

Modulet Kombinationsvægge

Indledning

Modulet arbejder på et vægfelt uden åbninger, og modulets opgave er

- At fordele vandret last samt topmomenter mellem bagvæg og formur
- At bestemme de binderkræfter, der er i ligevægt med denne fordeling.

Metoden til fordeling af momenter og vandret last er som beskrevet i DS 414, anneks B. Bestemmelsen af binderkræfter iflg. DS 414, anneks B er forkert; de korrekte binderkræfter bestemmes ved opstilling af ligevægtsbetingelser for formuren alene, påvirket af udvendig vindlast og binderkræfter.

Vindlasten i hulrummet mellem formur og bagvæg antages at være nul. Hvis den er noget andet, vil den formentlig have samme fortegn som den udvendige vindlast, idet hulrummet må formodes at stå i mere direkte forbindelse med det ydre rum end med bygningens indre. I så tilfælde vil vindlasten i hulrummet reducere den resulterende vindlast på formuren, med reduktion af de nødvendige binderkræfter til følge. Antagelsen om vindlasten nul i hulrummet er således på den sikre side hvad angår binderkræfterne, og trykforholdene i hulrummet har (bortset fra helt lokale virkninger i intervallerne mellem binderrækkerne) ingen indflydelse på størrelserne af de resulterende tværlaster på formur og bagvæg.

Inddata

Inddata til beregningen er følgende:

- Fælles data for kombinationsvæggen:
 - Væggens højde h
 - Lodret binderrækkeafstand a
 - Vandrette binderafstande i top- og normalrække ba_{top} og ba_{norm} .
- Separate data for hver vange (index B og F står for bagvæg hhv. formur):
 - Tykkelser t_B og t_F
 - Karakteristiske E-moduler E_{0kB} (muret bagvæg) eller E_{cF} (letbetonbagvæg), samt E_{0kF} (formur)
 - Lodret last $LLast$ og dens excentricitet e_{top} (kun på bagvæg – formuren forudsættes ubelastet)
 - Regningsmæssig tværlast (indv. overtryk på bagvæg w_B og udv. sug på formur w_F)

Beregning af resulterende påvirkninger på formur og bagvæg

For kombinationsvægge uden lodrette sideunderstøtninger foretages der i henhold til DS 414 to beregninger: én med ”normal” stivhed af formuren, dvs. $E_{cF} = 0,50 E_{0kF}$, og én med reduceret stivhed af formuren, dvs. $E_{cF} = 0,25 E_{0kF}$. Den første af disse to beregninger bestemmer de dimensionsgivende påvirkninger på formuren; den anden bestemmer de dimensionsgivende påvirkninger på bagvæggen. Jf. anneks B, B.1(3), B.3(1) og B.3(2).

For bagvæggens vedkommende regner programmet med $E_{cB} = 0,50 E_{0kB}$, hvis bagvæggen er af murværk, og med $E_{cB} = 1,0 E_{cg}$, hvis bagvæggen er af letbeton.

For hver vange bestemmes først stivheden $S = 10 E_c I / h^2$, jf. anneks B, B.1(2). De to værdier for bagvæg og formur benævnes henholdsvis S_B og S_F . Dernæst bestemmes de relative stivhedstal, som her af praktiske grunde ikke benævnes s med streg over, men r :

- $r_B = S_B / (S_B + S_F)$ og $r_F = S_F / (S_B + S_F)$

De initiale momenter bestemmes, dvs. momenterne før søjlevirkning (tillægsudbøjning) og vangernes samvirken tages i regning:

- Samlet vandret last: $w = w_B + w_F$
- Initialmoment ved vægtop: $M_{top} = LLast e_{top}$
- Initialmoment ved vægmidte: $M_0 = w h^2 / 8 + M_{top} / 2$

Den korrigerede totalstivhed S_{kS} (stivhed af hele kombinationsvæggen) bestemmes, og ud-bøjningen beregnes ved division af initialmomentet ved vægmidten med den korrigerede totalstivhed:

- $S_{kS} = S_B + S_F - LLast$
- $u = M_0 / S_{kS}$

De resulterende momenter ved vægmidten i de to vanger bestemmes, og momentet ved vægtop fordeles efter de relative stivhedstal:

