

Tim Gudmand-Høyer

Forsøg vedr. momentkapaciteten af en speciel samling i BubbleDeck

Sagsrapport
BYG · DTU SR-03-21
2003
ISSN 1601-8605

Forsøg vedr.
momentkapaciteten af en
speciel samling i BubbleDeck

Tim Gudmand Høyer

1 Formål og underskrift

Nærværende rapport beskriver en forsøgsrække, der er udført med det formål at fastlægge momentkapaciteten af en samling hvor to filigranelementer stødes i et BubbleDeck.

Prøvningen er rekvireret hos BYG-test (sags nr. 25539) af:

Dir. Jørgen Breuning

BubbleDeck Danmark

Røsevangen 8

3520 Farum

Danmark

Rapporten behandler udelukkende forsøgsresultaterne for de leverede elementer og tager derfor ikke stilling til eventuelle beregningsmodeller, overensstemmelse med belastningsforhold i virkelige konstruktioner, generaliseringer eller lignende.

Observationer angående brudformer er rapporteret i form af fotos i rapporten og kommentarer.

Kgs. Lyngby den December 2003

Tim Gudmand-Høyer

Civilingeniør

Jørgen Bjørnbak-Hansen

Laboratorieingeniør

2 Fakta vedrørende rapporten

Rapport er udarbejdet af Tim Gudmand-Høyer og kvalitetssikret af Jørgen Bjørnbak-Hansen. Rapporten er udarbejdet i perioden 24/11-2003 til 9/12-2003.

Prøvningerne er udført i BYG-test's laboratorium i perioden 24/11-2003 til 26/11-2003.

Prøvningen blev foretaget af Tim Gudmand-Høyer, Lars Z. Hansen og Karsten Findsen.

Til rapporten hører en cd med alle målte data samt beregninger.

3 Indholdsfortegnelse

1	Formål og underskrift.....	1
2	Fakta vedrørende rapporten.....	2
3	Indholdsfortegnelse	3
4	Prøveemnets geometri, materialer og fremstilling.....	5
4.1	PRØVEELEMENTERNE	5
4.2	TEST AF BETON	6
4.3	TESTOPSTILLING	6
4.4	BELASTNINGSPROCEDURE.....	8
4.5	BELASTNINGSHASTIGHED	8
4.6	DATAOPSAMLING	9
5	Resultater.....	10
5.1	VÆGT M.M.	10
5.2	DATABEHANDLING.....	12
5.3	OBSERVEREDE BRUDFORMER.....	12
5.4	KRAFTMÅLINGER	15
5.5	MOMENTBEREGNING.....	15
6	Appendiks.....	17
6.1	FOTOS AF ARMERINGSARRANGEMENT.....	17
6.2	DETALJER VEDRØRENDE FORSØGSOPSTILLINGEN.....	25
6.3	KOMMENTAR M.M. PÅ BAGGRUND AF FORSØGENE	28
6.4	OPLYSNINGER OM ELEMENTERNE FRA CC BRUN A/S	29

4 Prøveemnets geometri, materialer og fremstilling

4.1 Prøveelementerne

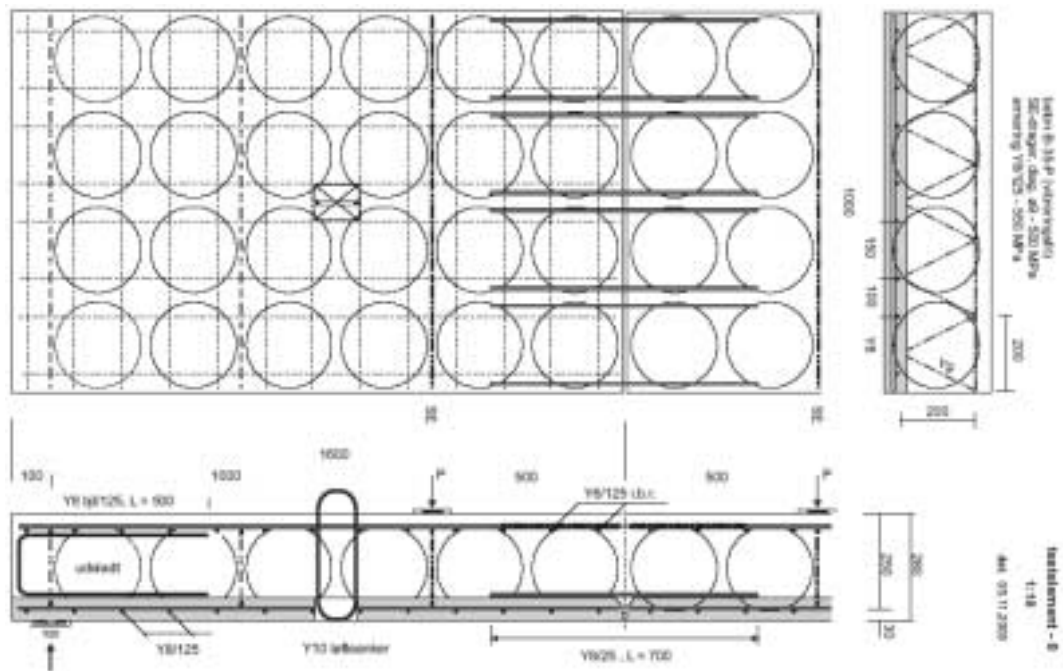
Der blev testet en serie af 5 ens prøvelegemer, benævnt nr. 6-10, der alle havde følgende dimensioner:

Længde: 3200mm

Højde: 280mm

Bredde: 1000mm

BubbleDeck Danmark har leveret nedenstående tegninger, som værende gældende.



Figur 1. Testelement type 0 (Oplysninger fra BubbleDeck Danmark).

Fotos af den bundne armering samt fotos af de enkelte filigranelementer med armering og kugler inden udstøbning kan ses i appendiks 6.1.

Filigranelementerne blev støbt den 13/11-2003 og resten af elementet blev støbt den 14/11-2003. Oplysninger om elementerne kan ses i appendiks 6.4.

4.2 Test af beton

BYG-test foretog prøvning af den beton, der efter C. C. Bruns oplysninger udgjorde det øverste lag beton (det der ikke udgjorde filigranelementet). Der blev ikke foretaget prøvning af den beton der blev anvendt i filigranelementet.

Test tidspunkt: 25/11-2003 ca. kl. 13.00 testet 5 prøvecylindre.

Testansvarlig: Betontekniker Erik Christensen

Prøve antal: 5stk

Prøve type: Cylinder diameter 150mm - højde 300mm

Støbe tidspunkt: C. C. Brun har oplyst at prøvecylindrene blev udstøbt den 13/11-2003

Lagring: C. C. Brun har oplyst at prøvecylindrene efter 1 døgn i form blev vandlagret ved 20 grader indtil de blev kørt til BYG•DTU hvorefter de blev testet. Ved ankomst til BYG•DTU var overfladen ikke våd.

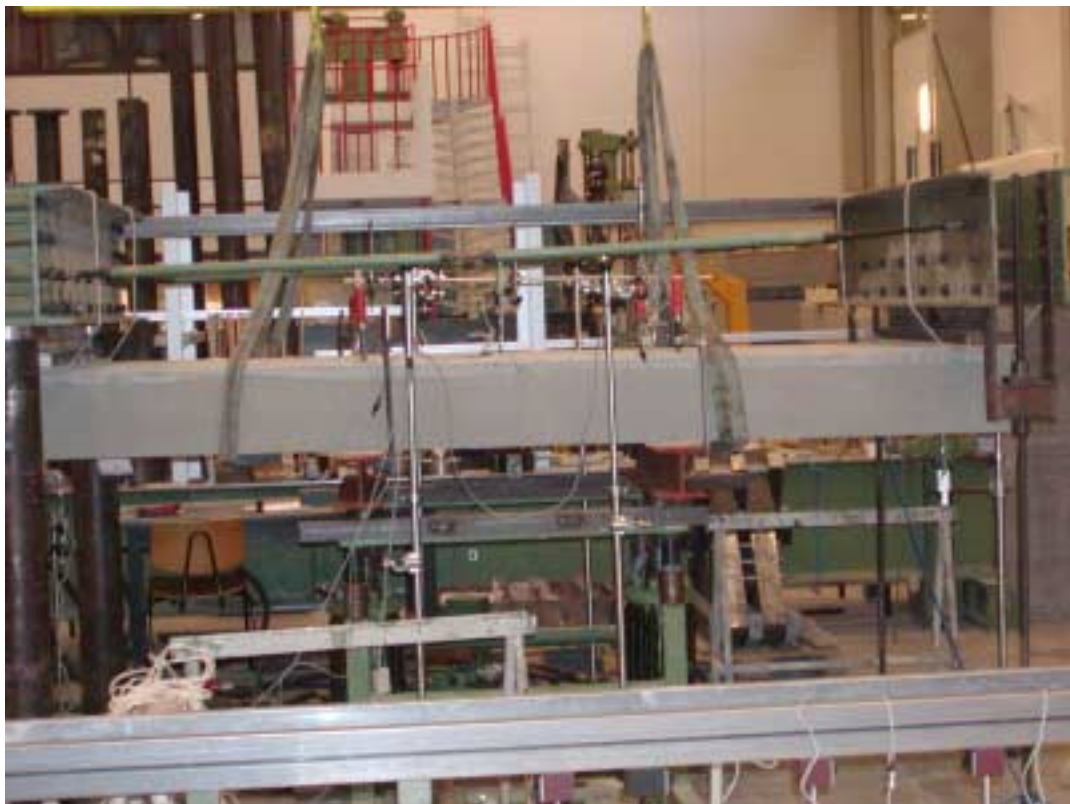
Testmaskine: 200 tons presse.

