

Generelt

Prosjektdesign

Det tas forbehold om eventuelle feil i de følgende anvisningene og beregningene. Statisk dimensjonering av det konkrete prosjektet er til enhver tid rådgiverens ansvar.

I veiledningen henvises det generelt til følgende europeiske og danske standarder og normer:

Normgrunnlag

EN 1996, 1-1 + A1 2015

EN 1996, 1-2: 2007

EN 1996, 2: 2007

DS/INF 167: 2015

EN 12602: 2016

DS/INF 169: 2011

samt tilhørende nasjonale tilføyelser og nasjonale retningslinjer.

Materialparametere

Det brukes CE-deklarte data for de aktuelle byggesteinene. Vær oppmerksom på at det er de karakteristiske basisstyrkene som skal brukes fra de CE-merkede verdiene.

Til prosjektets statiske beregninger har Xella oppgitt styrkeverdier for all YTONG og Silka byggestein, herunder E-modul, bøyestrekfasthet og basistrykkstyrke. For å bruke disse verdiene skal murverket alltid oppføres med henholdsvis YTONG og Silka tynnfugemørtel. Du finner tekniske data på hjemmesiden vår www.ytong.dk, under de enkelte produktene.

Veggfeste/støtter

Veggene festes så mange steder som mulig for å unngå ekstraforanstaltninger og/eller ujevne dimensjoner, f.eks. langs kanter, etasjeskiller, tak, overgurt, undergurt, kanter o.l.

Unngå i størst mulig grad veggfelter som ikke kan tversavstives, da disse kan kreve innbygging av avstivende stålsøyler. Veggfelt bør ha minst 3-sidig avstiving for å unngå ekstraforanstaltninger i form av avstivende søyler o.l.

Unngå spenn i konstruksjonen

Vegger bør disponeres slik at tvangsdeformasjoner er ikke fører til revner i svake tverrsnitt.

Bånd legges med en minimum avstand mellom båndene på 10 mm, slik at de kan bevege seg uavhengig av tykkelsen, spesielt i byggeperioden, da nedbør o.l. kan gi høyt fuktinnhold.

Husk at avstandsklossene mellom takstol og gavl ikke må sitte tettere ved kryssende vegger enn 1 meter, slik at de kan bevege seg.

Skivefunksjon i forhold til vannrette takkonstruksjoner og etasjeskiller

Under projekteringen skal det tas hensyn til at de nødvendige tverrveggene er på plass for å overføre vertikal kraft, og at nødvendige kraftoverførende skjøter mellom vegger og etasjeskiller er på plass. Hvis dette er tilfelle, må stabiliteten sikres på en annen måte med f.eks. ståltrammer i murpilarer hvor det tidligere har vært en søyle.

Murfolie under yttervegger

Det brukes normalt murfolie eller papp under porebetongvegger og Silka kalsteinsvegger, der veggene bygges opp på en såle med gulvvarme som går under bakmurene. Dette er spesielt viktig, siden

sålen utvider seg i lengderetningen når den oppvarmes.

Langsom oppvarming anbefales.

Murfolien bidrar slik til å absorbere noe av

trykket fra lengdeutvidelsen av

sålen. Temperaturutvidelsene er vanligvis størst ved første

oppvarming av bygg som ferdigstilles om vinteren og i lange

bygninger. Ellers brukes murfolie/papp som normalt i mur-

bygg. Lim-papp-lim-løsning kan brukes for bedre kohesjons-

fasthet. Det anbefales å bygge inn

dilatasjonsfuger i sokkelen for hver 6-8 meter vegg.

Murfolie under skillevegger

Det brukes normalt murfolie eller papp, da dette forhindrer vedheft til sålen, som kan deformeres. Med dette unngår man best mulig at veggene påvirkes av press fra sålen.

Fundamentering: Alle vegger settes opp på et stødig og bærekraftig underlag.

Fundamenter og andre underlag skal være permanent form-

stabile og skal kunne bære veggene og overliggende last,

uten at det forekommer skadelige forskyvninger/skjevheter.