- $M_{yB} = u S_B$ og $M_{yF} = u S_F$
- $M_{topB} = r_B M_{top}$ og $M_{topF} = r_F M_{top}$

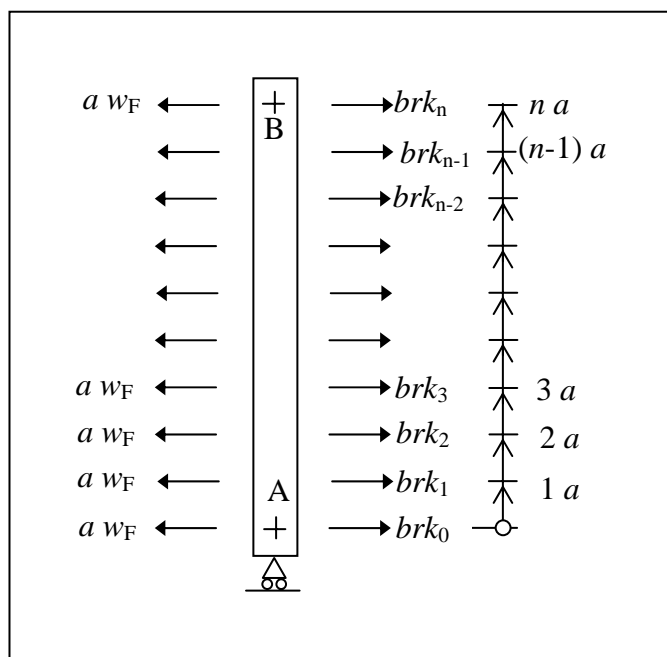
De ækvivalente tværlaster bestemmes som de tværlaster på hver vange, som sammen med hver vanges andel af topmomentet netop giver de resulterende momenter ved vægmidten:

- $w_{eqvB} h^2 / 8 + M_{topB} / 2 = M_{yB} \rightarrow w_{eqvB} = 8 (M_{yB} - M_{topB} / 2) / h^2$
- $w_{eqvF} h^2 / 8 + M_{topF} / 2 = M_{yF} \rightarrow w_{eqvF} = 8 (M_{yF} - M_{topF} / 2) / h^2$

Herefter er dimensioneringsparametrene for de to vanger klar:

- Bagvæggen dimensioneres for
 - Lodret last $LLast$
 - Topmoment $M_{topB} \rightarrow e_{topB} = M_{topB} / LLast$
 - Ækvivalent tværlast w_{eqvB}

- Formuren dimensioneres for
 - Topmoment M_{topF}
 - Ækvivalent tværlast w_{eqvF}



Beregning af binderkræfter

Binderkræfterne bestemmes ved at opstille ligevægt for formuren. I første omgang betragtes et enhedsudsnit af formuren, dvs. et stykke formur med længden 1 m. Kraften pr. løbende vandret m i en binderrække (dvs. den samlede kraft i binderrækken over udsnittets længde) benævnes brk for "binderrækkekraften"; den måles i N/m og regnes positiv som træk. brk forsynes med forskellige indices som beskrevet i det følgende. Kraften i den enkelte binder benævnes BK for "binderkraften"; den måles i N/binder og regnes positiv som træk. BK forsynes med indices svarende til brk , og den beregnes som brk gange binderafstanden i den pågældende række, idet binderafstanden måles i m.

Figuren ovenfor viser et lodret snit i formuren og de kræfter, der virker på denne. Bagvæggen (der ikke er vist) samt binderne er til højre for formuren.

Vindlasten på formurens yderside samles i linielaster ud for binderrækkerne; hver linielast har intensiteten $a w_F$.

Der er $(n+1)$ ubekendte, nemlig binderrækkekræfterne $brk_0 \dots brk_n$. Da alle kræfter er vandrette, kan ligevægtsbetingelserne kun bestemme to kræfter eksplicit; hertil vælges brk_0 og brk_n . Først bestemmes de øvrige binderrækkekræfter ud fra de givne kriterier: ækvivalent tværlast w_{eqvF} og topmoment M_{topF} .