Testresultater:

Prøve	Kraft	Spænding
[nr]	[Tons]	[MPa]
1	64,6	35,9
2	61,1	34,0
3	56,1	31,2
4	65,0	36,1
5	55,3	30,7
Middel	60,4	33,6

4.3 Testopstilling

Der blev anvendt en 4 punkts bøjningstest. Opstillingen er vist i Figur 2.



Figur 2. Forsøgsopstilling set fra øst.

Det bemærkes at prøveemnet er vendt i forhold til anvendelsen i et byggeri. Dvs. at oversiden vender nedad.

Opstillingen består af to modhold i oversiden med en indbyrdes afstand på 3000mm og to linielaster med en indbyrdes afstand på 1000mm placeret symmetrisk omkring midten.

Modholdet udgøres af en stålplade påsvejst en massiv rundstang af stål, der ligger af i en fordelingsplade med reces. I den ene side er modholdet fastgjort til en relativt stiv ramme (syd), mens den anden side er fastgjort til en slap ramme (nord), hvilket muliggør bevægelser i pladens længderetning. Ligeledes har belastningslinierne mulighed for at bevæge sig i pladens længderetning idet presserne under de to HEB160 profiler har kuglelejer i både top og bund. Flere detaljer vedrørende opstillingen kan ses i appendiks 6.2.

4.4 Belastningsprocedure

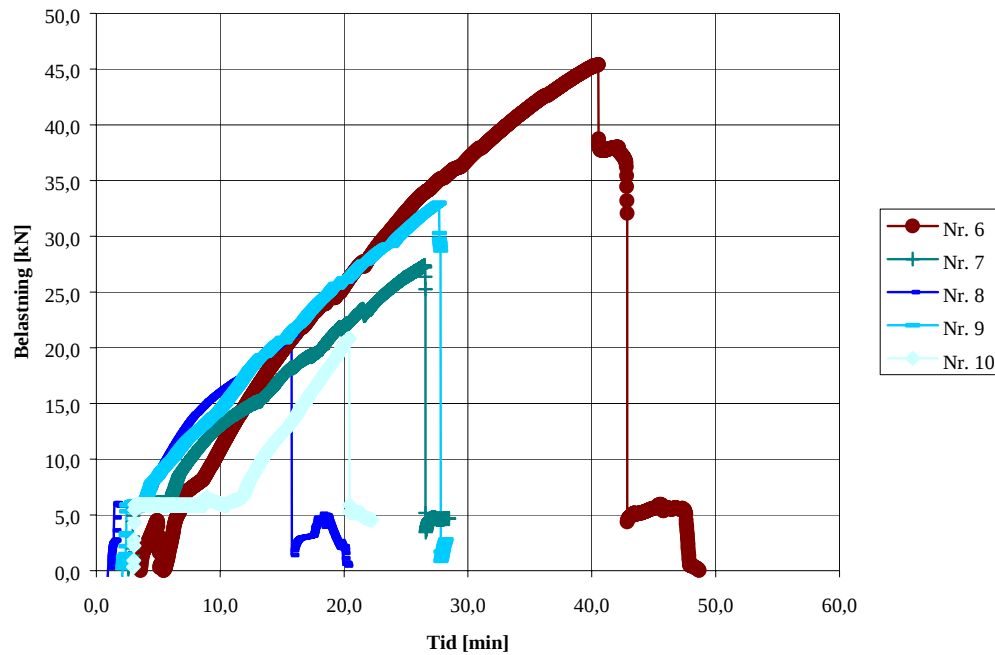
Forsøgene blev flow-styret dvs., at der blev ledt en bestemt mængde olie til presserne pr. tidsenhed. Ses der bort fra elasticiteten i riggen samt et mindre olietab fra presserne, betyder dette, at der er tale om deformationsstyring.

