

INSTITUTTET FOR HUSBYGNING

Rapport nr. **104**

N.O. HILBERT

UNDERSØGELSE AF KELEMENTDÆK

Den polytekniske Lærestalt, Danmarks tekniske Højskole
Lyngby 1973

INDLEDNING

I december 1972 leverede Kählers teglværk 2 stk. 4,9 m lange Kelementdæk til Instituttet for Husbygning til brug for afprøvning af instituttets forsøgsudstyr og for samtidig at give fabrikken oplysning om elementernes korttidsdeformationer.

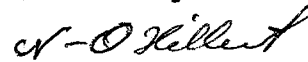
Kelementdækkene er 60 cm brede U-formede beton-elementer, som støbes ved ekstrudering på 70 m lange baner.

Det U-formede tværsnit består af to flige med bredde 7,5 cm og højde 18 cm og en mellemliggende 4 cm tyk plade.

Armeringen består af 8 mm svensk kamstål KS42S, 8 stk. i pladen og 1 stk. foroven i hver flig.

Nærværende rapport omhandler en undersøgelse af dækelementernes korttidsdeformationer samt en beregning af dækkene efter den nye betonnorm (kritikforslag af april 1972).

Den 24. maj 1973



N.-O. Hilbert

RAPPORT VEDR. UNDERSØGELSE AF KELEMENTDÆK.

INDHOLD:

	Side
KONKLUSION	1
UNDERSØGELSE AF KORTTIDSDEFORMATIONER	1
Tværsnit	3
Opstilling	4
Forsøgsdata	7
M som funktion af $\frac{M}{EI}$	11
M som funktion af udbøjningen	12
BETON	
Fabrikkens prøveresultater	14
Frekvensanalyse	15
STATISK BEREGNING	
Forudsætninger	16
Materialeegenskaber	16
Geometriske data	17
Belastning	18
Snitkræfter i brudtilstand	19
Modstand mod bøjningsbrud	19
Modstand mod forskydningsbrud	20
Revnemoment	20
Nedbøjning	21

KONKLUSION

Nedbøjning.

For de undersøgte dækelementer er revnemomentet afgørende for den maksimale spændvidde.

Fabrikken er imidlertid begyndt med at forspænde armeringen, hvilket må forventes at hæve revnemomentet væsentligt. Det er derfor af stor betydning at få målt det nye revnemoment.

Dernæst må det anbefales at få udført nogle langtidsforsøg (over 3-4 år) med $M_{\max}$ lidt over og lidt under revnemomentet. I forhold til de beregnede langtidsnedbøjninger vil trykarmeringen give en reduktion, og forspændingen vil give en forøgelse.

Forskydning.

Beregningsmæssigt giver en spændvidde på 4,80 m med normal etagelast forskydningsspændinger nær den regningsmæssige brudværdi. Ved forsøget blev der ikke konstateret forskydningsrevner, selvom τ var større end normværdien af τ_b . Den anvendte fordelingsarmering kan formodentlig udelades, idet τ i fligene er større end τ i pladen.

Brudmoment.

Der er rigelig sikkerhed mod brud, når $l = 4,80$ m, og belastningen er normal etagelast.

UNDERSØGELSE AF KORTTIDSDEFORINATIONER. Forsøgsopstillingen fremgår af tegningerne på side 5 og 6.

Relationen mellem M og $\frac{M}{EI}$ blev bestemt på to måder:

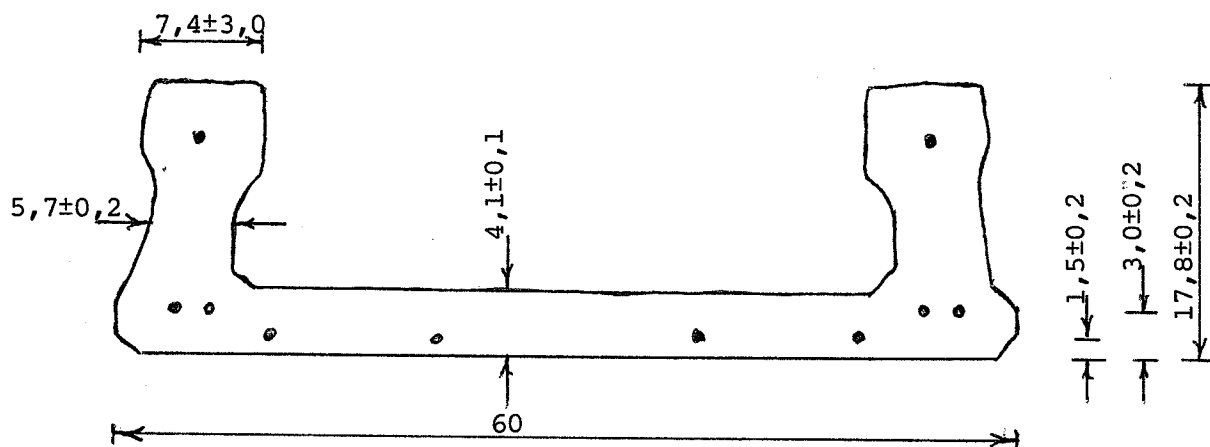
Metode A: Belastningen blev påført i spring på 75,5 kpm, og måleurene aflæstes 10 min. efter hver belastningsforøgelse.

Metode B: Belastningen blev også påført i spring på 75,5 kpm, men ved hvert lasttrin blev der aflastet og genbelastet mellem det aktuelle og det foregående lasttrin, og måleurene blev først aflast, når to på hinanden følgende belastninger gav en forskel på måleur $\textcircled{15}$ (se side 7), som var mindre end 5/100 mm.

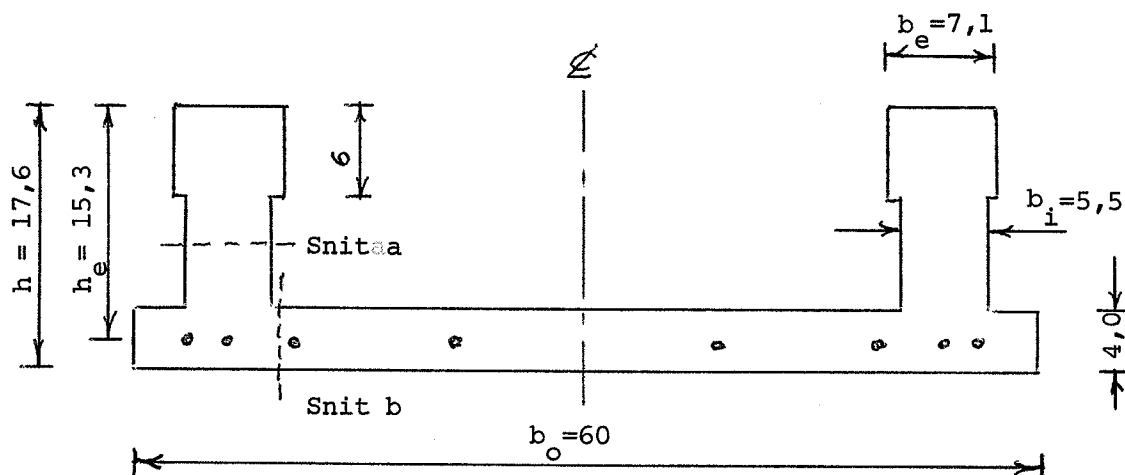
Forsøget viste, at belastningsmetode A (den metode som sædvanligvis anvendes) gav en meget fin overensstemmelse mellem beregnede og målte værdier (se side 12 og 21).

