

AVD FÖR BYGGNADSTEKNIK II
LTH, LUND

EXAMENSARBETE

FIBERBETONGS HÅLLFASTHETS-
EGENSKAPER

JAN SKJÖLD
LEIF SÖDERBERG

CODEN : LUTVDG/(TVBK- 5006)/ 1-45 (1979)

INNEHALLSFÖRTECKNING

- 1 ALLMÄNT
 - 1.1 Bakgrund
 - 1.2 Syfte

- 2 MATERIAL
 - 2.1 Stålfiberbtg
 - 2.2 Dragprovstavar
 - 2.3 Balkar
 - 2.31 Fiberbtgskivor
 - 2.32 Lim

- 3 UTFÖRANDE
 - 3.1 Dragprov
 - 3.2 Balkprov

- 4 RESULTAT
 - 4.1 Dragprov
 - 4.2 Balkprov

- 5 SAMMANFATTNING

- 6 BILAGOR

1 ALLMANT

1.1 Bakgrund

Cementbaserade material har länge varit ett av de viktigaste byggnadsmaterialen. De kännetecknas av hög hållfasthet, låg töjbarhet och därmed sprödhet. Ett sätt att över-brygga svagheter med detta material är, förutom konventionell armering, att blanda stålfibrer i betongen.

Det är inge ny ide att försöka göra cementbaserade material mer elastiska. Det gjordes redan på 1910-talet försök med stålfibrer i betong, men utan nämnvärda resultat. Ännu tidigare försökte man med halm och hår armera puts och lera.

Genom utveckling inom produktionsteknik och konstruktionsteknik föreligger idag ett stort intresse av att veta mera om inom vilka användningsområden fiberbetongen är tillämpbar.

1.2 Syfte

- Att undersöka möjligheterna att genom hopfogning av tunna fiberbetongplattor åstadkomma bärande konstruktionselement.
- Att genom dragprov bestämma ett, ur draghållfasthetsynpunkt, bra "fiberbetongrecept".

2 MATERIAL

2.1 Stålfiberbetong

Fibrerna avser att ta upp dragspänningar i materialet. Eftersom kompositen spricker upp långt före fibrernas brotthållfasthet är uppnådd, spelar vidhäftningen mellan fibrer och betong stor roll. Inblandningen av fibrer har skett direkt i betongblandaren och mängden är av storleksordningen 1% (se TAB 1, 2, 3). Därefter har vibrering och ev orientering skett. Syftet med orienteringen är att få fibrerna att ligga i dragspänningsriktningen och därmed öka förmågan att uppta dragkrafter.

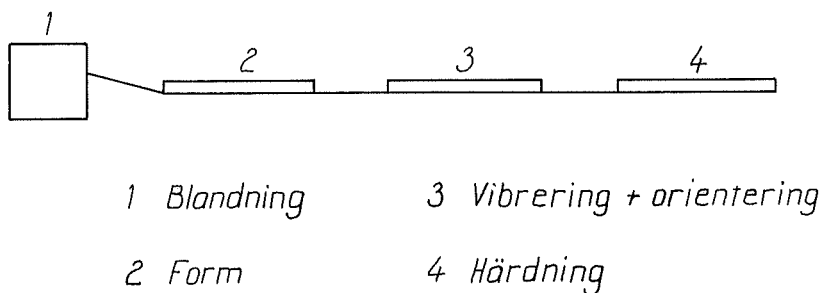


FIG 1. Produktionslinje för tillverkning av stålfiberbetong.

2.2 Dragprovstavar

19 serier med 14 stavar (FIG 2) i varje gjöts. Dessa gjordes med varierande betongsammansättning, fiberinblandning etc.

TAB 1

Grundrecept

A	Cement/sand	1/3
B	Tjocklek	20 mm
C	Fibertyp (3 st)	Typ 1
D	Fibermängd	1.27 - 1.30 vol %
E	Orienteringsgrad	1
G	Vibrering	N

(C) Fibrer Typ 1 = 0.40/40^{mm}/mm Duoform
 Typ 2 = 0.30/30 "
 Typ 3 = 0.40/40 Bekaert

(G) N = Två vibratorer på vardera sidan om magnet
 - Frekvens ~ 3000 Hz, Amplitud 1.8 -

(E) Orientering: 0 = ingen passering
 1 = 3 passeringar i ena riktningen, 2 i andra
 2 = 1 passering

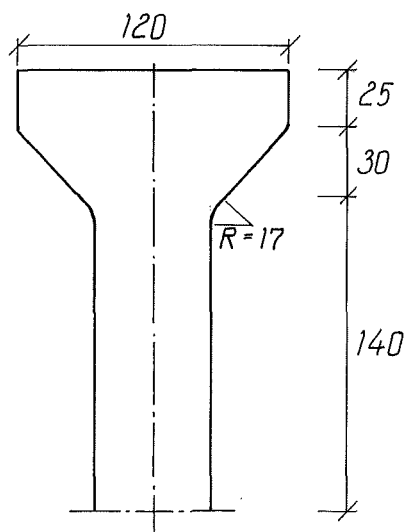


FIG 2. Provstav.

2.3 Balkar

2.31 Fiberbetongskivor

Dessa tillverkades enligt samma princip som provstavarna (se TAB 2) och limmades sedan ihop till låd- och I-profiler, enl FIG 3.

TAB 2

Fiberbetong. Skivor till balkelement. Tillverkningsdata.

Beteck- ning	Btg-kval			Mått t/b	Fiber- typ	Fiber- mängd vol %	Orien- terings- grad	Vibre- ring
	cem/ sand	cem/ m ³	vct					
01 02	1:3	463	0.66	20/400 20/200	0.4/40	1.23	0	N
01 02	1:3	461	0.68		0.4/40	1.56	1	N
11 12	1:3	476	0.62	20/400 20/200	0.4/40	1.28	1	N
03	1:3	462	0.68	10/200	0.4/40	1.50	0	N
01A 02A	1:2	593	0.59	20/400 20/200	0.3/30	1.19	0	N
11A 12A	1:2	593	0.59	20/400 20/200	0.3/30	1.19	1	N

FIG 3.

2.32 Lim

2-komponents-lim: Qubik H, tillverkat av Predictor AB, Alingsås.

3 UTFÖRANDE

3.1 Dragprov

Provningsen gjordes i dragprovsmaskin (Alwetron) och registrering av töjning och last gjordes (se FIG 5). Utav detta fick vi fram ett medelvärde på σ_{\max} , σ_{sprick} och max last. En sammanställning finns i TAB 3.

3.2 Balkprov

Efter noggrann rengöring av limytorna, limmades skivorna ihop till I- och lådprofiler. Dessa fick sitta i spänn 1 - 3 dygn, varefter trådtöjningsgivare och potentiometrar fastgjordes.

Balken placerades så på upplag enligt FIG 4 och mätutrustningen kopplades in. Med hjälp av en hydraulisk domkraft påfördes last på balken. Vid laststeg om ca 1 kN mättes och registrerades spänningar hos trådtöjningsgivarna och potentiometrarna.

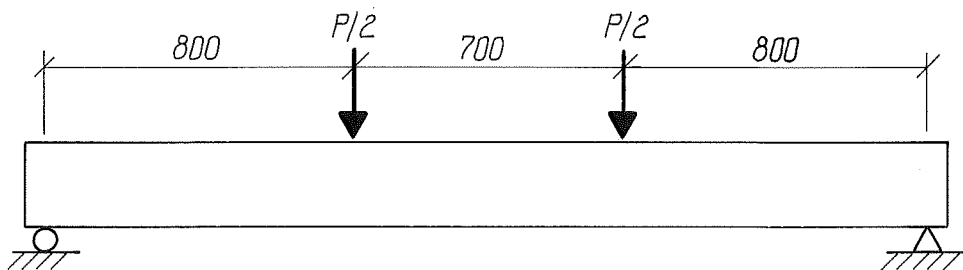


FIG 4.

4 RESULTAT

4.1 Dragprov

TAB 3 visar resultaten från dragproven med provstavarna.

σ_{\max} och σ_{sprick} avser påkänning med nominell area. Hos de flesta proverna är skillnaden mellan σ_{\max} och σ_{sprick} påtagligt stor. Då σ_{sprick} uppnåtts kan stålfiberbetongen ta ytterligare last; visserligen med större deformation än tidigare men utan ett snabbt och farligt brottförlopp.

Stålfiberbetongens E-modul ligger i intervallet 20 000 - 30 000 MPa. Den redovisade E-modulen i TAB 3 innehåller elastiska töjningar i provapparaturen, vilket gör att den inte kan användas till annat än intern jämförelsedata provserierna emellan. Den redovisade noggrannheten är här för stor. Avrundning till jämnt 50-tal MPa torde räcka.

TAB 3

		A		B		C		D		E		F		σ_{\max} (kPa)		σ_{sprick} (kPa)		E-modul (MPa)		Anm
		cement /sand	cement /m ³	VCT	tjocklek mm	fiber-typ	fiber-mängd vol-%	orien-terings-grad	vibre-ring	\bar{m}	std.avv	\bar{m}	std.avv	\bar{m}	std.avv	\bar{m}	std.avv	\bar{m}	std.avv	
I		1/3	486	0.55	20	1	1.30	1	N	4655	917	4418	862	610.3	116.75					
II	A	1/5	356	0.58	20	1	1.00	1	N	2229	514	2221	510	483.7	87.7					
III	B	1/3	489	0.57	10	1	1.28	1	N	4585	639	4358	646	755.9	98.6	27 prov				
IV	C	1/3	486	0.55	20	2	1.28	1	N	5235	643	4819	494	612.0	62.7					
V	C	1/3	486	0.55	20	3	1.28	1	N	5438	599	4467	513	587.4	77.8					
VI	D	1/3	490	0.58	20	1	0.43	1	N	3049	362	2708	266	544.3	84.6					
VII	D	1/3	488	0.58	20	1	0.62	1	N	3221	189	2978	222	595.2	161.9	12 prov				
VIII	E	1/3	486	0.55	20	1	1.30	0	N	3955	519	2977	425	603.4	131.9					
IX	E	1/3	486	0.55	20	1	1.30	2	N	3490	553	3412	505	470.9	61.8					
X	F	1/3	486	0.55	20	1	1.30	1	E	3646	662	3246	587	602.8	116.1					
XI	A	1/2	635	0.48	20	1	1.27	1	N	5780	530	4200	490	713.6	92.1					
XII	AC	1/2	635	0.48	20	2	1.27	1	N	7352	547	6261	373	714.3	59.9					
XIII	AB	1/2	635	0.48	10	1	1.27	1	N	5917	850	4408	838	999.6	121.7	13 prov				
XIV	ABC	1/2	635	0.48	10	2	1.24	1	N	7012	689	6248	741	950.7	279.3					
XV	A	1/3	462	0.68	20	1	1.52	1	N	6338	949	3246	371	928.8	122.0					
XVI	AB	1/2	603	0.56	10	1	1.49	1	N	5518	651	4640	274	1010.9	106.1					
XVII	ABC	1/2	603	0.55	10	2	1.49	1	N	6000	920	5640	817	926.2	502.7	11 prov				
XVIII	B	1/3	460	0.69	10	1	1.50	1	N	6400	974	3336	977	902.2	169.8					

E-modulen bör betraktas som fiktiv. Se vidare i texten.

