

Projekteringsanvisning for Ytong porebetondæk og dæk/væg samlinger



2018 – 09 – 13

SBI og Teknologisk Institut

Indhold

1 Indledning.....	3
2 Definitioner.....	3
3 Normforhold. Robusthed	3
4. Forudsætninger	7
4.1 Sikkerhed	7
4.2 Materialeparametre	7
5 Samlinger mellem forskellige dæk- og vægge.....	8
6 Skivevirkning.....	12
Eksempel 1.....	12
Eksempel 2.....	14

1 Indledning

Denne projekteringsanvisning er udformet af SBI og Teknologisk Institut

Anvisningen er igangsat af Xella (Ytong) og anvendte styrkeparametre er for deres produkter.

Projekteringsanvisningen dækker området:

- Sikkerhed over for ulykkeslast ved samlinger mellem forskellige dæk- og vægtyper typisk hørende til forskellige normer
- Skivevirkning for porebetondæk

Samlingerne omhandler: beton-, letklinkerbeton- eller porebetondæk i kombination med vægge af kalksandsten eller porebeton, enten som limede blokke, plader eller etagehøje elementer.

Formålet med denne anvisning er at klarlægge forhold omkring og anvis dimensioneringsmetoder vedrørende robusthed af dæk og væg samlinger samt dækskiver, herunder tages fornødent hensyn til snitflader mellem relevante normer. Anvisningen omhandler sædvanligt etagebyggeri

2 Definitioner

Antal etager: Angives inkl. selve stueetagen og eventuel mansardetage. Eventuel udnyttet tagetage og høj kælder regnes hver som ½ etage. Det vil sige, at en konstruktion med stue og 1 sal, høj kælder og tagetage regnes som 3 etager.

CC1, CC2 og CC3: Konsekvensklasser. Lav, middel og høj. Skiftet fra CC2 til CC3 optræder fx når "højde til gulv i øverste etage er mere end 12 m over terræn" (Ref: EN 1990 NA:2010-05, annek B tabel B1).

For en 5 etagers bygning med etagehøjden 2,84 m og sokkelhøjde 0,15 m er højden til gulv i øverste etage således: $4 \times 2,84 + 0,15 = 11,51$ m (Værdien for 2,84 m kunne optræde med væghøjde = 2,60 og dæktykkelse 0,24 m)

3 Normforhold. Robusthed

3.1 DS/INF 146

Baggrund og principper for robusthed er forklaret i denne DS/INF. Her defineres robusthed som "evnen til at modstå utilsigtede påvirkninger og defekter".

Utilsigtede påvirkninger kan fx være at en begrænset del af konstruktionen svigter.

Eksempelvis kan en konstruktion gøres robust overfor en gasexplosion i en stuelejlighed, ved at kun en lokal facade og en relativ begrænset del af de overliggende konstruktionsdele kollapser.

3.2 EN 1990(NA:2010-05, Annek E). Fælles for alle konstruktionsnormer

I konsekvensklasse:

- CC3 skal robustheden dokumenteres
- CC2 skal der foreligge en vurdering af robustheden (Annek E (4))

Såfremt robustheden dokumenteres ved "bortfald af element kan det acceptable kollapsomfang for etagebygninger med op til 15 etager fastlægges som: 15 % af etagearealet på to over hinanden liggende etager ved bortfald af element (søjle, dæk, 3 m langt vægstykke) dog maks. 240 m² pr. etage og maks. 360 m² i alt. Tilstrækkelig bæreevne eftervises i en ulykkesdimensioneringstilstand (dvs Ψ_2 på variable laster)" (Anneks E (7)). Der kan i nogle tilfælde ses bort fra robusthedskravet i øverste etage. Fx når der anvendes let tag. En ingeniørmæssig vurdering af dette foretages i det enkelte projekt.

Endelig angives "at der i konstruktionsnormerne kan være angivet retningslinier for, hvordan tilstrækkelig robusthed sikres" (Anneks E (10)). Disse retningslinier er i det efterfølgende benævnt: supplerende robusthedskrav.