Belastningsmetode B gav næsten samme værdier for EI som metode A, men et væsentligt lavere revnemoment og krum overgang mellem urevnet og revnet tværsnit.

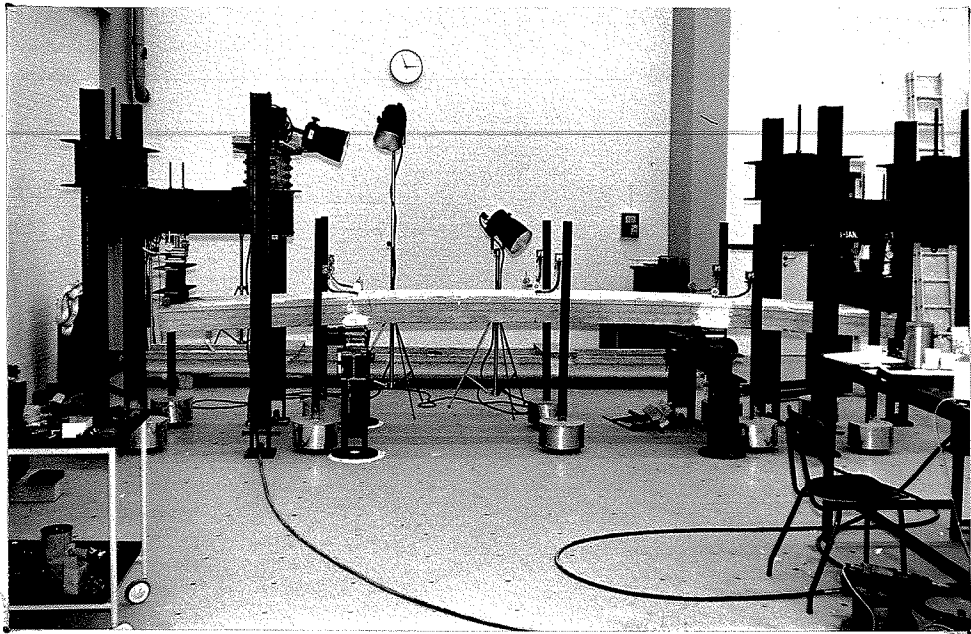
Til opgaver som her, hvor brugsbelastningen er mindre end revnelasten, må metode B anses for mest relevant, da den bevægelige belastning er en vekslende belastning.



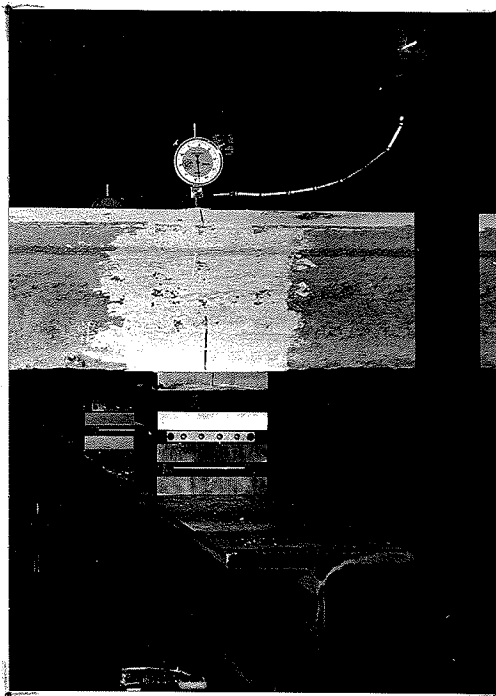
OPMÅLT TVÆRSNIT 1:5.



