

Höghållfast material i stålkonstruktioner

I Sverige är stål med sträckgräns upp till ca 300 MPa normerade men med speciella leverantörsbeteckningar tillverkas, som normal handelsvara, stål med sträckgräns upp till 600 MPa och med mycket goda seghets- och svetssegenskaper. Materialegenskaperna, såsom seghet och svetsbarhet, lägger i dag således inget hinder för användning av höghållfast stål. Priset är givetvis högre men borde ändå inte vara något hinder då det ökar betydligt mindre än hållfasthetsvärdena.

Orsaken till att höghållfast stål i dag inte används så mycket i Sverige ligger i hög grad antingen i utformningen av reglerna för buckling i Stålbyggnadsnorm 70 eller i valet av typ av profil. Bucklingsreglerna kan i vissa fall vara något konservativa men normalt inte så mycket att det har avgörande betydelse. "Felet" torde istället till största delen ligga i att de i dag gängse profilerna inte är anpassade till ett höghållfast stål.

Man kan säga att utvecklingen inom materialområdet idag "sprungit förbi" ut-

vecklingen inom stålbyggnadsområdet har beträffande materialet medfört att stål med hög hållfasthet och goda svetsningsegenskaper är allmänt tillgängligt. Sådant material används dock för närvarande endast i mycket ringa omfattning, främst beroende på att den nu gängse utformningen av stålkonstruktioner inte är anpassad till höghållfast stål. Tekn dr Per Christiansson beskriver här ett forskningsprojekt som han leder.

Projektet ska bidra till en utveckling mot sådan utformning av stålkonstruktioner att höghållfast stål kan utnyttjas på ett mera ekonomiskt sätt. Det finansieras av statens råd för byggforskning och beräknas vara slutfört under 1978. Arbetet genomförs vid institutionen för byggnadsteknik II vid LTH, vars chef är professor Lars Östlund.

vecklingen på konstruktionssidan. Man kan därför vänta sig att utvecklingen inom stålbyggnadsområdet i stor grad kommer att inriktas på utformningen av profiler och konstruktionselement i sådan riktning att det material som idag är tillgängligt hållfasthetsmässigt kan utnyttjas i konstruktionerna. Detta kan tänkas ske på många sätt.

Man kan t ex utforma en balk enligt principer som ansluter till skalbärverk. En annan möjlighet är användning av kallbocad plåt varvid avstyvningar kan åstadkommas på enklare sätt än t ex genom påsvetsning av livavstyvningar. Kallbocad plåt används för närvarande i tämligen stor omfattning för mindre element.

Ytterligare en möjlighet är att variera materialet i en konstruktionsdel alltefter möjligheter till dess utnyttjande. Man skulle t ex i en I-balk kunna ha höghållfast material i flänsarna eller kanske endast i dragflänsarna medan resten utfördes av enklare stål. Man kommer då till en sk hybridbalk. Även många andra möjligheter finns t ex användning av rör i större utsträckning.

I-balk av höghållfast stål

Det torde i och för sig inte vara någon större svårighet att utforma t ex stål balkar på sådant sätt att hög hållfasthet kan utnyttjas och viktbesparing göras. Svårigheten ligger i att göra utformningen sådan att tillverkning och montering inte blir så komplicerad att vinsten med viktbesparingar spolieas. Någon ekonomi kan troligen inte nås utan att man kommer till allmänt vedertagna profiltyper som är användbara för höghållfast stål och som medger en rationell tillverkning på samma sätt som I-profilen nu är allmänt vedertagen.

Inledande teoretiska studier har påbörjats för konventionella I-balkar av stål med varierande hållfasthet. Dessa undersökningar är bl a tänkta att utgöra underlag vid en kartläggning av de olika problem som uppstår i samband med en övergång till användning av höghållfast stål.

Stabilitets- och deformationsproblem

Fig 1 visar en I-balk. Genom att exempelvis fördubbla det ingående stålets hållfasthet kan plättjocklekarna (d och t) teoretiskt minskas till hälften varvid I-profilens bärförmåga bibehålles. Emellertid ökas de