Selve proceduren var følgende:

- Elementet blev løftet på plads i riggen vha. en kran og derefter løftet således at understøtningen mod nord blev løftet lidt.
- Presserne blev hævet således, at der kom olie under stemplerne.
- Spindlen blev skruet ud således, at den ramte ind i recessen påsvejst belastningsprofilet.
- Herefter oplastedes til et tryk svarende til ca 8-10kN tryk fra hver presse, hvilket er mindre end det, der skulle til at bære egenvægten og understøtningen i den ene side.
- Kranen blev sænket således at al vægt blev båret af presserne alene.
- Understøtningen (nord) blev gjort fast og forsøget sat i gang.

4.5 Belastningshastighed

Belastningshastigheden kan aflæses ud fra hældningen på kurven i tid - belastning diagrammet, Figur 3.



Figur 3. Belastningen på hver presse som funktion af tiden.

Det ses, at belastningshastigheden var tæt på at være konstant indtil forsøgene nærmede sig den maksimale bæreevne.

4.6 Dataopsamling

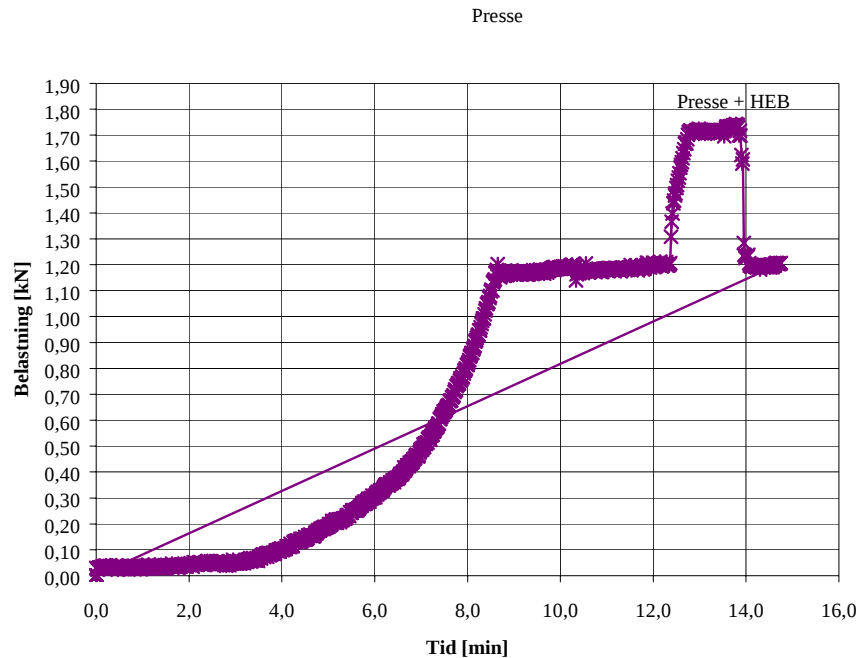
Dataopsamlingen blev foretaget ca. 1 gang i sekundet vha. en tilsluttet datalogger. I hver datafil er der målt tid, brospænding (spænding over flytningsmålerne, nr101), olietryk (nr102), flytningen over understøtning nord (nr103), flytningen over belastning nord (nr104), flytningen over midten (nr105), flytningen over belastning syd (nr106) og flytningen over understøtning syd (nr107). I beregningen af kraften omregnes trykket til en kraft i kN ved at multiplicere med 196,1 (test 1-5) eller $196,1/10^6$ (test 6-10) alt efter hvilken enhed der er anvendt i dataloggeren. I beregningen af flytningen skal målingen relateres lineært til brospændingen således at en måling svarende til brospænding svarer til 100mm og målingen 0 svarer til 0mm. Alle målinger er udført relativt til gulvet. Målinger under understøtningerne svarer til opadrettet flytning, resten til nedadrettet flytning.

5 Resultater

5.1 Vægt m.m.

For at korrigere for nulpunktsforskydning hidrørende fra pressens egenvægt m.m., blev der foretaget en måling af pressens modtryk alene. Dette er vist i Figur 4, hvor det også er vist, hvad modstanden var med HEB profilerne lagt på. Det ses, at der skal korrigeres med 1,2kN pr. presse. De små udslag i målingerne omkring 1,2kN, er udtryk for friktionen i pressen.

HEB profilet vejer 42,6kg/m og er 1,3 m langt, hvilket svarer til en kraft på 0,54kN. Dette ses at stemme overens med målingerne.

