

INSTITUTTET FOR HUSBYGNING

Rapport nr. **115**

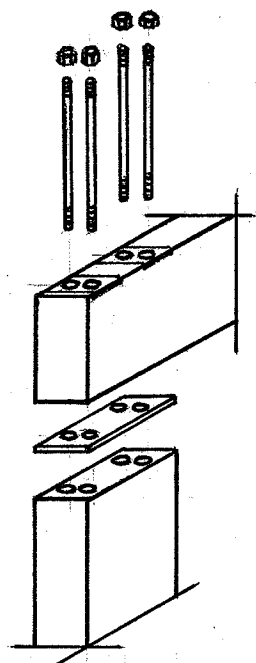
JENS H. HAAGENTOFT
**MOMENTSTIVE RAMMEHJØRNER.
EFTERSPÆNDTE BOLTEDE SAMLINGER
UDSAT FOR LUKKENDE MOMENTPÅVIRKNING**

Den polytekniske Lærestalt, Danmarks tekniske Højskole
Lyngby 1976

FORSØG MED MOMENTSTIVE SAMLINGER MELLEM PRÆFAB JERNBETONBJÆLKER
OG -SØJLER UDFØRT SOM EFTERSPÆNDE, BOLTEDE SAMLINGER MED BOLTE
AF ST 42-3, Ks 52S OG Ks 60S.

Jens H. Haagentoft

RESUME

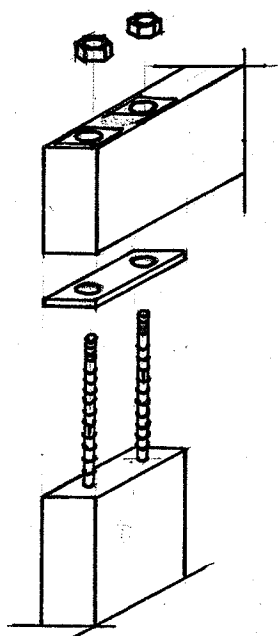


I rapporten beskrives 20 forsøg med bolte-
tede samlinger mellem præfabrikerede
jernbetonbjælker og -søjler. Der er ud-
ført 4 forsøg med bolte af St 42-3 og
8 med henholdsvis Ks 52S og Ks 60S.

Ved de 4 første forsøg var der i søjle-
toppen indstøbt 4 inserts, og bjælke-
enden var forsynet med 4 tilsvarende hul-
ler, således at rammehjørnet kunne sam-
les med 4 stk. 3/4" pindbolte. Ved de
øvrige 16 forsøg var boltene 2 ø 25 mm
svejsbart kamstål, indstøbt i søjletoppen,
og bjælkeenden forsynet med 2 tilsvarende
huller.

Efter udstøbning og afbinding af den 20 mm
tykke mørtelfuge mellem søjle og bjælke,
efterspændtes boltene med momentnøgle til
forskellige værdier.

Samlingernes evne til momentoptagelse,
forløbet af deformationerne hen over mør-
telfugen, spændingerne i boltene samt sam-
menhæng mellem påført belastning og defor-
mation målt diagonalt mellem rammebenene
blev registreret.



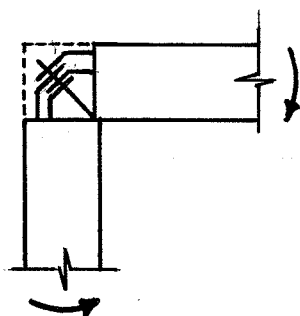
INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
0. FORORD	2
1. INDLEDNING	3
2. FORSØG	4
3. VURDERING	8
4. KONKLUSION	10
5. BILAG	11

0. FORORD

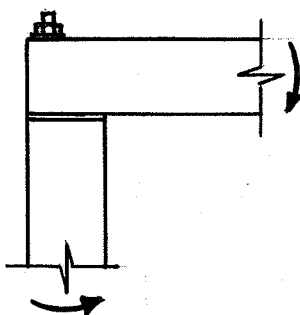
Ved Instituttet for Husbygning, Danmarks tekniske Højskole, pågår et 3-årigt udviklingsprojekt støttet af Statens teknisk-videnskabelige Forskningsråd. Formålet med projektet er at udvikle samlingsmetoder, hvorved præfabrikerede jernbetonsøjler og -bjælker kan samles til momentstive rammehjørner. Denne rapport er en delrapport, der omhandler en forsøgsserie, der indgår som led i projektet.

1. INDLEDNING



I Instituttets rapport nr. 106: "Rigid Jointed Concrete Frame" af akademiingeniør, lic.techn. Bjarne Chr. Jensen, er beskrevet resultaterne af en række pilotforsøg med samlinger mellem præfabrikerede betonelementer; samlinger hvis evne til momentoptagelse er undersøgt.

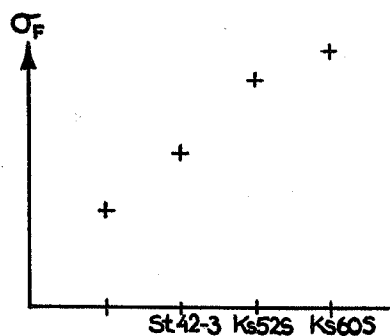
Samlingerne mellem søjler og bjælker blev udført, dels som egentlig udstøbte ramme-hjørner med søjle- og bjælkeelementer med udragende armeringsbøjler og låsejern, dels som samlinger, hvor bjælke og søjle er boltet sammen ved hjælp af bolte, indstøbt i søjletoppen. Mellem bjælke og søjle er der en 20 mm mørtelfuge.



Især den sidstnævnte udformning af ramme-hjørnet forekommer simpel og udførelsesvenlig. I modsætning til den førstnævnte vil man, ved at forsyne søjletoppen med bolte også i den anden side, kunne opnå en samling, der kan optage såvel lukkende som åbnende momentpåvirkninger.

Ved de 2 tidligere udførte forsøg med boltede samlinger anvendtes $\varnothing 19$ mm bolte med en flydespænding henholdsvis trækbrudspænding på 246 MN/m^2 og 357 MN/m^2 , hvilket medførte en momentbæreevne svarende til et flydemoment på 36 kNm og 41 kNm .

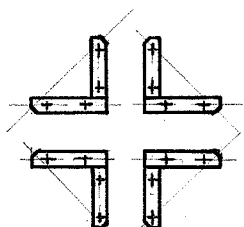
For at opnå større flydemomenter og dermed bedre momentbæreevne er der som en naturlig fortsættelse af disse 2 pilotforsøg udført 20 forsøg med jernbetonsøjle- og -bjælkeelementer med samme ydre dimensioner, men hvor der er anvendt bolte med højere flydespænding.



Eftersom samlingens anvendelsesværdi naturligt vil være afhængig af revnedannelserne ved mørtelfugen, er boltene forsøgsvis efterspændt med momentnøgle til forskellige værdier for at undersøge den således etablerede spændingstilstands indflydelse på revneforløbet ved mørtelfugen.

2. FORSØG

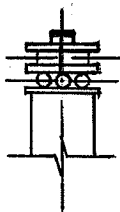
2.1 Forsøgsopstilling:



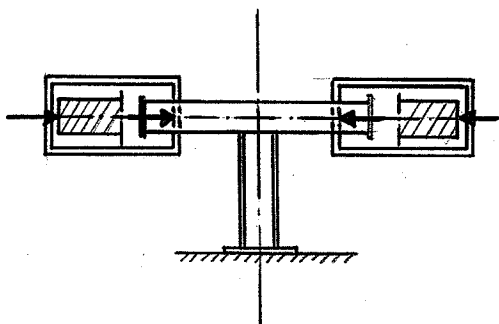
På forsøgshallens spændeplan er der mulighed for at opstille 4 sæt rammehjørner samtidig, hvor disse hver bestående af et søjle- og et bjælkeelement monteres i vandret liggende stilling, understøttet på lejer på fire stålbukke.

