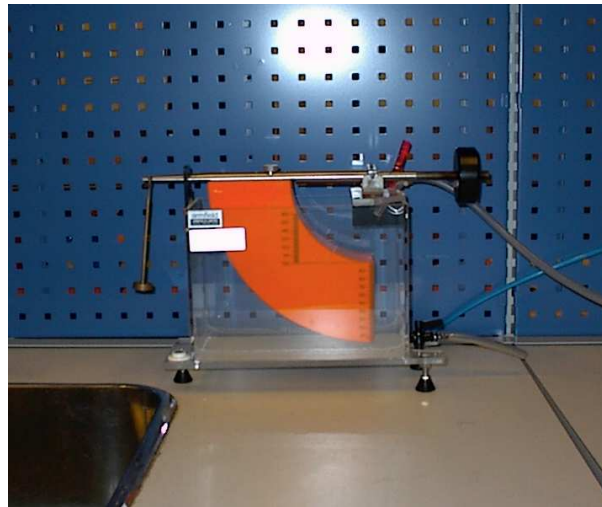


1: TRYKKSENER / HYDROSTATISK TRYKK



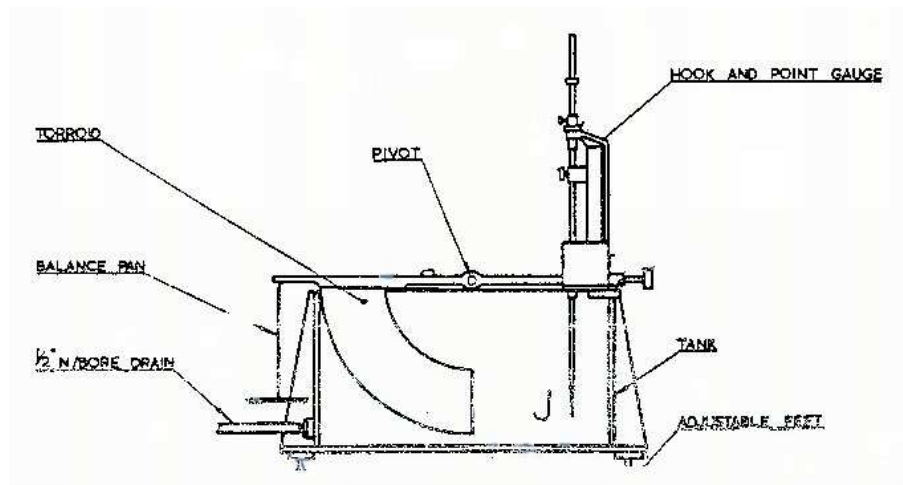
1 Hensikt

Å måle hydrostatisk trykkraft mot en plan flate nedsenket i vann, og sammenligne måleresultatene med teoretiske forutsigelser i fluidstatikk.

2 Apparatur

Skissen øverst neste side viser et bueformet legeme som er fjerdedelen av et ringformet sirkulært legeme. Dette segmentet, som har rektangulært tverrsnitt, er festet til en balansearm slik at det kan dreie seg om en akse gjennom krumningssenteret. Vann kan fylles i karet hvor segmentet er montert. De neddykkede delene av segmentet vil da utsettes for normaltrykkrefter. Men på grunn av segmentets form er det bare kraften mot segmentets endeflate (vertikal ved likevekt, som vist i figuren) som gir et dreiemoment omkring rotasjonsaksen. Resultantkraften mot endeflaten kan derfor måles ved å holde balansearmen i horisontal stilling ved hjelp av lodd. Samtidig kan den teoretisk forutsagte trykkraften beregnes ved å måle vannhøyden over segmentets underkant.¹

¹ NB! Det er en liten forskjell mellom de to apparaturene for denne laboppgaven, så man må merke seg hvilken man bruker. Apparaturene har litt forskjellige mål for avstanden l . Vanndybden måles i den ene apparaturen ved skalaer trykt rett på segmentet. I den andre gjøres det med en skala festet til tankveggen: Vanndybden blir der differansen mellom aktuelt avlest nivå og nivået når vannet akkurat berører segmentets nederste kant. (Avlesningsproblem: Overflatespenningen kan medføre at vannet ser til å berøre underkanten selv om nivået er litt lavere.)



3 Teori

Resultantkraften på en vertikal plan flate neddykket i en inkompressibel fluid, og trykksenterets dybde under vannoverflata, er utledet i forelesningene. Ut fra figuren under og tegnforklaringen neste side, har vi:

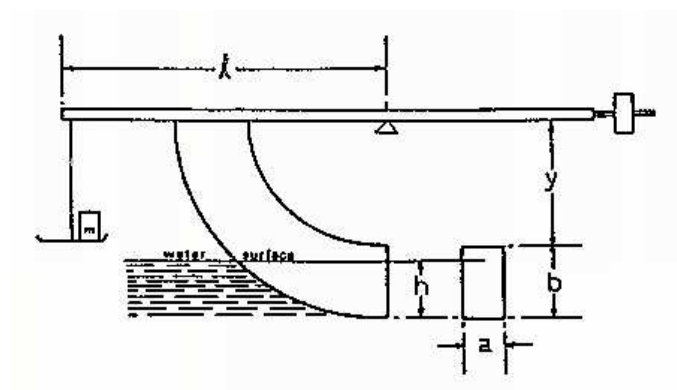
$$\begin{aligned}
 F_h &= \rho g \bar{h} A && \text{(kraft beregnet fra fluidstatikk)} \\
 F_m &= \frac{gml}{y + b - (h - \bar{H})} && \text{(kraft beregnet fra loddmassen } m) \\
 \bar{H} &= \bar{h} + \frac{I_c}{\bar{h} A} && \text{(trykksenterets dybde under vannoverflata)}
 \end{aligned}$$

Ved delvis neddykket endeflate:

$$A = ah, \quad \bar{h} = \frac{1}{2}h, \quad I_c = \frac{1}{12}ah^3$$

Ved helt neddykket endeflate:

$$A = ab, \quad \bar{h} = h - \frac{1}{2}b, \quad I_c = \frac{1}{12}ab^3$$



Innsetting gir forholdsvis enkle uttrykk:

$$F_h = \frac{1}{2}\rho g a h^2, \quad F_m = \frac{g m l}{y + b - \frac{1}{3}h} \quad (\text{delvis neddykket})$$

$$F_h = \rho g a b \left(h - \frac{1}{2}b\right), \quad F_m = \frac{g m l}{y + \frac{1}{2}b + \frac{1}{12} \frac{b^2}{h - \frac{1}{2}b}} \quad (\text{helt neddykket})$$

Størrelsene som inngår, er:

h	vanndybde målt til underkant av endeflaten
$\bar{h}$	vanndybde målt til flatesenter av neddykket del av endeflaten
A	areal av neddykket del av endeflaten
I_c	neddykket flates treghetsmoment om horisontal akse gjennom flatesenteret
a	bredde av endeflaten
b	total høyde av endeflaten
m	loddmasse på vektskål
l	vektskålens arm om opplagringsaksen
y	vertikal avstand fra toppen av endeflaten til balansearmens opplagringspunkt

Aktuelle verdier:

ρ	=	998 kg/m ³
g	=	9.80665 m/s ²
l_1	=	0.275 m (apparat 1)
l_2	=	0.307 m (apparat 2)
a	=	0.075 m
b	=	0.100 m
y	=	0.103 m

Ved denne forsøksoppstillingen måler vi en størrelse (F_m) for gitt h , mens teorien gir to relasjoner (F_h og $\bar{H}$). For å etterprøve teorien ved sammenligning med målte data har vi derfor antatt at $\bar{H}$ -relasjonen er oppfylt. Forsøksresultatene kan da brukes til å sammenlikne beregnet (F_h) og målt (F_m) kraft mot endeflaten av segmentet.²

²En rent praktisk grunn til å velge $\bar{H}$ -relasjonen som oppfylt istedenfor den andre, er at $h - \bar{H}$ vil være liten sammenlignet med $y + b$, slik at målefeil, geometrisk ufullkommenhet osv. ville gitt store relative utslag i beregnet $\bar{H} - \bar{h}$.

4 Utførelse

Fyll først vann til ca. 1 cm over bunnen i karet med den fastmonterte påfyllingsslangen, og sjekk at karet står horisontalt. Juster eventuelt de regulerbare beina.

Bruk så motvektshjulet på vektarmen til å balansere den. Sjekk med libellen på toppen at den er horisontal i likevektsstillingen.

Fyll vann forsiktig i tanken til vannet akkurat når nedre kant av segmentet.³

Legg et lodd på 5 g i vektskåla. Fyll vann i karet inntil armen på nytt er i horisontal balanse. Les av vanndybden, og før den inn i tabellen på neste side.

Gjenta måling av vanndybde for de andre loddmassene tabellen angir. Før inn vanndybde-ne i tabellen. Noter hvilke verdier som tilsvarer delvis og helt neddykket endeflate. (For ett av segmentene blir 460 g for mye, bruk i stedet 410 g.)

5 Beregninger og rapportskriving

For hvert par av samsvarende (m, h) -verdier skal man beregne F_h og F_m fra ligningene øverst forrige side. Pass på å bruke rett likningssett ved henholdsvis delvis og hel neddykking. Før også disse verdiene inn i tabellen, for oversiktens skyld.

Skriv en rapport som inneholder:

- Måleresultatene (gjerne kopi av tabellen)
- Beregningene (kortfattet skisse)
- Plott av F_h og F_m i et felles diagram som funksjoner av h
- Kortfattet forklaring av funksjonsforløpet: Hvorfor krum og rettlinjett i respektive områder?
- Kommentar om mulig grunn til eventuelle avvik mellom de to kurvene

Bruk gjerne det kopierte kurvebladet på neste side til plottingen.

³For apparaturen med krok, juster den slik at krokspissen berører vannflata, og nullstill deretter dybdeskalaen.

Loddmasse m (kg)	Vanndybde h (m)	F_m (N)	F_h (N)
0.005			
0.030			
0.080			
0.160			
0.200			
0.260			
0.340			
0.460			

