

# CHALMERS



## Provning av spännarmerade plattbärlag

Provningsuppdrag för AB Färdig Betong

INGEMAR LÖFGREN

*Institutionen för Konstruktionsteknik*  
*Betongbyggnad*  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2002

Rapport Nr. 02:16



RAPPORT NR. 02:16

# Provning av spännarmerade plattbärlag

Provningsuppdrag för AB Färdig Betong

INGEMAR LÖFGREN

Institutionen för Konstruktionsteknik  
Betongbyggnad  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sweden 2002

Provning av spännarmerade plattbärlag  
Provningsuppdrag för AB Färdig Betong

INGEMAR LÖFGREN

© INGEMAR LÖFGREN, 2002

ISSN 1650-5166

Rapport nr. 02:16

Arkiv nr. 35

Institutionen för Konstruktionsteknik

Betongbyggnad

Chalmers Tekniska Högskola

412 96 Göteborg

Sverige

Telefon: + 46 (0)31-772 1000

Framsida: Nedböjning av pågjutet förspänt plattbärlag vid provning.

Institutionen för Konstruktionsteknik  
Göteborg, Sverige 2002

Provning av spännarmerade plattbärlag  
Uppdragsprovning för AB Färdig Betong  
INGEMAR LÖFGREN  
Institutionen för konstruktionsteknik  
Betongbyggnad  
Chalmers tekniska högskola

## SAMMANFATTNING

Förspända plattbärlag med en tjocklek av 50 mm har provats i fullskaleförsök. Försöken genomfördes på både pågjutna plattor och plattor utan pågjutning, det senare för att simulera gjutskedet då elementet fungerar som form. Elementen belastades med hjälp av en domkraft som via fördelningsbalkar fördelade belastningen till två linjelaster, i försöken registrerades elementens deformation, nedböjning, samt den pålagda belastningen. Laboratorieförsöken genomfördes vid institutionen för konstruktionsteknik, Chalmers tekniska högskola. Provningsens syfte var: att mäta de deformationer som kan förväntas uppstå under gjutskedet och elementets bärförmåga under detta skede; samt att undersöka hur plattbärlaget fungerar i den färdiga konstruktionen, bärförmåga och styvhet.

*Tabell. Sammanställning av maxmoment,  $M_{max}$ , för plattbärlag utan pågjutning.*

Beteckning	Maxmoment, $M_{max}$ . [kNm]
T10-6-5 H120/L <sub>0</sub> 2400	11,4
T10-6-5 H150/L <sub>0</sub> 2400	9,4
T10-6-5 H200/L <sub>0</sub> 2400	15,0
T10-6-5 H150/L <sub>0</sub> 2800	10,4

*Tabell. Sammanställning av sprickmoment,  $M_{cr}$ , och maxmoment,  $M_{max}$  för pågjutna plattbärlag.*

Tjocklek [mm]	Sprickmoment, $M_{cr}$ . [kNm]	Maxmoment, $M_{max}$ . [kNm]	$M_{max} / M_{cr}$
200	77	109	1,4
250	107	149	1,4

Nyckelord: Förspända plattbärlag, pågjutning, bärförmåga, styvhet, deformation, uppdragsprovning.



# Innehåll

SAMMANFATTNING	I
INNEHÅLL	1
1 INLEDNING	2
1.1 Omfattning och syfte	2
2 UTFORMNING AV ELEMENTEN	3
2.1 Utformning	3
2.1.1 Armeringsbalk	3
3 FÖRSÖK – PLATTOR UTAN PÅGJUTNING	4
3.1 Mätningar	5
3.1.1 Mätutrustning	6
3.1.2 Mätdatainsamling	6
3.2 Material	6
3.3 Mätresultat	7
4 FÖRSÖK – PÅGJUTEN PLATTA	12
4.1 Mätningar	13
4.1.1 Mätutrustning	14
4.1.2 Mätdatainsamling	14
4.2 Material	14
4.3 Mätresultat	15
5 SLUTSATS	20

# 1 Inledning

## 1.1 Omfattning och syfte

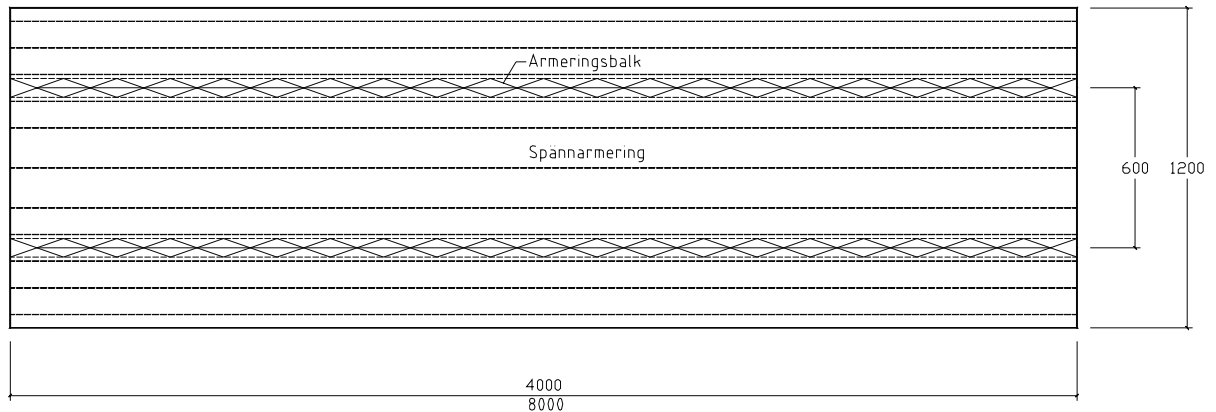
På uppdrag av AB Färdig Betong har Chalmers tekniska högskola, institutionen för Konstruktionsteknik, utfört deformationsmätning på förspända plattbärlag, både pågjutna och utan pågjutning. Syftet med provningarna var att mäta de deformationer spricklast och bärförmåga. Fullskaleförsök genomfördes på både pågjutna plattor och plattor utan pågjutning, det senare för att simulera gjutskedet då elementet fungerar som form. I försöken registrerades elementens deformation samt den pålagda belastningen. I fullskaleförsöken med pågjutna plattor provades plattor med två bjälklagstjocklekar. Undersökningen berör först och främst elementens sprickmoment och momentkapacitet, vilket begränsades till fritt upplagda plattor.



## 2 Utformning av elementen

### 2.1 Utformning

Totalt levererades 8 element till Chalmers: med längderna 4,0 och 8,0 meter; bredden 1,2 meter; och med tjockleken 50 mm, se Figur 1. Elementen var tillverkade med betongkvalitet K60 och försedda med spännarmering. Tillverkning av elementen skedde den 15 maj.



Figur 1. Utformning av plattbärlag.

#### 2.1.1 Armeringsbalk

Plattbärlagen var försedda med två stycken armeringsbalkar, centrumavstånd 600 mm.

