
Förord

Att konstruera med stål är ett läromedel som med sina tolv fristående moduler täcker det mesta en stålkonstruktör kan råka ut för i sin vardag. Det är tänkt för teknologer som studerar på en nivå motsvarande de avslutande årskurserna av en svensk civilingenjörsutbildning, men kan i sin helhet eller i delar även användas för kortare, koncentrerade kurser riktade mot redan yrkesverksamma konstruktörer och beräkningsingenjörer.

Denna modul behandlar utformning och dimensionering av skruv- och svetsförband samt knutpunkter för normala stålkonstruktioner avseende husstommar och broar.

Förbandsdelen i Eurokod 3, SS-EN 1993-1-8, är ett ambitiöst försök att samla detaljerade dimensioneringsregler för förband och knutpunkter i ett enda dokument. Standardens systematiska metoder kan dock kännas svår genomträngliga och alltför styrande. Vi har därför valt att ge dimensioneringsregler till största delen baserade på SS-EN 1993-1-8 tillsammans med information och förklaringar som kan kasta ljus på metodernas bakgrund och tillämpning samt hjälpa till att öka förståelsen för knutpunkters verknings sätt i allmänhet.

Anslutningar kan byggas snabbt med hjälp av svetsförband där skruvar, muttrar och brickor är välkända produkter med bestämda egenskaper. Verknings sättet är dock komplicerat och ett flertal brottmoder med tillhörande bärförmågor bör betraktas. I samband med Eurokoden har en ny metod, ekvivalent T-styckeflås, introducerats för att med god noggrannhet bedöma bärförmågan hos ändplåtsförband.

Svetsförbands verknings sätt och dimensionering är något enklare men utförandet däremot mer känsligt. Som konstruktör är det viktigt att känna till de vanligaste defekter som kan uppstå och hur de kan reduceras genom anpassade konstruktiva åtgärder.

Både skruv- och svetsförband används för att överföra krafter i knutpunkter där olika konstruktionsdelar interagerar. Normalt används förenklade knutpunktsmodeller, led eller momentstyv knutpunkt, i konstruktionsanalyser och val av modell baseras på erfarenhet. I Eurokoden anges en metod för en mer systematisk klassificering av knutpunkter. Deras parametrar, bärförmåga, styvhet och i viss mån deformationskapacitet kan även beräknas med god noggrannhet med hjälp av komposantmetoden.

Denna modul behandlar endast statisk dimensionering. För dimensionering av förband för utmattning, se Modul 8 "Utmattning".

Luleå i juni 2015

Wylliam Husson

Att konstruera med stål är framtagen utifrån allmänna förutsättningar och utan hänsyn till de särskilda förhållanden som kan föreligga i ett enskilt fall. Användaren måste göra en egen bedömning inför varje enskilt fall. Utgivare och författare påtar sig således inte något ansvar för eventuella skador som, direkt eller indirekt, kan uppstå till följd av tillämpning av innehållet.

Copyright 2015

Författarna

SBI-Stålbyggnadsinstitutet Box 1721, 111 87 Stockholm

LTU-Luleå tekniska universitet, 971 87 Luleå

KTH-Kungliga Tekniska Högskolan, 100 44 Stockholm

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Begreppsförklaringar.....	1
1.2	Beteckningar.....	2
2	Skruvförband.....	4
2.1	Skruvar, egenskaper och standarder.....	4
2.2	Anslutande delar.....	8
2.3	Skruvens verknings sätt.....	10
2.3.1	Skjuvförband.....	11
2.3.2	Friktionsförband.....	11
2.4	Bärförmåga för en skruv.....	13
2.4.1	Bärförmåga vid skjuvbelastning.....	13
2.4.2	Bärförmåga vid dragbelastning.....	14
2.4.3	Bärförmåga vid kombinerad drag- och skjuvbelastning.....	15
2.4.4	Bärförmåga för hållkantryck.....	16
2.5	Försvagade snitt.....	18
2.5.1	Skarvplåtar i skjuvförband.....	19
2.5.2	Klossbrott.....	20
2.6	Beräkning av skruvkrafter i skjuvförband	21
2.6.1	Centriskt belastade förband.....	21
2.6.2	Momentbelastade förband.....	22
2.7	T-styckefläns.....	22
2.7.1	Beräkningsmodell.....	23
2.7.2	Ekvivalent T-styckefläns.....	26
3	Svetsförband.....	29
3.1	Svetsmetoder.....	29
3.1.1	Metallbågsvetsning.....	29
3.1.2	Gasmetailbågsvetsning.....	29
3.1.3	Gasbågsvetsning.....	29
3.1.4	Pulverbågsvetsning.....	29
3.1.5	Brännsvetsning.....	29
3.2	Svetsens metallurgi.....	29
3.2.1	Svetsbarhet.....	29
3.2.2	Defekter.....	30
3.2.3	Kontrollmetoder.....	31
3.3	Svetstyper och ritningsbeteckningar.....	32
3.3.1	Kälsvetsar.....	32
3.3.2	Stumsvetsar.....	32
3.3.3	Ritningsbeteckningar.....	33
3.4	Dimensionering av kälsvetsar.....	34

