 ustrezna vrednost spektra odziva. Pri tem enota za pospeške ni m/s^2 , pač pa pospešek prostega pada ($9.81 m/s^2$). Za podajanje spektra lahko uporabimo več kartic. Vrednosti nihajnih dob morajo naraščati. Maksimalno število točk, ki jih podajamo, je omejeno (glej poglavje o omejitvah). Med podanimi točkami je predpostavljen linearni potek spektra. Če je dejanska nihajna doba večja kot zadnja podana nihajna doba, program vzame zadnjo podano vrednost spektra.

Podatke o funkciji je treba podajati vedno paroma (nihajno dobo in vrednost funkcije). Zadnjo vrednost je treba napisati tudi, če je enaka nič.

Ukaza FUNCTION in KC se medsebojno izključujeta.

Primer:

FUNCTION		SPEKTER PO JUG. PREDPISIH							
0.	1.5	0.5	1.5	0.6	1.25	0.7	1.07	0.8	0.94
0.9	0.83	1.0	0.75	1.1	0.68	1.2	0.63	1.3	0.58
1.4	0.54	1.5	0.5	1.0	0.5				

Ukaz o množilnih faktorjih

≠ P

Množilni faktorji imajo dvojen pomen. Z njimi množimo vrednosti spektra (podanega ali vgrajenega), pri prostorskih konstrukcijah pa določamo tudi smer delovanja pospeškov temeljnih tal. Tako za vgrajen kot tudi za podan spekter ima ukaz obliko

FACTOR $a_1 \quad a_2 \quad a_3$

kjer predstavljajo decimalna števila a_1 , a_2 in a_3 vrednosti faktorjev za pospeške v X in Y smeri ter za kotne pospeške. Za ravninske konstrukcije podamo samo vrednost a_1 , če pa ukaz FACTOR spustimo, velja $a_1 = 1$.

Primeri:

FACTOR 2.5

Vrednosti funkcije množimo s faktorjem 2.5 in ta pospešek deluje v X smeri.

FACTOR 0.707 0.707

Pospešek deluje v smeri pod kotom 45° .

PODATKI PRI RAČUNU ODZIVA (TYPE RESPONSE HISTORY)Ukaz o koeficientih dušenja

Koeficiente dušenja podamo z ukazom

DAMPING a_1 a_2 a_9

Decimalno število a_i predstavlja vrednost koeficienta dušenja za nihajno obliko i . Koeficient dušenja se podaja kot faktor glede na kritično dušenje. Podati je treba vse koeficiente do vključno zadnjega, ki je različen od nič. Če ne upoštevamo dušenja pri nobeni nihajni obliki, ukaz DAMPING spustimo.

Primer:

DAMPING 0.1 0.1 0.07 0.05 0.05

Za prvi dve nihajni obliki upoštevamo dušenje v velikosti 10% kritičnega dušenja, za tretjo nihajno obliko 7%, za četrto in peto pa 5%. Pri ostalih nihajnih oblikah dušenja ne upoštevamo.

Ukazi o časovnem poteku dinamične obtežbe

x

Časovni potek dinamične obtežbe podamo s točkami, podobno kot pri spektru odziva.

Naslovnemu ukazu

FUNCTION naslov

kjer je naslov poljuben alfanumeričen tekst, sledijo podatki o časovni funkciji v obliki

t_1 f_1 t_2 f_2

kjer so s t_i označeni časi in s f_i ustrezne vrednosti funkcije. Podatke je možno podati na več karticah, časi pa morajo vedno naraščati. Prva točka mora biti vedno podana s koordinatama $t_1 = 0$ in $f_1 = 0$. Dovoljeno je podati največ tri časovne funkcije, od katerih moramo vsako začeti z naslovnim ukazom FUNCTION. Skupno število vseh podanih točk je omejeno (glej poglavje o omejitvah). Vsaka funkcija mora biti podana najmanj z dvema točkama. Med posameznimi točkami je predpostavljen linearen potek funkcije. Če zahtevamo račun odziva v času, ki je večji od zadnjega podanega časa pri funkciji, vzame program vrednost funkcije nič. Podatki o funkciji morajo biti podani vedno paroma (čas in vrednost). Zadnjo vrednost moramo podati tudi, če je enaka nič.

