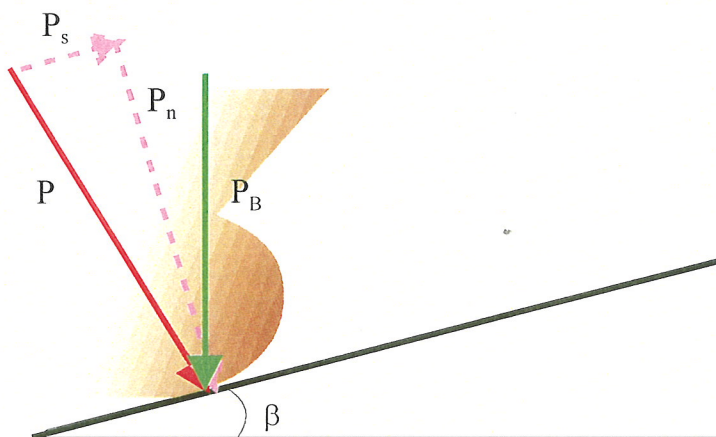


Figur 1 Geometri til betongplatene.

2 KREFTER SOM VIRKER PÅ PLATEN

Kreftene på platen bestemmes ut i fra figur 2.



Figur 2 Skipet treffer flaten med en kraft P.

Bauen på skipet løftes vertikalt Z_B . En kan vise at den vertikale kraften som trengs for å løfte bauen Z_B for en båt med bredde b og lengde l er gitt ved :

$$P_B = \frac{1}{4} \cdot \gamma_w \cdot b \cdot l \cdot Z_B$$

der γ_w er vannets romvekt. Det bemerkes at P_B øker proporsjonalt med Z_B .
Ved å anta at friksjonskraften P_S er proporsjonal med normalkraften P_N ved :

$$P_S = \mu \cdot P_N$$

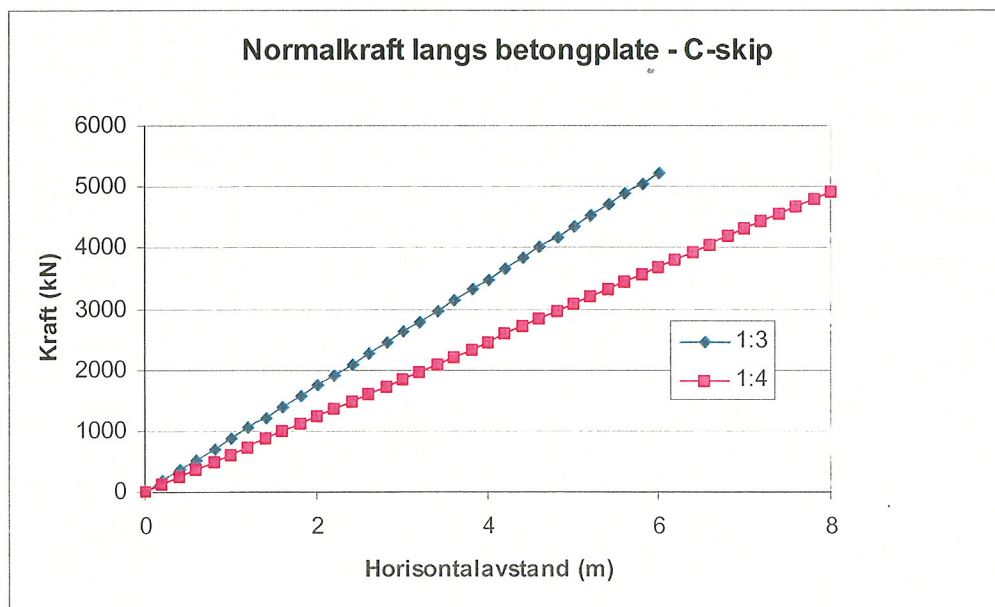
kan man vis at normalkraften som virker på platen er gitt ved :

$$P_N = \frac{P_B}{\cos \beta - \mu \sin \beta}$$

For å tallfeste normalkraften P_N er det brukt følgende parametre som gjelder C-skip :

$$\begin{aligned} b &= 11\text{m} \\ l &= 78\text{m} \\ \mu &= 0.4 \end{aligned}$$

Normalkraften er gitt for helningen $\beta = 18^\circ$ (tilsvarer helning 1:3) og $\beta = 14^\circ$ (tilsvarer helning 1:4). Figur 3 viser hvordan lasten øker langs etter betongplata.



Figur 3

Normalkraft langs etter betongplata.

Akkurat i det C-skipet treffer barrierern er det ingen løft på baugen og normalkraften er lik null. Normalkraften øker proporsjonalt med løftet av bauen. I det bauen har passert toppen av betongplaten, vil det ikke ha noen konsekvenser om betongplaten skulle brette. Men det er viktig at betongplaten ikke brekker før baugen har passert toppen av betongplata. Videre at lastene fra betongplata mot fyllmassene ikke gir bæreevnebrudd.