Fundamentet skal sikres til frostfri dybde.

Etasjedekke (dekkelementer av porebetong, lettklinkerbetong, betong og annet)

Etasjedekke har klaring ut over bakmuren og normalt på en

hovedskillevegg. Det må ikke forekomme utilsiktede

mellomavstivninger. Dekket dimensjoneres slik at

nedbøyningen minimeres hensiktsmessig.

Vegger på etasjedekk, bærende og stabiliserende

Der veggene står rett over hverandre i etasjeskillet og dekelementene avstives av

veggen nedenfor, kan veggen over inngå i stabiliteten (skive-

beregning) samt brukes som en bærevegg. Alle vegger skal

ha fundament.

Vegger på etasjedekke, ikke bærende

Hvis det står lettvegger på dekket og det er/forventes avbøy-

ing/deformasjon skal veggene prosjekteres med elastiske

skjøter ved tilslutninger og kryssende vegger, slik at veggene

kan følge dekkenes nedbøyning og uhensiktsmessig press

unngås. Dekkedeformasjonen kan normalt danne en luke

mellom avstivningene, slik at vegger fra ulike sider vil klip-

pes/tvinges inn mot midten. Det er også viktig med lettvegger

at det brukes et skillende underlag, som f.eks. murfolie, for å

unngå vedheft, slik at det ikke oppstår uønsket trekkspenning

i veggens nederste del. Ikke bruk asfaltpapp under lettvegger.

Det anbefales derfor å alltid bruke så kort dekke som

mulig, gjerne mellomavstivet på tverrvegger, siden defor-

masjonene da kan reduseres betydelig og veggene holdes

mer i ro. Hvis det forventes at dekket setter seg (pilhøyde)

kan det brukes Murfor Compact eller lignende armering i de

2-3 nederste liggefugene. Dette motvirker setningskkader i

murverket.

Dimensjonering av vegger

Bæreevne

Bæreevne beregnes optimalt i programmet EC6DESIGN, som finnes på www.ec6design.com, eller ved å kontakte Murværkscenteret på Teknologisk Institutt. Programmet er oppdatert iht. gjeldende normer EN 12602 og EN 1996, 1-1.

Klaring

Der det er behov for å finne punktlaster fra dragere, er det på side 9 beskrevet 3 klassiske metoder som kan gi stor kapasitet og robusthet.

Stabilitet

Porebetong er et isolerende byggemateriale, og derfor er det et veldig lett byggemateriale. For å kompensere for manglende tyngde brukes ofte forankring kombinert med sikring mot glidning. Porebetongens gode styrkeparametere gir også gode skivestyrker. Det er derfor vanligvis mer en god nok styrke i veggene til vanlige bygg. Hvis det mangler styrke til å oppnå nødvendig stabilitet, brukes skilleveggene til å gi stabilitet. Dette gir nye muligheter for stabilitet i bygninger der bygningsdesignet mangler effektive stabiliserende veggskiver i fasadene.

Bidraget fra en skillevegg kan være ganske stort, siden skilleveggene primært består av lengre sammenhengende/hele veggstykker.

Terrengklasse, vind

Når veggene skal dimensjoneres er det i de fleste tilfellene terrengklassen som er den avgjørende faktoren. Forskjellen fra vindtrykket i den lave sonen til vindtrykket i den høye sonen kan bety ca. en dobling av vindtrykket. Vær derfor veldig nøye med valg av riktig terrengklasse, da det kan medføre tilsvarende dimensjonssprik.

Glidningsikring

For å unngå glidning kan det være nødvendig å montere ekstra beslag. Glidningssikring av vegger skal dokumenteres og kontrolleres i nødvendig grad. Det er viktig å være oppmerksom på at hvis plastfolie brukes som fuktspærre direkte på lecasokkelen, så økes glidningskoeffisienten med ca. 50 % i forhold til vanlig murpapp. Se: www.mur-tag.dk.

