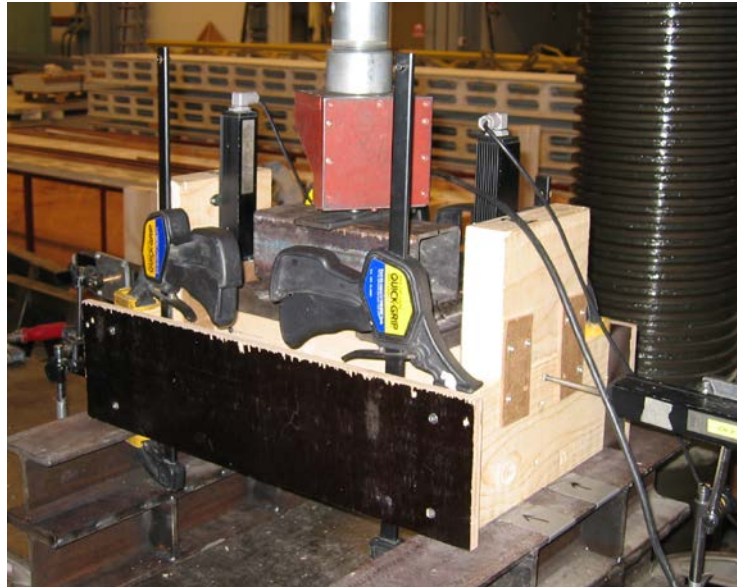


Bärförmåga hos skråspikade förband



Peter Wingren
Mathias Cederberg

Avdelningen för Konstruktionsteknik
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet, 2005

Avdelningen för Konstruktionsteknik
Lunds Tekniska Högskola
Box 118
221 00 LUND

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

Bärförmåga hos skråspikade förband

Load bearing capacity for slant nailed connections

Peter Wingren

Mathias Cederberg

2004 – 2005

Abstract

The purpose of this research was to determine how much the strength reduces in a slant nailed connection, which was examined for horizontal loads between stud and bottom plate in an infill wall. Slant nailing is commonly used in the workplace and is an alternative to metal plate connectors as they are both more expensive and more time consuming. However, there are no Swedish or European standards that describe how to design slant-nailed connections with horizontal loads. Today, rather, a slant nailed connection is calculated by reducing the capacity for a laterally loaded connection. Consequently, it is up to the structural engineer to estimate how much the strength reduces. The parameters examined in this research were nail dimension, angle, and minimum distance to edge as well as side penetration length.

Rapport TVBK-5129
ISSN 0349-4969
ISRN: LUTVDG/TVBK-05/5129+35p

Examensarbete
Handledare: Sven Thelandersson
Extern handledare: Tommy Jörntell
Februari 2005

Sammanfattning

Syftet med arbetet har varit att utreda och bestämma hur mycket hållfastheten reduceras vid skråspikning. Detta har kontrollerats för horisontella laster mellan väggreglar och syll i en utfackningsvägg.

Skråspikning, som är vanligt förekommande ute på arbetsplatser, är ett alternativ till att använda spikningsplåtar. Spikningsplåtarna är mer tidskrävande och även dyrare när det gäller materialkostnader. I gällande konstruktionsregler finns inga direkta anvisningar för hur man ska dimensionera skråspikning vid horisontella laster. Ett skråspiksförband dimensioneras idag genom en reduktion av den beräknade kapacitet som finns för tvärkraftsförband. Detta är en brist eftersom det nu är upp till varje konstruktör att göra en egen bedömning av hur mycket hållfastheten reduceras. De parametrar som kontrolleras i undersökningen är spikdimension, inslagsvinkel, kantavstånd och inslagsdjup.

Det viktiga under försöket var att det inte uppstod vridning eller friktion i de olika delarna av provkroppen då detta skulle ge oönskade krafter och leda till fel i mätresultaten. Alla provkroppar tillverkades av regler med dimensionen 45x145 och spikades med räfflad trådspik med dimensionen 100x34. Totalt utfördes tolv stycken försöksserier, åtta stycken skråspiksförband och fyra stycken skjufvförband.

När spikarna undersöktes efter brott, visade det sig att brott genomgående sker på samma sätt som för ett spikat skjufvförband. Försöken visar att variation av spikningsvinkeln inom området mellan 30° - 60° inte påverkar bärförmågan nämnvärt. Därför kan vinkeln väljas godtyckligt runt 45° ± 15°. Tvärkraftskapaciteten per spik för ett skråspikat förband är likvärdigt med den som gäller för ett skjufvförband och som behandlas i gällande normer.

Förord

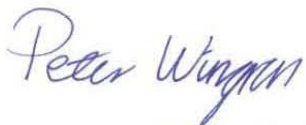
Examensarbete, 20 poäng, har genomförts på Avdelningen för Konstruktionsteknik vid Lunds Tekniska Högskola i samarbete med Skanska Teknik.

Vi vill tacka vår handledare Sven Thelandersson som varit till stor hjälp under arbetets gång. Vi vill även tacka Tommy Jörntell på Skanska Teknik och Jan-Inge Bengtsson på SFS Intec AB. Till sist vill vi tacka Per-Olof Rosenkvist för all praktisk hjälp vi fått i labbet.

Lund, februari 2005



Mathias Cederberg



Peter Wingren

Innehållsförteckning

1	Inledning	8
1.1	Bakgrund.....	8
1.2	Syfte	8
1.3	Metod	8
1.4	Avgränsningar.....	8
2	Litteraturstudie.....	9
2.1	Skråspikning	9
2.1.1	Allmänt	9
2.1.2	Normer.....	9
2.1.3	Tidigare undersökningar.....	9
2.2	Materialegenskaper	10
2.2.1	Trä.....	10
2.2.2	Fuktkvotens inverkan på hållfastheten.....	10
2.2.3	Spik.....	10
2.2.4	SFS skruv.....	11
2.3	Dimensioneringsmetoder	11
2.3.1	Kantavstånd	11
2.3.2	Förankringslängd	13
2.3.3	Brottmoder.....	13
2.4	Krav på utförande av test	14
2.5	Statistisk utvärdering av försöksdata	15
3	Utförande	16
3.1	Provkroppar.....	16
3.1.1	Konditionering av material	16
3.2	Försöksuppställning	17
3.2.1	Lastplacering	18
3.2.2	Deformationsgivare, lastcell och dator	18
3.3	Beskrivning av testserier.....	18
3.3.1	Försöksserie 1, 2 och 3 – 30°, 45° och 60°	19
3.3.2	Försöksserie 4 – fuktsimulering.....	20
3.3.3	Försöksserie 5 – större spikdimension	21
3.3.4	Försöksserie 6 – skråskruvad SFS skruv	21
3.3.5	Försöksserie 7 – användning enligt SFS intec AB.....	21
3.3.6	Försöksserie 8 – fritt upplagd	21
3.3.7	Försöksserie 9, 10, 11 och 12 – Skjuvning	22
3.4	Försöksutrustning.....	23
3.4.1	Tryckpress	23
3.4.2	Lastcell	24
3.4.3	Deformationsgivare	24
3.4.4	Dator.....	24
3.5	Felkällor	24

4	Resultat.....	25
4.1	Resultat från försök.....	25
4.1.1	Vinkelns påverkan på bärförmågan – försöksserie 1, 2 och 3	26
4.1.2	Fuktsimulering – försöksserie 4.....	26
4.1.3	Större spikdimension – försöksserie 5	26
4.1.4	SFS skruv – försöksserie 6 och 7.....	27
4.1.5	Fritt upplagd – försöksserie 8	27
4.1.6	Skjuvning – försöksserie 9, 10, 11 och 12.....	27
5	Slutsatser	28
6	Diskussion.....	29
7	Källförteckning	30

1 Inledning

1.1 Bakgrund

I gällande konstruktionsregler finns inga direkta anvisningar för dimensionering av skråspikade förband utsatta för skjuvkrafter vid horisontella laster. Ett skråspiksförband dimensioneras idag genom en reducering av den beräknade kapacitet som gäller för tvärkraftsförband. Detta är en brist eftersom varje konstruktör själv måste göra en egen bedömning av hur mycket hållfastheten reduceras.

1.2 Syfte

Att utreda och bestämma hur mycket skjuvhållfastheten reduceras vid skråspikning. Utgångspunkten är en tillämpning för horisontella laster mellan väggreglar och syll i en utfackningsvägg.

1.3 Metod

Arbetet inleddes med en litteraturstudie för att undersöka vad som finns dokumenterat inom detta område.

En provningsmetod utvecklades varefter ett antal försök genomfördes, för att empiriskt utreda hur hållfastheten påverkas av relevanta faktorer. Dessa faktorer är:

- Spikdimension
- Inslagsvinkel
- Kantavstånd
- Inslagningsdjup

Resultaten från försöken samt slutsatser sammanställs i en rapport.

1.4 Avgränsningar

Försöken är begränsade till att innefatta regler med dimensionen 45x145 då denna storlek är vanligt förekommande i regelväggar.

