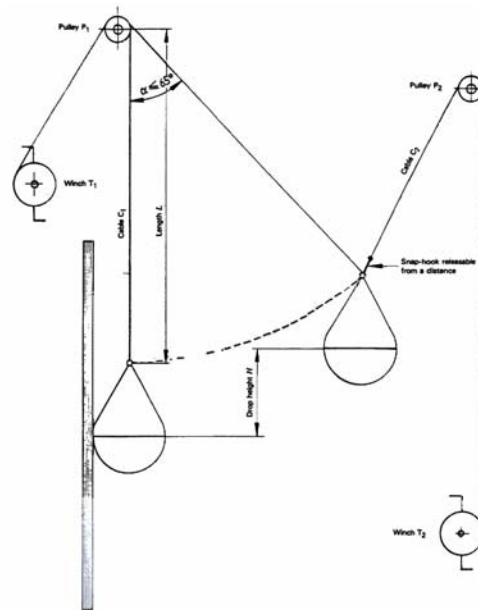


Utvärdering av nyutvecklat gipsskivesystem



Jens Nielsen

Avdelningen för Konstruktionsteknik
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet, 2005

Avdelningen för Konstruktionsteknik
Lunds Tekniska Högskola
Box 118
221 00 LUND

Division of Structural Engineering
Lund Institute of Technology
Box 118
S-221 00 LUND
Sweden

Utvärdering av nyutvecklat gipsskivesystem

Evaluation of new gypsum board wall system

Jens Nielsen

2005

Abstract

Danogips has introduced tongued and grooved gypsum boards which can be used regardless of the distance between the studs in the framework. The goal of this thesis is to evaluate the material properties of the new gypsum product and compare it to conventional gypsum walls.

Literature studies and three different experiments are carried out. The stiffness of the construction is measured by applying a horizontal load to the wall and measuring the deformation at a certain load. The impact resistance of the construction is determined by allowing pendular weights to hit the wall. Shear resistance is the ability of the construction to, by diaphragm action, withstand horizontal loads.

The new gypsum board fulfills the demands on stiffness and impact resistance but has significantly lower shear resistance than a conventional gypsum wall. A method of improving the shear capacity of the tongued and grooved boards is to strengthen the glue joints. To gain further insight in the material properties of the tongued and grooved boards in general and diaphragm action in particular, further tests should be carried out with different frameworks, configuration of joints and wall-lengths.

Rapport TVBK-5135
ISSN 0349-4969
ISRN: LUTVDG/TVBK-05/5135+32p

Examensarbete
Handledare: Tord Isaksson
November 2005

Sammanfattning

- Syfte** Danogips har introducerat gipsskivor försedda med spont och notspår som kan användas oberoende av regelavstånd. Examensarbetet syftar till att kontrollera det nya gipsskivesystemet vad gäller materialegenskaper enligt gällande standard samt jämföra det med traditionella gipsväggar.
- Metod** Litteraturstudier och tre olika experiment utförs. Konstruktionens böjstyvhet kontrolleras genom att belasta väggen med en horisontell linjelast och mäta deformationen vid given last. Konstruktionens hållfasthet mot stötar mäts genom att utsätta den för stötar i form av tyngder som faller mot väggen. Skjuvhållfasthet är konstruktionens förmåga att ta upp horisontella krafter i väggens längdriktning genom skivverkan.
- Slutsatser** Det nya gipsskivesystemet klarar de funktionskrav som ställs angående böjstyvhet och hållfasthet mot stötar men har betydligt lägre kapacitet vid skivverkan än referensväggen. Ett första steg till att förbättra det spontade systemets skjuvkapacitet är att förbättra limfogen så att den blir jämnstark med skivmaterialet. För fördjupad insikt i spontskivans materialegenskaper i allmänhet och skivverkan i synnerhet, bör ytterligare tester utföras på spontväggar med olika regelavstånd, skarvkonfiguration och vägglängd.
- Nyckelord** Danogips, gipsskivesystem, gipsskiva, spont, notspår, skivskarv, limfog, NT-BUILD 062, böjstyvhet, deformation, ETAG 003, ISO:7892, skjuvhållfasthet, skivverkan

1	Inledning	3
1.1	Bakgrund	3
1.2	Syfte	3
1.3	Problemformulering	3
1.4	Avgränsningar	4
1.5	Metod	4
1.6	Disposition	4
2	Teori	5
2.1	Företagspresentation	5
2.2	Traditionell skiva	5
2.3	Skiva med spont	5
2.4	Stålregelstomme	6
2.5	Förband skiva-regel	7
2.6	Funktionskrav	7
2.6.1	Böjstyvhet	7
2.6.2	Hållfasthet mot stötar	7
2.6.3	Skivverkan	8
2.7	Skarvkonfiguration	8
2.7.1	Böjstyvhet	8
2.7.2	Hållfasthet mot stötar	9
2.7.3	Skivverkan	10
3	Materialegenskaper	11
3.1	Böjstyvhet	11
3.1.1	Provmethod	11
3.1.2	Resultat böjstyvhet	13
3.2	Hållfasthet mot stötar	15
3.2.1	Provmethod	15
3.2.2	Resultat hållfasthet mot stötar	16
3.3	Skivverkan	18
3.3.1	Limförbandets skjuvhållfasthet	18
3.3.2	Beräknad skjuvkapacitet för referensväggsektion	19
3.3.3	Provmethod	20
3.3.4	Resultat skivverkan	21
4	Analys	25
4.1	Spill	25
4.2	Hantering och montage	25
4.3	Tidsåtgång	25
4.4	Materialegenskaper	26
5	Slutsats	27
6	Käll- och litteraturförteckning	28

Figurförteckning

Figur 1 Närbild av spont	6
Figur 2 Tvärsnitt regel och skena.....	6
Figur 3 Principskiss av skivverkan	8
Figur 4 Upplagd vägg, drag/tryck i väggens höjdriktning	9
Figur 5 Sett uppifrån, inga spänningar längs vertikala skarvar.....	9
Figur 6 1 fiktiv helvägg, 2 vald del till försöket	10
Figur 7 1 fiktiv helvägg, 2 vald del till försöket	10
Figur 8 Montage spontvägg	12
Figur 9 Upplagd vägg - böjstyvhet	12
Figur 10 Linjelast på spontvägg.....	12
Figur 11 Resultat böjstyvhet - utan skruvar	13
Figur 12 Resultat böjstyvhet - med skruvar	14
Figur 13 Skiss över pendelutrustning.....	15
Figur 14 Provuppställning stötprov.....	16
Figur 15 Skada framsida – 0,5 kg kula	17
Figur 16 Skada baksida – 0,5 kg kula	17
Figur 17 Provkropp limfog	18
Figur 18 Försöksuppställning skivverkan	21
Figur 19 Spontad vägg - brott i limfog mellan skivor vid väggslut	22
Figur 20 Placering lägesgivare.....	22
Figur 21 Skivverkan vertikal deformation, referens & spont.....	23
Figur 22 Skivverkan horisontell deformation, referens & spont.....	24

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Vid uppförande av byggnader används innerväggar för att avgränsa områden och ibland även för att stabilisera konstruktionen. En vanlig konstruktion är gipsskivor som är skruvade på trä- eller stålreglar. Reglarnas centrumavstånd bestäms då av skivornas bredd. För att spara tid används sedan en tid tillbaka även gipsskivor som limmas på stålreglar.

Danogips tar nu ytterliggare ett steg och introducerar en gipsskiva som kan användas för väggar med varierande regelavstånd. Skivorna är försedda med spont och notspår och monteras liggande. Tack vare sponten behöver inte skivskarven placeras över en regel.

1.2 Syfte

Examensarbetet syftar till att kontrollera det nya gipsskivesystemet vad gäller materialegenskaper enligt gällande standard samt jämföra det med traditionella gipsväggar. Dessutom skall akustik- och brandegenskaper preliminärt undersökas samt hantering och montagetider vid pågående byggprojekt utvärderas.

1.3 Problemformulering

Målet med rapporten är att undersöka följande punkter

- Klarar gipsskivesystemet de funktionskrav som ställs på
 - Böjstyvhet
 - Hållfasthet mot stötar
 - Skivverkan
- Förkortas montagetiderna med den nya skivan?
- Vilket format bör skivan ha med avseende på spill, tålighet och hantering?
- Är skivans akustik- och brandegenskaper tillfredställande?

Avsikten är att undersöka gipsskivesystemets brand- och akustikegenskaper genom småskaliga försök. Detta skall inte generera ett officiellt godkännande för systemet utan snarare ge en fingervisning om materialegenskaperna. Det visade sig tidigt att dessa småskalförsök tyvärr inte kunde genomföras. Den information som söks kan bara erhållas från fullskalförsök. Punkten om brand- och akustikegenskaper utgår därför från problemformuleringen.