Lejerne mellem stålbukke og betonelementer var opbygget som følger:

Rulleleje - stålplade - rulleleje
med bane vinkelret på 1. rullelejes
bane - stålplade - kugleskål.

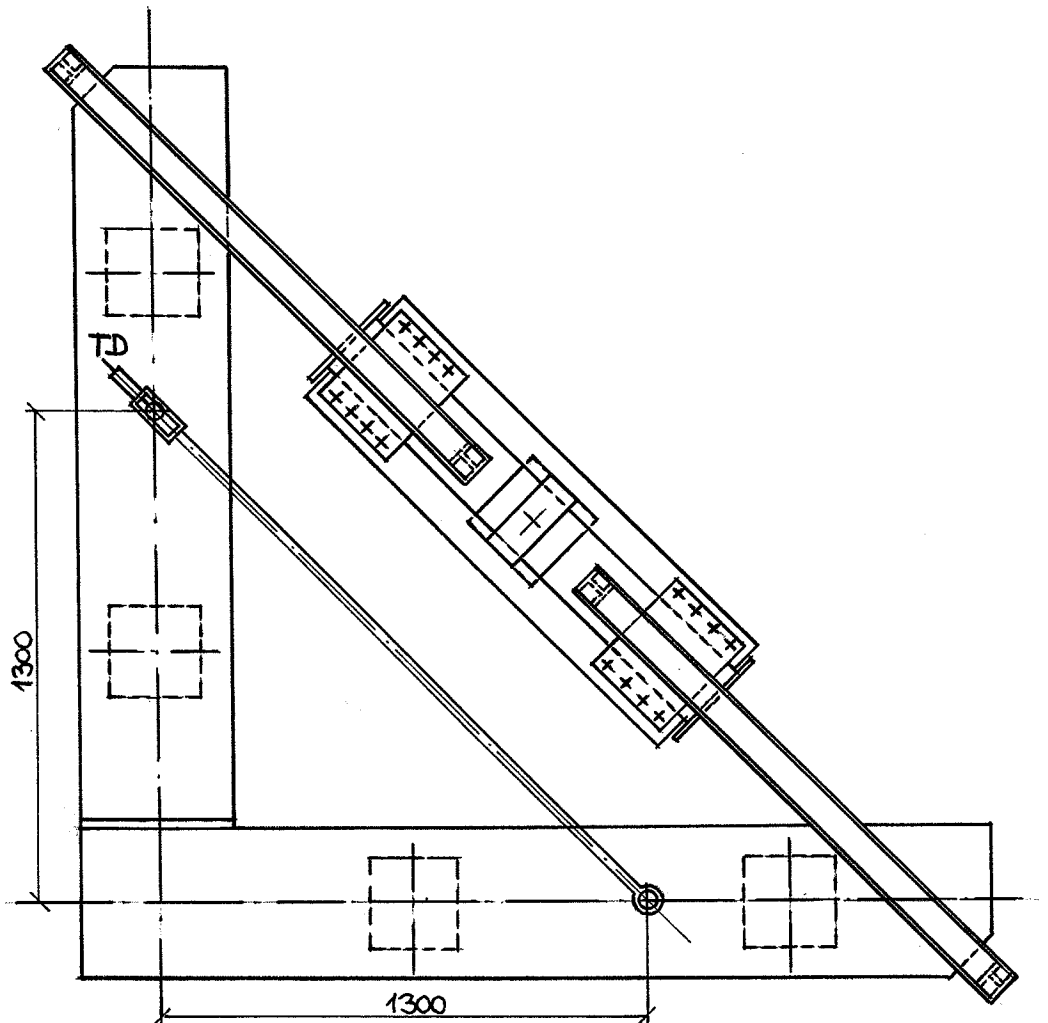


Momentpåvirkningen af rammehjørnet udføres ved hjælp af et pressearrangement med 2 stk. vandret liggende 100 kN hydrauliske trykpresser, som ved hjælp af et bøjlearrangement påvirkede rammebenenes affasede yderender med et diagonalt tryk via lejer bestående af en kugleskål og en trykfordelende stålplade.



Forsøgsopstillingen sammen med pressearrangementets udformning muliggør en rationel forsøgsgang, idet pressearrangementet kan flyttes fra et monteret rammehjørne til det næste efter end afprøvning.

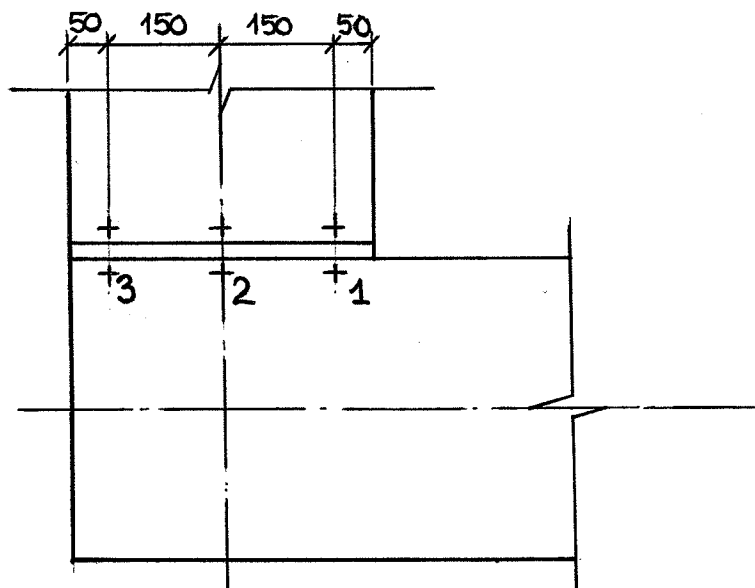
Geometrien af den enkelte forsøgsopstilling fremgår af omstående figur 1.



Figur 1

Til bestemmelse af forløbet af revnedannelserne ved mørtelfugen mellem søjle- og bjælkeelement placeredes på tværs hen over fugen 3 sæt phendermålepunkter således, at deformationerne kunne måles under forsøgets gang.

Placeringen af målepunkterne fremgår af figur 2.



Figur 2

Til bestemmelse af spændingsforløbet i boltene var der på disse anbragt strain-gages således, at spændingerne hidrørende, dels fra efterspændingen af boltene, dels fra kraftpåvirkningen på samlingen kan registreres.

Til bestemmelse af sammenhængen mellem den påførte last og deformationen målt mellem rammebenene var der, som vist på figur 1, placeret et spærmål med transducer diagonalt fra systemlinie til systemlinie.

Transducere var sammen med en trykcelle, der måler olietrykket, koblet til en XY-skriver således, at der ved hjælp af denne optegnedes kurver, der angav sammenhængen mellem deformation og kraftpåvirkning.

2.2 Beskrivelse af forsøg:

2.2.1 Samling af rammehjørner:

Efter oplægning af elementerne og for de første 4 forsøgs vedkommende iskrutning af pindboltene, udstoppedes fugen med cementmørtel fremstillet efter følgende recept:

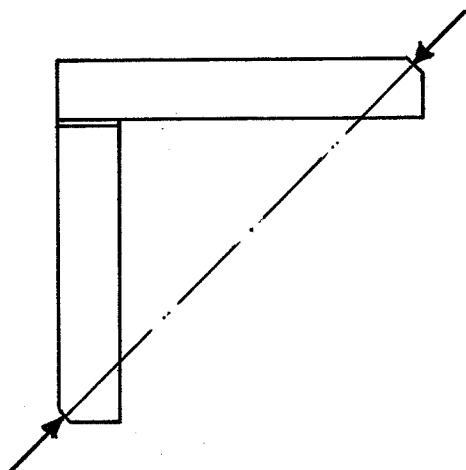
Finharpet søsand	21,3 kg
Rapidcement	8,6 kg
Vand	4,0 kg

For hver sats udstøbtes 3 stk. 10/20 prøvecylindre, stampet ikke vibreret, for prøvning efter 14 døgns vådlagring.

