

Projektering av prefabstommar

Vestmanska palatset
2026-06-04

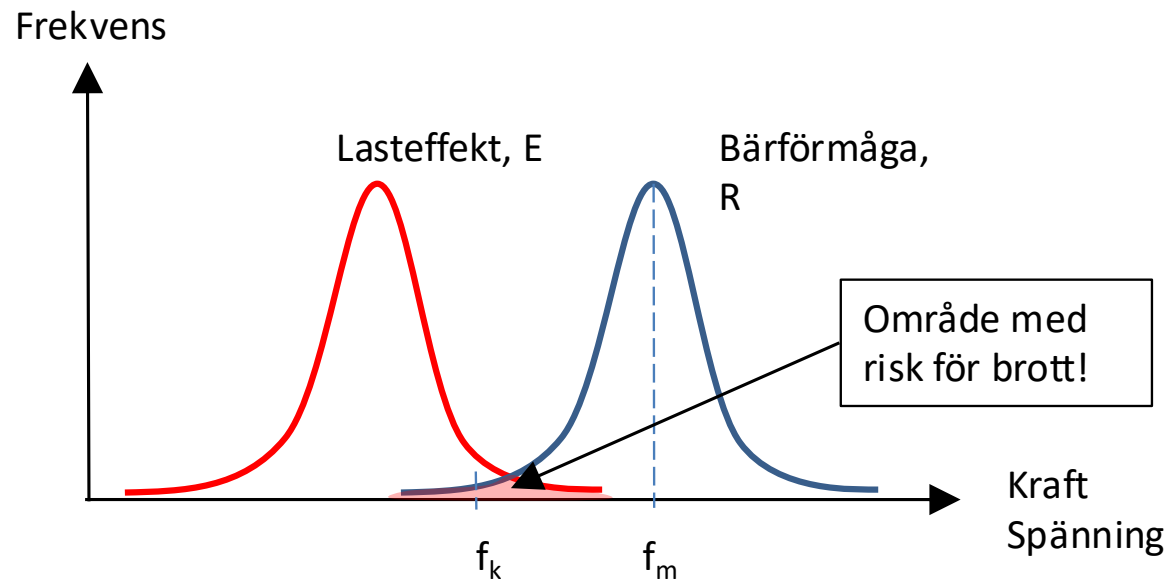
Jan Stenmark Prefabsystem



Innehåll

- Lastnedräkning och lastkombinationer
- Z-plåt
- Skarvning av tjocka plåtar
- Lådbalkar med öppet eller slutet hålrum
- Våga variera utförandeklass
- Rostskydd av stål
- Komponenter i stombyggnad och dimensionering
- Att göra förfrågningsunderlag
- Egensvängningar och dynamisk respons

Laster och bärförmåga



Teorin bakom bygger på matematisk statistik
 Det karakteristiska värdet beror på medelvärdet och standardavvikelsen
 $f_k = f_m - k \cdot s$, där $k=1.7-2.5$ beroende på hur många försök man gjort

SS-EN 1990

6.4.3 Lastkombinationer (exklusive utmattningsberäkningar)

6.4.3.1 Allmänt

(1)P För varje kritiskt lastfall skall dimensioneringsvärden för lasteffekter (E_d) bestämmas genom att kombinera lastvärden som anses verka samtidigt.

(2) Varje lastkombination bör bestå av:

- en variabel last som huvudlast eller
- en olyckslast.

(3) Lastkombinationerna bör väljas enligt 6.4.3.2 t.o.m. 6.4.3.4.

(4)P Där verifieringsresultaten är mycket känsliga för variationer av storleken av en permanent last från punkt till punkt på bärverket, skall de ogynnsamma och gynnsamma delarna av lasten betraktas som individuella laster.

ANM. Detta gäller särskilt vid verifiering av statisk jämvikt och analoga gränstillstånd, se 6.4.2(2).

(5) Där flera effekter av en last (t.ex. böjmoment och normalkraft orsakade av egentyngd) inte är fullt korrelerade, kan partialkoefficienten som tillämpas för en gynnsam komponent reduceras.

ANM. För ytterligare vägledning i detta ämne se avsnitten om vektoriella effekter i EN 1992 t.o.m. EN 1999.

(6) Påtvingade deformationer bör beaktas i förekommande fall.

ANM. För ytterligare vägledning se 5.1.2.4(P) och EN 1992 t.o.m. EN 1999.

Säkerhetsklasser

Ur EKS:

- 3 §** Byggnadsverksdelar får hänföras till säkerhetsklass 1, om minst ett av följande krav är uppfyllt
1. personer vistas endast i undantagsfall i, på, under eller invid byggnadsverket,
 2. byggnadsverksdelen är av sådant slag att ett brott inte rimligen kan befaras medföra allvarliga personskador, eller
 3. byggnadsverksdelen har sådana egenskaper att ett brott inte leder till kollaps utan endast till obrukbarhet.
- 4 §** Byggnadsverksdelar ska hänföras till säkerhetsklass 3, om följande förutsättningar samtidigt föreligger
1. byggnadsverket är så utformat och använt att många personer ofta vistas i, på, under eller invid det,
 2. byggnadsverksdelen är av sådant slag att kollaps medför stor risk för allvarliga personskador, och
 3. byggnadsverksdelen har sådana egenskaper att ett brott leder till omedelbar kollaps.
- 5 §** Byggnadsverksdelar som inte omfattas av 3 och 4 §§ i detta kapitel ska hänföras till lägst säkerhetsklass 2.

Indelning i säkerhetsklasser finns inte med i Eurokodsystemet, det är ett nationellt val som Sverige har gjort.

Inverkan av säkerhetsklasser fås genom att multiplicera lasterna med faktorn γ_d som är 1.0 för säkerhetsklass 3, 0.91 för klass 2 och 0.83 för säkerhetsklass 1.

Konsekvensen av ett brott är avgörande för val av säkerhetsklass. I BKR finns mer nyanserad text om val av säkerhetsklasser

Nyttiga laster enligt EKS

Tabell C-1 Nyttig last på bjälklag m.m. i byggnader

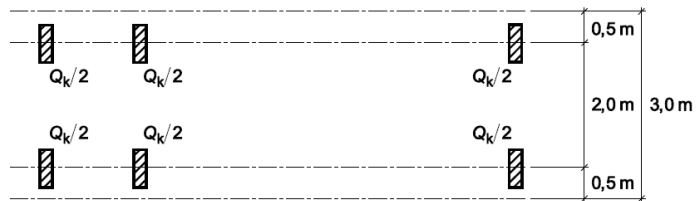
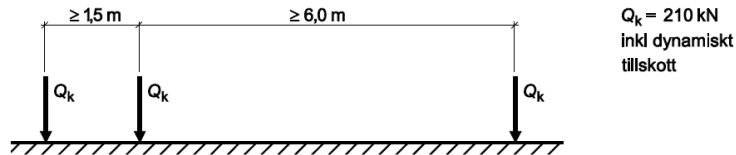
Kategori	q_k [kN/m ²] ^a	Q_k [kN] ^a
A: rum och utrymmen i bostäder		
– Bjälklag	2,0	2,0
– Trappor	2,0	2,0
– Balkonger	3,5	2,0
– Vindsbjälklag I	1,0	1,5
– Vindsbjälklag II	0,5	0,5
B: kontorslokaler	2,5	3,0
C: samlingslokaler ^b		
– C1: Utrymmen med bord, etc. t.ex. lokaler i skolor, caféer, restauranger, matsalar, läsrum, receptioner.	2,5	3,0
– C2: Utrymmen med fasta sittplatser, t.ex. kyrkor, teatrar eller biografteater, konferenslokaler, föreläsningssalar, samlingslokaler, väntrum samt väntsalar på järnvägsstationer.	2,5	3,0
– C3: Utrymmen utan hinder för människor i rörelse, t.ex. museer, utställningslokaler, etc. samt kommunikationsutrymmen i offentliga byggnader, hotell, sjukhus och järnvägsstationer.	3,0	3,0
– C4: Utrymmen där fysiska aktiviteter kan förekomma, t.ex. danslokaler, gymnastiksal, teaterscener.	4,0	4,0
– C5: Utrymmen där stora folksamlingar kan förekomma, t.ex. i byggnader avsedda för offentliga sammankomster såsom konserthallar, sporthallar inklusive ståplatsläktare, terrasser samt kommunikationsutrymmen och plattformar till jämvägar.	5,0	4,5
D: affärslokaler		
– D1: Lokaler avsedda för detaljhandel.	4,0	4,0
– D2: Lokaler i varuhus.	5,0	7,0