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

De supplerende robusthedskrav er udtrykt gennem nationale værdier hørende til afsnit 9.10 i EN 1992 – 1 – 1. Her er angivet minimumsstyrke af trækforbindelsen i dæk, randbjælke, mm

Randarmering. $F_{tie,per}$:

CC2: $l_i \times 7,5$ kN/m dog min. 40 kN. Parameteren l_i er længden af gavlsektionen

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

Fugearmering i dæk i begge retninger. $F_{tie,int}$:

CC2: 15 kN/m

CC3: 30 kN/m

Vandrette trækforbindelser i facade. $F_{tie,fac}$:

CC2: 15 kN/m

CC3: 30 kN/m

Værdierne er gældende i toppen af facaden. I bunden sættes værdien til 0 kN/m

(forhold for enkeltstående søjler er ikke omtalt her)

For etagebyggeri i konsekvensklasse CC2 med 1 – 2 etager og hvor et evt. kollaps af et delelement maksimalt vil omfatte 360 m² vil kravene til robusthed således være opfyldt ved dimensionering for de almindelige laster iht. normerne.

3.4 EN 1996 – 1 – 1 Murværksnormen

Murværk er defineret som byggesten sammenføjet i liggefuger. Til denne norm hører derfor:

- Limede kalksandstensblokke og plader
- limede porebetonblokke og plader

(Men ikke etagehøje letbetonelementer, da de netop ikke har en liggefuge)

I denne norm og i det tilhørende NA og DS/INF 167 er robusthed ikke nævnt, hvorved retningslinierne i EN 1990 må anvendes.

Dette vil i praksis sige, at normalt forekomne konstruktioner i konsekvensklasse CC2 må betragtes som værende robust, da murværk sædvanligvis er sammenhængende og kan omfordele kræfterne via eksempelvis buevirkning. Det enkelte projekt bør dog vurderes kvalitativt, som angivet i EN 1990, da nogle konstruktionstyper med fx store, forskudte åbninger ikke nødvendigvis besidder den fornødne robusthed.

3.5 EN 12602 (DS/INF 169)

Denne norm er gældende for porebetonelementer, dvs etagehøje vægge, dæk, mm. Forhold omkring robusthed er angivet i DS/INF 169 afsnit 10, hvor der står følgende:

For etagebyggeri i konsekvensklasse CC2 med 3 – 5 etager eller spændvidde af etagedæk > 7,5 m skal følgende konstruktive regler opfyldes:

- Etageadskillelser (dvs dækket) skal være armerede svarende til en karakteristisk last på 15 kN/m i hver retning
- Randarmering skal kunne optage en karakteristisk last på 40 kN. Randarmeringen skal være forankret til etageadskillelsen
- I væggene, skal der etableres forankringer til etageadskillelserne, som kan optage en karakteristisk last på 15 kN/m

For etagebyggeri i konsekvensklasse CC2 med 1 – 2 etager og spændvidde af etagedæk < 7,5 m er robustheden normalt sikret via den sædvanlige projektering.

For etagebyggeri i konsekvensklasse CC3 er forholdene ikke beskrevet.

I mangel af bedre regnes her med reglerne i EN 1992 – 1 – 1.

Konsistente regler

Som det ses ovenstående, er der ikke helt konsistens mellem de forskellige normer, hvilket medfører følgende situation: For et 3 etages byggeri med vægge af letbeton elementer skal der iht EN 12602 monteres indlmede strittere i væggen til overførsel af en udadrettet horisontal last på 15 kN/m. Såfremt vægelementerne skæres over på midten og limes sammen igen bliver væggen til murværk og kravet bortfalder.

I efterfølgende tabel er disse inkonsistente forhold søgt fjernet samtidig med, at reglerne så vidt mulig er i overensstemmelse med normerne

Efterfølgende tabel er gældende for:

1. Samlingen mellem dæk og væg i grænsefladen mod væggen, hvor følgende materialer er betragtet:
Dæk: Porebeton-, letklinkerbeton- eller jbt.dæk
Væg: Kalksandstens- eller porebetonbyggersten og etagehøje porebetonelementer
Dvs tabellen beskriver bl.a om der skal strittere i væggen (eller anden mekanisk forbindelse)
2. Selve porebetondækket (forhold for jernbetondæk er ikke medtaget i denne pjece, da de er kendte og beskrevet fx i notat på betonelementforeningens hjemmeside BEF.dk (Skivestatik))