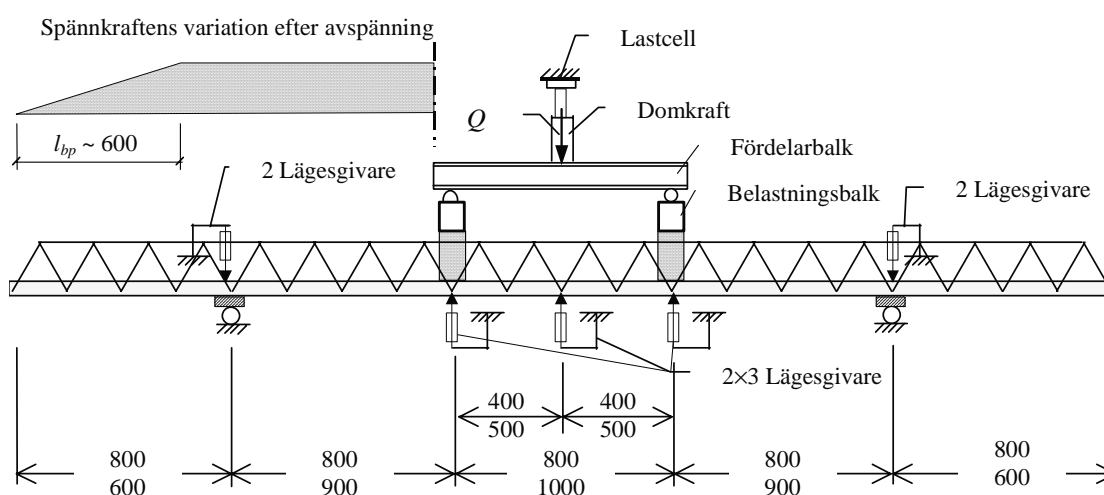
- Fyra plattor med armeringsbalk T10-5-6 H=150, två stycken med längden 4,0 meter och två stycken med längden 8,0 meter.
- Två plattor med armeringsbalk T10-5-6 H=200, en med längden 4,0 meter och en med längden 8,0 meter.
- Två plattor med armeringsbalk T10-5-6 H=120, en med längden 4,0 meter och en med längden 8,0 meter.

### 3 Försök – plattor utan pågjutning

Provningarna avser det skede då elementen fungerar som form på arbetsplatsen, för beräkning av bockryggsavstånd, nedböjning och bärförmåga. Elementen provades fritt upplagda och belastades med två stycken linjelaster över plattans bredd. Lasten påfördes en fördelarbalk som belastade två stycken belastningsbalkar, se Figur 2 och Figur 3. Den totala vikten av balkarna var 90 kg. Provningarna genomfördes deformationsstyrda med en belastningshastighet av ungefär 0,25 mm per minut. Försöksuppställningen var utformad så att inverkan av spännkraftens variation i ändzonen inte skulle påverka resultatet, se Figur 2. Spännvidden var vald med hänsyn till vad som är normal praxis. Provningarna genomfördes deformationsstyrda med en belastningshastighet av ungefär 0,25 mm per minut. Elementen provades den 28, 29 och 30 maj, 11, 12 respektive 13 dagar efter tillverkning, se Tabell 1.

Tabell 1. Sammanställning av de provade elementen.

Beteckning	Armeringsstegens dimensioner				Spännvidd $L_0$ [m]	Datum
	$\phi$ Överkant [mm]	$\phi$ Diagonal [mm]	$\phi$ Underkant [mm]	Stegens höjd [mm]		
T10-6-5 H120/L <sub>0</sub> 2400	10	6	5	120	2400	29 maj
T10-6-5 H150/L <sub>0</sub> 2400	10	6	5	150	2400	29 maj
T10-6-5 H200/L <sub>0</sub> 2400	10	6	5	200	2400	28 maj
T10-6-5 H150/L <sub>0</sub> 2800	10	6	5	150	2800	30 maj



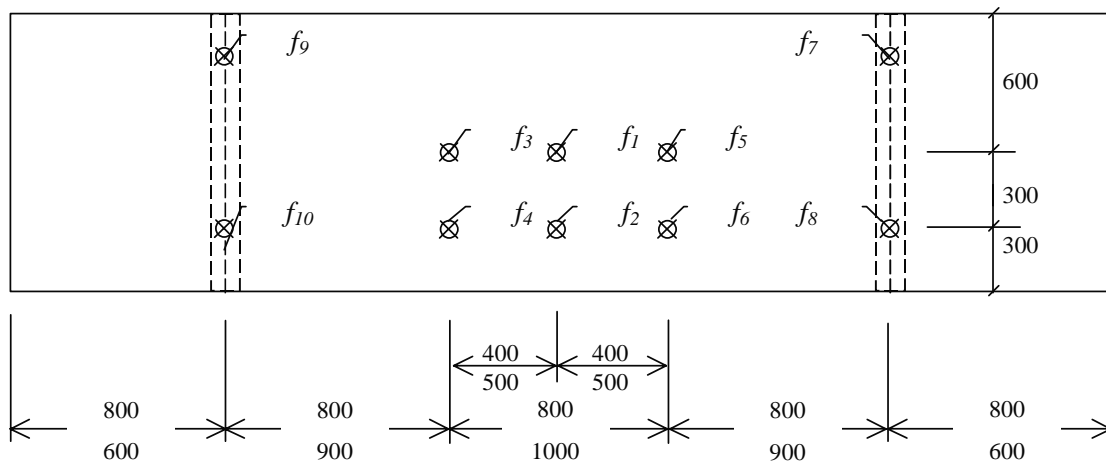
Figur 2. Försöksuppställning vid simulering av gjutskedet.



Figur 3. Försöksuppställning.

### 3.1 Mätningar

I försöken registrerades elementens deformation och den pålagda belastningen. Deformationen registrerades med lägesgivare, placerade enligt Figur 4 och Figur 2, dels i mittsnittet och dels under belastningspunkterna. Belastningen påfördes med domkraft och lasten registrerades med en lastcell.



Figur 4. Placering och numrering av lägesgivare.

### 3.1.1 Mätutrustning

I försöken var lägesgivarna av LVDT-typ. Vid upplagen mättes stödsättningen med 4 stycken LDC 500A, av fabrikat RDP Group, med ett mätområde av  $\pm 12,5$  mm, med en mätnoggrannhet bättre än  $\pm 0,5$  %. Mittnedböjningen mättes med 2 stycken lägesgivare LDC 2000A, av fabrikatet RDP Group, med ett mätområde av  $\pm 50$  mm, med en mätnoggrannhet bättre än  $\pm 0,5$  %. Nedböjningen under lasten mättes med 4 stycken lägesgivare LDC 2000A, av fabrikatet RDP Group, med ett mätområde av  $\pm 50$  mm, med en mätnoggrannhet bättre än  $\pm 0,5$  %. Lasten registrerades med en lastcell för 200 kN.

### 3.1.2 Mätdatainsamling

Under försöket registrerades mätdata med en frekvens av en mätning var femte sekund. Mätdataregistrering skedde med hjälp av en datalogger Solartron, modell 3530 Orion Delta, och en PC.

## 3.2 Material

Elementen tillverkades av K60 betong. Materialegenskaper utvärderades genom tryckprovning av utborrade cylindrar ( $\phi$  100 mm,  $h \approx 150$  mm). Utborrningen skedde cirka 10 dagar efter gjutning och gjordes vinkelrätt gjutriktningen, ur en större provkropp som göts samtidigt som elementen. Provkropparna vattenlagrares ej utan utsattes för samma klimat som elementen. Provningsen skedde den 29 maj, 11 dygn efter gjutning. Tryckhållfastheten bestämdes genom provning enligt SS 13 72 32, "Betongprovning – Hårdnad betong – Tryckhållfasthet hos provkroppar". Medelvärdet för tryckhållfastheten,  $f_{cc}$ , är 51,7 MPa, provningsresultatet är sammanställt i Tabell 2.

Tabell 2. Samanställning av provningsresultat för tryckhållfasthet,  $f_{cc}$ .

