

**Om Konstruktioner af armeret Beton. Foredrag i Dansk Ingeniørforening af
Ingeniørkaptajn T. Grut**

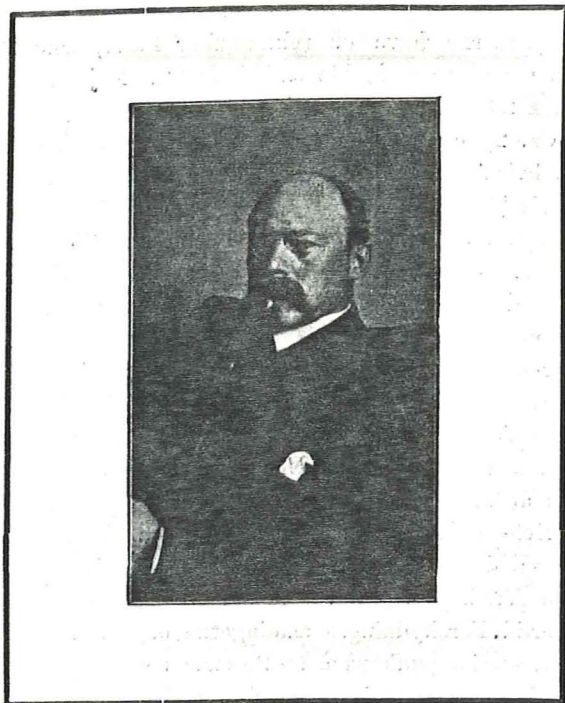
T. Grut

Tidsskrifter

Ingeniøren. 1900. nr. 22

1900

Den 25de Maj d. A. døde efter et langt Sygeleje Cand. polyt., Fabrikejer Richard August Alexander Bock, M. Ing. F.



pekuniære Vanskeligheder, hvoraf Følgen blev, at hele Ejendommen og Virksomheden paa Christianshavn gik over paa fremmede Hænder.

I Aaret 1880, efter Faderens Død, overtog Bock imidlertid sammen med sin yngre Broder Firmaet O. F. Asp, og i den af dem samme Aar erhvervede Ejendom, Blegdamsvej 104, anlagde de derefter et Lysestøberi i stor Stil, under Benyttelse af udenlandsk Stearin, som ved energisk og flittigt Arbejde har udviklet sig til en smuk og blomstrende Virksomhed. I de sidste Aar har til denne været knyttet Udnyttelsen af Patenterne paa den af Bock opfundne, velkendte Asp'ske Cyclelygte.

Bock var en dygtig Kemiker, i Besiddelse af megen Opfindsomhed og Snille, med en betydelig Evne til ganske at koncentrere sine Tanker om den Opgave, som i Øjeblikket beskæftigede ham, saalænge indtil han havde løst den.

Da den i Udlandet opfundne Fremgangsmaade til Imprægnering af Stearinlysenes Væger saaledes, at de ikke gløde, efter at Lyset er slukket, i sin Tid tilbødtes ham til en efter hans Mening altfor høj Pris, opfandt han selv en Fremgangsmaade til Opnaaelse af samme Resultat. I 1893 opfandt han en Fremgangsmaade til Rensning af Gibsafstøbninger, som ganske vist ikke hidtil har faaet nogen praktisk Betydning, men om hvilken en af Kultusministeriet nedsat, sagkyndig Kommission udtalte sig overordentlig gunstigt, og som er det eneste virkelig nye og originale Forslag til Løsning af denne vanskelige Opgave, der i en lang Aarrække er fremkommet. Med den af ham opfundne, allerede ovenfor omtalte Cyclelygte har han, som bekendt, opnaaet udmærkede praktiske Resultater.

Foruden at være en dygtig Tekniker var Bock en betydelig musikalsk Begavelse. Og han var fremfor alt en brav og retskaffen, ædelttænkende Mand, en rén og uegennyttig Karakter, en trofast Ven.

Bock ægtede i 1888 Frøken Alma Fenger, Datter af Geheimeetatsraad, Borgmester C. E. Fenger. Han efterlader sig Hustru og tre Børn.

C. V. S.

Bock var en Søn af Lægen, Etatsraad J. C. A. Bock, og var født den 18de November 1849. Han tog Adgangseksamen til den polyt. Lærestalt 1869 og blev polyteknisk Kandidat (Kemiker) 1875. Hans Fader havde allerede adskillige Aar forinden, efter sin Svigerfaders, Fabrikant O. F. Asps Død, overtaget dennes Stearin-fabrik, Lysestøberi og Sæbefabrik paa Christianshavn, og Bock indtraadte straks efter at have afsluttet sine Studier i denne Virksomhed. Indførelsen af en ny Fremgangsmaade i Stearinfabrikationen, Solidifikation af Elainen, en fransk Opfindelse, hvis Resultater ikke svarede til Forventningerne, foraarsagede ikke længe efter

Om Konstruktioner af armeret Beton.

(Hennebique-Konstruktioner).

Hermed 2 Planer.

Foredrag i Dansk Ingeniørforening af Ingeniørkaptajn T. Grut. M. Ing. F.

Mine Herrer!

Jeg har nylig i Paris haft Lejlighed til nærmere at studere nogle Konstruktioner i armeret Beton, de saakaldte Hennebique-Konstruktioner, og da de beslægtede Monier-Konstruktioner have faaet en saa god Modtagelse her i Landet, har jeg tænkt mig, at det mulig kunde interessere de Herrer, der ikke selv have studeret denne

Konstruktionsart nærmere, at se, hvilke Veje man er slaaet ind paa i Frankrig.

