



Som alla stålkonstruktioner ska kranbanor i Sverige dimensioneras enligt Eurokod och i höstas gav SBI ut en anpassad travershandbok [1] som följer reglerna i SS-EN 1993-6 och SS-EN 1991-3. Även kurser i ämnet har anordnats.

En återkommande fråga vid dessa tillfällen rör deformationskraven i bruksgränstillstånd, dvs avsnitt 7 i SS-EN 1993-6. Generellt bör gränsvärden och även gällande lastkombinationer överenskommas för varje projekt, men oftast gäller standardens rekommendationer. En sträng tolkning av dessa leder tyvärr till krav som är svåra att uppfylla. I februari träffades arbetsgruppen WG19 som ansvarar för EN 1993-6. Problemet med otydliga krav i bruksgränstillstånd diskuterades och nya råd ska förberedas för nästa generation av Eurokoderna. Tidshorizonten för ändringar är dock lång. I denna artikel presenteras tankar kring valet av deformationsbegränsningar som kan användas som underlag för diskussioner mellan byggherre, kranleverantör och konstruktör i väntan på en utarbetad standard.

I EN 1993-6 rekommenderas gränsvärden för ett antal vertikal- och horisontaldeformationer för karakteristiska lastkombinationer utan respektive med dynamiska tillskott. Det framgår dock inte tydligt vilka lastgrupper som gäller (jämför tabell 2.2 i EN 1991-3 för kontroll i brottgränstillstånd). För att bestämma vilka lastkombinationer som bör beaktas kan man utgå från syftet med begränsningarna. Generellt behöver en viss styvhet hos kranbanan

och den bärande konstruktionen säkerställas för att:

- uppfylla lastantaganden (dynamiska effekter)
- undvika svängningar, och
- reducera slitage och skador

Vertikaldeformationer

Både max nedböjning av kranbanebalk, δ_z , och nedböjningsskillnad, Δh_c , bör begränsas för att undvika svängningar och alltför stor lutning samt säkerställa felfri drivning hos traversen och trallen. De rekommenderade värdena $L/600$ respektive $s/600$ ses som relativt stränga. I Tyskland tillåts $L/500$ för vanliga kranar vilket motsvarar tidigare praxis i Sverige. En absolut begränsning, t.ex. $\delta_z \leq 25$ mm, är svårare att uppfylla för stora spännvidder men kan motiveras om det ställs krav på kontroll av höjdläge. Nedböjningar beräknas erfarenhetsmässigt för karakteristiska vertikala hjullaster utan dynamisk tillskott:

$$E_d = E\{Q_c + Q_h\}$$

Horisontaldeformationer

Fyra typer av horisontaldeformationer begränsas:

- Horisontell utböjning av kranbanebalk, δ_y ;
- Horisontell förskjutning av ram, δ_x ;
- Skillnaden i horisontalförskjutning mellan angränsande ramar, $\Delta\delta_y$, och;
- Spännviddsförändring Δs .



Horisontell utböjning och förskjutning begränsas i första hand för att undvika svängningar. Dessa dynamiska effekter är komplexa men empiriska gränsvärden möjliggör enkla kontroller. Olika metoder och laster har använts. I den tidigare travershandboken [2] uppskattades egenfrekvensen. I SS-EN 1993-6 begränsas utböjningen av kranbanebalken i höjd med rälsens överkant till $L/600$. I praktiken är resultaten jämförbara. Förutom ren böjning i sidled medför de excentriska horisontella lasterna en vridning av kranbanebalken. Vid bestämning av δ_y bör bidraget från vridning beaktas. Normalt tas dock δ_y som utböjning av överflänsen enbart. Denna förenkling är mycket på säker sida för låga valsade profiler. För höga svetsade profiler kan däremot en noggrannare analys med andra ordningens teori behövas. Störst utböjning i sidled fås normalt för skevgångskraften H_s . Ramens eller pelarens förskjutning begränsas på liknande sätt till $h_c/400$ där h_c är höjden till kranens upplagsnivå. Denna förskjutning baseras på kranlasten enbart, dvs normalt skevgångskraften H_s . Skillnaden i horisontalförskjutning mellan angränsande ramar, $\Delta\delta_y$, och spännviddsförändringen Δ_s begränsas för att reducera slitage och skador på räl och styrordningar.