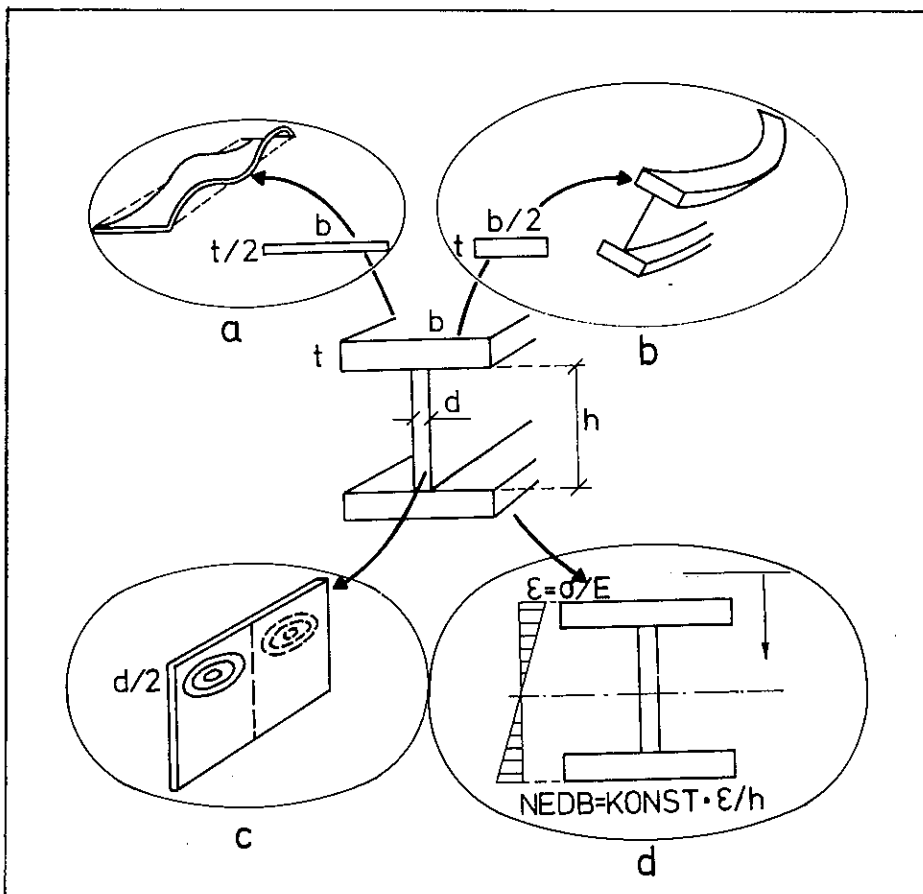


Fig 1. Vid minskade plättjocklekar i samband med ökad stålhållfasthet kan lokal instabilitet uppstå samt nedböjningarna öka. a) vridningsknäckning av fläns b) vippning c) livplåtsbuckling d) nedböjningen beror av stålvalet. (Konstanten är en funktion av lastfall randförhållanden samt balklängd.)

ingående plåtarnas slankhet och olika former av lokal instabilitet kan uppstå.

Fig 1 a visar hur tryckflänsen genom tjockleksminskningen blivit så vek att vridningsknäckning av flänsen inträffar innan materialets hållfasthet är optimalt utnyttjad. Genom att istället minska flänsens bredd förhindras denna vridningsknäckning. Emellertid kan det härvid uppstå problem med tryckflänsens stabilitet i sidled, vippning, fig 1 b.

I fig 1 c är antytt att bucklingsfenomen kan inträffa för livet när dess tjocklek d minskas. Livet kan härvid buckla av normalpåkänningar eller skjuvpåkänningar (eller av en kombination av båda dessa).

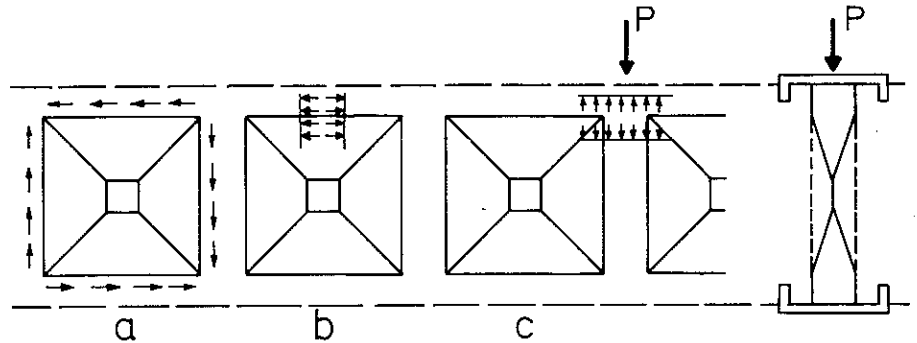


Fig 3. Exempel på möjlig upptagning av skjuvpåkänningar (a), böjpåkänningar (b) samt lokala tryckpåkänningar av punktlast (c) för balken enligt figur 5.