Kategorier för utrymmen med fordonstrafik	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Kategori F Fordon med bruttotyngd ≤ 30 kN	q_k	Q_k
Kategori G Fordon med bruttotyngd > 30 kN och ≤ 160 kN	5,0	Q_k
ANM. 1 För kategori F kan q_k väljas inom intervallet 1,5 till <u>2,5</u> kN/m ² och Q_k kan väljas inom intervallet 10 till <u>20</u> kN.		
ANM. 2 För kategori G kan Q_k väljas inom intervallet 40 till <u>90</u> kN.		
ANM. 3 Där ett intervall av värden anges i anmärkningarna 1 & 2 kan värdet anges i den nationella bilagan. De rekommenderade värdena är understruken.		

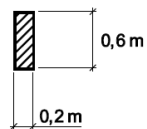
Tabell B-1 ψ -faktorer

Last	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Nyttig last i byggnader			
Kategori A: rum och utrymmen i bostäder	0,7	0,5	0,3
Kategori B: kontorslokaler	0,7	0,5	0,3
Kategori C: samlingslokaler	0,7	0,7	0,6
Kategori D: affärslokaler	0,7	0,7	0,6
Kategori E: lagerutrymmen	1,0	0,9	0,8
Kategori F: utrymmen med fordonstrafik, fordonstyngd ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Kategori G: utrymmen med fordonstrafik, 30 kN < fordonstyngd ≤ 160 kN	0,7	0,5	0,3
Kategori H: yttertak	0,0	0,0	0,0
Snölast med beteckningar enligt EN 1991-1-3 $s_k \geq 3$ kN/m ²			
$2,0 \leq s_k < 3,0$ kN/m ²	0,7	0,4	0,2
$1,0 \leq s_k < 2,0$ kN/m ²	0,6	0,3	0,1
Vindlast	0,3	0,2	0,0
Temperaturlast (ej brand) i byggnad	0,6	0,5	0,0

Laster från fordon



Lastfält



Lastyta

- Inverkan av mindre fordon sker genom att dimensionera för axeltryck enligt kategori F och G
- Inverkan av enstaka tyngre fordon sker genom att dimensionera för en lastgrupp enligt figur C-1, $\varphi=0$
- Inverkan av räddningsfordon och mindre arbetsfordon sker genom att dimensionera för 40% av en lastgrupp enligt C-1, vilket ger $Q_k=0.40 \cdot 210=84 \text{ kN}$, $\varphi=0$

Laster

Snölast	<u>Variabel</u> bunden last (finns dock snödrift)
Vindlast	<u>Variabel</u> bunden last
Nyttig last	<u>Variabel</u> fri last
Egentyngd	Permanent bunden last (utom enligt 6.4.3.1 (4)!!)

Att tänka på:

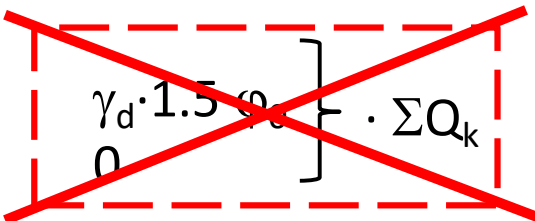
Variabel fri last kan uppträda med ogynnsammaste lastställning (eller inte alls!)

Variabel last kan vara huvudlast i lastkombination

Lastkombination 6.10a

Lastkombinationen blir dimensionerande vid stor andel egentyngd

Reduktionsfaktorerna α_A och α_n får inte kombineras i lastkombination 6.10a

$$\left[\begin{array}{l} \gamma_d \cdot 1.35 \\ 1.0 \end{array} \right] \cdot G_k + \left[\begin{array}{l} \gamma_d \cdot 1.5 \alpha_A \\ 0 \end{array} \right] \cdot \Sigma Q_k$$


Egentyngd
(huvudlast)

Kombinationslaster

NYTT I EKS 11!

Lastkombination 6.10b

Lastkombinationen är oftast dimensionerande i brottgränstillstånd.

$$\left[\begin{array}{l} \gamma_d \cdot 1.2 \\ 1.0 \end{array} \right] \cdot G_k + \left[\begin{array}{l} \gamma_d \cdot 1.5 \\ 0 \end{array} \right] \cdot Q_k + \left[\begin{array}{l} \gamma_d \cdot 1.5 \cdot \varphi_0 \\ 0 \end{array} \right] \cdot \Sigma Q_k$$

Egentyngd

Huvudlast

Kombinationslaster

Lastkombination 6.10 EQU

Lastkombinationen används för att kontrollera förlorad statisk jämvikt och får inte användas för dimensionering.

$$\left. \begin{array}{l} \gamma_d \cdot 1.1 \\ 0.9 \end{array} \right\} \cdot G_k + \left. \begin{array}{l} \gamma_d \cdot 1.5 \\ 0 \end{array} \right\} \cdot Q_k + \left. \begin{array}{l} \gamma_d \cdot 1.5 \cdot \varphi_0 \\ 0 \end{array} \right\} \cdot \Sigma Q_k$$

Egentyngd

Huvudlast

Kombinationslaster

Lastkombination 6.11b

Lastkombination 6.11b används för olyckslaster som brand och påkörning. Observera att α_a inte får användas i kombination med ψ -faktorer

$$\boxed{1.0 \cdot G_k} + \boxed{A_d} + \boxed{\varphi_1 \cdot Q_k} + \boxed{\sum \varphi_2 \cdot Q_i}$$

Egentyngd
Olyckslast
Största last
Kombinationslaster

Med vind som största last blir skillnaden $0.2/1.5 = 7.5$ jämfört med brottgränstillstånd eller motsvarande 13% av lasten i brottgränstillstånd