Primer:

FUNCTION IMPULZ

0. 0. 0.001 10. 0.003 0.

FUNCTION 2 CIK-CAK

0. 0. 1. 1. 2. 0.

3. -1. 4. 0.

Ukazi o dinamični obtežbi

Možni sta dve vrsti dinamične obtežbe in sicer pospeški temeljnih tal in dinamična obtežba, ki deluje v poljubnih etažah. Obeh vrst obtežbe ni dovoljeno medsebojno kombinirati. Pri podanih pospeških temeljnih tal predstavlja nadomestno zunanjo obtežbo produkt masne matrike in vektorja pospeškov temeljnih tal. Pri tem je vzeto, da je celotna masa nadomeščena s koncentrirano maso v težišču in z masnim vztrajnostnim momentom in da se podani pospešek nanaša na težišče. Pospeški se podajajo v enotah, ki so konsistentne z ostalimi podatki (npr. m/s^2) in ne kot delež pospeška prostega pada.

Pospeški temeljnih tal se podajo z ukazom

EARTHQUAKE i_1 f_1 t_1 i_2 f_2 t_2 i_3 f_3 t_3 *

Cela števila i predstavljajo oznake časovne funkcije, decimalna števila f faktorje, s katerimi je treba vrednosti ustrezne funkcije i množiti, decimalna števila t pa začetne čase, ko začne ustrezna dinamična obtežba delovati.

(V sedanjí verziji programa morajo biti vsi začetni časi enaki 0.) Indeksi 1, 2 in 3 predstavljajo pospeške temeljnih tal v X in Y smeri ter kotne pospeške. Za ravninske konstrukcije podajamo sami vrednosti i_1, f_1 in t_1 . V splošnem je treba podajati le vrednosti do zadnjega od nič različnega parametra.

Primera:

EARTHQUAKE 1 1.

Pospeški temeljnih tal delujejo v smeri X. Njihov časovni potek je podan s funkcijo, ki je bila v tem obtežnem slučaju podana prva po vrsti, njihova velikost je kar enaka vrednostim funkcije. Pospešek se pojavlja v času $t = 0$.

EARTHQUAKE 2 0.5 0. 1 1. 0. 2 0.1

Pospeški temeljnih tal delujejo istočasno v vseh treh smereh (X, Y in kotni pospeški okoli z osi). Časovni potek pospeškov v X smeri in kotnih pospeškov je podan s funkcijo, ki je podana druga po vrsti, časovni potek pospeškov v Y smeri pa s prvo funkcijo. Vrednost prve funkcije je treba množiti z 1., druge pa z 0.5 oziroma z 0.1. Vsi pospeški se pojavijo istočasno v času $t = 0$.

Dinamično obtežbo v poljubnih etažah podamo z naslovnim ukazom

DYNAMIC LOADS

⌘

in ukazi oblike

$n \quad i_1 \quad f_1 \quad t_1 \quad i_2 \quad f_2 \quad t_2 \quad i_3 \quad f_3 \quad t_3$

ali

$n_1 \quad \text{THRU} \quad n_2 \quad i_1 \quad f_1 \quad t_1 \quad i_2 \quad f_2 \quad t_2 \quad i_3 \quad f_3 \quad t_3$

Cela števila n predstavljajo oznake etaž (glej pravila pri ukazih o statični obtežbi - STATIC LOADS), pomen parametrov i , f in t pa je razložen pri ukazu EARTHQUAKE, le da se vrednosti nanašajo na dinamično obtežbo v etaži n ali v etažah n_1 do n_2 . Dinamična obtežba se nanaša na izhodišče koordinatnega sistema.

