

Krævningsforsøg.

Formål.

Formålet med dette forsøg er at bestemme Hjortspringbådens stabilitet ved forskellige lasttilstande og sammenligne med beregnede værdier.

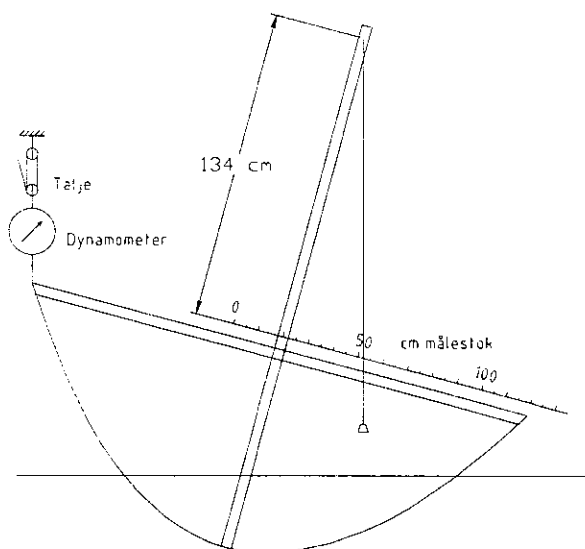
Konklusion.

Der er tidligere udført beregninger over bådens stabilitet, se medlemsmappen afsnit 2.5.1, p. 10, figur 11. Der fandt man, at for den tomme båd er det oprettende moment ca. 500 Nm for en krævningsvinkel på 10 grader. De her beskrevne målinger med efterfølgende databehandling viser et moment på omkring 600 Nm for denne vinkel, hvilket er 20 % mere. Ved målingerne var der dog en person ombord, hvilket øger stivheden lidt. Men som omtalt er der ved databehandlingen af forsøgsresultaterne benyttet det metacenter, som fremkommer ved beregninger af formen ud fra Johannesens tegninger. Det er imidlertid en kendt sag, at der er større spring sammenlignet med Johannesens angivelser. Det betyder, at den midterste brede del af båden bærer mere, hvilket vil medføre en forøget stivhed. Endelig skal det bemærkes, at bådens tyngdepunkt ved de tidligere beregninger i nogen grad beroede på et skøn og måske som følge deraf er vurderet som beliggende for højt.

En nøjere sammenligning mellem de beregnede og de målte værdier bør foretages når resultaterne af opmålingen er bearbejdet færdig.

Beskrivelse af forsøgsteknikken.

Ved krævningsforsøget blev en gjord fastspændt ved den ene essing og lagt under bunden og ført op på den anden side. Her blev en fjedervægt (Dynamometer) fæstet til gjorden og ved hjælp af et talje-arrangement kunne der trækkes opad, således at båden blev påvirket til krævnings af en kendt kraft. Til måling af krævningsvinklen blev en interimistisk mast surret til en af de midterste tofter. I toppen af denne mast i en kendt højde var der fastgjort en lodline, hvis udsving i forhold til bådens centerlinie blev målt med en målestok, som var inddelt i cm. Princippet i arrangementet er vist i figur 1, mens figurerne 2 og 3 viser et par fotografier af forsøget. Der blev gennemført målinger med tre lasttilstande. Først blev der målt med ballast samt mandskab, i alt 2000 kg. Derpå med 600 kg ballast og 1 mand ombord (til aflæsning af krævningsvinklen). Endelig blev der målt med kun en mand om bord



Figur 1. Skitse af forsøgsarrangement.



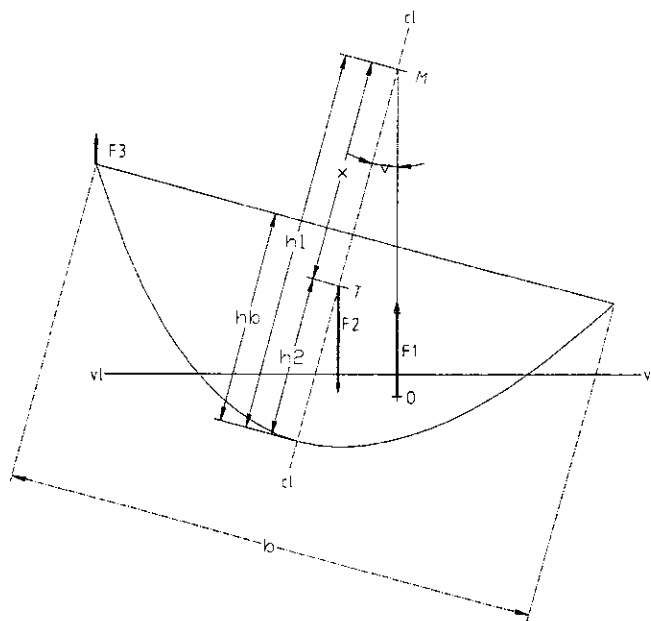
Figur 2. Mast med lodline til måling af krængningsvinkel.