Grundrecept: Prov I

Bokstav efter romersk siffra hänför sig till variation i grundreceptet.

C: Fibertyp 1: $\emptyset = 0.40$ mm, l = 40 mm, Duoform
 " 2: $\emptyset = 0.30$ mm, l = 30 mm, "
 " 3: $\emptyset = 0.40$ mm, l = 40 mm, Bekaert

E: Orientering 0: ingen passering

1: 3 passeringar i vardera riktningen
 2: 1 passering

F: Vibrering: N = två vibratorer på vardera sidan om magneten

Frekvens 3000 Hz, amplitud 1.8 mm

E = eftervibrering

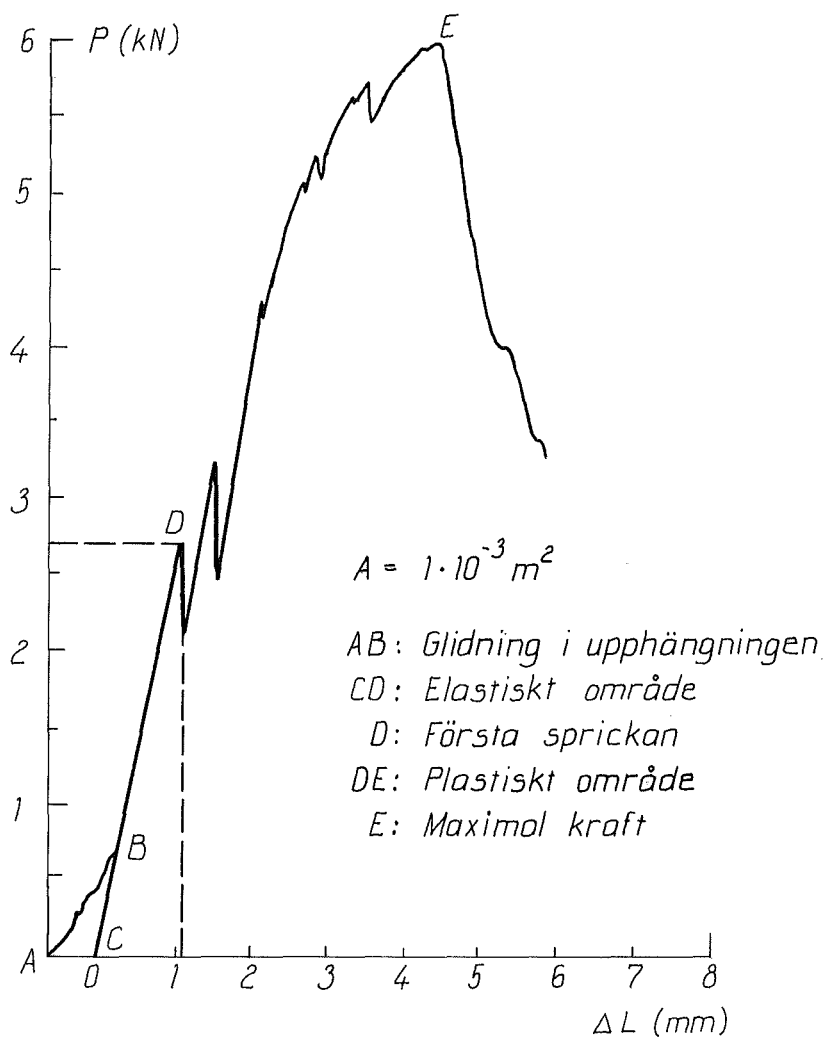


FIG 5. Belastning-töjningskurva för provstav.

Efter punkt D på kurvan är medverkande area mycket mindre än tidigare.

Glidning och töjning av fibrer har här störst inverkan på lastupptagande förmåga och deformation.

4.2 Balkprov

Redan vid relativt låg belastning släppte limmet, vilket medförde att betongen inte kunde utnyttjas.

Sammanställningen har därvid gjorts med utgångspunkt för lim-brott-last. (Se TAB 4 och FIG 6 och 7).

TAB 4

	I-balk	II-balk
P_{brott}	7.72 resp 8.67 kN	6.11 resp 14.12 kN
I	$103.7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$	$2.075 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$
S	$4.4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$	$8.8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$
τ_{brott}	1637 resp 1838 kPa	648 resp 1497 kPa

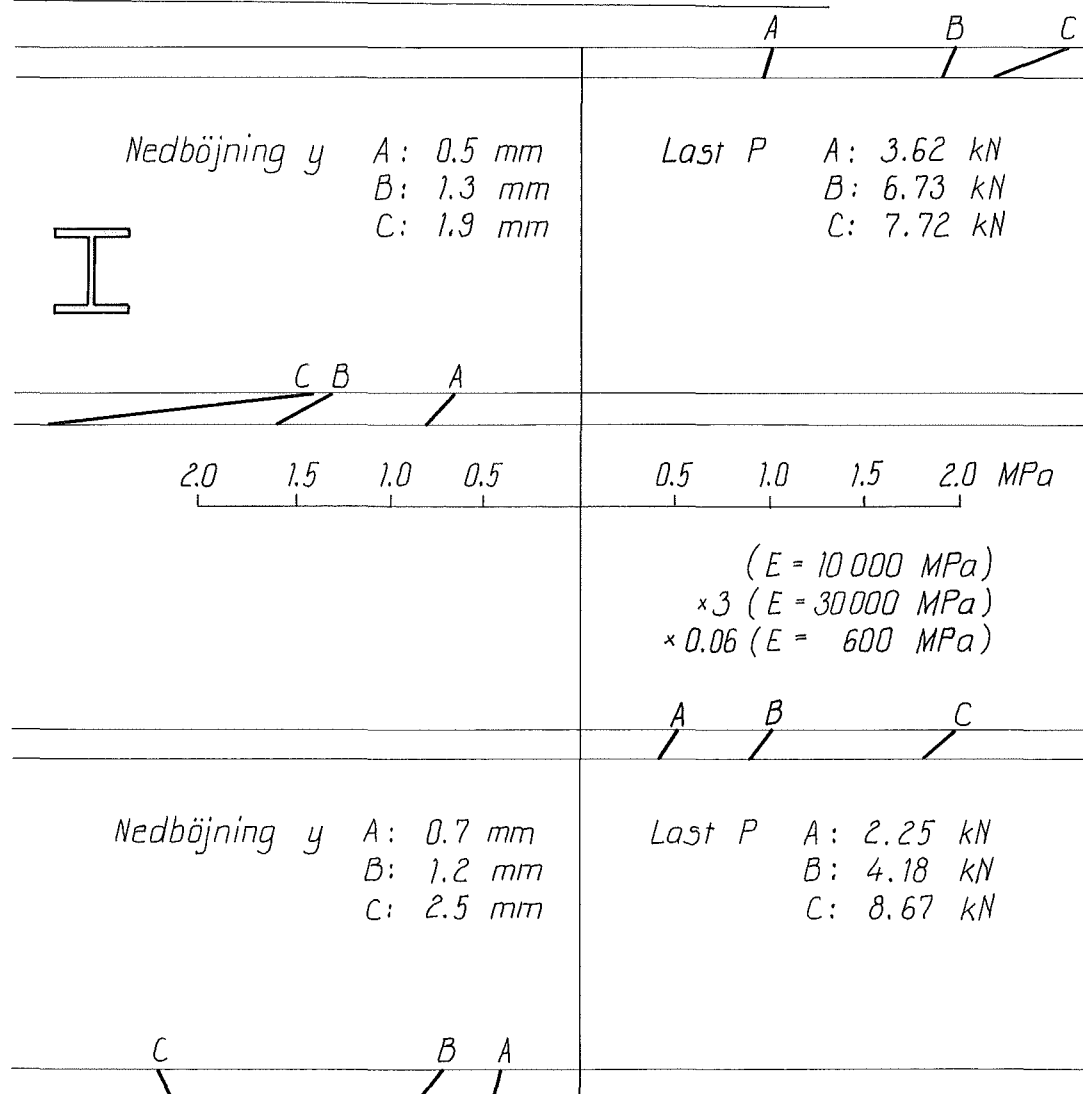


FIG 6. Påkänningar i flänsar. I-balk.