Hittills har den generella tolkningen varit, se travershandboken [1], att $\Delta\delta_y$ och Δ_s beräknas för karaktäristiska sidolaster (skevgångskraft). Kraven blir dock ofta orimliga, särskilt vad gäller spännviddsförändring. Anmärkningen i EN 1993-6 tabell 7.1, att ett större gränsvärde eventuellt kan användas i samråd med kranleverantören, skulle dock leda till större spel och ökad skevgångskraft vilket motverkar sitt syfte. Uppenbarligen behövs en ny tolkning. Med hänsyn till slitage kan förskjutningarna beräknas utifrån vanliga, återkommande laster. För en kranbana i bra skick uppstår sällan horisontella krafter, och när de uppstår sker det vid olika lägen på ett slumpmässigt sätt som gör att deras bidrag till slitage kan ses som litet. Samma resonemang används nämligen vid kontroll för utmattningsnivå, där de horisontella lasternas bidrag brukar försummas. Vissa undantag kan förekomma om t.ex. på- och avlastning

sker konsekvent vid samma läge, eller om toleranser inte hålls och skevgångskraften upprepas ofta.

I vanligt fall bör förskjutningarna kunna beräknas utifrån skillnader i vertikala hjullaster samt andra effekter av t.ex. snö- och vindlaster med ojämn fördelning eller olika styvheter hos stommen. Effekter av permanenta laster så som egenvikt och sättningar kompenseras däremot genom justering av banan. Slitage och risk för skador ökar givetvis med användningens frekvens. Gränsvärden kan därför anpassas efter kranens driftklass. Ett förslag presenteras av Meister [3].

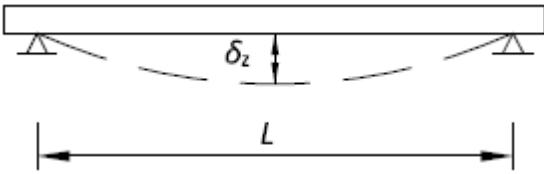
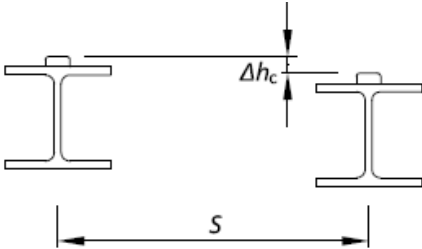
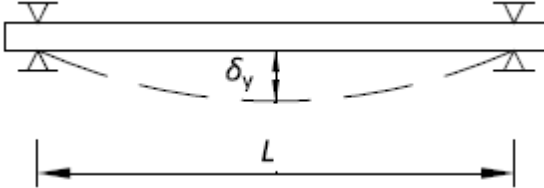
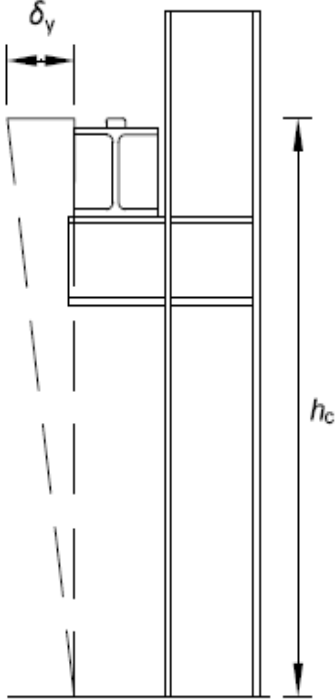
Toleranser vs. Deformationer

För konstruktören är deformationer och initiala geometriska avvikelser två oberoende saker som behandlas på olika sätt. För kranleverantören däremot är skillnaden inte relevant, huvudsak är att den totala avvikelserna hålls inom vissa gränser.