Figur 3. Krængning af båden.

Beregninger.

Ud fra de målte værdier af kraft kan man med kendskab til bådens geometri beregne det krængende moment. Figur 4 viser de kræfter, som virker på båden når den er krænget en vinkel ν .



Figur 4. Kræfter, som påvirker båden

Opdriften F_1 virker lodret opad i tyngdepunktet O for det fortrængte vand. Den lodrette linie gennem dette opdriftcenter skærer bådens centerlinie i metacentret M . I bådens tyngdepunkt angriber en nedadrettet lodret kraft F_2 som har størrelsen

$$F_2 = (m_{ballast} + m_{besætning} + m_{båd}) \cdot g \quad (1)$$

med følgende betydning af symbolerne:

| | | |
|-----------------|--------------------|---------|
| $m_{ballast}$ | Masse af ballast | kg |
| $m_{besætning}$ | Besætningens masse | kg |
| $m_{båd}$ | Bådens masse | kg |
| g | Tyngdeacceleration | m/s^2 |

Endelig er der den lodrette kraft F_3 , som påvirker båden til krængning. Idet de tre kræfter skal være i ligevægt, gælder der at:

$$F_2 = F_1 + F_3 \quad (2)$$

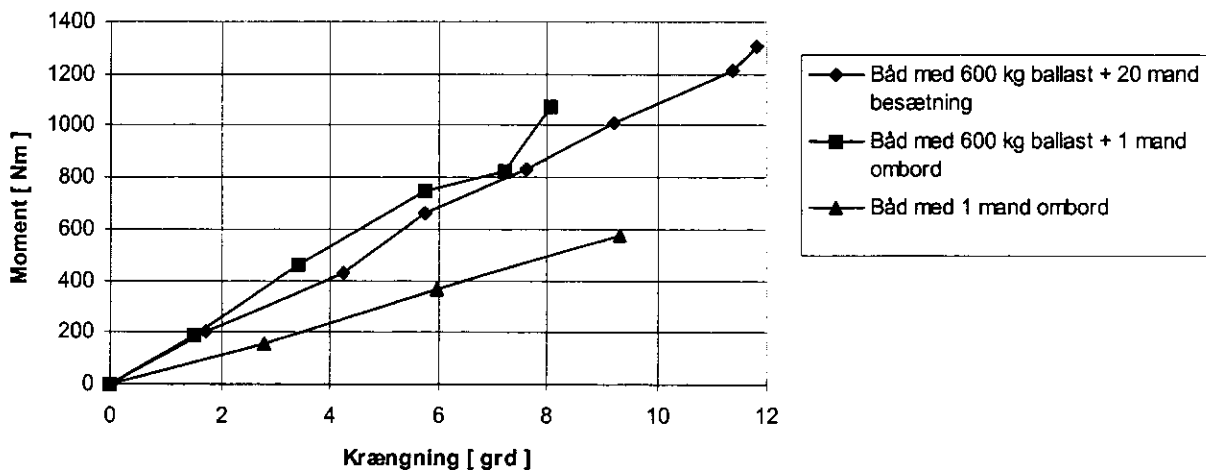
Momentligevægt om metacenteret giver følgende udtryk for det krængende moment M_{kr} :

$$M_{kr} = F_3 \cdot \left(\frac{b}{2} \cdot \cos(\nu) + (h_1 - hb) \cdot \sin(\nu) \right) = F_2 \cdot x \cdot \sin(\nu) \quad (3)$$

Heraf kan man finde afstanden x mellem metacenteret M og tyngdepunktet T :

$$x = \frac{F_3 \cdot \left(\frac{b}{2} \cdot \cos(\nu) + (h_1 - hb) \cdot \sin(\nu) \right)}{F_2 \cdot \sin(\nu)} \quad (4)$$

Ved de beskrevne beregninger er det forudsat, at gjorden ligger an mod essingen hvor kraften F_3 angriber. Dette var tilfældet ved alle de gennemførte målinger. Beregningerne er vist i bilag 1. Det krængende moment som funktion af vinklen er vist som graf i figur 5.



Figur 5. Moment som funktion af det krængende moment.

Metacenterets afstand h_1 over kølens underkant er beregnet tidligere, se medlemsmappen afsnit 2.5.1, side 5. Værdierne er beregnede på grundlag af Johannesens tegninger. Den aktuelle båd afviger dog lidt fra disse tegninger. Da opmålingerne af båden endnu ikke er færdigbearbejdede, vil vi i første omgang benytte værdierne fra medlemsmappen.