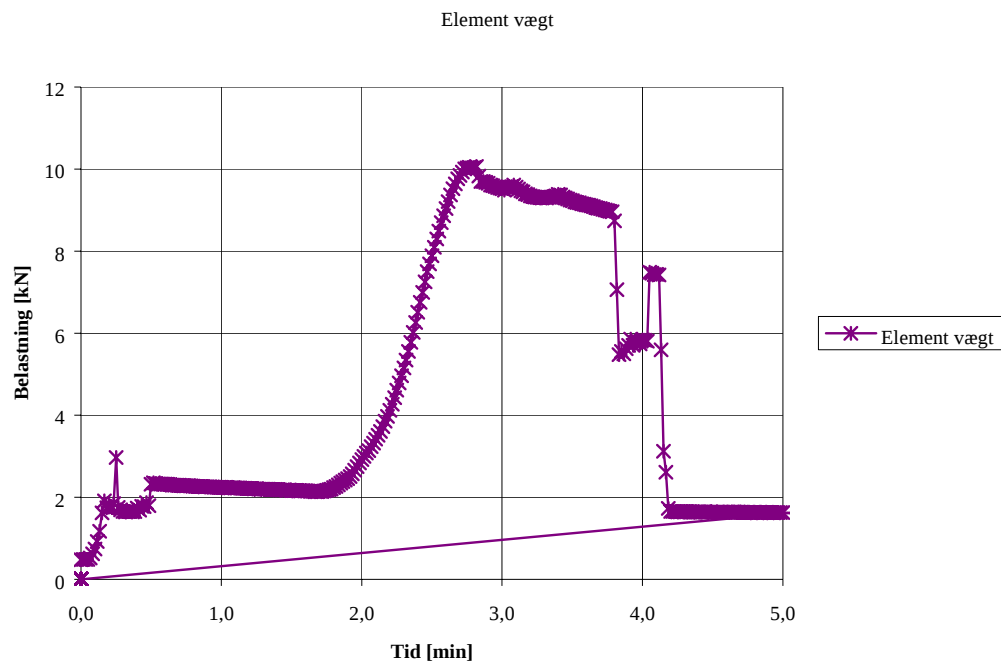


Figur 4. Måling for presse alene, samt presse og HEB profil.

Understøtningsprofilerne var massive stålprofiler på 40mm x 155mm x 1,38m med en 12mm dyb reces, der ved oversiden havde en bredde på 63mm. Dette betyder at vægten af et profil er 62,84 kg/m svarende til 0,62kN pr stk. Denne vægt er dog ubetydelig i

belastningssammenhæng idet belastningen fra denne er ens virkende med belastningen fra pressen og ligeledes indgår i målingerne fra pressen.

Selve prøvelegemernes egenvægt blev målt ved at løfte et af legemerne med presserne. Målingen kan ses i Figur 5. Ved lasten 10,06kN blev pladen og understøtningerne løftet.



Figur 5. Vægt af element.

Ud fra dette kan vægten af selve elementet findes:

Vægt af HEB	0,54	kN
Vægt af understøtning	0,62	kN
Pressemodstand	1,20	kN
Pladevægt	7,70	kN
Total	10,06	kN

Egenvægten svarer til en jævnt fordelt last på $4,81\text{kN/m}^2$.

Ved kraft aflæsningen skal man fratrække 9,45kN (HBE, plade og pressemodstand) for at finde den ekstra kraft, hvormed pressen påvirker elementet.

5.2 Databehandling

Databehandlingen er udført i Excel, hvor der er korrigeret for de tilfælde, hvor flytningsmålingerne var faldet af. Ligeledes er flytningerne gjort relative således at understøtningerne betragtes som nulpunkter, de resterende målinger er relaterede til en ret linie gennem disse.

Selve regnearkene findes på vedlagte cd.

