

V-Skive

Versjon 3.5.5 mars 2010

Programmet er utarbeidet og eiet av:

Sivilingeniør Ove Sletten
Saturnveien 2B
7036 Trondheim

Tlf. 73968153

© Copyright 1997 Ove Sletten

Innhold

1	FØR DU STARTER.....	4
1.1	Minimum systemkrav	4
1.2	Installasjon av programmet	4
2	PROGRAMOVERSIKT	4
2.1	Hva kan programmet brukes til	4
2.2	Aksesystem og fortegnsregler.....	5
2.3	Hvordan flytte markøren på skjermen	5
2.4	Hente og lagre datafiler	6
3	FORKLARING AV HOVEDBILDET FOR PROGRAMMET	7
3.1	Menylinjen	7
3.2	Kommandoer for inndata.....	8
4	FORKLARING AV ENKELTE DATAGRUPPER.	9
4.1	Kontrolldata.....	9
4.2	Modulnett.....	9
4.3	Plansnitt.....	9
4.4	Skivedata	10
4.5	Utsparinger	10
4.6	Randbetingelser	11
4.7	Frikobling.....	11
4.8	Lasttilfeller	11
4.9	Lastdata (Punktlaster og Linjelaster)	12
4.10	Vertikallaster, lastfaktorer for egenvekt og nyttelast.....	12
4.11	Fastholde etasje	12
4.12	Lastkombinasjoner	12

4.13	Lastfaktorer for horsontallaster	13
4.14	Spenningsberegning	13
4.15	Datsett for enkeltskiver.....	14
5	BEREGNINGRESULTATER	15
5.1	Aksialkrefter	15
5.2	Horisontale tilleggskrefter på grunn av utbøyning.....	15
5.3	Lastvektor og forskyvningsvektor	15
5.4	Beregningsresultat for hver enkelt skive.....	15
5.5	Kraftfordeling på hvert dekke.	15
5.6	Spenningsberegning av veggskive.....	15
6	TEORI	17
6.1	Statisk system og aksesystem	17
6.2	Tregghetsmomenter og effektive flensbredder.....	17
6.3	Forskyvningsmetoden	17
6.4	Stivhetsmatrise for den enkelte skive (side).....	18
6.5	Stivhetsmatrise for en skive som ikke går helt ned i 1. etasje.....	22
6.6	Stivhetsmatrise for en skive med frikobling:.....	22
6.7	Oppbygging av den globale stivhetsmatrisen.	23
6.8	Oppbygging av lastvektor.....	24
6.9	Fastholding av en etasje.....	25
6.10	Forskyvninger av den enkelte vertikalskive.	25
6.11	Horisontale tilleggskrefter (2. ordens krefter).	26
6.12	Beregning av krefter mellom vertikalskiver og dekker.....	26
6.13	Spenningskontroll for vertikalskiver.....	26
6.14	Sammenstilling av moment og skjærkraft fra vind og aksialkrefter i veggskiver	30
6.15	Snittkrefter i dekker.	30

7	PROGRAMREVISJONER.....	31
8	REFERANSER.....	33

1 Før du starter

1.1 Minimum systemkrav

- PC med Microsoft Windows 95 operativsystem eller nyere.

1.2 Installasjon av programmet

Installasjon fra CD:

- Sett inn CD-Rom og vent til det vises et skjermbilde med filene på CD.
- Dobbeltklikk på filen "Setup"

Oppgradering:

- Systemfiler og brukerveiledning kan lastes ned fra internett: www.ove-sletten.no
- Oppdatering av programfilene blir sendt med e-post.

2 Programoversikt

2.1 Hva kan programmet brukes til

V-SKIVE er et program for:

- Beregning av kraftfordeling på vertikale skiver som benyttes til vindavstivning.
- Beregning av momenter og skjærkrefter i de horisontale dekkeskivene
- Beregning av spenninger og elementkrefter i vertikale skiver.

Det statisk systemet består av et antall vertikale skiver og en horisontal skive for hvert etasjeplan.

De horisontale skivene antas uendelig stive. Det betyr at når forskyvningene, V_x , V_y og V_z (se punkt 2.2) er beregnet, så er også forskyvningene til den enkelte vertikalskive bestemt.

De vertikale skivene er forbundet med de horisontale skivene, går gjennom et bestemt antall etasjer, og er regnet fast innspent i fotpunkt. Hvis en skive ikke går helt ned i 1. etasje, så må det angis en randbetingelse i fotpunkt. Randbetingelsen bestemmer innspenningsgraden. De vertikale skivene må vanligvis følge med i forskyvningen av horisontalskivene. Det gjelder ikke for en skive som er koblet fri fra en etasje. En etasje kan også fastholdes med stive fjærer.

Begrensninger:

Maks 20 etasjer.

Maks 36 vertikalskiver.

Beregning av enkeltskiver:

Det kan utføres spenningskontroll for en enkelt veggskive, uten å beregne hele avstivningssystemet.

2.2 Aksesystem og fortegnsregler

Y
|___X___

Programmet benytter et globalt høyrehånds aksesystem, som vist ovenfor, og med X-aksen og Y-aksen i horisontalplanet, og Z-aksen som peker oppover.

Hver enkelt vertikalskive har sitt lokale aksesystem på tilsvarende vis, og plassering av en skive bestemmes ved at en angir global X, Y for skivens origo, samt vinkel mellom lokal X-akse og global X-akse.

Positive momentvektorer og skjærkrefter peker i akseretningene, når en betrakter et snitt ovenfra. Hvis skivens retning faller sammen med global X-akse eller Y-akse, så benyttes fortegnsreglene for det globale aksesystemet for reaksjonskrefter mot horisontalskivene. Hvis ikke, så benyttes fortegnsreglene for lokalt aksesystem (I sammensatte skiver gjelder dette for hver enkelt side i skiven).

De ytre lastene angis alltid i globalt system, med positiv verdi i X-aksen eller Y-aksen sin retning.

V_x = forskyvning i X-aksens retning

V_y = forskyvning i Y-aksens retning

V_z = rotasjon om Z-aksen (positiv mot urviser)

2.3 Hvordan flytte markøren på skjermen

↓↑ Ved hjelp av piltastene kan du flytte markøren mellom datafeltene.

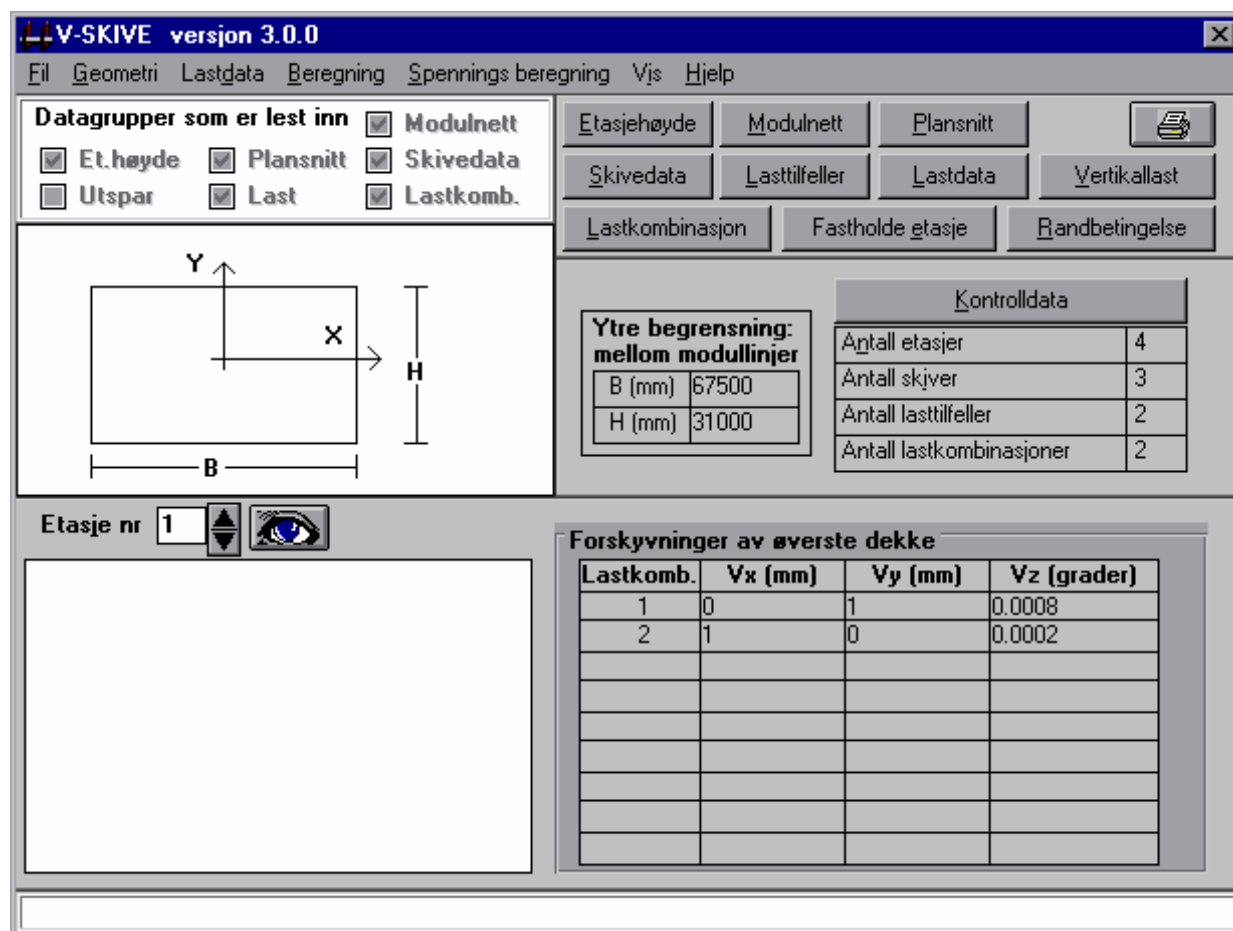
- Ved hjelp av TAB eller SHIFT + TAB kan du flytte markøren til alle datafelter, kommandoknapper og valg eller avkryssningsknapper.
- I tabeller (f.eks. inndata for utsparinger), kan markøren flyttes horisontalt ved hjelp av TAB eller SHIFT+TAB, og vertikalt ved hjelp av piltastene.
- Pek med musen og trykk venstre museknapp på datafelt og kommandoknapper.
- Du kan trykke en kommandoknapp ved å trykke ALT + BOKSTAV. BOKSTAV er da den bokstav som er understreket i teksten på kommandoknappen (f.eks. A i Avbryt)