3. Konsekvensklasse CC2 (for konsekvensklasse CC3 (altså øverste gulv > 12 m over terræn) skal altid regnes med de supplerende robusthedskrav)

Tabel 1. Supplerende robusthedskrav ud over EN 1990 for konstruktioner i konsekvensklasse CC2

Etagehøjde	Robusthedskrav	
	Dæklængde: $L < 7,5$ m	$L \geq 7,5$ m
$\leq 2\frac{1}{2}$ etage	Ikke aktuelt	Aktuelt
3 – 5 etager	Aktuelt	Aktuelt
>5 etager	Aktuelt	Aktuelt

Metodik

Metodikken bliver herved som følger:

1. Konsekvensklasse fastlægges (CC1, CC2 eller CC3)
2. Antal etager fastlægges
3. Hvis konsekvensklasse = CC2 (eller lavere) og antal etager $\leq 2\frac{1}{2}$ og dæklængde $< 7,5$ m regnes der normalt ikke med nogle supplerende robusthedskrav
4. Hvis punkt 3 ikke er opfyldt regnes med supplerende robusthedskrav jf. nedenstående tabel

Tabel 2. Supplerende krav for porebetondæk samt samling mellem dæk/væg (typer: jf. tabel 1)

Konsekvensklasse	CC1	CC2	CC2	CC3
Underopdeling	Altid	$H \leq 2\frac{1}{2}$ etage og $L_{dæk} < 7,5$ m	$H > 2\frac{1}{2}$ etage eller $L_{dæk} \geq 7,5$ m	Altid
Fugearmering ($F_{tie,int}$) i begge retninger*	-	-	15 kN/m	30 kN/m
Randarmering ($F_{tie,per}$)	-	-	40 kN	80 kN
Forankringsbindelser ved facade. ($F_{tie,fac}$)	-	-	15 kN/m	30 kN/m

*Dvs parallel med og vinkelret på dækelementernes spændretning

4. Forudsætninger

4.1 Sikkerhed

Ved beregning af forholdene omkring robusthed anvendes karakteristiske værdier for lasterne. Det vil sige der anvendes partialkoefficienten: $\gamma_F = 1,0$. På materialesiden regnes med sædvanlige partialkoefficienter γ_m i ulykkestilfældet det vil sige $\gamma_m = 1,0$. Ved beregninger af skivevirkning som ikke er et robusthedskrav anvendes sædvanlige partialkoefficienter $\gamma_m = 1,7$ på træk- og forskydningsstyrker og $\gamma_m = 1,6$ på trykstyrker, og på armering $\gamma_m = 1,2$.

4.2 Materialeparametre

Der regnes generelt i dette notat med:

Fugebeton:

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

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

Armering:

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

Vedhæftningsstyrke for armering, strittere, gevindstænger limet i porebeton (Ytong):

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

Porebeton (Ytong):

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

$$f_{ck} = 3,4 \text{ MPa} \quad (\text{trykstyrke plader})$$

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

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

Kalksandsten (Silka):

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

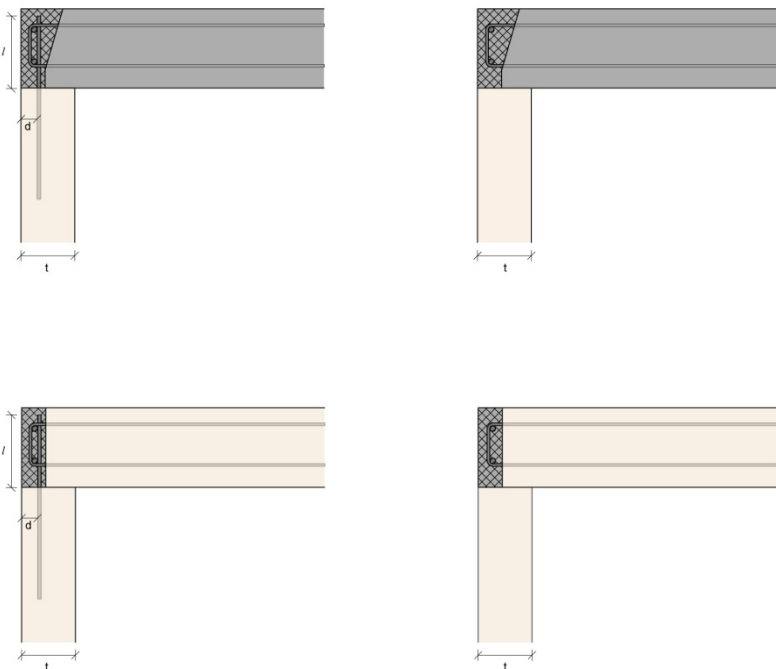
$$f_{ctk, 0,05} = 1,1 \text{ MPa} \quad (\text{enakset trækstyrke})$$