Normalbinderne, dvs. de bindere, som ikke har en særlig funktion, skal levere en tværlast til formuren, som sammen med den oprindelige tværlast w_F giver en resulterende tværlast lig med w_{eqvF} . Index vælges her til "Fla" for fladelast, og binderrækkekræften bliver:
 $brk_{Fla} = (w_F - w_{eqvF}) a$, idet brk regnes positiv modsat w_F og w_{eqvF} .

- $brk_1 = brk_2 = brk_3 = \dots = brk_{n-2} = brk_{Fla}$

Topmomentet M_{topF} overføres som træk og tryk i de to øverste binderrækker: $brk_{Mom} = M_{topF}/a$. Tryk i næstøverste binderrække, hvis M_{topF} er positiv, dvs. virkende med uret. Dette skal adderes til brk_{Fla} :

- $brk_{n-1} = brk_{Fla} - brk_{Mom}$.

Kraften i øverste binderrække bestemmes ved momentligevægt om punkt A:

$$brk_n n a = a w_F (1+2+3+\dots+n) a - brk_{Fla} (1+2+3+\dots+(n-1)) a + brk_{Mom} (n-1) a \rightarrow$$

- $brk_n = a w_F (n+1)/2 - brk_{Fla} (n-1)/2 + brk_{Mom} (n-1)/n$

Kraften i nederste binderrække bestemmes ved momentligevægt om punkt B:

$$brk_0 n a = a w_F (1+2+3+\dots+n) a - brk_{Fla} (1+2+3+\dots+(n-1)) a + brk_{Mom} a \rightarrow$$

- $brk_0 = a w_F (n+1)/2 - brk_{Fla} (n-1)/2 + brk_{Mom} / n$.

Binderrækkekræfterne bestemmes efter ovennævnte formler, og derefter bestemmes den enkelte binderkraft BK som den pågældende binderrækkekræft gange binderafstanden i den pågældende række.

Hvis formuren i den aktuelle etage står på et fundament eller lignende, kan det forudsættes, at en del af eller hele den vandrette reaktion fornedet overføres ved friktion til fundamentet, således at binderkræfterne i den nederste binderrække (brk_0 og BK_0) reduceres væsentligt. I modsat fald kan binderkræfterne BK_0 reduceres ved at foreskrive en mindre binderafstand i den nederste række end den normale.

Hvis den lodrette binderrækkeafstand ikke går op i væghøjden minus to skifter, skal der evt. udføres visse justeringer af binderrækkeafstanden undervejs. Indflydelsen heraf på de beregnede binderkræfter er uden væsentlig betydning, hvis bare afstanden mellem de to øverste

binderrækker er som angivet i inddata. Binderkræfterne i de to øverste binderrækker, hvor topmomentet skal overføres, er omvendt proportionale med afstanden mellem disse to binderrækker, mens binderkræfterne i de øvrige binderrækker er temmelig ufølsomme over for binderrækkernes nøjagtige placering.

Tværlastens størrelse

Kombinationsvægsmodul forudsætter i momentberegningerne, at tværlasten udelukkende optages ved lodret spænd. I virkeligheden bidrager eventuelle lodrette sideunderstøtninger (fx afstivende tværgående vægge eller indbyggede stålsøjler) til optagelsen af tværlasten, idet vægfeltet spænder både lodret og vandret. Imidlertid tages der for formurens vedkommende hensyn til dette, når formuren senere dimensioneres ved hjælp af modulet "Tværbelastet rektangulær væg". Derfor bør den fulde (ureducerede) tværlast indsættes i nærværende kombinationsvægsmodul, som primært *fordeler* tværlasten mellem formur og bagvæg.

Efter beregning af tværlastfordelingen skal også bagvæggen dimensioneres. Det sker ved hjælp af et af modulerne "Lodret belastet muret væg" eller "Lodret belastet elementvæg". Disse to moduler forudsætter - lige som kombinationsvægsmodul - at tværlasten udelukkende optages ved lodret spænd. Derfor bør der i modulet "Lodret belastet ...væg" indsættes en reduceret tværlast, som kan fås ved først at beregne bagvæggen med modulet "Tværbelastet rektangulær væg". Denne fremgangsmåde erstatter anvendelsen af annek C i DS 414, 5. udgave.