Som bekendt var det først den franske Gartner Monier, der omkring Aar 68 begyndte at indstøbe Jærntraad i Cementmørtel. Det er vistnok ingen Tilfældighed, at den armerede Beton er opfundet af en ikke-Tekniker, thi fra et teknisk Synspunkt maatte den a-priori forekomme meget urationel, og det kan jo ogsaa kun siges

at bero paa et heldigt Træf, at Cementens og Jærnets Egenskaber viste sig at være saadanne, at de kunde arbejde sammen.

Monier bragte dog ikke noget ud af sin Opfindelse, og det var først efter at „Actiengesellschaft für Monierbauten“ i Berlin havde taget Sagen i sin Haand, at den tog fart. Dette Selskab anvendte saa at sige udelukkende Monierplader, undertiden plane, men dog langt hyppigere krumme, som Kapper eller Hvelvinger, og denne Bygningsform har fra Tyskland udbredt sig herop til os.

Hennebique, en fransk Entreprenør, er gaaet en anden Vej, og har forstaaet at give den armerede Beton en langt videre Anvendelse, end vi kende herhjemme.

Jeg skal tillade mig først at forsøge paa at give en Beskrivelse af hans Husbygning-Konstruktioner med tilhørende Beregninger, for derefter senere at nævne nogle af de vigtigste Anvendelser til Ingeniørkonstruktioner.

I Husbygningen anvendes Hennebique-Konstruktionerne — ligesom Monierkonstruktionerne — hovedsagelig til Etageadskillelser, men medens Monierkonstruktionerne ere hvelvede, anvender Hennebique med meget faa Undtagelser flade Lofter. Det følger af sig selv, at vandrette Plader kun kunne anvendes paa temmelig smaa Spændvidder. Naar Spændvidden vokser maa Pladerne understøttes af Bjælker med passende Mellemlum. Ogsaa disse Bjælker udfører Hennebique af armeret Beton, og man kommer da til et Tværnsnit, som det er vist paa Figur 1, der fremstiller en Etageadskillelse i „Grand palais des beaux-arts“ paa Pariserudstillingen.

Hvad først Pladerne angaar, da ere de — efter Spændvidden og Belastningen — fra 8—16 cm. tykke. Jeg maa her indskyde den Bemærkning, at Udtrykket „Plader“ maaske kunde give de Herrer den Tro, at de blive lavede i en Fabrik eller et Værksted og henlagte paa deres Plads. Det er imidlertid ikke Tilfældet. De blive støbte paa deres Plads i Konstruktionen og sammen med de armerede Beton-Bjælker, saa at det hele danner én sammenhængende Masse, en Monolith.

Armeringen i Pladerne bestaa af Rundjærn, der gaa vinkelret paa de understøttende Bjælker og altsaa svare til Monierpladernes Bærejærn, men Fordelingsstænger findes der ingen af. Hvert andet Rundjærn anbringes parallelt med Pladens Underkant igennem hele dens Længde og i en saadan Afstand fra Underkanten, at der bliver 1,5 cm. Beton under Jærnet. De øvrige Rundjærn føres paa Pladens midterste Trediedel ligesom de andre parallelt med Pladernes Underkant, men paa de to yderste Trediedele bøjes de opad, saa at de over de understøttende Bjælker kommer til at ligge omtrent i Pladens Overkant. Dette er gjort for at modstaa de negative bøjende Momenter i Understøttelsespunkterne, der frembringe Trækspændinger foroven i Pladen.

Man opnaar ved saaledes at indspænde Pladerne, eller rettere gøre dem kontinuerlige over Bjælkerne, 1) at Gulvet bliver meget stivt, 2) at det maksimale Bøjningsmoment bliver reduceret med ca. 20 % og 3) at man undgaar Revner, der ellers uundgaeligt vilde fremkomme over Bjælkerne.

Det er et Hovedtræk ved alle Hennebiques Konstruktioner, at de ere indspændte overalt, hvor det er muligt. Saaledes føres ofte et Gulv helt igennem en

Bygning, og alle Skillemure fortsættes da ovenpaa det færdigstøbte Gulv. Det er aabenbart, at dette giver en stor Stivhed ikke alene til Gulvet men ogsaa til Murene, der forankres udmærket ved denne til én Sten sammenstøbte Gulvflade.

De bøjede Stænger spille ogsaa en virksom Rolle ved Optagelsen af de forskydende Kræfter, men da dette Forhold spiller en større Rolle ved Bjælkerne, skal jeg komme nærmere tilbage til det senere.

Bjælkerne have en rektangulær Form, som Regel med en noget større Højde end Tykkelse. Højden varierer lige fra 20—60 cm.

Ca. 2,5 cm. fra Underkanten anbringes et Lag Rundjærn, hvis Antal i Laget varierer efter Bjælkens Bredde, og hvis Tykkelse gaar fra 8—40 m/m. Dog anvender man nødtigt Jærn med større Diameter end 30 m/m.

Disse Jærn følge parallelt med Bjælkens Underkant i hele dens Længde. Ca. 3 cm. ovenover disse Jærn anbringes et nyt Lag — hvert Jærn lodret over et tilsvarende i det nederste Lag — men, ligesom ved Pladerne, er det kun paa Bjælkens midterste Trediedel, at disse Jærn følge Bjælkens Underflade. Derefter bøjes de opad, saa at de ved Understøttelserne ligge i Nærheden af Pladernes Overkant.