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

Ifm ulykkeslast regnes sædvanligvis med partialkoefficienten $\gamma_c = 1,0$ på materialeparametre.

5 Samlinger mellem forskellige dæk- og vægge

Da normerne ikke tilstrækkeligt anviser hvorledes en beregning for horisontal ulykkeslast skal foretages ved en samling mellem væg og dæk, vil der i det følgende opstilles beregnings metoder samt beregnings eksempler for dimensionering af samlingen mellem dæk og vægge. Samlingen skal etableres mekanisk såfremt bygningen er over 2½ etage eller har et spænd større end 7,5m, jf. afsnit 3 tabel 2. Der skal indlægges fugearmering, hvilket kan gøres med bøjler mellem dækelementer og med randarmring når man etablerer en kantstøbning (se figur 1, øverst og nederst). Herudover skal der etableres en lodret fugearmering som skal kunne fastholde væggen for den tryk belastning der kan opstå for en evt. eksplosion, således væggen ikke falder ud, hvorved der sikres mod progressiv kollaps.

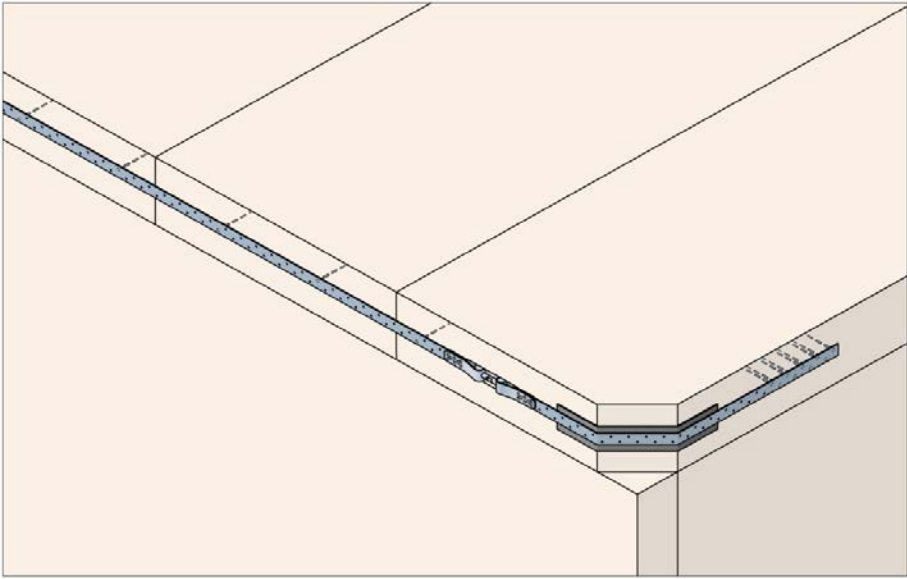


Figur 1. Randarmerings detaljer.

Løsninger til venstre: Robusthedskrav er gældende. Løsninger til højre: Robusthedskrav er ikke gældende (se også figur 2).