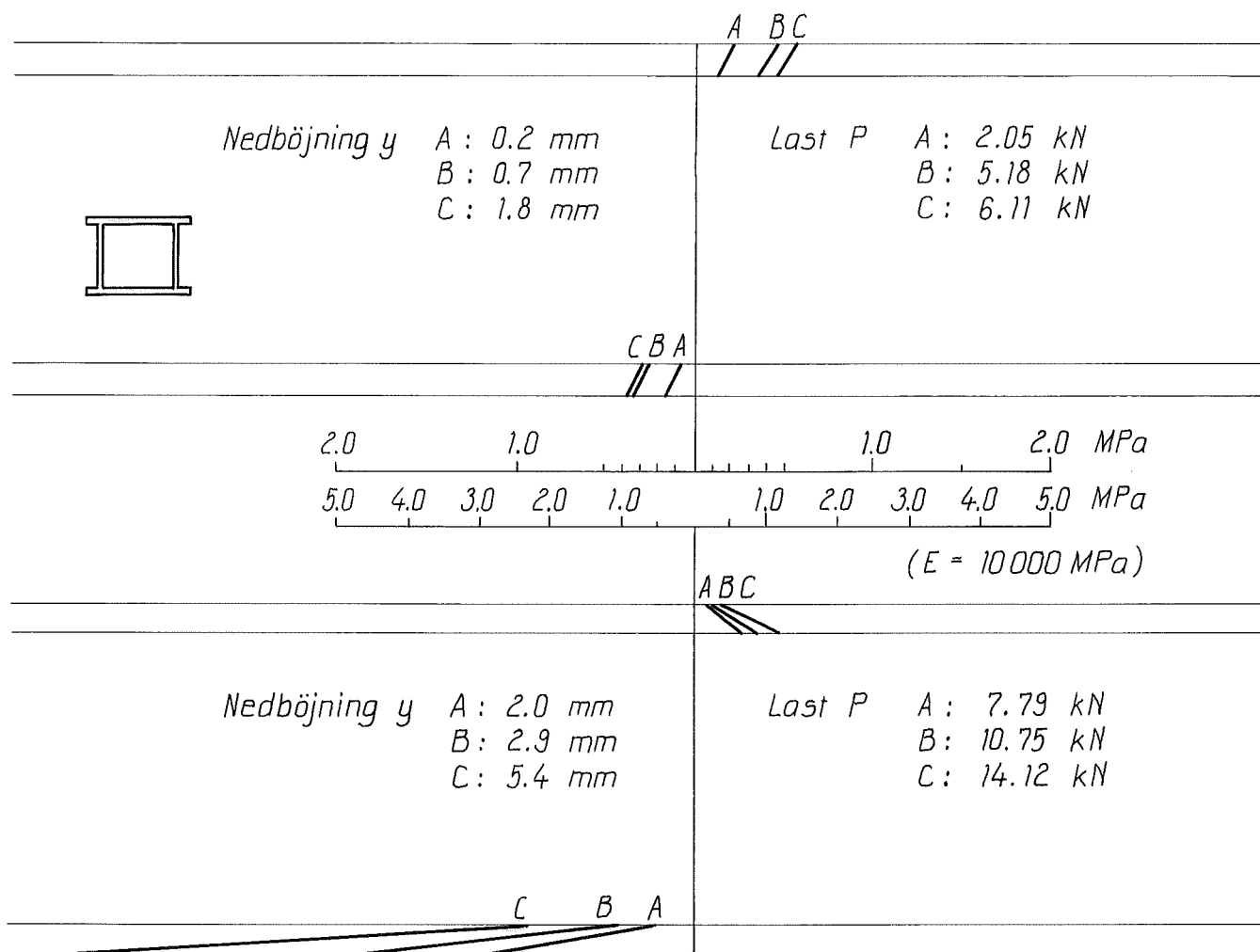


FIG 7. Påkänningar i flänsar.
 □-balk.

P.g.a att limmet inte höll så kunde inte den undre flänsen (dragflänsen) medverka som kraftupptagande del i konstruktionen.

En exakt spänningsbild kan därför inte erhållas ur försöken. Som en sannolik bild kan antas vara den som visas i FIG 8.

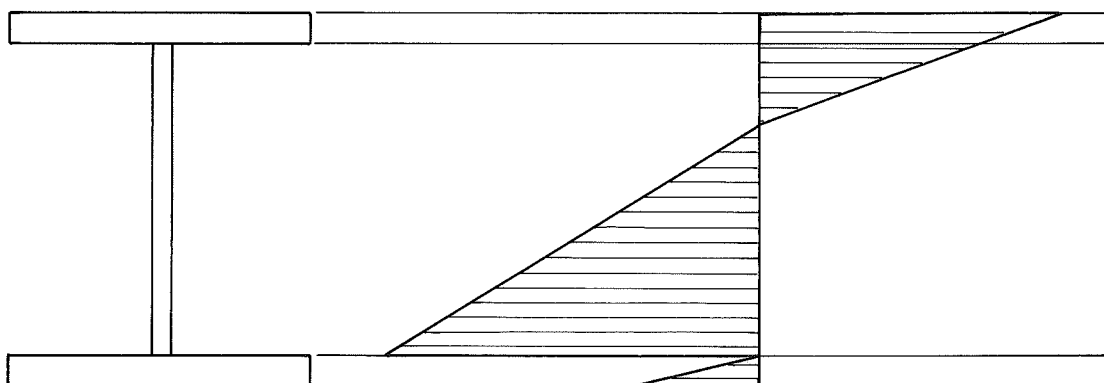


FIG 8.

Man kan också tänka sig att efter limbrott betrakta balkarna som ett T- resp -tvärsnitt. En trolig spänningsbild skulle då likna den i FIG 6.

Om brottet inte hade inträffat som limbrott utan fiberbetongens hållfasthet hade kunnat utnyttjas så är en annan spänningsbild trolig:

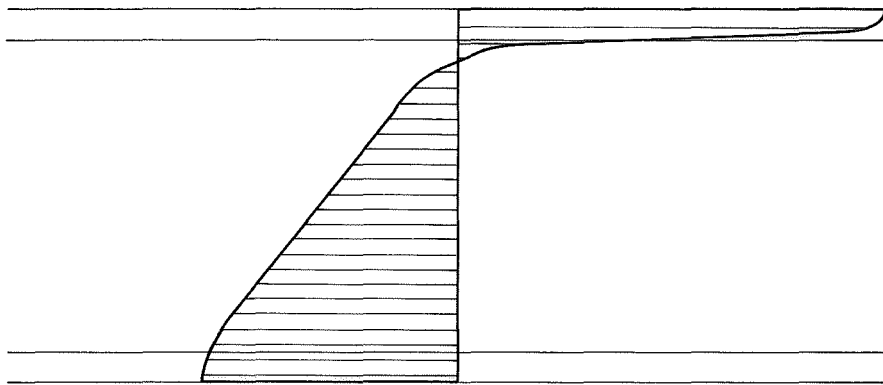


FIG 9.

som kan approximeras till

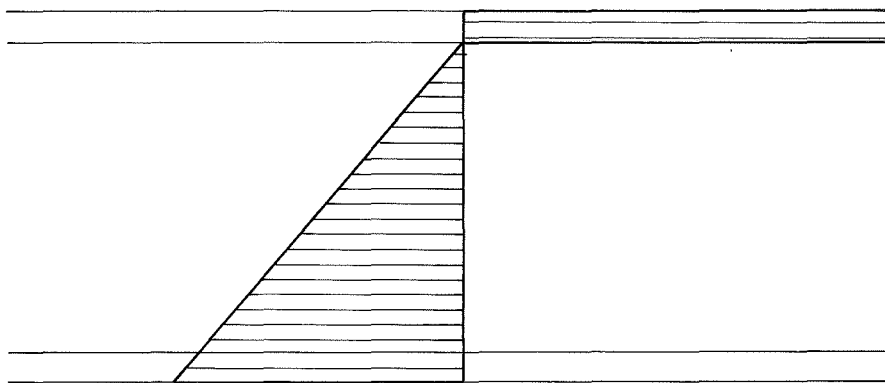


FIG 10.

Beräkningarna är gjorda enligt fig. 8 med antagna dragpåkänningar på 10, 13 och 16 MPa, samt en tryckhållfasthet på 20 MPa (motsvarar Btg K400).

Resultat och beräkningar se Bilaga 1.

5 SAMMANFATTNING

Ur dragprovresultaten ser man att bästa recept borde vara XII AC, dvs cement/sant, vct 0.5, fibertyp 2, fibermängd 1.27 vol-% samt ordentlig orientering och vibrering.

Detta ger en spricklast på drygt 6 kN. Vad gäller cement/sand så är förhållandet 1/2 klart bäst. Detta ger de högsta lasterna. Fibertyperna är svåra att kommentera, men de två högsta sprickvärden har erhållits med typ 2. I sammanhanget kan nämnas att fibrerna bör ha ändförankringar för att minska glidningen och för att man ska kunna utnyttja stålets hållfasthet. Detta skulle göra att fibrerna träder i funktion i ett tidigare stadium och spricklasten borde också då kunna ökas vilket också skulle medföra högre E-modul.

Balkproven var i stort sett misslyckade, då stålfiberbetongen ej kunde göra "rätt" för sig.

Eftersom limmet brast bör nya limtyper och andra limningssätt prövas.

Ett förslag till annat limningssätt är att göra ett spår i flänsarna, fylla dessa med lim och därefter spänna fast livet i spåren.

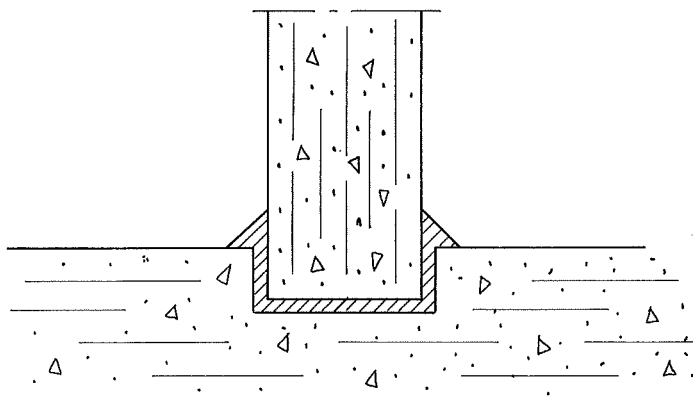


FIG 11.

På detta sätt kommer den effektiva limytan att åtminstone fördubblas - dels på grund av limyteökningen genom försänkning, dels på grund av "svetstillskottet" ovanför flänsen.

Nämnas bör att ett mer trögflytande lim än Qubik H bör användas, då detta genom sin lättflytande konsistens är svårbearbetat.

