



Foto: SAPA

Fig.1: Tottnäsbron med aluminiumdeck.

Eurokod 9 – Dimensionering av aluminiumkonstruktioner

Den svenska normen Aluminiumkonstruktioner från 1966 har sedan länge spelat ut sin roll. Sedan början av 1990-talet har den som velat beräkna bärande aluminiumkonstruktioner i byggnader kunnat använda beräkningsmetoder för stål (BSK, Boverkets handbok om stålkonstruktioner och K18 i Handboken Bygg) kompletterat med några sidor i Boverkets konstruktionsregler BKR och sedan 1998 har man även kunnat använda ENV-versionen av Eurokod 9 med tillhörande NAD.

När Eurokoderna för de ”stora” materialen för bärande konstruktioner i byggnader planerades i slutet av 1970-talet ansågs inte aluminium vara tillräckligt intressant så aluminium var inte med från början. Det var framförallt byggandet inom offshore-området som var pådrivande för att få aluminium accepterat som ett material i bärande konstruktioner såsom broar, trappor och kranar, ja t o m hela bostadsmoduler i aluminium. När så aluminium fick vara med i Eurokodfamiljen blev det som nummer 9 efter Eurokod 8, jordbävning.

Uppläggnings av Eurokod 9

Eftersom aluminium är sparsamt förekommande i bärande konstruktioner i byggnader har Eurokod 9 fått en något annorlunda indelning än till exempel Eurokod 3 för stål. Eurokod 9 (EN 1999) består av fem delar:

- Del 1-1 Allmänna regler
- Del 1-2 Brand
- Del 1-3 Utmattning
- Del 1-4 Kallformad profilerad plåt
- Del 1-5 Skal.

Smidigt arbete

Det finns alltså inga speciella delar för byggnader eller broar. Den enda del som är mera direkt inriktad mot byggindustrin är del 1-4, som dock är ganska tunn jämfört med motsvarande del 1-3 för stål eftersom den endast omfattar trapetsprofilerad plåt.

Att arbetet med Eurokod 9 kom igång senare än övriga Eurokoder har inte varit någon nackdel. Snarare har det varit en fördel att starta efter de andra. Vi har då kunnat utnyttja färdiga delar, framförallt för stål, och inte behövt göra så många ändringar. Det är faktiskt så att vi följt den ursprungliga tidsplanen utan några nämnvärda förseningar. Till detta bidrar också att det inte finns så många experter med egna idéer hur det ska vara inom området bärande konstruktioner i aluminium som för stål och betong.

Del 1-1 Allmänna regler

När det gäller det tekniska innehållet är beräkningsmetoderna ganska lika dem för stål. Det har varit avsikten redan från början eftersom de flesta som konstruerar i aluminium är mer vana vid stålkonstruktioner. Det finns dock några skillnader i materialen som gör att det blir annorlunda, till exempel måste den, i vissa legeringar och tillstånd, kraftigt reducerade hållfastheten i den värmepåverkade zonen vid svetsar beaktas. På grund av aluminiums goda värmeledningsförmåga är denna zon mycket bredare än i



Torsten Höglund,
civ ing SVR,
K63, Prof em
Stålbyggnad,
KTH

stål, cirka 2,5 mm på varje sida om svetsen.

Buckling

En annan skillnad är att buckling beaktas genom effektiv tjocklek och inte effektiv bredd. Här kommer vi i Sverige att känna igen oss eftersom vi har använt effektiv tjocklek sedan mitten på 1980-talet i Handboken Bygg K18. Interaktionsformlerna för böjd och tryckt stång kommer vi också att känna igen eftersom de är i stort sätt desamma som i BSK och inte någon av de två komplicerade varianter som finns i Eurokod 3.

Knäckning

Eftersom strängpressade aluminiumprofiler nästan inte innehåller några egenspanningar är knäckningskurvorna inte beroende av tvärsnittformen som för stål. Det är i stället materialens σ - ϵ -diagram och om stången är svetsad eller inte som bestämmer vilken av de tre knäckningskurvorna a, b eller c som skall väljas. Materialen är därför klassade i klass A eller B. De material som har stort värde på kvoten mellan proportionalitetsgränsen och 0,2 %-gränsen hänförs till knäckningsklass A (kurva a) och övriga till B (kurva b). Är stången sammansatt genom längsgående svetsar väljs ett steg lägre kurva (b eller c).

Tvärsvetsar och plåtbalkar

Tvärsvetsar medför kraftig reduktion av hållfastheten inom området

intill svetsarna. För stänger med tvärsvetsar ges speciella regler för såväl dragen stång, tryckt stång och böjd och tryckt stång.