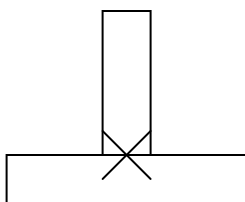
Fukthalten har begränsats till att virket ska befinna sig i klimatklass 1. Försöken avser endast skjuvkrafter.

2 Litteraturstudie

2.1 Skråspikning

2.1.1 Allmänt

Skråspikning, som är vanligt förekommande ute på arbetsplatser, är ett alternativ till att använda spikbeslag, som är mer tidskrävande och även dyrare när det gäller materialkostnader. Själva skråspikningen används vid sammanfogning av två virkesdelar, till exempel mellan väggregel och syll, genom att en spik drivs i från sidan med en vinkel in i den andra virkesdelen. (Figur 2.1)



Figur 2.1 – Skråspikning

2.1.2 Normer

I gällande konstruktionsregler (BKR 2003 och Eurocode 5) finns inga dimensioneringsanvisningar för skråspikning vad det gäller tvärkrafter. Det är upp till varje konstruktör att göra en egen bedömning av hållfastheten, vanligen genom att reducera värdet av motsvarande tvärkraftsförband. Man väljer spiktyp, spikningsvinkel, kantavstånd och inträngningsdjup så att skråspiksförbandet går att jämföra med ett tvärkraftsförband.

2.1.3 Tidigare undersökningar

Litteraturstudier genomfördes för att undersöka vad som finns publicerat om tvärkraftskapacitet i skråspikade förband. Den enda information vi hittade fanns i Design of Wood Structures [7] och gäller amerikanska normer. Denna rekommenderar att bärförmågan för ett tvärkraftsbelastat förband reduceras med en faktor på 0,83 för att ta hänsyn till att förbandet skråspikas.

Eurocode 5 innehåller endast normer för utdragskapacitet. Någon direkt rekommendation för ett tvärkraftsbelastat skråspikat förband hittades inte.

2.2 Materialegenskaper

2.2.1 Trä

När det gäller bärförmågan hos trä och träbaserade material är det två faktorer som är särskilt viktiga och som skiljer dessa material från andra konstruktionsmaterial. Dessa faktorer är lastvaraktighetens och materialfuktighetens inverkan på styrke- och styvhetsegenskaper. [1]

I Sverige används nästan alltid gran eller furu till konstruktionsvirke. Skillnaden mellan dessa träslag är försumbar ur byggnadsteknisk synvinkel.

Konstruktionsvirke kan antingen vara rundvirke eller sågat virke. Med avseende på förhållandet mellan breddmått och tjocklek delas sågat virke in i plankor, bräder, regel eller läkt. Virket hyvlas ofta på en eller flera sidor för att på så sätt minska toleranserna. Det nominella måttet på virket gäller vid fuktkvoten 20 % för sågat virke och vid 17 % för hyvlat virke. Vid förändring i fuktkvoten sker en förändring av virkets mått. Det tillåts en viss tolerans på tvärmåtten för sågat och hyvlat virke. Denna tolerans är $\pm 0,5$ mm för mått mindre än 100 mm och $\pm 1,0$ mm för 100 mm och större. Vid dimensionering används det nominella måttet på virket utan hänsyn till minustolerans. [3]

Sortering

Egenskaperna kan variera avsevärt mellan två virkesstycken på grund av att trä är ett naturmaterial. För att få en kontrollerad kvalitet på det virke som används, sorteras det efter vissa kriterier. Det kan antingen sorteras efter rena utseendekrav eller efter hållfasthetskrav. Vid sortering för användning i bärande konstruktioner är det virkets hållfasthet och styvhet som har betydelse. Sortering sker antingen visuellt eller maskinellt och tar hänsyn till kviststorlek, snedfibrihet, sprickor och krokighet. Konstruktionsvirke delas in i hållfasthetsklasserna K12, K18, K24 och K30, där siffran anger virkets karakteristiska böjhållfasthet vid korttidslast.

2.2.2 Fuktkvotens inverkan på hållfastheten

Hos felfritt trä beror hållfastheten av fuktkvoten då denna är lägre än fiberfuktighetspunkten. För fuktkvoter i intervallet 6-23 % ökar hållfastheten då fukthalten minskar. [3]

Vid försök måste fuktkvoten kontrolleras eftersom detta påverkar resultatet. Ett resultat från ett givet försök anges alltid tillsammans med motsvarande fuktkvot för att ge jämförbarhet med andra försök.

2.2.3 Spik

Det finns många olika typer av spik, bland annat räfflad trådspik, slät trådspik och kamspik. Om man ser till beständigheten, så kan man använda obehandlad spik för konstruktioner i klimatklass 0-2, eftersom korrosionen inne i träet är relativt liten. [3]

Spik anges med längd i mm x spiknummer, där spiknumret är tio gånger spikens tvärmått eller diameter i mm.

Trådspik

Trådspik har räfflat skaft och flat huvud. Denna typ är vanligast till trä och används i regelverk och takstolar. Den finns antingen som obehandlad (blank), elförzinkad eller varmförzinkad. Varmförzinkningen ger det bästa skyddet mot korrosion, men värmebehandlingen tar bort en del av kallbearbetningseffekten. Hållfasthetsminskningen är dock inte så stor att man gör någon skillnad mellan varmförzinkad och annan spik vid beräkning av bärförmåga.

Kamspik

Kamspiken är oftast elförzinkad, eftersom mellanrummet mellan kammarna fylls ut vid varmförzinkning och detta försämrar utdragshållfastheten. Elförzinkningen ger inte något korrosionsskydd utan är en utseendefråga. Därför tillverkas kamspik också i rostfritt stål som används i aggressiv miljö.

Tvärkraftskapacitet

Bärförmågan för en tvärkraftsbelastad spik beräknas ur [5]

$$F_{vk} = 150 \times d^{1.7} \quad (2.1)$$

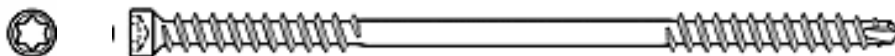
F_{vk} – Karakteristisk tvärkraftskapacitet (N)

d – diameter (mm)

2.2.4 SFS skruv

SFS WT-T är en självborrande skruv, som består av två avskilda, gängade områden med olika stigning. Detta ger en spänneffekt mellan de trästycken som skruvas ihop. Den används både vinkelrät mot träfibren eller då en lutning mellan skruven och fiberriktningen eftersträvas. Denna skruv kan minska byggkostnaderna genom att monteringsstiden minskar vid större infästningar där till exempel balkskor kan slopas. Skruven kan även användas som armering i limträbalkar, för att motverka sprickor.

SFS WT-T skruven finns i flera olika dimensioner. I försök som redovisas i denna rapport användes SFS WT-T 4.5 x 60.



Figur 2.2 – SFS WT-T

2.3 Dimensioneringsmetoder

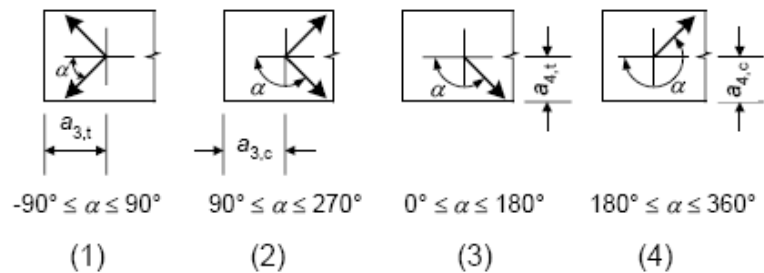
2.3.1 Kantavstånd

För att kunna räkna med full bärförmåga och undvika sprickor måste vissa krav på kantavstånd uppfyllas. I de försök som beskrivs i denna rapport användes de kantavstånd som rekommenderas i Eurocode 5. Tabell 2.1 redovisar minimivärden på spik och

kantavstånd för skjuvförband trä mot trä, beroende på vinkel mellan kraft och fiberriktning i träet. [4]

Spacing or distance (see Figure 8.7)	Angle α	Minimum spacing or distance		
		without predrilled holes		with predrilled holes
		$\rho_k \leq 420 \text{ kg/m}^3$	$420 \text{ kg/m}^3 < \rho_k \leq 500 \text{ kg/m}^3$	
Spacing a_1 (parallel to grain)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$d < 5 \text{ mm}$: $(5+5 \cos \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm}$: $(5+7 \cos \alpha) d$	$(7+8 \cos \alpha) d$	$(4+ \cos \alpha) d$
Spacing a_2 (perpendicular to grain)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$5d$	$7d$	$(3+ \sin \alpha) d$
Distance $a_{3,t}$ (loaded end)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$(10+5\cos \alpha) d$	$(15+5\cos \alpha) d$	$(7+5\cos \alpha) d$
Distance $a_{3,c}$ (unloaded end)	$90^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$10d$	$15d$	$7d$
Distance $a_{4,t}$ (loaded edge)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$d < 5 \text{ mm}$: $(5+2 \sin \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm}$: $(5+5 \sin \alpha) d$	$d < 5 \text{ mm}$: $(7+2 \sin \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm}$: $(7+5 \sin \alpha) d$	$d < 5 \text{ mm}$: $(3+2 \sin \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm}$: $(3+4 \sin \alpha) d$
Distance $a_{4,c}$ (unloaded edge)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$5d$	$7d$	$3d$