Stabiliserende forankring

Takforankringer festes kun iht. fundament og tak. Forankringer festes ikke i veggene, slik at man unngår spenning i veggene fra forankringene. Forankringer kan bygges inn i skilleveggene, noe som styrker stabiliteten betydelig, siden skilleveggens veggflater er ubrutt av vindusåpninger o.l. Stengene i skillevegger kan føres med et fleksirør, som man kjenner fra skjulte elektriske anlegg.

Punktlaster

Ved punktlast bør det bruke overflateplater for å unngå kantavskalling og revner, slik at lasten sentreres over midten av vegg, hvorved bæreevnen optimeres pga. minimal eksentrisitet. Spaltebrudd kan ofte unngås ved å legge armering i øverste liggefuge.

Husk bidrag for evt. linjelast.

Der f.eks. dekkelementer skal ligge på både vegger og bjelker, skal veggens overkant være lik overkanten til ståldragerens kant.

Normalt inngår følgende komponenter:

- Drager med kroppsavstiving over overflateplaten
- Overflateplate av stål på 20 mm tykkelse

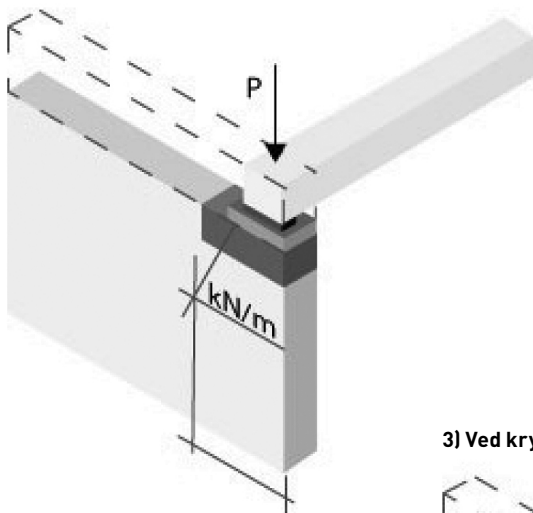
Overflateplaten legges i tynnfugelim for å sikre trykkfordelingen.

- Ved større last på porebetongvegger kan disse evt. forsterkes med Silka støtteblokker.

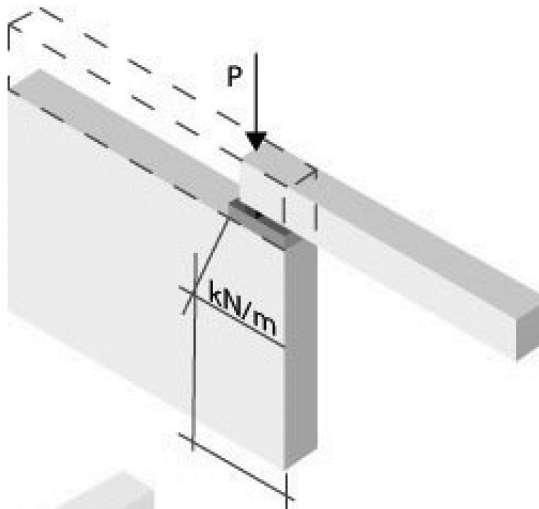
Det må i alle tilfeller foretas en dimensjonering:

- Husk: Lastfordeling 1:2.
- Sidetrykket øverst på vegg kontrolleres.
- Overflateplaten legges i tynnfugelim.
- Lastfordeling midt på vegg høyden beregnes i kN/m.
- Dokumentasjon av spaltekrefter.