Kapitlet om plåtbalkar är nästan identiskt med motsvarande regler i Eurokod 3 del 1-5. Detta är inte så konstigt eftersom det i huvudsak är hämtat från svenska regler i StBK-K2 Kommentarer till Stålbyggnadsnorm 70 Knäckning, vippning och buckling, ursprungligen framtagna för HSI-balken på 1960-talet.

Avstyvande konstruktioner

Någon motsvarighet till kapitlet om avstyvade konstruktioner (t ex däckskonstruktioner) finns inte i vare sig Eurokod 3 eller svenska handböcker. Detta beror på att strängpressningstekniken gör det möjligt att utforma däckskonstruktioner i aluminium annorlunda än i stål där den vanliga lösningen är plana plåtar med påsvetsade avstyvningar. Bilden visar tvärsnittet av däck i krigsbron Kb71 som efter utprovning nu levererats i ett antal exemplar till det svenska försvaret. (Se fig.3).

Partialkoefficienterna

Rekommenderade värden för partialkoefficienterna är för byggnader $\gamma_{M1} = 1,1$ och $\gamma_{M2} = 1,25$. Någon skillnad mellan koefficienterna för bärförmåga m h t flytning γ_{M0} och för global instabilitet γ_{M1} som i Eurokod 3 finns inte eftersom γ_{M0} inte används alls. Det blir då inga hopp vid övergången mellan tvärsnitts-

Fig.2: Tvärsnittet av däck i krigsbron Kb71.



Foto: LTU



Foto: Örnalip/FMV

Fig. 3:
Krigsbro Kb 71.

”Hot spot stress”

Ytterligare ett annat tvisteämne har varit användning av den så kallade ”Hot spot” metoden. Här är skrivningarna nu annorlunda än för stål och överensstämmer med de rekommendationer som ges av International Institute of Welding i dess senaste version från 2004. Den innebär i korthet att man gör jämförande FE-beräkningar på den egna konstruktionen och på den detalj som bäst överensstämmer med denna i tabellerna för detaljkategorier och finner utmattningshållfastheten genom proportionering.

Del 1-4 Kallformad profilerad plåt

Denna del gäller kallformad trapetsformad plåt för tak och fasader och överensstämmer i uppläggning med del 1-3 av Eurokod 3 med den skillnaden att endast trapetsprofilrad plåt behandlas. Z- och C- profiler tillverkas inte genom kallformning av aluminiumplåt utan genom strängpressning i den mån de alls förekommer.

En skillnad mot motsvarigheten för stål är att effektiv tjocklek används för att beakta buckling som i huvuddelen 1-1. Den skiljer sig i det avseendet också från StBK-N5 Tunnlåtnorm 70 men beräkningsmetoderna är i övrigt så gott som identiska med såväl del 1-3 av Eurokod 3 och den svenska tunnplåtsnormen som har varit underlag för både EN 1999-1-4 och EN 1993-1-3. Effektiv tjocklek ger enklare beräkningar än effektiv bredd speciellt vid trapetsprofilrad plåt med veck i livet.

Del 1-5 Skal

Denna del liksom del 1-4 fanns inte med i planeringen av Eurokod 9 från början och dessa delar har därför utarbetats av ”ad hoc”-grupper utan mandat (och därigenom pengar) från CEN. Del 1-5 baseras på del 1-6 av Eurokod 3 och vissa delar av del 3 Torn, master och skorstenar och del 4 Silos, tankar och rör (pipelines). Textmassan i del 1-5 av Eurokod 9 har dock reducerats avsevärt bl a genom att ta bort bilagor av direkt handboks-karaktär och onödiga upprepningar. För svetsade skal har tillkommit regler för inverkan av värmepåverkade zoner.

Skaldelen innehåller regler för cylindriska skal, koniska skal, sfäriska skal, avstyvade skal samt toriskiska och torisfäriska skal.

► klass 2 och 3. Detta gäller även vid böjd och tryckt stång där exponenterna i interaktionsformlerna är beroende av formfaktorn som i BSK.

Del 1 innehåller även regler för förband. För dessa används γ_{M2} tillsammans med brotthållfastheten f_u , liksom för dragbrott i nettotvårsnitt vid försvagning av t ex skruvhål och för värmepåverkad zon vid svets.

Del 1-2 Brand

Flera av dem som tagit fram denna del är desamma som utarbetat motsvarande del för stål. Det är därför naturligt att delarna liknar varandra, men det finns åtminstone en skillnad. Beräkningsmetoderna är baserade på dem i del 1-1 och det finns en möjlighet att använda samma formler som i del 1-1 men som ingångsdata använda den elasticitetsmodul och hållfasthet man har vid den av branden förhöjda temperaturen.