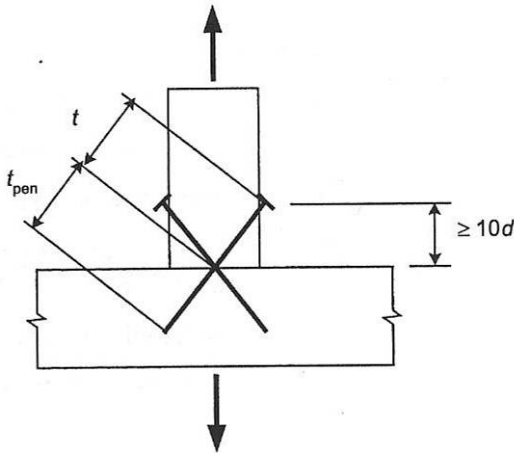
Tabell 2.1 – Kantavstånd enligt Eurocode



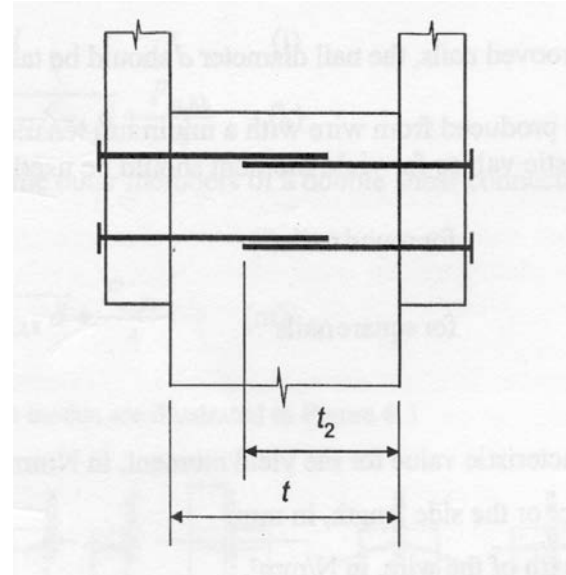
- (1) Belastad ände
- (2) Obelastad ände
- (3) Belastad sida
- (4) Obelastad sida

2.3.2 Förankringslängd

För att förbandet ska erhålla full bärförmåga och utdrag ur förbandet undvikas, så är minsta förankringslängd enligt Eurocode 5. Denna illustreras i Figur 2.3 [4]



Figur 2.3 – Förankringslängd skråspikade förband



Figur 2.4 – Förankringslängd skjuvförband

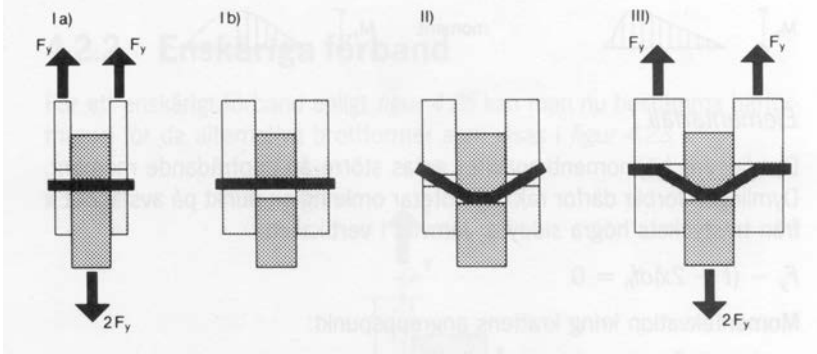
2.3.3 Brottmoder

I ett mekaniskt förband, som belastas med en ren tvärkraft, sker kraftöverföringen antingen genom:

- Hålkantstryck
- Friktion mellan trädelarna
- Sneda dragkrafter i fästdonet

Vid beräkning av tvärkraftbelastade förband är utgångspunkten ett förband med dymlingar. Därefter modifieras formlerna med hänsyn till olika sekundära effekter, vilka verifierats genom provning.

En tvärkraftsbelastad spik kan överföra kraft från en virkesdel till en annan. Det finns tre olika brottfall. (Figur 2.5)



Figur 2.5 – Brottmoder

Brottmod I - Spiken är stark, brottet sker då i virket. **Träbrott**

Brottmod II - Spiken är stark i den klenare virkesdelen, brottet sker då i virket. Samtidigt böjs spiken i den starkare virkesdelen. **Kombinerat trä- och spikbrott**

Brottmod III - Spiken böjs i båda virkesdelarna och normalt går spiken till brott. **Spikbrott**

2.4 Krav på utförande av test

Försöken utföres enligt givna normer [1], [8] för att säkerställa att olika försök utföres under likvärdiga förhållanden.

Vid tillverkning av provkroppar tas material från olika regler för att sprida risken för fel i virket, [2]. Virket ska konditioneras i $20^{\circ}\text{C}/65\% \text{ RF} \pm 5\% \text{ RF}$ till dess att jämvikt har uppnåtts, [1], vilket efterliknar förhållandet i klimatklass 1, som motsvarar klimatet i en yttervägg.

Belastning utföres enligt nedanstående metod, för att eliminera eventuella initiala spänningar. Inledningsvis uppskattas brottslasten till F_{est} genom tidigare försök eller erfarenhetsmässig bedömning.

- 1) Pålastning till $F = 0,4 F_{\text{est}}$.
- 2) Lasten $F = 0,4 F_{\text{est}}$ bibehålls konstant under 30 s.
- 3) Avlastning till $F = 0,1 F_{\text{est}}$.
- 4) Lasten $F = 0,1 F_{\text{est}}$ bibehålls konstant under 30 s.
- 5) Därefter sker en kontinuerlig pålastning till dess brott uppstår eller upp till den last som krävs för att annat brottvillkor ska uppnås, till exempel maximal acceptabel deformation. [1]

Pålastning sker normalt så att brott inträffar efter 5-15 minuter, vilket betraktas som referensvaraktighet [1]

2.5 Statistisk utvärdering av försöksdata

Om en normalfördelning förutsätts så kan det karakteristiska värdet X_k beräknas från ett antal testdata enligt ekvation 2.5.

Beräkning av karakteristiska värden kan göras på två sätt, antingen med fördelningsfri metod eller med en passande fördelningsmodell.

Den fördelningsfria modellen kräver minst ett 30-tal provkroppar, vilket ofta inte är möjligt av kostnadsskäl.

Vid beräkning av det karakteristiska värdet för de försök som genomförts i detta projekt antas V_x vara okänd.

Utvärdering sker enligt följande:

$$\text{Medelvärde} \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_1^n (x_j) \quad (2.2)$$

$$\text{Standardavvikelse} \quad s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_1^n (x_j - \bar{x})^2} \quad (2.3)$$

$$\text{Variationskoefficienten} \quad V_x = \frac{s}{\bar{x}} \quad (2.4)$$

Karakteristiskt värde beräknas därefter ur

$$x_k = \bar{x}(1 - k_n \times V_x) \quad (2.5)$$

I ovanstående samband är:

n – antal värden per försöksserie

x_j – testvärde för försök j

k_n – faktor som beror på vald antalet provkroppar, enligt tabell 2.2

n	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	∞
V_x känd	2,31	2,01	1,89	1,83	1,80	1,77	1,74	1,72	1,68	1,67	1,64
V_x okänd	-	-	3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

Tabell 2.2 – Värde för k_n

3 Utförande

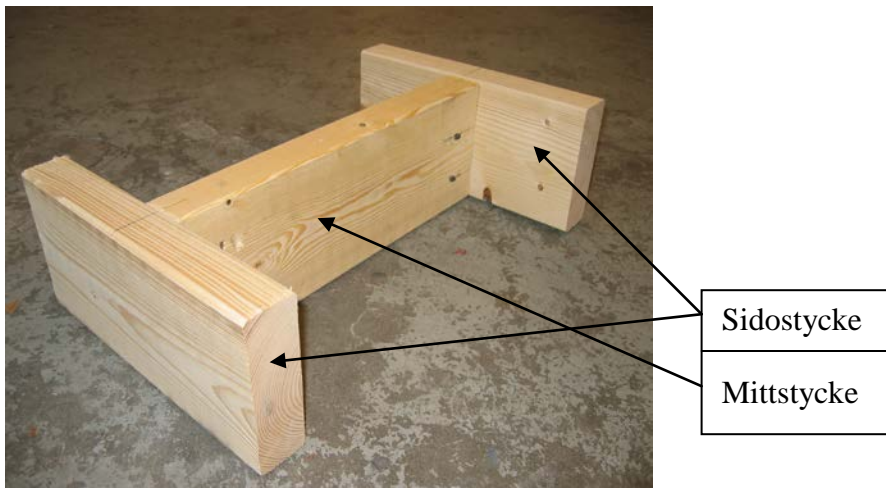
3.1 Provkroppar

Alla provkroppar består av reglar med dimensionen 45x145 som spikats med räfflad trådspik med dimensionen 100x34.

Det är viktigt att provkroppens utformning medger mätning av skjuvkrafter. Det får inte uppstå vridning eller friktion i de olika delarna av provkroppen då detta ger oönskade krafter och leder till fel i mätresultaten.