6 BILAGOR

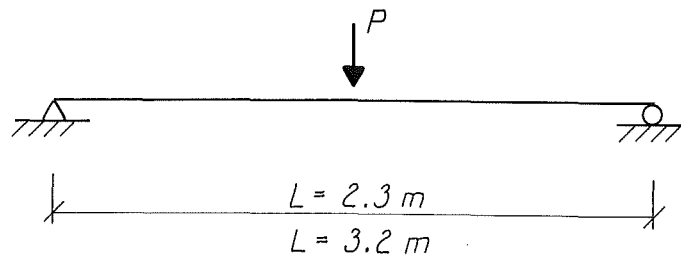
<u>I-PROFIL</u>	sid
Inre moment för balk A	1
Inre moment för balk B	3
Kantpåkänningar för balk A och B. Fall I och II	6
Beräkning av momentkapacitet för balk A och B. Fall I. $L = 2.3$ m	8
Beräkning av momentkapacitet för balk A och B. Fall I. $L = 3.2$ m	10
Beräkning av momentkapacitet för balk A och B. Fall II. $L = 2.3$ m, $L = 3.2$ m	12
Beräkning av q^{brott} med inre moment. Fall III	14
 <u>II-PROFIL</u>	
Kantpåkänningar för balk C och D. Fall I, II	16
Momentkapacitet för balk C och D. Fall I	18
Momentkapacitet Fall II	20
 <u>I-II-PROFIL</u>	
Skjuvpåkänningar för I-profil och II-profil	22
q-laster I-balk	24
q-laster II-balk	27
Sammanställning	29

STALFIBERBETONG

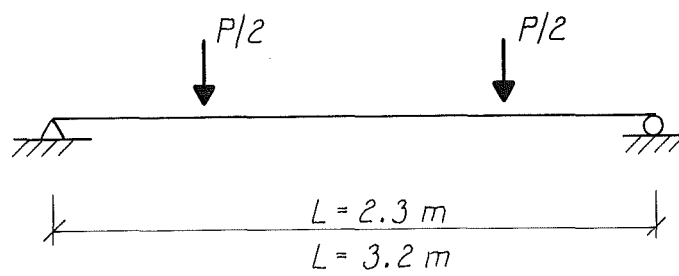
Beräkningar:

Beräkningsfall

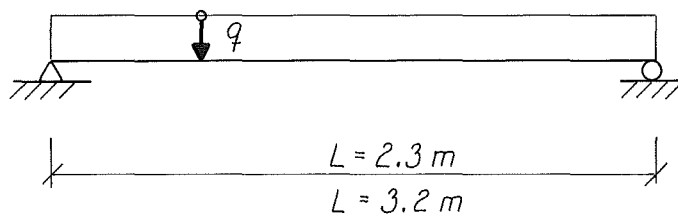
I



II



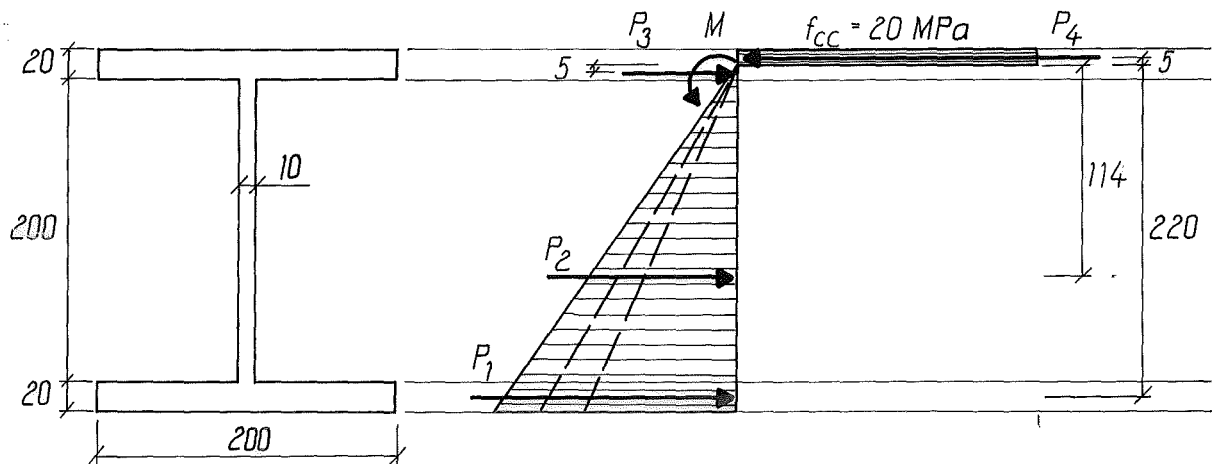
III



Inre moment för balk A

W_1 eller $H = 240$

Välj påkänningsfördelning enl. (K400)



$$\sigma = 10 \text{ MPa}$$

$$P_1 = \frac{(10 + 9.13)}{2} \cdot 0.02 = 0.1913 \text{ MPa/m} = 0.1913 \cdot 0.2 = 0.0383 \text{ MPa}$$

$$P_2 = \frac{9.13 \cdot 0.21}{2} = 0.9587 \text{ MPa/m} = 0.9587 \cdot 0.01 = 0.0096 \text{ MPa}$$

$$P_3 = \frac{0.44 \cdot 0.01}{2} = 0.002 = 0.002 \cdot 0.2 = 0.0004 \text{ MPa}$$

$$P_4 = 20 \cdot 0.010 = 0.2 \text{ MPa/m} = 0.2 \cdot 0.2 = 0.04 \text{ MPa}$$

$$M = 0.0383 \cdot 0.22 + 0.0096 \cdot 0.140 + 0.0004 \cdot 0.005 + \\ + 0.04 \cdot 0.005 = 10 \text{ kNm}$$

$$\underline{\sigma = 13 \text{ MPa}}$$

$$P_1 = \left(\frac{13 + 11.87}{2} \right) \cdot 0.02 = 0.2487 \cdot 0.2 = 0.05 \text{ MPa}$$

$$P_2 = \frac{11.87 \cdot 0.21}{2} = 1.2463 \cdot 0.01 \text{ MPa} = 0.0125 \text{ MPa}$$

$$P_3 = \frac{0.57 \cdot 0.01}{2} = 0.00285 = 0.00285 \cdot 0.2 = 0.0006 \text{ MPa}$$

$$P_4 = 20 \cdot 0.01 = 0.2 \text{ MPa/m} = 0.2 \cdot 0.2 = 0.04 \text{ MPa}$$

$$M_u = 0.05 \cdot 0.22 + 0.0125 \cdot 0.14 + 0.006 \cdot 0.005 + \\ + 0.04 \cdot 0.005 = 12.98 \quad 13 \text{ kNm}$$

$$\underline{\sigma = 16 \text{ MPa}}$$

$$P_1 = \left(\frac{16 + 14.61}{2} \right) \cdot 0.02 \cdot 0.2 = 0.06 \text{ MN}$$

$$P_2 = \left(\frac{14.61 \cdot 0.21}{2} \right) \cdot 0.01 = 0.015 \text{ MN}$$

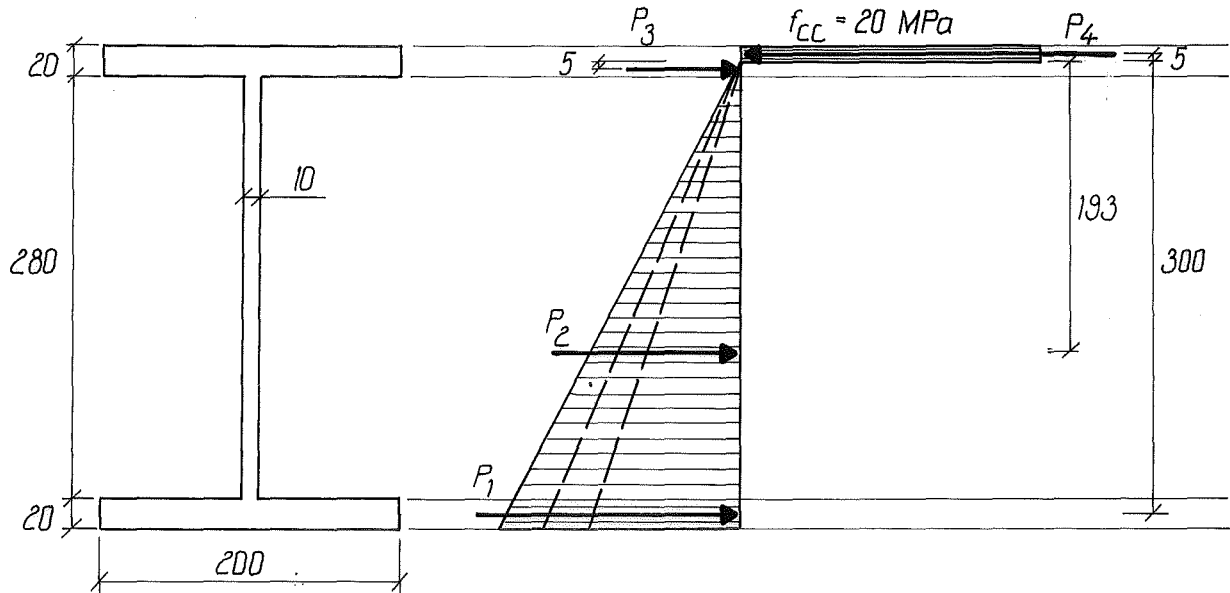
$$P_3 = \left(\frac{0.696 \cdot 0.01}{2} \right) \cdot 0.2 = 0.0007 \text{ MN}$$

$$P_4 = \quad \quad \quad = 0.04 \text{ MN}$$

$$M = 0.06 \cdot 0.22 + 0.015 \cdot 0.14 + 0.0007 \cdot 0.005 + \\ + 0.04 \cdot 0.005 = 15.5 \text{ kNm}$$