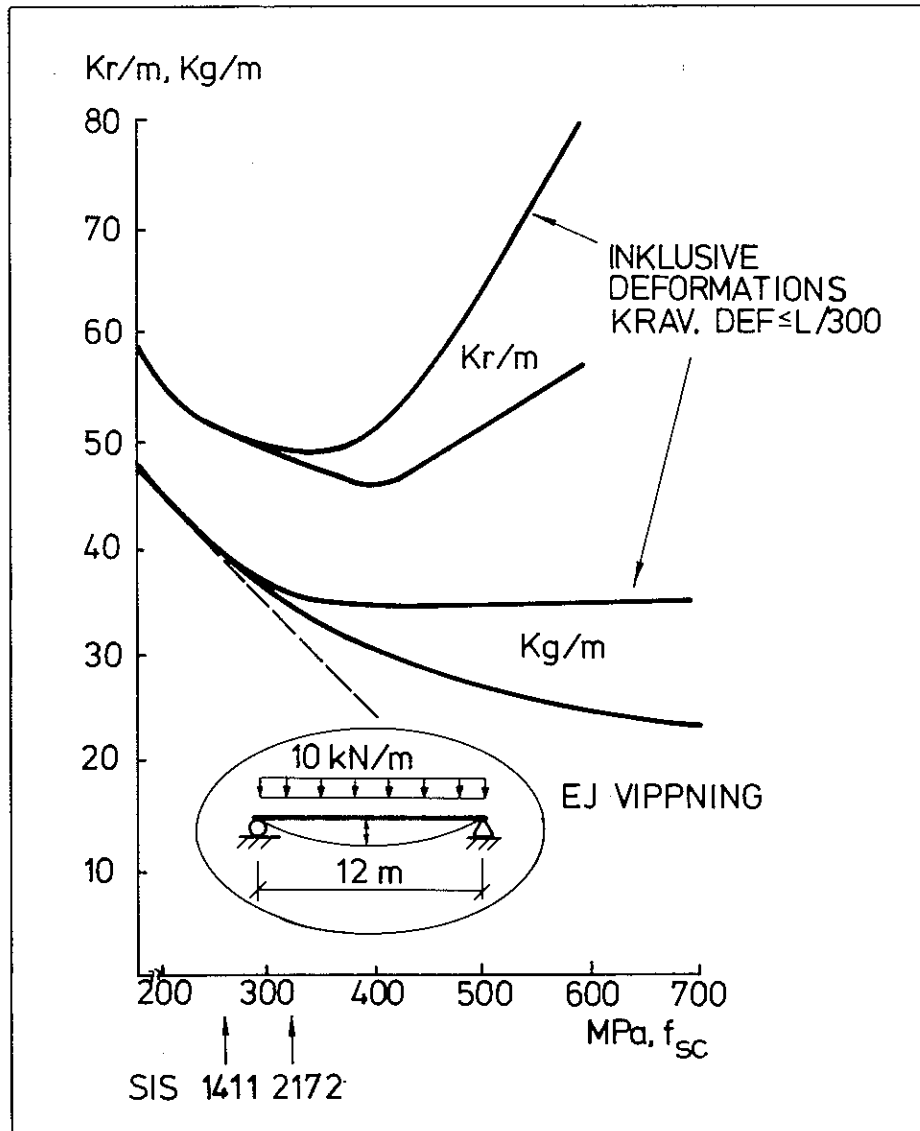


Fig 2. Pris/meter samt vikt/meter för svetsad I-profil som funktion av stålsträckgräns. (Materialpriser beräknas med hänsyn tagen till grundpris + dimensionstillägg + kvalitets-tillägg 1975.) Alexander. Bonja 1975.

Vidare kan lokal buckling inträffa i livet där koncentrerade laster införes.

I exemplet med dubblad stålållfasthet och halverade plåttjocklekar erhålles om buckling förhindras en jämnstark balk. Emellertid blir de av böjning uppkomna maximala utböjningarna dubblade på grund av att töjningarna, ϵ , över tvärsnittet dubblas för samma pålagda moment, se fig 1 d. Det enda sättet att minska nedböjningarna till de ursprungliga värdena är således att dubbla balkhöjden om fullt materialutnyttjande önskas. (Elasticitetsmodulen, E , antas ej bero av stålqualiteten.)