3 MAKSIMALT TRYKK MOT PLATEN

Fordi helning til flaten er lav, kan man anta bauen glir opp platen og at støtkraften er lik den kraften som gir tilsvarende normalkraft gitt i figur 3. Normalkraften må fordeles over et antatt areal. Det er vanskelig å si hvilket areal kraften skal fordeles over når baugen treffer flaten. Vi har antatt et areal på 1 m² kan være sannsynlig. Er baugen veldig spiss vil bauen deformeres og i løpet av sammentreffet vil anleggsflaten øke. Med en anleggsflate på 1 m² vil maksimalt trykk være 5 MPa. Dette tilsier at betong med trykkfasthet på 30 MPa er et fornuftig materialvalg.

4 MOMENTER

Momentet beregnes ut i fra teoretisk løsning for punktlast som fordeles over en liten sirkulær flate på plate som hviler på et elastisk underlag. Denne løsningen er gitt i "Foundation analysis" av Ronald F. Scott 1998 /2/.

4.1 Punktlast på plate over elastisk halvrom.

En kan vise at strekkspenningene i underkant betongplate med en antatt tykkelse h beskrives ved /2/:

$$\sigma_m = \frac{P}{h^2} [(1 + \nu)(0.485 \cdot \ln(n) + 0.52) + 0.48]$$

Her er P punktlasten, n er forholdet mellom horisontal avstand fra punktlasten og radien som lasten er antatt fordelt på.

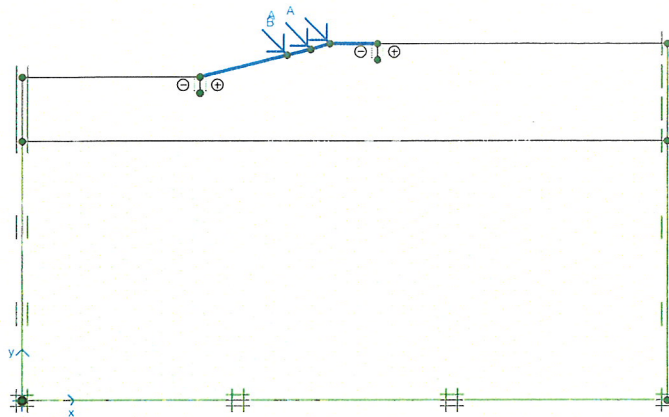
Nær punktlasten vil n være lik 1 og strekkspenningen vil være :

$$\sigma_m = \frac{P}{h^2} [(1 + \nu)(0.52) + 0.48] = 1.16 \cdot \frac{P}{h^2}$$

Med punktlasten 3500 kN som antas representativ (Se figur 1 og figur 3) og platetykkelse h=0.4m, vil strekkspenningen være $\sigma_m=25400$ kPa. Dette tilsvarer et moment på 340 kNm.

5 BÆREEVNE

Det er gjort bæreevne beregninger med element programmet Plaxis versjon 8.1 (www.plaxis.nl). Geometrien som er brukt i modellen er vist i figur 4 og er en tilnærming av figur 1.



Figur 4 Geometri i FEM-modell.

Betongplaten er modellert som en kontinuerlig elastisk bjelke med tykkelse 0.4m og $E=30.000$ MPa. Sprengsteinmassene er modellert som drenert Mohr-Coulomb materiale med en friksjonsvinkel 45 grader. Under fyllmassene er det leire med udrenert skjærstyrke 20 kPa stigende med 2 kPa pr. meter.

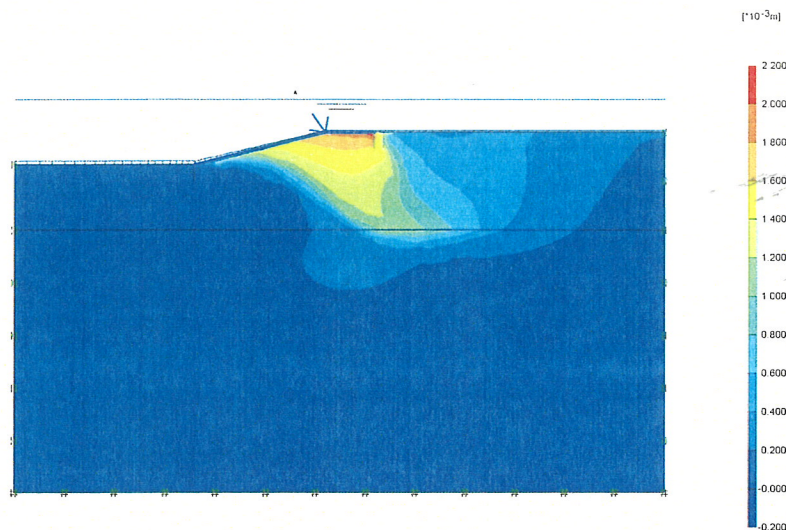
Resulterende punktlast er en vektor som fremkommer ved å ta summen av normalkraften P_N og friksjonskraften P_S . Punktlasten dekomponeres i en vertikal komponent og en horisontal komponent og er avhengig av blant annet helningen til platen.