Primeri:

DYNAMIC LOADS

1 THRU 10 1 1.

V etažah 1 do 10 deluje v izhodišču koordinatnega sistema v smeri X dinamična obtežba. Njen časovni potek in velikost sta podana s prvo časovno funkcijo. Obtežba začne delovati v času $t = 0$.

DYNAMIC LOADS

10 2 0.5 0. 1 1. 0. 2 0.1

V etaži 10 deluje v izhodišču koordinatnega sistema dinamična obtežba, ki ima iste značilnosti kot pospeški temeljnih tal v drugem primeru pri ukazu EARTHQUAKE.

Ukaz o časovnem intervalu računa odziva

Program računa odziv konstrukcije od začetnega časa $t = 0$ do končnega časa, ki ga podamo z ukazom

LAST TIME a

kjer decimalno število a predstavlja končni čas, ko program preneha računati odziv. Če ta ukaz ni podan, program vzame za končni čas zadnji čas pri prvi časovni funkciji. Če je podan končni čas večji od zadnjega časa pri funkciji, vzame program na področju med zadnjim podanim časom pri funkciji in končnim časom

vrednosti funkcije nič.

Ukaz o številu korakov računa odziva

Število korakov pri računu odziva lahko predpišemo z ukazom

NUMBER OF TIMESTEPS n

kar pomeni, da se celoten časovni interval od časa 0 do končnega časa razdeli na n enako dolgih intervalov in program računa odziv konstrukcije na koncu vsakega od intervalov. Če ta ukaz ni podan, določajo časovne intervale točke prve časovne funkcije, ki so lahko podane tudi v neenakomernih intervalih.

Natančnost računa odziva pri programu EAVEK ni vselej odvisna od velikosti intervalov, kot je to primer pri ostalih programih (n. pr. SAP IV). Program EAVEK računa "točno" (v okviru uporabljenih predpostavk) vrednosti odziva za linearne odseke časovnega poteka obtežbe ne glede na dolžino odsekov. Če se torej intervali ujemajo z odseki obtežbe, se meje med intervali ujemajo z mesti loma obtežne funkcije in izračunane vrednosti odziva so točne v vsakem trenutku. Z večanjem števila intervalov ne spremenimo natančnosti računa odziva v posameznih točkah, lahko pa se bolj približamo času, kjer se pojavi maksimalna vrednost odziva in s tem dobimo boljšo vrednost maksimuma.

Prav tako vpliva število intervalov na grafičen prikaz časovnega poteka odziva, kjer so posamezne točke linearno povezane. Največje možno število intervalov je omejeno (glej poglavje o omejitvah).

Ukazi o izpisu

V vsakem primeru izpiše program pri računu odziva maksimalne vrednosti premikov, etažnih premikov in ekvivalentne obtežbe konstrukcije. Če želimo dodaten izpis, lahko uporabimo vse ukaze o izpisu, ki veljajo za vse tipe obtežb

TABULATE DISPLACEMENTS

TABULATE LOADS

TABULATE FORCES

TABULATE ALL

Možno je uporabiti več kartic ali pa kombinirati na eni kartici več kolon, n. pr.

TABULATE LOADS FORCES

Pri računu odziva količine DISPLACEMENTS ni dovoljeno kombinirati z ostalimi količinami.

Vsi navedeni ukazi v splošnem povzročajo zelo obširen izpis, saj program izpisuje zahtevane količine v vsakem intervalu za konstrukcijo in za vsak element. Bolj priporočljivo je pri računu odziva uporabiti druge ukaze, s katerimi zahtevamo samo izpis tistih vrednosti, ki nas najbolj zanimajo.