Efter 14 døgns hærkning af fugemørtelen opspændtes boltene trinvis til følgende værdier:

Bolte kvalitet:	St42-3	Ks52S	Ks60S
Moment (kNm)	0,10	0,10	-
Moment (kNm)	0,15	-	-
Moment (kNm)	0,20	0,20	-
Moment (kNm)	0,25	-	-
Moment (kNm)	-	0,30	0,30
Moment (kNm)	-	0,35	0,35
Moment (kNm)	-	-	0,40

2.2.2 Forsøgsgang:



Som nævnt kraftpåvirkedes rammehjørnet med et diagonalt tryk ved hjælp af 2 manuelt betjente hydrauliske 100 kN trykpresser med et stempelareal på 22,9 cm². Belastningen påførtes trinvis svarende til en momentpåvirkning af rammehjørnet i spring på 5 kNm, indtil momentbæreevnen var udtømt.

For hvert lasttrin registreredes de tidligere i afsnit 2.1 omtalte data, som det vil fremgå af bilagene A, B, C og D.

For de 4 afprøvede samlinger med 4 St 42-3 bolte fandtes de maksimalt opnåelige momentbæreevner til mellem 55 og 65 kNm alene bestemt af opstået flydning i de to "yderste" bolte.

Momentbæreevnerne for samlingerne med 2 kamstålbolte fandtes til mellem 95 og 110 kNm, hvor flydning i bolte og knusning af mørtelfuge indtraf næsten samtidig.

2.3 Afprøvning af bolte og mørtelcylindre:

2.3.1 Bolte:

Til bestemmelse af flydespænding og trækbrudgrænse for de anvendte bolte er der udført trækforsøg med 3 stk. af hver af de anvendte bolte og følgende værdier blev bestemt:

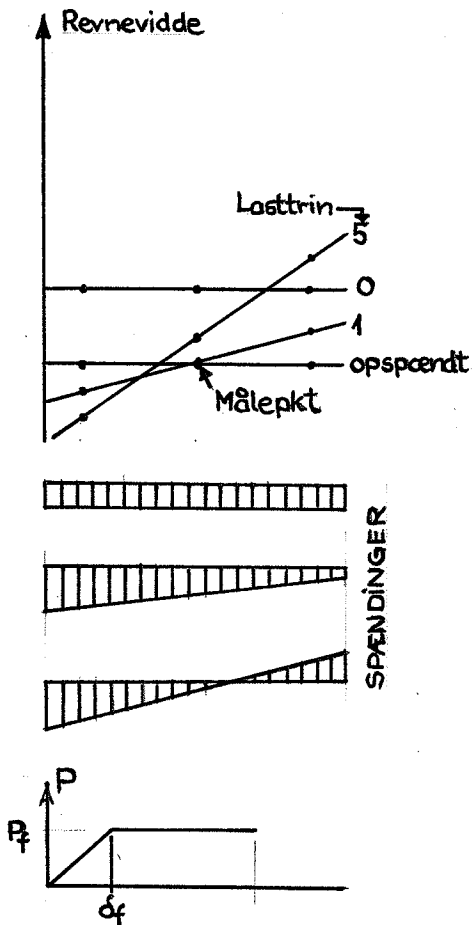
	St42-3			Ks52S			Ks60S		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Flydespænding (MN/m ²)	390	400	395	620	620	620	730	655	655
Trækbrudspænding (MN/m ²)	562	580	562	798	-	-	872	-	-
Brudforlængelse %	14	15	14	18	-	-	16	-	-

2.3.2 Mørtelcylindre:

Trykprøvningen af de 60 stk 10/20 prøvecylindre i en 600 kN M.A.N. prøvemaskine skete med en kontinuert hastighed svarende til 50 ± 25 kN/m² pr.sek.

Gennemsnitsværdien for cylindrenes trykbrudspænding er bestemt til 42,4 MN/m² med standardafvigelsen 0,35 MN/m², for alle 60.

3. VURDERING



Af bilagene A1-A10 fremgår det, at efterspændingen har en vis indflydelse på revnedannelsen henover mørtelfugen. Med voksende efterspændingskraft åbner fugen sig langsommere, d.v.s. at phendermålingen ved yderste målepunkt passerer startværdien senere. Der synes dog at være en øvre værdi for efterspændingskraftens indflydelse på revneforløbet. Således er der ingen signifikant forskel på resultaterne ved efterspændingsmomenter på over 0,3 kNm. (Hvilket i øvrigt svarer til en praktisk udførelsesmæssig maksimalværdi etableret med håndkraft).

Efterspændingskraftens størrelse har derimod ingen betydning for værdien af flydemomentet, idet der under den ydre kraftpåvirkning sker en spændings- og deformationsomlejring ved mørtelfugen, således at de yderste trækpåvirkede bolte flyder for den samme ydre kraft.

Sammenhængen mellem den påførte last og deformationen optegnet på XY-skriveren er i god overensstemmelse med udseendet af en moment-krumningskurve for et tvær-snit i en bøjningspåvirket jernbetonbjælke.

Sammenligner man den kraft, P_f , der er nødvendig for at få de yderste trækpåvirkede bolte til at flyde, med de registrerede flydemomenter, M_f , fremgår det, at der ikke er proportionalitet:

	St42-3	Ks52S	Ks60S
P_f (kN)	171	219	240
M_f (kNm)	55	100	105

At M_f ikke er ligefrem proportional med P_f for samme afstand fra inderside ramme-hjørne til c-c bolt skyldes, at også den inderste bolt træder i funktion som træk-armering, hvilket fremgår af straingagemålingerne, se bilag C.

At der sker knusning i mørtelfugen umiddelbart efter, at der opstår flydning i de yderste bolte, viser, at der for den valgte mørtelkvalitet er en øvre grænse for valg af bolte kvalitet og diameter.

Størrelsen af brudforlængelsen af boltene sammen med begrænsede vandringsmuligheder for understøtningslejerne umuliggjorde, at samlingerne blev belastet til egentligt brud. Selv efter knusning af mørtelfugen ved rammehjørnets inderside er bæreevnen langt fra udtømt, idet tryksultanten flytter indefter, og et egentligt brud vil først indtræffe, når boltene knækker.

En bestemmelse af bruddeformationen og dermed rotationskapaciteten er således udelukket.

4. KONKLUSION

Resultaterne af forsøgene viser, at samlingernes momentbæreevne med anvendelse af $\varnothing 25$ mm Ks52S og Ks60S bolte er næsten 3 gange større i forhold til forsøgene med boltede samlinger omtalt i IFH-rapport nr. 106. Den øgede evne til optagelse af momenter skyldes anvendelse af bolte med højere flydespænding. Som en foreløbig konklusion kan følgende punkter opstilles:

1. Samlingen kan anvendes til overførsel af påførte belastninger med en kendt grad af sikkerhed.
2. Samlingen besidder en stor rotationskapacitet.
3. Samlingen kan udføres med normale tolerancekrav til præfab elementer og samlinger.
4. Samlingen kan udføres med få og enkle arbejdsoperationer.
5. Samlingen tillader effektiv kontrol med udførelsen.
6. Revneviddernes størrelse, som er afbildet på bilagene B1-B6, må i hvert enkelt tilfælde vurderes ud fra de krav, der måtte stilles i en aktuel konstruktionsanvendelse.
7. Samlingen vil uden tvivl være i stand til at optage også åbnende momentpåvirkning.