Inre moment för balk B

$$H = 320$$



$$\sigma = 10 \text{ MPa}$$

$$P_1 = \left(\frac{10 + 9.35}{2} \right) \cdot 0.02 \cdot 0.2 = 0.0387 \text{ MN}$$

$$P_2 = \frac{9.35 \cdot 0.29}{2} \cdot 0.01 = 0.014 \text{ MN}$$

$$P_3 = \frac{0.32 \cdot 0.01}{2} \cdot 0.2 = 0.0003 \text{ MN}$$

$$P_4 = 20 \cdot 0.01 \cdot 0.2 = 0.04 \text{ MN}$$

$$M = 0.0387 \cdot 0.3 + 0.014 \cdot 0.193 + 0.0003 \cdot 0.005 +$$

$$\pm 0.04 \cdot 0.005 = 14.5 \text{ kNm}$$

$$\underline{\sigma = 13 \text{ MPa}}$$

$$P_1 = \frac{(13 + 12.2) \cdot 0.02}{2} \cdot 0.2 = 0.0504$$

$$P_2 = \frac{12.2 \cdot 0.29}{2} \cdot 0.01 = 0.018$$

$$P_3 = \frac{0.42 \cdot 0.01}{2} \cdot 0.2 = 0.0004$$

$$P_4 = 0.04 \text{ MN}$$

$$M = 0.0504 \cdot 0.3 + 0.018 \cdot 0.193 + 0.0004 \cdot 0.005 + \\ + 0.04 \cdot 0.005 = 18.8 \text{ kNm}$$

$$\underline{\sigma = 16 \text{ MPa}}$$

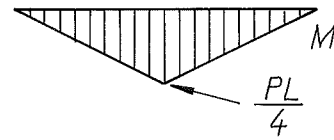
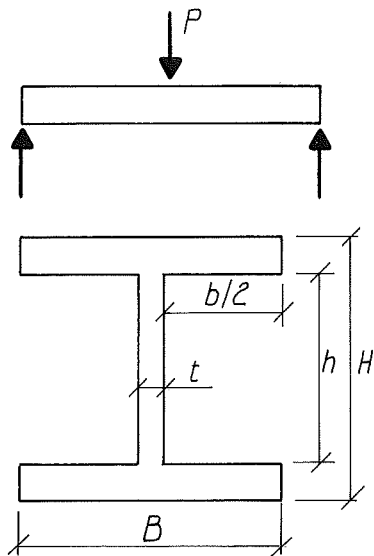
$$P_1 = \frac{(16 + 15) \cdot 0.02}{2} \cdot 0.2 = 0.062 \text{ MN}$$

$$P_2 = \frac{15 \cdot 0.29}{2} \cdot 0.01 = 0.022 \text{ MN}$$

$$P_3 = \frac{0.52 \cdot 0.01}{2} \cdot 0.2 = 0.0005 \text{ MN}$$

$$P_4 = 0.04 \text{ MN}$$

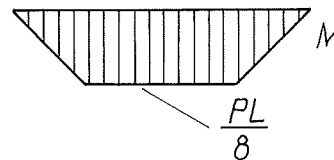
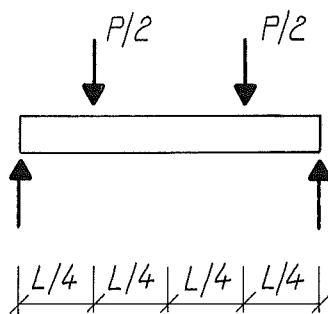
$$M = 0.062 \cdot 0.3 + 0.022 \cdot 0.193 + 0.0005 \cdot 0.005 + \\ + 0.04 \cdot 0.005 = 23.05 \text{ kNm}$$



$$M = \frac{PL}{4}$$

$$W = \frac{BH^3 - bh^3}{6H}$$

$$\sigma_k = \frac{M}{W} = \frac{PLH}{4BH^3 - 4bh^3}$$



$$M = \frac{P}{2} \left(\frac{L}{2} - \frac{L}{4} \right) = \frac{PL}{8}$$

$$\sigma_k = \frac{M}{W} = \frac{PLH}{8BH^3 - 8bh^3}$$

Kantpåkänningar för balk A och B. Fall I och II

Balk A

Fall I

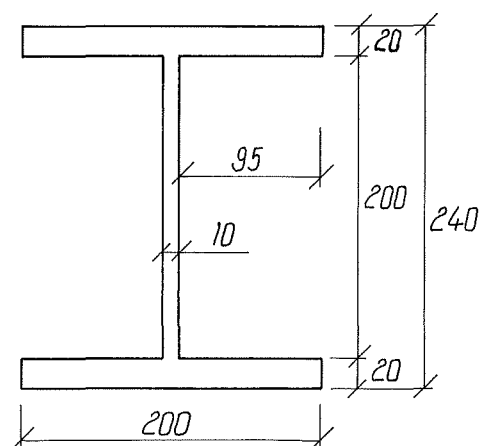
$$L_1 = 2.3 \text{ m}$$

$$L_2 = 3.2 \text{ m}$$

$$\sigma_k = \frac{3}{2} \frac{PLH}{(BH^3 - bh^3)}$$

$$\sigma_k = \frac{3}{2} \frac{0.24 PL}{(0.2 \cdot 0.24^3 - 0.19 \cdot 0.2^3)} = 289.7 PL$$

$$\sigma_k^{L1} = 665.2 P \quad \sigma_k^{L2} = 925.4 P$$



Balk B

Fall II

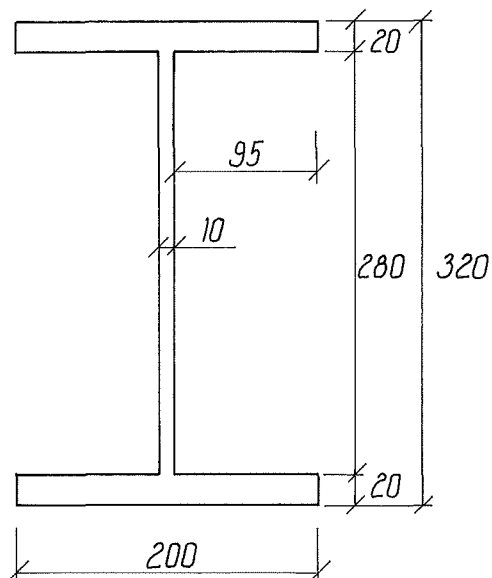
$$L_1 = 2.3 \text{ m}$$

$$L_2 = 3.2 \text{ m}$$

$$\sigma_k = \frac{3}{4} \frac{PLH}{(BH^3 - bh^3)}$$

$$\sigma_k = \frac{3}{4} \frac{0.32 PL}{(0.2 \cdot 0.32^3 - 0.19 \cdot 0.28^3)} = 100.7 PL$$

$$\sigma_k^{L1} = 231.6 P \quad \sigma_k^{L2} = 322.2 P$$



Balk A

Fall II

$$\sigma_k = \frac{3}{4} \frac{0.24 \text{ PL}}{(0.2 \cdot 0.24^3 - 0.19 \cdot 0.20^3)} = 144.6 \text{ PL}$$

$$\sigma_k^{L1} = 332.6 \text{ P}$$

$$\sigma_k^{L2} = 462.7 \text{ P}$$

Balk B

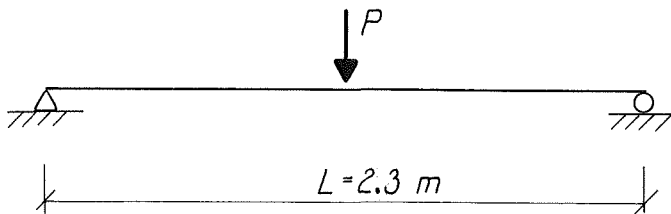
Fall I

$$\sigma_k = \frac{3}{2} \frac{0.32 \text{ PL}}{(0.2 \cdot 0.32^3 - 0.19 \cdot 0.28^3)} = 201.5 \text{ PL}$$

$$\sigma_k^{L1} = 463.3 \text{ P}$$

$$\sigma_k^{L2} = 644.6 \text{ P}$$

Beräkning av momentkapacitet för balk A, B. Fall I. $L = 2.3 \text{ m}$



Linjär påkänningsfördelning väljes.

$$\text{Kantpåkänning } \sigma_k = \frac{M}{W_{A,B}} ; \text{ där } M = \frac{P \cdot L}{4} = 0.575 \cdot P$$

$$\sigma_{kA} = \frac{0.575 \cdot P}{W_A} = \frac{0.575 P}{8.644 \cdot 10^{-4}} = 665 \cdot P \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kB} = \frac{0.575 \cdot P}{W_B} = \frac{0.575 \cdot P}{1.241 \cdot 10^{-3}} = 463 \cdot P \text{ MPa}$$

σ^{\max} väljes till 10, 13 och 16 MPa.

Beräkning av momentkapacitet:

$$\underline{\sigma = 10 \text{ MPa}} \quad p_A^{\text{brott}} = \frac{10}{665} = 0.015 \text{ MPa} = 15 \text{ kNm}$$

$$p_B^{\text{brott}} = \frac{10}{463} = 0.0216 \text{ MPa} = 21.6 \text{ kNm}$$

$$\underline{\sigma = 13 \text{ MPa}} \quad p_A^{\text{brott}} = \frac{13}{665} = 0.0195 \text{ MPa} = 19.5 \text{ kNm}$$

$$p_B^{\text{brott}} = \frac{13}{463} = 0.0281 \text{ MPa} = 28.1 \text{ kNm}$$

$$\underline{\sigma = 16 \text{ MPa}} \quad p_A^{\text{brott}} = \frac{16}{665} = 0.0241 \text{ MPa} = 24.1 \text{ kNm}$$

$$p_B^{\text{brott}} = \frac{16}{463} = 0.0346 \text{ MPa} = 34.61 \text{ kNm}$$

Moment kapacitet: M_W^σ för $\sigma_1 = 10 \text{ MPa}$; $W_A = 8.644 \cdot 10^{-2}$
 $L = 2.3 \text{ m}$ $\sigma_2 = 13 \text{ MPa}$; $W_B = 1.241 \cdot 10^{-3}$
 $\sigma_3 = 16 \text{ MPa}$

$$M_{W_A}^{\sigma_1} = 0.575 \cdot 15.0 \text{ kNm} = 8.625 \text{ kNm}$$

$$M_{W_B}^{\sigma_1} = 0.575 \cdot 21.6 \text{ kNm} = 12.4 \text{ kNm}$$

$$M_{W_A}^{\sigma_2} = 0.575 \cdot 19.5 \text{ kNm} = 11.2 \text{ kNm}$$

$$M_{W_B}^{\sigma_2} = 0.575 \cdot 28.1 \text{ kNm} = 16.1 \text{ kNm}$$

$$M_{W_A}^{\sigma_3} = 0.575 \cdot 24.1 \text{ kNm} = 13.8 \text{ kNm}$$

$$M_{W_B}^{\sigma_3} = 0.575 \cdot 34.6 \text{ kNm} = 19.9 \text{ kNm}$$

Beräkning av momentkapacitet för balk A, B. Fall I. L = 3.2 m

$$\sigma_k = \frac{3.2 \cdot P}{4 \cdot W_{A,B}} ; \quad W_A = 8.644 \cdot 10^{-4}$$