Lastkombinationer i bruksgränstillstånd

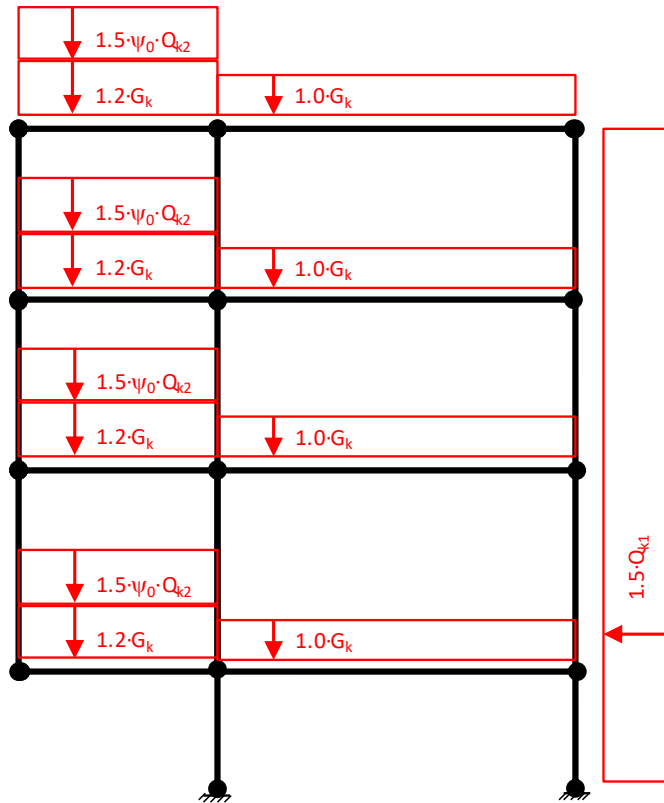
Lastkombination 6.15b ,”frekvent kombination” kallades tidigare korttidslast och används för reversibla deformationer.

$$\boxed{1.0 \cdot G_k} + \boxed{\varphi_1 \cdot Q_k} + \boxed{\sum \varphi_2 \cdot Q_i}$$

Lastkombination 6.16b ,”kvasi-permanent kombination” kallades tidigare långtidslast och används för långtidseffekter.

$$\boxed{1.0 \cdot G_k} + \boxed{\sum \varphi_2 \cdot Q_i}$$

Inverkan av egentygnd

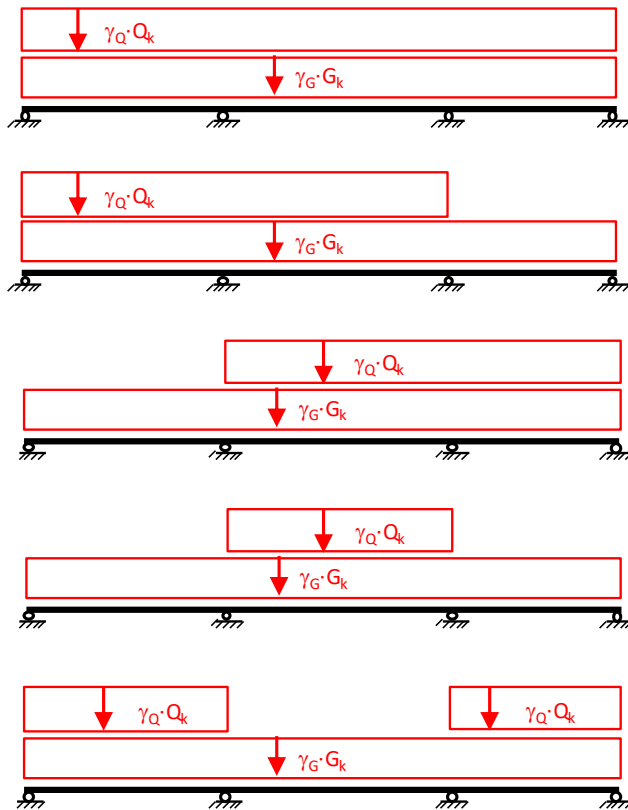


Om systemet är extremt känsligt för variation av egentygnd så skall ogynnsamma och gynnsamma delar av egentygnden betraktas som separata laster.

Se figuren hur det skulle kunna se ut med lastkombination 6.10b och säkerhetsklass 3.

Variabla laster behöver bara uppträda där de ställer till med mest skada!

Inverkan av variabla laster



Eftersom all nyttig last är fri så blir det många lastkombinationer.

Bilaga AB i SS-EN 1993-1-1 ger förenklade regler för balkar som belastas med utbredd last och som inte har utskjutande konsoler

För brottgränstillstånd så krävs det ändå för 5 lastupställningar för både 6.10a och 6.10b för att kontrollera en trefacksbalk.

För en fyrfacksbalk blir det 7 lastupställningar!

Reduktion av ytlaster

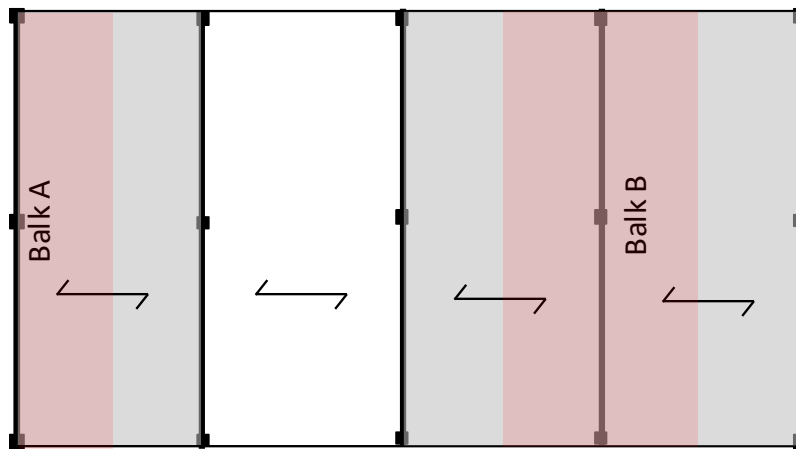
- Det är osannolikt att den variabla lasten verkar på stora ytor eller på flera våningar samtidigt.
- α_A och α_n får användas samtidigt för lastkombination 6.10a och 6.10b för laster i kategori A och B och ger möjlighet att reducera lasten med avseende på belastad yta och antal våningar.
- α_n får dock inte användas tillsammans med φ -faktorer vilket gör att det krävs relativt många våningar för att det ska vara ide att använda den, dessutom blir lasten olika på olika våningar.
- Vid dimensionering för olyckslast (lastkombination 6.11) får inte α_A användas tillsammans med φ -faktorer.

$$\alpha_A = \frac{5}{7} \cdot \varphi_0 + \frac{10}{A_{bel}} \quad \alpha_A > 0.6 \quad \text{För kategori C och D}$$

$$\alpha_n = \frac{2 + (n - 2) \cdot \varphi_0}{n} \quad n > 2$$

Reduktion med α_a

- Gäller alla lastkombinationer förutom olyckslast enligt 6.11
- Den belastade arean är all area där en fiktiv punktlast ger positiv influens



Balk B har dubbelt så stor belastad area som A!

Belastad area ska inte blandas ihop med influensarean

Reduktion med α_N

Exempel: Räkna fram dimensionerande last i en pelare i ett bostadshus i snözon 2 med $\mu=0.8$ och 25 m² influensarea. Den belastade arean antas vara 50 m² och bjälklagens egentyngd 5 kN/m² förutom takbjälklaget som antas väga 4 kN/m².

Plan	n	α_n	α_A	Last	Utan reduktion	α_n	α_A	$\alpha_n + \alpha_A$
7 (tak)				Snölast	162	180	162	180
6	0	1.00	0.70	Kategori B	225	225	203	203
5	1	1.00	0.70	Kategori B	225	225	203	203
4	2	1.00	0.70	Kategori B	225	225	203	203
3	3	0.90	0.70	Kategori B	225	218	203	197
2	4	0.85	0.70	Kategori B	225	214	203	195
1	5	0.82	0.70	Kategori B	225	212	203	193
	5.57				1 512	1 498	1 377	1 372
						-0.9%	-8.9%	-9.2%

Att kombinera båda faktorerna ger knappt mätbar reduktion!