2.4 Hente og lagre datafiler

På hovedbildet i programmet kan en hente og lagre data under menyvalget FIL. Velg ÅPNE for å hente en datafil, og LAGRE for å lagre en datafil.

På skjermbildet for utskrift kan en også lagre data ved å trykke på kommandoknapp for LAGRE DATA. Her kan en også kontrollere at fila er lagret før en skriver ut. På utskriften vil det da stå navnet på datafila, øverst på 1. side.

3 Forklaring av hovedbildet for programmet



3.1 Menylinjen

Fil: Under denne kan du starte et nytt ordinært datasett, eller et nytt datasett for enkeltskive. Du kan hente eller lagre datasett, eller avslutte programmet.

Beregning: Du må trykke på denne for å starte en beregning. Beregning utføres for bruddgrense- eller bruksgrensetilstanden.

Vis: Etter en beregning kan du vise beregningsresultater for krefter på dekkesskivene.

Spenningsberegning: Beregning av elementkrefter og spenninger for vertikale skiver.

De øvrige menyvalg har samme funksjoner som kommandoknappene nedenfor. En kan velge mellom bruk av kommandoknapper eller menyer

3.2 Kommandoer for inndata

Etasjehøyde. Etasjehøyde må angis for alle etasjer. En kan forenkle innlesingen ved først å krysse av for at alle etasjer er like, og etterpå angi spesielle etasjehøyder.

Modulnett. Modullinjer i X-retning og Y-retning må angis. Det globale aksesystemet blir automatisk plassert med origo midt i modulnettet hvis en benytter fast avstand mellom modullinjene.

Plansnitt. Koordinater som bestemmer formen på hver etasjeplan.

Skivedata. Skivetype, plassering på plansnitt, geometridata. Du kan også angi utsparinger, frikobling og randbetingelser i fotpunkt for skiver som ikke går helt ned i første etasje.

Lasttilfeller. Antall lasttilfeller og navn på lasttilfeller

Lastdata. Punktlaster og linjelaster for alle lasttilfeller.

Lastkombinasjon. Antall lastkombinasjoner, og lastfaktorer for hver lastkombinasjon og lasttilfelle

Fastholde etasje. Etasjeplaner kan fasthodes med stive fjærer.

Randbetingelse. Randbetingelser i fotpunkt for skiver som ikke går helt ned i første etasje



UTSKRIFTSKNAPP: Utskrift av data og beregningsresultater.



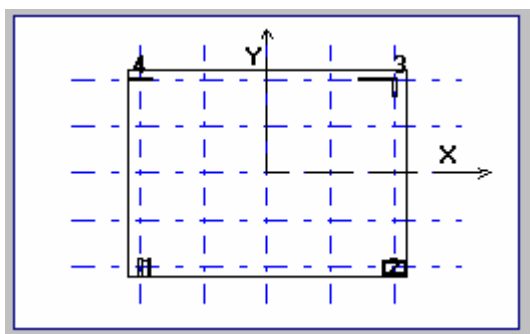
VIS BILDE: Et forstørret bilde av etasjeplan med skiveplassering vises på skjermen. Utsparinger vises også.

4 Forklaring av enkelte datagrupper.

4.1 *Kontrolldata*

Her angir du antall etasjer, antall vertkalskiver, antall lasttilfeller og antall lastkombinasjoner. Denne datagruppen må angis først.

4.2 *Modulnett*



Modullinjer i X-retning og Y-retning må angis (maks 21 linjer i hver retning). Det anbefales å bruke få linjer. Hensikten er at det skal være lettere å kontrollere plassering av skivene. Velg et enkelt modulsystem, gjerne med fast avstand mellom modullinjene.

Det globale aksesystemet blir automatisk plassert med origo midt i modulnettet hvis en benytter fast avstand mellom modullinjene

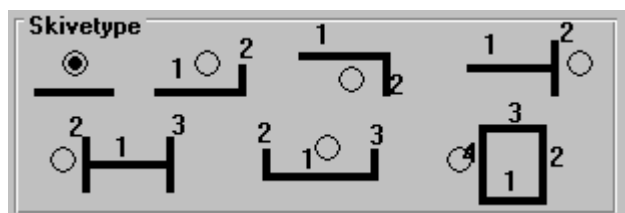
Programmet godtar at en skive plasseres litt utenfor ytterste modullinje. Det samme gjelder plassering av kantlinjer som definerer et dekke.

4.3 *Plansnitt*

Se figur ovenfor under modulnett. Et plansnitt definerer omrisset av en etasjeplan, som et polygon.

Antall punkter som definerer plansnittet må angis først, deretter angis koordinater for punktene i mm. Punktene kan enten nummereres i rekkefølge mot urviser eller med urviser. Det kan benyttes maks 18 punkter.

4.4 Skivedata



Velg mellom 7 forskjellige skivetyper, som vist ovenfor. For alle de sammensatte skivene er det definert sidenummer som vist ovenfor.

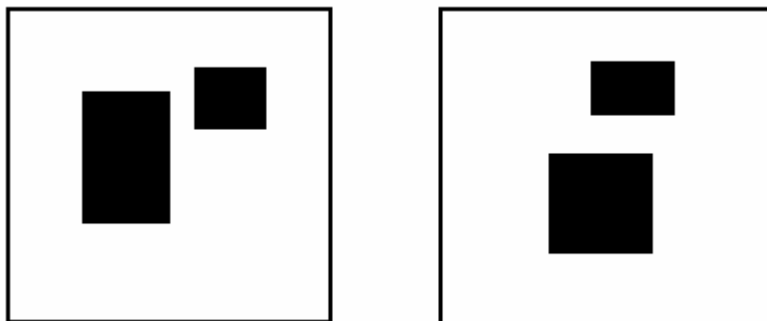
Utsparinger angis for hver enkelt side, og beregningsresultater vises for hver enkelt side.

For de fire øverste skivetyperne kan størrelsen (tverrsnittdata) variere fra etasje til etasje. De tre nederste skivetyperne må ha samme tverrsnitt i alle etasjer.

På skjermbildet som viser plassering av alle skivene, er også utsparingene markert. En kan se på alle etasjer.

Maksimalt antall skiver er 36.

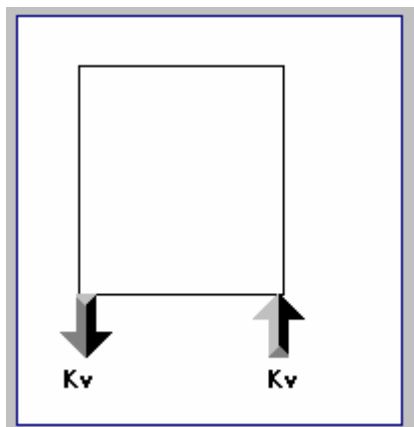
4.5 Utsparinger



Utsparinger angis for en skive med et bestemt sidenummer (se ovenfor). I hver etasje kan en ha en eller to utsparinger. Utsparingene må ikke overlape hverandre. Hvis det er to utsparinger i en etasje, så kan de enten ligge ved siden av hverandre eller over hverandre, som vist ovenfor.

