

Prosjekteringsanvisning for Ytong porebetongdekke og dekke/veggsamlinger



2018 – 09 – 13

SBI og Teknologisk Institut – Danmark

Innhold

1 Innledning.....	3
2 Definisjoner	3
3 Standarder. Robusthet	3
4. Forutsetninger	7
4.1 Sikkerhet.....	7
4.2 Materialparametre	7
5 Samlinger mellom forskjellige dekker og vegger.....	8
6 Skivevirkning.....	12
Eksempel 1.....	12
Eksempel 2.....	14

1 Innledning

Denne prosjekteringsanvisningen er utarbeidet av SBI og Teknologisk Institut i Danmark. Anvisningen er derfor basert på de danske nasjonale vedleggene til Eurocoden.

Det er Xella (Ytong) som har tatt initiativ til anvisningen, og de anvendte styrkeparametrene gjelder deres produkter.

Prosjekteringsanvisningen dekker følgende område:

- Sikkerhet ved ulykkeslast ved systemer mellom forskjellige dekke- og veggtyper som typisk hører til forskjellige standarder
- Skivevirkning for porebetongdekke

Samlingene omhandler: betong-, lettklinkerbetong- eller porebetongdekke i kombinasjon med vegger av kalksandstein eller porebetong, enten som limte blokker, plater eller etasjehøye elementer.

Formålet med denne anvisningen er å klarlegge forhold rundt og anviser dimensjoneringsmetoder vedrørende robusthet for dekke- og vegg-samlinger samt dekkeskiver. Her tas det ved behov hensyn til skillelinjer mellom relevante standarder. Anvisningen omhandler vanlig etasjebygging

2 Definisjoner

Antall etasjer: Angis inkl. grunnplan og eventuell mansardetasje. Eventuelt utnyttet loftsetasje og høy kjeller regnes hver som ½ etasje. Det vil si at en konstruksjon med grunnplan og 2. etasje, høy kjeller og loftsetasje regnes som 3 etasjer.

CC1, CC2 og CC3: Konsekvensklasser. Lav, middels og høy. Skiftet fra CC2 til CC3 opptre f.eks. når høyden til gulvet i øverste etasje er mer enn 12 m over bakkenivå (ref: EN 1990 NA:2010-05, vedlegg B tabell B1). For en 5 etasjers bygning med etasjehøyde 2,84 m og sokkelhøyde 0,15 m er høyden til gulvet i øverste etasje som følger: $4 \times 2,84 + 0,15 = 11,51$ m (verdien for 2,84 m kunne opptre med vegghøyde = 2,60 og dekketykkelse 0,24 m)

3 Standarder. Robusthet

3.1 DS/INF 146

Bakgrunn og prinsipper for robusthet er forklart i denne standarden. Her defineres robusthet som evnen til å motstå utilsiktede påvirkninger og defekter.

Utilsiktede påvirkninger kan f.eks. være at en begrenset del av konstruksjonen svikter.

For eksempel kan en konstruksjon gjøres robust overfor en gassseksplasjon i en leilighet i første etasje ved at kun en lokal fasade og en relativt begrenset del av de overliggende konstruksjonsdelene kollapser.

3.2 EN 1990(NA:2010-05, vedlegg E). Felles for alle konstruksjonsstandarder

I konsekvensklasse:

- CC3 skal robustheten dokumenteres
- CC2 skal det foreligge en vurdering av robustheten (vedlegg E (4))

Dersom robustheten dokumenteres ved bortfall av element, kan det akseptable kollapsomfanget for etasjebygninger med opptil 15 etasjer fastsettes som: 15 % av etasjearealet på 2 etasjer over hverandre ved bortfall av element (søyle, dekke, 3 m langt veggstykke), men maks. 240 m² pr. etasje og maks. 360 m² i alt. Tilstrekkelig bæreevne påvises i en ulykkesdimensjoneringstilstand (dvs Ψ_2 på variable laster) (vedlegg E (7)). I noen tilfeller kan det ses bort fra robusthetskravet i øverste etasje. For eksempel når det brukes lett tak. En ingeniørmessig vurdering av dette foretas i det enkelte prosjekt.