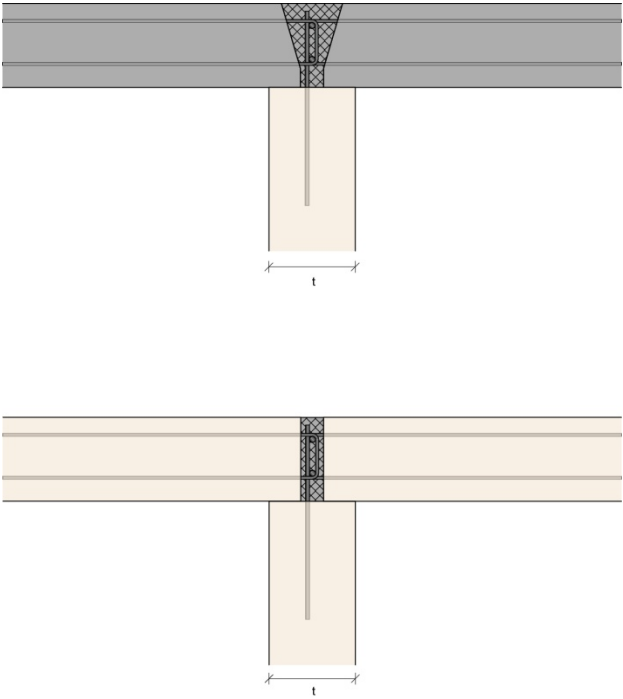
Ved eftervisning af bæreevne skal der ses bort fra lodret last fra overliggende etager, da denne virker til gunst.

De lodrette forankringsstænger kan udelades, hvis robusthedskrav ikke er gældende. Men randarmering anbefales indført for at sikre sammenhængende skivevirkning enten som vist i figur 1 (til højre) eller alternativt som vist i figur 2. Løsningen i figur 2 kan således ikke anvendes, hvis robusthedskrav er gældende.

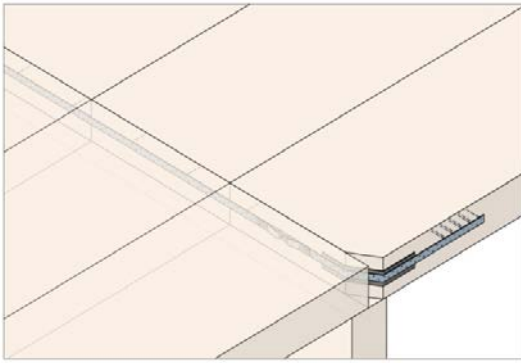


Figur 2. Porebetondæk med hulbånd som alternativt til randarmering når robusthedskrav ikke gældende, bemærk båndstrammer monteret på hulbånd. Der kan skæres ud i dæk for at give plads til båndstrammer

Ved hovedskillerum etableres tilsvarende mekaniske armeringssamlinger, som illustreret i figur 3 eller 4.



Figur 3. Robusthedskrav gældende



Figur 4. Robusthedskrav ikke gældende. Alle flader fuldlimes således randarmring virker for begge dækskiver.

Dimensionering

Ved dimensionering skal den lodrette armering kunne modstå trykbelastningen q , eksempelvis 15 kN/m for CC2 (se tabel 2).

Hver enkelt forankringsstang skal dimensioneres for:

- Forskydningsbrud i væg og dæk, som giver et nødvendigt antal forankringsstænger pr meter.
- Afskalning/splitning af væg eller dæk, som giver et minimums krav til kantafstanden.
- Klipning af jernet, som giver et minimumskrav til boltediameteren.

I det følgende er opstillet bæreevnekriterier for de tre tilfælde.

Forskydningsbrud

Den resulterende bæreevne P (vinkelret på forankringsstangen) kan bestemmes af.

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

Den resulterende kraft P angiver i kN bæreevnen for én forankringsstang:

Hvor:

Materiale:	Porebeton	Beton / Kalksandsten
k	3,3	3,0

- l længden af forankringsstang, der bestemmes af dækhøjden.
- ϕ armeringsdiameteren

Antal forankringsstænger pr. meter n kan herefter findes ved forholdet mellem ulykkeslasten og bæreevnen for én forankringsstang:

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

hvor:

q = ulykkeslasten (fx 15 kN/m),
 P = bæreevne vinkelret på forankringsstangen

Splitning

Tryklasten på forankringsstangen må ikke give anledning til splitning, hvilket sikres ved tilstrækkelig kantafstand.