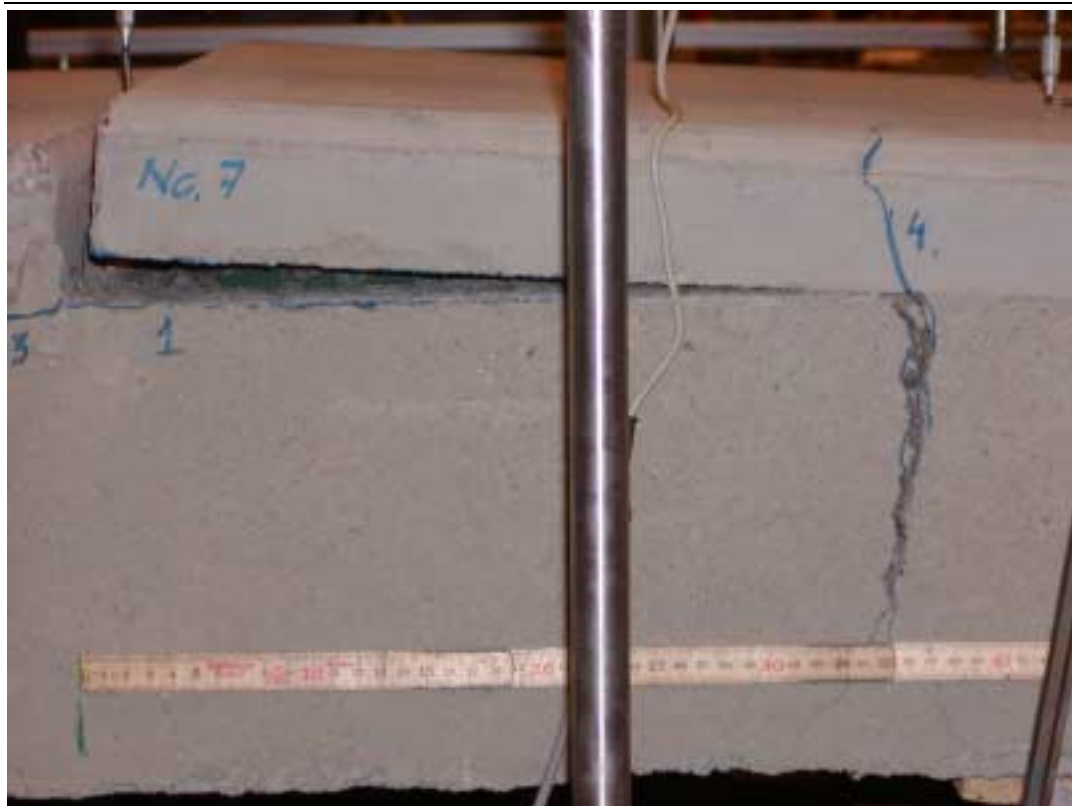
5.3 Observerede brudformer

I det følgende er vist en række fotos af brudformerne for alle forsøgsemnerne.

Jf. kommentarerne i appendiks 6.3 var bruddene ved forsøgene 6-10 pludselige.



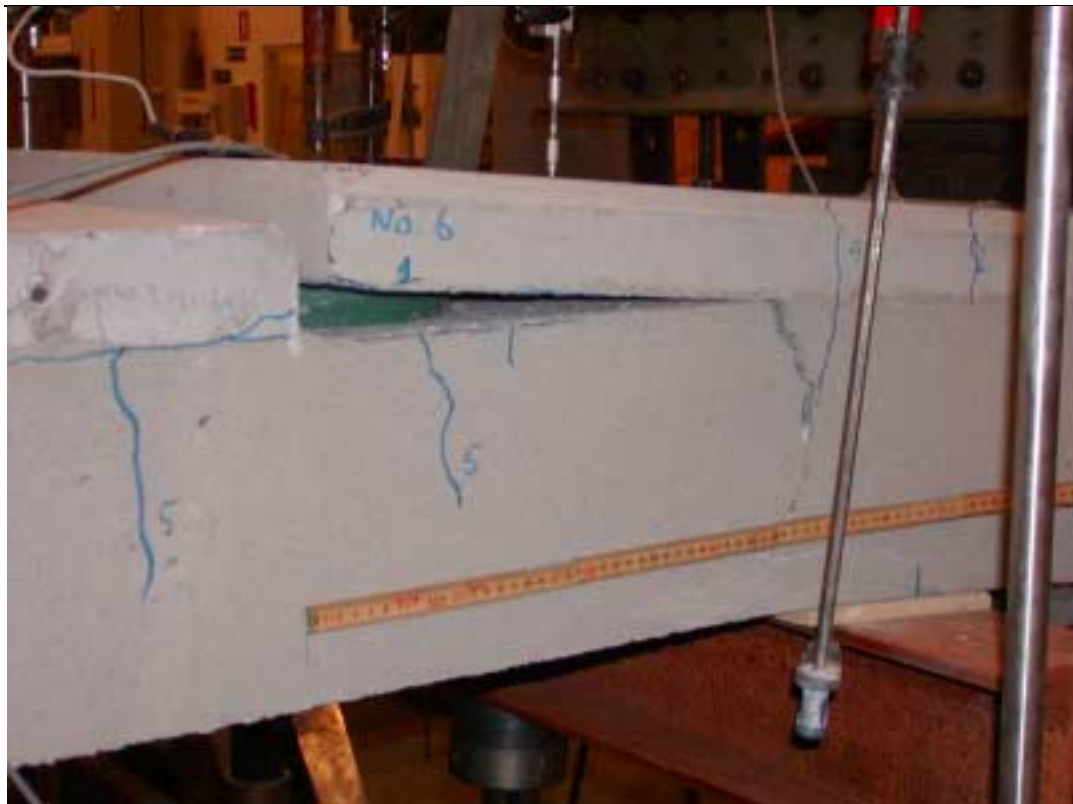
Figur 6 Forsøgemne nr 6 set fra øst.