Hele denne Jærnarmerings Opgave er nærmest at modstaa de ved Bøjningsmomenterne i Bjælken fremkaldte Trækspændinger. Ved store Belastninger kan imidlertid Forskydningsspændingerne blive saa store ved Understøttelsespunkterne, at Betonen alene ikke kan optage dem. Hennebique anbringer derfor Hængebøjler rundt om Bærejærnene (se Fig. 1), der bestaa af Fladjærn 1,5—2 m/m. tykke, der gaa ca. 8 m/m. fra Pladens Overkant nedenunder Armeringsjærnene og atter op til samme Højde. Foroven ere de vandret ombøjede. For at forklare disse Hængebøjlers Virksomhed i Konstruktionen sammenligner Hennebique Bjælken med en Gitterdrager, hvis Hoved dannes af Betonen i den øverste Del af Bjælken, og hvis Fod dannes af Armeringsjærnene. Hængebøjlerne repræsenterer da lodrette Stolper, der paa virkes til Træk; endelig Betonen mellem den ene Hængebøjles Underkant og den næstes Overkant erstatter en Trykdrager.

Forskydningsspændinger optræde som bekendt altid parvis, og Spændingerne i et vandret Snit ville derfor altid være lige saa store som i et lodret paa samme Sted. Disse vandrette Spændinger paa virke Hængebøjlerne til Overklipping, og ved en passende Dimensionering af Bøjlerne vil man kunne forhindre vandrette Revner i at opstaa.

Som overfor omtalt spille imidlertid ogsaa de skraa Armeringsstænger en væsentlig Rolle ved Optagelsen af Forskydningsspændingerne, hvad der maaske ses bedst, naar man tænker sig Betonen fjærnet i et lodret Snit. Man vil da let se, at den skraa Stang i Forbindelse med den vandrette vil hindre en Forskydning af de to Bjælke dele i Forhold til hinanden i lodret Retning. Hvis man paa samme Maade tænker sig et vandret Lag Beton fjærnet, vil man ogsaa let se, hvorledes de skraa Stænger modvirke den vandrette Forskydning.

Naar Hennebique saaledes meget omhyggelig søger at optage de forskydende Kræfter, da har det sin gode Grund. Betragter man nemlig Tværnittet af en Bjælke

med tilhørende Gulvplade, da vil man se, at, forsaavidt Bjælken ikke skiller sig fra Pladen i deres Sammenstødsflade, vil Pladen, ved Bjælkens Bøjning, paavirkes til Sammentrykning og saaledes virke som en Del af Bjælken, der derved faar Form af et Γ . Man vil maaske være tilbøjelig til at indvende, at Betonen i Pladen først paavirkes til Sammentrykning ved Pladens Bøjning, og derefter ved Bjælkens, men da disse to Paavirkninger ere vinkelrette paa hinanden, forøger den ene ikke den ved den anden frembragte Anstrengelse af Betonen.

Men Betingelsen for at Pladen kan henregnes til en Del af Bjælken er som nævnt, at den ikke skiller sig fra denne der, hvor de støde sammen, og til Forebyggelse heraf ere Hængebøjlerne nødvendige. Som det vil ses af Tegningen bliver Afstanden mellem Hængebøjlerne større og større, efterhaanden som man nærmer sig Midten af Bjælken, hvor den forskydende Kraft er mindst.

Undertiden, naar Spændvidden er stor, kan det være mere økonomisk at anvende enkelte Hoveddragere med stor indbyrdes Afstand og derimellem sekundære Bjælker paalangs af Rummet, der skal overdækkes. Man opnaar derved yderligere en i arkitektonisk Henseende bedre Virkning, idet Loftet paa denne Maade kan deles i Felter, der ved Profilering af Bjælkerne og Udsmykning af Pladerne med Stuk og lignende, kunne gøres meget dekorative. Hvis de opstaaede Felter have nogenledes samme Dimensioner i de to Retninger, kan det betale sig at armere Pladerne i begge Retninger, og betragte dem som indspændte i alle fire Kanter, hvorved Bøjningsmomentet paa Midten reduceres betydeligt. Det er dog en Selvfølge, at man i 'saa Fald kun paa den ene Led kan anvende de bøjede Stænger. Paa den anden Led maa man da, for at bibeholde Indspændingen, anbringe nogle af den egentlige Armering uafhængige Stænger i Pladernes Overkant paa de Steder, hvor de passere Bjælkerne.

Af de Fordele, som dette System frembyder, er det først og fremmest Brandsikkerheden, der falder i Øjnene. At armeret Beton, af hvad Konstruktion det saa end er, maa siges at være noget nær det brandsikreste Materiale, der findes, er vistnok almindelig anerkendt. Men medens de fleste andre Systemer forudsætte bærende I-Bjælker af Jærn, som maa gøres brandsikre ved at indeslutes i Beton, som i og for sig er Konstruktionen uvedkommende, ja ved enkelte Systemer endog optræder som en temmelig betydelig død Belastning, er al den Beton, der i Hennebique-Systemet omslutter Jærndelene, konstruktivt nødvendigt.

En anden Fordel ligger i den meget ringe Konstruktionshøjde — som Regel kun 8 cm. — Endvidere egner Hennebique-Systemet sig som nævnt i høj Grad til en rig arkitektonisk Udsmykning, og det er meget let at passe ind efter alle lokale Forhold bl. a. ogsaa, fordi man undgaar det ved Monierkonstruktioner ofte generende Sidetryk. Og endelig — sidst men ikke mindst — er Systemet meget økonomisk. Naturligvis kan det ikke konkurrere med almindelige Trælofter, men jeg tror, at det er mere økonomisk end noget andet brandsikkert System, bl. a. fordi man undgaar den ved alle Hvælvingsformer nødvendige, men ret bekostelige Udligning af Overfladen.