Der gælder:

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

hvor:

d er kantafstanden

f_{ctd} er den regningsmæssige enaksede trækstyrke

Øvrige signaturer, se forrige side

Det skal sikres, at kantafstanden opfylder følgende krav:

For porebeton og Kalksandsten $d > 50\text{mm}$
for støbesamling $d > 30\text{mm}$

Gældende for 4 strittere pr m og $F_{tie, fac} = 15 \text{ kN/m}$

Klipning

Bæreevnen eftervises ved en undersøgelse for klipning.

Klipningsbæreevnen V_d for forankringsstang med fx rullet gevind bestemmes af:

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

hvor:

A er forskydnings arealet af forankringsstangen

Det skal eftervises, at $P = q/n < V_d$.

6 Skivevirkning

For porebetondæk (uden robusthedskrav) gælder, at bøjningstrækstyrker i fugebetonen og dækket kan anvendes til optagelse af de aktuelle skivekræfter, hvilket medfører, at dækket i princippet kan udføres uden armering i fugerne, uden randarmering (og uden strittere i væggen), når blot de aktuelle spændinger er mindre end de regningsmæssige styrker (illustreret i eksempel 1 efterfølgende).

Det anbefales dog normalt at indlægge randarmering (se figur 1, detaljer til højre og figur 2) og langsgående armering, hvor dæk stødes, bl.a. af hensyn til svind.

For fx kælderdæk og lignende, hvis primære funktion er at overføre lodrette laster, kan dækket udføres uden armering.

Denne randarmeringen kan bestå af 1 Ø10 ribbestål med en forankringslængde på 1 m fra det kritiske snit eller et opspændt hulbånd 25 × 2 mm som vist i figur 2.

Eksempel 1

Et 2 – etages byggeri med udnyttet tagetage og almindelig kælder betragtes.

Dæk: Porebetondæk med et spænd < 6,0 m

Vægge: Limede porebetonblokke

Etagehøjden: 2,80 + 0,24 = 3,04 m.

Højde til gulv i øverste etage er: 0,15 m + 2 × 3,04 m = 6,23 m < 12 m

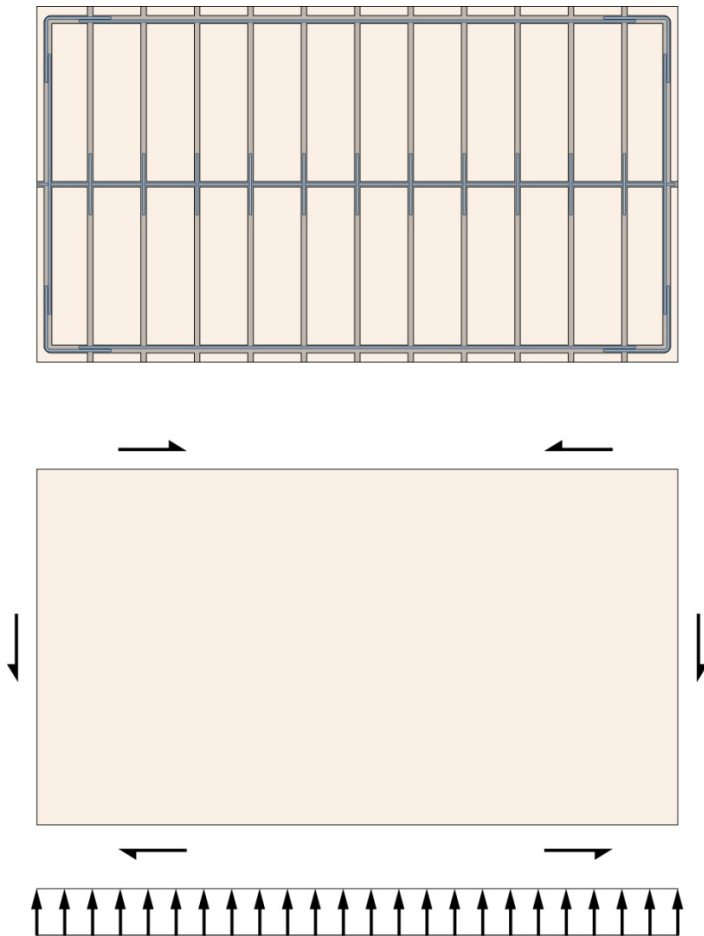
Konstruktionen er således i konsekvensklasse CC2 svarende til underopdeling "H ≤ 2½ etage og L_{dæk} < 7,5 m" jf. tabel 2 og der er ikke supplerende robusthedskrav.