Det nya gipsskivesystemet testas i liten skala på byggarbetsplatser. Besök och intervjuer av platschef och anställda ska ge en indikation på hur systemet fungerar med avseende på montagetider, spill och hantering ur de anställdas perspektiv. Kommunikationsbrist samt det faktum att de spontade skivorna är prototyper som

Utvärdering av nyutvecklat gipsskivesystem

endast existerar i begränsat antal leder till att det planerade besöket ställs in. Den nya problemformuleringen blir således:

- Klarar gipsskivesystemet de funktionskrav som ställs på
 - Böjstyvhet
 - Hållfasthet mot stötar
 - Skivverkan
- Vilket format bör skivan ha med avseende på spill, tålighet och hantering?

1.4 Avgränsningar

Resultaten som erhålles i rapporten får anses som statistiskt osäkra. Detta eftersom antalet försök begränsas till vad som ryms inom ramen för ett examensarbete. Vidare, av samma orsak, undersöks endast väggar monterade med centrumavstånd 600 mm.

1.5 Metod

Vid inledande möten bestäms vilka punkter som skall beröras i rapporten. Material till försöken levereras av Danogips. Litteraturstudier genomförs för att dels öka författarens kunskap om innerväggar och gipsskivesystem, och dels för att kunna utarbeta lämpliga tester. Praktiska försök utförs i labbet på både spontade väggar och referensväggar och resultaten jämförs och analyseras.

1.6 Disposition

I kapitel 2 beskrivs gipsväggar och teorin bakom de praktiska försöken. Kapitel 3 behandlar försöken och försöksresultaten. I kapitel 4 analyseras och jämförs skivorna. Slutligen, i kapitel 5, redovisas slutsatser.

2 Teori

2.1 Företagspresentation¹

Danogips, med svenskt huvudkontor i Åhus, tillverkar gipsskivor och andra gipsbaserade produkter. Dessa används såväl i inner- och ytterväggar som i golv och tak. De har försäljningsorganisationer i Sverige, Danmark, Finland, Tyskland och England. Dessutom hanterar de internationella exportörer. Danogips ingår i Knaufkoncernen, en stor tillverkare av byggmaterial på den europeiska marknaden. Knauf tillverkar och distribuerar även kalk- och cementprodukter samt värmeisoleringsmaterial men gipsprodukter är deras huvudsakliga inriktning.

2.2 Traditionell skiva

En normal gipsskiva har två bredder: 900 mm eller 1200 mm. Tjockleken är 13 mm alternativt 15 mm för en brandgipsskiva. Skivan måste skarvas vid regler. Skivorna monteras stående och limmas eller skruvas fast i reglarna. I vissa fall används horisontella regler varvid skivorna monteras liggande. Danogips 15 mm skivor väger 14 kg/m² vilket motsvarar ca 40 kg per skiva. Regelavståndet är 450 mm för 900 mm skivor och 600 mm för 1200 mm skivor. I vissa fall sätts reglarna tätare.

2.3 Skiva med spont

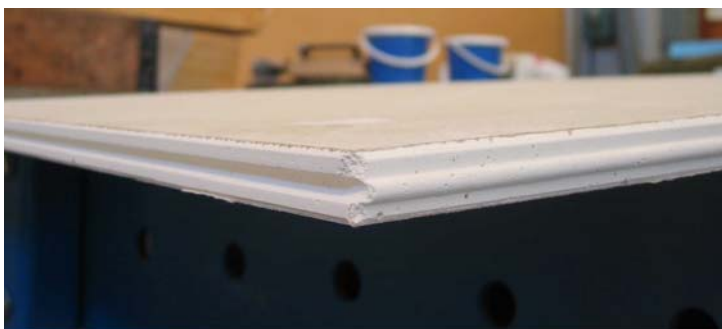
Den spontade skivan har måtten 600 * 1500 mm, är 15 mm tjock och är ur kemisk och strukturell synvinkel likvärdig med en normal gipsskiva. Däremot är formatet av ny karaktär. Den är försedd med spont och notspår, se figur 1, och monteras liggande. Lim appliceras på stålreglarna och varje notspår. Första skivan monteras i nedre hörnet på väggen. Vidare montage sker i sidled, längs syllen. Vid väggens slut kapas sista skivan till lämplig längd. Nästa rad påbörjas med den överblivna delen om den sträcker sig över minst två regler. I annat fall används en ny skiva. Dock är det viktigt att skivorna i intilliggande rader har förskjutna vertikala skarvar för att undvika lokala svaga punkter. Skivan väger drygt 10 kg.

Vanliga centrumavstånd mellan regler är 450 mm och 600 mm. Används en traditionell gipsskiva måste storleken på skivan anpassas till detta avstånd. Med spontade skivor kan centrumavståndet varieras så länge det maximala avståndet inte överskrids. På grund av sin bredd på 1200 mm måste referensskivan som används i dessa försök monteras med centrumavstånd 600 mm. För att resultaten skall bli jämförbara används centrumavstånd 600 mm för både referensvägg och spontade skivor. I denna rapport behandlas endast väggar monterade med centrumavstånd 600 mm med argumentet: ”Håller väggen vid stora avstånd håller den även vid små”. Det

¹ <http://www.danogips.se>

Utvärdering av nyutvecklat gipsskivesystem

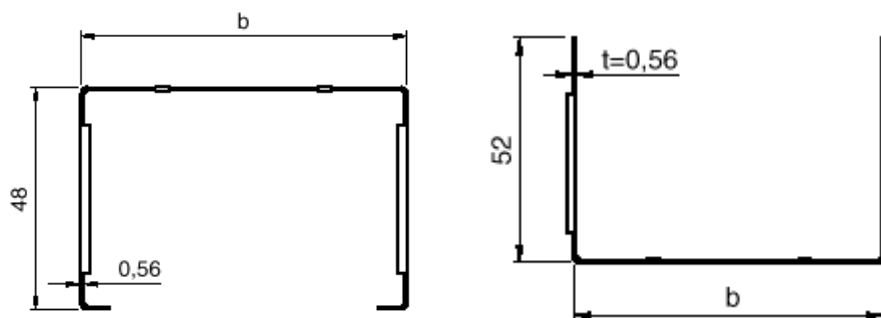
är även möjligt, men mindre vanligt, att bygga väggar med större centrumavstånd än 600 mm. Detta behandlas inte i denna rapport.



Figur 1 Närbild av spont

2.4 Ståregelstomme

Till regelstomme används Danogips DanoiQ väggssystem: Stående regler QR70 och liggande skenor QSK70, se figur 2. Siffran 70 anger regelstommens tjocklek och illustreras av måttet "b" i figuren. Det finns två varianter av dessa regler och skenor: med eller utan perforerade flänsar. De förra ger förbättrade akustikegenskaper. På grund av initiiellt dåliga resultat med regler med perforerade flänsar används i försöken regler utan perforerade flänsar.



Figur 2 Tvärsnitt för regel och skena

2.5 Förband skiva-regel

Skivorna monteras med lim på stålregelstommen. Limmet heter Danogips Montagemlim Stål & Trä. På vissa av provkropparna används även monteringskruvar vars uppgift är att pressa skivan mot stommen under limmets härdningstid. Dessa skruvar tar alltså ingen last. I referensväggen monteras tre skruvar på varje regel: En längst ner, en längst upp samt en vid halva höjden. I spontväggen behövs en skruv per skiva och regel. Därför monteras fem skruvar på varje regel: En längst ner samt en längst upp på varje liggande skiva.

2.6 Funktionskrav

2.6.1 Bøjstyvhet

Nordtest² bildades genom ett beslut i Nordiska ministerrådet. Det fungerar som nordens provningstekniska samarbetsorgan vars uppgift är att verka för att slutanvändaren erhåller en produkt som uppfyller kraven på säkerhet, god miljö mm.

En vägg måste vara så pass styv att den kan motstå påverkan utan att kvarstående deformationer eller andra skador uppstår. Ju högre den är desto slankare blir den och vid en viss höjd understiger styvheten de lägsta kraven. I Nordests NT-BUILD 062³ beskrivs en metod för att kontrollera bøjstyvheten. Provkroppen belastas med en kontinuerligt stigande, horisontell linjelast. För DanoiQ väggsystem gäller följande⁴: Maximalt tillåtna utbøjning vid en belastning på 0,5 kN/m är L/300 där L är höjden i mm. Dock gäller för vägghöjder under 3 m en maximal utbøjning på 10 mm.

2.6.2 Hållfasthet mot stötar

En innervägg riskerar att utsättas för olyckslaster i form av t.ex. möbler som förflyttas, knän eller tyngden från en människokropp. Skador som kan uppstå är dels lokala t.ex. sprickor i gipsskivan och dels funktionella t.ex. brott i reglar eller limfog. Väggens måste dimensioneras för att klara dessa laster. ETAG 003 - Guideline for European technical approval for internal partition kits for use as non-loadbearing walls är framtagna av EOTA (European Organisation for Technical Approvals). Den innehåller bestämmelser och beskrivningar av procedurer inom olika områden vad gäller krav som ställs på innerväggar. Aktuellt för dessa försök är kapitel 5.7.1 Robustness and rigidity som beskriver hur hållfastheten kontrolleras med hjälp av stötprover. Inga detaljerade beskrivningar står med utan läsaren hänvisas istället till en annan internationell standard: ISO:7892 Vertical building elements – Impact resistance tests – Impact bodies and general test procedures. Denna innehåller en detaljerad beskrivning av hur stötproven skall utföras med hjälp av fallande pendlar.