Som tidligere nævnt er Etageadskillelser og — som Fig. 1 viser — fritbærende Konsoller vel nok det Felt, hvor Hennebique-Konstruktionerne anvendes mest, men der er efterhaanden ikke saa ganske faa Fabriksbygninger, der er opførte aldeles udelukkende af armeret Beton. D'Hrr. vil deraf kunne slutte, at dens Anvendelse maa være ret mangeartet, og jeg skal tillade mig at nævne nogle af de vigtigste.

Søjler af armeret Beton anvendes overalt, hvor man almindelig anvender Jærnsøjler. De konstrueres af Hensyn til Formerne i Reglen med kvadratisk Tværnsnit fra $15/15$ cm. til $50/50$ cm. og armeres med 4 eller flere Jærn. For hver 40 eller 50 cm. forbindes Jærnene indbyrdes med Bøjler af Jærntraad af 4—5 m/m Tykkelse. Armeringen forøger vel ikke direkte Søjls Bæreevne i særlig høj Grad, men den forøger Tværnsnittets Inertimoment betydeligt, fordi Jærnene ligge i Yderkanten, og derigennem forøger de Søjls Modstandsevne mod Udbøjning. Desuden er det ofte af Betydning i Fabrikker uden Risiko at kunne udsætte Søjlerne for nogen Bøjning, f. Eks. ved Anbringelsen af Aksellejer o. l.

Naar Søjlerne ere saa lange — f. Eks. naar de gaa gennem flere Etager — at Jærnene ikke kunne faas i én Længde, samles de blot ved, at de stumpt sammenstødende Ender omslutes af et Gasrør. Forøvrigt kan denne Samlingsmaade næppe siges at være heldig, da det ikke er sandsynligt, at Cementmørtelen trænger ind imellem Armeringsjærnene og Røret.

Bedre — og omtrent ligesaa nemt — vilde det vistnok være, om Jærnene blot lagdes ved Siden af hinanden paa en kortere Strækning (30—40 cm.) og omvikledes med lidt Jærn-Bindetraad.

Hvor Bjælkerne støde sammen med Søjlerne, udstøbes i Reglen Konsoller til Understøttelse for Bjælkerne. Da Bjælker, Gulvflade og Søjle støbes sammen til et Hele, faar man den bedst mulige Forbindelse, og her, som ved Pladerne, den bedst mulige Indspænding baade af Bjælker og Søjle.

Foruden at disse Søjler, ligesom Etageadskillelserne, ere meget modstandskraftige lige overfor Ildspaaevirking, ere de meget billige. Som Regel vil man i Sammenligning med Støbejærnsøjler spare ca. 30 %.

Et andet Led i Husbygningen, hvortil Hennebique-Konstruktioner anvendes meget, er Tage. De bestaa i Hovedsagen af et ganske almindeligt Hennebique-Loft, der foroven forsynes med et Isoleringsmiddel og dækkes med 10—12 cm. Grus. Da det ved disse Konstruktioner er af særlig Vigtighed at undgaa selv de mindste Revner, forsynes Loftet altid med Armeringsstænger i begge Retninger, selv om det af konstruktive Hensyn ikke er nødvendigt, og de Paavirkninger, der bydes Materialierne, holdes noget mindre end sædvanligt, for at undgaa for store elastiske Bevægelser. Til Isolationsmateriale benyttes et fransk Fabrikat Pixoline, der skal være meget sejt og endogsaa, efter Angivelserne, holder sig vandtæt over Revner paa indtil 7 mm. Bredde. En Hovedbetingelse for disse Lofters Tæthed er det, at de beskyttes mod Solens direkte Paavirkning, hvad der som Regel sker — som nævnt — ved Grus, men iøvrigt ogsaa ved en Flisebelægning. Af saadanne Tage har Hennebique udført en stor Mængde, især over Vareskure. Bl. a. har han i Calais udført et stort Tag af denne

Art paa c. 14000 □ Al. Størrelse eller med andre Ord 1 Td. Land. Det har i de Par Aar, det har staaet holdt sig udmærket.

Det er hændet flere Gange, at der til Fabrikker o. l. er udført saadanne Vareskure, og at man da senere, naar Virksomheden har udvidet sig, har sat en Etage ovenpaa. Det tidligere Tag er da blevet benyttet som Gulv uden anden Forandring, end at Gruset er bleven fjærnet.

Det er nemlig et af de karakteristiske Træk ved disse Tagkonstruktioner, at de slet intet Fald gives. Jo mere Fugtighed, der holder sig over Taget, desto bedre holder dette sig, og at Hennebique ikke er bange for Utætheder, har han vist ved at dække en Fabriksbygning, hvor de aabenbart maa have haft rigeligt med Vand, med 20 cm. rindende Vand, der i Stedet for Gruset skulde beskytte Taget mod Solens Ophedning.

Forinden jeg gaar over til at omtale Beregningen af Husbygningskonstruktionerne, skal jeg tillade mig endnu at anføre én Anvendelse af den armerede Beton, nemlig til Funderinger.

De tidligere omtalte Søjler funderes som Regel paa en Slags Sko af Beton, hvori der er indstøbt Lag af hinanden krydsende Fladjærn. Skoens Sideflader gives en Hældning mod Horizontalen af 20°—30°. En mere original Funderingsmaade anvender Hennebique imidlertid til hele Bygninger, der skulle funderes paa daarlig Grund (se Fig. 2). Han støber nemlig armerede Betonpæle ganske af samme Konstruktion som Søjlerne kun med den Forskel, at Pælene tilspidnes forneden og forsynes med en Jærnsko, og disse Pæle rammes med en Rambuk som en almindelig Træpæl. Dog maa der mellem Faldklodsen og Pælen indskydes et fjedrende Mellemlid af særlig Konstruktion. Naar Pælen har naaet fast Bund, afmejsles Betonen paa dens øverste Del, baade fordi den ved Ramningen vil være noget ødelagt, og ogsaa for at gøre Pælenes Armeringsjærn fri for oven, saa at de kunne indstøbes i de Hennebique-Bjælker, der skulle overføre Bygningens Tryk paa Pælene.