4.6 Randbetingelser

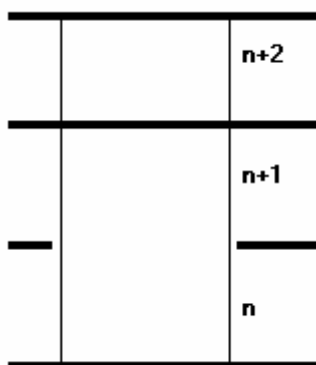
Angi randbetingelse for skiver som ikke går helt ned i 1. etasje.



K_v = vertikal reaksjonskraft (kN), p.g.a. 1 mm vertikal forskyvning av nedre hjørnepunkt (rotasjon av skiven).

Merk! Innspanningsgraden øker med økende verdi av K_v , og skivens skjærkrefter og momenter vil da også øke.

4.7 Frikobling



Skive som er frikoblet over etasje nr n

4.8 Lasttilfeller

Velg antall lasttilfeller i en kjøring. Gi hvert lasttilfelle et eget navn. Maksimalt antall lasttilfeller er 9.

4.9 Lastdata (Punktlaster og Linjelaster)

Lastdata består av 1 til maksimalt 9 lasttilfeller.

For hvert lasttilfelle angis punktlaster og linjelaster.

Punktlaster angriper i et bestemt punkt (X,Y) på en horisontalskive.

Linjelaster er jevnt fordelt last som angriper langs en rett linje (X1,Y1) - (X2,Y2) på en horisontalskive.

Lastretning må enten være X-retning eller Y-retning. *Fortegnsregler*: Positiv lastretning er i akseretning (X-retning eller Y-retning).

Velg om en last skal angripe på dekket over flere etasjer (fra etasje) - (til etasje).

Nederst på skjermbildet vises et grafisk bilde av de innleste lastdata. Punktlaster vises med rødt.

4.10 Vertikallaster, lastfaktorer for egenvekt og nyttelast

Du skal kun angi påført egenvekt og nyttelast fra dekker på vertikalskiver. Programmet beregner egenvekt av vertikalskivene.

Du skal også angi lastfaktorer for egenvekt og nyttelast, eller benytte standardverdier som vises på skjermen. Lastfaktorene benyttes for alle etasjer.

4.11 Fastholde etasje

Bygget kan fastholdes ved hjelp av fjærer over en eller flere etasjer. Fjærstivhet angis som relativ stivhet i forhold til normal forskyvningsmotstand av dekke over 1. etasje (standardverdi = 20). Fjærene bestemmer forskyvningsmotstand i X-retning, Y-retning og rotasjon om Z-aksen. Fjærene antas å være koblet til dekket i det globale origo.

4.12 Lastkombinasjoner

Lasttilfellene som er beskrevet under punkt 4.8-4.9 kan kombineres i forskjellige lastkombinasjoner.

Det kan angis inntil 9 lastkombinasjoner under en kjøring.

Legg inn faktorer = 1 eller 0.5 for alle lasttilfeller som skal være med i en lastkombinasjon. Det er tillatt med -1 eller -0.5 også. Det betyr at lasten får motsatt retning. Faktoren 0.5 er med for at en skal kunne kombinere vindlast + ½ skjevstillingslast.

Hvis en celle er blank (ikke har noen verdi), så betyr det kombinasjonsfaktor=0, og lasttilfellet er ikke med i den aktuelle lastkombinasjon.

4.13 Lastfaktorer for horisontallaster

Lastfaktor angis for bruksgrense og bruddgrense. Det angis et sett for hvert lasttilfelle.

Lastfaktorene angis på skjermbildet for lastkombinasjoner.

Laster som inngår i en lastkombinasjon blir multiplisert med lastfaktor for bruddgrense eller bruksgrense, og faktor for lastkombinasjon (0, +-1 eller +- 0.5). Det bestemmes av bruker ved kjøring av beregning om det er bruksgrense eller bruddgrense.

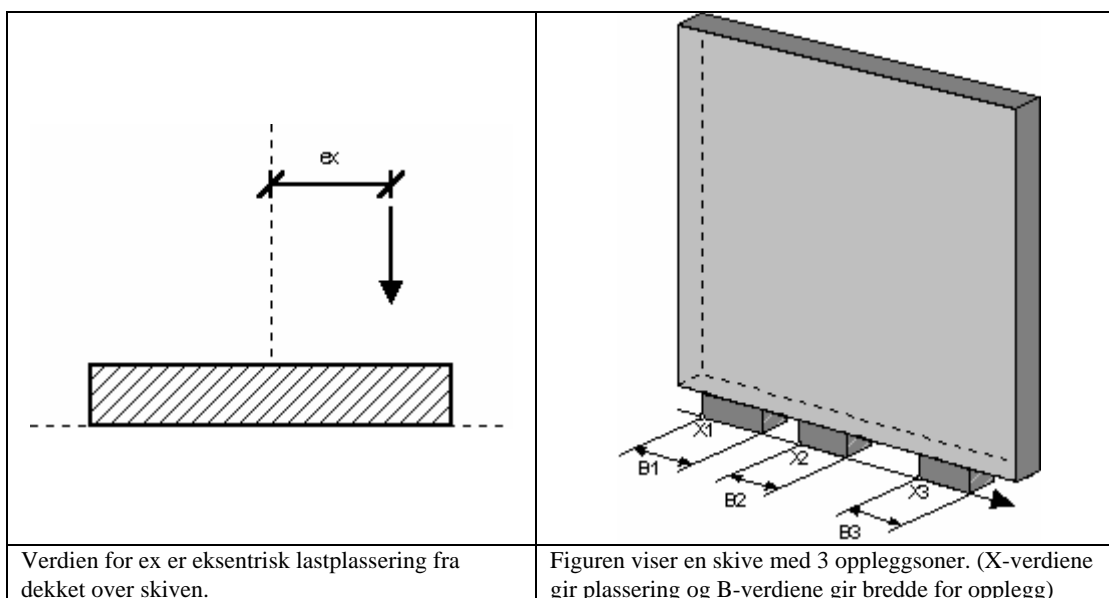
4.14 Spenningsberegning

Spenningsberegning velges på menylinjen. Den er først tilgjengelig på menylinjen når beregning for bruksgrense/bruddgrense er kjørt.

I skjermbildet for spenningsberegning er det et dataskjema. Spenningsberegning utføres på de skivene som blir angitt i skjemaet.

Prosedyre for beregning:

1. Klikk på **Legg til beregning** for å legge inn en ny datalinje i skjemaet.
2. Fyll ut datalinjene i skjemaet. Skriv inn verdier for skivene som skal kontrolleres: Skive nummer, side (hvis aktuelt), etasje nummer og eksentrisiteten e_x og oppleggsoner.



Klikk på **Utfør beregning** for å utføre spenningsberegning for de valgte skivene.

Klikk på **Kontrollsnitt** for å velge snitt og se på resultat av spenningsberegning:

I skjermbildet for kontrollsnitt markerer du horisontale/vertikale snitt grafisk.

Klikk på snitt-nummer for å se på elementkrefter.

4.15 *Datsett for enkeltskiver*

Fil på menylinjen: Under denne kan du angi et nytt datsett for enkeltskive.

- Da gir du inn skivens geometri (bredde, høyde og tykkelse), data for inntil to utsparinger, Last som angriper i overkant av skiven (moment, skjærkraft og vertikallast).
- Programmet vil sette på det angitte moment og skjærkraft med både positivt og negativt fortegn.
- Du kan angi en jevnt fordelt vertikallast og en last med utstrekning = B , og som starter i avstand X fra venstre kant. Positiv lastretning er nedover.
- Skiven kan ha opplegg langs hele underkant, eller inntil 3 oppleggsoner som vist ovenfor under punkt 4.14.
- Du velger om beregningen skal utføres for bruddgrense eller bruksgrense, og du må samtidig angi lastfaktorer. De gitte lastdata blir multiplisert med lastfaktorene. For lasttilfellet minimum aksialkraft vil programmet likevel benytte lastfaktor = 1 på permanent vertikallast.

5 Beregningsresultater

5.1 Aksialkrefter

For hver vertikalskive beregner programmet aksialkrefter på grunn av egenvekt, nyttelast og totallast (summen av egenvekt og nyttelast), for hver etasje. Egenvekten omfatter påført egenvekt fra dekkene og beregnet egenvekt av vertikalskiven.

Kreftene beregnes både i bruksgrensetilstand og bruddgrensetilstand.

5.2 Horisontale tilleggskrefter på grunn av utbøyning.

For hver vertikalskive beregner programmet horisontale tilleggskrefter på grunn av aksialkrefter og utbøyning av veggskivene. Beregningen utføres for hver lastkombinasjon. Dette er 2. ordens krefter, som vanligvis blir små i forhold til de øvrige lastene.