Provkroppen visas i Figur 3.1. Alla provkroppar är tillverkade av reglar med dimensionen 45x145. Mittstycket har längden 400 mm och sidostyckena är 300 mm långa.

Provkroppen är så liten som möjligt för att motverka oönskade krafter, men samtidigt så stor att alla mätinstrument ändå kan få plats. Avsikten med vald utformning är att provkroppen skall vara symmetrisk vilket ger två förband att mäta på, ett i varje ände.



Figur 3.1 – Provkroppen

3.1.1 Konditionering av material

För att uppnå avsett tillstånd i virket så placerades det i en klimatkammare med 20°C/60 % RF. Sex utvalda provbitar, tre mittstycken och tre sidostycken, vägdes regelbundet för att kunna avgöra när jämvikt uppnåtts. Detta tog drygt två veckor. (Bilaga 1)



Figur 3.2 – Konditionering

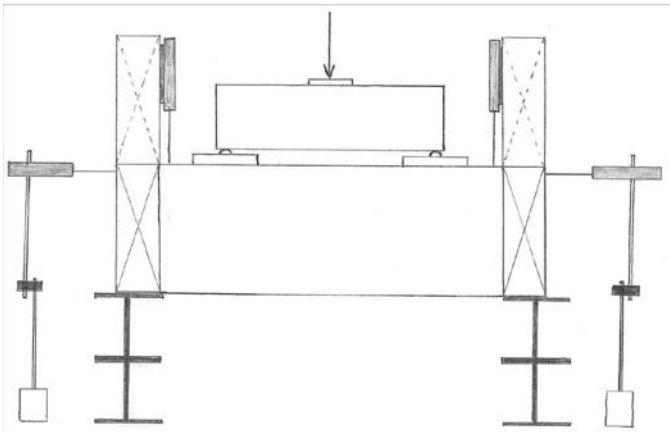


Figur 3.3 – Vägning

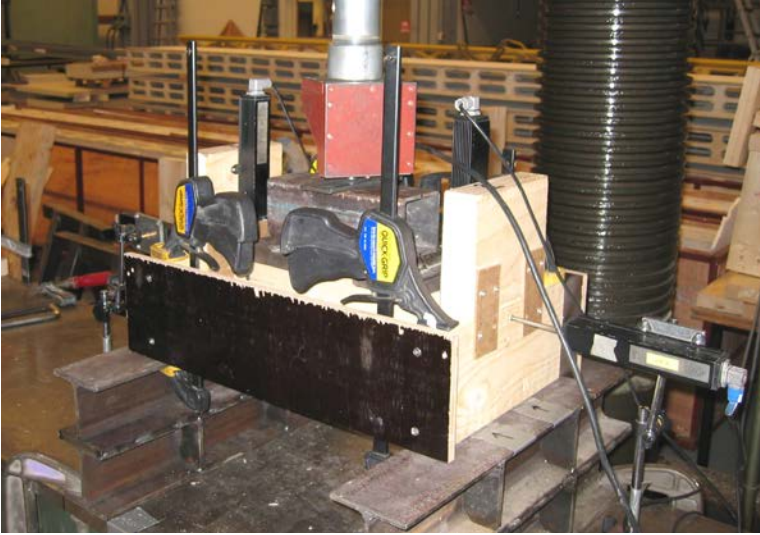
3.2 Försöksuppställning

Provkroppen belastades symmetriskt så att kraften fördelades jämnt i de båda knutpunkterna.

Provkroppen placerades på två I-balkar av stål för att få stöd längs hela randen. I-balkarna spändes fast med skruvtvingar och för att förhindra vridning av sidostyckena skruvades plywoodskivor fast på båda sidor av provkroppen (Figur 3.5).



Figur 3.4 – Försöksuppställning



Figur 3.5 – Försöksupställning

3.2.1 Lastplacering

För att få ren skjuvning av spiken så måste lasten föras ner nära spikförbandet. Provkroppen belastades med en lastcell mitt på balken. För att sprida lasten ut till spikförbandet användes en VKR-profil. Under profilen lades två stycken lastfördelande stålupplag, för att regeln inte skulle tryckas sönder (Figur 3.4 - 3.5).

3.2.2 Deformationsgivare, lastcell och dator

De mätinstrument som användes under försöket var följande:

- Deformationsgivare
- Lastcell
- Dator för att spara resultaten
- En 10 000 kN tryckpress

Lasten, som provkroppen utsattes för, mättes med en lastcell som hade sin mätpunkt mitt på provkroppen. Två deformationsgivare placerades mot sidostyckena för att kontrollera att de inte roterade under försöket. Två givare skruvades fast uppe på provkroppen för att mäta förskjutningen på spikförbandet. Deformationsgivarna kopplades till en dator där programmet Implogg 2000 registrerade alla mätresultat varje sekund från givarna och lastcellen. Lasten fördes på med en hastighet av 0,1 mm/s med tryckpressen.

3.3 Beskrivning av testserier

Alla försöksserier, där inget annat anges, utfördes med vinkeln 45°. Totalt utfördes tolv stycken försöksserier: åtta stycken skråspiksförband (Tabell 3.1) och fyra stycken skjuvförband (Tabell 3.2). Skjuvförsöken utförs för att se skillnaderna beroende på fiberriktningen. Tabellerna nedan visar de olika parametrarna, som förändrats mellan de olika försöksserierna, där försöksserie 1 kan betraktas som baskonfiguration. Varje försöksserie består av sex försök. Efter belastning av

provkroppen sågas en två centimeter bred klots, som vägs före och efter uttorkning i ugn med en temperatur på 105°C, för att möjliggöra beräkning av fuktkvoten i provkropparna vid respektive provningstillfälle. (Bilaga 2)

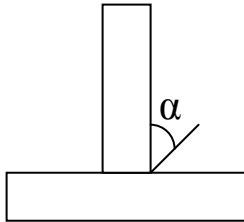
Försök	1	2	3	4	5	6	7	8
Kvalité	K24	K24	K24	K24	K24	K24	K24	K24
Dimension	45x145	45x145	45x145	45x145	45x145	45x145	45x145	45x145
Spikdimension	100x34	100x34	100x34	100x34	100x37	SFS	SFS	100x34
Vinkel	45°	30°	60°	45°	45°	45°	45°	45°
Inträngningsdjup	Helt	Helt	Helt	Delvis	Helt	Helt	Helt	Helt

Tabell 3.1 – Skråspikförsök

Försök	9	10	11	12
Kvalité	K24	K24	K24	K24
Dimension	45x145	45x145	45x145	45x145
Spikdimension	100x34	SFS skruv	100x34	100x34
Fiberriktning	Längs	Längs	Tvärs	Tvärs

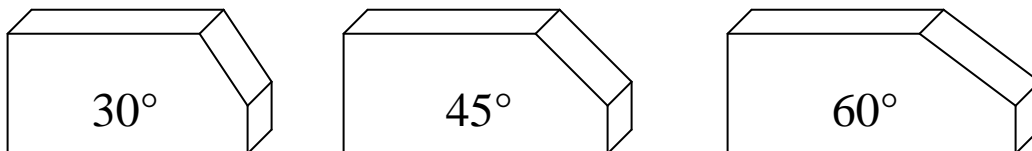
Tabell 3.2 – Skjuvförsök

Spikvinkeln definieras enligt figur 3.1.



Figur 3.1 – Definition av vinkeln

För att rätt vinkel skulle erhållas under alla försöken användes tre stycken klotsar (Figur 3.2), som styrning vid spikningen.

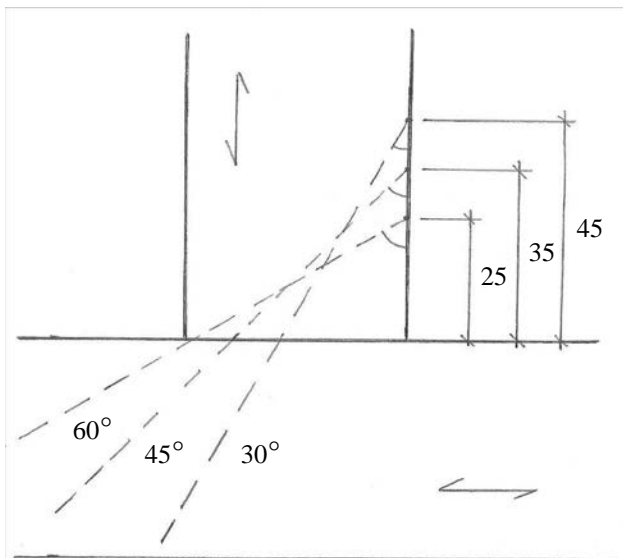


Figur 3.2 – Vinkelklotsar

3.3.1 Försöksserie 1, 2 och 3 – 30°, 45° och 60°

De tre första försöksserierna tillverkades med olika spikningsvinklar: 30°, 45° och 60°, för att avgöra om vinkeln påverkar bärförmågan. Utifrån detta bestämdes vilken vinkel, som skulle användas under resterande försök. Kantavstånden rekommenderade i

Eurocode följdes för 30° och 45°, men för 60° var detta inte möjligt. Här fick avståndet minskas för att spiken inte skulle tränga ut på andra sidan av sidostycket.