3.4.1	Punktvis dimensionering.....	34
3.4.2	Enkla elementarfall.....	35
3.4.3	Jämstarka svetsar.....	36
3.4.4	Långa svetsar.....	36
3.4.5	Grupper av kälsvetsar.....	37
3.5	Dimensionering av stumsvetsar.....	38
3.6	Utmattning av svetsförband.....	38
4	Knutpunkter.....	39
4.1	Val av knutpunktsmodell.....	39
4.1.1	Klassificering av infästningar utifrån styvhet.....	40
4.1.2	Klassificering av infästningar utifrån bärförmåga.....	42
4.2	Ledad knutpunkt.....	43
4.3	Kontinuerlig knutpunkt.....	45
4.3.1	Skruvad knutpunkt.....	45
4.3.2	Svetsad knutpunkt.....	47
4.4	Eftergivlig knutpunkt.....	48
4.5	Komponentmetod.....	48
4.5.1	Sammansättning av komponenter.....	50
4.5.2	Knutpunkternas bärförmåga.....	52
4.5.3	Knutpunkternas rotationsstyvhet.....	53
5	Referenser.....	57
5.1	Artiklar.....	57
5.2	Litteratur och handböcker.....	57
5.3	Normer och standarder.....	57

1 Inledning

Denna modul behandlar dimensionering av skruv- och svetsförband för normala stålkonstruktioner avseende husstommar och broar. Med normala stålkonstruktioner menas här att plåtarnas godstjocklekar är större än 3 millimeter samt att skruvarna är vanliga metriska skruvar med diametrar från 12 mm och uppåt. Förband i tunnplåtskonstruktioner behandlas i Modul 7 "Kallformade profiler".

Både skruv- och svetsförband är vanliga i stålkonstruktioner. Grundregeln är att skruvförband i första hand väljs till montageförband ute på byggarbetsplatserna medan svetsförband är att föredra på verkstaden. Anslutningar i form av skruvförband ger ett snabbt och enkelt montage som inte kräver tillgång på personal med tillräcklig svetskompetens. Dessutom möjliggör skruvförband att mindre justeringar kan göras på byggarbetsplatsen. Svetsförbanden ger dock normalt både billigare och enklare anslutningslösningar, men kräver personal med specialkompetens och en kontrollerad miljö utan regn och rusk. Därför lämpar sig svetsförband bäst för verkstaden.

Förbandsdelen i Eurokod 3, SS-EN 1993-1-8, är ett ambitiöst försök att samla detaljerade dimensioneringsregler avseende förband i ett enda dokument. De dimensioneringsregler som ges i denna modul är till största delen baserade på SS-EN 1993-1-8. För att praktiskt kunna dimensionera förband krävs också tillgång till många andra referensstandarder, t ex produktstandarder för skruvar, standarder för utförande av svetsar, monteringsregler, etc. I SS-EN 1993-1-8 specificeras inte mindre än 27 sådana standarder för skruvar, muttrar och brickor samt 4 för svetsning.

1.1 Begreppsförklaringar

Här ges begreppsförklaringar som gäller för både skruv- och svetsförband.