Reduktion med α_N forts.

Samma eksempel som tidligere fast fler våningar

Plan	n	α_n	α_A	Last	Utan reduktion	α_n	α_A	$\alpha_n + \alpha_A$
11 (tak)				Snölast	162	180	162	180
10	0	1,00	0,70	Kategori B	225	225	203	203
9	1	1,00	0,70	Kategori B	225	225	203	203
8	2	1,00	0,70	Kategori B	225	225	203	203
7	3	0,90	0,70	Kategori B	225	218	203	197
6	4	0,85	0,70	Kategori B	225	214	203	195
5	5	0,82	0,70	Kategori B	225	212	203	193
4	6	0,80	0,70	Kategori B	225	210	203	192
3	7	0,79	0,70	Kategori B	225	209	203	191
2	8	0,78	0,70	Kategori B	225	208	203	191
1	9	0,77	0,70	Kategori B	225	208	203	190
Summa	8,70				2 412	2 332	2 187	2 137
						-3,3%	-9,3%	-11,4%

Z-plåt

SIS Enanvändarlicens: Prefabsystem Entreprenad Svenska AB, 2014-03-31

SS-EN 1993-1-10:2005 (E)

Table 3.2: Criteria affecting the target value of Z_{Ed}

a)	Effective weld depth a_{eff} (see Figure 3.2) = throat thicken. a of fillet welds		Z_d
Weld depth relevant for straining from metal shrinkage	$a_{eff} \leq 7\text{mm}$	$a = 5\text{ mm}$	$Z_d = 0$
	$7 < a_{eff} \leq 10\text{mm}$	$a = 7\text{ mm}$	$Z_d = 3$
	$10 < a_{eff} \leq 20\text{mm}$	$a = 14\text{ mm}$	$Z_d = 6$
	$20 < a_{eff} \leq 30\text{mm}$	$a = 21\text{ mm}$	$Z_d = 9$
	$30 < a_{eff} \leq 40\text{mm}$	$a = 28\text{ mm}$	$Z_d = 12$
	$40 < a_{eff} \leq 50\text{mm}$	$a = 35\text{ mm}$	$Z_d = 15$
	$50 < a_{eff}$	$a > 35\text{ mm}$	$Z_d = 15$
b)	Shape and position of welds in T- and cruciform- and corner-connections		$Z_b = -25$
	corner joints		$Z_b = -10$
	single run fillet welds $Z_d = 0$ or fillet welds with $Z_d > 1$ with buttering with low strength weld material		$Z_b = -5$
	multi run fillet welds		$Z_b = 0$
	partial and full penetration welds with appropriate welding sequence to reduce shrinkage effects		$Z_b = 3$
	partial and full penetration welds		$Z_b = 5$
corner joints		$Z_b = 8$	
c)	Effect of material thickness s on restraint to shrinkage		$Z_s = 2^*$
	$s \leq 10\text{mm}$		$Z_s = 4^*$
	$10 < s \leq 20\text{mm}$		$Z_s = 6^*$
	$20 < s \leq 30\text{mm}$		$Z_s = 8^*$
	$30 < s \leq 40\text{mm}$		$Z_s = 10^*$
	$40 < s \leq 50\text{mm}$		$Z_s = 12^*$
	$50 < s \leq 60\text{mm}$		$Z_s = 15^*$
$60 < s \leq 70\text{mm}$		$Z_s = 15^*$	
$70 < s$		$Z_s = 15^*$	
d)	Low restraint:	Free shrinkage possible (e.g. T-joints)	$Z_d = 0$
	Medium restraint:	Free shrinkage restricted (e.g. diaphragms in box girders)	$Z_d = 3$
	High restraint:	Free shrinkage not possible (e.g. stringers in orthotropic deck plates)	$Z_d = 5$
e)	Influence of preheating		$Z_c = 0$
	Preheating $\geq 100^\circ\text{C}$		$Z_c = -8$

* May be reduced by 50% for material stressed, in the through-thickness direction, by compression due to predominantly static loads.

- Z-plåt är plåt med dokumenterade egenskaper i tjockleksriktningen
- Z-plåt finns normalt inte på lager!
- SS-EN 1993-1-10 ger rekommendationer
- Om $Z_{Ed} \leq 10$ krävs inte plåt med option Z35 enligt EN 10164
- Ofta klarar man sig om kälsvetsar har a-mått mindre än 7 mm och plåtar som är högst 30 mm tjocka

Exempel

Välj: PL - 8x220x500

$\alpha \leq 10$ mm, $Z_a = 3$

källsvetsar lagda med flera sträng, $Z_b = 0$

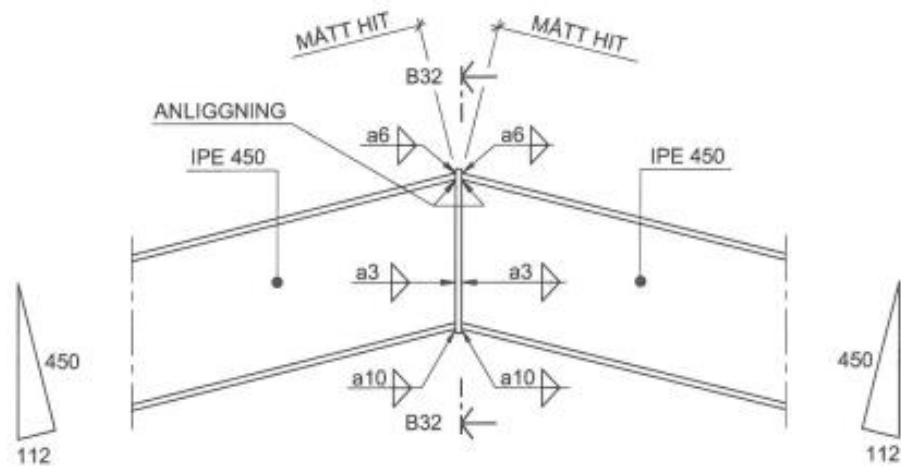
$t_p \leq 10$ mm, $Z_c = 2$

fri krympning möjlig, $Z_d = 0$

ingen förvärmning, $Z_e = 0$

$Z_{tot} = 3+0+2+0+0 = 5 \leq 10 \Rightarrow$ inget krav på Z-plåt.

Z-värden enligt tabell 3.2 i standarden summeras för förbandet

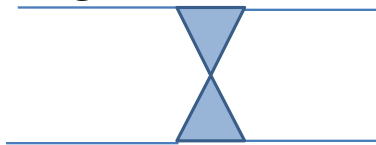


A32 BALK

Exempel - skarvning av plåtar

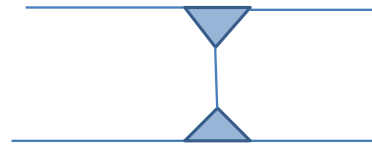
En 40 mm tjock plåt till överflänsen på en hattbalk skall skarvas

Fullt genomsvetsad
stumsvets med generellt
läge i längsled:



10 + 10 strängar och 2-3
vändningar
8 tim i verkstad
1-2 dagar på
arbetsplatsplats

Dubbel Y-fog med
anpassat läge i längsled:



1+1 strängar (< 6 mm) och max en
vändning
<1 tim i verkstad
<<1 dag på arbetsplatsplats

Lådbalkar med öppna eller slutna hålrum

Öppet hålrum

- Allt som rinner in kan rinna ut (om hålen är tillräckligt stora)
- Fungerar bara vid C0 och C1
- Risk att rostigt vatten dyker upp i ett sent skede
- Risk att det kommer in betong vid gjutning

Slutet hålrum (tätsvetsad)

- Inget kommer in (eller ut!)
- Fungerar även vid utomhuskonstruktioner
- Risker med bristfällig tätsvetsning

Våga variera utförandeklass!