Beregningsmodel 1:5

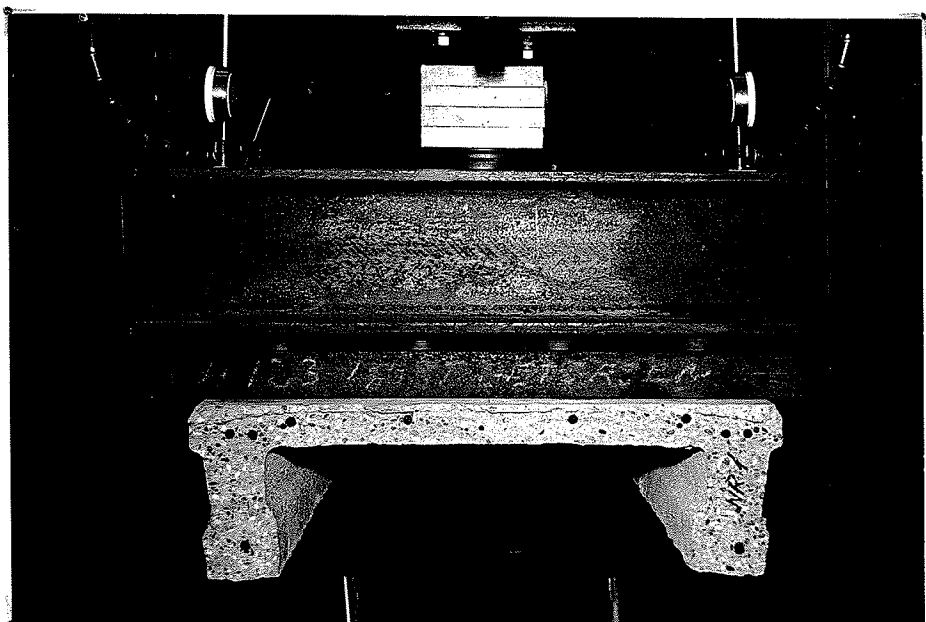


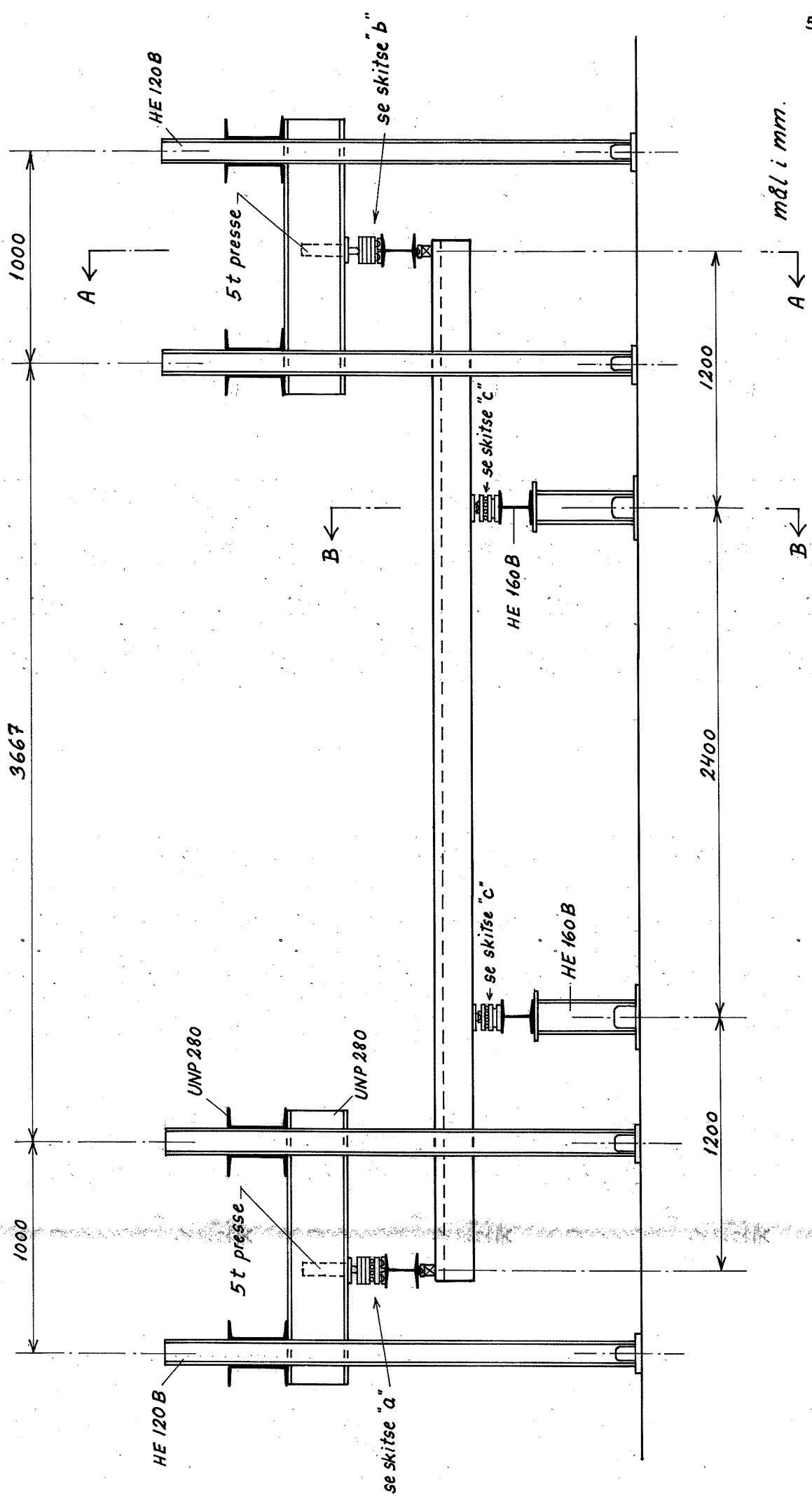
Forsøgsopstilling



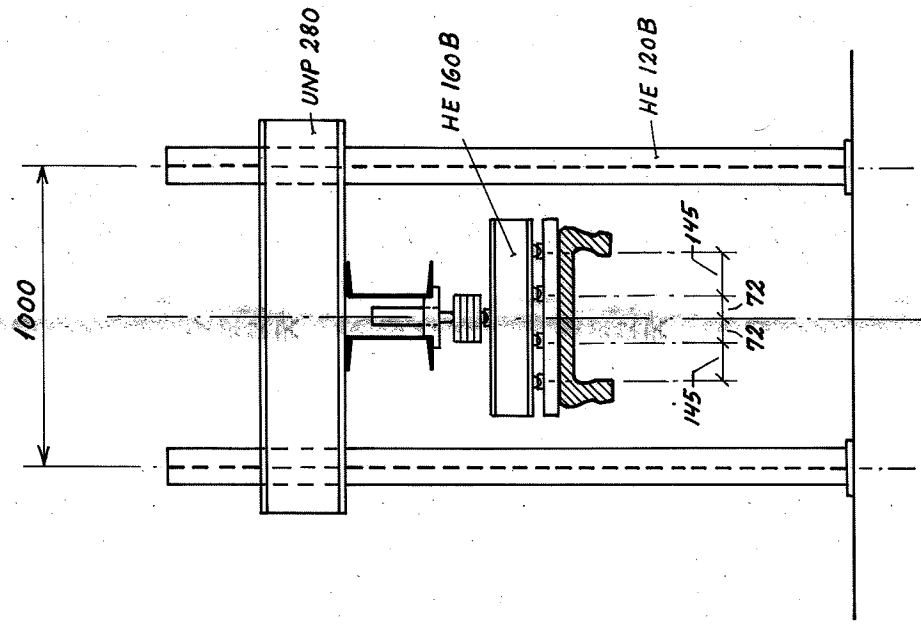
Leje ved mellemunder-
støtninger

Leje ved ender under
presserne

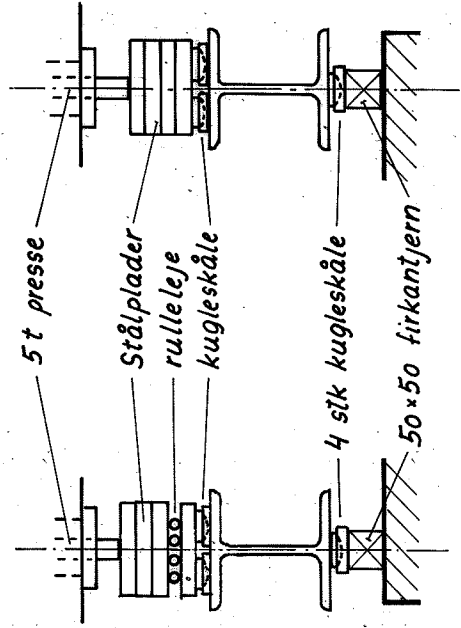




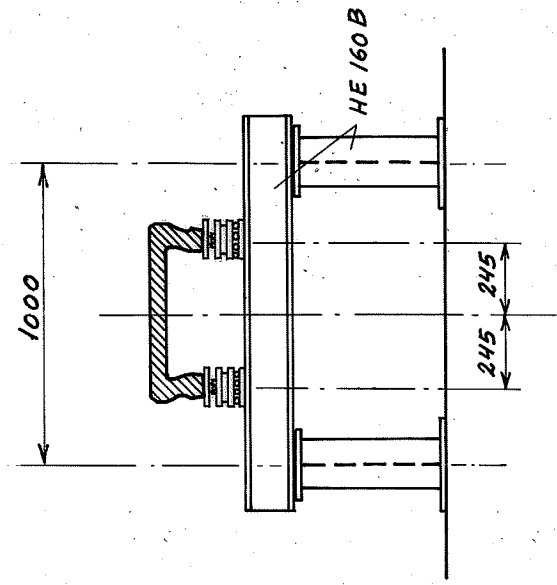
Forsøgsoptstilling 1:25
d 18-1-73 KØ.



