DTU Bibliotek

Denne fil er downloadet fra

Danmarks Tekniske Kulturarv

www.tekniskkulturarv.dk

Danmarks Tekniske Kulturarv drives af DTU Bibliotek og indeholder scannede bøger og fotografier fra bibliotekets historiske samling.

Rettigheder

Du kan læse mere om, hvordan du må bruge filen, på *www.tekniskkulturarv.dk/about*

Er du i tvivl om brug af værker, bøger, fotografier og tekster fra siden, er du velkommen til at sende en mail til *tekniskkulturarv@dtu.dk*

DTU Bibliotek Danmarks Tekniske Universitet | Anker Engelunds Vej 1 2800 Kgs. Lyngby | Tlf. 45 25 72 50 | bibliotek@dtu.dk www.bibliotek.dtu.dk

Harald Alfsen.

B E T O N S K I B S B Y G N I N G

1 9 1 7.

T. B. 629.12o.11 Sm. gl.

699

GRUNDS CEMENTSTØPERI A/S

BETONSKIBSBYGNING

Foredrag i Den Polytekniske Forening, Kristiania

den 23de oktober 1917

av

ingeniør Harald Alfsen

Direktør for Porsgrunds Cementstøperi A/S

TEKNISK BIBLIOTEK
Danmarks tekniske Højskole

Sm 629.120.11
Sm

699

BETONSKIBSBYGNING

Foredrag i Den Polytekniske Forening, Kristiania
den 23de Oktober 1917.

av

Ingeniør Harald Alfsen
Direktør for Porsgrunds Cementstøperi A.S.

Dansk Ingeniørforenings Bogsamling

Krigen har ført med sig et voldsomt tonnagebehov. Krigen er aarsak i et enormt tap av skibe. Endelig fører krigen med sig en stadig voksende materialmangel, som i høi grad vanskeliggjør nybygningen og truer med helt at stanse den i de lande, som ikke selv kan skaffe sig materialer.

Skibe, skibe, skibe! ropes det paa hos de krigførende — skibe, ropes der paa hos de nøitrale.

Da er det ikke saa underlig, at der søkes andre veier, naar de vanlige er stængt. Disse omstændigheter danner naturligvis forklaringen til at man har vendt sine øine paa bygningen av:

betonskibe.

Naar man ikke kan faa den vanlige vare, saa søker man surrogaterne.

Man griper til betonbaater som til et *surrogat*. Og her nævner jeg det ord, hvorom foredraget paa en maate bygger sig.

Vi lever i surrogaternes tid. Men vi oplever ofte det, at et surrogat ikke bare blir en nødhjælp — men en varig hjælp, at surrogatet overvinder det, som det kun skulde være en erstatning for — en nødhjælp for.

Nu er det min mening den, at jernbetonskibene — eller staalbetonskibene — eller hvad man ynder at kalde dem *ikke alene blir en hjælp nu i nødens tid — men det bli noget man blir nødt tilr at regne med ogsaa i fremtiden.*

Jernbetonskibene vil bli jernskibe en fuldt jævnbyrdig konkurrent og i mange tilfælder ta deres plass.

Det er dette jeg vil søke at klargjøre. Jeg vil ikke forlange at mine herrer idag skal føle sig over-

bevist, det vilde være formeget. Jeg for min part trækker ogsaa veksler paa fremtiden, idet jeg gaar ut fra, at utviklingen vil hjælpe os længer frem end vi er idag. Forholdene nu ligger jo særlig tilrette for en rask utvikling.

Men jeg vil be mine herrer saavidt mulig søke at lægge sine forudfattede meninger tilside. Det gjorde vi, da vi la ivei.

Dette foredrag vil derfor i første række forme sig som en paavisning av at jernbetonskibe kan hævde sig i konkurrancen, og dernæst vil jeg søke at angi de linjer, man bør følge for at naa det bedste.

Foredraget gjør naturligvis ikke fordring paa at være uttømmende, men det tør ialfald være et bidrag.

At armert beton er et materiale som med fordel kan anvendes til bygning av lægtere, prammer, pontoner, dokker og lignende kan siges at være en kjendsgjerning. Jeg skal derfor ikke komme ind paa dette, da jeg antar at den største interesse vil samle sig om spørsmaalet: Er armert beton tjenlig til virkelige skibe?

Beton.

Naar man hører navnet *Betonskibe* saa falder det naturlig, at man tænker paa noget skjørt, uelastisk og tungt. Tanken søker holdepunkter i noget som store massive grundmurer.

Den slags beton egner sig ikke synderlig som skibsbygningsmateriale.

Beton alene og specielt grovbeton har langt fra de egenskaper som vi trænger. Betonen har en liten strækfasthet, og dermed er den dømt.

Jernbeton er imidlertid noget ganske andet end beton. Og Jernbetonen kan gis alle de egenskaper, vi ønsker — det er i virkeligheten intet mindre end et materiale med ideale egenskaper.

Det var for ca. 20 aar siden jernbeton gjorde sit første indtog i Kristiania. Det var som gulver i Nationalteatret i Kr.ania. Til gulver fik den snart indpas. Saaledes blev samtlige nye forretningsgaarde i byggeperioden utført med hovedkonstruktioner av jern og jernbjælker i gulvene og mellem disse beton eller jernbetonhvælv.

Idag ser vi at husene helt opføres av jernbeton: Søiler, dragere, gulver og vægger.

Jernbetonens fortrinlige egenskaper har efterhaanden skaffet den sin nuværende fremtrædende plass som byggemateriale.

Samtidig har jernbetonkonstruktionerne baade praktisk og teoretisk hat en vakker utvikling og videnskapen har hverken spart paa forsøk eller studium.

Jernbeton saaledes som man vanlig ser den utført, egner sig ikke helt ut til baatbygning, idet den vanlige jernbeton utføres med andre formaal og under andre forhold end der gjælder for skibsbygningen.

Nye forhold kræver nye former.

Ved byggearbeider har det ikke nogen avgjørende betydning at bringe vegten av konstruktionen ned.

Ved betonskibsbygningen er dette et punkt av den høieste vigtighet — av avgjørende betydning.

Kravet paa mindst mulig vegt gjør, at man maa søke nye former for jernbetonen. Man kan ikke være tilfreds med de former, som byggekonstruktionerne har skapt,

Konsekvensen herav er følgende:

1. Konstruktionerne maa utføres saaledes, at man paa den mest økonomiske maate møter kræfterne.
2. De anvendte materialer og blandingsforhold maa være bedst mulige.
3. Utførelsen maa være bedst mulig og saaledes. at man med sikkerhet kan regne med tversnittene.
4. Dødvegt maa undgaaes.
5. For at spare vegt. bør man ikke spare paa armeringen specielt det, man kalder sekundærarmering.

I hr. overingeniør Dannevigs artikel i Teknisk ukeblad, vil man finde hvad der hittil er utført paa dette omraade. Jeg kunde kanske supplere med at allerede de gamle Egyptere bygget fartøier av armert beton. Cementen var naturlig cement. Armeringen var riskvister.

Som det sees av Dannevigs artikel er der bygget lægtere tildels av ganske store dimensioner og i adskillig utstrækning i mange land.

At bygge fartøier — ogsaa motorfartøier — av beton kan altsaa ikke sies at være nyt.

Derimot maa det sies, at det arbeide, som nu er optat i dette land og direkte tar sigte paa at bygge virkelige skibe, det er nyt.

Og det er at haabe, at det vil lykkes for alle de kræfter, som nu arbeider mot samme maal herhjemme, at naa dette, idet vi gaar ut fra at alle gjør sit for at levere det bedste og saaledes rydde vanskeligheterne tilside. Thi der er vanskeligheter — baade smaa og store.

Vegten.

Det er en række punkter, man støter paa i bedømmelsen av betonskibenes praktiske og økonomiske brukbarhet i konkurrance med staalskibene.

Jeg skal efterhvert komme ind paa de fleste av disse punkter.

Det første og største og vanskeligste punkt, man støter paa, er *vegten*.

At man kan bygge betonfartøier sterke nok er en given sak. Men spørsmaalet er om de ikke blir saa tunge, at det virker ødelæggende paa økonomien eller at de faar alt for stort dypgaaende.

Det maa sies at man endnu maa regne med at betonskrogene blir adskillig tungere end staalskrogene — antagelig ca. 60 % tungere. Jeg har det haap, at utviklingen vil hjælpe os noget; men der er neppe haap om at naa særdeles langt i denne retning. Imidlertid er dette punkt ikke avgjørende for økonomien, idet endel andre forhold spiller ind saaledes som vi senere skal se.

Imidlertid er vegten av den største betydning og hver ton, vi kan spare, er selvsagt en vinding. — Konstruktionerne og den utførelse og det valg av materiale, som konstruktionen støtter sig paa, er derfor av stor vigtighet.

Ved utførelsen av konstruktionerne og beregningerne har vi søkt støtte og samarbeide hos ingeniørfirmaet Bonde & Normann, Kristiania.

Dette firma har utført alle beregningerne helt siden samarbeidet paa dette omraade begyndte — nemlig høsten 1912.

Vi satte allerede dengang. bygning av lægtere og skibe paa vort program. Men først paa høsten 1915 fik vi vort første fartøi paa vandet. Dette var saavidt vi vet det første betonfartøi, som blev bygget her i landet.

Bonde & Normann har i anledning dette foredrag utarbeidet en fremstilling som jeg skal gjengi hovedpunkterne for:

konstruktion og beregning.