Siden Plaxis-modellen er 2-dimensjonal gjøres punktlasten om til en linjelast ved å dividere punktlasten med bredden av betongplaten.

Linjelasten som virker på bjelken øker langs med bjelken. Den største linjelasten fås i det øverste knekkpunktet.

Det ble først gjort en beregning med helning 1:3. Det viste seg da at i det linjelasten passerer 2/3-dels punktet, var ikke sprengsteinsfyllingens bæreevne tilstrekkelig.

Det ble derfor modellert en bjelke med helning 1:4(som vist i figur 4) . Dette gir reduserte horisontallaster og dermed økt bæreevne. I figur 5 vises deformasjoner når linjelasten står i knekkpunktet. (Horisontalkomponenten av linjelasten er $\sqrt{(5000^2+2000^2)}\text{kN}\cdot\sin(35.8)/6.6\text{m}=477\text{kN/m}$)



Figur 5 Deformasjoner

Sikkerheten mot bæreevnebrudd når lasten står i knekkpunktet er beregnet til 1.15. På grunn av den 3-dimensjonale effekten, vil sikkerheten være noe større.

6 KONKLUSJON

I forbindelse med skipsbarriere for ny Opera i Bjørvika er det forutsatt at lettere skip kategorisert som C-F, ikke skal pløye barrieren men løftes opp av barrieren. Dette oppnås ved at man beskytter barrieren med betongplater som hindrer penetrasjon.

For å ivareta bæreevnen er det ønskelig å redusere horisontalkraften så mye som mulig når vertikalkraften blir stor. Det vil si at det er nødvendig med en helning på minimum 1:4 på den øverste 1:3-delen av barrieren.

Det foreslås å benytte betongplater som er 6.6 meter brede og 6.3 meter lange og med 0.4 meter tykkelse. Punktlasten vil variere avhengig av hvor mye baugen på båten løftes. Platene må tåle et moment på 350 kNm.

For å redusere nødvendig lengde på betongplatene kan man benytte helning 1:3 opp til 2/3-deler av barrierens høyde. Helning brattere enn 1:3 anbefales ikke da støtkraften kan bli vesentlig større enn det som er forutsatt.

7 REFERANSER

/1/

NGI-rapport 990016 "Detalj og reguleringsplan E18 Bjørvika – Vedlegg A, Beskrivelse av regnemodell for energiopptak."

/2/

Ronald F. Scott
"Foundation analysis"
1998

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Oppdragsgiver/Client Reinertsen Engineering AS		Dokument nr/Document No. 20001583-12
Kontraksreferanse/ Contract reference	Avtale H-042 datert 22.12.00 mellom Statsbygg og RREH	Dato/Date 17 september 2002
Dokumenttittel/Document title Ny Opera i Bjørvika		Distribusjon/Distribution <input type="checkbox"/> Fri/Unlimited <input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited <input type="checkbox"/> Ingen/None
Prosjektleder/Project Manager Rolf Lauritzsen		
Utarbeidet av/Prepared by Tor Georg Jensen		
Emneord/Keywords barrier, clay, slope stability		
Land, fylke/Country, County Norge, Oslo		Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Oslo		Felt navn/Field name
Sted/Location Bjørvika		Sted/Location
Kartblad/Map 1914 IV OSLO		Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates 32V NM 981 424		

Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001							
Kon- trollert av/ Reviewed by	Kontrolltype/ Type of review	Dokument/Document		Revisjon 1/Revision 1		Revisjon 2/Revision 2	
		Kontrollert/Reviewed		Kontrollert/Reviewed		Kontrollert/Reviewed	
		Dato/Date	Sign.	Dato/Date	Sign.	Dato/Date	Sign.
RAL	Helhetsvurdering/ General Evaluation *	19/9-02	RAK				
	Språk/Style						
	Teknisk/Technical - Skjønn/Intelligence						
	- Total/Extensive						
	- Tverrfaglig/ Interdisciplinary						
	Utforming/Layout						
TGJ	Slutt/Final	19/9-02	TGS				
JGS	Kopiering/Copy quality	19/9-02	JGS				
* Gjennomlesning av hele rapporten og skjønnsmessig vurdering av innhold og presentasjonsform/ On the basis of an overall evaluation of the report, its technical content and form of presentation							

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 19/9-02	Sign. Rolf Lauritzsen
--	----------------------	--------------------------