$$W_B = 1.241 \cdot 10^{-3}$$

$$\sigma_{kA} = 925.5 \cdot P \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kB} = 644.6 \cdot P \text{ MPa}$$

$$\underline{\sigma = 10 \text{ MPa}} \quad p_A^{\text{brott}} = \frac{10}{925.5} = 10.8 \text{ kN}$$

$$p_B^{\text{brott}} = \frac{10}{644.6} = 15.5 \text{ kN}$$

$$\underline{\sigma = 13 \text{ MPa}} \quad p_A^{\text{brott}} = \frac{13}{925.5} = 14.0 \text{ kN}$$

$$p_B^{\text{brott}} = \frac{13}{644.6} = 20.2 \text{ kN}$$

$$\underline{\sigma = 16 \text{ MPa}} \quad p_A^{\text{brott}} = \frac{16}{925.5} = 17.3 \text{ kN}$$

$$p_B^{\text{brott}} = \frac{16}{644.6} = 24.8 \text{ kN}$$

$$\text{Moment kapacitet: } M = \frac{p^{\text{brott}} \cdot L}{4} = 0.8 \cdot p^{\text{brott}}$$

$$L = 3.2 \text{ m}$$

$$M_{WA}^{\sigma 1} = 0.8 \cdot 10.8 = 8.64 \text{ kNm}$$

$$M_{WB}^{\sigma 1} = 0.8 \cdot 15.5 = 12.4 \text{ kNm}$$

$$M_{WA}^{\sigma 2} = 0.8 \cdot 14.0 = 11.2 \text{ kNm}$$

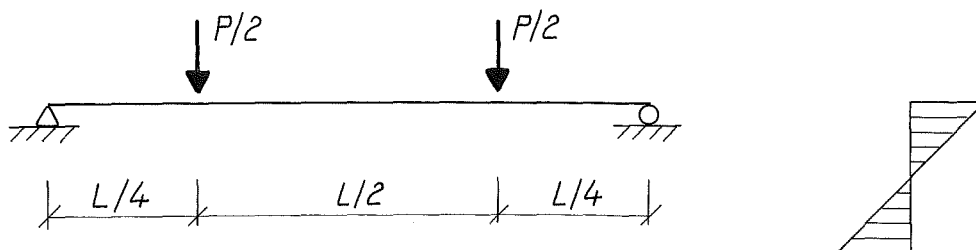
$$M_{WB}^{\sigma 2} = 0.8 \cdot 20.2 = 16.2 \text{ kNm}$$

$$M_{WA}^{\sigma 3} = 0.8 \cdot 17.3 = 13.8 \text{ kNm}$$

$$M_{WB}^{\sigma 3} = 0.8 \cdot 24.8 = 19.8 \text{ kNm}$$

Beräkning av momentkapacitet för balk A och B, Fall II.

$$L = 2.3\text{m}, L = 3.2\text{m}$$



Spänningsfördelning enligt FIG 19.

$$\begin{aligned} \text{Balk A: } \sigma_{k1} &= 332.6 P & \sigma_{k2} &= 462.7 P \\ M^{\text{kap}} &= P \cdot 0.288 & M^{\text{kap}} &= P \cdot 0.4 \end{aligned}$$

$$\underline{\sigma = 10 \text{ MPa}}$$

$$P_{L1} = \frac{10}{332.6} = 0.0301 \text{ MN} = 30.1 \text{ kN} \quad M^{\text{kap}} = 8.67$$

$$P_{L2} = \frac{10}{462.7} = 0.0216 \text{ MN} = 21.6 \text{ kN} \quad M^{\text{kap}} = 8.64$$

$$\underline{\sigma = 13 \text{ MPa}}$$

$$P_{L1} = \frac{13}{332.6} = 0.0391 \text{ MN} = 39.1 \text{ kN} \quad M^{\text{kap}} = 11.26$$

$$P_{L2} = \frac{13}{462.7} = 0.0281 \text{ MN} = 28.1 \text{ kN} \quad M^{\text{kap}} = 11.24$$

$$\underline{\sigma = 16 \text{ MPa}}$$

$$P_{L1} = \frac{16}{332.6} = 0.0481 \text{ MN} = 48.1 \text{ kN} \quad M^{\text{kap}} = 13.85$$

$$P_{L2} = \frac{16}{462.7} = 0.0346 \text{ MN} = 34.6 \text{ kN} \quad M^{\text{kap}} = 13.84$$

$$\underline{\text{Balk B:}} \quad \sigma_{k1} = 231.6 \text{ P} \quad \sigma_{k2} = 322.2 \text{ P}$$

$$\underline{\sigma = 10 \text{ MPa}}$$

$$P_{L1} = \frac{10}{231.6} = 0.0432 \text{ MN} = 43.2 \text{ kN} \quad M^{\text{kap}} = 12.44$$

$$P_{L2} = \frac{10}{322.2} = 0.0310 \text{ MN} = 31.0 \text{ kN} \quad M^{\text{kap}} = 12.40$$

$$\underline{\sigma = 13 \text{ MPa}}$$

$$P_{L1} = \frac{13}{231.6} = 0.0561 \text{ MN} = 56.1 \text{ kN} \quad M^{\text{kap}} = 16.16$$

$$P_{L2} = \frac{13}{322.2} = 0.0403 \text{ MN} = 40.3 \text{ kN} \quad M^{\text{kap}} = 16.12$$

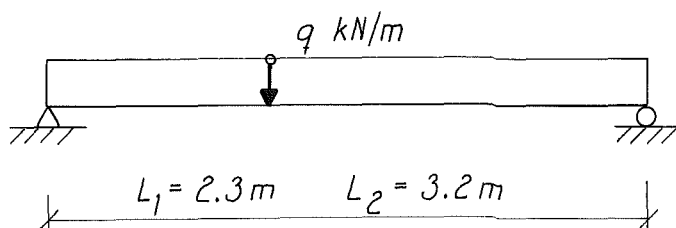
$$\underline{\sigma = 16 \text{ MPa}}$$

$$P_{L1} = \frac{16}{231.6} = 0.0691 \text{ MN} = 69.1 \text{ kN} \quad M^{\text{kap}} = 19.90$$

$$P_{L2} = \frac{16}{322.2} = 0.0497 \text{ MN} = 49.7 \text{ kN} \quad M^{\text{kap}} = 19.88$$

Beräkning av q brott med inre moment

Fall III



$$M = \frac{q l^2}{8} \rightarrow q^{\text{brott}} = \frac{M \cdot 8}{l^2}$$

Balk A

$$\sigma = 10 \text{ MPa} \quad M = 10 \text{ kNm} \quad q^{\text{brott}} = \frac{10 \cdot 8}{2.3^2} = 15.12 \text{ kN/m}$$

$$q^{\text{brott}} = \frac{10 \cdot 8}{3.2^2} = 7.8 \text{ kN/m}$$

$$\sigma = 13 \text{ MPa} \quad M = 13 \text{ kNm} \quad q^{\text{brott}} = \frac{13 \cdot 8}{2.3^2} = 19.7 \text{ kN/m}$$

$$q^{\text{brott}} = \frac{13 \cdot 8}{3.2^2} = 10.2 \text{ kN/m}$$

$$\sigma = 16 \text{ MPa} \quad M = 15.5 \text{ kNm} \quad q^{\text{brott}} = \frac{15.5 \cdot 8}{2.3^2} = 23.4 \text{ kN/m}$$

$$q^{\text{brott}} = \frac{15.5 \cdot 8}{3.2^2} = 12.1 \text{ kN/m}$$

Balk B

$$\sigma = 10 \text{ MPa} \quad M = 14.5 \text{ kNm} \quad q^{\text{brott}} = \frac{14.5 \cdot 8}{2.3^2} = 21.9 \text{ kN/m}$$

$$q^{\text{brott}} = \frac{14.5 \cdot 8}{3.2^2} = 11.3 \text{ kN/m}$$

$$\sigma = 13 \text{ MPa} \quad M = 18.8 \text{ kNm} \quad q^{\text{brott}} = \frac{18.8 \cdot 8}{2.3^2} = 28.4 \text{ kN/m}$$

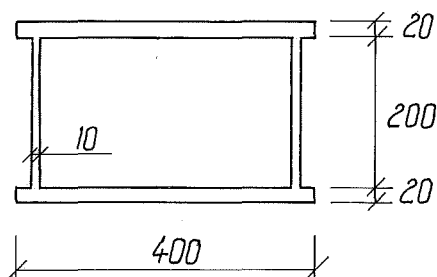
$$q^{\text{brott}} = \frac{18.8 \cdot 8}{3.2^2} = 14.7 \text{ kN/m}$$

$$\sigma = 16 \text{ MPa} \quad M = 23.05 \text{ kNm} \quad q^{\text{brott}} = \frac{23.05 \cdot 8}{2.3^2} = 34.9 \text{ kN/m}$$

$$q^{\text{brott}} = \frac{23.05 \cdot 8}{3.2^2} = 18 \text{ kN/m}$$

II-PROFILKantpåkänningar

Fall I

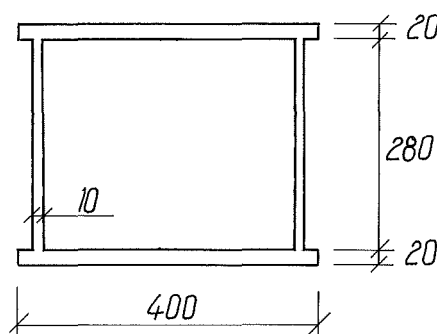
Balk C

$$L_1 = 2.3 \text{ m} \quad \sigma_k = \frac{3}{2} \frac{PLH}{(BH^3 - bh^3)} = \frac{3}{2} \cdot \frac{0.24 \cdot PL}{(0.4 \cdot 0.24^3 - 0.38 \cdot 0.2^3)} =$$

$$L_2 = 3.2 \text{ m} \quad = 144.6 PL$$

$$\sigma_{k1} = 332.6 P$$

$$\sigma_{k2} = 462.7 P$$

Balk D

Enl. formel ovan

$$\sigma_k = \frac{3}{2} \cdot \frac{0.32 \cdot PL}{(0.4 \cdot 0.32^3 - 0.38 \cdot 0.28^3)} = 100.7 PL$$

$$\sigma_{k1} = 231.7 P$$

$$\sigma_{k2} = 322.2 P$$

Fall II

$$\underline{\text{Balk C}} \quad \sigma_k = \frac{3}{4} \cdot \frac{PLH}{(BH^3 - bh^3)} = 72.3 PL$$

$$\sigma_{k1} = 166.3 P$$

$$\sigma_{k2} = 231.4 P$$

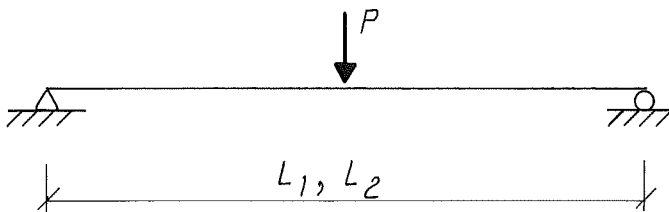
$$\underline{\text{Balk D}} \quad \sigma_k = 50.4 PL$$

$$\sigma_{k1} = 115.8 P$$

$$\sigma_{k2} = 161.3 P$$

MOMENTKAPACITET

Fall I



$$L_1 = 2.3 \text{ m}$$

$$L_2 = 3.2 \text{ m}$$

Rätlinjig spänningsfördel:

Balk C $\sigma_{k1} = 332.6 P$ $\sigma_{k2} = 462.7 P$

$$M^{\text{kap}} = \frac{PL}{4} = 0.575 P \quad M^{\text{kap}} = 0.8 P$$

$\sigma = 10 \text{ MPa}$

$$P_{L1} = \frac{10}{332.6} = 0.03 \text{ MN} = 30 \text{ kN} \quad M^{\text{kap}} = 17.3 \text{ kNm}$$

$$P_{L2} = \frac{10}{462.7} = 0.02 \text{ MN} = 21.6 \text{ kN}$$

$\sigma = 13 \text{ MPa}$

$$P_{L1} = \frac{13}{332.6} = 39 \text{ kN} \quad M^{\text{kap}} = 22.5 \text{ kNm}$$

$$P_{L2} = \frac{13}{462.7} = 28 \text{ kN}$$

$\sigma = 16 \text{ MPa}$

$$P_{L1} = \frac{16}{332.6} = 48.1 \text{ kN} \quad M^{\text{kap}} = 27.7 \text{ kNm}$$

$$P_{L2} = \frac{16}{462.7} = 34.6 \text{ kN}$$

Fall I

$$\text{Balk D} \quad \sigma_{k1} = 231.7 P \quad \sigma_{k2} = 322.2 P$$

$$M^{\text{kap}} = \frac{P L_1}{4} = 0.575 \cdot P_4 \quad (0.8 P_2)$$

$$\underline{\sigma = 10 \text{ MPa}}$$

$$P_{L1} = \frac{10}{231.7} = 43.2 \text{ kN}$$

$$M = 0.575 \cdot 43.2 = 24.8 \text{ Kn}$$

$$P_{L2} = \frac{10}{322.2} = 31.0 \text{ kN}$$

$$\underline{\sigma = 13 \text{ MPa}}$$

$$P_{L1} = \frac{13}{231.7} = 56.1 \text{ kN}$$

$$M = 32.3 \text{ kNm}$$

$$P_{L2} = \frac{13}{322.2} = 40.3 \text{ kN}$$

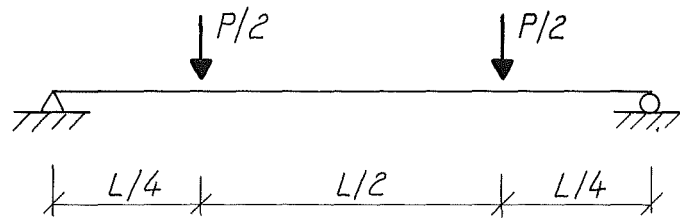
$$\underline{\sigma = 16 \text{ MPa}}$$

$$P_{L1} = \frac{16}{231.7} = 69.0 \text{ kN}$$

$$M = 39.7 \text{ kNm}$$

$$P_{L2} = \frac{16}{322.2} = 49.7 \text{ kN}$$

Fall II



Balk C $\sigma_{k1} = 166.3 P$

$\sigma_{k2} = 231.4 P$

$$M^{\text{kap}} = \frac{PL}{8} = \frac{P \cdot 2.3}{8} = 0.288 P$$

$\sigma = 10 \text{ MPa}$

$$P_{L1} = \frac{10}{166.3} = 60 \text{ kN}$$

$$M = 17.3 \text{ kNm}$$

$$P_{L2} = \frac{10}{231.4} = 43.2 \text{ kN}$$

$\sigma = 13 \text{ MPa}$

$$P_{L1} = \frac{13}{166.3} = 78.2 \text{ kN}$$

$$M = 22.5 \text{ kNm}$$

$$P_{L2} = \frac{13}{231.4} = 56.2 \text{ kN}$$

$\sigma = 16 \text{ MPa}$

$$P_{L1} = \frac{16}{166.3} = 96.2 \text{ kN}$$

$$M = 27.7 \text{ kNm}$$

$$P_{L2} = \frac{16}{231.4} = 69.1 \text{ kN}$$

Fall II

$$\underline{\text{Balk D}} \quad \sigma_{k1} = 115.8 \text{ P}$$

$$\sigma_{k2} = 161.3 \text{ P}$$

$$M = 0.288 P_1$$

$$\underline{\sigma = 10 \text{ MPa}}$$

$$P_{L1} = \frac{10}{115.8} = 86.4 \text{ kN}$$

$$M = 24.9 \text{ kNm}$$

$$P_{L2} = \frac{10}{161.3} = 62 \text{ kN}$$

$$\underline{\sigma = 13 \text{ MPa}}$$

$$P_{L1} = \frac{13}{115.8} = 112.3 \text{ kN}$$

$$M = 32.3 \text{ kNm}$$

$$P_{L2} = \frac{13}{161.3} = 80.6 \text{ kN}$$

$$\underline{\sigma = 16 \text{ MPa}}$$

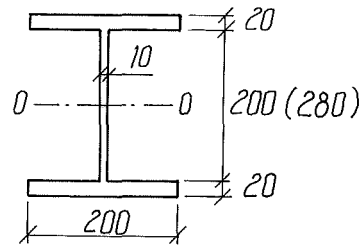
$$P_{L1} = \frac{16}{115.8} = 138.2 \text{ kN}$$

$$M = 39.8 \text{ kNm}$$

$$P_{L2} = \frac{16}{161.3} = 99.2 \text{ kN}$$

Skjuvpåkänning

Fall I

Balk A

$$I_o = \frac{0.2 \cdot 0.24^3}{12} - \frac{1}{12} \cdot 0.19 \cdot 0.2^3 = 103.7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$S = 0.2 \cdot 0.02 \cdot 0.11 = 4.4 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$\tau = \frac{P}{2}$$

$$b = 0.01 \text{ m}$$

$$\tau = \frac{4.4 \cdot 10^{-4} \cdot 0.5 \cdot P}{103.7 \cdot 10^{-6} \cdot 0.01} = 212.15 \cdot P$$

$$\tau \text{ Max } P = 8.21 \text{ kN} \rightarrow \tau = 212.15 \cdot 8.21 = 1741.8 \text{ kN/m}^2$$

Balk B

$$I_o = \frac{0.2 \cdot 0.32^3}{12} - \frac{1}{12} \cdot 0.19 \cdot 0.28^3 = 1.986 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$S = 0.2 \cdot 0.02 \cdot 0.15 = 6 \cdot 10^{-4}$$

$$\tau = \frac{6 \cdot 10^{-4} \cdot 0.5 P}{1.986 \cdot 10^{-4} \cdot 0.01} = 151 \cdot P$$

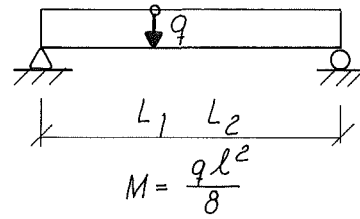
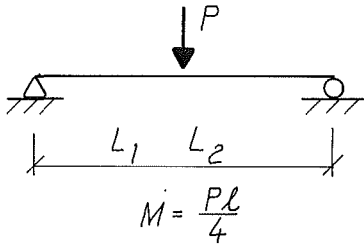
Balk C (lådabalk)

$$I_o = \frac{0.4 \cdot 0.24^3}{12} - \frac{1}{12} \cdot 0.38 \cdot 0.2^3 = 2.075 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$S = 0.4 \cdot 0.02 \cdot 0.11 = 8.8 \cdot 10^{-4} \rightarrow$$

$$\tau = \frac{8.8 \cdot 10^{-4} \cdot 0.5 P}{2.075 \cdot 10^{-4} \cdot 0.02} = 106 \cdot P$$

q-laster

I-balk

Fall I

$$\frac{Pl}{4} = \frac{ql^2}{8} \rightarrow q = \frac{2P}{l} \quad l = L_1, L_2$$