Fig. 2 viser en Fundering af denne Art med to Rækker Pæle, der ere forbundne med hinanden ved Bjælker saavel paalangs som paatværs af Pælerækken. Over Bjælkerne er en gennemgaaende armeret Betonplade, der bærer Bygningen. Figuren viser endvidere Maaden, hvorpaa Armeringsjærnene ere forbundne med hinanden.

Under Forhold, hvor Grundvandet staar højt, saa at man kan fundere ved Hjælp af en almindelig Træpæleramning, kan det naturligvis ikke betale sig at anvende Pæle af armeret Beton, der ville koste c. 2.50 Kr. pr. Kubikfod, og som koste 50 % mere at ramme end Træpæle, men hvor man, fordi Pælene ikke permanent ere under Vand, maa gaa ned med murede Brønde eller paa anden Maade føre Murværk ned til dybtliggende fast Grund, der vil Anvendelsen af Betonpælene repræsentere en betydelig Besparelse.

Beregningen.

Naar en armeret Betonbjælke udsættes for Bøjning, vil den neutrale Akses Beliggenhed afhænge af den

anvendte Betons og det anvendte Jærns elastiske Egenskaber. Jærnets Elasticitets-Koefficient er nogenlunde den samme for alle gangbare Jærnsorter og kan vel omtrent sættes til 2100 t/cm². Betonens derimod varierer ikke ubetydeligt med Blandingsforholdet, Mængden af det tilsatte Vand, Betonens Alder, Sandets og Cementens Art o. s. v., og tilmed bliver den mindre og mindre for stigende Paavirkninger: Formforandringerne stige hurtigere end Spændingerne. Jeg tror dog, at man kan sige, at der er Enighed om, at man uden at komme særdeles langt fra Sandheden kan regne med en konstant Koefficient for Trykpaavirkningerne af 210 t/cm², saaledes at Forholdet mellem Jærnets Elasticitets-Koefficient og Betonens Elasticitets-Koefficient for Tryk er 10.

Anderledes stiller Forholdet sig med Betonens Elasticitets-Koefficient for Træk. Ved alle Beregninger, der hidtil have været opstillede for armerede Betonbjælker, er man gaaet ud fra den, som man skulde synes uangribelige, Forudsætning, at Betonen paa Træksiden af en armeret Betonbjælke forholder sig i elastisk Henseende som uarmeret Beton, og specielt har man forudsat, at Betonen revner ved den samme Forlængelse som en uarmeret Betonstang, der udsættes for aksialt Træk.

Under disse Forudsætninger har man fundet, at Betonen paa Træksiden længe inden Bruddet indtræffer vil være revnet omtrent helt op til den neutrale Akse, saa at Jærnet er alene om at optage alle Trækspændingerne. Ved Betonens Revnen vil Paavirkningen i Jærnet derfor stige stærkt. Ogsaa Betonen paa Tryksiden vil anstrænges stærkere, idet den neutrale Akse vil skyde sig opfejer, naar Betonen paa Træksiden brister.

Den bekendte Ingeniør Considère i Paris er imidlertid i Færd med at foretage omfattende Undersøgelser af armeret Betons elastiske Egenskaber, og af hans foreløbige Meddelelser fremgaar det, at Beton i Forbindelse med Jærn forholder sig en Del anderledes end Beton alene.

Han har f. Eks. støbt en Forsøgsstang af armeret Beton, som han har indspændt forneden i lodret Stilling. Foroven har han til Forsøgsprismet befæstet en vandret Stang, som han belastede i den ene Ende. Han opnaaede derved at frembringe det samme Bøjningsmoment i hele Stangens Længde. Han maalte dernæst med Spejlapparat Formforandringerne i de stærkest paavirkede Fibre, og kunde derigennem — under Forudsætning af at plane Tværnsnit vedblive at være plane under Bøjningen — bl. a. beregne Paavirkningerne i Armatoren og den neutrale Akses Beliggenhed. Det viste sig ved dette Forsøg, at Betonen paa Træksiden forlængedes 2 m/m pr. m. ved den største Belastning, uden at der viste sig mere end to ganske fine, rent overfladiske Revner, hvad der undersøgtes meget nøjagtig ved Oversavning af Prøvestykket efter Forsøget.

I Betragtning af, at Prøver af uarmeret Beton af samme Sammensætning ved direkte Trækforsøg kun har givet en Brudforlængelse af 0,1 m/m, altsaa $\frac{1}{20}$ af den fundne Værdi, maa dette Resultat vel siges at være i høj Grad forbausende. Considère søger at forklare Fænomenet paa følgende Maade. Tænker man sig en alm. Jærnstang fast forbundet med en Stang af et uendeligt stærkt og uendeligt elastisk Materiale saaledes at begge

Stænger ligge langs med hinanden, og begge disse Stænger underkastede et Træk, da vil Jærnstangens Forlængelse overalt følge den anden Stangs, og vil foregaa aldeles normalt indtil det Øjeblik kommer, hvor Jærnstangen under alm. Forhold i sit svageste Tværnsnit vilde indsnøres og samtidig strækkes langt stærkere end i de øvrige Tværnsnit. Denne abnormt lange Strækning kan imidlertid ikke foregaa paa Grund af den inderlige Forbindelse med den anden Stang, og Sønderrivning kan kun finde Sted, naar den tænkte Stang over hele sin Længde har faaet saa stor en procentvis Forlængelse, som Jærnstangen kan taale i et enkelt Tværnsnit. Eller med andre Ord, naar en Jærnstang sønderrives, faar kun det svageste, overrevne Tværnsnit sin maksimale Forlængelse, medens hele Stangen kun faar den Forlængelse, der svarer til det svageste Tværnsnits Modstandsevne, og som kan være mange Gange mindre end den største Forlængelse, som hvert Tværnsnit kan udholde. Ved Forbindelsen med den stærkere, mere strækkelige Stang faar derimod alle Tværnsnittene den maksimale Forlængelse, som de ere i Stand til at udholde.