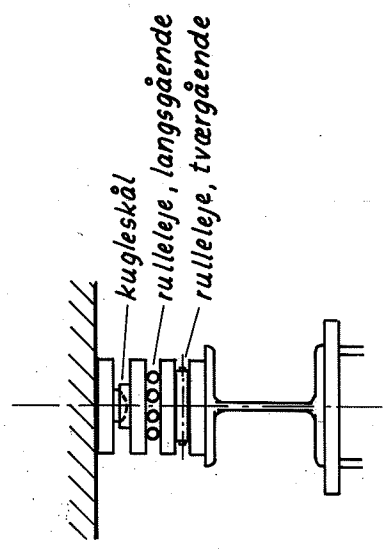
Snit A-A



Snit B-B



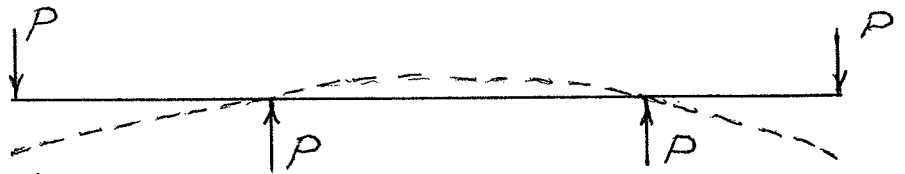
Snit B-B



Snit B-B

mål i mm

Forsøgsoptilling 1:25, 1:10
d. 18-1-73 KP

Forsøgsdata.Måleure:

(15)	(14)	(13)	(12)	(11)
(25)	(24)	(23)	(22)	(21)

$$u_{11} = (13) - \frac{(12)}{2} - \frac{(14)}{2} \text{ mm} \cdot 10^2$$

$$u_{12} = (23) - \frac{(22)}{2} - \frac{(24)}{2} \text{ mm} \cdot 10^2$$

$$u_{21} = (13) - \frac{(11)}{2} - \frac{(15)}{2} \text{ mm} \cdot 10^2$$

$$u_{22} = (23) - \frac{(21)}{2} - \frac{(25)}{2} \text{ mm} \cdot 10^2$$

$$u_1 = \frac{u_{11} + u_{12}}{2} \text{ mm} \cdot 10^2$$

$$u_2 = \frac{u_{21} + u_{22}}{2} \text{ mm} \cdot 10^2$$

Belastning:

Egenvægt: 502 kp og 490 kp målt for $l = 490 \text{ cm}$

$$g = 1,0 \text{ kp/cm}$$

5 tons presse: Olietryk $p \text{ kp/cm}^2$

Stempelareal $12,57 \text{ cm}^2$

$$P = 12,57 \cdot p \text{ kp}$$

Momentbelastning over understøtningerne:

$$\text{Egenvægt } M_g = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 120^2 = 7200 \text{ kpcm}$$

$$\text{Presse } M_p = p \cdot 12,57 \cdot 120 = 1508 \cdot p \text{ kpcm}$$

$$1 \text{ tm} \sim p = 66,3 \quad "P_g" = \frac{7200}{1508} = 4,8$$

Krumning:

Fra egenvægt: $\frac{Mg}{EI}$

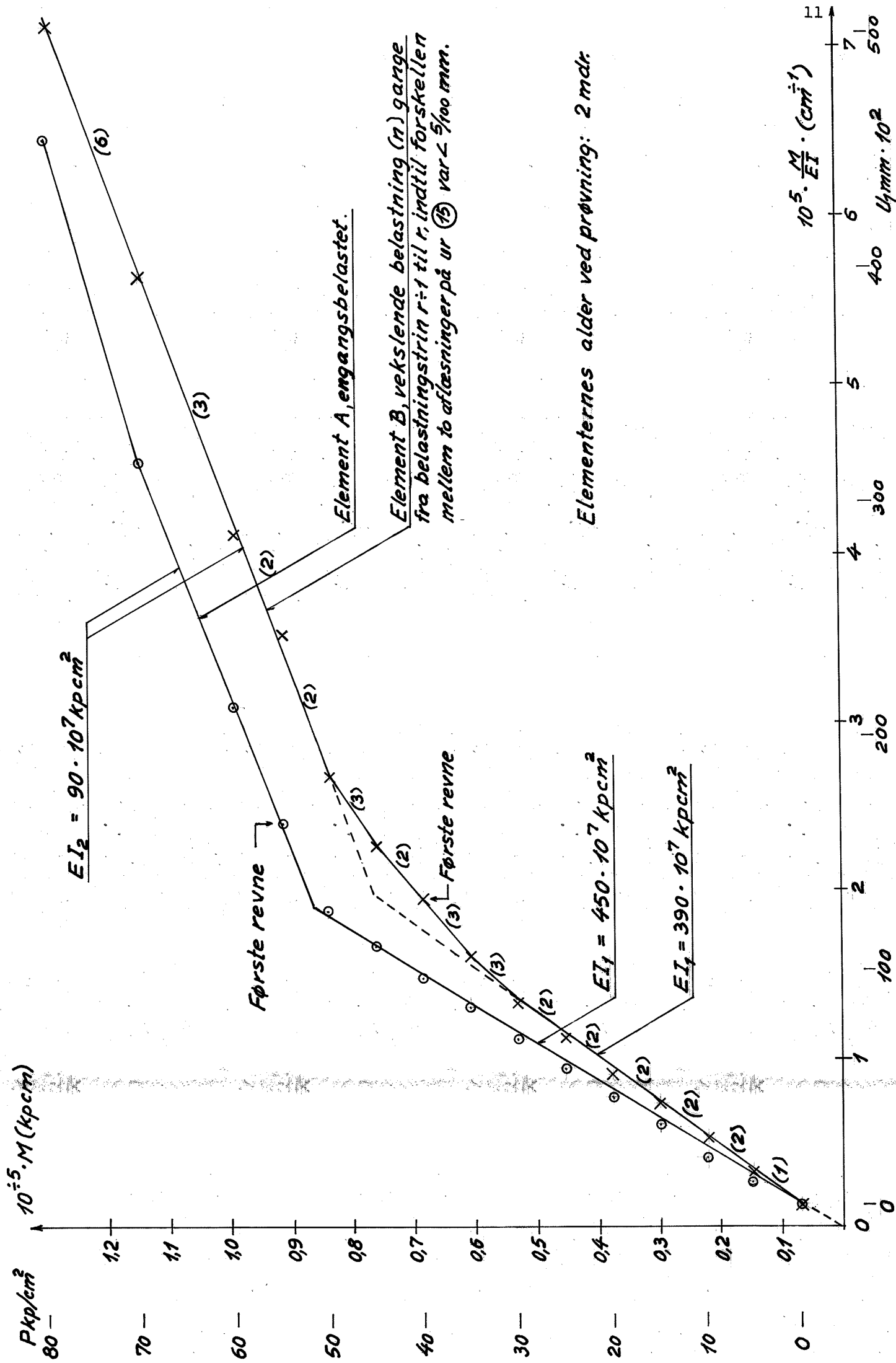
Fra pressen: $\frac{M}{EI} = \frac{1}{R} (u_1 \cdot 10^{-3}) \cdot 2R = 120^2$