Om man således vid övergång till användning av ett höghållfast material i en I-balk håller areaminskningen för flänsarna inom rimliga gränser för att förhindra instabilitet och för att utnyttja stålet bättre (stort tröghetsmoment) kan man tillgodogöra sig den högre stålållfastheten såvida livet, som blir tunnare och eventuellt högre, förhindras att buckla. En tänkbar sådan utformning av en balksektion är antydd nedan.

Optimal hållfasthet

För att antyda inverkan av stålållfasthetens inverkan på en konventionell I-balks vikt och meterpris har datorberäkningar genomförts (av Alexander Bonja 1975) för fritt upplagd balk samt balk över tre stöd belastad med jämnt utbredd last. För varierande värden på stålets hållfasthet, f_{sc} , beräknades optimala (de lättaste) balkprofilerna enligt gällande bestämmelser för buckling av den tryckta flänsen samt livplåtsbuckling. (Ingen hänsyn till vippning togs.) Dessutom bestämdes motsvarande profiler med ett nedböjningskrav inkluderat i beräkningarna (nedböjning mindre än spännvidd/300).

Resultatet av beräkningarna är principiellt antytt i fig 2 där det framgår att det optimala värdet på stålsträckgränsen för svetsade I-profiler under de antagna förutsättningarna ligger vid ung 400 MPa

samt sjunker mot 300 MPa om krav på begränsade nedböjningar införes.

Krav på element av höghållfast stål

De inledande teoretiska studierna är avsedda att leda fram till krav som kan ligga i botten vid en fortsatt teoretisk och praktisk utformning av olika konstruktions-element. Kraven kan inrymmas i tre huvudgrupper

- a) begränsade brukslastdeformationer
- b) upptagning av brottlast
- c) tillverkning och användningsområde

Till projektet är knuten en referensgrupp med representanter från konstruktörs- och tillverkarsidan.

Inledande provningar

Parallellt med det teoretiska arbetet har praktiska försök påbörjats, vilka är av karaktären pilotförsök.

Balkelementet i fig 5 är försett med flänsar, vilka dimensionerats för att inte buckla. Livet kan ses som ett för en I-balk stukat dubbelliv. Livet styvas upp av de pyramidformade skålar som pressats ut i plåtarna. Flänsarna och livet är punktsvetsade tillsammans. Pressningen har skett i en hydraulisk pressutrustning framtagen vid institutionen, se fig 4.

I balken i fig 5 erhålles framför allt ett liv som, jämfört med om plana plåtar skulle använts i livet, erhållit en förhöjd förmåga att motstå instabilitet i form av skjvuspänningsbuckling (fig 3a), lokal

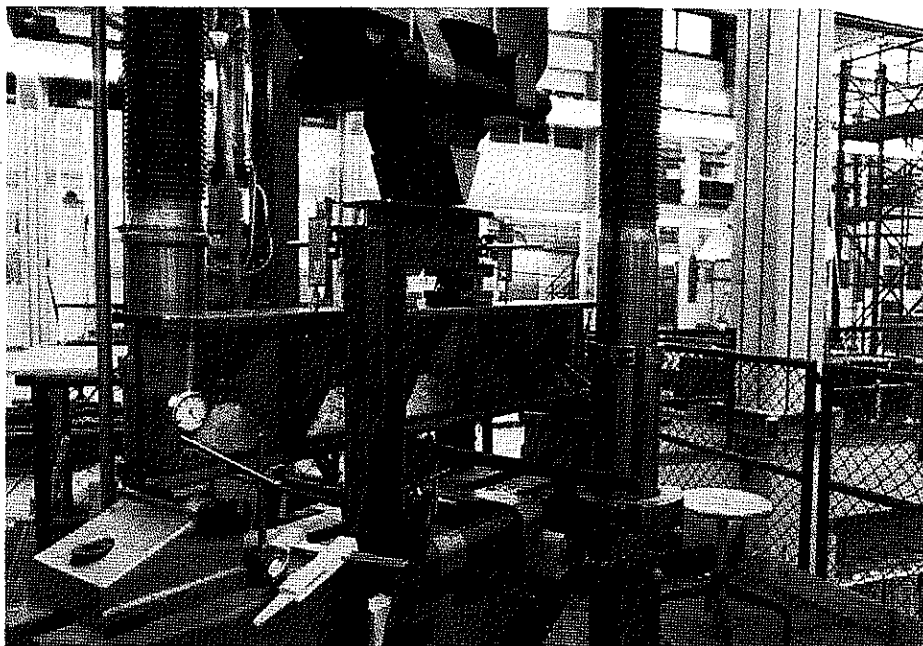


Fig 5. Inledande försök har gjorts med korta balkar försedda med stukade dubbelliv.

buckling under punktlast (fig 3c) samt böjspänningsbuckling (fig 3b).