Figur 3.3 – Kantavstånd och spikvinkel

Som resultaten kommer att visa, spelar spikvinkeln ingen roll för bärförmågan. Därför tillverkades resterande provkroppar med 45° för spik och skruv.

3.3.2 Försöksserie 4 – fuktsimulering

När ett träförband utsätts för fuktrörelser under lång tid kan spiken krypa ut och då minskar bärförmågan. För att simulera detta lämnades spiken att sticka ut två centimeter. Detta är något överdrivet men detta mått valdes för att se vilken inverkan detta har på förbandet bärförmåga.



Figur 3.3 – Fuktsimulering



Figur 3.4 – Fuktsimulering

3.3.3 Försöksserie 5 – större spikdimension

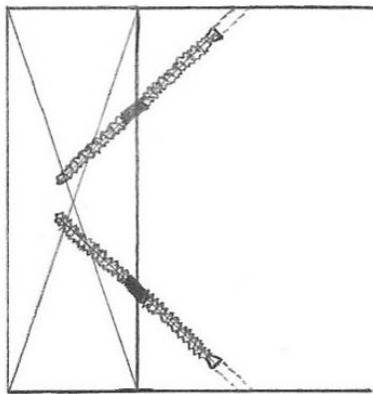
För att undersöka hur bärförmågan ändrades med en större dimension på spiken ändrades spikdimensionen från 100x34 till 100x37. Eftersom detta inte ger någon större merkostnad är det intressant att undersöka hur mycket bärförmågan kan ökas med denna typ av spik.

3.3.4 Försöksserie 6 – skråskruvad SFS skruv

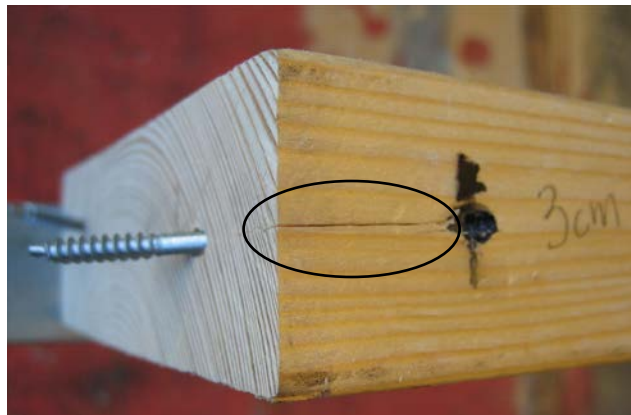
Försök utfördes med SFS skruv för att kunna jämföra denna med spikens bärförmåga och pris.

3.3.5 Försöksserie 7 – användning enligt SFS intec AB

Företaget SFS intec AB föreslår en alternativ infästningsmetod som provades i en försöksserie. Skruvarna skruvades genom kortsidan på mittstycket, och på detta sätt kommer skruvarna att utsättas för drag och tryck. Enligt anvisning ska kantavståndet vara 3 cm, vilket visade sig ge upphov till sprickor när detta provades. Därför ökades kantavståndet till 4 cm vilket användes i hela försöksserien



Figur 3.5 – alternativ infästningsmetod



Figur 3.6 – Spricka

3.3.6 Försöksserie 8 – fritt upplagd

I denna försöksserie togs de båda stabiliserande plywoodskivorna bort. Dessutom spädes endast det ena sidostycket fast i upplaget. Detta för att det andra sidostycket skulle kunna röra sig fritt, för att efterlikna verkligheten bättre. Belastningspunkten flyttades till att ligga närmare den fria sidan. Denna försöksserie gjordes för att verifiera att det inte uppstått några oönskad spänning och friktion i de tidigare försöksserierna.

Resultaten från detta försök räknas om för att motsvara övriga försök, då belastningen i denna försöksserie inte är centrisk

Formel för omräkning av kraft:

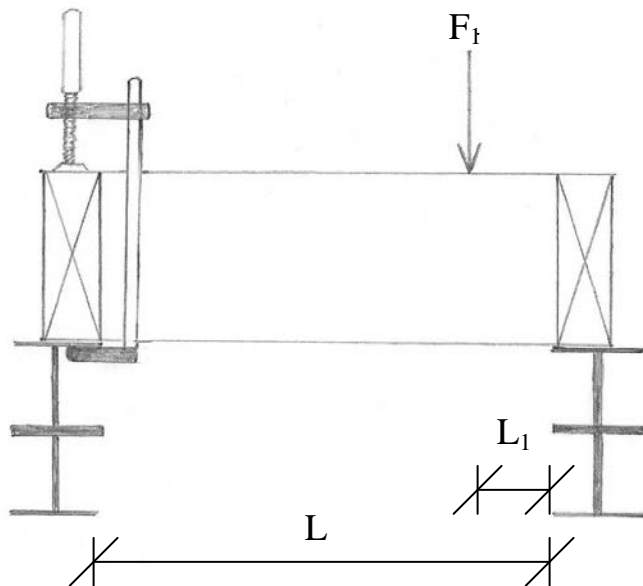
$$F = \frac{L - L_1}{L} * F_1 \quad (3.1)$$

F – Tvärkraften i förband (N)

F₁ – Kraft i belastningspunkt (N)

L – Längd (m)

L₁ – Längd (m)



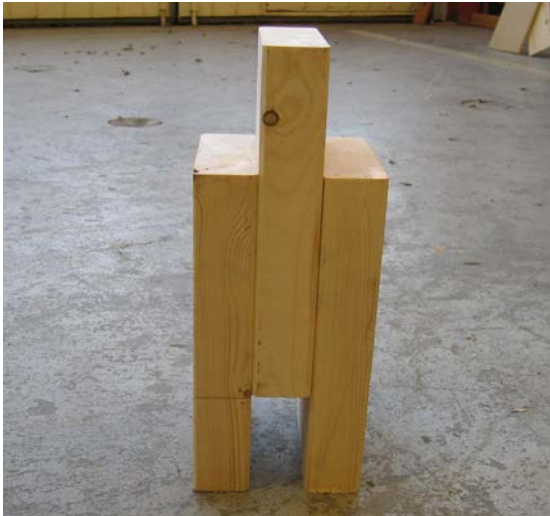
Figur 3.6 – Försöksserie 8

3.3.7 Försöksserie 9, 10, 11 och 12 – Skjuvning

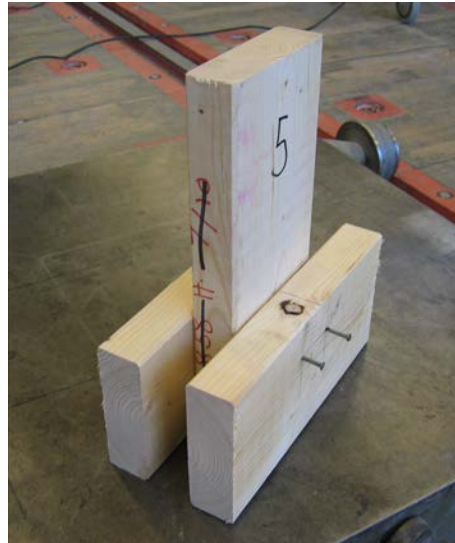
För att få referensvärden att jämföra skråspiksförbanden med gjordes fyra stycken rena skjuvförsök.

Fiberriktningen, som angivits i Tabell 3.2, avser fiberriktningen i förhållande till kraftriktningen. Mittstycket har alltid fiberriktningen parallellt med kraftriktningen medan sidostyckena provas både parallellt och tvärs fiberriktningen.

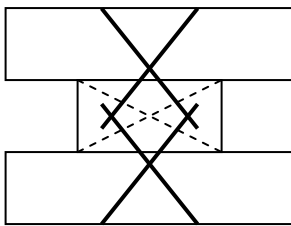
Försöksserie 9 utfördes med spik och kraftriktningen parallellt med fibrerna se Figur 3.7. Försöksserie 10 utfördes med skruv och kraftriktningen parallellt med fibrerna se Figur 3.7. Försöksserie 11 utfördes med kraftriktningen vinkelrät fibrerna se Figur 3.8. Försöksserie 12 utfördes likadant som i föregående försök fast med spiken i en vinkel på 45°, se Figur 3.9.



Figur 3.7 – Spik och skruv



Figur 3.8 – Spik



Figur 3.9 – Spikning med vinkel

3.4 Försöksutrustning

3.4.1 Tryckpress

Belastningen påförs med en 10 000 kN tryckpress med följande data:

Användningsområde: Statisk tryckprovning
Mätområde: 1000-10000 kN
Mät noggrannhet: 1 % av mätområdet
Styrning: Med hjälp av dator
Belastningshastighet: 2 mm/s

3.4.2 Lastcell

Lasten mäts med en lastcell med följande data:

Användningsområde: Tryckkraftsmätning Mätområde: 0-100 kN Mätnoggrannhet: 0.2 % av maxlast Antal: 4 stycken

3.4.3 Deformationsgivare

Förskjutning vid knutpunkten mellan reglarna mäts med två stycken deformationsgivare med följande data:

Slaglängd: 100 mm och 200 mm Mätnoggrannhet: 0.03 % av full slaglängd Antal: 10 resp. 2 stycken Anmärkning: Resistiv

3.4.4 Dator

Lastcellen och deformationsgivarna kopplas till en dator som med hjälp av programmet Implogg 2000 registrerar förskjutning och last.