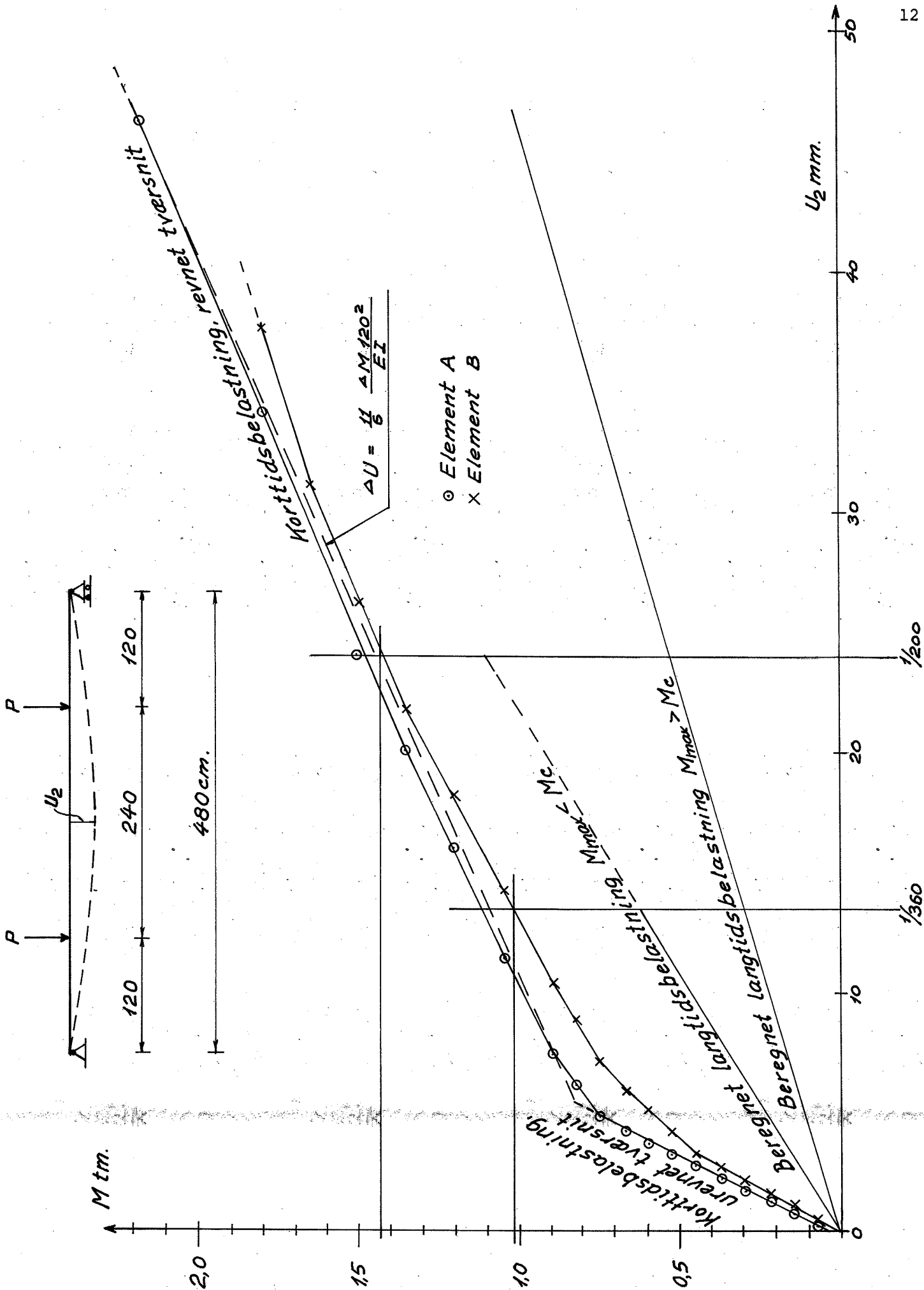
$$\frac{M}{EI} = \frac{2u_1}{1,2^2} \cdot 10^{-7} = 1,4 \cdot u_1 \cdot 10^{-7} (\text{cm}^{-1})$$

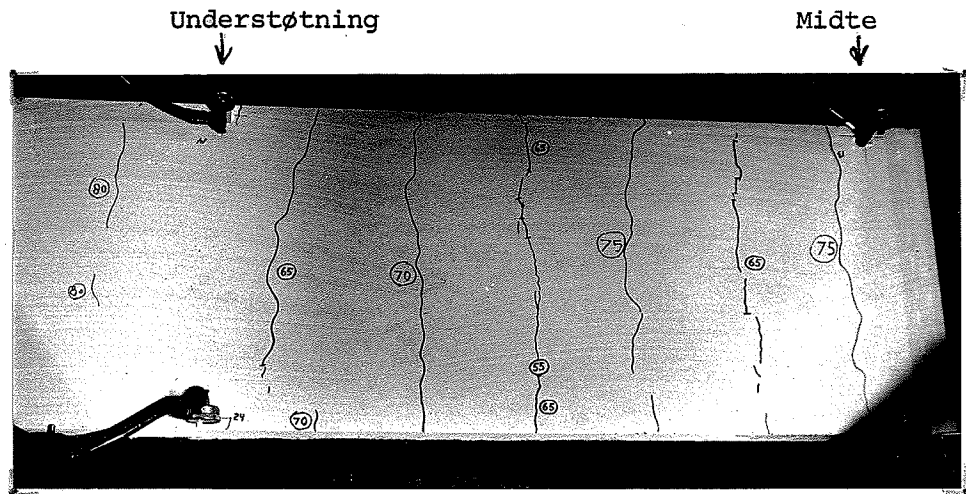
$$\frac{M}{EI} = 10^{-5} (\text{cm}^{-1}) \quad u_1 = \frac{100}{1,4} = 72 \text{ mm} \cdot 10^2$$

d 10-1-73

p i kp/cm ² og måleursaflæsninger i l/100 mm.														element A.			
p	(13)	(12)	(14)	u ₁₁	(23)	(22)	(24)	u ₁₂	u ₁	(11)	(15)	u ₂₁	(21)	(25)	u ₂₁	u ₂	
5	10	1	0	9	10	0	0	10	9	- 32	- 31	42	- 33	- 34	44	43	
10	21	1	0	20	20	- 1	- 1	21	20	- 63	- 64	85	- 65	- 67	86	85	
15	33	1	- 2	34	32	- 2	- 2	34	34	- 98	- 104	134	- 104	- 105	137	135	
20	45	0	- 3	47	43	- 3	- 2	46	46	- 135	- 142	183	- 141	- 144	186	184	
25	56	0	- 5	59	55	- 4	- 3	59	59	- 167	- 178	229	- 173	- 179	231	230	
30	67	- 1	- 6	71	66	- 5	- 4	71	71	- 202	- 214	275	- 210	- 215	279	277	
35	79	- 2	- 7	84	78 ₁	- 6	- 5	84	84	- 237	- 252	324	- 244	- 253	327	325	
40	91	- 2	- 8	96	90	- 7	- 6	97	96	- 273	- 291	373	- 280	- 290	375	374	
45	104	- 3	- 10	111	102	- 8	- 7	110	110	- 311	- 330	425	- 317	- 330	426	325	
50	119	- 4	- 11	127	117	- 9	- 8	126	126	- 355	- 376	485	- 359	- 374	484	484	
55	153	- 5	- 14	163	150	- 11	- 11	161	162	- 455	- 465	613	- 462	- 464	613	613	
60	202	- 6	- 15	213	199	- 11	- 12	211	212	- 558	- 563	763	- 561	- 560	760	761	
70	307	- 6	- 16	318	305	- 12	- 12	317	317	- 833	- 875	1161	- 830	- 866	1153	1157	
80	441	- 7	- 17	453	442	- 13	- 12	455	454	- 1097	- 1199	1589	- 1185	- 1189	1629	1609	
90	544	- 8	- 18	547	547	- 14	- 11	560	553	- 1467	- 1474	2015	- 1454	- 1462	2005	2010	
100	644	- 8	- 19	658	647	- 11	- 11	658	658	- 1789	- 1747	2412	- 1778	- 1733	2403	2407	
(110)																	
120	905	- 6	- 19	918	907	- 11	- 10	918	918	- 2508	- 2509	3414	- 2501	- 2488	3402	3408	
140	1212	0	- 20	1222	1209	- 9	- 8	1218	1220	- 3386	- 3540	4675	- 3389	- 3410	4609	4642	