Da man ingen nævneværdig erfaring har i bygning av betonskibe, ligger det nær for konstruktøren at søke al den støtte han kan faa av staalskibsbygningen og nyttiggjøre sig alle de erfaringer som er gjort paa dette omraade.

Men han vil ogsaa være fuldt opmerksom paa, at han ikke uten videre kan overføre disse erfaringer paa betonskibe, da det materiel, hvorav disse skal utføres, har ganske andre egenskaper end det materiel man oppererer med i staalskibsbygningen.

La os se litt paa materialernes evne til at opta paakjendinger. Som bekjendt har staalet en utpræget evne til at opta *strækpaakjendinger*, mens dets evne til at opta trykpaakjendinger er begrænset av de optrædende knækningsfænomener. Disse egenskaper har naturligvis sat sit præg paa staalskibskonstruktioner — ja det endog i den grad at man ofte har vanskelig for at behandle den regningsmæssig under de vanlige statiske forutsætninger. Et eksempel vil vise dette.

Som bekjendt vil et skibsskrog i sjøgang utsættes for sterke langskibspaakjendinger og forsøke at bøie sig efter bølgens form. Vi har undersøkt disse paakjendinger for et staalskibsskrog med 1000 tons lasteevne, — bygget efter Det norske Veritas regler, — liggende i bølgedal, hvis længde er lik skibets længde

og hvis høide er en tyvendedel av længden. Idet vi gik ut fra at skroget var fuldstændig stivt og kun underkastet elastiske formforandringer, fandt vi en trykpaakjending i dæksplaterne, som som var 4 gange større end det tryk, som vilde bevirke en utknækning av platerne.

At dæksplaterne virkelig bulker sig op eller ned, er meget sandsynlig. Men derved avlastes disse delvis, og de saaledes avlastede kræfter maa optas av andre dele av skibet. Hvorledes kræfterne i saafald fordeler sig, kan kun erfaringen tilsi os. At forsøke at *beregne* kræfternes fordeling paa vanlig maate blir da nyttelost, fordi forutsætningen om de elastiske formforandringer svigter.

Ganske anderledes stiller forholdet sig med betonskibene. Disse *maa* konstrueres stive i alle dele, de maa *kun* utsættes for elastiske formforandringer.

Grundlaget for en statisk beregning av skroget er saaledes tilstede i en langt høiere grad hos betonskibe end hos staalskibe. Dette — mener vi — er av meget stor betydning *nu*, saalænge man ingen nævneværdig erfaring har paa betonskibsbygningens omraade. Den statiske beregning sammen med det kjendskap, man har til den armerte betons egenskaper, og de erfaringer som foreligger om de angripende ydre kræfter, skaffer os et tilfredsstillende grundlag for konstruktionen av betonskibe og viser os den vei utviklingen bør gaa.

Den armerte betons egenskaper.

I motsætning til staalet er betonen bedst egnet til at opta *tryk*. Konstruktionerne bør derfor saavidt mulig utføres med dette for øie.

Betonen har langt ringere styrke end jernet. Dimensioner og træghetsmomenter blir derfor væsentlig større end for staalkonstruktioner. Men derved opnaar man til gjengjæld større stivhet, hvorved knækningsfænomenet ikke spiller paa langt nær saa stor rolle som for staalets vedkommende.

Betonen har liten evne til at opta *stræk* og taaler ikke store forlængelser uten at briste. For at motarbeide disse ulemper er det, man anvender armeringen.

Likeledes er betonens evne til at opta *skjærpaakjendinger* begrænset; men ogsaa dette kan man ved hensigtsmæssige konstruktioner komme forbi.

En anden egenskap, hvorom der hersker uklare begreper er den armerte betons store elasticitet. Man er ofte tilbøielig til at opfatte betonen som et ganske uelastisk materiel. Men intet er mere feilagtig, den er tvertimot meget elastisk. Det vil man ved forsøk let kunne overbevise sig om. Som eksempel paa betonens store elasticitet kan nævnes, at et betonskib svarende til det førnævnte 1000 tons staalskib vil bøie sig mindst dobbelt saa meget som staalskibet, hvis ogsaa dette hadde været stivt konstruert. En anden sak er det,

at staalskibet i virkeligheten efter al sansynlighet bøier sig mere end betonskibet paa grund av at dæksplaterne bulker sig ut. Men dette har intet med elasticitetsforholdene at gjøre.

Vi kommer tilbake til paakjendingerne. I betonskibsbygningen vil man selvfølgelig benytte en beton, som er mest mulig vandtæt. Men nu er saken den, at betonens styrke vokser tilnærmet proportionalt med dens vandtæthet. Følgelig kan man regne med, at der anvendes en meget sterk beton. Dette gjælder saavel for skjær- som for trykpaakjendinger.

Man maa desuten ta i betragtning at betonens styrke tiltar med tiden. Saaledes kan nævnes, at en maaned gammel beton fik den dobbelte styrke efter fire aars forløp. Ja, man har eksempel paa, at styrken er vokset til det dobbelte fra 6 uker til et halvt aar.

Under disse omstændigheter maa det være berettiget at anvende høiere paakjendinger i skibsbygningen end de man er vant ved i konstruktionen paa land. Vi vilde ikke betænke os paa at gaa op til en trykpaakjending av 80—90 kg. cm. om det skulde være nødvendig. Som regel vil dog ikke *tryk*paakjendingerne spille nogen avgjørende rolle ved dimensioneringen.

Anderledes stiller forholdet sig med *skjær*paakjendingerne. Da betonens evne til at motstaa skjærkræfter er relativt liten, vil man snart komme til en grænse da disse volder vanskeligheter. Men ogsaa her bør det være tillatt at regne med høiere paakjendinger, — op til 18 kg./qcm., idet man dog altid optar skjærpaakjendingerne ved hjælp av armering.

*Stræk*paakjendingerne i betonen regnes der ikke med. Alle strækpaakjendinger maa optas av armeringen. Allikevel spiller betonens evne til at opta stræk en viss rolle, forsaavidt som den begrænser de strækpaakjendinger man tør anvende i armeringen. Erfaringen tilsier at man ikke bør anstrenge jernet længere end til 1000 kg./qcm., hvis man vil være tilstrækkelig betrygget mot ridsdannelsen i betonen.

Angaaende kvaliteten av det til armering anvendte jern er vistnok alle enige om, at jernet bør være mest mulig seigt, saaledes at det lar sig bøie koldt uten at briste. Derimot synes der at være delte meninger om materialets styrke.

I husbygning og brobygning forlanges som regel en brudstyrke av 3600—4400 kg./qcm., hvilket svarer til en strækgrænse av omkring 2500 – 3000 kg./qcm. Som bekjendt er det *stræk*grænsen og ikke *brud*grænsen, som er avgjørende for vanlige jernbetonkonstruktioner. Regner man nu med en tilladelig paakjending av 1000 kg /qcm. faar man 2,5 til 3 ganges sikkerhet. Konstruktionen kan med andre ord taale 2,5 a 3 gange saa store belastninger som de forutsatte — før den svigter. Dette ansees for at være fuldt betryggende paa land.

For skibsbygningen derimot har saavel British Lloyd som Det norske Veritas og den norske Betonskibskomite forlangt, at der skal anvendes et materiel, hvis brudstykke ligger mellem 4400 og 5200 kg./qcm. Sikkerheten mot brud skulde derved bli omkring 20 pct. større end vanlig.

Dette er godt og vel. Men man maa paa den anden side ta i betragtning, at det til skibsbygningen forlangte materiel er dobbelt saa tungt at bøie som det vanlige armeringsjern. Det vilde derfor være særdeles ønskelig, om man kunde faa anledning til at anvende et noget svakere materiel end det nu forlangte.

I denne forbindelse kunde det være av interesse at si nogen ord om de norske betegnelser *jern* og *staal*.

Det er som bekjendt egentlig hærdbarheten, der adskiller de to betegnelser. Staalet er hærdbart, jernet er ikke hærdbart. Et materiel paa indtil 3900 a 4100 kg./qcm. brudstyrke og 0,12 pct. kulstofgehalt er ikke hærdbart. Overskrides disse grænser, begynder hærdningsevnen at mærkes.

Da det til armering anvendte materiel som regel har en brudstyrke av 3600 – 4400 kg./qcm., kan det likesaa godt betegnes med *staal* som med *jern*. *Hittil har man dog altid brukt betegnelsen jern.*

I Tyskland har man samme definitioner paa jern og staal som hos os. Det kan derfor ha sin interesse at se dette lands opfatning av spørsmaalet. "Handbuch für Eisenbetonbau" skriver:

"Spørsmaalet om der foreligger jern eller staal er vanskelig at besvare, naar der ikke anvendes bestemte definitioner, som angir grænseværdier for de karakteristiske egenskaper. Materialprøvningsanstalten i Berlin saavel som de andre tyske prøvningsanstalter har avgjort spørsmaalet i de ikke sjelden forekommende stridstilfælder derhen, at grænsen ligger ved 0,5 % kulstofgehalt og 5000 kg /qcm. brudfasthet.

Der synes efter det anførte at være god grund til at beholde det gamle navn *jernbeton* ogsaa for skibskonstruktioner. Men paa den anden side maa det erindres, at man inden skibsbygningen er vant ved at støtte sig til de engelske betegnelser saavelsom til de engelske tommer og pund. Der er saaledes ogsaa meget som taler for at man gaar over til betegnelsen *staalbeton* naar materialet anvendes til skibsbruk. Dette saa meget mere som der jo forlanges et bedre materiel til skibsbruk end til vanlige konstruktioner paa land.