5.3 Lastvektor og forskyvningsvektor

For hver enkelt lastkombinasjon beregnes den globale lastvektor (R_x , R_y , R_z) og tilsvarende forskyvningsvektor (V_x , V_y , V_z), for hver enkelt etasje. Vektorene gjelder for det globale origo. R_z er moment om Z-aksen og V_z er rotasjon om Z-aksen.

5.4 Beregningsresultat for hver enkelt skive.

For hver lastkombinasjon, skive og sidenummer på skiven beregnes følgende (for hver etasje som skiven går gjennom):

- $H(kN)$: Horisontalkraft som blir overført fra dekket.
- Forskyvning(mm) i skivens retning.
- Skjærkraft (kN)
- Moment (kNm) ved fotpunkt i hver etasje.
- Beregningsresultatene vises også grafisk.

5.5 Kraftfordeling på hvert dekke.

For hver lastkombinasjon og hver etasje vises reaksjonskrefter fra vertikalskiver mot dekket. Fortegnsregler er forklart under punkt 2.2. Kreftene listes opp, og de vises også grafisk på etasjeplan, med piler som viser kraftens retning.

5.6 Spenningsberegning av veggskive.

Dette gjelder både for hovedprogrammet og for beregning av enkeltskive.

Beregningen blir utført for følgende fire lasttilfeller:

1. Maks vertikallast og maks moment.
2. Maks vertikallast og min. moment.
3. Min. vertikallast og maks moment.
4. Min. vertikallast og min. moment.

Spenningene bli skrevet ut som elementkrefter for de kontrollsnitt som ble valgt under beregningen. Normalkrefter og skjærkrefter blir skrevet ut (skjærkrefter i parentes). Strekkarmering bør dimensjoneres for summen av normalkraft og skjærkraft.

Største opptredende trykkspenning blir skrevet ut.
Elementbredden skrives ut i tabellen for elementkrefter, og kan da benyttes for å bestemme
fordeling av armering på grunn av elementkreftene.

6 Teori

6.1 Statisk system og aksesystem

Dette er beskrevet under punkt 2.1 og 2.2

6.2 Tregghetsmomenter og effektive flensbredder.

Se skivetyper under punkt 4.3.

Den første skivetyperen, plan skive med tverrsnitt $T \times H$ får tregghetsmoment $I = T * H^3 / 12$
De øvrige skivetyperne er sammensatte skiver. I programmet regnes hver enkelt side i en sammensatt skive, som en plan skive med øket tregghetsmoment på grunn av bidrag fra tilstøtende sider (virker som flenser).

Effektiv flenstykkelse, T_f , er lik tykkelsen på tilstøtende side.

Effektiv flensbredde, B_f , er den minst av følgende størrelser.

$$B_f \leq 8 * T_f$$

$$B_f \leq 0.1 * H \quad (H = \text{skivens totale høyde gjennom alle etasjer})$$

$$B_f \leq B \quad (B = \text{bredde av tilstøtende side, fratrukket skivetykkelsen til betraktet skive})$$

6.3 Forskyvningsmetoden

Y
|
____X

Elementmetoden på forskyvningsform benyttes. Det vil si at forskyvningene for hver horisontalskive betraktes som ukjente (V_{x_i} , V_{y_i} og V_{z_i} for etasje nr i). En konstruksjon med n etasjer får da $3 * n$ ukjente forskyvninger eller frihetsgrader.

De ytre lastene ordnes på tilsvarende måte som resultantlaste (R_{x_i} , R_{y_i} og R_{z_i} for etasje nr i). R_{x_i} , R_{y_i} og R_{z_i} angriper i det globale origo.

$$\text{Forskyvningsvektor for etasje nr } i: \quad \mathbf{r}_i = [V_{x_i}, V_{y_i}, V_{z_i}]$$

$$\text{Lastvektor for etasje nr } i: \quad \mathbf{R}_i = [R_{x_i}, R_{y_i}, R_{z_i}]$$

$$\text{Forskyvningsvektor for hele systemet:} \quad \mathbf{r} = [\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \dots, \mathbf{r}_n] \quad (n \text{ etasjer})$$

$$\text{Lastvektor for hele systemet:} \quad \mathbf{R} = [\mathbf{R}_1, \mathbf{R}_2, \dots, \mathbf{R}_n]$$

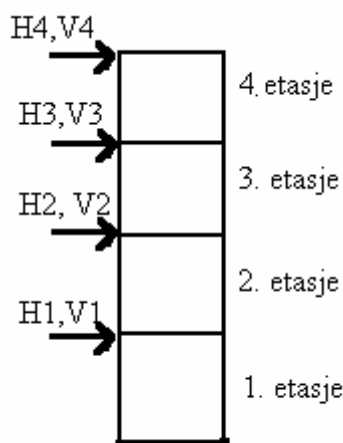
$$\text{En bygger opp et ligningssystem:} \quad \mathbf{K} * \mathbf{r} = \mathbf{R}$$

hvor \mathbf{K} er konstruksjonens stivhetsmatrise.

Vektoren \mathbf{r} beregnes, og ut fra denne beregnes forskyvningstilstand og kraftpåvirkning for hver enkelt side i vertikalskiver.

Stivhetsmatrisen \mathbf{K} bygges opp ved at en først beregner stivhetsmatrisen til hver enkelt side i vertikalskiver, og så bygger opp \mathbf{K} ved å addere inn virkningen fra hvert enkelt skiveelement.

6.4 Stivhetsmatrise for den enkelte skive (side).



EKSEMPEL: Skive som går over 4 etasjer

Den ytre lastvektor

$$\mathbf{H} = [H1, H2, H3, H4]$$

Forskyvningsvektor

$$\mathbf{V} = [V1, V2, V3, V4]$$

Vi etablerer ligningssystemet

$$\mathbf{H} = \mathbf{A} * \mathbf{V}$$

$$\mathbf{V} = \mathbf{B} * \mathbf{H}$$

$$\mathbf{B} = \mathbf{A}^{-1}$$

A er den søkte stivhetsmatrisen for denne skiven

I programmet kan du velge mellom to metoder for å beregne B-matrisen

a: Bjelkemodell (bøye-og skjærstivhet)

b: Elementmetode (skiveelementer)

Når B-matrisen er beregnet så beregnes stivhetsmatrisen $\mathbf{A} = \mathbf{B}^{-1}$

6.4.1 Direkte oppbygging av B-matrisen: Bjelkemodell.

Skiven er et bestemt statisk system, en utkrager, og vi kan beregne forskyvningen for hver enkelt etasje, når vi setter på horisontalkrefter.

H1 = 1 og de andre horisontalkreftene = 0 vil gi første kolonne i B-matrisen

H2 = 1 og de andre horisontalkreftene = 0 vil gi andre kolonne i B-matrisen

o.s.v.

En starter med å beregne forskyvning av nederste etasje (toppunkt), og beregner så etasje for etasje oppover.

1. Etasje nr i: Bidrag fra forskyvning og rotasjon av toppunkt i etasjen under:

$$V1_i = V_{i-1} + \theta_{i-1} * Li \quad (\theta \text{ er rotasjon og } L \text{ er etasjehøyde})$$

2. Bidrag fra moment og skjærkraft (snittkrefter) i toppunkt av etasje nr i:

$$V2_i = H_i * Li^3 / (3 * E * I_i) + M_i * Li^2 / (2 * E * I_i) + H_i * Li * 1.2 / (A_i * G)$$

Det siste leddet skyldes skjærdeformasjon, og det blir da også tatt hensyn til utsparinger ved at skjærarealet, A_i , blir redusert. Dette er beskrevet lenger nede.

I_i : treghetsmoment (for etasje nr i)

A_i : skjærareal

E: E-modul (25000 N/mm²)
 G: Skjærmodul (10000 N/mm²)
 Mi: Moment i ok av etasje nr i
 Hi: Skjærkraft i ok av etasje nr i

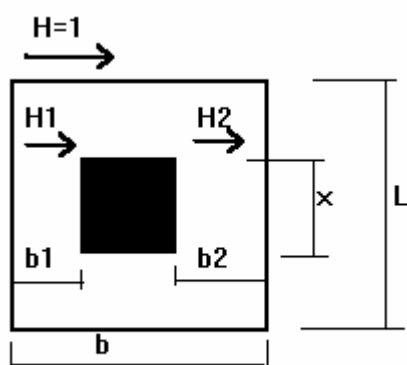
Reduksjon av skjærareal på grunn av utsparinger

Skivens skjærareal er vanligvis $A = t * b$

t : skivens tykkelse

b: skivens bredde

Reduksjon av skjærareal på grunn av en utsparing.