Skruv: Med skruv menas här en cylindrisk stålstång vars ena ände har ett huvud och den andra är försedd med en gänga på vilken en mutter kan monteras. I dagligt tal kallas denna typ av skruv ofta för bult, men detta är ett språkbruk som bör

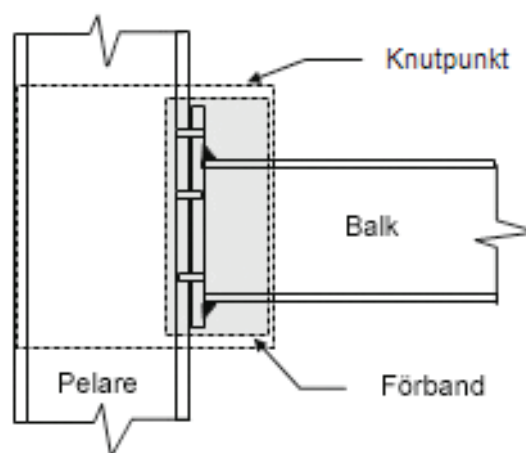
undvikas i tekniska sammanhang. En bult definieras som en ogängad stång. Det finns även andra typer av skruv, t ex träskruv eller plåtskruv, men på dessa passar inte någon mutter. Denna typ av skruv behandlas inte i denna modul. Notera att i engelskan används normalt termen "bolt" för den första typen och "screw" för den senare.

Förband: En uppsättning komponenter som mekaniskt förbinder två eller flera större delar så att krafter kan överföras mellan delarna. Delarna kan t ex bestå av balkar, pelare, stänger, etc medan komponenterna är skruvar, muttrar, brickor, svetsar, lokala plåtdelar, etc. Förbandet avser ett delområde inom anslutningen där påverkan mellan delarna är som störst, d v s det område där komponenterna överför krafter. Se figur 1.1.

Fästelement (Fästdon): Gemensamt namn för skruvar, muttrar, brickor och nitar.

Knutpunkt: Ett större område än förbandet där det fortfarande sker en viss interaktion mellan de anslutande delarna, se figur 1.1.

Bändning: I skruvförband kan de dragkrafter som påverkar enskilda skruvar öka avsevärt p g a anslutande plåtdelars böj deformation. Situationen liknar det som händer när ett spett sätts in under en sten och bänds uppåt. Kontaktkraften mellan spettet och stenen kan bli mycket stor i förhållande till den anbringade kraften.



Figur 1.1 Skillnaden mellan förband och knutpunkt.

Rotationskapacitet eller rotationsduktilitet:

Hur mycket delarna i ett momentstyvt förband kan rotera i förhållande till varandra innan de enskilda komponenterna brister eller annorlunda uttryckt den rotation som uppnåtts när förbandets momentbärförmåga är uttömd.

Rotationsstyvhet: Ett mått på lutningen hos förbandets moment – rotationskurva, $(M - \phi)$.

Jämstarkt förband: Ett förband vars momentbärförmåga är minst lika stor som den anslutande delens (balkens) momentbärförmåga.

Understarkt förband: Ett förband vars momentbärförmåga är mindre än den svagaste anslutande delens momentbärförmåga men som ändå har en betydande bärförmåga.

Ledat förband: Ett förband som inte kan överföra något moment eller ett försumbart moment. Däremot kan förbandet överföra normalkrafter och/eller tvärkrafter.

Ändplåt: En förbandsplåt som är fastsvetsad mot änden av en stålbalk. Plåtens plan bildar en vinkel större än 0° mot balkens längdriktning, ofta nära 90° .

Skarvplåt: En förbandsplåt som är orienterad parallellt med axlarna till de balkar som skall skarvas. Plåten kan både skruvas och/eller svetsas till balkarna.

Hålspel: Skillnaden mellan skruvhålets diameter och skruvens.

Spänningsarea: En skruvs ekvivalenta tvärsnittsarea som används för att beräkna bärförmågan i stammens gängade del. Spänningsarean anges i produktstandard.

Grepplängd: Räknas normalt som avståndet mellan skruvhuvudets och mutterns centrum (i förekommande fall den innersta muttern).

Hybridförband: Friktionsförband i kombination med svetsförband där båda förbanden antas dela på lastöverföringen. En förutsättning för detta är att svetsförbanden är klara innan skruvarna spänns.

Klämlängd: En skruvs längd räknad som avståndet mellan skruvhuvudets och mutterns cen-

trum. För en skruv ingjuten i betong beräknas klämlängden som 8 nominella skruvdiametrar i betongen + utfyllnadsbruk (t ex undergjutning) + avståndet till mutterns centrum.