Ukazi

TABULATE SDISPLACEMENTS

TABULATE SLOADS

TABULATE SFORCES

TABULATE SALL

so analogni splošnim ukazom (TABULATE DISPLACEMENTS itd.), samo da zahtevajo le izpis vrednosti za elemente in le v tistih intervalih, kjer se je pojavila maksimalna vrednost kateregakoli premika, etažnega premika ali ekvivalentna obtežba konstrukcije (torej v tistih intervalih, kjer se računajo notranje sile, če spustimo ukaz COMPUTE).

Ta ukaz je možno kombinirati na eni ali več karticah med seboj ali s splošnimi ukazi o izpisu. Če so podani ukazi, ki si nasprotujejo, bo veljal zadnji ukaz, n. pr.

TABULATE SALL

TABULATE FORCES

pomeni isto kot ukaz

TABULATE SDISPLACEMENTS SLOADS FORCES

Časovni potek izbranih premikov konstrukcije izpisujemo z ukazom

TABULATE DISPLACEMENTS o_1 j_1 o_2 j_2 o_9 j_9

kjer pomeni o_i oznako smeri, j_i pa oznako etaže. Oznako smeri o_{i+1} je možno spustiti, če ima isto vrednost kot oznaka o_i . Če je spuščena oznaka o_1 , potem se vsi premiki do prve podane oznake o_i nanašajo na X smer. Možno je zahtevati izpis časovnega poteka največ devetih premikov konstrukcije za vsak obtežni primer.

Primeri:

```
TABULATE DISPLACEMENTS  X 1  X 10  Y 1  Y 2  Z 8
TABULATE DISPLACEMENTS  X 1  10 Y 1 2  Z 8
TABULATE DISPLACEMENTS  1 10  Y 1 2  Z 8
```

Vsi trije ukazi so enakovredni in sicer zahtevajo izpis časovnega poteka pomikov v 1. in 10. etaži v X smeri, pomikov v 1. in 2. etaži v Y smeri in zasuka v 8. etaži. Vse vrednosti se nanašajo na koordinatno izhodišče konstrukcije.

Izpis maksimalnih vrednosti notranjih sil in ustreznih časov zahtevamo z ukazom

```
TABULATE MAXIMUMS  i1  j1  k1  i2  j2  k2  .....  i50  j50  k50
```

kjer pomeni

i oznaka elementa
j oznaka etaže
k oznaka količine

Največ je možno zahtevati izpis 50 notranjih sil. Ukaz je možno podati na več karticah, vendar skupin treh števil i j k ne smemo deliti. Program išče maksimalne vrednosti samo na tistih intervalih, kjer je bil zahtevan račun notranjih sil (primerjaj ukaz COMPUTE).

Oznake količin k so odvisne od tipa elementa in sicer velja

TYPE CANTILEVER

k = 1 prečna sila
k = 2 upogibni moment

TYPE SCANTILEVER

za 1. etažo (j = 1)

k = 1 osna sila v obeh stebrih
k = 2 prečna sila v levem stebri
k = 3 upogibni moment v levem stebri zgoraj
k = 4 upogibni moment v levem stebri spodaj
k = 5 prečna sila v desnem stebri
k = 6 upogibni moment v desnem stebri zgoraj
k = 7 upogibni moment v desnem stebri spodaj

Za višje etaže veljajo iste oznake kot pri tipu CANTILEVER

TYPE WALL

- k = 1 prečna sila v prečki
- k = 2 osna sila v stenah
- k = 3 prečna sila v levi steni
- k = 4 upogibni moment v levi steni
- k = 5 prečna sila v levi steni
- k = 6 upogibni moment v desni steni

TYPE TUBE

- k = 1 torzijski moment (Saint Venantova torzija)
- k = 2 bimoment
- k = 3 torzijski moment (upogibna torzija)

TYPE FRAME, TYPE FLEXIBILITY, TYPE STIFFNESS

- k = 1 prečna sila za celoten element
- k = 2 upogibni moment zunanje obtežbe za celoten element
- k = 3 etažni premiki

Primer

TABULATE MAXIMUMS 3 2 1 5 10 3

Zahtevan je izpis maksimalne vrednosti 1. količine v 2. etaži za element, ki je bil podan pri podatkih o elementih 3. po vrsti in maksimalne vrednosti 3. količine v 10 etaži za 5. element.