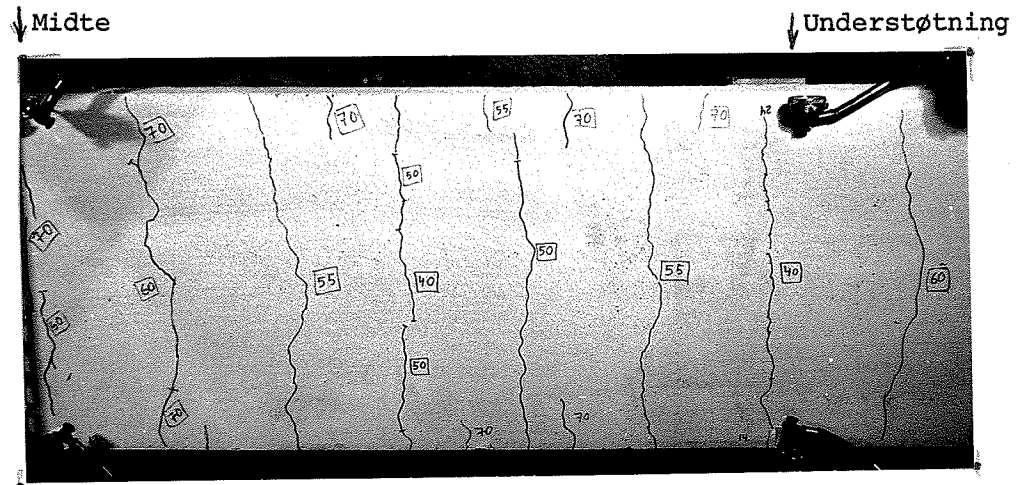






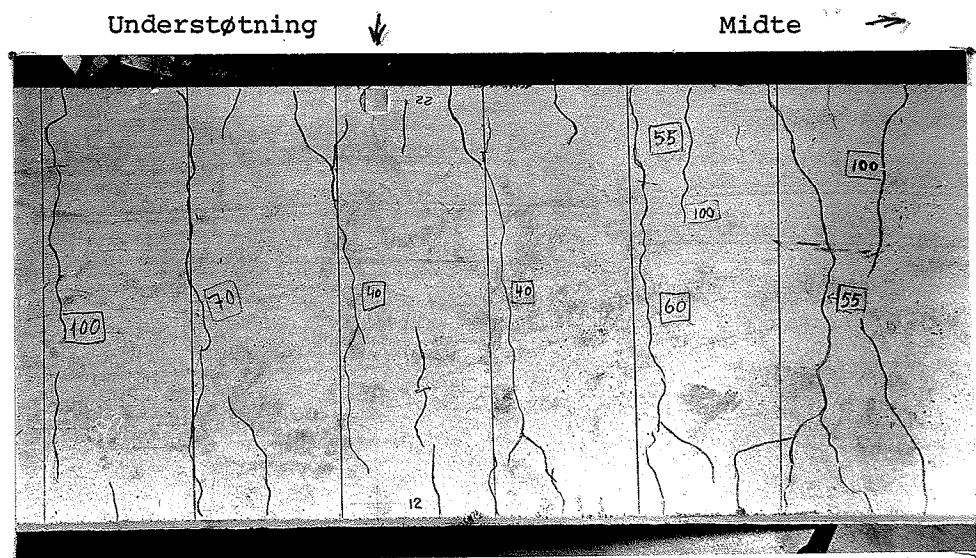
Fordeling af revner på element A.

Første revne ved (55) = olietryk $p = 55 \text{ kp/cm}^2$



Fordeling af revner på element B.

Første revne ved |40| ~ olietryk $p = 40 \text{ kp/cm}^2$.



Element B.

Fordelingsarmering på 20 cm, lokaliseret ved hjælp af vcovermeter, er vist som lige streger.

PRØVNING AF BETON

KELEMENT

Prøvning støbt dato 1972	grus fin kg/bl	grus kg/bl	sten kg/bl	cement kg/bl	sparco g/bl	element struktur	terning prøvet dato	trykst. kg/cm ²	BEMÆRKNINGER
12.04	100	150	370	85	200	ikke tæt	26.04	(560)	for mange sten
19.04	100	150	345	85	200	pæn	03.05	535	
10.05	100	150	345	85	200	pæn	24.05	570	
17.05	100	150	345	85	200	pæn	31.05	520	
24.05	100	150	345	85	200	pæn	07.06	542	
26.07	100	150	345	85	200	pæn	23.08	580	
09.08	100	150	345	85	200	pæn	30.08	560	
16.08	100	150	345	85	200	pæn	13.09	550	
06.09	100	150	345	85	200	pæn	27.09	(590)	21 dage
13.09	100	150	345	85	200	pæn	27.09	541	
20.09	100	150	345	85	200	pæn	18.10	(695)	28 døgn
04.10	100	150	345	85	200	pæn	18.10	600	
11.10	100	150	345	85	200	pæn	25.10	590	
18.10	100	150	345	85	200	pæn	01.11	500	
25.10	100	150	345	85	200	pæn	08.11	593	
01.11	100	150	345	85	200	pæn	15.11	613	
08.11	100	150	345	85	200	pæn	22.11	495	
15.11	100	150	345	85	200	pæn	29.11	535	
22.11	100	150	345	85	200	pæn	06.12	485	
29.11	100	150	345	85	200	pæn	13.12	578	
06.12	100	150	345	85	200	pæn	20.12	515	
20.12	100	150	345	85	200	pæn	04.01-73	535	

FREKVENNS ANALYSE

BESKRIVELSE Betonprøver fra Kelementdæk, støbt i perioden 19.4 - 21.12 1972		MATERIALE Rapidement 275 kg/m ²		OPERATION Trykprøvning		OPERATØR		DATO 18.1.1973	
SPECIFIKATION $\sigma_{bk} \geq 300 \text{ kp/cm}^2$		95 % GRÆNSER		MASKINE		NUMMER		INSPEKTØR	
MIDDELVERDI (Ø) MINUS SPECIFIKATION		% UNDER SPECIFIKATION		% OVER SPECIFIKATION		INSPEKTØR		ANALYTIKER	
FORDELING		2		5		6		NOH	
X		f	2 sum.	5/4 i %					
σ_{T10}^{14}									
620		0,5	0,5	1 $\frac{1}{4}$					
600		2,5	3,5	8,7					
580		3,5	9,5	24					
560		2	15	37					
540		5,5	22,5	56					
520		3	31	77					
500		2	36	90					
480		1	39	97					
		0	40						
ØKG x	3 TOTAL		ØKG R						
ØKG x	4 DOBBELT TOTAL		ØKG R						
PROCES KAPACITET	σ	39	548						

Trykstyrkens karakteristiske værdi:
 $\sigma'_{bk} = 0,70 [548 - 1,53 \cdot 39] = 341,8 > 300 \text{ kp/cm}^2$

FORDELINGS TYPE
 n (FOR KONTROLKORT)

STATISK BEREGNING

Forudsætninger.

Beregningen er opstillet for et kelementdæk, simpelt understøttet og med ribberne opad. Spændvidde 480 cm. Belastningen er jævnt fordelt etage-last i henhold til DS410.

Beregningen er udført i henhold til forslag til DS411 (kritikforslag, april 1972).