Cylinder [nr]	Vikt [kg]	Höjd h [mm]	Diameter $\phi$ [mm]	Densitet [kg/m <sup>3</sup> ]	Area [mm <sup>2</sup> ]	Tryckprov	
						Last [N]	$f_{cc}$ [MPa]
1	2,741	147,0	98,5	2 446,97	7620	384 000	50,39
2	2,757	147,2	98,4	2 462,91	7605	394 000	51,81
3	2,733	144,8	98,8	2 461,88	7667	400 000	52,17
4	2,743	147,0	98,8	2 433,91	7667	391 000	51,00
5	2,718	145,5	98,9	2 431,67	7682	402 000	52,33
6	2,735	145,4	98,4	2 473,51	7605	401 000	52,73
Medelvärde:				2 451,81		Medelvärde:	51,74

På cylindrarna 4, 5 och 6 utvärderades elasticitetsmodulen. Provningsen av E-modul har utförts i enlighet med SS 13 72 32, "Betongprovning – Hårdnad betong – Elasticitetsmodul vid tryckprovning". Provningsen har utförts med en tryckprovningssmaskin av typ ToniTechnik 1142/3000/0230. Mätning av töjningar har

skett med trådtöjningsgivare. Följande avvikelser från metodbeskrivningen i SS 13 72 32 har skett:

- Provkropparna var inte vattenlagrade.
- Avlastning har, på grund av begränsningar i den använda provningsutrustningen, inte kunnat göras till  $\sigma_0 = 0.5 \text{ MPa}$ . Istället har avlastning skett till belastningen  $\sigma_0 = \sigma_{01} = \sigma_{02} = 0 \text{ MPa}$ . Avvikelsens påverkan på provningsresultaten bedöms vara försumbar.

Belastningsförloppet vid provningen utfördes med belastningsnivåer beräknade med en antagen brottlast av 393 kN (utvärderad från 3 stycken cylindrar):

$$P_0 = 0 \text{ kN} \quad \text{motsvarande } \sigma_0 = \sigma_{01} = \sigma_{02} = 0 \text{ MPa}$$

$$P_{0.45} = 0.45 \cdot P_{\max} = 177 \text{ kN} \quad \text{motsvarande } \sigma_1 = 0.45 \cdot f_{cm}$$

$$P_{1/3} = P_{\max} / 3 = 131 \text{ kN} \quad \text{motsvarande } \sigma_1 = f_{cm} / 3$$

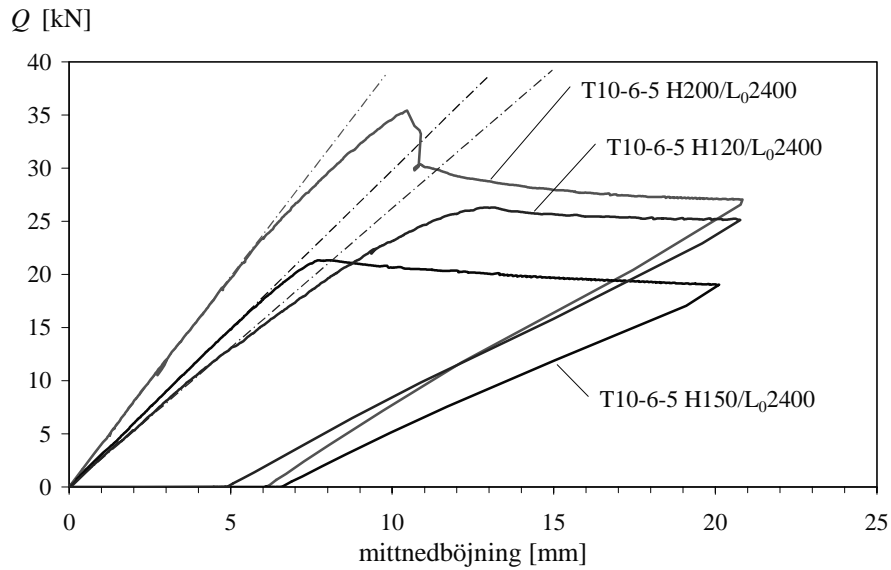
Medelvärde för elasticitetsmodulen,  $E_c$ , är 29,3 GPa, resultatet av E-moduls mätningen är sammanställt i Tabell 3.

Tabell 3. Resultat från provning av E-modul.

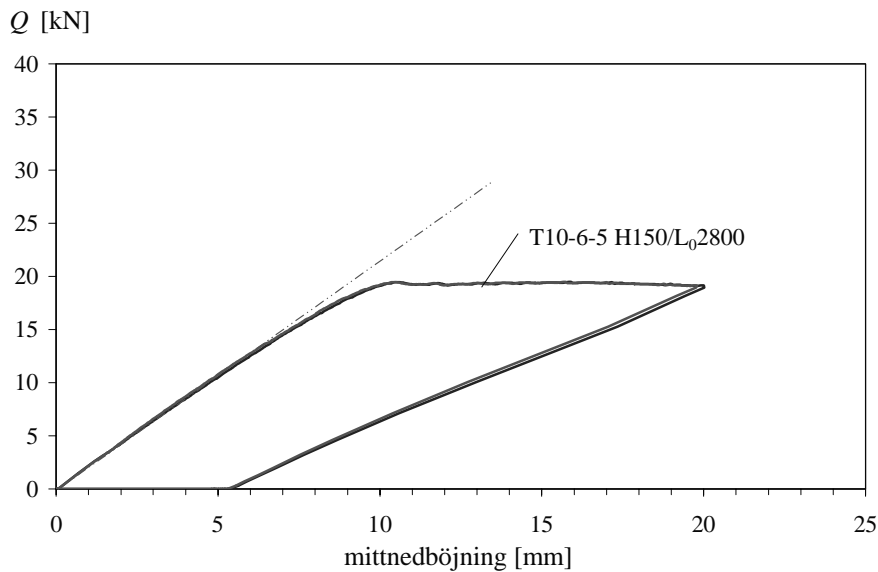
Cylinder [nr]	Vikt [kg]	Höjd h [mm]	Diameter $\phi$ [mm]	Area [mm <sup>2</sup> ]	Töjning			E-modul		
					$\epsilon_0$ 10 <sup>-6</sup>	$\epsilon_{c,1}$ 10 <sup>-6</sup>	$\epsilon_{c,2}$ 10 <sup>-6</sup>	$E_{c,0.45}$ [MPa]	$E_{c,1/3}$ [MPa]	$E_{c,1/3}$ [MPa]
4	2,743	147,0	98,8	7666,6	780,3	598	598	29 589	28 574	28 574
5	2,718	145,5	98,9	7682,1	800,8	616	616	28 774	27 683	27 683
6	2,735	145,4	98,4	7604,7	785,5	603	603	29 631	28 568	28 568
Medelvärde:					788,8	605,7	605,7	29 331	28 275	28 275

### 3.3 Mätresultat

I Figur 5 och Figur 6 redovisas resultatet av provningarna och de erhållna sambanden mellan last och deformation. Responserna är i stort sett linjära ända upp till maxlasten, vilket beror på att ingen uppsprickning sker tack vare förspänningen. I samtliga fall så var det knäckning av överkantsstången i stegen som begränsade bärförmågan, efter knäckning tappar elementen inte bärförmågan utan de kan fortsätta att bära belastning. För elementet med en steghöjd av 120 mm (T10-6-5 H120) fås dock en viss uppsprickning som dock inte medför någon avsevärd styvhetsförändring, vilket kan ses i Figur 5. Det är också värt att notera att elementet med steghöjden 150 mm har en lägre bärförmåga än elementet med 120 mm steghöjd, detta tros beror på imperfektioner i armeringsbalken.