Vi kommer tilslut til belastningsforholdene.

Som bekjendt er det ikke nok, at man kjender de paakjendinger, man har at regne med. Man maa ogsaa kjende de ydre kræfter.

At bestemme disse helt nøiagtig er vel vanskelig for ikke at si umulig. Men tilnærmet kan man vist-

nok bestemme dem — bestemme dem saaledes at man er paa den sikre side.

De belastninger som optrær er følgende:

1) Skibets egenvegt,
2) Skibets last,
3) Vandtrykket
og 4) Dynamiske kræfter.

Til nærmere bestemmelse av disse belastninger maa man kjende skrogets specifike vegt; vegt av maskiner og utstyr og dennes fordeling; lastens beskaffenhet og ugunstigste fordeling; den dypest tilladte lastevandlinie; den ugunstigste bølgeform; den høieste og laveste stilling vandet kan ha paa forskjellige punkter av skibet samt erfaringsresultater vedkommende de dynamiske paavirkninger.

Denne fremstilling gir jeg min fulde tilslutning, og jeg vil uttale ønsket om at autoriteterne, saaledes som de ogsaa hittil har gjort, vil stille sig forstaaelsesfulde og la de nødvendige regler være saa elastiske, at de gir konstruktøren frie hænder og en spore til at finde det bedste.

— Reglerne bør først finde faste former efterhvert som konstruktionsmaaterne avklares og der bør gis adgang til forandringer i de tilladte paakjendinger efterhvert som de forskjellige materialers styrke maatte utvikles.

En artikel i dagspressen, som ogsaa kommer ind paa spørsmaalet staalbeton — jernbeton, slutter saaledes:

"Den nedsatte betonskibskomite har i sine *foreløbige* forskrifter ogsaa uttalt som fordring til armeringen i de betonskibe, der maatte betragtes med hensyn paa sjøgaaende egenskaper, at der skal benyttes *staal,* der opfylder Det norske Veritas fordringer til almindelig skibsstaal.

Der kan saaledes ingen tvil herske om at mens jernbeton kan anvendes til bygning av mindre lægtere, vil staalbeton *altid* fordres til bygning av sjøgaaende skibe".

Naar reglerne er betegnet som *foreløbige*, vil det formentlig være forhastet av disse at slutte, at *staalbeton altid* vil fordres.

Idetheletat — bør man paa dette omraade ikke betjene sig av ord som *altid* — da tør det bli liten utsigt til at komme længer. Da kan man likesaa gjerne si, at vi *altid* vil være bundet til at bygge staalskiber.

Vi, som arbeider med betonskiber, har i hvert tilfælde ingen grund til at stænge vor egen utvikling.

Jeg skal til suplering av Bonde & Normanns fremstilling fæste opmerksomheten paa, at det ikke er nogen grund til at forlange staal eller større styrke, saalænge man ikke kan benytte sig av denne større styrke av hensyn til ridsdannelse i betonen. Ved husbygning har ridsdannelsen intet at si og man kan derfor der med fordel benytte sig av staal.

Hvis man kan — eller *naar* man kan forlene betonen med strækfasthet og seighet, som hindrer ridsdannelse, stiller saken sig helt anderledes.

— Der er en mulighet — en mulighet som kan virke revolutionerende.

For at belyse uklarheten paa dette punkt kan jeg nævne, at jeg har i min haand et dokument fra Kristiania Materialprøveanstalt, hvori følgende passus fremkommer:

"Materialet er efter angivelse: "Amerikansk Monierjern", kvalitet "Havemeyers Concrete Steel Bars".

Altsaa: Paa norsk: jern. I Amerika: Staal.

Prøvebelastning.

Paa et 200 tons fartøi, som gik paa vandet den 20de august dette aar, har vi foretat en privat prøvebelastning nærmest foranstaltet for at danne en støtte for beregningerne og for at utvikle disse og for at konstatere hvordan saadanne prøver hensigtsmæssig kan utføres.

Der vil senere bli utfort offentlige prøver, og denne prøve vil da formentlig være til nytte ved fastsættelsen av programet for de offentlige prøver.

Nævnte prøve blev utført ved 2 ingeniorer fra Bonde & Norman, og alle observationer blev gjort dobbelt og uavhængig av hverandre.

Jeg tror derfor det kan ha sin store interresse at høre resultaterne av prøven.

Jeg skal faa lov til at referere hvad nævnte 2 ingeniører uttaler i sin protokol over prøven.

Betonskibe, prøvebelastning.

Som nævnt har man endnu ingen nævneværdig erfaring i støpning av betonbaater, og som altid hvor man behandler konstruktioner hvor baade utførelsen og beregningen avviker fra det almindelige, vil man kunne skaffe sig gode holdepunkter for bedømmelse av beregningens rigtighet og en god kontrol over utførelsen ved at foreta en prøvebelastning. Ved bearbeidelsen av resultaterne av denne opererer man med fixerte ytre kræfter, og man har det i sin magt at kunne bestemme de i konstruktionen virkelig optrædende spændinger. Ved at sammenholde disse med de under prøvebelastningen iagttagne deformationer og eventuelle andre fænomener, har man et sikkert materiale til bedømmelse av konstruktionen selv og utførelsens rigtighet. Er de iagttagne deformationer overensstemmende med de, man efter beregningen skulde vente maatte optræ, og man under prøvebelastningen ikke ellers har iagttat noget som maatte tyde paa svækkelse, skulde man være sikker for konstruktion og utførelse, og man har endvidere skaffet sig holdepunkter for bedømmelsen av de paakjendinger som man vil anse for tilladelige.

Det var derfor med speciel interesse vi imøtesaa en prøvebelastning av Beton I foretat i begyndelsen av oktober, eller ca. 2 md. efter støpningen.

Belastningen, som blev foretat med cementblokker, skedde paa den maate at lasten koncentrertes henimot midten av baaten, med vel dobbelt saa meget last pr. løpende meter ved midten som ved enderne. Samtidig lot man et felt midt i baaten være helt ubelastet, baade for derved at faa et observationssted for undersøkelse av bund og sider under belastningen, samt for at opnaa det størst mulige ensidige tryk paa vedkommende spant. Deformationerne langskibs iagttokes i kikkert, opstillet agterut sigtet paa en fast skive forut over en bevægelig skive paa midten. Dæksbjælkens deformation iagttokes i forhold til bundstokken og sidespanternes i forhold til hinanden.

Under belastningen som blev foretat viste alle apparater en jevn gang, og ved fuld belastning, 182 ton, iagttok man en total nedbøining paa 10 m/m. langskibs. Herav utgjør de 3 m/m. nedbøining av dækket ved belastning av dette. Bundstokken viste en total opbøining av 0,2 m/m. og man kunde stadig iagtta midtbærerens fordelende virkning, eftersom der blev lastet nær eller langt fra apparaterne. Sidespantene viste en indbøining av 0,6 m/m og en utbøining av 0,5 m/m. ved belastning av dækket.

Som man ser er deformationerne av spant og bundstokker ubetydelige.

Under belastningen viste der sig paa siderne en del svedeflekker og specielt paa steder hvor man hadde grund til at anta en noget daarligere utførelse. Flekkerne blev indcirklet for at iagtta deres vekst; det viste sig imidlertid at de suscessivt forsvandt, og allerede før losningen var de praktisk talt væk. Bunden var dog den hele tid tør og flekkefri.

Den beregnede nedbøining er 6,5 m/m. medens den opserverte er 7 m/m. Det er jo en ubetydelig avvigelse og en avvigelse som man maatte være forberedt paa da man jo ikke kan være helt sikker paa fastsættelsen av elasticitetsmodulen som i det beregnede tilfælde er sat til 140,000 kg./qcm.

De til belastningsforholdet svarende spændinger er tryk i dækket 30 kg./qcm , stræk i bunden 700 kg./qcm., og skjærpaakjending i huden 8 kg./qcm.

Den maksimale skjærkraft optrær i overgangen mellem laste- og maskinrummet, som ved prøvebelastningen var ubelastet. Ved omhyggelig undersøkelse med lupe utvendig og paa de steder, hvor man kunde komme til indvendig, kunde der paa disse steder ikke observeres ridsdannelser eller andre fænomener som kunde tyde paa svækkelse. Efter foretagen losning viste det sig ved observationer umiddelbart efter denne at deformationerne var elastiske; kun langsskibsdefor-

mationen viste en permanent nedboining av 1 m/m. Al sandsynlighet taler dog for at det er materialernes træg het som er aarsak til denne permanente deformation og at man ved observation foretat længere tid efter losningen vilde iagtta en fuldstændig tilbakegang til den oprindelige stilling.

Resultaterne av prøvebelastningen kan man sammenfatte i følgende:

Overensstemmelsen mellem iagttagne og beregnede deformationer skulde tyde paa en god utførelse og en rigtig konstruktion.

Iagttagelsen av svedeflekker paa steder, hvor man har grund til at anta en noget daarligere utførelse varsler om at man ikke kan være omhyggelig nok med støpningen.

At deformationerne har været elastiske skulde vise, at de optrædende paakjendinger ikke har været skadelige for materialerne.

Svedeflekkerne.