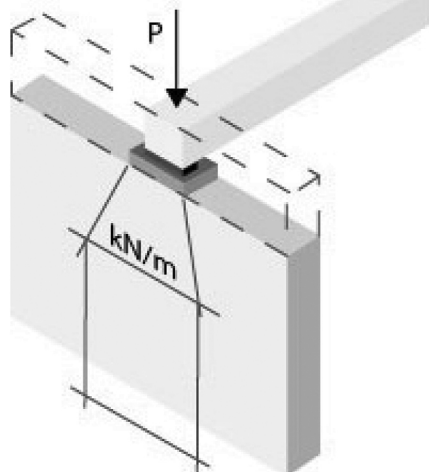
2) Ved endevegg med kryssende drager



1) Ved parallell vegg



3) Ved kryssende vegg



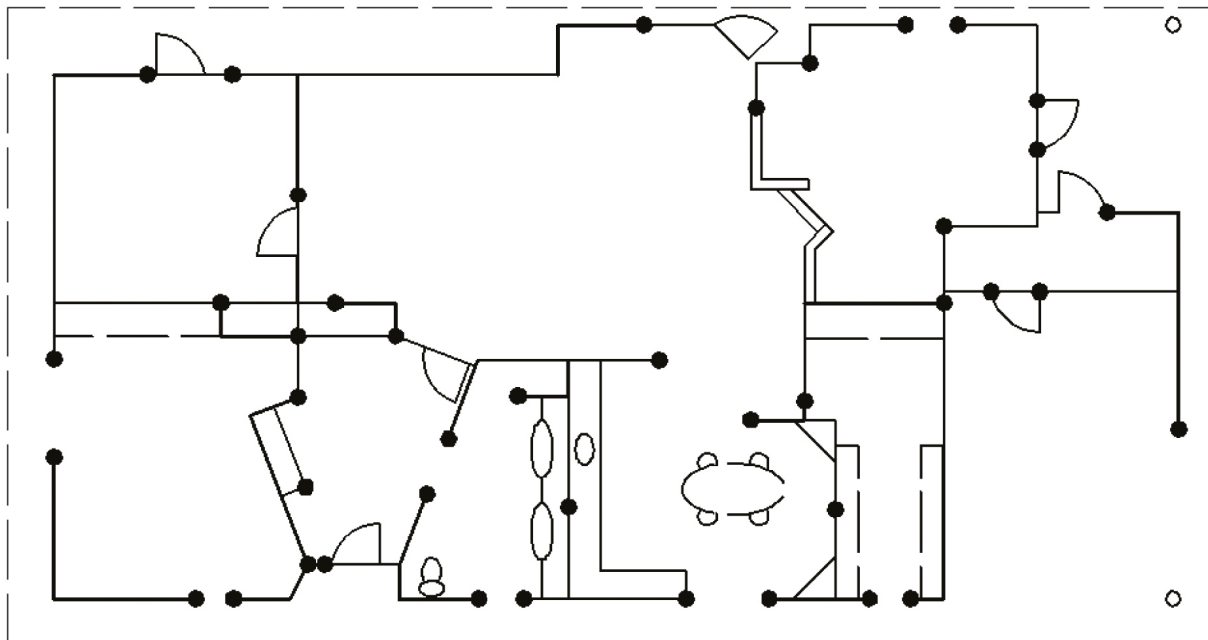
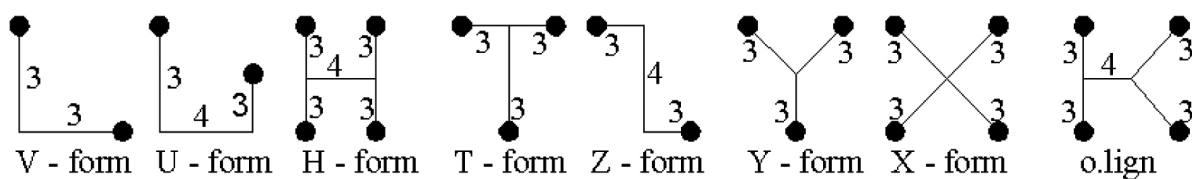
Planlegging av veggkonstruksjonens avstiving

Det er viktig at man allerede i utformingsfasen planlegger og velger de riktige konstruksjonsutformingene for å oppnå optimale og økonomiske løsninger. Med dette unngår man ekstra omkostninger til utbedring av mindre gode konstruksjoner.