Denne Betragtningmaade overfører Considère nu paa den armerede Beton, idet han mener, at saasart et Tværnsnit er nær ved at revne, maa dette altid medføre betydelige lokale Forlængelser, der atter bevirke, at Jærnet overtager en større Del af Belastningen og derved forhindrer Bristningen.

Considère fandt som sagt en Forlængelse af Betonfibrene paa 2 m/m pr. m. Da nu almindeligt Bygningsjærn ved Strækgrænsen (c. 25 Kg/mm²) kun har en Forlængelse af 1.2 m/m pr. m. eller kun 60 % af Betonens ovenfor fundne, kan man vel være berettiget til at gaa ud fra, at Betonen paa Træksiden af en armeret Betonbjælke ikke revner før Jærnets Strækgrænse er naaet, naar Betonen er omhyggeligt forarbejdet. Da det nu er almindeligt anerkendt, at Bjælkens Bæreevne er udtømt, naar Jærnspejlingen overskrider Strækgrænsen, er det ensbetydende med, at der ingen Revner vil fremkomme i Betonen før omtrent i Brudøjeblikket.

Disse Resultater ere imidlertid fremkomne ved Laboratorieforsøg, og desværre har man ved Forsøg med større Bjælker, udstøbte under almindelige Arbejdsforhold, ikke tilstrækkeligt haft Opmærksomheden henvendt paa Tidspunktet for Revnernes Fremkomst, til at man kan skønne noget om, i hvor høj Grad den større eller mindre Omhu, hvormed Betonen er tilberedt, indvirker paa dens Strækkelighed.

Saa meget kan man dog sige med Sikkerhed, at Betonen i en armeret Bjælke altid vil strække sig mere end i en uarmeret. Det fremgaar nemlig af alle Forsøg — bl. a. af nogle for ganske nylig udførte officielle tyske Forsøg med Hennebique-Bjælker — at Jærnet i Brudøjeblikket vilde være anstrængt langt ud over Strækgrænsen, hvis Betonen paa Træksiden var revnet lige op til den neutrale Akse.

Da Jærnet imidlertid som nævnt ikke kan overskride Strækgrænsen, uden at Bjælken brydes, maa Betonen i Brudøjeblikket præstere et ikke ubetydeligt Træk. Da man imidlertid, paa Grund af manglende Forsøg, ikke kan bestemme dets Størrelse, gør man bedst i indtil videre ved sine Beregninger slet ikke at regne paa det.

Betydningen af Considères Forsøg ligger efter min Mening væsentlig deri, at de have vist:

- 1) at man ved godt udført Arbejde faktisk har en betydelig større Sikkerhed end den en Regning, der ser bort fra Betonens Trækspændinger, giver, og
- 2) at Faren for Revner, hvorigennem Fugtighed kunde trænge op til Jærnet, er betydelig mindre end hidtil antaget.

Ingeniørkonstruktioner.

Jeg skal endnu kun kortelig anføre nogle Ingeniørkonstruktioner, hvortil Hennebique-Systemet er blevet anvendt. Fig. 3 viser saaledes en Beklædningsmur, der er opført paa quai Debilly i Paris.

Den bestaar, som det vil ses, af en armeret Betonplade, der danner den egentlige Beklædning. Denne Plade understøttes paa hver 3 m. af lodrette, 12 cm. tykke armerede Betonplader, der staar vinkelrette paa Formuren, og som — omtrent i Murens halve Højde — forbindes ved et vandret Gulv. Den paa dette Gulv hvilende Jordvægt danner Modvægt mod Jordtrykket paa Formuren og forhindrer derved Væltning, men desuden formindsker Gulvet Jordtrykket paa den nederste Del af Muren, idet Jorden under Gulvet ikke belastes ved den over Gulvet liggende Jordmasse. Hele Muren hviler paa en vandret Plade forstærket bagtil og fortil med armerede Betonbjælker.

En lignende Ide er anvendt ved Konstruktionen af en Kajmur i Southampton; dog er her den under Gulvet værende Del af Formuren erstattet med en tæt Væg af Spundsplanker af armeret Beton, og Gulvet selv hviler paa to Rækker Pæle af samme Materiale.