Til slutt angis det at det i konstruksjonsstandardene kan være angitt retningslinjer for hvordan tilstrekkelig robusthet sikres (vedlegg E (10)). Disse retningslinjene kalles heretter for supplerende robusthetskrav.

3.3 EN 1992 – 1 – 1 (NA: 2007 + tillegg 1 og 2)

De supplerende robusthetskravene er uttrykt gjennom nasjonale verdier i avsnitt 9.10 i EN 1992 – 1 – 1. Her er det angitt minimumsstyrke for strekkforbindelsen i dekke, randbjelke, mm

Randarmoring. $F_{tie,per}$:

CC2: $l_i \times 7,5$ kN/m men min. 40 kN. Parameteren l_i er lengden på gavlseksjonen

CC3: $l_i \times 15$ kN/m men min. 80 kN.

Fugearmoring i dekke i begge retninger. $F_{tie,int}$:

CC2: 15 kN/m

CC3: 30 kN/m

Vannrette strekkforbindelser i fasaden. $F_{tie,fac}$:

CC2: 15 kN/m

CC3: 30 kN/m

Verdiene gjelder i toppen av fasaden. I bunnen settes verdien til 0 kN/m

(forhold for enkeltstående søyler er ikke omtalt her)

For etasjekonstruksjon i konsekvensklasse CC2 med 1–2 etasjer og hvor en ev. kollaps av et delement maksimalt vil omfatte 360 m², vil kravene til robusthet dermed være oppfylt ved dimensjonering for de vanligste lastene iht. standardene.

3.4 EN 1996 – 1 – 1 Standard for murkonstruksjoner

Murkonstruksjoner er definert som byggesteiner sammenføydd i liggefuger. Til denne standarden hører derfor:

- Limte kalksandsteinblokker og plater
- Limte porebetongblokker og plater

(Men ikke etasjehøye lettbetongelementer fordi de ikke har liggefuge)

I denne standarden og i tilhørende NA og DS/INF 167 er ikke robusthet nevnt. Dermed kan retningslinjene i EN 1990 anvendes.

Det vil i praksis si at alminnelige konstruksjoner i konsekvensklasse CC2 må betraktes som robuste fordi murkonstruksjoner vanligvis er sammenhengende og kan omfordele kreftene for eksempel via buevirkning. Det enkelte prosjekt bør imidlertid vurderes kvalitativt, som angitt i EN 1990, fordi noen konstruksjonstyper med f.eks. store, forskjøvede åpninger ikke nødvendigvis har den robustheten som er nødvendig.

3.5 EN 12602 (DS/INF 169)

Denne standarden gjelder for porebetongelementer, dvs. etasjehøye vegger, dekke, m.m. Forhold vedrørende robusthet er angitt i DS/INF 169 avsnitt 10, hvor det står følgende:

For etasjebygging i konsekvensklasse CC2 med 3–5 etasjer eller spennvidde for etasjedekke > 7,5 m må følgende konstruksjonsregler være oppfylt:

- Etasjeskillere (dvs. dekket) skal være armert tilsvarende en karakteristisk last på 15 kN/m i hver retning
- Randarmeringen må kunne oppta en karakteristisk last på 40 kN. Randarmeringen må være forankret til etasjeskilleren
- I veggene må det etableres forankringer til etasjeskillerne, som kan oppta en karakteristisk last på 15 kN/m

For etasjebygging i konsekvensklasse CC2 med 1–2 etasjer og spennvidde for etasjedekke < 7,5 m er robustheten normalt sett sikret via den vanlige prosjekteringen.

For etasjebygging i konsekvensklasse CC3 er forholdene ikke beskrevet.

I mangel av bedre alternativer skal det her regnes med reglene i EN 1992 – 1 – 1.

Konsekvente regler

Som man ser ovenfor, er der ikke fullstendig konsekvens mellom de forskjellige standardene, noe som fører til følgende situasjon: For bygging av 3 etasjer med vegger av lettbetongelementer må det iht. EN 12602 monteres murbindere i veggen for å overføre en utadrettet horisontal last på 15 kN/m. Dersom veggelementene skjæres over på midten og limes sammen igjen, blir veggen til murkonstruksjon og kravet bortfaller.