Når skisseprosjektet er tegnet, kan man bruke prinsippskissen nedenfor, som viser kombinasjonsmuligheter for å sikre at alle grunnplan med ulike avstivingsforhold er optimalisert iht. søyleforbruk. Veggens bæreevne optimaliseres ved å avstive dem så mange steder som mulig.

I tillegg til avstiving i topp og bunn (2-sidig), avstives det på én eller to loddrette sider (3- eller 4-sidig). Det er viktig å dokumentere bæreevnen til frittstående murpilarer (2-sidig). Tverravstivning kan enten gjøres som en vegg eller med stålprofil.

Figurene nedenfor illustrerer utforminger av vegger som vil fungere som enten 3- eller 4-sidig avstivet.



Dører og vinduer plasseres der delgrunnplan møtes. Dermed unngår man murpilarer, siden man normalt setter inn en avstivet stålprofil.

Kortere veggpartier har større bæreevne. Etter å ha fastsatt veggene begynner de statiske beregningene. Først beregnes stabiliteten, deretter undersøkes det eller de mest kritiske veggpartiene

Vannrett lastfordeling på hule murer (Ytong)

Vannrett lastfordeling på hule murer

Vindlasten kan fordeles på for- og bakmur etter innbyrdes stivhet "E · I", eller etter innbyrdes styrke. Hvis belastningen fordeles etter styrke, kan kapasiteten til både formur og bakmur legges sammen til én samlet styrke.

Eksempel:

$$W_{rd, formur} = 0,5 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{rd, bakmur} = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

Samlet kapasitet:

$$W_{rd, hulmur} = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

For å kunne bruke denne regelen beskriver EN 1996-1-1 at det skal være tilstrekkelig deformasjonskapasitet i både formur og bakmur. Her kan et forholdstall på 1/3 til 3 brukes med formelen:

$$\text{Deformasjonskapasitet: } \frac{E_2 t_2 f_{xk1,1}}{E_1 t_1 f_{xk1,2}}$$

Tabell 1: Ytong bakmur og teglstein i formur

Ytong 525 kg/m ³	Teglsten ¹⁾	Def. kap
100 mm	108 mm	0,357
125 mm	108 mm	0,446
150 mm	108 mm	0,535

1) Teglstein beregnes med E = 2500 MPa og f_{xk1} = 0,3 MPa

Vannrett lastfordeling på hule murer (Silka)

Vannrett lastfordeling på hule murer

Vindlasten kan fordeles på for- og bakmur etter innbyrdes styrke på samme måte som Ytong porebetong så lenge deformasjonskapasiteten i både formur og bakmur overholder forholdstallet 1/3 til 3.

Tabell 1: Silka bakmur og teglstein i formur

Silka 1900 kg/m ³	Teglstein ¹⁾	Def. kap
100 mm	108 mm	2,401
115 mm	108 mm	2,761

1) Teglstein beregnes med $E = 2500 \text{ MPa}$ og $f_{vk1} = 0,3 \text{ MPa}$

Lastfordeling etter stivhet

Avhengig av styrkeparametere for teglstein, bør 150 mm Silka-blokker i bakmuren fordeles etter stivheten.

Tabell 2: Lastfordeling mellom Silka bakmur og formur i teglstein

Silka bakmurtykkelse 1900 kg/m ³	Formurens steinklasse med følgende mørteltyper: KC 50/50/700, KC 35/65/650, KC 20/80/550	Prosentvis fordeling mellom formur/bakmur
150 mm	15	6/94
150 mm	20	9/91
150 mm	25	12/88
150 mm	30	15/85
150 mm	35	16/84

Murens effektive høyde/tykkelse

Murens effektive høyde

Effektiv høyde h_{ef} for en vegg skal vurderes ut fra hensynet til bygningsdelene den grenser til samt forbindelsenes effektivitet.

En vegg kan være avstivet av etasjeskiller, takkonstruksjon, passende plasserte tverrvegger eller andre bærekonstruksjonsdeler.