Balk A

$$\sigma = 10 \text{ MPa}$$

$$q_{L1} = \frac{2 \cdot 15}{2.3} = 13 \text{ kN/m}$$

$$q_{L2} = \frac{2 \cdot 10.8}{3.2} = 6.75 \text{ kN/m}$$

$$\sigma = 13 \text{ MPa}$$

$$q_{L1} = \frac{19.5 \cdot 2}{2.3} = 17 \text{ kN/m}$$

$$q_{L2} = \frac{2 \cdot 14}{3.2} = 8.75 \text{ kN/m}$$

$$\underline{\sigma = 16 \text{ MPa}}$$

$$q_{L1} = \frac{24.1 \cdot 2}{2.3} = 21 \text{ kN/m}$$

$$q_{L2} = \frac{17.3 \cdot 2}{3.2} = 10.8 \text{ kN/m}$$

Balk B

$$\underline{\sigma = 10 \text{ MPa}}$$

$$q_{L1} = \frac{2 \cdot 21.6}{2.3} = 18.8 \text{ kN/m}$$

$$q_{L2} = \frac{2 \cdot 15.5}{3.2} = 9.7 \text{ kN/m}$$

$$\underline{\sigma = 13 \text{ MPa}}$$

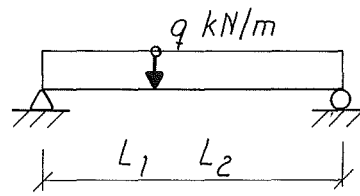
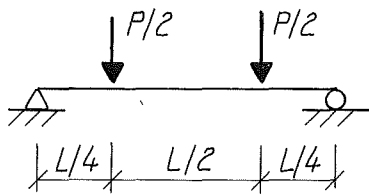
$$q_{L1} = \frac{28.1 \cdot 2}{2.3} = 24.4 \text{ kN/m}$$

$$q_{L2} = \frac{2 \cdot 20.2}{3.2} = 12.6 \text{ kN/m}$$

$$\underline{\sigma = 16 \text{ MPa}}$$

$$q_{L1} = \frac{2 \cdot 34.6}{2.3} = 30 \text{ kN/m}$$

$$q_{L2} = \frac{2 \cdot 24.8}{3.2} = 15.5 \text{ kN/m}$$



Fall II

$$\frac{PL}{8} = \frac{qL^2}{8} \quad q = \frac{P}{L}$$

Balk A

$$\sigma = 10 \text{ MPa:} \quad q_{L1} = \frac{30.1}{2.3} = 13 \text{ kN/m} \quad q_{L2} = \frac{21.6}{3.2} = 6.75 \text{ kN/m}$$

$$\sigma = 13 \text{ MPa:} \quad q_{L1} = \frac{29.1}{2.3} = 17 \text{ kN/m} \quad q_{L2} = \frac{28.1}{3.2} = 8.8 \text{ kN/m}$$

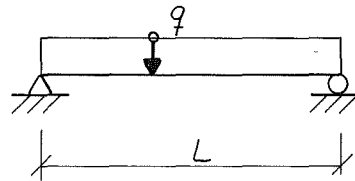
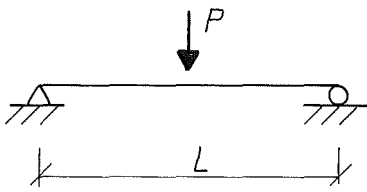
$$\sigma = 16 \text{ MPa:} \quad q_{L1} = \frac{48.1}{2.3} = 21 \text{ kN/m} \quad q_{L2} = \frac{34.6}{3.2} = 10.8 \text{ kN/m}$$

Balk B

$$\sigma = 10 \text{ MPa:} \quad q_{L1} = \frac{43.2}{2.3} = 18.8 \text{ kN/m} \quad q_{L2} = \frac{31.0}{3.2} = 9.7 \text{ kN/m}$$

$$\sigma = 13 \text{ MPa:} \quad q_{L1} = \frac{56.1}{2.3} = 24.4 \text{ kN/m} \quad q_{L2} = \frac{40.3}{3.2} = 12.6 \text{ kN/m}$$

$$\sigma = 16 \text{ MPa:} \quad q_{L1} = \frac{69.1}{2.3} = 30 \text{ kN/m} \quad q_{L2} = \frac{49.7}{3.2} = 15.5 \text{ kN/m}$$



Fall I

$$q = \frac{2P}{l}$$

Balk C

$$\sigma = 10 \text{ MPa:} \quad q_{L1} = \frac{30.2}{2.3} = 26.0 \text{ kN/m} \quad q_{L2} = \frac{2 \cdot 21.6}{3.2} = 13.5 \text{ kN/m}$$

$$\sigma = 13 \text{ MPa:} \quad q_{L1} = \frac{2 \cdot 39}{2.3} = 34 \text{ kN/m} \quad q_{L2} = \frac{2 \cdot 28}{3.2} = 17.5 \text{ kN/m}$$

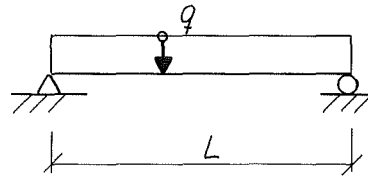
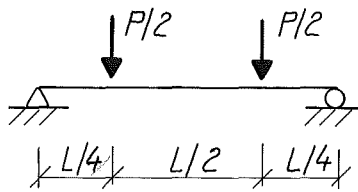
$$\sigma = 16 \text{ MPa:} \quad q_{L1} = \frac{2 \cdot 48}{2.3} = 41.7 \text{ kN/m} \quad q_{L2} = \frac{34.6 \cdot 2}{3.2} = 21.6 \text{ kN/m}$$

Balk D

$$\sigma = 10 \text{ MPa:} \quad q_{L1} = \frac{43.2 \cdot 2}{2.3} = 37.6 \text{ kN/m} \quad q_{L2} = \frac{31 \cdot 2}{3.2} = 19.4 \text{ kN/m}$$

$$\sigma = 13 \text{ MPa:} \quad q_{L1} = \frac{56.1 \cdot 2}{2.3} = 48.8 \text{ kN/m} \quad q_{L2} = \frac{40.3 \cdot 2}{3.2} = 25.2 \text{ kN/m}$$

$$\sigma = 16 \text{ MPa:} \quad q_{L1} = \frac{2 \cdot 69}{2.3} = 60.0 \text{ kN/m} \quad q_{L2} = \frac{49.7 \cdot 2}{3.2} = 31.0 \text{ kN/m}$$



Fall II

$$q = \frac{P}{l}$$

Balk C

$$\sigma = 10 \text{ MPa: } q_{L1} = \frac{60}{2.3} = 26.0 \text{ kN/m} \quad q_{L2} = \frac{43.2}{3.2} = 13.5 \text{ kN/m}$$

$$\sigma = 13 \text{ MPa: } q_{L1} = \frac{78.2}{2.3} = 34.0 \text{ kN/m} \quad q_{L2} = \frac{56.2}{3.2} = 17.6 \text{ kN/m}$$

$$\sigma = 16 \text{ MPa: } q_{L1} = \frac{96.2}{2.3} = 41.8 \text{ kN/m} \quad q_{L2} = \frac{69.1}{3.2} = 21.6 \text{ kN/m}$$

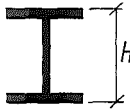
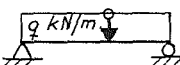
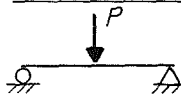
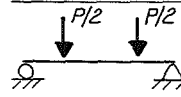
Balk D

$$\sigma = 10 \text{ MPa: } q_{L1} = \frac{86.4}{2.3} = 37.6 \text{ kN/m} \quad q_{L2} = \frac{62}{3.2} = 19.4 \text{ kN/m}$$

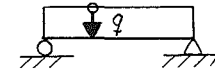
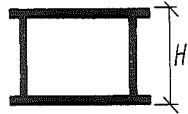
$$\sigma = 13 \text{ MPa: } q_{L1} = \frac{112.3}{2.3} = 48.8 \text{ kN/m} \quad q_{L2} = \frac{80.6}{3.2} = 25.2 \text{ kN/m}$$

$$\sigma = 16 \text{ MPa: } q_{L1} = \frac{138.2}{2.3} = 60.0 \text{ kN/m} \quad q_{L2} = \frac{99.2}{3.2} = 31.0 \text{ kN/m}$$

LINJAR SPÄNNINGSFÖRDELNING (MOMENTKAP.)

	H	σ	M_{inre}	$\tau = \frac{ST}{I \cdot b}$	$\sigma_k(L_2)$	$\sigma_k(L_2)$	$P_u(L_1)$	$M_u(L_1)$	$P_u(L_2)$	$M_u(L_2)$		
											$q_u L_1$	$q_u L_2$
		MPa	kNm		MPa	MPa	kN	kNm	kN	kNm	kN/m	kN/m
	240	10	10		665.2P	925.4P	15	8.625	10.8	8.64	13	6.75
	240	13	13	212.2P	"	"	19.5	11.2	14.0	11.2	17	8.75
	240	16	15.5		"	"	24.1	13.8	17.3	13.8	21	10.8
	320	10	14.5		463.3P	644.6P	21.6	12.4	15.5	12.4	18.8	9.7
	320	13	18.8	151 P	"	"	28.1	16.1	20.2	16.1	24.4	12.6
	320	16	23.05		"	"	34.6	19.9	24.8	19.9	30.0	15.5
	240	10			665.2P	925.4P	30.1	17.3	21.6	17.3	13	6.75
	240	13	11		"	"	39.1	22.5	28.1	22.5	17	8.8
	240	16			"	"	48.1	27.7	34.6	27.7	21	10.8
	320	10			463.3P	644.6P	43.2	12.4	31.0	12.4	18.8	9.7
	320	13	11		"	"	56.1	16.1	40.3	16.1	24.4	12.6
	320	16			"	"	69.1	19.9	49.7	19.9	30	15.5

LINJÄR SPÄNNINGSFÖRDELNING (MOMENTKAP.)



	H	σ	$\sigma_k(L_1)$	$\sigma_k(L_2)$	$P_u(L_1)$	$M_u(L_1)$	$P_u(L_2)$	$M_u(L_2)$	qL_1	qL_2	qL_1^*	qL_2^*
		MPa							kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
	240	10	332.6P	462.7P	30	17.3	21.6	17.3	26	13.5	15.1	7.8
	240	13	"	"	39	22.5	28.0	22.5	34	17.5	19.7	10.2
	240	16	"	"	48.1	27.7	34.6	27.7	41.7	21.6	23.4	12.1
	320	10	231.7P	322.2P	43.2	24.8	31.0	24.8	37.6	19.4	21.9	11.3
	320	13	"	"	56.1	32.3	40.3	32.3	48.8	25.2	28.4	14.7
	320	16	"	"	69.0	39.7	49.7	39.7	60	31.0	34.9	18.0
	240	10	166.3P	231.4P	60.0	17.3	43.2	17.3	26	13.5	Tillhör sammanställning för I-profil	
	240	13	"	"	78.2	22.5	56.2	22.5	34	17.6		
	240	16	"	"	96.2	27.7	69.1	27.7	41.8	21.6		
	320	10	115.8P	161.3P	86.4	24.9	62.0	24.9	37.6	19.4		
	320	13	"	"	112.3	32.3	80.6	32.3	48.8	25.2		
	320	16	"	"	138.2	39.8	99.2	39.8	60	31.0		

* Av inre moment