Miljøklasse	C
d.v.s. betondæklag	$\geq 1 \text{ cm}$
Kontrolklasse	II
d.v.s. partialkoefficienter på	
betonstyrker	$f_b=1,8$
armeringsstyrker	$f_a=1,4$

Materialeegenskaber

karakteristisk regningsmæssig

Beton

Trykstyrke, beregnet

ud fra fabrikkens

prøveresultater $\sigma'_{bk}=300 \text{ kp/cm}^2$ $\sigma'_{br}=167 \text{ kp/cm}^2$

Trækstyrke,

tabel N 5.12 $\sigma_{bk} = 18 \text{ kp/cm}^2$ $\sigma_{br} = 10 \text{ kp/cm}^2$

Forskydningsstyrke

i ribberne (regnet som plade

$$\text{idet } h_e < 20 \text{ cm) } \tau_{br}=0,7 \sigma_{br}=7 \text{ kp/cm}^2$$

i pladen (regnet som bjælke) $\tau_{br}=0,5$ $\sigma_{br}=5$ kp/cm²

Regningsmæssig tøjning med

maksimalt bøjningsmoment $\varepsilon'_{br} = 0,35\%$

Karakteristisk E med kort-

$$\text{tidsbelastning (N 5.1.3)} E_{\text{bok}} = 3,6 \cdot 10^5 \text{ kp/cm}^2$$

Reduktionsfaktor for E ved

Reduktionsfaktor for E ved
langtidsbelastning (V 6.4.1a) $\frac{n_L}{n_K} = \frac{30}{8} = 3,75$

Armering:

Svensk kamstål KS42S,

karakteristisk trækstyrke $\sigma_{ak} = 4200 \text{ kp/cm}^2$

Regningsmæssig trækstyrke

$$\sigma_{ar} = \frac{1}{1,4} \cdot 4200 = 3000 \text{ kp/cm}^2$$

Regningsmæssig E $E_{ar} = \frac{1}{1,4} \cdot 2 \cdot 10^6 = 1,4 \cdot 10^6 \text{ kp/cm}^2$

Regningsmæssig tøjning ved

begyndende flydning $\epsilon_{af} = \frac{3000}{1,4 \cdot 10^6} = 0,21\%$

Regningsmæssig brudforlæn-

gelse (N8.1.2.) $\delta_{er} = \frac{15}{1,4} \% = 10,7\%$ Geometriske data:Beton:

Totalbredde

$$b_o = 60 \text{ cm}$$

Trykhovedbredde (højde 6 cm)

$$14,2 < b_e < 14,8 \text{ cm}$$

Mindste ribbetykkelse

$$11,0 < b_i < 11,8 \text{ cm}$$

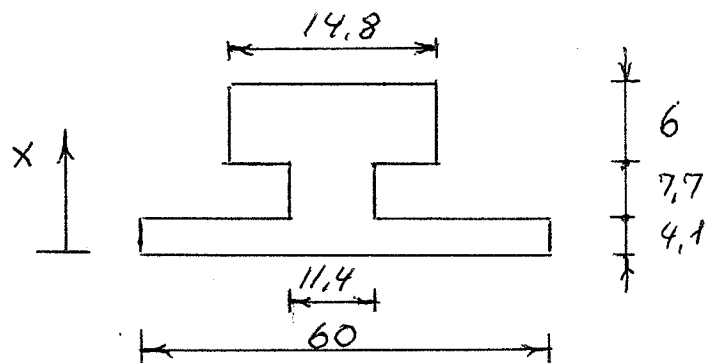
Pladetykkelse

$$4,0 < t < 4,2 \text{ cm}$$

Højde

$$17,6 < h < 18,0 \text{ cm}$$

Inertimoment beregnet ud fra et middelbetontværsnit.



$$F_b = 14,8 \cdot 6 + 11,4 \cdot 7,7 + 60 \cdot 4,1$$

$$= 88,8 + 87,8 + 246$$

$$= 423 \text{ cm}^2$$

$$423 \cdot x = 88,8 \cdot 11,8 + 87,8 \cdot 8,0 + 246 \cdot 2,05$$

$$= 1048 + 702 + 504$$

$$= 2254$$

$$x = 5,3 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 I_b &= \frac{1}{12} \cdot 14,8 \cdot 6^3 + 88,8 \cdot 9,5^2 = 266 + 8014 \\
 &= \frac{11}{12} \cdot 11,4 \cdot 7,7^3 + 87,8 \cdot 2,6^6 = 434 + 5594 \\
 &= \frac{1}{12} \cdot 60 \cdot 4,1^3 + 246 \cdot 3,3 = 344 + 2679
 \end{aligned}$$

$$I_b = 1,2310^4 \text{ cm}^4$$

$$W_{bn} = \frac{1,23 \cdot 10^4}{5,33} = 2,3 \cdot 10^3 \text{ cm}^3$$

$$W_{b\phi} = \frac{1,23 \cdot 10^4}{17,8 - 5,3} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ cm}^3$$

Armering:

Underside 8 stk. K8

$$A_{an} = 4,0 \text{ cm}^2$$

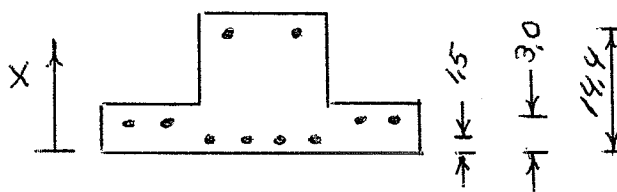
Overside 2 stk. K8

$$A_{a\phi} = 1,0 \text{ cm}^2$$

$$\text{Nytttehøjde } h_e = h - \frac{3+1,5}{2}$$

$$= 17,6 - 2,3$$

$$h_e = 15,3 \text{ cm}^2$$



Tyngdepunktets afstand x

$$4(x - 1,5) + 4(x - 30)$$

$$= 2 (14,4 - x)$$

$$x = 4,7 \text{ cm}$$

Belastning.

Karakteristiske påvirkninger:

Egenvægt

$$g_k = 170 \text{ kp/m}^2$$

Gulvbelægning m/isolering

$$p_{1,1k} = 30 \text{ kp/m}^2$$

Lette vægge

$$p_{1,2k} = 150 \text{ kp/m}^2$$

Nyttelast

$$p_{2k} = \frac{150 \text{ kp/m}^2}{500 \text{ kp/m}^2}$$

Regningsmæssig påvirkning i brudtilstand:

$$\text{Egenvægt} \quad g_r = 1,0 \cdot g_k = 170 \text{ kp/m}^2$$

Gulvbelægning

$$+ \text{lette vægge} \quad p_{1r} = 1,3(p_{1,1} + p_{1,2}) = 235 \text{ kp/m}^2$$

$$\text{Nyttelast} \quad p_{2r} = 1,5 p_{2k} = \frac{225 \text{ kp/m}^2}{630 \text{ kp/m}^2}$$

Skønnet langvarig hvilende påvirkning:

Egenvægt + gulvbelægning

$$1,0(g_k + p_{1,k}) = 200 \text{ kp/m}^2$$

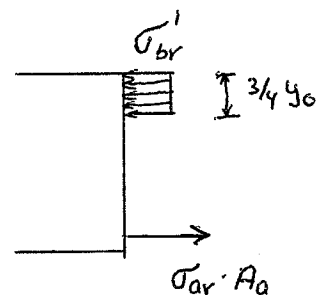
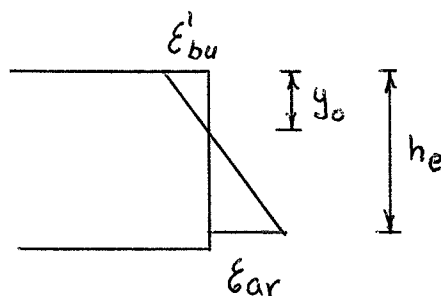
Lette vægge + nyttelast

$$\approx \frac{1}{3}(p_{1,2k} + p_{2k}) = \frac{100 \text{ kp/m}^2}{300 \text{ kp/m}^2}$$