- EN 1090 har fyra utförandeklasser EXC1-EXC4
- Med högre utförandeklass följer mer kontroll i tillverkning och montage
- Rekommendationer för val av utförandeklasser ges i EN 1993-1-1 bilaga C
- Om inget finns angivet kan man anta att EXC2 gäller
- Även om det är CC3 och säkerhetsklass 3 så räcker EXC2
- Restriktioner för val av EXC1 a) till d) behöver inte följas
- Allt med CC1 kan således vara i EXC1
- Valet av konsekvensklass skall baseras på tillförlitlighetsnivå (=säkerhetsklass), typ av detalj och typ av belastning
- Sammantaget kan allt i säkerhetsklass 1 vara EXC1

Krav på svetsansvarig enligt EN 1090

Utförandeklass	Stål	Tjocklekar (mm)		
		$T \leq 25^a$	$25 < T \leq 50^b$	$T > 50$
EXC1	Alla			
EXC2	S235-S355	B	S	C ^c
	S420-S700	S	C ^d	C
EXC3	S235-S355	S	C	C
	S420-S700	C	C	C
EXC4	Alla	C	C	C

a Fot- och ändplåtar till pelare upp till 50 mm

b Fot- och ändplåtar till pelare upp till 75 mm

c För stål upp till och med S275 räcker S

d För stål N, NL, M och ML räcker S

Exempel EXC1

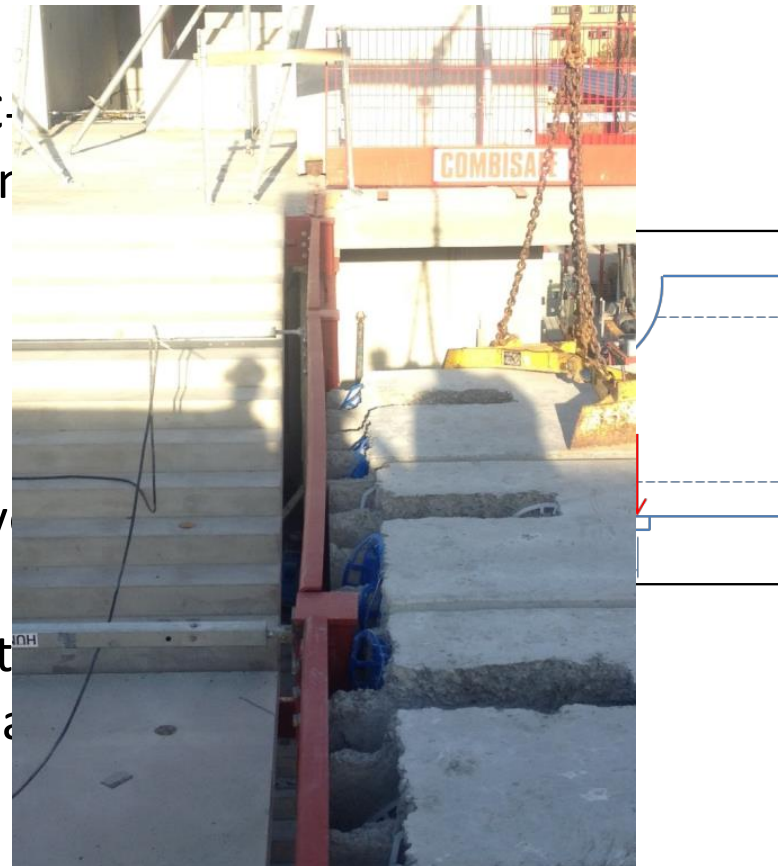
- Kvalitetsdokumentation enligt 4.2.1 krävs inte i EXC1
- Inga krav på skurna ytor enligt EN-ISO 9013
- Inga krav på spårbarhet
- Ingen svetsplan
- Ingen WPS

Rostskydd av stål

- Målning kan klara C1-C5 (40-320 μm)
- Formellt krävs inte målning i C1 av beständighetsskäl men då många konstruktioner skall täck- eller brandskyddsmålas brukar man föreskriva 40 μm
- Alla målningssystem är inte lika kulörbeständiga eller tåliga mot nötning
- Hålrum kan vara obehandlade om de är förseglade, man kan då föreskriva tätsvetsning
- Varmförzinkning klarar C3-C5 (85-165 μm)
- Vid varmförzinkning måste hålrum vara öppna
- Begräsning i längd, ofta max 12 m
- Ofta är rörprofiler opraktiska vid varmförzinkning
- Nya färgsystem typ Zinga och Fontezinc HR skapar nya möjligheter

Balkar av stål

- Integrerade balkar typ HSQ eller C-
- Enkelsidiga balkar förses med vridr
- Vridstyva balkar stämpas i ändar
- Balkar med öppna tvärsnitt måste längsled
- Kontinerliga balkar är ofta bäst
- ...men fritt upplagda balkar kan öv
- egentygden
- Hattbalkar tillhör normalt tvärsnitt
- Större svetsade balkar hamnar ofta



Pelare av stål

- Våningshöga pelare av KKR oftast enklast
- ..men i fasad kan flervåningshöga pelare med fritt upplagda balkar vara ett alternativ



Pelare av betong



Håldäcksplattor

- Förspända extruderade betongelement
- Armerade med spännlinor 12-13 mm i diameter
- Betong ca C50/60 och spännarmering 0.1 gräns ca 1600 MPa
- Förspänningsnivå 900-1100 MPa
- Maximala spännvidder och egentygder:

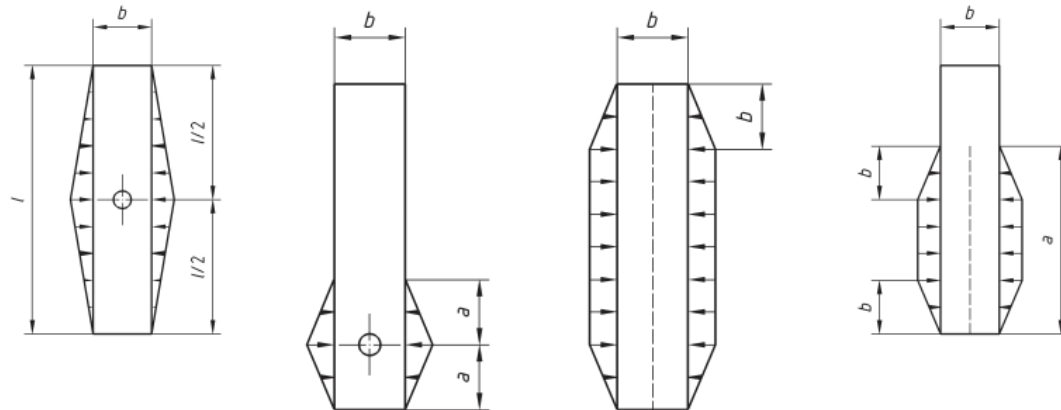
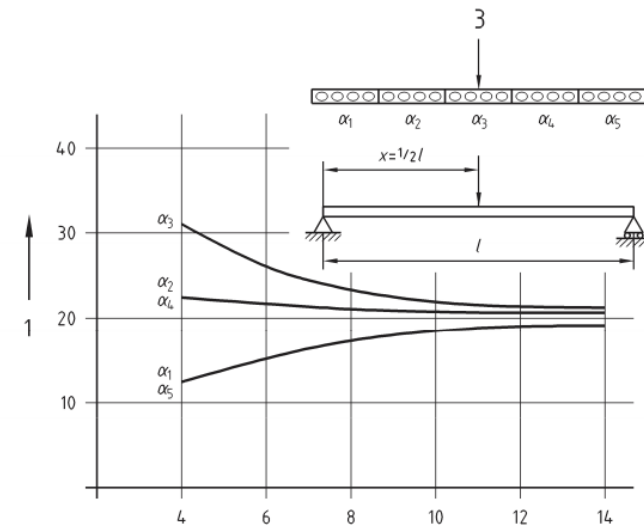
120/20	10 m	290 kg/m ²
120/27	12 m	360 kg/m ²
120/32	14 m	420 kg/m ²
120/38	17 m	460 kg/m ²
120/40	18 m	460 kg/m ²

Håldäcksplattor



Håldäcksplattor, dimensionering

- Upplagslängd normalt 80-100 mm
- Lastspridning i sidled enligt SS-EN 1168 bil 20-30% av lasten stannar kvar i den belastade plattan
- Bjälklag med dragband fungerar som stöv
- Fogar kontrolleras enligt EK 2
- Laster nära upplag sprids



Förband - stål

- Skruvade kopplingar ger oftast lägst totalkostnad
- Helgängad skruv 8.8 enligt ISO 4017 är enklast, delgängad enligt ISO 4014 är starkare men kräver anpassning med brickor för att få rätt klämlängd
- Bra med bricka under både mutter och skruv
- Passplåtar (1 mm) krävs för att klara tjocklekstoleranser i gjutna kopplingar
- Åtdragningsmoment enligt BSK eller 1090 Handboken
- Bäst är att räkna ut momenten med rätt friktionskoefficient
- Svetsning på plats bör undvikas, det krävs WPS och kvalificerade svetsare enligt EN 287-1 samt svetsansvarig
- Dessutom krävs väderskydd och hantering av elektroder
- Svetsning i gängat material och armeringsjärn bör undvikas

Skruv-dimension (mm)	Hävarm vid manuell åtdragning (mm)		Moment vid åtdragning (Nm)	
	Skruv och mutter i leveranstillstånd ¹	Vaxad mutter	Skruv och mutter i leveranstillstånd ¹	Vaxad mutter
12	150	100	70	50
16	350	200	200	100
20	500	300	350	210
22	800	500	500	300
24	1000	600	600	350
27	1500	900	900	550
30	2000	1300	1250	750
36		2400	2350	1400

Svets på plats är enkel att rita...



Svetsning

Europeiska (internationella^{b)}) standarder för smältsvetsning

KVALITETSSÄKRING vid svetsning ^a	
SS-EN ISO 3834	
Gruppering av material	
Svetsarprovning	
Svetsdatablad (WPS)	
Kvalificering av svetsprocedurer	
Prövning av operatörer	
OPF-personal	
Tillsyn vid svetsning	
Kontroll under svetsning	
- Mätning av arbetstemp	
- Rekommendationer för svetsning	
- Jämförelse av metoder	
- att undvika kallsprickor	
Kontroll efter svetsning	
- OFF – Allmänna regler	
- Synning/Visuell kontroll	
- Radiografering	
- Ultraljudsprövning	
- Magnetpulverprovning	
- Makro- & mikroskopi	
- Penetrantprovning (generellt)	
Värmebehandling efter svetsning	
Kalibrering/validering	

Bägsvetsning	
Stål	Aluminium
SIS-CEN ISO/TR 15605, 20172, 20173, 20174	
SS-EN ISO 9606-1	SS-EN ISO 9606-2
SS-EN ISO 15609-1	
SS-EN ISO 15607, 15610, 15611, 15612, 15613	
SS-EN ISO 15614-1	SS-EN ISO 15614-2 & -4
SS-EN ISO 14732	
SS-EN ISO 9712	
SS-EN ISO 14731	
SS-EN ISO 13916	
SS-EN 1011-2 & -3 (ISO/TR 17671-2 & -3)	SS-EN 1011-4 (ISO/TR 17671-4)
SIS-CEN ISO/TR 17644	
SS-EN ISO 17635	
SS-EN ISO 17637	
SS-EN ISO 17636-1 & -2	
SS-EN ISO 17640	
SS-EN ISO 17635	
SS-EN ISO 17639	
SS-EN ISO 3452-1	
SS-EN ISO 17663	
SS-EN ISO 17662	

Kvalitetsnivåer & Fogutformning	
Stål	Aluminium
SS-EN ISO 5517	SS-EN ISO 10042
SS-EN ISO 13919-1	SS-EN ISO 13919-2
SS-EN ISO 9013	
SS-EN ISO 9692-1 & -2	SS-EN ISO 9692-3

Övrigt	
Tryckbärande komp / Ståtkonstr	SS-EN 1705-1 & -3 / -3 (ISO 'saknas')
Smältsvetsning / Trycksvetsning	SS-EN ISO 6520-1 / -2
Termiskt skurna snitt	SS-EN 12554 (ISO 17655)
Beteckningssystem	SIS-CEN ISO/TS 17645

Se fortsättning

Koppar	Nickel	Titan & Zirkonium	
SS-EN ISO 9606-3	SS-EN ISO 9606-4	SS-EN ISO 9606-5	
Gassvetsning	Elektronstrålesvetsning	Lasersvetsning	
SS-EN ISO 15609-2	SS-EN ISO 15609-3	SS-EN ISO 15609-4	
Gjutjärn	Titan & Zirkonium	Koppar	
SS-EN ISO 15614-3	SS-EN ISO 15614-5	SS-EN ISO 15614-6	
Påsvetsning	Tab till tubplatta	Strålsvetsning	
SS-EN ISO 15614-7	SS-EN ISO 15614-5	SS-EN ISO 15614-11	
Kompositplåt	Laser	Elektronstråle	Gjutjärn
SS-EN 1011-3 (ISO/TR 17671-3)	SS-EN 1011-6 (ISO/TR 17671-6)	SS-EN 1011-7 (ISO/TR 17671-7)	SS-EN 1011-5 (ISO/TR 17671-5)
Miljö, hälsa & säkerhet			
Provtagning svetsrök i lab	SS-EN ISO 15011-1 till -4 & SIS-CEN ISO/TR 15011-5		
Provtagning svetsrök i andningszon	SS-EN ISO 10502-1 & -2		
Filter	SS-EN ISO 15012-1 & -2		
Ögonskydd	SS-EN 169, 170, 171, 175 & 379		
Skyddskläder	SS-EN ISO 11611, EN 12477		
Svetsdraperier	SS-EN 1596		
Miljöchecklista	SS-EN 14717		