1.2 Beteckningar

Romerska versaler

A	skruvs bruttoarea;
A_s	spänningsarea för skruv eller grundskruv;
$B_{p,Rd}$	dimensionerande skjuvkapacitet med hänsyn till utdragsbrott av skruvhuvud och mutter
E	elasticitetsmodulen;
$F_{b,Rd}$	dimensionerande bärförmåga per skruv med hänsyn till hållkantryck;
$F_{p,Cd}$	dimensionerande förspänningskraft;
$F_{s,Rd}$	dimensionerande bärförmåga per skruv med hänsyn till glidning i brottgränstillståndet;
$F_{t,Ed}$	dimensionerande dragkraft per skruv i brottgränstillståndet;
$F_{t,Rd}$	dimensionerande dragkraftskapacitet per skruv;
$F_{T,Rd}$	dimensionerande dragkraftskapacitet för en ekvivalent T-styckeflän;
$F_{tr,Rd}$	dimensionerande dragkraftskapacitet för skruvrad r;
$F_{v,Ed}$	dimensionerande skjuvkraft per skruv i brottgränstillståndet;
$F_{v,Rd}$	dimensionerande skjuvkraftskapacitet per skruv;
$F_{w,Ed}$	dimensionerande kraft på svets per längdenhet;
$F_{w,Rd}$	dimensionerande kapacitet per längdenhet för svets;
$M_{j,Rd}$	dimensionerande momentkapacitet för knutpunkt;
S_j	knutpunkts rotationsstyvhet;
$S_{j,ini}$	knutpunkts initiella rotationsstyvhet;
$V_{wp,Rd}$	pelarlivs plastiska skjuvkapacitet;

Romerska gemener

d	nominell skruvdiameter,
d_0	håldiameter för skruv, nit eller sprint;
d_m	medelvärde för största och minsta tvärrmått för skruvhuvud eller mutter, beroende på vilken som är minst;
e_1	avstånd i kraftriktningen från hålcentrum till en fri kant;
e_2	avstånd vinkelrätt kraftriktningen från hålcentrum till en fri kant;
f_y	sträckgräns;
f_u	brottgräns;
f_{ub}	brottgräns för skruv;
k_i	styvhetskoefficient;
k_1	koefficient beroende av skruvavstånd vinkelrätt kraftriktning vid bestämning av bärförmåga för hålkanttryck;
n	antal friktionsytor eller antal skjuvplan;
p_1	centrumavstånd mellan fästelement i rad i kraftriktningen;
p_2	avstånd mätt vinkelrätt kraftriktningen mellan angränsande rader av fästelement;
r	skruvradsnummer;
t	tjocklek;
t_p	tjocklek för plåt under skruv eller mutter;
z	hävarm;

Grekiska gemener

α_b	koefficient beroende av skruvavstånd i kraftriktning vid bestämning av bärförmåga för hålkanttryck;
β_w	materialberoende koefficient för kälsvets;
ϕ	knutpunktsrotation.
γ_{M0}	partialkoefficient för bärförmåga för bärverksdelar och tvärsektioner;
γ_{M1}	partialkoefficient för bärförmåga för bärverksdelar och tvärsektioner;
γ_{M2}	partialkoefficient för bärförmåga för skruvar, hålkanttryck och svetsar;
γ_{M3}	partialkoefficient för bärförmåga för glidning;
μ	friktionskoefficient;
σ	normalspänning;
τ	skjuvspänning;

Index

Indexen som används i Eurokod syftar på engelska ord. Nedan ges de vanligaste som förekommer i samband med dimensionering av förband och knutpunkter. Observera att samma index dock kan användas i andra sammanhang med en annan betydelse.

b	<i>bolt</i> / skruv;
c	<i>compression</i> / tryck;
Ed	<i>Effect design</i> / dimensionerande lasteffekt;
p	<i>plate</i> / plåt;
r	<i>row</i> / skruvrad;
Rd	<i>Resistance design</i> / dimensionerande bärförmåga;
s	<i>stress</i> / spänning;
t	<i>tension</i> / drag;
u	<i>ultimate</i> / brottgräns;
w	<i>weld</i> / svets;
y	<i>yield</i> / sträckgräns;