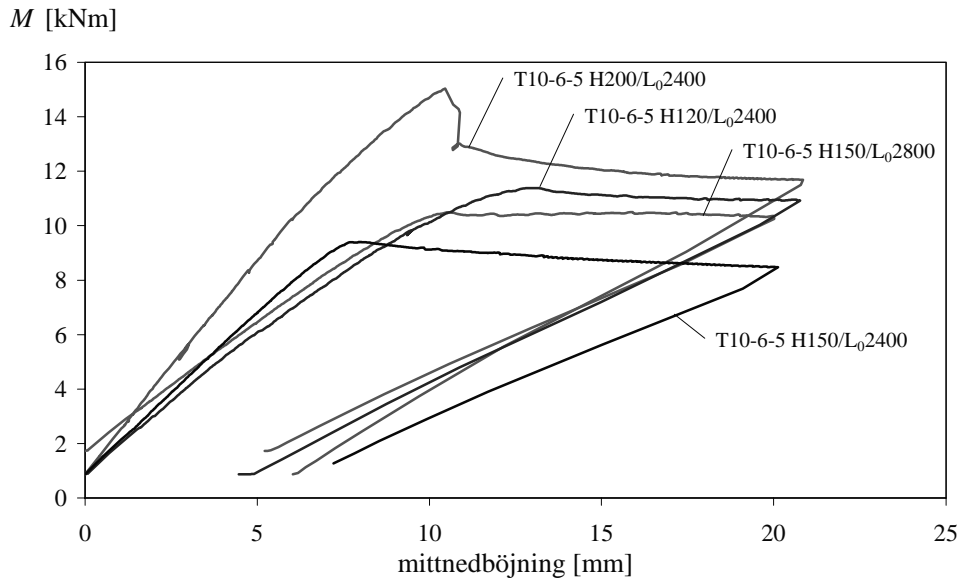


Figur 5. Belastningsförlopp, mittnedböjning för plattor med spännvidden,  $L_0$ , 2400 mm. Avlastning vid en nedböjning av  $\approx 20$  mm ( $L_0 / 120$ ).



Figur 6. Belastningsförlopp, mittnedböjning för platta med spännvidden,  $L_0$ , 2800 mm. Avlastning vid en nedböjning av  $\approx 20$  mm ( $L_0 / 140$ ).

I Figur 7 visas sambandet mellan moment och nedböjning för de provade plattbärlagen, momentet inkluderar egenvikt av plattbärlaget. I Tabell 4 är maxmomenten sammanställda. Plattbärlaget med steghöjden 120 mm (T10-6-5 H120) får, som noterats tidigare, en högre bärförmåga än plattbärlagen med 150 mm steg (T10-6-5 H150). Skillnaden i maxmoment mellan de två plattorna med steghöjden 150mm (T10-6-5 H150) är liten (9,4 och 10,4 kNm).

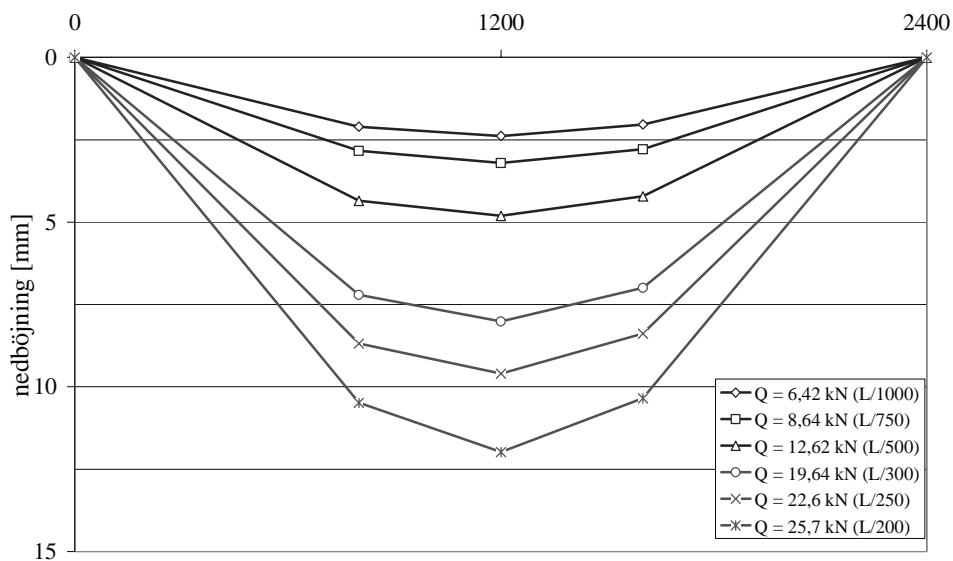


Figur 7. Momentkapacitet, momentet inkluderar egenvikt av elementet och last från belastningsbalkarna.

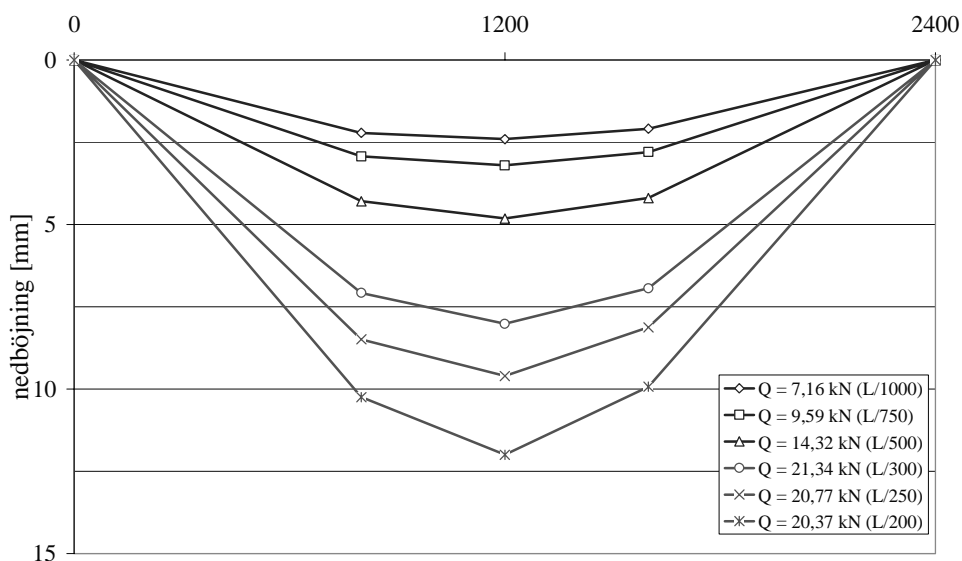
Tabell 4. Sammanställning av maxmoment,  $M_{max}$ .