I tabellen nedenfor er det forsøkt å fjerne disse inkonsekvente forholdene samtidig som at reglene så fremt mulig er i overensstemmelse med standardene.

Tabellen under gjelder for:

1. Samlingen mellom dekke og vegg i grenseflaten mot veggen, hvor følgende materialer er tatt i betraktning:
Dekke: Porebetong-, lettklinkerbetong- eller jernbetongdekke
Vegg: Kalksandstein- eller porebetongbyggestein og etasjehøye porebetongelementer
Dvs. at tabellen beskriver om det bl.a skal murbindere i veggen (eller annen mekanisk forbindelse)

2. Selve porebetongdekket (forhold for jernbetongdekke er ikke tatt med i dette dokumentet fordi de er kjent og beskrevet f.eks. i notat på den danske betongelementforeningens hjemmeside BEF.dk (Skivestatik))
3. Konsekvensklasse CC2 (for konsekvensklasse CC3 (altså øverste gulv > 12 m over bakkenivå) skal alltid beregnes med de supplerende robusthetskravene)

Tabell 1. Supplerende robusthetskrav utover EN 1990 for konstruksjoner i konsekvensklasse CC2

Etasjehøyde	Robusthetskrav	
	Dekkelengde: $L < 7,5$ m	$L \geq 7,5$ m
$\leq 2\frac{1}{2}$ etasje	Ikke relevant	Relevant
3–5 etasjer	Relevant	Relevant
>5 etasjer	Relevant	Relevant

Metodikk

Metodikken blir som følger:

1. Konsekvensklassen fastsettes (CC1, CC2 eller CC3)
2. Antall etasjer fastsettes
3. Hvis konsekvensklasse = CC2 (eller lavere) og antall etasjer $\leq 2\frac{1}{2}$ og dekkespenn $< 7,5$ m regnes det normalt ikke med noen supplerende robusthetskrav
4. Hvis punkt 3 ikke er oppfylt, regnes det med supplerende robusthetskrav jf. tabellen nedenfor

Tabell 2. Supplerende krav for porebetongdekke samt samling mellom dekke/vegg (typer: jf. tabell 1)

Konsekvensklasse	CC1	CC2	CC2	CC3
Underoppdeling	Alltid	$H \leq 2\frac{1}{2}$ etasje og $L_{\text{dekke}} < 7,5$ m	$H > 2\frac{1}{2}$ etasje eller $L_{\text{dekke}} \geq 7,5$ m	Alltid
Fugearmering ($F_{\text{tie,int}}$) i begge retninger*	-	-	15 kN/m	30 kN/m
Randarmoring ($F_{\text{tie,per}}$)	-	-	40 kN	80 kN
Ankerforbindelser ved fasade. ($F_{\text{tie,fac}}$)	-	-	15 kN/m	30 kN/m

*Dvs. parallell med og vinkelrett på dekkeelementenes spennretning

4. Forutsetninger

4.1 Sikkerhet

Ved beregning av forholdene rundt robusthet brukes det karakteristiske verdier for lastene. Det vil si at man bruker partialkoeffisienten: $\gamma_F = 1,0$. På materialsiden regnes det med vanlige partialkoeffisienter γ_m i ulykkestilfeller, det vil si $\gamma_m = 1,0$. Ved beregninger av skivevirkning som ikke er et robusthetskrav, brukes det vanlige partialkoeffisienter $\gamma_m = 1,7$ på strekk- og forskyvningsstyrker og $\gamma_m = 1,6$ på trykkstyrker, og på armering $\gamma_m = 1,2$.