² <http://www.norden.org/avtal/ekonomi/sk/nordtest.asp>

³ <http://www.nordicinnovation.net/nordtestfiler/build062.pdf>

⁴ <http://www.danogips.se>

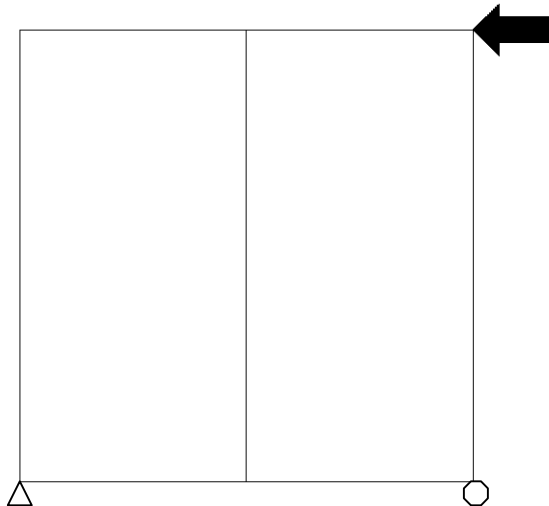
Utvärdering av nyutvecklat gipsskivesystem

Inget funktionskrav är specificerat, därför utförs detta försök som ett direkt jämförande test mellan de två väggtyperna.

2.6.3 Skivverkan

Då husväggar utsätts för vindlaster måste kraften ledas vidare ner i grunden. Detta sker via t.ex. vindstag och skivverkan i innerväggar. Hur vindlasterna tas upp är upp till konstruktören att bestämma. Dessutom kan laster och krafter från övriga delar av en byggnad överföras till innerväggar. På så sätt utsätts innerväggar ofta för yttre påverkan i form av t.ex. vindlast på ytterväggar och laster från anslutande konstruktioner. En gipsvägg har genom skivverkan stor styvhet vid belastning i längdriktningen och kan, om rätt konstruerad, ersätta vindstag.

Vid kontroll av skivverkan belastas provkroppen med en horisontell kraft i väggens plan, se figur 3.



Figur 3 Principskiss av skivverkan

2.7 Skarvkonfiguration

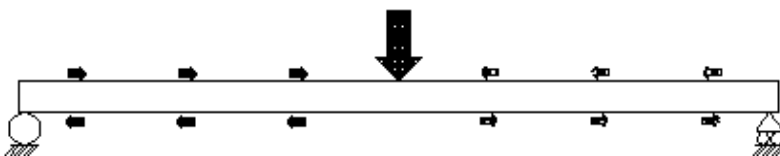
Vid montering av en spontvägg kapas sista skivan på en rad till att passa väggens längd. Skarvkonfigurationen är således beroende av denna längd och blir olika i varje fall. Eftersom försöksutrustningen endast klarar en begränsad längd måste en representativ del av en fiktiv hel vägg väljas.

2.7.1 Böjstyvhet

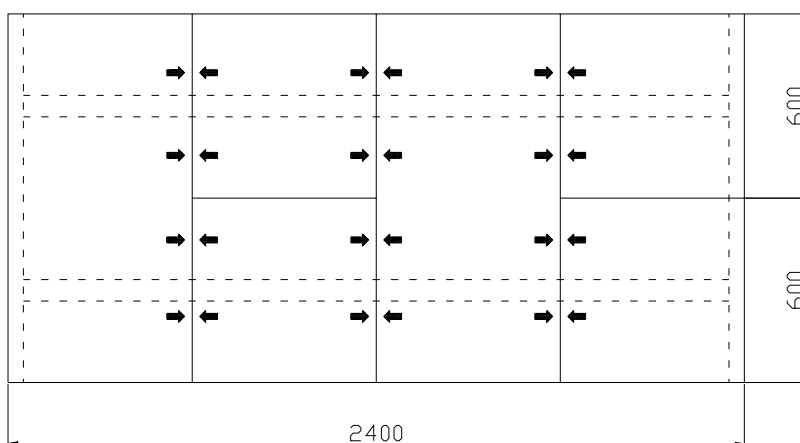
Vid kontroll av skivans böjstyvhet är provkroppen 1200 mm bred med 2400 mm spännvidd. Detta format är beroende av provmaskinens kapacitet samt höjden på

Utvärdering av nyutvecklat gipsskivesystem

gipsskivorna. Den är fritt upplagd och belastas med en horisontell linjelast vid väggmitt, se figur 4. Detta ger upphov till tryck- och dragspänningar i väggens höjdriktning, se figur 5. Eftersom inga spänningar uppstår i de vertikala skarvarna har deras placering ingen betydelse. Väggen byggs i detta fall med skarvarna vid väggmitt.



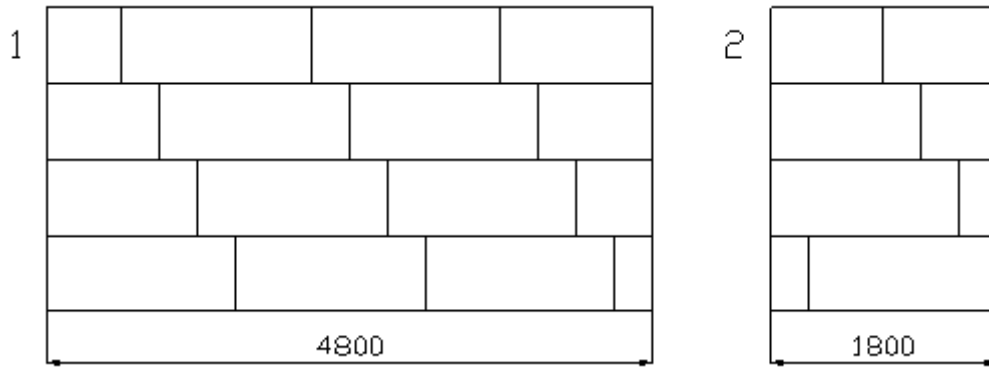
Figur 4 Upplagd vägg, drag/tryck i väggens höjdriktning



Figur 5 Vägg sedd uppifrån, inga spänningar längs vertikala skarvar

2.7.2 Hållfasthet mot stötar

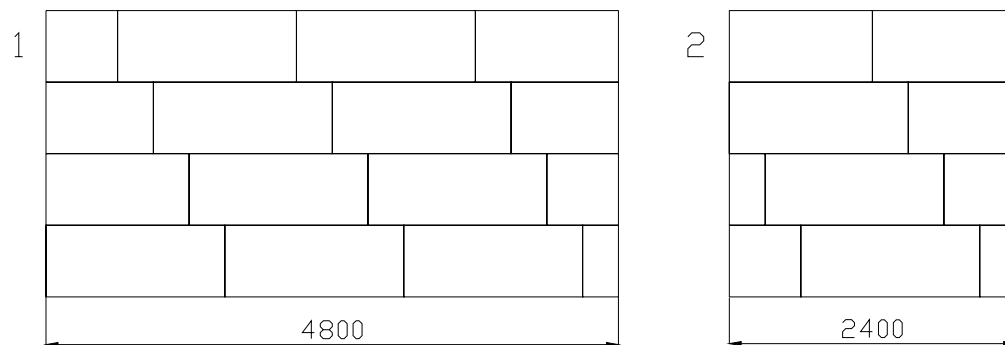
Vid kontroll av skivans förmåga att motstå stötar används en provkropp som är 1800 mm bred. Minst en skarv måste vara med för att försöket skall ha någon effekt. Eftersom en spontad skiva är 1500 mm bred och centrumavstånd för reglarna är 600 mm är det lämpligt med en bredd på 1800 mm. Med utgångspunkt från en fiktiv vägg med bredd 4800 mm väljs en bit som anses mest lämplig för försöket ifråga, se figur 6.



Figur 6 1 fiktiv helvägg, 2 vald del till försöket

2.7.3 Skivverkan

Vid kontroll av skivverkan byggs både spontvägg och referensvägg med samma dimensioner. Detta är viktigt för att resultaten skall bli jämförbara. Eftersom en referensskiva är 1200 mm bred är det lämpligt med en bredd på 2400 mm. Med utgångspunkt från samma fiktiva vägg med bredd 4800 mm väljs en del enligt figur 7.



Figur 7 1 fiktiv helvägg, 2 vald del till försöket

3 Materialegenskaper

I detta kapitel behandlas de praktiska försök som utförs:

- Böjstyvhet
- Hållfasthet mot stötar
- Skivverkan

Varje försökstyp följer samma princip: Resultatet från en vägg med spontade skivor jämförs med resultatet från en referensvägg med vanliga gipsskivor. Vägghöjden anpassas till respektive försök. Eftersom spontskivan är 15 mm tjock används brandgipsskivor med tjocklek 15 mm till referensväggen. Dessa är 1200 mm breda och monteras således med regelavstånd 600 mm. Spontskivorna kan monteras med varierande regelavstånd men för att erhålla så lika förutsättningar som möjligt monteras även dessa med regelavstånd 600 mm. Vägghöjden är alltid 2400 mm. Vid varje försökstyp används identiska regelstommar för både spontvägg och referensvägg. Den spontade skivan har formatet 600 * 1500 * 15 mm och referensskivan 1200 * 2400 * 15 mm.