Beteckning	Maxmoment, $M_{max}$ [kNm]
T10-6-5 H120/L <sub>0</sub> 2400	11,4
T10-6-5 H150/L <sub>0</sub> 2400	9,4
T10-6-5 H200/L <sub>0</sub> 2400	15,0
T10-6-5 H150/L <sub>0</sub> 2800	10,4

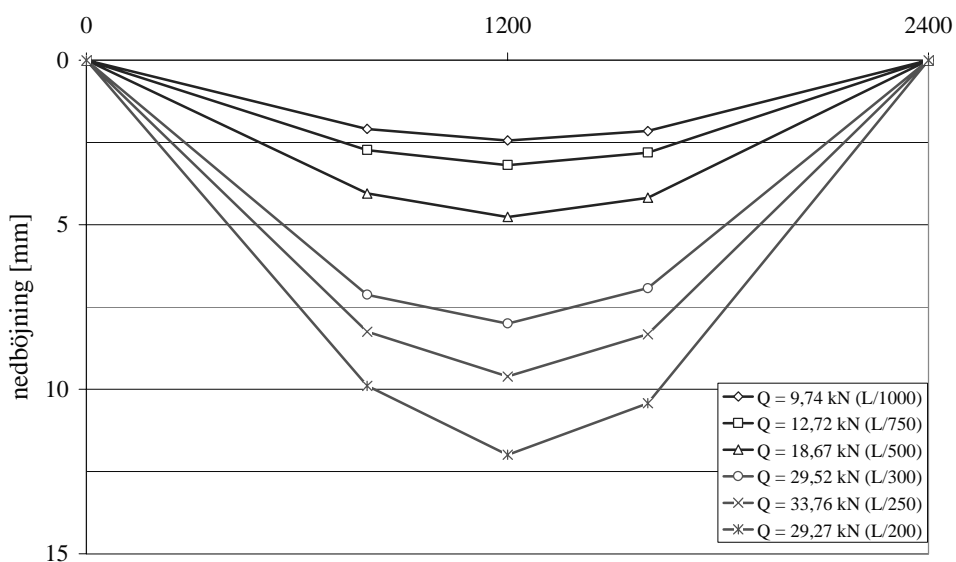
I Figur 8 till Figur 11 redovisas plattbärlagens nedböjning, i mittsnittet och under belastningspunkterna, för olika belastningsnivåer.



Figur 8. Plattbärlagets nedböjning, i mittsnittet och vid belastningspunkterna, vid olika belastningsnivåer, platta T10-6-5 H120  $L_0 = 2400$ .

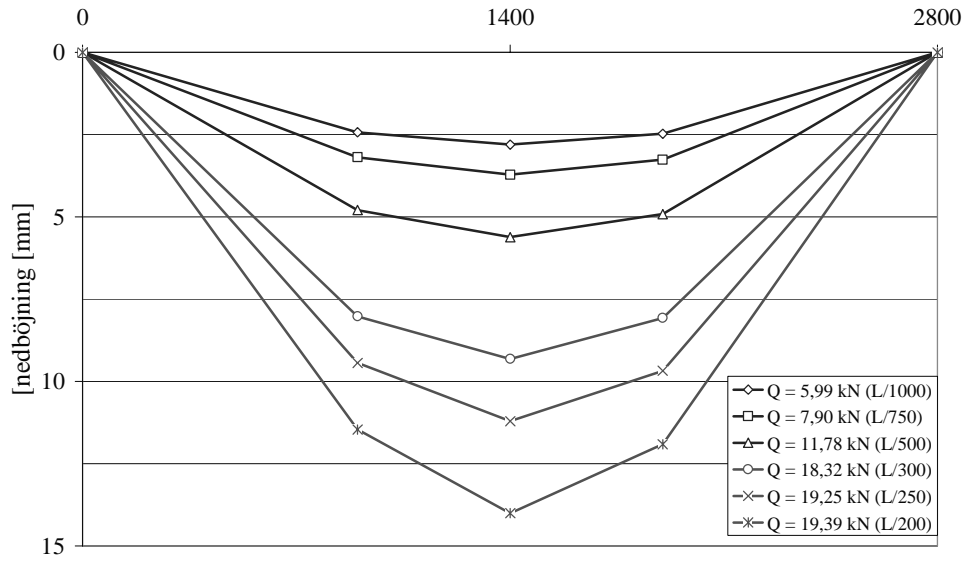


Figur 9. Plattbärlagets nedböjning, i mittsnittet och vid belastningspunkterna, vid olika belastningsnivåer, platta T10-6-5 H150  $L_0 = 2400$ .



Figur 10. Plattbärlagets nedböjning, i mittsnittet och vid belastningspunkterna, vid olika belastningsnivåer, platta T10-6-5 H200  $L_0 = 2400$ .

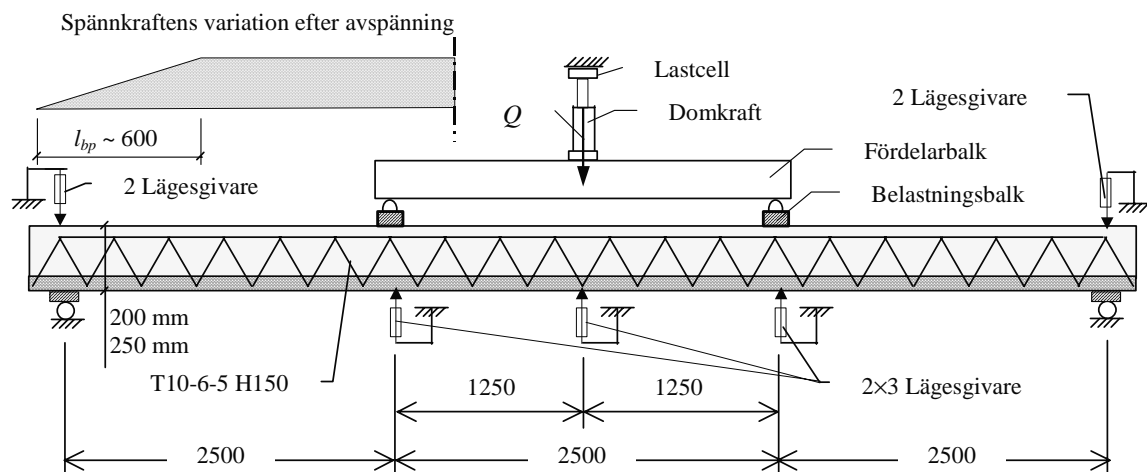




Figur 11. Plattbärlagets nedböjning, i mittsnittet och vid belastningspunkterna, vid olika belastningsnivåer, platta T10-6-5 H200  $L_0 = 2800$ .

## 4 Försök – pågjuten platta

Provningarna avser pågjuten platta (det vill säga motsvarande en färdig konstruktion), för beräkning av bärförmåga och nedböjning. Elementen provades fritt upplagda och belastades i tredjedels punkterna som två stycken linjelaster över plattans bredd. Lasten påfördes som en fördelarbalk som belastade två stycken belastningsbalkar, se Figur 12 och Figur 13, den totala vikten av balkarna var 490 kg. Provningarna genomfördes så att lägesgivarna först nollavlästes utan balkarna och sedan registrerades nedböjningen med balkarna på plats. Provningarna genomfördes deformationsstyrda med en belastningshastighet av ungefär 0,5 mm per minut. Försöksuppställningen var utformad så att inte tvärkrafts eller förankringsbrott skulle ske, se Figur 12. Två olika bjälklagstjocklekar provades, 200 och 250 mm, och båda elementen var försedda med två stycken armeringsstegar T10-6-5 H150. Pågjutning av elementen skedde den 27 maj, när dessa var 10 dygn, med betongkvalitet K 40. Efter pågjutningen täcktes elementen med en plastfolie i två veckor. Under gjuttillfället och fram till provning vilade elementen på ett jämnt underlag för att undvika krypdeformationer. Elementen provades den 18 och 19 juni, 22 respektive 23 dagar efter pågjutning.