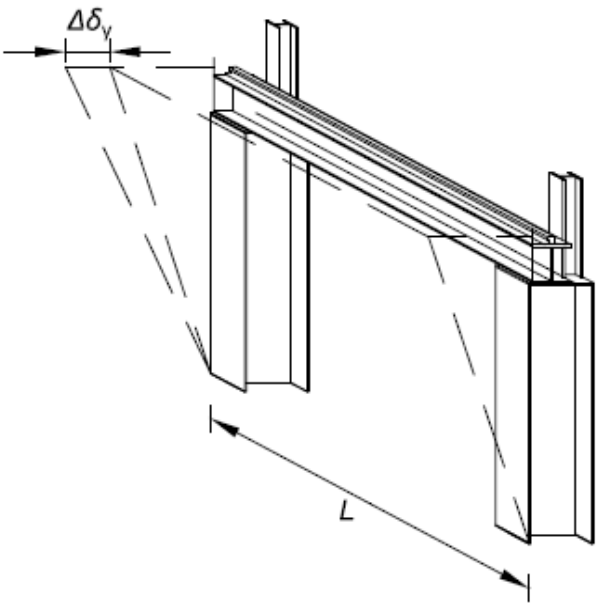
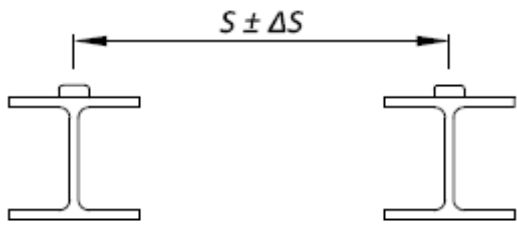
Toleranser för åkhjul och räls anges i ISO 12488-1. Där skiljer man mellan *Construction tolerances* och *Operational tolerances*. *Construction tolerances* motsvarar i princip monterings toleranser i EN 1090-2 medan *Operational tolerances* är en kombination av *Construction tolerances* och tillkommande deformationer i drift.

I ISO 12488-1 definieras fyra *tolerance classes* (1 till 4) där *tolerance class 1* är snävast. I EN 1090-2 anges funktionstoleranser för kranbanor i tabell D.2.21. Om inget anges förutsatt toleransklass 1 med liknande krav som *tolerance class 3*. Den snävare toleransklass 2 motsvarar *tolerance class 2*.



Beskrivning	Figur och beteckningar	Kommentarer
<p>Nedböjning av kranbanebalk:</p> <p>$\delta_z \leq L/600$ och $\delta_z \leq 25$ mm</p>		<p><u>Syfte:</u> Undvika svängningar och för stor lutning ("dalbana")</p>
<p>Nedböjningsskillnad mellan två balkar:</p> <p>$\Delta h_c \leq s/600$</p>		<p><u>Lastfall:</u> Karakteristiska vertikala hjullaster utan dynamiskt tillskott: $E_d = E\{Q_c + Q_h\}$</p>
<p>Horisontell utböjning av kranbanebalk:</p> <p>$\delta_y \leq L/600$</p>		
<p>Horisontell förskjutning av ram eller pelare:</p> <p>$\delta_y \leq h_c/400$</p>		<p><u>Syfte:</u> Undvika svängningar</p> <p><u>Lastfall:</u> Horisontella kranlaster enbart, normalt skevgångskraft H_s</p>



<p>Skillnaden i horisontalförskjutning mellan angränsande ramar eller pelare:</p> <p>$\Delta\delta_y \leq L/600$</p>		<p><u>Syfte:</u> Reducera slitage och skador</p> <p><u>Lastfall:</u> skillnader i vertikala hjullaster, effekter av ojämna kvasi permanenta laster (t.ex. snö) eller ojämn styvhet hos stommen</p>
<p>Spännviddsförändring mellan rälcetra:</p> <p>$\Delta s \leq 10 \text{ mm}$</p>		

Referenser

- [1] Husson W. *Traverskranbana - Handbok för dimensionering av kranbanebalkar*. Publikation 195, 1 Upplagan, Stålbyggnadsinstitutet, Stockholm, 2016.
- [2] Granström A., Treiberg T. *Traverskranbana - Handbok för dimensionering av kranbane balkar*. Publikation 109, Stålbyggnadsinstitutet, Stockholm, 1994.
- [3] Meister, J (2002). *Überlegungen zum Nachweis der gebrauchstauglichkeit von Kranbahnen und Kranbahnunterstützungen (Teil 1 und 2)*, Stahlbau 71, Heft 3-4(på tyska).

Författare: Wylliam Husson, ProDevelopment