Jeg skal forklare hvori grunden maa søkes til at svedeflekkerne kom tilsyne og atter forsvandt, mens fartøiet stadig laa under vandtryk.

Betonen var tidligere kun vandet utenfra ved overrisling. Den glatteste og tætteste side vender ut. Betonens indre har derfor ikke faaet nok vand til avbindingen. Idet baatsiden er kommet under vandtryk, har vandet formaaet at presse sig ind paa enkelte steder, som har været noget porøse.

Betonen har derefter optat vandet til avbindingen, hvorved porerne har fyldt sig ved avleiringer, saa vandet ikke har formaaet at trænge gjennem længer.

Væggen er derfor senere tørret op.

Ved gjentagelse av prøvebelastningen vil disse flekker ikke vise sig.

Motstandsevne mot vekslende spændinger.

Det spørsmaal, som synes at være gjenstand for den største skepsis, er jernbetonens evne til at motstaa de vekslende paakjendinger, som et skib er utsat for under høi sjøgang, og den vibrerende belastning som den blir utsat for fra maskinen.

Videnskabelige experimenter saavel som praktisk erfaring har godtgjort, at jernbeton er fuldt betryggende under vekslende og vibrerende belastning.

Den optar disse sig gjentagende støt i en grad som intet andet materiale og vil væsentlig formindske de maskinvibrationer, som erfares i staalskibe.

Denne evne begrunder sig i jernbetonens fornemste egenskap, at den hele konstruktion har en monolithisk karakter og i den store masse, som konstruktionerne faar.

Et jernbetonskib er et eneste legeme, der er som skaaret ut av det faste fjeld. Ribbene, bjelkerne, spantene o. s. v. er kontinuerlige fra skibsside til skibsside og fra baug til stevn, medens selv skroget og dækket utgjør en enhet, likesom ogsaa søilerne, — altsammen er forbundet ved staalarmeringen.

Forutsætningen herfor og for at jernbetonen i det hele skal opnaa den styrke og de egenskaper, som man maa forlange av dem i skiber, er selvfølgelig at konstruktionen er korrekt og at utførelsen er hensigtssvarende og haandverksmæssig utført.

Det kan saaledes ikke sterkt nok fremhæves, at indgaaende *teoretisk indsigt* her er av væsentlig betydning foruten *erfaring* og et *vaakent tilsyn* under bygningen.

Sammensætningskonstruktioner.

Enhver aktuel sak skaper nye methoder og nye opfindelser — gode og mindre gode.

Naar det gjelder jernbetonskiber er det noksaa let at sortere ut endel av de konstruktionsmaater, som ikke vil komme i betragtning.

Det er nemlig alle de maater, som saa at si forraader jernbetonens idé. Det gjælder for det første alle sammensætningskonstruktioner, alle de konstruktioner, som gaar ut paa maskinmæssig at fremstille enkelte deler og derefter sætte dem sammen.

En saadan sammensat konstruktion kan ikke betragtes som en hel konstruktion, og man taper væsentlig i beregningen.

Det gjælder ogsaa de fremgangsmaater, hvor for eksempel en let anbringelse av net sker paa bekostning av den øvrige armerings heldige anbringelse.

Sjøvand.

Man har frygtet sjøvandets skadelige indflydelse paa betonen. Anvendes der helt tæt beton og speciielt med cement av en viss sammensætning, kan man være ganske tryg i denne henseende.

Olje.

Man har likeledes frygtet oljens skadelige indflydelse. Denne er det rigtignok værre helt at undgaa. En tæt beton vil være en god hjælp. Det tør være mulig, at man blir nødt til at sorge for at oljen ikke faar komme til betonen — eller den konstruktive del av denne.

Forøvrigt er det visnok saa, at mineralske oljer er uskadelige, mens de vegetabilske ikke virker heldigt.

Tæt beton

kan man opnaa ved kun at bruke god blanding og dertil egnede materialer. Nogen tilsætning er ikke nødvendig.

En god skibsform

er likesaa let at opnaa ved beton som ved ethvert andet materiale — igrunden lettere.

En glat overflate.

Ved avpussning og polering kan man opnaa en glattere overflate end ved noget andet materiale.

Begroning.

Det har ved aarelang erfaring vist sig, at en betonoverflate, som er gjort glat ved en omhyggelig puss eller polering, ikke er tilbøielig til at bli begrodd.

Maling eller stoffing

er derfor unødvendig av hensyn til begroning eller til holdbarheten.

Betonens holdbarhet

er utenfor al tvil. Det er en bekjendt sak at den endog blir betydelig sterkere med aarene.

Reparationer

er i 9 á 10 tilfælder lette at utføre. Men de maa utføres omhyggelig for at der kan bli god forbindelse med bindestederne.

Friktionen

i vandet blir mindre end ved andre skibe — specielt naar disse er begrodd.

Ridsdannelse og rust.

Man behøver ikke frygte nogen ridsdannelse paa grund av temperaturvekslinger, da skibet danner et hele, som kan sammentrække sig eller utvide sig uten noget hinder.

Anderledes er det med broer eller grundmurer.

Svindingsridser undgaaes ved anvendelse av god cement og rationel fremgangsmaate.

Der er ingen fare for at armeringsjernet skal ruste i betonen, naar det kun er beskyttet ved et lag beton. Naar denne er tæt, behøver ikke avstanden fra jernet til betonoverflaten være stor $^1/_2$ cm er tilstrækkelig for de smaa jern. Noget større kanske for de større jern.

Ideal konstruktion.

Rom blev ikke bygget paa en dag. Og der er endnu mange forbedringer at gjøre, og hvor langt vi kommer, er der haab om at komme længer.

Dette gjælder konstruktionsformerne og principerne, armeringsprinciperne og materialerne.

Detaljer.

Et nyt materiale skaffer en masse mindre problemer som skal løses i de smaa detaljer.

Disse er ikke de mindst vigtige, men de kan løses om de end kræver tid og arbeide

Kontrollen og reglerne for bygningen

blir naturligvis en anden end for staalskibene og kanske noget besværligere; men neppe mindre betryggende.

Alle materialer kan hver for sig paa forhaand undersøkes. Armeringens rigtige anbringelse kan kontrolleres.

Selve støpningen blir vanskeligst at kontrollere, men da man bør komme dertil, at støpningen utføres paa ganske kort tid — skulde en effektiv inspektion ikke være uoverkommelig. — Man kan let kontrollere blandingen og ta stikprøver.

Det lar sig ogsaa gjøre senere ved bankning at konstatere feil i støpningen.

Hvor godt arbeidet blir utført kommer i høi grad an paa ledelsen og tilsynet fra skibsbyggeriets side.

Dette er imidlertid i samme grad tilfældet ved staalskibsbyggeriet og her er det vanskeligere at føre et stadigt og effektivt tilsyn.

Ildfasthet.

Jernbetonskiber er absolut ildfaste. Det kan ikke sies om staalskibe.

Resiko og assurance.

Da jernbetonskibene bygges like sterke som staalskibene og reparationer let lar sig utføre, er der ingen grund til at anta, at resikoen skulde være større ved betonskiber.

Fremstillingsomkostningerne

ved betonskiber viser sig at ligge ca. 30 % under de samme for staalskibene. Men man maa da gaa ut fra massefabrikation av en standardtype.

Dette gjælder nu og under normale forhold.

Fremstillingstiden

er betydelig kortere end for staalskiber.

Vedlikehold og maling

ved betonskibe falder praktisk talt bort.

Man sparer adskillig tid og arbeide ved de forskjellige eftersyn, rustbanking etc.

Betonskibet contra jernskibet.

Naar man tar tilbørlig hensyn til alle ovennævnte punkter, fremstillingspriser, den lange levetid, det minimale vedlikehold, den glatte overflate, som taler til betonskibenes fordel og til den store vegt, som taler mot, vil man finde at betonskibene i drift vil stille sig betydelig gunstigere end for staalskibene.

Det større dypgaaende vil som regel ikke ha nogen betydning.

Belysning av økonomien.

Et jernskib koster:	Skroget	kr.	90,000.00
	Mask. etc. . . .	„	50,000.00
	Tils.	kr.	140,000.00

	Skrog		Maskin		
Et betonskib . .	60,000.	+	60,000.00	=	120,000.00

Forskjel i aarlige driftsutgifter.

		Jernskib		Betonskib
6 % av kapitalen . .	kr.	8,400.00	kr.	7,200.00
Amortisation (25 og 40 aar).	„	5,600.00	„	2,750.00
Brændselsforbruk 15 % større paa grund av tungere skrog. . .	„	20,000.00	„	23,000.00
Vedlikehold	kr.	10,000.00	kr.	7,000.00
Andre utgifter	„	56,000.00	„	56,000.00
	kr.	100,000.00	kr.	96,200.00
Indtægter	„	130,000.00	„	131,600.00*)
Fortjeneste	kr.	30,000.00	kr.	35,500.00

Merfortjeneste ved betonskibe blir . . **kr. 5.500.00**
eller ca. 18 % av bruttofortjenesten ved jernskibe.

Sjødygtighet.

Alle ting taler for at betonskibene er gode i sjø og ikke har nogen særlig ulempe i bruk.

Forutsætningerne

for at vi kan opnaa alt dette er:

1. En dygtig konstruktion.
2. Gode og rigtige materialer.
3. En betryggende utførelse og en praktisk metode.

Det første punkt er allerede belyst.