Fortsättning övrigt	
Beteckningar	SS-ISO 2553
Metodnummer	SS-EN ISO 4063
Termer & Def	CEN/TR 14599 (ISO/TR 25901)
Def. svetsmet.	SS-EN 14610
Ordlista fogar & förband	SS-EN ISO 17059
Toleranser	SS-EN ISO 13920
Svetslägen	SS-EN ISO 6947, SIS-CEN/TR 14633
Armeringsstål	SS-EN ISO 17060
Tillsatsmaterial	
SS-EN 13479	
SS-EN 12074	
SS-EN ISO 544	
SS-EN ISO 14344	
SS-EN 14532-1, -2 & -3	
SS-EN ISO 15792-1, -2 & -3, 6547, 14372, 6249, 3690 & ISO 2401	
SS-EN ISO 6545	
SS-EN 14700	

Mekanisk provning	
Slag	SS-EN ISO 9016
Drag längs	SS-EN ISO 5175
Drag tvärs	SS-EN ISO 4136
Drag kryss	SS-EN ISO 9015
Bock	SS-EN ISO 5173
Bryt	SS-EN ISO 9017
Hårdhet	SS-EN ISO 9015-1 & -2
Makroskopi	SS-EN ISO 17639, CR 12361 (ISO/TR 16060)
Värmsprick	SS-EN ISO 17641-1, -2 & -3
Kallsprick	SS-EN ISO 17642-1, -2 & -3
Deltaferrit	SS-EN ISO 17655
Acceptanskrav vid OPF	
Radiograf	SS-EN ISO 10675-1 & -2
Ultraljud	SS-EN ISO 11606, 15626, 22625, 23279
Magnetpulver	SS-EN ISO 23276
Penetrant	SS-EN ISO 23277
Syning (+ makro- & mikroskopi etc)	För alla diskontinuiteter gäller även SS-EN ISO 5517 etc

	Indelning av tillsatsmaterial									
	Stål				Övriga material					
	Olegerade och finornstål	Höghållfasta	Värmeållfasta	Rostfria och värmebeständiga	Nickel	Koppar	Aluminium	Gjutjärn	Titan	
MMA	SS-EN ISO 2560	SS-EN ISO 15275	SS-EN ISO 3550	SS-EN ISO 3551	SS-EN ISO 14172	prEN ISO 17777				
MIG/MAG	SS-EN ISO 14341	SS-EN ISO 16634	SS-EN ISO 21952	SS-EN ISO 14343		SS-EN ISO 24373	SS-EN ISO 15273	SS-EN ISO 1071	SS-EN ISO 24034	
TIG	SS-EN ISO 636				SS-EN ISO 15274					
Elektroder, band etc för pulverbåge	SS-EN ISO 14171	SS-EN ISO 26304	SS-EN ISO 24590							
Pulver för pulverbåge	SS-EN ISO 14174									
Rörelseelektroder	SS-EN ISO 17632	SS-EN ISO 15276	SS-EN ISO 17634	SS-EN ISO 17633	SS-EN ISO 12153			SS-EN ISO 1071		
Gassvetsning	SS-EN 12536 (ISO/CD 20375)		SS-EN 12536 (ISO/CD 20375)							
Skyddsgas	SS-EN ISO 14175									

^a Referenser i färg till denna färg är direkt kopplade till SS-EN ISO 3834
^b ISO-referensen inom parentes är i de flesta fall identisk med eller bygger på motsvarande SS-EN

Förfrågningsunderlag

- Texter i K0, föreskrifter och konstruktionsdokumentation är ofta kopierade många gånger....
- Ibland blir det fel när texter och figurer saknas
- Vid totalentreprenad gäller det att inte föreskriva för mycket i detalj
- Många ståoptioner har begränsad tillgänglighet
- Undvik att föreskriva åtdragningsmoment för skruvar
- Nya recept med frysprovad betong tar lång tid att få fram
- Betong med lågt vct har dålig miljöprestanda och kan vara svår att pumpa
- Vardera parten svarar för riktigheten i lämnade uppgifter

Exempel från FU

1.1 Gällande bestämmelser

- Boverkets byggregler BBR 31, BFS 2011:6 med ändringar t.o.m. BFS 2024:14
- Boverkets föreskrifter och allmänna råd om bärförmåga, stadga och beständighet i byggnader m.m., BFS 2024:6
- Nationella val enl. Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av konstruktionsstandarder, BFS 2011:10 med ändringar t.o.m. BFS 2022:4, EKS 12.
- Eurokoderna, normativa standarder enligt respektive Eurokod.
- AMA Anläggning 23
- AMA Hus 24
- SS-ISO 10137
- Boverkets föreskrifter om akksamhet vid bygg-, rivnings- och markåtgärder, BFS 2024:4

1.6.1 Svängningar och vibrationer

Effekten av svängningar och vibrationer skall beaktas enligt SS-EN 1990 A1.4.4 med tillhörande hänvisningar till SS-ISO 10137.

För lätta bjälklag skall egenfrekvensen vara > 8 Hz. För lätta bjälklag skall även ekvation 7.3 i SS-EN 1995-1-1:2004 uppfyllas med $a = 1,5$ mm/kN.

1.4 Olyckslast och fortskridande ras

Konsekvensklass 2b enligt SS-EN 1991-1-7:2006. Krav enligt SS-EN 1990-1999 skall uppfyllas. Metoden med horisontella och vertikala förband i SS-EN 1991-1-7:2006 bilaga A skall användas.

1.5 Säkerhetsklasser enligt BFS 2024:6

Byggnaden hänförs till säkerhetsklass 3. Detta tillämpas för samtliga bärverksdelar förutom bärverksdelar som inte tillhör det bärande huvudsystemet av balkar, pelare och väggar, stabiliserande system (inkl. vindförband) eller utrymningsvägar, som kan hänföras enligt nedan:

...men texten saknas

Förfrågningsunderlag

1.8 Statiskt system

Byggnadens stomme stabiliseras generellt med betongväggar samt vindkryss i stål. Grunden stabiliseras med lutande pålar.

Horisontella laster (vind, jordtryck, snedställning etc.) förs vidare till stabiliserande enheter (se figurer nedan) via styva bjälklagsskivor (bjälklagselement, platsgjuten betong).

Lasten går sedan ned i grunden genom de stabiliserande enheterna och förs ned i berget genom lutande pålar.

Takpelare är knäckavstyvade av bjälklaget och för även över horisontallaster till detta.

Hissgropar	
Hållfasthetsklass	C28/35
Min. härdningsklass	2 (enligt SS-EN 13670)
Exponeringsklass	XC2
Täthetsklass	1 (enligt SS-EN 1992-3:2006)
Täckande betongskikt	Mot beredd mark: Det största av 40 mm och $\emptyset + 15$ mm Övrigt: Det största av 35 mm och $\emptyset + 10$ mm
Livslängdsklass	L100
Max. vct _{ekv}	0,60

Svetsförband

Kvalitetsklass C (D tillåts för smältdike, överlappning, tändmärke och ändkrater)

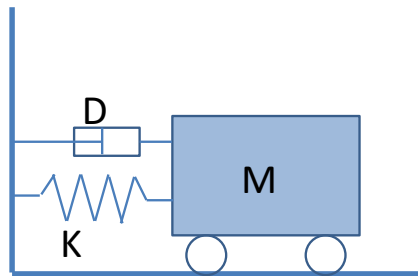
Tillsatsmedel: matchande

Svetsdimensioner enligt ritning avser a-mått och där ej annat anges gäller $a=4$ runt om. Svetsytan slipas där anliggningsytan ska vara plan.