3.5 Felkällor

De möjliga felkällor som noterats under försöken är:

- Dåligt virke, sprickor uppstår såväl vid uppsågning som vid konditionering.
- Provkroppen inte är centriskt belastad.
- Kvistar nära upplag kan ibland förstärka hållfastheten.
- Virket skadas vid spikning.

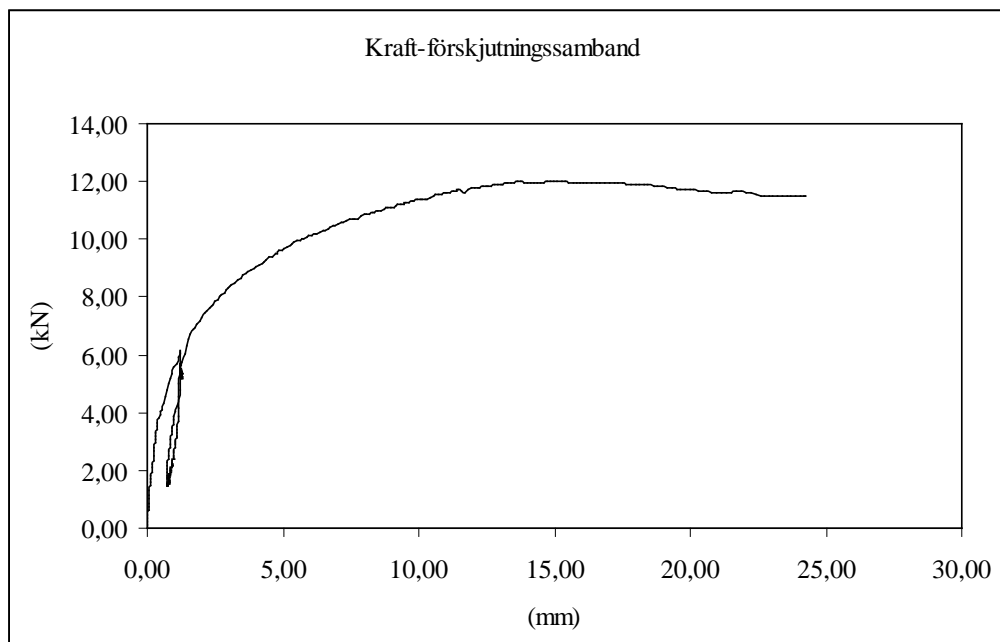
4 Resultat

4.1 Resultat från försök

I Tabell 4.1 visas medelvärde och variationskoefficient för de olika testserierna. Karakteristiskt värde har beräknats enligt avsnitt 2.5 för respektive försöksserie, i vilken okänd V_x har använts. I Figur 4.1 visas ett typiskt kraft-förskjutningssamband från ett försök. Fullständig tabell över alla mätresultat finns i bilaga 3.

Försöksserie	Medelvärde av maxlast (kN)	Standardavvikelse	Variationskoefficient (%)	Kraft (kN/spik)	Karakteristiskt värde (kN)	Karakteristiskt värde/spik (kN)
1	12,00	0,889	7,4	1,50	10,06	1,26
2	11,38	0,702	6,2	1,42	9,85	1,23
3	11,70	0,961	8,2	1,46	9,60	1,20
4	10,73	1,128	10,5	1,34	8,10	1,01
5	20,39	0,513	2,5	2,55	19,27	2,41
6	12,45	1,135	9,1	1,56	9,80	1,23
7	5,30	0,573	10,8	1,32	4,05	1,01
8	7,23	0,303	4,2	1,81	6,57	1,64
9	4,79	0,510	10,6	1,20	3,68	0,92
10	5,23	0,410	7,8	1,31	4,33	1,08
11	6,76	0,819	12,1	1,69	4,97	1,24
12	6,18	0,825	13,3	1,55	4,38	1,10

Tabell 4.1



Figur 4.1 – Kraft-förskjutningssamband

4.1.1 Vinkelns påverkan på bärförmågan – försöksserie 1, 2 och 3

Resultaten i försöksserie 1-3 är 12,00 kN, 11,38 kN och 11,70 kN. Motsvarande variationskoefficienter varierar mellan 6 och 8 %, vilket visar att spridningen inom varje försöksserie är låg.

Försöken visar att spikningsvinkeln inom området mellan 30° - 60° inte påverkar bärförmågan signifikant. Därför kan vinkeln väljas godtyckligt runt 45° ± 15°. Vid beräkning av karakteristisk tvärkraftskapacitet för denna spik enligt ekvation 2.1 fås en last 1,2 kN vilket stämmer överens med värdena enligt försöksserie 1-3. När förbanden undersöktes efter brott, visade det sig att brottet skett enligt brottmod tre.

4.1.2 Fuktsimulering – försöksserie 4

Resultaten blev, som väntat, att bärförmågan minskade i jämförelse med försöksserie 1. Det beror på att spiken drogs ut ur mittstycket och förlorade därmed hela sin bärförmåga. Lastökningen skedde upp till en viss nivå och sedan uppstod brottet plötsligt.

4.1.3 Större spikdimension – försöksserie 5

I denna försöksserie ökade bärförmågan avsevärt i jämförelse med försöksserie 1. Brottet skedde enligt brottmod 3 med träkross i sidostycket. Vid beräkning av tvärkraftskapacitet för denna spik enligt ekvation 2.1 erhålles en last av 1,4 kN. I försöksserie 5 fås ett karakteristiskt värde på 2,41 kN, vilket är 71 % mer än vad normen föreskriver.



Figur 4.2– Exempel på träkross

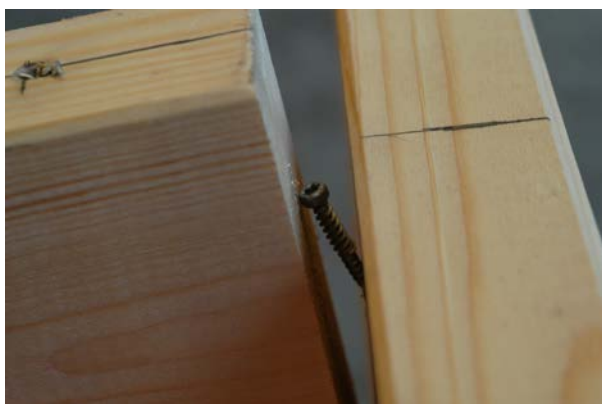
4.1.4 SFS skruv – försöksserie 6 och 7

Skråskruv

Bärförmågan för försöksserie 6 var likvärdig med motsvarande spikförband i försöksserie 1. Medelvärdet av lasterna var något högre men på grund av högre standardavvikelse blir det karakteristiska värdet av samma storleksordning.

Användning enligt SFS Intec AB anvisning

Kraften för hela förbandet blev här ungefär hälften av tidigare försöksserier. Detta beror på att det endast är fyra skruvar i hela provkroppen och inte åtta som i de övriga. Men även om man jämför det karakteristiska värdet/skruv så är det lägre. Efter försöken noterades att den skruv, som belastades med dragkraft, drogs ut med huvudet genom mittstycket av provkroppen (Figur 4.3). Med en längre skruv hade detta antagligen inte inträffat.



Figur 4.3– Skruv

4.1.5 Fritt upplagd – försöksserie 8

Bärförmågan per spik i denna försöksserie blev något högre än i de övriga försöksserierna. Den hade även en mindre spridning i resultaten, vilket gav en lägre standardavvikelse. Detta tyder på att det inte bör finnas någon oönskad spänning eller friktion i de tidigare försöksserierna, utan snarare i försöksserie 8.

4.1.6 Skjuvning – försöksserie 9, 10, 11 och 12

Det karakteristiska värdet i försöksserie 9, parallellt fibrerna, blev 0,92 kN/spik vilket är lägre än i försöksserie 11, vinkelrät fibrerna, där bärförmågan blev 1,24 kN/spik.

För försöksserie 10, motsvarande försöksserie 9 men med SFS skruvar, blev karakteristiska värdet istället 1,08 kN/skruv.

I försöksserie 12, där spikarna är inslagna med 45° vinkel, blev resultatet 1,10 kN/spik.