4.2 Materialparametre

I dette notatet regnes det generelt med:

Fugebetong:

$$f_{ck} = 20 \text{ MPa} \quad (\text{trykkstyrke})$$

$$f_{ctk, 0,05} = 1,5 \text{ MPa} \quad (\text{enakset strekkstyrke})$$

Armering:

$$f_{yk} = 550 \text{ MPa} \quad (\text{flytespenning})$$

Vedheftstyrke for armering, murbindere, gjengestenger limt i porebetong (Ytong):

$$f_{bok} = 0,6 \text{ MPa for densitet } \geq 340 \text{ kg/m}^3$$

Porebetong (Ytong):

$$f_{ck} = 4,5 \text{ MPa} \quad (\text{trykkstyrke elementer})$$

$$f_{ck} = 3,4 \text{ MPa} \quad (\text{trykkstyrke plater})$$

$$f_{ctk, 0,05} = 0,40 \text{ MPa} \quad (\text{enakset strekkstyrke})$$

$$f_{vk0, 0,05} = 0,63 \text{ MPa} \quad (\text{forskyvningsstyrke Ytong lim})$$

Kalksandstein (Silka):

$$f_{ck} = 12,2 \text{ MPa} \quad (\text{trykkstyrke})$$

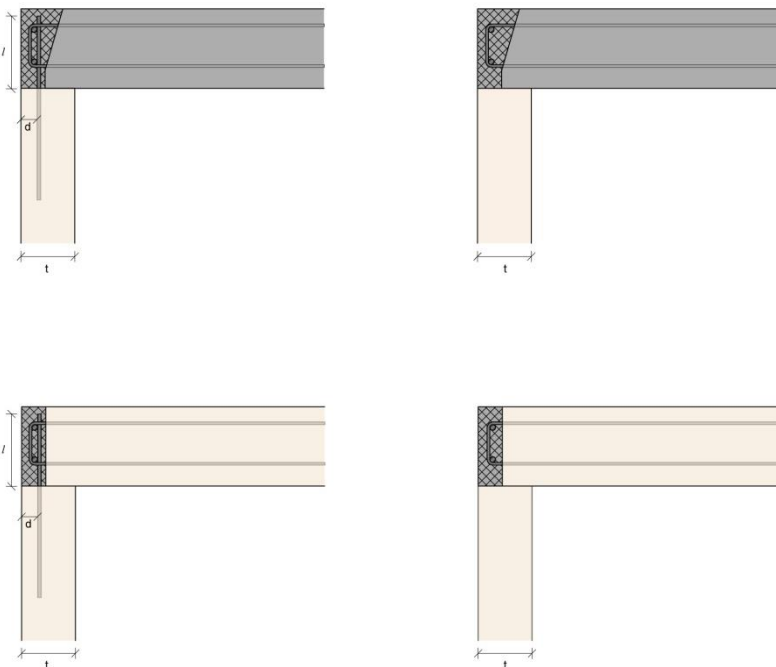
$$f_{ctk, 0,05} = 1,1 \text{ MPa} \quad (\text{enakset strekkstyrke})$$

$$f_{vk0, 0,05} = 0,35 \text{ MPa} \quad (\text{forskyvningsstyrke Silka lim, vinter})$$

I forbindelse med ulykkeslast regnes det vanligvis med partialkoeffisienten $\gamma_c = 1,0$ på materialparametre.

5 Samlinger mellom forskjellige dekker og vegger

Da standardene ikke gir tilstrekkelig informasjon om hvordan en beregning for horisontal ulykkeslast skal foretas ved samling mellom vegg og dekke, vil det i det følgende anføres beregningsmetoder samt beregningseksempler for dimensjonering av samlingen mellom dekke og vegger. Samlingen må etableres mekanisk dersom bygningen er på over 2½ etasjer eller har et spenn større enn 7,5 m, jf. avsnitt 3, tabell 2. Det må legges inn fugearmering, noe som kan gjøres med bøylor mellom dekkeelementer og med randarmering når man etablerer en kantstøpning (se figur 1, øverst og nederst). Utover dette må det etableres en loddrett fugearmering som skal kunne holde fast veggen mot den trykkbelastningen som kan oppstå ved en ev. eksplosjon, slik at veggen ikke faller ut, og det sikres mot progressiv kollaps.