En skjærkraft , $H = 1$, vil fordele seg med $H1$ på venstre side og $H2$ på høyre side av utsparingen.

$$\Sigma i = (b1^3 + b2^3) * t / 12 \quad (\text{sum treghetsmoment på begge sider av utsparing})$$

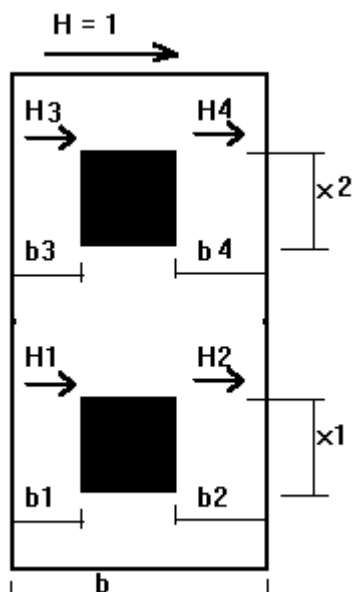
$$u = x^3 / (12 * E * \Sigma i) \quad (\text{ekstra skjærforskyvning på grunn av utsparing})$$

$$v = L * 1.2 / (A * G) \quad (\text{normal skjærforskyvning av skiven})$$

$$u + v = L * 1.2 / (Ar * G) \quad (\text{total skjærforskyvning med utsparing})$$

$$Ar = L * 1.2 / ((u+v) * G) \quad (\text{korrigert skjærareal})$$

Reduksjon av skjærareal på grunn av to utsparinger over hverandre.



En skjærkraft, $H = 1$, vil fordele seg med $H1$ på venstre side og $H2$ på høyre side av nederste utsparing, $H3$ på venstre side og $H4$ på høyre side av øverste utsparing.

$$\Sigma i1 = (b1^3 + b2^3) * t / 12 \quad (\text{sum treghetsmoment på begge sider av nederste utsparing})$$

$$\Sigma i2 = (b3^3 + b4^3) * t / 12 \quad (\text{sum treghetsmoment på begge sider av øverste utsparing})$$

$$u1 = x1^3 / (12 * E * \Sigma i1) \quad (\text{ekstra skjærforskyvning på grunn av nederste utsparing})$$

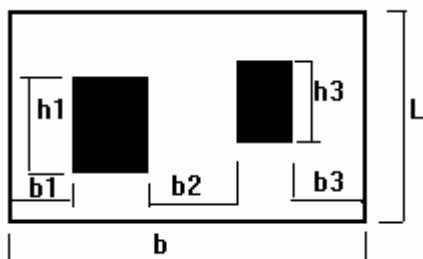
$$u2 = x2^3 / (12 * E * \Sigma i2) \quad (\text{ekstra skjærforskyvning på grunn av øverste utsparing})$$

$$v = L * 1.2 / (A * G) \quad (\text{normal skjærforskyvning av skiven})$$

$$u1 + u2 + v = L * 1.2 / (Ar * G) \quad (\text{total skjærforskyvning med utsparinger})$$

$$Ar = L * 1.2 / ((u1 + u2 + v) * G) \quad (\text{korrigert skjærareal})$$

Reduksjon av skjærareal på grunn av to utsparinger ved siden av hverandre.



$$h2 = .5 * (h1 + h3) \quad (\text{høyde av midtfelt})$$

$$k1 = t * (b1 / h1)^3$$

$$k2 = t * (b2 / h2)^3$$

$$k3 = t * (b3 / h3)^3$$

$$k = k1 + k2 + k3$$

$$u = 1 / (E * k) \quad (\text{ekstra skjærforskyvning på grunn av utsparingene})$$

$$v = L * 1.2 / (A * G) \quad (\text{normal skjærforskyvning av skiven})$$

$$u + v = L * 1.2 / (Ar * G) \quad (\text{total skjærforskyvning med utsparing})$$

$$Ar = L * 1.2 / ((u+v) * G) \quad (\text{korrigert skjærareal})$$

6.4.2 Direkte oppbygging av B-matrisen: Elementmetode .

Elementmetoden på forskyvningsform.

Det benyttes et system med rektangulære skiveelement med 8 frihetsgrader. / 3 /

De 8 frihetsgradene er forskyvning i x-retning og z-retning i de fire hjørnepunktene

Forkyvningsvektor: $U = (U_{x1}, U_{z1}, U_{x2}, U_{z2}, U_{x3}, U_{z3}, U_{x4}, U_{z4})$

Lastvektor: $R = (R_{x1}, R_{z1}, R_{x2}, R_{z2}, R_{x3}, R_{z3}, R_{x4}, R_{z4})$

Stivhetsmatrisen for elementet : $kq \quad R = kq * U$

Oppbygging av kq er beskrevet i /3/

Elementsystem:

1. Skiven deles inn i rektangulære elementer.
2. Elementinndeling, tilpasses til utsparinger.
3. Tykkelse på hvert element settes lik skivetykkelse, unntatt på kanter hvor det er flens. Der settes tykkelse så stor at flensarealet blir inkludert
4. Alle elementer med samme bredde, høyde og tykkelse får samme el. typenr
5. Elementer i en utsparing er ikke aktive. (medregnes ikke)

Beregning:

Lastvektor bygges opp med **antall lasttilfeller = antall etasjer** for den betraktede skiven.

Lasttilfelle nr p har en enhetslast som angriper horisontalt i nivå med dekke over etasje nr p.

Ligningssystemet løses (forskyvninger beregnes).

B-matriksen kan nå bygges opp ved at forskyvningsvektor på grunn av lasttilfelle nr p settes inn som kolonne nr p i B.

6.5 Stivhetsmatrise for en skive som ikke går helt ned i 1. etasje

Programmet benytter en skive som går helt ned i 1. etasje, men skivedata blir i de etasjer som er nedenfor skivens fotpunkt, tilpasset til angitt randbetingelse.

Bjelkemodell for veggskivene:

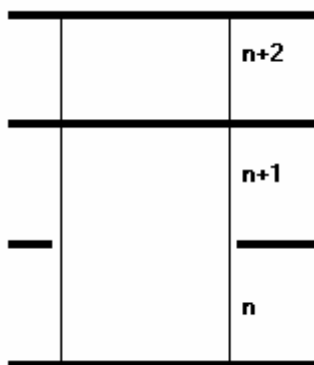
Tregghetsmoment blir valgt slik at forholdet moment/vinkeldreining i skivens fotpunkt blir som angitt i randbetingelsen. Skjærstivhet blir satt meget lavt, slik at mesteparten av skjærkraft ved fotpunkt blir overført til de andre skivene.

Elementmetode med skiveelementer for veggskivene:

Det benyttes 24 elementer i bredden, og bare ytterste rad på hver kant benyttes i etasjer under skivens fotpunkt. Elementtykkelsen i ytterste rad velges slik at forholdet aksialkraft/tøyning samsvarer med angitt randbetingelse.

Hvis veggskiven i fotpunkt ikke hviler på søyler, men på bjelker, så kan en i programmet angi frikobling mellom skiven og etasjer som ligger nedenfor skivens fotpunkt. En må ikke angi frikobling i fotpunkt.

6.6 Stivhetsmatrise for en skive med frikobling:



Skive som er frikoblet over etasje nr n.

Først beregner en skivens fleksibilitetsmatrise **B**. ($\mathbf{V} = \mathbf{B} * \mathbf{H}$ se punkt 6.4)

På de etasjer som er frikoblet blir det ingen kraft mellom dekke og vertikalskive. Programmet lager en redusert fleksibilitetsmatrise, **D**, ved å fjerne de rader og kolonner i **B** som tilsvarer frikoblet etasjennummer, og kopiere **B** over til **D**.

$\mathbf{C} = \mathbf{D}^{-1}$ (invertere matrisen D)

$\mathbf{X} = \mathbf{C} * \mathbf{U}$ (Sammenheng mellom krefter og forskyvninger på de etasjer som er koblet)

Den nye stivhetsmatrisen for skiven , \mathbf{A} (omfatter alle etasjer som skiven går gjennom), bygges opp ved at en først nullstiller matrisen, og så adderer inn alle elementer fra \mathbf{C} i riktig posisjon.