Iht. EN 1996-1-1+A1:2013 kan en vegg betraktes som avstivet ved en loddrett kant såfremt den avstivede veggen har en lengde på minst 1/5 av den frie høyden og en tykkelse på minst 0,3 ganger den effektive tykkelsen til veggen som skal avstives (uten åpninger). Samtidig skal det sikres at skjøten kan absorbere trykk- og trekkrefter, hvis ikke den avstivede veggen er utført i samme materiale, oppført samtidig og innbyrdes forbundet.

Den effektive høyden beregnes slik:

$$h_{ef} = p_n h$$

Der:

p_n er en reduksjonsfaktor avhengig av kantinnspenningen eller veggens avstiving.

Murens effektive tykkelse.

Den effektive tykkelse til en mur t_{ef} uten avstivede pillarer bør regnes som murens faktiske tykkelse t .

En mur avstivet med pillarer beregnes med ligningen:

$$t_{ef} = p_t t$$

Der:

p_t er en koeffisient som du finner i tabell 5.1 i EN 1996-1-1+A1:2013.

Robusthet/slankhet-forhold

Av hensyn til veggens robusthet er det angitt et krav til minimum veggtykkelse ut fra veggens effektive høyde og veggens effektive tykkelse.

Ved overveiende loddrett belastning:

$$h_{ef}/t_{ef} < 27$$

En bærende 100 mm vegg med romhøyde på 2,6 m

$$\text{Eks: } 2,6 / 0,1 = 26 < 27 \text{ OK}$$

EN 12602:2016 for prefabrikerte porebetongelementer beskriver slankhetsforholdet for elementer med loddrett belastning som:

$$h_{ef}/t_{ef} < 34,6$$

For lodrett lastet prefabrikerte porebetongelement med krav til brannmotstand:

$$h_{ef}/t_{ef} < 30$$

For ikke-bærende vegger med krav til brannmotstand er det iht. EN 12602:2016 og EN 1996-1-2:2007 beskrevet et slankhetsforhold på (for å bruke tabellverdier på minstetykkelse):

$$h/t < 40$$

For ikke-bærende vegger uten krav til brannmotstand er det i EN 1996-1-1+2013, vedlegg F oppgitt tabellverdier for begrensninger mellom høyde i forhold til lengde og tykkelse for murer i grensetilstanden for bruk.

Loddrett og vannrett last

Beregningsmetodene kan være som følger:

1. Vindbelastningen på fasaden beregnes. Husk å undersøke for samtidig innvendig over-/undertrykk.
2. Maksimum- og minimumverdier for loddrett belastning bestemmes. Minimumsverdien brukes ved utregning av vannrette belastninger (i favør loddrett belastning).
3. Vindbelastningen fordeles på for- og bakmur.
4. De mest kritiske veggflatene velges og beregnes først. Dette er ofte veggflatene med det største arealet og de største åpningene.
5. Først beregnes de vannrette kreftene. I programmet EC6DESIGN velges modulen "tverrbelastet rektangulær vegg". Her bør minimumsverdien for loddrett belastning brukes. Såfremt utnyttelsesgraden i beregningen er høyere enn 100 %, kan følgende muligheter eventuelt undersøkes:
 - Mulighet for innspenning av én eller flere kanter?
 - Kan det etterspennes i toppen av muren?
 - Kan åpningsarealet reduseres?
 - Kan arealet til hele veggseksjonen reduseres?
 - Flytt noen av de innvendige veggene/kantene.
 - Øk tykkelsen på veggen (øk evt. den effektive tykkelsen ved hjelp av pillarer/søyler).
6. Den loddrette bæreevnen kan nå beregnes. I programmet EC6DESIGN velges modulen "loddrett belastet murvegg" eller "loddrett belastet elementvegg" (etasjehøyde porebetongelementer). Den loddrette lasten fordeles i forhold til murens effektive lengde, hvor lasten på mindre vindusåpninger fordeles på veggfeltene mellom åpningene (ved store åpninger regnes veggfelter mellom åpninger separat). For best mulig bæreevne bør man forsøke å sentrere den lodrette lasten mest mulig på muren. Husk å bruke den tilsvarende vindbelastningen som den beregningsmessige tverrlasten. Denne verdien kan du finne i rapporten om "tverrbelastet rektangulær vegg".
7. Disse 3 lastkombinasjonene bør som min. alltid dokumenteres:
 - Maksimal loddrett + maksimal vannrett belastning
 - Minimal loddrett + maksimal vannrett belastning
 - Maksimal loddrett – ingen vannrett belastning