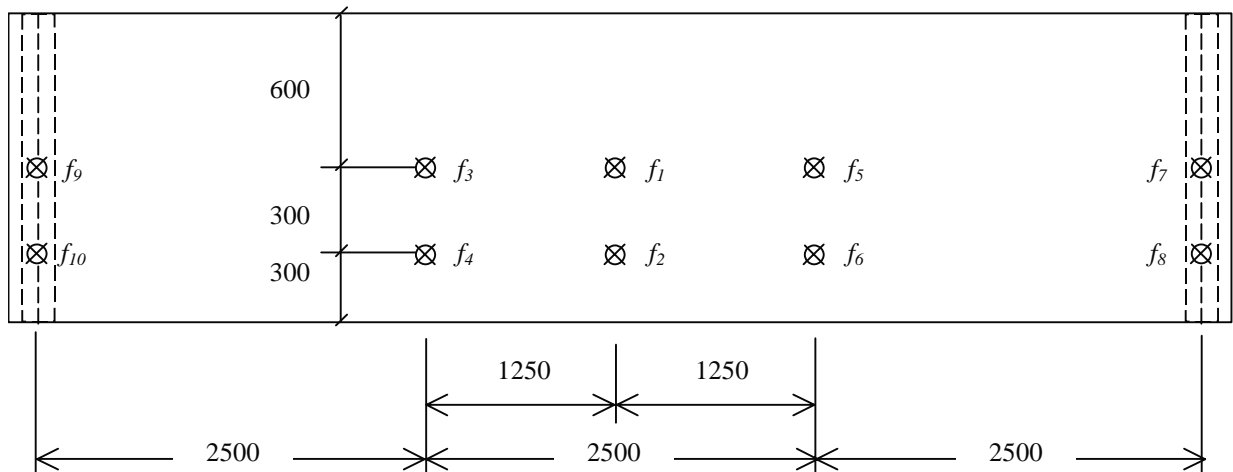
Figur 12. Försöksuppställning vid belastning av pågjuten platta.



Figur 13. Försökuppställning.

## 4.1 Mätningar

I försöken registrerades elementens deformation och den pålagda belastningen. Deformationen registrerades med lägesgivare, placerade enligt Figur 14 och Figur 12, dels i mittnittet och dels under belastningspunkterna. Belastningen påfördes med domkraft och registrerades med en lastcell.



Figur 14. Placering och numrering av lägesgivare.

### 4.1.1 Mätutrustning

I försöken var lägesgivarna av LVDT-typ. Vid upplagen mättes stödsättningen med 4 stycken LDC 500A, av fabrikat RDP Group, med ett mätområde av  $\pm 12,5$  mm, med en mätnoggrannhet bättre än  $\pm 0,5$  %. Mittnedböjningen mättes med 2 stycken lägesgivare LDC 3000A, av fabrikatet RDP Group, med ett mätområde av  $\pm 75$  mm, med en mätnoggrannhet bättre än  $\pm 0,5$  % och nedböjningen under lasten mättes med 4 stycken lägesgivare LDC 2000A, av fabrikatet RDP Group, med ett mätområde av  $\pm 50$  mm, med en mätnoggrannhet bättre än  $\pm 0,5$  %. Lasten registrerades med en lastcell för 200 kN.

### 4.1.2 Mätdatainsamling

Under försöket registrerades mätdata med en frekvens av en mätning var femte sekund. Mätdataregistrering skedde med hjälp av en datalogger Solartron, modell 3530 Orion Delta, och en PC.

## 4.2 Material

Pågjutningen gjordes med en betong K 40 ( $D_{max}$  16 mm och Cement Skövde Std PK CEM II/A-L 42,5R). Tryckhållfasthet och elasticitetsmodul hos pågjutningen utvärderades på vattenlagrade cylindrar, 150×300 mm, vid en ålder av 24 dygn. Totalt testades 6 stycken cylindrar. Tryckhållfastheten bestämdes genom provning enligt SS 13 72 32, "Betongprovning – Hårdnad betong – Tryckhållfasthet hos provkroppar". Medelvärdet för tryckhållfastheten,  $f_{cc}$ , är 30,1 MPa, i Tabell 5 är provningsresultatet sammanställt.

Tabell 5. Sammanställning av provningsresultat för tryckhållfasthet,  $f_{cc}$ .

Cylinder [nr]	Vikt [kg]	Mått h [mm]	Mått $\phi$ [mm]	Densitet [kg/m <sup>3</sup> ]	Area [mm <sup>2</sup> ]	Tryckprov	
						Last [N]	$f_{cc}$ [MPa]
1	12,38	300,3	149,5	2 348,5	17554	524 000	29,85
2	12,40	300,0	149,6	2 351,5	17577	524 000	29,81
3	12,39	299,9	149,5	2 353,6	17554	526 000	29,96
4	12,38	300,2	149,5	2 349,3	17554	531 000	30,25
5	12,35	299,7	149,4	2 350,7	17530	534 000	30,46
6	12,37	300,2	149,5	2 347,4	17554	528 000	30,08
Medelvärde:				2 350,2	Medelvärde: 30,07		

På cylindrarna 4, 5 och 6 utvärderades elasticitetsmodulen. Provningen av E-modul har utförts i enlighet med SS 13 72 32, "Betongprovning – Hårdnad betong – Elasticitetsmodul vid tryckprovning". Provningen har utförts med en tryckprovningssmaskin av typ ToniTechnik 1142/3000/0230. Mätning av töjningar har

skett med trådtöjningsgivare. Följande avvikelser från metodbeskrivningen i SS 13 72 32 har skett:

- Provkropparna togs upp ur vattenbadet ca 2 timmar före provningens start (istället för tidigast en halvtimme före). Orsaken är att ytan på provkroppen behöver torka före det att trådtöjningsgivarna kan appliceras. Avvikelsens påverkan på provningsresultaten bedöms vara ringa.
- Avlastning har, på grund av begränsningar i den använda provningsutrustningen, inte kunnat göras till  $\sigma_0 = 0.5 \text{ MPa}$ . Istället har avlastning skett till belastningen  $\sigma_0 = \sigma_{01} = \sigma_{02} = 0 \text{ MPa}$ . Avvikelsens påverkan på provningsresultaten bedöms vara försumbar.

Belastningsförloppet vid provningen utfördes med belastningsnivåer beräknade med en antagen brottlast av 525 kN (utvärderad från 3 stycken cylindrar), svarande mot i SS 13 72 32 angivna spänningsnivåer:

$$P_0 = 0 \text{ kN} \quad \text{motsvarande } \sigma_0 = \sigma_{01} = \sigma_{02} = 0 \text{ MPa}$$

$$P_{0.45} = 0.45 \cdot P_{\max} = 236 \text{ kN} \quad \text{motsvarande } \sigma_1 = 0.45 \cdot f_{cm}$$

$$P_{1/3} = P_{\max} / 3 = 175 \text{ kN} \quad \text{motsvarande } \sigma_1 = f_{cm} / 3$$

Medelvärdet för elasticitetsmodulen,  $E_c$ , är 24,6 GPa, resultatet av E-moduls provningen är sammanställt i Tabell 6.

Tabell 6. Resultat från provning av E-modul.