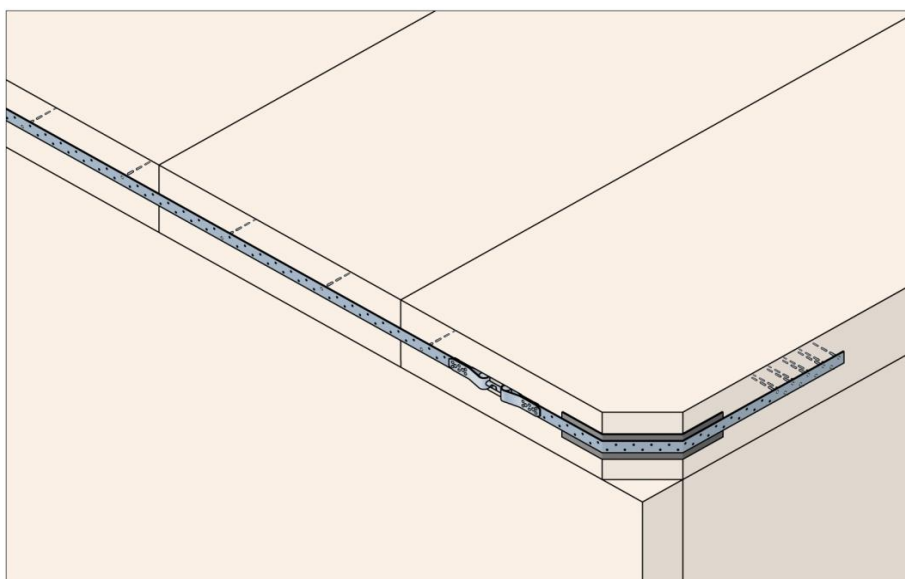


Figur 1. Randarmeringsdetaljer.

Løsninger til venstre: Robusthetskravene er gjeldende. Løsninger til høyre: Robusthetskravene er ikke gjeldende (se også figur 2).

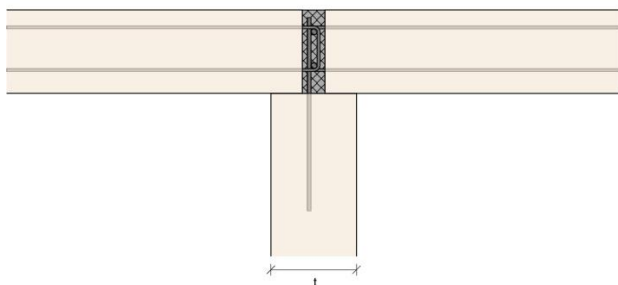
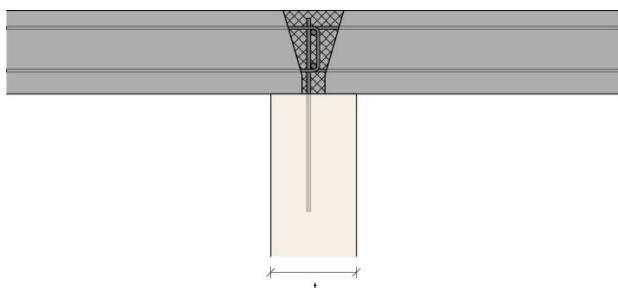
Ved påvisning av bæreevne skal det ses bort fra loddrett last fra overliggende etasjer fordi denne virker til gunst.

De loddrette ankerstengene kan utelates hvis robusthetskravene ikke er gjeldende. Men det anbefales å innføre randarmering for å sikre sammenhengende skivevirkning enten som vist i figur 1 (til høyre) eller alternativt som vist i figur 2. Løsningen i figur 2 kan altså ikke brukes hvis robusthetskravene er gjeldende.

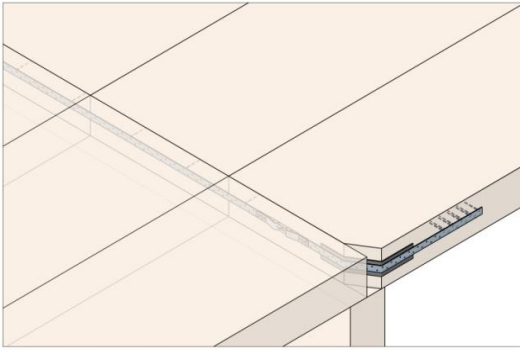


Figur 2. Porebetongdekke med hulbånd som alternativ til randarmering når robusthetskravene ikke er gjeldende, merk båndstrammer montert på hulbånd. Det kan skjæres ut i dekket for å gi plass til båndstrammeren

Ved hovedskillerom etableres det tilsvarende mekaniske armeringssamlinger, som illustrert i figur 3 eller 4.