3.1 Böjstyvhet

Följande försök ger ett mått på hela konstruktionens styvhet vid belastning vinkelrätt mot väggen. Väggen placeras liggande och belastas med en horisontell linjelast vid väggens mitt.

3.1.1 Provmetod

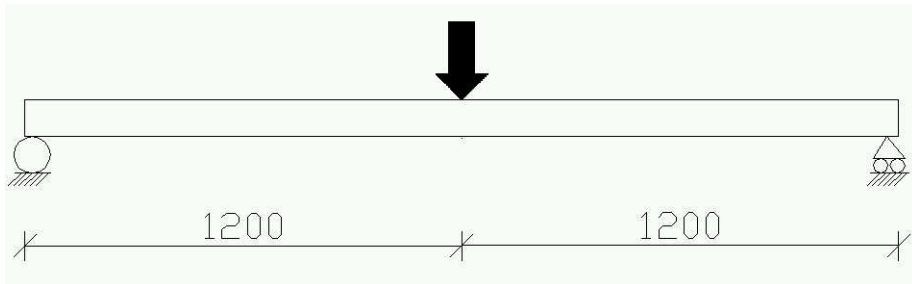
Provmetoden är tagen från NT-BUILD 062⁵. En vägg monteras med måtten 1200 * 2400 mm, se figur 8 & 9. Den består av en övre och en undre skena med längd 1200 mm samt två stående regler med längd 2400 mm och inbördes avstånd 600 mm, se figur 5. Väggen placeras i provmaskin och belastas med en horisontell linjelast mitt på väggen, se figur 10. Två lägesgivare placeras vid respektive kant rakt under linjelasten. Dessa registrerar deformationen i mm varje sekund. Lasten ökas kontinuerligt med en hastighet av 0,1 mm nedböjning/sekund till 0,6 kN (0,5 kN/m över 1,2 m), därefter avlastas väggen och kvarstående deformation mäts. Slutligen belastas väggen till brott.

⁵ <http://www.nordicinnovation.net/nordtestfiler/build062.pdf>

Utvärdering av nyutvecklat gipsskivesystem



Figur 8 Montage spontvägg



Figur 9 Upplagd vägg - böjstyvhet



Figur 10 Linjelast på spontvägg

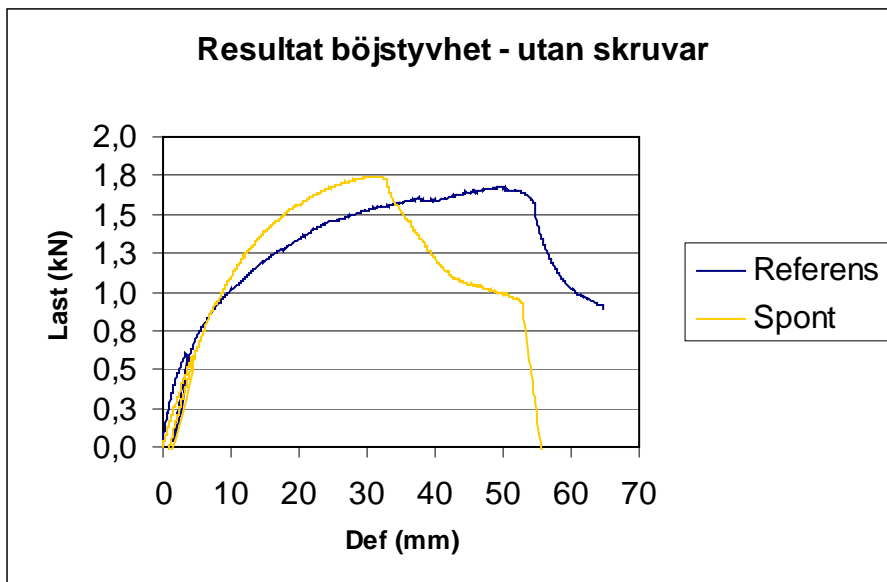
3.1.2 Resultat böjstyvhet

Inledningsvis misslyckas ett flertal försök då vissa provkroppar går till brott vid låg belastning eller då limfogen släpper innan provkroppen hunnit belastas. Dessa provkroppar är monterade med enbart lim, utan monteringskruvar. Det är möjligt att detta har medfört en försvagad limfog. Resultatet av två lyckade provkroppar beskrivs nedan. I dessa fall har monteringskruvar använts.

För DanoiQ väggssystem gäller följande⁶: Maximalt tillåtna utböjning vid en belastning på 0,5 kN/m är $L/300$ där L är höjden i mm. Dock gäller för vägghöjder under 3 m en maximal tillåten utböjning på 10 mm. Informationen från försöket sammanställs i ett diagram, se figur 11. Deformationen vid en belastning på 0,5 kN/m är ca 5 mm för båda väggarna vilket alltså är lägre än kravet på 10 mm.

På den spontade väggen är skivskarven rakt under linjelasten mest utsatt. Vid fortsatt belastning släpper limfogen mellan skivorna i denna skarv vid 1,75 kN. Ytterligare belastning resulterar i att reglarna bucklas kraftigt vid en total deformation på knappt 55 mm.

Vid fortsatt belastning på referensväggen bucklas reglarna något vid 1,45 kN. Vid 1,6 kN är reglarna rejält bucklade och släpper lokalt från skivorna vid en total deformation på 55 mm.



Figur 11 Resultat böjstyvhet - utan skruvar

⁶ <http://www.danogips.se>

Utvärdering av nyutvecklat gipsskivesystem

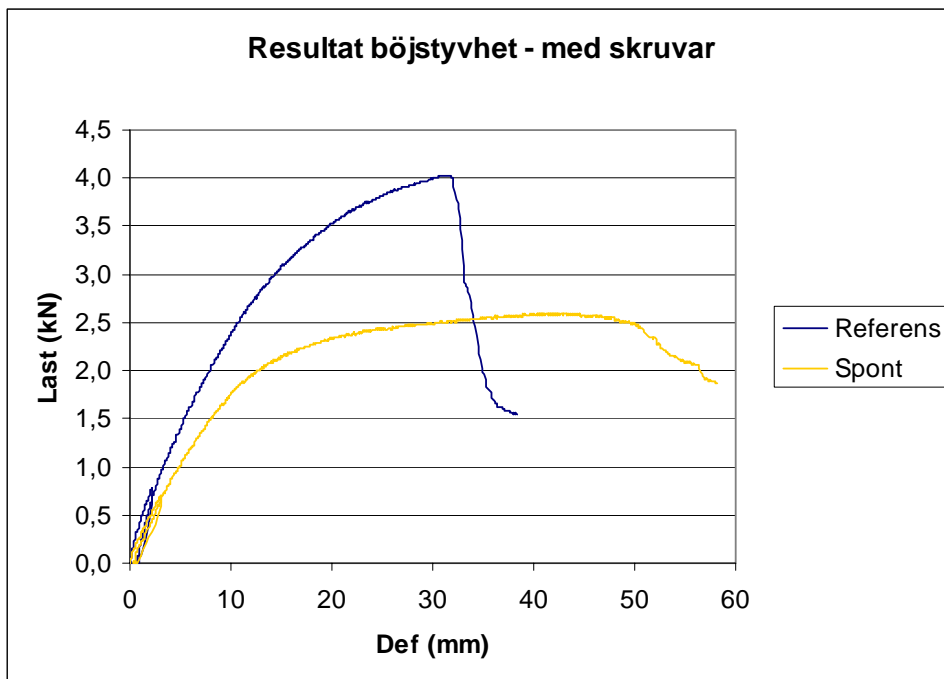
Kurvan för den spontade väggen är brantare än för referensväggen vilket indikerar att den är styvare. Detta kan också ses genom att jämföra deformationen för väggarna vid en given last. Exempelvis är deformationen vid 1,5 kN 30 mm för referensväggen mot endast 18 mm för den spontade väggen. Rimligheten i detta kan diskuteras. Referensväggen med en enda solid skiva borde ha något högre styvhet än en vägg sammansatt av flera mindre delar. Misstanken om försvagade limfogar stärks och beslutet tas att montera skivorna med lim och monteringskruvar. Informationen från försöket sammanställs i figur 12.

Deformationen vid en belastning på 0,5 kN/m är ca 2 mm för båda väggarna vilket är lägre än kravet på 10 mm. Dessutom är det betydligt lägre än 5 mm som erhålls utan monteringskruvar.

Brottet på den spontade väggen sker åter i skivskarven rakt under linjelasten. Det är dock ett segare brott denna gång. Vid ca 2,3 kN har väggen deformerats ca 17 mm men kraftigt brott i skarven uppstår inte förrän vid 2,5 kN och 50 mm deformation.