5. BILAG

- A Forsøgsresultater
- B Grafisk afbildning af revnemålinger
- C M-boltespændingsdiagrammer
- D Last-deformationskurver
- E Elementtegninger
- F Foto fra forsøg

FORSØGSRESULTATERForsøg nr. 1

4 St42-3 bolte

Boltene opspændt krydsviis til 0,1 kNm

	M (kNm)	Phendermålinger (se figur 2)		
		1	2	3
		(1/1000 mm)		
	0	491	530	494
Opspændt	0	457	490	449
	5	446	486	Målepunkt faldet af
	10	435	485	
	15	421	488	
	20	409	503	
	25	399	530	Målepunkt pålimet
	30	384	576	520
	35	-	648	648
	40		746	875
	45		845	1027
	50		986	-
	55		-	

Flydemoment: 55 kNmForsøg nr. 2

4 St42-3 bolte

Boltene opspændt krydsviis til 0,15 kNm

	M (kNm)	Phendermålinger (se figur 2)		
		1	2	3
		(1/1000 mm)		
Opspændt	0	612	614	610
	0	582	568	555
	5	578	569	560
	10	573	570	569
	15	568	573	587
	20	562	580	622
	25	558	596	671
	30	554	616	727
	35	550	646	808
	40	547	683	895
	45	545	745	1027
	50	544	858	-
	55	545	1027	
	60	565	-	
	65	740		

Flydemoment: 63 kNm

Forsøg nr. 3

4 St42-3 bolte

Boltene opspændt krydsviis til 0,2 kNm

	M (kNm)	Phendermålinger (se figur 2)		
		1	2	3
		(1/1000 mm)		
	0	502	510	510
Opspændt	0	453	432	433
	5	445	434	435
	10	436	436	437
	15	426	427	427
	20	416	415	412
	25	406	441	441
	30	400	443	474
	35	393	452	527
	40	382	470	598
	45	372	514	713
	50	370	599	907
	55	373	768	-
	60	398	-	
	65	-		

Flydemoment: 55 kNmForsøg nr. 4

4 St42-3 bolte

Boltene opspændt krydsviis til 0,25 kNm

	M (kNm)	Phendermålinger (se figur 2)		
		1	2	3
		(1/1000 mm)		
Opspændt	0	624	617	650
	0	612	570	570
	5	606	572	580
	10	603	572	582
	15	599	574	599
	20	596	584	630
	25	592	592	668
	30	569	612	721
	35	585	610	718
	40	584	648	806
	45	584	692	906
	50	585	762	1027
	55	590	926	-
	60	610	-	
	65	658		
70	-			

Flydemoment: 55 kNm

Forsøg nr. 5

2 Ks52S bolte

Boltene opspændt til 0,1 kNm

	M	Phendermålinger (se figur 2)		
	(kNm)	1	2	3
		(1/1000 mm)		
Opspændt	0	515	528	540
	0	458	464	472
	5	446	464	481
	10	431	418	618
	15	428	595	783
	20	425	660	920
	25	425	718	-
	30	422	777	
	35	420	836	
	40	418	903	
	45	417	975	
	50	416	-	
	55			
	60			
	65			
70				

Flydemoment ^{*)}: 95 kNm^{*)} Flydning i gevind, møtrik trukket af.Forsøg nr. 6

2 Ks52S bolte

Boltene opspændt til 0,2 kNm

	M (kNm)	Phendermålinger (se figur 2)		
		1	2	3
		(1/1000 mm)		
Opspændt	0	455	476	493
	0	429	417	430
	5	418	415	437
	10	411	417	451
	15	403	430	500
	20	396	462	482
	25	392	509	682
	30	388	558	801
	35	386	609	915
	40	383	664	1027
	45	381	723	-
	50	379	790	
	55	376	850	
	60	375	927	
	65	374	1002	
	70	374	-	

Brudmoment ^{*)}: 100 kNm^{*)} Forankringsbrud i bjælketrækarmring

Forsøg nr. 7

2 Ks52S bolte

Boltene opspændt til 0,3 kNm

	M (kNm)	Phendermålinger (se figur 2)		
		1	2	3
		(1/1000 mm)		
	0	620	626	618
Opspændt	0	563	559	548
	5	558	558	541
	10	552	557	548
	15	545	558	565
	20	540	563	593
	25	535	584	650
	30	529	625	745
	35	525	677	865
	40	520	732	996
	45	517	789	-
	50	513	846	
	55	511	907	
	60	508	969	
	65	507	-	
	70	504		

Flydemoment: 110 kNmForsøg nr. 8

2 Ks52S bolte

Boltene opspændt til 0,35 kNm

	M (kNm)	Phendermålinger (se figur 2)		
		1	2	3
		(1/1000 mm)		
	0	592	593	595
Opspændt	0	567	568	568
	5	562	568	572
	10	559	568	576
	15	555	569	582
	20	552	572	593
	25	548	582	610
	30	546	597	640
	35	543	623	684
	40	540	662	752
	45	536	709	851
	50	533	756	963
	55	530	808	
	60	528	864	
	65	526	930	
	70	524	998	

Brudmoment^{*)}: 110 kNm^{*)} Forankringsbrud i bjælketrækarmoring.

Forsøg nr. 9

2 Ks60S bolte

Boltene opspændt til 0,3 kNm

	M (kNm)	Phendermålinger (se figur 2)		
		1	2	3
		(1/1000 mm)		
	0	509	529	527
Opspændt	0	486	494	472
	5	482	494	475
	10	479	444	478
	15	476	495	485
	20	473	497	502
	25	469	502	423
	30	466	512	553
	35	465	530	607
	40	560	572	711
	45	458	624	828
	50	456	654	964
	55	454	744	-
	60	453	814	
	65	452	884	
	70	449	966	

Flydemoment: 100 kNmForsøg nr. 10

2 Ks60S bolte

Boltene opspændt til 0,35 kNm

	M (kNm)	Phendermålinger (se figur 2)		
		1	2	3
		(1/1000 mm)		
	0	496	509	510
Opspændt	0	438	447	446
	5	436	447	447
	10	433	447	452
	15	429	448	462
	20	426	451	478
	25	423	458	507
	30	420	473	546
	35	416	506	625
	40	412	551	748
	45	410	614	873
	50	407	678	1016
	55	405	751	-
	60	404	827	
	65	403	900	
	70	402	980	

Flydemoment: 105 kNm

Forsøg nr. 11

2 Ks60S bolte

Boltene opspændt til 0,35 kNm

	M (kNm)	Phendermålinger (se figur 2)		
		1	2	3
		(1/1000 mm)		
Opspændt	0	492	482	502
	0	437	391	353
	5	431	396	394
	10	415	416	395
	15	420	388	415
	20	415	390	452
	25	410	400	518
	30	405	423	608
	35	399	458	722
	40	394	507	844
	45	389	554	990
	50	384	623	-
	55	380	691	
	60	376	764	
	65	372	847	
70	365	923		

Flydemoment: 105 kNmForsøg nr. 12

2 Ks60S bolte

Boltene opspændt til 0,40 kNm

	M	Phendermålinger (se figur 2)		
	(kNm)	1	2	3
		(1/1000 mm)		
Opspændt	0	505	511	500
	0	429	419	388
	5	423	418	389
	10	417	417	395
	15	411	419	408
	20	404	422	430
	25	397	433	471
	30	389	456	546
	35	380	509	673
	40	375	561	799
	45	371	625	941
	50	368	689	-
	55	365	751	
	60	364	823	
	65	363	896	
70	362	975		