$C_{i,j}$ skal plasseres i $A_{p,q}$ (Forskyvning nr i gjelder etasje nr p, og kraft nr j gjelder etasje nr q)

6.7 Oppbygging av den globale stivhetsmatrisen.

$\mathbf{H} = \mathbf{A} * \mathbf{V}$ (For hver enkelt skive . \mathbf{A} er skivens stivhetsmatrise)

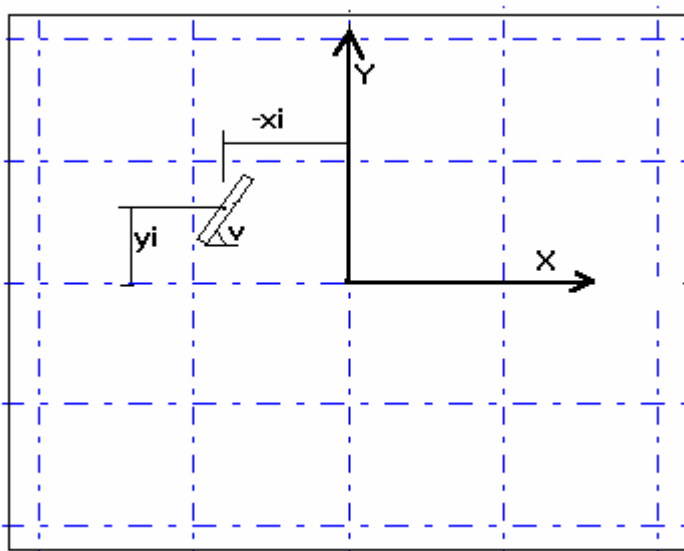
$\mathbf{R} = \mathbf{K} * \mathbf{r}$ (For hele systemet. \mathbf{K} er global stivhetsmatrise)

\mathbf{R}_i : Lastvektor over etasje nr i

\mathbf{r}_i : Forskyvningsvektor over etasje nr i

Vi kan nå se på hvordan en enkelt submatrise i \mathbf{K} , f. eks. $K_{3,1}$, skal bygges opp

Vi søker altså forbindelsen mellom forskyvninger over 1. etasje og lastvirkning over 3. etasje.



Skive med lokalt origo, (x_i, y_i) , og vinkel v , mellom global x-akse og skivens retning.

$K_s = A(3,1)$ (Kraft i skiven på etasje nr 3 på grunn av forskyvning = 1 av etasje nr 1)

$\mathbf{K} = \mathbf{K}_s * \mathbf{V}_s$ (Kraft i skivens retning i etasje nr 3 p.g.a. forskyvning V_s)

$R_x = \mathbf{K} * \cos(v)$ (Bidrag til lastvektor)

$R_y = \mathbf{K} * \sin(v)$ - “ -

$R_z = \mathbf{K} * \sin(v) * x_i - \mathbf{K} * \cos(v) * y_i$ - “ -

Vi gir dekket over 1. etasje forskyvninger ($V_x = 1, V_y = 1, V_z = 1$), og ser på bidrag til forskyvning av skiven.

$V_x=1$: $V_s = \cos(v)$ (Forskyvning i skivens retning)

$R_x = K_s * \cos(v) * \cos(v) = a$ (Bidrag til lastvektor)

$R_y = K_s * \cos(v) * \sin(v) = b$ - “ -

$R_z = K_s * \cos(v) * \sin(v) * x_i - K_s * \cos(v) * \cos(v) * y_i = b * x_i - a * y_i$

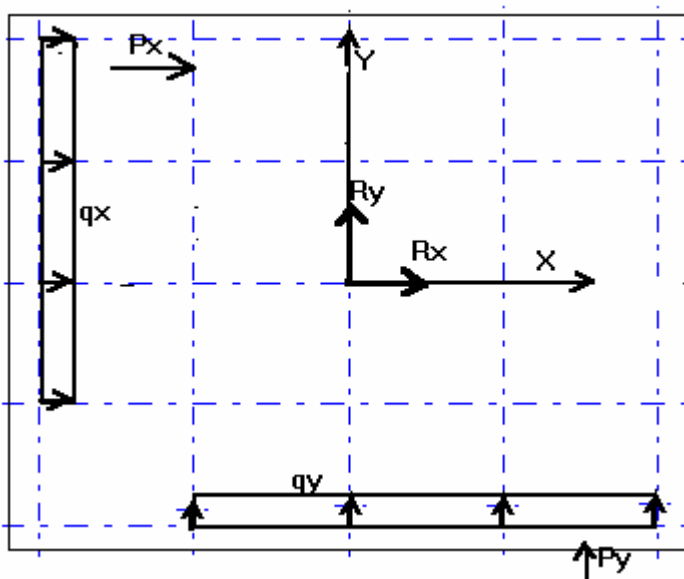
$$\begin{aligned}
 V_y=1: \quad V_s &= \sin(v) && \text{(Forskyvning i skivens retning)} \\
 R_x &= K_s * \sin(v) * \cos(v) = b && \text{(Bidrag til lastvektor)} \\
 R_y &= K_s * \sin(v) * \sin(v) = c && \text{--} \\
 R_z &= K_s * \sin(v) * \sin(v) * x_i - K_s * \sin(v) * \cos(v) * y_i = c * x_i - b * y_i
 \end{aligned}$$

$$V_z=1: \quad V_s = -y_i * \cos(v) + x_i * \sin(v)$$

Vi kan summere resultatet i følgende ligningssystem (med a, b og c som definert ovenfor)

$\begin{bmatrix} R_x \\ R_y \\ R_z \end{bmatrix}$	=	a	b	$-a * y_i + b * x_i$	*	$\begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{bmatrix}$
		b	c	$-b * y_i + c * x_i$		
		$-a * y_i + b * x_i$	$-b * y_i + c * x_i$	$a * y_i^2 - 2 * b * x_i * y_i + c * x_i^2$		

6.8 Oppbygging av lastvektor



$$\mathbf{R}_i = [R_{x_i}, R_{y_i}, R_{z_i}] \quad \text{(Lastvektor for etasje nr i)}$$

Denne bygges opp ved at en tar for seg hvert enkelt lasttilfelle, plukker ut de linjelaster og punktlaster som virker over etasje nr i, multipliserer med aktuell lastfaktor, og beregner bidrag til lastvektoren. Tilleggskrefter å grunn av utbøyning og vertikallaster medregnes.

En punktlast i Y-retning, P_y , som angriper i punktet (x_1, y_1) :

$$R_x = 0.$$

$$R_y = P_y$$

$$R_z = P_y * x_1$$

En punktlast i X-retning, P_x , som angriper i punktet (x_1, y_1) :

$$R_x = P_x$$

$$R_y = 0.$$

$$R_z = -P_x * y_1$$

En linjelast i Y-retning, q_y , som angriper i linjen $(x_1, y_1) - (x_2, y_2)$:

$$R_x = 0.$$

$$R_y = q_y \cdot (x_2 - x_1)$$

$$R_z = q_y \cdot (x_2 - x_1) \cdot (x_2 + x_1) \cdot 0.5$$

En linjelast i X-retning, q_x , som angriper i linjen $(x_1, y_1) - (x_2, y_2)$:

$$R_x = q_x \cdot (y_2 - y_1)$$

$$R_y = 0.$$

$$R_z = q_x \cdot (y_2 - y_1) \cdot (y_2 + y_1) \cdot 0.5$$

6.9 Fastholding av en etasje

Bygget kan fastholdes ved hjelp av stive fjærer over en bestemt etasje.

Velg relativ fjærstivhet, K_{FJ} , i forhold til normal forskyvningsmotstand over 1. etasje.

Fjærstivheter:

$$FJ(1) = K(1,1) \cdot K_{FJ} \quad \text{X-retning}$$

$$FJ(2) = K(2,2) \cdot K_{FJ} \quad \text{Y-retning}$$

$$FJ(3) = K(3,3) \cdot K_{FJ} \quad \text{rotasjon om Z-aksen}$$

$K(1,1)$, $K(2,2)$ og $K(3,3)$ er diagonalelementene for 1. etasje i den globale stivhetsmatrisen. Fjærstivhetene blir addert til diagonalleddene for den fastholdte etasje, i stivhetsmatrisen.

Etasje nr 'i' er fastholdt:

$$n = (i-1) \cdot 3$$

$$K(n+1, n+1) = K(n+1, n+1) + FJ(1)$$

$$K(n+2, n+2) = K(n+2, n+2) + FJ(2)$$

$$K(n+3, n+3) = K(n+3, n+3) + FJ(3)$$

Etter at ligningssystemet er løst og forskyvningene er beregnet, så kan fastholdingskreftene beregnes.

$$H_x = r(n+1) \cdot FJ(1) \quad (\text{kraft i X-retning})$$

$$H_y = r(n+2) \cdot FJ(2) \quad (\text{kraft i Y-retning})$$

$$M_z = r(n+3) \cdot FJ(3) \quad (\text{Moment om Z-aksen})$$

6.10 Forskyvninger av den enkelte vertikalskive.

Se punkt 6.7 ovenfor.

Over etasje nr 'i' får dekket forskyvninger $\mathbf{r}_i = [V_x, V_y, V_z]$

Forskyvning i skivens retning over etasje nr 'i':

$$V_i = V_x \cdot \cos(\nu) + V_y \cdot \sin(\nu) + V_z \cdot (x_i \cdot \sin(\nu) - y_i \cdot \cos(\nu))$$

Skive med lokalt origo, (x_i, y_i) , og vinkel, ν , mellom global x-akse og skivens retning.