Resultatet för referensväggen är nu något helt annat. Utan lokala svaga punkter som skarvar och med monteringskruvar till hjälp för limfogen klarar väggen 4 kN innan reglarna bucklas vid en deformation på drygt 30 mm.

Noteras bör att även om det är stor skillnad mellan väggtyperna är resultatet för den spontade väggen med monteringskruvar bättre än för den spontade vägen med enbart limfog.

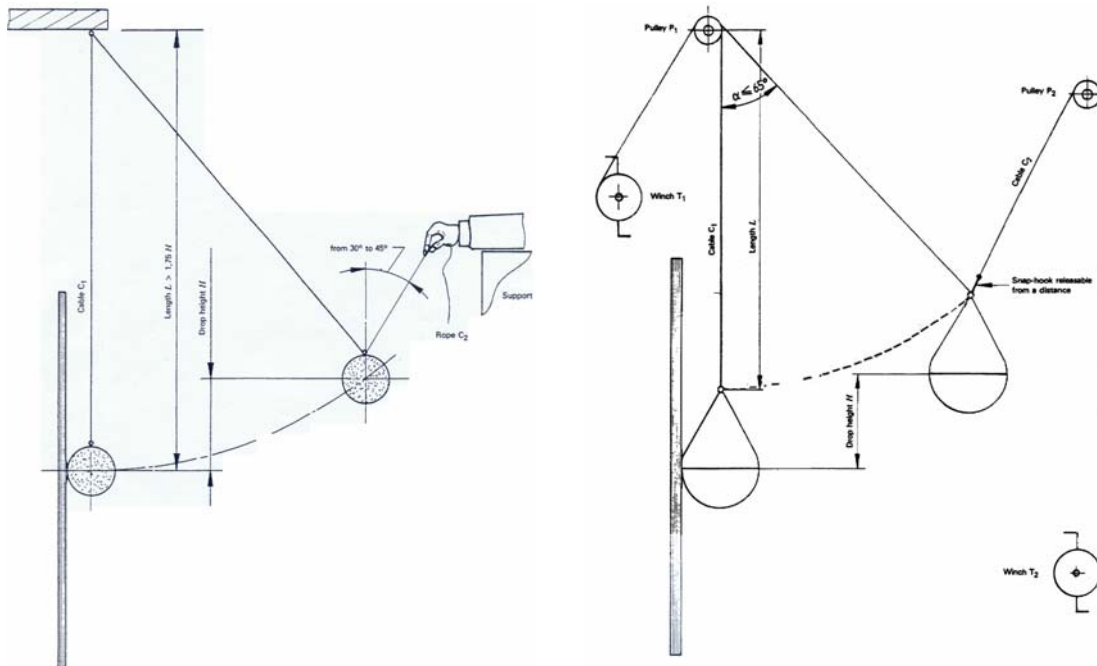


Figur 12 Resultat böjstyvhet - med skruvar

3.2 Hållfasthet mot stötar

Försöket ger ett mått på väggens förmåga att motstå stötar. I ISO:7892 beskrivs detaljerat hur testet skall utföras. Dock anges ingen specifik fallhöjd. Med utgångspunkt från detta utförs försöket med flera olika fallhöjder. Resultaten från samtliga fallhöjder jämförs väggarna emellan. Väggen placeras stående och utsätts för stötar i form av tyngder som faller mot väggen, se figur 13. Två pendlar används: En stålkula med diameter 50 mm och vikt 500 g som skall simulera laster i form av möbler eller knä som oavsiktligt träffar väggen samt en sandsäck med vikt 25 kg som skall simulera en människokropp.

Enligt ISO:7892 skall säcken väga 50 kg men detta resulterar i att väggen går till brott omedelbart. Eftersom detta är ett direkt jämförande test mellan två väggar är inte det viktiga hur mycket säcken väger utan att använda samma vikt för båda väggtyper. För att erhålla jämförbara resultat används därför istället 25 kg i båda fallen.



Figur 13 Skiss över pendelutrustning⁷

3.2.1 Provmetod

I detta försök används olika väggglängder. Referensväggen är 1200 mm. Eftersom spontskivan är 1500 mm skulle inga vertikala skarvar erhållas vid samma väggglängd.

⁷ ISO:7892 Vertical building elements – Impact resistance tests – Impact bodies and general test procedures

Utvärdering av nyutvecklat gipsskivesystem

Därför ökas längden på spontväggen till 1800 mm. Eftersom det vid detta försök endast uppstår lokala brott är vägglängden av mindre betydelse. Väggar med formaten 1200/1800 * 2400 består av övre och undre skena med längd 1200/1800 mm samt fyra/fem stående regler med längd 2400 mm och inbördes avstånd 600 mm, se figur 14. Stålkulan släpps upprepade gånger med stigande fallhöjd och olika träffpunkt. Varje gång noteras resultatet i form av diametern på skadan både på framsida och på baksida.

Sandsäcken släpps tre gånger från samma höjd innan fallhöjden ökas. Denna procedur upprepas till brott. Träffpunkten är här densamma under hela försöket. För att erhålla rätt fallhöjd används en stålstav med markering var tionde centimeter.



Figur 14 Provuppställning stötprov

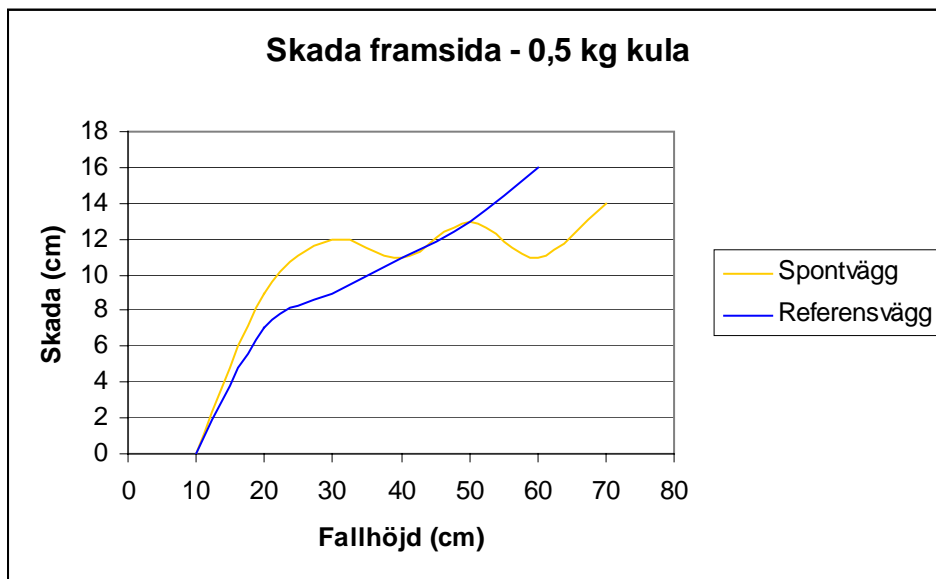
3.2.2 Resultat hållfasthet mot stötar

Informationen från försöket med stålkulan sammanställs i diagram, se figur 15 & 16. Diametern på skadan på fram- och baksida plottas mot respektive fallhöjd för båda väggarna. Svårigheter uppstår vid mätning av skada på väggens baksida. Till skillnad mot den cirkulära skadan på framsidan bildas på baksidan en oregelbunden utbuckling som är svår att mäta diametern på. Ett medelvärde på diametern uppskattas.

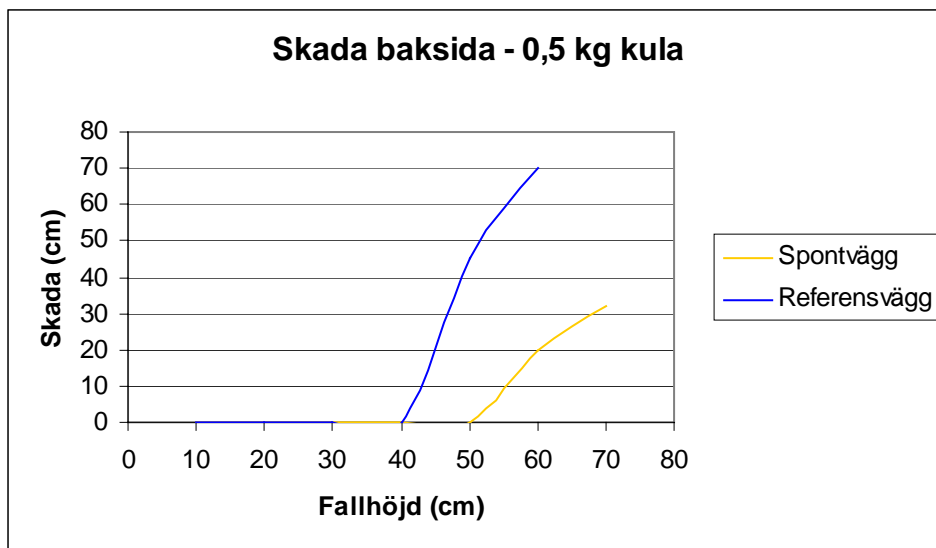
Skadan på väggarnas framsida uppstår vid en fallhöjd på 10 cm och följs åt till en total diameter av ca 15 cm vid 60 cm fallhöjd. Däremot skiljer resultaten sig åt något

Utvärdering av nyutvecklat gipsskivesystem

vad avser skada på väggens baksida. Den spontade väggen får en 30 cm lång skada jämfört med referensväggens dryga 60 cm. Detta indikerar en något högre motståndskraft mot stötar för den spontade väggen. Eftersom referensväggen har lite högre densitet än spontskivan⁸ borde den ha lite högre motståndskraft mot stötar eller åtminstone samma. Dock, som nämndes ovan, är detta uppskattade medelvärden och inte exakta värden.