Idet afstanden h_1 fra kølens underkant til metacenteret samt afstanden x er kendt, kan man beregne afstanden h_2 , som er tyngdepunktets højde over kølens underkant. Værdierne fremgår af bilag 1 og skal naturligvis være uafhængig af krængningsvinklen for den aktuelle last. En forudsætning herfor er dog, at besætningen ikke prøver at modvirke krængningen. Der er dog en vis variation i de beregnede værdier, hvilket skyldes forsøgsunøjagtigheden. For at vurdere denne er middelværdien og standardafvigelsen beregnet. For båden med ballast og besætning er standardafvigelsen ca. 3% af middelværdien, hvilket er acceptabelt. For båden med ballast og en enkelt mand om bord er standardafvigelsen dog ca. 20% af middelværdien, hvilket er ganske meget. Der er dog færre målinger end i det forrige tilfælde, og en betragtning af figur 5 viser, at det især er målingerne for den næststørste krængning, som afviger fra de øvrige. Denne kan derfor være målt forkert. Den væsentligste kilde til måleusikkerheden er bestemmelsen af vinklen, idet det var vanskeligt at holde lodsnoren i ro. Det havde formentlig været en stor forbedring, hvis loddet havde befundet sig i en spand med vand, uden at det berørte spandens sider.

Den 24 november 1999

N. P. Fenger

Bilag 1 Behandling af forsøgsresultater

| | | | | |
|---------|--------|--|-----------------------------|---------|
| h [cm] | 134.00 | | Lst [kg] | 2000.00 |
| brd [m] | 2.07 | | Mbd [kg] | 550.00 |
| hb [m] | 0.71 | | rho [kg/m ³] | 1024.00 |
| | | | g [m/s ²] | 9.81 |

| Kraft [kp] | Udsi [cm] | F3 [N] | v [grad] | Depl [m ³] | h1 [m] | M _{kr} [Nm] | h2 [m] |
|------------|-----------|--------|----------|------------------------|--------|----------------------|--------|
| 5.00 | 8.50 | 0.00 | 0.00 | 2.49 | 0.77 | 0.00 | |
| 25.00 | 12.50 | 20.00 | 1.71 | 2.47 | 0.77 | 203.30 | 0.49 |
| 47.00 | 18.50 | 42.00 | 4.27 | 2.45 | 0.77 | 426.98 | 0.54 |
| 70.00 | 22.00 | 65.00 | 5.75 | 2.43 | 0.77 | 660.29 | 0.50 |
| 87.00 | 26.50 | 82.00 | 7.65 | 2.41 | 0.77 | 831.48 | 0.52 |
| 105.00 | 30.25 | 100.00 | 9.22 | 2.39 | 0.77 | 1011.96 | 0.52 |
| 125.00 | 35.50 | 120.00 | 11.39 | 2.37 | 0.78 | 1209.98 | 0.53 |
| 135.00 | 36.50 | 130.00 | 11.80 | 2.36 | 0.78 | 1309.51 | 0.52 |
| | | | | | | middel = | 0.52 |
| | | | | | | stdev = | 0.02 |

Lst [kg] 665.00

| Kraft [kp] | Udsi [cm] | F3 [N] | v [grad] | Depl [m ³] | h1 [m] | M _{kr} [Nm] | h2 [m] |
|------------|-----------|--------|----------|------------------------|--------|----------------------|--------|
| 5.00 | 11.50 | 0.00 | 0.00 | 1.19 | 0.80 | 0.00 | |
| 23.00 | 15.00 | 18.00 | 1.50 | 1.17 | 0.80 | 183.12 | 0.21 |
| 50.00 | 19.50 | 45.00 | 3.42 | 1.14 | 0.80 | 458.56 | 0.16 |
| 78.00 | 25.00 | 73.00 | 5.75 | 1.12 | 0.81 | 744.35 | 0.18 |
| 86.00 | 28.50 | 81.00 | 7.23 | 1.11 | 0.81 | 825.48 | 0.26 |
| 110.00 | 30.50 | 105.00 | 8.07 | 1.08 | 0.81 | 1069.72 | 0.17 |
| | | | | | | middel = | 0.20 |
| | | | | | | stdev = | 0.04 |

Lst [kg] 65.00

| Kraft [kp] | Udsi [cm] | F3 [N] | v [grad] | Depl [m ³] | h1 [m] | M _{kr} [Nm] | h2 [m] |
|------------|-----------|--------|----------|------------------------|--------|----------------------|--------|
| 8.00 | 15.50 | 0.00 | 0.00 | 0.60 | 0.87 | 0.00 | |
| 23.00 | 22.00 | 15.00 | 2.78 | 0.59 | 0.87 | 153.25 | 0.34 |
| 44.00 | 29.50 | 36.00 | 5.96 | 0.57 | 0.86 | 369.12 | 0.27 |
| 64.00 | 37.50 | 56.00 | 9.32 | 0.55 | 0.85 | 573.80 | 0.27 |
| | | | | | | middel = | 0.29 |