Flydemoment: 105 kNm

Forsøg nr. 13

2 Ks52S bolte

Boltene opspændt til 0,2 kNm

	M	Phendermålinger (se figur 2)		
	(kNm)	1	2	3
		(1/1000 mm)		
Opspændt	0	515	506	496
	0	440	440	450
	5	431	436	446
	10	420	435	464
	15	409	441	504
	20	398	468	589
	25	389	523	706
	30	380	582	850
	35	376	644	990
	40	372	713	-
	45	372	784	
	50	364	862	
	55	361	930	
	60	356	998	
	65	351	-	
	70	347		

Flydemoment: 105 kNmForsøg nr. 14

2 Ks52S bolte

Boltene opspændt til 0,3 kNm

	M	Phendermålinger (se figur 2)		
	(kNm)	1	2	3
		(1/1000 mm)		
Opspændt	0	537	574	609
	0	431	425	411
	5	425	425	414
	10	419	422	420
	15	410	422	432
	20	401	425	460
	25	392	435	503
	30	384	459	585
	35	377	503	691
	40	372	548	800
	45	368	603	922
	50	365	663	-
	55	362	724	
	60	360	787	
	65	358	863	
70	356	930		

Flydemoment: 105 kNm

Forsøg nr. 15

2 Ks52S bolte

Boltene opspændt til 0,3 kNm

	M	Phendermålinger (se figur 2)		
	(kNm)	1	2	3
		(1/1000 mm)		
Opspændt	0	366	338	361
	0	262	233	264
	5	250	230	266
	10	240	228	271
	15	230	226	283
	20	219	226	290
	25	207	232	329
	30	196	252	397
	35	186	295	498
	40	178	352	632
	45	172	412	765
	50	166	480	920
	55	162	550	-
	60	158	622	
	65	154	690	
70	150	760		

Flydemoment: 105 kNmForsøg nr. 16

2 Ks52S bolte

Boltene opspændt til 0,35 kNm

	M (kNm)	Phendermålinger (se figur 2)		
		1	2	3
		(1/1000 mm)		
*)	0	343	574	803
Opspændt	0	093	-	-
	5	093	-	-
	10	089	-	-
	15	084	-	-
	20	078	-	-
	25	071	-	-
	30	063	-	-
	35	055	-	-
	40	047	-	-
	45	040	-	-
	50	035	-	-
	55	031	029	130
	60	028	080	244
	65	026	155	426
	70	023	246	645

Flydemoment: 100 kNm

*) Svindrevne ? i mørtelfuge inden efter-spænding umuliggjorde revnemåling ved målepunkt 2 og 3 de 10 første lasttrin.

Forsøg nr. 17

2 Ks60S bolte

Boltene opspændt til 0,3 kNm.

	M (kNm)	Phendermålinger (se figur 2)		
		1	2	3
		(1/1000 mm)		
Opspændt	0	530	525	505
	0	418	413	399
	5	413	412	401
	10	407	411	405
	15	401	413	426
	20	396	418	455
	25	391	435	513
	30	386	468	594
	35	382	513	693
	40	380	564	805
	45	378	620	926
	50	376	681	-
	55	374	738	
	60	371	800	
	65	370	857	
	70	366	916	

Flydemoment: 110 kNmForsøg nr. 18

2 Ks60S bolte

Boltene opspændt til 0,3 kNm

	M (kNm)	Phendermålinger (se figur 2)		
		1	2	3
		(1/1000 mm)		
Opspændt	0	403	718	1027
	0	326	312	319
	5	325	312	320
	10	317	311	335
	15	311	319	372
	20	305	348	450
	25	300	396	556
	30	297	445	669
	35	294	503	789
	40	292	559	915
	45	290	623	-
	50	287	684	
	55	285	748	
	60	283	817	
	65	280	894	
	70	278	961	

Flydemoment: 105 kNm

Forsøg nr. 19

2 Ks60S bolte

Boltene opspændt til 0,35 kNm

	M (kNm)	Phendermålinger (se figur 2)		
		1	2	3
		(1/1000 mm)		
	0	305	337	358
Opspændt	0	254	280	297
	5	247	279	303
	10	242	281	316
	15	236	285	340
	20	231	301	384
	25	226	341	476
	30	224	399	601
	35	222	458	730
	40	221	527	870
	45	220	593	1006
	50	219	668	-
	55	215	732	
	60	212	812	
	65	208	887	
	70	205	962	

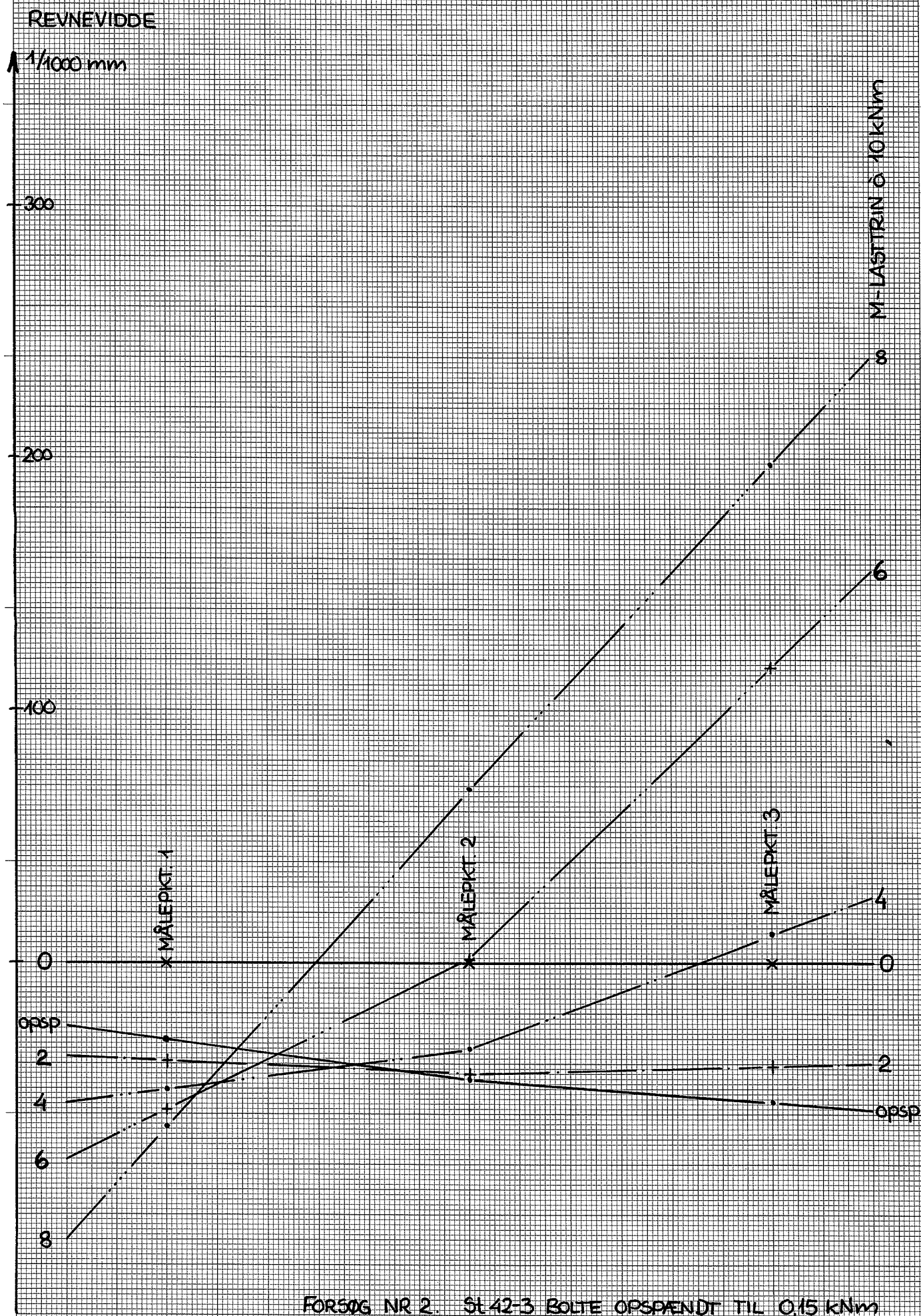
Flydemoment: 110 kNmForsøg nr. 20

2 Ks60S bolte

Boltene opspændt til 0,35 kNm

	M	Phendermålinger (se figur 2)		
	(kNm)	1	2	3
		(1/1000 mm)		
	0	374	369	355
Opspændt	0	344	324	296
	5	332	321	299
	10	321	319	304
	15	311	318	315
	20	302	321	338
	25	293	329	375
	30	285	353	441
	35	279	396	540
	40	275	443	651
	45	272	501	778
	50	270	564	918
	55	269	627	-
	60	267	657	
	65	266	767	
	70	265	831	