Figur 15 Skada framsida – 0,5 kg kula



Figur 16 Skada baksida – 0,5 kg kula

⁸ <http://www.danogips.se>

Utvärdering av nyutvecklat gipsskivesystem

I försöket med 25 kg säcken uppstår en spricka på referensväggens baksida vid en fallhöjd på 15 cm. Dock krävs en fallhöjd på 60 cm innan skada uppstår på den spontade väggen. Eftersom den spontade väggen har mindre skivor och fler skarvar är det sannolikt att den är mer flexibel och därmed mer motståndskraftig mot kraftiga stötar än referensväggen med två stora skivor. Detta är i linje med försökets resultat.

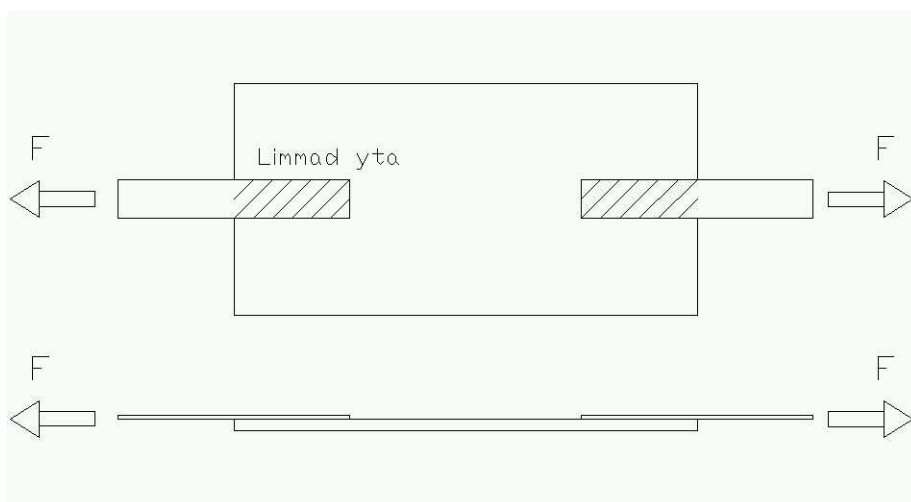
3.3 Skivverkan

Skjuvhållfastheten för en skruvad gipsvägg är beroende av typen av fästdon samt deras inbördes avstånd. Väggarna i dessa försök är monterade med enbart lim och deras skjuvhållfasthet kan således inte beräknas med ordinarie metoder. Ett enskilt test för limfogens skjuvhållfasthet utförs. Utifrån detta beräknas referensväggarnas teoretiska skjuvhållfasthet. Dessa jämförs sedan med resultaten från fullskaliga försök. För väggar bestående av flera mindre skivor, typ den här undersökta spontväggen, finns inga lämpliga beräkningsmetoder.

3.3.1 Limförbandets skjuvhållfasthet

För att bestämma limförbandets skjuvhållfasthet limmas en bit av regelflansen på en gipsskiva (se Figur 17 Provkropp limfog). I försöket är längden på limförbandet 100 mm. De limmade flansarna utsätts för dragkraft till brott. Den kraft varvid förbandet brister är limförbandets skjuvhållfasthet uttryckt i last/längdenhet (kN/m). Hädanefter kallas denna kraft F_{lim} .

Försöket ger $F_{lim} = 1,2$ kN för 100 mm limförband eller 12 kN/m.



Figur 17 Provkropp limfog

3.3.2 Beräknad skjuvkapacitet för referensväggsektion

När en vägg utsätts för en horisontell kraft i väggens plan uppstår ett skjuvflöde i förbanden längs reglarna. En överslagsmässig beräkning av en limmad väggs skjuvkapacitet kan göras genom att ersätta skruvarnas kapacitet med limfogens skjuvhållfasthet. Bärförmågan för en vägg med avseende på horisontalkraft i väggens överkant kan beräknas enligt följande (koordinatsystemets origo i fästdonens tyngdpunkt)⁹:

$$H_{Rk} = \frac{F_{vk}}{h * \sqrt{\left(\frac{x_{\max}}{\sum x_i^2}\right)^2 + \left(\frac{y_{\max}}{\sum y_i^2}\right)^2}}$$

där H_{Rk} = bärförmåga för konstruktionen
 F_{vk} = karakteristisk bärförmåga för enskilt fästdon
 h = vägghöjd
 x_{\max} & y_{\max} = koordinater för mest utsatta fästdon
 $\sum x_i^2$ & $\sum y_i^2$ = uttryck beroende på skruvavstånd

För den väggtyp som används i dessa försök gäller:

$$\sum x_i^2 = \frac{b^2}{12} * (2n + 6m)$$

$$\sum y_i^2 = \frac{h^2}{12} * (6n + 2m + p - 3)$$

där b = skivbredd
 h = vägghöjd
 n = b/s
 m = h/t
 p = h/u

Med ett skruvavstånd på 100 mm kan skruvens kapacitet ersättas med kapaciteten för 100 mm limfog. $s = t = u = 100$ mm ger:

⁹ Carling et. al, 1992

Utvärdering av nyutvecklat gipsskivesystem

$$\begin{aligned}\sum x_i^2 &= 20,2 \\ \sum y_i^2 &= 67,7\end{aligned}$$

F_{vk} ersätts med den framräknade hållfastheten för 100 mm limförband:

$$F_{lim} = 1,2 \text{ kN}$$

Koordinaterna för den mest utsatta delen av limförbandet är:

$$\begin{aligned}x_{max} &= 0,6 \text{ m} \\ y_{max} &= 1,15 \text{ m}\end{aligned}$$

Med ovanstående värden erhålles den teoretiska skjuvhållfastheten för enbart limmad konstruktion $H_{Rk,lim} = 14,6 \text{ kN}$. Den är beräknad för en vägg med längd 1200 mm. För en vägg med längd 2400 mm blir $H_{Rk,lim} = 29,2 \text{ kN}$.

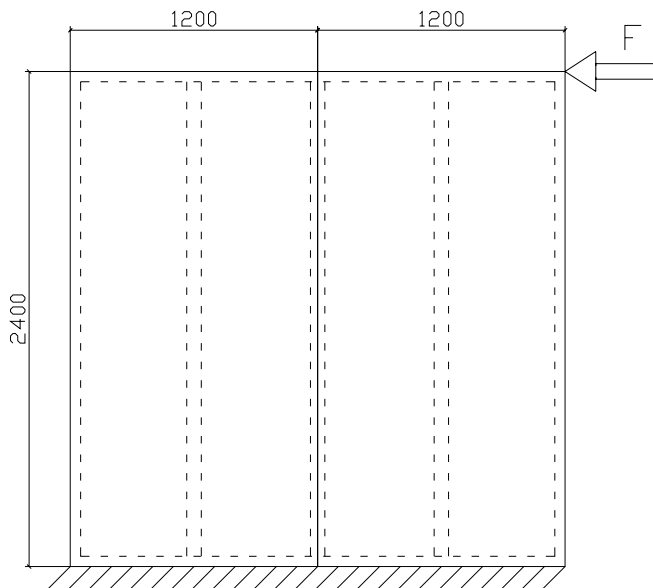
För väggkonstruktionen med flera små skivor finns som nämnts tidigare inte några tillämpbara beräkningsmodeller för att bestämma skjuvkapaciteten. En noggrannare analys kan exempelvis göras genom FEM-modellering.

3.3.3 Provmetod

Väggen har formatet 2400 * 2400 och består av övre och undre skena med längd 2400 mm samt fem stående reglar med längd 2400 mm och inbördes avstånd 600 mm, se figur 18. Skivkonfigurationen kan ses i figur 7. Väggen placeras stående och förankras mot lyft för att simulera att den är en del av en större konstruktion. Den utsätts för en punktlast i väggens övre hörn i längdriktningen. En kraftig stålprofil är fastskruvad på väggens övre skena. Det är på denna profil punktlasten appliceras och skruvförbandet överför kraften till skenan. Sju lägesgivare registrerar deformationen varje sekund. Lasten ökas kontinuerligt till 5 kN varvid väggen avlastas. Lasten ökas därefter till brott.