6.11 Horisontale tilleggskrefter (2. ordens krefter).

For hver vertikalskive beregner programmet horisontale tilleggskrefter på grunn av aksialkrefter og utbøyning av veggskivene. Beregningen utføres for hver lastkombinasjon. Dette er 2. ordens krefter, som vanligvis blir små i forhold til de øvrige lastene. Det utføres flere beregningsrunder, inntil de beregnede tilleggskrefter etter en beregningsrunde er mindre enn de som ble benyttet for denne beregningsrunde. Hvis det må utføres ny beregningsrunde, så økes de beregnede tilleggskreftene med 1% , og disse benyttes i neste beregningsrunde. Tilleggs kraft i et koblingspunkt mellom veggskive og dekke består av to bidrag.

a: Påført last i koblingspunktet, multiplisert med v_u

b: Aksiallast i skiven (ikke medregnet den påførte lasten), multiplisert med $(v_o - v_u)$

v_u = cosinus til skivens helningsvinkel under punktet

v_o = cosinus til skivens helningsvinkel over punktet

Det beregnes en kraft for utbøyning i X-retning, og en for utbøyning i Y-retning.

6.12 Beregning av krefter mellom vertikalskiver og dekker

Vi har under punkt 6.4 beskrevet hvordan vi etablerer ligningssystemet

$$\mathbf{H} = \mathbf{A} * \mathbf{V} \quad \text{hvor } \mathbf{A} \text{ er skivens stivhetsmatrise}$$

Vektoren \mathbf{V} beregnes som vist ovenfor, og vektoren \mathbf{H} (krefter mellom vertikalskive og dekke) beregnes.

6.13 Spenningskontroll for vertikalskiver

Denne metoden gjelder både for hovedprogrammet og for beregning av enkeltskive.

Beregning av skivespenninger.

Velg et skivenr, sidenr og etasjenr for hver beregning.

Hvis den valgte skiven er en side i en sammensatt skive, f. eks. en heisesjakt eller vinkelskive, så medregnes flensbredde på en eller begge sider. En flens vil medføre at de beregnede elementkrefter blir større der hvor flensen er.

Elementmetoden på forskyvningsform.

Det benyttes et system med rektangulære skiveelement med 8 frihetsgrader. / 3 /

De 8 frihetsgradene er forskyvning i x-retning og z-retning i de fire hjørnepunktene

Forkyvningsvektor: $U = (U_{x1}, U_{z1}, U_{x2}, U_{z2}, U_{x3}, U_{z3}, U_{x4}, U_{z4})$

Lastvektor: $R = (R_{x1}, R_{z1}, R_{x2}, R_{z2}, R_{x3}, R_{z3}, R_{x4}, R_{z4})$

Stivhetsmatrisen for elementet : $kq \quad R = kq * U$

Oppbygging av kq er beskrevet i /3/

Elementsystem:

6. Skiven deles inn i rektangulære elementer.
7. Elementinndeling, tilpasses til utsparinger.
8. Tykkelse på hvert element settes lik skivetykkelse, unntatt på kanter hvor det er flens. Der settes tykkelse så stor at flensarealet blir inkludert
9. Alle elementer med samme bredde, høyde og tykkelse får samme el. typen

10. Elementer i en utsparing er ikke aktive. (medregnes ikke)

Beregning:

A. Lastvektor bygges opp for fire lasttilfeller

1. horisontalbelastning (vind) positivt moment fra vind
2. egenvekt og påført egenvekt
3. påført nyttelast
4. horisontalbelastning (vind) negativt moment fra vind

B. Ligningssystemet løses (forskyvninger beregnes).

C. Elementspenninger for de fire lasttilfellene beregnes, basert på beregnede forskyvninger.

Belastning.

Veggskiven utsettes for skivekrefter fra vindlast, egenvektslast og nyttelast fra dekker og egenvekt av veggskiven.

Vindlast vil medføre moment og skjærkraft i overkant av betraktet skive, og disse skal innføres som knutepunktslaster på skiven.

For lasttilfelle 1 regnes med positivt moment og tilhørende skjærkraft.

For lasttilfelle 4 regnes med negativt moment og motsatt rettet skjærkraft.

Bidrag fra moment i overkant skive

Det antas en rettlinjet spenningsfordeling (spenninger i z-retning), som for et bjelketverrsnitt. En finner da tyngdepunkt og treghetsmoment for horisontalsnitt i overkant av skiven, og benytter dette til å bestemme påførte knutepunktskrefter.

$dfOK(i)$: tverrsnittsareal (horisontalsnitt) for element nr i (i overkant av skiven)
 X_i : X-koordinat for elementets midtpunkt (regnet fra tyngdepunkt i skivens horisontalsnitt)
 $wOK = SUM(dfOK(i) * X_i * X_i)$: treghetsmoment

belastning i punkt nr i fra moment = m blir da

$$S = m * dfOK(i) * X_i / wOK$$

Bidrag fra skjærkraft i overkant skive

Denne fordeles som en like stor skjærspenning på alle elementene i overkant av skiven.

Påført vertikallast fra dekke direkte over aktuell etasje (gjelder både permanent og variabel last).

1. Normalspenning:

Lasten påføres som en like stor normalspenning på alle elementene i overkant av skiven innenfor en bredde, B_1 , fra kant av veggen.

$$B_1 = \text{veggbredde} - 2 * \text{abs}(ex)$$

ex : eksentrisk plassering av lasten

2: Skjærkraft:

Hvis $e_x \neq 0$ (eksentrisk lastpåføring), så påføres også en skjærkraft i ok av skiven, slik at resulterende momentvirkning ved underkant av skiven i betraktet etasje blir 0.

Skjærkraften fordeles på hele veggbredden.

$$q = -p_1 * e_x / (\text{veggbredde} * \text{Etasjehøyde(etg)}) \quad (p_1 \text{ er påført vertikallast.})$$

Påført vertikallast fra dekker høyere oppe, og fra egenvekt av skive over aktuell etasje.

Lasten påføres som en like stor normalspenning på alle elementene i overkant av skiven. Det regnes ikke med eksentrisk lastpåføring.

Vertikallast fra egenvekt av skiven i aktuell etasje.

Lasten påføres i alle knutepunkt i etasjen. Vekten av hvert element beregnes, og denne fordeles til tilstøtende knutepunkt.

Elementspenninger:

$b = \text{Elementbredde}$

$h = \text{Elementhøyde}$

Forskyvninger i hvert hjørne

$$\text{Forkyvningsvektor: } U = (U_{x1}, U_{z1}, U_{x2}, U_{z2}, U_{x3}, U_{z3}, U_{x4}, U_{z4})$$

vinkeldreining av hver side

$$v_1 = (U_{x1} - U_{x2}) / h$$

$$v_2 = (U_{z1} - U_{z3}) / b$$

$$v_3 = (U_{x3} - U_{x4}) / h$$

$$v_4 = (U_{z2} - U_{z4}) / b$$

tøyninger i midtpunkt

$$e_x = (U_{x1} - U_{x3} + U_{x2} - U_{x4}) / (2 * b)$$

$$e_z = (U_{z3} - U_{z4} + U_{z1} - U_{z2}) / (2 * h)$$

$$\text{gamma} = (v_1 + v_2 + v_3 + v_4) / 2$$

elementspenninger i midtpunkt

$$f = E_{\text{modul}} / (1 - \text{Tv}_k * \text{Tv}_k)$$

$$s_x = f * (e_x + \text{Tv}_k * e_z)$$

$$s_z = f * (e_z + \text{Tv}_k * e_x)$$

$$\text{tau} = f * \text{gamma} * 0.5 * (1 - \text{Tv}_k)$$

Tv_k er tverrkontraksjon (0.25).

De fire lasttilfellene kombineres på følgende vis for beregning av resulterende spenninger.

Lasttilfelle 1 + 2 + 3: Maks aksialkraft og maks moment

Lasttilfelle 1+2: Min aksialkraft og maks moment

Lasttilfelle 4 + 2 + 3: Maks aksialkraft og min moment

Lasttilfelle 4+2: Min aksialkraft og min moment

Lastfaktor for bruddgrense eller bruksgrense benyttes ved kombinerings av lasttilfellene. Det bestemmes av bruker. Det benyttes lastfaktor = 1 for vertikallast på grunn av egenvektslaster, i tabeller med min. aksialkraft.

6.14 Sammenstilling av moment og skjærkraft fra vind og aksialkrefter i veggskiver

Tabellen inneholder maks og min snittkrefter for skiver av skivetype 0 (plane skiver).

- Maksimal aksialkraft : Påført egenvekt og nyttelast fra dekker og egenvekt for skiven, multiplisert med lastfaktorer for bruddgrense eller bruksgrense.
- Minste aksialkraft: Påført egenvekt fra dekker og egenvekt for skiven, med lastfaktor = 1.
- Moment med maks tallverdi.
- Skjærkraft med maks tallverdi

6.15 Snittkrefter i dekker.

Snittene legges i modullinjer i x-retning eller y-retning.