Om det andet punkt vil jeg kun nævne at cementen bør være første klasses, blandingen saa god som praktisk mulig og der bør ikke anvendes singel i betonen.

Singelen, som under andre forhold kan være paa

*) Paa grund av tidstap ved længere eftersyn o s. v. tjenes 1.25 % av kr. 130,000.00 = ca. *kr. 1,600.00* mer.

sin plass, vil her lett kunne bli aarsak i en daarlig utførelse, porøs masse og at tversnittene svækkes.

Ved det tredje punkt maa jeg nærmere omtale den metode, som vi anvender ved støpningen av fartøierne.

Vi støper dem nemlig med

bunden op.

Man vil let indse, at denne metode vil bringe os en række fordeler, som kan præsiceres saaledes:

1. God anledning til at faa en fin skibsform.
2. Sikker utførelse for jern, beton og puss.
3. Deravfølgende reduktion i vegten.
4. Glat og sterk overflate.
5. Hurtig fremstilling.
6. Let kontrol.
7. Billigere fremstilling.
8. En fuldstændig sikker stabelavløpning.

Metoden har i praksis vist sig let utførbar og den slaar til i alle enkeltheter.

Vendingen.

Problemet var bare, hvordan fartøiet paa en let maate kunde vendes paa ret kjøl.

— Der kunde neppe være tale om at bruke kraner.

— Problemet fik heldigvis en baade letvint og billig løsning, idet vi fik den idé at la baaten gaa paa vandet i omvendt stilling og derefter vende den i vandet ved at sænke den ned.

Det hele sker ved at aapne nogen ventiler og saa besørger de fysiske tyngdepunkts-lover resten.

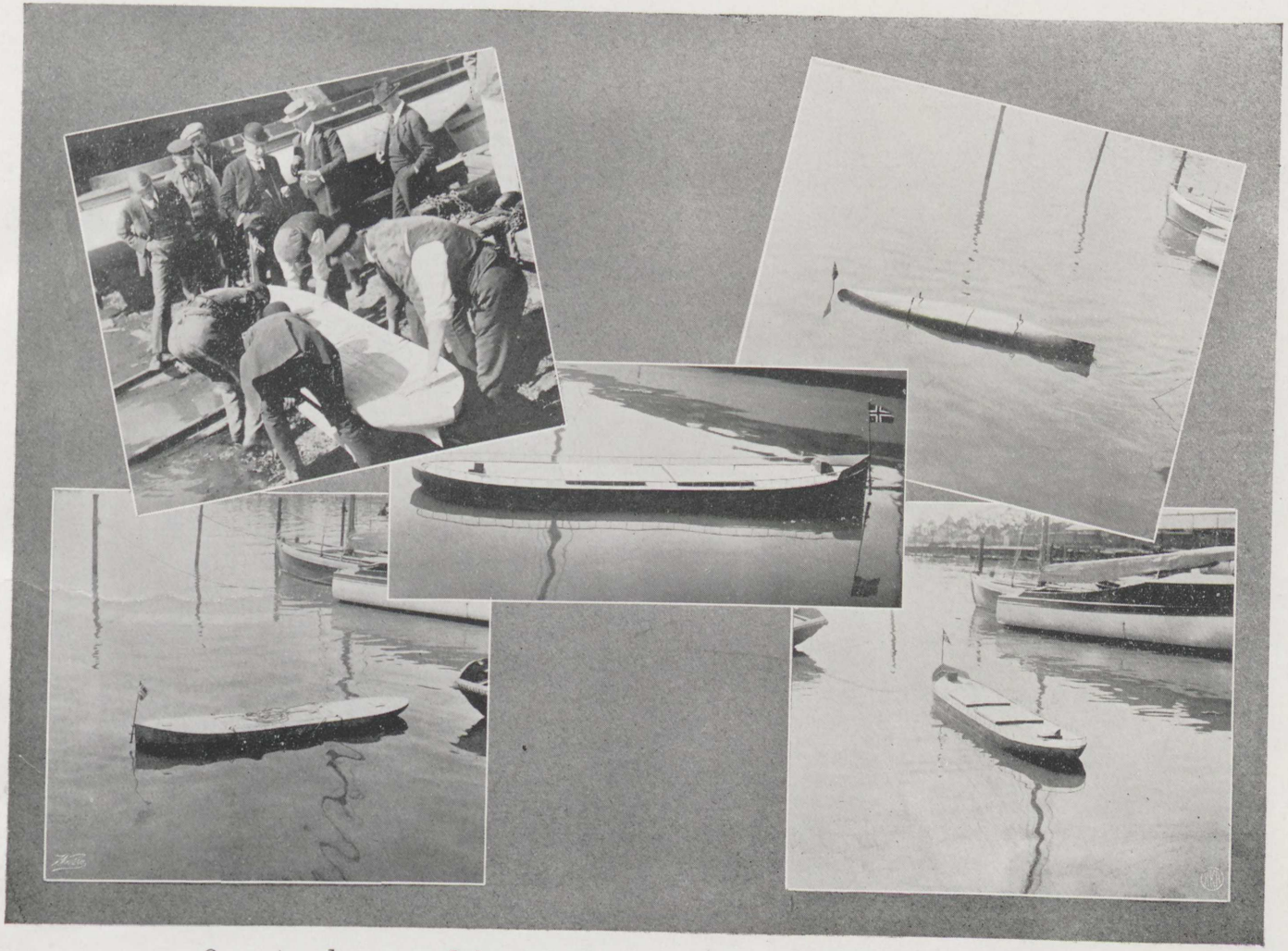
Norge og skibsbygningen.

Interressen for betonskibsbygning er ikke alene oppe her i Norge, som dog har æren av at ha vækket den i den form, den nu har, — den er ogsaa oppe overalt i utlandet og der arbeides overalt intenst paa at løse de opgaver som melder sig.

— Jeg synes der er grund til at tro, at vi her i landet kan holde téten paa dette omraade, og jeg har grund til at tro, at man ogsaa vil lægge viljen til.

Utlandets øine er henvendt paa den utvikling som sker her i landet og de følger godt med og ønsker gjerne at nyttiggjøre sig de erfaringer og de metoder, som vi her oparbeider.

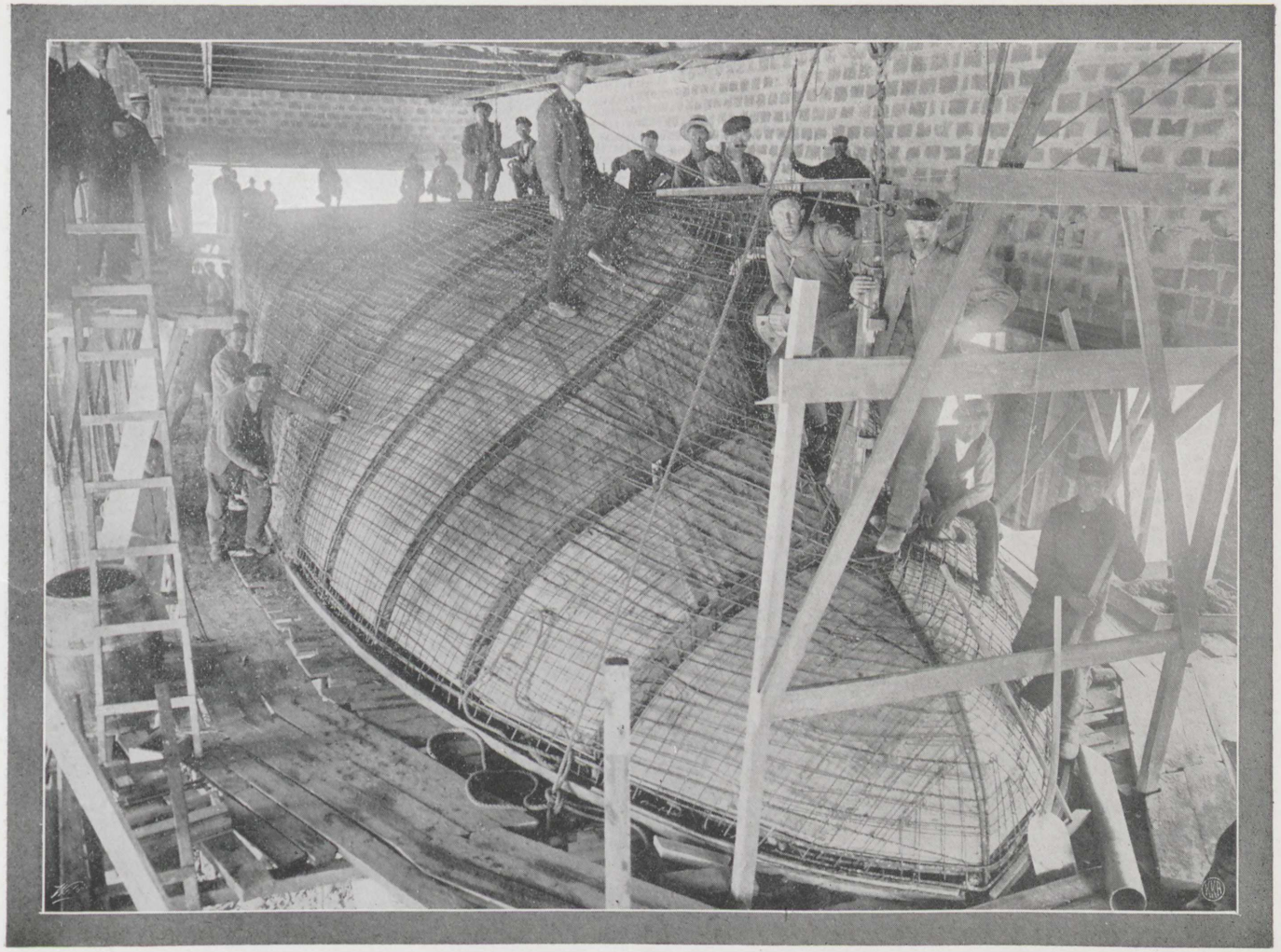
Det kan vi ikke hindre og det er der heller ikke grund til; men om vi finder at saken er bra, bør vi først og fremst drive den frem herhjemme.