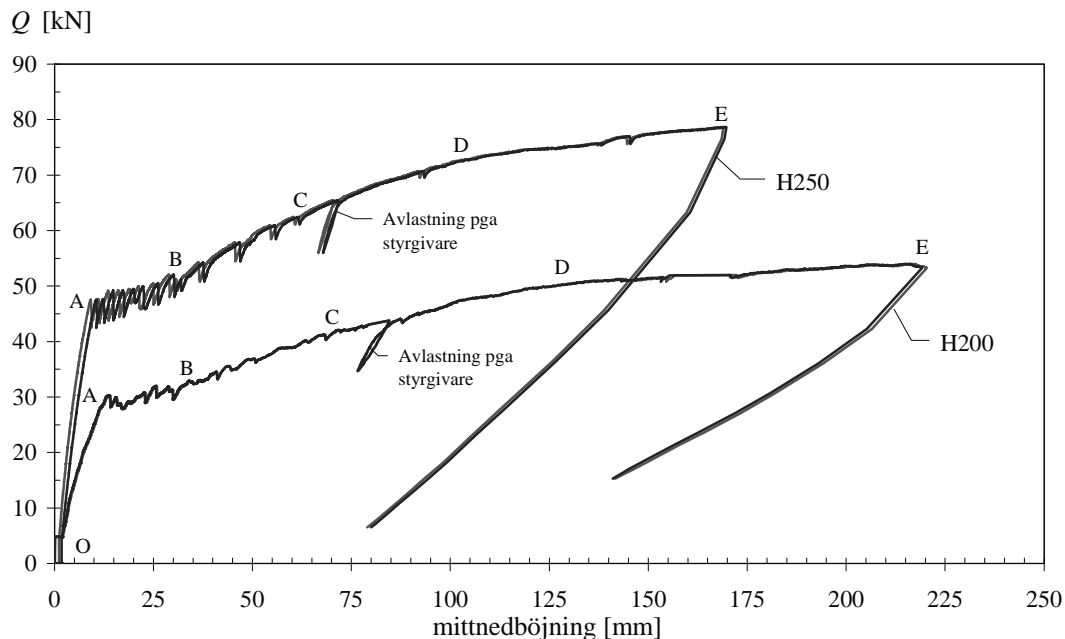
Cylinder [nr]	Vikt [kg]	Höjd h [mm]	Diameter $\phi$ [mm]	Area [mm <sup>2</sup> ]	Töjning			E-modul		
					$\epsilon_0$ 10 <sup>-6</sup>	$\epsilon_{c,1}$ 10 <sup>-6</sup>	$\epsilon_{c,2}$ 10 <sup>-6</sup>	$E_{c,0.45}$ [MPa]	$E_{c,1/3}$ [MPa]	$E_{c,1/3}$ [MPa]
4	12,38	300,2	149,5	17553,8	564,5	429	431	23 816	23 239	23 131
5	12,35	299,7	149,4	17530,4	538,8	410	410	24 988	24 348	24 348
6	12,37	300,2	149,5	17553,8	540,5	410	410	24 874	24 315	24 315
Medelvärde:					547,9	416,3	417,0	24 559	23 967	23 931

Plattbärlagen var vid provningstillfället 31 respektive 32 dagar. Ingen ytterligare provning av tryckhållfastheten och elasticitetsmodulen gjordes än den som utfördes när elementen var 13 dygn.

### 4.3 Mätresultat

I Figur 15 visas resultatet av provningen och erhållna samband mellan last och nedböjning. Belastningsförloppet i Figur 15 karakteriseras av följande: (O-A) initieellt ett linjärt samband mellan last och deformation; (A) en eller två huvudsprickor slår upp inom området med maxmoment, detta sker när sprickmomentet nås; (A-B) fortsatt

uppsprickning när huvudsprickor utbildas inom området med maxmoment (mellan belastningspunkterna), detta sker utan någon större last ökning; (B-C) när lasten ökar uppstår nya sprickor utanför området med maxmoment och nya sprickor uppstår inom området med maxmoment; (C-D) kännetecknas av en måttlig lastökning, utan uppkomst av nya sprickor, och där befintliga sprickor tillväxer; (D-E) karaktäriseras av en långsam lastökning när spännarmeringen är inne i sitt töjningshårdnande område; (E) avlastning.



Figur 15. Belastningsförlopp, plattornas mittnedböjning, kurvorna inkluderar last och nedböjning från belastningsbalkarna. Försöken avslutades och elementen avlastades vid 170 mm ( $L_0 / 44$ ) respektive 220 mm ( $L_0 / 34$ ) nedböjning. Den redovisade nedböjningen registrerades med de två givarna placerade i plattans mittspann, givare f1 och f2.

En viss skillnad i verkningssätt kan noteras mellan de två elementen. För båda elementen sker en momentan sänkning av lasten vid uppsprickning, belastningssystemet tvingas att minska belastningen eftersom det är deformationsstyrt (dvs deformationsökningen skall vara konstant). Emellertid är lastminskningen mer accentuerad för elementet med 250 mm tjocklek. Detta kan bero på att uppsprickning först sker i pågjutningen, eftersom denna inte är påverkad av förspänningen, vilket inte förändrar styvheten i någon större omfattning. Men när uppsprickning sker i plattans underkant fås en påtaglig effekt av uppsprickningen och belastningen sjunker. För den tunnare plattan är denna effekt inte lika påtaglig på grund av en gynnsammare spännings- och töjningsfördelning. I Figur 16 kan nedböjningen strax innan avlastning ses.



Figur 16. Nedböjning innan avlastning för elementet med tjockleken 200 mm.

I Figur 17 kan sprickbilden för de två elementen ses, sprickavstånden är ungefär 100-200 mm. För det undre elementet i Figur 17 går det att observera två sprickor som går genom pågjutningen men inte genom plattbärlaget. En trolig förklaring till detta är, som nämnts ovan, att förspänningen inte påverkar pågjutningen.

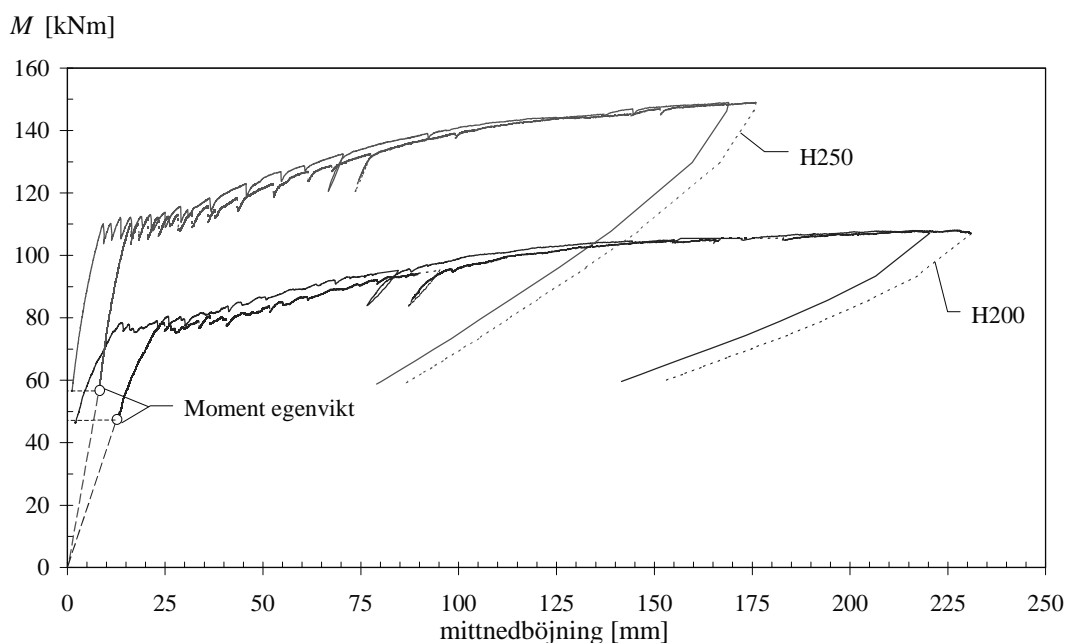


Figur 17. Sprickbild för elementen mellan linjelast och centrumlinjen, den övre bilden visar plattan med 200 mm tjocklek och den undre 250 mm tjocklek. Siffrorna indikerar sprickans läge vid belastningen  $Q$ , [kN].