Konstruktionen kan udføres svarende til kravene i ovenstående afsnit 6.

Den aktuelle spændingsundersøgelse, der efterviser skivevirkning, samt at der er tilstrækkelig fastholdelse af samlingen overfor væggens almindelige påvirkning er vist i nedenstående eksempel:

Her regnes kun gavlene at kunne overføre skivereaktionerne.

Dækkene er lodret understøttet af facade og langsgående hovedskillevæg. Dækkenes længde er 3,0 m.



Figur 5. Reaktionen i og påvirkning af skive

Der regnes med følgende parametre:

Vindlast i niveau med dækket	q_d	= 5,3 kN/m
Bredde af skive	B	= 6,0 m
Længde af skive	L	= 8,0 m
Vægtykkelse af understøttende gavl	$t_{væg}$	= 125 mm
Dækykkelse	$t_{dæk}$	= 240 mm
Forskydningsforhold:	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})

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

Det ses, at i begge analyser er bæreevnen cirka en faktor 8 større end den regningsmæssige påvirkning.

Dækkene fastholdes dog i begge facader af hulbånd som vist på figur 2. I den langsgående og i de tværgående fuger indlægges armering $\varnothing 10$ ribbestål.

I den langsgående fuger placeres armeringen i fuld længde (8,0 m)

I de tværgående fuger anvendes armering med en længde = 2,0 m placeret med 1,0 m på hver side af den langsgående fuger.

Eksempel 2

For et 4 – etagers byggeri med porebetondæk og vægge i porebetonblokke er højde til gulv i øverste etage mindre end 12 m, hvilket medfører at konstruktionen i henhold til tabel 2 er CC2 **med** supplerende robusthedskrav.

Skiven undersøges på sædvanligvis vis, eventuelt ud fra stringerteorien og de aktuelle kræfter bestemmes. Såfremt disse kræfter er større end de fra robusthedskravene opstillede, anvendes de aktuelle kræfter. Ellers anvendes kræfterne angivet i tabel 2.

Dimensionering på sædvanlig vis som jernbetondæk

Fastgørelsen af etageadskillelsen med strittere:

Sættedybde/dækhøjde: $l = 200 \text{ mm}$

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

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

Der ønskes bestemt antal forankringsstænger pr. meter. Beregningen i nærværende eksempel er gennemført for dækket, og skal også gennemføres for væggen. Er væg udført af samme materiale eller stærkere er denne beregning dog dækkende.

Løsning:

Den resulterende last P vinkelret på forankringsstangen bestemmes af:

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

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

(Bemærk partialkoefficienten for ulykkeslast er 1,0)

Den maksimale porebetontrykspænding ved en trykspredning på 1:1

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

Den resulterende last P vinkelret på forankringsstangen bestemmes:

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

Antal forankringsstænger pr meter kan herefter findes ved forholdet mellem ulykkeslasten og bæreevnen for en forankringsstang:

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

Hvor:

q = ulykkeslasten 15kN/m,

n = antal forankringsstænger pr meter

Splitning

Tryklasten i nederste del kan give anledning til splitning hvilket sikres ved tilstrækkelig kantafstand.

Der gælder:

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

Hvor:

d er kantafstanden

P er lasten vinkelret på forankringsstangen

f_{ctd} er den regningsmæssige enaksede trækstyrke

Ved 3 forankringsstænger pr meter fås en last P vinkelret på forankringsstangen på:

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

Minimum kantafstand for porebeton

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

Da dækkonstruktionen er udført som porebetondæk skal kantafstanden være minimum 50 mm. Dette er opfyldt.

Klipning

Bæreevnen eftervises ved en undersøgelse for klipning

klipningsbæreevnen V_d for gevindstang med rullet gevind bestemmes af:

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

Hvor A er forskydnings arealet, f_y er flydespændingen og $\gamma_M = 1,2$

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

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

Lasten beregnet i (2) er mindre end bæreevne og derfor er den valgte dimension tilstrækkelig.