Väggarna monteras som tidigare med enbart lim. Då limmet torkar bildas snabbt en tunn hinna runt limsträngen. Eftersom skivorna monteras utan skruvar är det endast skivornas egentyngd som pressar mot reglarna. Dessutom, då flänsarna är perforerade, pressas limmet genom flänsarna vilket ytterligare minskar lasten på limmet. Det visar sig att lasten är för liten för att bryta den tunna hinnan runt limmet. Eftersom limmet inte väter skivan blir resultatet att limmet inte fastnar på skivans papper och väggen kan inte ta upp de krafter den belastas med. Vid flera tillfällen brister limfogen mellan reglar och skiva. För att undvika detta används istället reglar utan perforerade flänsar. Dessutom används monteringskruvar enligt kapitel 2.5.

Utvärdering av nyutvecklat gipsskivesystem



Figur 18 Försöksupställning skivverkan

3.3.4 Resultat skivverkan

Som nämndes tidigare testas först väggar med enbart limförband. Brott uppstår då i limfogen mellan skivor och regler vid en last på 7 kN.

Följande text avser resultaten från väggarna med monteringskruvar. Vid försöket med referensväggen uppstår brott i skruvförbandet mellan stålprofilen och stålskenan vid en last på 21 kN. Detta på grund av att skruvarna var för klena. Eftersom inga synliga brott uppstår på provkroppen skruvas stålprofilen på igen med kraftigare skruvar och samma vägg belastas igen med en kontinuerligt stigande last. Brott uppstår då i regler och limförband vid en last på 18 kN. Detta indikerar att brott hade uppstått i provkroppen under första belastningen och försvagat konstruktionen. Brottlasten för referensväggen kan jämföras med den förenklade beräkning av brottlast som gjordes i kapitel 3.3.2. Uppmätt brottlast är lägre än beräknad vilket tyder på att det inte är helt korrekt att ersätta kapaciteten för en skruv med kapaciteten för limfog i det angivna uttrycket för horisontell lastkapacitet. Några vidare analyser av detta görs inte i denna rapport.

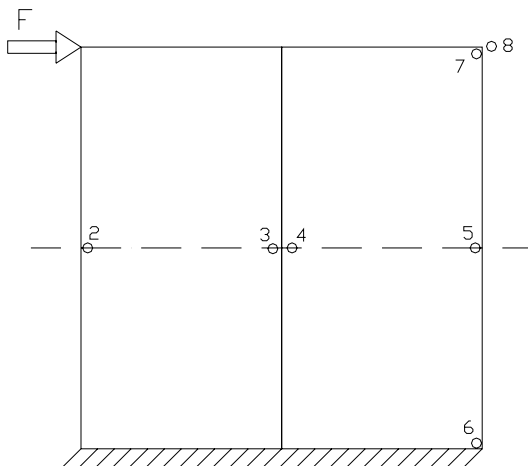
Vid försöket med den spontade väggen uppstår brott i limfogen i skivskarvarna vid en last på 12 kN. Anledningen till det låga värdet är förmodligen att brotten framförallt sker i de små ändbitarna, se figur 19. Vid brott i limfogen mellan skivorna glider dessa isär vid fortsatt belastning och väggen förlorar kapacitet att ta upp lasten.

Utvärdering av nyutvecklat gipsskivesystem



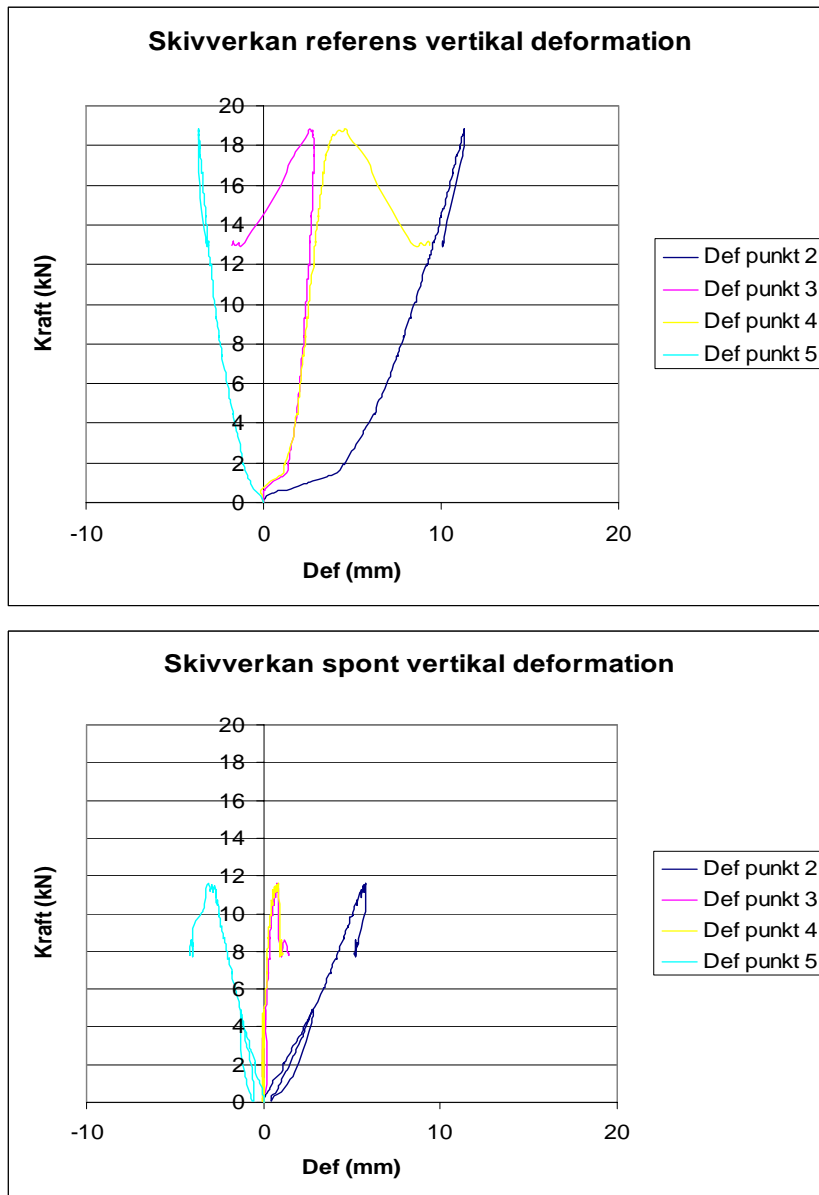
Figur 19 Spontad vägg - brott i limfog mellan skivor vid vägglut

Sju lägesgivare används för att mäta deformationer i väggsektionen. Deras exakta placering kan ses i figur 20. Givare 2-7 mäter rörelser i skivorna och givare 8 mäter rörelser i regelstommen. Givare 2-5 registrerar vertikal deformation och finns på väggens halva höjd som är 1200 mm. Givare 6-8 registrerar horisontell deformation och är riktade mot kraften F. Givare 6 är placerad i provkroppens nedre hörna. I provkroppens övre hörna finns givare 7 placerad på gipsen samt givare 8 som är placerad på stålregeln.