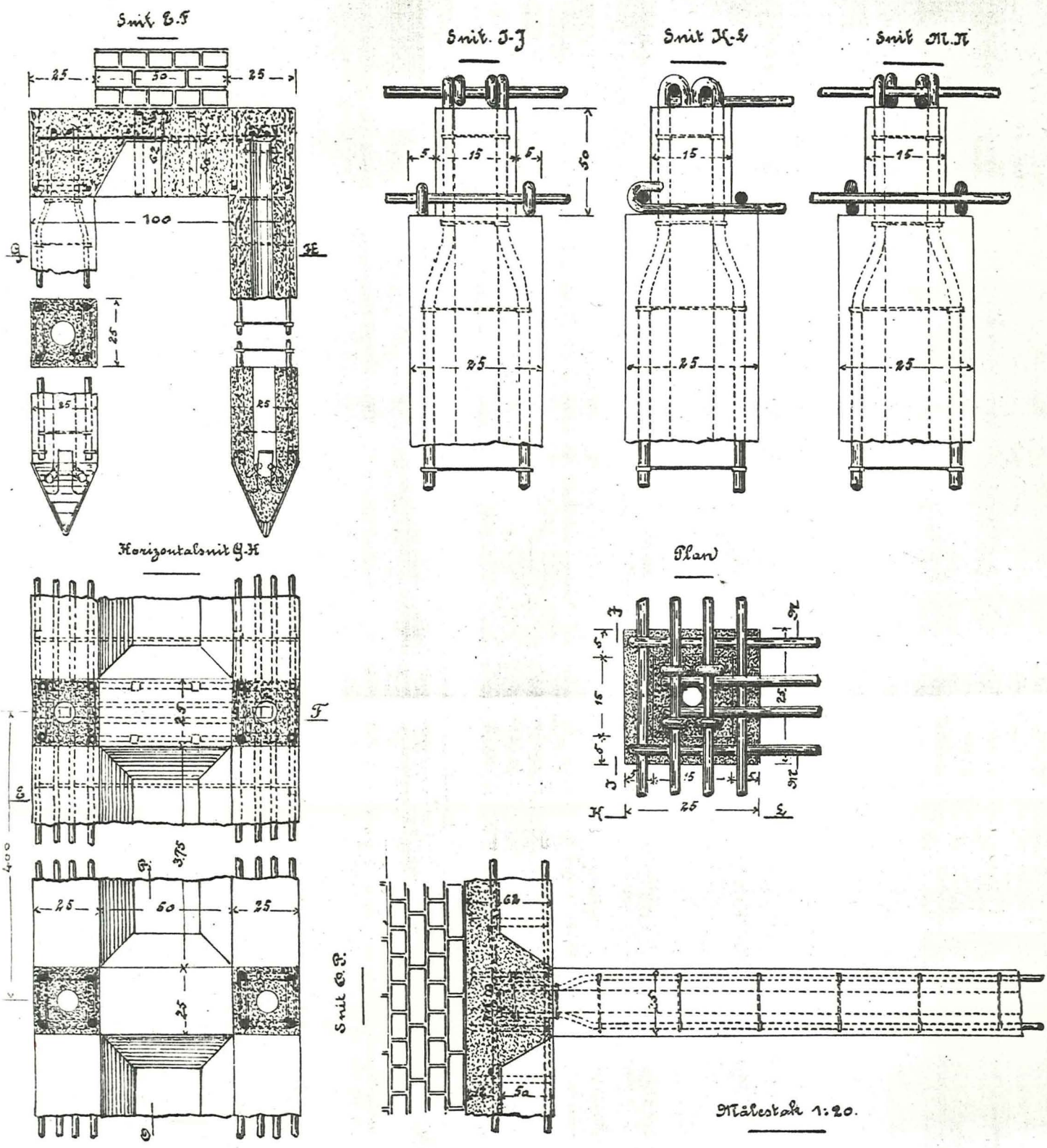
Hvorvidt armeret Beton vil vise sig heldigt i Søvand, maa det være forbeholdt Fremtiden at vise. Med de herhjemme gjorte Erfaringer for Øje, forekommer det mig meget sandsynligt, at Saltvandet inden ret længe vil ødelægge Betonen, og i saa Fald ville Jærnene i meget kort Tid gaa al Kødets Gang. I Løbet af nogle Aar vil der imidlertid foreligge rigelige Erfaringer i saa Henseende, idet der er udført en stor Mængde Konstruktioner baade i England og Rusland, bl. a. til Lossebroer, der bestaar af nedrammede armerede Betonpæle, forbundne med Bjælker og et vandret Gulv.

Ogsaa til Funderinger er den armerede Beton bleven anvendt. Fig. 4. viser en Kiste til Fundering af en Kajmur i Rusland. Den støbes paa Land, bugseres ud paa Plads og sænkes ved Fyldning med Sand. Her, hvor Betonen er permanent under Vand, forekommer der mig at være større Sandsynlighed for Holdbarhed.

Der er saa at sige ikke et Felt af Ingeniørvirksomheden, hvor den armerede Beton ikke har været anvendt med Held, til Broer, Siloer, Kalkovne, Vandreservoirs, Trykvandsledninger osv. osv. Jeg har naturligvis i dette Foredrag kun kunnet give d'Hrr. nogle faa Eksempler paa dens Anvendelser, og haaber, at det maa være lykkedes mig at give et Indtryk af dette Materiales store Evne til at læmpe sig efter de Krav, som de forskellige Formaal og de lokale Forhold stiller til det.