I Figur 18 visas sambandet mellan moment och nedböjning. Det bör framhållas att de uppmätta maxmomenten inte är brottmomentet eftersom elementen avlastades innan brott uppstod. Detta gjordes eftersom lägesgivarna var placerade under elementen och det fanns en risk att dessa kunde gå sönder när spännstålen gick till brott. Men lastökningen torde vara ganska så liten och påverkar således inte maxmomentet så mycket. För plattan med bjälklagstjockleken 200 mm fås ett sprickmoment av 73 kNm och en momentkapacitet av 109 kNm. För plattan med bjälklagstjockleken 250 mm fås ett sprickmoment av 101 kNm och en momentkapacitet av 149 kNm. I Tabell 7 är sprick- och maxmoment sammanställt.

Tabell 7. Sammanställning av sprickmoment,  $M_{cr}$ , och maxmoment,  $M_{max}$ .

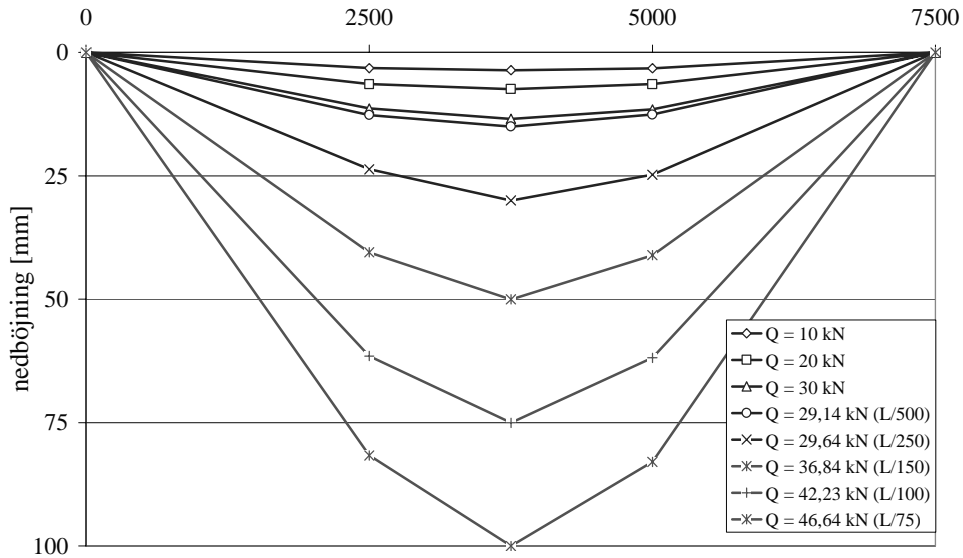
Tjocklek [mm]	Sprickmoment, $M_{cr}$ [kNm]	Maxmoment, $M_{max}$ [kNm]	$M_{max} / M_{cr}$
200	73	109	1,49
250	101	149	1,48



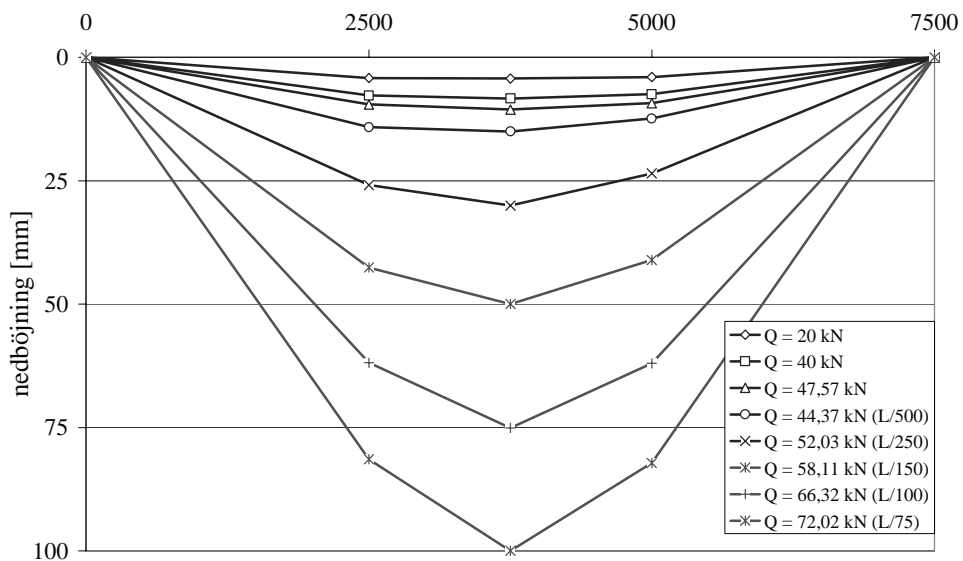
Figur 18. Sprickmoment och maxmoment, inkluderar egenvikt av element och last från belastningsbalkarna. De streckade kurvorna är modifierade med den nedböjning som kan förväntas av elementens egenvikt.

I Figur 19 och Figur 20 redovisas elementens nedböjning, i mittsnittet och under belastningspunkterna, för olika belastningsnivåer.





Figur 19. Elementets nedböjning, i mittsnittet och vid belastningspunkterna, vid olika belastningsnivåer,  $H = 200$  mm.



Figur 20. Elementets nedböjning, i mittsnittet och vid belastningspunkterna, vid olika belastningsnivåer,  $H = 250$  mm.

## 5 Slutsats

Förspända plattbärlag med en tjocklek av 50 mm har provats i fullskaleförsök för att undersöka det mekaniska verkningssättet. Fullskaleförsök genomfördes på fyra stycken plattor utan pågjutning för att undersöka gjutskedet, när elementen fungerar som form, och på två stycken element med pågjutning vilket motsvarar en färdig konstruktion.

För elementen utan pågjutning var det i samtliga fall knäckning av överkantsstången som begränsade maxlasten. Elementen betedde sig is stort sett linjärt upp till maxlasten och ingen, eller begränsad, uppsprickning skedde. För böjande moment är elementets bärförmåga beroende av imperfektioner i armeringsstegen.

För elementen med pågjutning sambandet mellan last och deformation linjärt upp tills det att uppsprickning skedde. Efter uppsprickning skedde en långsam lastökning samtidigt som deformationen ökade. Försöken avbröts innan armeringen nådde sin gränstöjning vid en deformation motsvarande  $L_0 / 44$  respektive  $L_0 / 34$ . Vid tjocka pågjutningar är det viktigt att ta hänsyn till att uppsprickning först sker i pågjutningen, vilket ändrar beteendet och ger ett lägre sprickmoment.

I Tabell 8 och Tabell 9 är resultaten från provningarna sammanställda.

Tabell 8. Sammanställning av maxmoment,  $M_{max}$ , för plattbärlag utan pågjutning.

Beteckning	Maxmoment, $M_{max}$ . [kNm]
T10-6-5 H120/L <sub>0</sub> 2400	11,4
T10-6-5 H150/L <sub>0</sub> 2400	9,4
T10-6-5 H200/L <sub>0</sub> 2400	15,0
T10-6-5 H150/L <sub>0</sub> 2800	10,4

Tabell 9. Sammanställning av sprickmoment,  $M_{cr}$ , och maxmoment,  $M_{max}$  för pågjutna plattbärlag.

Tjocklek [mm]	Sprickmoment, $M_{cr}$ . [kNm]	Maxmoment, $M_{max}$ . [kNm]	$M_{max} / M_{cr}$
200	77	109	1,4
250	107	149	1,4