Midtpunkt i snitt nr i har koordinater (X_i, Y_i) .

En ser på all last på ene siden av snittet, last påført mot dekkekant og krefter fra veggskiver mot dekke. Alle krefter med samme retning som snittet blir summert for beregning av skjærkrefter. For beregning av moment bidrar krefter både i x – og y-retning, da momentet beregnes om snittets midtpunkt (kraft * momentarm)

Programmet finner moment og skjærkraft med maks tallverdi, basert på de beregnede lastkombinasjoner. Maks tallverdi benyttes da en antar at moment og skjærkraft kan virke begge veier ved at en snur vindlasten.

7 Programrevisjoner

Versjon 1.0 , august 1997

Første utgave av programmet.

Versjon 1.1 , november 1997

Problem med utskrift av punktlaster er rettet

Versjon 2.0 , april 1998

Det er innført beregning av aksialkrefter, og en ny datagruppe for vertikallaster.

Det er innført en ny datagruppe for kontrolldata. Dermed unngår en tidligere problemer med endring av antall skiver i et datasett.

På utskriften er de lagt en svak gråtone på sideoverskrift.

Versjon 2.1.2 juni 1999.

- Programmet levers nå i 32-bits utgave. Programmet er raskere, og en kan benytte lange filnavn.
- På fil-menyen vil en nå finne de 4 siste filene som har blitt åpnet og behandlet i programmet.

Versjon 2.1.5 april 2001.

- Etter at beregning er kjørt så kan en klikke på "vis" på menylinjen, og deretter på "skiver". Da kan en se beregningsresultat for vertikalskivene (det samme som en får på utskriften). En kan bla gjennom lastkombinasjoner, skivenr og sider på en skive.

Versjon 3.0.1 juni 2002.

- Utskriften kan sendes til en fil med PDF-format. Denne kan for eksempel sendes som e-post.
- På skjermbildet for utskrift kan en også velge forhåndsvisning.
- Direkte kobling mellom program og datafil. En kan starte programmet direkte og hente opp en datafil ved å dobbelklikke på datafilen.
- Spenningskontroll for vertikalskiver.
- Kombinasjon av vertikallaster og horisontallaster. Tabeller med sammenstilling av snittkrefter i plane veggskiver.
- Snittkrefter i horisontalskiver (dekker).
- Lastfaktor for bruddgrense og bruksgrense er innført for vindlast. Kombinasjonsfaktor for lastkombinasjoner skal nå være 0, 1 eller -1.
- En kan velge bruddgrense eller bruksgrense for hver beregning.

Versjon 3.0.3 august 2002.

- Vedr. vertikalskiver som ikke går ned til 1. etasje: På utskrift for dekker med reaksjonskrefter for vertikalskiver vises også krefter fra veggskiver som starter på oversiden av betraktet dekke. Disse kreftene medregnes også ved beregning av momenter og skjærkrefter i dekket.
- Høyre marg på fig av dekke med skivekrefter er øket noe for å få plass til utskrift av kreftene.
- Hvis det er så mange veggskiver at det ikke er plass til utskrift av to dekker på en side, så skrives et ut en på hver side.

Versjon 3.1.0 desember 2002.

- Lastfaktor for horisontallaster: Det skal angis et sett for hvert lasttilfelle. Lastfaktorene angis nå på skjermbildet for lastkombinasjoner.
- I lastkombinasjoner er det nå tillatt med + -0.5 også, i tillegg til 0 og +-1. Faktoren 0.5 er med for at en skal kunne kombinere vindlast + ½ skjevstillingslast.

Versjon 3.1.1 februar 2003.

- I datagruppen PLANSNITT kan omriss nå også angis grafisk.
- Problem med å hente lastkombinasjonsfaktorer ± 0.5 fra lagret datafil, er rettet.

Versjon 3.2.0 april 2003

- En kan utføre spenningsberegning for en enkelt veggskive uten å beregne hele avstivningssystemet. Dette valget gjøres under **Fil** på menylinjen.

Versjon 3.2.1 februar 2004

- Under lastdata skal en angi $x_1 < x_2$ for last i Y-retning, og $y_1 < y_2$ for last i x-retning. Programmet vil bytte om koordinatene hvis en har angitt den største verdien først.
- I tabell for maksimum og minimum snittkrefter i plane skiver blir det nå skrevet ut moment med størst tallverdi, mens det før ble skrevet ut størst positiv verdi.
- Det er gjort programtekniske endringer i utskrift av dekke med reaksjonskrefter fra vertikalskiver. Det er for å unngå problemer som viste seg på en printer.
- Det er lagt inn ny dato for programmet, da den gamle snart utgår.

Versjon 3.3.1 oktober 2004

- Det er lagt inn flere mulige lastplasseringer i spenningsberegning for en enkelt veggskive:
 - Jevnt fordelt vertikallaster, fritt plassert
 - Jevnt fordelt horisontallaster, fritt plassert
 - Jevnt fordelt skjærlaster, fritt plassert
- Oppleggsoner kan være fastholdt eller fritt forskyvelig i horisontalretning. Hvis det er opplegg under hele skiven, så er den fastholdt i horisontalretning.
- Hvis avstand fra underkant av en utsparing til underkant av veggskiven ≤ 50 mm, så regnes det som om utsparingen går helt ned ved spenningsberegning.

Versjon 3.3.3 mars 2005

- Skjerm bilde for spenningsberegning: Det er skrevet en forklarende tekst over oppleggsoner.
- Ved beregning av egenvekt av veggskiver blir det tatt hensyn til utsparinger, slik at vekten blir lavere.

Versjon 3.3.4 mars 2005

- Ved beregning av korrigert egenvekt fra utsparinger, oppstod en feil i versjon 3.3.3 hvis en utsparing var fjernet. Det førte til at programmet ble avbrutt. Det er nå rettet.

Versjon 3.4.1 september 2005

- En kan velge mellom to metoder for beregning av stivhetsmatrise for veggskiver: Bjelkemodell (som før), eller elementmetode med skiveelementer. Det blir vanligvis liten forskjell i bergningsresultater mellom de to metodene.
- I utskriften står det nå at forskyvninger er basert på $E_{\text{modul}} = 25000 \text{ N/mm}^2$. Det samme gjelder randbetingelse for veggskiver.

Versjon 3.4.2 november 2005

- Forbedret beregning av skiver med randbetingelser med skiveelementer (flere elementer i bredden, avhengig av skivens bredde).
- Kontroll av størrelsen på angitt randbetingelse, og melding på skjerm hvis den er unormalt stor.
- Grenseverdi for tillatt størrelse på utsparinger er øket. Grenseverdier er satt til 10 mm fra underkant og overkant i en etasje.
- Utsparinger som ikke er plassert på lovlig side i en skive, blir fjernet. Dette skyldes at bruker har endret skivetype uten først å fjerne utsparinger som blir uaktuelle.

- For skiver som ikke går helt ned i første etasje vil skjærkraften nederst nå bli vist på dekket under som overført kraft til dekket. Den overførte kraften kan avvike litt fra skjærkraften på grunn av beregningsmodellen. Denne kraften er også medregnet ved beregning av momenter og skjærkrefter i dekket.
- En kan kopiere lastdata fra ett lasttilfelle til et annet, første gang en skal gi inn last i Xretning eller Yretning for et lasttilfelle. På denne måten kan en enkelt opprette flere like lasttilfeller, men med forskjellige lastfaktorer. Lastfaktorene angis på skjermbildet for lastkombinasjoner.

Versjon 3.4.3 mars 2006

- Utskrift av spenningsberegning for skiver med to eller tre oppleggsoner: Det skrives ut en tabell med resulterende oppleggskrefter mot hver oppleggssone.

Versjon 3.4.4 april 2006

- Beregning av enkeltskive: Det kan benyttes laster med både positivt og negativt fortegn under ekstralaster.

Versjon 3.5 november 2006

- Programmet legger inn ekstra modullinjer hvis ikke noen modullinjer krysser en etasje.
- Programmet tar med horisontale tilleggskrefter på grunn av vertikallaster og utbøyning av veggskivene (2. ordens krefter).
- I skjermbildet for utskrift kan en velge norsk eller svensk tekst på utskrift.

Versjon 3.5.3 april 2008

- Standard Emodul er 25000 N/mm². Det kan legges inn en annen Emodul under ”kontrolldata”

Versjon 3.5.5 mars 2010

- Punktlaster er fjernet. De må legges inn som linjelaster, og fordeles over en kort sone. I tidligere datasett blir punktlaster automatisk omgjort til linjelaster.

8 Referanser

- /1/ Betongelementboken, Betongindustriens Landsforening, hefte B
- /2/ Matrisestatikk. Pål G. Bergan, Geir Horrigmoe, Tor G. Syvertsen
- /3/ Beregning av skiver og plater ved Elementmetoden. Ivar Holand