Figur 7 Forsøgemne nr 7 set fra øst.



Figur 8 Forsøgemne nr 8 set fra øst.



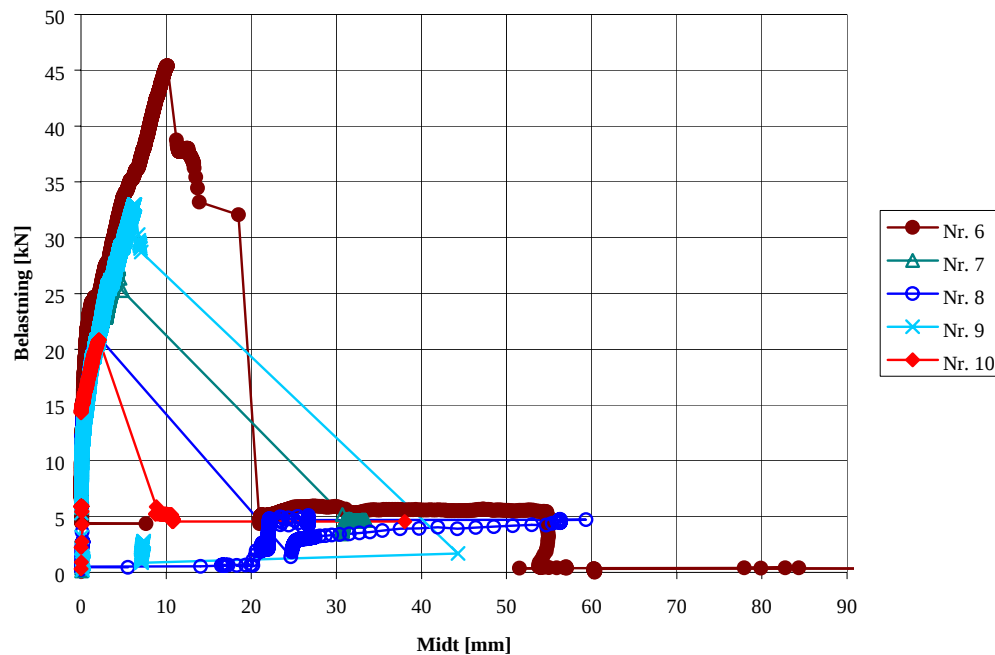
Figur 9 Forsøgemne nr 9 set fra øst. NB nummeret på pladen er forkert .



Figur 10 Forsøgemne nr 10 set fra øst..

5.4 Kraftmålinger

I Figur 11 er vist belastningen pr presse som funktion af udbøjningen i midten. Det skal bemærkes at målingen på midten fra prøve 8 er fra den side hvor bruddet indtraf.



Figur 11. Kraftmålinger.

De maksimale kraftmålinger var følgende

Test [nr]	P [kN]
6	45,4
7	27,4
8	21,1
9	33,0
10	20,8

5.5 Momentberegning

Momentet mellem understøtningerne kan beregnes ud fra bidraget fra egenvægten samt bidraget fra belastningen.

Belastningen vil mellem understøtningerne medføre et moment på $1\text{m} \cdot \text{belastningen}$ idet afstanden fra belastningen til understøtningen er 1m.

Egenvægten q vil lige over understøtningerne medføre et moment på

$\frac{1}{2} \cdot q \cdot 1,1^2 = 2,91 \text{ kNm/m}$, og på midten vil momentet være $2,91 - 1/8 \cdot q \cdot 1^2 = 2,31 \text{ kNm/m}$.

I denne beregning er det forudsat, at egenvægten er jævnt fordelt, hvilket ikke er helt korrekt, idet 2 af kuglerne er udeladt ved understøtningerne, ligesom de yderste 10cm af elementet er massiv beton. Dette fører til et større moment, men da der her er tale om små korrektioner, er der set bort disse forhold.

Ud fra forsøgsdata kan momentet på midten bestemmes som følger:

Serie 0

Test	P	Moment i midten
[nr]	[kN]	[kNm/m]
6	45,4	47,7
7	27,4	29,7
8	21,1	23,4
9	33,0	35,3
10	20,8	23,2

Middelværdi af moment i midten 31,85 kNm/m.

6 Appendiks

6.1 Fotos af armeringsarrangement

Følgende fotos er modtaget fra BubbleDeck Danmark og viser armeringsarrangementet, som det bliver bundet inden udstøbning, samt fotos af de enkelte prøveemner.