Figur 20 Placering lägesgivare

Utvärdering av nyutvecklat gipsskivesystem

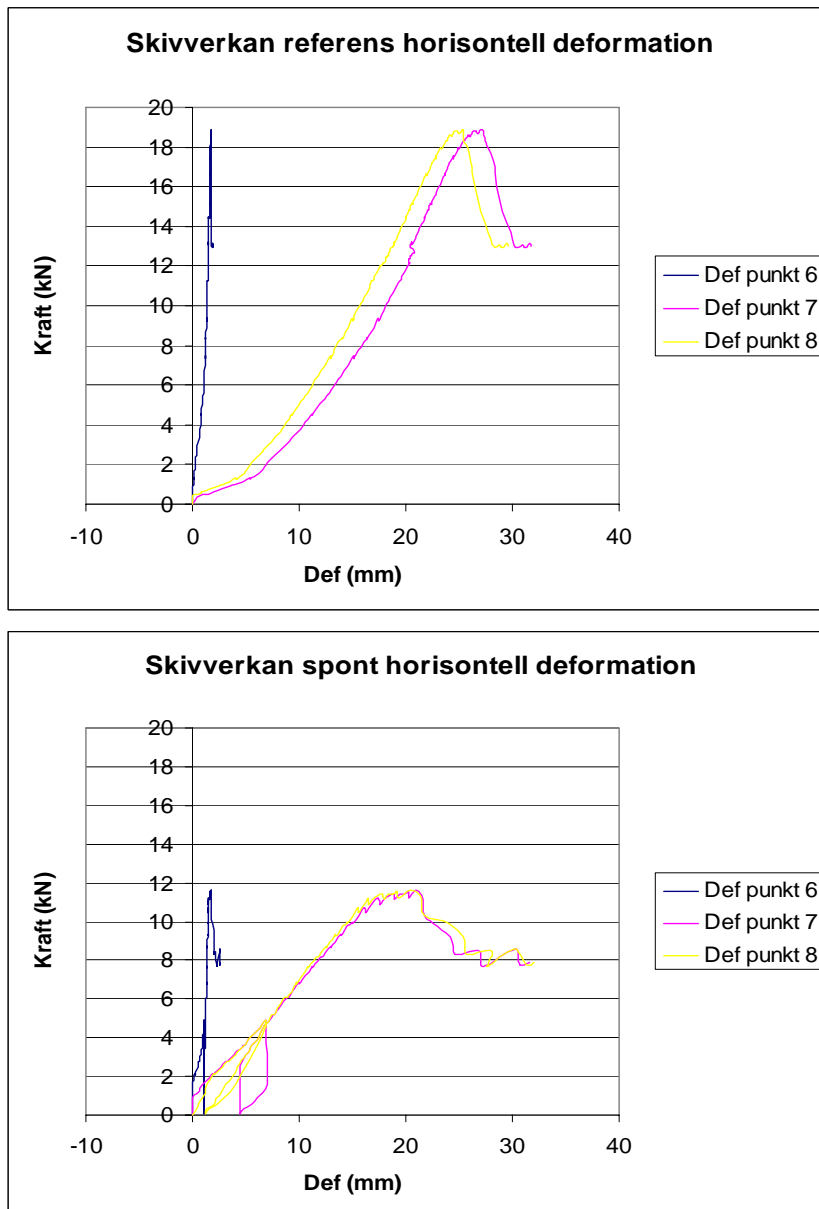


Figur 21 Skivverkan vertikal deformation, referens & spont

Figur 21 visar diagram över den vertikala deformationen från båda försöken. Punkt 2, som är placerad rakt under lasten, har störst deformation. Därefter kommer punkt 3 och 4 vars deformationer följer varandra till brott. Slutligen har punkt 5, placerad rakt över punkt 6, negativ deformation. Dessa observationer gäller för båda diagrammen och kan utläsas som att båda provkropparna lyfter vid punkt 2. Respektive punkt för båda väggarna har ungefär samma lutning vilket indikerar att de har i princip lika stor styvhet. Skillnaden mellan diagrammen, vilket syns tydligt, är att spontväggen går till brott vid ca 12 kN.

Utvärdering av nyutvecklat gipsskivesystem

Figur 22 visar diagram över den horisontella deformationen från båda försöken. Punkt 6, som är placerad i väggens nedre hörn där provkroppen är förhindrad att röra sig, har som väntat låg deformation. Punkterna 7 och 8, som båda är placerade vid väggens övre hörn, följer varandra till brott. Dessa observationer gäller för båda diagrammen. Även här har respektive punkt för båda väggarna ungefär samma lutning vilket indikerar att de har i princip lika stor styvhet. Slutligen är skillnaden även här att spontväggen går till brott vid ca 12 kN. Notera att vid avlastning för den spontade väggen beter sig kurva 7 märkligt. Vad som orsakar detta är okänt men kurvan återgår till det normala vid pålastning.



Figur 22 Skivverkan horisontell deformation, referens & spont

4 Analys

4.1 Spill

Vid montage av normala gipsskivor kapas skivorna beroende på regelavstånd och vägghöjder. Överlag kan inga avkapade bitar återanvändas utan kastas som spill. Detta får inte bara direkt ekonomiska konsekvenser i form av ökade materialkostnader. Den stora mängden spill måste dessutom tas om hand och forslas bort vilket ger merarbete åt de anställda.

Spontade skivor limmas liggande på reglarna. Vid väggslut kapas sista skivan till lämplig längd. Överblivna bitar används i övriga delar av konstruktionen. Det enda spill som kan uppstå är om översta skivraden måste kapas horisontellt för att passa vägghöjden. Eftersom i princip all gips används minskas kostnaderna och mindre tid på arbetsplatsen ägnas åt spill. Dessutom bidrar denna procedur till att konstruktionen får förskjutna vertikala skarvar. En stor fördel med spontade skivor är att de inte behöver skarvas över reglar.

4.2 Hantering och montage

Referensskivorna som används i dessa försök har formatet 1200 * 2400. Med sina 14 kg/m² och en area på knappt 3 m² väger varje skiva ca 40 kg. Förutom tyngden är skivan dessutom otymplig på grund av sin storlek och är svår att hantera ensam. Även för två man uppstår problem vid montage. Denna skiva används därför inte på arbetsplatser. Här dominerar istället skivor med en bredd på 900 mm. Skillnader i hantering är därför svår att applicera på verkligheten. Anledningen till att den används i denna rapport är för att få så lika omständigheter som möjligt vad gäller regelavstånd och skivtjocklek.

De spontade skivorna har formatet 600 * 1500 och väger drygt 10 kg. Den avsevärt mindre arean och lägre vikten medför att den är betydligt enklare att hantera. En person kan utan svårighet ensam montera hela väggen. Detta medför en stor skillnad i arbetsbörda. Kroppens belastning vid hantering av de mindre skivorna är avsevärt lägre. Detta ger en bättre arbetsmiljö, mindre risk för skador och i längden en sundare arbetsplats.

4.3 Tidsåtgång

Ur ett strikt tidsmässigt perspektiv kan det tyckas att tid borde vinnas vid montage med en större skiva. Detta eftersom färre antal skivor behöver hanteras jämfört med spontade skivor med mindre format. Dock, som nämnts ovan, är de mindre skivorna enklare att hantera vilket medför mindre tidsåtgång per skiva. Eftersom författaren ej är professionell byggnadsarbetare och inte är van vid uppförande av gipsväggar är skillnaden i tidsåtgång svår att uppskatta. Utan synpunkter från utomstående såsom platschef och anställda kan endast grova uppskattningar göras. Överlag går det, enligt

författarens uppfattning, snabbare att montera de spontade väggarna, mycket tack vare de enskilda skivornas ringa storlek som gör dem lätthanterliga. Huruvida de verkligen är snabbare att montera än andra gipsväggar överlåtes åt andra att utvärdera.

4.4 Materialegenskaper

De spontade skivorna är på flera punkter jämställda med referensskivorna. Spontväggen har något lägre böjstyvhet men samma motståndskraft mot lätta, hårda stötar. Spontväggen har däremot, tack vare just sponten och större antal skarvar, större flexibilitet och därigenom högre motståndskraft mot tunga, mjuka stötar.

Skarvarna har även en negativ inverkan i form av minskad skivverkan. Brott uppstår i skarvarna vid de kapade skivorna vid väggslut, skivorna glider isär och hela konstruktionen går till brott. Kapaciteten är betydligt lägre än för referensväggen och det är diskutabelt om spontskivorna bör användas som stabiliserande väggelement. Dock är det värt att notera att de två väggtyperna uppför sig lika fram till det tidiga brottet för spontväggen. En anledning till det låga resultatet kan vara att de minsta bitarna vid väggslut är 600 mm dvs de sträcker sig bara över ett fack. Det är möjligt att detta har försvagat konstruktionen och att samtliga skivor måste vara längre än ett fack. Ytterliggare felkällor kan vara limmets egenskaper och väggens förankring. Det är möjligt att konstruktionens utformning tillåter större deformationer än en verklig gipsvägg. Å andra sidan används samma konstruktion för referensväggen. Dessutom ska gipsskivor inte behöva förlita sig på anslutande konstruktioner för att ta upp laster. Skivverkan är trots allt, som namnet antyder, skivornas förmåga att ta upp yttre laster.

Det är tydligt att teorin som används för att beräkna skjuvkapaciteten för skruvade skivor inte är tillämplig för limmade skivor. Litteraturstudier utförs i efterhand för att söka information om eventuella beräkningsmodeller som beaktar limmade skivor. Dessutom tas i samma syfte kontakt med Sveriges provnings- och forskningsinstitut (SP). Ingen information som avser spontväggar står att finna och teorin kan därför inte förbättras inom ramen för denna rapport. Författaren rekommenderar ytterliggare tester för att fastställa skivans materialegenskaper. Vidare bör försök med olika regelavstånd, skarvkonfigurationer och väggängder utföras. Dessutom bör väggar testas vars samtliga skivor sträcker sig längre än ett fack.

5 Slutsats

- Den spontade skivan är lätthanterlig och har ett bra format med avseende på spill, tålighet och hantering
- Spontväggen klarar de funktionskrav som ställs angående böjstyvhet, dock är den lägre än för referensväggen
- Spontväggen är mer flexibel än referensväggen och har högre motståndskraft mot tunga, mjuka stötar
- Spontväggen har betydligt lägre skivverkan än referensväggen. Detta kan bero på att skivorna kapats för kort vid väggslut
- Limmade små skivor kan inte betraktas som en stor homogen skiva
- Ett första steg till att förbättra det spontade systemets skjuvkapacitet är att förbättra limfogen så att den blir jämnstark med skivmaterialet
- Enbart limmade gipsväggar utan monteringskruvar medför försvagade limfogar och bör ej användas i konstruktioner där de utsätts för yttre laster
- För fördjupad insikt i spontskivans materialegenskaper i allmänhet och skivverkan i synnerhet, bör ytterligare tester utföras på spontväggar med olika regelavstånd, skarvkonfiguration och vägglängd.

6 Käll- och litteraturförteckning

Carling et. al (1992)

ISO:7892 Vertical building elements – Impact resistance tests – Impact bodies and general test procedures

<http://www.danogips.se>

<http://www.norden.org/avtal/ekonomi/sk/nordtest.asp>

<http://www.nordicinnovation.net/nordtestfiler/build062.pdf>