Del 1-3 Utmattning

Vi i projektteamen har varit ganska ense utom i del 1-3 Utmattning. Här är motsättningarna stora mellan England och de övriga EU-länderna. Det beror till stor del på den olyckliga uppdelningen i konstruktionsregler som handhas av TC 250 Structural Eurocodes och utföranderegler som handhas av TC 135

Execution of steel and aluminium structures. Eftersom utmattningshållfastheten är så beroende på utförandet har man i England inte velat acceptera de något större utmattningshållfastheter som förordas av de övriga länderna utan att veta vad som kommer att stå i utföranderegler (EN 1090-3). Arbetet i TC 135 har legat långt efter arbetet i TC 250. Nu finns det förslag även till utföranderegler, men i första omgången röstade England nej i alla fall därför att man bl a tycker att toleranserna för utförandet av vissa svetsar är för vida. Efter mycket intensiva förhandlingar, där frågan t o m varit uppe på departementsnivå i England, har man funnit en acceptabel kompromiss.

Förbandsklasser

Ett annat tvisteämne har varit hur tabellerna för förbandsklasser (Detail categories) skall vara utformade. Den slutliga lösningen är den utformning som alla andra EU-länder utom England röstat ja till, d v s ”vertikal” utformning med utmattningshållfasthet och begränsningar mm för varje typ av detalj på liknande sätt som i BSK. Det finns dock möjlighet att välja någon annan utformning av tabellerna i den nationella bilagan (vilket vi inte kommer att göra i Sverige).

Erfarenheter av att konstruera efter Eurokod 9

Eftersom det inte finns några moderna svenska aluminiumnormer har ENV-versionen av Eurokod 9 bl a använts för dimensionering av krigsbron Kb 71 (syns i fig.3).

Vid tillverkningen används strängpressade profiler som svetsas samman med en ny svetsmetod: Friction Stir Welding, FSW. Denna metod (syns i fig.2) är så ny att den inte finns med i Eurokod 9 annat än att den omnämns som en möjlig metod och att man får använda dimensionering genom provning. Kort uttryckt består den i att en roterande pinne bakar ihop materialet i de delar som ska fogas samman.

Förutom krigsbron har ENV 1999 använts för hissbara däck i bilfärjor som går längs Norges kuster och diverse speciella osymmetriska balkar i rullbord i växthus, telferbalkar och balkar för upphängning av rörliga portar mm. Man har också jämfört Eurokod 9

med nationella standarder t ex BS 8118 och DIN.

Möjlig användning av Eurokod 9

Eurokoden för aluminium kommer att användas till mycket annat än byggnadskonstruktioner. Den i Sverige årliga förbrukningen av aluminium är ungefär 35 kg/person. Cirka en tredjedel av förbrukningen går till byggnadsindustrin, en tredjedel till fordonsindustrin och en tredjedel till förpackningsindustrin.

I byggnader förekommer aluminium i fönster, dörrar, fasader och inredningar, det vill säga inte till det vi räknar som bärande konstruktioner. Bärande konstruktioner i byggbranschen är bland annat glastak, tak- och väggplåt och broar (pontonbroar, rörliga broar, krigsbroar). När det gäller broar är vi faktiskt världsledande i Sverige med ungefär 70 broar med däck av aluminium. I världen i övrigt finns totalt några hundratal aluminiumbroar.

När det gäller broar är vi faktiskt världsledande i Sverige med ungefär 70 broar med däck av aluminium.

Stora bärande konstruktioner i aluminium förekommer i närbesläktade branscher som till exempel offshore (bostadsmoduler, kranar och rörliga broar) och fartyg. Det förväntas också att Eurokod 9 kommer att användas en hel del i fordonsindustrin.

Tidplan

Alla delarna är översatta till tyska och franska och är färdiga för omröstning. Eftersom inga delar varit föremål för slutligt godkännande har inget arbete med nationella bilagor eller översättning till svenska påbörjats ännu.

Läs mer på internet

En mer utförlig artikel finns att ladda ner från www.vbyggaren.se under "Arkiv" – "Bakgrundsartiklar".

www.eurokoder.se

e-post författaren

torsten.hoglund@byv.kth.se



Efter Nordbygg är "träskalle" närmast en hedersbetygelse.

Tack fastighetsägare, arkitekter, konstruktörer, byggare för all uppmärksamhet ni gav oss på Nordbygg. Det sporrar oss att göra det ännu fördelaktigare för framtidens träbyggare. Tveka inte att kontakta oss för nya utmaningar.

Som äkta träskallar är vi alltid redo för "Träbygg utan begränsningar".

937 80 Bygdsiljum • Tel 0914-207 00 • Fax 0914-207 80
info@martinsons.se • www.martinsons.se



NORDCERT



För rätt kvalitet inom betong, ballast, armering och stål

Våra certifieringsmärken



SBS



1505

NORDCERT AB
www.nordcert.se
Tel: 08-34 92 70. Fax: 08-30 70 54