Försökupställningen med den (av tillverkningstekniska skäl) korta provbalken framgår av fig 5. I detta försök studeras framförallt livets förmåga att uppta koncentrerade laster utan hjälp av extra livavstyvningar. Balken gick till brott genom stukning av livet under koncentrerad last (se även fig 3c). Motsvarande maximala

normalpåkänning i livets höjded under lasten uppgick till ung 200 MPa. De använda plåtarna var 1,5 mm tjocka med sträckgränsen ung 450 MPa.

Element av plåtar?

I det pågående projektet rörande möjligheterna att ekonomiskt dra fördel av en övergång till användning av höghållfasta stål i konstruktionselement genom de viktbesparingar som härvid kan göras är det huvudsakligen problem rörande lokal instabilitet samt förstörade nedböjningar som behandlas. De teoretiska förslagen till profilutformningar kommer att testas i praktiska försök.

Det förefaller som om en möjlig lösning till problemet med att finna lämpliga elementutformningar består i element uppbyggda av tunna plåtar som bockas, pressas och eventuellt punktsvetsas tillsammans. Genom att ta del av de erfarenheter och utvecklingar som gjorts på bilindustrisidan bör en seriemässig framställning av sådana konstruktionselement kunna göras ekonomiskt konkurrenskraftig och komplettera en del av de idag inom byggnadssektorn använda traditionella konstruktionselementen.

Litteratur:

Christiansson, Per & Östlund, Lars, 1976. "Problem i samband med utnyttjande av höghållfast material i stålkonstruktioner". Nordiska Forskningsdagar för Stålkonstruktioner, Helsingfors.

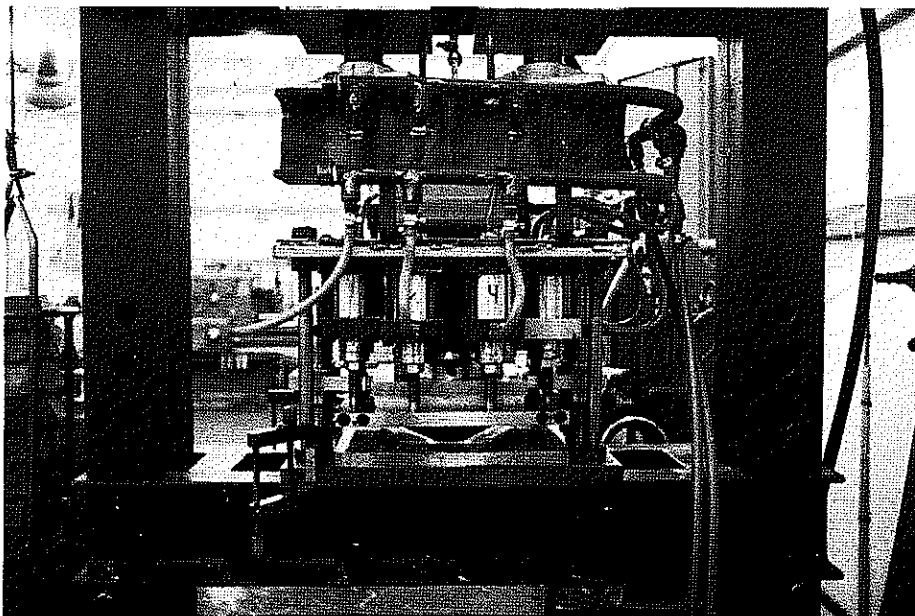


Fig 4. Pressutrustning för pressning av uppstyvande skålar i plåtar.

High grade materials in steel structures

By Dr Eng Per Christiansson

In Sweden steels are used with yield stresses up to 300 MPa within the scope of the codes of practice, whereas steels which are tough and weldable are available with yield stresses up to 600 MPa. The reasons for not using the high grade material would seem to be either the codes covering buckling or the choice of steel section. The codes may be conservative but do not appear restrictive but the normal sections used are not suitable for high grade material.

Beams could be made using the principles of box (shell) sections, deformed plate can be used for the web of the beam or the beam could be made with high grade material in the tensioned parts only (hybrid).

Tests have been made on an I-section beam with deformed plate web. The pyramid-shaped deformations were pressed in the web in order to resist shear buckling, local buckling from concentrated loads and buckling in bending.