Flydemoment: 105 kNm



REVNEVIDDE

1/1000 mm

M-LASTTRIN Ø 10 kNm

300

200

100

MÅLEPUNKT 1

MÅLEPUNKT 2

MÅLEPUNKT 3

0

2

4

8

0

0

4

2

opsp



Nr. 247

1 x 1 mm

FORSØG NR 4. St 42-3 BOLTE OPSPÆNDT TIL 0,25 kNm

REVNEVIDDE

 $\Delta 1/1000 \text{ mm}$

300

200

100

M-LASTTRIN $\hat{=}$ 10 kNm

* MÅLEPUNKT 1

* MÅLEPUNKT 2

* MÅLEPUNKT 3

0

0

opsp

4

2

2

4

opsp

6

FORSØG NR 6. K_S 525 BOLTE OPSPÆNDT TIL 0,2 kNm

REYNEVIDDE

1/1000 mm

M-LASTTRIN α 10 kNm

300

200

100

0

opsp.

2

4

6

8

MÅLEPKT. 1

MÅLEPKT. 2

MÅLEPKT. 3

6

5

2

opsp.



Nr. 247

1 x 1 mm

FORSØG NR 8. Ks 525 BOLTE OPSPÆNDT TIL 0,35 kNm

REVNEVIDDE

$\lambda 1/1000 \text{ mm}$

300

200

100

0

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

2

4

6

000p

REVNEVIDDE

1/1000 mm

300

200

100

0

0

2

4

6

8

0

2

4

6

8

0

2

4

6

8

M-LASTTRIN Ø 10 kNm

MALEPNT.3

MALEPNT.2

MALEPNT.1

0

2

4

6

8

0

2

4

6

8

0

2

4

6

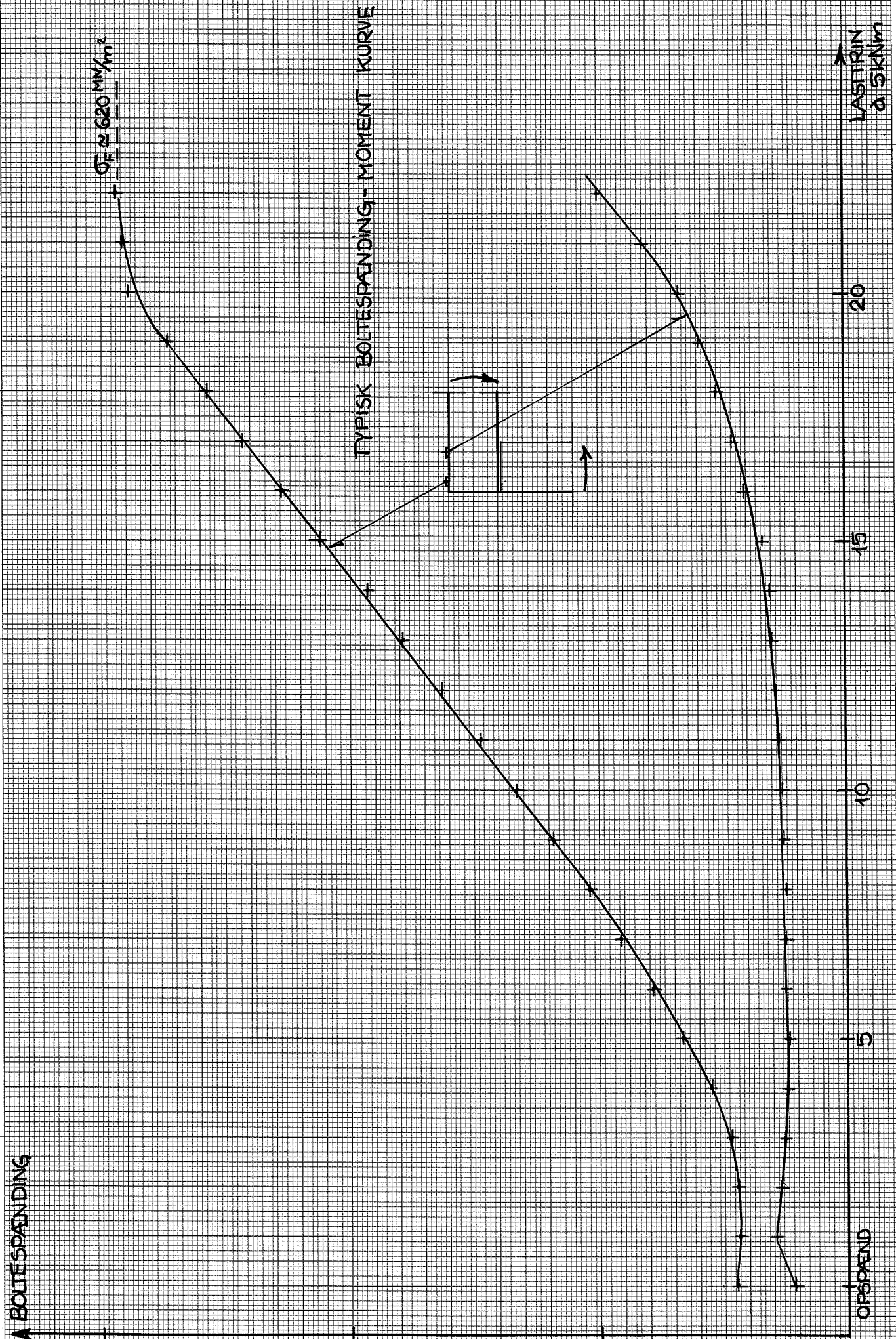
8

FORSØG NR 10 Ks60S BOOTE OPSPÆNDT TIL 0,35 kNm

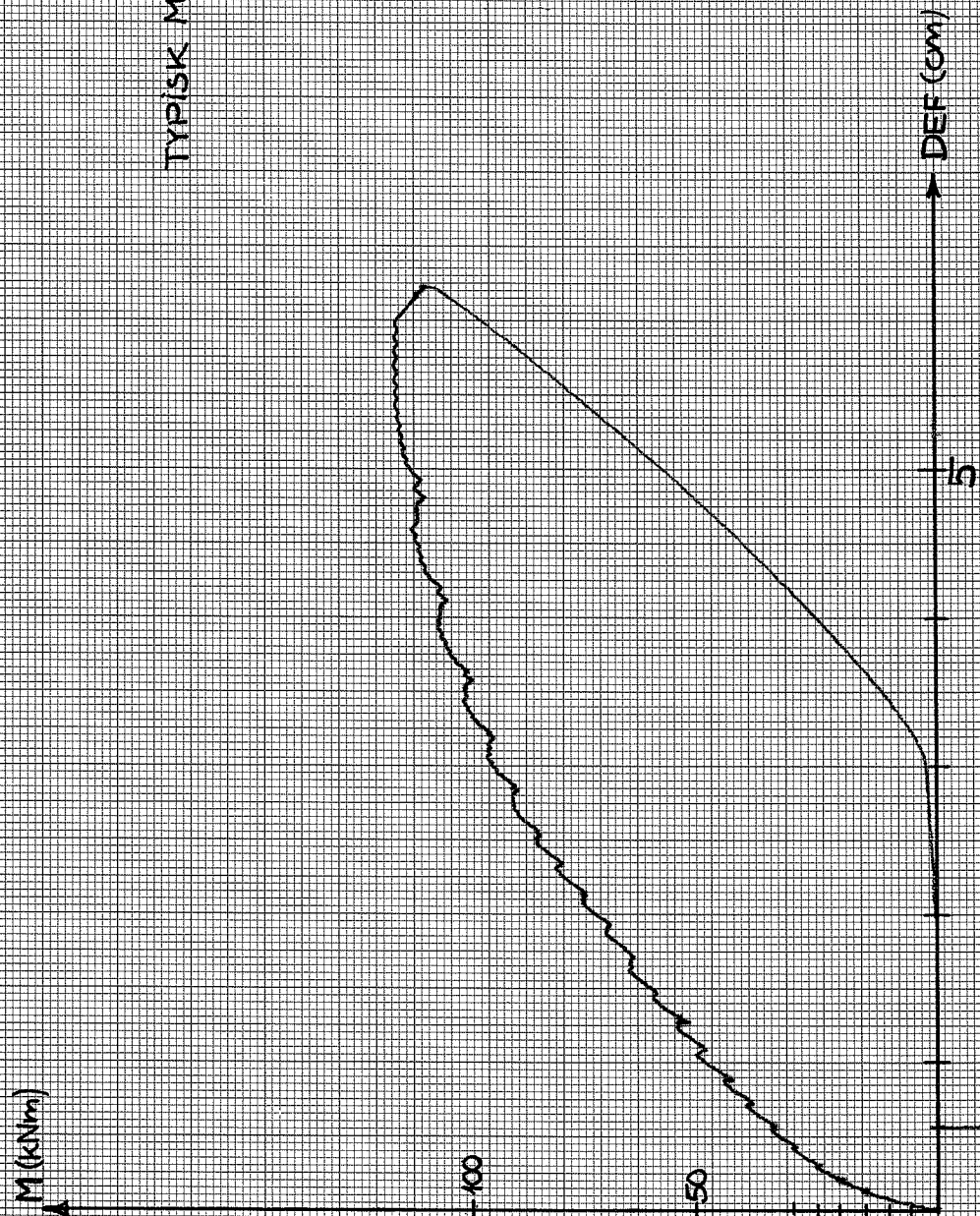


Nr. 247