Figur 3. Robusthetskrav gjeldende.



Figur 4. Robusthetskrav ikke gjeldende. Alle flater full-limes slik at randarmingene virker på begge dekkesskiver.

Dimensjonering

Ved dimensjonering må den loddrette armeringen kunne motstå trykkbelastningen q , for eksempel 15 kN/m for CC2 (se tabell 2).

Hver enkelt ankerstang skal dimensjoneres for:

- Forskyvningsbrudd i vegg og dekke, som gir et nødvendig antall ankerstenger per meter.
- Avskalling/splitting av vegg eller dekke, som stiller et minimumskrav til kantavstanden.
- Klipping av jernet, som stiller et minimumskrav til bolt diameteren.

I det følgende er det anført bæreevnekriterier for de tre tilfellene.

Forskyvningsbrudd

Den resulterende bæreevnen P (vinkelrett på ankerstangen) kan bestemmes av:

$$P = f_{cd} * k \left(\frac{l * \phi}{4} \right) \quad (1)$$

Den resulterende kraften P angir bæreevnen for én ankerstang i kN:

Hvor:

Materiale:	Porebetong	Betong/kalksandstein
k	3,3	3,0

- l lengden på ankerstangen, som bestemmes av dekkehøyden.
- ϕ armeringsdiameteren

Antall ankerstenger pr. meter finner man heretter ut fra forholdet mellom ulykkeslasten og bæreevnen for én ankerstang:

$$n \geq \frac{q}{P} \quad (2)$$

hvor:

q = ulykkeslasten (f.eks. 15 kN/m),

P = bæreevne vinkelrett på ankerstangen

Splitting

Trykklasten på ankerstangen må ikke gi mulighet for splitting, noe som sikres ved hjelp av tilstrekkelig kantavstand.

Følgende gjelder:

$$d \geq \frac{2 * P}{\pi * f_{ctd} * l} \quad (3)$$

hvor:

d er kantavstanden

f_{ctd} er den enaksede strekkstyrken ifølge beregningen

Øvrige signaturer, se forrige side

Det må sikres at kantavstanden oppfyller følgende krav:

For porebetong og kalksandstein $d > 50$ mm
for støpesamling $d > 30$ mm

Gjeldende for 4 murbindere pr. m og $F_{tie, fac} = 15$ kN/m

Klipping

Bæreevnen bestemmes ved undersøkelse av klipping.

Klippingsbæreevnen V_d for ankerstang med f.eks. rullede gjenger bestemmes av:

$$V_d = A * \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad (4)$$

hvor:

A er forskyvningsarealet av ankerstangen

Det må påvises at $P = q/n < V_d$.

6 Skivevirkning

For porebetongdekker (uten robusthetskrav) gjelder det at bøyingsstrekstyrker i fugebetongen og dekket kan brukes til å ta opp de aktuelle skivekreftene, noe som medfører at dekket i prinsippet kan utføres uten armering i fugene, uten randarmering (og uten murbindere i veggen) når bare de aktuelle spenningene er mindre enn de beregningsmessige styrkene (illustrert i eksempel 1 nedenfor).

Men det anbefales normalt å legge inn randarmering (se figur 1, detaljer til høyre og figur 2) og langsgående armering hvor dekket støtes, bl.a. av hensyn til svinn.

For eksempel på kjellerdekke og lignende, hvor den primære funksjonen er å overføre loddrette laster, kan dekket utføres uten armering.

Denne randarmeringen kan bestå av 1 Ø10 armeringsjern med en forankringslengde på 1 m fra det kritiske snittet eller et oppspent hulbånd 25 × 2 mm som vist i figur 2.

Eksempel 1

Bygging av 2-etasjes bygg med utnyttet loftsetasje og alminnelig kjeller tas i betraktning.

Dekke: Porebetongdekke med et spenn < 6,0 m

Vegger: Limte porebetongblokker

Etasjehøyde: 2,80 + 0,24 = 3,04 m.