3 meter lang model av jernbeton. 1 : 10 av 200 tons fartøi.

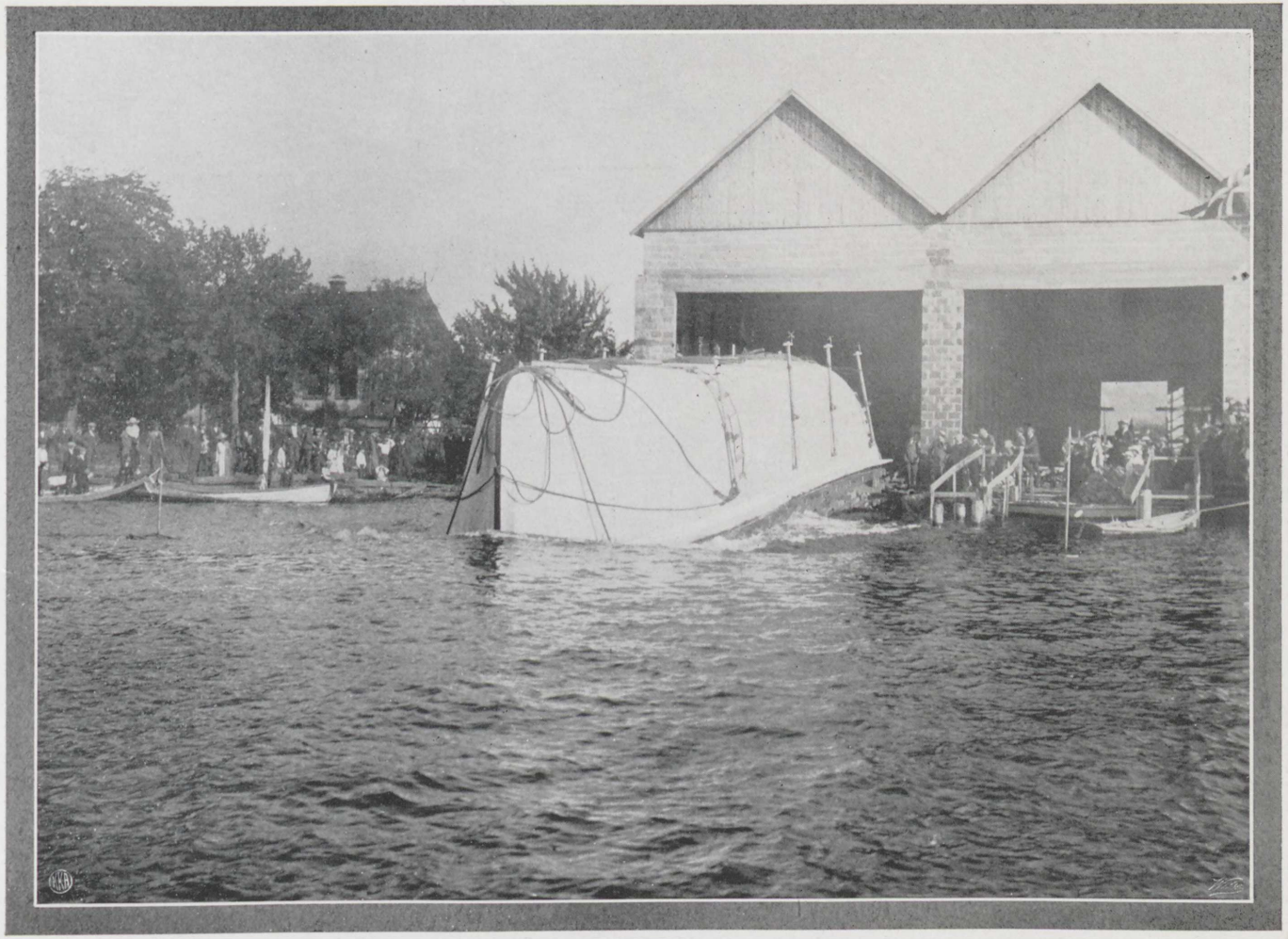
Dansk Ingeniørforenings Bibliotek

Formen opstillet.

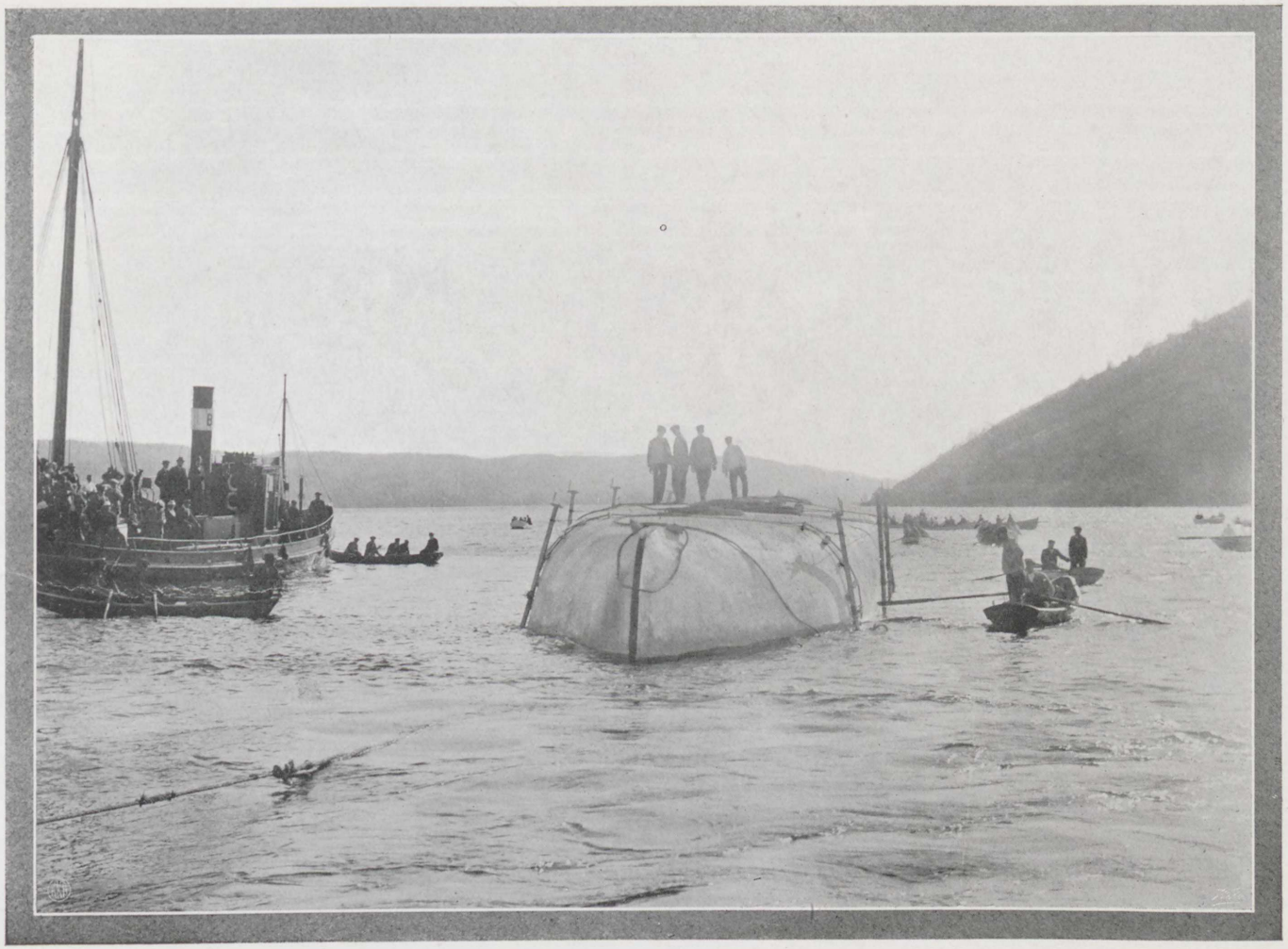


Jernbindingen.