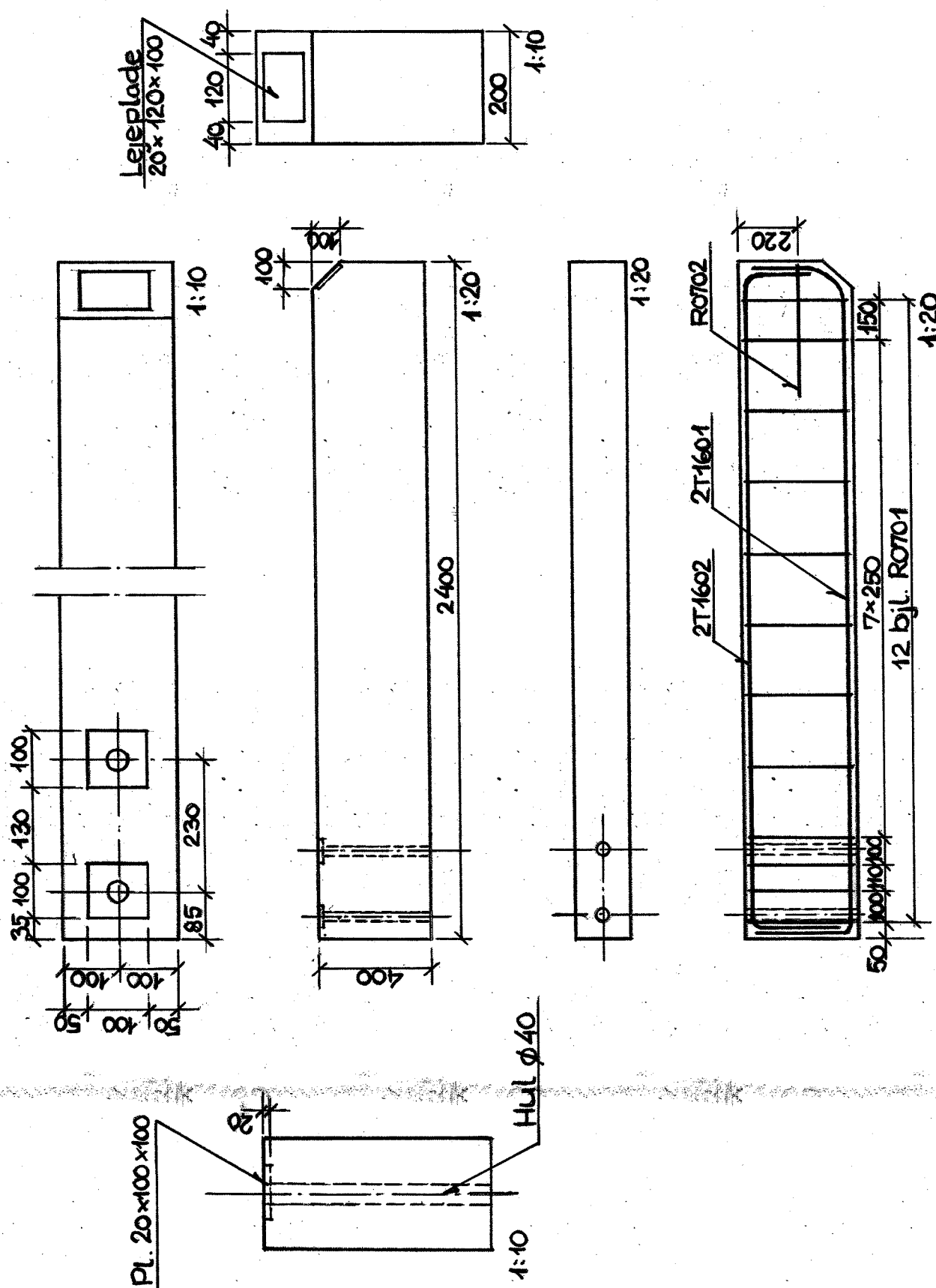
1 x 1 mm



TYPISK MOMENT - DEFORMATIONS KURVE

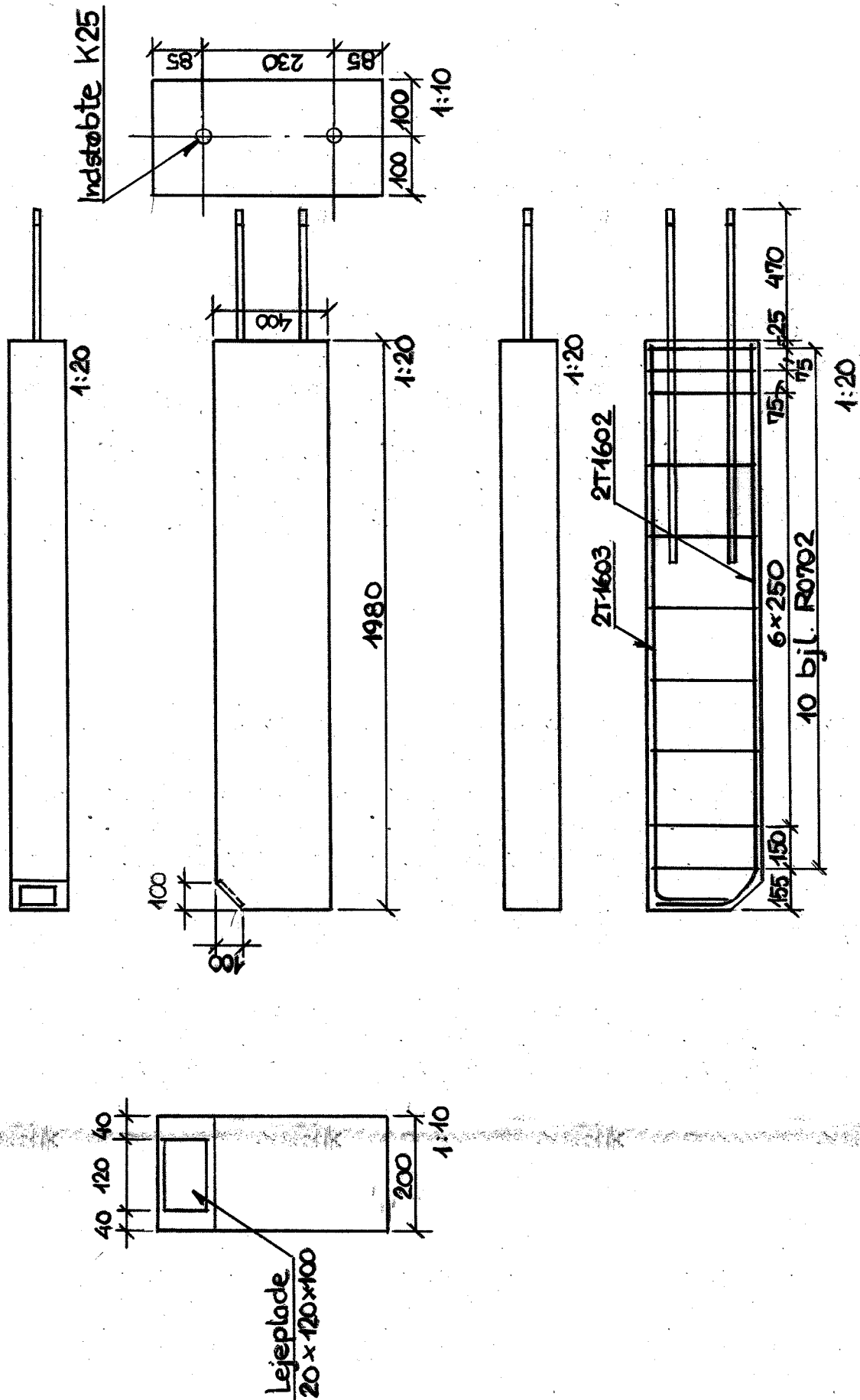


ELEMENTTEGNING, BJÆLKE

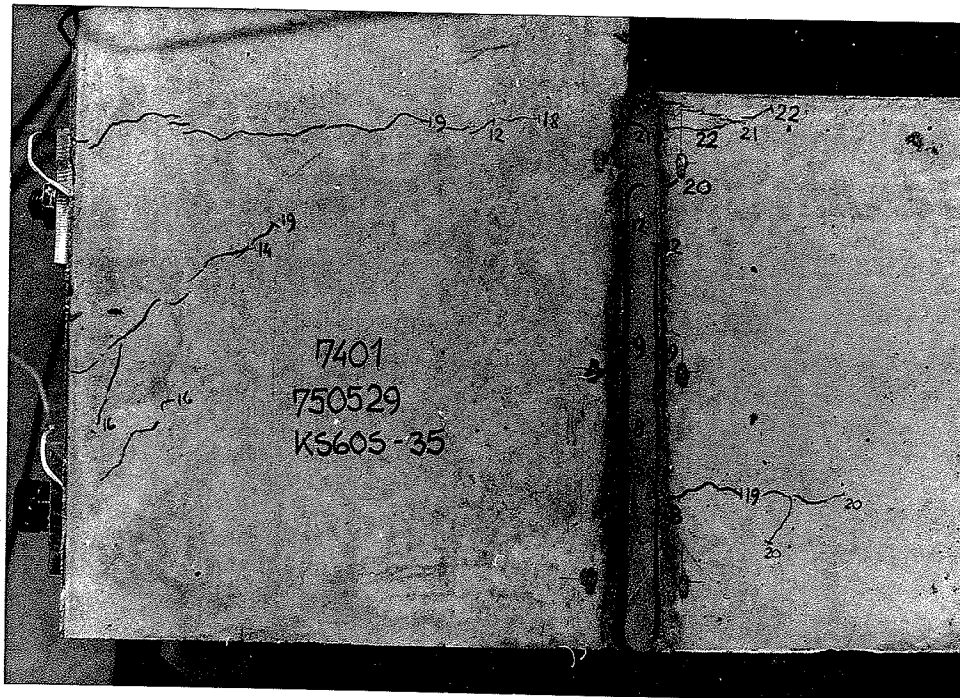


Dæklag på bøjler: 10mm

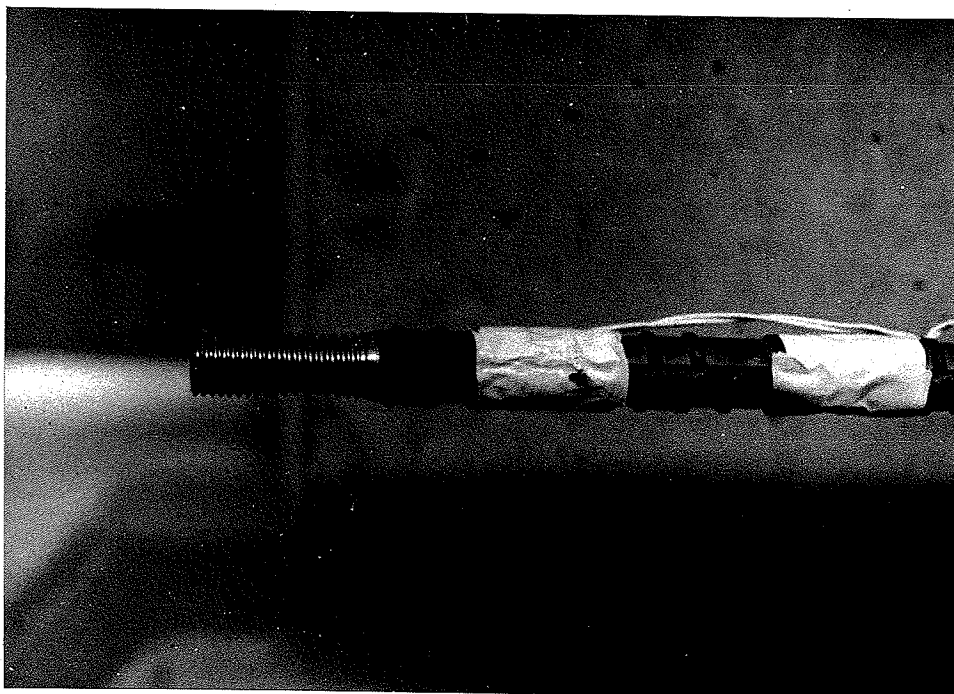
ELEMENTTEGNING, SØJLE



Dæklag på bøjler: 10 mm



Rammehjørne efter at flydning er begyndt. Bemærk den samtidig begyndende knusning af betonen ved søjlens indvendige side.



Billede efter demontering visende tværkontraktionen af boltegevindet på yderste trækpåvirkede bolt.