Forsøg vedr. momentkapaciteten af en speciel samling i BubbleDeck

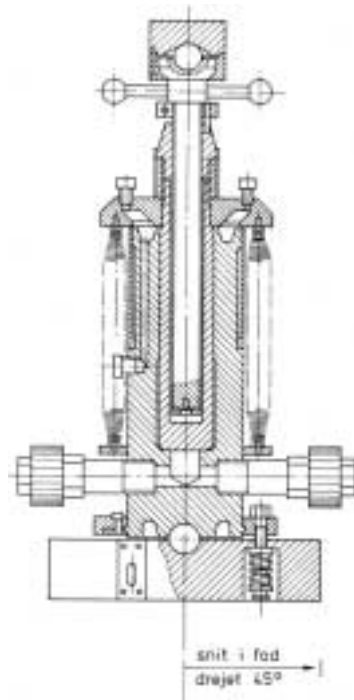




Forsøg vedr. momentkapaciteten af en speciel samling i BubbleDeck



6.2 Detaljer vedrørende forsøgsopstillingen



EPZ 20/10

Antal	4
Kraft ved $376,7 \text{ kp/cm}^2$ = $36,94 \text{ MPa}$	20 Mp = $196,1 \text{ kN}$
Stempelareal	$5309,4 \text{ mm}^2$
Slaglængde for stempel	125 mm
Vandring for spindel	350 mm
Trykpladens diameter	110 mm
Afstand mellem øverste kuglecentrum og trykpladens flade	55 mm
Mindsteafstand mellem øverste og nederste kuglecentrum	712 mm
Største vinkel mellem akser for for presse og fodplade	0,05 rad
Største vinkel mellem akser for presse og trykplade	0,07 rad
Samlet masse af pressens bevægelige del	46,5 kg
Samlet stivhed af tilbagetrækningsfjedre	$0,2 \text{ kp/mm}$ = 2 N/mm
Pressens højde	865 mm
Pressens diameter	260 mm
Fodpladens længde og bredde	400 x 250 mm
Afstande mellem glatte huller i fodplade	260 x 180 mm
Lysvidde ved fastspænding med klemstykker	300 mm
Masse af hele pressen	186 kg
Hydrauliske tilslutningsmuligheder: 2 stk 3/4" RG + 2 stk GR	





6.3 Kommentar m.m. på baggrund af forsøgene

Nedenfor findes de kommentarer, der er noteret undervejs ved forsøgene.

Under forsøgene blev det klart, at det element der først blev antaget at være nr. 6 var nr. 9. Der er derfor byttet om på kommentarerne vedr. nr. 9 og nr. 6, ligesom alle data mm. er relaterede til de rigtige numre.

Den analoge kraftaflæsning er en vejledende aflæsning hvor der ikke er indført korrektioner.

Element nr	Analog afl.	Brud side	Dato	Kommentar
6	54,6	Nord	24/11-03 9.54	Revne langs bund dæk. Pludseligt brud.
7	36,3	Nord	25/11-03 10.45	Skitse af pludseligt brud. 
8	29,8	Syd	24/11-03 12.15	Dårlig udstøbning i det ene element
9	42,0	Nord	25/11-03 13.30	Pludseligt brud.
10	29,6	Nord	25/11-03 12.00	Dywidag stænger ikke spændt derfor et lille forspil. Dårlig udstøbning.

Dir. Jørgen Breuning fra BubbleDeck Danmark havde følgende generelle kommentarer til forsøgene:

Forvandingen af filigranelement manglede i visse tilfælde. Elementerne var uregelmæssigt opbygget. Der ikke fuld udstøbning i alle tilfælde

6.4 Oplysninger om elementerne fra CC Brun A/S

04/12/2003 12:16 CC BRUN A/S + 45883282

HD.036 001

05.11.03

Test - Data : BubbleDeck

Element Type N : jf. tegning af test element (dato 05.11.03)

Antal elementer : 5

Filigran element

Støbning : *Ops. 13/11-03*
fredag 07.11.03

Beton styrke : 35 MPa
målemetode : *DBC*
målt af : *DKP*
målt dato : *levende kontrol*

ruhed : ≥ 3 mm
målemetode : *Sageplad (rund udgave)*
målt af : *DKP*
målt dato : *14/11-03*

Test element

Støbning element : *først 14-11-03*
prøve cylindre : *fredag 07-11-03*
do

Beton styrke : B-35-P (vibreringsfri)
målemetode :
målt af :
målt dato :

Stål styrke : 550 MPa
målemetode : standard net af FERRO tråd, certificeringslicens 1599
målt af : levende kontrol

forankringsfaktor : $\zeta > 0,9$
målt af : FORCE-Dantest CERT
målt dato : levende kontrol