X

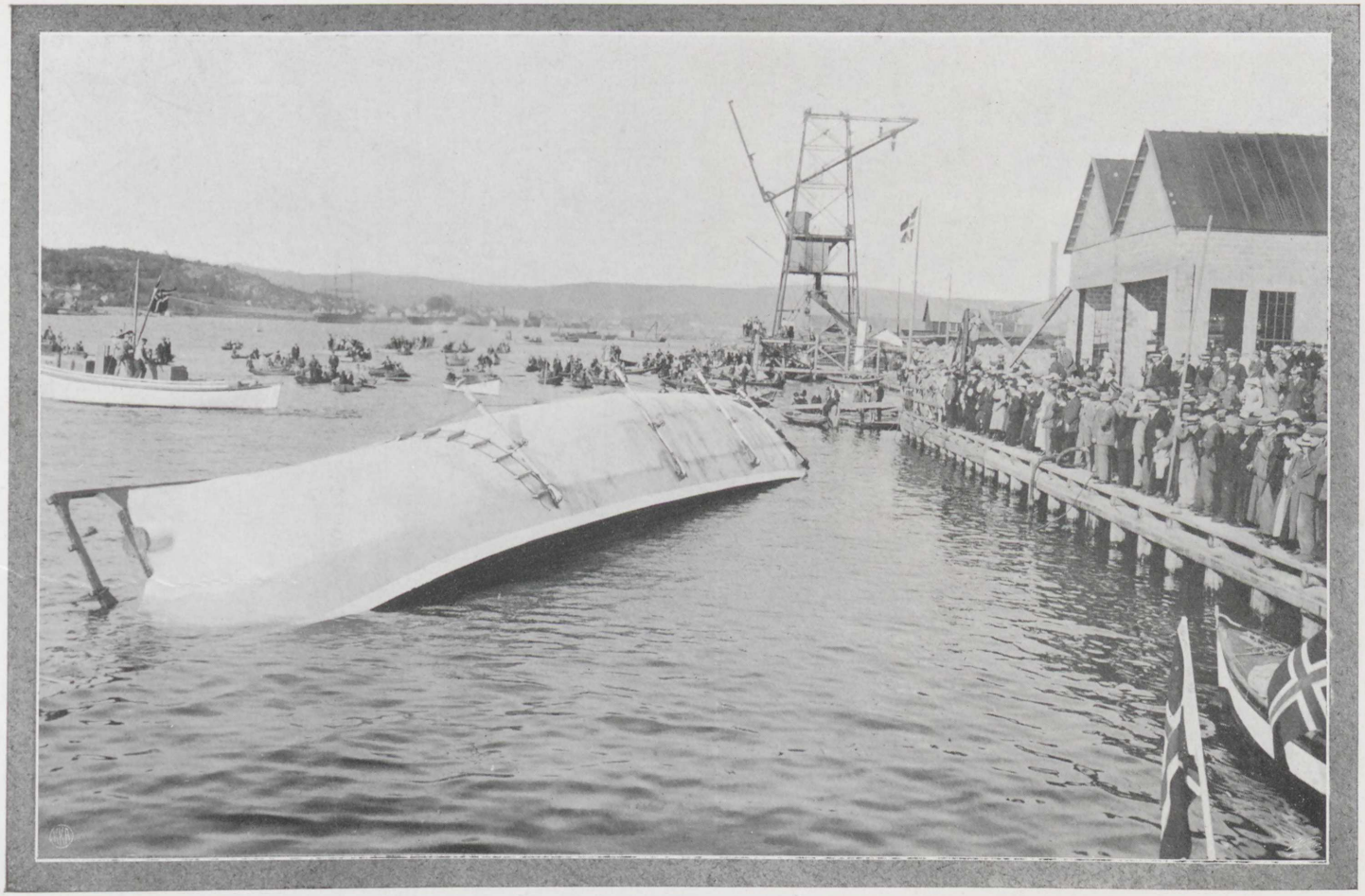


Stabelavløpningen.

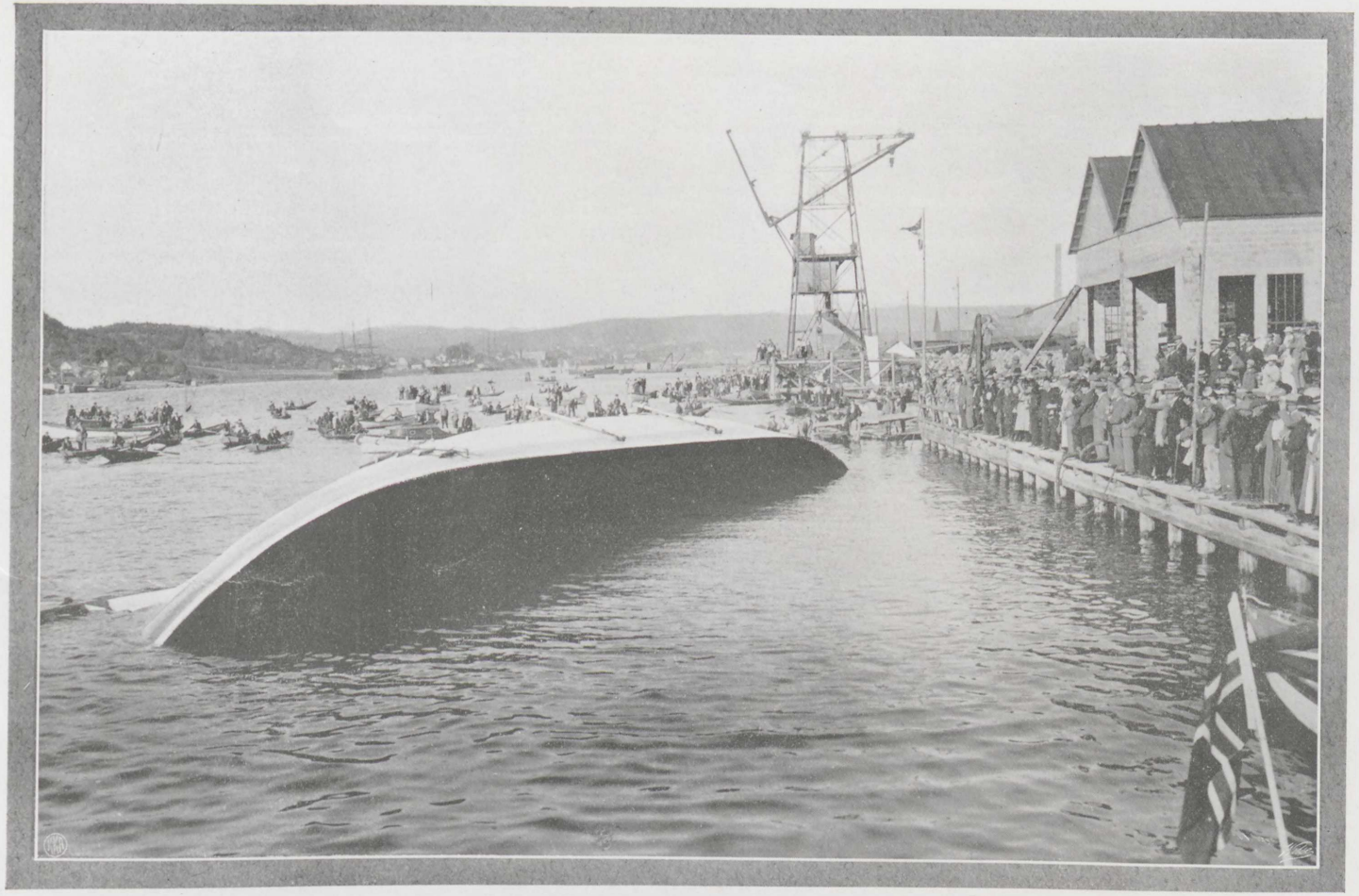


Før vendingen.

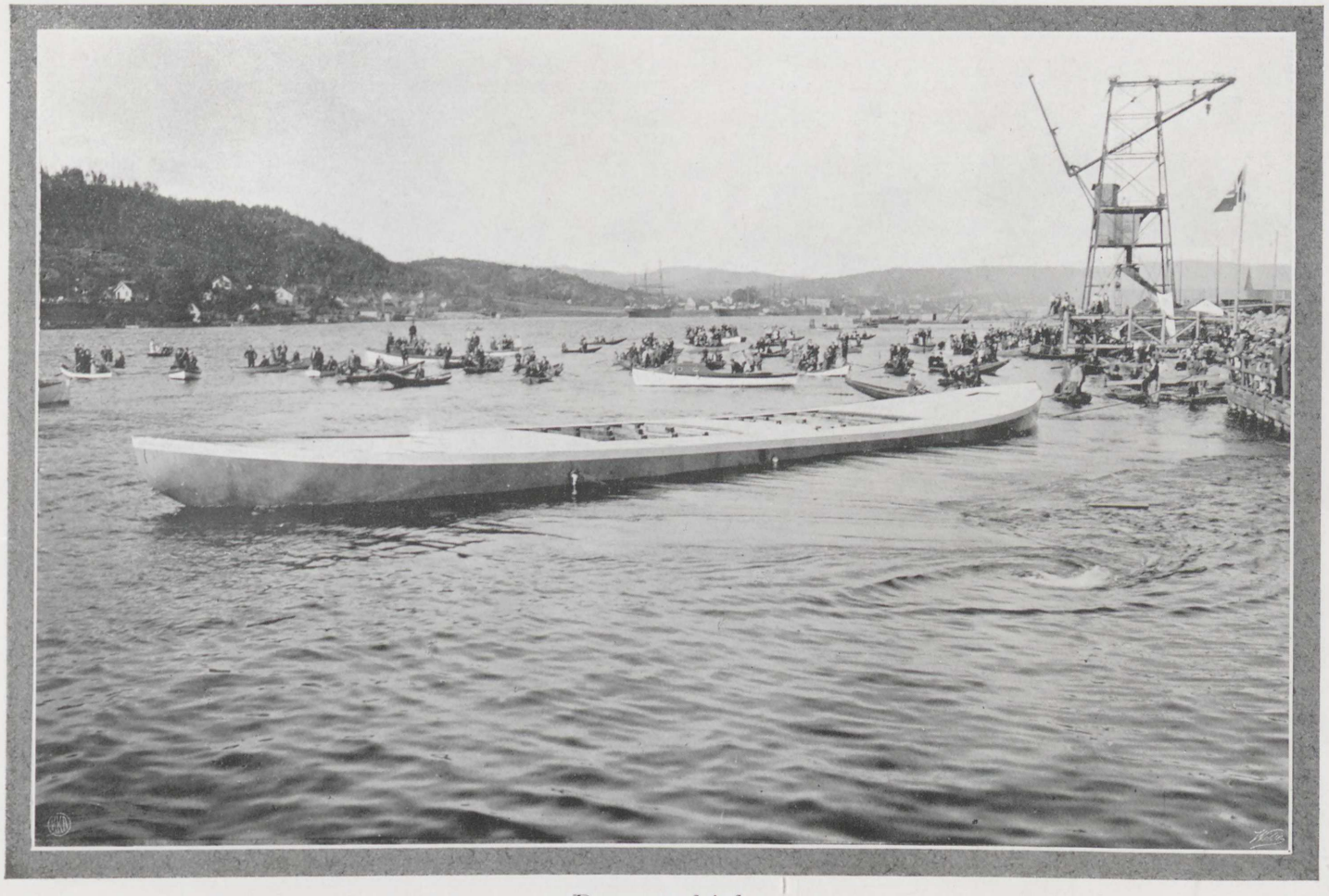
Under vending.