Ukazi o risanju na printer

Na printer je možno narisati časovni potek obtežbe, premikov konstrukcije ali notranjih sil.

Risanje obtežb zahtevamo z ukazom

PRINTPLOT n_1 n_2 FUNCTION i

risanje premikov z ukazom

PRINTPLOT n_1 n_2 DISPLACEMENTS o_1 j_1 o_2 j_2 o_3 j_3

risanje notranjih sil pa z ukazom

```
PRINTPLOT  n1  n2  FORCES  i1  j1  k1  i2  j2  k2  i3  j3  k3
```

Za slike veljajo ista pravila kot pri risanju lastnih vektorjev. Parametra n_1 in n_2 predstavljata širino (višino) slike in dolžino slike v cm. Slika ni narisana v merilu, kajti vse izračunane točke so nanešene v enakih intervalih. Vse ordinate so normirane.

Vsak PRINTPLOT ukaz definira eno sliko. Pri funkcijah je možno na eno sliko narisati samo eno funkcijo. Dopustne so največ tri slike. Pri premikih in notranjih silah je možno na isto sliko risati eno, dve ali tri količine. Dopustno je risati največ devet količin na devet slik. Skupno je torej možno risati največ 21 slik za vsak obtežni primer (3 za funkcije, 9 za premike in 9 za notranje sile).

Parameter i za FUNCTION predstavlja oznako funkcije. Funkcija, ki je podana prva, ima oznako 1, druga 2 in tretja 3. Parametri, podani za DISPLACEMENTS in FORCES, imajo isti pomen kot pri ukazih TABULATE DISPLACEMENTS oziroma TABULATE MAXIMUMS, le da je možno definirati največ tri količine.

Pri notranjih silah so narisane samo sile v tistih intervalih, kjer so izračunane (primerjaj ukaz COMPUTE).

Primeri:

```
PRINTPLOT  10  20  FUNCTION  2
```

Na širini formata A4 ($n_1 \leq 20$) želimo narisati drugo funkcijo. Dolžina slike znaša približno 20 cm (ali več, če je funkcija dolga).

```
PRINTPLOT  15   30  DISPLACEMENTS  5  10
```

```
PRINTPLOT  25   50  DISPLACEMENTS  2  10
```

Na širini A4 formata želimo risati časovni potek pomikov 5. in 10. etaže v X smeri, na drugi sliki, ki zaseda celotno širino papirja, pa časovni potek zasuha 10. etaže. Prva slika bo dolga približno 30 cm, druga pa 50 cm.

```
PRINTPLOT  15   30  FORCES  1  2  3
```

```
PRINTPLOT  25   50  FORCES  1  2  3      5  10  1
```

Zahtevani sta dve sliki istega formata kot v prejšnjem primeru. Na prvo sliko rišemo 3. količino v 2. etaži 1. elementa, na drugo pa isto količino, poleg te pa še 1. količino v 10. etaži 5. elementa.

Ukazi o risanju na ploter

Na ploter je možno narisati časovni potek obtežbe, premikov konstrukcije ali notranjih sil. Ukazi so povsem analogni ukazom o risanju na printer, le oznako PRINTPLOT zamenja oznaka PLOT.

```

PLOT  n1  n2  FUNCTION  i
PLOT  n1  n2  DISPLACEMENTS  o1  j1  o2  j2  o3  j3
PLOT  n1  n2  FORCES          i1  j1  k1  i2  j2  k2  i3  j3  k3

```

Slika ima za razliko od slike na printerju točne dimenzije n_1 in n_2 in je narisana v merilu. Višina slike je omejena s širino papirja in lahko znaša maksimalno 56 cm.