Stabiliserende veggseksjoner (murskive)

Murskiver kan dimensjoneres til å oppfylle de samlede vannrette kreftene i husets totale stabilitet. Murskiver / stabiliserende vegger påvirkes i hovedsak av vannrette og loddrette krefter i eget plan. For optimal utnyttelse av konstruksjonene kan man med stor fordel bruke beregningsprogrammer som f.eks. EC6DESIGN.

En murskive som inngår i husets statiske system bør alltid kontrolleres for bruddmekanismer:

- Glidning
- Velting
- Indre brudd

Glidning

Ved bestemmelse av glidningskapasitet kan man velge en mekanisk festing som f.eks. L-beslag montert på sokkel/dekke, eller bruke styrkeparametrene i kohesjonssamlingen. De 2 metodene for sammenkobling må ikke kombineres, da en liming vil brytes før kreftene i den mekaniske sammenkoblingen trer i kraft.

Iht. DS INF 167:2015

Friksjonskoeffisient $\mu_{k, \text{bunn}}$:
 Mørtelfuge ($f_m > 0,5 \text{ MPa}$) 1,00 MPa
 Mørtelfuge på fuktsperre 0,40 MPa

Kohesjon ved bunn $f_{vk0, \text{bunn}}$:
 Lim/papp/lim 0,20 MPa

Kohesjon / første forskyvningsstyrke i fugen f_{vk0} :

Ytong 290 kg/m³ 0,14 MPa
 Ytong 340 kg/m³ 0,18 MPa
 Ytong 525 kg/m³ 0,41 MPa
 Silka 1900 kg/m³ 0,35 MPa

Feste med L-beslag

For å feste en vegg mot glidning kan det limes fast L-beslag av stål i loddrette fuger. Det brukes stålbeslag med en tykkelse på 2 mm, som passer stramt i limfugen.

Tabellverdiene er testet og bestemt av Teknologisk Institut i Danmark

Horisontal bæreevne L-beslag, innlimet			
	f_k [MPa]	Bæreevne [kN]	
		Strongtie AB70, 55 mm	L-beslag, 100 mm
Ytong 340 kg/m ³	1,9	0,80	1,45
Ytong 525 kg/m ³	3,4	1,43	2,59
Silka 1900 kg/m ³	12,2	5,11	9,30

Velting

En stabiliserende vegg påvirket med loddrett belastning er ofte sikret mot velting. Ved utilstrekkelig eller ingen loddrett belastning kan det i noen tilfeller være nødvendig å forankre veggseksjonen, hvis egenvekten i seg selv ikke er høy nok. Tverrvegger i veggseksjonens ender kan også forhindre velting.

Forankring kan gjøres på mange ulike måter, avhengig av materialet og hvordan prosjektet ønskes utført. Ved forankring i en yttervegg kan en gjengebolt plasseres i hulmuren. Alternativt kan denne rilles inn i muren etter samme prinsipp som el-installasjoner. I porebetong kan det bores et hull i blokkene/platene, hvoretter en gjengebolt eller lignende føres ned gjennom hvert lag. Til slutt monteres en plate over det øverste laget.

Indre brudd

Det bør også kontrolleres for forskyvningsbrudd samt trekkspenning i hele skiven. Murverkets egen styrke kan ofte ta opp spenningene. Hvis murverkets egen strekkstyrke viser seg å ikke være tilstrekkelig, kan det legges inn trekkstrenger eller lignende i toppen av veggen. Se ev. hjelpeteksten i EC6DESIGN under "Murskive"-programmet.