Tvetydigt och onödigt omfattande beskrivning av täckande betongskikt

Egensvängningar och dynamisk respons

- Egensvängning av ett dämpat enfrihetsgradsystem, se bygg tabell A31:32a
- I en byggnad är det ofta två system i olika riktningar, t ex håldäck och balkar



Styvhet=kraft/förskjutning

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \quad K = \frac{M \cdot g}{\frac{3}{4} \delta_{max}}$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{4 \cdot g}{3 \cdot \delta_{max}}} \quad f = \frac{18}{\sqrt{\delta_{max}}}$$

$$\delta_{max} = \delta_{HDF} + \delta_{balk} \quad \text{OBS i mm !}$$

I Amerikanska handböcker $\delta_{max} = (\delta_{HDF} + \delta_{balk}) / 1.3$

- Alternativ formulering med Dunkerlys metod $\frac{1}{f^2} = \frac{1}{f_1^2} + \frac{1}{f_2^2}$

Exempel och jämförelse

Uppskatta egenfrekvensen för ett system med 8 m långa håldäcksplattor typ 120/27 med 30 mm avjämnning på kontinuerliga stålbalkar HEB 320 med 6 m spännvidd

Håldäcksplattornas nedböjning av egentyngd: 3.8 mm

Balkarnas nedböjning av egentyngd: 2.2 mm

Total nedböjning ger 6 mm och 7.3 Hz

Alternativt med Dunkerlys metod erhålls

Plattornas egenfrekvens 9.2 Hz

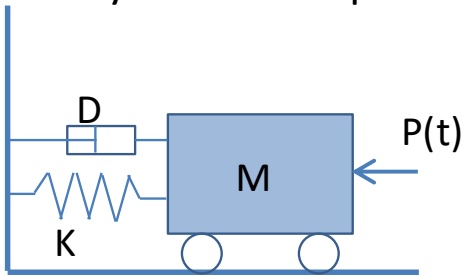
Balkarnas egenfrekvens 12.3 Hz

Systemets egenfrekvens 7.4 Hz

Båda metoderna ger ungefär lika värden

Dynamisk respons av yttre laster

- Egensvängning av ett dämpat enfrihetsgradsystem med yttre last
- Från den stationära lösningen kan man räkna fram den dynamiska responsfaktorn, χ



$$\chi = \frac{1}{\sqrt{(1 - \rho^2)^2 + 4(D\rho)^2}} \quad \rho = \frac{\Omega}{f}$$

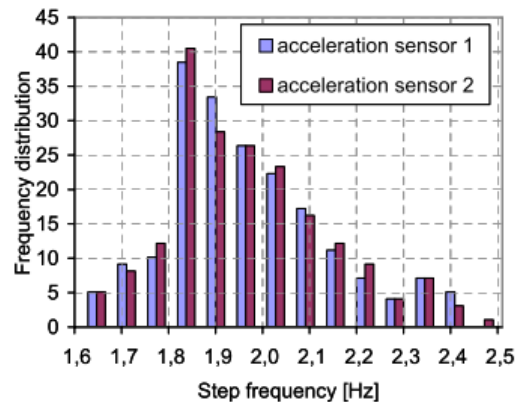
D=3%-5% (stål, resp betongstomme)

ρ brukar kallas frekvenskvoten och är förhållandet mellan den yttre lastens frekvens och systemets egenfrekvens och D är den relativa dämpningen.

Frågan är vilken frekvens den yttre lasten kan tänkas ha?

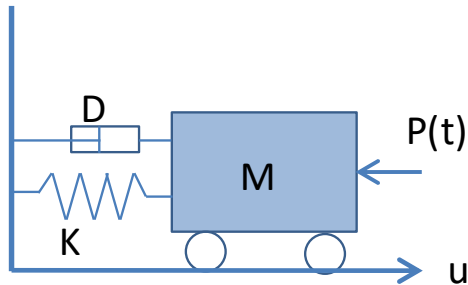
Dynamisk respons av människor i rörelse

- Universitetet i Delft har mätt frekvensen av personer som går igenom huvudentrén och den blir knappast större än 2.2 Hz
- Även ISO 10137 anger max 2.5 Hz från gående människor
- Om det är rytmiska aktiviteter så kan man komma upp i närmare 3 Hz (men då måste alla hålla takten!!)
- Trappor kan ge upp till 4 Hz på grund av kortare steglängd



- I Amerikanska och Kanadensiska handböcker antas ofta den rytmiska lasten vara i storleksordningen 10-20% av nyttig last

Dynamisk respons av yttre laster



Den dynamiska nedböjningen i mittpunkten som funktion av tiden

$$u(t) = \chi \cdot \delta_{max} \cdot \sin \omega t$$

Om ekvationen deriveras två gånger erhålls

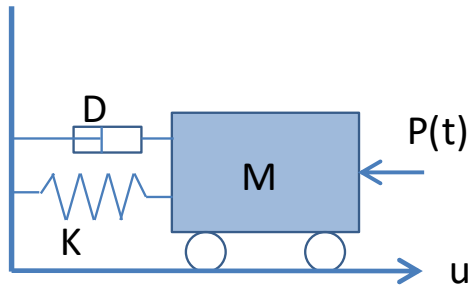
$$a(t) = -\chi \cdot \delta_{max} \omega^2 \cdot \sin \omega t$$

$$a_{max} = \chi \cdot \delta_{max} \cdot \omega^2$$

Vid utvärdering mot ISO 10137 används medelvärdet = RMS

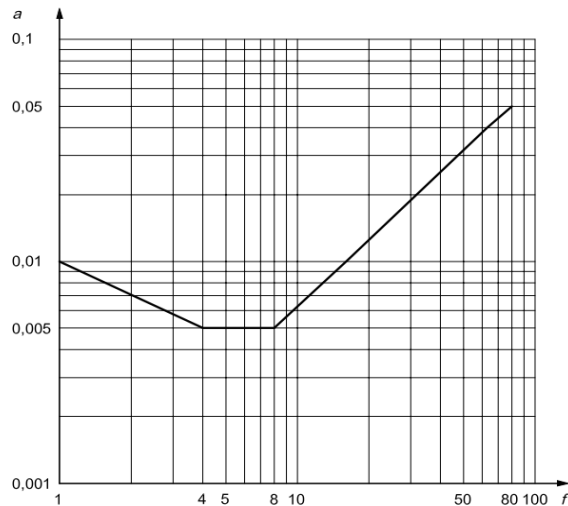
$$a_{RMS} \approx a_{max} / \sqrt{2}$$

Verifiering enligt ISO 10137



Baskurvan i bilaga C visar samband mellan vertikal acceleration som RMS-värde och egenfrekvens. Olika verksamheter har olika multiplar av baskurvan, tex kontor har 60-128 som största toleransvärde.

Människans tålighet mot vertikala accelerationer är dessvärre sämst i intervallet 4-8 Hz



$$a_{RMS} = a_{max}/\sqrt{2}$$

Exempel

En 10 m lång håldäcksplatta typ HD/F 120/27 med 30 mm avjämning i ett kontor skall kontrolleras med hänsyn till dynamisk respons enligt ISO 10137.

Böjstyvhet 74 MNm^2 och $m=503 \text{ kg/m}$ ger egenfrekvens 6 Hz.

Med 3% dämpning och frekvenskvot $\rho=2.2/6=0.37$ blir den dynamiska responsfaktorn $\chi=1.15$.

Tack