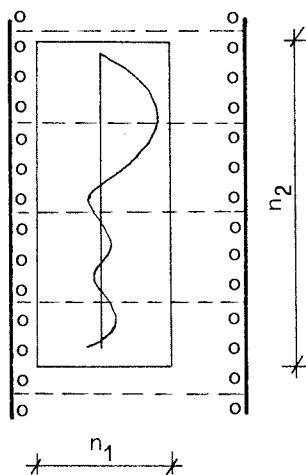
Primeri:

```

PLOT  10   20   FUNCITON  2
PLOT  15   30   DISPLACEMENTS  5  10
PLOT  25   50   DISPLACEMENTS  Z  10
PLOT  15   30   FORCES          1  2  3
PLOT  25   50   FORCES          1  2  3  5  10  1

```

Iste količine kot pri primerih ukazov za risanje na printer, rišemo na ploter.



NAPAKE

Program ima vključeno testiranje podatkov in pri tem lahko odkrije sledeče napake:

1. Splošne napake

- Uporabljen je ukaz, ki ga program ne razume ali ukaz na napačnem mestu.
- Dimenzije primera so prevelike za razpoložljivi pomnilnik.
- Zahtevan je dinamični račun, vendar ni podanih mas.
- Zahtevan je račun stabilnosti ali račun po teoriji 2. reda, vendar ni podane vertikalne obtežbe.
- Ukaz n_1 THRU n_2 je napačen.
- Zamenjani sta celo in decimalno število.

2. Napake pri podatkih o konstrukciji

- Prvi ukaz podatkov ni STRUCTURE.
- Drugi ukaz ni TYPE.
- Število etaž ali elementov ni podano.
- Maksimalno dovoljeno število etaž, elementov ali obtežnih primerov je preseženo.
- Pri statičnem računu je nujen vsaj 1 obtežni primer.
- Elastične konstante niso podane.
- Metoda računa ni podana.
- Višina etaže ni podana.
- Oznaka pri tipu PELEMENT ne ustreza.

3. Napake pri podatkih o elementih

- Število elementov presega podano število.
- Število elementov je manjše od podanega števila.
- Drugi ukaz ni TYPE.
- Število etaž elementa je večje od števila etaž konstrukcije.
- Tip elementa in zahtevana smer se ne ujemata.
- Nosilna smer elementa ni podana.
- Stena z odprtini nima konstantnega preseka.
- Karakteristika prereza je enaka nič.
- Napaka pri podajanju matrik.

4. Napake pri podatkih o obtežbi

- Število obtežnih primerov presega podano število.
- Število obtežnih primerov je manjše od podanega števila.
- Drugi ukaz ni TYPE.
- Število podanih funkcij je večje od 3.
- Skupno število točk podanih funkcij je preveliko.
- Metoda računa in tip obtežbe se ne ujemata.
- Koeficient k_c ni podan.
- Podatki o funkciji niso podani.
- Podatki o funkciji niso pravilno podani.
- Faktor ni podan.
- Ukaz EARTHQUAKE oziroma DYNAMIC LOADS ni podan.

Ko program najde napako v podatkih, nadaljuje s testiranjem ostalih podatkov, vendar ne pristopi k računu, pač pa javi število odkritih napak. Opozoriti je treba, da je število javljenih napak zelo pogosto večje od števila dejanskih napak, saj ena napaka lahko povzroči vrsto drugih.

Nekatere napake je možno ugotoviti šele kasneje med računanjem:

- Matrika ni pozitivno definitna.

Ta napaka je posledica napake ali premajhne natančnosti pri podajanju podatkov. Program po odkritju te napake konča z računom ali nadaljuje račun največ do konca tistega dela programa, kjer se je pojavila napaka. Če se pojavi matrika elementa, ki ni pozitivno definitna, program n. pr. izračuna še matrike ostalih elementov, nato pa zaključi račun.