Vendingen begyndt.

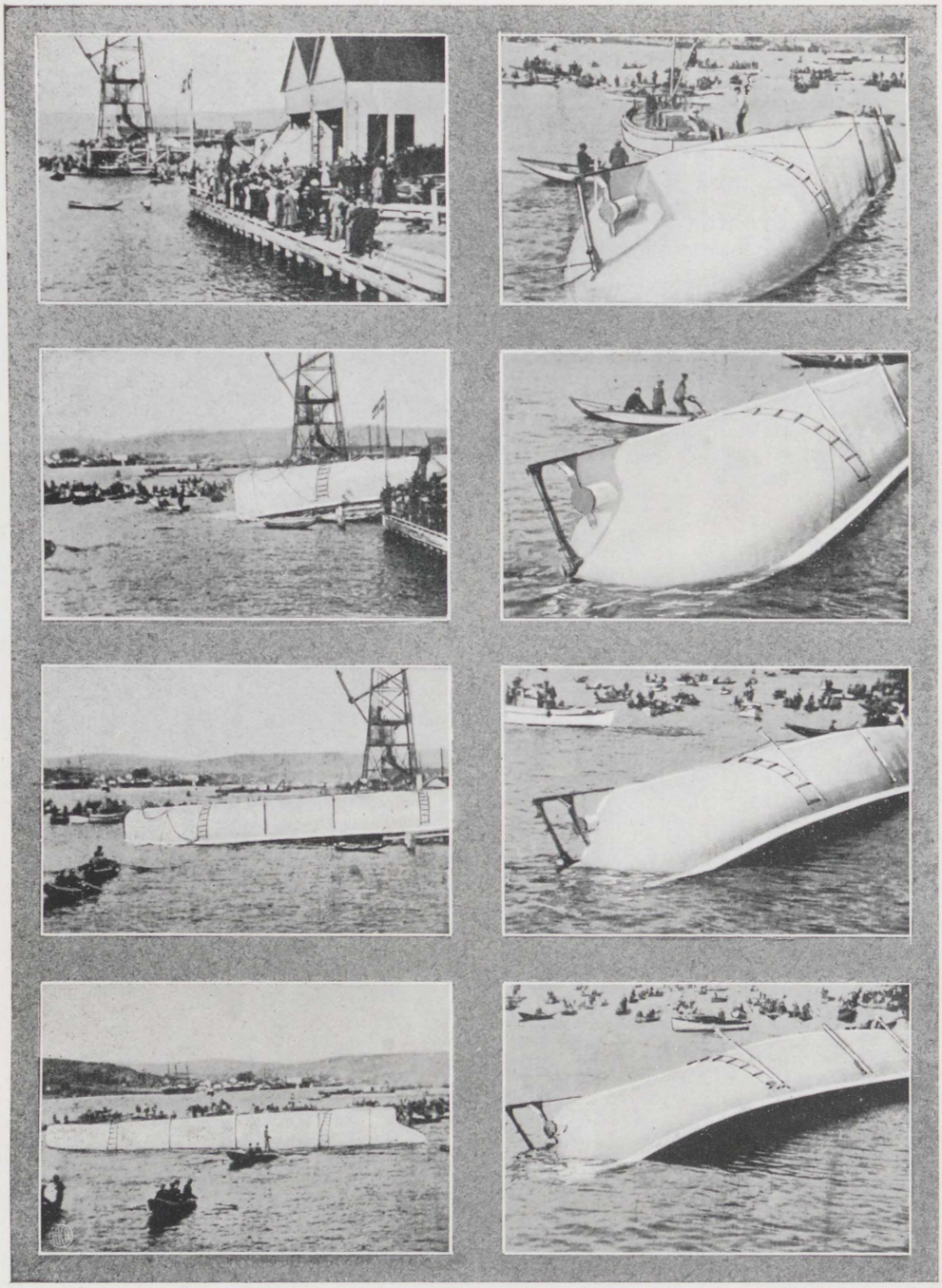


Vendingen halvveis.

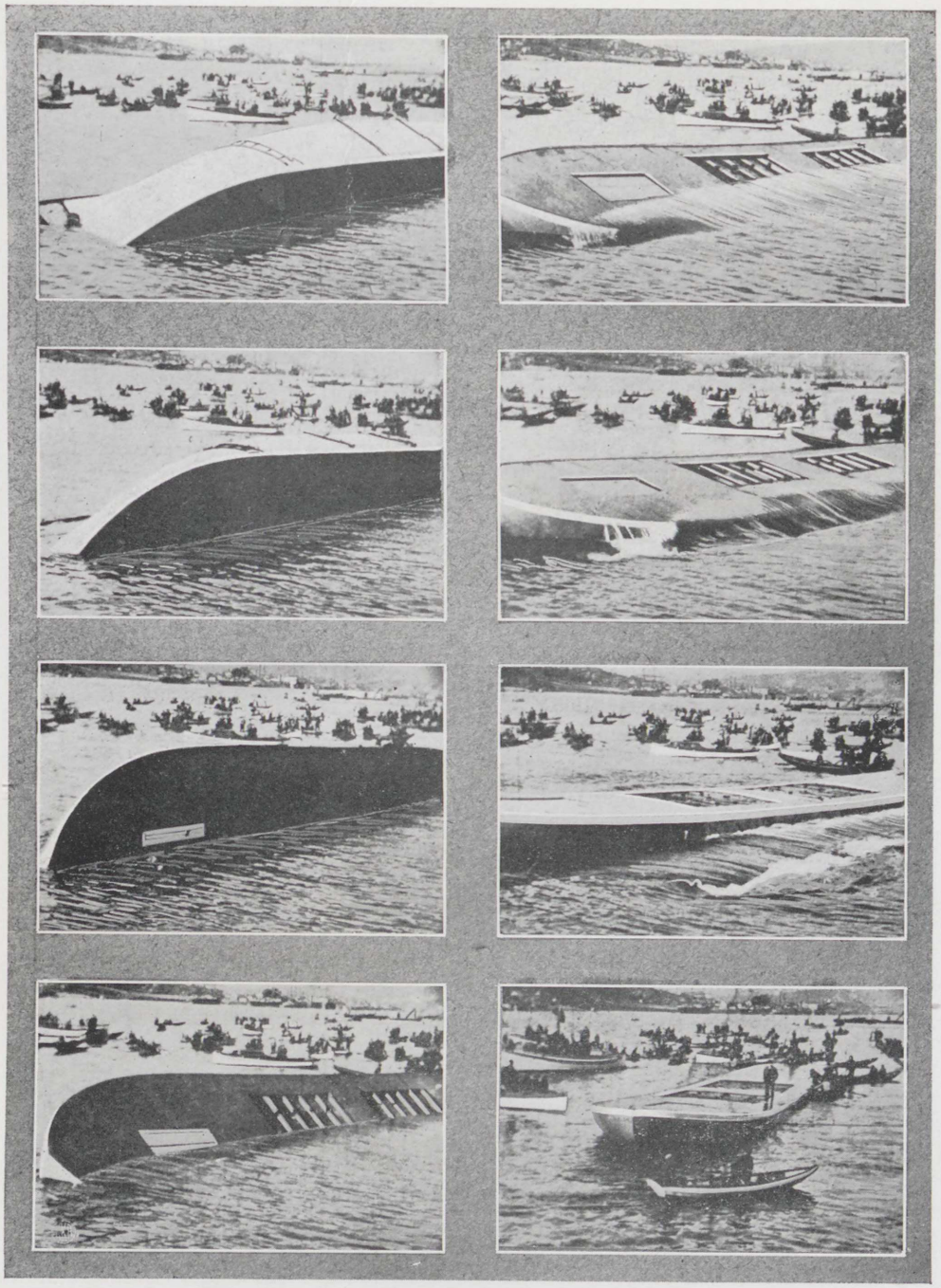


Paa ret kjøl.

Fartøiet lænses.



Stabelavløpningen og vendingen i de forskjellige faser.



Vendingen i de forskjellige faser.