Snitkræfter i brudtilstand.

$$M_1 = \frac{1}{8}(630 \cdot 0,6 \cdot 4,8) 480 = 1,09 \cdot 10^5 \text{ kpcm}$$

$$R_1 = \frac{1}{2}(630 \cdot 0,6 \cdot 4,8) = 0,91 \cdot 10^3 \text{ kp}$$

Modstand mod bøjningsbrud.

$$\sigma'_{br} \cdot \frac{3}{4} y_0 \cdot b_e = \sigma_{ar} \cdot A_a$$

$$167 \cdot \frac{3}{4} y_0 \cdot 14,2 = 3000 \cdot 4,0$$

$$y_0 = 6,8 \text{ cm}$$

$$\frac{3}{4} y_0 = 5,1 \text{ cm} < 6$$

$$M_{br} = \sigma_{ar} \cdot A_a (h_e - \frac{3}{8} y_0) = 3000 \cdot 4,0 (15,3 - 2,6)$$

$$= 1,52 \cdot 10^5 \text{ kpcm}$$

$$M_{br} \gg M_1$$

Der er rigelig sikkerhed mod bøjningsbrud under forudsætning af, at tværsnittet er normalt armeret:

$$\Phi = \frac{A_a}{b \cdot h_e} < \frac{0,75 \epsilon'_{bu}}{\epsilon'_{bu} + \Delta \epsilon_{af}} \cdot \frac{\sigma'_{br}}{\sigma_{ar}}, \Delta \epsilon_{af} = \epsilon_{0,2} - \epsilon_{for sp.}$$

$$\Phi = \frac{4}{14,2 \cdot 15,3} = 1,84\% \leq \frac{0,75 \cdot 0,35}{0,35 + 0,21} \cdot \frac{165}{3000} = 2,6\%$$

Modstand mod forskydningsbrud.

$$\text{Indre momentarm } h_i = h_e - \frac{3}{8} y_o = 15,3 - 2,6 = 12,7 \text{ cm}$$

Ribber: (se side 3 snit a-a)

Regningsmæssig forskydningskraft pr. ribbe:

$$\frac{1}{2} R_1 = 0,46 \cdot 10^3 \text{ kp.}$$

$$\tau = \frac{\frac{1}{2} R_1}{b_i \cdot h_i} = \frac{0,46 \cdot 10^3}{5,5 \cdot 12,7} = 6,6 \text{ kp/cm}^2 < 0,7 \tau_{br} = 7 \text{ kp/cm}^2$$

Plade: (se side 3 snit b-b)

$$\text{Regningsmæssig forskydningskraft } \frac{1}{4} R_1 = 0,23 \cdot 10^3 \text{ kp}$$

$$\tau = \frac{0,23 \cdot 10^3}{4,0 \cdot 12,7} = 4,5 \text{ kp/cm}^2 < 0,5 \tau_{br} = 5 \text{ kp/cm}^2$$

Ved forsøget var forskydningskraften pr. ribbe

$$\text{max. } \frac{172 \cdot 12,57}{2} = 1,08 \cdot 10^3 \text{ kp, uden at der opstod forskydningsrevner.}$$

Revnemoment.

$$\frac{M_c}{W_n} \sim 2 \cdot \sigma_{bk}$$

$$M_c \sim 2 \cdot 18 \cdot 2,3 \cdot 10^3 = 0,83 \cdot 10^5 \text{ kpcm}$$

Ved forsøg blev den første revne observeret ved

$$0,83 < M_c < 0,90 \text{ tm for engangsbelastning og}$$

$$0,60 < M_c < 0,67 \text{ tm for vekslende belastning.}$$

Da den bevægelige belastning er en vekslende belastning, vil der antagelig opstå revner, hvis

$$M > 0,6 \text{ tm.}$$

Med en karakteristisk belastning på 500 kp/m² svarer det til en spændvidde:

$$0,6 \cdot 10^5 = \frac{1}{8} (500 \cdot 0,6 \cdot \frac{l_c}{100}) l_c \quad \underline{l_c = 400 \text{ cm}}$$

1,09 Nedbøjning.

Nedbøjningen er beregnet ud fra formler for elastisk nedbøjning.

E_b er sat til $3,6 \cdot 10^5$ kp/cm² for korttidsbelastninger (ifølge normen, tabel 5.13) og reduceret med en faktor $\frac{25}{7} = 3,57$ ifølge vejledningen, tabel V 6.4.1.a for langtidsbelastning

$$E_{bl} \sim \frac{3,6}{3,57} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ kp/cm}^2.$$

I er for urevnet tværsnit beregnet af det fulde betontværsnit og for revnet tværsnit efter Noter til Jernbeton af Henning T. Madsen, pag. 11.

Korttidsnedbøjning:

Urevnet tværsnit

$$EI_{\text{beregnet}} = 3,6 \cdot 10^5 \cdot 1,23 \cdot 10^4 = 440 \cdot 10^7 \text{ kpcm}^2$$

Revnet tværsnit

$$\phi = 1,18\% \quad n = \frac{21}{3,6} = 5,8 \quad \phi \cdot n = 6,8\%$$

$$EI_{\text{beregnet}} = \beta \mu \cdot b \cdot h^3 \cdot E_b \quad \beta \mu = 0,0423$$

$$= 0,0423 \cdot 14,8 \cdot 15,5^3 \cdot 3,6 \cdot 10^5 = 84 \cdot 10^7 \text{ kpcm}^2$$

Ved forsøget fandtes, at korttidsnedbøjning svarer til

$$EI \sim 400 \cdot 10^7 \text{ kpcm}^2 \text{ op til } M = 0,83 \cdot 10^5 \text{ kpcm} \text{ og}$$

$$EI \sim 90 \cdot 10^7 \text{ kpcm}^2 \text{ for } M > 0,83 \cdot 10^5 \text{ kpcm}.$$

Ved vekslende belastning kan der dog højst regnes med urevnet tværsnit op til $M_c \sim 0,6 \cdot 10^5 \text{ kpcm}$

Langtidsnedbøjning: (kun beregnet)

Urevnet tværsnit

$$EI_{\text{beregnet}} = 1,0 \cdot 10^5 \cdot 1,23 \cdot 10^4 \sim 120 \cdot 10^7 \text{ kpcm}^2$$

Da den bevægelige belastning er vekslende, vil der antagelig kun være urevnet tværsnit op til $M = 0,6 \cdot 10^5 \text{ kpcm}$.

Revnet tværsnit: $M_{\text{max}} \sim 0,6 \cdot 10^5 \text{ kpcm}$.

$$\phi = 1,18\% \quad n = \frac{21}{1} = 21 \quad n \cdot \phi = 24,8$$

$$\beta \cdot \mu = 0,104$$

$$EI_{\text{beregnet}} = 1,0 \cdot 10^5 \cdot 0,104 \cdot 14,8 \cdot 15,5^3 = 57 \cdot 10^7 \text{ kpcm}^2$$