Høyden til gulvet i øverste etasje er: 0,15 m + 2 × 3,04 m = 6,23 m < 12 m

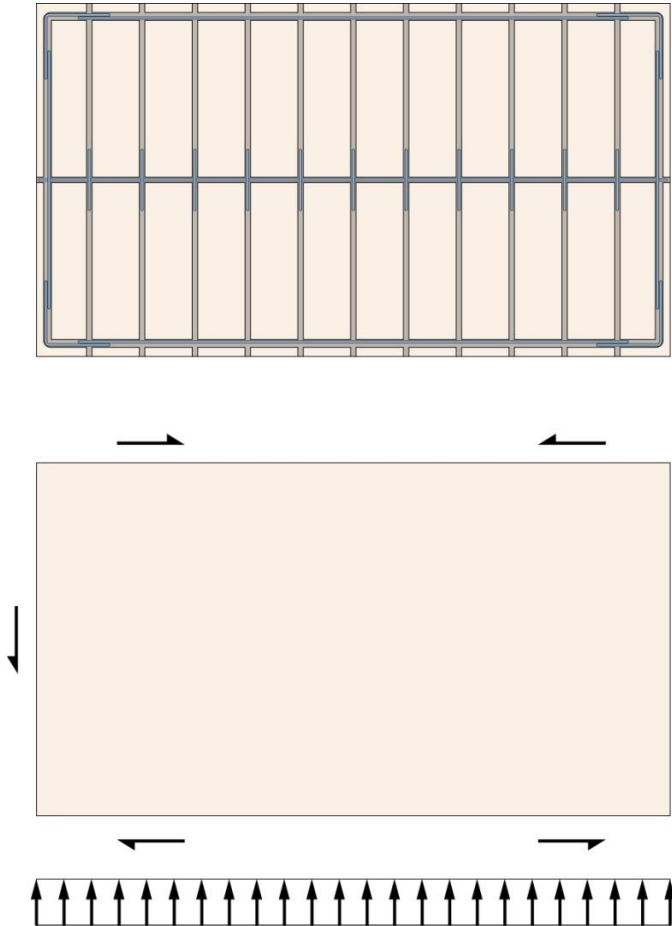
Dermed er konstruksjonen i konsekvensklasse CC2 tilsvarende underoppdeling "H ≤ 2½ etasje og L_{dekke} < 7,5 m" jf. tabell 2, og det er ikke supplerende robusthetskrav.

Konstruksjonen kan utføres etter kravene i avsnitt 6 ovenfor.

Den aktuelle spenningsundersøkelsen som påviser skivevirkning, samt at samlingen holdes tilstrekkelig fast overfor den alminnelige påvirkningen på veggen, er vist i eksempelet nedenfor:

Her regnes det med at kun gavlene kan overføre skivereaksjonene.

Dekkene er loddrett understøttet av fasaden og den langsgående hovedskilleveggen. Lengden på dekkene er 3,0 m.



Figur 5. Reaksjoner i og påvirkning av skiven

Det regnes med følgende parametre:

Vindlast på nivå med dekket q_d		= 5,3 kN/m
Bredde på skiven	B	= 6,0 m
Bredde på skiven	L	= 8,0 m
Veggtykkelse for understøttende gavl	t_{vegg}	= 125 mm
Dekketykkelse	t_{dekke}	= 240 mm
Forskyvningsforhold:	Q	= $\frac{1}{2} \times 5,3 \times 8$ = 21,2 kN
	τ	= $(\frac{3}{2}) \times 21,2 \times E3 / (125 \times 6000)$ = 0,042 MPa < 0,63/1,7 MPa = 0,37 MPa (f_{vd0})

$$\begin{aligned}
 \text{Momentforhold: } M &= (1/8) \times 5,3 \times 8^2 \\
 &= 42,4 \text{ kNm} \\
 \sigma &= 6 \times 42,4 \text{E}6 / 240 \times 6000^2 \\
 &= 0,03 \text{ MPa} \\
 &< 0,40 / 1,7 \text{ MPa} \\
 &= 0,24 \text{ MPa } (f_{ctd})
 \end{aligned}$$

Man ser at bæreevnen er cirka en faktor 8 større enn den beregnede påvirkningen i begge analysene.