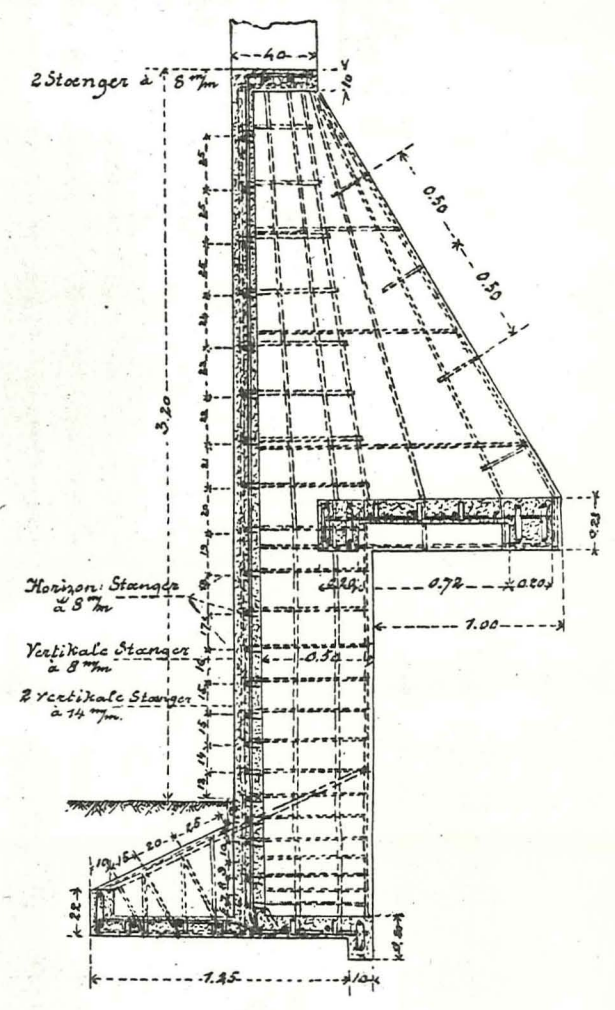
Grundring af en Mur paa Pæle.

Fig: 2



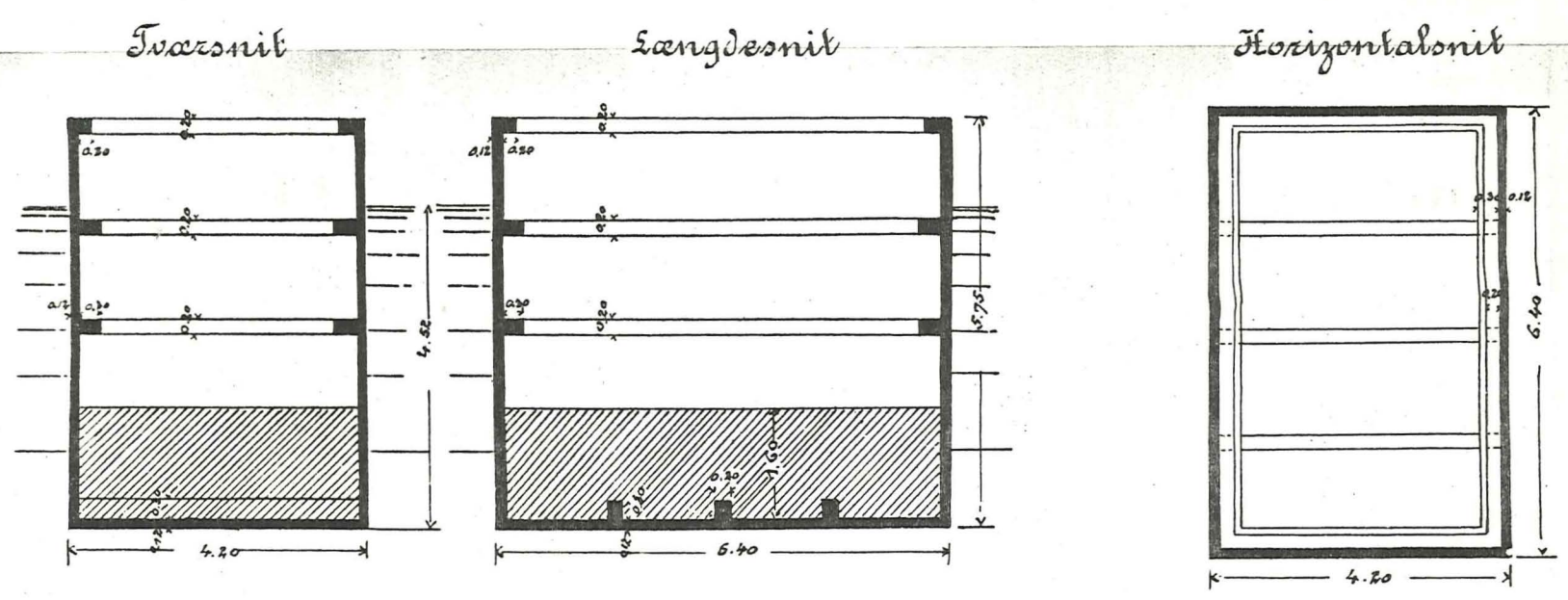
Bekloedningsmur.

Fig: 3.

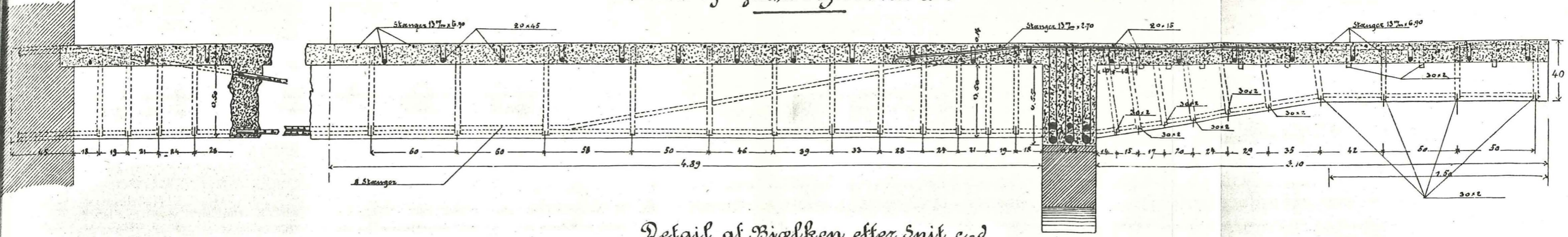


Grundringkasser til en Kajmur i Souchi (Rusland)

Fig: 4



Detail af Bjælke 5 efter Snit a-b



Detail af Bjælken efter Snit c-d