5 Slutsatser

- 1) Försöken visar att det inte är någon signifikant skillnad mellan ett skråspikat förband och ett rent tvärkraftsbelastat förband. Detta resultat kan förefalla anmärkningsvärt då konstruktörer i praktiken gör bedömningen att hållfastheten för ett motsvarande tvärkraftsförband reduceras. Något som pekar på att dessa resultat stämmer är följande två jämförelser.
Försöksserie åtta, där den ena änden inte var inspänd, avsåg att verifiera att ingen oönskad spänning eller friktion uppstår i grunduppställningen. Detta hade visat sig genom att denna uppställning fått en lägre hållfasthet.
Jämförelse av försöksserie 1 och 5 visar att grunduppställningen fungerar tillfredsställande för att mäta skjuvkrafter för ett skråspikat förband. Eftersom skillnaden mellan de båda försöksserierna är stor, visar detta på att det är spiken som påverkar bärförmågan. Skulle det ha berott på tvångskrafter i försöksuppställningen hade skillnaden mellan dem varit mindre.
- 2) Vidare visar försöken att SFS skruvarna är likvärdiga med spik i de fall man skråskruvar dem. Då de används som SFS Intec AB anvisar blir hållfastheten ca 20 % lägre per skruv.
- 3) Om en högre bärförmåga krävs i ett förband så visar försöken att en större spikdimension kan användas. Då detta inte ger någon större merkostnad, är detta ett bra alternativ.
- 4) Försöket med fuktsimulering visar att spikens inlagsdjup påverkar bärförmågan negativt och ger mindre seghet i förbandet. Detta visar vikten av hög noggrannhet när det gäller inlagsdjup. Egna erfarenheter visar att sista biten av spiken var svår att slå i.

6 Diskussion

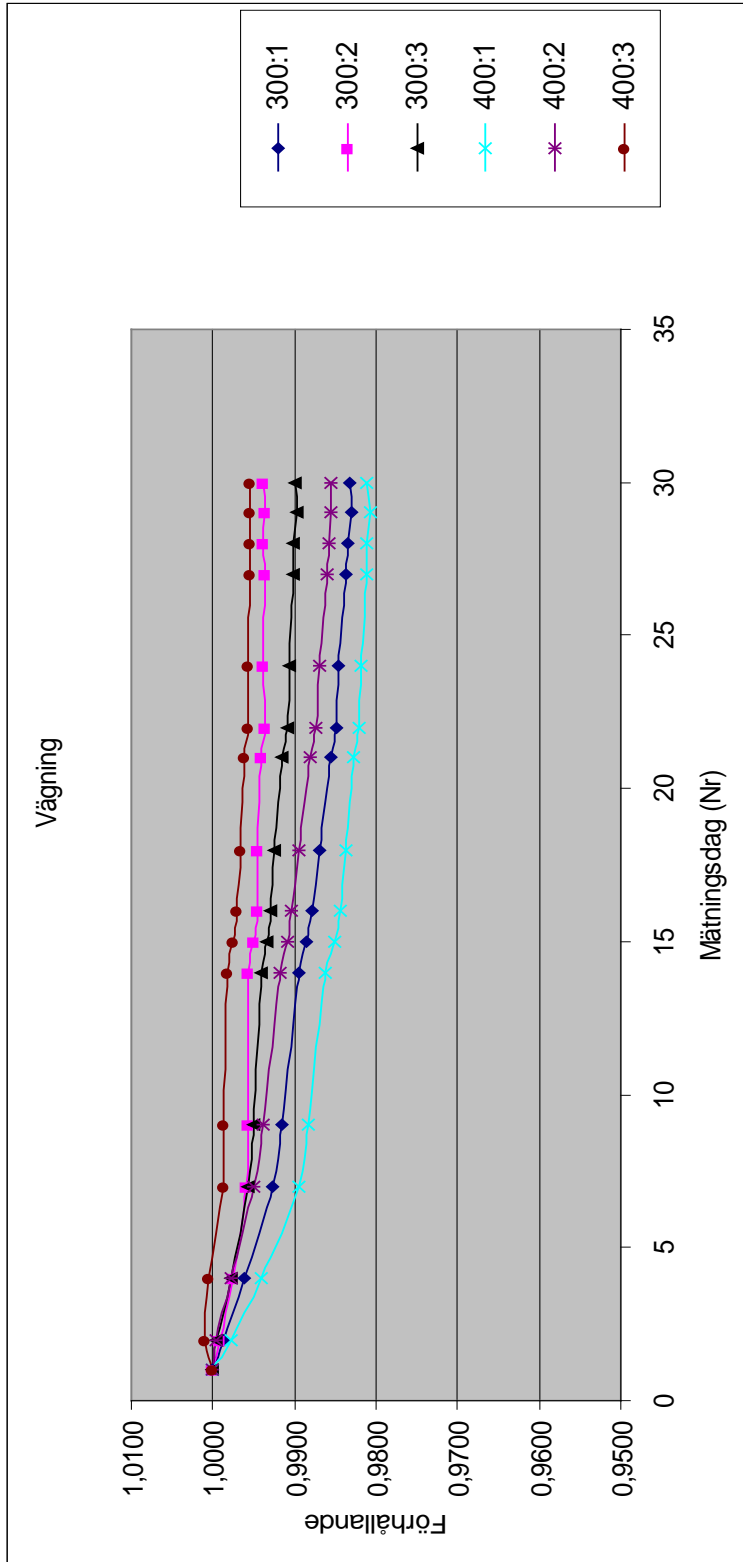
Rapporten visar att det inte är någon signifikant skillnad mellan förband i ren skjuvning och skråspikade förband, vilket är något överraskande. Det finns områden och parametrar som denna rapport inte behandlar på grund av dess omfattning. En vidare undersökning skulle kunna innehålla fler försök med större spikdimension, andra virkesdimensioner eller den större dimensionen av SFS WT-T skruv.

Svårigheter som uppstod vid försöken var att slå in spiken ända in utan att krossa en del av virket. I försöken användes klotsar för att få rätt kantavstånd och vinkel. Man kan inte räkna med att dessa klotsar kommer att användas ute på arbetsplatsen och därmed kommer spiken att slås i med hjälp av ögonmått. Därmed kan man anta att inte alla spikar hamnar rätt, vilket resulterar i att full bärförmåga inte uppnås. Detta måste man ta hänsyn till vid val av infästningsmetod.

7 Källförteckning

- [1] Fonselius Mikael, Johansson Carl-Johan och Solli Kjell, Dimensionering av träkonstruktioner genom provning, SP Rapport 1994:60, Statens Provnings- och Forskningsinstitut, Borås 1994
- [2] EN 1380: Timber structures – Test methods – Load bearing nailed joints, European standard, 1999
- [3] Carling Olle: Dimensionering av träkonstruktioner, AB Svensk Byggtjänst, 1992
- [4] Eurocode 5: Design of timber structures Part 1-1: General rules and rules for buildings, CEN 2002
- [5] Isaksson Tord: Träkonstruktioner – Kompendium i Konstruktionsteknik AK, Lunds Tekniska Högskola, Konstruktionsteknik, Lund 2001
- [6] Malmborg Pernilla: The influence of end- and edge distances on the loadcarrying capacity in joints with inclined screws, Lunds Tekniska Högskola, Lund 2004
- [7] Breyer Donald E.: Design of wood structures, Third Edition, McGraw-Hill Inc., USA 1993
- [8] EN 26891: Timber structures – Joints made with mechanical fasteners – General principles for the determination of strength and deformation characteristics, CEN 1991

Bilaga 1



Bilaga 2

Försöksserie	Mättag			Förångningsbart vatten (g)	Fukthalt w (kg/m ³)	Fuktkvot u (kg/kg)
	1	2	3			
1:1	56,74	49,59	49,55	7,19	59,86	0,145
1:2	48,25	42,1	42,08	6,17	51,37	0,147
1:3	54,55	47,82	47,78	6,77	56,36	0,142
1:4	49,37	43,08	43,06	6,31	52,53	0,147
1:5	65,58	57,23	57,21	8,37	69,68	0,146
1:6	51,86	45,53	45,5	6,36	52,95	0,140
2:1	48,88	42,63	42,63	6,25	52,03	0,147
2:2	48,85	42,6	42,62	6,23	51,86	0,146
2:3	52,02	45,47	45,46	6,56	54,61	0,144
2:4	52,3	45,59	45,58	6,72	55,94	0,147
2:5	48,24	42,04	42,01	6,23	51,86	0,148
2:6	55,37	48,3	48,3	7,07	58,86	0,146
3:1	53,78	46,94	46,91	6,87	57,19	0,146
3:2	47,62	41,8	41,79	5,83	48,53	0,140
3:3	50,87	44,67	44,76	6,11	50,87	0,137
3:4	49,92	43,99	43,95	5,97	49,70	0,136
3:5	49,86	43,85	43,82	6,04	50,28	0,138
3:6	62,37	55,27	55,21	7,16	59,61	0,130
4:1	Försöket misslyckades					
4:2	51,72	45,31	45,27	6,45	53,70	0,142
4:3	50,78	44,51	44,47	6,31	52,53	0,142
4:4	69,24	60,52	60,49	8,75	72,84	0,145