Men dekkene holdes fast i begge fasader av hulbånd som vist i figur 2. I den langsgående og i de tverrgående fugene legges det inn armeringsjern på Ø10.

I den langsgående fugen plasseres armeringen i full lengde (8,0 m)

I de tverrgående fugene brukes det armering med en lengde = 2,0 m plassert med 1,0 m på hver side av den langsgående fugen.

Eksempel 2

For bygging av 4 etasjer med porebetongdekke og vegger i porebetongblokker er høyden til gulvet i øverste etasje mindre end 12 m, noe som fører til at konstruksjonen i henhold til tabell 2 er CC2 med supplerende robusthetskrav.

Skiven undersøkes på vanlig måte, eventuelt ut fra stringerteorien, og de aktuelle kreftene bestemmes. Dersom disse kreftene er større enn de som er oppført i robusthetskravene, skal man bruke de aktuelle kreftene. Ellers brukes de kreftene som er angitt i tabell 2.

Dimensjonering på vanlig måte som jernbetongdekke

Fastgjøre etasjeskilleren med murbindere:

$$\text{Settedybde/dekkhøyde: } l = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Armeringsdiameter } \phi = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Kantavstand: } d = 50 \text{ mm}$$

Det ønskes et bestemt antall ankerstenger pr. meter. Beregningen i dette eksempelet er gjennomført for dekket og må også gjennomføres for veggen. Men er veggen utført av samme materiale eller sterkere, vil denne beregningen være dekkende.

Løsning:

Den resulterende lasten P vinkelrett på ankerstangen bestemmes av:

$$P = f_{cd} * k \left(\frac{l * \phi}{4} \right) \quad (1)$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{4}{1,0} = 4MPa$$

(Merk at partialkoeffisienten for ulykkeslast er 1,0)

Maksimal porebetongtrykkspenning ved en trykkspredning på 1:1

$$f_{cd} * k = 4MPa * 3,3 = 13,2MPa$$

Den resulterende lasten P vinkelrett på ankerstangen bestemmes:

$$P = f_{cd} * k \left(\frac{l * \phi}{4} \right) = (13,2 \left(\frac{200mm * 10mm}{4} \right)) / 1000 = 6,6kN$$

Antall ankerstenger pr. meter finner man heretter ut fra forholdet mellom ulykkeslasten og bæreevnen for én ankerstang:

$$n = \frac{q}{P} = \frac{15kn/m}{6,6kN} = 2,3 \text{ ankerstang/meter} \quad (2)$$

Hvor:

q = ulykkeslasten 15kN/m,

n = antall ankerstenger per meter

Splitting

Trykklasten i nederste del kan gi mulighet for splitting, noe som sikres med tilstrekkelig kantavstand.

Følgende gjelder:

$$d \geq \frac{2 * P}{\pi * f_{ctd} * l} \quad (3)$$

Hvor:

d er kantavstanden

P er lasten vinkelrett på ankerstangen

f_{ctd} er den enaksede strekkstyrken ifølge beregningen

Ved 3 ankerstenger per meter får man en last P vinkelrett på ankerstangen på:

$$P = \frac{q}{n} = \frac{15kn/m}{3} = 5kN \quad (2)$$

Minimum kantavstand for porebetong

$$d \geq \frac{2 * P}{\pi * f_{ctd} * l} = \frac{2 * 5kN}{\pi * 0,4MPa * 0,2m} = 39,8mm \quad (3)$$

Da dekkekonstruksjonen er utført som porebetongdekke, må kantavstanden være minimum 50 mm. Dette er oppfylt.

Klipping

Bæreevnen bestemmes ved undersøkelse av klipping

Klippingsbæreevnen V_d for gjengestang med rullede gjenger bestemmes av:

$$V_d = A * \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad (4)$$

Hvor A er forskyvningsarealet, f_y er flytespenningen og $\gamma_M = 1,2$

$$V_d = A * \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = \frac{78,5 * \frac{458,3}{\sqrt{3}}}{1000} = 17,3kN$$

$$V_d = 17,3kN > P = 5,0kN \text{ OK!}$$

Lasten beregnet i (2) er mindre enn bæreevnen, og derfor er den valgte dimensjonen tilstrekkelig.