Nekaterih napak program ne more odkriti, n. pr. napačno podanih numeričnih vrednosti. Iz tega razloga je potrebno vse rezultate računalnika vedno skrbno pregledati in preveriti njihovo smiselnost.

IZPIS

Program najprej izpiše podatke v taki obliki, kot so podani na karticah. V naslednji fazi program podatke izpisuje tako, kot jih razume in jih pri tem testira. Če odkrije napako, jo javi in nadaljuje s testiranjem, vendar ne prične z računom. V primeru, ko program ne najde napake v podatkih, pristopi k računu in izpiše matrike elementov in konstrukcije, če je to zahtevano. V tej fazi računa lahko ugotovi, da matrika ni pozitivno definitna, kar povzroči prenehanje računa. V naslednji fazi program izpiše rezultate stabilitetne analize in računa lastnih nihanj, če sta zahtevani ustrezni metodi. Sledi izpis rezultatov za vse obtežne primere po zahtevah v podatkih, za zadnjim obtežnim primerom pa so zbrani vsi grafični prikazi na printer. Na koncu izpiše program čase centralne enote, ki so bili porabljeni za posamezne faze dela. Rezultati za risanje na ploter so shranjeni na magnetnem traku. Risanje poteka po off-line sistemu.

Izpis je v splošnem predviden na celotno širino papirja, v večini primerov pa ga je možno omejiti na širino A4 formata (glej "Splošna pravila za podajanje podatkov"). Vsaka stran izpisa je opremljena z glavo, ki vsebuje naslov konstrukcije, fazo računa, datum in oznako strani.

OBDELAVA PODATKOV V RAČUNALNIKU

Podatke za program EAVEK je pred obdelavo v računalniku treba opremiti s krmilnimi karticami, ki pokličejo program z diska ali magnetnega traku. Ustrezne krmilne kartice pripravi operater v računskem centru na zahtevo uporabnika. Podatke za več konstrukcij je možno obdelati naenkrat s tem, da podatke za posamezne konstrukcije zložimo drug za drugim.

PREGLED UKAZOV V PROGRAMU E A V E K

Vrstni red ukazov se lahko deloma tudi spremeni. Nekateri ukazi so obvezni, drugi ne, podrobnosti glej v tekstu navodil. V okroglih oklepajih so ukazi, ki jih pri običajnih primerih ne uporabljamo, v oglatih pa ukazi, ki niso potrebni pri ravninskih konstrukcijah.

STRUCTURE ...	ELEMENT ...
TYPE ...	TYPE ...
NUMBER OF STORIES ...	(NUMBER OF STORIES ...)
NUMBER OF ELEMENTS ...	[DIRECTION ...]
NUMBER OF LOADINGS ...	COORDINATES ...
NUMBER OF MODES ...	SECTION PROPERTIES
METHOD STATIC DYNAMIC (STABILITY)	:
(SECOND ORDER THEORY)	:
STORY HEIGHTS	(MASSES)
:	:
MASSES	(VERTICAL LOADING)
:	:
(VERTICAL LOADING)	(TABULATE MATRICES)
:	
CONSTANTS ...	
(TABULATE MATRICES)	
(PRINTPLOT ...)	

LOADING ...			
TYPE STATIC	TYPE YUSPECTRUM	TYPE SPECTRUM	TYPE RESPONSE
TABULATE ...	TABULATE ...	TABULATE ...	TABULATE ...
STATIC LOADS	KC ...	FUNCTION	EARTHQUAKE ...
:	FACTOR ...	:	ali
		FACTOR....	DYNAMIC LOADS
			:
			NUMBER OF TIMESTEPS ...
			LAST TIME ...
			DAMPING ...
			PRINTPLOT ...
			(COMPUTE...)

SOLVE