Försöksserie	Mättag			Förångningsbart vatten (g)	Fukthalt w (kg/m ³)	Fuktkvot u (kg/kg)
	1	2	3			
5:1	66,42	57,86	57,89	8,53	71,01	0,147
5:2	65,34	56,98	56,97	8,37	69,68	0,147
5:3	51,18	44,62	44,62	6,56	54,61	0,147
5:4	53,97	47,09	47,07	6,9	57,44	0,147
5:5	57,28	50,4	50,36	6,92	57,61	0,137
5:6	67,09	58,51	58,47	8,62	71,76	0,147
6:1	68,01	59,49	59,46	8,55	71,18	0,144
6:2	53,01	46,35	46,33	6,68	55,61	0,144
6:3	64,35	56,76	56,74	7,61	63,35	0,134
6:4	Försöket misslyckades					
6:5	63,86	55,85	55,85	8,01	66,68	0,143
6:6	49,49	43,31	43,31	6,18	51,45	0,143
7:1	55,13	48,2	48,22	6,91	57,53	0,143
7:2	63,48	55,49	55,47	8,01	66,68	0,144
7:3	66,31	58,16	58,13	8,18	68,10	0,141
7:4	58,06	50,71	50,71	7,35	61,19	0,145
7:5	58,09	50,84	50,82	7,27	60,52	0,143
7:6	56,36	49,21	49,19	7,17	59,69	0,146
8:1	59,34	51,73	51,59	7,75	64,52	0,150
8:2	71,38	61,94	61,8	9,58	79,75	0,155
8:3	60,37	52,35	52,27	8,1	67,43	0,155
8:4	74,14	64,31	64,2	9,94	82,75	0,155
8:5	72,14	62,51	62,37	9,77	81,34	0,157
8:6	73,38	63,92	63,7	9,68	80,59	0,152

Bärförmåga hos skräpikade förband

Försöksserie	Mättag			Förångningsbart vatten (g)	Fukthalt w (kg/m ³)	Fuktkvot u (kg/kg)
	1	2	3			
9:1	59,87	52,59	52,52	7,35	61,19	0,140
9:2	52,22	45,83	45,83	6,39	53,20	0,139
9:3	61,95	54,14	54,14	7,81	65,02	0,144
9:4	61,16	53,5	53,47	7,69	64,02	0,144
9:5	60,21	52,65	52,69	7,52	62,60	0,143
9:6	57,33	50,59	50,57	6,76	56,28	0,134
10:1	50,89	45,11	45,09	5,8	48,29	0,129
10:2	71,91	63,19	63,18	8,73	72,68	0,138
10:3	62,62	55,4	55,46	7,16	59,61	0,129
10:4	69,97	61,37	61,35	8,62	71,76	0,141
10:5	63,51	55,72	55,68	7,83	65,18	0,141
10:6	55,67	49,28	49,22	6,45	53,70	0,131
11:1	59,41	52,36	52,33	7,08	58,94	0,135
11:2	58,43	51,44	51,41	7,02	58,44	0,137
11:3	64,25	56,43	56,45	7,8	64,94	0,138
11:4	71,66	63,1	63,15	8,51	70,85	0,135
11:5	56,98	50,12	50,12	6,86	57,11	0,137
11:6	70,72	62,17	62,15	8,57	71,35	0,138
12:1	61,39	53,31	53,27	8,12	67,60	0,152
12:2	63,41	55,35	55,05	8,36	69,60	0,152
12:3	60,61	53,01	52,76	7,85	65,35	0,149
12:4	69,02	60,12	59,9	9,12	75,92	0,152
12:5	71,55	62,28	62,19	9,36	77,92	0,151
12:6	67,41	58,59	58,51	8,9	74,09	0,152

Bilaga 3

Försöksserie	Mätresultat
1:1	11,3
1:2	10,9
1:3	13,4
1:4	12,53
1:5	12,01
1:6	11,88
2:1	11,83
2:2	10,99
2:3	12,51
2:4	11,35
2:5	10,52
2:6	11,08
3:1	10,21
3:2	12,27
3:3	12,26
3:4	12,17
3:5	10,76
3:6	12,51
4:1	-
4:2	10,1
4:3	9,67
4:4	11,16
4:5	12,5
4:6	10,23

Försöksserie	Mätresultat
5:1	20,64
5:2	20,51
5:3	20,69
5:4	20,82
5:5	19,42
5:6	20,24
6:1	13,26
6:2	13,02
6:3	12,3
6:4	-
6:5	13,13
6:6	10,53
7:1	4,97
7:2	4,69
7:3	4,97
7:4	5,21
7:5	6,24
7:6	5,7
8:1	8,87
8:2	9,32
8:3	9,44
8:4	10,03
8:5	9,13
8:6	9,22

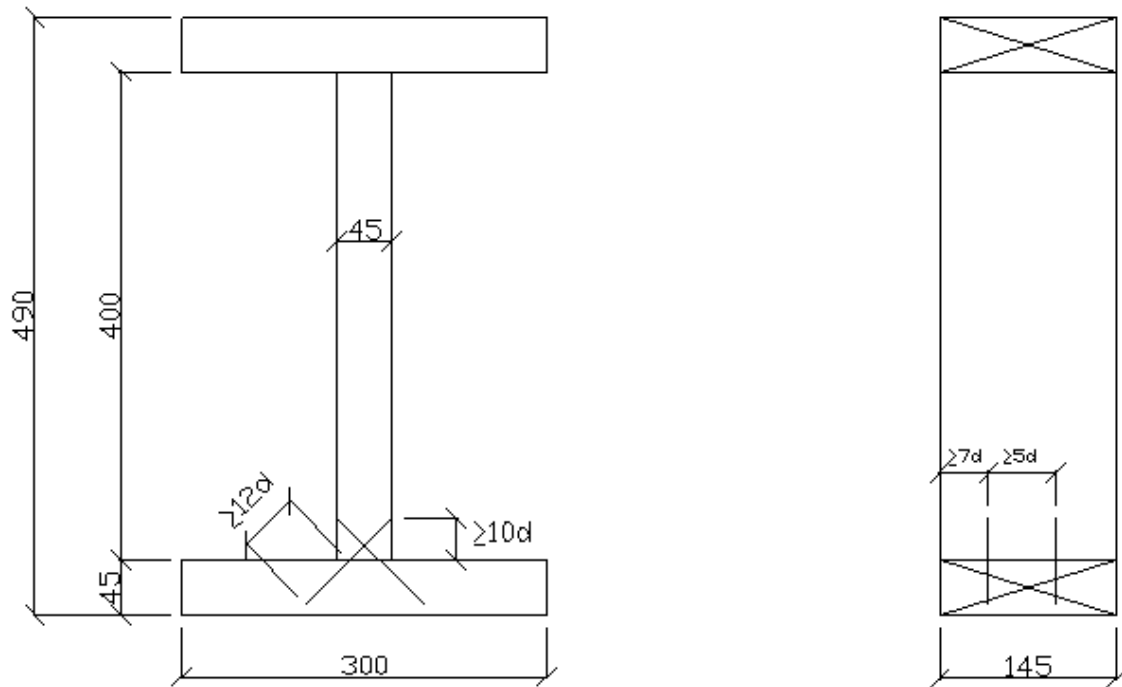
Försöksserie	Mätresultat
9:1	4,78
9:2	4,6
9:3	5,7
9:4	4,62
9:5	4,89
9:6	4,16
10:1	4,97
10:2	5,84
10:3	5,38
10:4	4,62
10:5	5,3
10:6	5,24
11:1	5,84
11:2	7,44
11:3	6,18
11:4	7,66
11:5	7,39
11:6	6,05
12:1	6,23
12:2	6,12
12:3	5,58
12:4	5,31
12:5	7,69
12:6	6,16

Omräknade värden	
8:1	6,87
8:2	7,22
8:3	7,32
8:4	7,77
8:5	7,08
8:6	7,15

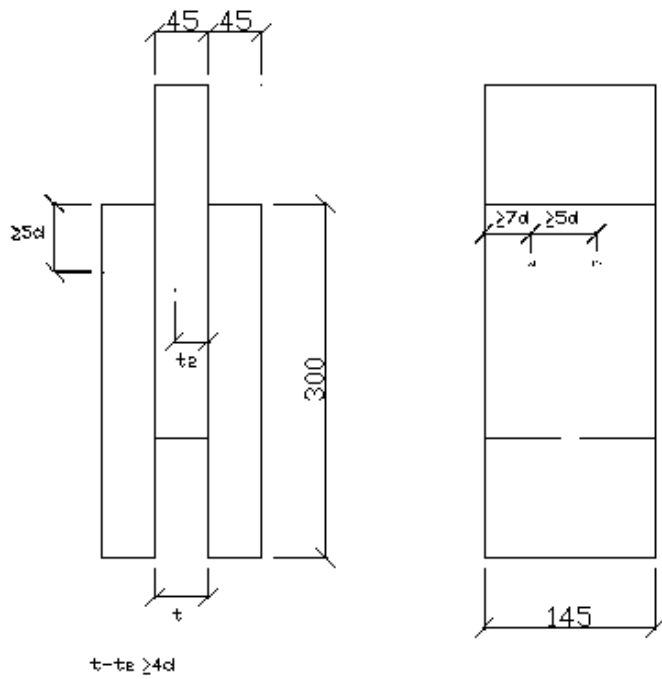
Försöksserie 8 räknas om för att motsvara övriga försök då belastningen i denna försöksserie inte är centrisk

Bilaga 4

Provkroppen



Skjuvningskropp parallellt fibrerna



Skjuvningskropp vinkelrät fibrerna

